

Əlyazması hüququnda

MƏMİŞOVA RƏXŞANƏ MƏYİŞ QIZI

**Pb_{1-x}Mn_xSe EPİTAKSİAL TƏBƏQƏLƏRİNİN ELEKTROFİZİKİ
XASSƏLƏRİNƏ İONLAŞDIRICI ŞÜALARIN TƏSİRİ**

2225.01-Radiasiya materialşünaslığı

Fizika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim olunmuş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKI-2017

İş Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Radiasiya Problemləri İnstitutunda və H.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər:

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor

R. S. Mədətov

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor

H. R. Nuriyev

Rəsmi opponentlər:

Fizika- riyaziyyat elmləri doktoru, professor

A. Z .Abasova

Fizika üzrə elmlər doktoru, dosent

N. N. Niftiyev

Aparıcı təşkilat:

Bakı Dövlət Universitetinin Fizika Problemləri
Elmi Tədqiqat İnstitutu

Dissertasiyanın müdafiəsi " ___ " _____ 2017-ci il tarixində saat " ___ " -da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Radiasiya Problemləri İnstitutu nəzdində D01.221 İxtisaslaşdırılmış Şurasının iclasında, Az 1143, Bakı ş. B.Vahabzadə küçəsi, 9 ünvanında keçiriləcəkdir.

Dissertasiya ilə Azərbaycan MEA Radiasiya Problemləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat " ___ " _____ 2017-ci ildə göndərilmişdir.

D01.221 İxtisaslaşdırılmış Şurasının Elmi Katibi
kimya elmləri doktoru, professor

Ağayev T. N.

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Müasir materialşünaslığın mühüm məsələlərindən biri yeni xassəli yarımkeçirici materialların alınması, fiziki xassələrinin tədqiqi və onların məqsədyönlü idarə edilmə üsullarının işlənilməsidir. Fundamental tədqiqatlar və praktiki işləmələr üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edən materiallardan biri də $A^{IV}B^{VI}$ tipli yarımkeçiricilər qrupuna daxil olan darzolaqlı $Pb_{1-x}Mn_xSe$ bərk məhlullarıdır. Məlumdur ki, $PbSe$ spektrin infraqırmızı oblastında işləyən optoelektron cihazların hazırlanmasında istifadə olunur. Bu materialın daha geniş praktiki tətbiqinə mane olan mühüm səbəblərdən biri müxtəlif ekstremal şəraitlərdə cihazların parametrlərinin deqradasiyasına gətirən quruluş defektlərinin (kation vakansiyası) və qalıq aşqarların konsentrasiyalarının yüksək olmasıdır. Elmi ədəbiyyatda olan məlumatlara görə baza materialı olan $PbSe$ – də defektlərin təsirini kompensasiya etmək məqsədi ilə əsas matrisaya Sn , Mn elementləri daxil edilir. Bu zaman struktur defektlər qismən kompensasiya edilsə də əlavə irimiqyaslı defektlər yaranır. Bu səbəbdən $Pb_{1-x}Mn_xSe$ bərk məhlullarının fiziki xassələri kəskin dəyişir və onun stabilliyini təmin etmək məqsədi ilə yeni texnoloji proseslərin işlənilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Belə üsullardan biri də $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin molekulyar dəstədən kondensasiyası üsuludur. Göstərilən bərk məhlulların epitaksial təbəqələrinin fiziki xassələrinin aşqar atomlarından və radiasiya şüalarının təsirindən asılı olaraq idarə edilmə mexanizminin işlənilməsi elmi və praktiki cəhətdən əhəmiyyətlidir.

Hazırda $A^{IV}B^{VI}$ tipli bərk məhlullar spektrin 3-5 mkm və 10-14 mkm dalğa uzunluğu oblastlarında yüksək həssaslığa malik infraqırmızı (İQ) fotoqəbuledicilərin hazırlanmasında geniş istifadə edilir. Bərk məhlulların komponentlərinin miqdarını dəyişməklə parametrləri məqsədyönlü idarə etmək mümkündür. Yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının, o cümlədən qadağan olunmuş zonanın eninin (E_g) xətti dəyişməsi verilmiş parametrlə cihazların hazırlanmasına imkan verir. Onların çatışmayan cəhəti isə bircinsli və mükəmməl kristalların alınma texnologiyasının olmamasıdır. Həcmi kristalların alınma texnologiyasından (Bricmen, Çoxralski üsulları) istifadə etməklə tələb olunan parametrlə kristalların alınması mümkün olmur. Digər tərəfdən həcmi monokristalların alınması və onlar əsasında fotoqəbuledicilərin hazırlanması iqtisadi cəhətdən əlverişli deyil. Müasir mikro və optoelektronikanın inkişaf istiqmətləri yüksəkeffektivli

çoxelementli yarımkeçirici strukturların işlənməsinə yönəldiyindən böyük sahəli və bircins nazik təbəqələrin alınması və onların fiziki xassələrinin öyrənilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Nazik təbəqəli strukturların hazırlanması zamanı istifadə edilən üsullardan biri də molekulyar dəstədən kondensasiya üsuludur. Bu üsul təbəqənin bircinsliliyini tam təmin edir və istənilən profilli səthin alınmasına imkan verir.

Təqdim olunan dissertasiya işində tədqiq olunan $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələri də molekulyar dəstədən kondensasiya metodu ilə alınmışdır.

Elmi ədəbiyyatda $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin alınmasına və onların elektrofiziki xassələrinin tədqiqinə aid bir neçə məlumatlar mövcuddur. Onlar əsasən təbəqələrin alınma texnologiyasının təkmilləşdirilməsinə həsr edilmişdir. Məlumdur ki, belə mürəkkəb tərkibli təbəqələrdə fiziki xassələrin idarə olunmasında əsas rol ilkin defektlər oynayır və bu defektlərin konsentrasiyasını dəyişməklə fiziki xassələri idarə etmək mümkündür. Onların konsentrasiyasının aşqarlanma və xarici təsirlə idarə oluna bilməsi (termik dəmləmə, radiasiya şüalarının təsiri) haqqında elmi ədəbiyyatlarda məlumatlar yoxdur.

Məlumdur ki, radiasiya şüalarının təsiri nəticəsində yarımkeçirici monokristalların quruluşunda dayaz və dərin energetik səviyyələr yaranır. Bu səviyyələr yükdaşıyıcılar üçün rekombinasiya mərkəzi rolunu oynayır və nəticədə onların yaşama müddətini, həmçinin onlar əsasında yaradılan fotocihazların effektivliyini və işləmə müddətini azaldır. Bu səbəbdən, radiasiya şüalarının təsiri nəticəsində yarımkeçirici materiallarda radiasiya effektlərinin öyrənilməsi elmi və praktiki əhəmiyyət kəsb edir. Qeyd olunan effektin öyrənilməsi yarımkeçirici materialların, o cümlədən onlar əsasında yaradılan cihazların radiasiyaya davamlılığının artırılması yollarının müəyyənləşdirilməsində mühüm rol oynaya bilər.

Ədəbiyyatlarda şüalanma zamanı yaranan defektlərin ilkin defektlərlə qarşılıqlı təsir mexanizmi və defektlərin təbiəti ilə bağlı məlumatlar lazımcıca əks edilməmişdir. Bu problemin radiasiya materialşünaslığı üçün aktuallığını nəzərə alaraq dissertasiya işinin mövzusu ona həsr edilmişdir.

$Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələri həm praktiki, həm də elmi baxımdan böyük maraq kəsb edir. Elektrik xassələrinin dəyişməsi, istilik təsirlərinə müqavimət, mexaniki möhkəmlik, şüalanmanın təsirinə qarşı dayanıqlıq və $Pb_{1-x}Mn_xSe$ bərk məhlulunun bir sıra digər mühüm xarakteristikaları onun texnikada yüksək radiasiya şəraitində işləyə bilən fotoçeviricilərin, tenzoçeviricilərin, termorezistorların və s. hazırlanmasında tətbiqi üçün geniş imkanlar yaradır.

Hal-hazırda $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin elektrofiziki xassələrinə ionlaşdırıcı şüaların təsirinə həsr olunmuş işlərin praktik olaraq olmaması, bu şüaların onların elektrofiziki, termoelektrik, xassələrinin dəyişməsinə təsirinin tədqiqi böyük praktiki maraq kəsb edir. Bu problemin yarımkeçiricilər fizikası və radiasiya materiyası üçün aktuallığını nəzərə alaraq təqdim edilən dissertasiya işinin mövzusu və qarşıda duran məsələləri buna uyğun olaraq seçilmişdir.

Dissertasiya işinin məqsədi: $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrində yükün daşınma prosesinə və qəfəs quruluşuna Mn atomunun və radiasiya şüalarının təsir mexanizminin xüsusiyyətlərinin aydınlaşdırılması və alınmış nəticələrin praktiki tətbiq imkanlarının müəyyən edilməsidir.

Qarşıya qoyulan məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlər yerinə yetirilmişdir:

- $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x = 0,01$ və $x=0,04$) bərk məhlullarının sintezi və müxtəlif altlıqlar üzərində böyüdülməsi;
- Molekulyar dəstədən kondensasiya metodu ilə alınmış $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin ilkin və qamma şüalanmadan sonra səth morfoloqiyasının Atom-Qüvvə mikroskopu vasitəsilə öyrənilməsi və onların müqayisəli təhlili;
- $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin elektrik, fotoelektrik və istilik xassələrinin tədqiqi;
- $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin elektrik, fotoelektrik və istilik xassələrinə ionlaşdırıcı şüaların təsirinin tədqiqi;
- $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin ilkin və γ -kvantlarla şüalanmadan sonra Holl əmsalının və sərbəst yükdaşıyıcıların qiymətinin hesablanması və onların şüalanma dozəsindən asılılıq qanunauyğunluğunun müəyyən edilməsi.

Elmi yeniliklər:

- İlk dəfə olaraq $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin səthində baş verən morfoloji dəyişikliklərin dinamikası tədqiq edilmiş və nümunələrdə γ -şüalanmanın təsirindən müşahidə olunan effektlər aşkar edilmişdir ;
- Müəyyən edilmişdir ki, molekulyar dəstədən kondensasiya metodu ilə müxtəlif altlıqlar (BaF_2 , şüşə altlıqları) üzərində alınan $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin elektrik və fotoelektrik xassələrinin dəyişmə qanunauyğunluğu altlığın növündən asılı deyil;
- Molekulyar dəstədən kondensasiya metodu ilə müxtəlif altlıqlar (BaF_2 , şüşə altlıqları) üzərində alınan $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrində

cərəyanın keçmə mexanizminin təbəqənin alınma texnologiyasından, Mn atomlarının miqdarından və şüalanma dozasından asılı olduğu müəyyən edilmişdir;

- İlk dəfə olaraq $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin səth keçiriciliyinin mexanizmi müəyyən edilmiş və onun təbəqənin alınma üsulundan asılı olduğu və qamma şüalanmanın təsiri nəticəsində səthdə yaranan defektlərin miqdarının kəmiyyətcə dəyişmə qanunauyğunluğu müəyyən edilmişdir;

- İlk dəfə olaraq $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin elektrik keçiriciliyinin və Holl əmsalının Mn atomunun miqdarından, altlığın növündən asılılıq qanunauyğunluğu və mexanizmi müəyyənləşdirilmişdir;

- Müəyyən edilmişdir ki, $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin fotoelektrik xassələri Mn atomunun miqdarından asılıdır və Mn atomunun miqdarının artması ilə fotohəssaslıq yüksək temperatur oblastına sürüşür və nümunələrin radiasiyaya davamlılığı artır.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:

- Molekulyar dəstədən kondensasiya metodu ilə BaF_2 altlıqları üzərində alınmış $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrində şüalanmanın təsiri ilə səthdə baş verən morfologiyanın dəyişmə (γ -kvantları ilə şüalandırmadan sonra nümunələrdə yaranan səth dəyişiklikləri) səbəbinin Atom-Qüvvə Mikroskopu (AQM) üsulu ilə öyrənilməsi;

- $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin (ilkin və şüalanmadan sonra) elektrik, fotoelektrik xassələrinə radiasiya şüalarının təsir mexanizminin xüsusiyyətlərinin aydınlaşdırılması;

- $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial ($x=0,01$ və $0,04$) təbəqələrinin elektrik keçiriciliyinin Mn atomunun miqdarından və şüalanma dozasından asılı olaraq dəyişmə xüsusiyyətləri tədqiq edilməsi.

İşin elmi və praktiki əhəmiyyəti. Alınmış nəticələr bilavasitə darzolaqlı yarımkeçirici materialların radiasiyaya qarşı davamlılığı probleminin həlli və radiasiya texnologiyası prosesləri ilə bağlıdır. Bu işdə $Pb_{1-x}Mn_xSe$ nazik təbəqələrinin şüalanmadan sonra elektrik və fotoelektrik xassələrinin Mn-nın miqdarından asılı olaraq dəyişməsi faktı aşkar olunmuşdur. Alınan nəticələr spektrin İQ oblastında işləyə bilən optoelektron cihazların, eləcə də $Pb_{1-x}Mn_xSe$ nazik təbəqələri əsasında yüksək radiasiya şəraitində işləyə bilən müxtəlif yarımkeçirici fotoçeviricilərin, tenzoçeviricilərin, termorezistorların yaradılmasında istifadə oluna bilər.

İşin aprobasiyası. Dissertasiyanın əsas nəticələri “7 и 8-я международная конференция Ядерная и радиационная физика”

(Алматы - 2009, 2011); “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi Beynəlxalq Konfrans” (Azərbaycan Bakı- 2009, 2010, 2011, 2012); “International Conference on Nuclear Science and its application ” (Samarkand, Uzbekistan - 2012); “International Conference on Mathematical methods and Techniques in Engineering and Environmental science” (Catania, Sicily, Italy-2011), “International conference Recent Researches in Circuits, Systems, Mechanics and Transportation Systems” (Montreux, Süitserland-2011), "International Baku Forum of Young Scientists"(Baku, Azerbaijan-2013), "Baku World Forum of Young Scientists 2014" (Baku/Azerbaijan), 1st International Scientific Conference of young scientists and specialists" (Baku/Azerbaijan-2014), "The Seventh Eurasian Conference Nuclear Science and its Application" (Baku-Azerbaijan, 2014), "International Youth forum İntegration Processes of the World Science in the 21st Century" (Ganja/Azerbaijan, 2016), Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş Gənc Tədqiqatçıların I Beynəlxalq Elmi Konfransı (Bakı, Azərbaycan-2017), 11th International Conference «Nuclear and radiation physics», (Almaty, Kazakhstan-2017), «Третьего междисциплинарного молодежного научного форума с международным участием «Новые материалы», (Москва-2017), The XXI International Scientific Conference of the Young Scientists and Specialists (AYSS-2017), konfrans və simpoziumlarında dərc edilmişdir.

Nəşrlər. Tədqiqat işinin nəticələri xarici, respublika elmi jurnallarında və konfrans materiallarında çap olunmuş 29 (7 məqalə, 22 tezis) elmi əsərlərdə öz əksini tapmışdır.

Dissertasiya işi 2009-2017-ci illərdə AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutunda və Fizika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, 4 fəsildən, nəticələrdən və istinad edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İş 161 səhifədə şərh olunmuşdur. İşdə 57 şəkil, 3 cədvəl vardır. İstifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısına 127 adda iş, o cümlədən müəllifin şəxsi məqalələri daxildir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə yerinə yetirilmiş dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi müəyyənləşdirilmiş, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, elmi nəticələrin yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti göstərilərək,

işin məzmunu qısa şəkildə izah olunmuşdur. Dissertasiyanın fəsilələrinin qısa məzmunu şərh edilmiş və dərc edilmiş işlərin siyahısı verilmişdir.

Birinci fəsil ədəbiyyat icmalına həsr edilmişdir. Qurğusun halkogenidləri və onlar əsasında alınmış bərk məhlulların ($Pb_{1-x}Mn_xSe$, $Pb_{1-x}Mn_xTe$, $Pb_{1-x}Mn_xS$) kristal quruluşu, elektrik, fotoelektrik xassələri və bu xassələrə ionlaşdırıcı şüaların təsir mexanizmi haqqında ədəbiyyat məlumatları araşdırılır, onların çatışmayan və üstün cəhətləri təqdim olunur. Göstərilir ki, $A^{IV}B^{VI}$ tip yarımqeçiricilər qrupuna daxil olan materiallar yarımqeçiricilər texnikasında və termoelektrik çeviricilərinin hazırlanmasında yüksək elmi və praktiki maraq doğurur. Həmçinin onların infraqırmızı (İQ) diapazonda işləyə bilən, texnoloji baxımdan daha rahat hazırlana bilən bəzi tip detektorların hazırlanmasında istifadə olunması və $A^{II}B^{VI}$ tip yarımqeçiricilərə nisbətən öz stabilliyi ilə seçilməsi ədəbiyyat məlumatları əsasında təhlil olunur. Məlum ədəbiyyatların araşdırılması və təhlili nəticəsində tədqiqat işində radiasiya şüalarının təsiri nəticəsində yarımqeçirici cihazlarda radiasiya effektlərinin öyrənilməsinin elmi və praktiki əhəmiyyətini nəzərə alaraq, həll olunacaq məsələlər seçilmişdir. Göstərilmişdir ki, sürətlə inkişaf etməkdə olan müasir mikroelektronikanı epitaksial təbəqələrsiz təsəvvür etmək mümkün deyil. Aparılan araşdırmalar göstərir ki, ədəbiyyatda mövcud olan elmi-tədqiqat işləri adı çəkilən bərk məhlulların əsasən massiv monokristalları əsasında aparılmış və onların fiziki xassələri hərtərəfli tədqiq olunmuşdur. Lakin onların epitaksial təbəqələrinin kristal mükəmməlliyi, elektrofiziki, termoelektrik, fotoelektrik xassələri və göstərilən xassələrə ionlaşdırıcı şüaların təsir xüsusiyyətləri məhdud sayda tədqiq olunmuşdur. Müasir mikroelektronika və optoelektronika üçün isə epitaksial təbəqələr daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, onların əsasında hazırlanan cihazlar daha ucuz və tez başa gəlməklə yanaşı, həm də massiv monokristallara nisbətən daha yüksək parametrlərə malik olurlar. Fəslin sonunda nəzərdən keçirilmiş ədəbiyyatlarda verilmiş məlumatların təhlilindən müvafiq nəticələrə gəlinərək tədqiqat işində görülməli işlər əsaslandırılmışdır.

İkinci fəsildə tədqiq olunan epitaksial təbəqələrin alınma üsulları, alınmış təbəqələrin səthinin morfoloqiyasının tədqiq olunma üsulları (elektronografiya, rentgendifraktometriya, atom-qüvvə mikroskopu ilə tədqiq), elektrik, fotoelektrik parametrlərinin ölçmə metodları, həmçinin istifadə olunan ölçmə qurğuları haqqında məlumat verilmişdir. Cihazların işləmə prinsipi göstərilmiş, nümunələrin alınma və onların elektrik, fotoelektrik xassələrinin tədqiq olunma metodikası ətraflı şərh edilmişdir. İlkin komponentlərin (Pb, Mn, Se) normal şəraitdə səthi çirklənmələrə

məruz qalmasının onların əsasında hazırlanacaq epitaksial təbəqələrin parametrlərinə mənfi təsir göstərəcəyini nəzərə alaraq, bu maddələrin müvafiq üsullarla təmizlənmə prosesi göstərilmiş və qurğuşun elementinin təmizlənməsi üçün istifadə olunan molibden şüşədən hazırlanmış ampulanın sxemi verilmişdir. Alınmış epitaksial təbəqələrin faza tərkibi və kristal mükəmməlliyi haqqında məlumat almaq üçün EMR-100 markalı 25-200 kV gərginliklərdə işləyə bilən elektronografdan istifadə olunmuşdur. Bu məqsədlə təbəqələrdən elektron şüalarının difraksiyasına əsaslanan və əks olunması ilə alınan elektronogramlar çəkilmişdir. Tədqiqat işində epitaksial təbəqələrin səthinin morfoloqiyasının öyrənilməsində kiçik ölçülü 09İOE-100-005 markalı rastr elektron mikroskopundan istifadə edilmişdir.

Elektrofiziki parametrlərin ölçülməsi havası $2 \cdot 10^{-3}$ Pa vakuuma qədər sorulmuş kriostatda 300 K temperaturda və maye azotdan istifadə edilməklə aşağı temperaturlarda aparılmışdır. Ölçmələr aparılan zaman nümunədən keçən cərəyanın sabitliyi B7-21a və B7-30 tipli rəqəmli universal millivoltmetr vasitəsi ilə yoxlanılmışdır. Holl əmsalının (R_x) və elektrikkeçiriciliyinin (σ) qiymətini hesablamaq üçün müvafiq düsturlar göstərilmişdir. $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin kinetik parametrlərini təyin etmək üçün istifadə olunan qurğunun sxemi verilmişdir.

Nümunələrin səth morfoloqiyasını öyrənmək üçün SZMU-L5 markalı Atom-qüvvə mikroskopunda şüalanmadan əvvəl və sonra 2D, həmçinin 3D səth təsvirləri və histoqrammaları (səth elementlərinin ölçülərə görə paylanma ayrılıqları) alınmış və müqayisəli şəkildə tədqiq olunmuşdur. Atom-qüvvə mikroskopunun işləmə prinsipi izah olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, Atom-qüvvə mikroskopunun əsasını səthlə zond arasında qarşılıqlı təsir qüvvəsi təşkil edir. Bunun üçün xüsusi zond ötürücülərindən istifadə edilir. Bu, ucunda iti zond olan elastiki konsoldur. Əyilmənin qiymətini qeyd etməklə zondla səth arasındakı qarşılıqlı təsirin nəzarət etmək olur. Əksər hallarda aralarındakı məsafə r -olan iki atom arasında meydana çıxan Van-der-Vaals qarşılıqlı təsirini Lennard-Cons potensial funksiyası ilə ifadə edirlər. Sistemin ümumi enerjisini zondun bütün atomları ilə nümunənin bütün elementar qarşılıqlı təsirini toplamaqla almaq olar. AQM zond qəbuledicisinin və zondla nümunənin sabit qarşılıqlı təsiri altında AQM təsvirinin formalaşmasının sxematik təsviri göstərilmişdir. Fəslin sonunda elektron və qamma şüalanmanın təsirindən sonra nümunələrdə defektlərin yaranma mexanizmlərini öyrənmək üçün məlumatlar verilmiş və müvafiq hesablamalar üçün uyğun olan düsturlar göstərilmişdir.

Üçüncü fəsildə $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin böyümə prosesi, sintez olunmuş bərk məhlulların rentgen-faza analizinin nəticələri göstərilmişdir. BaF_2 altlığı üzərində alınmış $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0.01$) nazik təbəqələrinin səth morfolojiyasını öyrənmək üçün onların şüalanmadan əvvəl və sonra Atom-Qüvvə Mikroskopunda ikiölçülü, üçölçülü səth təsvirləri, histogrammaları verilmiş və alınmış nəticələrin müqayisəli təhlili aparılmışdır. Sintez edilmiş, tablanmış nümunələrin bircinsliliyini, onların aid olduqları simmetriyanı və quruluş tiplərini öyrənmək məqsədilə rentgen - faza tədqiqat üsulundan istifadə olunması və tədqiqat işlərinin ən müasir Alman texnologiyası ilə hazırlanmış D2 tipli ovuntu difraktometrində aparılması göstərilmişdir. Bunun üçün sintez olunmuş nümunələrdən dənələrinin ölçüsü mümkün qədər çox kiçik olan dispers ovuntu hazırlanmışdır. Hazırlanmış ovuntu difraktometrin qariometrində yerləşdirilmiş və $10 < 2\theta < 80$ difraksiya bucağı aralığında nümunənin rentgen-difraksiya spektri çəkilmişdir. Bundan sonra alınmış rentgen-difraksiya spektrləri əsasında atom müstəviləri arasındakı məsafə (d), alınan spektrlərin intensivlikləri, nümunənin aid olduğu sinqoniya, qəfəsin həcmi, sıxlığı, qəfəs sabitləri və fəza qrupu təyin edilmişdir.

Qamma şüalanmanın təsiri nəticəsində $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0.01$) epitaksial təbəqələrinin səthində gedən dəyişikliklərin öyrənilməsi və ilkin nümunələrlə müqayisəsi böyük maraq kəsb etdiyi üçün işdə ilkin və qamma şüalanmanın ($D_{\gamma}=5-35kQr$) təsirinə məruz qalmış $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin üçölçülü səth təsvirləri və histogrammaları-səth elementlərinin ölçülərə görə paylanma əyriyyələri alınmışdır.

n-tip keçiriciliyə malik $Pb_{1-x}Mn_xSe$ nazik təbəqələrin şüalanmadan əvvəl və sonra ($D=10kQr$ və $25kQr$) üçölçülü səth təsvirlərinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, ilkin təbəqələrin səthi, hündürlüyü 12 nm olan və səth boyunca bərabər paylanmış hissəciklər toplusundan ibarətdir. Qamma-kvantlarla 10 kQr doza ilə şüalanmadan sonra hündürlüyü 120 nm və qeyri-bərabər paylanan iri ölçülü hissəciklər müşahidə olunur. 25 kQr -doza ilə şüalandırıldıqda isə, hissəciklərin hündürlüyü azalır (80 nm), səthdə paylanması bircinsli olur və ölçüsü azalır.

p-tip keçiriciliyə malik $Pb_{1-x}Mn_xSe$ nazik təbəqələrinin şüalanmadan əvvəl və sonra ($D=10 kQr$ və $25 kQr$) üçölçülü səth təsvirlərindən görünür ki, alınmış təbəqələrin səthi, hündürlüyü 80 nm olan və səth boyunca bərabər paylanmış hissəciklər toplusundan ibarətdir. Qamma-kvantlarla 10 kQr doza ilə şüalandırıldıqda hissəciklərin hündürlüyü dəyişmir və səth boyunca qeyri - bərabər paylanan iri ölçülü hissəciklər müşahidə olunur. 25 kQr -doza ilə şüalandırıldıqda isə, hissəciklərin

hündürlüyü böyüyür (120 nm) və onlar səthdə qeyri-bircins şəkildə paylanır .

Üçölçülü səth təsvirlərindən müəyyən edilmiş nəticələri alınmış histogrammalar da (səth elementlərinin ölçülərə görə paylanma əyriləri) təsdiq edir.

Müəyyən edilmişdir ki, səthlərdəki radiasiya ilə bağlı olan dəyişikliklər üçölçülü səth təsvirlərinin və histogrammalarının dəyişməsi ilə müşayət olunur. Buna görə də səthin relyefinin dinamik dəyişməsi qamma şüalanmanın udulma dozasından, eləcə də $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0,01$) epitaksial təbəqələrinin keçiricilik tipindən asılıdır.

Dördüncü fəsildə $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin elektrik və fotoelektrik xassələri, eləcə də qamma şüalanmanın onların elektrik və fotoelektrik xassələrinə təsiri tədqiq edilmişdir. Tədqiq edilən nümunələrin müxtəlif temperaturlarda, müxtəlif elektrik sahələrində ilkin və qamma şüaların, eləcə də elektron dəstələrinin təsirindən sonra elektrik və fotoelektrik xassələri öyrənilmişdir. Şüşə altlıq üzərində alınmış $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqəsinin müxtəlif temperaturlarda, işıqda və qaranlıqda, şüalanmadan əvvəl və sonra volt-ampere xarakteristikası (VAX), eləcə də elektrik keçiriciliyinin temperaturdan, elektrik sahəsinin intensivliyindən asılılığı tədqiq olunmuşdur. Həmçinin BaF_2 altlıqları üzərində alınmış $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin elektrofiziki xassələri öyrənilmişdir.

VAX-ın, eləcə də elektrik keçiriciliyinin temperaturdan, elektrik sahəsinin intensivliyindən asılılığının tədqiqi əsasında $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin elektrik xassələri, onların qadağan olunmuş zonasında mövcud olan lokal səviyyələrin parametrləri, məsələn, lokal səviyyələrin qadağan olunmuş zonada energetik yeri, lokal səviyyələrdəki yükdaşıyıcıların aktivləşmə enerjilərinin qiyməti və s. haqqında məlumat verilmişdir. $Pb_{1-x}Mn_xSe$ birləşməsinin elektrik və fotoelektrik xassələrinə qamma şüalanmanın təsirini öyrənmək üçün ilkin nümunənin elektrik və fotoelektrik xassələri tədqiq edildikdən sonra nümunə 290 K temperaturda ^{60}Co izotop mənbəyinin şüalandırdığı γ -şüalarla şüalandırılmışdır. İstifadə edilmiş qamma şüaların enerjisi 1,17-1,33 MeV olmuşdur.

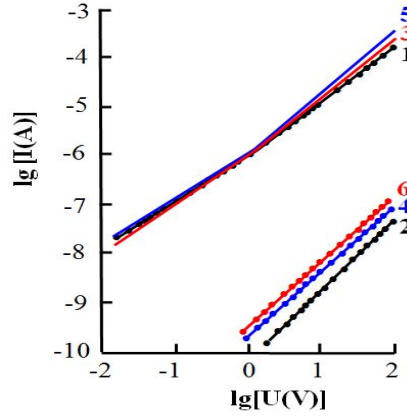
γ -kvantların kristal qəfəsin düyünlərində yerləşən atomların alt təbəqələrində olan elektronlarla qarşılıqlı təsiri nəticəsində əsasən kompton səpilməsi baş verir. Kompton səpilməsi nəticəsində elektronlar müəyyən qədər kinetik enerji əldə edirlər. Bu elektronlar kristal qəfəsin düyünlərində yerləşən atomlarla qarşılıqlı təsirdə olaraq onlara müəyyən qədər enerji verir. γ -kvantların elektronlara verdiyi maksimal kinetik enerji hesablanmış

və qopan elektronların kinetik enerjisi orta hesabla $\approx 0,8$ MeV qəbul edilmişdir. $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin tərkibində atomların sürətli elektronlarla qarşılıqlı təsiri nəticəsində ala biləcəkləri maksimal enerji hesablanmışdır. Bu maksimal enerji Se atomları üçün $E_{max}=41$ eV, Mn atomları üçün $E_{max}=59$ eV, Pb atomları üçün $E_{max}=16$ eV olmuşdur. Atomların kristal qəfəsin düyünlərindən düyünlərarası fəzaya keçə bilməsi üçün lazım olunan minimal enerji (astana enerjisi) Bayerlayn tərəfindən verilmiş düstura əsasən aparılmışdır. İonlaşdırıcı şüaların təsiri ilə yaranan nöqtəvi defektlərin əsasən Se vakansiyalarından ibarət olduğuna əsaslanaraq $Pb_{1-x}Mn_xSe$ birləşməsində Se atomlarının düyünlərarası fəzaya keçə bilməsi üçün lazım olan minimal enerji hesablanmışdır. Bu enerjinin (astana enerjisinin) qiyməti 14,2 eV və 15,1 eV alınmışdır. Göründüyü kimi, elektronların Se atomuna verdiyi enerji onun düyünlərarası fəzaya keçməsinə kifayət edir və yaranan nöqtəvi defektlər əsasən Se vakansiyalarından ibarət olur.

Qamma şüalanmanın şüşə altlıq üzərində alınmış $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin elektrik və fotoelektrik xassələrinə təsirini öyrənmək üçün şüalanmadan əvvəl və sonra qaranlıqda və işığın təsiri altında nümunələrin VAX-ları və elektrik keçiriciliyinin temperaturdan asılılıqları tədqiq edilmişdir.

Şəkil 1-də ilkin (1 və 2 əyriləri) və qamma kvantlarla 10 kQr dozada şüalandırılmış (3 və 4 əyriləri) nümunənin 300K və 125K temperaturlarda VAX-ları təsvir edilmişdir. Qrafiklərdən göründüyü kimi, qamma kvantlarla 10kQr dozada şüalandırıldıqdan sonra 300 K temperaturda VAX ilkin (şüalandırılmamış) nümunənin həmin temperaturdakı VAX-dan cüzi fərqlənir. Maraqlıdır ki, bu halda 1,2 V gərginliyə qədər cərəyan şiddətinin qiyməti ilkin haldakı cərəyan şiddətinin qiymətindən kiçik olur, sonra isə şüalanmadan sonrakı cərəyan şiddətinin qiyməti ilkin haldakından böyük olur və sahənin intensivliyi artdıqca eyni gərginlikdə ilkin və şüalanmadan sonrakı cərəyan şiddətləri arasındakı fərq artır.

125 K temperaturda isə 10 kQr dozada γ -kvantlarla şüalandırılmış nümunələrdə eyni gərginliklərdə cərəyan şiddəti ilkin haldakı ilə müqayisədə təqribən 4 dəfə böyük olur. Qamma şüalarla 20 kQr dozada şüalanmadan sonra alınan qrafiklərdən (şəkil 1-də 5 və 6 əyriləri) görünür ki, dozanın sonrakı artması ilə keçiricilik nisbətən artır.



Şəkil 1. İlk (1 və 2) və γ -kvantlarla müxtəlif dozalarda şüalandırılmış (3,4,5,6) $Pb_{1-x}Mn_xSe$ (p-tip, $x=0,01$) epitaksial təbəqəsinin qaranlıqda müxtəlif temperaturlarda VAX-ı. 1,3,5- 300 K, 2,4,6- 125K. 3,4- 10 kQr, 5,6- 20 kQr.

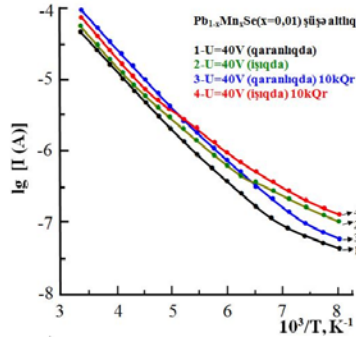
Dissertasiya işində müxtəlif gərginliklərdə (5V; 10V; 20V; 30V; 40V) ilkin və şüalandırılmış nümunələrin qaranlıqda və işığın təsiri altında

cərəyan şiddətinin temperaturdan asılılığı ($lgI \sim \frac{10^3}{T}$ asılılığı) tədqiq

olunmuşdur. Alınmış qrafiklərdən görünür ki, şüalanmadan sonra 125-300K temperatur intervalında tədqiq olunan bütün gərginliklərdə qaranlıqdakı elektrik keçiriciliyi şüalanmadan əvvəlki halla müqayisədə

artır. İşığın təsiri altında alınmış $lgI \sim \frac{10^3}{T}$ asılılıq qrafiklərindən görünür ki,

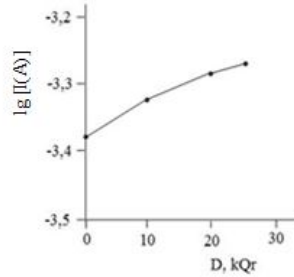
5 V gərginlikdə təqribən 180K temperatúra qədər, 10, 20, 30 və 40V gərginliklərdə isə 200 K temperatúra qədər işığın təsiri altında cərəyanın qiyməti qaranlıqdakı cərəyanın qiymətindən böyük olur. Sonra isə temperatur artdıqca 300K-ə qədər işığın təsiri altındakı cərəyan şiddətinin qiyməti qaranlıqdakı cərəyan şiddətinin qiymətindən kiçik olur. Nümunə kimi şəkil 2-də ilkin və γ - şüalarla 10 kQr dozada şüalandırılmış $Pb_{1-x}Mn_xSe$ (p-tip, $x=0,01$) epitaksial təbəqəsi üçün 40 V gərginlikdə cərəyan şiddətinin temperaturdan asılılıq qrafiki verilmişdir.



Şəkil 2. İlk (1,2) və γ -kvantlarla 10 kQr dozada şüalandırılmış (3,4) $Pb_{1-x}Mn_xSe$ (p-tip, $x=0,01$) epitaksial təbəqəsi üçün 40 V gərginlikdə qaranlıqda (1,3) və işıq təsiri altında (2,4) $lg I \sim \frac{10^3}{T}$ asılılığı.

Şüalandırılmış nümunədə işıq təsiri altında cərəyan şiddətinin qiymətinin temperaturun müəyyən qiymətindən sonra qaranlıqdakı cərəyan şiddətinin qiymətindən kiçik olmasının səbəbini aşağıdakı kimi izah etmək olar. Şüalanma nəticəsində $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqəsinin qadağan olunmuş zonasında elə lokal səviyyələr yaranır ki, temperaturun və işıq təsiri ilə bu səviyyələrdəki yükdaşıyıcılar keçirici zonaya keçirlər, nəticədə bu ionlaşmış səviyyələr keçiricilikdə iştirak edən yükdaşıyıcıları tutur və nəticədə işıqdakı cərəyan şiddəti qaranlıqdakından kiçik olur.

Şəkil 3-də γ -şüalarla şüalandırılmış $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqəsi üçün 300 K temperaturda cərəyan şiddətinin udulma dozəsindən asılılığı verilmişdir. Göründüyü kimi, udulma dozasının artması ilə keçiricilik daha az dəyişir.



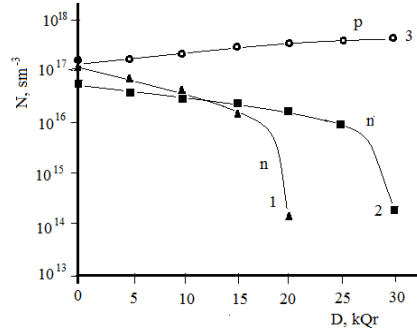
Şəkil 3. γ -kvantlarla şüalandırılmış p-tip $Pb_{1-x}Mn_xSe$ (p-tip, $x=0,01$) epitaksial təbəqəsi üçün 300 K temperaturda cərəyan şiddətinin udulma dozəsindən asılılığı.

BaF₂ altlıqları üzərində alınmış p və n-tip keçiriciliyə malik Pb_{1-x}Mn_xSe (x=0,01) və n-tip Pb_{1-x}Mn_xSe (x=0,04) nazik təbəqələrinin elektrik keçiriciliyi T=80÷450K temperatur intervalında tədqiq edilmişdir. Tədqiq olunan nümunələrdə yükdaşıyıcıların konsentrasiyaları Holl əmsalını ölçməklə təyin olunmuşdur: n-tip nümunədə sərbəst elektronların konsentrasiyası $1,1 \cdot 10^{17} \text{ sm}^{-3}$, p-tip nümunədə isə dəşiklərin konsentrasiyası $2,3 \cdot 10^{17} \text{ sm}^{-3}$ tərtibində olmuşdur. n-tip Pb_{1-x}Mn_xSe (x=0,04) nazik təbəqələrində elektronların konsentrasiyası $7,8 \cdot 10^{16} \text{ sm}^{-3}$ olmuşdur. Tədqiqat zamanı hər üç nümunə eyni şəraitdə və eyni bir mənbədən - ⁶⁰Co izotop mənbəyindən istifadə edilməklə eyni dozada şüalandırılmışdır..

Tədqiq olunan Pb_{1-x}Mn_xSe epitaksial təbəqəsinin n- və p- tip nümunələrinin şüalanmadan əvvəlki (ilkin) fiziki xassələri öyrənilmişdir. Nümunələr ⁶⁰Co izotopunun şüalandırdığı γ-kvantlarla müxtəlif dozalarda (hər dəfə 5 kQr artırmaqla) şüalandırıldıqdan sonra onların fiziki xassələri yenidən tədqiq edilmişdir. Şəkil 4 - də Pb_{1-x}Mn_xSe epitaksial təbəqəsinin x=0,01 və x=0,04 olan n-tip və x=0,01 olan p-tip keçiriciliyə malik nümunələrinin 300 K temperaturda sərbəst yükdaşıyıcılarının konsentrasiyasının qamma şüalanmanın udulma dozasından asılılıq qrafiki verilmişdir. Qrafikdən görüldüyü kimi, şüalanmanın udulma dozasının artması ilə n-tip keçiriciliyə malik nümunələrdə sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyası nəzərəcarpacaq dərəcədə azalır. γ-kvantlarla 5-15 kQr dozalarda şüalandırılan nümunələrdə yükdaşıyıcıların konsentrasiyasında elə də kəskin dəyişiklik müşahidə olunmasa da, n-tip keçiriciliyə malik x=0,01 tərkibli Pb_{1-x}Mn_xSe epitaksial təbəqəsində 20 kQr dozada şüalandırıldıqdan sonra yükdaşıyıcıların konsentrasiyası xeyli azalır. Bu nümunələri 25 kQr dozada şüalandırıldıqda nümunədə elektrik keçiriciliyinin tipinin dəyişməsi müşahidə olunur, Holl əmsalının işarəsi dəyişir. n-tip keçiriciliyə malik x=0,04 tərkibli Pb_{1-x}Mn_xSe epitaksial təbəqəsində isə udulma dozası artdıqca yükdaşıyıcıların konsentrasiyası x=0,01 tərkibli nümunə ilə müqayisədə daha yavaş azalır (D=25 kQr-ə qədər). Bu nümunəni 30 kQr dozada şüalandırıldıqdan sonra yükdaşıyıcıların konsentrasiyası (şəkil 4) xeyli azalır və 35 kQr dozada şüalandırılmış nümunədə keçiriciliyin tipinin dəyişməsi müşahidə olunur.

Həm n- həm də p-tip keçiriciliyə malik Pb_{1-x}Mn_xSe epitaksial təbəqələrində sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının və xüsusi elektrik keçiriciliyinin γ-şüalanmanın udulma dozasından asılı olaraq dəyişməsi göstərir ki, bu nümunələrdə qamma şüalanmanın təsiri nəticəsində yaranan defektlər akseptor tiplidir. Ona görə də p-tip keçiriciliyə malik nümunələrdə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası və uyğun olaraq xüsusi

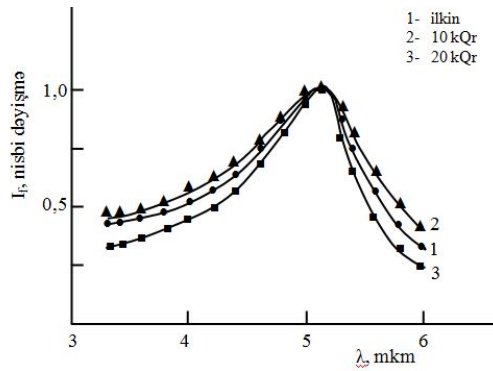
elektrik keçiriciliyi artır, n-tip keçiriciliyə malik nümunələrdə isə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası və uyğun olaraq xüsusi elektrik keçiriciliyi azalır.



Şəkil 4. $Pb_{1-x}Mn_xSe$ nümunələrində yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının şüalanma dozəsindən asılılığı. 1- n-tip, $x=0,01$; 2- n-tip, $x=0,04$; 3- p tip, $x=0,01$.

Yaranan defektlərin isə şüalanmanın təsiri nəticəsində düyünlərarası məsafəyə yerini dəyişmiş Se atomlarının vakansiyalarından ibarət olduğunu söyləmək olar. Se atomlarının vakansiyası bu birləşmələrdə müsbət yük halının yaranmasına səbəb olur.

Şəkil 5-də ilkin və 10 kQr və 20 kQr dozada qamma şüalarla şüalandırılmış $Pb_{0,99}Mn_{0,01}Se$ epitaksial təbəqəsi üçün fotokeçiriciliyin spektral paylanması verilmişdir.



Şəkil 5. İlk və γ - kvantlarla şüalandırılmış $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0,01$) epitaksial təbəqəsinin fotokeçiriciliyinin spektral paylanması. 1. $D=0$; 2. $D=10$ kQr; 3. $D=20$ kQr. $T=300$ K.

Göründüyü kimi, $Pb_{0,99}Mn_{0,01}Se$ epitaksial təbəqəsini 10 kQr dozada qamma şüalarla şüalandırıqda fotocərəyanın maksimumu praktiki olaraq yerini dəyişmir, maksimumdan sağ və sol tərəfdə isə fotocərəyanın qiyməti müəyyən qədər artır. 20 kQr dozada şüalandırmadan sonra da fotocərəyanın maksimumu praktiki olaraq yerini dəyişmir. Maksimumun sağ və sol hissələrində isə fotocərəyanın qiyməti ilkin nümunədəki ilə müqayisədə azalır. Şüalandırma dozasının artması ilə spektrin eninin azalması çox güman ki, $Pb_{0,99}Mn_{0,01}Se$ epitaksial təbəqəsinin səthində yaranan defektlərlə əlaqədardır və onlar spektrin maksimumundan sağ və sol tərəflərdə fotocərəyanın azalmasına səbəb olurlar.

Beləliklə, tədqiqat nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, istər p-tip, istərsə də n-tip $Pb_{0,99}Mn_{0,01}Se$ nümunələrini γ -kvantları ilə şüalandırıqda yaranan akseptor tipli radiasiya defektlərinin təbiəti eynidir. Buna görə də p-tip nümunələrdə akseptor tipli nöqtəvi radiasiya defektləri elektrik keçiriciliyini artırır, n-tip nümunələrdə isə şüalanma nəticəsində kompensasiya getdiyindən elektrik keçiriciliyi uyğun olaraq azalır. n- tip $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrində tərkibdə manqanın miqdarını artırıdığca nümunələrin γ - kvantların təsirinə həssaslığı azalır, yəni manqanın miqdarını artırmaqla γ - şüalanmaya qarşı dözümlülüyü artırmaq olar. Bundan əlavə, şüşə və BaF_2 altlıqları üzərində alınmış epitaksial təbəqələrin fiziki xassələrinin dəyişmə qanunauyğunluğu (elektrik keçiriciliyi və fotokeçiriciliyi) altlıqların növündən asılı deyil.

ƏSAS ELMİ NƏTİCƏLƏR

1. $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrində şüalanmanın təsiri ilə səthdə baş verən morfolojiyanın dəyişmə qanunauyğunluğu (nümunələrin γ -kvantları ilə şüalanmasından sonra yaranması güman olunan effektlər) AQM üsulu ilə öyrənilmişdir. AQM tədqiqatları nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, nümunələrin səth relyefinin dəyişmə dinamikası qamma şüaların udulma dozasından, keçiriciliyin tipindən və Mn atomlarının miqdarından asılıdır.
2. Müəyyən edilmişdir ki, $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrini γ - kvantlar ilə şüalandırıqda n-tip keçiriciliyə malik nümunələrdə aşağı temperatur oblastında (80 – 200 K) elektrik keçiriciliyi azalır, p-tip keçiriciliyə malik nümunələrdə isə keçiricilik artır. Bu, isə qamma

- kvantların təsiri nəticəsində n-tip və p-tip təbəqələrdə akseptor ($\sim 0,08$ və $0,12$ eV) tipli səviyyələrin yaranması ilə bağlıdır.
3. $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0,01 \div 0,04$) epitaksial təbəqələrinin elektrikkeçiriciliyinin Mn atomunun miqdarından və şüalanma dozasından asılı olaraq dəyişmə xüsusiyyətləri tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, n-tip $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqəsində aşqar atomlarının qurğuşun vakansiyalarını doldurması nəticəsində elektrik keçiriciliyi azalır və azalmanın xarakteri Mn atomunun miqdarından asılıdır. n-tip $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0,01$) epitaksial təbəqələrində şüalanma dozasının $D_\gamma \leq 15$ kQr qiymətinə qədər, $x=0,04$ tərkibli n- $Pb_{1-x}Mn_xSe$ nümunələrində isə $D_\gamma \leq 20$ kQr dozasına qədər şüalandırıldıqda keçiriciliyin qismən dəyişməsi müşahidə olunmuşdur.
 4. Şüalanma dozasının yüksək qiymətlərində ($D_\gamma > 15$ kQr) n-tip $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0,01 \div 0,04$) epitaksial təbəqələrində keçiriciliyin inversiyası müşahidə olunur və inversiya dozasının qiyməti tərkibdə Mn atomunun miqdarından asılıdır. Mn atomunun miqdarı artdıqca, inversiya dozası 25 kQr-dən 35 kQr-ə qədər artır. p- tip $Pb_{1-x}Mn_xSe$ nümunələrində isə, keçiriciliyin inversiyası müşahidə olunmur.
 5. Müəyyən edilmişdir ki, p-tip $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0,01$) epitaksial təbəqələrini γ -kvantlarla $D > 10$ kQr dozada şüalandırıldıqda ionlaşma enerjisi 0,14 eV və 0,175 eV olan akseptor tipli lokal səviyyələr yaranır. Aşağı temperatur oblastında (80 -180 K) fotokeçiriciliyin artması 0,14 eV səviyyəsinin boşalması ilə, yüksək temperatur oblastında (180-250 K) isə fotocərəyanın dəyişmə sürətinin azalması 0,175 eV enerjili lokal səviyyənin rekombinasiya mərkəzi rolunu oynaması ilə əlaqədardır.
 6. Müxtəlif altlıqlar (şüşə və BaF_2) üzərində alınmış $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaksial təbəqələrinin elektrikkeçiriciliyinə γ -şüaların təsiri öyrənilmiş və müəyyən edilmişdir ki, nümunələrin elektrofiziki xassələrinin dəyişmə qanunauyğunluğu (elektrikkeçiriciliyi və fotokeçiriciliyi) altlıqların növündən asılı deyil.

**DİSSERTASIYANIN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ AŞAĞIDAKI
NƏŞRLƏRDƏ DƏRC OLUNMUŞDUR:**

1. Аббасов Ш.М., Атакишиев С.М., Мамедов Х.А., Мамишова Р.М. Влияние электронного облучения на эпитаксиальные

- тонкие пленки $Pb_{1-x}Mn_xSe$. Elmi Əsərlər fundamental elmlər, №1, Cild IX(33), Bakı-2010, səh.22-25.
2. Abbasov Sh. M., Kerimova T.İ., Ismayilova G.T., Nuriyev İ.R., İbrahimova R.A., Mamishova R.M. Determination of photo – and electroluminescence spectra of $Pb_{1-x}Mn_xSe$ and $Pb_{1-x}Mn_xTe$ thin films. “Fizika” №3-4, XVI cild «Elm» 2010. s.97-98.
 3. Аббасов Ш.М., Нуриев И.Р., Фараджова У.Ф., Атакишиев С.М., Мамедов Х.А., Мамишова Р.М. Исследование влияния облучения быстрыми электронами на электрофизические свойства $Pb_{1-x}Mn_xSe$. Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi Əsərləri, №1, 2011, s.149-155.
 4. Nuriyev İ.R., Gadzhieva N.N., Ramazanov M.A., Sadighov R.M. Mamishova R.M. A microscopic study of the effect of γ -radiation on $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaxial films, Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2013, Vol. 49, No. 1, pp. 45–50.
 5. Mamishova R.M. $Pb_{1-x}Mn_xSe$ nazik epitaksial təbəqələrinin fotokeçiricilik xassələrinə elektron şüalarının təsiri. Gənc Alimlərin Əsərləri, №4, 2011, səh.22-25.
 6. Madatov R.S., Nuriyev İ.R., Ismayilov Sh.S., Mamishova R.M. Thermal conductivity of $Pb_{1-x}Mn_xSe$ thin films. Journal of Radiation Research, vol.3, №2, Baku, 2016.
 7. Мадатов Р.С., Наджафов А.Н, Нуриев И.Р., Исмаилов Ш.С., Мамишова Р.М. Теплопроводность пленок $Pb_{0.96}Mn_{0.04}Se$, Прикладная физика, 2017, №2, ст.58-61.
 8. Аббасов Ш.М., Нуриев И.Р., Сафаров Дж.М., Мамишова Р.М., Надирова Л.З. Кинетика накопления радиационных дефектов электронном облучении тонких пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$. Beynəlxalq Konfrans Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri, noyabr 3-5, 2009, Bakı, səh 58-60.
 9. Аббасов Ш.М., Нуриев И.Р., Мамишова Р.М., Садыгов Р.М. Влияние электронного облучения на электрофизические свойства эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$. Ядерная и радиационная физика 7-я Международная конференция 08-11 сентября 2009 года Алматы, Республика Казахстан, с.78-79.
 10. Мамишова Р.М. $Pb_{1-x}Mn_xSe$ nazik epitaksial təbəqələrinin alınması və tədqiqi. Radiasiya və Ətraf Mühit, 1-2 iyun, 2010. Bakı, Azərbaycan, s.30-31.
 11. Abbasov Ş.M., Nuriyev H. R., Nadirova L.Z. $Pb_{1-x}Mn_xSe$ (0.01÷0.04) nazik təbəqəsinin elektrofiziki xassələrinə elektron

- şüalarının təsiri. Perspectives of peaceful use of nuclear energy, International conference, 8-10 november, 2010, Baku-Azerbaijan, s.79.
12. Abbasov Sh.M., Nuriyev İ.R., Atakishiyev S.M. Research of the surface structure of thin epitaxial $Pb_{1-x}Mn_xSe(x=0.01)$ films after irradiation. 8th International conference Nuclear and Radiation Physics, september 20-23, 2011, Almaty-Kazakhstan, p.285-286.
 13. Mehrabova M.A., Nuriyev R.İ., Mamishova R.M. Obtaining and Investigation of $Pb_{1-x}Mn_x Te (Se,S)$ Semimagnetic Semiconductor Nanolayers Sensitive to Infrared Rays. Mathematical methods and Techniques in Engineering and Environmental science. International Conference. 3-5 November 2011, Catania, Sicily, Italy. WSEAS, s. 325-329.
 14. Mehrabova M.A., Nuriyev İ.R., İsmayilov T.G., Kerimova T.İ., Mamishova R.M. Photosensitive structures on the basis of $Pb_{1-x}Mn_x Te$ semimagnetic semiconductors thin films. The IV International Conference. Perspectives of peaceful use of nuclear energy, November 23-25, 2011, Baku, Azerbaijan, p.69-70.
 15. Mehrabova M.A., Nuriyev İ.R., İsmayilov T.G., Kerimova T.İ., Mamishova R.M. Investigation of $Pb_{1-x}Mn_x Te (Se,S)$ semimagnetic semiconductor nanolayers for infrared technology. The IV International Conference . Perspectives of peaceful use of nuclear energy, November 23-25, 2011, Baku, Azerbaijan, p.66-68.
 16. Mehrabova M.A., Nuriyev İ.R., Kerimova T.İ., Mamishova R.M. The Influence Of Irradiation On Electrophysical And Optical Properties Of $Pb_{1-x}Mn_x Te (Se)$ Thin Films. RECENT RESEARCHES in CIRCUITS, SYSTEMS, MECHANICS and TRANSPORTATION SYSTEMS International Conference. Montreux, Switzerland. December 29-31, 2011. WSEAS. p.116-119.
 17. Садыгов Р.М., Нуриев И.Р., Гаджиев М.Б., Мамишова Р.М., Каримова Т.И. Морфология поверхности и фотоэлектрические свойства эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_x Te (Se)$ подвергнутых радиационному облучению. XXII Международная научно-техническая конференция, школа молодых специалистов и выставка по фотоэлектронике и приборам ночного видения. 22-25 мая, 2012, Москва, Россия, с.253-254.
 18. Садыгов Р.М., Нуриев И.Р., Гаджиев М.Б., Мамишова Р.М., Каримова Т.И. АСМ исследование морфологии поверхности

- эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_x Te (Se)$, подвергнутых γ -облучению. XXIV РОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ЭЛЕКТРОСКОПИИ РКЭМ-2012, 29 мая -1 июня 2012,Черноголовка, с. 240.
19. Mehrabova M.A., Nuriyev İ.R., Kerimova T.I., Mamishova R.M. Influence of radiation on optical properties of $Pb_{1-x}Mn_x Te (Se)$ semimagnetic semiconductor thin films. International conference NUCLEAR SCIENCE AND ITS APPLICATION. September 25-28, 2012 Samarqand, Uzbekistan. p. 195-197.
 20. Nuriyev H.R., Mekhrabova M.A., Kerimova T.I., Mamishova R.M., Influence of accelerated electrons on temperature dependence of electroconductivity of $Pb_{1-x}Mn_x Te (Se)$ thin films. VII Eurasian Conference “Nuclear Science its Application” 21-24 October, 2014, Baku, Azerbaijan. p.207-208.
 21. Mamishova R.M. A microscopic investigation of the γ -quantum irradiated $Pb_{1-x}Mn_x Se$ films. International Baku Forum of Young Scientists, 20-25 may, 2013, Baku, Azerbaijan, p.154-155
 22. Məmisova R.M., İsmayilov Ş.S. $Pb_{1-x}Mn_x Se$ nazik təbəqələrinin istilikkeçiriciliyi, Fundamental və tətbiqi elmlərin (yer, texnika və kimya elmləri) aktual problemlərinin həllində multidissiplinar yanaşmanın rolu, Bakı-2014, s.224-225.
 23. Mamişova R.M. The Investigation of electrical conductivity of the gamma-quantum irradiated $Pb_{1-x}Mn_x Se$ epitaxial films. Baku World Forum of Young Scientists 2014, Baku/Azerbaijan, p.194-195.
 24. Madatov R.S., İ.R.Nuriyev İ.R., İsmayilov Sh.S., Mamishova R.M. Effect of radiation-induced defects created by γ -irradiated and electrons in crystals n- $Pb_{0.096}Mn_{0.04}Se$. The VII Eurasian Conference Nuclear Science and Its Application, Baku,Azerbaijan, october 21-24, 2014, p.252.
 25. Mamishova R.M. $Pb_{1-x}Mn_x Se (x=0.01)$ epitaksial təbəqəsinin elektrik xassələri. International Youth Forum, Integration Processes of the World Science in the 21st century, 10-14 october, 2016, Ganja/Azerbaijan.
 26. Madatov R.S., Mamedov M.A., Mamishova R.M., Studying of electrical properties of $Pb_{1-x}Mn_x Se$ epitaxial film. Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 94-cü ildönümünə həsr olunmuş Gənc Tədqiqatçıların I Beynəlxalq Elmi Konfransı 05-06 May 2017, səh.101.

27. Madatov R.S., Najafov A.N., Nuriyev I.R., Mamedov M.A., Mamishova R.M. Effect of gamma radiation on electrical properties of $Pb_{0,99}Mn_{0,01}Se$ epitaxial film, 11th International Conference «Nuclear and radiation physics», September 12-15, 2017 Almaty, Republic of Kazakhstan, p.252.
28. Мамедов М.А., Мамишова Р.М. Исследование воздействия гамма-излучения на электрических свойств эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$ Третьего междисциплинарного молодежного научного форума с международным участием «Новые материалы», 2017, Москва, 21-24 ноябрь.
29. Madatov R.S., Mamedov M.A., Mamishova R.M. Investigation of the influence of gamma-radiation on electrical and photoelectric properties of $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaxial films, The XXI International Scientific Conference of the Young Scientists and Specialists (AYSS-2017), 2-6 october, Dubna

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ
ПЛЕНОК $Pb_{1-x}Mn_xSe$

Резюме

В настоящей работе выявлена динамика морфологических изменений, на поверхности эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$ в зависимости от технологии получения методом молекулярно-лучевой эпитаксии, а также закономерности и механизм зависимости электропроводности и коэффициента Холла образцов от количества атомов Mn, типа подложки и дозы облучения. Установлено, что когда эпитаксиальные пленки $Pb_{1-x}Mn_xSe$ облучаются γ -квантами, в образцах n-типа проводимости электропроводность уменьшается в низкотемпературной области (80-300K), тогда как в образцах p-типа электрическая проводимость увеличивается. Исследованы закономерности изменения электропроводности эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0,01$ и $0,04$) в зависимости от количества атомов Mn и дозы облучения. Установлено, что в эпитаксиальных пленках $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0,01-0,04$) n-типа электрическая проводимость уменьшается в результате заполнения вакансий свинца атомами Mn, а характер уменьшения зависит от количества примесных атомов. Частичное изменение электрической проводимости наблюдалось в эпитаксиальных пленках $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0,01$) n-типа при дозе облучения $D_\gamma \leq 15$ кГр и в эпитаксиальных пленках $Pb_{1-x}Mn_xSe$ состава $x = 0,04$ при $D_\gamma \leq 20$ кГр. Было обнаружено, что при высокой дозе облучения ($D_\gamma > 15$ кГр и $D_\gamma > 20$ кГр, соответственно) наблюдается инверсия проводимости в образце $Pb_{1-x}Mn_xSe$ n-типа, а величина дозы инверсии зависит от количества примесных атомов. Когда количество атомов Mn увеличивается с $x = 0,01$ до $0,04$, доза инверсии возрастает с 25 кГр до 35 кГр. В эпитаксиальных пленках p-типа $Pb_{1-x}Mn_xSe$ инверсия проводимости не наблюдается. Установлено, что когда эпитаксиальный пленок p-типа $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x = 0,01$) облучается γ -квантами, возникают локальные уровни акцепторного типа с энергией ионизации 0,14 эВ и 0,175 эВ. Изучено влияние γ -лучей на электропроводность эпитаксиальных пленок на разных подложках (стекло и BaF_2) и было установлено, что закономерности изменения электрофизических свойств образцов не зависят от типа подложек.

INFLUENCE OF IONIZING RAYS ON ELECTRO
PHYSICAL PROPERTIES OF $Pb_{1-x}Mn_xSe$ EPITAXIAL FILMS

Abstract

In the present work the dynamics of morphological changes, occurring on the surface of $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaxial films depending on the technology of obtaining by molecular beam epitaxy has been revealed, as well as the regularities and mechanism of the dependence of electrical conductivity and the Hall coefficient of the samples depending on amount of Mn atoms, type of substrate and the radiation dose have been determined. It has been established that when the $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaxial films are irradiated by γ -quanta, in n-type conductivity samples the electrical conductivity reduces in the low temperature region (80-300 K), while in the p-type samples the electrical conductivity increases. Variation regularities of the electrical conductivity of $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x = 0.01$ and 0.04) epitaxial films on the amount of Mn atoms and the irradiation dose have been investigated. It has been established that in the n-type $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0.01-0.04$) epitaxial films the electrical conductivity decreases as a result of filling the lead vacancies by Mn atoms and the nature of the reduction depends on the amount of the impurity atoms. Particular change in conductivity was observed in the n-type $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x = 0.01$) epitaxial films under $D_\gamma \leq 15$ kGy radiation dose, and in $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaxial films of $x = 0.04$ composition under $D_\gamma \leq 20$ kGy. It has been discovered that under high radiation dose ($D_\gamma > 15$ kGy and $D_\gamma > 20$ kGy, respectively) the inversion of conductivity in the n-type $Pb_{1-x}Mn_xSe$ samples is observed and the value of the inversion dose depends on the amount of the impurity atoms. When the amount of Mn atoms increases from $x=0.01$ to 0.04 the inversion dose increases from 25 kGy to 35 kGy. But in p-type $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaxial films the inversion of conductivity is not observed. It has been established that when p-type $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x = 0.01$) epitaxial film is irradiated with γ -quanta, the acceptor-type local levels with the ionization energy of 0,14 eV and 0,175 eV are generated. The effect of γ -rays on the electrical conductivity of the $Pb_{1-x}Mn_xSe$ epitaxial films on different substrates (glass and BaF_2) were studied and it has been established that the variation regularities of the electrophysical properties (electric conductivity and photoconductivity) of the samples does not depend on the type of substrates.

AMEA-nın mətbəəsində çap olunub

Tiraj-100

25

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ РАДИАЦИОННЫХ ПРОБЛЕМ

На правах рукописи

РАХШАНА МАЙИШ кызы МАМИШОВА

**ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ
ПЛЕНОК $Pb_{1-x}Mn_xSe$**

2225.01 - Радиационное материаловедение

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по физике

БАКУ - 2017

26