

**T.C.  
GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ  
RESİM ANASANAT DALI**

**SANATSAL İFADE ARACI OLARAK  
HOLOGRAFİ**

**SANATTA YETERLİK TEZİ**

**Hazırlayan**

**Vildan IŞIK**

**Danışman**

**Prof. Mehmet YILMAZ**

**Ankara - 2012**

## ÖNSÖZ

Kişisel bir ilgi ve merak olarak 2009 yılında başlayan holografi araştırmalarım bu konuda bir tez hazırlamama temel oluşturdu. Bu temelle birlikte sanatta yeterlik ders aşamasında iken Prof. Mehmet Yılmaz ile *resim-fotoğraf* ilişkisi üzerine yaptığımız tartışmalar ve Yılmaz'ın "fotoğraf resimdir" yargısı da *hologram resimdir* denebilir mi? sorusunu sormamı ve tezime yön vermeme sağladı. Böylelikle görüntü üretimini farklı teknik ve yöntemlerle sağlayan holografinin sanatsal kullanımının, yeni bir resmetme tekniği gibi değerlendirilip değerlendirilmeyeceğini sorgulamaya başladım.

Holografi tekniğini tanımak, öğrenmek ve bu alanda sanatsal çalışmalar yapmak amacı ile holografi ve holografik sanat üzerine kaynak taraması yapmamın yanı sıra Güney Kore - Seul'de holografik araştırma ve uygulamalarda bulunarak çok sayıda hologram çeşidi öğrendim. Seul'de yapmış olduğum bu uygulamalardan ve teorik olarak aldığım derslerden çok faydalandım. Çalışmalarım boyunca tutmuş olduğum notlar, çektiğim fotoğraflar ve videolar ile topladığım diğer tüm dokümanlar sayesinde çalışmalarımı çok daha iyi bir şekilde tamamlamam mümkün oldu.

Tezimi hazırlama sürecinde katkısı, emeği ve desteği geçen aşağıda ismi yer alan herkese teşekkürlerimi sunmak istiyorum.

Öncelikle tezime bir temel oluşturmamı ve yön vermeme sağlayan ve bana ivme kazandıran tez danışmanım Prof. Mehmet YILMAZ'a ve yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Cebraail ÖTGÜN'e çok teşekkür ediyorum.

Tez kapsamında yapmam gereken holografik uygulamaları nerede yapacağımı belirlememe ve gerekli kişilerle iletişim kurmamı sağlayan ayrıca tezimde yer alan hologram çeşitleri üzerine de yardımcı olan Bilkent Üniversitesi Elektrik-Elektronik Bölümü Dekanı Prof. Dr. Levent ONURAL'a çok teşekkür ediyorum.

Alanım dışında fizik, kimya ve mühendislik gibi pek çok alan bilgisi gerektiren holografiiyi araştırmamda öğrenmemde ve uygulamamda en ince detaylara kadar yardımcı olan tüm G.Koreli tüm araştırmacı ve sanatçı arkadaşlarıma çok teşekkür

ediyorum. Özellikle Uluslararası Hangyo Şirketi Araştırma ve Geliştirme Merkezi Holografi Laboratuvarı (International Hangyo Corp. R&D Center Holography Laboratory) yöneticisi, holografik araştırma ve uygulamalarda yirmibeş yıllık deneyime sahip Fizik Mühendisi Kwang Ho OK'a ve uzun çalışma saatleri boyunca bu laboratuvarda birlikte çalıştığımız Kimya Mühendisi Ji Yun LIM'e, Yazılım Mühendisi Dae Hyun KIM'e, Mimar ve Grafik Tasarımcısı Kyung Hwan KIM'e ve holografi sanatçısı ve Kyung LEE'ye ve her tür kolaylığı sağlayan şirket sahibi Sung Chul PARK'a içtenlikle teşekkür ediyorum. Ayrıca Kwangwoon Üniversitesi Dijital 3D Laboratuvarı Başkanı Prof. Dr. Seung Hyun LEE ve aynı üniversitede öğretim görevlisi olarak da çalışan holografi sanatçısı Ray PARK'a çok teşekkür ediyorum.

Son olarak desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme teşekkür etmek istiyorum. Özellikle Erciyes Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Öğretim Üyesi Prof. Dr. Nurhan KARABOĞA'ya, Erciyes Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanı Bilgisayar Mühendisi Fidan IŞIK'a, Gıda Yüksek Mühendisi Ümrân IŞIK'a, Elektronik Yüksek Mühendisi Gökhan IŞIK'a, Reyhan ERCİVAN'a, Ayşe ÖZKANEM'e ve Beyhan IŞIK'a teşekkür ve minnet duygularımı iletiyorum. Bu çalışmamı, tüm aileme özellikle de Elektrik Yüksek Mühendisi babam Abdullah IŞIK'a, annem Eribe IŞIK'a ve yoğun çalışma saatlerime sabırla katlanan kızım Destan IŞIK'a adıyorum...

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	ii
TABLolar DİZİNİ.....	vii
GÖRSELLER DİZİNİ.....	vii
GİRİŞ.....	1
<b>BÖLÜMLER</b>	

### 1. BÖLÜM

#### HOLOGRAFİ: IŞIK ve SESİN KAYDEDİLMESİ ve YENİDEN YAPIMI

<b>1.1.HOLOGRAM ve HOLOGRAFİ .....</b>	<b>3</b>
1.1.1. Hologram.....	3
1.1.2. Holografi.....	5
1.1.3. Işık.....	6
1.1.4. Lazer.....	11
<b>1.2.HOLOGRAFİNİN KISA TARİHİ.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3.HOLOGRAM ve FOTOĞRAF.....</b>	<b>24</b>
1.3.1. Hologram ve Fotoğraf Arasındaki Farklar.....	25
<b>1.4.HOLOGRAFİDE KULLANILAN MALZEME ÇEŞİTLERİ.....</b>	<b>35</b>
1.4.1. Işık ve Işınlr.....	35
1.4.1.1. Elektromanyetik Dalgalar.....	35
1.4.1.2. Beyaz Işık.....	35
1.4.1.3. Civa Buharlı Lambalar.....	36
1.4.1.4. X Işınlr.....	36
1.4.1.5. Led ve Halojen Lambalar.....	36
1.4.1.6. Lazer Işınlr.....	36
1.4.2. Lazerler.....	37
1.4.2.1. Sürekli Dalga Lazeri.....	37
1.4.2.2. Helyum-Kadmiyum Lazeri.....	37
1.4.2.3. İyon Lazeri.....	37
1.4.2.4. Kripton/Argon Lazeri.....	38
1.4.2.5. Helyum-Neon Lazeri.....	38
1.4.2.6. Neodmiyum:YAG Lazeri.....	39
1.4.2.7. Atımlı Lazer.....	39
1.4.2.8. Yakut Lazeri.....	39
1.4.2.9. Diyot Pompalı Katı Hal Lazeri.....	39
1.4.3. Aynalar.....	41
1.4.4. Filtreler.....	41
1.4.4.1. Nötr Yoğunluk Filtresi.....	42
1.4.4.2. Mekansal Filtre.....	42



1.4.5. Mercekler.....	42
1.4.6. Işın Ayırıcılar.....	43
1.4.7. Emülsiyonlar.....	44
1.4.7.1. Gümüş Halide Emülsiyon.....	44
1.4.7.2. İki Renkli Jelatin.....	45
1.4.7.3. Fotopolimer Emülsiyon.....	45
1.4.8. Kayıt ve Görüntüleme Malzemeleri.....	46
1.4.8.1. Holografik Filmler.....	46
1.4.8.1.1. Fotopolimer Film.....	46
1.4.8.1.2. Triasetat Holografik Film.....	46
1.4.8.2. Camlar.....	48
1.4.8.3. Folyolar.....	49
1.4.8.4. Kamera ve Bilgisayarlar.....	50
<b>1.5. HOLOGRAMLARIN SINIFLANDIRILMASI.....</b>	<b>52</b>
1.5.1. Kullanım ve İnceleme Alanlarına Göre Hologramlar.....	53
1.5.2. Kullanılan Malzemeye Göre Hologramlar.....	53
1.5.3. Kullanılan Holografik Nesnenin Niteliğine Göre Hologramlar.....	54
1.5.4. Kayıt Elemanlarının Konumlarına Göre Hologramlar.....	54
1.5.5. Işınlrın Sayısına ve Açılara Göre Hologramlar.....	55
1.5.6. Kopyalama ve Çoğaltma Yöntemlerine Göre Hologramlar.....	55
1.5.7. Yapım Aşamalarına Göre Hologramlar.....	55
1.5.7.1. H1.....	56
1.5.7.2. H2.....	56
1.5.8. Boyutlarına Göre Hologramlar.....	57
1.5.8.1. Tek Boyutlu (1D) Hologram.....	57
1.5.8.2. İki Boyutlu (2D) Hologram.....	58
1.5.8.3. İki Boyutlu/Üç Boyutlu (2D/3D) Hologram.....	59
1.5.8.4. Üç Boyutlu (3D) Hologram.....	60
<b>1.6. HOLOGRAM ÇEŞİTLERİ.....</b>	<b>63</b>
1.6.1. Akustik Hologram.....	65
1.6.2. Ana Hologram.....	67
1.6.3. Analog Hologram.....	67
1.6.4. Atımlı Lazer Hologramı.....	68
1.6.5. Bilgisayarla Oluşturulmuş Hologram.....	69
1.6.6. Bilgisayarla Oluşturulmuş Stereogram.....	69
1.6.7. Bilgisayarla Oluşturulmuş Fresnel Hologram.....	70
1.6.8. Büyük Boy Hologram.....	70
1.6.9. Çok Kanallı Hologram.....	72
1.6.10. Çok Pozlu Hologram.....	74
1.6.11. Çok Renkli Hologram.....	76
1.6.12. Denisyuk Hologramı.....	76
1.6.13. Electro-Hologram.....	78
1.6.14. Eksen Dışı Hologram.....	79
1.6.15. Electron Mikroskobu Hologramı.....	80
1.6.16. Faz Hologramı.....	81
1.6.17. Fourier Hologramı.....	82
1.6.18. Fresnel Hologramı.....	82
1.6.19. Gabor Hologramı.....	82

1.6.20. Geçirgen Beyaz Işık Hologramı.....	83
1.6.21. Geçirgen Hologram.....	84
1.6.22. Gerçek Renkli Hologram.....	84
1.6.23. Gökkuşığı Hologram.....	86
1.6.24. Gölge kayıt.....	86
1.6.25. Görüntü Düzlemi Hologramı.....	88
1.6.26. Günışığı Hologram.....	88
1.6.27. Hacim Taramalı Hologram.....	88
1.6.28. Hacim Taramalı Kuantum Hologramı.....	90
1.6.29. Holografik İnterferogram.....	90
1.6.30. Holografik Sinema.....	92
1.6.31. Holografik Stereogram.....	92
1.6.32. Holografik TV.....	95
1.6.33. İçbükey Hologram.....	96
1.6.34. Kopya Hologram.....	96
1.6.35. Kabartma Hologram.....	97
1.6.36. Kuantum Hologram.....	98
1.6.37. Lazerle Görülebilen Hologram.....	99
1.6.38. Leith-Upatnieks Hologramı.....	100
1.6.39. Lippmann Hologram.....	100
1.6.40. Moleküler Hologram.....	100
1.6.41. Nokta Matris Hologram.....	101
1.6.42. Odaklanmış Görüntü Hologramı.....	103
1.6.43. Renksiz Hologram.....	103
1.6.44. Sandviç Hologram.....	104
1.6.45. Sayısal Hologram.....	106
1.6.46. Sayısal Görüntü Düzlemi Hologramı.....	107
1.6.47. Tek Renkli Hologram.....	107
1.6.48. Tek Işınlı Hologram.....	108
1.6.49. Tek Aşamalı Hologram.....	108
1.6.50. Tümleştirilmiş Hologram.....	108
1.6.51. Yalancı Renkli Hologram.....	109
1.6.52. Yansıma Hologram.....	109
1.6.53. X-Işını Floresans Hologramı.....	111
1.6.54. 360° Hologram.....	111
<b>1.7.HOLOGRAM NASIL OLUŞUR?</b>	
<b>BİR GEÇİRGEN HOLOGRAM KAYDI ve YENİDEN YAPIMI ÖRNEĞİ.....</b>	<b>113</b>
1.7.1. Geçirgen Hologram-H1.....	116
1.7.2. Geçirgen Hologram-H2.....	126
<b>1.8.HOLOGRAMIN KULLANIM ALANLARI.....</b>	<b>133</b>
1.8.1. Hologramın Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	133
1.8.2. Müzecilikte Hologram Kullanımı.....	138

<b>1.9.TÜRKİYE’DE HOLOGRAFİ ARAŞTIRMA ve UYGULAMALARI.....</b>	<b>141</b>
1.9.1. Bilkent Üniversitesi Holografik Üç Boyutlu Televizyon Projesi.....	141
1.9.2. MTM Holografi Güvenlikli Basım ve Bilişim Teknolojileri Sanayii ve Ticaret Anonim Şirketi.....	142
1.9.3. Türk Silahlı Kuvvetleri Harita Genel Komutanlığı’ndan Dünyanın İlk Holografik Haritası.....	144
1.9.4. Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Fizik Bölümü Holografi ve Optik Bilgi İşleme Laboratuvarı.....	145
1.9.5. TÜBİTAK - Türkiye Bilimsel Araştırma Kurumu.....	146

## 2. BÖLÜM

### HOLOGRAFİNİN SANATSAL İFADE ARACI OLARAK KULLANIMI

<b>2.1.HOLOGRAFİNİN SANATSAL POTANSİYELİNİN KEŞFİ .....</b>	<b>148</b>
<b>2.2.HOLOGRAFİK SANAT TERİMLERİ.....</b>	<b>172</b>
2.2.1. Holografik Portre.....	173
2.2.2. Bileşik Hologram.....	178
2.2.3. Holomontaj.....	188
2.2.4. Holografik Yerleştirme.....	190
2.2.5. Çevresel Holografi.....	196
2.2.6. Gölgekayıt.....	200
2.2.7. Holoresim.....	202
2.2.8. Resimsel Holografi.....	203
2.2.9. Holoheykel.....	205

## 3. BÖLÜM

<b>SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>209</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>213</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>224</b>
EK - 1. Vildan Işık’a holografi uygulamaları için Uluslararası Hangyo Şirketi ArGe Merkezi Holografi Laboratuvarı tarafından verilen holografi sertifikası	
<b>TÜRKÇE ÖZET SAYFASI.....</b>	<b>226</b>
<b>İNGİLİZCE ÖZET SAYFASI.....</b>	<b>227</b>

## TABLolar DİZİNİ

**Tablo 1:** Hologram Çeşitleri

**Tablo 2:** Geçirgen hologram-H1 ve geçirgen hologram-H2'de kullanılan malzemeler

## GÖRSELLER DİZİNİ

1. Thomas Young'ın girişim deseni örneği (Gerald Feinberg, "Işık", TÜbitak Bilim ve Teknik Dergisi, TÜbitak Yayınları, Kasım 1969, S. 25, s. 4.)
2. Dalgaboyu ve frekans ilişkisini gösteren şema (Ethem Derman, Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri, (Erişim) <http://derman.science.ankara.edu.tr>, 01 Mayıs 2012.)
3. Elektromanyetik ışınım tayfı (ışık tayfı) şeması (Ethem Derman, a.g.m.)
4. Görülebilir ışık tayfını gösteren şema (Ethem Derman, a.g.m.)
5. (a, b) Fotoelektrik etki şemaları (Gerald Feinberg, a.g.m., s. 6-7.)
6. Işığın girişim deseni ve girişim saçaklarını örnekleyen şema ("Introduction to Light Interference", Katkıda bulunan yazarlar: Douglas B. Murphy, Johns Hopkins, Kenneth R. Spring, Thomas J. Fellers, Michael W. Davidson, Paul Dirac, Nikon MicroscopyU, (Erişim) <http://www.microscopyu.com/articles/polarized/interferenceintro.html>, 25 Nisan 2012.)
7. Faz ve girişim deseni.
8. Çift ışın verebilen bir lazer cihazı örneği (NASA, "'Shoots' for Crime Investigators with New Technology", 27 Şubat 2006, (Erişim) [http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2005/crime\\_technology.html](http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2005/crime_technology.html), 21 Eylül 2012.)
9. Lazer ışını (Fotoğraf: Vildan Işık (a), Uluslararası Hangyo Şirketi Araştırma ve Geliştirme Merkezi Holografi Laboratuvarı, Seul, G.Kore, 2012.)
10. Uyumsuz sıradan ışıkta ve uyumlu lazer ışınında fotonların dağılımını gösteren şema (NASA, "Laser Technology: Shedding Some Light", Aralık 1996, (Erişim) <http://www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/LaserTech.html>, 21 Eylül 2012.)
11. Kapladığı frekans bandının çok dar olması sebebiyle lazer ışını lazer ışınları
12. Doğrusal olarak dağılmadan ilerleyen tek renkli lazer ışınları
13. Macar elektrik mühendisi ve fizikçi Dennis Gabor (Klaus Biedermann, "Lippmann's and Gabor's Revolutionary Approach to Imaging", Nobel Prize, 15 Mayıs 2005, (Erişim) [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/articles/biedermann/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/articles/biedermann/), 21 Eylül 2012.)
14. Juris Upatnieks, Emmett N. Leith, Fritz Goro, *Geometrik Objeler Serisi*, 1966, lazer geçirgen hologram, cam üzerine, 25,4 x 35,56 cm (Massachusetts Institute of Technology Museum - MIT Museum Hologram Collection, (Erişim) <http://www.web.mit.edu/museum/>, 12 Mart 2012.)
15. Emmett Leith ve Yuri Upatnieks'in Oyuncak Tren isimli hologramı, 1963, cam plaka, 10,16 x 12,7 cm (Sean F. Johnston (c), "Attributing Scientific and Technological Progress: The Case of Holography", History and Technology, Aralık 2005, S. 21, s. 369.)
16. Yuri Denisyuk, otoportresine ait yansıma hologramı ile ("Yuri Denisyuk-Pioneer of Modern Holography", (Erişim) <http://www.vanrenesseconsulting.com/index.php?t=1162304382&page=photography.htm>, 18 Eylül 2012.)

17. Rus fizikçi Yuri Denisyuk ve A.B.D’li fizikçi Emmett Leith (James D. Trolinger, “Introduction to the Special Issue Honoring Professor Emmett Leith”, Ocak 2007, (Erişim) <http://www.worldsworsttourist.com/Special%20Issue%20honoring%20Emmett%20Leith.htm>, 18 Eylül 2012.)
18. Stephen A. Benton ve Jeanne Benton, *Holografî Blokları*, 1975, geçirgen beyaz ışık hologramı, holografik film üzerine, 19,68 x 22,86 cm (MIT Museum Hologram Collection, <http://www.web.mit.edu/museum/>)
19. A.B.D’li elektrik mühendisi Stephen A. Benton (Larry Hardesty, “3-D TV? How About Holographic TV?”, MIT Edu News, 24 Ocak 2011, (Erişim) <http://web.mit.edu/newsoffice/2011/videoholography-0124.html>, 30 Eylül 2012.)
20. A.B.D’li fizikçi Lloyd G. Cross (Holophile, “History and Development of Holography”, 2011, (Erişim) <http://www.holophile.com/history.htm>, 09 Mayıs 2012.)
21. Lazer ışınlarının oluşturduğu girişim desenleri (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
22. Yalnızca lazerle görülebilen 5 x 36 cm’lik bir ana hologramdaki girişim saçakları (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
23. (a b) Hologramlardaki girişim desenlerinin elektron mikroskobu ile bakıldığındaki görüntüleri
24. Bir ana hologramda görüntünün tamamı, her bir parçada yer almaktadır
25. Bir fotoğrafta görüntünün tamamı, her bir parçada yer almamaktadır
26. Yatay ve düşey paralaks şeması (Kjell Einar Olsen, “Holographic Multi-Stereogram Constructed from Computer Images: Applied 3-D Printer”, Cand. Scient. Thesis in Optics and Laser Physics, Universitet Bergen Department of Physics, UoB Mayıs 1996, (Erişim) <http://www.fou.uib.no/fd/1996/h/404001/index.htm>, 14 Mayıs 2012.)
27. Tupac’ın bilgisayarla oluşturulan dijital yansıtma görüntüsü (Rajiv Arora, Pranav Dixit, “The Holo Man”, Hindustan Times, 20 Nisan 2012, (Erişim) <http://www.hindustantimes.com/technology/Technology-Review-Application/The-holo-man/SP-Article1-843714.aspx>, 25 Nisan 2012.)
28. Tupac’ın görüntüsü 4 x 10 m’lik çok ince, şeffaf bir levhaya yansıtılmıştır (Rajiv Arora, Pranav Dixit, a.g.m.)
29. Pepper Hayalet Efektî (Pepper Gost Effect)’ne ilişkin şema (Eriq Gardner, “Marilyn Monroe Hologram Concert in the Works Amid Growing Controversy”, Hollywood Reporter, 31 Mayıs 2012, (Erişim) <http://www.hollywoodreporter.com/news/holograms-tupac-shakur-marilyn-monroe-legal-330982>, 12 Haziran 2012.)
30. Helyum-Neon lazeri (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
31. Yeşil ve mavi ışın veren diyot pompalı katı hal lazerleri (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
32. Kırmızı ışın veren Diyot pompalı katı hal lazeri (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
33. Paralleleştîrici ayna (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
34. Silindirik mercekler
35. Işını dalga boylarına göre renklere bölen ışın ayırıcı (Dpreview, “Photokina Report Part 1”, (Erişim) <http://www.dpreview.com/news/2000/09/24/photokina1/print>, 28 Eylül 2012.)
36. Lazer ışınını, nesne ve kaynak ışını olarak ikiye bölen kutuplaştîrici ışın ayırıcı (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
37. Gümüş halide emülsiyon kaplı holografik film (Fotoğraf: Vildan Işık-a)

38. Kolay görüntülemek için cam üzerine bantlanan gümüş halide emülsiyonlu holografik filmin sonuç görüntüsünün incelenmesi (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
39. Banyosu yapılmış gümüş halide emülsiyonla kaplı bir holografik cam plaka (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
40. Cam plaka hologramların laboratuvarında görüntülenmesi (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
41. Kamera ve bilgisayarla hologram üretim şeması
42. CCD Kamera (Levent Onural, a.g.m.)
43. Vildan Işık, Uluslararası Hangyo Şirketi Araştırma ve Geliştirme Merkezi Holografi Laboratuvarı'nda hologramların sınıflandırılması üzerine çalışırken, Seul-G.Kore, 2012
44. Kopya hologram kaydı. Geçirgen hologram-H1'den geçirgen hologram-H2 kaydı (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
45. 2D sıcak baskı hologram folyo rulosu
46. İki boyutlu hologram gösterimi (holografik yansıtma), Paris, Londra, Birmingham ve Manchester gibi havaalanlarında kullanılan iki boyutlu sanal görevliler: Holly ve Graham (Jetty van Kooij, "Meet Holly and Graham: 2D Holograms Transformed into Virtual Boarding Agents", 15 Eylül 2011, (Erişim) <http://www.chatbots.org/>, 21 Mayıs 2012.)
47. 2D/3D hologram baskı üretim şeması (Hologram Product and Hologram Machine, (Erişim) <http://www.hlhologram.com/>, 06 Mart 2012.)
48. Farklı hologramların katmanlar halinde tek hologram olarak kaydedilmesine ait şema (Hologram Product and Hologram Machine, (Erişim) <http://www.hlhologram.com/>, 06 Mart 2012.)
49. Ortoskopik ve sudoskopik görüntü şeması (Christopher Outwater, Van Hamersveld, Practical Holography: Different Types of Holograms, Dimensional Arts Inc., Nisan 1995, (Erişim) <http://www.holo.com/holo//book/book5.html>, 19 Mayıs 2012.)
50. 3D hologram örneği, Vildan Işık, *Soju Şişesi ve Bardakları*, 2012, gümüş halide holografik film (Geola), 360° silindirik hologram, R: 30 cm, yükseklik: 23 cm
51. 3D hologram örneği, bulunduğu yer yaklaşık 1,5 metre önünde üç boyutlu görüntü oluşturan 1 x 1 m ebatlarında büyük boy hologram örneği (Fotoğraf: Vildan Işık-b)
52. 3D hologram örneği. Bilkent Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü 4. sınıf öğrencileri Veysel Yücesoy ve Doruk Tunaoğlu tarafından uygulanan hacim taramalı hologram gösterimi (Levent Onural, a.g.m.)
53. Gerçek zamanlı akustik hologram kaydının bilgisayara aktarılması
54. Ses dalgalarının kaydı ve görselleştirilmesine ilişkin şema (Acoustic Research Institute, (Erişim) <http://www.kfs.oeaw.ac.at/content/view/24/485/lang,8859-1/>, 29 Nisan 2012.)
55. Analog hologram kayıt masası (Vildan Işık-a, Fotoğraf: Kyung Hwan Kim)
56. (a b c) Cam üzerine gümüş halide emülsiyonu kullanılan, yaklaşık olarak 1987-1988 yıllarında ticari amaçla aynı ölçülerde (25,4 x 20,32 cm) ve aynı teknikle üretilen yansıma hologramlardan örnekler: *Su Isıtıcısından Dökülen Su, Parmaklıklar Arkasında Çocuk ve Tarot Okuma*, Barclay Thompson Koleksiyonu (Jonathan Ross Hologram Collection. (Erişim) <http://www.jrholocollection.com/collection/>, 26 Nisan 2012.)
57. Bilgisayarla oluşturulmuş hologram kayıt şeması (Donald Melanson, "NICT Researchers Develop New Method to Make Holography More Practical", 24 Kasım 2008, (Erişim) <http://www.engadget.com/>, 22 Mayıs 2012.)

58. Bilgisayarla oluşturulan Fresnel hologramı kayıt şeması (Natan T. Shakeda, v.d., "Incoherent Holographic Imaging Through Thin Turbulent Media", Optics Communications, Cilt: 282, S. 8, s. 1546–1550, 15 Nisan 2009, s. 1546, (Erişim) <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030401809000121>, 07 Mayıs 2012.)
59. Büyük boy hologram örneği, 100 x 70 cm, Kwangwoon Üniversitesi Holografi Laboratuvarı (Fotoğraf: Vildan Işık-b)
60. Büyük boy hologram örneği, 104, 4 x 278,4 cm, özel bir jetin içine yerleştirilen bu büyük boy hologramın görüntü alan derinliği 12 m'dir (Diamond Images, [http://www.diamondimages.com/corp\\_mass.html](http://www.diamondimages.com/corp_mass.html), erişim: 23 Ekim 2012.)
61. (a b) Ian Ginn, *El Çabukluğu*, 1984, çok kanallı yansıma hologram, holografik cam plaka üzerine yapılmış ticari amaçla üretilen ilk hologramlardan (Jonathan Ross Hologram Collection: Ian Ginn)
62. (a b c) Aynı yansıma hologramın farklı açılardan görünüşü, Patrick Boyd, *Bisiklet No. 7*, 1987, cam üzerine, 20,32 x 25,4 cm
63. Çok pozlu hologram örneği, James Coop, *Gerry 1*, ana hologram olarak yapım tarihi: 1986, çoğaltım tarihi: 1989, cam üzerine gümüş halide, 12,7 x 10,16 cm (Jonathan Ross Hologram Collection: James Coop)
64. Maskeleye yapılarak elde edilecek çok pozlu hologram kaydı için hazırlık (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
65. Çok renkli hologram kaydı. Bölgesel maskeleye yaparak emülsiyon üzerindeki pozlama alanının değiştirilmesi yoluyla yapılan çok renkli hologram kaydı. Kwang Ho Ok ve Vildan Işık
66. Denisyuk hologram kaydı için hazırlık, Ji Yun Lim ve Vildan Işık
67. Denisyuk hologramı kayıt şeması ve kaydı alınıp led lambalarla görüntülenen yeşil, kırmızı ve tam renkli üç farklı Denisyuk hologramı (Hazırlayan: Vildan Işık)
68. Denisyuk hologram kaydının incelenmesi. Ji Yun Lim, Vildan Işık, Kwang Ho Ok ve Dae Hyun Kim
69. Seul'de Koreli holografi sanatçısı Ray Park ile kaydettiğimiz Yves Gentet tarafından Fransa'dan gönderilen Ultimate hologramın (holografik cam plaka) test kaydı ve görüntülenmesi. (Fotoğraflar: Vildan Işık ve Kyung Hwan Kim, 2012.)
70. Holovideo gösterim şeması (Jozef Cernecky, Elena Pivarciova, "Possibilities and Prospect of Holography: Sandwich\_Method, Holographia", Holografia, 2011, (Erişim) [http://www.holografia.wz.cz/holography/Sandwich\\_Method.php](http://www.holografia.wz.cz/holography/Sandwich_Method.php), 22 Mayıs 2012.)
71. Eksen dışı hologramda olası kaynak ışını açıları (Christopher Outwater, Van Hamersveld, Practical Holography: Different Types of Holograms, Dimensional Arts Inc., Nisan, 1995, (Erişim) <http://www.holo.com/holo//book/book5.html>, 19 Mayıs 2012.)
72. Victoria Üniversitesi tarafından geliştirilen dünyanın en büyük atomaltı elektron holografi mikroskobu (Jeff Bell, "University of Victoria Now Home to World's Most Powerful Microscope", The Province, 25 Mayıs. (Erişim) <http://www.theprovince.com/news/University+Victoria+home+world+most+powerful+microscope/6681605/story.html>, 28 Mayıs 2012.)

73. Fourier filtre kullanarak yapılan Fourier hologramı şeması (G. Wetzstein, W. Heidrich, D. Luebke, "Optical Image Filtering with Spatial Light Modulators", Computer Science at UBC, 2009, (Erişim) <http://www.cs.ubc.ca/~heidrich/Papers/CGF.10.pdf>, 14 Mayıs 2012.)
74. Britton Zapka, *İsimsiz*, fırırlı elbiseli genç kız portresi, 1980-1981, film üzerine geçirgen beyaz ışık hologramı, 12,7 x 10,16 cm (MIT Hologram Collection)
75. Geçirgen hologram kayıt şeması (Nicon MicroscopyU, "Introduction to Light Interference", (Erişim) <http://www.microscopyu.com/articles/polarized/interferenceintro.html>, 25 Nisan 2012.)
76. Üç renk lazerle elde edilen gerçek renkli geçirgen hologram şeması (Manuel Ulibarreñ, "A New Panchromatic Silver Halide Emulsion for Recording Color Holograms", The Holographer, 11 Nisan 2007, (Erişim) <http://holographer.org/a-new-panchromatic-silver-halide-emulsion-for-recording-color-holograms>, 11 Mayıs 2012.)
77. Gerçek renkli yansıma hologram kaydı için kullanılan üç renk (mavi, yeşil, kırmızı) lazer ışını (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
78. Gökkuşağı hologram kayıt şeması (MIT Museum, "Three-Dimensional Holographic Imaging", <http://webmuseummit.edu/>, erişim: 02 Ocak 2012.)
79. (a b) Gölge kayıt yapımı (Douglas Lanman, Ramesh Raskar, Amit Agrawal, Gabriel Taubin, "Shield Fields: Modeling and Capturing 3D Occluders", Brown University, Providence, Rhode Island, USA, 24 Nov. 2008, <http://mesh.brown.edu/>, erişim: 12 Mayıs 2012.)
80. 3D hologram örneği. Bilkent Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü 4. sınıf öğrencileri Veysel Yücesoy ve Doruk Tunaolu tarafından uygulanan hacim taramalı hologram gösterimi (Levent Onural, a.g.m.)
81. Hacim taramalı hologram gösterim örneği
82. Volumetrik kuantum hologramına ilişkin şema (Hari Manoharan, "Electronic Quantum Holography", Stanford University, Manoharan Lab., 2009, (Erişim) <http://mota.stanford.edu/library.php>, 02 Mayıs 2012.)
83. Holografik interferometri örneği ve tekniği bulan bilimcilerden biri olan Karl Stetson, 1985 (Bernie Ward, "Through Holography Glass (Through The Looking Glass)", SKY Delta Airlines Inflight Magazine, Eylül 1985, s. 14.)
84. Vildan Işık, *Sanal Sergi*, 2012, holografik stereogram-H1, gümüş halide film, 5 x 36 cm, aynı hologramın altı farklı açıdan görünümü
85. Holografik stereogram kaydı için kayıt masasının hazırlanması, Kwangwoon Üniversitesi, Holografi Laboratuvarı, Seul-G.Kore, Temmuz 2012. Vildan Işık ve Ray Park
86. (a b) Lloyd G. Cross, *Öpücük I*, 1973, 120° holografik stereogram, holografik film üzerine, 24,13 x 76,2 cm (MIT Museum Hologram Collection)
87. Holografik stereogramda farklı açılardan oluşan girişim saçaklarını gösteren şema (Massachusetts Institute of Technology Media Lab., "Holographic Video", MIT Edu, <http://www.media.mit.edu/spi/HVstereograms.htm>, erişim: 19 Mayıs 2012.)
88. Kopya hologram kaydı (yansıma hologram-H1'den yansıma hologram-H2 kaydı) (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
89. (a b) Kabartma hologramlar (Vildan Işık'a Kwang Ho Ok tarafından verilen videodan görüntüler. Video, G.Kore'de Kwang Ho Ok'un başkanlığını yapmış olduğu Laim-Laser Image Technology'den)



- 90.** Klasik hologram ve kuantum hologram şeması
- 91.** Nokta matris hologram, inceliği 1 mm olan 20 x 20 mm ebatlarındaki cam slayta kaydedilen hologramdan kırınım açılarını içerecek şekilde mikroskopla alınmış görüntü (Boban Zarkov, Dušan Grujić, Dejan Pantelić, "High-Resolution Dot-Matrix Hologram Generation", IOP Science Physica Scripta, 27 Nisan 2012, (Erişim) <http://iopscience.iop.org/1402-4896/2012/T149/014021/article>, 25 Mayıs 2012.)
- 92.** Nokta matris hologramda noktalar (Boban Zarkov, v.d., a.g.m)
- 93. (a b)** Nokta matris hologramda noktalar **(a)** Nokta matris hologramda girişim açılılarına göre noktalar **(b)** Nokta matris hologramda x,y koordinatlarında her biri farklı renkleri içeren noktalar. (Hologram Product and Hologram Machine, (Erişim) <http://www.hlhologram.com/2D%203D%20hologram.htm>, 06 Mart 2012.)
- 94.** Renksiz geçirgen hologram örneği. Hans Bjelkhagen ve Ake Sanstrom, Ampül, 1976, renksiz geçirgen beyaz ışık hologramı, 20,32 x 25,4 cm (Jonathan Ross Hologram Collection: Hans Bjelkhagen)
- 95. (a b c)** Sandviç hologram kayıt şemaları (Jozef Cernecky, Elena Pivarciova (2011) Cernecky, Jozef, Elena Pivarciova. "Possibilities and Prospect of Holography: Sandwich Method", Holographia, (Erişim) [http://www.holografia.wz.cz/holography/Sandwich\\_Method.php](http://www.holografia.wz.cz/holography/Sandwich_Method.php), 22 Mayıs 2012.)
- 96.** Sayısal yeniden yapıma ait şema (Li-Chien Lin, "An Error Detection and Recovery Algorithm for the Transmission of Digital Holography over Noisy Channels Optics", Communications, Vol. 281, Issue 5, 1 March 2008. p. 1009.)
- 97.** Sayısal holografik mikroskop (Michael Chiang, "Description of Major Equipment in BCH Laboratory", City University of Hong Kong, Department of Biology and Chemistry, 2011, (Erişim) <http://www6.cityu.edu.hk/>, 19 Mayıs 2012.)
- 98.** Silindirin içine iki parça olarak kaydedilen ve sonra birleştirilerek görüntülenen tümleştirilmiş silindirik hologram (Fotoğraf: Vildan Işık-a)
- 99.** Jeff Blyth, Tutankamon, 1978, yalancı renkli hologram, 40 x 30 cm (Jonathan Ross Hologram Collection: Jeff Blyth)
- 100. (a b)** Yansıma hologram kayıt şemaları **(a)** Yansıma hologram-H1 kayıt şeması **(b)** Yansıma hologram-H2 kayıt şeması
- 101.** 360° silindirik hologram kaydı için hazırlık. Vildan Işık ve Ji Yun Lim, Uluslararası Hangyo Şirketi Araştırma ve Geliştirme Merkezi Holografi Laboratuvarı, Seul, G.Kore, 2012
- 102. (a b c)** Graham Saxby, Saxby 360°, 360° silindirik Denisyuk hologramın üç farklı açıdan görünümü (Jonathan Ross Hologram Collection: Graham Saxby)
- 103.** Dae Hyun Kim, Kwang Ho Ok, Vildan Işık, Ji Yun Lim, Hangyo Binası'nın önünde, Seul-Kore, Temmuz 2012
- 104.** Vildan Işık, Kwang Ho Ok ve Dae Hyun Kim ile Hangyo Binası'nın ofisinde, holografi üzerine teorik çalışmalar yaparken, Seul-Kore, Temmuz 2012
- 105.** Geçirgen hologram-H1'in işlem basamakları (Hazırlayan: Vildan Işık)
- 106.** Geçirgen hologram-H1 kayıt şeması (Hazırlayan: Vildan Işık)
- 107.** Kayıt masasının hazırlanması - Filtre ve aynaların yerleştirilmesi, Ji Yun Lim ve Vildan Işık

- 108.** Kayıt masasının hazırlanması - Ayna ve merceklerin uygun açı ile konumlarının ayarlanması, Ji Yun Lim ve Vildan Işık
- 109.** Kayıt masasının hazırlanması (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 110.** Geçirgen hologram-H1 kayıt masası - Holografik nesnenin konumu (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 111.** Geçirgen hologram-H1 kayıt masası - Plaka tutucu (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 112.** Geçirgen hologram-H1 kayıt masası - Pozlama hazırlığı (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 113.** Pozlama hazırlığı - Nesne ışınları (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 114.** Pozlama hazırlığı - Kaynak ışını (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 115.** Pozlama hazırlığı - Sağ nesne ışınının mercek ve iğne deliği kullanılarak ayarlanması, Vildan Işık ve Ji Yun Lim
- 116.** Banyo aşaması işlem basamaklarını gösteren şema (Hazırlayan: Vildan Işık)
- 117.** Gümüş halide holografik filmin banyo işlem aşamalarını ve kullanılan kimyasalları gösteren şema (Hazırlayan: Vildan Işık)
- 118.** Banyo aşamasında kullanılan kimyasallar (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 119.** Banyo işleminde kullanılan kimyasalların hazırlanması, Vildan Işık ve Ji Yun Lim
- 120.** Banyo işleminde kullanılan solüsyonların hazırlanması, fotoğraftaki: Vildan Işık
- 121.** Ağartma - Durulama. Geçirgen hologram-H1'e uygulanan ağartmanın ardından su ile yapılan durulama işlemi (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 122.** Ağartma - Kurutma. Geçirgen hologram-H1'e durulama işleminin ardından ılık hava ile yapılan kurutma (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 123.** Geçirgen hologram-H1'in sonuç görüntüsünün lazerle görüntülenmesi (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 124.** Geçirgen hologram-H2'nin işlem basamakları (Hazırlayan: Vildan Işık)
- 125.** Geçirgen hologram-H2 kayıt şeması (Hazırlayan: Vildan Işık)
- 126.** Daha önce yapılan geçirgen hologram-H1'lerin, H2 kaydı için hazırlanması, Vildan Işık ve Kyung Lee
- 127.** Geçirgen hologram-H1'in yeniden yapımı ve geçirgen hologram-H2 kaydı için hazırlık, fotoğraftaki: Vildan Işık
- 128.** Geçirgen hologram-H2 kaydı için yerleşimi yapılan kayıt masası, Kwang Ho Ok ve Ji Yun Lim (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 129.** Geçirgen hologram-H1'in görüntüsünün H2 kaydı için kontrol edilmesi (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 130.** Geçirgen-H2 hologramın ağartılma işlemi, Vildan Işık ve Ji Yun Lim
- 131.** Geçirgen-H2 hologramın ağartma işleminin ardından su ile yapılan durulama (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 132.** Geçirgen-H1'den elde edilen banyo aşamaları tamamlanmış geçirgen-H2 hologramlar (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 133.** Geçirgen hologram-H2'nin sonuç görüntüsünün laboratuvarında incelenmesi, Ji Yun Lim ve Vildan Işık
- 134. (a b)** Geçirgen hologram-H2'nin sonuç görüntüsü (merkez ve sağ görüntü), Vildan Işık, *Canon Fotoğraf Makinesi*, 2012, gümüş halide holografik film, 28,5 x 22,5 cm
- 135.** Hologramları görüntüleme için kullanılan led ve halojen ışıklar (Fotoğraf: Vildan Işık)
- 136.** Örneklenen geçirgen hologram-H1 ve H2'nin dahil olabileceği diğer hologram çeşitlerini gösteren şema (Hazırlayan: Vildan Işık)

- 137.** Ticari amaçlı holografik teşhir (Aslı Zülal, "Aynalarla Üç Boyutlu Görüntüler - Hologramlı Sergileme", Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları, S. 424, s. 26, Mart, 2003.)
- 138.** Tıbbi hologram örneği, Yapımcı: Bert Myers Holografi Araştırma Laboratuvarı, *İnsan Fetusu - Spina Bifida*, yapım yılı bilinmiyor, yansıma hologram, 12,7 x 10,16 cm (MIT Museum Hologram Collection)
- 139. (a b)** Tıbbi hologram örneği, Sam T. Higgins, *Diş Kalıpları*, 1983, yansıma hologram, 16,51 x 12,7 cm (MIT Museum Hologram Collection)
- 140.** Tıbbi hologram örneği, *Beyin ve Kafatası*, 1991, yansıma hologram, fotopolimer film, 26,67 x 15,5 cm (MIT Museum Hologram Collection)
- 141.** Rhind Mumyası'nın hologramı (Photonics Online, "Finer Detail Of 2000 Year Old Mummy Revealed By 3D Holography Imaging", 09 Mayıs 2012, (Erişim) <http://www.photonicsonline.com/>, 10 Mayıs 2012.)
- 142.** MTM Holografi Güvenlikli Basım ve Bilişim Teknolojileri Sanayii ve Tic. A.Ş. Binası, Gebze - Kocaeli
- 143.** Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Fizik Bölümü, Holografi Laboratuvarı (Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü (GYTE) Fizik Bölümü Tanıtım Kitapçığı, s. 49.)
- 144.** Margaret Benyon, *Damlacık*, 1964, tahta üzerine polimer, yaklaşık 175 x 52 cm (Rebecca Coyle, Phillip Hayward, Holographic Art in Australia, Chapter 2. "Margaret Benyon: The Founding of Holographic Art", University of Sydney, Power Publications, Australia, 1995, s. 23.)
- 145.** Margaret Benyon, *Picasso*, 1969, lazer geçirgen hologram, 20 x 25 cm (Margaret Benyon (a), "The Prehistory of Holographic Art: A Personal View", (Erişim) <http://www.mbenyon.com>, 12 Mart 2012.)
- 146. (a)** Stephen Benton, *Kristal Başlangıçlar*, 1977, geçirgen beyaz ışık hologramı, 30,48 x 30,48 cm., Eve Ritscher Koleksiyonu'ndan (Jonathan Ross Hologram Collection: Stephen Benton) **(b)** Stephen A. Benton, *Kristal Başlangıçlar* isimli çalışması ile (Holophile, "History and Development of Holography", 2009, (Erişim) <http://www.holophile.com/history.htm>, 09 Mayıs 2012.)
- 147.** Lloyd G. Cross, *Öpücük-II*, Pam Brazier'in portresi, 1974, 120° holografik stereogram (MIT Museum Hologram Collection)
- 148.** Salvador Dali, *Alice Cooper'in Beyninin Portresi*, 1973, ilk renkli silindirik holografik stereogram ("A New Dalí Exhibition in Púbol Castle (Erişim) [http://www.salvador-dali.org/en\\_noticies.html?ID=152](http://www.salvador-dali.org/en_noticies.html?ID=152), 17 Mart 2012.)
- 149.** T.J. olarak tanınan Japon asıllı A.B.D'li matematik ve fizikçi Tung H. Jeong, 1972 (Integraf L.L.C., Holographic Film & Supplies, "Dr. Tung H. Jeong", (Erişim) [http://www.integraf.com/tung\\_jeong.htm](http://www.integraf.com/tung_jeong.htm), 04 Ekim 2012.)
- 150.** New York Holografi Müzesi, 1991 (MIT Museum Hologram Collection)
- 151.** Arnold Schwarzenegger ve Peter Nicholson, Havai, 1970'lerin sonları (Holocenter, "Peter Nicholson, Pioneer of Pulse Laser Holography Died in Miami December 2003", (Erişim) <http://www.holocenter.org/Archive.html>, 03 Ekim 2012.)
- 152.** Harriet Casdin-Silver, *Willendorf Venüsü*, 1991, yansıma hologram (35. basım), 15,24 x 7,62 cm (Gallery Naga, "Harriet Casdin-Silver", (Erişim) <http://www.gallerynaga.com/?q=node/37>, 09 Ekim 2012.)

- 153.** Alman holografi sanatçısı Prof. Dieter Jung (KHM-Kuntshochschule für Medien Academy of Media Arts, (Erişim) [http://www.khmde/mk/lehrende/\\_ehemalige/jung/index.htm](http://www.khmde/mk/lehrende/_ehemalige/jung/index.htm), 28 Kasım 2011.)
- 154.** Sam Moree (Sam Moree, facebook, (Erişim) <http://www.facebook.com/samoree>, 01 Kasım 2012.)
- 155. (a b)** Holocenter (Center for the Holographic Art), New York, A.B.D. **(a)** Sam Moree, Makiko Yasumi, Ana Maria Nicholson **(b)** Ana Maria Nicholson ve Dan Schweitzer (Picasaweb, Fotoğrafları ekleyen: Ana Maria Nicholson, ekleme tarihi: 14 Ekim 2010, (Erişim) <https://picasaweb.google.com/lh/photo/JO3nEZZkeEzPkQYV5HvyRg>, 12 Ekim 2012.)
- 156. (a b c)** Sanatçıların holografıyı öğrenmelerinde bilimcilerin çok büyük katkısı olmuştur **(a)** Ana Maria Nicholson ve Steve Benton Holocenter'da **(b)** Ana Maria Nicholson ve Emmett Leith (Picasaweb, Fotoğrafları ekleyen: Ana Maria Nicholson, ekleme tarihi: 07 Ekim 2010.) **(c)** Yuri Denisyuk, Ikuo Nakamura ve Stephen Benton (Ikuo Nakamura, facebook, (Erişim) [http://www.facebook.com/ikuohololab/photos\\_stream](http://www.facebook.com/ikuohololab/photos_stream), 30 Ekim 2012.)
- 157.** Rudie Berkhout ve arkadaşı Holocenter'da ("Holographic Moments", Fotoğrafi ekleyen: Ana Maria Nicholson, ekleme tarihi: 12 Ocak 2000.)
- 158.** Rudie Berkhout, kendi çalışmalarının önünde, Elektronik Görüntüleme-2003 Holografi Sergisi (Massachusetts Institute of Technology Education, (Erişim) <http://web.mit.edu/>, 19 Mayıs 2012.)
- 159.** Dan Schweitzer, Holocenter'da (Jonathan Ross, "Absent Friends", 14 Şubat 2009, (Erişim) <http://jonathanrossholography.blogspot.com/2009/02/absent-friends.html>, 03 Eylül 2012.)
- 160.** Ikuo Nakamura ve Ana Maria Nicholson, Holocenter'da (Ana Maria Nicholson, (Erişim) <http://www.anamarianicholson.com/>, 13 Eylül 2012.)
- 161.** Anait Arutunoff Stephens, *Araştırma*, 1997, kendi portresi, atımlı lazer kullanılarak yapılan yansıma hologram (Art in Holography, "Anait", 1996, (Erişim) <http://www.art-in-holography.org/cards/anait.html>, 01 Ekim 2012.)
- 162.** Bruce Nauman, *İlk Hologram Serisi: Yüz Yapımı-F*, 1968, cam plaka üzerine geçirgen hologram, sanatçının kendi portresi (Martha Schwendener, "Let There Be Light, in Three Dimensions Holography in 'Pictures From the Moon' at New Museum", New York Times, 23 Ağustos, (Erişim) [http://www.nytimes.com/2012/08/24/arts/design/holography-in-pictures-from-the-moon-at-new-museum.html?\\_r=1](http://www.nytimes.com/2012/08/24/arts/design/holography-in-pictures-from-the-moon-at-new-museum.html?_r=1), 02 Ekim 2012.)
- 163.** Bruce Nauman, *İkinci Hologram Serisi: Tam Figür Pozları-H*, 1969, cam üzerine geçirgen hologram, 20,32 x 25,4 cm (Art Tattler, "Contemporary Forays into the Realm of the Hologram", (Erişim) <http://arttattler.com/archiveholograms.html>, 03 Ekim 2012.)
- 164.** C Projesi amblemi (Larry Lieberman, "Cproject", Youtube'a L. Lieberman tarafından eklenme tarihi: 2012, (Erişim) <http://www.youtube.com/watch?v=WbIDoewreNU&feature=plcp>, 11 Ekim 2012.)
- 165.** Eric Orr, C Projesi'nde holografi laboratuvarında, 1995 (Larry Lieberman, a.g.video)
- 166.** Eric Orr, *İsimsiz*, 1995, Orr'un C Projesi kapsamında ürettiği geometrik formlarla ışık alanları oluşturduğu hologramları (Martha Schwendener, "Let There Be Light, in Three Dimensions Holography in 'Pictures From the Moon' at New Museum", New York Times, 23 Ağustos 2012, (Erişim) [http://www.nytimes.com/2012/08/24/arts/design/holography-in-pictures-from-the-moon-at-new-museumhtml?\\_r=1](http://www.nytimes.com/2012/08/24/arts/design/holography-in-pictures-from-the-moon-at-new-museumhtml?_r=1), 02 Ekim 2012.)

- 167. (a b c)** James Turrell, *İsimsiz*, 2008, geçirgen hologram, 157,48 x 101,6 cm (Hiram Butler Gallery, Temmuz 2012, (Erişim) [http://www.facebook.com/hiramabutlergallery/photos\\_stream](http://www.facebook.com/hiramabutlergallery/photos_stream), 02 Ekim 2012.)
- 168.** James Turrell'in C Projesi kapsamında ürettiği geçirgen hologramlarından oluşan ve Temmuz 2012'de Hiram Butler Galerisi'nde açılan sergiden genel bir görünüm (Pace Gallery, "James Turrell's Holograms", 08 Ağustos 2012, (Erişim) <http://pacegallery.tumblr.com/post/28995694003/james-turrells-holograms-are-currently-on-show-at>, 02 Ekim 2012.)
- 169. (a b c)** Holografik portre örneği, Mark Diamond, *Cazcı*, Dizzie Gillespie'in Portresi, 1985, Diamond'un Holografix Şirketi'nde üretilen hologram **(a b)** (Mauricio Ferrazza, "ANIMIAMI Animation Festival and Conference", Miami Based Animation Film Festival, Art Exhibit and Conference, Miami International University of Art & Design's, 16-17 Ekim 2010, [siggraph.org](http://www.siggraph.org/publications/newsletter/volume-45-number-1/animiami-animation-festival-and-conference), (Erişim) <http://www.siggraph.org/publications/newsletter/volume-45-number-1/animiami-animation-festival-and-conference>, 23 Ekim 2012.) **(c)** (Mark Diamond, Diamond Images, (Erişim) <http://www.diamondimages.com/articles.html>, 23 Ekim 2012.)
- 170.** Holografik portre örneği, Ana Maria Nicholson, *Rudie Berkhout'un Portresi*, atımlı lazer hologram (Ana Maria Nicholson, <http://www.anamarianicholson.com/>, 02 Eylül 2012.)
- 171. (a b)** Holografik portre örnekleri **(a)** Harriet Casdin-Silver, kendi portresi, 1999, geçirgen beyaz ışık hologramı, (1/3), 106,68 x 81,28 cm (Gallery Naga, (Erişim) <http://www.gallerynaga.com/>, 22 Eylül 2012) **(b)** Harriet Casdin-Silver, Boston'daki atölyesinde, 20 Ağustos 2001 (Jonathan Ross, <http://jonathanrossholography.blogspot.com/2009/02/absent-friends.html>, 03 Eylül 2012.)
- 172. (a b)** Holografik portre örneği **(a)** Keith Haring, Nicholson'ın yaptığı holograma bakarken (Picasaweb, Fotoğrafı ekleyen: Ana Maria Nicholson, ekleme tarihi: 01 Mart 2010.) **(b)** Ana Maria Nicholson, *Keith Haring'in Portresi*, 1990 dolayları, yansıma hologram, 40,64 x 30,48 cm (Ana Maria Nicholson, <http://www.anamarianicholson.com/>)
- 173.** Holografik portre ve holografik yerleştirme örneği, Ikou Nakamura, *Aydınlatılmış Pencere* Sergisi'nden (Hololab, (Erişim) <http://www.hololab.com/>, 24 Eylül 2012.)
- 174. (a b)** Holografik portre örnekleri, Ana Maria Nicholson, **(a) Alev (b) April** 1990'ların başlarında yaklaşık 50 x 60 cm ebatlarında gümüş halide film ile üretilen, Koreli dansçı ve koreograf April Yao'nun modellik yaptığı, atımlı lazer kullanılan yansıma hologramlar (Ana Maria Nicholson, <http://www.anamarianicholson.com/>)
- 175.** Holografik portre örneği, Harriet Casdin-Silver, *Turuncu Kathryn*, 1992, lazer geçirgen hologram, (tek), 30,48 x 40,64 cm (Gallery Naga, <http://www.gallerynaga.com/>)
- 176.** Holografik portre örneği, Harriet Casdin-Silver, *Ian*, 1994, yansıma hologram, 6. basım, 30,48 x 40,64 cm (Gallery Naga, <http://www.gallerynaga.com/>)
- 177.** Bileşik hologram örneği, Margaret Benyon, *Bölünmüş Benedict*, 1989, üç parça yansıma hologram kolajı (Art in Holography, "Margaret Benyon - Defining Traditions 1969-1996 Living and Working with Holography", (Erişim) <http://www.art-in-holography.org/papers/benyon.html>, 03 Ekim 2012.)

- 178.** Bileşik hologram örneği, Al Razutis, *Newtoncu Galaksi Montaj Hattı*, 1974-76, 20,32 x 25,4 cm'lik 36 tane beyaz ışık yansıma hologram (WLR)-H1, tek ışıklı Denisyuk hologramlar, AGFA gümüş halide emülsiyon, 121,92 x 121,92 cm (Al Razutis ile yapılan yazışmalardan)
- 179. (a b)** Bileşik hologram örneği **(a)** Al Razutis *Newtoncu Galaksi Montaj Hattı* isimli çalışması ile (R. Bruce Elder, "Al Razutis", The Canadianian Encyclopedia, (Erişim) <http://www.thecanadianencyclopedia.com/articles/al-razutis>, 15 Kasım 2012.) **(b)** Razutis'in bu çalışması, 2010 yılındaki Dejavu sergisinde (Al Razutis, "West-Coast Artists in Light (1996-1998)", Alchemists, (Erişim) [http://www.alchemists.com/visual\\_alchemy/west-coast2.html](http://www.alchemists.com/visual_alchemy/west-coast2.html), 30 Nisan 2012.)
- 180. (a b c)** Bileşik hologram ve holografik yerleştirme örneği, Harriet Casdin Silver, *Şüpheli Çatallar I*, 1977, cam üzerine gümüş halide emülsiyon, lazer geçirgen hologramlar, 27,94 x 35,56 cm (Leon Nigrosh, "Body Art - Harriet Casdin-Silver Strips Us Down", The Worcester Phoenix, November 27 - December 4, 1998, (Erişim) [http://www.worcesterphoenix.com/archive/art/98/11/27/HARRIET\\_CASDIN\\_SILVER.html](http://www.worcesterphoenix.com/archive/art/98/11/27/HARRIET_CASDIN_SILVER.html), 05 Ekim 2012.)
- 181.** Bileşik hologram örneği, Harriet Casdin Silver, *Van Eyck ve Bosh için*, 2004, metal panel üzerine yerleştirilen on yansıma hologram, 243,84 x 304,8 cm (Gallery Naga, <http://www.gallerynaga.com/>)
- 182.** Bileşik hologram örneği, Harriet Casdin-Silver, *70+1+2*, 1998, sanatçının kendi bedenine ait üç geçirgen beyaz ışık hologramı ve metal üzerine üç C-print fotoğrafı (Leon Nigrosh, a.g.m.)
- 183. (a b c)** Bileşik hologram ve holografik yerleştirme örneği, Rudie Berkhout, *Odyssey 2001 için* ressam Ward Bos'un resimleri ile kendi yansıma hologramlarını bir arada sergilemiştir, 15 Ağustos 2001 (The Rudie Berkhout Collection, <http://www.facebook.com/therudieberkhoutcollection?fref=ts>, 04 Eylül 2012.)
- 184. (a b)** Bileşik hologram örneği, Rudie Berkhout, *12mW Boogie*, 1978, geçirgen beyaz ışık hologramlar, triptik 3 adet 20,32 x 25,4 cm.lik hologram (Fotoğraflar, 2009 yılındaki bir sergiden "12mW Boogie - Rudie Berkhout", YouTube, (Erişim) <https://www.youtube.com/watch?v=GeoMqFbHz8&feature=plcp>, 23 Ekim 2012.)
- 185. (a b)** Bileşik hologram örnekleri, Sally Weber'in, atımlı lazer ve holografik interferometri tekniğini kullandığı bileşik hologramlar (Sally Weber, "Pulsed Light", (Erişim) <http://www.sallyweber.com/pulsed.html>, 15 Ekim 2012.)
- 186.** Bileşik hologram örneği, Wenyon ve Gamble, *Bıçakların Gölgesinin Girişim Saçakları*, 1987, resim sehпасı üzerinde üç hologram, arkadan yansıtılan siyah beyaz slayt ile birlikte, 198,73 x 120 cm (Wenyon & Gamble, "Space Odyssey, Art Tower Mito", Mart 2001, Wengam, (Erişim) [http://wengamcom/exhibits\\_shortlist/mito\\_2001/mito\\_2001.html](http://wengamcom/exhibits_shortlist/mito_2001/mito_2001.html), 11 Ekim 2012.)
- 187.** Bileşik hologram örneği, Wenyon ve Gamble, *Küçük Noktalar: Birinci ve İkinci Kuadrantlar*, 2012, tripota monte edilmiş tahta çerçeveli iki hologram, 32 x 43 cm, cam üzerine gümüş halide emülsiyonlu hologramlar (Wenyon&Gamble, <http://wengam.com/>, 01 Eylül 2012.)
- 188. (a b c d)** Bileşik hologram örneği, Wenyon ve Gamble, *Kaynakça*, 1992 (Motoko Nakagawa, "The Metaphor of the Book in Art", Wengam, (Erişim) [http://wengam.com/essays\\_shortlist/nakagawa/nakagawa.html](http://wengam.com/essays_shortlist/nakagawa/nakagawa.html), 07 Ekim 2012.),

(Wenyon & Gamble, 1993, <http://wengam.com/>) ve (Marina Benjamin "Holography and The Play of The Light", New Scientist, Vol.138, No: 1878, 19 Haziran 1993, (Erişim) <http://wengamcom/PDFs/Benjamin.pdf>, 05 Ocak 2012.)

**189.** Holomontaj örneği, Margaret Benyon, *Kaplan Kız*, 1985, yansıma hologram (The MIT Edu., Holography: The Light Fantastic", (Erişim) <http://web.mit.edu/museum/exhibitions/holography-the-light-fantastic.html>, 06 Eylül 2012.)

**190. (a b c)** Holografik portre ve holomontaj örneği, Vildan Işık, *Vildan II*, 2012, maskeleye yapılarak oluşturulan iki kanallı yansıma hologram, gümüş halide holografik film, 19 x 23,5 cm, aynı holograma ait **(a)** sağ, **(b)** sol ve **(c)** merkez görünüş.

**191.** Holografik yerleştirme örneği, Al Razutis, *Pencere I*, 1984, gümüş halide hologramlar (Al Razutis ile yapılan yazışmalardan)

**192.** Holografik yerleştirme örneği, Al Razutis, *Pencere II*, 1985, bilgisayarla oluşturulmuş sayısal hologramlar, Wavefront Galerisi'nde sergilenmiştir (Al Razutis ile yapılan yazışmalardan)

**193. (a b c)** Holografik yerleştirme örneği, Sally Weber, *Sonuç için Uçurum*, 2001, atımlı lazer (Sally Weber, "Pulsed Light", (Erişim) <http://www.sallyweber.com/pulsed.html>, 15 Ekim 2012.)

**194.** Holografik yerleştirme örneği, Dieter Jung, *Ping Pong*, 2000, dört hologram, motor, alüminyum ve ahşap, 180 x 130 cm (Artlinkart., "Unvisible - Dieter Jung Solo Exhibition", 2008, (Erişim) [http://www.artlinkart.com/en/artist/exh\\_yr/6baauulm/854atvtj](http://www.artlinkart.com/en/artist/exh_yr/6baauulm/854atvtj), 29 Kasım 2011.)

**195.** Bileşik hologram ve holografik yerleştirme ve örneği, Pepe Buitrago, *Sürdürülebilir-Sürdürülemez*, 2006, yirmi hologramla yerleştirme, 200 x 200 x 200 cm, Catedral Galeri, İspanya. (Pepe Buitrago, Arte 10, (Erişim) <http://www.arte10.com/noticias/monografico-277.html>, 16 Ekim 2012.)

**196.** Holografik yerleştirme örneği, Andrew Pepper, *Gözlem Çizgileri*, 2001, Galeri 286, Londra, İngiltere (Andrew Pepper, [apepper.com](http://www.apepper.com), (Erişim) <http://www.apepper.com/content/gallery/deepshadows/sightlines.html>, 05 Ekim 2012.)

**197.** Holografik yerleştirme örneği, 2011'de Seul Sanat Merkezi V Galeri'deki 26 sanatçının katıldığı *Picasso & Einstein* hologram sergisinden Ray Park'ın *Varolmayanlar* isimli dokuz silindirik hologramdan oluşan çalışması (Ray Park, facebook, <http://www.facebook.com/rayhologram>, 12 Ağustos 2012.)

**198.** Holografik yerleştirme örneği, Ikuo Nakamura, *Houdini: Sanat ve Sihir*, 2009, geçirgen hologram ile yerleştirme (Hololab, <http://www.hololab.com/>, 06 Eylül 2012.)

**199.** Çevresel holografi örneği, Hiro Yamagata, *Güneş Küpü*, 2003, Guggenheim Bilbao, İspanya (Quote Stemple, <http://www.quotestemple.com/Quotes/hiro-yamagata-quote-many-people-say-my-art-will-heal-the-people-i-always-avoid>, 16 Ekim 2012.)

**200. (a b)** Çevresel holografi örneği, Sally Weber, *Işıkdüyargası*, 1982 (OSU-Ohio State University Interdisciplinary Research Seminar in Holography Three-Dimensional Imaging, 1999, (Erişim) [http://www.physics.ohio-state.edu/~kagan/holo\\_show99/gallery.html](http://www.physics.ohio-state.edu/~kagan/holo_show99/gallery.html), 30 Nisan 2012.)

**201.** Çevresel holografi örneği, Graham Tunnadine, *Holografik Saat*, 1990, İngiliz Demiryolları Pavyonu'nun metal yapısına yerleştirilen 132 tane yansıma hologram (Art in Holography, 1996, International Congress on Art in Holography, (Erişim) <http://www.art-in-holography.org/>, 03 Aralık 2011.)

- 202.** Çevresel holografi örneği, Setsuko Ishii, *Güneş Işığının Çizgilerinin Dikey Dönüşü*, 1993-1995, güneşe göre renk değiştiren gökkuşağı hologramlar (Absolute Arts, "Setsuko Ishii's Main Portfolio Page", (Erişim) <http://www.absolutearts.com/>, 15 Ekim 2012.)
- 203.** Çevresel holografi örneği, Setsuko Ishii, *Ölülerin Ruhu için Dua*, 1993, geçirgen beyaz ışık hologramlarla bir yeraltı kaya mağarası içine yerleştirme (Art in Holography, 1996, International Congress on Art in Holography, (Erişim) <http://www.art-in-holography.org/>, 05 Eylül 2012.)
- 204. (a b)** Çevresel holografi örneği **(a)** Ikuo Nakamura, *Fosiller*, günbatımında Guatemala ormanındaki Maya harabesi 'Tikal' a yerleştirilen hologramla oluşturulan görüntü **(b)** Nakamura, bu çalışması için 'Tikal' a hologramı yerleştirirken, 26 Nisan 2006 (Holocenter, (Erişim) <http://www.holocenter.org/Archive.html>, 07 Ekim 2012.)
- 205. (a b)** Lazlo Moholy-Nagy, Fotokayıtlar (Rosa Maria Oliveira, "Light and Shadows in Holography: A Possible Dialogue Between Art and Science by Using Artistic Holography", Ria-Repositório Institucional da Universidade de Aveiro, 2012, (Erişim) <http://ria.ua.pt/handle/10773/8068>, 16 Mayıs 2012.)
- 206.** Gölgekayıt örneği, Margaret Benyon, *Sıcak Hava*, 1970, 20 x 25 cm (Rebecca Coyle, Phillip Hayward, Holographic Art in Australia, "Margaret Benyon: The Founding of Holographic Art", Chapter 2, 1995, University of Sydney, Power Publications, Australia, p. 23-26.)
- 207.** Holoresim örneği, Zdeněk Kočib, *Çizgiler, Alanlar ve Işık*, 1997, No. 20, kağıt üzerine akrilik boya ve holografik desenler, 55,88 x 71,12 cm (Zdenek Kocib. "Luminograms: Apperent Movement in Two-Dimensional Images", Leonardo, The MIT Press, 2000, S. 33, s. 107-110.)
- 208.** Holoresim örneği, George Dynes, *Hologram ve Çizim*, 2000 (George Dynes, (Erişim) [http://georgesdyens.com/en/om\\_oeuvre.php?serie=78](http://georgesdyens.com/en/om_oeuvre.php?serie=78), 01 Ekim 2012)
- 209.** Resimsel holografi örneği, Harriet Casdin Silver, *Coda*, 1992-2000, yansıma hologram, 76,2 x 76,2 cm (Gallery Naga, (Erişim) <http://www.gallerynaga.com/>, 22 Eylül 2012)
- 210.** Holoheykel örneği, Sam Moree, *Elle Tanımlı*, hologramlarla birleştirilmiş heykel (New York Stereoscopic Society, "Fine Art Holography at Hudson Beach Glass", Ekim 2011, (Erişim) <http://www.ny3d.org/2011/10/>, 15 Ekim 2012.)
- 211.** Holoheykel örneği, Sam Moree, *Anka Kuşu 46*, 1996, metal heykel üzerinde geçirgen beyaz ışık hologramları (Art in Holography, 1996, (Erişim) <http://www.art-in-holography.org/>, 01 Ekim 2012.)
- 212.** Holoheykel örneği, Dieter Jung, *Yön Bulucu – İkarus'un Gözü*, 2000, 58 x 45 x 45 cm (Artlinkart, "Unvisible - Dieter Jung Solo Exhibition", 2008, (Erişim) [http://www.artlinkart.com/en/artist/exh\\_yr/6baauulm/854atvtj](http://www.artlinkart.com/en/artist/exh_yr/6baauulm/854atvtj), 29 Kasım 2011.)
- 213.** Holoheykel ve holografik yerleştirme örneği, Georges Dyens, *Dünyanın Dönüşünün Görünüşü - Vertigo Terrare*, 1994, yerleştirme, holoheykel, hologram, arazi sanatı, holofotogram, alüminyum, ışık, plaster, kaya, müzik, hurda, kum, ahşap, polyester reçine, lazer, sis, toprak, pleksiglas (Georges Dyens, (Erişim) [http://georgesdyens.com/en/om\\_oeuvre.php?serie=84](http://georgesdyens.com/en/om_oeuvre.php?serie=84), 08 Haziran 2012.)
- 214. (a b)** Holografik heykel ve holografik yerleştirme örneği, Sally Weber, *Evidence of Time*, 1993, çelik, alüminyum, holografik paneller, Moreno Vadisi, California, A.B.D. (Sally Weber, <http://www.sallyweber.com>)



**215.** Holoheykel örneği, Alexander, *Savaşın Dehşeti*, 1988, 101,6 m<sup>2</sup> lik bir alana yerleşirme (Ray Zone, "Immaterial Presences- The Holography of Alexander", Art Gallery International, Aralık 1989, (Erişim) <http://www.ray3dzone.com/holo.html>, 02 Ekim 2012.)

## GİRİŞ

Holografi, çok sayıda fizikçi, kimyacı, matematikçi ve mühendisin araştırma ve uygulamaları ile yaratılmış ve halen geliştirilmesine devam edilen çağdaş bir görüntüleme tekniğidir. Bu teknikle ışığın ve sesin kaydedilmesi, depolanması ve istenilen bir zaman ve mekanda yeniden oluşturulması amaçlanmaktadır. Bilimsel ve teknolojik araştırma ve uygulamalarda gün geçtikçe artan sayıda kullanılan holografi, sanatçıların bu tekniğin sanatsal potansiyelini keşfetmesiyle birlikte pek çok ülkede sanat alanında da kullanılmaya başlamıştır.

Bu çalışma ile, sanatsal potansiyeli çok yüksek olan ancak ülkemizde henüz pek tanınmayan ve kullanılmayan holografinin sanatsal açıdan kullanımına dikkat çekmek amaçlanmış ayrıca bu konu üzerine varolan Türkçe kaynak eksikliğini giderilmesi hedeflenmiştir. Türkiye’de holografi üzerine bilimsel ve teknolojik araştırma ve geliştirme çalışmaları olsa da bir sanatçının holografii öğrenmesine ve uygulamasına olanak sağlayan bir yer henüz bulunmamaktadır.

Çalışmanın yöntemi; kitap, dergi, makale, haber ve sanat yapıtı gibi kaynaklara başvurularak yapılan kaynak araştırmasının yanı sıra tekniğin doğrudan öğrenilerek uygulanmasına dayanmaktadır. Söz konusu tekniğin öğrenilmesi ve uygulanması için Güney Kore - Seul’deki Uluslararası Hangyo Araştırma ve Geliştirme Merkezi Holografi Laboratuvarı’nda ve Kwangwoon Üniversitesi Holografi Laboratuvarı’nda çalışmalar yapılmıştır. Bu tez, holografi tekniğinin ve holografik sanatın ne olduğunun kaynak araştırılması ile birlikte holografi laboratuvarlarında yapılan gözlem ve uygulamalara da dayanan bir çalışmadır.

Tezin birinci bölümü, *Holografi: Işık ve Sesin Kaydedilmesi ve Yeniden Yapımı* başlığı altında holografinin ve hologramın ne olduğunun ve nasıl ortaya çıktığının anlatıldığı bölümdür. Bu bölümde, tekniğin gelişiminin kısa tarihinin anlatılmasının yanı sıra kullanılan malzeme türlerine ve fotoğrafla arasındaki benzerlik ve farklara da yer verilmiştir. Ayrıca neden çok sayıda hologram çeşidi olduğu açıklanmaya çalışılmış, geliştirilen ve geliştirilmesine halen devam edilen ellidört hologram çeşidi de örnekler ve görsellerle desteklenerek anlatılmıştır. Bir hologramın nasıl oluştuğunun daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla Seul’de

yapmış olduğum bir analog geçirgen hologram kaydı ve yeniden yapımı örneği fotoğraflarla ve şemalarla detaylı olarak açıklanmıştır. Bu bölümün sonunda holografinin kullanım alanları ile Türkiye'deki bilimsel amaçlı holografi araştırma ve uygulamaları yer almaktadır.

İkinci bölüm, *Holografinin Sanatsal İfade Aracı Olarak Kullanımı* başlığı altında holografinin sanatsal potansiyelinin keşfini, sanatsal kabulünü ve bu sanata öncülük eden sanatçıları içermektedir. Ayrıca bu bölümde holografinin ayrı bir sanat olarak değerlendirilmeye başlamasıyla birlikte ortaya çıkan holografik sanat terimlerine de yer verilmiş ve bu terimler ilgili görsel örneklerle birlikte açıklanmıştır. Birinci bölümde anlatılan hologram çeşitlerinin pek çoğu sanatçılar tarafından kullanılmaktadır dolayısı ile ilk bölümde anlatılan hologram çeşitlerinin bilinmesi, sanatçıların çalışmalarının anlaşılmasında ve anlamlandırılmasında son derece önemlidir.

Tezin her iki ana bölümünde de Seul'deki holografi araştırma ve uygulamalarından alınan notlardan, kaydedilen fotoğraf, video ve hologram örneklerinden faydalanılmıştır.

Tezin son bölümü, yapmış olduğum tüm kaynak araştırması ve holografi uygulamalarının ardından ulaşılan sonuçları ve bu sonuçlar doğrultusundaki önerileri kapsamaktadır.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### HOLOGRAFİ: IŞIK ve SESİN KAYDEDİLMESİ ve YENİDEN YAPIMI

#### 1.1. HOLOGRAM VE HOLOGRAFİ

##### 1.1.1. Hologram

Hologram, köken olarak Yunanca *holos* (bütün, tam) ve *gramma* (harf, yazı) kelimelerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuş, *tam kayıt*<sup>1</sup>, *tam haber*<sup>2</sup> ya da *eksiksiz mesaj*<sup>3</sup> anlamlarına gelen bir sözcüktür.

Hologramın farklı tanımlarına rastlamak mümkündür. Bunlardan biri şöyledir: Hologram, bir film veya ince bir cam levha tabaka ile ışığa duyarlı bir emülsiyondan meydana gelen iki boyutlu (2D) bir *depolama malzemesi*'dir. Lazer yardımı ile alınan bu kayıta yer alan girişim desenleri, yeniden üç boyutlu (3D) olarak renkli ve saydam bir ışık görüntüsüne dönüştürülebilmektedir.<sup>4</sup> Hologram'a yönelik diğer tanımlardan bazıları ise şöyledir:

- "Biri etkilenmiş ve diğeri tabi olan iki lazer ışınının çarpıştırılması sonucu meydana gelen ve üç boyutlu resim verebilen negatif"<sup>5</sup>,
- "Holografi tekniği ile meydana gelen resimler"<sup>6</sup>,
- "Eşvreli lazer ışınlarının kullanılmasıyla elde edilen resme verilen ad."<sup>7</sup>

Hologramın tanımlarında, *üç boyutlu fotoğraf*, *üç boyutlu resim*, *ışıkta heykel*, *üç boyutlu lazer fotoğrafı*, *üç boyutlu resim verebilen negatif*, *ışıkta üç boyutlu resim* gibi pek çok ifadeye rastlamak mümkündür. Bu ifadelerden de

<sup>1</sup> **Leonardo** (a), "New Media Dictionary: Holography", Journal of the International Society for The Arts, Science and Technology, MIT Press, Vol. 33, No. 2, 2000, s. 137.

<sup>2</sup> George A.W. Boehm, "Devrim Taratacak Bir Buluş: Holografi: Üçüncü Boyuta Açılan Kapı", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, S. 22, Ağustos 1969, s. 1.

<sup>3</sup> Aydın Arıtan (b), "Hologram Nedir? Nasıl İşler?", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Mart 1990, S. 268, s. 23.

<sup>4</sup> **Leonardo** (b), "New Media Dictionary: Terms-Part 4: Holography", Editör: Louise Poissant, Journal of the International Society for the Arts, Science and Technology, MIT Press, Vol. 34, No.4, Ağustos 2001, s. 370.

<sup>5</sup> **Redhouse İngilizce-Türkçe Sözlüğü**, Sev Matbaacılık, İstanbul, 1997, s. 464.

<sup>6</sup> George A.W. Boehm, a.g.m, s. 1.

<sup>7</sup> Elif Yılmaz, "Görüntüler Renk Renk, Çeşit Çeşit Hologramlar", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, S. 419, Ekim 2002, s. 79.

anlaşılacağı üzere tanım ve tasnifte henüz tam bir uzlaşım sağlanamadığını söylemek mümkündür. Holografik araştırma ve uygulamaların önemli isimlerinden biri olan fizikçi Graham Saxby hologramın tanımı üzerine şunları söylemektedir:<sup>8</sup>

Fizikçi için bir hologram; karşılıklı iki uyumlu ışık ışınları arasındaki etkileşimden oluşan girişim saçaklarının mikroskopik bir model formundaki kayıdır. İyi bilgilendirilmiş bir kişi için hologram; lazer ışığına maruz kalan ve uygun ışık kullanıldığında üç boyutlu bir görüntü oluşturan bir fotoğrafik film veya plakadır. Daha az bilgilendirilmiş kişi için ise hologram; üç boyutlu fotoğrafın sadece bir türüdür.

Hologramın ne olduğuna ilişkin tanımların pek çoğunda “lazer ışınları ile elde edildiği” yazmaktadır. Hologram elde etmede ve görüntülemde lazer son derece önemli bir yere sahip olmakla birlikte kullanılan tek ışık kaynağı değildir. Günümüzde farklı ışık kaynakları örneğin X-ışını, UV ışını ya da uyumsuz ışık gibi farklı ışık kaynakları kullanılarak da hologramlar üretilmekte ve araştırmalara halen devam edilmektedir. Öte yandan depolanan bilgi sadece bir nesnenin değil bazen bir elektronun bazen bir atomaltı parçacığının bazen de bir ses frekansının hologramıdır. Diğer önemli bir nokta ise bir hologramın, holografik film ya da plaka olabilmesinin yanı sıra sayısal yüksek çözünürlüklü kameralarla kaydedilmiş ve bu yolla yeniden yapılanmış sayısal bir veri de olabilmesidir. Tüm bunlara ek olarak belirtilmesi gereken son derece önemli bir konu da tanımlarda sıkça rastlanan “hologram üç boyutlu resimdir” ifadesidir. Çünkü hologram bir boyutlu, iki boyutlu, iki/üç boyutlu ve üç boyutlu olabilmektedir. Hatta günümüzde dört boyutlu hologramlar üzerine de çalışılmaktadır. Hologram, “bir nesnenin lazerle elde edilmiş üç boyutlu görüntüsü” ifadesine sığmayacak kadar geniş kapsamlıdır.

---

<sup>8</sup> Graham Saxby, **Practical Holography**, 2004, IOP Publishing Ltd., UK, s. 3.

### 1.1.2. Holografi

Hologram elde edilmesini sağlayan işlemler dizisine *holografi* denmektedir.<sup>9</sup> Özellikle ışık, ses, elektronlar ve lazer üzerine yapılan araştırmalar sonucu geliştirilen holografi; fizik, kimya, mühendislik gibi pek çok alanı içinde barındıran bir tekniktir. Bu teknik ile ortamdaki sesin ya da ışığın tüm fiziksel özelliklerinin kaydedilmesi, depolanması ve yeniden yapımı yani başka bir zamanda veya yerde tıpatıp tekrar oluşturulması amaçlanmaktadır.<sup>10</sup>

Holografi, ışık ve ses dalgalarının *girişim* ve *kırınım* özelliklerini kullanmaktadır. Uzayda bir cismin varlığına ait bilgi, bize genellikle ışık ya da ses dalgaları halinde ulaşmaktadır. Dalga, cisimlerden gelen enerjinin taşınmasına yol açan titreşimdir ve birbirleriyle kesiştiklerinde biri diğerini zayıflatabilir, kuvvetlendirebilir veya her iki durum da görülebilir. Dalgaların en önemli özelliği, iki dalganın birbirinin içinden geçerken etkilerinin birleşmesidir. Bu olaya girişim denir. Holografide dalgalar, kesiştiklerinde *girişim desenlerini* ve aydınlık-karanlık (ışık-gölge) alanlardan oluşan *girişim saçaklarını* oluşmaktadır.<sup>11</sup> Bu, holografi tekniğinin özüdür. Bu teknikle dalganın tüm özellikleri; dalganın şiddeti (dalganın yüksekliği), dalganın rengi (dalgaboyu uzunluğu) ve dalganın doğrultusu (dalganın titreşim açısı) kaydedilmekte, depolanmakta ve yeniden yapımı sağlanmaktadır.<sup>12</sup>

Ağırlıklı olarak lazer ışınlarının kullanıldığı holografi tekniğinin anlaşılmasını kolaylaştıracağı için öncelikle ışık ve lazerin ne olduğuna ana hatları ile değinilmesi uygun olacaktır.

<sup>9</sup> George A.W. Boehm, a.g.m, s. 1.

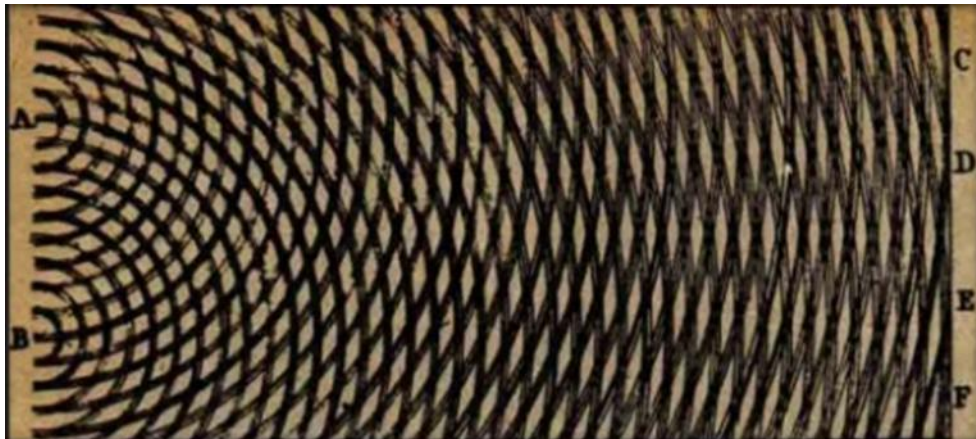
<sup>10</sup> Levent Onural, "Üç Boyutlu Televizyon 3D TV", **Bilkent-Erzurum Semineri**, 20 Ekim 2008. (Erişim) [http://video.bilkent.edu.tr/regenerated\\_pages/regen\\_category\\_listing\\_2.html](http://video.bilkent.edu.tr/regenerated_pages/regen_category_listing_2.html), 25 Ocak 2012.

<sup>11</sup> "Hologram ve Beyin: Paul Pietsch", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Sience Digest'tan Çev. Mustafa Uzunoğlu, Tübitak Yayınları, Ağustos 1982, S. 177, s. 11.

<sup>12</sup> Levent Onural, a.g.m

### 1.1.3. Işık

Işık *dalga* mıdır yoksa *parçacık* mıdır? Yıllar boyu süren araştırmalar sonucu ışığın hem parçacık hem de dalga özelliği gösteren “maddenin özel bir türü” olduğu sonucuna ulaşılmıştır.<sup>13</sup> Işık, parçacık ve dalga niteliklerini gösteren melez bir yapıdadır.<sup>14</sup> Thomas Young’ın 1803 yılında yaptığı deney, ışığın dalga olduğu konusunda kesin bir rol oynamıştır.<sup>15</sup> İki iğne deliğinden geçirilen tek renkli bir ışık demeti su dalgaları ve ses titreşimlerinde görülen ve tamamıyla onlara benzeyen bir girişim deseni meydana getirmiştir. Küçük bir kaynaktan gelen tek renkli bir ışık demeti veya elektronlar gibi küçük parçacıklardan meydana gelen bir akım, içinde küçük bir delik bulunan bir ekrana doğru yöneltilirse bu delikten geçen ışık veya parçacıklar, birincinin arkasına konulan ikinci bir ekranda karakteristik bir desen meydana getirmektedir. 19. yüzyılda bu durum, ışığın dalga kuramına bir kanıt olarak kullanılmıştır.<sup>16</sup>



1. Thomas Young’ın girişim deseni örneği

Işık dalgaları arasındaki girişimi, su dalgalarına benzeterek açıklayan Young, 1807 yılında yayımlanan kitabında yaptığı deneyi anlatmış ve dalgaların oluşturduğu girişim desenini açıklayan bu çizimi kullanmıştır.

<sup>13</sup> Gerald Feinberg, “Işık”, (Scientific American’dan çeviri yapılan bir makale), **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Kasım 1969, S. 25, s. 1-2.

<sup>14</sup> Necati Ecevit, “Holografi ve Uygulamaları”, **Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Çalıştay 23-30 Haziran 2009**, (Erişim) [http://maycalistaylari.comu.edu.tr/calistay2009\\_2/sunumlar/danisman/necati\\_ecevit\\_fizik.pdf](http://maycalistaylari.comu.edu.tr/calistay2009_2/sunumlar/danisman/necati_ecevit_fizik.pdf), 14 Kasım 2011.

<sup>15</sup> Bazı bilimcilerin ışığın dalga olduğuna ilişkin görüşleri bulunsa da ışığın parçacık olduğu görüşü 19.yüzyıl başlarına kadar hakim bir görüş olmuştur. Işığın parçacık olduğunu söyleyen önemli isimlerden biri Isaac Newton’dur. 1704’te basılan *Opticks* isimli çalışmasında ışığı ufak taneciklerden (zerre, parçacık) meydana gelen bir akım olarak tanımlamıştır. Işığın doğru bir çizgi halinde yol aldığını ileri süren Newton, cam levhalarla renk olaylarına ait deneyler de yapmıştır. *Newton halkaları* olarak bilinen bu deneylerinden; ışık demetlerinin dalgalarla ilgili bazı özelliklere sahip olmaları gerektiği sonucunu çıkarmış ve bu durumlara *kolay yansıma* ve *kolay iletme* durumları adını vermiştir. Ancak Newton bu araştırması üzerine herhangi bir hipotez ortaya atmamış ve ışığın çok ufak taneciklerden meydana geldiği teorisi bir asır kadar ön planda tutulmuştur. Gerald Feinberg, a.g.m, s. 1.

<sup>16</sup> Gerald Feinberg, a.g.m, s. 4.

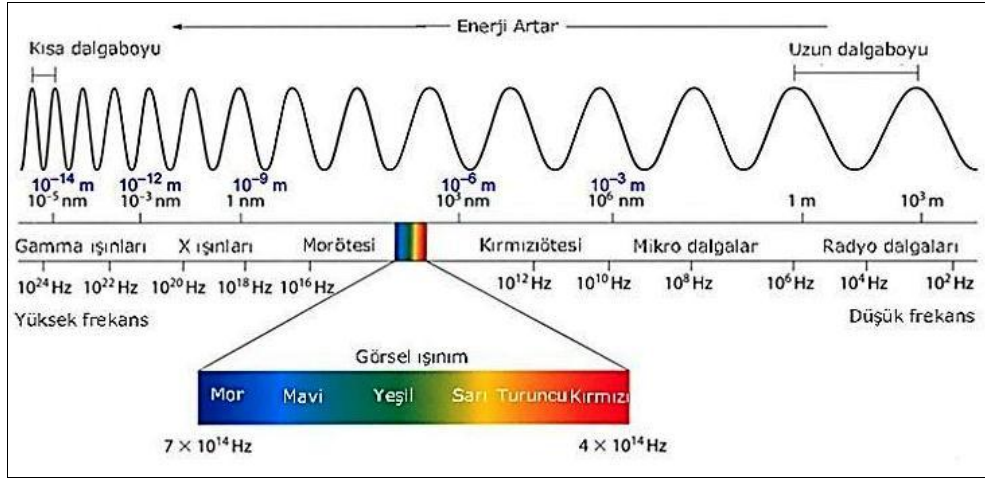
19. yüzyılın sonlarına doğru, ışığın dalga olduğu yönündeki kuram, James Maxwell tarafından ortaya atılan elektromanyetik kurama uygunluk göstermiştir. Maxwell'in denklemlerinde ışık; yüklü bir zerrinin etrafını kaplayan elektromanyetik (elektrikle yüklü parçacıklar) alandaki hızlı bir değişiklik olarak açıklanmıştır. İnsanlar tarafından görülebilen bir frekans aralığında bulunan beyaz ışık, elektromanyetik diğer ışınım türleri ile (gama ışınları, X ışınları, morötesi, beyaz ışık, kızılötesi, mikrodalgalar ve radyo dalgaları) arasında yer almakta ve içinde gökkuşağı renklerini barındırmaktadır. Bu frekans aralığındaki her bir renk farklı dalgaboyuna sahiptir ve diğer elektromanyetik dalgalarla aynı olan üç temel özelliği yani dalganın boyu, şiddeti ve titreşim doğrultusu özelliklerini paylaşmaktadır.<sup>17</sup>



2. Dalgaboyu ve frekans ilişkisini gösteren şema Dalgaboyu, ardışık iki dalga tepesi ya da çukuru arasındaki uzaklıktır. Yaygın olarak Yunanca lamda ( $\lambda$ ) harfi ile gösterilmektedir. Frekans; bir dalganın 1 saniyedeki tam devrinin sayısıdır. Dalgaboyu, frekans ile ters orantılıdır dolayısıyla dalgaboyu uzadıkça frekans azalmaktadır.

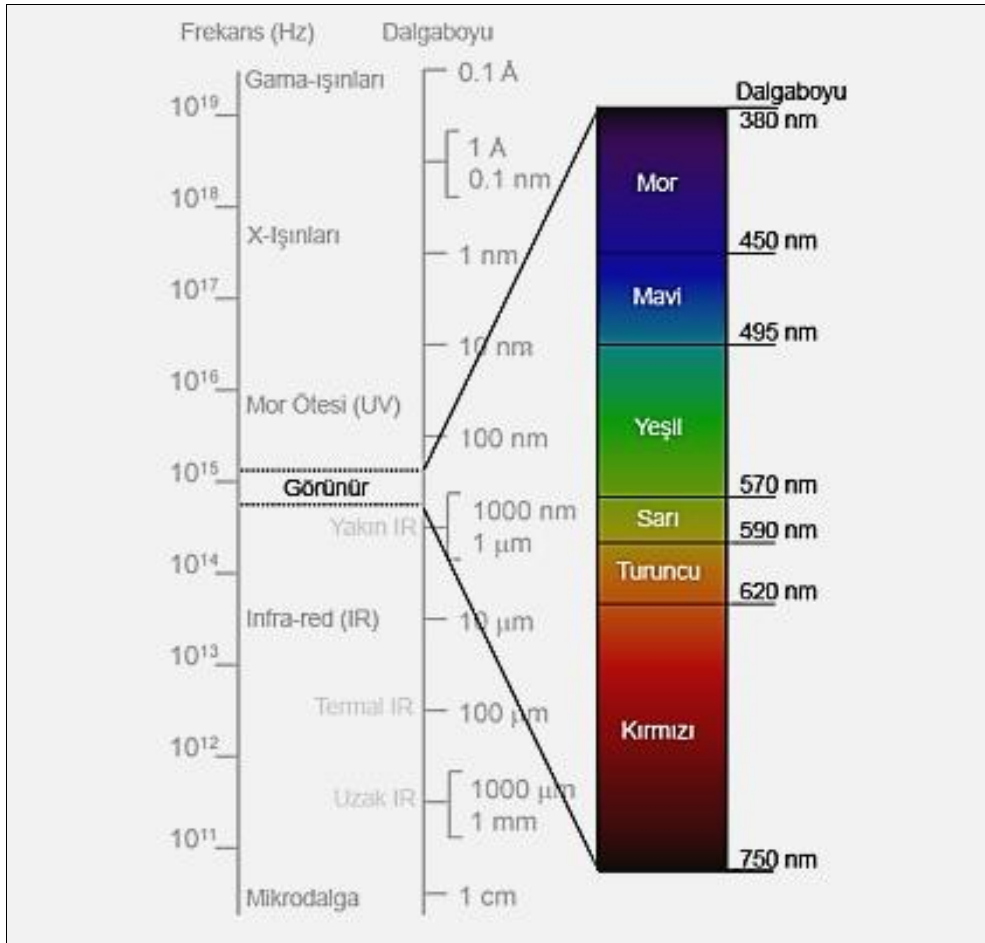
<sup>17</sup> Gerald Feinberg, a.g.m., s. 1-2.





### 3. Elektromanyetik ışınım tayfı (ışık tayfı) şeması

İnsan gözü sadece optik ya da görsel bölge olarak adlandırılan mor ve kırmızı frekans aralığındaki ışığı görebilmektedir



### 4. Görülebilir ışık tayfını gösteren şema

Elektromanyetik tayf çok geniş bir dalgaboyu aralığına sahiptir ancak insan gözü sadece 380-740 nm aralığındaki dalga boylarını görebildiği için bu aralığa görülebilir ışık denilmektedir. Nanometre (nm): Bir milimetrenin milyonda biridir. Gözle göremediğimiz maddeleri (atom v.b) ölçmek için kullanılmaktadır (1 nm = 0,00000001 m = 10<sup>-8</sup> m)

Işık, bazı durumlarda girişim ve polarizasyon gibi dalgalara özgü nitelikleri göstermekte; bazı durumlarda ise *foton* (kütlesiz ışık parçacığı) adı verilen birçok ayrı cisimden meydana gelmiş gibi davranmakta ve bunların enerji, hareket gibi parçacık özelliklerini taşımaktadır. Atom veya moleküldeki elektronların, yüksek enerji seviyesinden daha alçak enerji seviyesine düşmeleriyle birlikte ortaya ışık çıkmaktadır. Işığın absorbe edildiği birçok durumda bunun tersi yani fotoelektrik etki ortaya çıkmaktadır. Bu etkide atom veya molekül içindeki bir elektron, foton tarafından dışarı atılmaktadır.<sup>18</sup>



5. (a, b) Fotoelektrik etki şemaları

(a) Elektronlar, yüksek enerji seviyelerinden daha alçak enerji seviyelerine düştüklerinde ışık ortaya çıkmaktadır. (b) Tersi durumda ise elektron, foton tarafından dışarı atılmaktadır.

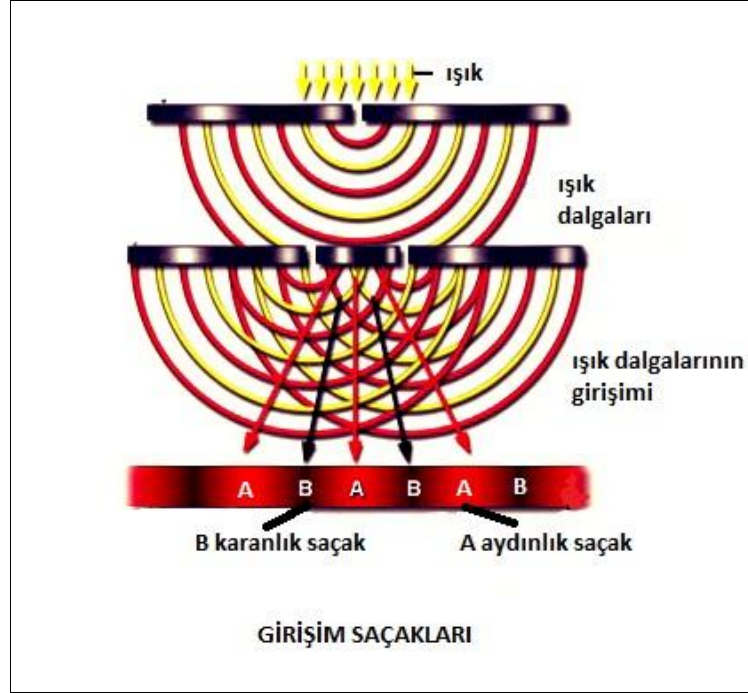
Işık ve maddenin, beraberce hem dalga hem de parçacık özelliklerine sahip olduklarının bulunması, doğanın yeni bir açıklamasının yapılmasına da yol açmıştır. 1920'lerde olgunlaşan kuantum mekaniği teorisine göre cisimler, uzayda bir yeri olan parçacıklardır. Bunlar, çeşitli yönlerde ve çeşitli hızlarda hareketin göreceli olasılıklarını yönetmektedir. Kuantum mekaniğine göre dalga-parçacık ikiliği gereği, girişim; parçacıklar için de söz konusudur yani dalga ve parçacık arasında bir ayrım yoktur ve bazen parçacıklar dalga gibi bazen de dalgalar parçacıklar gibi davranabilmektedir.<sup>19</sup> Bunun en iyi bilinen örneği çift yarık deneyidir. Deneyde; iğne deliği yerine üzerinde birbirlerine paralel ince iki yarık olan bir yüzey kullanılmıştır. Bu yüzeye ışık tutulduğunda ışığın ve karanlığın kendine özgü bir deseni (girişim saçakları) oluşmaktadır.<sup>20</sup>

Holografi tekniği, yukarıda kısaca anlatıldığı üzere ışığın hem dalga hem parçacık olma özelliklerinin bulunmasının ardından ortaya çıkmış ve geliştirilmiştir.

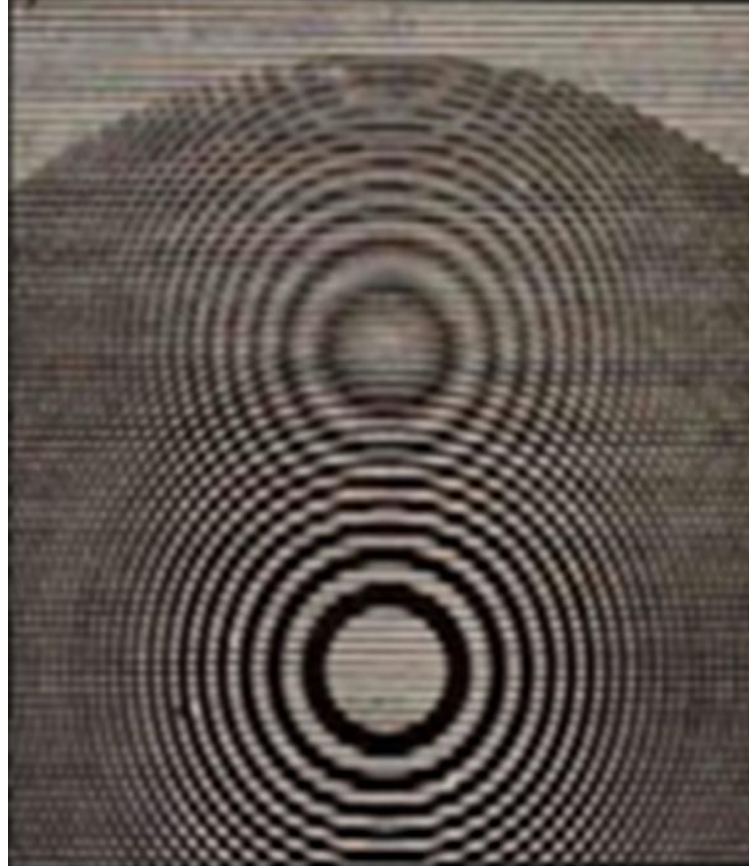
<sup>18</sup> Gerald Feinberg, a.g.m., s. 5.

<sup>19</sup> Stephen Hawking, Leonard Mlodinov, **Zamanın Daha Kısa Tarihi**, Çev. Selma Ögünç, Doğan Epmont Yayıncılık ve Yapımcılık Tic. A.Ş., İstanbul, Ekim 2006, s. 121.

<sup>20</sup> Stephen Hawking, Leonard Mlodinov, a.g.e., s. 76-77.



6. Işığın girişim deseni ve girişim saçaklarını örnekleyen şema

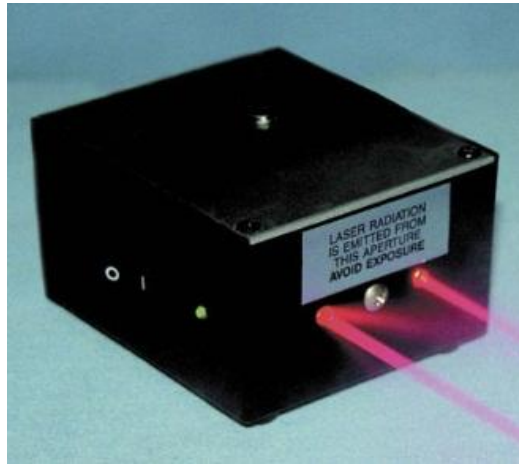


7. Faz ve girişim deseni

#### 1.1.4. Lazer

Holografi tekniğinde önemli bir yere sahip olan LASER, Lightwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Uyarmalı Radyasyon Emüsyonu ile Işıkdalgası Yükseltilmesi) sözcüklerinin baş harflerinden oluşmaktadır.<sup>21</sup> Türkçede de önceleri *laser* olarak yer alan bu sözcüğün günümüze daha yakın kullanımı *lazer* şeklindedir.

1958'de Amerikalı Charles H. Townes (1927-2007) ve Rus Alexandr Mikhailovich Prokhorov (1916-2002) tarafından bulunan, "*quantum jeneratörleri*"<sup>22</sup> ve "*enerjiye giden yeni bir yol*"<sup>23</sup> olarak tanımlanan lazer, bulunduğu günden günümüze çok sayıda alanda önemli bir yer edinmiştir. Endüstrinin ve bilimin bu önemli cihazı, haberleşmede, sanayide özellikle de silah sanayiinde ve tıpta çok geniş kullanım alanlarına sahiptir.<sup>24</sup>



8. Çift ışın verebilen bir lazer cihazı örneği

Lazer, ışık (elektromanyetik radyasyon) üreten cihazın adıdır. Bu cihazın temeli; ışık kaynağı, radyo kaynağı ya da elektron demeti gibi bir enerji kaynağının saldırdığı enerjiyi emmesi ve emdiği enerjiyi insanlarca görülebilen frekansta

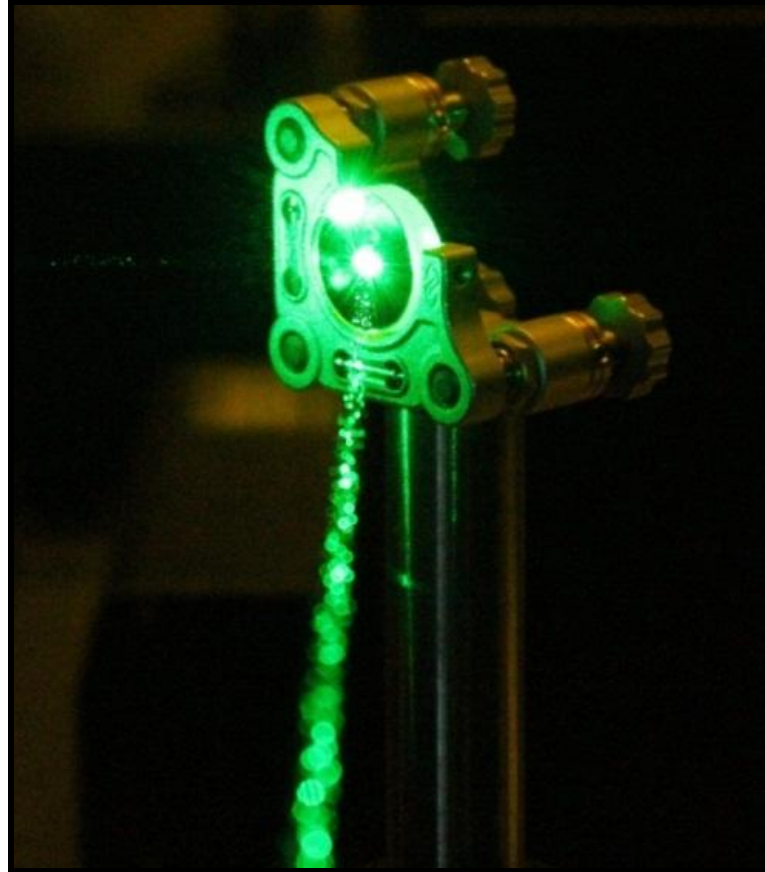
<sup>21</sup> Erol Aygün, "Laser Nedir? Nasıl Üretilir? Nerelerde Kullanılır?", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Kasım 1989, S. 264, s. 35.

<sup>22</sup> Herman Lomonov, a.g.m., s. 44.

<sup>23</sup> Lee Edison, "Enerjiye Giden Yeni Yol: Lazer Işığı", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Ocak 1979, S. 134, s. 9.

<sup>24</sup> Lee Edison, a.g.m., s. 10.

elektromanyetik bir ışımada geri vermesidir.<sup>25</sup> Cihaz sayesinde ortaya çıkan ışımaya da lazer, lazer ışığı ya da lazer ışını denmektedir. Işığın çok özel bir türü olan lazer, doğada bulunan herşeyden daha kuvvetli ve yoğundur.<sup>26</sup>



9. Lazer ışını (fotoğraf: Vildan Işık)

Lazerler, *uyarılmış ışımada* yoluyla elde edilmektedir. Kuantum mekaniğinde, atomun yörüngesinde belirli bir düzeyde bulunan elektronlar, ayrı pozisyonda tutulmaya zorlandığında ortaya kütsüz ışık parçacıkları yani *fotonlar* ortaya çıkmaktadır. Başka bir ışığı (foton) ya da ısıyı (fonon) emen elektronlar, bu olaydan enerji payı almaktadır. Uyarılarak yüksek seviyeden düşük bir seviyeye geçen elektronlar hep böyle kalmamakta yaklaşık  $10^{-8}$  saniye kadar bir süre sonra eski hallerine geri dönmektedir.<sup>27</sup>

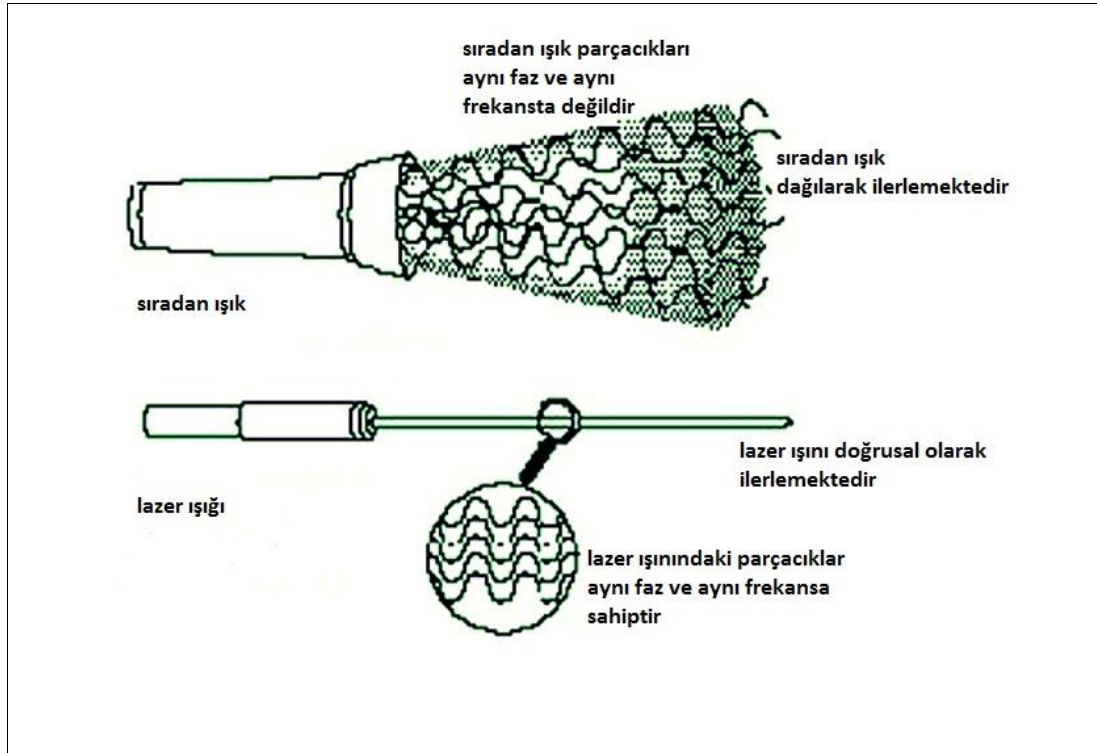
<sup>25</sup> **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, “Holografik Elektronik Bilgi İşlem Sistemlerine Uygulanıyor”, Werner W. Kucelke ile yapılan söyleşiye dayanılarak hazırlanan bir yazı, Tübitak Yayınları, Aralık 1975, S. 97, s. 14-15.

<sup>26</sup> **NASA**, “Laser Technology: Shedding Some Light”, Aralık 1996, (Erişim) <http://www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/LaserTech.html>, 21 Eylül 2012.

<sup>27</sup> Aysuhan Ozansoy, “Franck-Hertz Deneyi”, **Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi Fizik Bölümü**, (Erişim) <http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/aozansoy/f-355/Franck-Hertz.pdf>, 10 Mayıs 2012.



Lazerin özellikleri, ürettiği fotonlarının tamamıyla birbirinin aynı olmasından ileri gelmektedir. Lazer, aynı enerji ve dalgaboyuna sahip olan parçacıklardan çok sayıda üretmektedir.<sup>28</sup> Lazer ışığı güneş ışığı, lamba veya fener ışığı gibi çeşitli şekillerdeki sıradan bir beyaz ışıktan farklıdır. Bu ışıklar da fotonlardan oluşmaktadır ancak lazeri üstün kılan özellikleri, fotonlarının aynı faz (eşfazlı) ve aynı frekansta olmasıdır yani lazer uyumlu (koherent) bir ışıktır.<sup>29</sup>



10. Uyumsuz sıradan ışıkta ve uyumlu lazer ışığında fotonların dağılımını gösteren şema

Lazerlerin özelliklerini şöyle sıralamak mümkündür:<sup>30 31</sup>

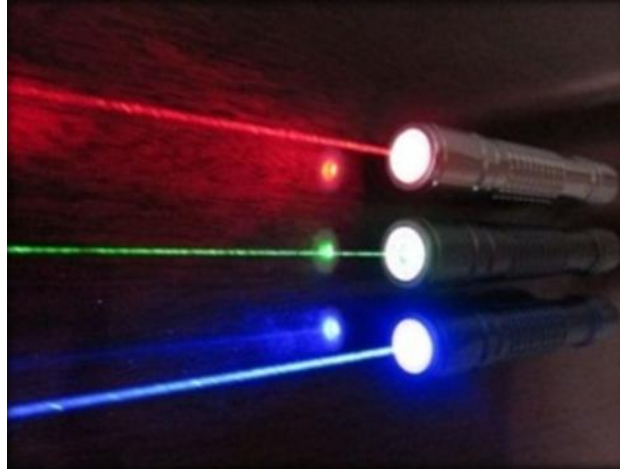
- Lazer, çok az dağılan ince bir ışın demetidir ve dağılmadan çizgi gibi düz bir şekilde yani doğrusal olarak ilerleyebilmektedir.
- Lazer, aynı fazda olması sebebiyle olağanüstü güçlüdür.
- Lazer ışığının kapladığı frekans bandı çok dardır, bu yüzden tek renktedir.
- Lazer, çok parlak bir ışık demetidir yani ışık şiddeti (birim yüzeye düşen güç) yüksektir.

<sup>28</sup> Gerald Feinberg, a.g.m., s. 9.

<sup>29</sup> NASA (1996)

<sup>30</sup> Süleyman Demokan, a.g.m., s. 4.

<sup>31</sup> Ramazan Aydın, "Lazer Teknolojisinde Son Gelişmeler", **Elektrik Mühendisliği Dergisi**, Elektrik Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, Haziran 1991, S. 379, Cilt. 36, s. 79.



11. Lazer ışınları, kapladığı frekans bandının çok dar olması sebebiyle tek renktedir



12. Doğrusal olarak dağılmadan ilerleyen tek renkli lazer ışınları. Lazer doğrusal olarak ilerleyebilmesi sayesinde uzaktan ölçme aracı olarak da kullanılmaktadır. Örneğin ayın dünyaya olan uzaklığı, lazer ile çok hassas şekilde ölçülebilmektedir

Günümüzde çok sayıda lazer sistemi vardır. Farklı amaçlar için laboratuvarlarda çeşitli lazerler kullanılmaktadır.<sup>32</sup> İlk lazer, yakut kristali ile yapılmıştır. Yakutun yanı sıra ışık yansıtan başka birçok kristal, yarı iletkenler, camlar, fiberler (camın ısıtılarak çekilmesi sonucunda oluşturulan ve ışık aktarımı için kullanılan ince lifler)<sup>33</sup> gazlar ve sıvılarla da lazer ışığı üretilebilmiştir.<sup>34</sup> Bu lazerlerin bir kısmı sadece çok özel laboratuvar ortamlarında çalıştırılabilmiş bazıları ise elverişli özellikler taşıması sebebiyle ticarileştirilip yaygın kullanıma girmiştir.<sup>35</sup>

<sup>32</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 370-380.

<sup>33</sup> Alphan Sennaroğlu, "50.Yılında Lazer: Kısa Bir Tarihçe ve Geleceğe Bakış", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Mayıs 2010, s. 28.

<sup>34</sup> B. Laurent, a.g.m., s. 10.

<sup>35</sup> Alphan Sennaroğlu, a.g.m., s. 28.

## 1.2. HOLOGRAFİNİN KISA TARİHİ

Holografinin tarihsel gelişiminde çok sayıda bilimcinin emeği vardır. Pek çok ülkeden fizikçi, kimyacı, matematikçi ve mühendisin araştırma ve uygulamaları ile geliştirilmiş ve halen de geliştirilmesine devam edilmektedir. Hepsine yer vermenin mümkün olmadığı bu bölüm, tekniğin ortaya çıkışı ve tarihsel gelişim sürecine kısa bir bakış niteliği taşımaktadır.

1947 yılında, tekniği ilk bulan ve *holografi* (holography) adını veren, elektrik mühendisi ve fizikçi Macar bilimci Dennis Gabor (1900-1979)'dur. Araştırmalarını önce Almanya'da yürütmüş, Hitler'in iktidara gelmesiyle İngiltere'ye gitmiştir. Rugby'de İngiliz Thomson-Houston Şirketi'nin laboratuvarlarında çalışmış ve holografik kayıt esaslarını ortaya koyduğu raporunu 15 Mayıs 1948 tarihinde *Dalgaboyunun Yeniden Yapımı* başlığı ile yayımlamıştır.<sup>36</sup> Işınlara fotoğrafik film üzerine girişim deseni elde eden ve elde ettiği bu "fiziksel gölge" formlarına da *hologram* diyen<sup>37</sup> Gabor, girişim desenlerinin nesneye ait tüm bilgiyi içermesinden ötürü, *bütün* anlamına gelen Yunanca *holos* kelimesinden faydalandığını söylemektedir.<sup>38</sup> 1,5 cm'lik slaytlara kaydettiği girişim desenlerinin fotoğrafını çekerek onları gözün yeniden görebileceği bir ışıkla büyötmeyi ve bu yolla elektron mikroskoplarının manyetik merceklerinin hatalarını gidermeyi hedeflemiştir. Bu çalışmaları, elektron mikroskoplarını geliştirmek amacıyla yapmasından dolayı *Elektron Mikroskobu* ve *Elektron Holografisi* olarak adlandırılmıştır.<sup>39</sup> Çalışmalarında civa lambası kullanan Gabor, civa lambasının ışık demetlerinin eşfazlı olmaması sebebiyle "ne yazık ki fazla derin ve net bir görüntü oluşturamamıştır."<sup>40</sup> Hologramda daha derin ve net bir görüntünün elde edilebilmesi eşfazlı ışık demeti üreten lazerin bulunması ve geliştirilmesi ile mümkün olabilmıştır.<sup>41</sup>

<sup>36</sup> Jeff Hecht, "Holography And The Laser", **Optical Society of America**, 2010, (Erişim) <http://www.osaopn.org/print.aspx?path=%2FArchives%2F0710%2FFeatures%2FHolography-and-the-Laser.aspx>, 08 Mayıs 2012.

<sup>37</sup> Sean F. Johnston (c), "Attributing Scientific and Technological Progress: The Case of Holography", **History and Technology**, Aralık 2005, S. 21, s. 369.

<sup>38</sup> Dennis Gabor, "Holography 1948-1971", **Nobel Prize**, Nobel Lecture, Aralık 1971, s. 13, (Erişim) [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1971/gabor-lecture.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1971/gabor-lecture.pdf), 02 Nisan 2012.

<sup>39</sup> Erol Aygün, "Üç Boyutlu Görüntü: Holografi", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Aralık 1990, S. 277, s. 26.

<sup>40</sup> Necati Ecevit, a.g.m.

<sup>41</sup> **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, 1975, a.g.m., s. 13.





**13.** Macar elektrik mühendisi ve fizikçi Dennis Gabor.

Gabor, holografi üzerine 1947'lerde yapmaya başladığı çalışmalarından ötürü 1971 yılında Nobel ödülü kazanmıştır. Buradaki fotoğrafta Gabor, 1971 yılının başlarında ofisinde holografiyi açıklarken görülmektedir. Ofise, hologramının alınmasını sağlayan bir düzenek kurulmuş ve hologram plakası Gabor'un hemen karşısına konumlandırılmıştır. Sağ alt köşede ise bu konuşması esnasında alınan bu hologram yer almaktadır. Atımlı lazer ile kaydedilen hologramda 50 x 60 cm ebatlarında Lippmann tipi bir kayıt plakası kullanılmıştır.

Eastman Kodak'ın spektroskopi için geliştirdiği ekstra düz cam fotoğraf plakaların kullanılması, erken dönem civa lambalı hologramlar için bir gelişme sağlamıştır. Bu sayede daha iyi hologram elde edebilmek ve görüntüleyebilmek mümkün olmuştur. Ancak hologram kaydı almak ve üç boyutlu görüntülemek için uyumsuz ışık kaynağı olan civa lambası yeterli olmamıştır. Bunun için çok daha güçlü ve uyumlu bir ışık kaynağı gerekmektedir. Bu ışık kaynağı lazerdir.

Lazer, 1958'de bulunmasının ardından 1960'da Theodore Harold Maiman (1927-2007) tarafından kullanılabilir bir hale getirilmiş<sup>42</sup> böylelikle de Gabor'un holografi yönteminin görüntü kalitesi ve ölçülerinin geliştirilebilmesi sağlanmıştır.<sup>43</sup> Bu tarihten sonra holografi, güncellik kazanmaya başlamış, yalnızca fiziğin,

<sup>42</sup> **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, 1975, a.g.m., 13.

<sup>43</sup> **Leonardo** (b), 2001, a.g.e., s. 372.

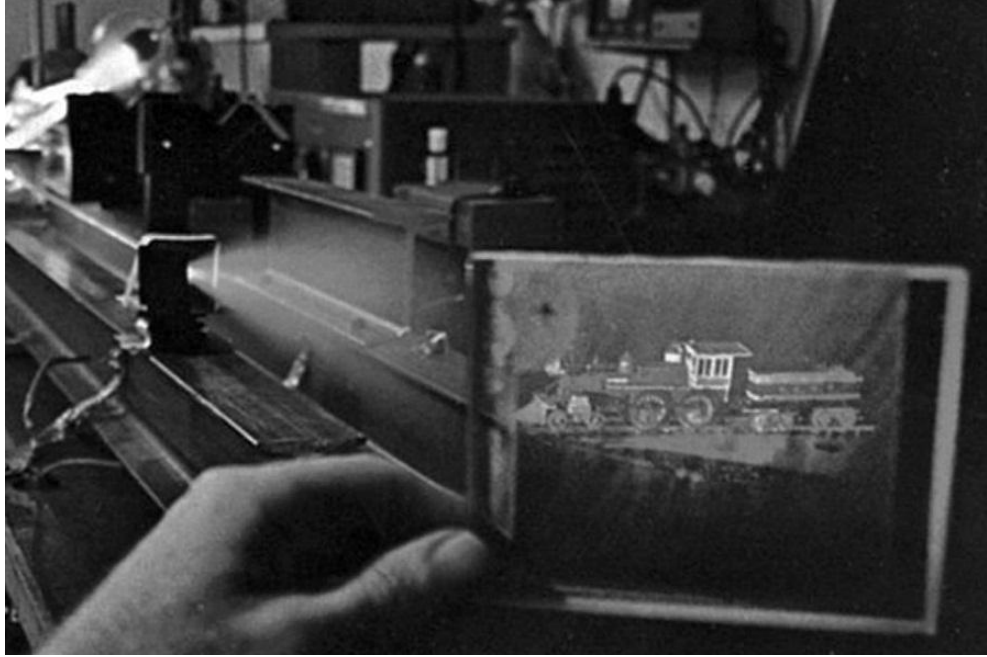
kimyanın, matematiğin ve mühendisliğin değil askeriyeenin, tıbbın, sanatın, felsefenin, kültür ve eğlence sektörünün de ilgi duyduğu bir teknik haline dönüşmüştür.

ABD'deki Michigan Üniversitesi'nde askeri araştırmalar için 1946 yılında kurulan Willow Run Laboratuvarı'nda yapay radarlar üzerine çalışan iki bilim adamı; Emmett Leith (1927-2005) ve Juris Upatnieks (1936) Gabor'un temellerini attığı holografiyi önce civa lambası daha sonra lazer kullanarak geliştirmiştir. Letonya'da doğan Upatnieks, Sovyet birlikleri 1944 yılında Letonya'yı işgal ettiklerinde, bir süre Almanya'da mülteci olarak yaşamış sonra ailesiyle birlikte 1951'de ABD'ye göç etmiştir. Gabor'un holografi tekniği üzerine araştırmalar yapan Upatnieks 1960'da Willow Run Laboratuvarı'nın optik grubuna araştırmacı asistan olarak alınmış ve burada holografi üzerine çalışan Leith ile birlikte hem sentetik radarlar üzerine araştırmalar hem de çeşitli küçük nesnelere hologram kaydetme ve görüntüleme denemeleri yapmıştır.<sup>44</sup>



14. Juris Upatnieks, Emmett N. Leith, Fritz Goro, *Geometrik Objeler Serisi*, 1966, lazer geçirgen hologram, cam üzerine, 25,4 x 35,56 cm, MIT Müzesi'nde sergilenen üç boyutlu holografinin erken örneklerinden

<sup>44</sup> Jeff Hecht, a.g.m.



15. İlk defa 1964'te gösterilen Emmett Leith ve Juris Upatnieks'in *Oyuncak Tren* isimli hologramı, 1963, cam plaka, 10,16 x 12,7 cm

Leith ve Upatnieks, holografıyı sürekli dalga lazeri kullanarak geliştirip, sekizyüz bilimcinin katıldığı OSA (Optical Society of America - Amerika Optik Topluluğu)'nın Mayıs 1964'teki toplantısında sunmuştur.<sup>45</sup> Toplantıda, *Yaygın Aydınlatma ve Üç Boyutlu Cisimlerle Yapılan Bir Dalga Cephesi Yeniden Yapımı* başlıklı çalışmaları ile birlikte Kodak tarafından geliştirilen Kodak 649F emülsiyonlu cam plakaya kaydettikleri *Oyuncak Tren* isimli hologramlarını da görüntülemişlerdir.<sup>46</sup> Konferansa katılanların, Leith ve Upatnieks'in oyuncak tren görüntüsü karşısında büyük bir şaşkınlığa uğradığını söyleyen Wolfgang Stegers bu şaşkınlığı şu sözlerle anlatmaktadır.<sup>47</sup>

Bilim adamları gördükleri karşısında büyük bir şok geçirdiler. Birdenbire salonun ortasında bir demiryolu gözükte, lokomotif ve vagonlarla bir katar seyircilerin içinde hareket etmeye başladı. Her şey o kadar doğal ve canlı idi ki bilim adamları bu lokomotif ve vagonların üzerlerine gelmemesi için elleriyle kendilerini korumak zorunda kaldılar. Fakat ortada bir şey yoktu. Ve olan yalnız ışık. İki fizikçinin bir hologram üzerine yönelttikleri laser ışığı 800 seyircinin demiryolunun gerçeğe uygun bir resmini görmesini sağlayacak şekilde tamamiyle planlanmıştı. Hologram denilen şey üzerinde garip dalga örnekleri bulunan bir filmde ve bundan yansıyan laser ışığı planlı bir şekilde bütün salonu dolduruyordu. Yalnız bu 800 seyirciden her biri başka bir görüntü

<sup>45</sup> Sean F. Johnston (c), a.g.m., s. 371.

<sup>46</sup> Sean F. Johnston (d), "A Cultural History of the Hologram", **Leonardo**, MIT Press, Vol.41, No.3, 2008, s. 224.

<sup>47</sup> Wolfgang Stegers, "Laser Işınlarıyla Alınan Gizemli Fotoğraflar: Holografi", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Mayıs 1980, S. 150, s. 4.

görüyordu. Biri bir lokomotifin doğrudan doğruya kendi üzerine doğru geldiğine tanık oluyor, öteki ise lokomotifi yandan uzaklaşır görüyordu. 800 seyircinin her birinin görüş açısı farklıydı.

Boehm, 1960'lı yılların sonuna doğru yazdığı makalesinde, Leith ve Upatniks'in gösterdikleri bu hologramla bilim dünyasına tanıtılan holografiyi; "devrim yaratacak bir buluş" olarak nitelendirmiş ve şunları yazmıştır:<sup>48</sup>

(...) Michigan Üniversitesinden bir grup laser ışığı ile hologramlar yapmaya başladılar. Birkaç sene önce Hava Kuvvetleri için yüksek kalitede radar resimleri elde etmek üzere aynı prensipler kullanılmıştı. Grup iki boyutla işe girişti ve fotoğraf diyapozitiflerinden ve başka siyah beyaz gölge resimlerinden hologramlar yapmaya başladı. Tam 1963 sonlarına doğru üç boyutlu ilk başarılı hologramını yaptılar. Seçtikleri cisim laboratuvarlarındaki teknik elemanlardan birine ait oyuncak bir trendi. Üniversite sonradan bu treni tarihi değeri bakımından satın aldı. Halen Michagen Üniversitesinde fotoğrafla ilgili araştırmaları yöneten E. M Leith, "böyle manasız görünen bir şeyin satın alma emrini imzalarken az hayret etmemiştim" demiştir. Bir sene sonra Leith birkaç hologram örneğini Optik Sosyetenin bir toplantısında kamuoyuna gösterdiği zaman bilim dünyası holografi denilen bu harika buluşun mucizelerinin farkına vardı.



16. Rus fizikçi Yuri Denisjuk, otoportresine ait yansıma hologramı ile

A.B.D'de bu gelişmeler olurken yaklaşık aynı yıllarda lazer kullanarak holografinin gelişimine katkıda bulunan diğer bir önemli isim Rus fizikçi Yuri Nikolaevich Denisjuk'tür (1927-2006). Leningrad'ta Vavilov Devlet Optik Enstitüsü'nde çalışmalarını yürüten Denisjuk, 1962 yılında, Fransız fizikçi Gabriel Lippmann'ın 1891 yılında girişim yöntemiyle oluşturduğu ancak çoğaltılma olanağı

<sup>48</sup> George A.W. Boehm, a.g.m., s. 2.

olmayan ilk renkli fotoğraf tekniği ile Gabor'un holografi tekniğini birleştirerek hologramlar üretmiştir. Denisyuk, bu çalışmalarını *dalgafotoğrafi* (wavephotograph) olarak nitelendirmiştir. 'Dalgafotoğrafi' böylece nesneyi yansıtan iyi bir model olmuş ve prensip olarak bir fotoğraftan çok daha fazla bilgi veren, tanınan, derinlikli, üç boyutlu bir görüntülemenin mümkün olabileceğini göstermiştir. Bu teknik; *Denisyuk holografisi*, *Lippmann holografisi* ya da *yansıma holografisi* olarak da bilinmektedir.<sup>49</sup>



17. Rus fizikçi Yuri Denisyuk ve A.B.D'li fizikçi Emmett Leith, Boston, A.B.D., 2003

1965 yılında, Matt Lehmann, Joseph Goodman ve David Jackson tarafından dünyanın ilk holografik filmi gösterilmiştir. Film, 19. yüzyılda fotoğrafın gelişimindeki gibi karanlık küçük bir kutuda gösterilmiştir ve çok kısa süreli olmasının yanı sıra henüz tam bir üç boyutlu görüntü oluşturulamamıştır.<sup>50</sup>

A.B.D'li elektrik mühendisi Prof. Stephen A. Benton (1941-2003), 1970'lerde geçirgen beyaz ışık hologramını geliştirmiştir. Bunlar, Denisyuk hologramından daha farklı tekniklerle elde edilmektedir ve normal ışıkta daha kolay görülebilmektedir. MIT ve Polaroid laboratuvarlarında holografinin gelişimi için çalışmalarda bulunan Benton'un teknoloji, bilim ve estetik araştırmaları kapsayan ve *Benton holografisi* olarak adlandırılan bu çalışmaları gerek bilimsel gerek sanatsal gerekse ticari alanda önemli gelişmeleri de beraberinde getirmiştir. Tıbbi tanı için üç boyutlu görüntüleme MRI ve BT yaygın olarak kullanılmaya başlamış, kabartma hologramlar güvenlik sektöründe yaygınlaşmış ve gökkuşağı hologramlar da sanatçı

<sup>49</sup> Sean F. Johnston (a), "Holographic Visions - A History of New Science", **Oxford University Press**, 2006, s. 164-188.

<sup>50</sup> Sean F. Johnston (c), a.g.m., s. 372.



ve tasarımcıların dikkatini çekmiştir. Özellikle gökkuşağı hologramın günışığında görülebilir ve duvara asılabilir olması holografinin sanatsal potansiyelinin artmasını sağlamıştır.<sup>51</sup>



18. Stephen A. Benton ve Jeanne Benton, *Holografî Blokları*, 1975, geçirgen beyaz ışık hologramı, film üzerine, 19,68 x 22,86 cm, MIT Müzesi Hologram Koleksiyonu'nda yer alan HOLOGRAPHY kelimesinin harflerinden oluşturulmuş, yaklaşık 2,54 cm ebatlarındaki yirmi dört blok farklı açılardan gökkuşağı renklerinde görüntü sunmaktadır.

1970'lerde A.B.D'li fizikçi Lloyd G. Cross (d.1933), Benton'ın gökkuşağı hologramını, iki aşamalı olarak üretmiştir. İlk önce geleneksel fotoğraf saydamları ile bir kişinin ya da bir nesnenin çevresinde dönerek fotoğraflar çekmiş sonra bu saydamlar serisinin hologramlarını yapmıştır. Sonra bunları, 120° ya da 360° lik bir silindire monte etmiş böylece ilk holografik stereogramların ortaya çıkmasını sağlamıştır.<sup>52</sup> Multiplex isimli bir şirket kuran Cross daha sonra bu tekniğini, sinema kayıt tekniği ile birleştirerek geliştirmiştir.<sup>53</sup> Hem Benton'ın geliştirmiş olduğu hologram çeşitleri hem de Cross'un holografik stereogramları, holografinin sanatsal açıdan kullanımını önemli ölçüde etkilemiştir.<sup>54</sup>

<sup>51</sup> MIT Edu News, "Holography Pioneer Stephen Benton Dies at 61", 12 Kasım 2003, (Erişim) <http://web.mit.edu/newsoffice/2003/benton.html>, 30 Eylül 2012

<sup>52</sup> Jeff Hecht, a.g.m.

<sup>53</sup> Jonathan Ross Hologram Collection: Llyod Cross

<sup>54</sup> Leonardo (b), 380)



**19.** A.B.D.'li elektrik mühendisi Stephen A. Benton, erken dönem holovideo aparatı ile MIT'in Laboratuvarı'nda, 1998. Benton, 1980'lerin sonlarına doğru ilk holografik video görüntüsünü oluşturmuştur.



**20.** Holografik stereogramı geliştiren A.B.D.'li fizikçi Lloyd G. Cross

1960'ların sonlarına doğru bir hologramı elektronik olarak elde etmek yani tüm dalga alanını sayısallaştırma ve sayısal olarak yeniden yapımı için çalışmalar başlamıştır. Ancak işlem süresi saatler almaktadır.

1990'ların ortalarında, CCD sıraları ortaya çıkmış ve bu yüksek çözünürlüklü CCD kameralar ile piksel sayıları güçlü bilgisayarlara aktarılarak hologramın sayısal yeniden yapımı saniyeler içinde yapılabilir hale gelmiştir.<sup>55</sup>

Günümüzde kullanım amaçlarına ve kullanılan tekniğe göre çok sayıda hologram çeşidi bulunmakta ve halen bu çeşitlerin geliştirilmesine devam edilmektedir. Sayısal kayıt ve hızlı bilgisayar teknolojileri hologramların üretilmesinde, incelenmesinde ve araştırılmasında büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

---

<sup>55</sup> T. Kreis, "Applications of Digital Holography: From Microscopy to 3D-Television", **Jeos, J. Europ. Opt. Soc. Rap. Public.** 22 Mart 2012, 7, s. 12006-1.



### 1.3. HOLOGRAM ve FOTOĞRAF

Holografi ve fotoğraf arasında hem büyük benzerlikler hem de büyük farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin her ikisi de entelektüel keşif, teknik iyileştirme, sanatsal açıdan kabul görme ve pazar ihtiyacı gibi birbirlerine çok benzeyen tarihsel süreçlerden geçmiştir.<sup>56</sup> Diğer yandan holografi ve fotoğraf arasında teknik bakımından çok önemli farklar bulunmaktadır. Graham Saxby, bu farkı şu sözlerle ifade etmektedir:<sup>57</sup>

Kuşkusuz, hem fotoğrafı hem de holografi, fotoğrafik film veya plakalardan yararlınsa da her ikisinde de görüntü tamamen farklı bir şekilde üretilmektedir. Bir kamera objektifinin basit ışın şeması ve temel geometriyi kullanarak optik görüntüyü nasıl ürettiği gösterilebilir ama bir holografik görüntü, kırınım ve girişim kavramlarını ve dalga olayını açıklamak zorundadır.

Holografi, fotoğraftan farklı olarak, ışığın kırınım, girişim ve dalga olgusundan hareket etmektedir. Bu, holografinin temelini oluşturmaktadır. Ne var ki ışığın söz konusu özelliklerinden yararlanılarak yapılsa da hologramlar, bulunduğu 1947 yılından 1960'lı yılların ortalarına kadar *elektron fotoğrafı*<sup>58</sup> ya da *dalga fotoğrafı*<sup>59</sup> gibi ifadelerle bir fotoğraf olarak tanımlanmıştır. Ancak zamanla holografinin, derinlikli ve üç boyutlu bir görüntüleme sağlaması yönüyle fotoğraftan farklı ve çok daha fazla bilgi veren bir teknik olduğu anlaşılmıştır.<sup>60</sup>

Holografi, başlangıçta kimi yazılarda fotoğrafçılığın bir dalı olarak nitelendirilirken kimi yazılarda ise tamamen fotoğraftan ve fotoğrafçılıktan ayrı kılınmıştır. Örneğin Wolfgang Stegers, 1970'lere doğru yazdığı *Lazer Işınlarıyla Alınan Gizemli Fotoğraflar: Holografi* başlıklı makalesinde hem holografiiyi "fazla abartılmadığı müddetçe fotoğrafçılıkta bir devrim" olarak görmekte hem de "bu artık fotoğrafçılık değil" demekte ve şunları söylemektedir:<sup>61</sup>

(...) su musluğunu ele alalım Onun bir normal fotoğraf makinasıyla resmini çekersek, musluğun gerçi net bir resmini elde edebiliriz ve ona bakınca onun bir musluğun resmi olduğunu anlarız, fakat onu yalnız fotoğrafın çekildiği

<sup>56</sup> Sean F. Johnston (b), "Absorbing New Subjects: Holography as an Analog of Photography", **Physics in Perspective**, Mayıs 2006, S. 8, s. 164-188.

<sup>57</sup> Graham Saxby, a.g.e., s. 3.

<sup>58</sup> Erol Aygün, "Üç Boyutlu Görüntü: Holografi", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Aralık 1990, S. 277, s. 26.

<sup>59</sup> Sean F. Johnston (d), a.g.m., s. 223.

<sup>60</sup> Aydın Arıtan (b) (1990: 23)

<sup>61</sup> Wolfgang Stegers (1980: 2-3)

açından görmüş oluruz. Holografik teknikle alınan resimde, hologram da ise, bu tamamiyle başkadır. (...) Sanki bir tek fotoğrafta, su musluğunun birçok değişik resimleri vardır. Gerçekte doğal olarak burada da bir tek resim vardır, fakat aslında "tüm" bir resim, yani örneğin su musluğunu üçboyutlu, mücessem olarak gösteren bir resim, tam gerçekte olduğu gibi. Fazla abartılmadığı takdirde bu fotoğrafçılıkta bir devrimdir. (...) Hologram (...) odanın ortasında süzülen bir resimdi ve ne foto kağıdına gözükmüyor, ne perdede, ne de herhangi başka bir fonun üzerinde. O ışıktan bir resimdi. Dörtbir tarafında insanın dolaşacağı bir resim Fakat böyle bir şey nasıl olabilirdi? (...) Filim incelenirse, holografi için adi filmlerin kullanıldığı, fakat resim alma tekniğinin bambaşka olduğu anlaşılır. Bu artık fotoğrafçılık değildir.

Stegers'in bu makalede yer alan sözleri, erken dönemlerde hologram ve holografinin tanımlanmasında ve tasnifinde nasıl bir kafa karışıklığı yaşandığını anlamamıza yardımcı olacak niteliktedir. Başlangıçta fotoğraf olup olmadığı hususunda bu türden sıkıntılar yaşansa da zamanla hologramın diğer önemli özelliklerinin de farkına varılmış ve bir fotoğraftan çok daha üstün olduğu anlaşılmıştır. Hologramı fotoğraftan üstün kılan özellikleri aralarındaki farkları inceleyerek anlamak mümkündür.

### 1.3.1. Hologram ve Fotoğraf Arasındaki Farklar

Hem parçacık hem de dalga özelliği olan maddenin özel bir türü olarak ışığın kırınım ve girişimi ile oluşan hologramların özelliklerini genel olarak şu başlıklar altında sıralamak mümkündür:

1. Hologramda ışığın üç özelliği de kaydedilmektedir.
2. Holografik kayıta oluşan görüntüler; girişim saçakları ve girişim desenleridir.
3. Hologramlar bütüne ait bilgiyi her bir parçasında saklayabilmektedir.
4. Aynı holografik plaka, üzerinde çok sayıda hologramı taşıyabilmektedir.
5. Hologramlar havada üç boyutlu görüntü oluşturabilmektedir.
6. Hologramlar paralaks etkiye sahiptir.

Bu bölümde yukarıda sıralanan hologramlara ait özelliklerle birlikte hologram ile fotoğraf ile arasındaki farklar anlatılmaktadır.

1. Hologramlarda ışığın üç özelliği de kaydedilmektedir. Hologramları, fotoğraftan ayıran önemli özelliklerinden biri ışığın doğrultusunun kaydedilmesidir. Boehm'un söylediği gibi "bir hologram, resmi alınan sahneden plakaya yansıyan bütün ışığı kaydetmekte ve o sahneyi o şekilde, zaman ve yer bakımından dondurmaktadır."<sup>62</sup> Her ışık dalgasının üç özelliği vardır. Bunlar: Dalga yüksekliğiyle tanımlanan *ışığın şiddeti*, dalgaboyu uzunluğuyla tanımlanan *ışığın rengi* ve hareket yönü olarak tanımlanan *ışığın doğrultusu*'dur. Hem fotoğrafı hem de holografı görüntünün kaydedilmesinde ışığı kullanmaktadır. Ancak ışığın bu kaydında aralarında şu farklar bulunmaktadır:

- Siyah-beyaz fotoğraflarda sadece ışığın şiddetindeki değişiklikler,
- Renkli fotoğraflarda, ışığın iki özelliği yani hem şiddetindeki hem de dalgaboyundaki değişiklikler,
- Hologramlarda ise ışığın üç özelliği de yani hem şiddeti hem dalgaboyu hem de doğrultusu kaydedilmektedir.<sup>63</sup>

2. Holografik kayıta oluşan götüntüler, girişim saçakları ve girişim desenleridir. Holografik kayıta cisimlerin görüntüleri değil o görüntünün elde edilmesi için gereken bilgiler kayıt edilmektedir. Bu 'şifreli' bilgiler; girişim saçakları ya da girişim desenleridir. Bunlar daha sonra uygun bir ışıkla yeniden görüntülenebilmektedir. George Boehm, 1960'lı yılların sonlarına doğru hologramın bu özelliğini ve fotoğraftan daha farklı olduğunu şu sözlerle anlatmaktadır.<sup>64</sup>

Bir hologram yalnız insanı hayrete düşüren bir fotoğraf değildir. O üzerindeki cisimle ilgili bütün optik bilgileri kapsar, hatta öyle ayrıntıları tespit eder ki insan gözünün bunların farkına varmasına bile imkan yoktur. (...) Hologram banyo edildikten sonra gözle anlaşılır bir resim vermez. Mikroskopla bakılırsa aydınlık ve karanlık beneklerden meydana gelen düzensiz bir mozayici andırır, bu iki ayrı ışının türlü noktalarda birbirleriyle buluşmasının bir sonucudur. Yüzlerce hologramı incelemiş uzmanlar bile onların üzerindeki resmin aslının neye ait olduğunu tahmin edemezler. Görünüşte plak omler yapmak üzere karıştırılan yumurtalar kadar şekilsiz ve karışıktır. Fakat o, kendisini meydana getiren iki ışındaki bütün optik bilgiyi kapsar. Hologramın bu karışık içyapısı, referans ışınının aradan çıkarılması suretiyle, bu karışıklıktan kurtulur ve tam bir resim halini alır.

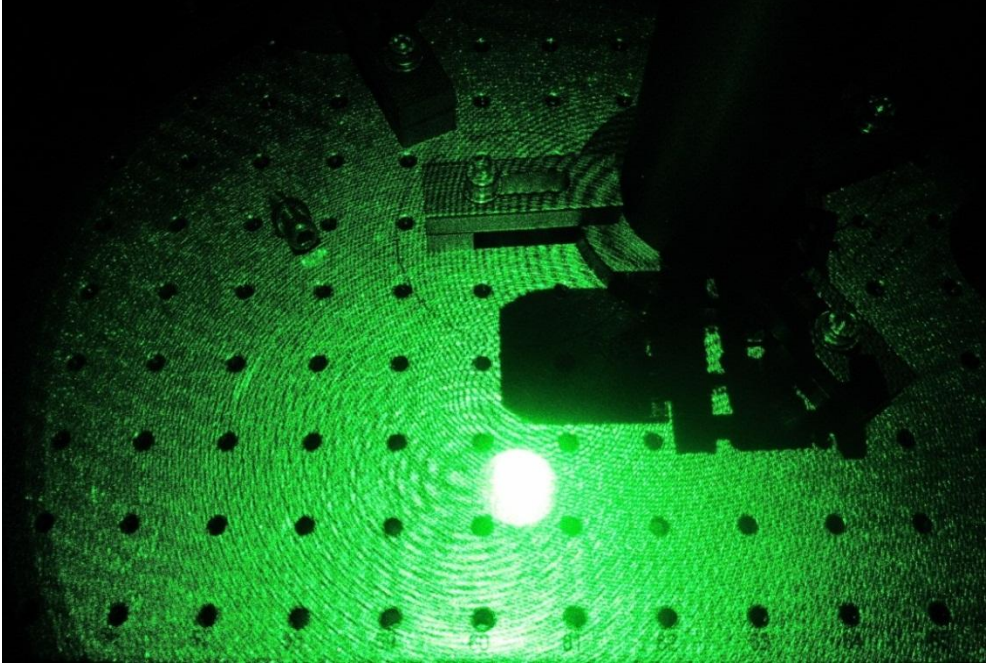
Bazı hologram çeşitleri, fotoğrafta olduğu gibi bir karanlık oda sürecinden geçmektedir. Banyo gerektirmeyen hologram çeşitleri de üretilmektedir. Banyo

<sup>62</sup> George A.W. Boehm "Devrim Taratacak Bir Buluş: Holografi: Üçüncü Boyuta Açılan Kapı", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Ağustos 1969, S. 22, s. 1.

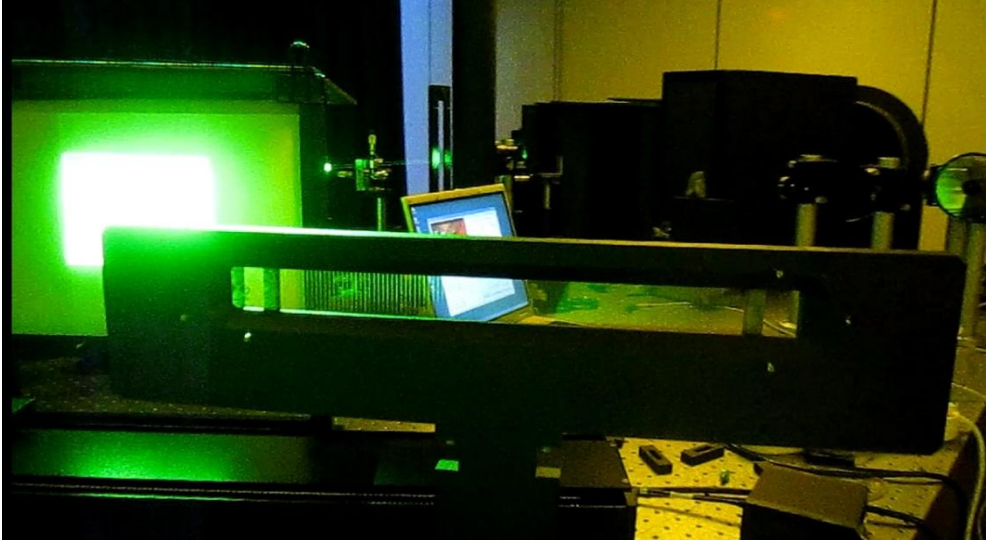
<sup>63</sup> Gerald Feinberg, a.g.m., s. 1-2.

<sup>64</sup> George A.W. Boehm, a.g.m., s. 1.

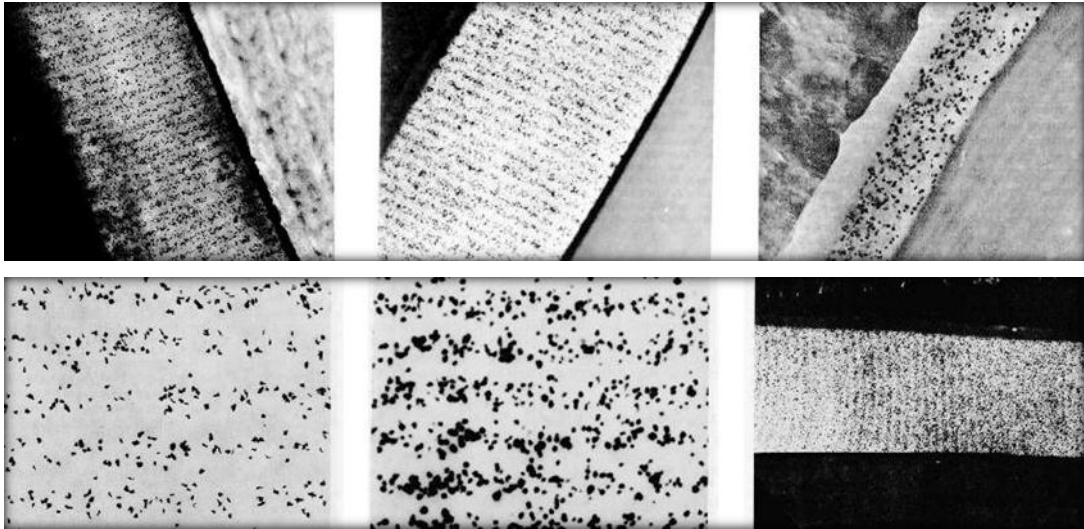
işleminde geçse de geçmese de fotoğraftan farklı olarak holografik kayıta oluşan, ışığın üç özelliğinin bulunduğu girişim saçakları ya da girişim desenleridir.



21. Lazer ışınlarının oluşturduğu girişim desenleri (fotoğraf: Vildan Işık-a)



22. Yalnızca lazerle görülebilen 5 x 36 cm'lik bir ana hologramdaki girişim saçakları (fotoğraf: Vildan Işık-a)



23. (a b) Hologramlardaki girişim desenlerinin elektron mikroskobu ile bakıldığındaki görüntüleri

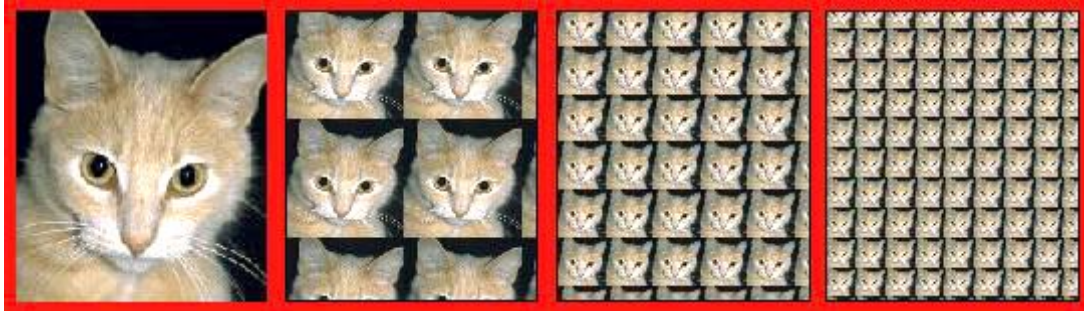
3. Hologramlar bütüne ait bilgiyi her bir parçasında saklayabilmektedir. Bu özellik, hologramın en önemli özelliğidir. Bir ana hologram plakası bölündüğünde veya kırıldığında kırılan her parça, cismin bütününü tek başına üç boyutlu olarak görüntüleyebilecek özelliğe sahiptir. Yani bir hologram plakasının en küçük bir parçası bile, netliğinde bazı azalmalar olsa da cismin bütününü yeniden görüntüleyebilecek bilgiyi saklamaktadır. Çünkü plakanın bütün noktalarına, nesnenin her tarafından ışın dalgaları gelmekte ve bunlar kaydedilmektedir.<sup>65</sup> Bir fotoğraf parçalar halinde kesilirse hologram gibi bütünü göstermez; kesilen her bir parça sahnenin sadece o bölümünü göstermektedir.

Hologramın parçada bütün'e ait tüm bilgiyi taşıyabilme özelliği, *holografik evren* kuramının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu özellik hologramın mistik düşünceyle bağdaştırılmasını da sağlamıştır.<sup>66</sup> Yine bu özellik, bazı psikolog ve biyologların da ilgisini çekmiş ve beynin özellikleri ile bir benzeşimin kurulduğu *holografik beyin* kuramı oluşturulmuştur.<sup>67</sup>

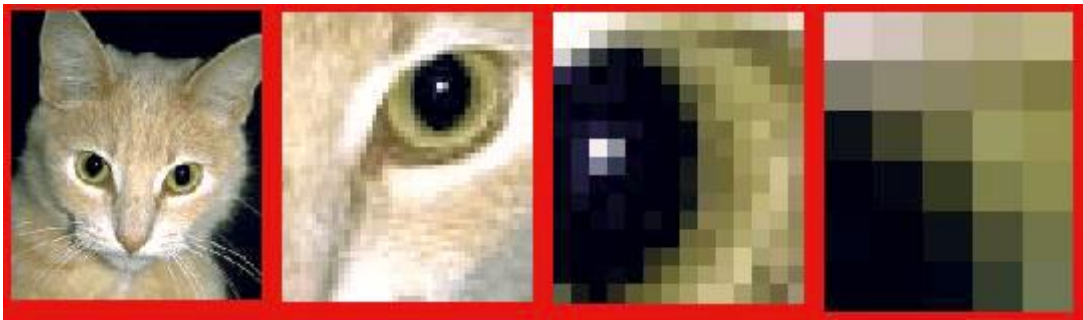
<sup>65</sup> **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, “ Hologram ve Beyin: Paul Pietsch”, Sience Digest'tan Çev. Mustafa Uzunoğlu, Tübitak Yayınları, Ağustos 1982, S. 177, s. 11.

<sup>66</sup> Aydın Arıtan (b) (1990: 24)

<sup>67</sup> **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi** (1982: 10)



24. Bir ana hologramda görüntünün tamamı, her bir parçada yer almaktadır



25. Bir fotoğrafta görüntünün tamamı, her bir parçada yer almamaktadır

4. Aynı holografik plaka ya da film çok sayıda hologramı taşıyabilmektedir. Aynı hologram plakası üzerine, farklı kayıt açıları kullanarak, görüntüyü engelleyip bozmadan iki yüzden fazla görüntünün üst üste kaydedilebilmesi mümkünken<sup>68</sup> fotoğrafta, aynı yüzey üzerine görüntüyü bozmadan üst üste kayıt yapmak ve görüntülemek mümkün değildir. Leith ve Upatnieks, görüntünün kaydedilmesinde değişik açılardan katlı hologramların elde edilebileceğini öne sürerek, tek hologram plakasına birçok görüntünün kaydedilebileceğini ortaya koymuşlardır. Plakaya yerleştirilen bu görüntüler, farklı açılardan aydınlatılarak biri ya da ötekini görüldüğü arka arkaya ortaya çıkan görüntülerdir.<sup>69</sup> Hologramların bu özelliği, beynin çok sayıda hatırayı hafızaya depolaması olayına benzetilmiş ve beynin hologramsal bir yapıda olduğuna ilişkin *holografik beyin* kuramının ortaya atılmasına sebep olmuştur.<sup>70</sup>

5. Hologramların havada üç boyutlu görüntü oluşturabilmesi mümkündür. Fotoğrafın ihtiyaç duyduğu kağıt, perde, ekran v.b gibi bir yüzeye ihtiyaç yoktur. Üç boyutlu hologramla havada oluşturulan sanal görüntüler; çevresinde dönülebilen,

<sup>68</sup> Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, 1982, a.g.m., s. 10.

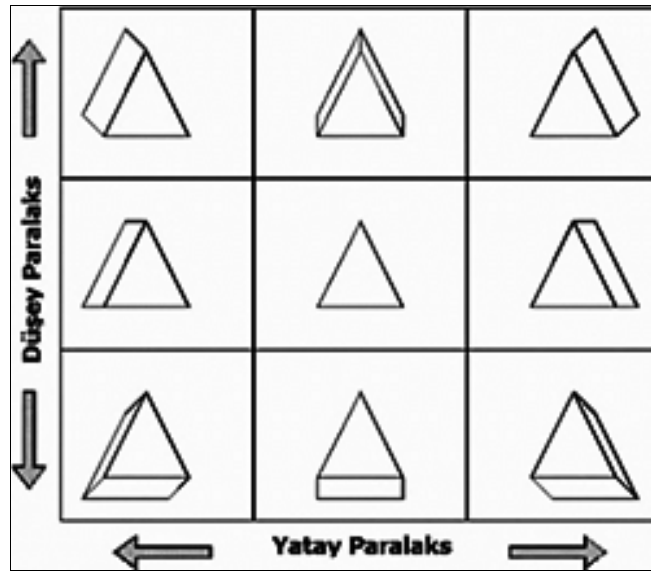
<sup>69</sup> Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, 1975, a.g.m., s. 16-17.

<sup>70</sup> Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, 1982, a.g.m., s. 10.



altının ve üstünün görülebileceği türdendir. Bu bakımdan hologram, üçüncü boyutu elde etmeye çalışan diğer tüm tekniklerden çok farklıdır. Stegers'ın ifade ettiği gibi hologram; "odanın ortasında süzülen insanın dört bir tarafında dolaşabileceği ışıktan bir resim"dir.<sup>71</sup>

6. Hologramlar, paralaks etkiye sahiptir. Paralaks, bir cismin etrafında dolaşıldığında ya da o cisme bakış açımızı değiştirildiğinde cismin değişik yanlarını görebilmesine verilen addır. Bu özelliği sayesinde hologram çeşidine bağlı olarak yatay, düşey ya da tüm paralaks etkisine sahip hologramlar orta çıkmaktadır.<sup>72</sup>



26. Yatay ve düşey paralaks şeması

Fotoğrafta paralaks etkisi yoktur çünkü fotoğraf, kaydettiği sahnenin özel bir açıdan görünen iki boyutlu bir görüntüsüdür.<sup>73</sup> Yüzlerce yıl fotoğrafta üçüncü boyut yanılması yaratmak için bazı teknik ve yöntemler geliştirilmiştir. Fotoğraflarla üç boyutlu görüntü elde etmede günümüzde bilgisayarlar artık yaygın olarak kullanılmaktadır. Aynaların kullanıldığı bir sistemle elde edilen görüntüler, bilgisayara yüklenerek, özel bir programla üç boyutlu olarak yeniden oluşturulabilmektedir. Ancak bunlar hologram değildir.<sup>74</sup> Fotoğrafta üçüncü boyut

<sup>71</sup> Wolfgang Stegers, a.g.m., s. 3.

<sup>72</sup> Aydın Arıtan (b), a.g.m., s. 23.

<sup>73</sup> George A.W. Boehm, a.g.m., s. 1.

<sup>74</sup> Aslı Zülal, "Aynalarla Üç Boyutlu Görüntüler - Hologramlı Sergileme", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Mart 2003, S. 424, s. 26.

yanılsaması yaratan yöntemler şunlardır: Stereoskoplar, üç boyutlu filmler ve panorama projeksiyonlar (sinemarama)'dır.<sup>75</sup>

*Stereoskoplar.* Stereoskopik fotoğraf, iki göz arasındaki mesafenin baz alındığı standart olarak belirlenmiş 64 mm aralığa sahip iki objektif ile çekilmiş birbirine çok benzeyen iki fotoğraftan elde edilmektedir.<sup>76</sup> Bu fotoğraflarda her iki fotoğraf da aynı anda, yalnız biri sağ diğeri sağ göz tarafından görülmektedir. Beyin, sağ ve sol gözün gördüğü bu iki resmi birleştirmekte ve üç boyutlu bir yanılsama ortaya çıkmaktadır.<sup>77</sup> Stereoskopi, fotoğrafın ortaya çıkışından çok daha önce çizimler ile başlamış üç boyutlu bir izleme tekniğidir.<sup>78</sup>

*Üç Boyutlu Filmler.* 1950'lerde geliştirilen bu yöntemdeki 'optik oyun' şöyledir: Film şeridinin her bir resmi üzerine iki resim kopya edilmektedir. Bunlar birbirlerine oranla birkaç mm uzaktır ve biri yeşil diğeri kırmızıdır. Sinemada her seyirci, biri yeşil diğeri kırmızı camlı bir gözlükle filme bakmaktadır. Her göz başka bir resim görse de beyin ise bu iki görüntüyü birleştirerek üç boyutlu bir resmin görülmesini sağlamaktadır. Bu aslında stereoskopide elde edilenin başka bir yoludur.<sup>79</sup>

*Panorama Projeksiyonlar.* Yansıtıcıların kullanıldığı bu teknikte; görüntünün yansıtıldığı perde daireseldir ve sinema içinde üç ayrı yere konulmuş üç yansıtıcıdan gelen resimler perdenin her tarafını doldurmaktadır. Yansıtılan üç film, kısmen birbiri üzerine binerek bir film hissi vermektedir. Sinerama da denen bu tekniği Stegers şöyle anlatmaktadır:<sup>80</sup>

<sup>75</sup> Wolfgang Stegers, a.g.m., s. 3.

<sup>76</sup> Seçkin Tercan, "Stereoskopik Fotoğrafın Evrim Süreci ve Günümüzdeki Uygulamalar", **Mimar Sinan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fotoğraf Anasanat Dalı**, Fotoğraf Programı Yüksek Lisans Tezi, 2003, İstanbul, s. II.

<sup>77</sup> Wolfgang Stegers, a.g.m., s. 3.

<sup>78</sup> Stereoskopik izlemenin mucidi İngiliz fizikçi Charles Wheatstone 21 Haziran 1833'te Londra'da asillere stereoskopik bilinmeyenlerle ilgili yaptığı denemeler hakkında bir konferans vermiş ve bu konferansın metinleri basılarak bir kitapçık haline getirilmiştir. Wheatstone, 1938 yılında ise Royal Society'deki toplantıda ayna yansıtmalı stereoskopik bakacı tanıtmıştır. 1939 yılında ise Fox Talbot ile beraber stereoskopik fotoğraflar üretmek üzere deneylere başlamışlardır. 1851 yılında Londra'da Crystal Palace'daki büyük sergide, Brewster ve Dubasq geliştirdikleri stereoskopu İngiltere kraliçesi Viktoria'ya ve Prens Albert'a tanıtmışlardır. Bu tanıttımdan sonra stereoskopi hızla yayılmaya başlamıştır. İkinci Dünya Savaşı'na kadar stereoskopiye ilgi yoğun şekilde devam etmiş ancak savaştan sonra özellikle teknik anlamda stereoskopik fotoğraf alanında çok fazla üretim olmamış, koleksiyoncular ve amatör kulüpler tarafından yaşatılmaya çalışılmıştır. Günümüzde ise özellikle 1990'lı yıllardan sonra stereoskopik kameralar yeniden üretime geçmiş, turizm ve eğlence sektöründe yeniden kullanılır olmuştur. Seçkin Tercan, a.g.e., s. II.

<sup>79</sup> Levend Kılıç, **Fotoğraf ve Sinemanın Toplumsal Tarihi**, Dost Kitabevi, 2008, Ankara, s. 77.

<sup>80</sup> Wolfgang Stegers, a.g.m., s. 3.



Sinemada özel içbükey bir perde üzerine üç ayrı projektör üç ayrı filmi yansıtıyorlardı. Bu filmleri o şekilde gölgelendiriyorlardı ki birbirine değen noktalar bir dikiş halinde gözüküyor ve üç film bir bütün oluşturuyordu, bu da derinlik verici bir plastik (mücessem) derinlik duygusu uyandırıyor. Örneğin lunaparklardaki inişli yokuşlu rayların geçişlerde insan kendisini onların içinde hissediyor ve adeta başı dönüyordu.

Henüz yansıtıcı kullanılmadığı dönemlerde ressamlar, üçüncü boyut etkisi yaratan panoramaları, 18. yüzyılın sonlarına doğru mimari yüzeylere uygulamaya başlamıştır. Dairesel olarak izleyicilerin çevresine yerleştirilen resme, belirli bir yerden yavaş yavaş dönerek bakıldığında ufuk çizgisinin her noktası görülür. Böylece izleyici yanılısama olarak kendini resimdeki ortamın içinde hissetmektedir.<sup>81</sup>

Hologramlar, yukarıda sıralanan üç boyutlu yanılısama yaratan tekniklerin hepsinden ayrıdır. Werner W. Kucle “üç boyutlu fotoğrafın en ileri biçimleri bile gerçek uzayın ancak ‘yaklaştırmaları’ olarak kalır” demektedir.<sup>82</sup> Stegers da bu düşüncededir ve ona göre bu tekniklerin hepsi de göz aldanmasına dayanmaktadır. “Cinerama resmi düzdü ve hafif bükülmüş perde üzerinde görüldüğü için hafifçe iç bükeydi.” ve “sahneye çıkan oyuncular gerçekten üç boyutlu değildi” diyen Stegers’a göre holografi bu türden optik oyunlardan yararlanmaya gerek duymaz ve holografinin bu tekniklerle en ufak bir benzerliği bulunmamaktadır.<sup>83</sup>

Stegers’ın bahsettiği türden sahnede üçüncü boyut yanılısaması yaratan bir gösteri, 15 Nisan 2012 tarihinde California’da Coachella Vadisi Müzik ve Sanat Festivali’nde düzenlenmiştir.<sup>84</sup> “Holografik performans” olarak nitelendirilen ve 1996’da öldürülen rapçi Tupac Shakur’un görüntüsünün yer aldığı bu gösteride aslında holografi teknolojisi kullanılmamıştır. Bu projeyi hazırlayan AV Concepts Şirketi, MTV ile yaptığı röportajda projeyi “dört dakikalık holografik performans” olarak nitelendirmiş ve duyurularını da böyle yapmıştır. Monash Üniversitesi Fizik Bölümü’nden Dr. Lincoln Turner ise bu gösteride hologram olmadığını sadece sayısal yansıtma yolu ve seyircinin sahneye uzaklığı ile sağlanan bir yanılısama yaratıldığını söylemektedir. AV Consept’in genel müdürü Nick Smith daha sonra bunun bir hologram olmadığını, teknolojik olarak “holografik görünümlü görüntü”

<sup>81</sup> Panoramayı ilk kez İskoç ressam Robert Barker (1739-1806) 1788’de yapmıştır. Londra’daki Leicester Meydanı’ndaki özel bir mekandaki panorama daha sonra Avrupa ve ABD’nin önemli şehirlerine yayılmıştır. 19.yy’ın ortalarında panorama, halk arasında çok sevilen bir eğlence olmuştur. Levend Kılıç, a.g.e., s. 77.

<sup>82</sup> **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, 1975, a.g.m., s. 14.

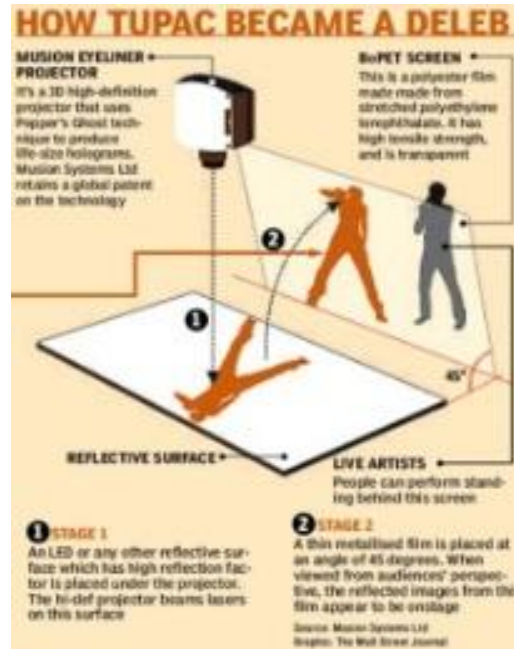
<sup>83</sup> Wolfgang Stegers, a.g.m., s. 3.

<sup>84</sup> Rajiv Arora, Pranav Dixit, a.g.m.

oluşturulduğunu ve bu vesile ile “üç boyutlu ve holografik bir görüntü olmasa da izleyiciye bir yanılsama sunulduğunu” itiraf etmiştir.<sup>85</sup>



27. Tupac'ın bilgisayarla oluşturulan dijital yansıtma görüntüsü (sağda) Dogg Snoop ve 1996'da öldürülen Amerikalı rapçi Tupac Shakur, 15 Nisan 2012 tarihinde California, Coachella Vadisi Müzik ve Sanat Festivali'nde birlikte sahneler

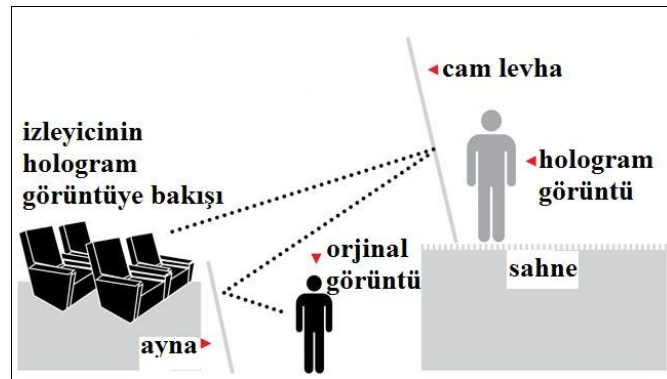


28. Tupac'ın görüntüsü 4 x 10 m'lik çok ince, şeffaf bir levhaya yansıtılmıştır

<sup>85</sup> Lincoln Turner, “Tupac’s Rise from the Dead was, Sadly, not Holography”, **The Conversation Media Group**, 24 Nisan 2012, (Erişim) <http://theconversation.edu.au/tupacs-rise-from-the-dead-was-sadly-not-holography-6641>, 25 Nisan 2012.

Lincoln Turner, Tupac'ın bu görüntüsü için yalnızca “bilgisayar yoluyla elde edilen görüntünün, yansıtıcılar aracılığı ile sunumudur” demektedir. Ayrıca aynaların ve yüksek çözünürlüklü videoların kullanıldığı bu sahnenin aslında Rönesans'tan beri bilinen ve 1860'lı yıllardan beri popüler olarak tiyatrodaki kullanılan *Pepper Hayalet Efekt*i (Pepper Gost Effect) ile oluşturulduğunu söylemektedir. Bu her ne kadar “Tupac'ın görüntüsünün üç boyutlu yanılması verse de hologramın pek çok özelliğinin yanı sıra paralaks özelliğinden de yoksundur” diyen Turner, neden bu yola gidildiği hususunda ise şunları söylemektedir:<sup>86</sup>

Holografi, 1960'lı yıllardan beri üretilmekteyse de hala son derece pahalı bir veri depolama teknolojidir. Ayrıca elde edilen verinin transferinin de çok hızlı olması gerekmektedir. Henüz istenilen düzeyde veri transfer hızına ulaşılamamıştır. Bir metre karelik portal üzerinde tek bir holografik video için ulusal genişbant ağı tarafından sağlanan ve maksimum hızı saniyede yaklaşık 200 terabit'lik bir veri hızının, iki milyon defa tekrarlanması gerekmektedir. Veri transfer hızı için mevcut dünya rekoru Tokyo'da Ulusal Bilgi ve İletişim Enstitüsü tarafından düzenlenen tek bir fiber optik kablo üzerinden saniyede 109 terabit'lik hızdır. Bu tabii ki son derece nadirdir ve hala bir holografik görüntü arama için gereken hızın sadece yarısıdır.



29. Pepper Hayalet Efekt'i'ne ilişkin şema

Turner, “bant genişliği genişledikçe, bunun holografi gibi teknolojilerin kullanımında büyük bir kullanım kolaylığı sağlayacağını” da belirtmektedir.<sup>87</sup> Holografi sanatçısı Paula Dawson ise bu gösteride hologram olmadığını ancak gösterinin “hologram ve hologram benzeri teknolojilerin potansiyeli hakkında birçok kişiye hatırlatma görevi” yaptığını söylemektedir.<sup>88</sup>

<sup>86</sup> Lincoln Turner, a.g.m.

<sup>87</sup> James Manning, “Tupac's Performance was No Hologram”, *The Age*, 26 Nisan 2012, (Erişim) <http://www.theage.com.au/technology/sci-tech/tupacs-performance-was-no-hologram-20120425-1xkai.html>, 27 Nisan 2012.

<sup>88</sup> Paula Dawson, “Beyond Tupac-The Future of Hologram Technology”, *The Conversation*, 25 Nisan 2012, (Erişim) <https://theconversation.edu.au/beyond-tupac-the-future-of-hologram-technology-6644>, 25 Nisan 2012.

## 1.4. HOLOGRAFİDE KULLANILAN MALZEME ÇEŞİTLERİ

Holografik kayıt, depolanm ve yeniden yapım için çok sayıda malzeme çeşidi kullanılmaktadır. Bu bölümde, holografi tekniğinin anlaşılmasını kolaylaştırmak amacıyla kullanılan malzeme çeşitlerine ilişkin bilgiler yer almaktadır.

### 1.4.1. Işık ve Işınlr<sup>89</sup>

Hologram elde etmek ve yeniden görüntüleyebilmek için çeşitli ışık kaynakları kullanılmaktadır. Holografi, elektromanyetik ışınım tayfında yer alan insan gözünün görebileceği veya göremeyeceği farklı frekans ve dalgaboyları arasındaki ışıkları kullanabilmektedir. Bu teknikte kullanılan ışıkları genel olarak şu başlıklar altında toplamak mümkündür:

- Elektromanyetik dalgalar
- Beyaz ışık
- Civa buharlı lambalar
- X-ışınları
- Led ve halojen lambalar
- Lazer ışınları

#### 1.4.1.1. Elektromanyetik Dalgalar

Bu terim holografide ışık'ı ifade etmektedir. Elektromanyetik ışımaya tayfında, dalga boyuna bağlı olarak insan gözünün görebileceği ve göremeyeceği türde dalgalar yer almaktadır. Holografide dalga; nesneden ve kaynak ışınlarından gelen ve girişim desenini oluşturan bir yansıma dalgasıdır.

#### 1.4.1.2. Beyaz Işık

Işık tayfında insanların görebileceği ışık; beyaz ışık'tır. Doğal ya da yapay yollarla elde edilebilen bu ışık, infrared ile ultraviyole ışıklar arasında yer almaktadır. Bu ışıklar ayrıca spontan ışık olarak da adlandırılmaktadır. Spontan ışık; uyarılmış seviyedeki bir atomunun (molekül, nanokristal veya çekirdeğin) daha düşük bir

---

<sup>89</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 371-380.

enerjiyi seviyesine geçerken yaydığı fotonlardan elde edilen bir ışıktır. Floresan tüpler, eski televizyon ekranları (katot ışın tüpü), plazma ekran panelleri ve lazerler bu yolla elde edilen ışıklarla çalışmaktadır.

#### **1.4.1.3. Civa Buharlı Lambalar**

Lazerden daha pratik ve daha uygun maliyetle hologram üretmek için civa buharlı lamba kullanılabilir. Bu, içinde az miktarda civa bulunan bir kuvars lamba çeşididir. Uyumlu yeşil ışık kaynağı olan bu lamba ne var ki lazer derecesinde bir uyumlu ışık sağlayamamaktadır. Civa buharlı lamba, özellikle çok derin ve geniş bir görme alanına sahip olduğu için bazen H1 hologram elde etmede pozlama için kullanılmaktadır.

#### **1.4.1.4. X-Işınları**

Bu ışıklar, görülebilir ışık tayfının dışında yer almaktadır. Günümüzde hologram üretiminde kullanılmak amacıyla X ışınları ile çalışmalar devam etmektedir.

#### **1.4.1.5. Led ve Halojen Lambalar**

Bu ışıklar, hologram kaydı için değil hologramları görüntülemek için kullanılmaktadır. Halojen lamba, halojen gazı içeren bir kuvars kapsülün içine yerleştirilen akkor flamanı tarafından yapay beyaz ışık üretmektedir. Bu lambalar, hologramları yeniden beyaz ışıkta görüntüleyebilmek için kullanılan en iyi lamba çeşidi olmasına rağmen aşırı ısınmaktadır. Bu sebeple halojen lambaların yerine fazla ısınmayan ve aynı güce sahip Led lambalar tercih edilmektedir.

#### **1.4.1.6. Lazer Işınları**

Lazer, hologram üretiminde en fazla kullanılan ışık çeşitlerindedir. Farklı şekilde üretilen lazer ışıkları bulunmasından dolayı (katı, sıvı, gaz, yarı iletkenler v.b.) üretildiği malzemenin niteliğine de bağlı olarak değişik lazerler ortaya çıkmıştır. Holografide de uygulanmak istenen tekniğe göre farklı lazerler kullanılmaktadır.

### 1.4.2. Lazerler<sup>90</sup>

Holografide farklı türde lazerler kullanılmaktadır. Bu lazer çeşitlerinden bazıları şunlardır:

- Sürekli dalga lazeri (continuous wave laser)
- Helyum-kadmiyum lazeri (helium-kadmium laser-HECD laser)
- İyon lazeri (ion laser)
- Kripton/Argon lazeri (krypton/argon laser)
- Helyum-Neon lazeri (helium-neon laser-HENE laser)
- Diyot pompalı katı hal lazeri (diode-pumped solid-state laser-DPSS)
- Neodymium:YAG lazeri (Nd:YAG laser)
- Atımlı lazer (pulse-laser)
- Yakut lazeri (ruby laser)

#### 1.4.2.1. Sürekli Dalga Lazeri

Uyumlu ışığı kesintisiz ışınlar olarak veren bir gaz lazerdir. Bu tip lazerlerde tek bir gaz veya gaz karışımları kullanılabilir. Örneğin argon, kripton, argon/kripton, helyum/kadmiyum veya helyum/neon v.b. gibi. Büyük hologramlar üretebilecek kadar güçlü olan bu lazerler, yalnızca sabit nesnelere üç boyutlu kaydetmek için kullanılmaktadır.

#### 1.4.2.2. Helyum-Kadmiyum Lazeri

Karıştırılan helyum ve kadmiyum gazlarının uyarılmasıyla mavi-mor ve ultraviyole ışık ışınlarının ortaya çıkararak bir sürekli dalga lazeridir. Bu lazerler genellikle fotopolimer ve iki renkli emülsiyonlarla kullanılmaktadır.

#### 1.4.2.3. İyon Lazeri

Bileşenlerinden enerji yayan iyonlaştırılmış gazın kullanıldığı bir sürekli dalga lazeridir.

---

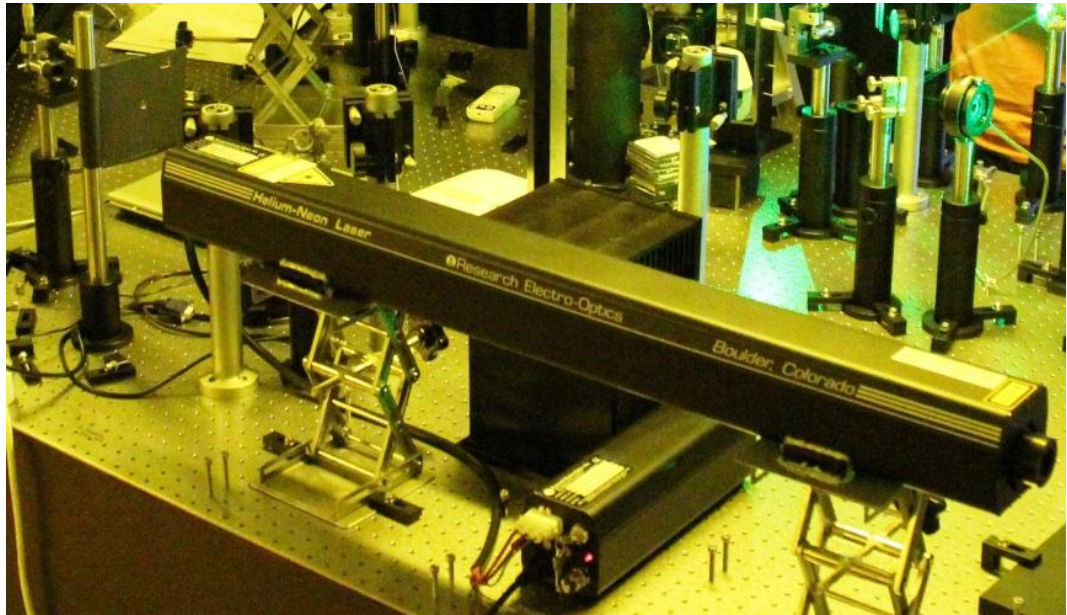
<sup>90</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 370-380.

#### 1.4.2.4. Kripton/Argon Lazeri

Işık frekanslarının geniş bir tayfını üretmek için argon veya kripton gazının kullanıldığı sürekli dalga lazeridir. Kripton lazeri; mavi-yeşil ve sarı-turuncu ışık üretirken, argon lazeri; mavi-yeşil ışık üretmektedir. Ayrıca tüm beyaz ışık frekanslarını yayan kripton/argon lazerleri de vardır. Bu tip lazerler, gerçek renkli hologramlar üretmek için kullanılabilir.

#### 1.4.2.5. Helyum-Neon Lazeri

Helyum ve neon gazlarının karıştırılması ile oluşturulmuş, kırmızı uyumlu ışık yayan, yarı iletken, bir sürekli dalga lazeridir. Sadece hareket etmeyen nesnelere kaydetmek için kullanılmaktadır. Bu lazerler, uygun maliyeti sebebiyle 0,5-50 miliwat aralığında çeşitli güçlerde üretilmektedir. Yeşil ve mavi lazerler (örneğin argon iyon, frekans katlamalı Nd-YAG gibi) daha pahalı olduğu için bulmak daha zordur. Kırmızı ışık veren bu helyum-neon lazerleri, kolay elde edildiği ve ucuz olduğu için özellikle sanatçılar ve amatörler tarafından tercih edilmekte ve birçok holografi laboratuvarında yaygın olarak kullanılmaktadır.



30. Helyum-Neon lazeri (fotoğraf: Vildan Işık-a)

#### **1.4.2.6. Neodymium:YAG Lazeri**

Holografik filmlerde, yüksek tekrarlamalar yaparak, her saniyede 24 görüntünün elde edilebildiği, infrared ve yeşil ışık yayan bir atmalı lazerdir. Bu lazer; sürekli dalga lazerini veya atmalı ışını duruma göre değiştirebilen bir katı hal lazeridir. (YAG: yitrium alüminyum gamet)

#### **1.4.2.7. Atımlı Lazer**

Kısa sürekli olmayan şekilde, uyumlu ışık yayan güçlü bir katı hal lazeridir. Bu tip lazer, hareketli sahneleri ve canlı nesnelere kaydetmek için kullanılmaktadır. Atımlı lazerlerle üç metre kare ölçülerine kadar holograf alanı oluşturmak mümkündür. Işık, bir saniyede yaklaşık olarak bir milyar atışla, gücü birkaç megawata varabilen atışlar yapabilmektedir. Bu lazerle çalışma yapan kişi, gözlerini korumak için bir buzlu cam korumalı bölme kullanmak zorundadır.

#### **1.4.2.8. Yakut Lazeri**

Lazer elde etmek için kullanılan en önemli katı cisimlerden biri yakuttur. Bu lazer, yakut kristallerinden ve çok az miktarda krom ile alüminyum oksidin kullanıldığı bir katı hal lazeridir. Kristaller elektriksel olarak uyarıldığında çok güçlü uyumlu kırmızı ışık yaymakta ve holografide canlı nesnelere kaydedebilen, yaklaşık olarak 50 nanosaniyelik atışlar yapabilmektedir. Yüksek ışık duyarlı film kullanılmak zorundadır çünkü pozlama süresi çok kısadır.

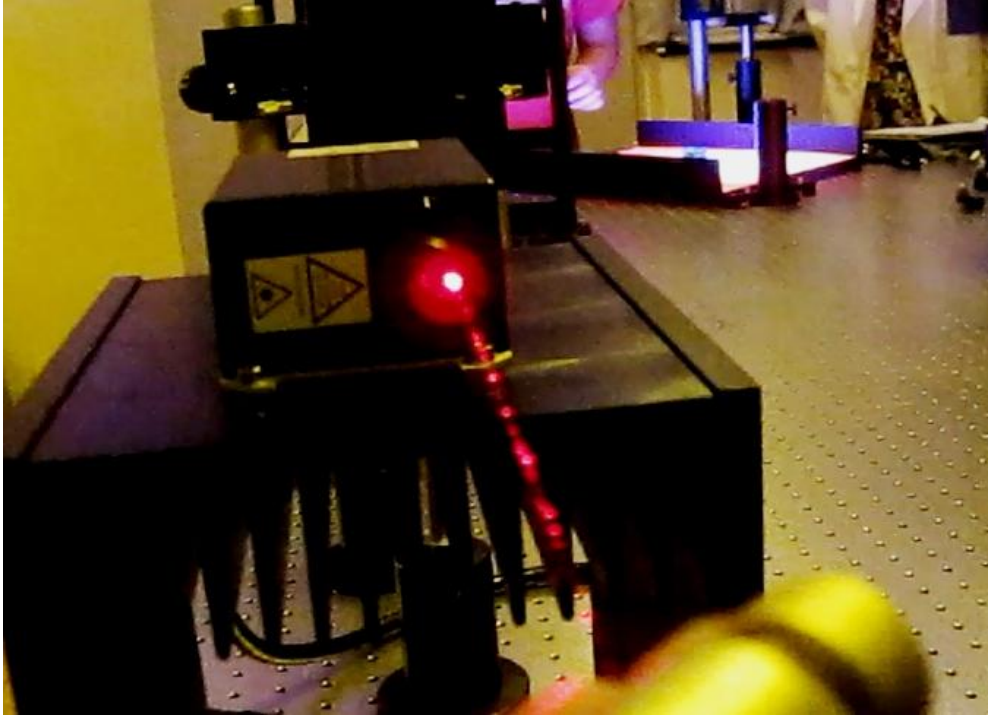
#### **1.4.2.9. Diyot Pompalı Katı Hal Lazeri - DPSS**

Bu lazerler, gücü çok yüksek (1W~2 W) olan bir katı hal (örneğin bir yakut ya da bir neodmiyum YAG kristalilerinin) kullanıldığı bir lazer çeşididir. Gümümüzde, DPSS lazerler pek çok bilimsel uygulamada kullanılmaktadır.





31. Yeşil ve mavi ışın veren diyot pompalı katı hal lazerleri (fotoğraf: Vildan Işık-a)



32. Kırmızı ışın veren diyot pompalı katı hal lazeri (fotoğraf: Vildan Işık-a)

### 1.4.3. Aynalar

Işığın kınımı yani yönünün değiştirilmesinin yanı sıra ışığın yansıtılarak küçültülmesi ya da büyütülmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Holografide kullanılan ayna çeşitlerinden bazıları şunlardır:

*Dikroik Ayna (Dicroic Mirror):* Dalgaboylarına duyarlı bir ayna çeşididir. Farklı lazer renklerinin karıştırılmasını sağlamaktadır.

*Paralleleştirci Ayna (Collimating Mirror):* Kullanılan diğer aynalar ile paraleleştirci aynaya ulaşan lazer ışını, bu ayna sayesinde büyütülebilmektedir.



**33.** Paralleleştirci ayna

Fotoğrafta sol taraftan aynalara yansıyan boyu yaklaşık 5 cm olan küçük ışın, sağ tarafta görülen çapı 36 cm olan paraleleştirci aynaya ulaşarak büyümektedir (fotoğraf: Vildan Işık-a)

### 1.4.4. Filtreler

Holografide kullanılan filtre çeşitlerinden bazıları şunlardır:

- Nötr yoğunluk filtresi (neutral density filter / ND filter)
- Mekânsal filtre (spatial filter)

#### 1.4.4.1. Nötr Yoğunluk Filtresi

Bu filtre, tüm dalgaboylarındaki ve renkteki ışığı eşit miktarda azaltmak için kullanılmakta olan bir optik elemandır. ND filtre, holografik plakaya düşen lazer ışının miktarını kontrollü olarak azaltılmasını ve belirli çekim koşullarında diyafram ve pozlama süresinin ayarlanmasını sağlamaktadır.

#### 1.4.4.2. Mekânsal Filtre

Kusurlu ve hasarlı ışını temizlemek yani lazerin çıkışını 'temiz' kılmak için ve lazer ışığının odaklanmasını sağlamak için kullanılmaktadır. Bu, Fourier Optiği'nde kullanılan mercek ve iğne deliğinden oluşan bir filtredir. Biri nesne diğeri kaynak ışını için iki ayrı mekânsal filtre kullanılabilmektedir.

#### 1.4.5. Mercekler

Mercekler, ışının kırınımını yani yönünün değiştirilmesini sağlayan ve ışınları birbirine yaklaştıran ya da uzaklaştıran optik aletlerdir. Camdan ya da saydam plastikten yapılabilmektedir. Diğer normal merceklerin yanı sıra kullanılan diğer bir mercek de silindirik mercektir. Holografide sıklıkla kullanılan silindirik mercek, bir silindirin kavisli yüzeyine sahiptir ve görüntüyü odaklayarak dikey bir çizgi olarak sıkıştırılmaktadır.

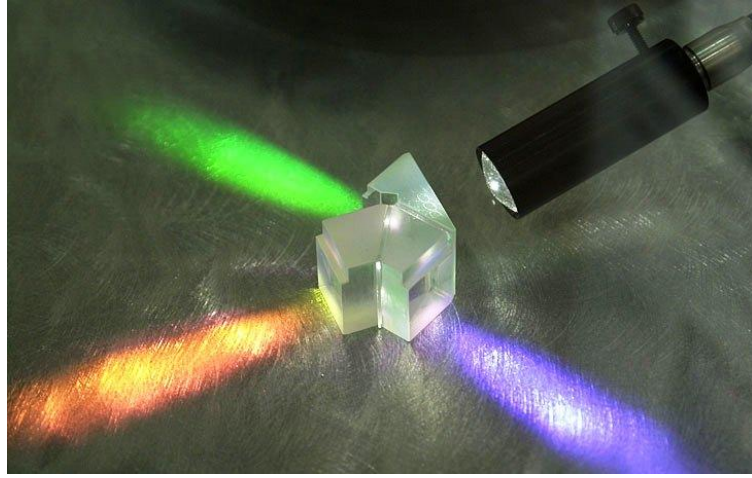


34. Silindirik mercekler

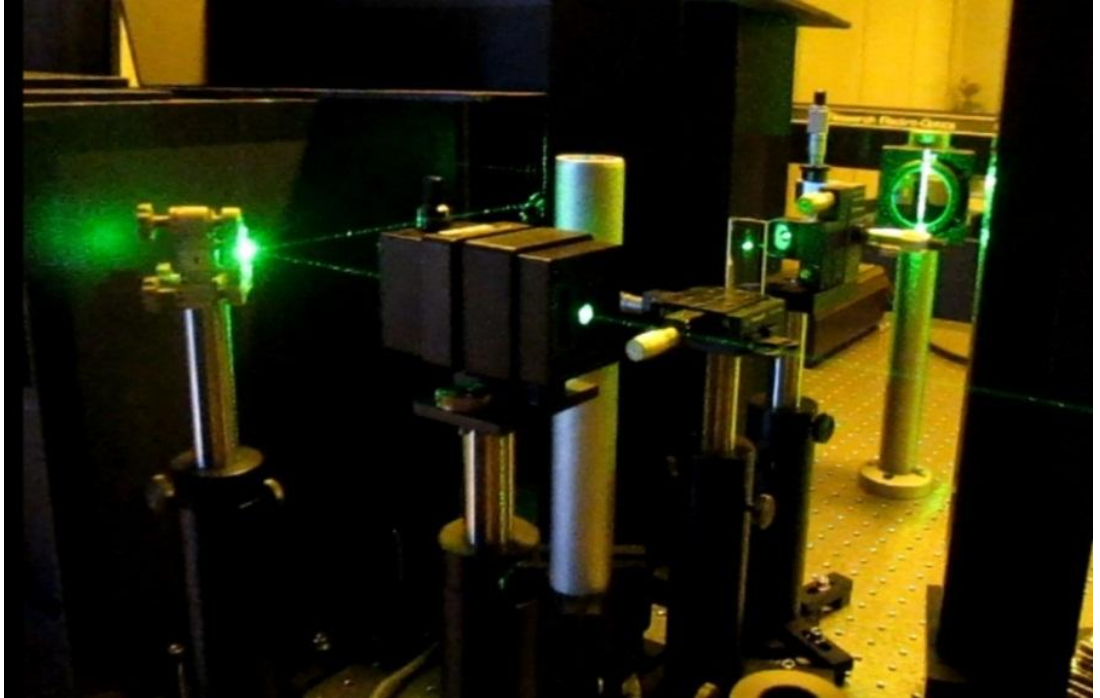
### 1.4.6. Işın Ayırıcılar

Işığın ikiye ayrılmasını ya da dalgaboylarına göre renklere ayrılmasını sağlayan bir malzemedir. Holografide kullanılan çeşitlerden bazıları şunlardır:

- Kutuplaştırıcı ışın ayırıcı (polarizing beam splitter-PBS)
- Yarı gümüş kaplı ayna (half-silvered mirror)
- Dikroik aynalı prizma (dichroic mirrored prism)



35. Işını dalga boylarına göre renklere bölen ışın ayırıcı



36. Lazer ışını, nesne ve kaynak ışını olarak ikiye bölen kutuplaştırıcı ışın ayırıcı (fotoğraf: Vildan Işık-a)

### 1.4.7. Emülsiyonlar

Holografide kullanılan emülsiyon çeşitleri şunlardır:<sup>91</sup>

- Gümüş halide emülsiyon (silver halide emulsion)
- İki renkli jelatin (dichromated gelatin)
- Fotopolimer emülsiyon (photopolimer emulsion)

#### 1.4.7.1. Gümüş Halide Emülsiyon

Renkli hologramlar için en çok kullanılan gümüş halide emülsiyonu kayıta kullanılan diğer bütün emülsiyonlar arasında en iyi duyarlılığı sahip bir emülsiyon çeşididir. Gümüş halide kristallerinin bir jelatin tabaka üzerinde bulunduğu bir tür fotoğraf kayıt malzemesi olan bu emülsiyon yaygın olarak *fotoğrafik emülsiyon* diye bilinmektedir. Aslında bu ışığa duyarlı emülsiyon gerçek anlamıyla bir emülsiyon değildir; tutkalımsı bir malzeme (jelatin) üzerinde gümüş halide mikro kristallerinin dağıldığı, oldukça ince bir filmidir. Bununla birlikte, fotoğrafta kalıcılığı sağlayan bu 'emülsiyon' terimi yaygın olarak kullanılmaktadır. Emülsiyon esnek ya da sert sağlam bir yüzeye kaplanmakta böylelikle hologram elde edilebilecek ışığa duyarlı bir malzeme oluşturulmaktadır.<sup>92</sup> Üç çeşit gümüş halide emülsiyon vardır:<sup>93</sup> Gümüş Klorür (AgCl), Gümüş Bromür (AgBr) ve Gümüş İyodür (AgI).

Gümüş klorür daha düşük hassasiyetli emülsiyonlar için kullanılmaktadır. Klorür/bromür emülsiyonların yüksek ışık hassasiyeti vardır ama bromür/iyodür emülsiyonlar daha yüksek duyarlılığa sahiptir. Gümüş iyodür kesinlikle tek başına kullanılmamakta ancak gümüş bromür ile %5 ya da daha az bir oranda karıştırılarak kullanılabilir. Düşük konsantrasyondaki ince taneli emülsiyonlar için bir miktar gümüş iyodür eklemek, aynı miktarda gümüş bromür eklemekten daha yüksek duyarlılık ve karışıklık sağlamaktadır. Gümüş halide kristaller kübik yapıdadır ve her bir gümüş kristal iyonu (Ag<sup>+</sup>), altı halide iyonu ile çevrilidir. Ultra ince taneli Lippmann emülsiyonları için yaklaşık 10 nanometre olan gümüş halide iyonlarının ölçüleri, duyarlılıklarına göre değişebilmektedir. Gümüş bileşikleri çeşitli derecede ışığa duyarlıdır. Gümüş klorür sadece mor ve UV ışığına duyarlıdır. Yaklaşık 490

<sup>91</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 370-380.

<sup>92</sup> Hans I. Bjelkhagen, "New Recording Materials for Holography", **The Royal Photographic Society**, 1993, (Erişim) [http://www.rps.org/resources/group\\_downloads/hcon1hb1.pdf](http://www.rps.org/resources/group_downloads/hcon1hb1.pdf), 10 Mayıs 2012.

<sup>93</sup> Hans I. Bjelkhagen, a.g.m.

nanometreye kadar gün ışığını emen gümüş bromüre gümüş iyodür eklenirse hassasiyeti 520 nanometreye kadar çıkmaktadır. Emülsiyonu tayfın diğer bölgelerine hassas yapmak için bazı özel hassaslaştırıcı boyalar da eklenmesi gerekmektedir. Fotoğrafik malzeme eğer yeşil ışığa duyarlı ise ortokromatik eğer kırmızı dahil tayfın görülebilen tüm ışıklarına duyarlı ise pankromatik denilmektedir. Ayrıca bu malzeme infrared ışıklara da duyarlı olabilmektedir.<sup>94</sup>

#### 1.4.7.2. İki Renkli Jelatin

Lazer ışığına duyarlı bu emülsiyon çeşidinde sıklıkla argon ve kripton kullanılmaktadır. Yoğun parlaklık ve hassasiyeti, holografik görüntünün günışığında görülebilmesini mümkün kılmaktadır. Bu tip emülsiyonlar genelde kolye, saat gibi ticari alandaki üretimlerde kullanılmaktadır. Bazı sanatçılar, pahalı bir kalıp hologram üretmeden önce, küçük miktarlarda bu malzemeyi kullanmıştır. Bu emülsiyon, gümüş halide emülsiyonundan daha az duyarlıdır ve bu yüzden kayıt için daha güçlü bir lazer kullanılmasını gerektirmektedir.<sup>95</sup>

#### 1.4.7.3. Fotopolimer Emülsiyon

İki kat şeffaf Mylar film arasındaki polimerlerle oluşturulmuş, ışığa duyarlı çok ince bir 'sandviç' filmdir. Polimerizasyonun<sup>96</sup> kimyasal özellikleri, geleneksel film banyosuna benzemez. Bu emülsiyonla elde edilen görüntüler; iki renkli hologramlardaki gibi berrak, net ve aynı yüksek parlaklığa sahiptir. Ayrıca bu tip emülsiyon, gerçek renkli hologramların yapılmasında da kullanılmaktadır. Bu emülsiyon, 1990'lardan beri Polaroid ve Dupont tarafından özel olarak üretilmektedir.<sup>97</sup> 2009 yılında, New York State Üniversitesi'nden Alexander Cartwright, Tayvan National Chi Nan Üniversitesi'nden Vincent Hsiao, iki film arasında fotonik sıvı kristaller kullanarak bu emülsiyonu daha da geliştirilmişlerdir.<sup>98</sup>

<sup>94</sup> Hans I. Bjelkhagen, a.g.m.

<sup>95</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 379.

<sup>96</sup> Polimer, monomer denilen görece küçük moleküllerin birbirlerine tekrarlar halinde eklenmesiyle oluşan çok uzun zincirli moleküllerdir.

<sup>97</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 378.

<sup>98</sup> Mary Badcock, "Holography Generates Porous Crystals", RSC Publishing, **Chemical Technology**, 13 Mayıs 2009, (Erişim) [http://www.rsc.org/Publishing/ChemTech/Volume/2009/06/polymeric\\_photonic\\_crystals.asp](http://www.rsc.org/Publishing/ChemTech/Volume/2009/06/polymeric_photonic_crystals.asp), 10 Mayıs 2012.



### 1.4.8. Kayıt ve Görüntüleme Malzemeleri<sup>99</sup>

Holografik kayıt ve görüntüleme film, normal cam v.b gibi şeffaf kayıt yüzey malzemeleri kullanılmaktadır. Bunların üzerine ışığa duyarlı fotoğraf film emülsiyonundan çok daha yüksek yoğunluğa sahip bir emülsiyon sürülmekte ve holografik kayıt plakası hazırlanmaktadır.<sup>100</sup> Bunları genel olarak şu başlıklar altında toplamak mümkündür:

- Holografik filmler
- Camlar
- Kamera ve bilgisayarlar
- Sert plastikler
- Folyolar

#### 1.4.8.1. Holografik Filmler

Genellikle ışığa duyarlı gümüş halide kristalleri içermesi bakımından holografik filmlerin çoğu pek çok açıdan fotoğrafik filmlere benzemektedir. Holografik filmin en büyük farkı çok yüksek çözünürlüğe sahip olmasıdır. Ayrıca holografik film, ışığın belirli bir dalgaboyuna duyarlı olarak özel olarak hazırlanmaktadır. İki tür holografik film vardır: *Fotopolimer film* ve *triasetat holografik film*

##### 1.4.8.1.1. Fotopolimer Film

Fotopolimer yeni bir kayıt malzemesidir. Fotopolimerler, uzun üretim sürecine uygun plastik bir desteğe sahiptir. Fotopolimerlerin görüntüleri berraktır ancak görüş açısı genişliği ve görüntü derinliği gümüş halideden daha zayıftır.

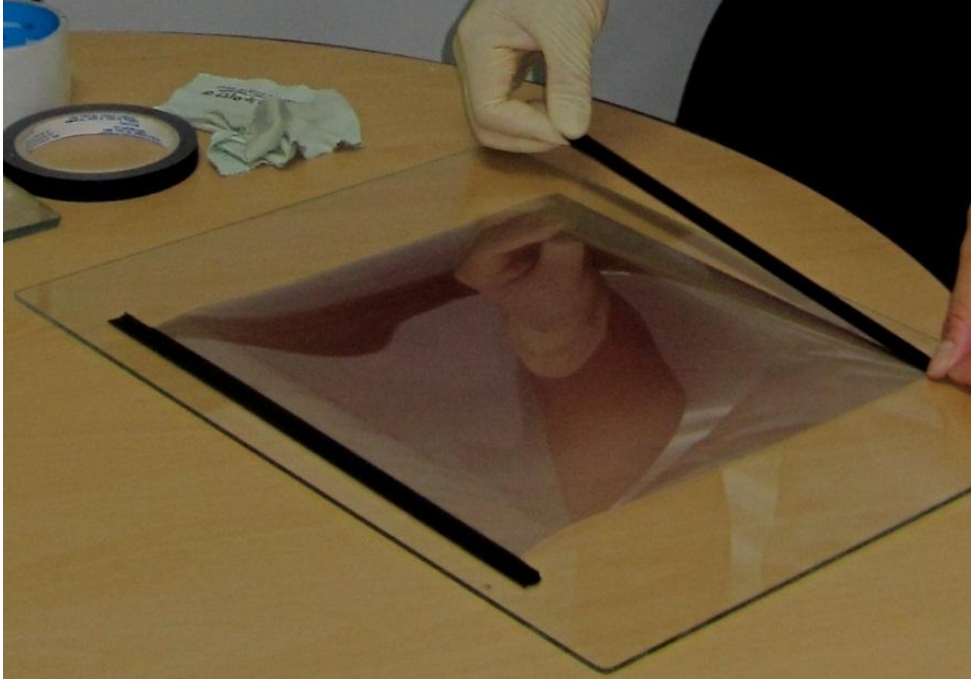
##### 1.4.8.1.2. Triasetat Holografik Film

Şeffaf selüloz malzemenin ışığa duyarlı gümüş halide emülsiyonla incecik kaplanarak kullanıldığı bir holografik kayıt malzemesidir. 1.10 metre genişliğinde ve yaklaşık 10 metre uzunluğunda rulo halinde olan bu film, 30 x 40 cm'den daha büyük çalışmalar yapmak isteyen sanatçılar tarafından artarak kullanılmaya

<sup>99</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 370-380.

<sup>100</sup> MIT Museum (a), Leonardo (b), a.g.e., s. 379.

başlamıştır. Holografik cam plakalara göre maliyet, ışık ve saklama açısından daha uygundur.



37. Gümüş halide emülsiyon kaplı holografik film (fotoğraf: Vildan Işık-a)



38. Kolay görüntülemek için cam üzerine bantlanan gümüş halide emülsiyonlu holografik filmin sonuç görüntüsünün incelenmesi, holografi sanatçısı Kyung Lee ve fizik mühendisi Kwang Ho Ok (fotoğraf: Vildan Işık-a)

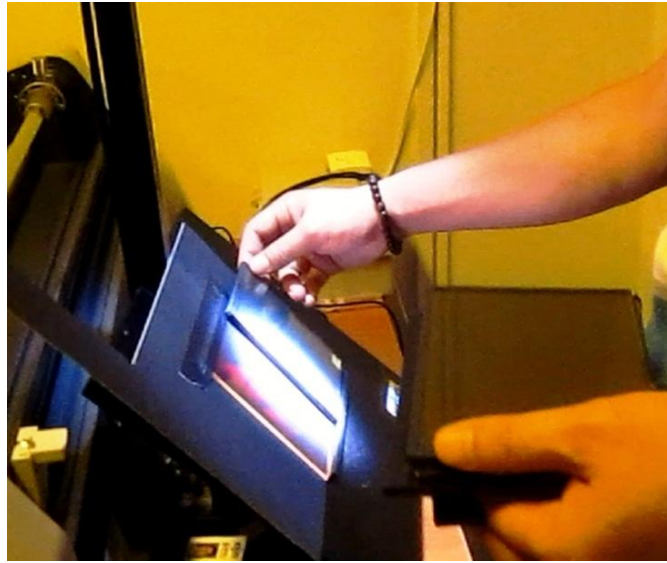


### 1.4.8.2. Camlar

Gümüş halide emülsiyonlar camlara da uygulanmaktadır. Çünkü cam, pozlama süreci boyunca filmde çok daha dayanıklıdır. Cama uygulanan gümüş halide emülsiyonlu plakalarla görüntü kalitesi yüksek hologramlar elde etmek mümkündür. Ancak 30 x 40 cm'den büyük hologramlarda camın kırılma ve ağır olması sebebiyle tercih edilmemektedir.



39. Banyosu yapılmış gümüş halide emülsiyonla kaplı bir holografik cam plaka (fotoğraf: Vildan Işık-a)



40. Cam plaka hologramların laboratuvarında görüntülenmesi (fotoğraf: Vildan Işık-a)

### 1.8.4.3. Sert Plastikler

Sert plastikler, bazen kabartma hologramlar için bir yardımcı malzeme olarak (örneğin kayıt albümleri için) kullanılmakta bazen de holografçılar ince sert bir plastiğe emülsiyon ekleyerek cam gibi kullanmaktadır. Film banyo edildikten sonra üzeri çok ince bir plastikle kaplanarak daha dayanıklı yapılması da mümkündür. Cam plakalar, düzenlemek ve çevirmek için çok ağır olduğu için bu teknik sıklıkla geniş biçimli holografide kullanılmaktadır.

### 1.8.4.4. Folyolar

Folyolar, genellikle kabartma hologramlar için kullanılan yardımcı malzemelerdir. Bir aktarım hologramın aslından alınan kopya hologramlar, genellikle folyolara iri şekilde basılarak yüksek güvenlik istenen yerlerde kullanılmaktadır. Kabartma hologramlar, bir ayna ile alınan geçirgen hologramlardır. Holografik bilgi, ışığa duyarlı cam plakalardan, nikel dolgularla kabartma yapılmış yüzeye aktarılmaktadır. Bu holografik görüntüler; girişim desenlerinin izleri olarak plastik üzerine basılmakta sonra arkası ışık yansıtıcı bir folyo ile desteklenmektedir. Bu şekilde meydana gelen hologram, her birkaç santimetre için milyonlarca defa tekrarlanabilmektedir. Bu tür hologramlar için en sık kullanılan folyo; kabartma Mylar folyodur. Mylar; 1950'li yıllarda geliştirilen olağanüstü güçlü polyester bir filmidir. İngiltere ve ABD'de, en iyi bilinen ticari isimler Mylar, Melinex ve Hostaphan'dır. Isı direnci ve yalıtım gücü yüksek olan bu malzeme aslında bir BoPET (biaxially-oriented polyethylene terephthalate/çift yönlü-odaklı polietilen tereftalat) çeşididir. BoPET; yüksek mukavemet, kimyasal ve boyutsal kararlılık, şeffaflık, yansıtma, gaz ve koku engelleme özellikleri gibi önemli özellikleri olan bir polyester filmidir. Kullanım alanları ilk olarak ambalaj sektöründe olan Mylar, yüksek niteliklere sahip olması sebebiyle daha sonra elektrik, elektronik ve manyetik malzemelerde, baskı uygulamalarında, kaplamalarda, görüntüleme grafiklerinde, etiketlerde, metalizasyon ve endüstriyel alandaki çeşitli uygulamalarda kullanılmaya başlamıştır.<sup>101</sup>

<sup>101</sup> Dupont Company, "Mylar® Polyester Film", (Erişim) [http://www2.dupont.com/Automotive/en\\_US/products\\_services/teijinFilms/mylar.html](http://www2.dupont.com/Automotive/en_US/products_services/teijinFilms/mylar.html), 30 Nisan 2012.

#### 1.8.4.5. Kamera ve Bilgisayarlar

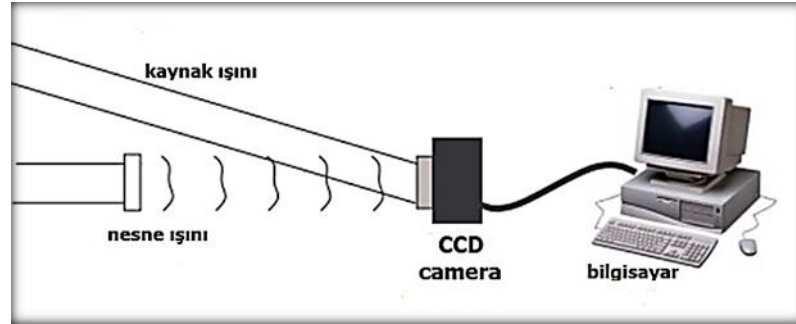
Holografik kameralarla alınan görüntüler, sayısal olarak ifade edilebilmektedir. Sayısal elektroniğin gelişmesiyle beraber analog görüntüyü sayısal olarak ifade edebilmek mümkün olmuştur.<sup>102</sup> Sadece gözle görünen nesnelerin değil atomaltı parçacıkların da kayıt bilgisi alınmakta ve çeşitli araştırma ve çalışmalarda kullanılmak üzere depolanmaktadır. Bu kayıtlarda HD kameralar (high definition - yüksek çözünürlüklü) veya CCD kameralar (charge coupled device - çiftli şarj cihazı) kullanılmakta ve özel yazılımlı bilgisayarlar tarafından hologram üretilebilmektedir. Yüksek görüntü kalitesi sunan bu kameraların, emülsiyonlu holografik film yerine kullanılmaya başlaması ile hologramların bilgisayarda kolayca yeniden yapım olanağı doğmuştur. Özellikle optik sinyal işleme, metroloji, faz mikroskopisi gibi sayısal alanlardaki uygulamalarda bu kamera ve bilgisayarların kullanılması emülsiyonlu holografik filmlerin kullanıldığı holograflardan daha uygundur.<sup>103</sup>

Hologramların taranarak elde edilen görüntünün sayısal bir veri olarak bilgisayara aktarımı da yapılabilmektedir. Bilgisayarla oluşturulan hologram (computer generated-CGH), holografinin hızla gelişen bir alt dalıdır. CGH, holografinin optik temel unsurlarını; tarama, ayırma, odaklama ve pek çok optik cihazda lazer ışığının kontrol edilmesinde kullanılabilir. Kamera ve bilgisayarlar; sayısal holografi, elektronik holografi ve bilgisayarla oluşturulmuş holografi olarak bilinen holografinin gelişmesini sağlamıştır.<sup>104</sup>

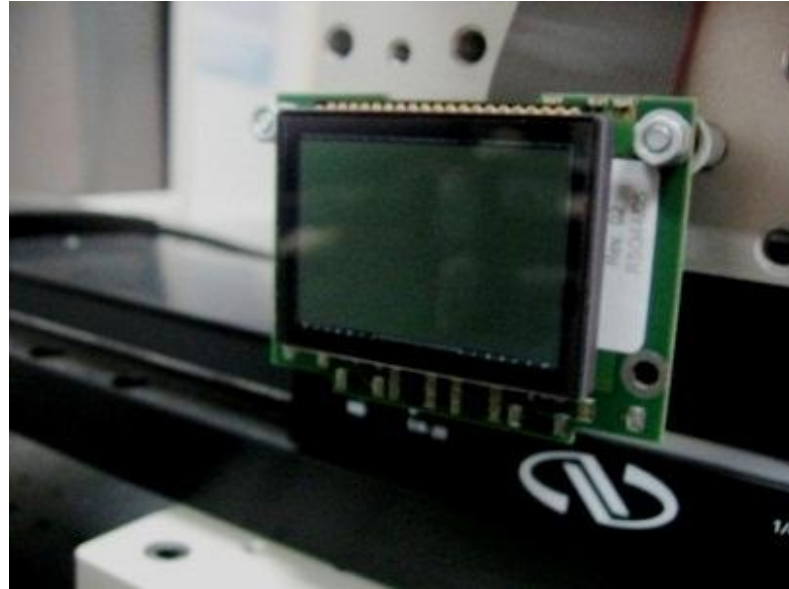
<sup>102</sup> Sayısal olarak ifade edilen görüntüdeki nokta sayısı ne kadar fazla olursa o kadar gerçeğe yakın netlikte bir görüntü oluşmaktadır. Ayrıca her bir noktanın ifade edeceği renk de ne kadar gerçeğe yakın olursa o kadar gerçeğe yakın netlikte bir görüntü elde edilmektedir. Görüntüyü oluşturan her bir noktacığın (piksel) alabileceği renk aralığı ne kadar fazla ise o noktacık da renk havuzunda gerçeğe daha yakın bir renk alacaktır. Buna renk derinliği denmekte ve bit olarak ifade edilmektedir. Örneğin; 1024 x 768 çözünürlük için  $1024 \times 768 = 786.432$  adet nokta var anlamına gelmektedir. Yani; 786.432 adet nokta bize 1024 x 768 çözünürlüğünde bir görüntü oluşturur. Bu görüntü bir fotoğraf olabileceği gibi bir filmin tek bir karesi de olabilmektedir. Bilindiği üzere sinema ekrana belli hızlarla ardı ardına getirilen resimlerden oluşmaktadır. Görüntünün kalitesini belirleyen unsurlar şunlardır: Görüntü çözünürlüğü, resmin renk derinliği, resimlerin değişme hızı, görüntüyü ekrana getiren yöntem, sıkıştırma varsa sıkıştırma oranı ve yöntemi, görüntünün gösterildiği panelin görüntüye uyumu ve görüntüyü ekrana aktaran malzemelerin kalitesi. Utku Duyar, "Dijital Görüntü Teknolojileri", **Elektrik Mühendisliği Dergisi**, TMMOB Elektrik Mühendisliği Odası Yayınları, S.440, Kasım 2010, s. 18-20.

<sup>103</sup> Muharrem Bayraktar, Meriç Özcan, "Holografik İnterferometri Kullanarak Yüzey Sapmalarının ve Titreşimlerin İncelenmesi", **Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi**, 2012. (Bu çalışma Tübitak 1001 programı altında 106T727 numaralı proje desteği ile yapılmaktadır.)

<sup>104</sup> Jeong H. Thung, "Basic Principles and Applications of Holography", **Fundamentals of Photonics, SPIE The International Society for Optics and Photonics**, Module 1. 10, 2010, s. 381-417, (Erişim) <http://spie.org/Documents/Publications/00%20STEP%20Module%2010.pdf>, 14 Mayıs 2012.



**41. Kamera ve bilgisayarla hologram üretim şeması**  
Kaynak ve nesne ışını CCD kameralara kaydedilmekte ve bilgisayara aktarılmaktadır



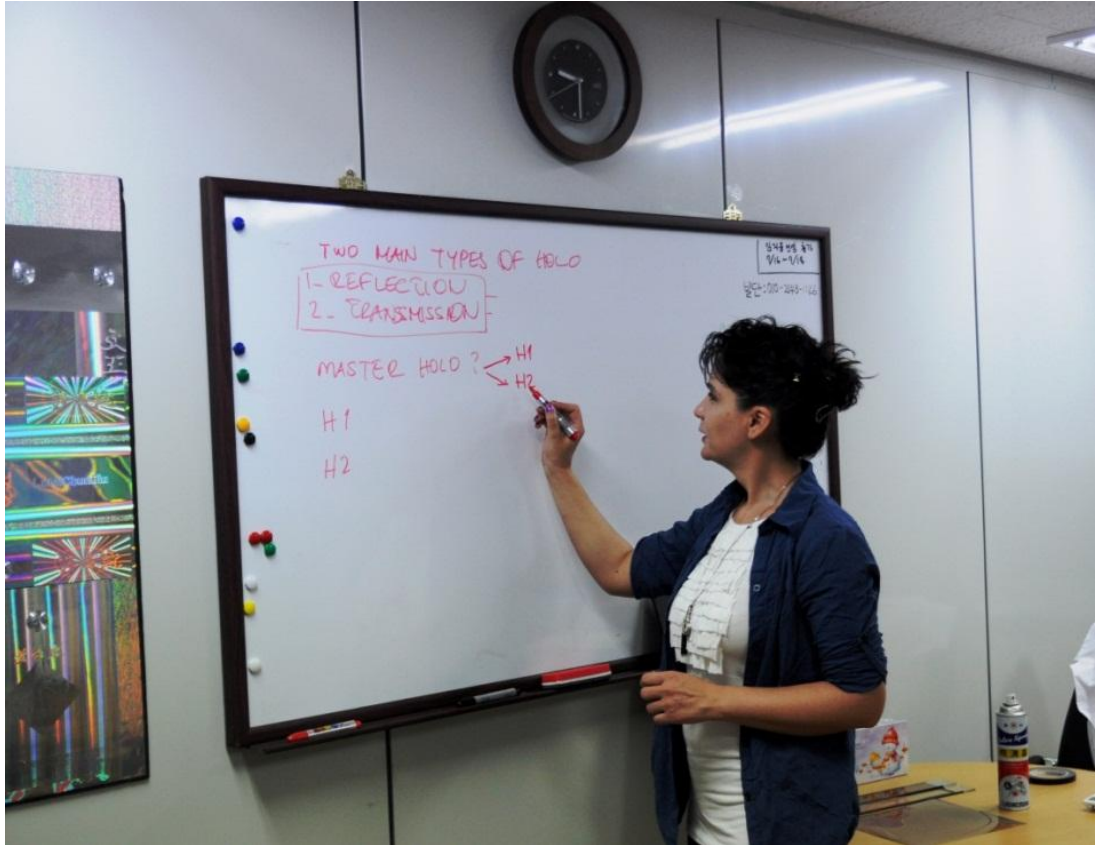
**42. CCD Kamera**  
Holografik plaka yerine bu kamera ekranlarına nesnenin görüntüsü kaydedilmektedir. CCD kameralar holografinin temel unsurları olan ışık kaynağı, hologram ve görüntünün kısacası holografinin sayısal verilerle daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır

Günümüzde holografide güncel araştırmalar; özel ışık modülatörleri (spatial light modulators-SLM) üzerinedir. SLM'ler bilgisayardan gelen sayısal biçimlerdir ve hologramların sayısal olarak tesbiti ve rakamsal yeniden yapımında, sayısal holografik mikroskoplarda, sayısal holografik parçacık analizinde ve sayısal holografik interferometride kullanılmaktadır. Sayısal hologramların gösteriminde ise SLM'ler; bilgisayarla oluşturulan hologramlarda ve holografik 3D TV araştırmalarında kullanılmaktadır.<sup>105</sup>

<sup>105</sup> T. Kreis, "Applications of Digital Holography: From Microscopy to 3D-Television", *Jeos, J. Europ. Opt. Soc. Rap.* 22 Mart 2012, Public. 7, p. 12006-3, 12006-4, 12006-5.

## 1.5. HOLOGRAMLARIN SINIFLANDIRILMASI

Çok sayıda hologram çeşidi olması, hologramların nasıl sınıflandırılacağı konusunda bir karmaşa yaratmaktadır. Hologramlar, askeri, tıbbi, sanatsal v.b. gibi çok sayıda alanda kullanılabilir. Her alan kendi araştırma, inceleme ve geliştirmesini sağlamaya çalışmakta ve hologram çeşitlerinin artmasına sebep olmaktadır. Diğer yandan hologramlar optik, elektronik, kimya v.b. gibi alanlara ait malzemeleri kullanarak üretilmektedir. Bu malzemelerdeki farklılıklar da hologram çeşitlerinin artmasını sağlamaktadır. Ayrıca hologramlarda kullanılan malzemeler teknolojinin gelişmesine paralel olarak gelişip değişmekte ve hologram çeşitlerinin artmasını sağlamaktadır. Tüm bunlara ek olarak hologramların kaydında, yeniden yapımında, gösteriminde ya da sunumunda izlenen farklı yöntemler de hologram çeşitlerini artırmaktadır.



43. Vildan Işık, Uluslararası Hangyo Şirketi Araştırma ve Geliştirme Merkezi Holografi Laboratuvarı'nda hologramların sınıflandırılması üzerine çalışırken, Seul-G.Kore, 2012

Hologramlar, genel olarak Şu baŐlıklarla sınıflandırılmaktadır:

1. Kullanım ve inceleme alanlarına göre
2. Kullanılan malzemeye göre
3. Holografik nesnenin niteliğine göre
4. Kayıt elemanlarının konumlarına göre
5. IŞınların aÇılarına göre
6. Kopyalama ve çoğaltma yöntemlerine göre
7. Yapım aşamalarına göre
  - H1
  - H2
8. Boyutlarına göre
  - A.
    - Kalın hologram
    - İnce hologram
  - B.
    - Tek boyutlu (1D) hologram
    - İki boyutlu (2D) hologram
    - İki boyutlu/üç boyutlu (2D/3D) hologram
    - Üç boyutlu (3D) hologram

### **1.5.1. Kullanım ve İnceleme Alanlarına Göre Hologramlar**

Hologramlar, çok sayıda farklı alanda kullanılmaktadır. Kullanım alanlarına göre de farklı amaçlarla pek çok çeşitte hologramlar üretilmektedir. Örneğın; optik, elektronik, tıp, bilişim, sanat, eğlence, güvenlik v.b. pek çok alanda farklı amaçlarla kullanılan hologramlar bulunmaktadır. Bunlar, kullanım amaçlarına göre tıbbi hologramlar, sanatsal hologramlar, güvenlik hologramları, ticari hologramlar v.b. gibi hologram çeŐitleridir.

### **1.5.2. Kullanılan Malzemeye Göre Hologramlar**

Hologram üretmek için kullanılan; holografik optik elemanlar (HOE) olarak bilinen; ışıklar, çözeltiler, mercekler, aynalar, filtreler, prizmalar v.b. ve holografik elektronik elemanlar (HEE) olarak bilinen; elektronlar, kristal ekranlar, kameralar,

bilgisayarlar v.b. gibi malzemelerden hangisinin kullanılacağına seçilmesi hologram çeşitlerini arttırmaktadır. Örneğin hologramlarda hangi çeşit ışık kullanılacağına seçilmesi, seçilen ışığa göre farklı bir hologram çeşidinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu ışıklar civa buharlı lamba, X-ışını, lazer ya da beyaz ışık olabilmekte; civa buharlı hologram (Gabor hologram), X-ışını floresans hologramı, gökkuşağı hologram ya da renksiz hologram v.b. gibi isimlerle karşımıza çıkabilmektedir. Ayrıca kullanılan lazer çeşidi ve sayısı da önemlidir çünkü farklı çeşitte lazerler mevcuttur ve hologram üretirken kimi zaman bir kimi zaman da birden fazla lazer ışığı kullanılmakta; atımlı lazer hologram, çok renkli, sahte renkli, gerçek renkli hologram v.b gibi farklı adlarla tasnif edilmektedir. Holografik kayıt plakası için seçilen çözücü ve filtreler de farklı hologramlar üretilmesini sağlamaktadır. Kullanılan malzemeye göre hologramlar; analog hologram, optik hologram, sayısal hologram, faz hologramı, Fourier hologramı, bilgisayarla oluşturulmuş hologram, holografik stereogram, ince hologram ya da kalın hologram v.b gibi tasnif edilebilmektedir.

### **1.5.3. Kullanılan Holografik Nesnenin Niteliğine Göre Hologramlar**

Holografide neyin hologramı alınıyorsa bu, holografik nesne olarak tanımlanmaktadır. Holografik görüntü için canlı veya cansız, hareketli veya hareketsiz bir nesneyi ifade edebildiği gibi ses frekansları, mikroskobik canlılar, gözle görülemeyecek derecede küçük elektronlar, atomaltı parçacıklar v.b ifade edilmektedir. Bununla birlikte sadece sadece lazer ışınları ile plaka üzerinde dalga deseninin oluşturulması da mümkündür. Ayrıca bazen bir hologram, başka bir hologramın nesnesi de olabilmektedir ki bunlar bir hologramın hologramıdır. Hologram kaydında ne tür bir nesnenin kaydının alınacağı da farklı birer hologram çeşidi olarak karşımıza çıkabilmektedir. Holografik nesnenin çeşidine göre elektron mikroskobu hologramı, atımlı lazer hologram, atomaltı kuantum hologram, akustik hologram, moleküler hologram v.b. gibi farklı hologram çeşitleri ortaya çıkmaktadır.

### **1.5.4. Kayıt Elemanlarının Konumlarına Göre Hologramlar**

Kayıt masasını düzenlemede ışık kaynağı, nesne, aynalar, mercekler, ışık kaynağı v.b kayıt elemanlarının konumları, birbirlerine olan mesafeleri ve yönlerine

göre farklı hologram çeşitleri ortaya çıkmaktadır. Örneğin nesne ile kayıt malzemesinin birbirine yakın olarak konumlandırıldığı Fresnel hologram gibi.

#### **1.5.5. Işınlardan Sayısına ve Açılara Göre Hologramlar**

Hologramda kullanılan nesne ve kaynak ışınların açıları ve bu ışınların aynalar ve merceklerle elde edilen toplama, yansıma ve kırılma açıları v.b. gibi açı farklılıkları, hologramların değişik çeşitlerde üretilmesini ve adlandırılmasını sağlamıştır. Bunlar; nesne ve kaynak ışınlarının aynı ekseninde olduğu tek ışınlı hologram ve bu ışınların farklı açılarla hologram plakasına ulaşmasının sağlandığı ekseninde hologram ya da eksen dışı hologram v.b. gibi isimlerle tanımlanabilmektedir.

#### **1.5.6. Kopyalama ve Çoğaltma Yöntemlerine Göre Hologramlar**

Hologramların çeşitli yöntemlerle kopyalanması ve çoğaltılması mümkündür. Bunlar; hologram plakanın kırılması, aktarım yoluyla kopyalama, bilgisayarla çoğaltma v.b. gibi değişik yollarla olabilmektedir. Çoğaltmalar kullanım amacına, kullanılan malzemeye ve kullanılan tekniğe göre çeşitlilik göstermektedir. Çoğaltma yöntemlerine göre melez hologramlar da ortaya çıkmıştır. Görüntünün alındığı bir hologram plakası eğer kırılırsa ya da bölünürse, her bir parçada bütüne ait görüntü mevcut kalmaktadır. Görüntünün netliğinde bir miktar azalma olsa da bu kırılan parçalarla hologram bir anlamda çoğaltılmış olmaktadır. Bu parça başka bir holografik kaydın 'nesnesi' de olabilmektedir. Yani hem kayıt alınan plakanın bütünü hem de ona ait bir kırık bir parça, birer ana hologram olarak kullanılabilir. Hologramların çoğaltılması analog ya da sayısal yollarla sağlanabilmektedir. Kamera ve bilgisayarlarla holografik bilgi depolanabilmekte ve sayısal yolla çoğaltılabilmektedir.

#### **1.5.7. Yapım Aşamalarına Göre Hologramlar**

Yapım aşamalarına göre hologramlar için H1 ve H2 sembolleri kullanılmaktadır. Bazı hologram çeşitlerinde örneğin sandviç hologram çeşidinde H3, H4 sembolleri de kullanılmaktadır.



### 1.5.7.1. H1

Bu sembol, bir *ana hologram* olarak kullanılan *tek aşamalı hologramı* tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu; lazer ışınının tek aşama olarak nesneden doğrudan kaydedilmesidir. Bir ana hologram kimi zaman başka bir hologramın nesnesi olarak da kullanılabilir. Denisyuk'un yansıma hologramları ve gölge kayıtları H1 tipinde hologramlardır. Çoğu H1 geçirgen hologram, 1969 yılında Stephen Benton tarafından gökkuşağı hologram geliştirilinceye kadar sadece lazerle görülebilen türdedir.

### 1.5.7.2. H2

Bu sembol, bir *kopya hologramı* ya da *iki aşamalı hologramı* tanımlamak için kullanılmaktadır. Kopyalama ve çoğaltmayı sağlayan teknik; 1969 yılında holografinin sanatsal potansiyelini tamamen değiştirmiştir. Bu Benton holografisi olarak da anılmaktadır. Bu teknik sayesinde holografi, gösterim sürecinde lazere bağımlı olmaktan kurtulmuştur. Böylelikle sanatçılar, ışık tayfının prizmatik renkleri ile estetik araştırmalar yapabilmeye başlamıştır.<sup>106</sup>



44. Kopya hologram kaydı. Geçirgen hologram-H1'den geçirgen hologram-H2 kaydı, Kwang Ho Ok ve Ji Yun Lim (fotoğraf: Vildan Işık-a)

<sup>106</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 372.

### 1.5.8. Boyutlarına Göre Hologramlar

Hologramları boyutlarına göre iki farklı şekilde sınıflandırmak mümkündür.

#### A.

- Kalın hologram (thick hologram)
- İnce hologram (thin hologram)

*Kalın hologram*, emülsiyonun yoğun olduğu ve *hacim'e* işaret eden hologram çeşididir. Bunlar; gümüş halide, fotopolimer ve iki renkli jelatin (DCG) v.b dir.

*İnce hologram*, emülsiyonun az olduğu ve *düzlem'e* işaret eden hologram çeşididir. Bunlar; photoregister, termoplastik v.b. gibi filmlerdir.

#### B.

- Tek boyutlu (1D) hologram
- İki boyutlu (2D) hologram
- İki boyutlu / üç boyutlu (2D/3D) hologram
- Üç boyutlu (3D) hologram

#### 1.5.8.1. Tek Boyutlu (1D) Hologram

1975'lerin ikinci yarısında tanımlanan tekboyutlu hologram; hareketli holografik kayıt sisteminde kullanılan bir hologram kayıt çeşididir. Tek boyutlu Fourier hologramlarının bir parçasında saklanmak istenen veriler, birbirleriyle çakışmayacak şekilde MnBi filmlere kaydedilmektedir. Bunlarda veriyi kaydetmek için bir çeşit argon lazeri kullanılmaktadır. Bu sistemle holografik kayıttaki izlerin silinebilmesi de sağlanmaktadır. Tek boyutlu hologram, tek eksenli (x, y ya da z eksenli) verilerle elde edilen bir çizgisel resim ifade kapasitesine sahiptir ve bu hologramlardaki veri optik hesaplama yöntemleri ile hesaplanabilmektedir. İki paralel ışının girişim çizgilerinden oluşan tek boyutlu hologram, hareketli resimlerin gösteriminde kullanılabilir. Örneğin holovideolarda tek boyutlu ses frekanslarının holografik kaydı yani akustik hologram, görüntü ile senkronize edilerek kullanılabilir.

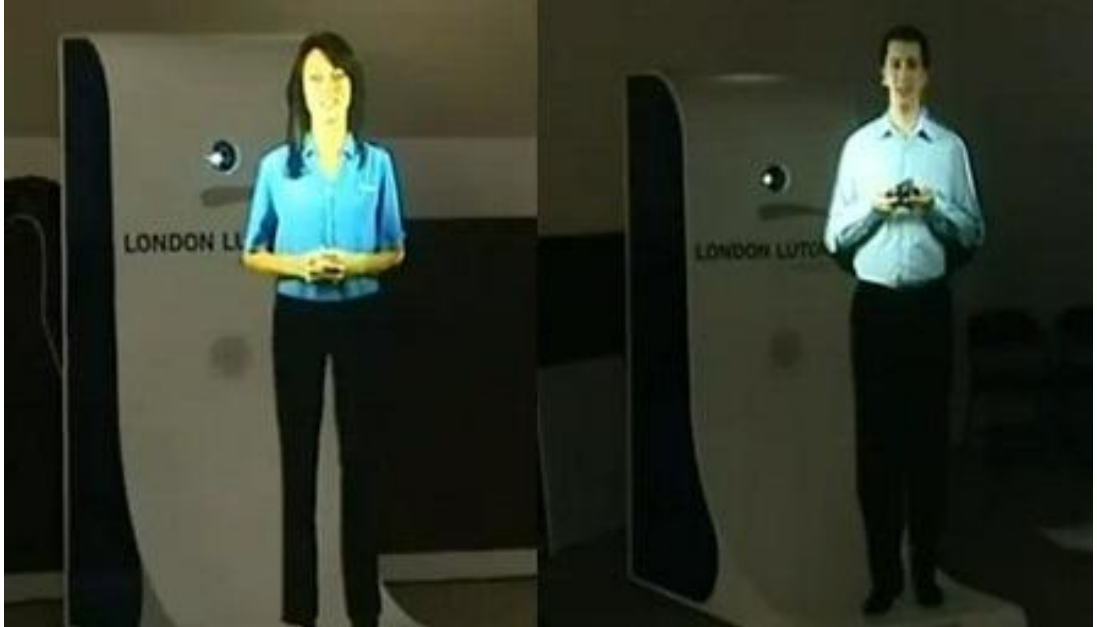
### 1.5.8.2. İki Boyutlu (2D) Hologram

Bu ifade genellikle üç farklı holograma işaret etmektedir:

- İki boyutlu bir depolama malzemesi olan holografik kayıt plakasına,
- Paralaks etkisi olmayan ancak çeşitli renklerin görülebildiği genellikle baskı ve grafiklerde kullanılan hologramlara ve
- Farklı bakış açılarında sahip olmayan, yansıtma yoluyla görüntülenen iki boyutlu hologram gösterimine.



45. 2D sıcak baskı hologram folyo rulosu

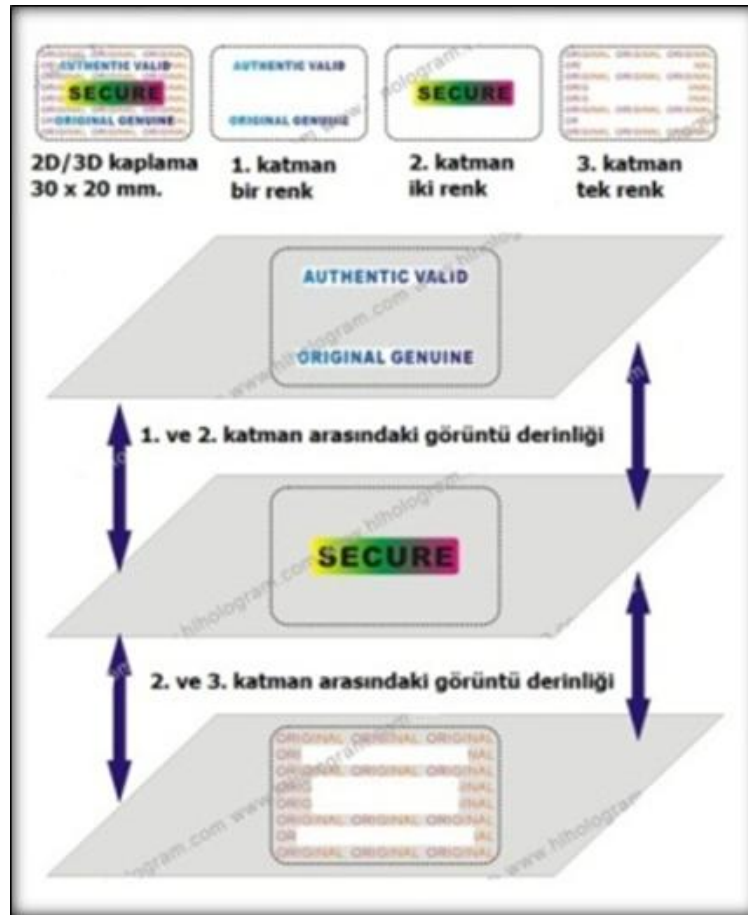


46. İki boyutlu hologram gösterimi (holografik yansıtma)

Paris, Londra, Birmingham ve Manchester gibi havaalanlarında kullanılan iki boyutlu sanal görevliler: Holly ve Graham

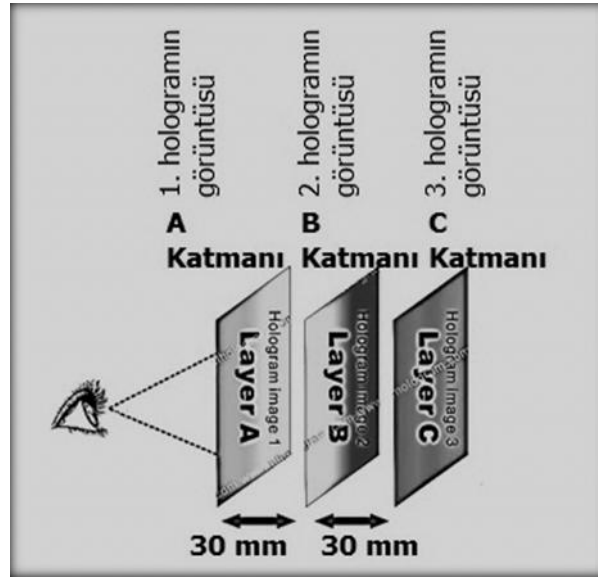
### 1.5.8.3. İki Boyutlu/Üç Boyutlu (2D/3D) Hologram

Hologramlar, paralaks özelliklere sahip görüntülerdir. Düşey ve yatay paralaks olabilen bu etki, hologram çeşidine göre ya ayrı ayrı olarak ya da her ikisi de aynı anda bulunabilmektedir. Örneğin yansıma hologramlar, düşey ve yatay paralaks etkisinin her ikisine de sahip olabilirken, geçirgen beyaz ışık hologramları sadece yatay paralaks etkiye sahiptir. Optik ya da sayısal yöntemlerle iki boyutlu yüzeyde kaydedilen ve üçüncü boyut etkisi yaratan bu hologramlar da 2D/3D olarak tanımlanmaktadır. Sanatçılar tarafından sıklıkla kullanılan ve duvara asılabilen pek çok hologram çeşidi, bu türden hologramdır. Bazen de üst üste farklı hologramların katmanlar halinde tek bir yüzeye basılması yoluyla da elde edilen ve birbirinden farklı görüş derinliği oluşturularak derinlik yanılsaması yaratan güvenlik sistemleri için yapılan hologram baskıları da 2D/3D olarak tanımlanmaktadır.



47. 2D/3D hologram baskı üretim şeması

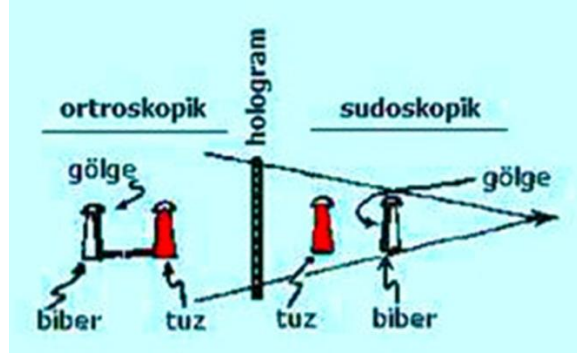
2D hologramlar istenilen sayıda ve renkte farklı katmanlar kullanılarak uygulanabilir. Yukarıdaki tasarımdaki hologram, üç kat olacak şekilde dört renk kullanılarak yapılmıştır



48. Farklı hologramların katmanlar halinde tek hologram olarak kaydedilmesine ait şema

### 1.5.8.3. Üç Boyutlu (3D) Hologram

3D hologram ifadesi, parlak, şeffaf, üç boyutlu bir hologramın görüntülenmesi anlamında kullanılmaktadır. Çevrelerinde dönülebilen her bakış açısından görülebilen hacim taramalı hologramlar ve 360° hologramlar 3D olarak tanımlanan hologram sınıflamasına dahildir. Holografik görüntüler, bir cisim olmadığı için gölgeye sahip değildir ve sadece holografik görüntülenebilme alanında görülebilmektedir. Uygun ışık olmaksızın görülemeyen bu hologramların görülebilmesi için ya sanal bir mekanda (holografik film düzleminin arkası) ya da gerçek bir mekanda (holografik film düzleminin önünde) olması gerekmektedir. Bunlar, üç boyutlu aslının aynı görüntü derinliğine ve etkisine sahip *ortroskopik* (gerçek) görüntü ya da sahne derinliğinin tersine çevrilmesiyle oluşan *sudoskopik* (negatif/sanal) görüntülerdir.



**49.** Ortroskopik ve sudoskopik görüntü şeması  
Sudoskopik görüntü; düşey eksen üzerinde tersine çevrilmiş negatif bir görüntüdür. Hem yansıma hem de geçirgen hologramlar sudoskopik görüntüleri kullanmaktadır

3D hologramlarda holografik alan derinliği; z eksenini boyunca uzanan kaydedilebilen alanın en yüksek hacim değeridir. Bu, bir hologramın görüldüğü zamandaki hem gerçek görüntü bölgesinin hem de sanal görüntü bölgesinin derinlik alanını ifade etmektedir. Diğer bir deyişle holografik alan derinliği; holografik kayıt malzemelerinin hem önündeki alana hem de arkasındaki alana işaret etmektedir. Hologramın sanal görüntüsü; kayıt malzemesinin arkasında on metreden fazla bir derinlik yansıtılabilirken, gerçek bir holografik görüntü; kayıt malzemesinin önünden üç metreye kadar yansıtılabilmektedir.



**50.** 3D hologram örneği

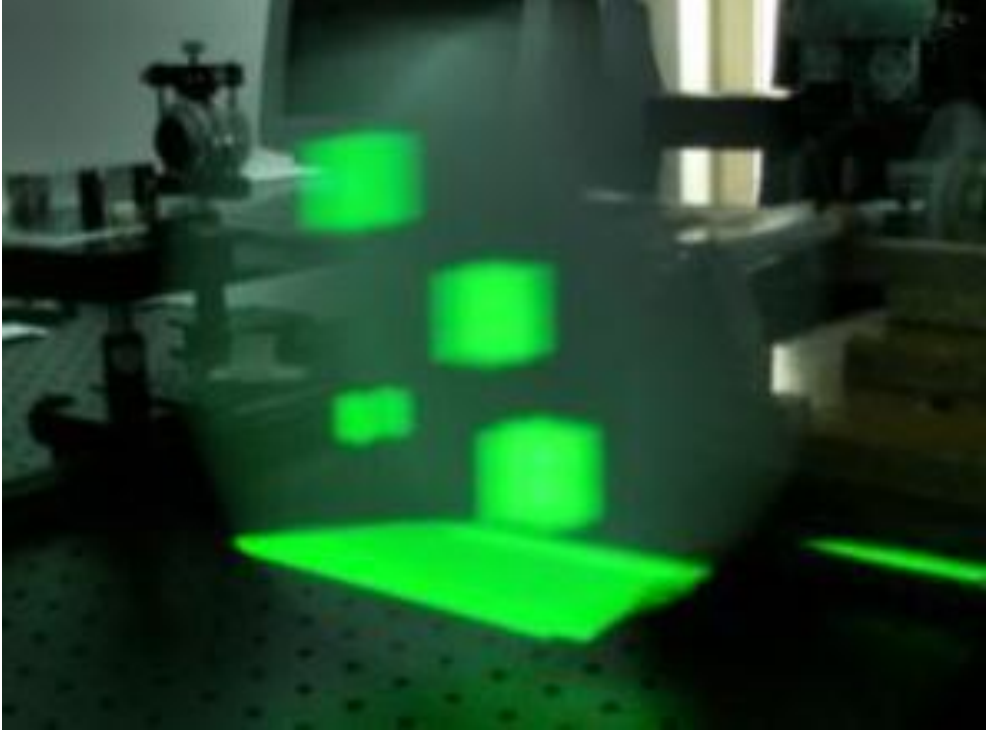
Vildan Işık, *Soju Şişesi ve Bardakları*, 2012, gümüş halide holografik film (Geola), 360° silindirik hologram, R: 30 cm, yükseklik: 23 cm





**51. 3D hologram örneği**

Bulunduğu yerin yaklaşık 1,5 metre önünde üç boyutlu görüntü oluşturan büyük boy sayısal hologram örneği, 1 x 1 m, Kwangwoon Üniversitesi Holografi Laboratuvarı'nda bulunan bu hologram Litvanya yapımıdır (Vildan Işık-b)



**52. 3D hologram örneği**

Bilkent Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü 4. sınıf öğrencileri Veysel Yücesoy ve Doruk Tunaoğlu tarafından uygulanan hacim taramalı hologram gösterimi

## 1.6. HOLOGRAM ÇEŞİTLERİ

Bir önceki bölümde de bahsedilen sebeplerle çok sayıda hologram çeşidi mevcuttur. Bu bölümde geçmişten günümüze; üretilmiş olan, üretilmekte olan ve üretilmek üzere halen geliştirilmesine devam edilen ellidört hologram çeşidine yer verilmiştir. Bu çeşitler, topluca görülmesini sağlamak amacıyla önce Türkçe ve İngilizce karşılıklarının yer aldığı bir tablo hazırlanmış sonra tabloda yer alan sıra izlenerek kısaca açıklanmıştır.

**Tablo:** Hologram Çeşitleri

	<b>Türkçe</b>	<b>İngilizce</b>
1.	Akustik Hologram	Acoustical Hologram
2.	Ana Hologram	Master Hologram
3.	Analog Hologram	Analog Hologram
4.	Atımlı Lazer Hologramı	Pulse Laser Hologram
5.	Bilgisayarla Oluşturulmuş Hologram	Computer-Generated Hologram-CGH
6.	Bilgisayarla Oluşturulmuş Holografik Stereogram	Computer-Generated Holographic Stereogram-CGHS
7.	Bilgisayarla Oluşturulmuş Fresnel Hologram	Computer-Generated Fresnel Hologram CGFH
8.	Büyük Boy Hologram	Large-Scale Hologram
9.	Çok Kanallı Hologram	Multi-Channel Hologram
10.	Çok Pozlu Hologram	Multiple Exposure Hologram
11.	Çok Renkli Hologram	Multi-Color Hologram
12.	Denisyuk Hologramı	Denisyuk Hologram
13.	Electro-Hologram (Holoideo)	Elektro-Hologram (Holoideo)
14.	Eksen Dışı Hologram	Off-Axis Hologram
15.	Electron Mikroskobu Hologramı	Electron Microscope Hologram
16.	Faz Hologramı	Phase Hologram
17.	Fourier Hologramı (Fraunhofer Hologramı)	Fourier Hologram (Fraunhofer Hologram)
18.	Fresnel Hologramı	Fresnel Hologram



19.	Gabor Hologramı	Gabor Hologram
20.	Geçirgen Beyaz Işık Hologramı	White-Light Transmission Hologram-WLT
21.	Geçirgen Hologram	Transmission Hologram
22.	Gerçek Renkli Hologram	True Color Hologram
23.	Gökkuşuğu Hologram	Rainbow Hologram
24.	Gölgekayıt	Shadowgram
25.	Görüntü Düzlemi Hologramı	Image Plane Hologram
26.	Güneşiği Hologram	Solar Hologram
27.	Hacim Taramalı Hologram	Volumetric Hologram
28.	Hacim Taramalı Kuantum Hologramı	Volumetric Quantum Hologram
29.	Holografik İnterferogram	Holographic Interferogram
30.	Holografik Sinema	Holographic Movie
31.	Holografik Stereogram	Holographic Stereogram
32.	Holografik TV	Holographic TV
33.	İçbükey Hologram	Alcove Hologram
34.	Kopya Hologram	Copy Hologram
35.	Kabartma Hologram	Embossed Hologram
36.	Kuantum Hologram	Quantum Hologram
37.	Lazerle Görülebilen Hologram	Laser-Viewable Hologram
38.	Leith-Upatnieks Hologramı	Leith-Upatnieks Hologram
39.	Lippmann Hologram	Lippmann Hologram
40.	Moleküler Hologram	Molecular Hologram
41.	Nokta Matris Hologram	Dot Matrix Hologram
42.	Odaklanmış Görüntü Hologramı	Focused Image Hologram
43.	Renksiz Hologram	Achromatic Hologram
44.	Sandviç Hologram	Sandwich Hologram
45.	Sayısal Hologram	Digital Hologram
46.	Sayısal Görüntü Düzlemi Hologramı	Image-Plane Digital Hologram

47.	Tek Renkli Hologram	Monochromatic Hologram
48.	Tek Işınlı Hologram	Single Beam Hologram
49.	Tek Aşamalı Hologram	Single-Step Hologram
50.	Tümleştirilmiş Hologram	Integral Hologram
51.	Yalancı Renkli Hologram	Pseudo Color Hologram
52.	Yansıma Hologram	Reflection Hologram
53.	X-Işını Floresans Hologramı	X-Ray Fluorescence Hologram -XFH
54.	360° Hologram	360° Hologram

### 1.6.1. Akustik Hologram

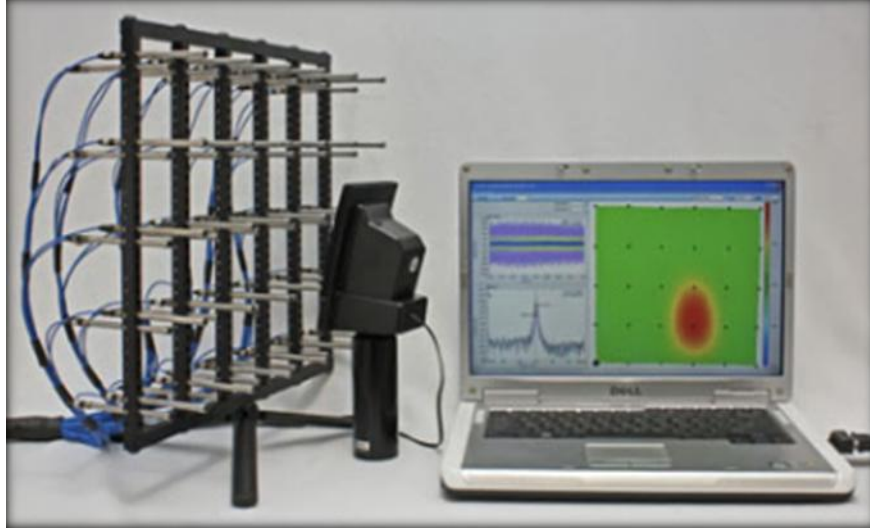
Yüksek frekanstaki ses dalgalarının girişimleri vasıtasıyla düzenlenen bir hologram çeşididir.<sup>107</sup> Bir kemanın bir uçağın ya da bir denizaltının ses dalgalarının analizini ve bu seslerin görselleştirilmesini sağlamak amacıyla 1960'lı yıllarda geliştirilmeye başlayan akustik hologramların pek çok çeşidi bulunmaktadır. Bu çeşitlerden bazılarını şöyle sıralamak mümkündür:<sup>108</sup>

- Gerçek zamanlı akustik hologram (real-time acoustic hologram)
- Yoğun akustik hologram (compact acoustical hologram)
- Fresnel ya da Fraunhofer hologram verilerinin kullanıldığı uzak alan akustik hologram (farfield acoustical hologram-FAH)
- E. G. Williams ve J. D. Maynard tarafından 1980'de bulunan yakın alan akustik hologram (nearfield acoustical hologram-NAH).

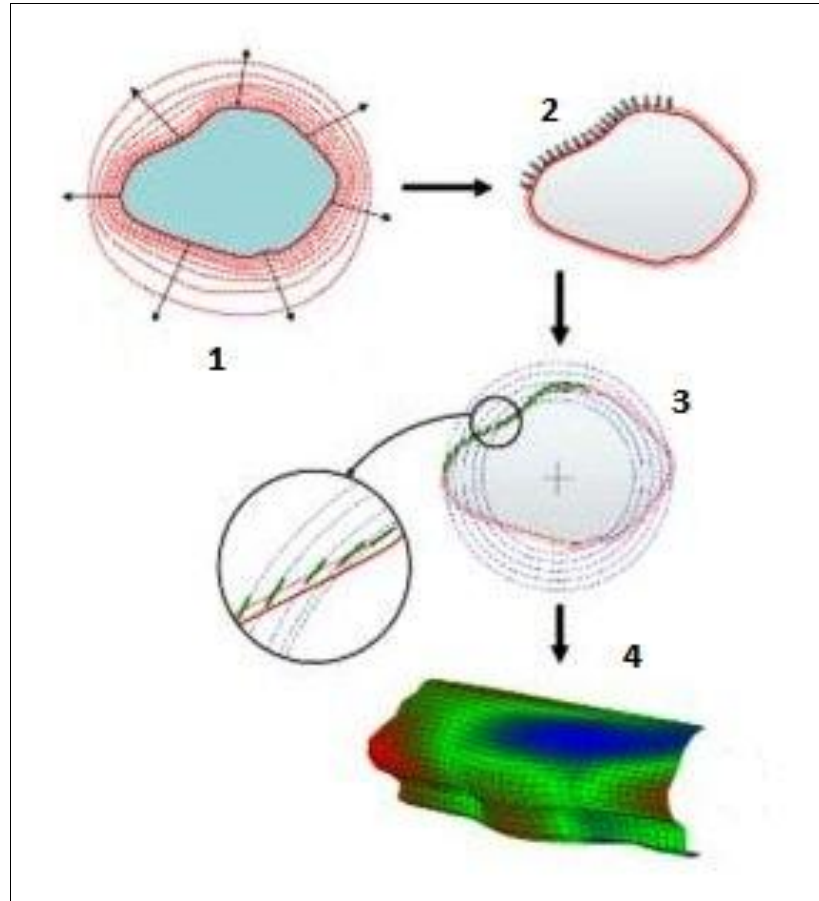
<sup>107</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 370.

<sup>108</sup> LMS Engineering Innovation, (Erişim) <http://www.lmsintl.com/acoustic-holography>, 29 Nisan 2012.

Acoustic Research Institute, (Erişim) <http://www.kfs.oeaw.ac.at/content/view/24/485/lang,8859-1/>, 29 Nisan 2012.



53. Gerçek zamanlı akustik hologram kaydının bilgisayara aktarılması



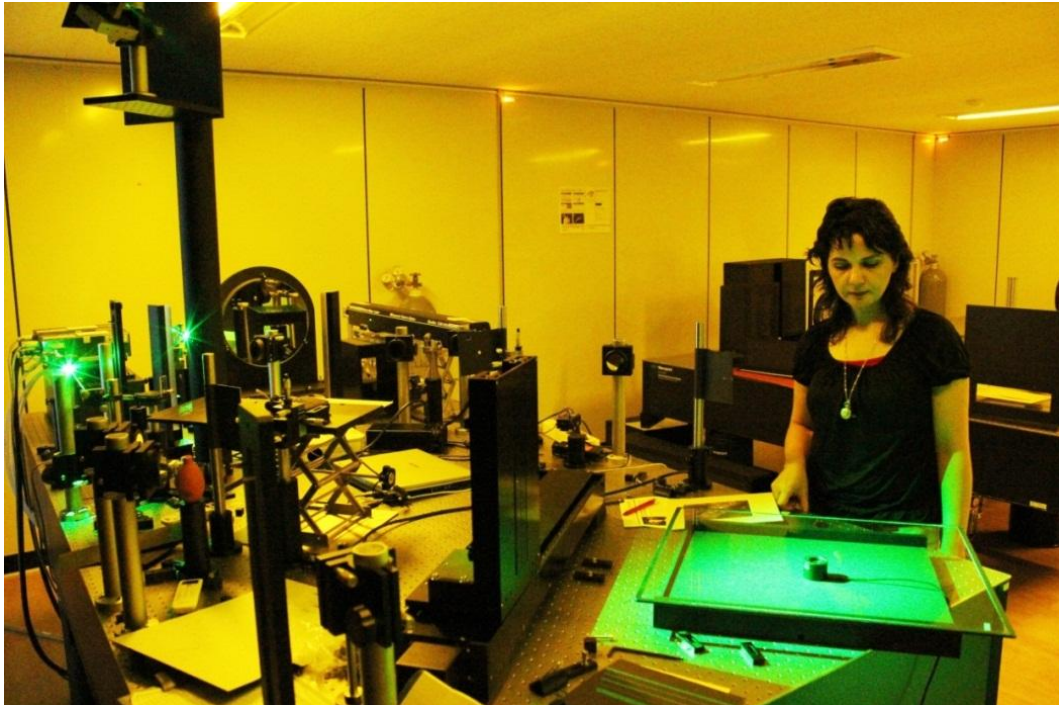
54. Ses dalgalarının kaydı ve görselleştirilmesine ilişkin şema  
 1. Nesnenin titreşimlerinden çıkan ses 2. Yüzeyin yakınından mikrofonla alınan ses örneği 3. Küresel dalga fonksiyonlarını kullanarak ses alanı uyarlaması 4. Basınç, parçacık hızı ve yoğunluğun görselleştirilmesi

### 1.6.2. Ana Hologram

Paralleleştireilmiş kaynak ışını kullanılarak tek aşamalı hologram kaydedilmesidir. Bu hologram, kopya hologram denen ikinci bir hologramın 'nesne'si olarak da kullanılabilir. Ana hologramlar, H2'ye hem yansıma hologram hem de geçirgen hologram olarak aktararak üretilmektedir. Bu tip hologramlar; lazerle görünebilen hologram ve tek aşamalı geçirgen beyaz ışık hologramlarıdır. Bazı gölgeyazılar, gökkuşağı ya da Denisyuk hologramları gibi hologramlar, beyaz ışıkta görülebilen bir ana hologramdır.<sup>109</sup>

### 1.6.3. Analog Hologram

Holografik kaydın ve yeniden yapımın analog olarak oluşturulması demektir. Bu hologramlar, optik malzemelerin ve emülsiyonlu kayıt plakalarının kullanıldığı hologramlardır. Bazı analog hologramlar için banyo işlemi gerekirken bazılarında ise gerekmemektedir.



55. Analog hologram kayıt masası, Vildan Işık, fotoğraf: Kyung Hwan Kim

<sup>109</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 376.

#### 1.6.4. Atımlı Lazer Hologramı

Atımlı lazerin kullanıldığı bu hologramlarda, pozlama boyunca hareketli görüntüler -insan, hayvan, çiçek, meyve, dökülen su, buhar v.b.- canlı ya da cansız nesnelere kaydedilmektedir. Sürekli dalga lazerini canlı ve hareket eden nesnelere hologram elde etmek için kullanmak mümkün değildir.<sup>110</sup>

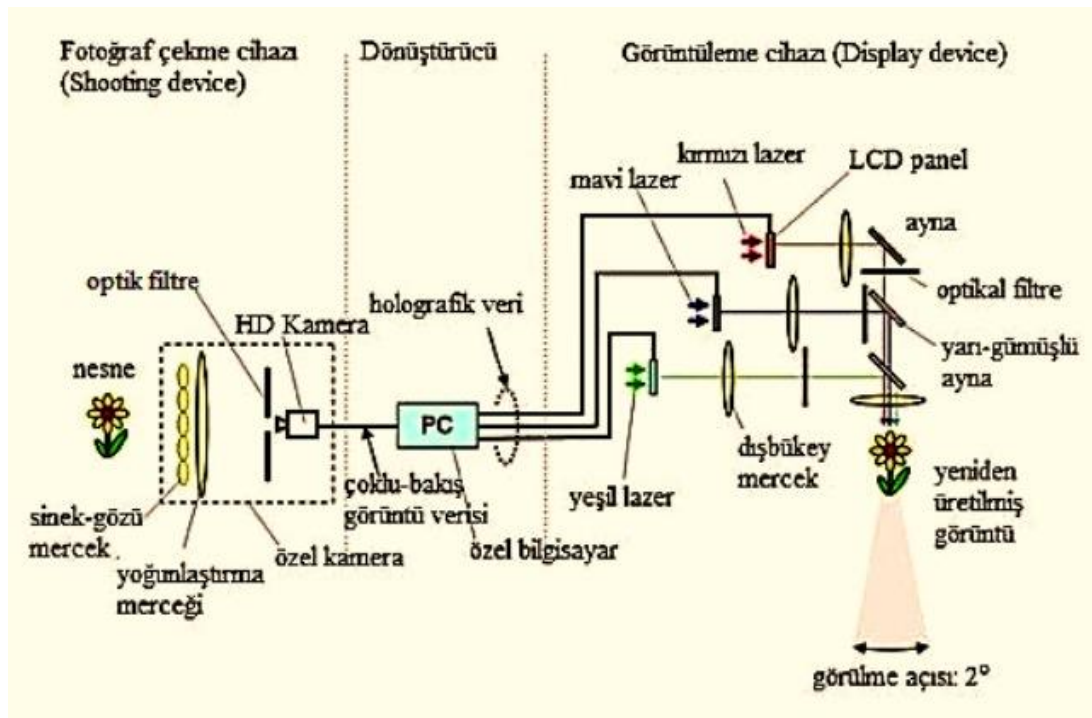


56. (a b c). Cam üzerine gümüş halide emülsiyonu kullanılan, yaklaşık olarak 1987-1988 yıllarında ticari amaçla aynı ölçülerde (25,4 x 20,32 cm) ve aynı teknikle üretilen yansıma hologramlardan örnekler: *Su Isıtıcısından Dökülen Su*, *Parmaklıklar Arkasında Çocuk* ve *Tarot Okuma*, Barclay Thompson Koleksiyonu

<sup>110</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 378.

### 1.6.5. Bilgisayarla Oluşturulmuş Hologram (CGH)

Kayıtta ya da yeniden yapımda bilgisayarın kullanılması ve verilerin sayısal olarak elde edilmesidir. *Sayısal holografi* (digital holography) olarak da anılan bu yöntemdeki holografik veri edinme ve işleme, genellikle bir CCD kamera veya benzeri bir cihaz üzerinden sağlanmakta ve bilgisayara aktarılmaktadır.<sup>111</sup>



57. Bilgisayarla oluşturulmuş hologram kayıt şeması

### 1.6.6. Bilgisayarla Oluşturulmuş Holografik Stereogram (CGHS)

Bir sayısal hologram çeşididir. Bilgisayarda oluşturulan holografik görüntülerin birden çok iki boyutlu perspektif kaydının alındığı bu hologramlarda kaydedilen görüntüler; analog, animasyon, küçültülmüş veya büyütülmüş olabilmektedir.<sup>112</sup> Bilgisayar tarafından üretilmiş bu holografik stereogramlar, hologram üretmek için basit ve ucuz bir hesaplama yolu sağlamakta ve diğer stereogramlara göre çok daha fazla görüş açısı sağlamaktadır.<sup>113</sup>

<sup>111</sup> T. Kreis, a.g.m., s. 12006-1.

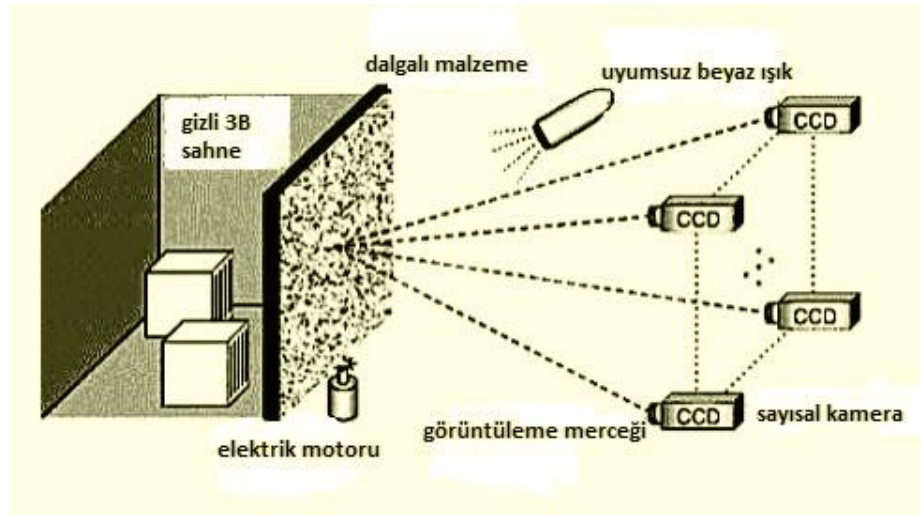
<sup>112</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 371.

<sup>113</sup> Daniel Aaron Kartc, "Efficient Rendering And Compression for Full-Parallax Computergenerated Holographic Stereograms", **Cornell University** in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, 2000, s. 42, (Erişim) <http://www.graphics.cornell.edu/pubs/2000/Kar00.pdf>, 19 Mayıs 2012.



### 1.6.7. Bilgisayarla Oluşturulmuş Fresnel Hologramı (CGFH)

Tıbbi görüntülemeye kullanılmak üzere, kamera, bilgisayar ve uyumsuz beyaz ışık kullanılarak geliştirilmeye çalışılan yeni bir Fresnel hologramı çeşididir.<sup>114</sup>



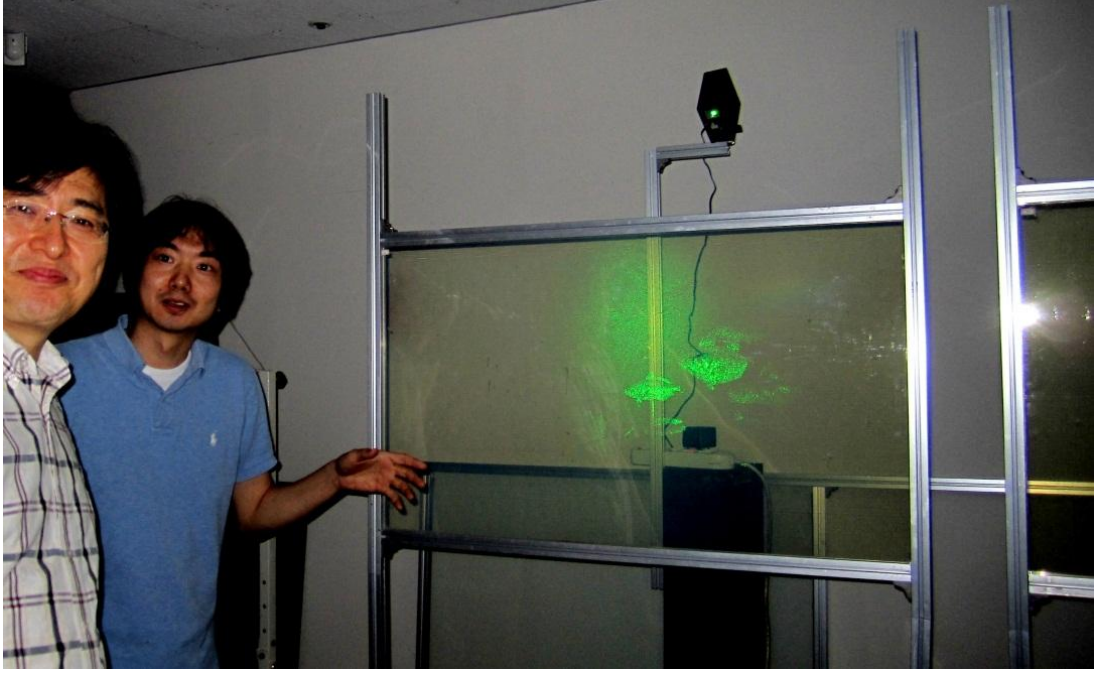
58. Bilgisayarla oluşturulan Fresnel hologramı kayıt şeması

### 1.6.8. Büyük Boy Hologram

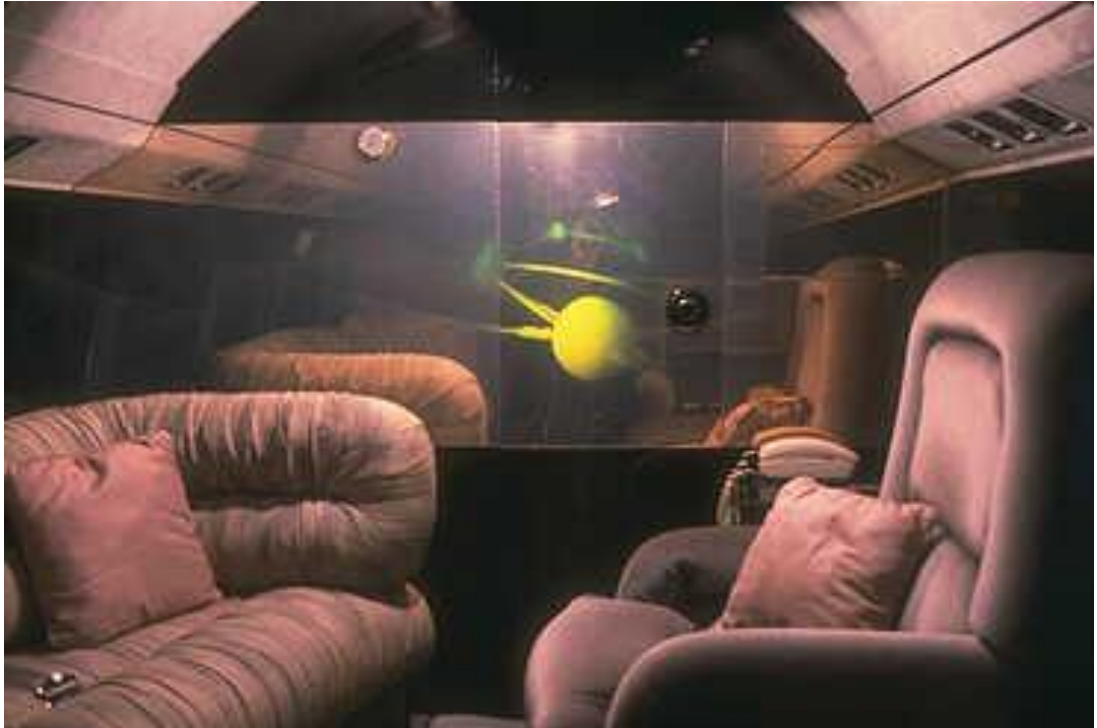
Bir kenarı 60 cm den büyük olan hologram çeşididir. Lazer ışığının titreşimine, uzunluğuna ve gücüne bağlı olarak hologram üretiminde biçim sınırlandırması yapılmaktadır. 'Geniş' lik tanımlaması, geliştirilen yeni tekniklerle değişmektedir. Bazı holografi laboratuvarları 3 m<sup>2</sup> lik geçirgen beyaz ışık hologramlarını üretebilmektedir. İlk geniş ölçekli lazer geçirgen hologramı, 100 x 150 cm ebatlarında Jean Marc Fournier ve Gilbert Tribillion tarafından 1975 yılında Fransa Besancon'da üretilmiştir.<sup>115</sup>

<sup>114</sup> Natan T. Shakeda, v.d., "Incoherent Holographic Imaging Through Thin Turbulent Media", **Optics Communications**, Cilt: 282, S. 8, s. 1546–1550, 15 Nisan 2009, s. 1546, (Erişim) <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030401809000121>, 07 Mayıs 2012.

<sup>115</sup> **Leonardo** (b), a.g.e., s. 375.



**59.** Büyük boy hologram örneği, 100 x 70 cm  
Kwangwoon Üniversitesi Holografi Laboratuvarı, fizik mühendisi Kwang Ho Ok ve holografi sanatçısı Ray Park (fotoğraf: Vildan Işık)



**60.** Büyük boy hologram örneği, 104, 4 x 278,4 cm  
Özel bir jetin içine yerleştiren bu büyük boy hologramın görüntü alan derinliği 12 m'dir



### 1.6.9. Çok Kanallı Hologram

Bu hologramlar; izleyicinin çevresinde döndüğü zaman, bir canlılık etkisi yaratan, hologram yüzeyine kaydedilen seri görüntülerden oluşmaktadır. Görüntüler, bölümler halindedir; birbiri üstüne, birinden diğerine. Bunlar, bir hologram kalıbının çoklu pozlanması ve maskeleye ile meydana getirilmektedir. Bazen de üst üste yerleştirilmiş bir ana hologramın fotoğrafının çekilmesi ile bir H2 holomontaj etkisi vererek oluşturulmaktadır. Holomontaj, sanatçıların, holografik üretim sürecinde yaptıkları çeşitli müdahaleleri içermektedir. Holomontaj, özellikle kayıt ve banyo sürecinde, fotoğrafik teknik ve gereçlere elle yapılan müdahalelerdeki gibi yapılan çeşitli manipülasyonlarla sonuç görüntüyü sanatsal olarak değiştirme amacını taşımaktadır. Bu amaçla birden fazla holografik plaka katmanlar halinde bir arada kullanılabilen, bir ya da birden fazla kalıp kullanarak çoklu pozlama yapılabilir. Bu teknik sanatçılara renk ve biçimde manipülasyon yapma konusunda büyük bir esneklik sağlamaktadır.<sup>116</sup>



61. (a b) Ian Ginn, *El Çabukluğu*, 1984, çok kanallı yansıma hologram, holografik cam plaka üzerine yapılmış ticari amaçla üretilen ilk hologramlardan, Eve Ritscher Koleksiyonu

<sup>116</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 374-376.



**62. (a b c) Aynı yansıma hologramın farklı açılardan görünüşü**

Patrick Boyd, *Bisiklet No. 7*, 1987, cam üzerine, 20,32 x 25,4 cm, MIT Müzesi Hologram Koleksiyonu  
 Bu hologram, sepya tonlama yapılmış bir siyah-beyaz cadde fotoğrafına yerleştirilmiştir. Çoklu pozlama ile bisiklet süren bir adamın yedi farklı yeşil görüntüsünü göstermektedir. İzleyici uygun şekilde baktığında, bisikletli caddeden karşıya geçmekte, dönmekte ve ön planda sürmeye devam etmektedir. Hologramda etkinin iyi olmasına rağmen biri eliyle hareket ettirmesse uygun şekilde görmek zorlaşmaktadır. Biri hareket ettirirse görülebilir ancak duvara asıldığında aynı etkinin görülmesi pek mümkün olmamaktadır.

### 1.6.10. Çok Pozlu Hologram

Lazer ışığı ile pek çok kez pozlanan bu hologram ile yalancı renkli ve çok kanallı hologramlar üretilebilmektedir. Çeşitli parametrelerle pozlamalar değiştirilebilmektedir. Bunlar şöyle sıralanabilir:

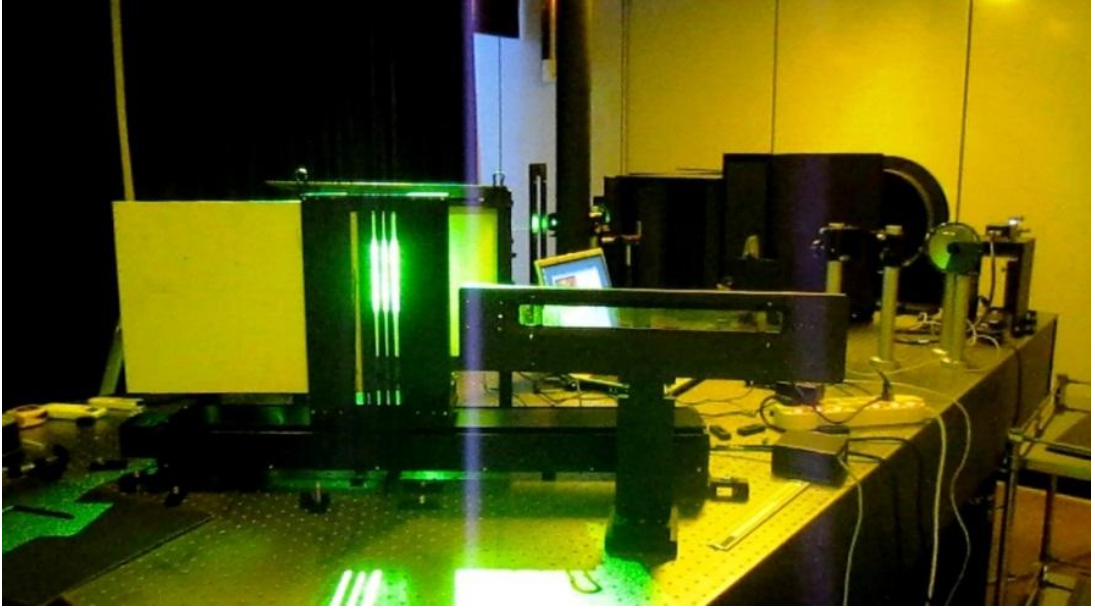
- Hem nesnelerin kendileri hem de konumlarının değiştirilmesi,
- Aydınlatma açılarının değiştirilmesi,
- Nesne ve kaynak ışınının aydınlatma oranlarının değiştirilmesi ve
- Bölgesel maskeleye yaparak emülsiyon üzerindeki pozlama alanının değiştirilmesi.<sup>117</sup>



**63.** Çok pozlu hologram örneği

James Coop, *Gerry 1*, ana hologram olarak yapım tarihi 1986, çoğaltım tarihi 1989, cam üzerine gümüş halide, 12,7 x 10,16 cm

<sup>117</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 376.



64. Maskeleye yapılarak elde edilecek çok pozlu hologram kaydı için hazırlık (fotoğraf: Vildan Işık-a)



65. Çok renkli hologram kaydı

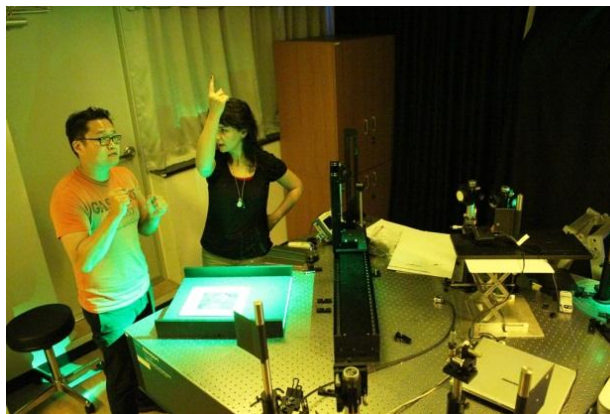
Bölgesel maskeleye yaparak emülsiyon üzerindeki pozlama alanının değiştirilmesi yoluyla yapılan çok renkli hologram kaydı, Kwang Ho Ok ve Vildan Işık

### 1.6.11. Çok Renkli Hologram

Çok pozlu hologramın ya da birkaç holografik plakanın/filmin üst üste konması ile meydana getirilmektedir. Nesnelerin renkleri ve biçimlerinin sunumu keyfi olarak seçilmektedir. Kısmi maskeleyme, kaynak ışını açılarını değiştirme ya da duyarkatın kalınlığını değiştirme, kullanılan teknikler arasındadır. Bu hologramlar, yansıma ve geçirgen hologramların her ikisinin de karakteristik özelliklerini içermektedir.<sup>118</sup>

### 1.6.12. Denisyuk Hologramı

1961'de Rusya'da Juri N. Denisyuk tarafından bulunması sebebiyle bu isimle bilinmektedir. Denisyuk hologramı hem nesne hem de kaynak ışınları için tek bir lazer ışınının kullanıldığı bir yansıma hologramdır. Nesne, lazer kaynağının aksi yönünde, kayıt plakasının arkasına konumlandırılmıştır. Bu hologramlar, beyaz ışıkta görülebilen ilk H1 hologramlardır. Genellikle oldukça küçük alan derinliğe sahip olmasına rağmen üç boyutlu nesnenin son derece gerçekçi görüntüsünü verebilmektedir. Görüntünün uygun parlaklığı ve berraklığı için bütün yansıma hologramlarda olduğu gibi Denisyuk hologramlarında da görüntüyü sabitlemesinin ardından ağartılması gerekmektedir.<sup>119</sup> Bu teknik, objelerin dokümantasyonu için müzelerde değerli parçaların kaydedilmesi ve görüntülenmesi amacıyla geliştirilmiş daha sonra farklı amaçlarla kullanılmaya başlamıştır.<sup>120</sup>



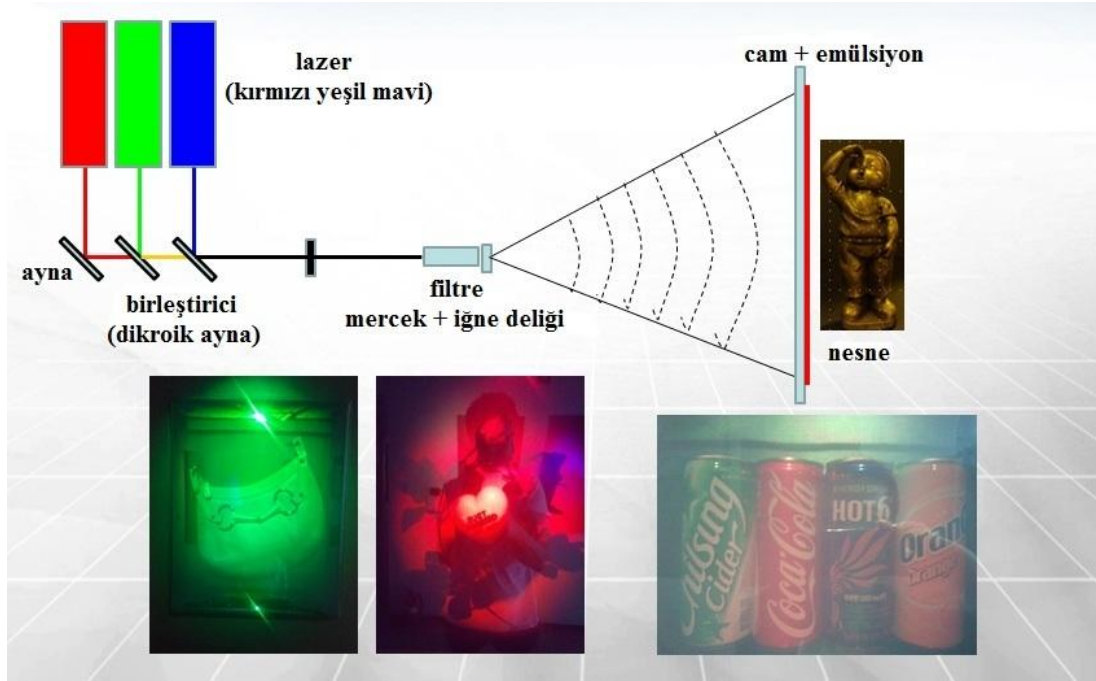
66. Denisyuk hologram kaydı için hazırlık, Ji Yun Lim ve Vildan Işık

<sup>118</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 376.

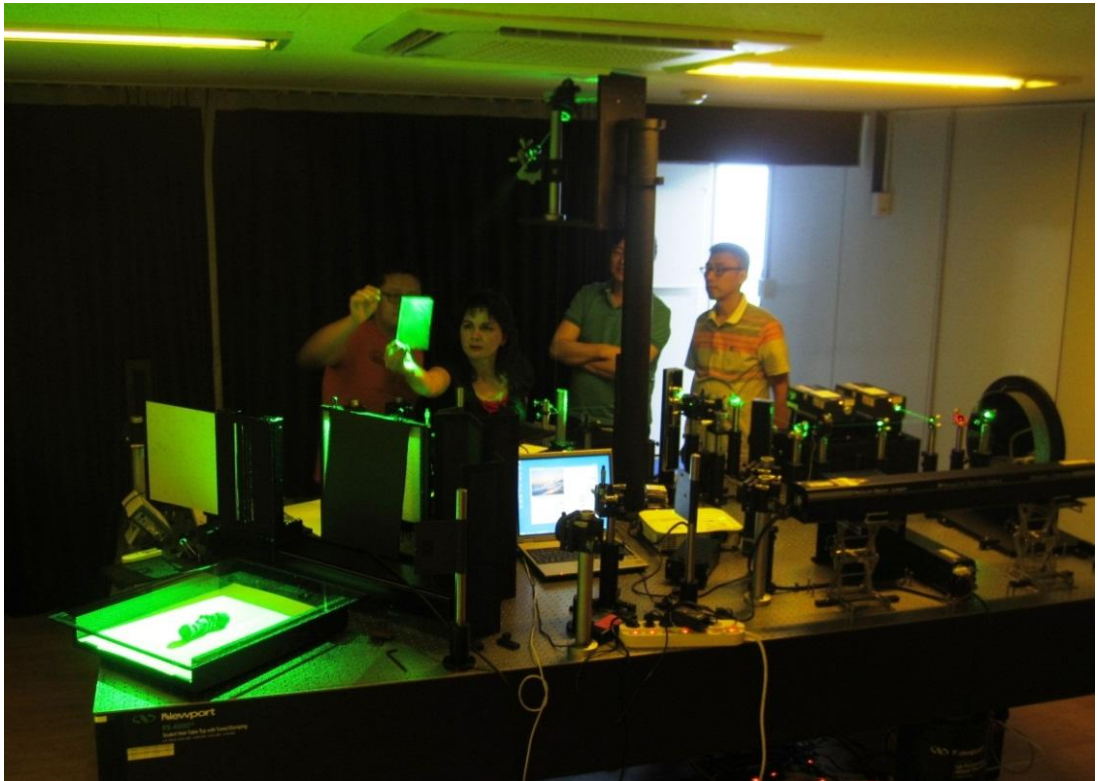
<sup>119</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 371.

<sup>120</sup> The Optical+Biomedical Engineering Laboratory, (Erişim) <http://obel.ee.uwa.edu.au/research/holography/intro/>, 20 Kasım 2011.





67. Denisyuk hologramı kayıt şeması ve yeşil, kırmızı ve tam renkli üç farklı Denisyuk hologramı örneği



68. Denisyuk hologram kaydının incelenmesi  
Ji Yun Lim, Vildan Işık, Kwang Ho Ok ve Dae Hyun Kim

2000'lerin başlarında Fransa'da Yves Gentet, Denisyuk tekniğinin gelişmiş bir çeşidi olan, duvara asılıp aydınlatıldıklarında gerçek üç boyutlu derinlik etkisi yaratan ve insanların kolaylıkla gerçek nesne olduğunu sandıkları 'Ultimate hologram' (en iyi hologram) ismini verdiği hologramları üretmiştir.<sup>121 122</sup>



69. Seul'de Koreli holografi sanatçısı Ray Park ile kaydettiğimiz Yves Gentet tarafından Fransa'dan gönderilen Ultimate hologramın (holografik cam plaka) test kaydı ve görüntülenmesi, fotoğraflar: Vildan Işık ve Kyung Hwan Kim

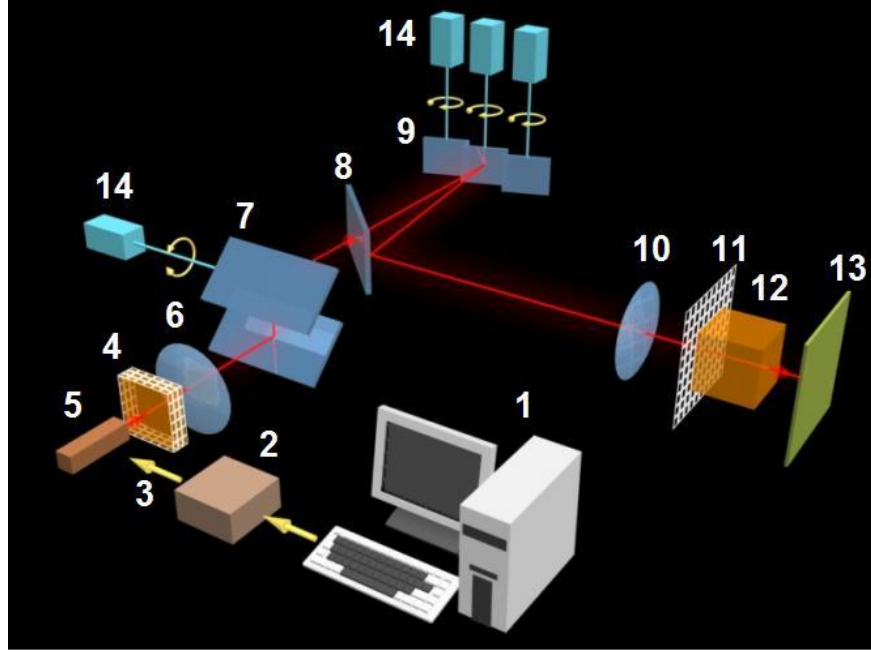
### 1.6.13. Elektro-Hologram (Holovideo)

Diğer kullanım adı *holovideo*'dur. ABD'de F. B. Rotz ve A. A. Friesem'in iki aşamalı işlem kullanarak yaptıkları, görüntü düzlemi hologramları; ikinci hologram düzlemi üzerine (H2 üzerine) uygulanmakta ve renksiz ya da renksiz yakın görüntüler sağlamaktadır. Bu hologramlarda, belli bazı durumlarda, ikinci hologram düzlemi arkasında yatan renksiz görüntülerin üretilmesinin mümkün olduğu

<sup>121</sup> Robert Kunzig, "The Hologram Revolution", **Discover Magazine USA**, Şubat 2002, s. 52-53.

<sup>122</sup> Yves Gentet, "The Ultimate Holography - Origination & Replication", **Ultimate Holography**, (Erişim) <http://www.ultimate-holography.com/en/holograms/original-analog-works-of-art.html>, 03 Mayıs 2012.

gösterilmiştir.<sup>123</sup> MIT, 1990'ların başlarından itibaren çeşitli hologösterimler yapmaktadır. *Mark I*, *Mark II* ve *Mark III* olarak yapılan bu holovideolar; her bir  $10^6$  pikselin yaklaşık 1000 çizgisinin ve yalnızca yatay paralaksın kullanılmasıyla üretilmiştir. 'Mark'ın Kalbi I'de özel ses frekansı kullanılmıştır. Bu frekans SLM ile kaydedilen tek boyutlu hologram kaydırır.<sup>124</sup>



**70.** Holovideo gösterim şeması

1-Bilgisayar 2-RF işlemci 3-RF sinyali 4-Akustik-optik modülatör 5-Lazer  
6-Mercekler 7-Dikey tarayıcı 8-Işın ayırıcı 9-Yatay birleştirilmiş tarayıcı  
10-çıkış mercekleri 11-Dispersiyon penceresi (zemin camı) 12-Gösterim alanı  
13-Gösterim ekranı 14-Sürücü.

#### 1.6.14. Eksen Dışı Hologram

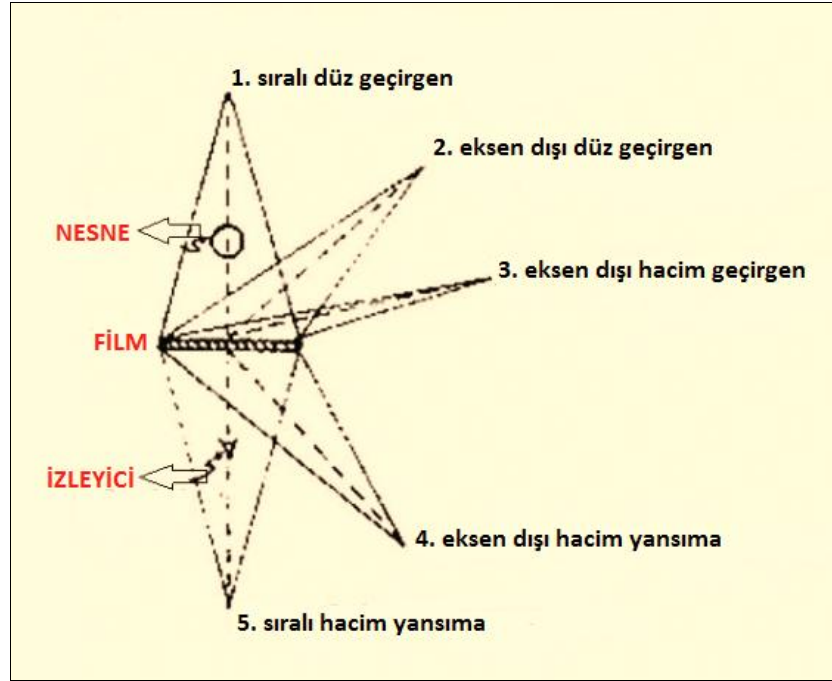
Nesne ve kaynak ışınlarının hologram plakasına farklı açılarla çarpmasıyla oluşan hologram çeşididir. Bu hologram, Michagen Üniversitesi'nde Emmet Leith ve Juris Upatnieks tarafından geliştirilmiştir. Amerikalı bilimci George Stroke ise sadece nesne ve kaynak ışınlarını farklı açılardan yansıtmamış ayrıca holografik plakanın ön ve arka yüzünden de karşıt yönlerde ışın açıları kullanarak daha iyi sonuçlar elde etmiştir.<sup>125</sup>

<sup>123</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 375.

<sup>124</sup> T. Kreis, a.g.m., s. 12006-6.

<sup>125</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 376.





71. Eksen dışı hologramda olası kaynak ışını açıları

### 1.6.15. Elektron Mikroskobu Hologramı

Kuantum olgusunun temelini araştırmak ve biyo-moleküllerin yapısını ve işlevini keşfetmek için geliştirilen bu hologramlar, atomik çözünürlükte elektrik ve manyetik alanlarda incelemelerde bulunmak üzere elektronların dalga özelliğini kullanmaktadır.<sup>126</sup> Gabor'un 1947'deki çalışmaları; elektron mikroskoplarını geliştirmek amacıyla yapmasından dolayı Elektron Mikroskobu ve Elektron Holografisi olarak adlandırılmıştır.<sup>127</sup> Gabor'un tekniği daha sonra çeşitli şekillerde geliştirilmiştir. Bu holografiyi geliştirebilmek için öncelikle; aşırı parlak ve uyumlu elektron ışınlarının elde edilmesi ve girişim desenlerinin uzun pozlama sürelerinin azaltılması gerekmektedir. "Biz lazer ışınlarına eşdeğer olan elektron ışınları üretmek istedik" diyen Akira Tonomura, 1978'lere kadar floresan ekranlardaki girişim saçaklarının sayısını 300 den 3000'e çıkarmayı başarmıştır. Bu hologramların daha geliştirilmiş olanı; 1 MV electron mikroskobu hologramıdır. Yüksek derecelerdeki sıcaklıklarda en küçük enerjileri parçacıklarının gözlemlenmesi amacıyla ilk olarak

<sup>126</sup> Adarsh Sandhu, "Akira Tonomura: Past, Present and Future of the Holography Electron", **Institute of Physics - IOP Asia-Pacific**, 17 Eylül 2010, (Erişim) <http://asia.iop.org/cws/article/news/43723>, 03 Mayıs 2012.

<sup>127</sup> Erol Aygün (1990: 26)

2000'li yıllarda Japonya'da Tonomura tarafından Hitachi şirketi için geliştirilmiştir.<sup>128</sup> Victoria Üniversitesi tarafından geliştirilen dünyanın en büyük atomaltı elektron holografi mikroskobu. İnsan gözünün görebileceğinin 20 milyon katını büyüterek görülebilmemesinin sağlanacağı bu mikroskop, Hitachi Kanada İleri Teknolojileri tarafından desteklenerek geliştirilmektedir. Bu sayede holografide çok yüksek görüntü çözünürlüğü elde edilebilecek ve tıp, inşaat, yakıt hücre teknolojisi ve elektronik gibi alanlarda kullanılabilir.<sup>129</sup>



72. Victoria Üniversitesi tarafından geliştirilen dünyanın en büyük atomaltı elektron holografi mikroskobu

#### 1.6.16. Faz Hologramı

Holografik kayıt plakasına kayıt yapıldıktan sonra ağartma işleminin uygulanması ile fazlı hologram ortaya çıkmaktadır. Kimyasalların kullanılması ile bu ağartılmış hologram çeşidi ortaya çıkmıştır. Ağartma; görüntünün parlaklığını geliştirmek ve kırılma etkisini artırmak ve şeffaf hale getirmek için kullanılan kimyasal bir yöntemdir. Yansıma hologramlarla çalışıldığı zaman ağartma çok önemlidir çünkü bu hologramlar çok küçük miktarda doğal parlaklığa sahiptir. Ancak geçirgen hologramlarda bu isteğe bağlıdır. Bazı sanatçılar, izleyiciye 'arkasını' görebilmelerini sağlaması sebebiyle ağartılmış bu parlak ve şeffaf faz hologramları kullanmıştır.<sup>130</sup>

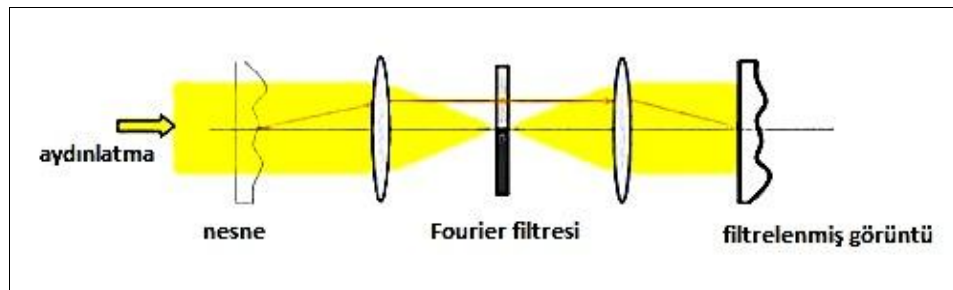
<sup>128</sup> Adarsh Sandhu, a.g.m.

<sup>129</sup> Jeff Bell, a.g.m.

<sup>130</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 370-371.

### 1.6.17. Fourier Hologramı

Fraunhofer hologramı olarak da bilinmektedir. Merceklerin odak noktasına düz bir nesnenin yerleştirilmesi yoluyla üretilen hologramlardır. Hologram, yeniden yapımında biri diğerinin tersi olan iki görüntü üretmektedir. Fourier filtresi, nesnenin önündedir, bu özel filtreden geçerek oluşan filtrelenmiş görüntü daha sonra ikinci bir merceğe aktarılmaktadır.<sup>131</sup> Bilgisayarla oluşturulan ilk hologramlar, Fourier holografisi ile üretilmiştir. Bu hologramlarda nesne ile holografik film arasında büyük bir mesafe bulunmaktadır. Fourier hologramlar hem araştırmalarda hem de uygulamalarda en çok kullanılan hologram çeşitlerindedir.<sup>132</sup>



73. Fourier filtre kullanarak yapılan Fourier hologramı şeması

### 1.6.18. Fresnel Hologramı

Nesne ile kayıt malzemesinin birbirine yakın olarak konumlandırıldığı bir hologram çeşididir.<sup>133</sup> Nesne ve hologram plakası arasındaki mesafe sorunu Fresnel hologramları ile iyileştirilmiştir.<sup>134</sup>

### 1.6.19. Gabor Hologramı

Gabor hologramında nesne ve kaynak ışınları aynı ekseninde (her ikisi için tek bir ışın) konumlandırılmaktadır.<sup>135</sup> Bu hologram çeşidi, *tek ışınlı hologram*, *eksende hologram* veya *elektron hologramı* olarak da adlandırılmaktadır.<sup>136</sup>

<sup>131</sup> Donald Melanson, "NICT Researchers Develop New Method to Make Holography More Practical", **Engadget**, 24 Kasım 2008, (Erişim) <http://www.engadget.com/2008/11/24/nict-researchers-develop-new-method-to-make-holography-more-prac/>, 22 Mayıs 2012.

<sup>132</sup> Daniel Aaron Kartc, a.g.m., s. 32.

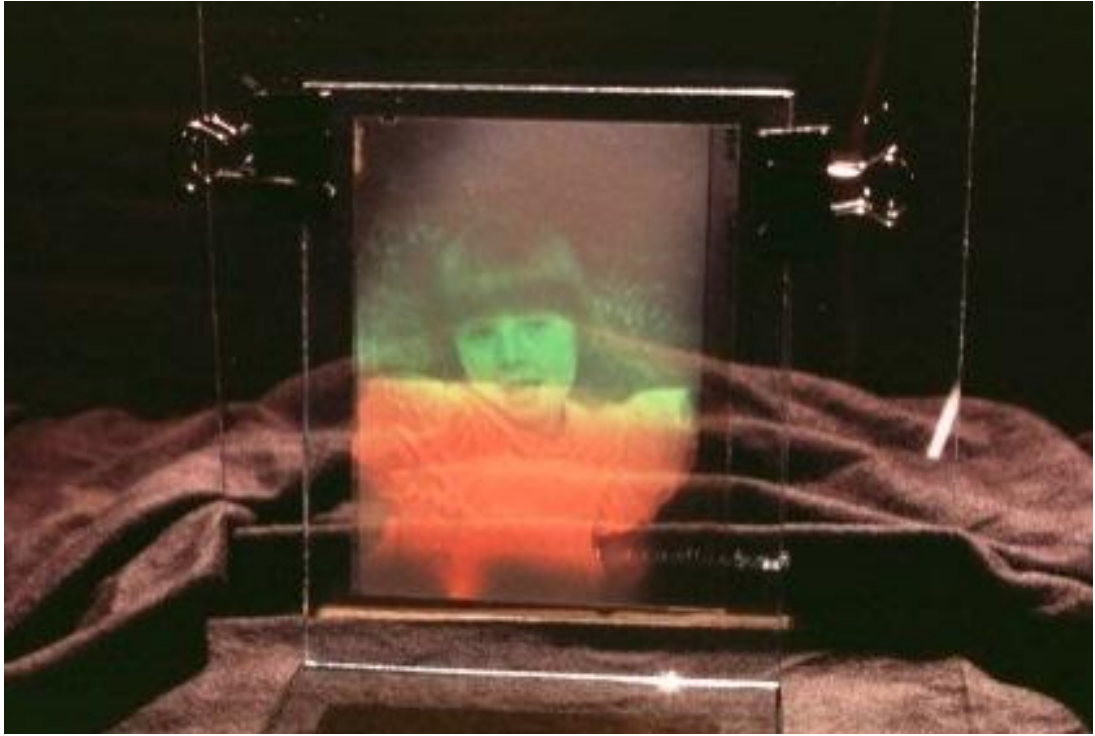
<sup>133</sup> **Leonardo** (b), a.g.e., s. 372.

<sup>134</sup> Daniel Aaron Kartc, a.g.m., s. 34.

<sup>135</sup> Kouichi Hayashi v.d., a.g.m.

### 1.6.20. Geçirgen Beyaz Işık Hologramı - WLT

Benton hologramı olarak da bilinmektedir. 1969'da ABD'de Stephen Benton tarafından geliştirilen bu hologram; ana hologramdan üretilen bir kopya hologram (H2) çeşididir. Bu hologramlar; renksiz geçirgen hologram tekniği ile gökkuşağı hologramın renk kontrol tekniklerini ihtiva etmektedir. Sıklıkla, eksen dışı holografik kayıt üretimidir. Bir yansıma yüzeyine (ayna) karşı yerleştirilmesi ile oluşturulan bu hologram, ön taraftan aydınlatılabilmektedir. Bu özelliği, kabartma hologram yaratılmasını mümkün kılmaktadır. Üç boyutlu nesnenin sadece yatay paralaksının alınmasına ve renklerin yayılma alanı ile ideal mesafe önde sınırlanmış olmasına rağmen çok geniş (iki metre karenin üzerinde) olabilmektedir. Bazen H1 hologram olarak da kullanılabilir.<sup>137</sup>



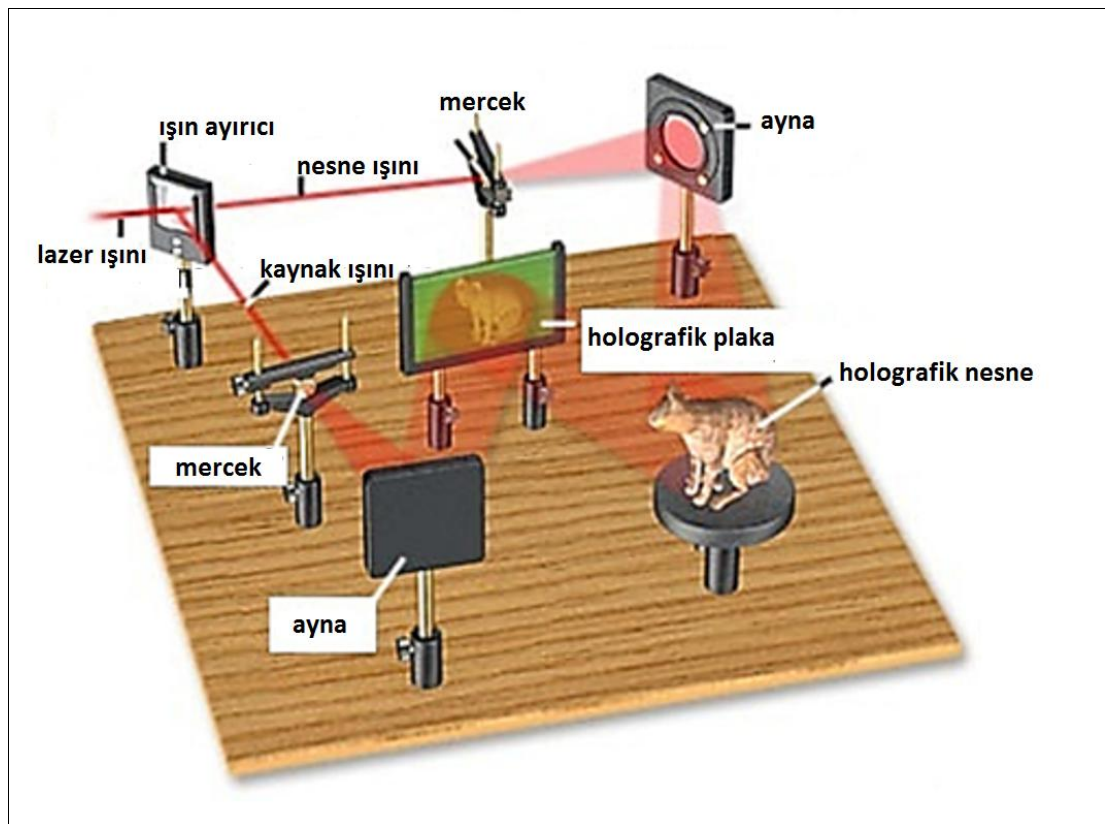
74. Britton Zapka, *İsimsiz*, fırfırlı elbiseli genç kız portresi, 1980-1981, film üzerine geçirgen beyaz ışık hologramı, 12,7 x 10,16 cm, MIT Müzesi Hologram Koleksiyonu

<sup>136</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 379.

<sup>137</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 372-380.

### 1.6.21. Geçirgen Hologram

Geçirgen hologramlar, hem kaynak hem de nesne aydınlatma ışınlarını holografik film/plaka ile aynı tarafta kullanmaktadır.<sup>138</sup> Geçirgen hologramların yeniden yapımında (bir fotoğraf filmindeki şeffaflık gibi) arkadan aydınlatılmaktadır, görüntü, ışığın kayıt malzemesinden geçmesiyle slayta benzeyen bir şekilde görülmektedir. Bu hologramlar bir ana hologram veya bir kopya hologram çeşidi olabilmektedir.<sup>139</sup>



75. Geçirgen hologram kayıt şeması

### 1.6.22. Gerçek Renkli Hologram

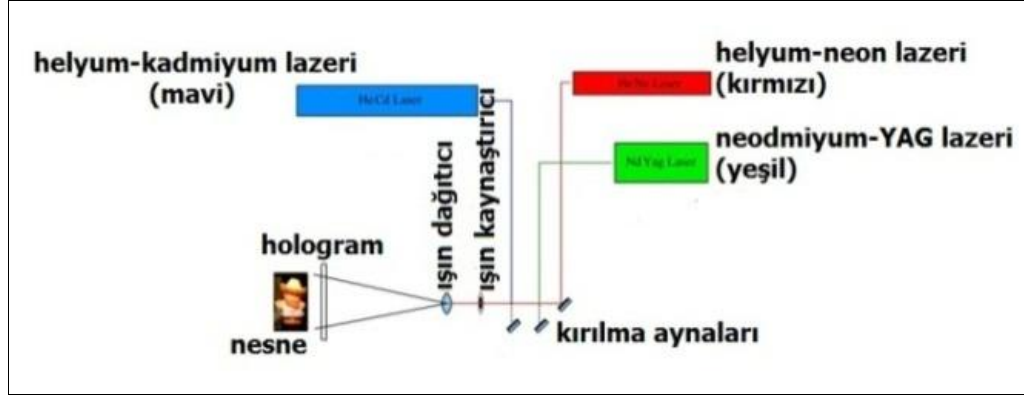
Bu teknik; doğal renk skalasında hologramlar üretilmesidir. Bunlar, renk kombinasyonlarının karşılaştırılmasında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bu tekniği, yansıma holografide kullanmak zordur çünkü emülsiyonu, üç renk (kırmızı, yeşil ve mavi) lazerle ayrı ayrı pozlanması gerekmektedir. Stephen Benton tarafından 1970'li

<sup>138</sup> Nikon MicroscopyU, a.g.m

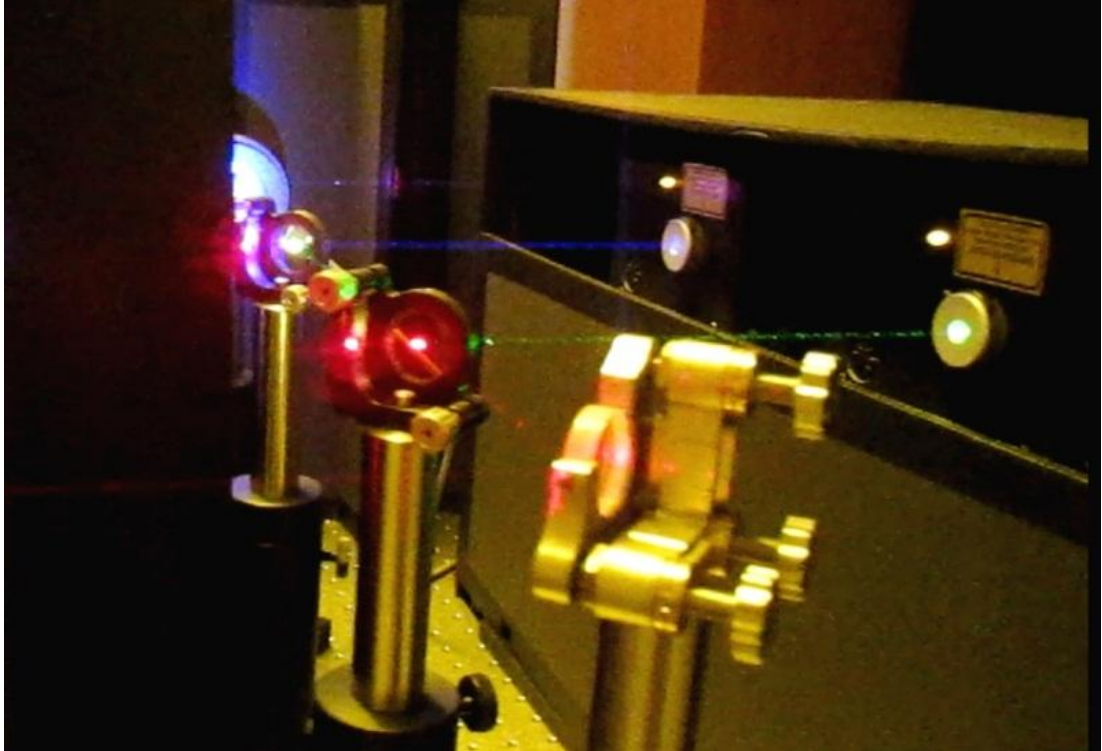
<sup>139</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 379.



yıllarda geliştirilen geçirgen beyaz ışık hologramlarda ise ana hologram kaydedildiği zaman üç rengin ayrıştırılmasının yapılmış olması gerekmektedir.<sup>140</sup> Bu hologramlarda gökkuşağı hologramların renk kontrol teknikleri ile renksiz geçirgen hologram teknikleri birarada kullanılmaktadır.



76. Üç renk lazerle elde edilen gerçek renkli geçirgen hologram şeması

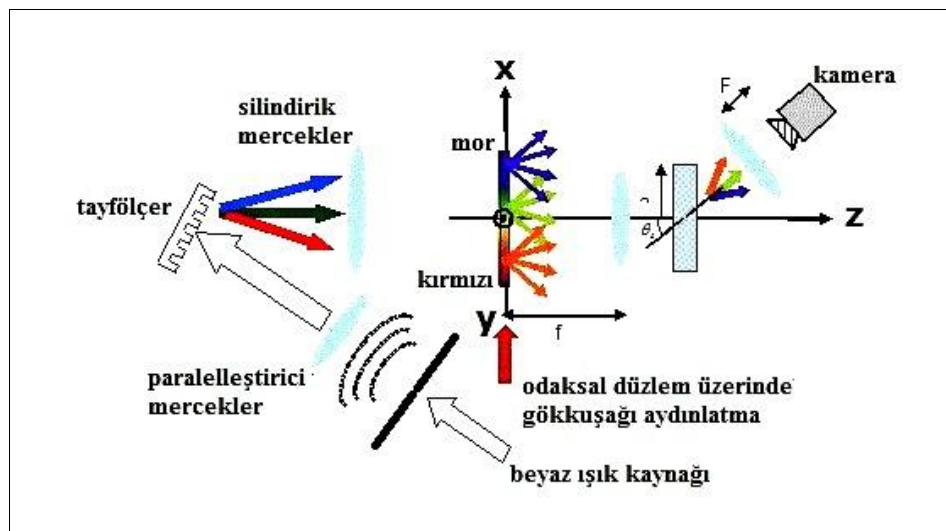


77. Gerçek renkli yansıma hologram kaydı için kullanılan üç renk (mavi, yeşil, kırmızı) lazer ışını (fotoğraf: Vildan Işık-a)

<sup>140</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 372.

### 1.6.23. Gökkuşığı Hologram

Bir geçirgen beyaz ışık hologramı olan gökkuşığı hologramlar, ana hologramdan üretilen ikincil veya bir kopya hologram (H2) çeşididir. Bu hologramlarda, gökkuşağının bütün renkleri sergilenmektedir. Prizmanın içinden geçerken kırılan beyaz ışık, görüntü yüzeyinde yatay düzlemde kırmızıdan mora renkli şeritlere ayrılarak emülsiyona nüfus etmekte ve renk değişimleri ortaya çıkmaktadır. Bu hologramlar, çok pozlu ve çok renkli olarak üretilebilmektedir. Stephen Benton, 1969 yılında geliştirdiği gökkuşığı hologramlarını, 1976'da renk kontrollerinin yapılmasını sağlamak için renksiz hologramlar ve 1989'da gerçek renk geçirgen hologramları ile çalışarak olgunlaştırmıştır.<sup>141</sup> Gökkuşığı hologramlar, aydınlık ve parlak olmasına rağmen derinlik sınırlıdır.<sup>142</sup>



78. Gökkuşığı hologram kayıt şeması

### 1.6.24. Gölge kayıt

Bir ışık dağıtıcı ile uygun hale getirilen arkadan aydınlatmalı biçimlerin holografik kaydının alınmasıdır. Bu yöntemde nesne, Gabor ya da eksenli hologramlardaki gibi holografik plakanın ön tarafına, kaynak ışını yolu üzerine konumlandırılmıştır. Çift yarık tekniğinde ise nesne, nesne ışını yolu üzerine konumlandırılmıştır. Eğer bir nesne, pozlama boyunca ağır ağır hareket ettirilirse sonuç görüntü; üç boyutlu siyah bir boşluğa benzemektedir. Bu üretim yalnızca

<sup>141</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 378.

<sup>142</sup> Sean F. Johnston (c), a.g.m., s. 381.

sürekli dalga lazeri ile uygulanabilmektedir. Bir gölgekayıt, tek aşamalı hologram olarak üretilmişse (H1) her zaman gerçektir (malzemenin önündeki bir yansıma olarak) fakat iki aşamalı hologram ise (H2) hem gerçek hem sanal bir görüntü yaratılmış olmaktadır. Bu üretim, 19. yüzyılda Fox Talbot tarafından kullanılan *fotojenik çizim* (photogenic drawing) ve 1918'de Christian Shad tarafından yeniden keşfedilen *gölgekayıt tekniği* (shadowgraphy) ile doğrudan bağlantılıdır. 1912'de Moholy Nagy, *fotokayıt* (photogram) terimini kullanmıştır.<sup>143</sup>



79. (a b) Gölgekayıt yapımına ilişkin fotoğraflar

<sup>143</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 379.



### 1.6.25. Görüntü Düzlemi Hologram

Holografik malzemenin arkası ile önü arasında uzanan alanı görüntülemek için merceklerin kullanıldığı bir hologramdır. Beyaz ışıkla yeniden yapılandırılabilen bu tip hologramlar kısaltılmış alan derinliğine ve görüş açısına sahiptir. Hologramların görüntü düzlemi, yansıma hologramlardaki gibi (hem yatay hem düşey paralaks) ya da geçirgen hologramlardaki gibi (genellikle sadece yatay paralaks) olabilmektedir.<sup>144</sup> 1970'lerin sonlarına doğru geliştirilen bu hologram; bir "hologramın hologramı"dır. Yani bir holografik plakaya başka bir hologramın kaydedilmesi ile oluşan "ikinci nesil" bir hologramdır.<sup>145</sup>

### 1.6.26. Güneşli Hologram

Yeniden yapımında güneş ışığının kullanıldığı bir hologram çeşididir. Bu tip hologramlar, yıl boyunca renk ve biçim değiştirir. Güneşli hologramlar, mimari işlerde ve dışmекanda holoheykellerle bütünleştirilmektedir. Kabartma hologramlar, benzer çalışmalarda çok işe yarar çünkü onlar, güneşin ultraviyole ışınları tarafından değiştirilmemektedir. Ayrıca son araştırmalar göstermiştir ki eğer iyi önlemler alınırsa bu hologramlarda gümüş halojen tuzu duyarkatları kullanılabilir ve bu, hologramların büyük, geniş görüntüler ve çok katlı işlerde üretilebilmesini mümkün kılmaktadır.<sup>146</sup>

### 1.6.27. Hacim Taramalı Hologram

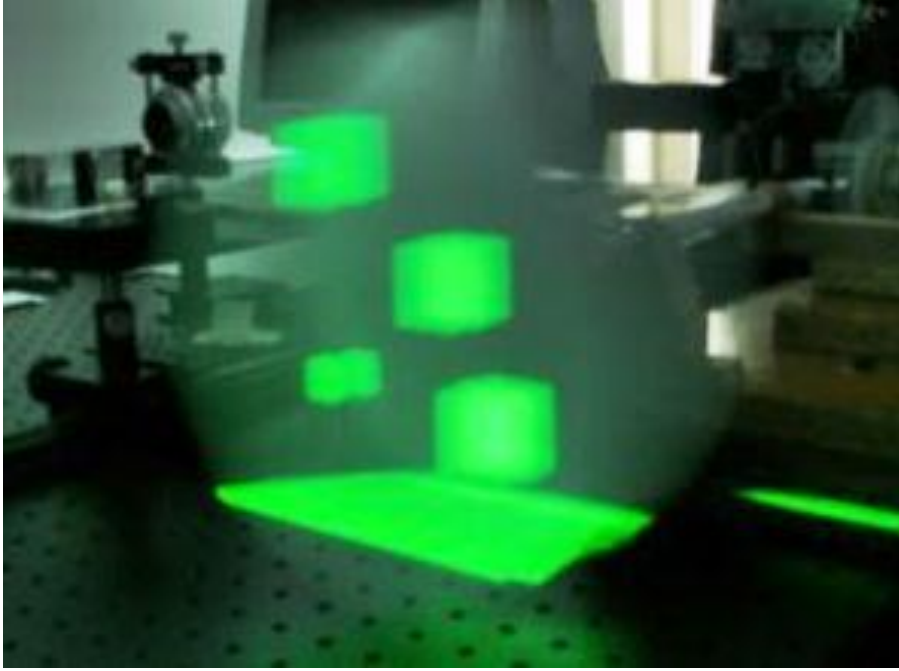
Bu hologramlar, görüntünün hacimsel olarak üretilmiş olduğuna işaret etmektedir. En, boy ve derinliği yansıtması anlamında kullanılmaktadır. Hologramlar aslında zaten üçboyutlu hacimli görüntüler üretmektedir. Ancak bilinen çoğu hologram çeşidi bir yüzey üzerinde görülebilen (cam, film v.b.) şekildedir ya da holografik stereogramlardır. Hacim taramalı hologram ise bir yüzey olmaksızın görüntülenen hologram çeşidini ifade etmektedir. Uygun aydınlatma ve geniş bant gereksinimlerinden dolayı, havada 'yüzen', insanların etrafında dolaşarak tüm açılardan görebileceği bu görüntüleri, kontrollü laboratuvar deneyleri dışında

<sup>144</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 375.

<sup>145</sup> Sean F. Johnston (c), a.g.m., s. 380.

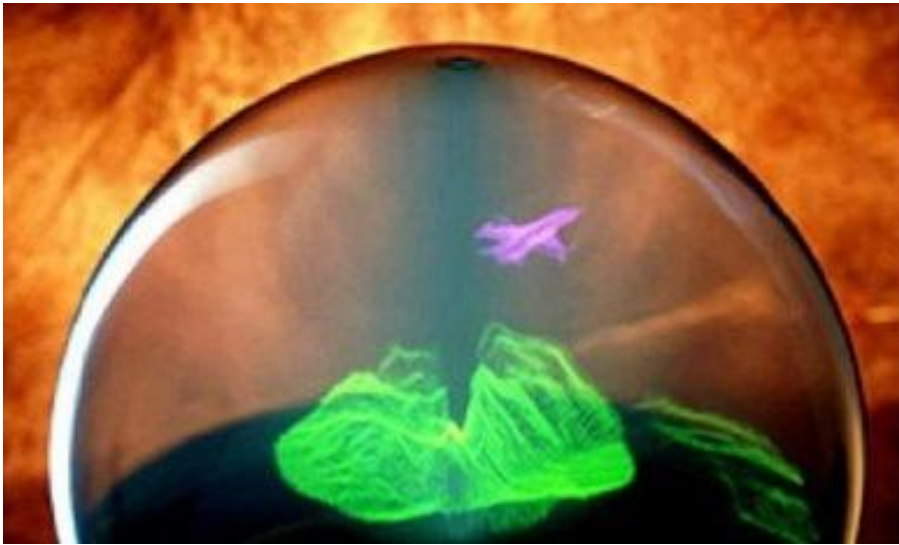
<sup>146</sup> Leonardo (b), a.g.m., s. 379.

üretmek pek mümkün değildir. Günümüzde hacimsel görüntü üreten tek cihaz vardır: Floresans buhar görüntüleme cihazı. Bu cihaz, havadaki görüntüleri görüntülemek için ışık ışınları ile birleştirilmiş civa buharı kullanmaktadır. Bu tekniğin olumsuz yanı, civa buharının ışımalarının karanlıkta görülebilir olmasıdır.<sup>147</sup>



**80.** Hacim taramalı hologram gösterimi

Bilkent Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü 4. sınıf öğrencileri Veysel Yücesoy ve Doruk Tunaoğlu tarafından uygulanan hacim taramalı hologram gösterimi.

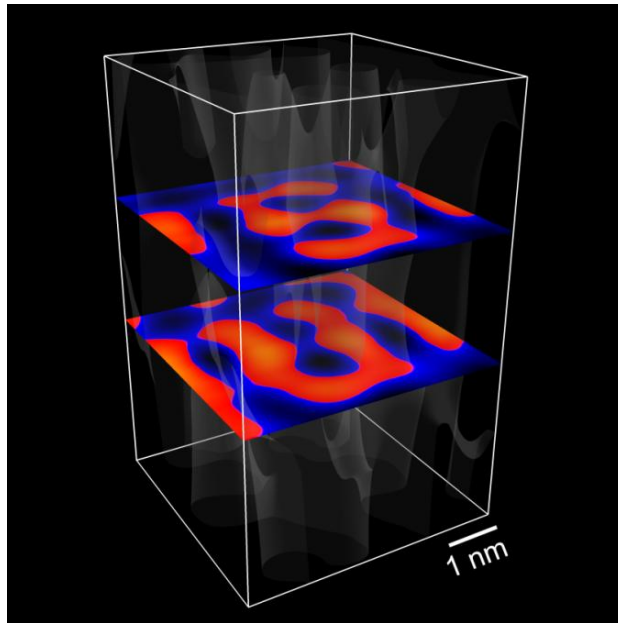


**81.** Hacim taramalı hologram gösterim örneği

<sup>147</sup> Komar's Korner University. "Volumetric and Holographic Imaging", (Erişim) <http://komar.cs.stthomas.edu/qm425/02s/Lloyd3.htm>, 23 Mayıs 2012.

### 1.6.28. Hacim Taramalı Kuantum Hologramı

Kuantum holografisinin yöntemlerinden biri olan bu hologramlarda aynı fiziksel alana iki veri sayfası istiflenmektedir.<sup>148</sup>



**82.** Volumetrik kuantum hologramına ilişkin şema  
Şemada bir hologram tarafından yansıyan elektronik cisimler, enerji alan konumu içinde, saydam gri perdeler olarak gösterilmektedir. Cismin özel enerjisindeki kesitlerde de kodlanmış S ve U harfleri (araştırmayı yapan Stanford University'nin baş harfleri) ortaya çıkmaktadır.

### 1.6.29. Holografik İnterferogram

Hareket eden ya da hareket ettirilen bir nesnenin çok küçük hareketlerini ve düşük aralıklardaki biçim bozulmalarını ölçmek için, nesneden yansıyan lazer ışınlarıyla girişim saçaklarının, kayıt boyunca çoklu kaydının alındığı bir hologram çeşididir. İnterferogramlar, çift pozlu hologramların kullanıldığı interferometrik holografi diye adlandırılan bir teknikte üretilmektedir. Bu teknikte; tek nesne, tek yüzey ve tek malzeme kullanılarak, iki ardıl holografik görüntü, ışığa duyarlı aynı malzemeye kaydedilmektedir. Bu ardıl görüntüler; birbirini takip eden çok önemsiz hareketler ya da hareketin değiştirilmesi şeklinde olabilmektedir. Ayrıntılarına

<sup>148</sup> Hari Manoharan, "Electronic Quantum Holography", 2009, Stanford University, Manoharan Lab., (Erişim) <http://mota.stanford.edu/library.php>, 02 Mayıs 2012.

bakıldığında bu hareketler yüzeyde zebra çizgileri ve hareli bir etki ile görünmektedir. Holografik interferometri, ışınların karşılaşması ile oluşan bu siyah çizgi desenlerini, hareketi ölçmek amacıyla kullanmaktadır. Bu çizgilerde siyahın yokluğunun anlamı; hareketin yokluğu anlamına gelmektedir. Hem bir atımlı lazerle hem de bir sürekli dalga lazeri ile üretilebilen interferomları bazı sanatçılar, sanatsal amaçlarla kullanmaktadır.<sup>149</sup>

Holografik interferomlar özellikle yüksek hassasiyeti olan yüzeylerdeki biçim bozulmalarının incelenmesi için de optik veri sağlamaktadır.<sup>150</sup> Eski tuval resimleri yüzeyleri ya da freskolar gibi sanat eserlerindeki hasar ya da biçim bozulmaları da bu yöntemle incelenebilmektedir.<sup>151</sup>



83. Holografik interferometri örneği ve tekniği bulan bilimcilerden biri olan Karl Stetson, 1985

<sup>149</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 375.

<sup>150</sup> Jozef Cernecky, Elena ivarciova, a.g.m.

<sup>151</sup> Vivi Tonari, a.g.m., s. 766-777.

### 1.6.30. Holografik Sinema

Ardışık holografik görüntülerin canlandırılması için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik çok sayıda görüntünün mercekleşen bir ekrana yansıtılmasını gerektirmektedir. Böylece izleyiciler, eşzamanlı olarak üç boyutlu etkiyi görebilmektedir. Daha mükemmel yaklaşımlar olmasına rağmen bu teknik hala sıkça kullanılmaktadır. Bu ilk sistem 1967'de DeBitetto ve Lehman tarafından ABD'de tasarlanmıştır. 1976'da Victor Komar Moskova NIFKI Enstitüsü'nde ilk renksiz holografik sinemayı geliştirmiş, ardından 1984'te ilk renkli holografik filmi yansıtmayı başarmıştır. Bu filmler, altı insanı görmek için sadece birkaç dakika sürmektedir ve özel bir ekrana yansıtılmak zorundadır. Hareketin sinematografik yansıtılması için (her bir saniyede 24 görüntü) tekrarlar halinde atımlı yakut lazeri kullanılmıştır. Fransa'da 1984'te Claudine Eizykman ve Guy Fihman tarafından başka bir sistem geliştirilmiştir. 1986'da ise P. Smgielski, Strazburg Franco-German Enstitüsü'nde, saniyede 80 görüntü yaratabilen holografik bir film üretmiştir.<sup>152</sup>

### 1.6.31. Holografik Stereogram

1973 yılında ABD'de Llyod Cross tarafından geliştirilmiştir. Cross bu hologramlar için 360° silindirik ya da kısmi silindirik stereogramlar kullanmıştır. Bunlar genellikle bir eksen üzerinde döner fakat kısmi silindirik hologramlarda hareket ve derinlik; hologramın önündeki izleyicinin hareketi ile ortaya çıkmaktadır. Cross, Multiplex isimli tümleştirmiş stereogram üreten bir şirket kurmuş ve bu ismi markalaştırmıştır.<sup>153</sup>

Holografik stereogramlar, ilk olarak doğal ışıkla görülebilen geniş hologramlar üretmek amacıyla geliştirilmiştir. Hafifçe şaşkırtmalı görüntü çiftlerinin birbiri ardına gösterilerek üç boyutlu ve hareket yansıtması veren bir holografik görüntü oluşturulduğu bu teknik, fotografi, sinematografi ve holografiyi birleştiren stereografik ilkerelere dayanan bir tekniktir.

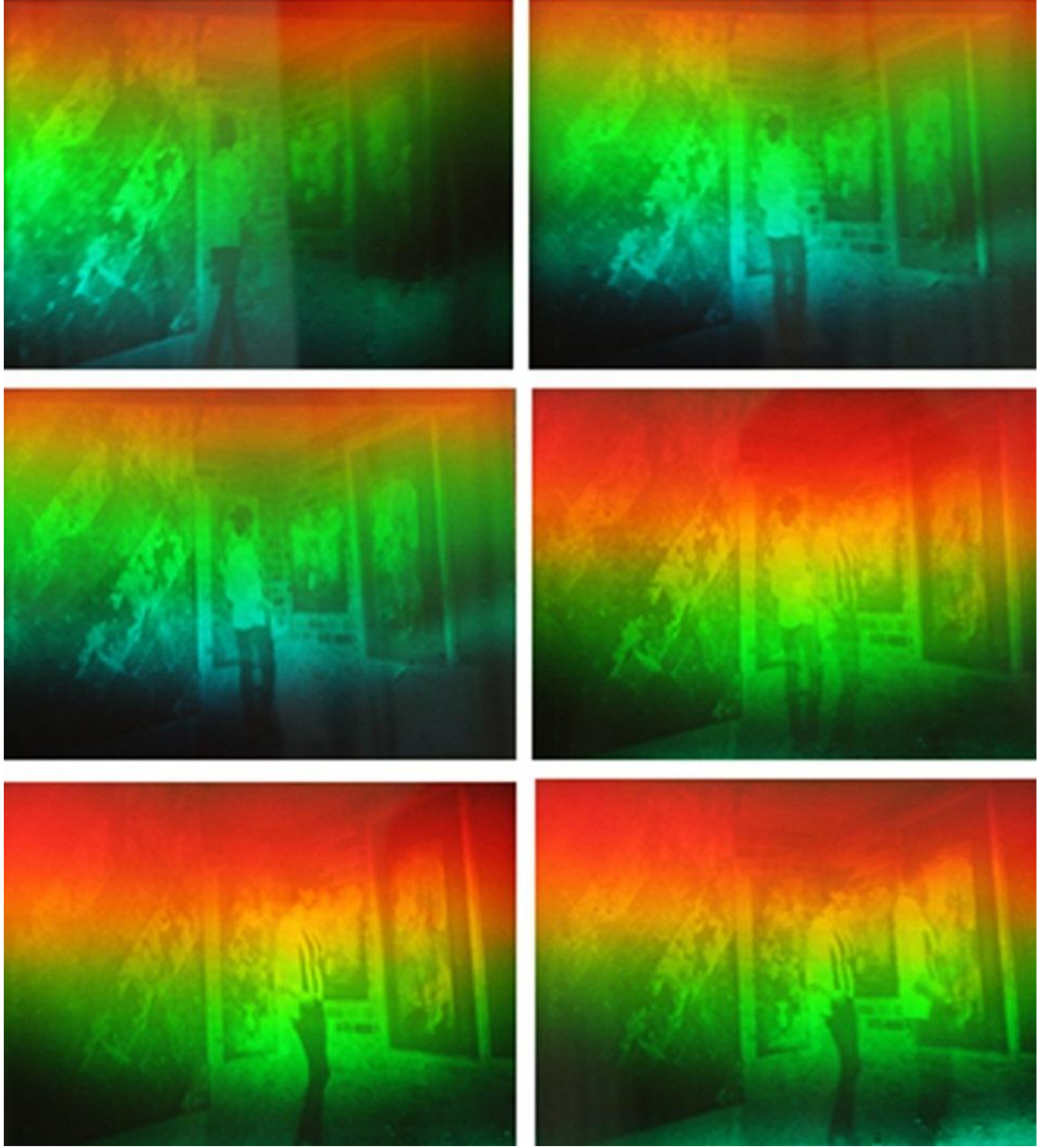
Kamera ve bilgisayarlar aracılığı ile birçok farklı açıdan görüntülerin alınması ve birleştirilmesinden oluşan bu tekniğin farklı çeşitleri bulunmaktadır. En yaygın

<sup>152</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 373-374.

<sup>153</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 376.

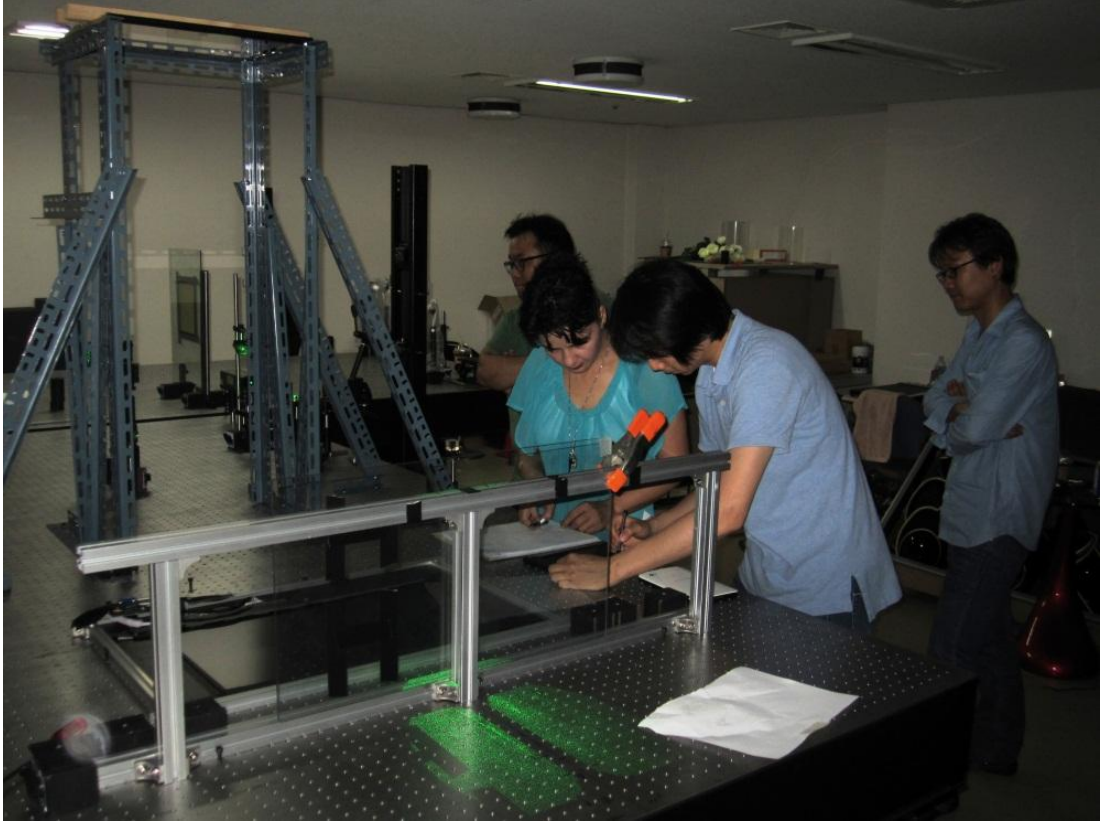


olanı, bir silindir üzerine yapılan 360° stereogramlardır. Bunlar, çoğullamalı (multiplex) ya da tümleştirilmiş (integral) hologram olarak da bilinmektedir. Stereogram teknikleri, ayrıca holodisklerin, bilgisayarla oluşturulmuş hologramların ve içbükey hologramların yapımında da kullanılmaktadır.<sup>154</sup>

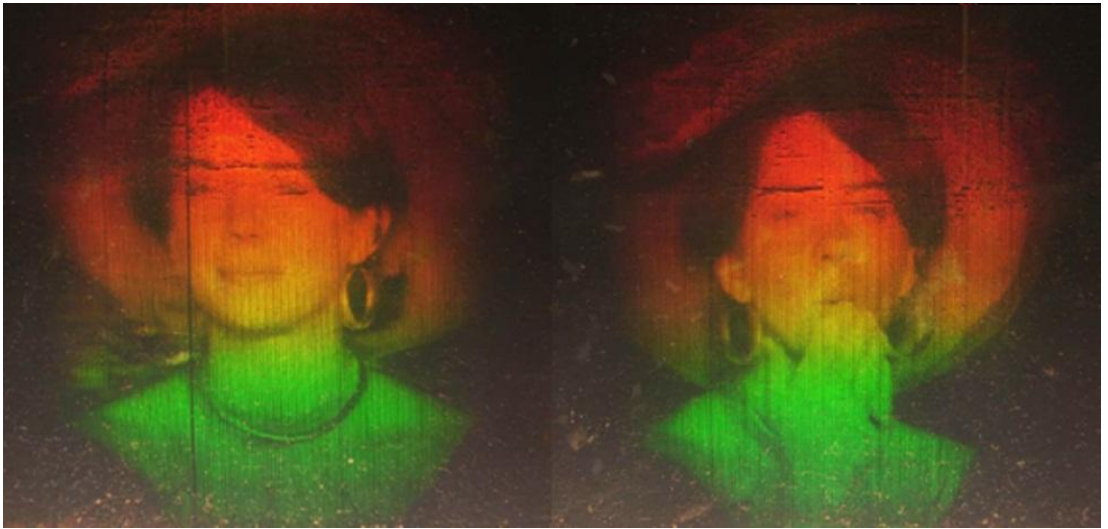


**84.** Vildan Işık, *Sanal Sergi*, 2012, holografik stereogram-H1, gümüş halide film, 5 x 36 cm, aynı hologramın altı farklı açıdan görünümü

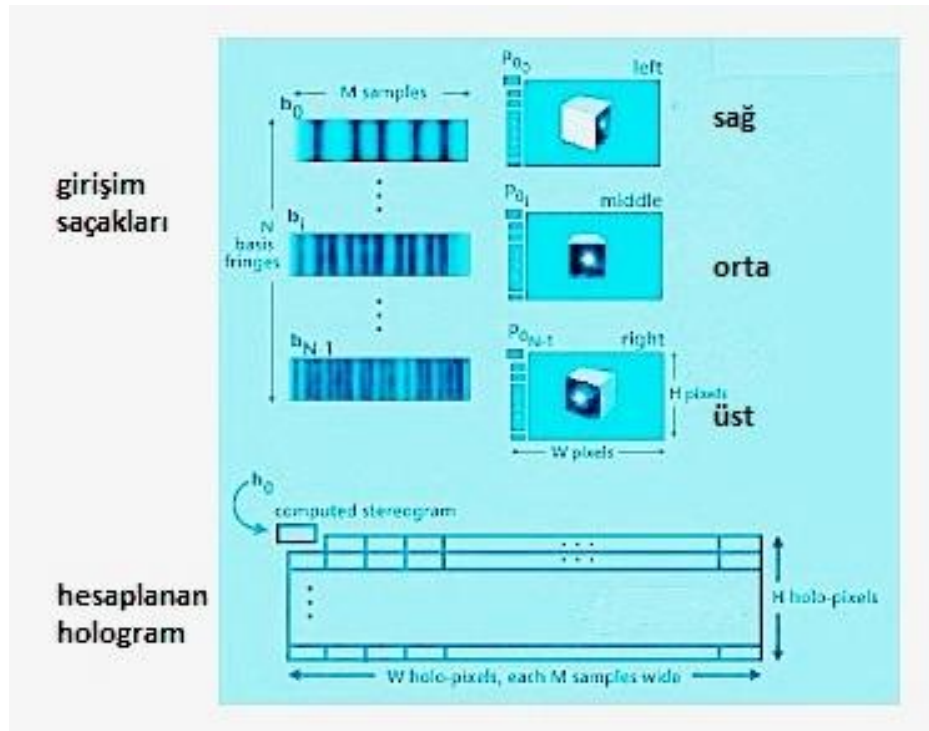
<sup>154</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 374.



**85.** Holografik stereogram kaydı için kayıt masasının hazırlanması. Kwangwoon Üniversitesi, Holografi Laboratuvarı, Seul-G.Kore, Temmuz 2012, Vildan Işık ve Ray Park



**86. (a b)** Lloyd G. Cross, *Öpücük I*, 1973, 120° holografik stereogram, holografik film üzerine, 24,13 x 76,2 cm, MIT Müzesi Hologram Koleksiyonu



87. Holografik stereogramda farklı açılardan oluşan girişim saçaklarını gösteren şema

### 1.6.32. Holografik TV

Günümüzde çeşitli tekniklerle üç boyutlu gösterim yapılabilmektedir ancak henüz holografik TV yoktur.<sup>155</sup> Holografik 3D gösterim için holografik televizyonların geliştirilmesine halen devam edilmektedir. Bu tür TV'ler için çok büyük verinin sunumu gerekmektedir. Büyük verilerin kaydı mümkün olabilmektedir ancak elektronik holografik gösterim (ya da elektro-holografi)'nin çok büyük çabaya ihtiyacı vardır. Çünkü holografik gösterim için gerek üretim süreci gerekse görüntülenmesi için gerekli olan bilgi çok büyüktür. Özellikle gösterim cihazının çözünürlüğü, halledilmesi gereken önemli bir konudur. En bilinen yöntem; veriyi azaltmak için dikey paralaksın çıkartılarak sadece yatay paralaksın (Horizontal Parallax Only-HPO) kullanılmasıdır. Otostereografik üç boyutlu gösterim hologramları bu özelliği kullanarak yakın zamanlarda çok ilerlemiştir. Bunların görüntü kalitesi; HPO hologramlarla karşılaştırılacak kadar iyidir.<sup>156</sup>

<sup>155</sup> Levent Onural, a.g.m.

<sup>156</sup> Masahiro Yamaguchi, "Future Trends of Holographic 3D Display", Global Scientific Information and Computing Center, Tokyo Institute of Technology, 08 Mart 2012. (Erişim) [http://guchi.gsicc.titech.ac.jp/holo/holography\\_when.html](http://guchi.gsicc.titech.ac.jp/holo/holography_when.html), 29 Mart 2012.



Üç boyutlu televizyon sistemi için farklı çekim teknikleri bulunmaktadır. Bunlar; çok-kameralı çekim, tek-kameralı çekim, derinlikli çekim, holografik çekim, insan yüzü veya vücudu için özelleştirilmiş çekim teknikleri, desen projeksiyonu v.b. gibi çekimlerle elde edilebilen çeşitli üç boyutlu çekim teknikleridir.<sup>157</sup> Tüm bu tekniklerde olduğu gibi holografik TV için de üç temel adım vardır:<sup>158</sup>

1. Üç boyutlu sahnenin kaydedilmesi,
2. Kaydedilen verinin aktarımı ve işlenmesi ve
3. Optiksel dalga alanlarının yeniden yapımı ve gösterimi.

Sözkonusu 3D tekniklerin gösterimi; stereoskopik, klasik (gözlüklü), oto-stereoskopik (gözlüksüz), lentiküler, maskelemeli, çok seyircili, hareketli seyirciyi izleyen, hacim taramalı, tümleşik görüntüleme, holografik, SLM, DMD ve akusto-optik şeklinde olabilmektedir.

### 1.6.33. İçbükey Hologram

Bu hologram; şeffaf, içbükey veya yarı silindirik bir yüzeydeki yaklaşık 180° lik bir açı ile görüntülenebilen bir yansıma ya da geçirgen hologramdır. İlk olarak 1977 yılında Llyod Cross geliştirilmiş daha sonra Stephen Benton tarafından MIT laboratuvarlarında bilgisayarla oluşturulan beyaz ışıkla görülebilen içbükey hologram çeşidi üretilmiştir.<sup>159</sup>

### 1.6.34. Kopya Hologram

Hologramların çoğaltılması amacıyla üretilen hologramlardır. Beyaz ışıkta görülebilen kopya hologramda; bir ana hologramın (H1) görüntüsü emülsiyon kaplı ikinci bir holograma (H2) alınmaktadır. Yani H1 hologramın gerçek görüntüsü, H2 üzerine yansıtılmaktadır. Bu yolla hem gerçek hem sanal görüntü bir arada üretilebilmektedir.<sup>160</sup>

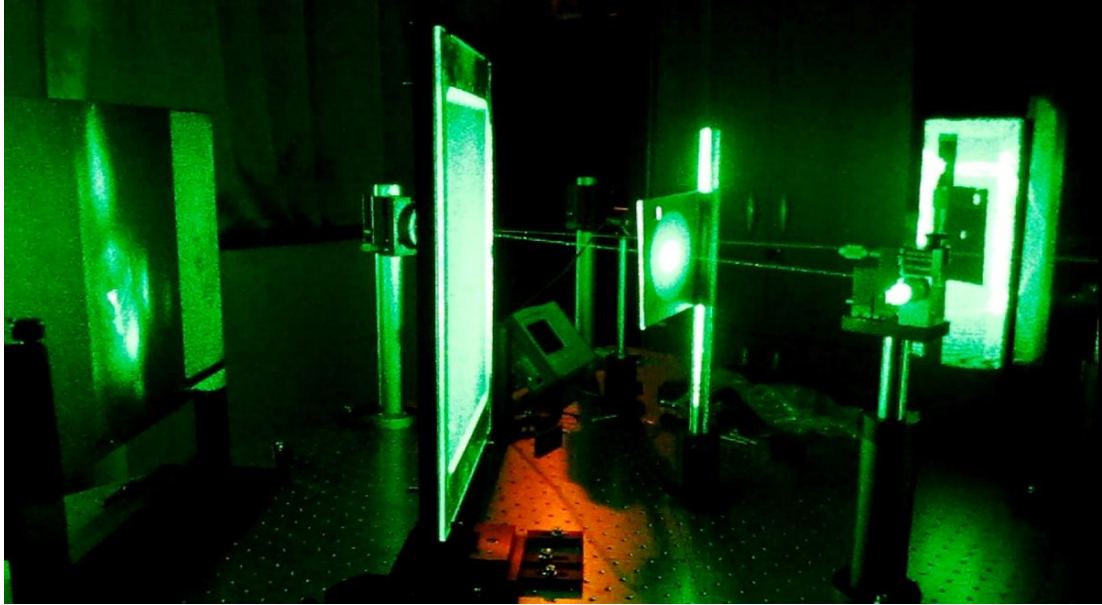
---

<sup>157</sup> Levent Onural, a.g.m.

<sup>158</sup> T. Kreis, a.g.m., 12006-3.

<sup>159</sup> Leonardo (b), a.g.e., 370.

<sup>160</sup> Leonardo (b), a.g.e., 371.



88. Kopya hologram kaydı. Yansıma hologram-H1'den yansıma hologram-H2 kaydı (fotoğraf: Vildan Işık-a)

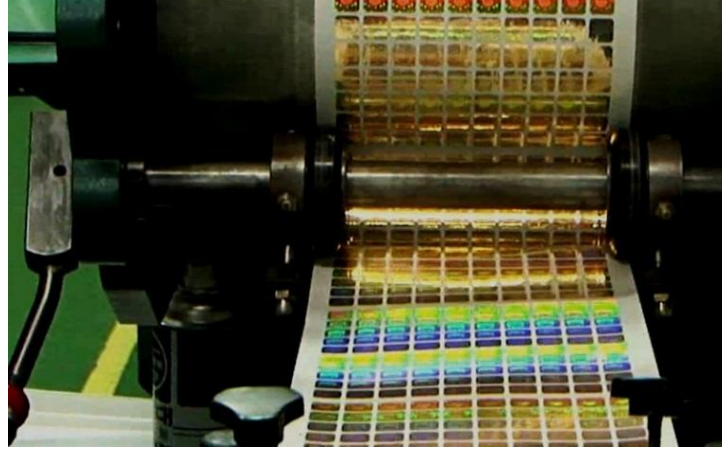
### 1.6.35. Kabartma Hologram

Bir geçirgen hologram çeşididir. Gökkuşağı hologramlarda, H1 deki düşey paralaks, ikinci bir holograma kaydedilmekte ters çevrildiğinde beyaz ışıpta görülebilmektedir. Bu yolla elde edilen kabartma hologramlar oldukça parlak ve alan derinliğini muhafaza eden hologramlardır.<sup>161</sup> 1970'li yılların başlarında yapılmaya başlayan kabartma hologramlar, ışınların kırılarak saptırıldığı kabartmalı yüzeye yansıtılan, bir geçirgen beyaz ışık hologramı uygulamasıdır.<sup>162</sup> İlk olarak; geçirgen stereogramı, ışığa duyarlı, holografik görüntünün girişim desenleri ile eşlenen mikroskobik rölyef desenleri bulunan bir yüzeye basılmaktadır. Sonra bu rölyef desen, nikel ya da gümüş ince bir film ile kaplanmakta ve model kalıp olarak kullanılmaktadır. Model kalıp, rölyef desenin yüksek yansıtıcı film üzerine sıcak-baskı ile basılmasında kullanılmaktadır. Ağırıklı olarak ticari alanda kullanılmakta ve 30 x 35 cm den büyük olmamaktadır. Özellikle gerçek renk holografisinin gelişmesiyle artan şekilde popülerlik kazanmaktadır. 1980'li yıllardan beri artan

<sup>161</sup> Leonardo (b), a.g.e., 372.

<sup>162</sup> MIT Museum (a), "Type of Hologram", (Erişim) <http://www.web.mit.edu/museum/>, 12 Mart 2012.

şekilde ticari alanda kullanılan bu hologramları dergilerde, kitaplarda, kredi kartlarında, posta pullarında ve kağıt paralarda görmek mümkündür.<sup>163</sup>



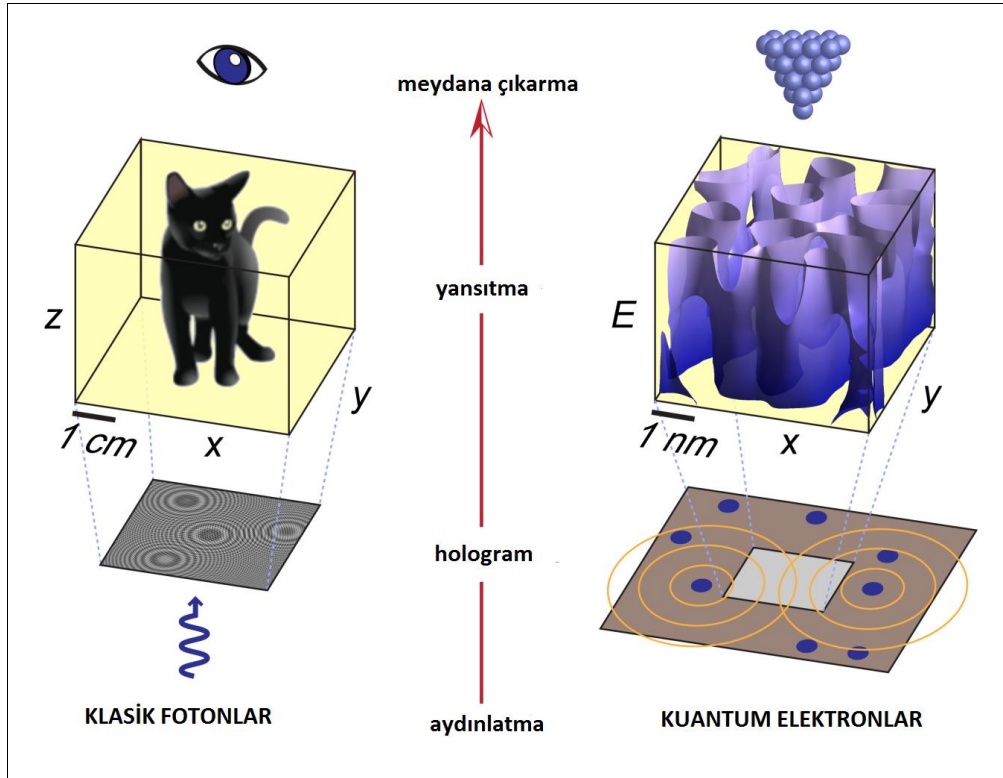
89. (a b) Kabartma hologramlar

### 1.6.36. Kuantum Hologram

Elektronlarla bilginin depolanabilirliği üzerine geliştirilen bir hologram çeşididir. Geleneksel holografide (solda) iki boyutlu bir hologram üzerinde parlayan ışık, üç boyutlu bir hologram olarak gözle görülebilmektedir. Kuantum elektronları ile yapılan çalışmada (sağda) iki boyutlu kuantum elektronları, atomik manipülasyon ile birleştirilmiş eşdüzensel hologramlar olarak parlamaktadır. Bu paralel izdüşüm; tünelleme mikroskobu ile emilen kuantum durumundaki elektron yoğunluğunun nesnesidir ve üç boyutlu bir uzayda yayılan, bilginin holografik olarak kodlanabildiği bir enerji ve iki mekânsal boyut içindedir.<sup>164</sup>

<sup>163</sup> Leonardo (b), a.g.e., 372.

<sup>164</sup> Hari Manoharan, a.g.m.



90. Klasik hologram ve kuantum hologram şeması

### 1.6.37. Lazerle Görülebilen Hologram

Hologramı görülebilir kılmak için, sonradan lazer ışınları ile aydınlatılan açı ile orijinal kaynak ışınının açısının aynı açıda olmasının zorunlu olduğu hologramlardır. Lazerle görülebilen hologram, tek bir çeşit lazerle kayıt yapılmışsa, sadece tek renge sahiptir. Tek aşamalı hologram (H1) olarak adlandırılmakta ve ikinci holograma (H2) hizmet eden bir ana hologram olarak da kullanılabilir. Oldukça yüksek maliyetli olması ve bazı tek renkli lazer ışığı teçhizatının sıkıntı yaratması sebebiyle sanatçılar, çalışmalarının sonuç sunumu olarak bu tip hologramları pek sık kullanmamaktadır. Ancak bu hologramların içerdiği alan derinliği ve görüş açısı, bunlardan üretilen geçirgen beyaz ışık hologramlarından çok daha fazla anlam ifade etmektedir.<sup>165</sup>

### 1.6.38. Leith-Upatnieks Hologramı

<sup>165</sup> Leonardo (b), a.g.m., s. 375-376.

Gabor'un tekniğini geliştiren Leith ve Upatnieks, Gabor gibi eksenli ışık açıları değil eksen dışı farklı ışık açıları kullanmıştır. Ayrıca Leith ve Upatnieks çok sayıda faz kodunun tek bir hologram plakasında yer almasını sağlayabilen tekniği geliştirmişlerdir. Hologram plakası ve lazer kaynağı arasındaki açı, hologramın görüntülenmesinde can alıcı noktayı oluşturmakta ancak aradaki açı doğru değilse hologram görüntüsü oluşmamaktadır. Leith ve Upatnieks, görüntünün kaydedilmesinde değişik açılardan katlı hologramların elde edilebileceğini öne sürerek, tek hologram plakasına birçok görüntünün kaydedilebileceğini ortaya koymuşlardır.<sup>166</sup> Plakaya yerleştirilen bu görüntüler, açılarının değiştirilmesi ile arka arkaya ortaya çıkmaktadır. Bu sonuca ulaşmak için, değişik resimler çekerken lazer demetinin gelme açısını değiştirmek yeterlidir. İmgenin yeniden ortaya çıkarılması için de camı değişik açılardan aydınlatmak yetecektir; o zaman hologramı yapılmış nesnelere biri ya da öteki ortaya çıkacaktır.<sup>167</sup> Bu teknik, 1970'li yıllarda Stephen Benton ve Lloyd Cross gibi birçok bilim insanının katkıları ile olgunlaştırılmış ve sanatçıların kullandığı tekniklerden biri olmuştur.<sup>168</sup>

### 1.6.39. Lippmann Hologramı

Yuri Denisyuk, 1891'de girişim desenleri ile yapılan renkli fotoğrafı geliştiren Gabriel Lippmann'ın onuruna, 1960 ların başlarında kendi yaptığı tek ışıklı hologramlarına isim olarak bu ismi vermiştir. Daha sonra bu tip hologramlar Denisyuk hologramı olarak adlandırılmıştır.<sup>169</sup>

### 1.6.40. Moleküler Hologram

"Elektronlarla yazmak" Bu hologram daha az alanda daha çok verinin toplanabilmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Araştırmacılar bakır bir şeridin yüzeyine kuantum elektron dalgalarının oluşturduğu girişim desenleri içine "S" ve "U" (Stanford University) harflerini kodlanmıştır. Bunlar; elektron dalgalarında bilginin saklandığı dünyanın en küçük harflerle yazılmış yazısıdır. Harfleri 0,3

<sup>166</sup> **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, 1982, a.g.m., s. 10.

<sup>167</sup> Michael Halle, "Off-Axis "Leith & Upatnieks" Holograms", **MIT-Massachusetts Institute of Technology**, OpenCourseWare (OCW), 2003, (Erişim) <http://ocw.mit.edu/courses/media-arts-and-sciences/mas-450-holographic-imaging-spring-2003/readings/ch10offaxisluholos.pdf>, 20 Mayıs 2012.

<sup>168</sup> **Leonardo** (b), a.g.e., s. 376-377.

<sup>169</sup> **Leonardo** (b), a.g.e., s. 376.

nanometre veya kabaca metrenin milyarda üçte biri kadar küçük olan atomaltı ölçekli bit'ten monte edilmiştir. 2009 yılında Hari Manoharan ve ekibi bu teknik sayesinde nano teknolojinin gelişmesini sağlamıştır. Veri depolamada kullanılabilen bu teknik sayesinde örneğin gerçek boyutundan 25.000 kez daha küçük bir kitap yazmak mümkün olabilecektir. Stanford Üniversitesi'nin ekibi daha öncekilerden kırk kat daha küçük bir alana veriyi depolamayı başarmıştır. Çok küçük bir alana sığan bu veri geleneksel hologramlardaki gibi lazer ışığıyla ikiboyutlu olarak alınan ve üç boyutluya dönüştürülen holografiden farklıdır. Bu yeni hologram elektronlar tarafından aydınlatılmıştır ve ortaya çıkan "elektronik nesne" tünelleme mikroskobu ile okunabilmektedir.<sup>170</sup>

#### 1.6.41. Nokta Matris Hologram

Bilgisayarla oluşturulan bu hologram, yüzbinlerce ya da milyonlarca küçük noktanın bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Her bir nokta, rengi ve konumu bağımsız olarak kontrol edilebilen farklı holografik pozlamaya ve ayrı bir yansıtma yapısına sahiptir. Hologramdaki kayıt mikroskopla büyütülerek sayısal olarak bilgisayara kaydedilmektedir. Kabartma hologramlardan üretilen ve seri üretimi yapılabilen nokta hologramlar, grafik ve baskı uygulamalarında 2D ya da 2D/3D hologram olarak metal, plastik ve folyolara uygulanabilmektedir. Nokta matris hologramlarda mikro yazı ve diğer güvenlik özellikleri için yüksek çözünürlük gerekmektedir. Yüksek çözünürlüğü sağlamak için piksel sayısının artması gerekmektedir ve görüntü kalitesinin artması maliyetin de artması anlamına gelmektedir.<sup>171</sup> Farklı etkilere sahip çok sayıda nokta matris hologram çeşidi vardır. Bu çeşitlerden bazıları şunlardır:<sup>172</sup>

- Döner ray etkili matris hologram,
- Yansıma etkili matris hologram,
- Sandviç etkili matris hologram,
- Üç boyut etkili matris hologram,
- Mikro yazı etkili matris hologram.

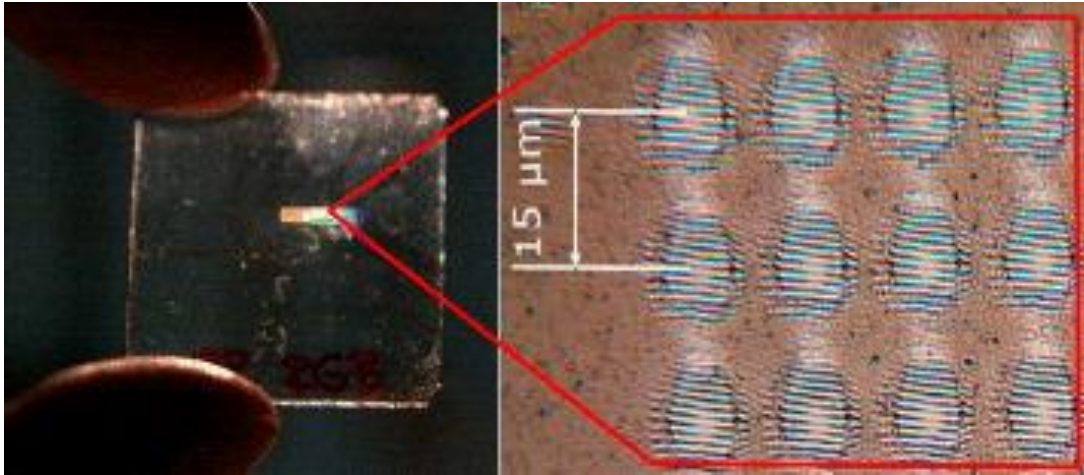
<sup>170</sup> Palo Alto, "Stanford Writes in World's Smallest Letters: Storing Information in Electron Waves", **NanoTech**, 31 Ocak 2009, (Erişim) [http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story\\_id=32047](http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=32047), 22 Mayıs 2012.

<sup>171</sup> Boban Zarkov, Dušan Grujić, Dejan Pantelić, "High-Resolution Dot-Matrix Hologram Generation", **IOP Science Physica Scripta**, 27 Nisan 2012,

(Erişim) <http://iopscience.iop.org/1402-4896/2012/T149/014021/article>, 25 Mayıs 2012.

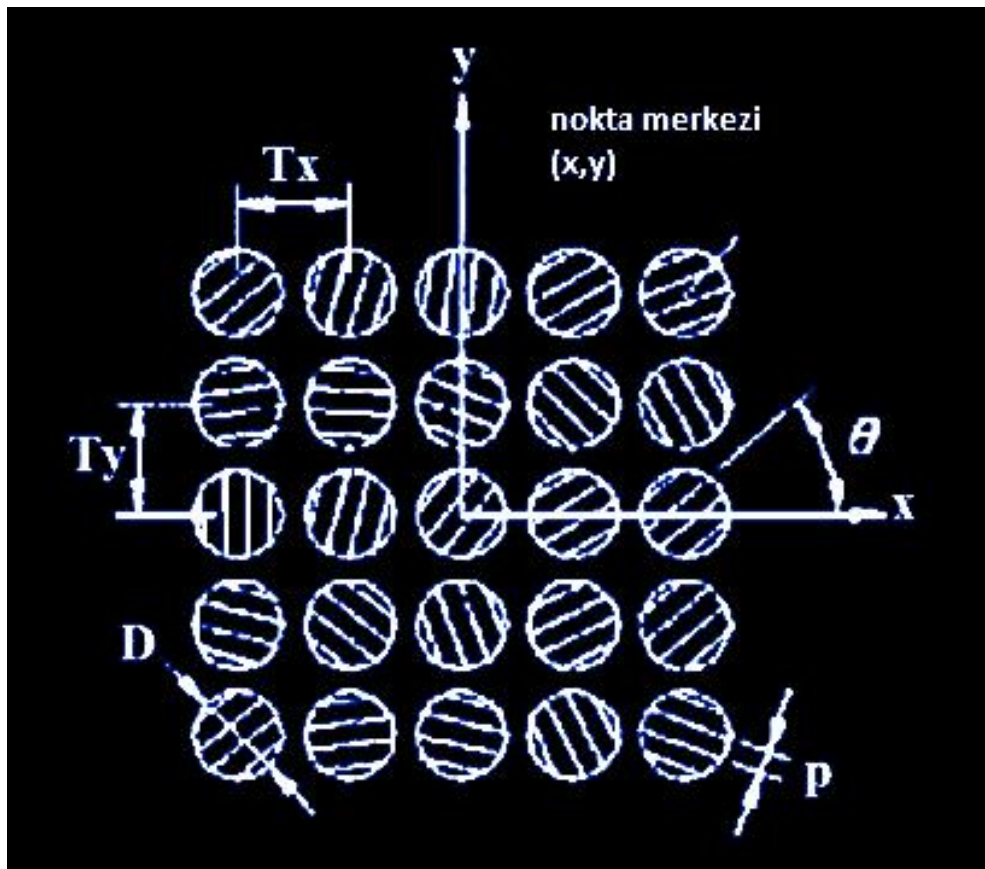
<sup>172</sup> **Hologram Product and Hologram Machine**





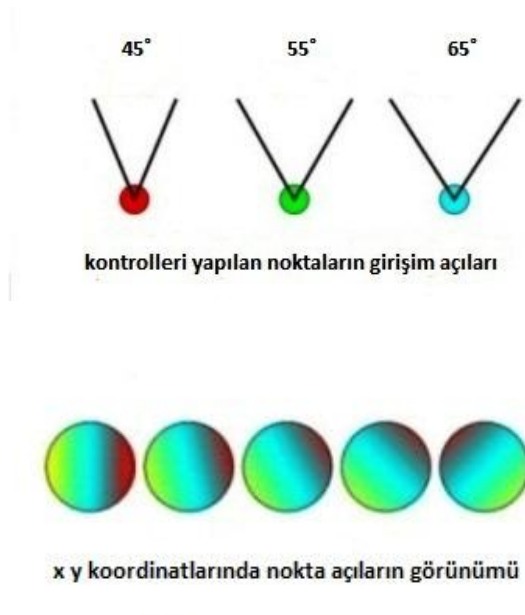
91. Nokta matris hologram

İnceliği 1 mm olan 20 x 20 mm ebatlarındaki cam slayta kaydedilen hologramdan kırınım açılarını içerecek şekilde mikroskopla alınmış görüntü. Bu görüntü bilgisayara aktarılmakta ve nokta matris üretimi için kullanılmaktadır.



92. Nokta matris hologramda noktalar

Beş değişken parametre ile nokta vuruşlu bir hologram üzerinde, spektruma ait ızgaralı noktalar. Koordinatlar  $T_x$  ve  $T_y$ , ızgara aralığı  $p$ , ızgara yönü  $\theta$  ve nokta boyutu  $D$  ile gösterilmiştir.



- 93. (a b)** Nokta matris hologramda noktalar  
**(a)** Nokta matris hologramda girişim açılarına göre noktalar  
**(b)** Nokta matris hologramda x,y koordinatlarında her biri farklı renkleri içeren noktalar

#### 1.6.42. Odaklanmış Görüntü Hologramı

H1'den odaklanan bir görüntüden yaratılan ve yeniden yapılandırıldığında beyaz ışıkla görüntülenebilen ikincil bir hologram (H2) dir. Bu teknik hem yansıma hem geçiren holografisinde kullanılabilir. <sup>173</sup>

#### 1.6.43. Renksiz Hologram

Siyah ve beyaz gölgelerin baskın olduğu bir beyaz ışık yansıma veya geçiren hologramdır. Yalnızca siyah-beyaz görüntülerin üretildiği fotoğrafın erken dönemlerinden farklı olarak; çok doğal olan renkli görüntüler üretmektedir. Optikde bu terim, merceklerdeki renklerle ilgili hataların düzeltilmesine işaret etmektedir. Bu hologramların siyah-beyaz etkisi, görüntüler yeniden oluşturulduğunda, renklerin kontrol edilmesi ve kırmızı, yeşil ve mavinin birleştirilmesi için arşivlenmiştir. Renksiz hologramlar ilk olarak, 1975 yılında A.B.D'de Stephen Benton, Will Walker ve Herbert S. Mingers tarafından geliştirilmiştir. <sup>174</sup>

<sup>173</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 372.

<sup>174</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 370.





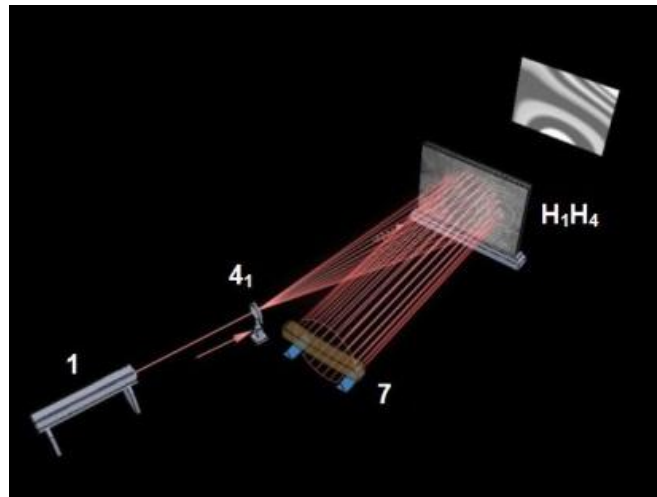
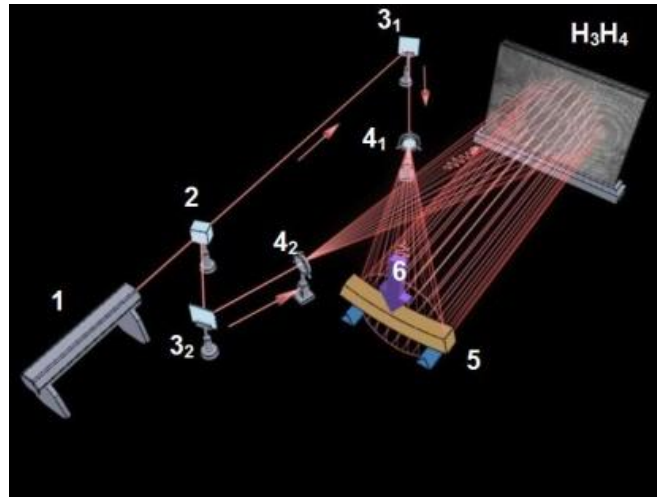
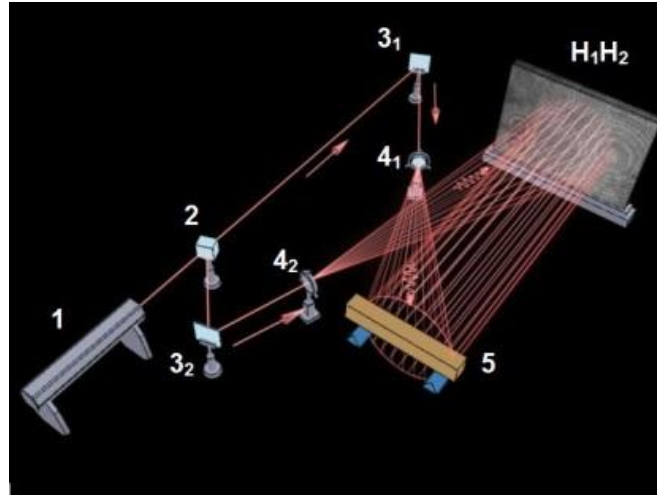
**94.** Renksiz geçirgen hologram örneği  
Hans Bjelkhagen ve Ake Sanstrom, *Ampül*, 1976, renksiz geçirgen beyaz ışık hologramı, 20,32 x 25,4 cm

#### 1.6.44. Sandviç Hologram

İnterferometrenin çiftli pozlama prensiplerini içeren bir hologram çeşididir. Kademeli hologram (progressive hologram) olarak da bilinen bu hologramlarda çiftli pozlamalarla elde edilmiş hologramlardan farklı bir hologram daha elde etme yöntemidir. Örneğın çiftli pozlamadaki (H2-H1) ve (H4-H3) hologramlardan biri alınarak (H1-H4) birleştirilmektedir.<sup>175</sup> 1974 yılında Abramson tarafından nesnedeki parazit görüntü ve maksimum deformasyonu tanımlamak amacıyla geliştirilmiştir.<sup>176</sup>

<sup>175</sup> Vivi Tornari, a.g.e., s. 767-768.

<sup>176</sup> Jozef Cernecky, Elena Pivarciova (2011) Cernecky, Jozef, Elena Pivarciova. "Possibilities and Prospect of Holography: Sandwich Method", **Holographia**, (Erişim) [http://www.holografia.wz.cz/holography/Sandwich\\_Method.php](http://www.holografia.wz.cz/holography/Sandwich_Method.php), 22 Mayıs 2012.



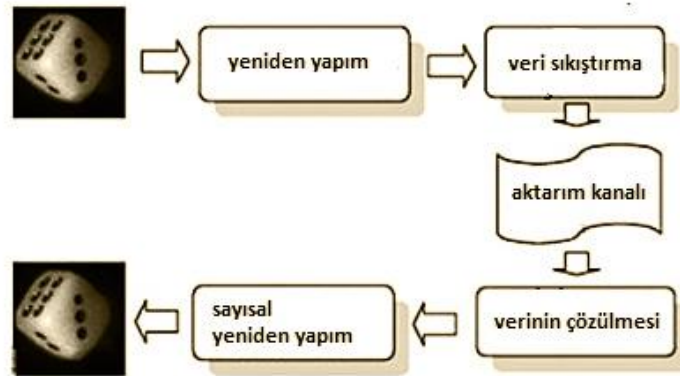
95. (a b c) Sandviç hologram kayıt şemaları. 1-lazer 2-ışın ayırıcı 31, 32-aynalar 41, 42-mikro objektifler 5-nesne 6-güç yüklemesi 7-sanal nesne

- a) Deformasyondan önce H1-H2 nesnesinin sandviç hologram kayıt şeması  
b) Deformasyondan sonra H1-H2 nesnesinin sandviç hologram kayıt şeması  
c) H1-H4 sandviç ile dalga kaydının yeniden yapım şeması

### 1.6.45. Sayısal Hologram

Optik ya da elektronik elemanlarla üretilen hologramlardan elde edilen verilerin, sayısal olarak hesaplandığı hologram çeşididir. Nesnenin hologramlarının fiziksel olarak değil sadece rakamsal olarak bilgisayarda hesaplanması için araştırmalar sonucu geliştirilmiştir. Hesaplanan hologramlarla; optiksel olarak dalga alanının yeniden yapımı istenen ölçülerde fotoğrafik olarak yeniden üretilmekte ve bunların basımını yapmak mümkün olmaktadır. Bütün bu hesaplamalar, sayısal holografi olarak adlandırılmaktadır. Günümüzde yaygın olarak *bilgisayarla oluşturulan hologram* olarak bilinen hologramlar da bir sayısal hologram çeşididir.

1967'de Goodman ve Lawrens, bir hologramı elektronik olarak elde etmeyi (tüm dalga alanını sayısallaştırma ve rakamsal yeniden yapımı) önermişlerdir. Yaroslavski ve Merzylakov bir optiksel hologramı, silindir elektromekaniksel mikrodensimetre ile taramışlar ve bir Fresnel hologramı başarıyla taranmış veriye dönüştürmüşlerdir. Ancak işlem süresi saatler almaktadır. 1990'ların ortalarında, CCD sıraları ortaya çıkmıştır. Yüksek çözünürlüklü CCD kameralar ile piksel sayıları, güçlü bilgisayarlara aktarılmakta ve sayısal yeniden yapım saniyeler içinde olabilmektedir. Güncel araştırmalar; özel ışık modülatörleri (SLM) üzerinedir. SLM'ler bilgisayardan gelen sayısal biçimlerdir ve hologramların sayısal olarak tesbiti ve yeniden yapımında, holografik mikroskoplarda, holografik parçacık analizinde, holografik interferometride, bilgisayarla oluşturulan hologramlarda ve holografik üç boyutlu TV araştırmalarında kullanılmaktadır.<sup>177</sup>



96. Sayısal yeniden yapıma ait şema

<sup>177</sup> T. Kreis, a.g.m., s. 12006 - 1-5.



#### 97. Sayısal holografik mikroskop

Hologramlardan, mikroskoplar ve bilgisayar aracılığıyla gerçek zamanlı, yüksek çözünürlüklü üç boyutlu sayısal görüntüler üretilmesi sağlanmaktadır. Mikroskoplar aracılığı ile hologramdan alınan veriler (yüzeyin kalınlığı ve topografik bilgileri ile yüzeye ait biçimsel özellikler) sayısal olarak bilgisayara aktarılmaktadır.

#### 1.6.46. Sayısal Görüntü Düzlemi Hologramı

Son yıllarda, optik dinamik ölçümdeki eğilim; farklı bir dizi sinyalin kodlanmasıdır. Bir sayısal hologramdan, iki ya da üç fazlı haritalar alınabilmekte ve titreşim sinyalinin farklı noktaları kodlanabilmektedir. Bu hologram çeşidi, CCD kameralar ve fotodedektörleri kullanılarak halen geliştirilmektedir.<sup>178</sup>

#### 1.6.47. Tek Renkli Hologram

Baskın tek bir rengin olduğu, bir yansıma hologram ya da bir lazerle görülebilir geçirgen hologramdır. Lazerle görülebilir geçirgen hologramda; duyarkat üzerine kayıt boyunca tek dalgaboyuna ayrılan bir lazerle girişim desenleri kaydedilmektedir. Bu lazerler; kırmızı için helyum-neon veya yakut lazeri, mavi-yeşil için argon veya helyum-kadmiyum lazerleridir. Yansıma hologramlar için ise renk, ayrıca görüntünün kimyasal gelişimine de bağlıdır.<sup>179</sup>

<sup>178</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 375.

<sup>179</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 376.

#### 1.6.48. Tek Işınlı Hologram

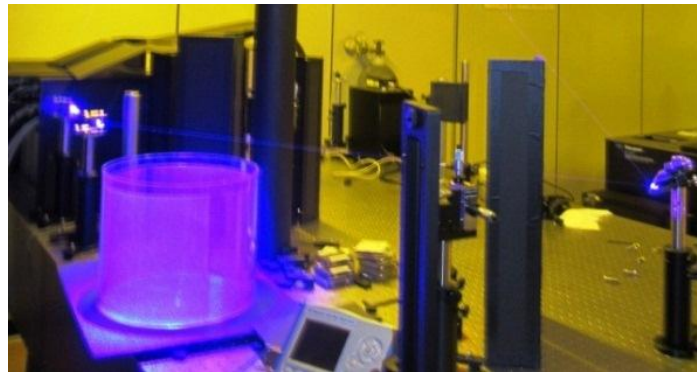
Bu hologramların kaydında hem holografik filme hem de nesneye aynı anda tek lazer ışını yönlendirilmektedir yani nesne ve kaynak ışınları aynı eksenle konumlandırılmaktadır. Gabor ve Denisyuk hologramı, tek ışınlı hologramlardır.<sup>180</sup>

#### 1.6.49. Tek Aşamalı Hologram

Nesneden doğrudan lazer ışığı ile tek aşamada alınan hologram kayıdır. Bunları H1 olarak tanımlamak da mümkündür. Bazı gölge kayıtlar ve Denisyuk hologramları, beyaz ışıkta görüntülenebilen tek aşamalı hologramlardır.<sup>181</sup>

#### 1.6.50. Tümleştirilmiş Hologram

Beyaz ışıkta görülebilen, stereografik ve silindirik biçimdeki bir geçirgen hologram çeşididir. H1 hologram üzerine çok yönlü fotoğrafların kaydedilmesiyle oluşturulan bu hologramlar; holografi, fotoğraf ve sinematografinin birleştirilmesi ile oluşan melez hologramlardır.<sup>182</sup> Bu hologramlarda silindirin tamamının kullanılması ile  $360^\circ$  tümleştirilmiş stereogram, silindirin bir bölümünün kullanılması ile de  $120^\circ$  tümleştirilmiş stereogram oluşturulabilmektedir. Sonuç görüntü; genellikle sadece yatay paralaktır.  $360^\circ$  hologramlar çoğu zaman, bir eksen üzerinde sabit hızla dönen motorlu bir kaide üzerine konularak kullanılmaktadır.<sup>183</sup>



98. Tümleştirilmiş hologram örneği, silindirin içine iki parça olarak kaydedilen hologram daha sonra birleştirilmektedir (fotoğraf: Vildan Işık-a)

<sup>180</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 375.

<sup>181</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 379.

<sup>182</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 375.

<sup>183</sup> Massachusetts Institute of Technology Lab., a.g.m.

### 1.6.51. Yalancı Renkli Hologram

Mevcut olan renklerle, nesnenin doğal rengine bağlı olmadan keyfi renk ataması yaparak oluşturulan hologramlardır. Bu renkler genellikle yüksek doygunluk ve parlaklığa sahip olan renklerdir. Yalancı renkli terimi, genellikle çok renkli geçirgen veya yansıma holograma işaret etmektedir. Fakat gerçek renginde olmayan ya da siyah-beyaz her tür hologram için de yalancı renkli tanımlaması kullanılabilir. <sup>184</sup>



99. Jeff Blyth, *Tutankamon*, 1978, yalancı renkli hologram, 40 x 30 cm

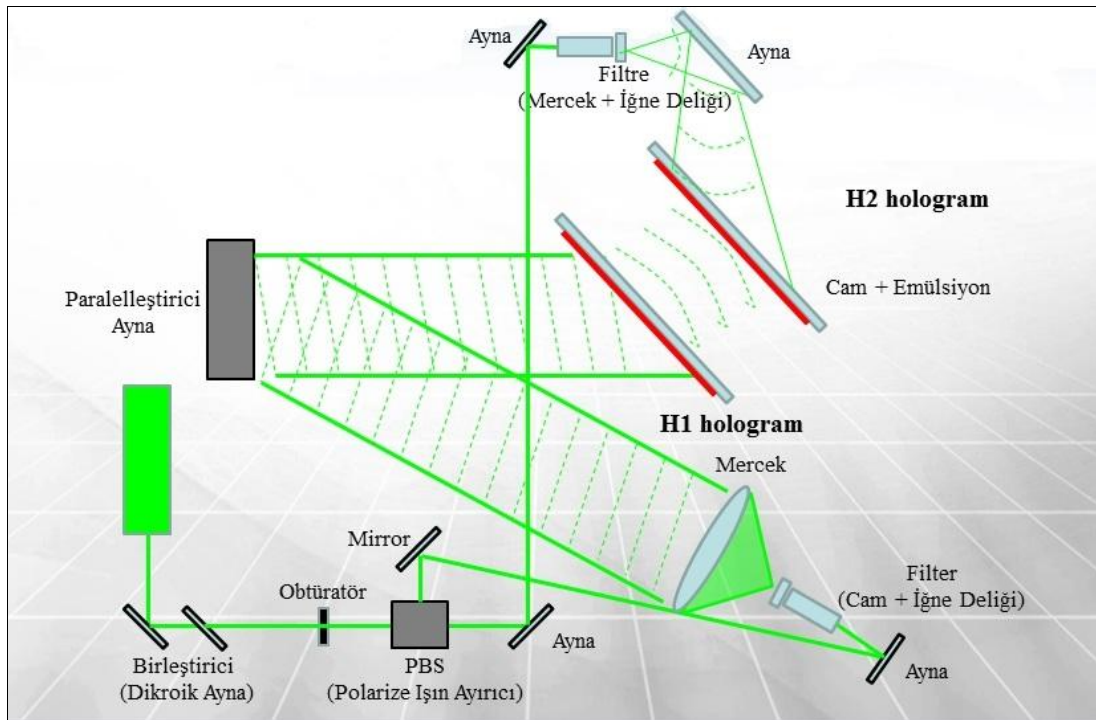
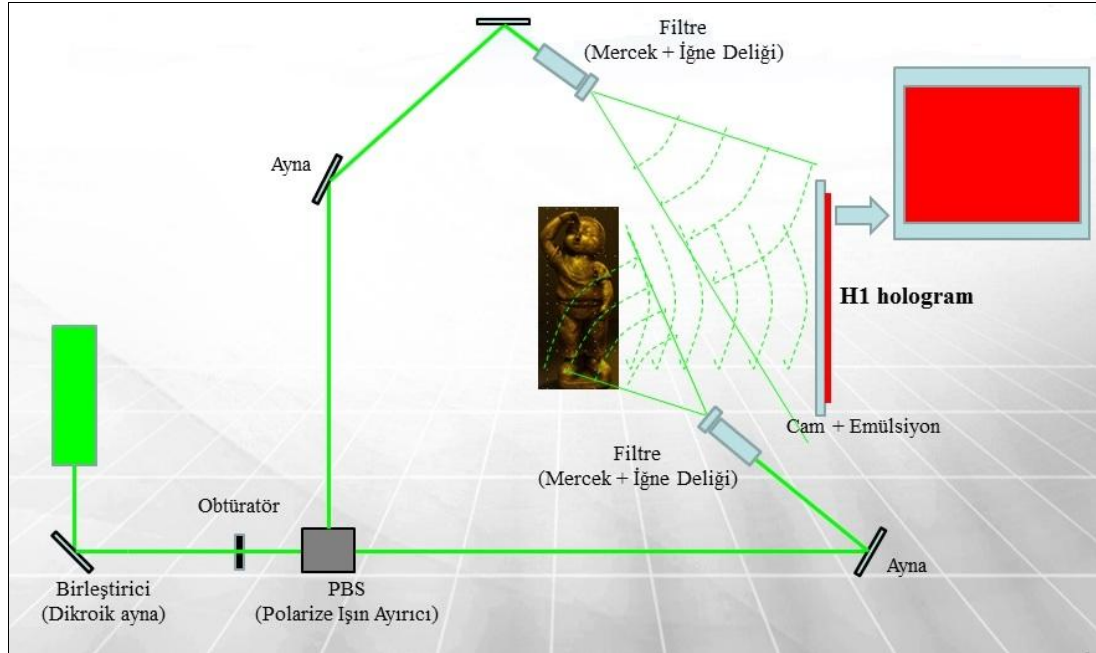
### 1.6.52. Yansıma Hologram

Ön cepheden ve direkt olarak yaklaşık 45° lik açı ile beyaz ışıkla aydınlatılmak zorunda olan tek renkli veya çok renkli hologramlardır. Böylelikle ışığa duyarlı emülsiyondan gelen belirli ışık frekanslarının seçildiği bu yansıma yolu ile kaydedilen görüntü yeniden yapılandırılabilir. Bu bir H1 ya da H2 hologram olabilir. Kayıt sırasında, nesne ve kaynak ışınları kayıt malzemesinin (yaklaşık olarak 180° lik bir açı ile düzenlenen) aksi yönündedir. Bir yansıma hologramın alan derinliği, geçirgen hologramlardan daha küçüktür ve gerçek görüntü ile sanal görüntü yaklaşık olarak 25-30 cm ile sınırlandırılmıştır. Buna rağmen yansıma hologram, dikey ve yatay olarak paralaks bakış açısını muhafaza etmektedir. <sup>185</sup>

<sup>184</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 377-378.

<sup>185</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 378.





100. (a b) Yansıma hologram kayıt şemaları  
 (a) Yansıma hologram-H1 kayıt şeması  
 (b) Yansıma hologram-H2 kayıt şeması



### 1.6.53. X-Işını Floresans Hologramı - XFH

Bu hologramlar, atomik ayrıştırma hologramın bir çeşididir. Floresan (flüorışı), bazı cisimlerin ışık ve röntgen ışınlarına arz edilince kendiliklerinden çeşitli renklerde ışıklar saçma niteliğidir. X-ışını floresan hologramlarında bu niteliğe sahip olan uyarılmış atomlar, bir dalga kaynağı ya da bir gözlem aracı olarak kullanılmaktadır. Gerçek uzayda birkaç nanometre olan özel elementlerin üçboyutlu atomik görüntülerinin sağlanmaya çalışıldığı bu hologramlardaki ikiz görüntü sorununun geliştirilmesi üzerine araştırmalar halen devam etmektedir.<sup>186</sup>

### 1.6.54. 360° Hologram

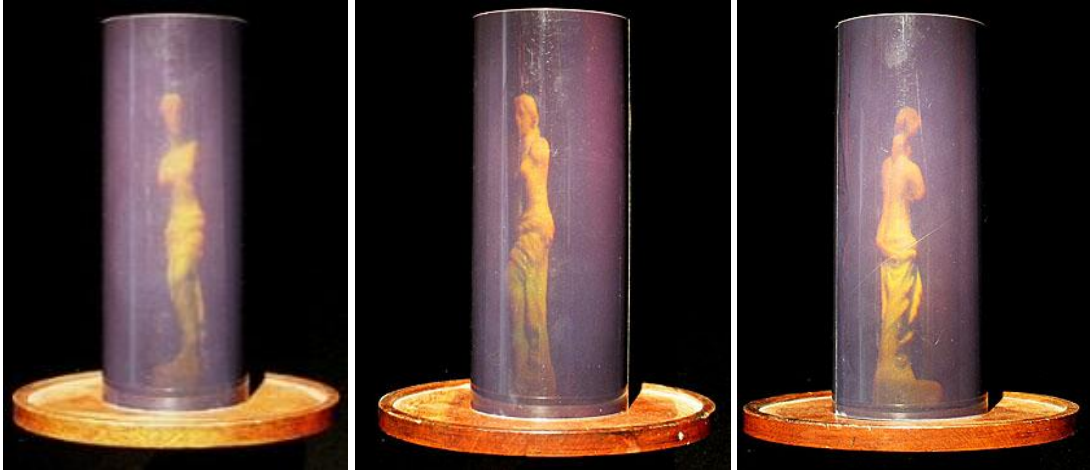
360° paralaks etkisi olan hologram yapmanın pek çok yolu vardır. 360° holografik stereogramlar ve 360° silindirik hologram v.b bu hologram çeşitlerinden bazılarıdır.<sup>187</sup>



101. 360° silindirik hologram kaydı için hazırlık, Vildan Işık ve Ji Yun Lim (Vildan Işık-a)

<sup>186</sup> Kouichi Hayashi v.d., a.g.m.

<sup>187</sup> Graham Saxby, a.g.e., s. 106.



**102. (a b c)** Graham Saxby, *Saxby 360°*,  
360° silindirik Denisyuk hologramın üç farklı açıdan görünümü

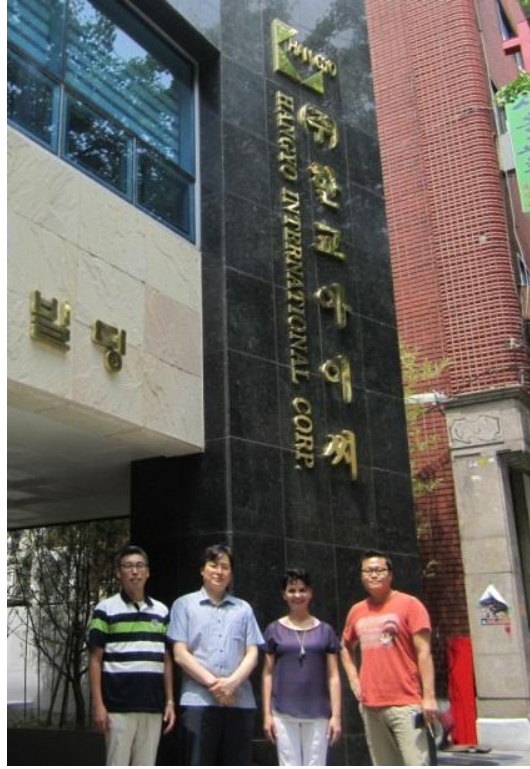
## 1.7. HOLOGRAM NASIL OLUŞUR?

### BİR ANALOG GEÇİRGEN HOLOGRAM KAYDI ve YENİDEN YAPIMI ÖRNEĞİ

Hologramın nasıl oluştuğunun daha anlaşılır olabilmesini sağlamak amacıyla çalışmamın bu bölümünde bir analog geçirgen hologram kaydı ve yeniden yapımı örneklenmiştir. Örneklenen çalışmadaki bütün görseller, holografi üzerine teorik çalışmalar ve uygulamalar yaptığım Seul-Güney Kore'de bulunan Uluslararası Hangyo Şirketi Araştırma ve Geliştirme Merkezi Holografi Laboratuvarı'ndaki (Hangyo International Corp. R&D Center Holography Laboratory) çalışmalarına aittir. Hem bu şirketin hem de Kwangwoon Üniversitesi'nin holografi laboratuvarlarında çok sayıda hologram çeşidini öğrenmem mümkün olmuş ve çalışmalarımın otürü tarafıma sertifika verilmiştir. (bkz. Ek-1)

Birlikte çalıştığım araştırmacı ve sanatçılar; yirmibeş yıllık holografi deneyimine sahip fizik mühendisi Kwang Ho Ok, kimya mühendisi Ji Yun Lim, yazılım mühendisi Dae Hyun Kim, mimar ve grafik tasarımcı Kyung Hwan Kim, Kwangwoon Üniversitesi'nden holografi sanatçısı Ray Park ve serbest holografi sanatçısı Kyung Lee'dir.

Bu bölümde, öğrendiğim çeşitlerden yalnızca biri olan geçirgen hologram-H1 ve geçirgen hologram-H2'nin (gökkuşağı hologram) kaydı, yeniden yapımı ve gösterimi görsellerle desteklenerek açıklanmaktadır. Örneklenen geçirgen hologram H1; 5 x 36 cm ebatlarında girişim saçaklarından oluşan bir ana hologram (slit master hologram)'dır. Bu hologramda kaydedilen görüntü, yalnızca lazer ışınları ile görüntülenebilmektedir. Geçirgen hologram H2 ise bir gökkuşağı hologramdır. 28,5 x 25,5 cm ebatlarında girişim desenlerinden oluşan ve günışığında görülebilen bu hologramın, günışığının dışında beyaz ışık, led ya da halojen gibi lambalarla da görüntülenmesi de mümkündür.



103. Dae Hyun Kim, Kwang Ho Ok, Vildan Işık, Ji Yun Lim, Hangyo Binası'nın önünde, Seul-Kore, Temmuz 2012



104. Vildan Işık, Kwang Ho Ok ve Dae Hyun Kim ile Hangyo Binası'nın ofisinde, holografi üzerine teorik çalışmalar yaparken, Seul-Kore, Temmuz 2012

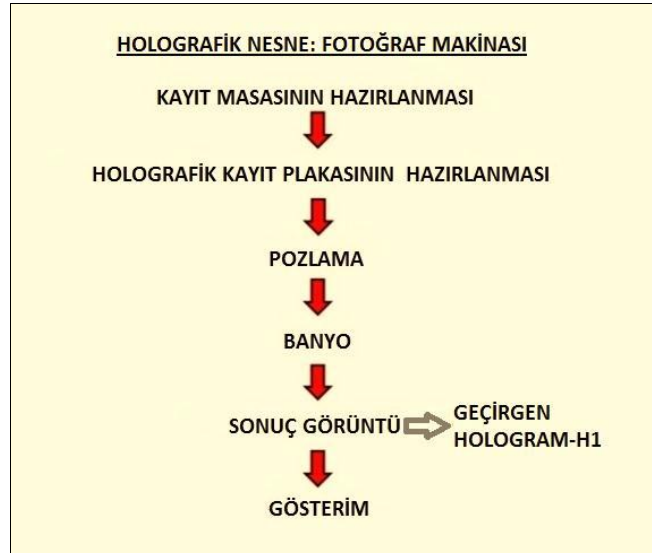
Bir kayıt masasında temel olarak lazer cihazları, ışın ayırıcı, aynalar, mercekler, filtreler, holografik kayıt plakası v.b. gibi malzemeler yer almaktadır. Kayıt yapılacak hologram çeşidine göre bu malzemelerin kayıt masasına uygun şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Doğru konumlandırma yapılmamış ise hologram oluşmamaktadır. Örneklenen geçirgen hologram-H1 ve H2 için birbirinden farklı kayıt masası hazırlanmaktadır. Çünkü H1 ve H2 de farklı kayıt elemanları bulunmaktadır. H1 kaydının ardından sonra kayıt masası değiştirilerek H2 kaydı için uygun hale getirilmektedir. Her iki kayıta da bütün kayıt elemanlarının masaya sabitlenmektedir. Sürekli dalga lazeri kullanılması sebebiyle pozlama esnasında oluşacak en ufak bir hareket, hologram oluşumunu engellemektedir. Bu sebeple görüntü kalitesi yüksek bir hologram elde için kayıt malzemelerinin doğru konumlandırılması ve hareket etmemesi gerekmektedir.

**Tablo 2:** Geçirgen hologram-H1 ve geçirgen hologram-H2'de kullanılan malzemeler

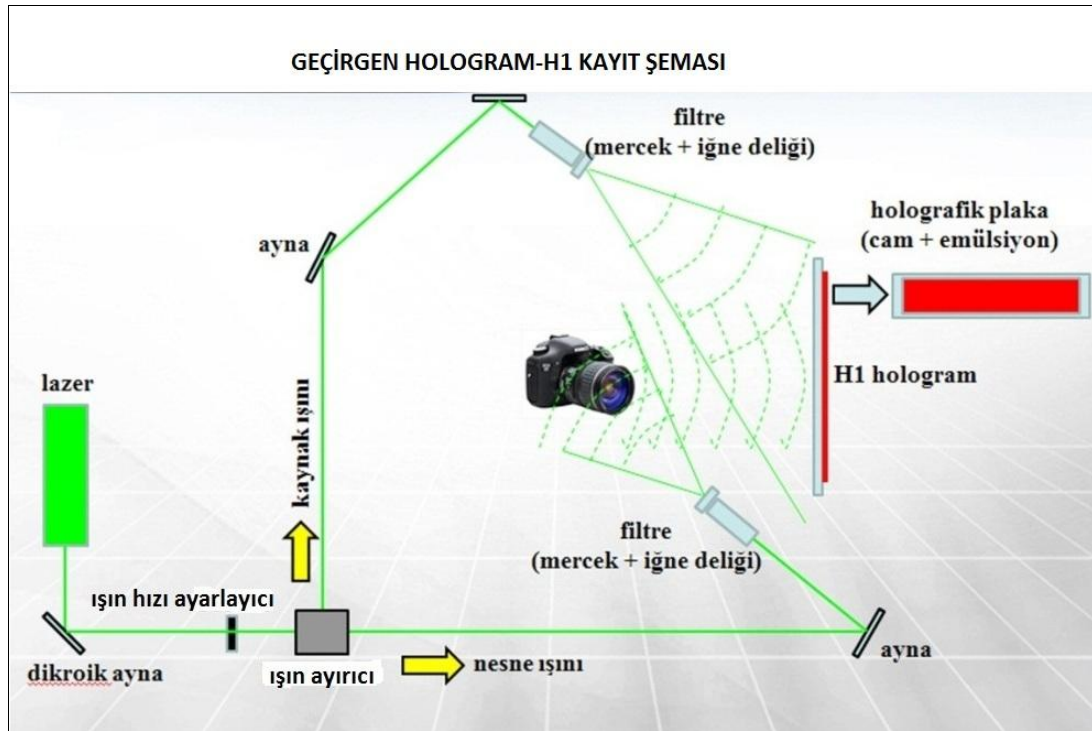
	<b>GEÇİRGEN HOLOGRAM-H1</b>	<b>GEÇİRGEN HOLOGRAM-H2 (GÖKKUŞAĞI HOLOGRAM)</b>
<b>HOLOGRAFİK NESNE</b>	fotoğraf makinesi	H1
<b>LAZER</b>	diyot pompalı katı hal lazeri	diyot pompalı katı hal lazeri
<b>IŞIN AYIRICI</b>	bir kaynak, iki nesne ışını	bir kaynak, bir nesne ışını
<b>FİLTRE</b>	nötr yoğunluk filtresi mekânsal filtre	nötr yoğunluk filtresi mekânsal filtre
<b>AYNA</b>	+ dikroik ayna	+ dikroik ayna paralleştirici ayna
<b>MERCEK</b>	+	+ silindirik mercekler
<b>HOLOGRAFİK FİLM</b>	gümüş halide holografik film 5 x 36 cm	gümüş halide holografik film 28,5 x 25,5 cm
<b>BANYO</b>	+ CW-C2	+ CW-C2
<b>AĞARTMA</b>	+ Fe-EDTA	+ Fe-EDTA
<b>SONUÇ GÖRÜNTÜ</b>	yalnızca lazer ışınları ile	Güneş ışığı, beyaz ışık, led ya da halojen lambalar v.b.

### 1.7.1. Geçirgen Hologram-H1

Bu hologramın kaydında kullanılan holografik nesne, bir fotoğraf makinasıdır. Aşağıda bu kayda ilişkin işlem basamakları ve kayıt şeması yer almaktadır.

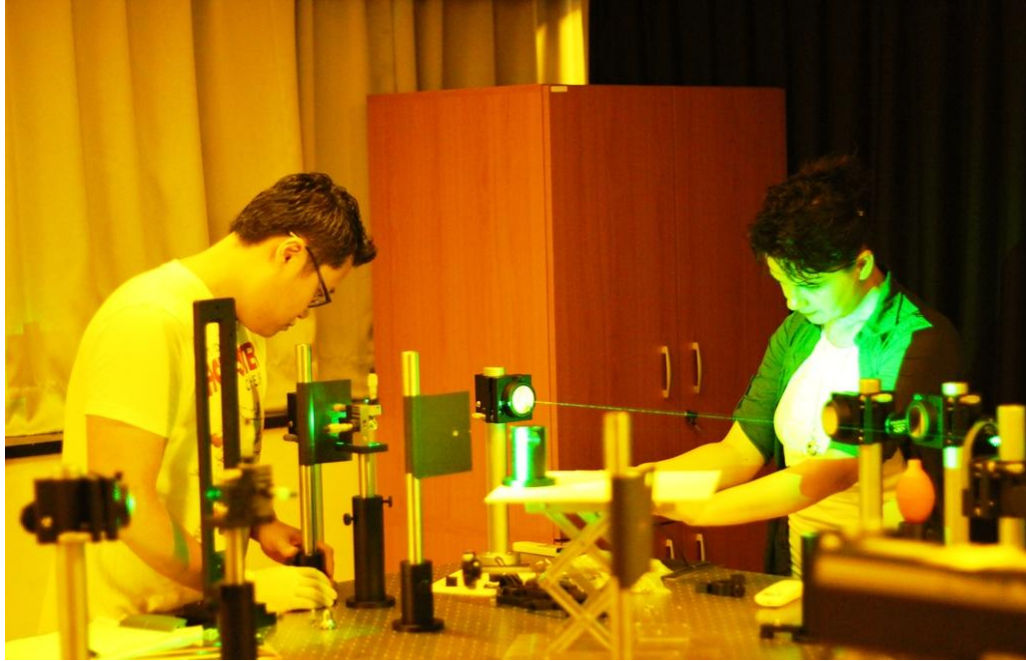


105. Geçirgen hologram-H1'in işlem basamakları



106. Geçirgen hologram-H1 kayıt şeması



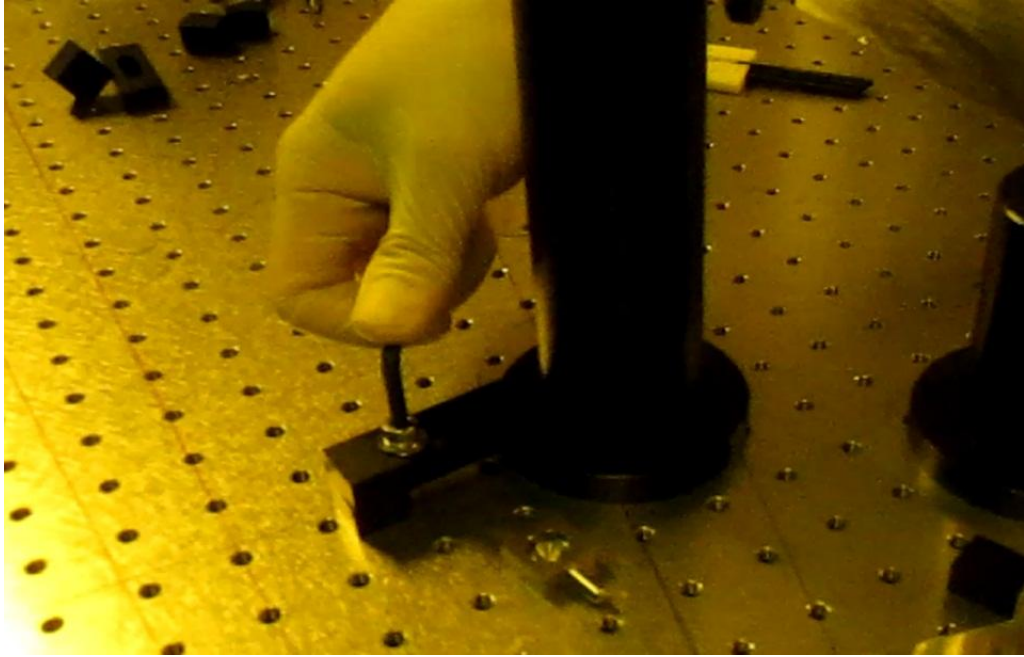


107. Kayıt masasının hazırlanması – Filtre ve aynaların yerleştirilmesi, Ji Yun Lim ve Vildan Işık



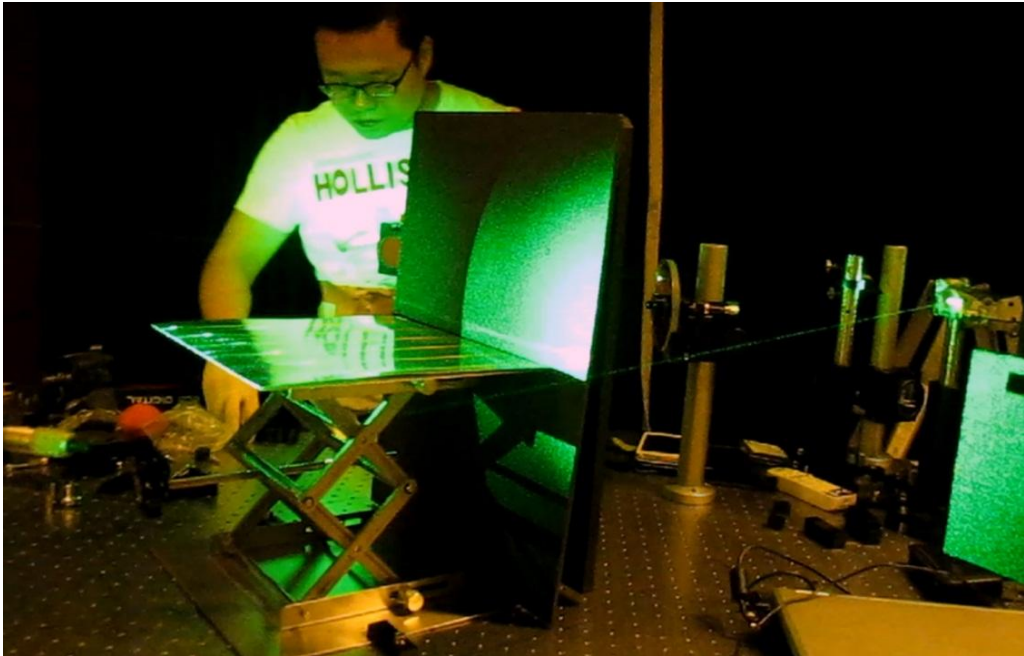
108. Kayıt masasının hazırlanması – Ayna ve merceklerin uygun açı ile konumlarının ayarlanması, Ji Yun Lim ve Vildan Işık



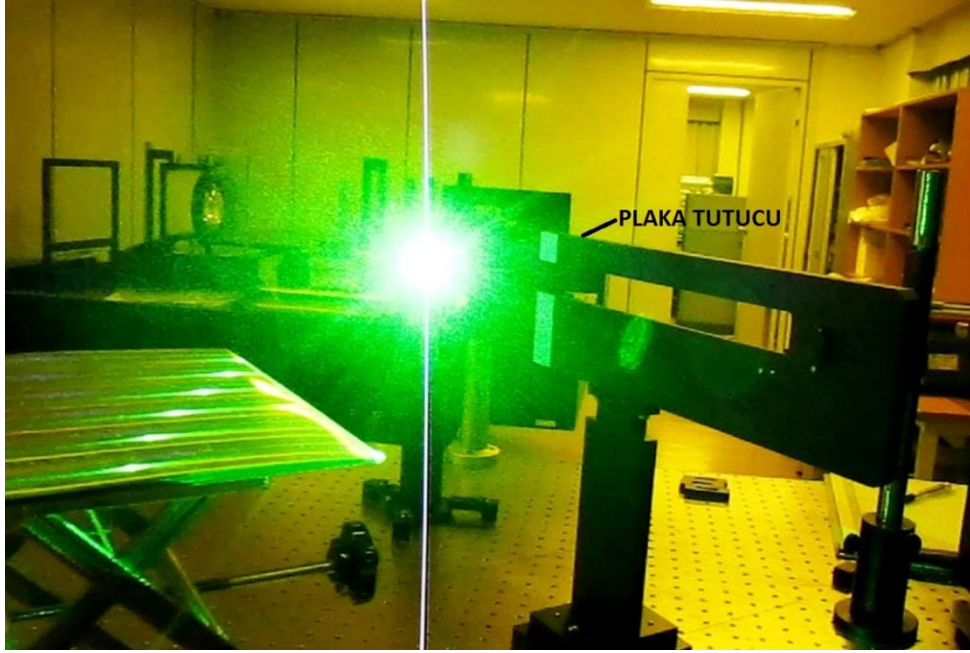


**109.** Kayıt masasının hazırlanması

Konumları belirlenen bütün kayıt elemanlarının masaya sabitlenmesi gerekmektedir. Çünkü sürekli dalga lazerinin kullanıldığı bu hologram çeşidinde pozlama sırasında oluşacak en ufak bir hareket, hologram oluşumunu engellemektedir. (fotoğraf: Vildan Işık)



**110.** Geçirgen hologram-H1 kayıt masası – Holografik nesnenin konumu ve kaydı alınacak holografik nesnenin üzerine koyulduğu, boyu ayarlanabilen sehpa (fotoğraf: Vildan Işık)



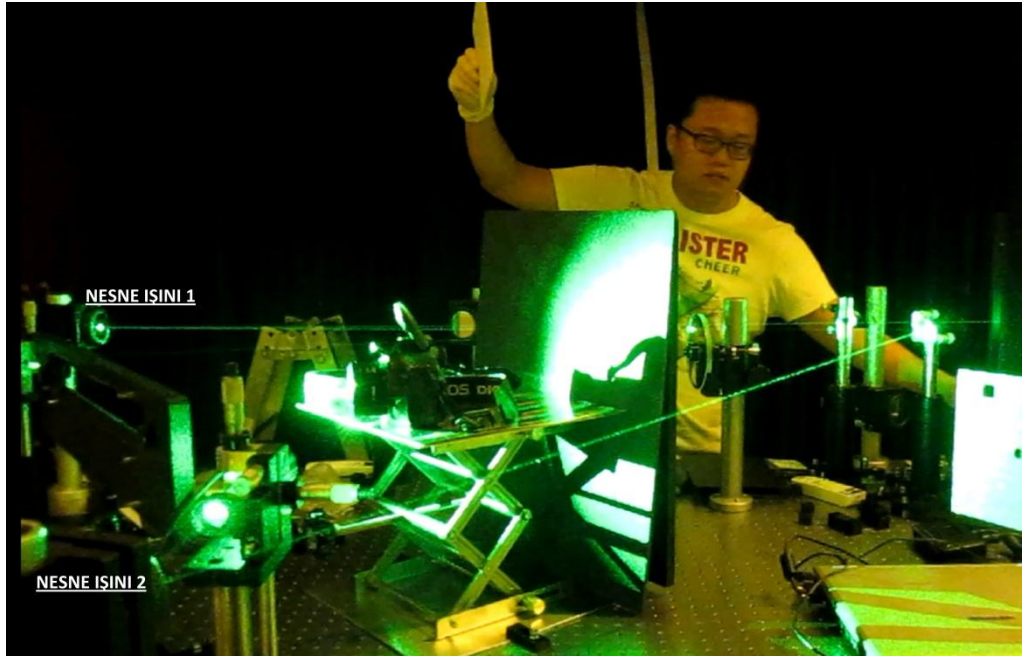
**111. Geçirgen hologram-H1 kayıt masası – Plaka tutucu (sağda)**

Bu kayıt için 50 x 60 cm ebatlarındaki Holografik Fuji Film F HL-50 kullanılmıştır. Bu film, H1 kaydı için uygun boyutlarda (5 x 36 cm) kesilmekte ve aynı ölçülerde etil alkol ile iyice temizlenmiş bir cam üzerine bantlanarak yerleştirilmektedir. Hazırlanan holografik kayıt plakası, holografik nesnenin karşısına yatay olarak yerleştirilmekte ve pozlama aşamasına geçilmektedir. (fotoğraf: Vildan Işık)



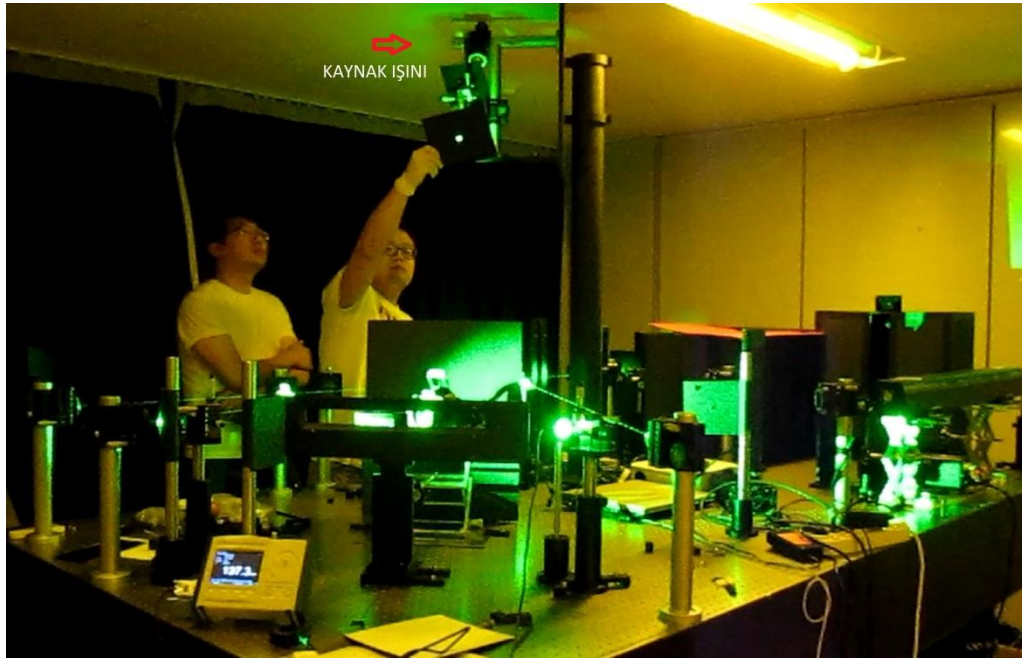
**112. Geçirgen hologram-H1 kayıt masası - Pozlama hazırlığı (fotoğraf: Vildan Işık)**



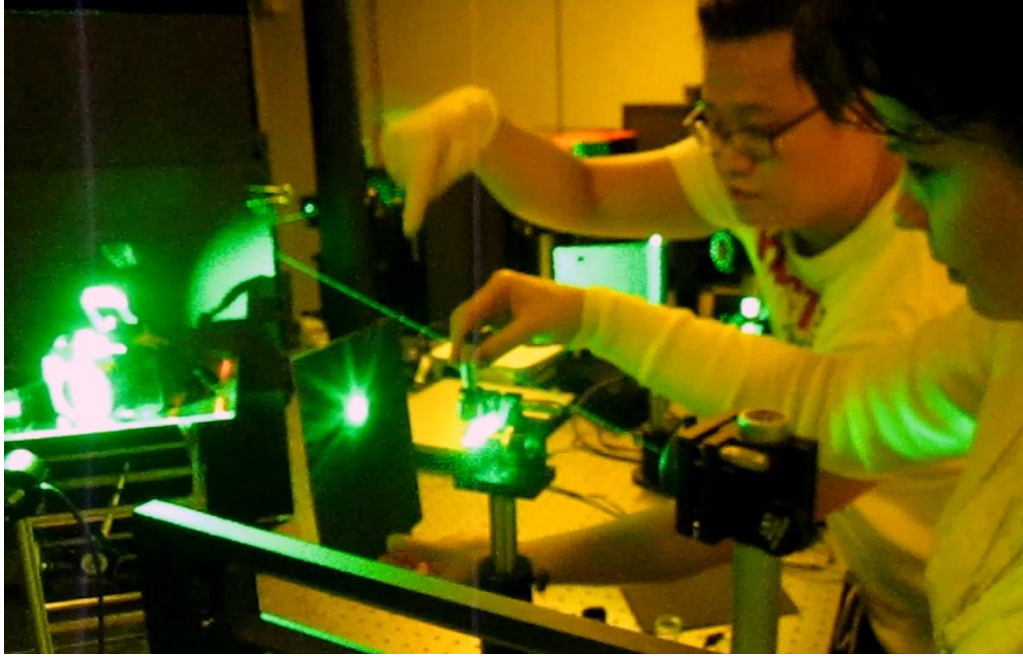


**113. Pozlama hazırlığı - Nesne ışınları**

Bu hologram yapımında, holografik nesneye doğru sağ ve sol taraftan yönlendirilen iki nesne ışını ve yukarıdan gelen bir kaynak ışını kullanılmıştır. (fotoğraf: Vildan Işık)



**114. Pozlama hazırlığı – Kaynak ışını** (fotoğraf: Vildan Işık)

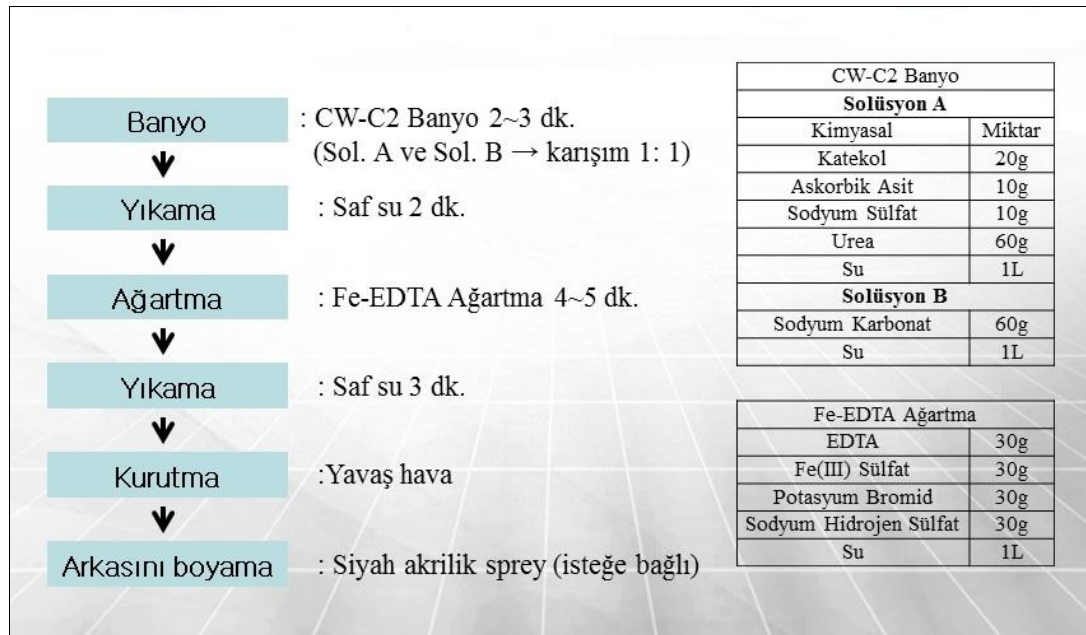


**115.** Pozlama hazırlığı – Sağ nesne ışınının mercek ve iğne deliği kullanılarak ayarlanması, Vildan Işık ve Ji Yun Lim

Kaynak ve nesne ışını oranlarının ayarlanması ve yaklaşık 10 dakika süren pozlama işleminin ardından holografik film banyo edilerek görüntünün sabitlemesi sağlanmaktadır. Bu, kimyasal bir işlemdir. Kimyasal solüsyonların hazırlanmasının sonra banyo edilen hologramlara ağartma uygulanmaktadır. Ağartma, görüntünün parlaklığını geliştirmek, kırılma etkisini artırmak ve şeffaf hale getirmek için kullanılan kimyasal bir yöntemdir. Günümüzde, banyo işlemi gerekmeyen hologramların yapılması da mümkündür. Örneğin sayısal elektronikte gerçekleşen ilerlemeyle birlikte CCD kameralar ya da SLM'ler, holografik plaka yerine holografide kullanılmaya başlamıştır. Bu bölümde örneklenen geçirgen hologram için uygulanan banyo işlem basamakları ve banyoda kullanılan kimyasallar hem H1 hem de H2 için aynıdır.



116. Banyo aşaması işlem basamaklarını gösteren şema



117. Gümüş halide holografik filmin banyo işlem aşamalarını ve kullanılan kimyasalları gösteren şema





118. Banyo aşamasında kullanılan kimyasallar (fotoğraf: Vildan Işık)



119. Banyo işleminde kullanılan kimyasalların hazırlanması, Vildan Işık ve Ji Yun Lim



**120.** Banyo işleminde kullanılan solüsyonların hazırlanması  
CW-C2 banyosu için Solüsyon A ve Solüsyon B birebir oranında karıştırılmaktadır, Vildan Işık



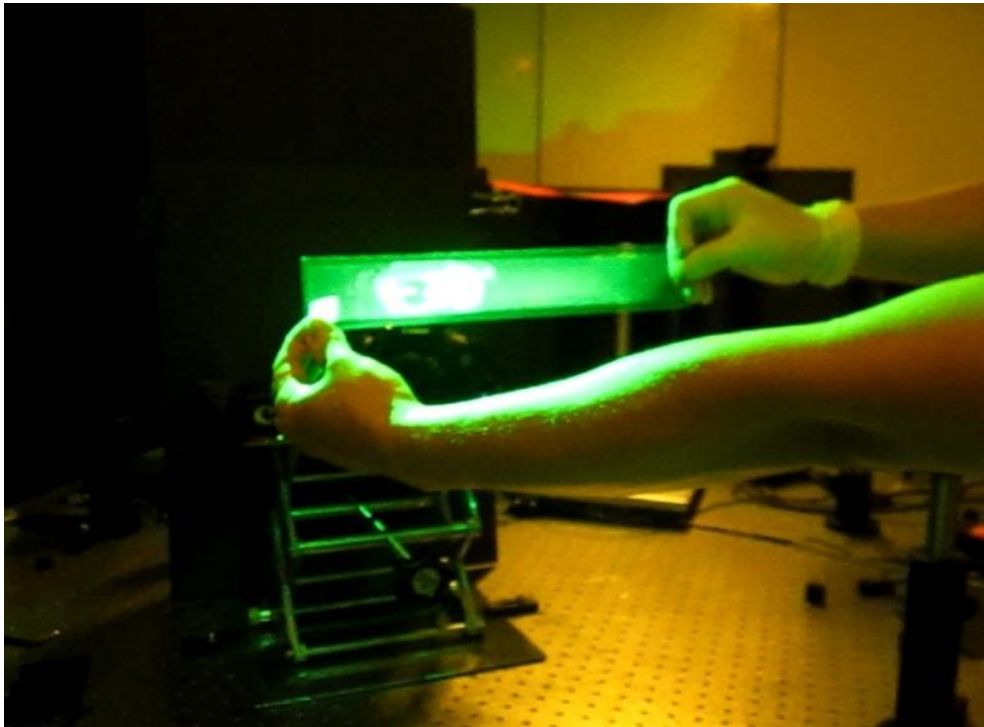
**121.** Ağartma - Durulama  
Geçirgen hologram-H1'e uygulanan ağartmanın ardından su ile yapılan durulama işlemi  
(fotoğraf: Vildan Işık)





### 122. Ağartma - Kurutma

Geçirgen hologram-H1'e durulama işleminin ardından ılık hava ile yapılan kurutma (fotoğraf: Vildan Işık)



### 123. Geçirgen hologram-H1'in sonuç görüntüsünün lazerle görüntülenmesi

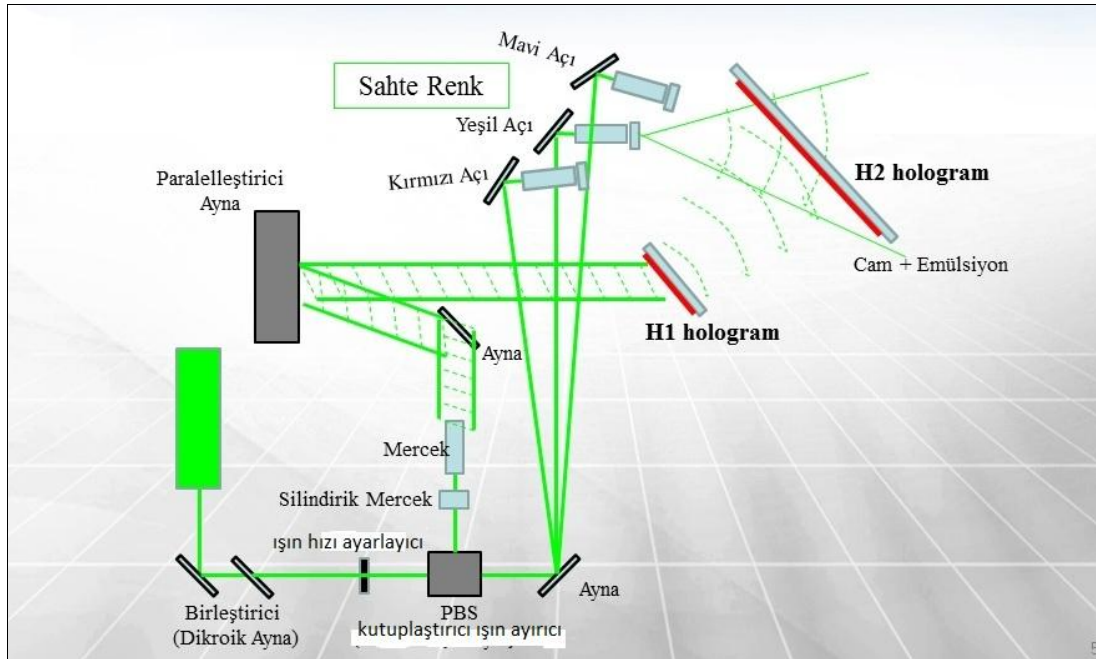
Banyo aşamasından sonra laboratuvarında görüntü kalitesi incelenen bu H1, sadece lazer ışığı ile görülebilen bir *ana hologram*dır. (fotoğraf: Vildan Işık)

### 1.7.2. Geçirgen Hologram-H2 (Gökkuşığı Hologram)

Bu hologramın kaydında kullanılan holografik nesne, daha önce yapılan geçirgen hologram-H1'dir. Yani bir hologramın hologram kaydıdır. Aşağıda, kayda ilişkin işlem basamakları ve kayıt şeması yer almaktadır.



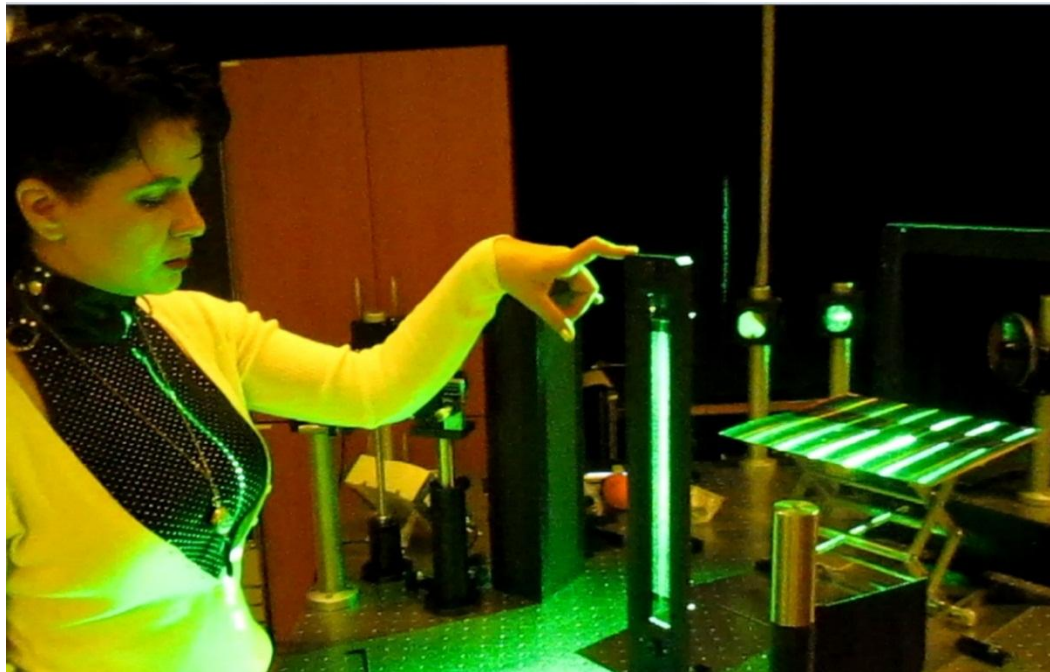
124. Geçirgen hologram-H2'nin işlem basamakları



125. Geçirgen hologram-H2 kayıt şeması

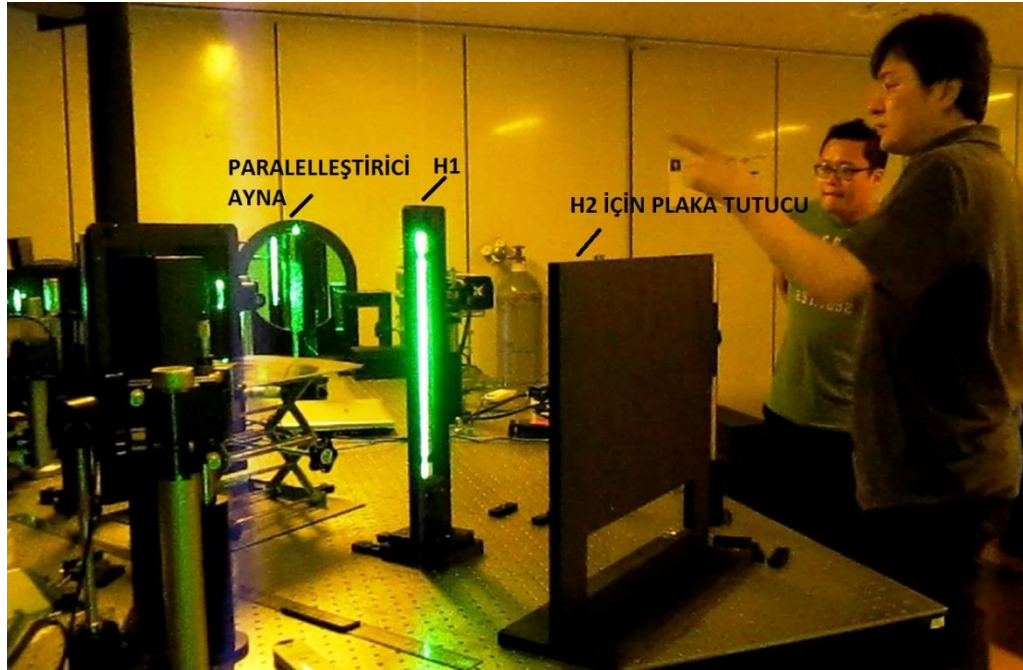


**126.** Daha önce yapılan geçirgen hologram-H1'lerin, H2 kaydı için hazırlanması, Vildan Işık ve Kyung Lee. Banyosu yapılmış H1 filmler, H2 kaydı için cam üzerine bantlanarak hazırlanmaktadır.

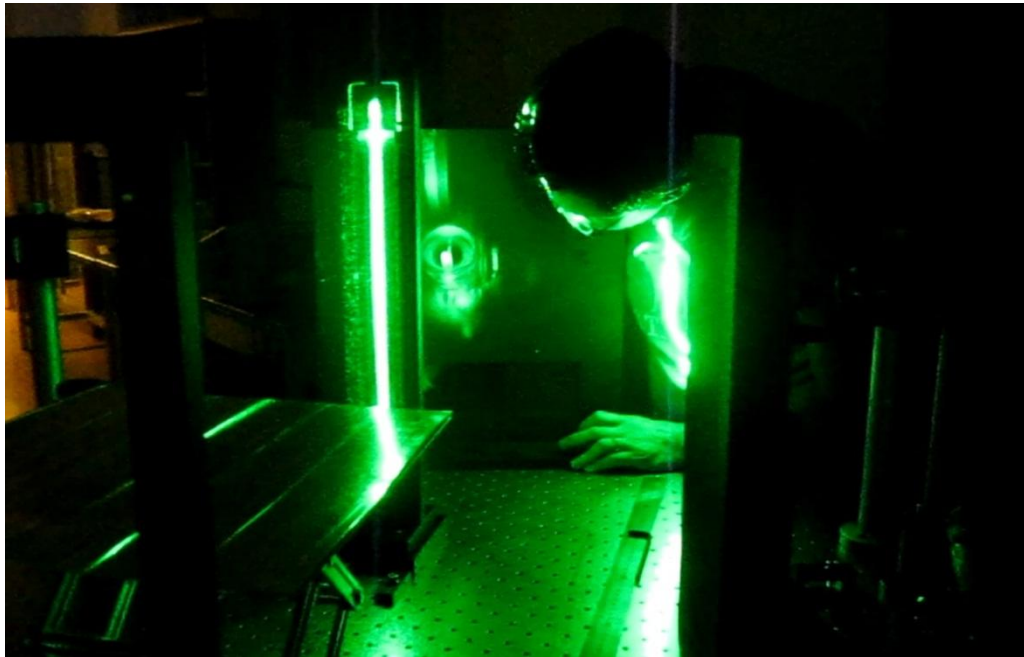


**127.** Geçirgen hologram-H1'in yeniden yapımı ve geçirgen hologram-H2 kaydı için hazırlık, Vildan Işık. Daha önce holografik nesnenin karşısına yatay konumda yerleştirilerek kaydı alınan H1, H2'nin kayıt masasına dikey olarak yerleştirilmektedir. H2 kaydı için kullanılan bu H1'in boyu 36 cm'dir ve paralelleştirici aynanın çapı ile aynı boydadır.





128. Geçirgen hologram-H2 kaydı için yerleşimi yapılan kayıt masası, Kwang Ho Ok ve Ji Yun Lim (fotoğraf: Vildan Işık)



129. Geçirgen hologram-H1'in görüntüsünün H2 kaydı için kontrol edilmesi. (Fotoğraf: Vildan Işık)

Geçirgen hologram-H2'nin banyo aşaması, ağartma işlemi ve kullanılan kimyasallar, geçirgen hologram-H1 ile tamamen aynıdır.

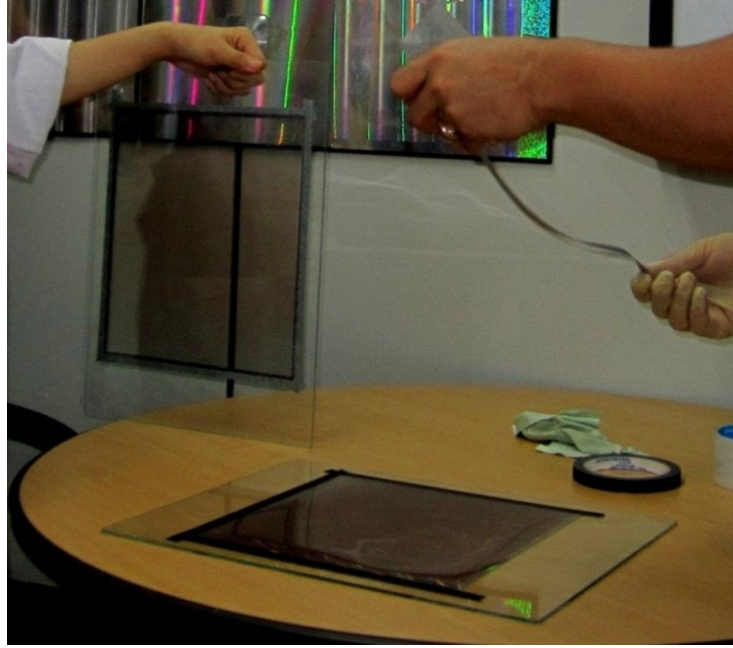


**130.** Geçirgen-H2 hologramın ağartılma işlemi, Ji Yun Lim ve Vildan Işık Hem H1 hem de H2 Hologram banyo edildikten sonra Fe-EDTA ile ağartma işlemi uygulanmaktadır. Ağartma, görüntünün parlaklığını geliştirmek, kırılma etkisini artırmak ve şeffaf hale getirmek için kullanılan kimyasal bir yöntemdir.

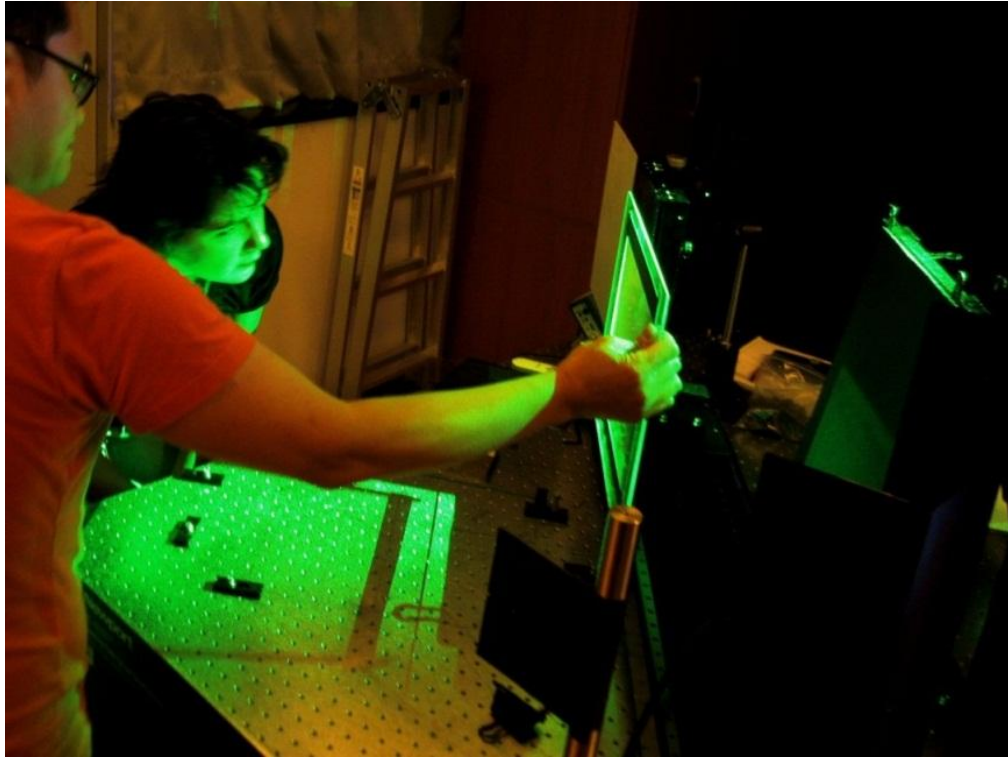


**131.** Geçirgen-H2 hologramın ağartma işleminin ardından su ile yapılan durulama (fotoğraf: Vildan Işık)



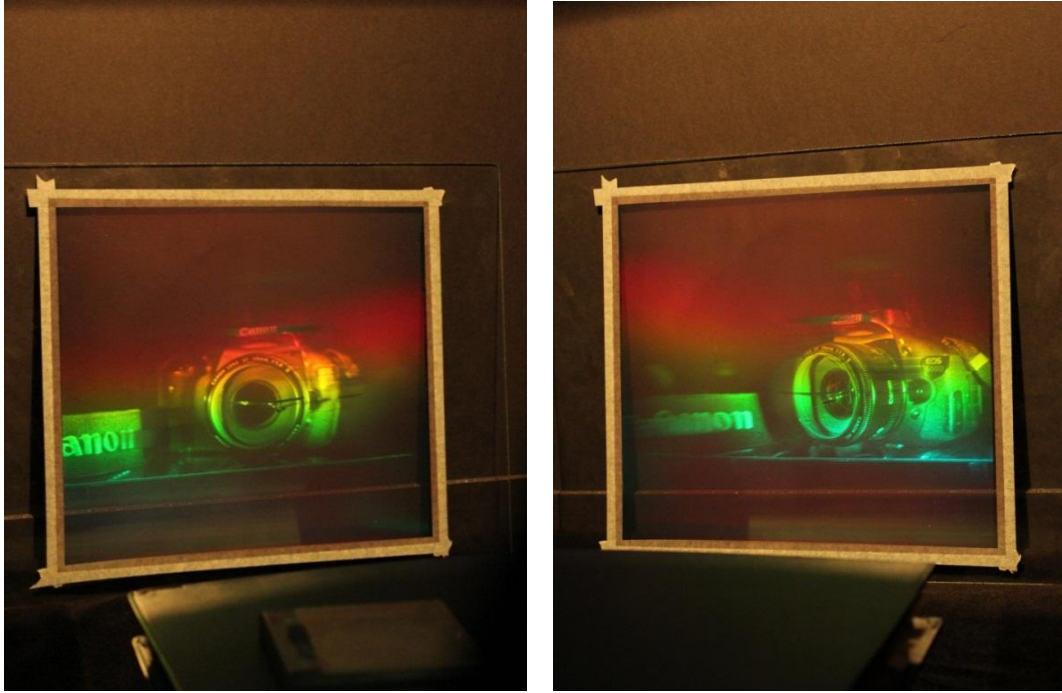


**132.** Geçirgen-H1'den elde edilen banyo aşamaları tamamlanmış geçirgen-H2 hologramların rahatça görüntülenebilmesi amacıyla film, bir cam üzerine bantlanmaktadır (fotoğraf: Vildan Işık)



**133.** Geçirgen hologram-H2'nin sonuç görüntüsünün laboratuvarında incelenmesi, Ji Yun lim ve Vildan Işık. Bu hologram bir gökkuşağı hologramdır ve güneşğinde, led ya da halojen v.b. lambalarla da görüntülenebilmektedir.





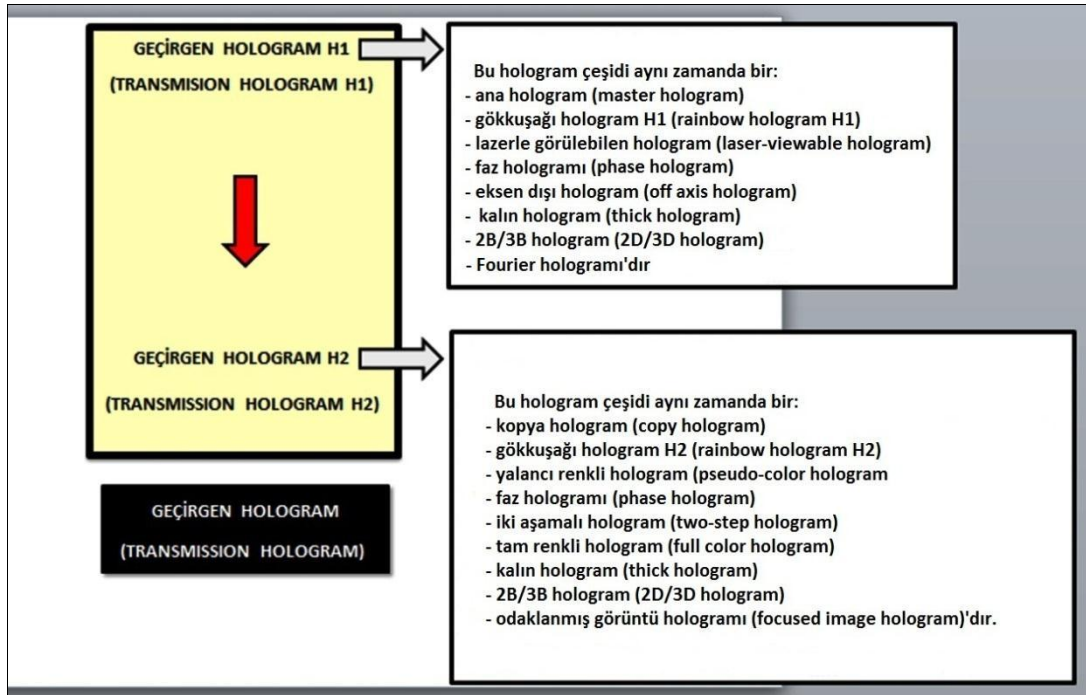
**134. (a b)** Geçirgen hologram-H2'nin sonuç görüntüsü (merkez ve sağ görüntü)  
Vildan Işık, *Canon Fotoğraf Makinesi*, 2012, gümüş halide holografik film, 28,5 x 22,5 cm

Bu hologram, nesnenin gerçek renginin değil yalancı renklerin görülebildiği ve yatay paralaks etkisine sahip bir *gökkuşağı hologram*dır. Görüntüsünde ortaya çıkan gökkuşağı renklerin, kaydedilen nesnenin gerçek renkleri olmaması sebebiyle bu hologram aynı zamanda bir *yalancı renkli hologram*dır. Günışığında rahatlıkla görülebilen gökkuşağı hologramların, duvara asılarak uygun açıyla bir led ya da halojen lambayla aydınlatılarak sergilenmesi de mümkündür.



**135.** Hologramları görüntülemeye kullanılan led ve halojen ışıklar (fotoğraf: Vildan Işık)

Bir hologram çeşidi, birden fazla hologram çeşidi ile de ifade edilebilmektedir. Bu bölümde örneklenen geçirgen hologram çeşidi, aynı zamanda bir analog ve fazla hologram çeşidi olmasının yanı sıra aşağıda tabloda yer alan pek çok hologram çeşidinin tanımlamasını da içinde barındırmaktadır.



136. Örneklenen geçirgen hologram-H1 ve H2'nin dahil olabileceği diğer hologram çeşitlerini gösteren şema

## 1.8. HOLOGRAMIN KULLANIM ALANLARI

Önceleri yalnızca laboratuvarlarda kullanılan bir teknik olan hologram, giderek daha fazla alanda kullanılmaya başlamıştır. Askeri, mühendislik, mimari, tıp, sanat, güvenlik sistemleri, iletişim, bilişim ve kültür endüstrisi v.b. gibi alanlarında gün geçtikçe artan oranda ve çeşitte kullanılmaktadır.

Bu bölümde hologramların kullanım alanları anlatılmaktadır. Hologramların aşağıda yer alan özellikleri, hologramların ne kadar fazla alanda kullanılabilir olduğunu ve neden tercih edildiğini de anlaşılır kılmaktadır.

### 1.8.1. Hologramın Özellikleri ve Kullanım Alanları

1. Hologramlar büyük hacimli cisimlerin kontrol edilmesinde kullanılmaktadır. Hologramın kullanım alanları daha çok teknik konulardadır. Özellikle büyük hacimli cisimlerin kontrol edilmesinde hologramın mükemmel olduğu şu sözlerle anlatılmaktadır:<sup>188</sup>

Opto-elektronik kristaller kullanılarak üretilen hologram plakalarında, cismin kendisi ile başka bir anda çekilmiş görüntüsünü (ya da iki ayrı andaki görüntüsünü) üst üste getirmek mümkün olmaktadır. Böylelikle, metalürjide, uçak parçalarının, oto lastiklerinin kontrolünde ve benzeri birçok yerde işe yaramaktadır. Örneğin sürtünme sonucu aşınmanın belirlenmesi de yine aynı biçimde, hologramdaki görüntülerin çakışıp, çakışmaması ile belirlenir. Görüntünün farklılaşması sonucunda, o yerde açıklı koyulu eğri şeritler belirir. İşte orası aşınmanın başladığı yerdir. Böyle büyük hacimli cisimleri, başka hiçbir teknikte, bu kadar mükemmel olarak kontrol etmek mümkün değildir.

2. Hologram, küçük ayırt etme limitleri ile büyük bir alan derinliğini aynı anda gerçekleştirmektedir. Hologramlar, bu özellikleri sebebiyle çok küçük ve çok hızlı parçaların bulunduğu deneylerde de kullanılmaktadır. Örneğin otomobil motorlarında yanma odasına püskürtülen yakıt taneciklerinin dağılışı, parfümlerde eriyik içindeki parçaların homojen olmaları v.b. gibi alanlarda da hologram kullanılmaktadır.<sup>189</sup>

3. Hologramlar, incelenen olayı ve nesneyi etkileyip değiştirmemektedir. Araştırmalarda hologramın tercih edilmesinin önemli sebeplerinden biri de incelenen

<sup>188</sup> Aydın Arıtan (b), "Hologram Nedir? Nasıl İşler?", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Mart 1990, S. 268, s. 25.

<sup>189</sup> Aydın Arıtan (b), a.g.m., s. 26.

olayı, inceleme sırasında etkileyip değiştirmemesidir. Konuya ilişkin şu örnek verilmektedir:<sup>190</sup>

(...) bir alevin sıcaklığını, basıncını ya da hızını ölçmek için bir ölçüm aleti aleve sokulursa, alevle alet karşılıklı olarak birbirlerini etkiler ve sıcaklık, basınç ya da hız değişir. Yani doğru bir ölçüm yapmak mümkün olmaz. Hologram kullanılması halinde, ölçüm için ışık dalgaları kullanılır. Bu da ortamı etkilemez ve ölçümü bozamaz.

4. Hologramlar, çok önemli bir bilgi depolama malzemesidir. Hologram kullanım alanları üçboyutlu görüntülerin etkileyici güzelliğinin çok ötesine ulaşmıştır. Holografi ile oldukça kapsamlı bilgi depolama sistemleri oluşturma olanağı bulunmaktadır. Lomonov, bilgisayar teknolojisinde yüksek kapasiteli hafıza üniteleri geliştirmek isteyen bilim insanlarının holografide karar kıldıklarını söylemektedir. “Lazer ışınlarının dalgaboyları mm’nin onbinde biri kadardır” ve “lazer ışınları kendi dalgaboyları kadar bir alana bilgi depolayabilirler” diyen Lomonov, bir kitabın bir sayfasının nokta şekline getirilerek saklanabileceğini söylemekte ve kaydedilen bilginin silinip yerine yeni bilgi konması üzerine yapılan araştırmalardan da bahsetmektedir. 1970’li yılların sonlarına doğru, kaydın tamamının silinmesinin çok pahalı bir yöntem olduğunu söyleyen yazar Sovyet araştırmacıların metodunu şöyle anlatmaktadır:<sup>191</sup>

Sovyet bilginlerinin buldukları yeni bir metod sayesinde hologramın bütünü değil de silinmek istenen kısmını silmek mümkün olmaktadır, bu şekilde örneğin hologram’a alınan bir yazıda bir yanlışlık olduğu anlaşılırsa hologram’da yalnız o yanlışın olduğu yeri silmek mümkün olmaktadır. (...) Silgi rolünü daha kısa dalgalı bir lazer ışını oynar. Böyle bir lazer ışını kırılma indeksini normale getirir. Kırmızı lazer ışınları ile yazdırılan bilgi mavi lazer ışınları ile silinebilir. Meydana gelen boş alana yeniden kırmızı lazer ışınları ile bilgi yazdırılır. Laboratuvar’da bu metod her kristal üzerinde beş kereye kadar tekrarlanmış ve kristalin bilgi depolama gücünde hiçbir değişme görülmemiştir.

Günümüzde araştırmacılar, çok hızlı paralel giriş ve çıkış yapabilen yüksek kapasiteli küçük kübik kristallerle “holografik hafıza” yapmaya, micro ve nano parçacıkları holografik yöntemlerle hareket ettirmek ve yönlendirmek için çalışmaktadır. Ayrıca filmler, elektro-optik kayıt ortamları, fotorefraktif kristaller ve fotopolimerler gibi yeni holografik kayıt ortamlarının geliştirilmesine de devam edilmektedir.<sup>192</sup>

<sup>190</sup> Aydın Arıtan (b), a.g.m., s. 25.

<sup>191</sup> Herman Lomonov, “Hologram Konuşan Fıçı ve Lazer Roketleri”, Spoutnik’ten Çev. Selçuk Aslan, **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Ekim 1977, S. 119, s. 44.

<sup>192</sup> Necati Ecevit, a.g.m.

Geliştirilen kuantum holografisi ile elektronlarla ve atomaltı parçacıklarla çok büyük veri depolaması yapılabilmektedir.<sup>193</sup> Veri depolama özelliği üzerine halen çalışmalar devam etmektedir. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fizik Bölümü'nde de yüksek verimli sıvı kristal tabanlı holografik kayıt malzemeleri ile çalışılmakta ve uluslararası araştırmalarla başa baş deneysel çalışmalar sürdürülerek orijinal kayıt malzemeleri ve teknikleri geliştirilmektedir.<sup>194</sup>

5. Hologramların taklit edilme olasılığı neredeyse yoktur. Bu özelliğinden ötürü güvenlik sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir hologramın ayınsının üretilmesi hemen hemen olanaksız olmasından dolayı birçok resmi ve ticari güvenlik sisteminin en önemli parçalarından biri haline gelmiştir. Günümüzde hologramlar, belgelerde, kimlik kartlarında, kağıt paralarda, pasaportlarda ya da markalı ürünlerin etiketlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.<sup>195</sup>

6. Hologramlar etkileyici, gerçekçi üç boyutlu görüntü vermektedir. Bu özelliği sebebiyle tıpta, sanatta, kültür endüstrisinde, ticari sergilemelerde ve eğlence sektöründe kullanılmaktadır.



**137. Ticari amaçlı holografik teşhir**  
Ticari amaçlı bu teşhirde bilgisayarda oluşturulan görüntüler, müşterilerin göz hizası yüksekliğindeki yansıtıcı aracılığıyla üç boyutlu olarak oluşturulmaktadır.

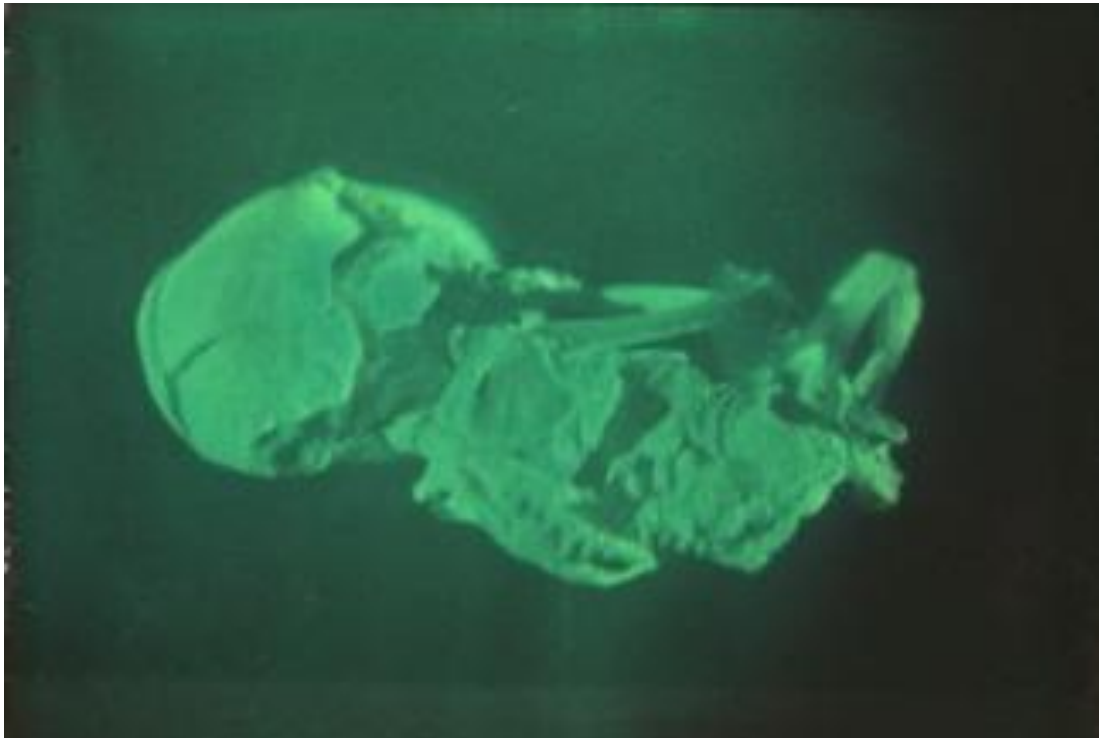
<sup>193</sup> Hari Manoharan, a.g.m.

<sup>194</sup> Eren Sarı, "Holografik Hafıza Aygıtları", **Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü E-Bülten**, Yıl 1, S. 21, Haziran 2006, (Erişim) <http://www.gyte.edu.tr/ebulten/sayi21/teknoloji.htm>, 03 Mayıs 2012.

<sup>195</sup> Elif Yılmaz, "Görüntüler Renk Renk, Çeşit Çeşit Hologramlar", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Ekim 2002, S. 419, s. 79-83.

Hologramların net ve gerçekçi görüntüsünden faydalanılan *tıbbi hologramlar* 1990'lı yıllardan beri vücudun iç organlarını görüntülemeye kullanılmaktadır.<sup>196</sup> Yüksek çözünürlüklü tıbbi holografi tanı ve cerrahi planlama için iç vücut yapılarının üç boyutlu görüntülenmesini sağlamakta ve böylece holografi hastalık ve yaralanmalarda tedaviye yardımcı bir araç olmaktadır. Tedavi ve tanının yanı sıra tıbbi araştırmalarda ciddi bir öneme sahip, mükemmel bir görselleştirme yöntemi olan holografi, vücut sıvısı veya viskoz doku gibi gömülü nesnelerin net bir şekilde görüntülenebilmesini de sağlamaktadır. Tıpta bu tekniğin tercih edilmesinin en önemli sebebi; holografinin bu son derece net görüntü sağlayabilme özelliğidir. Tıpta holografinin kullanıldığı yaygın tekniklerden bazıları şunlardır:<sup>197</sup>

- Holo Tomography (HT),
- Bilgisayarlı Tomografi (CT),
- Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI),
- Pozitron Emisyon Tomografi (PET) ve Endoskopik Holografi.



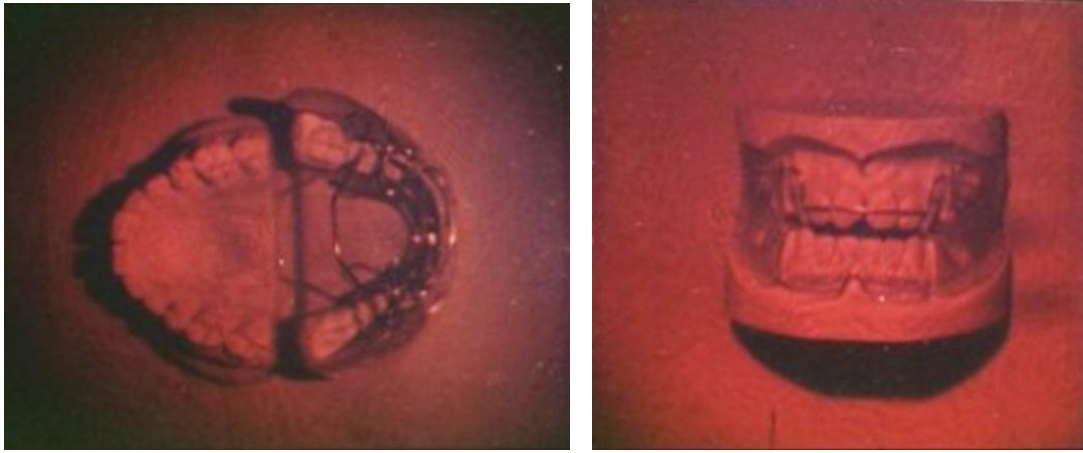
**138.** Tıbbi hologram örneği

Yapımcı: Bert Myers Holografi Araştırma Laboratuvarı, *İnsan Fetusu - Spina Bifida*, yapım yılı bilinmiyor, yansıma hologram, 12,7 x 10,16 cm, MIT Müzesi Hologram Koleksiyonu

<sup>196</sup> Selçuk Alsan, "Tıpta Organ Hologramları", New Scientist'tan 08 Ağustos 1992, **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Ağustos 1993, S. 309, s. 635-636.

<sup>197</sup> David Freeman, "Holographic MRI and CT Scans of the Human Body", **Styiles Inc. the Prototype Design Group**, 01 Nisan 2012, (Erişim) <http://eyedave4.wordpress.com/2010/04/01/holographic-mri-and-ct-scans-of-the-human-body/>, 01 Mayıs 2012.





**139. (a b)** Tıbbi hologram örneği

Sam T. Higgins, *Diş Kalıpları*, 1983, yansıma hologram, 16,51 x 12,7 cm, MIT Müzesi Hologram Koleksiyonu



**140.** Tıbbi hologram örneği

*Beyin ve Kafatası*, 1991, yansıma hologram, fotopolimer film, 26,67 x 15,5 cm, MIT Müzesi Hologram Koleksiyonu

### 1.8.2. Müzecilikte Holografinin Kullanımı

Holografi, müzelerde çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Bu amaçları genel olarak şu başlıklar altında toplamak mümkündür:

- Değerli parçaların arşivlenmesinde,
- Eski eserlerdeki eskime ve çürümenin tespit edilmesinde ve onarılmasında,
- Özellikle taşınması güç olan eserlerin holografik görüntülerinin alınarak, dünyanın herhangi bir yerindeki müzesine bu görüntülerin verilmesi/satılması yolu ile sanki orada varmış gibi görüntülenmesinde,
- Sanatçılar tarafından üretilen holografik sanat yapıtlarının sergilenmesinde.

1974'te yayımlanan Bruce Most'un *Dünyanın Ünlü Sanat Eserlerini Korumanın Yolu* isimli makalesinde yazar, 1960'larda gizli bir askeri silah olarak kullanılan lazer ışınlarının artık sanat eserlerinin korunması, yenilenmesi ve yeniden yaratılmasındaki kullanım olanaklarının araştırılmakta olduğundan bahsetmiştir. Yakut lazeri ile elde edilen hologramların, bu eserlerin korunmasındaki en önemli teknolojik koruma yolu olduğundan bahsetmektedir. Sanat eserlerinin kaliteli hologramlarını alabilmenin ne derece imkan dahilinde olduğunu anlamak için Dr. Wuerker ve J.F. Asmus'un Venedik'e gittiklerini ve bu çalışmada için neden Venedik'i seçtiklerini şöyle anlatmıştır:<sup>198</sup>

Venedik'i tercih nedeni orasının kıymet biçilmez geniş sanat koleksiyonuna sahip bir şehir oluşu ve kirliliğinin bu sanat eserlerini korkunç derecede tehdit etmesiydi. Bir uzmana göre gerek su baskını gerek hava kirliliği nedenleriyle Venedik sanat eserlerinin yüzde 35'i ağır hasara uğramıştı.

İtalyan heykeltıraş Donatello tarafından yapılmış olan Vaftizci Yahya'nın bu büstünün içinde kırık ve çatlakların bulunduğu da bu holografi deneyleri sayesinde anlaşılmıştır. San Gregorio Kilisesi'nde yapılan bu hologram deneyleri, eserlerin korunmasının yanı sıra başka yan faydalarını da ortaya çıkarmıştır. Bu faydalar özetle şöyledir:

- Heykellerin iç yüzeylerinde gözle görülmeyen çatlak ve lekelerinin ortaya çıkarılması,
- Eserlerdeki aşınma hızının ölçümü,

<sup>198</sup> Bruce Most, "Dünyanın Ünlü Sanat Eserlerini Korumanın Yolu", *Science Digest*'tan Çev. Ruhsar Kansu, **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, Tübitak Yayınları, Ağustos 1974, S. 81, s. 3.

- Aşınmayı önlemek için örneğin hangi reçineli maddenin daha yararlı olduğunun tespiti ve
- Esere zarar vermeden, lazer ışınları ile temizlenebilmesi.

1970'li yıllarda yakut, helyum veya neon gazı lazerleri ile alınan hologram görüntüleri siyah-beyazdır. Dalga boyları farklı iki lazer ışını ile yapılan renkli hologramları o dönemlerde alınabilse de maliyeti çok yüksektir. Ancak bu dönem, lazerin yüksek fiyatına rağmen müzelerin ve diğer kültür endüstrisinin renkli hologramlara artık ilgi göstermeye hatta sanat merkezlerinin holografi kursları düzenlemeye başladığı bir dönemdir. Most, Los Angeles Şehir Müzesi'nin Doğu Galerisi Bölümü'nde "hologram, filmler, slaytlar ve modellerle birlikte ziyaretçilere müzenin zengin hazinesinin bir minyatürü olarak sunulmaktadır" demektedir ve hologramların müzelerde gelecekteki kullanımına yönelik olarak şöyle bir öngöründe bulunmaktadır:<sup>199</sup>

Bazı müzeler zamanla belki de hologramları kendi sanat eserleri arasına katacaklar ve böylece ziyaretçileri ancak yeryüzünün çeşitli yerlerindeki müzeleri ziyaretle görebilmeleri mümkün eserleri görebilme olanağını sağlayacaklar. Müzelerin hologramları birbirine ödünç vermeleri orijinal eserlerin ödünç verilmesini ve böylece onların yolculuk esnasında uğramaları muhtemel tehlikeleri önleyecektir. Böylece, bundan birkaç yıl sonra eğer bulunduğunuz yerdeki küçük bir müzede dünyanın en ünlü bir sanat eserini görürseniz önce onu bir kontrol edin. Karşınızda duran Micheangelo'nun 'David'i belki de sadece hayal gücünüzün bir 'hologram'ıdır.

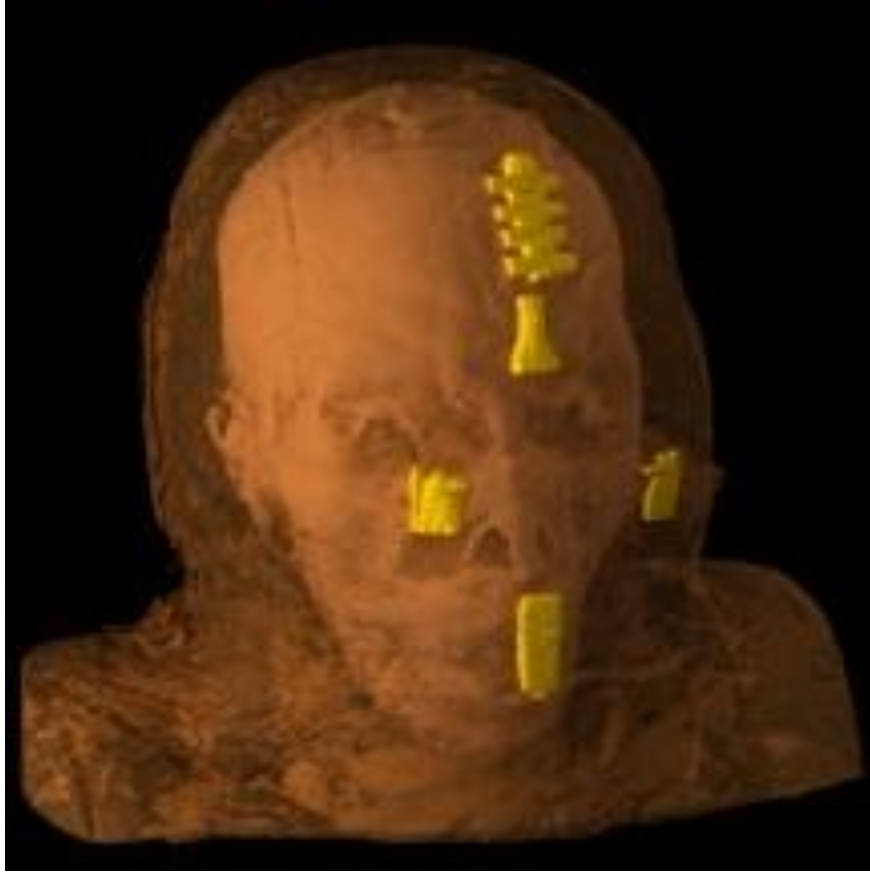
Günümüzde hologramlar, yüzeyleri çok hassas tuval ve duvar resimlerinde yapısal inceleme amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle sayısal holografik interferometri çeşitleri sayesinde esere hiç zarar verilmeden yüzeye ve yüzey altına ilişkin araştırmaların yapılabilmesi mümkün olmaktadır.<sup>200</sup> Bu türden bir çalışmaya günümüzden bir örnek, Edinburg Üniversitesi Klinik Araştırma ve Görüntüleme Merkezi tarafından yapılan 2000 yıl öncesine (yaklaşık MÖ. 10'lar) ait bir mumyanın hologramıdır.<sup>201</sup> 19. yy'da arkeolog Alexander Rhind tarafından Mısır'dan İngiltere'ye götürülen ve yaklaşık 155 yıldır Scotland Ulusal Müzesi'nde bulunan bu mumyanın içinin açılması mümkün olmadığı için hologram görüntüsü alınarak içinin de

<sup>199</sup> Bruce Most, a.g.m., s. 4-5.

<sup>200</sup> Vivi Tornari, "Laser Interference-based Techniques and Applications in Structural Inspection of Works of Art", *Anal Bioanal Chem*, 04 Ocak 2007, S. 387, s. 761-780.

<sup>201</sup> *Photonics Online*, "Finer Detail Of 2000 Year Old Mummy Revealed By 3D Holography Imaging", 09 Mayıs 2012, (Erişim) <http://www.photonicsonline.com/>, 10 Mayıs 2012.

görüntülenebilmesi sağlanmıştır. Böylece mumyaya ait bilgiler (cinsiyeti, yaşı, boyu v.b.) elde edilmiştir.<sup>202</sup>



**141. Rhind Mumyası'nın hologramı**

Temmuz 2012 tarihinde Massachusetts Teknoloji Enstitüsü tarafından düzenlenen 9. Uluslararası Holografî Gösterim Sempozyumu'na kabul edilen Rhind Mumyası, sempozyum tarihinden Eylül 2013'e kadar A.B.D.'de MIT Müzesi'nde sergilenecektir.

<sup>202</sup> **3D Focus**, "3D Holographic Company Brings Ancient Egypt Back to Life" 13 Mayıs 2012, (Erişim) <http://www.3dfocus.co.uk/>, 14 Mayıs 2012.

## 1.9. TÜRKİYE'DE HOLOGRAFİ ARAŞTIRMA ve UYGULAMALARI

Türkiye'de üniversitelerde, Türk Silahlı Kuvvetleri'nde ve özel sektörde holografi üzerine özellikle 1990'lı yıllardan itibaren artan şekilde araştırma ve çalışmalar yapılmaktadır. Bunlar ağırlıklı olarak bilimsel, askeri ve ticari amaçlıdır.

### 1.9.1. Bilkent Üniversitesi Holografik Üç Boyutlu Televizyon Projesi

Türkiye'de holografik üç boyutlu televizyonun geliştirilmesi için 2006 yılında başlayan çalışmalar Bilkent Üniversitesi'nden Prof. Dr. Levent Onural koordinatörlüğünde yürütülmektedir.<sup>203</sup> Gözlükle ya da gözlüksüz seyredilebilen stereoskopik görüntü esasına dayalı üç boyutlu televizyonlar günümüzde mevcuttur.<sup>204</sup> Ancak üç boyutlu holografik televizyon henüz dünyada yoktur. Birçok ülke bu konuda yoğun çalışmalar yapmaktadır. Türkiye'de bu konu üzerine çalışan Onural, "üç boyutlu televizyonların şu anda satılmakta olduğunu ancak holografik teknolojiye dayalı televizyonların piyasaya sürülmesinin yıllar alabileceğini" vurgulamıştır. Ekibi ile gerçekleştirdikleri holografik görüntüler için kullanılan kameraların Almanya'daki ortaklar tarafından geliştirildiğini söyleyen Onural, çalışmalarına ilişkin şu bilgileri vermiştir:<sup>205</sup>

Araştırmamızda aldığımız sonuçlar, tıbbi amaçlı olarak bakteri ve canlı hücrelerin mikroskopik görüntülerinin çekilmesi ve gösterilmesinde de kullanılacak. Bu yolda da önemli başarılar elde ettik. Biz daha önceki projedeki bilgi birikimimizi kullanarak, hayalet gibi görüntülerin havaya yazılmasını başardık. Elde ettiğimiz sonuçları dünyanın pek çok bölgesindeki konferanslarda duyurduk. Ancak bu hayalet gibi görüntü veren holografik televizyon için alacak çok yolumuz var.

Optiğin önemli iki konusu olan kırınım ve holografi konularını çözmek üzere geliştirilmiş "sinyal işleme yöntemleri" alanındaki çalışmalarını nedeniyle Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Enstitüsü (IEEE) üstün başarılı bilim insanlarına verdiği Fellow ünvanı ile ödüllendirilen Prof. Dr. Levent Onural, holografik üç boyutlu televizyonun hayatımızı nasıl etkileyeceğine ilişkin ise şunları söylemektedir.<sup>206</sup>

<sup>203</sup> **Vs Dergi**, Vestel Dayanıklı Tüketim Malları A.Ş., "Yıldız Savaşları Gerçek Oluyor", Levent Onural ile Söyleşi, 2006, (Erişim) <http://www.vsdergi.com/200604/04/02.asp>, 23 Mayıs 2012.

<sup>204</sup> 06 Ekim 2010'da Türksat, deneme amaçlı bu yayınlara başlamıştır. **Elektrik Mühendisliği Dergisi**, "Holografik Televizyon Projesi Tamamlanıyor", TMMOB Elektrik Mühendisliği Odası Yayınları, 2010, S. 440, Kasım, s. 38.

<sup>205</sup> **Elektrik Mühendisliği Dergisi**, a.g.m., s. 38.

<sup>206</sup> **Vs Dergi**, a.g.m.

Üç boyutlu televizyonun holografik biçimi, şimdiki televizyondan çok farklı seyredilecek. Dolayısıyla seyirciyle etkileşimi de farklı olacak. Televizyon, şu anki duvara yakın konumundan sıyrılıp evin ortasına hareket edecek. Seyirciler de etrafında olacak. Sinema salonları da bir boks ringine dönecek. Ortada kocaman bir ekran ve etrafında insanlar olacak. Hayatımızı değiştireceği kesin.

Onural, “üç boyutlu televizyondan sonra ne olabilir?” sorusunu ise şöyle cevaplamıştır.<sup>207</sup>

Bir fikrin laboratuvarından çıkıp tüketiciyle buluşabilmesi için 10 yıl gerekir. Bugün ileri teknoloji olarak alacağınız bir ürünün altındaki bilimsel çalışmalar aslında 10 yıl önce bitmiştir. (...) Üç boyutlu görüntüleme sistemi, görüntüleme sistemlerinin ulaşabileceği son nokta. Bunun ötesine geçilemez ama değişik varyantları bizi etkilemeye devam eder. Örneğin tamamen sanal ortamlar var. Kişilerin ortamı sanal hale getirebildiği ve içine girebildiği yöntemler var. Amaç odanın görüntüsünü sanal ortam olarak yaratmak. Bu teknolojilerde ilerleme olabilir ve açıkçası bu insanı biraz korkutuyor. Nasıl bir ortamdayız? Gerçek mi, değil mi? Bu soruları sormanın, hem biyolojik hem sosyolojik olarak korkutucu yanları olabilir. Dokunma hissi, koklama hissi üzerinde çalışan insanlar da var. Bu çalışmalar da tamamlandığında, sanal gerçeklik, tehlikeli bir hayat biçimi yaratılmasına neden olabilir.

### 1.9.2. MTM Holografi Güvenlikli Basım ve Bilişim Teknolojileri Sanayii ve Ticaret Anonim Şirketi

Gebze – Kocaeli’nde kurulan MTM, TÜBİTAK MAM<sup>208</sup> tesislerinde kurulduğu 1997 senesinde dünyada sadece iki firmanın sahip olduğu lazer ile holografik kalıp üretme teknolojisini tamamen Türk mühendislerinin çabaları ile geliştiren bir Ar-Ge firmasıdır.<sup>209</sup> MTM, Türkiye’nin ilk IHMA (Uluslararası Hologram Üreticileri Birliği) üyesidir. IHMA, tüm dünyadaki hologram üreticilerini bir çatı altında toplamakta ve faaliyetlerini koordine etmekte ayrıca hazırlanan özel tasarım ürünlerin diğer hologram üreticilerinde üretilmemesi için Dünya Ticaret Örgütü – Uluslararası Sahtecilik ve Taklit Bürosu ile koordineli olarak kayıt ve takip sistemi uygulamaktadır. MTM, bugün Avrupa, CIS ülkeleri<sup>210</sup> ve Çin dahil Asya ülkelerinde

<sup>207</sup> **Vs Dergi**, a.g.m.

<sup>208</sup> MAM - Tübitak Marmara Araştırma Merkezi; Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu TÜBİTAK'a bağlı araştırma geliştirme (Ar-Ge) birimlerinden biridir.

<sup>209</sup> **MTM Güvenlik Çözümleri**,

(Erişim) <http://www.mtmsecurity.com/?sayfa=icerik&tur=kurumsal&kategori=hakkimizda>, 01 Haziran 2012.

<sup>210</sup> CIS: Commonwealth of Independent States (Bağımsız Devletler Topluluğu-BDT). 1991’de kurulmuştur. Üye ülkeler: Azerbaycan, Beyaz Rusya, Ermenistan, Kazakistan, Kırgızistan, Moldova, Özbekistan, Tacikistan, Rusya Federasyonu ve Ukrayna’dır.



kamu ve özel sektörün farklı güvenlik ihtiyaçlarına Ar-Ge odaklı özel çözümler sunmaktadır.<sup>211</sup>



142. MTM Holografî Güvenlikli Basım ve Bilişim Teknolojileri Sanayii ve Tic. A.Ş. Binası, Gebze - Kocaeli

Hologramların uluslararası alanda güvenliği ve taklide karşı takibi Uluslararası Ticaret Odası'na<sup>212</sup> bağlı Sahtecilikle Mücadele Bürosu<sup>213</sup> bünyesindeki Hologram Görüntü Kaydı<sup>214</sup> bölümünce yürütülmektedir. MTM, tüm dünyadaki hologram üreticileri arasında *İntegraf-Yüksek Güvenlik Seviyeli Tesisi* sertifikasına sahip iki firmadan biridir. Ayrıca MTM, ISO<sup>215</sup> 9001-2008 kalite belgesine sahiptir. MTM tarafından geliştirilen *HoloTag*; taklit ve sahtecilikle mücadele için kullanılmakta olan güvenlik hologramlarının üzerine kare kod eklenmesidir. Bu şekilde tasarlanmış olan güvenlik hologramı ürün gerçekliğinin kontrolünün yapılmasına ek olarak gerçek ürünün takip edilmesini mümkün kılmaktadır. Ürün takibi sektörde çeşitli cihazlar ve yazılımlarla yapılmaktadır. HoloTag sistemi ürünlerin birim, kutu, koli, palet bazında üretimden satışa kadar tüm süreçlerin kontrol ve takibinin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.<sup>216</sup>

<sup>211</sup> **MTM Güvenlik Çözümleri**

<sup>212</sup> ICC: International Criminal Court

<sup>213</sup> CIB: Counterfeiting Intelligence Bureau

<sup>214</sup> HIR: Hologram Image Register

<sup>215</sup> ISO: International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Örgütü)

<sup>216</sup> **MTM Güvenlik Çözümleri**

### 1.9.3. Türk Silahlı Kuvvetleri Harita Genel Komutanlığı'ndan Dünyanın İlk Holografik Haritası

“Holografi tekniğinin harita üretiminde uygulanabilirliği çok yeni bir araştırma konusudur” diyen H. Polat Dalkıran, bu konu üzerine Türkiye’de de araştırmalara başlandığını söylemiştir. Dalkıran, 18-22 Nisan 2011 tarihinde Ankara’da düzenlenen TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı’nda sunduğu makalesinde; “Harita Genel Komutanlığı’nda 2008 yılından beri yürütülen araştırma ve geliştirme faaliyetleri çerçevesinde bu konuda çeşitli olumlu sonuçlara ulaşıldığı” bilgisini vermektedir.<sup>217</sup> Dalkıran’ın bahsettiği önemli sonuçlardan biri; 2010 yılında “dünyanın ilk holografik haritası” olarak tanıtılan çalışmadır. Bu çalışma; EFES-2010 Tatbikatı’nda Türk Silahlı Kuvvetleri tarafından, dünyanın ilk holografik haritası olarak basına tanıtılan çalışmadır. Harita Genel Komutanlığı ile MTM A.Ş.’nin işbirliği ile 2008 yılından itibaren çalışmaları yürütülen ve tamamı Türk mühendisleri tarafından geliştirilen holografik harita; haritacılık alanında bir devrim niteliğindedir. Üç boyutlu coğrafi bilgilerin 0.2 mm kalınlığında bir holografik film üzerine lazerle kaydedilmiştir. Sayısal ortamda hazırlanan üç boyutlu harita verileri, MTM A.Ş.’nin ileri yüksek güvenilir teknoloji laboratuvarlarında holografik harita haline getirilmektedir. Basılı kağıt haritalar ve plastik kabartma haritalarının tüm özelliğine sahip olan bu haritaların sunduğu özellikleri; birçok harita aynı anda tek bir hologramda gösterilebilmesi ve farklı ışık kaynakları ile birçok coğrafi bilginin sunumuna olanak sağlamasıdır. Elektronik harpten etkilenmeden tek bir haritada çeşitli gizlilik seviyelerinde üçboyutlu harita bilgisi sunabilme yeteneğine sahip konsept bir ürün olarak değerlendirilen bu haritalar, haritanın planlama safhasında, uçak ve helikopter kabinlerinde, çıkartma hareketinde, ileri gözetleme unsurlarında, arazide haritayı icra eden piyade birliklerinde kullanılmak üzere üretmek mümkün olacaktır. Gelecekte bu haritalara, gece görüşüne uygunluk ve 360° lik görüntü kazandırılması hedeflenmektedir.<sup>218</sup>

<sup>217</sup> H. Polat Dalkıran, “Holografi Tekniğinin Haritacılık Alanına Uygulanması”, HGK Harita Genel Komutanlığı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. **Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı**, 18-22 Nisan 2011, Ankara.

<sup>218</sup> **Zaman Gazetesi**, “Dünyanın İlk Holografik Haritası Tanıtıldı”, 26 Mayıs 2010, (Erişim) <http://www.zaman.com.tr/haber.do?haberno=988380&title=dunyanin-ilk-holografik-haritasi-tanitildi>, 01 Haziran 2012.

#### 1.9.4. Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Fizik Bölümü, Holografi ve Optik Bilgi İşleme Laboratuvarı

Holografi Araştırma Grubu'nda yer alan Prof. Dr. Necati Ecevit ile yapılan görüşmede laboratuvarda ağırlıklı olarak sayısal holografi yapıldığını söylemiştir. Ecevit, SLM'lerin kullanılması yolu ile sayısal hologram kaydı, bilgisayar ile hologram hesaplama gibi çeşitli çalışmaların yürütüldüğü bilgisini vermiştir.<sup>219</sup>



143. Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Fizik Bölümü, Holografi Laboratuvarı

1992 yılında kurulan enstitünün Fizik Bölümü, Holografi ve Optik Bilgi İşleme Laboratuvarı'nda şu uygulama ve araştırmalar yürütülmektedir:<sup>220</sup>

- Cisimlerin üçboyutlu görüntülerinin kaydedilmesi ve oluşturulması,
- Holografik bellekler,
- Holografik optik elemanlar (mercek, ayna, kırınım ağları, v.b.),
- Sayısal holografi ile hologram kaydı, bilgisayar ile hologram hesaplama, sanal holografi,
- Kalite kontrolünde deformasyonların algılanması (interferometri) v.b.

<sup>219</sup> Vildan Işık'ın Haziran 2012'de Necati Ecevit ile yaptığı telefon görüşmesinden.

<sup>220</sup> GYTE Fizik Bölümü Tanıtım Kitapçığı, 2009, s. 2.

### 1.9.5. TÜBİTAK - Türkiye Bilimsel Araştırma Kurumu

TÜBİTAK tarafından desteklenen çok sayıda holografik araştırma bulunmaktadır. Bu projelerden bazıları şunlardır:<sup>221</sup>

- Üç Boyutlu Optik Holografi ve Mikrofon Dizisi Kullanarak Yüzey Şekil Değiştirmesini Görüntüleme Sistemi
- Düzgün Olmayan Bir Yüzey Altına Gömülü Cisimlerin Geometrik ve Malzeme Özelliklerinin Elektromagnetik Dalgalarla Görüntülenmesi Sayısal Holografi Tekniği ile Programlanabilen Uzaysal Işık Modülatörü Kullanarak Difraktif Optik Arabirim Geliştirme
- Holografik İnterferometri Kullanarak Yüzey Sapmalarının ve Titreşimlerin İncelenmesi v.b.

*Üç Boyutlu Optik Holografi ve Mikrofon Dizisi Kullanarak Yüzey Şekil Değiştirmesini Görüntüleme Sistemi:* Sabancı Üniversitesi'nden Meriç Özcan tarafından yürütülen bu projede, optik ve akustik tekniklerin birlikte kullanıldığı optik dalgaboyu hassasiyetine sahip hibrit bir görüntüleme ve analiz sistemi geliştirilmiştir. Kullanılan optik sistem sayısal holografi üzerine olup akustik sistem için ise bir mikrofon dizinimi kullanılmıştır. Sistemin geliştirilmesindeki başlangıç amacı endüstriyel uygulamalar için - örneğin çeşitli otomotiv parçalarının çalışırken ürettiği gürültünün görüntülenmesi ve bunun analizi sonucunda optimum parça üretimine olanak sağlaması - olmuştur. Ayrıca, proje çalışmaları sırasında yapılan inovasyonlar sonucunda bu görüntüleme sisteminin tıbbi uygulamalar için de kullanılabileceğine karar verilmiştir. Geliştirilen üç boyutlu görüntülemenin kullanılabileceği uygulamaların bazıları, retinanın görüntülenmesi, deri üzeri görüntüleme ve endoskopik görüntü alımı olup bu konuda çalışmalar devam etmektedir.<sup>222</sup>

*Düzgün Olmayan Bir Yüzey Altına Gömülü Cisimlerin Geometrik ve Malzeme Özelliklerinin Elektromagnetik Dalgalarla Görüntülenmesi:* Proje Yürütücülüğünü İbrahim Akduman'ın yaptığı bu projede yer altına veya bir duvar içerisine gömülü cisimlerin yerlerinin, şekillerinin ve malzeme özelliklerinin yeryüzü veya atmosfer içerisinde yapılacak elektromagnetik dalga ölçümleri ile tespit edilmesi için yüksek

<sup>221</sup> TÜBİTAK, (Erişim) www.tubitak.gov.tr, 03 Haziran 2012.

<sup>222</sup> TÜBİTAK, a.g.m.

özünürlüklü görüntüleme yöntemleri geliştirilmiş ve bu yöntemleri kullanan görüntüleme cihazlarının laboratuvar prototipleri gerçekleştirilmiştir. Proje çıktıları tahribatsız muayene, jeofizik araştırmalar, malzeme testleri, yer altındaki boru hatlarının ve tünellerin tesbiti, boru hatlarının deformasyon testleri, maden yataklarının, petrol rezervlerinin belirlenmesi, kara ve deniz mayınlarının tespiti gibi birçok alanda doğrudan uygulamaya sahiptir. Ayrıca, projede elde edilen sonuçlar mikrodalga meme kanseri tomografi sistemi gibi tıbbi görüntüleme amaçlı yeni projelerin oluşturulmasını sağlamıştır.<sup>223</sup>

---

<sup>223</sup> TÜBİTAK, a.g.m.

## İKİNCİ BÖLÜM

### HOLOGRAFİNİN SANATSAL İFADE ARACI OLARAK KULLANIMI

#### 2.1. HOLOGRAFİNİN SANATSAL POTANSİYELİNİN KEŞFİ

Holografinin sanatsal potansiyeli, 1960'lı yılların sonlarına doğru küçük bir grup tarafından keşfedilmiştir. Sanatsal kabulü ve ayrı bir sanat dalı olarak değerlendirilmesi ise 1980'lerden sonrasına dayanmaktadır. Holografi, sanatsal açıdan büyük bir potansiyele sahip olsa da başlangıçta büyük bir kesim tarafından bir optik merak, bir göz yanıltması ya da bir hile aracı olarak nitelendirilmiş ve sanat dünyasında kabul görmemiştir.<sup>224</sup> Ayrıca lazerin askeri bir silah, güç ve propaganda aracı niteliğinin olması da üretiminde lazeri kullanan holografinin sanatsal bir araç olarak değerlendirilmemesinde etkili olmuştur. Bilim kurgu romanlarında, televizyon gösterilerinde ve popüler filmlerde lazerin yok edici bir silah olarak gösterilmesi yolu ile holografinin şiddet ve baskı ile olan birliğinin propagandası yapılmıştır. Bununla birlikte şirketlerin silah üretmesi ve askeri endüstrinin gücünün artarak büyümesi de bu teknolojiye sanatsal açıdan kuşkuyla bakılmasını sağlamıştır. 1990'lı yıllara gelindiğinde bile hâlâ doğru olmayan bağlantılar kurulmaktadır. Sara Selwood 1991'de yazdığı bir yazıda, holografinin çıkış noktasının askeri araştırmalar olduğunu ve bu sebeple askeri eylemlerdeki malzemeyi ima ettiğini yazmaktadır.<sup>225</sup> Diğer yandan holografi çoğu zaman fotoğrafçılığın bir dalı ya da ışık sanatı kapsamında ele alınmıştır. Bu sebeplerden ayrı bir sanat dalı olarak görülmesinde tereddütler olmuştur.

Holografinin hangi sanatsal kategoride değerlendirilmesi gerektiği hususunda 1970'li yıllar boyunca bir belirsizlik yaşanmıştır. Bu yıllarda özellikle resim, heykel, fotoğraf ve holografi arasında çekinik bir durum ortaya çıkmış yalnızca halk değil sanat eleştirmenleri de bu dört alanın estetik içerikleri ve kullanım alanları hususunda kararsız kalmıştır. Sean F. Johnston 1977 yılına ait Chicago Tribune Gazetesi'ndeki holografi üzerine yer alan şu değerlendirmeyi aktarmaktadır:

<sup>224</sup> Sean F. Johnston (b), a.g.m., s. 164.

<sup>225</sup> Rebecca Coyle, Phillip Hayward, **Holographic Art in Australia**, Chapter 2. "Margaret Benyon: The Founding of Holographic Art", University of Sydney, Power Publications, Australia, 1995, s. 28-29.

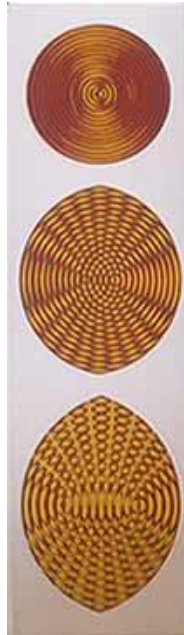


“Holografi ne resimdir ne heykel; her ikisine de sahip; tuhaf ve maddi olmayan öz’dür.”<sup>226</sup> Bu yıllarda holografi çoğunlukla fotoğrafçılık ile birlikte anılmakta ve onun bir dalı olarak değerlendirilmiştir. Teknik bakımdan aralarında çok büyük farklar olmasının yanı sıra tarihsel gelişim süreçleri incelendiğinde her iki alanın da benzer süreçlerden geçtiğini söyleyen Johnston, bu süreçleri şöyle sıralamaktadır: Entelektüel keşif, teknik iyileştirme, pazar ihtiyacı ve sanatsal kabul görme. Johnston, söz konusu benzerliği anlatan yazısında, sanatsal kabul görme konusuna o dönemlerde açılan iki önemli sergiden örnek vermektedir. Bu sergilerden biri holografik sanatın Amerika’daki ilk büyük sergisi, New York Uluslararası Fotoğrafçılık Merkezi (ICP) tarafından holografinin birinci on yılı için düzenlenen *Holography 1975*’tir. Sergiye yönelik eleştirileri Johnston, fotoğrafçılığın erken dönemlerindeki eleştirilere benzetmekte ve Village Voice’da yer alan bir eleştirden bahsetmektedir. Bu eleştirdede, sergideki hologramların sanatsal ifadeden çok eğlenceye yönelik olduğu, holografinin henüz Stieglitz veya Steichen gibi ustalara sahip olmadığı ancak ileride bu malzemenin daha çekici hale geleceği yazılmıştır. Johnston daha sert bir eleştirin bir ay sonra sanat eleştirmeni Hilton Kramer tarafından yapıldığını ve New York Times’da çıktığını söylemektedir. Kramer’e göre sergi, “bir üç kağıt kültürüdür; göz yanılsamacı ve hilekardır.” Hatta sergide yer alan çalışmalar; “bazı soyutlama, pop sanat girişimleri ve bildik yeni-dada repertuarlarıdır ve bu halleriyle de düpedüz kiçten bile daha gülünç örneklerdir.” Ayrıca sergideki çalışmalar sanatçılar tarafından değil profesyonel holografik teknoloji ile ilgili fizikçiler tarafından hazırlanmıştır ve bu fizikçiler, sanatçıların ve sanat galerilerinin yerel hediyeleşme eşya dükkanlarının lehine, alışveriş yapılmasına odaklıdır ve sergideki hologramlar, televizyon reklamları ile alınan nesnelere gibidir. Kramer “hangisinin daha itici olduğunu bilmek zor” demektedir; “beğenin berbat seviyesi mi ya da bunu destekleyen ağırbaşlı korkunç hava mı?” Johnston, ICP Yönetim Müdürü Cornell Capa’nın Kramer’e verdiği cevabı da aktarmıştır. Capa, Kramer’in haklı olduğunu ancak gerçeklik üzerinden bir eleştiri yaptığını, sergide resimsel yoksunluğun mazeret olarak gösterilebileceğini ancak holografinin aynı türden eleştirel yargılarla değerlendiremeyeceğini, binlerce kişinin yanıldığını varsaysak bile sergide anlamlı tek bir hologramın bulunabileceği ihtimali için bile orada bulduklarını söylemiştir. Holografik sergilemede ikinci önemli büyük sergi İngiltere’de Royal Fotoğraf Sanatı Derneği Ulusal Fotoğraf Merkezi (RPS) tarafından

<sup>226</sup> Sean F. Johnston (b), a.g.m., s. 164-188.

1983 yılında düzenlenen *Işık Boyutları: Holografinin Değerlendirilmesi Sergisi*'dir. Bu sergi, İngiliz bilim adamları, sanatçılar ve amatör holografçılar arasında belli bir dayanışma yaratmıştır. Kendi holografi grup oluşumunu takip eden RPS, holografinin kurumsal bir destekçisi olmuştur. Fotoğraf ve holografinin gelişim süreçlerindeki benzerlikleri inceleyen makalesinde Johnston, RPS'nin buna benzer bir sergiyi 1853-1852 yıllarında 800 fotoğrafçının katılımı ile gerçekleştirildiğini anlatmakta ve holografinin gelişim aşamaları ile paralellikler kurmaktadır. Johnston, "RPS'nin 1850'li yıllarda fotoğrafa verdiği desteği şimdi holografinin gelişimine vermekte" demektedir.<sup>227</sup>

Holografinin çok derin imaları olan potansiyel bir sanat malzemesi olduğunu keşfetmeye başlayan küçük bir grubun içinde yer alan isimlerden biri İngiliz holografi sanatçısı Margaret Benyon'dur (d. 1940). Benyon'un, 1963-1964 yılları arasındaki erken dönem resimlerinde holografiye dayalı girişim desenleri yer almaktadır. Ona göre bu resimler; Rönesans perspektifi ve geleneksel yanılısaması dışındaki bir teknikle yapılmıştır. Sanatçı o yıllarda holografinin iki boyutlu yüzeyin üç boyutlu yeniden yapımına sahip olmasından ötürü resim ve heykel arasındaki bağlantı ile de ilgilenmeye başladığını söylemektedir.<sup>228</sup>



144. Margaret Benyon, *Damlacık*, 1964, tahta üzerine polimer, yaklaşık 175 x 52 cm

<sup>227</sup> Sean F. Johnston (b), a.g.m., s. 164-188.

<sup>228</sup> Margaret Benyon (a), "The Prehistory of Holographic Art: A Personal View", (Erişim) <http://www.mbenyon.com>, 12 Mart 2012.

Benyon, Nottingham Üniversitesi'nde ve Londra'daki Ulusal Fizik Laboratuvarı'nda yaptığı hologramlarından oluşan sergiyi, 1969'da aynı üniversitenin sanat galerisinde açmıştır. Sergiyi ziyaret eden Jerry Pethick, Benyon'a bu serginin bir sanatçı tarafından açılan ilk holografi sergisi olduğunu söylemiştir.<sup>229</sup> Benyon'un bu ilk kişisel holografi sergisindeki geçirgen hologramlar 13 x 18 cm civarında çok küçük ebatlardadır ve yarı karanlık bir odada sergilenmiştir. Döner bir masaya monte edilen hologramlar bir lazer tarafından aydınlatılmaktadır. Sanatçı bu çalışmalarında ışık, espas, renk ve biçim gibi resimsel öğelerle deneyler yapmıştır. Sergide yer alan çalışmalarından biri; Picasso'nun *Avignonlu Kızlar* tablosuna dayanarak ürettiği *Picasso* isimli hologramdır. "Kübizm'in amacı iki boyutlu yüzeyi üç boyutlu göstermekti" diyen Benyon, bu çalışmayı amacına uygun olması sebebiyle özellikle seçtiğini söylemektedir. Ne var ki sanatçı bu tarihte ürettiği hologramların sergilenmesinde başarısızlığa uğramıştır. Bunun sebebini, holografeye ait uzay, zaman, çift pozlama ya da ters görüntü gibi kavramların halka henüz tanıtılmamış olmasına bağlamaktadır.

Benyon, 1969-70 yıllarında holografeyi geniş bir halk kesimine tanıtmak amacıyla sıradan nesne, meyve ve yiyeceklerden holografik ölü doğa serisi üretmiştir. Bu çalışmaları, Mart 1970 tarihinde Lisson Galerisi'nde sergilenmiştir. Galerinin sergiye ilişkin duyuru metninde "holografinin olasılıkları ile ilgilenen bu genç sanatçının, şaşırtıcı, lazer ışınları ile yapılmış üç boyutlu merceksiz fotoğrafı biçimleri" nin yer alacağı ve bu hologramların "yanılsamadan daha fazlası; bilimsel bir sihir" olduğu yazmaktadır. Benyon, ilk defa hologram gören izleyicinin büyük bir şaşkınlık ve inanamamazlık gösterdiğini, nesneye dokunmaya çalıştıklarını, arkasını görmek için çevresinde dolaştıklarını, parmaklarını görüntünün içinden geçirdiklerini ancak gördüklerinin yalnızca ışığın varlığı olduğunu anlatmaktadır. Sanatçı, holografik sanatı halka tanıtmak amacıyla elle dokunabilecekleri ve mobilyaların bir parçası gibi duvara asabilecekleri türden hologramlar da üretmiştir. 1970'lerdeki modern heykel polemikleri; yüzey, nesne, gerçeklik, dokunabilirlik ve uzam terimleri üzerinedir. Böylelikle Benyon hem ürettiği hologramlar hakkında hem de hologramlarına ait kendi sözlerinin yorumlanmasında tartışma fırsatı yakalamıştır.<sup>230</sup>

<sup>229</sup> Rebecca Deem, "Jerry Pethick", **Holographer**, Mayıs 2004, (Erişim) <http://holographer.org/media/articles/hg00010.pdf>, 04 Ekim 2012.

<sup>230</sup> Margaret Benyon, "On the Second Decade of Holography as Art and My Recent Holograms", Leonardo, MIT Press, Vol. 15, No. 2, Bahar, 1983, s. 89-92.

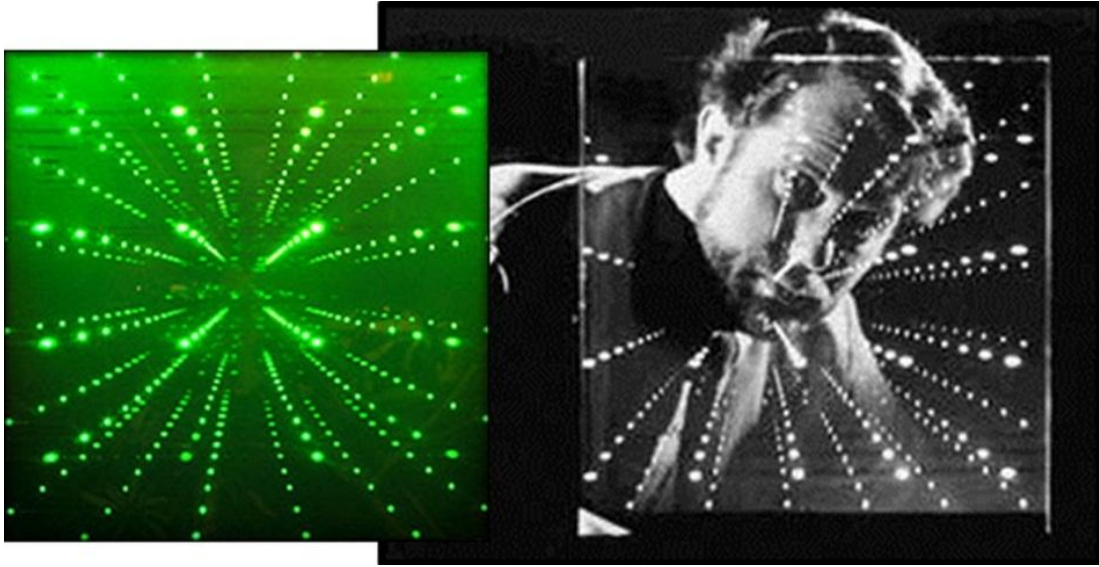


145. Margaret Benyon, *Picasso*, 1969, lazer geçirgen hologram, 20 x 25 cm

Holografinin sanatsal gelişiminde çok sayıda bilimcinin emeği bulunmaktadır. Holografi zerine yaptıkları bilimsel ve teknolojik araştırmaların yanı sıra sanatırlarla birlikte çalışmışlar ve bu tekniği sanatırların öğrenmesini sağlamışlardır. Dennis Gabor, Emmett Leith, Stephen A. Benton, Lloyd G. Cross, Tung H. Jeong, Nicholas John Phillips, John Webster bu bilimcilerden bazılarıdır.

MIT ve Polaroid laboratuvarlarında holografinin gelişimi için çalışmalarda bulunan A.B.D'li elektrik mühendisi Prof. Stephen A. Benton'ın (1941-2003), teknoloji, bilim ve estetik araştırmaları kapsayan ve *Benton Holografisi* olarak adlandırılan çalışmaları gerek bilimsel gerek sanatsal gerekse ticari alanda önemli gelişmeleri beraberinde getirmiştir. Tıbbi tanı için üç boyutlu görüntülemede MRI ve BT yaygın olarak kullanılmaya başlamış, kabartma hologramlar güvenlik sektöründe yaygınlaşmış, geçirgen beyaz ışık hologramları da sanatçı ve tasarımcıların dikkatini çekmiştir. Özellikle geçirgen beyaz ışık hologramları günışığında görülebilir ve

duvara asılabilir olması sebebiyle holografinin sanatsal potansiyelinin artmasında önemli bir rol oynamıştır. Böylelikle sanatçılar, sadece lazerle görülebilen hologramları yapmak yerine günışığında görülebilen hologramları sanatsal bir araç olarak kullanabilmeye başlamıştır.<sup>231</sup>



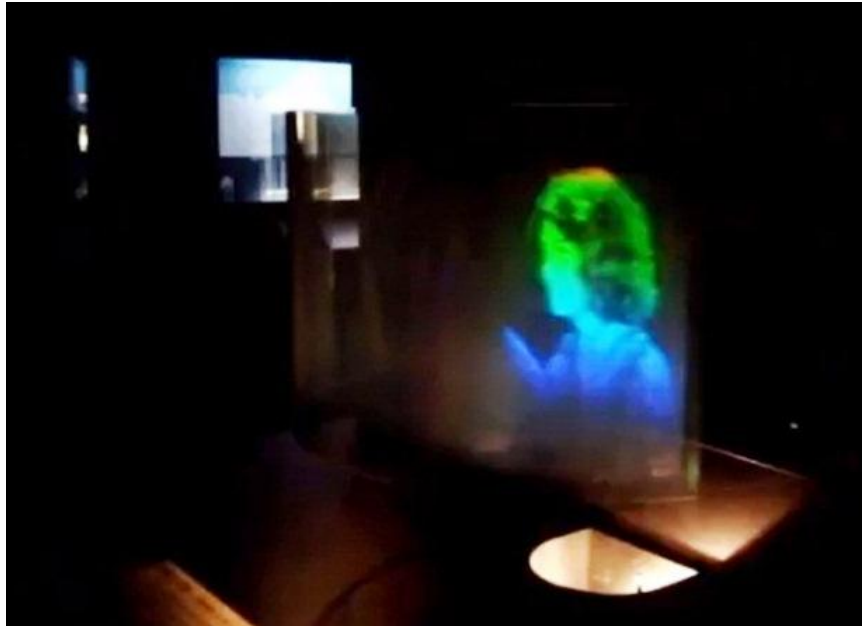
146. (a) Stephen Benton, *Kristal Başlangıçlar*, 1977, geçirgen beyaz ışık hologramı, 30,48 x 30,48 cm, Eve Ritscher Koleksiyonu'ndan (b) Stephen A. Benton, *Kristal Başlangıçlar* isimli çalışması ile

1070'li yıllarda A.B.D'li fizikçi Lloyd G. Cross (1933) ve Kanadalı heykeltıraş Jerry Pethick (1935–2003), pozlama sırasında pahalı sabit masanın yerine kullanılacak PVC borularının ve kumun kullanıldığı bir *kum-masa* sistemini geliştirmiştir. Bu gelişme, sanatçıların holografi ile ilgilenmelerini büyük ölçüde kolaylaştırmıştır. Cross ve arkadaşları, 1971 yılında açılan San Francisco Holografi Okulu'nda, sanatçılara ve bilimcilere holografiyi öğretmek için çalışmalara başlamıştır. Bu okul, holografiyi öğretmek için açılan okulların ilkidir. 1972 yılında Cross, üç boyutlu hareketli görüntüler üretmek için sinematografi ile Stephen Benton tarafından geliştirilen geçirgen beyaz ışık holografisini birleştirmiş ve tümleştirilmiş hologramı geliştirmiştir.<sup>232</sup> Bu hologramda, sinema veya videodaki hareketli iki boyutlu resimler, holografik film üzerine kaydedilmektedir. Holografik film üzerine kaydedilen bu görüntüler, üç boyutlu görüntü olarak insan beyni tarafından sentezlenmektedir. Bunlar, holografik stereogramlardır. 120° ya da 360° olabilen ve

<sup>231</sup> MIT News, "Holography Pioneer Stephen Benton Dies at 61", 12 Kasım 2003, (Erişim) <http://web.mit.edu/newsoffice/2003/benton.html>, 30 Eylül 2012.

<sup>232</sup> Lloyd G. Cross, Cecil Cross, "HoloStories: Reminiscences and a Prognostication on Holography", **Leonardo**, MIT Press, 1992, s. 422.

holografik stereogramlara Cross, *multiplex hologram* (çoğullamalı hologram) ismini vermiş ve Multiplex adında bir şirket kurarak bu ismi markalaştırmıştır.<sup>233</sup> Holografik stereogramlar genellikle bir eksen üzerinde döndürülerek sergilenmektedir fakat kısmi silindirik holografik stereogramlarda hareket ve derinlik, hologramın önündeki izleyicinin hareketi ile ortaya çıkmaktadır.<sup>234</sup>



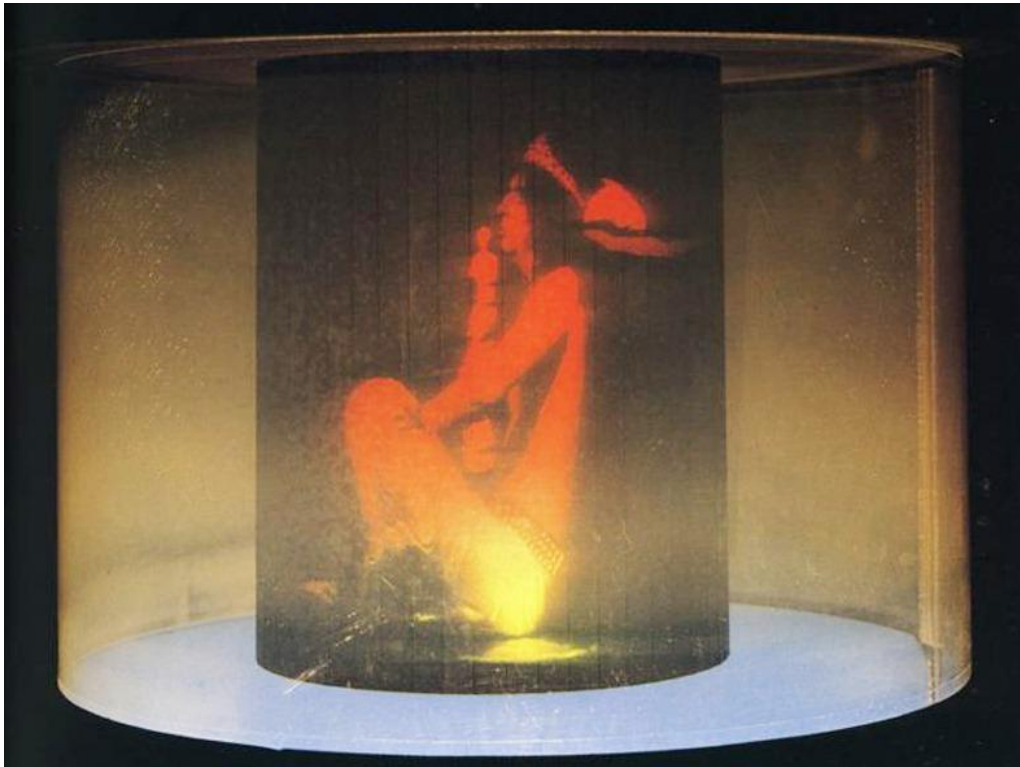
147. Lloyd G. Cross, *Öpücük-II*, Pam Brazier'in portresi, 1974, 120° holografik stereogram, MIT Müzesi Hologram Koleksiyonu

<sup>233</sup> Holophile, a.g.m.

<sup>234</sup> Leonardo, (b), a.g.e., s. 376.



Cross tarafından geliştirilen holografik stereogramların ilk versiyonları *Leslie hologramı* olarak bilinmektedir. Sonra nitelikleri daha iyi bir kamera kullanımı ile bu teknik geliştirilmiştir. Salvador Dali'nin sergisinde kullanmak üzere Leslie hologramlarının daha büyük boyutlarda olanlarını yapmak için teknik danışman Selwyn Lissack tarafından New York'a davet alan Cross, 1973'te Dali'nin *Alice Cooper'in Beyni'nin Portresi'nin* yapımında Mark II adını verdikleri bir kamera ile kendi geliştirdiği teknikleri uygulamıştır. Alice Cooper'in bir filmini çeken Dali, hologramının yapılması için Cross'a vermiştir. 1992'de eşi ile yaptığı söyleşide söz konusu çalışma için 15,24 cmlik silindirik mercekleri tasarladığını, test ettiğini ve sonucun başarılı olduğunu anlatan Cross, bunun ilk renkli silindirik beyaz ışık hologramı olduğunu belirtmektedir. Aynı söyleşide Cross, holografinin, sanatçılar için mükemmel bir teknik olduğunu ve ileride bu teknolojinin sanatçılar tarafından kullanılabilir hale gelmesiyle daha fazla sanatçının bu tekniği kullanacağını söylemektedir.<sup>235</sup>



**148.** Salvador Dali, *Alice Cooper'in Beyninin Portresi*, 1973, ilk renkli silindirik holografik stereogram Dali'nin 1973-74'te yaptığı *Dali Gala'yı Resmediyor* isimli renkli bir hologramı daha bulunmaktadır.

<sup>235</sup> Lloyd G. Cross, Cecil Cross, a.g.m.

Margaret Benyon, erken dönem holografi çalışmalarını tanımladığı makalesi; *Bir Sanat Malzemesi Olarak Holografi* başlığı ile 1973'te Leonardo'da yayımlanmıştır. Benyon bu makalede holografinin sanatta kullanılabilecek yeni bir malzeme olduğunu, holografii kullanarak yaptığı çalışmaları ve hologramların sanatsal bir çalışma olarak kabul edilmesi için galeri ve enstitüleri ikna etme çabalarını anlatmaktadır.<sup>236</sup> Benyon, kendi hologramlarını üretirken yeni teknikler geliştirmek ve malzemenin olanaklarını da artırmak için sürekli bilim insanları, mühendisler ve teknisyenlerle özellikle de holografii bulan Dennis Gabor ile sürekli irtibat halinde olmuştur. Ancak hologramlarını teknisyenler olmaksızın kendi üretmiştir. Bir holografi atölyesi olan Benyon burada ilgi duyan öğrencilere de hologram yapımını öğretmiştir.<sup>237</sup>

San Francisco Lake Forest Koleji'nde yaptığı çalıştay ve konferanslarla bilimcilere, sanatçılara ve işadamlarına holografii tanıtan ve öğreten Japon asıllı A.B.D.'li fizikçi ve matematikçi Tung H. Jeong, 1970'li yıllarda holografinin daha geniş kitlelere yayılmasını sağlamıştır.<sup>238</sup>

Uluslararası Optik Mühendisleri Topluluğu (SPIE) ve Uluslararası Görüntüleme Bilimi ve Teknolojisi Derneği (IS&T) tarafından desteklenen Tung H. Jeong, 1982 yılında ilk *Uluslararası Holografi Sempozyumu*'nu düzenlemiştir. Eğitimci kimliği ile Jeong'un bu çabaları özellikle sanatçılar tarafından yeni bir malzemenin sanat potansiyelinin keşfedilmesi bakımından önem taşımaktadır. Ayrıca DuPont Şirketi'nin, Jeong'un holografik fotopolimerlerini geliştirmesi ile birlikte holografi, insanların hayatlarının bir parçası olmaya başlamıştır.<sup>239</sup>

İngiliz fizikçi Prof. Nicholas John Phillips (1933-2009), banyo kimyasallarını, özellikle gümüş halide emülsiyonlarını geliştirerek daha yüksek kalitede renkli hologramlar yapılabilmesini sağlamış ve günümüzde artık yaygın olarak holografik sanat dünyasında kullanılan loş aydınlatma

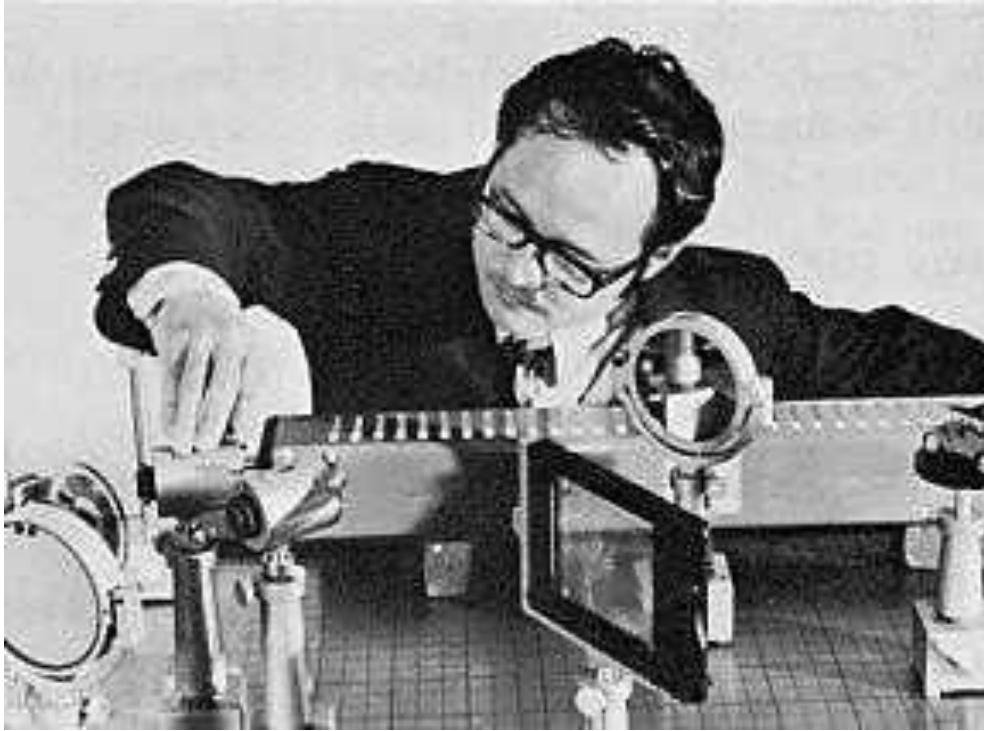
<sup>236</sup> Margaret Benyon (f), "Holography as An Art Medium", *Leonardo*, MIT Press, Vol. 6, No. 1, 1973, s.1-9.

<sup>237</sup> Margaret Benyon (g), a.g.m., s. 5.

<sup>238</sup> **Integraf L.L.C., Holographic Film & Supplies**, "Dr. Tung H. Jeong", (Erişim) [http://www.integraf.com/tung\\_jeong.htm](http://www.integraf.com/tung_jeong.htm), 04 Ekim 2012.

<sup>239</sup> **Integraf L.L.C. Holographic Film & Supplies**, a.g.m.

koşullarında da görülebilen beyaz ışık hologramlarını üretmek için bir teknik geliştirmiştir.<sup>240</sup>



149. T.J. olarak tanınan Japon asıllı A.B.D'li matematik ve fizikçi Tung H. Jeong, 1972

1970 ve 80'ler boyunca A.B.D., İngiltere ve Kanada gibi ülkelerde daha önce bahsedilen türde eleştirilerle karşılaşılın pek çok holografi sergisi düzenlenmiştir.<sup>241</sup>

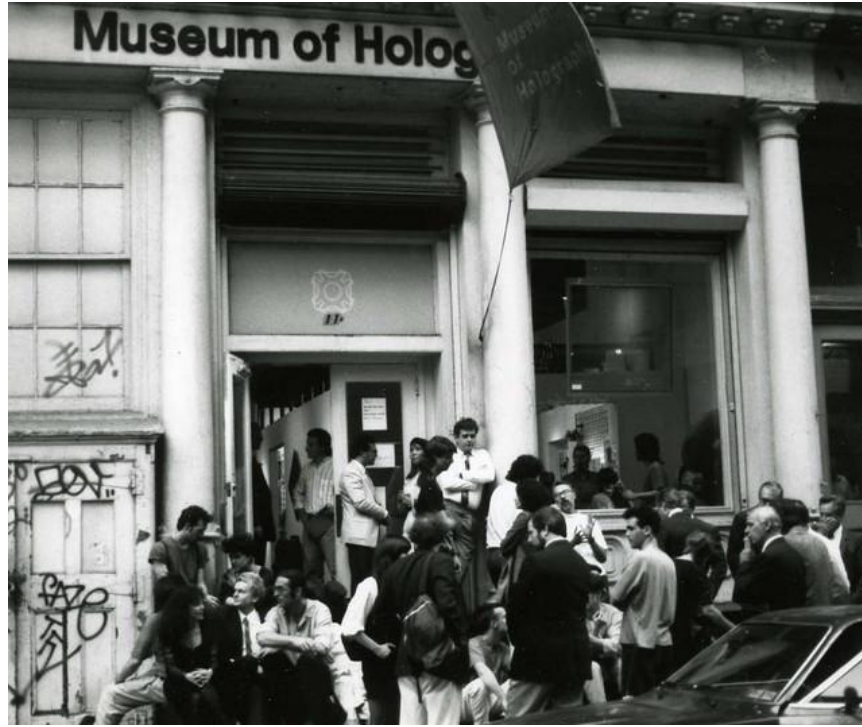
1976 yılında yalnızca holografik sergilere ev sahipliği yapan *New York Holografi Müzesi*'nin kurulması sanatsal açıdan holografinin gelişimine büyük katkı sağlamıştır. Rosemary H. Jackson tarafından kurulan müze, holografi ile uğraşan bilimcilere, sanatçılara ve zanaatçılara destek olmuş, sergiler açarak ve holografi üzerine seminerler düzenleyerek hologramların halka tanıtılmasını sağlamıştır. Bilim, teknoloji ve sanatın buluşturulduğu bu müze, dünyanın önde gelen holografi katılımcıları için odak noktası olmuştur.<sup>242</sup> Müze aynı zamanda *Holosphere* isimli bir

<sup>240</sup> **The Holographer**, "Holography Legend Nick Phillips Passes Away", 25 Mayıs 2009, (Erişim) <http://holographer.org/holography-legend-nick-phillips-passes-away/>, 04 Ekim 2012.

<sup>241</sup> Sean F. Johnston (c), a.g.m., s. 384.

<sup>242</sup> **Holophile**, a.g.m.

dergi de yayımlamıştır. Bu dergi, ağırlıklı olarak holografinin teknik konularına vurgu yapan bir dergi olsa da sanatçıların yazılarını da içermektedir.<sup>243</sup>



150. New York Holografi Müzesi, 1991

New York Holografi Müzesi, Mart 1992 yılında kapatılmış, Ocak 1993'te işletmesi dahil olmak üzere tüm koleksiyonu MIT Müzesi (Massachusetts Institute of Technology Museum) tarafından alınmıştır. Holografinin erken dönemlerinden o güne değin olan teknolojik değişimleri de barındıran bu koleksiyonda Margaret Benyon, Rudie Berkhout, Harriet Casdin-Silver, Mesissa Crenshaw, Paula Dawson, Setsuko Ishii, John Kaufman, Sam Moree, Ana Maria Nicholson, John Perry, Martin Richardson ve Dan Schweitzer gibi pek çok holografi sanatçısının çalışmaları da yer almaktadır.<sup>244</sup> MIT Müzesi, bilim ve teknolojiyi sanatsal üretimlerinde malzeme ve yöntem olarak kullanan sanatçıların çalışmalarına önemli destek sağlamıştır. Enstitü, sanatçıların hologram çalışmalarının sergilenmesinin yanı sıra 1968'den beri çıkardığı sanat, bilim ve teknoloji dergisi Leonardo'da da holografiye ilişkin bilimsel ve sanatsal yazılara uluslararası düzeyde yer vermiştir. Dünyanın en büyük sanatsal ve bilimsel hologram sergisi MIT Müzesi'nde sergilenmektedir.<sup>245</sup>

<sup>243</sup> Margaret Benyon (d), a.g.m., s. 90.

<sup>244</sup> **Holophile**, a.g.m.

<sup>245</sup> **MIT Museum**

1996 yılında İngiltere’de Nottingham Üniversitesi’nde 2. si düzenlenen uluslararası Holografide Sanat isimli sempozyumda, “çoklu algılamaya müsait bakış açısı ile holografi geleceğin sanatı olacak” diyen sanat ve teknoloji tarihi uzmanı Prof. Frank Hopper holografik sanatın, üç farklı açıdan ilgisini çektiğini söylemektedir. Hopper için holografik sanat;

- yeni bir optik yanılsama ve estetik gelişmedir,
- ışık sanatı tarihinde belirli bir aşama teşkil edecek gibi görünmektedir ve
- sanat ile izleyici arasındaki etkileşimi, ileri teknoloji ve çağdaş sanat bağlamında farklı bir hale getirmektedir.<sup>246</sup>

Holografide atımlı lazerin kullanılması, sanatçılara sanatsal ifade çeşitliliği sağlamıştır. Daha önceleri yalnızca cansız ya da hareketsiz nesnelere kaydedilebilirken atımlı lazer ile insan, hayvan, çiçek gibi canlı ya da dökülen su, kırılan yumurta, üfleme sabun köpükleri, saçılmış tüyler ve patlamış mısır gibi hareket eden nesnelere kaydedilebilmesi mümkün olmaktadır. Bu lazer çeşidinin sanatçılar tarafından da kullanılabilir hale getirilmesi sayesinde holografi sanatsal ifade zenginliği kazanmıştır. 1980’lerin başında İngiliz bilimci Prof. John Webster’in ticari olarak satılan bir atımlı yakut lazeri geliştirmesi, holografi sanatçılarına kolaylıklar sağlamasının yanı sıra holografie ilgi duyan yeni sanatçıların da yetişmesini sağlamıştır. Bu lazer, pahalı olmasına rağmen yine de kullanımı daha güvenilir ve daha kolaydır. Webster, holografik portre kaydı yaparak lazeri denemesi için ilk holografi sanatçısı Margaret Benyon’u laboratuvarına davet etmiştir. 1985’te de Londra’daki Kraliyet Sanat Koleji’nde dünyanın ilk özel holografik portre stüdyosunu kurması için Peter Miller’e yardım eden Webster, bu üniversitedeki birçok lisansüstü öğrenci ile birlikte çalışarak onlara teknolojik ve estetik holografik portre yapımını öğretmiştir.<sup>247</sup>

Peter Nicholson (?-2003) atımlı lazer ile portre hologramlar elde edilmesinin olanakları keşfeden diğer bir kişidir. 1970’lerde Llyod Cross ve eşi Ana Maria Nicholson (d.1932) ile birlikte Smithsonian Enstitüsü çatısı altında Deneysel Holografi Merkezi’ni kurmuş, 1980-1990’larda da Holographic Şirketi için taşınabilir

<sup>246</sup> Frank Hopper, **Art in Holography** 2, 14-17 Eylül 1996’da İngiltere’de Nottingham Üniversitesi’nde 2. si düzenlenen uluslararası sempozyum, (Erişim) <http://www.art-in-holography.org/cards/popper.html>, 12 Nisan 2012.

<sup>247</sup> “The History of Spatial Imaging Portraits”, **Holograms**, (Erişim) <http://www.holograms.co.uk/portraits/page3.html>, 04 Ekim 2012.

bir minyatür atımlı lazer ile *portreci* adını verdiği kamerayı geliştirmiştir.<sup>248</sup> Sanatçı, eşi Peter Nicholson'ın ile bu minyatür atımlı lazer kamera ile 1970'lerin sonlarında Havai'de ticari amaçlı olarak yerel pek çok ünlünün holografik portrelerini yapmıştır.<sup>249</sup> Başlangıçta ticari amaçlarla holografik portreler üreten sanatçı daha sonraları portre ve insan bedeni üzerine sanatsal kaygılarla çalışmalar yapmıştır.



151. Arnold Schwarzenegger ve Peter Nicholson, Havai, 1970'lerin sonları  
Ana Maria Nicholson ve eşi Peter Nicholson, 1978-1979'larda Havai'de Arnold Schwarzenegger'in, Anne Margaret'in ve pek çok yerel ünlünün holografik portrelerini yapmışlardır.

Holografinin sanatsal potansiyelini ilk keşfeden sanatçılardan diğer bir önemli isim Harriet Casdin-Silver'dır (1925-2008). 1968 yılında, basit holografik ekipmanları ile deneme yapması için Framingham'daki American Optik laboratuvarlarına davet edilen sanatçı yerleştirmelerinde giderek artarak kullandığı bu tekniği tanıma imkanını bulmuştur.<sup>250</sup> Erken dönem çalışmalarında soyut ve nesne tabanlı hologramlar yapan sanatçı, ilerleyen yıllarda atımlı lazerin kullanılabilmesi sayesinde kendinin, ailesinin ve arkadaşlarının portrelerini yapmaya başlamıştır. Genellikle cesur çalışmaları ile tanınan Casdin'in en iyi bilinen eserlerinden biri, *Willendorf*

<sup>248</sup> **Holocenter**, "Peter Nicholson, Pioneer of Pulse Laser Holography Died in Miami December 2003", (Erişim) <http://www.holocenter.org/Archive.html>, 03 Ekim 2012.

<sup>249</sup> **Holocenter**, a.g.m.

<sup>250</sup> Leon Nigrosh, "Body Art: Harriet Casdin-Silver Strips us Down", 03 Ocak 1999, (Erişim) [http://www.worcesterphoenix.com/archive/art/98/11/27/HARRIET\\_CASDIN\\_SILVER.html](http://www.worcesterphoenix.com/archive/art/98/11/27/HARRIET_CASDIN_SILVER.html), 16 Ekim 2012.



*Venüsü*'dür. 1991 yılında Belçika'daki bir holografik stüdyoda yaptığı bu çalışma, heykelsi forma sahip ilkel toprak tanrıçasının küçük ölçekli çağdaş bir versiyonudur. Casdin-Silver, özellikle daha sonraki yıllarda kendi bedenini kullanarak yaptığı çalışmalarda holografii deneysel bir malzeme olarak kullanmıştır. Bu çalışmalarla feminizmin sorunlarını özellikle yaşlanma, beden, kimlik ve ölüm konularını ele alarak tartışmaya açmıştır. Sanatçının en göz alıcı çalışmaları gerçek beden ölçülerinde yaptığı hologramlardır.<sup>251</sup>



**152.** Harriet Casdin-Silver, *Willendorf Venüsü*, 1991, yansıma hologram (35. basım), 15,24 x 7,62 cm

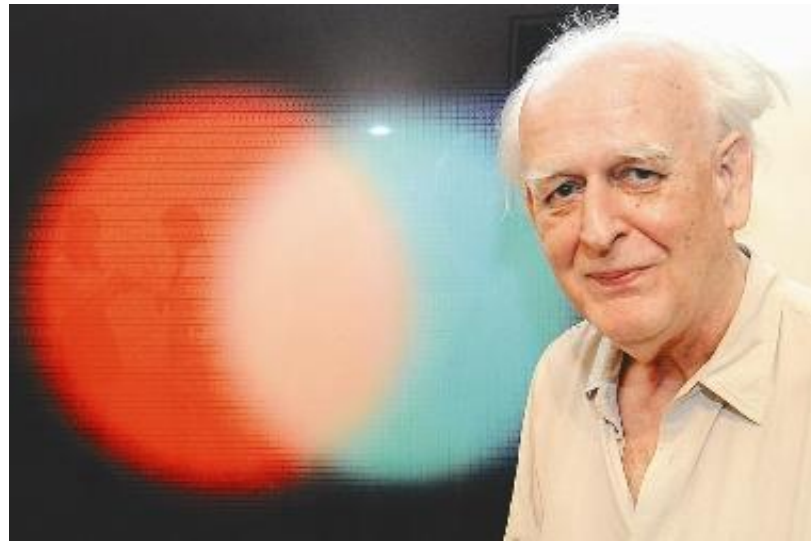
Holografinin sanatsal bir araç olarak kullanılabileceğini gören ilk sanatçılar arasında yer alan diğer bir isim Alman sanatçı Dieter Jung'tır (d.1941).<sup>252</sup> 1970 başlarından beri holografik sanat ile ilgilenen sanatçı Boston'da MIT'in İleri Görsel Çalışmalar Merkezi'nde Otto Piene yönetiminde holografik sanat çalışmaları yapmış 1973 yılında da Burns'lerin yöneticiliğini yaptığı New York Holografi Okulu'nda ilk

<sup>251</sup> Charles Giuliano, a.g.m.

<sup>252</sup> Huo Newman , "Flying Colors: Holographic Art of Dieter Jung", **Shenzen Daily Multimedia Digital Edition**, 25 Mayıs 2011, (Erişim) [http://szdaily.sznews.com/html/2010-05/25/content\\_1086267.htm](http://szdaily.sznews.com/html/2010-05/25/content_1086267.htm), 28 Kasım 2011.

holografik şiiri gerçekleştirmiştir.<sup>253</sup> Sanatçı, ilerleyen yıllarda soyut geometrik formların öne çıktığı hologramları ile holografik yerleştirmelere ağırlık vermiştir.

1982 yılında Dieter Jung'ın holografi çalışmalarından etkilenen Brezilyalı sanatçı Moysés Baumstein, Brezilya'da holografik sanat ve şiir ile ilgilenen Augusto de Campos, Décio Pignatari, Julio Plaza, and José Wagner Garcia ile birlikte çalışmalar yapmışlardır. Bu sanatçılar holografıyı, kendilerini ifade etmek için ve şiir hareketini canlandırmak için bir yol olarak görmüşlerdir.<sup>254</sup>



**153.** Alman holografi sanatçısı Prof. Dieter Jung Jung, halen Berlin Holografi ve New York Holografi Okulu'nda teoloji, sanat ve deneysel film çalışmaları yapmaktadır.

1978'lerde ticari amaçlı atımlı lazerle holografik portreler yapmaya başlayan Ana Maria Nicholson, kendisine yeni ufuklar açan ve sonraları çok yakın arkadaş olduğu ilk holografi sanatçılarından Rudie Berkhout (1946-2008) ve Dan Schweitzer (1946-2001) ile birlikte çalışmıştır. 1990'ların başlarında Koreli bir dansçı ve koreograf olan April Yao'nun hologramlarını üreten sanatçı, 1998'de ise *Holocenter-Holografik Sanatlar Merkezi*'nin kuruculuğunu ve yöneticiliğini yapmıştır. Berkhout ve Schweitzer da Holocenter'a katılarak çalışmalarına burada devam etmişlerdir. Holocenter'a sanatçıların çalışacağı bir atımlı lazer kamera, geçirgen hologram laboratuvarı, karanlık oda ve çalışmalar için bir sergi alanı kurulmuştur. *Sanatçı*

<sup>253</sup> Margaret Benyon (a), a.g.m.

<sup>254</sup> Leopold Thun, "Holography Timeline 1947–2012", (Erişim) [http://235bowery.s3.amazonaws.com/exhibitionlinks/62/Holography\\_Timeline.pdf](http://235bowery.s3.amazonaws.com/exhibitionlinks/62/Holography_Timeline.pdf), 11 Ekim 2012.

*Konaklama Programı* da düzenleyen bu merkez, dünyanın dört bir yanından gelen altmışdan fazla holografi sanatçısının çalışmasına olanak sağlamıştır. Holocenter'a 2000'lerin başlarında önce holografi sanatçısı Ikuo Nakamura (d.1945) daha sonra ise Sam Moree (d.1946) katılmıştır.<sup>255</sup>

1977'lerde New York Holografi Laboratuvarı'nda Dan Schweitzer ile çalışmalar yapan ve 2001 yılında Holocenter'a geçen Sam Moree, holografçılar için tanınan bir eğitimcidir. Manhattan'daki stüdyosunda Görsel Sanatlar Okulu için holografi eğitimi vermektedir.<sup>256</sup>



154. Sam Moree (onde)

Holografiyi 1980'lerin başlarında Tokyo Üniversitesi Fizik Bölümü'nde öğrenen Ikuo Nakamura, daha sonra New York'a gitmiş ve holografik sanat üzerine çalışmalarına burada başlamıştır. Önceleri Hololab Stüdyosu'nda holografik yerleştirme çeşitleri üzerine çalışan sanatçının, Neuro Holography (Sinirsel Holografi) isimli deneysel interaktif yerleştirmesi de bunlardan biridir. 2004 yılında

<sup>255</sup> Ana Maria Nicholson, "Holography: A Love Story", 2009, (Erişim) <http://66.39.59.128/AnaMariaNicholsonPaper.pdf>, 12 Ekim 2012.

<sup>256</sup> Holocenter, "Sam Moree", (Erişim) <http://holocenter.org/artists/sam-moree/>, 19 Eylül 2012.

Holocenter'a geçen sanatçı burada Dan Schweitzer ve Sam Moree ile birlikte atımlı yakut lazeri kullanarak çok sayıda holografik portre üretmiştir.<sup>257</sup> Aynı yıl Ana Maria Nicholson ile birlikte Soho'da, *Beden Elektiriği* isimli yerleştirme, video ve hologramlardan oluşan ortak bir sergi açmıştır.<sup>258</sup>

Holocenter, 2009 yılında Rudie Berkhout anısına düzenlenen ve onun holografik çalışmalarından oluşan bir serginin ardından maddi gerekçelerden dolayı kapılarını kapatmak zorunda kalmıştır. Ana Maria Nicholson, bu tesisin kapatıldığını ancak aktif bir holografi programı olan Ohio State Üniversitesi ile anlaşma yaptıklarını belirtmekte ve üniversitenin sanat bölümünden Dr. Harris Kagan'ın holografik çalışmalara ve Sanatçı Konaklama Programı'na da yardımcı olduğunu söylemektedir.<sup>259</sup>



155. (a b) Holocenter (Center for the Holographic Art), New York, A.B.D. (a) Sam Moree, Makiko Yasumi, Ana Maria Nicholson (b) Ana Maria Nicholson ve Dan Schweitzer

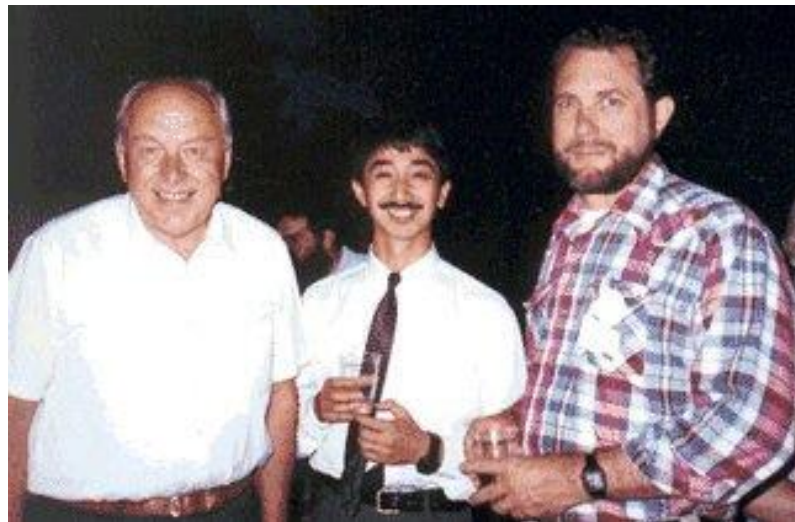
<sup>257</sup> Torsten Hoffman, "Interview with Holographic Expert Ikuo Nakamura", *3D Focus*, 04 Eylül 2012, (Erişim) <http://www.3dfocus.co.uk/3d-news-2/interview-with-holographic-expert-ikuo-nakamura/10359>, 05 Eylül 2012.

<sup>258</sup> Ana Maria Nicholson, "Holography: A Love Story", 2009,

(Erişim) <http://66.39.59.128/AnaMariaNicholsonPaper.pdf>, 12 Ekim 2012.

<sup>259</sup> Ana Maria Nicholson, a.g.m.





**Görsel 156. (a b c)** Sanatçıların holografiyi öğrenmelerinde bilimcilerin çok büyük katkısı olmuştur. Bilimciler ve sanatçılar işbirliği yaparak ortak çalışmalarında bulunmuştur.

**(a)** Ana Maria Nicholson ve Stephen Benton Holocenter'da

**(b)** Ana Maria Nicholson ve Emmett Leith

**(c)** Yuri Denisyuk, Ikuo Nakamura ve Stephen Benton



157. Rudie Berkhout ve arkadaşı Holocenter'da



158. Rudie Berkhout, kendi çalışmalarının önünde, Elektronik Görüntüleme-2003 Holografı Sergisi



159. Dan Schweitzer, Holocenter'da





**160.** Ikuo Nakamura ve Ana Maria Nicholson, Holocenter'da, 2000'lerin başları

Holografik sanatın öncülerinden diğerk bir isim Anait Arutunoff Stephens'tir (1922-1998). Sanatçıya yaratıcı holografi alanına katkılarından dolayı 1996'da bir ömür boyu başarı ödülü verilmiştir.<sup>260</sup>

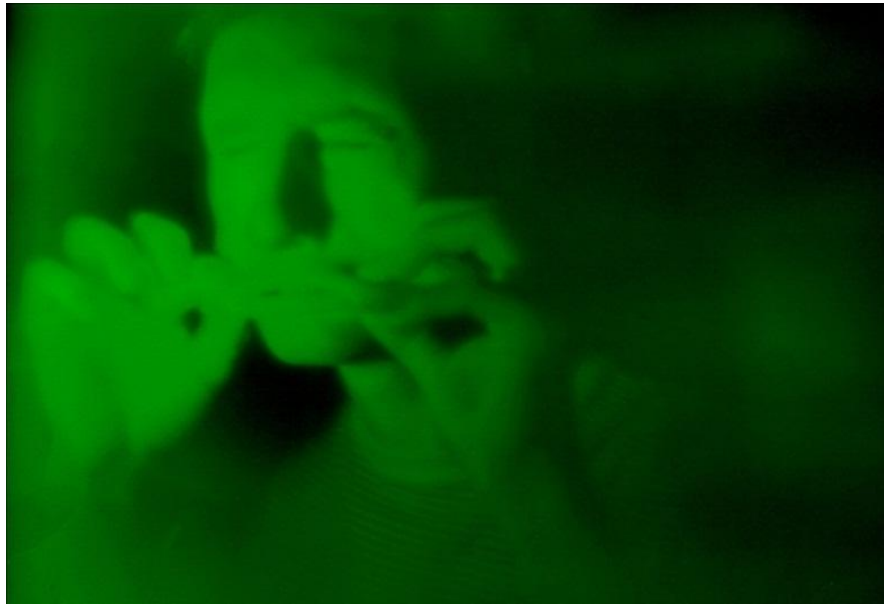


**161.** Anaït Arutunoff Stephens, *Araştırma*, 1997, kendi portresi, atımlı lazer kullanılarak yapılan yansıma hologram

<sup>260</sup> **Art in Holography**, "Anaït", 1996, (Erişim) <http://www.art-in-holography.org/cards/anait.html>, 01 Ekim 2012.

Holografi sanatçısı olmayan ancak sanatsal üretimlerinde bir malzeme çeşitliliği olarak hologramı kullanan sanatçılar da vardır. Bu sanatçılardan ilki A.B.D.'li sanatçı Bruce Nauman'dır (d.1941). Nauman, 1968-69 yıllarında iki hologram serisi üretmiştir. Kendi yüzünü ve bedenini de kullandığı bu seriler:

- A'dan K'ye on hologramdan oluşan *İlk Hologram Serisi: Yüz Yapımı (A-K)* ve
- A'dan J'ye onbir hologramdan oluşan *İkinci Hologram Serisi: Tam Figür Pozları (A-J)*'dir.



**162.** Bruce Nauman, *İlk Hologram Serisi: Yüz Yapımı-F*, 1968, cam plaka üzerine geçirgen hologram, sanatçının kendi portresi



**163.** Bruce Nauman, *İkinci Hologram Serisi: Tam Figür Pozları-H*, 1969, cam üzerine geçirgen hologram, 20,32 x 25,4 cm

Holografik stereogramı geliştiren fizikçi Llyod Cross ile birlikte çalışan Salvador Dali ise 1973-74 yıllarında iki hologram üretmiştir: Alice Cooper'ın Beyninin Portresi ve Dali Gala'yı Resmediyor. Nauman ve Dali gibi holografi sanatçısı olmayan ancak hologramı bir malzeme çeşitliliği olarak sanatsal üretimlerinde kullanan başka sanatçılar da vardır. Lowry Burgess, Simone Forti, Amy Greenfield, Yaacov Agam ve Carl Frederick, Frank Stella gibi sanatçıların bazı holografik sanat çalışmaları bulunmaktadır. Margaret Benyon bu sanatçıların holografi sanatçısı olmadıklarını vurgulamakta ve holografiyi yalnızca bir çeşit olarak kullandıklarını söylemektedir.<sup>261</sup>

1995 yılında Florida Miami'de Larry Liberman ve Frank Millman tarafından başlatılan ve sanatçılara holografi tekniğini tanıtmaya ve öğretmeye amacını taşıyan *C Projesi*'ne yirmiden fazla sanatçı katılmıştır. James Turrell, Louise Bourgeois, Eric Orr, Ed Paschke, Larry Rivers, Roy Liechtenstien, John Baldessari, Dorothea Rockburne, Marisol, Ann McCoy, Larry Bell ve Tatsuo Miyajima da projede yer alan sanatçılar arasındadır. 1995-2000 yılları arasında uygulanan ve Liberman'ın atölyesinin kullanıldığı bu sanat projesinde sanatçılar, büyük bir kripton lazer ile hologramlar yapmıştır.<sup>262</sup>



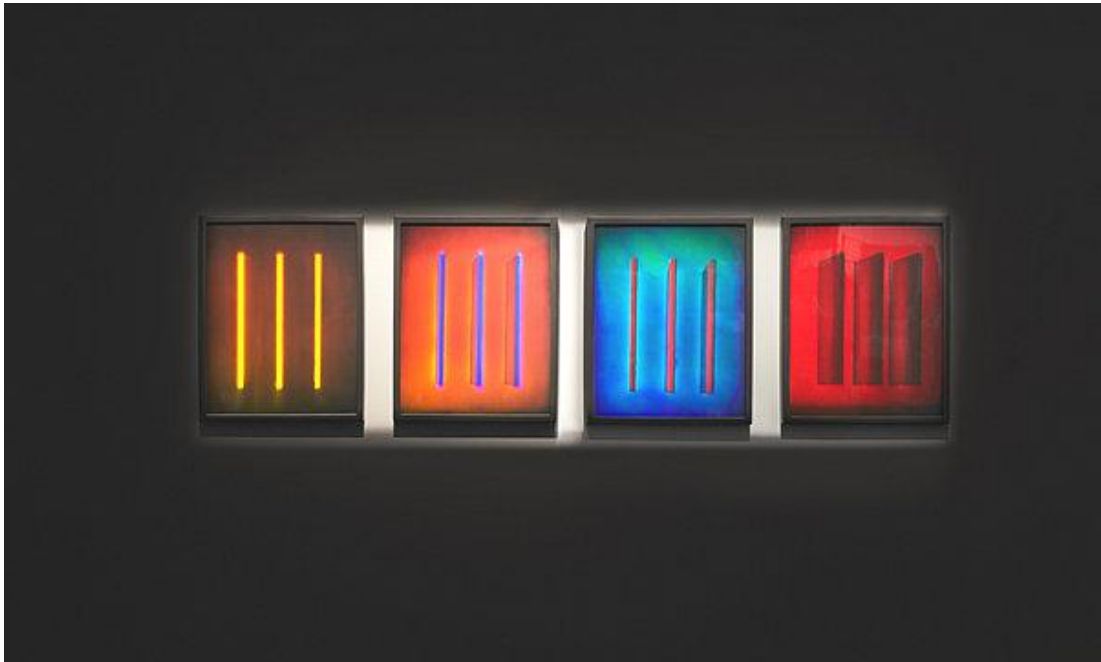
**164.** C Projesi amblemi. C harfi, ışık hızı anlamına gelmektedir.

<sup>261</sup> Margaret Benyon (d), "On the Second Decade of Holography as Art and My Recent Holograms", **Leonardo**, MIT Press, Vol. 15, No. 2, s. 89-95, Bahar, 1982, s. 90.

<sup>262</sup> Ed Wesley, "Archive of the Holography Forum", **Holoforum**, (Erişim) <http://holoforumorg/oldforum/viewtopic.php?f=2&t=1704&start=15>, 11 Ekim 2012.



165. Eric Orr, C Projesi'nde holografi laboratuvarında, 1995



166. Eric Orr, *İsimsiz*, 1995, Orr'un C Projesi kapsamında ürettiği geometrik formlarla ışık alanları oluşturduğu hologramları



167. (a b c) James Turrell, *İsimsiz*, 2008, geçirgen hologram, 157,48 x 101,6 cm



168. James Turrell'in C Projesi kapsamında ürettiği geçirgen hologramlarından oluşan ve Temmuz 2012'de Hiram Butler Galerisi'nde (Houston, Texas-A.B.D) açılan sergiden genel bir görünüm

## 2.2. HOLOGRAFİK SANAT TERİMLERİ

Holografi, sanatsal açıdan kabul görmesini takiben kendi sanat terimlerini oluşturmaya başlamıştır. Bir proje olarak geliştirilerek hazırlanan MIT'in sanatta bilim ve teknolojinin kullanımına yönelik çıkardığı Leonardo isimli dergide yer alan holografi sözlüğü, konuya ilişkin holografik kavram ve terimlere yer vermiştir. Sözlüğe çok sayıda sanatçı ve araştırmacı katkıda bulunmuştur. Louise Poissant'ın proje yönetmenliğini ve editörlüğünü yaptığı sözlüğün uluslararası kolektif bir proje olarak geliştirilmesine devam edilmektedir.<sup>263</sup> Sözlükteki terimlerden bazıları holografik çalışmalar üreten sanatçılar tarafından önerilmiştir. Aşağıda hem sözlükteki terimler hem de sözlükte yer almayan ancak sıklıkla kullanılan holografik sanatla ilgili diğer terimler birlikte listelenmiş daha sonra örnekleri ile beraber gereken açıklamalar yapılmıştır.

1. Holografik portre (holographic portraiture)
2. Bileşik hologram (composite hologram)
3. Holomontaj (holomontage)
4. Çevresel holografi (environmental holography)
5. Holografik yerleştirme (holographic installation)
6. Gölgekayıt (shadowgram) = holofotogram (holophotogram)
7. Holoresim (holopainting)
8. Resimsel holografi (pictorialist holography)
9. Holoheykel (holosculpture)

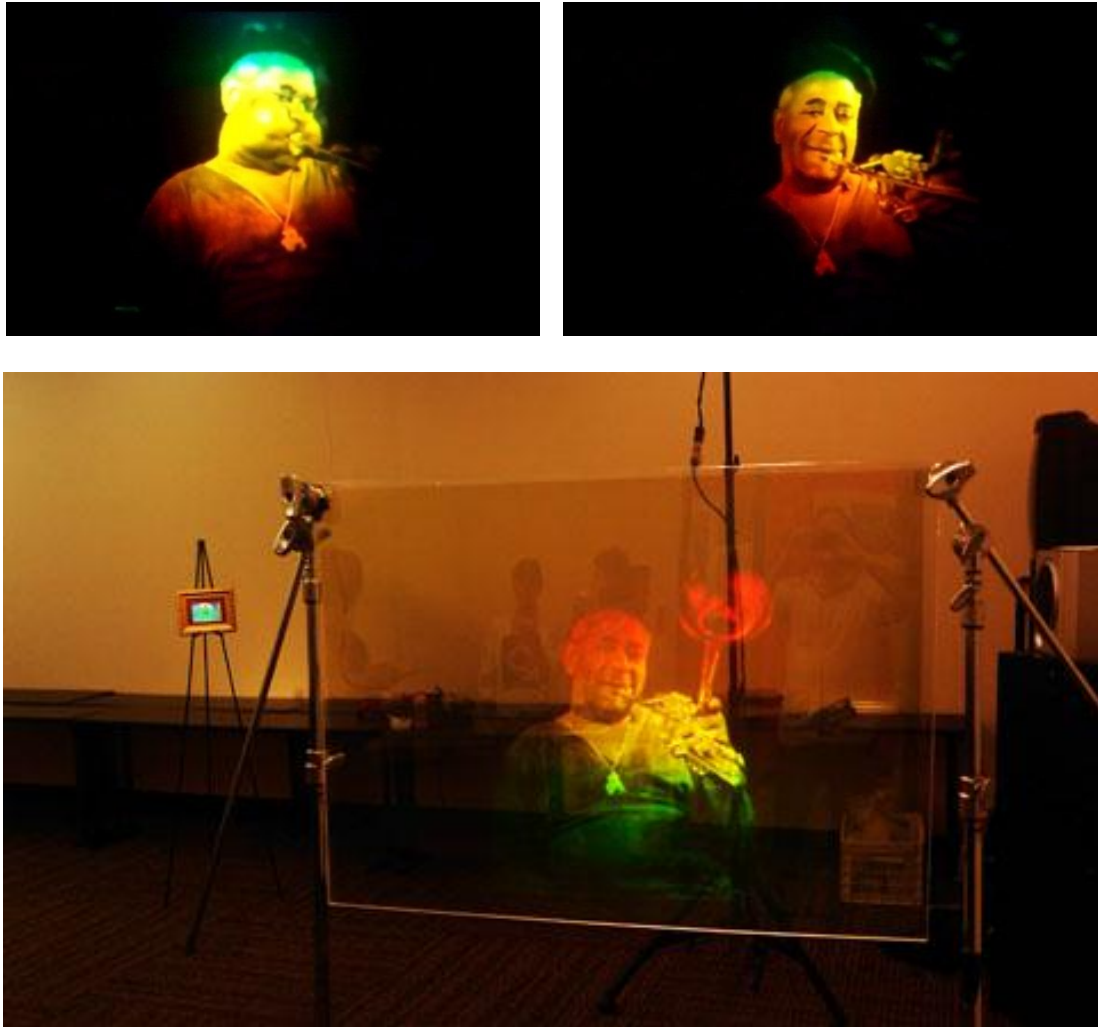
---

<sup>263</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 370.



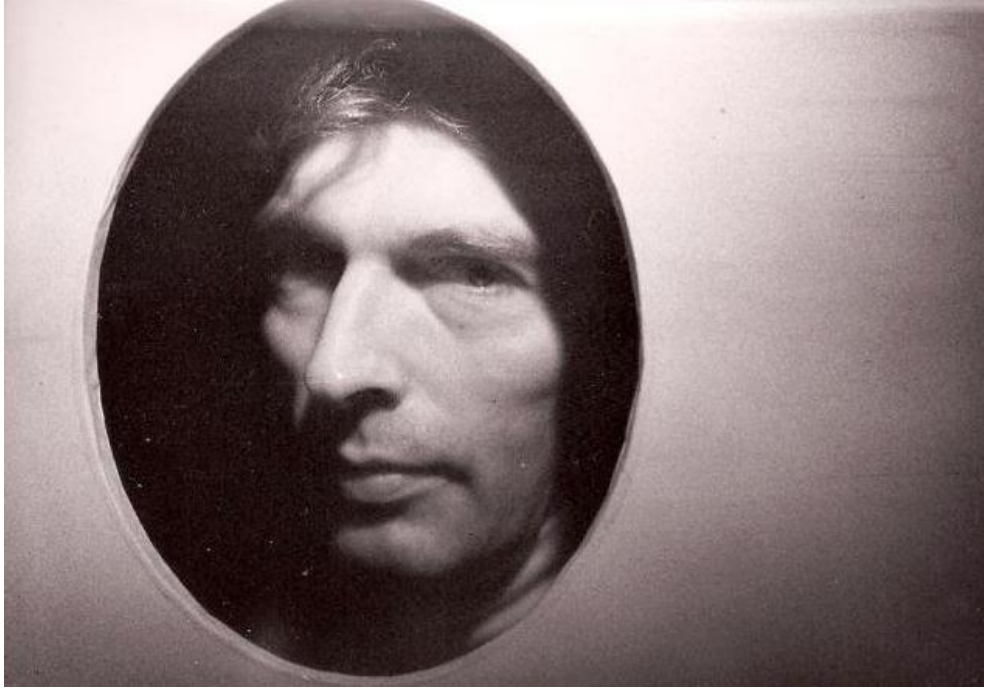
### 2.2.1. Holografik Portre

Sürekli dalga lazeri ile holografik stereogram portreler ya da atımlı lazerle holografik portreler elde edilmesi mümkündür. Özellikle canlı ve hareketli nesnelerin kaydında kullanılan atımlı lazerin geliştirilmesi ile canlı modelden holografik portre kaydı artmıştır.



**169. (a b c)** Holografik portre örneği

Mark Diamond, Cazcı, Dizzie Gillespie'in Portresi,1985, Diamond'un Holografix Şirketi'nde üretilen hologram



**170.** Holografik portre örneği  
Ana Maria Nicholson, *Rudie Berkhout'un Portresi*, atımlı lazer hologram, 1990 sonları



**171. (a b)** Holografik portre örnekleri  
**(a)** Harriet Casdin-Silver, kendi portresi, 1999, geçirgen beyaz ışık hologramı, (1/3), 106,68 x 81,28 cm  
**(b)** Harriet Casdin-Silver, Boston'daki atölyesinde, 20 Ağustos 2001. Arkada, John Perry ile beraber yaptıkları büyük boyutlu holografik stereogram görölmekte



**172. (a b)** Holografik portre örneği  
**(a)** Keith Haring, Nicholson'ın yaptığı holograma bakarken **(b)** Ana Maria Nicholson, Keith Haring'in Portresi, 1990 dolayları, yansıma hologram, 40,64 x 30,48 cm, MIT Müzesi Hologram Koleksiyonu



**173.** Holografik portre ve holografik yerleştirme örneği  
 Ikuo Nakamura, *Aydınlatılmış Pencere Sergisi*'nden. Sanatçının 2004 yılında MIT Müzesi'nde sergilenen bu çalışması, 1884'te John Singer Sargent tarafından yapılan MadamX isimli resme dayanmaktadır. Resim, o dönemlerde cinselliği yansıması sebebiyle skandal olmuştur. Nakamura'nın holografik *Thera* portresinde model, MadamX'e benzeyen New York'lu bir performans sanatçısıdır. Atımlı yakut lazerin kullanıldığı bu çalışmada arkadan aydınlatmalı bir yansıtıcı kullanılmıştır. Böylelikle arka planda yansıtıcıdan gelen görüntü ile hologramdaki görüntünün birliği ortaya çıkmaktadır.



**174. (a b)** Holografik portre örnekleri  
 Ana Maria Nicholson **(a)** *Alev* **(b)** *April*, 1990'ların başlarında yaklaşık 50 x 60 cm ebatlarında gümüş halide film ile üretilen, Koreli dansçı ve koreograf April Yao'nun modellik yaptığı, atımlı lazer kullanılan yansıma hologramlar





**175.** Holografik portre örneği  
Harriet Casdin-Silver, *Turuncu Kathryn*, 1992, lazer geçirgen hologram, (tek), 30,48 x 40,64 cm



**176.** Holografik portre örneği  
Harriet Casdin-Silver, *Ian*, 1994, yansima hologram, 6. basım, 30,48 x 40,64 cm

### 2.2.2. Bileşik Hologram

Muhtelif şekillerde sıralanarak veya bir şeye ilave edilerek biçimlendirme yoluyla meydana getirilmiş, duvara asılabilen ya da üç boyutlu hologram çeşidi olan bileşik holografi, resimsel sanatlarda geliştirildiği gibi parçaların toplanıp birleştirildiği kolajın prensiplerini kaynak olarak kullanmaktadır. Bu hologramlar, kayıt ve banyo sürecinde temel fotoğrafik teknik ve gereçlere elle yapılan müdahalelere benzer şekilde kullanan *holomontaj* ile tamamen aynı değildir. Bileşik hologramlar, duvara asılabilen geniş biçimli düzenlemelerin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Duvara asılabilen olması yüzünden holomontaja benzetilen bileşik hologramların üç boyutlu olanları ise *holoheykel* olarak ifade edilebilmektedir.<sup>264</sup>



177. Bileşik hologram örneği, Margaret Benyon, *Bölünmüş Benedict*, 1989, üç parça yansıma hologram kolajı  
Atımlı lazerin kullanıldığı bu çalışma, Paris'te, Anne Marie Christakis'in ana-matris hologramlarından yapılmıştır.

<sup>264</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 371.





178. Bileşik hologram örneği

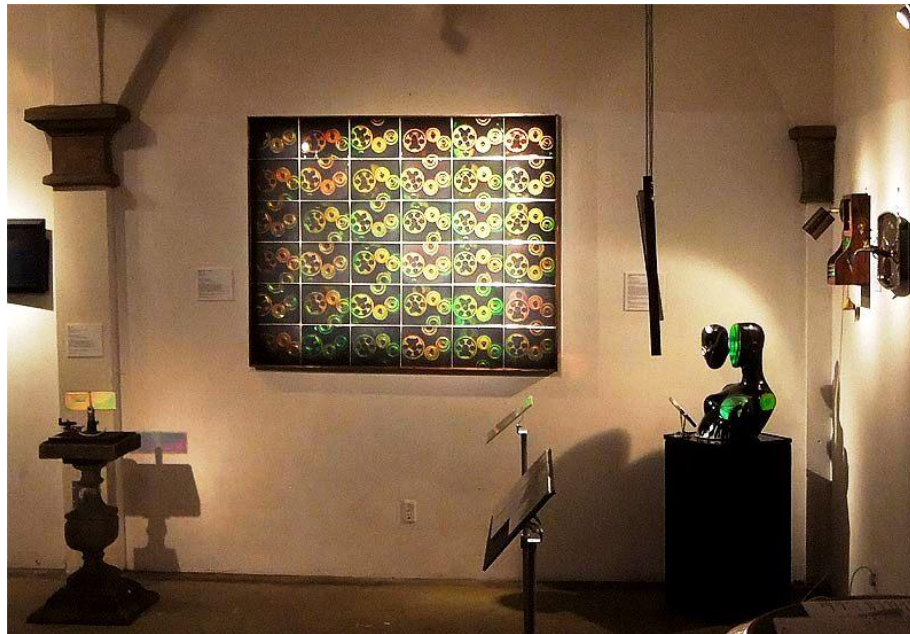
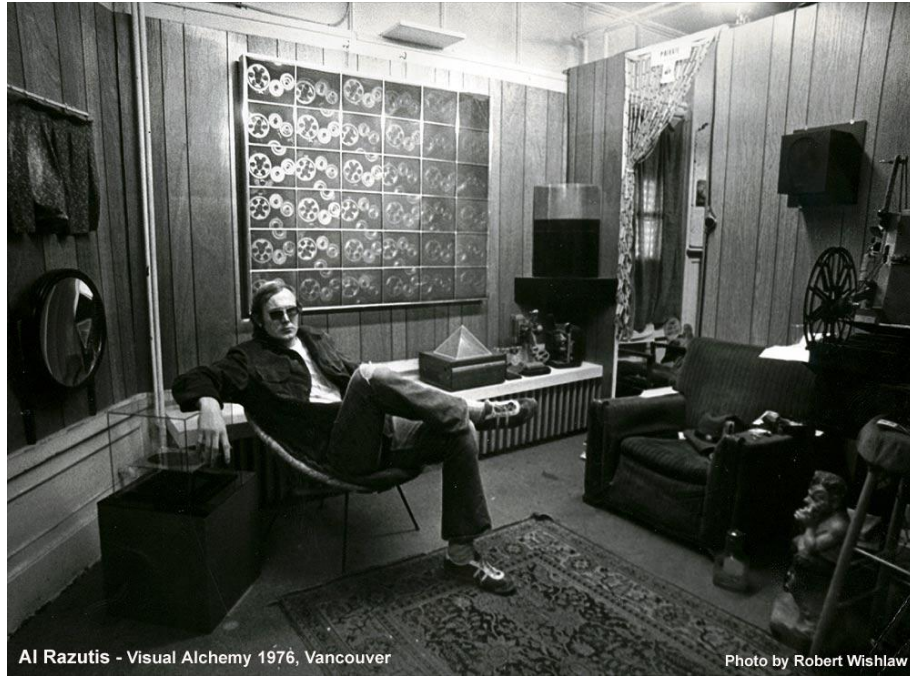
Al Razutis, *Newtoncu Galaksi Montaj Hattı*, 1974-76, 20,32 x 25,4 cm'lik 36 tane beyaz ışık yansımaya hologram (WLR)-H1, tek ışıklı Denisyuk hologramlar, AGFA gümüş halide emülsiyon, 121,92 x 121,92 cm, Visual Alchemy, Vancouver, CanadaLab ve AlrazutisLab'da üretilen hologramlarda Rick Gibson aistanlık yapmıştır.

Al Razutis (d. 1946) fizik ve kimya eğitimi almış çoklu ortam sanatçısıdır. Almanya doğumlu olan sanatçı 1987 yılında Razutis Los Angeles Simon Fraser Üniversitesi'ndeki görevinden ayrılmış ve 1996'da Kanada'ya taşınmıştır. Halen çalışmalarına Kanada'da devam etmektedir.<sup>265</sup>

Her bir parçada dişli görüntüleri olan ve 36 hologramdan oluşan bu çalışmada ortroskobik ve sudoskobik görüntüler karışık olarak kullanılmıştır. Razutis, bu çalışmasını ilk olarak 1977 yılında *Görsel Simya* başlıklı Burnaby Sanat Galerisi, Burnaby, Kanada'daki kişisel sergisinde sergilemiştir. Razutis ile yaptığımız yazışmalarımızda bu çalışmasına ilişkin yukarıdaki bilgileri vermesinin yanı sıra ek bilgiler de vermiştir. Razutis bu çalışmayı aslında yatay olarak insanların üzerinde yürüyebileceği şekilde tasarlamıştır. Ancak bunun kullanışlı olmaması sebebiyle çalışma yerden yaklaşık 1,2 - 1,5 m yükseltiyle duvarda sergilenmiştir.

Aynı nesnenin dönüşümlü/değişen ortroskobik ve sudoskobik görüntülerinin bir mozağini oluşturma fikri, kişinin 'görünmez güçlerin' herşeyi bağladığını düşünebileceği galaksi görüntülerinden gelmektedir. Hologramları birleştirilmesi ile ortaya çıkan bu bitişik görüntülerde izleyicinin hareketi ile ortaya çıkan ve bir deniz anemonu etkisine benzeyen görüntüler oluşmaktadır. Buna alternatif olarak çalışma hareketli ışıklar kullanılarak da aydınlatılabilmektedir. Razutis, çalışmasına verdiği *Newtoncu Galaksi Montaj Hattı* isminin Newton mekaniğindeki birbirine kilitlenmiş bir "dişli evren"e işaret ettiğini söylemektedir. Bunlar, ışık etkileşimli holografik şekillere dönüştürülmüştür. Bu sebeple fiziksel olarak 'katı' değildir. "Bu bir gerçeküstü sihirli halidir."

<sup>265</sup> R. Bruce Elder, "Al Razutis", The Canadian Encyclopedia, (Erişim) <http://www.thecanadianencyclopedia.com/articles/al-razutis>, 15 Kasım 2012.



**179. (a b)** Bileşik hologram örneği  
**(a)** Al Ruztis *Newtoncu Galaksi Montaj Hattı* isimli çalışması ile **(b)** Ruztis'in bu çalışması, 2010 yılındaki Dejavu sergisinde de sergilenmiştir<sup>266</sup>

<sup>266</sup> Al Ruztis, "West-Coast Artists in Light (1996-1998)", Alchemists, (Erişim) [http://www.alchemists.com/visual\\_alchemy/west-coast2.html](http://www.alchemists.com/visual_alchemy/west-coast2.html), 30 Nisan 2012.

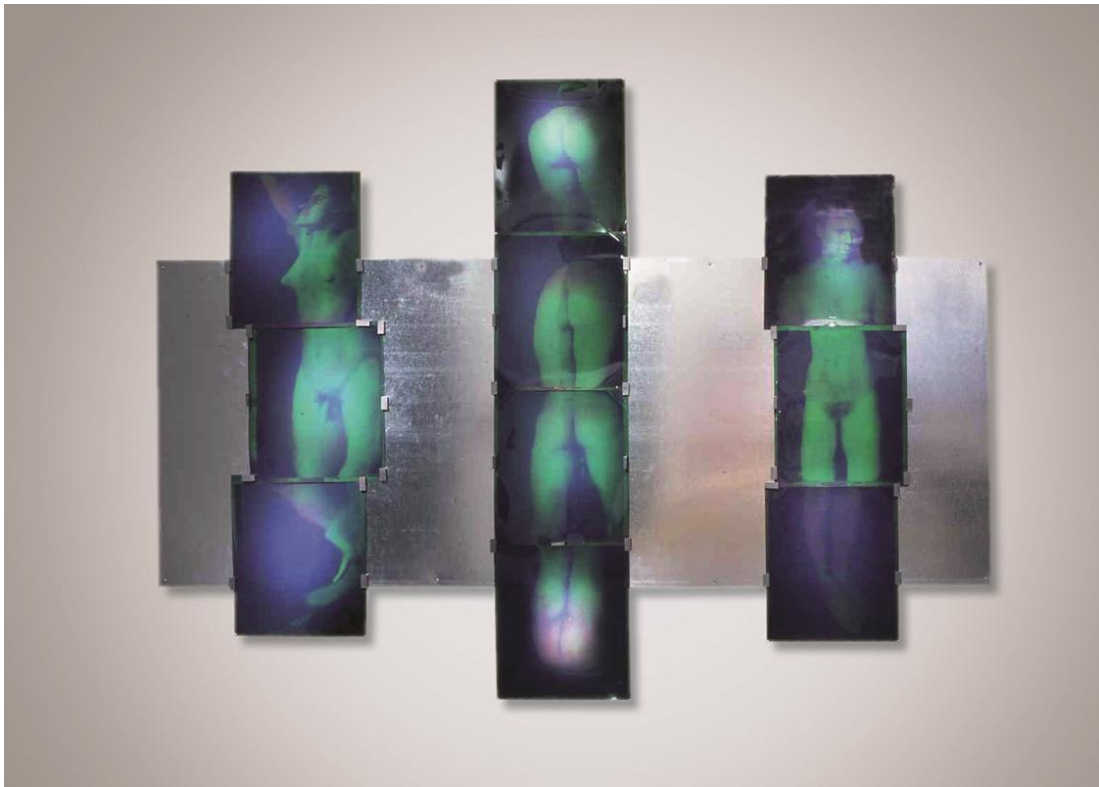




**180. (a b c) Bileşik hologram ve holografik yerleştirme örneği**

Harriet Casdin Silver, *Şüpheli Çatallar I*, 1977, cam üzerine gümüş halide emülsiyon, lazer geçirgen hologramlar, 27,94 x 35,56 cm

Sanatçı, 1984 yılında yaptığı bu çatal hologramları ile holografik yerleştirme de yapmıştır. Bu yerleştirmede yaklaşık 3 x 4 m'lik karanlık bir odaya kurulan video yansıtıcıdan yansıtılan robot bir el görüntüsü ve odaya asılan Şüpheli Çatallar isimli holografik çatallar bulunmaktadır. Video ekranı Casdin-Silver'in kendi görüntüsünü ve sesini tekrarlayıp durmaktadır. Ses şöyle demektedir: "Merhaba, ben Harriet! Hey! Ben ölüyorum Bana geri gel, olur mu?"



**181. Bileşik hologram örneği**

Harriet Casdin Silver, *Van Eyck ve Bosh için*, 2004, metal panel üzerine yerleştirilen on yansıma hologram, 243,84 x 304,8 cm



**182. Bileşik hologram örneği**

Harriet Casdin-Silver, 70+1+2, 1998, sanatçının kendi bedenine ait üç geçirgen beyaz ışık hologramı ve metal üzerine üç C-print fotoğrafı

Sanatçı, Vogue veya Playboy sayfaları dışındaki bir güzellik gerçekliğini sunmaktadır. Feminist sanatçı, hayatın hangi aşamasında olursa olsun, 'vücudumuz güzeldir' fikrini ele aldığı bu çalışmasında, 73 yaşındaki çıplak bir kadının cesareti ve özgüvenli duruşunu sergilemektedir.

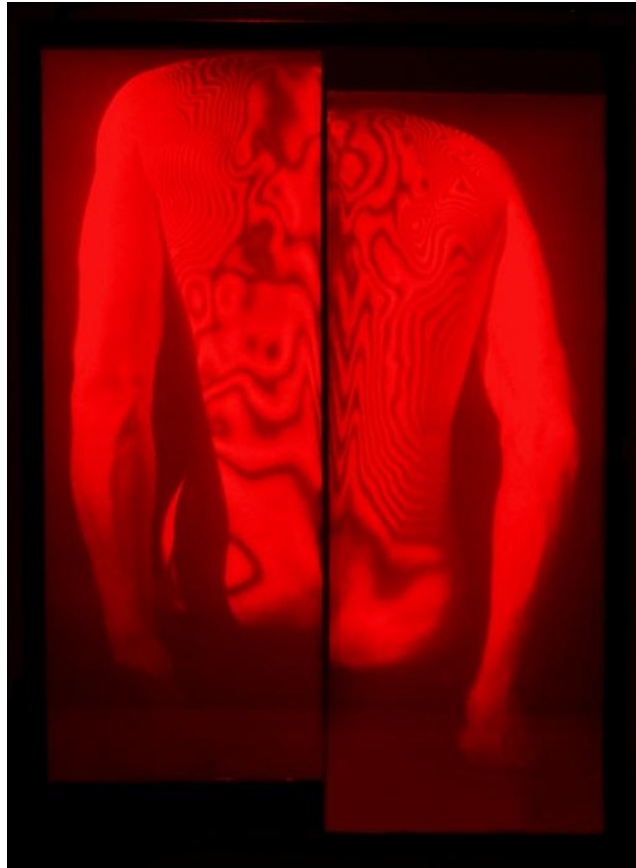
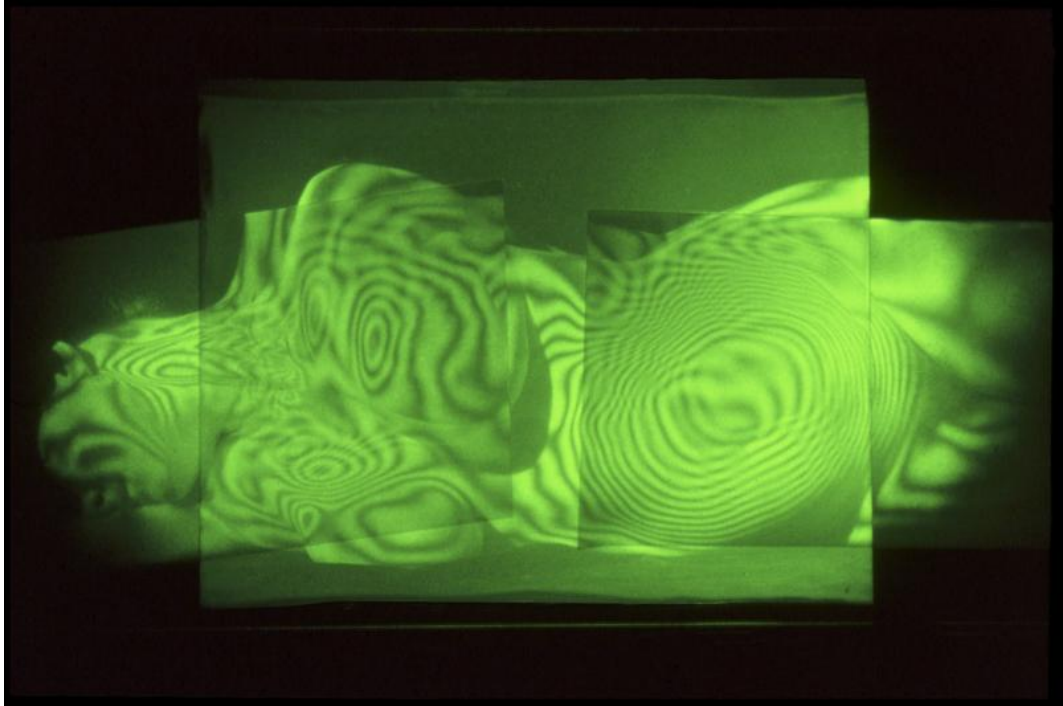


**183. (a b c)** Bileşik hologram ve holografik yerleşime örneği  
Rudie Berkhout, Odyssey 2001 için ressam Ward Bos'un resimleri ile kendi yansıma hologramlarını bir arada sergilemiştir, 15 Ağustos 2001

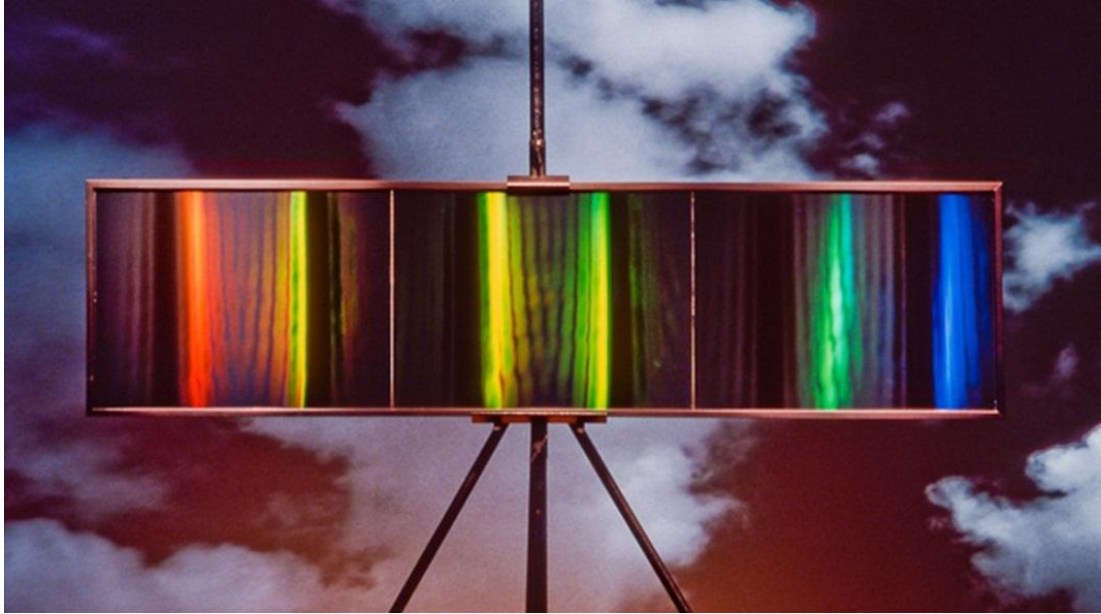


**184. (a b)** Bileşik hologram örneği  
Rudie Berkhout, *12mW Boogie*, 1978, geçirgen beyaz ışık hologramlar, triptik 3 adet 20,32 x 25,4 cm'lik hologram, MIT Museum Hologram Koleksiyonu (fotoğraflar, 2009 yılındaki bir sergiden)





**185. (a b)** Bileşik hologram örnekleri  
Sally Weber'in, atımlı lazer ve holografik interferometri  
teknikini kullandığı bileşik hologramları



**186. Bileşik hologram örneği**

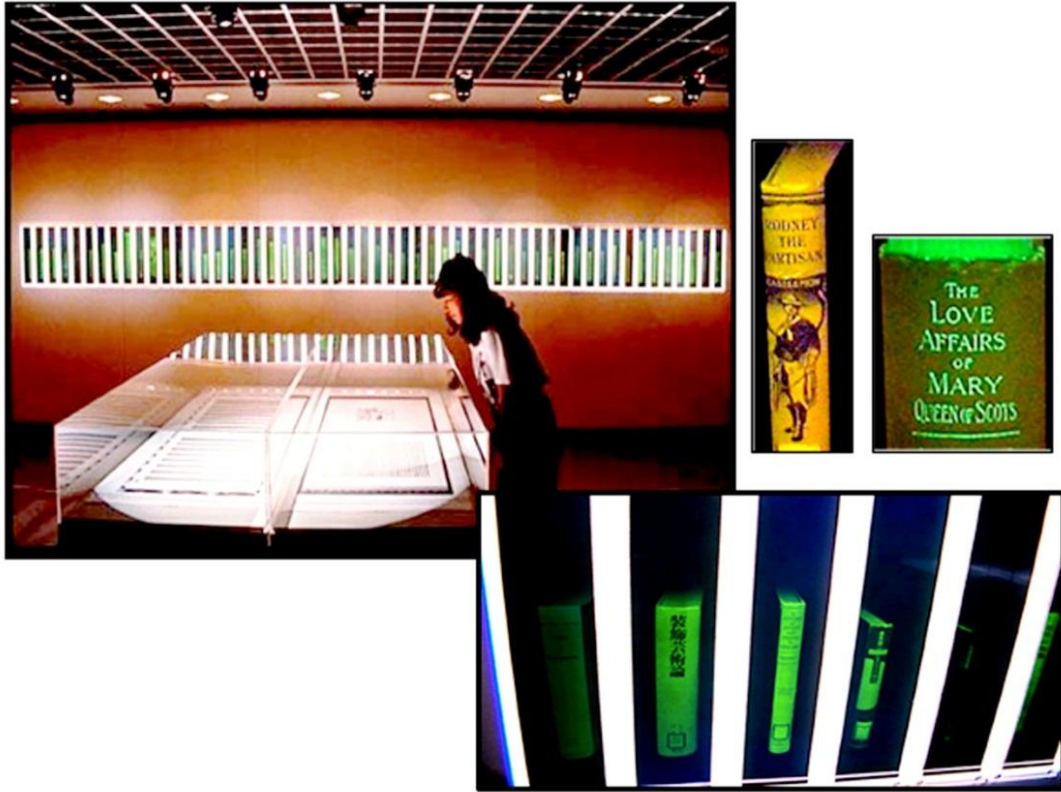
Wenyon ve Gamble, *Bıçakların Gölgesinin Girişim Saçakları*, 1987, resim sehpası üzerinde üç hologram, arkadan yansıtılan siyah beyaz slayt ile birlikte, 198,73 x 120 cm

İngiliz sanatçı Susan Gamble ve Amerikalı optik ve fizik mühendisi Michael Wenyon, 1983 yılından beri holografik sanat ile ilgilenmekte ve birlikte çalışmalar üretmektedir. Bu çalışmalarında Wenyon ve Gamble, holografinin estetik bir soruşturması için başlangıç noktası olarak Newton'u seçtiklerini söylemektedir. Çünkü Newton'un deneylerinin birçoğu ışık, girişim ve kırınım üzerinedir ki bunlar holografinin temel özellikleridir.



**187. Bileşik hologram örneği**

Wenyon ve Gamble, *Küçük Noktalar: Birinci ve İkinci Kuadrantlar*, 2012, tripota monte edilmiş tahta çerçeveli cam üzerine gümüş halide emülsiyonlu iki hologram, 32 x 43 cm, bu yerleştirmede, arka planda renkli ışık yansıtması, hologramları aydınlatmak için ise sarı lazer ışığı kullanılmıştır.



**188. (a b c d) Bileşik hologram örneği**

Wenyon ve Gamble, *Kaynakça*, 1992, Art Tower Mito, Japonya'daki sergiden bir görünüm

Bu çalışma, Tsukuba Üniversitesi Sanat Kütüphanesi'nden seçilen kitaplara ait 54 tane Denisuyuk hologramından oluşan bir bileşik hologramdır.

Wenyon ve Gamble, 1990'lı yılların başlarında gittikleri Japonya'daki Tsukuba Üniversitesi'nde Japonca metinlerle dolu bir sanat kütüphanesi fark etmiştir. Bu kütüphanede Japonca kitapların yanı sıra İngilizce ve diğer Avrupa dillerine ait kitaplar da raflarda yer almaktadır. Bu çalışmalarına ilişkin şunları söylemişlerdir: "Bizler, bir dilin ve kültürün öğrencileriydik; temas noktaları arayan ve yeni formları anlamaya çalışan yeni öğrencilerdik (...) Kitapların içeriklerinin tarafımızdan bilinmemesine ve okunamaz olmalarına rağmen onların gelecekteki formları şu anda görülebilir. Bunda değişik özel bir durum vardır; holografik kitap görüntülerimizde, üç boyutlu dünyanın ulaşılamaz iki boyutlu sunumunu fark etmenin zevki bulunmaktadır." Beraber hazırladıkları katalog yazısında, O. B. Hardison'un 1989 da yayınlanan ve 21. yy'ın kültür ve teknolojisini anlatan kitabından alıntı yapmışlardır. Alıntıya göre Hardison, kitapların hala üretilmekte ve okunmakta olduğunu ancak kitap merkezli bir kültürünün sonuna geldiğini artık daha çeşitli ve karmaşık bir modern kültürün şekillenmekte olduğunu söylemektedir.

Yazar ve eleştirmen Marina Benjamin de ikilinin görmeye ve estetik bilgiye dayanan ileri bir görsel dil geliştirmekte olduğunu söylemektedir. "Kitap, bu yeni dilin sembolik bir anahtarıdır. Fakat bu kitap metinden yoksundur. Kaynakça bize holografik kitaplar sunmaktadır ve bu kitaplar ikondur; bizim onları anlamamız ya da anlamamamız önemsiz hale gelmiştir" diyen Benjamin'e göre Wenyon ve Gamble, kitapların gerçekten yaşayıp yaşamadığını tartışmakta hem kitabın gereksizliğini ima etmekte hem de kitabı, saygı duyulan değerli bir nesne olarak tasvip etmektedir.

### 2.2.3. Holomontaj

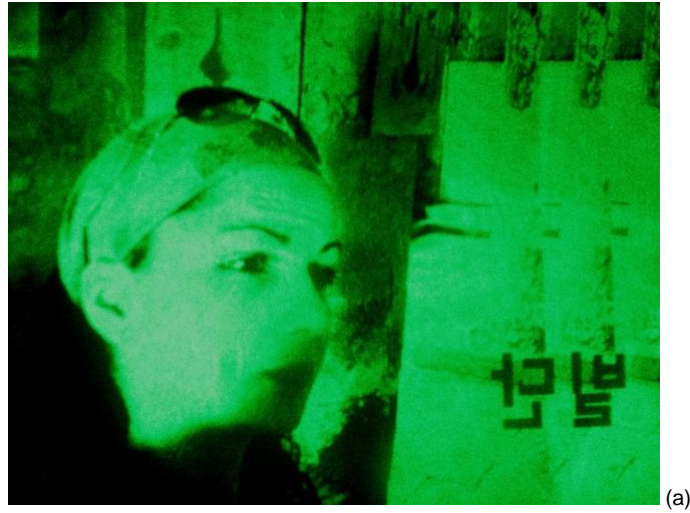
Sanatçıların, holografik üretim sürecinde yaptıkları çeşitli müdahaleleri içeren çalışmaları ifade etmektedir. Holomontaj, özellikle kayıt ve banyo sürecinde, fotoğrafik teknik ve gereçlere elle yapılan müdahalelerdeki gibi yapılan çeşitli manipülasyonlarla sonuç görüntüyü sanatsal olarak değiştirme amacını taşımaktadır. Bu amaçla birden fazla holografik plaka katmanlar halinde bir arada kullanılabilmekte, bir ya da birden fazla kalıp kullanarak çoklu pozlama yapılabilir. Holomontaj; fotoğrafçılıktaki *fotomontaj* kelimesinden esinle türetilmiştir. Fotomontaja benzer şekilde holomontajda da filmleri üst üste koyma ya da görüntü bölümlerini çeşitli şekillerde birleştirme yoluyla bir bütün olan sonuç görüntü yaratılmaktadır. Bu üretim süreci, çoklu pozlama ya da maskeleyme yapılan çok kanallı hologramdaki gibi teknikleri içermektedir. Bu teknik sanatçılara renk ve biçimde manipülasyon yapma konusunda büyük bir esneklik sağlamaktadır.<sup>267</sup>



**189.** Holomontaj örneği  
Margaret Benyon, *Kaplan Kız*, 1985, yansıma hologram

<sup>267</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 374.





190. (a b c) Holografik portre ve holomontaj örneği  
 Vildan Işık, *Vildan II*, 2012, maskeleye yapılarak oluşturulan  
 iki kanallı yansıma hologram, gümüş halide holografik film, 19  
 x 23,5 cm aynı holograma ait (a) sağ, (b) sol ve (c) merkez  
 görünüş

#### 2.2.4. Holografik Yerleştirme

İçine yerleştirilen holografik görüntülerle alanın bütünleştirildiği sanat yapıtlarını ifade etmektedir. Bunlar, izleyicinin aralarında dolaşabildiği çalışmalar da olabilmektedir. Özellikle geçirgen beyaz ışık holografisi bu tür bir 'yerleştirme' yapmaya uygundur. Hologramların aydınlatma araçları, sanatçılara hologramların sergi salonunda duvardan uzağa yerleştirebilmelerini mümkün kılmaktadır. Bu geçici aydınlatma holografik yerleştirmeye devimsel görüntü olarak fazladan bir boyut vermektedir çünkü onların duysal varlığı sadece etkileşimle (zaman-mekan ve izleyici-yapıt arasında) farkına varılabilen bir ilişkidir.<sup>268</sup>



**191.** Holografik yerleştirme ve bileşik hologram örneği

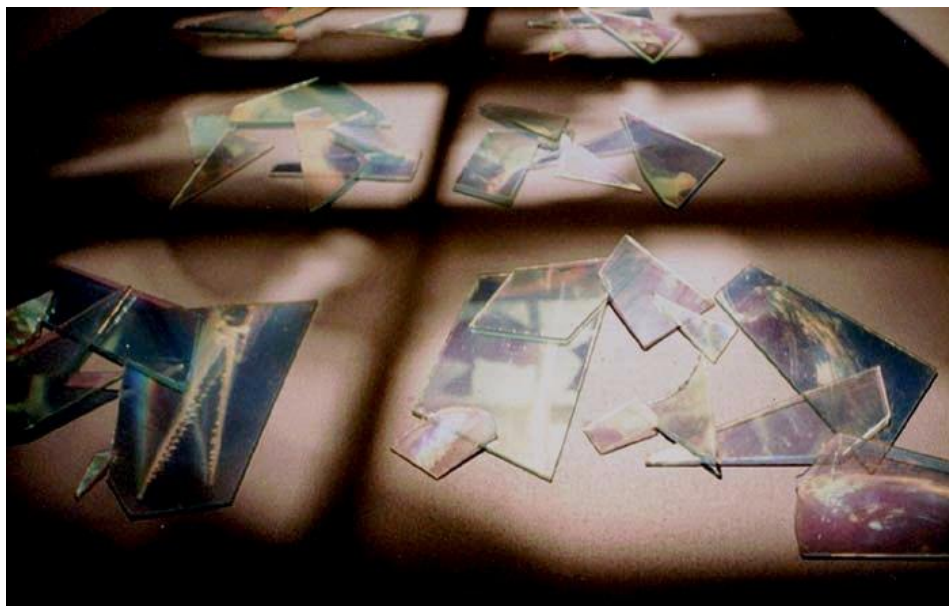
Al Razutis, *Pencere I*, 1984, gümüş halide hologramlar, Razutis'in bu çalışması, küratörlüğünü Sydney Dinsmore'un yaptığı Kanada-Toronto'daki Interference Galerisi'nde, 'Totem' başlıklı kişisel sergisinde sergilenmiştir. Çalışmadaki hologramlar, hayvan kemiklerine ait görüntüleri içeren ağırtılmış Denisyuk hologramlarıdır. Bunlar epoksi ile kaplanmıştır. Bu yerleştirmede 60,96 x 36 91,44 cm ebatlarındaki bir pencere tavandan asılmış, hologramları aydınlatmak için tek bir kaynak noktasından verilen beyaz ışık kullanılmıştır. Zeminde oluşan gölge ve holografik plakaların bulunduğu ışıklı alan toplam 182,88 x 304,8 cm'dir.

<sup>268</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 373.

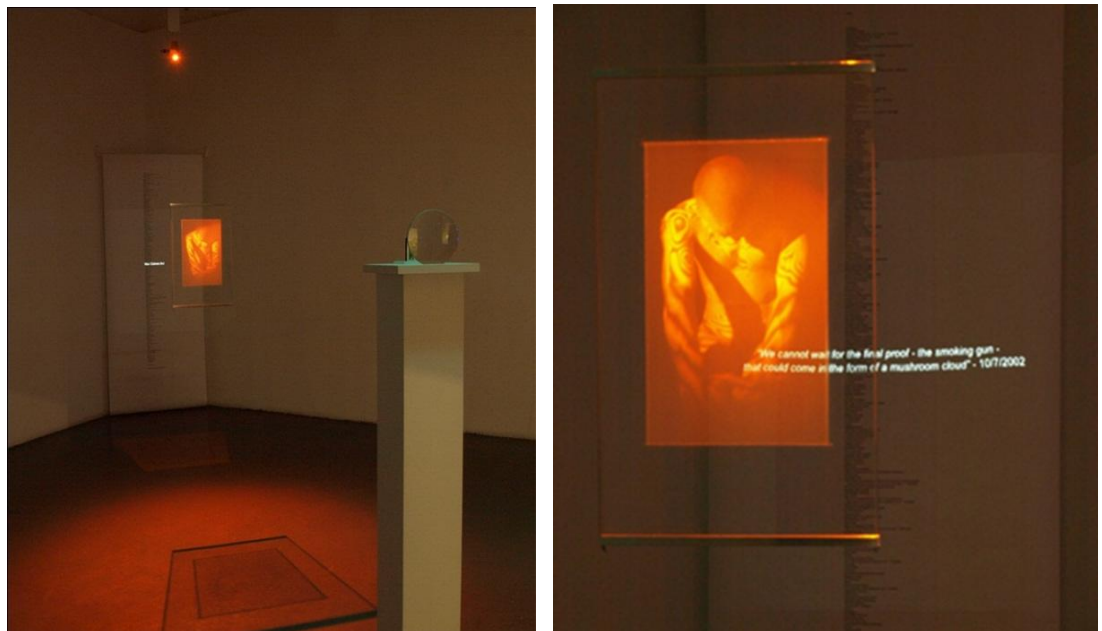


Kendisi ile yaptığımız yazışmalarda Razutis, *Pencere I* isimli çalışmasının Almanya-Frankfurt'ta düzenlenen Licht / Blicht Fuarı'nda çalışıldığı daha sonra benzer bir çalışmayı aynı ebat ve içeriği koruyarak yeniden yaptığı bilgisini vermiştir. *Pencere II*'yi 1995 yılında, Kanada'da Gary Cullen ile birlikte Holocrafts'da bilgisayarla oluşturulmuş iki renkli hologramlarla üretmiş ve Wavefront Galerisi'nde sergilemiştir.

Razutis, *Pencere I* ve *Pencere II* isimli çalışmaları için metafor ve alegori yoluyla, fiziksel gerçekliğin üzerine gerçeküstü bir gerçekliği ekleyerek dondurulmuş anı yakaladığını söylemektedir. Sanatçı bu çalışması için "İki boyutlu pencere camları arasında ışıkta asılı duran, 'et'e ihtiyaç duyan ancak sadece cam ve kemikle elde edilen etkinin sonuçları, alegorik olarak zemin üzerinde görünür kılınmaktadır" demektedir.



192. (a b c) Holografik yerleştirme ve bileşik hologram örneği  
Al Razutis, *Pencere I*, (a b) 1984'teki sergiden günümümler (c) çalışmanın detayı



**193. (a b c) Holografik yerleşirme örneği**

Sally Weber, *Sonuç için Uçurum*, 2001, atımlı lazerin kullanıldığı bu çalışma 2008 yılında tamamlanmıştır.



**194.** Holografik yerleştirme örneği  
Dieter Jung, *Ping Pong*, 2000, dört hologram, motor, alüminyum ve ahşap, 180 x 130 cm

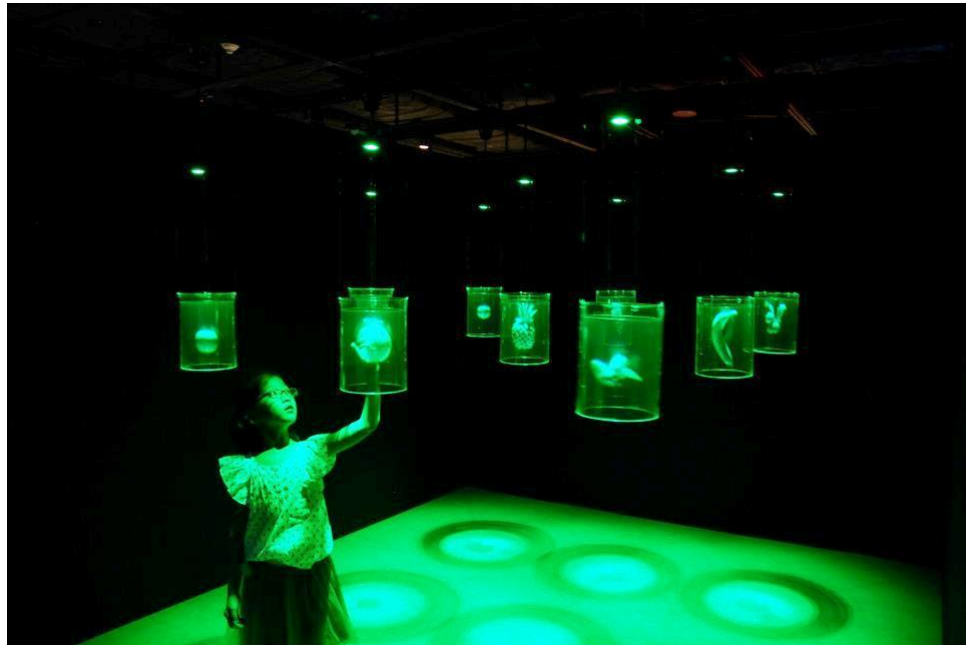


**195.** Bileşik hologram ve holografik yerleştirme ve örneği  
Pepe Buitrago, *Sürdürülebilir-Sürdürülemez*, 2006, yirmi hologramla yerleştirme, 200 x 200 x 200 cm, Catedral Galeri, İşpanya



**196. Holografik yerleştirme örneği**

Andrew Pepper, *Gözlem Çizgileri*, 2001, Galeri 286, Londra, İngiltere. Sekiz tane cam üzerine yansıma hologram, dokuz paslanmış metal levha, duvara yerleştirilen dokuz dijital baskı ve elektrik ışıklarından oluşan holografik yerleştirme



**197. Holografik yerleştirme örneği**

2011'de Seul Sanat Merkezi V Galeri'deki 26 sanatçının katıldığı *Picasso & Einstein* hologram sergisinden Ray Park'ın *Birlikte Varolma* isimli meyve görüntülerinden oluşan dokuz silindirik hologramı, yukarıdan lazer ışığı ile aydınlatılarak görüntülenmiştir.





**198.** Holografik yerleştirme rneği  
Ikuo Nakamura, *Houdini: Sanat ve Sihir*, 2009, geçirgen hologram ile yerleştirme

### 2.2.5. Çevresel Holografi

Holografik sanat yapıtlarının mimari ya da doğa ile bütünleşen, halka açık ve her zaman görülebilmesi mümkün olan çalışmaları kapsamaktadır. İlk çevresel hologramların kaynağı A.B.D., Kanada, Danimarka ve Japonya'dır. Işıklıdırmanın sınırlandırılmış olmasına rağmen çevresel holografi iç ve dış mekânlarda sık sık kullanılmaya başlamıştır. Görsel görünüşü ve uzamsal duruşundan ötürü çevresel holografi, *holografik yerleştirme* olarak da düşünülebilir.<sup>269</sup>

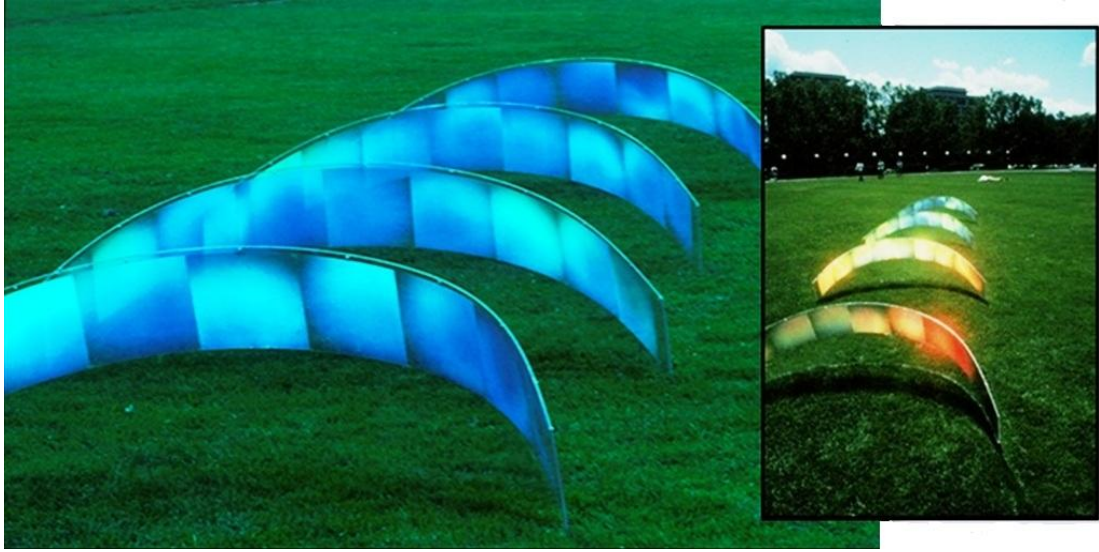


**199.** Çevresel holografi örneği  
Hiro Yamagata, *Güneş Küpü*, 2003, Guggenheim Bilbao, İspanya.

Gerçekleşmesine NASA'nın katkıda bulunduğu bu çalışmada, dış cepheler holografik panellerle kaplanmıştır. Hem güneşin ışığı ile hem de çevresindeki diğer binalardan yansıyan ışık ile günün her saati farklı renklerde görülmesi mümkün kılınan bu çalışmanın yansıması denize düşmektedir.

<sup>269</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 372.





**200. (a b) Çevresel holografi örneği**

Sally Weber, *Işıkduyargası*, 1982, Ohio State Üniversitesi'nde (OSU) düzenlenen *Holografide Üç Boyutlu Görüntüleme Disiplinlerarası Araştırma Semineri*'nde sergilenmiştir. 1999 yılında düzenlenen bu seminerin katılımcıları: Sally Weber, Larry Lieberman, Rebecca Deem, Fred Unterseher, Mark Merline, Sam Moree ve Dan Schweitzer'dir.



**201. Çevresel holografi örneği**

Graham Tunnadine, *Holografik Saat*, 1990, İngiliz Demiryolları Pavyonu'nun metal yapısına yerleştirilen 132 tane yansıma hologram. Yapı, doğal ışıkla dolu bir cam yapıdır, bu yüzden hologramlar ortamın aydınlatma koşullarına uymaktadır.



**202. Çevresel holografi örneği**

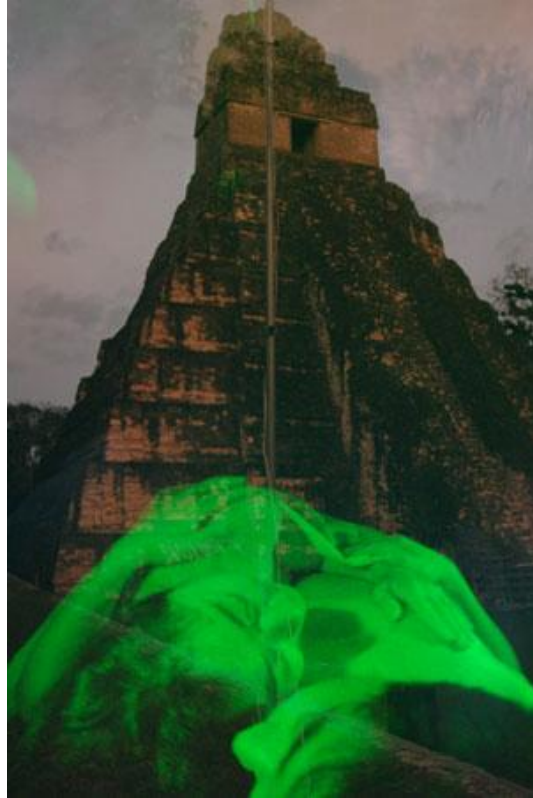
Setsuko Ishii, *Güneş Işığının Çizgilerinin Dikey Dönüşü*, 1993-1995, güneşe göre renk değiştiren gökkuşağı hologramlar



**203. Çevresel holografi örneği**

Setsuko Ishii, *Ölülerin Ruhü için Dua*, 1993, geçirgen beyaz ışık hologramlarla bir yeraltı kaya mağarası içine yerleştirme. Ishii bu çalışması için "benim 'tuvalim' bir yeraltı kaya mağarasıdır" demiştir.





**204. (a b) Çevresel holografi örneği**

**(a)** Ikuo Nakamura, *Fosiller*, güneybatısında Guatemala ormanındaki Maya harabesi 'Tikal' a yerleştirilen hologramla oluşturulan görüntü

**(b)** Nakamura, bu çalışması için 'Tikal' a hologramı yerleştirirken, 26 Nisan 2006

### 2.2.6. Gölgekayıt

Bir ışık dağıtıcı ile uygun hale getirilen arkadan aydınlatmalı biçimlerin holografik kaydının alınmasıdır. Bu yöntemde nesne, Gabor ya da eksenli hologramlardaki gibi holografik plakanın ön tarafına, kaynak ışını yolu üzerine konumlandırılmıştır. Çift yarık tekniğinde ise nesne, nesne ışını yolu üzerine konumlandırılmıştır. Eğer bir nesne, pozlama boyunca ağır ağır hareket ettirilirse sonuç görüntü; üç boyutlu siyah bir boşluğa benzemektedir. Bu üretim yalnızca sürekli dalga lazeri ile uygulanabilmektedir. Bir gölgekayıt, tek aşamalı hologram olarak üretilmişse (H1) her zaman gerçektir (malzemenin önündeki bir yansıma olarak) fakat iki aşamalı hologram ise (H2) hem gerçek hem sanal bir görüntü yaratılmış olmaktadır.<sup>270</sup>

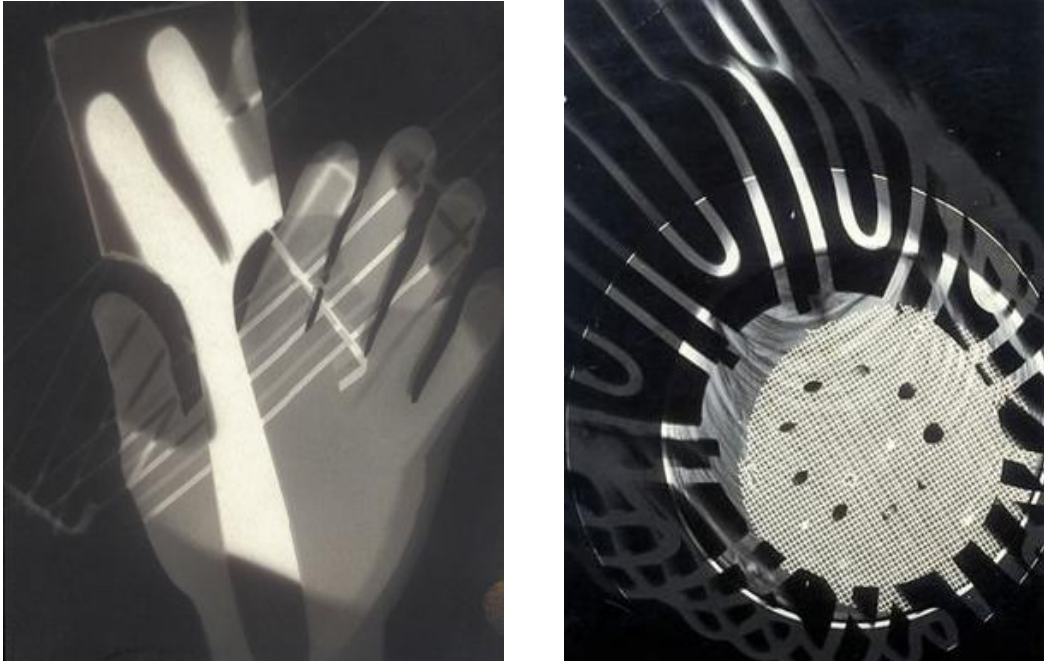
Benyon'un 1970'de yaptığı Sıcak Hava isimli çalışması; arkadan ışıklandırmanın kullanıldığı ilk hologramlardan biridir. Bu hologram, bir elin 'gölge'sini üç boyutlu siluet olarak bir vazo ve içinde sıcak bir sıvı olan buharlı bir kap ile birlikte göstermektedir. 1973'te Benyon bu çalışmasını; hologram olmayan (non-hologram) olarak tanımlamıştır. Ancak Amerikalı holografçı Rick Silberman bu tekniği yeniden isimlendirerek gölgekayıt (shadowgram) demiş ve sanatçılar tarafından bu isim yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır.<sup>271</sup>

Gölgekayıt tekniği, 19. yy'da Fox Talbot tarafından kullanılan *fotojenik çizim* (photogenic drawing) ve 1918'de Christian Shad tarafından yeniden keşfedilen *gölgekayıt tekniği* (shadowgraphy) ile doğrudan bağlantılıdır. 1912'de Lazlo Moholy-Nagy, *fotoğraf* (photogram) terimini kullanmıştır.<sup>272</sup>

<sup>270</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 379.

<sup>271</sup> Rebecca Coyle, Phillip Hayward, a.g.m., s. 27.

<sup>272</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 379.



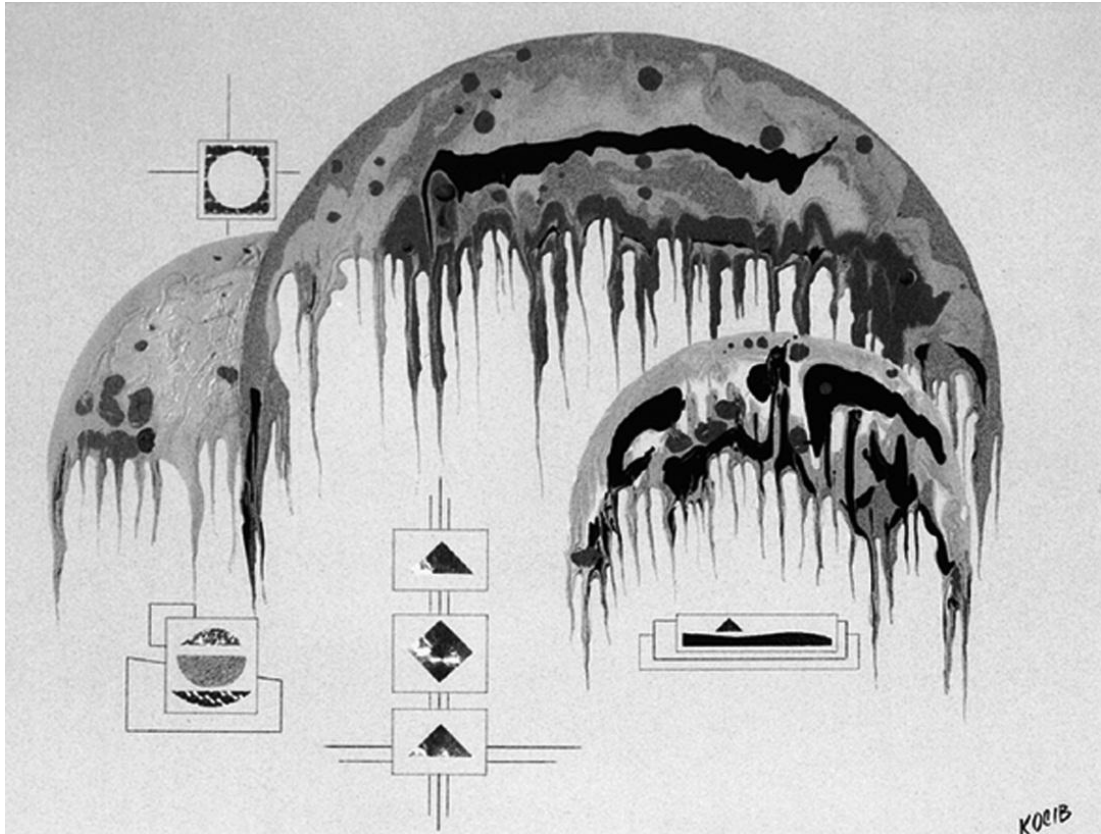
205. (a b) Laszlo Moholy-Nagy, Fotokayıtlar, 1912'ler



206. Gölgekayıt örneği  
Margaret Benyon, *Sıcak Hava*, 1970, 20 x 25 cm

### 2.2.7. Holoresim

Holografi ve resim sözcüklerinin birleştirilerek oluşturulduğu bu melez sözcük, Fransız sanatçı Dominique Mulhem tarafından tasarlanmıştır. Resim, desen, kolaj v.b. gibi biçimsel resim çalışmalarında, holografik görüntülerin resim gibi kullanılmasına holoresim denmektedir.<sup>273</sup>



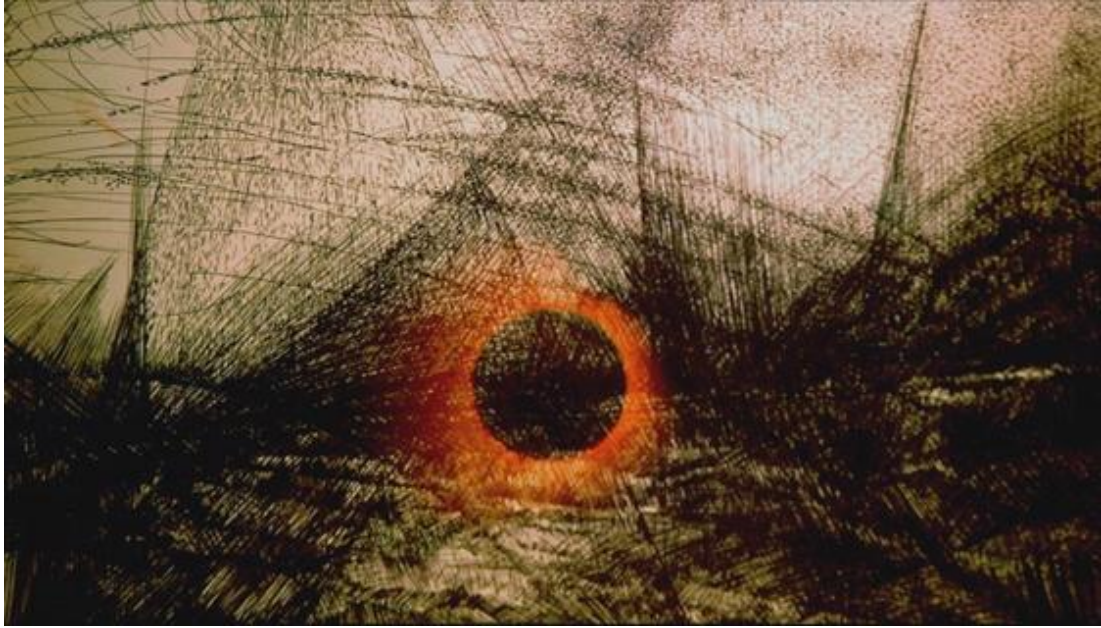
207. Holoresim örneği

Zdeněk Kočib, *Çizgiler, Alanlar ve Işık*, 1997, No. 20, kağıt üzerine akrilik boya ve holografik desenler, 55,88 x 71,12 cm

Bu çalışmada ana görüntüyü tamamlayan, ışık ve değişen renklere oluşan holografik folyolardan kesilmiş küçük biçimler yer almaktadır. Kočib, bu çalışmalarında ticari amaçla üretilerek yaygınlaşan hazır yapım holografik folyoları (holofolyo), kağıt ya da tahta bir yüzey üzerinde akrilik boya ile bir arada kullanmıştır. Geometrik formlar halinde kestiği holofolyoları resim yüzeyine yapıştıran ve bunları soyut boya formları ile birleştiren sanatçı, bu folyolardan ışığa duyarlı olarak renk değiştirebilme özelliklerinden faydalandığını söylemektedir. Çünkü holofolyolar, kullanılan boyasal rengin aksine hem ışığa göre hem de izleyicinin bakış açısına göre değişerek 'hareketli' bir renk algısı oluşturmaktadır. Kočib, böylelikle iki boyutlu görüntülerin içinde bir hareket görünümü yaratmış olduğunu ifade etmekte ve bu hareketin de zamanla bağlantılı olması sebebiyle dördüncü boyuta işaret ettiğini söylemektedir.

<sup>273</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 375.





**208.** Holoresim örneği

George Dynes, *Hologram ve Çizim*, 2000.

Holoresim kapsamında değerlendirilebilecek bu çalışmasına sanatçı *holoçizim* (holodrawing) demiştir.

### 2.2.8. Resimsel Holografi

Holografik görüntünün görünüşünü değiştiren, el ile yapılan her türlü müdahale yoluyla elde edilen çalışmaları ifade etmektedir. Bu müdahaleler; cam veya film üzerindeki emülsiyonu kazımak veya direkt olarak bu emülsiyonu boyamak ya da kaydedilen görüntüyü muntazam olmayacak şekilde banyo etmek v.b. gibi müdahalelerdir.

Resimsel terimi, 20.yy'da başlayan *resimsel fotoğrafi*'yi kaynak almaktadır. Genel olarak bu teknikle çalışan sanatçılar, holografinin yalnızca soyut bir çehre içinde sunduğu gerçekçi ve üç boyutlu görüntüyü altüst etmeye, harap etmeye çabalamaktadır. Bunlar, ifadesel ve resimsel ışık eserleridir, bazen *ışık resim* olarak da adlandırılmaktadır.<sup>274</sup>

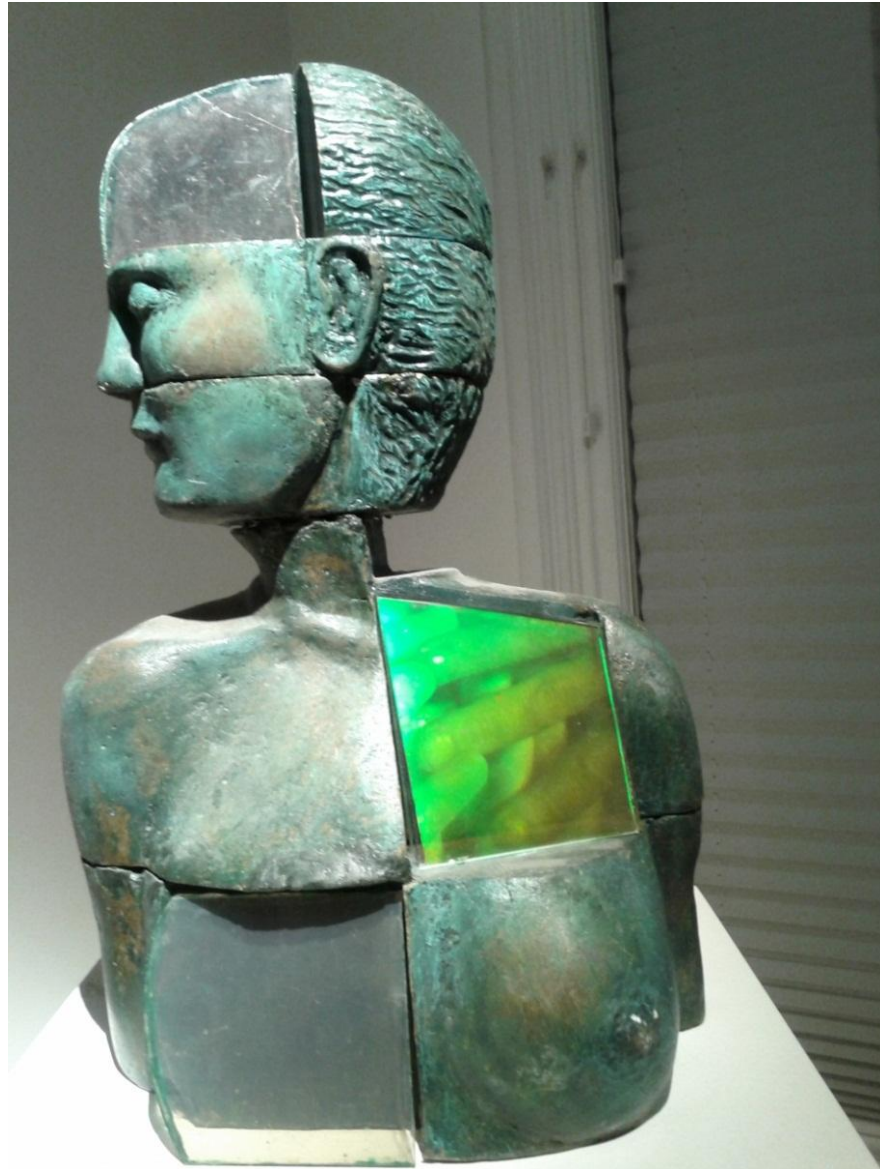
<sup>274</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 377.



**209.** Resimsel holografi örneği  
Harriet Casdin Silver, *Coda*, 1992-2000, yansıma hologram, 76,2 x 76,2 cm

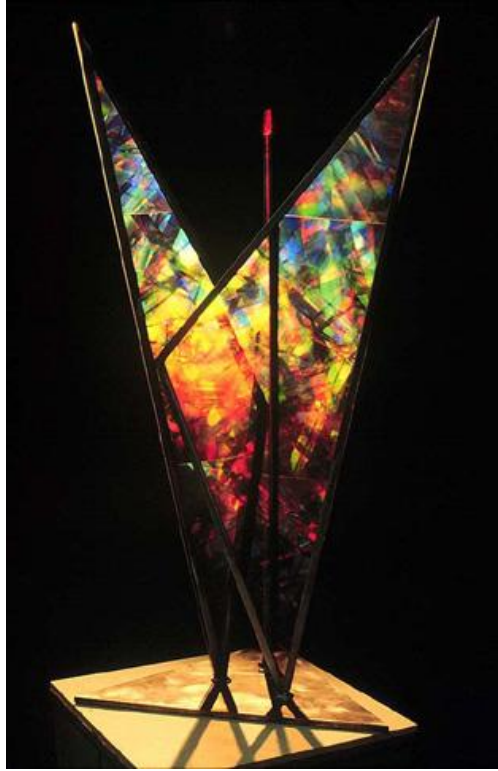
### 2.2.9. Holoheykel

Holografi ve heykel sözcüklerinin birleştirilerek oluşturulduğu bu melez sözcük Montreal kökenli sanatçı Georges Dyens ve Fransız sanatçı Jean Gilles tarafından önerilmiştir.<sup>275</sup> Holoheykel, hologram ve heykelin bütünleştirildiği ya da bir heykel formu olarak hologramların ve hologramatik ışık alanlarının kullanıldığı sanat çalışmalarını ifade etmektedir.



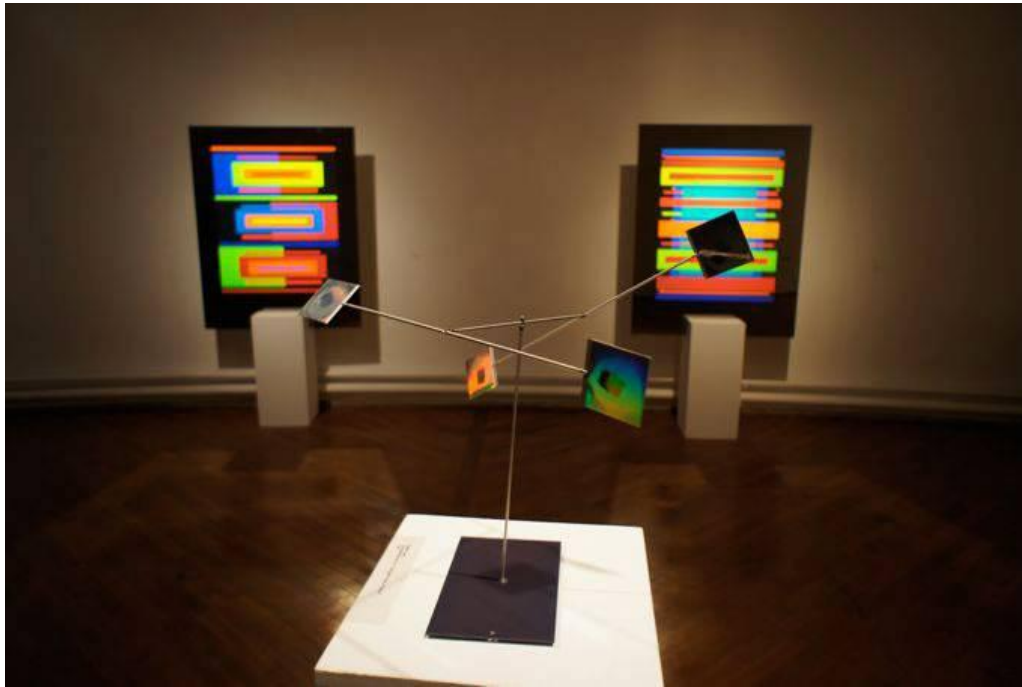
210. Holoheykel örneği  
Sam Moree, *Elle Tanımlı*, hologramlarla birleştirilmiş heykel

<sup>275</sup> Leonardo (b), a.g.e., s. 375.



**211. Holoheykel örneği**

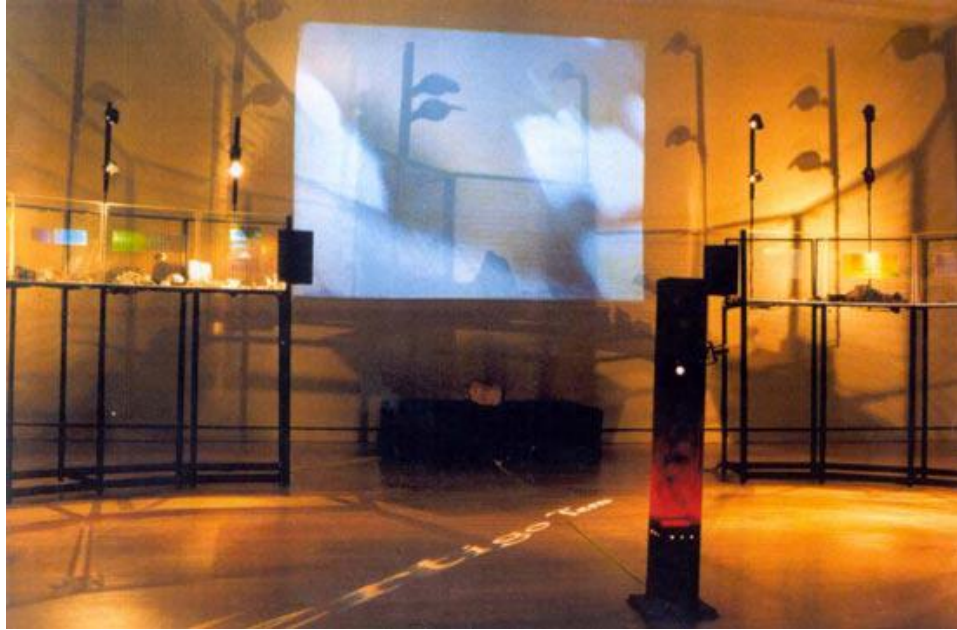
Sam Moree, *Anka Kuşu 46*, 1996, metal heykel üzerinde geçiren beyaz ışık hologramları, Cologne Medya Sanatları Akademisi'nde üretilmiştir.



**212. Holoheykel örneği**

Dieter Jung, *Yön Bulucu – İkarus'un Gözü*, (öndeki çalışma), 2000, 58 x 45 x 45 cm  
Bu çalışma, sanatçı tarafından *dengede hareket düzeni* anlamına gelen 'HoloMobil' olarak adlandırılmıştır.





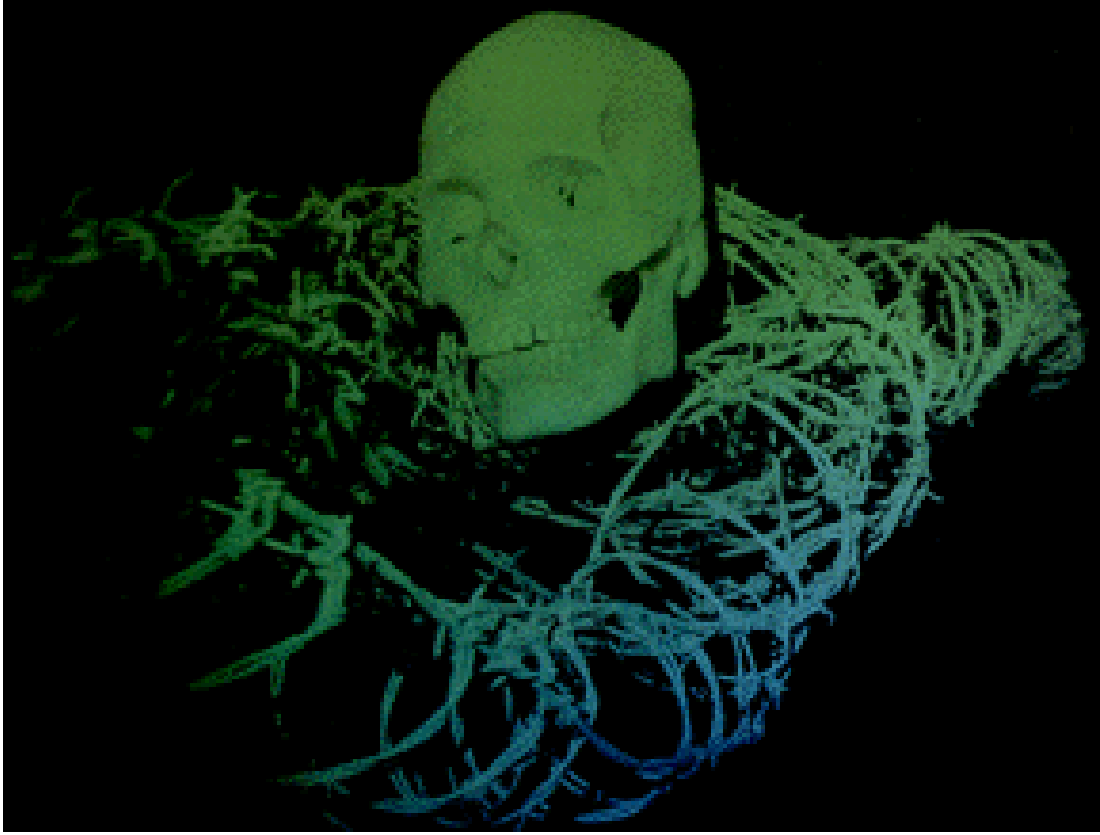
**213. Holoheykel ve holografik yerleştirme örneği**

Georges Dyens, *Dünyanın Dönüşünün Görünüşü - Vertigo Terrare*, 1994, yerleştirme, holoheykel, hologram, arazi sanatı, holofotogram, alüminyum, ışık, plaster, kaya, müzik, hurda, kum, ahşap, polyester reçine, lazer, sis, toprak ve pleksiglas  
Dyens bu çalışmasında, görsel ve akustik evrenin oluşturulmasını ifade ettiğini söylemektedir.



**214. (a b) Holografik heykel ve holografik yerleştirme örneği**

Sally Weber, *Zamanın Kanıtı*, 1993, çelik, alüminyum, holografik paneller, Moreno Vadisi, California, A.B.D.



**215. Holoheykel örneği**

Alexander, *Savaşın Dehşeti*, 1988, 101,6 m<sup>2</sup> lik bir alana yerleştirme

Alexander'ın bu izleyici katılımlı holografik sanat çalışması Sao Paulo'da gösterilmek için hazırladığı çalışmada, bedeni dikenli tellerle sarılmış gerçek ölçülerinde bir insan kafatasının holografik görüntüsü, plakanın yaklaşık 8-10 metre önüne kadar gelmektedir. İzleyici bu görüntünün içinde dolaşırken bir silah patlaması duyulmakta ve yetkili bir ses şöyle demektedir: "Kısıtlı bölgeye girdiniz. Bu bölgede, savaşın dehşetine maruz kalma tehlikesiyle karşı karşıyasınız. Bu nihai insan yaptırımını hiçbirşey haklı gösteremez. Bu mesajı düşünün ve bu bölgeden derhal çıkın!"



## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Holografi tekniği ülkemizde henüz sanatçılarımız tarafından pek tanınmamaktadır. Tekniğin varlığından haberdar olan sanatçılar ise bu tekniğe ve sanatsal kullanımına dair fazla bilgi sahibi değildir. Dolayısı ile holografik sanat uygulamaları ülkemizde yok denecek düzeydedir. Söz konusu sanatsal çalışmaların yapılmamasında sanatsal bir holografi laboratuvarının olmaması ve gerekli teknik elemanların bulunmamasının da etkisi büyüktür. Bir ileri teknoloji uygulaması olan holografinin ülkemizde sanatsal kullanımını sağlayacak bir kurum ya da kuruluş henüz yoktur. Türkiye’de özellikle 1990’lı yıllardan itibaren holografi üzerine araştırma ve incelemeler bilimsel, teknolojik ve ticari olarak yapılsa da holografinin sanatsal alanda yansımaları henüz olmamıştır. Özellikle sanatçılara yönelik hazırlanmış bir Türkçe kaynağın olmaması ise diğer önemli bir eksikliklerdir.

Ülkemizde holografik sanat çalışmalarının başlaması ve ivme kazanması için bir kaynak çalışması olabilmesi ümidi ile titizlikle hazırlanarak ortaya konan bu çalışma için gereken laboratuvar uygulamaları yurtdışında yapılmış ve alanında önemli isimlerle görüşülerek onların deneyimlerinden yararlanılmıştır. Holografik sanatın ülkemizde tanınması, uygulanması ve sergilenmesi amacıyla özellikle güzel sanatlar fakültelerine tekniği uygulamalı olarak öğrenebilecekleri bir holografi laboratuvarının kurulması, tekniği tanımak isteyen sanatçılara ve sanatçı aday öğrencilere büyük kolaylık sağlayacaktır. Buna paralel olarak holografi tekniğini ve dünyadaki sanatsal uygulamalarını tanıtan ve öğreten bir dersin programa dahil edilmesi de son derece faydalı olacaktır. Burada ortaya çıkan sorunların üstesinden gelinmesi gerekmektedir. Bu sorunlardan ilki; holografi laboratuvarının kurulmasında ve yürütülmesindeki maddi sorunların giderilmesi diğeri ise teknik eğitim ve öğretimi sağlayabilecek elemanların teminidir.

Uygulamalı olarak gerçekleştirilen bu tez çalışmasında holografinin sanatsal potansiyeli bakımından ulaşılan sonuçları şöyledir:

1. Holografi bilimsel ve teknolojik olarak geliştirilmiş bir teknik olmasının yanı sıra holografik evren ve holografik beyin kuramları ile birlikte son derece derin imaları olan bir tekniktir. Bu teknikle İki boyutlu yüzeyde üçüncü boyutun bilgisinin depolanabilmesi ve istenilen zaman ve mekanda ortaya çıkarılabilmesi bilimciler ve felsefeciler kadar sanatçıların da dikkatini çekmiştir. Sanatçıların yüzlerce yıldır pek çok farklı yöntem ve teknikle elde etmeye çalıştığı üçüncü boyut etkisi, iki boyutlu bir yüzeyde bulunabilmektedir.

2. Holografinin sanatsal bir malzeme olabileceği, 1960'lı yılların sonlarına doğru küçük bir grup sanatçı keşfedilmiştir. Giderek artan sayıda sanatçı tarafından kullanılan bu tekniği kullanan sanatçıların pek çoğu bilimcilerle ve teknisyenlerle işbirliği içinde çalışmıştır. Ayrıca bazı sanatçılar hem fizik hem de sanat eğitimi almış kişilerdir. Sanatsal bir malzeme olduğu keşfedilmiş ve uygulamaları yapılıyor olsa da holografi hem öğrenilmesi zor hem de pahalı bir tekniktir.

3. Holografinin ayrı bir sanat dalı olarak değerlendirilmesinde ve yaygınlaştırılmasında pek çoğu hala hayatta olan ve çalışmalarına devam eden ilk kuşak holografi sanatçılarının çok büyük emeği vardır. Kendilerinden sonra gelen pek çok yeni holografi sanatçısının yetişmesine de halen destek olmaktadır. Bu durum pek çok ülkede daha yaygın bir duruma gelse de Türkiye'de bu türden uygulamalar yoktur. Tekniğin bilinmesi ve uygulanmalı olarak kuşaktan kuşağa öğretilmesi önemlidir.

4. Holografi, geliştirilen ve geliştirilmesine devam eden çeşitleri ile sanatçıların ilgisini çekmeye halen devam etmektedir. Sanatçıların sıklıkla kullandıkları 2D, 2D/3D ve 3D hologramlar arasında şu hologram çeşitleri yer almaktadır: Holografik folyolar, Denisyuk hologramlar, geçirgen hologramlar, yansıma hologramlar, beyaz ışık geçirgen hologramlar, gökkuşağı hologramlar, 120° ya da 360° tümleştirilmiş hologramlar, holografik stereogramlar, holografik interferogramlar, çok pozlu ya da çok kanallı hologramlar, silindirik hologramlar ve gerçek renkli hologramlar v.b. Çok sayıda çeşidi bulunan hologramların hangisinin sanatsal amaçlarla kullanılabileceğinin bilinmesi ve hangisinin tercih edilebileceğinin belirlenmesi için hologram çeşitlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bazı hologram çeşitleri sanatsal

kullanıma son derece uygunken bazı hologram çeşitleri gerek uygulama gerekse maliyet yönünden pek uygun olamamaktadır. Yani her hologram çeşidi, sanatsal olarak kullanılmamaktadır. Örneğin havada tam bir 3D görüntü oluşturan hacim taramalı hologram bu türdendir. Bilimsel araştırmalarda kullanılan kuantum, elektron mikroskobu ve Fresnel hologramları gibi hologram çeşitleri de sanatsal olarak kullanılmamaktadır.

5. Bir hologramın resim mi heykel mi fotoğraf mı olduğu konusu, 1970-1990'lı yıllar boyunca devam etse de bu türden kesin bir sınıflamanın yapılması pek de uygun değildir. Çünkü hem o hem o hem de diğeri olabilen ya da ne o ne o ne de diğeri olabilendir hologram. Bir resimden en önemli farkı iki boyutlu bir depolama malzemesinde üçüncü boyutu sunabilmesidir. Bu diğer üç boyutlu tekniklerdeki gibi bir göz aldanmasına da dayanmamaktadır. Bir heykelden en önemli farkı ise bir gölgeye sahip olmamasıdır. Yüksek bir kabartma gibi gösterimi yapılabilir ya da çevresinde dönülebilir ancak bir cisim gibi gölgesi yoktur. Yine de heykel olarak tanımlanmasına ya da hala resim denmesine sıklıkla rastlanmaktadır. Hologram çeşidine göre bu türden tanımlama ve sınıflamalar yapılsa da hologramı kullanageldiğimiz tanımlarla ifade etmenin pek de mümkün olmadığı anlaşılmaktadır.

6. Holografi, sadece resim ve heykelin değil şiir, tiyatro, video, sinema gibi diğer pek çok sanat dalının kullanabileceği bir tekniktir. Her alan kendi anlatım diline uygun farklı hologram çeşitlerini kullanabilmektedir. Holografi tekniği bu yönüyle, söz konusu alanların sınırlarını genişletmede önemli bir rol oynamaktadır. Sanatsal kullanımda sınırların genişlemesi izleyicinin de algısını değiştirmektedir. Frank Hopper holografi için "geleceğin sanatı"<sup>276</sup> demişti. Bunun böyle olup olmayacağını zaman gösterecektir. Ancak şimdiden görünen o ki, çoklu algılamaya sahip yapısı sayesinde, holografi ileride görsel algı ve biçimlendirmede gerçekten çok büyük değişikliklere neden olacak gibi görünmektedir.

7. 20. yüzyılın başlarından itibaren soyut sanatçılar, görünen dünyanın sanattan kovulması gerektiğini iddia etmişler ancak fotoğraf ve film tekniğiyle çalışan sanatçılar ise bu iddiaya çok güçlü yanıtlar vermişlerdir. Holografinin keşfi, fotoğraf

<sup>276</sup> Frank Hopper, Art in Holography 2, 14-17 Eylül 1996'da İngiltere'de Nottingham Üniversitesi'nde 2. si düzenlenen uluslararası sempozyum, (Erişim) <http://www.art-in-holography.org/cards/popper.html>, 12 Nisan 2012.

ve film kamerasının neden olduğu dönüşüm sürecinin daha da radikalleşmesi anlamına gelmektedir. Bu süreç, bilim, teknik ve sanat arasındaki sınırların mutlak olmadığını anımsatmaya devam edecek gibi görünmektedir.

## KAYNAKÇA

- 3D Focus.** (2012). "3D Holographic Company Brings Ancient Egypt Back to Life" 13 Mayıs, (Erişim) <http://www.3dfocus.co.uk/glasses-free-3d-2/3d-holographic-company-brings-ancient-egypt-back-to-life/8464>, 14 Mayıs 2012.
- Absolute Arts**, "Setsuko Ishii's Main Portfolio Page", (Erişim) <http://www.absolutearts.com/>, 15 Ekim 2012.
- AKMAN, Toygar. (1976). "Beşinci Boyutun Psiko-Fizik Yapısı", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 101, s. 5-9, Nisan.
- ALLAN, Jeff. (2011). "David, the First White-Light Embossed Hologram, to Join MIT Museum's Other Historic Holography Firsts", **Eartholographics**, 12 Şubat, (Erişim) <http://eartholographics.blogspot.com/2011/02/david-my-white-light-embossed-hologram.html>, 17 Mayıs 2012.
- ALSAN, Selçuk. (1993). "Tıpta Organ Hologramları", New Scientist'tan 08 Ağustos 1992, **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 309, s. 635-636, Ağustos.
- ALTO, Palo. (2009). "Stanford Writes in World's Smallest Letters: Storing Information in Electron Waves", **NanoTech**, 31 Ocak, (Erişim) [http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story\\_id=32047](http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=32047), 22 Mayıs 2012.
- ARITAN, Aydın. (1990). "Hafıza Hologram Prensipleriyle Çalışıyor", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 274, s. 14-17, Eylül.
- ARITAN, Aydın. (d) (1990). "İnsan, Evren ve Holografı", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 272, s. 28-29, Temmuz.
- ARITAN, Aydın. (c) (1990). "Beyin ve Hologram", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 270, s. 24-28, Mayıs.
- ARITAN, Aydın. (b) (1990). "Hologram Nedir? Nasıl İşler?", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 268, s. 23-26, Mart.
- ARITAN, Aydın. (a) (1990). "Bilgisayar Hologram Teknolojisine Girdi", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 266, s. 14-17, 14 Ocak.
- ARITAN, Aydın. (1981). "Holografı ve Beyin Teorisinde Son Gelişmeler", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 160, s. 42-44, Mart.
- ARORA, Rajiv, Pranav Dixit. (2012). "The Holo Man", **Hindustan Times**, 20 Nisan, (Erişim) <http://www.hindustantimes.com/technology/Technology-Review-Application/The-holo-man/SP-Article1-843714.aspx>, 25 Nisan 2012.
- Arstecnica.** (2012). "Evrenin Bir Hologram Olduğuna Dair Stephen Hawking ile Yapılan Tartışma". 31 Ocak. Arstecnica.com **Science News**'de Temmuz 2011'de çıkan yazıyı çeviren: Sıdıka Özemre, (Erişim) <http://insanveevren.wordpress.com/2012/01/31/hologram-evren/>, 15 Mart 2012.
- Art in Holography 2.** (1999). **International Congress on Art in Holography**, (Erişim) <http://www.art-in-holography.org/>, 03 Aralık 2011.
- Artlinkart.** (2008). "Unvisible - Dieter Jung Solo Exhibition". (Erişim) [http://www.artlinkart.com/en/artist/exh\\_yr/6baauulm/854atvtj](http://www.artlinkart.com/en/artist/exh_yr/6baauulm/854atvtj), 29 Kasım 2011.
- Austria Innsbruck Medical University, Department of Physiology and Medical Physics**, "Optical Image Filtering with Spatial Light Modulators". (Erişim) <http://www2.imes.ac.at/medphysik/imagingpage.html>, 07 Mayıs 2012.

- AYDIN, Ramazan. (1992). "Gökkuşuğu Holografisi", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 292, s. 68-69, Mart.
- AYDIN, Ramazan. (1991). "Laser Teknolojisinde Son Gelişmeler", **Elektrik Mühendisliği Dergisi, Elektrik Mühendisleri Odası Yayınları**, Ankara, S. 379, Cilt. 36, s. 79-83, Haziran.
- AYGÜN, Erol. (1990). "Üç Boyutlu Görüntü: Holografi", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 277, s. 26-27, Aralık.
- AYGÜN, Erol. (1989). "Laser Nedir? Nasıl Üretilir? Nerelerde Kullanılır?", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 264, s. 34-36, Kasım
- BADCOCK, Mary, (2009). "Holography Generates Porous Crystals", **RSC Publishing**, Chemical Technology, 13 Mayıs, (Erişim) [http://www.rsc.org/Publishing/ChemTech/Volume/2009/06/polymeric\\_photonic\\_crystals.asp](http://www.rsc.org/Publishing/ChemTech/Volume/2009/06/polymeric_photonic_crystals.asp), 10 Mayıs 2012.
- BAYRAKTAR, Muharrem, Meriç Özcan. (2012). "Holografik İnterferometri Kullanarak Yüzey Sapmalarının ve Titreşimlerin İncelenmesi", **Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi**, (Bu çalışma Tübitak 1001 programı altında 106T727 numaralı proje desteği ile yapılmaktadır.)
- BAZARGAN, K., MR.B. Forshaw. (1979), "An Image-Plane Hologram With Non-Image-Plane Motion Parallax", **ScienceDirect**, 17 Eylül 2002 tarihinde çevrimiçi olarak yayımlanmıştır, (Erişim) <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0030401880903107>, 07 Mayıs 2012.
- BELL, Jeff. (2012). "University of Victoria Now Home to World's Most Powerful Microscope", **The Province**, 25 Mayıs. (Erişim) <http://www.theprovince.com/news/University+Victoria+home+world+most+powerful+microscope/6681605/story.html>, 28 Mayıs 2012.
- BENJAMIN, Marina. (1993). "Holography and The Play of The Light", **New Scientist**, Vol.138, No: 1878, 19 Haziran, (Erişim) <http://wengamcom/PDFs/Benjamin.pdf>, 05 Ocak 2012.
- BENTHALL, Jonathan. (1972). "Laser Holography and Interference Patterning", **Science and Technology in Art Today**, Praeger World of Art Series, Bölüm 4, s. 89-98.
- BENTON, A. Stephen, V. Michael Bove, Jr. (2007). Holographic Imaging, **John Wiley & Sons, Inc.**, Hoboken, New Jersey, A.B.D.
- BENYON, Margaret. (a), "The Prehistory of Holographic Art: A Personal View", (Erişim) <http://www.mbenyon.com>, 12 Mart 2012.
- BENYON, Margaret. (b), (1997). "Cornucopia", **Proceedings 5th International Symposium in Display Holography, Lake Forest, USA. SPIE**, Vol. 2333, (Erişim) <http://www.mbenyon.com>, 13 Mart 2012.
- BENYON, Margaret. (c), (1997). **Display Holography In The United Kingdom, 1994-1997, Proceedings 6th International Symposium in Display Holography, Lake Forest, USA SPIE**, Vol. 3358, (Erişim) <http://www.mbenyon.com>, 12 Mart 2012.
- BENYON, Margaret. (d), (1982). "On the Second Decade of Holography as Art and My Recent Holograms", **Leonardo**, MIT Press, Vol. 15, No. 2, s. 89-95, Bahar.
- BENYON, Margaret. (e), (1980). "An Interview with Margaret Benyon", Canberra, Australia, 06 Mart, (Erişim) <http://www.mbenyon.com>, 13 Mart 2012.
- BENYON, Margaret. (f), (1980). "Manifesto: Holography as Art", **Museum of Holography**, New York, 1980. (Bu manifesto, Richard Kostelanetz'in editörlüğünü yaptığı 'Esthetics Contemporary' isimli kitapta da yer almıştır. Prometheus Books, New York, 1989), (Erişim) <http://www.mbenyon.com>, 15 Mart 2012.



BENYON, Margaret. (g), (1973). "Holography as An Art Medium", **Leonardo**, MIT Press, Vol. 6, No. 1, s.1-9. (Bu makale Frank Malina'nın editörlüğünü yaptığı Kinetic Art: Theory and Practice isimli kitapta da yer almıştır. Dover Yayını, 1974), (Erişim) <http://www.mbenyon.com>, 19 Mart 2012.

BIEDERMANN, Klaus. (2005) "Lippmann's and Gabor's Revolutionary Approach to Imaging", **Nobel Prize**, 15 Mayıs, (Erişim) [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/articles/biedermann/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/articles/biedermann/), 21 Eylül 2012.

BJELKHAGEN, Hans I. (1993), "New Recording Materials for Holography", **The Royal Photographic Society**. (Erişim) [http://www.rps.org/resources/group\\_downloads/hcon1hb1.pdf](http://www.rps.org/resources/group_downloads/hcon1hb1.pdf), 10 Mayıs 2012.

BOEHM, George A.W. (1969). "Devrim Taratacak Bir Buluş: Holografi: Üçüncü Boyuta Açılan Kapı", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 22, s. 1-7, Ağustos.

BUĞDAYCI, İlhami. (1997). "Hologramlar", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 22, s. 100-101, Aralık.

BUITRAGO, Pepe, **arte10.com**, (Erişim) <http://www.arte10.com/noticias/monografico-277.html>, 16 Ekim 2012.

CERNECKY, Jozef, Elena Pivarciova. (2011). Possibilities and Prospect of Holography: Sandwich Method, **Holographia**, (Erişim) [http://www.holografia.wz.cz/holography/Sandwich\\_Method.php](http://www.holografia.wz.cz/holography/Sandwich_Method.php), 22 Mayıs 2012.

CHIANG, Michael. (2011). "Description of Major Equipment in BCH Laboratory", City University of Hong Kong, Department of Biology and Chemistry, (Erişim) <http://www6.cityu.edu.hk/bhdbapp/deptweb/equipment/11-20.html>, 19 Mayıs 2012.

COYLE, Rebecca, Phillip Hayward. (1995). **Holographic Art in Australia**, "Margaret Benyon: The Founding of Holographic Art", Chapter 2, p. 23-26, **University of Sydney, Power Publications**, Australia.

CROSS, Lloyd G., Cecil Cross, "HoloStories: Reminiscences and a Prognostication on Holography", **Leonardo**, MIT Press, 1992, s. 422.

DALKIRAN, H, Polat. (2011). "Holografi Tekniğinin Haritacılık Alanına Uygulanması", HGK Harita Genel Komutanlığı, **TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan, Ankara**.

DAŞKIRAN, Levent. (2011). "3 Boyutlu Lazer Yazıcılar Sayesinde Düşünen Adam Düşünmeye Devam Edecek", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S.520, s. 15, Mart.

DAWSON, Paula. (2012). "Beyond Tupac-The Future of Hologram Technology", **The Conversation**, 25 Nisan, (Erişim) <https://theconversation.edu.au/beyond-tupac-the-future-of-hologram-technology-6644>, 25 Nisan 2012.

DAWSON, Paula. (2008). "Holographic Chiaroscuro: Figures in Virtual and Pseudoscopic Space", **Leonardo**, MIT Press, S.41, No.3, s. 302-303.

DEFREITAS, Frank. (2010). "First Use of the Word 'Hologram' in Print: 1948", **Holographica**. (Erişim) <http://holographica.blogspot.com/2010/01/first-use-of-word-hologram-in-print.html>, 09 Mart 2012.

DEMOKAN, Süleyman. (1983). "Laser Nedir, Ne Değildir?", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 186, s. 4-7, Mayıs.

DERMAN, Ethem, Zeki Aslan, Cemal Aydın, Osman Demircan, Halil Kırbıyık. **Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri**, (Erişim) <http://derman.science.ankara.edu.tr/kitap/header.html>, 01 Mayıs 2012.

DEVİRİM, Hakkı. (2007). **Radikal Gazetesi**, 18 Mayıs, (Erişim) <http://www.radikal.com.tr/Default.aspx?aType=HaberYazdir&ArticleID=81459027>, Kasım 2011.

DIAMOND, Mark, **Diamond Images**, (Erişim) <http://www.diamondimages.com/articles.html>, 23 Ekim 2012.

**Dupont Company**. (2012). "Mylar® Polyester Film", (Erişim) [http://www2.dupont.com/Automotive/en\\_US/products\\_services/teijinFilms/mylar.html](http://www2.dupont.com/Automotive/en_US/products_services/teijinFilms/mylar.html), 30 Nisan 2012.

DUYAR, Utku. (2010). "Dijital Görüntü Teknolojileri", **Elektrik Mühendisliği Dergisi, TMMOB Elektrik Mühendisliği Odası Yayınları**, S.440, Kasım, s.17-22.

DYENS, Georges. **georgesdyens.com**, (Erişim) [http://georgesdyens.com/en/om\\_oeuvre.php?serie=84](http://georgesdyens.com/en/om_oeuvre.php?serie=84), 08 Haziran 2012.

ECEVİT, Necati. (2009). "Holografi ve Uygulamaları", **Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Çalıştay 23-30 Haziran**, (Erişim) [http://maycalistaylari.comu.edu.tr/calistay2009\\_2/sunumlar/danisman/necati\\_ecevit\\_fizik.pdf](http://maycalistaylari.comu.edu.tr/calistay2009_2/sunumlar/danisman/necati_ecevit_fizik.pdf), 14 Kasım 2011.

EDISON, Lee. (1979). "Enerjiye Giden Yeni Yol: Laser Işığı", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 134, s. 9-11, Ocak.

ELDER, R. Bruce. "Al Razutis", **The Canadian Encyclopedia**, (Erişim) <http://www.thecanadianencyclopedia.com/articles/al-razutis>, 15 Kasım 2012.

**Elektrik Mühendisliği Dergisi**. (2010). "Holografik Televizyon Projesi Tamamlanıyor", **TMMOB Elektrik Mühendisliği Odası Yayınları**, S. 440, Kasım, s. 37-38.

ESMER, Gökhan Bora. (2010). "Uzayda Dağılmış Örneklerden Skalar Optik Kırınım Alanı Hesaplanması", **Bilkent Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi**, Ankara.

ESMER, Gökhan Bora, Haldun M Özaktaş, Levent Onural. (2012). "Örnekleme Yerlerinin Skalar Kırınım Deseninin Doğru Hesaplanmasındaki Etkisi", **Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2012 18-20th April**, (Erişim) <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6204493>, 04 Haziran 2012.

**EVERGON**. (1998). (Erişim) <http://www.evergon.ca/folio.php?id=25>, 26 Nisan 2012.

FABER, Scot. (1994). "Üç Boyutlu Basım Tekniği", Discover Eylül 1994'te çıkan makeden Çev. Miyase Göktepe, **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 324, s. 27, Kasım

**Fatih Sultan Mehmet Üniversitesi**. (2012). "Üniversitemiz Mimarlık Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Hasan Fırat Diker'in Önemli Başarısı", (Erişim) <http://www.fatihsultan.edu.tr> erişim: 25 Nisan 2012.

FEINBERG, Gerald. (1969). "Işık", (Scientific American'dan çeviri yapılan bir makale), **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 25, s. 1-10, Kasım

FERRAZZA, Mauricio. "ANIMIAMI Animation Festival and Conference" (Miami Based Animation Film Festival, Art Exhibit and Conference), Miami International University of Art & Design's, 16-17 Ekim 2010, **siggraph.org**, (Erişim) <http://www.siggraph.org/publications/newsletter/volume-45-number-1/animiami-animation-festival-and-conference>, 23 Ekim 2012.

FREEMAN, David. (2010). "Holographic MRI and CT Scans of the Human Body", **Styiles Inc. the Prototype Design Group**, 01 Nisan, (Erişim) <http://eyedave4.wordpress.com/2010/04/01/holographic-mri-and-ct-scans-of-the-human-body/>, 01 Mayıs 2012.

FREIBERGER, Marianne. (2009), "The Illusory Universe", **+Plus Magazin**, S. 51 a, 01 Temmuz, (Erişim) <http://plus.maths.org/content/illusory-universe>, 03 Mayıs 2012.

FU, Y., M Guo, P.B.Phua. (2011). "Cross-talk Prevention in Optical Dynamic Measurement", çevrimiçi yayımlanma 16 Temmuz. (Bu makale, **Optics and Lasers in Engineering** Dergisi'nde Nisan 2012 tarihinde yayımlanmıştır: Cilt. 50, S. 4, s 547555), (Erişim) <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143816611001692> 07 Mayıs 2012.

GABOR, Dennis. (1971). "Holography 1948-1971", **Nobel Prize**, Nobel Lecture, Aralık, (Erişim) [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1971/gabor-lecture.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1971/gabor-lecture.pdf), 02 Nisan 2012.

GABOR, Dennis. Dennis Gabor'un Margaret Benyon'a yazdığı mektup, (Erişim) <http://www.mbenyon.com>, 12 Mart 2012.

GAGE, John. (2008). "Signs of Disharmony: Newton's Optics and Artists", **Perspectives on Science**, S. 16, s. 360-377, Kış.

**Gallery Naga**, "Harriet Casdin-Silver", (Erişim) <http://www.gallerynaga.com/?q=node/37>, 09 Ekim 2012.

**Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Fizik Bölümü Tanıtım Kitapçığı**. (2009). (Erişim) <http://www.gyte.edu.tr/dosya/218/Fizik%20Bilgileri/Fizik%20B%C3%B6l%C3%BCm%C3%BC%20Tanitim%20Kitap%C3%A7igi.pdf>, 01 Haziran 2012.

**General Design**. (2012). "Hologram Sticker", (Erişim) [http://www.hologramsolution.com/General\\_Hologramhtm](http://www.hologramsolution.com/General_Hologramhtm), 06 Mart 2012.

GENTET, Yves. (2012). "The Ultimate Holography - Origination & Replication", **Ultimate Holography**, (Erişim) <http://www.ultimate-holography.com/en/holograms/original-analog-works-of-art.html>, 03 Mayıs 2012.

**Georgia State University HyperPhysics, Department of Physics and Astronomy**, "The Transmission Hologram", (Erişim) <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/optmod/holog2.html>, 03 Mayıs 2012.

GREENHILL, Richard, Jo Spence, Margaret Murray. (1978). Fotoğraf Sanatı, **Remzi Kitabevi**, İstanbul.

GOLEMAN, Daniel. (1978). "Beyin Biliminin Magellan'ı Pribram - Holografik Hafıza", Stanford Üniversitesi'nden Psikolog Nörocerrah Dr. Karl Pribram'la bir Röportaj, Çev. Esin Tezer, (Erişim) <http://www.okyanusumcom/holografikhafiza.html>, 24 Nisan 2012.

**Görsel Bilim ve Teknik Ansiklopedisi**. (1984). "Lazerle Üç Boyutlu Fotoğraf", **Görsel Yayınlar**, Fasikül 20, s. 476-479, 19 Mart. İstanbul.

**Haber Türk Gazetesi**, (2011). "Topkapıda Hologram Askerler", 28 Nisan, (Erişim) <http://www.haberturk.com/kultur-sanat/haber/625368-topkapida-hologram-askerler>, 05 Mart 2012.

HALLE, Michael. (2003). "Off-Axis "Leith & Upatnieks" Holograms", **MIT-Massachusetts Institute of Technology, OpenCourseWare (OCW)**, (Erişim) <http://ocw.mit.edu/courses/media-arts-and-sciences/mas-450-holographic-imaging-spring-2003/readings/ch10offaxisluholos.pdf>, 20 Mayıs 2012.

HARIHARAN, P. (1996). Optical Holography, **Cambridge University Press**.

HARRISON, Dew. (2005). "New Forms for 21st Century Conceptualism", **MIT-Massachusetts Institute of Technology, Leonardo Electronic Almanac**, S. 13, Haziran.

HAWKING, Stephen, Leonard Mlodinov. (2006). Zamanın Daha Kısa Tarihi (A Brief History of Time), Çev. Selma Ögünç, **Doğan Epmont Yayıncılık ve Yapımcılık Tic. A.Ş.**, İstanbul, Ekim

HAYASHI, Kouichi, Naohisa Happo, Shinya Hosokawa, Wen Hu, Tomohiro Matsushita. (2012). "X-ray Fluorescence Holography", **Journal of Physics: Condensed Matter**, 12 Şubat, (Erişim) <http://iopscience.iop.org/0953-8984/24/9/093201/article>, 07 Mayıs 2012.

HECHT, Jeff. (2010), "Holography And The Laser", **Optical Society of America**, (Erişim) <http://www.osaopn.org/print.aspx?path=%2FArchives%2F0710%2FFeatures%2FHolography-and-the-Laser.aspx>, 08 Mayıs 2012.

**Hitachi Ltd.** (2012). "Double-Slit Experiment",  
(Erişim) <http://www.hitachi.com/rd/research/em/doubleslit.html>, 03 Mayıs 2012.

**Holocenter**, "Peter Nicholson, Pioneer of Pulse Laser Holography Died in Miami December 2003",  
(Erişim) <http://www.holocenter.org/Archive.html>, 03 Ekim 2012.

**Hologram Product and Hologram Machine.**  
(Erişim) <http://www.hlhologramcom/2D%203D%20hologramhtm>, 06 Mart 2012.

**Holography Marketplace** – The Industry Reference Text and Sourcebook (New Lasers-Digital Design-Actual Holograms). (1999). Edited by Alan Rhody and Franz Ross, Eight Text Edition, **Ross Books**, CA, A.B.D.

**Holography Shines at Joint Conference - The VI Technolaser and II Optics, Life and Heritage Conferences Join Forces.** (2009). Temmuz, (Erişim) [http://www.ico-optics.org/ico\\_jul09.html](http://www.ico-optics.org/ico_jul09.html), 29 Kasım 2011.

**Hololab**, (Erişim) <http://www.hololab.com/>, 06 Eylül 2012.

**Holosphere.** (1986). "Holografik Şiir ve Algısal Dizim", Çev. Nejat Alp Tezcan, Yazının aslı Holosphere Dergisi'nde yayımlanmıştır: S. 14, No. 3, s. 25, New York, Yaz.

**Holophile.** (2011). "History and Development of Holography",  
(Erişim) <http://www.holophile.com/history.htm>, 09 Mayıs 2012.

HOPPER, Frank. (1996). **England Nottingham University, International Symposium: Art in Holography 2, 14-17 September**, (Erişim) <http://www.art-in-holography.org/cards/popper.html>, 29 Kasım 2011.

**Hürriyet Gazetesi**, (2009). "Topkapıda Hologram Yeniçeriler Dolaşacak", 04 Mayıs,  
(Erişim) <http://www.hurriyet.com.tr/gundem/11569860.asp>, 06 Mayıs 2009.

**Holografik Evren II - Fizik Mistisizm İlişkisi.** (1996).  
David Bohm, Fritjof Capra, Ken Wilber, Renée Weber, Düzenleyen: Ken Wilber, Çev. Ali Çakıroğlu,  
**Kuraldışı Yayınları**, İstanbul.

**Indiana University.** (2010). "Memorial Professor Paul A. Pietsch",  
(Erişim) [http://www.indiana.edu/~shuflbrn/pietsch\\_memorial.htm](http://www.indiana.edu/~shuflbrn/pietsch_memorial.htm), 24 Nisan 2012.

İŞİK, Vildan. (b) (2012). **Kwangwoon University, Holography Laboratory**, Holografi Uygulamaları, Seul-Kore.

İŞİK, Vildan. (a) (2012). **Hangyo International Corp. R&D Center Holography Laboratory**, Holografi Uygulamaları, Seul-Kore.

JOHNSTON, Sean F. (a) (2006). Holographic Visions - A History of New Science, **Oxford University Press**, 2006.

JOHNSTON, Sean F. (b) (2006). "Absorbing New Subjects: Holography as an Analog of Photography", **Physics in Perspective**, S. 8, s. 164-188, Mayıs.

JOHNSTON, Sean F. (c) (2005). "Attributing Scientific and Technological Progress: The Case of Holography", **History and Technology**, S. 21, s. 367-392, Aralık.

JOHNSTON, Sean F. (d) (2008). "A Cultural History of the Hologram", **Leonardo**, MIT Press, Vol.41, No.3, s.223-229.

KAC, Eduardo. (2005). "Essay Concerning Human Understanding", **MIT-Massachusetts Institute of Technology, Leonardo Electronic Almanac**, S. 13, s. 5, Ekim,

KARTC, Daniel Aaron. (2000). "Efficient Rendering And Compression for Full-Parallax Computergenerated Holographic Stereograms", **Cornell University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy**,  
(Erişim) <http://www.graphics.cornell.edu/pubs/2000/Kar00.pdf>, 19 Mayıs 2012.

KILIÇ, Levend. (2008). Fotoğraf ve Sinemanın Toplumsal Tarihi, **Dost Kitabevi**, Ankara.

KIM, Young-Chul. (2005). "Display Using 1 Dimensional Hologram", **FPQ IP Research Tools, Data & Communities**, çevrimiçi yayımlanma tarihi: 03 Ocak 2008,  
(Erişim) <http://www.freepatentsonline.com/7804632.pdf>, 21 Mayıs 2012.

KREIS, T. (2012). "Applications of Digital Holography: From Microscopy to 3D-Television", **Jeos, J. Europ. Opt. Soc. Rap. Public.** 7, p. 12006-1,12006-9, 22 Mart,  
(Erişim) [www.jeos.org](http://www.jeos.org), 29 Mart 2012.

KOCIB, Zdenek. (2000). "Luminograms: Apperent Movement in Two-Dimensional Images", **Leonardo, The MIT Press**, S. 33, s. 107-110.

KOLTUKSUZ, Ahmet. (2012). "Holografik Prensip; Kara Delikler- Evrenin Bilgi ve Hesaplama Kapasitesine yeni Bir Bakış", 08-09 Mart, **Yaşar Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü**, İzmir,  
(Erişim) <http://bilimuh.yasar.edu.tr/wp-content/uploads/2012/04/koltuksuz2012-holografik-prensip.pdf>, 04 Haziran 2012.

**Komar's Korner University**. (2012). "Volumetric and Holographic Imaging",  
(Erişim) <http://komar.cs.stthomas.edu/qm425/02s/Lloyd3.htm>, 23 Mayıs 2012.

KOOIJ, Jetty Van. (2011). "Meet Holly and Graham: 2D Holograms Transformed into Virtual Boarding Agents" 15 Eylül, (Erişim)  
[http://www.chatbots.org/conversational/agent/meet\\_holly\\_graham\\_2d\\_holograms\\_virtual\\_boarding\\_agents/](http://www.chatbots.org/conversational/agent/meet_holly_graham_2d_holograms_virtual_boarding_agents/), 21 Mayıs 2012.

KUNZIG, Robert. (2002). "The Hologram Revulution", **Discover Magazine USA**, s.51-57, Şubat,  
(Erişim) <http://www.ultimate-holography.com/new/medias/discover.pdf>, 03 Mayıs 2012.

LAURENT B. (1975). "Laserler ve Uygulama Alanları", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 9, s. 9-14, Şubat.

**Leonardo**. (2004). "Leonardo Network News", Journal of the International Society for the Arts, Science and Technology, **MIT Press**, No. 2, S. 17, s. 172-174,

**Leonardo**. (2001). "New Media Dictionary: Terms-Part 4: Holography", Editör: Louise Poissant, Journal of the International Society for the Arts, Science and Technology, **MIT Press**, Vol. 34, No.4, s. 370-380, Ağustos.

**Leonardo**. (2000). "New Media Dictionary: Holography", Journal of the International Society for The Arts, Science and Technology, **MIT Press**, Vol. 33, No. 2, MIT Press, s. 137.

**Leonardo Electronic Almanac**. (2005). "ArtBridge: A Matrix of Inspiration", Vol. 13, No. 11, p. 18. **Massachusetts Institute of Technology**,  
(Erişim) [http://leoalmanac.org/journal/Vol\\_13/lea\\_v13\\_n11.txt](http://leoalmanac.org/journal/Vol_13/lea_v13_n11.txt), 17 Nisan 2012.

LIEBERMAN, Larry. (2012). "Cproject",  
(Erişim) <http://www.youtube.com/watch?v=WbIDoewreNU&feature=plcp>, 11 Ekim 2012.

LIN, Li-Chien. (2008). "An Error Detection and Recovery Algorithm for the Transmission of Digital Holography over Noisy Channels Optics", **Communications**, Vol. 281, Issue 5, 1 March. p. 1008-1016,  
(Erişim) <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030401807011303>, 19 Mayıs 2012.

**Lisson Gallery**. (1970). "Life in The Round with a Laser's Help". Lisson Galerisi'nde 03 Mart tarihinde açılacak olan Margaret Benyon sergisi duyuru metni, (Erişim) <http://www.mbenyon.com>, 12 Mart 2012.

**LMS Engineering Innovation**, "Acoustic Holography",  
(Erişim) <http://www.lmsintl.com/acoustic-holography>, 29 Nisan 2012.

Lomonov, Herman. (1977). "Hologram Konuşan Fıçı ve Lazer Roketleri", Spoutnik'ten Çev. Selçuk Aslan, **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 119, s. 44-45, Ekim

LUNAZZI, Jose J., Daniel S.F. Magalhaes, Noemi I.R. Rivera. (2008). "Didactical Holographic Exhibit Including Holo TV (Holographic Television)", **American Institute of Physics**.

**Magnan Projects** (2007). Susan Gamble & Michael Wenyon, "Great Halls of Science-Photographs and Holograms". Magnan Project Sergisi (22 Mart-28 Nisan) Basın Duyurusu, (Erişim) <http://magnanprojects.com/exhibitions/?exhibition=11>, 07 Kasım 2011.

**MAM - Tübitak Marmara Araştırma Merkezi**, (Erişim) <http://www.mamgov.tr/>, 01 Haziran 2012.

MANNING, James. (2012). "Tupac's Performance was No Hologram", **The Age**, 26 Nisan, (Erişim) <http://www.theage.com.au/technology/sci-tech/tupacs-performance-was-no-hologram-20120425-1xkai.html>, 27 Nisan 2012.

MANOHARAN, Hari. (2009). "Electronic Quantum Holography", **Stanford University, Manoharan Lab**.

**Manipulation of the Atom**, 25 Ocak 2012, (Erişim) <http://mota.stanford.edu/press.php>, 03 Mayıs 2012.

**Massachusetts Institute of Technology Education**, 3D Optical Group, "Three-Dimensional Holographic Imaging", (Erişim) <http://web.mit.edu/optics/www/holography.htm>, 19 Mayıs 2012.

**Massachusetts Institute of Technology Media Lab. (MIT Media Lab.)** "Holographic Video", (Erişim) <http://www.media.mit.edu/spi/HVstereograms.htm>, 19 Mayıs 2012.

**Massachusetts Institute of Technology Museum Hologram Collection**, (Erişim) <http://www.web.mit.edu/museum/>, Şubat - Ekim 2012.

**Massachusetts Institute of Technology Museum (MIT Museum)** (b) (2012). "Three-Dimensional Holographic Imaging". <http://webmuseummit.edu/> erişim: 02 Ocak 2012.

**Massachusetts Institute of Technology Museum (MIT Museum)** (a), "Type of Hologram", (Erişim) <http://www.web.mit.edu/museum/>, 12 Mart 2012.

**MTM Güvenlik Çözümleri**,

(Erişim) <http://www.mtmsecurity.com/?sayfa=icerik&tur=kurumsal&kategori=hakimizda>, 01 Haziran 2012.

MELANSON, Donald. (2008). "NICT Researchers Develop New Method to Make Holography More Practical", 24 Kasım, (Erişim) <http://www.engadget.com/2008/11/24/nict-researchers-develop-new-method-to-make-holography-more-prac/>, 22 Mayıs 2012.

MORGAN, Angela. (1989). "Treasures Trapped in Light", **History Today**, S. 39, No.4, s. 5, Nisan.

MOST, Bruce. (1974). "Dünyanın Ünlü Sanat Eserlerini Korumanın Yolu", Sience Digest'tan Çev. Ruhsar Kansu, **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 81, s. 3-4, Ağustos.

MOREE, Sam. Sam Moree, facebook, (Erişim) <http://www.facebook.com/samoree>, 01 Kasım 2012.

NEWMAN, HUO. (2010). "Flying Colors: Holographic Art of Dieter Jung", **Shenzen Daily Multimedia Digital Edition**, 25 Mayıs, (Erişim) [http://szdaily.sznews.com/html/2010-05/25/content\\_1086267.htm](http://szdaily.sznews.com/html/2010-05/25/content_1086267.htm), 28 Kasım 2011.

**New York Stereoscopic Society**, "Fine Art Holography at Hudson Beach Glass", Ekim 2011, (Erişim) <http://www.ny3d.org/2011/10/>, 15 Ekim 2012.

NICHOLSON, Ana Maria. (2009). "Holography: A Love Story", (Erişim) <http://66.39.59.128/AnaMariaNicholsonPaper.pdf>, 12 Ekim 2012.



**Nicon MicroscopyU.** (2012). "Introduction to Light Interference", Katkıda bulunan yazarlar: Douglas B. Murphy/Department of Cell Biology and Microscope Facility, Johns Hopkins, Kenneth R. Spring, Thomas J. Fellers, Michael W. Davidson, Paul Dirac,  
(Erişim) <http://www.microscopyu.com/articles/polarized/interferenceintro.html> 25 Nisan 2012.

"NICT Researchers Develop New Method to Make Holography More Practical", **Digital Cameras**,  
(Erişim) <http://digitalcameras.seadvd.com/nict-researchers-develop-new-method-to-make-holography-more-practical/>, 26 Nisan 2012.

NIGROSH, Leon. (1998), "Body Art - Harriet Casdin-Silver Strips Us Down", **The Worcester Phoenix**, November 27 - December 4, 1998,  
(Erişim) [http://www.worcesterphoenix.com/archive/art/98/11/27/HARRIET\\_CASDIN\\_SILVER.html](http://www.worcesterphoenix.com/archive/art/98/11/27/HARRIET_CASDIN_SILVER.html), 05 Ekim 2012.

**OBEL.** (2011). **The University of Western Australia The Optical+Biomedical Engineering Laboratory**, "Introduction to Holography",  
(Erişim) <http://obel.ee.uwa.edu.au/research/holography/intro/>, 25 Kasım 2011.

**OSU (Ohio State University)** (1999). **Interdisciplinary Research Seminar in Holography Three-Dimensional Imaging, "Holographic Transformations: Approaching the Fourth Sequitur"**. Katılımcılar: Sally Weber, Larry Lieberman, Rebecca Deem, Fred Unterseher, Mark Merline, Sam Moree, Dan Schweitzer,  
(Erişim) [http://www.physics.ohio-state.edu/~kagan/holo\\_show99/gallery.html](http://www.physics.ohio-state.edu/~kagan/holo_show99/gallery.html) 30 Nisan 2012.

OLIVEIRA, Rosa Maria, (2012). "Light and Shadows in Holography: A Possible Dialogue Between Art and Science by Using Artistic Holography", **Ria-Repositório Institucional da Universidade de Aveiro**, (Erişim) <http://ria.ua.pt/handle/10773/8068>, 16 Mayıs 2012.

OLSEN, Kjell Einar. (1996). Holographic Multi-Stereogram Constructed from Computer Images : Applied 3-D Printer, **Cand. Scient. Thesis in Optics and Laser Physics, Department of Physics, UoB, Universitetsbiblioteket i Bergen**, Mayıs,  
(Erişim) <http://www.fou.uib.no/fd/1996/h/404001/index.htm>, 14 Mayıs 2012.

ONURAL, Levent. (2008). "Üçboyutlu Televizyon 3DTV", 20 Ekim, **Bilkent-Erzurum Semineri**.

OUTWATER, Christopher, Van Hamersveld. (1995). Practical Holography: Different Types of Holograms, **Dimensional Arts Inc.**, Nisan,  
(Erişim) <http://www.holo.com/holo/book/book5.html>, 19 Mayıs 2012.

OZANSOY, Aysuhan. "Franck-Hertz Deneyi", **Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi Fizik Bölümü**,  
(Erişim) <http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/aozansoy/f-355/Franck-Hertz.pdf>, 10 Mayıs 2012.

ÖTGÜN, Cebrail. (2012). "Mehmet Yılmaz'dan İkiizler: Aynı, Ama Farklı Bir Arada", yayınlanmamış makale.

PAYATAGOOL, Chris. (2008). "First Live and Interactive 3D Hologram Transmitted Across Europe, From London to Berlin", **Telepresence Options**, 01 Aralık,  
(Erişim) [http://www.telepresenceoptions.com/2008/12/first\\_live\\_and\\_interactive\\_3d/](http://www.telepresenceoptions.com/2008/12/first_live_and_interactive_3d/), 21 Mayıs 2012.

PEKŞEN, Ali. (2010). "Bir Kitap: Resmetmenin Toplumsal Tarihi", **İzinsiz Gösteri**, S. 223, Şubat,  
(Erişim) <http://www.izinsizgosteri.net/new/?issue=60&page=1&content=497>, 20 Ocak 2012.

PEPPER, Andrew, **apepper.com**,  
(Erişim) <http://www.apepper.com/content/gallery/deepshadows/sightlines.html>, 05Ekim 2012.

**Photonics Online.** (2012). "Finer Detail Of 2000 Year Old Mummy Revealed By 3D Holography Imaging", 09 Mayıs, (Erişim) <http://www.photonicsonline.com/doc.mvc/finer-detail-of-year-old-mummy-revealed-by-holography-imaging-0001>, 10 Mayıs 2012.

PTACEK, Robin Thorne. (1994). "Art of the Twenty-First Century", **The Futurist**, S. 28, s. 29-34, Ocak-Şubat.

RAZUTIS, Al. (2012). "West-Coast Artists in Light (1996-1998)", **Alchemists**, (Erişim) [http://www.alchemists.com/visual\\_alchemy/west-coast2.html](http://www.alchemists.com/visual_alchemy/west-coast2.html), 30 Nisan 2012.

**Redhouse İngilizce-Türkçe Sözlüğü**, Sev Matbaacılık, İstanbul, 1997.

ROSS Jonathan, **Jonathan Ross Hologram Collection**. (Erişim) <http://www.jrholocollection.com/collection/>, 26 Nisan 2012.

ROSS, Jonathan. (2009). "Absent Friends", 14 Şubat, (Erişim) <http://jonathanrossholography.blogspot.com/2009/02/absent-friends.html>, 03 Eylül 2012.

RULL, H., K. Kempter. (1975). "Recording of One-Dimensional Holograms in MnBi Films", **Sciencedirect**, çevrimiçi yayımlanma tarihi: 25 Haziran 2002, (Erişim) <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0030401876900560> 21 Mayıs 2012.

**salvador-dali.org**. (2012). (Erişim) [http://www.salvador-dali.org/en\\_noticies.html?ID=152](http://www.salvador-dali.org/en_noticies.html?ID=152), 19 Mart 2012.

SCHWENDENER, Martha. (2012). "Let There Be Light, in Three Dimensions Holography in 'Pictures From the Moon' at New Museum", **New York Times**, 23 Ağustos, (Erişim) [http://www.nytimes.com/2012/08/24/arts/design/holography-in-pictures-from-the-moon-at-new-museum.html?\\_r=1](http://www.nytimes.com/2012/08/24/arts/design/holography-in-pictures-from-the-moon-at-new-museum.html?_r=1), 02 Ekim 2012.

SHADURI, Marina. (2011). "The Holographic Principle and Emergence Phenomenon", **Holography Research and Tecnologies**, Yayımcı: **InTech**, Editör: Joseph Rozen, Hindistan.

SHAKEDA, Natan T., Yitzhak Yitzhakyb, Joseph Rosena. (2009). "Incoherent Holographic Imaging Through Thin Turbulent Media", **Optics Communications**, Cilt: 282, S. 8, s. 1546-1550, 15 Nisan, (Erişim) <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030401809000121>, 07 Mayıs 2012.

SANDHU, Adarsh. (2010). "Akira Tonomura: Past, Present and Future of the Holography Electron", **Institute of Physics - IOP Asia-Pacific**, 17 Eylül, (Erişim) <http://asia.iop.org/cws/article/news/43723>, 03 Mayıs 2012.

SARI, Eren. (2006). "Holografik Hafıza Aygıtları", **Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü E-Bülten**, Yıl 1, S. 21, Haziran, (Erişim) <http://www.gyte.edu.tr/ebulten/sayi21/teknoloji.htm>, 03 Mayıs 2012.

SAXBY, Graham (1994). **Practical Holography**, **IOP Publishing Ltd.**, İngiltere.

SENNAROĞLU, Alphan. (2010). "50.Yılında Lazer: Kısa Bir Tarihçe ve Geleceğe Bakış", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, s. 26-31, Mayıs.

STEGERS, Wolfgang. (1980). "Lazer Işınlarıyla Alınan Gizemli Fotoğraflar: Holografi", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 150, s. 1-5, Mayıs.

**Quote Stemple**, (Erişim) <http://www.quotestemple.com/Quotes/hiro-yamagata-quote-many-people-say-my-art-will-heal-the-people-i-always-avoid>, 16 Ekim 2012.

STROKE, Henry. (2001). "Light Science: Physics and the Visual Arts", **Physics Today**, Mayıs, (Erişim) <http://www.physicstoday.org>, 05 Haziran 2009.

TALBOT, Michael. (1997). **Holografik Evren**, (Kitabın orijinal adı: The Holographic Universe), **Ruh ve Madde Yayıncılık**, İstanbul, 1997.

TEAGUE, Edward H. (1985). "Holography in the Field of Art", **Art Documentation**, s. 25-27, Bahar.

**TechFresh Network** (2007). "The Mirage 3D Hologram Generator", 27 Şubat, (Erişim) <http://www.techfresh.net/the-mirage-3d-hologram-generator/>, 21 Mayıs 2012.

TERCAN, Seçkin, (2003). "Stereoskopik Fotoğrafın Evrim Süreci ve Günümüzdeki Uygulamalar", **Mimar Sinan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fotoğraf Anasanat Dalı, Fotoğraf Programı Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul.

**The 8th International Symposium of Display Holography.** (2009).  
(Erişim) <http://www.isdh.org.cn/en/index.asp>, 21 Kasım 2011.

**The Optical+Biomedical Engineering Laboratory.**  
(Erişim) <http://obel.ee.uwa.edu.au/research/holography/intro/>, 20 Kasım 2011.

**The Rudie Berkhout Collection,** (Erişim) <http://www.facebook.com/therudieberkhoutcollection?fref=ts>,  
04 Eylül 2012.

THUNG, Jeong H. (2010). "Basic Principles and Applications of Holography", Fundamentals of Photonics, Module 1.10, p. 381-417, **SPIE The International Society for Optics and Photonics**,  
(Erişim) <http://spie.org/Documents/Publications/00%20STEP%20Module%2010.pdf>, 14 Mayıs 2012.

TITTERINGTON, Chris. (1988), "Light into Art", **New Scientist Magazine**, 117 No. 1598, s. 66-68,  
London, 04 Şubat.

**TRT 2.** (2009). "Paralel Evrenler" Belgeseli, Araştırmacı: Anna Starkey, BBC / TLC Co Production tarafından 14 Şubat 2002 tarihinde yayımlanan "Parallel Universes" belgeselinden çeviri yapılarak yayımlanmıştır.

TORNARI, Vivi. (2007), "Laser Interference-based Techniques and Applications in Structural Inspection of Works of Art", **Anal Bioanal Chem**, S. 387, s. 761-780, 04 Ocak.

TOWNES, Charles H. (1969). "Laser Üzerine Çalışmaları Dolayısıyla Nobel Ödülü'nü Kazanan Dr. Charles H. Townes ile Bir Konuşma", Telecom Reuve de l'Ecole Natianole Superieure des Telecommunications'tan Çev. Nurgün Akyüzalp, **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, **Tübitak Yayınları**, S. 24, s. 18-23, Ekim

TURNER, Lincoln. (2012). "Tupac's Rise from the Dead was, Sadly, not Holography", **The Conversation Media Group**, 24 Nisan,  
(Erişim) <http://theconversation.edu.au/tupacs-rise-from-the-dead-was-sadly-not-holography-6641>, 25 Nisan 2012.

**Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi.** (1998). "Cerrahide Hologram", **Tübitak Yayınları**, S. 363, s. 5, Şubat.

**Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi.** (1994). "Noktalarda Gizli Görüntüler: Üç Boyutlu Dünya", **Tübitak Yayınları**, S. 324, s. 42-47, Kasım

**Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi.** (1990). "Evinizde Hologram". **Tübitak Yayınları**, S. 270, s. 77, Mayıs.

**Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi.** (1982). "Hologram ve Beyin: Paul Pietsch", Sience Digest'tan Çev. Mustafa Uzunoğlu, **Tübitak Yayınları**, S. 177, s. 9-13, Ağustos.

**Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi.** (1975). "Holografı Elektronik Bilgi İşlem Sistemlerine Uygulanıyor", Werner W. Kucke ile yapılan söyleşiye dayanılarak hazırlanan bir yazı, **Tübitak Yayınları**, S. 97, s. 13-18, Aralık.

**Türk Dil Kurumu Türkçe Sözlük.** (2011). "Fotoğraf", "Resim", (Erişim) <http://www.tdk.org.tr/>, 03 Aralık 2011.

ULIBARREÑ, Manuel. (2007). "A New Panchromatic Silver Halide Emulsion for Recording Color Holograms", **The Holographer**, 11 Nisan,  
(Erişim) <http://holographer.org/a-new-panchromatic-silver-halide-emulsion-for-recording-color-holograms/>, 11 Mayıs 2012.

**University of Oregon.** (2012). "21st Century Science - Young Two-Slit Experiment",  
(Erişim) [http://abyss.uoregon.edu/~js/21st\\_century\\_science/lectures/lec13.html](http://abyss.uoregon.edu/~js/21st_century_science/lectures/lec13.html), 01 Mayıs 2012.

**Vs Dergi,** (2006). **Vestel Dayanıklı Tüketim Malları A.Ş.**, "Yıldız Savaşları Gerçek Oluyor", Levent Onural ile Söyleşi, (Erişim) <http://www.vsdergi.com/200604/04/02.asp>, 23 Mayıs 2012.

WALONICK, David S. (1993). "A Holographic View of Reality", **StatPac Survey Research Library**, (Erişim) <http://www.statpac.org/walonick/reality.htm>, 24 Nisan 2012.

WEBER, Sally, <http://www.sallyweber.com>

WENYON & GAMBLE. (1993). "Book Works", Wenyon & Gamble, 1991, 1992, 1994 Sergi Katalog Metni, "Volumes" published by **The Photographers' Gallery**, Londra, (Erişim) [http://wengamcom/essays\\_shortlist/wengam\\_bookworks/wengam\\_bookworks.html](http://wengamcom/essays_shortlist/wengam_bookworks/wengam_bookworks.html), 25 Ocak 2012.

WETZSTEIN, G., W. Heidrich, D. Luebke, (2009). "Optical Image Filtering with Spatial Light Modulators", **Computer Science at UBC**, (Erişim) <http://www.cs.ubc.ca/~heidrich/Papers/CGF.10.pdf>, 14 Mayıs 2012.

YAMAGUCHI, Masahiro. (2012). "Future Trends of Holographic 3D Display", Global Scientific Information and Computing Center, **Tokyo Institute of Technology**, 08 Mart, (Erişim) [http://guchi.gsic.titech.ac.jp/holo/holography\\_when.html](http://guchi.gsic.titech.ac.jp/holo/holography_when.html), 29 Mart 2012.

YARAŐ, Fahri, Hoonkong KANG, Levent Onural. (2010). "State of the Art in Holographic Displays: A Survey", **Journal of Display Technology**, Vol. 6, No. 10, Ekim

YILMAZ, Asım Egemen. (2009). "Elektromanyetik Kuramı ve Modern Resim Sanatı", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 504, s. 79-83, Kasım

YILMAZ, Elif. "Holografı Nedir?", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi**, (Erişim) [http://biltek.tubitak.gov.tr/merak\\_etikleriniz/index.php?kategori\\_id=4&oru\\_id=1226](http://biltek.tubitak.gov.tr/merak_etikleriniz/index.php?kategori_id=4&oru_id=1226), 23 Ocak 2012.

YILMAZ, Elif. (2002). "Görüntüler Renk Renk, Çeşit Çeşit Hologramlar", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 419, s. 79-83, Ekim 2002.

YILMAZ, Elif. (1999). "Bilimde, Endüstride, Eğitimde... Üç Boyutlu Görselleştirme", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 379, s. 66-71, Haziran.

YILMAZ, Mehmet. (2012). (Erişim) <http://www.facebook.com/mehmet.yilmaz.5070?fref=ts>, 05 Kasım 2012.

**Zaman Gazetesi** (2010). "Dünyanın İlk Holografik Haritası Tanıtıldı", 26 Mayıs, (Erişim) <http://www.zaman.com.tr/haber.do?haberno=988380&title=dunyanin-ilk-holografik-haritasi-tanitildi>, 01 Haziran 2012.

Zarkov, Boban, Duřan Grujić, Dejan Pantelić. (2012). "High-Resolution Dot-Matrix Hologram Generation", **IOP Science Physica Scripta**, 27 Nisan, (Eriřim) <http://iopscience.iop.org/1402-4896/2012/T149/014021/article>, 25 Mayıs 2012.

ZONE, Ray, "Immaterial Presences- The Holography of Alexander", Art Gallery International, Aralık 1989, **ray3dzone.com**, (Erişim) <http://www.ray3dzone.com/holo.html>, 02 Ekim 2012.

Züal, Aslı. (2003). "Aynalarla Üç Boyutlu Görüntüler - Hologramlı Sergileme", **Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Tübitak Yayınları**, S. 424, s. 26, Mart.

## EKLER

### EK - 1. Vildan IŞIK'IN HOLOGRAFİ SERTİFİKASI

Holografi uygulamalarından dolayı Vildan Işık'a Uluslararası Hangyo Şirketi Araştırma ve Geliştirme Merkezi tarafından verilen sertifika.







Kwang Ho Ok ve Sung Chul Park tarafından imzalı sertifika



## ÖZET

IŞIK, Vildan. Sanatsal İfade Aracı Olarak Holografi, Sanatta Yeterlik Tezi, Ankara, 2012.

Holografi, ışık ve sesin kaydedilmesini, depolanmasını ve istenilen bir zaman ve mekanda yeniden oluşturulmasını sağlayan özel bir tekniktir. Dalgaların girişim özelliğinden faydalanılan bu teknikte ışık veya sesin tüm özelliklerinin yani doğrultusunun, şiddetinin ve yönünün kaydedilmesi ve yeniden yapımı hedeflenmektedir. Bu teknikle tek boyutlu, iki boyutlu, iki/üç boyutlu ve üç boyutlu görüntü oluşturmak mümkündür. Çok sayıda çeşide sahip olan holografi, bilimsel ve teknolojik pek çok araştırma ve uygulamada kullanılmasının yanı sıra 1960'lı yılların sonlarından itibaren sanatsal potansiyeli keşfedilerek sanatçılar tarafından da kullanılan bir teknik olmuştur.

### Anahtar Sözcükler

1. Holografi
2. Hologram
3. Holografik sanat
4. Holografi sanatçıları
5. Holografik gösterim

## ABSTRACT

IŞIK, Vildan. Holography as a Medium of Artistic Expression, Arts Proficiency Thesis, Ankara, 2012.

Holography is a special technique which ensures the storage and recording of light & sound as well as the re-creation of them in the desired time and space. Within this technique, which utilizes from the interference characteristic of waves, recording and reconstruction of all the characteristics namely the party, intensity and direction of the light & sound is aimed. Within this technique it is possible to generate one-dimensional, two-dimensional, two/three-dimensional and three-dimensional images. Having a large number of varieties, holography is used by the artists as its artistic potential has discovered since the late 1960s, besides its use in many technological research and practices.

### Key Words

1. Holography
2. Hologram
3. Holographic art
4. Holographic artists
5. Holographic display