

06.3

© 1990

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРА РЕШЕТКИ  
ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ  $Pb_{1-x}Sn_xS_{1-y}Se_y$   
ОТ СОСТАВА

В.И. Герасим, Д.М. Заячук,  
Э.Л. Матуленис, С.А. Черней

Твердые растворы на основе соединений  $A^4B^6$  широко используются на практике для создания различного рода приборов ИК техники, в частности, лазеров и гетеролазеров среднего и дальнего ИК диапазонов. Для повышения рабочих характеристик гетеролазерных структур весьма желательным является их согласование по параметру кристаллической решетки. На практике в системах типа  $A^4B^6$  данная задача уже решена при использовании четырехкомпонентных твердых растворов  $Pb_{1-x}Sn_xTe_{1-y}Se_y$  [1, 2]. Что же касается аналогичной системы твердых растворов  $Pb_{1-x}Sn_xS_{1-y}Se_y$ , которая во многих отношениях перспективнее, чем  $Pb_{1-x}Sn_xTe_{1-y}Se_y$  [3], то практически подбор согласованных по параметру решетки пар на данном этапе затруднен тем обстоятельством, что в литературе нет достаточных сведений о взаимосвязи параметров решетки и составов данных твердых растворов. В данной работе такие сведения получены и аналитически обобщены на основании исследований кристаллов  $Pb_{1-x}Sn_xS_{1-y}Se_y$  10-ти различных составов. По „у“ состав кристаллов варьировали в пределах от 0 до 1, по „х“ — от 0 до 0.25, где заведомо можно было ожидать [4], что изменение состава будет приводить к образованию непрерывного ряда твердых растворов с кристаллической структурой кубической модификации.

Исследования проводились на образцах, изготовленных из кристаллов, выращенных методом Бриджмена из исходных компонентов высокой степени чистоты. Реальный состав исследуемых образцов определяли методом электронно-зондового микроанализа на установке JXA-50A. В качестве эталонов применяли либо чистые элементы (99.999%) либо соединения с заранее известной стехиометрией. Вводилась поправка ZAF [5], учитывающая различия в торможении и обратном рассеянии электронов, поглощении и обратном рассеянии рентгеновского излучения в исследуемом образце и в эталоне. Точность анализа с введением поправки обычно не хуже  $\pm 2$  отн. %.

Параметр кристаллической решетки определяли по дифракции рентгеновских лучей на дифрактометре ДРОН-2.0, используя монохроматизированное излучение рентгеновской трубки с анодом из

Параметры кристаллов  $Pb_{1-x}Sn_xS_{1-y}Se_y$

Состав кристаллов		Параметр решетки, Å	Плотность, г/см <sup>3</sup>
"x"	"y"		
0.04	0.145	5.9591	7.666
0.046	0.9	6.1066	8.039
0.077	0.373	6.0011	7.705
0.082	0.1125	-	7.619
0.108	0.66	6.0603	7.831
0.118	0.42	6.0097	7.720
0.129	0.21	5.9766	7.623
0.17	0.819	6.0809	-
0.18	0.215	5.9720	-
0.191	0.377	6.0008	-
0.23	0.971	6.0875	-

железа. Плоскость отражения  $\bar{5}$  (600). Погрешность в определении параметра - не выше  $5 \times 10^{-4}$  Å. Результаты исследований приведены в таблице.

Если предположить, что для соответствующих тройных твердых растворов зависимость параметра решетки от состава подчиняется правилу Вегарда (что достаточно хорошо отвечает реальной ситуации для системы на основе  $A^4B^6$  [4]), то нетрудно показать, что для четырехкомпонентных твердых растворов она будет описываться выражением вида

$$a = a_0 + Ax + By + C_{xy} \quad (1)$$

Обработка приведенных в таблице данных с использованием известных значений  $a$  для бинарных соединений  $PbS$  ( $a = 5,935$  Å) и  $PbSe$  ( $a = 6,1265$  Å) [4] дает следующие усредненные значения для коэффициентов в уравнении (1):

$$a_0 = 5,935, A = -0,0304, B = 0,1915, C = -0,4046. \quad (2)$$

Для большинства исследованных составов, приведенных в таблице, величина параметра решетки, вычисленная по уравнению (1) с использованием значений коэффициентов (2), отличается от экспериментально определенной не более, чем на 0,07%. Этого вполне достаточно для практических нужд подбора пар кристаллов исследуемых твердых растворов, согласованных по параметру решетки.

В таблице приведены также значения плотности для некоторых из исследованных образцов. Плотность кристаллов определяли гидростатическим взвешиванием в бензоле с точностью  $\pm 5 \cdot 10^{-3}$  г/см<sup>3</sup>. До параметра решетки зависимость полученных значений плотности от состава  $Pb_{1-x}Sn_xS_{1-y}Se_y$  аналитически можно представить в виде выражения

$$\rho(x, y) = 7.599 \text{ г/см}^3 - 0.34x + 0.663y - 2.52xy, \quad (3)$$

где  $7.599 \text{ г/см}^3$  — теоретическая плотность  $PbS$  при комнатной температуре.

Выражение (3) описывает реальную плотность кристаллов в области кубической модификации для исследованных образцов с точностью порядка 0,5% и выше. В совокупности с выражениями (1), (2) оно может быть применено для экспрессопределения состава исследуемых материалов косвенным путем.

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] З а я ч у к Д.М., С т а р и к П.М. // ФТП. Т. 14. В. 3. С. 526-528.
- [2] H a r i k o s h i Y., K a w a s h i m a M., S a i t o H. // Jap. J. Appl. Phys. 1981. V. 20. N 12. L897-L900.
- [3] Г а р а с и м В.И., Д р а п а к З.Т., З а я ч у к Д.М., и др. // Изв. АН СССР Неорганич. матер. 1985. Т. 21. № 6. С. 910-913.
- [4] А б р и к о с о в Н.Х., Ш е л и м о в а Л.Е. Полупроводниковые материалы на основе соединений  $A^4B^6$ . М.: Наука, 1975. 195 с.
- [5] Количественный электронно-зондовый микроанализ. / Под ред. В. Скота, Г. Лава. М.: Мир. 1986. 352 с.

Черновицкий государственный университет

Поступило в Редакцию  
20 апреля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 23

12 декабря 1990 г.

06.3

© 1990

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ РАСПЛАВ-ТВЕРДОЕ ТЕЛО  
ПРИ ЖФЭ СИНТЕЗЕ  $A^3B^5$  СОЕДИНЕНИЙ ИЗ  
„ИНЕРТНЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ“ (НА ПРИМЕРЕ  
СИСТЕМ:  $Pb-InAs-InSb$  И  $Bi-Ga-GaAs$ )

А.М. Г р е б е н ю к, С.И. К р у к о в с к и й,  
А.М. Л и т в а к, Н.А. Ч а р ы к о в,  
Ю.П. Я к о в л е в

Под „инертным растворителем“ ( $S$ ) в дальнейшем будем понимать компонент расплава, который при проведении ЖФЭ не включается в твердую фазу в макроколичествах (условно примем верхний предел концентрации включения  $10^{20}$  частиц/см<sup>3</sup>, что отвечает