

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРАНИЦ РАЗДЕЛА ЭКСТРУДИРОВАННЫХ
ОБРАЗЦОВ $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}<\text{Gd}>$ СО СПЛАВОМ Bi-Pb-Sn-Cd**

Т.Д.АЛИЕВА, Г.Д.АБДИНОВА, Н.М.АХУНДОВА, Н.Р.АХМЕДОВ, М.М.ТАГИЕВ

*Институт Физики НАН Азербайджана
AZ 1143, Баку, пр. Г.Джавида, 33*

Выяснено, что рост контактного сопротивления структур $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ -контактный сплав с ростом концентрации Gd до ~0,005ат.% в кристалле обусловлен компенсацией донорных центров гадолиния с акцепторными примесями Pb и Sn, диффундирующими из контактного материала в приконтактный слой, приводящей к уменьшению концентрации основных носителей тока (электронов) в этом слое.

Твердые растворы систем Bi-Sb в настоящее время являются основными полупроводниковыми материалами для низкотемпературных магнитотермоэлектрических преобразователей (МТЭП). Низкоомный омический контакт полупроводника с металлическими сплавами является важнейшим элементом, определяющим основные параметры таких МТЭП. Однако свойства границ раздела твердых растворов систем Bi-Sb с металлами исследованы явно недостаточно, несмотря на их большую практическую значимость.

В данной работе исследованы электрические свойства границ раздела экструдированных образцов твердого раствора $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ с примесями гадолиния, прошедшими и не прошедшими термическую обработку, со сплавом мас.% 50Bi+25Pb+12,5Sn+12,5Cd (а также электропроводность образцов $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$) в интервале температур 77÷300К. Термическая обработка экструдированных образцов $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}<\text{Gd}>$ проводилась в вакууме при 230⁰С в течение 5 часов.

Экструдированные образцы $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ были получены по технологии, указанной в [1], а контактное сопротивление границы раздела структур $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ - контактный сплав и электропроводность кристаллов измерены зондовым методом на переменном токе. Контакты указанного сплава наносились на торцы кристаллов способом залуживания.

Полученные данные представлены на Рис.1 и Рис.2. Из рисунков видно, что характер температурных зависимостей r_k структур на основе образцов $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$, прошедших и не прошедших термическую обработку, почти одинаковый. В большинстве случаев $r_k(T)$ хорошо коррелируется с температурной зависимостью ρ образцов $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$.

Из Рис.2 следует, что с ростом содержания примесей гадолиния до 0,005ат.% в образцах их удельное сопротивление уменьшается. Дальнейший рост концентрации Gd приводит к росту ρ . Такая температурная зависимость ρ хорошо согласуется с результатами работы [2].

На контакте металл-полупроводник возникает потенциальный барьер. Высота этого потенциального барьера в идеальном случае определяется разностью энергии сродства электронов в полупроводнике и работой выхода электронов из металла. Однако исследования показывают, что необходимо также учитывать, возникающие в полупроводнике поверхностные состояния, влияющие на свойства поверхностных слоев полупроводника и его контакта с металлом. Кроме того, происходит взаимная диффузия контактирующих веществ и их химическое взаимодействие с образованием на границе новых химических соединений [3,4].

Таким образом, контакт металл-полупроводник есть многослойная структура, состоящая из тонких, нанометровой толщины, промежуточных слоев переменного состава и измененного поверхностного слоя полупроводника. Электрофизические свойства контакта определяются сформированным

переходным слоем, свойства которого зависят от свойств металла и способа его нанесения.

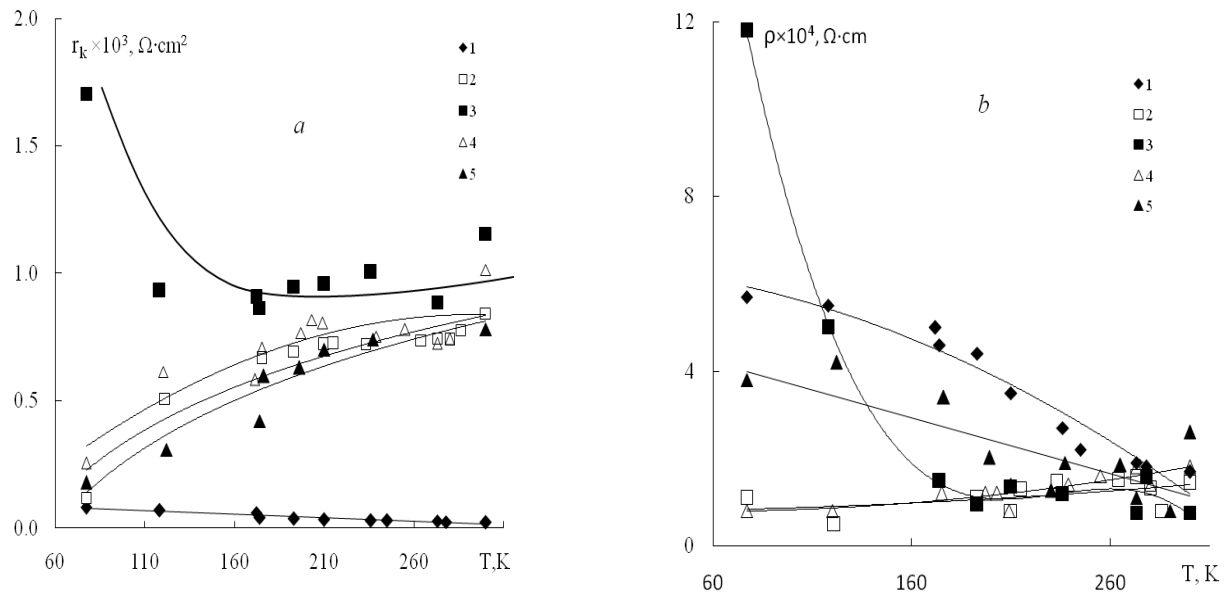


Рис.1.

Температурные зависимости контактного сопротивления структуры $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ -контактный сплав (а) и удельного сопротивления экструдированных образцов $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ (b) до термической обработки.

Кривые 1-5 относятся к образцам с 0; 0,001; 0,005; 0,05; 0,1 ат.% Gd, соответственно.

Выдвигается следующий механизм действия примесей гадолиния на r_k структуры $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ -контактный сплав.

Примеси Gd в $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ создают донорные центры и приводят к росту концентрации электронов и уменьшению удельного сопротивления образцов [4]. Примеси же Pb и Sn в $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ играют роль акцептора [1]. При нанесении сплава Bi-Pb-Sn-Cd на торцы экструдированных образцов $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ происходит взаимная диффузия компонентов твердого раствора и контактного сплава друг в друга. Поэтому в результате диффузии атомов Pb и Sn из контактного сплава в твердый раствор $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ возникает приконтактный слой данного твердого раствора, легированный Pb и Sn. Вследствие этого происходит компенсация донорных

центров Gd в $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ акцепторами Pb и Sn, т.е. уменьшение концентрации основных носителей тока (электронов) в приконтактном слое и рост высоты потенциального барьера в структуре $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ -контактный сплав. Это приводит к увеличению r_k до ~0,005ат.% Gd в указанной структуре. С дальнейшим ростом концентрации Gd происходит образование их электронейтральных комплексов и поэтому r_k (как и ρ) уменьшаются.

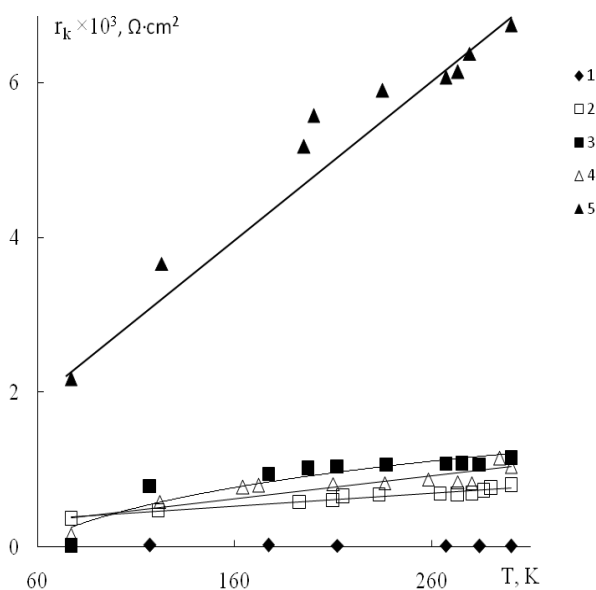


Рис.2.

Температурная зависимость контактного сопротивления структур $\text{Bi}_{85}\text{Sb}_{15}$ -контактный сплав после термообработки. (Обозначения те же, что и на Рис.1.)

После термической обработки характер $r_k(T)$ структур, в основном, сохраняется (Рис.2). Однако значения r_k образцов растут. Причиной этого является залечивание структурных дефектов в экструдированных образцах $Bi_{85}Sb_{15}$ термообработкой, приводящей к росту длины свободного пробега электронов и глубины диффузии атомов Pb и Sn в образцах $Bi_{85}Sb_{15}$.

Таким образом, выяснено, что рост контактного сопротивления структур $Bi_{85}Sb_{15}$ -контактный сплав с ростом концентрации Gd до ~0,005ат.% в кристалле обусловлен компенсацией донорных центров гадолиния акцепторными примесями Pb и Sn, диффундирующими из контактного материала в приконтактный слой и приводящими к уменьшению концентрации основных носителей тока (электронов) в этом слое.

1. М.М.Тагиев, Д.Ш.Абдинов, *Неорганические материалы*, **31** (1995) 1405.
2. Г.Д.Абдинова, Г.З.Багиева, М.М.Тагиев, *Неорганические материалы*, **44** (2008) 474.
3. Б.Ш.Бархалов, Н.М.Ахундова, Д.Ш.Абдинов, *Неорганические материалы*, **26** (1990) 1427.
4. Т.Д.Алиева, Д.Ш.Абдинов, *Неорганические материалы*, **33** (1997) 27.

$Bi_{85}Sb_{15} < Gd >$ EKSTRUZIYA NÜMUNƏLƏRİNİN Bi-Pb-Sn-Cd ƏRİNTİSİ İLƏ AYRILMA SƏRHƏDDİNİN ELEKTRİK XASSƏLƏRİ

T.C.ƏLİYEV, G.C.ABDİNOVA, N.M.AXUNDOVA, N.R.ƏHMƏDOV, M.M.TAĞIYEV

Göstərilmişdir ki, kristalda Gd-un 0,005at.%-ə qədər artması ilə $Bi_{85}Sb_{15}$ kontakt ərintisi strukturunun müqavimətinin artması, kontakt materialından Pb və Sn akseptor atomlarının kristalın kontaktyanı təbəqəsinə diffuziya edərək qadoliniumun yaratdığı donor mərkəzlərin kompensə etməsidir.

ELECTRICAL PROPERTIES OF THE EXTRUDED SAMPLES OF $Bi_{85}Sb_{15} < Gd >$ WITH INTERFACE Bi-Pb-Sn-Cd ALLOY

T.C.ALIYEVA, G.C.ABDINOVA, N.M.AKHUNDOVA, N.R.AKHMEDOV, M.M.TAGIYEV

It has been found out the growth of contact resistance of $Bi_{85}Sb_{15}$ contact alloy structures, with growth of Gd concentration up to ~0,005at. % in the crystal has been caused by compensation of donor centers of gadolinium by acceptor impurity Pb and Sn diffused from the contact material in near contact layer resulting in reduction of majority current carriers (electrons) concentration in this layer.

Редактор: Г.Аждаров