

Pb_{1-x}Mn_xTe (Ga) EPİTAKSİAL TƏBƏQƏLƏRİNİN BÖYÜMƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN ELEKTROFİZİKİ XASSƏLƏRİ İLƏ ƏLAQƏLİ TƏDQIQI

H.R.NURIYEV, R.M.SADIQOV

Azərbaycan MEA akademik H.M. Abdullayev adına

Fizika İnstitutu

AZ-1143, H. Cavid pr., 33

Molekulyar dəstədən kondensasiya metodu ilə 10^{-4} Pa vakuumda BaF₂ (111) altlıqları üzərində alınmış Pb_{1-x}Mn_xTe (Ga) ($x=0,02$) epitaksial təbəqələrinin kristal mükəmməlliyi və səthinin morfoloqiyası elektrofiziki xassələri ilə əlaqəli tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, təbəqələrin kristal mükəmməlliyi və yükdaşıyıcılarının yüürlüklüyü kondensasiya sürətindən kəskin asılıdır. Yüksək elektrofiziki parametrlərlə və mükəmməl quruluşlu Pb_{1-x}Mn_xTe epitaksial təbəqələrinin alınmasının optimal şərtləri müəyyən edilmişdir: $T_{alt}=663\div 673$ K; $T_{Te}=420$ K; $v_k=8\div 9$ Å/s, $n_p(77K)=5\cdot 10^{15}\div 1\cdot 10^{16}$ sm⁻³; $\mu_{n,p}(77K)=(2,5\div 3)\cdot 10^4$ sm²/V·s.

Представлены результаты исследования структуры и морфологии поверхности эпитаксиальных пленок Pb_{1-x}Mn_xTe (Ga) ($x=0,02$), выращенных на подложках BaF₂ (111) методом конденсации молекулярных пучков в вакууме 10^{-4} Па, в корреляции с их электрофизическими свойствами. Показано, что кристаллическое совершенство и подвижность носителей заряда пленок сильно зависит от скорости конденсации. Определены оптимальные условия получения структурно совершенных эпитаксиальных пленок Pb_{1-x}Mn_xTe с высокими электрофизическими параметрами: $T_{п}=663\div 673$ K; $T_{Te}=420$ K; $v_k=8\div 9$ Å/сек, $n_p(77K)=5\cdot 10^{15}\div 1\cdot 10^{16}$ см⁻³; $\mu_{n,p}(77K)=(2,5\div 3)\cdot 10^4$ см²/В·с.

Crystal perfectness and surface morphology of Pb_{1-x}Mn_xTe (Ga) ($x=0,02$) epitaxial films, grown on BaF₂ (111) substrates in the 10^{-4} Pa vacuum by the molecular beams condensation method were investigated related to their electrophysical features. It is shown that crystal perfectness and mobility of charge carriers are highly depended on the condensation rate. The condition of growth of Pb_{1-x}Mn_xTe epitaxial films with high electrophysical parameters and with perfect structure was defined: $T_{sub}=663\div 673$ K; $T_{Se}=420$ K; $v_c=8\div 9$ Å/s, $(n,p)_{77K}=5\cdot 10^{15}\div 1\cdot 10^{16}$ sm⁻³; $\mu_{n,p}(77K)=(2,5\div 3)\cdot 10^4$ sm²/V·s.

A^{IV}B^{VI} tipli yarımkeçirici birləşmələr əsasında bərk məhlullar spektrin 3-5 mkm dalğa uzunluğu oblastında işləyən fotoqəbuledicilərdə geniş istifadə olunur [1].

Son zamanlar, bu birləşmələrin maqnit xassəli elementlərlə (Mn) əmələ gətirdiyi yarımmaqnit bərk məhlullara (Pb_{1-x}Mn_xTe, Pb_{1-x}Mn_xSe) elmi maraq xeyli artmışdır. Belə ki, A^{IV}B^{VI} tipli yarımkeçiricilər qrupuna daxil olan PbTe, PbSe birləşmələrinin kristall qəfəsinə Mn ionlarının daxil edilməsi, yaranan bərk məhlullarda yarımmaqnit yarımkeçiricilərə məxsus yeni xassələrin mövcudluğunu üzə çıxarır və onların əsasında texnikada geniş tətbiq olunan, maqnitlə idarə olunan diodların hazırlanmasına böyük imkanlar yaradır. 30 ildən artıq bir dövrdə yarımmaqnit xassəli belə bərk məhlulların massiv monokristalları alınmış və onların fiziki xassələri geniş tədqiq olunmuşdur [2-6]. Göstərilən bərk məhlulların epitaksial təbəqələrinin alınması və onların əsasında infraqırmızı texnikada geniş tətbiq olunan optoelektron cihazların hazırlanması böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu isə Pb_{1-x}Mn_xTe bərk məhlullarının yüksək kristal mükəmməlliyə və tələb olunan elektrofiziki parametrlərə malik epitaksial təbəqələrinin alınması məsələsini qarşıya qoyur.

Məlumdur ki, optoelektron cihazlar kristalların səthə yaxın laylarında yaradılır və uyğun olaraq səthin kristal halı onların əsasında hazırlanan cihazların xarakteristikalarına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir [7].

Təqdim olunan işdə molekulyar dəstədən kondensasiya metodu ilə 10^{-4} Pa vakuumda BaF₂ (111) altlıqları üzərində alınmış Pb_{1-x}Mn_xTe ($x=0,02$) epitaksial təbəqələrinin kristal mükəmməlliyi və səthinin morfoloqiyası elektrofiziki xassələri ilə əlaqəli tədqiq olunmuşdur. Altlıq qismində BaF₂ monokristallarının təzə qəlpələnmiş (111) layları, buxarlaınma mənbəyi kimi əvvəlcədən sintez olunmuş, tələb

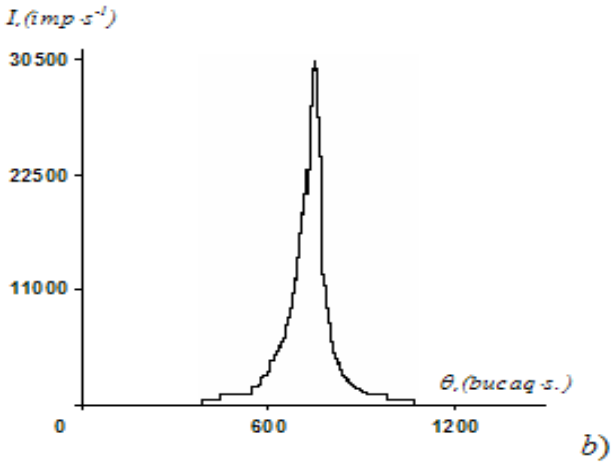
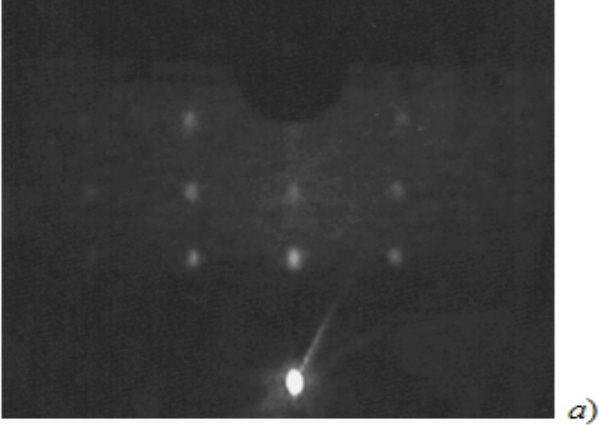
olunan kimyəvi tərkibə malik, $\leq 0,5$ at. % qalliumla (Ga) aşqarlanmış Pb_{1-x}Mn_xTe bərk məhlulları götürülmüşdür.

Alınmış təbəqələrin kristal mükəmməlliyi elektronqrafiya və rentgendifraktometriya, səthinin morfoloqiyası isə elektronmikroskopiya metodları ilə tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, daha yüksək kristal mükəmməlliyə və elektrofiziki parametrlərə malik epitaksial təbəqələri, böyümə prosesində kompensəedici əlavə Te mənbəyindən istifadə etməklə almaq olar. Epitaksial təbəqələr altlığın temperaturunun (T_{alt}) və kondensasiya sürətinin (v_k) müxtəlif qiymətlərində alınmış və tədqiq olunmuşdur.

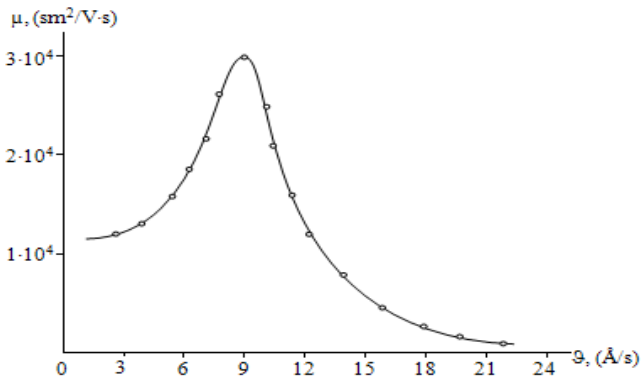
Ədəbiyyatdan məlumdur ki, yüksək kristall mükəmməlliyə və elektrofiziki parametrlərə malik epitaksial təbəqələr kondensasiya sürətindən kəskin asılıdır [8-9].

Elektronqrafik tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, altlığın temperaturunun $T_{alt}=663\div 673$ K, kondensasiya sürətinin $v_k=8\div 9$ Å/san qiymətlərində qalınlığı $0,5\div 1$ mkm və kristal mükəmməlliyi $W_{1/2}=90\div 100$ olan epitaksial təbəqələr almaq mümkündür. Məlum olmuşdur ki, BaF₂ (111) altlıqları üzərində Pb_{1-x}Mn_xTe epitaksial təbəqələri səthə mərkəzləşmiş kubik qəfəsdə kristallaşır və altlığın (111) müstəvisi üzrə böyüyür (Şəkl.1a, b).

Göstərilmişdir ki, kondensasiya sürəti, epitaksial təbəqələrin elektrofiziki xassələrinə təsir edir və v_k -nin artması ilə yükdaşıyıcıların yüürlüklüyü ciddi dəyişir. Belə ki, şəkl.2-dən görüldüyü kimi, kondensasiya sürətinin $1\div 9$ Å/san intervalında artması ilə yükdaşıyıcıların yüürlüklüyü artır və 9 Å/san qiymətində özünün maksimum qiymətini ($\mu_{n,p}(77K)=3\cdot 10^4$ sm²/V·san) alır. Kondensasiya sürətinin sonrakı artımı yükdaşıyıcıların yüürlüklüyünü kəskin azaldır.



Şək.1. $Pb_{1-x}Mn_xTe$ (Ga) ($x=0,02$) epitaksial təbəqələrinin elektronqramı (a), və rentgendifraksiya əyrisi (b).

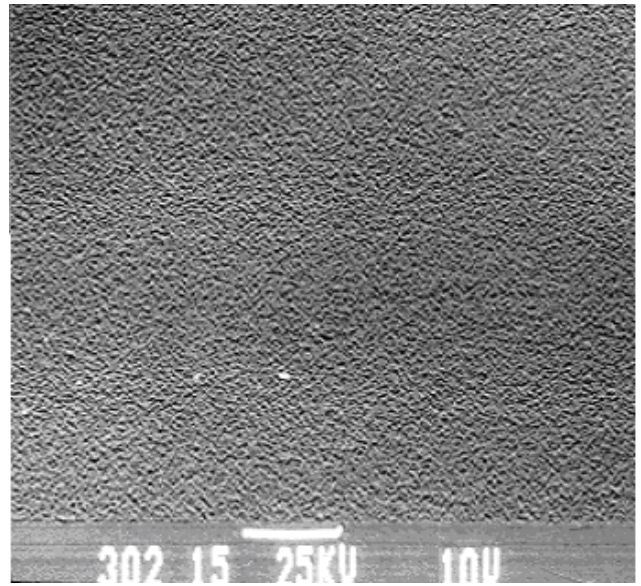


Şək.2. $Pb_{1-x}Mn_xTe$ (Ga) ($x=0,02$) epitaksial təbəqəbrində 77 K temperaturda yükdaşıyıcıların yürüklüyünün kondensasiya sürətindən asılılığı.

Elektronmikroskopik tədqiqatlar göstərir ki, yuxarıda göstərilmiş şəraitdə alınmış epitaksial təbəqələrin səthində

qara ləkələr müşahidə olunur. Ədəbiyyatdan məlum olduğu kimi bu ləkələr, böyümə prosesində, tərkibdə olan artıq qurğuşun atomlarının oksidləşməsi nəticəsində əmələ gəlir [10-11].

Bu cür epitaksial təbəqələrdə yükdaşıyıcıların yürüklüyünün qiyməti aşağı olur. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi optoelektron cihazlar kristalların səthə yaxın laylarında yaradılır. Məhz bu baxımdan kristalın səthi hamar, parlaq olmalıdır ki, onlar əsasında hazırlanan cihazların effektivliyi yüksək olsun. Bu məqsədlə göstərilən qara ləkələri aradan götürmək və uyğun olaraq epitaksial təbəqələrdə yükdaşıyıcıların yürüklüyünü artırmaq üçün, böyümə prosesində kompensəedici əlavə Te mənbəyindən istifadə edilmişdir. Bununla da kompensəedici əlavə Te mənbəyinin $T_{Te}=420$ K qiymətində parlaq səthə və yüksək kristal mükəmməlliyə malik epitaksial təbəqələr almaq mümkün olmuşdur (Şək.3).



Şək.3. Böyümə prosesində əlavə Te mənbəyindən istifadə etməklə alınmış $Pb_{1-x}Mn_xTe$ (Ga) ($x=0,02$) epitaksial təbəqələrinin elektronmikroskopik şəkli ($T_{Te}=420$ K).

Beləliklə yüksək kristal mükəmməlliyə və elektrofiziki parametrlərə malik $Pb_{1-x}Mn_xTe$ epitaksial təbəqələrinin alınmasının optimal şərtləri müəyyən edilmişdir: $T_{art.}=663\div 673$ K; $T_{Te}=420$ K; $v_k=8\div 9$ Å/s, $n,p(77K)=5\cdot 10^{15}\div 1\cdot 10^{16}$ sm⁻³; $\mu_{n,p}(77K)=(2,5\div 3)\cdot 10^4$ sm²/V·s.

[1]. *A.B.Матвеевко, Ю.В.Медведев, Н.Н. Берченко* Термическое вакуумное напыление эпитаксиальных пленок полупроводниковых соединений группы $A^{IV}B^{VI}$ // Зарубежная электронная техника, 1982, №11, С.54-115.
 [2]. *И.И.Засавицкий, Л.Ковальчик, Б.Н.Мацаишвили, А.В. Сазонов* Фотолуминесценция полумагнитных полупроводников типа $A^{IV}B^{VI}$ // ФТП. 1988. т.22.

в.12. С.2118-2123.
 [3]. *Б.А.Акимов, А.В.Никорич, Р.Л.И.ябова, Н.А.Широкова* Переход металл – диэлектрик в твердых растворах $Pb_{1-x}Mn_xTe$ (In) // ФТП. 1989. т.23. в.6. С.1019-1024.
 [4]. *Б.А.Акимов, С.А.Белоконь, З.М.Дашевский и др.* Энергетический спектр и фотопроводимость твердых растворов $Pb_{1-x}Mn_xTe$ (Ga) // ФТП. 1991.

- т.25. в.2. С.250-253.
- [5]. *А.Де Виссер, И.И.Иванчик, Д.Р.Хохлов* Особенности магнитосопротивления сплавов Pb_{1-x}Sn_xTe (In) и Pb_{1-x}Mn_xTe (In) в сверхсильных магнитных полях // ФТП. 1996. т.30. в.8. С.1400-1405.
- [6]. *Е.И.Рогачева, А.С.Сологубенко, И.М. Кривулькин* Микротвердость полумагнитных твердых растворов Pb_{1-x}Mn_xTe // Неорганические материалы. 1998. т.34. №6. С.669-674.
- [7]. *А.М.Афанасьев, П.А.Александров, Р.М.Имамов* Рентгенодифракционная диагностика субмикронных слоев. М.: Наука, 1989, 152с.
- [8]. *I.R.Nuriev, M.I.Abdullayev, S.S.Farzaliev, A.A.Mashnin* Структура и электрофизические свойства эпитаксиальных пленок PbS_{1-x}Te_x // Azərbaycan EA "Xəbərləri", С.XX, №5, Bakı, 2000, s.23-25.
- [9]. *И.Р. Нуриев, М.Б. Гаджиев, Р.М. Садыгов* Исследование структуры и электрофизические свойства эпитаксиальных пленок Pb_{1-x}Mn_xSe // Физика, 2008, С.ХІV, №3, s.65-67.
- [10]. *И.Р. Нуриев, А.М. Назаров, С.С. Фарзалиев, Н.В.Фараджев, Р.М. Садыгов* Исследование структуры поверхности эпитаксиальных пленок Pb_{1-x}Mn_xTe // Azərbaycan EA "Xəbərləri", С.ХХІІІ, №5(І), Bakı, s.123-125.
- [11]. *И.Р. Нуриев, С.С. Фарзалиев, Р.М. Садыгов.* Рост эпитаксиальных пленок Pb_{1-x}Mn_xTe (Ga) на монокристаллах PbTe_{1-x}Se_x // "Поверхность", Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, №2, Москва, 2004, С.110-112.