

**ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ
ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК ХАЛЬКОГЕНИДОВ A^4B^6**

И.Р.НУРИЕВ

*Институт физики НАН Азербайджана
AZ 1143, г.Баку, пр. Г.Джавида, 33*

Исследованы особенности морфологии поверхности эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0,03$), полученных на свежесколотых гранях (111) BaF_2 и монокристаллических пластинах (100) $PbSe_{1-x}S_x$ ($x=0,12$) методами конденсации молекулярных пучков и «горячей стенки». Показано, что эпитаксиальные пленки в соответствии с литературными данными для других халькогенидов растут плоскостями (111) и (100), повторяя ориентацию подложек, и на поверхности этих пленок наблюдаются черные скопления. Проведено сравнение и обобщение полученных результатов с литературными данными для других халькогенидов A^4B^6 : $Pb(S,Se,Te)$; $Pb_{1-x}Sn_x(S,Se,Te)$; $Pb_{1-x}Mn_x(Se,Te)$. Установлено, что образование черных скоплений, являющихся включениями второй фазы на поверхности эпитаксиальных пленок, полученных методами термического напыления в вакууме, характерно для узкозонных халькогенидов A^4B^6 .

Эпитаксиальные пленки полупроводниковых соединений A^4B^6 и их твердых растворов, полученные различными методами, изучаются давно. Исследованию особенностей роста и структуры этих пленок посвящены многочисленные работы. Разработаны технологии получения пленок этих материалов р-, n-типов проводимости с совершенной кристаллической структурой, высокими электрофизическими, оптическими и фотоэлектрическими параметрами. Созданы различные фоточувствительные структуры на их основе [1-12]. Эти полупроводники являются узкозонными ($E_g \leq 0,3$ эВ) и созданные на их основе оптоэлектронные приборы широко применяются в различных областях инфракрасной техники.

Известно, структура и морфология поверхности играет важную роль в создании оптоэлектронных приборов, отвечающих современным требованиям [13].

В настоящей работе исследованы особенности структуры и морфологии поверхности эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0,03$), выращенных методами конденсации молекулярных пучков в вакууме 10^{-4} Па и «горячей стенки» в вакууме 10^{-7} Па на свежесколотых гранях (111) BaF_2 и монокристаллических пластинах (100) $PbSe_{1-x}S_x$ ($x=0,12$). Выбор монокристаллических пластин (100) $PbSe_{1-x}S_x$ ($x=0,12$) в качестве подложек связан с целью создания гетероструктур и получения пленок с более совершенной структурой. Проведено сравнение и обобщение полученных результатов с литературными данными для других халькогенидов A^4B^6 : $Pb(S, Se, Te)$, $Pb_{1-x}Sn_x(S, Se, Te)$, $Pb_{1-x}Mn_x(Se, Te)$.

Структура пленок исследовалась электронографическим (ЭМР-100), а морфология поверхности - электронномикроскопическим (09ИОЭ-100-005) методами.

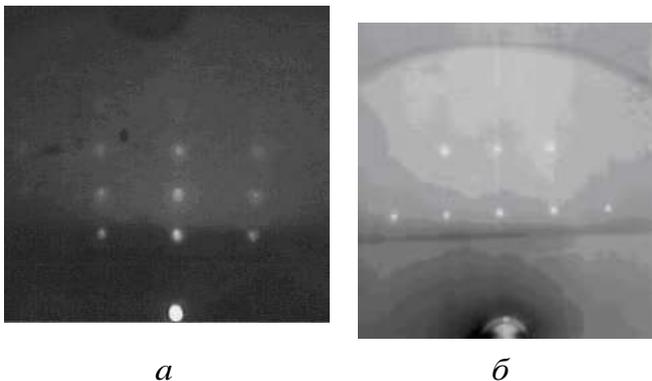


Рис.1.

Электронограммы эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0,03$); а-подложка BaF_2 , б-подложка $PbSe_{1-x}S_x$ ($x=0,12$).

Определены оптимальные условия получения структурно совершенных эпитаксиальных пленок исследованных полупроводниковых материалов. Установлено, что при температурах подложки $653\div 673\text{K}$ и скоростях конденсации $9\div 10\text{ \AA}/\text{сек}$ по плоскостям (111), (100) растут структурно-совершенные эпитаксиальные пленки $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$ ($x=0,03$), повторяя ориентацию подложек (Рис.1а, 1б).

Электронномикроскопические исследования показали, что на поверхности полученных пленок наблюдаются черные скопления. Согласно литературным данным, эти скопления являются продуктами окисления, образующимися в процессе роста. Количество и размер этих скоплений отличаются в зависимости от метода получения пленок (Рис.2 (а, б)).

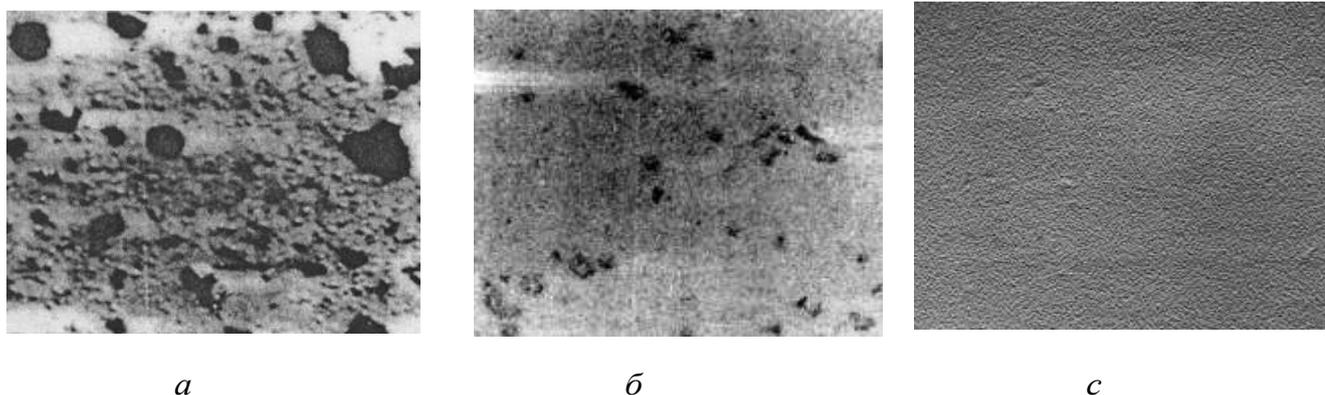


Рис.2.

Электронномикроскопические снимки поверхности эпитаксиальных пленок $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$ ($x=0,03$), полученных методами КМП и ГС ($\times 50000$); а, б - без компенсации Se, с - с компенсацией Se.

Как видно из этих рисунков, количество и размер черных скоплений на поверхности пленок, полученных методом КМП (Рис.2а), больше, чем на поверхности пленок, полученных методом ГС (Рис.2б). Поскольку степень вакуума при получении пленок методом КМП ниже, чем методом ГС, то количество оставшихся газов в рабочем объеме в процессе роста, будет обратным. Этот факт свидетельствует о том, что действительно наблюдающиеся черные скопления, являются продуктами окисления, образующимися в процессе роста. С целью получения пленок с чистой поверхностью без наблюдаемых на Рис.2(а, б) черных скоплений, являющихся включениями второй фазы, был использован дополнительный компенсирующий источник паров селена (Se) в процессе роста. Применение таких источников приводило к получению эпитаксиальных пленок с поверхностью чистой от черных скоплений (Рис.2с). Такие пленки, в согласии с литературными данными, имеют оптимальные значения электрофизических, оптических и фотоэлектрических параметров, необходимых для создания на их основе высокочувствительных оптоэлектронных приборов, применяемых в различных областях ИК техники. Сравнение с литературными данными показало, что полученные результаты имеют место и в исследовании других халькогенидов A^4B^6 и их твердых растворов [2,3,5,6,9-12].

Таким образом, можно считать установленным, что образование черных скоплений, являющихся включениями второй фазы на поверхности эпитаксиальных пленок, полученных методами термического напыления в вакууме, характерно для узкозонных халькогенидов A^4B^6 .

1. С.А.Семилетов, Н.А.Сулейманов, Е.В.Ракова, С.И.Желудева, И.Р.Нурiev, *Микроэлектроника*, **9** (1979) 467.
2. И.Р.Нурiev, Р.Н.Набиев, *ДАН Азерб. ССР*, **42** №8 (1986) 19.

3. Э.Ю.Салаев, И.Р.Нуриев, А.К.Шарифова, *Физика, химия, механика*, **2** (1987) 123.
4. И.Р.Нуриев, А.К.Шарифова, *Специальная электроника, серия Материалы*, **2** (1988).
5. И.Р.Нуриев, Э.Ю.Салаев, Х.Д.Джалилова, Н.В.Фараджов, *Прикладная физика*, **3** (1999) 112.
6. I.R.Nuriev, E.A.Akhmedov, E.Yu.Salayev, M.I.Abdullayev, *Proceedings of SPIE*, (1999) 161.
7. E.Y.Salaev, I.R.Nuriev, Kh.D.Jalilova, N.V.Faradjev, *Proceedings of SPIE*, (2000) 213.
8. И.Р.Нуриев, С.С.Фарзалиев, Р.М.Садыгов, *Поверхность*, **1** (2004) 113.
9. И.Р.Нуриев, С.С.Фарзалиев, Х.Д.Джалилова, Р.М.Садыгов, *Прикладная Физика*, **4** (2004) 89.
10. I.R.Nuriev, S.S.Farzaliyev, N.V.Faradjev, R.M. Sadigov, *SPIE Proceedings*, (2005) 246.
11. И.Р.Нуриев, М.Б.Гаджиев, Р.М.Садыгов, А.М.Назаров, *Прикладная физика*, **2** (2007) 132.
12. И.Р.Нуриев, Р.М.Садыгов, А.М.Назаров, *Кристаллография*, **2** (2008) 329.
13. А.М.Афанасьев, П.А.Александров, Р.М.Имамов, *Наука*, (1989) 152.

A B TİP XALKOGENİDLƏRİN EPİTAKSİAL TƏBƏQƏLƏRİNİN SƏTH MORFOLOGİYASININ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

H.R.NURİYEV

Molekulyar dəstədən kondensasiya və «isti divar» üsulları ilə (111) BaF₂, (100) PbSe_{1-x}S_x (x=0,12) monokristal altlıqları üzərində alınmış Pb_{1-x}Mn_xSe (x=0,03) epitaksial təbəqələrinin səth morfologiyasının xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, epitaksial təbəqələr, digər xalkogenidlər üçün verilmiş ədəbiyyat məlumatlarına uyğun, aldığı istiqamətini təkrar edərək, (111); (100) müstəviləri üzrə böyüyür və bu təbəqələrin səthində qara yığımlar müşahidə olunur. Alınmış nəticələr, A B tipli digər xalkogenidlər: Pb(S, Se, Te); Pb (Se, Te) üçün verilmiş ədəbiyyat məlumatları ilə müqayisə olunmuş və ümumiləşdirmə aparılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, vakuumda termiki buxarlandırma üsulu ilə alınmış epitaksial təbəqələrin səthində qara yığımların əmələ gəlməsi darzolaqlı A B tip xalkogenidlər üçün xarakterikdir.

FEATURES OF SURFACE MORPHOLOGY OF A^4B^6 CHALCOGENIDES EPITAXIAL FILMS

H.R. NURIYEV

The features of surface morphology of Pb_{1-x}Mn_xSe (x=0.03) epitaxial films prepared on freshly chipped faces (111) of BaF₂ and single crystalline plates (100) of PbSe_{1-x}Se_x (x=0.12) by molecular beam condensation and "hot wall" methods have been investigated. It has been shown that epitaxial films according to the literary data for others chalcogenides, grow by planes (111) and (100) repeating orientation of the substrates and on the surfaces of these films black congestions are observed. Comparison and generalization of the received results with the literary data for other A^4B^6 chalcogenides: Pb (S, Se, Te); Pb_{1-x}Sn_x (S, Se, Te) has been carried out. It has been established that creation of the black congestions which have been included of the second phase on the surface of epitaxial films received by thermal sputtering methods in vacuum, has been typical for narrow bandgap A^4B^6 chalcogenides.

Редактор: А.Халилова