

ФОТОСТИМУЛИРОВАННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

В.В.Еременко, В.П.Гнездилов, В.И.Фомин

А.И.Усоскин¹⁾, И.Н.Чуканова¹⁾

*Физико-технический институт низких температур АН УССР
310086, Харьков*

*¹⁾Институт Монокристаллов минхимнефтепрома СССР и АН УССР
310000, Харьков*

Поступила в редакцию 19 июля 1991 г.

Исследованы фотоиндуцированные изменения спектров двухмагнного рассеяния света $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ пленок. Обнаружено ослабление интенсивности полосы двухмагнного рассеяния под воздействием Ag^+ -лазерного облучения. Изменения, наблюдавшиеся в спектрах комбинационного рассеяния света, являются долгоживущими: образцы при комнатной температуре релаксировали в исходное, незасвеченное состояние только через двое суток.

Исследования полупроводниковых фаз ВТСП соединений методом спектроскопии комбинационного рассеяния (КР) света позволили обнаружить в высокочастотной области спектров широкую полосу B_{1g} симметрии¹⁻³, которая была отнесена к рассеянию света на двухмагнных возбуждениях. Однако, как сообщалось в работах^{2,3}, двухмагнное рассеяние (ДР) света, интенсивность которого зависит от концентрации кислорода, наблюдается и в сверхпроводящих образцах, что позволило высказать предположение о возможности сосуществования магнитного упорядочения и сверхпроводимости и участия высокоэнергетичных спиновых флуктуаций в механизме спаривания носителей заряда. Более поздние исследования⁴ показали, что возможность наблюдения двухмагнного рассеяния света в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ сверхпроводящих образцах связана с неомогенностью содержания кислорода, т.е. с существованием макроскопических областей, в которых концентрация кислорода соответствует полупроводниковой фазе. Анализ спектров ИК отражения и комбинационного рассеяния света, полученных от разных участков монокристалла $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ($T_c \approx 60$ К), позволил сделать вывод, что полоса двухмагнного рассеяния света уменьшается по интенсивности и исчезает по мере увеличения концентрации свободных носителей (уменьшения δ).

В работе⁵ было показано, что фотовозбуждение носителей заряда можно рассматривать как не связанный с изменением химического состава вещества способ изменения концентрации свободных носителей, приводящий к росту количества сверхпроводящей фазы в полупроводниковом образце $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Целью настоящей работы было исследование влияния индуцированных светом носителей заряда на интенсивность двухмагнного рассеяния света.

Нами исследовались пленки $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ пленки толщиной более 1000 Å выращенные на подложках SrTiO_3 методом лазерного осаждения. На поверхность пленок напылялись серебряные контакты, что позволяло проводить измерение электросопротивления различных участков. Для возбуждения КР использовался Ag^+ -лазер ($\nu_{exc} = 20492 \text{ см}^{-1}$), излучение которого очищалось от линий плазменного разряда с помощью дифракционной решетки. Область возбуждения на поверхности образца была равна $0,1 \times 2,5$ мм, а мощность излучения не превышала $0,08 \text{ Вт/мм}^2$. Спектры КР регистрировались спектрометром Jobin-Yvon U-1000 с одноканальной схемой счета фотонов.

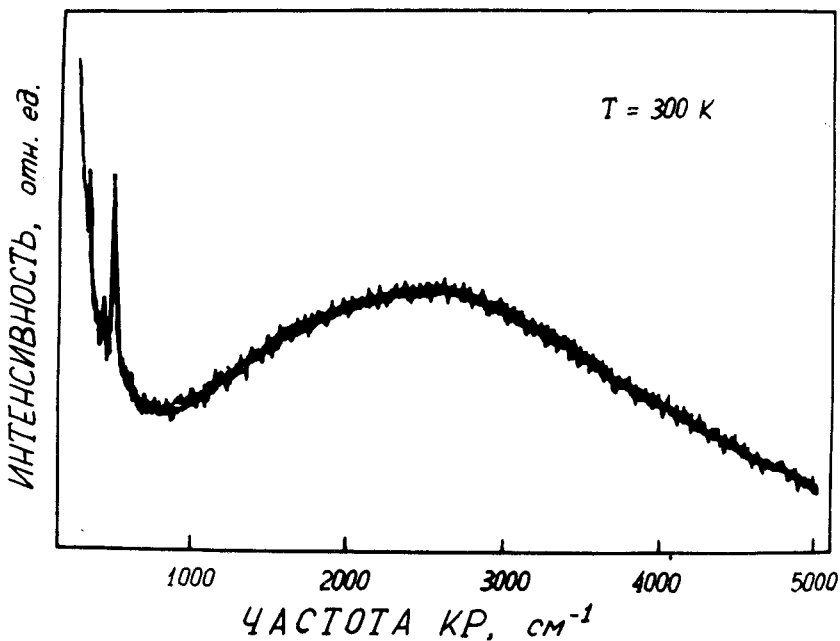


Рис. 1. Спектр комбинационного рассеяния света $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ керамики ($T_c = 88$ К) при комнатной температуре

Спектр комбинационного рассеяния света сверхпроводящей пленки $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ($T_c = 88$ К) при комнатной температуре приведен на рис. 1. В высокочастотной области наблюдается широкая особенность - полоса двухмагنونного рассеяния света с частотой максимума $\omega_{\text{max}} \approx 2500$ cm^{-1} (спектры не корректировались на спектральную чувствительность фотоумножителя и спектрометра), что свидетельствует о присутствии в образце примеси полупроводниковой фазы.

Проведенные нами измерения позволили впервые зафиксировать ослабление полосы ДР под воздействием лазерного облучения. На рис. 2 приведены временные изменения интенсивности сигнала КР на частоте, соответствующей максимуму полосы ДР, полученные от двух участков неоднородной пленки $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Начало отсчета времени и засветки образца совпадают. Лазерный луч фиксировался между контактами 1 и 2 с $T_c = 84,6$ К на этом участке и между контактами 3 и 4 с $T_c = 88,1$ К. Из рисунка видно, что с увеличением T_c эффект ослабления интенсивности полосы ДР становится меньше.

Наблюдаемые изменения в спектрах КР являются долгоживущими. Образец при комнатной температуре возвращался в исходное, незасвеченное состояние только через двое суток. Динамику релаксации иллюстрирует рис. 3, где зависимость (*б*) получена через 1 час, (*а*) - через 16 часов и (*з*) - через 24 часа после предыдущей засветки. Уменьшение температуры приводит к увеличению времени релаксации - зависимость (*е*) получена при $T = 28$ К через 24 часа после начальной засветки. С повышением температуры выше комнатной время возврата в необлученное состояние существенно сокращается. Кратковременный нагрев образца до температуры 400 К с последующим охлаждением на воздухе полностью восстанавливает его исходные свойства.

Исследованию влияния ИК (1,38 эВ) и Аг (2,41 эВ) лазерного излучения

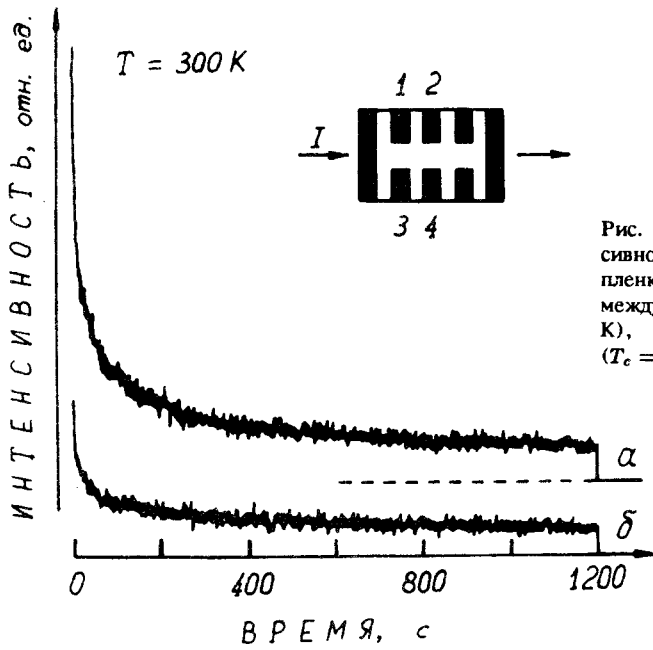


Рис. 2. Временные зависимости интенсивности полосы ДР для неоднородной пленки $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$: а - на участке между контактами 1 и 2 ($T_c = 84,6$ К), б - между контактами 3 и 4 ($T_c = 88,1$ К)

на электросопротивление и структуру ВТСП керамик была посвящена работа ⁶. Рентгеноструктурные исследования показали, что под действием непродолжительного (≈ 600 с) облучения наблюдается переход исходных тетрафаз составов $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ и $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ в сверхпроводящие орто-фазы с $T_c \approx 90$ К. Однако большая мощность излучения приводила к разогреву образцов до температуры $\approx 600^\circ\text{C}$ и поэтому нельзя отделить влияние облучения от термического воздействия в атмосфере воздуха. Измерения, проведенные нами на образцах, помещенных в сверхтекучий гелий, показали, что наблюдаемый нами эффект не связан с разогревом.

Возможны различные варианты, объясняющие природу обнаруженного явления, но наиболее привлекательным с нашей точки зрения является объяснение, основанное на учете взаимодействия фотовозбужденных носителей заряда с кристаллической решеткой. Исследования спектров фотоиндуцированного ИК поглощения в полупроводниковых фазах ВТСП ^{7,8} позволили сделать вывод, что фотогенерация свободных носителей эквивалентна уменьшению δ в $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ системах. Фотовозбужденные носители рекомбинируют с нейтральными дефектами, которые могут быть связаны с присутствием границ зерен, структурными дефектами и нестехиометрией в керамических материалах и пленках. Локализация носителей заряда на дефектах приводит к образованию зарядовых дефектов ⁹ и к локальным орторомбическим структурным искажениям в их окрестности. О присутствии в тетрагональной фазе кристалла $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ($\delta = 0,75 - 0,85$) орторомбических искажений, охватывающих несколько периодов кристаллической решетки, свидетельствует появление в спектрах фотоиндуцированного ИК поглощения линий с частотами 435 и 510 cm^{-1} ^{7,8}, соответствующих полносимметричным КР модам орторомбической фазы. Учитывая описанные выше результаты по ИК поглощению, наблюдение "замороженной" фотопроводимости в пленках $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ($\delta \approx 0,55$) ⁵, а также неомогенность по кислороду исследуемых нами образцов, можно сделать предположение о том, что происходит в макроскопических зародышевых областях, в которых

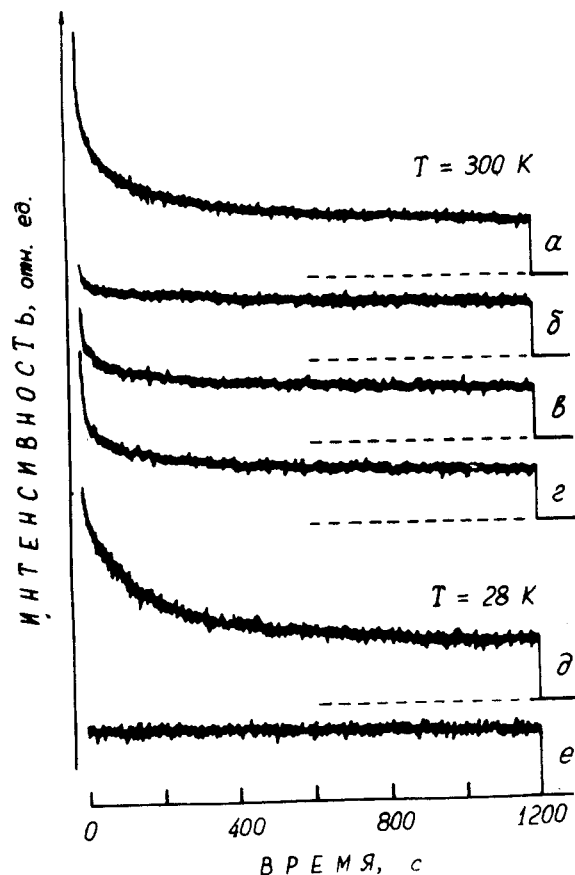


Рис. 3. Временные зависимости интенсивности полосы ДР пленки $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ при температурах 300 и 28 К: *a, d* - начальная засветка; зависимости *b* и *e* получены через 1 час и 16 часов после предыдущей засветки, а *г* и *e* - через 24 часа

концентрация кислорода близка к переходу полупроводник - металл. В них перекрытие фотоиндуцированных и связанных с избыточным (относительно $\delta = 1$) кислородом локальных орторомбических искажений приводит к перестройке структуры от тетрагональной к орторомбической во всем объеме зародыша и, как следствие, к разрушению магнитного порядка.

Мы полагаем, что высказанное выше объяснение изменений двухмагнетонного рассеяния при освещении справедливо и для объяснения так называемой "замороженной" фотопроводимости⁵.

1. Lyons K.B., Fleury P.A., Remeika J.P. et al. Phys. Rev. B, 1988, 37, 2353.
2. Shunji Sugai, Shin-ichi Shamoto Masatoshi Sato. Phys. Rev. B, 1988, 38, 6436.
3. Lyons K.B., Fleury P.A., Schneemeyer L.F., Waszczak J.V. Phys. Rev. Lett., 1988, 60, 732.
4. Bazhenov A.V., Maksimov A.A., Pronin D.A. et al. Phys. C, 1990, 169, 381.
5. Кирилук А.И., Крейнс Н.М., Кудинов В.И. Письма в ЖЭТФ, 1990, 52, с.696.
6. Kouichi Murakami, Osamu Eryu, Koki Takita, Kohzoh Masuda. Jap. Journ. of Appl. Phys., 1987, 26, L1731.
7. Kim Y.H., Foster C.M., Heeger A.J. et al. Phys. Rev. B, 1988, 38, 6478.
8. Taliani C., Zamboni R., Ruani G., Matarotta F.C. Synthetic Metals, 1989, 29, F585.
9. Ginder J.M., Roc M.G., Song Y. et al. Phys. Rev. B, 1988, 37, 7506.