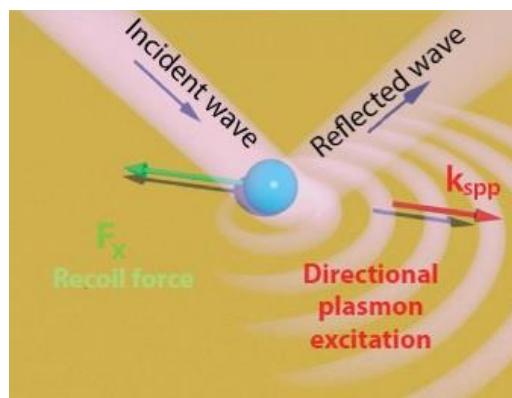


Наноплазмоника

Nanoplasmonics



1. Лекторы: Андрей Богданов, Михаил Петров, Ксения Барышникова

Ассистенты: Кирилл Кошелев

Lecturers: Andrey Bogdanov, Mihail Petrov, Kseniia Baryshnikova

Assistants: Kirill Koshelev

2. Краткая аннотация:

Плазмоника изучает физические явления, возникающие при взаимодействии света с металлическими или сильно легированными полупроводниковыми структурами. Собственные колебания свободных носителей заряда в таких структурах (плазмоны) могут взаимодействовать с внешним электромагнитным полем. Это приводит к появлению плазмон-поляритонов - волн, энергия которых складывается из энергии плазмонов и энергии фотонов. В отличие от обычных электромагнитных волн, плазмон-поляритоны обладают сильной пространственной локализацией на оптических частотах, что потенциально позволяет создавать оптоэлектронные устройства, сенсоры и лазеры субволнового размера.

В рамках курса будут рассмотрены фундаментальные основы взаимодействия света с плазменными колебаниями вещества, изложены методы описания плазмонных свойств одиночных металлических наночастиц и их массивов.

Abstract:

Plasmonics studies the physical phenomena that occur when light interacts with metal or highly doped semiconductor structures. Oscillations of free charge carriers in such structures (plasmons) can interact with an external electromagnetic field. This leads to the appearance of plasmon-polaritons — waves, whose energy is made up of the plasmon energy and the photon energy. Unlike conventional electromagnetic waves, plasmon-polaritons possess a strong spatial localization at optical frequencies, which potentially allows the creation of optoelectronic devices, sensors and subwavelength lasers.

In the framework of the course, the fundamental principles of the light interaction with material's plasma oscillations will be considered, and methods for describing the plasmon properties of single metal nanoparticles and their arrays will be discussed.

3. Название программы и семестр: магистратура «Нанопотоника и метаматериалы», 2й семестр.

Study program and semester: master program «Nanophotonics and metamaterials», 2nd semester.

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

№	Название	Тип урока
Часть I. Оптические свойства металлов		
1	Уравнения Максвелла	Лекция
2	Модель Друде	Лекция
3	Взаимодействие электромагнитных волн с металлами	Лекция
Часть II. Поверхностные плазмон-поляритоны		
4	Поверхностные плазмоны-поляритоны	Лекция
5	Методы возбуждения поверхностных плазмонов	Лекция
6	Плазмонные волноводы. Объемные плазмоны-поляритоны	Лекция
Часть III. Локализованный плазмонный резонанс		
7	Резонансы в малых металлических наночастицах: квазистатическое приближение	Лекция
8	Фабрикация и оптическая характеристика плазмонных структур	Лекция
9	Резонансы в малых металлических наночастицах: структуры сложной геометрии	Лекция
10	Рассеяние света на металлических наночастицах: вне рамок квазистатического приближения	Лекция
Часть IV. Приложения плазмоники		
11	Ансамбли наночастиц для локализации и управления светом	Лекция
12	Приложения плазмоники для усиления эмиссии света квантовыми источниками	Лекция
13	Плазмоника для детектирования, нелинейной оптики и оптомеханических приложений	Лекция

Detailed content and structure with sectioning of lectures/seminars:

№	Topic	Classes type
Part I. Optical properties of metals		
1	Maxwell's equations	Lecture
2	Drude Model	Lecture
3	Interaction of electromagnetic waves with metals	Lecture
Part II. Surface plasmon-polaritons		
4	Surface plasmon-polaritons	Lecture
5	Excitation of surface plasmon-polaritons	Lecture
6	Plasmonic waveguides. Bulk plasmon-polaritons	Lecture
Part III. Localized surface plasmon resonance		
7	Resonances in small metal nanoparticles: quasistatic approximation	Lecture
8	Fabrication and optical characterization of plasmonic structures	Lecture
9	Resonances in small metal nanoparticles: complex shapes and structures	Lecture
10	Light scattering on metal nanoparticles: beyond quasistatic approximation	Lecture
Part IV. Plasmonics applications		
11	Nanoparticle ensembles for light localization and guiding	Lecture
12	Plasmonics applications for light emission enhancement	Lecture
13	Plasmonics for sensing, nonlinear optics, and optomechanics applications	Lecture

5. Рекомендованная литература:

1. Стрэттон Д. А. и др. Теория электромагнетизма //Москва. – 1948.
2. Климов В. В. Наноплазмоника. – Физматлит, 2010.
3. Майер, С.А. Плазмоника: теория и приложения //М.-Ижевск: НИЦ, «Регулярная и хаотическая динамика. – 2011.
4. Борен К. Ф., Хафмен Д. Р., Татарский В. И. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. – Мир, 1986.
5. Берт Хехт, Лукас Новотный. Основы Нанооптики. М.: Физматлит, 2009.
6. Geddes C. D. (ed.). Reviews in Plasmonics 2010. – New York : Springer, 2012.

Textbooks:

1. Stratton J. A. Electromagnetic theory. – John Wiley & Sons, 2007.
2. Klimov V. Nanoplasmonics. – Pan Stanford, 2014.
3. Maier S. A. Plasmonics: fundamentals and applications. – Springer Science & Business Media, 2007.
4. Bohren C. F., Huffman D. R. Absorption and scattering of light by small particles. – John Wiley & Sons, 2008.
5. L. Novotny and B. Hecht, Principles of Nano-Optics. Cambridge University Press, 2012.
6. Geddes C. D. (ed.). Reviews in Plasmonics 2010. – New York : Springer, 2012.

6. Предварительно пройденные курсы, необходимые для изучения предмета:

Электродинамика, Фотоника, Математические методы в физике

Course prerequisites:

Electrodynamics, Photonics, Mathematical Methods in Physics

7. Задания:

- В курсе запланирован цикл домашних заданий для иллюстрации и лучшего понимания основного материала курса (около 40 задач различной сложности).
- В рамках некоторых занятий студенты самостоятельно решают задачи в аудитории.

Примеры задач:

- 1) Представим, что мы упорядочили все атомы, содержащиеся в 1 cm^3 золота, в линейную цепочку. Во сколько раз N она длиннее, чем расстояние от Земли до Солнца?
- 2) Нарисуйте графики зависимости глубины проникновения нормально падающей плоской волны в пленку золота/серебра/алюминия от длины волны возбуждающего излучения.
- 3) Найдите условия, при которых поляризуемость частицы вида «ядро-оболочка» равна нулю. Это соответствует случаю невидимости такой частицы.

Assignments:

- There is a set of home tasks aiming to help students in mastering the course (about 40 problems of different level).
- During classes the students are supposed to solve problems in class.

Tasks examples:

- 1) Let's imagine that we arrange all atoms contained in 1 cm^3 of gold and arrange them in a linear chain. Find the length of this chain L . How many times N is it more than the distance between the Earth and the Sun?
- 2) Plot the dependence of the penetration depth of normally incident planewave into thick gold/silver/aluminium foils on the wavelength.
- 3) Find the condition when polarizability of a core-shell particle equals to zero. It provides “invisibility” of core-shell nanostructures.

8. Оценка успеваемости по курсу / Grading policy

Assessment:

Type	%
Final exam	40
Homeworks	40
Tests	20

100 on 5 points projection:

100	5
<60	failed
60-74	3
75-89	4
90-100	5

9. Дополнительные комментарии

В соответствии с лекциями данного курса запущен онлайн-курс «Plasmonics: From Fundamentals to Modern Applications» на базе edX (<https://www.edx.org/course/plasmonics-from-fundamentals-to-modern-applications>). Этот курс доступен для студентов лекционного курса и может рассматриваться как база для подготовки к домашним заданиям.

Additional notes:

In accordance with these lectures online course «Plasmonics: From Fundamentals to Modern Applications» based on edX platform is working (<https://www.edx.org/course/plasmonics-from-fundamentals-to-modern-applications>). All students have access to it. This course can be considered as a base for self-education and preparing of the homework.