

- [2] S e i d m a n D.N. // Surface Science. 1978. V. 70. P. 532.
- [3] H e a l d P.T., S p r e i g h t H.V. // Acta Metal. 1975. V. 29. P. 1389.
- [4] Т р у ш и н Ю.В., О р л о в А.Н. // ЖТФ. 1986. Т. 56. С. 1302.
- [5] Т р у ш и н Ю.В. // ЖТФ. 1987. Т. 57. С. 226.
- [6] Р я з а н о в А.И. Препринт ИАЭ - 2621, М., 1976.
- [7] О р л о в А.Н., С а м с о н и д з е Г.Г., Т р у ш и н Ю.В. // ЖТФ. 1986. Т. 56. С. 1311.
- [8] С а м с о н и д з е Г.Г., Т р у ш и н Ю.В. // ЖТФ. 1988. Т. 58. С. 42.
- [9] С у в о р о в А.Л., К у к а в а д з е Г.М. // ФММ. 1970. Т. 30. С. 116.
- [10] Ш р е д н и к В.Н. Рост кристаллов, М.: Наука, 1980, т. XIII, с. 68.
- [11] B r a i l s f o r d A.D., B u l l o u g h R. // Phil. Mag. 1973. V. 27. P. 49.
- [12] B u l l o u g h R., H a y n s M.R. // J. Nucl. Mater. 1975. V. 57. P. 348.
- [13] M a n s u r L.K. // J. Nucl. Mater. 1979. V. 83. P. 109.
- [14] O r l o v A.N., S a m s o n i d z e G.G., T r u s h i n Yu.V. // Rad. Eff. 1986. V. 97. P. 45.

Поступило в Редакцию
18 мая 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 17 12 сентября 1990 г.

05.4

© 1990

СТАБИЛИЗАЦИЯ КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ТОНКИХ ПЛЕНОК $Y-Va-Cu-O$ С ПОМОЩЬЮ
ПАССИВИРОВАНИЯ СЕРЕБРОМ

Е.А. П р о т а с о в, И.В. С о б а к и н,
Ю.П. С к о п и н ц е в, А.А. И в а н о в

Изучение стабильности параметров сверхпроводниковых пленок системы $Y-Va-Cu-O$ показало, что пленки без защитного покрытия с течением времени теряют свои сверхпроводящие свойства.

В этой связи важное значение имеет разработка способов, предохраняющих сверхпроводниковые пленки от разрушающего действия как атмосферы, так и вакуума. Такая задача была поставлена в данной работе.

В качестве пассиватора нами было использовано серебро, которое, как было показано в работе [1], по-первых, способствует лучшему росту сверхпроводящей фазы, а во-вторых, приводит к некоторому росту критической температуры. Кроме того, как следует из [2], добавка серебра в шихту $Y-Ba-Cu-O$ увеличивает критический ток в массивных образцах более чем в 2 раза.

Сверхпроводниковые пленки $Y-Ba-Cu-O$ были получены с помощью импульсного лазерного испарения в атмосфере кислорода ($p = 10^{-1}$ мм рт. ст.) по методике, описанной в работе [3]. Толщины пленок варьировались от 0.2 до 1 мкм. Подложкой служил монокристаллический $SrTiO_3$. Для пассивирования использовалось серебро чистотой 999,9, которое наносилось в виде тонкого слоя (300/500 Å) на ВТСП пленку с помощью термического или лазерного испарения.

Для оценки эффективности защитного покрытия, а также его влияния на сверхпроводящие свойства, при использовании первого метода пленка разрезалась на две равные части с помощью лазерного скайбирования. На одну из частей термическим способом наносился слой серебра, а затем проводился отжиг при 300–450 °C в течении 15 минут (отжиг при более высоких температурах сильно ухудшал критические параметры пленок). Вторая часть пленки использовалась в качестве контрольной. С помощью четырехзондового метода были измерены зависимости $\rho(T)$, представленные на рис. 1, а. Из рисунка видно, что сопротивление пленки с серебряным покрытием (кривая 1) в нормальном состоянии почти в два раза меньше, чем у контрольной пленки (кривая 2), и при примерно одинаковой температуре начала перехода T_N значительно уменьшается ширина перехода ΔT .

После этого обе пленки погружались в воду на 30 минут и просушивались при комнатной температуре. Проведенные затем измерения показали, что сопротивление контрольной пленки возросло на порядок и значительно уменьшилась критическая температура (кривая 2' на рис. 1, а). Сопротивление пассивированной же пленки возросло незначительно, а критическая температура практически не изменилась (кривая 1').

При пассивировании пленок вторым методом слой серебра наносился на напыленную сверхпроводниковую пленку в процессе ее охлаждения при температурах 300–400 °C с помощью того же лазера, после чего температура понижалась до комнатной в течении 20–30 минут. Для пленок, полученных этим методом, были обнаружены несколько неожиданные результаты, представленные на рис. 1, б: кривая 1 – зависимость $\rho(T)$ сразу после пассивирования, кривые 2 и 3 после двух циклов обработки пленок в воде по 30 минут. Из рисунка видно, что температура T_K ($R = 0$) возрастает после двукратной обработки водой, а затем стабилизируется и перестает изменяться при последующих циклах (кривая 4).

Кроме резистивных измерений были проведены методом диамагнитного экранирования исследования влияния пассивирования на диамагнитный переход в различных магнитных полях.

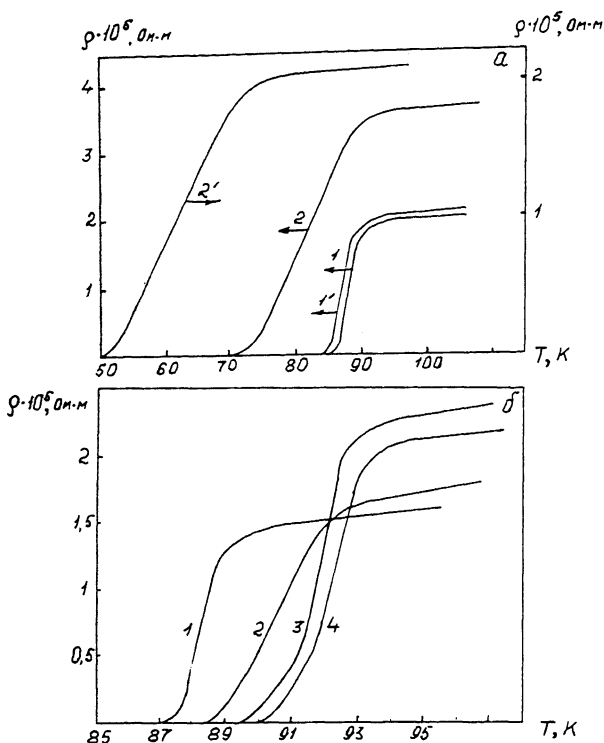


Рис. 1. Зависимость удельного сопротивления ρ от температуры: а) 1 – пассивированная и 2 – контрольная пленки после отжига, 1 и 2 соответственно после их обработки водой; б) для пассивированной пленки: 1 – исходная зависимость, 2, 3, 4 – после последовательной обработки пленки водой.

Результаты измерений представлены на рис. 2. Кривые 1, 2, 3 получены для исходной непассивированной пленки в полях 0,1, 1, 10 Э, а кривые 1', 2', 3' – после пассивации в этих же полях. Из рисунка видно, что после пассивирования критическая температура пленки увеличилась на 4 К, а также уменьшилась ширина перехода. Возросла также устойчивость пленки к магнитному полю – смещение критической температуры при возрастании магнитного поля у пассивированной пленки меньше, чем у исходной, что указывает на увеличение критического магнитного поля, а следовательно и критического тока пассивированной пленки.

Представляют интерес также исследования изменения параметров сверхпроводниковых пленок при длительном нахождении их в вакууме. Для эксперимента были выбраны две пленки: одна без защит-

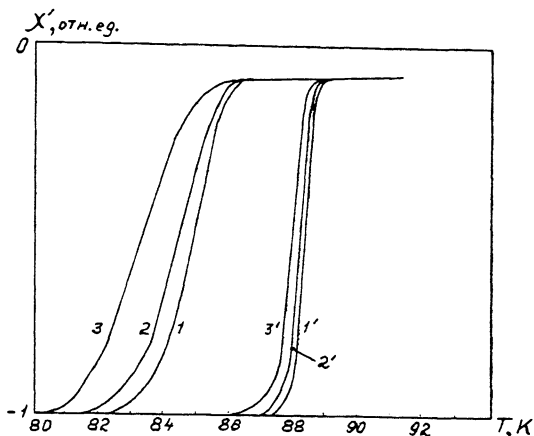


Рис. 2. Зависимость действительной части магнитной восприимчивости X' от температуры T в различных магнитных полях: 1 – 0.1 Э, 2 – 1 Э, 3 – 10 Э для непассивированной пленки; 1' – 0.1 Э, 2' – 1 Э, 3' – 10 Э для этой же пленки после пассивирования серебром.

ного покрытия (контрольная), вторая – пассивированная серебром. Пленки были помещены в вакуумный криостат ($p = 10^{-5}$ мм рт. ст.). Температура перехода в сверхпроводящее состояние у контрольной пленки была $T_K = 88$ К, а у пассивированной $T_K = 90$ К. После пяти месяцев нахождения в вакууме контрольная пленка полностью деградировала, а критическая температура пассивированной пленки практически не изменилась. Отметим, что направленность магнитного поля, необходимая для перевода пленки в нормальное состояние, постепенно увеличивалась и после 12 месяцев нахождения пленки в вакууме возросла в два раза.

Из представленных результатов можно сделать следующие выводы: во-первых, пассивирование серебром с последующей термической обработкой ВТСП пленок является эффективной защитой их от воздействия воды и предотвращает деградацию параметров пленок при нахождении в вакууме в течении длительного времени; во-вторых, при пассивировании поверхности пленок серебром увеличивается критическая температура T_K , критический ток пленок и повышается степень экранирования магнитного поля. С течением времени при нахождении пленки в вакууме эти параметры даже несколько улучшаются.

Окончательные выводы относительно механизмов, приводящих к описанным выше эффектам, можно сделать после соответствующих исследований, однако позволим себе высказать ряд соображений.

Улучшение критических параметров пленок после пассивирования, видимо, связано с тем, что в процессе напыления пленки ВТСП имели некоторый дефицит по кислороду, а пассивирование частично ликвидировало этот дефицит.

Этот вывод подтверждается экспериментами, в которых в качестве исходных использовались пленки с относительно низкими критическими температурами (70–80 К). В таких пленках после пассивирования было получено наибольшее возрастание T_K (~10 К).

Помимо этого, часть атомов серебра может внедряться в поверхностный слой кристаллитов, изменяя при этом валентное состояние атомов меди, что приводит, в свою очередь, к улучшению проводимости пленки.

Постепенное увеличение утойчивости пассивированной пленки по отношению к магнитному полю при ее нахождении в вакууме может свидетельствовать о диффузном характере происходящих в ней изменений структуры, которые, по всей видимости, связаны с перераспределением атомов кислорода на границах и в объеме кристаллитов. Такое перераспределение стимулируется атомами серебра.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Miller J.H., Holder S.H. et al. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 54. P. 2256–2258.
- [2] Imanaka N., Saito F. et al. // Jap. J. Appl. Phys. 1989. V. 28. N 4. P. 4580–4582.
- [3] Зайцев-Зотов С.В., Мартынюк А.Н., Протасов Е.А. // ФТТ. 1983. Т. 25. В. 1. С. 148–154.

Московский институт
радиотехники, электроники
и автоматики

Поступило в редакцию
2 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 17

12 августа 1990 г.

09

© 1990

ГИСТЕРЕЗИСНЫЙ РЕЖИМ КЕРАМИЧЕСКОГО ВЧ СКВИДА
В УСЛОВИЯХ БОЛЬШИХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ
ФЛУКТУАЦИЙ ($T = 77$ К)

В.М. Закосаренко, Е.В. Ильичев,
В.А. Тулин

Обычно учет влияния собственного теплового шума джозефсоновского контакта основывается на его резистивной модели [1]. В рамках этой модели источником шума является нормальное сопротивление R_N джозефсоновского контакта.