

## ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ СЛОИ $Pb_{1-x}Sn_xSe:In$

И.Р. НУРИЕВ, Х.Д. ДЖАЛИЛОВА, Н.В. ФАРАДЖЕВ, М.И. АБДУЛЛАЕВ

*Институт Фотозлектроники АН Азербайджана*

*370141, ул. Ф. Агаева, квартал 555*

Методом молекулярно - лучевой эпитаксии выращены легированные индием эпитаксиальные слои  $Pb_{1-x}Sn_xSe$  ( $0,03 \leq x \leq 0,08$ ). Получены высокоомные, фоточувствительные, стабильные по электрическим параметрам пленки, n- и p-типов проводимости, с концентрацией носителей заряда порядка  $2 \div 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ . Обнаружен сдвиг максимума фоточувствительности легированных эпитаксиальных слоев  $Pb_{1-x}Sn_xSe:In$  в сторону коротких волн, который объясняется наличием донорного уровня индия, приводящего к уширению ширины запрещенной зоны  $E_g$ .

Широкий интерес к исследованию эпитаксиальных плёнок соединений группы  $A^{IV}B^{VI}$  обусловлен главным образом их применением в различных областях ИК-техники.

Сложность управляемости параметрами выращиваемых плёнок и, следовательно, приборов, состоит, в первую очередь, в физико-химической специфике этих материалов, определяющей реальную структуру, тип проводимости и концентрацию носителей заряда слоев. В связи с этим необходима разработка оптимальной технологии выращивания эпитаксиальных плёнок, пригодных для создания приборов. Эпитаксиальные слои селенида свинца и его твердых растворов с селенидом олова уже используется для создания ИК лазеров и приемников излучения [1,2]. Тем не менее, некоторые вопросы, связанные с получением совершенных эпитаксиальных слоёв  $Pb_{1-x}Sn_xSe$  с низкой концентрацией носителей требуют детального исследования.

В настоящей работе была поставлена задача получения высокоомных эпитаксиальных слоёв  $Pb_{1-x}Sn_xSe$  ( $0,03 \leq x \leq 0,08$ ) легированных индием (0,3÷0,8 вес.%) на подложках из  $BaF_2$  (111), определения закономерности роста и исследования их фотоэлектрических свойств.

Плёнки были выращены методом молекулярно-лучевой эпитаксии на стандартной вакуумной установке с рабочим давлением  $10^{-4}$  Па. Для термического напыления плёнок применялись графитовые Кнудценовские ячейки.

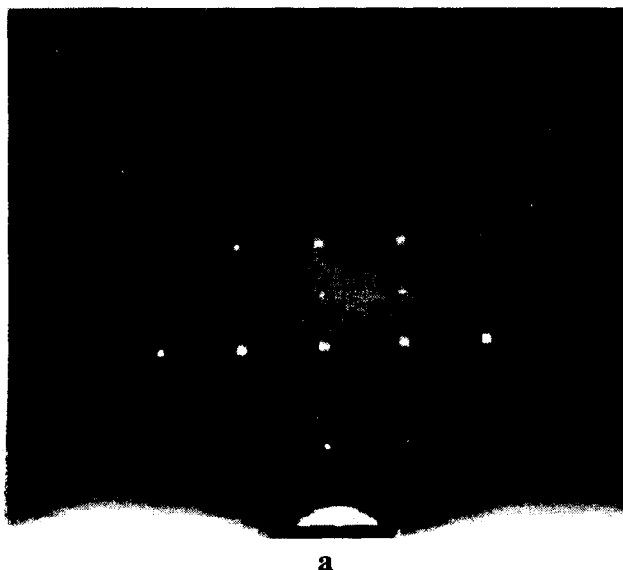
Скорость конденсации задавалась температурой источника напыления. Структурное совершенство плёнок контролировалось рентгенодифрактометрическим и электронно-микроскопическим методами.

Ранее [3], экспериментально нами было установлено, что получение плёнок  $Pb_{1-x}Sn_xSe$  с заданной низкой концентрацией носителей заряда и высокой стабильностью электрофизических параметров осуществимо именно при легировании их индием. Легирование проводилось в едином технологическом цикле в процессе роста плёнок, а также при синтезе образцов, использованных в качестве источника.

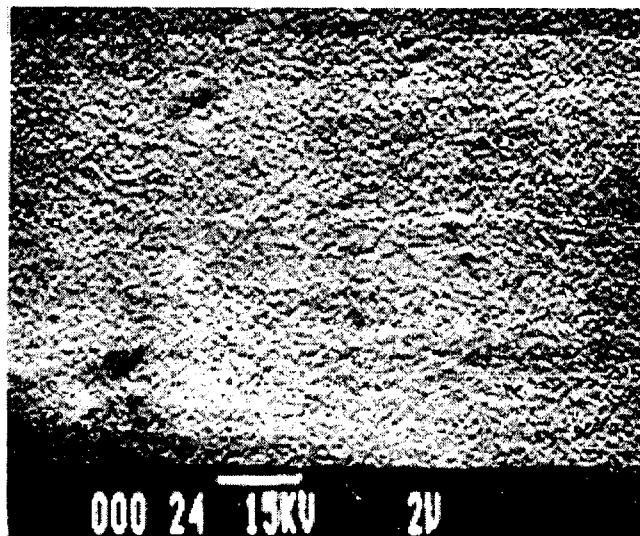
Применением разработанной методики легирования донорной примесью In были получены высокоомные, с низкой концентрацией носителей заряда  $2 \div 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$  и подвижностью  $2 \div 3 \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{сек}$  толщиной  $0,6 \div 1,5 \text{ мкм}$  фоточувствительные слои  $Pb_{1-x}Sn_xSe:In$  n- и p-типов проводимости на подложках из  $BaF_2$  (111).

Плёнки на свежих сколах  $BaF_2$  (111) с более совершенной структурой получались при температурах подложки 673 К и скоростях конденсации  $7 \text{ \AA}/\text{сек}$ .

Измерение полуширины рентгенодифракционных кривых качания показали высокое структурное совершенство легированных индием эпитаксиальных слоев  $Pb_{1-x}Sn_xSe$  ( $w_{1/2} = 120''$ ). Электронографическим и электронно-микроскопическим исследованиями подтверждены их однородность и отсутствие включения второй фазы (рис. 1, а, б).



а



б

Рис. 1. Электронограмма (а) и электронно-микроскопический (б) снимок пленок  $Pb_{1-x}Sn_xSe$ .

Исследования относительного спектрального распределения фоточувствительности эпитаксиальных пленок  $Pb_{1-x}Sn_xSe$  проводились на установке, собранной на базе монохроматора "Цейс SPM-2" в интервале температур  $80 \pm 200K$ .

Формирование чувствительных элементов осуществлялось применением метода фотолитографии. К пленкам припаивались контактные провода из золотой проволоки, при этом на контактные области предварительно напылялся слой золота или индия для эпитаксиальных слоев p- и n-типа соответственно. Омичность контактов проверялась по вольтамперным характеристикам. Эпитаксиальные слои проявляют фоточувствительность при температуре  $\leq 150 K$ . Вблизи края поглощения, когда глубина проникновения фотонов возрастает, и влияние поверхностной рекомбинации уменьшается, наблюдаются резкое увеличение фоточувствительности.

На рис.2 приведены спектральные распределения фоточувствительности для  $Pb_{0,93}Sn_{0,07}Se:In$  ( $N_{In}=0,3$  вес.%, кривая 1) и  $Pb_{0,93}Sn_{0,07}Se$  ( $N_{In}=0,8$  вес.%, кривая 2). Фоточувствительность однородная по всей поверхности слоев. Несомненным достоинством полученных эпитаксиальных слоев является низкий уровень шумов. Для эпитаксиальных слоев  $Pb_{1-x}Sn_xSe : In$  ( $N_{In}=0,8$  вес.%) наблюдаются смещения максимума спектральной характеристики в коротковолновую область спектра, что объясняется

уширением ширины запрещенной зоны вследствие легирования. По максимуму спектральных характеристик определены величины запрещенной зоны  $E_g=0,144$  эВ, а по температурному смещению максимумов спектральных характеристик - температурный коэффициент ширины запрещенной зоны  $dE_g/dT=4,3 \cdot 10^{-4}$  эВ/К.

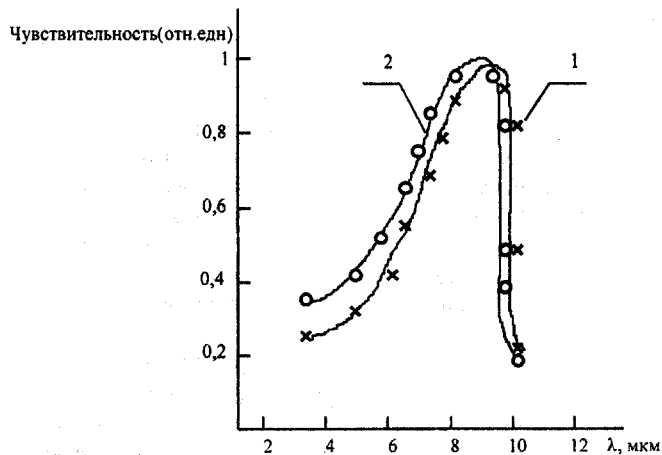


Рис.2. Спектральная характеристика эпитаксиальных пленок  $p-Pb_{0,93}Sn_{0,07}Se:In$  (0,3 вес.%, кривая 1) и  $p-Pb_{0,93}Sn_{0,07}Se$  (0,8 вес.%, кривая 2).

- [1] Зарубежная Электронная Техника, Россия, 1977, 13, с.3-60.
- [2] D.K.Hohke, H.Holloway, K.F.Yeung and M.Hurley. Appl. Phys. let., 1976, 29, p.98.
- [3] E.Yu.Salaev, I.R.Nuriyev, Ch.J.Jalilova, N.V.Faradjev. Peculiarities of growth and electro-physical properties of

epitaxial films of  $Pb_{1-x}Sn_xSe:In$ . International conference on Photoelectronics and Night Vision Devices, 1999, Moscow, Russia, State Scientific Center of the Russia Federation RD&P. Center ORION, pp.164-166.

H.R. Nuriyev, X.C. Cəlilova, N.V. Fərəcov, M.İ. Abdullayev

### INDIUMLA LEGİRƏ OLUNMUŞ FOTOHƏSSAS $Pb_{1-x}Sn_xSe$ EPİTAKSİAL TƏBƏQƏLƏRİ

Molekulyar dəstədən kondensasiya metodu ilə yüksək omlu, n- və p-tip keçiriciliyə malik, yükdaşıyıcıların konsentrasiyası  $2 \cdot 5 \cdot 10^{16} \text{ sm}^{-3}$  qiymətində olan indiumla aşqarlanmış fotohəssas  $Pb_{1-x}Sn_xSe$  epitaksial təbəqələri alınmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, epitaksial təbəqələrin fotohəssaslıq əyrisinin maksimumu aşqarlanmanın faizi artdıqca qısa dalğalara tərəf sürüşür. Bu, aşqarlanma nəticəsində qadağan olunmuş zolağın eninin böyülməsi ilə izah olunur.

H.R. Nuriyev, Kh.D. Jalilova, N.V. Faradjev, M.I. Abdullayev

### PHOTOSENSITIVE INDIUM-DOPED $Pb_{1-x}Sn_xSe$ EPITAXIAL LAYERS

Experimental data on the photoconductivity of indium-doped  $Pb_{1-x}Sn_xSe$  ( $0,03 \leq x \leq 0,08$ ) epitaxial layers are presented. The influence of indium impurity  $Pb_{1-x}Sn_xSe$  leads to displacement of the spectral maximum of photosensitivity in the short-wave range of spectrum owing to increasing the width band gap in In-doped  $Pb_{1-x}Sn_xSe$  solid solution.