

КРАЙ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК PbSe_{1-x}Te_x

А.А. АЛИЕВ, И.С. ГАСАНОВ, Х.Д. ДЖАЛИЛОВА, С.С. ФАРЗАЛИЕВ

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

В настоящей работе выращены и исследованы края оптического поглощения эпитаксиальных пленок PbSe_{1-x}Te_x (x=0,2) различных толщин. Пленки выращивались на свежесколотых монокристаллических подложках BaF₂ (111), методом конденсации молекулярных пучков. Кристаллическое совершенство пленок проверялось методами электронографии, рентгендифрактометрии и электронномикроскопии. Измерение коэффициентов отражения и пропускания проводились на ИКС-31. Определены значения оптической ширины запрещенной зоны исследуемых пленок E_g=0,19 эВ (77 К), что согласуется с литературными данными.

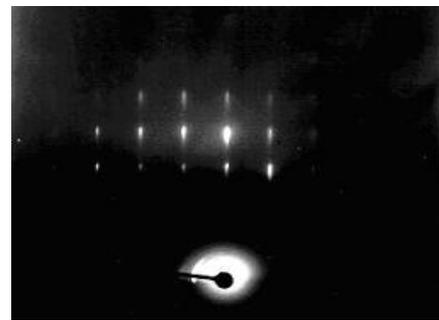
In the present work PbSe_{1-x}Te_x (x=0,2) epitaxial films is gained and the edge of optical absorption explored. Films were grown up on newly splinted monocrystal substrates BaF₂ (111) by a method of condensation of the molecular beams. Crystalline perfection of films was supervised by electronographic, X-ray diffractometric and electron-microscopic methods. Measuring of reflection and gear transmissions were spent on IKS-31. Values of optical band gap of films explored E_g=0,19 эВ (77) are certain, that will be coordinated with literary data.

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[2-4].

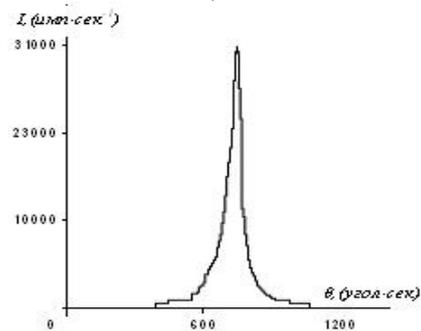
Оптические свойства монокристаллов исследованы в ряде работ [5, 6], однако природа оптических переходов в области края собственного поглощения окончательно не выяснена.

В настоящей работе получен и исследован край оптического поглощения эпитаксиальных пленок PbSe_{1-x}Te_x (x=0,2). Эпитаксиальные слои выращивались на свежесколотых монокристаллических подложках BaF₂ (111), методом конденсации молекулярных пучков. Выбор в качестве подложки монокристаллов BaF₂ продиктован их оптической прозрачностью в диапазоне спектра 3÷5 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 BaF₂ 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.

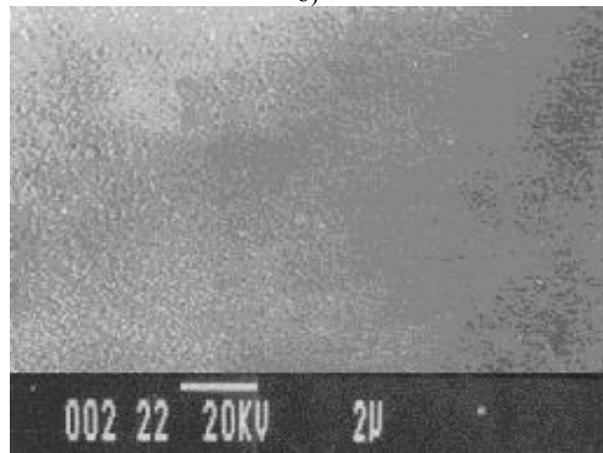
Получение пленок с высоким кристаллическим совершенством также достигалось применением дополнительного источника халькогена (Te) и высокоточным регулированием температуры источников и подложки с точностью 0,05°С в процессе роста. Использование методов электронографии, рентгендифрактометрии и электронномикроскопии удалось исследовать особенности роста и установить условия получения совершенных эпитаксиальных пленок.



a)



б)



с)

Рис. 1. Электронограмма (а), кривая качания рентгеновской дифракции (б) и электронномикроскопический снимок поверхности (с) эпитаксиальных пленок PbSe_{1-x}Te_x (x=0,2).

При значениях скорости конденсации $v_k=9\div 10 \text{ \AA}/\text{с}$ и температурах подложки $T_{\text{под}}=653\div 673 \text{ К}$ были получены структурно совершенные пленки PbSe_{1-x}Te_x ($W_{1/2}=80\div 100\%$) с плоскостью роста (111) (Рис. 1). В зависимости от температуры подложки и скорости роста выращенные эпитаксиальные слои имели p, n-тип проводимости, толщину 0,5–1,5 мкм, концентрацию носителей заряда при 77 К $p,n=(0,9\div 1,0)\cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ и подвижность $\mu_{77\text{К}}\sim(2\div 3)\cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$.

Одной из основных задач данной работы было определение спектральной зависимости коэффициента поглощения эпитаксиальных пленок PbSe_{1-x}Te_x ($x=0,2$) в области края фундаментального поглощения. Для этого измерялись оптическое пропускание $D(\lambda)$ и отражение $R(\lambda)$ исследуемых пленок и по полученным данным из следующего соотношения вычислялся коэффициент поглощения:

$$K(\lambda) = \frac{1}{d} \cdot \ln \left[\frac{1-R^2}{2D} + \sqrt{\frac{(1-R)^4}{4D^2} + R^2} \right]$$

где, R, D – коэффициенты оптического отражения и пропускания, d – толщина пленки.

Исследован край оптического поглощения эпитаксиальных пленок PbSe_{1-x}Te_x различных толщин ($d=0,5\div 1,5 \text{ мкм}$). Было показано, что величина коэффициента поглощения почти не зависит от d , что обусловлено высоким структурным совершенством и зеркально-гладкой поверхностью полученных пленок.

Измерение коэффициентов отражения и пропускания проводились на установке ИКС-31. Относительная погрешность не превышала 5%. Спектральная зависимость коэффициента поглощения эпитаксиальных пленок PbSe_{1-x}Te_x ($x=0,2$) представлена на рис.2. Как видно из рисунка, для всех исследованных пленок виден резкий рост коэффициента поглощения (K) с увеличением $\hbar\omega$, обусловленный разрешенными прямыми переходами электронов из максимума валентной зоны в минимум зоны проводимости вблизи энергии 0,19 эВ. Ширина за-

прещенной зоны E_g определялась по энергетическому положению длинноволнового края спектра поглощения, аналогично [7].

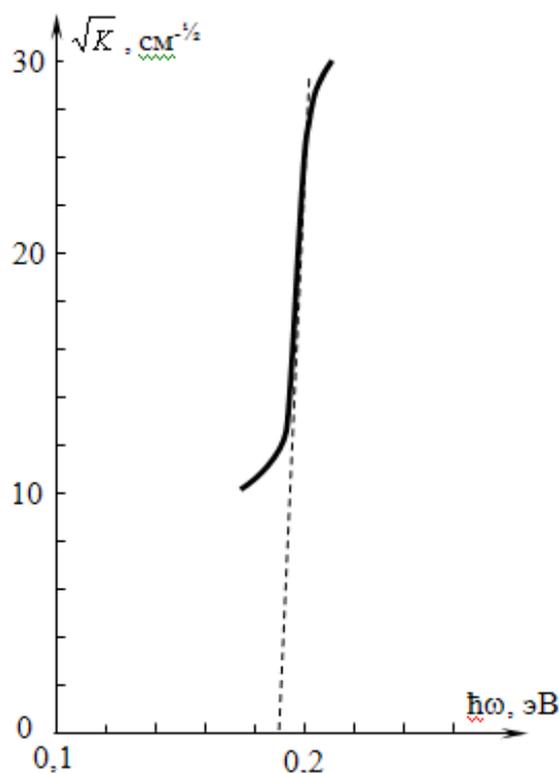


Рис. 2. Спектральная зависимость коэффициента поглощения эпитаксиальных пленок PbSe_{1-x}Te_x ($x=0,2$) при 77 К.

Путем экстраполяции линейного участка зависимости $K^{1/2}(\hbar\omega)$ к нулевому поглощению ($K=0$) были определены экспериментальные значения оптической ширины запрещенной зоны исследуемых пленок $E_g=0,19 \text{ эВ}$ (77 К) (Рис. 2), что согласуется с литературными данными [2].

- [1]. Ф.Ф. Сизов Твердые растворы халькогенидов свинца и олова и фотоприемники на их основе // Зарубежная электронная техника. 1977, т.24, С.3-51.
- [2]. А.В.Матвеевко, Ю.В.Медведев, Н.Н. Берченко Термическое вакуумное напыление эпитаксиальных пленок полупроводниковых соединений группы A^{IV}B^{VI} // Зарубежная электронная техника, 1982, №11, С.54-115.
- [3]. H.R.Nuriyev, M.I. Abdullayev, S.S. Farzaliyev Particulars of growth of the epitaxial films of PbSe_{1-x}Te_x // Proceedings of SPIE, 2000, Vol. 4340, pp.264-266.
- [4]. И.П.Нуриев, С.С.Фарзалиев, А.М.Назаров Эпитаксиальные пленки PbS_{1-x}Te_x и PbSe_{1-x}Te_x // Известия, т. XXII, №2, Баку, 2002, С.43-45.
- [5]. А.Н.Вейс, В.И.Кайданов, С.А.Немов. Энергетический спектр твердых растворов PbSe_{1-x}Te_x, легированных примесью таллия // ФТП, 1983, т.17, в.11, С.1948-1952.
- [6]. М.В.Валейко, И.И.Засавицкий, В.Л.Кузнецов, А.В.Курганский, Б.Н. Мацонашвили 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.
- [7]. E.Y.Salaev, I.R.Nuriev, Kh.D.Djalilova, N.V. Faradjev Optical properties of Pb_{1-x}Sn_xSe:In epitaxial films // Proceedings of SPIE, 2000, Vol. 4340, pp.213-216.

Received: 10.02.2007