

- [9] Beever M.S., Grossley J., Garrington D.C., Williams J. // J. Chem. Soc. Farad. Trans. II. 1976. V. 72. P. 1482.
- [10] Цветков В.Н. // Докл. АН СССР. 1972. Т. 205. С. 328.
- [11] Stockmayer В.Н., Fixman M. // Journ. Pol. Sci. P.C. 1968. N 1. P. 137.

Институт физики  
Ленинградского государственного  
университета

Поступило в Редакцию  
27 марта 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 9

12 мая 1989 г.

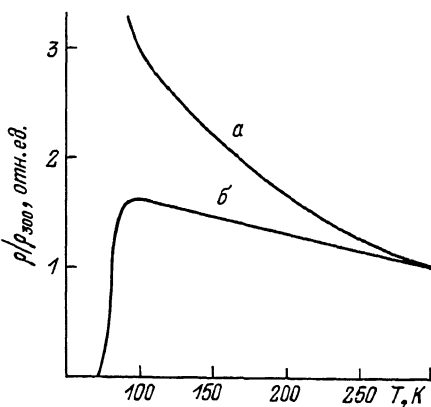
05.4

### СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ СОСТАВА $Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$

А.О. О л е с к, Б.А. Т а л л е р ч и к,  
Ю.В. Б о б к о в

Огромный интерес вызывает оксидная сверхпроводящая керамика с высокой критической температурой [1-6]. Сверхпроводимость наблюдается при температурах ниже 25-96 К в ряде составов с общей формулой  $(A_1-xB_x)_2CuO_{4-\delta}$ , где  $A=Y, La$ ;  $B=Ca, Sr, Ba$ , и в составах  $AB_2Cu_3O_{7-\delta}$ , где  $A=Sc, Y, Eu, Dy, Ho, Er, Tm, Yb$ . Первые успехи в области получения оксидных сверхпроводников с высокой  $T_c$  были достигнуты на объемных образцах, полученных по обычной керамической технологии [1-4]. Однако в большинстве случаев технического использования явления высокотемпературной сверхпроводимости в электронике желательно иметь дело со сверхпроводниковыми пленками. Сюда относятся такие изделия электронной техники, как туннельные сверхпроводниковые транзисторы, сверхпроводниковые системы памяти, сверхпроводниковые интегральные микросхемы, интегральные приемники теплового излучения (в том числе и многоэлементные), сквиды и т.д. Одним из возможных путей получения пленок является приготовление поликристаллических слоев по толстопленочной технологии. В данной работе сообщается о получении сверхпроводящих оксидных пленок состава  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ . Смесь соединений иттрия, бария и меди, взятых в пропорциях, соответствующих необходимому катионному соотношению, тщательно гомогенизировалась, после чего проводился твердофазный синтез на воздухе. После помола из приготовленной шихты готовилась паста на органическом связующем. Методом шелкографии паста наносилась на алюмооксидные подложки. Толщина слоев варьировалась в широких пределах, что позволяло получать окончательную толщину сверхпроводника от 10 до 120 мкм. После сушки слои подвергались обжигу

Температурные зависимости удельного электрического сопротивления пленок  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{9-\delta}$  после получения (а) и после дополнительной термообработки в кислороде (б).



в воздушной атмосфере при температуре 1000 °С. Очевидно, что свойства сверхпроводящей оксидной керамики существенно зависят от степени окисления (величины  $\delta$ ). При слишком больших или слишком малых  $\delta$  получается неоднородная система, при приближении  $\delta$  к оптимальным значениям состав слоя становится однофазным, а величина  $\rho_{300\text{K}}$  падает. Ввиду недостаточности для практики знаний об области гомогенности фазы  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{9-\delta}$  и о зависимости парциального давления кислорода от температуры для фиксированных значений  $\delta$  для этой фазы (или о положении изобар по кислороду на фазовой диаграмме „состав-температура“) нами были подобраны экспериментально условия обжига полученных пленок. За счет дополнительных термообработок на воздухе (350 °С – 1 час) и в кислороде (900 °С – 6 часов) удается снизить удельное сопротивление материала пленки, измеренное при 300 К, от  $4 \cdot 10^3$  до величины  $0.1 \cdot 10^{-3}$  Ом·см. При этом характер температурной зависимости удельного сопротивления пленок, измеренного четырехзондовым методом на постоянном токе, меняется от обычного активационного до типичного для сверхпроводника, как это показано, на рисунке. В зависимости от режима получения и толщины сопротивление пленок составляет 0.10–100.0 Ом на квадрат при температуре 300 К. Пленки, получаемые указанным методом, могут найти применение при производстве указанных выше изделий электронной техники, а также для нанесения сверхпроводящих слоев на экраны, СВЧ резонаторы и т.д.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] B e d n o r z J.A., M ü l l e r K.A. // Z. Phys. 1986. В64. N 2. P. 189–193.
- [2] C h u C.W., H o r P.H., M e n y R.L., G a o L., H u a n Z.J. // Phys. Rev. Lett., 1987. V. 58. N 4. P. 405–407.
- [3] C a v a R.J., D o v e r R.B., v a n, B a t i o g g B., R i e t m a n E.A. // Phys. Rev. Lett. 1987. V. 58. N 4. P. 408–410.
- [4] W a M.K., A s h b u r n J.R., T o r n g C.J., H o r P.H., M e n g R.L., G a o L., H u

ang Z.J., Wang V.Q., Chu C.W. // Phys. Rev. Lett. 1987. V. 58. N 9. P. 908-910.

[5] Uchida S., Takagi H., Kitazawa K., Tanaka S. // Jap. J. Appl. Phys. 1987. V. 26. N 1. L\*-L2.

[6] Müller K.A., Takashige M., Bednorz J.G. // Phys. Rev. Lett. 1987. V. 58. N 11. P. 1143-1146.

Поступило в Редакцию  
1 марта 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 9

12 мая 1989 г.

04

### К ВОПРОСУ О ХАРАКТЕРЕ ДВИЖЕНИЯ ИОНОВ В МЕЖЭЛЕКТРОДНОМ ПРОМЕЖУТКЕ СИЛЬНОТОЧНОЙ ВАКУУМНОЙ ДУГИ

А.А. Логачев, Н.К. Митрофанов,  
Б.И. Циркель, С.М. Школьник

В последнее десятилетие заметно вырос интерес к исследованиям коротких ( $l/d < 1$ , здесь  $l$  — длина межэлектродного промежутка,  $d$  — диаметр электродов) сильноточных вакуумных дуговых разрядов (СВДР). Исследования развиваются в связи с проблемой создания сильноточных вакуумных выключателей и разрядников. При этом одним из важнейших является вопрос о характере движения и энергии ионов в межэлектродном промежутке (МЭП). От ответа на него зависят подходы к решению таких центральных при техническом использовании СВДР проблем, как увеличение тока, критического для образования анодного пятна, и скорости восстановления электропрочности промежутка после погасания дуги.

Известно, что на катоде СВДР одновременно горят десятки пятен,<sup>1</sup> которые являются источниками высокоскоростных (энергия направленного движения  $\sim 10^2$  эВ) сильноионизованных плазменных струй [2]. Обычно предполагается, что струи из отдельных пятен эффективно перемешиваются и МЭП дуги заполняется однородным столбом столкновительной, по крайней мере для электронов, плазмы, опирающимся на хаотически разбросанные по катоду пятна [3]. В работах [4, 5], по мнению авторов, получены результаты, показывающие, что ионы также претерпевают в МЭП много столкновений, их движение хаотизируется, (соответствующая  $T_i \approx 10$  эВ), а скорость направленного движения мала по сравнению с тепловой. Механизм

<sup>1</sup> Максимальный ток, пропускаемый пятном  $I_{\text{п}} \sim 10^2$  А. В частности, для меди  $I_{\text{п}} \approx 75$  А [1].