

Рентгеноспектральный микроанализ легированных монокристаллов PbTe и Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te

© М.В. Бестаев, А.И. Горелик, В.А. Мошников, Ю.М. Таиров

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет,
197376 Санкт-Петербург, Россия

(Получена 22 января 1997 г. Принята к печати 28 января 1997 г.)

В монокристаллах PbTe и Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te с естественной огранкой, легированных цинком и кадмием, проведено исследование распределения элементов. Показано образование многослойной структуры, наружный слой которой представляет собой ZnTe (CdTe), а под ним располагается металлический слой.

Халькогениды свинца–олова находят широкое применение в инфракрасной оптоэлектронике [1]. При создании приборов, как правило, осуществляют легирование. В связи с этим интенсивно проводятся исследования диффузионных процессов в PbTe, Pb_{1-x}Sn_xTe, PbSe, Pb_{1-x}Se_xTe и в других халькогенидах. Наиболее часто в качестве примеси используют элементы II и III групп. Халькогениды, легированные этими примесями, обладают рядом уникальных новых свойств [2].

Диффузионные параметры обычно рассчитываются из концентрационных профилей, полученных с применением послойного сошлифовывания (используются радиоизотопный, термозондовый и другие методы [3]). При этом экспериментальные результаты стремятся описать в рамках традиционных диффузионных моделей с использованием одного или нескольких механизмов диффузии.

Ранее нами было показано, что при диффузии в PbTe и PbSnTe индия, олова, свинца и германия активную роль

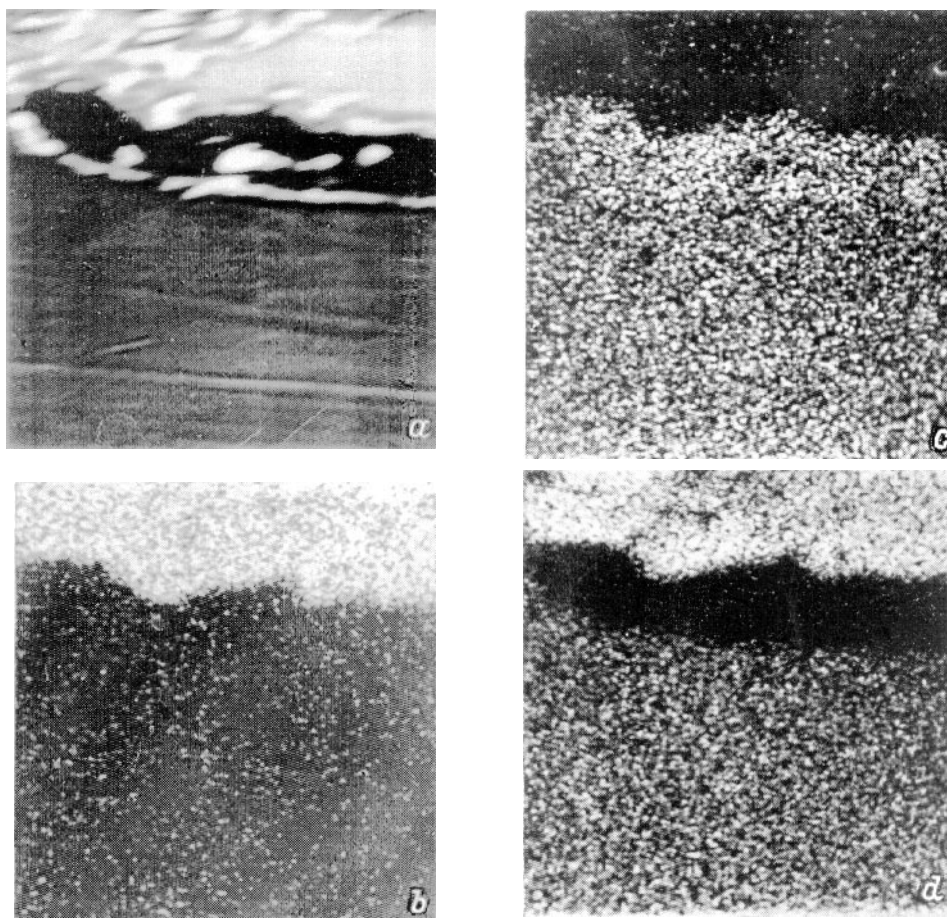


Рис. 1. Качественная картина распределения элементов в приповерхностном слое монокристалла PbTe, легированного цинком из газовой фазы в течение 10 ч при 973 К: *a* — электронное изображение ($100 \times 100 \text{ мкм}^2$); *b* — рентгеновское изображение в лучах $K_{\alpha 1} \text{ Zn}$; *c* — рентгеновское изображение в лучах $L_{\alpha 1} \text{ Pb}$; *d* — рентгеновское изображение в лучах $L_{\alpha 1} \text{ Te}$.

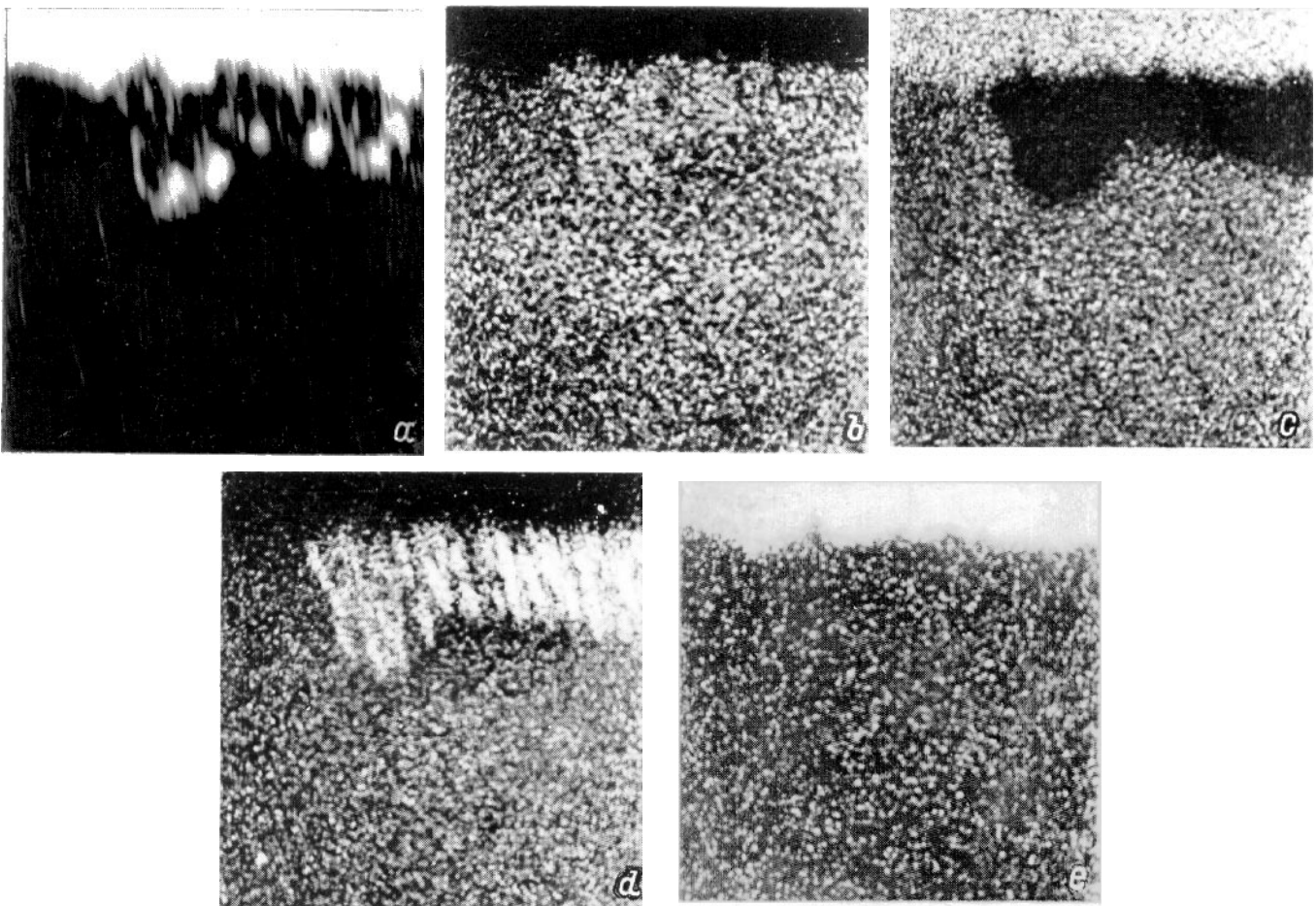


Рис. 2. Качественная картина распределения элементов в приповерхностном слое монокристалла Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te, легированного цинком из газовой фазы в течение 5 ч при 973 К: *a* — электронное изображение ($200 \times 200 \text{ мкм}^2$); *b* — рентгеновское изображение в лучах $L_{\alpha 1} \text{ Pb}$; *c* — рентгеновское изображение в лучах $L_{\alpha 1} \text{ Te}$; *d* — рентгеновское изображение в лучах $L_{\alpha 1} \text{ Sn}$; *e* — рентгеновское изображение в лучах $K_{\alpha 1} \text{ Zn}$.

в массопереносе через газовую фазу играет давление паров теллура самого кристалла, определяемое отклонением его состава от стехиометрии [4,5]. В то же время известно, что при легировании цинком и кадмием теллурида свинца наблюдается выделение свинца [6]. В работе [7] нами была предложена модель, согласно которой на поверхности теллурида свинца образуется многослойная структура. Наружный слой имеет состав ZnTe или CdTe, под ним находится слой свинца.

Для экспериментального подтверждения предложенной модели необходимо проведение исследований на высококачественных монокристаллах с естественной границей. При нарушении структурного совершенства поверхности монокристалла желаемая информация будет потеряна из-за встречных диффузионных потоков. Цель настоящей работы — исследование диффузии цинка и кадмия на монокристаллах PbTe и Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te.

Монокристаллы PbTe и Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te получали по методике, описанной в [8]. Кристаллы имели размеры $5 \times 3 \times 2 \text{ мм}^3$ и были огранены по плоскостям (100), концентрация носителей заряда для PbTe и Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te

составляла $5 \cdot 10^{17} \div 5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Диффузионный отжиг проводили из газовой фазы в вакуумированных запаянных ампулах. Распределение концентрации после диффузионного отжига проводили рентгеноспектральным микроанализом на поверхности скола, перпендикулярного направлению диффузии.

В качестве примеров на рис. 1 и 2 приведены результаты распределения элементов в монокристаллах PbTe и Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te, легированных цинком. Из рисунков видно, что наружный слой в обоих случаях содержит цинк и теллур. Под ним находится слой, в котором не содержится цинк и теллур. При этом в процессе обработки PbTe состав второго слоя практически соответствует чистому свинцу, а в случае Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te — смеси свинца и олова. При этом массовые концентрации олова значительно выше, чем в исходном кристалле до обработки. Из изображения поглощения электронов следует, что на границе второго слоя с исходным монокристаллом наблюдается скопление пор. Это объясняется некомпенсированной потерей теллура. Отличие конфигураций промежуточного слоя в исследуемых образцах опреде-

ляется более высокой степенью совершенства монокристаллов РbТе. Подобная картина сегрегации свинца и олова наблюдалась и при легировании кадмием. Из приведенных исследований следует, что при определении диффузионных параметров кадмия и цинка в халькогенидах свинца–олова нельзя использовать диффузионные модели с традиционными граничными условиями.

Список литературы

- [1] Н.Х. Абрикосов, Л.Е. Шелимова. *Полупроводниковые материалы на основе соединений $A^{IV}B^{VI}$* (М., Наука, 1975).
- [2] В.И. Кайданов, С.А. Немов, Ю.И. Равич. ФТП, **28**, 369 (1994).
- [3] Б.И. Болтакс. *Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках* (Л., Наука, 1972).
- [4] М.В. Бестаев, Т.Т. Дедегкаев, В.А. Мошников. ФТГ, **27**, 1868 (1985).
- [5] М.В. Бестаев, Т.Т. Дедегкаев, В.А. Мошников. ФТГ, **26**, 2200 (1984).
- [6] А.В. Новоселова, В.П. Зломанов, А.М. Гаськов, Л.И. Рябова, М.А. Лазаренко. Вестн. МГУ. Химия, **22**, № 1, 3 (1982).
- [7] М.В. Бестаев, Т.Т. Дедегкаев, Т.Б. Жукова, Н.В. Сиукаев. В сб.: *Тез. докл. IV Всес. совещ. по кинетике и механизму химических реакций в твердом теле* (Ин-т ХФ АН СССР, Черногоровка, 1986).
- [8] М.В. Бестаев, А.И. Горелик, В.В. Томаев. Изв. СПбГЭТУ, вып. 495, 41 (1996).

Редактор Л.В. Шаронова

Electron probe microanalysis of doped PbTe and $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te$ single crystals

M. Bestaev, A. Gorelik, V. Moshnikov, Yu. Tairov

St.Petersburg State Electrotechnical University,
197376 St.Petersbrug, Russia

Abstract A distribution of elements in zinc- and cadmium-doped PbTe and $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te$ single crystals of natural cut has been studied. The formation of a multi-layer structure having both an outer layer, that consists of ZnTe (CdTe), and a metallic sub-layer was shown.