

такту однородно. В области максимума для образца, $I_c(H)$ которого показаны на рисунке, B_1 - порядка нескольких гаусс. На одном краю мостика поле равно $(B+B_1)$, на другом - $(B-B_1)$. Поскольку дополнительные вихри в мостике и связанный с их появлением резкий спад на $I_c(H)$ возникают из-за тока смещения уже при $B_H - B_1$, максимум должен смещаться в область слабых полей.

Таким образом, пропускаемый через пленку ток препятствует когерентному взаимодействию вихревой решетки с решеткой пор, и переход сверхпроводников с упорядоченной решеткой таких неоднородностей из бездиссипативного состояния в режим вязкого течения магнитного потока при увеличении тока через образец осуществляется через состояние с некогерентным движением вихревых нитей.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] M u l l o c k S.I., E v e t t s I.E. // *J. Appl. Phys.* 1985. V. 57. N 7. P. 2588-2592.
- [2] F i o r y A.T., H e b a r d A.F., S o m e k h S. // *Appl. Phys. Lett.* 1978. V. 32. N 1. P. 73-75.
- [3] B l a m i r e M.G. - *J. Low Temp. Phys.* 1987. V. 68. N 5/6. P. 335-352.

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

Поступило в Редакцию
27 июня 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 21

12 ноября 1989 г.

05.4

ВЛИЯНИЕ СЛАБЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ МОСТИКИ ИЗ $YBa_2Cu_3O_{7-x}$

Д.Г. Е м е л ь я н е н к о в, Ю.Н. И н к и н
В.А. К у л и к о в, В.Н. Л а п т е в,
Л.В. М а т в е е ц, В.И. М а х о в,
А.Ю. С е р е б р я к о в

Как показывают исследования, характеристики высокотемпературных сверхпроводников зависят от магнитных полей. В работе [1] изучалось влияние магнитного поля на величину сопротивления и критического тока объемного образца. В работе [2] исследовался резистивный переход $R(T)$ в тонких пленках из $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ при наличии магнитного поля.

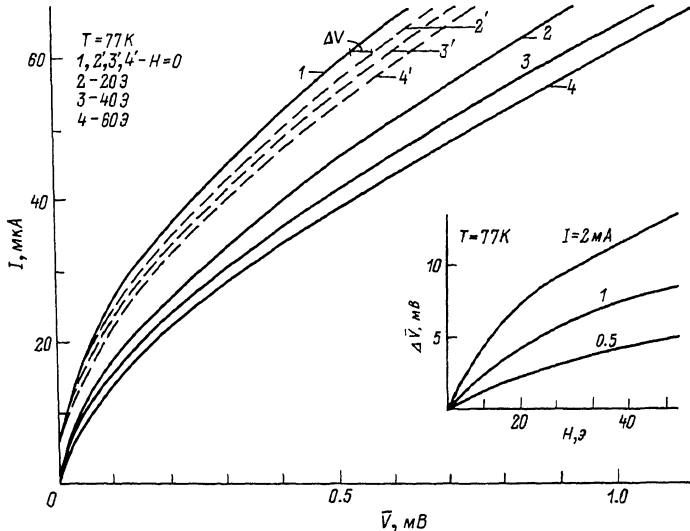


Рис. 1. ВАХ мостиков в зависимости от величины магнитного поля при $T=77\text{ K}$; на вставке – зависимости изменения напряжения смещения $\Delta\bar{V}$ от величины магнитного поля при фиксированных токах смещения.

В данной работе приводятся результаты исследования влияния магнитного поля на вольт-амперные характеристики тонкопленочных сверхпроводящих мостиков из $YBa_2Cu_3O_{7-x}$.

Мостики формировали методами фотолитографии из пленок, напыленных на подложки из сапфира с подслоем ZrO_2 . Температура перехода пленок в сверхпроводящее состояние составляла $85-90\text{ K}$, толщина пленок и размер гранул – около 1 мкм , размеры исследуемых мостиков – $24 \times 64\text{ мкм}^2$.

Магнитное поле, ортогональное пленке, создавали катушкой, на торце которой располагалась исследуемая структура.

Вольт-амперные характеристики (ВАХ) одного из исследованных образцов при различных величинах задаваемого поля и $T=77\text{ K}$ показаны на рис. 1. В отсутствие магнитного поля мостик имел критический ток $I_c \sim 10\text{ мкА}$. Наличие критического тока в исследуемом образце указывает на существование одной или нескольких цепочек (кластеров) последовательно соединенных сверхпроводящих зерен, все контакты между которыми обладают критическим током.

ВАХ таких мостиков имеют нелинейный характер [3] $\bar{V} \sim \bar{I}^2$, что обусловлено различием критических токов контактов, входящих в цепочку, и последовательным их переходом с увеличением тока в резистивное состояние.

Под воздействием магнитного поля происходит понижение вольт-амперной характеристики, т.е. все точки ВАХ при $\bar{I} = \text{const}$ ($\bar{V} \neq 0$)

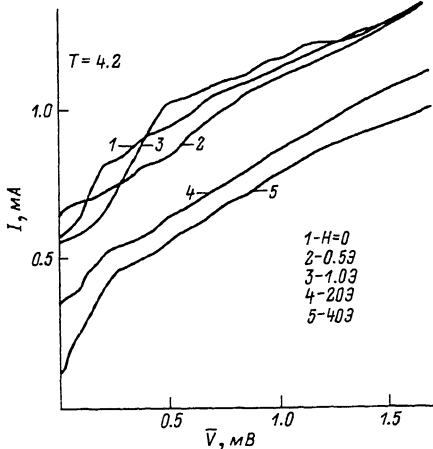


Рис. 2. ВАХ мостиков в зависимости от величины магнитного поля при $T=4.2$ К.

смещаются в сторону больших значений \bar{V} . Показатель степени уменьшается с ростом величины приложенного поля от $n=2$ при $H=0$ до $n=1.47$ при $H=80$ Э, т.е. ВАХ становится более пологой. Это говорит об уменьшении критических токов контактов и числа контактов, имеющих критический ток и участвующих в формировании кривизны ВАХ. При значениях поля $H \geq 10-15$ Э критический ток образца уменьшается до нуля, показывая, что в объеме мостика не осталось ни одного активного сверхпроводящего кластера.

Наблюдалась еще одна особенность воздействия магнитного поля на ВАХ мостика. Если $H \lesssim H_0 = 20$ Э, то при снятии поля ВАХ возвращается на начальную кривую $\bar{V} = \bar{V}(\bar{I}, H=0)$ до подачи поля, т.е. воздействие поля оказывается обратимым. Если величина поля $H_0 < H < 2H_0$, то при снятии поля ВАХ возвращается на кривую, смещенную относительно начальной на $\Delta\bar{V}(\bar{I})$:

$$\bar{V} = \bar{V}(\bar{I}, H=0) + \Delta\bar{V}(\bar{I}).$$

Данное поведение, по-видимому, связано с захватом магнитного потока контуром квантования, находящимся в объеме мостика, который можно представить в виде замкнутой петли, проходящей по сверхпроводящим гранулам, соединенным между собой слабыми связями с критическими токами $I_{ci} = 0$. Оценка площади S контура, исходя из условия $\mu_0 H_0 S = \Phi_0$, где Φ_0 - квант магнитного потока, дает величину $S \sim 20$ мкм². Аналогичным образом, при превышении полем определенных значений kH_0 ($k=1, 2, 3, 4$) возвращение ВАХ при снятии поля происходит на кривые:

$$\bar{V} = \bar{V}(\bar{I}, H=0) + k\Delta\bar{V}(\bar{I}),$$

т.е. с ростом k происходит последовательное увеличение числа квантов потока, захваченных контуром. Наличие единственного пе-

риода H_0 указывает на существование при $T=77$ К одного контура квантования.

На вставке к рис. 1 изображены зависимости $\Delta \bar{V}(H)|_{I=const}$. Они имеют нелинейный характер: зависимость \bar{V} от H с увеличением величины H уменьшается, что совпадает с данными в работе [1]. Величина $d(\Delta \bar{V})/dH|_{I=const}$ составляет 50–500 мкВ/Э, что в несколько раз выше указанной в этой работе и превышает аналогичные показатели известных гальваномагнитных преобразователей в диапазоне величин малых магнитных полей [4].

На рис. 2 изображены ВАХ исследуемого мостика при $T=4.2$ К. В отсутствие магнитного поля и для малых его значений (десятые доли и единицы эрстед) характеристики, в отличие от ВАХ при $T=77$ К, имеют ступенчатую структуру. Она вызвана последовательным переходом в резистивное состояние отдельных переходов или групп переходов, критические токи которых менее размыты тепловыми флуктуациями, чем при $T=77$ К.

При этом на начальном участке наблюдается неоднозначность поведения ВАХ от записи к записи и при воздействии магнитного поля. Зависимость $I_c(H)$ при малых значениях поля является не-монотонной. Это можно объяснить наличием большого количества контуров в объеме мостика, перераспределение магнитного потока в которых приводит к перераспределению тока в кластерах и изменению вида ВАХ. Лишь при увеличении поля до десятков эрстед зависимость $I_c(H)$ становится монотонно убывающей и однозначной.

Таким образом, показано, что характеристики исследуемых тонкопленочных мостиковых структур в значительной степени определяются наличием магнитного поля, ортогонального плоскости пленки. Это влияние сказывается уже при величинах полей порядка десятых долей эрстеда, что соответствует магнитному полю Земли. Поэтому его следует учитывать при исследованиях подобных структур и их практических применениях, например при создании СКВИДов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Nojima H., Tsuchimoto S., Kataoka S. // Jap. J. Appl. Phys. 1988. V. 27. N 5. P. 746–750.
- [2] Abukay D., Kinoga M., Rindere L. // Helvetica Physica Acta. 1988. V. 61. N 6. P. 865–868.
- [3] Мейлихов Е., Арозон Б., Арнольд И. и др. Сб. ст.: Сверхпроводимость. Вып. 1. М., 1987. С. 61–77.
- [4] Афанасьев Ю.В., Студенцов Н.В., Хорев В.Н. и др. Средства измерения параметров магнитного поля. Л.: Энергия, 1979. С. 140–176.

Институт земного магнетизма,
ионосферы и распространения
радиоволн АН СССР

Поступило в Редакцию
30 августа 1989 г.