

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Страхов С. Ю.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ

| | |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Направление/специальность подготовки | 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Лазерная техника и лазерные технологии |
| Уровень высшего образования | Бакалавриат |
| Форма обучения | Очная |
| Факультет | И Информационных и управляющих систем |
| Выпускающая кафедра | И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА |
| Кафедра-разработчик рабочей программы | И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) | | | | | | | | | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ |
|------|---------|-----------------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ | | | | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА | | | | |
| | | | | ВСЕГО | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ | |
| 4 | 7 | 3 | 108 | 51 | 34 | 17 | 0 | 57 | 0 | 0 | 57 | диф. зач. |

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

Сергеев Андрей Александрович, старший преподаватель

Кафедра И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

Файда Янина Витальевна, ассистент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

| |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПСК-1.1 — способность к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем |
| ПСК-1.3 — способность к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях |

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.1

знания:

физических основ действия полупроводниковых лазеров;

устройства и основных характеристик полупроводниковых излучателей;

умения:

анализировать задачи по проектированию типовых приборов, узлов и деталей полупроводниковой лазерной техники;

навыки:

расчета и регулировки мощности излучения полупроводникового лазера.

ПСК-1.3

знания:

способов достижения высоких спектральных характеристик полупроводниковых лазеров;

методов стабилизации мощности и длины волны излучения полупроводниковых лазеров;

методик расчета характеристик излучения полупроводниковых лазеров;

умения:

рассчитывать и проводить измерения мощности излучения полупроводниковых лазеров;

проводить измерения длины волны излучения;

навыки:

работы с измерительным оборудованием для оценки спектра и шумов полупроводниковых лазеров.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ОСНОВЫ ЛАЗЕРНОЙ ТЕХНИКИ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники
- ОПК-3 — Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств лазерных исследований и измерений
- ПСК-1.1 — Способен к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем
- ПСК-1.3 — Способен к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях
- ПСК-1.5 — Способен проводить численные оценки параметров лазерного излучения и процессов взаимодействия лазерного излучения со средами

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % | |
|---------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------|--------|------------------------|----------------------------------|----------------------------|---------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Лабораторный практикум | | ПСК-1.1 | ПСК-1.3 |
| 4 | 7 | Раздел 1. Основы оптики полупроводников и элементы квантовой статистики. 1.1. Зонная модель твердого тела, зоны Бриллюэна. Уравнение Шредингера, волновая функция электронов в кристалле. 1.2. Электронно-дырочные пары, процессы излучения и поглощения света в твердом теле. 1.3. Распределение Ферми-Дирака. Плотность состояний электронов и дырок. 1.4. Уровни Ферми. Квазиуровни Ферми. Условие усиления света в полупроводниках. | 18 | 8 | 8 | 0 | 10 | 25 | 0 |
| 4 | 7 | Раздел 2. Усиление света в р-п переходе и в гетероструктурах. 2.1. Структура р-п перехода. Границы энергетических зон в электрическом поле. 2.2. Излучательная, безызлучательная и Оже- рекомбинация электронно-дырочных пар. 2.3. Полупроводниковые гетероструктуры. Усиление света в гетероструктурах. Ширина запрещенной зоны и условие изопериодичности. 2.4. Волноводные свойства р-п перехода. | 20 | 10 | 10 | 0 | 10 | 25 | 0 |
| 4 | 7 | Раздел 3. Оптические резонаторы и волноводные решетки Брэгга. 3.1. Волноводный интерферометр Фабри-Перо. 3.2. Постоянная распространения излучения в волноводе с оптическим усилением. Модовый коэффициент ограничения. 3.3. Квантоворазмерные структуры, их свойства и особенности. 3.4. Волноводные решетки Брэгга. РОС, РБО и РБЗ-лазеры. | 18 | 8 | 8 | 0 | 10 | 25 | 25 |
| 4 | 7 | Раздел 4. Характеристики излучения полупроводниковых лазеров. 4.1. Ватт-амперные характеристики полупроводниковых лазеров. 4.2. Временные и спектральные характеристики ПЛ. 4.3. Способы создания одночастотного режима генерации ПЛ. 4.4. Угловые и поляризационные характеристики ПЛ. | 52 | 25 | 8 | 17 | 27 | 25 | 75 |
| Всего за 7 семестр | | | 108 | 51 | 34 | 17 | 57 | 100 | 100 |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 51 | 34 | 17 | 57 | 100 | 100 |

3.2. Лабораторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Тема лабораторного практикума | Объем, ауд. часов |
|--------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | Раздел 4. Характеристики излучения полупроводниковых лазеров. | Исследование температурной перестройки длины лазерного диода | 4 |
| 2 | | Исследование токовой перестройки длины лазерного диода | 4 |
| 3 | | Измерение Ватт-Амперной характеристики полупроводникового диода | 9 |
| Всего за 7 семестр | | | 17 |

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Содержание учебного задания | Объем, часов |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1 | Раздел 1. Основы оптики полупроводников и элементы квантовой статистики. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе | 10 |
| 2 | Раздел 2. Усиление света в р-п переходе и в гетероструктурах. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе | 10 |
| 3 | Раздел 3. Оптические резонаторы и волноводные решетки Брэгга. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе | 10 |
| 4 | Раздел 4. Характеристики излучения полупроводниковых лазеров. | Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерение Ватт-Амперной характеристики полупроводникового диода» | 5 |
| 5 | | Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Исследование температурной перестройки длины лазерного диода» | 6 |

| | | |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6 | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе | 10 |
| 7 | Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Исследование токовой перестройки длины лазерного диода» | 6 |
| Всего за 7 семестр | | 57 |

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| СЕМЕСТР | НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------------|---|---|---|---|----|---|------------|----|----|------------|----|----|------------|----|----|-----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 7 | | | | | | ДР | | Отч. по ЛР | ЛР | ДР | Отч. по ЛР | ЛР | | Отч. по ЛР | ЛР | ДР | Колл, диф. зач. |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- ЛР – лабораторная работа;
- Колл – коллоквиум;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;
- лабораторная работа;
- коллоквиум.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Е. Жуков. . Лазеры на основе полупроводниковых наноструктур. СПб.: Элмор, 2007, эл. рес.
2. В. П. Грибковский. . Полупроводниковые лазеры. Минск: Университетское, 1988, эл. рес.
3. Г. Л. Киселёв. . Квантовая и оптическая электроника. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
4. И. С. Тарасов. . Полупроводниковые лазеры. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://www.urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Лабораторные занятия:

1. Установка для исследования полупроводниковых лазеров.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии*. Дисциплина реализуется на факультете *И Информационных и управляющих систем* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1.1 способность к анализу задачи по проектированию типовых систем, приборов, узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем;

ПСК-1.3 способность к расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами работы и характеристиками полупроводниковых лазеров.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;
- лабораторная работа;
- коллоквиум.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

| Наименование работы | Рекомендуемая литература | Трудоемкость, час. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Раздел 1. Основы оптики полупроводников и элементы квантовой статистики. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе | И. С. Тарасов. . Полупроводниковые лазеры: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (лекции 1, 3, 8) Г. Л. Киселёв. . Квантовая и оптическая электроника: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1, 8) А. Е. Жуков. . Лазеры на основе полупроводниковых наноструктур: СПб.: Элмор, 2007 (часть 1) | 10 |
| Итого по разделу 1 | | 10 |
| Раздел 2. Усиление света в р-п переходе и в гетероструктурах. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе | В. П. Грибковский. . Полупроводниковые лазеры: Минск: Университетское, 1988 (лекции 2, 3, 7) А. Е. Жуков. . Лазеры на основе полупроводниковых наноструктур: СПб.: Элмор, 2007 (части 3 и 4) | 10 |
| Итого по разделу 2 | | 10 |
| Раздел 3. Оптические резонаторы и волноводные решетки Брэгга. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе | А. Е. Жуков. . Лазеры на основе полупроводниковых наноструктур: СПб.: Элмор, 2007 (части 3, 5) И. С. Тарасов. . Полупроводниковые лазеры: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (6, 8, 13) Г. Л. Киселёв. . Квантовая и оптическая электроника: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (3) | 10 |
| Итого по разделу 3 | | 10 |
| Раздел 4. Характеристики излучения полупроводниковых лазеров. | | |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Измерение Ватт-Амперной характеристики полупроводникового диода» | И. С. Тарасов. . Полупроводниковые лазеры: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (лекции 10,13) А. Е. Жуков. . Лазеры на основе полупроводниковых наноструктур: СПб.: Элмор, 2007 (часть 8) | 5 |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Исследование температурной перестройки длины лазерного диода» | | 6 |
| Изучение предусмотренных программой | | 10 |

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----|
| дидактических единиц по материалам лекционных занятий и рекомендуемой литературе | | |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы «Исследование токовой перестройки длины лазерного диода» | | 6 |
| Итого по разделу 4 | | 27 |

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- коллоквиум;
- лабораторная работа;
- отчет по ЛР;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Коллоквиум

Коллоквиум проводится по разделам дисциплины в устной форме и включает в себя ответ на 2 теоретических вопроса.

Тематики коллоквиума представлены в УМК дисциплины.

Лабораторная работа

Защита ЛР предусматривает обсуждение результатов выполнения задания, включая проверку усвоения студентом соответствующих сведений из теории.

Отчет по ЛР

Отчеты по лабораторным работам представляются в печатной или рукописной форме. Допускается выполнение расчетов «вручную» или использование систем автоматизации математических расчетов. Каждое задание на лабораторную работу содержит набор параметров в соответствии с индивидуальным вариантом.

Критерии оценивания:

Лабораторная работа считается выполненной успешно (принимается) при следующих условиях:

- правильное выполнение всех пунктов (задач), предусмотренных заданием;
- правильное построение и оформление в соответствии с требованиями государственных стандартов ЕСКД графиков, для всех получаемых в ходе выполнения задания характеристик, и отчёта в целом;
- предоставление отчёта в срок, указанный преподавателем.

Дифференцированный зачет

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме дифференцированного зачета. К зачету допускаются студенты которые успешно выполнили все лабораторные работы и сдали отчеты. Зачет проводится в устной форме и включает в себя ответ на 2 теоретических вопроса.

Оценка «зачтено-отлично» ставится, если ответ на оба вопроса является полным и правильным. Материал изложен в определенной логической последовательности. При ответе на дополнительные вопросы студент показал знание основного содержания курса.

Оценка «зачтено - хорошо» ставится, если ответ на оба вопроса является полным и правильным, при этом допущены незначительные ошибки, исправленные после наводящих вопросов преподавателя. При ответе на дополнительные вопросы студент демонстрирует понимание основного содержания учебного материала. Студент свободно ориентируется в материале, изложенном в конспекте.

Оценка «зачтено - удовлетворительно» выставляется, если студент обнаруживает знание и понимание материала курса, но излагает материал неполно и допускает существенные ошибки в формулировке основных понятий и законов. Ответ на дополнительные вопросы вызывает у учащегося затруднения или содержит ошибки, которые он может исправить после наводящих вопросов.

Оценка «не зачтено» выставляется, если при ответе обнаружено непонимание основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые учащийся не может исправить при наводящих вопросах преподавателя.

При выставлении оценки учитывается качество выполнения лабораторных работ, уровень и своевременность защиты лабораторных работ, а также посещаемость лекционных занятий и личное участие в обсуждении материала.

Паспорт фонда оценочных средств

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % | | НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА |
|---------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------|--------|------------------------|----------------------------------|----------------------------|---------|----------------------------------------------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Лабораторный практикум | | ПСК-1.1 | ПСК-1.3 | |
| | | | | | | | | | | |
| 4 | 7 | Раздел 1. Основы оптики полупроводников и элементы квантовой статистики. | 18 | 8 | 8 | 0 | 10 | 25 | 0 | Коллоквиум |
| 4 | 7 | Раздел 2. Усиление света в р-п переходе и в гетероструктурах. | 20 | 10 | 10 | 0 | 10 | 25 | 0 | Коллоквиум |
| 4 | 7 | Раздел 3. Оптические резонаторы и волноводные решетки Брэгга. | 18 | 8 | 8 | 0 | 10 | 25 | 25 | Коллоквиум |
| 4 | 7 | Раздел 4. Характеристики излучения полупроводниковых лазеров. | 52 | 25 | 8 | 17 | 27 | 25 | 75 | Лабораторная работа, Отчет по ЛР, Коллоквиум |
| Всего за 7 семестр | | | 108 | 51 | 34 | 17 | 57 | 100 | 100 | |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 51 | 34 | 17 | 57 | 100 | 100 | |

Критерии оценивания

ПСК-1.1

Вопросы открытого типа:

- № 1 Для чего нужен оптоволоконный аттенуатор?
№ 2 Как повысить эффективность генерации (оптическую мощность) лазерного диода?
№ 3 Что происходит при повышении температуры лазерного диода?
№ 4 "Дырка" в электрически нейтральном полупроводниковом кристалле – это область в кристалле, содержащая нескомпенсированный _____ заряд.

Вставьте пропущенное слово

- № 5 Положение уровня Ферми в р-п переходе в отсутствии внешнего электрического поля _____ для р и п областей.

Вставьте пропущенное слово

- № 6 Как сила тока в р-п переходе влияет на расходимость излучения СЛД?
№ 7 Что происходит в полупроводниковых структурах при переходе электронов из зоны проводимости в валентную зону?
№ 8 Время восстановления теплового равновесия внутри зон полупроводника _____ времени установления равновесия между зонами полупроводника.

Вставьте пропущенное слово

- № 9 Приложение к р-п переходу контактной разницы потенциалов от внешнего источника _____ потенциальный барьер

Вставьте пропущенное слово

- № 10 Как понизить потенциальный барьер в р-п переходе?

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Выберите отличительные особенности полупроводниковых лазеров

Варианты ответа

1. Высокая квантовая эффективность
2. Возможность получения узкого спектра излучения
3. Возможность получения широкого спектра излучения
4. Малые размеры
5. Возможность высокочастотной модуляции излучения без использования внешних модуляторов
6. Разнообразие способов создания инверсной населенности
7. Возможность регулировать мощность излучения в очень широких пределах

- № 2 Что происходит в активной среде полупроводникового лазера при токе накачки меньше порогового?

Варианты ответа

1. Кристалл не излучает, вся энергия переходит в тепло
2. Кристалл излучает когерентно, но очень слабо
3. Кристалл излучает некогерентное люминесцентное излучение
4. Активно генерируются фононы

- № 3 Какова величина спина электронов и дырок в полупроводниковом кристалле?

Варианты ответа

1. Полу-целое число \hbar
2. Целое число \hbar
3. Спин не зависит от \hbar
4. Спин не имеет определенного значения

- № 4 Поставьте в соответствие

1. Гомопереход –
2. Гетеропереход –

Варианты ответа

А. это контакт двух областей однородного ПП с разными типами проводимости или концентрациями легирующей примеси

Б. это контакт двух различных по хим.составу ПП, при котором кристаллическая решётка одного материала без нарушения периодичности переходит в решётку другого материала

В. это переход, при котором электроны приобретают протоны

Г. это переход между полупроводником и изолятором

№ 5 В чем причина образования энергетической "запрещенной зоны" в полупроводниковом кристалле?

Варианты ответа

1. Волновые свойства электрона
2. Конечная величина ионизационного потенциала атомов
3. Температурная зависимость энергии микрочастиц
4. Различие эффективных масс электронов и дырок

№ 6 Что такое ширина запрещенной зоны полупроводника?

Варианты ответа

1. Расстояние между валентной зоной и зоной проводимости
2. Расстояние между зоной проводимости и уровнем Ферми
3. Расстояние между уровнем Ферми и валентной зоной
4. Расстояние между двумя энергетическими уровнями внутри зоны проводимости

№ 7 Работа выхода в полупроводниковой структуре - это количество энергии, которое нужно совершить электрону, чтобы переместиться

Варианты ответа

1. С уровня ферми на уровень вакуума
2. С дна валентной зоны на уровень вакуума
3. С потолка зоны проводимости на уровень вакуума
4. С потолка валентной зоны на дно зоны проводимости
5. С уровня вакуума на дно зоны проводимости
6. С уровня вакуума на потолок валентной зоны

№ 8 Электронное сродство в полупроводниковой структуре - это количество энергии, которое нужно совершить электрону, чтобы переместиться

Варианты ответа

1. С уровня ферми на уровень вакуума
2. С дна валентной зоны на уровень вакуума
3. С потолка зоны проводимости на уровень вакуума
4. С потолка валентной зоны на дно зоны проводимости
5. С уровня вакуума на дно зоны проводимости
6. С уровня вакуума на потолок валентной зоны

№ 9 Что происходит с электронами в полупроводнике при добавлении примесей?

Варианты ответа

1. Остаются на своих энергетических уровнях
2. Переходят на уровни примесных атомов
3. Перемещаются в зону проводимости
4. Перемещаются в валентную зону

Варианты ответа

1. Металлургическая граница
2. Металлическая граница
3. Зонная граница
4. Типовая граница

ПСК-1.3

Вопросы открытого типа:

- № 1 Опишите предельный случай усиления, в котором волновод можно рассматривать, как однопроходный усилитель бегущей волны
- № 2 Чему равна предельная частота модуляции полупроводникового излучателя, если время жизни неосновных носителей в области излучательной рекомбинации ЭДП составляет 30 нс?

Ответ дайте в МГц, округлив до десятых.

- № 3 Вероятность обнаружить фермион на уровне Ферми при температуре 350К составляет _____%
Вставьте пропущенное число
- № 4 Для полупроводникового лазера с длиной волны излучения 800 нм и шириной запрещенной зоны 1.5 эВ, определите частоту излучения лазера в герцах.

Ответ дайте в Гц, округлив ответ до сотых.

- № 5 Для полупроводникового лазера с частотой излучения 3.75×10^{14} Гц и шириной запрещенной зоны 1.5 эВ, определите длину волны излучения лазера.

Ответ дайте в нанометрах

- № 6 Для полупроводникового лазера с шириной запрещенной зоны 1.8 эВ найдите длину волны излучения в видимой области спектра.

Ответ дайте в нанометрах

- № 7 Определите ширину запрещённой зоны полупроводникового лазера с длиной волны 690 нм.
Ответ дайте в электрон Вольтах, округлив до десятых.

- № 8 Имеется лазерный диод, излучение которого имеет длину волны 633 нм. Расстояние между минимумами интерференционной картины при прохождении излучения через узкое препятствие составляет 0,5 мм. Необходимо вычислить угол расходимости излучения лазерного диода.

Ответ дайте в градусах, округлив до сотых

- № 9 Чем отличается полупроводниковый лазер от других типов лазеров, и какие основные принципы работы лежат в его основе?
- № 10 Какой процесс используется для формирования оптического резонатора в полупроводниковом лазере, и какие параметры необходимо учитывать при расчете и проектировании такого резонатора?

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Каким способом можно добиться инжекции электронов из валентной зоны в зону проводимости

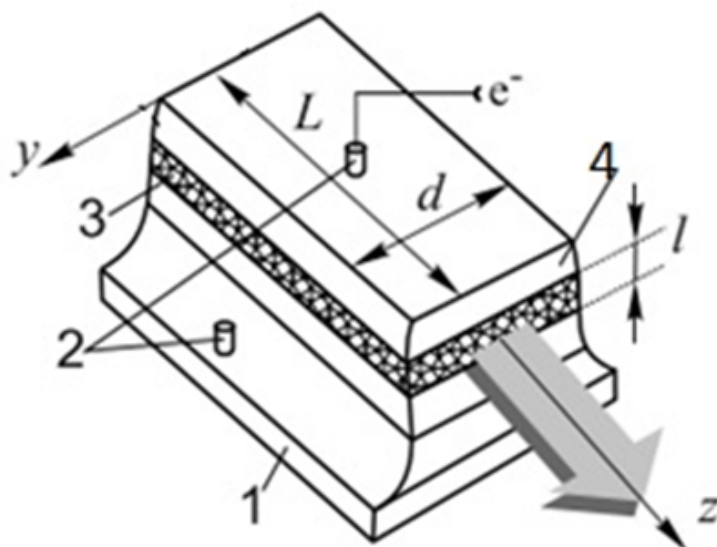
Варианты ответа

1. При проектировании изделия, предусмотреть подключение лазера таким образом, чтобы ток протекал через р-п переход в прямом направлении
 2. При проектировании изделия, предусмотреть подключение лазера таким образом, чтобы ток протекал через р-п переход в обратном направлении
 3. В полупроводниковом лазере не возникает инжекции электронов
- № 2 Каким образом можно изменить центральную длину волны, излучаемую полупроводниковым лазером?

Варианты ответа

1. Изменить ток накачки (инжекции)
2. Изменить тип выходного волокна
3. Установить оптический фильтр на выходе
4. Изменить температуру кристалла

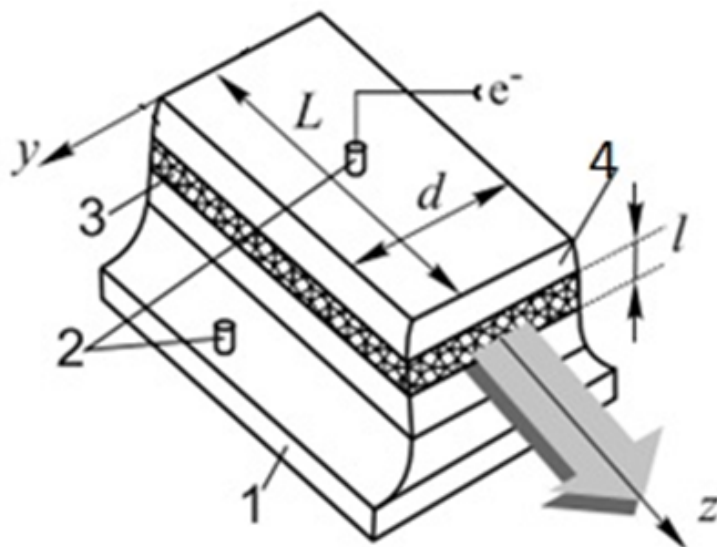
№ 3 На рисунке представлена структурная схема полупроводникового лазера. Выберите характерное значение длины L .



Варианты ответа

1. 10 - 200 мкм
2. 0,5 - 1 мм
3. 0,5 - 1 мкм
4. 10 - 200 см

№ 4 На рисунке представлена структурная схема инжекционного лазера.



Цифрой (1) обозначено -
 Цифрой (2) обозначено -
 Цифрой (3) обозначено -
 Цифрой (4) обозначено -

Варианты ответа

- А. Подложка
- Б. Электрические контакты инъекции носителей
- В. р-п переход
- Г. Полированная грань

№ 5 Какой вид модуляции в полупроводниковых источниках света осуществляется посредством изменения тока накачки?

Варианты ответа

1. Модуляция мощности (амплитуды)
2. Модуляция интенсивности
3. Модуляция поляризации
4. Модуляция температуры

№ 6 Когда происходит генерация света в полупроводниковых структурах?

Варианты ответа

1. при переходе электронов из запрещенной зоны в зону проводимости
2. при переходе электронов из валентной зоны в зону проводимости
3. при переходе электронов из зоны проводимости в валентную зону
4. при переходе электронов из запрещенной зоны в валентную зону

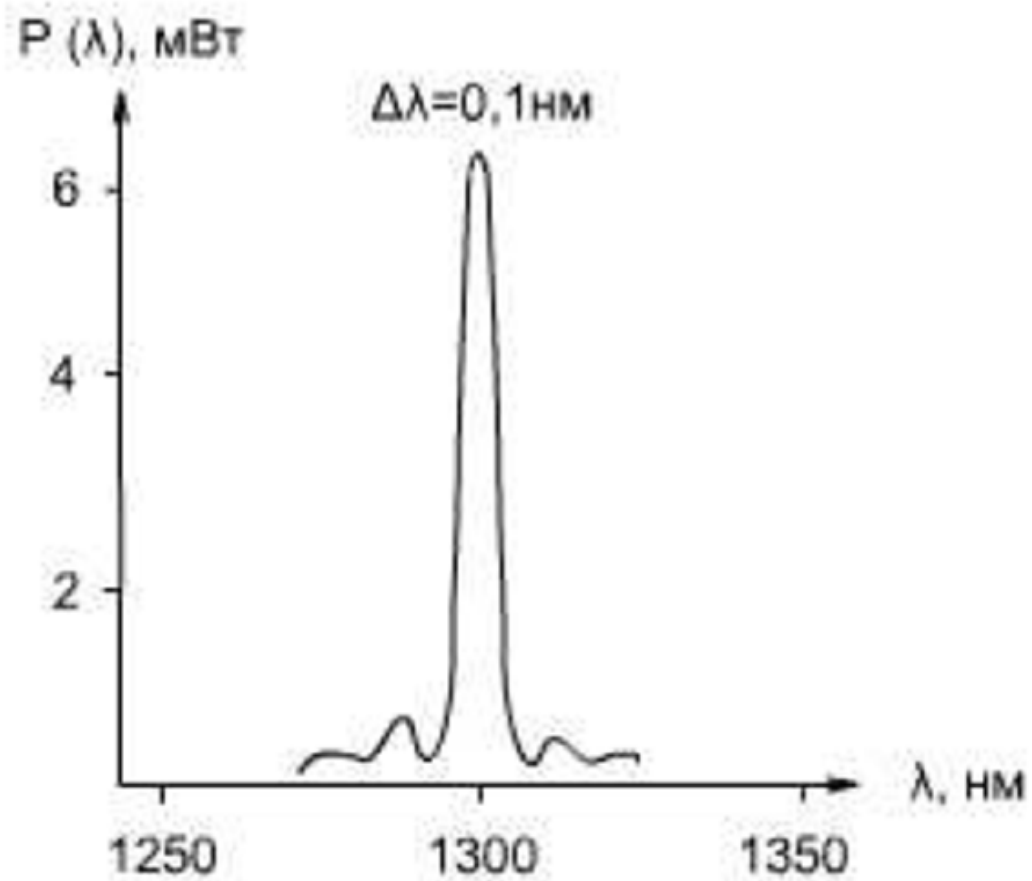
№ 7 Вставьте пропущенные слова

Увеличение количества [[1]] соответствует [[2]] энергии, а процесс [[3]] ведёт к [[4]] энергии

Варианты ответа

- А. ЭДП
- Б. электронов
- В. дырок
- Г. поглощению
- Д. выделению
- Е. рекомбинации
- Ж. распада

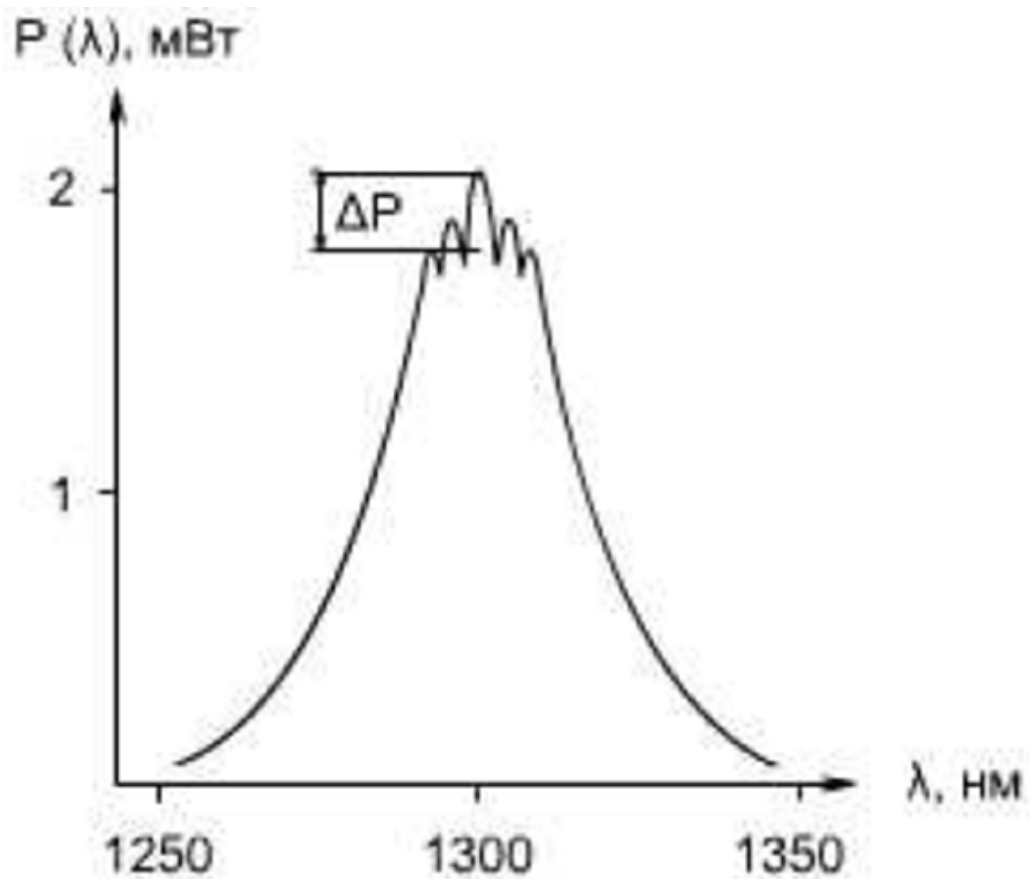
№ 8 Выберите название полупроводникового излучателя по спектру генерации



Варианты ответа

1. Суперлюминесцентный диод
2. Лазерный диод
3. Светоизлучающий диод

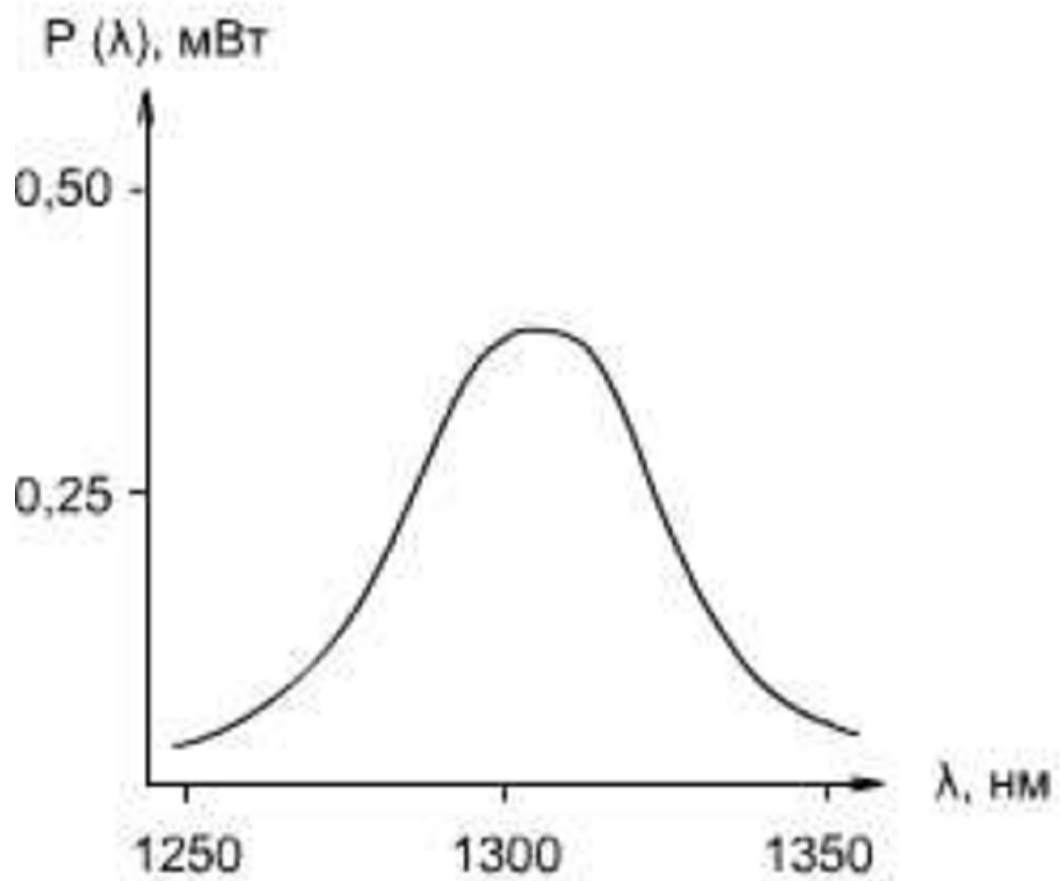
№ 9 Выберите название полупроводникового излучателя по спектру генерации



Варианты ответа

1. Суперлюминесцентный диод
2. Лазерный диод
3. Светоизлучающий диод

№ 10 Выберите название полупроводникового излучателя по спектру генерации



Варианты ответа

1. Суперлюминесцентный диод
2. Лазерный диод
3. Светоизлучающий диод