

РАЗОГРЕВ ИЗЛУЧЕНИЕМ ЭЛЕКТРОНОВ И ВРЕМЯ НЕУПРУГОГО ЭЛЕКТРОН–ФОНОННОГО РАССЕЙЯНИЯ В СОЕДИНЕНИИ $YBaCuO$

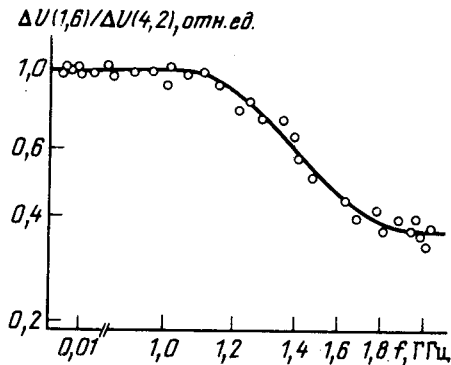
*Е.М.Гершензон, М.Е.Гершензон, Г.Н.Гольцман,
Б.С.Карасик, А.Д.Семенов, А.В.Сергеев*

Впервые измерено время энергетической релаксации электронов за счет электрон-фононного взаимодействия в пленках высокотемпературного сверхпроводника $YBaCuO$. Результаты свидетельствуют о существенном усилении электрон-фононного взаимодействия в этом соединении по сравнению с обычными сверхпроводящими металлами.

Время энергетической релаксации электронов τ_{eph} за счет электрон-фононного взаимодействия (ЭФВ) является одним из фундаментальных параметров сверхпроводника, определяющим его свойства в неравновесном состоянии и отражающим интенсивность ЭФВ. Исследование τ_{eph} может дать ценную информацию о природе высокотемпературной сверхпроводимости и является важным для определения предельно достижимых характеристик ряда криоэлектронных устройств.

Нами исследовалась энергетическая релаксация электронов в пленках соединения $YBaCuO$ путем измерения времени остывания электронной подсистемы τ при воздействии излучения

на сверхпроводник, находящийся в резистивном состоянии. Ранее этот метод применялся для определения τ_{eph} в тонких пленках Nb и Al¹. Использовались пленки состава $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$, полученные высокочастотным магнетронным распылением керамической мишени в атмосфере аргона на подложки из поликристаллического лейкосапфира. Толщина пленок d варьировалась от 0,3 до 1 мкм, длина и ширина составляли 10 и 1 мм соответственно. Условия отжига выбирались такими, чтобы пленки имели растянутый резистивный переход в сверхпроводящее состояние, охватывающий интервал $T = 10 - 80$ К. При температурах ниже критической резистивное состояние достигалось током 1 - 10 мА и магнитным полем ~ 50 кЭ, перпендикулярным плоскости пленки. Измерение времени энергетической релаксации проводилось с использованием биений колебаний 2 мм диапазона длин волн, генерируемых двумя лампами обратной волны (ЛОВ). Для изменения частоты биений f частота генерации одной из ЛОВ фиксировалась, а у другой изменялась в нужных пределах напряжением питания. Изменение напряжения ΔU на образце под действием излучения (при фиксированном токе смещения) регистрировалось на частоте биений анализатором спектра в диапазоне 0,01 - 2 ГГц. (Более подробно методика измерений описана в¹). Для исключения влияния частотной характеристики тракта регистрации вычислялось отношение значений $\Delta U(f)$, измеренных при двух температурах. На рисунке представлена зависимость $\Delta U(f)$ при $T = 1,6$ К, нормированная на ту же величину, измеренную при $T = 4,2$ К. Эти данные показывают, что при $T = 1,6$ К время релаксации $\tau \approx 10^{-10}$ с.



Обсудим полученный результат. В довольно толстых пленках YBaCuO время ухода фонона из пленки $\tau_{es} \approx 4d/u \gg 10^{-9}$ с (u - скорость звука), что значительно больше приведенного выше экспериментального значения τ . Наблюдаемое постоянство ΔU при $f \lesssim f_0$, где $f_0 \approx \approx 1$ ГГц $\gg (2\pi\tau_{es})^{-1}$, и спад ΔU в области больших частот могут реализовываться при выполнении условия $\tau_{eph} < \tau_{es}$, τ_{phe} ($\tau_{phe} = (C_{ph}/C_e)\tau_{eph}$ - время жизни фонона, ограниченное электрон-фононным взаимодействием; C_{ph} и C_e - фононная и электронная теплоемкости). Неравенство $\tau_{eph} < \tau_{phe}$, не выполняющееся в исследованной области температур для обычных сверхпроводящих металлов, может реализоваться в металлоксидных сверхпроводниках - как показали недавние эксперименты (см., например,²), в последних электронная теплоемкость на единицу объема существенно меньше. Если τ_{eph} оказывается наименьшим из обсуждаемых времен, то независимо от соотношения между τ_{es} и τ_{phe} экспериментально измеряемое время τ , соответствующее наиболее быстрому этапу энергетической релаксации, должно совпадать с τ_{eph} . Действительно, если $\tau_{es} < \tau_{phe}$, фононы в пленке служат термостатом для электронов и релаксация описывается одним временем τ_{eph} . При $\tau_{eph} < \tau_{phe} < \tau_{es}$ теплоемкость фононной подсистемы много больше электронной и в силу этого на начальном этапе релаксации фононы также играют роль термостата.

В обычных сверхпроводящих металлах характерные значения τ_{eph} при $T \sim 1$ К составляют $\sim 10^{-8}$ с. Время энергетической релаксации τ_{eph} , найденное для соединения YBaCuO, оказывается значительно меньше, что, при сравнимых значениях температуры Дебая, указывает на существенное усиление ЭФВ в металлоксидных сверхпроводниках. Полученные резуль-

таты демонстрируют перспективность использования $YBaCuO$ в качестве материала для различных быстродействующих криоэлектронных устройств.

Литература

1. Гершензон Е.М., Гершензон М.Е., Гольцман Г.Н. и др. ЖЭТФ, 1984, 86, 758.
2. Orlando T.P., Delin K.A. et al. Phys. Rev. B, 1987, 35, 5347.

Московский педагогический
институт им. В.И.Ленина

Поступила в редакцию
15 июля 1987 г.
