

СТРУКТУРА И ФОТОПРОВОДИМОСТЬ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК $PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$

И.Р.НУРИЕВ, С.С.ФАРЗАЛИЕВ, Х.Д.ДЖАЛИЛОВА

*Институт Физики НАН Азербайджана,
AZ1143, Баку, пр. Г.Джавида, 33*

BaF_2 (111) a1tlıqları üzərində alınmış $PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$ ($x=0,2$) epitaksial təbəqələrinin strukturu və fotokeçiriciliyi tədqiq olunmuşdur. Fotohəssas, yüksəkəomlu $PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$ ($x=0,2$) epitaksial təbəqələri ilk dəfə olaraq maye metal ion mənbəyindən enerjisi 1 keV-dən az olan aşağı enerjili qallium ionları ilə implantasiya etməklə alınmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, implantasiyadan sonra təbəqələrdə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası $5 \cdot 10^{15} \text{ sm}^{-3}$ qiymətini alır, fotohəssasdırlar və fotohəssaslığın maksimumu dalğa uzunluğunun $\lambda=5,5 \text{ mkm}$ qiymətinə uyğun gəlir.

Проведено исследование структуры и фотопроводимости эпитаксиальных пленок $PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$ ($x=0,2$) выращенных на подложках BaF_2 (111). Высокоомные эпитаксиальные пленки $PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$ ($x=0,2$), проявляющих фоточувствительность, впервые были получены их имплантированием низкоэнергетическими ионами галлия с энергией менее 1 кэВ посредством жидкометаллического ионного источника. Установлено, что после имплантации пленки обладали концентрацией носителей заряда $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ и фоточувствительностью, максимум которой соответствует длине волны $\lambda=5,5 \text{ мкм}$.

Examination of the structure and photoconduction of $PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$ ($x=0,2$) epitaxial films grown up on BaF_2 (111) substrates is carried out. High-resistance $PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$ ($x=0,2$) epitaxial films showing photosensitivity have been obtained for the first time by their implantation with low-energy gallium ions of energy less than 1 keV by means of liquid-metal ionic source. It is established that after implantation films possessed the concentration of charge carriers equal $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ and the photosensitivity which maximum corresponds to wavelength $\lambda=5,5 \text{ }\mu\text{m}$.

Твердые растворы $PbSe_{1-x}Te_x$ относятся к полупроводникам с узкой запрещенной зоной, и имеется огромный интерес исследователей к указанному классу полупроводниковых материалов. Однако в литературе встречаются малочисленные работы, посвященные исследованию особенностей роста, оптического поглощения эпитаксиальных пленок $PbSe_{1-x}Te_x$ и созданию фоточувствительных гетеропереходов на их основе [1-7]. Не встречались работы посвященные исследованию фотопроводимости в указанных твердых растворах, что по-видимому связано с отсутствием материалов с низкой концентрацией носителей зарядов.

В настоящей работе приведены результаты исследований фотопроводимости эпитаксиальных пленок $PbSe_{1-x}Te_x$ ($x=0,2$) n -типа проводимости, выращенных на диэлектрических подложках BaF_2 (111). Выбор в качестве подложки монокристаллов BaF_2 продиктован их оптической прозрачностью в диапазоне спектра $3 \div 5 \text{ мкм}$, в котором исследуемые эпитаксиальные пленки нашли широкое практическое применение в различных оптоэлектронных приборах. С другой стороны, большой практический интерес представляют эпитаксиальные пленки и структуры, полученные на изолирующих диэлектрических подложках. В пользу этого говорит тот факт, что BaF_2 диэлектрик, имеет хорошую механическую прочность и химически инертен. Изопериодичность кристаллических решеток подложки и выращенных пленок

($a_{BaF_2} = a_{PbSe_{1-x}Te_x} = 6,19 \text{ \AA}$) и близкие значения

коэффициентов термического расширения ($\alpha_{BaF_2} = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $\alpha_{PbSe_{1-x}Te_x} = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) дала

возможность получения пленок с совершенной структурой и высокими электрофизическими параметрами. Эпитаксиальные пленки $PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$ ($x=0,2$) толщиной $0,5 \div 1,0 \text{ мкм}$, полученные методом

конденсации молекулярных пучков с применением дополнительного источника паров Te в процессе роста, в вакууме 10^{-4} Па , на стандартной вакуумной установке УВН-71П-3, имели n -типа проводимости с концентрацией носителей заряда $n=10^{16} \text{ см}^{-3}$. Для получения пленок в качестве источника были использованы заранее синтезированные образцы $PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$ ($x=0,2$) легированные Ga ($0,8 \div 1 \text{ ат.}\%$). Толщина полученных пленок измерялась на микроскопе МИИ-4. Для точного определения параметра решетки и состава выращенных пленок использовались методы рентгендифрактометрии и электронографии. По полученным данным определялись параметр решетки a и соответствующий состав исследуемого твердого раствора. Определенная таким образом величина $a=6,19 \text{ \AA}$ практически не отличалась от той, которая задавалась соотношением компонентов в исходной шихте. Электронограмма отражения, полученная от пленки n - $PbSe_{1-x}Te_x$ ($x=0,2$) представлена на рис.1. Расчет электронограммы показывает, что данная структура относится к кубической гранцентрированной решетке с параметром $a=6,19 \text{ \AA}$ в согласии с [7]. Значение полуширины кривой качания рентгеновской дифракции ($W_{1/2}=100''$) этих пленок подтверждает их высокое кристаллическое совершенство (Рис.2).

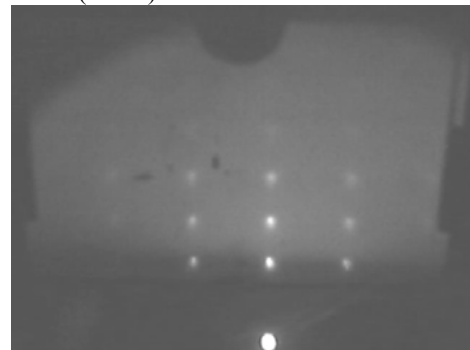


Рис.1. Электронограмма эпитаксиальных пленок n - $PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$ ($x=0,2$).

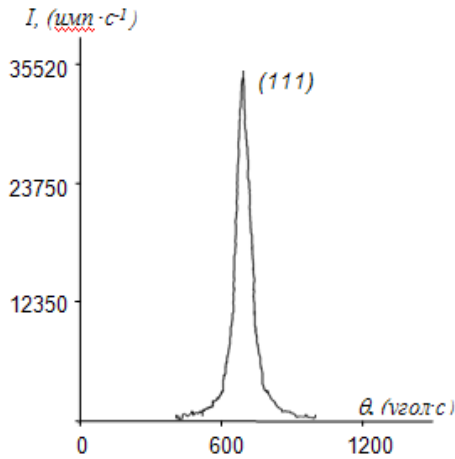


Рис.2. Кривая качания рентгеновской дифракции эпитаксиальных пленок $n-PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$ ($x=0,2$) ($W_{1/2}=100''$).

Получение пленок с высоким кристаллическим совершенством также достигалось применением дополнительного источника халькогена (Te) и высокоточным регулированием температуры источников и подложки с точностью $0,05^{\circ}C$ в процессе роста. Однако, значение концентрации носителей заряда 10^{16} см^{-3} в полученных эпитаксиальных пленках оказалось недостаточным для проявления высокой фоточувствительности.

С целью получения высокоомных эпитаксиальных пленок $PbSe_{1-x}Te_x$ ($x=0,2$) с высокой фоточувствительностью, впервые проводилось их имплантирование низкоэнергетическими ионами галлия с энергией менее 1 кэВ посредством жидкометаллического ионного источника, который действовал в режиме торможения первичного пучка. Режим имплантации: энергия ионов $W=700 \text{ эВ}$,

плотность ионного тока 4 мкА/см^2 , время экспозиции $t=25 \text{ с}$. Доза облучения

$$D = \frac{i \cdot t}{e} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 25}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$$

После проведенной имплантации, в пленках $PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$ ($x=0,2$) снизилась концентрация носителей заряда и составила $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, что привело к достаточно высокой фоточувствительности. На рис.3 представлена спектральное распределение фоточувствительности пленок $PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$ ($x=0,2$). Как видно из приведенного рисунка, максимум фоточувствительности соответствует к длине волны $\lambda=5,5 \text{ мкм}$.

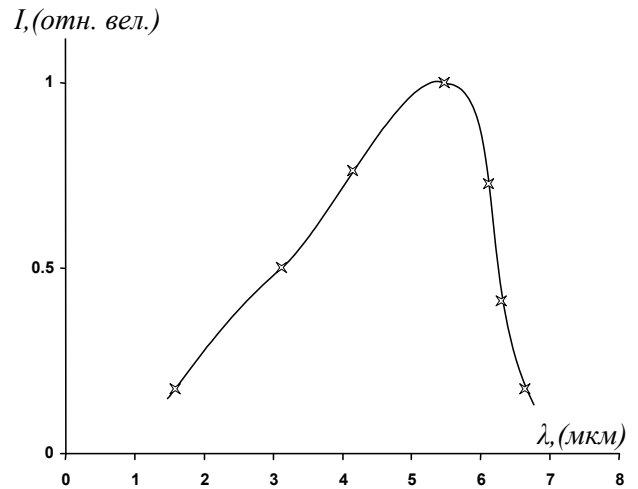


Рис. 3. Спектральное распределение фоточувствительности эпитаксиальных пленок $PbSe_{1-x}Te_x<Ga>$ ($x=0,2$) при 77 К .

- [1]. А.Н. Вейс, В.И. Кайданов, С.А. Немов Энергетический спектр растворов $PbSeTe$, легированных примесью таллия. / ФТП, т.17, в.11, 1983, С.1948-1952.
- [2]. М.В. Вaleyko, И.И. Засавицкий, В.Л. Кузнецов, А.В. Курганский, Мацонашвили Б.Н. Зависимость ширины запрещенной зоны от состава твердого раствора $PbSe_{1-x}Te_x$ ($0 \leq x \leq 1$) // ФТП, 1985, т.19, в.4, С.627-631.
- [3]. Э.А. Акоюн, Г.А. Галандар, А.Ш. Мехтиев, Ф.Э. Фараджев Эффект Шубникова-де-Гааза в соединениях $PbSe_{1-x}Te_x$ n -типа. ФТП, 1999, т.15, в.10, С.2012-2017.
- [4]. I.R.Nuriev, M.I. Abdullaev, S.S. Farzaliev Particulars of growth of the epitaxial films of $PbSe_{1-x}Te_x$ // Proceedings of SPIE, 2000, v.4340, pp.264-266.
- [5]. И.Р. Нуриев, С.С. Фарзалиев, А.М. Назаров Эпитаксиальные пленки $PbS_{1-x}Te_x$ и $PbSe_{1-x}Te_x$ // Известия НАН Азербайджана, 2002, т. XXII, №2, С.43-45.
- [6]. И.Р. Нуриев, Х.Д. Джалилова, С.С. Фарзалиев Получение и исследование изопериодических гетероструктур $PbSe_{1-x}Te_x / PbS_{1-y}Te_y$ / Сборник докладов 14-го Международного симпозиума: Тонкие пленки в оптике и электронике, Харьков, 2002, С.91-93.
- [7]. А.А. Алиев, И.С. Гасанов, Х.Д. Джалилова, С.С. Фарзалиев Край оптического поглощения эпитаксиальных пленок $PbSe_{1-x}Te_x$ / Физика, 2007, т. XIII, №1-2, С.340-341.