

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

VÜSAL USUB OĞLU MƏMMƏDOV

ELEKTROKİMYƏVİ ÇÖKDÜRMƏ ÜSULU İLƏ ALINMIŞ
 $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN VƏ
 $\text{p-GaAs/n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ STRUKTURLARININ
ELEKTRON XASSƏLƏRİ

2211.01 - Bərk cisim fizikası

Fizika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKİ-2014

İş Bakı Dövlət Universitetinin "Fiziki elektronika" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər: **Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,**
prof. Ə.Ş.Abdinov

Fizika-riyaziyyat elmləri namizədi,
dos. H.M.Məmmədov

Rəsmi opponətlər: **Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,**
prof. Y.Y.Hüseynov

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
A.H.Bayramov

Aparıcı təşkilat: **Azərbaycan Texniki Universiteti**
("Fizika" kafedrası)

Dissertasiyanın müdafiəsi 24_ 06_ 2014-cü il saat ____ Bakı Dövlət Universiteti nəzdində yaradılmış D 02.012 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az 1148, Bakı şəhəri, Z.Xəlilov küç. 23, əsas bina

Dissertasiya ilə Bakı Dövlət Universitetinin Elmi Kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat "____" _____ 2014-cü il tarixdə göndərilib.

D 02.012 Dissertasiya
Şurasının Elmi Katibi

f.r.e.n., dos. Rəcəbov M.R

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. $A^{II}B^{VI}$ birləşmələri uzun illərdir ki, özlərinin marağı fiziki xassələri ilə müxtəlif ixtisas sahiblərinin diqqət mərkəzindədir. İndiyə qədər onların bərk cisimlərdə baş verən fiziki proseslərin öyrənilməsi və bərk cisim elektronika elementlərinin hazırlanması üçün böyük əhəmiyyət kəsb edən massiv mono- və polikrystalları, eləcə də nazik təbəqələri alınmış, ətraflı tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, $A^{II}B^{VI}$ birləşmələri kimi, onların üç və daha çox komponentli bərk məhlullarının nazik təbəqələri də bərk cisimlərdə və müxtəlif kontakt strukturlarında baş verən elektron proseslərinin tədqiqində, eləcə də, optoelektronika və günəş energetikasında geniş tətbiq tapa bilər.

Çoxsaylı eksperimental tədqiqatlar zamanı aşkar edilmişdir ki, əksər hallarda bərk cisimlərin, xüsusilə də yarımkeçiricilərin əsas parametrləri onların alınma üsulları və texnologiyası ilə yanaşı, həm də alınma prosesi başa çatdıqdan sonra materiala göstərilən arzuolunmaz və məqsədyönlü xarakterli xarici təsirlərdən asılı ola bilər. Başqa sözlə, materialın parametrlərinin degradasiyası baş verir və bu proses həmin material əsasında düzəldilmiş cihazların praktiki tətbiq imkanlarını məhdudlaşdırır. Ona görə də bərk cisimlərin, o cümlədən də yarımkeçiricilərin parametrlərinin müxtəlif xarakter və təbiətli xarici təsirlərdən, xüsusi halda isə termik işlənmədən asılılığının öyrənilməsi, bu parametrlərin qiymətlərinin stabilləşdirilməsi yollarının müəyyənəşdirilməsi bərk cisim fizikası və elektronika üçün həmişə aktual bir məsələ olaraq qalır.

Dissertasiya işinin məqsədi sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə p-GaAs kristalları üzərində $Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y)$ bərk məhlullarının nazik təbəqələrini alıb, həmin nazik təbəqələrin, eləcə də onların p-GaAs-lə kontaktında yaranmış heteroqəidlərin struktur və elektron xassələrinin xüsusiyyətlərini aşkar edib, fiziki mexanizmini aydınlaşdırmaq, bəzi praktiki tətbiq imkanlarını müəyyənəşdirməkdir.

Həmin məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlərin həlli qarşıya qoyulmuşdur:

- Sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə müxtəlif tərkibli ($0 \leq x \leq 1$ və $0 \leq y \leq 1$) $n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y)$ bərk məhlullarının nazik təbəqələrini və p-GaAs/n- $Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y)$ heteroqəidlərini almaq;
- Alınmış nazik təbəqələrin kristal quruluşunun və səthinin morfologiyasının çökdürülmə rejimindən və bərk məhlulun tərkibindən asılılığını tədqiq etmək;

- Termik işlənmə mühitinin və rejiminin həmin təbəqələrin kristal quruluşuna, səthinin morfologiyasına, optik, elektrik və fotoelektrik xassələrinə təsirini təcrübədə tədqiq etmək;
- Yaradılmış heteroqəidlərin volt-ampere, volt-farad və fotoelektrik xarakteristikalarının çökdürmə potensialından, bərk məhlulların tərkibindən, termik işlənmə mühitindən və rejimindən asılılığını təcrübədə tədqiq etmək;
- p-GaAs/n- $Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y)$ heterostrukturlarının günəş energetikasında və optoelektronikada tətbiq olunma imkanlarını müəyyənəşdirmək üçün onların müvafiq parametrlərini qiymətləndirmək.

Tədqiqatın obyektləri olaraq, müxtəlif tərkibli ($0 \leq x \leq 1$ və $0 \leq y \leq 1$) $n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y)$ bərk məhlullarının elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmış nazik təbəqələri və onların p-GaAs-lə kontaktında yaradılmış heterostrukturlar götürülmüşdür.

İşdə kompleks şəkildə həyata keçirilmiş atom-güc mikroskopiyası, infraqırmızı (İQ)-spektroskopiya, termoqravimetriya, diferensial skanediç kalorimetriya və rentgendifraktometriya üsullarından istifadə edilmişdir.

İşin elmi yeniliyi. İlk dəfə olaraq məhz bu işdə göstərilmişdir ki:

- Monokristal p-GaAs altlıqlar üzərində stexiometrik tərkibə malik $n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y)$ nazik təbəqələrinin alınması üçün çökdürmə gərginliyi tərkibdən asılı olaraq 0,32 – 1,22 V və 0,31 – 0,94 V aralığında dəyişir;
- Elektrokimyəvi çökdürmə zamanı eyni bir optimal qalınlığa malik nazik təbəqələrin altlıq üzərində formalaşması prosesi, daha yüksək temperaturdakı ilə müqayisədə otaq temperaturunda asta xarakterli olsa da, böyük qalınlıqlı ($d \geq 6$ mkm) təbəqələrin altlığa adgeziyası otaq temperaturunda daha yüksəkdir;
- Tədqiq olunan nazik təbəqələrin hava, oksigen və arqon mühitlərində 90-140⁰C-də termik işlənməsi zamanı çökdürmədən dərhal sonra onların səthinə absorbsiya etmiş oksigen molekullarının desorbsiyası və səthdə metal (Cd, Zn)/halkogen (S, Te) artığının buxarlanması ilə müşayiət olunan sırf fiziki proseslər baş verir;
- $n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y$ nazik təbəqələrinin fiziki parametrlərinin fundamental və praktiki məqsədlər üçün optimal qiymətləri onların açıq havada 140-410⁰C, arqon və azot mühitində isə daha geniş 140-600⁰C intervalında termik işlənməsi ilə təmin oluna bilər;
- Müvafiq termik işlənmə rejimini və tərkib komponentlərinin mol miqdarını seçməklə, spektrin ultrabənövşəyi, görünən və yaxın

infraqırmızı oblastlarında optimal parametrlərə malik optik filtrlərin düzəldilməsində istifadə oluna bilən nazik təbəqələr almaq mümkündür;

- Tədqiq olunan nazik təbəqələrdə lokal enerji halları ya mobil zonada yerləşir, ya da özləri mütəhərrikdir, yəni xarici amillərin təsiri ilə öz xarakterlərini dəyişə bilər. Tarazlıqda olmayan yükdaşıyıcıların bu səviyyələrdən rekombinasiyası isə bimolekulyar mexanizmə malikdir;
- Çökdürülmədən dərhal sonra müxtəlif tərkibli nazik təbəqələr əsasında yaradılmış p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Se_y heteroqəçidləri üçün VAX-ın qeyri-ideallıq əmsalı $2 \div 3,5$ intervalında dəyişir və həmin qəçidlərdən cərəyanın axması rekombinasiya-tunel mexanizminə tabedir;
- p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Se_y heteroqəçidlərinin qəçid oblastında mövcud olan $E_1 = 0,165$ eV və $E_2 = 0,276$ eV aktivləşmə enerjisində malik defektlərdən birinci qrupu yalnız reaksiya zamanı təbəqələrin səthində və həcmindəki asan buxarlanan halkogen (S, Se) artıqlığı, ikinci qrupu isə - reaksiya məhlulundan çıxarıldıqdan sonra səthə hopmuş oksigenin yaratdığı $[V_{Cd,Zn} - O]^+ - (Zn)Cd_i^{++}$ vakansiyaları ilə əlaqədardır;
- p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Se_y günəş elementlərinin əsas parametrlərinin optimal qiymətlərinin ($U_{ad} = 642$ mV, $J_{qq} = 12,34$ mA/sm², FF = 0.65 və $\eta = 9,4$ %) təmin edilməsi üçün onları arqon mühitində 300°C-də 15 dəqiqə müddətində termik işləmədən keçirmək lazımdır;
- Arqon mühitində 390°C-də 14 dəqiqə ərzində termik işlənmiş p-GaAs/n-Cd_{0,25}Zn_{0,75}S_{0,8}Te_{0,2} diodlarının düzləndirmə əmsalı 3000, VAX-ın qeyri-ideallıq əmsalı isə 1,4 tərtibindədir. Qeyri-ideallıq əmsalının belə kiçik qiymətə malik olması cərəyanın qəçid oblastından axmasında diffuziya mexanizminin üstünlük təşkil etməsi və tədqiq olunan heteroqəçidlərin ideallığa yaxınlaşması ilə əlaqədardır;
- p-GaAs/n-Cd_{0,25}Zn_{0,75}S_{0,8}Te_{0,2} heteroqəçidlərinin fotoelektrik parametrləri bilavasitə çökdürmədən sonra $J_{qq} = 3,4$ mA/sm², $U_{ad} = 131$ mV, $FF = 0,43$, $P = 445$ mWt/sm², $\eta \approx 0,2$ % olub, arqon mühitində 390°C-də 14 dəqiqə ərzində termik işləmədən sonra $U_{ad} = 584$ mV, $J_{qq} = 14,54$ mA/sm², FF = 0,6 və $\eta = 6,7$ % -ə çatır;

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar.

- n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y) nazik təbəqələrinin optimal kristal quruluşunu və səth morfologiyasını təmin edən konkret katod çökdürmə potensialı, tərkib, termik işlənmə mühiti və rejimi mövcuddur. Həmin təbəqələrin səthində baş verən proseslərin fiziki və ya kimyəvi təbiətə malik olması isə, termik işlənmənin aparıldığı mühitdən və rejimdən asılıdır;

- n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y) bərk məhlulları düz zonalı yarımkeçiricilərdir və onların fundamental parametrlərinin qiymətinin tərkibdən asılılığı baxılan intervalda Veqardın xətti qanununa tabedir;
- n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y) nazik təbəqələrinin qadağan olunmuş zonasındakı lokal enerji halları ya mobil zonalarda yerləşir, yaxud da həmin səviyyələrin özləri mütəhərrikdir. Tarazlıqda olmayan yükdaşıyıcıların həmin səviyyələrdən rekombinasiyası isə bimolekulyar xarakterə malikdir;
- p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Se_y heteroqəçidlərində bilavasitə çökdürmədən sonra qəçid oblastından cərəyanın axması rekombinasiya-tunel mexanizminə tabedir;
- p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Se_y strukturlarının qəçid oblastında reaksiya zamanı təbəqələrin səth və həcmindəki asan buxarlanan halkogen (S, Se) artıqlığı ilə və oksigenin yaratdığı vakansiyalarla əlaqədar olan iki növ defekt səviyyələri mövcuddur;
- Arqon mühitində termik işləmədən sonra p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y heteroqəçidlərinin elektrik və fotoelektrik parametrlərinin yaxşılaşması, qəçidyanı oblastdakı nano- və ya mikro- heteroqəçid matrisanın yenidən formalaşması hesabındır;
- Arqon mühitində optimal termik işlənmə rejimini seçməklə, p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y heteroqəçidləri əsasında günəş elementlərinin effektivliyini əhəmiyyətli dərəcədə yüksəltmək olar.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Məhz bu dissertasiya işində ilk dəfə olaraq:

- n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y) nazik təbəqələrinin alınması və onların əsasında optik, elektrik, fotoelektrik parametrləri optimal qiymətlərə malik olan p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y) diod strukturları düzəltmək üçün həm sadə, həm də, ucuz başa gələn texnologiya işlənmişdir;
- Müəyyənəndirilmişdir ki, alınmış nazik təbəqələr optik filtrlərin və fotorezistorların, heteroqəçidlər isə - fotodiodların, günəş fotoelementlərinin, yüksək düzləndirmə əmsalına malik düzləndirici diodların, spektrin ultrabənövşəyi oblastında işləyə bilən fotoqəbuledicilərin, eləcə də böyük inteqral sxemlər (BİS) üçün optronların düzəldilməsində istifadə oluna bilər.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işində alınmış nəticələr:

«Fizikanın aktual problemləri» V və XIII Respublika Elmi konfransında (Bakı, 2008 və 2013), «Fizikanın müasir problemləri» III Respublika Elmi konfransında (Bakı, 2009), Bakı Dövlət Universitetinin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq Elmi Konfransda (Bakı, 2009),

Gənc alimlərin XIV və XVI Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2009 və 2011), «Fotoelektronika və gecəgörmə cihazları» XVIII Beynəlxalq Elmi-Texniki Konfransında (Moskva, 2010), Avropa Materialşünaslıq Cəmiyyətinin «EMRS-2004» yaz elmi simpoziumlarında (Strasburq, 2007, 2009, 2010 və 2011), «Energetikanın texniki və fiziki problemləri» VI Beynəlxalq Elmi Konfransında (Təbriz, 2010), Bakı Dövlət Universitetinin "Fiziki elektronika" kafedrasının və "Fizika" fakültəsinin elmi seminarlarında müzakirə olunmuşdur.

Nəşrlər. Dissertasiya işinin materialları 26 (8 elmi məqalə, 18 konfrans materialı) elmi işdə özünün tam əksini tapmışdır.

İşin tərtibat quruluşu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, altı fəsildən, əsas nəticələrdən və 157 adda elmi ədəbiyyatın biblioqrafik siyahısından ibarət olub, 61 illüstrasiya və 6 cədvəllə birlikdə 186 səhifədə əks olunmuşdur. Mətn 109 səhifədən ibarətdir.

Girişdə mövzunun aktuallığı, işin məqsədi, qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün həll edilmiş məsələlər, alınmış nəticələrin elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti, müdafiəyə çıxarılan əsas elmi və praktiki müddəalar, dissertasiyanın materiallarının aprobasiyası və publikasiyası, eləcə də ayrı-ayrı fəsilələrinin məzmunu barədə qısa məlumatlar şərh olunmuşdur.

Birinci fəsil $A^{II}B^{VI}$ birləşmələrinin bərk məhlullarının nazik təbəqələrinin alınmasına, elektrik və fotoelektrik xassələrinin tədqiqinə, onların əsasında yaradılmış heterostrukturlara dair mövcud elmi ədəbiyyatın qısa icmalından ibarətdir.

Burada aparılan analitik təhlil əsasında aşkar edilmişdir ki, nəzəri hesablamalardan p-GaAs/n-ZnSe günəş elementlərində faydalı iş əmsalının Si və GaAs -fotoelementlərindəkindən daha böyük ($\approx 24,8\%$) olduğu görünür, Si-la müqayisədə daha geniş qadağan olunmuş zonaya malik ZnSe təbəqələrinin çox yüksəkəmliliyi olması, təcrübədə p-GaAs/n-ZnSe fotoçeviricilərində böyük faydalı iş əmsalı almağa imkan vermir. ZnSe təbəqələrini müxtəlif kimyəvi elementlərlə aşqarlamaqla da onların xüsusi müqavimətinin bu məqsəd baxımından optimal qiymətlərini təmin etmək və uyğun olaraq, əlverişli qiymətə malik elektrik, fotoelektrik parametrlili p-GaAs/n-ZnSe günəş elementləri düzəltmək mümkün deyil. p-GaAs/n-ZnSe heteroqeyidlərinin elektrik və fotoelektrik parametrlərinin günəş elementləri üçün əlverişli olan istiqamətdə yaxşılaşdırılması üçün p-GaAs/n-ZnSe strukturlarında ZnSe-ni $A^{II}B^{VI}$ birləşmələrinin müxtəlif tərkibli üçkomponentli bərk məhlulları ilə (məsələn, n-ZnS_{1-x}Se_x-lə) əvəz etmək lazımdır. Alınmış p-GaAs/n-ZnS_{1-x}Se_x heteroqeyidləri öz parametrlərinə görə müəyyən cəhətdən p-GaAs/ZnSe heteroqeyidlərini

üstələsə də, n-ZnS_{1-x}Se_x-in qadağan olunmuş zonasının eninin, qəfəs parametrlərinin və xüsusi müqavimətinin geniş diapazonda idarə oluna bilməməsi, bu heteroqeyidlər əsasında hazırlanmış diod strukturlarında da parametrlərin optimal qiymətlərinin əldə olunmasına imkan vermir.

p-GaAs-lə $A^{II}B^{VI}$ birləşmələrinin və onların üçkomponentli bərk məhlullarının nazik təbəqələrinin kontaktı əsasında yaradılmış diod strukturlarının parametrlərinin optimal qiymətlərinin əldə oluna bilməməsi, bu birləşmələrin daha mürəkkəb tərkibli (dörd və hətta beşkomponentli) bərk məhlullarının alınması və onların əsasında uyğun heterostrukturların düzəldilməsi zərurətini yaradır. Çünki, belə mürəkkəb tərkibli strukturların həm qəfəs parametrlərinin, həm də qadağan olunmuş zonasının eninin daha geniş intervalda məqsədyönlü şəkildə idarə oluna bilməsi imkanları, onların qəfəs parametrlərini kontakta gətirildikləri digər yarımkeçiricinin qəfəs parametrlərinə uyğunlaşdırmaqla bilməklə yanaşı, həm də qadağan olunmuş zonasının enini optik spektrin tələb olunan diapazonuna uyğunlaşdırmaq mümkündür. Başqa sözlə, dördkomponentli bərk məhlullar, qəfəs parametrlərini və kimyəvi tərkibini sabit saxlamaqla qadağan olunmuş zonasının eni müxtəlif olan yarımkeçiricilər almağa və bununla da günəş şüalanmasının geniş diapazonunda fəthəssaslığa, böyük faydalı iş əmsalına malik çoxlaylı heterostrukturlar düzəltməyə imkan verir.

Nazik təbəqəli p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y heterostrukturlarının yaradılmasına və fiziki xassələrinin tədqiqinə dair elmi ədəbiyyatda olduqca az sayda məlumatlara rast gəlinirsə də, sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə belə strukturlarının yaradılmasına, fiziki parametrləri və xarakteristikalarının tədqiqinə dair heç bir məlumat yoxdur.

Texnoloji baxımdan daha sadə, maya dəyəri baxımından isə çox ucuz başa gələn üsulla, daha doğrusu, - sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürməklə n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y) nazik təbəqələrinin alınması, onların əsasında p-GaAs/ n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y) heteroqeyidlərinin düzəldilməsi, həmin təbəqə və qeyidlərin elektron xassələrinin ətraflı tədqiqi bərk cisim fizikası və elektronikası, eləcə də, günəş fotonikası və optoelektronika üçün böyük maraq kəsb edir.

İkinci fəsil müxtəlif tərkibli ($0 \leq x \leq 1$; $0 \leq y \leq 1$) n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y(Se_y) nazik təbəqələrinin sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmasına, onların tərkibinin, kristal quruluşunun və səth morfologiyasının çökdürmə potensialından asılılığının tədqiqinə, bu təbəqələrin p-GaAs-lə kontaktında heterostrukturların yaradılması texnologiyasına həsr olunub.

Burada əvvəlcə (§2.1) ümumiyyətlə sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulunun bəzi nəzəri aspektləri nəzərdən keçirilib.

Sonra isə (§2.2) sulu məhluldan elektrokimyəvi üsulla $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ bərk məhlullarının nazik təbəqələrinin çökdürülməsi prosesində katod rolunu oynayan müxtəlif ((111) və (100)) oriyentasiyalı və qalınlıqlı ($\sim 0,2\div 0,6$ mm) müstəvi paralel p-GaAs monokristal lövhələri üzərində alınması texnologiyası təsvir olunmuş, onların əsas detalları göstərilmiş, çökdürmə prosesinin kimyəvi tənzimləmələri, komponentlərin müvafiq tərkibləri, seçilib nəzarətdə saxlanılmış, istifadə olunan məhlulların və onların qarışıqlarının tsiklik volt volt-ampere xarakteristikaları ölçülmüşdür.

Bu fəslin sonunda (§2.3) alınmış nazik təbəqələrin tərkibinin, kristal qəfəs quruluşunun və səth morfolojiyasının çökdürmə potensialından, qalınlığının reaksiyanın davam etmə müddətindən asılılığı, çökdürmə potensialının müxtəlif qiymətlərində alınmış təbəqələrin atom-güc mikroskopiyası və rentgen-difraksiya spektrləri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, CdS-ZnSe, CdS-ZnTe sistemlərinin bərk məhlullarının nazik təbəqələrinin sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınması prosesinin məqsədyönlü şəkildə tənzimlənmə bilməsi üçün, hökmən metal və ya metal-kompleks ionlarının konsentrasiyası sabit saxlanılmalıdır. Reaksiyanın getdiyi mühitdə hidrogen ionlarının miqdarının azalması alınmış nazik təbəqəni kövrəkləşdirərək, yüksək keyfiyyətə və lazımı qalınlığa malik olan nazik təbəqələr almağa imkan vermir. Məhlulun turşuluğunun artması isə katod üzərinə metal hidroksidlərinin də çökməsinə səbəb olduğundan, alınmış təbəqənin elastikliyini kiçildir. Yalnız məhluldan axan cərəyanın sıxlığının çox kiçik qiymətlərində koloidal zərrəciklərin xüsusi yükünün böyük olmaması səbəbindən katod üzərində az miqdarda metal hidroksidləri çökür. Buna görə də yüksək keyfiyyətə malik nazik təbəqələr almaq üçün hökmən həm məhlulun turşuluğu, həm də ondan axan cərəyanın sıxlığının qiyməti ciddi şəkildə nəzarətdə saxlanılmalıdır.

CdS-ZnSe, CdS-ZnTe sistemlərinin bərk məhlullarının sulu məhluldan elektrokimyəvi üsulla çökdürülməsi ilə alınan təbəqənin qalınlaşmasında aparıcı rol məhluldan axan cərəyanın sıxlığı oynayır. Cərəyan sıxlığının kiçik qiymətlərində səthdəki diffuziya prosesi daha sürətlə baş verdiyindən, təbəqənin kristal qəfəsi daha yaxşı formalaşır, cərəyan sıxlığının böyük qiymətlərində isə tərkib elementlərinin atomları qəfəsdə öz tarazlıq vəziyyətlərini saxlaya bilmədiyindən, alınmış təbəqədə yeni kristallit özləklər də əmələ gəlir; cərəyanın sıxlığının və katod potensialının müvafiq qiymətlərini seçməklə polikristal, monokristal və ya teksturlu nazik təbəqələr almaq mümkündür. Sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə GaAs altlıqları üzərində $A^{IV}B^{VI}$ birləşmələri sistemlərinin bərk

məhlullarının stexiometrik tərkibə malik nazik təbəqələrinin alınması üçün çökdürmə gərginliyi tərkibdən asılı olaraq $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ üçün 0,32 – 1,22 V, $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ üçün isə 0,31–0,94 V intervalında tənzimlənməlidir.

Aşkar edilmişdir ki, eyni bir optimal qalınlıqlı nazik təbəqənin altlıq üzərində formalaşma sürəti temperaturun yüksəlməsi ilə böyüyür, lakin qalın ($d \geq 6$ mkm) təbəqələrin altlığa adgeziyası otaq temperaturunda daha yaxşıdır. Çünki, yüksək temperaturalarda ionların altlıq üzərinə reduksiya sürəti böyük olduğundan, onların buradakı neytrallaşması, yəni atom laylarının formalaşması prosesi gecikir. Sonuncu isə öz növbəsində təbəqələrdə texnoloji mənşəli defektlərin yaranmasına, təbəqənin səthində və həcmində metal/halkogen artıqlığının əmələ gəlməsinə, rabitə qüvvələrinin qeyri-bərabər paylanmasına və nəhayət, nisbətən böyük qalınlıqlarda təbəqənin dağılmasına səbəb olur.

Dissertasiya işinin üçüncü fəsl aparılan təcrübə tədqiqatları zamanı istifadə edilən nümunələrin hazırlanmasının, həndəsi forma və ölçülərinin tədqiqat üsullarının və ölçmə texnikasının təsvirinə həsr olunub.

Fəslin əvvəlində (§3.1 və §3.2) günəş elementlərinin əsas parametrləri və xarakteristikaları ilə bağlı başlıca məqamlar nəzərdən keçirilib.

Sonra (§3.3) isə tədqiq olunan nümunələrin hazırlanmasına baxılmış, onların üzərində omik cərəyan kontaktlarının yaradılması üsulunun və materialının seçilməsi əsaslandırılmışdır. Böyük qadağan olunmuş zonaya malik yarımkeçiricilərin çox yüksək şəkildə aşqarlana bilməməsinə və yüksək temperaturalarda yaradılmış cərəyan kontaktlarının soyudulma zamanı mexaniki gərginliyə məruz qalmasını dəf etmək üçün, həmin kontaktlar otaq temperaturunda $10^{-4} \div 10^{-5}$ Pa təzyiqdə BYII-5 tipli universal vakuum postunda, p-GaAs altlıqlarına 99,9999 % təmizliyə malik alüminiumun, $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ nazik təbəqələrinə isə 99,9999 % təmizliyə malik metal indiumun termik buxarlandırılması ilə yaradılıb. Alınmış sendviç strukturlu və aktiv səthlərinin sahəsi $(0,02\div 4)$ sm² olan nümunələrin cərəyan kontaktlarının hər iki istiqamətdə $(-30)\div(+30)$ V intervalında omik olması TR-4805 tipli xarakteroqraf vasitəsilə yoxlanılıb.

Təcrübələrdə volt-ampere, volt-farad, spektral xarakteristikaların ölçülməsi, element miqdarının (tərkibin) analizi üçün MDP-12V tipli monoxromatordan, ФПК-06-dan, yüksək tezlikli modulyasiya imkanına malik olub, iş prinsipi Zeeman polarizasiya spektroskopiyasına əsaslanan MGA-915M atom-absorbsion spektrometrindən, ARL QUANTX tipli enerji-dispers rentgen-fluorressent spektrometrlərindən, alınmış nümunələrin termik işlənməsi zamanı isə TQA-50Q tipli

termoqravimetrdən METTLER TOLEDO-4000 (DSC) tipli differensial skanedici kalorimetrindən; optik udulma əmsalının ölçülməsində CΦ-56 və Evalution 300-tipli spektrometrlərdən, eləcə də ksenon və cıvə lampalarından, DSQ-823E tipli differensial qeydedici kalorimetrindən istifadə edilmişdir.

Məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmış $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ nazik təbəqələrinin tərkibindəki kimyəvi elementlərin əvvəlcədən reaksiya məhsullarının miqdarı əsasında hesablanmış qiymətləri ilə element analizatorları (atom-absorbsion spektrometri və enerji-dispers rentgen-flüoressent spektrometri) vasitəsi ilə təyin olunmuş qiymətləri kifayət qədər dəqiqliklə üst-üstə düşür.

Tədqiqatlarda istifadə olunan qurğu və cihazların yüksək dəqiqliyə malik olması, alınan nəticələrin etibarlılığına, dəqiqliyinə heç bir şübhə saxlamır və ölçmələrdə yol verilə bilən xətlər $2\div 3\%$ -i aşmır.

Dördüncü fəsilə müxtəlif tərkibli ($0\leq x\leq 1$ və $0\leq y\leq 1$) $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin struktur xüsusiyyətlərinin, elektrik, fotoelektrik və optik xassələrinin tədqiqi zamanı alınmış təcrübi nəticələr, eləcə də onların elmi izahı şərh olunur.

Burada müxtəlif mühitlərdə (açıq havada, oksigen, azot və arqon mühitlərində) müxtəlif rejimlərdə (müxtəlif temperaturlarda və zaman müddətləri ərzində) termik işlənmənin $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin kristal quruluşuna, səth morfologiyasına, optik və fotoelektrik xassələrinə təsiri öyrənilmişdir.

Termik işlənmə eyni bir altlıq üzərində optimal katod potensialında alınmış nazik təbəqənin lazım olan sayda hissələrə bölünməsi yolu ilə alınmış nümunələrdə həyata keçirilmiş və bu zaman nazik təbəqələrdə baş verən fiziki və kimyəvi proseslərin mexanizmini aydınlaşdırmaq üçün ölçmələr dinamik rejimdə sabit ($5^\circ\text{C}/\text{dəq}$) qızdırılma sürətində aparılmışdır.

Tədqiq olunan nümunələrin termik işlənmədən əvvəl və sonra termoqravimetrik (TGA), differensial skanedici kalorimetrik (DSC) ayrılırları, rentgenoqrafik spektrləri, səthinin AFM şəkilləri, optik buraxma əmsalının spektrləri, fotokeçiriciliyinin temperatur asılılığı, kinetikaşı işıq xarakteristikaşı, spektral paylanması və qaranlıq keçiriciliyinin temperaturdan asılılığı ayrılırları çəkilmişdir.

Alınmış təcrübi nəticələrin müqayisəli təhlili əsasında göstərilmişdir ki, $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin hava, oksigen və arqon mühitlərində $90\text{-}140^\circ\text{C}$ aralığında termik işlənməsi zamanı çökdürülmədən dərhal sonra termik işlənməyə qədər onların səthinə absorbsiya olunmuş oksigen molekullarının desorbsiyası, həmçinin, səthdə metal/halkogen

artıqlığının buxarlanması ilə müşayət olunan sırf fiziki xarakterli proseslər baş verir, 415°C -dən yüksək temperaturlarda termik işlənməsi zamanı isə metal/yarımmetal oksidləri (ZnO , CdO , TeO_2 , $\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x\text{O}$) və kompleksləri (CdSO_4 və ZnSO_4) yaranır. $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrini havada $140\text{-}410^\circ\text{C}$ aralığında, arqonda (və ya azotda) isə daha geniş ($140\text{-}600^\circ\text{C}$) temperatur intervalında termik işləməklə onların elektrik, optik və fotoelektrik parametrlərinin günəş energetikaşı və optoelektronika üçün optimal qiymətlərini təmin etmək mümkündür.

Rentgenoqrafik və səthin mikroskopiyası tədqiqatları əsasında isə müəyyənəşdirilmişdir ki, bilavasitə çökdürmədən sonra $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələri amorf quruluşa malikdir və onların səthi müxtəlif (kiçik və böyük) ölçülü kristallitlərdən təşkil olunmuş qeyri-bircins matrisdən ibarətdir. Açıq havada və oksigen mühitində termik işlənmə zamanı $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin səthində CdO-ZnO sistemi yaranır və həmin sistemin optik buraxma spektrinin sərhəddinə görə təyin edilmiş qadağan olunmuş zonasının eninin ($2,70\div 3,36\text{eV}$) qiyməti, $\text{Cd}_{0,2}\text{Zn}_{0,8}\text{O}$ bərk məhlulunun qadağan olunmuş zolağının eninə ($3,23\text{ eV}$) uyğundur.

Arqon mühitində $350 - 390^\circ\text{C}$ -də $7\text{-}14$ dəqiqə ərzində termik işlənməmiş $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin $600\text{-}1000\text{ nm}$ dalğa uzunluğu oblastında optik buraxma əmsalının kifayət qədər böyük qiymətə malik olduğu ($45\text{-}87\%$) aşkar edilmişdir ki, bu da həmin təbəqələri yüksək effektivə malik günəş elementlərinin hazırlanması üçün əlverişli material olduğuna dəlalət edir.

Müxtəlif tərkibli $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələri üçün $(\alpha\cdot h\nu)^2$ -nın fotonun enerjisindən ($h\nu$) asılılığının fundamental udma sərhədində xətti qanuna tabe olması isə, bu bərk məhlulların bütün tərkiblərinin düz zolaqlı yarımkəçirici olduğunu göstərir.

$\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin optik xassələrinin həm təcrübi tədqiqi əsasında alınmış nəticələr, həm də həmin nazik təbəqələrin qadağan olunmuş zonasının eninin $0,02\%$ dəqiqliklə Veqard qaydasına tabe olduğunu, termik işlənmə rejimini və tərkibdəki komponentlərin mol miqdarını seçməklə spektrin ultrabənövşəyi, görünən və yaxın infraqırmızı oblastlarında optimal optik parametrlərə malik $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələri almağın və onlardan optik filtrlərin düzəldilməsində istifadə etməyin mümkünlüyünü göstərir.

Aparılan təcrübi ölçmələr göstərir ki, alınmış $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin qaranlıq keçiriciliyinin (σ_q) və fotokeçiriciliyin (σ_f) temperaturdan $\ln\sigma\sim 1000/T$ koordinatlarındakı asılılığı xəttidir. Bu isə o

deməkdir ki, həmin təbəqələrdə hər iki keçiricilik (σ_q və σ_f) aktivləşmə xarakterinə malikdir. Bu ölçmələr əsasında 300K-də $\text{Cd}_{0.25}\text{Zn}_{0.75}\text{S}_{0.8}\text{Te}_{0.2}$ nazik təbəqələrinin qaranlıq keçiriciliyinin $8,5 \times 10^{-7} \text{Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ və aktivləşmə enerjisinin $\Delta E = 0,733 \text{ eV}$; fotokeçiriciliyin qiymətinin $1,12 \times 10^{-5} \text{Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ və aktivləşmə enerjisinin $\Delta E = 0,323 \text{ eV}$ olduğu tapılmışdır. $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin qadağan olunmuş zonasındakı lokal enerji səviyyələri ya mobil (mütəhərrik) zonada yerləşir, ya da həmin səviyyələrin özləri mütəhərrikdir, yəni xarici təsirlərlə öz xarakterini dəyişə bilər. Bu səviyyələrdən rekombinasiyanın mexanizmi isə bimolekulyardır.

Dissertasiya işinin **beşinci fəsl**i sulu məhluldan p-GaAs monokristal lövhələri üzərinə elektrokimyəvi üsulla $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ nazik təbəqələri çökdürməklə yaradılmış p-GaAs/n- $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ heteroqəçidlərinin elektron xassələrinin (elektrik, tutum və fotoelektrik xassələrinin) tədqiqinə həsr olunub.

Burada müxtəlif şəraitlərdə (termik işlənmədən əvvəl, eləcə də müxtəlif mühit və rejimlərdəki termik işlənmədən sonra) həmin heteroqəçidlər əsasında hazırlanmış diod və fotoelementlərin volt-ampere, volt-farad, tutum-tezlik, qısa qapanma cərəyanının spektral və işıq xarakteristikaları, əsas parametrlərinin (düzəldirmə əmsalının, ardıcıl və şuntlayıcı müqavimətinin, qısa qapanma cərəyanının, açıq dövrə gərginliyinin, doldurma əmsalının, faydalı iş əmsalının) müxtəlif amillərdən (temperatur, tərkib, termik işlənmə mühiti, termik işlənmə temperaturu və müddətindən) asılılığı tədqiq olunmuşdur.

Müəyyənəşdirilmişdir ki, p-GaAs/n- $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ heteroqəçidləri diod xassəsinə malikdir. Onların düzəldirmə əmsalı və qaranlıq VAX-nın qeyri-ideallıq əmsalı, eləcə də ardıcıl və şuntlayıcı müqavimətlərinin qiyməti nazik təbəqənin tərkibindən asılıdır. Ən yaxşı düzəldirmə halı $x=0,9$ və $y=0,8$ tərkibli təbəqələr əsasında keçidlərdə müşahidə olunur ki, bu da həmin tərkibli n- $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ -lə p-GaAs-nin qəfəs parametrlərinin çox yaxın olmasını göstərir.

Bilavasitə çökdürülmədən sonra (termik işlənməyə qədər) müxtəlif tərkibli p-GaAs/n- $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ heteroqəçidləri üçün qeyri-ideallıq əmsalının 2 ÷ 3,5 intervalında dəyişməsi isə cərəyanın rekombinasiya-tunel mexanizmi ilə axdığına dəlalət edir.

Arqon mühitində 300°C-də $\tau=15$ dəq ərzində termik işlənmədən sonra $x=0,9$ və $y=0,8$ tərkibli p-GaAs/n- $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ heteroqəçidlərində maksimal düzəldirmə əmsalı ($\kappa=2000$) müşahidə olunur, keçidin potensial

çəpərinin hündürlüyü dəyişir, qeyri-ideallıq əmsalının, ardıcıl müqavimətin və əksinə cərəyanın qiyməti isə kəskin azalır. Güman olunur ki, bütün bunlar hamısı tədqiq olunan heterostrukturun termik işlənməsi zamanı bərk məhlul nazik təbəqəsinin intensiv kristallaşması və heterosərhəddin formalaşması ilə bağlıdır.

Bilavasitə çökdürmədən sonra müxtəlif tərkibli p-GaAs/n- $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ strukturları üçün $C^n=f(U)$ asılılıqlarında $n \neq 2$ olur. Bu isə öz növbəsində həmin heteroqəçidlərin bağlayıcı təbəqəsinin sərhəddinin kəskin olmadığına, termik işlənməmiş strukturlarda keçid oblastının hələ tam formalaşmadığına, yəni keçid oblastında çoxlu sayda nano-heteroqəçidlərin yarandığına dəlalət edir. p-GaAs və n- $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ -nin kristal qəfəs parametrləri biri-birinə yaxınlaşdıqca $C^n=f(U)$ qrafikinə bütün hissələrində asılılığın üstü tədricən 2-yə yaxınlaşır və nəhayət, $x=0,9$ və $y=0,8$ qiymətlərində $n=2,1$ olur, yəni keçid kəskinləşir.

Arqon mühitində 300°C-də 15 dəqiqə ərzində termik işlənməmiş p-GaAs/ $\text{Cd}_{0,1}\text{Zn}_{0,9}\text{S}_{0,2}\text{Se}_{0,8}$ strukturlarının tutum xarakteristikalarının təhlili əsasında n- $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ təbəqələrində donorların konsentrasiyasının $N_D = 3 \cdot 10^{16} \text{ sm}^{-3}$, kontakt potensialları fərqi $U_d = 0.86 \text{ V}$, keçid oblastındakı defektlərin aktivləşmə enerjisinin $E_1 = 0.165 \text{ eV}$ və $E_2 = 0.276 \text{ eV}$ olduğu tapılmış və müəyyənəşdirilmişdir ki, E_1 -in qiyməti nazik təbəqələrin çökdürülmə rejimindən asılı olaraq dəyişdiyi halda, E_2 -nin qiyməti baxılan təbəqələrin hamısı üçün eynidir. Fərz olunur ki, birinci qrup səviyyələr yalnız reaksiya zamanı təbəqələrin səthində və həcmindəki asan buxarlanan halqogen (S, Se) artıqlığı, ikinci qrup səviyyələr isə reaksiya məhlulundan çıxarıldıqdan sonra təbəqələrin səthinə hopmuş oksigenin yaratdığı $[V_{\text{Cd,Zn}} - O]^+ - (Zn)Cd_i^{+}]^{++}$ vakansiyaları ilə əlaqədardır.

Aşkar olunub ki, çökdürmə potensialının -0.9 V qiymətində alınmış strukturlar maksimum fotohəssaslıq nümayiş etdirir, katod potensialının mütləq qiymətə sonrakı artırılması ($U \geq -1.0 \text{ V}$ olduqda) isə heteroqəçidlərin spektrin qısa dalğa uzunluğu oblastında fotohəssaslığını yenidən pisləşdirir. Fotohəssaslığın çökdürmə potensialından asılı olaraq bu cür qeyri-monoton dəyişməsi, n- $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ nazik təbəqələrinin stexiometrik tərkibinin yalnız potensialın konkret optimal qiymətlərində təmin olunmasını bir daha sübut edir. Fərz olunur ki, p-GaAs/n- $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ strukturlarının fotohəssaslığının spektrin qısa dalğalar oblastındakı yüksəlməsi, nazik təbəqələrin tərkibində selenin miqdarının azalması ilə bütövlükdə spektrin və onun maksimumunun qısa dalğalar tərəfə sürüşməsi, maksimumların intensivliyinin azalması və

$n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ bərk məhlullarının qadağan olunmuş zolağının eninin böyüməsi ilə bağlıdır.

Arqon mühitində optimal rejimdə (300°C -də, 15 dəq) termik işlənmədən sonra $p\text{-GaAs}/n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ strukturları əsasındakı günəş elementlərinin parametrlərinin qiyməti uyğun olaraq $U_{\text{ad}} = 642 \text{ mV}$, $J_{\text{qk}} = 12,34 \text{ mA/sm}^2$, $\text{FF} = 0,65$ və $\eta = 9,4 \%$ -ə çatır.

Sonuncu, **altıncı fəsil**də isə $p\text{-GaAs}/n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ heterostrukturlarının elektron xassələrinin eksperimental tədqiqi zamanı alınmış nəticələr və onların elmi izahı şərh olunmuşdur.

Bu fəsilə də, dissertasiyanın V fəsilindəkinə tamamilə analoji ölçmələr aparılmışdır. Aşkar edilmişdir ki, $p\text{-GaAs}/n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ strukturları da diod xassəsinə malikdir, lakin eyni bir xarici şəraitdə onların xarakteristika və parametrləri selen komponentli strukturların uyğun xarakteristika və parametrlərindən fərqlənir. Belə ki, $p\text{-GaAs}/n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ heteroqeyidlərində düzləndirmə və VAX-ın qeyri-xəttilik əmsalı $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin tərkibindən qeyri-monoton asılı olub, uyğun olaraq $1,7 \div 200$ və $1,6 \div 2,7$ intervalında dəyişir. $x=0,75$ və $y=0,2$ tərkibli nazik təbəqələr əsasındakı heteroqeyidlərdə düzləndirmə əmsalı maksimal ($k=200$), VAX-ın qeyri-ideallıq əmsalı isə minimal ($\beta=1,6$) qiymətə malik olur. Bu da həmin tərkibli $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqə və $p\text{-GaAs}$ cütliyünün qəfəs parametrlərinin yaxşı uzlaşdığını göstərir.

$p\text{-GaAs}/n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ heteroqeyidlərinin ardıcıl müqavimətinin (R_a) və potensial çəpərinin hündürlüyünün (ϕ_k) qiyməti $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin tərkibindən (x və y -in qiymətindən) asılı olaraq qeyri-monoton dəyişir. Tərkibdəki sinkin miqdarının artması ilə ardıcıl müqavimətin qiyməti böyüməli olduğu halda, sinkin mol miqdarının müəyyən intervalında onun kiçilməsi müşahidə olunur. Ardıcıl müqavimətin və potensial çəpərin hündürlüyünün tərkibdən asılı olaraq belə qeyri-monoton dəyişməsi, bilavasitə çökdürmədən sonra nazik təbəqələrin səthində metal (Cd, Zn)/halkogen (S,Te) artıqlığı və ya çatışmazlığı ilə, daha doğrusu, təbəqələrin stexiometrik baxımdan qeyri-bircinsliyi ilə izah olunur.

Aşkar edilmişdir ki, bəzi tərkibli $p\text{-GaAs}/n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ heteroqeyidlərinin potensial çəpərinin hündürlüyünün eksperimentdən tapılmış qiymətinin nəzəri hesablanmış qiymətdən kiçik, bəzilərində isə əksinə böyük olması, həmin təbəqələrin səthində elektron artıqlığı və çatışmazlığı, keçid oblastında isə müxtəlif istiqamətlərdə yönəlmiş elektrik dipollarının yaranması ilə bağlıdır. $p\text{-GaAs}/n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ heteroqeyidlərində nazik təbəqələrin tərkibindən asılı olaraq gərginliyin

müəyyən $U=0,3-0,8 \text{ V}$ qiymətlərinə qədər keçid oblastından cərəyanın axmasında rekombinasiya və ya tunel-rekombinasiya mexanizmləri, daha böyük gərginliklərdə isə - əsasən tunel-rekombinasiya mexanizmi üstünlük təşkil edir.

Arqon mühitində 390°C -də 14 dəqiqə ərzində termik işlənmədən sonra $p\text{-GaAs}/n\text{-Cd}_{0,25}\text{Zn}_{0,75}\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2}$ heteroqeyidlərində düzləndirmə əmsalı 3000, VAX-ın qeyri-ideallıq əmsalı isə 1,4 qiymətinə çatır. Qeyri-ideallıq əmsalının belə kəskin azalması, keçiddən cərəyanın axmasında diffuziya mexanizminin üstünlük təşkil etdiyini və heteroqeyidlərin ideallığa yaxınlaşdığını göstərir.

Aparılan ölçmələr göstərmişdir ki, termik işlənmədən əvvəl heteroqeyidlərin elektrik tutumunun $C^{-n} = f(U)$ asılılığında xətti qanun müşahidə edilmir və hətta qəfəs parametrləri çox yaxın olan $p\text{-GaAs}$ -lə $n\text{-Cd}_{0,25}\text{Zn}_{0,75}\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2}$ cütliyi əsasında heteroqeyidlərdə də $n = 1,7$ olur. Arqon mühitində 390°C -də 14 dəqiqə ərzində termik işlənmədən sonra isə, $p\text{-GaAs}/n\text{-Cd}_{0,25}\text{Zn}_{0,75}\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2}$ heteroqeyidləri özlərini kəskin heteroqeyid kimi aparır və $C^{-2} = f(U)$ asılılığı xətti qanuna tabe olur. Asılılığın gərginlik oxuna aproksimasiyası əsasında göstərilmişdir ki, bu heteroqeyidlər üçün potensial çəpərin hündürlüyü $\phi_k = 0,61 \text{ V}$.

$x=0,75$ və $y=0,2$ tərkibli nazik təbəqələr əsasında hazırlanmış $p\text{-GaAs}/n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ heteroqeyidlərində keçirici zonaların enerji fərqi çox kiçik qiymətə malik ($\Delta E_c = 0,05 \text{ eV}$) olması, onlardan günəş enerjisinin fotovoltaiq çeviriciləri kimi istifadə etməyə imkan verir.

$p\text{-GaAs}/n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ heteroqeyidləri spektrin qısa dalğalar oblastında zəif fəthəssaslıq nümayiş etdirir ki, bu da bilavasitə çökdürmədən sonra nazik təbəqələrin səthində absorbsiya olunmuş oksigen molekullarının özlərini akseptor mərkəzləri kimi apararaq, həmin təbəqələrin həcmindən elektronları rekombinasiya etmələri nəticəsində onların xüsusi müqavimətinin yüksəltməsi ilə izah olunur.

Müəyyənəşdirilmişdir ki, bilavasitə çökdürmədən sonra $p\text{-GaAs}/n\text{-Cd}_{0,25}\text{Zn}_{0,75}\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2}$ heteroqeyidlərində: $J_{\text{qk}} = 3,4 \text{ mA/sm}^2$, $U_{\text{ad}} = 131 \text{ mV}$, $\text{FF} = 0,43$, $P = 445 \text{ mWt/sm}^2$, $\eta \approx 0,2 \%$. Arqon mühitində 390°C -də 14 dəqiqə ərzində termik işlənmədən sonra isə, $U_{\text{ad}} = 584 \text{ mV}$, $J_{\text{qk}} = 1,54 \text{ mA/sm}^2$, $\text{FF} = 0,6$ və $\eta = 6,7 \%$ -ə çatır.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ nazik təbəqələri alarkən, onların mexaniki və altlığa adgeziya baxımından lazımi keyfiyyətinin təmin olunması, kristal qəfəs strukturunun yaxşı formalaşması üçün reaksiya məhlulundakı metal və metal-kompleks ionlarının konsentrasiyasının yüksək dəqiqliklə sabit, cərəyan sıxlığının isə- kiçik saxlanması təmin edilməlidir. Bu zaman çökmə sürəti temperaturdan, alınan təbəqələrin tərkibi çökdürmə gərginliyinin, kristal quruluşu isə- həm də reaksiya məhlulundan axan cərəyanın qiymətindən asılıdır.
2. Sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmış $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ nazik təbəqələrinin tərkibindəki kimyəvi elementlərin əvvəlcədən reaksiya məhsullarının miqdarı əsasında hesablanmış və element analizi vasitəsi ilə təyin olunmuş qiymətləri üst-üstə düşür.
3. Sulu məhluldan elektrokimyəvi üsulla çökdürülmüş $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ nazik təbəqələri bilavasitə çökdürülmədən sonra başlıca olaraq amorf quruluşa malikdir. Çökdürmə cərəyanının sıxlığının və katod potensialının müvafiq qiymətlərini seçməklə polikristal, monokristal və ya teksturlu nazik təbəqələr almaq mümkündür. Müxtəlif mühitlərdə $90\div 120^\circ\text{C}$ intervalında termik işlənmə bilavasitə çökdürmədən sonra onların səthində absorbsiya olunmuş oksigen atomlarının desorbsiyası və səthdəki artıq metal/halkogen atomlarının buxarlanması, 415°C -dən yüksək temperaturlarda termik işlənmə isə- metal/yarımkeçirici oksidləri komplekslərinin ($\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}$) yaranması ilə nəticələnir.
4. Sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmış müxtəlif tərkibli $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin hamısı düz keçidli yarımkeçiricilərdir və onların qadağan olunmuş zonasının eninin tərkibdən asılılığı 0.02 % dəqiqliklə Veqard qaydasına tabedir.
5. Sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmış $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin qaranlıq, eləcə də fotokeçiriciliyi aktivləşmə xarakterlidir və hər iki prosesin aktivləşmə enerjisi geniş temperatur diapazonunda yalnız təbəqənin tərkibindən asılıdır. Bimolekulyar mexanizmə malik fotokeçiriciliyin birbaşa təyin olunduğu lokal enerji səviyyələri isə, ya mütəhərrik enerji zonalarında yerləşir, yaxud da özləri mobildir, yəni xarici təsirlərlə xarakterlərini dəyişir.
6. Sulu məhluldan $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ nazik təbəqələrinin p-GaAs lövhələri üzərinə elektrokimyəvi çökdürməsi ilə yaradılmış

p-GaAs/n- $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ strukturları diod xassəsinə malikdir. Onların əsas parametrləri və xarakteristikaları çökdürmə cərəyanı, katod gərginliyi və temperaturla yanaşı, həm də əhəmiyyətli dərəcədə termik işlənmə mühitindən və rejimindən asılıdır.

7. Sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmış $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ nazik təbəqələrinin və onların əsasında heterostrukturların sabillik dərəcəsinin, əsas fiziki parametr və xarakteristikalarının çökdürmə parametrlərindən, termik işlənmə mühiti və rejimindən asılılığı ilk növbədə həmin təbəqələrin kristallaşması, heteroqecidlərin formalaşması keçiddən axan cərəyanın tabe olduğu mexanizmin, nazik təbəqə materialı və p-GaAs altlığının qəfəs parametrlərinin bir-birinə uyğunluq dərəcəsinin alınma və termik işlənmədən müvafiq şəkildəki asılılıqları ilə bağlıdır.
8. $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin tərkibində tellurun miqdarının artması ilə onların fotohəssaslığının yüksəlməsi və spektrin qısa dalğalar tərəfdən sərhədinin daha da kəskinləşməsi, tellurlu birləşmələrin oksigenə qarşı daha dayanıqlı olması ilə bağlıdır.
9. Sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmış $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ nazik təbəqələrinin qadağan olunmuş zonasında 2 qrup ($E_1=0,15$ eV və $E_2=0,276$ eV) donor təbiətli tutma səviyyələri var. Bu təbəqələri oksigen və açıq hava mühitində termik işlədikdə onların səthində tərkibdən asılı olaraq qadağan olunmuş zonasının eni $\sim (2,70\div 3,36)$ eV arasında dəyişən CdO-ZnO sistemi bərk məhlulları əmələ gəlir.
10. Optimal alınma və termik işlənmə rejimi seçməklə, sulu məhluldan elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə müxtəlif qalınlığa, kristal quruluşa, otaq temperaturunda $600\div 1000$ nm dalğa uzunluğu diapazonunda $45\div 87\%$ optik buraxma əmsalına malik, spektrin ultrabənövşəyidən yaxın infraqırmızıya qədərki diapazonunda optik filtrlərin hazırlanması üçün əlverişli olan $n\text{-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ nazik təbəqələri almaq, onların əsasında düzləndirmə əmsalı 3000-ə, ideallıq əmsalı 1.4-ə çatan düzləndirici diodlar, açıq dövrə gərginliyi 0,642mV-a, qısa qapanma cərəyanının sıxlığı $14,54$ mA/sm²-a , effektivliyi $\sim 0,65$ -ə, faydalı iş əmsalı 9.4%-ə çatan günəş elementləri və işıq qəbulediciləri düzəltmək olar.

Dissertasiyanın nəticələri aşağıdakı işlərdə çap olunmuşdur.

1. Abdinov A.Sh., Mamedov H.M., Amirova S.İ., Mamedov V.U., et.al. Characterization and optimization of p-Si/CdTe/Cd_{0.3}Zn_{0.7}Se_{0.1} heterojunctions prepared by the electrochemical deposition / EMRS, Strasbourg, 2007, p. 45.
2. Абдинов А.Ш., Мехтиев Н.М., Мамедов Г.М., Мамедов В.У. и др. Спектральные характеристики оптических параметров и фотопроводимости пленок n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Se_y термически обработанных в аргоновой атмосфере / “Fizikanın müasir problemləri” II Respublika elmi konfransının materialları, Bakı, 2008, s.30-33.
3. Абдинов А.Ш., Мехтиев Н.М., Мамедов Г.М., Мамедов В.У. и др. Эффект переключения в пленках n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Se_y // Fizika, XIV, 2008, № 3, s. 107-108.
4. Abdinov A.Sh., Mamedov H.M., Mamedov V.U. Investigation of p-Si/Cd_{0.3}Zn_{0.7}Se_{0.8}Se_{0.2} heterostructures with intermediate nano-granular layer of CdTe / E-MRS Fall Meeting, Strasbourg, 2009, p-55.
5. Abdinov A.Ş., Səfərov V.H., Mamedov H.M., Mamedov V.U. və b. Güclü lazer şüasının Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Se_y nazik təbəqələrinin fotoelektrik xassələrinə təsiri / Bakı Dövlət Universitetin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş beynəlxalq elmi konfransın materialları, Bakı, 2009, p.269-270.
6. Abdinov Ə. Ş., Məmmədov H.M., Məmmədov V.U., Qəribov Q.İ. və b. Arqon mühitində termik emalın n-Si/ Cd_{1-x}Zn_xS heteroqecidlərinin elektrik xassələrinə təsiri / Fizikanın müasir problemləri III Respublika konfransının materialları, Bakı, 2009, s.162-163.
7. Abdinov A.Sh., Mamedov H.M., Mamedov V.U. Electric and photoelectric properties of p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Se_y heterojunctions / European Materials Research Society, Fall Meeting, Warsaw, Poland, 2010, p. 12.
8. Abdinov A.Sh., Mamedov H.M., Mehdiyev N.M., Mamedov V.U. Preparation and mechanism of current passage in p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Se_y heterojunction // Azerbaijan Journal of Physics, 2010, v.XVI, № 2, p.51-54.
9. Abdinov A.Sh., Mamedov H.M., Mehdiyev N.M., Safarov V.H., Mamedov V.U. Improvement of photoelectric parameters of the Mo/CuInSe₂/Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Se_y electrodeposited solar cells by thermal annealing in argon atmosphere / Proceedings of Technical and Physical

- Problems of Power Engineering, Tabriz, Iran, 2010, p.519-521.
10. Məmmədov H.M., Məmmədov V.U. Azot mühitində termik emalın p-Si/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Se_y heteroqecidlərinin elektrik xassələrinə təsir / Gənc tədqiqatçıların “Fizika və astronomiya problemləri” Respublika Elmi konfransının materialları, Bakı, 2010, s. 53.
11. Məmmədov V.U. Arqon mühitində termik emalın p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Se_y heteroqecidlərində cərəyanın daşınma mexanizminə təsiri / Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVI Respublika Elmi Konfransının materialları, Bakı, 2010, s.15.
12. Абдинов А.Ш., Мамедов Г.М., Мамедов В.У., Фотодиоды на основе гетеропереходов p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y / Тезисы докладов XXI Международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения, Москва, 2010, с. 209.
13. Abdinov A.Sh., Mamedov H.M., Mamedov V.U., Rahimova N.A. Preparation and investigation of heterojunction solar cells p-Si/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y / Труды Республиканской научно-практической конференции «Опто-нанoeлектроника и физика конденсированных сред», Баку, 2011, ст.16-18.
14. Abdinov A.Sh., Mamedov H.M., Mamedov V.U., Mehtiyev N.M. Solar cells on the basis of heterojunctions p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y / European Materials Research Society, Spring Meeting, Strasbourg, 2011, p.21.
15. Мамедов Г.М., Сафаров В.Г., Мамедов В.У., Рагимова Н.А. и др. Двухфотонное поглощение излучения неодимового лазера в тонких пленках ZnS_xSe_{1-x} // Bakı Universitetinin Xəbərləri, 2011, № 3, s.154-158.
16. Мамедов Г.М., Мамедов В.У. Электрические и фотоэлектрические свойства гетеропереходов p-GaAs/n-Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y // Bakı Universitetinin Xəbərləri, 2011, № 4, s.138-144.
17. Abdinov Ə. Ş., Məmmədov H.M., Məmmədov V.U., Elektrokimyəvi çökdürmə üsulu ilə alınmış Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y nazik təbəqələrinin elektrik və fotoelektrik xassələri // Azerbaijan Journal of Physics, 2012, v.18, № 3, p.23-29.
18. Abdinov Ə.Ş., Məmmədov H.M., Məmmədov V.U. Cd_{1-x}Zn_xS_{1-y}Te_y nazik təbəqələrinin optik xassələri / “Opto, nanoelektronika, kondensə olunmuş mühit və yüksək enerjilər fizikası” VI Respublika Elmi praktik konfransının materialları, Bakı, 2012, s.21-24.
19. Abdinov Ə.Ş., Məmmədov H.M., Məmmədov V.U. Elektrokimyəvi

- çökdürmə üsulu ilə alınmış $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin elektrik və fotoelektrik xassələri / “Fizikanın aktual problemləri” VII Respublika elmi konfransının materialları, Bakı, 2012, s. 69-70.
20. Məmmədov H.M., Məmmədov V.U., Müxtəlif mühitlərdə termik işləmənin $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ nazik təbəqələrinin optik xassələrinə təsiri // Journal of Qafqaz University, 2012, № 34, p.71-78.
21. Мамедов В.У. Фоточувствительные гетеропереходы $\text{p-GaAs/n-Cd}_{0.1}\text{Zn}_{0.9}\text{S}_{0.2}\text{Se}_{0.8}/\text{SnO}_2$, полученные методом электрохимического осаждения / Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVI Respublika Elmi Konfransının materialları, Bakı, 2012, s.19-22.
22. Abdinov Ə.Ş., Məmmədov H.M., Məmmədov V.U., Səfərov V. H. və b. Nazik təbəqəli $\text{p-GaAs/n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ nazik təbəqəli heteroqəçidlərinin keçid oblastinin diaqnostikası // Bakı Universitetinin xəbərləri, 2013, № 1, s. 111-119.
23. Abdinov Ə.Ş., Məmmədov H.M., Səfərov V.H., Məmmədov V.U. və b. $\text{p-GaAs/n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ heteroqəçidlərinin Volt-Farad xassələrinin tədqiqi/“Fizikanın aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfransının materialları, Bakı, 2013, s. 53-55
24. Mamedov H.M., Mamedov V.U. Photoelectrical properties of $\text{p-GaAs/Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ heterojunctions // International Journal of Engineering and Computer Science, 2013, v.13, N6, p.1-4.
25. Məmmədov H.M., Məmmədov V.U. Termik İşlənmənin of $\text{p-GaAs/n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y$ heteroqəçidlərinin elektrik xassələrinə təsiri / Fizikanın müasir problemləri VII Respublika Konfransı Materialları, Bakı, 2013, s.47-50.
26. Məmmədov V.U. $\text{p-GaAs/n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Se}_y$ nazik təbəqəli heteroqəçidlərin keçid oblastinin diaqnostikası / Magistrantların və gənc tədqiqatçıların “Fizika və Astronomiya Problemləri” VIII respublika elmi konfransının materialları, Bakı, 2013, s.91

ВУСАЛ УСУБ ОГЛЫ МАМЕДОВ

**ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК
 $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ И СТРУКТУР $\text{p-GaAs/n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$,
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ**

РЕЗЮМЕ

Методом электрохимического осаждения из водного раствора получены тонкие пленки $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ и гетеропереходы $\text{p-GaAs/n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ с различными процентными содержаниями. Проведены комплексные исследования их структурных, морфологических, оптических, электрических и фотоэлектрических свойств в зависимости от режима осаждения, а также от среды и режима термической обработки.

В результате проведенных исследований установлено, что полученные пленки непосредственно после осаждения в основном обладают аморфной структурой. Однако выбором соответствующих значений плотности тока и катодного потенциала осаждения, можно создать моно- и поликристаллические, а также текстурные пленки $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$.

Термическая обработка в интервале $90\div 120$ °С при различных средах (в открытом воздухе, кислород и аргон) приводит к десорбции кислородных атомов и испарению избытка металл/халькогенидных компонентов из поверхности пленок. После термической обработки на открытом воздухе и в атмосфере кислорода при 415 °С на поверхности пленок образуются комплекс оксидов ($\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}$).

Выбраны оптимальные режимы для осаждения и термической обработки, при которых обеспечиваются оптимальные значения коэффициента пропускания ($45\div 87$ %) пленок; а также коэффициента выпрямления (3000) и неидеальности ВАХ (1.4), напряжения холостого хода (0.642 В), тока короткого замыкания (14.54 мА/см²) и эффективности (9.4%) гетеропереходов на их основе.

VUSAL USUB OGLI MAMEDOV

**ELECTRONIC PROPERTIES OF FILMS $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ AND
STRUCTURES $\text{p-GaAs/n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ PREPARED BY THE
METHOD OF ELECTROCHEMICAL DEPOSITION**

SUMMARY

The films of $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ and heterojunctions of $\text{p-GaAs/n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ with different composition were prepared by the method of electrochemical deposition from solution. Complex investigations of structural, morphological, optical, electrical and photoelectrical properties were carried out depending on the electrochemical deposition and heat treatment regimes.

It is established at experiments that directly after the deposition the films mainly shows amorphous structure. It is possible to prepare the films of $\text{n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ with single crystalline, polycrystalline and texture structure by choosing the current density and cathode potential of deposition.

It is established that heat treatment at $90\div 120^\circ\text{C}$ at different atmospheres (air, oxygen and argone) leads to desorption of oxygen atoms and evaporation of metal/chalcogenide components from the films surface. Heat treatment in air and in oxygen atmosphere at 415°C leads to formation of oxide complex of $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{O}$.

It is possible to prepare optimum values of optical transition factor ($45\div 87\%$) of films; rectification coefficient (3000), nonideality factor of VAC (1.4), open circuit voltage (0.642 V), short circuit current (14.54 mA/cm^2) and efficiency (9.4%) heterojunctions by choosing the deposition and heat treatment regimes.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ
БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

ВУСАЛ УСУБ ОГЛЫ МАМЕДОВ

**ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК
 $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$ И СТРУКТУР $\text{p-GaAs/n-Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_{1-y}\text{Te}_y(\text{Se}_y)$,
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ**

2211.01 – физика твердого тела

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по физике**

БАКУ-2014