

05.4

© 1991

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЖОЗЕФСОНОВСКИХ ПЕРЕХОДОВ ИЗ ВТСП КЕРАМИКИ

О.В. Карпов, М.С. Чубаров,
В.А. Широв

Известно, что вольт-амперные характеристики (ВАХ) джозефсоновских переходов несут информацию как о параметрах самого перехода, так и о некоторых свойствах материала, из которого он изготовлен [1, 2]. При использовании традиционного метода, т.е. регистрации ВАХ с разверткой по току, участок ВАХ, имеющий отрицательный наклон, в районе $I \sim I_c$ прорисовать не удается. Это означает, что метод не позволяет получить детальную информацию о величине и месте положения ряда особенностей, связанных со щелевым параметром Δ [2]. Более информативным представляется метод регистрации ВАХ с разверткой по напряжению. Однако реализация режима заданного напряжения требует использования источника ЭДС с внутренним сопротивлением, много меньшим сопротивления перехода R_N [3].

Нами была собрана установка, позволяющая регистрировать ВАХ как с разверткой по току, так и с разверткой по напряжению. Установка обеспечивает развертку ВАХ с частотой в диапазоне 1–100 Гц с амплитудами тока и напряжения в интервалах 10 мкА–100 мА и 1 мкВ–3 В соответственно.

Проведены исследования переходов мостикового и точечного типов, изготовленных из брусков сечением 2×2 мм² или 2×1 мм² из иттриевой ($YBaCuO$) или висмутовой ($BiPbSnCaCuO$) керамики [4]. Характерные значения R_N широко варьировались в зависимости от деталей технологии и составляли единицы или доли Ома для структур мостикового типа и 10 – 10^3 Ом – для точечных контактов. Для приготовления мостиковых переходов с микротрещиной заготовки обрабатывались тонким алмазным диском до сечения перешейка $\sim 0,05$ – $0,5$ мм² с последующим надломом мостика в специальной струбине, конструкция которой позволяла обеспечить регулируемую величину микротрещины. Точечные переходы изготавливались путем прижима двух отдельных заточенных брусков керамики. Джозефсоновский характер переходов подтверждается, в частности, наблюдением ступенек Шапиро, устойчиво проявляющихся для ряда образцов вплоть до 77 К.

На рис. 1–2 приведены осциллограммы двух характерных типов ВАХ: ВАХ с раздваивающимися ветвями в точке $V \approx 5$ – 10 мВ (рис. 1) и ВАХ, имеющая две и более (в некоторых случаях до

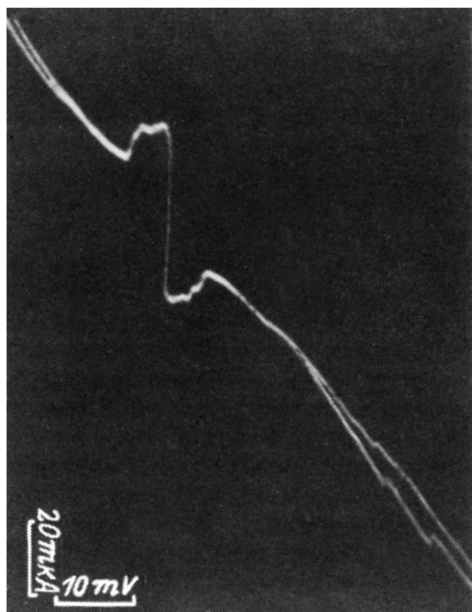


Рис. 1. Осциллограмма ВАХ с разверткой по напряжению. Переход точечного типа (BiPbSrCaCuO), $T = 4.2 \text{ К}$.

10) отдельных ветвей (рис. 2, а). Осциллограмма ВАХ с разверткой по току показана на рис. 2, б. Характерной особенностью ВАХ рассматриваемого типа являются разрывы тока в некоторых точках при $V \approx (5-10) \text{ мВ}$ (при развертке по напряжению) и скачки напряжения вследствие отрицательного наклона участка ВАХ в этих точках (при развертке по току). Отмеченные особенности ВАХ проявлялись лишь у переходов из Bi -керамики, охлажденных до гелиевых температур, с повышением температуры до $15-20 \text{ К}$. Эти особенности исчезали, и ВАХ напоминали „классические“ джозефсоновские зависимости. При напряжениях на переходе порядка 50 мВ ветви ВАХ сливаются и выходят на асимптоту.

На каждом отдельном участке ВАХ между точками разрыва зависимость $I(V)$ близка к линейной (см. рис. 2), причем значения дифференциального и полного сопротивлений практически совпадают. Таким образом, в переходе реализуется двухпараметрическое семейство устойчивых состояний, для каждого из которых характерно свое значение R .

Возможным механизмом генерации ВАХ столь сложной структуры может быть формирование в переходе центров проскальзывания

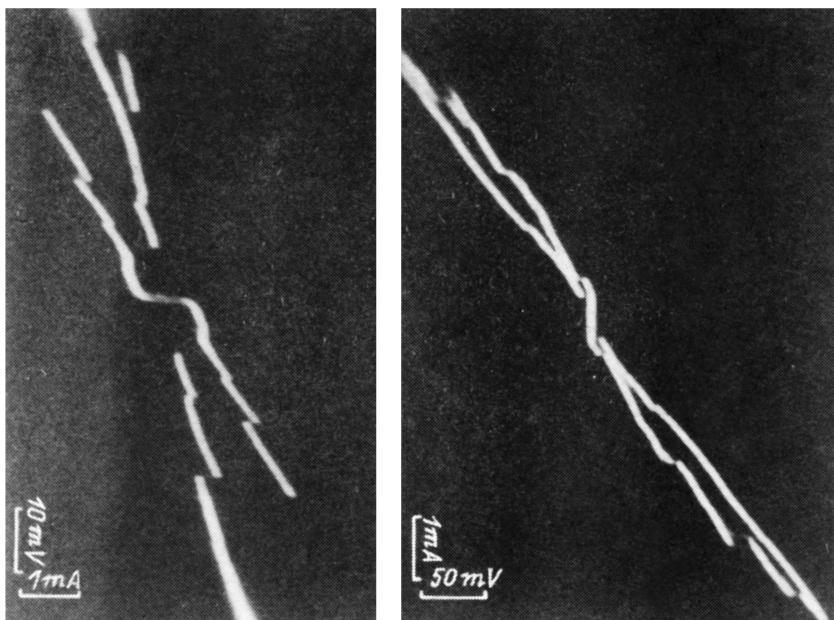


Рис. 2. Осциллограмма ВАХ перехода мостикового типа с микро-трещиной ($BiPbSrCaCuO$), $T = 4.2$ К. а - развертка по напряжению, б - развертка по току.

фазы [5, 6], либо эффекты, связанные с взаимодействием ток-магнитное поле в сложных неупорядоченных структурах джозефсоновских переходов на межзеренных границах.

Отметим, что в системе взаимодействующих переходов малой емкости ($C \leq 10^{-15}$ Ф) при достаточно низких температурах ($e^2/C > kT$) может осуществляться одновременное квантование напряжения и тока [7, 8], приводящее к появлению на ВАХ сходного с наблюдавшимся нами семейства линейных участков с $R = \frac{m}{N \cdot n} \left(\frac{h}{4e^2} \right)$, где $m, n = 1, 2, 3 \dots$; N - число параллельно соединенных переходов в системе.

Авторы благодарны участникам теоретического семинара ИОФАН СССР под руководством А.А. Рухадзе за конструктивное обсуждение.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Куприянов М.Ю., Лихарев К.К. // УФН. 1990. Т. 160. В. 5. С. 49-87.
- [2] Бароне А., Патерно Дж. Эффект Джозефсона: физика и применение. М.: Мир, 1984.
- [3] Joing J.A. et al. // Appl. Phys. Lett. 1988. V. 52. N 17. P. 1398-1400.
- [4] Карпов О.В., Чубаров М.С., Шилов К.А. Исследования в области общей и квантовой метрологии / Тр. ВНИИФТРИ. М., 1991. С. 57-67.
- [5] Гулян А.М., Жарков Г.Ф. Сверхпроводники во внешних полях. М.: Наука, 1990.
- [6] Трефилов В.И. и др. // ФНТ. 1991. Т. 17. № 4. С. 492-497.
- [7] Зорин А.Б., Лихарев К.Н. III-е Всес. сов. „Квантовая метрология и фундаментальные константы“. Тез. докл. Л., 1988. С. 8-9.
- [8] Есихиро К. и др. // Дэнси гидзюку сого кэнкюсё ихо. 1987. Т. 51. № 12. С. 925-938.

Поступило в Редакцию
2 июня 1991 г.