

Pacs nömrəsi: 61.05.cp; 68.37.Hk; 68.37.Og; 78.67.Bf

**SİLAR ÜSULU İLƏ ALINMIŞ $Cd_xZn_{1-x}S$ ƏSASINDA
NANOMATERIALLARIN FİZİKİ XASSƏLƏRİ**

M.B.MURADOV, Q.M.EYVAZOVA, L.R.QƏHRƏMANLI
Bakı Dövlət Universiteti
qahramanli.lala@mail.ru

$Cd_xZn_{1-x}S$ yarımkeçirici birləşmələrinin fiziki xassələrinə istifadə edilən texnoloji şərait, reaksiya parametrləri əsaslı şəkildə təsir göstərir. Təqdim edilən işdə SİLAR sintez üsulu ilə alınan bu birləşmələrin fiziki xassələri ilə reaksiya parametrləri arasında asılılıq araşdırılmışdır.

Açar sözlər: $Cd_xZn_{1-x}S$ nanomaterialları, qadağan olunmuş zona, fiziki xassələr.

GİRİŞ

Hal-hazırda, ikili və üçlü yarımkeçirici metal halkogenidləri müxtəlif üsullarla sintez olunurlar. Bu materiallar CdS , ZnS olmaqla yanaşı, $Cd_xZn_{1-x}S$ birləşməsində x -in müxtəlif qiymətlərində müxtəlif kombinasiyalar şəklində əldə olunurlar. Onlar fotonika, optoelektronika, fotovoltaiklərdə, günəş batareyalarında, katot şüa borusu üçün elektrolüminessans cihazlar, emissiya displeylərində, sintilator kimi istifadə üçün nisbətən əlverişli metal sulfidləri hesab olunur.

SİLAR sintez üsulundan istifadə etməklə belə materialların əldə edilməsi asan başa gəlir. Eyni zamanda, bu cür materialların fiziki xassələrini də geniş diapazonda variasiya etmək imkanı mövcuddur. Belə ki, $Cd_xZn_{1-x}S$ birləşmələrinin fiziki xassələrinə reaksiya parametrlərinin təsiri haqqında ədəbiyyat analizi aparılmışdır.

Təqdim olunan işdə CdS ikili birləşməsinin optik, elektrik xassələri, morfologiyası reaksiya parametrindən asılı olaraq dəyişir. Dövrələrin sayı artdıqca Cd/Zn nisbəti artmış (40 dövrədə-0.93; 70 dövrədə-0.96), daha sonra azalmış (100 dövrədə-0.92), təbəqələrin qalınlığı artmışdır (18 nm; 44 nm; 78 nm). Dövrələrin sayı 40-dan 100-ə doğru artdıqca, $E_g=2.35$ eV, 2.28 eV, 2.2 eV kimi dəyişir [1].

Təbəqələrin fotolüminissensiya xassələri otaq temperaturunda, udulma

spektri müxtəlif temperaturalarda tədqiq edilmişdir. Adi şəraitdə CdS-in E_g qiyməti 2.22 eV olmuşdur. Temperatur artdıqca, E_g -nin qiyməti azalmışdır ($T=10K-E_g=2.22$ eV; $T=100K-E_g=2.21$ eV; $T=200K-E_g=2.19$ eV; $T=300K-E_g=1.92$ eV). Sındırma əmsalı və E_g -nin qiyməti yarımkeçiricilər üçün onların tətbiq sahəsində fundamental rol oynayırlar. Bu iki parametrlər bir-biri ilə Moss bərabərliyi ilə əlaqələnilirlər. Temperatur artdıqca sındırma əmsalının qiyməti artmışdır (2.43-dən 2.74-ə qədər). Sındırma əmsalının qiyməti E_g ilə sıx bağlı olduğundan kiçik E_g -si olan materialların sındırma əmsalının qiyməti böyükdür [2].

Stabiləşdirici kimi trietanolamin (TEA) istifadə etdikdə CdS təbəqələrinin qalınlığı artmış və nahamarlıq effektiv şəkildə azalmışdır [3].

Kompleks agent kimi heksametilenetetramindən istifadə etdikdə alınan CdS nazik təbəqələrinin SEM təsvirlərindən görünür ki, təbəqə şüşə altlığda yaxşı kristallaşmış nizamlı şəkildə düzülmüş hissəciklər formasındadır. Rentgen nəticələrinə əsasən 2-3 nm-li hissəciklər aqlomerasiya etmişlər [4]. Burada, konsentrasiyanın artması ilə E_g azalmış (2.32-2.24 eV), udma foton enerjisi azalmış, udulma əmsalı artmışdır. Absorbsiya əmsalındakı bu artım CdS hissəciyinin ölçüsünün artması ilə əlaqədardır. Dislokasiya sıxlığı konsentrasiya artdıqca azalmışdır (1.6780 $\times 10^{10}$; 1.7140 $\times 10^{10}$; 1.6879 $\times 10^{10}$). Kristallıq xassələri və kristallitlərin ölçüləri konsentrasiya artdıqca artmışdır. AFM-ə əsasən formalaşan təbəqənin nahamarlığı, təbəqələrin hündürlüyü və qəfəs ölçüləri konsentrasiya artdıqda artmışdır [4].

SEM-dən Si altlığda formalaşan CdS təbəqələrinin yaxşı kristallaşmış hissəciklərdən ibarət olduğu, bircins, bərabər paylandığı görünmüşdür. Element analizindən Cd və S elementlərinin atom faiz nisbəti 20.82:9.81, ZnS üçün Zn və S elementlərinin nisbəti isə 23.44:11.4 kimi təyin edilmişdir. SEM təsvirlərindən ZnS-in nano diapazonda formalaşdığı müəyyən edilmişdir [5].

Element analizinə görə Cd:S nisbəti 59:41 kimi təyin edilmişdir. SEM təsvirlərindən hissəciklərin orta ölçüsünün 20 nm olduğu təyin edilmişdir. E_g -nin qiymətində mavi sürüşmə müşahidə edilmişdir. Sürüşmə dövrlərin sayına görə azalmışdır. 2, 4, 6, 8 dövrlərdə əldə edilmiş nümunələrin E_g -nin qiyməti uyğun olaraq 2.97 eV; 2.49 eV; 2.42 eV; 2.33 eV kimi azalmışdır [6].

Dövrlərin sayı 10, 15, 20 artdıqca E_g -nin qiyməti uyğun olaraq 2.49 eV; 2.46 eV; 2.44 eV azalmışdır. Dövrlərin sayı artdıqda formalaşan nümunədə hissəciklərin ölçüsünün böyüməsilə bağlıdır [7]. Dövrlərin sayını sabit saxlamaqla CdS nazik təbəqəsində S/Cd-nin ~1:1, 3:1, 5:1, 7:1 nisbətində, uyğun olaraq, hissəciklərin ölçüsü 2.5 nm; 3.0 nm; 4.1 nm; 4.3 nm kimi artmışdır. Eyni zamanda nisbəti sabit saxlamaqla dövrlərin sayının 15, 30, 45 qiymətində hissəciklərin ölçüsü 2.3 nm; 2.5 nm; 2.7 nm olmuşdur. S/Cd nisbəti artdıqca E_g -nin qiyməti 2.53 eV; 2.50 eV; 2.40 eV azalmışdır [8].

Tablama zamanı ölçülər artdıqda E_g 2.45 eV-dan 2.42 eV-a qədər azalmışdır. Qəfəs ölçüləri böyümüş, E_g -nin qiyməti azalmışdır. Tablanmış nümunələrdə (71%) fətohəssaslıq ilkin nümunələrdən (58%) daha yüksəkdir. Nümunələrin aktivləşmə enerjisi ilkin nümunədə 0.5053 eV, tablanmış nümunələrdə 0.3594 eV olmuşdur. Yəni temperatur artdıqda aktivləşmə enerjisi azalmışdır [9].

SEM-ə əsasən hissəciklər kiçik və böyük sferik formada əmələ gəlmiş və bircins, hamar şəkildə paylanmışlar. Hall ölçmələrindən Zn ionlarının konsentrasiyası 6% artdıqda, nümunələrin müqaviməti azalmış, sonra nisbətən artmışdır. Zn ionunun konsentrasiyası 6%-ə qədər olduqda müqavimət gücünün azalması, Cd^{2+} ionlarının Zn^{2+} ionları ilə əvəzlənməsi səbəbindən təbəqələrin yükdaşıyıcılarının konsentrasiyasının artması mümkün olmuşdur [10].

TiO_2 təbəqəsinin üzərində hazırlanan CdS kvant nöqtələrinin rekombinasiyasının qarşısını almaq üçün 3 dəq müddətində kation və anion mənbələrində saxlanaraq ZnS passiv qatı yaradılmışdır. Təmiz TiO_2 təbəqəsinin və CdS hissəcikləri adsorbsiya edilmiş TiO_2 təbəqəsinin SEM təsvirlərinin müqayisəsindən görünür ki, adsorbsiya müddətinin artması ilə CdS hissəcikləri məsamələrdə adsorbsiya olaraq böyük ölçülü hissəciklər əmələ gətirir. SEM-ə əsasən 40 dəq müddətində sintez olunan CdS hissəcikləri daha çox aqlomerasiya etmişdir. Sorbsiya müddəti 5 dəq olduqda hissəciyin orta radiusu 2 nm hesablanmışdır. Sorbsiya müddəti artdıqca hissəciklərin ölçüsü tədricən artmışdır ($t=5$ dəq 2.00 nm; $t=10$ dəq 2.86 nm; $t=20$ dəq 2.95 nm; $t=30$ dəq 3.05 nm; $t=40$ dəq 3.21 nm). Sorbsiya müddəti 40 dəq olduqda hissəciyin ölçüsü ~ 3.21 nm olmuşdur. Müddət artdıqca hissəciklərin ölçüsü böyümüş, E_g kiçilmişdir. Udulma spektrində həcmi kristallarla müqayisədə mavi sürüşmə (512.7 nm) baş vermişdir. Formalaşan hissəciklərin ölçülərinin həcmi kristalların ölçülərindən kiçikdir. Sorbsiya müddətinin 5-40 dəq intervalında dəyişməsi nəticəsində qısa qapanma cari sıxlığı artır, açıq dövrə gərginliyi isə bir qədər artır [11].

SEM-ə əsasən CdS təbəqəsində hissəciklər 5-15 nm ölçülü polikristallik struktura malikdir. TEM və SEM-ə əsasən CdS nanohissəciklərinin aqlomerasiya etdiyi və ölçülərin 5-15 nm olduğu təyin edilmişdir. Udulma spektrindən mavi sürüşmə müşahidə olunmuşdur və $E_g=2.56$ eV hesablanmışdır. E_g -nin qiymətinin artımı kvant ölçülü effektlərlə izah olunmuşdur.

CdS nazik təbəqəsinin udulma spektrlərinə əsasən hissəciklərin ölçüləri artdıqca E_g azalmışdır. Spektrdə mavi sürüşmənin baş verməsi ikinci dövrdə kiçik nanohissəciklərin əmələ gəlməsilə bağlıdır. Kiçik dövrlərdə və hissəciyin ölçülərinin kiçik qiymətlərində CdS-in E_g həcmi kristalların E_g -dən kiçikdir. Bu nanohissəciklərdə olan kvant ölçülü effektlərlə izah olunur. SEM-ə əsasən dövrlərin sayı artdıqda kiçik ölçülü nanohissəciklər aqlome-

rasiya edərək daha böyük ölçülü hissəciklər əmələ gətirirlər [8].

SEM-ə əsasən hissəciklərin biricins şəkildə nukleasiyası baş vermişdir. Orta buraxma spektrinin intensivliyi 10 dövrdə 90%-dən böyük, 60 dövrdə isə 77%-ə qədər azalır. Dövrələrin sayı artdıqda E_g 2.49 eV-dan 2.44 eV-a qədər azalmışdır [7].

$TiO_2/CdS/ZnS$ quruluşları güc çevirmə səmərəliliyinə görə istifadə edilir. CdS kvant nöqtələri müxtəlif həlledicilərdə sintez edilmişdir. Bu zaman güc çevirmə səmərəliliyinə görə 2.8%-dan 3.7%-a qədər artırılmışdır. Həlledici etanol, yuyucu reagent metanoldan istifadə edilmişdir. Buna iki müxtəlif həlledicidən istifadə etməklə nail olunmuşdur. Bunun əvəzinə həlledici kimi etanol və ya metanoldan istifadə edilmişdir. Həlledici və yuyucu agentlər olaraq eyni məhluldan istifadə etməklə yüksək həssaslığı olan məsaməli TiO_2 əldə etmək mümkündür. E_g TiO_2 üçün 3.28 eV, məhlul olaraq etanol və sudan istifadə etdikdə $E_g=2.4$ eV, etanol və etanol istifadə etdikdə $E_g=2.31$ eV, metanol və metanol istifadə etdikdə $E_g=2.28$ eV, etanol və metanol istifadə etdikdə $E_g=2.24$ eV qiymətini almışdır. Məhlul olaraq etanol-metanol istifadə etdikdə güc çevirmə səmərəliliyi 3.23% artmışdır, etanol-etanol istifadə etdikdə güc çevirmə səmərəliliyindən 14% çoxdur. Bu metoddan istifadə edərək güc çevirmə səmərəliliyi 3.7% artmışdır. İstifadə edilən həlledicilərdən asılı olaraq alınan nümunələrin fiziki xassələri dəyişmişdir [12].

Kation mənbəyi kadmium asetat istifadə etdikdə günəş batareyalarında enerji çevirmə effektivliyi 2.15%, kadmium nitrat istifadə etdikdə onun effektivliyi 1.44% olmuşdur. Kadmium asetatla alınan nümunənin effektivliyi kadmium nitratla alınan nümunənin effektivliyindən 40% çox olmuşdur. Fərqli mənbələrin istifadəsində pH dərəcəsinin müxtəlifliyi udulma dərəcəsi və batareya göstəricilərində fərqləri ortaya çıxarmışdır. Aydın olmuşdur ki, eyni miqdarda kadmium asetat və kadmium nitratdan istifadə etdikdə ən çox udulma kadmium asetat mənbəyindən istifadə etdikdə müşahidə olunur. 24-cü dövrdə CdS nanohissəcikləri TiO_2 daxilində kiçik məsamələrdə formalaşmış və $E_g=2.03$ eV olmuşdur. Spektrlərə əsasən dövrlərin sayının artması udulmanı böyük dalğa uzunluğuna doğru sürüşdürür. Dövrələrin sayı 6 olduqda mavi sürüşmə baş vermişdir. Bu kvant ölçülü effektlərlə izah olunur. pH qiymətinin dəyişməsi ilə udulma dərəcəsi dəyişir, beləliklə fotoanoda çökdürülən kvant nöqtələrinin miqdarına təsir edir. Bu pH dəyərinin və CdS nanohissəciklərinin udulma dərəcəsinin böyük olması ilə əlaqədardır. Cd ionunun miqdarının artdıqda udulma spektrində qırmızı sürüşmə müşahidə olunmuşdur [13].

Temperaturun artması ilə E_g və elektrik müqaviməti azalmışdır ($0.419 \Omega^x \text{sm}^5$; $0.24 \Omega^x \text{sm}^5$; $0.192 \Omega^x \text{sm}^5$; $0.186 \Omega^x \text{sm}^5$; $0.125 \Omega^x \text{sm}^5$). SEM təsvirləri səthin homogen və bərabər paylanması göstərir [14].

S/Cd nisbətinin qiyməti artdıqda (1:1; 7:1) element analizində nisbətin qiyməti 0.8308-dən 1.04-ə qədər artmışdır. S/Cd nisbəti artdıqda E_g artmışdır [15]. Nisbət artdıqca E_g 2.35 eV; 2.39 eV; 2.40 eV; 2.46 eV kimi artmışdır. Element analizinə əsasən nisbətin artdıqda stexiometrik tərkibdə element nisbəti 0.8308; 0.9264; 1.03; 1.04 olaraq artmışdır [15].

CdS nazik təbəqələrində sorbsiya müddəti dəyişdikdə hissəciklərin ölçüləri 14.1 nm-dən 5.6 nm-ə qədər dəyişmişdir. Buraxma spektrinə əsasən sorbsiya müddəti artdıqca buraxma dəyəri azalmışdır. Anion mənbəyinin sorbsiya vaxtının artması ilə təbəqənin kristallıq dərəcəsi azalmış, amorf faza əmələ gəlmişdir. Sorbsiya müddəti artdıqca Cd/S nisbəti azalmışdır. SEM təsvirlərinə əsasən sorbsiya müddəti artdıqda (5 san; 10 san) nanonaqillərin uzunluğu uyğun olaraq 25 nm, 38 nm və 15 san-də kubik və heksoqonal faza formalaşan hissəciklərin 150 nm ölçülü nanonaqillərdən ibarət olduğu aşkar olunmuşdur. CdS nazik təbəqələri anion mənbəyində müxtəlif sorbsiya müddətlərində (5 san, 10 san, 15 san) sintez edildikdə E_g əvvəlcə artır (2.1 eV-dan 2.62 eV-ə qədər) daha sonra azalır (2.62 eV-dan 2.20 eV-ə qədər). Deməli, E_g -yə həm təbəqənin qalınlığı, həm də sulfid ionlarının miqdarı təsir göstərir. Bu dəyişiklik kükürd komponentindən yaranan yeni əlaqələrin nisbətinin artması ilə izah edilmişdir [16].

Adi şəraitdə sintez edilmiş nümunələrdə S/Cd nisbəti artdıqda E_g qiyməti artmışdır. Tablamada nisbətin artması ilə E_g qiyməti artmışdır. SEM təsvirlərindən hissəciklər sferik yetişmiş və məhlulda S:Cd nisbəti artdıqda hissəciklərin diametri azalmışdır (120 nm-dən 50 nm-ə qədər). Tablanmış nümunələrdə nisbət artdıqca hissəciklərin ölçüləri artmışdır. Hissəciklərin forma və ölçüləri müxtəlif olmaqla 80 nm-dən 350 nm-ə qədər dəyişmişdir. Element analizindən S:Cd nisbəti 0.8325 kimi hesablanmışdır. Lakin nisbət artdıqda elementlərin atom faiz nisbəti 1.0508-ə qədər artmışdır. Tablanmış nümunələrdə bu nisbət artmışdır.

TiO₂ altlıqda CdS nazik təbəqəsinin sintezində dövrlərin sayı 12 olduqda müşahidə olunan optik diapazon, 9 və 15-ci dövrlərdəki optik diapazondan daha geniş olmuşdur. TiO₂/CdS-in 9 dövrdə udulma zolağı 470 nm-dir. 12 dövrdə udma zolağı 470 nm-dən 545 nm-ə qədər genişlənmiş və 15 dövrdə 520 nm-ə enmişdir. Dövrlərin sayı artdıqca qırmızı sürüşmə baş vermişdir. TEM təsvirlərinə əsasən CdS nanohissəciklərinin ölçüləri 10 nm olmuşdur. Dövrlərin sayı artdıqca təbəqənin qalınlığı xətti artmışdır.

Tablanmış materialların fotohəssaslığı daha yaxşı göstəricilərə malikdirlər. Səth dağılmaları və kələ-kötürlüyü səbəbindən temperatur artdıqca buraxma spektində dəyişmə müşahidə edilmişdir. 373K, 573K, 673K-də tablanmış nümunələrin E_g qiyməti uyğun olaraq 2.2 eV, 2.1 eV, 1.9 eV kimi hesablanmışdır. Alınan CdS təbəqəsində Cd:S atom faiz nisbəti 52:48 olaraq hesablanmışdır. Ölçmələr göstərmişdir ki, temperatur artdıqca mü-

qavimət və aktivləşmə enerjisi azalmış, keçiricilik artmışdır. Alınmış CdS nazik təbəqələri n-tip keçiriciliyə malikdirlər [17].

CdS nanohissəcikləri TiO_2 -nin səthinə çökdürüldükdə E_g -nin qiyməti 3.0 eV-dan 2.4 eV-a qədər azalmışdır. Tiolla örtülmüş səthdə ion-səth qarşılıqlı təsiri yaxşı nəticələnmişdir. Dövrələrin sayı artdıqca CdS nazik təbəqəsində $E_g=2.37$ eV olmuş, udulma artmışdır [18].

Element analizindən CdS/ TiO_2 birləşməsinin Cd:S nisbəti 1:1 olmuşdur. SEM-ə əsasən təbəqənin səthi homogen, hissəciklərin ölçüləri 7 dövrdə 3.6 nm, 9 dövrdə 4.7 nm olmuşdur. CdS birləşməsində dövrələrin sayı artdıqca E_g azalmış, hissəciklərin ölçüləri artmışdır. 1 dövrdən 11 dövrə qalxdıqda E_g -nin qiyməti 2.65 eV-dan 2.37 eV-a qədər azalmışdır. 9 dövrdəki nümunələrdə kvant ölçülü effektlər müşahidə olunmuşdur [19].

ZnS nazik təbəqəsinin fiziki xassələrinin reaksiya parametrlərindən asılı olaraq variasiyası da tədqiqatçıların diqqətini cəlb etmişdir.

Burada, sındırma əmsalı ilə E_g arasındakı əlaqə tədqiq edilmişdir. Təbəqənin qalınlığı artdıqca E_g -nin qiyməti 3.87 eV-3.58 eV intervalında dəyişmişdir. E_g azalanda sındırma əmsalı artmışdır [20].

ZnS nümunəsi kation və anion mənbəyinin konsentrasiyasının 0.1M, pH~10, sorbsiya müddəti 40 san, yuyulma müddəti 60 san, dövrələrin sayı 50 və temperaturun 300K olduqda alınmışdır. Nümunədə $E_g=3.93$ eV, səthinin morfolojiyasının isə hamar olduğu müəyyən edilmişdir. SEM təsvirlərindən hissəciklər kiçik, bəzi yerlərdə aqlomerasiya müşahidə edilmişdir. S/Zn elementlərinin atom faiz nisbəti 1.06-a bərabər olmuşdur. Dövrələrin sayı artdıqca E_g azalmışdır, təbəqənin qalınlığı artmış, kristallıq dərəcəsi azalmışdır. $E_g=3.83$ eV olan nümunənin tablanması 400°C-də aparılmışdır. Tablanmadan sonra nümunənin strukturu və E_g qiyməti dəyişmişdir. Səbəb temperatur artdıqca kristallitlərin ölçülərinin və qəfəs daxili məsafənin dəyişməsidir. E_g -nin dəyişməsi təbəqədə defekt strukturlardan, tərkibdən, qəfəsdaxili və kristallit xassələrdən asılıdır. Böyük E_g qiymətinə malik nümunələr günəş batareyalarında istifadə oluna bilər [21].

SEM təsvirlərində 80 dövrdə sintez edilmiş ZnS nazik təbəqələri hamar səthə malikdir. Element analizindən nisbətin 1:1-ə yaxın, E_g -nin isə 3.55 eV-a bərabər olduğu müəyyən edilmişdir. Ədəbiyyatla müqayisədə heksoqonal stukturlu ZnS üçün $E_g=3.5-3.7$, kubik quruluşlu ZnS üçün $E_g=3.7-3.9$ eV-dur. Deməli, formalaşan ZnS nazik təbəqəsi kubik quruluşa malikdir.

Dövrələrin sayı dəyişdikdə E_g kiçik diapazonda dəyişmişdir (3.8-4.0 eV). Dövrələrin sayı artdıqca udulma artmış, E_g azalmış, güc çevirmə effektivliyi dəyişmişdir. Bu günəş batareyalarının effektivliyinə təsir göstərir. Nəticələr göstərdi ki, dövrələrin sayının dəyişdirilməsi fotovoltaiik batareyaların xassələrini yaxşılaşdırmışdır. Belə ki, say 6 olduqda yüksək effektivlik

müşahidə edilmişdir (3.25%). Fərz edilir ki, dövrlərin sayı artdıqca qalınlıq artmış, bununla elektron-deşik rekombinasiyası azalmış və maksimal dəyər göstərilmişdir. Dövrlərin sayının sonrakı artımında qiymət azalmışdır. SEM-ə əsasən dövrlərin sayının artması ilə hissəciklərin ölçüsü və təbəqənin qalınlığı artmışdır. Dövrlərin sayı günəş batareyalarının iş səmərəliliyinə təsir edir.

Adi şəraitdə və 100°C; 150°C; 200°C; 250°C-də tablamış ZnS birləşməsində E_g uyğun olaraq 3.66 eV, 3.57 eV, 3.50 eV, 3.48 eV kimi azalmışdır. Otaq temperaturunda alınmış təbəqədə $E_g=3.74$ eV olmuşdur. Deməli, tablamadan sonra E_g azalır. Sındırma əmsalı otaq temperaturunda 2.16, tablama temperaturu 100°C, 150°C, 200°C, 250°C olduqda, uyğun olaraq 2.17; 2.15; 2.14; 2.12 olaraq hesablanmışdır. Tablanmış təbəqələrin elektrik xassələri otaq temperaturunda alınmış nümunələrin elektrik xassələrindən daha davamlıdır. Temperaturun artması ilə cərəyan azalmışdır. Məlumdur ki, müqavimət və cərəyan temperaturdan asılı olan funksiya şəklindədir. Temperatur artdıqca cərəyan azalmış və təbəqənin müqaviməti artmışdır.

Udulma spektrinin nəticələrindən E_g -nin qiyməti 3.92 eV olaraq hesablanmışdır. Elektrik xassələrinə əsasən işığın intensivliyi artdıqca cərəyan artmışdır. Tablanmış ZnS təbəqəsində cərəyanın qiyməti alınmış ZnS-in cərəyan qiymətindən kiçikdir. Tablama 400°C-də aparılmış və optimal tablama müddəti 3 dəqiqə olmuşdur. Təbəqələrin strukturu 400°C-dən sonra dağılmışdır. Temperatur artdıqca nümunələrin kristallıq dərəcəsi artmışdır. Tablama temperaturu artdıqda E_g azalmışdır. Bu yarımkeçiricilərin xarakterik xüsusiyyətlərindəndir ($T=200^\circ\text{C}$ -də $E_g=3.84$; $T=300^\circ\text{C}$ -də $E_g=3.67$; $T=400^\circ\text{C}$ -də $E_g=3.47$). SEM-ə əsasən ZnS təbəqəsində paylanma biricinsliyi zəifdir və kristalların ölçüləri böyükdür. Cərəyanın qiyməti 10^{-10} A olaraq təyin edilmişdir. Tablanmış ZnS təbəqəsində cərəyan daha azdır. Temperatur artdıqca həssaslıq azalmış, işığın intensivliyi artdıqca həssaslıq artmışdır [22].

Müxtəlif dövrlərdə (50, 100, 150) şüşə altlıqda formalaşdırılmış ZnS nazik təbəqəsində $E_g=3.5$ eV-a yaxın qiymətlər almışdır [23]. Dövrlərin sayı 20, 40, 60, 80 artdıqca şüşə altlıqda alınmış ZnS nazik təbəqəsində E_g -nin qiyməti 3.42 eV; 3.41 eV; 3.40 eV; 3.38 eV-a qədər azalmışdır. E_g -nin azalması dövrlərin sayı artdıqca, kristallit ölçülərinin artması nəticəsindədir [24].

Kation mənbəyinin konsentrasiyasını sabit saxlamaqla, sulfur ionunun 5 müxtəlif konsentrasiyasında ZnS təbəqəsini sintez etdikdə, S/Zn nisbəti artmış, E_g -nin qiyməti 3.0 eV-dan 3.75 eV-a qədər dəyişmiş, fotolümminisensiya spektrlərində emissiya intensivliyi azalmışdır. Bu nümunədəki defekt strukturların iştirakının azalması ilə izah olunur [25].

Təbəqənin qalınlığı 35 nm, 136 nm olduqda, sındırma əmsalının qiy-

məti uyğun olaraq, 1.63, 2.17 olmuşdur. Kristallıq dərəcəsi artdıqda sındırma əmsalının qiyməti də artmışdır [26].

Polikorbanat altlıqda formalaşan ZnS nazik təbəqəsində Zn və S-in atom faizi uyğun olaraq 42% və 36% olmuşdur. Polivinilxlorid altlıqda bu faiz 40% və 43%-dir. Bu iki elementin bir-birinə nisbəti 1:0.9-dur. SEM-ə əsasən səth hamar və hissəciklər ardıcıl yerləşmişdir. Hər iki altlıqda təbəqənin qalınlığı 50-70 nm intervalındadır [27].

Yetişmə prosesinin sürəti 0.16 nm/dövr olmuşdur. İlk reagentlərin miqdarını eyni qədər artırmaqla prosesin sürətinin 0.22 nm/dövr və 0.30 nm/dövr olduğu təyin edilmişdir. Dövrələrin sayı 500 olduqda qalınlıq dəyişmir. Rentgenə əsasən polisterdə formalaşdırılmış ZnS təbəqəsi amorf quruluşa malikdir. Qalınlıq 250 nm olduqda, kristallıq müşahidə edilmişdir. Element analizindən faiz nisbəti 1.05-1.23-ə kimi dəyişir. SEM təsvirlərindən səthin hamar olduğu müəyyən edilmişdir. ZnS üçün $E_g=3.44$ eV olaraq hesablanmışdır.

Həllədici TEA olduqda yetişmə sürəti 0.13 nm/dövr, etilenediamin olduqda 0.27 nm/dövr olmuşdur. İndium qalay oksidi üzərində $ZnCl_2/TEA$ sisteminin yetişmə sürəti 0.13 nm/dövr, $ZnCl_2/EN$ sistemi üçün 0.19 nm/dövrdir. Sındırma əmsalı 1.95-dən 2.23-ə qədər, yığılma sıxlığı 72%-dən 90%-ə kimi dəyişmişdir. Ən yüksək sındırma əmsalı və yığılma sıxlığı indium qalay oksid üzərində sink xloridin trietanolamində həll edilmiş kompleksindən istifadə edildikdə müşahidə olunur. Zn və S elementlərinin bir-birinə olan nisbəti 0.89-dan 1.08-ə kimi dəyişir. Rentgenə əsasən təbəqələr polikristallıq və kubik quruluşa malikdir.

SİLAR optoelektronika cihazlarının tətbiqində və optoelektronika çevirmə effektivliyinə görə daha effektiv üsul hesab olunur. ZnS təbəqələrinin qalınlığı artdıqca ZnS təbəqələrinin gərilməsi azalmışdır. SEM təsvirlərindən hissəciklərin nanoölçüdə olduğu müəyyənləşdirilmişdir. Müxtəlif qalınlıqda Zn və S elementlərinin atom faiz nisbəti (330 nm-də 0.99, 440 nm-də 0.98, 550 nm-də 0.97) tədqiq edilmişdir. Qalınlıq artdıqda E_g , elektrik müqaviməti, Zn və S elementlərinin atom faiz nisbəti azalmış, yükdaşıyıcıların konsentrasiyası və yürüklüyü artmışdır [28].

SEM təsvirlərindən dövrlərin sayının artdıqda (20, 40, 60) hissəciklərin ölçüləri 77 nm, 100 nm, 124 nm və E_g 3.76 eV; 3.72 eV; 3.67 eV olmuşdur. Ölçülərin böyüməsi hissəciklərin aqlomerasiyası nəticəsində meydana gəlmişdir.

$Cd_xZn_{1-x}S$ üçlü birləşməsi hər iki birləşmənin xassələrini özündə cəmləyir. Birləşmə aralıq mövqedə olduğundan sintez olunan kombinasiyadan asılı olaraq müxtəlif xassələr göstərə bilər. Müxtəlif tərkibdə sintez olunan $Cd_xZn_{1-x}S$ nazik təbəqəsində molekullar arasındakı rabitə uzunluğu tərkibdən asılı olaraq dəyişmişdir. Cd-S üçün molekulası rabitə uzunluğu

2.52 Å, Zn-S üçün 2.34 Å-dir. Üçlü birləşmədə rabitə uzunluğu bu intervalda dəyişir. Absorbsiya əmsalı və foton enerjisinin spektral asılılığı Urbax empirik qanunu ilə təyin edilir. $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ nazik təbəqəsinin udulma spektrinə əsasən nümunələrin Urbax enerjisi hesablanmışdır. Nisbətənin dəyişməsinə asılı olaraq Urbax enerjisinin qiyməti dəyişmişdir. $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ nazik təbəqəsində $x=0.2$; 0.4 ; 0.6 ; 0.8 olduqda uyğun olaraq $E_g=1.74$ eV; 1.96 eV; 1.90 eV; 1.82 eV-dur [29].

x -in qiymətindən asılı olaraq və Cd/Zn nisbətində əsasən müxtəlif birləşmələr alınmışdır və xassələri tədqiq edilmişdir. Bu sistemlərdə maksimum fotovoltaiq artım x -in $1,0$ -dan $0,62$ - $0,67$ -yə (280 mV) enməsi ilə müşahidə olunur. $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ nanokristallarında Zn (II) molar fraksiyasının artması ilə keçiricilik zolağı potensialının artımına (220 mV) səbəb olur. İndium qalay oksid/ $\text{ZnO}/\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ təbəqələrini ağ işıqla işıqlandırdıqda yaratdığı fotoselin sıxlığı $1,0$ -dan $0,62$ - $0,67$ -yə düşən Cd (II) fraksiya ilə $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ nanokristallarının keçirici zolaq potensialının müvafiq artırılması ilə dörd dəfə artır. Deməli, kadmium sulfidlə müqayisədə $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ spektral həssaslıq aralığının daralmasına baxmayaraq kadmium-sink sulfid qatı məhlullarına əsaslanan sistemlərdə fotoaktivlikdə xeyli qazanc alınə bilər. Nəticələrə əsasən $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ qatı məhlulları, günəş batareyalarının həssaslıq dərəcəsi (400 - 450nm) qısa dalğa uzunluqlu hissəsi üçün şərti olaraq istifadə olunan kadmium sulfiddən daha sərfəli materiallardır [30]. İndium qalay oksid/sink oksid/ $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ heterostrukturunda $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ birləşməsi Cd(II) hissəciyinin və məhlulda kadmium və sink nisbətində əsasən SİLAR-la sintez edilmişdir. Məqsəd bu tip strukturlarla fotoelektrokimyəvi aktivliyi artırmaqdır. x -in qiyməti artdıqda E_g 2.69 eV-dan 2.40 eV-a qədər azalmışdır.

$\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}$ nanohissəciyi $x=3\%$ qiymətində sintez edildikdə $E_g=7,6$ eV olaraq hesablanmışdır. Cd, Zn və S-in element faiz nisbəti uyğun olaraq, 47.27% , 1.61% və 51.12% olmuşdur [31].

CdS nazik təbəqəsinə Zn ionlarını aşqarlamaqla, $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ təbəqəsi sintez edilmiş, Zn ionlarının konsentrasiyası artdıqda mavi sürüşmə baş vermişdir. Zn ionları artdıqda müqavimət azalmış, keçiricilik və Hall mobilliyi artmışdır. Zn ionunun 6% qiymətində yüksək daşıyıcı konsentrasiya, yüksək keçiricilik və kiçik müqavimət müşahidə olunmuşdur. Nümunələr 1 saat müddətində 200°C -də havada təblanmışdır. Optik ölçmələrə əsasən Zn ionunun konsentrasiyası (0.006) artdıqda, E_g artmış və maksimum qiyməti 2.66 eV olmuşdur. Konsentrasiyanın 0.009 qiymətində E_g azalmışdır (2.5 eV). CdS təbəqələrini Zn elementilə aşqarlamaqla E_g -nin artması, kristallitlərin ölçülərinin azalması ilə yükdaşıyıcıların kvant ölçülü effekti hadisəsinə əsaslanır. Bu formalaşmış materialın quruluşunun və stexiometrik tərkibinin orientasiyasına səbəb ola bilər [10].

Parametrlərin dəyişdirilməsilə şüşə altlıqda $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ birləşməsində

E_g -nin dəyişməsi analiz edilmişdir. Burada iki fərqli cüt mənbələrdən istifadə olunmuşdur. İlkin olaraq, reagentlərin müxtəlif konsentrasiyalı məhlulları üçün E_g 2.4 eV-3.5 eV intervalında dəyişmişdir. Belə birləşmələr günəş batareyalarında və optoelektronika cihazları üçün tətbiqdə ideal materiallardır. Qiymətin sonrakı dəyişimləri üçün ilkin reagentin bir-birinə nisbəti dəyişdirilmişdir.

Cihazların effektivliyini artırmaq üçün üçlü birləşmə $\text{TiO}_2/\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}/\text{ZnS}$ tərkibli quruluş şəklində sintez olunmuşdur. Bu birləşmə TiO_2 -lə kvant nöqtələri arasında passivasiya effekti yaradırlar. Bu təsir cihazdakı elektron-deşik cütlərinin rekombinasiya dərəcəsini azaldır. Çevirmə effektivliyinin artırılması üçün quruluşların müxtəlif növləri alınmış və tədqiq edilmişdir. Üçlü birləşmələrin günəş batareyalarına daxil edilməsi onların effektivliyini artırmaqla nəticələnmişdir. $\text{TiO}_2/\text{Cd}_{0.75}\text{Zn}_{0.25}\text{S}_1/\text{ZnS}$ konfigurasiyalı materialların çevirmə effektivliyi 3.6% olmuşdur. Çevirmə effektivliyindəki artım, açıq dövrəli gərginliyin 0,517 V-dan 0,725 V-dək artması ilə əlaqələndirilir. Müvafiq fotocərəyan sıxlığı 12.1566 mA/sm²-dən 11.66mA/cm²-ə endirilmişdir. Effektivliyin bu cür artması CdZnS üçlü birləşməsinin səthdə passivasiya effektini yaratması ilə bağlıdır. Nəhayət, nisbətən yüksək toksikliyə malik olan $\text{TiO}_2/\text{CdS}/\text{ZnS}$ konfigurasiyasına malik cihazların toksikliyi azaldaraq çevirmə effektivliyini artıran $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ kvant nöqtələrinin tətbiqi ilə dəyişdirilə biləcəyi göstərilmişdir. Element analizindən kadmiumun atom faizi 21.3%, sink üçün 4.9%, sulfid üçün 8.8% olmuşdur. $\text{Cd}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{S}$ və $\text{Cd}_{0.25}\text{Zn}_{0.75}\text{S}$ birləşmələrində Zn ionlarının miqdarının artması uyğun olaraq, birləşmələrdə kadmiumun 50% və 75% azalması deməkdir. $\text{TiO}_2/\text{Cd}_1\text{Zn}_0\text{S}/\text{ZnS}$ birləşməsində $E_g=2.15$ eV, $\text{TiO}_2/\text{Cd}_{0.75}\text{Zn}_{0.25}\text{S}/\text{ZnS}$ birləşməsində $E_g=2.3$ eV, $\text{TiO}_2/\text{Cd}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{S}/\text{ZnS}$ birləşməsində $E_g=2.5$ eV, $\text{TiO}_2/\text{Cd}_{0.25}\text{Zn}_{0.75}\text{S}/\text{ZnS}$ birləşməsində $E_g=2.75$ eV, $\text{TiO}_2/\text{Cd}_0\text{Zn}_1\text{S}/\text{ZnS}$ birləşməsində $E_g=3.2$ eV olaraq hesablanmışdır [32].

NƏTİCƏ

Dövrələrin sayının artması təbəqələrin qalınlığının və ya hissəciklərin ölçülərinin artmasına səbəb olur. Bu E_g -nin kiçilməsinə gətirir. Yuxarıda göstərilən nəticələri Brus bərabərliyinə əsasən izah etmək olar. Dövrələrin sayı artdıqda diffuz sındırma əmsalının qiyməti azalır. Temperatur artdıqca kristallaşma sürətinin artması, hissəciklərin koalesensiya proseslərinin sürətlənməsi və kiçik hissəciklərin böyük hissəciklər tərəfindən udulma prosesinin sürətlənməsi baş verir. Bu faktorların nəticəsində hissəciklərin ölçüləri daha artır. Temperaturun təsiri nəticəsində yetişmə prosesi daha yaxşı gedir. Dövrələrin sayı artdıqda hissəciklərin ölçüləri də artır və E_g -nin qiyməti azalır. $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ birləşməsində x-in qiyməti artdıqda E_g azalır. Yəni, Cd^{2+} ionunun miqdarı artır və $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ birləşməsində E_g qiyməti CdS birləşmə-

sinin E_g -nin qiymətinə yaxınlaşır. Ədəbiyyat analizi göstərir ki, formalaşan nümunələrin sındırma əmsalı, E_g , müqaviməti tablama temperaturundan asılıdır. Bu tablama zamanı nümunələrin kristallik strukturu, struktur defektləri və ölçülərin dəyişməsilə bağlıdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Oral A.Y., Bahsi Z.B., Oral M.O., Properties of CdS Deposited by the SILAR Method Using Cd(II) Organic Salt as Precursor // Editors 2nd International Congress on Energy Efficiency and Energy Related Materials, –2014, –p.16–19.
2. Kundakçı M. Characterization of $In_{1-x}Cd_xS$, In_2S_3 and CdS thin films grown by SILAR method / M.Kundakçı, J.Mater // Sci J Mater Sci: Mater Electron, – 2017.28, – p.5807–5816.
3. Sasagawa M. Effect of Cadmium Precursor Solutions on Fabrication of CdS Thin Films by Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction (SILAR) Technique / M.Sasagawa, J.Nishino, Y. Nosaka // Successive Electrochemistry, –1999.67, №12, –p.1237-1239.
4. Manikandan K. Effect of molar concentration on structural morphological and optical properties of CdS thin films obtained by SILAR method / K.Manikandan, 142 J.T.Dominic // Indian journal of pure & applied physics, –2014. 52, –p.354-359.
5. Guzeldira B. Deposition and Characterization of CdS, CuS and ZnS Thin Films Deposited by SILAR Method / B. Guzeldira, M.Saglama, A.Atesb [et al.] // Acta physica polonica A, – 2012.121, №1, – p.33-35.
6. Azizian K. Y. Growth process and investigation of some physical properties of CdS nanocrystals formed in polymer matrix by successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) method / K.Y.Azizian, M.B.Muradova, R.K.Mammedova [et al.] // Journal of Crystal Growth, – 2007.305, – p.175–180.
7. Ravichandrana K. Addressing the issue of under-utilization of precursor material in SILAR process: Simultaneous preparation of CdS in two different forms – Thin film and powder / K.Ravichandrana, S.Porkodia // Materials Science in Semiconductor Processing , –2018.81, –p. 30–37.
8. Dariani R.S. Structural and optical studies of CdS and CdS:Ag nano needles prepared by a SILAR method / R.S.Dariani, Z.Emami // Journal of Ceramics International, – 2015. 41, –p. 8820-8827.
9. Dipalee J. Effect of annealing on structural and optoelectronic properties of CdS thin film by SILAR method / J.Dipalee, S.Shaeed, B.Ravikiran [et al.] // Advances in Applied Science Research, –2011.2 (4), –p.417–425.
10. Pradhabhan D. Optical, structural and electrical properties of silar deposited zinc doped cadmium sulphide thinfilms / D.Pradhabhan, A.Sakthivelu // International journal of Research and Analytical Reviews, –2019.6(2), – p.387-393.
11. Myeong–Soo J. Study on characteristics of CdS quantum dot–sensitized solar cells prepared by successive ionic layer adsorption and reaction with different adsorption times / J.Myeong–Soo, S.Min–Kyu, K.Soo–Kyoung [et al.] // Electronic Materials Letters, – 2014.10, – p.621-626.
12. Rosiles–Pereza C. Improved performance of CdS quantum dot sensitized solar cell by solvent modified SILAR approach / C.Rosiles–Pereza, A.Cerdán– Pasarána, S.Sidhika [et al.] // Solar Energy, –2018.174, –p.240–247.
13. Zhou R. Influence of cationic precursors on CdS quantum–dot–sensitized solar cell prepared by successive ionic layer adsorption and reaction / R.Zhou, Z.Qifeng ,T.Jianjun [et al.] // Journal of Physical Chemistry, –2013.117, –p.26948–26956.

14. Sankapal B.R. Deposition of CdS thin films by the successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) method / B.R.Sankapal, R.S.Mane, C.D.Lokhande // *Materials Research Bulletin*, – 2000.35, –p.177–184.
15. Senthamilselvi V. Photovoltaic properties of nanocrystalline CdS films deposited by SILAR and CBD techniques a comparative study / V.Senthamilselvi, K.Saravanakumar, N.J. Begum [et al.] // *J.Mater Sci: Mater Electron*, –2012.23, –p.302–308.
16. Raid A., Effect of Time Immersion of Thiourea on Structural and Optical Properties of CdS Deposited by SILAR / A.Raid, F.Nadir, Y.Kameran [et al.] // *World Scientific News*, –2018 .91, – p.73–85.
17. Ubale A.U. Characterization of nanostructured photosensitive cadmium sulphide thin films grown by SILAR deposition technique / A.U.Ubale, A.N.Bargal // *Indian Journal of Physics*, –2010.84, –p.1497–1507.
18. Sun H. Thin Films on Glass Substrates Modified with 3–Mercaptopropyltrimethoxysilane / H.Sun, J.Mu // *Journal of Dispersion Science and Technology*, –2005.26, – p.719–722.
19. Method Rasin A. Size–dependent photodegradation of CdS particles peoposited onto TiO₂ mesoporous films by SILAR / A.Method Rasin, W.Geoffrey, B.John // *Journal of Nanoparticle Research*, –2012.14(9), – p. 1–13.
20. Oguzhan O. Influence of film thickness on structural and optical properties of ZnS 145 thin films obtained by SILAR method and analysis of Zn/ZnS/n–GaAs/In sandwich structure / O.Oguzhan, G.Betul, M.A.Yıldırım [et al.] // *Ates Phys. Status Solidi A*, – 2012. 209, №4, –p.687–693.
21. Method A. Morphology, structural and optical study of ZnS thin films prepared by Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction (SILAR) / A.Method, M.Djelloul, Y.Adnane [et al.] // *Journal of Optoelectronics and advanced materials*, –2016.18, – p.136–141.
22. Yildirim M.A. Annealing and light effect on structural, optical and electrical properties of CuS, CuZnS and ZnS thin films grown by the SILAR method / M.A.Yildirim, A.Aytunc, A.Aykut [et al.] // *Physica E : Low-dimensional Systems and Nanostructures*, –2009.41, – p.1365–1372.
23. Ashith V.K., Gowrish R.K. Structural and optical properties of ZnS thin films by SILAR technique obtained by acetate precursor // *Conference Series: Science and Engineering*, – Sarawak, 16-18 July, – 2018, – p.1-6.
24. Deshmukh S.G. Structural and optical properties of nanocrystalline ZnS thin films grown by successive ionic layer adsorption and reaction method / .G.Deshmukh, S.P.Kulkarni, A.I.Nikam [et al.] // *International Journal of Research in Computer Science and Information Technology*, –2016.1, – p.167-170.
25. Mohaideen H.M. The studies on optical and structural properties of zinc sulfide thin films deposited by SILAR method / H.M.Mohaideen, K.Saravanakumar, S.S.Fareed [et al.] // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, – 2015.7(10S), – p.141- 145.
26. Laukaitis G. Stress and surface studies of SILAR grown ZnS thin films on (100) GaAs substrates / G.Laukaitis, S.Lindroos, S.Tamulevicius [et al.] // *Materials Science and Engineering* , –2000, –p. 223–230.
27. Lindroos S. Zinc sulfide thin films grown by SILAR on poly (vinyl chloride) and polycarbonate substrates / S.Lindroos, T.Kanniainen, M.J.Leskela // *Journal of Materials Chemistry*, – 1996.6(9), – p.1497–1500.
28. Priya K., A comparative study of structural, optical and electrical properties of ZnS thin films obtained by thermal evaporation and SILAR techniques / K.Priya, V.K.Ashith, G.K.Rao // *J. Ceramics International*, –2017.43(13), – p.10487– 10493.

29. Ashith V.K. Effect of composition on SILAR deposited $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ thin films / V.K.Ashith, R.K.Gowrish, // Citation: AIP Conference Proceedings 1942, – 2018. 1, – p.1-4.
30. Kozytskiy.A. Morphology, optical, and photoelectrochemical properties of electrodeposited nanocrystalline ZnO films sensitized with $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ nanoparticles / A. Kozytskiy, O.L.Stroyuk, S.Kuchmiy [et al.] // Article in Journal of Materials Science, – 2013, –p.1-11.
31. Ekinci, A. Effect of mo doping on the photovoltaic properties of mo doped $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}$ ($x= 3 \%$) quantum dots synthesized by silar / A.Ekinci, O.Sahin, S.Horoz // Journal of Non Oxide Glasses, – 2018.10, №3, – p. 71 – 76.
32. Omar E.S. Synthesis of Alloyed $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ quantum dots for photovoltaic applications / E.S. Omar, M.R. Jesus, T. Lopez–Luke [et al.] // Journal of photovoltaics, solis., – 2020.–p.1-10.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОМАТЕРИАЛОВ $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ ПО МЕТОДУ SILAR

М.Б.МУРАДОВ, Г.М.ЭЙВАЗОВА, Л.Р.ГАХРАМАНЛЫ

РЕЗЮМЕ

Технологические условия и параметры реакции влияют на физические свойства полупроводниковых материалов $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$. В настоящем исследовании изучена взаимосвязь между физическими свойствами этих соединений, полученных методом синтеза SILAR, и параметрами реакции.

Ключевые слова: наноматериалы $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$, ширина запрещенной зоны, физические свойства.

PHYSICAL PROPERTIES OF $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ NANOMATERIALS BY SILAR METHOD

M.B.MURADOV, G.M.EYVAZOVA, L.R.GAHRAMANLI

SUMMARY

The technological condition and reaction parameters are affected to the physical properties of $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ semiconductor materials. In the present study, the relationship between the physical properties of these compounds obtained by the SILAR synthesis method and the reaction parameters was investigated.

Keywords: $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{S}$ nanomaterials, bandgap, physical properties.