

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ПЛЁНОК $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ ЛЕГИРОВАННЫХ ТЕРБИЕМ

С.И.МЕХТИЕВА, Н.З.ДЖАЛИЛОВ, Н.М.АБДУЛЛАЕВ,  
Н.Р.МЕММЕДОВ, В.З.ЗЕЙНАЛОВ, **М.И.ВЕЛИЕВ**

*Институт Физики НАН Азербайджана*

*Баку, АЗ-1143, Азербайджан*

*e-mail: nazimrza@ physics.ab.az*

Optik udulma üsulu ilə  $1\div 3,5$  eV intervalında  $Bi_2Te_{3-x}Se_x$  təbəqələrinin udulma spekrləri tədqiq olunmuşdur.  $1,1$  və  $1,45$  eV intervalında düşən şüanın enerjisindən ( $E$ ) asılılığında,  $1,0\div 3,5$  eV intervalında zonalararası keçidlərin olmasını göstərən zirvələr (piklər) müşahidə olunur.

Методом оптического поглощения в области  $1\div 3,5$  eV исследованы спектры поглощения плёнок  $Bi_2Te_{3-x}Se_x$  (где  $x \approx 0,6$ ). В зависимостях коэффициента поглощения  $\alpha$  от энергии  $E$  подающего излучения при  $1,1$  и  $1,45$  eV наблюдаются интенсивные пики, указывающие на наличие межзонных переходов в интервале  $1\div 3,5$  eV.

The method of optical absorption in the field of  $1\div 3,5$  eV investigates spectra of absorption плёнок  $Bi_2Te_{3-x}Se_x$  (where  $x \approx 0,6$ ). In dependences of factor of absorption  $\alpha$  from energy  $E$  of submitting radiation at  $1,1$  and  $1,45$  eV the intensive peaks specifying presence of interzoned transitions in an interval  $1,0\div 3,5$  eV are observed.

Получение многокомпонентных твёрдых растворов и создание на их основе тонкоплёночных структур явилось важным этапом в развитии и совершенствовании приборов оптоэлектроники [1].

Теллурид висмута известен как эффективный материал для термоэлектрических преобразователей. Этот материал проще приготовить в виде достаточно совершенных монокристаллов и путем легирования его можно получить как  $n$ -, так и  $p$ -типа и т.д. [1, 2]. Изучение оптического поглощения является важным экспериментальным методом исследования электронных состояний, значительно удалённых от краёв запрещённой зоны, и позволяющие обнаружить критические точки и соответствующие энергетические положения.

Задачей данной работы являлось получение и исследование влияния примеси  $Tb$  и  $Cl$  на спектры поглощения плёнок  $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ .

Монокристаллы твёрдого раствора  $Bi_2Te_{3-x}Se_x$  были выращены методом зонной плавки [3, 4]. В реальных условиях выращивания даже в лучшем случае монокристаллы этого соединения имеют значительное количество неоднородностей [5]. Рентгенографический анализ показал, что рост кристаллов происходит вдоль оси "с", что связано с анизотропностью структуры материала [6].

При изготовлении тонкоплёночных структур введение редкоземельных элементов, существенно увеличивает ширину запрещённой зоны [7].

Специфика роста плёнок  $Bi_2Te_{3-x}Se_x$ , при термическом напылении в вакууме состоит в том, что конденсация атомов происходит по механизму пар-кристалл (ПК). Высокая упругость паров теллуридов может приводить к реиспарению с подложек с температурой близких  $2/3$  температуре плавления материала. В работе исследованы плёнки толщиной:  $0,30$ ;  $0,35$ ;  $0,40$  мкм, полученные при  $550$ ;  $600$  K.

Эксперименты показывают, что коэффициент поглощения плёнки очень сильно зависит от

микроструктуры материала. При нанесении тонких плёнок на подложке нами создавались наиболее благоприятные условия для конденсации пара, хотя частично конденсация происходила и на стенках колпака.

Для снятия напряжений, плёнки подвергались отжигу, каждый отжиг длительностью 30 минут с шагом в 25 градусов проводился в вакууме  $10^{-5}$  мм рт.ст до температур  $T \sim 550$  и  $600$  K [7].

Согласно теории, максимумы отражения и поглощения появляются вблизи энергий, соответствующих вертикальным межзонным переходам электронов в критических точках  $k$ - пространства. Эти критические точки для пары ветвей энергетического спектра электронов определяются следующим образом. Для

$$E_{ij}(\mathbf{k}) = E_i(\mathbf{k}) - E_j(\mathbf{k})$$

разность энергий электронов в двух зонах (заполненной и пустой) придонном квазиимпульсе  $\mathbf{k}$ . В критической точке по определению

$$\Delta E_{ij}(\mathbf{k}) = 0$$

Комбинированная плотность состояний для межзонных переходов как функция  $E_{ij}$ , имеет сингулярность (разрыв производной). Если электронные переходы в данной критической точке разрешены правилами отбора, то вблизи энергии, соответствующей этой точке, наблюдается максимум коэффициента поглощения [1].

Определение коэффициента поглощения проводилось методом оптического пропускания плёнок  $p$ - и  $n$ - типов проводимости при нормальном падении излучения на их поверхность. На основе расчетов зависимости спектров пропускания от энергии падающего излучения рассчитывается зависимость коэффициента поглощения плёнок от энергии световой волны (рис.1).

Расчёт коэффициента поглощения  $\alpha$  для плёнок различной толщины:  $0,30$ ;  $0,35$ ;  $0,40$  мкм производилось по формуле:

$$\alpha = 1/d \ln T \quad (1)$$

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ПЛЁНОК $\text{Bi}_2\text{Te}_{3-x}\text{Se}_x$ ЛЕГИРОВАННЫХ ТЕРБИЕМ

где  $d$ -толщина,  $T$ -коэффициент пропускания плёнки.

В зависимости коэффициента поглощения ( $\alpha$ ) от энергии  $E$  падающего излучения пики указывают на наличие межзонных переходов в плёнках  $p\text{-Bi}_2(\text{TeSe})_{3-x}\text{Tb}_x$  и  $n\text{-Bi}_2(\text{TeSe})_{3-x}\text{Cl}_x$  в интервале  $1\div 3,5$  eV для  $p$ -типа, а для образцов  $n$ -типа обнаружен лишь один пик при  $3,17$  eV

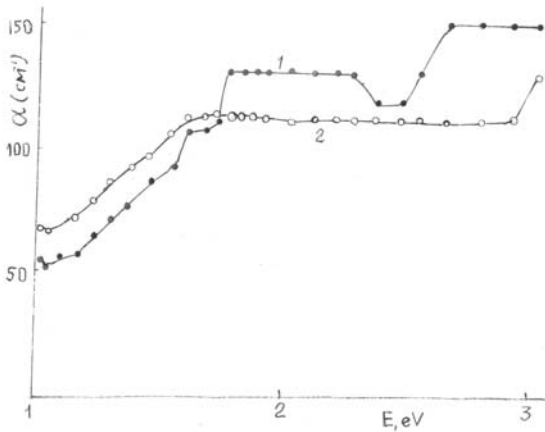


Рис.1. Спектры поглощения пленок 1.  $p\text{-Bi}_2(\text{TeSe})_{3-x}\text{Tb}_x$ , 2.  $n\text{-Bi}_2(\text{TeSe})_{3-x}\text{Cl}_x$  толщиной: 0,30 мкм

Как видно из графика, поглощение энергии падающего излучения совершенных плёнок  $p\text{-Bi}_2\text{Te}_{3-x}\text{Se}_x$  с примесью  $\text{Tb}$  разных областях имеют различные характеры изменения. Коэффициент поглощения совершенных плёнок на порядок больше чем обычных плёнок с наличием дефектов в микроструктуре и соответствует значениям  $\alpha = 50\div 150$   $\text{см}^{-1}$ .

На рис.2 приведены спектры пропускания пленок  $p\text{-Bi}_2\text{Te}_{3-x}\text{Se}_x$  с примесью  $\text{Tb}$ , различной толщины. Эти толщины подобраны с тем соображением, что более

просвечивающих термоэлектрических плёнок практически не существуют.

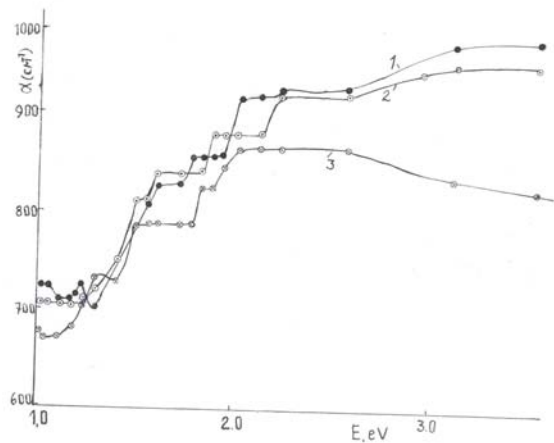


Рис.2. Спектры поглощения пленок  $p\text{-Bi}_2(\text{TeSe})_{3-x}\text{Tb}_x$ , толщиной: 1.- 0,30 мкм, 2.- 0,35 мкм, 3.- 0,40 мкм

Как видно из графика (рис 2) коэффициент поглощения энергии падающего излучения плёнок  $p\text{-Bi}_2\text{Te}_{3-x}\text{Se}_x$  с примесью  $\text{Tb}$  толщиной: 0,30 мкм; 0,35 мкм; 0,40 мкм характеризуется экспоненциальной зависимостью в области  $1,1\div 1,7$  eV, линейной в области  $1,7\div 2,1$  eV и условно стабилизируется в области  $2,1\div 3,5$  eV.

В зависимости коэффициентов поглощения  $\alpha$  от энергии  $E$  падающего излучения, при  $1,1$ ;  $1,6$ ;  $1,8$  и  $2,1$  eV в плёнках  $p\text{-Bi}_2\text{Te}_{3-x}\text{Se}_x$  с примесью  $\text{Tb}$  и плёнок  $n\text{-Bi}_2\text{Te}_{3-x}\text{Se}_x$  с примесью  $\text{Cl}$ , наблюдаются интенсивные пики, указывающие на наличие межзонных переходов в интервале  $1\div 3,5$  eV.

Поглощение энергии падающего излучения плёнок  $p\text{-Bi}_2\text{Te}_{3-x}\text{Se}_x$  с примесью  $\text{Tb}$  происходит по экспоненциальному закону в области  $1\div 1,7$  eV, по линейному в области  $1,7\div 2,1$  eV и условно стабилизируется в области  $2,1\div 3,5$  eV.

- |  |  |
|--|--|
| <p>[1]. Б.М.Гольцман, В.А.Кудинов, И.А.Смирнов. Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе <math>\text{Bi}_2\text{Te}_3</math>. с.7, 134.</p> <p>[2]. С.М.Мехтиева, Н.З.Джалилов, Н.М.Абдуллаев, М.И.Велиев, В.З.Зейналов, Н.Р.Меммедов. Сборник трудов научной конференции посвящённой 85 лет Г.Б.Абдуллаеву, Баку-2003, с.26.</p> <p>[3]. Н.М.Абдуллаев. Термоэлектрические и электрофизические свойства твёрдых растворов на основе халькогенидов висмута легированные элементами III группы. Диссертация, Баку-1992</p> <p>[4]. Н.М.Абдуллаев, М.И.Агаев, Н.Р.Меммедов. Труды научной конференции посвящ. 80 летию президента Г.Алиева. 2003, с.136.</p> | <p>[5]. М.К.Житинская, С.А.Немов, Т.Е.Свечникова. ФТТ, т.38, 186 вып.2, 2004</p> <p>[6]. Д.И.Исмаилов, Г.М.Ахмедов, Р.Б.Шафизаде. Электронографическое исследование бинарных плёнок <math>\text{Bi}_2\text{Te}_3</math>. Доклады Академии Наук Азербайджанской ССР, том XLV, №4, 1989, с.6-10</p> <p>[7]. S.I.Mekhtieva, N.Z.Jalilov, N.R.Memmedov, M.I.Veliyev, V.Z.Zeynalov. Optical properties of the films <math>\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3</math> 3 rd International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering Ankara, Turkey Gazi University, 29-31May, 2006, p.147-149.</p> <p>[8]. И.П.Степаненко Основы микроэлектроники Москва "Советское радио". 1980, с.176.</p> <p>[9]. Н.С.Лидоренко. Плёночные термоэлементы; физика и применение, «Наука», Москва 1985 с.99.</p> |
|--|--|

Daxil olunub: 01.07.2007