

**СТРУКТУРА ПЛЁНОК $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3$, ЛЕГИРОВАННЫХ
ТЕРБИЕМ И САМАРИЕМ**

**С.И.МЕХТИЕВА, Н.М.АБДУЛЛАЕВ, Н.Р.МЕММЕДОВ, А.М.КЕРИМОВА,
Р.М.СУЛТАНОВ, В.З.ЗЕЙНАЛОВ**

*Институт физики НАН Азербайджана
AZ-1143, Баку, пр. Г. Джавида, 33*

Методом электронографии исследованы структуры, полученные термическим напылением на монокристаллы NaCl и стекло тонких плёнок состава $90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3$, легированных тербием и самарием. Показано, что плёнки с поликристаллической структурой с наименьшей концентрацией дефектов могут быть получены испарением малых навесок при температуре подложек 600K .

С целью улучшения физических характеристик за счёт уменьшения геометрических размеров усилителя возрос интерес к плёночным термоэлектрическим генераторам, а также к детекторам инфракрасного излучения [1-4,6].

В таких приёмниках используются термоэлементы или термобатареи, нанесённые на подложки методом вакуумной конденсации с использованием масок или фотолитографии.

Известно, что монокристаллические пленки со сложной технологией их изготовления со временем теряют свои качества в процессе эксплуатации. Изменение параметра рассеяния чётко проявляется в мелкозернистых плёнках $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,1}\text{Se}_{0,9}$, напылённых на аморфную подложку [1]. Аморфные же плёнки имеют несколько заниженные характеристики.

Получение аморфных или монокристаллических плёнок, подобных пленкам на основе Bi_2Te_3 , требующих специальных условий, не рассматривались.

Для получения плёнок с улучшенными характеристиками физических свойств температура подложки должна лежать в оптимальных пределах. Слишком низкая температура подложки препятствует равномерному распределению адсорбируемых атомов, они группируются в «островки» разной толщины. Наоборот, слишком высокая температура подложки приводит к отрыву только что осевших атомов, к их реиспарению [1]. На подложке создаются наиболее благоприятные условия для конденсации паров, частичную же конденсацию паров на стенки колпака сводит к минимуму дополнительно нагретая стенка.

Нами была поставлена задача электронографического исследования системы поликристаллических плёнок $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Tb}_x$, $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Sm}_x$, полученных термическим напылением в вакууме методом горячей стенки.

В вакууме $\sim 10^{-4}\text{Па}$, методом горячей стенки нами проводился рост плёнок $90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3$, $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Tb}_x$, $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Sm}_x$ с оптимальной толщиной: $0,30; 0,35; 0,40\text{мкм}$, где температура стенок при напылении составляла 800K , температура подложек $\sim 600\text{K}$ при скорости осаждения тонких слоев $\sim 2\text{нм/с}$ [5].

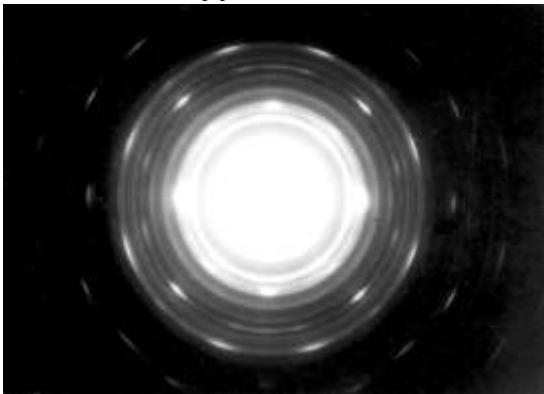


Рис.1.

Электронограмма поликристалла $90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3$.

Плёночные образцы, пригодные для электронографических исследований толщиной 30 нм, изготавливались возгонкой синтезированного соединения состава $90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3$, $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Tb}_x$, $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Sm}_x$ при $x=0,15$ на свежесколотые грани щелочно-галлоидных кристаллов NaCl , KCl , на аморфные-полиамидные и стеклянные подложки.

Плётки $90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3$, полученные на подложках KCl , даже при достаточно широкой вариации температуры подложек и скорости конденсации 0,5-5 нм/с образуются в виде текстуры (Рис.1).

Электронограмма, полученная ранее от плёнок поликристалла $90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3$, индицируется на основе гексогональной решётки, ($a=0,43835$, $c=3,0487$ нм; пр.гр. D^5_{3d} , R_{3m} , $Z=3$) и согласуется с данными [7].

Проведенные рентгеновские исследования поликристаллических плёнок $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Tb}_x$, $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Sm}_x$ показали, что в исходном состоянии также наблюдаются аналогичные рефлекссы. Электронограммы, полученные от плёнок поликристаллов $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Tb}_x$ (Рис.2) и $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Sm}_x$ (Рис.3) хорошо индицируются на основе гексогональной решётки Bi_2Te_3 .

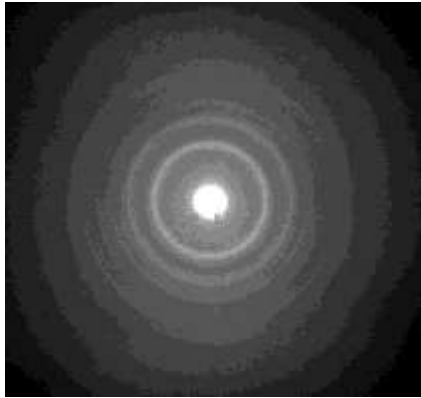


Рис.2

Электронограмма поликристалла $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Tb}_x$

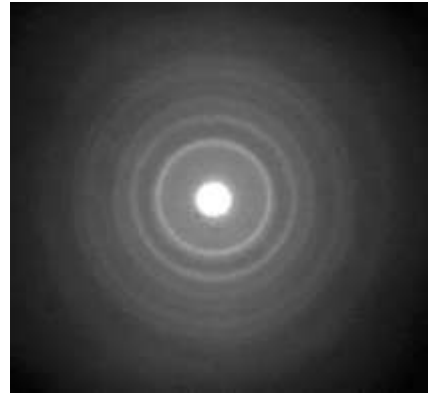


Рис.3.

Электронограмма поликристалла $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Sm}_x$

Установлено, что плётки состава $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Tb}_x$ и $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-}10\text{Bi}_2\text{Se}_3)_{1-x}\text{Sm}_x$ толщиной (0,30; 0,35; 0,40 мкм) образуются испарением малых навесок при температуре подложек $\sim 600\text{K}$. Состав плёнок, полученных в случае возгонки больших навесок, а также и при температурах подложек ниже 500K изменяется, т.е. происходит разложение соединения.

Исследовано влияние термоотжига при ~ 600 и $\sim 700\text{K}$ на структуру и свойства плёнок, осаждённых на кристаллы NaCl .

Плётки, осаждённые на сеточки, подвергались отжигу в вакууме для снятия напряжений. Отжиг длительностью 60 минут с понижением температуры в 15градусов/мин. проводился в вакууме $\sim 10^{-4}\text{Па}$.

При отжиге плёнок в пределах температур $\sim 600\text{K}$, электронограммы не отличаются от исходного состояния. Следовательно, при отжиге до $\sim 600\text{K}$ не происходит реального увеличения размера частиц или каких либо структурных перестроек.

После отжига плёнок на электронограммах наблюдаются поликристаллические кольца. Расшифровка данной электронограммы показывает, что плётка содержит несколько фаз: прежде всего, это теллурид висмута Bi_2Te_3 гексогональной структуры с параметрами решётки, $a=0,43835$, $c=3,0487$ нм и фазы BiTe , Bi_7Te_3 , Bi_2Se_3 , излишек свободного атомарного Te улетучивается при отжиге.

На электронограмме наблюдаются абсолютно все рефлексы, обладающие сильной и средней интенсивностями, характерные для данной структуры.

При дальнейшем отжиге, вплоть до $\sim 700K$, в плёнках $(90Bi_2Te_3-10Bi_2Se)_{1-x}Tb_x$, $(90Bi_2Te_3-Bi_2Se_3)_{1-x}Sm_x$ никаких изменений атомной структуры не наблюдаются.

На основании электронографического исследования структуры тонких плёнок состава $(Bi_2Te_3-Bi_2Se_3)_{1-x}Tb_x$, $(Bi_2Te_3-Bi_2Se_3)_{1-x}Sm_x$, полученных термическим напылением на монокристаллы $NaCl$ и стекло, выяснено, что поликристаллические плёнки состава $(90Bi_2Te_3-10Bi_2Se_3)_{1-x}Tb_x$, $(90Bi_2Te_3-10Bi_2Se_3)_{1-x}Sm_x$ толщиной 0,30; 0,35; 0,40 мкм образуются при испарении малых навесок. При температуре подложек $\sim 600K$ концентрация дефектов уменьшается. Расчёт межплоскостных расстояний показал, что образующиеся плёнки обогащены висмутом, что приводит к образованию на подложке фазы Bi_2Te_3 , Bi_2Se_3 . При отжиге $\sim 700K$ структура совершенных плёнок $(90Bi_2Te_3-10Bi_2Se)_{1-x}Tb_x$, $(90Bi_2Te_3-10Bi_2Se_3)_{1-x}Sm_x$ толщиной 0,40 мкм, сохраняется.

1. Н.С.Лидоренко, *Плёночные термоэлементы: физика и применение*, М., Наука, (1985) (Указать где том, стр7, 179, 199).
2. Б.М.Гольцман, В.А.Кудинов, И.А.Смирнов, *Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3* . М., Наука, (1972) 320.
3. V.A.Semenyuk, T.E.Svechnikova, L.P.Ivanova, *Adv. Mater.*, **5** (1994) 428.
4. М.К.Житинская, С.А.Немов, Т.Е.Свечникова, П.Рейнсхаус, Э.Мюллер, *ФТП*, **34** (2000) 1417.
5. S.I.Mehdiyeva, N.Z.Jalilov, N.M.Abdullayev, N.R.Memmedov, M.I.Veliyev, V.Z.Zeynalov, *TPE-06, 3rd Intern. Conf. on Techn.&Phys.Probl. in Pow.Engin., Ankara, Turkey, May 29-31, (2006)* 695.
6. А.Г.Абдуллаев, Э.И.Велиюлин, С.Ш.Кахраманов, *Влияние легирования и интеркалирования на свойства халькогенидов висмута*, Баку, (1991).
7. Д.И.Исмаилов, Г.М.Ахмедов, Р.Ш.Шафизаде, *Докл. АН Азерб. ССР*, **45** №4 (1998) 6.

TERBIUM VƏ SAMARIUMLA AŞQARLANMIŞ Bi_2Te_3 Se NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNİN STRUKTURU

S.I.MEHDIYEVA, N.M.ABDULLAYEV, N.R.MƏMMƏDOV, A.M.KƏRİMOVA, R.M.SULTANOV, V.Z.ZEYNALOV

Məqalədə şüşə və $NaCl$ monokristalları üzərinə çökdürülmüş, terbiyum və aşqarlanmış $90 Bi_2Te_3$ Se nazik təbəqələri elektronografiya üsulu ilə öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, daha az defekt konsentrasiyasına malik polikristalik strukturlu nazik təbəqələr, temperaturları $600K$ olan lövhəciklərə az çəkilərin buxarlandırılması yolu ilə alınmışdır.

THE STRUCTURE OF FILMS Bi_2Te_3 - Bi_2Se_3 ALLOYED BY TERBIUM AND SAMARIUM

S.I.MEKHTIYEVA, N.M.ABDULLAYEV, N.R.MEMMEDOV, A.M.KERIMOVA, R.M.SULTANOV, V.Z.ZEYNALOV

The thin films structure $90Bi_2Te_3-10Bi_2Se_3$ alloyed by terbium and samarium, received thermal evaporation on monocrystals $NaCl$ and glass has been investigated by electronographic method. It has been shown that a film with polycrystalline structure with the least concentration of defects, have been received by evaporation the sample of small weight at temperature of substrates $600K$.

Редактор: Дж.Исмаилов