



# Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9  
Iyun  
June 2005  
Июнь

səhifə  
№74  
page 268-270  
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

## ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ p-n ГОМОПЕРЕХОДОВ НА ОСНОВЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК $PbS_{1-x}Te_x$

ФАРЗАЛИЕВ С.С., НУРИЕВ И.Р., НАЗАРОВ А.М., ГАДЖИЕВ М.Б.

*Институт Физики НАН Азербайджана, AZ1143,  
Баку, пр.Г.Джавида, 33  
e-mail: [sabir\\_f@hotmail.ru](mailto:sabir_f@hotmail.ru)*

Методом конденсации молекулярных пучков, в вакууме  $10^{-4}$  Па на свежесколотых гранях (111)  $BaF_2$  выращены структурно-совершенные эпитаксиальные пленки  $PbS_{1-x}Te_x$ . Применением дополнительного компенсирующего источника паров Te и регулированием его температуры в процессе роста, разработана технология получения пленок p и n-типов проводимости с заданными электрофизическими параметрами ( $\mu_{77K}=2\div3\cdot 10^4$  см<sup>2</sup>/В·сек;  $(n,p)_{77K}=0,8\div1\cdot 10^{17}$  см<sup>-3</sup>) и в едином технологическом цикле созданы фоточувствительные p-n гомопереходы на их основе. Максимальное значение фоточувствительности наблюдается при длине волны  $\lambda_{max}=4,5$  мкм.

Соединения халькогенидов свинца занимают важное место в инфракрасной технике. На их основе созданы и применены различные оптоэлектронные приборы на область спектра 3-5 мкм [1].

В работах [2-4] на различных подложках выращены эпитаксиальные пленки этих соединений, исследованы особенности роста, структура, электрофизические свойства и на их основе получены фоточувствительные p-n переходы. Особенности роста, структура и электрофизические свойства эпитаксиальных пленок их твердых растворов исследуются в [5-7]. В настоящей работе рассматривается получение эпитаксиальных пленок твердых растворов  $PbS_{1-x}Te_x$  ( $x=0,5$ ) на свежесколотых гранях монокристаллов  $BaF_2$  (111), методом конденсации молекулярных пучков (КМП) и создание фоточувствительных p-n гомопереходов на их основе. Выбор в качестве подложки монокристаллов  $BaF_2$  продиктован их оптической прозрачностью в этом спектральном диапазоне, хорошей механической прочностью и химической инертностью [8]. Максимальная близость и изопериодичность параметров решеток подложки и наращиваемой пленки ( $a_{BaF_2}=a_{PbS_{1-x}Te_x}=6,19$  Å) а также совпадение их коэффициентов термического расширения создали необходимые условия получения эпитаксиальных пленок  $PbS_{1-x}Te_x$  ( $x=0,5$ ) с совершенной кристаллической структурой и высокими электрофизическими параметрами, в соответствии [5].

Изопериодичность параметров подложки и наращиваемой пленки обеспечивалась использованием в качестве источника заранее синтезированные твердые растворы  $PbS_{1-x}Te_x$  соответствующим химическим составом  $x=0,5$  и применением дополнительного компенсирующего источника Te в процессе роста. Полученные пленки, в согласии данными [5] имеют гладкую поверхность без вторичных включений, монокристаллическую структуру с полушириной кривой качания рентгеновской дифракции  $W_{1/2}=100''$ , вырастают плоскостью (111)<sub>пл.</sub> || (111)<sub>подл.</sub> и их электронограммы индицируются на основе гранцентрированной кубической решетки с параметром  $a=6,19$  Å (рис.1 а, б, в).

Кристаллическое совершенство пленок исследовалось применением методов электронографии, электронномикроскопии и рентгенодифрактометрии.

Для этих исследований были использованы трехкристалльный рентгеновский спектрометр ТРС в двухкристалльном режиме, электронограф ЭМР-100 и малогабаритный растровый электронный микроскоп 09ИОЭ-100-005. Применением дополнительного компенсирующего источника паров Te и регулированием температуры в процессе роста, была разработана технология получения пленок  $PbS_{1-x}Te_x$  n и p-типов проводимости с необходимыми электрофизическими параметрами  $\mu_{77K}=2\div3\cdot 10^4$  см<sup>2</sup>/В·сек;  $(n,p)_{77K}=0,8\div1\cdot 10^{17}$  см<sup>-3</sup>. Инверсия типа проводимости сопровождается исчезновением черных пятен наблюдаемых на поверхности в виде включений, образующихся в

результате взаимодействия адсорбированного кислорода с излишним свинцом в процессе роста.

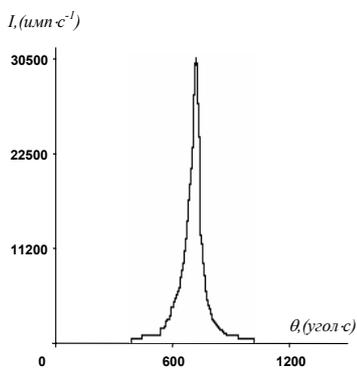
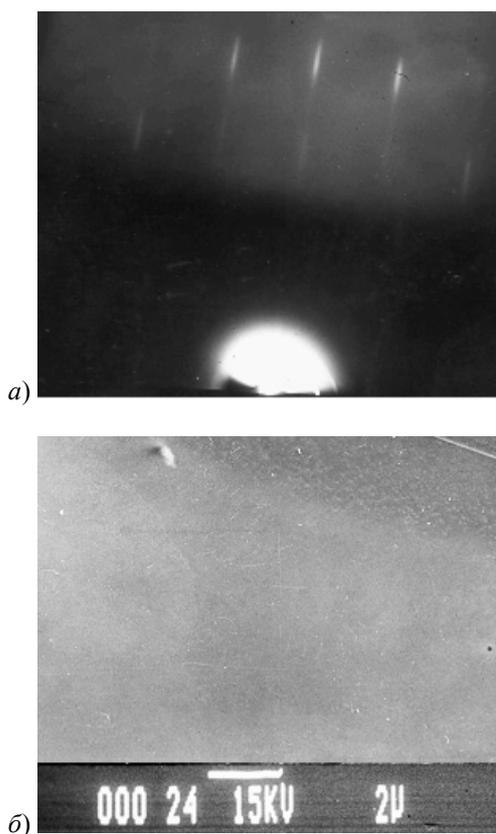


Рис.1. Эпитаксиальная пленка  $\text{PbS}_{1-x}\text{Te}_x$  ( $x=0,5$ )  
 а) электронограмма;  $a=6,19 \text{ \AA}$ ; б) электронно-микроскопический снимок; в) кривая качания рентгеновской дифракции  $W_{1/2}=110''$ .

Для создания  $p$ - $n$  гомопереходов  $p\text{-PbS}_{1-x}\text{Te}_x / n\text{-PbS}_{1-x}\text{Te}_x$  слои  $n$  и  $p$ -типов, толщиной  $1,5\text{-}2 \text{ мкм}$ , осаждались в едином технологическом цикле, без нарушения вакуума в соответствии [2-4].

Прямая ветвь вольтамперной характеристики (ВАХ) (рис.2) полученных  $p$ - $n$  гомопереходов при малых смещения подчиняется экспоненциальному закону  $J=J_0 \exp(eU/\beta kT)$ . Значение коэффициента  $\beta$  Полученные  $p$ - $n$  гомопереходы оказались фоточувствительными в области спектра  $3\text{-}5 \text{ мкм}$ . Их типичная спектральная характеристика представлена на рис.3. Как видно из рисунка, максимальная фоточувствительность наблюдается при длинах волн  $\lambda_{\text{max}}=4,5 \text{ мкм}$ , которая смещена в сторону длинных

волн по сравнению с аналогичной характеристикой эпитаксиальных пленок соединения  $\text{PbS}$  [2]. Это смещение объясняется уменьшением ширины запрещенной зоны в исследуемых твердых растворах. Использование специальной конструкции, держателя нагревателя подложек с передвижной заслонкой и маской с двумя системами взаимно перпендикулярных щелей шириной  $0,3 \text{ мм}$  в соответствии [2-4], была изготовлена структура, состоящая из нескольких элементов фоточувствительных  $p$ - $n$  гомопереходов.

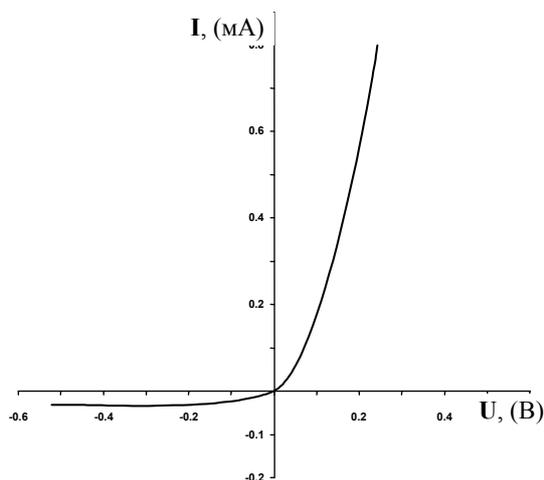


Рис.2. ВАХ гомоперехода  $p\text{-PbS}_{1-x}\text{Te}_x / n\text{-PbS}_{1-x}\text{Te}_x$  изменяется в интервале  $\beta=1,5\text{-}2$ , что характерно для генерационно-рекомбинационного механизма протекания тока через область пространственного заряда.

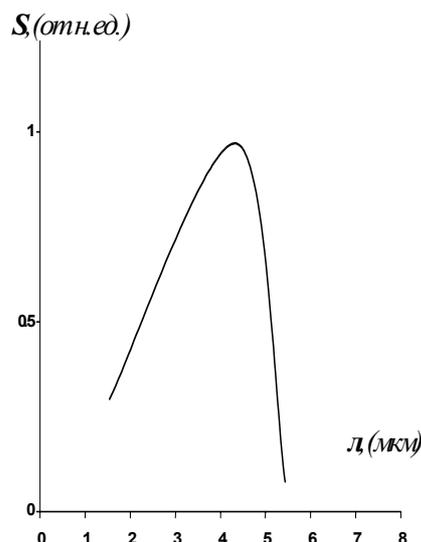


Рис.3. Спектральная характеристика  $p$ - $n$  гомоперехода в пленках  $\text{PbS}_{1-x}\text{Te}_x$

Изготовленная многоэлементная структура обладает высоким техническим параметром  $R_0 A=20\text{-}30 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$  сравнимым с аналогичной величиной приведенной в литературе [2].

- 
- [1]. Сизов Ф.Ф. Твердые растворы халькогенидов свинца и олова и фотоприемники на их основе // Зарубежная электронная техника. 1977, т.24, с.3-51.
- [2]. Нуриев И.Р., Набиев Р.Н. Фоточувствительные р-п переходы на основе эпитаксиальных пленок PbS (Se). // ДАН Аз.ССР, 1987, т.43, №2, с.21-24.
- [3]. Шарифова А.К. Эпитаксиальные пленки системы PbSe-SnSe и р-п переходы на их основе // Автореф. канд. дисс. Баку, 1987.
- [4]. Семилетов С.А., Ракова Е.В., Зайтов Ф.А., Сулейманов Н.А. Получение фоточувствительных р-п переходов в пленках PbTe методом конденсации в вакууме. // Микроэлектроника. 1984, т.13, №3, с.280-282.
- [5]. Нуриев И.Р., Абдуллаев М.И., Фарзалиев С.С. Структура и электрофизические свойства эпитаксиальных пленок  $PbS_{1-x}Te_x$ . // Известия АН Азербайджана, Баку, 2000, т. XX, №5, с.23-25.
- [6]. Нуриев И.Р., Фарзалиев С.С., Назаров А.М. Эпитаксиальные пленки  $PbS_{1-x}Te_x$  и  $PbSe_{1-x}Te_x$ . // Известия АН Азербайджана, Баку, 2002, т. XXII, №2, с.43-45.
- [7]. Набиев Р.Н., Нуриев И.Р., Фарзалиев С.С., Абдуллаев М.И. Особенности роста эпитаксиальных пленок  $PbTe_{0,92}Se_{0,08}$ . // Физика, Баку, 1999, т. V, №1, с.62-63.
- [8]. Воронкова Е.М., Гречушников Б.Н., Дистлер Г.И., Петров И.П. Оптические материалы для инфракрасной техники. // Изд. Москва, 1965, 335с.