



**Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005"**  
**International Conference "Fizika-2005"**  
**Международная Конференция "Fizika-2005"**

7 - 9  
 İyun  
 June 2005  
 Июнь

səhifə  
 page 84-85  
 стр.

**Bakı, Azərbaycan**

**Baku, Azerbaijan**

**Баку, Азербайджан**

**ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
 ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ p-InP<sub>x</sub>As<sub>1-x</sub>**

**АЛИЕВ М.И., КЕКЕЛИДЗЕ Н.\*, КВИНИКАДЗЕ З.\*, ДАВИТАЯ З.\*,  
 ВЕПХВАДЗЕ А.\*, ГИУНАШВИЛИ Ш.\***

*Институт физики Национальной АН Азербайджана,  
 пр.Г.Джавида, №33, Баку, Азербайджан*

*\*Тбилисский государственный университет им.Ив.Джавахишвили,  
 пр. Чавчавадзе №3, Тбилиси, Грузия  
 0128, e-mail:nnkekelidze@geo.net.ge*

Нами были исследованы удельная теплопроводность  $\chi$ , термоэдс  $\alpha$  и удельное сопротивление  $\rho$  твердых растворов системы p-InP<sub>x</sub>As<sub>1-x</sub> при  $x=0;0,1;0,2;0,3;0,6;1$  в интервале температур 300-900К. На основании исследования зависимостей  $\chi(T)$  установлен механизм рассеяния фононов в указанных материалах. Как показали расчеты, доля теплопроводности, обусловленной носителями заряда ничтожно мала. На основании экспериментальных данных были рассчитаны значения коэффициента термоэлектрической добротности  $Z=\alpha^2/\rho\chi$ ; максимальное значение, равное  $0,4 \cdot 10^{-3}$  град.<sup>-1</sup>, было получено для InAs.

Широкое использование InGaAsP/InP для получения светодиодов и детекторов в области длин волн 1-1,6 мкм обусловило интенсивное изучение их свойств. Это, в свою очередь, вызвало интерес к исследованию тройных растворов InP<sub>x</sub>As<sub>1-x</sub> [1-4]. В свете перспектив использования данных твердых растворов, исследование их кинетических параметров в температурном интервале представляет несомненный интерес.

Нами были измерены удельная теплопроводность  $\chi$ , термоэдс  $\alpha$  и удельное сопротивление  $\rho$  твердых растворов системы p-InP<sub>x</sub>As<sub>1-x</sub> при  $x=0;0,1;0,2;0,3;0,6;1$  в интервале температур 300-900К. Исходные данные образцов приведены в таблице. На рис.1 приведена зависимость  $\alpha(T)$ . Ход кривых наглядно дает картину процессов, происходящих в дырочных материалах с температурой: начальная часть кривых  $\alpha(T)$  образцов 2÷6 соответствует области истощения примесей и, следовательно, росту  $\alpha$  вплоть до наступления собственной проводимости.

В образце 1, обладающем наименьшей шириной запрещенной зоны и наименее легированном в интервале T~300÷430К наблюдается резкий спад  $\alpha$  вследствие того, что концентрация неосновных носителей уже при этих температурах возрастает настолько, что появляется заметная доля электронной

№	Материал	Концентрация дырочк см <sup>-3</sup>	Ширина запрещенной зоны E <sub>g</sub> , эВ
1	InAs	$1,2 \cdot 10^{17}$	0,39
2	InP <sub>0,1</sub> As <sub>0,9</sub>	$1,3 \cdot 10^{18}$	0,46
3	InP <sub>0,2</sub> As <sub>0,8</sub>	$6,2 \cdot 10^{18}$	0,54
4	InP <sub>0,3</sub> As <sub>0,7</sub>	$1,1 \cdot 10^{18}$	0,63
5	InP <sub>0,6</sub> As <sub>0,4</sub>	$7,5 \cdot 10^{18}$	0,92
6	InP	$3,3 \cdot 10^{18}$	1,37

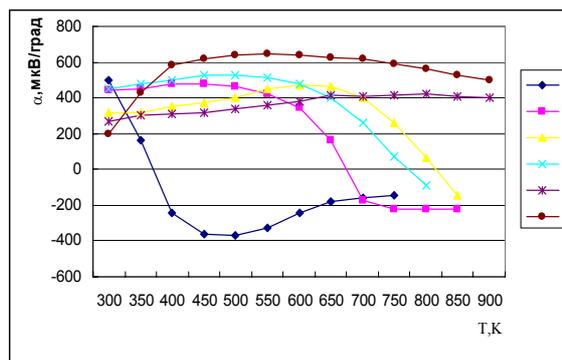


Рис.1. Зависимость термоэдс  $\alpha$  от температуры.

термоэдс. Последняя, накладываясь на основную, дырочную, приводит к уменьшению результирующей термоэдс вплоть до нуля и последующей инверсии знака. С переходом состава от InAs к InP и при возрастании концентрации (см.табл.) точка инверсии смещается в сторону более высоких температур.

Описанные процессы отражаются также и ходом зависимостей  $\rho(T)$  (рис.2).

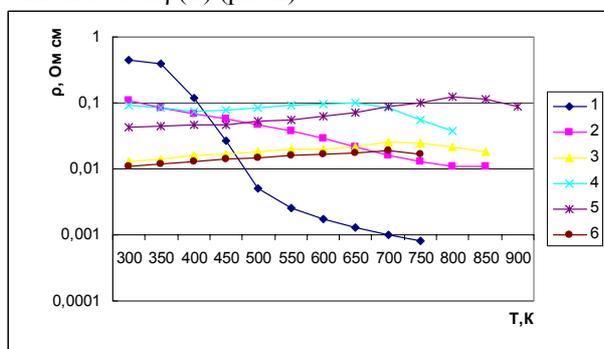


Рис.2. Зависимость удельного сопротивления  $\rho$  от температуры.

Кривая 1 характеризуется резким спадом в результате наступления собственной проводимости. По мере перехода к InP наблюдается непрерывное уменьшение наклона кривых, так как собственная проводимость наступает при более высоких температурах и ее роль соответственно проявляется позднее.

В результате исследования  $\chi$  были выявлены следующие эмпирические закономерности изменения теплопроводности в зависимости от температуры: для образцов 1,2 и 4 получено  $\chi \sim T^{-1}$ , что как известно говорит о преобладающей роли трехфоновнного рассеяния. Для InP (образец 6) получена более сильная зависимость:  $\chi \sim T^{-1.4}$ ; подобная же картина наблюдалась и в соединениях п-типа проводимости [1,2]. Некоторую тенденцию роста коэффициента теплопроводности в образцах 1,2 и 4 выше 500К можно объяснить усилением вклада биполярной доли в процесс переноса тепла. Двухступенчатый ход кривых для образцов 3 5 можно объяснить следующим образом: сначала (до 600 К) в основном фигурирует взаимодействие с разупорядоченностями сплава, что характеризуется более слабой температурной зависимостью:  $\chi \sim T^{-0.4}$ , а выше 600 К выявляется фоновно-фононное взаимодействие и зависимость приближается к закону  $\chi \sim T^{-1}$ .

По формуле Видемана–Франца нами была оценена доля теплопроводности, обусловленная носителями тока и она оказалась настолько малой, что приведенные значения  $\chi$  в довольно хорошем приближении можно считать решеточной теплопроводностью.

На основании экспериментальных данных нами были рассчитаны значения коэффициента термоэлектрической добротности:  $Z = \alpha^2 / \rho \chi$  (рис.3). В области температур 300÷480К наибольшее значение  $Z$  оказалось у сплава  $\text{InP}_{0.2}\text{As}_{0.8}$ , почти той же величины  $Z$  характеризуется InP в интервале 350÷650К. Максимальное значение  $Z = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{град.}^{-1}$  получено для InAs с концентрацией дырок  $p = 1,2 \cdot 10^{17} \text{см}^{-3}$ . Как следует из рисунков, в температурном интервале 300÷480К основную роль для значения  $Z$  играет изменение

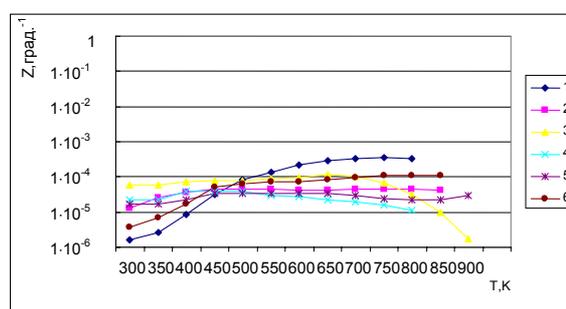


Рис.3. Зависимость коэффициента термоэлектрической добротности  $Z$  от температуры для различных составов

удельного электросопротивления, так например, для  $\text{InP}_{0.2}\text{As}_{0.8}$  получено значение  $Z$ , большее, чем для  $\text{InP}_{0.1}\text{As}_{0.9}$  вплоть до 700К, хотя  $\chi$  этих сплавов почти одинакова, а  $\alpha$  варьирует в довольно широких пределах. То же относительно  $\rho$  можно сказать и для InAs и InP: в интервале 300÷480 К  $Z_{\text{InP}} > Z_{\text{InAs}}$  но при более высоких температурах несмотря на продолжающийся рост  $\alpha$ , наступление собственной проводимости в InAs и связанное с этим резкое падение  $\rho$  приводят к тому, что  $Z_{\text{InAs}}$  в интервале 480-750 К оказывается значительно выше.

[1]. T.K.Woodward, T.Sizerll, T.H.Chin. Appl.Phys. Lett. 58.1366(1991)  
 [2]. C.Qiu, R.V.Kruzelecky, D.A.Thompson et. al. Can. J. Phys. 70,886 (1992)  
 [3]. R.V.Kruzelecky, C.Qiu, D.A.Thompson. J.Appl. Phys. 75(8), 4032. (1994)

[4]. Н.Кекелидзе, З.Квиникадзе, В.Гогиашвили, А.Вепхвадзе, З.Давитая, Л.Милованова. Докл. VII Межгосуд Семинара, Санкт-Петербург, с.247.2000.