

Полупроводниковые лазеры

Лекторы:



Язык:

Русский

Трудоемкость:

3 з.е.

Форма контроля:

Экзамен

Образовательная программа:

Фотоника и спинтроника

3 семестр

Пререквизиты:

Оптика твёрдого тела

Классическая электродинамика

Физика полупроводниковых наноструктур

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
30	24	
*1 академический час = 45 минутам		

В рамках данного курса рассматриваются вопросы создания твердотельных лазеров на основе полупроводниковых материалов, рассмотрены физические явления, на которых основаны полупроводниковые лазеры. Обсуждаются их приборные характеристики и особенности, связанные с использованием квантоворазмерной активной области. Целью данного курса является формирование знаний о принципах устройства, характеристиках и режимах работы полупроводниковых лазеров, взаимосвязи их структуры и конструкции с приборными параметрами.

Содержание курса

3 семестр

Полупроводниковые лазеры

Структура курса

Разделы	Лекции (ак.ч.)	Практика (ак.ч.)
1. Основные характеристики лазеров		
1.1. Излучательная рекомбинация, эффективность излучательной рекомбинации. Связь темпа рекомбинации с током накачки.	2	
1.2. Оптическое усиление и его связь с концентрацией носителей, пороговые потери	2	
1.3. Порог генерации, пороговая плотность тока, влияние квантовой размерности активной области	2	
1.4. Расчет предельной эффективности излучательной рекомбинации		2
1.5. Расчет пороговой концентрации носителей заряда		2
2. Конструкции полупроводниковых лазеров		
2.1. Полосковые лазеры на основе гетероструктуры с отдельным ограничением. Вольтамперная характеристика лазерного диода, последовательное сопротивление	2	
2.2. Скоростные уравнения и их решение в стационарном режиме, внешняя дифференциальная эффективность и внутренние потери,	2	
2.3. Понятие о вертикальноизлучающем и микродисковом лазерах	2	
2.4. Расчет вольтамперной характеристики лазера		2
2.5. Расчет внешней дифференциальной эффективности		2
3. Модовая структура лазеров		
3.1. Оптические моды резонатора лазера полосковой и вертикальной конструкции, фактор оптического ограничения, поглощение на свободных носителях	2	
3.2. Пространственноодномодовый волновод, угловая расходимость излучения лазера, частотный спектр лазерного излучения. Одночастотный лазер, перестраиваемый лазер	2	
3.3. Расчет фактора оптического ограничения		2
3.4. Расчет внутренних потерь		2
4. Коэффициент полезного действия лазера		
4.1. Импульсная ваттамперная характеристика, взаимосвязь порогового тока и внешней эффективности с размерами, коэффициент полезного действия	2	
4.2. Оптимальная накачка и максимальный КПД лазерного диода, предельный КПД лазерной гетероструктуры, оптимизация электрических характеристик	2	
4.3. Расчет ВТАХ полоскового лазера		2
4.4. Расчет предельного КПД лазера		2
5. Мощные лазеры		
Ограниченная скоростью захвата мощность лазера, вызванное током переключение длины волны генерации,	2	
Катастрофическое разрушение зеркала и методы предотвращения, тепловое сопротивление, саморазогрев лазера	2	
Температурная зависимость характеристик лазера, тепловой загиб ВТАХ	2	
Расчет характеристической температуры		2
Расчет максимальной мощности, ограниченной саморазогревом		2
6. Быстродействующие лазеры		

Задержка включения лазера, релаксационные колебания, малосигнальная прямая модуляция, предельная скорость модуляции	2	
нелинейное насыщение усиления и его влияние на скоростные характеристики, критерии безошибочной оптической передачи данных, лазеры с синхронизацией мод	2	
Расчет времени задержки включения лазера		2
Расчет предельной скорости модуляции		2

Рекомендуемые ресурсы

1. А.Е.Жуков, М.В.Максимов, Современные инжекционные лазеры, СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, С-Петербург, 2009. - 276 с.
2. А.Е.Жуков, Основы физики и технологии полупроводниковых лазеров, СПб: Изд-во Академ. унта, 2016. - 364 с.
3. База данных физических свойств полупроводниковых материалов [Электронный ресурс] <http://www.matprop.ru>
4. База данных физических свойств полупроводниковых материалов [Электронный ресурс] <http://www.semiconductors.co.uk>
5. Энциклопедия лазерной физики и технологии [Электронный ресурс] <https://www.rp-photonics.com//>
6. База данных оптических свойств материалов [Электронный ресурс] <https://refractiveindex.info>

Политика оценивания

Оценочные средства дисциплины: домашнее задание, курсовая работа, экзамен.

Домашнее задание: задача для самостоятельного разбора с последующим представлением решения, задаются по мере освоения материала курса. Максимальное количество баллов - 25

Курсовая работа: тема курсовой работы выбирается по одному из актуальных вопросов физики и технологии полупроводниковых лазеров и лазерных материалов не освещенному, или недостаточно освещенному в основном учебном материале курса. При подготовке автор должен ознакомиться с современной научной литературой, в том числе научной периодикой по тематике работы. Курсовая работа готовится в письменном виде, защита проводится в виде презентации. Возможные темы курсовых работ: - быстродействующие вертикальноизлучающие лазеры; - квантово-каскадные лазеры среднего ИК-диапазона; - квантово-каскадные лазеры ТГц диапазона частот; - лазерные гетероструктуры, синтезированные на кремниевых подложках; - микродисковые лазеры; - лазеры на квантовых точках; - мощные лазерные линейки и массивы. Максимальное количество баллов - 25

Допуск к зачету: по итогам выполнения домашних заданий, выполненных во второй половине семестра и защиты курсовой работы.

Дифференцированный зачет: билет состоит из двух вопросов, по которым проводится собеседование. Банк вопросов включает все темы, входящие в план курса. В ходе собеседования требуется максимально полно осветить предложенную тему, привести уместные формулы и графики, характеризующие те или иные зависимости и закономерности, выполнить численные оценки, если это необходимо. Шкала оценивания от 0 до 50 баллов, где 50 баллов означает полное раскрытие темы по обоим вопросам, 0 баллов – отсутствие ответов по обоим вопросам.

Максимальное количество баллов за курс - 100.

«Отлично» – от 90 до 100 баллов - обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

«Хорошо» – от 74 до 90 баллов - обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

«Удовлетворительно» – от 60 до 74 баллов - обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

«Неудовлетворительно» – от 0 до 60 баллов - обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи.

Тип самостоятельных заданий

Примеры заданий:

- оценить квантовую длину для GaAs при комнатной температуре;
- оценить ширину спектра излучения в спонтанном режиме для полупроводника с заданной шириной запрещенной зоны;
- определить максимальную эффективность излучательной рекомбинации;
- найти оптимальную длину лазера с активной областью в виде полупроводникового слоя, при которой достигается наименьший пороговый ток
- найти характеристическое уравнение для TM-мод плоского трехслойного симметричного диэлектрического волновода