

ряться могут не непосредственно интенсивности продифрагировавших пучков света, а их колебания. Кроме того, МДР проявляет свойства поляризатора и может служить для разделения пучков света не только по длине волны, но и по поляризации.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Семенов Д.И. // Кристаллография. 1981. Т. 26. В. 4. С. 753-757.
- [2] Семенов Д.И., Губарев А.П. // Оптика и спектроскопия. 1982. Т. 53. В. 3. С. 501-506.
- [3] Морозов А.М., Семенов Д.И. // Оптика и спектроскопия. 1983. Т. 54. В. 2. С. 308-311.
- [4] Семенов Д.И. // Оптика и спектроскопия. 1988. Т. 64. В. 4. С. 879-883.
- [5] Наскал Н. // IEEE Trans. Magn. 1970. V. 6. P. 542-545.
- [6] Kuhlow В., Lambek М. // Physika. 1975. V. 80B. N 1-4.

Симферопольский
государственный
университет им. М.В. Фрунзе

Поступило в Редакцию
18 марта 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 13

12 июля 1989 г.

05.4; 09

НЕСТАЦИОНАРНЫЙ ЭФФЕКТ ДЖОЗЕФСОНА

У $Ti_2Ca_2Ba_2Cu_3O_{10+x}$

Б.А. Аминов, А.И. Акимов,
Н.Б. Брандт, Нгуен Минь Тху,
М.В. Судакова, Ю.А. Пирогов,
Я.Г. Пономарев

В настоящей работе исследовано воздействие внешнего СВЧ-поля на вольт-амперные характеристики (ВАХ) джозефсоновских переходов на микротрещинах (break junctions) на базе $Ti_2Ca_2Ba_2Cu_3O_{10+x}$ с критической температурой $T_c = (106 \pm 108)$ К. Образцы ВТСП были изготовлены по керамической технологии [1, 2]. Микротрещины в образцах создавались с помощью модифицированного метода, предложенного в [3].

Бруски ВТСП прямоугольной формы с размерами $0,8 \times 0,8 \times 3,0$ мм³ приклеивались к столику из стеклопласта с помощью эпоксидного клея. Токовые и потенциальные пятячки из медной фольги толщиной 0,1 мм находились по краям столика. После полимеризации эпоксид-

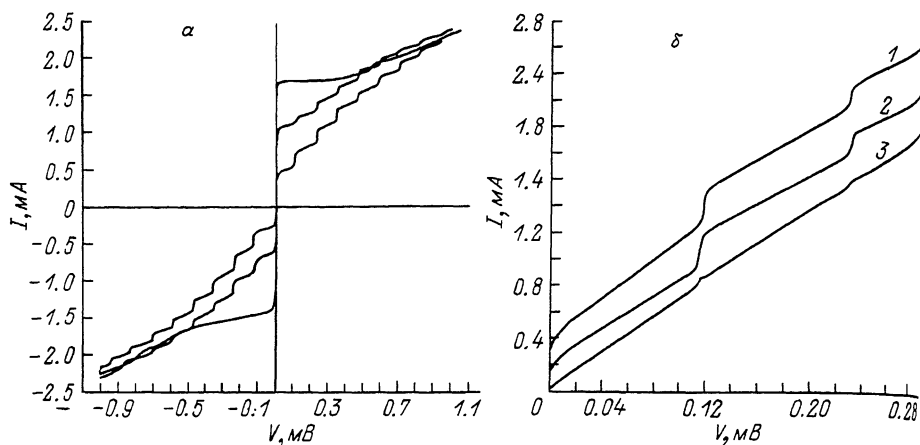


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики (ВАХ) джоузефсоновских $Ti-Ca-Ba-Cu-O$ - переходов на микротрешине при $T=4.2K$ (1 - без СВЧ-поля, 2, 3 - во внешнем СВЧ-поле с частотой $F = 57$ ГГц, мощность сигнала РЗ Р2) (а) и ВАХ переходов в СВЧ-поле с частотой $F=58$ ГГц при температурах : 1 - $T=61.6$ К, 2 - $T=77.7$ К, 3 - $T=102.2$ К (б).

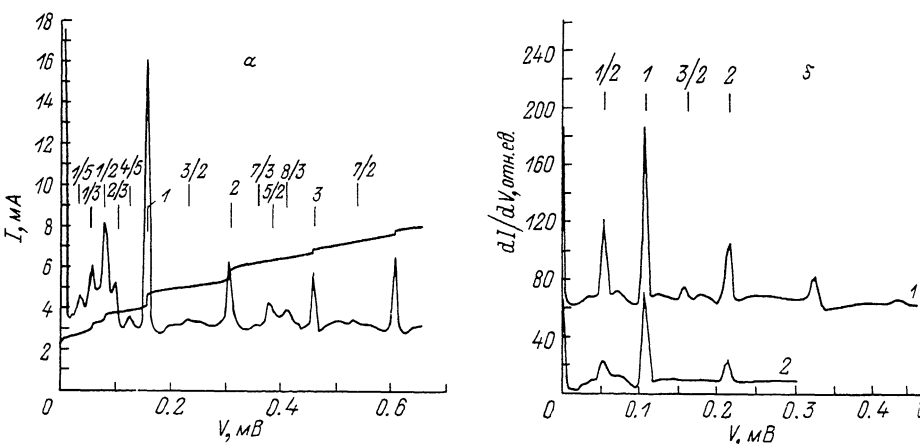


Рис. 2. $I(V)$ и $dI(V)/dV$ - характеристики джоузефсоновского $Ti-Ca-Ba-Cu-O$ - перехода во внешнем СВЧ-поле с частотой $F=74.4$ ГГц при $T=4.2$ К (хорошо видны субгармонические ступеньки) (а) и $dI(V)/dV$ характеристики перехода в СВЧ-поле с частотой $F=51.75$ ГГц при температурах : 1 - $T=93$ К, 2 - $T=98$ К (б).

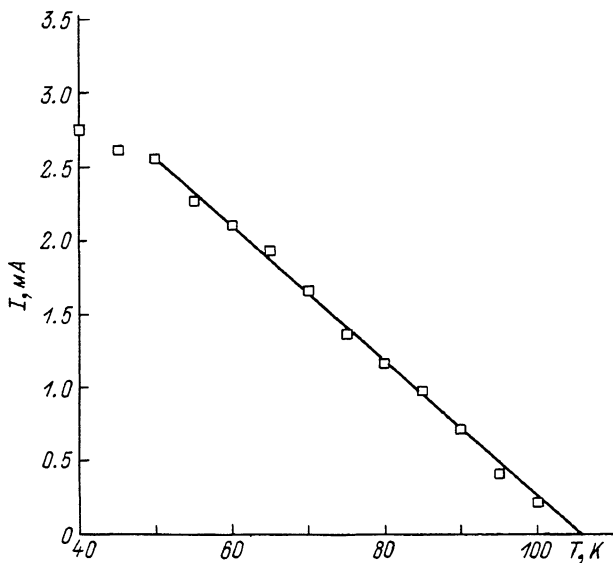


Рис. 3. Температурная зависимость величины $[I_c(T)]$ $2/3$ у джозефсоновского $Ti-Ca-Ba-Cu-O$ - перехода с $T_c = 106$ К.

ного клея образцы сошлифовывались до толщины $\sim 0,1$ мм. В центральной части образца лезвием вырезался мостик шириной $\sim (0,1 + 0,2)$ мм. Токовые и потенциальные контакты подпаивались индием. Столик с образцом укреплялся на латунной пружине, которую можно было прогибать с помощью микрометрического винта.

Микротрещина в центральной части мостика генерировалась при деформации столика с образцом при гелиевой температуре.

Типичные ВАХ джозефсоновского перехода на микротрещине на базе $Ti_2Ca_2Ba_2Cu_3O_{10+x}$ без СВЧ-облучения и во внешнем СВЧ-поле, снятые при $T=4,2$ К, приведены на рис. 1, а. Как видно из рис. 1, а, во внешнем СВЧ-поле на ВАХ возникает серия ступенек Шапиро, из ширины которых был рассчитан эффективный заряд сверхпроводящих электронов: $q = (2 \pm 0,05)e$. У исследованных джозефсоновских переходов ступеньки Шапиро наблюдались вплоть до температуры ~ 104 К (рис. 1, б).

В нескольких случаях на ВАХ переходах во внешнем СВЧ-поле обнаружена более сложная структура, связанная с павлением субгармонических ступенек (рис. 2, а, б) [4-6]. Эти ступеньки типичны, в частности, для мостиковых джозефсоновских переходов на классических сверхпроводниках [4-6]. Одно из объяснений их появления - отклонение зависимости ток-фаза от синусоидального закона. Напряжения смещения $V_{n,m}$, при которых появляются субгармонические ступеньки, удовлетворяют условию [5]: $V_{n,m} =$

$= (h\omega/2e)(n/m)$, где $m=1$ — номер гармоники джозефсоновской генерации, n — номер гармоники внешнего сигнала. На рис. 2, а отмечены ступеньки, соответствующие захватыванию n -й гармоникой внешнего сигнала 2-й, 3-й и 5-й гармоник джозефсоновской генерации. С повышением температуры амплитуда субгармонических ступенек уменьшается быстрее, чем амплитуда основных ступенек Шапиро ($m=1$) (рис. 2, б).

Для джозефсоновского перехода, у которого на ВАХ появляются субгармонические ступеньки, зависимость критического тока I_c от температуры T в широком температурном интервале описывается законом $I_c \sim (T_c - T)^{3/2}$ (рис. 3). Подобная зависимость $I_c(T)$ также характерна для мостиковых джозефсоновских контактов при $L > \xi$ (L — длина мостика, ξ — длина когерентности) [6].

Из определенной в настоящей работе зависимости критического сверхтока джозефсоновских переходов от магнитного поля в плоскости микротрещины: $I_c(H) \sim |(\sin \pi\phi/\phi_0)/(\pi\phi/\phi_0)|$ [5-6], был рассчитан эффективный поперечник W перемычки, определяющий слабую связь между «берегами» микротрещины: $W = (10-20)$ мкм. Величина W сравнима со средним размером сверхпроводящих зерен в образцах. Таким образом, слабая связь между «берегами» микротрещины осуществляется через контакт «зерно-зерно». Случай множественных контактов в микротрещине зарегистрирован нами у джозефсоновских $BiCaSrCuO$ -переходов, у которых частота осцилляций Мерсеро в магнитном поле H менялась скачками с ростом H .

У исследованных в настоящей работе джозефсоновских $Ti_2Ca_2Ba_2Cu_3O_{10+x}$ -переходов произведение тока I_c на сопротивление перехода в резистивном состоянии R_N при $T=4.2$ К лежало в диапазоне 1 МВ $\leq I_c R_N \leq 10$ МВ.

В заключение пользуемся случаем выразить благодарность К.К. Лихареву за исключительно полезные обсуждения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] S h e n g Z.Z., H e r m a n n A.M. // Nature. 1988. V. 332. P. 55.
- [2] Б о й к о Б.Б., А к и м о в А.И., Г а т а л ь с к а я В.И. и др. Тезисы докладов на XXV Всесоюзном совещании по физике низких температур, Л., С4. С. 8.
- [3] T s a i J.S., K u b o Y., T a b u c h i J. // Jap. J. Appl. Phys. Lett. 1987. V. 26. P. L701.
- [4] D a y e m A.H., W i e g a n d J.J. // Phys. Rev. 1967. V. 155. P. 419.
- [5] Л и х а р е в К.К. Введение в динамику джозефсоновских переходов. М.: Наука, 1985.
- [6] Б а р о н е Ф., П а т е р н о Дж. Эффект Джозефсона. М.: Мир, 1984.

Поступило в Редакцию
3 апреля 1989 г.