


УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

 (подпись) Страхов С. Ю.
 ФИО
 « 02 » 02 20 22

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР

Направление/специальность подготовки	12.03.02 Оптотехника
Специализация/профиль/ программа подготовки	Приборы и системы лучевой энергетики
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	8	3	108	52	26	0	26	56	0	0	56	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

12.03.02 Опотехника

год набора группы: 2021

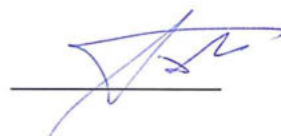
Программу составил:

Кафедра И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА
Киселев Игорь Алексеевич, к.т.н., доцент



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

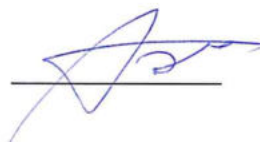
Заведующий кафедрой Борейшо А.С., д.т.н., проф.



Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

И1 ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

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



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
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. Оценочные средства и методики их применения
- Приложение 4. Лист изменений, вносимых в рабочую программу

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-1.1	— Способность к математическому моделированию полупроводниковых структур, предназначенных для приема и излучения лучевых потоков
ПСК-1.2	— Способность проводить измерения электромагнитных полей на современном научном оборудовании
ПСК-1.3	— Способность проектировать полупроводниковые структуры с заранее заданными свойствами
ПСК-1.4	— Способность проектировать приборы и системы, предназначенные для генерации и управления электромагнитного излучения оптического диапазона

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.1

знания:

на уровне представлений:

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

умения:

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

навыки:

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

ПСК-1.2

знания:

на уровне воспроизведения:

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

на уровне понимания:

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

умения:

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

навыки:

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

ПСК-1.3

знания:

на уровне воспроизведения:

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

умения:

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

навыки:

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

ПСК-1.4

знания:

на уровне понимания:

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

умения:

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

навыки:

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

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР** является дисциплиной **вариативной части по выбору студента блока 1** программы подготовки по направлению *12.03.02 Оптехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ И ПРИБОРЫ НА ИХ ОСНОВЕ, ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптотехники, 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
- ПСК-1.1 — Способность к математическому моделированию полупроводниковых структур, предназначенных для приема и излучения лучевых потоков
- ПСК-1.3 — Способность проектировать полупроводниковые структуры с заранее заданными свойствами

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	Практические занятия		ПСК-1.1	ПСК-1.2	ПСК-1.3	ПСК-1.4
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 AlPBiV.	62	29	16	13	33	50	50	50	50
4	8	Раздел 2. Синтез полупроводниковых гетероструктур газофазной эпитаксией на металлорганических соединениях (МОСГФЭ). Тема 7. Исходные материалы для эпитаксии из газовой фазы. Тема 8. Физические основы роста многокомпонентных соединений методом МОСГФЭ на примере материалов вида AlPBiV. Тема 9. Схема установки для МОСГФЭ.	46	23	10	13	23	50	50	50	50
Всего за 8 семестр			108	52	26	26	56	100	100	100	100
Всего по дисциплине			108	52	26	26	56	100	100	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	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.	6
2		Расчет уровней энергии в одиночной прямоугольной квантовой яме со стенками конечной высоты средствами математического пакета MathCad.	7
3	Раздел 2. Синтез полупроводниковых гетероструктур газофазной эпитаксией на металлорганических соединениях (МОСГФЭ).	Расчет уровней энергии в одиночной параболической квантовой яме с бесконечными стенками средствами математического пакета MathCad.	7
4		Расчет уровней энергии в одиночной параболической квантовой яме со стенками конечной высоты средствами математического пакета MathCad.	6
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).	Подготовка к практическим занятиям	22
2		Изучение рекомендуемой литературы	11
3	Раздел 2. Синтез полупроводниковых гетероструктур газофазной	Подготовка к	16

	эпитаксией на металлоорганических соединениях (МОСГФЭ).	практическим занятиям	
4		Изучение рекомендуемой литературы	7
Всего за 8 семестр			56

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Условные обозначения:

- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущая аттестация студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- отчет по практическому заданию;
- индивидуальное практическое задание.

Рубежная аттестация студентов производится по итогам половины семестра в следующих формах:

- отчет по практическому заданию;
- индивидуальное практическое задание.

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, эл. рес.
4. В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. . Полупроводниковые приборы. Санкт-Петербург: Лань, 2021, эл. рес.
5. И. С. Тарасов. . Полупроводниковые лазеры. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
6. С. Н. Лыков. . Сверхпроводимость полупроводников. СПб.: Наука, 2001, 6 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Ю. Г. Шретер, В. А. Зыков, В. Г. Сидоров. . Широкозонные полупроводники. СПб.: Наука, 2001, 0 экз.

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://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань.

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. Практические занятия:

1. Компьютерный комплект;
2. 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 **вариативной части по выбору студента блока 1** программы подготовки по направлению *12.03.02 Оптотехника*. 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 математическому моделированию полупроводниковых структур, предназначенных для приема и излучения лучевых потоков;
- ПСК-1.2 Способность проводить измерения электромагнитных полей на современном научном оборудовании;
- ПСК-1.3 Способность проектировать полупроводниковые структуры с заранее заданными свойствами;
- ПСК-1.4 Способность проектировать приборы и системы, предназначенные для генерации и управления электромагнитного излучения оптического диапазона.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теоретическими аспектами технологии синтеза полупроводниковых гетероструктур.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущая аттестация студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- отчет по практическому заданию;
- индивидуальное практическое задание.

Рубежная аттестация студентов производится по итогам половины семестра в следующих формах:

- отчет по практическому заданию;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**26 ч.**), практические занятия (**26 ч.**), самостоятельная работа студента (**56 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 52 ч. аудиторных занятий, и 56 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).		
Подготовка к практическим занятиям	А. Г. Забродский, С. А. Немов, Ю. И. Равич. . Электронные свойства неупорядоченных систем: СПб.: Наука, 2000 (все) В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. . Полупроводниковые приборы: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (все) Ю. Г. Шретер, В. А. Зыков, В. Г. Сидоров. . Широкозонные полупроводники: СПб.: Наука, 2001 (все)	22
Изучение рекомендуемой литературы	А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников: СПб.: Лань, 2008 (все) В. В. Ленговский. . Приборы квантовой электроники: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (все)	11
Итого по разделу 1		33
Раздел 2. Синтез полупроводниковых гетероструктур газофазной эпитаксией на металлоорганических соединениях (МОСГФЭ).		
Подготовка к практическим занятиям	И. С. Тарасов. . Полупроводниковые лазеры: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (все) А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников: СПб.: Лань, 2008 (все)	16
Изучение рекомендуемой литературы	С. Н. Лыков. . Сверхпроводимость полупроводников: СПб.: Наука, 2001 (все)	7
Итого по разделу 2		23

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- отчет по практическому заданию;
- индивидуальное практическое задание;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Отчет по практическому заданию

Отчет по ПЗ представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по ПЗ. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Обсуждение результатов работы проводится в форме коллоквиума.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 5 до 2 являются:

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов измерений.

Индивидуальное практическое задание

Допуск к выполнению ПЗ происходит при условии наличия у студента печатной версии титульного листа отчета по ПЗ в форме тестирования (список из 5 тестовых вопросов выдается на занятии, время на ответ – 10 минут).

Обсуждение результатов тестирования проводится в форме коллоквиума. Для допуска к работе необходимо набрать более 2 баллов. Баллы начисляются в зависимости от количества правильных ответов:

- менее 50% правильных ответов – 0-2 балла,
- от 50% до 70% правильных ответов – 3 балла,
- более 70% правильных ответов – 4 -5 баллов.

Дифференцированный зачет

К дифференцированному зачету допускаются студенты, которые успешно сдали все задания, предусмотренные рабочей программой.

Зачет проводится в устной форме по билетам, выданным преподавателем. Студент должен подготовить, пользуясь конспектом, составленным по материалам курса, ответить на два вопроса.

Оценка «отлично» ставится, если ответ является полным и правильным. Материал изложен в определенной логической последовательности. При ответе на дополнительные вопросы студент показал знание основных понятий и формул.

Оценка «хорошо» ставится, если ответ является полным и правильным, при этом допущены несущественные 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 «удовлетворительно» выставляется, если студент обнаруживает знание и понимание материала курса, но излагает материал неполно и допускает существенные ошибки в формулировке основных понятий и формул. Ответ на дополнительные вопросы вызывает у экзаменуемого затруднения или содержит ошибки, которые он может исправить после наводящих вопросов.

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

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	Практические занятия		ПСК-1.1	ПСК-1.2	ПСК-1.3	ПСК-1.4	
4	8	Раздел 1. Синтез полупроводниковых гетероструктур молекулярно-пучковой эпитаксией (МПЭ).	62	29	16	13	33	50	50	50	50	Индивидуальное практическое задание, Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 2. Синтез полупроводниковых гетероструктур газофазной эпитаксией на металлоорганических соединениях (МОСГФЭ).	46	23	10	13	23	50	50	50	50	Индивидуальное практическое задание, Отчет по практическому заданию
Всего за 8 семестр			108	52	26	26	56	100	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	52	26	26	56	100	100	100	100	