

включающих  $Si-C$ . Разработанный общий подход к расчету диаграмм плавкости систем с инконгруэнтно плавящимися соединениями открывает возможности для широких модельных термодинамических исследований в этой области материалоповедения.

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] K u b a s c h e w s k i O., E v a n s E.L. Metallurgical thermochemistry, Pergamon Press, N.Y., 1958.
- [2] М е л е х Б.Т., С е м е н к о в и ч С.А. // Ж.Физ.Хим. 1968. Т. 42. № 3. С. 672-674.
- [3] S t r i n g f e l l o w G.B. // J. Phys. Chem. Solids. 1973. V. 34. N 10. P. 1749-1750.
- [4] Л и т в а к А.М., Ч а р ы к о в Н.А. // Ж.Физ.Хим. 1990. Т. 64. № 9. С. 2331-2337.
- [5] S c a s e R.I., S l a s k G.A. // J. Chem. Phys. 1959. V. 30. N 6. P. 1551-1555.
- [6] D r y b u r g h P.M. // J. Cryst. Growth. 1988. V. 87. P. 397-407.
- [7] Физико-химические свойства полупроводниковых веществ. Справочник. Коллектив авторов. М.: Наука, 1979.

Поступило в Редакцию  
21 марта 1991 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 8

26 апреля 1991 г.

05.4

© 1991

### МИКРОВОЛНОВЫЙ ОТКЛИК ПОРОШКООБРАЗНОЙ ВТСП КЕР АМИКИ

А.А. Р а б у х и н, Д.Е. Р я б о в,  
А.В. С е л е з н е в, В.Н. С е м е н е н к о

В последнее время широко исследуются СВЧ свойства ВТСП керамики, в частности возможность создания на ее основе конкурентноспособных детекторов электромагнитного излучения. Для этой цели используются слабосвязанные сверхпроводники в виде сверхпроводящих точечных контактов [1], микромостиков на основе тонких пленок [2], а также естественные слабые связи, существующие между отдельными сверхпроводящими зернами сплошного керамического образца [3]. Однако представляет интерес исследование микроволнового отклика искусственно созданной порошкообразной ВТСП керамики, как системы слабых точечных связей между гранулами фиксированного размера.

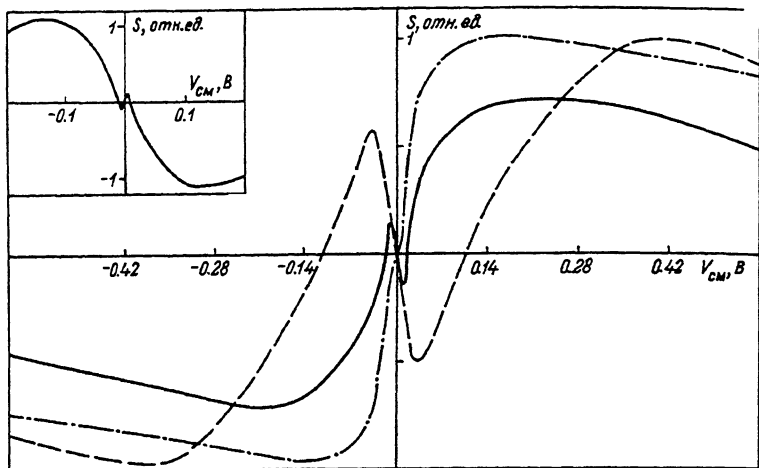


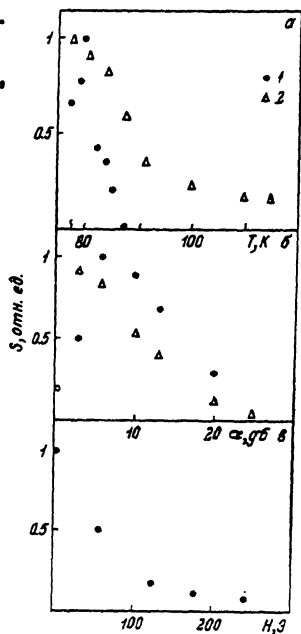
Рис. 1. Зависимость отклика  $S$  от напряжения смещения  $V_{CM}$  после пропускания через образец транспортного тока:  $I = 2 \text{ A}$  - сплошная линия, сопротивление образца  $R = 0.6 \text{ Ом}$ ;  $I = 4 \text{ A}$  - пунктир,  $R = 0.3 \text{ Ом}$ ;  $I = 8 \text{ A}$  - штрих-пунктир,  $R = 0.1 \text{ Ом}$ . На вставке - исходная кривая ( $R = 1 \text{ Ом}$ ,  $T = 77 \text{ K}$ ,  $f = 10.0 \text{ ГГц}$ ).

В данной работе исследовалась керамика  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$  с температурой фазового перехода  $T_c = 92 \text{ K}$ . Керамический образец измельчался и просеивался через сито, выделялись гранулы со средним размером  $0.25 < d < 0.5 \text{ мм}$ . Гранулы засыпались в специальную текстопитовую ячейку с четырьмя медными контактами, поджимались и помещались между фланцами 3-см волновода и согласованной нагрузки. Использовались также композитные образцы - гранулы смешивались с клеем БФ-2 и наносились на текстопитовую подложку.

Изучался отклик порошкообразной керамики на излучение АМ сигнала трехсантиметрового диапазона длин волн. Частота модуляции составляла  $2 \text{ кГц}$ . Напряжение смещения и ВАХ образца снимались стандартным четырехконтактным методом. Образец находился в резистивном состоянии, что обусловлено высокоомностью точечных контактов между сверхпроводящими гранулами (ВАХ без выраженного критического тока). Проводимость варьировалась в пределах  $3-30 (\text{Ом}\cdot\text{см})^{-1}$  в зависимости от степени поджима.

На рис. 1 представлены зависимости микроволнового отклика от напряжения смещения на образце. Зависимости снимались на самописце при двух полярностях напряжения смещения для исключения влияния термоэдс контактов. Пик отклика при малых смещениях соответствует оптимальному напряжению смещения на межгранульных джозефсоновских переходах, соответствующему частоте облу-

Рис. 2. Зависимость экстремальных величин отклика при малых (1) и больших (2) напряжениях смещения от температуры (а), мощности ( $\alpha$  - коэффициент затухания) СВЧ - излучения (б) и внешнего магнитного поля (в) ( $f = 10,0$  ГГц).



чения. Следует отметить, что этот пик появлялся только при достаточно хорошем механическом контакте между отдельными гранулами. Пропуская через образец в жидком азоте кратковременно (5-10 с) большие постоянные транспортные токи, можно было значительно увеличить амплитуду джозефсоновского пика (см. рис. 1, а-б). Величина оптимального напряжения смещения при этом возрастала. Это связано, по-видимому, с образованием дополнительных межгранульных джозефсоновских переходов, помимо сформированных первоначально механическим путем, вследствие локального нагрева и спекания точечных межгранульных контактов, приводящего к образованию микромостиков. Проводимость образца при этом увеличивалась. Пропускание транспортного тока  $I = 8$  А (рис. 1, в) приводило к дальнейшему спеканию гранул (проводимость образца росла), однако, при этом гранулы уже не являлись слабо-

связанными, что вызывало практически исчезновение джозефсоновского пика при малых смещениях (рис. 1, в). Джозефсоновское происхождение пика отклика при малых напряжениях смещения подтверждают зависимости, приведенные на рис. 2. Как обычно, джозефсоновское детектирование подавляется нагревом образца выше температуры фазового перехода (рис. 2, а), интенсивным СВЧ-полем (рис. 2, б) и внешним магнитным полем (рис. 2, в). Наличие максимума величины джозефсоновского пика от температуры (рис. 2, а) согласуется с результатами, полученными в [4] для сильно неоднородной перколяционной сетки джозефсоновских переходов.

Наличие размытого экстремума микроволнового отклика при больших значениях напряжения смещения вызвано детектированием в самих гранулах, поскольку величина этого отклика слабо зависит от механического прижима и пропускания больших транспортных токов. Величина этого отклика является суперпозицией джозефсоновского детектирования на межзеренных переходах (или на плоскостях границ двойникования) внутри гранул, а также обычного болометрического детектирования в гранулах, о чем свидетельствует зависимость величины этого отклика от температуры (рис.

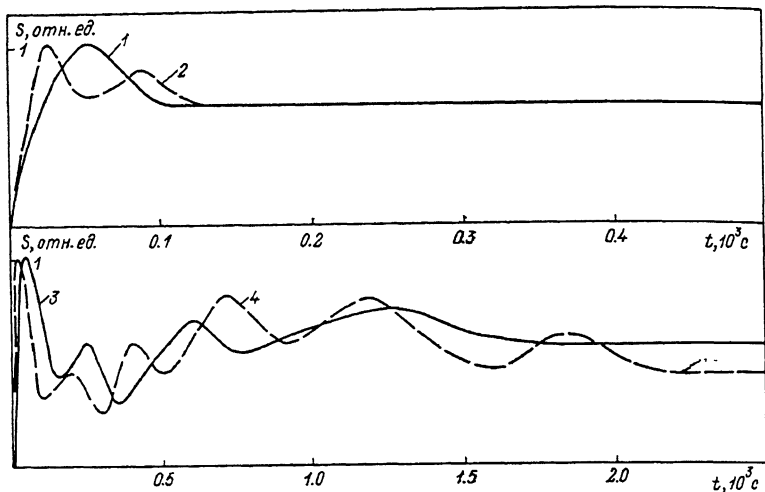


Рис. 3. Временная релаксация микроволнового отклика (кривая 1 - керамический стержень; 2 - порошкообразный образец; 3, 4 - композит). Кривые 1, 2, 3 - лабораторное магнитное поле, 4 -  $H = 360$  Э. Момент  $t = 0$  соответствует началу охлаждения ( $T = 77$  К,  $f = 8.41$  ГГц).

2, а) и мощности излучения (рис. 2, б), а также отсутствие мгновенной реакции на внешнее магнитное поле.

Тем не менее медленная осциллирующая временная зависимость микроволнового отклика порошкообразного и композитного образцов керамики  $YBaCuO$  во внешнем магнитном поле (в отличие от быстрой аperiодической релаксации отклика сплошного керамического стержня) указывает на отклик при больших напряжениях смещения (рис. 3). Гораздо большее время релаксации отклика для композитного образца вызвано его существенно большей неоднородностью по сравнению со сплошной керамикой. Неоднородность образца приводит к медленному движению джозефсоновских вихрей в межгранульной среде, проникновению их в гранулы, что и приводит к частичной модуляции отклика во времени.

Несмотря на низкую вольт-ваттную чувствительность этого детектора (1-10 В/Вт), он обладает сравнительно малым внутренним сопротивлением (0.1-1 Ом) в отличие от описанных в [1, 2], т.е. является источником тока.

#### 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 п ъ и н В.А., К а у л ь А.Р., Э т к и н В.С. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. № 22. С. 2075-2077.
- [2] К у л и к о в В.А., М а т в е е ц Л.В., С е р е б р я к о в А.Ю., Л а п т е в В.Н., М а х о в В.И., Е м е л ь я н о в Д.Г. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. № 20. С. 74-77.

- [3] Богомолов В.Н., Кумзеров Ю.А., Романов С.Г., Фокин А.В. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. № 3. С. 10-13.
- [4] Губанков В.Н., Дивин Ю.Я. // СФХТ. 1990. Т.3. № 10. С. 2184-2193.

Институт высоких температур  
АН СССР

Поступило в Редакцию  
13 февраля 1991 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 8

26 апреля 1991 г.

04; 07

© 1991

### О ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Ю.Б. Г о л у б о в с к и й, И.Э. С у л е й м е н о в

Газоразрядный источник света зачастую существует в режиме распространения бегущих ионизационных волн (страт). Легко осуществляются режимы, в которых эти страты являются регулярными нелинейными волнами с большой амплитудой и глубиной модуляции. При этом их длина волны и частота могут изменяться в широких пределах в зависимости от разрядных условий и типа страт. Представляется перспективным использовать подобную среду для синтеза изображений, в том числе и трехмерных. В настоящей работе обсуждаются возможности реализации таких изображений (с помощью представления интегральной интенсивности излучения в виде пространственного ряда Фурье).

Рассмотрим систему из  $N^2$  прозрачных газоразрядных трубок в качестве трехмерного экрана. По аналогии с телевизионным изображением будем рассматривать каждую трубку в качестве отдельной строки. При условии, что существует способ создания заданного распределения яркости вдоль каждой трубки  $\langle J(x) \rangle$  такая система может играть роль трехмерного экрана. Подобная система может быть реализована, например, с использованием набора контрагированных шнуров, а также другими способами. Принципиальное отличие подобной схемы от двумерного телевизионного экрана состоит в следующем: на двумерном телевизионном экране изображение формируется электронным пучком из третьего измерения, при этом яркость в каждой точке экрана формируется независимым образом. Для трехмерной среды представляется перспективным использовать ее коллективные свойства, а не подводить управляющий сигнал к каждой отдельной точке. Управляя величи-