

УДК 621.315.692

СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК $PbS_{1-x}Te_x$

И.Р.НУРИЕВ, М.И.АБДУЛЛАЕВ, С.С.ФАРЗАЛИЕВ

*Институт Фотозлектроники АН Азербайджана
370141, Баку, ул.Ф.Агаева, квартал 555*

В настоящей работе рассматривается выращивание эпитаксиальных пленок $PbS_{1-x}Te_x$ ($x=0,5$) на подложках BaF_2 (111) методом эпитаксии из молекулярных пучков. Выявлено, что при температурах подложки выше 623 К выращенные эпитаксиальные слои имеют монокристаллическую структуру с полушириной кривого качания рентгеновской дифракции $W_{112}=100\div 120^\circ$. При температурах подложки 673+693 К и скоростях конденсации $7\div 8 \text{ \AA}/\text{сек}$ значения подвижности и концентрации носителей заряда соответственно равны: $\mu_{TK}=2\div 3\cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{сек}$, $(p, n)_{TK}=0,8\div 1\cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

Эпитаксиальные пленки узкозонных полупроводниковых соединений $A^{IV}B^{VI}$ нашли широкое практическое применение в диапазоне спектра $3\div 5 \text{ мкм}$ и используются в различных оптоэлектронных приборах. Получению и исследованию этих пленок посвящен ряд работ [1-3]. В [3] эпитаксиальные пленки PbS n - и p -типов проводимости были получены применением различных вариантов метода термического напыления. Пленки с более совершенной структурой получались методами "Эпитаксия из молекулярных пучков" и "Горячая стенка". В качестве подложек использовались монокристаллические пластины из материалов PbS и различные диэлектрики (CaF_2 , BaF_2 , SrF_2 , $LiNbO_3$). Близость значений параметров решеток и совпадение коэффициентов теплового расширения давали возможность на диэлектрических подложках SrF_2 получить эпитаксиальные пленки PbS с совершенной структурой и подвижностью носителей зарядов, как у лучших объемных кристаллах.

В настоящей работе рассматривается структура и электрофизические свойства эпитаксиальных пленок $PbS_{1-x}Te_x$ ($x=0,5$), выращенных на свежесколотых гранях BaF_2 (111) (постоянная решетки $a=6,19 \text{ \AA}$), методом эпитаксии из молекулярных пучков.

Выбор в качестве подложки монокристаллов BaF_2 продиктован их оптической прозрачностью в этом спектральном диапазоне, хорошей механической прочностью и химической инертностью [4]. Следует отметить, что до настоящего времени не было проведено исследование особенностей роста пленок $PbS_{1-x}Te_x$ в корреляции с их электрофизическими свойствами на подложках из BaF_2 .

Структура пленок контролировалась рентгендифрактометрическим, электронографическим и электронномикроскопическим методами.

С целью получения изопериодических эпитаксиальных пленок на диэлектрической подложке BaF_2 , были использованы заранее синтезированные твердые растворы $PbS_{1-x}Te_x$ ($x=0,5$). Перед процессом напыления для очищения поверхности от возможных загрязнений, подложки отжигались при температуре $T=733\text{K}$ в течении 10 минут. После этого температура подложки была снижена до необходимого значения, а затем производился процесс напыления. Скорость конденсации диктовалась температурой источника.

Одним из необходимых условий достижения нужных электрофизических параметров является получение эпитаксиальных пленок с высоким кристаллическим совершенством. Применение методов рентгендифрактометрии, электронографии и электронномикроскопии давало возможность исследовать особенности роста и установить

условия получения совершенных эпитаксиальных пленок $PbS_{1-x}Te_x$ на подложках BaF_2 . Исследования проводились на трехкристальном рентгеновском спектрометре ТРС в двухкристальном режиме, электронографе ЭМР-100 и малогабаритном растровом электронном микроскопе 09ИОЭ-100-005. Использовалось CuK_{α} -излучение рентгеновской трубки БСВ-22 ($U=15$ кВ, $I=20$ мА). В качестве кристалла-монокроматора использовался кристалл BaF_2 с плоскостью (111).

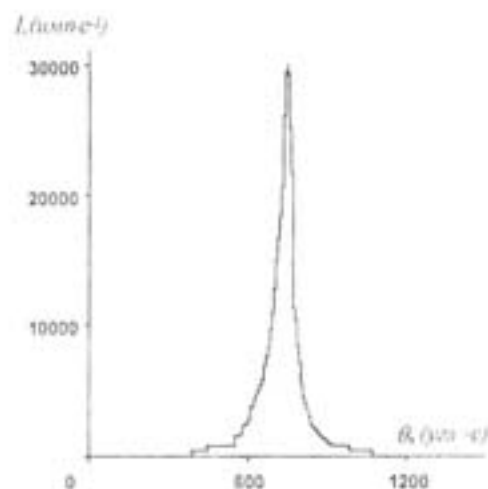


Рис.1

Кривая качания рентгеновской дифракции пленок $PbS_{1-x}Te_x$.



Рис.2

Электронограмма пленок $PbS_{1-x}Te_x$.

Установлено, что при скоростях конденсации $\vartheta_x=7+8$ Å/сек, температурах подложки и источника $T_H=673+693$ К, $T_{ист}=1023+1073$ К соответственно, эпитаксиальные пленки $PbS_{1-x}Te_x$ на подложках $BaF_2(111)$ толщиной $1,5+2$ мкм вырастают плоскостью $(111)_{пл} \parallel (111)_{подл}$. Выращенные эпитаксиальные пленки имеют монокристаллическую структуру с полушириной кривого качания рентгеновской дифракции $W=100+120^\circ$ (Рис.1), и их электронограммы индицируются на основе кубической решетки с параметром $a_c=6,19$ Å (Рис.2).

Исследованием морфологии поверхности образцов на электронном микроскопе выявлена однородность полученных эпитаксиальных пленок и отсутствие вторичных включений (Рис.3).

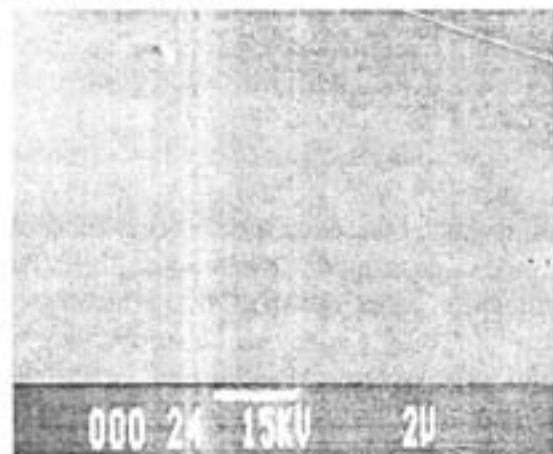


Рис.3

Электронномикроскопический снимок $PbS_{1-x}Te_x$ (x 5000).

Используя известные методы измерения параметров полупроводниковых материалов [5], нами были определены подвижности и концентрации носителей заряда эпитаксиальных пленок $PbS_{1-x}Te_x$ с различными степенями структурных совершенств.

Установлено, что с улучшением структурного совершенства эпитаксиальных пленок, значения подвижности и концентрации носителей зарядов улучшаются. При температуре 77K для лучших образцов эти параметры соответственно были равны:

$$\mu_{77K} = 2 \div 3 \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{В-сек}, \quad (p, n)_{77K} = 0,8 \div 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}.$$

1. R.F.Egerton and C.Juhasz, *Brit. J. Appl. Phys.*, **18** (1967) 1009.
2. K. J.Poh and J.C.Anderson, *Thin Solid Films*, **3** (1969) 139.
3. И.Р.Нуриев, Р.Н.Набиев, *Докл. АН Азерб. ССР*, **42** (1986) 19.
4. Е.М.Воронкова, Б.Н.Гречушников, Г.И.Дистлер, И.П.Петров, *Оптические материалы для инфракрасной техники*, Изд.: Москва, (1965) 335.
5. Л.П.Павлов, *Методы измерения параметров полупроводниковых материалов*, Изд.: Москва, Высшая школа, (1987) 240.

$PbS_{1-x}Te_x$ EPİTAKSİAL TƏBƏQƏLƏRİNİN STRUKTURU VƏ ELEKTROFİZİKİ XASSƏLƏRİ

H.R.NURİYEV, M.İ.ABDULLAYEV, S.S.FƏRZƏLİYEV

Məqalə $PbS_{1-x}Te_x$ epitaksial təbəqələrinin $BaF_2(111)$ altlıqları üzərində molekulyar dəstdən kondensasiya metodu ilə böyüdülməsinə həsr edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, epitaksial təbəqələr oturaqın temperaturunun 623K-dən yuxarı qiymətlərində yüksək kristallik mükəmməliyə malik olur ($W_{1/2} \approx 100 \div 120^\circ$). Oturaqın temperaturunun 673-693K, kondensasiya sürətinin 7-8 μ /san qiymətlərində alınmış epitaksial təbəqələrdə yükdaşıyıcıların yüklüklüyü və konsentrasiyası uyğun olaraq $\mu_{77K} = 2 \div 3 \cdot 10^4 \text{ sm}^2/\text{V}\cdot\text{san}$ və $(p, n)_{77K} = 0,8 \div 1 \cdot 10^{17} \text{ sm}^{-3}$ olur.

STRUCTURE AND ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF $PbS_{1-x}Te_x$ EPITAXIAL FILMS

H.R.NURİYEV, M.İ.ABDULLAYEV, S.S.FARZALIYEV

The paper considers the growing of $PbS_{1-x}Te_x$ ($x=0,5$) epitaxial films on $BaF_2(111)$ substrates by the epitaxy of molecular beam method is considered in the present work.

It was determined, that at temperatures of a substrate relatively higher than 623K the epitaxial films have monocrystal structure with half-width X-ray diffraction swing curve $W_{1/2} \approx 100 \div 120^\circ$. Films prepared at temperatures of a substrate 673-693K and speeds of condensation 7-8 μ /s, have electron mobility and concentration as follows: $\mu_{77K} = 2 \div 3 \cdot 10^4 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, $(p, n)_{77K} = 0,8 \div 1 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$.

Редактор: Дж. Абдинов