

магнитности в заданном направлении. На рис. 2 представлены варианты зависимости квазистатического намагничивания пленок пермаллоя при различных начальных условиях. При этом обнаруживаются процессы аккомодации планарной э. д. с. Холла в зависимости от приложенного внешнего магнитного поля  $B_0$ . Явление аккомодации  $V(H_0)$  в процессе намагничивания было известно ранее [7], однако механизмы его происхождения детально не изучены, в первую очередь это касается аккомодации в процессах переноса носителей заряда.

Таким образом, данный метод позволяет получать информацию о процессах перемагничивания в пленках в зависимости от их предыстории посредством транспорта носителей заряда.

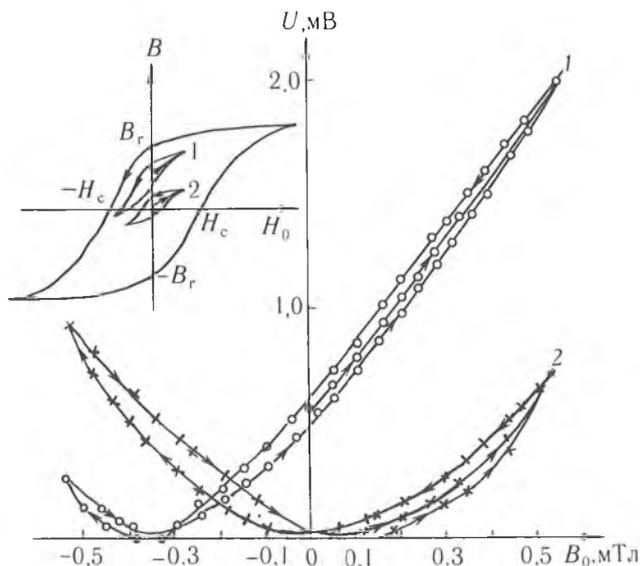


Рис. 2. Варианты зависимости  $U(B_0)$  в пленке пермаллоя, иллюстрирующие магнитную аккомодацию образца в зависимости от предыстории намагничивания,  $J = 50$  мА: 1—соответствует частной петле гистерезиса предварительно намагниченной пленки; 2—соответствует симметричной частной петле  $V(H_0)$  предварительно размагниченного образца

### Список литературы

1. Васильев И. И., Прокошин В. И., Ярмолович В. А. //Измерит. техника. 1992. Вып. 3. С. 47.
2. Болдашев А. М., Лисовский Ф. В., Роев В. К. и др. Элементы и устройства на цилиндрических магнитных доменах: Справ. М., 1987.
3. Хомерики О. К. Гальваномагнитные элементы и устройства автоматики и вычислительной техники. М., 1975.
4. Преображенский А. А., Бишорд Е. П. Магнитные материалы и элементы. М., 1986.
5. Аполонский С. М. Справочник по расчету электромагнитных экранов. Л., 1988.
6. Технология тонких пленок: Справ./Под ред. Л. Майсела, Р. Глэнга. М., 1977. Т. 2.
7. Постоянные магниты: Справ./Под ред. Ю. М. Пятина. М., 1980.

Поступила в редакцию 06.09.93.

УДК 669.76:537.3

В. Г. ШЕПЕЛЕВИЧ

### ТЕКСТУРА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ

The texture  $\{11\bar{2}0\} + \{20\bar{2}5\}$  is formed in foils of  $\text{Bi}_2\text{Te}_{3.4}\text{Se}_{0.6}$  produced from melt by superfast hardening. Specific electrical resistance, Hall coefficient and differential thermal electromotive force over the range 77—370 K have been studied. Two stages in changing of the electrical properties of fast-hardened foils upon isochronous annealing have been revealed and activation energies have been determined.

Прессованные брикеты  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,4}\text{Se}_{0,6}$  из быстрозатвердевших фольг, как показали исследования [1], могут быть успешно использованы в качестве *n*-ветви при изготовлении термоэлектрических преобразователей. Но технические параметры и физические свойства прессованных брикетов в значительной степени зависят от физических свойств и структуры, а также термической стабильности фольг. В связи с этим в данной работе представлены результаты исследования текстуры и электрических свойств быстрозатвердевших фольг  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,4}\text{Se}_{0,6}$  и их изменения при отжиге.

Быстрозатвердевшие фольги  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,4}\text{Se}_{0,6}$  получены сверхбыстрой закалкой из жидкого состояния. Толщина фольг 20–50 мкм. Скорость охлаждения расплава, как показывает расчет [2], достигает  $10^6$  К/с. Исследование текстуры проведено методом обратных полюсных фигур. Полюсные плотности дифракционных линий 0006; 1015; 0118; 101,10; 1120; 011,14; 2025; 101,20; 2135; 0330 рассчитаны по методу Харисса [3]. Измерения удельного электросопротивления  $\rho$ , коэффициента Холла  $R$  и дифференциальной термо-ЭДС  $\alpha$  выполнены в интервале 77–370 К. Изохронный отжиг фольг проведен через 15–20 градусов с выдержкой по 10 мин при каждой температуре. Изотермический отжиг осуществлялся в течение нескольких часов при разных температурах.

Фольги имеют мелкозернистую структуру и характеризуются текстурой  $\{1120\} + \{2025\}$ . На долю указанных ориентировок приходится около 65 % объема фольги. Формирование указанной текстуры обусловлено ориентацией ковалентных связей  $\text{Bi}-\text{Te}^{(1)}$  и  $\text{Bi}-\text{Te}^{(2)}$ . В халькогенидах полуметаллов  $A^5B^6$  атомы теллура  $\text{Te}^{(1)}$  (или  $\text{Se}^{(1)}$ ) связаны ковалентными связями с тремя атомами висмута, принадлежащими к тому же квинтету, что и теллур, и тремя атомами теллура  $\text{Te}^{(1)}$  из соседнего квинтета. Атомы теллура  $\text{Te}^{(2)}$  (или  $\text{Se}^{(2)}$ ), находящиеся в средней кристаллографической плоскости квинтета, образуют с шестью атомами висмута ковалентные связи [4]. Кристаллографический анализ показывает, что две ковалентные связи  $\text{Bi}-\text{Te}^{(2)}$  каждого атома висмута

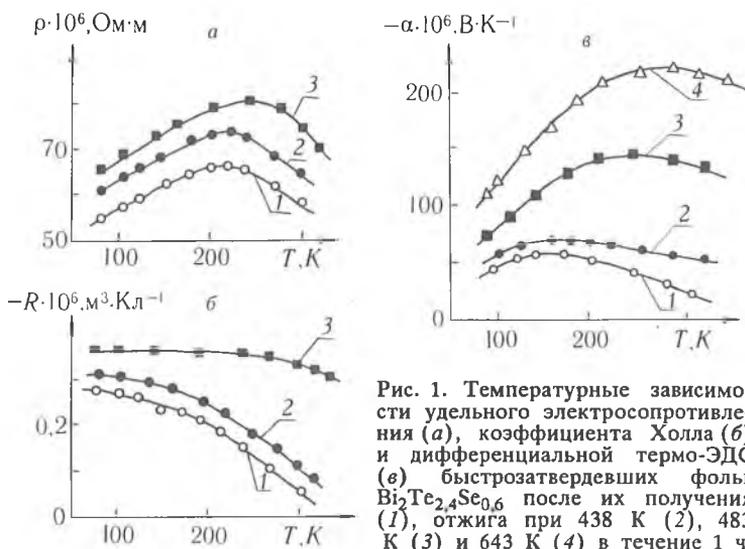


Рис. 1. Температурные зависимости удельного электросопротивления (а), коэффициента Холла (б) и дифференциальной термо-ЭДС (в) быстрозатвердевших фольг  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,4}\text{Se}_{0,6}$  после их получения (1), отжига при 438 К (2), 483 К (3) и 643 К (4) в течение 1 ч

располагаются в плоскостях типа  $\{11\bar{2}0\}$ , а четыре связи (две  $\text{Bi}-\text{Te}^{(1)}$  и две  $\text{Bi}-\text{Te}^{(2)}$ ) соединяют атомы, находящиеся в соседних плоскостях. В плоскостях  $\{2025\}$  каждый атом висмута имеет либо две ковалентные связи  $\text{Bi}-\text{Te}^{(1)}$ , либо две ковалентные связи  $\text{Bi}-\text{Te}^{(2)}$ , а остальные ковалентные связи соединяют атомы, находящиеся в соседних плоскостях. Такая ориентация ковалентных связей способствует быстрому росту кристаллитов, у которых межфазной границей «жидкость – кристалл» являются плоскости  $\{1120\}$  или  $\{2025\}$ . В этом случае на поверх-

ности твердой фазы имеется высокая плотность активных центров в виде ненасыщенных ковалентных связей, к которым легко присоединяются атомы из расплава, образуя ступеньки атомного размера. Атомы края ступеньки имеют ненасыщенные ковалентные связи, ориентированные вдоль межфазной поверхности, которые способствуют присоединению атомов, вызывая тем самым боковое перемещение ступеньки и рост кристаллов с указанными ориентировками.

На рис. 1 приведены графики температурных зависимостей  $\rho(T)$ ,  $R(T)$  и  $\alpha(T)$  быстрозатвердевших фольг  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,4}\text{Se}_{0,6}$ . Зависимости  $\rho(T)$  и  $\alpha(T)$  характеризуются максимумами, а  $|R(T)|$  монотонно уменьшается с ростом температуры. Отрицательный знак дифференциальной термо-ЭДС и коэффициента Холла указывает на то, что процессы переноса в исследуемых фольгах определяются электронами. Их концентрация и подвижность при 77 К составляют  $n = 2,3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$  и  $\mu = 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$  соответственно. Существование экстремумов в зависимостях  $\rho(T)$  и  $\alpha(T)$  обусловлено появлением дырок при повышении температуры благодаря термическому возбуждению электронов из валентной зоны в зону проводимости [4]. Этим же объясняется и уменьшение  $|R|$  с ростом температуры.

Быстрозатвердевшие фольги  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,4}\text{Se}_{0,6}$  находятся в неустойчивом состоянии и при нагреве переходят в более равновесное состояние. На рис. 2 приведен график изменения дифференциальной термо-ЭДС при изохронном отжиге исследуемой фольги, на котором наблюдается два этапа увеличения  $|\alpha|$ . Первый этап, на котором происходит изменение дифференциальной термо-ЭДС, реализуется при нагреве выше 360 К, а второй этап начинается с 470 К. Изотермический отжиг позволил определить по временным зависимостям  $\Delta\alpha(t)$  энергии активации протекающих процессов. На первом этапе изохронного отжига энергия активации процесса равна  $(1,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ , на втором —  $(2,6 \pm 0,2) \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ .

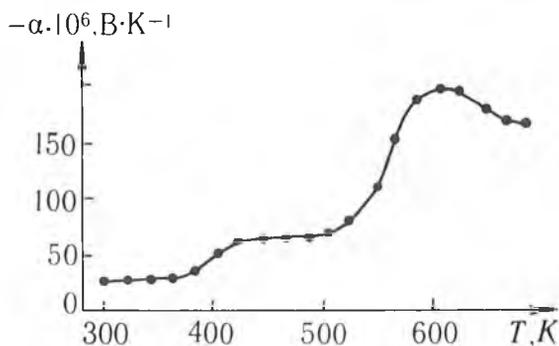


Рис. 2. Изменение дифференциальной термо-ЭДС фольги  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,4}\text{Se}_{0,6}$  при изохронном отжиге.

Халькогениды висмута склонны к образованию антиструктурных дефектов. При этом в их образовании участвуют как атомы типа  $\text{Te}^{(1)}$ , так и атомы типа  $\text{Te}^{(2)}$  [5,6]. Получение фольг халькогенидов висмута закалкой из жидкого состояния способствует образованию дефектов такого типа. При отжиге быстрозатвердевших фольг развиваются диффузионные процессы, вызывающие исчезновение дефектов. Сравнивая известные [7] величины энергии активации диффузии компонентов халькогенидов полуметаллов вдоль и перпендикулярно тригональной оси и экспериментально полученные значения энергий активаций, можно предположить, что на первом этапе изохронного отжига происходит уменьшение концентрации антиструктурных дефектов, в образовании которых участвуют атомы теллура  $\text{Te}^{(1)}$ , а на втором этапе — отжиг антиструктурных дефектов, образованных с участием атомов теллура  $\text{Te}^{(2)}$ .

Антиструктурные дефекты вызывают не только рассеяние носителей заряда, но и изменение их концентрации, что находит отражение в изменении электрических свойств халькогенидов при отжиге. Отжиг

вызывает увеличение  $|\alpha|$ ,  $|R|$  и  $\rho$ . Расчет показывает, что при этом наблюдается уменьшение концентрации электронов и увеличение их подвижности. Участие дырок в процессах переноса в отожженных фольгах проявляется при более высоких температурах, чем в неотожженных. Об этом свидетельствует смещение при отжиге экстремумов зависимостей  $\rho(T)$  и  $\alpha(T)$  в область более высоких температур.

### Список литературы

1. Глазов В. М., Ятманов Ю. В. // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. 1986. Т. 23. № 2. С. 36.
2. Мирошниченко И. С. Закалка из жидкого состояния. М., 1982.
3. Вассерман Г., Гревен И. Текстуры металлических материалов. М., 1969.
4. Гольцман Б. М., Кудинов В. А., Смирнов И. А. Полупроводниковые материалы на основе  $Bi_2Te_3$ . М., 1972.
5. Ногак I., Сегмак К., Ковделка L. // Journ. Phys. Chem. Solids. 1986. V. 47. № 8. P. 805.
6. Stary Z., Ногак I., Stordeur M., Stolzer M. // Journ. of Physics and Chemistry of Solids. 1988. V. 49. № 1. P. 29.
7. Болтакс Б. И. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. Л., 1972.

Поступила в редакцию 29.03.93.

УДК 681.327.12(088.8)

*В. Г. ХАЦИРЕВИЧ, Н. А. ЯРМОШ, А. К. ЯКУШЕВ  
В. И. ВОПНЯРСКИЙ, А. Я. КУЛЕШОВ*

### РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ФАЗОИМПУЛЬСНОГО СЕЛЕКТОРА УСТРОЙСТВА ГРАФИЧЕСКОГО ВВОДА ПЛАНШЕТНОГО ТИПА

The analytical expression of the time-coordinate characteristics of a phase-pulse selector, has been obtained on the basis of the structural parameters of selector and plotboard.

The plots of time-coordinate characteristics which are calculated for a particular phase-pulse selector and a blockdiagram for realization of the method have been presented.

Важным электронным узлом устройства графического ввода планшетного типа является фазоимпульсный селектор (ФИС) [1, 2, 3]. Он выполняет пространственно-временную «эстафетную» функцию в устройстве, в результате осуществления которой происходит переключение устройства с цикла формирования кода грубого отсчета на цикл формирования кода точного отсчета координаты.

Как основным параметрам ФИС, определяющим его работоспособность и схемные особенности устройства в целом, следует отнести длительность опорных сигналов. Она зависит от длительности модулированного строба (МС) [1], который формируется из информационного сигнала второй ступенью ФИС и играет роль определяющего фактора при выборе длительности опорных сигналов. В свою очередь, длительность МС зависит от устанавливаемой величины порога срабатывания —  $U_{\text{пор}}$  амплитудного дискриминатора, входящего во вторую ступень ФИС.

В качестве основания для расчета длительности МС может служить выражение двумерной переходной характеристики (ДПХ) локального позиционно-чувствительного элемента (ЛПЧЭ) устройства. Двумерная переходная характеристика, например, для положительного фронтально-го импульса, как показано в работах [4, 5], будет иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{(x, t)} = U_{\text{пм}} \ln \left[ R_1(x) / R_2(x) \right]^2 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}; \\ x = \text{const}; t = \text{var}, \end{array} \right.$$

где  $U_{(x, t)}$  — выходное импульсное напряжение магнитоэлектрического преобразователя (МЭП) графического индукционного пера устройства;  $U_{\text{пм}}$  — параметрическое напряжение МЭП;  $R_1$  и  $R_2$  — кратчайшие расстояния от ближайшей и наиболее удаленных точек среднего витка изме-