

## ПОДАВЛЕНИЕ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ ОЛОВЯННОЙ ПЛЕНКИ МИКРОВОЛНОВЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ

С.К.Толпыго, В.А.Тулин

Наблюдено уменьшение критического магнитного поля сверхпроводящей оловянной пленки при облучении микроволновой мощностью. Эффект не сводится к простому сложению амплитуды высокочастотного поля и внешнего постоянного поля.

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию нелинейного воздействия сверхвысокочастотного (СВЧ) облучения на сверхпроводники. Интерес к этому определяется как практической ценностью результатов так и успехами теоретической физики в этом направлении. Мы изучали импеданс сверхпроводящих пленок олова, напыленных на кремневые и стеклянные подложки, на частоте  $10^9$  гц в магнитном поле.

В качестве поглощающей ячейки использовался спиральный резонатор. Сверхпроводящая пленка размещалась рядом с резонатором и была отделена от него медным экраном с диафрагмой (диаметром 3 мм), так чтобы действие СВЧ поля не распространялось на края пленки. Сильная концентрация поля в спиральных резонаторах позволяет получать амплитуды СВЧ магнитного поля порядка десятков эрстед, используя генератор мощностью около 1 Вт. Изучалась зависимость активной части импеданса от магнитного поля при различных уровнях СВЧ мощности. Схема установки описана в работе [1]. Высокочастотное и постоянное магнитные поля были параллельны и направлены вдоль поверхности пленки. Исследования выполнялись при температуре жидкого гелия, ниже  $\lambda$ -точки, так как кипение гелия ухудшает чувствительность установки. Подложка с пленкой и спиральный резонатор были погружены в ванну. Пленки напылялись испарением в вакууме  $(5 \div 7) \cdot 10^{-6}$  мм. рт.ст. толщина пленок составляла  $600 \div 1000 \text{ \AA}$ .

На рис.1 изображен характерный вид зависимости активной части импеданса от магнитного поля. В качестве параметра на рис.1 изображена относительная амплитуда высокочастотного поля на пленке. При малых уровнях мощности кривые соответствуют переходу из сверхпроводящего состояния в нормальное в параллельном поле. Из вида этих кривых можно получить значение параллельного критического поля пленки. При достаточно большом уровне облучения происходит характерное изменение вида кривой импеданса от магнитного поля. Во-первых, поле, при котором начинает нарастать импеданс от его значения в сверхпроводящем состоянии уменьшается при увеличении мощности. Во-вторых, происходит изменение вида перехода импеданса от сверхпроводящего к нормальному. Как видно из рис.1, переход начинается скачком, после чего наблюдается затянутое изменение импеданса до полностью нормального состояния. Магнитное поле, при котором импеданс достигает значения нормальной пленки, так же уменьшается с увеличением

мощности, но это уменьшение гораздо более слабое, чем уменьшение критического поля. Это говорит о сравнительно слабом возможном разогреве пленки при облучении.

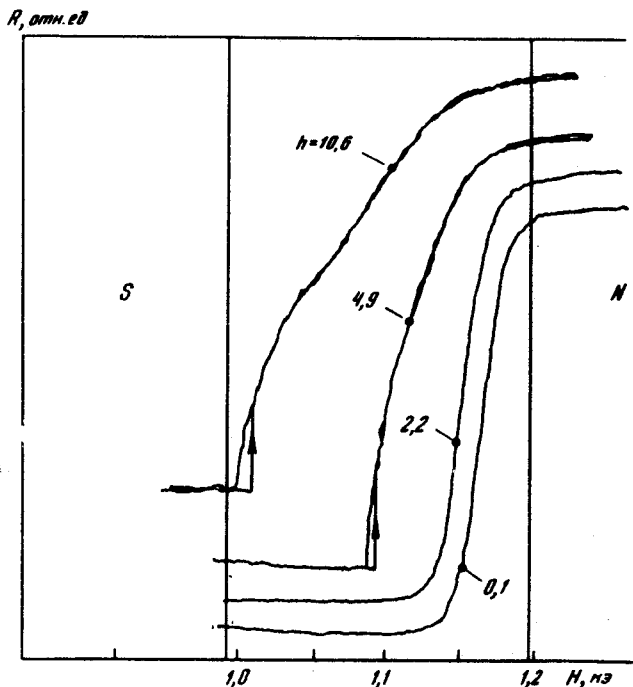


Рис. 1. Зависимость активной части импеданса от магнитного поля для пленки олова. В качестве параметра на кривых нанесена относительная величина амплитуды поля СВЧ облучения

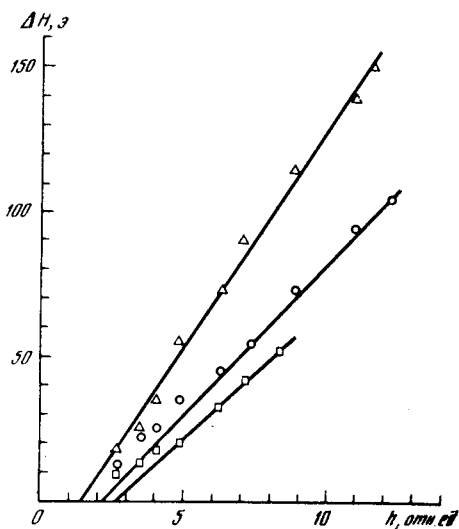


Рис. 2. Зависимость изменения критического поля оловянной пленки от амплитуды поля СВЧ для разных температур:  $\Delta$  —  $T = 1,27$  К,  $\circ$  —  $T = 1,85$  К,  $\square$  —  $T = 2,14$  К

Зависимость изменения критического поля (магнитного поля при котором наблюдается скачок импеданса) от относительной амплитуды СВЧ поля изображена на рис. 2 для трех значений температуры. Зависимость можно аппроксимировать отрезком прямой линии, пересекающей ось абсцисс при конечном значении. Изменение критического по-

ля существенно больше амплитуды СВЧ магнитного поля (приблизительно в 10 раз при температуре 1,3 К).

С ростом температуры влияние СВЧ поля на переход оловянных пленок в нормальное состояние в исследуемой области температуры ослабевает.  $\left( \frac{\partial(\Delta H_c)}{\partial h} \sim 1/T \right)$ . Вышеописанный эффект наблюдался на всех исследуемых пленках олова независимо от материала подложки, а также на пленках алюминия, которые мы продолжаем исследовать.

Экспериментальные результаты указывают на существование механизма подавления сверхпроводимости пленок СВЧ магнитным полем. Поведение сверхпроводников в высокочастотном поле было исследовано в работе Горькова и Элиашберга [2] на примере сверхпроводников с парамагнитными примесями. Там было показано, что при достаточно большой амплитуде СВЧ поля возникает неоднозначное решение уравнения для энергетической щели, которая при амплитуде больше критической становится экспоненциально малой. Кинетика этого явления была описана в работе Ивлева, Лисицына и Элиашберга [3]. С точки зрения эксперимента это соответствовало бы тому, что при увеличении амплитуды СВЧ поля произошло бы скачкообразное изменение щели до очень малой величины. В работе [2] эффект рассматривался в отсутствие внешнего постоянного магнитного поля. Эксперимент ставился несколько иначе. При постоянной мощности облучения менялось внешнее магнитное поле и наблюдалось изменение критического поля при различных уровнях облучения (рис. 1, рис. 2). Поэтому эксперимент в первую очередь может дать результат — зависимость критической амплитуды от магнитного поля.

После скачка импеданса (в большем магнитном поле) в образце возникает некоторое новое состояние, которое прослеживается на кривых зависимости импеданса от магнитного поля (рис. 1). Согласно работе Горькова и Элиашберга [2] выше критической амплитуды СВЧ поля устанавливается состояние с уже упомянутой экспоненциально малой щелью. Мы предполагаем, что в магнитном поле это состояние не реализуется, т.е. пленка должна перейти в нормальное состояние. Нормальное же состояние при таких уровнях не может быть стабильно, так как не хватает мощности для разогрева пленки до критической температуры  $T_{кр}(H)$ , а специфический механизм воздействия облучения на сверхпроводник выключается. Таким образом возникает интервал по магнитному полю, где не может существовать ни чисто сверхпроводящего, ни чисто нормального состояния, т.е. должно возникнуть некоторое смешанное состояние. Структура этого состояния может определяться зависимостью эффекта подавления от размеров сверхпроводящих областей пленки. Такое рассмотрение удобно с точки зрения описания экспериментальных результатов, хотя нет никаких данных, исключающих существование состояния с экспоненциально малой щелью.

## Литература

- [ 1 ] С.А.Говорков, В.А.Тулин. ЖЭТФ, 70, 1044, 1976.
  - [ 2 ] Л.П.Горьков, Г.М.Элиашберг. ЖЭТФ, 54, 612, 1968.
  - [ 3 ] В.И.Ивлев, С.Г.Лисистын, Г.М.Элиашберг. J. Low Temp. Phys., 10, 449, 1973.
-