

1. Альтудов Ю.К., Быковский Ю.А., Неволин В.Н. // Журн. техн. физики. 1980. Т. 50. Вып. 1. С. 178.
2. Мьюрарка Ш. Силициды для СБИС. М., 1986.
3. Tan T.Y., Foll Y., Hu S.M. // Phil. Mag. A. 1981. Vol. 44. N 1. P. 127.
4. Комаров Ф.Ф., Котов Е.В., Новиков А.П. и др. // Физика и техника полупроводников. 1987. Т. 21. Вып. 10. С. 1863.
5. Holland O.W., Narayan J. // Mater. Res.Soc. Symp.Proc. 1984. Vol. 27. P. 235.
6. Rauschenbach B., Kolitsch A., Hohmuth K. // Phys.Stat.Sol.(a). 1983. Vol. 80. N2. P.171.
7. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М., 1967.
8. Буренков А.Ф., Комаров Ф.Ф., Кумахов М.А., Темкин М.М. Пространственные распределения энергии, выделенной в каскаде атомных столкновений в твердых телах. М., 1985.
9. Howe J.M., Rainville M.H. // Nucl. Instr. Meth. B. 1987. Vol. 19/20. N. 1. P. 61.
10. Андреев В.С., Ефимов С.Б., Комаров Ф.Ф. и др. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 11. N 18. С. 1110.

Поступила в редакцию 11.01.2000.

УДК 669.76:5373

Э.Е.ГРЕЧАННИКОВ, В.Г.ШЕПЕЛЕВИЧ

СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА Bi-15 ат.% Sb, ЛЕГИРОВАННОГО СЕРОЙ И ГЕРМАНИЕМ

Quickly quenched foils of Bi-15 ат.% Sb, doped germanium and sulphur, have the texture (10 $\bar{1}$ 2). In Bi-15 ат.% Sb alloy germanium is an acceptor, sulphur - donor. The electric properties of the alloy depend on impurities and temperature.

Сплавы висмут-сурьма, содержащие 4–20 ат.% Sb, являются узкозонными полупроводниками в области низких температур и используются в качестве термоэлектрических материалов [1]. Олово и теллур ведут себя в данных сплавах как акцептор и донор соответственно [2,3]. Влияние других легирующих элементов, например Ge и S, принадлежащих IV и VI группам, на структуру и электрические свойства сплавов висмут-сурьма изучено недостаточно из-за их малой равновесной растворимости. Но в последние тридцать лет успешно развиваются методы изготовления материалов сверхбыстрой закалкой из жидкого состояния, которые позволяют повысить взаимную растворимость сплавляемых элементов [4], что существенно влияет на формирование структуры. В связи с этим цель данного исследования – выяснить закономерности формирования структуры сплава Bi-15 ат.% Sb, легированного германием и серой, а также электрическую активность легирующих элементов и их влияние на электрические свойства тройных сплавов Bi-15 ат.% Sb-Ge и Bi-15 ат.% Sb-S.

Фольги сплавов Bi-15 ат.% Sb, содержащих до 0,8 ат.% германия и серы, были изготовлены сверхбыстрой закалкой из жидкого состояния. Капля расплава (~0,2 г) выплескивалась на внутреннюю полированную поверхность быстро вращающегося медного цилиндра. Их толщина составляла от 20 до 50 мкм. Согласно расчету [5], скорость охлаждения достигала 10⁶ К/с.

Металлографические исследования быстрозатвердевшей фольги осуществлены с помощью микроскопа ММУ-3. Травление шлифов происходило в 30%-м растворе азотной кислоты в этиловом спирте. Рентгеноструктурный анализ выполнен на дифрактометре ДРОН-3 в медном излучении. Индици-

рование рентгенограмм проведено согласно [6]. Удельное электросопротивление ρ , коэффициент Холла R и дифференциальная термоэдс α были измерены в интервале 77–300 К.

Быстрозатвердевшие фольги сплава Bi-15 ат.% Sb имеют мелкозернистую структуру. Средний размер зерен $d=4,8\pm0,6$ мкм. Величина ошибки рассчитана для доверительной вероятности, равной 0,5. Легирование сплава Bi-15 ат.% Sb германием практически не изменяет средний размер зерна, а легирование серой приводит к его уменьшению почти в два раза. Фольги сплавов Bi-15 ат.% Sb-Ge и Bi-15 ат.% Sb-S характеризуются четко выраженной текстурой $(10\bar{1}2)$. Почти 95% объема фольг ориентировано плоскостями $\{10\bar{1}2\}$ параллельно их внешней поверхности. Образование текстур $(10\bar{1}2)$ в полуметаллах и их сплавах обусловлено их кристаллической структурой и ориентацией ковалентных связей, имеющих определяющее влияние на рост кристаллитов.

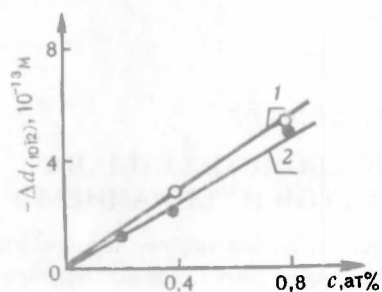


Рис.1. $\Delta d_{(10\bar{1}2)}$ в зависимости от концентрации серы (1) и германия (2)

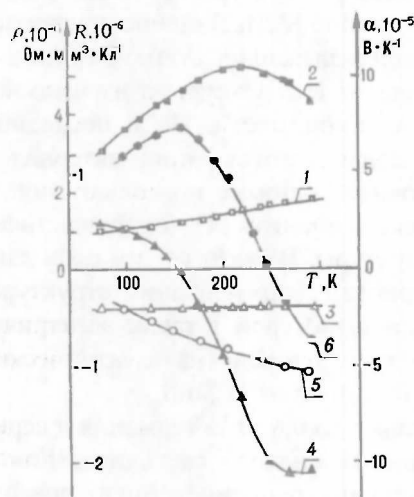


Рис.2. Температурные зависимости ρ (1,2), R (3,4) и α (5,6) для Bi-15 ат.% Sb-0,8 ат.% S (1,3,5) и Bi-15 ат.% Sb-0,8 ат.% Ge (2,4,6)

На рис.1 представлены зависимости межплоскостного расстояния $\Delta d_{(10\bar{1}2)}$, определяемого по положению дифракционной линии $(20\bar{2}4)$, от концентрации Ge и S в сплаве Bi-15 ат.% Sb. Их линейный характер указывает на то, что быстрозатвердевшие сплавы Bi-15 ат.% Sb-0,8 ат.% Ge и Bi-15 ат.% Sb-0,8 ат.% S являются твердыми растворами.

Зависимости кинетических свойств фольг сплавов Bi-15 ат.% Sb-0,8 ат.% Ge и Bi-15 ат.% Sb-0,8 ат.% S от температуры приведены на рис.2. Наблюдается монотонное увеличение удельного электросопротивления, абсолютного значения дифференциальной термоэдс с повышением температуры и постоянство величины коэффициента Холла фольги сплава Bi-15 ат.% Sb-0,8 ат.% S в интервале 77–300 К. Кроме того, коэффициент Холла и дифференциальная термоэдс в указанном интервале температур отрицательны. Наблюдаемые факты указывают на то, что кинетические свойства данного сплава определяются электронами. Это возможно при условии, что сера является донором в сплаве Bi-15 ат.% Sb. Концентрация и подвижность электронов, рассчитанные в рамках однозонной изотропной

модели, равны $n=9 \cdot 10^{24-3}$ и $\mu=0,6 \frac{\text{см}^2}{\text{Вс}}$ при 77 К. Электрическая актив-

ность легирующих элементов в висмуте, сурьме и их сплавах характеризуется коэффициентом отдачи $\eta = \Delta n / \Delta c$ (Δn – изменение концентрации электронов, вызванное изменением концентрации легирующего элемента Δc). Расчет показал, что величина коэффициента отдачи для серы в сплаве Bi-15 ат. % Sb равна $\eta=0,04$.

Положительный знак R и α фольг сплава Bi-15 ат. % Sb-0,8 ат. % Ge в низкотемпературной области обусловлен дырками. Последнее возможно, если Ge в сплаве Bi-15 ат. % Sb является акцептором. Концентрация и подвижность дырок равны $p=1,3 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-3}$ и $v=0,15 \frac{\text{см}^2}{\text{Вс}}$ при 77 К. Коэффициент отдачи для германия в сплаве Bi-15 ат. % Sb равен $\eta = -0,05$ в низкотемпературной области. Температурные зависимости $\rho(T)$ и $\alpha(T)$ имеют максимум. Также $R<0$ и $\alpha<0$ в области комнатных температур. Такое поведение кинетических свойств вызвано появлением в зоне проводимости из-за теплового возбуждения электронов, подвижность которых значительно выше подвижности дырок [1].

Работа выполнена при поддержке Фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь (проект № Ф98-054).

1. Гицу Д.В., Голбан Т.М., Канцер В.Г., Мунтяну Ф.Н. Явления переноса в висмуте и его сплавах. Кипшинев, 1983.
2. Boiko M.P., Redko N.A. // Phys. Stat. Sol (b). 1987. Vol.140. P.K 121.
3. Issi G-P., Saunders G.A. // Rev. quest. sci. 1974. Vol.145. P. 381.
4. Физическое металловедение / Под ред. Р.У.Кана и П.Хаазена. М., 1987. Т.2.
5. Мирошниченко И.С. Закалка из жидкого состояния. М., 1982.
6. Миркин Л.И. Рентгеноструктурный анализ. М., 1976.
7. Вассерман Г., Гревен И. Текстуры металлических материалов. М., 1969.
8. Шепелевич В.Г. // Кристаллография. 1991. Т.36. №1. С.238.

Поступила в редакцию 28.09.99.

УДК:621.029

Ю.И.ДУДЧИК, Н.Н.КОЛЬЧЕВСКИЙ, Ф.Ф.КОМАРОВ

ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОПУЧКОВ ЖЕСТКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ПРЕЛОМЛЯЮЩЕЙ ЛИНЗЫ

A new refractive microcapillary lens for hard X-rays is described. The spherical aberrations of the lens are calculated. The possibility of the production of micrometer sized X-ray beams by using the refractive microcapillary X-ray lens and a microfocus X-ray tube are discussed.

Как известно [1], показатель преломления n рентгеновских лучей в веществе выражается следующим образом:

$$n=1-\delta-i\beta, \quad (1)$$

где $1-\delta$ – действительная часть показателя преломления среды; β – коэффициент, характеризующий поглощение рентгеновского излучения веществом.

Вдали от краев поглощения величина δ обратно пропорциональна квадрату энергии фотонов, а ее значения лежат в диапазоне 10^{-5} – 10^{-7} . Например, для стекла $\delta=7 \cdot 10^{-6}$, $\beta=9,5 \cdot 10^{-8}$ для рентгеновских фотонов с энергией 8 кэВ. Малое значение величины δ делает практически невозможным осуше-