

**Cam Alt Taban Üzerinde Büyütülen Kurşun Sülfür (PbS) İnce Filminin Yapısal,
Elektriksel ve Optik Özelliklerinin Araştırılması**

Hüseyin Ertap*, Ali Kemal Mak, Mevlüt Karabulut

Kafkas Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Kars, Türkiye

Yayın Kodu: 6-4A

ÖZET: Bu çalışmada, kimyasal banyo depolama yöntemi ile cam alt taban üzerine büyütülmüş Kurşun Sülfür (PbS) ince filminin yapısal, optik ve elektriksel özellikleri araştırıldı. X-ışınları kırınımı (XRD) analizinden PbS ince filminin kübik yapıya sahip olduğu bulundu. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ölçümlerinden PbS ince filminin parçacık boyutu 150-250 nm olduğu bulundu. Optik soğurma spektrumundan PbS ince filminin 1.52 eV'luk yasak bant arlığına sahip olduğu hesaplandı. Akım-Gerilim (I-V) karakteristiği ölçümlerinden PbS ince filminin aktivasyon enerjisi 0.06 eV olarak hesaplandı.

Anahtar Kelimeler: Kurşun Sülfür (PbS), Kimyasal Banyo Depolama (CBD), İnce Film

**Investigation of Structural, Electrical and Optical Properties of Lead Sulphur
(PbS) Thin Film Grown on Glass Substrate**

ABSTRACT: In this study, we have investigated structural, optical and electrical properties of Lead Sulphur (PbS) thin film grown on glass substrate by chemical bath deposition (CBD) method. We found that PbS thin film had cubic structure from X-ray diffraction (XRD). Particle size of PbS thin film has been found 150-250 nm from atomic force microscope (AFM). We have calculated that band gap energy of PbS thin film has 1.52 eV from optic absorption spectrum. Activation energy of PbS thin film has been calculated 0.06 eV from Current-Voltage (I-V) characteristic measurements.

Keywords: Lead Sulphur (PbS), Chemical Bath Deposition (CBD), Thin Film

e-mail: huseyinertap@gmail.com

Giriş

Kurşun Sülfür (PbS) külçe kristali $E_g=0,4$ eV'lik direkt yasak bant aralığına sahiptir. PbS infrared fotorezistörlerin yapımında, Pb iyonları seçici sensörlerde ve güneş ışını soğurucuları gibi malzemelerde kullanılmaktadır (Nair, Gomezdaza & Nair, 1992; Chaudhuri & Chatterjes, 1992; Sharon et Al., 1997). PbS ince

filmleri diyot lazer, nem ve sıcaklık sensör dekoratifi ve solar kontrol tabakası gibi (Nascu et al.1996; Hirata & Higoshiyama, 1971; Pop et al., 1997) yapılarda kullanılmaktadır. Farklı yöntemlerle, farklı tabanlar üzerinde büyütülen PbS ince filmlerinin optoelektronikte ve fotoelektronikte uygulama olanakları bulunmaktadır

(Espevik, Wu & Bube, 1971; Botila, Pentia & Mihalcea, 1986; Pankove, 1971; Kanazawa & Adachi, 1998). PbS ince filmleri genellikle Kimyasal Banyo Depolama Yöntemi (CBD) ile büyütülmektedir (Burger et al., 1971; Pintile et al., 1995). Bu yöntem istenilen büyüklüğe sahip PbS ince filmlerinin büyütülmesine olanak sağlayan ucuz ve kolay bir yöntemdir.

PbS ince filmlerinin oluşumunda Pb ve S iyonları beherde birleşerek PbS bileşimini oluşturur ve oluşan bileşik alt taban üzerine çöker. Ag, Hg, Cu, Sn, Sb, As, gibi farklı atomlarla katılanmış PbS ince filmlerinin fotoelektrik özellikleri üzerine birçok araştırma yapılmıştır (Pentia et al., 2001; Fainer et al., 1996; Valenzuela-Jauregui et al., 2003; Kothiyal, Gosh & Deshpande, 1980; Simic & Marinkovic, 1983). SEM (Taramalı Elektron Mikroskopu) analizinden PbS ince filmlerinin parçacık boyutlarının 5-300 nm aralığında olduğu belirlenmiştir

Valenzuela-Jauregui et al., 2003; Kothiyal, Gosh & Deshpande, 1980; Simic & Marinkovic, 1983; Pentia et al., 2003). Ayrıca, PbS ince filminin piramit biçimli taneciklerden oluştuğu ve tanecik boyutunun 100-500 nm ve yüksekliklerinin 120-200 nm aralığında olduğu belirtilmiştir (Valenzuela-Jauregui et al., 2003).

CBD yöntemi istenilen büyüklükte ve kalınlıkta ince filmleri büyütme için kullanılan en ucuz ve pratik yöntemlerden birisidir (Kamath et al., 2000). Bu çalışmada da CBD yöntemi ile cam alt tabanlar üzerinde büyütülen PbS ince filmlerinin yapısal, elektriksel ve optik özellikleri araştırıldı

Deneysel Çalışmalar

PbS ince filmleri kimyasal banyo depolama yöntemi ile cam alt tabanlar üzerine oda sıcaklığında büyütüldü. Kimyasal banyo için 100 ml'lik bir behere sırasıyla, 5 ml 0.5 M Kurşun

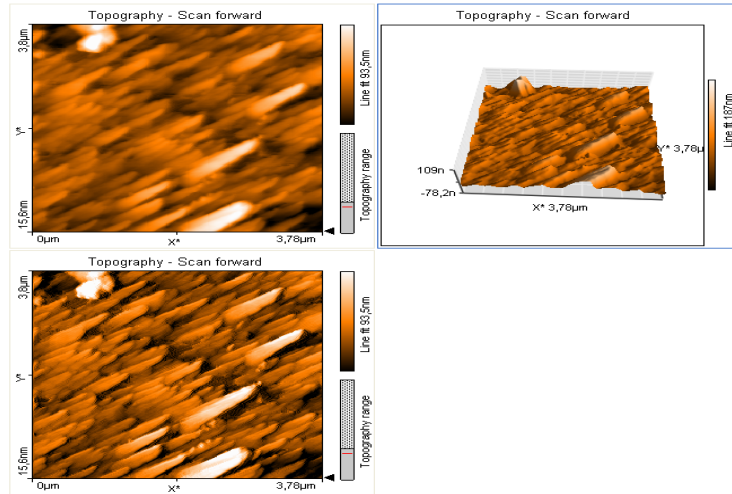
Asetat, 5 ml 2 M Sodyum Hidroksit, 6 ml 1 M Tioüre, 2 ml 1 M Trietanol Amin, 0.1 ml 0.7 M Trisodyum Sitrat ve 82 ml deiyonize su eklendi. Hazırlanan çözelti 20 ml beherlere aktarıldı ve alt tabanlar bu beherlere daldırıldı. Cam alttaban üzerine PbS ince filmlerinin büyütme işlemleri 27 °C sıcaklığında 2 saat süresinde 4 defa tekrarlanarak gerçekleştirildi.

Büyütülen PbS ince filmlerinin XRD ölçümleri Rigaku D/max-2100 difraktometresi ile, optik soğurma ölçümleri Perkin Elmer Lambda 25 UV-VIS ile, I-V ölçümleri Keithley 2400

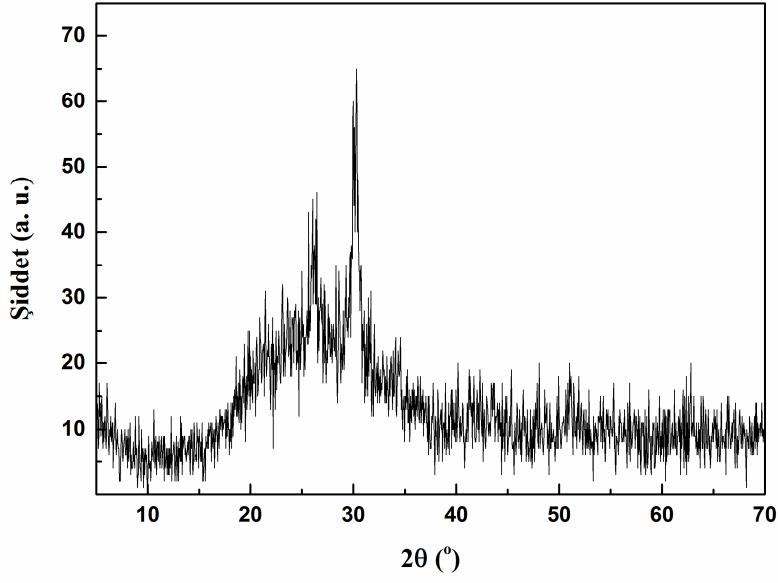
Sourcemeeter ve AFM görüntüleri için ise Nanosurf Easyscan 2 modeli kullanılmıştır.

DeneySEL Sonuçlar ve Tartışma

Cam alt tabanlar üzerine büyütülen PbS ince filminin AFM görüntüleri Şekil 1’de verilmektedir. Cam taban üzerinde büyütülen PbS ince filminin silindirik çubuk şeklinde büyümüş nano parçacıklardan oluştuğu görüldü. Oluşan nano parçacıkların boyutunun 150-250 nm aralığında değiştiği görüldü. PbS ince filminin XRD spektrumu Şekil 2’de verilmektedir.



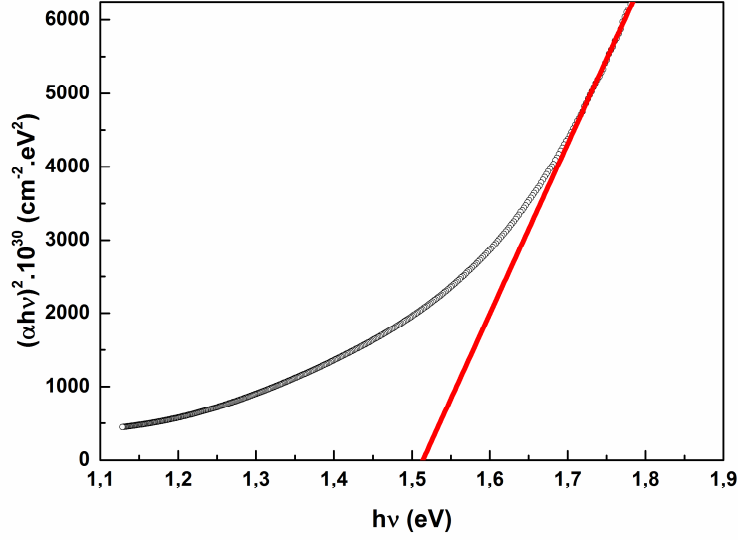
Şekil 1: Cam alt taban üzerinde büyütülen PbS ince filminin AFM görüntüsü.



Şekil 2: Cam alt taban üzerinde büyütülmüş PbS ince filmin XRD spektrumu.

XRD analizlerinden büyütülen PbS ince filminin yüzey merkezli kübik örgüye sahip olduğu ve örgü sabitinin $a=5,9462$ Å ve Fm-3m uzay grubuna ait olduğu bulundu. Elde edilen bu sonuçlar daha

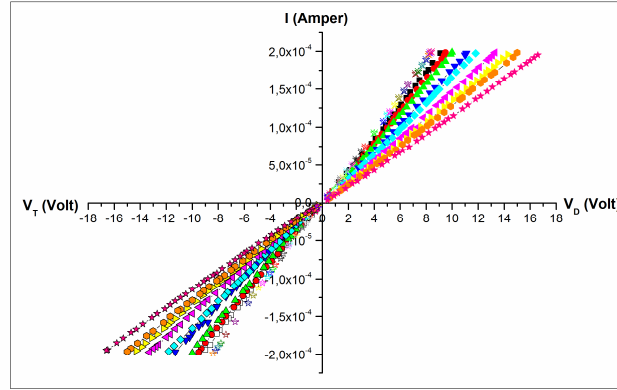
önce yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu ve görüldü (Chaudhuri, Saha & Saha, 2005). Şekil 3'te PbS ince filminin optik soğurma spektrumundan elde edilen $(\alpha h\nu)^2-h\nu$ grafiği verilmektedir.



Şekil 3: Cam alt taban üzerinde büyütülmüş PbS ince filmin $(\alpha h\nu)^2$ - $h\nu$ grafiği

Cam alt taban üzerinde büyütülen PbS ince filminin optik soğurma spektrumundan görüldüğü gibi soğurma kuyruğu 1.1 eV değerinden başlamaktadır. PbS ince filminin yasak bant aralığı soğurma spektrumdan yapılan hesaplamalar sonucu 1.52 eV olarak bulundu. PbS ince filmi için bulunan yasak bant aralığı değeri PbS külçe

kristalinin 0.34 eV olan yasak bant aralığına göre daha büyük olmaktadır. Yasak bant aralığındaki bu artışın nedeni büyütülen ince filmin külçe kristal değil de amorf veya polikristal olmasından kaynaklanmaktadır. Büyütülen PbS ince filminin farklı sıcaklıklardaki akım-gerilim (I-V) karakteristiği Şekil 4'te verilmektedir.



Şekil 4: Cam alt taban üzerinde büyütülmüş PbS ince filminin farklı sıcaklıklarda ki I-V grafiği.

Akım-Gerilim grafiğinden görüldüğü gibi I-V karakteristiği tam simetrik olmaktadır. PbS ince filminin direnci yapılan hesaplamalar sonucunda $1 \text{ M}\Omega$, $T = 300 \text{ K}$ sıcaklığındaki özdirenci $\sigma = 7.5 \times 10^{-3} \text{ }\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ve aktivasyon enerjisi ise $\Delta E_a = 0.06 \text{ eV}$ olarak bulundu.

Sonuçlar

Kurşun sülfür (PbS) yarıiletken ince filmleri Kimyasal Banyo Depolama yöntemi (CBD) ile cam alt tabanlar

üzerinde büyütüldü. PbS ince filminin XRD analizinden kübik yapıda olduğu bulundu. AFM analizlerinden PbS ince filmlerinin nanoparçacıklar şeklinde büyüdüğü görüldü. I-V ölçümlerinden PbS ince filmlerinin özdirenci ve aktivasyon enerjileri hesaplandı.

Kaynaklar

Nair PK, Gomezdaza O, Nair MTS 1992. Adv. Mater. Opt. Electron. 1 139.

- Chaudhuri TK, Chatterjes S 1992.** Proceedings of the International Conference on Thermoelectronics, vol. 11, p. 40.
- Sharon M, Ramaiah KS, Kumar M, Spallart MN, Levy-Clement C 1997.** Electroanal. Chem. 436; 49–52.
- Nascu C, Vomir V, Pop I, Ionescu V, Grecu R 1996.** Mater. Sci. Eng. B 841 () 235.
- Hirata H, Higoshiyama K 1971.** Bull. Chem. Soc. Jpn. 44; 2420.
- Pop I, Nascu C, Ionescu V, Indrea E, Bratu I 1997.** Thin Solid Films 307; 240.
- Espevik S, Wu C, Bube RH 1971.** J. Appl. Phys. 42 3513.
- Botila T, Pentia E, Mihalcea M 1986.** Patent No. 90272/27.03. Romania.
- Pankove JL 1971.** Optical Processes in Semiconductors, Dover Publications, New York,
- Kanazawa H, Adachi S 1998.** J. Appl. Phys. 83, p. 5997.
- Burger PA, Malan OG, Kunze OA, Naturforsch Z 1971.** 26a, 1995.
- Pintilie I, Pentia E, Pintilie L, Petre D, Botila T, Constantin C 1995.** J. Appl. Phys. 78, p. 1713.
- Pentia E, Pintilie L, Tivarus C, Pintilie I, Botila T 2001.** Mater. Sci. Eng. B 80, 23 ~
- Fainer NI, Kosinova ML, Rumyantsev YM, Salman EG, Kuznetsov FA, 1996.** Thin Solid Films 280, 16.
- Valenzuela-Jauregui JJ, Ramirez-Bon R, Mendoza-Galvan A, Sotelo-Lerma M 2003.** Thin Solid Films 441; 104–110.
- Kothiyal GP, Gosh B, Deshpande RY, 1980.** J. Phys. D: Appl. Phys. 13. 869.
- Simic VM, Marinkovic ZB 1968.** Infrared Phys. 8, 189–(96).
- Pentia E, Pintilie L, Botila T, Pintilie I, Chaparro A, Maffiotte C 2003.** Bi influence on growth and physical properties of chemical deposited PbS films. *Thin Solid Films*, 434, 162 -170.

Kamath PV, Murakoshi K, Wada

YYanagida, S, in: H.S. Nalwa (Ed.),

2000. Handbook of Nanostructured

Materials and Nanotechnology, vol. 3,

Academic Press, New York, p. 291.

Chaudhuri T, Saha N, Saha P 2005.

Mater. Lett. 59: 2191