



SILAR metodu ile hazırlanan CdS ince filmlerinin yapısal yüzeysel ve optik özellikleri üzerinde Mo katkısının etkisi

Arzu EKİNCİ*

Siirt Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, SIİRT
aeincinci@siirt.edu.tr ORCID:0000-0002-3068-8657 Tel:(484) 212 11 11 (4061)

Geliş: 08.11.2017, Kabul Tarihi: 02.12.2017

Öz

CdS ve Mo (molibden) katkılı CdS nanopartiküllü (NP) ince filmler cam taban üzerine ardışık iyonik tabaka adsorpsiyon ve reaksiyonu (SILAR) yöntemi kullanılarak oda sıcaklığında elde edildi. X- ışını kırınımı (XRD), elektron tarama mikroskobu SEM ve UV-vis spektrofotometresi kullanılarak hazırlanan CdS nanopartiküllü ince filmlerinin yapısal, yüzeysel ve optik özellikleri üzerinde Mo etkisi incelenmiştir. Ayrıca, Mo katkılı CdS ince filmlerin gerçek nicelik oranlarını belirlemek için EDS analizi yapıldı. X- ışını kırınım analizi Mo katkılı CdS ince filmlerin ve saf CdS ince filmlerin kübik bir yapıya sahip polikristal olduğunu göstermiştir. Mo katkılı CdS ince filmlerin yüzeyleri katkısız CdS ince film yüzeylerinden daha düzgün olduğu ve molibden katkılı CdS ince filmlerin yüzey morfolojilerini değiştirmiştir. Optik özelliklerini ele aldığımızda ise, katkısız CdS NP ince filminin enerji bant aralığının Mo katkılı CdS NP ince filmlerinin enerji bant aralığından küçük olduğu gözlenmiştir. EDS haritalama sonuçları, Mo katkılı CdS tabakalarında Mo, Cd ve S elementlerinin eşit dağılım gösterdiğini göstermekte olup, Mo iyonlarının yüzey üzerinde birlikte birikmeden ziyade CdS tabakalarına düzgün şekilde katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Mo katkılı CdS ince filmlere ait foton-akım dönüşüm verimi (IPCE) ölçümleri ve I-V ölçümleri yapılarak, ince filmlerin fotovoltajik özellikleri incelendi. Nanopartikül yapıya sahip ince filmlerin güneş pil verimliliği birbiri ile karşılaştırıldığında, saf ve Mo katkılı CdS NP'lerin güneş pil cihazları için uygun malzemeler olarak kullanılabilirliği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: CdS, Yarıiletken İnce Film, Yapısal Özellikler, Elektriksel Özellikler, Optiksel Özellikler, SILAR Metot;

* Yazışmaların yapılacağı yazar

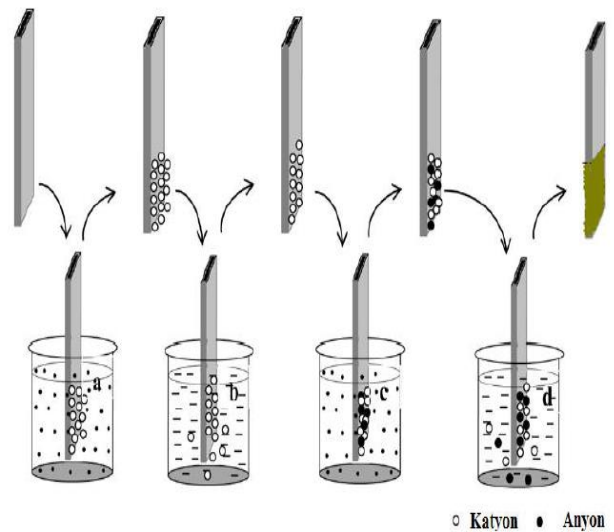
Giriş

Yarıiletken malzemeler elektriksel ve optiksel özelliklerinin değiştirilebilir olması nedeniyle teknolojiye yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Az malzeme kullanılması ve nano boyutta malzemelerin özelliklerinin değişmesi nedeniyle ince filmler çok tercih edilen malzemelerdir. İnce filmler kimyasal, optik, manyetik, mekanik özellikleri sayesinde ileri teknolojilerde malzeme olarak kullanılırlar. Son yıllarda, uygulamalar için II-VI grup metal kalkojenür yarıiletken metaller arasında yer alan kadmiyum sülfür (CdS), 2,2 eV ile 2,42 eV arasında doğrudan optik bant aralığına sahip olduğundan dolayı yüksek geçirgen özelliği göstermektedir. Kadmiyum sülfürün optiksel ve elektriksel özellikleri farklı elementlerin katkılanması ile değişebilir (Pawar vd., 2011; Kim vd., 2010; Han vd., 2011). Ag, Mn, Co, Ni, Ga, In ve B gibi elementlerle katkılanılan CdS NP ince filmlerin p-tipi bir yarıiletken özelliği gösterdiği ve enerji bant aralığının azaldığı kaydedilmiştir (Darianivd.,2015). Kadmiyum sülfür, CdS / CdTe (Ravichandranvd.,2016; Williams vd., 2014), CdS / CdSe (Yadavvd., 2010), CdS/ Cu₂S (Sharmavd., 2014) ve CdS / CuInSe₂ (Dittrichvd., 2011) gibi hemen hemen tüm yüksek performanslı fotovoltaik cihazlar için uygun bir n-tipi katmanı olarak işlev gören teknolojik olarak önemli kalsiyojenür yarıiletkenlerinden biridir. Katkılı ve katkısız CdS ince filmler üretmek için kimyasal püskürtme (Ibrahimvd.,2014), kimyasal buhar biriktirme (Uda vd., 2003), kimyasal banyo depolama (Yücel vd., 2014), ardışık iyonik tabaka adsorpsiyon ve reaksiyonu (SILAR) (Dhawalevd., 2011), gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında SILAR yönteminin, ucuz, basit, kolay uygulanabilen, vakum gerektirmeyen bir yöntem olması ve büyütme parametrelerinin kolay kontrol edilebilmesi gibi birtakım avantajları nedeniyle öne çıkmaktadır. Şekil 1'de gösterilen SILAR yöntemin de ince film büyütme işlemi, altlık malzeme yüzeyinde ardışık reaksiyonlar meydana getirmek suretiyle gerçekleştirilir.

Uygun şekilde temizlenen altlık malzeme, katyonik ve anyonik öncül çözeltiler içerisinde ayrı ayrı daldırılır. Her bir daldırma işlemi sonrası altlık malzeme, yüzeye zayıf bağlı ve reaksiyona girmeyen iyonların uzaklaştırılması için, ultra saf su içerisinde bir süre çalkalanır. Bu adımlar bir SILAR döngüsü diye adlandırılır. SILAR yönteminde katyonik ve anyonik öncül çözeltilerin ayrı ayrı kaplarda bulunması; hem altlık malzeme yüzeyi dışında reaksiyonun meydana gelmesini engellerken, hem de katyonik ve anyonik öncül çözeltiler için konsantrasyon, pH, sıcaklık, adsorpsiyon ve reaksiyon süreleri gibi büyütme parametrelerinin ayrı ayrı kontrol edilebilmesine de olanak sağlar (Dhawalevd.,2011; Mathewvd., 2011; Salaramonivd., 2013)).

CdS ince filmlerin yüzey morfolojileri, optik özelliklerini etkilemektedir. Bu da fotovoltaik cihazların uygulamaları açısından önemli bir faktördür. Bu çalışmada da saf ve Mo katkılı CdS ince filmler, SILAR yöntemi kullanılarak oda sıcaklığında büyütüldü. CdS nanopartiküllü ince filmlerin yüzey morfolojisi, kristalografik yapısı ve optik özellikleri üzerine Mo katkısı incelendi.

Materyal ve yöntem



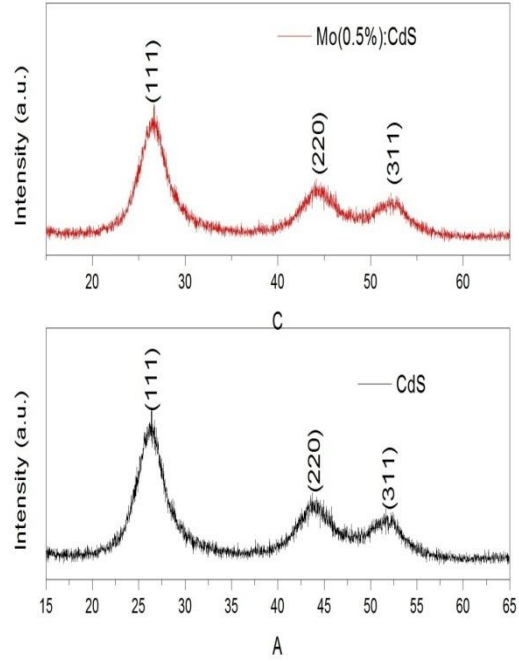
Şekil 1. SILAR yöntemi (Pawarvd.,2011)

Katkısız ve Mo katkılı CdS ince filmler; Kadmiyum klorür (CdCl_2), Sodyum sülfür (Na_2S) ve sırasıyla Cd, S ve Mo iyon kaynağı olarak kullanıldı. Şekil 1 gösterilen SILAR yöntemi kullanılarak, 1,61 gr CdCl_2 , 0,62 gr sodyum sülfür (Na_2S) 80 mL amonyak çözeltisi içinde ayrı ayrı hazırlandı. Mo katkılı CdS ince filmleri için ise, amonyak çözütüsü içerisindeki CdCl_2 çözeltisi içerisinde sırasıyla %0,1, %0,25, %0,5, %1, %3 ve %5 oranlarında amonyum molibden tetrahidrat ilave edilerek her bir kademe 1 dakikalık sürede, 10 daldırma döngüsü ile film büyütme deneyleri yapıldı. Tüm filmlerin kaplama işlemleri oda sıcaklığında gerçekleştirildi. Filmleri yapısal özellikleri; X-ışını kırınım ölçümleri $2\theta = 20-60^\circ\text{C}$ aralığında Cu $K\alpha$ radiation, kaynağına sahip bir cihaz kullanılarak elde edildi. Filmlerin yüzey özellikleri ve elementel kompozisyonu taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve EDS belirlendi. Optik soğurma ölçümleri için UV-Vis- spektroskopisi kullanıldı. İnce filmlere ait fotovoltaiik özellikleri incelemek için foton-akım dönüşüm verimi (IPCE) ölçümleri yapıldı.

Analizlerin yorumları

Yapısal özellikleri

XRD analizi filmlerin kristal büyüklüğünü ve yönelimini belirleme de önemli rol oynar. Bu nedenle oda sıcaklığında büyütülen katkısız ve en iyi konsantrasyonu belirlenen %0,5 Mo katkılı ince filmlerin XRD ölçümleri yapılmış ve Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Saf ve Mo katkılı CdS ince filmlerinin XRD Analizleri

Difraksiyon kırınımaları $2\theta = 20-60^\circ$ aralığında elde edildi. Katkısız ve Mo katkılı CdS filmlerinin XRD skalasında görülen en güçlü üç piki (111), (220) ve (311) yönelimlerine karşılık gelen kırınım $26,7^\circ$, $44,3^\circ$ ve $52,4^\circ$ açılarına sahip polikristal bir yapı göstermektedir. Bu değerler kübik yapı CdS NP standart kartındaki (JCPDS: 10-0454) değer ile uyumlu olup (Metin vd.,2010), her iki durum için de kübik yapı söz konusudur.

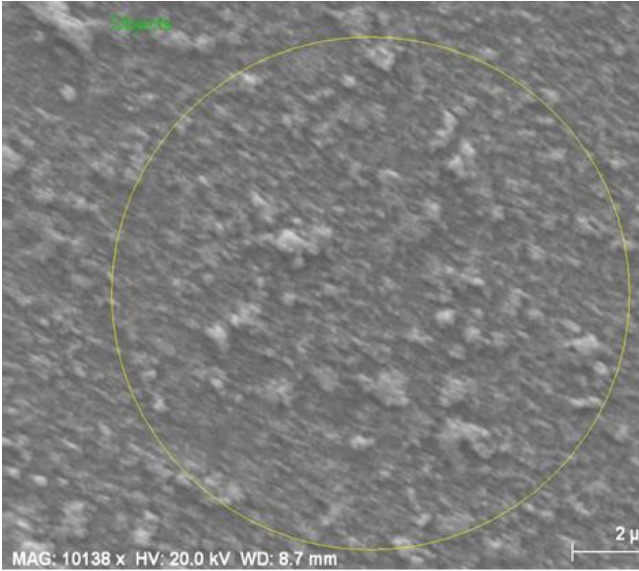
Tüm filmler için en şiddetli ve en geniş pik yaklaşık olarak $26,7^\circ$ açığa karşılık gelen kübik yapıya sahip (111) tercihli yönelimi olup, bu kristalliğin daha iyi olduğunun göstergesidir ve bu özellik onu fotovoltaiik özellik için uygun kılar (Daurivd.,2014). Bu sonuç önceki çalışmalarla uygunluk gösterir. Kuantum noktalarının ortalama tanecik boyutu Scherer bağıntısı yardımıyla hesaplandı. Scherer bağıntısı;

$$d = 0,9\lambda / (\beta \cos\theta) \quad (1)$$

ifadesi ile verilmektedir (Ravichandran vd., 2013).

Burada, λ Cu K α radyasyonunun dalga boyu (1,5406Å), θ Bragg kırınım açısı ve β ise (111), (200) ve (311) yönelimleri boyunca alınan maksimum şiddetinin yarısını tam genişliği (FWHM) değerlerinin radyan cinsinden değeri. D değerleri yukarıdaki formül yardımıyla katkısız ve Mo katkılı CdS filmlerin boyutları sırasıyla, 2,31 ve 2,27 nm olarak hesaplanmıştır. D değerinin Mo katkısına bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Tercihli yönelim olan (111) için bu değere baktığımızda Mo iyonları ile CdS iyonları arasındaki karışıma ve Mo iyonlarının CdS de düzenli örgü alanı içerisinde yer almasındandır (Ravichandran vd.,2016).

Yüzey özellikleri

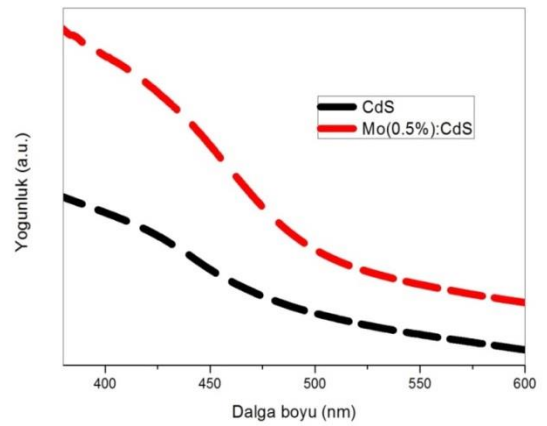


Şekil 3. %0,5Mo katkılı CdS ince filminin SEM Görüntüleri

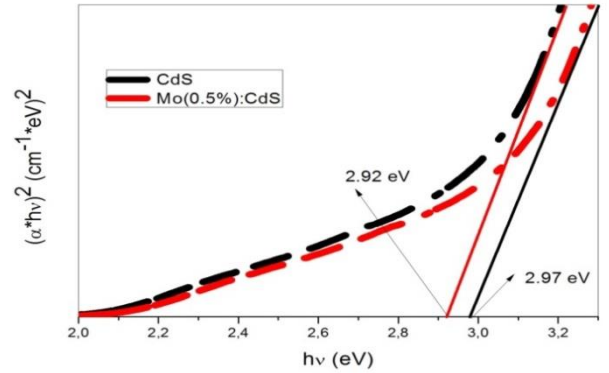
Katkısız ve Mo katkılı CdS filmlerinin SEM görüntüleri Şekil 3'te gösterilmektedir. SEM görüntüleri incelendiğinde küçük nano-boyutlu taneciklerin zemin üzerine homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir. Mo katkılı CdS ince filmlerin yüzeyleri katkısız CdS ince film yüzeylerinden daha düzgün olduğu belirtilebilir. Sonuç olarak; molibden katkısı CdS ince filmlerin yüzey morfolojilerini değiştirmiştir. Bu etki, CdS ince filmlerin potansiyel uygulama alanlarındaki performanslarını artırmak için daha düzgün ince filmler elde etmek amacıyla kullanılabilir.

Optik özellikleri

İyi bilindiği gibi, absorpsiyon ve enerji bant aralığı gibi optik özelliklerin incelenmesi optoelektronik materyaller için önemlidir. Katkısız ve Mo katkılı CdS ince filmlerinin oda sıcaklığında 300-750 A° aralığında alınan soğurma ölçüleri kullanılarak yoğunluk spektrumu ve $\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^n$ denklemine (Zhavd.,2011) göre $(\alpha h\nu)^2$ 'nin enerjiye bağlı grafiği Şekil 4'te gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4. Katkısız ve %0,5Mo katkılı CdS filmlerin optik özellikleri: (a) yoğunluk tayfi, (b) Tauc grafikleri

CdS doğrudan bant geçişli bir yarıiletken olduğu için $n=1/2$ olarak alındı. Filmlerin enerji bant değerleri UV-vis absorpsiyon spektrumundan hesaplanmıştır. Katkısız CdS ince filmin enerji bant aralığı 2,97 eV

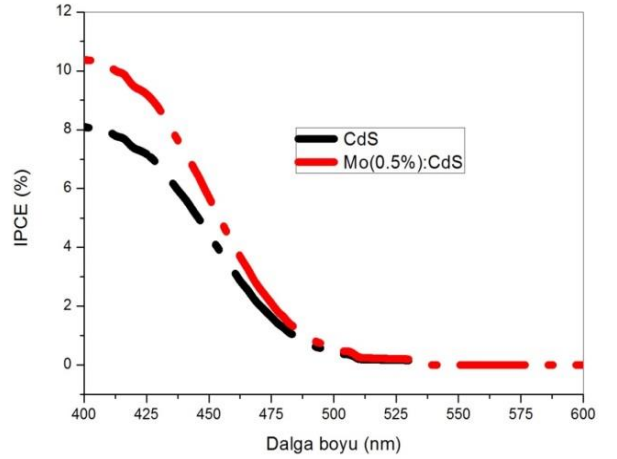
bulunmuştur. Mo katkısının varlığıyla bu değer 2,92 eV da düşmüştür. Enerji bant boşluğundaki bu azalış kuantum sınırlama etkisi ile açıklanabilir. Bu etki sebebiyle kristalin boyutları küçüldükçe enerji seviye uzaklıkları artar, kristal boyutları büyüdükçe azalır. (Yücel vd.,2015; Khanvd., 2014; Livd., 2006). Sonuç olarak, CdS’de ki Mo iyonlar filmin enerji bant değerini azaltmıştır ve direk geçişler ile ilgili enerji bant aralığındaki azalma valans bant değerine yakın olan CdS enerji bant değerinde ek enerji seviyesine yol açmıştır.

Foton-akım dönüşüm verimi (IPCE) özellikleri

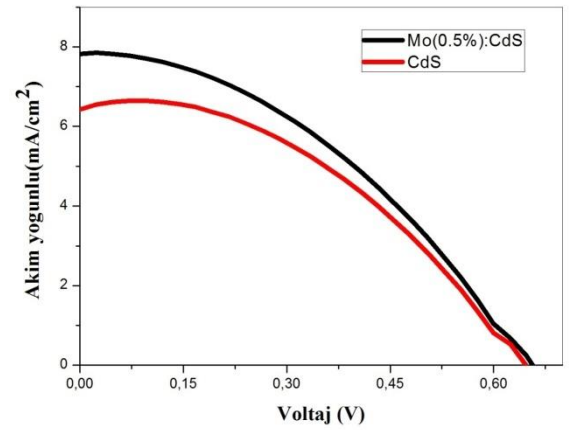
Düşük ışınım şiddetindeki monokromatik ışık altında gelen fotonun, elektrik akımına dönüşüm verimi olarak nitelendirilen IPCE ölçümler, 400-600 nm dalgaboyu aralığında eldivenli bir kabin içerisinde güneş pilinin üst elektrot yönünde alınmıştır. IPCE ölçümleri katkısız ve Mo(0,5%):CdS kaplı cam esaslı güneş pilleri için verilmiştir. Elde edilen grafikler incelendiğinde alt elektrot için Mo katkılı CdS kaplı örneğin en yüksek IPCE (%) değeri 400 nm de yaklaşık %10,5 olarak görülmektedir.

Elde edilen IPCE sonuçları baz alındığında, Mo katkılı CdS ince filmlerin güneş pilleri uygulamalarında kullanılacak umut verici malzemeler olduğu ortaya koyulmuştur.

Ayrıca Şekil 6’da gösterilen CdS ve Mo katkılı CdS NP ince filmlerin akım-voltaj (I-V) karakteristiği incelendi. CdS güç dönüşüm verimliliği %1,59 olarak bulunurken, bu değer Mo(0,5%):CdS için 1,81 olarak elde edildi. Bu sonuç ile, Mo katkı maddesinin CdS tabanlı güneş pil performansının artırılmasında etkin bir rol oynadığı görülmektedir.



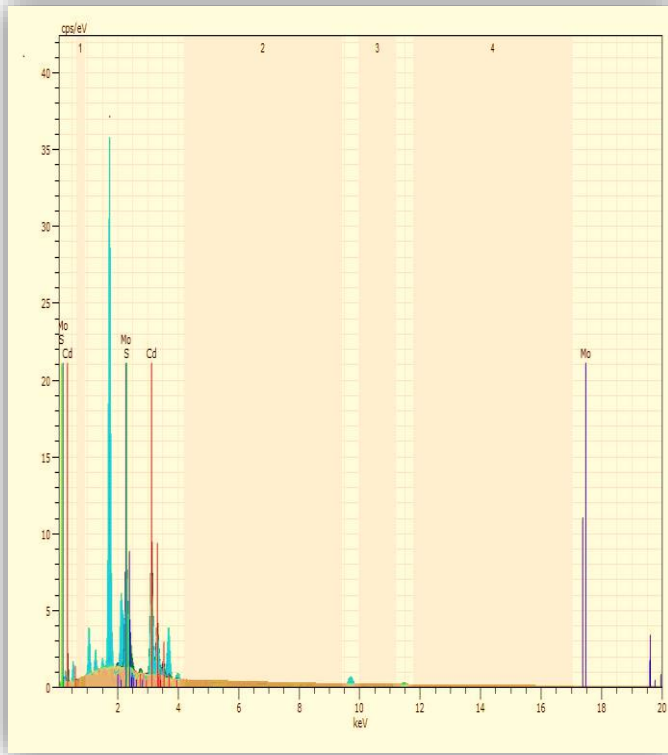
Şekil 5. Katkısız ve %0,5Mo katkılı CdS ince filmlerin IPCE spektrumu.



Şekil 6. Katkısız ve %0,5Mo katkılı CdS ince filmlerin I-V grafiği.

EDS analizleri

Filmlerin nicel analizi filmlerin gerçek nicelik oranlarını incelemek için EDS analizleri yardımıyla incelendi ve elde edilen desenler Şekil 7’de gösterildi. Molibden’e ait desenlerin gözlenmesi, Mo katkılı CdS ince filmlerin başarılı bir şekilde SILAR yöntemi ile sentezlendiğinin bir göstergesidir. EDS sonucu kullanılarak gerçek Mo konsantrasyonu yüzde 0,3 olarak bulundu. Mo katkı maddesindeki kaybın yıkama işleminden dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 7. CdS ince filminin EDS spektrumu

Sonuç

Bu çalışmada, SILAR metodu kullanılarak oda sıcaklığında CdS NP ince filmlere yapılan Mo katkısının etkileri incelenmiştir. Büyüme çözeltisi içinde, en iyi Mo konsantrasyonu %0,5 olarak belirlenmiştir. %0,5 Mo katkısının CdS NP ince filminin, yüzey morfolojilerini, kristal yapılarını, yasak enerji bant aralığı değerlerini ve optik geçirgenlik değerlerini oldukça etkilemiştir. Katkısız ve Mo katkılı CdS NP ince filmlerin X- ışını kırınım analizi kübik yapıya sahip polikristal bir malzeme olduğunu göstermiştir. Mevcut çalışmada, %0,5 Mo konsantrasyonunun CdS ince filmlerin kristalleşme derecelerini etkilediğini ve filmlerin kristal büyüklüklerinin azaldığını göstermiştir. Mo katkı seviyesindeki artış ile tepe yoğunluğundaki artış, Mo'nin CdS kafes içine dahil edilmesinin, filmlerdeki boşluk kusurlarını azaltarak atomların periyodik düzenlemesini geliştirdiğini gösterir. Bu sonuç, Mo'nin sadece CdS yapısına karıştığını ve yeni bileşikler oluşturmak için kükürt ile herhangi bir

kimyasal reaksiyona karışmadığını düşündürmektedir.

SEM görüntüleri, Mo katkısı ile üretilmiş olan CdS filmlerin yüzeylerinin katkısız olarak üretilen CdS ince filmde daha düzgün olduğunu ve CdS NP büyüklüklerinin azaldığını göstermiştir. Filmlerin enerji bant aralığı Mo katkısının varlığı ile 2,97eV değerinden 2,92eV değerine düşmüştür. EDS analizinde gerçek Mo konsantrasyonu yüzde 0,3 olarak bulundu. IPCE (%) değeri Mo katkılı CdS kaplı cam tabaka için 400 nm de yaklaşık %10,5 olarak görülmüştür. I-V karakteristiğinden de elde edilen verilerden Mo katkı maddesinin CdS tabanlı güneş pil performansının artırılmasında etkin bir rol oynadığı görülmektedir.

Kaynaklar

- Al-Douri Y.,Khasawneh Q., Kiwan S., Hashim U., Hamid S. A., Reshak A., Khenata R., (2014). Structural and optical insights to enhance solar cell performance of CdS nanostructures, *Energy Conversion and Management*, 82: 238-243.
- Alamgir K.W.,Ahmad S., Hassan M.M., Naqvi A.H., (2014). Structural phase analysis, band gap tuning and fluorescence properties of Co doped TiO₂ nanoparticles, *Optical Materials*, 38:278-285.
- Dittrich T.,Belaidi A., Ennaoui A., (2011). Concepts of inorganic solid- state nano structured solar cells, *Solar Energy Materials and Solar Cells*,95:1527-1536.
- Dhawale D.S.,Dubal D.P., Phadatare M.R., Patil J.S.,Lokhande C., (2011). Synthesis and characterizations of CdS nanorods by SILAR method: effect of film thickness, *Journal of Materials Science*46:5009–5015.
- Darianin R.S.,Emami Z., (2015). Structural and optical studies of CdS and CdS:Ag nanoneedles prepared by a SILAR method, *Ceramics International*, 41: 8820–8827
- Han J.,Spanheimer C., Haindl G., Fu G., Krishnakumar V., Schaffner J., Fan C., Zhao K., Klein A., Jaegermann W., (2011). Optimized chemical bath deposited CdS layers for the improvement of CdTe solar cells, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 95, 816-820.

- Ibrahim S.G., Ubale A.U., (2014). Structural, electrical and optical properties of nanostructured Cd_{1-x}FexS thin films deposited by chemical spray pyrolysis technique, *Journal of Molecular Structure*, 1076:291-298.
- Kim M.J., Kim H.T., Kang J.K., Kim D.H., Lee D.H., Lee S.H., Sohn S.H., (2010). Effects of the surface roughness on optical properties of CdS thin films, *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 532:1,437-444
- Li M., Li J.C., (2006). Size effects on the band-gap of semiconductor compounds, *Materials Letters*, 60:2526-2529.
- Metin H., Erat S., Durmus S., Ari M., (2010). Annealing effect on CdS/SnO₂ films grown by chemical bath deposition, *Applied Surface Science* 256: 5076-5081.
- Mathew S., Joseph S.A., Radhakrishnan P., Nampoore V.P.N., Vallabhan C.P.G., (2011). Shifting of fluorescence peak in CdS nanoparticles by excitation wavelength change, *J. Fluorescence*. 21:1479–1484.
- Pawar S.M., Pawar B.S., Kim J.H., Joo O.S., Lokhande C.D., (2011). Recent status of Chemical bath deposited metal chalcogenide and metal oxide thin films, *Current Applied Physics*, 11, 117-161.
- Ravichandran K., Senthamilselvi V., (2013). Effect of indium doping level on certain physical properties of CdS films deposited using an improved SILAR technique, *Applied Surface Science*, 270: 439-444.
- Ravichandran K., Nisha Banu N., Senthamil Selvi V., Muralidharan B., Arun T., (2016). Rectification of sulphur efficiency defect in CdS based films by introducing a novel modification in the SILAR cyclic process, *Journal of Alloys and Compounds*, 687: 402-412
- Salaramoli H., Maleki E., Shariatnia Z., Ranjbar M., (2013). CdS/CdSe quantum dots co-sensitized solar cells with Cu₂S counter electrode prepared by SILAR, spray pyrolysis and Zn–Cu alloy methods, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 271:56–64.
- Sharma R., Cai G., Shinde D.V., Patil S.A., Shaikh S., Ghule A.V., Mane R.S., Han S.H., (2014). Poly electrolyte multilayer-assisted fabrication of p-Cu₂S/n-CdS heterostructured thin-film photo transistors, *Journal of Materials Chemistry C* 38: 8012-8017.
- Uda H., Yonezawa H., Ohtsubo Y., Kosaka M., Sonomura H., (2003). Thin CdS films Prepared by metal organic chemical vapor deposition, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 75: 219-226.
- Williams B.L., Major J.D., Bowen L., Phillips L., Zoppi G., Forbes I., Durose K., (2014). Challenges and prospects for developing CdS/CdTe substrate solar cells on Mofoils, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 124: 31-38.
- Yadav A.A., Barote M.A., Masumdar E.U., (2010). CdSe Studies on cadmium selenide (CdSe) thin films deposited by spray pyrolysis, *Materials Chemistry and Physics*, 121: 53-57.
- Yücel E., Güler N., Yücel Y., (2014) Optimization of deposition conditions of CdS thin films using response surface methodology, *Journal of Alloys and Compounds*, 589: 207-212.
- Yücel, E., Yücel, Y., (2015). Optimization of zinc sulfide thin film coating process using response surface methodology, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 26:196-203.
- Zha G., Zhou H., Gao J., Wang T., Jie W., (2011). The growth and the interfacial layer of CdZnTe nano-crystalline films by vacuum evaporation, *Vacuum*, 86:242–245.

Effect of Mo addition on the structural, surface and optical properties of CdS thin films prepared by SILAR method

Extended abstract

In recent years, the synthesis of semiconductor nanoparticle metal chalcogenide nanowires for applications has attracted considerable attention due to its different properties. The changes in the optical, physical, electrical and magnetic properties of semiconductor nanoparticle materials are strictly depended on dimensions, construction and morphology. The particle radius is compared to the Bohr Radius of exaction comparison with bulk materials happens when the physicochemical properties of semiconductors were greatly indulged by results of low dimensionality.

The leves of electronic in modification is strongly influenced by the limited number of atoms in the particles. And the new chemical and physical element displays new properties besides the broad volume percent and size quantization effect on semiconductor nanoparticles. Reducing the size of a semiconductor particle leads to the growth of the band gap between the valence band and the transmission band. As a result, electrons are sent from the valence band to the transmission band, which needs higher energy, resulting in light absorption in the high energy region.

CdS exhibits an n-type conductivity due to its lack of sulfur element and the conductivity value of undoped CdS produces poor photovoltaic performance. Thus, one of the easy ways to convert CdS to an active element for photovoltaics is doped. Dopping is important because it plays a critical role in adjusting the electrical and optical properties of the semiconductors and with dopants which the adaptation wave length of the nanocrystals can be adjusted.

In this study used the SILAR technique. The SILAR method is one of the simplest, inexpensive and less time consuming alternatives to more technology compare to other methods. The SILAR method is primarily made by immersing the sublate in separate cation and anion precursor results and each immersion is cleaned with distilled water to avoid homogeneous precipitation. Its main position is that it allows basic control of gain ratio through

different parameter such as number of dips, time, solution concentration and pH.

CdS nanoparticles and Mo (molybdenum) -doped CdS thin films were deposited on glass substrate by the successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) techniques at room temperature. The effect of Mo concentration on the structural, morphological and optical properties of Mo-doped CdS NPs thin films were characterized by X-ray diffraction (XRD), electron scanning microscope SEM and UV-vis spectrophotometer. Also, EDX analysis was performed to determine the true quantities of Mo doped CdS thin films.

X-ray diffraction patterns of the pure and Mo doped CdS thin films indicated cubic structure with polycrystalline nature. The surfaces of the Mo-doped CdS thin films are more uniform than undoped CdS thin film surfaces and Mo-doped CdS has altered the surface morphology of thin films.

The optical properties of the Mo-doped CdS NPs and pure CdS NPs thin films showed that the energy band gap of the Mo-doped CdS is higher than the energy band gap of the pure CdS film.

The EDX mapping result showed that Mo, Cd, and S elements are uniformly distributed in the Mo-doped CdS sheets, indicating that Mo ions may be uniformly doped in the CdS sheets rather than accumulated together on the surface.

External quantum efficiency or Incident Photo to Current Efficiency (IPCE) is one of the most figure of value to analyze the size of the QDs and also the cell performance. Photovoltaic properties of thin films were investigated by making IPCE measurements of Mo doped CdS thin films. When the solar cell efficiencies of thin films of nanoparticle structure are compared with pure and Mo doped CdS NPs could be used as suitable materials for solar cell devices.

Keywords: CdS, Thin Film, Optical Properties, Electrical Properties, Structural Properties, SILAR Method