

[12] Хлюстиков И.Н., Буздин А.И. // УФН. 1988. Т. 155. № 1. С. 47-88.

[13] Стрэттон Дж. Теория электромагнетизма. М.: ОГИЗ, 1948. 539 с.

Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (Ленина)

Поступило в Редакцию
15 декабря 1988 г.
В окончательной редакции
13 февраля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 8

26 апреля 1989 г.

05.2

ТОЛСТЫЕ ПЛЕНКИ В СИСТЕМЕ $Y-Ba-Cu-O$ НА ПОДЛОЖКАХ BaF_2

И.В. Грехов, Л.А. Делимова,
М.Л. Кожух, О.К. Семчинова,
В.В. Третьяков

Открытие высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) стимулировало создание пленок из этих материалов на различного типа подложках. Кроме известных способов распыления и эпитаксии тонких пленок [1, 2] появились сообщения об изготовлении толстых пленок ВТСП, выполненных различными методами [3, 4].

В данной работе сообщается об изготовлении толстых ВТСП пленок в системе $Y-Ba-Cu-O$ на подложках BaF_2 .

Порошок $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, полученный стандартным методом твердофазного синтеза из окислов, размальшивался в шаровой мельнице с агатовыми шарами и просеивался с целью получения пудры с размерами зерен, не превышающими 1 мкм. Необходимое количество пудры смешивалось с органическим растворителем для получения суспензии определенной вязкости, которая наносилась на подложки методом центрифугирования. Концентрация суспензии колебалась от 1 г/см³ до 3 г/см³, в качестве растворителя использовался 2 - пропанол. Сушка образцов для удаления растворителя производилась сначала на воздухе при комнатной температуре, затем в печи при 100 °С. Скорость вращения центрифуги, использовавшейся для нанесения суспензии, задавалась вязкостью суспензии и желаемой толщиной пленки. Оптимальным процессом синтеза с точки зрения механических свойств пленки и диффузии из подложки оказалась выдержка при $T = 1000$ °С в течение 1 часа, обеспечивающая спекание зерен, затем синтез при $T = 900$ °С в течение 4 часов и медленное охлаждение с печью. Процесс насыщения пленки кислородом проходил при $T = 460$ °С в течение 4 часов.

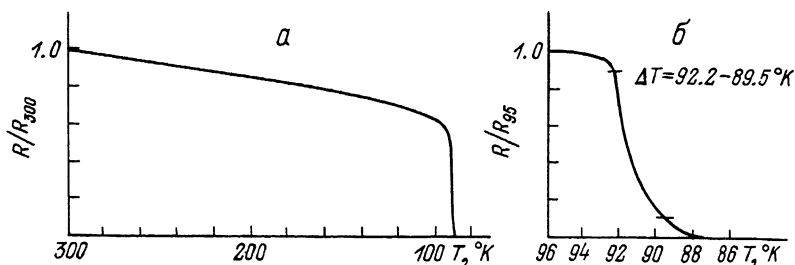


Рис. 1. Температурная зависимость сопротивления пленки $Y_2Ba_2Cu_3O_7$ толщиной 100 мкм на подложке BaF_2 . а - общий вид, б - вид в области перехода.

В качестве подложек использовались BaF_2 , CaF_2 и различные типы радиокерамик. Подложки имели форму квадрата со стороной ~ 10 мм и шлифованной поверхностью. Процесс получения пленок на всех типах подложек был идентичен.

Сопротивление ВТСП пленок измерялось стандартным четырехзондовым методом. На рис. 1 показана типичная температурная зависимость сопротивления для пленки толщиной ~ 100 мкм, изготовленной на подложке из BaF_2 . При комнатной температуре удельное сопротивление образца составляло $\rho \approx 4.2 \cdot 10^{-2}$ Ом·см. С понижением температуры сопротивление падало и к началу перехода достигло значения $\rho \approx 2.4 \cdot 10^{-2}$ Ом см. Переход в сверхпроводящее состояние, определенный по уровню изменения сопротивления $(0.9 - 0.1)R$ лежит в интервале температур $\Delta T = 2.7$ К, при $T_C \approx 91$ К. Наблюдаемые результаты воспроизводились после нескольких термоциклов в промежутках между которыми образец хранился на воздухе.

На пленках с толщинами ≈ 200 мкм, нанесенных на BaF_2 , переход в сверхпроводящее состояние оказался более затянутым: $\Delta T = 7$ К.

На пленках, изготовленных на подложках из CaF_2 , переход в сверхпроводящее состояние не наблюдался, а при охлаждении образца в диапазоне температур 300–77 К его сопротивление возрастало на несколько порядков. На всех типах радиокерамик получались изолирующие слои с ясно различимой „зеленой фазой” Y_2BaCuO_5 .

Морфологические наблюдения и измерения элементного состава проводились на приборе „Сатебах”. На фотографиях скола структуры (рис. 2,а) видно, что пленка представляет собой плотные сростки монокристаллов. Толщина пленки составляет (100 ± 20) мкм. На границе раздела пленка – подложка имеется переходная область (рис. 2,б). Состав монокристаллов в пленке различен, но близок к составу $Y_2Ba_2Cu_3O_7$. Вариации состава наблюдаются по Ba

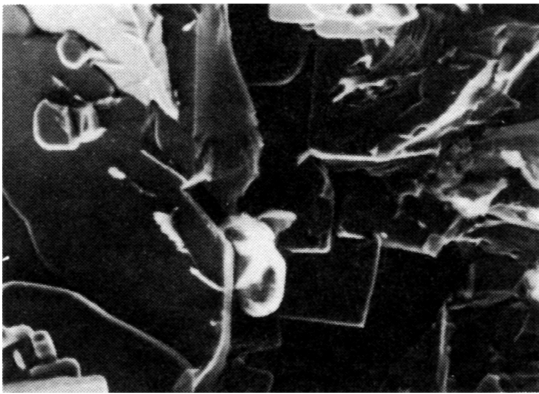


Рис. 2. Фотографии скола структуры пленки $Y_1Ba_2Cu_3O_7$ толщиной 100 мкм на подложке BaF_2 в растре электронного микроскопа.

а – общий вид структуры $\times 500$, б – сrostки монокристаллов в пленке $\times 1000$.

и Cu в пределах 10% относительных при повышенном содержании кислорода по сравнению с тетрагональной фазой $Y_1Ba_2Cu_3O_{6.5}$.

Приведенные экспериментальные результаты показывают, что толстые пленки ВТСП могут быть изготовлены на подложке BaF_2 . Переход в сверхпроводящее состояние наблюдается в диапазоне температур $\Delta T = 92.2 - 89.5$ К. Применение BaF_2 в качестве подложки перспективно ввиду ее низкой диэлектрической проницаемости ($\epsilon = 7$) по сравнению с широко распространенным $SrTiO_3$ ($\epsilon = 300$), а также в связи с тем, что он является хорошим „подслоем“ для ВТСП пленок на Si и других полупроводниковых материалах.

- [1] O s a m u M i c h i k a m i, H i d e f u m i A s a n o, Y u j i r o K a t o h, S h u g o K u b o. // Jap. Journ. of Appl. Phys. 1987. V. 26. N 7. P. L1199-L1201.
- [2] H e l l m a n E.S., S c h l o m D.G., M i s s e r t N., C h a r K., H a r - r i s J.S. // J. Vac. Sci. and Technol. 1988. B 6. N 2. P. 799-803.
- [3] B u d h a n i R.C., T z e n g S.H., D o - e r r H.J., B u h s h a h R.F. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. P. 1277-1281.
- [4] M a y P., J e d a m z i k D., M i l l e r P. // Supercond. Sci. Technol. 1988. V. 1. P. 1-4.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
13 марта 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 8

26 апреля 1989 г.

02; 05.2

НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

Э.Н. С о б о л ь

Одной из особенностей высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) является относительно низкое значение порога лазерной абляции W_0 , при воздействии лазерных импульсов длительностью $\tau = 30$ нс на пленки $YBa_2Cu_3O_x$ $W_0 = 0.11$ Дж·см⁻², что не может быть объяснено существующими моделями плавления и испарения вещества [1, 2].

В настоящей работе рассмотрен механизм лазерного разрушения ВТСП, связанный с выделением кислорода при термическом разложении керамики. Установлено, что при достижении некоторой плотности энергии излучения W возникает колебательный режим, при котором температура T и давление кислорода P на фронте химической реакции меняются со временем немонотонно, причем в определенных условиях процесс носит неустойчивый характер, что приводит к значительному перегреву поверхности и к резкому увеличению P . Показано, что кинетика лазерного разложения, механизм и величина порога абляции зависят от пористости керамики θ , от характерного размера пор r , а также от τ .