

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ВОПРОС ПО ВЫБОРУ
ПО КУРСУ
«ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ»

SIS переход

выполнил студент Б04-852 группы ФЭФМ

Яромир Водзяновский

1 Теория

1.1 Туннельные эффекты в сверхпроводниках

1.1.1 Принцип измерения

Наиболее прямое измерение энергетической щели в сверхпроводниках может быть проведено с помощью туннельных экспериментов.

- На стеклянную пластинку, с подготовленными контактами наносится узкая полоска пленки первого металла.
- Далее эта полоска окисляется и покрывается слоем изолирующего окисла толщиной ~ 10 ангстрем.
- В поперечном направлении наносится узкая полоска пленки второго металла.

Место пересечения полосок ($S \sim 1 \text{ мм}^2$) и представляет собой туннельный переход.

1.1.2 Туннельные характеристики

Случай $T = 0$. Туннельный ток может возникнуть только тогда, когда к туннельному переходу будет приложено напряжение $V > (\Delta_1 - \Delta_2)/e$, как видно из рис.1. Электронная пара в S_1 разрывается, один электрон туннелирует в S_2 с выделением энергии $\geq \Delta_1$. Второй электрон, поглощая эту энергию возбуждается в состояния спектра квазичастиц S_1 .

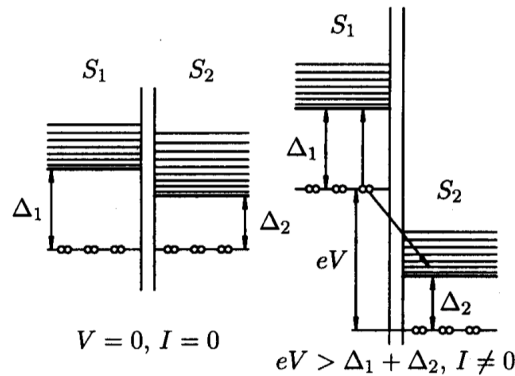


Рис. 1: Энергетические диаграммы для туннельного перехода S_1IS_2 , $T = 0$

Случай $T \neq 0$. Теперь в каждом из сверхпроводников имеется некое кол-во возбужденных одиночных электронов, равновесное кол-во которых определяется температурой.

Диаграммы изображены на рис. 3. *Количеством точек указано количество возбуждений в данном состоянии.* Если $V = 0$, то не смотря на разные щели $\Delta_1 \neq \Delta_2$, кол-во возбуждений на противоположных уровнях в S_1 и S_2 будет одинаково. Кол-во туннелирующих из S_1 в S_2 и обратно буде одинаковым, как в равновесном процессе $I = 0$.

Если приложить небольшое напряжение V , то равновесие нарушится и возникнет ток квазичастиц. Плотность стостояний квазичастиц в сверхпроводнике имеет особенность при $E = \Delta$. Если приложить к переходу разность потенциалов V : $eV = \Delta_1 - \Delta_2$, то друг против друга окажутся области с плотностью состояний $\rho = \infty$. Это вызовет «всплеск» туннельного тока, дальнейшее увеличение V приведет к уменьшению тока, т.к уровни разойдутся. Отсюда, в точке $V = (\Delta_1 - \Delta_2)/e$ будет максимум тока. рис. 2

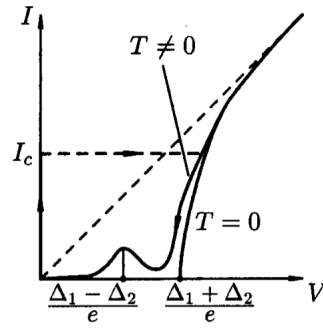


Рис. 2: Сверхпроводящие и квазичастичные ветви ВАХ у S_1IS_2 перехода для $T = 0$ и $T \neq 0$.

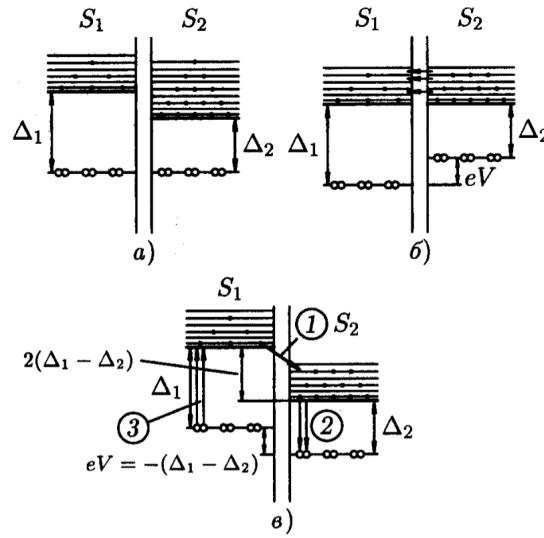


Рис. 3: Туннелирование между двумя сверхпроводниками при $T \neq 0$: а) $V = 0$, концентрация возбуждений с одинаковой энергией S_1 , S_2 одинакова, поэтому $I = 0$; б) $eV = \Delta_1 - \Delta_2$, ток обусловлен переходом возбужденных частиц из S_2 в S_1 ; в) $eV = -(\Delta_1 - \Delta_2)$, возбужденная частица переходит из S_1 в S_2 (1), объединившись с электронами в S_2 , она образует пару и попадает на основной уровень (2), выделившейся энергии $2\Delta_1$, достаточно для разрыва пары в S_1 (3).

1.2 Спектр элементарных возбуждений сверхпроводника

1.2.1 Энергетическая щель

Возьмем пару состояний $(\mathbf{q}, -\mathbf{q})$ в импульсном пространстве сверхпроводника в основном состоянии. Эта пара вносит вклад в полную энергию w_p