

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 03 » 09

2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Оптоэлектроника»

Направление подготовки 12.04.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Профиль/программа подготовки Твердотельные и полупроводниковые лазерные системы

Уровень высшего образования магистратура

Форма обучения очная

Семестр	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
3	4/144	18	36	18	27	Экзамен (45)
Итого	4/144	18	36	18	27	Экзамен (45)

г. Владимир, 2018 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Оптоэлектроника - область физики и техники, использующая эффекты взаимного преобразования электрических и оптических сигналов в твердотельных приборах и их распространения в оптических межсоединениях оптоэлектронных устройств.

Применение оптических сигналов допускает увеличение скорости передачи и обработки информации благодаря более высокой несущей частоте и возможности параллельного функционирования множества информационных каналов. В наибольшей степени в настоящее время реализованы такие свойства оптических каналов связи и сигналов, как высокая помехоустойчивость и помехозащищённость устройств к действию внешних и внутренних дестабилизирующих электрофизических факторов, наличие надёжных гальванических развязок между электрическими цепями, элементами и компонентами, низкое затухание сигналов в волоконных световодах, высокая направленность оптического излучения и возможность его острой фокусировки.

Целью данного курса является ознакомление студентов с теоретическими основами оптоэлектроники, физическими принципами действия приборов, использующих оптические эффекты, свойствами конструкционных материалов изделий оптоэлектроники, рассмотрение классообразующей приборной структуры и уровней конструктивной иерархии оптоэлектронных изделий и элементной базы, конструкции и технологии изготовления оптико-электронных блоков и узлов, светоизлучающих и лазерных диодов, матриц и линеек, оптических каналов связи и межсоединений, других излучателей и фотоприёмников.

Основной задачей курса является приобретение студентами теоретических знаний, практических навыков и понимания, как фундаментальных основ данной дисциплины, так и физических принципов работы оптоэлектронных и твердотельных приборов, методов анализа электронных и оптических процессов в материалах и приборах, расчета параметров и характеристик изделий, выявления закономерностей функционирования приборов и их взаимосвязи с параметрами и свойствами материалов и режимами технологических процессов изготовления, а так же приобретение навыков работы с современными изделиями оптоэлектроники и анализа технологичности конструкторских решений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Данная дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части ОПОП. Изучение данной дисциплины проходит в 3-м семестре и предполагает наличие у студентов знаний и навыков, полученных при освоении дисциплин «Математические методы и моделирование в лазерной технике и лазерных технологиях», «Современные материалы для оптики и лазерной техники», «Основы конструирования лазерных технологических комплексов».

Знания, полученные в рамках освоения дисциплины «Оптоэлектроника», могут быть применены при изучении следующих дисциплин учебного плана «Основ современных технологий производства лазерной техники», «Проектирование систем транспортировки и наведения лазерного излучения», выполнении исследований и подготовке выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По результатам изучения дисциплины у студентов формируются следующие компетенции:

способностью разрабатывать функциональные и структурные схемы приборов и систем лазерной техники с определением их физических принципов действия, структурно-логических связей и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы (ПК-4);

способностью проектировать и конструировать узлы, блоки лазерных приборов, систем и комплексов с использованием средств компьютерного проектирования, проводить проектные расчеты и выполнять технико-экономическое обоснование (ПК-5).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Знать: методики проведения экспериментов, обработки и представления экспериментальных данных (ПК-4, 5); основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, использовать навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ПК-5).

Уметь: разрабатывать функциональные и структурные схемы приборов и систем лазерной техники с определением их физических принципов действия, структур и установлением технических требований на отдельные блоки и элементы (ПК-4); выбирать оптимальный метод и разрабатывать программы экспериментальных исследований, проводить оптические, фотометрические и электрические измерения с выбором технических средств и обработкой результатов (ПК-4, 5);

Владеть: способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (ПК-4); способностью разрабатывать методы инженерного прогнозирования и диагностические модели состояния лазерных приборов, систем (ПК-5).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС		
1	Направления развития оптико-электронных средств. Физические основы и материалы оптоэлектроники	3	1-6	6	12	6		9	12/50	Рейтинг-контроль №1
2	Функциональные и структурные схемы оптико-электронных приборов и систем	3	7-12	6	12	6		9	12/50	Рейтинг-контроль №2

3	Технологические процессы изготовления и контроля оптоэлектронных блоков, узлов и деталей лазерных систем и комплексов.	3	13-18	6	12	6	9		12/50	Рейтинг-контроль №3	
Всего		3	18	18	36	18	-	27	-	36/50	Экзамен (45)

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ЛЕКЦИИ

Раздел 1. Направления развития оптико-электронных средств. Физические основы и материалы оптоэлектроники.

1.1. Социально-правовые предпосылки совершенствования многоуровневой системы образования и модернизации промышленного производства. Организационная структура предприятий. Виды производства; основной и вспомогательный производственные процессы; основные и неосновные средства оптоэлектронного производства. Электроника - область науки, техники и производства; физическая, техническая и промышленная электроника. Виды изделий, области применения и преимущества средств оптоэлектроники. Фотоника и оптроника. Виды физических полей; диапазоны электромагнитных излучений.

1.2. Единая теория строения вещества, фазовые состояния. Классификации материалов оптоэлектроники; конструкционные и технологические материалы. Последовательность переработки вещества в изделия оптоэлектронной техники; однофазные/многофазные сплавы и химические соединения в оптоэлектронике. Получение полупроводниковых материалов по методу Чохральского. Дефекты кристаллических решеток по Френкелю и по Шоттки; растворы внедрения и замещения; закон Больцмана о концентрации дефектов в кристаллических решетках. Диффузия в твердых телах; потенциальный барьер в кристалле; явления самодиффузии и гетеродиффузии; диффузионные уравнения - 1-й и 2-й законы Фика. Миграция атомов серебра в германии и кремнии.

1.3. Основные характеристики кристаллической структуры полупроводников; монокристаллы и поликристаллы; кристаллиты. Типы и физическая природа межатомной связи в твердых кристаллических телах; характеристика ионной, ковалентной и металлической связей в кристаллах. Молекулярные кристаллы; природа дисперсионной, ориентационной и индукционной составляющих взаимодействия сил Ван-дер-Ваальса. Форма орбит валентных электронов в атомах: s, p, d, f, g – орбитали; зависимость координационного числа кристаллической решетки от соотношения радиусов катиона и аниона. Распределение электронной плотности ковалентной связи в атомных кристаллах; направленность и насыщенность ковалентной связи. Потенциальная энергия взаимодействия электрона с ядром атома; снижение уровня потенциального барьера в кристаллах. Принципы образования энергетических зон; физическая природа вырожденного состояния.

Раздел 2. Функциональные и структурные схемы оптико-электронных приборов и систем.

2.1. Функциональное назначение, структура, признаки развития поколений и составные части оптоэлектронных средств. Этапы жизненного цикла и уровни конструктивной иерархии (входимости) оптоэлектронных средств. Признаки системности конструкции. Соотношение понятий проектирование и конструирование оптоэлектронных средств. Задачи, цели и техническое задание на проектирование; комплексная микроминиатюризация; средства проектирования; САПР.

2.2. Физические принципы действия оптоэлектронных приборов. Типы межзонных и внутризонных переходов электронов с испусканием и поглощением квантов света. Генерация и рекомбинация носителей заряда; длина свободного пробега. Выпрямительные свойства ступенчатых и плавных р-п переходов; энергетическая диаграмма резкого р-п перехода. Виды обратимого и необратимого пробоя р-п переходов; вольт-амперная характеристика р-п перехода при пробое. Физическая природа составляющих обратного тока р-п перехода - теплового тока, токов термогенерации и утечки. Гетеропереходы, их структура и основные энергетические диаграммы; быстродействие переключательных процессов в гетеропереходах. Физическая причина формирования электрической емкости р-п перехода в запирающем и проводящем направлениях; расчет барьерной емкости; величина диффузионной емкости.

2.3. Биполярная и униполярная элементная база цифровых и аналоговых оптоэлектронных средств; пассивная и активная элементная база; источники и приемники излучений. Структура и конструкция светоизлучающих и лазерных диодов. Оптическое усиление в диодах с гетеропереходом. Лазерные диоды с двойным гетеропереходом; квантово-размерные лазерные диоды. Уровни проектирования интегральных устройств – логический, схемотехнический, системотехнический, электрический, физический, топологический, программный; степень интеграции (закон Мура). Корпусные и бескорпусные микросхемы на униполярных транзисторах – МОП и КМОП-логика; микросхемы на биполярных транзисторах – РТЛ, ДТЛ, ТТЛ, ТТЛШ, ЭСЛ, ИИЛ.

Раздел 3. Технологические процессы изготовления и контроля оптоэлектронных блоков, узлов и деталей лазерных систем и комплексов.

3.1. Виды технологических процессов изготовления изделий по организации и методам выполнения; рабочее место; производственный участок; цех; технологические операции, переходы, оборудование и оснастка; типовые технологические процессы. Техническое нормирование – основное и вспомогательное время; коэффициент закрепления операций; виды производства - единичный, серийный, массовый. Виды основных и вспомогательных технологических документов; карты технологического процесса – маршрутные, операционные, эскизов. Модель управления качеством продукции предприятия. Технологические процессы межсоединений - коммутационных оснований; объемный и плоскостной монтаж; технология печатного монтажа; световоды; волоконно-оптические линии связи. Лучевые методы формообразования деталей и упрочняюще-чистовой обработки. Лазерные технологии.

3.2. Микроэлектронные технологии в оптоэлектронике; группы интегральных микросхем в едином конструктивно-технологическом исполнении; серии микросхем; полупроводниковая, пленочная, гибридная и смешанная технологии изготовления. Прогресс микроэлектронных процессов производства – уменьшение контролируемых размеров топологии от 8 мкм до 10 нм. Тонкопленочные и толстопленочные групповые интегральные технологии. Технология изготовления линеек и матриц лазерных диодов.

3.3. Обеспечение качества изделий и экономичности оптоэлектронного производства. Технологичность конструкторских решений как свойство изделий оптоэлектроники; экономические, качественные и количественные показатели конструктивного совершенства – системы коэффициентов и требований. Комплексный показатель технологичности конструкции. Отработка конструкции изделия на технологичность; метод экспертных оценок.

Практические занятия

ТЕМА 1. Активированные монокристаллы, оптическая керамика, стёкла – основные материалы АЭ твердотельных лазеров.

ТЕМА 2. Энергетические уровни РЗ ионов и ионов переходных элементов в лазерных материалах.

ТЕМА 3. Процессы трансформации энергии в лазерных материалах.

ТЕМА 4. Физико-химические параметры лазерных материалов.

ТЕМА 5. Типы лазерных сред (обзор основных легирующих ионов и матриц).
ТЕМА 6. Активная лазерная керамика. Её место среди прочих лазерных сред.
ТЕМА 7. Синтез исходных продуктов (порошков) для лазерной керамики.
ТЕМА 8. Основные технологии компактирования/ прессования/ спекания лазерной керамики.

ТЕМА 9. Методы построения мощных и сверхмощных твердотельных лазерных систем.

ТЕМА 10. Методы исследования оптических свойств лазерных материалов.

Лабораторные работы

Лабораторная работа №1 «Определение класса опасности лазерных комплексов»

Лабораторная работа №2 «Свойства лазерного излучения. Определение длины волны лазерного излучения»

Лабораторная работа №3 «Получение тонких пленок методом лазерной абляции. Сравнительный анализ кольцевых зон в атмосфере воздуха и в вакууме».

Лабораторная работа № 4 «Изучение влияния поляризации лазерного луча на лазерную модификацию поверхности тонких пленок»

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

1. Лекционно-семинарская система обучения (аудиторные лекционные, практические и лабораторные занятия);

2. Обучение в малых группах (выполнение лабораторных работ в группах из двух или трёх обучающихся);

3. Мастер-классы (демонстрация на лабораторных и практических занятиях навыков научных исследований и разработки технологических процессов, методов обработки и анализа результатов исследования и решения прикладных задач;

4. Применение мультимедиа технологий (проведение лекционных занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или ЭВМ);

5. Обучение навыкам информационно-патентных исследований и подготовки научных публикаций по результатам выполненных работ.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля обучающегося по отдельным разделам дисциплины.

Вопросы на рейтинг-контроль.

Рейтинг-контроль №1:

1. Виды производства; основной и вспомогательный производственные процессы; основные и неосновные средства оптоэлектронного производства.

2. Виды изделий, области применения и преимущества средств оптоэлектроники. Виды физических полей; диапазоны электромагнитных излучений.

3. Получение полупроводниковых материалов по методу Чохральского.

4. Дефекты кристаллических решеток по Френкелю и по Шоттки; растворы внедрения и замещения; закон Больцмана о концентрации дефектов кристаллических решеток.

5. Диффузия в твердых телах; потенциальный барьер в кристалле; явления самодиффузии и гетеродиффузии; диффузионные уравнения - 1-й и 2-й законы Фика. Характеристика ионной, ковалентной и металлической связей в кристаллах.

6. Природа дисперсионной, ориентационной и индукционной составляющих взаимодействия сил Ван-дер-Ваальса.

7. Распределение электронной плотности ковалентной связи в атомных кристаллах; направленность и насыщенность ковалентной связи.

8. Принципы образования энергетических зон.

Рейтинг-контроль №2:

1. Функциональное назначение, структура и составные части оптоэлектронных средств.

2. Этапы жизненного цикла и уровни конструктивной иерархии (входимости) оптоэлектронных средств.

3. Признаки системности конструкции.

4. Типы межзонных и внутризонных переходов электронов с испусканием и поглощением квантов света.

5. Генерация и рекомбинация носителей заряда; длина свободного пробега.

6. Виды обратимого и необратимого пробоя p-n переходов; вольт-амперная характеристика p-n перехода при пробое.

7. Гетеропереходы, их структура и основные энергетические диаграммы.

8. Структура и конструкция светоизлучающих и лазерных диодов.

9. Лазерные диоды с двойным гетеропереходом; квантово-размерные лазерные диоды.

10. Уровни проектирования интегральных устройств – логический, схемотехнический, системотехнический, электрический, физический, топологический, программный.

Рейтинг-контроль №3:

1. Виды технологических процессов изготовления изделий по организации и методам выполнения.

2. Виды производства - единичный, серийный, массовый.

3. Модель управления качеством продукции предприятия.

4. Технологические процессы межсоединений - объемный и плоскостной монтаж; технология печатного монтажа; световоды; волоконно-оптические линии связи.

5. Лучевые методы формообразования деталей и упрочняюще-чистовой обработки.

6. Микроэлектронные технологии - полупроводниковая, пленочная, гибридная и смешанная технологии изготовления.

7. Тонкопленочные и толстопленочные групповые интегральные технологии.

8. Технология изготовления линеек и матриц лазерных диодов.

9. Технологичность конструкторских решений как свойство изделий оптоэлектроники; экономические, качественные и количественные показатели конструктивного совершенства – системы коэффициентов и требований.

10. Комплексный показатель технологичности конструкции; метод экспертных оценок.

Список экзаменационных вопросов:

1. Организационная структура предприятий. Виды производства; основной и вспомогательный производственные процессы; основные и неосновные средства оптоэлектронного производства.
2. Электроника - область науки, техники и производства; физическая, техническая и промышленная электроника. Виды изделий, области применения и преимущества средств оптоэлектроники. Фотоника и оптроника. Виды физических полей; диапазоны электромагнитных излучений.
3. Классификации материалов оптоэлектроники; конструкционные и технологические материалы. Последовательность переработки вещества в изделия оптоэлектронной техники; однофазные/многофазные сплавы и химические соединения в оптоэлектронике. Получение полупроводниковых материалов по методу Чохральского.
4. Дефекты кристаллических решеток по Френкелю и по Шоттки; растворы внедрения и замещения; закон Больцмана о концентрации дефектов кристаллических решеток. Диффузия в твердых телах; потенциальный барьер в кристалле; явления самодиффузии и гетеродиффузии; диффузионные уравнения - 1-й и 2-й законы Фика. Причины миграции атомов серебра в германии и кремнии.
5. Основные характеристики кристаллической структуры полупроводников; монокристаллы и поликристаллы; кристаллиты. Типы и физическая природа межатомной связи в твердых кристаллических телах; характеристика ионной, ковалентной и металлической связей в кристаллах. Молекулярные кристаллы; природа дисперсионной, ориентационной и индукционной составляющих взаимодействия сил Ван-дер-Ваальса.
6. Форма орбит валентных электронов в атомах: s, p, d, f, g – орбитали; зависимость координационного числа кристаллической решетки от соотношения радиусов катиона и аниона. Распределение электронной плотности ковалентной связи в атомных кристаллах; направленность и насыщенность ковалентной связи. Потенциальная энергия взаимодействия электрона с ядром атома; снижение уровня потенциального барьера в кристаллах. Принципы образования энергетических зон; физическая природа вырожденного состояния.
7. Функциональное назначение, структура, признаки развития поколений и составные части оптоэлектронных средств.
8. Этапы жизненного цикла и уровни конструктивной иерархии (входимости) оптоэлектронных средств. Признаки системности конструкции. Соотношение понятий проектирование и конструирование оптоэлектронных средств. Задачи, цели и техническое задание на проектирование; комплексная микроминиатюризация; средства проектирования; САПР.
9. Физические принципы действия оптоэлектронных приборов. Типы межзонных и внутризонных переходов электронов с испусканием и поглощением квантов света. Генерация и рекомбинация носителей заряда; длина свободного пробега.
10. Выпрямительные свойства ступенчатых и плавных р-п переходов; энергетическая диаграмма резкого р-п перехода. Виды обратимого и необратимого пробоя р-п переходов; вольт-амперная характеристика р-п перехода при пробое. Физическая природа составляющих обратного тока р-п перехода - теплового тока, токов термогенерации и утечки.
11. Гетеропереходы, их структура и основные энергетические диаграммы; быстродействие переключаемых процессов в гетеропереходах. Физическая причина

формирования электрической емкости р-п перехода в запирающем и проводящем направлениях; расчет барьерной емкости; величина диффузионной емкости.

12. Биполярная и униполярная элементная база цифровых и аналоговых оптоэлектронных средств; пассивная и активная элементная база; источники и приемники излучений.

13. Структура и конструкция светоизлучающих и лазерных диодов. Оптическое усиление в диодах с гетеропереходом. Лазерные диоды с двойным гетеропереходом; квантово-размерные лазерные диоды.

14. Уровни проектирования интегральных устройств – логический, схемотехнический, системотехнический, электрический, физический, топологический, программный. Степень интеграции (закон Мура) и типы логики цифровых микросхем.

15. Виды технологических процессов изготовления изделий по организации и методам выполнения; рабочее место; производственный участок; цех; технологические операции, переходы, оборудование и оснастка. Типовые технологические процессы.

16. Техническое нормирование – основное и вспомогательное время; коэффициент закрепления операций; виды производства - единичный, серийный, массовый.

17. Виды основных и вспомогательных технологических документов; карты технологического процесса – маршрутные, операционные, эскизов. Модель управления качеством продукции предприятия.

18. Технологические процессы межсоединений - коммутационных оснований; объемный и плоскостной монтаж; технология печатного монтажа; световоды; волоконно-оптические линии связи.

19. Лучевые методы формообразования деталей и упрочняюще-чистовой обработки. Лазерные технологии.

Самостоятельная работа студента:

1. Микроэлектронные технологии в оптоэлектронике; группы интегральных микросхем в едином конструктивно-технологическом исполнении; серии микросхем; полупроводниковая, пленочная, гибридная и смешанная технологии изготовления.

2. Корпусные и бескорпусные микросхемы на униполярных транзисторах – МОП и КМОП-логика; микросхемы на биполярных транзисторах – РТЛ, ДТЛ, ТТЛ, ТТЛШ, ЭСЛ, ИИЛ.

3. Прогресс микроэлектронных процессов производства – уменьшение контролируемых размеров топологии от 8 мкм до 10 нм.

4. Тонкопленочные и толстопленочные групповые интегральные технологии. Технология изготовления линеек и матриц лазерных диодов.

5. Обеспечение качества изделий и экономичности оптоэлектронного производства.

6. Технологичность конструкторских решений как свойство изделий оптоэлектроники; экономические, качественные и количественные показатели конструктивного совершенства – системы коэффициентов и требований. Комплексный показатель технологичности конструкции.

7. Отработка конструкции изделия на технологичность; метод экспертных оценок.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

Основная литература:

1. Фролов, В.А. Электронная техника: учебник: в 2 ч. [Электронный ресурс] / В. А. Фролов. — Ч. 1: Электронные приборы и устройства. — М.: УМЦ ЖДТ, 2015. — 532 с.
2. Материаловедение и технологии электроники: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. И. Капустин, А. С. Сигов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 427 с.
3. Метаматериалы и структурно организованные среды для оптоэлектроники, СВЧ-техники и нанофотоники [Электронный ресурс] / А. Ю. Авдеева [и др.]. — Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2013. — 368 с.

Дополнительная литература:

1. Давыдов, В. Н. Физические основы оптоэлектроники: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. Н. Давыдов. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. — 139 с.
2. Цуканов, В. Н. Волоконно-оптическая техника [Электронный ресурс] / В. Н. Цуканов, М. Я. Яковлев. - М.: Инфра-Инженерия. - 2011. - 640 с.
3. Оптические микрорезонаторы с гигантской добротностью [Электронный ресурс] / М. Л. Городецкий - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 416 с.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные аудитории, оснащённые настенной грифельной доской (для мела или маркера), экраном для проекционных средств, проектором и ноутбуком.

Лаборатории кафедры (107-3, 107а) и «Научно образовательного центра «Фотоника и оптоэлектроника» ВлГУ в г. Радужный, оснащённые современным оборудованием для проведения практических и лабораторных занятий по изучению и освоению базовых технологических процессов и операций.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 12.04.05 «Лазерная техника и лазерные технологии», программа подготовки Твёрдотельные полупроводниковые лазерные системы

Рабочую программу составил проф.каф.ФиПМ Давыдов Н.Н.
(ФИО, подпись)

Рецензент
(представитель работодателя) А.А. Давыдов
ФКП «ГЛП Радуга» (место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой ФиПМ Аракелян С.М.
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 12.04.05 «Лазерная техника и лазерные технологии», программа подготовки Твёрдотельные полупроводниковые лазерные системы

Протокол № 1 от 03.09.18 года

Председатель комиссии зав.каф. ФиПМ Аракелян С.М.
(ФИО, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____