

**ФИЗИКО – ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЕЗА
CdSb - NiSb В ТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ Cd-Sb- Ni.**

Ёдалиева З.Н. – к.т.н., старший преподаватель кафедры физики ТТУ им. М.С. Осими
Сайдуллаева М. – к.х.н., доцент кафедры физики ТТУ им. М.С. Осими
Насриддинов А.С. – к.х.н., доцент кафедры физики ТТУ им. М.С. Осими
Рахмонов Б.Ш. – ассистент кафедры физики ТТУ им. М.С. Осими

Исследование взаимодействий в системе CdSb- NiSb было выполнено с целью поиска эвтектики, перспективной для создания эвтектической композиции на основе полупроводника со значительной термо-э.д.с и металлической фазой, обладающей высокой электропроводностью и хорошей теплопроводностью. Выбор компонентов системы обусловлен значительной термо-э.д.с. CdSb \sim 400 мкВ/град и электропроводностью NiSb \sim 1 \cdot 10⁴ См/см. Существенная разница в кристаллических структурах и температурах плавления позволяют с большой долей вероятности предположить отсутствие значительной растворимости в твердых фазах этой системы и наличие эвтектической композиции стерженькового (игольчатого) типа.

Систему исследовали методами дифференциально - термического и микроструктурного анализов. Состав фаз идентифицировали измерением микротвердости, а также с помощью электронно - зондового микроанализатора фирмы «Сотевах». Образцы готовили из мелкодиспергированных, тщательно перемещанных между собой порошков, монокристаллического CdSb и поликристаллического NiSb. Монокристаллы CdSb были получены из поликристаллического антимонида кадмия, приготовленного непосредственным сплавлением кадмия марки КД - ООО и сурмы марки «Экстра», содержание примесей приведены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание примесей в сурьме марки «Экстра»

примесь	масс %	примесь	масс. %	примесь	масс %
Fe	$2 \cdot 10^{-5}$	Cu	$1 \cdot 10^{-6}$	S	$5 \cdot 10^{-5}$
Si	$1 \cdot 10^{-4}$	As	$5 \cdot 10^{-4}$	Te	$1 \cdot 10^{-5}$
Mq	$2 \cdot 10^{-5}$	Se	$5 \cdot 10^{-5}$	Sn	$1 \cdot 10^{-5}$

Антимонид никеля был получен сплавлением электролитического никеля и сурьмы марки «Экстра», при температуре на 10 - 15 К выше температуры его плавления антимонида никеля.

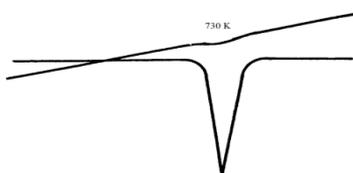


Рисунок 1. Термограмма нагревания CdSb.

Идентификация исходных материалов была проведена с помощью дифференциально – термического и рентгенофазового анализов (рис 1, 2 и табл. 2, 3)

Образцы в системе CdSb - NiSb синтезировали во вращающейся печи в двойных кварцевых ампулах. Внутренние ампулы графитизировали. После загрузки компонентов, взятых в определенных соотношениях, в ампулах откачивали остаточное давление - 10^{-3} Па и запаивали. Режимы синтеза сплавов несколько различали. Так, образцы составов 100- 80 моль % CdSb нагревали до 870 К и выдерживали в течение 30 часов, образцы с большим содержанием NiSb нагревали до 1170 К с последующей выдержкой при этой температуре в течение 10 часов. Охлаждение проводили в режиме выключенной печи со скоростью 100 К/ч. После такой термообработки образцы не были равновесными и, наряду с CdSb в сплавах были обнаружены метастабильные фазы Cd₄Sb₃, Cd₃Sb₂, образование которых наблюдали и в работе [3], при исследовании системы Cd-Sb -Ni.

Таблица 2. Рентгенометрические данные для CdSb

I, отн. ед	d, Å	hkl	I	d, Å	hkl
5	4,09	20	50	1,89	223
50	3,57	102	50	1,89	024,133
100	3,25	112	5	1,88	232
10	3,23	200	60	1,86	321
90	3,20	121	5	1,81	124
90	2,82	211	10	1,76	204
10	2,68	122	40,8	1,74	322,214
5	2,48	113	40	1,68	313
10	2,42	221	20	1,66	043
5	2,41	131	10	1,63	134
10	2,33	023	20,8	1,61	400,115
10	2,19	123	50	1,58	410,323
100	2,17	132	10	1,57	332,025
80	2,13	004	50	1,53	125
10	2,09	230	1	1,51	304,402
90	2,06	213,040	5	1,50	420
90	2,02	311,104	10	1,49	234
10	2,00	041	90	1,48	215,243
5	1,92	302	50	1,47	250,341
40	1,91	141			

Идентификацию фаз проводили, также измерением микротвёрдости. Фаза CdSb имела микротвёрдость 2,30, NiSb - 5,30, Cd₄Sb₃ - 1,65, Cd₃Sb₂ - 1,80 ГПа. Для приведения в равновесие образцы гомогенизировали при 530 К в течение 300 ч. в запаянных ампулах, заполненных спектрально – чистым аргоном. Время установления равновесия определяли микроструктурным анализом сплавов отожженных в течение различного времени. У равновесных сплавов, метастабильные фазы Cd₄Sb₃ и Cd₃Sb₂ отсутствовали.

Таблица 3. Рентгенометрические данные для NiSb

I	d,Å	hkl	I	d,Å	hkl
10					
100	2,86	101	4	1,286	004
4	2,57	002	10	1,254	211
40	2,05	102	4	1,139	300
40	1,97	110	6	1,079	114
20	1,62	201	6	1,032	213
6	1056	112	4	0,985	105
20	1,31	103	4	0,936	311

По результатам ДТА и микроструктурных анализов равновесных сплавов построена диаграмма плавкости системы NiSb – CdSb (рис. 4). Она относится к диаграммам эвтектического типа, с координатами эвтектики 98 моль % CdSb и 2 моль % NiSb, температура плавления эвтектики 720 К. Эвтектика системы CdSb – NiSb относится к эвтектикам стерженькового (игольчатого) типа.

В таблице 4 приведены значения температур и величины относительных тепловых эффектов по данным ДТА, образцов отожжённых при 530 К в течение 360 часов.

Таблица 4. Величины относительных тепловых эффектов образцов при различных температурах

№№ П/П	Состав				Температура эффектов, К (нагревание)	
	моль. % CdSb	моль % NiSb	Масс % CdSb	Масс % NiSb	эвтектика	ликвидус
1	100	-	100	-	-	729
2	99	1	99,2188	0,7812	723	727
3	98	2	98,43427	1,56573	723	-
4	97	3	97,6462	2,3537	720	724
5	96	4	96,8546	3,1454	724	750
6	94	6	95,2608	4,7392	723	789
7	92	8	93,6527	6,3473	723	830
8	88	12	90,3927	9,6073	721	831

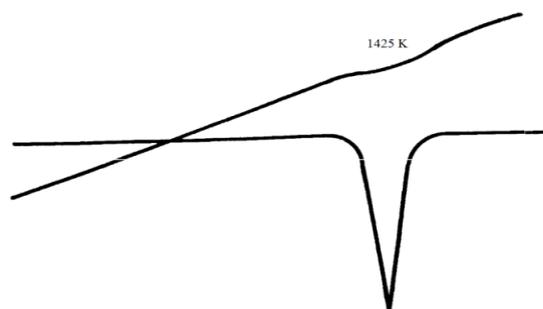


Рисунок 2. Термограмма нагревания NiSb

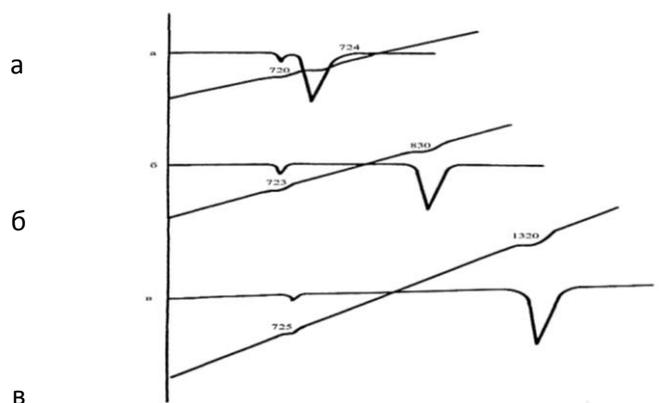


Рисунок 3. Термограммы нагревания составов:

- а) 97 моль % CdSb + 3 моль % NiSb
- б) 97 моль % CdSb + 3 моль % NiSb
- в) 10 моль % CdSb + 90 моль % NiSb

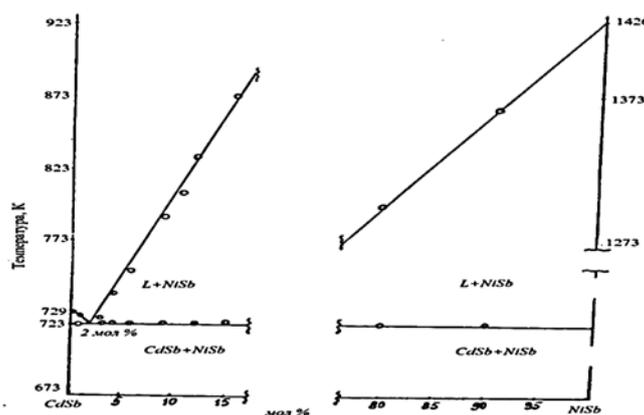


Рисунок 4. Диаграмма плавкости 98 мол % Cd + 2 моль % NiSb

ЛИТЕРАТУРА

1. Кариева Р.А. «Физико - химические исследования эвтектических полупроводников». Вопросы физико - химических веществ / Р.А. Кариева. - (Межвузовский сборник) Выпуск 2. Душанбе. - 1995. - с. 74 - 76.
2. Сайдуллаева М. «Некоторые физико-химические свойства эвтектических полупроводниковых композитных материалов». Труды транспортно-дорожного факультета ТТУ / М.Сайдуллаева.- Выпуск 1, Душанбе. - 1999. -с. 45 - 48.
3. Сафаров М.М. «Теплофизические и термодинамические свойства полупроводниковых сплавов систем CdSb-NiSb₂» / М.М. Сафаров // Известия Академия наук Республики Таджикистан . - №3 (136). - 2009. - С. 32 – 37.

ТАДҚИҚОТИ ФИЗИКӢ - ХИМИЯВИИ БУРРИШИ ПАЙВАСТИГИҶОИ CDSB -NISB ДАР СИСТЕМАИ СЕГОНАИ CD-SB-NI.

Дар мақолаи мазкур тадқиқотҳои физика - химиявии назариявӣ ва эксперименталии ба ҳам таъсири системаи CdSb - NiSb ва композитҳои эвтектикӣ дар асоси нимқоқилҳои ҚЭҶ -и термикӣ ва фазаи металии зиёд доштаи дорои гармигузаронии хуб ва ноқилиятш баланд оварда шудааст.

Калидивожаҳо: антимиониди кадмий, антимиониди никел, гармигузаронӣ, ноқилият, термо-КЭҶ, индентификатсия, (ДТА) – таҳлили термикӣ диференсиалӣ

ФИЗИКО – ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЕЗА CdSb - NiSb В ТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ Cd-Sb- Ni.

В данной статье рассмотрено теоретическое и экспериментальное исследование физико – химического взаимодействия в системе CdSb - NiSb и эвтектической композиции на основе полупроводника со значительной термо-э.д.с и металлической фазой, обладающей высокой электропроводностью и хорошей теплопроводностью.

Ключевые слова: антимонида кадмия, антимонида никеля теплопроводность, электропроводность, термо - э.д.с, идентификация, дифференциально - термический анализ, термограммы нагревания, эвтектика.

PHYSICO - CHEMICAL INVESTIGATION OF CdSb - NiSb SECTION IN THE TROOPS SYSTEM Cd - Sb - Ni.

In this article, a theoretical and experimental study of the physicochemical interaction in the CdSb - NiSb system and a eutectic composition based on a semiconductor with a significant thermal emf and a metallic phase possessing high electrical conductivity and good thermal conductivity is examined.

Key words: cadmium antimonide, nickel antimonide thermal conductivity, electrical conductivity, thermal emf, identification, differential thermal analysis, heating thermograms, eutectic.

Сведения об авторах: *Ёдалиева Зулфия Нуралиевна* – Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, к.т.н., старший преподаватель кафедры «физики». **Адрес:** 734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. акад. Раджабовых 10. **Мобил. тел.:** 935071819. **E-mail:** edalieva71@mail.ru

Сайдуллаева Муътабар – Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, к.х.н., доцент кафедры «физики». **Адрес:** 734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. акад. Раджабовых 10. **Мобил. тел.:** 919003480.

Насриддинов Абубакр Саидкулович – Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, к.х.н., доцент кафедры «физики». **Адрес:** 734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. акад. Раджабовых 10. **Мобил. тел.:** 935213153. **E-mail:** abubakr2583@mail.ru

Рахмонов Бахтовар Шохусинович – Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, ассистент кафедры «физики». **Адрес:** 734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. акад. Раджабовых 10. **Мобил. тел.:** 935888483. **E-mail:** bakha_09_91@mail.ru

Information about the authors: *Edalieva Zulfiya Nuraliyevna* - Tajik technical University named after academician M. S. Osimi, Ph. D., senior teacher of the Department "physics".

Address: 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, PR. Rajabovs 10. **Mobile phone. Phone:** 935071819. **E-mail:** edalieva71@mail.ru

Saydullaeva Mutabar – Tajik technical University named after academician M. S. Osimi, Ph. D., associate Professor of "physics". **Address:** 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, PR. Rajabovs 10. **Mobile phone. tel:** 919003480.

Nasriddinov Abubakr Saitkulovich – Tajik technical University named after academician M. S. Osimi, Ph. D., associate Professor of "physics". **Address:** 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, PR. Rajabovs 10. **Mobile phone. phone:** 935213153. **E-mail:** abubakr2583@mail.ru

Rakhmonov Bakhtovar Shohusinovich – Tajik technical University named after academician M. S. Osimi, assistant, Department "physics". **Address:** 734042, Republic of Tajikistan, Dushanbe, PR. Rajabovs 10. **Mobile phone. phone:** 935888483. **E-mail:** bakha_09_91@mail.ru