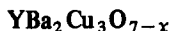


## ОСОБЕННОСТИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ



В.А.Гайсин, Б.С.Куликин, Б.В.Новиков

Исследованы спектры фотолюминесценции  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ -керамик и монокристаллов в области 360–400 нм. Впервые обнаружен генерационный эффект и доказана связь свечения с микровключениями окиси цинка.

В работах <sup>1-4</sup> сообщалось о наблюдении в спектрах фото- и катодолуминесценции  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ -керамик ряда линий, расположенных в ближней УФ области 367–375 нм. Характерной чертой температурного поведения является пороговое разгорание линий при уменьшении температуры. Линии  $\lambda = 374,5$  нм, и  $\lambda = 369,5$  нм возникают в люминесценции при 170 и 60 К, соответственно <sup>1,2</sup>. Линия  $\lambda = 367$  нм ( $\lambda$ -линия) разгорается в катодолуминесценции при переходе керамики в сверхпроводящее состояние – 93 К <sup>3-4</sup>.  $\alpha$ -линия была интерпретирована как проявление собственной люминесценции керамики. В <sup>1,4</sup> отмечалось неоднородное распределение свечения по поверхности керамики и указывалось на возможность связи люминесценции с микровключениями чужеродной фазы.

Неоднозначность интерпретации, а также отсутствие каких-либо сведений о люминесценции монокристаллов  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  побудило нас провести детальное изучение люминесценции этого соединения в ближней УФ области.

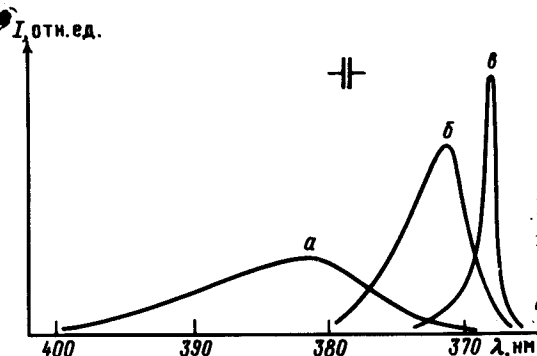


Рис. 1. Спектры люминесценции УФ полосы при возбуждении импульсным азотным лазером ЛГИ-21 (слабый уровень возбуждения  $\sim 10^{23}$  фот/с): а – 300, б – 77, в – 1,6 К

В настоящей работе исследованы спектры фотолюминесценции сверхпроводящих  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ -керамик и монокристаллов в температурном интервале 1,6–300 К при различных уровнях лазерного возбуждения (ЛГИ-21). Для регистрации спектров использовался двойной решеточный монохроматор, собранный на базе двух светосильных монохроматоров МДР-2. Спектральная установка позволила регистрировать спектры светящихся участков размером до 50 мкм. Было обнаружено, что в керамиках и монокристаллах излучение наблюдается только в отдельных точках. При 300 К спектр люминесценции состоит из широкой асимметричной полосы с максимумом 381 нм (рис. 1а).

Форма полосы люминесценции всех исследованных точек одинакова.

При температурах  $T < 120$  К в спектрах люминесценции некоторых участков керамики было обнаружено разгорание узких линий свечения (рис. 2б, в). Эти линии расположены в пределах контура люминесценции, поляризация линий совпадает с поляризацией линий возбуждения. Линии были настолько узки, что на имеющемся приборе не удалось определить их полуширину (их контур совпал с аппаратной функцией прибора 0,2 нм). Число линий зависело от точки наблюдения и менялось от 1 до 20. С изменением мощности лазерного возбуждения менялась температура, при которой появляются линии. При постоянной температуре эти же линии

порогово возникали в спектре люминесценции при увеличении мощности лазерного возбуждения. Вид спектра люминесценции для одной из исследованных точек при  $T = 100$  К в зависимости от мощности лазерного возбуждения представлен на рис. 3.

Пороговая зависимость разгорания линий от мощности возбуждения и поляризация свидетельствуют о генерационной природе исследованных линий. Многообразие генерационных спектров и малая полуширина линий связаны с проявлением отдельных генерационных мод. В тех участках, где генерационные линии не были обнаружены при максимальной мощности накачки, происходило уширение полосы и смещение максимума в длинноволновую сторону спектра. Наиболее отчетливо уширение полосы наблюдается при  $T = 1,6$  К.

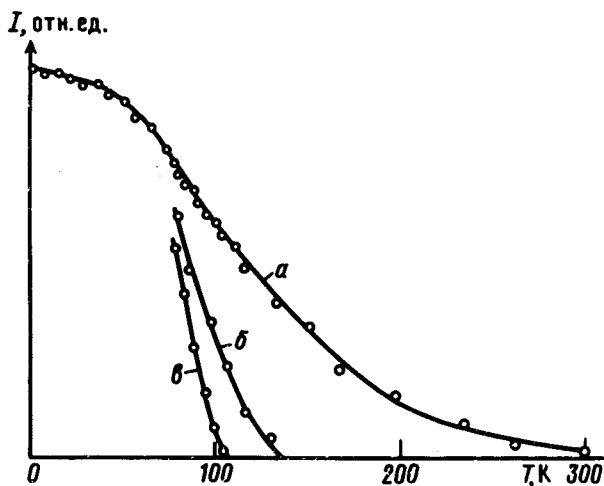


Рис.2 а – Температурная зависимость интегральной интенсивности люминесценции УФ полосы при слабом уровне возбуждения ( $\sim 10^{23}$  фот/с); б, в – температурное разгорание генерационных линий  $\lambda = 373,2$  нм и  $\lambda = 371,8$  нм соответственно (уровень возбуждения  $\sim 10^{24}$  фот/с). Свечение возбуждалось импульсным азотным лазером ЛГИ-21

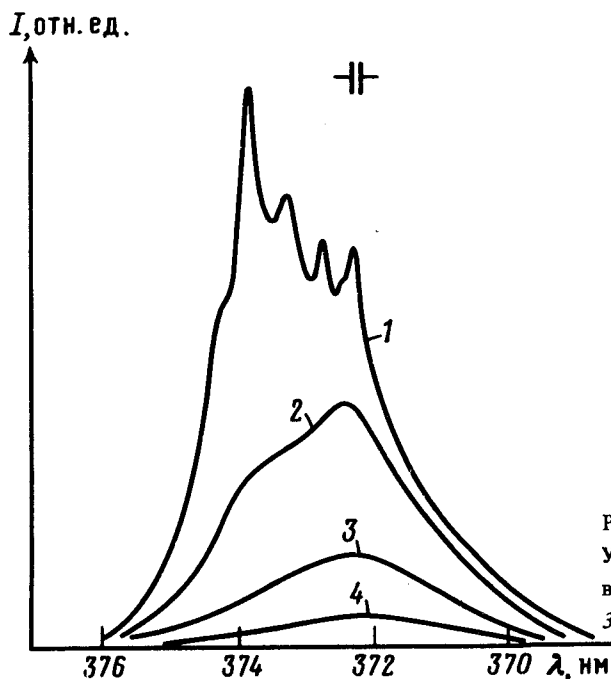


Рис. 3. Зависимость спектра люминесценции УФ полосы от мощности лазерного (ЛГИ-21) возбуждения: 1 –  $6 \cdot 10^{23}$ ; 2 –  $4 \cdot 10^{23}$ ; 3 –  $2,5 \cdot 10^{23}$ ; 4 –  $1,0 \cdot 10^{23}$  фот/с

При минимальных уровнях возбуждения, когда узкие линии не разгораются, была исследована температурная зависимость спектральных параметров полосы люминесценции в области температур 1,6–300 К. При понижении температуры образца происходило сужение УФ полосы, максимум смещался в коротковолновую сторону и росла интегральная интенсивность.

При  $T = 1,6$  К в спектре наблюдается узкая линия с  $\lambda = 368,8$  нм и полушириной 0,2 нм (рис. 1в). Температурная зависимость интенсивности линии представлена на рис. 2а.

В отличие от данных работ <sup>2,3</sup>, изменение спектральных параметров полосы люминесценции не обнаруживало аномалий при переходе образца в сверхпроводящее состояние <sup>1)</sup>.

Отсутствие температурной корреляции интенсивности люминесценции с переходом керамики в сверхпроводящее состояние, существование свечения только в отдельных точках образца позволяют предположить, что наблюдаемая нами УФ люминесценция связана с микровключениями иной фазы. Действительно, такие микровключения нам удалось извлечь из керамики. Они представляли собой прозрачные микрокристаллы с максимальным размером ~ 20 мкм. Качественный рентгеноспектральный микроанализ, проведенный на микроанализаторе "Камебакс", показал значительное содержание цинка. Сравнивая наши результаты с литературными данными различных соединений цинка мы пришли к выводу, что наблюдаемая нами в керамике и монокристаллах  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  УФ люминесценция идентична люминесценции окиси цинка. Хорошо совпадают положение максимумов полос, температурное смещение, наличие генерационного эффекта <sup>5</sup>. Узкая линия 368,8 нм при 1,6 К, вероятно, является люминесценцией *M*-полосы. Можно предположить, что микрокристаллы окиси цинка образуются непосредственно при синтезе сверхпроводящих  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  материалов при окислении цинка, входящего в виде примеси в состав исходных компонент.

Авторы благодарят сотрудников ФТИ АН СССР им. А.Ф.Иоффе С.Г.Конникова и В.П.Третьякова за проведение рентгеноспектрального микроанализа.

#### Литература

1. Луцик Ч.Б. и др. Письма в ЖЭТФ, 1987, 46, 122; ФТТ, 1987, 29, 3667.
2. Еременко В.В. и др. Письма в ЖЭТФ, 1988, 47, 529.
3. Фуголь И.Я. и др. XX Всесоюзный съезд по спектроскопии. Киев, 1988, часть 2, с. 70.
4. Попова М.Н. и др. Письма в ЖЭТФ, 1988, 48, 617.
5. Кузьмина И.П., Никитенко В.А. Окись цинка. Получение и оптические свойства. М.: Наука, 1984.

Поступила в редакцию

20 марта 1989 г.

Ленинградский Государственный университет

<sup>1)</sup> Особенности на кривых температурной зависимости наблюдались в том случае, если при изменении температуры возникал генерационный эффект. Иногда генерационный эффект наблюдался вблизи температуры сверхпроводящего перехода (рис. 2б, в). Мы полагаем, что наличие генерационного эффекта следует учитывать при интерпретации результатов работ <sup>1-3</sup>.