

А. А. ГАЛКИН и Б. Г. ЛАЗАРЕВ

О ДЕТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВАХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 24 XI 1947)

В ранее сделанных сообщениях ⁽¹⁾ речь шла о релаксационных эффектах в области радиочастот у чистых сверхпроводящих металлов. Методика исследования основывалась на нелинейной зависимости сопротивления сверхпроводника в переходной области от тока и температуры. Если через сверхпроводник одновременно текут постоянный и переменный (синусоидального вида) токи, то получаемая разность потенциалов не будет синусоидальной функцией времени, а постоянная слагаемая напряжения должна зависеть от амплитуды переменного тока.

Последнее свойство позволило оценить величины временных эффектов, сопутствующих переходам из нормального в сверхпроводящее состояние и обратно, путем изучения вольт-амперных характеристик сверхпроводящего детектора при различных частотах ⁽¹⁾. Детекторные свойства сверхпроводников позднее наблюдали также Andrews, Milton, De Sorbo ⁽²⁾ и Milton ⁽³⁾. Andrews, Milton, de Sorbo изучали поведение сверхпроводящего болометра из нитрида ниобия в переходной области. Оказалось, что сопротивление, изготовленное из NbN, обладает флуктуационными шумами, значительно большими, чем те, которые должны наблюдаться из-за статистических флуктуаций. В дальнейшем ⁽⁴⁾ происхождение этих шумов было приписано демодуляции радиосигналов от радиостанций. Непосредственные лабораторные эксперименты подтвердили это. Оказалось, что величина детектированного сигнала зависит от температуры, а также от силы постоянного тока. Кроме того, на нитриде ниобия возможна демодуляция без пропуска тока через образец. Авторы, приводя результаты своих измерений, не находят объяснения наблюдаемого эффекта и считают его новым свойством сверхпроводника.

Как указано выше, явление детектирования было использовано нами для изучения релаксационных эффектов в сверхпроводниках. Продолжая подобные исследования демодуляции сверхпроводником модулированного высокочастотного тока, мы непосредственным образом убедились в правильности ранее изложенных объяснений детекторных свойств сверхпроводников.

Можно ожидать, что сплавы (равно как и чистые металлы, подвергнутые большим неоднородным деформациям) должны обладать легко наблюдаемыми детекторными эффектами из-за сильной растянутости по температуре кривой перехода. Эти наблюдения могут быть облегчены еще тем, что для сплавов отношение R/R_0 порядка 0,1—0,01, в то время как для чистых металлов R/R_0 меньше, чем 0,001.

Как уже указывалось ранее ⁽⁵⁾, величина критического поля для сильно деформированного сверхпроводника зависит от истории перехода в сверхпроводящее состояние. После пропуска через образец тока, по величине больше критического, критический ток при вторичных измерениях бывает значительно меньшим, что было объяс-

нено „замораживанием“ поля тока. Следует ожидать, что в сплавах, у которых имеется „замерзшее“ поле, критический ток должен зависеть от его направления. При пропускании через сверхпроводник переменного тока должна существовать асимметрия разности потенциалов, что приведет к детектированию без пропускания постоянного тока.

Исследование выпрямительных свойств у сверхпроводников проводилось путем измерений величины демодулированного сигнала в зависимости от температуры, величины постоянного тока и величины переменного тока.

Измерения производились при разных глубинах модуляции. Для измерения величины демодулированного сигнала потенциальные концы сверхпроводника подавались на вход резонансного усилителя низкой частоты, настроенного на модуляционную частоту высокочастотного генератора (2100 Hz). Выход усилителя подключался к осциллографу. Глубина модуляции генератора могла меняться от 0 до 100%. Как амплитуда переменного, так и величина постоянного тока могли плавно изменяться. Все измерения производились на частотах порядка 10^7 Hz.

В качестве образца служил сплав SnBi (эвтектика). Образцы изготовлены в виде проволоки диаметром 0,05 мм и длиной 80 мм. Отношение R/R_0 для сплава равно 0,1, $T_k=3,815^\circ\text{K}$, что хорошо согласуется с данными Voogt'a (6) о сплаве SnBi.

Результаты измерений показали, что величина демодулированного напряжения в зависимости от температуры имеет максимум. Максимум лежит в области температур, при которых $R=R_n/2$, где R_n — сопротивление образца в нормальном состоянии. Местоположение максимума может быть изменено внешним магнитным полем. Максимальная амплитуда демодулированного сигнала превышает уровень шумов усилителя, по крайней мере, на один порядок. Связь демодулированного напряжения с величинами постоянного и переменного токов получилась линейной. Подобная зависимость может быть получена из рассмотрения этого вида детектирования и наблюдалась ранее (4) на чистых сверхпроводниках.

Демодуляция без постоянного тока на образце отсутствовала. На этом же образце SnBi не удалось „заморозить“ циркуляционного поля, и при снятии кривой $V=V(I)$ не наблюдалось характерного гистерезиса, который получается при „замораживании“ поля в сверхпроводниках.

В результате проведенных экспериментов можно сделать следующие заключения.

1) Демодуляция модулированного переменного тока сверхпроводников объясняется нелинейной зависимостью напряжения от тока в переходной области.

2) На сверхпроводниках, у которых нет гистерезиса сопротивления в зависимости от тока, детектирование без пропускания постоянного тока не наблюдается. Наличие детекторных эффектов без постоянного тока в нитриде ниобия можно объяснить „замораживанием“ циркуляционного поля.

Физико-технический институт
Академии Наук УССР

Поступило
22 XI 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Б. Г. Лазарев и А. А. Галкин, ЖЭТФ, 11, 573 (1941); В. И. Хоткевич, ДАН, 55, 817 (1947). ² D. H. Andrews, R. M. Milton and W. De Sorbo, J. Optic. Soc. Amer., 36, 518 (1946). ³ R. M. Milton, Chem. Rev., 39, 419 (1946). ⁴ D. H. Andrews and C. H. Clark, Nature, 158, 945 (1946); Phys. Rev., 72, 161 (1947). ⁵ Б. Г. Лазарев и А. А. Галкин, ЖЭТФ, 14, 474 (1944); 6, 371 (1944). ⁶ Voogt, Leidsche Onderzoekingen den Suprageleiden Toestand von Metalen, Amsterdam, 191.