

ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ В СИСТЕМЕ  $AS_2TE_3-TM_2TE_3$ 

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.5.77.985

**Ильяслы Теймур Маммад***д. х. н., проф., заведующий кафедры  
«Общей и неорганической химии»**Бакинский государственный университет,  
Баку***Фатуллазаде Рахман Гасанага***магистр, кафедры  
«Общей и неорганической химии»**Бакинский государственный университет,  
Баку***Исмаилов Закир Ислам***к.т.н., доц. кафедры  
«Общей и неорганической химии»**Бакинский государственный университет,  
Баку***Джафарова Низяр Нураддин***Институт катализа и неорганической химии  
Академии наук Азербайджанской Республики,  
Баку*PHASE EQUILIBRIUM IN THE  $AS_2TE_3-TM_2TE_3$  SYSTEM.**Ilyasly Teymur Mammad***prof., head of the Department  
of General and Inorganic Chemistry  
Baku State University, Baku***Fatullazade Rahman Hasanaga***Master, Department of General and Inorganic Chemistry  
Baku State University, Baku***Ismailov Zakir Islam***Ph.D., Associate Professor of the Department  
of General and Inorganic Chemistry  
Baku State University, Baku***Jafarova Nigar Nadir***Researcher, Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry  
of the Academy of Sciences of the Republic of Azerbaijan, Baku*

## АННОТАЦИЯ

Синтез сплавов системы был ступенчатым проводили в вращающих печах. Режим синтеза подбирали исходя из физико-химических свойств элементарных компонентов.

Для гомогенизации сплавы подвергались изотермическому отжигу при 750 и 1275 К в зависимости от концентрации  $Tm_2Te_3$  в течении 250 ч после гомогенизации сплавов они подвергались физико-химическому анализу.

Результаты дифференциально-термического анализа показали, что в сплавах системы наблюдается обратимые термические эффекты. В сплавах в соотношении 1:1 образуется новая промежуточная фаза состав, которого соответствует соединению  $TmAsTe_3$ . Область гомогенности наблюдается в области концентрации 52,5-47,5.

Установлено, что в области концентрации 98,5-52,5  $Tm_2Te_3$  находится две фазы смесь  $\beta$  и  $\gamma$  твердого раствора, а в области концентрации 47,51 моль%  $Tm_2Te_3$  фазы  $\gamma$  и  $\alpha$  находятся в равновесии.)

Эвтектика имеет координаты 11,5 моль  $Tm_2Te_3$  при температуре 575 К.

## ABSTRAKT

The synthesis of alloys of the system was carried out stepwise in rotary furnaces. The synthesis mode was selected based on the physicochemical properties of the elementary components.

For homogenization, the alloys were subjected to isothermal annealing at 750 and 1275 K, depending on the  $Tm_2Te_3$  concentration, for 250 h after homogenization of the alloys, they were subjected to physicochemical analysis. The results of differential thermal analysis showed that reversible thermal effects are observed in the alloys of the system. In alloys in a 1:1 ratio, a new intermediate phase is formed with a composition corresponding to the  $TmAsTe_3$  compound. The homogeneity area is observed in the concentration range 52.5-47.5.

It was found that in the concentration range 98.5-52.5  $Tm_2Te_3$  there are two phases - a mixture of  $\beta$  and  $\gamma$  of the solid solution, and in the concentration range of 47.51 mol%  $Tm_2Te_3$  phases  $\gamma$  and  $\alpha$  are in equilibrium.)

The eutectic has coordinates of 11.5 mol  $Tm_2Te_3$  at a temperature of 575 K.

**Ключевые слова:** система, фаза, состав, концентрация, температура

**Key words:** system, phase, composition, concentration, temperature

### Введение:

В литературе имеются данные об изученности подобных систем с участием сурьмы и висмута [1-4], а с участием мышьяка и тулия система мало изучено [5,6].

В развитии полупроводникового материаловедения существенное значение имеют физико-химические исследования полупроводниковых систем с участием редкоземельных элементов. Тройные соединения РЗЭ обладают комплексом уникальных функциональных свойств, которые нашли применения в различных областях современной техники [7-9].

Исходные вещества системы являются перспективными веществами для получения новых функциональных материалов используемые различной области техники [10,11]  $Tm_2Te_3$  и  $As_2Te_3$  конгруэнтно плавящееся соединения при 1925 и 650 К соответственно.

### Цель исследования:

Целью настоящей работы является исследование фазового равновесия в системе  $As_2Te_3$ - $Tm_2Te_3$

### Материалы и методы исследования:

Для синтеза исходных компонентов  $Tm_2Te_3$  и  $As_2Te_3$  использовали Tm марки А-2 мышьяк марки В-5 теллур марки А-2 подвергнутой семикратной зонной очистки. Синтез сплавов системы был ступенчатым проводили в вращающихся печах.

Режим синтеза, в первом этапе образцы с печью нагревали до 725К и выдерживали при этой температуре 3 часа, затем температуру поднимали до 1020 К с выдержкой 2 часа после температуру

увеличили до 1300 К при этой температуре выдержка составляло 4 часа. Образцы охлаждали медленно с выключенной печью. Сплавы, содержащие до 60 моль  $Tm_2Te_3$ , после синтеза приобрели пористый вид, серого цвета, а остальные компактные серого цвета.

Для гомогенизации сплавы подвергались изотермическому отжигу при 750 и 1275 К в зависимости от концентрации  $Tm_2Te_3$  в течении 250 ч после гомогенизации сплавов они подвергались физико-химическому анализу.

Исследования проводились с использованием ДТА (приборы Theroscan-2 и VDTA 8M2), рентгеноструктурного анализа (дифрактометр Bruker D8 ADVANCE), сканирующей электронной микроскопии MCA (с использованием SEI, Phillips-XL 30 FEG) и микротвердомера (приборы ПМТ-3).

### Результаты и их обсуждение

Результаты дифференциально-термического анализа показали, что в сплавах системы наблюдается обратимые термические эффекты таблица 1.

В сплавах в соотношении 1:1 образуется новая промежуточная фаза состав, которого соответствует соединению  $TmAsTe_3$ . На основе которого наблюдается область гомогенности в области концентрации 52,5-47,5  $Tm_2Te_3$  (рис 1) Эвтектика имеет координаты 11,5 моль  $Tm_2Te_3$  при температуре 575 К.

Некоторые физико-химические свойства сплавов системы  $As_2Te_3$ - $Tm_2Te_3$  приведены в таблице 1

таблица 1

**Некоторые физико-химические свойства сплавов системы  $As_2Te_3$ - $Tm_2Te_3$**

Состав, моль %		Термические эффекты нагрева, К	Микротвёрдость, Нм кг/мм <sup>2</sup>	Плотность, d, г/см <sup>3</sup>
$Tm_2Te_3$	$As_2Te_3$			
100	0	1930	275	6,25
90	10	1875,930	263,75	6,30
80	20	1755,970	110	6,45
70	30	1600,970	218,115	6,55
60	40	1470,970	210,125	6,65
50	50	1280,970	225	7,3
40	60	1075, 970, 575	225,95	7,15
35	65	970	90,260	7,01
30	70	1075, 900, 575	90,255	6,95
20	80	575,680	80,250	6,92
11,5	89,5	575	не пром	6,90
10	90	575,600	75,270	6,90
0	100	680	6, 75	6,90

Результаты рентгенофазового анализа показало, что в системе в соотношении компонентов 1:1 появляются новые дифракционные линии в отличие от исходных компонентов. Состав промежуточной фазы соответствует химической формуле  $TmAsTe_3$

микротвёрдость соединения составляет 225 кг/мм<sup>2</sup> плотность имеет значения d=7,33 кг/мм<sup>3</sup>. На основе исходных компонентов имеется  $\alpha$  и  $\beta$  пограничные фазы.

Опираясь результатам данных полученных, методами физико-химического

анализа построена диаграмма состояния системы  $As_2Te_3$ - $Tm_2Te_3$  рисунок 1.

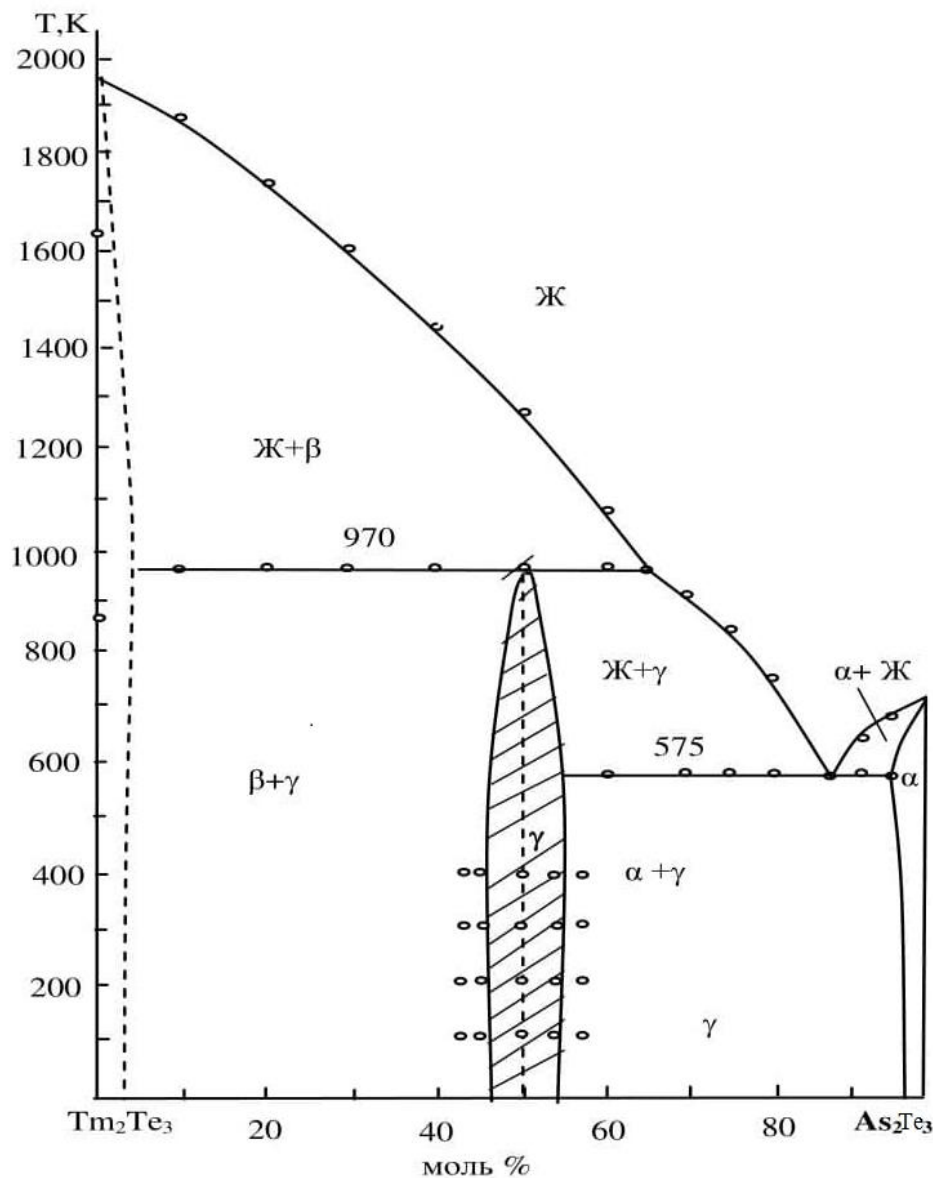
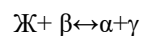


Рис.1 Диаграмма состояния системы  $As_2Te_3$ - $Tm_2Te_3$

Как видно из рисунка в системе образуется одна промежуточная и две пограничные фазы состава  $TmAsTe_3$  и твёрдые растворы на основе исходных компонентов  $As_2Te_3$ ,  $Tm_2Te_3$

Для определения области гомогенности нами приготовлены ряд сплавов в области концентрации 5,5-4,5 моль%  $Tm_2Te_3$ . Эти сплавы гомогенизировали и отжигали при температурах 400, 300, 200, и 100 градусах и закаливали, при этом после микроскопического анализа установили однофазность сплавов в области 52,5-47,5 моль %  $Tm_2Te_3$ . Границы пограничных фаз определена не точно (приблизительно) перетектическая горизонталь имеет температуры 970 К при этом идет перетектическая реакция



В области концентрации 98,5-52,5  $Tm_2Te_3$  находится две фазы смесь  $\beta$  и  $\gamma$  твёрдого раствора, а в области концентрации 47,5 1 моль%  $Tm_2Te_3$  фазы  $\gamma$  и  $\alpha$  находятся в равновесии. После выявления фаз в индивидуальном виде измерены электрофизические свойства  $TmAsTe_3$ . Установлено, что твердые растворы (пограничные фазы) и соединения являются полупроводниками.

#### Выводы:

По результатам исследований установлено, что в системе образуется одна промежуточная и две пограничные фазы состава  $TmAsTe_3$  и твёрдые растворы на основе исходных компонентов  $As_2Te_3$ ,  $Tm_2Te_3$ .

Установлено, что твердые растворы (пограничные фазы) и соединения являются полупроводниками.

**Список литературы:**

1. Садыгов Ф.М., Ильяслы Т.М., Ганбарова Г.Т., Зломанов В.П., Алиев И.И. Физико-химическое исследование системы  $Sb_2Se_3-Nd_2Se_3$ // Неорганические материалы. 2017. т. 53, №7. с. 621-685. <http://www.maik.ru/cgi-bin/list.pl?page=neorgmat>
2. Ганбарова Г.Т., Садыгов Ф.М., Ильяслы Т.М. и др. Исследование химического взаимодействия в системе  $Sb_2Se_3-NdSe$ // Journal of Qafqaz University Chemistry and biology 2013. V.1, № 2., с. 158-160. ISSN, 2310-905X. <http://journal.qu.edu.az/>
3. Ганбарова Г.Т., Садыгов Ф.М., Ильяслы Т.М. и др. Физико-химическое исследование системы  $Sb_2Se_3-Nd_3Se_4$ // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016, №16, с. 311-313 <http://www.rae.ru/>.
4. Худиева А.Г., Ильяслы Т.М., Исмаилов З.И., Алиева И.И., Исследование тройной системы Nd-As-S по различному разрезом. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016;4(5): 902-905. <http://www.rae.ru/>.
5. Ильяслы Т.М., Исмаилов З.И., Фазаобразование в системе  $As_2S_3-Dy_2S_3$  Сборник трудов XII Между. науч. прак. конф. Сов. Тенденции развития Науки и Технологий, 28 декабря 2017. Белгород, №1. ч.2, с.44-46. <http://www.issledo.ru/>
6. İlyaslı T.M., İsmailov Z.I., Fatullazade R.H., International TmTe section study -  $As_2Te_3$ . Conference "Process Management and Scientific Developments." November 30, 2019, Birmingham, United Kingdom.. ©Scientific publishing house Infinity, 2019. p.137-140. <https://swsu.ru/conferens/>.
7. Ярембаш Е.И., Елисеев А.А. Халькогениды редкоземельных элементов. М.: Наука, 1975, с. 260.
8. П.Г. Рустамов, О.М. Алиев /Редкоземельные полупроводники/ Баку : Элм , 1981, с.93-133
9. Третьяков Ю.Д., Путляев В.И./ Введение в химию твердофазных материалов/: Изд-во МГУ: учебное пособие. Рубрика Химия ,2013, 253с.
10. Гольцман Б.М., Кудинов В.А., Смирнов И.А. «Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе  $Bi_2Te_3$ ». М.: Наука, 1972, 320 с.
11. İlyasly T.M., Gahramanova G.G., Gadzhaly Najafoglu, İsmayilov Z.I., Quasibinary cuts Tm-AsS and As-TmS triple system Tm-As-S. International Conference "Scientific research of the SCO countries:synergy and integrationm," 26 February

2019. Beijing. part1, pp.200-208. ISBN 978-5-905695-96-6

**Spisok literatury:**

1. Sadygov F.M., Il'jasly T.M., Ganbarova G.T., Zlomanov V.P., Aliev I.I. Fiziko-himicheskoe issledovanie sistemy  $Sb_2Se_3-Nd_2Se_3$ // Neorganicheskie materialy. 2017. t. 53, №7. s. 621-685. <http://www.maik.ru/cgi-bin/list.pl?page=neorgmat>
2. Ganbarova G.T., Sadygov F.M., Il'jasly T.M. i dr. Issledovanie himicheskogo vzaimodejstvija v sisteme  $Sb_2Se_3-NdSe$ // Journal of Qafqaz University Chemistry and biology 2013. V.1, № 2., s. 158-160. ISSN, 2310-905X. <http://journal.qu.edu.az/>
3. Ganbarova G.T., Sadygov F.M., Il'jasly T.M. i dr. Fiziko-himicheskoe issledovanie sistemy  $Sb_2Se_3-Nd_3Se_4$ // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2016, №16, s. 311-313 <http://www.rae.ru/>.
4. Hudieva A.G., Il'jasly T.M., İsmailov Z.I., Alieva I.I., Issledovanie trojnoy sistemy Nd-As-S po razlichnom razrezom. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2016;4(5): 902-905. <http://www.rae.ru/>.
5. Il'jasly T.M., İsmailov Z.I., Fazoobrazovanie v sisteme  $As_2S_3-Dy_2S_3$  Sbornik trudov XII Mezhd. nauch. prak. konf. Sov. Tendencii razvitija Nauki i Tehnologij, 28 dekabrja 2017. Belgorod, №1. ch.2, s.44-46. <http://www.issledo.ru/>
6. İlyaslı T.M., İsmailov Z.I., Fatullazade R.H., International TmTe section study -  $As_2Te_3$ . Conference "Process Management and Scientific Developments." November 30, 2019, Birmingham, United Kingdom.. ©Scientific publishing house Infinity, 2019. p.137-140. <https://swsu.ru/conferens/>.
7. Jarembash E.I., Eliseev A.A. Hal'kogenidy redkozemel'nyh jelementov. M.: Nauka, 1975, s. 260.
8. P.G. Rustamov, O.M. Aliev /Redkozemel'nye poluprovodniki/ Baku : Jelm , 1981, s.93-133
9. Tret'jakov Ju.D., Putljaev V.I./ Vvedenie v himiju tverdofaznyh materialov/: Izd-vo MGU: uchebnoe posobie. Rubrika Himija ,2013, 253s.
10. Gol'man B.M., Kudinov V.A., Smirnov I.A. «Poluprovodnikovye termojelektricheskie materialy na osnove  $Bi_2Te_3$ ». M.: Nauka, 1972, 320 s.
11. İlyasly T.M., Gahramanova G.G., Gadzhaly Najafoglu, İsmayilov Z.I., Quasibinary cuts Tm-AsS and As-TmS triple system Tm-As-S. International Conference "Scientific research of the SCO countries:synergy and integrationm," 26 February 2019. Beijing. part1, pp.200-208. ISBN 978-5-905695-96-6