

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ СТАЦИОНАРНОГО ЭФФЕКТА ДЖОЗЕФСОНА

А.А.Галкин, Б.И.Бородай, В.М.Свищунов, В.Н.Тарасенко

При обсуждении эффектов слабой сверхпроводимости Андерсон [1] и Джозефсон [2] указали на роль флуктуаций в сверхпроводящем туннелировании. Отчетливое наблюдение эффектов Джозефсона [3] возможно только в случае, если энергия связи системы достаточно велика по сравнению с энергией термических и других флуктуаций. Вант-Хулл и Мерсеро [4] представили доказательства для индуцируемой фазовой когерентности. Как было показано Ларкиным и Овчинниковым [5], диссипативные флуктуации, вводимые из внешней цепи, приводят к появлению конечной полосы частот, излучаемых джозефсоновским образцом. Недавно Инанченко и Зильберман [6] рассмотрели влияние термических флуктуаций на постоянный ток Джозефсона и показали, что на барьере появляется конечное напряжение даже в той области токов, где в отсутствие флуктуаций наблюдался бы сверхпроводящий туннельный ток при $V = 0$.

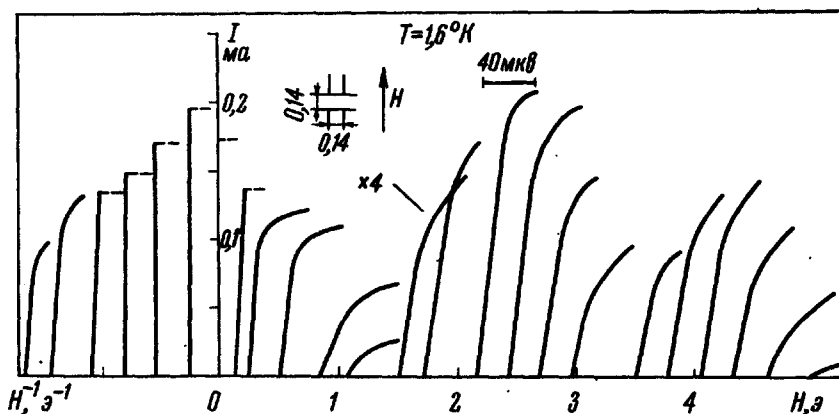


Рис. 1. Начальные участки $I - V$ характеристик в зависимости от магнитного поля. Для всех кривых, начиная с $1,5 \text{ э}$, масштаб по току увеличен в 4 раза

В настоящей работе сообщается о предварительных экспериментальных результатах по исследованию стационарного эффекта Джозефсона, свидетельствующих, по-видимому, влияние флуктуаций на сверхпроводящее туннелирование.

Объектом исследований являлись высокоомные $- 0,05 - 0,1 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2$ туннельные переходы Pb-I-Pb с толщиной пленок $\sim 1300 \text{ \AA}$. Для всех образцов ширина перехода была малой по сравнению с удвоенной джозефсоновской глубиной проникновения ($2\lambda_J > W$), т.е. распределение магнитного поля и тока по образцу — однородное. Максимальная величина наблюдаемого сверхпроводящего тока составляла 6 — 20% от теоретической. Изучалось поведение критического тока Джозефсона в магнитных полях. При этом, в отличие от низкоомных ($\sim 0,001 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2$) образцов, отчетливо наблюдаются два типа зависимости.

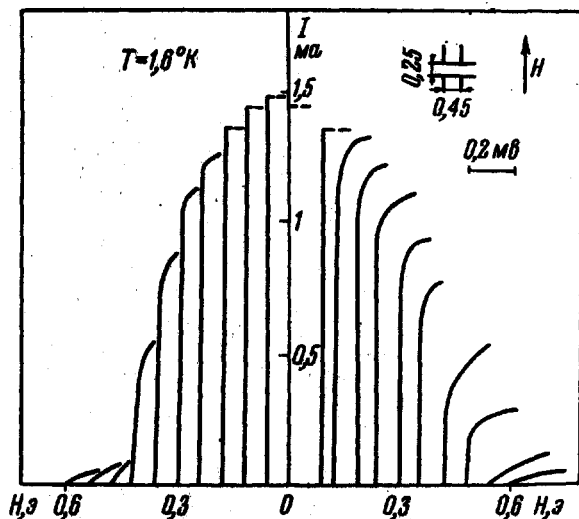


Рис. 2. Магнитная зависимость начальных участков $I - V$ характеристик, демонстрирующая anomalous поведение тока Джозефсона

1. При некоторых магнитных полях сверхпроводящий "постоянный" ток протекает при конечном напряжении на барьере, сохраняя периодическую зависимость от поля (рис. 1).

2. Ток Джозефсона не проявляет осциллирующей зависимости от магнитного поля (рис. 2).

Первое явление наблюдалось на всех исследованных образцах, второе — реже, и с большей вероятностью на более высокоомных и широких, но не ббльших по сравнению с $2\lambda_J$, переходах.

Согласно теоретической модели [6] конечный наклон на характеристиках для "постоянного" тока Джозефсона появляется в результате перехода системы из одного метастабильного состояния в другое под действием тепловых флуктуаций, что приводит к временной зависимости фазы, а следовательно — напряжению. Качественно экспериментальные

результаты соответствуют теоретическому рассмотрению. Однако, количественное сравнение пока затруднено. Во-первых, неизвестна величина θ – некоторая эффективная температура образца, во-вторых, конечный наклон наблюдался для всех образцов только в присутствии магнитного поля (что усложняет расчет). Заметим, что и для низкоомных переходов в больших магнитных полях (~ 10 э) наблюдался [7] плавный переход на ступеньку, связанную с возникновением высокочастотного тока.

Второй эффект до сих пор не нашел теоретического объяснения, хотя первое сообщение об аномальной зависимости туннельного сверхпроводящего тока относится к 1965 г.¹⁾ [8]. Поведение тока Джозефсона обусловлено относительной квантовой фазой. Если энергия связи достаточна для стабилизации разности фаз, то через барьер будут протекать сверхпроводящие токи. Разумно предположить, что аномальное поведение тока Джозефсона в магнитном поле отражает нарушение фазовой когерентности в слабосвязанных сверхпроводящих системах. Вводя контролируемый источник шумов (кроме магнитного поля), можно, по-видимому, наблюдать оба типа магнитной зависимости тока на одном образце.

В заключение благодарим А.П.Комара за интересное обсуждение вопроса, Ю.М.Иванченко и Л.А.Зильбермана – за ознакомление с их работой до опубликования и полезные дискуссии, Е.М.Малиненко – за помощь в экспериментах.

Донецкий
физико-технический институт
Академии наук Украинской ССР

Поступило в редакцию
6 августа 1968 г.

Литература

- [1] P. W. Anderson. *Weak Superconductivity. Preprint*, 1963.
- [2] B. D. Josephson. *Revs. Mod. Phys.*, 36, 212, 1964.
- [3] B. D. Josephson. *Phys. Lett.*, 1, 251, 1962.
- [4] L. L. Vant-Hull, J. E. Mercereau. *Phys. Rev. Lett.*, 17, 629, 1966.

¹⁾ О неосциллирующей зависимости тока Джозефсона на образцах Sn-I-Sn с толщиной пленок 500 Å докладывали А.А.Галкин, Ю.М.Иванченко, В.М.Свистунов на 1-й сессии Донецкого научного центра, в декабре 1966 г.

- [5] А.И.Ларкин, Ю.Н.Овчинников. ЖЭТФ, 53, 2159, 1967.
- [6] Ю.М.Иваненко, Л.А.Зильберман. Письма ЖЭТФ, 8, 189, 1968.
- [7] А.А.Галкин, В.М.Свистунов. Письма ЖЭТФ, 5, 396, 1967.
- [8] Т. Shigi, I. Saji, S. Nakaya, K. Uchino, T. Aso. J. Phys. Soc. Japan, 20, 1276, 1965.