

Введение в экспериментальную нанофотонику

Introduction to experimental nanophotonics

1. Название:

Введение в экспериментальную нанофотонику

Course title:

Introduction to experimental nanophotonics

2. Лекторы: Антон Самусев, Иван Синева

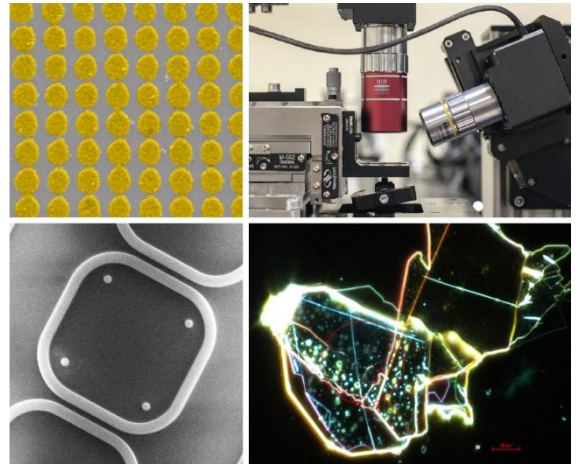
Ассистенты:

Федор Бенимецкий, Павел Трофимов

Lecturers: Anton Samusev, Ivan Sinev

Assistants: Fedor Benimetskiy, Pavel Trofimov

3. Краткая аннотация (500-700 символов, на простом и доступном языке):



Нанофотоника – быстро развивающаяся область науки, посвященная управлению оптическими свойствами наноматериалов и изучению оптических явлений, возникающих вблизи дифракционного предела. Курс позволяет сформировать картину современных инструментов и принципов, позволяющих заниматься изготовлением и изучением различных объектов на нанометровом масштабе.

Курс ориентирован на широкую аудиторию студентов, планирующих работать в смежных с нанофотоникой областях. Он не только является основополагающим для экспериментаторов, но и включает важные базовые знания для теоретиков. Начав с обсуждения технологий изготовления наноструктур и методик их начальной характеристики, мы перейдем к изучению методов оптической спектроскопии, интерферометрии и формирования оптических изображений, в том числе – со сверхразрешением. Помимо цикла лекций, в курс входят лабораторные работы, лабораторные проекты, а также семинары, посвященные обсуждению важнейших достижений современной науки, связанных с оптикой и фотоникой.

Annotation (500-700 characters, in plain and simple language):

Nanophotonics is a rapidly developing field, which aims at tailoring the optical properties of nanomaterials and understanding the optical phenomena arising near or beyond the diffraction limit of light. This course gives insights into contemporary tools and strategies for fabrication and experimental characterization of nanoscale optical devices and structures

Being targeted at broad audience intending to work in areas related to nanophotonics, the course is both essential for experimentalists and provides important basic knowledge for theoreticians. Starting from nanofabrication technologies and methods of basic structural characterization, we will proceed to conventional and super-resolution optical imaging, spectroscopy and interferometry. The lectures are accompanied by advanced lab practices, lab projects and seminars on the most important achievements of modern science related to optics and photonics.

5. Название программы и семестр: магистратура «Нанопотоника и метаматериалы»,
2ой семестр

6. asd

Study program and semester: master program “Nanophotonics and metamaterials”,
2nd semester

6. Детальное описание курса с разбиением по лекциям/семинарам/практикам:

	Тема	Тип занятий
Часть I. Методы нанофабрикации и структурной характеризации		
1	Слоевое осаждение. Сухое химическое травление, травление плазмой. Реактивное ионное травление.	Лекция
2	Травление фокусированным ионным пучком. ПЭМ. Электронно-лучевая литография.	Лекция
3	Оптическая литография	Лекция
4	Химические методы нанофабрикации	Лекция
5	Сканирующая зондовая микроскопия: СТМ и АСМ	Лекция
Часть II. Основы оптической микроскопии		
6	Основные оптические элементы: зеркала, делители пучка, отражатели, поляризаторы и волновые пластинки	Лекция
7	Создание простых оптических схем. Телескоп.	Лекция
8	Оптические системы, скорректированные на бесконечность. Объективы.	Лекция
9	Дифракционный предел. Конфокальная микроскопия. Методы преодоления дифракционного предела.	Лекция
10	Создание конфокального микроскопа	Семинар
11	Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля.	Лекция
12	Микроскопия в задней фокальной плоскости. Измерение поверхностных волн, рассеяние одиночных частиц и направления излучения.	Лекция
Часть III. Основы оптической спектроскопии		
13	Оптические детекторы и датчики.	Лекция
14	Дисперсионные элементы. Оптический спектрометр. Спектральное разрешение.	Лекция
15	Когерентный и некогерентный свет. Пространственная и временная когерентность.	Лекция
16	Источники света. Непрерывное и импульсное лазерное излучение.	Лекция
17	Интерферометры и их применения. Инфракрасная Фурье-спектроскопия.	Лекция
18	Атомная и молекулярная спектроскопия. Механизмы уширения спектральных линий. Диаграммы Яблонского	Лекция
19	Люминесцентная и рамановская микроскопия. Спектроскопия с усилением сигнала зондом и поверхностью.	Лекция
20	Оптическая спектроскопия плоских нано- и микроустройств.	Семинар
Лабораторные занятия, проекты и семинары		

21	Сканирующая электронная микроскопия	Лабораторная работа
22	Сканирующая зондовая микроскопия	Лабораторная работа
23	Конфокальная микроспектроскопия	Лабораторная работа
24	Фурье изображение и измерение дисперсии ПП	Лабораторный проект
25	Создание и калибровка спектрометра	Лабораторный проект
26	Нобелевские премии в оптике и фотонике	Семинар

Detailed content and structure with sectioning of lectures/seminars:

	Topic	Classes type
Part I. Methods of nanofabrication and structural characterization		
1	Layer deposition. Wet and plasma chemical etching. Reactive ion etching.	Lecture
2	Focused ion beam etching. SEM. E-beam lithography.	Lecture
3	Optical lithography	Lecture
4	Chemical methods for nanofabrication	Lecture
5	Scanning probe microscopy: STM and AFM	Lecture
Part II. Fundamentals of optical microscopy		
6	Basic optical elements: mirrors, beamsplitters, retroreflectors, polarizers and waveplates	Lecture
7	Building simple optical systems. Telescope.	Lecture
8	Infinity-corrected optical systems. Objective lenses.	Lecture
9	Resolution limit. Confocal microscopy. Methods of overcoming the diffraction limit.	Lecture
10	Building a confocal microscope.	Seminar
11	Near-field scanning optical microscopy.	Lecture
12	Back focal plane microscopy. Measuring surface waves, single-particle scattering and emission directivity.	Lecture
Part III. Fundamentals of optical spectroscopy		
13	Optical detectors and sensors.	Lecture
14	Dispersive elements. Optical spectrometer. Spectral resolution.	Lecture
15	Coherent and incoherent light. Spatial and temporal coherence.	Lecture
16	Light sources. CW and pulsed laser radiation.	Lecture
17	Interferometers and their applications. Fourier-transform infrared spectroscopy.	Lecture
18	Atomic and molecular spectroscopy. Line broadening mechanisms. Jablonski diagrams	Lecture

19	Luminescence and Raman spectroscopy. Tip-enhanced and surface enhanced spectroscopy.	Lecture
20	Optical spectroscopy of planar nano- and micro-devices.	Seminar
Lab practices, lab projects and seminars		
21	Scanning electron microscopy	Lab practice
22	Scanning probe microscopy	Lab practice
23	Confocal microspectroscopy	Lab practice
24	Fourier imaging and measuring dispersion of SPP	Lab project
25	Building and calibrating a spectrometer	Lab project
26	Nobel Prizes in optics and photonics	Seminar

7. Рекомендованная литература:

1. Hecht, E. Optics. Pearson Education, 2016.
2. Sivukhin D. V. Course of General Physics, Vol. 4: Optics. Moscow "Fizmatlit. 1980.
3. Novotny, L., & Hecht, B. Principles of nano-optics. Cambridge university press, 2012.
4. Zayats, A. V. & Richards D. Nano-optics and near-field optical microscopy. Artech house, 2009.
5. Maier, St. Plasmonics: fundamentals and applications. Springer Science & Business Media, 2007.
6. Mironov, V. L. (2004). Fundamentals of scanning probe microscopy. Moscow: Technosfera, 144.
7. Thorlabs tutorials: https://www.thorlabs.de/navigation.cfm?Guide_ID=2400

Textbooks:

1. Hecht, E. Optics. Pearson Education, 2016.
2. Sivukhin D. V. Course of General Physics, Vol. 4: Optics. Moscow "Fizmatlit. 1980.
3. Novotny, L., & Hecht, B. Principles of nano-optics. Cambridge university press, 2012.
4. Zayats, A. V. & Richards D. Nano-optics and near-field optical microscopy. Artech house, 2009.
5. Maier, St. Plasmonics: fundamentals and applications. Springer Science & Business Media, 2007.
6. Mironov, V. L. (2004). Fundamentals of scanning probe microscopy. Moscow: Technosfera, 144.
7. Thorlabs tutorials: https://www.thorlabs.de/navigation.cfm?Guide_ID=2400

8. Предварительно пройденные курсы, необходимые для изучения предмета:

квантовая механика, электродинамика, нанофотоника

Course prerequisites:

quantum mechanics, electrodynamics, nanophotonics

9. Тип самостоятельных заданий:

- На каждой лекции проводится тест по предыдущему занятию.
- В рамках семинарских занятий студенты сделают обзорные доклады, посвященные Нобелевским премиям по оптике и фотонике.

Assignments:

- Within each lecture students write a test on the topic of previous class.
- During seminar classes the students will make review talks on Nobel Prizes in optics and photonics.

10. Как оценивается успеваемость по курсу:

Контроль успеваемости:

- Тесты (письменные, с оценкой)
- Самостоятельное изучение (некоторые вопросы тестов и экзамена не будут обсуждаться на лекциях)
- Промежуточная аттестация (по итогам результатов тестов, с оценкой)
- Презентации, посвященные Нобелевским премиям по оптике (устно)
- Итоговый экзамен (устный)

Критерии качества презентации:

- Наличие введения и исторической справки
- Доступность описания открытия/технологии/эффекта
- Обсуждение реальных применений
- Структурированность презентации и ораторское искусство

Правила проведения итогового экзамена:

- Экзамен проводится в устной форме
- Каждый студент должен подготовить ответ на 3 вопроса из 3 разделов курса.
- На подготовку ответа отводится 1 час.
- Запрещается пользоваться какими-либо материалами и устройствами, помимо собственного рукописного конспекта.
- Результаты тестов принимаются во внимание в процессе сдачи экзамена.
- Плохая посещаемость приведет к большему числу дополнительных вопросов и в целом более тщательной проверке знаний в ходе экзамена.
- Несколько студентов, сделавших наилучшие доклады, получают “+1” балл к итоговой оценке. Список этих студентов не будет обнародован вплоть до экзамена.

Grading policy:

Academic performance control:

- Tests (written, with marks)
- Self-study (some of the questions in the tests and examination will not be covered in the lectures)
- Interim assessment (based on the tests, with mark)
- Presentations on Nobel Prizes in optics (oral)
- Final examination (oral)

Quality criteria for the presentation:

- Introduction and historical background
- Clarity in description of the discovery/technology/effect
- Coverage of the real-world applications
- Clear structure of the presentation and the art of rhetoric.

The final examination rules:

- The examination is oral.
- Each of the students has to answer 3 questions from 3 parts of the course.
- Students have 1 hour to prepare the answer.
- Students are not allowed to use any materials, sources or devices, except personal handwritten lecture notes.
- The results of the tests will be taken into account during the examination.
- Poor attendance results in additional questions and more rigorous assessment of knowledge during the exam.

- A few students who delivered best talks at the seminar will be awarded by "+1" to the final mark. The list of these students will not be announced until the examination.