

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

«ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ НЕИЗВЕСТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ  
МАТЕРИАЛОВ»

**Работу**

**выполнили:**

К. А. Чекрыгин

Д. А. Сурин

А. А. Фандеев

Е. Ф. Левдик

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 |
| 6. Результаты эксперимента                | 4 |
| 7. Графики                                | 5 |
| 8. Выводы и анализы результатов           | 8 |

# 1 Цель работы

Определить состав образцов по полученным спектрам люминесценции и возбуждения люминесценции.

# 2 Задачи, решаемые в лабораторной работе

1. Снять спектры люминесценции и возбуждения люминесценции исследуемых образцов.
2. Определить по полученным спектрам, какие ионы (атомы) являются центрами свечения в данных образцах.

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

## 5 Оборудование и принадлежности

### 5.1 Схема установки

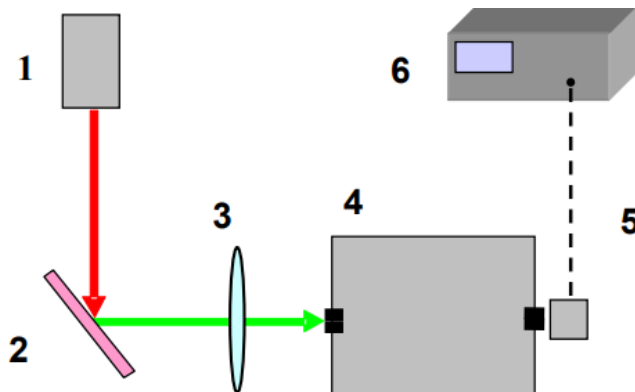


Рисунок 1 – Схема установки для определения кинетики затухания люминесценции.

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.[5] - [10] По площади графиков [5] - [10] мы определили время затухания люминесценции для каждого из образцов.

Построили зависимость значений времени жизни люминесценции от концентрации ионов эрбия [3]

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 3. Полученные значения занесены в таблицу 2.

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.

Таблица 1 – Основные величины СИ

| Название  | Команда | Символ  |
|-----------|---------|---|
| Ампер     | 12      | затухания люминесценции, мсзатухания люминесценции, |
| Кандела   | 123     | 1123  |
| Кельвин   | 123     | 123   |
| Килограмм | 123     | 123   |
| Метр      | 123     | 123   |
| Моль      | 123     | 123   |
| Секунда   | 123     | 123   |

Таблица 2 – 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                            |

Построили зависимость квантового выхода люминесценции от концентрации ионов эрбия. [2]

Таблица 3 – Исходные данные для используемых образцов

| Номер серии | Номер образца | Концентрация ионов эрбия, 1020 см-1 | 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]

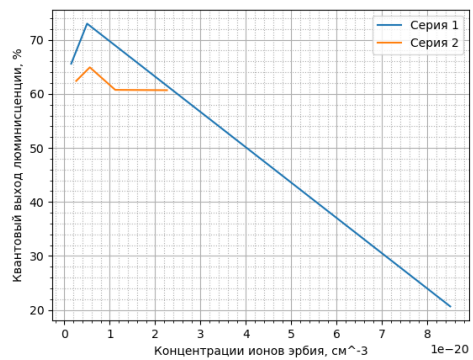


Рисунок 2 – зависимость квантового выхода люминесценции от концентрации иона активатора

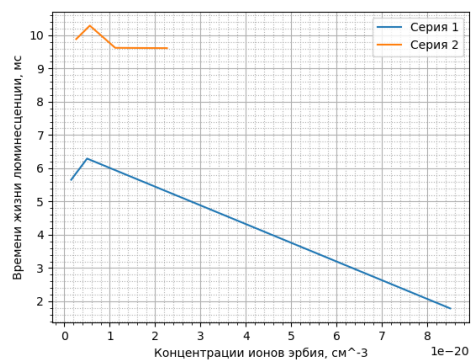


Рисунок 3 – Зависимость значений времени жизни люминесценции от концентрации ионов эрбия

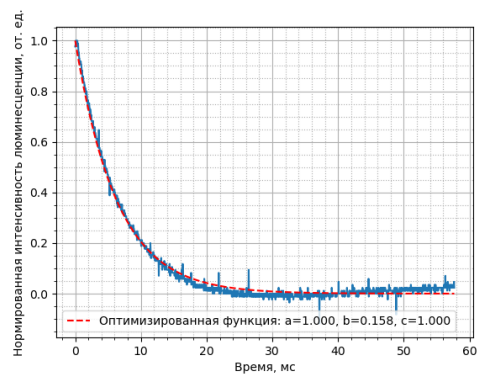


Рисунок 5 – Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №1

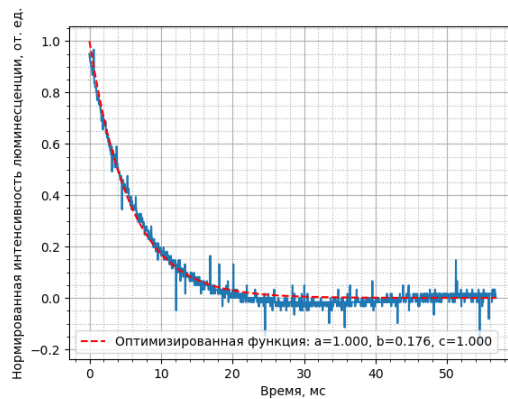


Рисунок 6 – Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №2

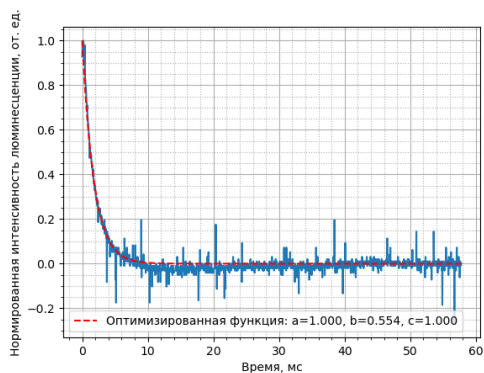


Рисунок 7 – Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №3

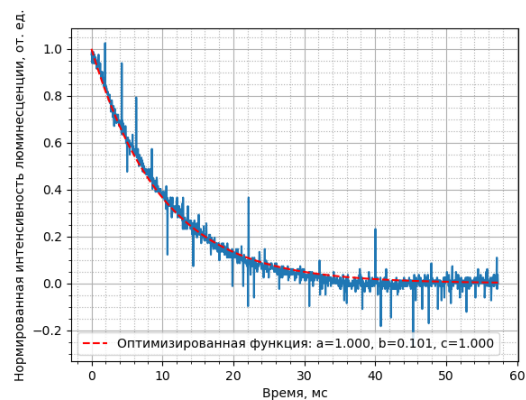


Рисунок 8 – Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №4

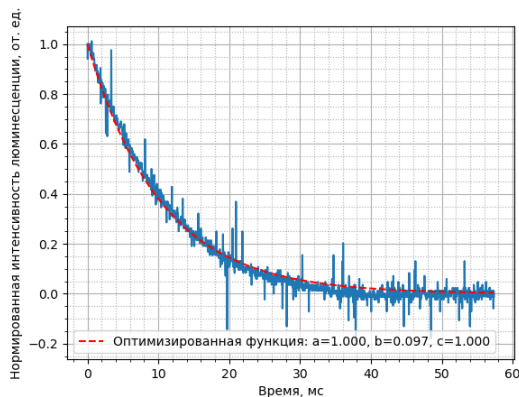


Рисунок 9 – Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №5

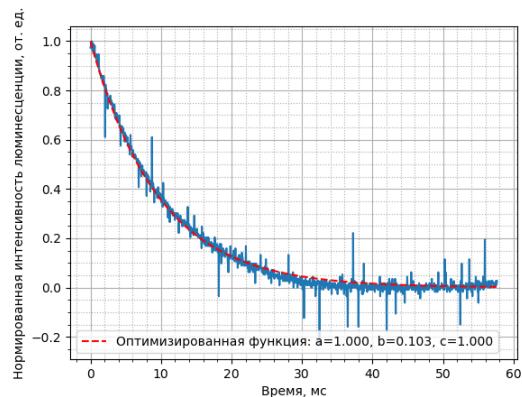


Рисунок 10 – Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №6

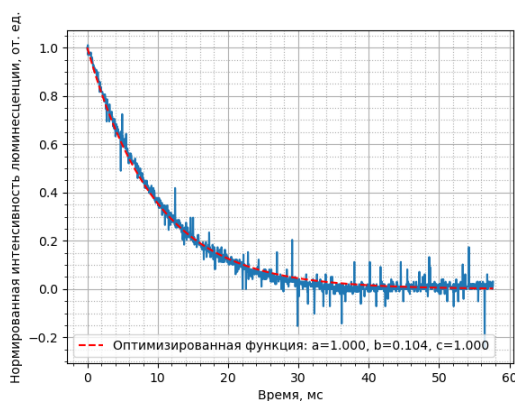


Рисунок 11 – Зависимость изменения интенсивности люминесценции во времени для образца №7

## 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 Миرون, and Рустам Какабаевич Нурыев. Методы и техника исследования оптических материалов. 2020.