

Взаимодействие излучения с наноструктурированными материалами

Лектор: к.ф.-м.н., доцент, Коновко Андрей Андреевич, кафедра общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ

Вопросы к экзамену

1. Оптические свойства металлов. Модель Друде-Зоммерфельда. Межзонные переходы. Объемный плазмон, дисперсионное уравнение.
2. Поверхностный плазмон-поляритон (ППП). Дисперсионное уравнение ППП. Возбуждение ППП. Датчики на основе поверхностных плазмонов.
3. Металлические наночастицы. Локальный плазмонный резонанс (ЛПР). Дисперсионные уравнения ЛПР для сферы и цилиндра в дипольном приближении.
4. Передача энергии ближними полями. Перенос энергии вдоль плазмонных линий передач.
5. Теория рассеяния Ми и мультипольные плазмонные резонансы металлических сферических частиц.
6. Теория рассеяния Ми и резонансы Фано. Особенности применения теории рассеяния Ми к описанию электромагнитных полей в окрестности микро- и наночастиц.
7. Теория рассеяния Ми и фотонные наноджеты. Топологические изоляторы.
8. Нелокальный оптический отклик металлических наночастиц. Гидродинамическая модель.
9. Модель эффективной среды. Процедура гомогенизации. Локальное поле. Формула Клаузиуса-Моссоти. Формула Максвелла-Гарнета. Формула Бруггемана.
10. Резонансные элементы оптических метаматериалов: стержни и разомкнутые кольцевые резонаторы. Эффективная диэлектрическая проницаемость и эффективная магнитная восприимчивость.
11. Метаповерхности. Обобщенный закон Снеллиуса. Управление фазой с помощью резонансов в метаатомах.
12. Фотонные кристаллы (ФК). Дисперсионное уравнение для одномерного ФК. Фотонные запрещенные зоны. Фазовая и групповая скорость в ФК.
13. Оптические свойства гиперболических метаматериалов.
14. Среда с отрицательным показателем преломления. Оптические свойства, способы создания, приложения.
15. Линза Веселаго. Линза Пендри. Влияние потерь на изображение, формируемое линзой Пендри.
16. Поверхностные электромагнитные волны: волны Фано (ППП), волны Ценнека, волны Дьяконова, волны Тамма.
17. Метод связанных волн и расчет эффективных нелинейных восприимчивостей.
18. Нелинейно-оптические явления в металлических наноструктурах. Генерация второй гармоники на металлических наночастицах.
19. Моделирование оптических свойств наноструктур «из первых принципов»: основные идеи теории функционала плотности.
20. Металлические нанокластеры. Зависимость энергии излучения от числа атомов в кластере. Квантовые резонансы металлических наноструктур.
21. Квантовые ямы. Энергетический спектр. Плотность состояний
22. Квантовые точки. Энергетический спектр. Плотность состояний.
23. Экситоны в полупроводниковых квантовых структурах.
24. Процедура квантования плазмонных поляритонов.
25. Понятие локальной плотности фотонных состояний. Парселл-фактор. Способы управления плотностью фотонных состояний.
26. Классическая модель спазера. Решение для покрытой плазмонной оболочкой ядро из усиливающей среды.
27. Полуклассическая теория спазера. Спазер в поле внешней световой волны. Компенсация потерь.

Основная литература

1. L. Solymar, E. Shamonina, "Waves in Metamaterials", Oxford University Press, Oxford, UK, 2009
2. Е.С. Андрианов, А.П. Виноградов, А.В. Дорофеев, А.А. Зябловский, А.А. Лисянский, А.А. Пухов, "Квантовая наноплазмоника", Издательский дом «Интеллект», Долгопрудный, 2015.

3. John A. Polo Jr., Tom G. Mackay, Akhlesh Lakhtakia, "Electromagnetic Surface Waves A Modern Perspective", Elsevier Inc., London, 2013.
4. Илья В. Shadrivov, Mikhail Lapine, Yuri S. Kivshar Editors, "Nonlinear, Tunable and Active Metamaterials", Springer International Publishing Switzerland, 2015.
5. Wenshan Cai, Vladimir Shalaev, "Optical Metamaterials Fundamentals and Applications", Springer Science+Business Media, LLC, 2010.
6. В.В. Климов, «Наноплазмоника», Издательство ФИЗМАТЛИТ, Москва, Россия, 2010.
7. О.А. Акципетров, И.М. Баранова, К.Н. Евтюхов «Нелинейная оптика кремния и кремниевых наноструктур», ФИЗМАТЛИТ, Москва, Россия, 2012.
8. Л. Новотный, Б. Хехт, «Основы нанооптики», Издательство ФИЗМАТЛИТ, Москва, Россия, 2009.
9. Ю.Н. Кульчин, «Современная оптика и фотоника нано- и микросистем», Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2016.

Дополнительная литература

10. М. Б. Виноградова, О. В. Руденко, А. П. Сухоруков. *Теория волн. Изд. 2-е, доп.* Наука Москва, 1990.
11. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н., «Современная электродинамика», Издательство: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Ижевск, Россия, 2005.
12. Мандель Л., Вольф Э. «Оптическая когерентность и квантовая оптика» Издательство ФИЗМАТЛИТ, Москва, Россия, 2000.
13. Борн М., Вольф Э. «Основы оптики» Издательство ФИЗМАТЛИТ, Москва. Россия, 2003.
14. Лундквист С., Марч Н. (ред.). Теория неоднородного электронного газа, Москва, Изд-во Мир, 1987, 400 с.
15. М.А. Ремнев, В.В. Климов, *Метаповерхности: новый взгляд на уравнения Максвелла и новые методы управления светом, Успехи физических наук, т. 188, №2, с. 169-205 (2018).*
16. Søren Raza, Sergey I. Bozhevolnyi, Martijn Wubs and N. Asger Mortensen, Nonlocal optical response in metallic nanostructures, *Journal of Physics: Condensed Matter*, v. 27, 183204 (17pp), (2015).
17. Andreev A. V., Kozlov A. B. Self-consistent linear-optical response of thin metal films // *Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics*. — 2003. — Vol. 68. — P. 195405–1.
18. A. Chipouline, S. Sugavanam, V. A. Fedotov and A. E. Nikolaenko, Analytical model for active metamaterials with quantum ingredients, *Journal of optics*, v. 14, 114005 (8pp), (2012).