

05.4; 12

© 1990

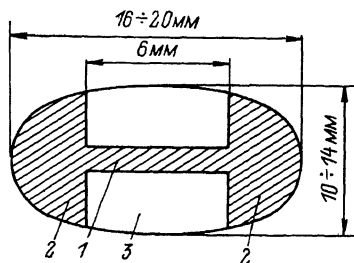
О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ СИЛЬНОТОЧНЫХ ПРИБОРОВ И УСТРОЙСТВ ИЗ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ НА БАЗЕ ЭПИТАКСИАЛЬНОЙ ПЛЕНОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

С.В. Гапонов, А.Ю. Климов,
Е.Б. Ключенков, Е.В. Пискарев,
П.Б. Сушилини, А.Ш. Фикс

Одной из перспективных областей для технических приложений высокотемпературных сверхпроводников является сильноточная электроника. Продвижение в этом направлении связывается обычно с созданием проводов методами традиционных технологий [1-3]. В настоящей работе обращается внимание на возможность использования в качестве токонесущего элемента сильноточных приборов и устройств эпитаксиальной пленки высокотемпературного сверхпроводника. Основанием для этого служит высокое значение плотности критического тока ($\sim 5 \cdot 10^6$ А/см² при 78 К) в пленках $YBa_2Cu_3O_7$, полученных методом лазерного напыления [4]. Однако на пути реализации этой возможности стоят проблемы получения „толстых“ пленок $YBa_2Cu_3O_7$ достаточно хорошей структуры, способных транспортировать интегральный ток в десятки и более ампер и создания сильноточных контактов к этим пленкам. Эти проблемы удалось решить. Получены пленки $YBa_2Cu_3O_7$, способные в жидком азоте транспортировать бездиссипативный ток до 20 А на миллиметр ширины. Максимальная интегральная величина тока составила 138 А. Ниже кратко описана технология изготовления пленок с контактами и приведены результаты измерений.

Эпитаксиальные пленки $YBa_2Cu_3O_7$ на подложке $SrTiO_3$ получались методом прямого лазерного напыления с помощью эксимерного лазера $LPX-200$. Площадь пленок составляла (1-2) см², максимальная толщина - 15 мкм. Требуемая геометрия (см. рисунок) формировалась методами фотолитографии. Температура перехода пленок в сверхпроводящее состояние, измеренная по стандартной четырехзондовой методике, лежала в пределах от 89 до 91 К. Сильноточные контакты занимали площадь около 0,5 см² каждый и изготавливались следующим образом. На участки пленки $YBa_2Cu_3O_7$, предназначенные для контактов, наносился слой золота толщиной 2-3 мкм путем магнетронного напыления в атмосфере аргона. Общее сопротивление двух контактов $Au-YBa_2Cu_3O_7$ не превышало 10^{-6} Ом. На золото накладывался очищенный от окислов и загрязнений слой свинца толщиной (0,05-0,3) мм, к которому прижимался массивный медный токосъемник. Суммарное

Пленки $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, использованные в экспериментах. 1 - рабочая часть; 2 - площадки для контактов, 3 - подложка.



сопротивление обоих контактов между медным токосъемником и пленкой имело величину менее 10^{-3} Ом.

Для измерения токонесущей способности пленки экспериментальное устройство из пленки с высокоточными контактами и токоподводами к последним погружалось в жидкий азот. Напряжение на рабочем участке пленки (см. рисунок) фиксировалось с помощью дополнительных прижимных контактов, расположенных на слое золота. Наибольшая величина статического бездиссипативного тока (при отсутствии напряжения на пленке, измеряемого с точностью 10 мкВ) составила 48 А, что соответствует плотности тока $3 \cdot 10^5$ А/см², и была достигнута на пленке толщиной 2 мкм и шириной рабочего участка 8 мм. При дальнейшем увеличении тока напряжение на пленке скачком возрастало до максимально возможной величины, определяемой напряжением источника питания, а ток резко уменьшался. Максимальная величина транспортируемого тока (48 А) не изменялась при помещении экспериментального устройства в небольшое магнитное поле (0,05 Тл). Эти факты указывают на то, что при токе 48 А пленка находилась в сверхпроводящем состоянии, но омические потери в высокоточных контактах превысили возможности теплосъема с них, что и привело к быстрому разогреву зоны контактов, а затем и пленки. Соединив параллельно три подобные пленки с помощью массивных медных проводников, удалось достичь максимальной величины транспортируемого статического тока в 138 А. Максимальное отношение транспортируемого пленкой статического тока к ширине ее рабочей части составило 200 А/см и было достигнуто в эксперименте на пленке толщиной 15 мкм и шириной рабочей части 1 мм. Два обстоятельства позволяют интерпретировать максимальный ток 20 А (плотность $1,3 \cdot 10^5$ А/см²), достигнутый в этом эксперименте, как критический: при дальнейшем увеличении тока через пленку напряжение на ней возрастало с ростом тока постепенно (а не скачком), а в магнитном поле величиной 0,05 Тл максимальная величина тока падала примерно в 1,5 раза. При увеличении тока свыше 20 А пленка продолжала транспортировать статический ток в диссипативном режиме. При токе 39 А напряжение на пленке скачком резко возросло при одновременном уменьшении тока до нуля. Осмотр поверхности пленки в микроскоп выявил нарушение целостности рабочего участка плен-

ки (разрыв в виде ломаной линии). По-видимому, при токе 39 А тепловыделение в рабочем участке пленки превысило возможности отвода тепла жидким азотом, что привело к неуправляемому разогреву пленки и к нарушению ее целостности.

Полученные результаты позволяют надеяться на создание сильноточных приборов и устройств на эпитаксиальных пленках $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] K o h n o O., I k e n o Y., S a d a k a t a N., A o k i Sh., S u g i m o t o M., N a k a g a w a M. // J. Appl. Phys. 1987. V. 26. N 10. P. 1653-1656.
- [2] K o h n o O., I k e n o Y., S a d a k a t a N., G o t o K. // J. Appl. Phys., 1988. V. 27. N 1. P. L77-L79.
- [3] S e n S., C h e n I.G., C h e n C.H., S t e f a n e s c u D.M. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 54. N 8. P. 766-768.
- [4] Гапонов С.В., Гарин Ф.В., Голубев В.Н., Калягин М.А., Ключенков Е.Б., Косыев В.Я., Кочемасов А.В., Стриковский М.Д. // ЖЭТФ. 1989. Т. 95. В. 2. С. 1086-1091.
- [6] Гапонов С.В. // Вестник АН СССР. 1984. № 12. С. 3-10.

Поступило в Редакцию
1 декабря 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 3

12 февраля 1990 г.

02; 04

© 1990

О ВОЗМОЖНОМ ПРИМЕНЕНИИ ФОТОРЕЗОНАНСНОЙ ПЛАЗМЫ
В КАЧЕСТВЕ ЭМИТТЕРА ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ИОНОВ

О.А. Горшков, Р.Н. Ризаханов

Весьма широкий спектр отрицательных ионов может быть получен в ионных источниках объемного типа, где в качестве эмиттера ионов используется плазма несамостоятельного газового разряда. Однако в разрядной плазме возможно образование отрицательных ионов нескольких сортов, что не всегда желательно, и кроме