

CdO:Ag İnce Filmlerinin SILAR Tekniği İle Büyütülmesi ve Karakterizasyonu

Growth And Characterization CdO:Ag Thin Films By SILAR Technique

Demet İSKENDEROĞLU*^{1,a}, Harun GÜNEY^{2,b}

¹Atatürk Üniversitesi, Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, 25240, Erzurum

²Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Merkezi Uygulama ve Araştırma Laboratuvarı, 04100, Ağrı

• Geliş tarihi / Received: 02.12.2017 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 28.06.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 03.07.2018

Öz

Yapılan çalışmada gümüş (Ag) katkılı kadmiyum oksit (CdO) ince filmleri mikroskopik cam yüzey üzerine Ardışık İyonik Tabaka Adsorpsiyon ve Reaksiyonu (SILAR) yöntemi ile oda sıcaklığında büyütülmesi gerçekleştirilmiştir. Büyütülen numunelerin yapısal, optik ve morfolojik özellikleri incelenmiştir. Yapısal incelemede X-Işını Kırınımı (XRD) cihazı kullanılmış, XRD sonuçlarından numunelerin polikristal kübik yapıda olduğu ve ortalama kristal boyutunun Ag katkısı ile 22 nm'den ve 25 nm'ye arttığı görülmüştür. Soğurma ölçümleri, Ag katkı oranının artışı ile band aralığının 2.22 eV'den 2.67 eV'ye arttığını göstermiştir. Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM) görüntüleri Ag katkı oranı değişiminin yüzeyde değişime neden olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Ag katkısı, CdO, SILAR

Abstract

In the study, Ag-doped CdO thin films were grown on the microscopic glass surface by SILAR method at room temperature. The structural, optical and morphological properties of the grown film were investigated. XRD device was used in the structural investigation, XRD results show that the samples have polycrystalline cubic structure and the average crystal sizes have been shown rising from 22 nm to 25 nm with Ag dopant. The absorbance measurements show that the band gap increase from 2.22 eV to 2.67 eV with the increasing Ag dopant ratio. SEM images show that the changing Ag dopant ratio causes the significant changing in the surface of samples.

Keywords: Ag dopant, CdO, SILAR

*a Demet İSKENDEROĞLU; dmttr@gmail.com; Tel: (0442) 231 70 01; orcid.org/0000-0002-6889-8115

^b orcid.org/0000-0001-9877-2591

1. Giriş

Şeffaf iletken oksitler (TCO) elektronik endüstrilerindeki ve fotovoltaik cihazlardaki potansiyel uygulamaları nedeniyle çokça araştırılmıştır (Das ve Mitra, 2017). TCO üyesi olan CdO özellikle son birkaç yıldır güneş pili, optoelektronik uygulamaları, fototransistörler, fotodiyot uygulamaları ve gaz sensör üretimi gibi uygulamalarda yüksek elektrik iletkenliği, yüksek doğrusal refraktif indeks değeri, taşıyıcı yoğunluğu ve elektromanyetik spektrumun görünür aralığında yüksek geçirgenliği gibi sahip olduğu özelliklerinden dolayı bilim adamları tarafından kullanılmıştır (Ali, 2017; Abbas vd., 2018). Katkılı ve katkısız CdO ince filmleri farklı yöntemlerle büyütülebilmektedir. Püskürtme (Ferro ve Rodriguez, 1999), kimyasal buhar birikimi (Li vd., 2001), termal buharlaşma (Dakhel ve Henari, 2003), sol-jel (Aksoy vd., 2009), puls lazer birikimi (Gupta vd., 2009) ve SILAR (Salunkhe ve Lokhande, 2008; Güney ve İskenderoğlu, 2017) yöntemleri bunlardan bazılarıdır. SILAR yöntemi diğer yöntemlere nazaran bazı üstünlüklere sahiptir. Bunlardan bazıları;

- (i) Katkılama işlemi diğer metotlara göre daha kolaydır,
- (ii) Yüksek kalitede alttaş ve vakum gerektirmemektedir,
- (iii) Büyüme oranı ve filmin kalınlığı, kolaylıkla kontrol edilebilir.
- (iv) Oda sıcaklığında yapılan işlemlerle, daha az sağlıklı malzemeler üzerine film büyütülebilir.
- (v) Büyütülen materyal için zararlı olabilecek derecede ısınmalara yol açmaz,
- (vi) Altlık malzeme, boyutlar ve onun yüzey profili ile ilgili neredeyse hiçbir sınırlama yoktur.
- (vii) Ucuz, basit ve geniş alanda büyütme yapmak için kullanışlıdır (Astam, 2010).

Bununla birlikte SILAR yönteminin birtakım dezavantajları da vardır:

- (i) Özellikle gaz fazı büyütme yöntemlerine göre SILAR ile film büyütme uzun zaman almaktadır,
- (ii) Büyütülen filmler istenirse dahi oksijen kirliliği içerir,
- (iii) Çözeltilerin aşırı derecede asidik ve bazik olduğunda bu çözeltilere dayanıksız olan alttaş malzemeler kullanılamaz (Astam, 2010).

Literatürde CdO ince filmleri ve nanoyapılarının SILAR yöntemi ile yapılan çalışmaları mevcuttur. Diğer çalışmalar genellikle katodik çözeltinin pH değeri ayarlanıp yapılmış veya çözelti sıcaklığı oda sıcaklığının üzerinde ve 80 °C ve üzeri sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir (Aydın ve Şahin, 2017; Shameem vd., 2017). Oda sıcaklığında gerçekleştirilmesi bizim çalışmamızı diğerlerinden ayırmaktadır. Ayrıca yaptığımız çalışmada, katkı olarak gümüş (Ag), çeşitli üstün özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılan metalik bir element, genel katkılama yöntemi ile kolayca oksitlenebilen aktif bir metal olduğu ve oda sıcaklığında bile kolayca çözelti içerisinde dağılabildiği için seçilmiştir (Sivakumar vd., 2015). Yaptığımız çalışmada oda sıcaklığında Ag katkılı CdO ince filmlerinin cam altlık üzerine SILAR yöntemi ile büyütülmesi gerçekleştirilmiştir.

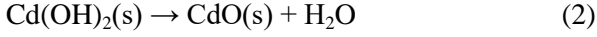
2. Materyal Metot

Yapılan çalışmada altlık olarak cam kullanılmıştır. Cam altlık büyütme işlemi gerçekleştirilmeden önce sırasıyla ultrasonik banyoda 300'er saniye (sn.) sürelerde 1/5 oranında seyreltilmiş sülfürik asit (H₂SO₄), etanol (CH₃CH₂OH) ve deiyonize (DI) su içerisinde temizlenmiştir.

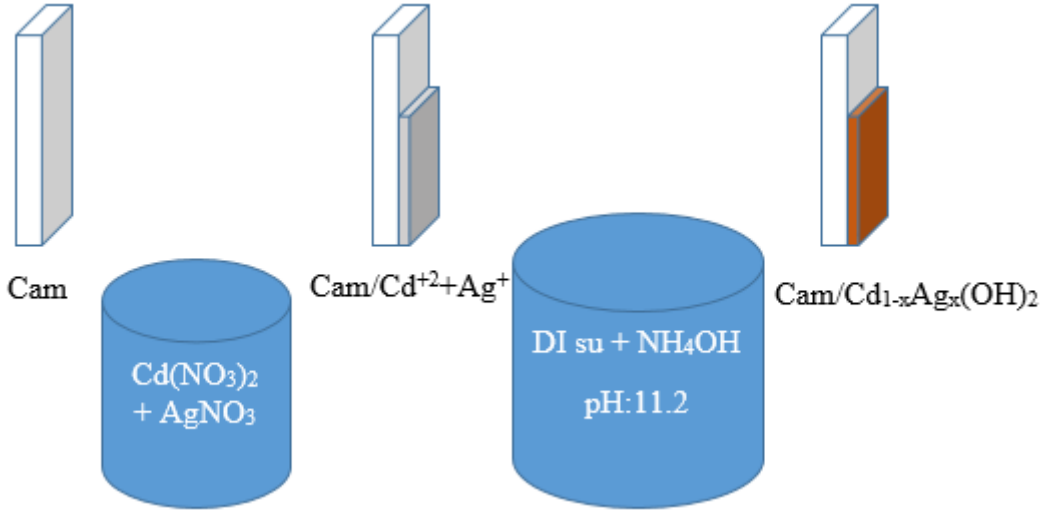
Ag katkılı CdO ince filmlerinin SILAR yöntemi ile büyütülmesi işleminde bir döngüde katyonik ve anyonik çözeltileri kullanılmıştır. Katyonik çözelti olarak 50 ml 0.1 M kadmiyum nitrat tetrahydrate (Cd(NO₃)₂ + 4H₂O) kullanılmıştır. Katkı maddesi olan Ag için 0.1 M gümüş nitrat (AgNO₃) çözeltisinden katyonik çözelti miktarının yüzdesel olarak 0.5; 0.1 ve 0.2 oranlarında kullanılmıştır. Katkı maddesi Ag ilave edildikten sonra 600 sn. manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Anyonik çözelti olarak da pH değeri amonyak (NH₄OH %25 sulu) ile 11.2 değerine ayarlanmış 100 ml deiyonize (DI) su 600 sn. karıştırılmış olarak kullanılmıştır. Katyonik ve anyonik çözeltiler deney süresince oda sıcaklığında tutulmuştur. Bir döngüde; altlık olarak kullanılan temizlenmiş cam 30 sn. süresince katyonik çözeltilere ve 30 sn. süresince de anyonik çözeltilere daldırılarak bekletilmiştir. Şekil 1'de bir tam döngünün temsili deney şeması gösterilmiştir. Deneyin tamamı 20 döngüde gerçekleştirilmiştir. Böylece Ag katkılı CdO ince filmleri oda sıcaklığında cam altlık üzerine büyütülmüştür. Büyüme esnasında gerçekleşen reaksiyonun aşağıdaki Denklem 1'de gösterildiği gibi olduğu düşünülmektedir;



Katkı olarak $\text{Ag}(\text{NO}_3)_2$ çözeltisi katyonik çözeltiliye bu çözelti miktarının yüzdesel olarak 0.5, 0.1 ve 0.2 oranlarında ilave edilerek katılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Büyütülen numuneler atmosferik ortamda $200\text{ }^\circ\text{C}$ 'de yüksek sıcaklık fırınında tavlendiğinde aşağıdaki Denklem 2'deki reaksiyon gerçekleştiği düşünülmektedir (Güney ve İskenderoğlu, 2017).



Böylelikle Ag katkılı CdO ince filmleri SILAR yöntemi ile cam altlık üzerine oda sıcaklığında büyütülmüştür.



Şekil 1. Bir tam döngünün temsili deney şeması

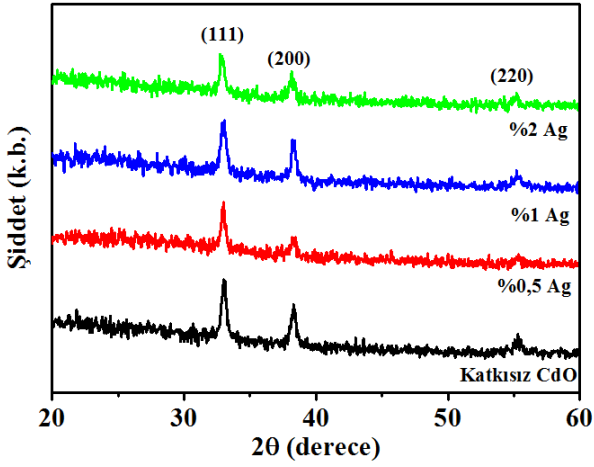
3. Bulgular ve Tartışma

3.1. XRD Analizi

Büyütülen numunelerin oda sıcaklığında XRD ölçümleri alınmış ve sonuçlar Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 2 Ag katkılı CdO ince filmlerinin 2θ değeri 20 ve 60 derece arasında gerçekleştirilen XRD taramasını göstermektedir. Alınan XRD sonuçları ICSD standartları ve 03-065-2908 kart numarasına göre tüm numunelerin kübik yapıda olduğunu göstermiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi katkısız ve Ag katkılı ince filmlerin XRD açıları ve düzlemleri yaklaşık ve sırasıyla; 33° ve (111), 38° ve (200), 55° ve (220)'dir. ICSD standartları ve 03-065-2908 kart numarasına göre katkısız CdO pikleri ile benzer olan Şekil 2'de yer alan pikler bize numunelerin Ag katkısının CdO ince filmlerinin kristal yapısına etki etmediğini ve yapı içerisinde iyi uyum

sağladığını göstermiştir (Güney ve İskenderoğlu, 2017). Bu durum ise yapıda Ag ile oluşabilecek oksitli yapıların oluşmadığını göstermektedir. Yani Ag katkısı hem kübik yapıya etki etmemiş hem de ilave bir pik oluşumuna neden olmamıştır. Fakat Tablo 1'de görüldüğü gibi pik pozisyonlarında Ag katkısı ile kayma gerçekleşmiştir. Bu kaymanın Ag ile CdO etkileşmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Zhu vd., 2016). Literatürde yer alan farklı yöntemlerde de aynı şekilde Ag katkılı CdO numunelerinde aynı pikler gözlenmiş numunelerin kübik yapıda olduğu tespit edilmiş ve Ag piki gözlenmemiştir (Sivakumar vd., 2015; El-Kemary vd., 2018).

Numunelerin XRD pik sayısal verileri kullanılarak kristal boyutunu (D) ve ortalama kristal boyutunu (D_{orn}) hesaplamak için Denklem 3'te gösterilen Scherer formülü kullanılmıştır;



Şekil 2 Katkısız ve Ag katkılı CdO ince filmlerinin XRD ölçüm grafiği

$$D = \frac{0.94\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (3)$$

burada λ , dalga boyu (0.15406 nm), β maksimumun yüksekliğin yarı genişliği (FWHM) ve θ piklerin açısı değeridir. Denklem 3 yardımı ile her hkl düzlemi için D değerleri hesaplanmış ve her katkı için alınan D_{ort} neticesinde katkısız ve Ag katkılı CdO ince filmlerinin D değerleri 22 nm ve 25 nm olarak hesaplanmış ve Tablo 1’de gösterilmiştir. Yapılan D_{ort} ve D hesaplama sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Böylece Ag katkısının CdO ince filmlerinin kristal boyutlarına çok fazla etki etmediği ve kristal yapısında ciddi değişime neden olmadığı düşünülebilir. Fakat yine de katkısız CdO ince filminin D değerinin 22 nm iken Ag katkılı olan CdO ince filmlerinin D_{ort} değerlerinin 24 ve 25 olması kristallğin iyileşmesi olarak yorumlanabilir (Sivakumar vd., 2015). Sivakumar vd., (2015) yaptıkları çalışmalarında bizim bulduğumuz tanecik boyutuna yakın katkısız CdO nanopartikülleri için 21 nm bulmuş olmalarına rağmen, Ag katkısı ile birlikte yaklaşık iki katı değeri bulmuşlardır. Bu durumun oluşmasında ince filmlerin büyütme yönteminin etkili olduğu düşünülmektedir. Fakat Mohanraj vd., (2018) mikrodalga ışınması yöntemiyle yaptıkları çalışmalarında ise katkısız CdO nanopartikülleri D değerlerini 35 nm ölçmüş iken „Ag katkısı ile bu değer 22 nm’ye kadar düştüğünü gözlemlemişlerdir. Diğer çalışmalarda elde edilen numunelerin de kübik yapıda olmasına rağmen bu değişimlerin büyütme yöntemlerinin farklılığından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Büyütülen numunelerin düzlemler arası uzaklığı (d) Denklem 4’de verilen Bragg kanunu ile hesaplanmış ve Tablo 1’de gösterilmiştir.

$$n\lambda = 2d\sin\theta \quad (4)$$

Yapılan hesaplamalarda çıkan d sonuçları ICSD standartları ve 03-065-2908 kart numarasında yer alan d_0 sonuçlarına yakınlık göstermektedir. Bu da SILAR yöntemi ile büyütülen katkısız ve Ag katkılı CdO numunelerinin literatürde yer alan kristal değerlerine yakın olduğunu ve numunelerin kristal kalitesinin iyi olduğunu göstermektedir (Mohanraj vd., 2018).

Katkısız ve Ag katkılı CdO ince filmlerin yapılanma katsayıları (TC), ince filmlerin belirli düzleminin dokusu için Denklem 5 kullanılarak hesaplandı ve sapma, birliğin tercih edilen büyümeyi ima ettiğini gösterdi.

$$TC(hkl) = \frac{I(hkl)/I_0(hkl)}{N^{-1} \sum_N I(hkl)/I_0(hkl)} \quad (5)$$

Burada $I(hkl)$ ölçülen pik şiddeti, $I_0(hkl)$ veri kartının standart pik şiddeti, N yansıma sayısıdır. Tercihli yönelim için yapılan TC katkısız ve Ag katkılı CdO ince filmlerinde olması gereken 1 değerinde büyük olma şartını sağlamaktadır (Astam 2016).

İnce filmlerin optik bazı özellikleri hakkında bilgi sahibi olabileceğimiz yöntemlerden basit ve önemli bir ölçüm olan soğurma ölçümleri Ag katkılı CdO ince filmlerimiz için 300 ile 800 nm dalga boyları arasında alınmış ve sonuçları Şekil 3 a’da gösterilmiştir. Ag katkılı CdO ince filmlerin band aralıklarının tespiti soğurma ölçümleri aşağıda verilen Denklem 6 yardımı ile band aralığı direkt band aralığına sahip malzemeler için verilen formül ile hesaplanmıştır.

$$(\alpha hv) = B(hv - E_g)^{1/2} \quad (6)$$

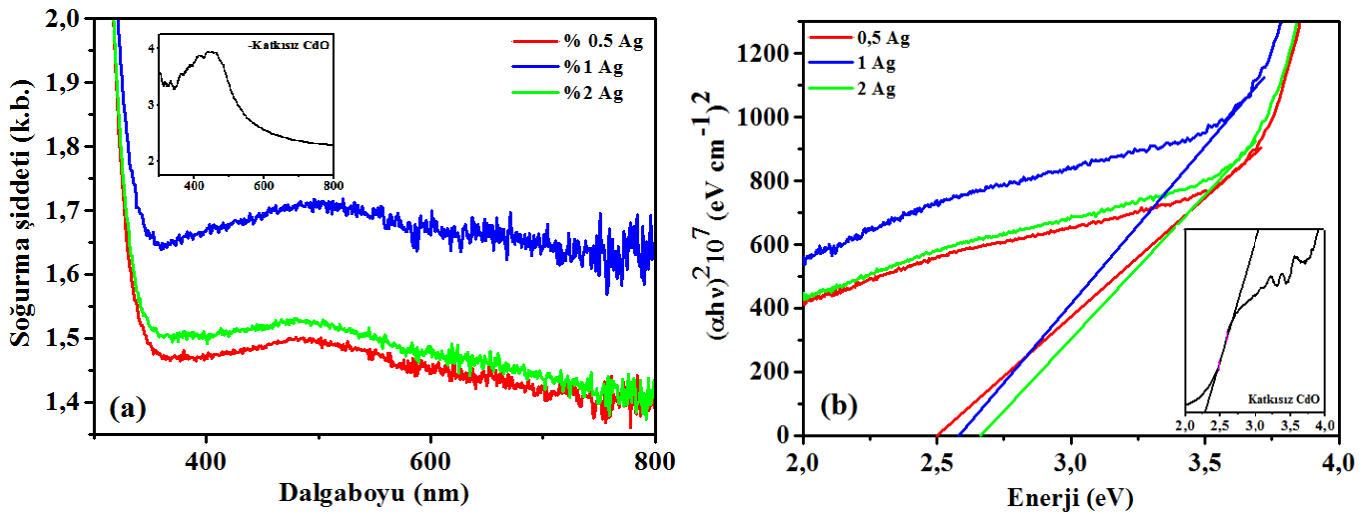
burada α soğurma katsayısı, E_g optik band aralığı ve B sabit (Majid vd., 2013). Denklem 6 ile gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda çizilen Şekil 3 b’de soğurma katsayısının karesine karşı enerji grafiği elde edilmiştir ve sonuçlar Tablo 1’de gösterilmiştir. Tablo 1’de görüldüğü gibi katkısız olarak büyütülen CdO ince filminin band aralığı 2.22 eV bulunmuştur. Bu sonuca benzer sonuç Maswanganye vd., (2014) tarafından sol-jel metodu ile yapılan çalışmalarında 2.23 eV olarak bulunmuştur. Yine aynı çalışmada Ag artışı ile band aralığında artış gerçekleşmiştir.

Tablo 1. Katkısız ve Ag katkılı CdO numunelerinin hesaplanan band aralığı, hkl , 2θ , FWHM, D , D_{ort} , d , d_0 ve TC değerleri.

Numune Adı	E_g (eV)	2θ (°)	FWHM	D (nm)	D_{ort} (nm)	d (Å)	d_0 (Å)	TC (hkl)	
Katkısız CdO	2.22	(111)	33.0001	0.4833	18	22	2.7122	2.7088	1.2399
		(200)	38.2763	0.4082	22		2.3496	2.3459	0.8855
		(220)	55.3010	0.3713	25		1.6599	1.6588	0.8746
%0.5 Ag	2.51	(111)	32.9727	0.2686	32	24	2.7144	2.7088	1.3889
		(200)	38.1940	0.4906	18		2.3544	2.3459	0.7600
		(220)	55.3238	0.4322	22		1.6592	1.6588	0.8511
%1 Ag	2.58	(111)	33.0921	0.4802	18	24	2.7048	2.7088	1.1132
		(200)	38.1668	0.2466	36		2.3561	2.3459	0.9793
		(220)	55.2077	0.4933	19		1.6624	1.6588	0.9075
%2 Ag	2.67	(111)	32.7287	0.3634	24	25	2.7340	2.7088	1.0555
		(200)	38.1668	0.3634	24		2.3561	2.3459	0.9497
		(220)	55.2076	0.3635	26		1.6624	1.6588	0.9948

Ag katkılı ince filmlerin E_g değerleri Şekil 3 b’de $\alpha=0$ değerinde karşılık gelen enerji ile tespit edilmiştir. E_g değerleri Ag katkı oranının artışı ile artış göstermiştir. Majid vd., (2013) Ag katkılı CdO nanopartikülleri yaptıkları çalışmalarında Ag katkı oranının artışı ile band aralığının artışı ve dolayısıyla maviye kayma gözlemlemişlerdir. Band aralığının katkısız CdO’ya nazaran Ag oranının artışı ile artış göstermesinin nedeninin Burstein-Moss etkisi olabileceğini ve ayrıca bu artışa Ag taşıyıcı konsantrasyon artışının da neden olabileceğini belirtmişlerdir. Şekil 3 ve Tablo 1’den katkısız ve Ag katkılı CdO ince filmlerinin

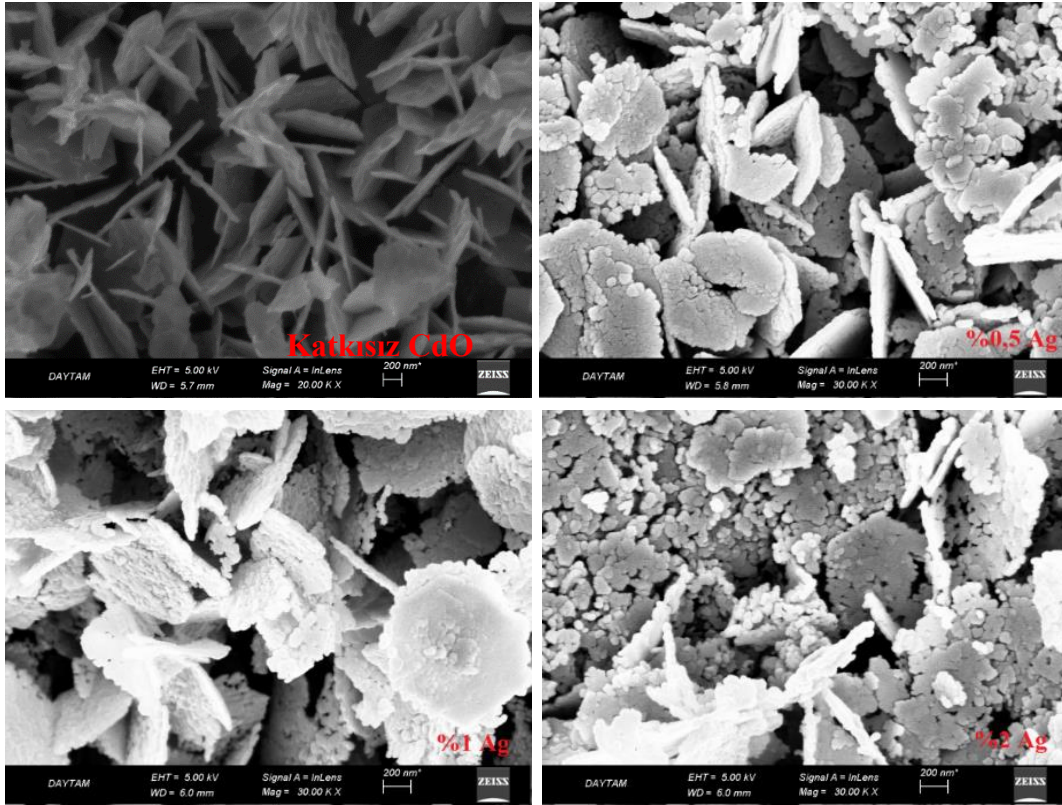
soğurma ölçümlerinin ve band aralıklarının görünür bölgede olması ve band aralıklarının Ag ile değiştirilebilmesi ve bunun sonucunda elektriksel iletkenliğinin de değişmesi bu numunelerin optoelektronik cihazlarda kullanılabilceğini göstermektedir (Ganesh vd., 2017). Katkısız ve Ag katkılı CdO ince filmlerinin E_g değerlerindeki değişiklikler, Ag katkı oranının değişimi ile birlikte CdO ince filminin kristal yapısındaki değişmelere bağlı olabilir. Bu durum XRD sonuçları ile uyumludur. Ayrıca, nanoyapılı malzemelerde E_g değişimi, kuantum boyutu etkisi ile açıklanabilir (Sivakumar vd., 2015).

**Şekil 3.** Katkısız ve Ag katkılı CdO ince filmlerin a) soğurma b) band aralığı grafiği

3.3. SEM Analizi

Optiksel, elektriksel vb. birçok özelliğin değişimini yansıtan ve malzemenin istenilen uygulama için kullanımına bir bakımdan uygun olup olmadığının tespitinde ön değerlendirme amaçlı kullanılabilen SEM son yıllarda gelişen cihaz teknolojisi ile araştırmacılara çok daha iyi görüntüler sunmaktadır. Yüzey morfolojilerinin Ag katkı oranına göre nasıl değiştiğini öğrenmek için katkısız ve Ag katkılı CdO ince filmlerinin SEM görüntüleri alınmış ve toplu olarak Şekil 4'de gösterilmiştir. Şekil 4'de Ag katkısı arttıkça numunelerin yüzey morfolojilerinin değişmekte olduğu görülmektedir. Aynı şekilde El-Kemary vd., (2014) yaptıkları Ag katkılı CdO çalışmalarında Ag katkısına bağlı olarak

numunelerin yüzey morfolojilerinde değişim gözlemlenmiştir. Şekil 4'te katkısız CdO numunelerinin nano duvar yapıya benzer yapı oluşturduğu fakat Ag miktarının artışı ile birlikte bu yapının değiştiği, daha düzensiz ve dağınık bir yapıya dönüştüğü gözlenmektedir. Böylece Ag katkısının CdO yapısının yüzey morfolojisinde değişime neden olduğu söylenebilir. Sivakumar vd., (2015) kimyasal çökertme yönteminde yaptıkları %1; %2 ve %3 Ag katkılı CdO ile bizim yaptığımız SILAR yöntemi ile kıyaslandığında; bizim yapılar daha çok nano duvara benzer yapıda iken, onların çalışmalarındaki yapılar küresel görüntülü yapıdadır. Bu durum dikkate alındığında numunelerin büyütme yöntemine göre yüzey morfolojileri farklılıklar sergilemektedir.



Şekil 4. Katkısız ve Ag katkılı CdO ince filmlerinin SEM görüntüleri

4. Sonuçlar

Burada yapılan çalışmada Ag katkılı CdO ince filmleri SILAR yöntemi ile başarılı olarak büyütülmüş ve yapısal, optik ve morfolojik özellikleri XRD, soğurma ve SEM ile incelenmiştir. Yapılan incelemelerde SILAR yöntemi ile büyütülen numunelerin kübik yapıda oldukları görülmüş, band aralığı değerleri Ag katkı miktarına bağlı olarak ile 2.22 eV'den 2.67 eV'ye artış göstermiş ve yüzey morfolojisi de Ag

katkısı ile değişim sergilemiştir. Ag katkısı ile optiksel özelliklerindeki değişim Ag katkılı CdO ince filmlerin optoelektronik cihazlarda uygulanma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (Proje No: MYO.17.001) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Abbas, M., Tawfik, W. ve Chen, J., 2018. CdO Nanorods and Cd(OH)₂/Ag Core/Satellite Nanorods: Rapid and Efficient Sonochemical Synthesis. Characterization and Their Magnetic Properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40, 577-582.
- Aksoy, S., Caglar, Y., Ilican, S. ve Caglar, M., 2009. Effect Of Heat Treatment on Physical Properties of CdO Films Deposited by Sol-Gel Method. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(12), 5191-5195.
- Ali, O., 2017. Study of Structural, Morphological and Optical Properties of Pure CdO and Ag:CdO Doped Thin Films on Glass Substrates with High Relatively Ag Concentrations (2.5%, 5%, 10% and 15%) Prepared by Sol-Gel Method. *Journal of Applied Physics*, 9, 1-8.
- Astam, A., 2010. SILAR yöntemiyle büyütülen CuxS ve CuxSey ince filmlerin arayüzey tabakalı sandviç yapılarında kullanılması ve karakteristik parametrelerinin incelenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum, 129s.
- Astam, A., 2016. Structural and optical characterization of Cu₂SnSe₃ thin films prepared by SILAR method. *Thin Solid Films*, 615, 324-328.
- Aydin, R. ve Şahin, 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.
- Dakhel, A.A. ve Henari, F.Z., 2003. Optical Characterization of Thermally Evaporated Thin CdO Films. *Crystal Research and Technology*, 38(11), 979-985.
- Das, M.R. ve Mitra, P., 2017. Influence of Mn Incorporation on Ionic Conductivity and Dielectric Relaxation Process in CBD Synthesized CdO Thin Films. *Journal of Alloys and Compounds*, 724, 614-624.
- Ferro, R. ve Rodriguez, J.A., 1999. Some Physical Properties of F-Doped CdO Thin Films Deposited by Spray Pyrolysis. *Thin Solid Films*, 347(1-2), 295-298.
- Ganesh, V., Shkir, M., AlFaify, S., Yahia, I.S., Zahran, H.Y. ve El-Rehim, A.F.A., 2017. Study on structural, linear and nonlinear optical properties of spin coated N doped CdO thin films for optoelectronic applications. *Journal of Molecular Structure*, 1150, 523-530.
- Gupta, R.K., Ghosh, K., Patel, R. ve Kahol, P.K., 2009. Highly Conducting and Transparent Ti-Doped CdO Films by Pulsed Laser Deposition. *Applied Surface Science*, 255(12), 6252-6255.
- Güney, H. ve İskenderoğlu, D., 2017. SILAR Yöntemi İle Büyütülen Katkısız ve Zn Katkılı CdO Yarıiletken İnce Filmlerinin Yapısal, Optik ve Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi. *Sakarya University Journal of Science*, 21(6), 1544-1549.
- El-Kemary, M., El-Mehasseb, I. ve El-Shamy, H., 2018. Ag-doped CdO nanocatalysts: Preparation, characterization and catechol oxidase activity. *Journal of Molecular Structure*, 1161, 83-88.
- Li, X., Young, D.L., Moutinho, H., Yan, Y., Narayanswamy, C., Gessert, T.A. ve Coutts, T.J., 2001. Properties of CdO Thin Films Produced by Chemical Vapor Deposition. *Electrochemical and Solid-State Letters*, 4(6), C43-C46.
- Majid, A., Afzal, Z., Murtaza, S., Nabi, G. ve Ahmad, N., 2013. Synthesis and Characterization of Silver Doped Cadmium Oxide Nanoparticles. *Journal of Advanced Physics*, 2(2), 116-118.
- Maswanganye M.W., Makgobela R.V., Rammutla K.E., Mosuang T.E. ve Mwakikunga B.W., 2014. The effect of silver (Ag) dopant on the structural and optical properties of sol gel prepared CdO nanoparticles, The 59th Annual Conference of the South African Institute of Physics, SAIP2014, 66-71.
- Mohanraj, K., Balasubramanian, D., Chandrasekaran, J. ve Bose, A.C., 2018. Synthesis and characterizations of Ag-doped CdO nanoparticles for PN junction diode application. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 79, 74-91.
- Salunkhe, R.R. ve Lokhande, C.D., 2008. Effect of Film Thickness on Liquefied Petroleum

Gas (LPG) Sensing Properties of SILAR Deposited CdO Thin Films. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 129(1), 345-351.

Shameem, A., Devendran, P., Siva, V., Raja, M., Bahadur, S.A., ve Manikandan, A., 2017. Preparation and characterization studies of nanostructured CdO thin films by SILAR method for photocatalytic applications. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 27(3), 692-699.

Sivakumar, S., Venkatesan, A., Soundhirarajan, P. ve Khatiwada, C.P., 2015. *Synthesis,*

Characterizations and Anti-Bacterial Activities of Pure and Ag Doped CdO Nanoparticles by Chemical Precipitation Method. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 136, 1751-1759.

Zhu, X., Wu, D., Wang, W., Tan, F., Wong, P.K., Wang, X., Qui, X. ve Qiao, X., 2016. Highly Effective Antibacterial Activity and Synergistic Effect of Ag-MgO Nanocomposite Against *Escherichia coli*. *Journal of Alloys and Compounds*, 684, 282-290.