

05.4; 12

© 1992

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ,  
ДОПИРОВАННОГО НИОБАТОМ ЛИТИЯЕ.М. Гололобов, И.И. Папп,  
Н.М. Шиманская, Д.М. Турцевич

На возможность использования ниобата лития в качестве материала подложки при получении тонких пленочных покрытий с хорошими критическими сверхпроводящими параметрами указывается в работах [1-7]. Подложки из этого материала привлекают к себе внимание не только потому, что они дешевы [7], но и потому, что  $LiNbO_3$  имеет очень высокие электроакустические и электрооптические коэффициенты [5, 6], позволяющие использовать их в акустических и оптоэлектронных устройствах. Представляет интерес исследование влияния допирования ниобатом лития ВТСП материалов на их функциональные параметры.

В настоящей работе представлены результаты исследования взаимодействия ВТСП иттриевой системы с ниобатом лития. Исследованы составы  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta} + (LiNbO_3)_x$ , где  $x=0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ . Синтез образцов проводился методом твердофазной реакции при  $700-710^\circ C$  - 42 часа на воздухе из смеси мелкодисперсных порошков  $Y_2O_3, BaCO_3, CuO, LiNbO_3$  (гексагональный с параметрами кристаллической решетки  $a=5.147 \text{ \AA}; c=13.856 \text{ \AA}$ ). Скорость нагрева печи - 400 К/час, скорость охлаждения - 50 К/час. Спекание образцов проводилось при  $950^\circ C$  1 час на воздухе. Скорость нагрева печи - 200 К/час, охлаждения - 60 К/час. Перед синтезом и спеканием образцы прессовались при  $P=10^5$  Па в таблетки диаметром 10 мм, высотой - 5-6 мм.

Фазовый состав образцов определялся с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-3, использовалось  $CuK\alpha$ -излучение.

Контроль за изменением температуры перехода в сверхпроводящее состояние  $T_K$  осуществлялся резистивными измерениями  $R(T)$  четырехзондовым методом в температурном интервале 4.2-300 К с точностью  $\pm 0.1$  К.

По описанной выше технологии был получен базовый однофазный образец  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ :  $T_K^H = 95$  К,  $T_K^0 = 92$  К,  $\Delta T_K (90\%/10\%) = 1$  К; с параметрами кристаллической решетки  $a = (3.8238 \pm 0.0005) \text{ \AA}; b = (3.8819 \pm 0.0005) \text{ \AA}; c = (11.6666 \pm 0.0005) \text{ \AA}$ ; значение параметра  $7-\delta = 6.9$  определено по значению параметра  $c$  [8].

На рис. 1 представлены рентгеновские дифрактограммы составов  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta} + (LiNbO_3)_x$  для  $0 \leq x \leq 0.5$ . Рентгенографические исследования интегральных интенсивностей ряда рефлексов порошко-

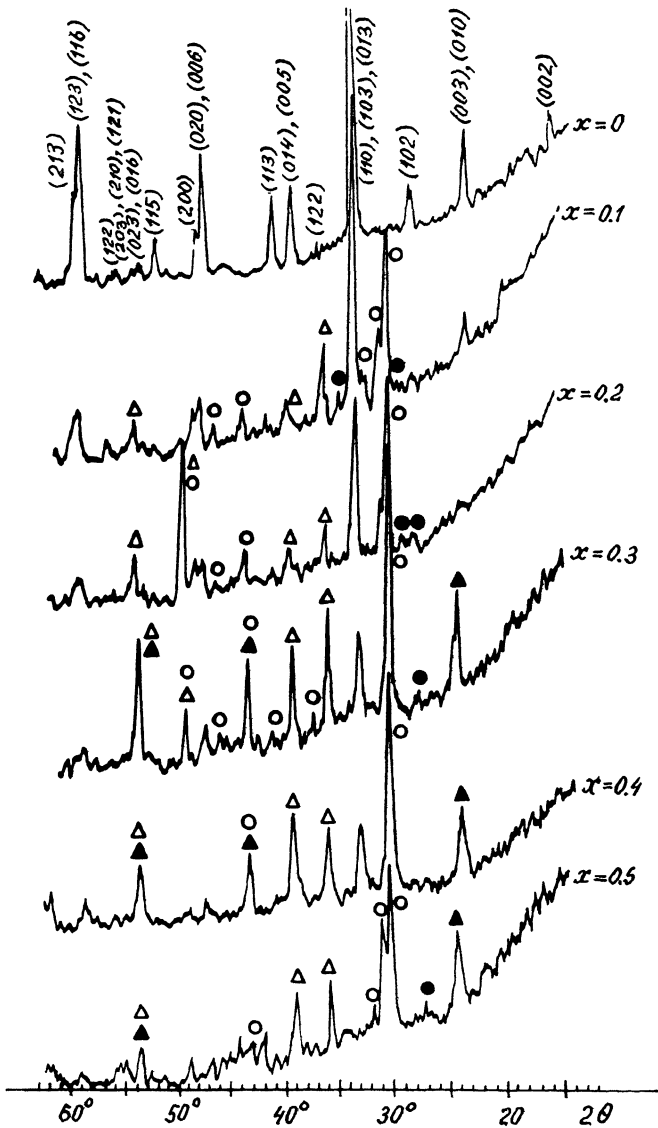


Рис. 1. Рентгенографические исследования составов соединения  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta} + (LiNbO_3)_x$ , где  $x=0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ . Обозначение сопутствующих фаз:  $\circ$  -  $Y_2BaCuO_5$ ,  $\bullet$  -  $BaCuO_2$ ,  $\Delta$  -  $CuO$ ,  $\blacktriangle$  -  $LiNbO_3$ .

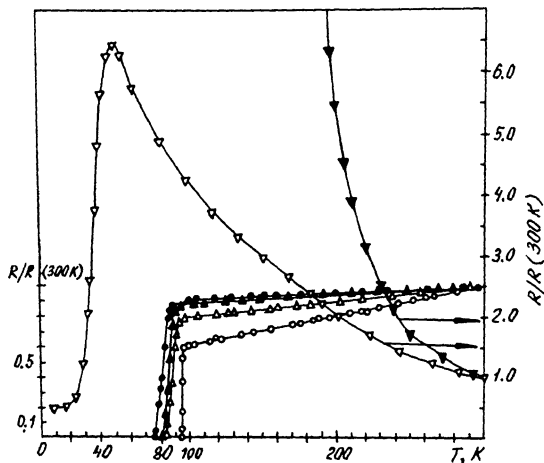


Рис. 2. Температурная зависимость  $R(T)/R(300\text{ K})$  от  $T$  для составов  $YBa_2Cu_3O_{7-x} + (LiNbO_3)_x$ , где  $0 \leq x \leq 0.5$ . Обозначения:  $\circ$  -  $x=0$ ,  $\Delta$  -  $x=0.1$ ,  $\blacktriangle$  -  $x=0.2$ ,  $\bullet$  -  $x=0.3$ ,  $\nabla$  -  $x=0.4$ ,  $\blacktriangledown$  -  $x=0.5$ .

вых образцов синтезированных составов позволили определить примерный количественный состав основных фаз. Определение параметров кристаллической решетки и орторомбического искажения решетки  $b/a$  для образцов  $x > 0.1$  экспериментально не представлялось возможным из-за наложения рефлексов других фаз.

Рентгенофазовый анализ указал на неоднородность образцов с  $x \geq 0.1$ , следы фазы  $LiNbO_3$  появляются на рентгенограммах при  $x=0.2$ . С ростом  $x$  наблюдается снижение количества сверхпроводящей фазы 1:2:3 (рис. 1, таблица) и увеличивается концентрация фаз  $Y_2BaCuO_5$ ,  $BaCuO_2$ ,  $CuO$ ,  $LiNbO_3$  (гексогональный). Других фаз не обнаружено.

На рис. 2 представлены температурные зависимости отношений  $R(T)/R(300\text{ K})$  для  $YBa_2Cu_3O_{7-x} + (LiNbO_3)_x$ , допированных ниобатом лития в количестве  $0 \leq x \leq 0.5$ . Резистивные измерения показали, что у составов с  $x \leq 0.3$  в нормальном состоянии наблюдается металлический тип зависимости  $R(T)/R(300\text{ K})$ . У образца  $x=0.4$  эта зависимость в температурном интервале 46-300 K принимает полупроводниковый характер, при дальнейшем понижении температуры наблюдается довольно резкий спад в  $R(T)/R(300\text{ K})$  до  $T_K=20\text{ K}$ , и при температуре жидкого гелия сопротивление не зануляется. Образец  $x=0.5$  имеет полупроводниковый характер зависимости во всем температурном интервале.

Значения температур начала и окончания сверхпроводящего перехода и количества сверхпроводящей фазы для состава  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta} + (LiNbO_3)_x$

№	Состав	$T_K^H$ (К)	$T_K^O$ (К)	$\Delta T_K$ (К)		Количество сверхпровод фазы, %
				90%	10%	
1	$YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$	95	92	1		100
2	$YBa_2Cu_3O_{7-\delta} + (LiNbO_3)_{0.1}$	95	84	6		53
3	$YBa_2Cu_3O_{7-\delta} + (LiNbO_3)_{0.2}$	95	82	6		33
4	$YBa_2Cu_3O_{7-\delta} + (LiNbO_3)_{0.3}$	94	78	7		25
5	$YBa_2Cu_3O_{7-\delta} + (LiNbO_3)_{0.4}$	-	46	10		20
6	$YBa_2Cu_3O_{7-\delta} + (LiNbO_3)_{0.5}$	Полупроводниковый характер зависимости $R(T)/R(300\text{ K})$				

В таблице приведены значения температур начала  $T_K^H$ , окончания  $T_K^O$  и ширины  $\Delta T_K$  сверхпроводящего перехода, а также количество сверхпроводящих фаз в зависимости от состава.

Приведенные экспериментальные данные свидетельствуют о практически неизменяющемся значении начала и небольшом изменении окончания сверхпроводящего перехода, увеличение ширины сверхпроводящего перехода до определенных значений почти не зависит от концентрации вводимого в образец ниобата лития в пределах  $0.1 \leq x \leq 0.3$ . Допирование при  $x \geq 0.4$  приводит к сильной деградации  $T_K^H$  и  $T_K^O$  и к увеличению  $\Delta T_K$ .

Образец  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta} + (LiNbO_3)_{0.3}$  имеет  $T_K^H = 94\text{ K}$ ,  $T_K^O = 78\text{ K}$ , хотя дифрактограмма (рис. 1, таблица) показывает малое содержание фазы 1:2:3 ( $\approx 25\%$ ). Наличие в образце небольшого количества фазы 1:2:3 не приводит к значительному уменьшению  $T_K^H$  и сильному снижению температуры окончания сверхпроводящего перехода  $T_K^O$ . Это свидетельствует о том, что при синтезе рассматриваемой системы, по-видимому, не происходит значительного разложения ниобата лития и внедрения его атомов в решетку фазы 1:2:3. Присутствие  $LiNbO_3$  в шихте способствует образованию сопутствующих фаз  $Y_2BaCuO_5$ ,  $BaCuO_2$  и  $CuO$ , которые располагаются в межзеренном пространстве.

Анализ химической агрессивности ниобата лития и нитрида бора, аналогичные исследования которого нами были выполнены ранее [9], показывают, что  $LiNbO_3$  более агрессивен по отношению

к иттриевым ВТСП. Однако при соответствующим образом подобранной методике термической обработки можно получить тонкие ВТСП покрытия из иттриевой системы с высокими параметрами на подложках из  $LiNbO_3$ , о чем свидетельствуют результаты работы [4].

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Saxena A.K., Arya S.P.S., Das B., Singh A.K., Tawari R.S., Srivastava O.N. // Sol. State Commun. 1988. V. 66. P. 1063.
- [2] Mannhart J., Scheuermann M., Tsuei C.C., Oprysko M.M., Chi C.C., Umbach C.P., Koch R.H., Miller C. // Appl. Phys. Lett. 1988. V. 52. P. 1271.
- [3] Venkatesan T., Chang C.C., Dijkkamp D., Ogale S.B., Chase E.W., Farrow L.A., Hwang X.D., Iham A. // J. Appl. Phys. 1988. V. 63. P. 4391.
- [4] Hohler A. et. al. // High  $T_c$  Update. 1988. V. 2. N 24.
- [5] Hohler A., Guggi D., Neeb H., Heiden C. // J. Appl. Phys. Lett. 1989. V. 54. N 11. P. 1066.
- [6] Lee S.G., Koren G., Gupta A., Segmuller A., Chi C.C. // J. Appl. Phys. Lett. 1989. V. 55. N 12. P. 1261.
- [7] Humphreys R.G., Satchell J.S., Chew N.G., Edwards J.A., Goodyear S.W., Blenkinsop S.E., Dossor O.D., Cullis O.G. // Superconductor. Sci. Technol. 1990. V. 3. N 1. P. 38.
- [8] Оно А. et. al. // Jap. J. Appl. Phys. 1987. V. 2. Part 2. N 7. P. 1223-1225.
- [9] Гололобов Е.М., Папп И.И., Прыткова Н.А., Томило Ж.М., Шиманская Н.М., Турцевич Д.М. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 8. С. 20-26.

Поступило в Редакцию  
2 декабря 1991 г.