

- [6] K o l o m i e t s B.T., A v e r y a n o v V.L.,  
L y u b i n V.M., P r i k h o d k o O.Yu.//  
Solar Energy Mater. 1982. V. 8. N 1. P. 1-8.
- [7] К а л м ы к о в а Н.П., М а з е ц Т.Ф., С м о р г о н -  
с к а я Э.А., Ц е н д и н К.Д. // ФТП, 1988. Т. 23. № 2.  
С. 141-146.

Физико-технический  
институт им. А.Ф. Иоффе АН СССР,  
Ленинград

Поступило в Редакцию  
18 мая 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 13

12 июля 1989 г.

05.4; 09

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ОТКЛИК ШИРОКИХ  
СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ  
МОСТИКОВ  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$

С.Н. Е р м о л о в, Н.А. К и с л о в,  
В.А. К у л и к о в, В.А. М а р ч е н к о,  
Л.В. М а т в е е ц, А.В. Н и к у л о в,  
В.Ж. Р о з е н ф л а н ц, А.Ю. С е р е б р я к о в,  
А.В. Ч е р н ы х

Поликристаллические образцы  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ , представляющие собой систему слабосвязанных сверхпроводниковых гранул, могут быть использованы в качестве чувствительных элементов приемников СВЧ-излучения. В [1] исследовались характеристики таких детекторов на основе точечных контактов из  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ . Однако более перспективным является использование пленочных структур, обладающих стабильностью характеристик [2].

В настоящей работе приведены результаты исследования отклика широких пленочных мостиков из высокотемпературной керамики  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  на СВЧ-излучение с частотой  $f = 39$  ГГц при различных температурах  $4.2 < T < T_c$ .

ВАХ таких образцов имеют вид, характерный для высокотемпературной керамики, т.е.  $d^2V/dI^2 > 0$  при  $V > 0$ . ВАХ измерялись при различных уровнях СВЧ-мощности, при этом, как и в [2], ступеньки тока не наблюдались. Для больших уровней мощности критический ток подавлялся и ВАХ приближалась к прямой линии (рис. 1). Вид ВАХ позволяет сделать вывод, что межгранулярная связь с исследуемых мостиках осуществлялась на основе эффекта близости [3].

Измерение отклика производилось в макете 8 мм приемника [4]. Подложка с напыленной структурой вставлялась в прорезь шириной 0.5 мм в середине широкой стенки волновода основного сечения с

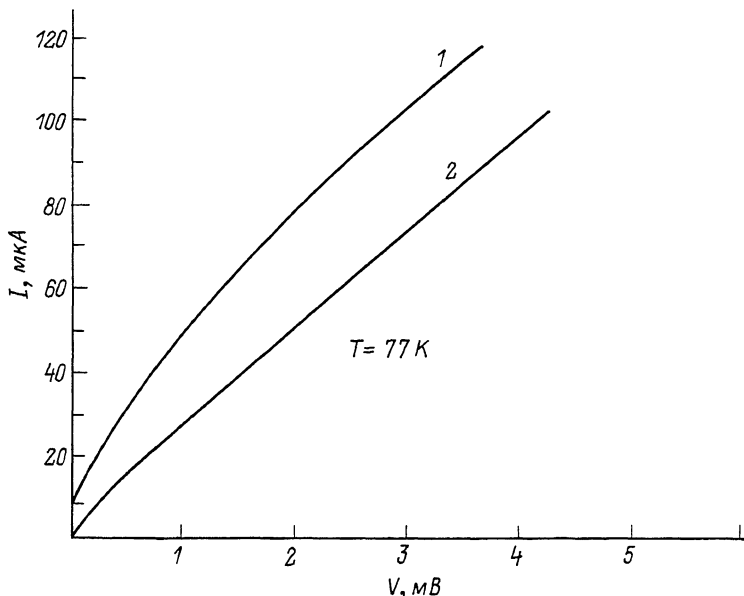


Рис. 1. ВАХ образца с  $R_N = 40$  Ом при различных уровнях СВЧ-мощности: 1 -  $P = 0$ , 2 -  $P = 5 \cdot 10^{-6}$  Вт.

регулируемым короткозамыкающим поршнем на конце. Детектируемый сигнал усиливался малошумящим предварительным усилителем с охлаждаемым трансформатором. Запись отклика в зависимости от напряжения на переходе производилась на двухкоординатном самописце. Величина подаваемого СВЧ-излучения измерялась на входе приемника.

Пленки  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  изготавливались методом лазерного распыления керамической мишени. Использовался  $\text{Nd}:\text{YAG}$  лазер со следующими параметрами: длина волны излучения  $\lambda = 1.06$  мкм, частота следования импульсов  $f_0 = 20-30$  Гц, протяженность импульса 100 нс, плотность мощности излучения  $\sim 10^9$  Вт/см<sup>2</sup>. Пленки напылялись на подогретые ( $\sim 750$  °С) полированные ориентированные подложки из  $\text{ZrO}_2(100)$ , стабилизированного  $\text{Y}$ , с подслоем серебра [5]. Напыление осуществлялось в атмосфере кислорода при давлении  $10^{-2}$  мм рт. ст. Время напыления - 10 мин, толщина пленки  $\sim 1$  мкм.

После напыления производился кратковременный отжиг в течение 15-20 мин в потоке  $\text{O}_2$  при температуре 960 °С, после чего образцы остывали в печи в течение 1 часа до 100 °С.

Мостиковая структура формировалась резом пленки лучом лазера. Ширина реза составляла 15 мкм. Единственными проводящими участками в этой области оставались один или два мостика, ширина которых составляла 50 мкм, а длина определялась шириной реза. С учетом того, что зерна в пленке имели размер единицы мкм, мостики содержали несколько десятков зерен.

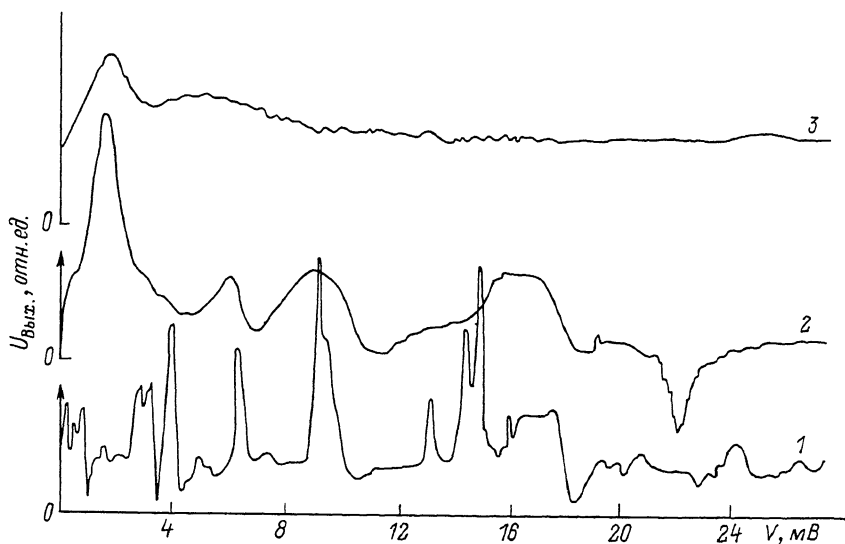


Рис. 2. Зависимости величины отклика  $U_{\text{вых}}$  от напряжения смещения  $V$  на образце при различных температурах: 1 - 4,2 К, 2 - 38 К, 3 - 77 К.

Формирование контактных площадок к пленке осуществлялось напылением слоя  $Ag$ , остальная часть пленки с мостиками покрывалась напыленным слоем  $ZrO_2$  для защиты от воздействия влаги.

Температура начала перехода в сверхпроводящее состояние составляла 92–93 К, окончания перехода - 86–88 К, значения сопротивления  $R_N$  таких структур находились в пределах единиц–десятков Ом при  $T = 77$  К.

На рис. 2 приведены зависимости отклика от напряжения смещения для образца с  $R_N = 40$  Ом. Отклик имел вид, характерный для множественных параллельно–последовательно соединенных переходов, что типично для гранулированных структур [4].

С повышением температуры максимумы на зависимостях величины отклика от напряжения на образце смещаются в сторону меньших токов и уширяются. Поскольку максимальное значение отклика каждого перехода соответствует начальному участку ВАХ, подобное поведение вызывается уменьшением критических токов отдельных переходов.

Возрастание тепловых шумов приводит к уширению пиков за счет размытия и перекрывания критических токов этих переходов.

Увеличение рабочей температуры приводит также к уменьшению числа межгранулированных границ, имеющих критический ток при данной температуре. Этим можно объяснить уменьшение числа отдельных пиков на представленных зависимостях.

Поэтому при  $T = 77$  К зависимость величины отклика от напряжения имеет лишь один ярко выраженный пик, соответствующий начальному участку ВАХ.

Измерения вольт-ваттной чувствительности  $S$  и мощности, эквивалентной шуму ( $NEP$ ) детектора проводились при напряжении смещения, соответствующих максимальному отклику. Вольт-ваттная чувствительность для контакта с  $R_N = 40$  Ом составляла при  $4.2$  К  $\sim 10^3$  В/Вт, соответствующее значение  $NEP - 2 \cdot 10^{-12}$  Вт/Гц $^{1/2}$ . При увеличении температуры до  $77$  К величина  $S$  уменьшается почти на два порядка.

Таким образом, исследование свойств широких мостиков в пленках высокотемпературных сверхпроводников показало: 1) ВАХ имеет вид, характерный для керамических образцов, межгранулярные связи в которых определяются эффектом близости; 2) детектирующие свойства определяются системой гранул и их границ, выделенных в объеме мостиков; 3) зависимость отклика от напряжения имеет вид множественных пиков, количество и величина которых уменьшается с ростом температуры.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] В е р е в к и н А.А., Г р а б о й И.Э., И л ь и н В.А. и др. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 22. С. 2075-2077.
- [2] F a n C h a n g x i n, Y u L i a n g k a i // Mod. Phys. Lett. B. 1988. V. 1. N 11. & 12. P. 431-435.
- [3] G e r g i s I.S., T i t u s J.A., K o b r i n P.H., H a r k e r A.B. // Appl. Phys. Lett. 1988. V. 53. N 22. P. 2226-2228.
- [4] К у л и к о в В.А., М а т в е е ц Л.В. // ЖТФ. 1979. Т. XLIX. В. С. 664-667.
- [5] Е р м о л о в С.Н., К и с л о в Н.А., М а р ч е н к о В.А. и др. XXV Всесоюзное совещание по физике низких температур. Тезисы докладов, 25-27 октября 1988, Л. Ч. 1. С. 161-162.

Поступило в Редакцию  
10 апреля 1989 г.