

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И
ОПТИКИ"

Факультет фотоники

Дисциплина: Основы фотоники

Лабораторная работа

«КВАНТОВЫЙ ВЫХОД И ВРЕМЯ ЗАТУХАНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ
ЭРБИЕВЫХ ЦЕНТРОВ В СТЕКЛЕ»

Работу выполнил:

К. А. Чекрыгин

Группа: V33021

Преподаватель:

В. А. Асеев

Санкт-Петербург
2022

Содержание

1. Цель работы	3
2. Задачи, решаемые в лабораторной работе	3
3. Объект исследования	3
4. Рабочие формулы и исходные данные	3
5. Оборудование и принадлежности	4
5.1. Схема установки	4
6. Результаты эксперимента	4
7. Графики	5
8. Выводы и анализы результатов	7

1 Цель работы

Изучение явления затухания люминесценции, понятий квантового выхода и времени жизни на примере эрбиевых лазерных стёкол.

2 Задачи, решаемые в лабораторной работе

1. Изучение методик:

- Измерения кинетики затухания люминесценции.
- Расчета среднего времени жизни люминесценции
- Расчета радиационного времени жизни по методу Фюхтенбауэра – Ланденбурга
- Определения квантового выхода люминесценции

2. Ознакомление с понятием о передачи возбуждений между локальными оптическими центрами, основными представлениями о механизмах ответственных за передачу

3. Изучить экспериментальные проявления передачи возбуждений (сенсбилизация, тушение)

4. Для концентрационного ряда эрбиевых стёкол:

- Измерить на экспериментальной установке время затухания люминесценции
- Провести расчет радиационного времени жизни
- Расчета радиационного времени жизни по методу Фюхтенбауэра – Ланденбурга
- Определить квантовый выход люминесценции

3 Объект исследования

Лазерные стекла, активированные ионами эрбия

4 Рабочие формулы и исходные данные

$$\tau_{rad}^{-1} = 8 \cdot \pi \cdot c \cdot n^2 \cdot \tilde{\nu}^2 \cdot \frac{8}{7} \cdot \int \sigma_{abs}(\nu) d\nu \quad (1)$$

где c – скорость света, n – показатель преломления стекла, $\tilde{\nu}$ – средняя частота полосы, $\int \sigma_{abs}(\nu) d\nu$ – интегральное сечение поглощения основного резонансного перехода ${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4I_{13/2}$

$$q = (\tau_{exp}/\tau_{rad}) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где τ_{exp} – экспериментально определенное время жизни люминесценции перехода ${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4I_{13/2}$, τ_{rad} – радиационное время жизни люминесценции перехода ${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4I_{13/2}$.

5 Оборудование и принадлежности

5.1 Схема установки

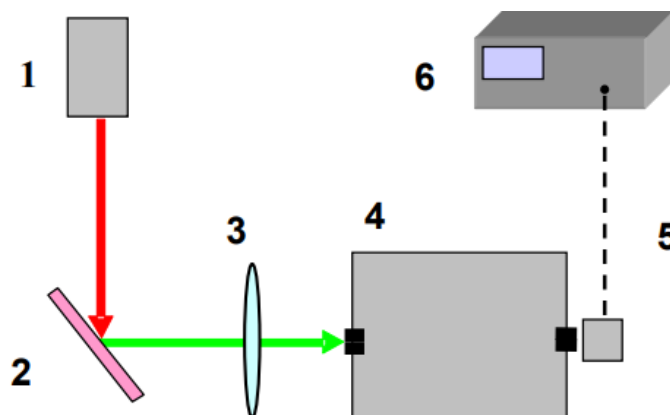


Рис. 5.1. Схема установки для определения кинетики затухания люминесценции. Цифрами на схеме обозначены: (1) – импульсный лазер; (2) – образец; (3) – короткофокусный объектив; (4) – монохроматор; (5) – InGaAs-приемник (6) –осциллограф

6 Результаты эксперимента

Построили зависимость нормированной интенсивности люминесценции от времени для каждого из образцов.[7.4] - [7.9] По площади графиков [7.4] - [7.9] мы определили время затухания люминесценции для каждого из образцов.

Построили зависимость значений времени жизни люминесценции от концентрации ионов эрбия [7.2]

По формуле [1] мы определили значение радиационного времени жизни люминесценции. Используя параметры образцов и формулу [2] определили квантовый выход люминесценции для всех образцов. Исходные данные, которые использовались для расчетов приведены в таблице 6.2. Полученные значения занесены в таблицу 6.1.

По полученным результатам можно сказать, что при увеличении концентрации ионов-активаторов в стекле время затухания люминесценции сокращается. Однако неточность алгоритма Левенберга — Марквардта (некоторые переменные были заданы вручную, чтобы экспоната стремилась к 0) привело к неточным измерениям времени жизни, так как явной зависимости времени затухания люминесценции от концентрации ионов-активаторов не наблюдается.

Построили зависимость квантового выхода люминесценции от концентрации ионов эрбия. [7.1]

Таблица 6.1: Результаты вычислений параметров исследуемых образцов

Номер серии	Номер образца	Экспериментальное время затухания люминесценции, мс	Радиационное время затухания люминесценции, мс	Квантовый выход люминесценции, %
1	340	6,29	8,616	73,00
	342	5,65		65,58
	343	1,78		20,66
2	344	9,88	15,837	62,39
	345	10,28		64,91
	346	9,62		60,74
	347	9,61		60,68

Таблица 6.2: Исходные данные для используемых образцов

Номер серии	Номер образца	Концентрация ионов эрбия, 10^{20} см^{-3}	Показатель преломления	Интегральное сечение поглощения, 10–18 см
1	340	0,50	1,554	1,340
	342	0,15		
	343	8,50		
2	344	0,26	1,520	0,762
	345	0,56		
	346	1,12		
	347	1,12		

7 Графики

Оптимизируем функции с помощью алгоритма Левенберга — Марквардта[1]

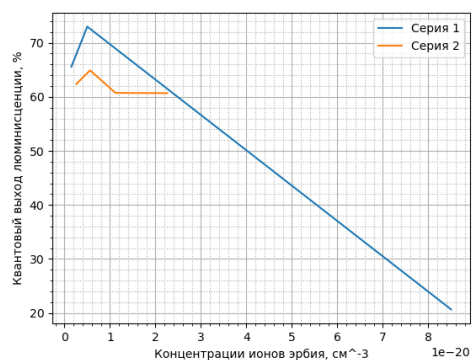


Рис. 7.1. зависимость квантового выхода люминесценции от концентрации иона активатора

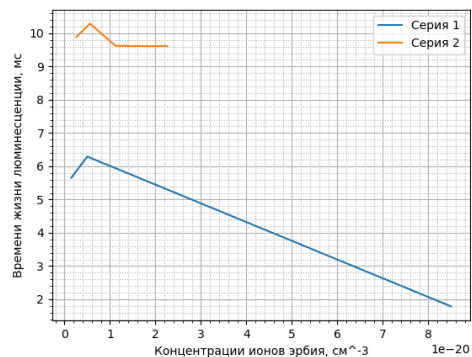


Рис. 7.2. Зависимость значений времени жизни люминесценции от концентрации ионов эрбия

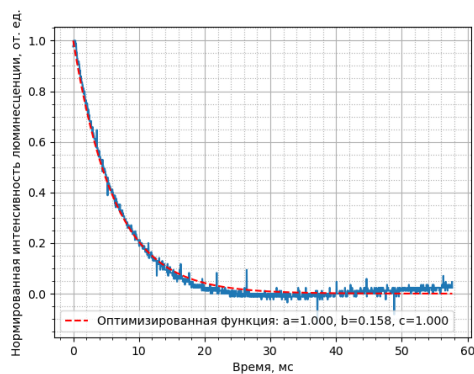


Рис. 7.4. Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №1

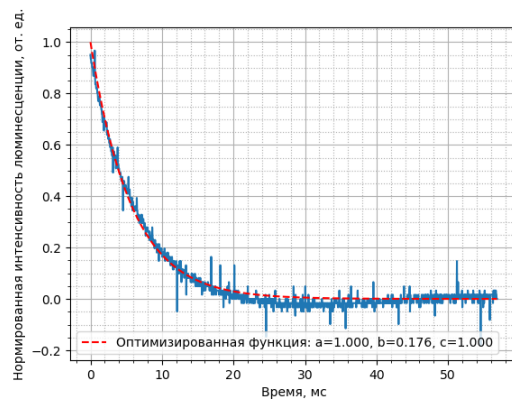


Рис. 7.5. Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №2

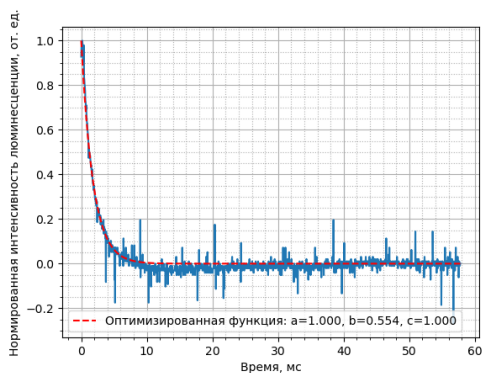


Рис. 7.6. Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №3

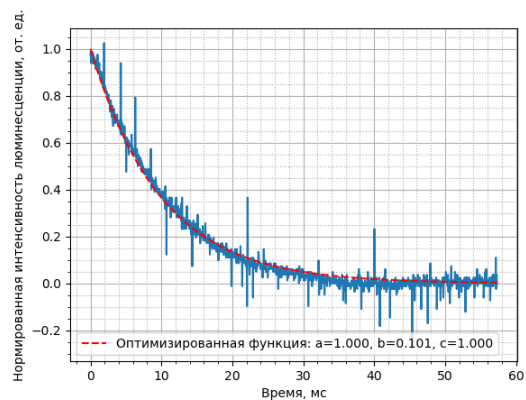


Рис. 7.7. Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №4

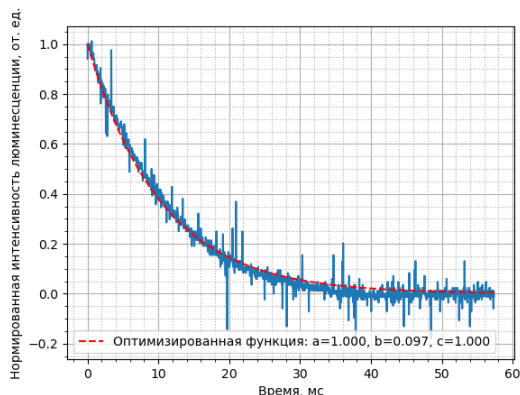


Рис. 7.8. Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №5

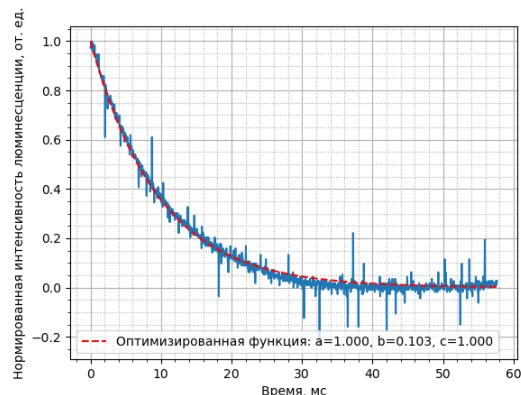


Рис. 7.9. Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №6

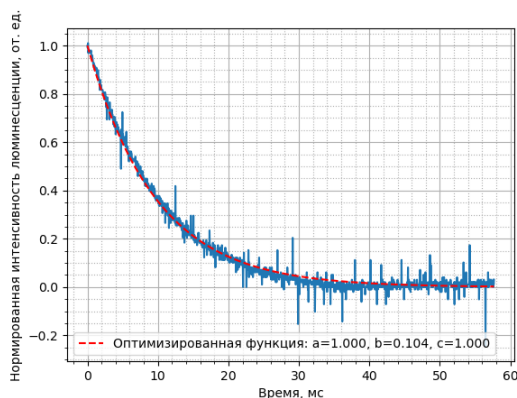


Рис. 7.10. Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №7

8 Выводы и анализы результатов

В процессе выполнения лабораторной работы на основе методического пособия[2], были изучены явления затухания люминесценции, понятия квантового выхода и времени жизни люминесценции на примере эрбиевых лазерных стёкол. Были зарегистрированы кривые затухания люминесценции для двух серий образцов с определёнными показателями преломления для каждой из серий. Исследована зависимость кинетики затухания люминесценции от концентрации ионов-активаторов, рассчитаны радиационные времена затухания люминесценции для двух серий образцов, вычислен квантовый выход люминесценции.

В результате лабораторной работы было зарегистрировано, что образцам с более высокой концентрацией ионов-активаторов соответствуют менее длительные времена затухания. При относительно небольшой концентрации эта зависимость не наблюдается так ярко. Аналогичная зависимость квантового выхода люминесценции образцов от концентрации ионов эрбия.

Список литературы

- [1] Kenneth Levenberg. A method for the solution of certain non-linear problems in least squares. *Quarterly of applied mathematics*, 2(2):164–168, 1944.
- [2] Владимир Анатольевич Асеев, Анастасия Николаевна Бабкина, Леонид Юрьевич Миронов, and Рустам Какабаевич Нуриев. Методы и техника исследования оптических материалов. 2020.