

- [5] Колесникова Е. А., Кудзин А. Ю., Скорбун А. Д., Ячменев В. Е. // ФНТ. 1980. Т. 6. № 11. С. 1462—1465.
 [6] Smolensky G. A., Laikhtman B. D., Popov S. N. et al. // Ferroelectrics. 1978. V. 20. P. 205—207.
 [7] Смоленский Г. А., Попов С. Н., Крайник Н. Н., Лайхтман Б. Д. // Изв. АН СССР, сер. физ. 1977. Т. 41. № 4. С. 650—655.
 [8] Агеев М. И., Алик В. П., Марков Ю. И. Библиотека алгоритмов 1516—2006. Справочное пособие. Вып. 4. М., 1981. 184 с.

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

Поступило в Редакцию
11 декабря 1987 г.
В окончательной редакции
22 июля 1988 г.

УДК 537.533.7 : 538.945

Физика твердого тела, том 31, в. 2, 1989
Solid State Physics, vol. 31, № 2, 1989

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ В $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ И Y_2BaCuO_5

Е. А. Бакулин, В. Е. Корсуков, А. С. Лукьяненко,
Р. Р. Назаров, Е. В. Степин, Ю. П. Степанов,
Т. В. Соколова, Э. М. Шер

В работе проведены исследования спектров характеристических потерь энергии электронов (ХПЭЭ) в монокристалле $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ и в двух иттриевых керамиках $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$, Y_2BaCuO_5 . Первая является металлом, обладает высокотемпературной сверхпроводимостью. Вторая — полупроводник, сверхпроводимостью не обладает. В настоящее время методом электронной спектроскопии изучены особенности зонной структуры в иттриевой керамике [1] и монокристалле $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ [2].

Керамические образцы с номинальным химическим составом $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ и Y_2BaCuO_5 приготовлялись из смеси Y_2O_3 , $BaCO_3$, CuO по стандартной методике в виде таблеток $7 \times 7 \times 2$ мм. Рентгенофазовый анализ указывал на однофазность приготовленных образцов с параметрами решетки, близкими к [3, 4]. У керамики $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ температура перехода в сверхпроводящее состояние $T_c = 93$ К, ширина перехода $\Delta T_c = 1.5$ К.

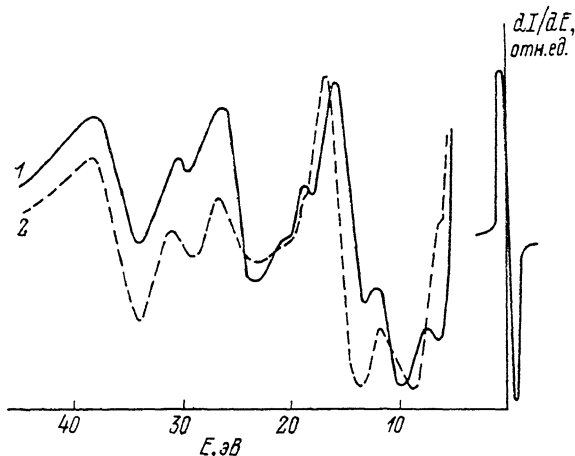
Оже-спектры и спектры ХПЭЭ снимались на приборе LH-100 со следующими параметрами: вакуум 10^{-8} Па, энергия первичных электронов $E_p = 2 \div 3$ кэВ, разрешение по энергии $E/E_p = 10^{-3} \div 10^{-4}$, ток первичных электронов 10—30 мкА, скорость ионного травления 1—10 А/мин, энергия бомбардирующих ионов 2 кэВ. Анализировались электроны, отражен-

Потери энергии электронов (в эВ) в системе
Y—Ba—Cu—O

$Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ керамика	$Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ монокристалл	Y_2BaCuO_5 керамика	$Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ керамика [1]
4.6 ± 0.2	4.7	3.9	5.0 ± 0.3
—	7.1	—	—
9.5 ± 0.2	9.2	8.4	8.7 ± 0.3
12.8 ± 0.1	13.0	13.6	11.8 ± 0.3
16.5 ± 0.2	16.8	17.0	17.0 ± 0.3
19.4 ± 0.3	19.5	19.8	22.2 ± 0.3
24.7 ± 0.1	24.8	24.6	24.6 ± 0.3
29.4 ± 0.3	29.6	29.6	28.6 ± 0.5
—	—	—	32.9 ± 0.5
35.4 ± 0.2	35.7	35.6	37.2 ± 0.5
—	—	—	43.2 ± 0.6
—	—	—	50.0 ± 0.5

ные от поверхности по нормали. В случае монокристалла образец располагался так, что падающие и отраженные электроны лежали в плоскости, перпендикулярной плоскости ab монокристалла. Для устранения загрязнения и измененного элементного состава на поверхности по отношению к объему образцы иттриевых керамик стачивались алмазным надфилем на глубину 0.3—0.5 мм. Перед снятием спектров поверхность образцов подвергалась ионному травлению. Как показал Оже-анализ, необработанные поверхности образцов содержали большое количество примеси углерода до глубины 0.1 мкм.

Результаты измерения спектров ХПЭЭ представлены в таблице и на рисунке. Проведенные исследования спектров ХПЭЭ системы $Y-Ba-Cu-O$ показали следующее.



Дифференциальные спектры ХПЭЭ.

1 — керамика $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$, 2 — керамика Y_2BaCuO_5 .

1. Значения потерь энергии электронов как в керамике, так и в монокристалле состава $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ совпадают в пределах ошибки измерений. В керамике Y_2BaCuO_5 , в которой отсутствует состояние сверхпроводимости, видоизменяются как форма спектра, так и значения низкоэнергетических потерь.

2. Керамика $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ неустойчива в вакууме при комнатной температуре. На это указывают данные как спектроскопии потерь энергии электронов, так и Оже-спектроскопии. Хорошо очищенная поверхность иттриевой керамики, исследованная сразу же после травления или во время травления ионами аргона, имеет значение низкоэнергетических потерь 4.6 эВ. Выдержка образца в течение получаса в вакууме без какого-либо облучения его поверхности приводит к смещению низкочастотных потерь до 3.5 эВ. Пятиминутное травление вновь восстанавливает первоначальное значение этой потери. Остальные линии в спектре потерь не обнаруживают заметных изменений при выдержке в вакууме. Как показывает Оже-спектроскопия, выдержка образца в вакууме приводит к уменьшению содержания кислорода на поверхности. Согласно [1], потери 4.6 эВ связаны с электронными переходами в атоме кислорода.

3. Не обнаружено влияния температуры в пределах 30—300 К на спектр ХПЭЭ иттриевой керамики $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$. В пределах ошибки измерений отсутствует изменение как положений линий в спектре, так и в их ширине при переходе объема керамики при 93 К в сверхпроводящее состояние.

4. В спектре ХПЭЭ $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ присутствуют три интенсивные линии потерь энергии электронов около 13, 25 и 36 эВ. Частотная зависимость вещественной части диэлектрической проницаемости [2] указывает на плазмонную природу потери 13 эВ. Две другие потери энергии, со-

гласно [5], могут быть отнесены к возбуждению поляризационных волн в заполненных оболочках. Энергия возбуждения электронов 4р-оболочки иттрия равна 36 эВ, а 5р-оболочки бария 24 эВ. Как показали предварительные исследования, если заменить итрий и барий на лантан и стронций, то в системе La—Sr—Cu—O наблюдаются следующие потери энергии электронов: 3.5, 8.3, 13.3, 20.1, 22.6, 28.2 эВ. Самые интенсивные из них — 13.3 и 28.2. Потеря энергии 28.2 эВ близка к энергии возбуждения поляризационных волн в 5р-оболочке лантана и 4р-оболочке стронция [5]. Следует подчеркнуть, что в состав всех в настоящее время известных материалов, обладающих высокотемпературной сверхпроводимостью, обязательно входят такие элементы, в спектрах ХПЭЭ которых обнаруживаются высокочастотные интенсивные потери энергии электронов.

В заключение авторы выражают благодарность В. Г. Флейшеру и Ф. А. Чудновскому за обсуждение результатов, а также Л. П. Козееву и А. А. Павлюку за предоставление монокристаллов.

Л и т е р а т у р а

- [1] Chany Y., Onellion M., Niles D. W. et al. // Sol. St. Comm. 1987. V. 63. №8. P. 717—720.
- [2] Yuan J., Brown L. M., Liang W. Y. // J. Phys. C: Sol. St. Phys. 1988. V. 21 N 3. P. 517—526.
- [3] Cava R. J., Batlogg B., van Dover R. B. et al. // Phys. Rev. 1987. V. 58. N 16. P. 1676—1679.
- [4] Francois M., Walker E., Jorda J. L. et al. // Sol. St. Comm. 1987. V. 63. N 12. P. 1149—1153.
- [5] Hartley B. M. // Phys. St. Sol. 1969. V. 31, N 1. P. 259—269.

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

Поступило в Редакцию
27 июля 1988 г.

УДК 532.971

Физика твердого тела, том 31, в. 2, 1989
Solid State Physics, vol. 31, № 2, 1989

ДВУМЕРНОЕ ПОЛУМЕТАЛЛИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ В ГЕТЕРОПЕРЕХОДАХ НА ОСНОВЕ АНИЗОТРОПНЫХ УЗКОЗОННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ $A^3B^5C_2^6$

В. Г. Канцер, И. А. Леляков

Работа посвящена исследованию особенностей электронного спектра носителей заряда, которые обусловлены гетеропереходом между анизотропными полупроводниками $A^3B^5C_2^6$. Согласно результатам теоретических расчетов [1], соединения $A^3B^5C_2^6$ (тройные изоэлектронные аналоги полупроводников группы A^4B^6 и полуметаллов типа висмута) в ромбоэдрической фазе являются узкозонными полупроводниками с двумя группами актуальных зонных экстремумов в валентной зоне и зоне проводимости, локализованных в L- и Г-точках зоны Бриллюэна. При этом в зависимости от того, какой элемент — висмут или сурьма — образует одну из катионных подрешеток, спектр полупроводников типа $TiB^5C_2^6$ является нормальным или инверсным, причем инвертируют термы как в Г-точке, так и в L-точке зоны Бриллюэна. Вследствие этого в твердых растворах $TiBi_{1-x}Sb_xC_2^6$ на основе данных полупроводников имеет место двукратная инверсия зонной структуры [2].

Сравнительно недавно [3] для полупроводников группы A^4B^6 было показано, что если контактная структура между ними сформирована из двух полупроводников с взаимно-инвертированными спектрами, то на