

НЕЛОКАЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ПРОТЕКАНИИ ТОКА В ОРТОРОМБИЧЕСКОМ TaS_3

Ю.И.Латышев, Я.С.Савицкая, В.В.Фролов

Экспериментально обнаружено, что при протекании тока выше порогового для движения волны зарядовой плотности (ВЗП), в области образца на длине ≈ 100 мкм за токовыми контактами возникает электрическое поле противоположного знака и возрастает проводимость. Эти эффекты связываются с деформацией ВЗП в приконтактной области.

В последнее время в ряде работ отмечалось влияние измерительных контактов на условия движения ВЗП в квазиодномерных проводниках. Так в ¹ указывалось на изменение характеристик $\sigma(E)$ при замене токовых контактов на потенциометрические, в ² было установлено влияние контактов на генерацию узкополосных шумов, а в ³ было показано, что с уменьшением расстояния между потенциометрическими контактами увеличивается поле депиннинга ВЗП. В настоящей работе сообщается о наблюдении и исследовании новых нелокальных эффектов, возникающих при движении ВЗП в приконтактной области токовых контактов на образцах $o-TaS_3$: 1) появление неравномерного распределения электрического поля в области между токовыми контактами и электрического поля противоположного знака в области вне токовых контактов, 2) увеличение проводимости в области вне токовых контактов. Наблюдаемые эффекты связываются с деформацией движущейся ВЗП в приконтактной области и проникновением ее движения на макроскопические расстояния в область вне токовых контактов.

Образцы $o-TaS_3$ получались в результате гетерогенной реакции между Ta и S в газовой фазе с последующей кристаллизацией в температурном поле с небольшим градиентом (2 град/см).

К появлению напряжения в области за токовыми контактами могло бы в принципе привести "растекание" тока вблизи контакта. Так, в случае достаточно малого контакта линии тока выходили бы в область за токовыми контактами на длину $r \approx a \sqrt{\sigma_{\parallel}/\sigma_{\perp}}$, где a – поперечный размер образца. Для того, чтобы исключить этот эффект, выбирались образцы с малыми поперечными размерами $a = 0,5 \div 1,5$ мкм и контакты размером ≈ 50 мкм $\gg r$. Контакты изготовлялись холодной пайкой индием.

Нами было обнаружено, что при пропускании тока, соответствующего движению ВЗП, через контакты 2, 3 (см. вставку на рис. 1) в области вне токовых контактов (1, 2 и 3, 4) появляется разность потенциалов V_{12}, V_{34} . Эта разность потенциалов $V_{12} \approx V_{34}$ составляет значительную часть V_{23} ($0,1 \div 0,3 V_{23}$) и противоположна V_{23} по знаку. Зависимость $V_{34}(V_{23})$, полученная на одном из образцов при температуре 110К, приведена на рис. 1, а. Характерно, что при любой полярности V_{23} напряжение V_{34} появляется при условии $|V_{23}| > V_c$, где V_c это напряжение, соответствующее депиннингу ВЗП в области 2, 3 (полученное при той же температуре из четырех зондовых измерений вольт-амперной характеристики, когда ток пропусклся через контакты 1, 4, а контакты 2, 3 использовались как потенциометрические). Это является прямым указанием на то, что наблюдаемый эффект связан с движением ВЗП. Более того, было также обнаружено, что в областях 1, 2 и 3, 4 увеличивается проводимость при $|V_{23}| > V_c$ (рис. 1, б), что указывает на движение ВЗП также и в областях вне токовых контактов. Проводимость σ_{12} и σ_{34} измерялась на слабом переменном токе ($\approx 10^{-7}$ А) частотой 600 Гц.

Измерения, проведенные при разных температурах, показали, что в области температур выше температуры пайерлсовского перехода $T_p = 220$ К оба эффекта, представленные на рис. 1, а, б, исчезают.

Для выяснения картины распределения электрического поля E в области между токовыми контактами были проведены измерения на образце с 4-мя зондами, расположенными на расстоя-

нии ≈ 500 мкм друг от друга (рис. 2). Величина электрического поля между двумя соседними зондами определялась как разность потенциала, измеренная между этими зондами, деленная на расстояние между ними. Как видно из рис. 2, при $V_{14} > V_c$ и распределение поля между токовыми контактами 1, 4 оказывается сильно неоднородным: в центральной области поле оказывается ниже, чем оно было бы при равномерном распределении (пунктирная линия), по мере приближения к токовому контакту 4 возрастает в несколько раз; сразу за контактами оно, сохраняя большую величину, резко меняет знак и быстро спадает до нуля. При $V_{14} < V_c$ неоднородность распределения поля E не наблюдалась.

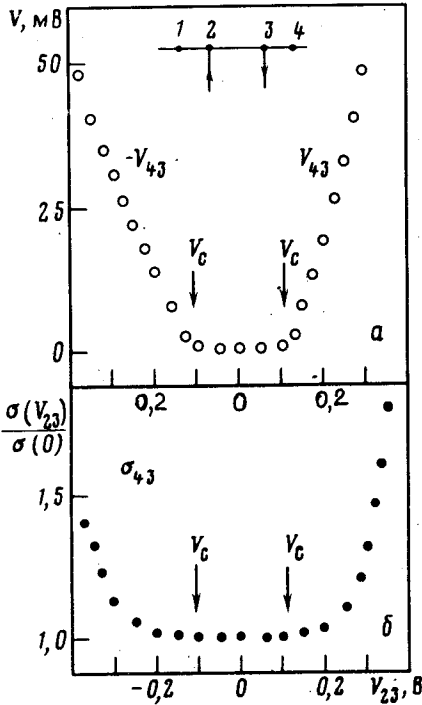


Рис. 1

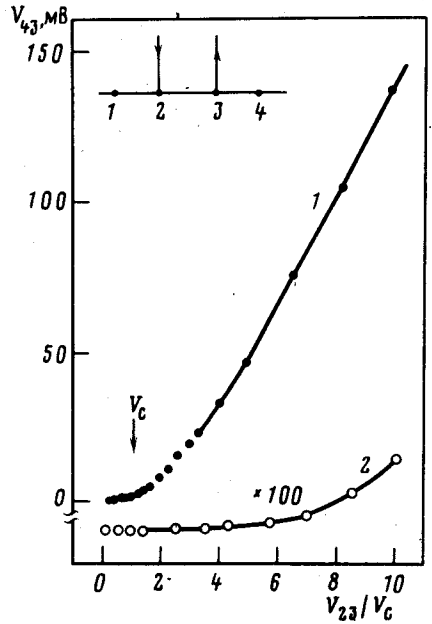


Рис. 2

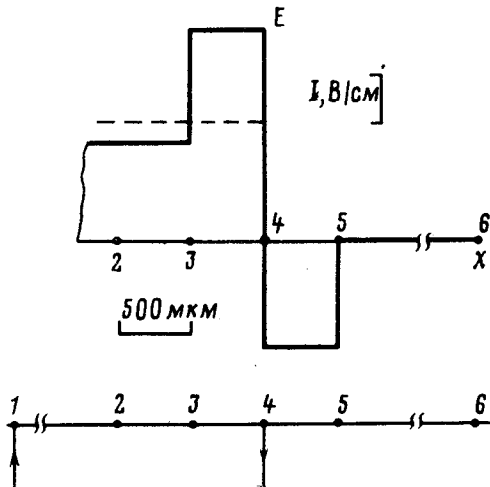


Рис. 3

Дальнейшие опыты были направлены на измерение длины спада электрического поля в области за токовыми контактами L_E . Прямые измерения (путем сближения контактов 4, 5 на рис. 2) дали оценку сверху $L_E < 200$ мкм. Из измерений, в которых варьировалась протяженность токового контакта, было получено $40 < L_E < 130$ мкм, т. е. $L_E \approx 100$ мкм. Результаты этих измерений представлены на рис. 3. Кривой 1 соответствует протяженность токового контакта 3 (на рис. 3) $L_3 = 40$ мкм, кривой 2 — $L_3 = 130$ мкм.

Рис. 1. Зависимости а — величины разности потенциалов вне области токовых контактов V_{43} и б — нормированной проводимости от разности потенциалов между токовыми контактами V_{23} на образце №5 с поперечным размером 1 мкм. $T = 110$ К. $L_{23} = 1,8$ мм, $L_{34} = 1$ мм, $V_c = 0,12$ В

Рис. 2. Распределение поля E вблизи токового контакта 4. Образец №3, $T = 110$ К, $L_{12} = 2$ мм, $L_{23} = L_{34} = 500$ мкм, $L_{45} = 450$ мкм, $L_{56} = 1$ мм.

Рис. 3. Зависимость $V_{34}/(V_{23}/V_c)$ для двух идентичных образцов №6 и №7 с разными протяженностями токового контакта: 1 — $L_3 = 40$ мкм, 2 — $L_3 = 130$ мкм; $V_c = 60$ мВ, $T = 118$ К.

При увеличении L_3 всего в 3 раза сигнал V_{34} почти полностью пропал (при $V_{23} = 10V_c$ уровень V_{34} упал в 600 раз), что указывает на очень резкий характер спада поля.

Результаты измерений могут быть объяснены на основе теории С.Н.Артеменко и А.Ф.Волкова (стр. 74, данный номер), где ВЗП рассматривается как движущаяся среда, которая описывается фазой, являющейся функцией координат и времени. При протекании тока выше порогового вдоль части образца фаза ВЗП в области (2, 3) (рис. 1) начинает расти во времени. Поскольку вдали от области (2, 3) фаза не возмущается, вблизи токовых контактов возникает деформация ВЗП ($\frac{\partial \chi}{\partial x} \neq 0$, χ — фаза ВЗП). В области деформации спадает скорость ВЗП $u = (\dot{\chi}/Q)$ (Q — волновой вектор ВЗП), обращаясь в нуль на макроскопической длине L_E в области вне токовых контактов.

Противоположный знак электрического поля в этой области связан с тем, что ток ВЗП здесь должен компенсироваться током квазичастиц, т. е. электрическое поле должно быть приложено в направлении, противоположном полю между токовыми контактами. Так как при низких температурах ($T \ll \Delta$) квазичастиц мало, компенсирующее поле должно быть большим по величине.

В условиях эксперимента длина $L_E \approx 100$ мкм была меньше расстояния между токовыми контактами. Как следует из теории, в этом случае механизм, ограничивающим распространение электрического поля в области (1, 2) и (3, 4) является появление центров проскальзывания фазы^{4, 2} из-за достаточно большого градиента фазы в области токовых контактов 2 и 3. Согласно теоретической оценке центр проскальзывания фазы возникает при таком градиенте фазы, когда поле распространяется на длину $L_E \sim (\sigma_N / I) \Delta (T/\Delta)^{3/2}$ (где Δ — энергетическая щель, σ_N — проводимость в нормальном состоянии при данной температуре, I — ток между контактами 2, 3), что по порядку величины находится в разумном согласии с экспериментом.

Авторы благодарят С.Н.Артеменко и А.Ф.Волкова за плодотворное обсуждение результатов работы.

Литература

1. Jil J.C. Sol. St. Commun., 1982, 44, 1041.
2. Ong N.P., Verma G. Phys. Rev., 1983, B27, 4495.
3. Mihály G., Hutiray Gy., Mihály L. Phys. Rev., 1983, B28, 4896.
4. Горьков Л.П. Письма в ЖЭТФ, 1983, 38, 76.