

ВОЗБУЖДЕНИЕ РЕЗИСТИВНЫХ ДОМЕНОВ ВНУТРИ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ ПЛЕНКИ

Ю.М.Иванченко, П.Н.Михеенко

Впервые зарегистрировано вхождение вихрей внутри сверхпроводящей пленки с током. Экспериментально восстановлено распределение транспортного тока по ширине образца и распределение температуры в окрестности формирующихся резистивных доменов.

1. При разрушении током сверхпроводящего состояния в однородной или почти однородной пленке вихри входят на одной из ее сторон и либо пересекает образец полностью, либо аннигилируют с движущимися навстречу вихрями противоположного знака ¹. Присутствие дефектов либо иных локальных образований, заметно снижающих потенциальный барьер для вхождения магнитного потока, качественно меняет картину. Хотя предпочтительным по-прежнему является вхождение вихрей с краю, так как плотность тока на краю выше ^{2,3}, но теперь возможно их проникновение и внутри пленки. При этом вихри появляются парами (вихрь — антивихрь) и под действием силы Лоренца расходятся в разные стороны.

Как краевые, так и внутренние источники вихрей участвуют в формировании резистивных доменов, представляющих собой расположенные поперек образца перегретые участки, содержащие электрическое поле ⁴. Несомненно, что среди большого числа резистивных доменов (иногда оно достигает нескольких сотен), возникающих при пропускании через реальные пленки транспортного тока достаточной величины в образце имеются и такие, которые возникают из внутренних источников вихрей. Однако по виду вольт-амперных характеристик, используемых для регистрации доменов, они не отличаются от тех, которые зарождаются на краях.

2. В настоящей работе впервые зарегистрировано вхождение вихрей внутри пленки. Образцы приготавливались путем напыления индия или свинца на стеклянные подложки в вакууме 10^{-4} мм. рт. ст. Их длина составляла 15 мм, ширина (W) 6 мм, толщина менялась от 400 до 3000 Å. Подавление потенциального барьера, препятствующего проникновению вихрей обеспечивалось за счет эффекта близости. Для этого поверх пленки в определенном порядке (см. рис. 1) производилось одновременное напыление нескольких медных „точек” диаметром 0,1 мм и толщиной 1 мкм.

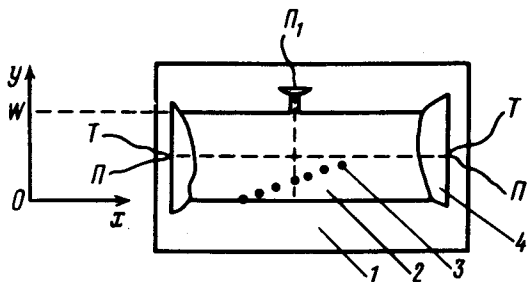


Рис.1. Типичная схема исследуемых образцов: 1 – подложка, 2 – пленка, 3 – медные „точки“, 4 – индиевые или свинцово-индиевые напайки. Т – токовые выводы, П – потенциальные, П₁ – добавочный потенциальный вывод

При пропускании транспортного тока на вольт-амперных характеристиках, записанных при температуре термостата $T_0 \cong T_c - T_0$ (T_c – критическая температура пленки) воспроизводились скачки напряжения, свидетельствующие о формировании доменов в количестве совпадающем с числом созданных слабых мест. При этом более низкие по току ступеньки напряжения (см. рис. 2) соответствуют доменам, возникающим на дефектах более удаленных от центра пленки. Для проверки этого на некоторых образцах применялся добавочный потенциальный вывод (см. рис. 1). Кроме того для индиевых пленок осуществлялось измерение зависимости величины критических токов появления доменов I_{ci} от перпендикулярного магнитного поля H_{\perp} величиной ~ 1 Э (зависимость $I_c(H_{\perp})$ чувствительна к положению источника вихрей).

3. Поскольку „точки“ идентичны по размерам и структуре, они в одинаковой степени снижают потенциальный барьер. Следовательно, величины критических токов зарождения резистивных доменов отражают закон распределения плотности тока. Кроме того, зная положение дефектов вдоль оси OX (см. рис. 1) из вольт-амперных характеристик, записанных при погружении пленок поочередно в He II, He I и его пары, считая, что в сверхтекучем гелии (He II) домены термически не влияют друг на друга, легко восстановить распределение температуры вблизи резистивного домена. На рис. 3 показаны соответствующие координатные зависимости для двух свинцовых образцов.

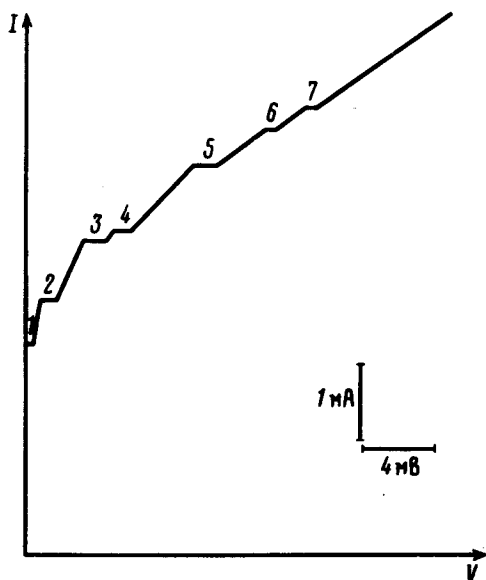


Рис.2. Проявление семи мест пониженного потенциального барьера на вольт-амперной характеристике свинцовой пленки Pb1. Характеристика прописана в парах гелия при температуре термостата 4,9 К. Режим заданного тока. Несколько более раннее зарождение резистивного домена № 4 связано с флуктуационным срывом

Нужно отметить, что характер распределения тока по ширине пленки проверялся ранее различными методами: по кипению гелия⁵, по создаваемому вблизи поверхности магнитному полю⁶ и т.д. Наиболее точным способом восстановления распределения тока является способ, основанный на непосредственном наблюдении движения потока при использовании оптического лазера¹. Его осуществление требует, однако, сложной аппаратуры. Предлагае-

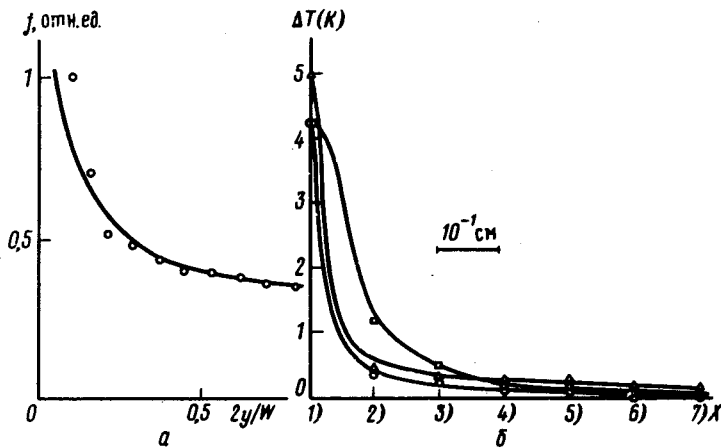


Рис.3. а – Восстановленное распределение транспортного тока. (j – его плотность) по ширине пленки для образца Рb2 (точки). Края пленки соответствуют $y = 0, W$. Сплошная кривая – теоретическая зависимость согласно ^{2,3}. Отклонение при малых y связано с размытием края образца. б – Температурный профиль ($\Delta T = T - T_0$) резистивного домена № 1 образца Рb 3 при различных условиях теплоотвода во внешнюю среду: 1 – $T_0 =$

$= 2, 92$ К, жидкий HeI, 2 – $T_0 = 2,2$ К, жидкий He I, 3 – $T_0 = 2, 92$ К, пары гелия. Цифрами 2 – 7 указано положение соседних шести доменов, выступающих в роли датчиков

мый здесь метод является прямым и в то же время очень простым в осуществлении. Что же касается нахождения распределения температуры в окрестности резистивного домена, то эти измерения удалось выполнить в тонких пленках впервые. Использованный метод представляется достаточно перспективным в подобного рода исследованиях, так как он не требует применения специальных температурных датчиков.

Литература

1. Chimenti D.E., Clem J.R. *Phys. mag. B*, 1978, 38, 635.
2. Rhoderick E.H., Wilson E.M. *Nature*, 1962, 194, 1167.
3. Лухарев К.К. Изв. ВУЗов, сер. „Радиофизика”, 1971, 14, 909.
4. Иванченко Ю.М., Михеенко П.Н. *ЖЭТФ*, 1982, 82, 488.
5. Смирнов А.П., Тотубалин В.Н., Паршина И.С., Русанова Т.А., Федоров И.Ф., Формозов Б.Н. Труды X Международной конференции по физике низких температур, М.: ВИНТИ, 1967, т. 11В, с. 202.
6. Broom R.H., Rhoderick E.H. *Proc. Phys. Soc.*, 1962, 79, 586