

05.4

© 1990

## ВЛИЯНИЕ НЕЙТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ ПЛЕНКИ $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$

А.З. Абасова, А.Д. Бритов,  
С.Н. Максимовский, Н.А. Сулейманов,  
Н.Б. Каган, В.И. Стафеев,  
В.Т. Хряпов

Проведено исследование влияния быстрых нейтронов с энергией более 0.1 МэВ в интервале флюенсов  $10^{11}$ – $10^{14}$  нейтр./см<sup>2</sup> на физические свойства высокотемпературных пленок на основе  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ .

В [1, 2] было исследовано влияние нейтронного облучения на  $T_c$  (критическая температура), второе критическое поле  $H_{c2}$  для керамических образцов.

В настоящей работе приводятся результаты исследований влияния быстрых нейтронов на параметры  $T_c$ ,  $T_H$  (температура начала сверхпроводящего перехода) и  $R_H$  (нормальное сопротивление) сверхпроводящих пленок на основе  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  с различными размерами кристаллитов. Проведен отжиг облученных образцов в интервале температур 900–950 °С.

### Методика эксперимента

Высокотемпературные сверхпроводящие слои  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  были изготовлены путем биндерной технологии.<sup>1</sup> В качестве источника  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  служил ультрадисперсный порошок сложных окислов на основе  $Y$ ,  $Ba$ ,  $Cu$ , полученных путем термического разложения их оксалатов в низкотемпературной плазме, и мишень, пористость которой не превышала 20%. Для связки применялись ацетон и олифа. В качестве подложек служили полированные пластины монокристаллов  $ZrO_2$  с ориентацией (100). Рост пленок проходил в условиях мощного светового облучения [3]. Предлагаемая технология позволила в течение нескольких секунд синтезировать и варьировать размер кристаллитов и снизить время контакта между пленкой и подложкой.

Исследовались пленки  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  различной  $T_c$  (К); 92 (а), 88 (с), 85 (в). Размеры кристаллитов в этих пленках в зависимости от технологических операций были различными. Толщина пленок была ~5 мкм.

<sup>1</sup> Биндерной технологией сверхпроводящие пленки впервые были получены Н.Е. Алексеевским.

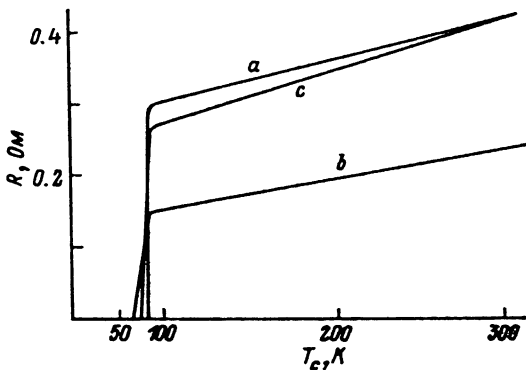


Рис. 1. Температурная зависимость сопротивления сверхпроводящих пленок на основе  $Y, Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ : а -  $T_c=92$  К, б -  $T_c=85$  К, с -  $T_c=88$  К до облучения.

Реальная структура поверхности и фазовый состав изучались на дифрактометре и на сканирующем электронном микроскопе. Параметр  $T_c$  определялся измерением электросопротивления пленок обычным четырехконтактным методом, облучение проводилось на импульсном ядерном реакторе при комнатной температуре.

#### Результаты эксперимента и их обсуждение

Результаты исследования температурных зависимостей сопротивления для полученных исходных пленок  $Y, Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  приведены на рис. 1. Как следует из этого рисунка, температурный ход сопротивления имеет металлический характер для всех исследованных образцов. Различия между пленками (а), (в), (с) по параметрам  $T_c$ ,  $\Delta T_c$  объясняются как неоднородностью образцов, так и наличием в них различного содержания кислорода [4].

На рис. 2 приведены зависимости параметров  $T_c$  и  $T_H$  от флюенса быстрых нейтронов для различных пленок. Параметры  $T_c$  и  $T_H$  пленок (а), состоящих из крупных кристаллитов, практически не меняются до флюенса  $2.3 \cdot 10^{14}$  нейтр./см<sup>2</sup>. Для пленок (в) и (с), состоящих из мелких кристаллитов, после облучения наблюдается уменьшение параметра  $T_c$  с ростом флюенса нейтронов.

С увеличением флюенса от  $4.2 \cdot 10^{11}$  до  $1.4 \cdot 10^{12}$  нейтр./см<sup>2</sup>  $T_c$  для пленок (в) и (с) уменьшается с одинаковой скоростью. При дальнейшем увеличении флюенса нейтронов до  $7 \cdot 10^{12}$  нейтр./см<sup>2</sup>  $T_c$  для пленки (с) уменьшается, а для пленки (в) не меняется. Параметр  $T_H$  (95 К) для этих трех видов пленок не меняется до флюенса  $1.15 \cdot 10^{13}$  нейтр./см<sup>2</sup>. Далее наблюдается уменьшение  $T_H$  для пленок (в, с) с ростом флюенса до  $2.3 \cdot 10^{14}$  нейтр./см<sup>2</sup> (рис. 2).

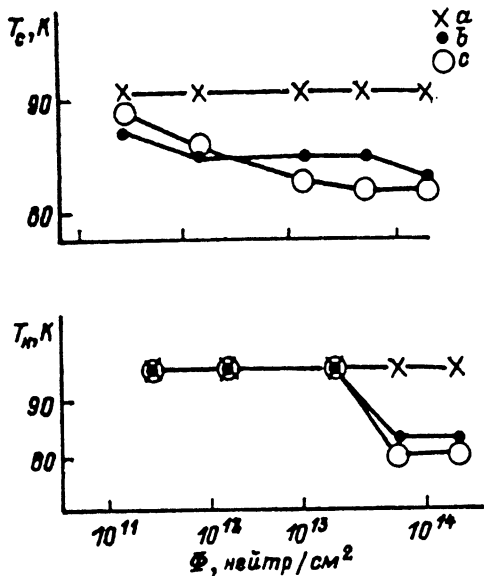


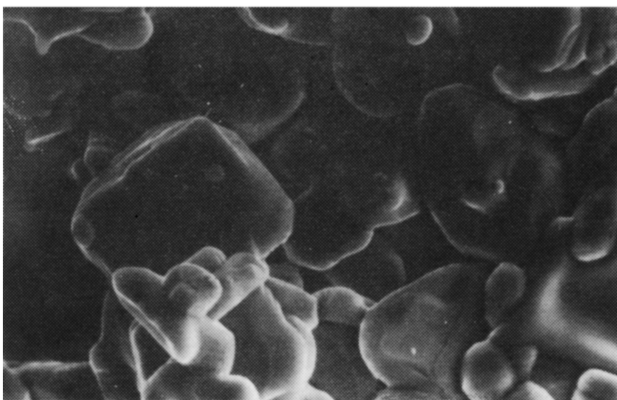
Рис. 2. Зависимость параметров  $T_c$  и  $T_n$  от флюенса быстрых нейтронов.

На рис. 3 приведены электронномикроскопические снимки реальной поверхности вышеуказанных пленок, облученных флюенсом  $2,3 \cdot 10^{14}$  нейтр./см<sup>2</sup>. Деформация перехода в пленках, состоящих из мелких кристаллитов (в, с), сильнее, чем в пленках, состоящих из крупных кристаллитов (а). Наблюдаемые различные изменения в облученных пленках (а, в, с) связаны с структурным совершенством.

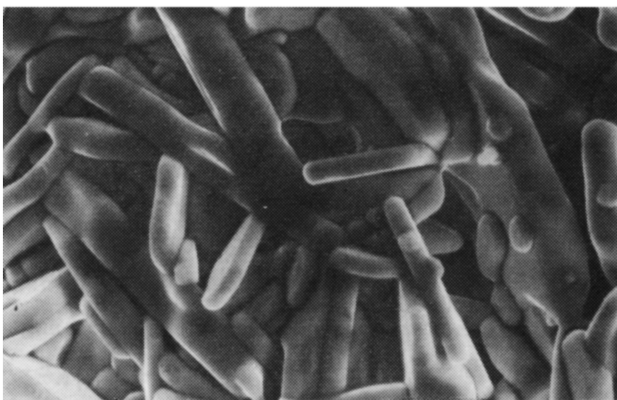
Таким образом, полученные результаты исследований позволили установить дозовые области влияния нейтронов на свойства сверхпроводящих пленок на основе  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ : а) область радиационной устойчивости, в которой параметры практически не меняются; б) область, в которой в результате облучения параметры ухудшаются, т.е. уменьшение параметров  $T_c$  и  $T_n$  для различных пленок.

Отжиг, проведенный для облученных образцов ( $10^{14}$  нейтр./см<sup>2</sup>), показал, что параметры  $T_c$ ,  $T_n$  восстанавливаются при  $T_{отк} = 900-940$  °С до исходных значений.

Рис. 3. Электронная микрофотография реальной поверхности различных пленок  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  (а, в, с) после облучения нейтронами флюенсом  $10^{14}$  нейтр./см<sup>2</sup>.



a



b



c

- [1] Воронин В.И., Давыдов С.А., Карькин А.Е. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 46 (Приложение).
- [2] Алексеенко Б.В., Букалов А.В., Галушка В.П. и др. Тез. докл. II Всес. конф. по высокотемпературной сверхпроводимости. Киев, 1989. Т. 111, 245 с.
- [3] Александров О.В., Казаков И.П., Киселева К.В., Максимовский С.Н., Шотов А.П. Тез. докл. 7-й Всес. конф. по росту кристаллов. М., 1988. Т. 11. С. 380-381.
- [4] Sava R.J., Botlogg B., Sunshine S.A. et al. // Physica C. 1988. P. 153-155; P. 560-565.

Поступило в Редакцию  
3 июля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 18      26 сентября 1990 г.  
07; 12

© 1990

#### ЯВЛЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ГИЛЬБЕРТ-ОБРАЗА ПУЧКА ИЗЛУЧЕНИЯ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ ФРЕНЕЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ТРАНСПАРАНТА

Э.Н. Балашова, М.В. Неофитный,  
В.А. Свич

Известны дифракционные элементы для выполнения преобразования Гильберта в зоне Фраунгофера [1-2]. Однако задача безлинзового формирования Гильберт-образа (ГО) в зоне дифракции Френеля оставалась нерешенной вплоть до появления работ [3, 4], в которых описан эффект отображения ГО в изображениях Френеля фазового транспаранта, состоящего из двух участков с различными значениями отношения поперечных размеров канавок к периоду их расположения. Указанный эффект позволяет упростить существующие схемы теневых приборов [1, 5] благодаря совмещению в одном дифракционном элементе функций фильтра Гильберта и фокусирующего устройства. Недостатком существующих дифракционных элементов, выполняющих преобразование Гильберта в зонах Френеля и Фраунгофера, является значительная зависимость качества формируемого изображения от смещения центра транспаранта относительно оси пучка. Указанное смещение приводит к появлению фона, интенсивность которого пропорциональна квадрату смещения.