

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

Факультет фотоники

ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

по дисциплине:

«МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ФОТОНИКИ»

«Исследование спектров люминесценции неодимовых лазерных стекол и
кристаллов»

Выполнили:
студенты группы V33022
Баранов К.Н.
Васильев М.Д.
Кокорина О.О.
Тучин В.С.

Проверил:
Рохмин А.С.

Дата _____ Подпись _____

Санкт-Петербург

2022 г.

1. Введение

Лабораторная работа «Исследование спектров люминесценции неодимовых лазерных стекол и кристаллов»

Цель работы: Изучение явления люминесценции на примере лазерных неодимовых стёкол и кристаллов.

Объект исследования: Активированные ионами неодима лазерные стекла и кристаллы.

Задачи, решаемые в работе:

1. Получить понятие о фотолюминесценции и экспериментальных приёмах её исследования;
2. Ознакомится с особенностями спектров люминесценции редкоземельных ионов в кристаллах и стеклах, квантовыми числами, используемыми для идентификации уровней энергии, а также схемой уровней и оптических переходов для иона неодима;
3. Измерить на экспериментальной установке спектры люминесценции образцов неодимовых кристаллов и стекол в интервале длин волн 850 — 1100 нм.

2. Теоретические сведения

Люминесценция – это испускаемое веществом излучение, представляющее собой избыток над тепловым излучением и продолжающееся после импульсного возбуждения в течение времени, значительно превышающего период световых колебаний. Люминесценция соответствует спонтанным оптическим переходам, в то время как генерация и усиление света – вынужденным. Процесс люминесценции заключается в том, что ион, находящийся в основном состоянии, поглощает фотон и переходит в возбужденное состояние. Из этого положения он безызлучательно релаксирует на более низкое состояние, откуда он переходит в основное состояние с испусканием фотона, энергия которого соответствует разнице энергий уровней.

Активированные материалы - это кристаллы и стекла, в состав которых специально введены редкоземельные ионы: Nd^{3+} , Er^{3+} , Ho^{3+} , Tm^{3+} , Yb^{3+} или ионы переходных металлов: Cr^{3+} , Ti^{3+} , Co^{2+} . Эти ионы сохраняют свою индивидуальность и образуют оптические центры. Свойства локализованных оптических центров определяют спектрально-люминесцентные и лазерные параметры активированного материала.

При попадании примесного атома активатора в кристалл или в стекло он подвергается воздействию окружения, и испытывает расщепление. Прежде всего, это кулоновское воздействие электрических полей зарядов окружающих ионов, под влиянием, которого атомные уровни испытывают расщепление. Эффект Штарка - это эффект расщепления атомных уровней во внешнем однородном электрическом поле. Чтобы энергетический уровень расщеплялся при воздействии на атом, он должен быть вырожден - т.е. ему должно соответствовать несколько волновых функций. Число таких волновых функций называется кратностью вырождения. Для редкоземельных ионов чрезвычайно важным является следующее обстоятельство. В подавляющем числе случаев величина штарковских расщеплений меньше энергетических зазоров между уровнями свободного иона. Количество расщепленных уровней вычисляется как $2J + 1$, где J – это значение полного момента атома.

Спектры поглощения и люминесценции кристаллов, активированных ионами редкоземельных элементов, состоят из отдельных групп узких линий. Каждая

группа представляет собой штарковскую структуру, возникающую из-за расщепления атомных уровней основного и возбуждённого состояний. Если сравнить спектры одного и того же РЗ иона в разных кристаллах, то окажется, что число линий, характер их расположения и относительные интенсивности различны. Эти характеристики связаны с особенностями ближайшего окружения РЗ иона (строением РЗ центра).

В спектрах стёкол в тех же диапазонах частот, где в случае кристаллов имеются группы узких линий, наблюдаются размытые полосы с более или менее выраженными максимумами. Они выглядят так, как если бы линии спектра кристалла увеличили ширину, оставаясь на прежнем месте, и частично наложились друг на друга.

Различие спектров для кристаллов и стекол заключается в том, что на активаторы в кристаллах действует одно и то же окружение (упорядоченность кристаллов), а в стеклах – разное (отсутствие дальнего порядка).

Уширение спектральных полос, обусловленное тем, что энергия оптических переходов различна у разных центров внутри одного образца, называется неоднородным. Ширина спектральных линий отдельных центров называется однородной.

3. Расчетно-графическая часть

Полученные экспериментальные результаты были обработаны в системе Wolfram Mathematica 12.3. Графики люминесценции для всех четырех образцов приведены на рисунке (1). Видно, что получается два характерных вида спектров люминесценции. Спектры похожи у образцов 1 – 2 и 3 – 4. По характеру спектров можно заключить, что образцы 1 и 2 являются стеклами, поскольку спектр сплошной и представляет собой наложение отдельных линий. Образцы 3 и 4 – кристаллы, потому что их спектр представляет собой выделенные узкие линии. В обоих случаях основная длина волны равняется 1.06 мкм, что соответствует переходу ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$.

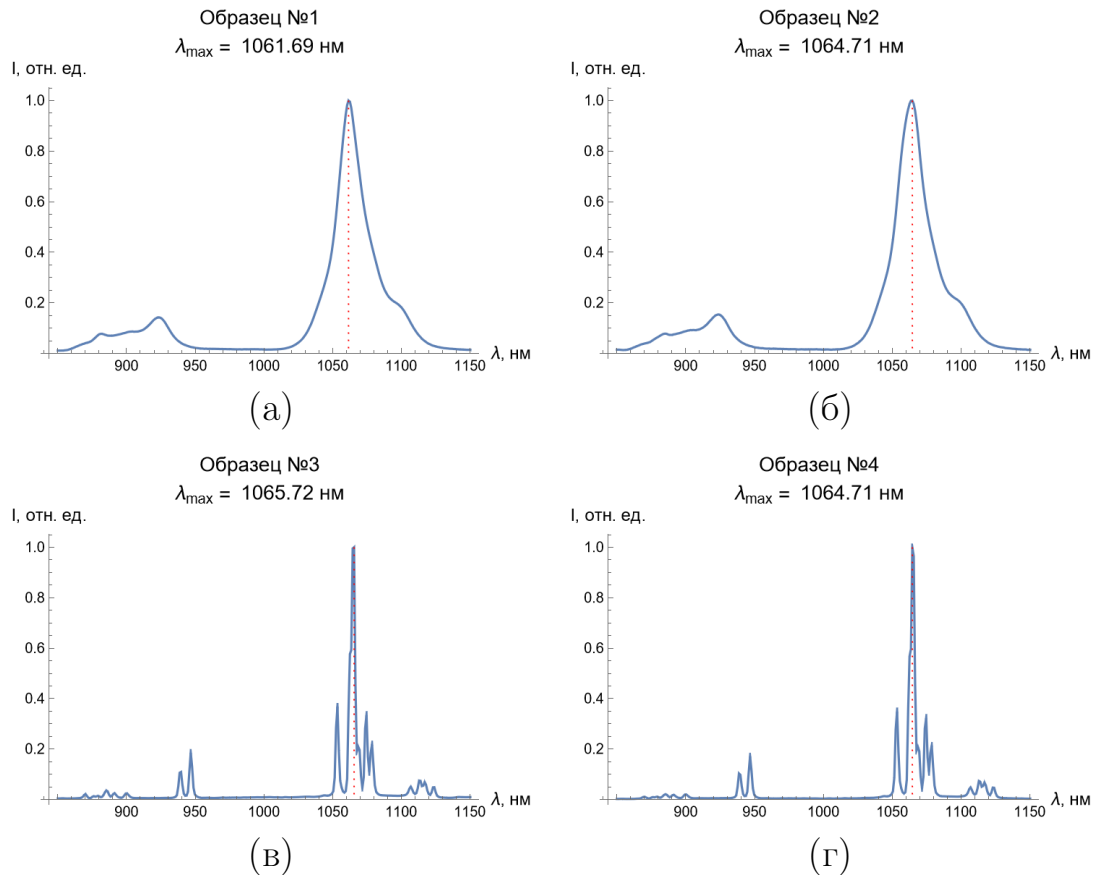


Рисунок 1 — Нормированные кривые люминесценции для соответствующих образцов

4. Выводы

В настоящей лабораторной работе было изучено явление люминесценции на примере лазерных неодимовых стекол и кристаллов. Были освоены приемы исследования люминесценции. Были освоены особенности спектров люминесценции редкоземельных ионов в кристаллах и стеклах. Также было получено представление о квантовых числах, используемых для идентификации уровней энергии, а также о схеме уровней и оптических переходах для иона неодима. Измерение спектров люминесценции производилось на экспериментальной установке в интервале длин волн 850 — 1100 нм.