

НАБЛЮДЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОМЕЖУТОЧНОГО СОСТОЯНИЯ
СВЕРХПРОВОДНИКОВ С ПОМОЩЬЮ МИКРО-КОНТАКТОВ

Д. В. Шарвин

В 1957 г. Гортером [I] была предложена модель промежуточного состояния сверхпроводников при наличии тока от внешнего источника, проходящего по образцу. Согласно этой модели, чередующиеся слои

сверхпроводящей и нормальной фазы должны располагаться в образце вдоль по направлению тока и непрерывно перемещаться в перпендикулярном направлении. Эта интересная идея не получила, однако, до сих пор экспериментального подтверждения. А.И.Шальников [2] исследовал структуру промежуточного состояния цилиндрического образца с постоянным током вдоль его оси, помещенного в поперечное внешнее поле, и обнаружил, что слои неподвижны и располагаются перпендику-

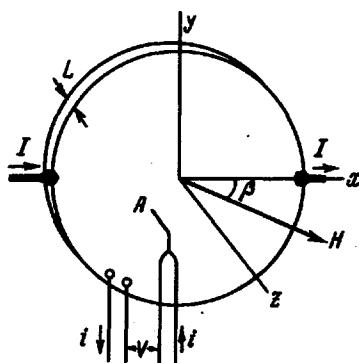


Рис. I

лярно направлению тока в соответствии с моделью, предложенной ранее Ф.Лондоном [3]. Наблюдения других авторов (см. [4,5]) также приводят к заключению, что ток, индуцированный, в образце при переходе в промежуточное состояние, ориентирует слои в перпендикулярном направлении. Описываемые ниже эксперименты показывают, однако, что модель Гортера все же в некоторых случаях осуществляется на практике.

На рис. I изображена схема опыта, в котором удалось наблюдать непрерывное движение сверхпроводящих и нормальных слоев при стационарных внешних условиях. Монокристаллический диск толщиной

$L = 0,4$ мм, диаметром 18 мм из олова с содержанием примесей порядка $10^{-4}\%$ помещался при $T < T_c$ в магнитное поле H , направленное под углом β к поверхности диска, и переходил в промежуточное состояние. Постоянный ток I , магнитное поле которого на образце было гораздо меньше H , пропускался через образец вдоль направления проекции H на поверхность образца.

Согласно [6], структура промежуточного состояния, возникающего в пластинке под действием наклонного поля, при достаточно малых β имеет вид слоев, вытянутых вдоль проекции поля на поверхность пластиинки. Такое расположение является устойчивым, соответствующим минимуму энергии системы [7].

Для обнаружения движения слоев служила приваренная к образцу проволочка А, через которую проходил измерительный ток $i = 3$ ма.

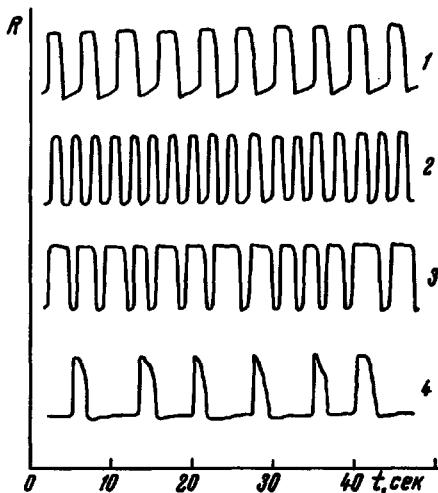


Рис. 2

Напряжение V измерялось при помощи гальванометрического усилителя и самописца. Сопротивление $R = V/i$ зависело от состояния материала образца вблизи контакта с проволочкой, возрастая на $\sim 10^{-3}$ ом при разрушении сверхпроводимости. (Отсюда, согласно формуле (2) в [8], следует, что диаметр контакта равнялся по порядку 10^{-4} см. Такая же оценка диаметра была получена из критической величины тока i , необходимой для разрушения сверхпроводимости вблизи контакта).

На рис. 2 воспроизведены записи зависимости R от времени при $T = 2,75^{\circ}\text{K}$, $\beta = 8-9^{\circ}$ и различных значениях I и H , приведенных в таблице вместе с ориентировочными характеристиками соответствующих структур, вычисленными согласно [6] в пренебрежении магнитным полем тока I . Кривые на рисунке произвольно смешены. Сопротивление менялось периодически со временем; максимальное значение

R соответствовало нормальному состоянию образца вблизи контакта, а минимальное - сверхпроводящему. При увеличении I (ср. кривые 1 и 2) осцилляции учащались, причем относительная ширина максимумов и минимумов не изменялась. При уменьшении I до нескольких десятых ампера осцилляции прекращались. При изменении H , которое приводило к существенному изменению относительного содержания нормальной фазы в образце η , изменялась также и относительная ширина максимумов.

# кривой	$I, \text{а}$	H/H_c	η	$a \cdot 10^2, \text{см}$	$v \cdot 10^3, \text{см/сек}$
1	I	0,95	0,5	3,5	8
2	I,45	0,95	0,5	3,5	155
3	I,45	0,99	0,7	6	17
4	I,45	0,89	0,3	2,3	3

Эти наблюдения указывают, очевидно, на существование непрерывного движения слоев в образце в направлении оси y . Зная пространственный период структур a , можно вычислить скорость перемещения слоев v , приведенную в последней колонке таблицы.

Сравнивая полученные результаты с предыдущими исследованиями, можно прийти к выводу, что движение слоев возникает лишь, когда какие-либо дополнительные факторы препятствуют слоям ориентироваться перпендикулярно направлению тока. Таким фактором может служить, вероятно, помимо наклона поля к поверхности образца, также и кристаллическая анизотропия поверхностной энергии на границах слоев. При слишком сильном токе слои должны, по-видимому, поворачиваться перпендикулярно току и останавливаться.

Движение нормальных слоев связано с переносом энтропии в направлении оси y , и в этом направлении должна возникать разность температур, в особенности при низких температурах, когда сверхпроводящие слои являются хорошей теплоизоляцией между нормальными областями. В принципе такое устройство является холодильной маши-

ной непрерывного действия, хотя движение слоев связано также и с диссипацией энергии и приводит к возникновению сопротивления для тока I.

Разрешающая способность метода, определяемая диаметром микроконтактов, может быть улучшена и доведена, во всяком случае, до 10^{-5} см, что позволит, возможно, применить этот метод и для исследования движения вихрей в сверхпроводниках II рода.

Я благодарен П.Л.Калице и А.И.Шальникову за интерес к работе и обсуждение ее результатов.

Институт физических проблем

Поступило в редакцию

Академии наук СССР

27 июля 1965 г.

Литература

- [1] C.J.Gorter. Physica, 23, 45, 1957.
- [2] А.И.Шальников. ЖЭТФ, 33, 1071, 1957.
- [3] F.London. Superfluids, I, New York, 1950.
- [4] Б.М.Баламова, Д.В.Шарвин. ЖЭТФ, 31, 40, 1956.
- [5] A.L.Schawlow. Phys. Rev., 101, 573, 1956.
- [6] D.V.Шарвин. ЖЭТФ, 33, 1341, 1957.
- [7] И.Е.Дзяломинский. Докл. АН СССР, 105, 224, 1955.
- [8] D.V.Шарвин. ЖЭТФ, 48, 984, 1965.