

- [1] Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры / Под ред. Л. Ченга и К. Плога. М.: Мир, 1989. 575 с.

Институт ядерных  
исследований АН УССР,  
Киев

Поступило в Редакцию  
19 января 1991 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 7

12 апреля 1991 г.

05.4

© 1991

СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ СЛОИ  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$   
СИНТЕЗИРОВАННЫЕ В УСЛОВИЯХ  
ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

Н.А. К а л а н д а, В.Н. Ш а м б а л е в,  
В.В. П а н ь к о в, Л.Н. Б у х т е е в а

Получение ВТСП материалов в условиях пластического течения вещества [1-3] имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с обычным керамическим методом: текстурированность образцов, большие ( $>10^4$  А/см<sup>2</sup>) плотности тока, высокая плотность и т.д. В этой связи использование метода диффузионных пар, разработанного для исследования фазовых диаграмм сложных систем, позволяет провести реакцию программируемого синтеза.

В предыдущих сообщениях [1-2] приведены результаты исследования образования ВТСП соединений в диффузионных системах  $Y_2Cu_2O_5 - BaCuO_2$ ,  $Y_2BaCuO_5 - x \cdot BaO \cdot (1-x) CuO$  ( $0.38 < x < 0.50$ ),  $Y_{1-x}Ba_xO - CuO$  ( $0.35 < x < 0.67$ ),  $Y_2O_3 - BaCuO_2$ ,  $BaO - (Y, Cu)O$ .

В настоящей работе представлены данные по образованию ВТСП соединений в диффузионной паре сечения  $Y_{1.2}Ba_{1.8}Cu_2O_{7-\delta} - BaCuO_2$  фазовой диаграммы.

Образцы для исследования готовили по обычной термической технологии синтезом смеси соответствующих компонент  $CuO$ ,  $Y_2O_3$ ,  $BaCO_3$  в интервале температур 850-1000 °С. Фазовый состав продуктов обжига определяли с помощью рентгенографического (ДРОН-3  $Cu_{K\alpha}$  - излучение) анализа. Обжиг пар, составленных из полированных пластин  $BaCuO_2$  и  $Y_{1.2}Ba_{1.8}Cu_2O_{7-\delta}$  производили на воздухе при температурах 880-920 °С в течение 10-18 часов. Контакт между реагентами во время обжига поддерживался с усилием 0.1 кг/см<sup>2</sup>. Охлаждение продукта реакции происходило со скоростью 50 град/час.

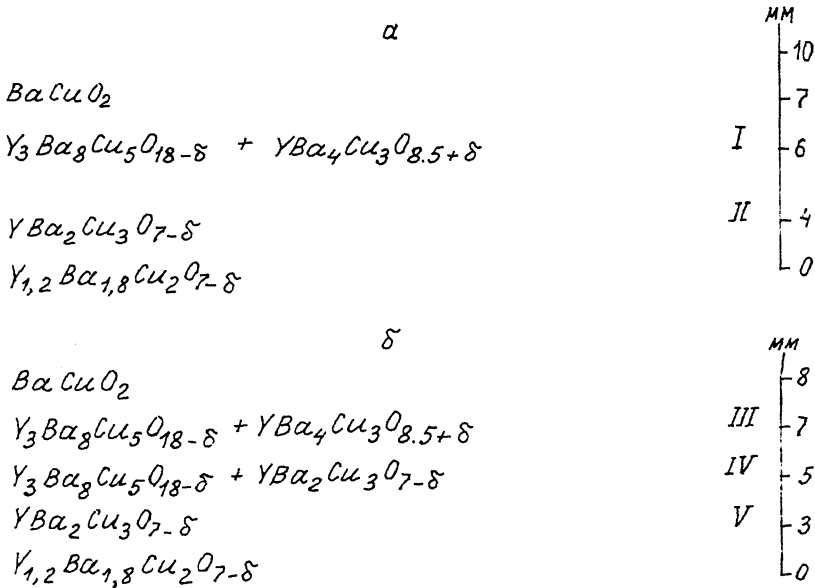


Рис. 1. Расположение слоев в реакционной зоне диффузионной системы  $Y_{1,2}Ba_{1,8}Cu_2O_{7-\delta} - BaCuO_2$ , отожженной при  $T=880-900^\circ C$  (а) и при  $T=900-920^\circ C$  (б).

На смоделированном нами разрезе фазовой диаграммы  $YO_{1,5} - BaO - CuO$  температура эвтектики  $T \approx 900^\circ C$  для двойной системы  $BaCuO_2 - CuO$ . Реакция синтеза вследствие этого происходила в результате пластического течения эвтектического состава  $BaCuO_2$  по открытым порам внутрь  $Y_{1,2}Ba_{1,8}Cu_2O_{7-\delta}$  с последующей кристаллизацией новых фаз. Учитывая литературные данные по фазам  $Y_3Ba_8Cu_5O_{17,5+\delta}$  и  $YBa_4Cu_3O_{8,5+\delta}$  [4], микроструктурным и рентгенофазовым анализом продукта реакции установлено, что при температурах  $880-900^\circ C$  в системе образуется последовательность фаз, как на рис. 1, а. С увеличением температуры реакции до  $920^\circ C$  дополнительно образуется двухфазный слой, рис. 1, б. Плотность ВТСП фаз в обоих случаях составляет  $6.2 \text{ г/см}^3$ . Измерение электрических параметров образцов проводилось после послойного сошлифования их торцевых поверхностей до исследуемого нами слоя с использованием 4-х зондовой петли по стандартной методике. Полученные значения температурных зависимостей сопротивления образованных ВТСП слоев представлены на рис. 2. Достаточная ширина сверхпроводящего слоя  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ , полученного при  $T=915^\circ C$ , позволила определить в нем транспортные параметры кислорода. Исследование проводилось с использованием твердого электролита из окиси иттрия, стабилизированного цирконием ( $YSZ$ ) [5]:

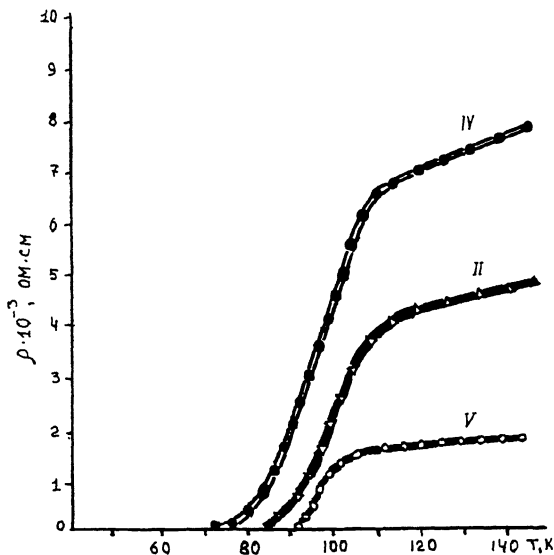
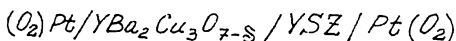


Рис. 2. Температурная зависимость сопротивления сверхпроводящих слоев (обозначения см. на рис. 1).



в температурном диапазоне 450–600 °С.

Отношение диаметра к толщине ВТСП пластины  $D/d \approx 50$  исключало радиальную диффузию кислорода. Коэффициент химической диффузии кислорода, рассчитанный в соответствии с [5]:

$$i - i_s = \frac{4FAC_0D}{i} \sum_{n=1}^{\infty} \exp\left(-\frac{Dn^2\pi^2t}{L^2}\right),$$

где  $F$  – постоянная Фарадея,  $A$  – площадь электрода,  $C_0$  – изменения концентрации точечных дефектов,  $i_s$  – ток насыщения,  $t$  – время,  $L$  – среднее значение величины кристалла,  $D$  – коэффициент химической диффузии кислорода,  $i$  – протекающий ток, дал значение при  $T=500$  °С,  $D = 1.2 \cdot 10^{-9}$  см<sup>2</sup>/с. Энергия активации диффузии кислорода  $E = 120$  кДж/моль соответствует литературным данным [6].

Константа скорости поглощения кислорода  $k = \frac{\pi^2 D}{L^2}$  в этом случае равна  $4.7 \cdot 10^{-4}$  с<sup>-1</sup> и соответствующее время полного насыщения образца кислородом  $t = 10 \frac{\ln 2}{k} \approx 4$  ч.

- [1] П а н ь к о в В.В., К а л а н д а Н.А., Б о й к о Б.Б. Тез. докл. П Всес. конф. „Высокотемпературная сверхпроводимость“, Киев. 1989, С. 34.
- [2] П а н ь к о в В.В., К а л а н д а Н.А. // Тез. докл. П Всес. совещ. „Физико-химия и технология высокотемпературных сверхпроводящих материалов“. М., 1988. С. 42.
- [3] H e r m a n A.M., C h e n g Z., M a r c h D., A r a m m a s h F. // Appl. Phys. Comm. 1987. V. 7. N 4. P. 275-283.
- [4] D e l e e u w D.M., M u t s a e r s C.A.H.A., L a n g e r e i s C., S M o o r e n b u r g H.C.A., and R o m m e r s P.J. // Physica C. 1988. V. 152. P. 39-49.
- [5] E u q e n e J.M. // Appl. Phys. Lett. 1988. 52. N 17. P. 1441-1443.
- [6] О с ь к и н а Т.Е., Т р е т ь я к о в Ю.Д., С о л д а т о в Е.А. // Сверхпроводимость: физика, химия, техника. 1989. Т. 2. № 3. С. 24-29.

Институт физики  
твёрдого тела и  
полупроводников  
АН БССР, Минск

Поступило в Редакцию  
1 октября 1990 г.  
В окончательной редакции  
25 декабря 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 7

12 апреля 1991 г.

05.4

© 1991

ПОВЕДЕНИЕ НАМАГНИЧЕННОСТИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ  
ОБРАЗЦОВ  $\gamma\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  В СЛАБЫХ  
МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Н.Д. К у з ь м и ч е в

Хорошо известно [1-8, 11, 12], что ВТСП имеют сильную нелинейность намагниченности в слабых магнитных полях. В силу этого при помещении образца ВТСП в переменное магнитное поле в сигнале отклика появляется большое число высших гармоник. Развиваются в основном два механизма этого явления - джозефсоновский [1-7, 9-12] и модель критического состояния [7, 12].

В настоящей работе получены выражения для э.д.с. гармоник сигнала отклика, пропорциональных гармоникам намагниченности и приводится выражение статической намагниченности поликристалли-