



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

7 - 9  
Iyun  
June 2005  
Июнь

səhifə  
page 248-250  
№68  
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

## ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ p-n ГОМОПЕРЕХОДЫ В ПЛЕНКАХ $PbSe_{1-x}Te_x$

НУРИЕВ И.Р., ФАРЗАЛИЕВ С.С., МАШНИН А.А., ГЮЛЬМАМЕДОВ К.Д.

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

На монокристаллических пластинах (111)  $BaF_2$  методом конденсации молекулярных пучков, в вакууме  $10^{-4}$  Па выращены структурно-совершенные эпитаксиальные пленки  $PbSe_{1-x}Te_x$  и в едином технологическом цикле созданы фоточувствительные p-n гомопереходы на их основе. Максимальное значение фоточувствительности наблюдается при длине волны  $\lambda_{max}=5,5$  мкм. Установлено, что для полученных p-n переходов характерно генерационно-рекомбинационный механизм протекания тока через область пространственного заряда.

Узкозонные полупроводниковые соединения типа  $A^{IV}B^{VI}$  и твердые растворы на их основе широко применяются при изготовлении различных приборов инфракрасной (ИК) техники [1].

Применением ряда методов, получены структурно-совершенные эпитаксиальные пленки этих материалов с заданными электрофизическими и фотоэлектрическими свойствами [2]. В работах [3-5] в едином технологическом цикле получены и исследованы p-n гомопереходы на основе указанных соединений. Однако, мало изучены твердые растворы этих соединений и имеются незначительное количество работ посвященных получению эпитаксиальных пленок их твердых растворов [6-7].

В связи с вышеизложенным, в данной работе рассматриваются особенности получения эпитаксиальных пленок  $PbSe_{1-x}Te_x$  ( $x=0,2$ ) с высоким кристаллическим совершенством и электрофизическими параметрами на свежесколотых гранях (111)  $BaF_2$  методом конденсации молекулярных пучков в вакууме  $10^{-4}$  Па и изготовление фоточувствительных гомопереходов на их основе. Известно, что кристаллическая структура и физические свойства пленок во многом определяются параметрами подложки. Желательно максимально возможное совпадение параметров решетки, коэффициентов термического расширения (КТР) подложки и напыляемой пленки. Использование в данной работе в качестве подложки монокристаллических пластин (111)  $BaF_2$  обусловлено тем, что они имеют кубическую структуру типа  $CaF_2$  идентичной  $PbSe_{1-x}Te_x$  ( $x=0,2$ ) с параметром элементарной ячейки равной  $a=6,19$  Å, прозрачен в спектральном диапазоне  $3\div 12$  мкм, диэлектрик,

механически прочный и химически инертен. Коэффициент термического расширения (КТР)  $BaF_2$  близок к КТР  $PbSe_{1-x}Te_x$  ( $x=0,2$ ) при 300 К.

В качестве источника были использованы заранее синтезированные твердые растворы  $PbSe_{1-x}Te_x$  ( $x=0,2$ ). Учитывая частичное разложение исследуемых материалов в вакууме, они компенсировались дополнительным источником теллура (Te) в процессе напыления. Тем самым достигалась изопериодичность параметров решеток подложки и наращиваемой пленки, а также обеспечивалось условие получения пленок с совершенной структурой и высокими электрофизическими параметрами. Структурное совершенство пленок контролировалось электронографическим, электронномикроскопическим и рентгенодифрактометрическими методами. Исследования проводились на трехкристальном рентгеновском спектрометре ТРС по двухкристальной бездисперсионной схеме (n,n) [8], на электронографе ЭМР-100 и на малогабаритном растровом электронном микроскопе 09ИОЭ-100-005. Исследования показали, что пленки растут плоскостью (111) и электронограммы индицируются на основе кубической решетки с  $a=6,19$  Å (Рис.1.а.), а также полученные пленки имеют совершенную кристаллическую структуру ( $W_{1/2}=100\%$ ) (Рис.1.б.). Пленки с совершенной структурой и высокими электрофизическими параметрами были получены при скоростях конденсации  $v_k=9\div 10$  Å/сек. и температурах подложки  $T_{под.}=673\div 683$  К. При этом температуры источников и подложки контролировались прецизионным программным терморегулятором РИФ-101 с точностью  $\pm 0,05^\circ C$ .



Рис.1.а.Электроннограмма пленки  $PbSe_{1-x}Te_x$  ( $x=0,2$ );  $a=6,19 \text{ \AA}$ ;

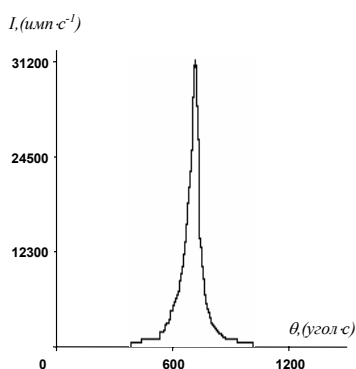


Рис.1.б.Кривая качания рентгеновской дифракции пленки  $PbSe_{1-x}Te_x$  ( $x=0,2$ );  $W_{1/2}=100''$

Регулируя температуры дополнительного компенсирующего источника (Те) удалось получить пленки р и п-типа проводимости с высокими электрофизическими параметрами ( $\mu_{77K}=2 \div 3 \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{сек}$ ;  $(p,n)_{77K}=1 \div 1,2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ). Установлено, что с повышением температуры дополнительного источника паров Se наблюдается уменьшение концентрации электронов и инверсия проводимости с п-типа на р-тип, которое сопровождается исчезновением черных пятен наблюдаемых на поверхности пленок в виде включений. Этот результат подтверждается и электронно-микроскопическими исследованиями. На электронно-микроскопических снимках наблюдается гладкая поверхность без вторичных включений.

Известно, что задача создания р-п переходов затрудняется образованием различного рода поверхностных состояний, которые резко снижают характеристики изготовленных на их основе фотоприемников [9, 10]. Одним из методов уменьшения плотности поверхностных дефектов является изготовление активных элементов в едином технологическом цикле.

В связи с этим, р-п гомопереходы в виде пересекающихся полос были получены в едином технологическом цикле без нарушения вакуума согласно методу описанным в [3-5]. После установления технологического режима выращивания пленок п-типа проводимости осаждалась первая система полос п- $PbSe_{1-x}Te_x$ , заслонка закрывалась. Через определенное

время, после установления необходимого температурного режима для получения пленок р-типа проводимости и перемещения маски, заслонка снова открывалась и осаждалась вторая система полос р- $PbSe_{1-x}Te_x$ . Полученные р-п гомопереходы обладали выпрямляющими свойствами. Вольтамперная характеристика (ВАХ) одного из этих р-п переходов представлена на рис.2. При малых смещениях в прямом направлении ВАХ описывается уравнением  $J=J_0 \exp(eU/\beta kT)$ , где  $\beta$  изменяется в интервале  $\beta=1,5 \div 2$ , что характерно для генерационно-рекомбинационного механизма протекания тока через область пространственного заряда.

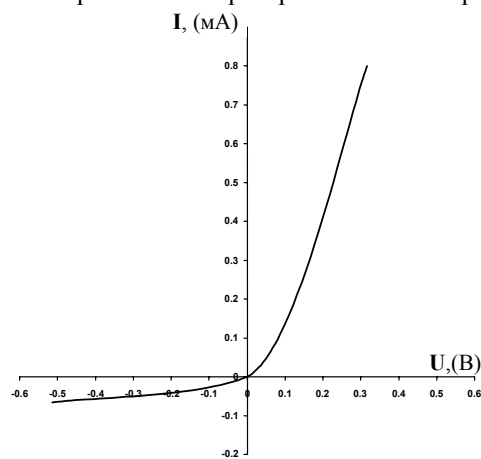


Рис.2.ВАХ гомоперехода р- $PbSe_{1-x}Te_x$  / н- $PbSe_{1-x}Te_x$

Значение параметра  $R_0A$  для различных образцов составляло  $20 \div 25 \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ , при температуре жидкого азота. Здесь  $R_0$  -сопротивление диода при нулевом смещении определяемое из  $R_0=kT/qJ_0$ , где  $J_0$ -ток при нулевом смещении [11]. Большинство изготовленных р-п гомопереходов оказались фоточувствительными в ИК -области спектра. Их типичная спектральная характеристика представлена на рис.3.

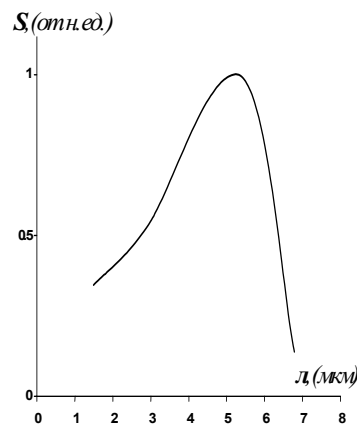


Рис.3. Спектральная характеристика р-п гомоперехода в пленках  $PbSe_{1-x}Te_x$

Максимальное значение фоточувствительности наблюдается при длине волны  $\lambda_{max}=5,5 \text{ мкм}$ . Смещение максимума фоточувствительности в сторону длинных волн в полученных структурах, по

сравнению с р-п гомопереходом на основе эпитаксиальных пленок соединения PbSe ( $\lambda_{\max} = 4$  мкм) [4], по-видимому, связано с уменьшением

ширины запрещенной зоны в исследуемых твердых растворах.

- 
- [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]. Матвеев А.В., Медведев Ю.В., Берченко Н.Н. Термическое вакуумное напыление эпитаксиальных пленок полупроводниковых соединений группы  $A^{IV}B^{VI}$ . // Зарубежная электронная техника, 1982, №11, с.54-115.
- [3]. 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.
- [4]. Шарифова А.К. Эпитаксиальные пленки системы PbSe-SnSe и р-п переходы на их основе // Автореф. канд. дисс. Баку, 1987.
- [5]. 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.
- [6]. Нуриев И.Р., Фарзалиев С.С., Назаров А.М. Эпитаксиальные пленки  $PbS_{1-x}Te_x$  и  $PbSe_{1-x}Te_x$  // Физика, 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]. Пинскер З.Г. Рентгеновская кристаллооптика // М. Наука, 1982, 392 с.
- [9]. Шик А.Я. и др. О влиянии состояний на границе раздела на свойства гетероперехода // ФТП, 1980, т.714, в.9, с.1724-1727.
- [10]. Шик А.Я. Вольтамперная и вольт - фарадная характеристики реальных гетеропереходов // ФТП, 1980, т.714, в.9, с.1728-1738.
- [11]. Киес Р.Дж. Крузе П.В., Патли Э.Г. и др. Фотоприемники видимого и ИК-диапазонов. М.: "Радио и связь", 1985, 328 с.