

О ЗАТУХАНИИ ТОКА В СВЕРХПРОВОДЯЩЕМ КОЛЬЦЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НИЗКОЧАСТОТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

С.В.Оденюв, В.А.Шухман

Вопрос о диссипативных механизмах в сверхпроводниках первого и второго рода, помещенных в переменное магнитное поле, рассматривался в ряде работ [1-5]. Наличие диссипации обнаруживалось в одних случаях по нагреву образца [1,4], в других — по проникновению внешнего поля в двухсвязную сверхпроводящую область при суммарных полях, заведомо меньших критического значения [3, 5]. Эксперименты эти, однако, не дают информации о том, являются ли причиной наблюдаемых эффектов потери, связанные с перемагничиванием областей вблизи поверхностных дефектов ("слабых мест") или имеют место резистивные эффекты, связанные с движением n -областей.

Нами были предприняты эксперименты, ставившие своей целью обнаружить затухание тока в сверхпроводящем кольце, помещенном в переменное магнитное поле. Такая постановка эксперимента на наш взгляд позволяет непосредственно судить о том, приводит ли наличие переменного магнитного поля к резистивным эффектам.

Эксперименты проводились на оловянном кольце ($\phi = 1$ см, $S = 0,1 \times 0,1$ см²). В присутствии внешнего однородного магнитного поля H_{\perp} , приложенного перпендикулярно плоскости кольца, в последнем возбуждался незатухающий ток I_0 , величина которого регистрировалась пробной катушкой, совершавшей колебания вблизи поверхности кольца. В течение определенного времени на постоянное магнитное по-

ле (H_{\perp}) накладывалось переменное однородное магнитное поле амплитудой h_{\sim} , перпендикулярное плоскости кольца. Частота изменения переменного поля составляла 30 Гц. Спустя определенное время t переменное поле отключалось и производилась регистрация величины постоянного тока I в кольце. Таким образом снималась зависимость $I = f(t)$ при различных значениях H_{\perp} и h_{\sim} .

Полученные результаты состоят в следующем:

1. Обнаружено затухание тока в кольце при значениях суммарного поля, которым соответствует область вблизи окончания линейного участка кривой намагничивания кольца.

2. Измерения, проводимые в постоянных магнитных полях тех же величин, не обнаружили какой-либо зависимости тока в кольце от времени наблюдения.

3. Максимальные времена релаксации достигают значений ~ 1 час, что соответствует эффективному удельному сопротивлению кольца $\rho_{\text{эфф}} \sim 10^{-14}$ ом·см. Времена релаксации уменьшаются с ростом суммарного поля.

4. Характер затухания зависит от соотношения между h_{\sim} и H_{\perp} :

а) при $H_{\perp} > h_{\sim}$ затухания не наблюдается вплоть до значений суммарного поля $H_{\perp} + h_{\sim}$, соответствующего окончанию линейного участка кривой намагничивания. Выход за линейный участок сопровождается, естественно, резким уменьшением величины тока в кольце (за время, во всяком случае меньшее временной постоянной аппаратуры ~ 1 сек), вслед за которым, однако, следует плавное затухание с большими временами релаксации (см. п.3); б) при $H_{\perp} \leq h_{\sim}$ затухание с самого начала носит плавный характер, с большими временами релаксации, которые постепенно уменьшаются с ростом суммарного поля.

5. Зависимость тока в кольце от времени воздействия на него переменного магнитного поля выходит на плато (при этом, относительное изменение тока может достигать величины $\sim 40\%$).

Возможное объяснение экспериментальных фактов состоит в том, что суммарное магнитное поле в некоторых областях на поверхности образца превышает критическое значение, способствуя тем самым зарождению n -областей, которые сами по себе не могут привести к затуханию циркулирующего в кольце тока. Резистивный эффект может возникнуть лишь в результате непрерывного движения таких областей, чему, в частности, может способствовать наличие переменной по знаку силы Лоренца, действующей на эти области со стороны тока, индуцируемого в кольце внешним полем. При $h_{\sim} < H_{\perp}$, когда суммарный ток, индуцированный в кольце, является пульсирующим, т.е. сила Лоренца не меняет знака, n -области, достигнув границ кольца, останутся неподвижными. В противоположном случае ($h_{\sim} > H_{\perp}$) сила Лоренца знакопеременная, и n -области могут совершать колебания вблизи границ кольца, приводя к появлению эффективного сопротивления. Обращая внимание на малость этого сопротивления и на зависимость эффекта не только от величины суммарного поля $H_{\perp} + h_{\sim}$, но и от соотношения между H_{\perp} и h_{\sim} , следует отметить, что наблюдаемые факты вряд ли могут быть приписаны возникновению промежуточного со-

стояния, хотя, например, в случае разбиения кольца на слои n - и S -фазы, направленные вдоль тока и перемещающиеся в перпендикулярном направлении [6], резистивность могла бы иметь место. При этом, однако, затухание должно было бы возникнуть независимо от того, является ли суммарное поле, приложенное к кольцу, постоянным, пульсирующим или знакопеременным.

Авторы выражают свою искреннюю признательность Э.Л.Андроникашвили, в значительной степени стимулировавшему работу.

Институт физики
Академии наук Грузинской ССР

Поступило в редакцию
25 декабря 1967 г.

Литература

- [1] Y.A.Rocher, J.Septfonds. *Cryogenics*, 7, № 2, 1967.
- [2] T.A.Buchhold. *Cryogenics*, 3, № 3, 1963.
- [3] G.M.Foster. *Phys. Rev. Lett.*, 11, № 3, 1963.
- [4] R.G.Rhodes, E.C.Rogers, R.J.Seebold. *Cryogenics*, 4, № 4, 1964.
- [5] R.M.Easson, P.Hlawiczka. *Phys. Lett.*, 20, № 4, 1966.
- [6] А.Ф.Андреев, Ю.В.Шарвин. *ЖЭТФ*, 53, 1499, 1967.