

È. M. Godzhaev, Kh. O. Sadygova, G. M. Ibadov, Thermal expansion of alloys of the  $\text{TlInTe}_2\text{-InGaTe}_2$  system, *TVT*, 1995, Volume 33, Issue 5, 803–805

<https://www.mathnet.ru/eng/tvt3005>

Use of the all-Russian mathematical portal Math-Net.Ru implies that you have read and agreed to these terms of use

<https://www.mathnet.ru/eng/agreement>

Download details:

IP: 18.97.9.170

May 20, 2025, 03:55:53



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубев И.Ф. Определение удельного веса жидкостей и газов при высоких давлениях методом гидростатического взвешивания. М., Научн. тр. ГИАП. 1975. Вып. 7. С. 47.
2. Гусейнов К.Д., Байрамов Н.М. Экспериментальная

установка для исследования плотности жидкостей и их паров в состоянии насыщения. Изв. вузов. Нефть и газ. 1985. № 3. С. 39.

3. Мустафаев М.Р., Назиев Я.М., Каграманов М.К. Плотность некоторых перфторуглеродов в широкой области параметров состояния // ТВТ. 1995. Т. 33. № 3. С. 359.

УДК 592.413.561.65

ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ  $TlInTe_2-InGaTe_2$ 

© 1995 г. Э. М. Годжаев, Х. О. Садыгова, Г. М. Ибадов

Азербайджанская государственная нефтяная академия, г. Баку

Поступило в редакцию 24.08.94 г.

В работах [1, 2] методами дифференциально-термического, микроструктурного и рентгенофазового анализов исследована диаграмма состояния системы  $TlInTe_2-InGaTe_2$ . Обнаружено, что в данной системе при соотношении исходных соединений 1 : 1 образуется конгруэнтно плавящееся при 1010 К четверное соединение  $TlIn_2GaTe_4$ . Наблюдаются также области растворимости на основе исходных фаз. Исходные соединения  $TlInTe_2$  и  $InGaTe_2$ , так же как и новая фаза, кристаллизуются в тетрагональной сингонии с параметрами ячеек  $a = 8.38$ ,  $c = 7.165$  Å и  $a = 8.18$ ,  $c = 7.10$  Å соответственно и имеют федоровскую группу  $J4/mcm$ .

Электрофизические свойства твердых растворов системы  $TlInTe_2-InGaTe_2$  подробно исследовались как в слабых, так и в сильных электрических полях [3, 4]. При исследовании вольт-амперных характеристик сплавов указанной системы обнаружено, что эти фазы обладают переключающими свойствами с памятью [5].

Однако данные по коэффициентам теплового расширения (КТР) твердых растворов системы  $TlInTe_2-InGaTe_2$  вовсе отсутствуют. В этой связи целью предлагаемой работы является исследование КТР твердых растворов системы  $TlInTe_2-InGaTe_2$ .

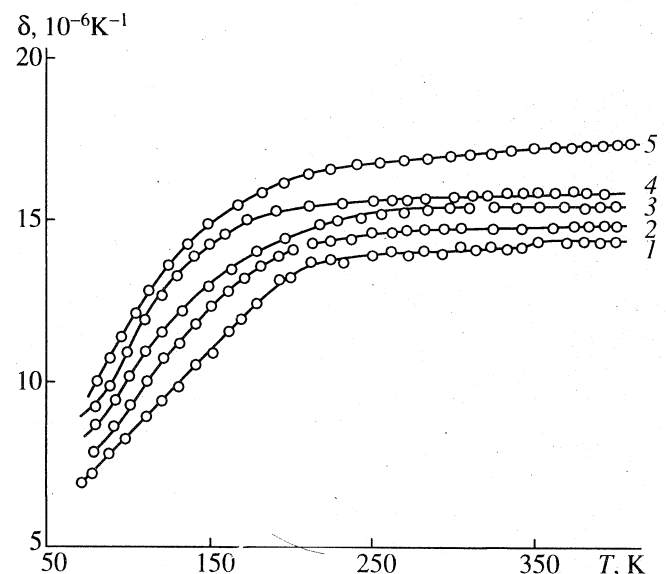
Сплавы синтезировали путем плавления исходных компонентов в стехиометрическом соотношении по методике [1]. Исходными веществами служили элементы высокой чистоты (Tl – 99.99 мас. %, In – 99.99 мас. %, Ga – ос. ч., Te – ос. ч.).

Синтезированные сплавы подвергались рентгенофазовому исследованию по методу Дебая-Шерера в камерах РКД-57.3 в  $CuK_{\alpha}$ -излучении ( $\lambda = 1.54178$  Å). Результаты исследования рентгенограмм полученных фаз показали, что эти фазы кристаллизуются в тетрагональной сингонии и что наблюдается хорошее согласие с данным работ [2].

Измерения КТР твердых растворов системы  $TlInTe_2-InGaTe_2$  на установке [6] производились в следующей последовательности. Для нагрева на

исследуемый образец, который имел цилиндрическую форму с диаметром 5 и длиной 30 мм, по всей длине виток к витку бифилярно наматывалась константановая проволока диаметром 0.1 мм с шелковой изоляцией. Затем поверхность образца покрывалась тонким слоем клея БФ-2, что способствовало плавному и равномерному изменению температуры всех частей образца. При 77 - 400 К температура образца измерялась медь-константановой термопарой. Для надежности измерений использовались три пары термопар, которые приклеивались к верхней, средней и нижней частям образца. Погрешность измерения КТР составляла 5%.

Отметим, что тепловому расширению исследованных фаз в температурном интервале 77 - 400 К соответствовало изменение частоты на 400 Гц. Это, в свою очередь, означает, что при повыше-



Температурная зависимость коэффициента теплового расширения твердых растворов: 1 -  $x = 0$ , 2 -  $x = 0.5$ , 3 -  $x = 0.1$ , 4 -  $x = 0.15$ , 5 -  $x = 1$ .

Результаты теплового расширения твердых растворов системы  $\text{InTl}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Tl}_2$ 

$x = 0$		$x = 0.05$		$x = 0.1$		$x = 0.15$		$x = 1$	
$T, \text{K}$	$\delta, 10^{-6} \text{K}^{-1}$	$T, \text{K}$	$\delta, 10^{-6} \text{K}^{-1}$	$T, \text{K}$	$\delta, 10^{-6} \text{K}^{-1}$	$T, \text{K}$	$\delta, 10^{-6} \text{K}^{-1}$	$T, \text{K}$	$\delta, 10^{-6} \text{K}^{-1}$
70	7.1	70	7.5	70	8	70	8.6	70	9.5
75	7.4	78	8	88	8.8	80	9.4	80	10
87	7.9	92	8.7	92	9.6	88	9.9	88	11
100	8.4	100	9.4	100	10.4	100	11.7	96	11.5
112	9.1	110	10	110	11	110	11.9	104	12.2
122	9.6	122	10.8	122	11.6	122	12.7	112	12.8
130	9.8	132	11.3	132	12.2	128	13.3	126	13.6
142	10.4	141	11.8	147	12.8	140	13.9	138	14.3
152	10.9	152	12.4	166	13.5	150	14.3	150	14.9
162	11.6	163	12.8	182	14	160	14.6	168	15.4
170	11.8	172	13.2	197	14.4	173	15	183	15.9
182	12.3	182	13.6	210	14.6	191	15.4	196	16.1
190	12.7	192	13.9	220	14.7	203	15.4	210	16.4
200	13	201	14.1	230	15	215	15.5	226	16.6
214	13.5	213	14.2	244	15	232	15.6	238	16.7
230	13.6	228	14.4	258	15.1	250	15.7	250	16.8
248	13.8	240	14.5	270	15.3	262	15.8	286	16.9
264	14	252	14.6	286	15.4	272	15.8	286	16.95
282	14.1	274	14.7	300	15.4	281	15.8	300	16.99
296	14.1	295	14.7	310	15.4	316	15.8	308	16.9
304	14.1	304	14.7	324	15.4	330	15.8	322	16.9
312	14.1	308	14.7	337	15.4	342	15.8	333	16.9
320	14.1	320	14.7	350	15.4	352	15.8	346	16.9
332	14.1	340	14.7	363	15.4	360	15.8	360	16.9
346	14.1	358	14.7	377	15.4	370	15.8	372	16.9
360	14.1	370	14.7	390	15.4	380	15.8	380	16.9
374	14.1	382	14.7	404	15.4	393	15.8	394	16.9
387	14.1	392	14.7	414	15	403	15.8	404	16.9
398	14.1	403	14.7			412	15.8	414	16.9
412	14.1	413	14.7						

нии температуры на 1 К изменение частоты составляло  $\sim 1.18$  Гц. Для стабилизации температур требуется 15 - 20 мин в зависимости от состава исследуемых фаз.

Твердые растворы системы  $\text{TlInTe}_2\text{-InGaTe}_2$  так же, как и исходные фазы [7], термически устойчивы, и при повторном измерении КТР расхождений в полученных результатах не наблюдалось. Исследования твердых растворов  $\text{InTl}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Tl}_2$  проводились в интервале температур (70 - 400) К.

Температурная зависимость КТР была исследована для сплавов с  $x = 0; 0.05; 0.1; 0.15$  и 1. Результаты измерений приведены на рисунке и в таблице. Как следует из рисунка, при низких температурах коэффициент теплового расширения для всех твердых растворов на основе исходных фаз увеличивается с ростом температуры, а при высоких температурах остается постоянным.

Увеличение КТР наблюдается также при уменьшении среднего атомного веса твердых растворов, т.е. при частичном замещении атомов таллия атомами галлия в решетке  $\text{TlInTe}_2$ . Это, по-видимому, связано с тем, что при образовании твердых растворов на основе  $\text{TlInTe}_2$  в химической связи от каждого атома индия участвуют три электрона. При этом часть электронов, находящихся в коллективизированном состоянии, смещается к остовам атомов теллура, а часть их остается в локализованном виде в окрестностях атомов индия и участвует в образовании ковалентной связи. Эта локализованная часть валентных электронов под влиянием теплового движения непрерывно совершает обмен как с оставшимися электронами в окрестностях атомов индия, так и с валентными электронами атомов радикала. По-видимому, вклад электронов индия или галлия для твердых растворов  $\text{TlInTe}_2\text{-InGaTe}_2$  в химическую связь ответствен за поведение КТР для исследованных фаз.

В целом же само существование теплового расширения обусловлено прежде всего ангармонизмом действующих сил. Все факторы, влияющие на ангармонизм, на спектр колебаний решетки, должны влиять на тепловое расширение – в частности, флуктуационные и концентрационные процессы, наличие внутренних напряжений и структурные дефекты исследуемых фаз.

**Выводы.** При исследовании температурной зависимости КТР сплавов системы  $\text{TlInTe}_2\text{-InGaTe}_2$  в интервале температур 77 - 400 К установлено, что при частичном замещении тяжелых атомов легкими атомами в  $\text{TlInTe}_2$  КТР увеличивается. Полученные результаты объяснены на основе конфигурационной модели веществ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годжаев Э.М., Гусейнова Ш.М., Дадашев М.М. и др. Система  $\text{TlInTe}_2\text{-InGaTe}_2$  // Ж. неорган. химии. 1975. Т. 20. № 11. С. 3080.
2. Годжаев Э.М., Мамедов С.Д., Самедова С.Ш., Мамедова З.Ф. Рентгенографические исследования

сплавов систем  $\text{TlInSe}_2\text{-InGaSe}_2$ ,  $\text{TlInTe}_2\text{-InGaTe}_2$  // Неорганические материалы. 1983. Т. 19. № 4. С. 563.

3. Годжаев Э.М., Гаджиев В.А., Курбанов В.М. Электrofизические свойства твердых растворов системы  $\text{TlInTe}_2\text{-InGaTe}_2$  // Неорганические материалы. 1983. Т. 19. № 1. С. 159.
4. Годжаев Э.М., Гасанов Г.Т., Садыгова Х.О. Электрические свойства монокристаллов  $\text{InTl}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Te}_2$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) // Неорганические материалы. 1992. Т. 28. № 7. С. 1389.
5. Годжаев Э.М., Кадимов А.М. О переключающих свойствах сплавов системы  $\text{TlInTe}_2\text{-InGaTe}_2$ . Электрические и оптические свойства вещества. Сб. научн. тр. Баку: Изд-во АГУ им. С.М. Кирова, 1985. С. 103.
6. Годжаев Э.М., Зарбалиев М.М., Курбанов М.М. Дилатометр для измерения ТКЛР твердых растворов в широком интервале температур // Измерительная техника. 1985. № 2. С. 100.
7. Годжаев Э.М. Структура, электронные и тепловые свойства сложных полупроводников на основе  $zr$ - и  $4f$ -элементов: Дис. ... докт. физ.-мат. наук. ФИАН Азерб. ССР. Баку, 1984. 361 с.

УДК 66.021.2 + 661.643 + 546.74

## ТЕПЛОЕМКОСТЬ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2$ И $\text{Ni}_2\text{As}_2\text{O}_7$ В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 298.15 - 673 К

© 1995 г. Б. К. Касенов, Е. С. Мустафин, А. Т. Оралова, Л. Т. Балмагамбетова

Химико-металлургический институт НАН РК, г. Караганда

Поступило в редакцию 23.07.94 г.

Исследование термодинамических свойств арсенатов переходных металлов имеет определенный теоретический и практический интерес. Целью данной работы является исследование теплоемкости и термодинамических свойств ортоарсената  $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2$  и пироарсената никеля  $\text{Ni}_2\text{As}_2\text{O}_7$ , образующихся в исследованной авторами системе  $\text{As}_2\text{O}_5\text{-NiO}$ . Наличие этих арсенатов никеля подтверждалось методом рентгенофазового анализа. Зарегистрированные на установке ДРОН-2 (при  $\text{Cu K}\alpha$ -излучении) все дифракционные максимумы  $\text{Ni}_2\text{As}_2\text{O}_7$  [4.21(22), 4.06(34), 3.76(5), 3.134(100), 3.084(90), 2.945(85), 2.52(32), 2.258(11), 2.097(19), 1.88(11), 1.647(13) Å] и  $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2$  [4.31(11), 3.67(10), 3.45(37), 3.20(59), 2.735(100), 2.69(42), 2.67(23), 2.52(46), 2.48(34), 2.43(12), 2.07(5), 2.036(4) Å] полностью согласуются с данными [1]. В скобках приведены интенсивности дифракционных максимумов, оцененные по стобальной шкале.

Изобарные теплоемкости арсенатов никеля исследовали в интервале температур 298.15 - 673 К на серийном калориметре ИТ-С-400. Продолжи-

тельность измерений во всем температурном интервале, включая обработку экспериментальных данных, составляла не более 2.5 ч. Градуировка прибора проводилась определением тепловой проводимости тепломера  $K_T$  в виде стандартного медного образца. Максимальная погрешность по паспортным данным прибора находилась в пределах  $\pm 10.0\%$ . Время запаздывания нагревания образца до необходимой температуры регистрировалось секундомером. При каждой температуре проводились три измерения, результаты которых усреднялись и обрабатывались методами математической статистики. Для усредненных значений удельных теплоемкостей определяли среднеквадратичное отклонение ( $\bar{\delta}$ ) и для усредненных значений мольных теплоемкостей вычисляли случайную составляющую погрешности ( $\bar{\Delta}$ ) по формуле

$$\bar{\Delta} = \frac{\bar{\delta} t_p}{C} \times 100,$$

где  $\bar{\Delta}$  – случайная составляющая погрешности в %;  $t_p$  – коэффициент Стьюдента. Для удобства в