

МСВ, а предложенный метод получения больших углов дифракции может быть использован при разработке магнитооптических СВЧ deflectоров и спектроанализаторов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Fisher A.D., Lee J.N., Gaynor E.S., Tveten A.B. // Appl. Phys. Lett. 1982. V. 41. N 9. P. 779-781.
- [2] Young D., Chen W., Tsai C.S. // IEEE Ultrasonics Symp. Proceed. Boston. 1984. P. 168-170.
- [3] Сигаев А.Н., Сташкевич А.А. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 5. С. 469-472.
- [4] Tamada H., Kaneko M., Okamoto T. // J. Appl. Phys. 1988. V. 64. N 2. P. 554-559.
- [5] Прохоров А.М., Смоленский Г.А., Агеев А.Н. // УФН. 1984. Т. 143. № 1. С. 33-72.
- [6] Damon R.W., Eshbach J.R. // J. Phys. Chem. Solids. 1961. V. 19. N 3/4. P. 308-320.

Московский институт
радиотехники, электроники
и автоматики

Поступило в Редакцию
28 июня 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 22

26 ноября 1989 г.

05.4

ВЛИЯНИЕ „ЗАХВАЧЕННОГО“ МАГНИТНОГО ПОТОКА НА КРИТИЧЕСКИЙ ТОК В ПЛЕНОЧНОМ $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$

Л. С. Топчян, Г.А. Харадзе,
Т.Ш. Квирикашвили, Б.В. Бродский,
И.А. Баглаенко, Ю.Н. Берозашвили,
Д.Ш. Лордкипанидзе, Т.С. Шенгелия,
В.Ш. Эдилашвили

В пленочных высокотемпературных сверхпроводниках (ВТСП) получены высокие значения критического тока [1-4], что открывает широкую возможность их использования в практике. Изучение токонесущей способности пленочных ВТСП в различных условиях внешнего воздействия, в том числе магнитного поля, представляется актуальной задачей. Нами исследованы вольт-амперные характеристики (ВАХ) пленочного $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ толщиной 6000 Å,

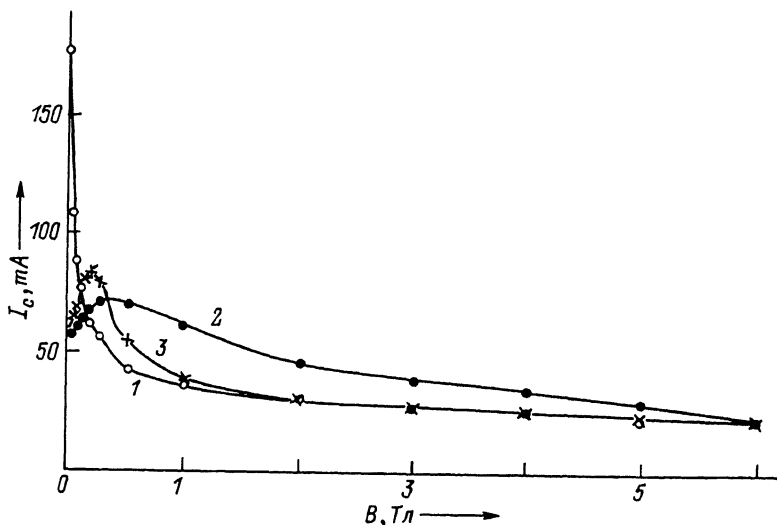


Рис. 1. Зависимость критического тока I_c в пленочном $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ от убывающего и возрастающего магнитного поля B при $T_{изм} = 4.5$ К. 1 - $I_c(B\uparrow)$, 2 - $I_c(B\downarrow)$, 3 - $I_c(B\uparrow)$ при $B_{захв}$.

синтезированного на подложке из монокристаллического $SrTiO_3$ методом импульсного лазерного напыления в кислородной среде [5]. Температуры начала T_c^H ($0.9R_H$), середины T_c , конца T_c^K ($0.1R_H$) и ширина ΔT_c сверхпроводящего перехода соответственно составляли 89.5, 88.5, 88.0 и 1.5 К (R_H - значение электросопротивления начала перехода). Удельное электросопротивление при 300 К - $\rho_{300K} = 0.08$ мОм·см, а при 100 К - $\rho_{100K} = 0.047$ мОм·см. Параметр $\alpha = \rho_{300K} / \rho_{100K} \approx 1.7$.

Измерения проводились в криостате со сверхпроводящей магнитной системой при различных температурах в возрастающих и убывающих магнитных полях. Управление экспериментом и обработка результатов производились с использованием ЭВМ. Критический ток определялся из ВАХ, полученных стандартным 4-х контактным способом по критерию 1 мкВ/см. Серебряные контакты наносили на пленки напылением через специальные „маски“.

На рис. 1 приведены зависимости критического тока I_c от внешнего магнитного поля B , перпендикулярного поверхности пленки и направлению тока. Эти зависимости получены в возрастающих ($B\downarrow$, 0-6 Тл) и убывающих ($B\uparrow$, 6-0 Тл) магнитных полях. Магнитное поле вводилось ступенчато при постоянной температуре образца $T_{изм} = 4.5$ К. В малых магнитных полях ($B \leq 0.25$ Тл) шаг ступеньки был мал и не превышал $\Delta B \leq 0.03$ Тл, а выше $B \geq 1$ Тл шаг ступеньки был увеличен до $\Delta B = 1$ Тл. В возрастающем маг-

нитном поле до $B \approx 0.25$ Тл наблюдается резкое уменьшение критического тока с последующим более плавным его уменьшением в полях $B = 1-6$ Тл. В отсутствии магнитного поля критический ток $I_c = 178$ мА, что соответствует плотности критического тока $J_c = 1.5 \cdot 10^4$ А/см². В магнитном поле $B = 0.25$ Тл критический ток уменьшается до $I_c = 56$ мА, а в поле $B = 6$ Тл он достигает $I_c = 23$ мА.

В убывающем магнитном поле критический ток $I_c(B \downarrow)$ увеличивается при наличии „захваченного“ магнитного потока (рис. 1, кривая 2). Снижение магнитного поля с $B = 6$ Тл до $B = 5$ Тл вызывает прирост критического тока $\delta I_c = I_c(B \downarrow, 5 \text{ Тл}) - I_c(B \uparrow, 5 \text{ Тл}) = 6$ мА, что соответствует 25%-ому его увеличению. При дальнейшем убывании магнитного поля кривая зависимости $I_c(B \downarrow)$ проходит через максимум (в области $B = 0.5$ Тл), причем, после снижения внешнего поля до нуля (но в присутствии „захваченного“ магнитного потока) величина критического тока оказывается примерно в три раза меньше исходного значения - $I_c(B \downarrow, 0 \text{ Тл}) = 58$ мА. Релаксационные явления по восстановлению прежних значений $I_c(B \uparrow)$ при $T_{\text{изм}} = 4.5$ К не были зарегистрированы при временных выдержках порядка десятков минут.

Надо заметить, что гистерезисные явления описанного типа наблюдались и в массивных керамических образцах $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ в области слабых магнитных полей вблизи сверхпроводящего перехода [6-9].

При повторных экспериментах в возрастающих магнитных полях при наличии „захваченного“ магнитного потока нами также установлено увеличение I_c до $B \approx 0.25$ Тл - $I_c^{\text{макс}} \approx 20$ мА (рис. 1, кривая 3). Затем происходит уменьшение I_c в более высоких магнитных полях и при $B \approx 2$ Тл он достигает прежнего значения, и далее зависимость $I_c(B)$ остается первоначальной.

Необычное поведение I_c в убывающих магнитных полях сохраняется и при повышенных температурах - эти зависимости представлены при $T_{\text{изм}} = 20$ и 40 К на рис. 2, а, б. Но в этих случаях эффекты влияния „захваченного“ магнитного потока на величину $I_c(B \downarrow)$ менее ярко выражены.

При $T_{\text{изм}} = 20$ К (рис. 2, а) в убывающем магнитном поле при $B = 5$ Тл прирост I_c составляет 2 мА, что соответствует его 10 %-ому приросту, а максимум прироста I_c опять-таки наблюдается в малых магнитных полях $B \approx 0.25$ Тл и составляет $\delta I_c = I_c(B \downarrow, 0.25 \text{ Тл}) - I_c(B \uparrow, 0.25 \text{ Тл}) = 18$ мА (45 %-е его увеличение). Здесь же заметим, что „захваченный“ магнитный поток в отсутствии внешнего магнитного поля производит снижение критического тока с 118 до 56 мА, т.е. он уменьшается в данном случае уже в 2 раза.

При $T_{\text{изм}} = 40$ К (рис. 2, б) эффект увеличения в убывающем магнитном поле после „захвата“ магнитного потока начинает проявляться только при $B = 3$ Тл. И здесь наблюдается особенность

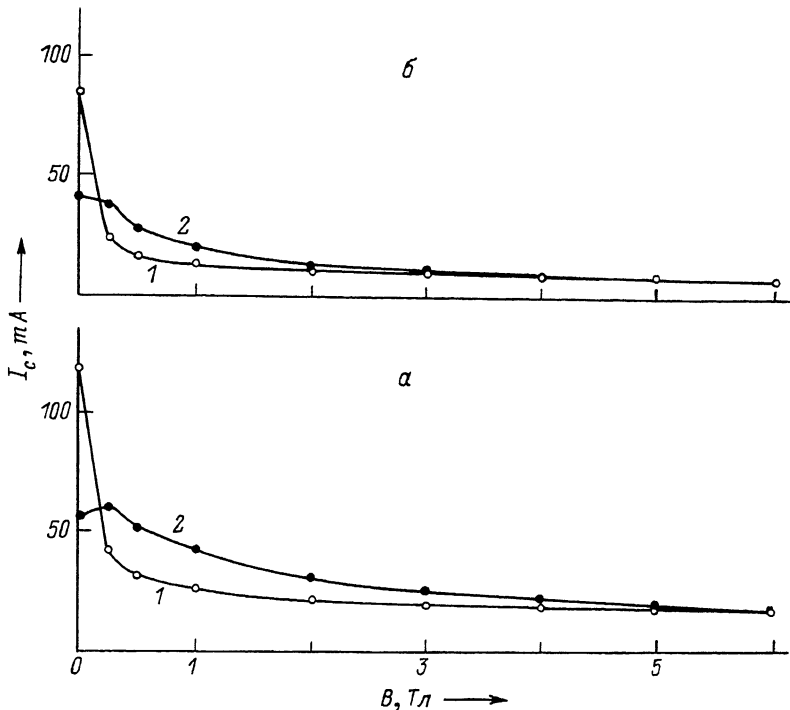


Рис. 2. Зависимость критического тока I_c в пленочном $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ от возрастающего и убывающего магнитного поля B : а - при $T_{изм} = 20$ К, б - при $T_{изм} = 40$ К. 1 - $I_c(B\uparrow)$, 2 - $I_c(B\downarrow)$.

(в отличие от измерений при 4.5 и 20 К) - отсутствие уменьшения I_c после $B < 0.25$ Тл. В нулевом внешнем магнитном поле $I_c(B\downarrow, 0 \text{ Тл}) > I_c(B\uparrow, 0.25 \text{ Тл})$, но это значение почти в 2 раза меньше, чем $I_c(B\uparrow, 0 \text{ Тл})$ - критический ток уменьшается с 85 до 40 мА.

Объяснение обнаруженным явлениям в настоящее время можно искать в представлениях, развитых в работах [6, 9]. Они основаны на эффекте воздействия „захваченных“ персистирующих токов в межгранульных областях на величину критического транспортного тока - их суперпозиция может вызвать уменьшение напряженности магнитного поля в некоторых межгранульных областях и увеличить перколяционную долю I_c в убывающих магнитных полях.

- [1] Enomoto Y., Murakami T., Suzuki M., Moriwaki K. // Jap. J. Appl. Phys. 1987. V. 26. N 7. P. L1248-L1250.
- [2] Laibowitz R.B., Koch R.H., Chaudhari P.C., Gambino J. // Phys. Rev. B. 1987. V. 35. N 6. P. 8821-8823.
- [3] Головашкин А.И., Екимов Е.В., Красноводцев С.И., Печень Е.В. // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 47. В. 3. С. 157-159.
- [4] Гапонов С.В., Ильин И.В., Калягин М.А., Ключенков Е.Б., Стриковский М.Л., Фишер Л.М. // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 48. В. 3. С. 155-158.
- [5] Топчян Л.С., Квирикашвили Т.Ш., Бродский Б.В., Баглаенко И.А., Бердзенишвили Т.Ш., Берозашвили Ю.Н., Лордкипанидзе Д.Ш., Шенгелия Т.С., Эдилашвили В.Ш. // СФХТ. 1989. Т. 2. № 6. С. 60-63.
- [6] Коханчик Л.С., Марченко В.А., Никифорова Т.В., Никулов А.В. // ФНТ. 1988. Т. 14. № 8. С. 872-874.
- [7] Ohara H., Yamasaki H., Kimura Y., Ishihara // Jap. J. Appl. Phys. 1988. V. 27. P. L1510-L1513.
- [8] Wang F.R., Wen Q.Z., Li C.Y., Dai Y.D., Lin D.L., Zhou M.L. // Modern Phys. Lett. B. 1988. V. 2. N 3-4. P. 613-620.
- [9] Evetts J.E., Glowacki B.A. // Cryogenics. 1988. V. 28. P. 641-649.

Институт физики
АН Грузинской ССР.
Тбилиси

Поступило в Редакцию
17 июля 1989 г.