

СПЕКТРЫ ОТРАЖЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ И ПЛЕНОК

 $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Tb>$ и $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Cl>$

Н.З.ДЖАЛИЛОВ, Н.М.АБДУЛЛАЕВ, Н.Р.МЕММЕДОВ, Г.М. АСКЕРОВ.

Институт Физики им. академика Г.М. Абдуллаева НАН Азербайджана

AZ-114, Баку, пр. Г.Джавида,33

$Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Tb>$ və $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Cl>$ monokristallarının və nazik təbəqələrinin əksolma əmsalları, 1-6,5 eV intervalda tədqiq olunmuşdur. Əksolma əmsallarının (R) düşən şüalanmanın enerjisindən (E) asılı olaraq, 1,1 və 1,45 eV –də zonalararası keçidlərin mövcudluğunu göstərən zirvələr müşahidə olunmuşdur.

Исследованы спектры отражения монокристаллов и пленок $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Tb>$ и $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Cl>$. В области 1-6,5 eV зависимости коэффициентов отражения (R) кристаллов от энергии (E) падающего излучения, при 1,1 и 1,45 eV наблюдаются интенсивные пики, указывающие на наличие межзонных переходов.

Spectra of reflection monocrystals and films $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Tb>$ and $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Cl>$ of crystal lattice in the region 1-6,5 eV. Depending coefficient of reflection (R) of grystals on energy (E) of falling eradiation of 1,1 and at 1,45 eV more intensive peaks, indicating the presence of interzone transitions in $Bi_2Te_3 - Bi_2Se_3$ are observed.

В настоящее время в качестве материалов для термоэлектрических охлаждающих устройств и термогенераторов, работающих при температурах ниже 300-350°C, используются твердые растворы системы $Bi_2Te_3 - Bi_2Se_3$ и $Bi_2Te_3 - Sb_2Te_3$ [1,3].

Среди халькогенидов, являющихся компонентами этих твердых растворов, наиболее подробно изучен теллурид висмута [3]. Это объясняется рядом причин. Во-первых, теллурид висмута имеет достаточно высокие термоэлектрические параметры и широко применяется в качестве рабочего материала в термоэлектрических приборах. Во-вторых, путем легирования его можно получить как n-, так и p-типа проводимости и наконец, теллурид висмута проще всего приготовить в виде достаточно совершенных монокристаллов [4-8].

Монокристаллы Bi_2Te_3 принадлежат к пространственной группе $\bar{R}3m$ и параметры его решетки испытывают небольшие изменения, как при отклонении от стехиометрического состава, так и при введении примеси. Из-за наличия слоистой структуры монокристаллы Bi_2Te_3 легко скалываются по плоскостям (001) и являются анизотропными материалами.

В оптическом отношении Bi_2Te_3 и его аналоги одноосные кристаллы [9,3].

Монокристаллы были выращены методом зонной кристаллизации [1-4]. Исходя из сложности кристаллической структуры массивных образцов $Bi_2Te_3 - Bi_2Se_3$, как p-типа с примесью Tb, так и n-типа, с примесью Cl, были учтены некоторые моменты касающихся выбора параметров выращивания (скорость вытягивания, графитизация ампул, скорости вращения, температурный градиент у фронта кристаллизации) для того, чтобы обеспечить получение совершенных кристаллов. Монокристаллы были выращены в направлении [001], вдоль главной кристаллографической оси «с», в вакууме при давлении $0,5 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для синтеза твердых растворов системы $Bi_2Te_3 - Bi_2Se_3$ и для напыления пленок, использованы были материалы чистотой 99,999%, редкоземельный элемент тербий, существенно влияющий на зонные параметры теллуридов. Шихта для выращивания кристаллов была приготовлена из предварительно синтезированного

соединения Bi_2Te_3 и Tb путем их сплавления в соответствующей пропорции [10].

Специфика роста пленок $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Tb>$ и $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Cl>$, 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 близкой 2/3 температуре плавления материала. В работе исследованы пленки толщиной: 0,30 мкм, полученные при 600 K.

Эксперименты показывают, что коэффициент поглощения пленки очень сильно зависит от микроструктуры материала. При нанесении тонких пленок на подложки методом горячей стенки (или квазиимпульсного объема) оптимальные температуры подложки при этом методе существенно ниже температуры испарителя. $T_n = 400-500^{\circ}C$. По-видимому, перенасыщение пара у подложки значительное, а поток частиц, по крайней мере вблизи подложки вырождается в молекулярный пучок. В то же время нагрев стенок камеры позволяет повысить температуру конденсации и способствует гомогенизации паровой фазы за счет соударения частиц пара с нагретыми стенками. [11].

Измерения проводились в интервале 1-6,5 eV.

Известно, что свойства пленок, и в частности термоэлектрические параметры, могут быть иными, чем у объемных кристаллов.

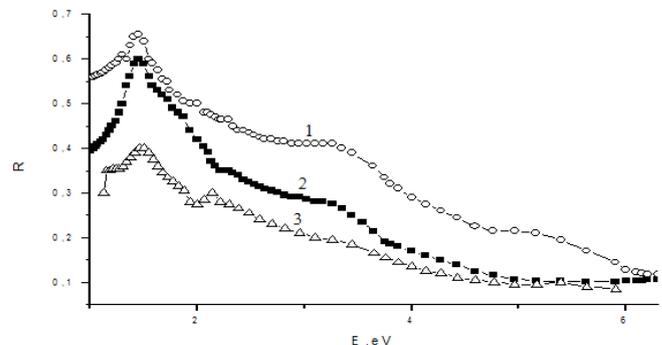


Рис.1. Спектры отражения монокристалла $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Tb>$ p-типа: 1- перпендикулярно (с⊥), 2- вдоль (с||), оси с кристалла, 3-пленки.

Нами были изучены спектры отражения кристаллов и поликристаллических пленок $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Tb>$ и $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Cl>$. Результаты исследований спектров отражения материалов *p*- и *n*-типа проводимости при перпендикулярном и параллельном падении излучения на их поверхность, приведены на рис.1 и 2, соответственно. В зависимости коэффициента отражения (*R*) кристаллов $Bi_2Te_3 - Bi_2Se_3$ как *p*-, так и *n*-типов проводимости от энергии (*E*) падающего излучения, наблюдаются интенсивные пики. Эти пики указывают на наличие межзонных переходов в кристаллах а также в пленках $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Tb>$ и $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Cl>$. Для $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Tb>$ наблюдаются основные пики

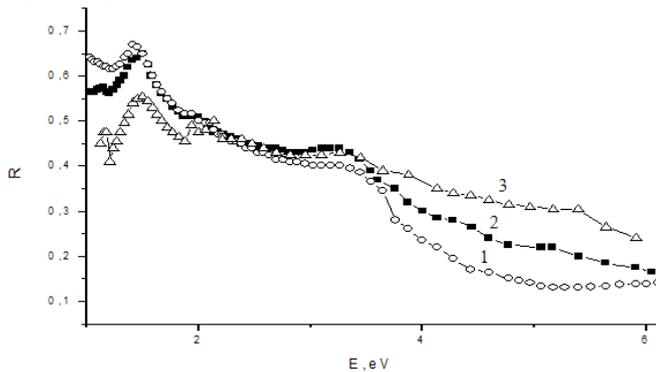


Рис.2. Спектры отражения монокристалла и пленок $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Cl>$ *n* –типа. 1-пленка, 2- вдоль ($c_{||}$), 3- перпендикулярно (c_{\perp}), k оси c кристалла.

Спектры отражения при комнатной температуре для монокристаллов и пленок $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Tb>$, Bi_2Te_3-

$Bi_2Se_3<Cl>$ приведены на рис 1 и 2 . Кривая на рис1 относится к случаю нормального падения света на поверхность скола ($E \perp c$). В области выше 1,5 эВ наблюдается главный максимум отражения, который имеет триплетную структуру. Слабый в чистом Bi_2Te_3 пик вблизи минимума отражения при 6 эВ проявляется более резко в твердых растворах $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3$. Кривые отражения сколотых образцов имеет аналогичный вид и с ростом селеновой компоненты сдвигается в сторону больших энергий [3]. Согласно[12], параметр- c решетки Bi_2Te_3 возрастает с добавлением галогена *I*, возможно, на кривой 1, рис.2, этот пик возрос под влиянием примеси галогена Cl проявляющиеся как тонкая структура по оси кристалла в пленках твердого раствора $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Cl>$.

Коэффициенты отражения *E* (эВ) кристаллов и пленок системы пленок $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Tb>$, *p*-типа проводимости $E \perp c$: 1,30;3,26;5,13. *E || c*: 1.43;1.87;2,04;2,27;3,17. *Eпл*: 1.19;1,49;2,14;3,34 ;5.

Коэффициенты отражения *E* (эВ) кристаллов и пленок системы и пленок $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3<Cl>$, *n*-типа проводимости $E \perp c$:1,42; 3,25; 3,84; 4,59. *E || c*:1,15;1,39;1,48;1,99;2,6;3,257;3,06;3,28; 3,74;5,14;5,37. *Eпл*: 1,16;1,47;1,93;2,10;5,2.

Таким образом, при исследовании спектров отражения пленок поликристаллов $Bi_2Te_3 - Bi_2Se_3$, как *p*-типа, с примесью Tb, как и *n*-типа, с примесью Cl наблюдались интенсивные пики, что связано с переходами в критических токах зоны Бриллюэна.

- | | |
|--|---|
| <p>[1]. Н.М.Абдуллаев, М.И.Агаев, Н.Р.Меммедов. Труды научной конференции посвящ. 80- летию президента Г.А.Алиева. Баку, 2003 г, 136.</p> <p>[2]. С.И.Мехтиева, Н.З.Джаллилов, Н.М.Абдуллаев, М.И.Велиев, В.З.Зейналов, Н.Р.Меммедов. Сборник трудов конференции посвящен. 85- летию Г.Б.Абдуллаева. Баку, 2003, 26.</p> <p>[3]. Б.М.Гольцман, В.А.Кудинов, И.А.Смирнов. Полупроводниковые термоэлектрические материалов на основе Bi_2Te_3 . «Наука»,1972, 216, 232.</p> <p>[4]. С.И.Мехтиева, Н.З.Джаллилов, Н.М.Абдуллаев, М.И.Велиев, В.З.Зейналов, Н.Р.Меммедов. ПУкраинская Научная Конференция по физике полупроводников. Черновцы, Украина, 2004.</p> | <p>[5]. V.A.Semenyuk, T.E.Svechnikova, L.P.Ivanova. Adv. Mater., 5, (1994), 428.</p> <p>[6]. М.К.Житинская, С.А.Немов, Т.Е.Свечникова, П.Рейнсхаус, Э.Мюллер.ФТП,т.34,в.12,2000, 1417.</p> <p>[7]. T.E.Svechnikova, L.D.Ivanova, S.N.Chizhevskaya. Doped Semiconducting Materials. Ed. By V.S.Zemskow (N.V.Nova) Science Publiscers Inc., 1993, p.247</p> <p>[8]. Т.Е.Свечникова, С.Н.Чижевская, Н.М.Максимова. Неорг. Матер., 30, (1994), 161.</p> <p>[9]. Р.А.Смит. «Полупроводники»,«Мир»,1982, 127.</p> <p>[10]. D.L.Greenway and G.Harbeke, J.Phys. Chem. Solids, vol. 26, 1965, pp.1585-1604.</p> <p>[11]. Н.С.Лидоренко. Плёночные термоэлементы: физика и применение.М, Наука,(1985), с.85.</p> <p>[12]. .G.Austin, Proc.Phys.Soc. 72, 549, (1958).</p> |
|--|---|