

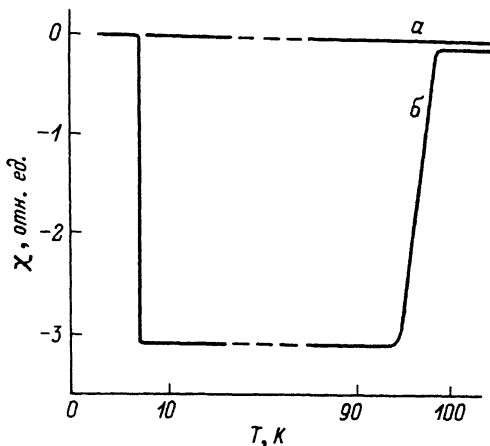
ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ СЛОЕВ СИСТЕМЫ $Y-Ba-Cu-O$
МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО ОТЖИГА

А.В. В е р б и л о, Г.М. Г у с а к о в,
А.А. К о м а р н и ц к и й, В.З. П е т р о в а,
Л.С. С у х а н о в а

Создание высокотемпературных сверхпроводящих пленок с высокими критическими параметрами является одной из важнейших задач. Известен ряд работ [1, 2], в которых различными методами получены сверхпроводящие пленки перовскитных керамик. Лучшие результаты были получены для пленок системы $Y-Ba-Cu-O$: температура начала сверхпроводящего перехода $T_K \approx 94$ К, ширина сверхпроводящего перехода $\Delta T_K \approx 10-30$ К, критическая плотность тока $j_K \approx 10^5 \frac{A}{cm^2}$. Большая величина ΔT_K и низкие значения j_K , по всей видимости, связаны с несовершенством полученных соединений и наличием в них других, несверхпроводящих фаз. Наряду с этим, в вышеуказанных [1, 2] методах получения сверхпроводящих пленок имеются два существенных недостатка, препятствующих их применению: 1) необходимость высокотемпературного $\sim 600-900$ °С отжига пленок после их напыления, что в большинстве случаев не совместимо с полупроводниковой технологией; 2) пленки, имеющие вышеуказанные критические параметры, получены в основном на подложках $SrTiO_3$, материал которых не имеет широкого применения.

В настоящей работе сообщается о получении тонких ≤ 1 мкм сверхпроводящих слоев соединений $Y_1Ba_2Cu_3O_7$ с $T_K \approx 96-102$ К и шириной сверхпроводящего перехода $\Delta T_K \leq 3$ К. Сверхпроводящие слои получены лазерным отжигом поверхности образца, представляющего из себя мелкодисперсную смесь окислов иттрия, бария и меди. Приготовление мелкодисперсных шихт осуществлялось химическим методом [3]. Нитраты бария, меди и иттрия растворялись в азотной кислоте в нужном стехиометрическом составе по компонентам Y , Ba и Cu . После выпаривания растворов и осаждения образовавшаяся смесь отжигалась на воздухе при температурах ~ 900 °С в течение нескольких часов. Результаты химического, рентгеновского и термического анализов показали, что полученная мелкодисперсная смесь состоит из окислов Y , Ba и Cu , в которой эти компоненты находились в заданном стехиометрическом составе. Из этой смеси прессовались таблетки диаметром 5.0 мм и толщиной ~ 1 мм. Поверхность полученной таблетки подвергалась лазерному отжигу, под воздействием которого образовывался тонкий ≤ 1 мкм сверхпроводящий слой соединения $Y_1Ba_2Cu_3O_7$.

Лазерный отжиг проводился в атмосфере кислорода построчно шаговым сканированием поверхности таблетки лазерным лучом диаметром 200 мкм (на уровне $1/e$) с шагом сканирования 50 мкм.



Зависимость относительной магнитной восприимчивости от температуры: кривая а – до лазерного отжига, кривая б – после лазерного отжига.

Длительность лазерного импульса на полувысоте составляла 50 нс, длина волны излучения $\lambda=1.06$ мкм. Плотность энергии излучения варьировалась в интервале 0.01–1.00 Дж/см².

Для получения требуемой стехиометрии в формируемом слое лазерный отжиг проводился в атмосфере кислорода при давлении до 100 атм.

Сверхпроводящий переход фиксировался по изменению относительной магнитной восприимчивости $\chi_{отн}$ от температуры. Частота и амплитуда модуляционного магнитного поля составляла 41 Гц и 30 Э соответственно. Температура образца в интервале 4.2–300 К измерялась угольным термометром сопротивления ТСУ-1 с точностью 0.5 К. Величина диамагнитного отклика от исследуемого образца сравнивалась с величиной диамагнитного отклика от свинцового образца известной геометрии, который находился в компенсационной катушке.

На рисунке приведена зависимость относительной магнитной восприимчивости от температуры для полученных нами слоев системы $Y-Ba-Cu-O$. Скачок $\chi_{отн}$ при температуре 7.2 К (см рисунок) обусловлен сверхпроводящим переходом свинца, перенормированным к толщине 1 мкм. Температура начала сверхпроводящего перехода для полученных слоев $Y-Ba-Cu-O$ составляла 98 К. Ширина сверхпроводящего перехода на уровне 0.1 и 0.9 от $\chi_{макс}$ составила 3 К. На рисунке приведена также зависимость $\chi_{отн}$ от температуры для таблетки, не подвергавшейся лазерному отжигу – кривая а.

Оценка диффузионной длины пробега $L_{диф}$ компонентов шихты для указанных режимов лазерного отжига дает величину $L_{диф} \approx 0.1$ мкм.

что на порядок больше размера кристаллитов CuO , BaO и Y_2O_3 в мелкодисперсной шихте. Поэтому из вышесказанного и из сравнения амплитуд диамагнитного отклика от свинца и слоя Y-Ba-Cu-O (см. рисунок) можно предположить, что полученный слой Y-Ba-Cu-O имеет высокое содержание ($\sim 100\%$) сверхпроводящей фазы $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$. В ряде случаев были получены образцы с температурой начала сверхпроводящего перехода 102 К. Критическая плотность тока j_k , измеренная при 77 К в нулевом магнитном поле, для лучших образцов составляла величину не менее (5-8) $\cdot 10^5$ А/см². Отметим, что приведенные значения j_k являются ее нижней оценкой, поскольку нам не удалось с высокой точностью определить толщину полученного сверхпроводящего слоя на таблетке и обеспечить надежный омический контакт к исследуемым образцам.

Таким образом, показана возможность получения высокотемпературных сверхпроводящих тонких слоев методом лазерного отжига поверхности мелкодисперсной шихты. По мнению авторов, данный метод позволит получать тонкие высокотемпературные сверхпроводящие пленки на различных полупроводниковых и диэлектрических подложках, поскольку нанесение мелкодисперсной композиции на разные подложки уже решенная задача.

В заключение авторы выражают благодарность С.В. Гапонову за полезное обсуждение результатов работы.

Л и т е р а т у р а

- [1] Головашкин А.И., Красносвободцев С.И., Печень Е.В., Родин В.В. - Труды ФИАН, Краткие сообщения по физике, 1987, № 9, с. 39-41.
- [2] Adachi H., Kentaro S., Tsuneo M., Kumito H., Jo J., Takeshi K., Syotaka W. - Jap. J. Appl. Phys., 1987, v. 26, N 5, p. 709-710.
- [3] Tomoji K. and Masaki K. - Jap. J. Appl. Phys., 1987, v. 26, N 5, p. 736-737.

Московский институт
электронной техники

Поступило в Редакцию
21 декабря 1987 г.
В окончательной редакции
28 мая 1988 г.