

Образование фаз при взаимодействии тонких пленок системы $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{Te}-\text{As}_2\text{Te}_3$

© Э.Ш. Гаджиев[¶]

Институт физики Национальной академии наук Азербайджана, Аз-1143 Баку, Азербайджан

(Получена 15 мая 2013 г. Принята к печати 24 февраля 2014 г.)

Исследовано образование фаз при взаимодействия тонких пленок $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{Te}$ ($x = 0.02$) и As_2Te_3 , полученных при одновременном и последовательном испарении. Показано, что в результате взаимодействий тонких пленок образуются фазы $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Te}_7$ при температуре 473 К и $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_2\text{Te}_4$ при 503 К.

В связи с существенным прогрессом в разработке и создании новых технологичных и функциональных полупроводниковых материалов заметно возрос интерес к методам получения наноструктурных многокомпонентных полупроводниковых соединений. Сверхтонкие пленки подобных соединений, которым уделяется особое внимание, относятся к так называемым размерно-ограниченным (по крайней мере в одном измерении) структурам, роль которых является доминирующей в создании фундамента функциональной наноэлектроники.

Тонкопленочные системы на основе халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП) и редкоземельных элементов (РЗЭ) в последние годы широко изучаются. В результате взаимодействия в таких системах получают тройные соединения, обладающие уникальными свойствами, заключающимися в сильной зависимости зонной структуры, рассеяния носителей и некоторых других параметров от внешнего магнитного поля. Вышеуказанные тройные соединения обладают полупроводниковыми свойствами.

В данной работе рассматривается образование фаз с различной субструктурой в результате реакций и процессов взаимодействия нанотолщинных вакуумных конденсатов системы $\text{As}_2\text{Te}_3-\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{Te}$ ($x = 0, 02$), при вариации условий осаждения отдельных компонентов и способов получения пленок. Взаимодействие пленок, полученных испарением и конденсацией молекулярных пучков в вакууме, является сложным физико-химическим процессом. Характер такого взаимодействия и его скорость зависят не только от природы взаимодействующих элементов, но и от степени их кристалличности, от способа изготовления и многих других факторов, часто не поддающихся контролю. Исследуемые образцы получались путем испарения, которое проводилось из двух источников, расположенных на расстоянии 120 мм друг от друга и на высоте 70 мм над подложками. В качестве подложки использовались свежесколотые кристаллы каменной соли NaCl. Температура подложек во время осаждения компонентов была комнатная. Испаряли As_2Te_3 из спиралевидной вольфрамовой корзиночки конического профиля, а $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{Te}$ из печки-лодочки, изготовленной из вольфрам-ренийевого сплава. Давление остаточных газов в напылительной камере

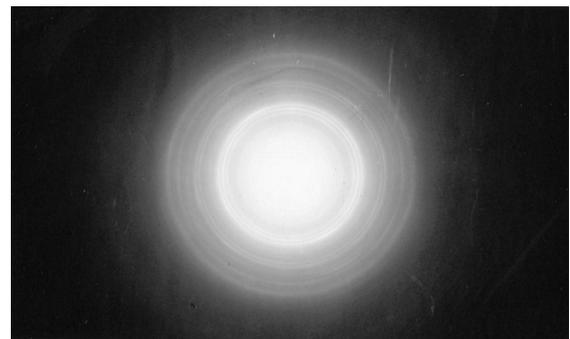


Рис. 1. Электронограмма от поликристалла $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Te}_7$.

было $\sim 10^{-5}$ Па. Расчетная толщина пленок $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{Te}$ составляла 15 нм, а толщина слоя As_2Te_3 — 20 нм.

В результате последовательного испарения теллурида мышьяка и $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{Te}$ получена двойная пленка $\text{As}_2\text{Te}_3 + \text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{Te}$. Электронографический анализ образцов сразу после осаждения компонентов показал,

Таблица 1. Расчет электронограммы от поликристалла $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Te}_7$

Номер рефлекса	d , нм		hkl
	эксперимент	расчет согласно [1]	
1	0.409	0.410	001
2	0.304	0.304	131
3	0.285	0.283	311
4	0.278	0.279	231
5	0.262	0.266	141
6	0.169	0.169	402
7	0.165	0.165	422
8	0.156	0.156	162
9	0.152	0.152	262
10	0.119	0.119	063
11	0.116	0.118	533
12	0.110	0.110	553
13	0.105	0.105	653
14	0.878	0.873	654

Примечание. Постоянная прибора $2L\lambda = 7.023 \text{ мм} \cdot \text{нм}$, d — межплоскостные расстояния.

[¶] E-mail: elmanhaji@mail.ru

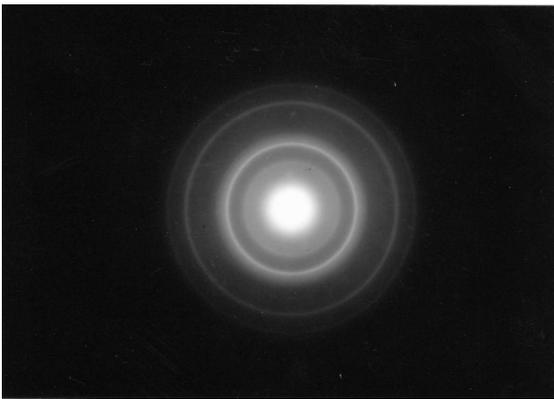


Рис. 2. Электронограмма от поликристалла $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_2\text{Te}_4$.

что химического взаимодействия между слоями не происходит. Двойную пленку отжигали при температурах от комнатной до $T = 773$ К и через каждый 50 К получали электронограммы от образцов. Отжиг пленок при $T = 473$ К внес некоторые изменения в структуру полученного ранее конденсата, так как электронограмма, полученная от этих слоев, свидетельствует об образовании фазы $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Te}_7$ и индицируется как ромбическая модификация с параметрами $a = 1.244$, $b = 1.470$, $c = 0.410$ нм (рис. 1, табл. 1) [1].

При температуре отжига $T = 503$ К образуется поликристаллическая фаза $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_2\text{Te}_4$ ромбической сингонии с параметрами элементарной ячейки кристаллической решетки, согласующимися с данными работ [1]:

Таблица 2. Результаты электронограммы от поликристалла $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_2\text{Te}_4$

Номер рефлекса	d , нм		hkl
	эксперимент	расчет согласно [1]	
1	0.406	0.407	001
2	0.375	0.370	111
3	0.355	0.352	021
4	0.331	0.332	201
5	0.325	0.323	211
6	0.294	0.297	131
7	0.275	0.274	311
8	0.270	0.271	231
9	0.260	0.259	321
10	0.240	0.239	331
11	0.236	0.235	401
12	0.230	0.231	411
13	0.175	0.174	142
14	0.164	0.163	152
15	0.155	0.153	062
16	0.113	0.115	253
17	0.102	0.102	263

Примечание. Постоянная прибора $2L\lambda = 7.023$ мм · нм, d — межплоскостные расстояния.

$a = 1.148$, $b = 1.410$, $c = 0.407$ нм, пространственная группа $P4m$ (рис. 2, табл. 2).

Дальнейший отжиг образцов при более высоких температурах пленок не выявил никаких новых фаз.

Также в работе изучалось взаимодействие пленок As_2Te_3 и $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{Te}$, полученных при одновременном испарении компонентов. Однако одновременное осаждение компонентов не дало новых результатов при изучении взаимодействия этих слоев.

Резюмируя, можно сказать, что при пленочном взаимодействии в области температур 473–773 К образуются следующие фазы: $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Te}_7$ и $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_2\text{Te}_4$. Следует отметить, что при взаимодействии пленок халькогенита стекла и редкоземельных элементов первично образуется фаза, соответствующая химической формуле $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Z}_7$ ($Z = \text{S}, \text{Se}, \text{Te}$), что также наблюдалось в работах [2–4]. Результаты исследований также показали, что указанные фазы в пленочном состоянии образуются при значительно более низких температурах, чем в массивных образцах.

Список литературы

- [1] Т.М. Ильясов. Автореф. канд. дис. (Баку, 1992).
- [2] Э.Ш. Гаджиев, А.И. Мададзаде, Д.И. Исмаилов. Неорг. матер., **46**, 793 (2010).
- [3] E.H. Efendiyev, E.Sh. Hajiyev, R.B. Shafizade, T.M. Piyasov. Thin Sol. Films, **237**, 213 (1994).
- [4] Э.Г. Эфендиев, Э.Ш. Гаджиев. Матер. III Нац. конф. по применению рентгеновского, синхротронного излучений, нейтронов и электронов для исследования материалов (М., 2001) с. 214.

Редактор Л.В. Шаронова

Formation of phases at interaction of As_2Te_3 and $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{Te}$ ($x = 0.02$) thin films

E.Sh. Hajiyev

Institute of Physics,
Azerbaijan Academy of Sciences,
Az-1143 Baku, Azerbaijan

Abstract Phase formation has been investigated at interaction of $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{Te}$ ($x = 0.02$) and As_2Te_3 thin films obtained by consequent and simultaneous evaporation of compounds. It is shown that at interaction of films $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Te}_7$ phase is formed at the temperature $T = 473$ K and $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_2\text{Te}_4$ is formed at $T = 503$ K.