

Институт радиотехники
и электроники АН СССР,
Фрязинская часть

Поступило в Редакцию
14 февраля 1990 г.
В окончательной редакции
с 13 июня 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 16

28 августа 1990 г.

05.4

© 1990

ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОЛИТОГРАФИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ $Y-Va-Si-O$

А.В. Багуля, И.П. Казаков,
А.Р. Микертумянц, М.А. Негодаев,
В.А. Ромашин, В.И. Цехош,
А.Н. Юрков

Для решения ряда научных и технических задач криоэлектроники требуются пленочные сверхпроводящие структуры сложной конфигурации. С появлением высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) возникла необходимость в исследованиях возможностей традиционных методов нанесения рисунка с высоким разрешением на пленки ВТСП, в частности состава $Y-Va-Si-O$.

В работах [1, 2] для формирования рисунка на таких пленках использовались методы лазерного и ионно-лучевого травления. Одним же из наиболее распространенных и доступных методов литографии является метод фотолитографии с проявлением в водных растворах.

В литературе неоднократно обсуждалось отрицательное влияние влаги на свойства ВТСП системы $Y-Va-Si-O$ [3]. Однако исследования по химическому полированию ВТСП состава $Y-Va-Si-O$, выполненные в работе [4], показали возможность кратковременного травления в водных растворах без нарушения сверхпроводящих свойств на глубинах $h > 0.1$ мкм (работа была выполнена на керамических образцах и монокристаллах). В работе [5] с помощью фотолитографии был сформирован рисунок с шириной линии 25 мкм с сохранением сверхпроводящих свойств полученной структуры.

Возможность деградации пленок состава $Y-Va-Si-O$ при проявлении в водных растворах приводит к жестким требованиям микро- и макронеоднородности пленок, а также к степени шероховатости поверхности пленок, к составу межзеренных границ, раз-

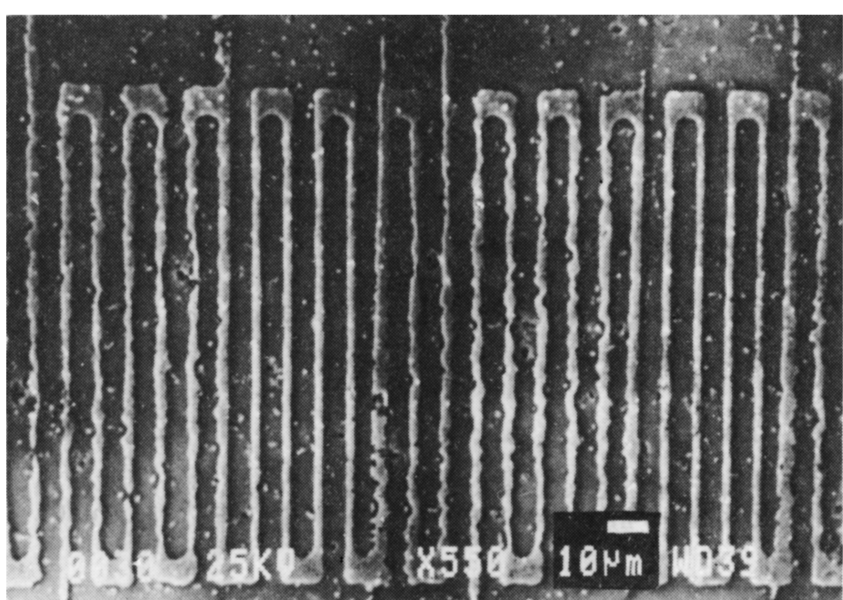


Рис. 1. Фотография чувствительного элемента болометрической линейки.

мерами зерен, что и ограничивает минимально возможную ширину линии формируемого рисунка.

В настоящей работе нами была поставлена задача выявить возможность фотолитографии (с проявлением в водных растворах) для получения пленочных структур с рисунком сложной конфигурации на пленках ВТСП состава $Y-Ba-Cu-O$.

Для решения поставленной задачи была выбрана конфигурация болометрической 32-элементной линейки, чувствительный элемент которой выполнен в виде меандра. Рисунок наносился на зеркально гладкую поверхность пленки. Пленки выращивались методом ионнолучевого распыления [6] на подложках $[100] SrTiO_3$. Температура перехода в сверхпроводящее состояние у исследуемой пленки составляла $T_c(R=0) \cong 67$ К.

Операции по нанесению фоторезиста, его сушке, совмещению и экспонированию, а также проявлению и задубливанию проводились на линии фотолитографии „Лада-Электроника-125“ в стандартных технологических режимах. Использовался фоторезист типа ФП-051К. Травление пленки ВТСП осуществлялось в разбавленной ортофосфорной кислоте ($H_3PO_4 : H_2O = 1 : 60$) в течение 20 с. Далее следовали операции: промывка в воде, снятие фоторезиста в демитилформамиде (ДМФ) – 30 с, промывка в ДМФ – 30 с и сушка в шкафу „СНОЛ“ при $t = 90^\circ C$ – 10 мин.

После нанесения рисунка никакого дополнительного отжига пленки не производилось.

На рис. 1 приведена фотография чувствительного элемента болометрической линейки. Общая длина линии меандра превышала 1,5 мм,

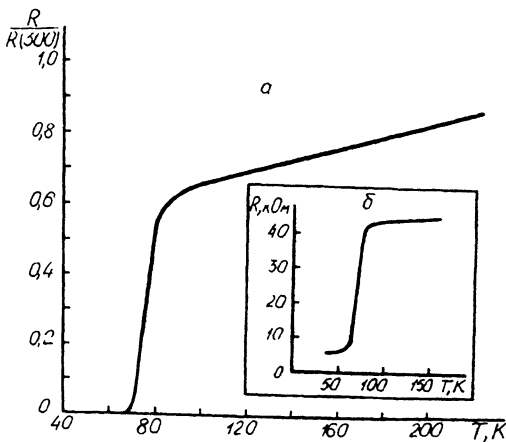


Рис. 2. а) Температурная зависимость сопротивления общей шины и меандра, измеренная четырехзондовым методом. б) Температурная зависимость сопротивления меандра, измеренная двухзондовым методом.

а ее ширина составляла 2–2,5 мкм. Для исследования сверхпроводящих свойств были выбраны несколько меандров и общая шина (ширина общей шины ~ 70 мкм). Измерения температурной зависимости сопротивления меандра и общей шины $R(T)$ проводились четырехзондовым методом. Температурная зависимость сопротивления меандра и общей шины (рис. 2, а) совпали с температурной зависимостью сопротивления исходной пленки. Температура перехода в сверхпроводящее состояние общей шины совпала с температурой перехода исходной пленки. Температура перехода меандров в сверхпроводящее состояние составляла $T = 65\text{--}67$ К.

Для измерения температурной зависимости сопротивления меандра применялся также двухзондовый метод. При этом наблюдался крутой спад характеристик $R(T)$ в диапазоне температур 75–86 К (рис. 2, б).

Используемый нами травитель (сильно разбавленная ортофосфорная кислота) обеспечивает высокую скорость травления (> 0.5 мкм/мин), что является нежелательным для микроформирования тонкопленочных структур, т.к. не позволяет контролируемо получать профили с гладкими боковыми стенками и накладывает более жесткие требования на однородность толщины исходной пленки. Подтверждением этого предположения являются некоторые участки меандра с сильным подтравливанием боковых стенок. Поэтому для получения рисунков с гладким профилем стенок, по-видимому, требуется подобрать травитель с меньшей скоростью травления, обеспечить хорошее совмещение на стадии экспонирования и однородность толщины пленки по всей поверхности.

Повторное исследование сверхпроводящих свойств меандра и общей шины были проведены через 8 месяцев. Каких-либо изменений их сверхпроводящих свойств не обнаружено.

Таким образом, методом стандартной фотолитографии с проявлением в водных растворах были получены сверхпроводящие структуры состава $Y-Ba-Cu-O$ сложной конфигурации с шириной линии ~ 2 мкм. Никакой ощутимой деградации температуры сверхпроводящего перехода при этом не наблюдалось.

Авторы выражают глубокую благодарность А.А. Комару и А.П. Шотову за внимание к работе, а так же Е.Г. Чижевскому за уникальный монтаж контактов на пленочных элементах.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Zheng J.P., Kim H.S., Ying Q.Y., Barone R., Bush P., Shaw D.P., Kwok H.S. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 55. N 10. P. 1044-1046.
- [2] Harriott L.R., Polakos P.A., Rice C.E. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 55. N 5. P. 495-497.
- [3] Your M.E., Barmes R.L. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. N 7. P. 532-534.
- [4] Баранова Г.К., Зверьков С.А., Овчинникова Л.В. Тез. докл. П Всес. конф. по высокотемпературной сверхпроводимости. Киев, 1989, Т. 3, С. 161-162.
- [5] Frenkel A., Venkatesan T., Chinn-Lion Lin, Wu X.D., Hedge M.S., Inam A., Dutta D. // Appl. Phys. Lett. 1988. V. 53. N 26. P. 2704-2706.
- [6] Багуля А.В., Казаков И.П., Негодаев М.А., Цехош В.И. Тез. докл. П Всес. конф. по высокотемпературной сверхпроводимости. Киев, 1989, Т. 2, С. 289-290.

Физический институт им П.Н. Лебедева
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
8 мая 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 16

26 августа 1990 г.

05.1; 07

© 1990

ОТЖИГ ЛОКАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ В КРИСТАЛЛАХ $YAG-Er^{3+}$
ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ
МИЛЛИСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

В.И. Жеков, Т.М. Мурина,
А.В. Попов, А.М. Прохоров

Поглощающие дефекты и включения в оптических материалах в большинстве случаев являются доминирующим источником лазерного разрушения оптических элементов [1]. Для получения совершенных оптических материалов, например, лазерных кристаллов, необходимо, с одной стороны, повышать степень очистки шихты, из ко-