

**ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ $Pb_{1-x}Mn_xTe$**

Т.Д.АЛИЕВА, Г.ДЖ.АБДИНОВА, Н.М.АХУНДОВА

*Институт Физики НАН Азербайджана
AZ 1143, г.Баку, пр.Г.Джавид 31*

Исследовано влияние отжига на контактное сопротивление (r_k) структуры $Pb_{1-x}Mn_xTe$ -(In-Ag-Au) в интервале температур $\sim 77 \div 300K$. Выяснено, что влияние отжига на r_k обусловлено как диффузией атомов In и Ag в приконтактную область и в объем кристаллов, так и образованием промежуточных фаз типа Ag_2Te .

В процессе эксплуатации в контакте полупроводниковых структур происходят различные физико-химические явления, приводящие к изменению их электрических свойств. Это, в первую очередь, связано с взаимной диффузией компонентов полупроводника и контактного сплава друг в друга, поэтому установление закономерностей изменения электрических свойств контактов полупроводник - контактный сплав со временем имеет важное значение.

Учитывая, что кристаллы PbTe и твердые растворы на их основе являются перспективными материалами для термо-и фотоэлектрических преобразователей [1], в данной работе исследовано влияние отжига при $100 \div 110^0C$ на контактное сопротивление (r_k) структуры $Pb_{1-x}Mn_xTe$ -(In-Ag-Au). Для выяснения вклада изменения сопротивления (ρ) самого $Pb_{1-x}Mn_xTe$ в изменение r_k также была исследована зависимость ρ твердого раствора от термообработки.

Контактное сопротивление структуры и удельное сопротивление образцов $Pb_{1-x}Mn_xTe$ измеряли зондовым методом на переменном токе. Были исследованы экструдированные образцы $Pb_{1-x}Mn_xTe$, полученные способом, описанным в [2,3]. Контакты создавались методом залуживания. Образцы $Pb_{1-x}Mn_xTe$ для создания указанных структур предварительно были отожжены при $\sim 400^0C$ в течение 120 часов.

Полученные результаты представлены на Рис.1 и Рис.2., откуда видно что в неотожженных структурах в зависимости от концентрации Mn при 77K r_k меняется от $7,5 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ для PbTe до $5,8 \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ для $Pb_{1-x}Mn_xTe$ с $x=0,04$. При $\sim 300K$ эти значения соответственно равны $4,1 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ и $5,6 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$. При этом температурная зависимость r_k структур хорошо коррелируется с температурным ходом удельного сопротивления образцов $Pb_{1-x}Mn_xTe$.

После отжига структур при $100 \div 110^0C$ в течение 500 часов значения r_k структур и ρ образцов существенно уменьшаются. Эти изменения значений r_k и ρ особенно сильны для составов с $x=0,04$. При 77K для этого состава после отжига $r_k=3,4 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$, а $\rho=3,2 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{см}$. При 300K эти значения соответственно равны $r_k=8,38 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ и $\rho=6,25 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

В соединении PbTe образцы, как правило, имеют избыток теллура относительно стехиометрии [1]. При залуживании торцов кристаллов контактным сплавом, содержащим In, Ag и Au, приконтактный слой обогащается атомами этих элементов. Атомы In и Ag являются акцепторными примесями в PbTe и способны увеличивать концентрацию дырок до $\sim 1,5 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$. Коэффициенты диффузии (D_0 и E_D) атомов In, Ag и Au в PbTe не исследованы. В случае PbSe эти коэффициенты составляют $D_0(\text{In})=9 \cdot 10^{-5}$; $D_0(\text{Ag})=7,4 \cdot 10^{-4}$; $D_0(\text{Au})=5,6 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2/\text{с}$; $E_D(\text{In})=1,35$; $E_D(\text{Ag})=0,35$; $E_D(\text{Au})=0,75 \text{ эВ}$ [1]. Если предположить, что аналогичная

последовательность будет сохраняться и в образцах соединения PbTe, то можно считать, что атомы Ag обладают более благоприятными условиями при диффузии в PbTe. Сказанным, в первую очередь, обусловлено уменьшение r_k структур и образцов при отжиге.

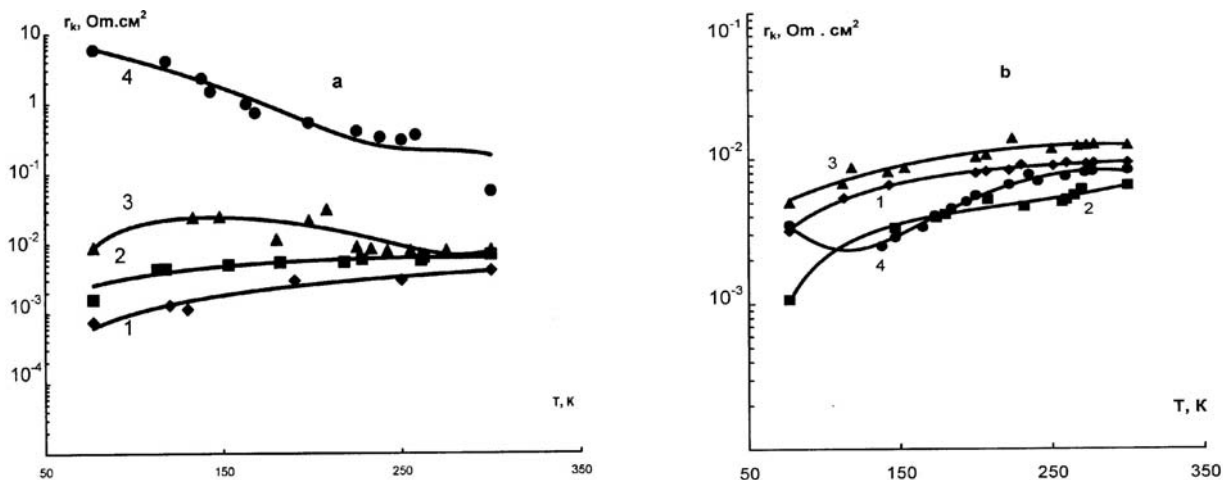


Рис.1.

Зависимость контактного сопротивления r_k структуры $Pb_{1-x}Mn_xTe$ -контактный сплав, непрошедших (а) и прошедших отжиг при $100 \div 110^\circ C$ в течение 500 часов (б) от температуры; кривые 1-4 соответствуют составам с $x=0; 0,0025; 0,005; 0,04$.

При нанесении контактов и дальнейшем отжиге структур параллельно диффузии компонентов расплава контактного материала в решетку кристалла происходят и реакции, приводящие к образованию промежуточных фаз [4].

В случае нанесения сплава, содержащего атомы In, Ag и Au, наиболее вероятно образование промежуточных фаз за счет взаимодействия атомов In и Ag со свободными атомами Te, существующими в PbTe сверхстехиометрии. Этому способствуют, в основном, два фактора, во-первых, электроотрицательность In (1,5) и Ag (1,7) ниже, чем Pb (1,8) и Au (2,1) [5]; во-вторых, свободная энергия Гиббса ΔG^0 реакции $Ag+Te$ или $In+Te$ отрицательная.

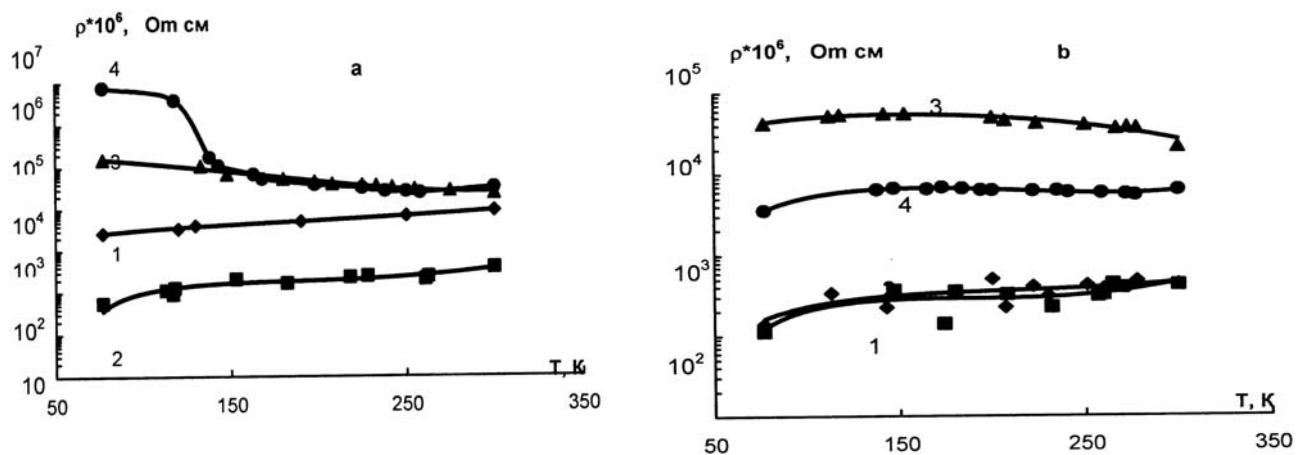


Рис.2.

Зависимость удельного сопротивления ρ полупроводниковой части структуры $Pb_{1-x}Mn_xTe$ -контактный сплав, непрошедших (а) и прошедших отжиг при $100 \div 110^\circ C$ в течение 500 часов (б) от температуры, обозначения те же, что на Рис.1.

Расчет свободной энергии Гиббса реакции проводился по соотношению [5]

$$\Delta G^0 = \sum n_i (\Delta H_{i295}^0 - T\Delta S_{i295}^0)_{кон} - \sum n_i (\Delta H_{i295}^0 - T\Delta S_{i295}^0)_{уч},$$

где H_{295}^0 - изменение энтальпии в стандартных условиях, ΔS_{i295}^0 - изменение стандартного значения энтропии. Из этого расчета, например, для реакции типа $2Ag+Te=Ag_2Te$ получено значение для $\Delta G^0=-41,6кС/моль$, тогда как для реакции $Pb+Te=PbTe$ $\Delta G^0 \approx -67,3кС/моль$.

Образование на границе раздела $PbTe$ -контактный сплав промежуточных фаз типа низкоомного Ag_2Te приводит к уменьшению r_k контакта. Образованием промежуточных фаз типа Ag_2Te или $InTe$, диффузия атомов In и Ag из контактного материала в составы $Pb_{1-x}Mn_xTe$ ослабляется, и поэтому изменения r_k и ρ со временем отжига уменьшаются.

Таким образом, влияние отжига при $100 \div 110^\circ C$ на r_k структур $Pb_{1-x}Mn_xTe$ - контактный сплав и ρ кристаллов в интервале температур $77 \div 300K$ обусловлено как диффузией атомов In и Ag в приконтактную область и объем кристаллов, так и образованием промежуточных фаз (в основном типа Ag_2Te).

1. Ю.И.Равич, Б.А.Ефимова, И.А.Смирнов, *Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbTe, PbSe, PbS*. М.: Наука (1968) 383.
2. Т.Д.Алиева, Н.М.Ахундова, Д.Ш.Абдинов. *В сб. Термоэлектрики и их применения*. Санкт-Петербург. Наука. 6 (2002) 2002.
3. Т.Д.Алиева, Г.Дж.Абдинова, Н.М.Ахундова, Д.З.Ахмедова. , *Azerbaijan National Transaction of Azerbaijan Academy of Sciences, Series of Physical-mathematical and Technical sciences, Physics and Astronomy*, XXV №2 (2005) 80.
4. Т.Д.Алиева, *Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников*. М.: Высшая школа, (1973) 656 .

Pb_{1-x}Mn_xTe ƏSASINDA STRUKTURLARIN ELEKTRİK PARAMETRLƏRİNƏ TABLAMANIN TƏSİRİ

T.C.ƏLİYEVƏ, G.C.ABDİNOVA, N.M.AXUNDOVA

$Pb_{1-x}Mn_xTe$ -($In-Ag-Au$) strukturunun kontakt müqavimətinə tablamanın təsiri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, bu təsir In və Ag atomlarının kontakt ərintisindən kristala diffuziyası və kontaktda Ag_2Te tipli aralıq fazanın yaranması ilə əlaqədardır.

INFLUENCE OF THE THERMAL ANNEALING ON ELECTRICAL PARAMETERS OF THE STRUCTURES ON $Pb_{1-x}Mn_xTe$

T.J.ALIYEVA, G.J.ABDINOVA, N.M.AKHUNDOVA

Influence of the thermal annealing on the contact resistance of $Pb_{1-x}Mn_xTe$ - ($In-Ag-Au$) structure has been investigated. It has been shown that this influence was connected with the diffusion of In and Ag atoms from contact alloy into crystals and creation of Ag_2Te type interlayer phase in contacts.

Редактор: А.Халилова