

„КИСЛОРОДНЫЙ” ЭФФЕКТ В СПЕКТРЕ ИОНИЗАЦИОННОЙ ПОТЕРИ SiZr КЕРАМИКИ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$

Ю.С. Гордеев, М.В. Гомоюнова,
А.В. Захаревич, В.М. Микучкин,
И.И. Пронин, С.Е. Сысоев, В.В. Шнитов

В настоящее время господствует точка зрения, что приповерхностная область иттриевой ВТСП-керамики быстро деградирует в вакууме, и заметная плотность электронных состояний вблизи уровня Ферми для этого материала наблюдается лишь для монокристаллических образцов, при низкой температуре сколотых в вакууме. Эти представления основаны на исследовании Ферми-порога в энергетических спектрах фотоэлектронов, эмиттируемых из двух-трех монослоев атомов вещества [1]. В настоящей работе обнаружены резкие изменения ионизационного спектра SiZr с концентрацией кислорода, показывающие, что приповерхностная область $\text{YBa}_2\text{SiZrO}_x$ толщиной 7–8 атомных слоев после скрайбирования в значительной степени сохраняет сверхпроводящие свойства.

Исследовались керамические образцы с разной концентрацией x (6.2; 6.5 и 6.9) в объеме, приготовленные и аттестованные по методике, описанной в [2]. Кроме того, проанализирован процесс деградации в вакууме образцов с высоким x . Очистка поверхности осуществлялась скрайбированием в атмосфере аргона. Хотя истинные значения x в приповерхностном слое могут отличаться от их значений в объеме как вследствие возможной специфики свойств поверхности, так и из-за успевающего уже начаться до начала измерений процесса деградации, мы полагаем, что эти значения непосредственно связаны между собой. Полученные в [3] систематические различия с ростом x в характеристических потерях энергии валентных электронов для тех же образцов, которые исследованы и в настоящей работе, согласуются с этим предположением. Исследования проведены на установке $\text{LHX}-11$ в вакууме $5 \cdot 10^{-7}$ Па. Контроль поверхности осуществлялся методом рентгеноэлектронной спектроскопии. Энергия E_0 бомбардирующих электронов равнялась 500 эВ. Соответствующая ей глубина зондирования образца составляла ~ 12 Å. Ионизационные спектры в виде $N(\Delta E)$ снимались в диапазоне потерь энергии $\Delta E \leq 200$ эВ.

Полученные результаты демонстрирует рис. 1. Как видно, основной эффект при переходе от диэлектрика к ВТСП состоит в резком увеличении интенсивности потери в области $\Delta E \approx 77$ эВ, обусловленной возбуждением Zr -электронов Si . Обнаруженное возрастание интенсивности потери SiZr можно объяснить появлением не-

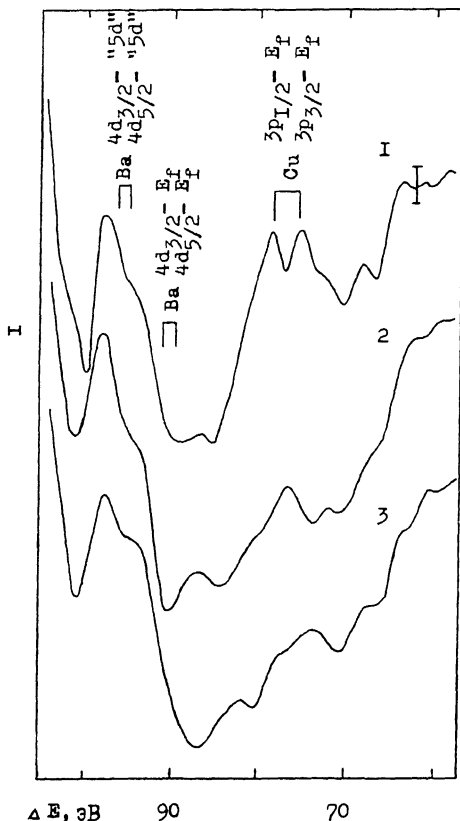


Рис. 1. Спектры ионизационных потерь $YBa_2Cu_3O_x$ при разном содержании кислорода x , снятые при $E_0 = 500$ эВ: 1 - 6.9, 2 - 6.5, 3 - 6.2.

занятых электронных состояний меди в непосредственной близости от уровня Ферми. Видоизменяется и сама структура ионизационной линии, хотя для получения более детальных сведений по этому вопросу требуются дополнительные исследования.

Вторую серию измерений, связанных с процессом деградации, иллюстрирует рис. 2, на котором сравниваются ионизационные спектры для исходного состояния у образца с $x = 6.9$ и после экспозиций его в вакууме. Из приведенных данных следует, что по мере деградации поверхности интенсивность потери $Cu 3p$ заметно падает, претерпевая примерно те же изменения, что и наблюдавшиеся при уменьшении содержания кислорода в образцах. Сходство результатов обеих серий также указывает, что обнаруженные изменения спектров для образцов с разными x обусловлены именно различиями в содержании в них кислорода, поскольку хорошо извест-

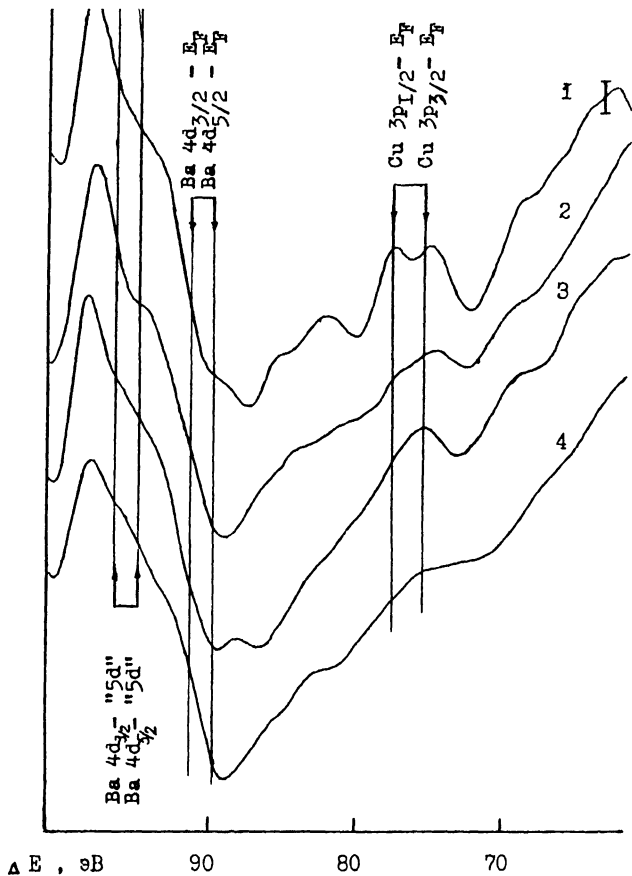


Рис. 2. Спектры ионизационных потерь $YBa_2Cu_3O_x$ в зависимости от экспозиции образца в вакууме и ионного облучения: 1 - 5-10 мин после скрайбирования, 2 - 30 мин после скрайбирования, 3 - 60 мин после скрайбирования, 4 - после облучения ионами Ar^+ с энергией 2.5 кэВ, снят слой $\sim 10 \text{ \AA}$.

но [4], что экспозиция ВТСП-соединения 123 в вакууме приводит к обеднению его приповерхностной области кислородом.

На рис. 2 показан и спектр (кривая 4), полученный после бомбардировки поверхности 123, соответствующей кривой 3 этого рисунка, ионами Ar^+ . Видно, что ионное облучение действует в том же направлении, что и выдержка образцов в вакууме. Данный результат также согласуется с приведенными выше, если учесть, что ионное травление приводит к восстановлению в приповерхностной области атомов меди ($Cu^{+2} \rightarrow Cu^+$) [5], способствуя уменьшению концентрации кислорода.

Таким образом, в настоящей работе установлен новый эффект, выражающийся в высокой чувствительности спектра ионизационных потерь $Cu 3p$ к плотности незанятых электронных состояний на

уровне Ферми. Обнаружена значительная плотность таких состояний в приповерхностном слое керамики 123 толщиной, равной примерно постоянной решетке вдоль оси C , при комнатной температуре, что позволяет говорить о его сверхпроводящих свойствах. Из результатов работы следует, что ионизационный спектр $Ac3p$ может служить новым критерием качества поверхности сверхпроводника 123 с точки зрения ее электронной структуры.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] A r k o A.J., L i s t R.S., B a r t l e t t R.J. et al. // Phys. Rev. B. 1989. V 40. N 4. P. 2268.
- [2] С а м о х в а л о в А.А., Ч е б о т а е в Н.М., К о с т ы л е в В.А. и др. // ФММ. 1990. Т. 64. С. 741.
- [3] Г о м о ю н о в а М.В., М и к у ш к и н В.М., П р о н и н И.И. и др. // ФНТ. 1991. Т. 17. В. 10. С. 1323.
- [4] L a r k i n s G.L., L u Q., J o n e s W.K. et al // Phys. C. 1991. V. 173. N 3-4. P. 201.
- [5] G o u r i e u s T., K r i l l G., M a u r e r M. et al. // Phys. Rev. B. 1988. V. 37. N 13. P. 7516.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург

Поступило в Редакцию
7 октября 1992 г.