

05.4

© 1991

АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ТОКОВОГО ШУМА
В $YBaCuO$ МИКРОБОЛОМЕТРАХ ВЫШЕ T_C А.А. Астапов, А.Ю. Климов,
В.Н. Леонов, Д.Г. Павельев,
В.А. Скуратов, И.А. Хребтов

Исследования шумов высокотемпературных сверхпроводящих материалов интересны как с точки зрения объяснения природы высокотемпературной сверхпроводимости, так и с точки зрения оценки характеристик будущих приборов на их основе. Проведенные ранее исследования [1, 2] показали наличие избыточного токового шума в $YBaCuO$ микроболометрах вблизи и ниже T_C . Шум связан с тремя явлениями: с движением вихрей, температурными флуктуациями сверхпроводящей пленки и флуктуациями электропроводности. Первый источник вызывает шум ниже T_C , второй проявляется вблизи T_C , где dR/dT максимальна. Последняя составляющая шума плавно растет [2] вместе с увеличением сопротивления пленки при увеличении температуры выше T_C на 2–3 К.

В настоящей работе проведены исследования токового фликкер-шума микроболометров в виде полосок с размерами от 10×3 до 26×13 мкм, сформированных из $YBa_2Cu_3O_{7-8}$ пленки толщиной 0.15 мкм при помощи лазерной ретуши. Пленки нанесены лазерным напылением на подложки из $ZrO_2 : Y_2O_3$ и MgO и снабжены пленочными золотыми контактами толщиной 0.3 мкм, расположенными по краям микроболометров. Измерения проведены в интервале 80–300 К на частотах 10 и 20 Гц при токе 1 мА. Точность измерения температуры составляла $\pm 4\%$.

На рис. 1 приведены температурные зависимости шума на частоте 10 Гц микроболометров №№ 1–3 и сопротивления микроболометров №№ 1 и 3 размером 18×9 мкм на подложке из $ZrO_2 : Y_2O_3$. При T выше 200–230 К зависимости шума имеют существенно более сильную зависимость от температуры нежели в интервале 90–200 К. Зависимости шума микроболометров №№ 1–3 различаются наличием у последнего двух пиков при температурах 115–117 и 163–170 К.

Аналогичные зависимости для микроболометра № 4 размером 10×3 мкм, изготовленного на подложке из MgO , приведены на рис. 2. Также наблюдается более сильная температурная зависимость выше 210–220 К. Ниже этой температуры, помимо плавного спада шума при охлаждении от 140 до 90 К, наблюдается также пик шума при 160–170 К.

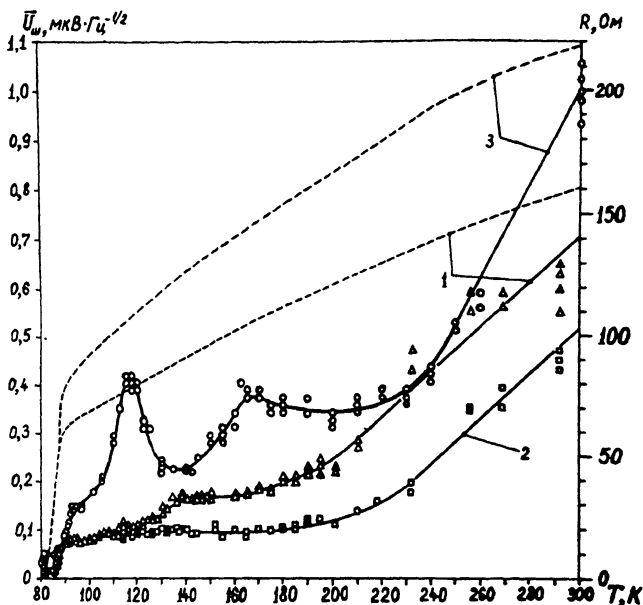


Рис. 1. Температурные зависимости шума (сплошные линии) и сопротивления (пунктир) микроболметров №№ 1-3.

На рис. 3 приведены зависимости шума на частоте 20 Гц и сопротивления одного из микроболметров размером 26×13 мкм (№ 5), облученных ионами ^{84}Kr с энергией 230 МэВ. Облучение проводили при комнатной температуре до набора флюенса $5 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$. После облучения шум, особенно при низких температурах, существенно увеличился. Спустя 1,5 месяца температурная зависимость шума претерпела значительные изменения, в то время как сопротивление практически осталось без изменений. Как видно из рис. 3, пики шума при 104, 129-131 и 155-162 К, наблюдавшиеся через 0,5 месяца после облучения, исчезли, и вместо них появились (или сдвинулись) пики шума при 116-117 и 180 К.

Рассматривая причины возникновения фликкер-шума в микроболлометрах, следует отметить, что источником структурного беспорядка в ВТСП-пленках являются как их гранулярность, наличие плоскостей двойникования и т.п., так и неупорядоченность распределения вакансий кислорода, что имеет место даже в монокристаллах [3]. Естественно ожидать в ВТСП пленках высокий уровень фликкер-шума. Кроме того, ВТСП пленки получают в напряженном состоянии [4] из-за различных термических коэффициентов расширения пленки и подложки, поэтому при изменении температуры следует

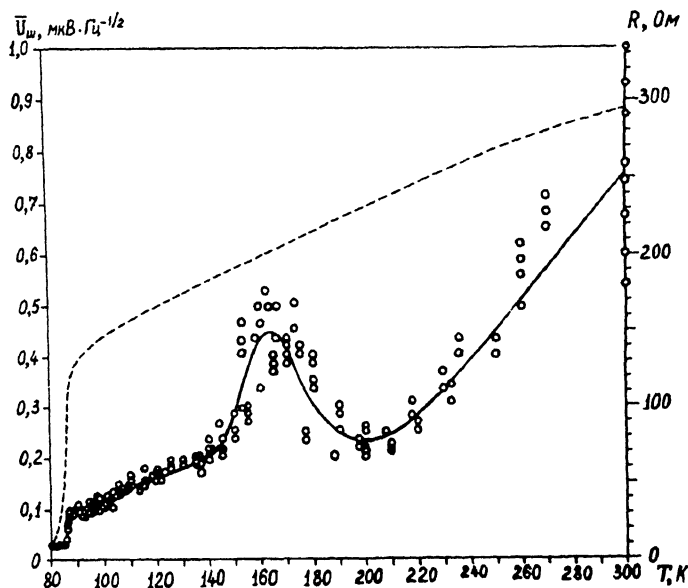


Рис. 2. Температурные зависимости шума (сплошная линия) и сопротивления (пунктир) микроболметра № 4.

ожидать изменения упругих напряжений в системе пленка-подложка. При определенных температурах они могут усиливаться вследствие аномалий температурной зависимости термического коэффициента расширения [5]. Вследствие этого могут возникать структурные изменения, сопровождающиеся изменением структуры пленок и степени структурного беспорядка.

В интервале 200–240 К, как показывают исследования [6, 7], существует структурный фазовый переход. Это находит отражение на всех температурных зависимостях шума (рис. 1–3) в виде „излома“ в области 200–240 К. Максимум шума, наблюдаемый в некоторых образцах при температурах 160–180 К (рис. 1, 2), также может быть связан со структурными изменениями, хотя нельзя исключить и существование сверхпроводящей фазы с $T_c = 160$ –180 К [8]. Отсутствие систематичности в появлении остальных пиков в области 90–150 К может говорить о различной величине упругих напряжений в разных образцах.

Облучение микроболметров ионами ^{84}Kr приводит к увеличению структурного беспорядка и радиационно-стимулированным упругим напряжениям в системе пленка-подложка. Возможно поэтому облучение вызвало непропорциональное сопротивлению изменение

$\bar{U}_{ш, нВ \cdot Гц}^{-1/2}$
R, Ом

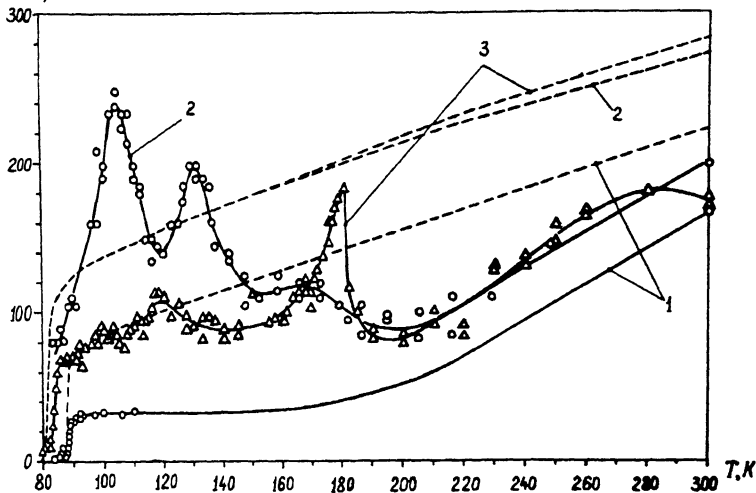


Рис. 3. Воздействие ионного облучения на шум (сплошные линии) сопротивление (пунктир) микроболметра № 5 на подложке из $ZrO_2 \cdot Y_2O_3$. 1 - до облучения, 2 - через 0,5 месяца после облучения, 3 - через 2 месяца после облучения.

шума, особенно в области низких температур (90–140 К). С другой стороны, эта непропорциональность увеличения шума при температурах 90–140 К может говорить в пользу модели шума, основанной на существовании структурных дефектов с внутренней степенью свободы [3].

Очевидно, что требуются более детальные исследования шума $YBaCuO$ пленок, в частности, выполненных в виде микромостиков или микроболметров.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- 1] Климов А.Ю., Леонов В.Н., Хребтов И.А. В сб. „Тепловые приемники излучения“, Л.: ГОИ, 1990. С.22–23.
- 2] Леонов В.Н., Ткаченко А.Д., Хребтов И.А. Тез. докл. XXVI Всес. сов. по физике низких температур. Секция: Сверхпроводимость. Донецк: ДонФТИ АН УССР, 1990. С. 263–264.
- 3] Гальперин Ю.М., Гуревич В.Л., Козуб В.И. // ФТТ. 1989. Т. 31. № 5. С. 155–164.
- 4] Братухин П.В., Евстигнеев В.В., Захарченко И.В. и др. Высокотемпературная сверхпроводимость. Сб. тез. 1 конференции МИФИ, М.: МИФИ, 1990. С. 22–23.
- 5] Кисиль О.И., Круглов А.Б., Кузнецов А.В. и др. // СФХТ. 1989. Т. 2. № 11. С. 41–44.

- [6] Zhang M., Qiang C., Dakun S. et. al.// Solid. State Commun. 1988. V. 65. N 6. P. 487-490.
- [7] Гриднев С.А., Иванов С.Н., Дыбова О.В. Тез. докл. XXVI Всес. совещания по физике низких температур. Секция: Сверхпроводимость. Донецк: ДонФТИ АН УССР, 1990. С. 149-150.
- [8] Дмитриев В.М., Еропкин В.Н., Гуревич А.М. и др. Там же. С.177-178.

Поступило в Редакцию
24 февраля 1991 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 8

26 апреля 1991 г.

04

© 1991

О КРИТЕРИИ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛОСКОГО РАЗРЯДА НА ПАДАЮЩЕМ УЧАСТКЕ ВАХ

В.И. Комов, И.М. Руткевич

Для электрического разряда дугового типа общепринятым условием стабилизации падающего участка стационарной ВАХ $U=U(J)$ с отрицательным дифференциальным сопротивлением $R_d = dU/dJ$ является критерий Кауфмана [1]:

$$R > |R_d|, \quad (1)$$

где R – величина балластной нагрузки. Критерий Кауфмана не учитывает тепловую инерцию разряда [2], рассматривая его как „черный ящик” с заданной статической ВАХ. В настоящей работе обращается внимание на то, что совместный учет тепловой инерции и реактивных элементов внешней цепи может приводить к критерию стабилизации, отличающемуся от (1).

Рассмотрим электрический разряд, стабилизированный плоско-параллельными стенками, расстояние между которыми $2h$ много меньше их размеров как вдоль направления электрического поля E (ось z), так и поперек (ось y). Для описания малых отклонений температуры разряда от стационарного распределения используется уравнение теплопроводности с джоулевой диссипацией:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \Delta T + E^2 \sigma(T). \quad (2)$$