

IV курс, VIII семестр, общий курс.

Спецкурс «Введение в физику наноструктур»

32 часа, 2 часа в неделю

Лектор - проф., д.ф.м.н. С.Г. Тиходеев (физический факультет МГУ и ИОФ им. А.М. Прохорова РАН).

Аннотация курса

В современной физике конденсированного состояния исследование наноструктур является одним из самых интересных и приоритетных направлений. Это объясняется не только фундаментальностью их физических свойств, но и практической важностью этих свойств для создания новых устройств электроники, новых методов хранения, обработки и передачи информации и изображений, новых технологий обработки и создания новых материалов с необычными свойствами. Настоящий курс является вводным. Будут объяснены основные понятия, используемые в этой области. Проиллюстрированы экспериментальные методы изготовления и исследования наноструктур. Приведены примеры теоретических расчетов, включая численные.

Программа курса

Лекция 1. Микро- и наноструктуризация как основной ресурс развития человечества в XX-XXI столетиях. Закон Мура. Создание первых квантовых наноструктур. Леммы Крёмера.

Лекция 2. Полупроводниковые гетеропереходы. A_3B_5 , A_2B_6 и Ge/Si системы. Напряженные и ненапряженные гетеропереходы. Гетеропереходы I и II рода. Сверхрешетки и квантовые ямы. Квантовые нити и точки.

Лекция 3. Методы изготовления наноструктур. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Жидкостная и газовая эпитаксия. Литографические методы. Использование явлений самоорганизации и взаимодействия с излучением.

Лекция 4,5. Теоретические методы описания электронных свойств наноструктур. Метод огибающих. Однозонное, двухзонное и многозонное приближения. Полупроводниковые сверхрешетки. Электронные минизоны. Блоховские осцилляции в сверхрешетках. Полупроводниковые квантовые ямы, нити и точки.

Лекция 6. Метод матриц переноса и рассеяния для описания квантовых наноструктур. Свойства матрицы рассеяния. Основные квантовые явления, определяющие физические свойства полупроводниковых наноструктур: размерное квантование и туннелирование.

Лекция 7. Оптические свойства полупроводниковых наноструктур. Электронная плотность состояний. Экситоны в наноструктурах. Дипольные экситоны и непрямые экситоны в двойных квантовых ямах. Бозе-конденсация экситонов. Биэкситоны в наноструктурах.

Лекция 8. Приборы наноэлектроники: резонансный туннельный диод, транзистор с высокой подвижностью электронов, светодиоды и лазеры на квантовых наноструктурах, системы с горизонтальным и вертикальным резонатором, квантовый каскадный лазер, приемник ИК на межподзонных переходах гетероструктуры.

Лекция 9. Способы экспериментального исследования наноструктур: транспортные свойства, оптика (фотолюминесценция и возбуждение фотолюминесценции), магнитооптика, электронная и СТМ микроскопия

Лекция 10. Электронные возбуждения в полупроводниковых наноструктурах. Фононы и локализованные носители в наноструктурах.

Лекция 11. Упругое и неупругое туннелирование электронов. Туннельная спектроскопия. Сканирующий туннельный микроскоп и манипулирование одиночными адсорбированными атомами и молекулами

Лекция 12. Экситонный эффект Штарка в квантовых ямах. Оптический эффект Штарка и быстрые оптические нелинейности в наноструктурах.

Лекция 13. Ближнеполевые эффекты в модулированных системах полупроводник-диэлектрик. Поляризация электромагнитного излучения квантовых нитей и несимметричных квантовых точек. Эффект диэлектрического усиления экситонов.

Лекция 14. Полупроводниковые микрорезонаторы с квантовыми ямами. Экситон-поляритонные эффекты. Планарные микрорезонаторы. Фотонные нити и точки. Эффект Парселла и наноантенны для оптического диапазона

Лекция 15. Оптика наноструктурированных фотонных структур. Фотонные кристаллы. Поляритонные кристаллы.

Лекция 16. Оптические свойства металлов. Поверхностные плазмоны. Локализованные плазмоны. Металл-диэлектрические фотонные структуры, наноплазмоника и метаматериалы.

Список рекомендованной литературы

Основная литература

1. П.Ю, М. Кардона. Основы физики полупроводников. М., Физматлит, 2002
2. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию, 2-е изд., Бином, 2008.

Дополнительная литература

1. В.И. Корольков «От транзистора и гетеролазера к точечным квантовым приборам»
<http://wmw-magazine.ru/uploads/volumes/01/korol.pdf>
<http://wmw-magazine.ru/uploads/volumes/02/14-19a.pdf>
2. Г. Г. Зегря «Полупроводниковые лазеры среднего инфракрасного диапазона: достижения и проблемы» Соросовский образовательный журнал, т.7, сс. 70-74 (2001).
3. Г. Кремер «Квазиэлектрическое поле и разрывы зон. Обучение электронов новым фокусам», Нобелевская лекция, 2000 г. <http://ufn.ru/ru/articles/2002/9/f/>
4. Дж. С. Килби «Возможное становится реальным: изобретение интегральных схем», , Нобелевская лекция, 2000 г. <http://ufn.ru/ru/articles/2002/9/g/>
5. Ж.И. Алферов «Двойные гетероструктуры: концепция и применения в физике, электронике и технологии», Нобелевская лекция, 2000 г. <http://ufn.ru/ru/articles/2002/9/e/>
- 6.