

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ
ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК $Pb_{1-x}Mn_xTe$**

**И.Р.НУРИЕВ, А.М.НАЗАРОВ, С.С.ФАРЗАЛИЕВ,
Н.В.ФАРАДЖЕВ, Р.М.САДЫГОВ**

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

В настоящей работе проведено электронномикроскопическое исследование структуры поверхности эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_xTe$ ($x=0.05$), выращенных методом конденсации молекулярных пучков в вакууме 10^{-4} Па на подложках (111) BaF_2 . Показано, что на электронномикроскопических снимках пленок, полученных при температурах подложки $T_{\text{п}}=350\div 400^{\circ}\text{C}$ и скоростях конденсации $v_{\text{к}}=2\div 9\text{Å}/\text{сек}$, наблюдаются черные пятна, количество которых растет с уменьшением скорости конденсации и увеличением температуры подложки. С применением дополнительного компенсирующего источника Te были получены структурно совершенные пленки $Pb_{1-x}Mn_xTe$ с чистой гладкой поверхностью и с заданными электрофизическими параметрами.

Твердые растворы на основе полупроводниковых соединений типа A^4B^6 широко используются для изготовления ряда устройств – от термоэлектрических преобразователей до инфракрасных детекторов [1]. Представляют научный и практический интерес и привлекают внимание исследователей полумагнитные твердые растворы на основе этих соединений [2].

Полумагнитные твердые растворы $Pb_{1-x}Mn_xTe$, в которых атомы свинца частично замещаются на атомы переходного элемента-марганца с некомпенсированным магнитным моментом, начиная с 1980 года, являются предметом интенсивных экспериментальных и теоретических исследований. В последние годы широко исследуются твердые растворы $Pb_{1-x}Mn_xTe$, легированные элементами III группы [3-7]. Легирование этих материалов индием и галлием приводит к качественному изменению фотопроводимости – появлению с ростом x на кинетических кривых, наряду с задержанной проводимостью, участка сравнительно быстрых релаксаций. С точки зрения практического применения этих полупроводников в ИК фотоэлектронике большой перспективой обладают их эпитаксиальные пленки. В современной электронной технике эпитаксиальные пленки играют всё возрастающую роль. Микроэлектронные приборы создаются в тонком приповерхностном слое кристалла, поэтому бурное развитие технологии и выращивания структурно совершенных эпитаксиальных пленок требует наряду с детальным исследованием особенностей их роста и исследование структуры поверхности. В связи с этим необходима разработка технологии получения структурно совершенных эпитаксиальных пленок с гладкой чистой поверхностью и с заданными электрофизическими параметрами.

В настоящей работе представлены результаты электронномикроскопического исследования структуры поверхности эпитаксиальных пленок $Pb_{1-x}Mn_xTe$ ($x=0.05$), выращенных методом конденсации молекулярных пучков в вакууме 10^{-4} Па на подложках BaF_2 . В качестве источника использовались заранее синтезированные твердые растворы $Pb_{1-x}Mn_xTe$ ($x=0.05$) соответствующего химического состава и легированные 0,5÷0,8 ат.% галлия. Подложками служили свежие естественные сколы монокристаллов BaF_2 . Известно, что свойства эпитаксиальной пленки во многом определяются параметрами подложки. В частности, желательно максимально возможное совпадение параметров решетки и коэффициентов

теплового расширения подложки и напыляемой эпитаксиальной пленки. В нашем случае между указанными параметрами имеются удовлетворительные соотношения. С другой стороны, эти подложки - диэлектрические, основным достоинством которых является возможность осуществления электрической развязки отдельных функциональных элементов при создании многоэлементных приборов.

Следует отметить, что в настоящее время для исследования структуры поверхности массивных кристаллов и эпитаксиальных пленок наряду с рентгенодифракционными методами успешно применяется и метод электронной микроскопии. Исследования проводились на растровом электронном микроскопе (09ИОЭ - 100-005). Были получены эпитаксиальные пленки, выращенные при температурах подложки $T_{\text{п}}=350\div 400^{\circ}\text{C}$ и скоростях конденсации $v_{\text{к}}=2\div 9 \text{ \AA}/\text{сек}$. На свежесколотых гранях BaF_2 пленки $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ растут плоскостью (111).

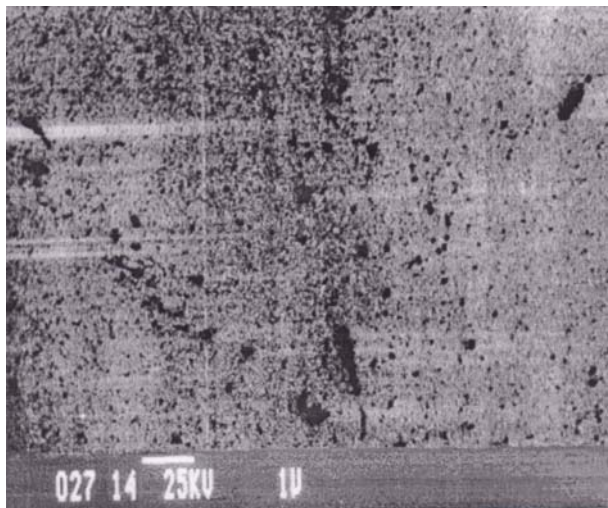


Рис.1.

Электронномикроскопический снимок поверхности эпитаксиальных пленок $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}(\text{Ga})$ на подложках BaF_2 (без компенсации Te).



Рис.2.

Электронномикроскопический снимок поверхности эпитаксиальных пленок $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}(\text{Ga})$ на подложках BaF_2 (с компенсацией Te).

Показано, что на электронномикроскопических снимках пленок, полученных при вышеприведенных условиях, наблюдаются черные пятна, свидетельствующие о наличии включений второй фазы, количество которых растет с уменьшением скорости конденсации и увеличением температуры подложки (Рис.1). Согласно литературным данным [8], эти пятна являются окислами металла (PbO), образовавшиеся вследствие захвата кислорода в процессе роста, которые создают дополнительные центры рассеяния электронов. Захват кислорода происходит на поверхности пленки с избытком свинца, который диффундирует из объема через междоузлия. Излишки свинца образуются в результате частичного разложения исследуемого материала в процессе напыления вследствие улетучивания легколетучего компонента халькогена (в данном случае Te). Для создания различных фоточувствительных эпитаксиальных структур необходимо получение пленок с чистой гладкой поверхностью без включений второй фазы. С этой целью в процессе роста пленок был использован дополнительный компенсирующий источник Te. Применение такого источника привело к получению пленок $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ с чистой гладкой поверхностью без включений второй фазы (Рис.2).

Установлено, что, регулируя температуру компенсирующего источника Te , можно получить структурно совершенные пленки $Pb_{1-x}Mn_xTe$ с заданными электрофизическими параметрами: $n, p(77K) = 0,9 \div 1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$; $\mu_{77K} = 2 \div 2,5 \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{сек}$.

Работа выполнена при поддержке ИНТАС (проект 01-0190).

1. Н.П.Гавалешко, П.Н.Горлей, В.А.Шендеровский, *Узкозонные полупроводники. Получение и физические свойства. Киев: Наук. Думка, (1984) 287.*
2. M.Gorska, J.R.Anderson, *Phys. Rev. B.*, **38** (1988) 9120.
3. Б.А.Акимов и др., *ФТП*, **25** (1991) 250.
4. Б.А.Акимов и др., *ФТП*, **30** (1996) 1647.
5. А.Де Виссер и др., *ФТП*, **30** (1996) 1400.
6. И.Р.Нуриев, С.С.Фарзалиев, Х.Д.Джалилова, Р.М.Садыгов, *Тезисы докладов XVII Международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и ПНВ. Москва, НПО ОРИОН, (2002) 42.*
7. И.Р.Нуриев, С.С.Фарзалиев, Р.М.Садыгов, *Сб. докладов 9-го Международного симпозиума "Высокочистые металлические и полупроводниковые материалы", Харьков, Украина, (2003) 154.*
8. E.H.Parker and D.Williams, *Thin Solid Films*, **35** (1976) 375.

$Pb_{1-x}Mn_xTe$ EPITAKSIAL TƏBƏQƏLƏRİNİN SƏTH QURULUŞUNUN TƏDQIQI

H.R.NURIYEV, A.M.NƏZƏROV, S.S.FƏRZƏLİYEV, N.V.FƏRƏCOV, R.M.SADIXOV

Təqdim edilmiş işdə molekulyar dəstədən kondensasiya metodu ilə 10^{-4} Pa vakumda BaF_2 (111) altlıqları üzərində alınmış $Pb_{1-x}Mn_xTe$ ($x=0.05$) epitaksial təbəqələrinin səthinin strukturunun elektronmikroskopik tədqiqatları aparılmışdır. Göstərilmişdir ki, oruracağın $T_{ot}=350 \div 400^\circ \text{S}$ temperaturunda və kondensasiya sürətinin $v_c=2 \div 9 \text{ E/s}$ qiymətlərində alınmış təbəqələrin elektronmikroskopik şəkillərində qara ləkələr müşahidə olunur ki, onların miqdarı kondensasiya sürətinin azalması və oturacağın temperaturunun artması ilə azalır. Əlavə kompensəedic Te mənbəyindən istifadə etməklə təmiz şəffaf səthə və verilmiş elektrofiziki parametrlərə malik mükəmməl quruluşlu $Pb_{1-x}Mn_xTe$ epitaksial təbəqələri alınmışdır.

RESEARCH OF THE SURFACE STRUCTURE OF EPITAXIAL $Pb_{1-x}Mn_xTe$ FILMS

I.R.NURIYEV, A.M.NAZAROV, S.S.FARZALIYEV, N.V.FARADJEV, R.M.SADIGOV

Electron microscopy research of the surface structure of the epitaxial $Pb_{1-x}Mn_xTe$ ($x=0.05$) films grown by a method of molecular beams condensation in vacuum 10^{-4} Pa on substrates (111) BaF_2 have been carried out at the present work. It is shown that on electron microscopy images of the films received on the substrates at $T_s=350 \div 400^\circ \text{C}$ temperatures and $v_c=2 \div 9 \text{ \AA/s}$ condensation velocities black stains are observed, which quantity grows with reduction of condensation velocity and increasing of the substrate temperature. With application of an additional compensating source structurally perfect $Pb_{1-x}Mn_xTe$ films with a clean smooth surface and with the given electrophysical parameters have been received.

Редактор: Дж.Абдинов