

- [7] Martin G.M., Terriac P., Makram-Ebeid S., Guillot G., Gaud M. - Appl. Phys. Lett., 1983, v. 42, N 1, p. 61-63.
- [8] Martin G.M., Mitonneau A., Mircea A. - Electron. Lett., 1977, v. 13, p. 191-194.
- [9] Mircea A., Mitonneau A. - Appl. Phys., 1975, v. 8, p. 15-19.
- [10] Mitonneau A., Martin G.M., Mircea A. - Electron. Lett., 1977, v. 13, p. 666-668.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
15 мая 1987 г.
В окончательной редакции
2 сентября 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 2

26 января 1988 г.

ЭПР НА СВОБОДНЫХ НОСИТЕЛЯХ ЗАРЯДА В ОКСИДНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКАХ $R-Ba-Cu-O$

Ю.И. Веснин, В.Е. Истомирин,
Э.Г. Косцов

Изучению ЭПР на свободных носителях в металлах, а также поглощению энергии высокочастотного излучения в классических сверхпроводниках посвящено достаточно большое число работ, см., например, [1, 2].

Установлено также, что в оксидных сверхпроводниках типа $Y-Ba-Cu-O$ наблюдается парамагнитный резонанс на ионах Cu^{2+} [3].

Целью настоящей работы являлось исследование части спектра ЭПР в указанном классе сверхпроводников, связанной со свободными носителями заряда. Изучение именно этой части спектра может дать ключ к пониманию механизма сверхпроводимости в открытых в последние месяцы сверхпроводниках.

Объектом исследования служила керамика $YBa_2Cu_3O_y$ и $EuBa_2Cu_3O_y$, полученная спеканием исходных компонент по методике [4]. При этом использовались как образцы, обладающие сверхпроводимостью (устанавливаемой по температурной зависимости величины сопротивления R и проявлению эффекта Мейснера), так и несверхпроводящие образцы того же химического состава и кристаллической структуры, устанавливаемой по идентичности рентгенограмм.

Измерения спектров ЭПР проводились на радиоспектрометре РЭ-1301 с частотой клистрона 9300 МГц и частотой модуляции 975 КГц.

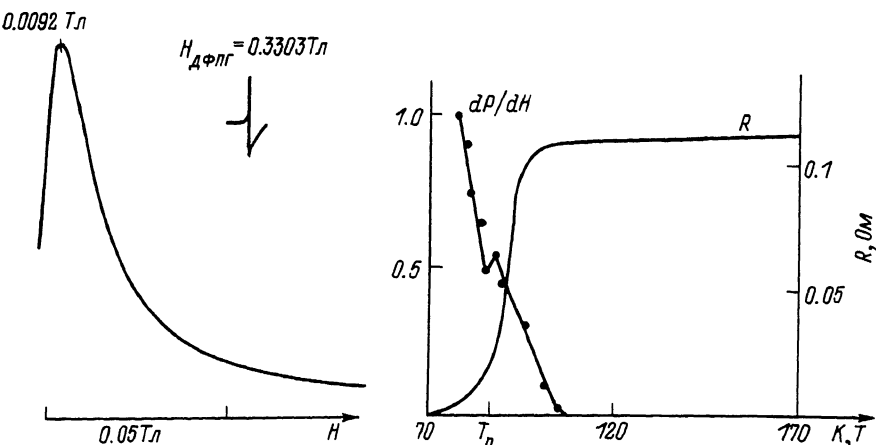


Рис. 1. Спектр электронного парамагнитного резонанса. Вес образца $4.3 \cdot 10^{-2}$ г, слева приведен спектр эталонного образца — органического радикала дефинилпикрил гидрозил (ДФПГ) с общим числом парамагнитных центров $8.6 \cdot 10^{15} \pm 10\%$, резонансное поле ДФПГ — 0.3303 Тл, g — фактор 2.0036 .

Рис. 2. Температурная зависимость величины сопротивления R и ЭПР-сигнала dP/dH в точке $H = 6 \cdot 10^{-3}$ Тл.

Были установлены следующие закономерности.

1. При температуре 77 К в области малых магнитных полей ($6 \cdot 10^{-3}$ – $5 \cdot 10^{-2}$ Тл) наблюдается линия поглощения, имеющая характерную для электронов проводимости в металлах дайсоновскую форму (рис. 1). Указанная линия проявляется только при исследовании сверхпроводящих образцов. Если образец не переходит в сверхпроводящее состояние в выбранном диапазоне температур $T \geq 77$ К, то линия поглощения отсутствует. При температуре 77 К и выше линия не наблюдается и в образце состава $La_{1.8}S_{20.2}CuO_4$, имеющем температуру перехода в сверхпроводящее состояние 40 К.

Форма линии и ее местоположение идентичны для образцов состава $Y-Ba-Cu-O$ и $Eu-Ba-Cu-O$. Оценка величины g -фактора на полувысоте пика поглощения дает значение $g \approx 33$. Такие большие значения g -фактора характерны для свободных носителей заряда с малой эффективной массой в узкозонных полупроводниках [5].

2. С увеличением температуры амплитуда линии поглощения уменьшается, и вблизи T_K (начала перехода в состояние сверхпроводимости) линия исчезает полностью, как это видно из рис. 2, который характеризует поведение амплитуды ЭПР-сигнала dP/dH и соответствующее изменение сопротивления образца R .

3. Оценка числа носителей заряда, дающих вклад в резонансное поглощение, и предположение о глубине скин-слоя в 10^{-7} м дают возможность грубо определить концентрацию носителей: она близка к 10^{28} м⁻³.

4. Из рис. 2 видно, что на кривой $d\rho/dH(T)$ (когда H фиксировано) имеет место явно выраженный пик при $T = T_{\Pi}$. Его амплитуда уменьшается с увеличением H , и он исчезает при $H = H_1 = 3 \cdot 10^{-2}$ Тл. Можно предположить, что некоторое увеличение резонансного поглощения вблизи $T_{\Pi} \approx 0.9 T_K$ связано либо с изменением механизма спин-решеточной релаксации (в пользу этого свидетельствует изменение в точке T_{Π} энергии активации процесса спада $d\rho/dH$ с ростом T - от 0.078 до 0.070 эВ), либо с изменением глубины проникновения магнитного поля [6]. Близость H_1 к величине нижнего критического поля H_{c1} , характерной для керамики γ -Ba-Cu-O [7], дает основание полагать, что спектр ЭПР может быть использован для определения H_{c1} .

5. У образцов, имеющих большую амплитуду указанной линии поглощения, сигнал от Cu^{2+} - центров значительно меньше, чем у образцов со слабой линией поглощения.

Проведенные исследования показывают, что для оксидных сверхпроводников эффективным средством бесконтактного контроля за состоянием сверхпроводимости, наряду с измерениями величины сопротивления и применением эффекта Мейснера, является исследование спектра ЭПР в области малых магнитных полей. Большая величина ЭПР-сигнала допускает количественную оценку параметров образца и дает возможность исследования образцов с малой массой - пленок.

Л и т е р а т у р а

- [1] В е р т х е й м Г., Х а у с м а н А., З а н д е р В. Электронная структура точечных дефектов. М.: Атомиздат, 1977. 204 с.
- [2] L e w i s R.T. - Phys. Rev., 1964, v. 134, p. A1-A12.
- [3] К о j i м а К. et. al. - Jap. J. Appl. Phys., 1987, v. 26, N 5, p. 1766-1768.
- [4] С h u C.W., Н о r P.H. et. al. - Phys. Rev. Lett., 1987, v. 58, p. 405-407.
- [5] J s a a c s o n R.A. - Phys. Rev., 1968, v. 169, N 2, p. 312-314.
- [6] Л и н т о н Э. Сверхпроводимость. М.: Мир, 1971. 262 с.
- [7] К u m a k u r a H., Т о g a n o K. et. al. - Jap. J. Appl., 1987, v. 26, N 5, p. 1655-657.

Институт автоматики
и электрометрии СО АН СССР,
Новосибирск

Поступило в Редакцию
31 августа 1987 г.
В окончательной редакции
7 декабря 1987 г.