Излучение и подсчет одиночных фотонов

Lecturers:
Дмитрий Зуев

Assistants:
Эдуард Агеев
Яли Сунь
Виталий Ярошенко
Артем Ларин

Language:
English

Credit points:
6 з.е.

Monitoring type:
Экзамен

Educational Program:
Нанофотоника
1, 3 семестры
Гибридные материалы
1, 3 семестры
Квантовые материалы
1, 3 семестры
Компьютерное моделирование квантовых и нанофотонных систем
1, 3 семестры

Prerequisites:
Квантовая оптика
Экспериментальные методы нанофотоники I

Lectures (a.h)*	Practice (a.h)	Labs (a.h)
24	6	2
*1 academic hour = 45 minutes		

Данный курс направлен на формирование базовых знаний в области излучения и подсчета одиночных фотонов. Подробно будут описаны принципы подсчёта одиночных фотонов с корреляцией по времени, современные методы времяразрешенной микроскопии и корреляционной спектроскопии, а также их применение для различных областей физики и наук о жизни. Также будут рассмотрены вопросы экспериментальной квантовой нанофотоники, связанные с использованием различных материалов для генерации одиночных фотонов, управлением их излучением и созданием квантовых устройств на чипе.

This course represents basic information in the field of radiation and counting of single photons. The principles of single photons counting with time correlation, modern methods of timeresolved microscopy and correlation spectroscopy, as well as their application in physics and life sciences are described in details. The issues of experimental quantum nanophotonics associated with the use of various materials for generating single photons, controlling their radiation and creating quantum devices on a chip are also considered.

Course content

План курса

Структура курса

Часть 1. Подсчет одиночных фотонов

- Введение: историческая справка, конфокальная микроскопия, флуоресцентная микроскопия
- Коррелированный по времени счет одиночных фотонов (TCSPC): принципы работы
- Инструментарий для TCSPC: источники возбуждения, оптические системы, электроника
- Детекторы для подсчета фотонов
- Тест на основе 1 части

Часть 2. Излучение одиночных фотонов

- Введение: зачем нам нужны одиночные фотоны?
- Характеристики однофотонного источника (интерферометр ХБТ, спектральная яркость, функции корреляции интенсивности)
- Однофотонные источники (нанофотоника алмаза, квантовые точки и нанотрубки, 2D материалы, современные материалы)
- Контроль однофотонного излучения в нанофотонике. Квантовая нанофотоника на чипе.
- Тест на основе 2 части

Часть 3. Применение методов TCSPC

- Микроскопия визуализации времени жизни флуоресценции (FLIM)
- Флуоресцентная корреляционная спектроскопия (FCS)
- Флуоресцентный резонансный перенос энергии (FRET)
- Микроскопия на основе подавления спонтанного испускания (STED)
- Тест на основе 3 части

Лабораторные

- Измерение времени жизни люминесценции
- Регистрация однофотонного излучения
- Микроскопия визуализации времени жизни флуоресценции

Семинары

- Доклады студентов по исследованиям в области излучения одиночных фотонов и их регистрации

Plan of a course

Структура курса

Part 1. Single-photon counting

- Introduction: historical background, confocal microscopy, fluorescence microscopy
- Time-correlated single-photon counting (TCSPC): work principles.
- Toolkit for TCSPC: excitation sources, optical systems, electronics
- Detectors for Photon Counting
- Test on the basis of the Part 1

Part 2. Single-photon generation

- Introduction: why do we need single photons?
- Single Photon Source Characterization (HBT interferometer, Spectral Brightness, Intensity Correlation Functions)
- Single Photon Sources (Diamond nanophotonics, Quantum dots and nanotubes, 2D materials, Advanced materials)
- Single photon radiation control in nanophotonics. Quantum nanophotonics on a chip.
- Test on the basis of the Part 2

Part 3. Application of TCSPC Techniques

- Fluorescence Lifetime Imaging (FLIM)
- Fluorescence Correlation Spectroscopy (FCS)
- Fluorescence Resonance Energy Transfer (FRET)
- Stimulated Emission Depletion Microscopy (STED)
- Test on the basis of the Part 3

Labs

- Lifetime measurements L
- Single-photon radiation detection
- FLIM

Seminars

- Students talks on single photon emission and counting applications

Recommended resources

1. Prawer, Steven, and Igor Aharonovich, eds. Quantum information processing with diamond: Principles and applications. Elsevier, 2014.

2. Becker, Wolfgang, ed. Advanced time-correlated single photon counting applications. Vol. 111. Berlin, Germany: Springer, 2015.

3. Pico Quant wiki https://www.tcspc.com/doku.php

Grading Policy

- 5-балльная шкала оценивания.

- Итоговая оценка основана на итоговом экзамене.

- Каждая часть лекций содержит 15-минутный контрольный тест (всего 3 теста).

- Студенты с лучшими результатами имеют возможность получить: а) + 2 балла к итоговой оценке на экзамене в случае, если допущена только 1 ошибка во всех 3 тестах б) +1 балл к итоговой оценке на экзамене в случае, если допущена только 2 ошибки во всех 3 тестах.

- Студенты с лучшими результатами на семинаре будут иметь +1 балл к итоговой оценке на экзамене.

- Студенты с лучшими результатами на лабораторных работах будут иметь +1 балл к итоговой оценке на экзамене.

- Пересдача тестов, семинаров и лабораторных работ не возможна.

- 5 points grading scale (5 – excellent, 4 – good, 3 – satisfactory, 2 – failed).

- Final grade is based on the final exam mostly.

- Each part of lecture contains a 15-min control test (3 tests total).

- Top students with the best average grade on the tests will have: +2 grade-level on the exam in case of only 1 mistake in all the 3 tests +1 grade-level on the exam in case of 2 mistakes in all the 3 tests.

- Top students with the best grade on the seminar will have +1 grade-level on the exam.

- Top students with the best grade on the labs will have +1 grade-level on the exam.

- No options to retake tests, seminars and labs.