

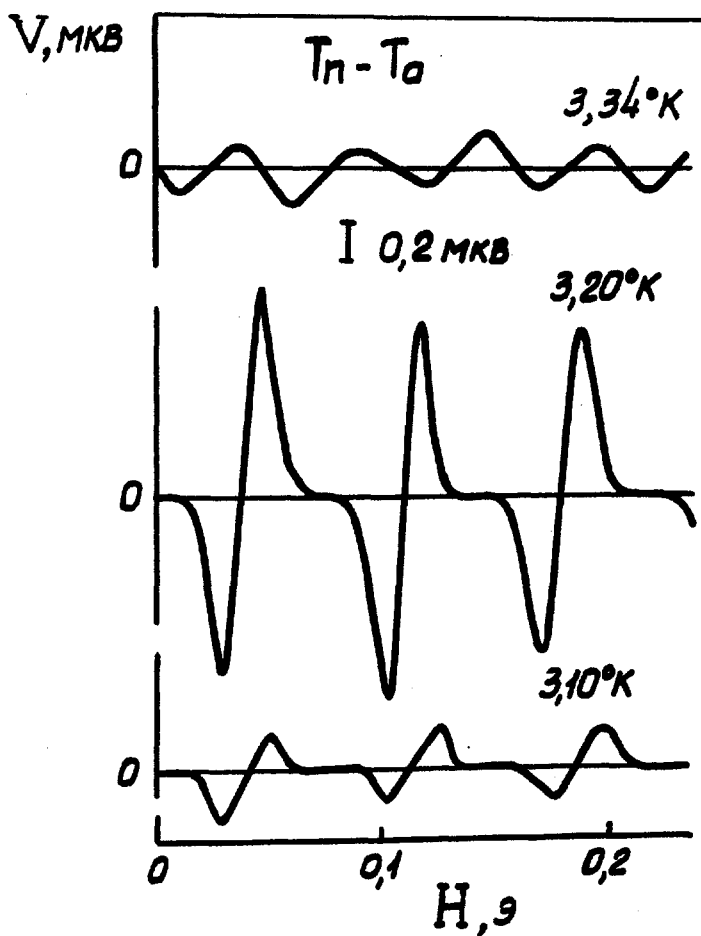
О КВАНТОВОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ В РЕЗИСТИВНОМ СОСТОЯНИИ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

И.М.Дмитренко, С.И.Бондаренко

В последние годы появился ряд сообщений (см. например, [1]) о наблюдении осцилляций критического тока, протекающего через параллельно соединенные туннельные или точечные контакты (сверхпроводящий интерферометр) при изменении внешнего магнитного поля. Имеются также сообщения об экспериментальном наблюдении осцилляций напряжения на сверхпроводящем интерферометре, слабые связи которого переведены в резистивное состояние с помощью достаточно большого по величине транспортного тока, протекающего через интерферометр [2]. Наблюдение квантовых осцилляций напряжения означает, что фазовая когерентность и квантовая интерференция сохраняются в резистивном состоянии сверхпроводников. Такой вывод не противоречит существующим представлениям о резистивном (динамическом смешанном или промежуточном) состоянии сверхпроводника. Между тем, вопрос о квантовании лондоновского флюксоида [3] в резистивном состоянии сверхпроводников является совершенно открытым, а наличие транспортного тока в опытах с интерферометрами [2] маскирует некоторые специфические особенности такого квантования.

На сверхпроводящих интерферометрах, изготовленных по методу Кларка [4], нами наблюдалось, наряду с уже известными осцилляциями напряжения в присутствии транспортного тока, также постоянное во вре-

мени напряжение, осциллирующее в магнитном поле с той же периодичностью, но в отсутствии транспортного тока через интерферометр. Независящая от магнитного поля компонента напряжения, связанная с транспортным током, в этом случае отсутствовала.



Осцилляции напряжения на сверхпроводящем интерферометре в резистивном состоянии при изменении внешнего магнитного поля и при отсутствии транспортного тока через интерферометр

На замкнутое кольцо из танталовой проволоки, имевшее диаметр $\sim 1 \text{ см}$, наносилась небольшая капля индия (или эвтектики Sn-Pb), при затвердевании образующая с танталом через слой окисла два или более точечных контактов [4]. К капле и к кольцу подсоединялись токовые и потенциальные провода, позволявшие пропускать через точечные контакты транспортный ток и измерять разность потенциалов между каплями и кольцом. Интерферометр помещался внутри соленоида, защищенного системой сверхпроводящих и магнитных экранов. Включением магнитного поля соленоида при температуре ниже T_c тантала в коль-

це возбуждался незатухающий ток, магнитное поле которого непосредственно пронизывало квантующие контуры интерферометра, содержащие слабые связи (точечные контакты). В таких условиях в определенном интервале температур ниже T_c индия на потенциальных отводах наблюдалось появление напряжения V около 1 мкВ , осциллирующего вблизи нуля при изменении поля соленоида (тока в танталовом кольце) и разомкнутой токовой цепи интерферометра. Напряжение измерялось фотоэлектрическим микровольтметром типа Ф116/1 с батарейным питанием и регистрировалось на двухкоординатном потенциометре. При понижении температуры амплитуда осцилляций увеличивалась, проходила через максимум и убывала до нуля при температуре на $0,2 \pm 0,3^\circ$ ниже критической. При более низких температурах осцилляции с таким же периодом по полю появлялись при пропускании транспортного тока, величина которого, необходимая для появления осцилляций, монотонно увеличивалась от нуля по мере понижения температуры. На рисунке приведены наблюдавшиеся осцилляции $V(H)$ в функции магнитного поля соленоида. Во всех случаях осцилляции $V(H)$ были обратимы по полю и воспроизводимы. Сопротивление переходов капля-кольцо, на которых наблюдались осцилляции $V(H)$ без транспортного тока, составляло при $T = 77^\circ\text{К}$ около одного ома. Более низкоомные переходы обнаруживали осцилляции $V(H)$ только при наличии транспортного тока. С понижением температуры из-за уменьшения глубины проникновения магнитного поля период осцилляций несколько увеличивается.

При характерных для наших интерферометров индуктивностях квантующих контуров $L \sim 10^{-11} \text{ гн}$ полный циркулирующий ток $i_{\text{ц}}$, входящий в статическое условие квантования флюксоида [3], достигает величины 10^{-4} а (из оценки $Li_{\text{ц}} \sim \Phi_0/2$). При таком токе слабые связи находятся в резистивном состоянии. Поэтому, циркулирующий ток должен затухать, приводя к распаду состояния с квантованным флюксоидом за времена порядка $10^{-7} - 10^{-9} \text{ сек}$ (порядка отношения $Li_{\text{ц}}^2/(Vi_{\text{ц}})$). Экспериментально наблюдается, однако, устойчивое во времени напряжение. В настоящее время выясняется вопрос об энергетическом балансе в интерферометрах с резистивными слабыми связями.

Авторы благодарны В.П.Галайко, И.О.Кулику и Ю.Г.Бевзе за полезные дискуссии и Е.И.Баланову за помощь в экспериментах.

Физико-технический
институт низких температур
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
13 декабря 1967 г.
После переработки
17 февраля 1968 г.

Литература

- [1] R.C.Jaklevic, J.Lambe, J.E.Mercereau, A.H.Silver. Phys. Rev., 140, 1628, 1965; J.E.Zimmerman, A.H.Silver. Phys. Rev., 141, 367, 1966.
[2] R.Meservey. Proc. LT-9, p.455, 1964; R. de Bruyn Ouboter, M.H.Omar,

- Miss A.J.P.T. Arnold, T.Guinau, K.W.Taconis. *Physica*, 32, 1448, 1966;
M.H.Omar, R. de Bruyn Ouboter. *Physica*, 32, 2044, 1966.
- [3] F.London. *Superfluids*, 1, 1950.
- [4] J.Clarke. *Phil. Mag.*, 13, 115, 1966.