

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

**KADMİYUM OKSİT YAPILI NANO MALZEMELERİN SOL JEL METODUYLA
OLUŞTURULMASI VE KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kezban ARIK

(Enstitü No:.....)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 29 Ocak 2013

Tezin Savunulduğu Tarih: 5 Şubat 2013

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Zafer ŞERBETÇİ (B.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. İbrahim Yasin ERDOĞAN(B.Ü)
Doç. Dr. Murat SOYLU(B.Ü)

ŞUBAT-2013

Yrd. Doç. Dr. Zafer ŞERBETÇİ danışmanlığında, Kezban ARIK'ın hazırladığı "Kadmiyum Oksit Yapılı Nano Malzemelerin Sol Jel Metoduyla Oluşturulması ve Karakterizasyonu" konulu bu çalışma 05 / 02 / 2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Bingöl Üniversitesi Fen Edebiyat Fakóltesi Kimya Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Zafer ŞERBETÇİ

Üye : Doç. Dr. İbrahim Yasin ERDOğAN

Üye : Doç. Dr. Murat SOYLU(B.Ü)

Bu tezin Kimya Anabilim Dalı'nda yapıldığını ve Enstitümüz kurallarına göre düzenlendiğini onaylıyorum.

Enstitü Müdürü

Bu çalışma Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BÜBAP) tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 4572-2011

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

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının yapılması için gerekli ortamı sağlayan Bingöl Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'ne, Merkezi Laboratuara ve çalışmaların yürütülebilmesi için gerekli maddi desteği sağlayan Bingöl Üniversitesi Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (Poje No: 4572-2011) teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince bana yol gösteren, her konuda ilgisini ve desteğini esirgemeyip yardımcı olan çok değerli danışmanım, Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Zafer ŞERBETÇİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın her aşamasında bilgisini ve yardımlarını esirgemeyen Fırat Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik bölümü öğretim üyesi sayın Prof. Dr. Fahrettin YAKUPHANOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kezban ARIK
BİNGÖL-2013

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR VE SEMBOLLER LİSTESİ.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Saydam İletken Oksitler	2
1.2. Yarı iletkenler.....	4
1.2.1 Molekül Orbitalleri ve Bant teorisi.....	4
1.2.2. Yarıiletken Maddeler.....	6
1.2.3. Yarıiletken Maddelerin Kullanım Alanları.....	8
1.3. Nano Yapı ve Nanoteknoloji	9
1.3.1. Nano Boyut ve Nano Yapı	9
1.3.2. Nanoteknoloji	10
1.4. Sol-Jel Metodu	12
1.4.1 Kolloidal Sistemler.....	12
1.4.2. Sol-Jel Yöntemi	13
1.4.3. Sol-Jel Yönteminin Avantajları	15
1.4.4. Sol-Jel Yönteminin Dezavantajları	16
2. ÖNCEKİÇALİŞMALAR.....	17
3. MATERYAL VE METOD.....	27
3.1. Kullanılan Cihazlar ve Kimyasallar	27
3.2 Çözeltilerin Hazırlanması	27
3.3 İnce Filmlerin Hazırlanması.....	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	29

4.1. Yapısal Özelliklerin XRD İle İncelenmesi.....	29
4.2. Yüzey Yapısı Özellikleri.....	30
4.3. Optik Özellikler.....	35
4.3.1. CdO ve Pt Katkılı CdO İnce Filmlerin Kırılma İndeksi Parametrelerinin Belirlenmesi.....	35
4.3.2. CdO ve Pt katkılı CdO İnce Filmlerin Optik Bant Aralığı Özellikleri.....	39
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	42
6. KAYNAKLAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	52

ÖZET

Bu çalışmada sol-jel tekniği ile sentezlenen CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerin karakterizasyonu yapılmış ve optik özellikleri incelendi. Filmlerin partikül boyutu atomik kuvvet mikroskobu (AFM) kullanılarak incelenmiştir. CdO ince filmde en düşük tane boyutunun değeri 81.34 nm olarak bulunmuştur. Pt katkısıyla CdO filmlerinde nanopartiküler kümeler oluşmuştur. XRD ile yapılan incelemede kadmiyum oksidin kübik faz yapısı gözlenmiştir. XRD sonuçları örneklerin kristal yapıda olduğunu gösterdi. CdO ince filminin optik geçirgenliği ve kırılma indisi değeri Pt katkılanmasıyla değişmiştir. Filmlerin doğrudan optik bant aralığı değeri Pt katkısıyla değişmiştir. % 0.5 Pt katkılı CdO filminin en düşük optik bant aralığı değeri 2.421 eV olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Platin, Kadmiyum Oksit, Nano Yapılı İnce Filmler, Optik Bant Aralığı, Optik Özellikler.

ABSTRACT

The optical properties of the CdO and Pt doped CdO thin films synthesized by sol-gel technique were investigated. The particle grain of the thin films were investigated using atomic force microscopy (AFM). The lowest grain size value of CdO thin film was found as 81.34 nm. The Pt doped CdO films are transformed to clusters with nanoparticles. Cubic phase structure of CdO was observed with by X-ray diffraction. XRD results show that samples are crystalline structure. The transparency properties and refractive index values of the CdO thin film is changed by Pt doping. The direct optical band gap values of the films were changed by doping Pt. The film of 0.5% Pt doped CdO indicates the lowest optical band gap value 2.421 eV.

Key words: Platinum, Cadmium Oxide, Nanostructured Thin Films, Optical Band Gap, Optical Properties.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. CdO' nun kristal yapısı	1
Şeki 1.2. Molekül orbitalleri ve bant yapısı	5
Şekil 1.3. (a)Bant aralığı dar olan iletken maddeler (b)Değerlik ve İletkenlik bandı çakışık olan iletken maddeler (c) Bant aralığı geniş olan yalıtkan maddeler...	6
Şekil 1.4. Değerlik bandı dolu, iletkenlik bandı boş, bant aralığı küçük olan yarıiletken maddeler.....	6
Şekil 1.5. a) n-tipi yarıiletken b) p-tipi yarıiletken.....	7
Şekil 1.6. Nanoteknolojinin Kullanım Alanları.....	11
Şekil 1.7. Nanoteknoloji Pazarı.....	12
Şekil 1.8. Sol-jel yönteminin şematik olarak gösterimi.....	13
Şekil 4.1. CdO, % 0,1; 0,5; 2,5 Pt katkılı CdO'in XRD difraktagramları	29
Şekil 4.2. Saf CdO filminin AFM görüntüsü (a) 5x5 µm, (b) 40x40 µm.....	30
Şekil 4.3. İki boyutlu (2B) AFM görüntüleri (a) saf CdO, (b) % 0,1 (c) % 0,5 (d) % 1 ve (e) % 2 Pt katkılı CdO ince filmleri (5x5µm alanda)	31
Şekil 4.4. % 0,1 Pt katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a) 1x1µm, (b) 5x5 µm	32
Şekil 4.5. % 0,5 Pt katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a)1x1µm , (b)5x5µm	32
Şekil 4.6. % 1 Pt katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a) 1x1µm, (b) 5x5 µm	33
Şekil 4.7. % 2 Pt katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a) 1x1µm, (b) 5x5 µm	33
Şekil 4.8. Saf ve Pt katkılı CdO'in (a) Geçirgenlik spektrumu ve (b) dT/dλ oranına karşılık dalga boyu grafiği.....	36
Şekil 4.9. Saf CdO Ve Pt Katkılı CdO ince filmlerinin yansıtma spektrumları.....	38
Şekil 4.10. Saf ve Pt-CdO ince filmlerinin yansıtma indeksi ve dalga boyu grafiği.....	39
Şekil 4.11. Saf ve Pt katkılı CdO ince filmlerinin foton enerjisine bağlı bant aralığına bağlı değerleri	40

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. 5x5µm aralığındaki AFM görüntülerinden saf CdO ve Pt katkılı CdO filmlerinin kristal yapıları, salkımlarının büyüklüğü ve yüzey pürüzlülüğü (R_q) değerleri.....	34
Tablo 4.2. Saf ve Pt katkılı CdO ince filmlerinin bazı önemli optik parametreleri.....	35
Tablo 4.3. Saf CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerinin doğrudan bant aralığı değerleri..	42

KISALTMALAR VE SEMBOLLER LİSTESİ

KISALTMALAR LİSTESİ

IR	: Infrared Spektroskopisi
LED	: Işık Yayan Diyot
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
STM	: Taramalı Tünelleme Mikroskobu
AFM	: Atomik Kuvvet Mikroskobu
TGA	: Termal Gravimetrik Analiz
TCO	: Saydam İletken Oksit Malzemeler
TCOs	: Yarıiletken Saydam İletken Oksitler
XRD	: X Işınları Kırınımı
UV-VIS-NIR	: UV-Görünür Bölge Absorbsiyon Spektroskopisi
2B	: 2 Boyutlu

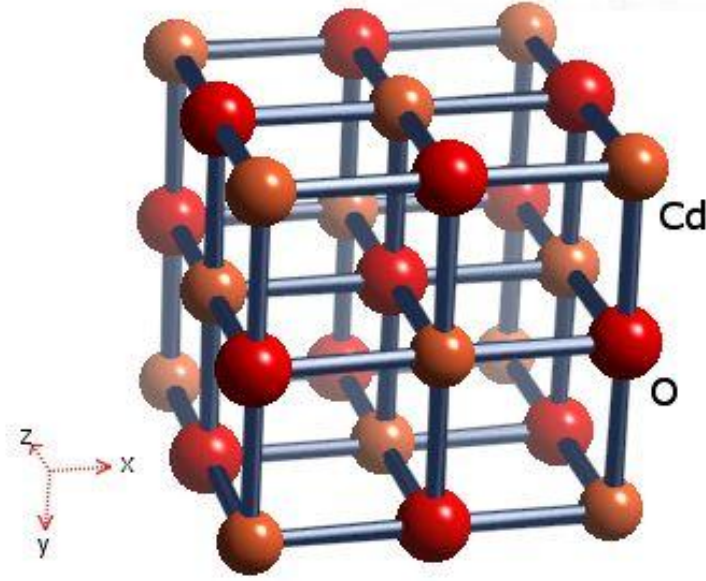
SEMBOLLER LİSTESİ

Rpm	: Dakikadaki devir sayısı
n	: Kırılma indisi
λ	: Dalga boyu
Ta	: Tavlama sıcaklığı

R_q	: Pürüzsüzlük
T	: Optik geçirgenlik
R	: Optik yansima
E_{gd}	: Doğrudan enerji bant aralığı değeri
ml	: Mililitre
$^{\circ}C$: Santigrat derece
eV	: Elektron volt
kV	: Kilovolt
mA	: Miliamper
v	: Frekans
E	: Enerji
2θ	: Kırınım açısı
M	: Molar
K	: Kelvin derece

1.GİRİŞ

Kadmiyum oksit (CdO) bileşiği periyodik tablonun II. Grup elementlerinden olan Cd ile VI. Grup elementlerinden olan O'den oluşan yarıiletken bileşiktir (Gulino, 2005). CdO n-tipi yarıiletken olup kristal yapısı NaCl (yüzey merkezli kübik) yapısına benzemektedir. Şekil 1.1'de CdO'in kristal yapısı görülmektedir. Ayrıca 2,2–2,8 eV direkt geçişli yasak enerji aralığına sahiptir. Diğer geçirgen iletken oksitler ile karşılaştırıldığında CdO' nun yasak enerji aralığı daha dardır ve diğer geçirgen iletken oksitlerden beş ile on kat daha fazla yüksek elektron mobilitesine sahiptir. CdO, 1907'de ilk bulunan TCO'lardan birisidir (Ramakrishna vd., 2003).



Şekil 1.1. CdO'in kristal yapısı

CdO yarıiletken bileşiği yüksek iletkenliğe ve görünür bölgede yüksek optiksel geçirgenliğe sahiptir (Serbetçi vd., 2012). Öz direnci $4,87 \times 10^{-4}$ ohm-cm'dir.

1.1. Saydam İletken Oksitler

Sürekli gelişen ve yenilikler arayan opto-elektronik teknolojisi alternatif saydam iletken oksit malzemelere ihtiyaç duymaktadır (Akyüz, 2005). Son yıllarda, düşük direnç ve yüksek optik geçirgenlik gibi elektriksel ve optik özellikleri sayesinde saydam iletken oksit (TCO) malzemelerin fiziksel özelliklerinin üretimi ve araştırılmasına yönelik birçok çalışma yapılmıştır (Zhao vd., 2006; Adurodija vd., 2005; Saadeddin vd., 2007; Bhosale vd., 2005). Bunun nedeni mevcut malzemelerin artık daha yüksek performans gerektiren cihazlar için yetersiz kalmasıdır (Akyüz, 2005). Bu nedenle elde edilen CdO filmlerinin özellikleri katkılama ve tavlama yolu ile iyileştirilmeye çalışılmıştır (Akyüz, 2005).

1907 yılında TCO ile ilgili yayımlanan ilk çalışmada, kızdırma deşarj odasında bekletilen Cd metalinin oksidine dönüştürülmesiyle elektriksel iletkenliğinin yanısıra saydamlığı da gözlemlenmiştir (Bhosale vd., 2005). O zamandan beri, TCO ince filmlerin ticari değeri kabul edildi (Bhosale vd., 2005) ve çeşitli materyallerin katkısıyla oluşturulabilecek potansiyel TCO malzemelerin çeşitliliği artırıldı (Lewis ve Paine, 2000).

Elektronik ve optoelektronik cihazlar için yarıiletken saydam oksitler büyük öneme sahiptir (Saha vd., 2007). Çinko oksit (ZnO) (Chopra ve Das, 1983), kadmiyum oksit (CdO) (Phatak ve Lal, 1999; Verkey ve Fort, 1994; Freeman vd., 2000), indiyum oksit (In_2O_3) (Wang vd., 2007), kalay oksit (SnO_2) (Chopra vd., 1983), indiyum kalay oksit (İTO) (Mattox, 1991) gibi n-tipi saydam iletken oksitlere (n-TCOs) ve CuAlO_2 (Gao vd., 2003; Banerjee ve Chattopadhyaya, 2005), SrCu_2O_2 (Sheng vd., 2006), kalay galyum oksit (Huang vd., 2007) vb gibi p-tipi saydam iletken oksitlere (p-TCOs) yoğun ilgi gösterilmesinin temel sebebi, TCO'ların fotovoltaik güneş pilleri, gaz sensörleri, saydam elektrotlar ve diğer optoelektronik cihazlar gibi muhtemel kullanım alanlarının bulunmasıdır (Saha vd., 2007).

Endüstriyel perspektifi baz alan yeni n-tipi ve p-tipi malzemeleri, yeni oluşturma tekniklerini araştıran ve malzemelerin kendilerini olduğu kadar performans sınırlarını da inceleyen çalışmaların sayısı giderek artmaktadır (Ginley ve Bright, 2000). ZnO, InO,

SnO₂, ITO ve CdO gibi TCO ince filmleri düşük öz direnç ve yüksek optik geçirgenliğe sahip olmalarından dolayı oldukça dikkat çekicidir (Bhosale vd., 2005). TCOs'lar optik ve elektriksel özelliklerinden dolayı fotosel fotodiyotlar, güneş pilleri, dokunmatik camlar, düz panel ekranlar, varistörler, fotovoltaiik malzemeler, sıvı kristal ekranlar, duyarlı gaz sensörleri, saydam iletken elektrotlar, fototransistörler, optik ısıtıcılar vb diğer optoelektronik uygulamalarda kullanılır (Lewis ve Paine, 2000; Kulkarni vd. 1999; İto vd., 2006; Lim vd., 2007; Kim vd., 1999; Selvana vd., 2006; Zhao vd., 2002; Su vd., 1984; Daza vd., 2001; Zheng vd., 2010). TCO filmlerinin yüksek iletkenliğinin temel sebebi filmlerde elektronların iletimini oksijen ve metal iyonlarının etkileşimidir (Yakuphanoglu vd.,2010).

Yarı iletken saydam oksitlerden olan CdO güneş spektrumunun görünür bölgesinde optik geçirgenliği ve yüksek elektrik iletkenliği nedeniyle fotovoltaiik uygulamalar için umut verici bir malzeme olarak kabul edilir (Yang vd., 2006) ve partiküler boyuttaki CdO'in düşük direnç ve yüksek yük taşıyıcı özelliğinden dolayı optoelektronik cihazlarda kullanılması uygun bulunmaktadır (Lewisve Paine, 2000; Yan vd., 2001; Zengh vd., 2011).

CdO yapıli yarı iletkenler görünür bölgede olağanüstü büyük bir taşıyıcı mobilitesi ve iyi optik geçirgenlik özelliğine sahip olduklarından dolayı kullanımlarına olan ilgi artmaktadır (Couatts vd., 2000; Metz vd., 2004; Kumaravela vd., 2010). CdO, yüksek iletkenlik, yüksek geçirgenlik ve düşük bant aralığı gibi özelliklerinden dolayı fotodiyotlar, güneş hücreleri, düz panel ekranları, optik haberleşme, ince-film dirençler, fototransistorlar, fotovoltaiik, saydam iletken elektrotlar, sıvı kristal ekranlar ve IR detektörleri yapımında kullanılır (Bhosale vd., 2005; Uplane vd., 1999; Peter, 1979).

CdO ince filmleri düşük öz direnç göstermesine rağmen, düşük optik bant aralığı nedeniyle katkısız CdO optoelektronik ve fotovoltaiik olarak kullanılmamaktadır (Zengh vd., 2011; Zhao vd., 2002). CdO, NaCl'ün kaya tuzu kristal yapısında (yüzey merkezli kübik yapı) n-tipi yarıiletkenidir (Zengh vd., 2010). CdO'in bant aralığı değerleri 2,5 eV (Saha vd., 2008); 2,2 – 2,8 eV (Jefferson vd., 2008; -Cruz vd., 2005); 2,16 eV (Jefferson vd., 2008); 2,2 – 2,4 eV (Navvaro vd., 2008); 2,2 – 2,7 eV (Chopra ve Das, 1983; Choi

vd., 1996; Dakhel, 2008; Kondo vd., 1971) ve 2,2 eV (Aksoy vd., 2009; Ortega vd., 2000); 2,2 – 2,7 eV değerleri arasında değişen (Chopra ve Das, 1983; Zhao vd., 2002; Galicia vd., 2000) bir enerji bant aralığı vardır.

Araştırmacılar, CdO yapılı ince filmlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri geliştirmek için filmlerin farklı geometrik şekilli (küreler, küpler, çubuklar, teller, tüp, tetrapodların, kurdeleler gibi) nanoyapılı malzemelerin sentezlerini çalışmaktadır (Nozik, 2010; Vidyasagar vd., 2011). CdO ince filmlerine yüksek kaliteli elektriksel ve optik özellikleri nedeniyle büyük teknolojik ilgi vardır (Flores vd., 2009). Saf ve katkılı CdO filmlerin hazırlanmasında sol-jel tekniği, boyut ve morfolojide kontrolün sağlandığı ucuz bir yöntemdir (Aydın vd., 2011) ve nanopartiküler sentezleme için en umut verici yöntemlerden biridir.

Son yıllarda CdO yarıiletken bileşiği, güneş pillerinde, saydam elektrotlarda, fototransistörlerde, fotodiyotlarda, gaz sensörlerde, fotovoltaiik ve optoelektronik devrelerde, sıvı kristal göstergelerde, IR dedektörlerde, yansıma yapmayan kaplamalarda kullanılmaktadır. CdO bu uygulamalarda çok sık kullanılan bir yarıiletken bileşiktir (Dinek, 2006; Irmak, 2006).

CdO filmler katkısız halde bile oldukça yüksek bir taşıyıcı yoğunluğuna sahiptirler (Akyüz, 2005). CdO, yüksek elektriksel iletkenliğe sahip n-tipi bir yarıiletkendir. Genelde katkılanmamış filmlerde donör olarak davranan fazla Cd atomları veya oksijen boşluklarının varlığında n-tipi iletkenlik gösterir (Ferro ve Rodriguez, 1999).

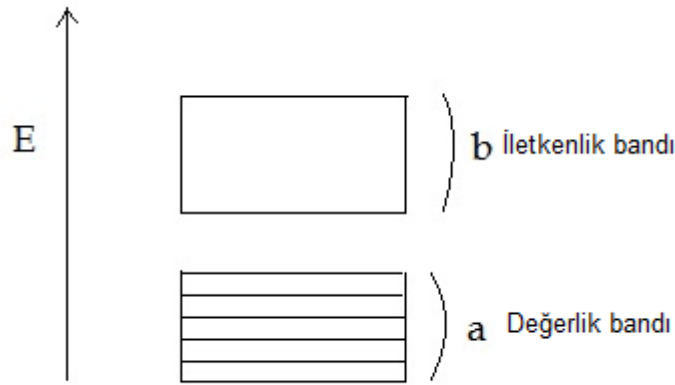
1.2. Yarı iletkenler

1.2.1 Molekül Orbitalleri ve Bant Teorisi

Molekül orbital teorisi, koordinasyon bileşiklerinin daha önce görülen teorilerle açıklanamayan bazı özelliklerini açıklamak için geliştirilmiştir (Gündüz, 2005). Bir

koordinasyon bileşiminde metal ve ligandın orbitallerinin oluşturduğu hacme molekül orbitali denir (Gündüz, 2005).

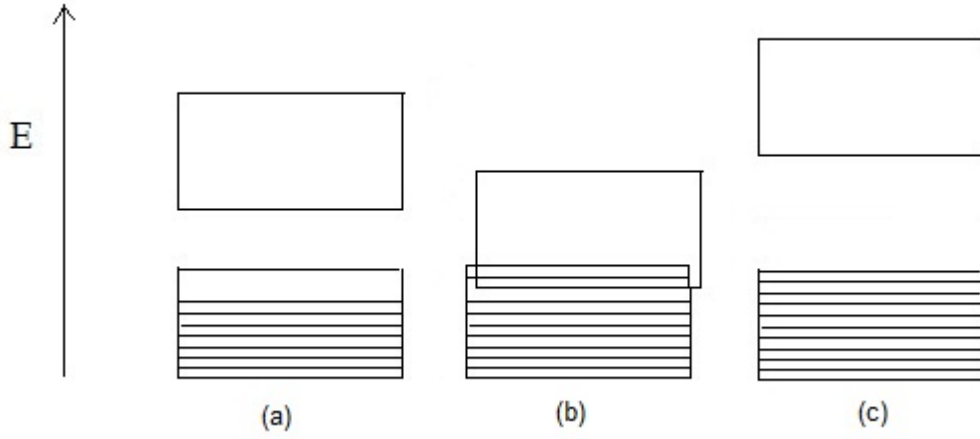
Katılarda atom sayısı çok fazladır. Atom sayısı fazla olduğu için molekül orbital sayıları çok büyüktür ve bu orbitallerin enerjileri birbirine çok yakındır (Miessler ve Tarr, 2009). Hoffmann (1988), küçük moleküllerdeki ayrı enerji seviyelerinin yerini burada benzer enerjili orbitallerin oluşturduğu bant'ların aldığını söylemiştir (Miessler ve Tarr, 2009). Şekil 1.2.'de a bölümüyle gösterilen elektronların yerleştiği banda değerlik bandı; bunun üzerindeki b bölümüyle gösterilen boş banda iletkenlik bandı denir.



Şekil 1.2. Molekül orbitalleri ve bant yapısı

Değerlik bandı ile iletkenlik bandı arasında kalan aralığa bant aralığı denir. Değerlik bandı dolu, iletkenlik bandı boş ve bant aralığı büyük olan maddelerde, elektronlar değerlik bandından iletkenlik bandına geçemezler. Böylece elektron hareketi kısıtlanmış olan bu maddelere yalıtkan denir (Miessler ve Tarr, 2009).

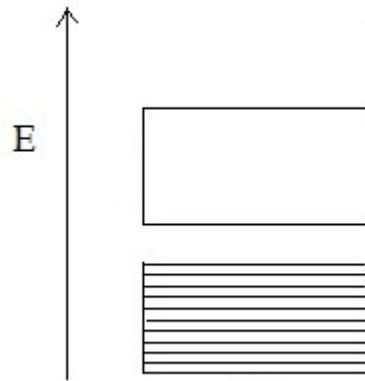
Değerlik bandı ve iletkenlik bandı çakışan maddelerde ya da bant aralığı küçük olan maddelerde elektronlar çok küçük bir enerji ile daha yüksek enerjili olan iletkenlik bandına geçebilirler. Daha yüksek enerjili banda geçen elektronlar ve arkalarında bıraktıkları bant boşlukları kristal yapıda sürekli bir hareket oluştururlar. Böyle maddelere de iletken denir. Şekil 1.3'de maddelerin iletkenliklerine göre değişen bant aralıkları görülmektedir.



Şekil 1.3. (a)Bant aralığı dar olan iletken maddeler, (b)Değerlik ve iletkenlik bandı çakışık olan iletken maddeler, (c) Bant aralığı geniş olan yalıtkan maddeler

1.2.2. Yarıiletken Maddeler

Bazı elementlerin değerlik bandı dolu iletkenlik bandı boştur, ancak yalıtkanlardan farklı olarak, bant aralığı küçüktür. Yüksek sıcaklıklarda kristale bir elektrik potansiyeli uygulandığında az sayıda elektron iletkenlik bandına geçer. İletkenlik bandına geçen elektronlar ve bu elektronların değerlik bandında bıraktığı boşluklar kristalde serbestçe hareket ederek küçük bir akım oluştururlar. İletkenliği sıcaklıkla artan maddelere yarıiletken denir (Miessler ve Tarr, 2009). Şekil 1.4'te yarıiletken maddelerin bant yapısı görülmektedir.

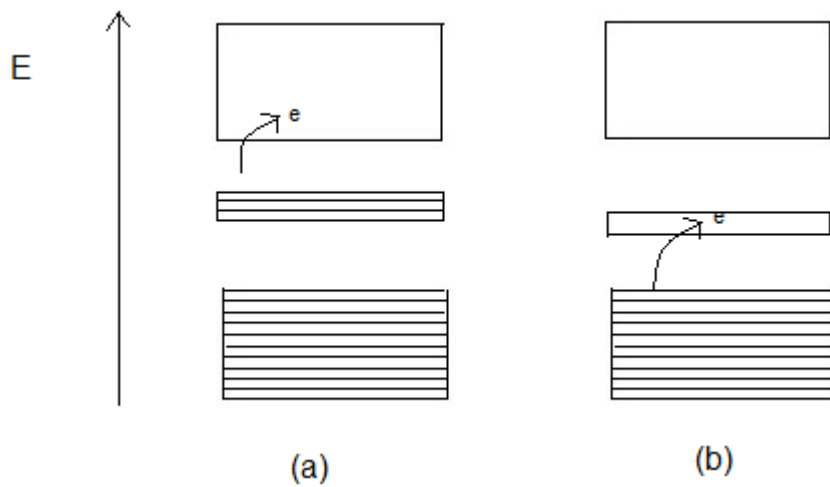


Şekil 1.4 Değerlik bandı dolu, iletkenlik bandı boş, bant aralığı küçük olan yarıiletken maddeler

Yarıiletken maddeler öz yarıiletken ve safsızlık yarıiletkeni olmak üzere iki grupta incelenebilir. Yarıiletken özellik gösteren saf maddelere öz yarıiletken denir. Saf halde yarıiletken olmayan bir elemente yarıiletken özellik kazandırmak için enerji seviyeleri kendine yakın olan başka bir elementten az miktarda katılır. Bu işlemle elde edilen yarıiletkene safsızlık yarıiletkeni (aşılı yarıiletken, katkılı yarıiletken) denir (Mıessler ve Tarr, 2009).

Safsızlık yarıiletkeni olan maddeler n-tipi ve p-tipi olmak üzere iki grupta incelenir. Yarıiletken olmayan elemente, değerlik elektron sayısı kendi atomunun değerlik elektron sayısından fazla olan safsızlık atomunun katılmasıyla elde edilen yarıiletkene n-tipi yarıiletken veya yük taşıyıcılarının eksi yüklü elektronlar olduğunu vurgulamak için negatif yarıiletken denir (Mıessler ve Tarr, 2009). Yani n-tipi yarıiletkenlerde bant aralığına dolu bandı olan bir atom yerleştirilmiş olur.

Yarıiletken olmayan bir elemente, değerlik elektron sayısı kendi atomunun değerlik elektron sayısından az olan safsızlık atomunun katılmasıyla elde edilen yarıiletkene p-tipi yarıiletken veya yük taşıyıcılarının artı yüklü boşluklar olduğunu vurgulamak için pozitif yarıiletken denir (Mıessler ve Tarr, 2009). Yani p-tipi yarıiletkenlerde bant aralığına boş bandı olan bir atom yerleştirilmiş olur. Şekil 1.5'te p ve n tipi yarıiletkenler şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.5 a) n-tipi yarıiletken, b) p-tipi yarıiletken

1.2.3. Yarıiletken Maddelerin Kullanım Alanları

Yarıiletkenler aslında yalıtkanlara benzerler. Yarıiletken maddeler ısı, ışık, manyetik alan, gerilim vb. bir dış etki ile karşılaştığında iletken hale gelirler. Bu etkiler ortadan kalktığında ise tekrar yalıtkan olurlar (URL-1, 2011).

Yarıiletken maddeler güneş pilleri, LED lambaları, transistörler, diyotlar, işlemciler, gaz sensörleri, termal kameralarda, gece görüş sistemlerinde, lazerlerde, uydu sistemlerinde, cep telefonlarında ve bilgisayarlarda olmak üzere birçok kullanım alanı vardır.

Yarıiletken yapıların elektronikte veya optoelektronikte kullanılabilmesi için kristal yapıda ve yüksek safsızlıkta üretilmesi gerekir (URL-2, 2012). Yarıiletkenlerin pratik amaçlarla kullanılabilmesi ancak katkılanmaları ile mümkündür.

Kristal kusurları elektronlar için tuzak merkezleri oluşturmaktadır, bunun sonucunda da serbest elektron sayısını azaltmaktadır. Optoelektronikte bu kristal kusurları ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Bu kusurlar ışık yayan optoelektronik devre elemanının verimliliğini büyük ölçüde azaltır. Bileşenler küçüldükçe ve daha karmaşık oldukça kusurlar konusu da önem kazanmaktadır.

Daha küçük bileşenler (nano yapılar), bu yarıiletkenleri kullanan aygıtların daha az yer kaplaması, ağırlığının daha az olması ve bu durumlarında bile yüksek hesaplama gücüne sahip olması anlamına gelmektedir. Böylece daha güçlü taşınabilir bilgisayarlar ve uzay gözlemleri için daha kapsamlı uydular yapılabilecektir (Akyüz, 2005).

1.3. Nano Yapı ve Nanoteknoloji

1.3.1. Nano Boyut ve Nano Yapı

Nano öneki Yunanca ve Latince'den alınmış bir sözcüktür ve anlamı cüce demektir (Karaca, 2010). Nanometre, metrenin milyarda biridir. Başka bir deyişle 1 nm bir Hidrojen atomunun çapının 10 katına eşittir (URL-3, 2012).

Malzemelerin özellikleri nano ölçekte, makroskopik ölçekten tamamen farklı olup nano-ölçeğe yaklaştıkça birçok yeni özellikler ortaya çıkmaktadır (Özdoğan vd., 2006). Optik özellikler, reaktivite, termal, manyetik ve elektriksel özellikler gibi birçok özellik değişmektedir. Örneğin sarı renkte olan altın, nano boyutlarda kırmızı ve mavi renkte görünmekte, yine normal boyutta asal olan altın nano boyutta katalitik özellikler göstermektedir (Kayır ve Baççıl, 2010). Nanoparçacık boyutu ışığın kritik dalga-boyundan daha küçükse, saydamlık elde edilebilir. Bu da nanomalzemeleri (örneğin metaller, silikatlar ya da metal oksit seramikler), saydamlık ve diğer özellikleri (UV, IR-soğurma, iletkenlik, mekaniksel güç vs.) birleştirerek, bariyer filmler ve kaplama uygulamaları için oldukça uygun hale getirmektedir. Ayrıca, ilginç optik (ışık soğurma/filtre etme) özellikler kozmetik uygulamalarda da kullanılabilir (Tüsiad, 2008).

Nano yapılarda yüzey davranışı, kütle malzeme davranışlarını baskılar. Örneğin, üç beş nanometreye kadar boyutu olan malzemelerde, atomların üçte biri yüzey atomlarıdır. İnsan saçının bir telinin genişliğinde olan bir elementte ise, elementin atomlarının yalnızca çok küçük bir miktarı yüzeyde bulunmaktadır. Bu fazladan açıkta olan yüzey, elementlerin ve nanoparçacıkların birbirleriyle olan etkileşimlerini etkiler (Tüsiad, 2008).

Nano boyutlarda malzemenin yüzey/hacim oranının artmasıyla yüzeydeki atomların oranı malzemenin tümüne göre artar ve buna bağlı olarak ta malzemenin yüzey enerjisi artar, malzeme daha reaktif olur. Örnek verirse normal şartlarda 1064°C ergiyen altın 2,5 nm boyunda 600°C civarında ergimektedir. Kristal kütlelerde boyut nano düzeyine yaklaştıkça kütledeki ara yüzeyler artmakta ve bu durum mukavemet ve elektrik

özelliklerine çok etki etmektedir. Örneğin nano boyuttaki nikel sertleştirilmiş çelik kadar dayanıklıdır (Özgüz, 2010).

1.3.2. Nanoteknoloji

Nanoteknoloji esas olarak moleküler imalata benzer olmakla beraber, temelde nanoboyutlu maddelerin boyuta dayalı olgulardan kaynaklanan yeniliklerini incelemeye odaklanmış olan uygulamalı bilimdir. nanoteknoloji, özel bir bilim ya da mühendislik alanından çok, birçok teknolojinin, prosesin ve tekniğin toplamıdır (Tüsiad, 2008).

Bir nanometre içine yan yana ancak 2-3 atom dizilebilmektedir; yaklaşık 100-1000 atom bir araya gelerek nano ölçeklerde bir nesneyi oluşturmaktadır. Nanoteknoloji de bu bağlamda “çok küçük maddelerin teknolojisi” olmaktadır (Özdoğan vd, 2006).

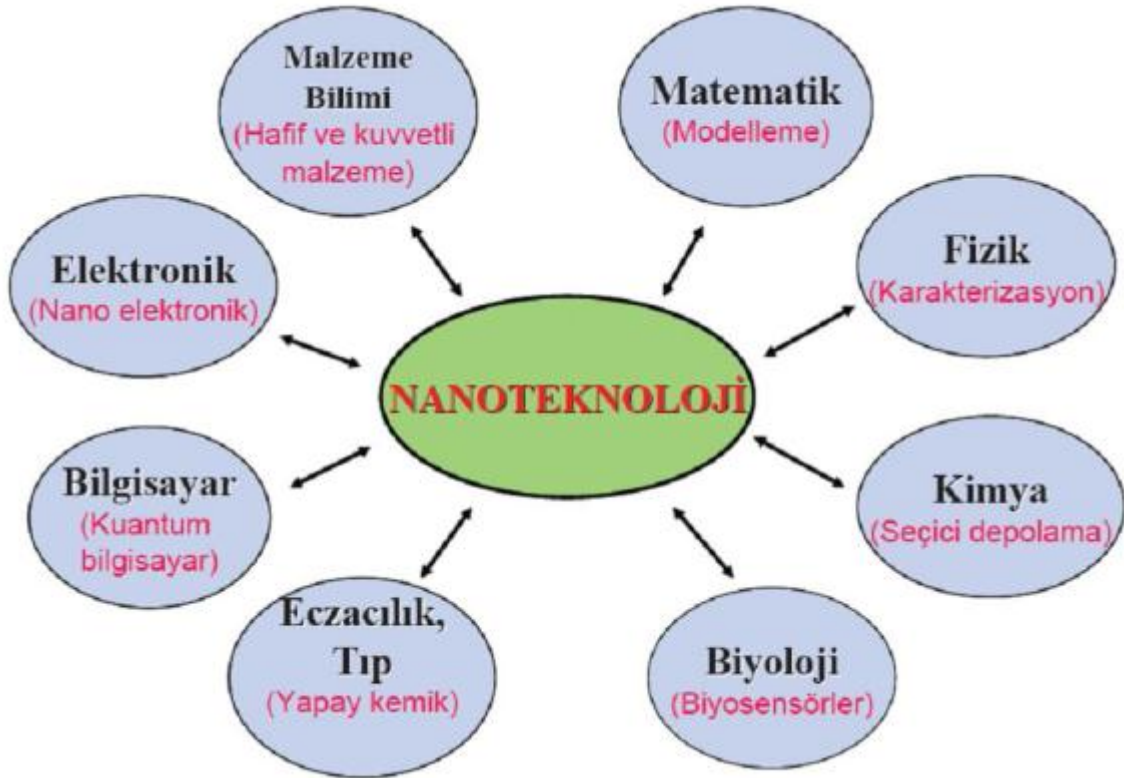
Nanoteknolojinin gelişmesi 1981 yılında Taramalı Tünelleme Mikroskobu ve bundan dört yıl sonra Atomik Kuvvet Mikroskobunun (AFM) geliştirilmesiyle nanobilim hızla gelişmeye başladı (Kayır ve Baççıl, 2010).

Taramalı Tünelleme Mikroskobunda (STM), en uç kısmında tek atom kalacak kadar sivriltilmiş bir metal iğne yüzeye yaklaşmakta, iğne yüzeye 0,3-0,4 nm kadar yaklaştığında iğneden elektronlar (iğne yüzeye değmediği halde) atlamaya başlamaktadır. Tünelleme denen bu olayda, geçen akım, yani birim zamanda iğneden yüzeye akan elektron sayısı, iğneyle yüzey arası uzaklığın üstel bir fonksiyonudur.

STM'lerin tek kusuru, yalnızca iletken ve yarıiletken yüzeylerde atomları görüntüleyebilmesi idi, yalıtkanlarda çalışmıyordu. 1986'da, ucunda tek atom olan iğneyle yüzey atomları arasındaki kuvveti ölçebilecek kadar duyarlı bir cihaz olan atomik kuvvet mikroskobu (AFM) geliştirilmiştir. Atomlar arası kuvvetler, kimyasal bağların oluşmasını sağlamaktadır. Eğer iki atomu birbirine yaklaştırırsak (örneğin iki oksijen atomu) birbirleri arasında bir çekim kuvveti oluşmakta ve bir süre sonra oksijen molekülü ortaya çıkmaktadır. Atomlararası kuvvetler hep çekici değildir. Eğer aynı oksijen molekülünü

alıp, oksijen atomlarını birbirine doğru yaklaştırmaya çalışılırsa, bu defa birbirlerini itmeye başlayacaklardır. AFM’de ölçülen kuvvetler pico-Newton ile nano-Newton düzeyindedir.

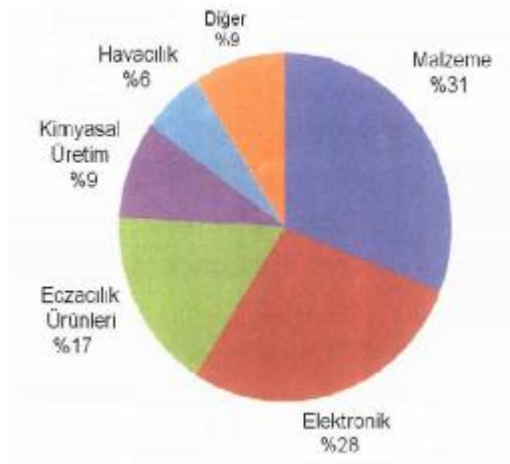
Önümüzdeki birkaç on yıl içerisinde nanoteknoloji sayesinde süperbilgisayarlara mikroskop altında bakılabilecek, bir milyon sinema filmi alabilen dvd’ler yapılabilecek, insan vücudunun içinde hastalıklı dokuyu bulup iyileştiren, ameliyat yapan nanorobotlar bulunabilecek, insan beyninin kapasitesi ek nano hafızalarla güçlendirilebilecek, kirliliği önleyen nanoparçacıklar sayesinde fabrikalar çevreyi çok daha az kirletecektir (Kayır ve Baççıl, 2010). Şekil 1.6’de nanoteknolojinin kullanım alanları görülmektedir.



Şekil 1.6. Nanoteknolojinin kullanım alanları (Özdoğan ve ark., 2006)

Amerikan Ulusal Bilim Vakfı’nın araştırma ve tahminine göre 2010-2015 yılları arasında 1 trilyon 100 milyon dolarlık nano teknoloji pazarı aşağıda Şekil 1.7’de gösterildiği gibi olacaktır. Nanoteknoloji ekonomiyi tamamen değiştirme ve hayat standardını iyileştirme potansiyeline sahip olup dünyada 20.000 araştırmacı bu alanda

çalışmaktadır. Gelecek 15 yılda bu alanda 2 milyon kişinin istihdam edileceği tahmin edilmektedir. (Kayır ve Baççıl, 2010).



Şekil 1.7 Nanoteknoloji pazarı (Kayır ve Baççıl, 2010)

1.4. Sol-Jel Metodu

1.4.1. Kolloidal Sistemler

Çözelti içinde dağılan partikülleri birden fazla atom ya da molekül içermesine rağmen çıplak göz veya mikroskop ile görülemeyecek kadar küçük olan sistemlere kolloidal sistemler denir (Sarıkaya, 2000). Bu özellikteki partiküllere de kolloit denir.

Esas olarak kolloidal büyüklükteki katı taneciğe sol denir. Soller kolloidlerin tüm özelliklerini gösterirler (Gündüz, 1999). Sol, çok küçük katı parçacıkların (kolloid) sıvı içerisinde asılı kalarak homojen bir dağılım gösterdiği denge durumudur. Sıvı içerisindeki parçacıkların boyutu 1µm den daha küçüktür. Soller parçacıkların etkileşimine göre tanımlanırlar. Eğer parçacık çözücü etkileşimi zayıf ise liyofobik sol, değilse yani kuvvetli ise liyofilik sol olarak adlandırılır. Yani içinde dağıldıkları sıvıyla etkileşmeyen katı partiküller içeren sistemlere liyofobik sollar, içinde dağıldıkları sıvıyla çok etkileşen katı partikülleri içeren sistemlere liyofilik sollar denir (Sarıkaya, 2000).

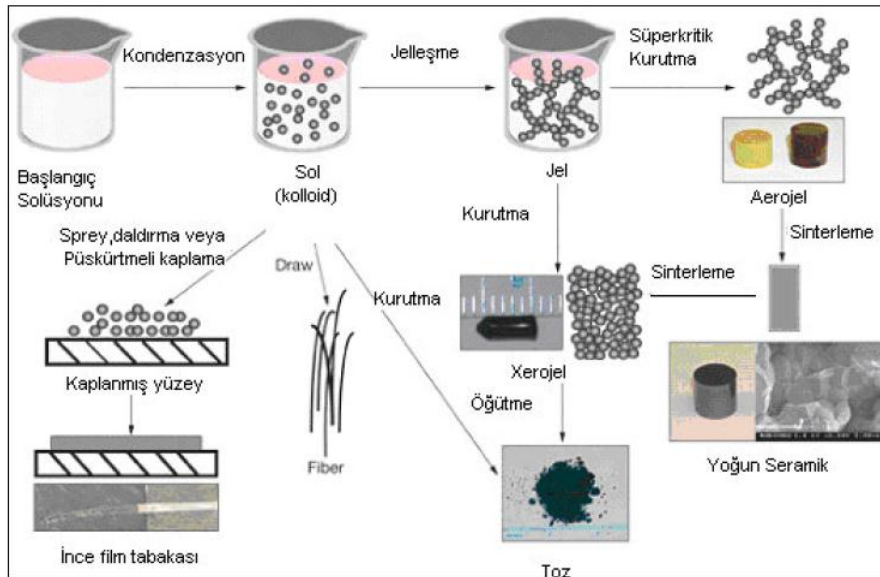
Kolloidal parçacıkların çöktürülmesiyle elde edilen ve bol miktarda su ihtiva eden çökeklere jel denir. Jeller hasır gibi uzun hidrofил moleküllerle bunların arasında tutunan su moleküllerinden meydana gelir. Böyle maddeler ısıtılırsa, bunlara tutunan su molekülleri uçar ve geriye gözenekli bir iskelet kalır (Gündüz, 1999).

Jel, sıvı bileşen içeren içyapısı yüksek yoğunlukta sıvı ve katı dağılımına sahip durumdur. Bütün sollar jel olmayabilir. Jel için önemli ölçüt en küçük çözücü parçacıkları ile çözünen parçacıklar arasında bağ kurulmasıdır (Akyüz, 2008).

1.4.2. Sol-Jel Yöntemi

Sol-jel üretim metodu laboratuvar koşullarında iyi uygulanabilen bir metot olmasının yanında, büyük ölçekli üretimler için de kullanımı giderek artmaktadır.

Sol-jel yöntemi, başlangıç malzemesi olarak metal bazlı hammaddeler; çoğunlukla da alkoksit çözeltileri kullanılarak metal oksitlerin hazırlanması için uygulanan bir metot olarak bilinir (Kaya, 2006). Şekil 1.8’de sol-jel metodu şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Sol-jel yönteminin şematik olarak gösterimi (URL-4)

Sol-jel yönteminde, saf bileşikler içeren inorganik veya metal organik bileşikler kullanılır. Bu bileşiklerin sulu çözeltileri veya organik çözücüler M-O-M (metal-oksijen-metal) bağları içeren inorganik polimer formuna hidroliz edilir.

Bazı metal oksitleri elde etmek güç olduğundan dolayı bunların tuzlarını reaksiyonlarda kullanmak daha avantajlıdır. Örneğin I ve II. grup elementlerinin uçuculuğu az ve çözünürlükleri iyi değildir. Bu nedenle onların tuzları kullanılır ve bu grup elementlerinin metal tuzları ısıtılarak veya oksitlenme yoluyla kolay bir biçimde dönüştüklerinden dolayı bu reaksiyonlarda daha çok tercih edilirler. Organik asit tuzları olarak, asetatlar, nitratlar, formatlar ve sitratlar kullanılır. Nitratlar daha yaygın olarak kullanılır fakat başlangıç maddesi olarak asetatlar daha uygundur. Çünkü asetatlar daha iyi çözünür ve bazik olduklarından dolayı jelleşme daha hızlı meydana gelir. Sol-Jel çözeltisini tuz kullanarak hazırlamak için önce alkoksit bileşiklerin çözeltisi elde edilir veya birkaç tuzun bileşiği alkol içerisindeki çözeltileri ilk çözelti ile karıştırılarak jel elde edilir (Akyüz, 2008).

Sol-jel metodu sade bir biçimde üç kimyasal reaksiyondan meydana gelir. Bunlar kompleks üretme, hidroliz ve polikondenzasyon (kondenzasyon iki atomun birleşerek bağ oluşturması ve beraber serbest hareket etmeleri) reaksiyonlarıdır. İlk aşamada oksit karışımını meydana getirecek olan kimyasal bileşiklerin başlangıç maddeleri ile bir karışım hazırlanır, ardından karışımda meydana gelen hidroliz ve polikondenzasyon reaksiyonları sonucunda elde edilen ürüne termal işlem uygulanarak oksit meydana getirilir.

İki çeşit sol-jel yöntemi vardır; ilki metal tuz çözeltisini kullanarak hazırlanan sıvı bazlı ikincisi ise metal oksit kullanarak hazırlanan alkol bazlı sistemdir. Bu sistem inorganik ve metal organik bileşiklerin organik çözücüler içinde metal-oksijen-metal bağlarından oluşan inorganik polimerlerin meydana gelmesiyle gerçekleşir.

Bu işlemlerde en çok kullanılan metal organik bileşiği metal oksittir. Alkoksit, alkol içerisinde çözünerek, baz yada asit içerisinde çözünerek hidroliz olur. Alkoksit çözeltinin hidrolizi ve yoğunlaşması sayesinde sıvı fazdan daha yoğun sıvı faza geçişi yani jel

oluşumu meydana gelir. Bu metotla hazırlanan ürünler homojen ve saf olmaktadır. (Akyüz, 2008).

Sol-jel genellikle çeşitli cihazlarda kullanılan nano yapılı filmlerin hazırlanmasında kullanılan bir yöntemdir (Ziabari vd., 2011).

Woters vd. (2004) sol-jel yönteminin metallerin ve tarihi eserlerin korozyona karşı korunması, polimer ve porselen gibi malzemelerin kimyasallara ve neme karşı dayanıklılığının artırılması, gaz geçirgenliğinin (CO₂, O₂ gibi) azaltılması, yüzey sertliği ve dayanımının artırılması, plastik ve camların buğulanma ve buzlanmaya karşı korunması gibi otomotiv, gıda, beyaz eşya, cam, elektronik ve telekomünikasyon sahalarında günümüzde yaygın olarak pek çok kullanım alanına sahip olduğunu belirtmiştir (Boztoprak vd., 2007).

Bu metodun avantajları ve dezavantajları aşağıda sıralanmıştır.

1.4.3. Sol-Jel Yönteminin Avantajları

- * Kimyasal yönü kontrol edilebilir.
- * Ham maddelere kıyasla daha homojen numuneler üretilebilir.
- * Üretilen toz boyutu mikronun altındadır.
- * Malzeme üretimi için düşük sıcaklıklar yeterlidir.
- * İnce film yapımı için de elverişlidir.
- * İstenilen yapı ve kalınlık elde edilebilir.
- * Diğer üretim teknikleri ile karşılaştırıldığında daha ucuz bir yöntemdir.
- * Çok çeşitli elementlerin katılımıyla yeni ve değişik türde bileşikler elde edilebilir.
- * Ürünler yüksek saflıkta elde edilir. Ortamdan gelen safsızlıklar ve reaksiyon kabıyla etkileşim oldukça düşüktür. Bu özellikten dolayı optik ürünlerde önemli avantajlar sağlar.
- * Polimerizasyon sırasında jel içinde değişik zincir uzunluğunda polimer moleküllerinin bulunması ve işlem sırasında bunların kısmen faz ayırımına

uğramaları nedeniyle yapıda bileşim farklılığı göstermeden yapısal değişiklikler gösteren bölgelerin oluşabilmesi mümkündür.

- * İşlem için gerekli ısı işlem sıcaklıkları genellikle 1000 ° C' nin altında olduğundan önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanır.
- * Eritme işleminde buharlaşmadan kaynaklanan kayıplar bu yöntemde en aza indirilir (Palalı, 2005; Akyüz, 2008).

1.4.4. Sol-Jel Yöntemin Dezavantajları

- * Hammadde fiyatları yüksek olduğundan uygulamalar bazı özel seramikler ve kaplama üretimi ile sınırlı kalabilir.
- * İşlem süresi uzundur.
- * İşlem süresinin uzunluğu üretim miktarını kısıtlayıcı bir faktördür. Seri olarak malzeme üretmek ve kaplama yapmak çok zordur.
- * Kullanılan organik hammaddelerin sağlığa zararlı olmaları uygulamalarda özel koruyucu tedbirler alınmasına neden olduğundan maliyet artar.
- * Jel içinde kalan gözenekler, hidroksil iyonları ve karbon atomları bazı özel amaçlı ürünlerde hataya neden olur.
- * Üretilen tozların maliyeti yüksektir.
- * Yapım esnasında büzülme miktarı çoktur.
- * Yapıda çatlaklar yer alabilir.
- * Yapıda OH (hidroksil) veya C grubu bulunabilir (Palalı, 2005; Akyüz, 2008).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Gupta vd., 2011, Sol-jel yöntemiyle üretilen Li ve Ni-Li katkılı CdO ince filmlerin yüzey özellikleri, partikül büyüklüğü ve optik geçirgenliği incelenmiştir. Farklı oranlarda Li katkılı CdO'in partikül büyüklüğü incelendiğinde; saf CdO'in partikül büyüklüğünün Li katkılı olanlara göre daha küçük olduğunu gözlemlemişlerdir. Bunun yanında Ni-Li katkılı CdO'ler incelendiğinde % 0,5 Ni-Li katkılı, % 1 Ni-Li katkılı, % 2 Ni-Li katkılı ve % 5 Ni-Li katkılı CdO'in sırasıyla 125 nm, 160 nm, 115nm ve 95 nm olduğu tespit edilmiş.

Li katkılı CdO bileşiklerinde optik geçirgenliğe bakıldığında Li oranı arttıkça geçirgenlik azalıyor. Bunun sebebinin Li ilavesiyle CdO bileşiğindeki bant aralığının azalması olabileceği belirtiliyor. Ni-Li katkılı CdO'te ise geçirgenlik Ni-Li ilavesiyle önce azalmış sonra artmıştır. Bunun sebeplerinin partikül büyüklüğü olabileceği belirtilmiş ve numunelerin bant aralıkları incelenmiştir.

Benramdane N. vd., 1997, ZnO ve CdO ince filmleri için optiksel özellikler incelenmiş, enerji aralıkları, örgü parametrelerinin yanı sıra soğurma sabiti, kırılma indisi, sönüm katsayısı, reel ve imajinel dielektrik sabitleri hesaplanmıştır.

Dakhel, A. A., 2008, % 3, % 6 ve % 9 Ga katkılı CdO ince filmleri, cam alttabanlar üzerine buharlaştırma yöntemi ile hazırlanmıştır. Hazırlanmış filmler, X ışını kırınımı (XRD), UV-VIS-NIR soğurma spektroskopisi ile karakterize edilmiştir. Araştırma, Ga katkılanmanın CdO'in enerji aralığını genişlettiğini göstermiştir. Optiksel özellikler, Tauc ve arkadaşlarının banttandır geçişleri ve klasik Drude teorisinin kullanımıyla kolayca açıklanmıştır. Örneklerin elektriksel davranışı, onların dejenere yarıiletken olduklarını göstermiştir. % 6 Ga katkılı CdO örneğinin mobilitesi 3.2 kat artmış, iletkenliği 1.5 kat artmış, katkısız bant aralığı artmış ve katkısız CdO filmine göre geçirgenlikte çok az bir artış tespit edilmiştir. Saydam iletken oksitler (TCO) açısından, Ga, diğer katkı malzemelerine nazaran (In, Sn, Sc ve Y vs) CdO'e katkılanmak için yeterince uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Ramakrishna Reddy K.T. vd., 1998, Bu çalışma, ısıtılmış cam alt tabanlar üzerinde uyarılmış reaktif buharlaşma yöntemiyle elde edilen CdO ince filmlerinin hazırlanışını tanımlamıştır. Depo edilen filmlerin yapısal, elektriksel ve optiksel özellikleri incelenmiştir ve filmlerin farklı fiziksel özellikleri üzerinde, alt taban sıcaklığının etkisi araştırılmıştır. İyi geçirgenliğe ve yüksek iletkenliğe sahip polikristal yapıdaki CdO filmler, depolama sıcaklığı kontrol edilerek hazırlanmıştır. Araştırmacılar, bu tabakaların %7'den daha verimli CdO/CdTe güneş pillerini üretmek için uygun oldukları sonucuna varmışlardır.

Lokhande B. J. ve Uplane, M. D., 2001, Kadmiyum oksit filmleri (CdO) püskürtme tekniği kullanılarak cam alttabanlar üzerinde hazırlanmıştır. Filmler 523 K' den 723 K' e kadar olan farklı alttaban sıcaklıklarda depolanmıştır. Yapısal, optiksel ve elektriksel özellikler tüm örnekler için çalışılmıştır. X-ışını kırınım çalışması filmlerin yüzey merkezli kübik yapı (111), (200), (220) düzlemleri boyunca tercihli yönelime sahip polikristal olduğunu göstermiştir. Optiksel soğurma çalışması, CdO'in doğrudan bant aralıklı materyal olduğu ve enerji bant aralığının, alttaban sıcaklığı artışı ile birlikte 2,37 eV'den 2,25 eV'ye düştüğü hesaplanmıştır.

Lokhande, B.J. vd., 2004, Bu çalışmada kadmiyum oksit (CdO) ince filmleri, 0,2 M kadmiyum asetatın sulu olmayan çözeltisi kullanılarak, püskürtme tekniği ile cam alttabanlar üzerine depolanmıştır. Filmler, ultrasonik bir biçimde temizlenmiş cam alttabanlar üzerinde, 25 K aralıklarında 573 K'den 773 K'ne farklı alttaban sıcaklık oranlarında elde edilmiştir. X-ışını kırınım (XRD) çalışmaları, filmlerin (111) tercihli yönelim düzleminde polikristal olduğunu göstermiştir. Hatta 623 K'de elde edilen filmlerin, daha düşük veya yüksek ısıda elde edilenlerle karşılaştırıldığında daha kristallik gösterdiği ortaya çıkarılmıştır. Doğru akım elektriksel özdirenç ölçümü, 300-500 K sıcaklık değerleri arasında gerçekleştirilmiştir ve 623 K alttaban sıcaklıklarında elde edilen filmlerin, XRD sonuçlarını destekleyen düşük özdirenç sergilediği bulunmuştur. Filmlerin optik soğurma çalışmaları, 350-850 nm dalga boyu değerlerinde yapılmıştır. Materyalin enerji bant aralığını tespit etmek için analiz yapılmıştır. Enerji bant aralığı, 2,31 eV olarak bulunmuştur. Bu sonuçların, bu konuda daha önce elde edilmiş çalışmalarla uyumlu olduğu bulunmuştur.

Carballeda-Galicia D.M. vd., 2000, CdO ince filmler cam alt tabanlar üzerine, $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, etilen glikol, gliserol ve trietilamin dayanan yeni bir öncül çözeltilerden sol-jel tekniğiyle hazırlanmıştır. Filmler, 200 °C'de açık havada tavlansmıştır ve atomik güç mikroskobu, X-ışını kırınımı ve UV-VIS mikroskobu yöntemleri ile karakterize edilmiştir. Elde edilen CdO ince filmlerin yüksek kalitede polikristal oldukları ve hatta 600 nm dalga boyunda % 95, 700'den 1100 nm'ye kadar ise neredeyse %100'e yükselen bir geçirgenlik gösterdikleri tespit edilmiştir. Dolaylı ve doğrudan bant aralığı enerji değerleri sırasıyla 2,06 ve 2,59 eV olarak tahmin edilmiştir. Filmlerin öz direnci, $2 \times 10^2 \Omega \text{cm}$ olarak bulunmuştur.

Ferro R. vd., 2000, CdO ince filmleri, su ve metanol içinde kadmiyum asetat çözeltisinden cam alt tabanlar üzerine, püskürtme tekniği ile depolanmıştır. Filmler, elektro-optiksel özellikleri geliştirmek için püskürtme çözeltisine, NH_4F ekleyerek florla katkılanmıştır. Katkılama seviyesi ve depolama sıcaklığına bağlı olan aşağı yukarı 800 nm'den daha yüksek dalga boyları için geçirgenlikte azalma gözlenmiştir. Depolanan filmlerdeki elektron ilgisi ve iş fonksiyonu belirlenmiştir ve bu parametreler üzerindeki F katkılama etkisi dikkate alınmıştır.

Serbetçi Z. vd., 2011, Sol-jel yöntemiyle üretilen saf ve Sb katkılı CdO ince filmlerinin yapısal özellikleri AFM cihazıyla incelenmiştir. Sb katkısıyla CdO'lerin mikro yapıdan nano yapıya dönüştüğü tespit edilmiştir. Saf CdO filmlerinde ölçülen bant aralığı Sb katkılamayla önce artmış daha sonra da Sb oranının artmasıyla azalmıştır. Bunun muhtemel sebebi de Sb katkısıyla azalan, nano yapıya dönüşen partikül büyüklüğü olarak belirtilmiştir.

Benhaliliba vd., 2011, Bu çalışmada Cu katkılı CdO ince filmlerin yapısal, elektriksel, optik özelliklerine bakılmıştır. 200-2500 nm dalga boyu aralığında saf CdO ve Cu katkılı CdO filmlerin geçirgenliği incelenmiştir. % 3 Cu katkılı CdO'den % 85 Cu katkılı CdO filmlere doğru numunelerin geçirgenliğinin arttığı gözlenmiştir.

Yakuphanoglu vd., 2003, sentezlenen Cu(II), Ni (II) ve Co (II) komplekslerinin elektriksel iletkenlik, kristal yapı, termoelektrik güç, termal iletkenlik ve optik özellikleri incelenmiştir. Sentezlenen komplekslerin sıcaklık artışıyla birlikte iletkenliklerinin de arttığı gözlenmiş ve bunun sonucunda örneklerin yarıiletken özellik gösterdikleri yorumlanmıştır.

Subramanyam vd., 1998, Bu çalışmada, oksijen ve argon atmosferinde oluşturulan kadmiyum oksit filmlerinin yapısal, optiksel ve elektriksel özellikleri incelenmiştir. 1×10^{-3} mbar değerindeki en iyi oksijen kısmi basıncında, filmlerin doğal yapıları tek fazlı polikristaldir. Filmlerin öz direncinin $4,6 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}$, optiksel geçirgenliğinin % 85 oranında, dalgaboyunun 600-1600 nm aralığında ve bant aralığının 2,46 eV değerinde olduğu görülmüştür.

Gurumurugan K. vd., 1994, yapılan çalışmada geçirgen ve iletken kadmiyum oksit (CdO) ince filmler, püskürtme tekniği ile elde edilmiştir. Film kalınlıkları, Rutherford geri saçılma spektrometresi kullanılarak belirlenmiştir. X-ışını kırınım ölçümleri, filmlerin (111) kırınım düzlemi boyunca bir tercihli yönelime sahip polikristal olduğunu göstermiştir ve örgü parametreleri hesaplanmıştır. Gerilim ve yer değiştirme yoğunluğu da değerlendirilmiştir. Filmlerin, görünür ve yakın kızılötesi bölgede ortalama % 75 geçirgenliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Kırılma indisinin, 500-1500 nm dalgaboyu aralığında 1,68 ve 2,84 aralığında değiştiği gözlemlenmiştir. Elde edilen doğrudan ve dolaylı bant aralığı değerleri, sırasıyla 2,32 ve 1,98 eV olarak bulunmuştur.

Ferro, R. ve Rodriguez, J.A., 1999, Saydam iletken kadmiyum oksit (CdO) ince filmler, damıtılmış su ve metanolde kadmiyum asetat çözeltisinden, kimyasal püskürtme yöntemi ile depolanmıştır. Filmler, çözeltiliye NH_4F ekleyerek katkılanmıştır. Çözeltinin optimum konsantrasyonu belirlenmiştir. Depolanan filmlerin öz direnci ve geçirgenliği ($\lambda = 825 \text{ nm}$ 'de) sırasıyla, $6,72 \times 10^{-6} \Omega \text{m}$ ve % 87,1 değerlerini göstermişlerdir.

Tabet-Derraz H. vd., 2002, $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{O}$ ince filmleri, cam alttabanlar üzerine püskürtme yöntemi ile hazırlanmıştır. Yapısal özellikler, X-ışını kırınım deseni

kullanılarak incelenmiştir. Bütün yapılar CdO ve ZnO gibi basit bileşimler içerir. Elde edilen filmlerin, kristal yapılı fazları ve yönelimi ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Öncül çözeltiliye, Zn eklendiğinde CdO filmlerinin tercihli yöneliminin (200) yönünde olduğu gözlemlenmiştir. Farklı bileşimler için, 1,5-4,3 eV arasındaki değerlerde ince filmlerin geçirgenlikleri ölçülmüştür ve optiksel aralıklar tespit edilmiştir. Filmlerin, yapısal, elektriksel ve optiksel özelliklerinde artan Cd konsantrasyonunun etkisi, bu çalışmada araştırılmıştır.

Han X. vd., 2005, Nanokristal yapılı kadmiyum peroksit ince filmi, oda sıcaklığında sulu çözeltiliden, indiyum katkılı kalay oksit cam alttaban üzerine, elektrodepolama yöntemi ile elde edilmiştir. Nanokristal filmin tanecik boyutu, XRD'den tahmin edilmiş ve yaklaşık 14 nm olarak bulunmuştur. Ürünler CdO oluşumuyla 228°C'de ayrılmıştır. Elektrodepolanmış CdO₂'in ayrıştırılmasından elde edilen nanokristal yapılı CdO filminin bant aralığı yaklaşık 2,4 eV olarak bulunmuştur.

Deokate R. J. vd., 2008, Kadmiyum oksit (CdO) ve F katkılı CdO filmleri, sırasıyla kadmiyum asetat ve amonyum florür kullanılarak püskürtme yöntemi ile elde edilmiştir. Püskürtme tekniği ile elde edilen CdO ince filmlerinin yapısal, morfolojik ve optiksel özellikleri üzerindeki flor katkılamanın ve sıcaklığın etkisi, X-ışını kırınımı (XRD), taramalı elektron mikroskobu (SEM), atomik güç mikroskobu (AFM), optiksel soğurma ve elektriksel ölçüm yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. TGA ve TDA çalışmaları, 250°C'den sonra kadmiyum asetatın çözünmesi ile CdO'nun oluşumunu gösterir. XRD desenleri, örneklerin (200) tercihli yönelimini sergilemiş ve kübik yapılı polikristal olduğunu açığa çıkarmıştır. (200) difraktamının genişliği düşünülerek, ilgili Bragg açısının eşzamanlı değişimi flor katkılama seviyesine göre gözlenmiştir. SEM ve AFM, dağıtılmış alttaban üzerindeki kübiksel taneciklerin heterojen dağılımını göstermiştir. Flor katkılama, CdO filmlerinin geçirgenliğindeki artışla birlikte, optik aralığında değişimine neden olmuştur.

Vigil, O., vd., 2001, CdO filmler püskürtme tekniği ile, cam alttaban üzerine hazırlanmıştır. Isıl tavlamanın bir fonksiyonu olarak tabakanın yapısal, optiksel ve

elektriksel sonuçları rapor edilmiştir. XRD verileri, tavlama zamanının bir fonksiyonu olarak örneklerin mikro yapılarındaki mükemmel gelişmeyi göstermiştir. Optik bant aralığı kare kristal boyutunun tersi ile bir bağlantı göstermiştir. 120 dakika için 450 °C’de tavlanan örneklerin, örgü parametreleri ve yasak enerji aralıklarının, CdO kristallerinin önceden tespit edilen değerleriyle bağlantılı olduğu bulunmuştur. Ek olarak, tavlama zamanı 40 dakikaya kadar yükseltildiğinde, elektriksel özdirenç ölçümü biraz azalma göstermiştir. Fakat uzun süreler için doyuma ulaştığı tespit edilmiştir.

Santana, G. vd., 2000, $(\text{ZnO})_x(\text{CdO})_{1-x}$ oksitlerinin ince filmleri, püskürtme yöntemi ile cam alttabanlar üzerine depolanmış ve 450 °C’ de tavlansmıştır. Büyütülen ve termal olarak tavlanan ince filmlerin, yapısal ve optiksel özellikleri bulunmuştur. Kristal yapıları X-ışını kırınımı (XRD) ile belirlenmiştir. Bu çalışmada düşük Zn konsantrasyonları için CdO’in kübik fazda bulunduğu ve düşük Cd konsantrasyonları için kübik CdO ve hegzagonal ZnO fazlarının karışımının olduğu tespit edilmiştir. Tüm örneklerin kristalliği, ısıl tavlama ile birlikte gelişmiştir. Optik bant aralığı, büyütülen ve tavlanan örnekler için optik geçirgenliğinden yararlanılarak belirlenmiştir. Beklendiği gibi bant aralığı değeri, saf CdO’in ve ZnO’in bant aralıkları arasında değişmiştir.

Jayakrishnan, R. ve Hodes G., 2003, ZnO filmleri, elektrodepolama yöntemiyle elde edilmiştir. Depolama parametrelerindeki değişiklikler ve onların yapısal (kristal boyutu, büyüme yönü), optiksel (bant aralığı farklılıkları, fotoluminesans) ve elektriksel (iletkenlik) özellikleri üzerindeki etkileri tanımlanmıştır. Yöntem, iyi iletken olan CdO filmlerini ortaya çıkarmak için genişletilmiştir.

Cruz-Gandarilla F. vd., 2003, Tavlansmış $(\text{ZnO})_x(\text{CdO})_{1-x}$ ince filmlerinin, yapısal özellikleri X-ışını kırınım yöntemi ile çalışılmıştır. Nominal bileşime (x), farklı değerler vererek; püskürtme yöntemi kullanarak filmler elde edilmiş ve elde edilen filmler 0’dan 120 dakikaya kadar 450°C’de tavlansmıştır. Yapısal analiz, homojen bir şekilde birleştirilmiş oksit yarıiletkenin oluşumunda, önceki sonuçları doğrulamıştır. Fakat hem CdO hem ZnO için kristal yapı ve amorf fazlar aynı anda ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, tavlansmış filmler için, kristal büyüme hızını ve örgü sabitlerini dikkate alarak, amorf kübik

CdO fazları ve amorf hegzagonal ZnO fazları arasında, güçlü bir bağlantı olduğu gösterilmiştir. Tavlanmış filmlerde, $x \leq 0,5$ değerleri için optiksel davranış genellikle CdO fazıyla kontrol edilmiştir. Böylece tanecik boyutu etkilerine bağlı olarak, CdO kristal yapı boyutu arttığı zaman, materyalin etkin bant aralığında bir azalmanın gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Santoz-Cruz J. vd., 2005, Sol-jel yöntemi ile elde edilen katkılanmamış kadmiyum oksit ince filmlerinin yapısal, elektriksel ve optiksel özellikleri üzerinde, tavlama sıcaklığının (Ta) etkisi çalışılmıştır. 200'den 450°C'ye kadar tavlanan tüm CdO filmleri, (111) tercihsel yönelimli polikristaldirler ve 500 nm'nin üzerinde dalga boyları için % 85'in üzerinde yüksek optiksel geçirgenlik göstermişlerdir. Ta = 350 °C için elektriksel özdirenç, $6 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ değerine ulaşana kadar, Ta sıcaklığındaki yükselmeye özdirençte bir düşme gerçekleşmiştir. Daha yüksek sıcaklık değerleri için özdirenç, hafif bir artış göstermiştir. Atomik güç mikroskobu ile elde edilen görüntüler, Ta arttıkça kümelenme boyutunda açıkça belli olan artış miktarında, bir değişim göstermiştir. X-ışını ölçümlerinden hesaplanan verilerden gözlemlendiği gibi Ta arttığında, tanecik boyutu da artmıştır.

Sol-jel tekniğinin mükemmel avantajları olmasına rağmen CdO filmlerinin sol-jel tekniğiyle çalışmalarını belirten çok az literatür bulunmaktadır (Galiccia vd., 2000). CdO bileşiğinin optik özellikleri ve bant aralığı katkılama ile kontrol edilebilir (Gupta vd., 2011). Bazı araştırmacılar Sc, Y, Sm, Mn, Sn, Mg, Cu, K, In, Ga, Al, Fe, Cd, Zn, Ti, Dy katkılı CdO filmleri sentezleyerek (Zheng vd., 2010; Yan vd., 2001; Saha vd., 2008; Dakhel, 2008; Flores vd., 2009; Wang vd., 2001; Ghosh vd., 2004; Yang vd., 2005; Dakhel, 2009; Biasi ve Grillo, 2009) bunların çeşitli uygulamalarını bulmuşlardır: fotovoltaik aygıtlar, gaz sensörleri, fototransistörler ve diyotlar, vb (Flores, 2009; Wang vd., 2001). Al, Ti, In katkısıyla CdO filmlerin elektriksel iletkenliğinin arttığı bulunmuştur (Zheng vd., 2010, 2011). Maity ve Chattopadhyay (2006), Al katkısıyla CdO filmlerin optik bant aralığının azaldığını; Deokate vd. (2009), F katkısıyla CdO filmlerin optik band aralığının arttığını bulmuşlardır.

Yakuphanoglu (2011), CdO filmlerin elektriksel, yapısal ve optik özelliklerinin elektronik ve fotovoltaik uygulamalar için bor katkısıyla kontrol edilebileceğini belirtmiştir. Gupta vd. (2011) CdO filmlerinde katkı olarak kullandığı bakır miktarını azaltarak bant aralığının arttığını gözlemlemiştir.

Ayrıca, bazı bilim adamları saf CdO ve katkılı CdO ince filmler üzerinde optik özellikleri üzerine birçok araştırma yaptı. Yakuphanoglu (2010b), nano CdO filminin görünür bölgede %70-80 aralığında optik geçirgenliğini ve 2.27 eV optik bant aralığını ölçmüştür. Serbetçi vd. (2012), sol-jel döngü kaplama tekniği kullanılarak Li ve Li-Ni katkılı CdO, % 0,5; % 1; % 2, % 5 ve saf CdO ince filmlerinin optik bant aralığı değerlerini, 2,20; 2,18; 2,12; 2,05; 2,20; 2,00; 2,16; 2,40 ve 2,24 eV olarak bulmuştur. Gupta vd. (2011), % 1, % 2, % 3 ve % 4 Cu-katkılı CdO ve saf CdO filmlerinin bant aralığını 2,41; 2,47; 2,49; 2,52 ve 2,57 eV olarak bulmuşlardır. Yakuphanoglu vd. (2010), CdO filminin optik band aralığını 2,45 eV olarak belirlemiştir. Dakhel (2008), % 3, % 6 ve % 9 Ga katkılı CdO filmler ve ve saf CdO için sırasıyla 2,22; 3,70; 2,17 ve 2,16 eV optik bant aralığı değerlerini bulmuştur. Zheng vd (2011), saf CdO ve Sn-CdO ince filmler için optik bant aralığı değerlerini sırasıyla 2,40 ve 2,82 ~ 2,93 eV olarak bulmuştur. Ramakrishna Reddy K.T. vd. (1998), çalışmasında CdO ince filmlerini hazırlayıp filmlerin yapısal, elektriksel ve optiksel özelliklerini sıcaklığa bağlı olarak incelemiştir.

Carballeda vd. (2000), CdO ince filmleri cam alttabanlar üzerine, $Cd(OOCCH_3)_2 \cdot 2H_2O$, etilen glikol, gliserol ve trietilamine dayanan yeni bir öncül çözüldüden sol-jel tekniğiyle hazırlanmışlardır. Filmler, 200°C'de açık havada yaşlandırılmış ve atomik güç mikroskobu, X-ışını kırınımı ve UV-VIS spektroskopi yöntemleri ile karakterize edilmiştir. Elde edilen CdO ince filmlerin yüksek kalitede polikristal oldukları ve hatta 600 nm dalga boyunda % 95, 700'den 1100 nm' ye kadar ise neredeyse % 100'e yükselen bir geçirgenlik gösterdikleri tespit edilmiştir. Filmlerin öz direnci, $2 \times 10^2 \Omega \text{cm}$ olarak bulunmuştur.

Santoz-Cruz vd. (2005) basit bir öncül çözelti kullanılarak, sol-jel yöntemi ile elde edilen katkılanmamış kadmiyum oksit ince filmlerinin yapısal, elektriksel ve optiksel

özellikleri üzerinde, tavlama sıcaklığının (T_a) etkisi çalışılmıştır. 200°C'den 450 °C' ye kadar tavlanan tüm CdO filmleri, (111) tercihsel yönelimli polikristaldirler ve 500 nm' nin üzerinde dalga boyları için % 85'in üzerinde yüksek optiksel geçirgenlik göstermişlerdir. $T_a = 350$ °C için elektriksel özdirenç, 6×10^{-4} Ω .cm değerine ulaşana kadar, T_a sıcaklığındaki yükselmeyle özdirençte bir düşme gerçekleşmiştir. Daha yüksek sıcaklık değerleri için özdirenç, hafif bir artış göstermiştir. Atomik güç mikroskobu ile elde edilen görüntüler, T_a arttıkça kümelenme boyutunda (tanecik kümelerinin) açıkça belli olan artış miktarında, bir değişim göstermiştir. X-ışını ölçümlerinden hesaplanan verilerden gözlemlendiği gibi T_a arttığında, tanecik boyutu da artmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1.Kullanılan Cihazlar ve Kimyasallar

UV-VIS-NIR 3600 spektrofotometresi

XE 100E PARK Sistem AFM Cihazı

Rikagu XRD Cihazı

Elektronik Terazı

Manyetik Karıştırıcı

Isıtıcı

Fırın

Çeşitli ebatlarda beher, erlen

Kadmiyum asetat dihidrat

Etil alkol (C₂H₅OH)

Metil alkol (CH₃OH)

Kadmiyum asetat dihidrat (Cd(CH₃COO)₂.2H₂O)

K₂PtCl₆

Mono etanolamin (NH₂-CH₂-CH₂-OH)

Azot gazı (N₂)

Saf su

3.2. Çözeltilerin Hazırlanması

5 ml metil alkol ile 0.5 molarlık kadmiyum asetat dihidrat beş adet çözeltileri hazırlandı ve 10 dk 60 °C'de manyetik karıştırıcıda karıştırıldı. % 0,1; % 0,5; % 1 ve % 2 oranında Pt içerecek şekilde çözeltilere K₂PtCl₆ ilave edildi ve 30 dk daha 60°C'de karıştırılmaya devam edildi. Daha sonra çözeltilerin sıcaklığı sabit tutularak 0.5 ml stabilizatör olarak mono etanolamin eklendi ve homojen bir çözelti oluşması için 4 saat 60°C'de karıştırılarak kadmiyum asetat, % 0,1; 0,5; 1,0; 2,0 Pt katkılı kadmiyum asetat çözeltileri elde edildi.

3.3. İnce Filmlerin Hazırlanması

Platin katkılı CdO ince filmler sol-jel tekniği ile hazırlandı. Kadmiyum asetat dihidrat ($\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), potasyum hekzaakloroplatinat(IV), 2-metoksiethanol ve monoetanolamin CdO ve, Pt katkılı CdO ince filmlerin yapımı için kullanılmıştır. Gerekli kimyasallar Alfa Aesar'dan satın alındı ve daha ileri saflaştırma olmaksızın kullanıldı. Yüzey yapısı PARK sistemi XE100E atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ile incelenmiştir. Filmlerin absorban, geçirgenlik ve yansıtma özellikleri Shimadzu 3600 UV-VİS-NIR spektrofotometre kullanılarak alınmıştır. Kristal yapı aydınlatılması için Rikagu X-ışını kırınım cihazı kullanılmıştır.

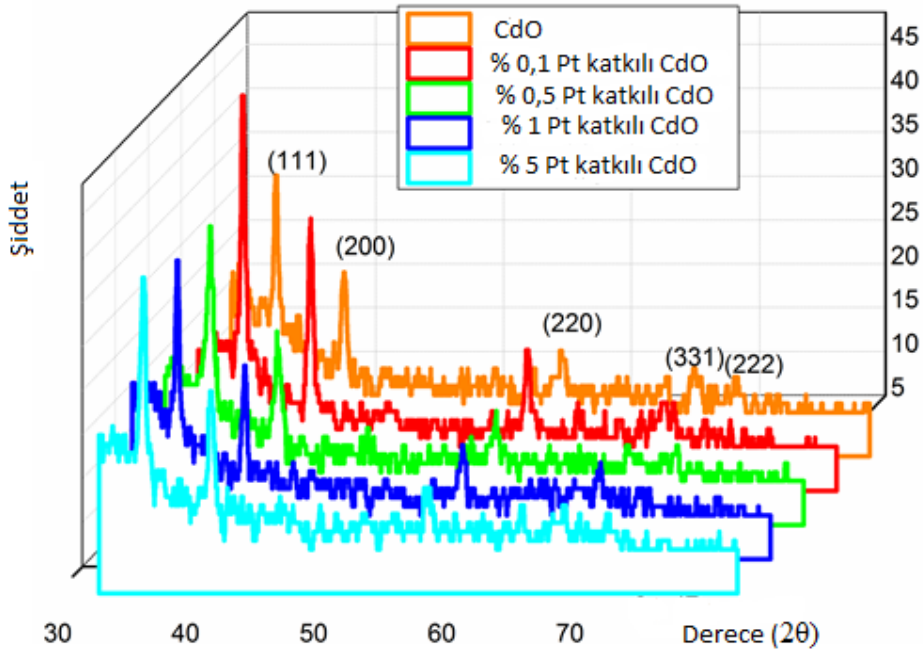
2x2 cm alanına sahip silisyum camlar sırasıyla beşer dakika süreyle ultrasonik banyoda etil alkol ve saf su ile temizlenerek azot gazıyla kurutuldu. Hazırlanan beş çözeltiyle saf ve Pt katkılı CdO filmler döngü kaplama yöntemi ile 30 saniye boyunca 1500 rpm'de mikroskop camına kaplanarak filmlerdeki, organik kalıntılar ve çözücünün buharlaştırılması için 5 dakika süreyle 150°C 'de kurutuldu. Bu kaplama / kurutma işlemi sekiz kez tekrarlandı. Daha sonra, hazırlanan katkısız ve Pt katkılı CdO filmler bir fırın içinde 1 saat boyunca 400°C 'de yaşlandırıldı.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Yapısal Özelliklerin XRD İle İncelenmesi

CdO ve Pt katkılı CdO filmlerinin XRD difraktogramları Rikagu X-ışını difraksiyon cihazıyla Cu K_a dalgaboylu ($\lambda = 0.154\text{nm}$) de 40 kV ve 30 mA X-ışını ile alınmıştır. XRD difraktogramları Şekil 4.1'deki gibidir. Tüm filmler CdO'in yüzey merkezli kübik kaya tuzu (NaCl) yapısında olduğunu, elde edilen kübik (111), (200), (220), (311) ve (222) yönelimleri ile göstermişlerdir (JCPDS kart no 05-0640). (Wongcharoena vd., 2012; Carballeda vd., 2000)

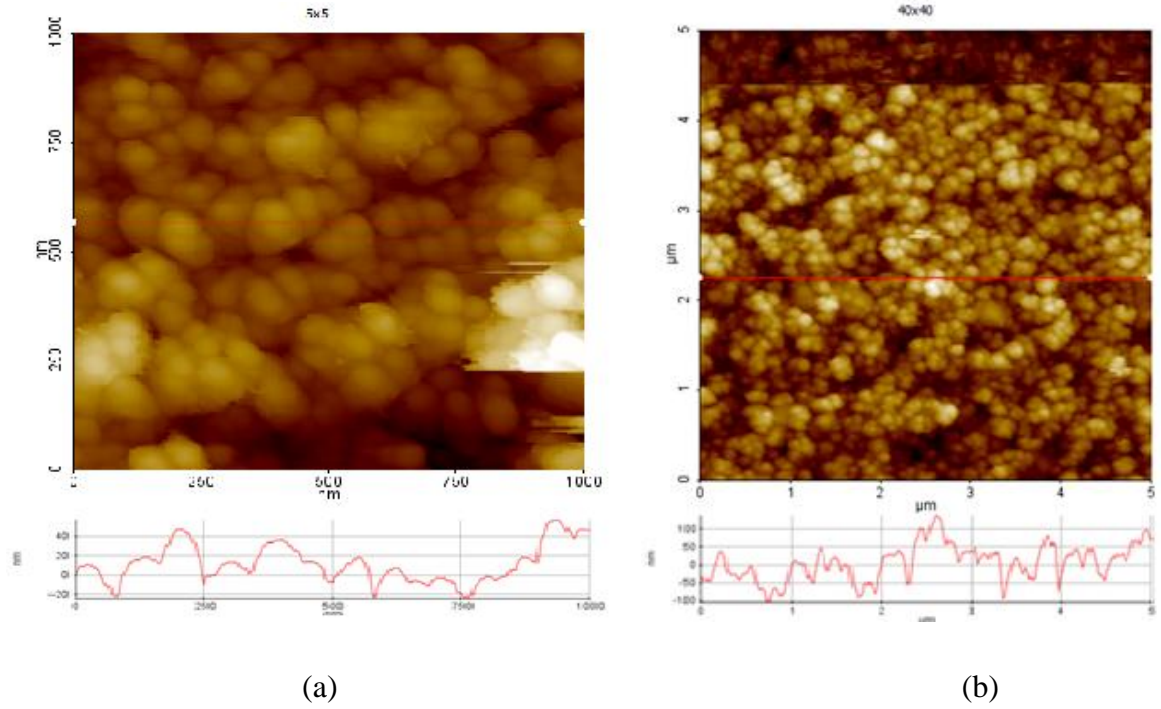
% 0.1 ve 0.5 Pt katkılı CdO'in (111) ve (200) difraktogram şiddetleri saf kübik yapıdaki CdO'in difraktogramlarına göre %30 ve %40, %10 ve %20 civarında artmıştır. Bu da örneklerin, polikristal yapıda büyüdüğünü göstermektedir. % 2 ve 5 Pt katkılı CdO filmlerinin difraktogram şiddetleri (111) yönünde %20 ve %10 büyüme göstermektedir.



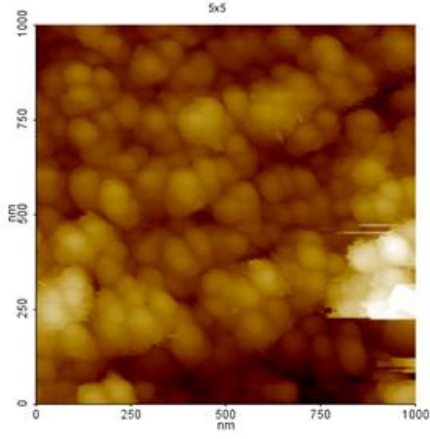
Şekil 4.1. CdO, % 0,1; 0,5; 2,5 Pt katkılı CdO'in XRD difraktogramları

4.2. Yüzey Yapısı Özellikleri

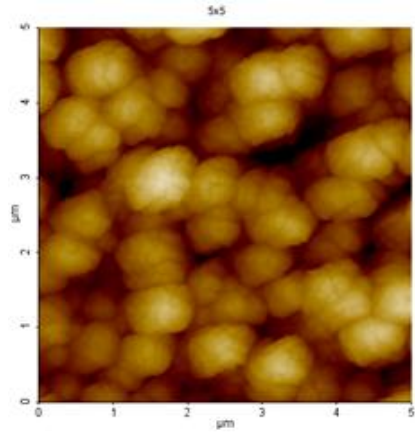
CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerinin yüzey morfolojisi AFM yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Şekil 4.3’de saf CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerinin AFM görüntüleri görülmektedir. Şekil 4.3a’da saf CdO ince filmlerinin, 1b’de % 0,1 Pt katkılı, c’de % 0,5 Pt katkılı, d’de % 1,0 katkılı ve e’de % 2,0 Pt katkılı CdO ince filmlerin AFM görüntüleri verilmiştir. Şekil 4.3’de görüldüğü gibi ince filmler hemen hemen homojen bir dağılıma dönüşmüştür. Şekil 4.3’de görüldüğü gibi % 0.1, 0.5,1.0, 2.0 Pt katkılı CdO ince film homojen bir dağılım ile birlikte nano büyüklükte salkımlar oluşturmuştur. Pt katkılama oranı arttıkça partikül boyutunun önce arttığı daha sonra azaldığı AFM görüntülerinden açıkça anlaşılmaktadır. Şekil 4.2, 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7’de saf ve katkılı CdO ince filmlerinin AFM görüntüleri verilmiştir. Saf CdO ince filmlerin görüntüleri 5x5 ve 40x40 mikron alanda katkılı CdO filmlerin ise 5×5 ve 1x1 mikron alanda alınmıştır.



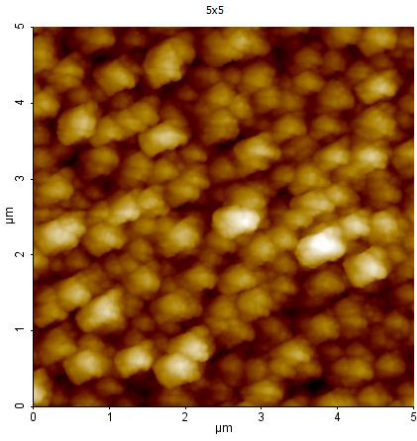
Şekil 4.2. Saf CdO filminin AFM görüntüsü (a) 5x5 µm, (b) 40x40 µm



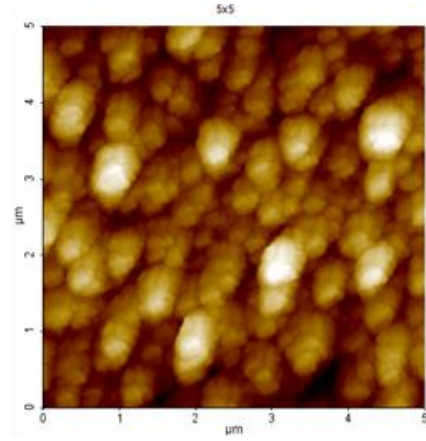
(a)



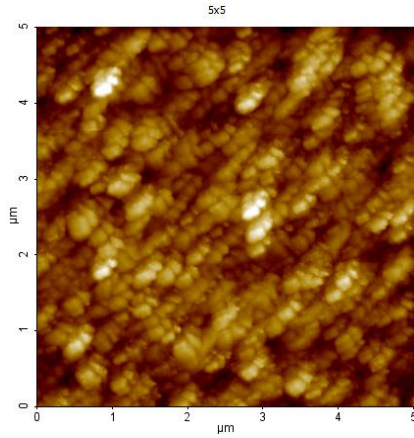
(b)



(c)

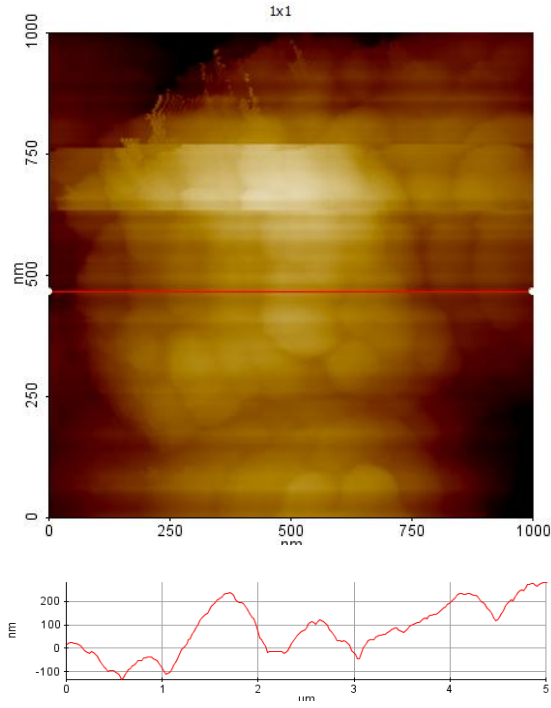


(d)

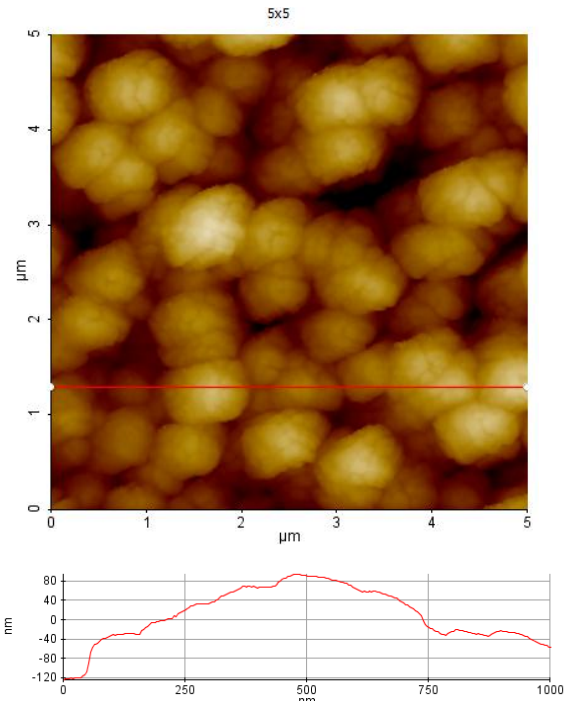


(e)

Şekil 4.3. İki boyutlu (2B) AFM görüntüleri (a) saf CdO, (b) % 0,1 (c) % 0,5 (d) % 1 ve (e) % 2 Pt katkı CdO ince filmleri (5x5µm alanda).

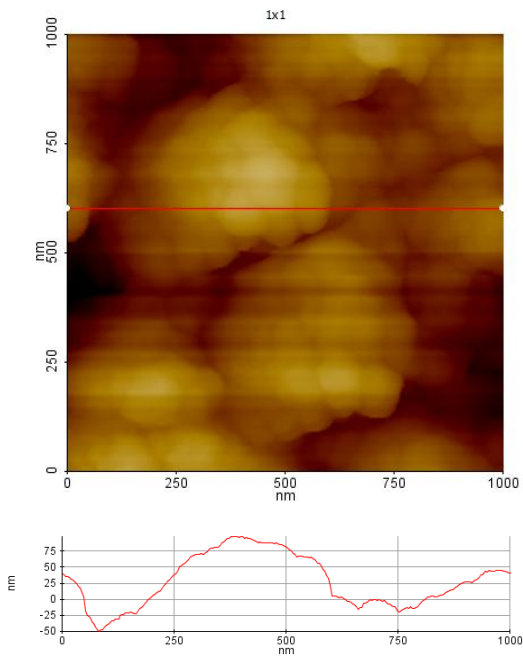


(a)

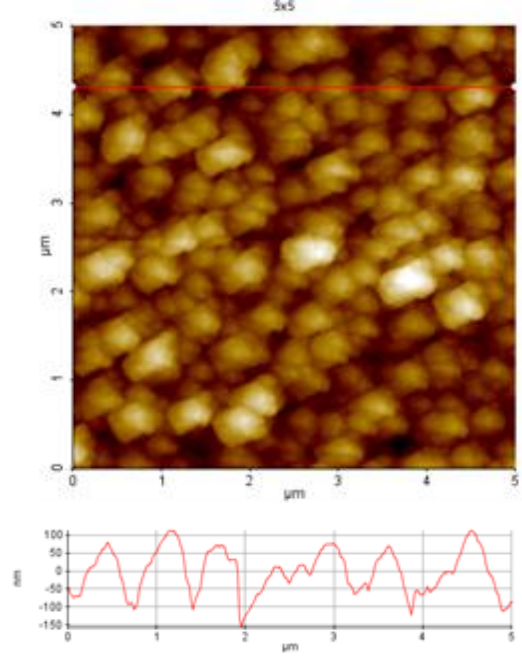


(b)

Şekil 4.4 % 0,1 Pt katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a) 1x1 μm , (b) 5x5 μm

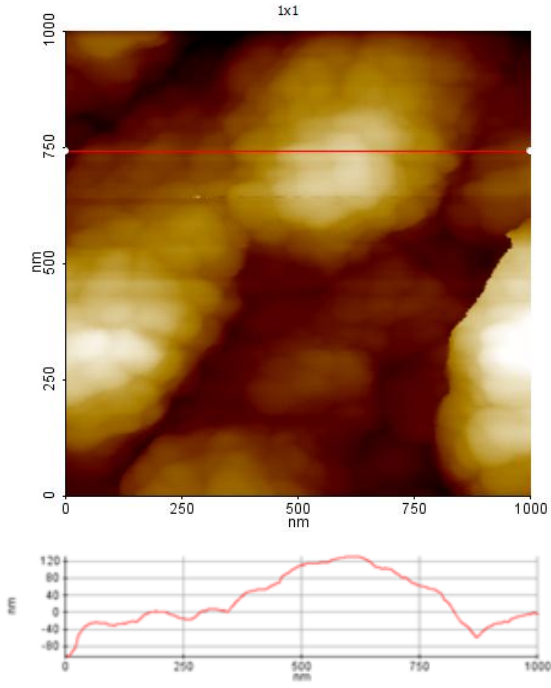


(a)

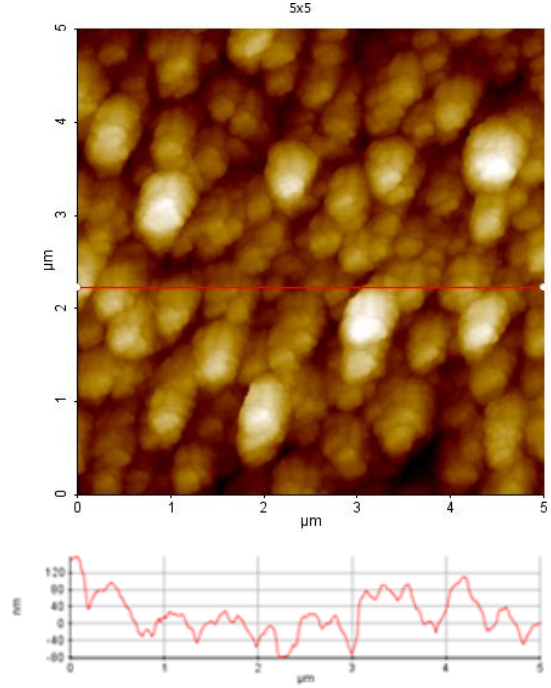


(b)

Şekil 4.5. % 0.5 Pt katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a) 1x1 μm, (b) 5x5 μm

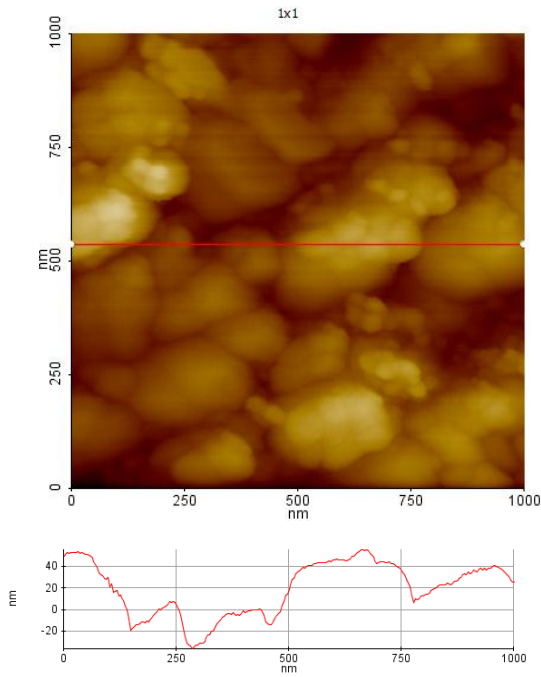


(a)

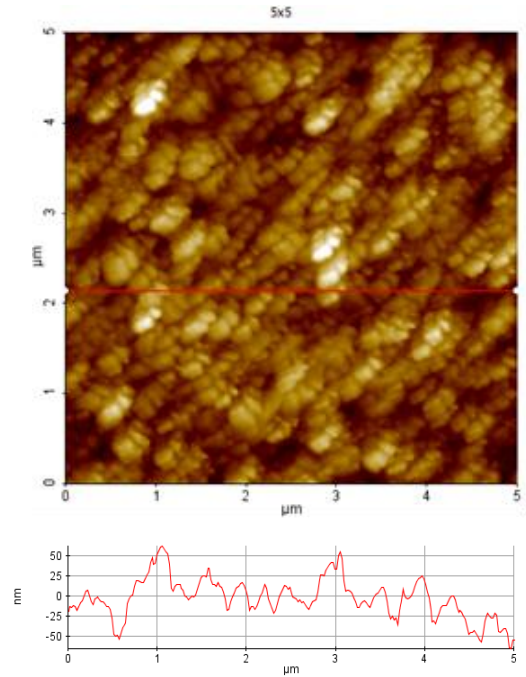


(b)

Şekil 4.6. % 1 Pt katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a) 1x1 μm, (b) 5x5 μm



(a)



(b)

Şekil 4.7. % 2 Pt katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a) 1x1 μm, (b) 5x5 μm

CdO ve Pt katkılı CdO'in 5x5µm aralığındaki filmlerinde küçük kristal büyüklükleri ve nano yapıları salkımların büyüklük değerleri belirlenmiş ve Tablo 4.1'de verilmiştir. Park System XEI software AFM kullanılarak tüm yüzeylerinin filmi 5x5 µm alanı içinde çekilen CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerin yüzey pürüzsüzlük (R_q) değerleri belirlendi ve Tablo 4.1'de verilmiştir. Tablo 4.1'de görüldüğü gibi, tüm filmler içinde en yüksek değere sahip % 0,5 Pt katkılı CdO ince filminin ortalama kristal tane büyüklüğü 396,91 nm iken, en düşük değere sahip CdO ince filminin ortalama kristal tane boyu değeri 81,34 nm'dir.

Ayrıca, % 0,1 Pt katkılı CdO ince filminin nano salkımların büyüklük değeri 816,5 nm olarak bulunmuştur. Bu, Pt katkısıyla CdO ince filminin kristal büyüklüklerinin arttığını göstermektedir. % 0,1 Pt katkılı CdO ince filmde bütün filmlerdeki en yüksek yüzey pürüzsüzlük (R_q) değeri (128 nm) olmasının yanında % 2 Pt katkılı CdO ince filmde bütün filmlerden en düşük R_q değeri (30,724 nm) olduğu Tablo 4.1'de görülmektedir.

Tablo 4.1. 5x5µm aralığındaki AFM görüntülerinden saf CdO ve Pt katkılı CdO filmlerinin kristal yapıları nano salkımlarının büyüklüğü ve yüzey pürüzsüzlük (R_q) değerleri

İnce Filmler	Partikül/nanosalkım büyüklüğü (nm)	Yüzey Pürüzsüzlüğü (R_q) (nm)
Saf CdO	81,34	35,215
0.1% Pt-CdO	816,5	128
0.5% Pt-CdO	396,91	71,334
1% Pt-CdO	373,9	71,562
2% Pt-CdO	206,2	30,724

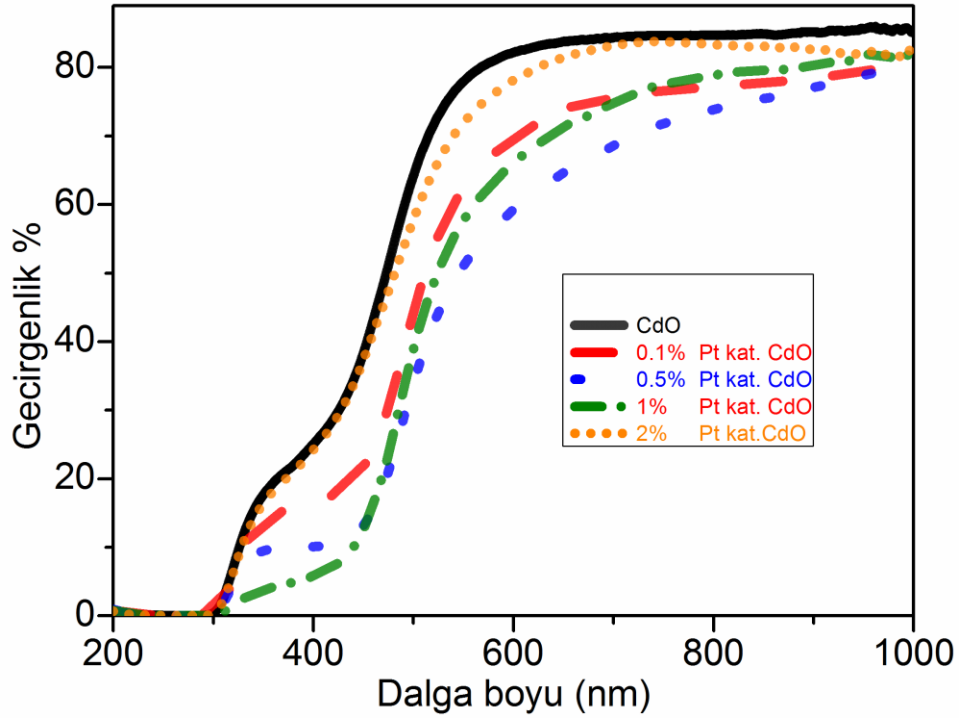
4.3. Optik Özellikler

4.3.1. CdO ve Pt Katkılı CdO İnce Filmlerin Kırılma İndeksi Parametrelerinin Belirlenmesi

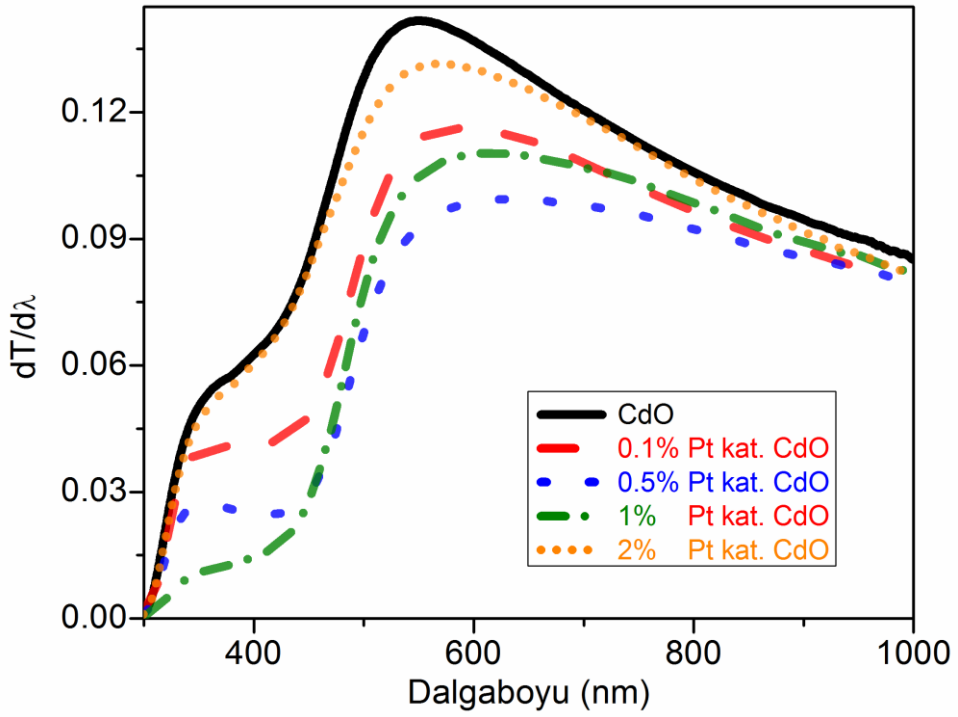
CdO, Pt katkılı CdO ince filmlerin geçirgenlik spektrumları optik özelliklerini incelemek için alındı (Şekil 4.8.a). Görünür bölgede, CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerin ortalama geçirgenlik değerleri hesaplanarak Tablo 4.2'de verilmiştir. Tablo 4.2'de görüldüğü gibi % 0,5 Pt-CdO ince filminin ortalama geçirgenliği (% 50,46) tüm filmler içinde en düşük değerde iken, CdO ince filminin ortalama geçirgenliği (% 71,32) en yüksek değerdedir. Bu değer, literatürde görülebilir aralıktaki geçirgenlik değerleri (% 70-80) arasındadır (Yakuphanoglu, 2010).

Tablo 4.2 Saf ve Pt katkılı CdO ince filmlerinin bazı önemli optik parametreleri

	Saf CdO	% 0,1 Pt-CdO	% 0,5 Pt-CdO	% 1 Pt-CdO	% 2 Pt-CdO
Ortalama Geçirgenlik (%)	71,316	58,745	50,461	55,086	68,446
Maksimum pik (nm)	548,5	598	637,5	607	561,5
Absorpsiyon bant aralığı (eV)	2,264	2,077	1,948	2,046	2,212



(a)



(b)

Şekil 4.8. Saf ve Pt katkılı CdO'in (a) Geçirgenlik spektrumu ve

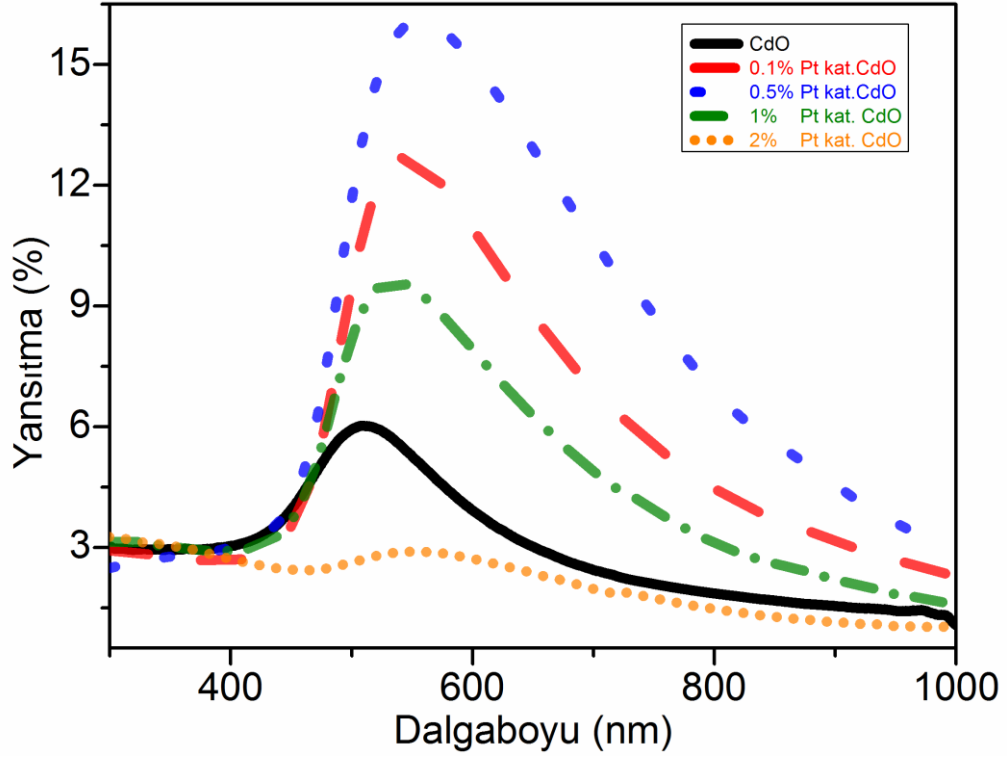
(b) $dT/d\lambda$ oranına karşılık dalga boyu grafiği

Tablo 4.2 de görüldüğü gibi, CdO ince film ortalama geçirgenlik değeri Pt katkısıyla önce azalıyor daha sonra artıyor. CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerin maksimum geçirgenliğinin sağlandığı dalga boyu, Şekil 4.8.b 'de dT / dλ karşı dalga boyu eğrileri çizilerek hesaplanmıştır. Şekil 4.8.b de görüldü gibi maksimum pik pozisyonu soğurma bant kenarına karşılık geliyor ve daha uzun dalga boyu yönünde küçük bir artış olduğunu söylebiliriz.

CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerin maksimum absorpsiyonlarına göre denklem (4.1) kullanılarak hesaplanan enerji bant aralıkları Tablo 4.2'de verildi. Tablo 4.2'de görüldüğü gibi, CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerin maksimum pik değerleri 548.5 dan 637.5 nm arasında değişmektedir, CdO ince filminin enerji bant aralığı değeri % 0,5 Pt katkısıyla 2.264 eV'den 1.948 eV'a düşmüştür.

$$E = h.c / \lambda \quad (E=eV, h=eV.s, c=nm/s, \lambda=nm) \quad (4.1)$$

CdO, Pt katkılı CdO ince filmlerin yüzde yansıtma spektrumu Şekil 4.9.'da görülmektedir. Platin katkısıyla CdO'in ışığı yansıtma yüzdesi % 2 Pt katkılı CdO ince filmi hariç diğer ince filmlerde artış göstermiştir. Şekil 4.9'te de görüldüğü gibi en fazla artış % 0.5 Pt katkılı CdO'te görülmektedir.



Şekil 4.9. Saf CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerinin yansıtma spektrumları

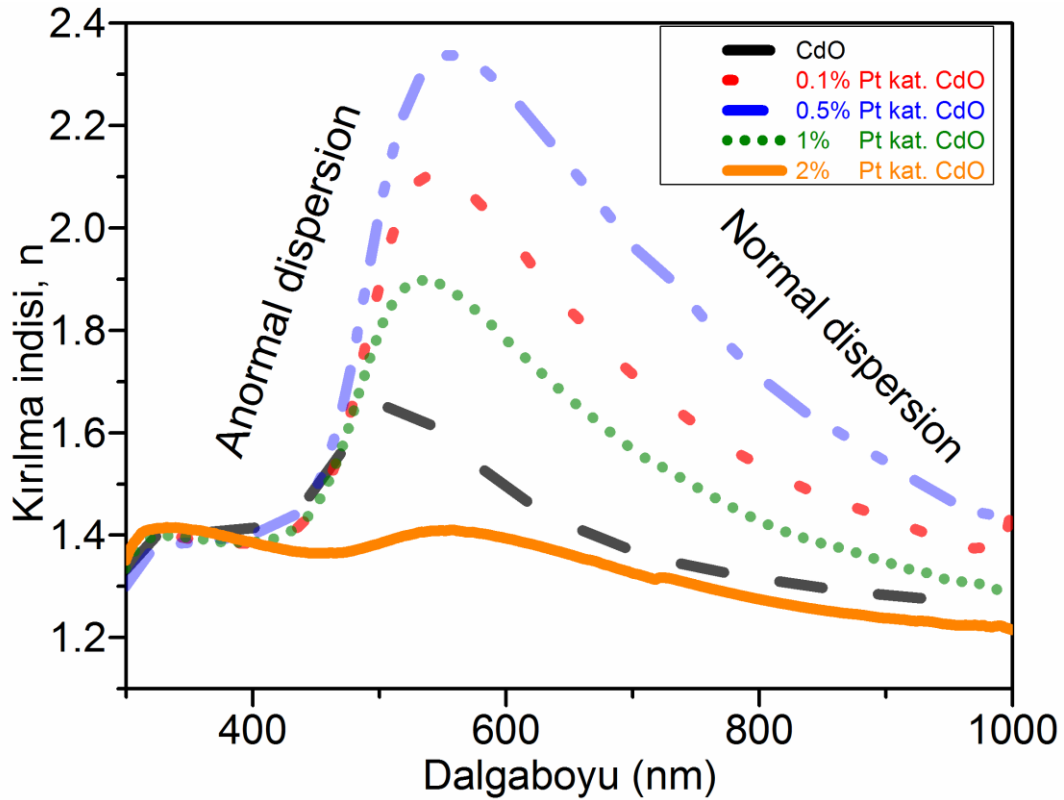
Kırılma indisi optik uygulamalar için önemli bir parametredir. CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerin optik sabitlerini belirlemek önemlidir. Filmlerin kompleks kırılma indisi aşağıda verilen denklem (4.2) ile ifade edilir (Urbah 1953).

$$\hat{n} = n(\omega) + ik(\omega) \quad (4.2)$$

Bu denklemde n kompleks kırılma indisinin gerçek, k ise sanal kısmıdır. Optik özellikler kırılma indisi ile karakterize edilir. Filmlerin kırılma indisi aşağıda verilen denklem (4.3) ile elde edilebilir (Yakuphanoglu vd. 2005).

$$n = \left\{ \left[\frac{4R}{(R-1)^2} - k^2 \right]^{1/2} - \frac{R+1}{R-1} \right\} \quad (4.3)$$

Böylece, CdO ve Pt katkılı CdO ince film ve filmlerin optik kırılma indisine karşılık dalga boyu grafiği Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Kırılma indisi eğrisi normal ve anormal dağılım olarak adlandırılan iki bölgeden oluşmaktadır. CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerin kırılma indisi (n) değerleri normal dağılım bölgesinde artan dalga (λ) boyu ile azalırken, anormal dispersiyon bölgesinde artmıştır.

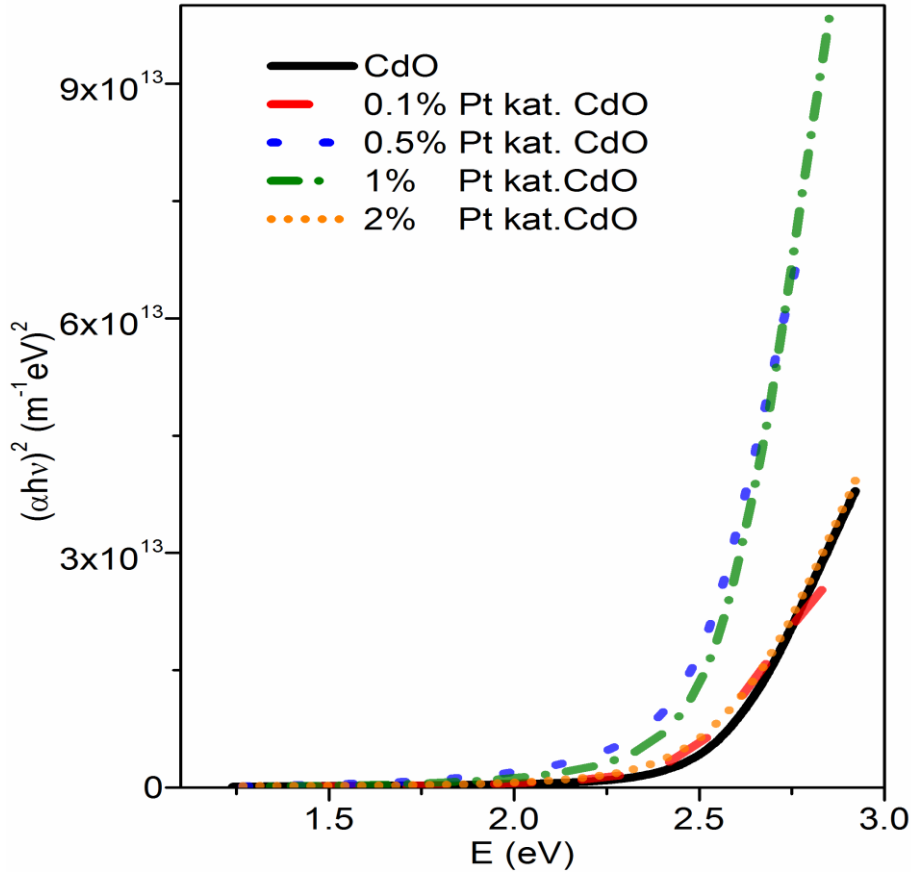


Şekil 4.10. Saf ve Pt katkılı CdO ince filmlerinin kırılma indeksi ve dalga boyu grafiği

4.3.2. CdO ve Pt katkılı CdO İnce Filmlerin Optik Bant Aralığı Özellikleri

CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerin $(\alpha h\nu)^2$ karşılık $h\nu$ grafiği Şekil 4.11'de verilmiştir. Bu grafikten faydanılarak bulunan optik bant aralıkları Tablo 4.3'te verilmiştir. Tablo 4.3'te Pt katkısı ile CdO ince film değişikliğinin doğrudan enerji aralığı değerleri

görülmektedir. Tüm ince filmler içinde % 0,5 Pt katkılı CdO ince filminin enerji bant aralığı 2,421 eV ile en düşük değerde iken saf CdO ince filminin enerji bant aralığı 2,524 eV ile en yüksek değerdedir. Buradan Pt katkısı ile CdO'in enerji bant aralığının azaldığını ve uygun miktarda Pt ilavesiyle CdO ince filminin elektrik iletkenliğinin artacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.11. Saf CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerinin foton enerjisine bağlı bant aralığı değerleri

Tablo 4.3. Saf CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerinin bant aralığı değerleri.

İnce Filmler	E_{gd} (eV)
Saf CdO	2,524
% 0,1 Pt-CdO	2,446
% 0,5 Pt-CdO	2,421
% 1 Pt-CdO	2,496
% 2 Pt-CdO	2,506

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

CdO ve Pt katkılı CdO'in XRD piklerine bakıldığında ince filmlerin polikristal yapıda özellik gösterdiği bulunmuştur.

CdO ve Pt katkılı CdO' in neredeyse homojen dağılıma sahip kristal taneli ince filmleri oluşturulmuştur. Pt katkı yüzdesi arttıkça CdO ince filmlerindeki kristal kümeleşmesinin de arttığı gözlenmiştir. Böylece platinin katkı miktarına bağlı olarak film yüzeyindeki tane büyüklüğü kontrol edilebilmektedir. CdO' in bant aralığı Pt katkısıyla 2.264 den 1.948 eV'a kaymıştır. CdO bant aralığı Pt katkısı ile azalmıştır. Pt katkısı ile CdO'in enerji bant aralığının azaldığını ve uygun miktarda Pt ilavesiyle CdO ince filminin elektrik iletkenliğinin artacağı anlaşılmaktadır. Kırılma indisi eğrisi normal ve anormal dağılım olarak adlandırılan iki bölgeden oluşmaktadır. CdO ve Pt katkılı CdO ince filmlerin kırılma indisi (n) değerleri normal dağılım bölgesinde artan dalga (λ) boyu ile azalırken, anormal dispersiyon bölgesinde artmıştır. CdO ince filminin kırılma indisi Pt katkısıyla azalıp ve artmış olabilmesi optik uygulamalar için çok önemli bir gelişmedir.

6.KAYNAKLAR

- Adurodija, F. O., Semple, L., Brüning, R.,** 2005. Real-time in situ crystallization and electrical properties of pulsed laser deposited indium oxide thin films, *Thin Solid Films*, Volume 492, Issues 1-2, 1, Pages 153-157
- Aksoy, S., Caglar, Y., Ilcan, S., Caglar, M.,** 2009. Effect of heat treatment on physical properties of CdO films deposited by sol-gel method, *Int. J. Hydrogen Energy* 34, 5191.
- Akyüz, İ.** 2005. CdO Filmlerinin Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Al Katkılama ve Tavlama İşlemlerinin Etkileri, *Katıhal Fiziği Doktora Tezi*, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, Tokat.
- Akyüz, H.,** 2008. Sol-gel yöntemiyle hazırlanan seramik ince filmlerin dielektrik özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Aydın, C., El-Nasser, H.M., Yakuphanoglu, F., Yahia, I.S., Aksoy, M.,** 2011. Nanopowder synthesis of aluminum doped cadmium oxide via sol-gel calcination processing, *Journal of Alloys and Compounds* 509, 854.
- Banerjee, A.N., Chattopadhyaya, K.K.,** 2005. Size-dependent optical properties of sputter deposited nanocrystalline p-type transparent CuAlO₂ thin films, *Journal of Applied Physics* 97, 084308 s2005d
- Bhosale, C.H., Kambale, A.V., Kokate, A.V., Rajpure, K.Y.,** 2005. Structural, optical and electrical properties of chemically sprayed CdO thin films, *Materials Science and Engineering B*, 122, 67-71
- Biasi, R.S.D., Grillo, M.L.N.,** 2009. Influence of manganese concentration on the electron magnetic resonance spectrum of Mn²⁺ in CdO, *J. Alloys Compd.* 485, 26
- Boztoprak Y., Kahraman M.V., Kayaman N.A.,** 2007. Sol-Jel Tekniğiyle Kaplanan Poli Karbonatların Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi, 8. Uluslar Arası Kırılma Konferansı Bildiriler Kitabı, 7 – 9 Kasım 2007
- Carbellade-Galicia, D.M., Castenedo-Perez, R., Jimenazsandoval, O., Torres-Delgado, G., ve Zungu-Romera, C.I.,** 2000. High Transmittance CdO Thin Films Obtained by the Sol-gel Method. *Thin Solid Films*, 371:105-108.
- Choi, Y.S., Lee, C.G., Cho, S.M.,** 1996. Transparent conducting Zn_xCd_{1-x}O thin films prepared by the sol-gel process, *Thin Solid Films* 289, 0153.

- Chopra, K.L., Major, S., Pandya, D.K.**, 1983. Transparent conductors, A status review Review Article, *Thin Solid Films*, Volume 102, Issue 1, Pages 1-46.
- Chopra, K.L., Das, S.R.**, 1983. *Thin Film Solar Cells*, Plenum Press, New York, Chapter 3, p. 346.
- Coutts, T.J., Young, D.L., Li, X., Mulligan, W.P., Wu, X., Vac, J.**, 2000. Search for improved transparent conducting oxides: A fundamental investigation of CdO, Cd₂SnO₄, and Zn₂SnO₄. *Sci. Technol. A* 18, 2646.
- Cruz-Gandarilla, F., Morales-Acevedo, A., Vigil, O., Hesiquogarduno, M., Vaillant, L., ve Contrera-Puente, G.**, 2003. Micro-Structural Characterization of Annealed Cadmium-Zinc Oxide Thin 91 Films Obtained by Spray Pyrolysis. *Materials Chemistry and Physics*, 78:840-846.
- Cruz, J.S., Delgado, G.T., Perez, R.C., Sandoval, S.J., Sandoval, O.J., Romero, C.I.Z., Marin, J.M., Angel, O.Z.**, 2005. Dependence of electrical and optikal properties of sol-gel prepared undoped cadmium oxide thin films on annealing temperature, *Thin Solid Films* 493, 83
- Dakhel, A.A.**, 2008. Correlated transport and optical phenomena in Ga-doped CdO films, *Semicond. Sci. Technol.*, 23, 055017.
- Daza, OG., Readigos, A.A.C., Campos, J., Nair, M.T.S., Nair, P.K.**, 2001. Formation of conductive CdO thin films on photoconductive, CdS thin films for window layer applications in solar cells "Formation of conductive CdO thin films on photoconductive CdS thin films for window layer applications in solar cells", *MOD PHY L B*, 15(17-19), pp. 609-612
- Deokate, R.J., Pawar, S.M., Moholkar, A.V., Sawant, V.S., Pawar, C.A., Bhosale, C.H., Rajpure, K.Y.**, 2008. Spray deposition of highly transparent fluorine doped cadmium oxide thin films, *Appl. Surf. Sci.* 254, 2187.
- Dinek, T.**, 2006. CdO yarıiletken bileşğinin spray pyrolysis yöntemi ile elde edilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Ferro, R. ve Rodriguez, J.A.**, 1999, Some physical properties of F-doped CdO thin films deposited by spray pyrolysis, *Thin Solid Films*, 347, 295-298.
- Ferro, R., ve Rodriguez, J.A.**, 2000. Influence of F-Doping on the Transmittance and Electron Affinity of CdO Thin Films Suitable for Solar Cells Technology. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 64:363-370.
- Flores, M.A., Castanedo, R., Torres, G., Zelaya, O.**, 2009. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 93, 28

- Freeman, J. Poepelmeier, K.R., Mason, T.O., Chang, R.P.H., Marks, T.J.,** 2000. Chemical and Thin-Film Strategies for New Transparent Conducting Oxides, MRS Bull. 25, 45.
- Galicia, D.M.C., Perez, R.C., Sandoval, O.J., Sandoval, S.J., Delgado, G.T., Romero, C.I.Z.,** 2000. High transmittance CdO thin films obtained by the sol-gel method, Thin Solid Films 371, 105.
- Gao, S., Zhao, Y., Gou, P., Chen, N., Xie, Y.,** 2003. Preparation of CuAlO₂ nanocrystalline transparent thin films with high conductivity, Nanotechnology 14, 538.
- Ghosh, P.K., Maity, R., Chattopadhyay, K.K.,** 2004. Electrical and optical properties of highly conducting CdO:F thin film deposited by sol-gel dip coating technique, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 81, 279
- Gupta, R.K., Yakuphanoglu, F., Amanullah, F.M.,** 2011. Band gap engineering of nanostructure Cu doped CdO films, Physica E 43, 1666
- Gurumurugan, K., Mangalaraj, D., Narayandass, S.K., Sekar, K., ve Girija Vallabhan, C.P.,** 1994. Characterization of Transparent Conducting CdO Films Deposited by Spray Pyrolysis. Semicond. Sci. Technol., 9:1827-1832.
- Gündüz, T.,** 1999. Kalitatif Analiz Ders Kitabı, Gazi Kitabevi, Ankara
- Gündüz, T.,** 2005. Koordinasyon Kimyası, Gazi Kitabevi, Ankara
- Gulino, A., Tabbi, G.,** 2005. CdO thin films: a study of their electronic structure by electron spin resonance spectroscopy, Appl. Surf. Sci, 322-327
- Han, X., Liu, R., Xu, Z., Chen, W., and Zhengy, Y.,** 2005. Room Temperature Deposition of Nanocrystalline Cadmium Peroxide Thin Film by Electrochemical Route. Electrochemistry Communications, 7:1195-1198.
- Hoffmann, R.,** 1988. Solids and Surfaces: A Chemist's View of Bonding in Extended Structures, VCH Publishers, New York
- Huang, Y.X., Ji, Z.G., Chen, C.,** 2007. Preparation and characterization of p-type transparent conducting tin-gallium oxide films Appl. Surf. Sci., 253, 4819.
- Irmak, S.,** 2006. Flor katkılı CdO yarıiletken bileşiminin spray pyrolysis yöntemi ile elde edilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Ito, N., Sato, Y., Song, P.K., Kaijio, A., Inoue, K., Shigesato, Y.,** 2006. Electrical and optical properties of amorphous indium zinc oxide films, Thin Solid Films 496, 99.

- Jayakrishnan, R., ve Hodes, G.,** 2003. Non-Aqueous Electrodeposition of ZnO and CdO Films. *Thin Solid Films*, 440:19-25.
- Jefferson, P.H., Hatfield, S.A., Veal, T.D., King, P.D.C., McConville, C.F., Zuniga-Perez, J., Munoz-Sanjose, V.,** 2008. *Appl. Phys. Lett.* 92, 022101.
- Kaya, T.,** 2006. Sol-gel yöntemi ile $ZrO_2-Al_2O_3$ seramik kompozit oksit üretim karakterizasyonu ve ZrO_2 'nin parametrik etkilerinin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kayır, Z., Baççıl, E.G.,** 2010, ‘Nanoteknoloji Nedir?’ 15. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi
- Kim, H., Gilmore, C. M., Piqué, A., Horwitz, J. S., Mattoussi, H., Murata, H., Kafafi, Z. H., Chrisey, D. B.,** 1999. Electrical, optical, and structural properties of indium-tin-oxide thin films for organic light-emitting devices *Journal of Applied Physics*, Volume 86, Issue 11, pp. 6451-6461 .
- Kondo, R., Okhimura, H., Sakai, Y.,** 1971. Electrical Properties of Semiconductor Photodiodes with Semitransparent Films, *Jpn J Appl Phys* 10, 1547.
- Kulkarni, A.K., Schulz, K.H., Lim, T.S., Khan, B.,** 1999. Dependence of the sheet resistance of indium-tin-oxide thin films on grain size and grain orientation determined from X-ray diffraction techniques, *Thin Solid Films* 345, 273.
- Kumaravela, R., Menakaa, S., Regina, S., Snegaa, M., Ramamurthia, K., Jeganathan, K.,** 2010. Electrical optical and structural properties of aluminum doped CdO thin films prepared by spray pyrolysis technique, *Materials Chemistry and Physics* 122 , 444.
- Lewis, B.G., Paine, D.C.,** 2000. Applications and Processing of Transparent Conducting Oxides, *MRS Bull.* 25, 22
- Lim, J.T., Jeong, C.H., Vozny, A., Lee, J.H., Kim, M.S., Yeom, G.Y.,** 2007. Top-emitting organic light emitting diode using transparent conducting indium oxide layer fabricated by a two-step ion beam-assisted deposition , *Surf Coat Technol* 201, 5358.
- Lokhande, B.J., ve Uplane, M.D.,** 2001. Effect of Deposition Temperature on Spray Deposited Cadmium Oxide Films. *Materials Research Bulletin*, 36:439-447
- Lokhande, B.J., Patil, P.S., ve Uplane, M.D.,** 2004. Studies on Cadmium Oxide Sprayed Thin Films Deposited Through Non-Aqueous Medium. *Materials Chemistry and Physics*, 84:238-242.

- Maity, R. Ve Chattopadhyay, K.K.**, 2006. Synthesis and optical characterization of CdS nanowires by chemical process, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 90, 597
- Mattox, D.M.**, 1991. Sol-gel derived, air-baked indium and tin oxide films, *Thin Solid Films*, Volume 204, Issue 1, Pages 25-32
- Metz A.W., Ireland J.R., Zheng J.G., Lobo R.P., Yang Y., Ni J., Stern C.L., Dravid V.P., Bontemps N., Kannewurf C.R., Poeppelemeier K.R., Marks T.J.**, 2004. Transparent conducting oxides: texture and microstructure effects on charge carrier mobility in MOCVD-derived CdO thin films grown with a thermally stable, low-melting precursor, *J. Am. Chem. Soc.* 126, 8477.
- Miessler, G.L. ve Tarr, D.A.**, 2009. *İnorganik Kimya*, Palme Yayıncılık, Ankara
- Navarro, R.M., del Valle, F., Fierro, J.L.G.**, 2008. *Int. Journal of Hydrogen Energy* 33, 4265.
- Nozik, J.A.**, 2010. *Nanoscience and Nanostructures for Photovoltaics and Solar Fuels*, *Nano Letters* 10, 2735.
- Özdoğan, E., Demir, A., Seventekin, N.**, 2006. *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, Ege Üniversitesi, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayını, Temmuz-Eylül 2006
- Özgüz, V.**, 2010. *Nanoteknolojide İnovasyon: Araştırmadan Uygulamaya Geçiş*, *Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi*, Sabancı Üniversitesi, ESİNKAP Proje Pazarı, Eskisehir
- Palalı, E.**, 2005. Sol-gel yöntemiyle indiyum kalay oksit (ITO) ince film üretimi, *Yüksek Lisans Tezi*, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Phatak, G., Lal, R.**, 1994. Deposition and properties of cadmium oxide films by activated reactive evaporation Original Research Article *Thin Solid Films*, Volume 245, Issues 1–2, Pages 17-26
- Peter, L.M.**, 1979. The photoelectrochemical properties of anodic Bi₂S₃ films, *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, Volume 98, Issue 1, Pages 49-58
- Ramakrishna Reddy , K.T., Sravani, C., ve Miles, R.W.**, 1998. Characterization of CdO Thin Films Deposited by Activated ReactiveEvaporation. *Journal of Crystal Growth*, 184(185):1031-1034.
- Ramakrishna Redy, K.T., Shanthini, G.M., Johnston, D. and Miles, R.W.**, 2003, Highly transparent and conducting CdO films grown by chemical spray pyrolysis, *Thin Solid Films*, 427, 397-400.

- Saadeddin, I., Pecquenard, B., Manaud, J.P., Decourta, R., Labrugère, C., Buffeteau, T., Campet, G.,** 2007. Synthesis and characterization of single- and co-doped SnO₂ thin films for optoelectronic applications, *Appl. Surf. Sci.*, 253: 5240-5249.
- Saha, B., Thapa, R., Chattopadhyay, K.K.,** 2008. Bandgap widening in highly conducting CdO thin film by Ti incorporation through radio frequency magnetron sputtering technique, *Solid State Commun.* 145, 33.
- Santana, G., Morales-Acevedo, A., Vigil, O., Vaillant, L., Cruz, F., ve Contrera-Puentene, G.,** 2000. Structural and Optical Properties of (ZnO)_x(CdO)_{1-x} Thin Films Obtained by Spray Pyrolysis. *Thin Solid Films*, 373:235-238.
- Santos-Cruz, J., Torres-Delgado, G., Castanedo-Perez, R., Jimenez-Sandoval, S., Jimenez-Sandoval, O., Zungaromero, C.I., Marquez Marin, J., Zelaya-Angel, O.,** 2005. Dependence of Electrical and Optical Properties of Sol-Gel Prepared Undoped Cadmium Oxide Thin Films on Annealing Temperature. *Thin Solid Films* 493:83-87.
- Saha, B., Das, S., Chattopadhyay, K.K.,** 2007. Electrical and optical properties of Al doped cadmium oxide thin films deposited by radio frequency magnetron sputtering *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Volume 91, Issue 18, Pages 1692-1697
- Sarıkaya, Y.,** 2000. *Fizikokimya*, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Sheng, S., Fang, G., Li, C., Chen, Z., Ma, S., Fang, L., Zhao, X.,** 2006. Oriented growth of p-type transparent conducting Ca-doped SrCu₂O₂ thin films by pulsed laser deposition *Semicond. Sci. Technol.* 21, 586.
- Selvana, J.A., Delahoya, A.E., Guoa, S., Lia, Y.M.,** 2006. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 90, 3371–3376 A new light trapping TCO for nc-Si:H solar cells
- Serbetçi, Z., Gupta, R.K., Yakuphanoglu, F.,** 2012. Preparation and characterization of nanorods Sb doped CdO films by sol-gel technique, *Journal of Alloys and Compounds* 515
- Su, L.M., Grote, N., Schmitt, F.,** 1984. Diffused planar InP bipolar transistor with a cadmium oxide film emitter, *Electron. Lett.* 20, 716.
- Subramanyam, T.K., Uthanna, S., ve Srinivasulu N. B.,** 1998. Preparation and Characterization of CdO Films Deposited by dc Magnetron Reactive Sputtering. *Materials Letters*, 35:214-220.

- Tabet-Derraz, H., Benramdane, N., Nacer, D., Bouzidi, A., ve Medles, M.,** 2002. Investigations on $Zn_xCd_{1-x}O$ Thin Films Obtained by Spray Pyrolysis. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 73:249-259.
- Tüsiad,** Uluslararası Rekabet Stratejileri: Nanoteknoloji ve Türkiye, Yayın No: TÜSİAD-T/2008-11/474, İstanbul, 2008
- URBACH F.,** 1953. The long-wavelength edge of photographic sensitivity and of the electronic absorption of solids, *Physical Review* **92**: 1324.
- Uplane, M.D., Kshirsagar, P.N., BLokhande, B.J., Bhosale, C.H.,** 1999. “Stability and electronic properties of $Zn_xCd_{1-x}O$ alloys”, *Mater. Chem. Phys.* 1, 8630
- URL-1,** tr. scribd.com, 2012
- URL-2,** www.acikders.org.tr, 2012
- URL-3,** www.bilisim-teknik.net, 2012
- URL-4,** www-cms.llnl.gov, Chemistry and Material Science, University of California, 03.10.2006
- Verkey, A., Fort, A.F.,** 1994. Transparent conducting cadmium oxide thin films prepared by a solution growth technique, *Thin Solid Films* 239, 211.
- Vidyasagar, C.C., Naik, Y.A., Venkatesh, T.G., Viswanatha, R.,** 2011. *Powder Technology* 214, 337.
- Vigil, O., Cruz, F., Morales-A. A., Contreras-P., G., Vaillant, L., ve Santana, G.,** 2001. Structural and Optical Properties of Annealed CdO Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis. *Materials, Chemistry and Physics*, 68:249-252.
- Yakuphanoglu, F., Caglar, M., Caglar, Y., Ilıcan, S.,** 2010. Electrical characterization of nanocluster n-CdO/p-Si heterojunction diode *Journal of Alloys and Compounds* 506, 188–193.
- Yakuphanoglu, F.,** 2010b. Nanocluster n-CdO thin film by sol–gel for solar cell applications, *Applied Surface Science* 257, 1413.
- Yakuphanoglu, F.,** 2011. Synthesis and electro-optic properties of nanosized-boron doped cadmium oxide thin films for solar cell applications, *Solar Energy* 85, 2704.
- Yakuphanoglu F., Cukurovalı A., Yılmaz I.,** 2005. Refractive index and optical absorption properties of the complexes of a cyclobutane containing thiazolyl hydrazone ligand, *Optical Materials* **27**(8), 1363–1368

- Yang, Y., Shu, S.J., Medvedeva, J.E., Ireland, J.R., Metz, A.V., Jun, N., Hersam, M.C., Freeman, A.J., Marks, T. J., 2005.** *J. Am. Chem. Soc.* 127, 8796.
- Yang, Y., Wang, L., Yan, H., Jin, S., Marks, T.J., Li, S., 2006.** Highly transparent and conductive double-layer oxide thin films as anodes for organic light-emitting diodes *Appl. Phys. Lett.* 89, 051116.
- Yan, M., Lane, M., Kannewurf, C.R., Chang, R.P.H., 2001.** Highly conductive epitaxial CdO thin films prepared by pulsed laser deposition, *Appl Phys Lett* 78, 2342.
- Wang, A., Babcock, J.R., Edleman, N.L., Metz, A.W., Lane, M.A., Asahi, R., Dravid, V.P., Kannewurf, C.R., 2001.** Indium-cadmium-oxide films having exceptional electrical conductivity and optical transparency: Clues for optimizing transparent conductors, *PNAS* 98, 7113.
- Wang, C., Cimalla, V., Cherkashinin, G., Romanus, H., Ali, M., Ambacher, O., 2007.** Transparent conducting indium oxide thin films grown by low-temperature metal organic chemical vapor deposition *Original Research Article Thin Solid Films*, Volume 515, Issue 5, Pages 2921-2925
- Wongcharoena, N., Gaewdanga, T., Wongcharoen, T., 2012.** Electrical Properties of Al-Doped CdO Thin Films Prepared by Thermal Evaporation in Vacuum *Energy Procedia* 15, 361 – 370
- Woters M.E.L., Wolfs D.P., Van der Linde M.C., Hovens J.H.P., Tinnemans A.H.A.; 2004.** “ UV Curable Antistatic Hybrid Coatings on Polycarbonate Prepared by the Sol–Gel Method”, *Progress in Organic Coatings*, 51, 312–320
- Zheng, B.J., Lian, J.S., Zhao, L., Jiang, Q., 2010.** Optical and electrical properties of In-doped CdO thin films fabricated by pulse laser deposition, *Applied Surface Science* 256, 2910–2914
- Zheng, B.J., Lian, J.S., Zhao, L., Jiang, Q., 2011.** Vacuum Optical and electrical properties of Sn-doped CdO thin films obtained by pulse laser deposition, *Vacuum* 85 (2011) 861.
- Zhao, Z., Morel, D.L., Ferekides, C.S., 2002.** Electrical and optical properties of tin-doped CdO films deposited by atmospheric metalorganic chemical vapor deposition, *Thin Solid Films* 413, 203–211
- Zhao, L., Lian, J., Liu, Y., Jiang, Q., 2006.** Structural and optical properties of ZnO thin films deposited on quartz glass by pulsed laser deposition, *Applied Surface Science* 252, 8451–8455

Ziabari, A.A., Ghodsi, F.E., 2011. Optoelectronic studies of sol-gel derived nanostructured CdO-ZnO composite films, *J. Alloys Comps.* 509, 8748–8755.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında İstanbul'da doğmuştur. İlköğretimini İstanbul'da Osman Gazi İlköğretim Okulunda; ortaöğrenimini Çorum Anadolu İmam-Hatip Lisesi'nde tamamlamıştır. 2004 yılında başladığı Kahraman Maraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nden 2008 yılında mezun olmuştur. 2009 yılında Kayseri Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Tezsiz Yüksek Lisansını (Pedagojik Formasyon) tamamlamıştır. 2009 yılında Bingöl Anadolu İmam-Hatip Lisesi'nde başladığı Kimya Öğretmenliğine Yozgat Atatürk Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi'nde devam etmektedir.