

OPTOELEKTRONİK TƏTBİQLƏR ÜÇÜN NADİR TORPAQ ELEMENTİ OLAN HOLMIUMLA (Ho) AŞQARLANMIŞ CdSe; 0.5%Ho NANOQURULUŞLARIN ANALİTİK TƏDQIQATLARI

Seyfəddin CƏFƏROV¹ , Elgün TAĞIYEV² 

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

*Yazışılan müəllif: seyfadjafarov@gmail.com

NƏŞR TARİXİ:

Qəbul edilmə tarixi:

06.06.2026

Nəşr edilmə tarixi:

25.06.2026

AÇAR SÖZLƏR:

CdSe;0.5%Ho
nanostruktur,Optik
xassələri, hissəcik
ölçüsü, sındırma
göstəricisi,
dielektrik sabit

XÜLASƏ

Kadmium selen (CdSe;0.5%Ho) nanostrukturuları hazırlanmış və CdSe;0.5%Ho (1,2-0,05mol/L) tavlanmış şüşə substratlar üzərində pin örtük texnikasından istifadə etməklə 400 °C Fərqli fırlanma sürəti (1000, 3000 və 5000 dövr/dəq.) ilə yerləşdirilmişdir. Struktur, morfoloji və analitik tədqiqatlar rentgen şüalanma (XRD), atom qüvvəsi mikroskopiyası (AQM), Furiye transformasiya infraqırmızı (FTIR) və UV-Vis Spektroskopiyası ilə tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, CdSe;0.5%Ho nanostrukturalarının hissəcik ölçüsü müvafiq olaraq 1000,3000 və 5000 dövr/dəq.-də hazırlanmış 1,40, 1,78 və 2,31 nm-dir. Bant boşluğu görünən diapazonda ötürülmə göstəricisi ilə ölçüldü. CdSe;0.5%Ho nanostrukturalarının hissəcik ölçüsünə görə dəyişir. Hesablanmış sındırma göstəricisi eksperimental dielektrik sabit nəticələr eksperimental nəticələrlə razılaşdırılır. Alınan nəticələr eksperimental və nəzəri məlumatlara uyğundur. CdSe;0.5%Ho nanostrukturalarını sintez etmək üçün spin örtük texnikası uğurla işlənib hazırlanmışdır. Digər tərəfdən, delokalizasiya edilmiş şəkil ilə təmsil olunan kristal quruluş, materialın enerji zolağının strukturu ilə sıx əlaqəli olmayacaq, mürəkkəb kvant mexaniki analizidir. XRD nümunələri altıbucaqlı quruluşa malik CdSe;0.5%Ho nanostrukturalarının difraksiya xətlərini göstərdi. J. Yarımqeçirici nanohissəciklər ölçüdə asılı xüsusiyyətlər nümayiş etdirdiyinə görə, 0,7nm qalınlıqlı CdSe;0.5%Ho kristallitlərinin ərimə nöqtəsi CdSe;0.5%Ho kristallitdən aşağı ~400° S-dir. CdSe;0.5%Ho nanostrukturunun altıbucaqlı fazasının (0 0 2) müstəvisinə uyğun olaraq 29,52°-də müşahidə edilir, (111) müstəvisinə uyğun olaraq 25°pikdə görünən 3000 rpm-də hazırlanmışdır.

GİRİŞ

CdSe; 0.5%Ho nanostrukturuları son illərdə texniki-kimyəvi, fiziki, optik, elektrik və dəyişən xüsusiyyətlərinə görə böyük maraq doğurmuşdur (İxmayis 2020, Oliva 2008). Geniş səth sahəsinə görə bütün nano-strukturlu materiallar yüksək səth enerjisinə malikdir və beləliklə, termodinamik cəhətdən qeyri-sabit və ya metastabildir. Nanomaterialların istehsalı və emalının ən böyük problemlərindən biri səth enerjisinin öhdəsindən gəlmək və nanomaterialın ümumi səth enerjisinin azalması hesabına ölçüdə böyüməsinin qarşısını almaqdır. Nanohissəciklərin yüksək səth enerjisi sayəsində onlar son dərəcə reaktivdirlər və əksər sistemlər səthlərinin mühafizəsi və ya passivləşməsi olmadan aqreqasiyaya məruz qalır (Dumbrava, 2010). Üzvi stabilizatorlar adətən nanohissəciklərin səthlərini bağlayaraq birləşməsinin qarşısını almaq üçün istifadə olunur (Huang, 2001). Yarımqeçirici nanohissəciklər ölçüdə asılı xüsusiyyətlər nümayiş etdirdiyinə görə, 0,7 nm qalınlıqlı CdSe; 0.5%Ho kristallitlərinin ərimə nöqtəsi CdSe; 0.5%Ho kristallitdən aşağı ~400°-dir. Çox yüksək təzyiqdə olarkən faza vurtsitdən qaya duzu fazasına dəyişir (Al-Douri, 2012). CdS 2.43eV (513nm) zolaq boşluğuna malik olduğundan, görünən radiasiyanı təyin etmək üçün II-VIcom-funtlar arasında ən perspektivli namizəddir. Günəş hüceyrələrinin səmərəliliyini artıran fotogenerasiya edilmiş daşıyıcıların rekombinasiyasıdır. O, həmçinin işıq yayan diodlarda, foto detektorlarda, sensorlarda, ünvan dekoderlərində və elektrikle idarə olunan lazerlərdə tətbiq edilmişdir (Seoud, 2012).

CdSe;0.5%Ho və CdTe-nin enerji diapazonu hesablamaları üçün sıxlıq funksional nəzəriyyəsinə (SFN) enerji keçidini və kvant nöqtə diametrinin funksiyası kimi optik xassələrin hesablamalarını tədqiq etmək üçün istifadə etmişdir. Həmçinin, onlar (Douri, 2011) planlaşdırılmış dalğa potensialından (PDP) istifadə edərək kvant nöqtə xətti potensialını tədqiq etmişlər. Kompozisiya, optik və işıqlandırma tədqiqatları aparmış və stokiometrik asılı elektron-deşik cütünün yaranması və ayrılması fenomeninə uyğun gələn günəş enerjisinə çevirmə səmərəliliyinə nail

olmuşdur. Nəhayət, Böer (Böer, 2011) Günəş enerjisini gücləndirmişdir. Təxminən 200A° nazik CdSe;0.5%Ho təbəqəsindən istifadə etməklə CdSe;0.5%Ho /CdTe günəş elementlərinin çevrilmə səmərəliliyi 8-15%. CdSe;0.5%Ho üçün tipik olan bu səmərəliliyin artırılmasının səbəbi də o, texnologiyayı ümumiləşdirib. Bu günəş batareyalarının enerjiyə çevrilmə bazarında iqtisadi əhəmiyyətlidir. Bu işdə fərqli örtük sürəti və otaq temperaturu ilə şüşə substratlar üzərində çökdürülmüş CdSe;0.5%Ho nanostrukturalarının struktur və optik xassələrinin ətraflı tədqiqi verilmişdir.

MATERIAL VƏ METODLAR

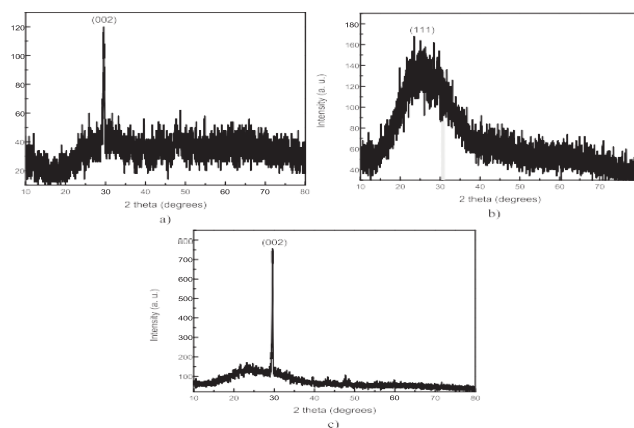
CdSe;0.5%Ho nanostrukturaları otaq temperaturunda sol-gel spin örtük üsulu ilə yetişdirilmişdir. Polietilen qlikol 200 (PEG) həlledici 0,6 ml PEG qarışdırılaraq 8,5 ml etanol və 0,5 ml sirkə turşusu 1 saat qarışdıraraq hazırlanmışdır, Se ,Ho və Cd mənbəyi kimi 0,05 mol/L tiokarbamid və 1,2 mol/L kadmium nitrat, əlavə olaraq 60 °C ilə birlikdə 15 ml etanola hazırlanmışdır. Hazırlanmış məhlul 6 saat güclü qarışdırmaqla yavaş-yavaş PEG soluna əlavə edildi. Reaksiya başlayan kimi reaksiya sistemi tədricən şəffafdan açıq sarıya dəyişdi. Santrifüjdən toplanmış çöküntü şüşə altlıqların üzərinə çökdürülmüş və 120 °C-də isti boşqabda qurudulmuş və sobada 1 saat ərzində 400 °C -də tavlənmişdir. Nümunələr soba otaq temperaturuna qədər soyuduqdan sonra götürülüb. Onlar rentgen şüalarının difraksiyası (XRD) nümunəsi (Philips PW 1710 X-ray difraktometri), atom qüvvəsi mikroskopiyası (AQM) (SII Sciko Instrument INC SPI 3800N Zond stansiyası), Furiye transformasiyasının infraqırmızı spektroskopiyası (FVIRP) və UV-RD spektroskopiyası (El-Spetroskopisi) ilə təhlil etmək və xarakterizə etmək üçün istifadə olunur. 950), müvafiq olaraq.

NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

Quruluşunun xüsusiyyətləri. CdSe;0.5%Ho nanostrukturalarının struktur xassələri şəkil 1-də göstərildiyi kimi X-ray difraksiyası (XRD) texnikası ilə tədqiq edilmiş, 1000, 3000 və 5000 rpm-də müxtəlif fırlanma sürətləri ilə hazırlanmış və 400 ° S-də 1 saat saxlanmışdır. Kristallit ölçüsü. Şəkil 1a sintez edilmiş CdSe nanohissəciklərini göstərir. Pik 1000 rpm-də hazırlanmış CdSe;0.5%Ho nanostrukturunun altıbucaqlı fazasının (0 0 2) müstəvisinə uyğun olaraq 29,52°-də müşahidə edilir, 111) müstəvisinə uyğun olaraq 25°pikdə görünən 3000 rpm-də hazırlanmışdır.

Şəkil-1c-də görsənirki, CdSe;0.5%Ho nanostrukturunu , 5000 dövr/dəq.-də hazırlanmış CdSe;0.5%Ho nanostrukturunu göstərir. 29.52°altıbucaqlı fazanın (002) müstəvisinə uyğundur. Zirvənin intensivliyi 5000 rpm-dən yüksək nanoquruluşlu CdSe;0.5%Ho depozitdə 1000 və 3000 dövr/dəq.-də çökdürülmüş CdSe;0.5%Ho nanostrukturalarında müşahidə olunur. Bu yaxşı kristal təbiətin göstəricisidir.Kristalit ölçüsü Scherrer düsturundan istifadə edərək hesablanmışdır (Lahewil, 2012):

$$d = \frac{n\lambda}{2\sin\theta} \quad (1)$$



Şəkil 1. 400°C-də tavlənmiş şüşə substratların çökdürülmüş CdS nanostrukturalarının rentgen şüaları difraksiyasının (XRD) nümunələri: (a) 1000, (b) 3000 və (c) 5000 rpm spin örtük sürətləri

Burada disthekristallitesize, XRD nümunələrin sintez ölçülü nümunələri üzərində qeydə alındı XRCu-Kəline ilə fırlanan anoddan istifadə edərəkən ($\lambda=1.54\text{\AA}$), θ hadisə şüası ilə əks olunan qəfəs müstəviləri arasındakı bucaq və β radiasiyanın yarı HM-də tam genişliyi. Gərginlik 35.0kV, cərəyan=25.0mA, tarama diapazonu=10.000–80.000, tarama sürəti=5000°/dəq və indiki vaxt=0.24s. Artan qəfəs sabitləri səbəbindən hissəciklərin ölçüsü fırlanma örtük sürətinin artması ilə artmışdır. Bundan əlavə, CdSe;0.5%Ho nanostrukturlarının (s) dislokasiya sıxlığı (δ) və gərginliyi aşağıdakı əlaqələrdən istifadə etməklə XRD vasitəsilə müəyyən edilmişdir :

$$a = \frac{\sqrt{1/3\lambda}}{\sin\theta} \quad (2)$$

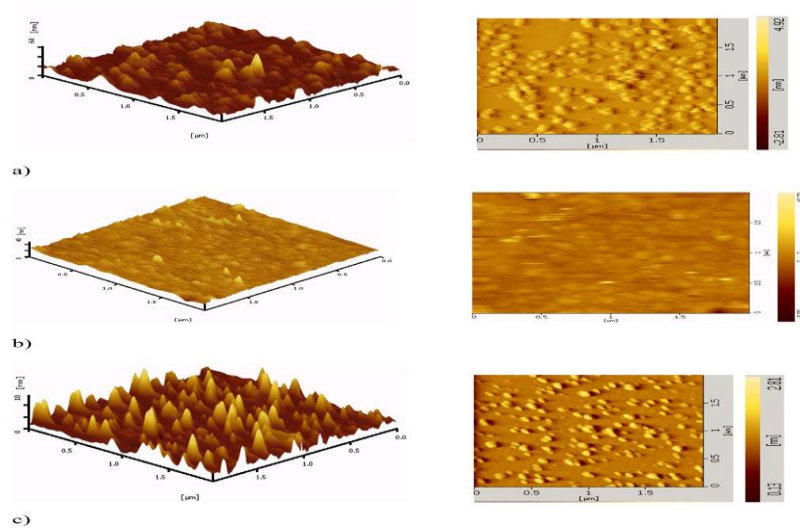
$$c = \frac{\lambda}{\sin\theta} \quad (3)$$

Vahid sahəyə düşən kristallitlərin sayı (N) aşağıdakı nisbətdən istifadə etməklə hesablanır :

$$N = \frac{t}{D^3}$$

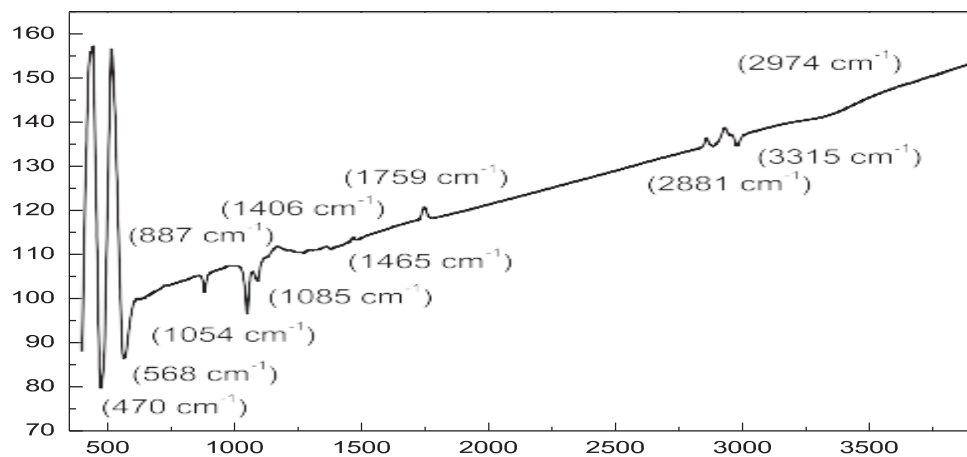
burada t AFM tərəfindən verilən nanostrukturlu CdS qalınlığıdır. Kristallitlərin sayı 1000, 3000 və 5000 rpm üçün müvafiq olaraq 21,9, 0,71 və 0,82 dənə/sahə olduğu aşkar edilmişdir. Kütləvi modul, müxtəlif sənaye sahələrində vacib olan materialın sərtliyini əks etdirir. Bir çox müəlliflər (Sherry,1991; Al-Douri, 2005) bərk cisimlərin termodinamik xassələrini araşdırmaq üçün müxtəlif səylər göstərmişlər. Bu tədqiqatlarda müəlliflər atomlararası ayrılma və bərk cisimlərin toplu modulu kimi termodinamik xassələri müxtəlif yaxınlaşmalara və ən uyğun əlaqələrə malik olaraq tədqiq etmişlər (Douri, 2001). Bərk cisimlərin mühüm sayda struktur və elektron xassələrini böyük dəqiqliklə hesablamaq mümkün olmuşdur. ab initio hesablamaları mürəkkəbdir və əhəmiyyətli səy tələb edir. Buna görə də materialların xassələrini hesablamaq üçün daha çox empirik yanaşmalar işlənib hazırlanmışdır . Bir çox hallarda empirikmetodlar geniş materiallar sinfinə tətbiqi üstünlükləri təklif edir və tendensiyaları göstərir. Bir çox tətbiqlərdə bu empirik yanaşmalar hər bir xüsusi material üçün yüksək dəqiq nəticələr vermir, lakin yenə də çox faydalıdır. Cohen (Cohen,1985) ən yaxın qonşuluq məsafəsinə əsaslanaraq, toplu modulun Bo hesablanması üçün anempirik düstur qurmuşdur. Onun nəticəsi eksperimental dəyərlərə uyğundur. Lam və digərləri (Lam, 1987) ümumi enerjiddən toplu modul üçün analitik ifadə çıxarmışlar. Bu ifadə empirik düsturdan struktur baxımından fərqlidir, lakin oxşar ədədi nəticələr verir. Həmçinin, onlar təzyiq törəməsi Boof-un toplu modulu üçün analitik ifadə əldə etmişlər. Qrupumuz (Al-Douri, 2004) toplu modulun hesablanması üçün empirik düstur yaratmaq üçün qəfəs sabitinə əsaslanan konsepsiyadan istifadə etdi. Hesablanmış nəticələr eksperimental məlumatlar və digər hesablamalarla uyğundur. Bu düsturdan praktiki istifadə etmək üçün hipotetik strukturun nəzərə alınması və eksperimental şəraitin simulyasiyası tələb olunur. Məqsəd toplu modul kimi keyfiyyət anlayışının qəfəs sabiti ilə necə əlaqəli ola biləcəyini görməkdir. Phillipsin homopolargap Eh (Phillip,1973) tərəfindən səciyyələndirilən dominant təsirin kovalentlik dərəcəsinə təsir etdiyi və bu məlumatları təqdim etmək üçün səbəb olduğu iddia edildi. Beləliklə, məlumatların bu sahədə gələcək iş üçün dəyərli olacağına inanırıq. Öyrənilməsinin vacib səbəbi şəbəkə sabitliyi fərqli CdSnanostrukturular arasında aydın fərqlərin müşahidə edilməsidir.

Tədqiqatda yaxşı inkişaf etmiş strukturlar tapmışlar, burada onlar davamlı artım altında formalaşan müxtəlif təbəqələrin üst-üstə düşməsi baxımından şərh edirəm. 2AQM, skan sahəsi 2000nm ($2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$) və 2Hz tarama sürətindən istifadə edərək tipik 2D və 3D ölçülü şəkilləri göstərir. CdSnanostrukturlarının qalınlığı Şəkində göstərilmişdir. 2və 1000, 3000 və 5000 dövr/dəq. üçün müvafiq olaraq 60, 40 və 10 nm olaraq ölçülür.



Şəkil 2. 400°C-də tavlanmış, şüşə altlıqlara yerləşdirilən CdSe;0.5%Ho nanostrukturlarının atom qüvvəsi mikroskopiyası (AQM) şəkilləri: (a) 1000, (b) 300 və (c) 5000 dövr/dəq. fırlanma sürəti örtükləri

Optik xüsusiyyətlər. Optik xüsusiyyətlər yarımkeçirici nanokristalların davranışını anlamaq üçün vacibdir. Yarımkeçiricilərin əsas xüsusiyyəti doldurulmuş valentlik zolağı ilə boş keçiricilik zolağı arasında enerji bandı boşluğunun ayrılmasıdır. Zolaq boşluğunda elektronların optik həyəcanlandırmalarına güclü şəkildə icazə verilir, enerji bandı boşluğuna uyğun gələn dalğa uzunluğunda udulmanın kəskin artmasına səbəb olur (Cəfərov, 2025). Şəkil 3 CdSe;0.5%Ho nanostrukturlarının 250-800 nm dalğa uzunluğu diapazonunda keçiricilik spektrlərini göstərir. 1000, 3000 və 5000 rpm-də hazırlanmış CdSe;0.5%Ho nanostrukturları üçün müvafiq olaraq 85,40%, 87,49% və 85,70% ötürücüdür. Bununla belə, 3000 rpm-də hazırlanmış CdSe;0.5%Ho nanostrukturunu 450 nm-dən uzun dalğa uzunluqları üçün 87%-dən çox ötürücü görünür. CdSe;0.5%Ho nanostrukturlarının optik zolaq boşluğu (Məsələn) Cədvəl 1-də verildiyi kimi Tauc modelini (Al-Douri, 2001) tətbiq etməklə müəyyən edilir ki, bu da $(\alpha h\nu)^{1/2} = A(h\nu - E_g)$ əlaqəsindən E_g -ni birbaşa qiymətləndirməyə imkan verir. Burada A sabitdir, α udulma əmsalı $L \times 3/0$. $1/T$, h foton enerjisidir və n birbaşa icazə verilən keçidlər üçün $1/2$ -ə bərabərdir. Şəkil 3 $(\alpha h\nu)^2$ və $h\nu$ arasındakı əlaqəni göstərir. Qırılma əmsalı n_0 mikroskopik atom qarşılıqlı təsirləri ilə əlaqəli vacib fiziki parametrdir. Nəzəri olaraq, bu mövzuya baxmaqda iki fərqli yanaşma sıxlıqla əlaqəli qırılma əmsalı və bu varlıqların yerli qütbləşmə qabiliyyətidir (Rouz, 1996). Digər tərəfdən, delokalizasiya edilmiş şəkil ilə təmsil olunan kristal quruluş, materialın enerji zolağının strukturu ilə sıx əlaqəli olmayacaq, mürəkkəb kvant mexaniki analizidir.



Şəkil 3. Tiokarbamidin həlledicidə 0,05 mol/L konsentrasiyası zamanı CdSe;0.5%Ho nanostrukturlarının Furje transformasiyasının infraqırmızı (FTIR) spektri

Cədvəl 1.

Transmis siya (%)	Qalınlıq (nm)	Spincoatin	Eg ^a (eV)	Sürəti(rpm) Ega(eV)no)	Optikdielektriksa bit
80–85	60	1000	2.00	5.2880 ^e	27.9629 ^e
			2.359 ^b	2.7097 ^f	7.3424 ^f
			2.43 ^c	5.8891 ^g	34.6814 ^g
			2.50 ^d	2.529 ^h	
82–85	40	3000	2.20	5.4120 ^e	29.2897 ^e
			2.359 ^b	2.6263 ^f	6.8974 ^f
			2.43 ^c	5.5886 ^g	31.2324 ^g
			2.50 ^d	2.529 ^h	
84–87	10	5000	2.15	5.3810 ^e	28.9551 ^e
			2.359 ^b	2.6466 ^f	7.0044 ^f
			2.43 ^c	5.7110 ^g	32.6155 ^g
			2.50 ^d	2.529 ^h	

NƏTİCƏ

CdSe;0.5%Ho nanostrukturlarını sintez etmək üçün spin örtük texnikası uğurla işlənib hazırlanmışdır. XRD nümunələri altıbucaqlı quruluşa malik CdSe;0.5%Ho nanostrukturlarının difraksiya xətlərini göstərdi. Spin örtük sürəti artdıqca hissəcik ölçüsü artır. Spin örtük sürəti artdıqca qalınlıq azalır. UV-Vis spektroskopiyası 3000 rpm-də daha yüksək ötürülmə göstərir. CdSe;0.5%Ho nano strukturlarının bant boşluğu müxtəlif fırlanma örtük sürətləri üçün 2.00, 2.20 və 2.15 eV arasında dəyişir. Kırılma indeksi Herve və Vandamme modelinin optoelektronik cihazlar üçün uyğun olduğu sübut edilmişdir. Bundan əlavə, xarakteristikalar, təhlillər və optik tədqiqatlar fotovoltaiik və optoelektronik tətbiqlər üçün CdSe;0.5%Ho nanostrukturlarını tövsiyə etdi.

ƏDƏBİYYATLAR

- A. Kylner, A. Rockett, L. Stolt .(1996). nazik təbəqə günəş hüceyrələri üçün məhlulda yetişdirilmiş CdS filmlərində oksigen, Bərk Hal Fenomu. 51–52 , 533–540.
- A.İ. Oliva, P. Quintana, D.H. Aguilar, W. Cauich, M. Ortega, Y. Matsumotoa .(2008). CdS incə filmlərinin altıbucaqlı fazası salınan kimyəvi vanna, J. Electrochem. Soc. 155 , D158–D162.
- A.S.Z. Lahewil, Y. Al-Douri, U. Hashim, N.M. Əhməd .(2012). Struktur və optik tədqiqatlar kadmium sulfid nanostrukturlarının optoelektronik tətbiqlər üçün, Sol. Enerji 86 ,3234–3240.
- C.H. Huang, Sheng S. Li, W.N. Shafarman, C.-H. Çanq, E.S. Lambers, L. Rieth, J.W. Conson, S. Kim, B.J.Stenberi, T.J. Anderson, P.H. Holloway .(2001). CIGS günəş elementlərində Inx (OH,S)y istifadə edərək Cd-siz tampon təbəqələrinin öyrənilməsi, Sol. Enerji Mater. Sol. Hüceyrələr 69 , 131–137.
- D.H.Rouz, D.H.Levi, R.J. Matson, D.S.Albin, R.G. Dhere, P. Sheldon .(1996). The Role of Oxygen in CdS/CdTe Solar Cells in Deposited by Close-Spaced Sublimation, s. 777–780.
- Dumbrava, C. Badea, G. Prodan, V. Ciupina .(2010). Sintezi və otaq temperaturunda əldə kadmium sulfid xarakteristika, Chalcogenide Lett. 7 , 111–118.
- H. Metin, S. Erat, S. Durmus, M. Ari .(2010). Kimyəvi vanna çöküntüsü ilə yetişdirilən CdS/SnO2 filmlərinə tavlama təsiri, Tətbiq. Sörf. Sci. 256 , 5076–5081.
- J.C. Phillips .(1973). Bonds and Bands in Semiconductors, Academic Press, San Diego,

- J.J. Tan, Y. Li, G.F. Ji .(2011). Yüksək təzyiqli faza keçidləri və kadmium sulfidinin termodinamik davranışları, *Acta Phys. Pol. A* 120 , 501–506.
- J.L.Tallon .(1980). Elastik deformasiyanın termodinamığı-I: bərk cisimlər üçün vəziyyət tənliyi, *J. Phys. Kimya. Bərk maddələr* 41 837–850.
- M.L. Cohen .(1985). Materialların Modelləşdirilməsi Kitabı, *Fizik. Rev. B* 32 , 7988–7991.
- Məmməd Hüseynəliyev, Məhbub Kazımov .(2025). Yarımkəçirici Nanomateriallar və onların əsasında funksional kompozitlərin fiziki xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi, orijinal tədqiqat məqaləsi / Originalus mokslinis straipsnis Cild 1 № 3 : *PortaUniversoru* Qəbul edilib: 05.05.2025 Dərc edilib: 05.06.2025 <https://doi.org/10.69760/portuni.01030>
- P.K. Lam, M.L. Cohen, G. Martinez .(1987). Kütləvi modullar və qəfəs sabitləri arasında analitik əlaqə, *Phys. Rev. B* 35 , 9190–9194.
- R.A. Joshi, V.S. Taur, A.V. Ghule, R. Sharma .(2011). Otaq temperaturunda kimyəvi ion mübadiləsi üsulu ilə yetişdirilən CdS/CuInSXSe₂-X-in nanostrukturlu heteroqovuşma günəş elementində stoixiometriya ilə idarə olunan çevrilmə səmərəliliyi, *Sol. Enerji* 85 ,1316–1321.
- S.A.Cəfərov .(2025). Kadmium kukurdün (CdS) nanohissəciklərin sintezi və fiziki xassələrinin tədqiqi .*BİK* .11 iyun
- S.A.Cəfərov .(2025). Qrafen əsaslı nanostrukturların fiziki xüsusiyyətlərinin tədqiqi, Çoxfunksiyalı elmi tədqiqatların qlobal təcrübəsi mövzusunda beynəlxalq konfrans.23-28 may *Kipr.səh* 667-675
- S.A.Jafarov, A.F.Abbasov .(2025). Kadmium kükürdin fiziki xüsusiyyətləri *Luminis Tətbiqi Elm və Mühəndislik* ISSN: 3030-1831,Cild 2, № 2, səh. 64-71.
- S.Cəfərov .(2025). Nanohissəciklər fizikası.,*Dərs vəsaiti*.
- S.Cəfərov, S.Kərimova .*Monoqrafiya* .(2026). Nanomateriallar və Nanotexnologiyalar Energetikada
- S.J. İxmayis, R.N. Əhməd-Bitar. (2010). SnO₂:F/CdS-nin xarakteristikası:Sprey piroliz texnikası ilə hazırlanmış strukturlarda, *Sol. Enerji Mater. Sol. Hüceyrələr* 94 878–883.
- W.A.Harison .(1989). *Electronic Structure and the Properties of Solids*, General Publishing Company, Toronto, .
- Y. Al-Douri, H. Abid, H. Aourag .(2001). Yarımkəçiricilərdə toplu modul və yük sıxlığı arasında korrelyasiya, *Physica B* 305 , 186-190.
- Y. Al-Douri, H. Abid, H. Aourag .(2005). Yarımkəçiricilərdə toplu modul və keçid təzyiqi arasında korrelyasiya, *Mater. Lett.* 59 2032–2034.
- Y. Al-Douri, H. Abid, H. Aourag, (2004), Tetraedral yarımkəçiricilərdə toplu modulu qəfəs sabitinə aid edən empirik düstur, *Mater. Kimya. Fizika.* 87 , 14–17.
- Y. Al-Douri, H. Baaziz, Z. Charifi, R. Khenata, U. Hashim, M. Al-Jassim .(2012). CdX (X = S, Te) birləşmələrinin kvant nöqtə diametri effekti altında sonrakı optik xassələri: ab initio metodu, *Yeniləmə. Enerji* 45 , 232–236.
- Y. Əl-Douri, (2003) CdX birləşmələrində yük sıxlığı ilə görülən toplu modulun təzyiq təsiri, *Mater. Kimya. Fizika.* 78 , 625–629.

SUMMARY

ANALYTICAL STUDIES OF CdSe;0.5%Ho NANOSTRUCTURES DOPED WITH RARE EARTH ELEMENT HOLMIUM (Ho) FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS

Seyfaddin Jafarov¹, Elgun Tagiyev¹
Nakhchivan State University, Nakhchivan, Azerbaijan¹

Cadmium selenium (CdSe;0.5%Ho) nanostructures were prepared and deposited on CdSe;0.5%Ho (1.2-0.05mol/L) annealed glass substrates using pin coating technique at 400°C with different rotation speeds (1000, 3000 and 5000 rpm). Structural, morphological and analytical studies were investigated by X-ray diffraction (XRD), atomic force microscopy (AFM), Fourier transform

infrared (FTIR) and UV-Vis Spectroscopy. It was found that the particle size of CdSe;0.5%Ho nanostructures prepared at 1000, 3000 and 5000 rpm were 1.40, 1.78 and 2.31 nm, respectively. The band gap was measured by visible light transmission. It varies with the particle size of CdSe;0.5%Ho nanostructures. The calculated refractive index and experimental dielectric constant results are in good agreement with the experimental results. The obtained results are consistent with the experimental and theoretical data. A spin coating technique has been successfully developed to synthesize CdSe;0.5%Ho nanostructures. On the other hand, the crystal structure represented by the delocalized image is not closely related to the energy band structure of the material, which is a complex quantum mechanical analysis. The XRD patterns showed the diffraction lines of the CdSe;0.5%Ho nanostructures with a hexagonal structure. Since semiconductor nanoparticles exhibit size-dependent properties, the melting point of the 0.7 nm thick CdSe;0.5%Ho crystallites is $\sim 400^\circ\text{C}$ lower than that of the CdSe;0.5%Ho crystallite. The hexagonal phase of CdSe;0.5%Ho nanostructure is observed at 29.52° corresponding to the (0 0 2) plane, prepared at 3000 rpm, which appears at 25° peak corresponding to the (111) plane.

Keywords: CdSe;0.5%Ho nanostructure, optical properties, particle size, refractive index, dielectric constant

АННОТАЦИЯ

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОСТРУКТУР CdSe;0,5%Ho, ЛЕГИРОВАННЫ РЕДКОЗЕМНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ ГОЛЬМИЕМ (Ho) ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

Сейфаддин Джафаров¹, Эльгун Тагиев¹

Нахчыванский государственный университет, Нахчыван, Азербайджан¹

Наноструктуры селена кадмия (CdSe;0,5%Ho) были получены и осаждены на отожженные стеклянные подложки CdSe;0,5%Ho (1,2-0,05 моль/л) методом нанесения покрытия на подложку при температуре 400°C с различными скоростями вращения (1000, 3000 и 5000 об/мин). Структурные, морфологические и аналитические исследования проводились с помощью рентгеновской дифракции (XRD), атомно-силовой микроскопии (AFM), инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR) и УФ-видимой спектроскопии. Было установлено, что размер частиц наноструктур CdSe;0,5%Ho, полученных при 1000, 3000 и 5000 об/мин, составлял 1,40, 1,78 и 2,31 нм соответственно. Ширина запрещенной зоны измерялась по пропусканию видимого света. Она изменяется в зависимости от размера частиц наноструктур CdSe;0,5%Ho. Рассчитанные значения показателя преломления и экспериментальные значения диэлектрической постоянной хорошо согласуются с экспериментальными данными. Полученные результаты соответствуют экспериментальным и теоретическим данным. Для синтеза наноструктур CdSe;0,5%Ho успешно разработана технология центрифужного нанесения. С другой стороны, кристаллическая структура, представленная делокализованным изображением, не тесно связана с энергетической зонной структурой материала, что представляет собой сложный квантово-механический анализ. Рентгенограммы показали дифракционные линии наноструктур CdSe;0,5%Ho с гексагональной структурой. Поскольку полупроводниковые наночастицы обладают свойствами, зависящими от размера, температура плавления кристаллитов CdSe;0,5%Ho толщиной 0,7 нм примерно на 400°C ниже, чем у кристаллитов CdSe;0,5%Ho. Гексагональная фаза наноструктуры CdSe;0,5%Ho наблюдается при $29,52^\circ$, соответствующем плоскости (0 0 2), полученной при 3000 об/мин, и появляется на пике при 25° , соответствующем плоскости (111).

Ключевые слова: наноструктура CdSe;0,5%Ho, оптические свойства, размер частиц, показатель преломления, диэлектрическая постоянная