



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

7 - 9  
İyun  
June 2005  
Июнь

səhifə  
page 260-262  
str.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

## ОСОБЕННОСТИ РОСТА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ХАЛЬКОГЕНИДОВ СВИНЦА В СВЕРХВЫСОКОМ ВАКУУМЕ

САЛАЕВ Э.Ю., НУРИЕВ И.Р., НАЗАРОВ А.М., ГАДЖИЕВА С.И.

*Институт Физики НАН Азербайджана,  
AZ1143, Баку, пр.Г.Джавида, 33  
e-mail: [afin@aport2000.ru](mailto:afin@aport2000.ru)*

В сверхвысоком вакууме ( $\leq 3 \cdot 5 \cdot 10^{-9}$  мм.рт.ст.) методом "горячей стенки" выращены эпитаксиальные пленки твердых растворов халькогенидов свинца  $PbSe_{1-x}S_x$ ,  $PbTe_{1-x}Se_x$ . В качестве подложек использованы полированные пластины (100) монокристаллов  $Pb_{1-x}Sn_xSe$  ( $x=0,07$ ),  $Pb_{1-x}Sn_xTe$  ( $x=0,2$ ) легированные индием ( $N_{In} \leq 1$  ат.%). Показано, что эпитаксиальные пленки с более совершенной структурой ( $W_{1/2} = 90^\circ$ ) получаются при температурах подложки 500÷520 К и скорости конденсации  $v_k = 7 \div 8 \text{ \AA}/c$ . Установлено, что остаточное давление газов в рабочем объеме играет заметную роль в процессе роста эпитаксиальных пленок.

Современная электронная техника требует получения совершенных эпитаксиальных пленок свободных от различного рода нежелательных поверхностных состояний с заданными свойствами. Это продиктовано тем, что электронные приборы создаются на поверхности кристаллов. В связи с этим, большими перспективами обладают эпитаксиальные пленки, выращенные в сверхвысоком вакууме. В настоящее время для выращивания эпитаксиальных пленок халькогенидов свинца и их твердых растворов наряду с методами жидкостной и молекулярно-лучевой эпитаксии, также успешно применяется эпитаксия в камере с горячими стенками (ЭГС). Метод ЭГС позволяет получать эпитаксиальные пленки с совершенной структурой и высокими значениями электрофизических параметров. Характерной особенностью этого метода является то, что рост эпитаксиальных слоев происходит в условиях, максимально близких к термодинамическому равновесию при минимальных потерях материала. "Горячие стенки" служат для направления молекул от источника к подложке. Согласно литературным данным [1-9] применением вышеуказанных методов получены и исследованы эпитаксиальные пленки халькогенидов свинца ( $PbTe$ ,  $PbSe$ ,  $PbS$ ) и на их основе созданы различные приборы ИК техники на область спектра 3÷5 мкм. Однако, эпитаксиальные пленки твердых растворов халькогенидов свинца ( $PbSe_{1-x}S_x$ ,  $PbTe_{1-x}Se_x$ ) почти не изучены.

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы является исследование особенности роста

эпитаксиальных пленок твердых растворов халькогенидов свинца в сверхвысоком вакууме. Эпитаксиальные пленки твердых растворов  $PbSe_{1-x}S_x$  ( $x=0,12$ ),  $PbTe_{1-x}Se_x$  ( $x=0,08$ ) были получены методом "горячей стенки" на сверхвысоковакуумной ( $\leq 3 \cdot 5 \cdot 10^{-9}$  мм.рт.ст.) установке с безмасляной откачкой, разработанной и внедренной в Институте Фотоэлектроники (ныне Институт Физики) НАН Азербайджана [10].

В качестве откачной системы использовался сверхвысоковакуумный агрегат СВА-0,25, позволяющий получить давление в кварцевой ампуле  $\leq 3 \cdot 5 \cdot 10^{-9}$  мм.рт.ст.. Ампула, используемая в данной установке содержит два источника: один для твердых растворов (основного), а другой для S, Se (компенсирующего).

Подложками служили полированные пластины (100) монокристаллов  $Pb_{1-x}Sn_xSe$  ( $x=0,07$ ),  $Pb_{1-x}Sn_xTe$  ( $x=0,2$ ) легированные индием ( $N_{In} \leq 1$  ат.%). В качестве основного источника использовались заранее синтезированные образцы  $PbSe_{1-x}S_x$  ( $x=0,12$ ),  $PbTe_{1-x}Se_x$  ( $x=0,08$ ) соответственно подложкам. Структурное совершенство пленок исследовалось электронографическим, рентгенодифрактометрическим и электронномикроскопическим методами.

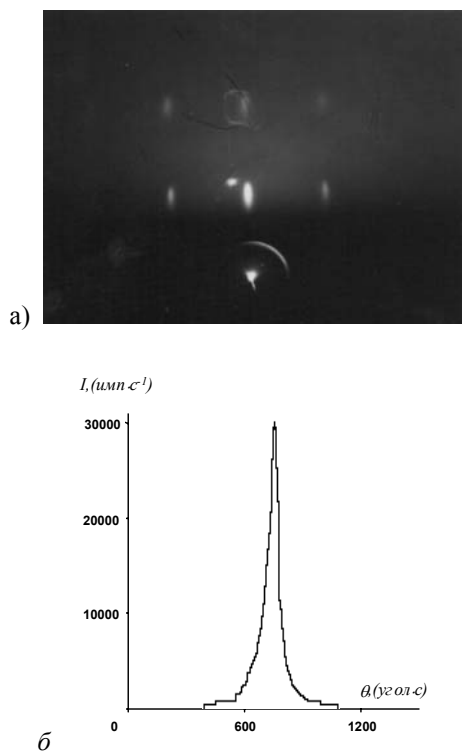


Рис.1. Пленка  $PbTe_{1-x}Se_x$  ( $x=0,08$ ): а) электронограмма  $a=6,41 \text{ \AA}$ ; б) кривая качания рентгеновской дифракции  $W_{1/2}=90''$ .

Начало процесса роста фиксируется открыванием маски с помощью магнита, приближаемого к ампуле извне с боковой стороны. Рост пленок проводился при температурах подложки  $500 \div 520 \text{ K}$  и скорости конденсации  $v_k=7 \div 8 \text{ \AA/с}$ . В структурном отношении подложки и наращиваемые пленки представляют идеально согласованных для эпитаксии пар:

$$a_{Pb_{1-x}Sn_xSe} = a_{PbSe_{1-x}S_x} = 6,10 \text{ \AA},$$

$$a_{Pb_{1-x}Sn_xTe} = a_{PbTe_{1-x}Se_x} = 6,41 \text{ \AA}.$$

Учитывая частичное разложение исследуемых материалов в процессе испарения, регулированием скорости конденсации и применением дополнительных компенсирующих источников (S, Se) удалось получить эпитаксиальные пленки с требуемым химическим составом, типом проводимости и совершенной структурой. Из расчета электронограмм и кривой качания рентгеновской дифракции были вычислены параметры кристаллических решеток и на их основе определены соответствующие химические составы выращенных пленок.

Эпитаксиальные пленки полученные при выше-приведенных условиях имеют совершенную кристаллическую структуру с кубической гранцентрированной решеткой, параметром, соответствующим исходным составам исследуемых твердых растворов. Об этом свидетельствуют электронограммы и кривые качания рентгеновской дифракции полученных из этих пленок (рис.1.а, б).

Концентрация носителей заряда в полученных слоях оценивалась по результатам измерений коэффициента

Холла в контрольных образцах полученных на подложках  $BaF_2$  и соответственно составляла  $n(77K)=5 \cdot 10^{17} \div 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ;  $6 \cdot 10^{17} \div 3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ .

Электронномикроскопические исследования показали, что остаточное давление газов в рабочем объеме при указанном вакууме играет заметную роль в процессе роста эпитаксиальных пленок. На электронномикроскопических снимках этих пленок наблюдаются, хоть и незначительном количестве, микровключения в виде черных пятен, количество которых растет с уменьшением скорости конденсации и увеличением температуры подложки (рис.2.а).

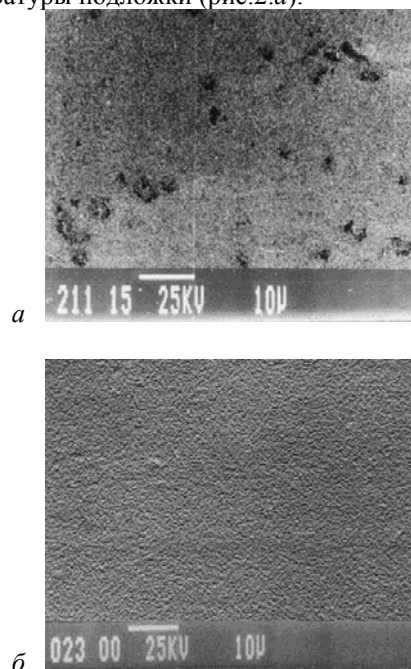


Рис.2. Электронномикроскопические снимки поверхности пленок  $PbTe_{1-x}Se_x$  ( $x=0,08$ ): а) без компенсации; б) с применением компенсирующего источника Se  $T_{Se}=140^\circ\text{C}$ .

Согласно [11,12], эти пятна являются продуктами окисления металла, образовавшиеся вследствие захвата кислорода в процессе роста. Для устранения наблюдаемых пятен, в процессе роста пленки легировались дополнительным компенсирующим источником (S, Se). Использование такого источника приводило наряду с исчезновением черных пятен, (рис.2.б) к улучшению структуры и увеличению подвижности носителей заряда в полученных пленках.

Установлено, что регулируя температуры компенсирующего источника можно получить структурно совершенные пленки  $PbSe_{1-x}S_x$  и  $PbTe_{1-x}Se_x$  n и p -типа проводимости с заданными электрофизическими параметрами.

- эпитаксиальных пленок полупроводниковых соединений группы  $A^{IV}B^{VI}$  // Зарубежная электронная техника, 1982, №11, с.54-115.
- [2]. Равич Ю.И., Ефимова Б.А., Смирнов Н.А. Методы исследования в применении к халькогенидам свинца PbTe, PbSe, PbS. М.:Наука, 1968, 384 с.
- [3]. И.Р.Нуриев, Р.Н.Набиев Особенности роста и электрофизические свойства пленок PbS на слюде // ДАН Азерб.ССР, 1986, т.42, №8, с.19-23.
- [4]. Нуриев И.Р., Салаев Э.Ю., Шарифова А.К. Влияние условий выращивания на структуру, морфологию и электрические свойства пленок PbSe // Поверхность. физика, химия, механика, 1987, вып.2, с.123-129.
- [5]. Rogalski A., Kasuba W, Larkowski W. PbTe photo-diodes prepared by the hot-wall evaporation technique. Thin Solid Films. 1983, v.12, #2, pp.343-353.
- [6]. Parker E.C., Williams D.M. Electrical properties of uncontaminated PbTe films on mica substrates prepared by molecular beam deposition. Solid State Electron. 1977, v.20, #7, pp.567-577.
- [7]. Фрейк Д.М., Шперун В.М., Соленичный Я.В., Бродин И.И. Синтез и рост пленок PbTe и PbSe // Кристаллография, 1979, т.24, в.3, с.636-640.
- [8]. Schoolar R.B and Lowney J.R. Photoconductive PbSe epitaxial films. J. Vac. Sci. and Tech. 1971, v.8, #1, pp.224-227.
- [9]. Briones F. and Golmayo D. The role of oxygen in the sensitization of photoconductive PbSe films. Thin Solid films, 1981, v.78, #4, pp.385-395.
- [10]. И.Р.Нуриев, Р.Н.Набиев, Э.А.Ахмедов Сверхвысоковакуумная установка для выращивания эпитаксиальных пленок в квазиравновесных условиях // Электронная техника, вып. 3(166), сер. 7 (1991).
- [11]. Egerton R.F. and Juhasz C. Epitaxial films of PbTe, PbSe and PbS grown on mica substrates. Brit. J.Appl.Phys., 1967, v.18, #7, pp.1009-1011.
- [12]. Parker E.K., Williams D. The kinetics and electrical effects of oxygen sorption on uncontaminated PbTe thin films. Thin Solid Films. 1976, v.35, #3, pp.373-395.