1. Гладышев Н.Ф., Гладышева Т.В., Лемешева Д.Г. и др. Пероксидные соединения кальция. Синтез. Свойства. Применение // 2013, М.: Издательский дом «Спектр», с. 216
2. Мосин О.В. Очистка воды от тяжелых изотопов дейтерия, трития и кислорода. СОК (Сантехника, отопление, кондиционирование) // 2012

3. Пятницкий Н.В., Поляков В.А. Электролитическое обогащение водных проб с низкими концентрациями трития. Водные ресурсы. 1983 // т. 10, №5, сс. 137-141.
4. Povinac P.P., Hirose K., Aoyama M. Fukushima Accident: Radioactivity Impact on the Environment. 2013 // Elsevier, p. 382.

УДК: 541.123:682.23.86

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ $\text{NdSbSe}_3\text{-Se}$

Ганбарова Гунель Тандыг

*диссертант, кафедра общей и неорганической химии,
Бакинский Государственный Университет,
Баку, Азербайджан*

STUDY OF $\text{NdSbSe}_3\text{-Se}$ SYSTEM

G.T. Ganbarova

*Department of General and Inorganic Chemistry,
Baku State University*

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.64.243](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.64.243)

АННОТАЦИЯ

Методами дифференциально-термического (ДТА), рентгенофазового (РФА) и микроструктурного (МСА) анализов, измерением микротвердости и электрофизических свойств, изучен характер физико-химического взаимодействия в системе $\text{NdSbSe}_3\text{-Se}$. По результатам физико-химических методов анализа была построена диаграмма состояния системы $\text{NdSbSe}_3\text{-Se}$ и установлено, что она является неквазибинарным сечением тройной системы Nd-Sb-Se . По результатам рентгенофазового анализа было определено, что дифракционные линии сплавов состоят из смеси дифракционных линий относящихся соединений NdSbSe_3 , Nd_3Se_7 , $\text{NdSe}_{1.9}$, Nd_4Se_7 и Se .

ABSTRACT

Methods of differential thermal (DTA), X-ray phase (XRF) and microstructural (MSA) analyzes, measurement of microhardness and electrophysical properties, studied the nature of the physicochemical interaction in the $\text{NdSbSe}_3\text{-Se}$ system. According to the results of physicochemical analysis methods, a state diagram of the $\text{NdSbSe}_3\text{-Se}$ system was constructed and it was established that it is a quasi-binary section of the Nd-Sb-Se ternary system and belongs to the simple eutectic type. According to the results of X-ray phase analysis, it was determined that the reflector lines obtained from diffraction patterns consist of a mixture of reflector lines NdSbSe_3 , Nd_3Se_7 , $\text{NdSe}_{1.9}$, Nd_4Se_7 and Se .

Ключевые слова: система, сечение, фаза, анализ, поверхность, кристаллизация

Keywords: system, section, phase, analysis, surface, crystallization

Введение

Современный научно-технический прогресс, включая освоение космического пространства, неразрывно связан с развитием полупроводниковой техники [1-3]. Бурное развитие последней явилось основным стимулом поиска сложных полупроводниковых материалов. Однако, растущая потребность полупроводниковой техники к материалам пока полностью не удовлетворяется в связи с отсутствием материалов, обладающих разным сочетанием оптических, магнитных и электрофизических свойств. Эти требования к материалам перед химиками-технологами открывают простор новых задач - синтез новых веществ с заданными функциональными свойствами [4,5].

Халькогениды сурьмы состава $\text{Sb}_2\text{X}_3(\text{X} - \text{Se}, \text{Te})$ и твердые растворы на их основе используются в качестве термоэлектрического материала при изготовлении n-ветвей термоэлектрических

приборов. Халькогениды неодима, а также многокомпонентные фазы на их основе относятся к перспективным веществам для разработки термоэлектрических и фотоэлектрических материалов [6,7]. Поэтому исследование фазообразования в тройной системе Nd-Sb-Se имеет научное и практическое значение.

Цель исследования

Исследование характер физико-химического взаимодействия в системе $\text{NdSbSe}_3\text{-Se}$. Изучение электрофизических свойств полученных твердых растворов в широком интервале температур.

Материал и методы исследования

Сплавы системы синтезировали из элементов высокой чистоты (сурьма марки Sb-000 , селен марки В4 и неодим с содержанием основного компонента - 99,98%)

Для синтеза сплавов $\text{NdSbSe}_3\text{-Se}$, первоначально был синтезирован соединение NdSbSe_3 .

Затем синтез сплавов системы Se–NdSbSe₃ осуществляли из компонентов Se и NdSbSe₃ в кварцевой ампуле при температуре 600–900°C. Для гомогенизации, полученные сплавы в области концентрации 45-100 моль % Se термически обрабатывались в течение 240 часов при температуре 450K.

Сплавы системы NdSbSe₃–Se черного цвета в виде компактной массы. Сплавы системы устойчивы к воздуху, воде и органическим растворителям, но растворяются в минеральных кислотах (HNO₃, H₂SO₄). После термической обработки все сплавы системы были изучены комплексными методами физико-химического анализа.

Методами дифференциально-термического анализа сплавы до 1300K проводили на пирометре

НТР-73 и Термоскан-2. Рентгенофазовый анализ осуществляли снятием рентгенограммы порошков на дифрактометре фирмы «Bruker» марки D8 Advance (на CuK₂-излучение). Для исследования микроструктуры сплавов использовали микроскоп марки МИМ-7, шлифы сплавов травили разбавленной азотной кислотой (1:1), микротвердость сплавов системы измеряли на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузках 10 и 20 Г. Погрешность измерения составляла 2,2-4,3%.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты дифференциального термического анализа сплавов показывают, что на термограммах сплавов наблюдается два или три эндотермического эффекта (таблица).

Таблица

ЗНАЧЕНИЯ ДТА, МИКРОТВЕРДОСТИ И ПЛОТНОСТИ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ NDSBSE₃–SE

№	Состав, мол %		Тепловые эффекты, К	Микротвердость, МПа						Плотность, гр/см ³
	S	NdSbSe ₃		Nd ₂ Se ₃	NdSbSe ₃	Nd ₄ Se ₇	NdSe _{1,9}	Nd ₃ Se ₇	Se	
1	100	0	493	-	-	-	-	-	600	4,80
2	95	5	493,550	-	-	-	-	-	не изм.	4,82
3	90	10	493,580	-	-	-	-	-	-	4,90
4	80	20	493,630,735	-	-	-	-	-	-	5,05
5	70	30	493,650,740	-	-	-	-	-	-	5,15
6	60	40	493,690,715,915	-	-	-	-	-	-	5,25
7	50	50	493,690,750,1050	-	-	-	-	-	-	5,35
8	40	60	493,690,750,850,1110	-	-	-	-	-	-	5,42
9	35	65	493,690,750,800,1150	-	-	-	-	2010	-	5,58
10	30	70	690,750,800,850,1150	-	-	-	1975	2010	-	5,67
11	25	75	750,800,1165	-	-	-	1975	не изм.	-	5,72
12	20	80	750,800,1200	-	-	1850	не изм.	-	-	5,80
13	15	85	800,810,1220	2365	-	1850	-	-	-	5,85
14	10	90	800,820,1240	2365	-	не изм.	-	-	-	5,90
15	5	95	800,850,1245	-	1170	-	-	-	-	6,10
16	0	100	865,1315	-	1170	-	-	-	-	6,20

Проведен рентгенофазовый анализ сплавов системы NdSbSe₃–Se. По результатам РФА было определено, что дифракционные линии состоят из

смеси дифракционных линий NdSbSe₃, Nd₃Se₇, NdSe_{1,9}, Nd₄Se₇ и Se (рис. 1).

Кристаллизация в системе полностью заканчивается при 493К.

Результаты РФА и ДТА подтверждают, что фазообразование в системе имеет сложный характер. В результате измерения микротвердости сплавов системы были получены шесть различных значений, эти значения соответствуют значениям микротвердости образующихся фаз в системе. Плотность сплавов системы в зависимости от состава увеличивается с увеличением содержания $NdSbSe_3$ (таблица 1). Результаты МСА для сплавов системы $NdSbSe_3-Se$ показывают, что твердофазные кристаллические сплавы в системе состоят из трех фаз. Это говорит о том, что система является неквазибинарной.

Таким образом, было установлено, что система $NdSbSe_3-Se$ представляет собой неквазибнарное политемическое сечение тройной системы $Nd-Sb-Se$.

Выводы:

Проведенные исследования позволили установить, что система $NdSbSe_3-Se$ является неквазибнарным политемическим сечением тройной системы $Nd-Sb-Se$

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольцман Б.М., Кудинов В.А., Смирнов И.А. Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3 . М.: Наука, 1972. 320 с.
2. Ярембаш Е.И., Елисеев А.А. Халькогениды редкоземельных элементов. М.: Наука, 1975, с. 260.
3. Гольцман Б.М., Кудинов В.А., Смирнов И.А. «Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3 ». М.: Наука 1972, 320 с.
4. Zelenina L.N., Chusova T.P., Vasilyeva I.G. Thermodynamic investigation of the phase formation processes in the systems $LnSe_2-LnSe_{1.5}$ ($Ln = La, Ce, Pr, Nd$) // J. Chem. Thermodyn., 2013, v.57, p.101–107
5. Suski W., Palewski T. $Nd_2S_3-Sb_2Se_3$. Ternary Lanthanide Chalcogenides, Misfit Compounds, and Ternary Lanthanide Pnictides Containing s- or p-Electron Elements. In. book Pnictides and Chalcogenides II, Springer Berlin Heidelberg, 2003, p.1527-1528
6. Садыгов Ф.М., Ильяслы Т.М., Ганбарова Г.Т., Зломанов В.П., Алиев И.И. Физико-химическое исследование системы $Sb_2Se_3-Nd_2Se_3$. // Неорг. Матер., 2017, т.53, №7, с.681-685
7. Садыгов Ф.М., Ильяслы Т.М., Ганбарова Г.Т., Исмаилов З.И., Абилов Ч.И. Электрофизические свойства твердых растворов $[Bi_2Se_3]_{1-x}(Nd_2Se_3)_{0.5}(Nd_3Se_4)_{0.5}]_x$ // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов, 2015, №2, с.98-100