

СПЕКТРЫ И КИНЕТИКА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛОВ LiF С F-ПОДОБНЫМИ ЦЕНТРАМИ ОКРАСКИ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 4,2 К

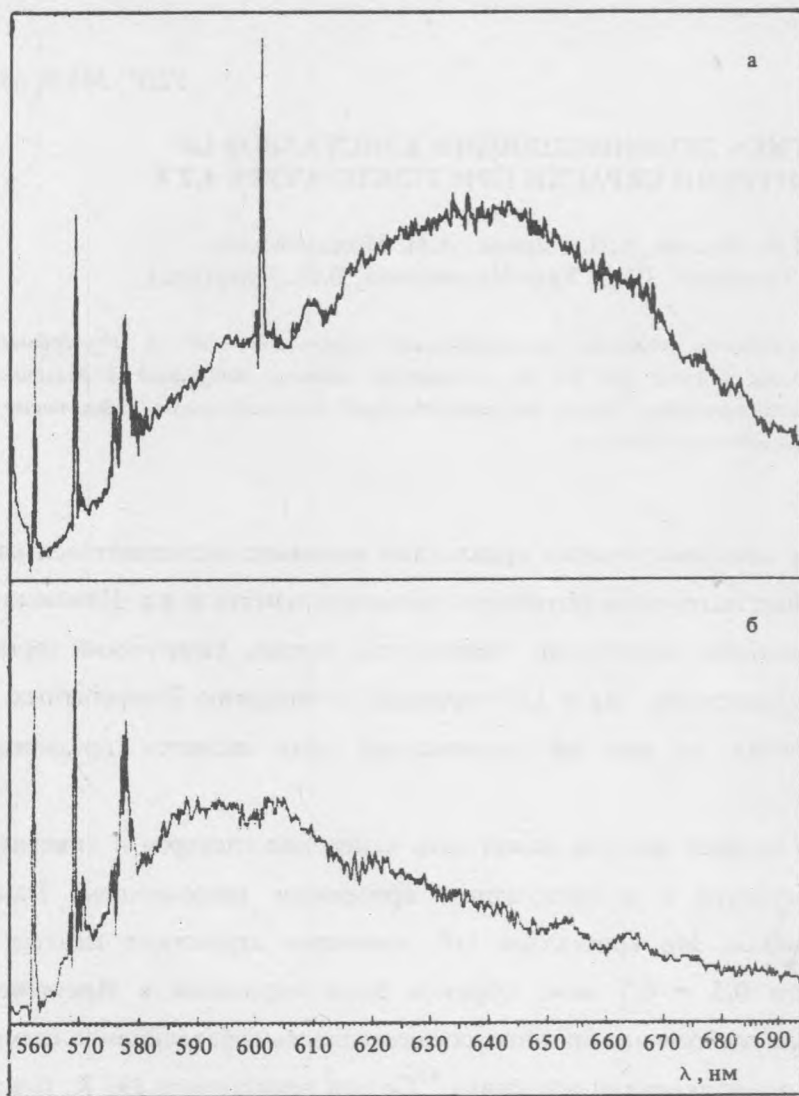
О.П. Варнавский, Н.А. Иванов, А.Н. Киркин, А.М. Можаровский,
Э.А. Свириденков, Д.Д. Топтыгин, Ш.Д. Хан—Магометова, В.М. Хулугуров

Исследованы спектры люминесценции кристаллов LiF с F-подобными центрами окраски при 4,2 К и измерены времена затухания в различных участках спектров. Анализ результатов дает дополнительную информацию о природе центров окраски.

Щелочно-галлоидные кристаллы с центрами окраски привлекают внимание исследователей как активные лазерные среды, фототропные материалы, оптические элементы памяти и т.д. Изменение параметров окрашивания (доза и плотность излучения, температура, отжиг), химический состав шихты и введение в нее примесей (например, Mg в LiF) приводят к созданию F-агрегатных и F-подобных центров. Природа многих из них на сегодняшний день является предметом исследований и дискуссий /1, 2/.

Дополнительную информацию о природе центров может дать измерение спектров и кинетики люминесценции при низкой температуре с наносекундным временным разрешением. Нами проведено исследование активированных Mg кристаллов LiF, имеющих агрегатные центры с полосами люминесценции в области 0,5 — 0,7 мкм. Образцы были выращены в Иркутском университете методом Киропулоса. Активирование магнием осуществлялось добавлением в шихту MgF₂. Окрашивание проводилось гамма-излучением источника ⁶⁰Co при температуре 195 К. После облучения кристаллы выдерживались не менее 6 месяцев при комнатной температуре для установления стационарной концентрации центров.

Спектры и кинетика люминесценции кристаллов измерялись при температуре 4,2 К на установке, созданной на базе наносекундного флуорометра "Ortec", использующего метод однофотонного счета. Были также зарегистрированы спектры поглощения образцов. Спектральное разрешение системы составляло 1 Å. Люминесценция возбуждалась импульсами лазера на родамине 6Ж с синхронной накачкой второй гармоникой (532 нм) излучения ИАГ:Nd лазера с активной синхронизацией мод или непосредственно импульсами второй гармоники. Их длительность не превышала 100 пс, а частота следования равнялась 2 кГц. Лазер на красителе имел область перестройки 550—610 нм и ширину спектра излучения ≈ 6 нм (на уровне 0,5). В ряде экспериментов она сужалась с помощью внутривибраторного эталона до 3 нм.



На рис. 1 приведены спектры люминесценции кристалла LiF:Mg с F_2 , F_2^{+*} , F_3 и другими центрами окраски при 4,2 К и возбуждении излучением лазера на красителе (554 нм). Рис. 1а представляет интегральный по времени спектр, 1б — спектр люминесценции, зарегистрированный с задержкой 50 нс после возбуждающих импульсов. В области 560-690 нм можно было наблюдать узкие линии 562,5, 569,5 и 600,8 нм, а также более широкую ($\approx 1,5$ нм) линию 578 нм.

Рис. 1. Спектры люминесценции кристалла LiF:Mg с центрами окраски при 4,2 К: а — интегральный по времени, б — зарегистрированный с задержкой 50 нс после возбуждающего импульса.

Кроме того, в области 535-750 нм в спектре излучения была зарегистрирована линия 541 нм (при возбуждении на длине волны 532 нм), а в спектре поглощения — бесфонные линии 523,5 и 695,5 нм. В основном, обнаруженные линии совпадают с исследованными в работе /3/.

Регистрация спектров с различными временными задержками выявила наличие двух широких (≈ 50 нм) полос и показала, что эти полосы люминесценции и отдельные линии принадлежат центрам нескольких типов, имеющим различные времена затухания. Более длинноволновая полоса имеет максимум 645 нм. Она соответствует бесфонной линии 600,8 нм. Времена затухания этой полосы и линии 600,8 нм совпадали и равнялись 18 ± 1 нс. Вместе со второй полосой, имеющей максимум при 595 нм, были видны узкие линии 562,5, 569,5 нм и линия 578 нм. Время затухания линии 562,5 нм составляло 73 ± 5 нс, а линии 569,5 нм — 63 ± 5 нс. При возбуждении импульсами с длиной волны 566 нм и шириной спектра 3 нм все три указанные линии в спектре люминесценции

отсутствовали. Это может свидетельствовать о том, что они соответствуют одному типу центров.

Полученные результаты не совпадают с данными работы /1/, где в исследованной области была зарегистрирована одна линия 571,5 нм с временем затухания 24 нс. Она была отнесена к центру F_4^- , возмущенному ионом Mg^{2+} . Лучшее согласие имеется с экспериментальными данными работы /2/. В ней наблюдались линии 569,5 и 577,8 нм и было высказано предположение, что они относятся к молекулярному иону Li_2^+ , причем линия 577,8 нм соответствует переходу в возбужденное колебательное состояние молекулы Li_2^+ . К аналогичному выводу приходят авторы /3/ на основании результатов пьезоспектроскопических измерений. Наблюдавшаяся нами бесфононная линия 562,5 нм имеет несколько большее время затухания по сравнению с линией 569,5 нм и, возможно, связана с ионом Li_2^+ , ориентированным вдоль другой кристаллографической оси. В отличие от результатов /3/, нами не обнаружено широкой линии 561,5 нм, но зарегистрирована широкая линия 578 нм.

Люминесценция в исследованной области создается также другими типами центров. Затухание люминесценции на длине волны 570 нм (т.е. рядом с линией 569,5 нм) при возбуждении излучением 532 нм имело неэкспоненциальный характер. Кинетика затухания может быть аппроксимирована двумя экспонентами с постоянными 24 ± 3 и 55 ± 6 нс. Возможно, что быстрое затухание определяется центрами, исследованными в работе /1/, а более медленное — ионами Li_2^+ . Для выяснения природы линии 569,5 нм нужны дополнительные эксперименты.

Была также исследована люминесценция кристаллов NaF с центрами окраски при 4,2 К. Образцы имели несколько полос поглощения в области 400-700 нм. При возбуждении на длине волны 532 нм наиболее сильной из них с максимумом при 510 нм соответствовала интенсивная полоса люминесценции 540-640 нм. В спектре люминесценции зарегистрирована бесфононная линия 545,5 нм, а в спектрах поглощения линии 580 и 654 нм. Время затухания линии 545,5 нм равнялось $7,8 \pm 0,5$ нс.

Выполненные спектрально-кинетические измерения люминесценции кристаллов LiF и NaF с центрами окраски при селективном лазерном возбуждении дают информацию о природе центров, полезную для поиска новых активных лазерных сред и фототропных материалов. Заметим, что наличие в спектрах бесфононных линий, лежащих в удобной области и характеризующихся большим временем фазовой релаксации, делает эти кристаллы перспективными для изучения когерентных эффектов взаимодействия света с конденсированными средами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ч е п у р н о й В.А. Диссертация канд. физ.-мат. наук. Иркутский государственный университет, 1986.
2. Т и т о в Ю.М. Диссертация канд. физ.-мат. наук. Иркутский государственный университет, 1987.
3. А б р а м о в А.П. и др. Оптика и спектроскопия, **68**, 586 (1990).

Поступила в редакцию 11 марта 1991 г.