

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Матвеев П.В.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР

Направление/специальность подготовки	12.03.02 Оптотехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Оптико-электронные приборы и системы
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	О Естественнонаучный
Выпускающая кафедра	О4 ФИЗИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	О4 ФИЗИКА

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	8	5	180	39	13	26	0	141	0	0	141	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

12.03.02 Оптотехника

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра О4 ФИЗИКА

Комарова Ольга Сергеевна, к.ф.-м.н., доцент

Кафедра О4 ФИЗИКА

Куликин Алексей Борисович, к.ф.-м.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **О4 ФИЗИКА**

Заведующий кафедрой Федоров Д.Л., д.ф.-м.н., проф.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

О4 ФИЗИКА

Заведующий кафедрой Федоров Д.Л., д.ф.-м.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР

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-3.2 — способность осуществлять организационно-техническое обеспечение производства приборов квантовой электроники и фотоники
ПСК-3.3 — способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по отдельным разделам оптики

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-3.2

знания:

на уровне представлений:

основные методы синтеза полупроводниковых гетероструктур, в т.ч. квантоворазмерных, их характерные особенности;

на уровне воспроизведения:

особенности синтеза полупроводниковых гетероструктур, наиболее часто применяемых в технике;;

умения:

практические

определение наиболее подходящей методики и условий синтеза для типовых полупроводниковых гетероструктур;

навыки:

навыки анализа полупроводниковых гетероструктур с целью выбора оптимального метода для их синтеза;

готовность формировать презентации, научно-технические отчеты по результатам выполненной работы.

ПСК-3.3

знания:

на уровне понимания:

основные типы лабораторных установок, применяемых для синтеза полупроводниковых гетероструктур, в т.ч. квантоворазмерных, их устройство и физические принципы функционирования;

умения:

практические

проводить измерения вольт-амперных характеристик, КПД и других исследований для типовых полупроводниковых гетероструктур;

навыки:

готовность формировать и оформлять результаты исследований в виде статей и докладов на научно-технических конференциях..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.02 Оптотехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ОСНОВЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА, ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА, СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ ЛУЧЕВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ 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 и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
- ОПК-3 — Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики оптических измерений
- ОПК-5 — Способен участвовать в разработке технической, проектной и конструкторской документации в соответствии с нормативными требованиями
- ПК-3.1 — Способен проектировать и конструировать оптоэлектронику, оптические и оптико-электронные приборы и комплексы
- ПК-3.2 — Способен осуществлять организационно-техническое обеспечение производства приборов квантовой электроники и фотоники
- ПК-3.3 — Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по отдельным разделам оптики

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 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-3.2	ПСК-3.3
4	8	Раздел 1. Синтез полупроводниковых гетероструктур молекулярно-пучковой эпитаксией (МПЭ). Тема 1. Основные требования к технологиям синтеза гетероструктур. Тема 2. Условия осуществления молекулярно-пучковой эпитаксии (МПЭ). Тема 3. Исходные материалы для МЭП. Тема 4. Конструкция установки для осуществления МЭП. Тема 5. Синтез полупроводниковой гетероструктуры методом МПЭ на примере ДГС-лазера. Тема 6. Физические основы роста многокомпонентных соединений методом МПЭ на примере материалов вида A(III)B(V).	90	20	8	12	70	50	50
4	8	Раздел 2. Синтез полупроводниковых гетероструктур газофазной эпитаксией на металлоорганических соединениях (МОСГФЭ). Тема 7. Исходные материалы для эпитаксии из газовой фазы. Тема 8. Физические основы роста многокомпонентных соединений методом МОСГФЭ на примере материалов вида A(III)B(V). Тема 9. Схема установки для МОСГФЭ.	90	19	5	14	71	50	50
Всего за 8 семестр			180	39	13	26	141	100	100
Всего по дисциплине			180	39	13	26	141	100	100

3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Синтез полупроводниковых гетероструктур молекулярно-пучковой эпитаксией (МПЭ).	Расчет уровней энергии в одиночной прямоугольной квантовой яме с бесконечными стенками средствами математического пакета MathCad. Расчет уровней энергии в одиночной прямоугольной квантовой яме со стенками конечной высоты средствами математического пакета MathCad.	12
2	Раздел 2. Синтез полупроводниковых гетероструктур газофазной эпитаксией на металлоорганических соединениях (МОСГФЭ).	Расчет уровней энергии в одиночной параболической квантовой яме с бесконечными стенками средствами математического пакета MathCad. Расчет уровней энергии в одиночной параболической квантовой яме со стенками конечной высоты средствами математического пакета MathCad.	14
Всего за 8 семестр			26

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Синтез полупроводниковых гетероструктур молекулярно-пучковой эпитаксией (МПЭ).	Изучение рекомендуемой литературы и подготовка к диагностической работе	20
2		Подготовка к лабораторным работам	30
3		Поиск и обработка материалов по тематике реферата	20
4	Раздел 2. Синтез полупроводниковых гетероструктур газофазной эпитаксией на металлоорганических соединениях (МОСГФЭ).	Изучение рекомендуемой литературы и подготовка к диагностической работе	20
5		Подготовка к лабораторным работам	20
6		Поиск и обработка материалов	20

		по тематике реферата, защита реферата	
7		Подготовка к дифф. зачету	11
Всего за 8 семестр			141

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8			Отч. по ЛР		Отч. по ЛР	ДР	Отч. по ЛР		Отч. по ЛР	ДР			Реф, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- Реф – реферат;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;
- реферат.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Г. Забродский, С. А. Немов, Ю. И. Равич. . Электронные свойства неупорядоченных систем. СПб.: Наука, 2000, 6 экз.
2. А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников. СПб.: Лань, 2008, 59 экз.
3. В. В. Лентовский. . Приборы квантовой электроники. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, 69 экз.
4. В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. . Полупроводниковые приборы. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
5. В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. . Полупроводниковые приборы. СПб.: Лань, 2009, 10 экз.
6. Л. Е. Воробьев, С. Н. Данилов, Е. Л. Ивченко. . Кинетические и оптические явления в сильных электрических полях в полупроводниках и наноструктурах. СПб.: Наука, 2000, 6 экз.
7. Н. М. Тугов, Б. А. Глебов, Н. А. Чарыков. . Полупроводниковые приборы. М.: Энергоатомиздат, 1990, 25 экз.
8. С. Н. Лыков. . Сверхпроводимость полупроводников. СПб.: Наука, 2001, 6 экз.
9. Ю. Г. Шретер, В. А. Зыков, В. Г. Сидоров. . Широкозонные полупроводники. СПб.: Наука, 2001, 6 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Т. Камия, М. Оцу, Ё. Ямамото. . Физика полупроводниковых лазеров. М.: Мир, 1989, 3 экз.
2. Х. Кейси, М. Паниш. Лазеры на гетероструктурах. Т. 1 Основные принципы. М.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1981, 3 экз.
3. Х. Кейси, М. Паниш. Лазеры на гетероструктурах. Т. 2 Материалы. Рабочие характеристики. М.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1981, 3 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.

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:

1. Mathcad Education - University Edition Term.

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. Mathcad Education - University Edition Term.

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 **ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.02 Оптотехника*. Дисциплина реализуется на факультете *О Естественных наук* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *О4 ФИЗИКА*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-3.2 способность осуществлять организационно-техническое обеспечение производства приборов квантовой электроники и фотоники;

ПСК-3.3 способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по отдельным разделам оптики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением особенностей синтеза полупроводниковых гетероструктур молекулярно-пучковой эпитаксией (МПЭ) и газофазной эпитаксией на металлоорганических соединениях (МОСГФЭ).

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;
- реферат.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 з.е., **180 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**13 ч.**), лабораторный практикум (**26 ч.**), самостоятельная работа студента (**141 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 ч., из них 39 ч. аудиторных занятий, и 141 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. Синтез полупроводниковых гетероструктур молекулярно-пучковой эпитаксией (МПЭ).		
Изучение рекомендуемой литературы и подготовка к диагностической работе	Н. М. Тугов, Б. А. Глебов, Н. А. Чарыков. . Полупроводниковые приборы: М.: Энергоатомиздат, 1990 (все) С. Н. Лыков. . Сверхпроводимость полупроводников: СПб.: Наука, 2001 (все) Т. Камия, М. Оцу, Ё. Ямамото. . Физика полупроводниковых лазеров: М.: Мир, 1989 (все) Х. Кейси, М. Паниш. Лазеры на гетероструктурах. Т. 1 Основные принципы: М.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1981 (все)	20
Подготовка к лабораторным работам	Х. Кейси, М. Паниш. Лазеры на гетероструктурах. Т. 2 Материалы. Рабочие характеристики: М.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1981 (все) Ю. Г. Шретер, В. А. Зыков, В. Г. Сидоров. . Широкозонные полупроводники: СПб.: Наука, 2001 (все) А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников: СПб.: Лань, 2008 (все)	30
Поиск и обработка материалов по тематике реферата	В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. . Полупроводниковые приборы: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (все) В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. . Полупроводниковые приборы: СПб.: Лань, 2009 (все) А. Г. Забродский, С. А. Немов, Ю. И. Равич. . Электронные свойства неупорядоченных систем: СПб.: Наука, 2000 (все) Л. Е. Воробьёв, С. Н. Данилов, Е. Л. Ивченко. . Кинетические и оптические явления в сильных электрических полях в полупроводниках и наноструктурах: СПб.: Наука, 2000 (все)	20
Итого по разделу 1		70
Раздел 2. Синтез полупроводниковых гетероструктур газофазной эпитаксией на металлоорганических соединениях (МОСГФЭ).		
Изучение рекомендуемой литературы и подготовка к диагностической работе	В. В. Лентовский. . Приборы квантовой электроники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (все)	20
Подготовка к лабораторным работам		20
Поиск и обработка материалов по тематике реферата, защита реферата		20
Подготовка к дифф. зачету		11
Итого по разделу 2		71

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- отчет по ЛР;
- реферат;
- 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.

Отчет по ЛР

Отчет по лабораторной работе (ЛР) представляется в рукописном/печатном виде, на листах формата А4. Содержание отчета должно соответствовать шаблону отчета ЛР. Шаблон ЛР размещен в ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» и в УМК дисциплины.

ЛР считается принятой, а студент получает за нее отметку «сдано», если

а) при проверке отчета ЛР выполнены следующие требования:

- выполнен расчет значений искомых величин и их погрешностей; правильно представлены окончательные результаты;
- построены необходимые графики в соответствии с требованиями, изложенными в методических пособиях к лабораторным работам (требования продублированы в шаблоне отчета ЛР);
- проведен анализ полученных результатов путем сравнения их с теоретическими значениями;
- даны письменные ответы на все контрольные вопросы (контрольные вопросы приведены в методических указаниях к каждой лабораторной работе).

б) при защите ЛР:

- студент в форме краткого сообщения изложил результаты выполненной им ЛР;
- студент в устной форме верно ответил на все вопросы, заданные преподавателем, из числа контрольных вопросов, ответы на которые даны в отчете по ЛР.

Если не выполнено хотя бы одно из выше указанных требований к отчету или дан неверный ответ на вопрос, то отчет подлежит доработке или студенту рекомендуется изучить вопрос, на который он ответил неверно.

Реферат

Темы рефератов представлены в УМК дисциплины, по тематикам:

- изучение особенностей синтеза МПЭ полупроводниковых гетероструктур, применяемых в технике;
- изучение особенностей синтеза МОСГФЭ полупроводниковых гетероструктур, применяемых в технике.

Текст реферата должен быть набран шрифтом Times New Roman, 14, с одинарным или полуторным межстрочным интервалом. Обязательно использование не менее 3 отечественных и не менее 3 иностранных источников, опубликованных в последние 10 лет. Обязательно использование электронных баз данных.

Реферат должен состоять из четырех основных частей:

- введение,
- основная часть (она может состоять из нескольких глав),
- заключение,
- список использованной литературы.

Общий объем реферата 10-15 страниц машинописного текста: введение – 1-2 страницы, основная часть – 8-11 страниц, заключение – 1-2 страницы.

Процедура защиты реферата: выступление в течение 10 минут.

Критерии оценки:

- Соответствие содержания теме
- Глубина проработки материала

- Правильность и полнота использования источников
- Соответствие оформления реферата стандартам.

На «зачтено»:

1. присутствие всех вышеперечисленных требований;
2. знание изложенного в реферате материала, умение грамотно и аргументировано изложить суть проблемы;
3. присутствие личной заинтересованности в раскрываемой теме, собственную точку зрения, аргументы и комментарии, выводы;
4. умение свободно беседовать по любому пункту плана, отвечать на вопросы по теме реферата;
5. умение анализировать фактический материал и статистические данные, использованные при написании реферата;
6. наличие качественно выполненного презентационного материала или (и) раздаточного, не дублирующего основной текст защитного слова, а являющегося его иллюстративным фоном.

Т.е. при защите реферата показать не только «знание - воспроизведение», но и «знание - понимание», «знание - умение».

Реферат считается не сданным, а студент отправляется на доработку, если

1. тема реферата раскрыта недостаточно полно;
2. затруднения в изложении, аргументировании;
3. значительные трудности по одному из перечисленных выше требований.

Дифференцированный зачет

Для промежуточной аттестации, проводимой в форме дифференцированного зачета, используется итоговый тест в котором от 10 до 15 заданий (100%). Тест проводится в ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ».

Тест считается сданным, если обучающийся выбрал правильный вариант ответа не менее, чем в 51% заданий.

Критерии пересчета результатов теста в оценку:

- 51 - 67% – зачтено-удовлетворительно;
- 68 - 84% – зачтено-хорошо;
- 85 - 100% – зачтено-отлично.

Варианты тестовых заданий представлены в УМК дисциплины, а в ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» – тренировочные варианты.

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-3.2	ПСК-3.3	
4	8	Раздел 1. Синтез полупроводниковых гетероструктур молекулярно-пучковой эпитаксией (МПЭ).	90	20	8	12	70	50	50	Отчет по ЛР
4	8	Раздел 2. Синтез полупроводниковых гетероструктур газофазной эпитаксией на металлоорганических соединениях (МОСГФЭ).	90	19	5	14	71	50	50	Отчет по ЛР, Реферат
Всего за 8 семестр			180	39	13	26	141	100	100	
Всего по дисциплине			180	39	13	26	141	100	100	

Критерии оценивания

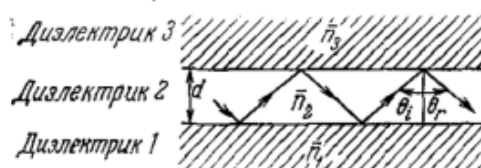
ПСК-3.2

Вопросы открытого типа:

- № 1 Что такое эпитаксия?
- № 2 Вещества какой степени очистки используются в процессе роста полупроводниковых соединений в установке молекулярно-пучковой эпитаксии?
- № 3 Поток какого компонента определяется скорость роста полупроводниковых соединений АЗВ5?
- № 4 Каким методом определяется состояние поверхности кристалла в процессе молекулярно-пучковой эпитаксии?
- № 5 Каким способом может осуществляться нагрев подложки в газофазной эпитаксии?
- № 6 Кратко описать технологию синтеза полупроводниковых структур методом молекулярно-пучковой эпитаксии
- № 7 Кратко описать технологию синтеза полупроводниковых структур методом газофазной эпитаксии
- № 8 Привести основные достоинства и недостатки молекулярно-пучковой эпитаксии
- № 9 Привести основные достоинства и недостатки газофазной эпитаксии
- № 10 Кратко описать синтез самоорганизованных квантовых точек в эпитаксиальном процессе

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Какое физическое явление лежит в основе оптического волновода?
 - А) Эффект полного внутреннего отражения света.
 - Б) Прямолинейное распространение света.
 - В) Двойное лучепреломление.
 - Г) Эффект самофокусировки.
 - Д) Дифракция света.
- № 2 При каких соотношениях показателей преломления сред n_1 , n_2 , n_3 (см. рисунок) возможен волноводный эффект в плоском волноводе? (выберите все возможные варианты)



- А) $n_1 = n_2 = n_3$
- Б) $n_1 > n_2 > n_3$
- В) $n_1 > n_2 < n_3$
- Г) $n_1 < n_2 > n_3$
- Д) $n_2 > n_1 > n_3$
- Е) $n_3 > n_1 > n_2$
- Ж) $n_2 > n_3 > n_1$
- И) $n_3 > n_2 > n_1$
- № 3 Каким должен быть коэффициент отражения зеркала лазерного резонатора R для осуществления положительной обратной связи? (выберите все возможные варианты)

- А) $0 < R < 1$
- Б) $R = 0$
- В) $R = 1$
- Г) $0 \leq R \leq 1$
- № 4 Какой вакуум необходимо создать в ростовой камере установки молекулярно-пучковой эпитаксии для синтеза полупроводниковых структур?
- А) низкий (10^{-2} Па)
- Б) высокий (10^{-7} Па)
- В) сверхвысокий (10^{-10} - 10^{-12} Па)
- № 5 При каком давлении в реакторе может проводится процесс газофазной эпитаксии? (выберите все возможные варианты)
- А) атмосферном
- Б) пониженном
- В) повышенном
- № 6 На чём происходит рост полупроводникового кристалла в процессе эпитаксии?
- А) на полупроводниковой подложке
- Б) на полупроводниковой заправке
- В) на металлической подложке
- № 7 Подложки с какой ориентацией используются для эпитаксиального роста гетероструктур? (выберите все возможные варианты)
- А) Ориентированные
- Б) Разориентированные
- В) Поликристаллические
- Г) Аморфные
- № 8 Какие эффекты относятся к электрооптическим? (выберите все возможные варианты)
- А) Эффект Керра
- Б) Эффект Фарадея
- В) Эффект Поккельса
- Г) Эффект Тэлбота
- Д) Дифракция Брэгга
- № 9 Что входит в состав оптического резонатора полупроводникового лазера? (выберите все возможные варианты)
- А) волновод
- Б) активная среда
- В) зеркала
- № 10 Какими свойствами обладает р-п переход? выберите все возможные варианты)
- А) двусторонняя проводимость
- Б) односторонняя проводимость

В) наличие области пространственного заряда

Г) наличие области, обеднённой от основных носителей заряда

ПСК-3.3

Вопросы открытого типа:

- № 1 Какую тройку векторов составляют в плоской электромагнитной волне напряжённость электрического поля, напряжённость магнитного поля и волновой вектор, чем определяется её поляризация?
- № 2 Чем характеризуется лазерное излучение?
- № 3 Чем определяется порядок оптической моды в полупроводниковом лазере?
- № 4 Что такое картина ближнего поля излучения полупроводникового лазера?
- № 5 Какие устройства используются для исследования спектрального состава электромагнитного излучения оптического диапазона?
- № 6 В чём отличие излучения светодиода и лазерного диода и каким конструктивным различием оно обусловлено?
- № 7 Описать принцип работы ближнепольного оптического микроскопа
- № 8 Перечислить оптические методы исследования гетероструктур.
- № 9 Что происходит с излучением лазерного диода при переходе из режима спонтанного излучения в режим лазерной генерации?
- № 10 Какие процессы и оборудование используются для создания устройств на основе гетероструктур?

Вопросы закрытого типа:

- № 1 В каких единицах измеряется внешняя дифференциальная эффективность?

А) Вт/А

Б) В/А

В) А/Вт

Г) А/В

Д) в процентах

- № 2 Какая поляризация у излучения полупроводниковых лазеров?

А) линейная

Б) круговая

В) циркулярная

- № 3 По каким направлениям подразделяют оптические моды в полупроводниковых лазерах полосковой геометрии с резонатором Фабри-Перо? (выберите все возможные варианты)

А) вертикальные

Б) латеральные

В) продольные

Г) азимутальные

Д) тангенциальные

Е) сферические

Ж) эллиптические

- № 4 Длина волны электромагнитного колебания, распространяющегося в оптическом волноводе, по сравнению с длиной волны колебания той же частоты в свободном пространстве:

А) Равна длине волны колебания той же частоты в свободном пространстве.

Б) Меньше длины волны колебания той же частоты в свободном пространстве.

В) Больше длины волны колебания той же частоты в свободном пространстве.

№ 5

По каким критериям определяется качество излучения полупроводниковых лазеров с конструкцией резонатора Фабри-Перо?

А) модовый состав

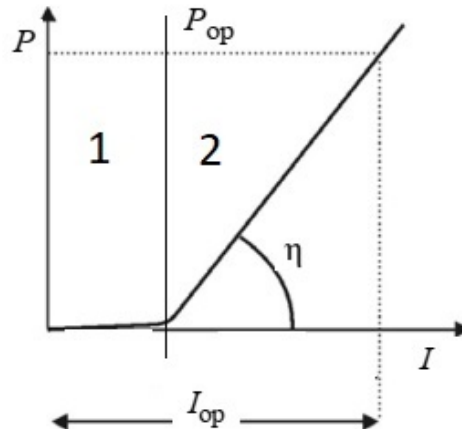
Б) мощность

В) расходимость излучения

Г) поляризация

№ 6

Какой участок ватт-амперной характеристики инжекционного лазера (см. рисунок) показывает область спонтанного излучения?



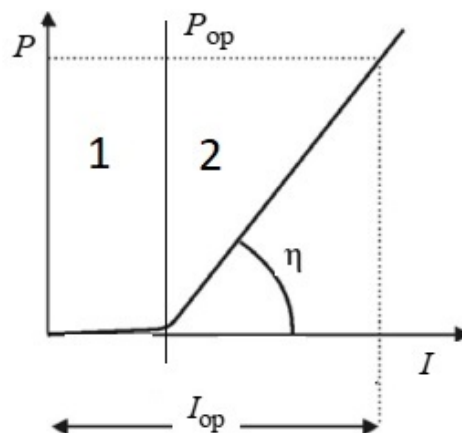
А) область 1

Б) область 2

В) обе области

№ 7

Какой участок ватт-амперной характеристики инжекционного лазера (см. рисунок) показывает область лазерной генерации?



А) область 1

Б) область 2

В) обе области

№ 8

Что происходит со спектром излучения полупроводникового лазера на основе квантовой ямы с увеличением температуры лазерного диода?

- А) спектр генерации не изменяется
- Б) спектр генерации смещается в длинноволновую область
- В) спектр генерации смещается в коротковолновую область
- № 9 Какой фотон излучается при стимулированном излучении? (выберите все возможные варианты)
- А) с такой же поляризацией, как и прилетевший фотон
- Б) с таким же направлением, как и прилетающий фотон
- В) с удвоенной частотой по отношению к прилетающему фотону
- Г) с меньшей энергией по отношению к прилетающему фотону
- Д) с такой же длиной волны, как и прилетевший фотон
- № 10 Что такое оптический изолятор?
- А) прибор пропускающий свет в одном направлении и поглощающий его в противоположном.
- Б) прибор поглощающий свет как в прямом, так и в обратном направлении;
- В) прибор отклоняющий луч от направления распространения