

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ЭВТЕКТИЧЕСКОГО СПЛАВА GaSb-FeGa_{1,3}

М.И. АЛИЕВ, З.А. ДЖАФАРОВ, А.А. ХАЛИЛОВА, М.А. ДЖАФАРОВА

Институт Физики АН Азербайджана,

370143, Баку, пр. Г. Джавида, 33

По теории обобщенной проводимости, развитой для гетерогенных систем, для эвтектического сплава GaSb-FeGa_{1,3} проведены расчеты электропроводности в температурной области 80-450 К.

В работах [1,2] показано, что введение второй металлической фазы в виде игл в полупроводниковую матрицу позволяет создать на этой основе высокочувствительные термостабильные тензорезисторы.

Известно, что тензорезистивный эффект обусловлен изменением электропроводности под давлением. Поэтому при исследовании тензометрических характеристик новых полупроводниковых материалов необходимо иметь сведения об их электрических свойствах. Данная работа посвящена анализу полученных экспериментальных данных по электропроводности p-GaSb-FeGa_{1,3} [3]. Из эксперимента следует, что наличие второй фазы FeGa_{1,3} в виде игл создает анизотропию в проводимости: электропроводность эвтектики GaSb-FeGa_{1,3} в случае $I \perp x$ совпадает с проводимостью антимонида галлия, а в случае $I \parallel x$ она увеличивается в два раза (I -направление силы тока, x -направление оси металлической фазы или игл). Такое повышение проводимости достигается благодаря наличию короткозамыкающих игл FeGa_{1,3}, т.е. исходное вещество GaSb в направлении игл становится электрически короткозамкнутым, что и приводит к увеличению электропроводности.

Для расчета электропроводности гетерогенных систем развиты теории Оделевского [4], Либмана и Миллера [5], Леонова и др. [6]. Под гетерогенной системой понимается неоднородная система, в которой некоторое удельное свойство (плотность, электропроводность и др.) является функцией координат, причем разрывной и поверхность разрыва носит название поверхности раздела фаз.

В работе [6] использована модель параллельно и последовательно соединенных проводников с учетом непрерывности потока и получены следующие уравнения для электропроводности эвтектических сплавов

$$\sigma_{11} = \sigma_1 \frac{1}{1+\psi} + \sigma_2 \frac{\psi}{1+\psi} \tag{1}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_2) \left(1 - \sqrt{\frac{\psi}{1+\psi}} \right) + \sigma_2 \sqrt{\frac{1+\psi}{\psi}}}{1 + \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \left(\sqrt{\frac{1+\psi}{\psi}} - 1 \right)} \tag{2}$$

где σ_1 и σ_2 - удельные проводимости матрицы и включений, соответственно; ψ - объемная доля включений.

Зная размеры и плотности включений (диаметр 1 мкм, длина - 20+100 мкм, поверхностная плотность - 10^4 мм⁻²), были найдены значения для эвтектического сплава GaSb-FeGa_{1,3} $\psi=0,03$. Из-за отсутствия данных по FeGa для этой эвтектики решена обратная задача. Совместным решением уравнений (1) и (2) определена проводимость компонент эвтектики:

$$\begin{aligned} \sigma_1^2 - \sigma_1(1,03\sigma_{11} + 0,96\sigma_{\perp}) + \sigma_{\perp}\sigma_{11} &= 0 \\ \sigma_2 &= 34,48\sigma_{11} - 33,48\sigma_{\perp} \end{aligned}$$

Хорошее согласие расчетных и экспериментальных данных для матрицы GaSb говорит о правомерности таких расчетов.

В таблице представлены значения электропроводности, полученные из эксперимента и расчетные значения σ_{GaSb} и $\sigma_{FeGa_{1,3}}$ при различных температурах:

Таблица

Т.К.	GaSb-FeGa _{1,3} σ_{\perp} (Ом·см) ⁻¹ эксп.	GaSb-FeGa _{1,3} σ_{\parallel} (Ом·см) ⁻¹ эксп.	σ_{GaSb} (Ом·см) ⁻¹ $\rho=1 \cdot 10^{18}$ см ⁻³ эксп.	σ_{GaSb} (Ом·см) ⁻¹ расчет.	$\sigma_{FeGa_{1,3}}$ (Ом·см) ⁻¹ расчет.
80	40	25	20	24,7	553
100	50	28	22	27,5	802
150	63	33	29	32,4	1087
200	70	37	34	36,3	1197
250	74	38	37	37,3	1303
300	77	37	34	36,3	1416
350	75	35	31	34,3	1438
400	68	32	26	32,4	1258
450	53	29	20	28,5	873

Таким образом роль включений в случае $I \perp x$ незначительна, а в случае $I \parallel x$ они существенно влияют на электропроводность. Как указано в работе [7], при переходе от двойных систем к эвтектике ослабевают межатомные взаимодействия, и уменьшается энергия связи валентных электронов, что связано с существенным перераспределением зарядовых плотностей вблизи атомов всех компонентов на границе между фазами. Такое перераспределение электронов происходит на расстоянии порядка дебаевской длины l ($l \sim 10^{-4}$ м). Если включение металлическое, то оно играет роль эмитирующего элект-

рода, который создает в прилегающей области полупроводника определенную концентрацию электронов - n . Так как объемная концентрация электронов в полупроводнике отлична от n , то на расстоянии l от включения возникает область с повышенной проводимостью, т.е. область с сильно вырожденным электронным газом. Так как для рассматриваемой эвтектики расстояние между иглами 3-5 мкм, то носители тока, участвующие в проводимости, периодически проходят области с сильно вырожденным электронным газом, что, по-видимому, обуславливает величину электропроводности в GaSb-FeGa_{1,3}.

- | | |
|---|--|
| [1] М.И. Алиев, З.А. Джафаров, А.З. Агасиев. Приборы и системы управления, № 2, 1977. | [5] W.K. Liebman and E.A. Miller. J. Appl. Phys., 1963, 34, 9, 2653. |
| [2] М.И. Алиев, З.А. Джафаров, А.А. Халилова, М.А. Джафарова. Препринт № 381, Баку, 1991. | [6] В.В. Леонов, Е.Н. Чунарев, Ю.Е. Спектор. "Физико-химические процессы в гетерогенных системах". Красноярск, 1977, 68. |
| [3] З.А. Джафаров, А.З. Агасиев, М.А. Джафарова. Сб. "Физические свойства сложных полупроводников", Баку, 1982. | [7] К.Ш. Кахраманов, В.В. Дидых. Металлофизика, 1981, т. 3, № 2, с. 31-39. |
| [4] В.И. Оделевский. ЖТФ, 1951, т. XXI, 6, 667. | |

M.I. Əliyev, Z.Ə. Cəfərov, A.Ə. Xəlilova, M.A. Cəfərova

GaSb-FeGa_{1,3} EVTEKTİK ƏRİNTİSİNİN ELEKTRİKKEÇİRİCİLİYİ

Heterogen sistemlərin nəzəriyyəsinə əsaslanaraq 80+450 K temperatur bölməsində GaSb-FeGa_{1,3} evtektikasının elektrikkeçiriciliyi hesablanmışdır.

M.I. Aliev, Z.A. Jafarov, A.A. Khalilova, M.A. Jafarova

ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF GaSb-FeGa_{1,3} EUTECTIC COMPOSITION

On the basis of summarized conductivity theory, developed for the heterogeneous systems, the conductivity calculations have been carried out for the eutectic alloy of GaSb-FeGa_{1,3} in the temperature range of 80+450 K.

Дата поступления: 07.01.97

Редактор: С.А. Азиев