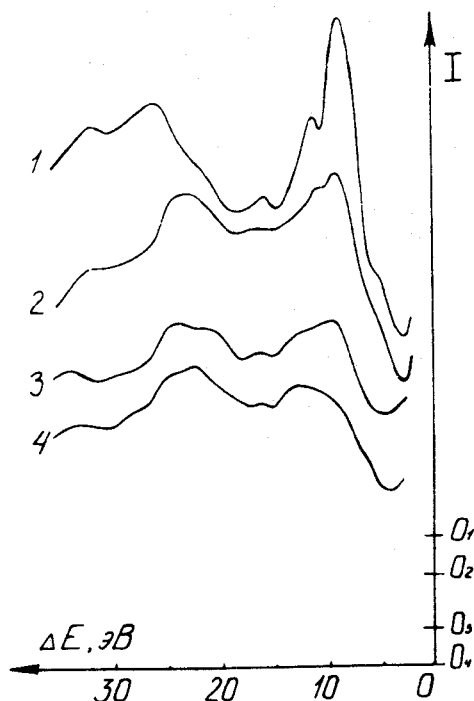


СПЕКТРОСКОПИЯ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ КЕРАМИКИ $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$

И.В.Киреев, М.Н.Михеева, В.Г.Назин,
А.В.Свищев

Измерены спектры характеристических потерь энергий электронов на отражение образца $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. Показано, что в течении первых трех минут после очистки поверхности образца форма спектров значительно изменяется, что свидетельствует о перестройке электронной структуры образца во времени.

Проведено исследование динамики изменения свойств поверхности сверхпроводящей керамики $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ методом спектроскопии характеристических потерь энергий электронов (ХПЭЭ) на отражение (неупругое рассеяние электронов). Форма спектра ХПЭЭ определяется мнимой частью обратной функции диэлектрической проницаемости и в первом приближении – межзонными переходами электронов с занятых состояний твердого тела на незанятые, а также плазменными колебаниями. Доминирующими особенностями в спектре ХПЭЭ в области энергий 0 – 13 эВ должны быть особенности, связанные с переходами в конечное состояние с энергией 7 эВ и, если исходить из теоретически рассчитанной плотности состояний ¹, то в спектре должны наблюдаться пики при энергиях 7,5 и 9,5 эВ (случай а). Если же использовать экспериментально определенную плотность состояний ², полученную методами фотоэлектронной спектроскопии и обратной фотоэмиссии, то особенности должны наблюдаться при энергиях 9,3 и 11,5 эВ (случай б). Измеренные в ^{3, 4} спектры ХПЭЭ иттриевой керамики соответствуют второму случаю.



Зависимость интенсивности спектров неупруго рассеянных электронов от энергии, отсчитанной от пика упруго отраженных электронов, для образца $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. Спектры 1, 2 и 3 измерены через 120, 280 и 800 с, соответственно после окончания чистки образца. Спектр 4 измерен после адсорбции кислорода на поверхности образца.

Нами проведены временные измерения спектров ХПЭЭ иттриевой керамики непосредственно после механической чистки скребком ее поверхности в сверхвысоком вакууме 3×10^{-10} торр. Измерения проводились на установке ⁵ при энергии первичного пучка электронов 100 эВ при температуре 65 К с разрешением 0,8 эВ. Спектры нормировались по интенсивности пика упруго отраженных электронов. Образцы имели критическую температуру перехода в сверхпроводящее состояние $T_K = 92$ К. После очистки образца на его поверхности было видно большое количество блестящих зерен — мелких кристаллов.

На рисунке представлены спектры ХПЭЭ иттриевой керамики, зарегистрированные через 120, 280 и 800 с после окончания чистки (кривые 1, 2 и 3 соответственно). На рисунке видны сильные изменения спектров во времени в области 20 — 27 эВ и 3 — 13 эВ, причем свежеччищенная поверхность образца претерпевает большие изменения за достаточно короткое время ~ 3 минут. Спектры 1 и 2 значительно отличаются от приведенных в ^{3, 4}. Близкий к результатам ^{3, 4} спектр получался после экспонирования образца при указанных условиях в течении приблизительно получаса. Такой же спектр был получен после напуска в камеру кислорода (в течение 30 с при давлении $5 \cdot 10^{-6}$ торр) — кривая 4. При напуске кислорода значительно увеличилась интенсивность пиков 12,5 и 22,5 эВ. Разумно предположить, что эти пики соответствуют возбуждению адсорбированного молекулярного кислорода. Сравнение спектров 1 и 4 в области 3 — 13 эВ показывает, что спектр 4 в основном соответствует случаю б, т. е. этот спектр можно объяснить на основании экспериментальных данных по плотности состояний. Спектр 1 ближе по своей сути к случаю а — особенности на этом спектре близки по положению на шкале энергий к особенностям, полученным при использовании теоретически рассчитанных значений плотности состояний. Пик с энергией 25,5 эВ (спектр 1), по нашему мнению, соответствует возбуждению объемного плазменного колебания свежеччищенной поверхности соединения $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. Отсутствие литературных данных по расчетам спектров ХПЭЭ не позволяет провести более точное сравнение теории и нашего эксперимента. Но можно утверждать, что плотность электронных состояний свежеччищенного купрата $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ значительно видоизменяется в масштабе времени ~ 3 минут, после чего экспериментальный электронный спектр перестает отражать объемные свойства $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. По-видимому, сразу после очистки поверхность начинает перестраиваться путем смещения атомов в поверхностных слоях решетки к новым равновесным положениям. Возможно, что этот процесс сопровождается также потерей части атомов кислорода из решетки.

В заключение хотелось бы обратить внимание на следующее обстоятельство: при исследовании плотности электронных состояний соединения $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ методами фотоэлектронной спектроскопии и обратной фотоэмиссии времена, необходимые для получения экспериментальных спектров, составляют обычно 10 и более минут после чистки образца. Ясно, что в этом случае сравнивать экспериментальные данные с теоретическими расчетами некорректно.

Литература

1. Ching W. Y., Xu Y., Guang-Lin Zhao et al. Phys. Rev. Lett., 1987, 59, 1333.
2. Viescas A. J., Tranquada J. M., Moodenbaugh A. R., Johnson P. D. Phys. Rev. B, 1988, 37, 3738.
3. Chang Y., Onellion M., Niles D. W. et al. Sol. St. Comm., 1987, 63, 717.
4. Ando A., Saiki K., Ueno K., Koma A. Jap. J. Appl. Phys., 1988, 27, L304.
5. Мухеева М. Н., Назин В. Г., Свищев А. В., [Стегов А. Ю.] Тезисы Международной конференции "Физика низких температур 87", Будапешт, Дайджест (F), 1987, 59.