

T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İYON AŞILANMIŞ ZnO KRİSTALİNİN TERMOLÜMİNESANS
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MURAT TÜREMİŞ

Anabilim Dalı : Fizik

Programı : Katıhal

MANİSA 2011

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İYON AŞILANMIŞ ZnO KRİSTALİNİN TERMOLÜMİNESANS
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat TÜREMİŞ

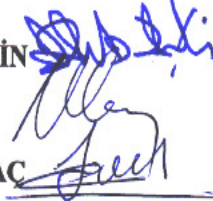
Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20.06.2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 27.06.2011

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇETİN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Nurdoğan CAN

Doç. Dr. Müslim Murat SAC



MANİSA 2011

İÇİNDEKİLER

Sayfa Numarası

ŞEKİLLERİN LİSTESİ	V
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	VIII
TEŞEKKÜR	IX
ÖZET.....	X
ABSTRACT	XI
1 . GİRİŞ.....	1
2 . TEMEL KAVRAMLAR	3
2.1 . Kristaller.....	3
2.1.1 . Kristal Yapılar	3
2.1.2 . Kristal Yapı Kusurları	3
2.1.2.1 . Noktasal Kusurlar.....	4
2.1.2.2 . Çizgisel Kusurlar	5
2.1.2.3 . Düzlemsel (Yüzeysel) Hatalar	7
2.1.2.4 . Kütle (Hacimsel) Kusurları.....	7
2.2 . Katılarda Enerji Bantları	8
2.3 . Yarıiletkenler.....	9
2.3.1 . Katkısız (Doğal) Yarıiletkenler	9
2.3.2 . Katkılı (Doğal Olmayan) Yarıiletkenler	9
3 . LÜMİNESANS ve TÜRLERİ	12
3.1 . Ömür Sürelerine Göre Lüminesans Türleri.....	15
3.2 . Uyarılma Şekillerine Göre Lüminesans Türleri	16
4 . İYON AŞILAMA	20
4.1 . Temel Prensipten.....	21
4.2 . Meydana Gelen Olaylar ve Malzeme Yüzeyine Etkileri	21
4.3 . Avantajları.....	24

Sayfa Numarası

4.4 . Uygulama Alanları.....	25
5 . ÇİNKO OKSİT (ZnO) TEK KRİSTALİ	26
5.1 . Genel Özellikleri.....	26
5.1.1 . Fiziksel Özellikleri.....	26
5.1.2 . Kimyasal Özellikleri	27
5.2 . ZnO' nun Kristal Yapısı	27
6 . DENEYSEL SİSTEMLER.....	29
6.1 . TLD Reader-Analyser Sistem	29
6.1.1 . Sisteminin Çalışma Prensibi.....	30
6.1.2 . Sistemin Temel Özellikleri	31
6.2 . Radyasyon Cihazı (X-Işını).....	31
6.3 . Tavlama Fırını.....	33
6.4 . Optiksel Soğurma Sistemi	33
7 . SONUÇLAR.....	38
7.1 . Optiksel Soğurma Ölçümleri.....	38
7.2 . Termoluminesans (TL) Ölçümleri.....	51
8 . TARTIŞMA VE YORUM.....	60
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ.....	65

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Sayfa Numarası

Şekil 2.1. Atom boşluğu kusuru	4
Şekil 2.2. Arayer atomu kusuru.....	4
Şekil 2.3. (a) Schottky kusuru, (b) Frenkel kusuru.....	5
Şekil 2.4. Kenar dislokasyonu.....	6
Şekil 2.5. Vida dislokasyonu.....	6
Şekil 2.6. Karışık dislokasyon.....	6
Şekil 2.7. (a) Tane sınırı kusurları (b) ikizleme sınırları kusurları	7
Şekil 2.8. Hacimsel kusurlar	7
Şekil 2.9. Enerji bandının şematik gösterimi	8
Şekil 2.10. n-tipi yarıiletkenin şematik gösterimi (a) bir silisyum atomunun bir fosfor safsızlık atomu ile yer değiştirdiği kristal örgü ve (b) donör safsızlık atomlarının enerji seviyeleri... 10	
Şekil 2.11. p-tipi yarıiletkenin şematik gösterimi (a) üç değerlikli safsızlıkla (bor) beraber kristal örgüsü ve (b) alıcı yabancı atomlarının enerji seviyeleri.....	11
Şekil 3.1. Basit lüminesans modeli	12
Şekil 3.2. Katı bir malzeme içindeki elektron geçişleri ve lüminesans işlemleri	13
Şekil 3.3. Uyarmalı lüminesans döngüsü (Bulur, 2009)	14
Şekil 3.4. Farklı bant boşluğuna sahip malzemelerde lüminesans (Kibar, 2007).....	14
Şekil 3.5. Floresans ve fosforesans olaylarının şematik olarak gösterilmesi	15
Şekil 3.6. Fosforesans olayına bir örnek.....	16
Şekil 3.7. TL Sisteminin sistematik şeması	18
Şekil 3.8. Maddenin kristal yapısında termolüminesans olayının oluşumu (İflazoğlu, 2010)	18
Şekil 4.1. İyon implantasyonunun oluşturduğu içyapı değişimleri. (Tek, 2002).....	22
Şekil 4.2. Metal-iyon etkileşimleri.....	22
Şekil 4.3. İyon demeti ile oluşturulan temel işlemlerin şematik olarak gösterilmesi.....	23
Şekil 4.4. İyon aşılınmış ve kaplama yapılmış malzemelerin gösterimi	25
Şekil 5.1. (a) Hegzagonal (Wurtzite) kristal yapısı, (b) ZnO kristal yapısı (Dulda, 2006).....	28
Şekil 5.2. Çinko oksitin altıgen wurtzite örgü yapısının bir başka görüntüsü; büyük daireler çinko küçük daireler oksijen atomunu göstermektedir. (Çetin, 2007)	28
Şekil 6.1. RA'94 TLD Reader-Analyser Sistemi	29
Şekil 6.2. Işınlama amacıyla kullanılan X-ışını tüpü	32
Şekil 6.3. X-ışını kontrol ünitesi	32
Şekil 6.4. Tavlama İşlemi İçin Kullanılan Fırın.....	33
Şekil 6.5. Celal Bayar Üniversitesi Lüminesans Araştırma Laboratuvarında bulunan Perkin Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR Spektrofotometre Sistemi	33

Şekil 6.6. Perkin Elmer Lambda 950 Spektrofotometre Sisteminin iç yapısını şematik gösterimi	35
Şekil 6.7. İki farklı tür örnek odasını da içeren Lambda 950 Spektrofotometresi	36
Şekil 6.8. Küçük örneklerin ölçümleri için tasarlanmış örnek tutucu.....	37
Şekil 7.1. Saf ZnO kristalinin oda sıcaklığında alınan optiksel soğurma spektrumu	39
Şekil 7.2. Cu aşılınmış ZnO kristalinin oda sıcaklığında alınan optiksel soğurma spektrumu ...	40
Şekil 7.3. Saf ZnO kristali için 400 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu.....	41
Şekil 7.4. Cu aşılınmış ZnO kristali için 400 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu.....	42
Şekil 7.5. Saf ZnO kristali için 500 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu.....	42
Şekil 7.6. Cu aşılınmış ZnO kristali için 500 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu.....	43
Şekil 7.7. Saf ZnO kristali için 600 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu.....	43
Şekil 7.8. Cu aşılınmış ZnO kristali için 600 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu.....	44
Şekil 7.9. Saf ZnO kristali için 700 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu.....	44
Şekil 7.10. Cu aşılınmış ZnO kristali için 700 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu.....	45
Şekil 7.11. Saf ZnO kristali için 800 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu	45
Şekil 7.12. Cu aşılınmış ZnO kristali için 800 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu.....	46
Şekil 7.13. Saf ZnO kristali için 900 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu	46
Şekil 7.14. Cu aşılınmış ZnO kristali için 900 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu.....	47
Şekil 7.15. Saf ZnO kristali için 1000 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu	47
Şekil 7.16. Cu aşılınmış ZnO kristali için 1000 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu.....	48
Şekil 7.17. Saf ve Cu aşılınmış ZnO kristali için 900 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu.....	49
Şekil 7.18. Saf ZnO kristalinin optiksel soğurma spektrumuna farklı sıcaklıklarda tavlama etkisi	50
Şekil 7.19. $2,5 \cdot 10^{16}$ iyon/cm ² dozda Cu aşılınmış ZnO kristalinin optiksel soğurma spektrumuna farklı sıcaklıklarda tavlama etkisi	50
Şekil 7.20. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan saf ZnO kristalinin TL spektrumu	52
Şekil 7.21. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan Cu aşılınmış ZnO kristalinin TL spektrumu.....	52

Şekil 7.22. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan ve 400 °C de tavlanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu.....	53
Şekil 7.23. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan ve 400 °C de tavlanan Cu aşılınmış ZnO kristalinin TL spektrumu	53
Şekil 7.24. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu.....	54
Şekil 7.25. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu.....	54
Şekil 7.26. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan Cu aşılınmış ZnO kristalinin TL spektrumu	55
Şekil 7.27. Farklı dozlarda x-ışınına maruz bırakılan ve 500 °C de tavlanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu	56
Şekil 7.28. Farklı dozlarda x-ışınına maruz bırakılan ve 500 °C de tavlanan Cu aşılınmış ZnO kristalinin TL spektrumu	56
Şekil 7.29. Farklı dozlarda x-ışınına maruz bırakılan ve 1000 °C de tavlanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu	57
Şekil 7.30. Farklı dozlarda x-ışınına maruz bırakılan ve 1000 °C de tavlanan Cu aşılınmış ZnO kristalinin TL spektrumu	57
Şekil 7.31. 60 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu.....	58
Şekil 7.32. 60 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu.....	58
Şekil 7.33. 60 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan Cu aşılınmış ZnO kristalinin TL spektrumu	59
Şekil 7.34. 60 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan Cu aşılınmış ZnO kristalinin TL spektrumu	59

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Sayfa Numarası

Çizelge 6.1. Perkin Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR Spektrofotometre Sisteminin teknik özellikleri	34
Çizelge 7.1. ZnO örneğinin element analiz sonuçları	38

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinde ve tezimin oluşma aşamasında sürekli destek olan, deneyim ve bilgilerini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇETİN'e ve yine bilgi ve birikimlerini her an paylaşan ve yorumları ile her zaman destek olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Rana KİBAR hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında bana her zaman destek olan ve yardımlarını esirgemeyen başta bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Nurdoğan CAN hocamıza, yine bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Prof. Dr. Saim SELVİ hocamıza ve bölümümüzün diğer öğretim üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

TL ve soğurma ölçümlerinin alınması ve yorumlanmasında bana vakit ayırıp yardımcı olan kıymetli arkadaşlarım Mehmet İsmail KATI, Bora TAŞTEKİN, İlker Çetin KESKİN ve Ramazan GÜMÜŞ' e çok teşekkür ederim.

Ve ailem. Hayatımın her anında yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkürler...

Murat TÜREMİŞ

ÖZET

İYON AŞILANMIŞ ZnO KRİSTALİNİN TERMOLÜMINESANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

TÜREMİŞ Murat

Yüksek Lisans Tezi, Fizik Bölümü

Tez Yöneticisi: Yrd.Doç.Dr. Ahmet ÇETİN

Bu çalışmada saf ve aşılantmış ZnO kristalinin termolüminesans ve optik özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla saf ve $2,5 \times 10^{16}$ iyon/cm² dozda Cu aşılantmış ZnO örnekleri kullanılmıştır. $10 \times 5 \times 0,5$ mm³ boyutlarında kesilen örneklerin optiksel soğurma spektrumları ve termolüminesans ışımaya eğrileri alınmıştır. Termolüminesans (TL) ölçümleri öncesinde ZnO kristalinin üzerindeki doğal radyasyon etkisini silmek amacıyla örnekler ısıtılmıştır. Farklı dozlarda X- ışınına maruz bırakılan örneklerin 50-400 °C sıcaklık aralığında TL spektrumları alınmıştır. Numuneler üzerinde sıcaklık etkisini belirlemek amacıyla, örnekler 400–1000 °C sıcaklık aralığında 100 °C' lik adımlar ile 1 saat süresince tavlantmıştır.

Wurtzite yapıllı olduğu bilinen saf ZnO kristali ile alınan TL spektrumunda 90 ve 245 °C iki pik ve $2,5 \times 10^{16}$ iyon/cm² dozda Cu aşılantmış ZnO örneği ile alınan TL spektrumunda 87, 210 ve 274 °C de üç TL piki elde edilmiştir. Alınan optiksel soğurma spektrumlarında ise saf ZnO nun 446 ve 494 nm de iki tane, $2,5 \times 10^{16}$ iyon/cm² dozda Cu aşılantmış ZnO örneği için 506 nm de soğurma bantlarına sahip oldukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: ZnO, Termolüminesans, Optiksel Soğurma, İyon Aşılama

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF TERMOLUMINESCENCE PROPERTIES OF ION IMPLANTED ZnO

TÜREMiŞ Murat

Master Thesis, Department of Physics

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ahmet ÇETİN

In this study, thermoluminescence and optical properties of pure and implanted ZnO crystals were investigated. Optical absorption spectra and thermoluminescence glow curves of the samples cut the size of $10 \times 5 \times 0,5 \text{ mm}^3$ were taken. The samples were heated before thermoluminescence (TL) measurements in order to erase the effect of back ground radiation. Samples exposed to different doses of X-ray of the taken from TL spectra in the range of 50-400 ° C temperature. Samples were annealed in 400–1000 °C temperature range with 100 °C steps in one hour in order to determine the effect of temperature on the samples.

The result of TL measurement taken from with pure ZnO is known wurtzite structure emerged from two TL peaks at 90 °C and 245 °C. It was obtained to three peaks at 87 °C, 210 °C and 274 °C for TL spectrum of $2,5 \times 10^{16} \text{ ion/cm}^2$ dose Cu implanted ZnO. There are two absorption bands at 446 and 494 nm in the optical absorption spectra of the received for pure ZnO. There has been also an absorption band at 506 nm for $2,5 \times 10^{16} \text{ ion/cm}^2$ dose Cu implanted ZnO.

Key words: ZnO, Thermoluminescence, Optical absorption, Ion implantation

1. GİRİŞ

Son yıllarda artan mor ötesi (UV) bölgede çalışan Lazer diyot (LD), ışık yayan diyot (LED) ve yüksek kapasite de veri saklama ihtiyacı, araştırmacıları klasik III-V yarıiletken malzemeleri dışında yeni malzeme arayışına sürüklemiştir. Bunun sonucunda, yasak enerji aralıkları geniş olan yarıiletkenler bu uygulamalara cevap verebilmelerinden dolayı tercih edilmişler ve son yıllarda oldukça fazla önem kazanmışlardır. Yasak enerji aralığı geniş olan yarıiletkenler genellikle II-VI grubuna ait bileşik yarıiletkenler olmakla beraber, bunlar çoğunlukla wurtzite kristal yapısına sahiptirler. II-VI bileşikleri hem kübik hem de hekzagonal yapıda olup, iyonik veya kovalent bağlanma yapabilirler. II-VI bileşikleri oluşurken II. grup elementlerinden olan Zn, Cd ve Hg VI. grup elementlerinden olan O, S, Se ve Te elementleriyle on iki tane ikili bileşik oluştururlar. ZnO, ZnS, CdS, CdZnS, ... vb. gibi bileşikler örnek olarak verilebilir. Yasak enerji aralığı 1,8-4 eV olan bu bileşikler kızılötesi dedektörlerde, güneş pillerinde, lazer yapımında, çeşitli diyotlar vb. bir çok alanda kullanılmaktadırlar. Bu yarı iletkenlerden olan çinkonun doğada bol miktarda bulunması ve ucuz bir malzeme oluşu çinko oksit malzemenin maliyetini düşürmektedir. Çinko oksit malzemenin görünür ışık bölgesinde saydam oluşu nedeniyle saydam iletken malzeme olarak çok büyük ilgi görmektedir (Bulun, 2010).

İyi özelliklerinden dolayı optoelektronik aygıtlar için malzeme olarak en yoğun biçimde indiyum kalay oksitin (ITO) kullanılmasına rağmen, bunun dezavantajı kaynak malzeme olarak indiyum malzemesinin pahalı olmasıdır. ZnO malzemenin saydam, iletken ve IR-ışık yansıtıcısı olması, 60mev lik yüksek eksiton bağlanma enerjisine sahip olması, geniş direkt kuşak aralıklı II-VI tipi ilginç bir yarı iletken olması ve radyasyona karşı yüksek direnç göstermesi uygulamalar için alternatif bir malzeme olabirliğini etkin kılmıştır (Çetin, 2007).

Yüksek radyasyona dirençli ve fotonik uygulamalar için elverişli bir yarıiletken olan ZnO malzemelerinin modifikasyonunda ve hazırlanmasında iyon aşılamanın kullanılması son birkaç yıl içerisinde hızlı bir artış göstermiştir. İyon aşılması (implantasyonu) bir veya birden fazla elementin, diğer bir malzemenin yüzey bölgelerinin içine sokulması olup, boyutsal değişime sebep olmadan malzemenin en dış tabakalarının bileşimi ve özelliklerini değiştirmek amacıyla uygulanan bir yöntemdir. İyon implantasyonu süreci pek çok modern yüzey işlem tekniklerine rakip olmaksızın aşınma, sürtünme, korozyon, yorulma gibi yüzey problemlerine yeni bir yaklaşım ve yeni bir çözüm getirmektedir. İyonlarla bombalama işlemi kalıpcılık sanayinde, optoelektronik aletlerin yapımında, plastik kalıp yapımında, elektronik biliminde, nanoteknolojide, uçak ve otomobil sanayinde, tıpta; diz, kalça vb. protezlerin yapımında ve daha birçok alanda sağladığı yararlarından dolayı önemli bir çalışma alanı olmaktadır (Saklakoğlu, 2004).

Genellikle, yalıtkanlar ve yarıiletkenlerdeki kusurların varlığı lüminesansa neden olan yeni optiksel soğurma bantları oluşturur. Bu yüzden malzemenin termolüminesans özelliği incelenerek, malzemede bulunan değişik tür kusurların özellikleri hakkında bazı yararlı bilgiler

elde edilebilir. Uygulama alanı yeni olduğu için bu konuda yapılabilecek her tür deneysel ölçümler literatüre bir katkı sağlayacaktır. Burada elde edilecek sonuçlar yalnızca bilimsel değil aynı zamanda endüstriyel ve ticari anlamda bir potansiyele sahip olması açısından da ayrı bir önem taşıyacaktır.

Termolüminesans teoremi ilk kez Robert Boyle (1664) tarafından gözlenmiştir. Boyle, elması avucunun içerisinde ısıttığı zaman, parlaklığı karanlık bir odada kolaylıkla görülen ışık biçiminde dağıldığını gözlemlemiştir. Uygulamalı fizikteki etkinin günümüzdeki kullanımı Wisconsin Üniversitesi'nde Farrington Daniels'in çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır (Yüksel, 2008).

Termolüminesans, ışınlama sonucunda bazı katı maddelerin ısıtma ile ışık yayınlaması olayıdır. Radyasyonla uyarılarak valans bandından iletkenlik bandına geçen veya aradaki tuzaklarda tutulan elektronlar ısıtma yolu ile enerji alarak bu tuzaklardan kurtulup tekrar valans bandına dönmeleri sırasında iki seviye arasındaki enerji farkına eşit, görünen bir ışık yayınlarlar. Katı madde ışımlandığında kristal yapısı içindeki yabancı atomlar, boşluklar ve kristal yapısındaki diğer bozukluklar radyasyon etkisiyle uyarılan elektronların yakalanması için gerekli tuzak yerlerini temsil ederler. Kristal yapısındaki her kusur için karakteristik bir bağlanma enerjisi veya tuzakların yakalanan elektronlar için belli bir yakalanma derinliği vardır.

Katı cisim bu yakalanma derinliğine eşit bir sıcaklığa kadar ısıtılacak olursa elektronlar yakalandıkları tuzaklardan kurtularak valans bandına dönerler ve bu sırada termal ışığı yayınlarlar. Yayınlanan ışığın şiddeti tuzaklarda yakalanmış elektronların sayısı ve dolayısıyla kristal tarafından soğurulan toplam radyasyonun dozuyla orantılıdır. Bu lüminesans ışık şiddetinin ölçülmesiyle soğurulmuş radyasyon dozu ölçülebilmektedir. Yaydığı ışık şiddeti ölçülerek radyasyonun şiddeti belirlenir. Bunun için şiddeti bilinen bir kaynak kullanılarak kalibrasyon eğrisinin çizilmesi gerekir. Yayınlanan ışık miktarı kullanılan maddenin cinsine ve iyonlaştırıcı radyasyondan soğurulan enerji miktarına bağlıdır.

Termolüminesans (TL) dozimetri ölçümü madde içinde depolanan uranyum (U), toryum (Th) ve potasyum (K) gibi uzun ömürlü radyoaktif izotopların bozunması sonucunda ortaya çıkan alfa (α), beta (β) parçacıkları ile gama (γ) ışınları tarafından taşınan enerjinin madde içerisinde birikmesi olayına dayanmaktadır. Bu ölçümde alınan radyasyonu belirlemeye yarayan aletler dozimetre olarak adlandırılır. Dozimetreler radyasyon ölçümü ile bağlantılı çalışmalar yürütülen Tıp, Nükleer Mühendislik, Fizik, Jeoloji ve Arkeoloji alanlarında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (İflazoğlu, 2010).

2. TEMEL KAVRAMLAR

2.1. Kristaller

Atom veya atom guruplarının belli bir düzen içinde yerleştiği maddelere veya katı cisimlere kristal denir. Kristallerde daima kusurlar mevcuttur. Bu kusurlar sayesinde kristalden birçok alanda yararlanmak mümkün olmaktadır. Örneğin bir kuvars kristalinin kusurları sayesinde bu malzemeden dozimetre olarak yararlanmak mümkündür. Bunun yanı sıra bir yarıiletken olan ZnO kristalinin kusurlarından faydalanılarak bu kristal ışık yayan malzeme olarak kullanılmaktadır.

Atomların yerleşiminin geometrisine bağlı olarak değişen birçok kristal yapı tipi vardır. Katının fiziksel özellikleri genellikle kristalin yapı tipine bağlı olduğundan, bu yapıların bilinmesi önemli olmaktadır (Çetin, 2007).

2.1.1. Kristal Yapılar

Kristal yapı birbirine özdeş yapıların ard arda eklenmesi ile oluşur. Bu yapıtaşları tek atomlar veya atom gurupları olabilir. Bir kristal bu atom ve atom guruplarının yerleştiği varsayılan üç boyutlu örgüden oluşur ve kristaller bu üç boyutlu örgü noktalarına yerleşen atomların periyodik dizilişi ile meydana gelir (Gür, 2007).

2.1.2. Kristal Yapı Kusurları

İdeal yani kusursuz bir kristal yalnız mutlak sıfırda vardır. İdeal bir kristalde atomların örgüdeki dizilişi mükemmeldir. Ancak doğada hemen her yapının olduğu gibi kristalin de idealini bulmak çok zordur. Kristal yapı içinde bahsi geçen üç boyutlu yapı içerisinde mutlaka periyodikliği az veya çok miktarda bozacak kusurlar bulunur ve bunlara kristal yapı kusurları denir (Durlu, 1996).

Enerji seviyeleri kusurun ve örgünün yapısına bağlı olarak tek veya dağılmış olabildikleri için kristal kusurları lüminesans olayları için önemlidir (Yüksel, 2008).

Kristallerdeki yapı bozukluklarının(kusurlarının); kristalin sıcaklığı, dış basıncı, saflığı... vb nedenleri vardır. Bu kusurlar ikiye ayrılır; bunlar son derece konumlanmış olan ve atomik boyutta olanlardır. Atomik boyutta olan kusurlar noktasal kusurlardır. Diğer konumlanmış (dislokasyonlar) kusurlar ise genellikle boyutlarına göre incelenir. Bunlar çizgisel kusurlar, düzlemsel kusurlar (dislokasyonlar) ve hacimsel kusurlardır (Gür, 2007).

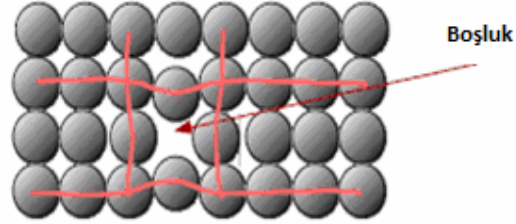
2.1.2.1. Noktasal Kusurlar

Bu tür kusurlar; sıvı katılaştırken, metalin plastik şekil değiştirmesi esnasında, yüksek sıcaklıkta ısıl titreşim etkisinde atomun yer değiştirmesi nedeniyle oluşabilir.

Atom boşlukları (normal olarak dolu olması gerektiği halde boş olan yerler), *arayer atomu* (normal olarak dolu olan konumların dışında bulunan atomlar ya da iyonlar), *ayrışmış arayerler* (bir arayer, diğer bir atomun ya da iyonun normal konumunu değiştirdiğinde görülür).

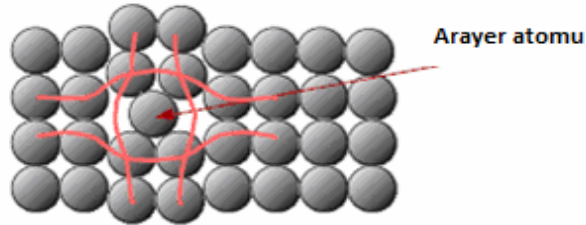
i) Atom boşluğu (Boş nokta kusuru): Bir atom bulunması gereken yerde bulunmuyorsa buna atom boşluğu denir. Bu boşluklar katılma sırasında atomların hatalı yerlere yerleşmesi, bazı kafes pozisyonlarını doldurmamaları nedeniyle ve katı fazda yüksek sıcaklıkta termal titreşimler nedeniyle bazı atomların kafes yerlerinde fırlamaları nedeniyle oluşabilir. Atom boşlukları metallerde denge kusurlarıdır ve oluşma enerjileri yaklaşık olarak 1-2 eV' tur.

Atom boşluğu konsantrasyonu arttıkça; metalin elektriksel öz direnci ve akma mukavemeti artar.



Şekil 2.1. Atom boşluğu kusuru

ii) Arayer kusuru: Fazla bir atom örgüde yerleşebileceği uygun bir yer yokken örgüye yerleşmesi için zorlanırsa örgünün sıkıştırılması ile kristal kafesteki yerinden ayrılıp atomlar arasındaki bir boşluğa yerleşir ve bu atoma arayer atomu denir.



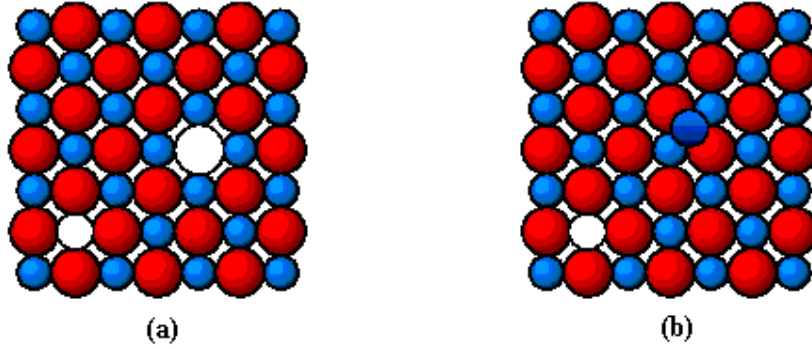
Şekil 2.2. Arayer atomu kusuru

Yukarıda bahsettiğimiz iki kusur kristallerde ısıl uyarılmanın bir sonucu olarak meydana gelirler ve sayıları sıcaklıkla hızla yükselir. Bu kusurların parçacık ışınımı ile oluşumu da çok

önemlidir. Örneğin bir nükleer reaktörde yüksek enerjili nötronlar atomları normal konumlarından oynatırlar (Beiser, 1995).

iii) Schottky kusuru: Bu kusur iyonik bağlı malzemelerde boş nokta çifti şeklinde meydana gelir. Bu tür malzemelerin kristal yapıları içerisinde eşit elektriksel yükün korunması için kafesten bir anyon ile katyonun ayrılması gerekir. Bunun sonucunda da schottky kusuru oluşur.

iii) Frenkel Kusuru: Bir iyonun komşu yüksek enerjili bir bölgeye geçmesi ile oluşan kusurdur.



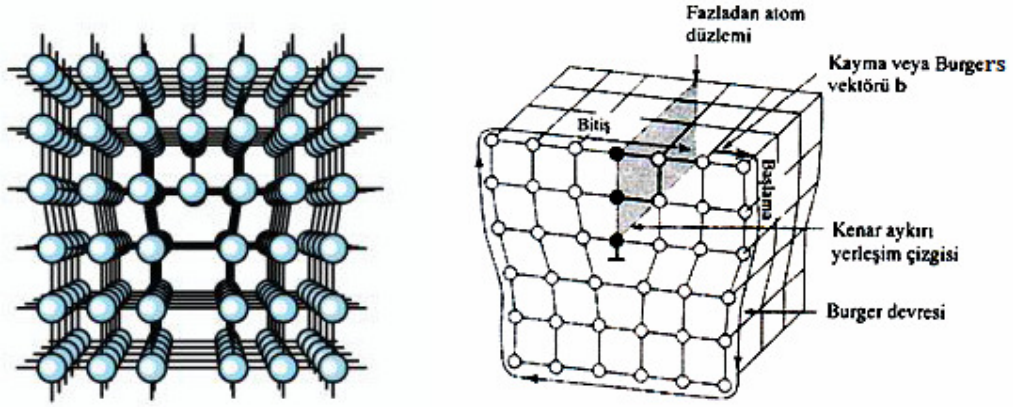
Şekil 2.3. (a) Schottky kusuru, (b) Frenkel kusuru

2.1.2.2. Çizgisel Kusurlar

Kristallerde düzensizlik merkezi bir çizgi boyunca yer almaktadır ve çizginin her iki tarafında kristal kusursuz olabilir. Fakat kafes noktaları birbirlerinin devamı değildir. Başka bir deyişle; kristalin bir bölgesi bu bölgeyi alt ve üst kısımlara ayıran bir düzlem üzerinde kaymaya uğramışsa, alt ve üst noktalar birbirlerine göre belirli bir miktar ötelenmişse kaymaya uğramış ve uğramamış bölgeleri ayıran çizgi bir kristal hatadır ve dislokasyon denir. Bu kusurlar metallerin ve alaşımların mekanik özelliğini açıklamayı sağlar. Dislokasyon kusurları elektron mikroskopların görüntü ekranlarından izlenebilir.

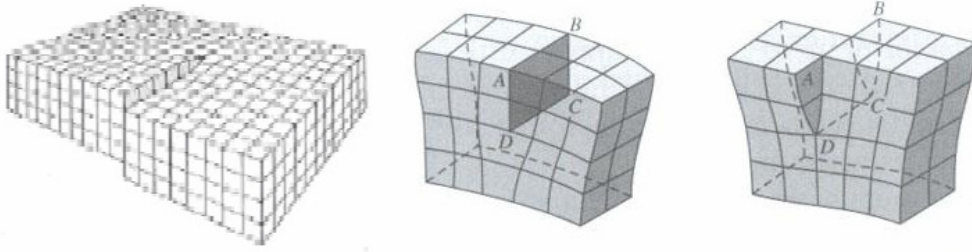
Dislokasyonlar; kenar, vida ve karışık olmak üzere üç çeşittir:

i) Kenar Dislokasyonu: Kusursuz bir kristalde ekstra bir atom tabakasının ilavesi ile kenar dislokasyonu oluşur. Malzemenin şekillenmesini sağlayan kuvvetin geldiği yöne dik olarak oluşan dislokasyonlardır. Bir kristal yapı içerisinde ortaya çıkan dislokasyonların oluşum özellikleri ve türü Burgers vektörü ile tanımlanır, bu ise kayma vektörüdür.



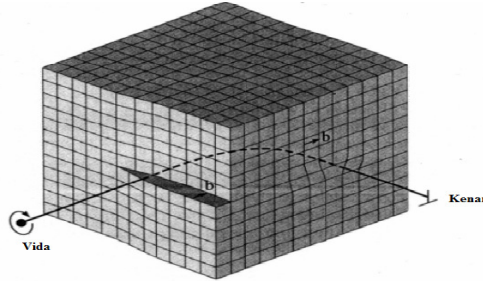
Şekil 2.4. Kenar dislokasyonu

ii) Vida Dislokasyonu: Malzemenin şekillenmesini sağlayan kuvvetin geldiği yönde oluşan dislokasyonlardır. Diğer bir ifade ile Burgers vektörü şekillendirme kuvvetine paralel olan dislokasyonlardır.



Şekil 2.5. Vida dislokasyonu

iii) Karışık Dislokasyonu: Vida ve kenar dislokasyonunun beraber bulunduğu haldir. Gerçekte dislokasyonlar kristalde karışık dislokasyonlar halindedir.



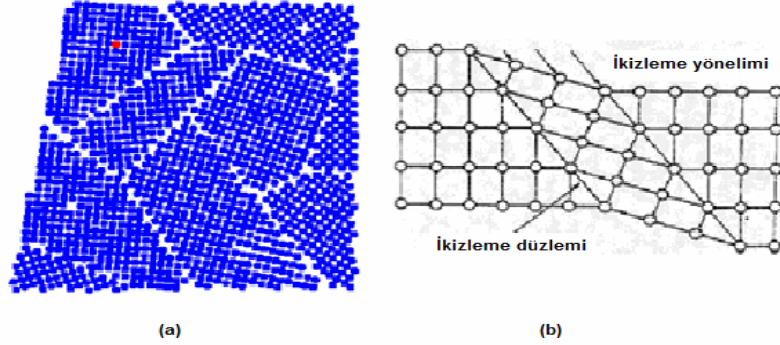
Şekil 2.6. Karışık dislokasyon

2.1.2.3. Düzlemsel (Yüzeysel) Hatalar

Düzlemsel kusurlar bir malzemeyi aynı kafes yapısına sahip, ancak farklı doğrultularda yönelmiş değişik bölgelere ayıran yüzeylerden oluşur. Bu yüzeyler kesit üzerinde sınır biçiminde görünür.

i) Tanecik Sınırı: Her tanedeki atomsal düzen ve yönelme farklıdır. Tane sınırları taneleri birbirinden ayıran yüzeylerdir. Bu yüzeyler metalografik kesitler üzerinde çizgi biçiminde gözükürler.

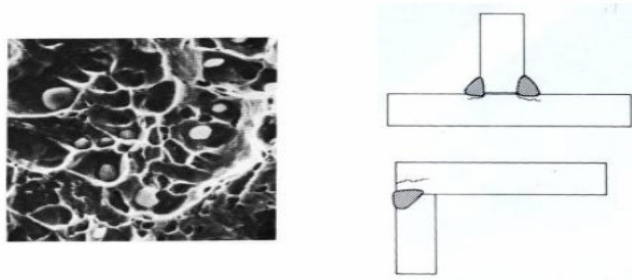
ii) İkizleme sınırları: İkizleme sınırı, kristal kafes yapısındaki atom düzenlerinin simetrik olarak farklı doğrultularda yönelmesi sonucunda birbirinin ayna görüntüsü şeklinde oluşan iki bölge arasındaki düzlem olarak tanımlanır.



Şekil 2.7. (a) Tane sınırı kusurları (b) ikizleme sınırları kusurları

2.1.2.4. Kütle (Hacimsel) Kusurları

Hacimsel kusurların oluşması için gereken enerji miktarı oldukça fazladır. Bunlar kusurlar üç boyutlu olup, malzemenin üretimi sırasında ve malzemenin döküm, dövme, hadde gibi şekillendirmesi esnasında ortaya çıkar. Örnek olarak, döküm kusurları, biçimlendirme, dövme kusurları ve kaynak kusurları verilebilir (Dikici 2008, Gür 2007, Çetin 2007).



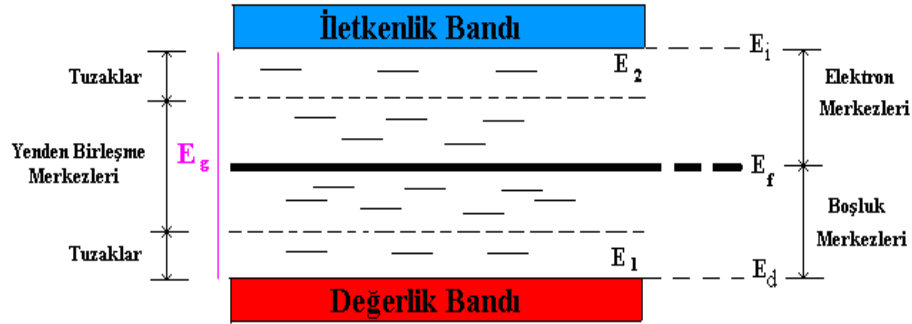
Şekil 2.8. Hacimsel kusurlar

2.2. Katılarda Enerji Bantları

Eş atomlar birbirlerini etkilemeyecek kadar uzak mesafelerde ise, elektronik enerji düzeyleri birbirlerinin aynısı olacaktır. Bu atomlar birbirlerine yaklaştırıldıklarında etkileşmeye başlarlar. Yani, atomlardaki elektronların yerleşmeleri için kullanılan Pauli dışarlama ilkesi etkisini göstermeye başlar. Bu ilkeye göre nasıl bir atomda aynı kuantum sayılarına sahip iki elektron bulunamaz ise, katı içindeki elektronlardan da aynı kuantum sayılarına sahip iki elektron bulunamaz. Öyle ki; katı ne kadar büyük olursa olsun bu kural geçerlidir. Dolayısıyla, atomlar birbirlerine yeteri kadar yaklaştıklarında bu ilkeye göre atomik enerji düzeylerinde farklılıklar meydana gelecektir.

Atomlarda enerji düzeyleri arasında elektron bulunamaz ise, katılarda da elektronların buldukları bantların arasındaki enerji değerlerinde elektronlar bulunamaz. Buna göre, bir enerji ekseninde hem elektronların bulunabileceği enerji bölgeleri hem de elektronların bulunamayacağı enerji bölgeleri vardır. Yani iki farklı karakterde bant vardır. Bir tanesi elektronların bulunabileceği izinli enerji bantları, diğeri bunlar arasında kalan, elektronların bulunamayacağı izinsiz veya yasak enerji bantlarıdır (Zor,1991).

Aralarında E_g enerji aralığı (bandı) olarak isimlendirilen yasak enerji bölgesi bulunan, değerlik ve iletken bantları olarak isimlendirilen en yüksek iki enerji bandı bu açıdan bakıldığında oldukça önemlidir. Farklı katılarda değerlik bandı hemen hemen tam veya yarıya kadar elektronlarla dolu olabilirken, iletkenlik bandı asla çok az doluluktan öteye geçemez. Bu bantların doluluk miktarı ve enerji aralığının boyutu verilen bir katının doğasını belirler (Çetin, 2007).



Şekil 2.9. Enerji bandının şematik gösterimi

2.3. Yarıiletkenler

Yarıiletkenler, iletkenlerin(metallerin) ve yalıtkanların iletkenlik değerinin arasında bir iletkenliğe sahip malzemeler grubudur. Yarıiletkenlerin öz direnci 10^9 ile 10^{-2} ohm-cm arasında değişmektedir (Kittel, 1996). Bu malzemelerin direnci, iletkenlerin direncinden yüksek, yalıtkanların direncinden düşüktür. Yani iletkenlik bakımından iletken ve yalıtkanlar arasında yer alırlar. Yarıiletkenlerin bazıları "bileşik", bazıları "element" dir. Bileşiklere örnek olarak "çinko oksit" ile "bakır oksiti" verebiliriz. Elementlere örnek ise "germanyum" ve "silisyum (silikon)" gösterilebilir.

Yasak enerji aralığı sıcaklıkla değişmektedir. Yarıiletkenlerin çoğunda, sıcaklık arttıkça yasak enerji aralığı lineer olarak küçülmektedir (Caferov, 1998).

Yarıiletkenleri katkılı ve katkısız yarıiletkenler olmak üzere iki başlık altında toplamak mümkündür.

2.3.1. Katkısız (Doğal) Yarıiletkenler

Hiçbir safsızlık veya örgü kusuru içermeyen, bant yapısı itibariyle yarıiletken özellik gösteren maddelerdir. Mutlak sıfırda yük taşıyıcıları yoktur, ancak sıcaklığı yükseltildikçe elektron-boşluk çiftleri oluşur. İletkenlik bandındaki elektron sayısı ile valans bandındaki boşluk sayısı birbirine eşittir. Çünkü bir elektron termal uyarma sonucu geride bir deşik bırakarak iletkenlik bandına geçer. Bu malzemelerde elektrik alan ve termal enerji ile uyarılan elektronlar yasak enerji aralığını atlayarak iletkenlik bandına geçerler ve böylelikle iletimi sağlarlar. Yani iletkenlik hem elektronlar hem de boşluklar ile sağlanır (Asıl, 2010).

Yeniden birleşme, iletkenlik bandındaki bir elektronun değerlik bandındaki boşluğa geçiş yapması durumunda meydana gelir. Yeniden birleşmede açığa çıkan enerji (ki bu yaklaşık E_g dir) bir foton olarak yayımlanabilir veya fonon olarak isimlendirilen, kuantumlanmış örgü titreşimleri şeklinde kristal örgüsünün sıcaklığını arttırabilir (hangisinin olacağı yeniden birleşme mekanizmasının doğasına bağlıdır). Bu işlem, bir foton yayınlandığında ışınımlı yeniden birleşme, foton yayılımı olmadığında ise, örgü fononlarının üretildiği ışınımsız bir yeniden birleşme olarak isimlendirilir (Wilson, 2000).

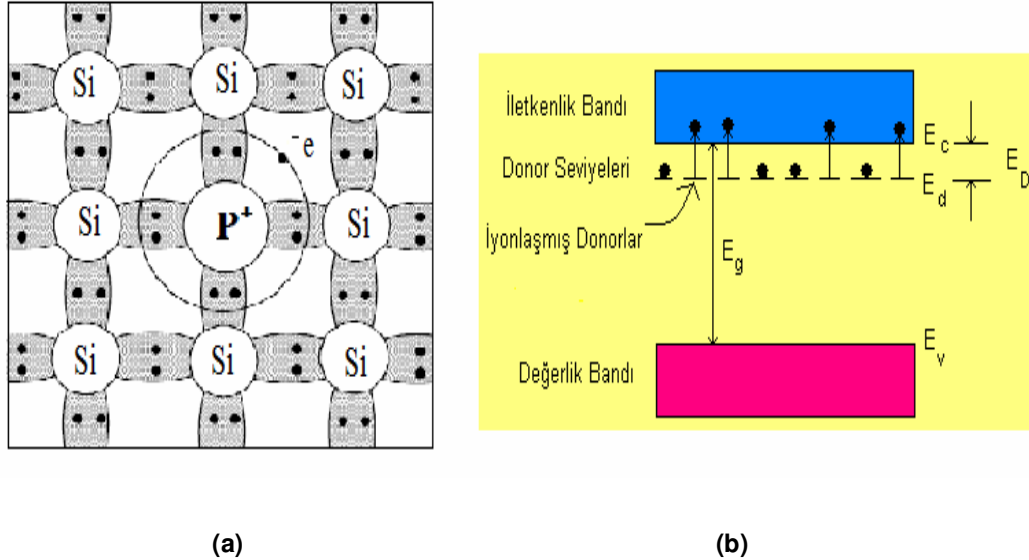
2.3.2. Katkılı (Doğal Olmayan) Yarıiletkenler

Bir yarıiletkendeki yük taşıyıcılarının sayısı kristal örgüsü içerisine uygun safsızlıkların konulmasıyla; doping, iyonlarla bombalama (implantasyon), plazma nitürleme... gibi yöntemler

ile artırılabilir ve böylece kristalin ya elektron ya da boşluk açısından baskın olması sağlanabilir (Çetin, 2007).

Doğal yarıiletkenlerin içerisine çok az miktarda yabancı atomlar katılmak suretiyle katkılı yarıiletkenler elde edilir. Yarıiletken devre elemanları hazırlanırken genellikle katkılı yarıiletkenler kullanılmaktadır. Bu yarıiletkenlerin elektriksel ve optiksel özellikleri kristal içerisine giren yabancı atomların sayısına ve cinsine bağlıdır. Madde içerisine giren yabancı atom, maddenin kendi doğal enerji bant yapısını bozar ve madde içerisinde kendine özgü enerji düzeyleri oluşturur. Buna göre yarıiletken içine giren atom ortama elektron vererek iyonlaşır (verici veya donör) ve iletkenliğe katkıda bulunursa "n tipi yarıiletken", yarıiletken içine giren yabancı atom içinde bulunduğu ortamda elektron alarak iyonlaştığında (alıcı veya akseptör) iletkenliğe katkıda bulunursa "p-tipi yarıiletken" ortaya çıkar (Bulun, 2010).

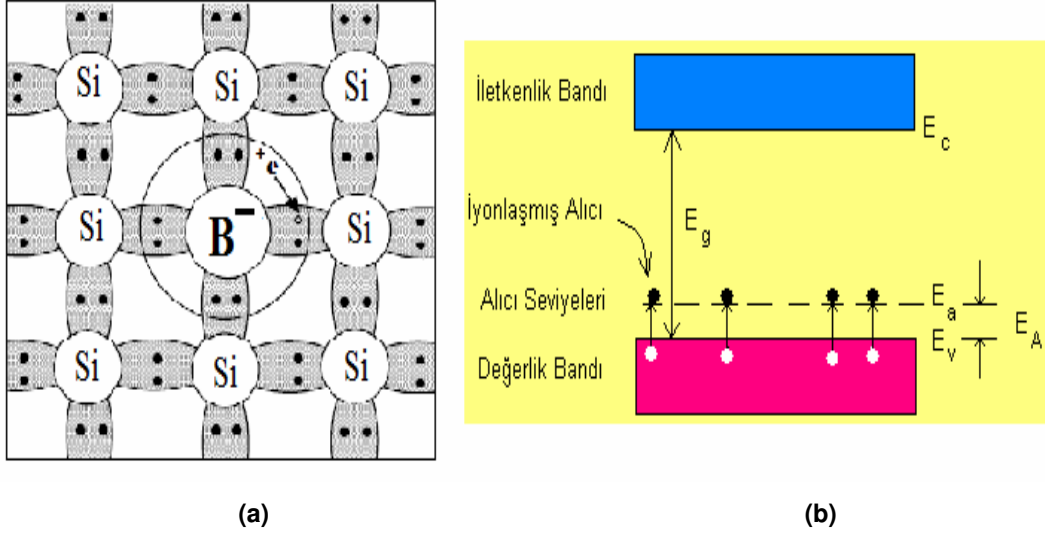
Örneğin doğal silisyum fosfor ile zenginleştirildiğinde, fosfor atomlarının şekil 2.10. (a) da gösterildiği gibi, normalde silisyum atomları tarafından doldurulması gereken atomik bölgeleri işgal ettiği görülür. Silisyum atomları dört değerlikli olduğundan fosfor atomlarının beş değerlik elektronunun sadece dört tanesi kovalent bağları oluşturmada kullanılır, kalan bir elektron komşu atomuna zayıfça bağlanır. Bu elektron kolayca serbest hale getirilir; yani kolaylıkla iletkenlik bandına uyarılabilir. Böylece enerji bant modelinde bu safsızlıklara ait fazla elektronlar için enerji seviyeleri şekil 2.10. (b) de gösterildiği gibi iletkenlik bandının hemen altında E_d noktasında bulunur. Böyle safsızlıklar vericiler (donörler) ve E_d deki enerji seviyeleri de verici seviyeleri olarak isimlendirilirler (Wilson, 2000).



Şekil 2.10. n-tipi yarıiletkenin şematik gösterimi (a) bir silisyum atomunun bir fosfor safsızlık atomu ile yer değiştirdiği kristal örgü ve (b) donör safsızlık atomlarının enerji seviyeleri

Bunun sebebi iletkenlik bandına elektron vermelerindedir. Bir elektronu donör seviyesinden iletkenlik bandına çıkarmak için gerekli enerji, E_c iletkenlik bandının dibini göstermek üzere ($E_c - E_d$) ye eşit E_D değeridir. Değerlik bandının tepesindeki E_v enerjisini sıfır alırsak (ki bu genelde doğrudur), bu durumda $E_g = E_c$ ve böylece $E_D = E_g - E_d$ olur. Mutlak sıfırda E_D oldukça küçük olduğundan (yaklaşık 0,04 eV) verici seviyeleri doludurlar; düşük sıcaklıklarda bile elektronların çoğu iletkenlik bandına uyarılırlar ve serbest iyon yoğunluğunu ve böylece de malzemenin iletkenliğini artırırlar.

Öte yandan silisyumun bor ile katkılandırıldığını varsayalım. Bu durumda, şekil 2.11. (a) da olduğu gibi, yabancı atomlarının silisyum atomları tarafından doldurulmuş yerleri işgal ettiği görülür. Bu durumda kovalent bağı tamamlamak için bir elektron eksikliği vardır.

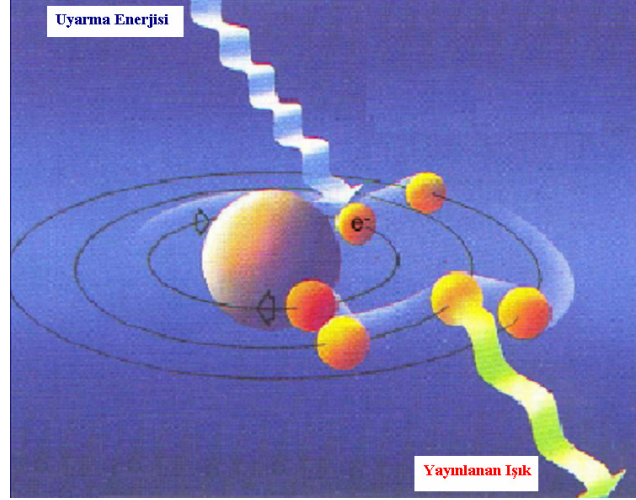


Şekil 2.11. p-tipi yarıiletkenin şematik gösterimi (a) üç değerlikli safsızlıkla (bor) beraber kristal örgüsü ve (b) alıcı yabancı atomlarının enerji seviyeleri.

E_A , şekil 2.11 (b) de gösterildiği gibi, bir elektronu değerlik bandından değerlik bandının hemen üzerinde bulunan alıcı enerji seviyelerine uyararak için gerekli enerjidir (Caferov 1998, Çetin 2007).

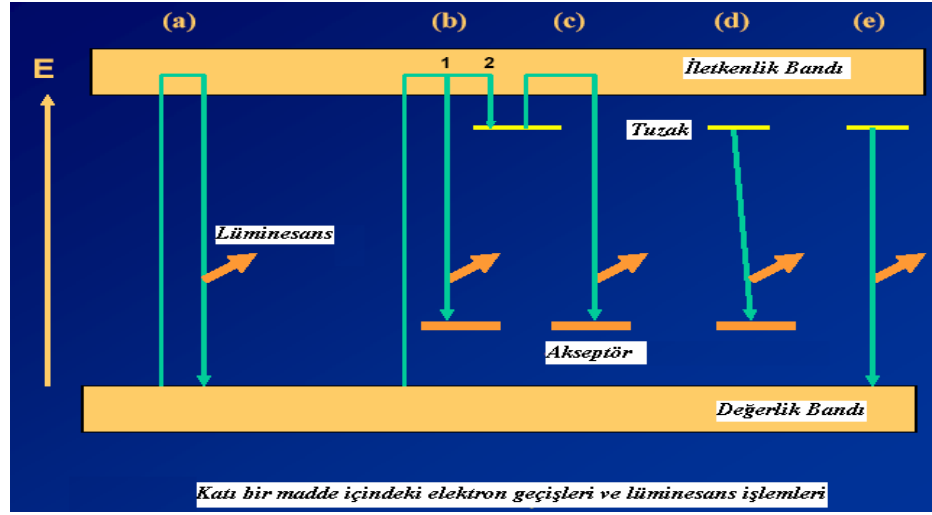
3. LÜMINESANS ve TÜRLERİ

Bir malzeme herhangi bir şekilde radyasyona maruz kaldığında gelen enerjinin bir kısmı soğurular ve daha uzun dalga boylu bir ışık olarak geri yayılır (Stokes Kanunu). Bu işlem lüminesans olarak isimlendirilir. Yayılan ışığın dalga boyu gelen radyasyona değil malzemeye özgüdür (Kibar, 2007).



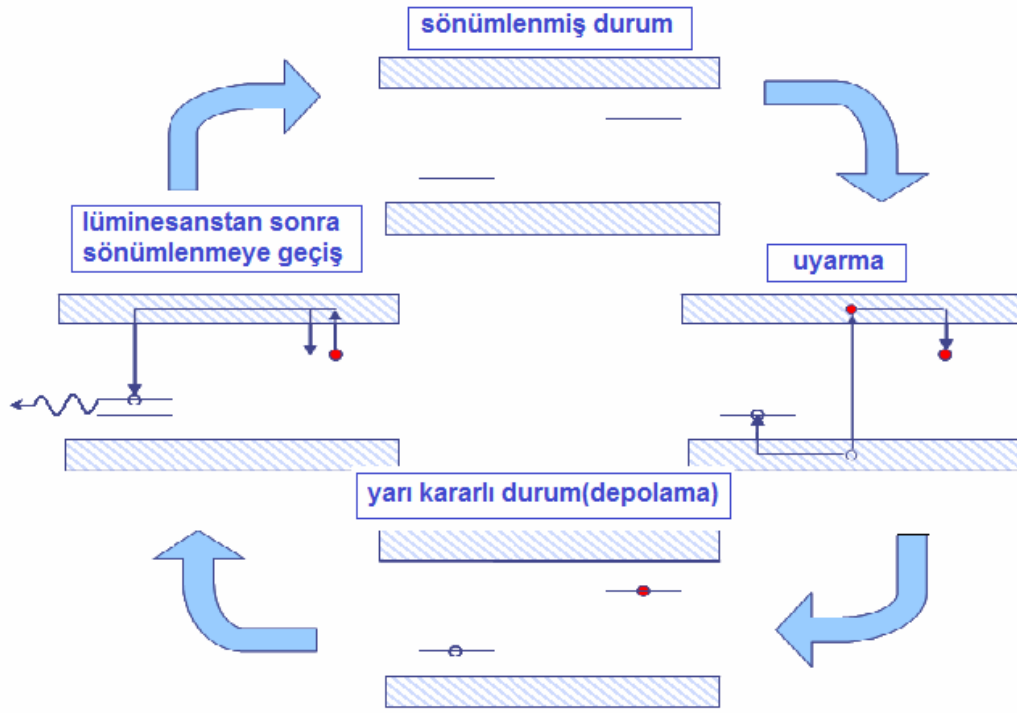
Şekil 3.1. Basit lüminesans modeli

Lüminesans olayı yarıiletken veya yalıtkan malzemelerde gözlenir. Bu olayın ana prensibi şudur: Gelen radyasyon malzeme içerisindeki atomların valans elektronlarına enerji kazandırarak (uyararak) buldukları seviyeden bir üst seviyeye (iletkenlik bandı) çıkmaya zorlar. Böylece atom kararlılığını yitirir. Elektron yeni yörüngesinde dolarken enerji kaybeder ve kararlı duruma tekrar dönebilmek için (yani eski yörüngesine dönebilmek için) belirli bir enerji değerine sahip (uyarılmış yörünge ile eski yörünge arasındaki enerji farkı kadar) bir foton yayınlamalı ve eski kararlı durumuna döner (Kati, 2009).



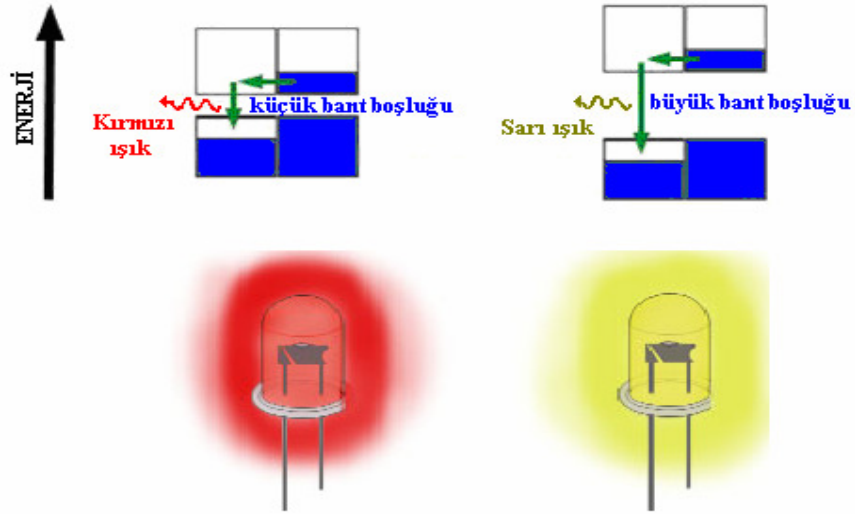
Şekil 3.2. Katı bir malzeme içindeki elektron geçişleri ve lüminesans işlemleri

- a) Uyarma enerjisinin soğurulması sonucunda elektronun önce iletkenlik sonra da değerlik bandına geçerken oluşan lüminesans
- b) Uyarılma enerjisinin 1 ve 2 durumlarından yeniden birleşme merkezleri (akseptör) seviyelerine geçişinde ışın yayınlanması
- c) Tuzak seviyelerinden iletkenlik bandına ve yine oradan yeniden birleşme merkezlerine (akseptörlere) geçişte ışın yayınlanması
- d) Tuzaklardan akseptörlere geçiş sonrasında ışın yayınlanması
- e) Tuzaklardan direkt değerlik bandına geçiş ile oluşan lüminesans



Şekil 3.3. Uyarmalı lümİnesans döngüsü (Bulur, 2009)

Malzemelerin sahip olduğu bant boşluğuna göre yayınlanan ışığın dalgaboyu farklılık gösterecektir (Şekil 3.4).

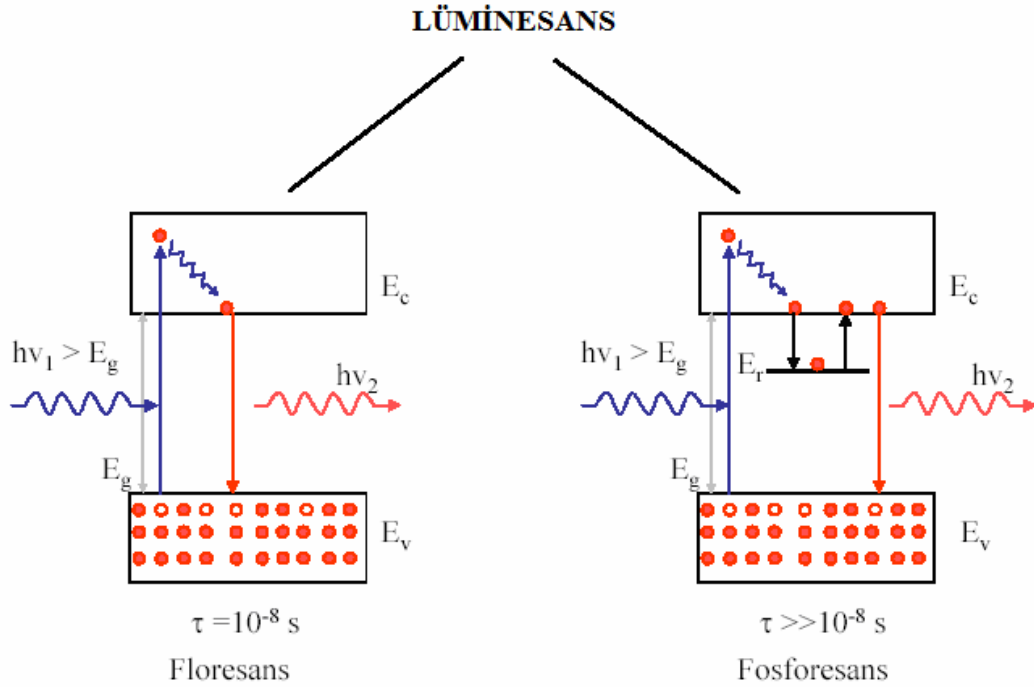


Şekil 3.4. Farklı bant boşluğuna sahip malzemelerde lümİnesans (Kibar, 2007)

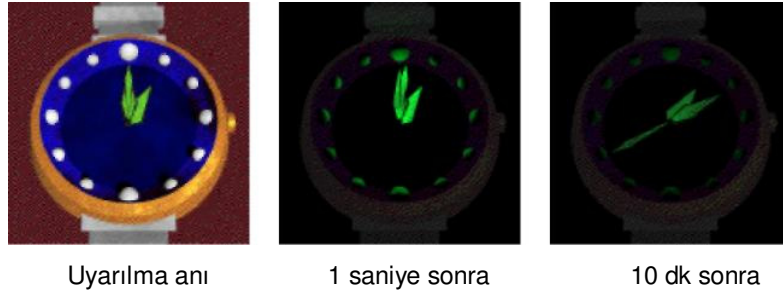
Lüminesans işlemi özellikle malzeme içerisindeki elementlerin enerji seviyeleri hakkında bilgi vermektir. Bu bilgi sayesinde örneklerin kristal yapısı hakkında da bilgi edinilmektedir. Lüminesans geniş bir terimdir; atomların uyarıldığı metotlara ve uyarılan seviyelerin ömür sürelerine göre gruplandırılabilir (Vij 1998, Çetin 2007).

3.1. Ömür Sürelerine Göre Lüminesans Türleri

Lüminesans süresi elektronların bir seviyeden başka bir seviyeye geçiş süresi ile belirlenir. Yayımlanma ömrü olarak bilinen bu zaman τ_c ile gösterilir ve malzemeye özgüdür. Foton yayımı uyarılmış bir seviyeden taban duruma olan direkt bir geçişten kaynaklandığında meydana gelen ve 10^{-8} s veya daha kısa süren lüminesans **floresans** olarak isimlendirilir. Floresans özelliği, madde içindeki yabancı iyonların kısa dalga boylu ışınların enerjisini emip, bunların yerine daha uzun dalgaboylu (gözle görülebilen) ışık üretmelerini sağlar. Uyarma durdurulduktan sonra devam eden lüminesans ise **fosforesans** adını alır. Bu tür özellik gösteren malzemelere verilen genel isim "fosforlar"dır. Fosforların lüminesansı yaklaşık 10^{-8} s den başlayıp dakikalar hatta saatlerce sürebilir. Dolayısıyla yayımlanma ömrüne göre, şekil 3.5 te gösterildiği gibi, lüminesans ikiye ayrılabilir.



Şekil 3.5. Floresans ve fosforesans olaylarının şematik olarak gösterilmesi



Şekil 3.6. Fosforesans olayına bir örnek

Lüminesans uyarılma yöntemlerine göre çeşitlere ayrılır. Daha öncede bahsettiğimiz gibi bu uyarılma sonunda ortaya çıkan ışıma uyarılmaya bağlı olmayıp, tamamen uyarılan malzemenin karakteristik özelliğini yansıtır. Şimdi lüminesansı uyarılma çeşitlerine göre inceleyelim (Çetin 2007, Kibar 2007).

3.2. Uyarılma Şekillerine Göre Lüminesans Türleri

Fotolüminesans (PL): Görünür veya mor ötesi ışıkların uyarılmasıyla gerçekleşen lüminesans türüdür. Malzemenin ışık ile etkileşmesi sonucu meydana gelen fotolüminesans, gelen ışık demeti sayesinde oluşan elektron-boşluk çiftlerinin yeniden birleşmesi ile meydana gelir. Floresans ve fosforesans olayları fotolüminesansın özel durumlarıdır.

Katodolüminesans (CL): Bir malzeme elektron demeti ile bombardıman edildiğinde oluşur (katot ışınları). Diğer uyarılma metotlarından farklı olarak, katot ışınları malzemenin belirli bölgesinde tüm kristal örgüyü bozabilir.

Radyolüminesans (RL): Nükleer uyarılmanın γ ve X ışını gibi radyasyonlar yardımıyla gerçekleştiği lüminesans türüdür. Radyolüminesans olayında, diğer tekniklerden farklı olarak malzeme, X-ışınlarına maruz bırakılır ve deney boyunca malzemeye gelen radyasyon kesintiye uğramaz. X-ışınları malzemenin tüm yüzeyine nüfus ettiği için bu yöntem bize malzemenin hacimsel kısımları hakkında bilgi verir. CL oluşturmak için kullanılan alfa ve beta parçacıklarına göre daha büyük nüfuz etme derinliğine sahiptir.

Tribolüminesans: Tribo kelimesi Yunanca bir kelimedir ve sürtmek, ovalamak anlamındadır. Kırılarak, esnetilerek veya kopararak ayrılan yüzeylerde, ayrılan yüzeyler arasında ince hava tabakası içinde iki yüzey üzerinde zıt yüklerin üretilmesi nedeniyle bir elektrik boşalması oluşur. Malzemenin parçalanması yöntemi içinde, harcanan mekanik enerji uyarılma enerjisini sağlar ve karanlık içinde gözlenebilen bir kızarıklığa neden olabilir. Bu işlem "tribolüminesans" olarak

bilinir. Bazı yapışkan bantların, karanlık içinde atmosfer azotunun içinde elektrik boşalması nedeniyle mavi bir ışık yayması buna bir örnektir.

Optiksel Olarak Uyarılmış Lüminesans (OSL): Radyasyona maruz kalmış malzemenin UV veya IR ile uyarılmasıyla elde edilen ışık yayınlanmasıdır. Malzeme, görünür veya kızıl ötesi (IR) ışığa maruz kaldığında, ışınlama sonucu oluşan tuzaklanmış elektronlar serbest kalırlar.

Elektrolüminesans (EL): Malzemeye elektrik alanının uygulanmasıyla elde edilen bir lüminesans yöntemidir. Hava moleküllerinin uyarılması, elektrik boşalması içinde enerjili elektronların oluşmasına neden olur. Bu sırada aydınlanma yoktur. Hava içinde sadece parıldamalar yani "elektrolüminesans" meydana gelir. Elektrik alanının neden olduğu elektrolüminesans olayına dayanılarak, modern floresans tüplerinin çalışma prensibi, elektrik boşalması nedeniyle fosforların içinde ışığın yayılması olayının geliştirilmesine dayanır.

Biyolüminesans: Yaşayan veya ölü doğal organik maddelerin lüminesansı kimyasal lüminesans kategorisine girmektedir. Bu süreçte, maddenin havadaki oksijen veya su ile kimyasal reaksiyonu uyarılma için gerekli olan enerjiyi sağlayacaktır.

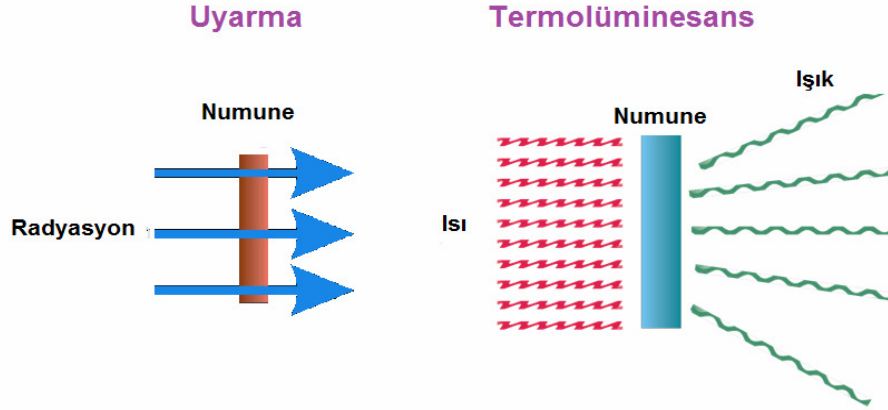
Sonulüminesans: Yüksek frekanslı ses dalgaları veya fononlarla uyarmanın gerçekleştiği lüminesans türüdür.

İyonlüminesans veya İyon Demeti Lüminesansı: Malzemenin belli enerjiye sahip iyon demeti ile bombardımanı sonucu oluşur. Bu olayda genellikle 3 MeV'a kadar olan protonlar kullanılır. Derinlik olarak yaklaşık 40 mikrona kadar gidilebilir. Malzemedeki safsızlıkların belirlenmesi için oldukça yararlıdır (Kibar 2007, Güngör 2010, Çivicioğlu 2010).

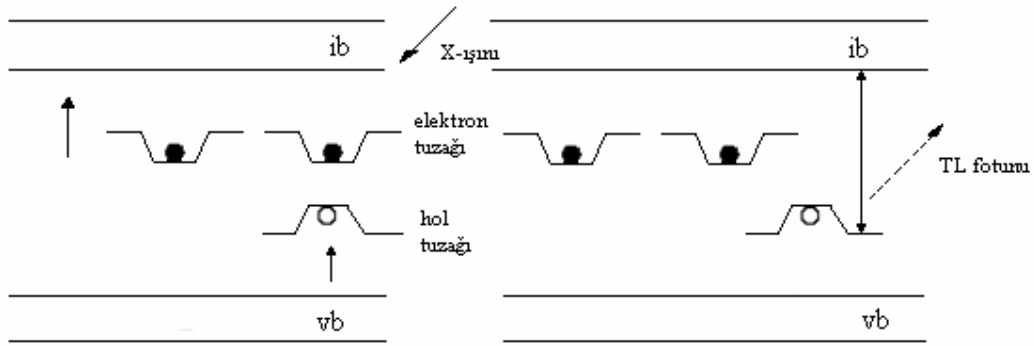
Termolüminesans (TL) veya Termal Uyarılmalı Lüminesans (TSL): Bazı yalıtkan ve yarı iletken maddeler ısıtıldıkları zaman ışımaya yaparlar. Bu fiziksel olaya "ısıtma ile ışımaya" anlamına gelen termolüminesans (TL) denir. Genelde termolüminesans olarak adlandırılan termal uyarılmalı lüminesans, yaygın olarak yarıiletken malzemelerdeki ve yalıtkanlardaki kusurları çalışmak için kullanışlı ve güvenilir bir teknik olarak kabul edilir (Cruz et al., 2005).

Yalıtkan ve yarı iletken maddeler içlerinde ve çevrelerinde bulunan uranyum (U), toryum (Th) ve potasyum (K) gibi radyoaktif elementlerin yaydığı alfa (α) ve beta (β) parçacıkları ile gama (γ) ışınları gibi radyasyonlar etkisiyle, enerji soğururlar. Soğurdukları enerjinin bir kısmını kristal yapılarında depo ederler. Maddede enerji birikimi şu şekilde olmaktadır: Maddeden geçen radyasyon, yolu üzerindeki atomlarla çarpışır. Bu arada atomlardaki elektronlar enerji kazanırlar ve atomlardaki enerji düzeylerinden daha yüksek düzeylere çıkarlar. Bu elektronların

bir kısmı kazandıkları enerjiyi anında geri vererek eski yerlerine veya benzer yerlere dönerler. Bir kısmı ise maddenin kristal yapısında çeşitli nedenlerle oluşan ve "tuzak" adı verilen yerlere bağlanırlar. Tuzağa bağlanan elektronlara "tuzaklanan elektronlar" veya "tuzağa yakalanan elektronlar" denir. Bu elektronlar eski yerlerine dönen elektronların tersine radyasyondan aldıkları enerjiyi geri vermeyip bu tuzaklarda biriktirmiş olurlar.



Şekil 3.7. TL Sisteminin sistematik şeması



Şekil 3.8. Maddenin kristal yapısında termolüminesans olayının oluşumu (İflazoğlu, 2010)

Elektronları tuzaklardan kurtarmanın yollarından biri maddeyi ısıtmaktır. Bu aşamada örnek lineer bir ısıtma hızıyla ısıtılır. Bu süreç, "readout" aşaması olarak bilinmektedir. Bu aşamada, sıcaklık derece derece arttırılmaktadır ve sıcaklığın (veya zamanın) bir fonksiyonu olarak ışık salınımı, ışığa duyarlı bir fotoçoğaltıcı dedektör kullanılarak kaydedilir. Sıcaklığın fonksiyonu olarak salınan bu ışık, termolüminesans "ışım eğrisi" olarak bilinen eğriyi ortaya çıkartır. Normal olarak ışım eğrisinin şekli, bazıları üst üste binebilen bir veya daha fazla pikten

oluşur. Işıma eğrisinin şekli ışığa duyarlı alete ve özellikle de onun spektral yanıtına bağlıdır. Ayrıca örnekle dedektör arasında farklı filtreler konulması halinde bile ışıma eğrisi farklı görünebilir. Aynı zamanda TL ışıma eğrisinin şekli kullanılan ısıtma hızına da bağlıdır. Isıtma işleminin sonunda örnek hızlı bir şekilde soğutulur (Akın 2009, Yüksel 2008).

4. İYON AŞILAMA

Son yıllarda gelişen teknolojinin de yakından ilgilendiği konuların başında gelen iyonlarla aşılama(bombalama); numunenin yüzey özelliklerinin değiştirilmesi ve birçok optoelektronik aletlerin yapımında kullanılan önemli bir yöntemdir (Çetin, 2007).

Vakum altında iyonlarla bombalama işlemi, pek çok alanda ki başta yarıiletken üretiminde olmak üzere, iyonlarla kaplama, iyon ışını birikimi, iyon ışını saçılması ve iyonlarla bombalama gibi tekniklerde kullanılmaktadır, bu şekilde hedef yüzeyinde büyük değişiklikler gerçekleştirilebilmektedir. Yüzey işlemi teknolojileri ince film oluşumu (biriktirme), saçılma, dağlama ve parçacık dop etme olarak sınıflandırılır. Biriktirme ve parçacık dop etme teknikleri yeni yüzey oluşumu açısından önemlidir. İnce film oluşumu orijinal malzemeden farklı parçacıkların biriktirilmesiyle gerçekleştirilir. Böylece, ince film ve alt tabaka arasında belirgin bir ara yüzey vardır. Diğer yandan, iyonlarla bombalama ile parçacık dop etme durumunda, yüzey tabakasında yeni malzeme oluşumu söz konusudur (Sekelland, 1994).

İyonlarla bombalanmasıyla katıların yakın- yüzey bölgelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri; iyonlaştırılmış parçacıkların yüzey tabakasına girdirilmesiyle değiştirilebilir. Periyodik tablodaki hemen hemen her atomun iyonlaştırılabilir olması, sonsuz çeşitlikte yakın- yüzey alaşımları elde etmeyi mümkün kılar. Bu şekilde bir veya birden fazla elementin iyonlarının hızlandırılıp büyük enerjiler ile örnek yüzeyine bombardıman edilerek yüzeyden içeri nüfuz ettirilmesi ile iyon bombardımanı gerçekleşir. Bombalama sonunda örneğin özellikleri artık değişmiştir (Can 1995, Çetin 2000).

Yarıiletken teknolojisi alanında, iyon aşılamanın keşfinden sonra üretim teknolojisinde kullanılmasında yaklaşık 20 yıllık bir gecikme olmuştur. Benzer gecikme metal yüzey işlemlerinde de meydana gelmiştir. Kırılma indisi, yansıtma, renk merkezi içeriği ve lüminesans gibi önemli optik parametreleri değiştirmek amacıyla yalıtkan kristaller ve camlar için iyon demetleri kullanılmıştır (Sarıtaş, 1990).

İlk kez 1963 yılında İngiltere'de Harwell Laboratuvarı'nda silisyuma iyon implantasyonu uygulanmıştır. Daha sonra 1966 yılında yarı iletkenler üzerinde denenmiş ve bazı metalurjik avantajlar elde edilmiştir. Sistematik olarak ilk araştırmalar 1970'li yıllarda başlamıştır. Bu araştırmalarda temel amaç metallerde, aşınma ve korozyon dayanımını iyileştirmek olmuştur. Bazı araştırma ve programlar, iyon implantasyonunun çok yönlülüğünü sağlamak amacıyla korozyon ve oksidasyon bakımından karşılaştırmışlardır. 1975 yılında azot iyonlarının endüstriyel uygulamalarına başlanmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. 1976 yılında endüstriyel amaçlar için ilk implanter imal edilmiş ve günümüze kadar gelişmeler devam etmiştir (Tek, 2002).

4.1. Temel Prensip

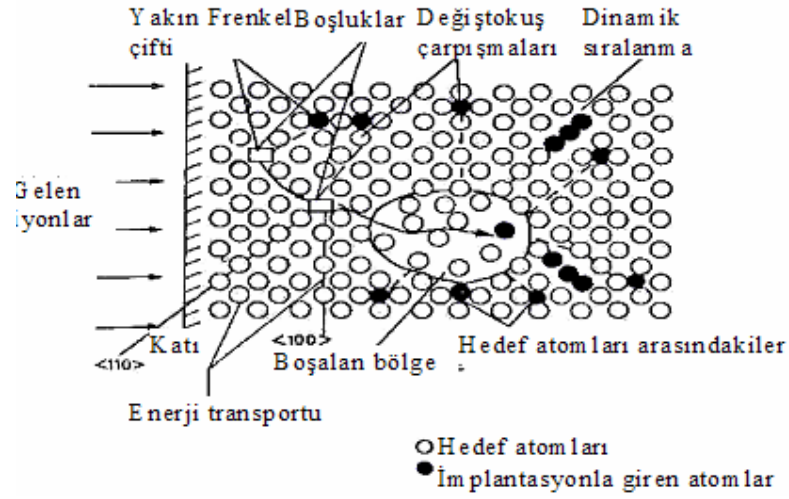
İyon aşılama, bir veya birden fazla iyonun büyük enerjilere kadar hızlandırılıp malzeme yüzeyinden içeri nüfuz ettirilmesi ile yüzey özelliklerinin önemli ölçüde değiştirildiği bir olaydır. Bu sayede malzemenin elektrik, optik, mekanik, tribolojik ve korozyon davranışları değişmektedir. Bu işlem sırasında seçilen herhangi bir sıcaklıkta katkı bileşiminin ve yapısal modifikasyonun hassas bir şekilde kontrol edilme imkanı vardır. İyon enerjisi ve dozunun seçilmesi ile her bir element eser miktarda bir katı içine sokulabilir (Kibar, 2007).

İyon enerjisi yükseldikçe gelen iyon numune yüzeyine daha şiddetli çarpar ve numune yüzeyindeki atomları yerinden oynatarak zaman içerisinde yüzeyde aşınma oluşturur. Yani hedefin yüzey tabakalarının karakteristikleri, işlem sırasında iyonların enerjilerinin büyüklüklerine büyük oranda bağlıdırlar. Çünkü her bir etki belli bir enerji aralığında oluşmaktadır (Iwaki, 1989).

4.2. Meydana Gelen Olaylar ve Malzeme Yüzeyine Etkileri

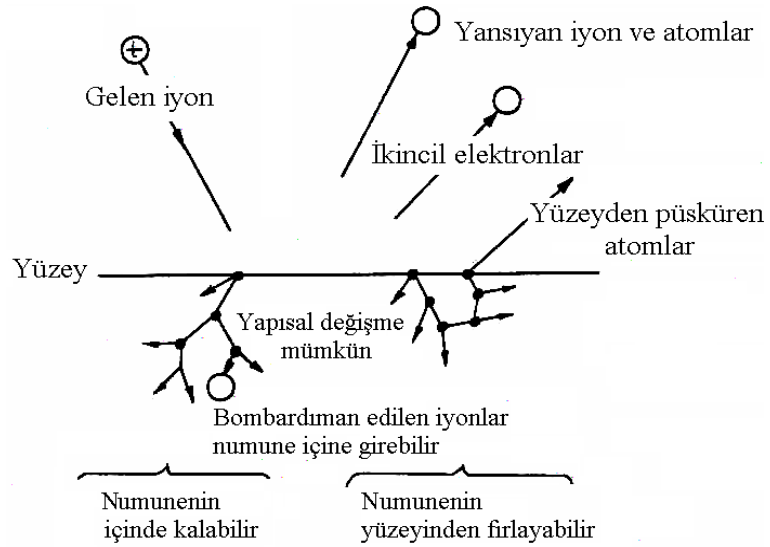
Belli enerjiye sahip bir iyon, farklı veya aynı cins bir malzemenin yüzeyine çarptığında iyon aşılamanın yanı sıra su olaylar da oluşabilir:

- 1) İyon geriye yansıyabilir, bu sırada muhtemelen nötrleşebilir,
- 2) İyonun çarpması ile örnekten elektron fırlayabilir (ikincil elektronlar),
- 3) İyonun çarpması, örnek atomlarının kendi aralarında çarpışarak yüzeyden dışarı bir atom fırlamasına neden olabilir (püskürtme),
- 4) İyon örnek içine girebilir (iyonlarla bombalama),
- 5) İyon çarpması örneğin yapısal değişikliğe uğramasına neden olabilir. Bunlar; boşluk oluşumu, atomların yerlerinden oynaması ve örgü kusurları oluşumu şeklinde sıralanabilir(Kibar, 2007).



Şekil 4.1. İyon implantasyonunun oluşturduğu içyapı değişimleri (Tek, 2002)

Metallerle iyonların etkileşmesi sırasında meydana gelebilecek olaylar aşağıdaki şekilde şematik olarak gösterilmiştir (Çetin, 2007).

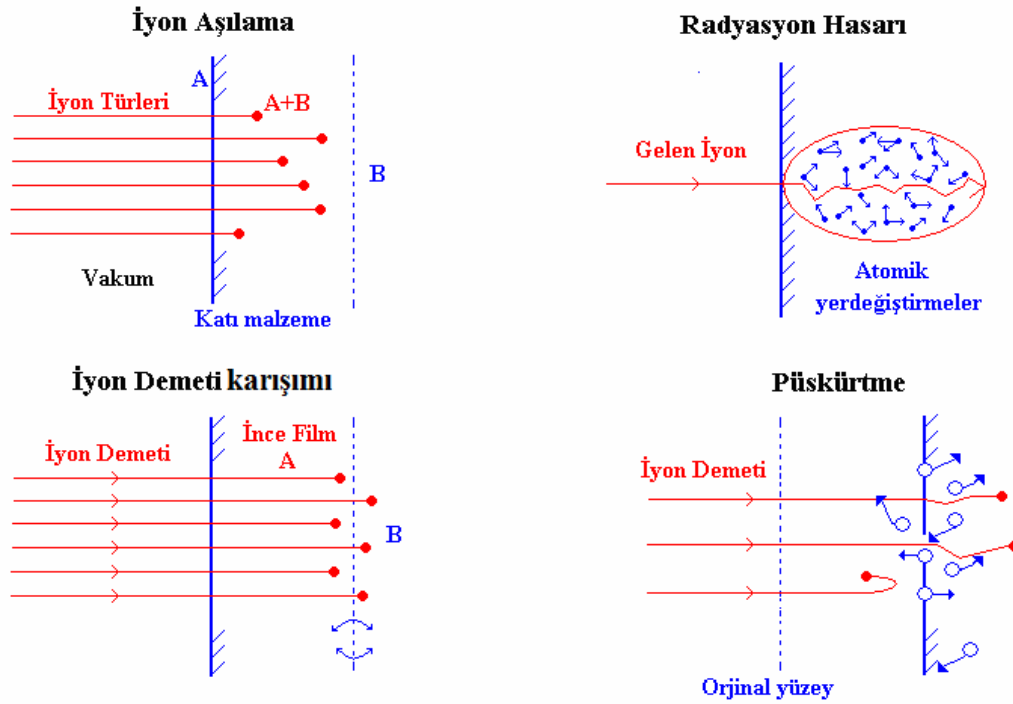


Şekil 4.2. Metal-iyon etkileşimleri

Belli enerjiye sahip iyonlar katı bir hedefe çarptığında, gelen iyonlardan hedef atoma hızlı bir enerji nakli gerçekleşir. Toplam enerji nakil hızı, mikrometre başına birkaç keV mertebesinde olabilir. Bu yüzden, bu işlem sonucunda meydana gelebilecek temel sonuçlar şu şekildedir:

- Yeni atomik türlerin ortaya çıkması (iyon aşılama)
- Orijinal örgü yapısının bozulması (radyasyon hasarı)
- Atom türlerinin difüzyonunun ve yerdeğiştirmesinin artması (iyon demeti karışımı)
- Malzeme yüzeyindeki atomların kaybolması (püskürtme, saçılma)

Burada bahsedilen bu dört işlem şekilde gösterilmektedir (Kibar, 2007).



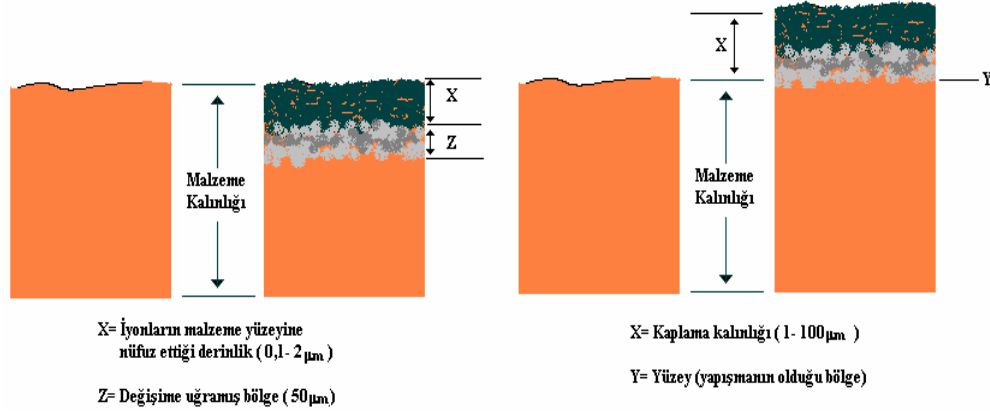
Şekil 4.3. İyon demeti ile oluşturulan temel işlemlerin şematik olarak gösterilmesi

4.3. Avantajları

İyon aşılamanın avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- a) Bir iyon demeti elektriksel yükler taşır, bu yüzden sadece akım ölçümü ile doz kontrolü yapmak mümkündür. İkincil elektron üretiminin ve gelen iyonların nötrleşmesinin bir sonucu olarak değişiklikler oluşur.
- b) İyon aşılama difüzyon uygulamasından oldukça farklıdır. İyon aşılama ile tanecik sınırı ve dislokasyon ile ilgili sorunlar önlenir.
- c) Düzgün şekilde sıralanmış kristallerde, küçük iyon dozları kristal içinde indirgenmiş iyon-hedef etkileşimlerinden dolayı, normal menzile hesaplamalarından beklenen sonuçtan daha derine gidebilir. Bu "iyon demeti kanallaması" olarak bilinir ve yarıiletkenlerdeki düşük konsantrasyona sahip katkılar için kullanılabilir, fakat doz seviyesi daha yüksek olan optiksel örnekler için bu işlemin çok fazla önemi yoktur.
- d) Aşılama iyonunun girdiği ve örgü kusurlarının ortaya çıktığı derinlikler doğrudan iyonun enerjisi, kütlesi ve hedef malzeme ile ilgilidir. Safsızlıkların derinlik profili ve yapısal değişiklikler, iyon dozu ve enerjisine göre değişir. Atomik difüzyon tavlama işlemlerinden sonra meydana gelecektir.
- e) Elektro-optik uygulamalarda kullanılan birçok malzeme, kristal simetrisinden kaynaklanan doğrusal olmayan veya ferroelektrik özelliklerinden dolayı tercih edilir. Böylece ilginç kristal fazları belli sıcaklık aralığında ortaya çıkabilir. Malzemede birçok değişiklik oluşturabilen iyon aşılama, istenilen herhangi bir sıcaklıkta yapılabilir.
- f) Yüksek sıcaklık işlemi dış yüzeyin çözülmesine sebep olabilir. Düşük sıcaklıkta yapılan aşılama bu zorluğu azaltabilir. Aynı zamanda, aşılama iyonları koruyucu bir tabaka aracılığıyla yapılabilir.
- g) İyon aşılama sistemleri özel uygulamalar için düzenlenebilir ve düşük enerji çözünürlüğü ile yüksek akımlar elde edilecek şekilde seçilir. Bu yüzden aşılama yapılacak sistemin seçimi yapılacak uygulamanın bir fonksiyonudur. Şimdilerde nadiren kullanılmasına rağmen, izotropik saflık kusur incelemelerinde birçok avantaja sahiptir.
- h) Bombalama işlemi vakum ortamında uygulandığı için malzemenin oksitlenme tehlikesi yoktur.
- i) Malzemenin istenilen bir bölgesine aşılama yapma imkânı vardır.
- j) Safsızlık iyonu katılması sadece iyon enerjisine bağlı olduğu için, termodinamik koşullar ile sınırlandırılmaz. Bu, hemen hemen her tür iyonun tüm malzemelere aşılatabileceği anlamındadır.
- k) Kaplama yöntemi değildir. Kullanım sırasında kaplanan malzemenin dökülmesi ve yapışma sorunu aşılama tekniğinde yaşanmaz. Çünkü iyon aşılama yapışma söz konusu değildir. Yapısal değişikliğin meydana geldiği yüzey ile aşılama iyon, ana

malzemenin bir parçası olur. Dolayısıyla, iyon aşılama malzemenin boyutlarında değişiklik olmaz. Bu aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 4.4. İyon aşılama ve kaplama yapılmış malzemelerin gösterimi

İyon aşılama yönteminin bütün bu avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da vardır. Yüksek bir maliyet gerektirmesi ve kanallamanın oluşması ile derinlik profiline zarar verilebilecek olması bunlardan bazılarıdır (Townsend et al. 1994, Çetin 2007).

4.4. Uygulama Alanları

İyon aşılama yöntemi modern teknolojiye, özellikle yarıiletken teknolojisinde, malzemenin özelliklerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi için kullanılan önemli yollardan biri olmuştur. Her entegre üretim sisteminde iyonlarla bombalama metodu kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak iyonlarla bombalamayla metal, yarı metal ve seramik malzemelerin mekanik, tribolojik ve kimyasal özellikleri geliştirilmektedir. Teknolojide yarıiletken malzemelerin değişik çeşitlerinin oluşturulması, aranan bir özellik olduğundan, yarıiletkenlere metalik iyonların bombalanarak katılması ve bunların yapısal özelliklerinin incelenmesi büyük önem kazanmıştır.

Örneğin sanayide büyük ölçüde kullanılan çeliğin iyonlarla bombalanması sonucunda kullanım süresinin ve dayanıklılığının büyük ölçüde arttığı bilinmektedir. Bunun yanı sıra güneş pillerinde yeni kullanılmaya başlanan ZnO kristalinin iyonlarla bombalanmasından sonra soğurma kabiliyetinin büyük ölçüde arttığı da bilinmektedir. Bu sebeple geniş bant aralıklı yarıiletkenlerde, iyonlarla bombalama sonucu, yarıiletkenlerin alt tabakalarındaki metal nanoparçacıkların oluşturulması pratikte başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiş ve elde edilen bu malzemelerin en iyi kullanım alanına sahip olanları daha ayrıntılı bir şekilde incelenip teknolojiye kullanılmaya hazır hale getirilmiştir (Stepanov 2004, Tek 2002, Rita 2003).

5. ÇİNKO OKSİT (ZnO) TEK KRİSTALİ

Çinko oksit (ZnO) önceleri sadece boya maddesi olarak kullanılırdı ve beyaz çinko çin beyazı veya çiçek beyazı olarak adlandırılırdı. Çinko oksit bakırın eritilmesinden ortaya çıkan bir yan ürün olarak bilinmekteydi. Romalılar ise Cadmia olarak adlandırmışlar, pirinç elde etmekte ve merhem yapımında kullanmışlardır. Bununla birlikte Roma' daki tüm kimyacılar Cadmia' nın altına dönüştürülebileceğini düşünmüşlerdir (Çetin, 2007).

18. yüzyılın ortalarında, Alman kimyacı Cramer, Cadmia' nın metal çinkonun yanmasından (ısı ve ışık veren oksitlenme) elde edildiğini keşfetmiştir. 1781 yılında Fransa'da Courtois tarafından beyaz çinko üretilmeye başlanmış, fakat 1840' a kadar sanayide kullanılmamıştır. Ancak bu tarihten itibaren Reclaire tarafından sanayide kullanılmaya başlanılmıştır. Sülfür gazından etkilenmemesi (siyahlaşmaması), toksit madde içermemesi ve iyi saklanabilmesi nedeniyle kurşun oksidin yerini almıştır (Lin, 2001).

ZnO gerek temel fiziksel özelliklerinin aydınlatılması gerekse uygulamaya aktarılma çalışmaları 1935 ya da daha önceki yıllara dayanmaktadır. Örneğin ZnO'nun örgü parametreleri gibi bazı fiziksel özelliklerin ölçülmesi 1935 lerde ilk olarak Bunn tarafından yapılmıştır. Damen ve arkadaşları 1965'te Raman saçılması yöntemi ile ZnO'nun dinamik titreşim özelliklerini çalışmışlar, Mollwo ise 1954'lerde ZnO'nun optiksel özelliklerini detaylı bir şekilde incelemiştir. Benzer şekilde, ZnO tabanlı Schottky engelleri, ışık yayan diyotlar, metal-yalıtkan-yarıiletken yapılar gibi birçok aktif elektronik ve optoelektronik aygıt tasarımlarının yapılması ve bazı sonuçların literatüre aktarılması da yine 1970' li yıllarda gerçekleşmiştir (Kuzucu, 2007). Günümüzde ise ZnO ile yapılan çalışmalar fiziksel yapıya göre; kütle, ince film ve de nano yapılar üzerinde yoğunlaşarak hız kazanmıştır.

5.1. Genel Özellikleri

5.1.1. Fiziksel Özellikleri

ZnO yarıiletkeni direk bant yapısına ve oda sıcaklığında 3,37 eV (Gao et al. 2006, Turemis et al. 2011) ve 2 K'de 3,43 eV (Look, 2001) gibi bir yasak enerji bandına sahiptir. Bant aralığı, MgO veya CdO ile alaşımlar yapılarak 4 eV' a kadar çıkarılabilmektedir (Özgür et al, 2005).

ZnO'nun diğer geniş yasak enerji aralıklı yarıiletkenlere göre sahip olduğu avantajlardan en önemlisi yaklaşık olarak üç kat daha büyük olan 60 meV luk eksiton bağlanma enerjisine sahip olmasıdır (Liang and Yoffe ,1968).

Yüksek enerjili elektromanyetik radyasyona bilinen en dayanıklı yarıiletken olması da ZnO'nun uzay uygulamalarında en çok tercih edilebilecek yarıiletken olmasında önemli rol oynar (Look et al., 1999).

Saf ZnO oda sıcaklığında beyaz renktedir. Ancak ısıtıldığında sarı rengini alır. ZnO, farklı sıcaklıklara ısıtıldığında sarı, yeşil, kahverengi ve kırmızı başta olmak üzere farklı renkler de alabilir. Bu renk farklılıkları kristal yapıdaki % 0,02- 0,03 oranındaki boşluklardan kaynaklanmaktadır (Toplan, 1998).

Katkılanmamış ZnO, yaklaşık 10^{21} cm^{-3} gibi yüksek elektron yoğunluğuna sahip katkısız *n*-tipi iletkenlik gösterebilir. Bu nedenle, ZnO'nun *n*-tipi elde edilmesi *p*-tipi ile karşılaştırıldığında daha kolaydır. ZnO yarıiletkenini katkılamanın zorluğu yarıiletkenin yüksek kusur iyonlaşma enerjisine bağlıdır ve böylece kusur normal çalışma sıcaklığında iyonlaşmaz (Wei et al., 2008).

Diğer IIB –VIA grubu yarı iletkenler gibi wurtzite ZnO'da dış hidrostatik basınç altında kaya tuzuna (NaCl) dönüşebilmektedir (Kuzucu, 2007).

5.1.2. Kimyasal Özellikleri

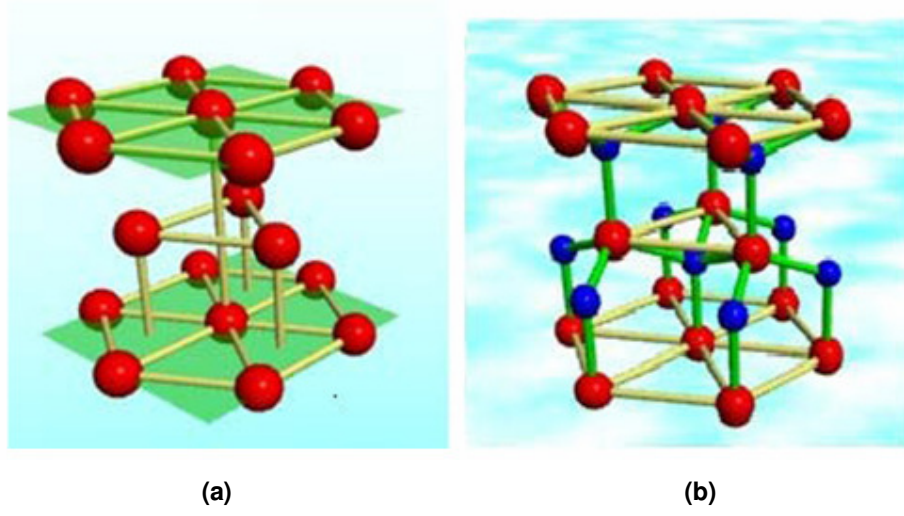
Çinko oksit amfoterik bir bileşik olup, hem organik hem de inorganik asitlerle reaksiyona girmektedir Aynı zamanda, hem alkaliler hem de amonyak çözeltisi içerisinde çözünerek çinko asetat oluşturmaktadır. CO₂, SO₂, H₂S gibi asidik gazlarla kolayca birleşmektedir (reaksiyon verir). Ayrıca yüksek sıcaklıklarda diğer oksitlerle tepkime vererek çinko ferrites gibi bileşikler oluşturur (Çetin, 2007).

Ve yine bu yazılanlarla bağlantılı olarak ZnO, tüm asit ve alkalilerde kolaylıkla aşındırılabilir ve küçük boyutlu aygıtların üretimi için bir fırsat sağlar (Tüzemen, 2007).

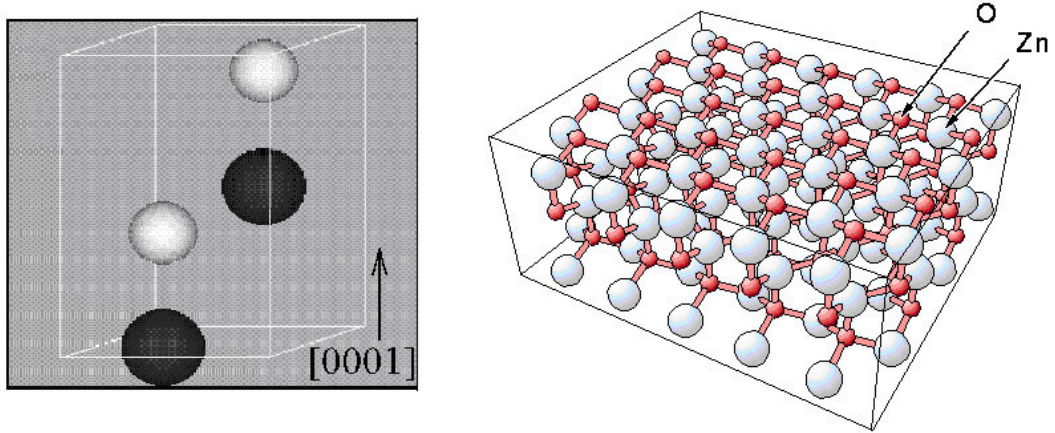
5.2. ZnO' nun Kristal Yapısı

II-VI Grubu bileşiklerinden çinko oksit hegzagonal (Wurtzite) yapılı yarıiletken bir malzemedir. Wurtzite kristal yapısının birim hücresi dört atom içerir ve bunların ikisi anyon, diğer ikisi ise katyondur (Kobayashi et al., 1983).

Oksijen iyonları hegzagonal konumlara yerleşmiş, çinko iyonları da aradaki tetrahedral boşlukların yarısını işgal etmiştir. Bu tetrahedral koordinasyon, sp³ kovalent bağlanmanın tipik bir özelliği olsa da, bu yapıların azımsanmayacak ölçüde iyonik karakterleri yasak bant aralığı değerlerinin, kovalent bağlanmadan beklenen değer üstüne çıkmasını sağlar (Kahraman, 2010).



Şekil 5.1. (a) Hegzagonal (Wurtzite) kristal yapısı, (b) ZnO kristal yapısı (Dulda, 2006)

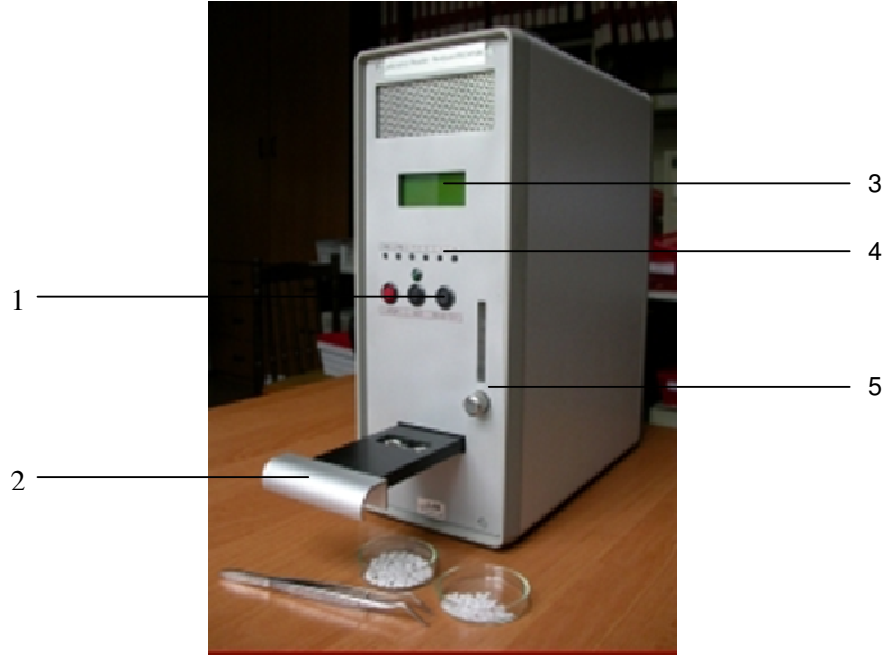


Şekil 5.2. Çinko oksitin altıgen wurtzite örgü yapısının bir başka görüntüsü; büyük daireler çinko küçük daireler oksijen atomunu göstermektedir (Çetin, 2007).

6. DENEYSEL SİSTEMLER

6.1. TLD Reader-Analyser Sistem

RA'94 TLD Reader-Analyser (Şekil 6.1) TL dozimetredeki incelemeler için kullanılan çok yönlü ve modern bir araçtır. Bu araç ya kendi mikroişlemcisi ile kontrol edilerek tek başına ya da bir bilgisayar sayesinde çalıştırılabilir. Tüm verileri gösterebilir ve dijital formda bir çıktı sağlayabilir. Böylece RA94 TLD Reader-Analyser orta ölçekli bir radyasyon koruma laboratuvarındaki rutin işlemler için veya TL etkilerinin bilgisayar destekli analizleri için kullanılabilir. Aynı zamanda bizim de TL ölçümlerini almak için kullandığımız makinedir.



Şekil 6.1. RA'94 TLD Reader-Analyser Sistemi

1. Kontrol düğmeleri
2. Isıtma levhası, kontrol ışık kaynağı ve ısıtma güç birimi içeren çekmece.
3. LCD 4 haneli ekran
4. Mod kontrolü ve programlama anahtarları
5. İnert gaz akışı ayarları için kullanılan rotametre

6.1.1. Sisteminin Çalışma Prensibi

- RA94 TLD Reader-Analyser farklı fosforlardaki TL olaylarının incelenmesi ve toz veya küçük pellet şeklindeki bilinen tüm TL malzemeleri ile radyasyon dozunun ölçümü için dizayn edilmiştir. Bunların üstesinden gelmek için RA94 TLD Reader-Analyser ya el ile kontrol edilerek READER olarak ya da bir bilgisayarla birlikte programlanmış kontrol parametreleri ile READER-ANALYSER olarak çalıştırılabilir. Isıtılan TL malzemelerinden çıkan ışık sinyali uygun bir şekilde seçilmiş PM ile ölçülür. PM in çıkış akımı akım-puls dönüştürücüsünde standart pulslara dönüştürülür.
- READER modunda TL malzemelerinin özel bir ısıtma sistemi uygulanır ve bu şekilde ısıtma sıcaklığı üç farklı adımda artırılır. Bu sistemin amacı sadece seçilen bir sıcaklıktaki TL sinyalini okumak ve başlangıçta daha sonraki kullanım için TL malzemesini hazırlamaktır. Her bir adımdaki sıcaklık ve zaman önce LiF:Mg,Ti için programlanır. TL sonucu (puls sayısı) ve sıcaklık sistemin ön kısmında bulunan LCD ekranda görülür ve paralel CENTRONICS çıkışı ile doğrudan bir yazıcıya veya RS232 seri zaman uyumsuz bir ara birim sayesinde bir PC bilgisayara gönderilebilir.
- Sisteme yerleştirilmiş olan kalibrasyon ışık kaynağı sistemin hassasiyetini kolayca ve otomatik olarak sabit bir seviyeye ayarlama imkanı sağlar.
- ANALYSER modunda ısıtma levhasının sıcaklığı önceden programlanmış bir hızla lineer olarak artar veya operatör ile ayarlanır ve sayısal hale getirilen ısıtma eğrisi bilgisayara kaydedilir. Pulsların toplam sayısı ve sıcaklık LCD ekranda da görülür.
- Sistem termoelektrik sistemin hassasiyetinin kararlılığını sağlamak için bir soğutucu, TL malzemelerinin düşük şiddetli sinyalleri için inert gaz akış devresi ve karanlık akımı azaltmak için otomatik olarak kontrol edilen PM karanlık akım kompensasyonu içermektedir.
- Isıtma levhaları için kullanılan özel bir platin alaşım çoklu ısıtma devrelerinden sonra kararmaz.
- Yüksek hassasiyetli düşük TL şiddetlerinin ölçülmesi için, %0.1 den daha az oksijen içeren sıkıştırılmış inert gaz (nitrojen veya argon) tüpü gerekir.

- RA94 TLD Reader-Analyser ın eşsiz özelliği ölçülen TL şiddetine karşılık değişebilir akustik bir sinyal üretilmesidir. Bu özellik özel uygulamalar için önemli bir amaç olduğunu kanıtlar.

6.1.2. Sistemin Temel Özellikleri

1. Duyarlık: Referans ışık kaynağı ile programlanabilir
2. Hassasiyet: $\pm \%2$ S.D. (bir pelletin multiple sonucu için)
3. Kararlılığı: 8 saat çalışması boyunca $\pm \%2$ den daha iyi
4. Okuma zamanı: READER modunda : 3-180 s
ANALYSER modunda : 25-4000 s
XREADER modunda : max toplam zaman 45 s
5. Üç Adımlı Isıtma: 20-400 °C arasında ayarlanabilir sıcaklıklar
Her bir döngü zamanı 1-60 s arasındadır.
6. Max. Isıtma Sıcaklığı: 400 °C ye kadar ayarlanabilir.
7. Lineer Isıtma Hızı: Saniyede 0.5-10 (6) °C arasında ayarlanabilir.
8. Veri Çıkışı: LCD ekran
Paralel CENTRONICS çıkış (yazıcıya)
Seri RS-232 (bilgisayara)
9. Ölçüm Aralığı: Elle ayarlanabilir modda 7...
10. Yüksek Güç Kaynağı: Otomatik ayarlama
11. Isıtma Levhası: Dayanıklı ve sağlam platin alaşım
12. TL Dedektör Büyüklüğü: 12 mm den küçük
13. Güç Kaynağı Gerilimi: 230 V / 60 Hz
14. Güç Tüketimi: max 0 V A
15. Ortam Sıcaklığı: 10-28 °C
16. Boyutları: 365x155x372 mm
17. Ağırlığı: Yaklaşık olarak 14 kg.

6.2. Radyasyon Cihazı (X-Işını)

Sistemde kullanılan X-ışını tüpü (Şekil 6.2) su soğutmalı tek fazlı Machlett OEG-50A lik bir tüptür. 0,1 mm alüminyum filtreli 1 mm berilyum pencerele olup tungsten hedeften ibarettir. Şekil 6.3 de gösterilen kontrol ünitesi sayesinde, maksimum 50 kV luk gerilim ve 20 mA lik akım sağlanabilmektedir. Bununla birlikte yapılan deneysel çalışmalarda uygulanan voltaj 30 kV ve akım 15 mA dir. Sussex Üniversitesinde yapılan hesaplamalarına göre, bu değerler ile elde

edilen doz hızı (10 cm uzakta) ~30 Gy/dk dır. Bu değerler hem olası elektriksel boşalımla tüpe zarar vermemek hem de güvenli çalışma doz seviyesini aşmamak amacıyla seçilmiştir. Tüp su ile soğutulmaktadır ve herhangi bir şekilde suyun kesilmesinde veya suyun akış hızı 4 litre/dak altına düşmesinde sistem otomatik olarak kendini kapatmaktadır. Bu amaçla su akış hızı sisteme bağlı bulunan bir *flowmeter* ile kontrol edilmektedir. Bunun yanı sıra, güvenlik amacıyla örneği istenmeyen ışımadan korumak için, X-ışını tüpünün önüne elle kumanda edilen ve örnek tutucuda sabitlenen bir kursun kapak yerleştirilmiştir. Böylece çalışanların kaza ile X-ışını tüpü açıkken odacığı açıp örnek değiştirmeleri engellenmiştir.



Şekil 6.2. Işınlama amacıyla kullanılan X-ışını tüpü



Şekil 6.3. X-ışını kontrol ünitesi

6.3. Tavlama Fırını

Saf ve iyonlarla bombalanmış ZnO örneği üzerinde sıcaklık etkisini belirlemek amacıyla, örnekler, 400-1000 °C sıcaklık aralığında 100 °C lik adımlar ile 1 saat boyunca tavlantılmıştır. Tavlama işlemi için Proterm marka boru tipi yatay bir fırın (Şekil 6.4) kullanılmıştır.



Şekil 6.4. Tavlama İşlemi İçin Kullanılan Fırın

6.4. Optiksel Soğurma Sistemi

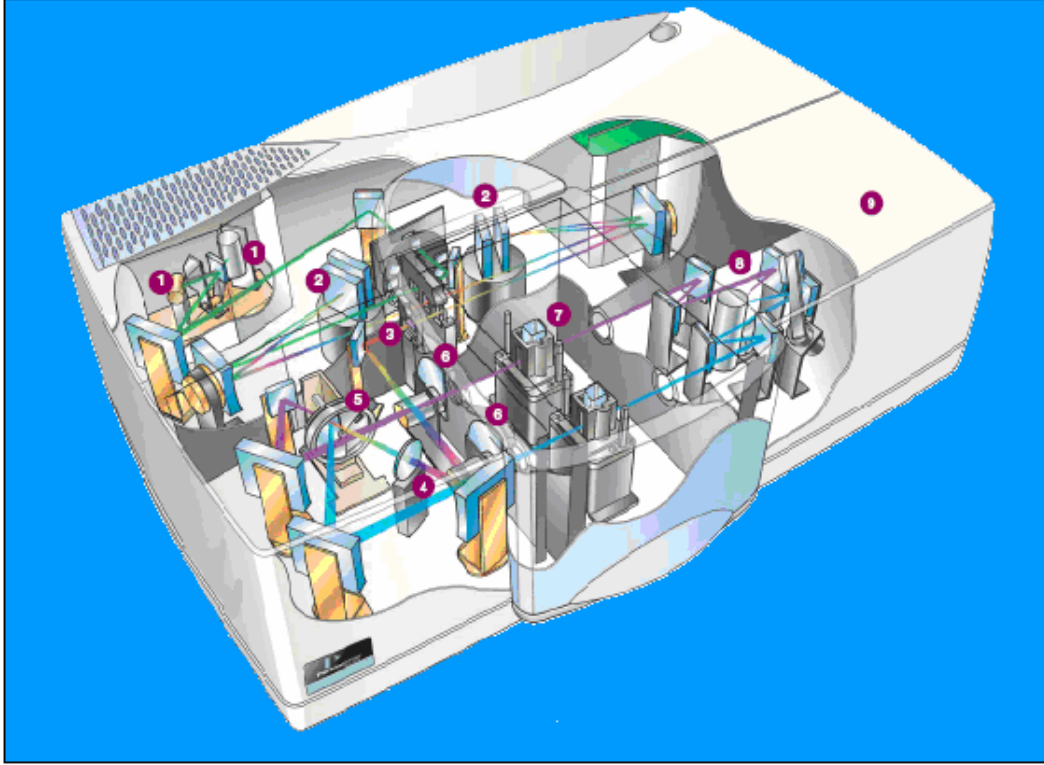
TBAG-2324 (103T048) nolu proje kapsamında TÜBİTAK desteği ile alınan Perkin Elmer Lambda 950 UV-VIS-NIR spektrofotometresi ile farklı malzemelerin optiksel özellikleri incelenebilmektedir(Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Celal Bayar Üniversitesi Lüminesans Araştırma Laboratuvarında bulunan Perkin Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR Spektrofotometre Sistemi

Çizelge 6.1. Perkin Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR Spektrofotometre Sisteminin teknik özellikleri

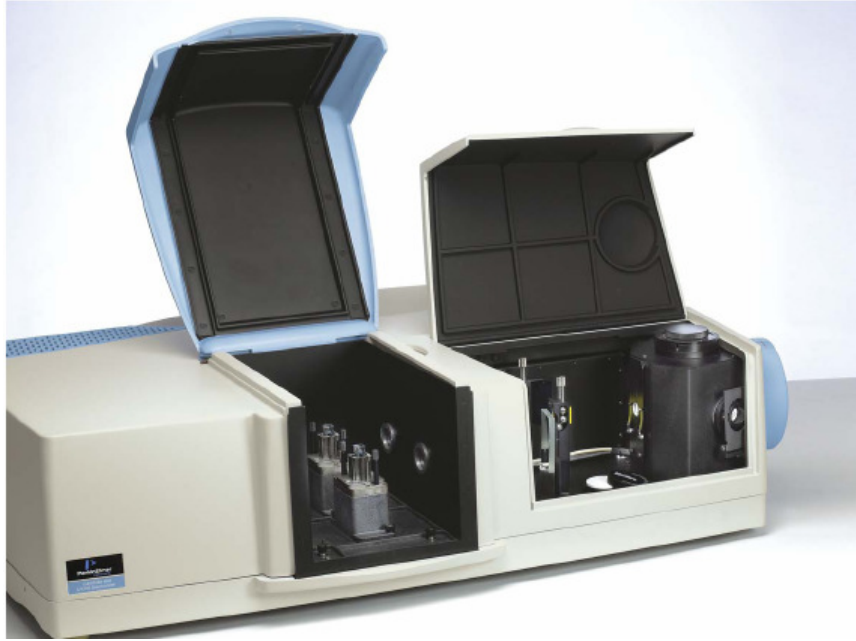
Teknik Özellik	Açıklama
Optik Sistem	Hepsi SiO ₂ ile kaplanmış yansıtıcı optik sistemlerden oluşmaktadır. UV/VIS için 240 nm 1440 çizgi/nm ve NIR için 1100 nm de 360 çizgi/mm kırınım ağına sahip iki monokromatör bulunmaktadır.
Demet Ayırma Sistemi	Kesici (Chopper) (46 Hz, Devir:Karanlık/Örnek/Karanlık)
Detektör	Tüm UV/VIS dalgaboyu aralığında yüksek enerji için R6872 Fotoçoğaltıcı tüp ve NIR için Peltier soğutuculu PbS dedektör.
Kaynak	Önceden hizalanmış Tungsten-halojen ve döteryum lamba
Dalgaboyu aralığı	175-3300 nm (185 nm nin altında sıvı azot (N ₂) soğutması gereklidir).
Ayırma Gücü	UV/VIS için ≤ 0.05 nm NIR için ≤ 0.20 nm
Dalgaboyu doğruluğu	+/- 0.08 nm UV/VIS +/- 0.30 nm NIR
Dalgaboyu Tekrarlanabilirliği	UV/VIS (Döteryum Lamba Çizgileri) ≤ 0.020 nm NIR (Döteryum Lamba Çizgileri) ≤ 0.080 nm UV/VIS için 10 ölçümün standart sapması: ≤ 0.005 nm NIR için 10 ölçümün standart sapması: ≤ 0.020 nm
Fotometrik Ekran	Sınırsız
Bant Geçirici	UV/VIS aralığında 0.01 nm lik artışlarla 0.05 nm- 5.00 nm NIR aralığında 0.04 nm lik artışlarla 0.20 nm- 20.00 nm
Çalışma Sıcaklığı	10-35 °C



Şekil 6.6. Perkin Elmer Lambda 950 Spektrofotometre Sisteminin iç yapısını şematik gösterimi

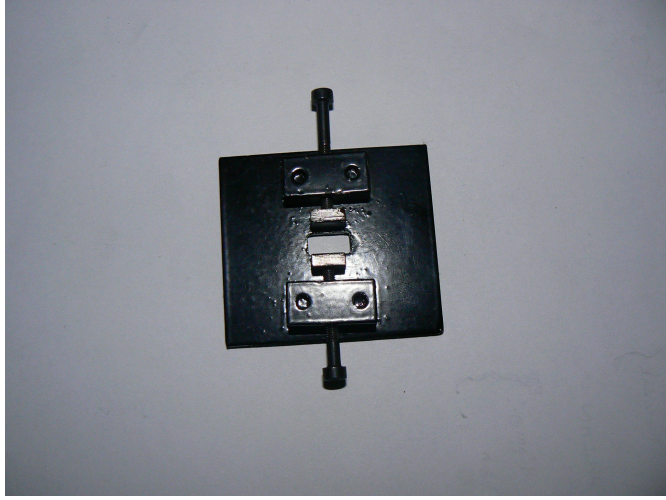
Lambda 950 spektrofotometre sistemi 175 nm den 3300 nm ye kadar olan UV/VIS/NIR dalgaboyu aralığında ölçüm yapma olanağı sağlayan bir sistemdir. Bu amaçla sistemde döteryum ve tungsten- halojen lambalardan oluşan iki adet ışık kaynağı (Şekil 6.6 da 1) ve UV/VIS için 240 nm 1440 çizgi/nm ve NIR için 1100 nm de 360 çizgi/mm kırınım ağına sahip iki monokromatör mevcuttur. Şekil 6.6 da görüldüğü gibi lambalardan çıkan ışık demeti ayna sistemi ile monokromatöre gelir (Şekil 6.6 da 2-3). Böylece demetin dalgaboyu belirlenir. Ardından monokromatörden çıkan ışık demeti yine ayna sistemi yardımıyla depolarizöre aktarılır (Şekil 6.6 da 4). Lambda 950 spektrometresi kristaller ve lazer uygulamalarında kullanılacak materyaller için polarizasyona bağlı geçirgenlik ve yansıtma ölçümleri alabileceği gibi, polarizasyondan bağımsız ölçümler için depolarize sisteminin kullanılması gerekmektedir. Depolarizörden çıkan ışık demeti demet kesiciye (chopper) gelir (Şekil 6.6 da 5). Demet kesici 47 Hz lik bir frekansla dönen, yansıtıcı ve geçirici kısımları olan ve dört parçalı olarak dizayn edilmiş bir diskdir. Bu parça sayesinde ışık demeti spektrometre içindeki örnek ve referans odalarından ayrı ayrı geçecek şekilde yansıtılır ya da geçirilir yani örnek ile referans arasında bir anahtar görevi yapmaktadır. Şekil 6.6 da 6 ile gösterilen parça yüksek soğurma özelliğine sahiptir, örneklerde daha hassas ve doğru ölçüm yapabilmek için kullanılır. Bu örnek ve

referans demetini azaltma özelliğine sahiptir. Bu şekilde, ölçüm aralığındaki her dalgaboyu için, ışık demeti şekil 6.6 da 7 ile gösterilen referans ve örnek odalarından geçerek detektöre ulaşır. Sistemde detektör olarak UV/VIS aralığı için R6872 fotoçoğaltıcı tübü ve NIR için Peltier soğutuculu PbS detektörü bulunmaktadır (Şekil 6.6 da 8). 185 nm altında ölçüm yapabilmek için N₂ soğutması gerekmektedir. Detektörde her dalgaboyu için referans ve örnek odalarından geçen ışığın karşılaştırılması ölçümü elde edilir. Şekil 6.6 da 9 ile gösterildiği gibi, sisteme ikinci bir örnek odası daha yerleştirme imkanı vardır. Toplam ve difüz geçirgenlik ölçümü yapmayı sağlamanın yanı sıra içerdiği 60 mm veya 150 mm lik küre ile son derece yüksek kararlılıkta yansımaya ölçümleri yapmayı sağlamaktadır (Şekil 6.7).



Şekil 6.7. İki farklı tür örnek odasını da içeren Lambda 950 Spektrofotometresi

Kullanılan optiksel soğurma sistemi bu çalışmada kullanılan malzemelerden çok daha büyük malzemeler için düzenlendiğinden, yaklaşık 5 mm genişliğe sahip küçük malzemelerin ölçülebilmesi için yeni bir örnek tutucu (Şekil 6.8) tasarlanıp yaptırılmıştır.



Şekil 6.8. Küçük örneklerin ölçümleri için tasarlanmış örnek tutucu

Tüm ölçümler boyunca ışık örnek üzerine dik bir şekilde düşürülmektedir. Ölçüm yapılacak dalgaboyu aralığı, sistemin çözünürlüğü ve hangi tür ölçüm yapılacağı (soğurma, yansıma veya geçirgenlik) "Perkin Elmer UV WinLab" bilgisayar programı sayesinde belirlenir. Elde edilen veriler AXUM programı ile grafik haline getirilir.

7. SONUÇLAR

Bu bölümde Almanya'da bulunan MATECK firmasından temin edilen saf ZnO ve Cu aşılantılmış(bombalanmış) ZnO numunelerine, tavlanmamış ve tavlandıktan sonra uygulanan deneysel çalışmalar anlatılmakta ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir.

Kullanılan ZnO tek kristali (0001) yönelimine sahip olup, $10 \times 5 \times 0,5 \text{ mm}^3$ boyutlarında ve bir yüzü parlatılmıştır. Malzemelerin alındığı firma tarafından yapılan element analizinin sonuçları çizelge 7.1 de verildiği gibidir.

Çizelge 7.1. ZnO örneğinin element analiz sonuçları

Ca < 3ppm	Cu < 1 ppm	Ag < 0,1ppm
Mn < 1ppm	Ti < 3ppm	V < 1ppm
Fe < 3ppm	Cr < 10ppm	Al < 3ppm
Si < 3ppm	K < 1000ppm	Mg < 2ppm
Mo < 1ppm	Li < 30ppm	La < 30ppm
Na < 1000ppm	Ni < 1ppm	Co < 1ppm

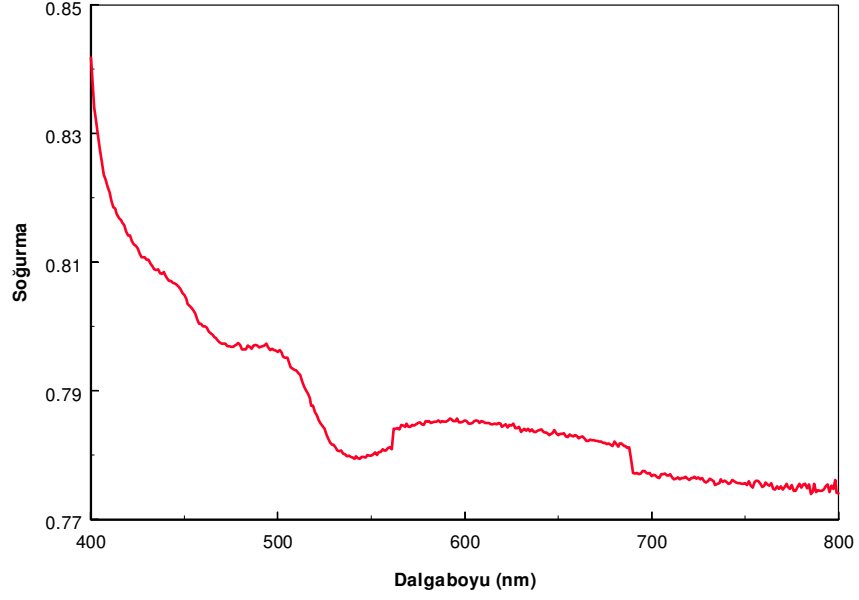
Aşılama işlemi Almanya'da bulunan Jülich araştırma merkezinde EATON 3204 iyon aşılama sistemi ile Prof. Dr. Ch Buchal tarafından yapılmıştır. Örnek oda sıcaklığında yüksek iyon demet akım yoğunluğunda ($\sim 20\text{--}50 \mu\text{/cm}^2$), 400 keV lik enerjili iyonlar ile 10^{-6} Torr luk vakum altında bombalanmıştır. İyonlarla bombalama işlemi tek kristalin(0001) parlatılmış yüzeyine yapılmıştır. Cu iyonlarının ZnO içine bombalanma dozu $2,5 \times 10^{16}$ iyon/cm² dir.

Yapılan çalışmada örneklerin ışımaya şiddetinin ve bombalama sonucunda örnek içinde, tavlanmadan önce ve tavlandıktan sonra oluşan değişikliklerin incelenmesi için, termolüminesans(TL) ve optiksel soğurma teknikleri kullanılmıştır.

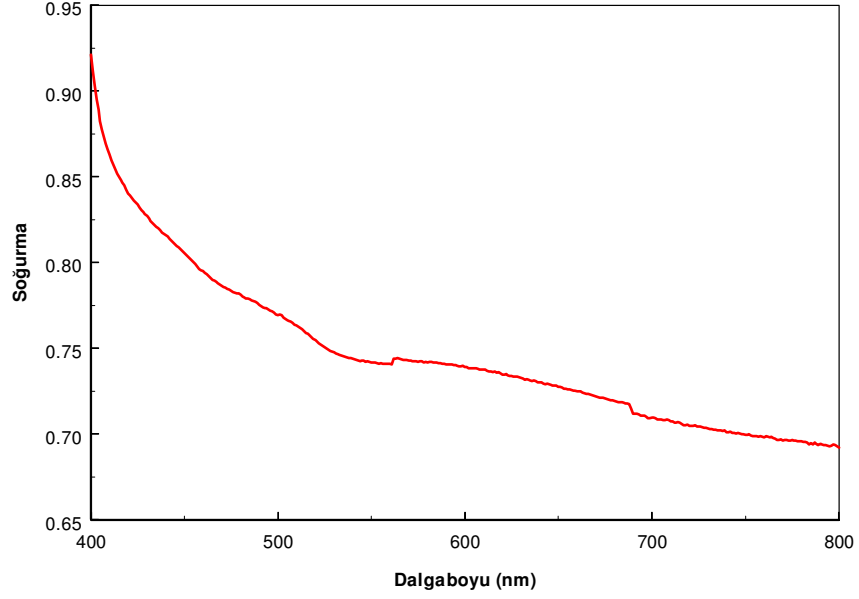
7.1. Optiksel Soğurma Ölçümleri

ZnO örneklerinin optiksel özelliklerini belirlemek amacıyla soğurma spektrumları alınmıştır. Bu ölçümler önceki bölümde detaylı olarak bahsettiğimiz Celal Bayar Üniversitesi Lüminesans Araştırma Laboratuvarında bulunan Perkin Elmer Lambda UV-VIS-NIR 950 spektrofotometresi yardımıyla alınmıştır. Alınan soğurma spektrumları için saf ve $2,5 \times 10^{16}$ iyon/cm² dozda Cu aşılantılmış ZnO kristali örnekleri kullanılmıştır. Soğurma spektrumlarına sıcaklığın etkisini belirlemek amacıyla örnekler 400-1000 °C sıcaklık aralığında

100 °C lik adımlarla birer saat tavlamanarak 400–800 nm dalgaboyu aralığında ve 1 nm hassasiyetle soğurma spektrumları alınmıştır. Bunu yapmakla hem saf hem de Cu aşılantmış ZnO kristali için tavlamanın optiksel soğurma spektrumuna olan etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir.

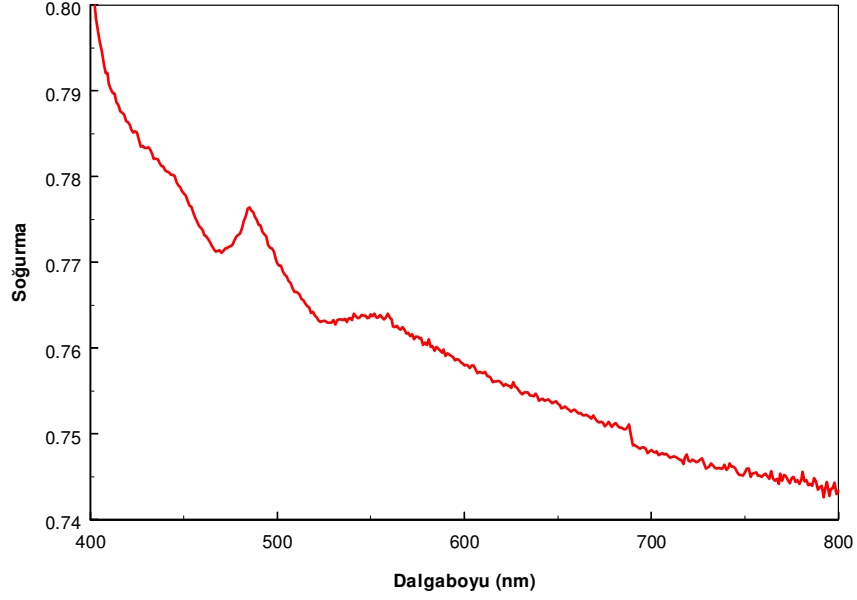


Şekil 7.1. Saf ZnO kristalinin oda sıcaklığında alınan optiksel soğurma spektrumu



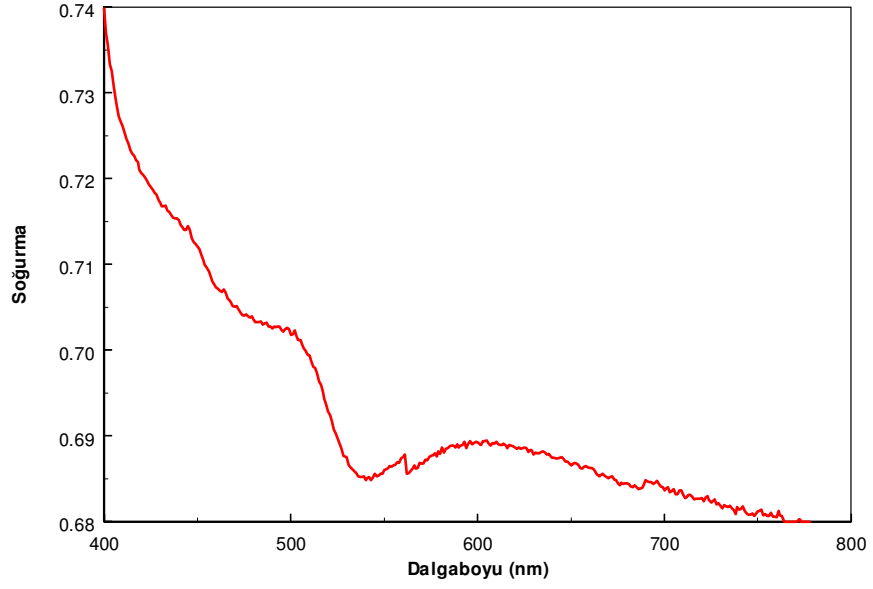
Şekil 7.2. Cu aşılantmış ZnO kristalinin oda sıcaklığında alınan optiksel soğurma spektrumu

Şekil 7.1 ve Şekil 7.2 de saf ve Cu aşılantmış ZnO kristalinin optiksel soğurma spektrumları görölmektedir. Spektrumlardan da göröldüğü gibi saf ve Cu aşılantmış ZnO örnekleri için değişik soğurma bantları elde edilmiştir. Saf ZnO kristali için 446 ve 494 nm de iki tane ve Cu aşılantmış örnek için 506 nm soğurma bandı görölmektedir. Ortaya çıkan bu farklılık ZnO kristali içerisine aşılant Cu iyonlarından kaynaklanmaktadır.

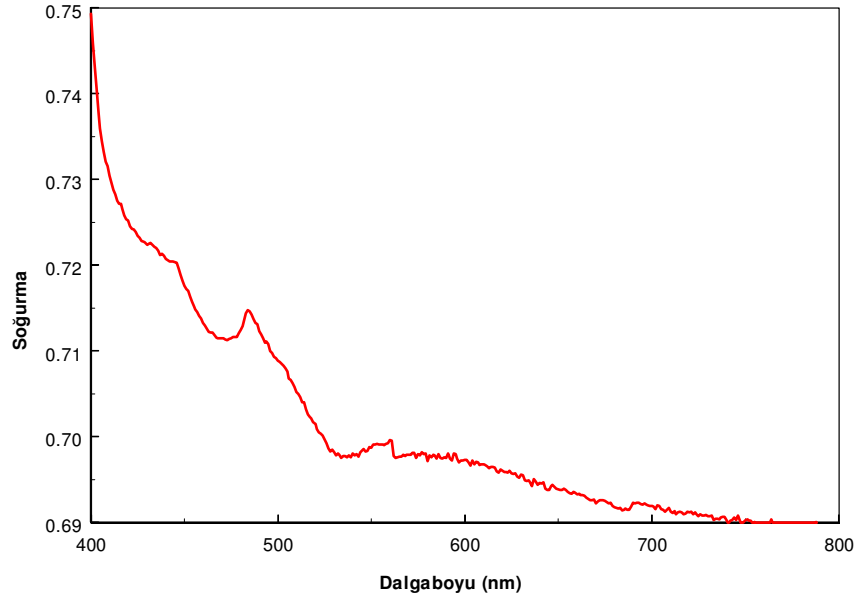


Şekil 7.3. Saf ZnO kristali için 400 °C de tavlanaarak alınan optiksel soğurma spektrumu

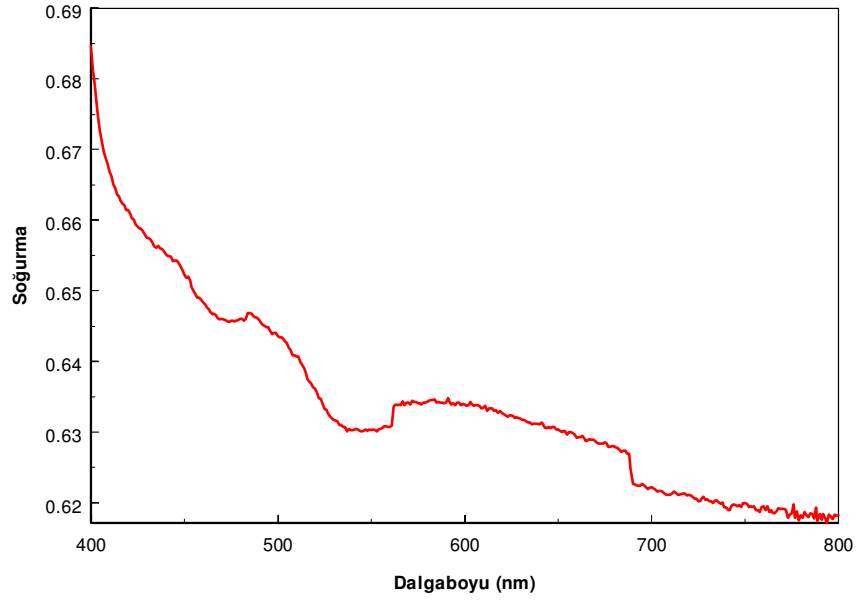
Şekil 7.3 ve Şekil 7.4 te saf ve Cu aşılantmış ZnO kristalinin 400 °C de bir saat tavlanaarak alınan soğurma spektrumları görölmektedir. Tavlama sonucu hem saf hem de Cu aşılantmış ZnO örneği için soğurma bantlarının değiştii görölmektedir. Saf ZnO kristali için oda sıcaklığında alınan ölçümdeki 446 ve 494 nm deki soğurma bantları 400 °C de bir saat tavlandıktan sonra alınan soğurma spektrumunda 448 nm ve 486 nm ye kaymıştır. Benzer şekilde Cu aşılantmış ZnO örneği için oda sıcaklığında alınan ölçümde 506 nm deki soğurma bandı 400 °C de bir saat tavlandıktan sonra alınan ölçümde yaklaşık olarak 445 nm ve 505 nm olmak üzere iki belirgin soğurma bandı oluşturmıştur.



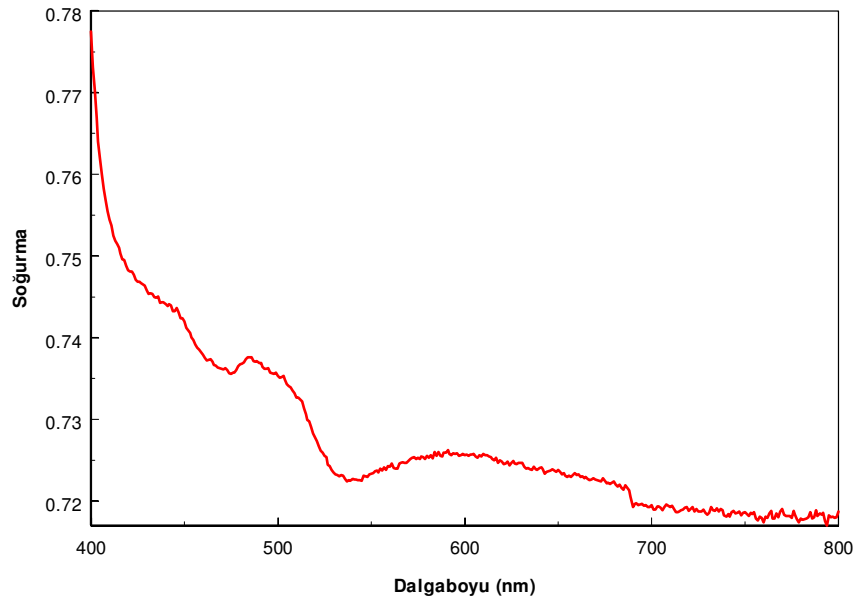
Şekil 7.4. Cu aşılantılmış ZnO kristali için 400 °C de tavlانarak alınan optiksel soğurma spektrumu



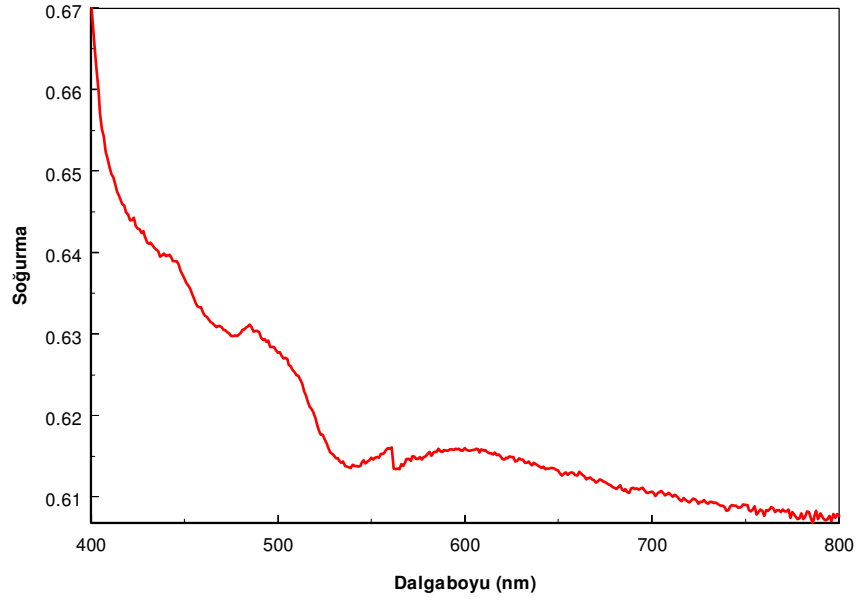
Şekil 7.5. Saf ZnO kristali için 500 °C de tavlانarak alınan optiksel soğurma spektrumu



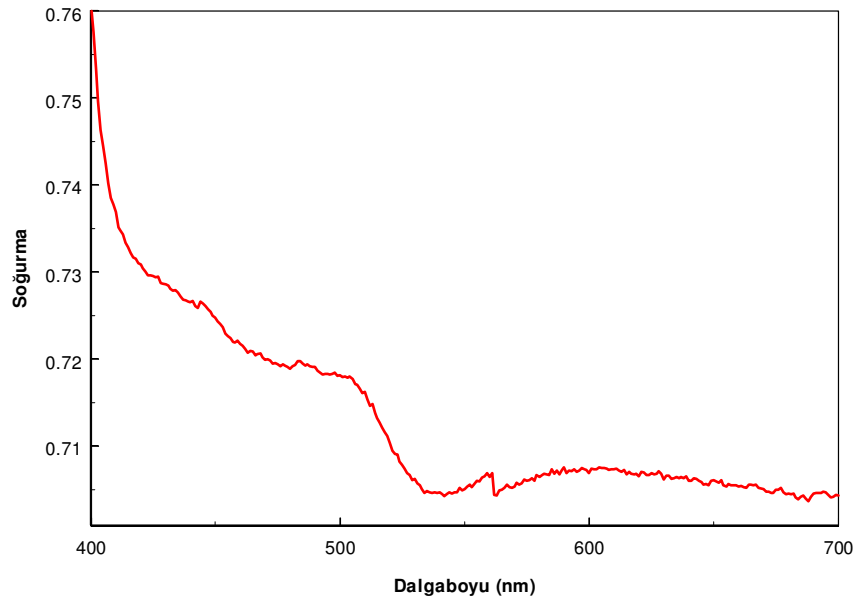
Şekil 7.6. Cu aşılantılmış ZnO kristali için 500 °C de tavlانarak alınan optiksel soğurma spektrumu



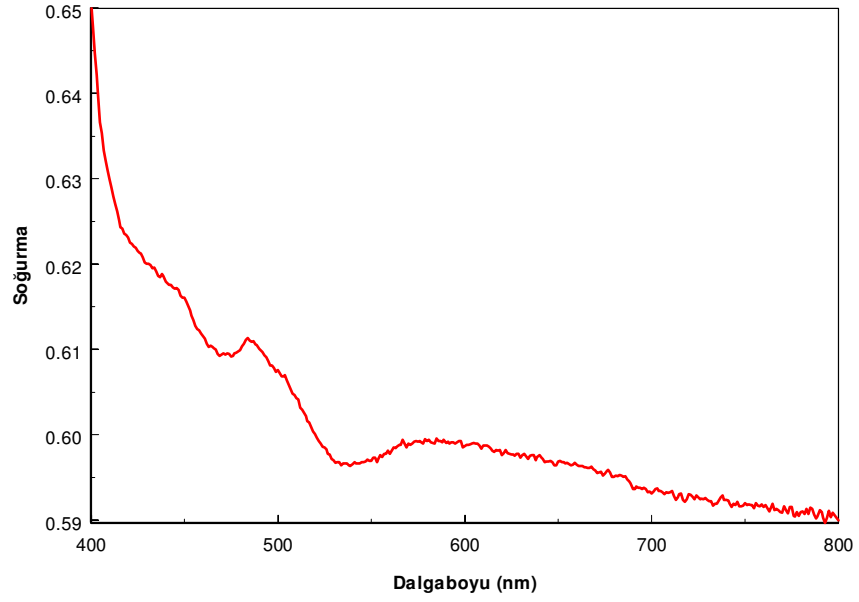
Şekil 7.7. Saf ZnO kristali için 600 °C de tavlانarak alınan optiksel soğurma spektrumu



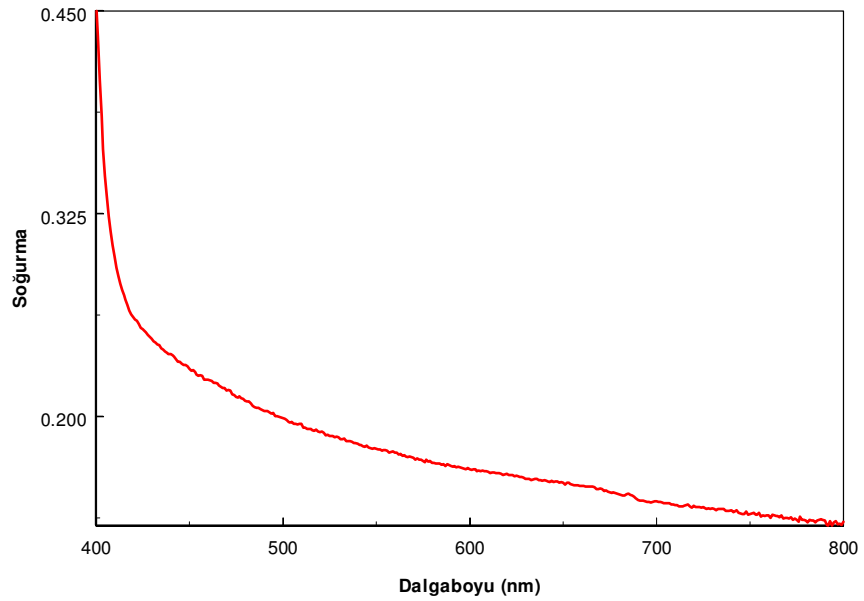
Şekil 7.8. Cu aşılantılmış ZnO kristali için 600 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu



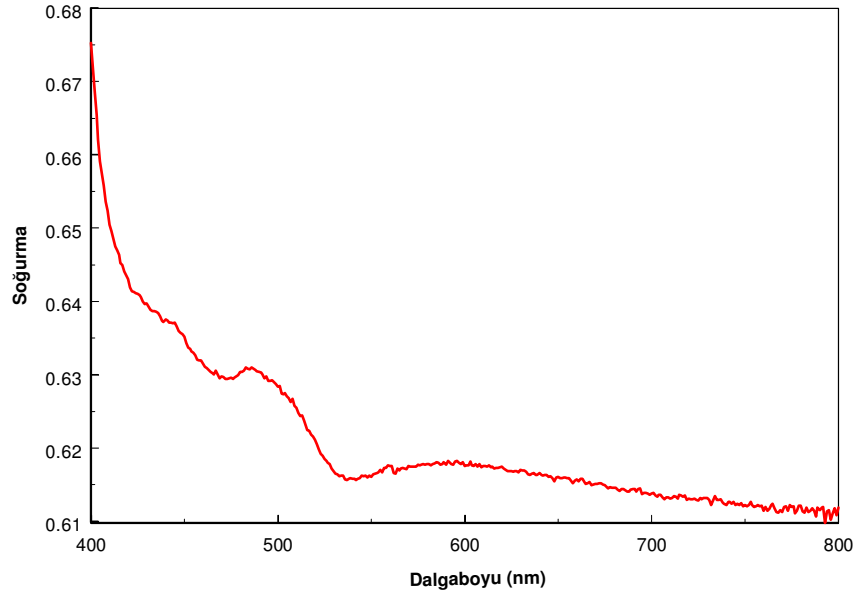
Şekil 7.9. Saf ZnO kristali için 700 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu



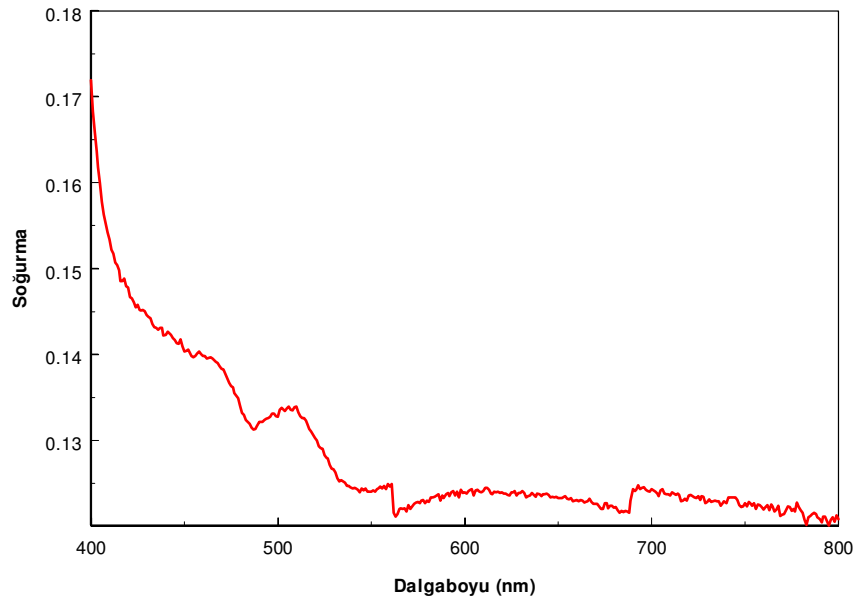
Şekil 7.10. Cu aşılınmış ZnO kristali için 700 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu



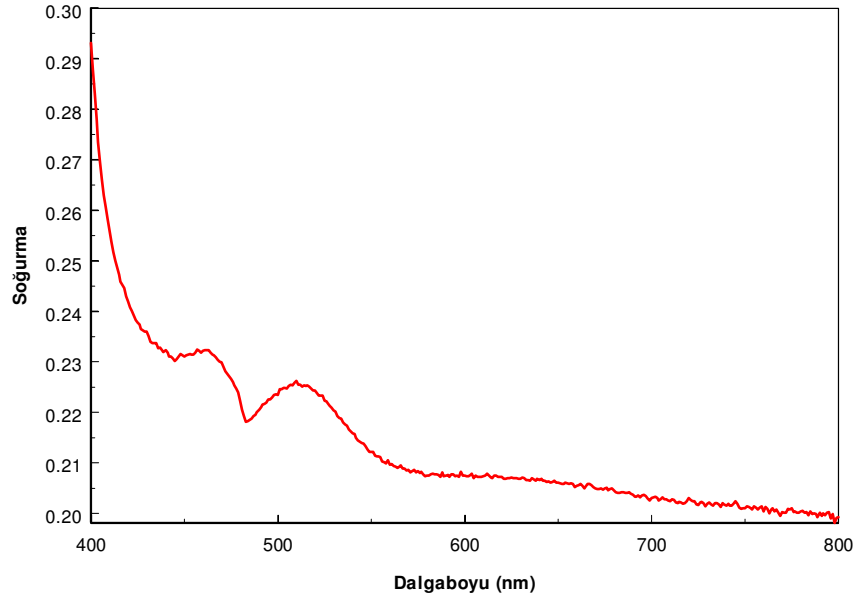
Şekil 7.11. Saf ZnO kristali için 800 °C de tavlansarak alınan optiksel soğurma spektrumu



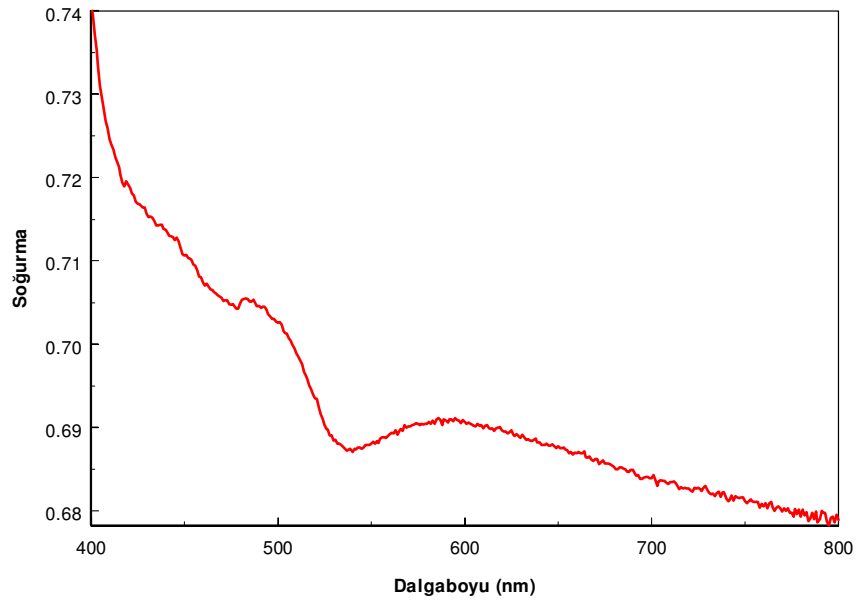
Şekil 7.12. Cu aşılınmış ZnO kristali için 800 °C de tavlانarak alınan optiksel soğurma spektrumu



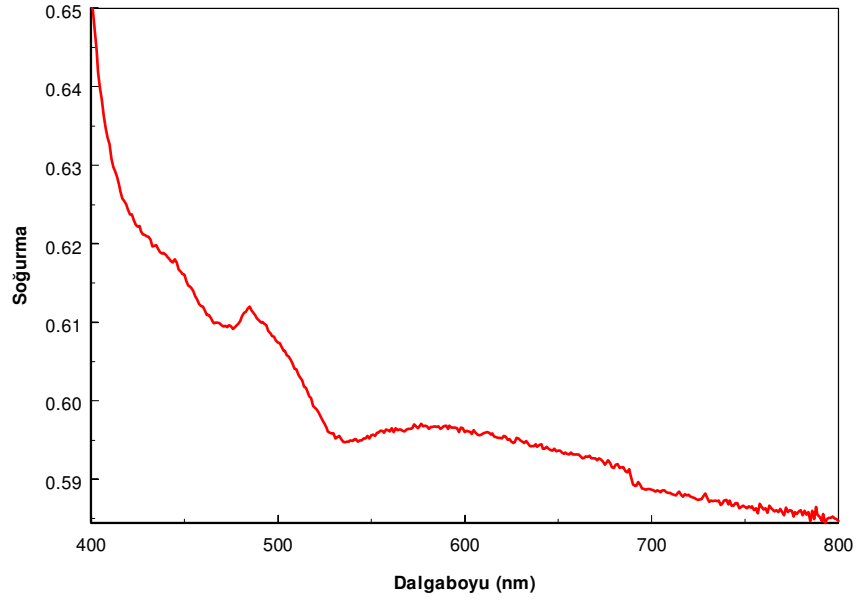
Şekil 7.13. Saf ZnO kristali için 900 °C de tavlانarak alınan optiksel soğurma spektrumu



Şekil 7.14. Cu aşılınmış ZnO kristali için 900 °C de tavlانarak alınan optiksel soğurma spektrumu

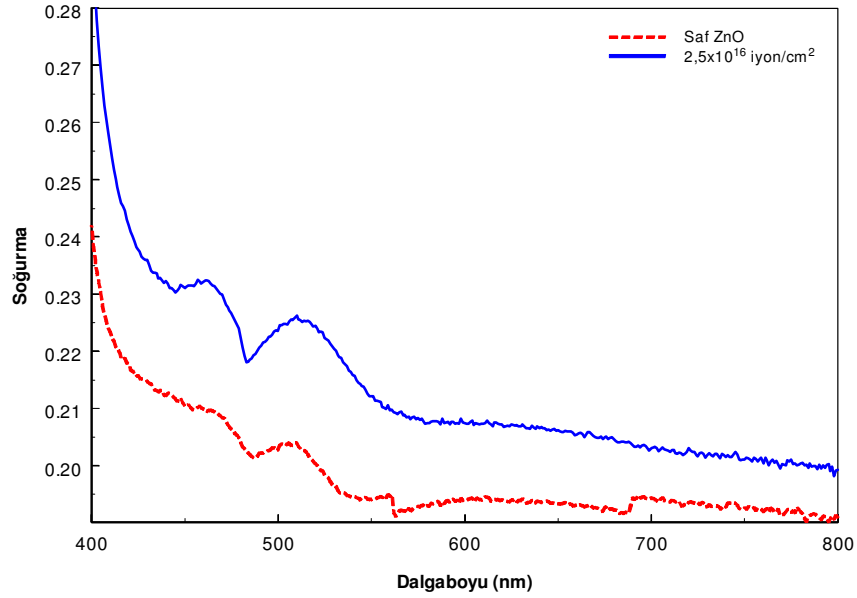


Şekil 7.15. Saf ZnO kristali için 1000 °C de tavlانarak alınan optiksel soğurma spektrumu



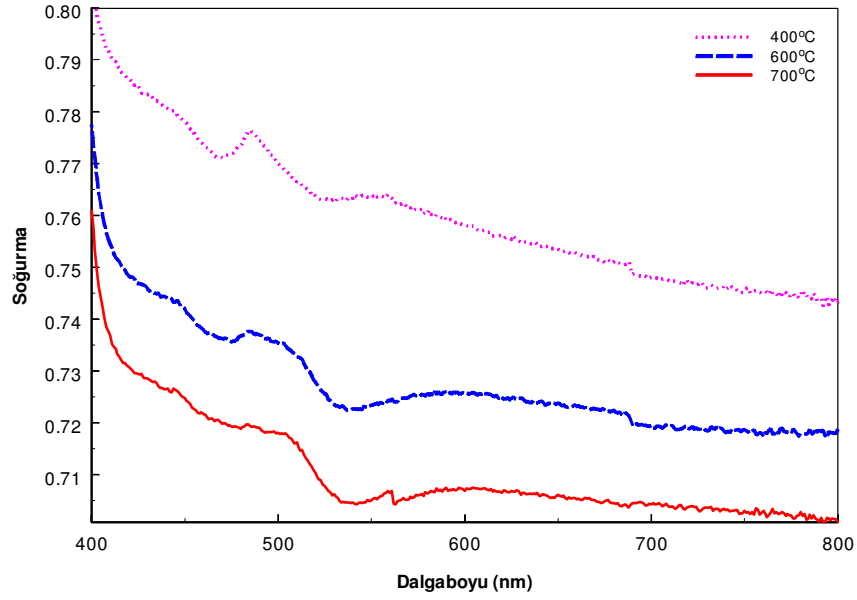
Şekil 7.16. Cu aşıl原因mış ZnO kristali için 1000 °C de tavlanaarak alınan optiksel soğurma spektrumu

Şekil 7.4 ile şekil 7.16 arasında bulunan çift numaralı şekillerde Cu aşıl原因mış ZnO örneklerinin 400-1000°C sıcaklık aralığında tavlanaarak alınan optiksel soğurma spektrumları verilmiştir. Optiksel soğurma, tavlama neticesinde azalmıştır. Bunun sebebi; burada oluşan nanoparçacıkların sıcaklıkla büyüyerek saçılmayı arttırması ve saçılmanın artmasıyla birlikte soğurmanın azalmasıdır. Çünkü nanoparçacığın boyutu büyüdükçe saçılma artacak dolayısıyla soğurma azalacaktır.

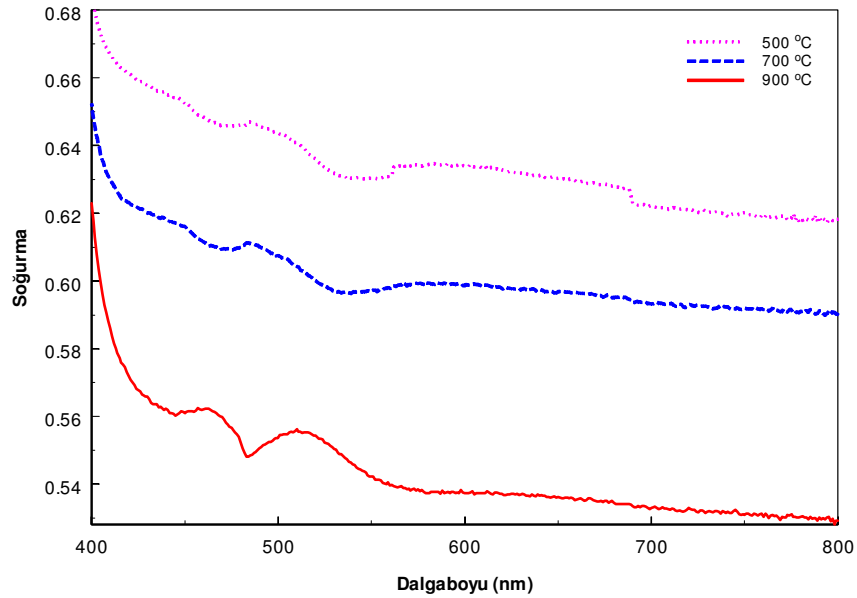


Şekil 7.17. Saf ve Cu aşılantılmış ZnO kristali için 900 °C de tavlanaarak alınan optiksel soğurma spektrumu

Şekil 7.17 de saf ve Cu aşılantılmış ZnO örneklerinin 900 °C de birer saat tavlanaarak alınmış soğurma spektrumları görölmektedir. Spektrumlara bakıldığında belirgin bir fark göze çarpmaktadır. Şekilde göröldüğü gibi Cu aşılantılmış örneğin soğurma spektrumunda yaklaşık olarak 520 nm de bakıra özgül belirgin bir pik oluşmuştur. Bu da bize ZnO örneği içerisinde Cu nanoparçacıklarının ortaya çıktığını gösterir. Daha düşük sıcaklıklarda tavlanaan örneklerde bu oluşum gözlenmemektedir. Bu aşılantanan Cu iyonlarının dozunun düşük olması dolayısıyla nanoparçacığın boyutunun çok küçük olduğu ve yüksek sıcaklıklarda tavlama yapılması gerektiği ile açıklanır. Bu nanoparçacık oluşumu $2,5 \times 10^{16}$ iyon/cm² dozda Cu aşılantanan ZnO örneklerinin 900 °C ye kadar tavlanamasıyla daha da belirgin hale gelmiştir. Bunun yanı sıra daha düşük doz ve enerjilerde yapılan tavlamalarda ise ne kadar tavlama yapılırsa yapılsın nanoparçacık oluşumu gözlenemeyecektir.



Şekil 7.18. Saf ZnO kristalinin optiksel soğurma spektrumuna farklı sıcaklıklarda tavlama etkisi



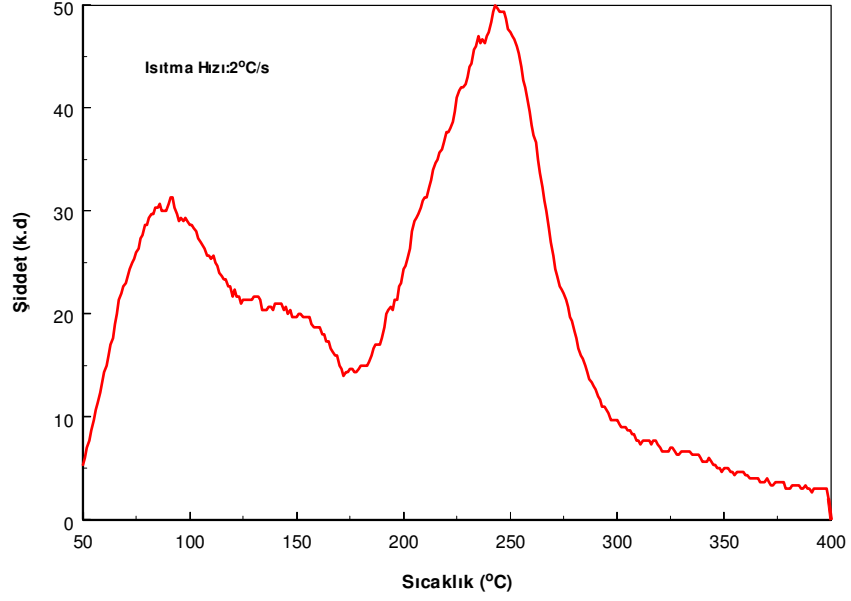
Şekil 7.19. $2,5 \times 10^{16}$ iyon/cm² dozda Cu aşılınmış ZnO kristalinin optiksel soğurma spektrumuna farklı sıcaklıklarda tavlama etkisi

Şekil 7.18 ve Şekil 7.19 da saf ve $2,5 \times 10^{16}$ iyon/cm² dozda Cu aşılınmış ZnO kristalinin farklı sıcaklıklarda birer saat tavlanaarak alınmış optiksel soğurma spektrumları görülmektedir. Spektrumlarda tavlama sıcaklığı arttıkça hem saf hem de Cu aşılınmış ZnO örneği için soğurmanın düştüğü net bir şekilde görülmektedir. Buradan da tavlama sıcaklığı arttıkça örneğin yapısının değiştiği söylenebilir. Bu da ZnO içerisinde oluşan nanoparçacık oluşumunun bir göstergesidir.

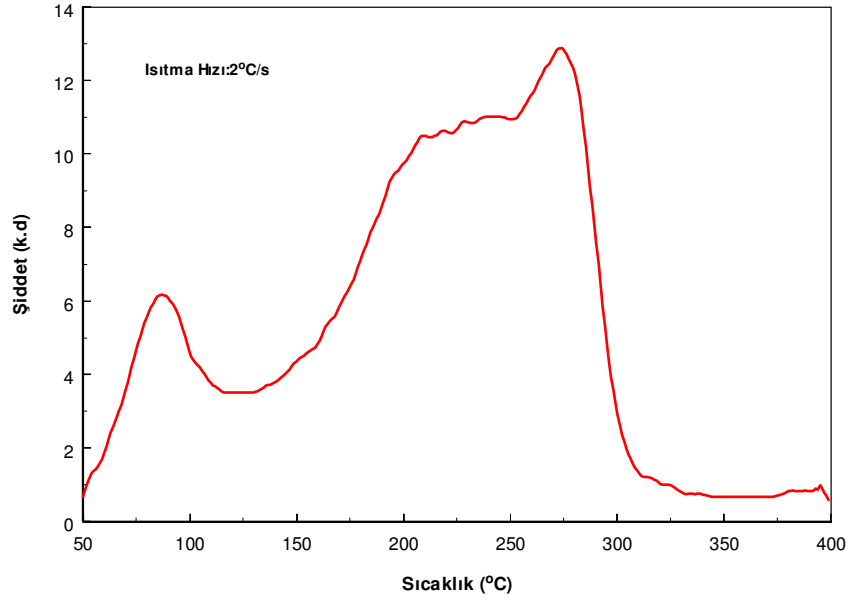
7.2. Termolüminesans (TL) Ölçümleri

İyon aşılınmış ZnO örneklerinin termolüminesans (TL) özelliklerini incelemek için farklı doz ve tavlama sıcaklıklarında termolüminesans spektrumları alınmıştır. Söz konusu TL spektrumları Celal Bayar Üniversitesi Lüminesans Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan RA'94 TLD Reader-Analyser okuyucu sistemi ile alınmıştır. TL ölçümleri öncesinde ZnO kristalinin üzerindeki doğal radyasyon etkisini silmek amacıyla örnekler ısıtılmıştır. Farklı dozlarda x- ışınına maruz bırakılan örneklerin 50-400 °C sıcaklık aralığında 2 °C/s ısıtma hızıyla TL spektrumları alınmıştır. Örnekler üzerindeki tavlama etkisini belirlemek amacıyla, örnekler 400–1000 °C sıcaklık aralığında 100 °C' lik adımlar ile 1 saat süresince tavlınmış ve sonrasında TL ölçümleri alınmıştır.

Şekil 7.20 ve 7.21 de sırasıyla saf ve Cu aşılınmış ZnO örneklerinin 30 dk X-ışınına maruz bırakıldıktan sonra alınan TL spektrumları görülmektedir. Saf ZnO için 87 °C, 146 °C ve 245 °C de 3 pik görülürken, Cu aşılınmış örnekte 87 °C, 210 °C ve 274 °C de yine 3 pik gözlenmiştir. İlk pikin yeri her iki örnekte de değişmezken, ana pik olarak ele alınabilecek olan 3. pik aşılınmanın etkisi ile daha yüksek bir sıcaklığa kaymıştır.

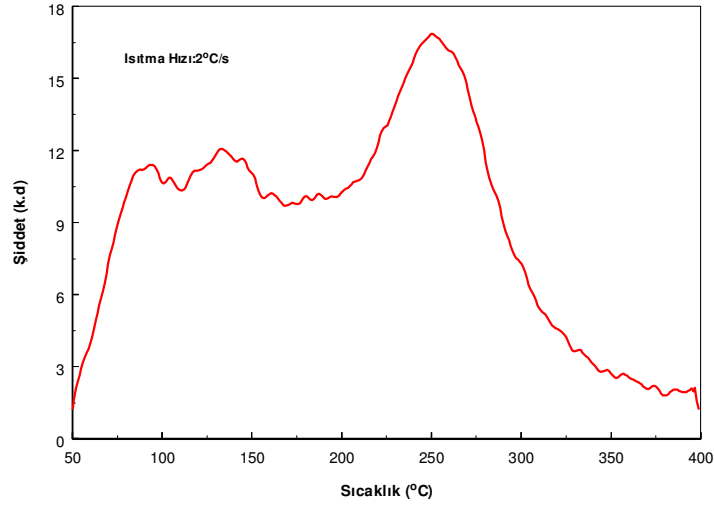


Şekil 7.20. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan saf ZnO kristalinin TL spektrumu

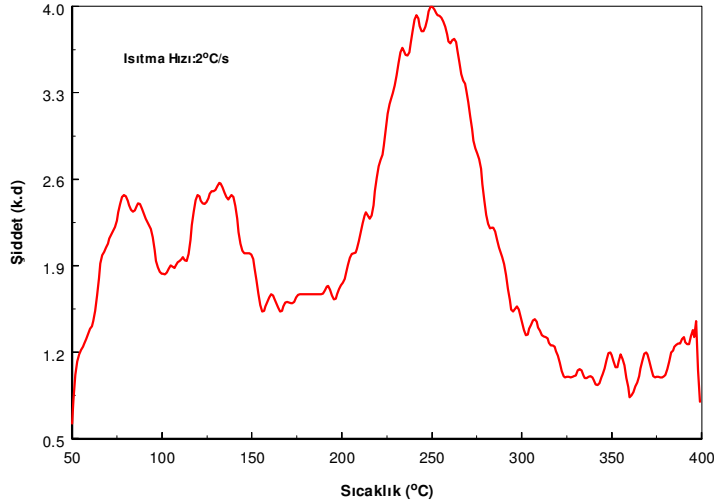


Şekil 7.21. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan Cu aşılantılmış ZnO kristalinin TL spektrumu

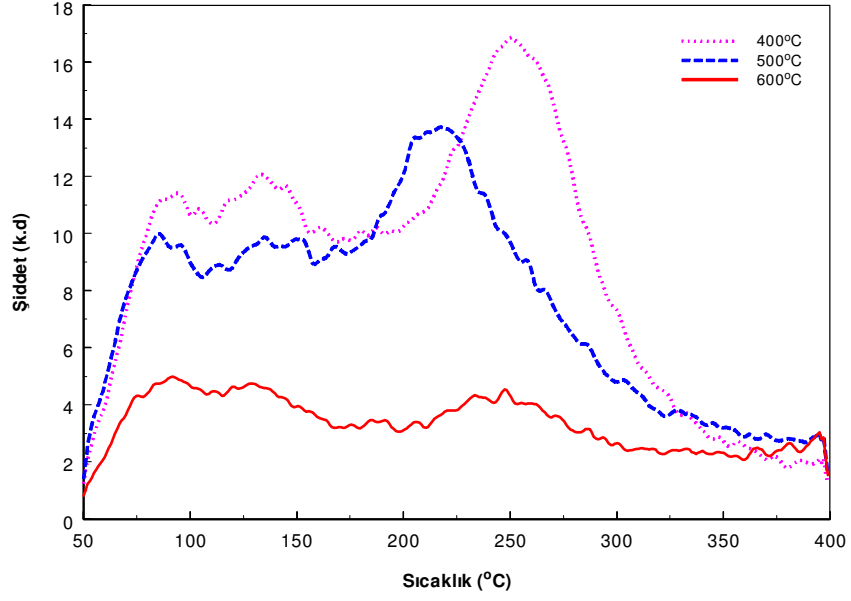
Örnekler üzerinde tavlama sıcaklığının etkisini görmek amacıyla 400 °C den itibaren tavlanan örneklerin yine 30 dk X-ışınına maruz bırakıldıktan sonra TL spektrumları alınmıştır (Şekil 7.22 ve 7.23). Bu tavlamanın etkisi ile saf ZnO daki spektrumda piklerin yerlerinde belirgin bir değişiklik gözlenmezken, 146 °C deki ikinci pik diğerlerine göre daha hızlı artmıştır. Aşılınmış örnekte 87 °C deki pikin yeri değişmemiştir. Ancak tavlamanın etkisi ile 131 °C ve 250 °C de iki pik gözlenmiştir.



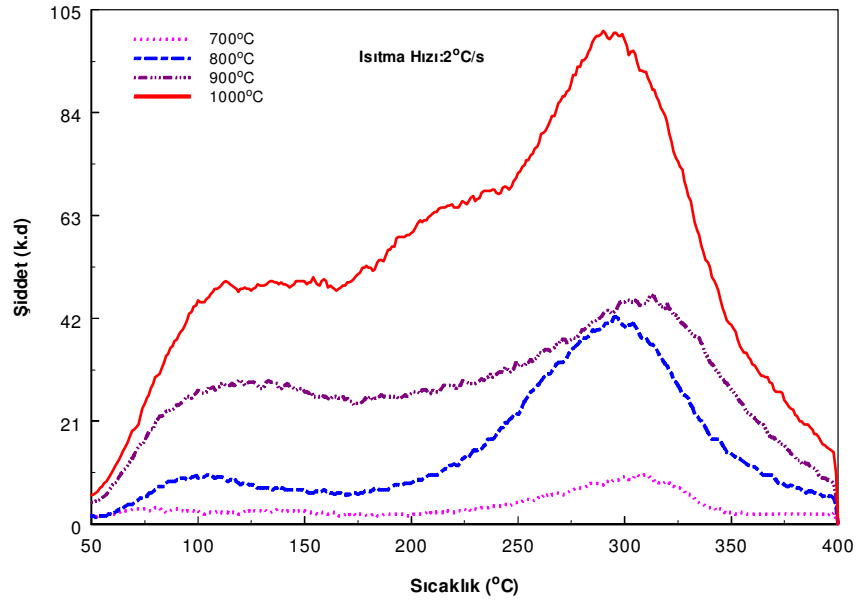
Şekil 7.22. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan ve 400 °C de tavlanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu



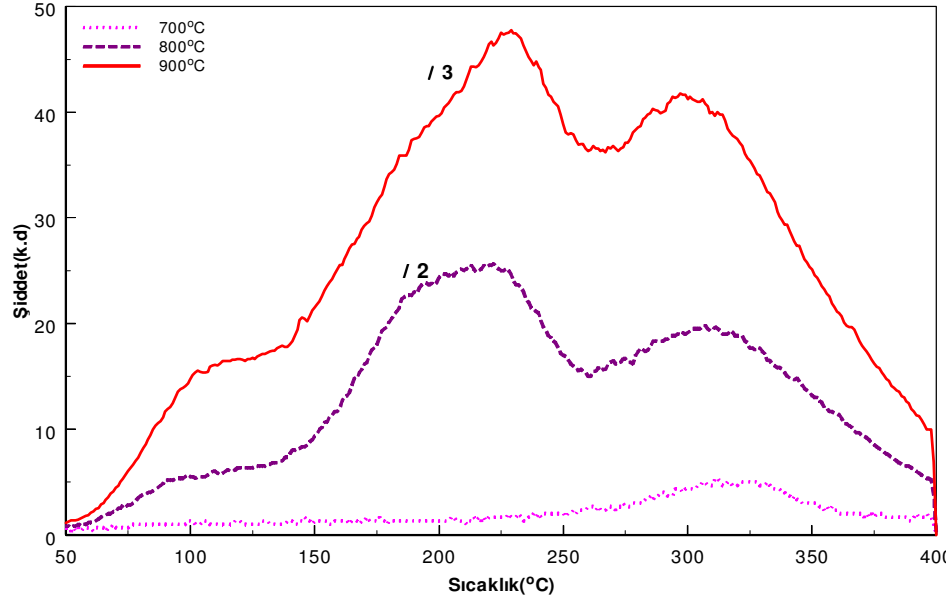
Şekil 7.23. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan ve 400 °C de tavlanan Cu aşılınmış ZnO kristalinin TL spektrumu



Şekil 7.24. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu



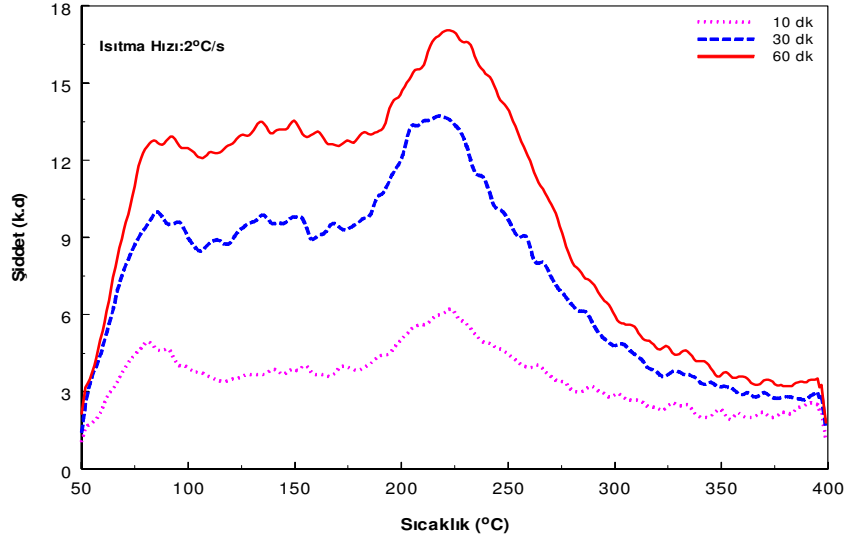
Şekil 7.25. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu



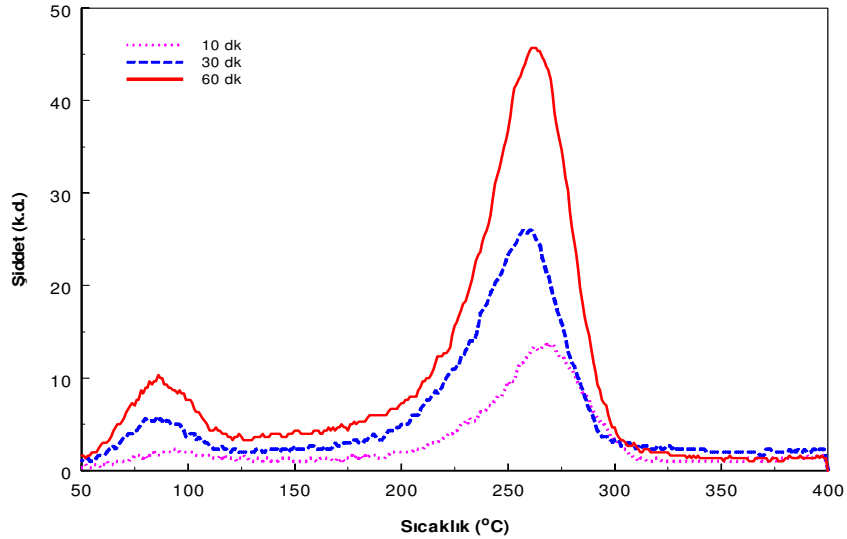
Şekil 7.26. 30 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan Cu aşılansız ZnO kristalinin TL spektrumu

Tavlama sıcaklığı 400 °C den başlayıp 1000 °C ye kadar arttırıldığında saf ZnO için elde edilen TL spektrumları şekil 7.24 ve 7.25 te verilmektedir. Tavlama sıcaklığının arttırılmasıyla başlangıçta TL şiddeti düşerken daha yüksek sıcaklıklara çıktığında şiddet artmaktadır. Bunun yanı sıra ana pik te daha yüksek sıcaklıklara kaymaktadır. Aşılansız örnekte (Şekil 7.26) yüksek sıcaklıklardaki tavlamanın etkisi ile TL şiddeti önemli ölçüde artarken, spektrumda belirgin değişiklikler meydana gelmiş ve pikler daha yüksek sıcaklıklara doğru kaymıştır.

Hem saf hem de Cu aşılantılmış örneklerde ışınlama dozunun etkisini belirlemek amacıyla örnekler farklı sürelerde X-ışınına maruz bırakılmıştır (Şekil 7.27 ve 7.28). Her iki örnekte de ışınlama süresi 10 dk dan 60 dk ya doğru arttırıldığında TL şiddeti artmaktadır. Özellikle aşılantılmış örnekte 262 °C deki ana pik daha belirgin hale gelmiştir.

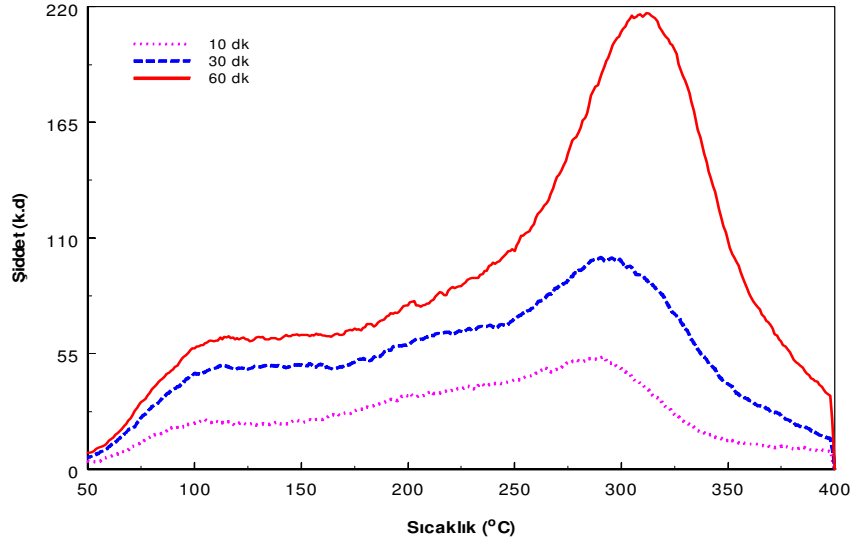


Şekil 7.27. Farklı dozlarda x-ışınına maruz bırakılan ve 500 °C de tavlanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu

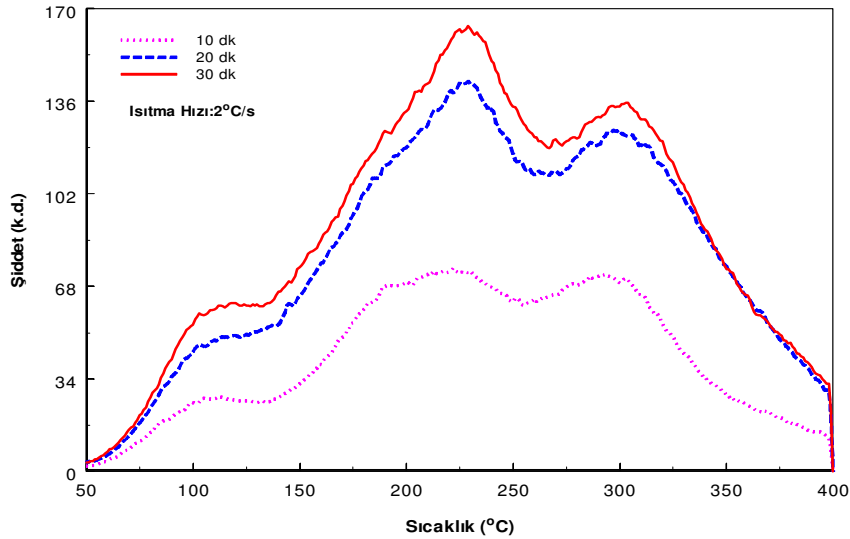


Şekil 7.28. Farklı dozlarda x-ışınına maruz bırakılan ve 500 °C de tavlanan Cu aşılantılmış ZnO kristalinin TL spektrumu

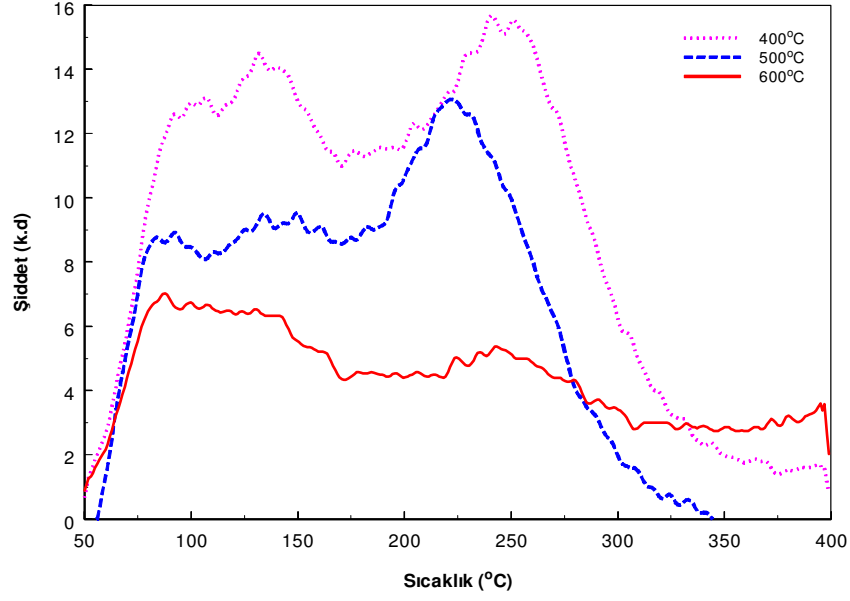
1000 °C de tavlانیp farklı dozlarda X-ışınına maruz bırakılan saf ve aşılantmış örneklerin TL spektrumları Şekil 7.29 ve 7.30 da verilmektedir. 112 °C ve 295 °C deki iki pik her iki örnekte de görölürken, saf örnekten farklı olarak aşılantmış örnekte 228 °C de bir pik elde edilmiştir.



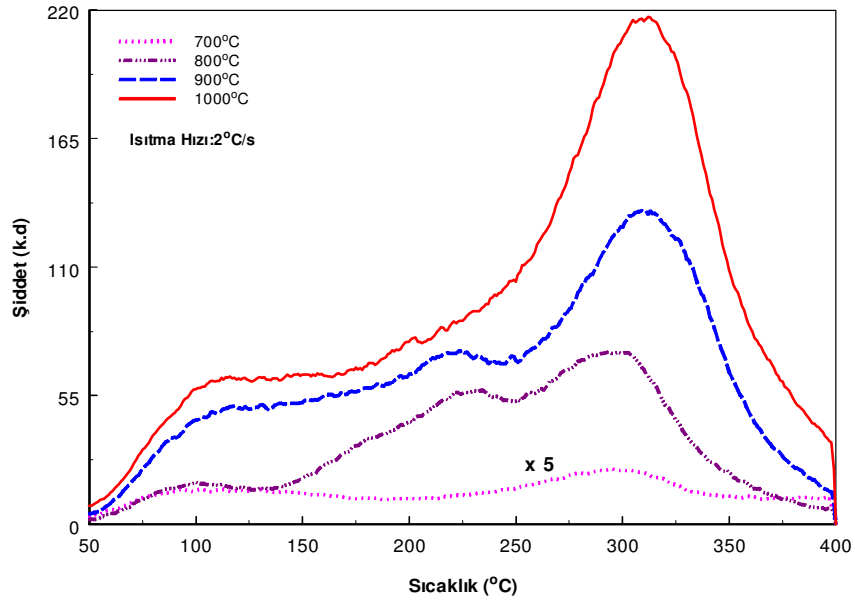
Şekil 7.29. Farklı dozlarda x-ışınına maruz bırakılan ve 1000 °C de tavlantanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu



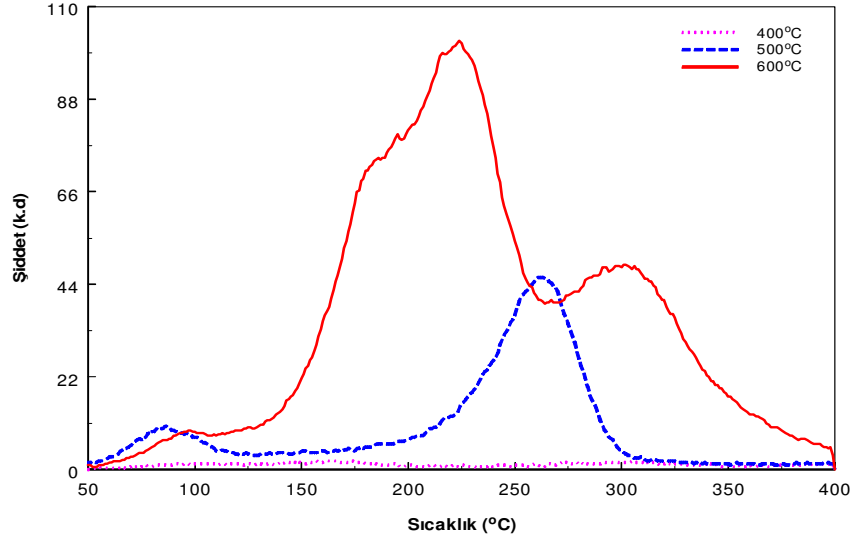
Şekil 7.30. Farklı dozlarda x-ışınına maruz bırakılan ve 1000 °C de tavlantanan Cu aşılantmış ZnO kristalinin TL spektrumu



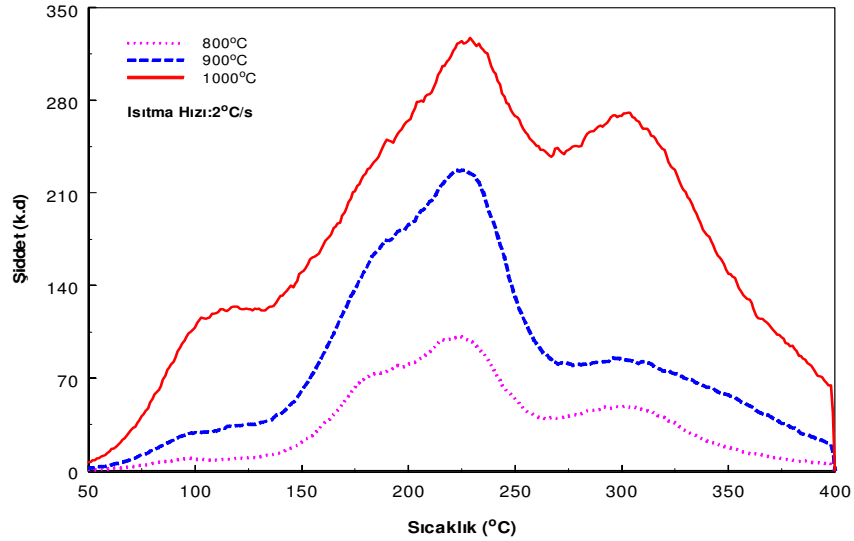
Şekil 7.31. 60 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu



Şekil 7.32. 60 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan saf ZnO kristalinin TL spektrumu



Şekil 7.33. 60 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan Cu aşlanmış ZnO kristalinin TL spektrumu



Şekil 7.34. 60 dk x-ışınına maruz bırakılan ve farklı sıcaklıklarda tavlanan Cu aşlanmış ZnO kristalinin TL spektrumu

60 dk X-ışınına maruz bırakılan saf ZnO örneğinin farklı tavlama sıcaklıkları için elde edilen TL spektrumları Şekil 7.31 ve 7.32 de verilmektedir. Aynı şartlarda aşlanmış örnekler için alınan spektrumlar ise Şekil 7.33 ve 7.34 te görülmektedir.

8. TARTIŞMA VE YORUM

Bu çalışmada hem saf hem de $2,5 \times 10^{16}$ iyon/cm² dozda Cu ile aşılınmış örneklerin optiksel soğurma ve TL spektrumları alınmıştır.

Tavlama sıcaklığının artırılmasıyla saf ve aşılınmış ZnO örneklerinin optiksel soğurma şiddetlerini azaldığı görülmüştür. Bu durumun tavlama etkisiyle atom çapının artmasına bağlı olarak saçılmanın da artmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla saçılmanın artması sonucu, ters orantılı olarak, soğurma azalacaktır.

Cu aşılınmış örneğin soğurma spektrumuna bakıldığında, tavlama öncesi veya düşük sıcaklıklarda yapılan tavlama sonucu soğurma spektrumunda nanoparçacık oluşumu gözlenmemektedir. Bu, aşılınan Cu iyonlarının dozunun düşük olması nedeniyle nanoparçacığın boyutunun çok küçük olduğu ve yüksek sıcaklıklarda tavlama yapılması gerektiği ile açıklanır. Tavlama sıcaklığının artırılmasıyla birlikte literatürde bilinen bakıra ait soğurma piki yaklaşık olarak 520 nm de gözlenmiştir. Dolayısıyla yüksek sıcaklıklardaki tavlama sonucu ZnO örneğinin içerisinde Cu nanoparçacıklarının oluştuğu söylenebilir. Daha sonraki çalışmalarda aşılınan Cu iyonlarının dozunun artırılması ve bu şekilde daha belirgin olarak oluşacağı düşünülen nanoparçacık oluşumunun araştırılması düşünülmektedir.

Örneklerin TL spektrumları üzerinde hem tavlama sıcaklığının hem de ışınlama dozunun etkisi incelenmiştir. Genel olarak her iki örnekte de tavlama sıcaklığı 400 °C den 600 °C ye doğru arttırıldığında TL şiddeti azalırken, 700 °C den 1000 °C ye çıkıldığında artmaktadır. Işınlama dozu 10 dk dan 60 dk ya kadar arttırıldığında da benzer şekilde hem saf hem de aşılınmış örneklerde TL şiddeti artmaktadır.

Bilindiği gibi bir malzemenin dozimetrik özelliklerinden biri de tavlama sıcaklığının belirlenmesidir. Bu çalışmada tavlama sıcaklığı ile ilgili çeşitli ölçümler yapılmış olup, çalışmanın devamı olarak örneklerin diğer dozimetrik özellikleri de incelenip, dozimetre olarak kullanılıp kullanılmayacağına karar verilebilir.

KAYNAKLAR

Akın A. "Dy ve Li Katkılanmış CaSO_4 ile Dy Katkılanmış CaB_4O_7 Termolüminesans Malzemelerin Kinetik Parametrelerinin İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, 2009

Asıl H., "Geniş Bant Aralıklı ZnO'nun, Elektrokimyasal Olarak Büyütülmesi, Karakterizasyonu ve Mümkün Elektronik Uygulamalarının Araştırılması" Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 2010

Beiser, A., 1995. "Modern Fiziğin Kavramları" McGraw-Hill, Inc., pp. 334-336.

Bulun G., "3d-Geçiş Metali Ni Katkılı $\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}$ ve 4f-Lantanit Gd Katkılı $\text{Zn}_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}$ Bileşiklerinin Yapısal ve Manyetik Özellikleri" Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, 2010

Bulur E., "Thermally and Optically Stimulated Luminescence" LUMIDOZ III Conference, Bodrum-TURKEY, 2009

Caferov T., "Yarıiletken Fiziği -1" Yıldız Teknik Üniversitesi Basımı, 1998

Can N. "Studies Of Ion Implantation Into Insulators Using Nuclear Methods, Luminescence And Waveguide Techniques", PhD.Thesis, The University of Sussex UK, 1995.

Cruz-Vázquez C., Bernal R., Burruel-Ibarra S.E., Grijalva-Monteverde H., Barboza-Flores M. "Thermoluminescence properties of new ZnO nanophosphors exposed to beta irradiation" Optical Materials 27 (2005) 1235–1239

Çetin A. " Al_2O_3 ve SiO_2 içine Aşıl原因mış Olan Eu ve Yb nin Derinlik Analizleri" Y. Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, 2000.

Çetin A. "Farklı Metalik İyonlarla Bombalanan ZnO Örneklerinin Fiziksel ve Yapısal Özelliklerinin Nükleer, Lüminesans ve Diğer Teknikler kullanılarak İncelenmesi" Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 2007

Çivicioğlu Ö. "Minerallerin Termolüminesans Özelliklerinin İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, 2010

Dikici B. "Malzeme Bilimi Ders Notları" Yüzüncü Yıl Üniversitesi, 2008

KAYNAKLAR (Devamı)

Dulda A. "II-VI Grubu Nanoyapıların Sentezlenmesi" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, 2006

Durlu T. NURİ "Katıhal Fiziğine Giriş" 3. baskı, 1996

Gao Y. F., Nagai M., Masuda Y., Sato F., Koumoto K., 2005. "Electrochemical Deposition of ZnO Film and Its Photoluminescence Properties" J. Crystal Growth, 286(2006), 445–450.

Güngör D. "Agat ve Kalsedon'un Termoluminesans Özellikleri" Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Üniversitesi, 2010

Gür E. "Çinko Oksit Yarıiletkeninin Yapısal, Optik Ve Elektriksel Karakterizasyon Teknikleriyle İncelenmesi" Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, 2007

Iwaki M., 1989, "Metal Surface Modification by Ion Implantation", Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences, Vol. 15, Issue 5, pp. 473-508.

İflazoğlu S."Ametist'in Termoluminesans ve Optiksel Özelliklerinin Araştırılması" Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, 2010

Kahraman S., "ZnO Yarıiletken Yapıların Üretilmesi ve Karakterizasyonu" Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, 2010

Katı M.İ. "Kalsit Mineralinin Termoluminesans Özelliklerinin İncelenmesi" Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, 2009

Kibar R. "Farklı Metal İyonları ile Bombalanan SrTiO₃ Kristalinin ve Bazı Minerallerin Nükleer ve Diğer Yöntemlerle İncelenmesi" Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 2007.

Kittel C., 1996. "Katıhal Fiziğine Giriş" Çeviren Bekir Karaoğlu

Kobayashi A., Sankey O.F., Volz S.M. AND Dow J.D., 1983. "Semiempirical tightbinding band structures of wurtzite semiconductors: AlN, CdS, CdSe, ZnS and ZnO" Phys. Rev. B, 28 (2), 935-945

KAYNAKLAR (Devamı)

Kuzucu A. "Eriyik ve Buhar Tekniđi ile Büyütölen Yüksek Kalite ZnO Kristallerinin Optiksel Özellikleri" Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, 2007

Liang W.Y. and Yoffe A.D., 1968. "Transmission Spectra of ZnO Single Crystals" Phys. Rev. Lett. 20, 59-62.

Lin B., Jia Y, Fu Z. "Green Luminescent Center in Undoped Zinc Oxide Films Deposited on Silicon Substrated" App. Physc. Lett. 79 (2001) 943-945

Look D., Hemsly J.W., Szelove J.R., 1999 "Residual Native Shallow Donor in ZnO" Phys. Rev. Lett., 82 (12), 2252-2255.

Look D., 2001. "Recent advances in ZnO materials and devices" Materials Science and Engineering B80 383–387.

Özgür Ü., Alivov, I., Liu C., Teke A., Rechchikov M. A., Dođan S., Avrutin V., Cho, J., Morkoç H., 2005. "A Comprehensive Review of ZnO Materials and Devices" Journal of Applied Physics 98, 041301

Rita E., Wahl U., Lopes A.M.L. et. al. "Lattice Site and Stability of Implanted Ag in ZnO" Physica B 340 (2003) 240-244

Saklakoğlu N. ve İ.E. "İyon İmplantasyonu Prosesinin Metalurjik Yapısı" TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Yayınları, Haziran 2004, Sayı 138

Sarı H. "Optoelektronik Derlenmiş Ders Notları" Ankara Üniversitesi, 2008

Sarıtaş S. "Ion Implantation of Engineering Materials" Gazi Üniversitesi FBE Dergisi 3 (1) (1990) 31-39

Sekelland N.D. "High Temperature Ion Implantation Into Insulators" PhD.Thesis, University of Sussex, 1994.

Stepanov A.L. "Optical Properties of Metal Nanoparticles Synthesized in a Polymer by Ion Implantation" A Rev. Tech. Physc, 49 (2004) 143-153.

KAYNAKLAR (Devamı)

Tek Z. "İki Farklı İyon Demeti Karışımıyla Hedefleri Bombalayacak Şekilde İyon Kaynağını Geliştirerek Bu İyonların Hedeflerin Çekirdeksiz ve Atomlarıyla Etkileşmelerinin İncelenmesi" Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 2002.

Toplan H.Ö., "Kimyasal Yöntemle Üretilen Düşük Voltajlı Varistörlerin Mikroyapısal ve Elektriksel Özelliklerinin incelenmesi" Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, 1998.

Townsend P.D., Chandler P.J. and Zhang L. "Optical effects of Ion Implantation" Cambridge University Press, USA, 1994.

Turemis M., Tastekin B., Kati M. I., Keskin I. C., Kibar R., Cetin A., Can N. "The Influence of Annealing on Thermoluminescence Behaviour in ZnO" Corals Conference, Madrid-SPAIN, 2011

Tüzemen E. Ş. "ZnO İnce Filmlerinin Eldesi ve Aygıt Üretimi İçin Parametrelerinin Optimizasyonu" Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, 2007

Vij D.R. "Luminescence of Solids" Plenum Press, New York, 1998

Wei S. H., Li J., Yan Y., "Design of shallow p-type dopants in ZnO" Presented at the 33rd IEEE Photovoltaic Specialists Conference, San Diego, California. May 11–16, 2008

Wilson J., Hawkes J.F.B. "Optoelectronics" Değişim yayınları, Çeviren Dr. İbrahim OKUR, Adapazarı, 2000

Yüksel M. "Orta Anadolu Fluoritlerinin (CaF_2) Termoluminesans (TL) Işıma Tepelerine Tavlamanın Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 2008

Zor M. "Katıhal Fiziği Ders Notları" Anadolu Üniversitesi, 1991

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Murat TÜREMİŞ
Doğum Yeri : Manisa
Doğum Tarihi : 10.09.1986

EĞİTİMİ

Lise : Manisa Lisesi, Manisa 2000-2003
Lisans : Fizik, 2004-2009
Celal Bayar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Manisa