

**T.C.
ADYAMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SIVI KRİSTALLER, GENEL ÖZELLİKLERİ,
SIVI KRİSTALLERİN SENTEZİ VE UYGULAMA ALANLARI**

ZERRİN EKİCİ

FİZİK ANA BİLİM DALI

2014

T.C.
ADİYAMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIVI KRİSTALLER, GENEL ÖZELLİKLERİ, SIVI KRİSTALLERİN
SENTEZİ VE UYGULAMA ALANLARI

Zerrin EKİCİ

Yüksek Lisans Tezi

Fizik Anabilim Dalı

Bu tez/...../2014 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Ali BAYRI
BAŞKAN (DANIŞMAN)

.....
Prof. Dr. Servet EKMEKÇİ
ÜYE

.....
Doç. Dr. Murat AYDIN
ÜYE

.....
Doç. Dr. Mustafa ÖZDEN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma, Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No:

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat serleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SIVI KRİSTALLER, GENEL ÖZELLİKLERİ, SIVI KRİSTALLERİN SENTEZİ VE UYGULAMA ALANLARI

Zerrin EKİCİ

Adıyaman Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Ali BAYRI
Yıl: 2014, Sayfa sayısı: 44

Jüri : Prof. Dr. Servet EKMEKCİ
: Prof. Dr. Ali BAYRI
: Doç. Dr. Murat AYDIN

Bu çalışmada, sıvı kristaller, sıvı kristallerin genel özellikleri ve sıvı kristallerin oluşma nedenleri olan sıcaklık ve konsantrasyona bağlı olarak çeşitleri incelenmiştir. Sıvı kristal olarak sınıflandırılan termotropik ve lyotropik kristallerin hangi durumlarda sıvı kristal özellikleri taşıdığı vurgulanmıştır. Termotropik sıvı kristallerin alt basamakları olan smektik, nematik ve lyotropik sıvı kristallerin genel molekül yapıları ve bunlar arasındaki farklılıklara değinilmiştir.

Ayrıca sıvı kristallerin sentezi, kimyasal ve fiziksel yapısı, sıvı kristallerin günümüzdeki uygulama alanları ve sıvı kristallerin ekran endüstrisinde sıkça kullanıldığı LCD teknolojisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sıvı kristal, Termotropik sıvı kristal, Lyotropik sıvı kristal, Smektik ve kolestorik sıvı kristal, LCD, Sıcaklık, Konsantrasyon, Kimyasal yapı

ABSTRACT

MSc Thesis

| |
|---|
| <p style="text-align: center;">LIQUID CRYSTALS AND GENERAL PROPERTIES, SYNTHESIS OF LIQUID CRYSTALS AND APPLICATIONS</p> |
|---|

Zerrin EKİCİ

Adiyaman University
Institute of Science
Department of Physics

Supervisor : Prof. Dr. Ali BAYRİ
Year: 2014, Number of pages: 44

Jury : Prof. Dr. Servet EKMEKÇİ
: Prof. Dr. Ali BAYRİ
: Ass. Prof. Dr. Murat AYDIN

In this study, we investigate liquid crystals, general properties of liquid crystals and types of liquid crystals depending upon temperature and concentration which are reasons of existence of liquid crystals. We emphasize the conditions under which thermotropic and lyotropic crystals, classified as liquid crystals, represents properties of liquid crystals. We mention about general structure of smectic, nematic and cholesteric phases of thermotropic liquid crystals and differences between these structures.

Additionally, we investigate synthesis of liquid crystals, chemical and physical structure of liquid crystals, recent application fields of them and technology mostly applied on in display industry, LCD technology.

Key Words: Liquid crystal, Thermotropic liquid crystal, Lyotropic liquid crystal, Smectic, nematic and cholesteric liquid crystal, LCD, Temperature, Concentration, Chemical structure

TEŐEKKÖR

Tezimi hazırlarken her aŐamada yardım ve desteklerini esirgemeyen kıymetli hocam, Sayın Prof. Dr. Ali BAYRI'ye ve hayatım boyunca beni destekleyen aileme sonsuz teŐekkÖrlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

| | |
|---|------|
| ÖZET | iii |
| ABSTRACT | iv |
| TEŞEKKÜR | v |
| İÇİNDEKİLER | vi |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | viii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | ix |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Sıvı Kristallerin Tarihçesi ve Gelişimi | 1 |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ | 4 |
| 2.1. Sıvı Kristallerin Genel Özellikleri | 4 |
| 2.2. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması | 5 |
| 2.2.1. Termotropik sıvı kristaller | 6 |
| 2.2.1.1. Nematik sıvı kristaller | 7 |
| 2.2.1.2. Smektik sıvı kristaller | 9 |
| 2.2.1.3. Nematik sıvı kristaller ve smektik sıvı kristaller arasındaki farklar | 12 |
| 2.2.1.4. Kolesterik fazlar | 15 |
| 2.2.2. Lyotropik sıvı kristaller | 18 |
| 3. MATERYAL VE METOD | 20 |
| 3.1. Deneysel İşlemler | 20 |
| 3.1.1. Sıvı kristal hücrelerin hazırlanması | 20 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA | 22 |
| 4.1. Sıvı Kristallerin Kimyasal Özellikleri | 22 |
| 4.2. Sıvı Kristallerin Kimyasal Yapıları | 22 |
| 4.3. Sıvı Kristallerin Fiziksel Özellikleri | 26 |
| 4.3.1. Sıvı kristallerin optik özellikleri | 27 |
| 4.3.2. Sıvı kristallerin magnetik ve elektriksel özellikleri | 29 |
| 4.4. Sıvı Kristallerin Esneklik ve Akışkanlık Özellikleri | 29 |
| 4.5. Sıvı Kristallerin Uygulama Alanları | 30 |
| 4.5.1. Sıvı Kristallerin Karakterizasyonu | 32 |

| | |
|---|----|
| 4.5.2. LCD (Liquid Crystal Display) | 33 |
| 4.5.2.1. LCD yapısı ve çalışma prensibi | 33 |
| 4.5.2.2. Polarizatör | 35 |
| 4.5.2.3. LCD paneller | 36 |
| 4.6. LCD'lerin Üstün Olduğu Teknik Özellikler | 38 |
| 4.7. LCD'lerin Zayıf Oldukları Teknik Özellikler | 39 |
| 4.8. LCD Ekranlı Televizyonların Çalışma Prensibi | 39 |
| 4.9. LCD Televizyon Teknolojisi | 40 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 42 |
| KAYNAKLAR | 43 |
| ÖZGEÇMİŞ | 44 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1. LCD ve plazmaların özelliklerinin karşılaştırılması 41

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

| | |
|---|----|
| Şekil 2.1. Katı, sıvı kristal ve sıvı yapıların gösterimi | 4 |
| Şekil 2.2. Sıvı kristallerin çeşitleri | 6 |
| Şekil 2.3. Sıvı kristal fazları | 7 |
| Şekil 2.4. Nematik sıvı kristal | 7 |
| Şekil 2.5. Nematik fazda moleküllerin aynı doğrultuda yönelimi | 8 |
| Şekil 2.6. Nematik fazın şematik gösterimi ve nematik sıvı kristalin fotoğrafı.... | 8 |
| Şekil 2.7. Smektik sıvı kristal | 9 |
| Şekil 2.8. Smektik yapıli moleküllerin katmanlar halinde ve n direktörü boyunca yönelimi | 10 |
| Şekil 2.9. Smektik-A fazının; a) molekül dizilimi, b) polarizasyon mikroskobu kullanılarak çekilmiş fotoğrafları | 10 |
| Şekil 2.10. Smektik-C fazının; a) molekül dizilimi, b) polarizasyon mikroskobu kullanılarak çekilmiş fotoğrafları | 11 |
| Şekil 2.11. Simektik C fazındaki moleküllerin normalden belli bir ϕ açi değeriyle saparak yönelmesi | 11 |
| Şekil 2.12. Solda smektik-C* fazının şematik gösterimi, sağda ise aynı fazın eksen üzerindeki görüntüsü verilmiştir | 12 |
| Şekil 2.13. Simektik-A fazına sahip bir sıvı kristal malzemenin yapısı | 13 |
| Şekil 2.14. Simektik-C fazına sahip bir sıvı kristal malzemenin yapısı | 13 |
| Şekil 2.15. Smektik-A ve Smektik-C fazlarında, moleküllerin temsili yönelimleri | 14 |
| Şekil 2.16. Nematiklerde, \vec{n} ortalama yönelim vektörü ile molekülün yönelimi arasındaki açının değışimi, yönelimsel düzen hakkında bilgi verir ... | 14 |
| Şekil 2.17. Kolesterik fazda moleküllerin katmanlar halinde ve her katmandaki moleküllerin birbirlerine göre küçük bir açi yaparak istiflenişi | 16 |
| Şekil 2.18. Kolesterik fazda moleküllerin yönelimi | 16 |
| Şekil 2.19. DNA molekülü | 17 |
| Şekil 2.20. Sabunların lameller veya düzgünsü (neat) fazı | 18 |
| Şekil 2.21. Sabunların hegzagonal veya orta fazı | 18 |

| | |
|--|----|
| Şekil 2.22. Lyotropik bir sıvı kristalin şekli ve açık formülü sodyum dodesil sülfat (sabun) | 19 |
| Şekil 3.1. Deneyde kullanılan malzemelerin kimyasal yapısı | 20 |
| Şekil 4.1. Sıvı kristali oluşturan temel yapı | 23 |
| Şekil 4.2. Sıvı kristal moleküllerin dizilimi | 23 |
| Şekil 4.3. Sıvı kristal moleküllerin dizilimi | 23 |
| Şekil 4.4. Sıvı kristal moleküllerin ışıkta yönleneşmesi | 24 |
| Şekil 4.5. Sıvı kristal moleküllerin dizilimi | 24 |
| Şekil 4.6. Sıvı kristal moleküllerin dizilimi | 25 |
| Şekil 4.7. Sıvı kristal faz geçiş göstergesi | 26 |
| Şekil 4.8. Sıvı kristal dielektrik anizotropisi | 28 |
| Şekil 4.9. Sıvı kristal ortamdaki polarize ışığın davranışı | 28 |
| Şekil 4.10. Sıvı kristal display hücresi | 30 |
| Şekil 4.11. LDC'lerin yapısı | 33 |
| Şekil 4.12. LCD ekranların bir piksel için çalışma şekli | 34 |
| Şekil 4.13. LCD katmanlarının üç boyutlu genel görünümü | 35 |
| Şekil 4.14. Polarizatör (toplayıcı) | 35 |
| Şekil 4.15. Aktif ve pasif matriks LCD | 36 |
| Şekil 4.16. Pasif matriks | 37 |
| Şekil 4.17. LCD ekranın kesit ve bileşenleri | 38 |
| Şekil 4.18. İki panel arasındaki sıvı kristalden oluşan LCD | 39 |
| Şekil 4.19. LCD televizyon | 40 |

1. GİRİŞ

1.1.Sıvı Kristallerin Tarihçesi ve Gelişimi

Sıvı kristallerin keşfi yaklaşık olarak 150 yıl öncesine dayanmasına rağmen bu malzemelerin önemi 100 yıl sonra anlaşılmıştır. XIX yüzyılın ortalarında Virchow, Mettenheimer ve Valentin üzerinde çalıştıkları sinir lifinin suyun içine bırakıldığı zaman akışkan bir madde olduğunu ve bu susun polarize ışık ile aydınlatıldığı zaman ilginç bir davranış sergilediğini görmüşler. Onlar sıvı kristal fazı ilk gözlemleyen insanlar olmalarına rağmen bunun yeni bir faz olduğunu keşfedemediler. 1877’de Otto Lehman çeşitli malzemelerde faz geçişlerini gözlemek için ısıtıcılı polarize mikroskop kullandı. O, malzeme soğutulurken şeffaf sıvı halden bulanık sıvı hale geçtiğini ve daha sonra da kristalleştiğini gördü. Ancak bunu sadece sıvı fazdan kristal faza geçiş yaparken oluşan bir kusur olduğunu düşündü.

1888 yılında Avusturyalı botanist F.R. Reinitzer, *cholesteryl benzoate* adlı organik maddenin, atmosferik basınçta ve 145 °C sıcaklıkta aniden katı fazdan bulanık bir sıvıya dönüştüğünü ve sıcaklığın artması ile bu bulanık sıvının 178 °C sıcaklıkta aniden berrak bir sıvıya dönüştüğünü gözlemledi. Reinitzer bulanık sıvının yeni bir faz olduğunu ortaya atan ilk kişi oldu. 1890 yılına kadar incelenen tüm sıvı kristallik durumlar doğal olarak gerçekleşenler idi. 1890 yılında Gatterman ve Ritschke *p-azoxyanisole* ve *p-azoxyphenetole* adlı maddelerin de aynı davranışı gösterdiğini açıkladılar. Bunlar ilk sentetik sıvı kristallerdi. Bir süre sonra Alman fizikçi O. Lehman, bulanık görümlü ara fazın, *cholesteryl benzeote* kristale benzer moleküler yapıya sahip alanlar içerdiğini gösterdi.

Geçen yüzyılın başlangıcında George Friedel sıvı kristaller üzerine çok sayıda deneyler yaptı. Friedel sıvı kristallerdeki kusurların varlığını ve elektrik alanın etkilerini açıklayan ilk kişidir. O, 1922’de her bir malzemedeki farklı molekül düzenini esas alarak sıvı kristallerin sınıflandırmasını yaptı. 1922 ve İkinci Dünya Savaşı yılları arasında Oseen ve Zöcher sıvı kristallerin öğrenilmesi için matematiksel temeller geliştirdiler. İkinci Dünya Savaşı başladıktan sonra birçok bilim adamı sıvı kristallerin önemli özelliklerinin artık keşfedilmiş olduğuna inanıyorlardı. 1950’lerde Amerika’ da Brown’un; Sovyetler Birliği’nde Chistiakoff’un; İngiltere’de Gray ve Frank’ın çalışmaları sıvı kristallere olan ilginin yeniden canlanmasına neden oldu. Maier ve Saupe sıvı kristallerin mikroskopik teorisini geliştirirken; Frank, daha sonra ise Leslie

ve Ericksen statik ve dinamik sistemler için sürekli teoriler geliştirdiler ve 1968 yılında bilim adamları ilk defa sıvı kristal göstergeyi (liquid crystal display) tanıttılar. Bundan sonra sıvı kristallere olan ilgi artmaya başladı. İlginin artmasının önemli nedenlerinden biri sıvı kristallerin çok değişik özellikler sergilemesi diğeri ise sıvı kristallere olan ticari merakı.

Reinitzer ve arkadaşları (1888)'nın yaptıkları çalışmalara göre; madde genel olarak katı, sıvı ve gaz olarak üç fazda bulunmaktadır. Katı yapıda atom veya moleküller belirli konumlarda örgü titreşimleri yaparak dururlarken, dönme hareketi yapamazlar. Sıvı fazda ise moleküller öteleme hareketi ile birlikte dönme hareketini de yapabilmektedirler. Katıların erimesi sonucu düzenli molekül yapısı bozulur ve moleküllerin dönüş serbestliği kazandığı sıvı faza geçilir. Katı, sıvı faza geçerken aradaki faz değerleri halen daha düzenli molekül dizilişine sahip sıvı haller gösterdiğinden dolayı bu tip maddelere sıvı kristal denilmiştir (Reinitzer 1888).

Sıvılar, buldukları kabın şeklini alan, belirli bir şekli olmayan molekül yapısına sahiptir. Sıvıların molekülleri arasındaki bağ enerjileri çok düşük olduğundan buharlaşması kolay olur ve sıkıştırılmadıkları için uygulanan basıncı aynen iletirler. Sıvı kristal maddeler, kristallerin genel özelliklerini taşımalarına rağmen daha çok sıvıların özelliklerini gösterirler. Sıvı kristaller için arafaz anlamına gelen mezofaz terimi sıklıkla kullanılır.

Sıvı kristallerin özelliklerine göre oluşturduğu ortam, sıvı maddelerin genel özelliklerini gösterir. Buna karşın, örneğin kırılma indisi, dielektrik sabiti ve manyetik duyunluk gibi bazı fiziksel parametreleri, belirlenen doğrultulara bağlı olarak değiştirdiğinden anizotropik karakterdedir (Peter 1947).

Özaydın (2007)'ın yaptığı çalışmalara göre, sıvı kristaller, anizotropik kristal yapıları katıların ve izotropik sıvıların özelliklerini taşımalarının yanı sıra, onlardan farklı olarak katı ve sıvılarda gözlemlenemeyen bazı özelliklere de sahiptirler. Böyle bir ortamdaki moleküller düzen, küçük bir elektrik veya manyetik alan etkisiyle kolayca bozulabilir. Elektrik alan uygulanması ile moleküller düzende meydana gelen değişimler cihaz amaçlı çeşitli uygulamaların gelişimine neden olmuştur. Moleküllerin ortalama yöneliminin bölgeye göre değişimi, maddenin o bölgedeki özelliklerini değiştirerek, bölgede karanlık ve aydınlık alanlar oluşturur. Böylece bu özelliklerden yararlanılarak çeşitli endüstriyel cihazlar yapılmaktadır.

Köysal (2007)'ın yaptığı çalışmalara göre, sıvı kristallerde moleküller arası kuvvetler zayıf olduğundan dış etkilere karşı yüksek hassasiyet göstermektedir. Bu

özelliklerinden yararlanılarak sıcaklık, basınç, elektrik ve manyetik alan gibi dış etkileri izlemek için çeşitli sensör uygulamalarında kullanılırlar.

Priestly ve ark. (1975)'nin yaptığı çalışmalara göre, günümüzde sıvı kristal gösterge cihazları (LCD'ler), teknolojinin birçok alanında kendine uygulama sahası bulmuştur. Amerika, Japonya ve Avrupa'nın birçok ülkesinde bu alanda devamlı ve sürekli araştırmalar başlatılmış çok yönlü gelişmeler sağlanmıştır. Sıvı kristallerin elektro-optik, manyeto-optik özellikleri üzerinde yoğunlaşan çalışmalar, hızlı anahtarlama, yüksek çözünürlüklü renkli görüntü cihazlarının yapımı için önemini daha da arttırmıştır. Sıvı kristal ekranlarının düşük güç tüketimi gerektirmeleri, küçük boyutları ve karmaşık devre elemanları ile uyumlu çalışabilmeleri onların önemini bir kat daha artmasını sağlamış yakın gelecekte teknolojik uygulamalardaki yerini daha da sağlamlaştırmıştır.

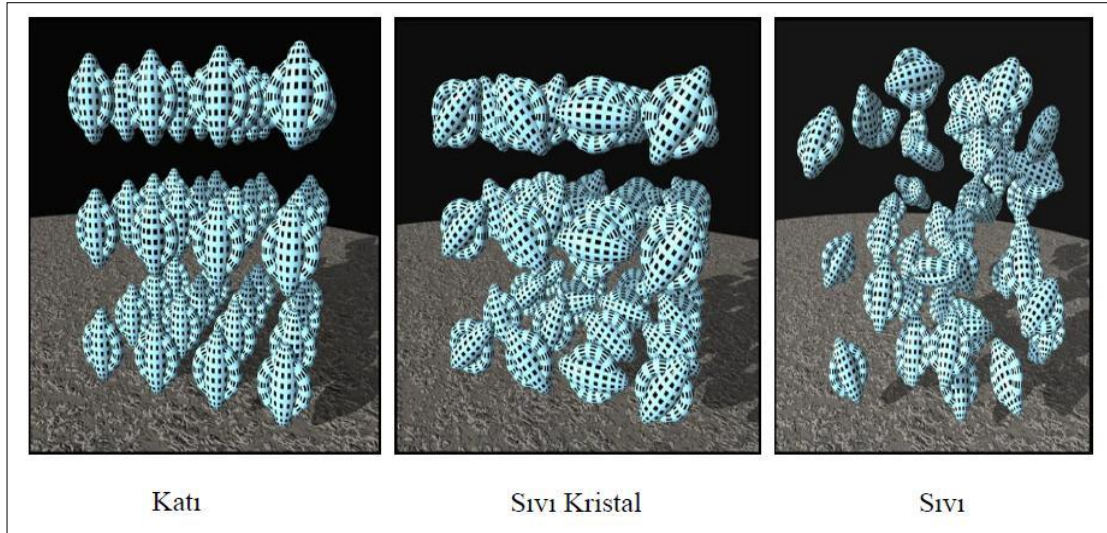
2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Sıvı Kristallerin Genel Özellikleri

Maddenin katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç farklı hali vardır. Eğer bir katı ısıtılırsa, genellikle belli bir sıcaklıkta erir ve sıvı hale geçer. Fakat katı ve sıvı hal arasında direkt geçiş sıcaklığı olmayan bazı maddeler vardır.

Bu maddeler sıvı kristal olarak tanımlanırken, katı ve sıvı hal arasındaki bu ara faz da **mezofaz** olarak tanımlanır. Katı fazda moleküller uzun pozisyonel ve yönelimsel düzenlemelere sahipken, sıvı fazda moleküller sadece kısa düzenlemelere ve hareketliliğe sahiptir.

Sıvı kristal fazda moleküller katı fazdaki bazı düzenlenme derecelerini ve sıvı fazdaki bazı hareketlilik derecelerini kaybederler. Böylece katı fazın ve sıvı fazın bazı karakteristik özelliklerini gösterirler (Shen 2000).



Şekil 2.1. Katı, sıvı kristal ve sıvı yapıların gösterimi

Düşük sıcaklıkta, termal hareket azalır ve bütün kuvvetler molekülü katı örgü düzenlenmesinde tutarlar. Kristaller moleküldeki birçok tabakanın birleşmesinden oluşur ve moleküller burada belirli bir pozisyonda ve belirli bir yönlenmedir. Pozisyonel düzenlenmenin yanında, yönelimsel düzenin de bulunduğu faz **katı** faz olarak tanımlanır (Şekil 2.1).

Madde ısıtıldığında, termal hareketler artar. Yeterli enerji sağlandığında zayıf kuvvetler yenilir fakat güçlü kuvvetler hala vardır. Bu güçlü kuvvetler toplam

yönelmeler oluşur. Burada molekül pozisyonel düzenini büyük ölçüde sürdürür fakat yönelimsel düzenini büyük ölçüde kaybeder.

Bu durumda, tabakalar içindeki moleküller birbiri etrafında hareket edebilir ve tabakalarda kendi içlerinde bir hareket meydana getirebilir. Bu hareketler *sıvı kristal* faz olarak adlandırılan bu faza, sıvı fazdaki gibi hareket özelliği katar (Şekil 2.1).

Madde biraz daha ısıtıldığında, termal hareketin artması sonucu moleküller arasında kalan bütün kuvvetli bağlar kırılır ve moleküller rastgele düzenlenirler. Ne pozisyonel ne de yönelimsel düzenin olmadığı bu faz *sıvı* fazdır (Şekil 2.1).

Maddenin katı fazdan mezofaza geçiş sıcaklığı "*erime noktası*" (MP = Melting Point), mezofazdan izotropik sıvıya dönüştüğü sıcaklık "*berraklaşma noktası*" (CP = Clearing Point) olarak adlandırılmaktadır (Donino vd. 2003; Espinet vd. 1992).

Sıvı kristaller; vizkoz, jelatimsi materyaller olup, sıcaklığı arttırılırken saydam hale dönüşerek sıvılara benzerler. Genel olarak sıvı kristal halden izotropik sıvı hale geçiş -30 °C ile 100 °C aralığını kapsar (Bilen 1994).

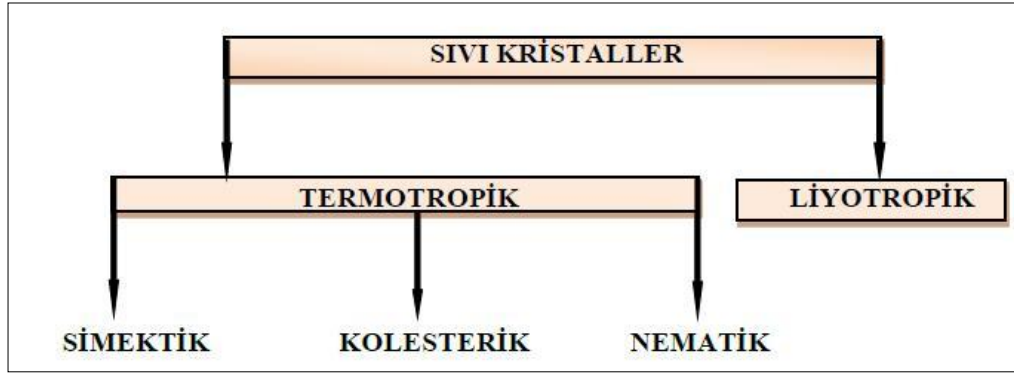
Sıvı kristallerin yönelim düzenleri, katı kristallerin yönelimi düzeni ile benzerlik gösterir. Bu nedenle sıvı sıvı kristaller, katı kristaller gibi ışığın kırılmasına ve yansımaya neden olurlar. Sıvı kristallerin molekül yapıları genel olarak çubuksu, kuvvetli, dipol ve polarize olabilen bir yapıya sahiptir.

Bahadır (1995)'in yaptığı çalışmaya göre, sıvı kristaller polarize ışıkta çift kırılma özelliğine sahip olup, girişim renkleri verebilir. Üzerine düşen ışığa göre spektrumdaki renkleri sırasıyla sergiler. Soğutmada gösterdiği renkler tersinirdir. Sıvı kristalin özellikleri, ölçülen yönelime bağlıdır. Moleküller yönelimin genel eksenine direktör olarak isimlendirilir ve n ile gösterilir. Geometrik olarak anizotropiklerdir. Yani sıvı kristallerin optik özellikleri moleküllerin ışık kaynağına göre yönelimlerine bağlıdır.

2.2. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması

Çok farklı tipte moleküller sıvı kristalik faz oluşturabilmektedir. Hepsinde ortak olan, yapının anizotropik olmasıdır. Bu anizotropi iki şekilde olabilir; ya bir molekül eksenine diğer ikisinden farklı olan molekül yapı söz konusudur ya da moleküllerin farklı kısımları farklı çözünme özelliği gösterirler.

Her iki durumda anizotropik moleküller arasında etkileşmeler yönelimsel bazen de konumsal düzen oluştururlar.



Şekil 2.2. Sıvı kristallerin çeşitleri

Sıvı kristaller, yapılarına göre termotropik sıvı kristaller ve liyotropik sıvı kristaller olarak ikiye ayrılır.

2.2.1. Termotropik sıvı kristaller

Lineer olduğu kadar non-lineer optik özelliklerinden dolayı çok fazla incelenen ve en geniş kullanım alanına sahip olan sıvı kristaller termotropik sıvı kristallerdir (Khoo 1995).

Sıvı kristallere ısıtma işlemi uygulandığında, sıvı kristal yapı izotropik sıvıya geçişte tek basamaklı bir geçiş yerine birkaç geçişten oluşuyor ve sıcaklıkla değişim gösteriyorsa bu kristallere, termotropik sıvı kristaller denir. Bu kristallerin ana oluşum nedeni sıcaklıktır.

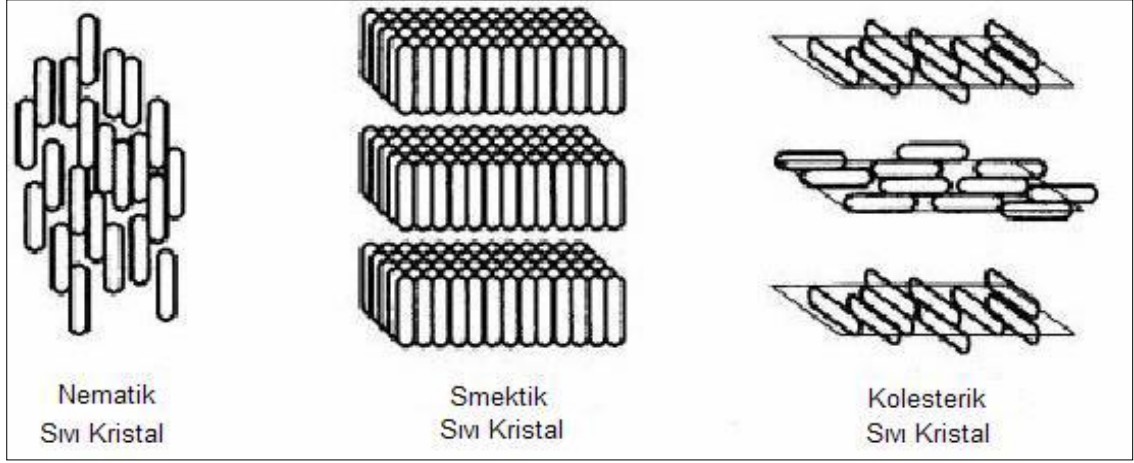
Termotropik sıvı kristaller etkilendiği sıcaklık aralığında hem katı maddelerin hem de sıvı maddelerin özelliklerinden bazılarını gösterebilirler.

Sıvı kristal; bir sıvı gibi akışkan olup, optik ve elektromanyetik karakter taşıyan bir katı anizotropiktir (Sage 1990).

Termotropik sıvı kristallerin genel olarak molekül yapıları aromatik halkalar nedeniyle sert, uzun ve çukusu molekül yapısına sahip ayrıca molekül yapılarındaki polar gruplar ve kalıcı dipollar bulunması gibi ortak özellikleri vardır.

Termotropik sıvı kristal moleküllerinin merkezinde veya merkez yakınında çoğu zaman yüksek, kenarlarda ise düşük dipol momentleri vardır. Dipoller arasındaki çekim kuvvetleri moleküllerin birbirlerine yakın ve paralel düzenlenmelerine sebep olur. Söz konusu kuvvetler hidrojen bağları ve dağılım (dispersiyon) kuvvetleriyle beraber sıvı kristal yapının oluşmasını sağlarlar. Termotropik sıvı kristaller hem nematik hem de smektiktir.

Termotropik sıvı kristaller üzerlerine uygulanan sıcaklığa bağlı olarak üç sınıfa ayrılırlar. Bunlar; nematik sıvı kristaller, smektik sıvı kristaller ve kolesterik sıvı kristallerdir.



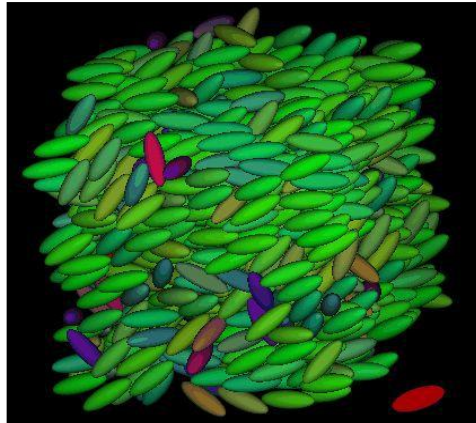
Şekil 2.3. Sıvı kristal fazları

2.2.1.1. Nematik sıvı kristaller

Nematik sıvı kristaller, Yunanca iplik anlamına gelen kelimedenden türeyen, mikroskop altında incelendiklerinde bu ipliksi yapıyı gösteren, düzenli bir yerleşime sahip olmayan molekül yapısına sahip kristallerdir (Şekil. 2.4).

Nematik sıvı kristaller, molekülleri herhangi konumsal düzene sahip olmayan fakat aynı, yani yönlendirici yönünde yönelme olan materyallerdir.

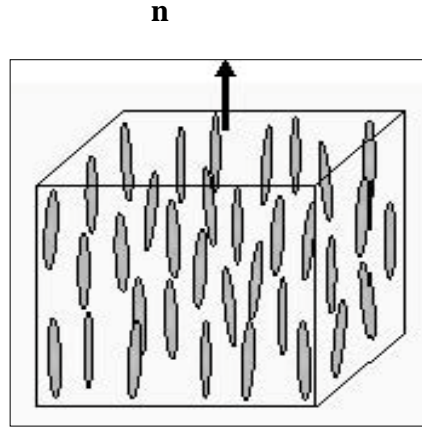
Nematik sıvı kristallerde moleküller sadece yönelim düzenine sahiptirler fakat konumsal olarak uzun menzilde bir düzene sahip değildirler. Tercih edilen yön n nematik yönlendirici diye adlandırılan birim vektör ile tanımlanabilir.



Şekil 2.4. Nematik sıvı kristal

Nematik sıvı kristallerin dikkat çeken en önemli özelliği, nematik fazı oluşturan moleküllerin uzun eksenleri boyunca yönelim modeli göstermesidir. Ayrıca nematik sıvı kristaller, sıvıların molekül yapısından farklı olarak anizotropik özellik gösterirler.

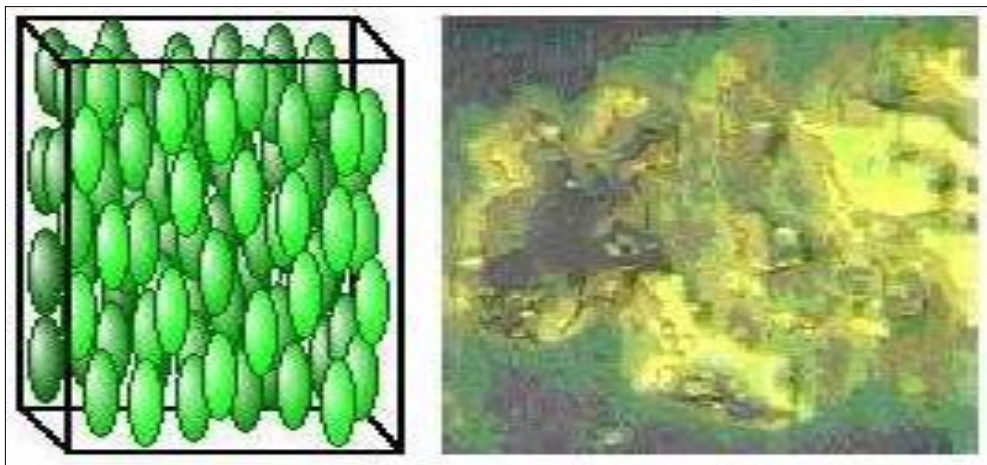
Nematik fazda belirli bir düzenleme olmuş olsa da sürekli akıcılık ve hareketlilik vardır. En akışkan mezofazdır ve bu özelliği ile izotropik faza en çok benzeyen mezofazdır (Colling ve Hird 2001).



Şekil 2.5. Nematik fazda moleküllerin aynı doğrultuda yönelimi

Pershan (1998)'in yaptığı çalışmaya göre, nematik fazlar, yüksek sıcaklıkta mezofaz oluşturan termotropik sıvı kristallerdir. Daha yüksek sıcaklıklara ısıtmakla izotropik sıvı elde edilebilir. Sıcaklığın düşürülmesine bağlı olarak simektik fazdan hegzatik faza, hegzatik fazdan da sıvı kristallerin sahip olduğu en kararlı faz olan kristal fazlara geçiş gözlenir.

Herhangi bir maddenin nematik sıvı kristal olabilmesi için genel olarak yapısında bir ana grup, iki de terminal grup olması gerekir (Değirmenci 1996).



Şekil 2.6. Nematik fazın şematik gösterimi ve nematik sıvı kristalin fotoğrafı

Sıvı kristaller anizotropik malzemelerdir ve sistemim fiziksel özellikleri ortalama dizilimine göre değişmektedir. Eğer dizilim büyükse malzeme anizotropiktir. Benzer şekilde, eğer dizilim küçük ise malzeme izotropiktir.

Genel olarak, nematik moleküller merkez simetrisine sahiptirler; fiziksel özellikleri $+n$ ve $-n$ yönlerinde aynıdır. Başka deyişle, eğer moleküller daimi elektrik dipolüne sahip iseler (genellikle polar yapı söz konusudur) hacimsel dipol momenti sıfır olacak şekilde diziliyorlar.

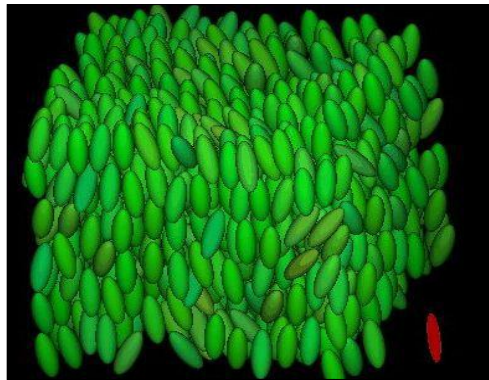
Eğer nematik kristal, kiral moleküllerden oluşmuş ise, moleküller ayna görüntülerinden farklı olacaklar ve kolesterik sıvı kristal oluşmuş olacaktır. Lokal olarak kolesterik sıvı kristaller nematiklere ayırt edilemeyecek kadar benziyorlar fakat tercih edilen yön helis yapı oluşturuyor ki helis eksenini yönlendiriciye diktir.

Nematik sıvı kristallerin özel bir sınıfına *kiral nematik sıvı kristal* denir. Kiral, dairesel polarize ışığın bir bileşenini seçerek yansıtma özelliğini ifade etmektedir. Kiral nematik ve kolesterik terimleri birbiriyle değiştirilerek kullanılmaktadır.

2.2.1.2. Smektik sıvı kristaller

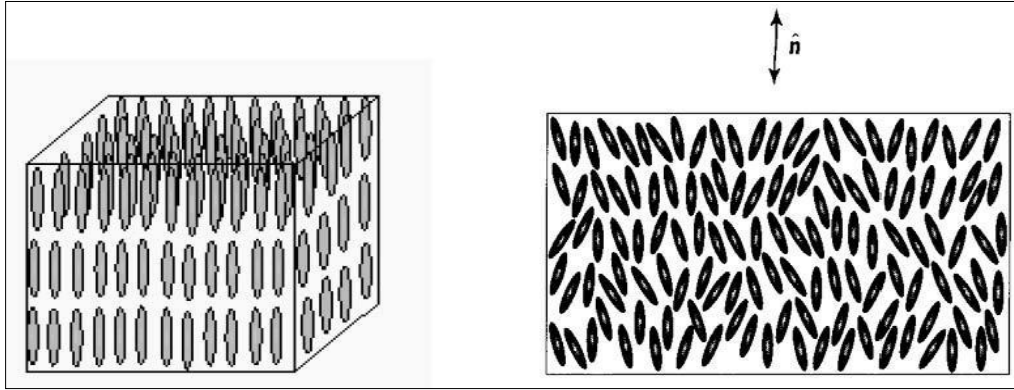
Smektik adı, Yunanca smetos (sabun) kelimesinden türetilmiştir. Smektik fazda da moleküller nematiklerdeki gibi yönelimsel düzen gösterirler. Bu faz düşey tabakalara ayrılır. Smektikler bu tabakaların içinde yönelimsel düzeni sürdürürken, genellikle konumsal düzende gösterirler. Bunlar farklı tabaka fazları oluşturdukları için nematiklere göre daha büyük bir düzen sağlamaktadırlar.

Smektik mezofazın nematik fazdan daha düzenli bir faza sahip olması ve düzenin artması smektik durumun nematik duruma göre daha fazla katıya benzediği anlamına gelir (Colling ve Hird 2001).



Şekil 2.7. Smektik sıvı kristal

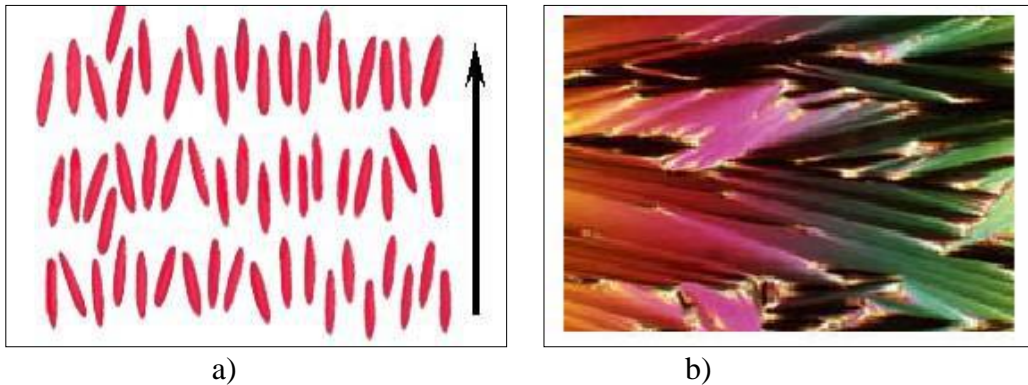
Sıcaklığın etkisiyle oluşan smektik fazda moleküller, katmanlar içinde belirli aralıklarla fakat aynı doğrultu boyunca yönelim düzeni gösteren çubuksu veya disk şeklindeki bir yapıya sahiptir.



Şekil 2.8. Smektik yapıdaki moleküllerin katmanlar halinde ve \hat{n} direktörü boyunca yönelimi

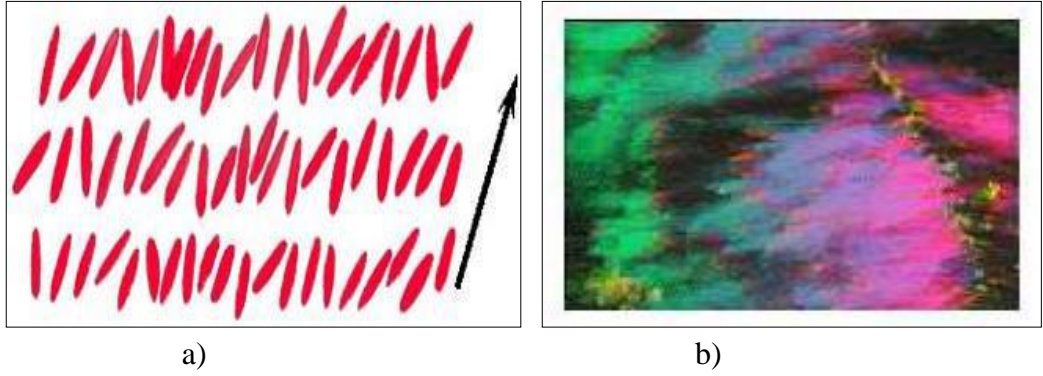
Smektik sıvı kristal fazda moleküller, katmanlar arasında hareket edemeyen, yalnızca kendi katmanları arasında hareket edebilen bir yapıya sahiptir. Smektik sıvı kristaller yönelime bağlı olarak iki sınıfa ayrılır.

- **Smektik A** fazında molekül eksenleri tabaka normaline boyunca yönelirler ve tabakaların içinde belirli bir konumsal düzen yoktur (Şekil 2.9). Smektik sıvı kristal fazda viskozite yani yoğunluk nedeniyle endüstriyel cihazlarda kullanımı kısıtlıdır. Aynı zamanda bu fazdaki moleküller yalnızca buldukları katman içerisinde hareket edebilirler.



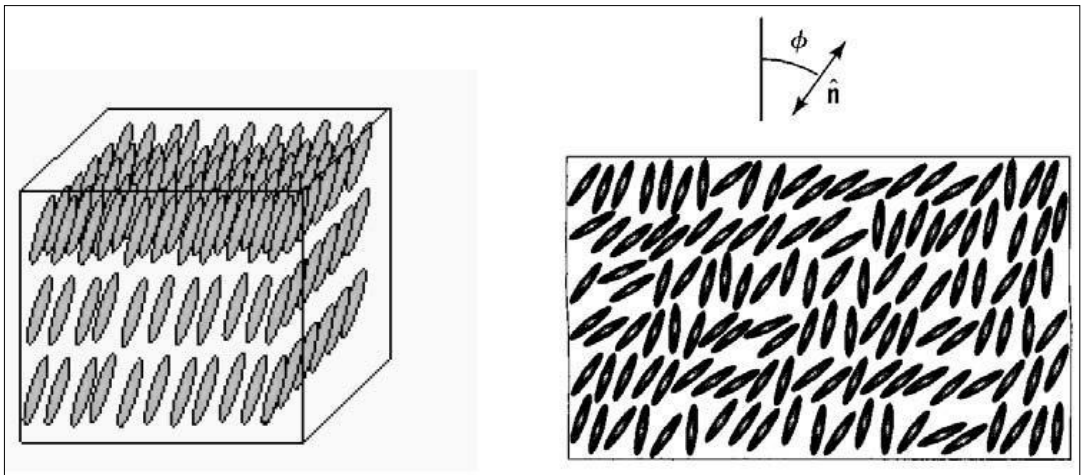
Şekil 2.9. Smektik-A fazının; a) molekül dizilimi, b) polarizasyon mikroskobu kullanılarak çekilmiş fotoğrafları

- **Smektik B** fazında moleküller smektik düzlem içinde dikey olarak yönelmişlerdir. Ayrıca moleküller tabakalar içinde hegzagonal ağlar şeklinde yerleşmişlerdir. Hegzagonal düzen edinmelerinden dolayı, smektik A fazından daha düzenlidir. Smektik B fazının bazı özellikleri sıvı kristalden çok katı kristale benzemektedir.
- **Smektik C** fazında ise moleküller smektik A fazındaki gibi yerleşmişlerdir fakat moleküller tabakalar arasında eğimli yönelirler. Bu faz, smektik A fazının eğimli analogudur (Collings ve Hird 2001).



Şekil 2.10. Smektik-C fazının; a) molekül dizilimi, b) polarizasyon mikroskobu kullanılarak çekilmiş fotoğrafları

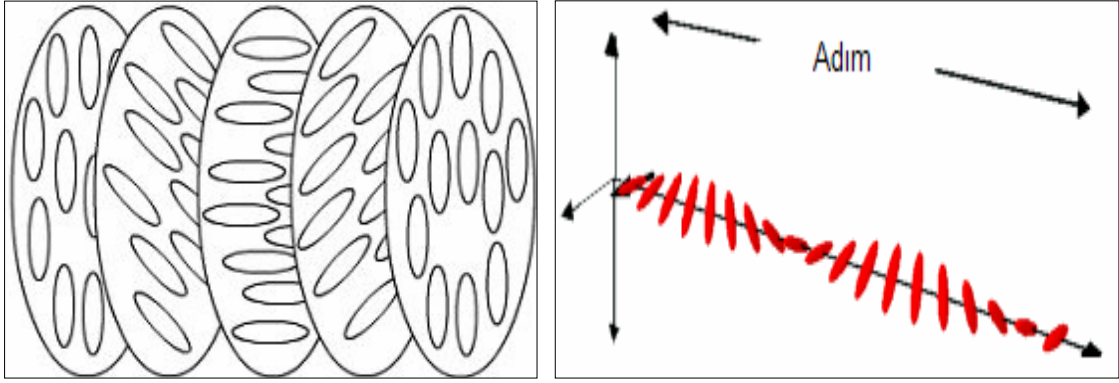
Smektik sıvı kristallerin çeşitlerinden olan moleküllerin uzunluğunun tabaka kalınlığından fazla olan smektik C fazı x-ray saçılması sonucu elde edilmiştir. Smektik C fazında molekül uzunluğunun tabaka kalınlığından fazla olması, moleküler eksenlerin tabaka normali ile açı yapacak şekilde meydana gelebileceği görülmüştür (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Smektik C fazındaki moleküllerin normalden belli bir ϕ açı değeriyle saporak yönelmesi

Sıcaklıkla değişim gösteren smektik C fazından moleküllerin katman düzlemiyle yaptığı ve eğilme açısı olarak ta bilinen bu açığa, tilt açısı denir ve eğilme açısı n açısı kadar değişebilir. Smektik C fazı biaxial yani optiksel olarak çift eksenli bir yapı gösterir.

Nematik fazda olduğu gibi, smektik-C fazının da C* ile gösterilen kiral durumu vardır. Smektik-C fazı ile uyumlu olarak yönlendirici smektik katman ile belirli bir açı oluşturacaktır. Aradaki fark ise bu açının katmandan katmana değişerek helis oluşturmasıdır. Diğer bir şekilde ifade edecek olursak, smektik-C* fazında yönlendirici katmana dik veya paralel değildir ve bir katmandan diğerine geçerken dönüyor. Aşağıdaki diyagramda her bir katmandan diğerine geçerken yönlendiricinin burkulması gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Solda smektik-C* fazının şematik gösterimi, sağda ise aynı fazın eksen üzerindeki görüntüsü verilmiştir

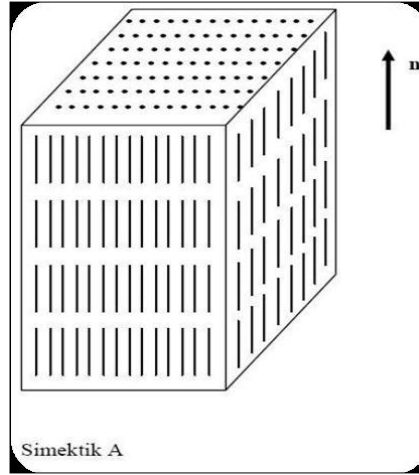
Bazı smektik fazlarda, moleküller üstteki ve alttaki çeşitli katmanlardan etkileniyorlar. Dolayısıyla, gözlenen üç boyutlu düzen düşüktür.

Nematiklere benzer olarak, smektik-A sıvı kristaller optik olarak tek eksenlidir; yani yönlendirici eksenini etrafında dönme simetrisi var. Smektik-C fazı, smektik-A fazından optik olarak iki eksenli olma özelliğinden dolayı farklıdır ve moleküler dizilim tabaka normali ile eğim oluşturacak şekildedir.

2.2.1.3. Nematik sıvı kristaller ve smektik sıvı kristaller arasındaki farklar

Smektik sıvı kristaller, tabakalı bir yerleşim düzenine sahiptir, farklı tabaka fazları oluşturdukları için nematiklere göre daha büyük bir düzen sağlamaktadır. Smektik faz tamamen vizkozdur.

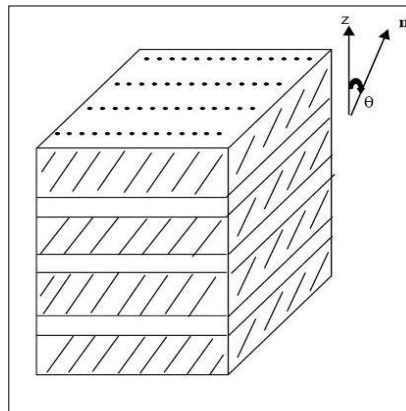
Smektik fazda moleküller nematik fazdaki gibi bir yönelim düzeni (orientational order) göstermekle beraber kendi aralarında katmanlar veya düzlemler oluşturacak şekilde konumsal düzen (positional order) de sergilemektedirler.



Şekil 2.13. Smektik-A fazına sahip bir sıvı kristal malzemenin yapısı

Smektik-A'ların temel özellikleri şöyledir:

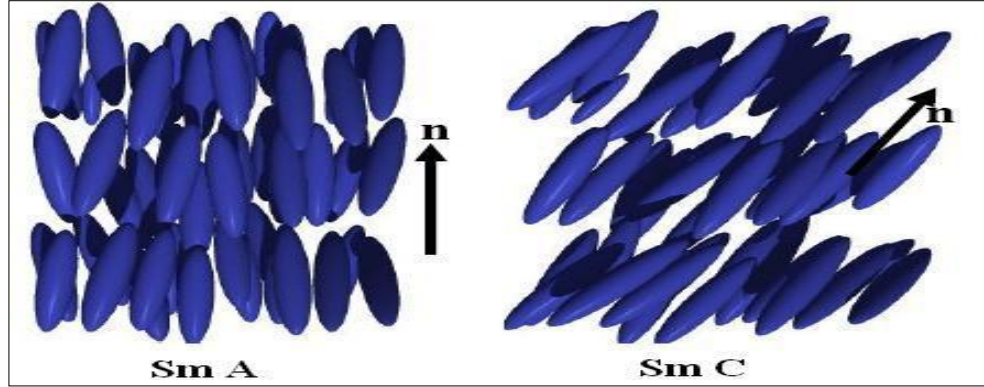
- Katlı yapı ve iki boyutlu kristallere benzerler,
- Moleküllerin ağırlık merkezleri bir tabakada yerleşir, tabakaların kalınlığı yaklaşık olarak moleküllerin uzunluklarına eşittir,
- Moleküllerin dizilmesini karakterize eden \vec{n} yön vektörü tabakalara dik yönde yönelmiştir,
- Smektik-A'lar genel olarak bir eksenlidirler ve optik eksen tabakalara dik olarak yönelmiştir.



Şekil 2.14. Smektik-C fazına sahip bir sıvı kristal malzemenin yapısı

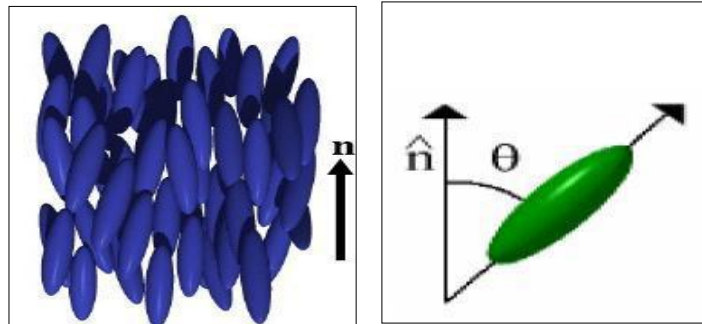
Smektik –C’lerin temel özellikleri ise şöyle özetlenebilir:

- Tabaka yapıları ve iki boyutlu kristallere benzerler,
- Moleküllerin ağırlık merkezleri bir tabakada yerleşirler, tabakaların d kalınlığı moleküllerin l uzunluğundan küçüktür ($d=lc\cos\omega$),
- Moleküllerin \vec{n} yön vektörü, \vec{z} vektörüne göre ω açısı altında yönelmiştir,
- Smektik-C’ler optiksel olarak iki eksenlidirler.



Şekil 2.15. Smektik-A ve Smektik-C fazlarında, moleküllerin temsili yönelimleri

Nematik sıvı kristaller, smektik yapıdaki molekül demeti katmanlarının bozulup tüm moleküllerin farklı aralıklarda ve farklı yönlerde fakat aynı doğrultuda yönelmesiyle oluşur. Termotropik sıvı kristal fazları arasında nematik sıvı kristal fazı smektik sıvı kristal faza göre sıcaklığın etkisiyle izotropik sıvıya daha yakın ve düzensiz yapısından dolayı en az yönelim düzenine ve en yüksek simetriye sahip ara fazdır. Ayrıca nematik fazda moleküllerin kütle merkezlerinin diziliminde smektiklerde olduğu gibi uzun menzilli düzen yoktur ve kütle merkezleri üç boyutta izotropik olarak yerleşmiştir. Nematikler, konumsal olarak uzun menzilde bir düzene ve smektikler kadar düzenli bir molekül yapıya sahip değildirler (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Nematiklerde, \vec{n} ortalama yönelim vektörü ile molekülün yönelimi arasındaki açının değişimi, yönelimsel düzen hakkında bilgi verir

Nematik sıvı kristallerde moleküller yön sektörü olarak ifade edilen \vec{n} vektörü doğrultusunda bir yönde yönelim gösterirler. Yön vektörü olarak gösterilen \vec{n} aynı zamanda moleküler sistemin optik eksenin yönünü de belirler. Moleküller ve \vec{n} yönelim vektörünün yaptığı θ açısının artışı moleküler yönelim düzeninin azaldığını, tersi durumda θ açısının azalışı ise düzenin arttığını ifade eder. Gerçek mükemmel bir kristalde θ açısı sıfırdır.

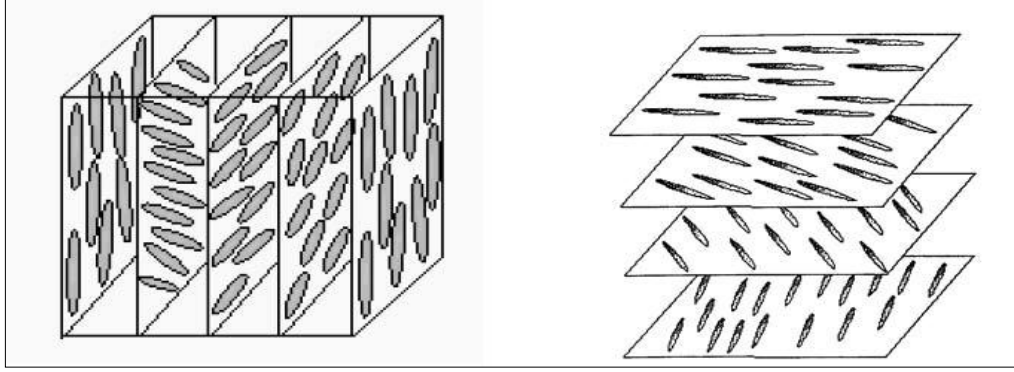
Nematik sıvı kristal türünün temel özellikleri şunlardır:

- Yapı tabakalı değildir ve moleküllerin kütle merkezlerinin dizilmesi rastgeledir,
- Moleküllerin kütle merkezlerinin dizilmesinde uzun menzilli düzen yoktur,
- Uzun menzilli düzen ancak moleküllerin yönelimine (uzun eksenlerinin dizilmesine) göre vardır,
- Nematikler optiksel olarak bir eksenlidirler ve optiksel eksen \vec{n} vektörü yönünde yönelmiştir,
- Nematiklere optiksel olarak etkin moleküllere sahip madde eklenerek kiral kolesterik yapı oluşturmak mümkündür.

2.2.1.4. Kolesterik fazlar

Kolesterik (veya kiral nematik) sıvı kristal fazı genellikle biri diğeri ile küçük bir açı oluşturacak şekilde moleküllerin dizilmesine neden olan moleküller arası kuvvetler oluşturan, kiral merkeze sahip nematik mezogenik moleküllerden oluşmuş sıvı kristal fazıdır. Kolesterik fazda, madde her biri nematik yapıya sahip tabakalardan meydana gelir. Fakat her bir tabakadaki moleküller normale göre yönelim değişimi göstermektedir. Moleküllerin tabakalar arası geçişi mümkündür, moleküllerdeki yönelim değişimi madde boyunca helisel burulma göstermektedir.

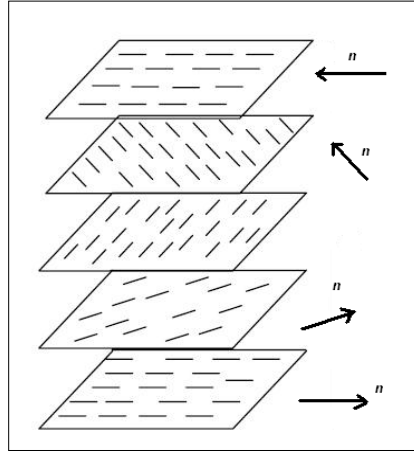
Kolesterik faz genel olarak aynı tabaka içindeki moleküller aynı yönde olmak koşuluyla farklı aralıklarda ve bu tabakaların çok küçük bir açı farkıyla üst üste dizilmesiyle oluşan bir yapıya sahiptir.



Şekil 2.17. Kolesterik fazda moleküllerin katmanlar halinde ve her katmandaki moleküllerin birbirlerine göre küçük bir açı yaparak istiflenişi

Kolestriklerin temel özellikleri şunlardır:

- Moleküllerin ağırlık merkezleri ve moleküllerin yönlerini karakterize eden \vec{n} yön vektörü bir yüzeyde yerleşir.
- \vec{n} yön vektörünün yönelimi sabit kalmaz ve yüzeyden yüzeye geçerken değişir. Dolayısıyla ile şekilde gösterilen spiral yapı oluşur.



Şekil 2.18. Kolesterik fazda moleküllerin yönelimi

- Kolesterikler spiral adımı (pitch) ile karakterize edilir ve bu spiral hem sağa hem de sola burkular.
- Spiral adımı sıcaklıkla, termik veya manyetik alan etkisiyle değişir.
- Spiralin eksenine dik yönde belli bir büyüklükte manyetik veya elektrik alan uygulayarak kolesteriğin kiral yapısını bozup nematik yapılı sistem oluşturmak mümkündür.

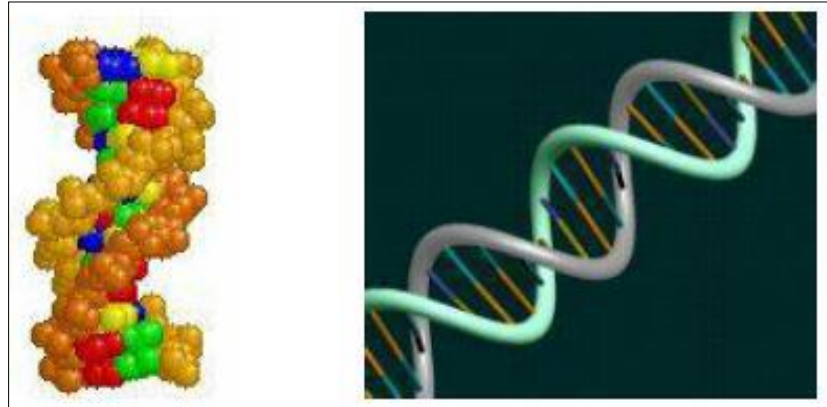
- Sola (veya sağı) burkulan kolesteriğe belli konsantrasyonlu ters yönde burkulmuş kolesterk ekleyerek spiral yapısını bozmak ve nematik yapılı sistem oluşturmak mümkündür.
- Optiksel olarak kolesterikler iki eksenlidirler ve optiksel eksen spiralin eksenine paralel yöndedir.

Kolestorik sıvı kristallerde moleküllerin yönelimi çok küçük bir açıyla birbirinden farklı olmakla birlikte bu fazda her katmanda bulunana moleküllerin oluşturduğu doğrultu bir alt tabakadaki molekül demetine göre belirli bir büyüklükte küçük bir açıyla hep aynı yöne doğru yönelen helezonik bir yapı meydana getirir.

Kolesterik sıvı kristaller üzerlerine uygulanan sıcaklığa bağılı olarak ilginç renk desenleri gösterir. Uygulanan ışık, katmanlar üzerine dik gelince $L = n \cdot \lambda$ (n = tamsayı, L =”pitch” mesafesi (Helis adımı) olmak şartıyla Bragg Yansıması gerçekleştirilmesine neden olur. Kolestorik fazdaki bu L = halis adımı sıcaklığa bağılılığına dikkat çekilirse kolestorik kristaller sıcaklık sensörü olarak kullanılabilirliği bilim adamlarının ve endüstriyel sistemin ilgisini çekmiştir.

Kolestrostatik sıvı kristallerin sıcaklığa bağılı olarak gösterdikleri bu helezonik yapı ve değışiminden dolayı uçakların gövdelerindeki hatalı yüzeylerin belirlenmesinde, mikro yapılı elektronik sistemli devrelerin kusurlarının ortaya çıkarılmasında ve en önemlisi sağılık sektöründe hastalıklı dokuların teşhis edilmesinde ciddi önem taşımaktadır.

Kolesterik sıvı kristallerin doğadaki en iyi bilinen örneğı DNA molekülüdür (Emek 2007).

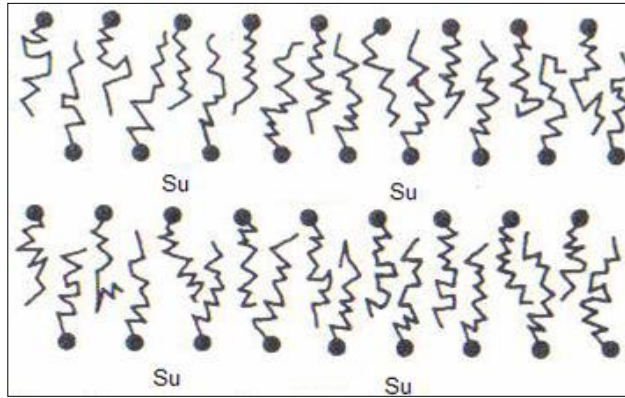


Şekil 2.19. DNA molekülü

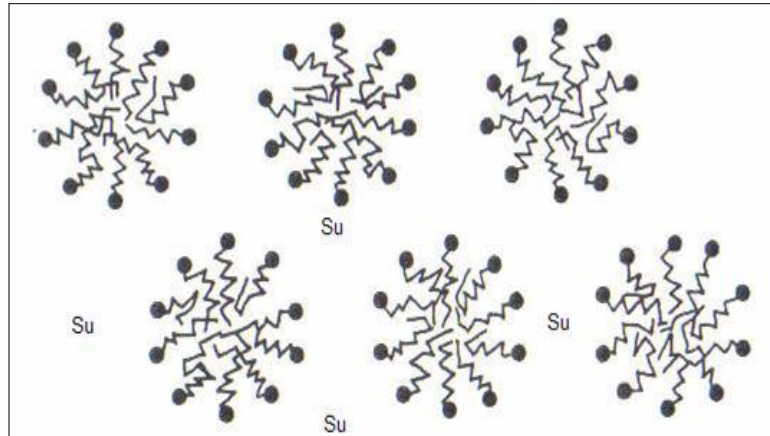
2.2.2. Lyotropik sıvı kristaller

Liyotropik sıvı kristaller, belli konsantrasyonlarda bir maddenin uygun çözücülerde çözünmesiyle oluşan yapılardır. Bu tür maddeler için sıvı kristalin dayanıklılığını, sıcaklıktan daha çok konsantrasyonu belirler. Bu maddeleri termotropik sıvı kristallerden ayırmak için liyotropik sıvı kristaller denilmiştir (Colling 2001).

Chandrasekhar (1992)'ın yaptığı çalışmalar göre, liyotropik sıvı kristaller iki veya daha çok bileşenlerden oluşur (Genellikle bileşenlerden biri amfilik moleküller (suyla güçlü bir şekilde etkileşen hidrofilik ve suyla etkileşmeyen hidrofobik kısma sahip moleküller) ve diğeri ise sudur.



Şekil 2.20. Sabunların lameller veya düzgünsü (neat) fazı

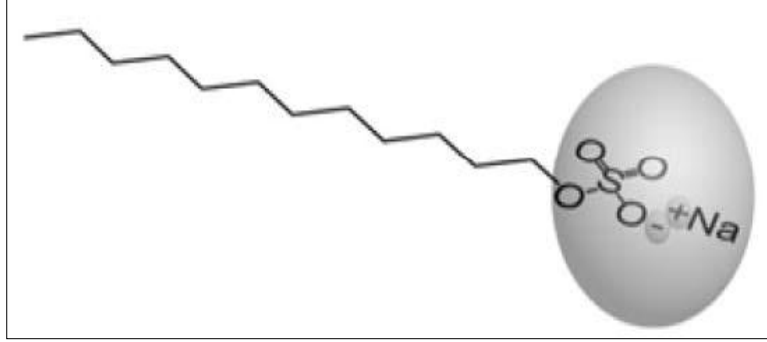


Şekil 2.21. Sabunların hegzagonal veya orta fazı

Kolestorik sıvı kristallere verilebilecek en iyi örnek su içinde bulunan sabunun yapısıdır. Suyun miktarı artırıldığında ise ara fazlar meydana gelir.

Canlı sistemlerinde ve dokularında bol miktarda bulunan lyotropik sıvı kristallerin yapıları oldukça karmaşık ve biyolojik araştırmalarda ilgi çekici olmakla birlikte, yakın bir zamanda bilim adamlarının ve endüstriyel sistemin dikkatini çekmiştir.

Lyotropik sıvı kristallerin meydana getirdiği fazda sıcaklık yerine bir araya getirilen organik bileşiklerin çeşitli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen yeni oluşum söz konusudur. Bu noktada sıcaklık değişik bileşiklerin konsantrasyonları önemlidir.



Şekil 2.22. Lyotropik bir sıvı kristalin şekli ve açık formülü sodyum dodesil sülfat (sabun)

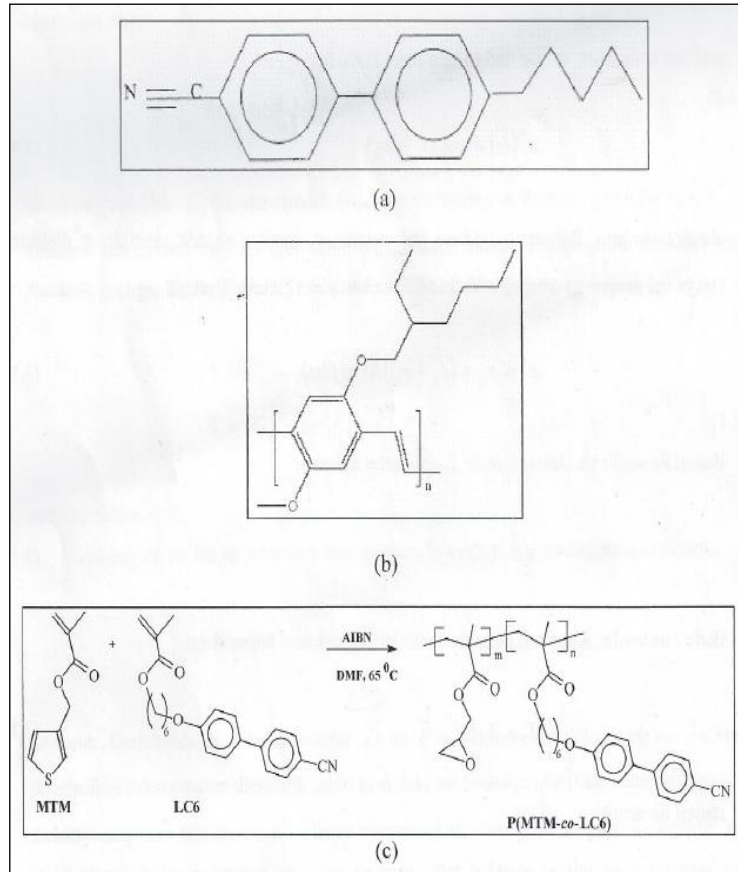
Lyotropik fazdaki kristallerin günümüz teknolojisinde ve her geçen gün artan kullanım alanları söz konusudur. Bunlar arasında en fazla dikkat çeken uygulama alanları deterjansı yapılar, gıda sanayi, petrol çıkarma ve tıp gibi alanlarda sıkça kullanıldığı görülür.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Deneysel İşlemler

3.1.1. Sıvı kristal hücrelerin hazırlanması

Sıvı kristal sistemin hazırlanması ve incelenmesi sırasında kullanılan spatüller, tüpler, enjektörler, v.b. her kullanım öncesi alkol ve aseton ile dezenfekte edildikten sonra saf su ile yıkanıp durulandı. Bu çalışmada kullanılan organik bileşikler, 4-siyano-4'-n-pentilbifenil (5CB), poli [2-metoksi-5-(20-etilhekziloksi)-1,4-fenilenvinil] (MEH-PPV) ve 3-tiyenilmetil metakrilat:6-(4-sinobifenil-4-oksi) heksil akrilat (MTM-LC6) malzemeleridir. Deneyde kullanılan malzemelerin kimyasal yapısı Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Deneyde kullanılan malzemelerin kimyasal yapısı

a) 5CB

b) MEH-PPV

c) MTM-LC6

Hazırlanan 4-siyano-4'-n-pentilbifenil, 4-siyano-4'-n-pentilbifenil:poli [2-metoksi-5-(20-etilhekziloksi)-1,4-fenilenvinil] (%1), 4-siyano-4'-n-pentilbifenil: poli [2-metoksi-5-(20-etilhekziloksi)-1,4-fenilenvinil] (%2), 4-siyano-4'-n-pentilbifenil:3-

tiyeniometil metakrilat:6-(4- sinobifenil-4-oksi) hekzilakrilat sıvı kristal numuneleri, sırasıyla 5CB, 5CBM, 5CBM2 ve 5CBF olarak adlandırıldılar.

Hazırlanan sıvı kristal hücrelerin kalınlığı, 5CB için 5,5 µm; 5CBF için 5,7µm; 5CBM için 5,3µm ve 5CBM2 için 5,4 µm'dir. Kompozisyonları hazırlanan numuneler deney tüplerine dolduruldu, sırasıyla vorteks ve ultrasonik karıştırıcılarda karıştırıldılar. Hazırlanan 5CB, 5CBM, 5CBM2 ve 5CBF numuneleri indiyum tin oksit (ITO) kaplı sıvı kristal hücrelere dolduruldu.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Sıvı Kristallerin Kimyasal Özellikleri

Sıvı kristaller genel olarak termotropik sıvı kristaller ve lyotropik sıvı kristaller olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Sıvı kristal yapıların ayırt edici özelliği ise moleküllerin kendi kendini düzene sokma eğilimi göstermesidir ve dikkat çeken diğer bir durum ise sıvı kristal moleküllerin benzer davranışları göstermesidir. Termotropik davranma birçok sıvı kristallerde gerçekleşiyor.

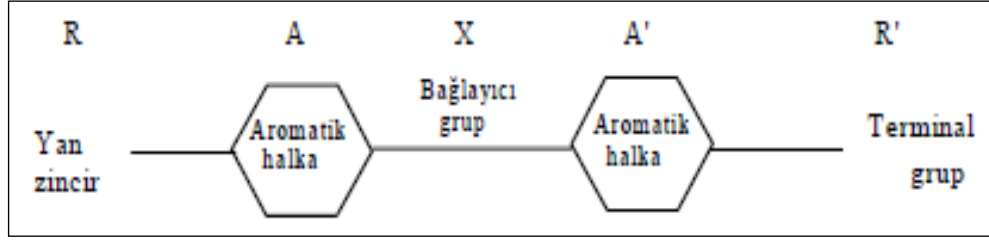
Bu malzemeler sıvı kristal durumuna geçişlerin termal yolla gerçekleşmesi ile tanımlanırlar. Bunlar şu anlama gelmektedir: katı maddenin sıcaklığını yükselterek veya sıvının sıcaklığını düşürerek sıvı kristal durumuna geçilebilir.

Lyotropik sıvı kristallerde değişimi sağlayan çözeltilerin konsantrasyonu termotropiklerde ise geçişleri sağlayan uygulanan sıcaklıktır. Lyotropik mezofazlar bileşiği meydana getiren mezogenlerin çözücünün etkisiyle toplanmaları sonucu meydana geliyor. Lyotropik mezogenler genellikle “amphiphilic”tir, yani onlar hem “lyophilic” (çözücü çekici) hem de “lyophobic” (çözücü itici) kısımlardan oluşmuştur.

Bu da onların çözücünün varlığında micellar yapılar oluşturmalarına neden oluyor, çünkü “lyophobic” uçlar bir arada kalmaya devam ederken “lyophilic” uçlar çözeltinin içine doğru ilerliyor. Çözeltinin yoğunluğu arttıkça ve çözelti soğutuldukça, miceller’in ölçüleri büyüyor ve sonuçta birleşiyorlar. Bu yeni oluşmuş sıvı kristal durumunu çözücünden ayırt ediyor. Oldukça çok sayıda kimyasal bileşiklerin bir veya daha çok sıvı kristal fazları sergiledikleri bilinmektedir. Kimyasal birleşmedeki önemli farklılıklara rağmen, bu moleküller kimyasal ve fiziksel özelliklerinde bazı ortak vasıflara sahiptirler.

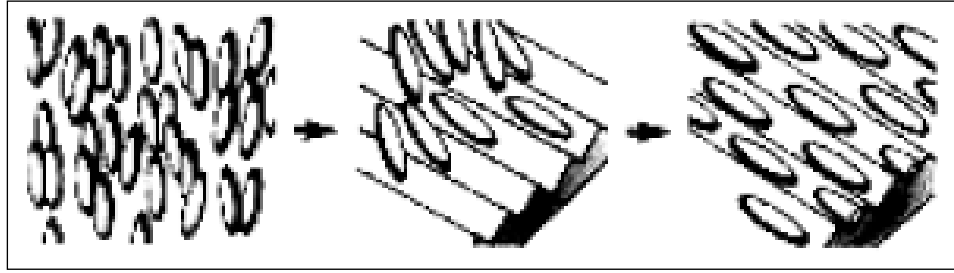
4.2. Sıvı Kristallerin Kimyasal Yapıları

Sıvı kristal molekülleri oluşturan en yaygın temel yapı Şekil 4.1’de gösterilmektedir. Bu sıvı kristal moleküller aromatikler ve benzen türevlerini içerirler.



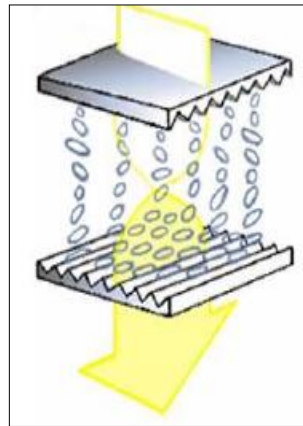
Şekil 4.1. Sıvı kristali oluşturan temel yapı

Sıvı kristal fazda moleküller genel olarak ince uzun bir yapıya sahiptir. İnce uzun yapı gösteren bu moleküller kendilerine benzer bir durum gösteren ince oyuklardan oluşan bir yüzeyle karşılaştıkları zaman sıvı kristal moleküller bu oyuklar doğrultusunda sıralanmaya meyillidirler (Şekil 4.2).



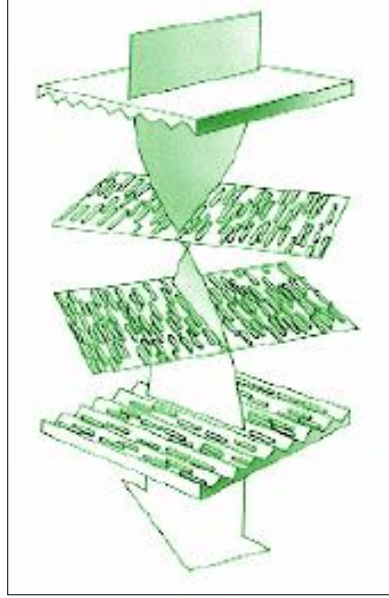
Şekil 4.2. Sıvı kristal moleküllerin dizilimi

Sıvı kristal birbirine dikey oyuklarda iki yüzey arasında kapatıldığında, bu durumda moleküller her iki yüzeyin oyuklarına göre sıralanabilmek için bükülmelere, kıvrımlara maruz kalırlar (Şekil 4.3).



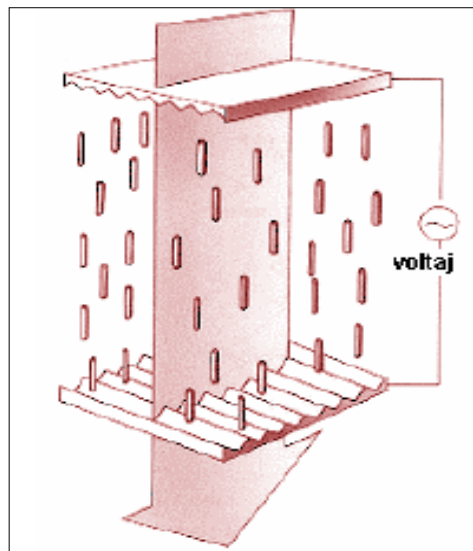
Şekil 4.3. Sıvı kristal moleküllerin dizilimi

Işık sıvı kristal arasından geçebilir ve moleküllerin sıralanmış olduğu yönü takip eder. Moleküller 90° dönebilir, kıvrılma özelliğine sahiptirler, ışık da sıvı kristal tabakalardan geçtiği için aynı dönüşü maruz kalır (Şekil 4.4).



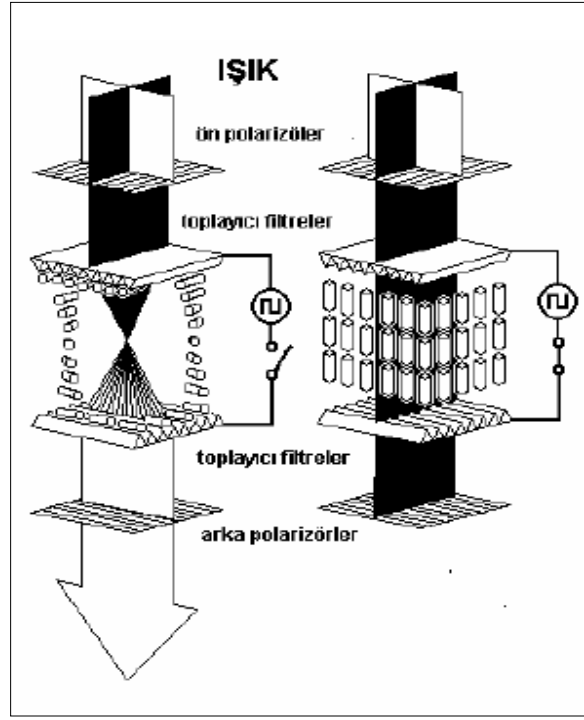
Şekil 4.4. Sıvı kristal moleküllerin ışıkta yönlenmesi

Sıvı kristaller organik bir yapıya sahip olduklarından dış etkilere karşı daha duyarlıdır. Bu nedenle sıvı kristallere çok küçük de olsa bir elektrik alan uygulandığında, moleküller elektrik akımının uygulandığı yönde sıralanmaya başlar ve düz bir şekilde geçerler (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Sıvı kristal moleküllerin dizilimi

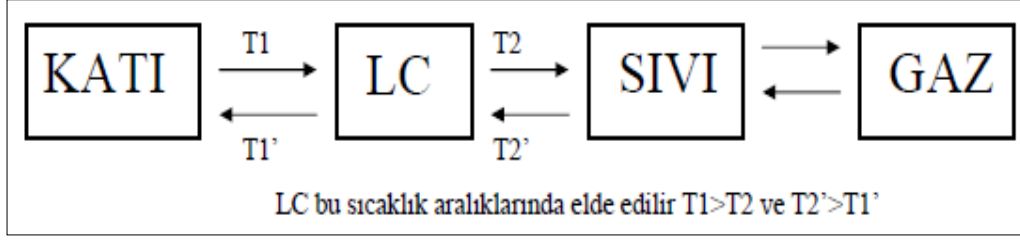
Işığın çizgisel bir dalgaya çeviren ve tek bir yönde hareket etmesini sağlayan yönlendirici olarak ta ifade edilen polarizatörlerdir. Işığın, polarizatörden geçmesi için önemli olan nokta, polarizatör ile ışığın aynı eksene sahip olmalarıdır. Eğer birbirlerine dik konumda olurlar ise ışık bloke olur ve polarizatörden geçemez (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Sıvı kristal moleküllerin dizilimi

Sıvı kristallerin optik ve fiziksel özelliklerinin hepsi bileşiği oluşturan grupların özellikleriyle ilgilidir. Dielektrik sabiti, elastik sabit, viskozite, soğurma spektrumları, geçiş sıcaklıkları, mezofazların bulunması, anizotropiler ve optik nonlinearitler bu moleküllerin nasıl oluştuğunun göstergesidir.

Sıvı kristal fazda uygulanan sıcaklıklarda moleküller farklı sıcaklık değerlerinde farklı geçişler gösterir. Bu geçişlerde T_1 ve T_1' değerleri erime noktalarını gösterirken (MP= Melting Point), sıcaklığın artışı ile bu sıcaklık değerleri Berraklaşma noktası (CP= Clearing Point) olarak ifade edilen T_2 ve T_2' değerlerini gösterir. T_1' ve T_2' sıcaklıkları arasındaki fark $0,5^\circ\text{C}$ ile 3°C arasında değişir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Sıvı kristal faz geçiş göstergesi

Sıvı kristallerin kimyasal kararlılıkları merkezi bağlayıcı gruba bağlıdır. Bazı sıvı kristaller genellikle kararsızdırlar, fakat neme, sıcaklık değişimine ve ultraviyole radyasyonuna (UV) da oldukça duyarlıdırlar.

4.3. Sıvı Kristallerin Fiziksel Özellikleri

Sıvı kristal moleküllerin genel olarak molekül yapılarının uzun eksenli oluşu ve bu eksenlerin eğilmezliği, kuvvetli iki kutupluluğa sahip olması, kolayca polarize olması ve çubuksu moleküller yapıya sahip olması gibi birçok ortak özelliklere sahiptirler. Sıvı kristallerin dikkat çekici ayırt edici özelliği ise moleküller, ortak eksen boyunca doğrultu adı verilen ve \vec{n} yön vektörü ile ifade edilen yönde yönelme eğilimi göstermesidir. Bu durum, moleküllerin periyodik düzeni sağlayarak üç boyutlu bir yapı sergilemesine neden olur. İzotropik bir sıvı herhangi bir yönelim düzenine sahip değildir.

Ortamın akışkanlığı moleküllerin yönelimleri ile moleküllerin uzun erişimli yönelim düzenleri ise S ile temsil edilen bir düzen parametresi ile tanımlanmıştır. Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar; optik kırılma indisi, NMR (Nükleer Magnetik Rezonans), Raman saçılması, ESR (Elektron Spin Rezonans), X- ışınları saçılması ve benzeri deneyleri içermektedir. Sırasıyla katı ve sıvı hale karşılık gelen tam düzenli $S=1$ ve $S=0$ durumları, sıvı kristal fazda sıcaklığa bağlı olarak 1 ve 0 arasında değişmektedir.

S parametresinin analitik olarak ifade edilebilmesi için bir tek molekülden hareket edilirse, moleküllerin $d\Omega$ katı açısında doğrultu boyunca yönelme olasılığını $f(\theta)$ yönelimsel dağılım fonksiyonu ile tanımlayarak, silindirik simetriden dolayı sadece θ bağımlılığı ile ilgilenilmekte ve nematik fazdaki tek bir molekül için n , $-n$ doğrultuları eşdeğer alınarak S parametresi aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$S = \int \frac{1}{2} (3\cos^2\theta - 1) f(\theta) d-2 = \frac{1}{2} \langle 3\cos^2\theta - 1 \rangle$ Denklemden $\theta = 0$ ve $\theta = \pi$ için $\cos \theta = \pm 1$ ve dolayısıyla $S=1$ 'dir. Bu durum moleküllerin tümünün aynı doğrultuda olduğu kristal hale karşılık gelmektedir, $\langle \cos\theta \rangle = 1/3$ ise $S=0$ 'dır ve moleküllerin gelişigüzel yönelim dağılımı sergilediği izotropik sıvı halde durum budur. $\theta = \pi/2$ fiziksel olarak anlamsız olan doğrultuya dik yönelim anlamını taşımaktadır. Nematik sıvı kristal fazda S değeri 0.8-0.3 arasında sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir.

Sıvı kristallerde sıcaklığın artışına bağlı olarak moleküllerin kinetik enerjileri artar ve moleküller sıcaklığın bir fonksiyonu olarak değişim gösterir. Bu durum, sıvı kristallerin özelliklerinin ölçüldüğü yöne bağlı olarak ifade edilen anizotropik ile belirtilir. Anizotropik durumda sıvı kristal moleküller doğrultu boyunca yönelme eğilimi gösterirler. Sıvı kristallerin anizotropik özellikleri bilim adamlarının ve mühendislerin birçok alanda ilgisini çeken ve bu özellik sıvı kristallerin teknolojiye ve bilimde faydalanılan tek özelliği olmuştur.

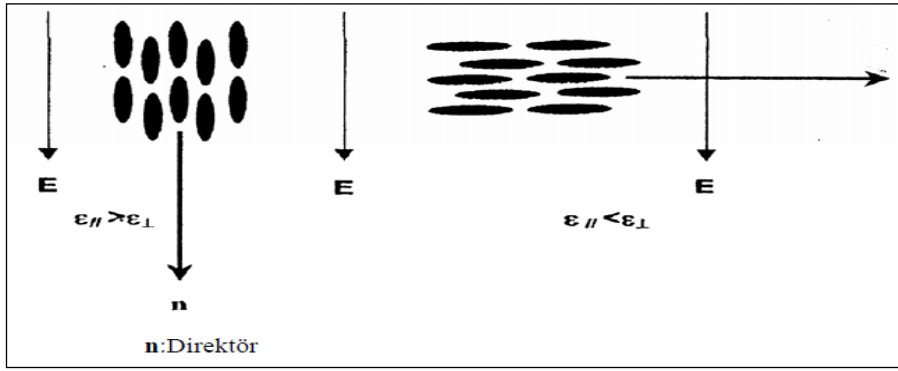
Herhangi bir maddenin sıvı kristal faz oluşturabilmesi için belirli şartlara sahip olması gerekir. Bunlar ise sıvı kristal özellik gösteren moleküllerin eğilmez ve sert bir merkez bölgeye sahip olması ve aynı zamanda uzun bir molekül yapısına sahip olması gerekir.

Sıvı kristallerin görüntü teknolojisinde sıkça kullanılmasının nedeni, kendine özgü karakteristik bir yapıya sahip olmasıdır. Bu karakteristik özelliği sağlayan ise moleküllerin anizotropik yapı sergilemesi nedeniyledir. Anizotropi nedeniyle sıvı kristal materyallerin özellikleri, bu özelliklerin ölçüldüğü yöne bağlı olarak değişim gösterir. Sıvı kristallerin eğilim gösterdiği doğrultuda vektörüne göre, sıvı kristallerden dışarıdan uygulanan elektrik alan ve manyetik alandan etkilenerek, elektrik ve manyetik alanların uygulandığı yöne bağlı olarak moleküller farklı davranış şekilleri gösterir.

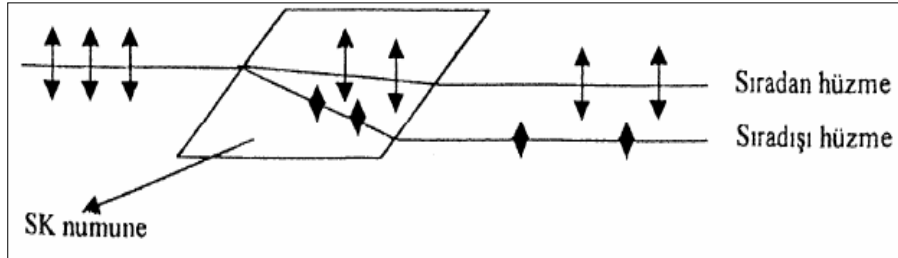
4.3.1. Sıvı kristallerin optik özellikleri

Çift kırıcı özelliklere sahiptirler, doğrultu ve buna dik yönde ölçülen kırılma indisleri arasında belirgin bir fark ortaya çıkmaktadır. Sıvı kristaller akışkan özelliklerine sahip olduklarından dolayı elektrik, magnetik ve optik özellikleriyle anizotropi göstermektedirler. Nematik sıvı kristaller elektrik ve magnetik alan gibi dış etkilere oldukça duyarlı olan hassas yapılara sahiptirler. Bundan dolayı moleküllerin yönelimi değişebilmekte ve bu özellik anizotropiden ileri gelmektedir.

Sıvı kristaller katı ve sıvı hal durumları arasındaki bir yapıya sahip olduğundan ortamdaki moleküller uygulanan dış alana karşı tepki göstermektedir. Sıvı hallerde moleküllerin düzensiz hareketlerinden dolayı yönlenme olayı olmazken bu durum katılarda moleküller arası bağ kuvvetli olduğunda yönlenme şansı yoktur. Bundan dolayı sıvı kristaller sıvı ve katılardan yönlenme özelliğinden dolayı ayrı olarak değerlendirilmiştir. Dielektrik sabiti ϵ uygulanan alan ile sıvı kristal arasındaki etkileşimin ölçüsüdür. Ortamın anizotropisi ise $\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}$ olarak ifade edilir. ϵ_{\parallel} ve ϵ_{\perp} sırasıyla alana elektrik alana paralel ve dik yönde ölçülen dielektrik sabitleridir. Şayet $\Delta\epsilon > 0$ ise doğrultu elektrik alana paralel $\Delta\epsilon < 0$ ise alana dik olarak yönelir.



Şekil 4.8. Sıvı kristal dielektrik anizotropisi



Şekil 4.9. Sıvı kristal ortamdaki polarize ışığın davranışı

Elektrik alan uygulaması sonucu açıklanan durum çift kırıcılık olayının başka yansıması olduğunu anlamak için kırılma indisi ile dielektrik sabiti arasındaki ilişkiyi anlamak gerekir. Polarize edilmiş bir ışık sıvı kristale girdiği zaman ikiye ayrılır. Elektrik alan vektörleri dik yönelimlerdir ve sıvı kristal ortamda farklı hızla yayılmaktadır. Bu nedenle iki farklı kırılma indisi olmaktadır (Şekil 4.9).

Optik anizotropi de aynen dielektrik anizotropi de olduğu gibi göstermeye çalışırsa bu iki olayın birbirinin bir yansıması gibi olduğu düşünülebilir. Bu da sıvı

kristal yapıların özellikleri hakkındaki bilgileri daha kalıcı kılar ve olaya farklı açılardan bakılmasını sağlar. Optik anizotropi ise $\Delta n = n_{\parallel} - n_{\perp}$ olarak gösterilir.

4.3.2. Sıvı kristallerin magnetik ve elektriksel özellikleri

Sıvı kristal molekülüne bir elektrik alan uygulama, sürekli elektriksel iki kutupluluğa sahip bir dipolü (iki kutuplu molekül) elektriksel alanla aynı yönde uzanmaya sevk eder. Sıvı kristal moleküller iki kutuplu, diğer bir ifadeyle dipol yapıya sahip değilse eğer, elektrik alan uygulandığında elektrik alanla aynı yönde davranması sağlanır. Bu durum, sıvı kristallerin doğrultu vektörlerinin uygulanan elektrik alanı yönü ile aynı yöne getirme eğilimine neden olur.

Sıvı kristal moleküller, organik bir yapıya sahip olduklarından ve dış etkilerden çok kolay etkilendikleri için çok küçük bir elektrik alan uygulansa dahi, sıvı kristallerin düzeni doğrultu vektörünün yönü uygulanan elektrik alana bağlı olarak değişir. Bu durum, katı kristallerde örgü yapılarından dolayı uygulanan elektrik alan ok az bir etki meydana getirir. Sıvılarda bu durum, sıvı sıvı moleküllerin sahip olduğu yüksek kinetik enerjisi nedeniyle uygulanan elektrik alan moleküllerin yönlendirilmesini imkansızlaştırır.

Herhangi bir anizotropik materyal için, mesela katı kristal veya sıvı kristal, χ yönelime bağlıdır ve dolayısıyla iki farklı magnetik anizotropiden bahsedilmektedir. Bu noktada başka bir nicelik diamagnetik anizotropi olarak tarif edilebilir. $\Delta\chi = \chi_{\parallel} - \chi_{\perp}$, diamagnetik anizotropinin işareti optik anizotropi ile aynıdır. Paralellik ve diklik dış magnetik alanın yönelim referansına göre. Sıvı kristaller NMR ölçümleriyle magnetik anizotropi işaretinin belirlenmesi ve polarizasyon mikroskobu ile de 'birefringence' (çift kırıcılık) incelenmesine göre sınıflandırılabilir.

4.4. Sıvı Kristallerin Esneklik ve Akışkanlık Özellikleri

Sıvı kristaller bir etki altında bulduklarında moleküler üzerlerinde döndürme ve bunu dengelemeye çalışan viskoz kuvvetlerle karşı karşıya kalırlar. Bu da moleküllerin titreşmesine veya dalgalanmasına sebep olur. Titreşim ve dalgalanma hareketlerinden dolayı şekil değişimleri söz konusu olup buna esneklik şekil değişimleri denmektedir. Bunun yanı sıra sıvı kristallerin akışkanlık özellikleri de ortaya çıkmaktadır.

Moleküllerin yönlendirilmesi akışkanlık özelliğinin bir etkisidir. Bir dış alanın uygulanması, sıvı kristal maddenin içine sıkıştırıldığı hacim sınırları ile etkileşimi, termel etkiler nedeniyle ortam içerisindeki yerel doğrultular değişebilir.

Moleküllerin yönelimlerdeki düzen mertebesinde kaynaklanan anizotropik özellik nedeniyle ortamın akış hareketleri ve moleküllerin yönelimleri birbiriyle ilişkilidir. Akış esnasında sıvı kristal ortamda kendini gösteren bir tür salınım veya dalgalanma hareketi gözlenmektedir.

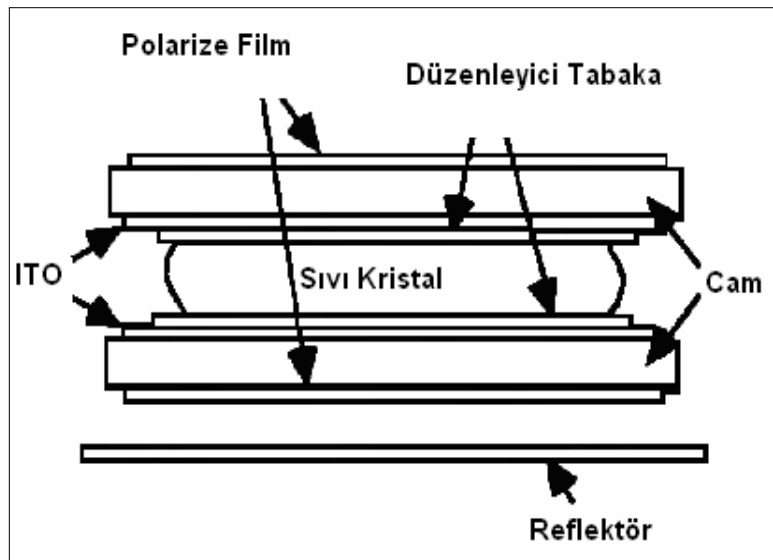
4.5. Sıvı Kristallerin Uygulama Alanları

Sıvı kristaller çok uzun süredir bilinmesine rağmen son çeyrek yüzyılda temel bilimcilerin ilgisini çekmiştir. Bu durumun dikkat çekmesinin iki nedeni vardır. Bunlardan birincisi sıvı kristallerin görüntü teknolojisinde yeni bir dönem başlatmasıdır.

Diğer bir önemli neden ise sıvı kristallerin insan vücudunda çeşitli hücre ve dokularda bulunması ve biyolojik özellikleri kontrol görevi nedeniyle biyofizik alanındaki araştırmalara yeni bir devir açmasıdır.

Sonucu ve en önemli nedeni ise sıvı kristal yapıların fiziksel özelliklerinin, katı ve sıvılardan farklı ve ilginç olmasıdır.

Herhangi bir sıvı kristal ekran yapabilmek için birkaç değişik aşama vardır. Bunlardan, en fazla bilineni "büklümlü nematik sıvı kristal" aşamasıdır. Bu aşama kullanıldığında iki cam levha arasında nematik sıvı kristal konularak bir nematik sıvı kristal hücre elde edilir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Sıvı kristal display hücresi

Sıvı kristallerin kimyasal yapısı organik olduğundan ışıktan, havadan, sudan ve oksijenden etkilendiği için kimyasal yapısının bozulmasına ve sıvı kristal düzenin bozulmasına neden olur. Sıvı kristallerin bu hassas yapılarından dolayı sıvı kristal moleküllerine sahip ekran, ultraviyole ışınlarından, yüksek ısıdan, sudan ve havadan korunulacak şekilde tasarımları yapılmıştır. Sıvı kristaller kullanılarak oluşturulan ekran paneli iki cam arasına yerleştirilmiş ve izole edilmiş kristal sıvıdan polarizatör bulunmaktadır ve camın üstünde kaynak aydınlık veya yansıtıcı yerleştirilerek oluşturulmuştur. Camın iç tarafı ilk etapta indiyum kalay oksit (ITO), daha sonraki etapta ise yüzeyi aktif bir madde ile kaplanarak cam levhalar birbirlerine göre 90°'lik açı döndürülür. Böyle bir yapıda üst levhanın çevresindeki moleküller levhalara paralel, alt levha çevresindeki moleküller ise levhalara dik dizilirler. Nematik sıvı kristallerin kalınlığı uygulanan optik dalga boylarından çok büyük olduğu için moleküllerin yönelim hareketi sonucunda sıvı kristal hücre üzerine düşen polarize ışığın polarizasyon düzlemlerin 90° dönmesine neden olur.

Sıvı kristal ekran elde etmek için başka bir yöntem ise kolesterik nematik faz geçişinin kullanılmasıdır. Bu yöntemde elektrik alan kolesterik sıvı kristal hücreye uygulanarak, uygulanan bu elektrik alanın belirli bir eşik değerini aşması ile kolesterik sıvı kristalin halis adımının değişmesine ve bu değişimin renk değişimlerinin gözlenmesine neden olur.

Kolesterik sıvı kristal hücrelere uygulanan sıcaklığa bağlı olarak farklı renk değişimleri gözlenir. Bunlardan bazıları mor, mavi, yeşil, sarı gibi belli başlı renkleri alırken, diğerleri ise sınırlı sayıda ancak iki renge dönüşebilir. Bu renk değişimleri bir kolesterik sıvıdan diğer kolesterik sıvıya uygulanan ısıya bağlı olarak değişir. Bazı kolesterikler 40 °C'de değişim gösterirken, bazıları 100 °C civarında renk değişimleri gösterebilir. Kolesteriklerin ısıya duyarlılıkları farklı farklıdır. Kolesteriklerde renk değişimleri 1 °C olabileceği gibi bu değer, 50 - 60 °C sıcaklıklarda da olabilir. Bu durum, kolesterik sıvı kristallerin sıcaklığa karşı hassasiyeti nedeniyledir. Ayrıca farklı kolesterikler karıştırılarak istenen hassasiyette ve istenen ısı derecelerine tepki gösterebilecek sıvı kristal yapılar üretilebilir.

Kolesterik sıvı kristallerin sıcaklıkla renk değişimi göstermesi özelliğinden farklı alanlarda faydalanılmaktadır. Bunlardan en dikkat çekici olanı ise uçak sanayinde, uçağın ek yerlerinin hatalı yerlerini tespit etmede kullanılmasıdır. Uçağın hata aranan ek yüzeyleri CLC ile kaplanarak yüzeye bir taraftan ısıtma işlemi uygulanırken, bir taraftan da soğutma işlemi uygulanır. Eğer uçağın ekleri hatasız üretilmiş ise bütün yüzeylerin

aynı sıcaklıkta olması gerekir, dolayısıyla kolesterik sıvı kristallerin tek bir renk göstermesi lazımdır. Eğer uçağın ek yerlerinde hata varsa bu kısımlarda ısı iletimi iyi olmayacağından dolayı hatalı noktalar diğer noktalara nazaran daha yüksek bir sıcaklığa erişerek CLC'in ek hatası olan yerlerin rengi değişir. Böyle bir durumda örneğin bütün yüzey kırmızı iken ek hatası olan yerler maviye dönüşerek hatalı ekler ortaya çıkarılmış olur.

Kolesterik sıvı kristallerin bu özelliği aynı zamanda yarı iletkenler endüstrisinde de kullanılmaktadır. Kolesterikler güç transistörlerindeki ısı dağılışı işleminde de faydalanılmaktadır. Güç transistörlerinde her değişik renk bir sıcaklığa denk geldiğinden transistörün hangi bölgelerinin daha fazla ısındığı ısı haritası kullanılarak kolayca belirlenir.

Kolesterik sıvı kristalleri elde etmede kullanılan popüler yöntem ise dinamik saçılmadır ve sıvı kristal hücre sentezlenmesi oldukça basit olan bir yöntemdir. Fakat sıvı kristaller kullanılan ekranların yanıt süresi biraz daha uzundur.

Sıvı kristallerin yaygın bir diğer kullanım alanı ise tıpta, hastalıklı dokuların teşhisinde kullanılan sıvı kristalli sıcaklık sensörüdür. Sıvı kristalli bu sıcaklık sensörleri deri sıcaklıklarındaki değişimleri inceleyerek, sinir, damar yollarının açık olup olmadığı konusunda hekimlere yardımcı olan cihazdır. Tümörlerin ve deri enfeksiyonlarının sıcaklığı, bunları çevreleyen derinin sıcaklığından iki üç derece daha büyük olması nedeniyle sıcaklık sensörü ile belirlenmektedir.

Sıvı kristallerin hem tıpta hem de endüstriyel alandaki kullanımlarından dolayı sıvı kristaller temel bilimlerin, mühendislerin ve tıp araştırmacılarının yoğun ilgisine neden olmuştur.

4.5.1. Sıvı kristallerin karakterizasyonu

Sıvı kristal fazların bazıları tek bir teknik kullanımıyla oldukça basit bir şekilde belirlenebilir. Fakat sıvı kristal faz tipinin daha kesin olarak belirlenmesinde birkaç farklı teknik kullanılır. Sıvı kristal fazların belirlenmesinde en yaygın kullanılan en yaygın teknik, optik polarize mikroskoptur. Bu her farklı sıvı kristal fazın farklı optik yapıya sahip olduğunu gösterir. Diferansiyel Tarama Kalorimetresi (DSC), optik polarize mikroskobun tamamlayıcısı olarak kullanılır ve faz geçişinde görülen entalpi değişimiyle sıvı kristal faz ve mezofazların varlığını gösterir. Bu teknik sıvı kristal faz

tipini belirleyemez, fakat entalpi değişim düzeyi moleküler düzenlenme derecesi hakkında bazı bilgiler verir.

Mezofazların (arafaz) belirlenmesi ve sınıflandırılmasındaki esas teknik X-ışını analizidir. Bir kristalin X-ışını analizi ile mezofaz içindeki moleküllerin pozisyonlarını ayrıntılı olarak belirlemek mümkündür. Yapı belirlemede kullanılan diğer teknikler, Nötron skattering ve NMR (liyotropik sıvı kristal fazların analizinde kullanılır) çalışmalarını kapsar.

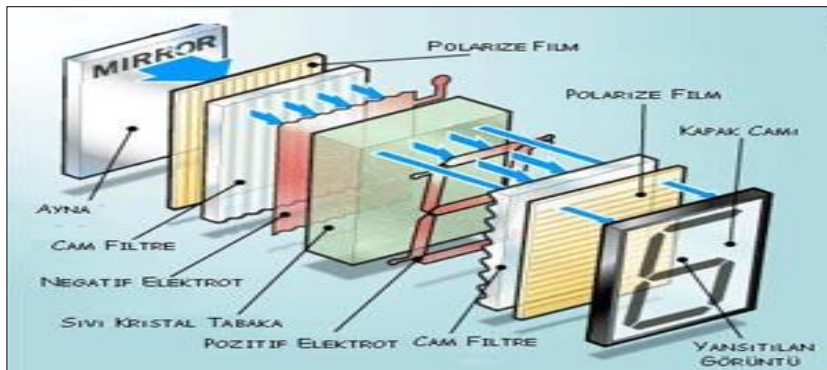
4.5.2. LCD (Liquid Crystal Display)

Sıvı Kristal Ekran, diğer deyişle LCD'ler uygulanan elektrik alan etkisiyle kutuplanan sıvının, ışığı tek fazlı geçirerek önüne konulan kutuplaşma filtresi yardımıyla gözle görülebilen görüntü teknolojisidir.

LCD'lerde kullanılan sıvı kristaller madde yapısına ve uygulanan sıcaklığa bağlı olarak liyotropik ya da termotropik sıvı kristaller olabilir. Ancak LCD'lerde daha çok termotropik sıvı kristallerin bir alt sınıfı olan kıvrık nematikler (twisted nematic = TN) adı verilen ve uygulanan elektrik alana göre düz konuma yani kıvrık olmayan konuma gelebilen nematik sıvı kristaller kullanılır. Sıvı kristal ekranların üretilmesini ve yapılmasını kristaller, nematik sıvı kristallerdir. LCD'ler üretilirken temel mantık şöyledir; uygulanan ışık polarize edilerek ve sıvı kristaller polarize edilen ışığı geçirebilmeli, elektrik alan ile sıvı kristallerin moleköl dizilişini değiştirilerek elektrik akımını ileten bir yapıya sahip olunmalıdır.

4.5.2.1. LCD yapısı ve çalışma prensibi

LCD'lerin yapısı Şekil 4.11'deki gibi farklı katmanlardan oluşmaktadır.

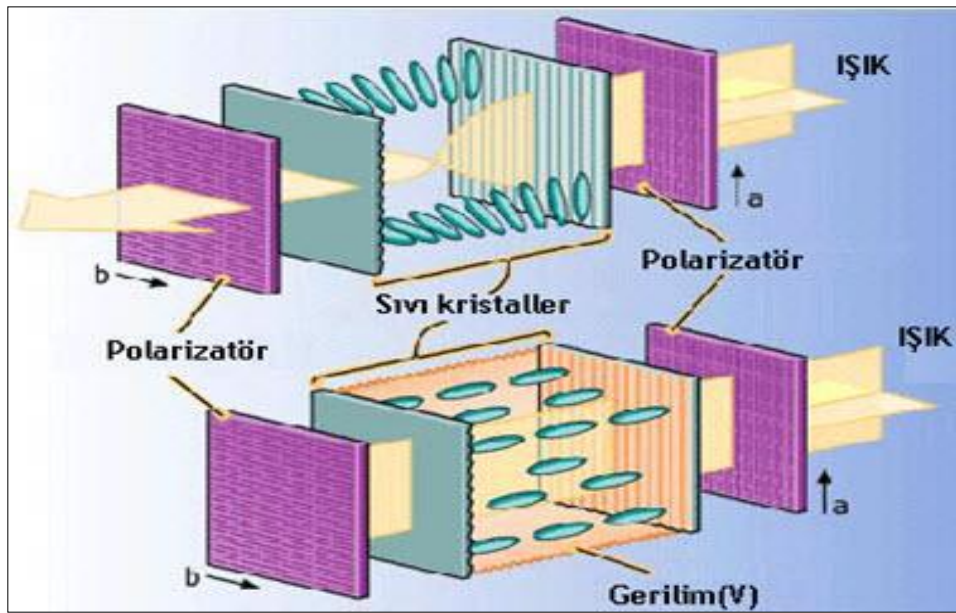


Şekil 4.11. LDC'lerin yapısı

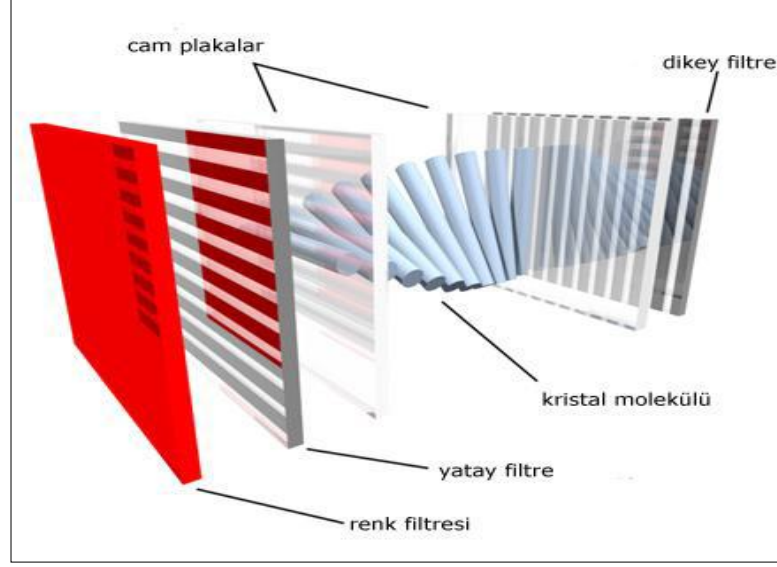
LCD tabakaları belirli bir düzende bir araya gelerek panel sistemini oluştururlar. Panel sisteminin çalışması ise üzerinde bulunan özelleşmiş iyon katmanı tarafından şekillendirilerek elektrik alan etkisiyle görüntü oluşturulması şeklindedir.

LCD'ler plastik katman içerisindeki sıvı kristallerin ışığı yansıtması ile çalışan, herhangi bir gerilim uygulandığında sıvı kristal moleküllerin düz bir biçimde sıralanmasını sağlayan ve gerilim verilmediği durumda ise en üst katman ve en alt katman arasında 90^0 kıvrılmış bir düzene sahip olan bir yapıdır. Bu durum, twisted nematik olarak ifade edilir. LCD'lerde kullanılan polarizatörlerin görevi ise kendisine gelen ışığı yatay veya dikey duruma göre geçirmek ya da ışığı absorbe etmektir. Şekilde kullanılan polarizatörlerden b polarizatörü yatay ışık demetlerini, a polarizatörü ise dikey ışık demetlerini geçirmektedir.

LCD'ler yüzbinlerce likit kristalin polarize edilmiş iki cam arasında yerleştirilmesiyle oluşur. LCD'lerde hareketli görüntüler bulanır olur ve tepki süresi de önemlidir.



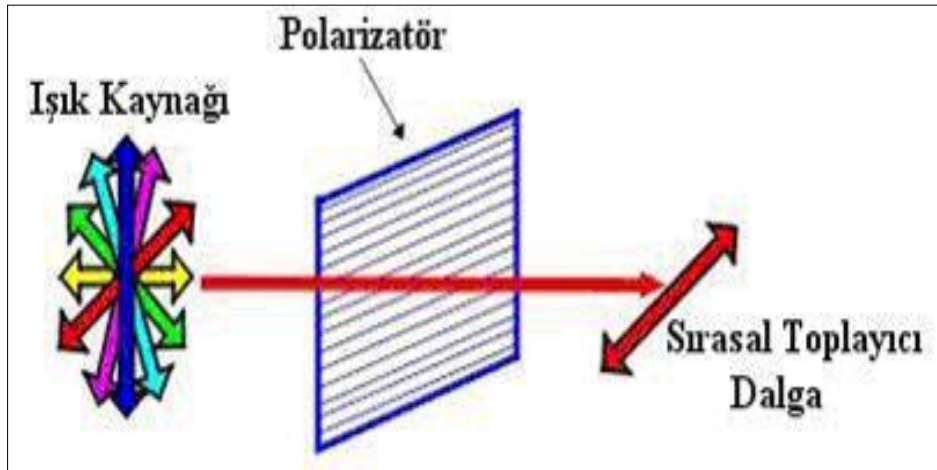
Şekil 4.12. LCD ekranların bir piksel için çalışma şekli



Şekil 4.13. LCD katmanlarının üç boyutlu genel görünümü

4.5.2.2. Polarizatör

Polarizatör, diğer deyişle toplayıcı, LCD paneline gelen ultraviyole ışınlarını kesip, diğer ışık demetlerinin kristal sıvı hücresinin içerisine sızmasını sağlayan yapıdır. Polarizatör, üzerinden geçen dalgayı çizgisel dalga şekline dönüştürerek tek bir yönde hareket etmesine olanak sağlar.



Şekil 4.14. Polarizatör (toplayıcı)

4.5.2.3. LCD paneller

LCD'ler çalışma yöntemi olarak dört katmanlı temel aşama üzerine oluşturulur:

1. Sıvı kristal üzerine uygulanan ışık polarize edilebilmeli,
2. Polarize edilmiş ışığı sıvı kristaller geçirebilecek yapıya sahip olmalı,
3. Uygulanan elektrik alan ile sıvı kristallerin molekül dizilimleri istenen şekle dönüştürülebilmeli,
4. Sıvı kristallerde ve LCD'lerde elektrik akımını iletecek şeffaf maddeler bulundurulmalı.

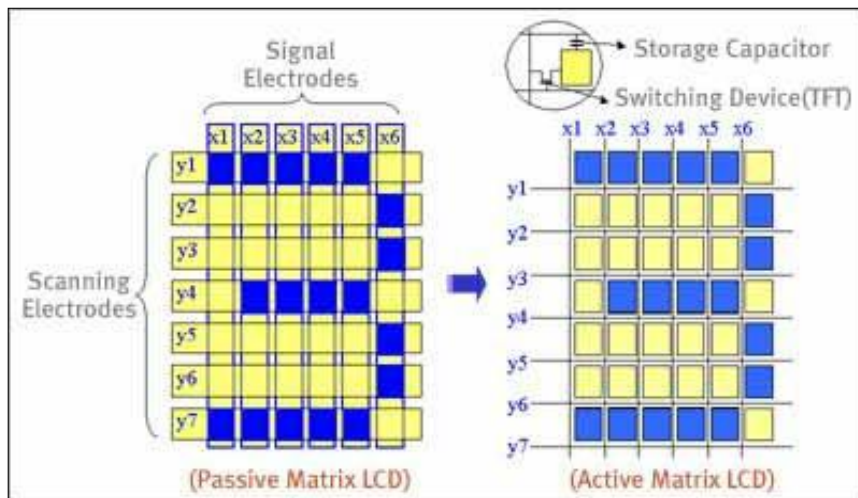
Sıvı kristal ekran teknolojisi olan LCD'ler, belirli ilkelere göre çalışarak farklılığı sağlayan ve piksellerin aydınlatılması sırasında açığa çıkar.

LCD'lerde renkli grafik oluşturabilmek için üç farklı yöntem vardır:

1. Pasif Matrix Monitör
2. Common-Plane
3. Aktif Matrik Monitör

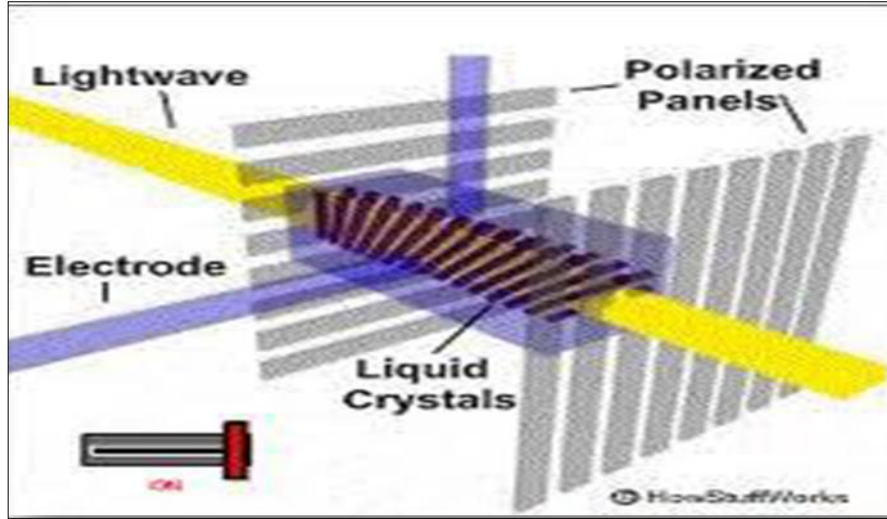
1. Pasif matriks monitör

Pasif matriks monitör kullanılarak oluşturulan LCD'lerde her piksel, ekran yenilenmeden önce söner ve sadece tek bir defada bir satırdaki pikseller aktifleştirilebilir. Bir piksel yeniden aktif hale gelinceye kadar ekran parlaklık kalitesini yitirerek bu durum ekran yenilenme, yani tazelenme hızının çok yavaşlamasına ve görüntü kalitesinin düşmesine neden olur.



Şekil 4.15. Aktif ve pasif matriks LCD

Pasif matriks monitörler iki parça cam kullanılarak yapılan sıvı kristal ve ızgaraya benzeyen bu iki cam arasında kalan ve elektrik alan ile sıvı kristal moleküllerin yönlendirilmesiyle oluşan yapıya sahiptir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Pasif matriks

2. Common-Plane

Common - Plane monitörlerin temel çalışma mantığı pasif matriks monitörlerde olduğu gibidir. Pasif matriks monitörlerden en önemli farkı ise ekranın ikiye bölünmüş olması ve ekranın her bir bölümünün tek tek taranarak görüntü kalitesinin iyileşmesini sağlaması ve ekran tazeleme hızının iki katına çıkmasıdır.

Common - Plane monitörlerin günümüz hayatında çok kullanıldığı yerler ise hesap makinesi, hatırlatma cihazları, saat, reklam panoları ve avuç içi oyun uygulamalarında kullanılmaktadır.

3. Aktif matriks monitör

Aktif matriks monitörlerin çalışma mantığı pasif matriks monitörlerin çalışma mantığının tam tersidir. Aktif matrikslerin kullanıldığı monitörlerde her bir pikseli kontrol eden ayrı transistörler vardır ve bu transistörler piksellerin parlaklığını kaybetmeden yenilenmesini sağlarlar.

Ayrıca aktif matrikslerde her pikseli kontrol eden bir regülatörü vardır ve bu regülatörler yardımıyla her bir pikselin ait olduğu voltaj değerini etkilemediği için daha

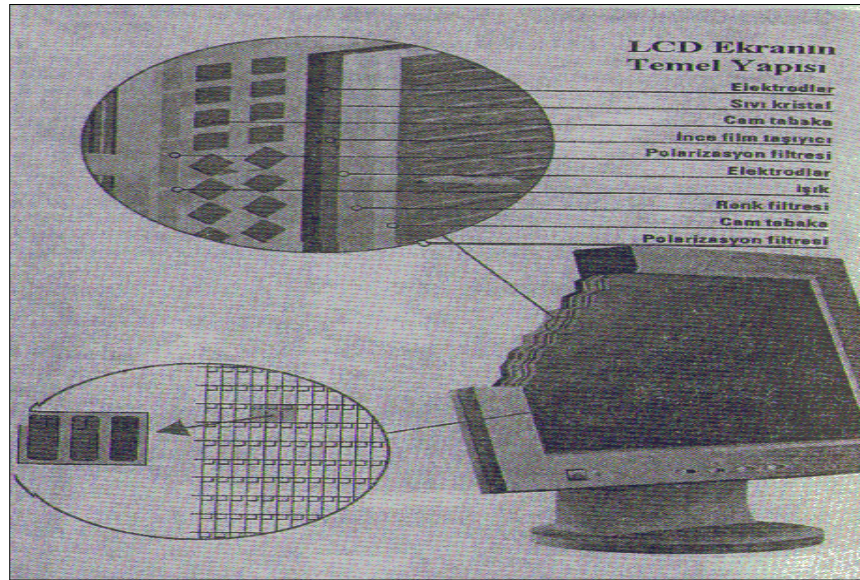
iyi görüntüler elde edilir. LCD'lerde kullanılan bu monitörler TFT (Thin Film Transistor) teknolojisi kullanılarak üretilmiştir. Bu monitörlerin genel olarak çalışma prensibi ve uygulanan elektrik akımı ekran üzerinde ilerlerken sadece doğru bölgelere uğradığı yerlerde durur ve bu işlem ise her pikseli kontrol eden transistörler sayesinde gerçekleşir. Aktif matris kullanılan ekranlarda her pikseldeki renk karışımları sayesinde 16.8 milyon renk üretilmiştir.

4.6. LCD'lerin Üstün Olduğu Teknik Özellikler

LCD'lerin genel olarak üstün olduğu bazı teknik özellikleri vardır. Bu özellikler kontrastlık yani zıtlık, LCD'lerin enerji tüketimi ve görüntü kalitesidir.

LCD'lerde zıtlık yani kontrastlık oranı ne kadar yüksek olursa, en parlak ve en koyu renklerin anlaşılma ve görüntülenme kalitesi de o kadar iyi olur.

Tüketim konusunda ise LCD'ler, CRT'lere yani eski geleneksel televizyonlara göre çok daha tasarruflu ve daha az enerji tüketimi sağlarlar. LCD'lerdeki görüntü kalitesi ve zıtlık oranının yüksekliği ve nokta aralığının sayısının azlığına göre CRT'lere göre çok daha keskin ve parlak görüntüler elde edilir.



Şekil 4.17. LCD ekranın kesit ve bileşenleri

4.7. LCD'lerin Zayıf Oldukları Teknik Özellikler

LCD'lerin üstün özelliklerinin yanı sıra zayıf olduğu bazı teknik özellikler de mevcuttur. Bunlar; çözünürlük, nokta aralığı, tepki süresi ve görüş açısıdır.

Çözünürlük, LCD'lerin sahip olduğu ekran oranına ve piksel sayısına göre belirli bir çözünürlük yapısına sahiptir. Bu nedenle bu çözünürlük dışına çıkıldığında görüntü düzeni bozularak bulanık ve donuk görüntüler oluşur.

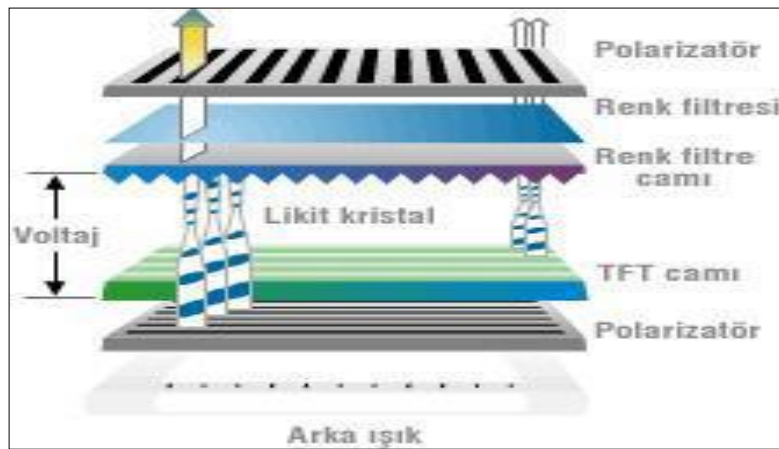
Nokta aralığı yani her piksel arasındaki görüntülenemeyen aralık değeri LCD'lerde 0,22 mm'den küçük olmamasına rağmen, bu özellik CRT'lerde 0,15 mm'lere düşer.

Tepki süresi yani LCD'lere verilen komut, CRT'lere göre daha geç bir sürede cevap vermesi gibi nedenler LCD'lerin zayıf olduğu özellikler arasındadır.

Ayrıca LCD'ler görüş açısı bakımından da CRT'lere göre daha dezavantajlı konular arasındadır. CRT televizyonların görüş açısı LCD'lere göre çok daha fazladır.

4.8. LCD Ekranlı Televizyonların Çalışma Prensibi

LCD'ler çalışma mantığı en basit haliyle sıvı kristal ekran üzerine uygulanan elektrik akımı ile kutuplanan sıvının aynı zamanda ışığı tek fazlı geçirerek önüne konulan kutuplanma filtresi sayesinde gözle görülebilen görüntü teknolojisidir. Ayrıca LCD'lerde geleneksel televizyonlardan farklı olarak video dekoder, video skaler ve A/D devreleri vardır



Şekil 4.18. İki panel arasındaki sıvı kristalden oluşan LCD

CRT'lerde ses dedektör devresi, ses amplifikatörü varken LCD'lerde ses işlemci (audio processor) vardır. Yani LCD ekranlı televizyonlar, resim ve sesi dijital bilgilere dönüştürürken, geleneksel televizyonlar daha eski bir teknoloji olan analog işlemciyi kullanırlar.

4.9. LCD Televizyon Teknolojisi

LCD ekranlar organik bir yapıya sahip olduklarından dolayı ışıktan, havadan, sudan ve yüksek nemden etkilenirler. Bu nedenle sıvı kristal molekülleri ile oluşturulan LCD ekranlar havadan, sudan, ultraviyole ışınlarından ve yüksek ısıya karşı tasarlanarak üretilmiştir.

Ayrıca LCD televizyonlar hem hafif hem de ince yapılarından dolayı çok fazla yer işgal etmezler. Görüntü olarak parlak ve yüksek çözünürlüğe sahip olmakla birlikte titreşim ve radyasyon yapmazlar.

LCD ekranlı televizyonlarda görüntü uzaktan olduğu kadar yakından da mükemmeldir. LCD'ler, odaklanma sorunu olmadığından keskin ve net görüntü sağlayarak göz yorulmasına engel olurlar.



Şekil 4.19. LCD televizyon

Çizelge 4.1. LCD ve plazmaların özelliklerinin karşılaştırılması

| | Plazma | LCD |
|-----------------|-------------|-------------|
| Parlaklık | Çok fazla | Orta |
| Kontrast | Fazla | Orta |
| Kullanım Ömrü | 25.000 saat | 60.000 saat |
| Harcanan Güç | Orta | Düşük |
| Tepki süresi | Çok iyi | Orta-iyi |
| İzleme Açısı | Çok iyi | Orta - iyi |
| Renk Derinliği | İyi | Orta |
| Ekran Büyüklüğü | Ekonomik | Pahalı |

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada maddenin katı, sıvı ve gaz olarak bilinen üç fazının dışında ara faz olarak bilinen sıvı kristal faz, sıvı kristal fazın çeşitleri ve uygulama alanları incelenmiştir. Sıvı kristal faz katı kristal ile izotropik sıvı arasında özellikler gösteren faz türüdür. Çok farklı tipte moleküller sıvı kristal faz oluşturabilir. Hepsinde ortak olan ise yapının anizotropik olmasıdır. Anizotropi ise iki şekilde olabilir; ya bir molekül eksenini diğer ikisinden farklı olan moleküler yapı söz konusudur ya da moleküllerin farklı kısımları farklı özellik gösterirler.

Son yıllarda sıvı kristallerin sentezlenmesi, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin son derece ilginç olması, insan vücudu gibi canlı sistemlerde bulunması, hücre yapısı içindeki yeri nedeniyle sıvı kristallerin önemi artmıştır. Ayrıca bu tez çalışmasında sıvı kristallerin ekran endüstrisinde kullanılmaya başlanması, ekran endüstrisinde yeni bir devir açarak sıvı kristallerin günlük hayatımızdaki yeri ve sıvı kristallerin gelecekte uygulama ve kullanım alanlarının gün geçtikçe değer kazanacağı vurgulanmıştır.

Sıvı kristaller ileri materyaller olarak genişçe yer bulması, ona ilginin her geçen gün artması ve farklı yapıdaki sıvı kristal maddelerin sentezlenmesi, dizaynı, farklı sıcaklıklarda elektriksel-optiksel davranışları gibi araştırmalara her geçen gün yenisi eklenmektedir. Bir maddenin sıvı kristal özellik gösterebilmesi için gerekli olan uygun moleküler yapı, moleküllerin farklı şekillerde düzenlenmesi ile oluşturulurlar ve böylece sıvı kristallerin genişçe bir aileye sahip olmasına olanak sağlar.

Daha ileri çalışmalarda sıvı kristal molekül yapılarına ilave olarak, yeni molekül yapıları deneyerek ve bükülmüş yapıda sert çekirdek içeren bent-core mezogenler ya da muz şekilli sıvı kristaller olarak adlandırılan sıvı kristaller farklı fiziksel özelliklerinin ortaya çıkması, bunun yanı sıra tam aydınlatılmamış fazları ile sıvı kristallerin türevi olan bent-core bileşikler keşfedilmeyi bekleyen yeni araştırma alanları olarak görülmektedir.

Ayrıca metal merkez içeren sıvı kristallerin özellikle magnetik davranışları da gelecekte önemli bir araştırma alanı yaratmaya aday gibi görülmektedir. Bu doğrultuda metal merkez ihtiva eden sıvı kristallerin magnetik davranışları ve elde edilmesi ileri çalışmalar olarak düşündüğümüz projeler arasındadır.

KAYNAKLAR

Bahadır, B., (1995). Liquid Crystals Applications and Uses, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Bilen, K., (1994). Isıtılan Düzlem Bir Plakaya Dik ve Eğik Hava Jeti Çarpmasında Isı Transfer Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi, KTÜ Fen Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 86.

Chandrasekhar, S., (1992). Liquid Crystals, Cambridge University Pres. Cambridge.

Colling P. and Hird, M., (2001). "Introduction to Liquid Crystals, Chemistry And Physics", Taylor & Francis Ltd.

Değirmenci, M., (1996). Sıvı Kristal Polimerler, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Bölümü, Yüksek Lisans Semineri, Elazığ, 58.

Donino, B., Guillion, D., Deschenaux, Bruce, D.W., (2003). Comprehensive Coordination Chemistry II Eds. McCleverty, J.A., Meyer, T.J., Pergamon, Oxford.

Emek, M., (2007). Faz Dönüşümlerinin Nematik Sıvı Kristallerin Elektrooptik Özelliklerine Etkisi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 33.

Khoo, I.C., Wu, S.T., (1993). "Optics and Nonlinear Optics of Liquid Crystals", World Scientific, New Jersey, 90.

Köysal, O., (2007). Azo boya ve fulleren katkılı nematik sıvı kristallerin elektro optik özelliklerinin incelenmesi. Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı Doktora Tezi, Kocaeli.

Özaydın, S., (2007). Bazı karışım Nematik Sıvı Kristallerde Elektrooptik Özelliklerinin Faz Sıcaklığında incelenmesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.

Özgan, Ş, Yazıcı, M., (2003). Sıvı Kristaller ve Faz Geçişleri, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 6 (2): 20-26.

Nesrullazade, A., (2000). Sıvı Kristaller: Yapıları, Özellikleri, Uygulamaları, Ege Üniversitesi Basım Evi, İzmir, 436.

Pershan, P. S., (1988). Structure of liquid crystal phases, World Scientific, New Jersey, 440.

Peter, J.C. and Michael, H., (1997). Introduction to Liquid Crystals; Chemistry and Physics.

Reinitzer, F., (1888). Monatsh. Chem., Beitrage zur Kenntniss des cholesterins, 9,421.

Shen, D., (2000). PhD-Thesis, Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Zerrin EKİCİ

Doğum Yeri : Malatya

Doğum Tarihi : 26.08.1983

Medeni Hali : Bekâr

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Malatya Süper Lisesi - 2002

Lisans : İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi - 2010

Yüksek Lisans : Adıyaman Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi (halen)

Çalıştığı Kurum: Çalışma ve İş Kurumu Malatya İl Müdürlüğü (2013 halen)