

05.4
©1994

ДИНАМИКА РАЗРУШЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ S-СОСТОЯНИЯ КОРОТКОГО ОБРАЗЦА ПЛЕНКИ ВТСП С ТОКОМ

М.О.Луцет

НТСП пленки, обладая бистабильностью, являются компактным и эффективным нелинейным элементом, используемым в электронике [1]. Аналогичным свойством обладают пленки ВТСП, что было обнаружено на ВАХ в ряде недавних работ [2-7]. Предметом изучения данной работы является динамика развития тепловой неустойчивости S- и N-состояний пленки ВТСП с током.

В экспериментах исследовались образцы пленок YBaCuO толщиной 1000 Å, полученные В.Ф.Врацких [8] из лазерной плазмы со стехиометрическим соотношением 1-2-3 осаждением на сапфировую подложку с размерами $6 \times 11 \times 0.5 \text{ мм}^3$. Образцы размещались в ванне жидкого азота, температура и давление которого изменялись независимо в широких пределах. Под одним из токовых контактов размещался импульсный нагреватель, который, генерируя пузырь пара, создавал локальное возмущение с амплитудой, равной температуре насыщения, и заданной длительностью для S-состояния пленки с током I . На потенциальных контактах регистрировалась временная развертка сопротивления R . Переход в N-состояние осуществлялся в результате движения фронта резистивного домена, генерированного возмущением. Так как ширина температурного фронта домена X_T значительно превышала длину образца L , то скорость перемещения фронта была переменной, что характерно для короткого образца, определяемого критерием

$$M = \frac{L}{X_T} = L \sqrt{\frac{\alpha \Pi}{\lambda S}} \ll 1, \quad (1)$$

где α — коэффициент теплообмена, λ — теплопроводность подложки, S — площадь ее поперечного сечения и Π — охлаждаемый периметр поперечного сечения. Тем не менее, на откликах вблизи максимального значения производной сопротивления по времени наблюдался линейный участок зависимости R от t . Это дает возможность ввести понятие

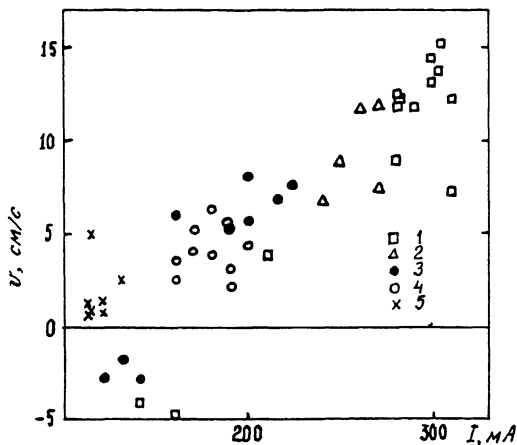


Рис. 1. Экспериментальные значения характерной скорости движения границ при различных температурах ванны T_f : 1 — 78 К, 2 — 79 К, 3 — 80.5 К, 4 — 81 К, 5 — 82 К.

характерной скорости движения фронта домена по короткому образцу

$$v = \frac{L}{R_N} \frac{dR}{dt}, \quad (2)$$

где R_N — сопротивление в нормальном состоянии, соответствующем току I и условиям теплообмена α , а производная берется на линейном участке и, как правило, совпадает с максимальным значением. Для $M \gg 1$ определение v совпадает со скоростью распространения нормальной зоны.

В экспериментах наблюдались три типа откликов. Первый тип — отклики, на которых v зависит от амплитуды и длительности возмущающего импульса, для второго типа такая зависимость отсутствует. В откликах третьего типа отсутствует устойчивое нормальное состояние. В определенном диапазоне изменения I на длительных развертках можно было наблюдать неустойчивые N -состояния и получить отрицательные значения v по заднему фронту отклика. Третий тип откликов реализовывался всегда при малых температурах резистивного домена либо малых I .

Данные, полученные для второго типа откликов, представлены на рис. 1. Здесь присутствует широкий спектр режимов охлаждения (от конвекции до кипения) за счет изменения температуры насыщения азота. Представляет интерес сравнить эти данные с простейшей теорией распространения нормальной зоны со ступенчатым тепловыделе-

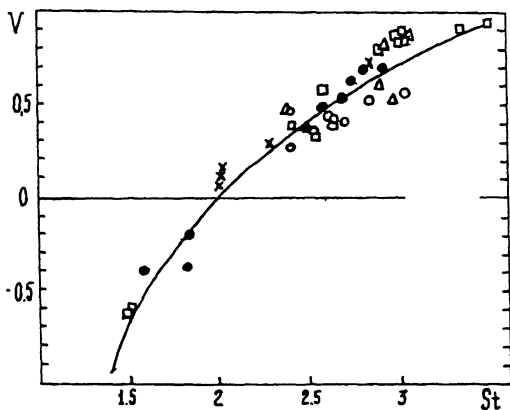


Рис. 2. Сравнение с теорией. Линия соответствует значениям (4). Точки соответствуют экспериментальным значениям (обозначения см. рис. 1).

нием (см., например, [9])

$$W = \begin{cases} \frac{l^2 R_n}{L} & T > T_* \\ 0 & T < T_* \end{cases} \quad (3)$$

По этой теории

$$V = \frac{v}{v_0} = \frac{St - 2}{\sqrt{St - 1}}, \quad v_0 = \sqrt{\frac{\alpha \Pi \lambda}{SC^2}}. \quad (4)$$

Здесь C — теплоемкость подложки,

$$St = \frac{W}{\alpha \Pi (T_* - T_f)} = \frac{T_N - T_f}{T_* - T_f}, \quad (5)$$

где T_f — температура ванны, T_N — температура пленки в нормальном состоянии, соответствующем l и α . T_* определялась по зависимости сопротивления и критического тока пленки от температуры ванны и вычислялась из соотношения

$$T_* = 85.8 \text{ K} - 11.67 \left(\frac{\text{K}}{\text{A}} \right) I. \quad (6)$$

Сравнение представлено на рис. 2. Сплошная линия соответствует теории (4), точки — измерениям, приведенным на рис. 1. Свойства подложки взяты при температуре T_* . Разброс данных определяется большой погрешностью определения $T_N - T_f$ из-за слабой зависимости сопротивления пленки в N -состоянии от температуры. Принципиальных отличий развития тепловой неустойчивости для пленок

ВТСП и НТСП не наблюдается. Возможно, следует отметить, что значение критического тока для корреляции данных не играет существенной роли, которая отмечалась для НТСП [10].

Если в качестве первичных данных использовать отклики первого и третьего типов, то можно получить две моды характерной скорости распространения, подобные полученным в [7], но эти данные скорее характеризуют энергию возмущения, чем динамику доменов.

В заключение автор выражает признательность С.В.Климову и В.Ф.Врадких за помощь, а МНФ Сороса за материальную поддержку работы в рамках программы краткосрочных грантов.

Список литературы

- [1] *Broom R.F., Rhoderick E.H.* // Phys. Rev. 1959. V. 116. N 2. P. 344-345.
- [2] *Скоков В.Н.* и др. // Письма ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 16. С. 70-73.
- [3] *Игнатьева Т.А., Великодный А.Н., Тихоновский М.А.* // Письма ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 2. С. 61-65.
- [4] *Shirshak K., Dhali, Lei Wang* // Appl. Phys. Lett. 1991. V. 61. N 13. P. 1594-1596.
- [5] *Гауриленко В.И.* и др. // Письма ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 13. С. 83-86.
- [6] *Бакуменко В.Л.* и др. // СФХТ. 1993. Т. 5. N 9. С. 1620-1628.
- [7] *Скоков В.Н., Коверда В.П.* // СФХТ. 1993. Т. 6. N 8. С. 1646-1651.
- [8] *Варламов Ю.Д.* и др. // Письма ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 22. С. 2068-2070.
- [9] *Альтов В.А., Зенкевич В.Б., Кремлев М.Г., Сычев В.В.* Стабилизация сверхпроводящих магнитных систем. М.: Энергия. 1975. 327 с.
- [10] *Луцет М.О.* // ФНТ. 1990. Т. 16. N 4. С. 508-510.

Поступило в Редакцию
19 апреля 1994 г.