

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЁНОК ТЕЛЛУРИДА ВИСМУТА, ЛЕГИРОВАННЫХ ТЕРБИЕМ

С.И. МЕХТИЕВА, Н.З. ДЖАЛИЛОВ, Р.М. СУЛТАНОВ,
Н.М. АБДУЛЛАЕВ, Н.М. МЕММЕДОВ

Институт физики

Национальной Академии Наук Азербайджана

AZ-1143, Баку, Азербайджан, пр. Г. Джавида 33

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

The electron diffraction method the structures of $90\text{Bi}_2\text{Te}_3-10\text{Bi}_2\text{Se}$ alloyed doped terbium of thin films received with thermal spraying on monocrystals NaCl and glass are investigated. It is shown, that a film with polycrystalline structure with the least concentration of defects are received by evaporation small weight at temperature of substrates 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].

В таких приёмниках используются термоэлементы или термобатареи, нанесённые на подложки методом вакуумной конденсацией 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, по сравнению с характерным для этих составов в объёмных кристаллах $r=0$ (расстояние на акустических фонах), чётко проявляется в мелкозернистых плёнках $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,1}\text{Se}_{0,9}$, напыленных 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 качественной плёнки 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, 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.

Данная работа посвящена электронографическому исследованию системы поликристаллических плёнок $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3-10\text{Bi}_2\text{Se})_{1-x}\text{Tb}_x$, полученных термическим напылением в вакууме, методом горячей стенки, с целью изучения его свойств и структуры. В вакууме $\sim 10^{-5}\text{Па}$, методом горячей стенки нами проводился рост плёнок Bi_2Te_3 и $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3-10\text{Bi}_2\text{Se})_{1-x}\text{Tb}_x$ с оптимальной толщиной: 0,30; 0,35; 0,40 мкм, где температура стенок при напылении составляла 800K , температура подложек $\sim 600\text{K}$, при скорости осаждения тонких слоев $\sim 2\text{нм/с}$.

Плёночные образцы, пригодные для электронографического исследования толщиной 30 нм изготавливались

возгонкой синтезированного соединения состава Bi_2Te_3 и $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3-10\text{Bi}_2\text{Se})_{1-x}\text{Tb}_x$ ($x=0,15$), на свежеисколотые грани щелочно-галогидных кристаллов NaCl , KCl , на аморфные, полиамидные и стеклянные подложки.

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

Получение поликристаллических плёнок Bi_2Te_3 , облегчается на подложке из пкровного стекла и на NaCl . Плёнки имели зеркально гладкую поверхность с металлическим блеском.

Электронограмма, полученная от плёнок поликристалла Bi_2Te_3 , хорошо индицируется на основе гексагональной решётки, ($a=0,43835$, $c=3,0487\text{нм}$; пр.гр. D_{3d}^5 , R_{3m} , $Z=3$) и согласуется с данными [3].

Проведенные рентгеновские исследования кристаллов $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3-10\text{Bi}_2\text{Se})_{1-x}\text{Tb}_x$, показали, что в исходном состоянии также наблюдаются аналогичные рефлексы. Электронограмма, полученная от плёнок поликристалла $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3-10\text{Bi}_2\text{Se})_{1-x}\text{Tb}_x$ хорошо индицируется на основе гексагональной решётки Bi_2Te_3 (рис.1).

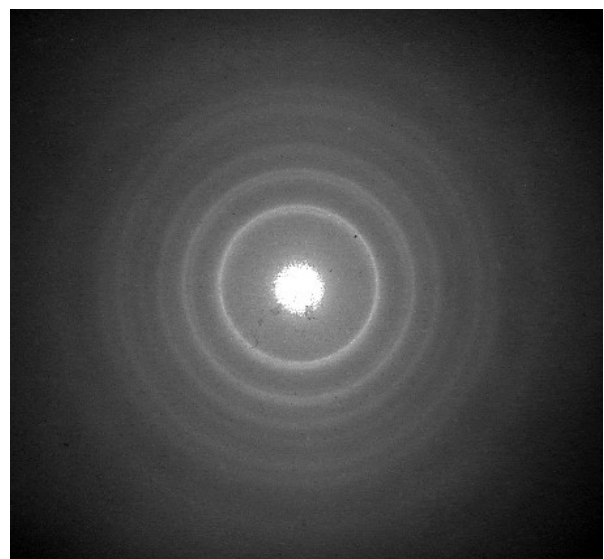


Рис.1. Электронограмма поликристалла $(90\text{Bi}_2\text{Te}_3-10\text{Bi}_2\text{Se})_{1-x}\text{Tb}_x$

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЁНОК ТЕЛЛУРИДА ВИСМУТА.....

Установлено, что плёнки состава $(90Bi_2Te_3-10Bi_2Se)_{1-x}Tb_x$, толщиной 0,30; 0,35; 0,40 мкм образуются испарением малых навесок при температуре подложек $\sim 600K$. Состав плёнок, полученные путём возгонки как при больших навесках, так и при температурах подложек ниже $500K$ изменяется.

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

Плёнки, осаждённые на сеточки, подвергались отжигу в вакууме для снятия напряжений. Отжиг длительностью 30 минут с понижением температуры в 25 град/мин. проводился в вакууме $\sim 10^{-5} Pa$.

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

После отжига плёнок на электронограмме наблюдаются поликристаллические кольца. Расшифровка данной электронограммы показывает, что плёнка содержит несколько фаз: Прежде всего, это теллурид висмута Bi_2Te_3 гексагональной структуры с параметрами решётки,

$a=0,43835$, $c=3,0487 \text{ нм}$ 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 $\sim 700 K$ в плёнках $(90Bi_2Te_3-10Bi_2Se)_{1-x}Tb_x$, толщиной до 0,40 мкм, никаких изменений атомной структуры не наблюдаются.

На основании электронографического исследования структуры тонких плёнок состава $(Bi_2Te_3-Bi_2Se_3)_{1-x}Tb_x$, полученные термическим напылением на монокристаллы $NaCl$ и стекло выяснено, что поликристаллические плёнки состава $(90Bi_2Te_3-10Bi_2Se_3)_{1-x}Tb_x$, 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 $(90Bi_2Te_3-10Bi_2Se)_{1-x}Tb_x$, толщиной 0,40 мкм, сохраняется.

Авторы благодарят Д.И. Исмаилова за оказанную помощь в проведении исследований.

[1]. Н.С. Лидоренко. Плёночные термоэлементы: физика и применение. М., Наука, (1985) 7, 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]. Д.И.Исмаилов, Г.М.Ахмедов, Р.Ш. Шафизаде, Докл. АН Азерб. ССР, 45, №4, (1998), 6-8.

Received: 10.02.2007