

05.4; 07; 12

© 1992

КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА
И ФОТОИНДУЦИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ПАРАМЕТРАМИ ВТСПЯ.О. Д о в г и й, И.В. К и т ы к,
Р.В. Л у ц и в, С.З. М а л и н и ч

В работах [1-4] сообщалось о фотостимулированных изменениях в высокотемпературных сверхпроводниках (ВТСП). Однако эти результаты можно считать предварительными, поскольку не проводится корреляция с параметрами решетки, в частности, с фоновыми характеристиками. Исходя из этого, в данной работе впервые проведены комплексные исследования изменения параметров ВТСП под действием УФ-лазерного облучения совместно со структурными и динамическими параметрами с целью получения информации о механизмах, сопровождающих изменение параметров ВТСП, в частности, при переходе к орторомбической фазе.

Для исследований выбирались керамики $YBa_2Cu_3O_{6.2}$, имеющие размеры круглых шайб с диаметром 12 мм. Более детальное структурные исследования показали, что образцы характеризуются поликристаллической структурой. Они готовились спеканием взятых в стехиометрическом отношении Y_2O_3 , $BaCO_3$ и CuO , а затем медленно охлаждались. Для приготовления ВТСП с дефицитом по кислороду соответствующие образцы нагревались в вакууме при давлении $\approx 10^{-5}$ Тор. Максимальная температура для получения образцов с $x=6.2$ составляла 945 К. По достижении необходимого содержания кислорода проводилось медленное охлаждение образцов (со скоростью 50 К/мин) в вакууме. Среди более чем 50 обработанных таким образом образцов с использованием рентгеноструктурного анализа было отобрано восемь с содержанием кислорода $x=6.2$ в пределах 0.04.

Спектры комбинационного рассеяния измерялись с использованием гелиевого криостата и аргонового лазера $\lambda = 514.5$ нм с мощностью 50 мВт. Для облучения использовался азотный лазер $\lambda = 337$ нм, в котором можно было регулировать мощность выходящего излучения. Специальная оптическая схема позволяла фокусировать излучение аргонового лазера в пятно около 15 мкм.

На рис. 1 приведены фрагменты спектров комбинационного рассеяния (СКР) до облучения (а) и после облучения азотным лазером в течении 50 мин при различных мощностях излучения. Все измерения проведены при температуре жидкого гелия. При этом проводился контроль температуры образцов, который показал отсутствие локального нагрева. Следует отметить, что необлученные образцы...

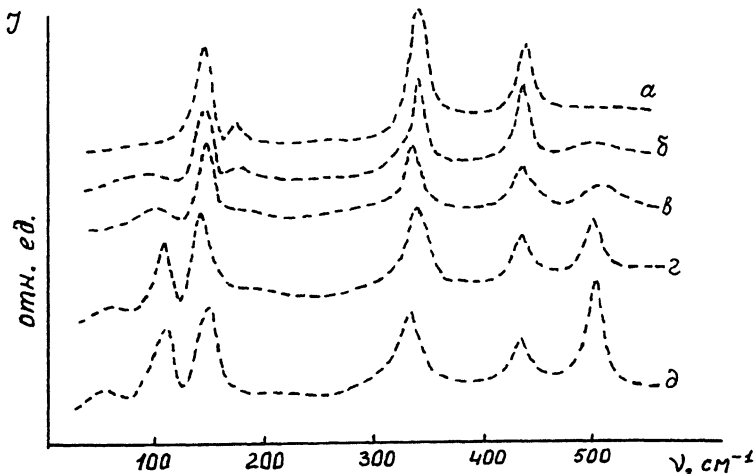


Рис. 1. Спектры комбинационного рассеяния $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ при различных мощностях излучения азотного лазера при гелиевой температуре: а - 0, б - 0.15, в - 0.21, г - 0.44, д - 0.67 Вт/мм².

имеют характерную структуру, во многом сходную со спектрами полупроводниковой монокристаллической фазы ВТСП, полученной в [5], в частности, наблюдавшейся в геометрии $Z(XX)Z$. Это может свидетельствовать о частичной упорядоченности исследуемых керамик. Как видно из рис. 1, наибольшим изменениям подвергаются моды при 115 см^{-1} и 405 см^{-1} . Исходя из теоретико-группового анализа орторомбической фазы, они могут быть приписаны трансляционным колебаниям $\text{Cu}(2)$ (или Ba), (A_g) и симметричным $\text{Cu}(1)\text{-O}(2)$ (A_g) растяжениям соответственно. В то же время они не должны наблюдаться в тетрагональной фазе. Поэтому они могут свидетельствовать о появлении при облучении орторомбической фазы. Для независимого подтверждения проводились рентгеноструктурные исследования облученных участков (см. таблицу). Оказалось, что по мере увеличения мощности облучения возрастает доля орторомбической составляющей и уменьшается доля тетрагональной структурной компоненты. То есть однозначно можно констатировать, что под воздействием излучения азотного лазера имеет место переход от полупроводниковой тетрагональной фазы к сверхпроводящей орторомбической фазе. При этом необходимо заметить, что время 50 мин оказалось оптимальным в том плане, что при дальнейшем облучении соответствующие эффекты выходят на насыщение и даже наблюдается фоторазложение. В частности, на рис. 2 показано распределение интенсивности моды 505 см^{-1} по поверхности облученного образца. Учитывая то, что интенсивность падающего пучка азотного лазера имеет гауссовую форму, наличие

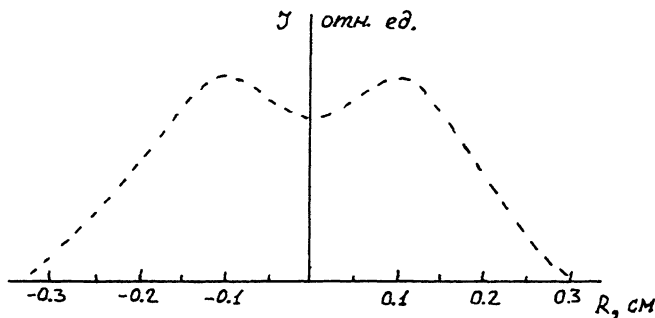


Рис. 2. Распределение интенсивности моды 505 см^{-1} по облученному пятну.

Мощность лазерного воздействия, Вт/мм ²	Процентное содержание фаз	
	Тетрагональная	Орторомбическая
0	97	3
0.15	74	26
0.21	54	46
0.44	39	61
0.67	19	81

провала в центре облученного пятна может свидетельствовать о наличии процессов фоторазложения. С другой стороны, существенный эффект наблюдается лишь при температурах ниже температуры жидкого азота и усиливается по мере понижения температуры до температуры жидкого гелия. Через 40–44 часа после облучения при хранении образцов на открытом воздухе они вновь как бы релаксируют в исходное состояние. Однако при отсутствии света и в откачанной среде (более 10^{-3} Тор) фотоструктурные изменения сберегаются значительно дольше. Необходимо заметить, что величина эффекта в среднем на 10–15 % больше, чем при облучении эксимерным лазером при гидростатическом давлении [4].

Для исследования глубинного распределения фотоструктурных изменений проводилось послынное травливание, позволившее определить глубину проникновения облучающего лазерного луча. Соответствующая зависимость показана на рис. 3. Отчетливо видно, что при толщинах 0.4–0.6 мкм от поверхности имеет место очень существенное уменьшение мод СКР 505 и 115 см^{-1} , ответственных за наличие орторомбической фазы, а при толщинах более 0.9–1.0 мкм указанные фотоструктурные изменения практически исчезают.

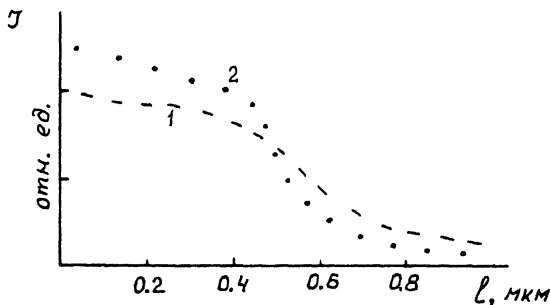


Рис. 3. Глубинное распределение интенсивностей мод 505 и 115 см^{-1} для мод 115 см^{-1} (1) и 505 см^{-1} (2).

Таким образом, впервые указано на возможность управления параметрами ВТСП с помощью азотного лазера, действующего на ВТСП образцы при температуре жидкого гелия. Получены хорошие корреляции между структурными параметрами и СКР модами 115 и 505 см^{-1} , что открывает возможность бесконтактного контроля фотоструктурных изменений в ВТСП. Кроме прикладного аспекта, полученные результаты могут иметь существенное значение и для понимания механизмов ВТСП-переходов, поскольку длина излучения, соответствующая азотному лазеру, близка к энергии связи в Cu-O цепочках, определяющих сверхпроводящий переход, что, однако, требует специальных теоретических оценок.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Kim Y.K., Foster C.M., Heeger A.J., Cox S., Stucky G. // *Phys. Rev.* 1988. V. 38. N 10. P. 6478-6482.
- [2] Tariani C., Zamboni R., Ruani G., Matarotta F.C. // *Synth. Metals.* 1989. V. 29. N 2. P. F585-F590.
- [3] Довгий Я.О., Китык И.В., Луцив Р.В., Малинич С.З., Носан А.В., Ткачук В.В. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 4. С. 17-19.
- [4] Довгий Я.О., Китык И.В., Луцив Р.В., Малинич С.З., Носан А.В., Ясницкий Р.В. // ФНТ. 1991. Т. 17. № 11. С. 77-79.
- [5] Burns G., Dacot F.H., Hertzberg F., Kaiser D.L. // *Sol. St. Commun.* 1988. V. 66. P. 217-222.

Львовский университет
им. Ив. Франко

Поступило в Редакцию
2 ноября 1991 г.