

05.4

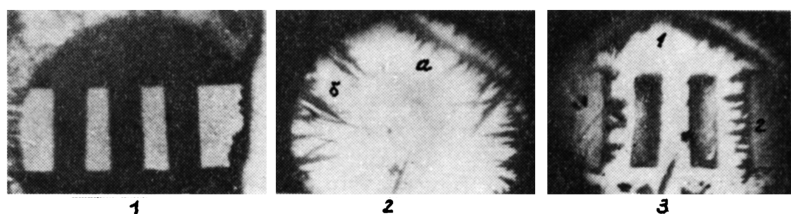
© 1991

ДЕГРАДАЦИЯ ПЛЕНОК $Y-Ba-Cu-O$
ПОД СЕРЕБРЯНЫМИ ПОКРЫТИЯМИА.И. Б е л я е в а, Б.И. Х а м д а м о в,
В.П. Ю р ь е в

В настоящее время серебро, как один из немногих металлов, не взаимодействующих с кислородом ВТСП материала $Y-Ba-Cu-O$, широко используется для создания низкоомных контактов к пленкам $Y-Ba-Cu-O$ [1], для нанесения покрытий, защищающих пленки от деградации в воде и вакууме [2, 3], а также в качестве буферного слоя, предотвращающего взаимодействие между пленкой и подложкой [4]. С другой стороны, обращает на себя внимание высокая проникающая способность серебра в $Y-Ba-Cu-O$ пленки [5]. В керамике $Y-Ba-Cu-O$ коэффициент диффузии серебра при комнатной температуре $\sim 10^{-10}$ см²с⁻¹ [6], что связывают с быстрой миграцией серебра по границам зерен. Очевидно, что диффузионное проникновение нормального металла из покрытий в межзеренную среду пленок может привести к нарушению связей между зернами. В этой связи представляет интерес исследование влияния серебряного покрытия на сверхпроводящие свойства $Y-Ba-Cu-O$ пленок в отсутствие таких сильнодействующих факторов внешней среды, как влага, вакуум и др.

Исследования проводились на пленке $Y-Ba-Cu-O$, полученной методом лазерного осаждения на подложку $SrTiO_3$ ориентации (100). Пленка имела высокую степень ориентации оси „с“ (перпендикулярно поверхности подложки), температуру сверхпроводящего перехода $T_c=85$ К, ширину перехода $\Delta T_c \approx 2$ К и критическую плотность тока $j_c = 2 \cdot 10^5$ А/см². На ее поверхность при помощи термического испарения наносились серебряные покрытия в виде четырех площадок толщиной 700 Å. Такое расположение покрытий позволяло использовать их в качестве контактов для резистивных исследований и оставляло часть пленки свободной от серебра. На рис. 1, 1 приведена фотография этой пленки (черная) с контактами (светлые).

Прямую информацию о неоднородностях сверхпроводящих свойств такой пленки дает визуальное исследование пространственного распределения магнитного потока на ее поверхности в однородном внешнем поле с помощью магнитооптической методики, использующей в качестве индикатора эпитаксиальную пленку Bi -содержащего феррограната [7]. Возможности этой методики можно расширить, используя низкочастотное переменное поле. Уже в очень слабых переменных полях возникают колебания доменных границ (ДГ)



1

2

3

Рис. 1. Фотография исследуемой $Y-Ba-Cu-O$ пленки с серебряными контактами на подложке $SrTiO_3$ при $T_{комн}$ (1) и структура захваченного в ней магнитного потока после приложения и снятия поля 200 Э при $T=35$ К, визуализированная с помощью феррогранатовой пленки: сразу после выращивания (2) и через 6 месяцев выдержки в сухом воздухе при $T_{комн}$ (3).

индикатора относительно положений равновесия, которые могут быть надежно зарегистрированы как визуально, так и фотометрически [8]. Температурная зависимость амплитуды колебаний ДГ индикатора над выбранной областью ВТСП, помещенного в однородное переменное магнитное поле, соответствует температурной зависимости локальной магнитной проницаемости и позволяет найти положение (T_c) и ширину (ΔT) диамагнитного перехода в этой области. В настоящей работе с помощью указанной магнитооптической методики выявлены изменения сверхпроводящих свойств $Y-Ba-Cu-O$ пленки под серебряными контактами и вокруг них при ее хранении в сухом воздухе.

На рис. 1, 2 приведена магнитооптическая картина неоднородного магнитного состояния индикаторной пленки, совмещенной с $Y-Ba-Cu-O$ пленкой после приложения и снятия магнитного поля 200 Э, перпендикулярного ее поверхности, при $T=35$ К. Магнитный поток, захваченный в $Y-Ba-Cu-O$ пленке, поддерживает индикаторную пленку над ней в намагниченном состоянии (светлая область) и, замыкаясь вокруг ВТСП пленки, перемагничивает там индикаторную пленку в противоположном направлении. Образованный таким образом вокруг $Y-Ba-Cu-O$ пленки черный ореол очерчивает ее контур.

Захваченный в $Y-Ba-Cu-O$ пленке поток замыкается не только вокруг нее, но и через отдельные участки внутри пленки, предварительно вытесняя из них магнитный поток первоначального направления. Индикаторная пленка над этими участками перемагничивается в направлении, обратном направлению захваченного потока, и, таким образом, выявляет их на магнитооптической картине. Следует отметить, что описанные участки не только демонстрируют малость объемных сил пиннинга (P_p), но и характеризуются существенно меньшими по сравнению с остальной частью пленки значениями критических полей проникновения (H_{c1}). В связи с этим будем называть такие участки, обладающие более слабыми сверх-

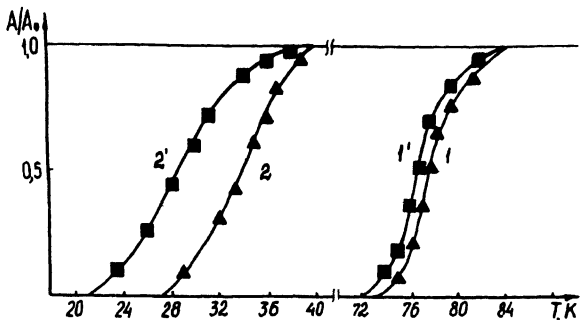


Рис. 2. Температурные зависимости нормированной амплитуды колебаний доменных границ индикатора над участками „1'” и „2'” $Y - Ba - Cu - O$ пленки, положения которых показаны на рис. 1, 3, в возбуждающем поле 182 Гц при амплитудах 2.5 Э (кривые 1, 2) и 5 Э (кривые 1', 2').

проводящими свойствами, дефектными или слабыми. Наличие серебряных контактов никак не сказывается на структуре магнитного потока в $Y - Ba - Cu - O$ пленке (рис. 1, 2).

На рис. 1, 2 можно выделить два типа слабых участков - прямые узкие (~ 0.1 мм) полосы длиной до нескольких мм (а) и узкие клинья длиной 0.1-1 мм (б), прорастающие от краев пленки или краев дефектных полос. Поляризационно-оптическое исследование подложки из $SrTiO_3$ показало, что образование слабой полосы (а) обусловлено наличием внутренних напряжений в подложке. В тех случаях, когда подложка имеет блочную структуру, в ВТСП пленке образуется система слабых полос, копирующих границы блоков.

На рис. 1, 3 представлена структура захваченного магнитного потока после приложения и снятия поля 200 Э в той же самой $Y - Ba - Cu - O$ пленке при $T=35$ К по прошествии 6 месяцев, в течение которых она выдерживалась в сухом воздухе при комнатной температуре. По всей площади пленки произошло ослабление сверхпроводящих свойств, которое выражается в уменьшении полей проникновения и сил пиннинга, а также в разрастании старых и появлении новых слабых участков. Наиболее интенсивно этот процесс идет под серебряными контактами, что и приводит к образованию характерной структуры захваченного магнитного потока, копирующей расположение контактов (ср. рис. 1, 1 и рис. 1, 3).

На рис. 2 представлены температурные зависимости нормированной амплитуды колебаний ДГ размагниченного индикатора над

двумя участками $Y - Ba - Cu - O$ пленки („1” и „2”), показанными на рис. 1, 3, при различных амплитудах возбуждающего поля частотой 182 Гц. Положения участков выбраны так, что один из них („1”) находится в области наиболее сильной экранировки внешнего поля, а другой („2”) – в одном из наиболее слабых мест под контактами. Диаметр зондируемых участков 150 мкм. Из сравнения кривых на рис. 2 видно, что на участке „1” диамагнитный переход, регистрируемый по резкому уменьшению амплитуды колебаний ДГ, начинается при более высоких температурах и происходит в более узком интервале температур, чем на участке „2”. При увеличении амплитуды возбуждающего поля наблюдается смещение диамагнитного перехода вниз по температуре, причем на участке „2” этот процесс выражен сильнее, что свидетельствует о большей чувствительности межзеренных связей к магнитному полю.

Таким образом, при хранении в сухом воздухе сверхпроводящие параметры $Y - Ba - Cu - O$ пленок (T_c , ΔT , H_{c1} , R_s) под серебряными покрытиями ослабевают быстрее, чем в остальной части пленки. Под контактами наблюдается также более сильная зависимость положения диамагнитного перехода от амплитуды возбуждающего поля, что подтверждает предположение об ослаблении межзеренных связей в результате диффузионного проникновения серебра. В связи с этим для создания контактов можно предложить использование других благородных металлов, не образующих окислов на поверхности ВТСП и имеющих существенно меньшую проникающую способность, например, Au [5]. В качестве защитных покрытий более перспективными могут оказаться органические пленки [2], например, CHF_3 . Во всех этих случаях, однако, влияние контактов и покрытий на скорость деградации в отсутствие сильнодействующих факторов не изучалось.

Авторы признательны А.И. Усоскину и И.Н. Чукановой за синтез и аттестацию ВТСП пленок, А.В. Антонову и М.Ю. Гусеву – за создание пленок-индикаторов для настоящего исследования.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Варламов Ю.Д., Врацких В.Ф., Золкин А.С. и др. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 6. С. 76–79.
- [2] Нефедов В.И., Соколов А.И. // Журнал неорганической химии. 1989. Т. 34. № 11. С. 2723–2739.
- [3] Протасов Е.А., Собакин И.В., Скопичев Ю.П. В кн.: XXУ1 Всесоюзное совещание по физике низких температур. Тез. докл. Секция: Сверхпроводимость. Донецк, 1990. С. 332–334.
- [4] Мощалкова Н.А. // Журнал Всес. хим. общества им. Д.И. Менделеева. 1989. Т. 34. № 6. С. 710–716.

- [5] Куприянов М.Ю., Лихарев К.К. // УФН. 1990. Т. 160. № 5. С. 49-87.
- [6] Гафаров С.Ф., Джафаров Т.Д., Куликов Г.С. и др. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 9. С. 59-61.
- [7] Беляева А.И., Войценья С.В., Юрьев В.П. // СФХТ. 1990. Т. 3. № 6. Ч. 2. С. 1189-1198.
- [8] Набокин П.И. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. В. 5. С. 308-312.

Поступило в Редакцию
11 декабря 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 6

26 марта 1991 г.

05.2

© 1991

КАНАЛИРОВАНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ В ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ С ПЛАВНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ВОСПРИИМЧИВОСТИ

А.Г. Любимов

Вопрос о каналировании рентгеновских лучей в кристаллах [1-3] и искусственных объектах [4-6] обсуждался неоднократно. Однако в качестве искусственных объектов обычно рассматривались структуры с резкой границей вакуум - среда, когда „каналирование“ фактически является транспортировкой излучения за счет многократного полного внешнего отражения на границах. Учет шероховатости реальной границы сказывается только на отклонении коэффициента отражения от френелевского.

В настоящей работе непосредственным измерением угловой расходимости излучения подтвержден факт каналирования рентгеновских лучей в периодической искусственной структуре с плавным изменением диэлектрической восприимчивости. В качестве такого объекта использовалась, как и в [7], серийная микроканальная пластина (МКП). При определенном угле наблюдения гексагональная упаковка цилиндрических микроотверстий представляет собой совокупность плоских каналов с плавной периодической (период ~ 10 мкм) зависимостью восприимчивости $\chi(x)$ от поперечной координаты x (рис. 1, а). Пучок параллельных лучей, распространяющихся вдоль такого канала, будет периодически увеличивать свою угловую расходимость [2, 4, 7]; при параболической зависимости $\chi(x)$ период осцилляций будет одинаков для всех лучей (рис. 1, б).