

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

**OPTOELEKTRONİK UYGULAMALAR İÇİN FOTOLÜMİNESANS
KADMIYUM OKSİT FİMLERİN ÜRETİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bedrettin YILMAZ

KİMYA ANABİLİM DALI

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Zafer ŞERBETÇİ**

BİNGÖL-2018

ÖNSÖZ

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

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

Bu tez çalışmasının yapılması için gerekli ortamı sağlayan Bingöl Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'ne, Merkezi Laboratuvar çalışanlarına teşekkür ederim.

Bedrettin YILMAZ

Bingöl 2018

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLOLAR LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. NANO YAPI VE NANO TEKNOLOJİ.....	3
2.1. Nano Malzeme Üretim Yöntemleri.....	4
2.2. Sol-Jel Yöntemi	5
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
4. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	11
4.1. Kullanılan Cihazlar ve Kimyasallar	11
4.2. Çözeltilerin Hazırlanması.....	12
4.3. Filmlerin Hazırlanması	12
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	13
5.1. XRD İle Yapısal Özelliklerin İncelenmesi	13
5.2. Yüzey Yapısı Özellikleri	14
5.3. Optik Özellikler	18
5.3.2. CdO ve Tm katkılı CdO İnce Filmlerin Kırılma İndisi Parametrelerinin Belirlenmesi	20
5.3.3. CdO ve Tm katkılı CdO İnce Filmlerin Optik Bant Aralığı Özellikleri..	21

5.4. CdO ve Pt Katkılı CdO İnce Filmlerin Dielektrik ve Elektrik Duyarlılık Özellikleri	23
5.5. CdO ve Tm katkılı CdO İnce Filmlerin Fotoluminesans (PL) Parametrelerinin Belirlenmesi	25
6. SONUÇ VE TARTIŞMA	27
KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ	33



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

°C	: Santigrat Derece
A	: Amper
AFM	: Atomik Kuvvet Mikroskobu
Al	: Alüminyum
Bi	: Bizmut
C	: Karbon
Cd	: Kadmiyum
CdO	: Kadmiyum Oksit
Ce	: Seriyum
CH ₃ COO ⁻	: Asetat
Cl	: Klor
cm ²	: Santimetre kare
Cu	: Bakır
E _g	: Absorpsiyon bant aralığı
Eu	: Evropiyum
EUV	: Aşırı ultraviyole
eV	: Elektron volt
Ga	: Galyum
GaN	: Galyum nitrit
H	: Hidrojen
I	: Akım
IR	: Kızılötesi
İn	: İndiyum
La	: Lantanyum
N	: Azot
NIR	: Yakın kızılötesi spektrokopisi

Nm	: Nanometre
O	: Oksijen
PL	: Fotolüminesans
Pt	: Platin
Rpm	: Dakikadaki devir sayısı
Rq	: Yüzey pürüzsüzlüğü
Si	: Silisyum
SiO ₂	: Silisyum Oksit
TCO	: Transparan iletken oksit
Te	: Tellür
Tm	: Tulyum
UV	: Ultraviyole görünür bölge
V	: Volt
XRD	: X ışını difraktometresi
XRF	: X ışını floresans spektrometresi
Zn	: Çinko
ZnO	: Çinko oksit
Λ	: Dalga boyu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Nano boyutta parçacık üretiminde kullanılan başlıca yöntemler.	4
Şekil 2.2.	Sol-jel şeması	6
Şekil 5.1.	CdO filmlerinin XRD difraktogramları.....	13
Şekil 5.2.	Saf CdO filminin AFM görüntüsü (a)40x40 μm , (b) 5x5 μm	15
Şekil 5.3.	%0,1 Tm katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a)40x40 μm , (b) 5x5 μm ...	15
Şekil 5.4.	%0,3 Tm katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a)40x40 μm , (b) 5x5 μm ...	16
Şekil 5.5.	%0,5 Tm katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a)40x40 μm , (b) 5x5 μm ...	16
Şekil 5.6.	%1 Tm katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a)40x40 μm , (b) 5x5 μm	16
Şekil 5.7.	%3 Tm katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a)40x40 μm , (b) 5x5 μm	17
Şekil 5.8.	%5 Tm katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a)40x40 μm , (b) 5x5 μm	17
Şekil 5.9.	Saf ve Tm katkılı CdO'in Geçirgenlik spektrumu	18
Şekil 5.10.	Saf ve Tm katkılı CdO'in dT/d λ oranına karşılık dalga boyu grafiği	19
Şekil 5.11.	Saf ve Tm katkılı CdO ince filmlerinin yansıma ve dalga boyu grafiği	21
Şekil 5.12.	Saf ve Tm katkılı CdO ince filmlerinin kırılma indeksi ve dalga boyu grafiği	21
Şekil 5.13.	Saf CdO ve %0,1, %0,3, %0,5, %1, %3, %5 Tm katkılı CdO ince filmlerinin foton enerjisine bağlı bant aralığı değerleri.....	23
Şekil 5.14.	CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin foton enerjisine bağımlı dielektrik sabitinin (a) gerçek ve (b)	25
Şekil 5.15.	Saf ve Tm katkılı CdO ince filmlerinin PL spektrumları.....	26

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 5.1. %0,1, %0,3, %0,5, %1, %3, %5 Tm katkıli CdO filmlerinin XDR piklerinin saf CdO göre yüzde değişim pik şiddet oranı.....	14
Tablo 5.2. 5x5µm aralığındaki AFM görüntülerinden saf CdO ve Tm katkıli CdO filmlerinin kristal yapıli nano kümelenme büyüklüğü ve yüzey pürüzsüzlük (Rq) değerleri	17
Tablo 5.3. Saf ve Tm katkıli CdO ince filmlerinin bazı önemli optik parametreleri	19
Tablo 5.4. Saf CdO ve Tm katkıli CdO ince filmlerinin bant aralığı değerleri.....	22
Tablo 5.5. Saf ve Tm katkıli CdO ince filmlerinin PL bağlı bant aralık değerleri.....	26

OPTOELEKTRONİK UYGULAMALAR İÇİN FOTOLÜMİNESANS KADMIYUM OKSİT FİMLERİN ÜRETİLMESİ

ÖZET

Bu çalışmada sol-jel spin kaplama metoduyla CdO in tulyum katkılı 430 °C filmleri üretilmiştir. Sentezlenmiş ince filmlerin yapısal, morfolojik ve optik özellikleri atomik kuvvet mikroskopisi, X-ışını kırınımı ve UV-vis spektrofotometresi ile araştırılmıştır. %5 Tm katkılı CdO ince filminde en düşük tane boyutunun değeri 50 nm olarak bulunmuştur. Tm katkısıyla CdO filmlerinde 800-2000 nm arasında nanopartiküler kümeler oluşmuştur. XRD ile yapılan incelemede kadmiyum oksidin kübik poli kristal yapısında olduğunu ve katkılamayla (200) yöneliminde tüm ince filmlerin pik şiddetinde artış göstermiştir. CdO ince filminin optik geçirgenliği, kırılma indisi değerleri ve dielektrik sabiti değerleri tulyum katkılanmasıyla değişmiştir. Filmlerin absorsiyona bağlı, doğrudan optik bant ve fotolüminesans ile ölçülen bant aralığı değerleri hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tulyum, kadmiyum oksit, nano yapıli ince filmler, optik bant aralığı, floresan özellik.

MANUFACTURING PHOTOLUMINESCENCE, CADMIUM OXIDE FILMS FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS

ABSTRACT

In this study, Tm-doped CdO nanocomposites were synthesized at 430 °C by sol-gel spin coating method. Structural, morphological and optical properties of the synthesized thin films were investigated by atomic force microscopy, X-ray diffraction and UV-vis spectrophotometer. The lowest value of the grain size was found forby tm doped CdO film 50 nm in the 5% Tm-added CdO thin film. By addition of Tm, nanoparticulate clusters of 800-2000 nm are formed in CdO films. XRD showed that the cadmium oxide was in the polycrystalline structure of the cubic rock salt and the peak intensity of all thin films increased in the direction of doping (200). The optical permeability, refractive index values and dielectric constant values of CdO thin filminin were changed by Tm addition. The band gap values measured by optical band and photoluminescence of the films depend on the absorption, calculated .

Keywords: Thulium, cadmium oxide, nano-structured thin films, optical band range, fluorescent property.

1. GİRİŞ

Sürekli gelişen teknolojide saydam iletken oksit malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Optik geçirgenliklerinin bir hayli yüksek olmasından ve iletkenliklerinin de bir hayli yüksek olmasından dolayı saydam iletken malzemelerin birçok kullanım alanı bulunmaktadır (Temel vd. 2017).

Katı maddeler, taşıdıkları önemi özelliklerinden dolayı günlük yaşantımızda çoğu alanda önemli bir yere sahiptir. Özellikle çok iyi iletken olmaları, kolay şekil değiştirebilmeleri ve kullanım dayanıklılıklarıyla bilinen metallerin yeri geçmişlere kadar uzanmaktadır. Katıların en ilgi çekici ve önemli kısmını oluşturan yarıiletkenler ise ancak 1940'lı yıllarda yarıiletken transistörün ortaya çıkmasıyla önemli bir yere sahip olmuştur. Yarıiletken transistörlerin ortaya çıkması elektronik piyasasında devrim niteliğinde değişikliklere sebebiyet vermiştir. Günümüz teknoloji gelişmelerinde esas ve belirleyici unsurlarından birini hala yarıiletken teknolojisi oluşturuyor. Artık yarı iletkenlerden elde edilmiş elektronik cihazlar, insanlığın kullandığı kişisel bilgisayar, haberleşme sistemlerine kadar birçok elektronik aletin içinde bulunmaktadır. Farklı cihazlarda kullanılan (lazer, güneş pili, farklı dalga boyu aralıklarında çalışan cihazlar ve elektronik devrelerde kullanılan cihazlar gibi) yarıiletken malzemeler her gün gelişim göstermektedir (URL-1).

Günlük yaşantımızda önemli yer tutan her alanda kullandığımız cihazlarda bulunan ince filmler çok önemli yer sahibidir. Yarıiletken filmler, birçok üretim yöntemi kullanılarak kaplanacak malzemenin moleküllerinin ya da atomlarının, filmi destekleyerek filmin meydana gelmesine yardımcı olacak bir taban üzerine dizilmesi ile tabaka halinde oluşturulan yarıiletken malzemelerdir.

Gelişmekte olan teknoloji ile birlikte, ince filmlerin kullanım alanları da artmaktadır. İnce filmler, elektronik ve optoelektronik sanayisinin temellerindendir. Tablet, TV, bilgisayar ve cep telefonları gibi günlük hayatımızda kullandığımız cihazların üretiminde ince

filmler önemli yer tutmaktadır. İnce filmler askeri, medikal ve daha birçok alanda kullanılan sensörlerde kullanılmaktadır (URL-2).



2. NANO YAPI VE NANO TEKNOLOJİ

Atomlar ve moleküller seviyesinde araştırmaların yapılması ve geliştirilmesiyle Nano teknoloji ortaya çıkmış; farklı kimyasal, fiziksel, biyolojik özelliklere sahip yapılar elde edilmiştir. Genelde malzeme özellikleri ve cihazların çalışma prensipleri geleneksel modelleme ve teorilere (100 nm'den büyük boyutlar temelindeki varsayımlar) dayanmaktadır. Ancak boyutlar 100 nm'nin altına indirildiğinde ise geleneksel teori ve modeller, ortaya çıkan özellikleri açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Nano malzemeler aynı malzemelerin büyük parçacıkları ile karşılaştırıldığında boyuta bağlı olarak üstün ve yeni özellikler sergilemektedir. Yeryüzünde fotokimyasal ürünler, volkanik ürünler ve egzoz dumanları gibi doğal olarak çok geniş bir yelpazede nano malzemeler veya parçacıklar bulunabilmektedir. Nano teknoloji daha sağlam, daha kaliteli, daha uzun ömürlü, daha ucuz, daha hafif ve daha küçük cihazlar geliştirmektedir. Minyatürleşme olarak tanımlanabilecek bu eğilim, birçok mühendislik çalışmasının temelini oluşturmaktadır. Minyatürleşme üretimde daha az malzeme, daha az enerji, daha ucuz ve kolay ulaştırma, daha çok fonksiyon ve kullanımda kolaylık olarak uygulamada kendini göstermektedir (URL-3).

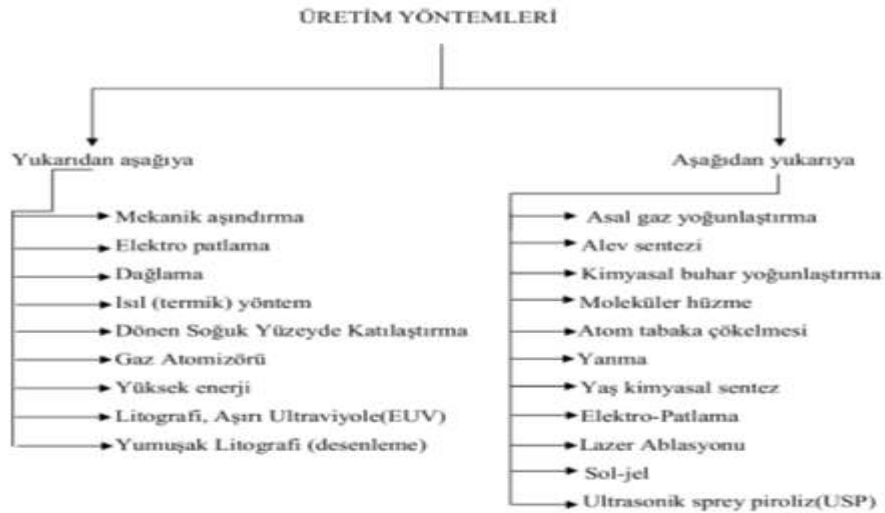
Boyutları 1-100 nm aralığında olan tozlar veya parçacıklar olarak belirtilen nano parçacıklar nano boyutlu malzemelerin ve nano teknolojinin temelini oluşturmaktadır. Nano parçacıklar, sistemlerin fonksiyonelliğinde büyük bir gelişim sağlayan yeni nesil nano teknoloji ürünü malzemelerdir. Nano parçacıkların boyutları çok küçük olduğundan dolayı malzemelerin hacimsel yapılarına kıyasla dikkate değer ve bazı koşulların sağlanmasıyla üstün özelliğe sahiptirler. Örneğin nano yapının iletkenliği, o yapıya tek bir atom eklense bile değişkenlik göstermektedir. Benzer şekilde, nano ölçeklerde atomlar arası bağ yapısı da değişikliğe uğrayabilmekte; mekanik olarak malzeme güçlenirken ya da zayıflarken, elektronik olarak iletkenlik özelliği tümüyle değişebilmektedir. Yine yarıiletken olarak bilinen ve çağımızın en önemli

malzemelerinden olan silisyumdan yapılan bir telin çapı nanometreye yaklaşırken tel iletken bir karakter sergilerler.

Nano parçacıkların özelliklerinin bu kadar üstün olmasında onların boyutlarının yanı sıra kontrol edilebilen şekillerinin ve morfolojilerinin de etkisi vardır. Kimyasal ajanlar olarak bilinen yüzey aktif maddelerin kullanılmasıyla yüzey ve ara yüzey özellikleri geliştirilebilir. Bu katkı ilaveleri ile parçacıkların yüzeyi şarj edilir ve parçacıklar arasında kümeleşme ve bir araya toplanmaya karşı bir denge sağlanır. Bir nano parçacığın oluşum evresi ve ömrü dikkate alınarak çok karmaşık kompozisyonlar bile kolaylıkla elde edilir (URL-3, URL-4).

2.1. Nano Malzeme Üretim Yöntemleri

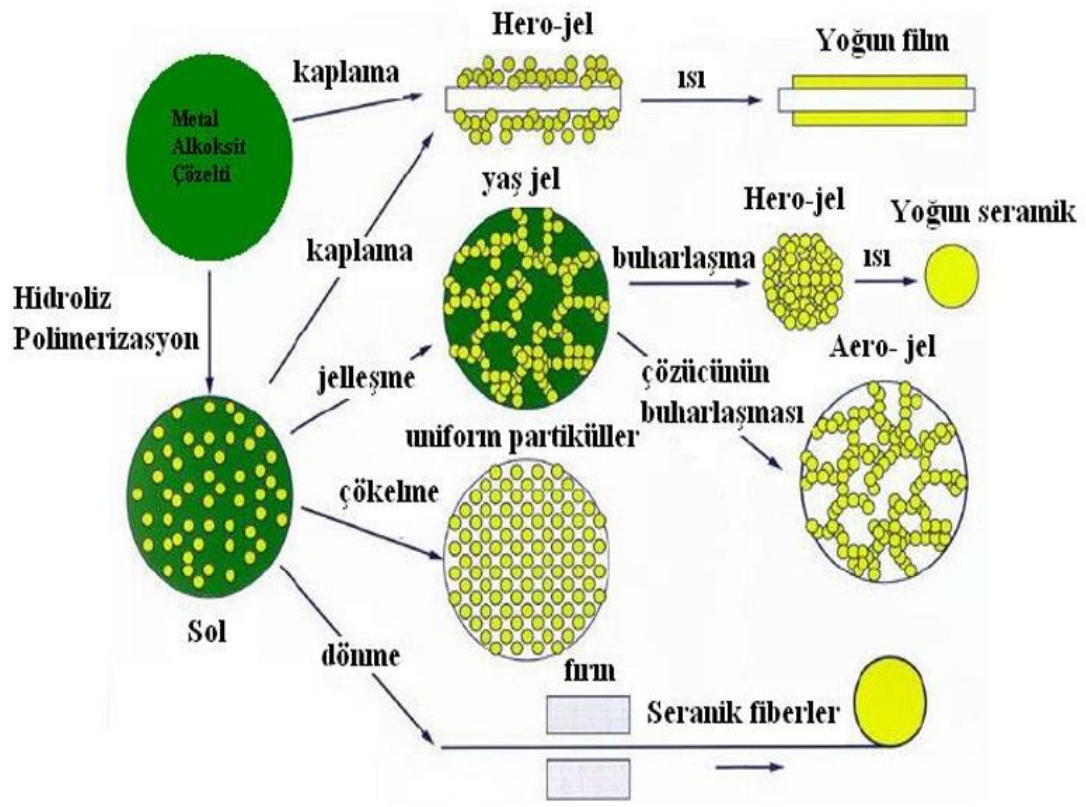
Nano malzeme üretilmesinde yukardan-aşağıya ve aşağıdan-yukarıya üretim olarak iki adet yaklaşım vardır. Yukardan aşağıya yönteminde bütün halindeki yani büyük malzemeler ile başlanır ve malzeme küçük küçük parçalara ayrılır. Bu yaklaşımda özel işlemler ve kimyasal aşındırma teknikleri kullanılarak, son derece kusursuz yüzey şekilleri elde etmekle beraber, mikroskobik elementlerin boyutları nanometre ölçeğine indirilir. Aşağıdan yukarıya üretim yaklaşımında ise malzeme, atomların ve molekülerin kimyasal reaksiyonlarla boyutça büyümesi sonucu sentezlenerek elde edilir. Atomik ve moleküler elemanlar daha büyük sistemler, kümeler, organik bileşikler, poli moleküllü yapılar ve sentezlenmiş makro-moleküller oluşturacak şekilde kontrollü olarak bir araya gelmesi sağlanır (URL-4).



Şekil 2.1. Nano boyutta parçacık üretiminde kullanılan başlıca yöntemler (URL-4).

2.2. Sol-Jel Yöntemi

Sol-Jel prosesi metal alkoksit ve inorganik tuz gibi başlangıç çözeltilerin hidroliz ve kondenzasyon reaksiyonları sonucunda jel halini alır. Sol-jel yöntemi pahalı olmasına rağmen nano malzeme elde edilmesinde tercih edilmesinin sebebi, bu yöntemin diğer yöntemlere göre bazı avantajlarının bulunmasıdır. Bu avantajlar mineraller ve kimyasallardan, istenilen boyutta ve şekillerde malzemelerin gözlem altında olacak şekilde, moleküler göstergelerde homojen olacak halde, geliştirilmiş süreçlerle üretilebilmesi olarak sıralanabilir. Ancak yöntemin külfetli ve zahmetli olmasının dışında en büyük eksisi, üretilen ürün miktarının giren ürüne göre çok küçük olması yani verimin çok az olmasıdır. Sol-Jel yöntemiyle nano parçacık elde etmenin yanında yoğun malzemelerin, fiber malzemelerin üretiminde ve ince film yüzey kaplamalarında, toz, kaplama ve fiber üretiminde de uygulanmaktadır. Çözeltide sıvı faz içinde askıda duran birkaç yüz nanometre çapındaki katı parçacıklardan oluşur. Daha sonra bu katı parçacıklar, katı makro moleküllerin içine daldırıldığı sıvı fazda (çözücü) yeni faz (jel) olarak yoğunlaşır. Oluşan jelin düşük sıcaklık (25-105 °C) işlemine tabi tutularak kurutulması ile boşluklu katı matris (herojel) yapıları oluşur. Sol-jel yöntemi kullanılarak parçacık üretiminin bazı aşamaları vardır. Bu aşamalar karıştırma, soğutma, jelleşme, yaşlandırma, kurutma, stabilizasyon ve son olarak yoğunlaşmadır (URL-4).



Şekil 2.2. Sol-jel şeması (URL-4)

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sol jel yöntemiyle Bor katkılı CdO ince filmlerin üretilmesi çalışmasında, yüzey morfolojine atomik kuvvet mikroskobu ile bakılmış nano yapıları sentezlenmiştir. Film partikül boyutu bor katkısının etkisi ile değişmiş, yine bor katkısı ile CdO filmlerinin optik bant aralığının 2,27 – 2,45 eV aralığında hesaplanmıştır. CdO filmlerin güneş pili uyarlaması için, p tipi Si üzerine n tipi yarı iletken özelliği gösteren %1 B katkılı CdO ile kapladığında güneş pili özelliğini ölçmüştür. p-Si/n-CdO çalışmasının güneş pili yapımı için nanoboyutlu bor katkılı kadmiyum oksit bileşenli nano güneş pilleri için araştırılması gerektiğini bildirmiştir (Yakuphanoglu 2011).

Silikon ve cam taban üzerine sol jel ve spin kaplama tekniği ile Çinko katkılı CdO filmlerinin hazırlanmasıyla yapılan çalışmada. Filmlerin, (XRF) ve X- ışınları kırınımı (XRD) yöntemi ile yapısal analizlerini yapılmış optik özelliklerini araştırmışlardır. Numunelerdeki %Zn miktarı XRF yöntemi ile ölçülüp ve kristal yapısını XRD yöntemi ile belirlemişlerdir. Deneysel sonuçlar, çinko oksit kristal yapısının değişmeden Zn^{2+} iyonlarının katkılандığını bulmuştur. Bununla birlikte, çinko iyonlarının katkısıyla CdO kristalinin partikül boyutunu artmasına neden olduğunu belirlenmiştir. Zn katkısıyla CdO bant aralığının daraldığını bulmuştur (Dakhel 2012).

Yine nano yapı elde etmede önemli olan DC reaktif magnetron püskürtme yöntemi çalışmasında mikroskop cam üzerine Cr katkılı CdO ince filmleri üretilmiştir. XRD spektrumlarından filmlerin basit kübik kristal yapıya sahip olduğunu, Cr katkılı CdO ince filmlerinin yüzey morfolojisine FESEM ve AFM kullanılarak bakmışlardır. Filmlerde en yüksek optik geçirgenliği %90 ölçmüşlerdir (Hymavathi et al. 2015).

Vakum buharlaştırma yöntemiyle yapılan çalışmada, cam alt taban üzerine Eu katkılı CdO filmleri (%0,4, %0,5, %0,8 ve %1,1) olacak şekilde sentezlemiş ve filmlerin XRF ve XRD yöntemi ile yapısal analizlerini, UV- Vis –NIR spektropisi ile optik özelliği ve

DC elektriksel özelliklerini incelenmesinde. Deneysel verilerinden Eu^{3+} katkısının CdO'nin kristal yapısına değiştirmedığını ve optik ve elektriksel özelliklerini değiştirdiğini göstermiştir. CdO'nin bant aralığı Eu^{3+} iyonlarının eklenmesinden dolayı optik bant aralığı azaldığını ve 1,5-1,8 Ev olarak hesaplamışlardır. Sonra, Eu katkı miktarı yükseldikçe (%1,1'den daha az), enerji aralığı da daraldığını ve bant aralığının daralması ile taşıyıcı yoğunluğunun artması ile iletkenliğin arttığı söylenmiştir (Dakhel 2009).

Te katkılı CdO ince-filmler (%1, %3, %5) cam ve silikon cam üzerine vakum buharlaştırma yöntemi ile hazırlanarak yapılmış çalışmada. Sentezlenmiş olan nano yapıların yapısal analizlerini X-Işını floresans , X-Işını kırınımı ile optik ve elektriksel ölçümlerinde UV- Vis – NIR soğurum spektropisi , DC elektrik ölçümü ile incelenmiştir. Deneysel veriler Te iyonları eklenmesinin CdO kristal yapısına hafif ölçüde etki ettiğini ve bu etkinin optik ve elektriksel özelliklerini değiştirdiği görülmüştür. CdO'nin bant aralığı %1 oranında Te iyonlarının eklenmesiyle aniden %23 değişime uğramıştır. Bu bant daralması değişimi katkılama etkisi ile açıklanmıştır. Te katkılı CdO yarı iletken filmlerinin optik bant aralık değerini 1,7-2,2 eV bant arasında hesaplamıştır. CdO filmlerine nazaran %1 oranlı Te katkılı CdO filmin iletkenliğinin 140 katına ve taşıyıcı yoğunluğunun 27 katına kadar arttığı ölçmüştür (Dakhel 2010).

Son zamanlarda, bazı optoelektronik cihazlarda ve fotovoltaiik güneş pillerinde yaygın bir şekilde kullanılan Transparan-İletken-Oksit (TCO) materyallerin üretilmesi ve bu ürünlerin incelenmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu araştırmada, Ultrasonik sprey Piroliz tekniği ile cam alt taban üzerine kaplanan filmler 250 °C de ısıtılarak hazırlanmıştır. Katkısız ve In katkılı (%1,3 ve 5) CdO filmlerin elektrik, optik, yapısal ve yüzey özelliklerine In katkısının etkisi incelemiştir. Elektrik iletkenliği yüksek olarak kabul edilen CdO, In katkısı ile iletkenlik değerinde ve optik özellikler incelemelerinden filmlerin geçirgenliğini önemli bir miktarda azaldığını gözlemlenmiştir. XRD taramaları, filmlerin çoklu kristal yapıya sahip olduğunu ve iyi kristalleşme seviyesi olduğunu bulmuştur. Yüzey özelliği incelenmesinden In katkısı filmlerin morfolojisinde önemli bir ölçüde değiştiğini ve Cd ve O elementlerinin katı filmde bulunduğu EDS ile kanıtlamıştır. Tüm incelemelerden sonra In katkısının, CdO filmlerinin elektriksel, optik, yapısal ve yüzey özelliklerinde önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Kose vd. 2009).

Lazer biriktirme (PLD) metoduyla sentezlenen Al katkılı CdO filmlerinin yapısal, yüzey, optik ve manyetik özelliklerinin sıcaklığa etkisini bağlı incelemesinde. XRD sonuçlarında oda sıcaklığında ve 100 °C 'de (111) ve (200) doğrultusunda büyüme gösteren filmler, 200-400 °C yalnızca (200) doğrultusunda büyüme gösterdiğini bulmuşlardır. Spektroskopik ölçülerle filmlerin optik sabitleri (n , k , α ve optik bant aralık enerjisi) hesaplamıştır ve katkılama ile değişimin etkisini bulmuştur. Filmlerin, 25-100 °C' arasında paramanyetik özellik gösterirken 200-400 °C arasında ferromanyetik özellik gösterdiğini ölçmüşlerdir (Siraj et al. 2011).

Cam ve silisyum alt taban üzerine vakum buharlaştırma yöntemi kaplanan Ce katkılı CdO ince filmlerinin Ce katkısının yapısal, elektriksel ve optik özelliklerine etkisi araştırılmasında. X-ışını kırınımı incelemesinde bazı Ce^{4+} iyonlarının Cd^{2+} iyonlarının yerine geçtiğini ve CdO içindeki seryum çözünürlüğünün çok sınırlı kaldığını ve yaklaşık olarak ~ at %1,3 olduğu bulunmuştur. Seryum katkısı CdO'in optoelektrik özelliklerini etkilemiştir. Transparan-iletken-oksit özelliği gösteren Ce katkılı yarıiletken filmlerin katkılanma ile iletken özelliğinin değiştiğini bulmuştur (Dakhel 2011).

Sol-jel yöntemi ile hazırlanmış La (%0.1, 0.5, 1 ve 2) katkılı CdO nano ince filmleri üretilmesi çalışmasında, yüzey morfolojisinden lantan yüzdesi arttıkça nano partikül boyutunun azaldığını bulmuşlardır. CdO filmlerinin bant aralığı La katkısıyla artmıştır ve Sırasıyla %0,1, 0,5, 1 ve 2 La katkılı CdO için bant aralıkları 2,25, 2,36, 2,4, 2,28 ve 2,31 eV olarak bulunmuştur bu değişimle lantan katkılanarak optik bant aralığının kontrol edilebileceği sonucuna varmışlardır (Alahmeda et al. 2013).

Sol jel tekniği ile sentezlenen nano yapıları CdO ve Pt katkılı CdO filmlerinin yüzey yapısına ve optik özellikleri inceleni çalışmasında. Sentezlenen CdO filmi için en düşük partikül boyutu değeri (81,34 nm) bulunmuştur. Pt katkılı CdO filmleri nanopartiküller ile kümelenme oluşturmuştur. CdO filminin geçirgenlik özelliği Pt atkısıyla ile değişmiştir. Kırılma indisi grafiğinden optoelektronik için önemli olan normal ve anormal dağılım bölgeleri belirtilmiştir. CdO filminin kırılma indisi değerleri Pt dopingi ile değişmiştir. Direk optik bant aralık değeri Pt katkısıyla ile değişmiştir. %5'lik Pt katkılı CdO filmi en düşük optik bant aralık değerini (2,421 eV) göstermektedir. Pt katkılı CdO ve CdO filmlerinin optik iletkenliğinin imajinari kısımları, optik iletkenliğinin reel kısımlarından daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (Serbetci vd. 2014).

Nanoyapılı Bi katkılı CdO filmleri sol-jel döndürerek kaplama yöntemi ile yapılan çalışmada. Morfoloji ve optik özellikler AFM ve UV görünür spektropi ile incelenmiştir. AFM sonuçları, CdO filmlerin nanopartiküllerden oluştuğunu ve partikül boyutunu bizmut katkısıyla ile değiştiğini göstermiştir. Katkısız ve Bi-katkılı CdO filmlerinin optik bant aralığı, optik soğurum yöntemi ile belirlenmiştir. Katkısız CdO filminin bant aralık değeri 2,589 eV olarak bulunmuşken, diğer yandan, Bi-katkılı CdO filmlerinin bant aralık değeri 2,657-2,684 eV arasında bulunmuştur. CdO filmlerinin bant aralık değeri Bi katkı oranı ile artmıştır. CdO filmlerin optik bant aralığı ve parçacık boyutu Bi etkiyle ile kontrol edilebildiğini söylemişlerdir (Dagdelen vd. 2012).

Sol-jel metoduyla 1200 rpmde döndürerek kaplama işlemi ile yapılan çalışmada nano tel yapıda sentezlenen %2 ve %3 bakır katkılı CdO'in ince filmlerinin optik, elektriksel, morfolojik ve fotoluminesans (PL) özelliklerini incelenmiştir. CdO filmleri X-ray kırınımı analizinde (111) kristal yönünde büyüdüğünü bulunmuştur. Bakırın katkısıyla optik geçirgenliğinin arttığı gözlemlenmiştir. CdO'in optik bant aralığının Cu katkısıyla 2,49 ile 2,62 Ev arasında bulunmuştur. Son olarak, PL sonuçları 2,80 Ev de güçlü mavi-mor emisyon zirvesi olduğunu göstermiştir (Benhaliliba et al. 2012).

Nanokristal-CdO filmini, başlangıç maddeleri kadmiyum asetat ve 2-metaoksietanol ve stabilizör olarak monoetanolamin kullanılarak sol-jel yöntemiyle üretilmesi çalışmasında. CdO filmin yapısal özellikleri AFM ile incelenmiştir. AFM sonuçlar 75-85 nm partikül boyutlu nanokristal olduğunu göstermiştir. Nanokristal-CdO filmlerin Eg optik bant aralığı 2,27 eV olarak bulunmuştur. Farklı iki bant aralığına sahip iki yarıiletken katmandan oluşan heteroyapı olan p-Si/n-CdO güneş pili cihazı olarak hazırlanmıştır. Cihazın elektriksel özellikleri voltaj- akım ve kapasitans-iletkenlik-gerilim yöntemleri ile incelenmiştir. p-Si/n-CdO cihazının fotovoltaiik özellikleri incelenmiştir. p-Si/n-CdO heterojunksiyon güneş pillerinin AM1,5 illuminasyonu altında $V_{oc}=0,41$ ve $J_{sc}=2,19$ mA/cm² olarak en iyi değeri vermiştir. p-Si/n-CdO tabanlı güneş pillerin araştırması için temel olarak bu çalışmanın yararlı olduğu kanısına varılmıştır (Yakuphanoglu 2010).

4. MATERYAL VE YÖNTEMLER

4.1. Kullanılan Cihazlar ve Kimyasallar

Rikagu X-ışını difraksiyon cihazıyla

XE 100E PARK Sistem AFM Cihazı

UV -VIS-NIR 3600 spektrofotometresi

Floresan spektroskopisicihazı Perkin–Elmer (Model LS 55)

Elektronik Terazı

Manyetik Karıştırıcı

Fırın

Çeşitli ebatlarda beher, erlen

Etil alkol

Metil alkol

Kadmiyum asetat dihidrat ($\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Thulyum (III) klorür (TmCl_3)

Etanolamin ($\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$)

Spin kaplama cihazı (FYTRONIX)

Ultrasonik banyo

Azot gazı (N_2)

Saf su

4.2. Çözeltilerin Hazırlanması

0,5 M Kadmiyum asetat dihidratın 5 ml metil alkol ile yedi adet çözeltileri hazırlanmıştır ve bir saat 70 °C’de manyetik karıştırıcıda karıştırılarak %0,1, %0,3, %0,5, %1, %3 ve %5 ve oranında Tm ihtiva edecek şekilde çözeltilere $TmCl_3$ ilave edilmiş 2 saat daha 60 °C ‘de karıştırılmaya devam edilmiştir. Çözeltilerin sıcaklığı sabit tutularak 0,5 ml stabilizatör olarak etanolamin eklenmiş ve homojen bir çözelti olması için 5 saat 60 ° C ‘de karıştırılmıştır, %0,1, %0,3, %0,5, %1, %3 ve %5, Tm katkılı Kadmiyum asetatın çözeltileri elde edilmiştir.

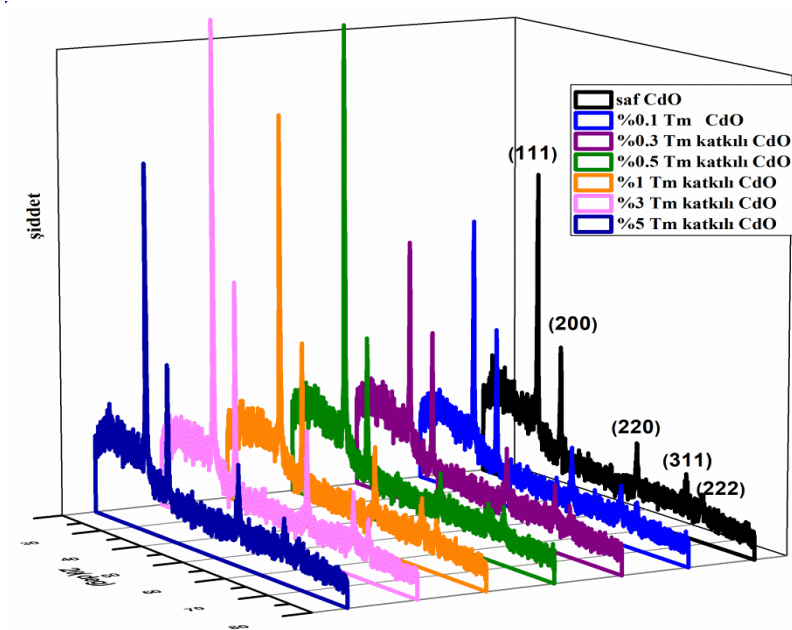
4.3. Filmlerin Hazırlanması

2x1 cm alanına sahip olacak şekilde kesilmiş silisyum camlar 15 dakika süreyle önce etil alkol ve sonra saf su ile ultrasonik banyoda temizlenmiş azot gazıyla kurutulmuştur. . Hazırlanmış saf ve Tm katkılı çözeltilerin filmleri spin kaplama yöntemi (Dagdelen vd. 2012; Thirumoorathi et al. 2016; A.Al-Ghamdi et al. 2015; Duman vd. 2014; Huang et al. 2016) ile 30 saniye boyunca 1200 rpm’de mikroskop camına kaplanmış, çözücünün buharlaştırılması için 5 dakika süreyle 160 °C de kurutulmuştur. Bu kaplama / kurutma işlemi sekiz defa tekrar edilmiştir. Daha sonra, hazırlanan katkısız ve Tm katkılı CdO filmleri elde etmek için yüksek sıcaklık fırın içinde normal atmosferde 2 saat boyunca 430 ° C’de yaşlandırılmıştır. Bu şekilde Tulyum katkılı CdO filmler sol-jel tekniği ile hazırlanmıştır (İsbilir vd. 2014; Serbetci vd. 2012; Sebertci vd. 2014; Gupta et al. 2012;Alahmed et al 2013). CdO ve, Tm katkılı CdO ince filmlerin yapımında Kadmiyum asetat dihidrat ($Cd(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$), Tulyum (III) klorür, ve etanolamin kullanılmıştır. Gerekli kimyasallar (sigma aldrich) markalı olup daha ileri saflaştırma olmaksızın kullanılmıştır. Yüzey yapısı PARK sistemi XE100E atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ile incelenmiştir. Filmlerin absorptans, geçirgenlik ve yansıtma özellikleri Shimadzu 3600 UV-VIS-NIR spektrofotometresi kullanılarak ölçülmüştür ve kristal yapı aydınlatılması için Rikagu X-ışını difraksiyon cihazıyla yapılmıştır. Perkin–Elmer spektrometresiyle de floresan özelliği araştırılmıştır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. XRD İle Yapısal Özelliklerin İncelenmesi

CdO ve Tm katkılı CdO filmlerinin XRD difraktagramları Rikagu X-ışını difraksiyon cihazıyla Cu Ka dalgaboylu ($\lambda = 0,154\text{nm}$) de 40kV ve 30 mA X-ışını ile alınmıştır. XRD desenleri Şekil 5.1'deki gibidir. Saf ve Tm katkılı CdO'nun yapısının yüzey merkezli kübik kaya tuzu poli kristal yapısında olduğunu Tablo5.1 'de, elde edilen kübik (111), (200), (220), (311) ve (222) yönelimleri ile göstermişlerdir (JCPDS kart no 05-0640) (Velusamy et all. 2018; Dakhel et all. 2017; Aydın vd. 2017; Aydın vd. 2011). Bu pikler dışında, farklı piklerin gözlenmemesi tulyumun CdO yapısının krital şeklini bozmadan katkılanma ile etkilediğini tespit edilmiştir. CdO'e Tm katkısıyla pik şiddetlerindeki artış ve azalış tablo 5.1 de belirtilmiştir. Filmler içinde en fazla pik şiddetinde artış olan %3 Tm katkılı CdO yapısıdır pik şiddet artışı en az olan ise %0,1 Tm katkılı CdO filmidir. (200) kırınım deseni şiddeti saf kübik yapıdaki CdO'in kırınım desenlerine göre katkılı tüm filmlerde artmıştır. Diğer yönelmelerde düzenli artma ve azalma gözlemlenmemiştir.



Şekil 5.1. CdO filmlerinin XRD difroktagramları

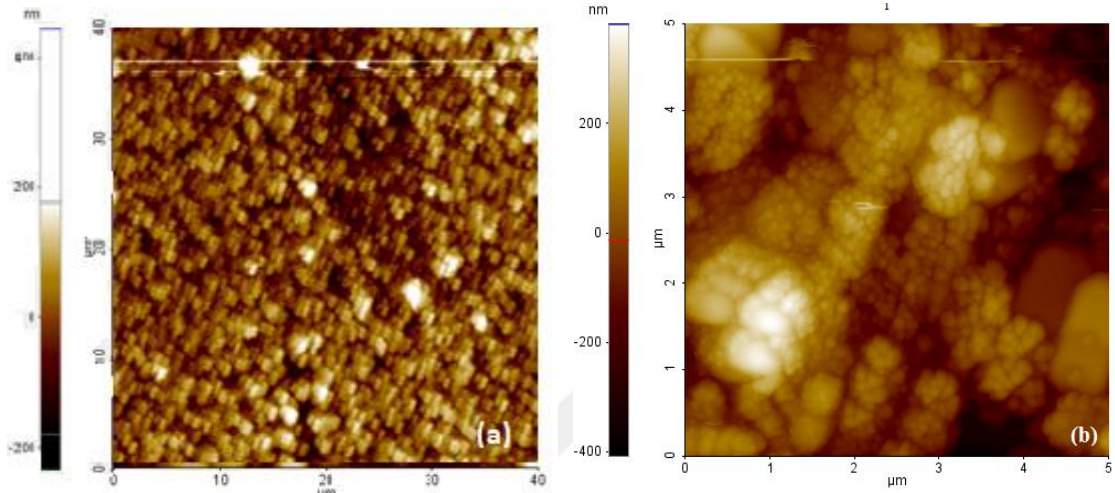
Tablo 5.1. %0,1,%0,3, %0,5, %1, %3, %5 Tm katkılı CdO filmlerinin XDR piklerinin saf CdO göre yüzde değişim pik şiddet oranı

	111	200	220	311	222
%0,1 Tm kat CdO	<15	>15	>8	< 6	≅
%0,3 Tm kat CdO	<20	>26	>13	>5	>7
%0,5 Tm kat CdO	>49	>26	<9	< 22	>7
%1 Tm kat CdO	>22	>28	>30	>6	>14
%3 Tm kat CdO	>54	>57	>56	>26	>28
%5 Tm kat CdO	>10	>11	>26	≅	≅

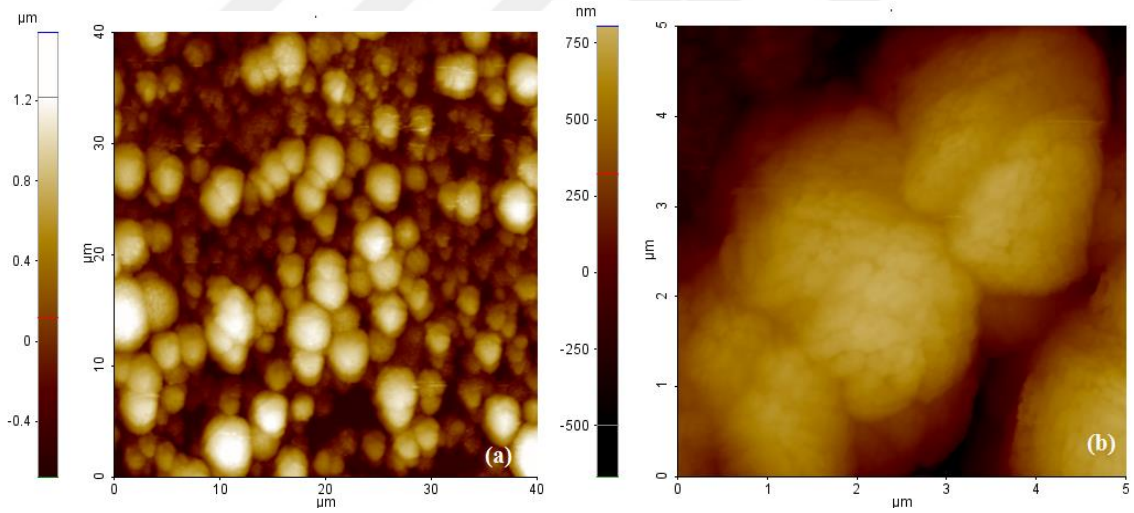
5.2. Yüzey Yapısı Özellikleri

CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin yüzey morfolojisi özelliğine AFM yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Şekil 5.2’de saf CdO ve Tm katkılı ince filmlerinin 40x40 µm ve 5x5 µm mikron alanda alınmış AFM görüntüleri görülmektedir. Tüm filmler hemen hemen homojen bir dağılımla nano partiküler birleşimle kümeler halindedir. Şekil 5.8’de görüldüğü gibi %5 Tm katkılı CdO ince filmin 50 nm ortalama kristal tane boyutundaki taneciklerin birleşimiyle 800 nm büyüklükte kümelenme halinde filmlerin içinde en küçük değerde bulunmuştur. Yüzey pürüzsüzlük (Rq) değerleri saf CdO 123 nm ile en düşük değerlerdedir, bununla birlikte katılanma ile pürüzlük değeri artmıştır %1 Tm katkılı CdO’in 392 nm ile Rq en bütün filmler içinde yaklaşık en büyük değerde ölçülmüştür. Tm katkılama oranı arttıkça kümelenme boyutunun önce arttığı daha sonra azaldığı AFM görüntülerinden açıkça görülmüştür. CdO ve Tm katkılı CdO’in 5x5µm aralığındaki filmlerinde nano yapıları kümeler içindeki küçük kristallerin büyüklükleri belirlenmiş ve Tablo 5.2’de verilmiştir. Park System XEI AFM kullanılarak tüm yüzeylerinin filmi 5x5 µm alanı içinde çekilen CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin yüzey pürüzsüzlük (Rq) değerleri belirlenmiş ve Tablo 5.2’de verilmiştir.

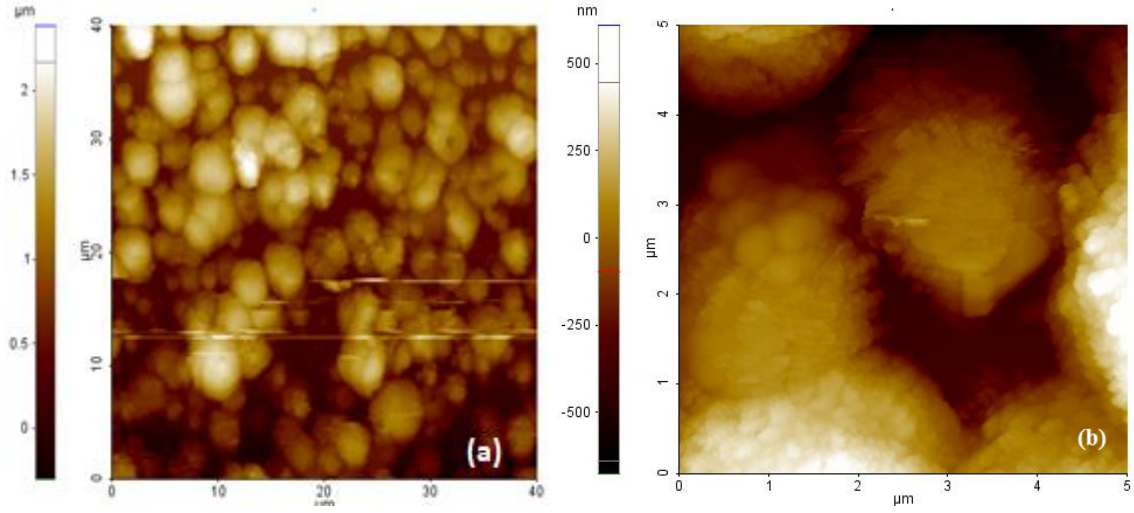
Ayrıca, %0,1, 0,3 ve 0,5 Tm katkılı CdO ince filminin nano salkımların büyüklük değeri 2000 nm olarak bulunmuştur. Buda Tm katkısıyla CdO ince filminin kümelenme büyüklüklerinin arttığını ama tanecik büyüklüğünün azaldığını göstermektedir.



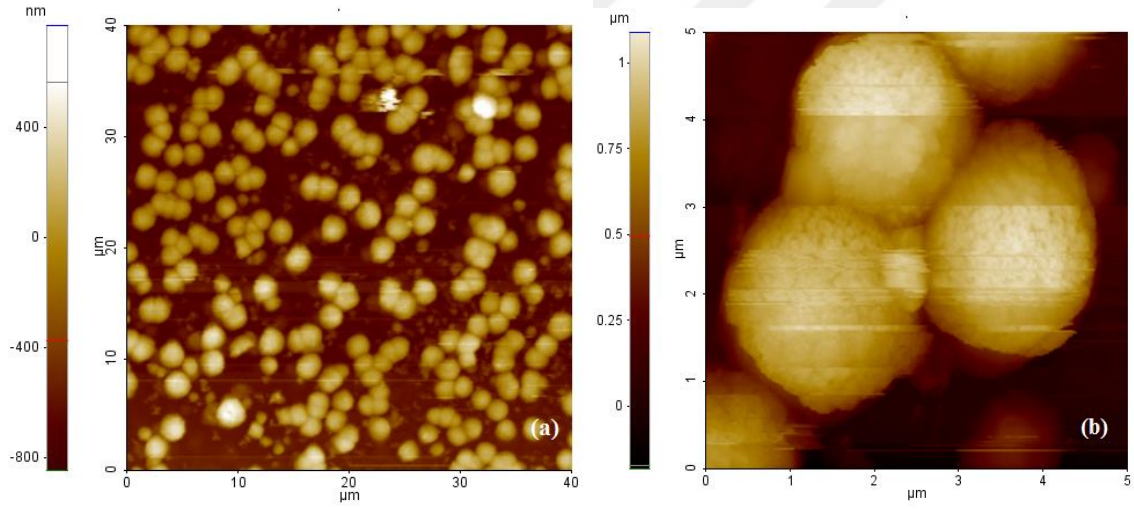
Şekil 5.2. Saf CdO filminin AFM görüntüsü (a) 40x40 μm, (b) 5x5 μm



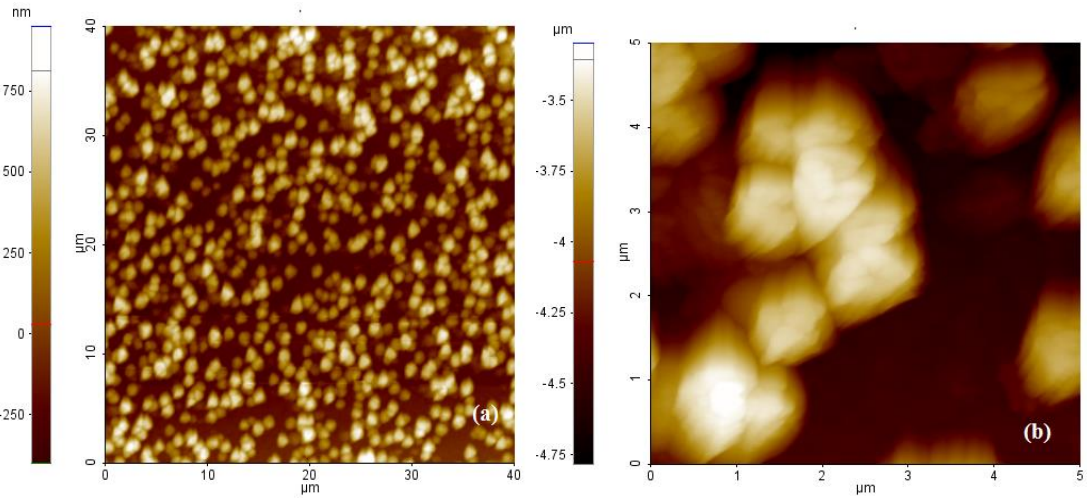
Şekil 5.3. %0,1 Tm katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a) 40x40 μm, (b) 5x5 μm



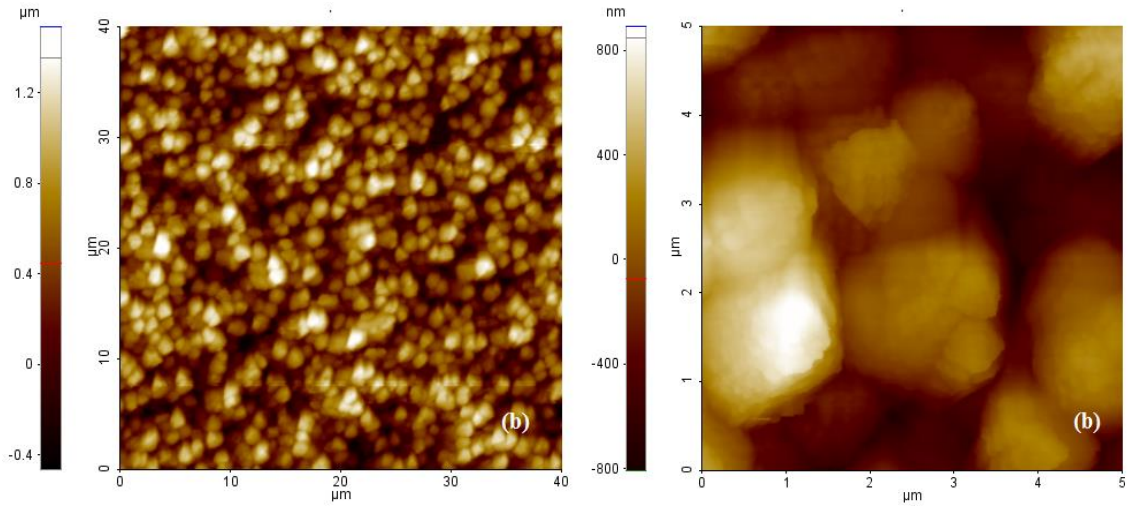
Şekil 5.4. %0,3 Tm katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a) 40x40 μm , (b) 5x5 μm



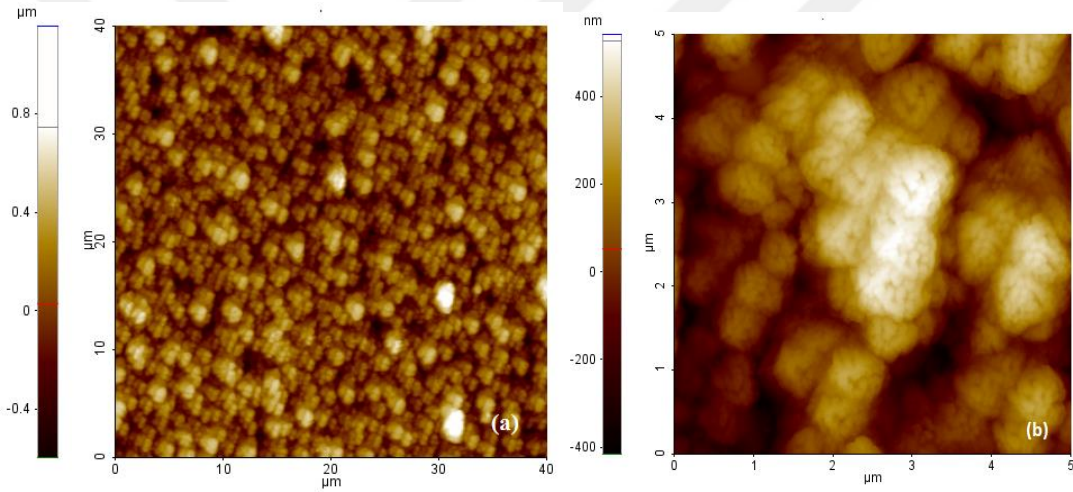
Şekil 5.5. %0,5 Tm katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a) 40x40 μm , (b) 5x5 μm



Şekil 5.6. %1 Tm katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a) 40x40 μm , (b) 5x5 μm



Şekil 5.7. %3 Tm katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a) 40x40 μm , (b) 5x5 μm



Şekil 5.8. %5 Tm katkılı CdO filminin AFM görüntüsü (a) 40x40 μm , (b) 5x5 μm

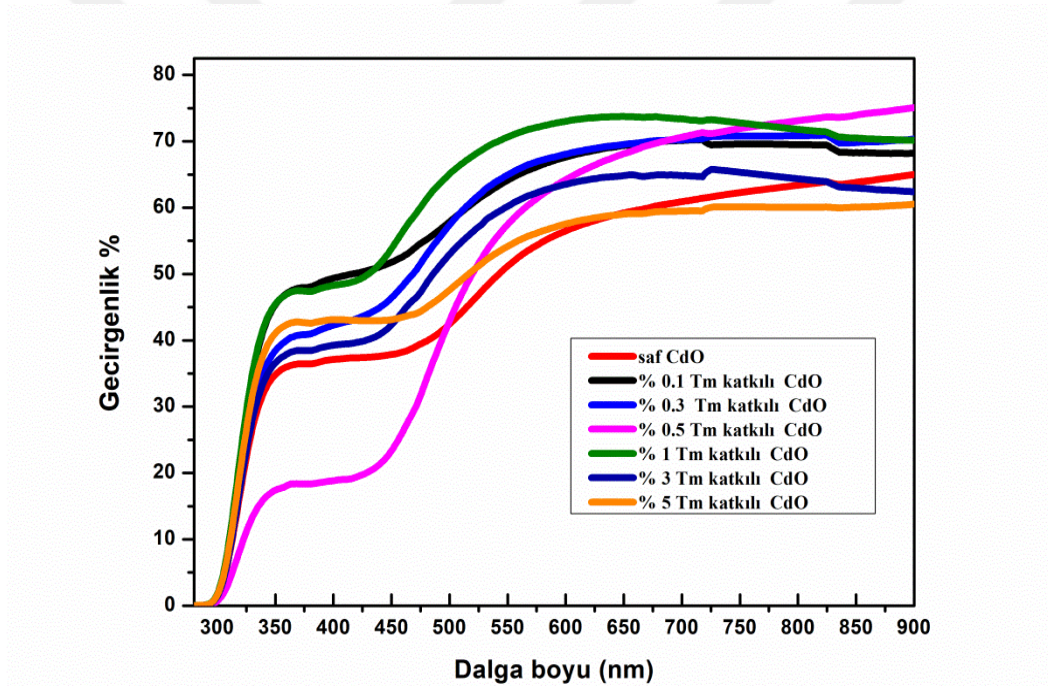
Tablo 5.2. 5x5 μm aralığındaki AFM görüntülerinden saf CdO ve Tm katkılı CdO filmlerinin kristal yapıları nano kümelenme büyüklüğü ve yüzey pürüzsüzlük (R_q) değerleri

İnce Filmler	Yüzey Partikül büyüklüğü (nm)	Nano kümelenme büyüklüğü(nm)	Pürüzsüzlüğü (R_q) (nm)
Saf CdO	$\cong 100$	$\cong 800$	$\cong 123$
%0,1Tm-CdO	$\cong 112$	$\cong 2000$	$\cong 265$
%0,3Tm-CdO	$\cong 110$	$\cong 2000$	$\cong 182$
%0,5Tm-CdO	$\cong 80$	$\cong 2000$	$\cong 292$
%1Tm-CdO	$\cong 200$	$\cong 1000$	$\cong 362$
%3Tm-CdO	$\cong 55$	$\cong 1500$	$\cong 312$
%5Tm-CdO	$\cong 50$	$\cong 800$	$\cong 174$

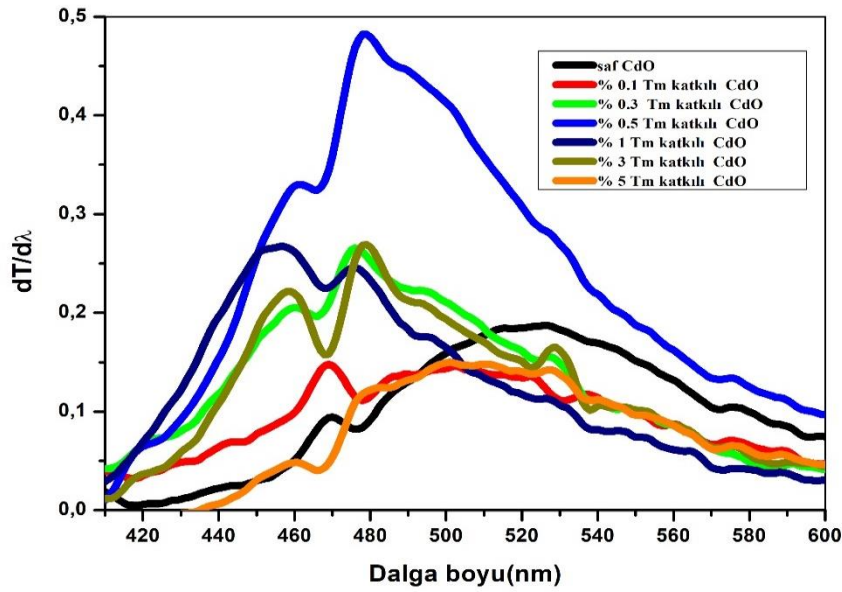
5.3. Optik Özellikler

5.3.1 CdO ve Tm Katkılı CdO İnce Filmlerin Geçirgenlik Spektrumları ve Özellikleri

CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin geçirgenlik spektrumları optik özelliklerini incelemek için alındı Şekil 5.9 Görünür bölgede, CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin ortalama geçirgenlik değerleri hesaplanmış ve Şekil 5.9'da verilmiştir. Şekil 5.9'da görüldüğü gibi %0,5 TM-CdO ince filminin ortalama geçirgenliği (%74,812) tüm filmler içinde en büyük değerde iken, saf CdO ince filminin ortalama geçirgenliği (%60,060) en düşük değerdedir. Bu değer, literatürde görülebilir aralıktaki geçirgenlik değerleri (%70-90) arasında değişkenlik göstermektedir (Ghosh et al. 2006; Mohalkara et al. 2010; Khan et al. 2010).



Şekil 5.9. Saf ve Tm katkılı CdO'ün Geçirgenlik spektrumu



Şekil 5.10. Saf ve Tm katkılı CdO'in $dT/d\lambda$ oranına karşılık dalga boyu grafiği

Tablo 5.3 de görüldüğü gibi, CdO ince film ortalama geçirgenlik değeri Tm katkısıyla önce artmış daha sonra azalmıştır. CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin maksimum geçirgenliğinin sağlandığı dalga boyu, Şekil 5.10 'da $dT/d\lambda$ karşı dalga boyu eğrileri çizilerek hesaplanmıştır. CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin maksimum absorpsiyonlarını denklem (1) kullanılarak hesaplanan enerji bant aralıkları Tablo 5.3'de verilmiştir. Tablo 5.3'de görüldüğü gibi, saf CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin maksimum pik değerleri 526,0 dan 456,4 nm arasında değişmektedir, Saf CdO ince filminin enerji bant aralığı değeri %1 Tm katkısıyla 2,36 eV'den 2,72 eV'a çıkmıştır.

$$E = h.c / \lambda \quad (E=\text{eV}, h=\text{eV.s}, c=\text{nm/s}, \lambda=\text{nm}) \quad (1)$$

Tablo 5.3. Saf ve Tm katkılı CdO ince filmlerinin bazı önemli optik parametreleri

	Pure CdO	% 0,1Tm-CdO	% 0,3Tm-CdO	% 0,5Tm-CdO	% 1Tm-CdO	% 3Tm-CdO	% 5Tm-CdO
Ortalama Geçirgenlik (%)	65,180	70,380	71,148	74,812	74,166	65,938	60060
Maksimum pik (nm)	526,0	504	476,3	478,7	456,4	478,6	511,5
Absorpsiyon bant aralığı (E_d) (eV)	2,36	2,46	2,60	2,59	2,72	2,59	2,42

5.3.2. CdO ve Tm katkılı CdO İnce Filmlerin Kırılma İndisi Parametrelerinin Belirlenmesi

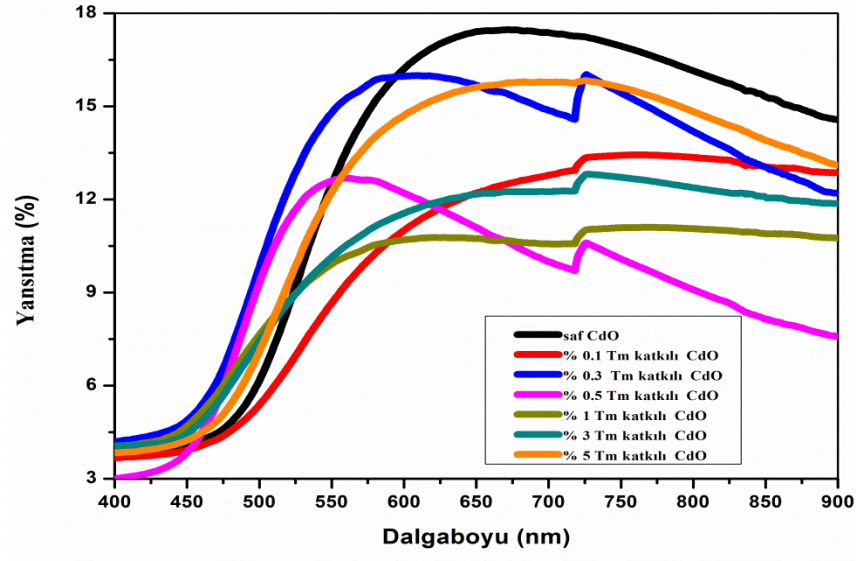
CdO, Tm katkılı CdO ince filmlerin yüzde yansıtma spektrumu Şekil 5.11'de görülmektedir. Tulyum katkısıyla CdO'nun ışığı yansıtma yüzdesi azalma göstermiştir. Kırılma indisi optik uygulamalar için önemli bir parametredir. CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin optik sabitlerini belirlemek önemlidir. Filmlerin kompleks kırılma indisi aşağıda verilen denklem (4.2) ile ifade edilir (Serbetci 2014).

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

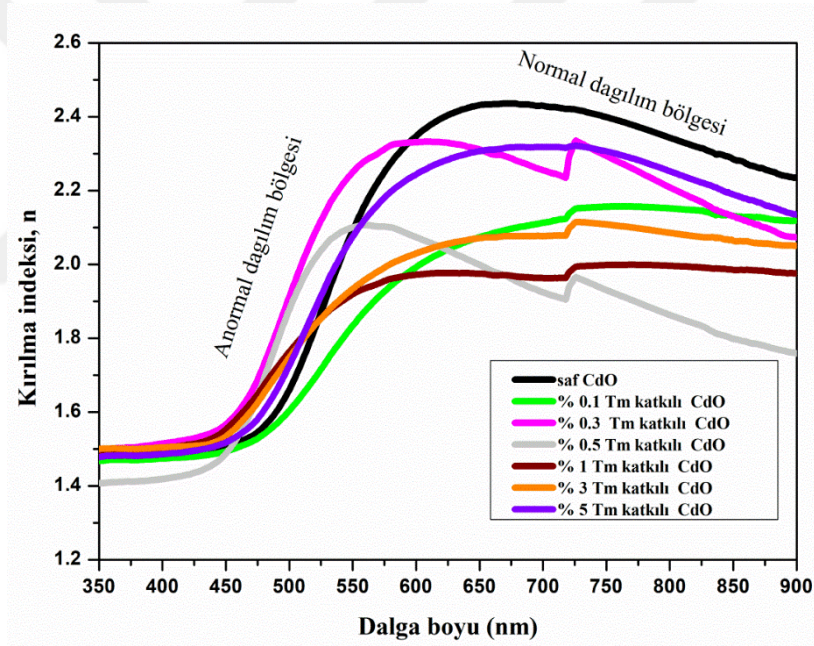
Bu denklemde n kompleks kırılma indisinin gerçekte, k ise sanal kısmıdır. Optik özellikler kırılma indisi ile karakterize edilir. Filmlerin kırılma indisi aşağıda verilen eşitlik (4.3) ile elde edilmiştir (Mohamed 2014).

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

Böylece, CdO ve Pt katkılı CdO ince film ve filmlerin optik kırılma indisine karşılık dalga boyu grafiği Şekil 5.11'de gösterilmiştir. Kırılma indisi grafiği normal ve anormal dağılım olarak isimlendirilen iki bölgeden oluşmaktadır. CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin kırılma indisi (n) değerleri normal dağılım bölgesinde artan dalga (λ) boyu ile azalırken, anormal dispersiyon bölgesinde artış göstermiştir. Şekil 5.12 'de de görüldüğü gibi en fazla düşüş %1 Tm katkılı CdO'te görülmektedir. CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin n değerleri anormal dağılım bölgesindeki λ arttıkça artarken, CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin kırılma indisi (n) değerleri, normal dağılım bölgesinde artan dalga boyuyla birlikte azalmaktadır. Şekil 5.12'de görüldüğü gibi %0,3 Tm-CdO ince filminin kırılma indisi ve Tm katkısıyla CdO ince filminin kırılma indisi değerleri en yüksek değerdir, buna karşın %0,5 Tm-CdO ince film, tüm filmlerin en düşük değeridir. Bu, CdO ince filminin kırılma indisinin hem Tulyum katkısıyla azaltılabileceğini göstermektedir. Bu, optik uygulamalar için çok önemli bir gelişmedir.



Şekil 5.11. Saf ve Tm katkılı CdO ince filmlerinin yansıma ve dalga boyu grafiği



Şekil 5.12. Saf ve Tm katkılı CdO ince filmlerinin kırılma indeksi ve dalga boyu grafiği

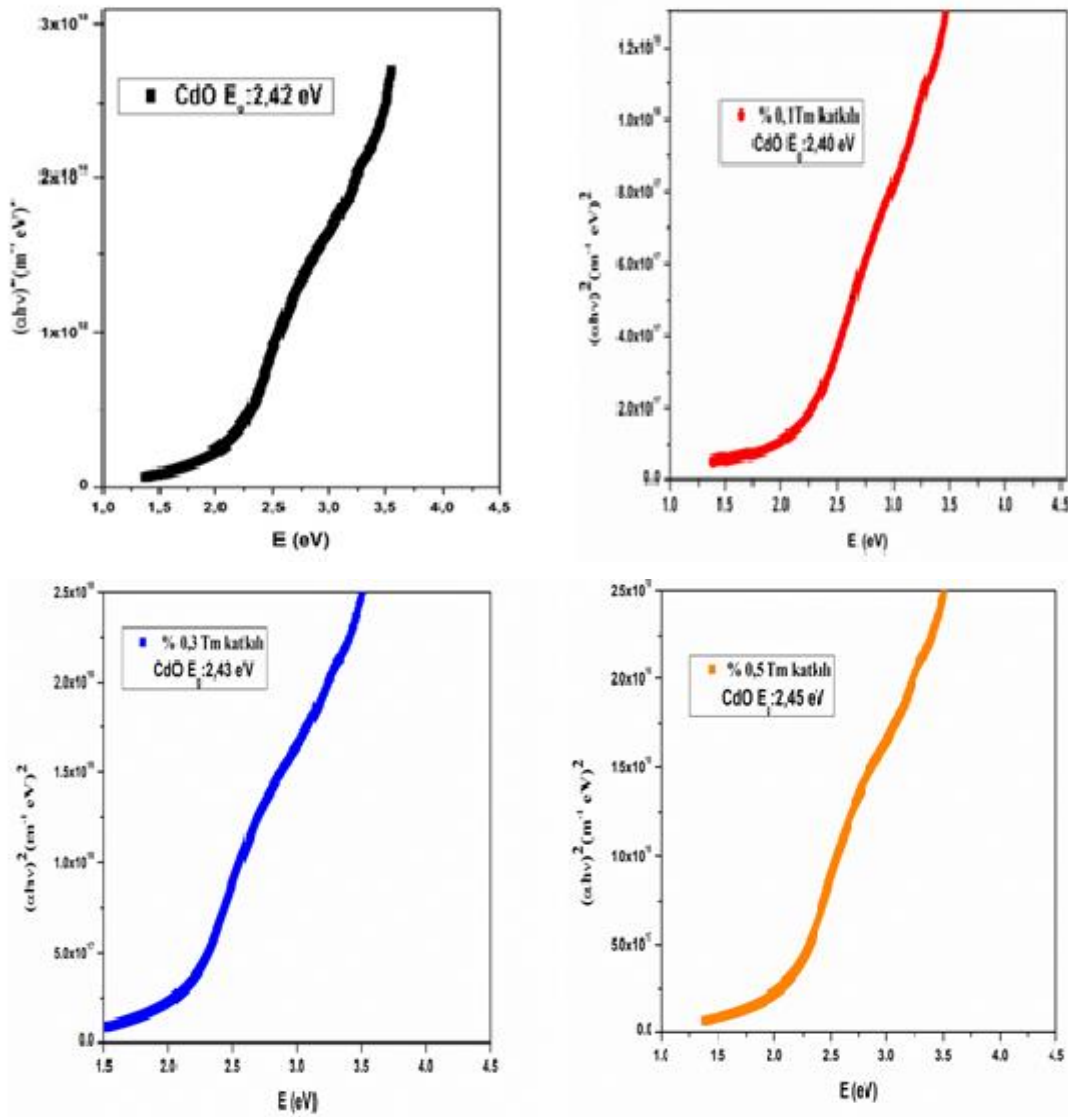
5.3.3. CdO ve Tm katkılı CdO İnce Filmlerin Optik Bant Aralığı Özellikleri

CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin $(\alpha h\nu)^2$ karşılık hu grafiği Şekil 5.13'de verilmiştir. Bu grafikten faydalanılarak bulunan optik bant aralıkları Tablo 5.4'te verilmiştir. Tablo 5.4'te tulyum katkısı ile CdO ince film değişikliğinin doğrudan enerji aralığı değerleri görülmektedir. Tüm ince filmler içinde %3 Tm katkılı CdO ince filminin enerji bant aralığı 2,40 eV ile en düşük değerde iken saf %5 Tm katkılı CdO ince filminin enerji bant

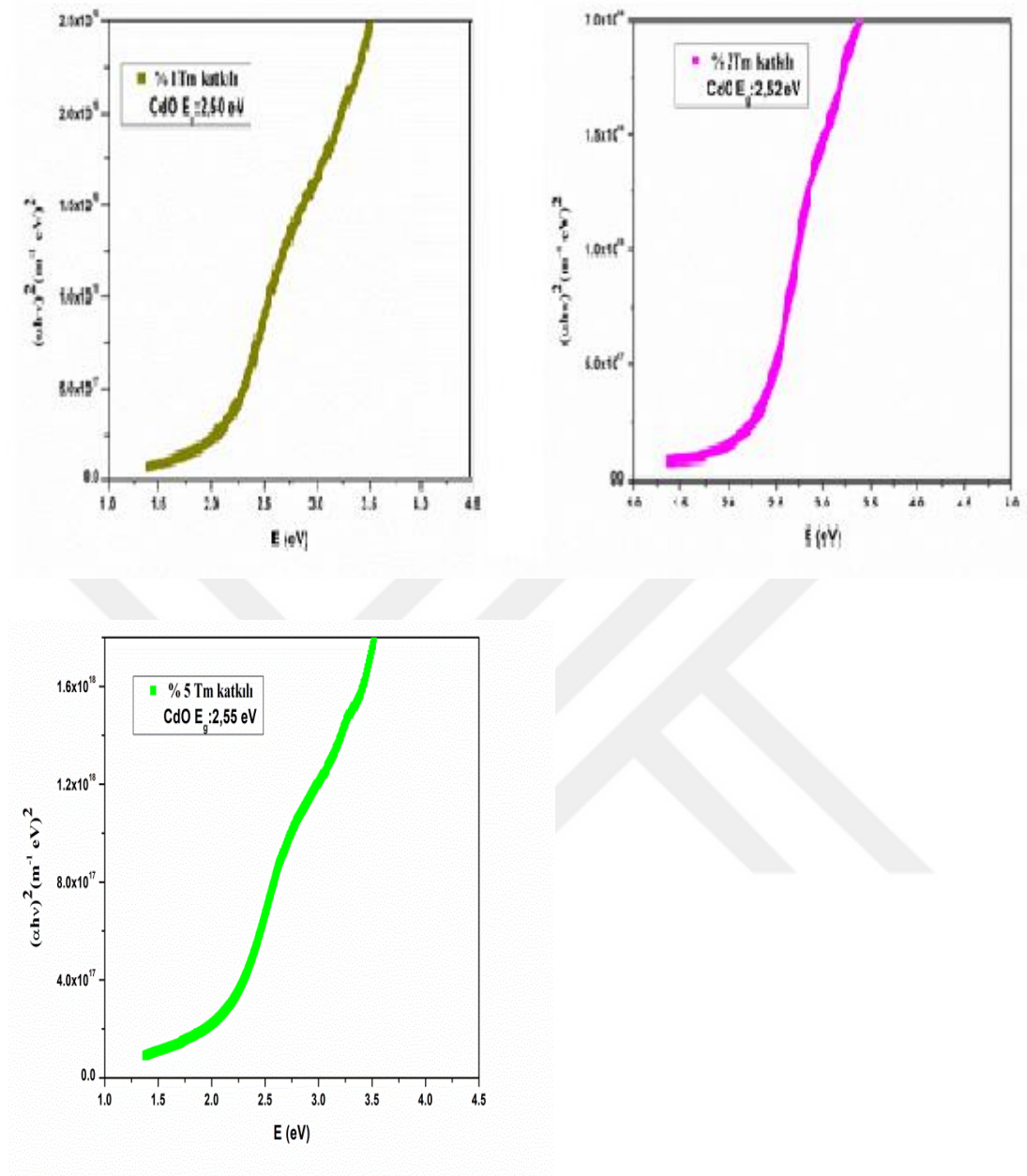
aralığı 2,55 eV ile en yüksek olarak bulunmuştur. Literatürde bu değerler 2,2 ile 2,8 arasında değişmektedir (Mohalkara et al. 2010; Khan et al. 2010; Yakuphanoglu vd. 2004; Yakuphanoglu 2011). Buradan Tm katkısı ile CdO'in enerji bant aralığının arttığı ve uygun miktarda tulyum ilavesiyle CdO ince filminin elektrik iletkenliğinin azalacağı anlaşılmaktadır.

Tablo 5.4. Saf CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerinin bant aralığı değerleri

İnce Filmler	CdO	%0,1Tm	%0,3Tm	%0,5Tm	%1Tm	%3Tm	%5Tm
$E_g(\text{eV})$	2,42	2,40	2,43	2,45	2,50	2,52	2,55



Şeklin devamı arka sayfadadır.



Şekil 5.13. Saf CdO ve %0,1, %0,3, %0,5, %1, %3, %5 Tm katkılı CdO ince filmlerinin foton enerjisine bağlı bant aralığı değerleri

5.4. CdO ve Pt Katkılı CdO İnce Filmlerin Dielektrik ve Elektrik Duyarlılık Özellikleri

Kompleks yapının dielektrik sabiti denklem 3’de gösterilmiştir,

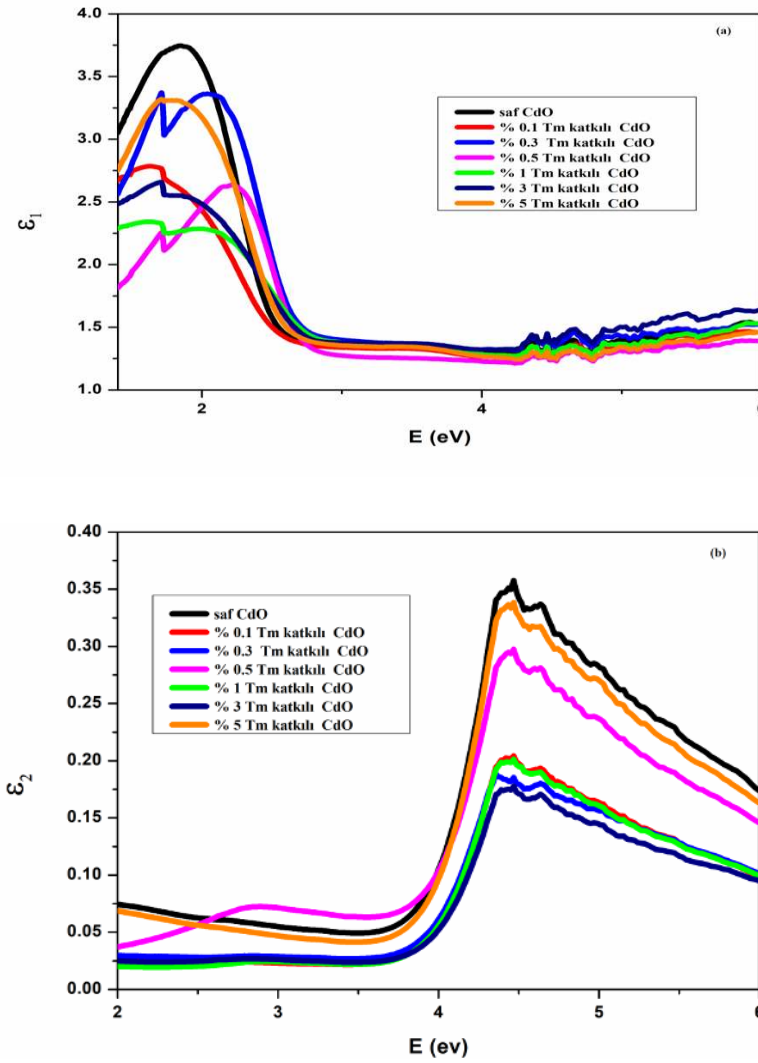
$$\varepsilon^* = \varepsilon_1 + i\varepsilon_2 = n^2 = (n \pm ik)^2 = (n^2 - k^2) + i2nk \quad (3)$$

Foton enerjisine dielektrik sabiti bağımlılığının gerçek ve sanal kısımlarını göstermektedir.

$$\varepsilon_1 = n^2 - k^2 \quad (4)$$

$$\varepsilon_2 = 2nk \quad (5)$$

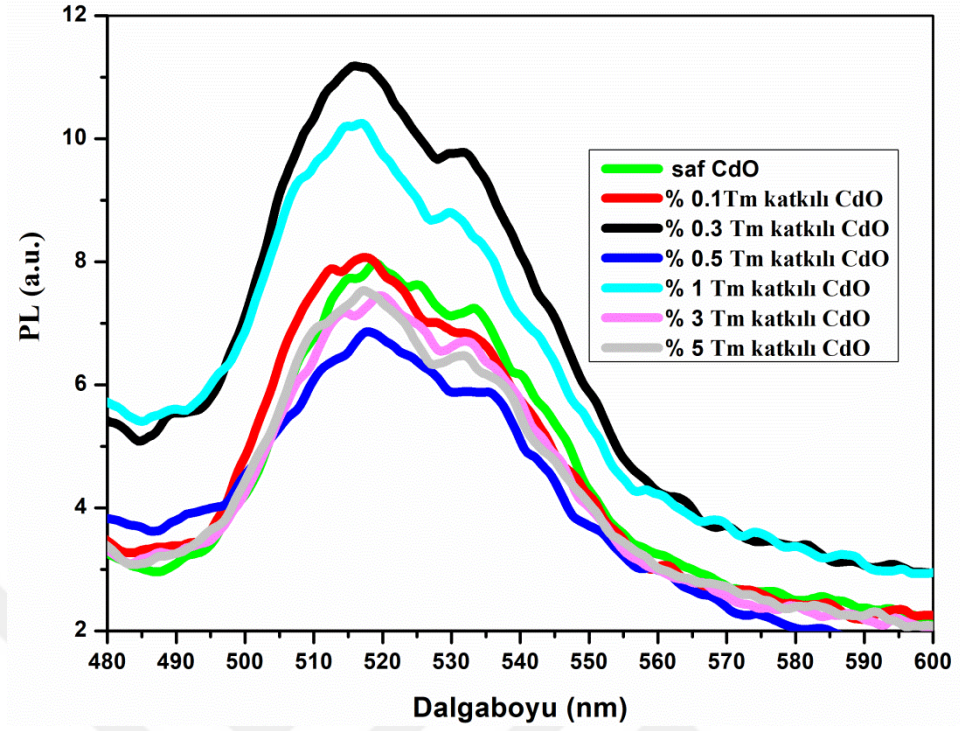
Burada $k = \alpha\lambda/4\pi$ hesaplanabilir (Frederick 1972). Şekil 5.14a 'da görüldüğü gibi, dielektrik sabitinin gerçek kısmının çiziminde, normal ve anormal dağılım bölgesi olarak adlandırılan yaklaşık 1 eV ve 2,85 eV arasında iki bölgeden oluşmaktadır. CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin ε_1 değerleri, normal dağılım bölgedeki artan foton enerjisi artarken, CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin ε_1 değerleri, foton enerjisinin anormal dağılım bölgesi azalmıştır. CdO ince filminin ε_1 'in Tm'nin katkısıyla azaltılabileceğini göstermiştir. Şekil 5.14 b'de görüldüğü gibi, ε_2 degerleri katkılanma ile değişmektedir. Şekil 5.14 (a, b) 'de görüldüğü gibi, CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin dielektrik sabitinin gerçek kısımları, dielektrik sabitinin sanal bölümlerinden daha büyüktür.



Şekil 5.14. CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin foton enerjisine bağımlı dielektrik sabitinin (a) gerçek ve (b)

5.5. CdO ve Tm katkılı CdO İnce Filmlerin Fotolüminesans (PL) Parametrelerinin Belirlenmesi

Şekil 5.15 de görülen CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin fotolüminesans spektrumları 380 nm uyarılarak alınmıştır. Emisyon piki dalga boyu olarak en yüksek %3 Tm-CdO 519,56 nm filmde, en düşük %0,1 Tm-CdO 516,10 olarak ölçülmüştür. Emisyon piki dalga boylarının birbirine yakın farklı dalga boylarında olması katkılamanın etkisini göstermiştir. Fotolüminesans spektroskopisi, yarıiletken bant aralığını tahmin etmenin yöntemlerinden biridir (Benhaliliba et al. 2012). E_p değerleri tablo 5.5 de verilmiştir. Bu değerler 2,39-2,41 eV arasında değişmektedir



Şekil 5.15. Saf ve Tm katkılı CdO ince filmlerinin PL spektrumları

Tablo 5.5. Saf ve Tm katkılı CdO ince filmlerinin PL bağlı bant aralık değerleri

İnce Filmler	CdO	%0,1Tm	%0,3Tm	%0,5Tm	%1Tm	%3Tm	%5Tm
Ep (eV)	2,39	2,40	2,42	2,39	2,41	2,38	2,40

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Saf CdO ve Tm katkılı CdO filmleri sol-jel yöntemiyle 430 °C yaşlandırılarak nanoyapıda sentezlenmiştir. Yapısal, yüzey ve optik özelliklerine Oda şartlarında bakılmıştır. XRD analizinde Saf CdO ve Tm katkılı CdO filmlerinin, kübik kristal sistemi olan (111), (200), (220), (231) ve (222) yönelimlerinde polikristal yapıları sentezlenmiştir. Katkılanma ile saf CdO pikleri dışında difraktogramların olmaması yeni yapıların oluşmadığını, Tulyum atomlarının kadmiyum oksit'in kristal boşluklarını doldurduğunu göstermiştir. Polikristal pik şiddetinde özellikle (111), (200), (220) yönelimlerinde artış gözlemlenmiştir. Buda Tulyumun katkısı ile ortaya çıkmıştır. AFM görüntülerinden Tüm filmler homojen dağılımlı nano partiküler birleşimli kümeler halinde sentezlenmiştir. Tulyum katkısıyla ince filmlerin kümelenme büyüklüklerinin arttığını ama tanecik boyutunun azaldığını göstermiştir. Nano tanecik boyutunun 50-200 nm arasında kümelerin büyüklüğünün ise 800-2000 nm arasında değişmiştir. %5 Tm katkılı CdO ince filmin 50 nm ortalama kristal tane boyutundaki taneciklerin birleşimiyle 800 nm büyüklükte kümelenme ile filmlerin içinde en küçük değerde tespit edilmiştir. %1 Tm katkılı CdO'in tanecik büyüklüğü 200 nm olarak ölçülmüştür buda yüzey pürüzsüzlük değerinin en büyük değerde 392 nm olmasına sebep olmuştur. Görünür bölgede katkılama etkisiyle geçirgenlik değerleri saf CdO ince filmine göre filmler düşük olan saydam iletken tulyum katkılı oksit filmler elde edilmiştir. Bu filmlerin $dT/d\lambda$ göre maksimum pik şiddetine göre dalga boyu bulunarak ölçülen absorpsiyon bant aralığı (E_d) 2,40-2,72 eV bulunmuştur, buda katkılanma ile bant aralığında daralma olduğunu göstermiştir. Kırılma indisi eğrisi normal ve anormal dağılım olarak adlandırılan iki bölgeden oluşmuştur. CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin kırılma indisi (n) değerleri normal dağılım bölgesinde artan dalga (λ) boyu ile azalırken, anormal dispersiyon bölgesinde artmıştır. Optik uygulamalar için önemli sonuçtur. CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin doğrudan enerji bant aralığı değerleri Tüm ince filmler içinde %0,1 Tm katkılı CdO 'in 2,40 eV ile en düşük değerde iken %5 Tm katkılı CdO 'in 2,55 eV ile en

yüksek olarak bulunmuştur, bant aralığının farklı olması katkılanma ile değişebileceğini göstermiştir. CdO ve Tm katkılı CdO ince filmlerin dielektrik sabitleri gerçek kısımları, dielektrik sabitinin sanal bölümlerinden daha büyüktür. CdO ve Tm katkılı CdO ince filmler fotoluminesans özellik göstermiştir. Emisyon pikinin maksimum dalga boyuna göre hesaplanan band aralıkları 2,39-2,40 arasında hesaplanmıştır. CdO filmlerin Optik bant aralığı ayarlanabildiğinden tulum katkısıyla görünür bölgede optoelektronik uygulamalar için umut verici bir aday olacaktır.



KAYNAKLAR

Al-Ghamdi AA, Albrithen HA, Al-Ghamdi AA, Yakuphanoglu F (2015) Optical band gap controlling of nanostructure Mn doped CdO thin films prepared by sol–gel spin coating method . Optik 126: 575-577

Alahmeda ZA, Serbetci Z, Yakuphanoglu F (2013) Effects of La Dopant on Nanocluster Size and Optical Band Gap of CdO Films Prepared by Sol-Gel Method. APhysPolA 124: 88-86

Aydin C, El-Nasser HM, Yakuphanoglu F, Yahia IS, Aksoy M (2011) Journal of Alloys and Compounds Nanopowder synthesis of aluminum doped cadmium oxide via sol–gel calcination processing 509: 854–858

Aydin R, Sahin B (2017) The role of Triton X-100 as a surfactant on the CdO nanostructures grown by the SILAR method Journal of Alloys and Compounds 705: 9-13

Benhaliliba M, Benouis CE, Tiburcio-Silver A, Yakuphanoglu F Avila-García d A, Tavira A, Trujillo RR, Mouffak Z (2012) Luminescence and physical properties of copper doped CdO derived nanostructures. Journal of Luminescence 132: 2653–2658

Dagdelen F, Serbetci Z, Gupta RK, Yakuphanoglu F (2012) Preparation of nanostructured Bi-doped CdO thin films by sol–gel spin. Materials Letters 80: 127–130

Dakhel AA (2009) Bandgap narrowing in CdO doped with europium. Optical Materials 31: 691–695

Dakhel AA (2010) Effect of tellurium doping on the structural, optical, and electrical properties of CdO Solar Energy 84: 1433–1438

Dakhel AA (2011) Effect of cerium doping on the structural and optoelectrical properties of CdO nanocrystallite thin films Materials Chemistry and Physics 130: 398– 402

Dakhel AA (2012) Structural and optoelectronic properties of Zn-incorporated CdO films prepared by sol–gel method. Journal of Alloys and Compounds 539: 26–31

Dakhel AA (2017) Improving carrier mobility with vanadium doping of transparent conducting CdO Microelectronics Reliability 79: 276–280

Duman S, Turgut G, Özçelik FŞ, Gurbulak B (2014) The synthesis and characterization of sol-gel spin coated CdO thin films: As a function of solution molarity, *Materials Letters*, 126: 232–235

Frederick W (1972) *Optical Properties of Solids* Department of Applied Science University of California Davis, California 1972.

Ghosh PK, Maity R, Chattopadhyay KK (2004) and optical properties of highly conducting CdO:F thin film deposited by sol-gel dip coating technique *Solar Energy Materials & Solar Cells* 81 : 279-289

Gupta RK, Serbetci Z, Yakuphanoglu F (2012) Bandgap variation in size controlled nanostructured Li–Ni co-doped CdO thin films, *Journal of Alloys and Compounds*, 515: 96– 100

Huang B, Hsueh-Liang C , Moo-Chin W , Chao L , Weng-Sing H , Xiu Jian Z (2016) Phase formation, growth kinetics and optical properties of 0.5ZnO-0.5CdO thin films synthesized by sol-gel spin coating processes *Ceramic International* 42: 17843–17852

Hymavathi B. (2015) Investigations on Physical Properties of Nanostructured Cr Doped CdO Thin Films for Optoelectronic Applications. *Procedia Materials Science* 10: 285 – 291

Isbilir E, Serbetci Z, Soylu M. (2014) ZnO nanostructured thin films Structural and optical properties controlled by ruthenium content. *Superlattices And Microstructures*, 67: 144-155

Khan MKR, Azizar Rahman M, Shahjahan M, Mozibur Rahman M, Hakim MA, Dilip Kumar S, Jasim Uddin K (2010) Effect of Al-doping on optical and electrical properties of spray pyrolytic nano-crystalline CdO thin films *Current Applied Physics* 10: 790–796

Kose S, Atay F, Bilgin V, Akyuz I (2009) In doped CdO films: Electrical, optical, structural and surface Properties. *International journal of hydrogen energy* 34: 5260 – 5266

Mohamed SH, Hadi NMA, Diab AK, Abdel H Synthesis AM (2014) photoluminescence and optical constants evaluations of ultralong CdO nanowires prepared by vapor transport method *Journal of Alloys and Compounds* 609: 68–72

Moholkara AV, Agawane GL, Kyu-Ung S, Ye-bin K, KY Rajpure, JH K (2010) Influence of deposition temperature on morphological, optical, electrical and optoelectrical properties of highly textured nano-crystalline spray deposited CdO:Ga thin films *Applied Surface Science* 257: 93–101

Serbetci Z, Gupta RK, Yakuphanoglu F (2012) Preparation and characterization of nanorods Sb doped CdO films by sol–gel technique J Sol-Gel Sci Technol 61: 477–483

Serbetci Z, Gunduz B, Al Ghamdi AA, Al Hazmic F, Arık K, El Tantawy F, Yakuphanoglu F, Farooq WA (2014) Determination of Optical Constants of Nanocluster CdO Thin Films Deposited by Sol-Gel Technique 10.12693/APhysPolA.126.798

Siraj K, (2011) Effect of deposition temperature on structural, surface, optical and magnetic properties of pulsed laser deposited Al-doped CdO thin films .Journal of Alloys and Compounds 509: 6756–6762

Temel S, Nebi M, Peker D (2017) Sol-Gel Döndürerek Kaplama Tekniği ile Saydam İletken ZnO İnce Filmlerin Üretilmesi ve Karakterizasyonu GU J Sci, Part C, 5(3): 51-59

Thirumoorthi M, Thomas Joseph Prakash J (2016) A study of Tin doping effects on physical properties of CdO thin films prepared by sol-gel spin coating methoh Journal of Asian Ceramic Societies 4: 39-45

URL-1; <http://library.cu.edu.tr/>

URL-2; <http://fbe.cu.edu.tr/tr/>

URL-3; <http://abdullahduzgun.blogspot.com.tr/2016/01/16-nano-teknoloji-ali-dogan-berk-final.html> (08.01.2016)

URL-4; <http://dergipark.gov.tr.gujsc-gazi-edu-tr/issue/7467/983233> (04.05.2015)

Velusamy P, Ramesh Babu R, Ramamurthi K, Elangovan E, Viegas J, Sridharan M (2018) Spray deposited ruthenium incorporated CdO thin films for opto-electronic and gas sensing applications, Journal of Physics and Chemistry of Solids 112: 127–136

Yakuphanoglu F, Cukurovali A, Yilmaz I (2004) Single-oscillator model and determination of optical constants of some optical thin film materials Physica B 353: 210–216

Yakuphanoglu F (2010) Nanocluster n-CdO thin film by sol–gel for solar cell applications. Applied Surface Science 257: 1413–1419

Yakuphanoglu F (2011) Nanocluster n-CdO thin film by sol–gel for solar cell applications. Applied Surface Science 257: 1413–1419

ÖZGEÇMİŞ

1987 Yılında Malatya’da doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini Malatya Atatürk İlkokulunu tamamlamıştır. Lise öğrenimini 2001-2004 yılları arasında Malatya Turgut Özal Anadolu Lisesinde tamamlayıp 2006-2011 yıllarında ise T.C Van Yüzüncü Yıl Üniversitesinde Fen-Edebiyat Fakültesi kimya bölümü mezunu olmuştur. 2013-2018 yılları arasında T.C Bingöl Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi kimya anabilim dalında anorganik kimya branşında yüksek lisans yapmıştır.