

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 7 от 28.06.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Практикум по этапам полупроводниковой технологии

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

11.04.04 - Электроника и наноэлектроника

Направленность образовательной программы

Новые полупроводниковые технологии

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.02 Практикум по этапам полупроводниковой технологии относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-15-нппт: Способен применять современные методы и технологии производства интегральных микросхем и других полупроводниковых приборов	<p>ПК-15-нппт.1: Демонстрирует знания основ технологий, используемых при производстве интегральных микросхем и в смежных областях: проекционная фотолитография, плазмохимическое травление, термическая обработка, ионное легирование (имплантация), жидкостно-химическая обработка, осаждение из газовой фазы (CVD), напыление (PVD), химико-механическая полировка (CMP), методов моделирования технологических процессов, методов интеграции процессов</p> <p>ПК-15-нппт.2: Применяет методы анализа отказов микросхем, методы тестирования полупроводниковых приборов, включая методы контроля/анализа дефектности</p> <p>ПК-15-нппт.3: Владеет основами технологического процесса изготовления интегральных микросхем в общем смысле: от стадии проектирования до тестирования готовой</p>	<p>ПК-15-нппт.1: Знает: З1: основные физические принципы работы устройств, приборов и систем электронной техники.</p> <p>ПК-15-нппт.2: Умеет У1: использовать специализированные знания в области монтажа элементов ЭКБ для обоснования выбора оптимального способа решения поставленных задач.</p> <p>ПК-15-нппт.3: Владеет В1: навыками монтажа полупроводниковых устройств и приборов.</p>	Задания	<p>Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы</p> <p>Зачёт: Отчет по лабораторным работам</p>

	микросхемы			
ПК-2: Способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике современные и эффективные методики экспериментально о исследования параметров и свойств наноматериалов, наноструктур и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	<p>ПК-2.1: Знает методики измерений параметров и свойств наноматериалов, наноструктур и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения</p> <p>ПК-2.2: Способен совершенствовать и внедрять новые методы и методики измерений параметров и свойств наноматериалов, наноструктур и устройств электроники и наноэлектроники</p> <p>ПК-2.3: Имеет навыки использования современных методик экспериментального исследования параметров и свойств наноматериалов, наноструктур и устройств электроники и наноэлектроники</p>	<p>ПК-2.1: Знает:</p> <p>31: основные физические принципы явления и методы исследования люминесценции в полупроводниках;</p> <p>32: физические принципы и методы исследования оптических, структурных и фотоэлектрических свойств полупроводниковых материалов оптоэлектроники;</p> <p>ПК-2.2: Умеет:</p> <p>У1: использовать специализированные знания в области физики конденсированного состояния и оптических технологий для обоснования выбора оптимального способа решения поставленных задач.</p> <p>ПК-2.3: Владеет:</p> <p>В1: опытом использования методик исследования люминесцентных характеристик полупроводников и полупроводниковых наногетероструктур;</p> <p>В2: опытом использования современных методов исследования оптических, структурных и фотоэлектрических свойств полупроводниковых материалов оптоэлектроники.</p>	Задания	<p>Зачёт:</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Зачёт с оценкой:</p> <p>Контрольные вопросы</p>
ПК-3: Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств	<p>ПК-3.1: Знает фундаментальные основы физических явлений и процессов, лежащих в основе работы приборов и устройств электроники и наноэлектроники</p> <p>ПК-3.2: Умеет проводить экспериментальные работы</p>	<p>ПК-3.1: Знать</p> <p>31: фундаментальные основы физических явлений и процессов, лежащих в основе работы полупроводниковых приборов.</p>	Задания	<p>Зачёт:</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Зачёт с оценкой:</p> <p>Контрольные</p>

электроники и наноэлектроники	по отработке и внедрению новых технологических процессов производства изделий электроники и наноэлектроники ПК-3.3: Имеет опыт разработки методик экспериментальной проверки технологических процессов и исследования параметров наноструктурированных материалов	<p>ПК-3.2: Уметь У1: проводить экспериментальные работы по отработке и внедрению новых технологических процессов производства полупроводниковых приборов.</p> <p>ПК-3.3: Владеть В1: опытом экспериментальной проверки технологических процессов и исследования параметров наноструктурированных полупроводниковых материалов.</p>		вопросы
ПК-4: Готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, и способность обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	<p>ПК-4.1: Знает тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники</p> <p>ПК-4.2: Способен рассчитывать предельно допустимые и предельные режимы работы изделий микро- и наноэлектроники</p> <p>ПК-4.3: Имеет навыки обоснованного выбора теоретических и экспериментальных методов исследования изделий микро- и наноэлектроники</p>	<p>ПК-4.1: Знать З1: методы анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых и оптических технологий.</p> <p>ПК-4.2: Уметь У1: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики микро- и наноэлектроники оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.</p> <p>ПК-4.3: Владеть В1: опытом использования основных теоретических и экспериментальных методов изучения оптических, структурных и фотоэлектрических свойств полупроводниковых материалов</p>	Задания	<p>Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы</p> <p>Зачёт: Отчет по лабораторным работам</p>

		оптоэлектроники. В2: навыками постановки экспериментальных исследований;		
<p>ПК-5: Готовность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, методически грамотно излагать материал и представлять его в виде научных отчетов, публикаций, презентаций, методических пособий</p>	<p>ПК-5.1: Знает методы анализа и систематизации результатов исследований, способы представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций</p> <p>ПК-5.2: Умеет методически грамотно излагать материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций</p> <p>ПК-5.3: Имеет навыки анализа и систематизации результатов исследований, представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций</p>	<p>ПК-5.1: Знать: 31: способы критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики оптических и фотоэлектрических эффектов в полупроводниковых структурах оптоэлектроники.</p> <p>ПК-5.2: Уметь: У1: интерпретировать полученные результаты экспериментальных исследований с использованием методов анализа экспериментальных данных и методов элементарной обработки результатов эксперимента</p> <p>ПК-5.3: Владеть: В1: инструментами для обработки и представления полученных экспериментальных данных.</p>	Задания	<p>Зачёт: Отчет по лабораторным работам</p> <p>Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы</p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	8
Часов по учебному плану	288
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	114

- КСР	3
самостоятельная работа	171
Промежуточная аттестация	0
	Зачёт, Зачёт с оценкой

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Люминесценция полупроводников.	71		22	22	49
Спектральные методы исследования.	76		34	34	42
Межоперационные методы подготовки поверхности полупроводниковых и диэлектрических пластин	31		11	11	20
Методы пайки и монтажа.	107		47	47	60
Аттестация	0				
КСР	3			3	
Итого	288	0	114	117	171

Содержание разделов и тем дисциплины

1 семестр

Люминесценция полупроводников. Лабораторные работы «Фотолюминесценция полупроводников и гетероструктур», «Электролюминесценция», «Катодолуминесценция»

2 семестр

Спектральные методы исследования. Лабораторные работы «Спектры отражения и спектры пропускания», «Фотоэлектрические спектры», «Спектры комбинационного рассеяния света»

Межоперационные методы подготовки поверхности полупроводниковых и диэлектрических пластин

3 семестр

Методы пайки и монтажа. Лабораторные работы «Прецизионная пайка элементов ЭКБ», «Присоединение проводов к контактным площадкам методом ультразвуковой микросварки», «Экспрессные методы припайки проводов к полупроводникам»

Практические занятия (лабораторные работы) организуются в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает выполнение цикла лабораторных работ, в которых студенты, предварительно изучив предоставленную литературу на, соответствующую тематике дисциплины,

обсуждают с преподавателем предложенную им задачу, при этом преподаватель проверяет в форме группового собеседования теоретические знания студентов (степень их подготовки), и принимает решение о допуске к выполнению практической части или необходимости дальнейшей дополнительной подготовке студентов.

В ходе собеседования преподаватель может задавать вопросы для проверки знаний студентов и высказывать конструктивные критические замечания к озвученным ответам, просить студентов уделить особое внимание какому-нибудь аспекту рассматриваемого устройства, или дополнительно ознакомиться/повторить содержательную часть предоставленных материалов.

В случае принятия решения о допуске к выполнению практической части работы, преподаватель в обязательном порядке знакомит студентов с правилами и техникой безопасности при работе, как с электрооборудованием, так и при работе с лазерными излучающими устройствами в том числе, предназначенных для работы в ИК диапазоне.

Самостоятельная работа студентов связана с применением компьютерных и информационно-коммуникационных технологий, а также современного исследовательского аналитического и технологического оборудования.

На проведение практических занятий (лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 115 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

Выполнение научно-исследовательских задач профессиональной деятельности: Сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи. Подготовка научно-технических отчетов, обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары. Фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности. Разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов. Разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере.

Выполнение производственно-технологических задач профессиональной деятельности: Разработка технических заданий на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники. Проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства. Разработка технологической документации на проектируемые устройства, приборы и системы электронной техники. Обеспечение технологичности изделий электронной техники и процессов их изготовления, оценка экономической эффективности технологических процессов. Авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники на этапах проектирования и производства.

- компетенций:

- ПК-2. Способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике современные и эффективные методики экспериментального исследования параметров и свойств наноматериалов, наноструктур и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;
- ПК-3. Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники;
- ПК-4. Готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, и способность обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач;

- ПК-5. Готовность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, методически грамотно излагать материал и представлять его в виде научных отчетов, публикаций, презентаций, методических пособий;
- ПК-15-нппт. Способен применять современные методы и технологии производства интегральных микросхем и других полупроводниковых приборов.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий лабораторного типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 114 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа студентов включает активное изучение учебно-методического материала и учебной литературы, перечень которой приведен в п.6 настоящей рабочей программы дисциплины.

Основной целью самостоятельной работы является разбор лекционного материала, подготовка к выполнению лабораторных работ и анализ результатов, полученных в ходе выполнения лабораторных работ.

Для проведения самостоятельной работы обучающимся предоставляются доступ к компьютерной технике и доступ к исследовательскому оборудованию (после сдачи допуска для работы с ним), перечень которого приведен в п.7 настоящей рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-15-нппт:

Обобщение и анализ полученных экспериментальных

результатов

Знакомство с техникой безопасности при работе с современным исследовательским оборудованием.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

Ознакомление с теоретической частью лабораторной работы.

Выбор и обоснование выбора экспериментальных методик для решения поставленных задач

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Выбор и обоснование выбора объектов исследования и экспериментальных методик

Допуск к лабораторной работе

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Формирование технического задания на проект (лабораторную работу). Формулировка целей и задач проекта

Проведение экспериментальных исследований по теме проекта

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-5:

Сдача отчета по проекту (лабораторной работе), в том числе – ответы на дополнительные вопросы

Оформление отчетных материалов в соответствии с установленными требованиями

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	предполагает удовлетворительный уровень знаний, умений и владений (навыков), изложенных в программе курса
не зачтено	предполагает неудовлетворительный уровень знаний, умений и владений (навыков), изложенных в программе курса

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой

	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-15-нптт

1. Расскажите какие методы монтажа полупроводниковых приборов вы знаете.
2. Расскажите принцип ультразвуковой сварки методами «клин-клин», «шарик-клин», «шарик- шарик».
3. Расскажите об основных органах управления установки УЗ сварки НВ-16.
4. Какова точность монтажа на установке УЗ сварки НВ-16 и на Fineplacerlambda.
5. В каких задачах применяется метод УЗ сварки.
6. В каких задачах применяется метод прецизионной пайки.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Дайте определение люминесценции. Какие виды люминесценции различают в зависимости от способа возбуждения?
2. Назовите факторы, влияющие на интенсивность фотолюминесценции, электролюминесценции, катодолюминесценции.
3. Переведите диапазон длин волн, соответствующий видимому свету 400-700 нм/ соответствующий ближнему инфракрасному свету 700 - 1400 нм, в диапазон выраженный в эВ, см-1, μm .
4. Нарисуйте зонную диаграмму гетероструктуры с квантовой ямой и укажите на ней параметры энергетического спектра квантовой ямы.

5. Назовите методы фотоэлектрической спектроскопии.
6. Сравните процесс возникновения фотоэдс в р-і-п диоде и барьере Шоттки.
7. Объясните влияние кристаллического совершенства полупроводника на его оптические свойства (спектральные зависимости коэффициента отражения и коэффициента поглощения).
8. Объясните, какие особенности имеет спектроскопия комбинационного рассеяния при исследовании полупроводников (нелегированного и легированного донорной или акцепторной примесью). Как проявляется электрон-фононное взаимодействие в спектрах комбинационного рассеяния полупроводников (появление связанной фонон-плазмонной моды)?
9. Опишите, какую информацию из спектров комбинационного рассеяния можно получить по кристаллическому совершенству и уровню легирования полупроводниковых материалов.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. На какие виды можно классифицировать поверхностные загрязнения?
2. Каким образом удаляются остатки травителя после химического травления с поверхности пластин?
3. От каких загрязнений удаётся очистить пластины в растворах на основе перекиси водорода?
4. Какие существуют методы контроля чистоты поверхности пластин?

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Опишите схему установки для измерения фотолюминесценции / электролюминесценции / катодолуминесценции, назначение её составных частей.
2. Поясните схему и процедуру измерений фотолюминесценции / электролюминесценции / катодолуминесценции.
3. Опишите схему установки для измерения фотоэлектрических спектров, назначение её составных частей.
4. Приведите и объясните основные выражения, характеризующие оптические свойства полупроводника: спектральные зависимости коэффициента отражения, коэффициента поглощения, показателя преломления и диэлектрической функции при почти нормальном падении излучения.
5. Опишите последовательность выполнения лабораторной работы с использованием выбранных методик и изучаемого материала.

5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-5

1. Опишите, как Вы будете использовать результаты полученные другими авторами и данные из литературных источников для анализа полученных Вами экспериментальных данных.

2. Расскажите, как Вы будете обрабатывать и представлять полученные экспериментальные результаты.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-15-нптт

При проверке отчета по лабораторной работе преподавателем оценивается

- степень понимания целей работы, в том числе – умение соотнести цели и задачи работы (проекта) с более общими целями и задачами своей научно-исследовательской работы;

5.3.7 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-2

При проверке отчета по лабораторной работе преподавателем оценивается:

- степень владения исследовательским оборудованием, а также специализированным программным обеспечением;

5.3.8 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-3

При проверке отчета по лабораторной работе преподавателем оценивается:

- умение объяснить полученные результаты с использованием базовых и дополнительных источников, а также знаний, полученных при изучении профильных дисциплин

5.3.9 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-4

При проверке отчета по лабораторной работе преподавателем оценивается:

- степень достижения поставленных целей (соответствие объема выполненной работы минимальным требованиям, установленным в учебном или учебно-методическом пособии);

5.3.10 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-5

При проверке отчета по лабораторной работе преподавателем оценивается:

- обоснованность полученных выводов (качество анализа полученных экспериментальных результатов, включая сопоставление полученных результатов с литературными данными, а также данными, полученными другими исследователями);
- умение представить полученные результаты (оформить отчет в соответствии с требованиями, изложенными в учебном или учебно-методическом пособии).

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	предполагает удовлетворительный уровень знаний, умений и владений (навыков), изложенных в программе курса
не зачтено	предполагает неудовлетворительный уровень знаний, умений и владений (навыков), изложенных в программе курса

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Сивухин Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : [для физ. специальностей вузов]. [Т. 4]. Оптика. - 2-е изд., испр. - М. : Наука, 1985. - 751 с. : ил. - 2.00., 22 экз.
2. Матвеев Алексей Николаевич. Оптика : учеб. пособие для физ. специальностей вузов. - М. : Высшая школа, 1985. - 351 с. : ил. - 1.40., 68 экз.
3. Пека Генриета Павловна. Люминесцентные методы контроля параметров полупроводниковых

- материалов и приборов / под ред. Г. П. Пека. - Киев : Техника, 1986. - 151, [1] с. : ил. - 0.60., 1 экз.
4. Грибковский Виктор Павлович. Теория поглощения и испускания света в полупроводниках. - Минск : Наука и техника, 1975. - 463 с. : граф. - 2.98., 2 экз.
5. Лебедева Вера Владимировна. Техника оптической спектроскопии : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГУ, 1986. - 351, [1] с. : ил. - 1.00., 3 экз.
6. Рывкин Соломон Меерович. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. - М. : Физматгиз, 1963. - 494 с. : ил.1. - (Физика полупроводников и полупроводниковых приборов). - 1.49., 10 экз.
7. Шалимова Клавдия Васильевна. Физика полупроводников : учебник. - Изд. 4-е, стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. - 400 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0922-8 : 703.56., 39 экз.
8. Савельев И. В. Курс общей физики. В 3-х тт. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц : учебник для вузов / Савельев И. В. - 14-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 320 с. - Допущено Научно-методическим советом по физике Министерства образования и науки РФ в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим (550000) и технологическим (650000) направлениям. - Книга из коллекции Лань - Физика. - ISBN 978-5-507-47045-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=863477&idb=0>.
9. Уханов Юлий Иванович. Оптические свойства полупроводников / под ред. В. М. Тучкевича. - М. : Наука, 1977. - 366 с. : ил. - (Физика полупроводников и полупроводниковых приборов). - 1.43., 3 экз.
10. Сущинский М. М. Спектры комбинационного рассеяния молекул и кристаллов. - М. : Наука, 1969. - 576 с. : ил. - (Физика и техника спектрального анализа. Библиотека инженера). - 1.99., 3 экз.
11. Конингстайн И. А. Введение в теорию комбинационного рассеяния света / пер. с англ. М. Р. Алиева [и др.] ; под ред. В. Т. Алексяняна. - М. : Мир, 1975. - 192 с. : черт. - 1.19., 2 экз.
12. Ю Питер. Основы физики полупроводников = Fundamentals of Semiconductors / пер. с англ. И. И. Решиной ; под ред. Б. П. Захарчени. - М. : Физматлит, 2002. - 560 с. - ISBN 5-9221-0268-0 : 56.00., 3 экз.
13. Рассеяние света в твердых телах / под ред. М. Кардоны ; пер. с англ. Б. Х. Байрамова, З. М. Хашхожева ; под ред. Б. П. Захарчени. - М. : Мир, 1979. - 392 с., 1 л. ил. : ил. - (Проблемы прикладной физики). - 2.70., 2 экз.
14. Красников Геннадий Яковлевич. Система кремний - диоксид кремния субмикронных СБИС. - М. : Техносфера, 2003. - 384 с. : ил. - ISBN 5-94836-008-3 : 80.00., 2 экз.
15. Голото Иван Данилович. Чистота в производстве полупроводниковых приборов и интегральных схем. - М. : Энергия, 1975. - 209 с. : ил. - 0.61., 2 экз.
16. Коледов Леонид Александрович. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок : [учеб. для вузов по специальности "Конструирование и технология радиоэлектрон. средств"]. - М. : Радио и связь, 1989. - 399, [1] с. : ил. - ISBN 5-256-00142-6 (в пер.) : 1.30., 4 экз.
17. Хренов Константин Константинович. Сварка, резка и пайка металлов. - Изд. 4-е, стер. - М. : Машиностроение, 1973. - 408 с. : ил. - 1.51., 1 экз.
18. Маргулис Миля Аркадьевич. Звукохимические реакции и сонолюминисценция. - М. : Химия, 1986. - 285, [1] с. : ил. - 3.20., 1 экз.
19. Сиротюк Мстислав Григорьевич. Акустическая кавитация / отв. ред. В. А. Акуличев, Л. Р. Гаврилов ; РАН, Дальневост. отд-ние, Тихоокеан. океанол. ин-т им. В. И. Ильичева. - М. : Наука, 2008. - 271 с. - Библиогр.: с. 253 - 268. - ISBN 978-5-02-036656-5 : 80.00., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Карпович Игорь Алексеевич. Фотоэлектрическая диагностика квантово-размерных гетеронаноструктур : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям 210600 - "Нанотехнология в электронике" и 210100 - "Электроника и микроэлектроника" / И. А. Карпович, Д. О. Филатов ; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - 2-е изд., перераб. и доп. - Нижний Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2010. - 98 с. - ISBN 978-5-91326-156-4., 20 экз.
2. Физика твердого тела : лаб. практикум : учеб. пособие для вузов : в 2 т. Т. 2. Физические свойства твердых тел / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского ; под ред. А. Ф. Хохлова. - 2-е изд., испр. - М. : Высшая школа, 2001. - 484 с. - ISBN 5-06-004022-4 (т. 2). - ISBN 5-06-004023-2 : 37.80., 37 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. <http://www.lib.unn.ru/> - сайт Фундаментальной библиотеки ННГУ.
2. <http://www.unn.ru/books/> - фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ.
3. <http://www.sciencedirect.com> – сайт международного издательства «Elsevier», публикующего статьи и монографии по актуальным направлениям физики конденсированного состояния и физического материаловедения, совпадающим с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.
4. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - российская научная электронная библиотека «Elibrary», публикующая статьи, тематика которых совпадает с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.
5. <http://znaniyum.com> – сайт электронно-библиотечной системы «Znaniyum.com», содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.
6. <http://eqworld.ipmnet.ru/> - сайт электронной библиотеки EqWord, содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.
7. <http://expoelectronica.primexpo.ru/ru/archive/2012/fineline>.
8. <http://www.amtechultrasonic.com>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебно-лабораторный интерактивный комплекс «Схемотехника радиофотоники» для проведения занятий со студентами с использованием современного технологического оборудования, современных условий производства (чистых зон), современных методов измерений характеристик изделий микроэлектроники, предусмотренных программой, оснащенный - чистой зоной (ISO-7) для обеспечения технологического процесса и ознакомления студентов с правилами работы в чистых помещениях; - высокотехнологичным оборудованием:

- фемтосекундный лазер FX200 – для исследования динамических эффектов в элементах оптоэлектроники, развития методической базы и привлечения студентов к современным методам измерений характеристик оптоэлектронных компонент;
- пикосекундный лазер PX110 – для исследования динамических эффектов в элементах оптоэлектроники, элемент технологического цикла оптоэлектроники, разработка новой технологической линейки с использованием методов лазерного отжига, обучение студентов современным технологическим процессам;

- установка микросварки RM-BW – технологический компонент для присоединения контактов к полупроводниковым компонентам, обучение студентов практическим навыкам работы на автоматизированном монтажном оборудовании.

Для выполнения лабораторных работ со стороны НИФТИ ННГУ предоставляется доступ к современному исследовательскому и технологическому оборудованию, необходимому для проведения практических занятий, в том числе:

- универсальная установка для гальваномагнитных и оптических исследований на базе криостата Janis CCS-300S/202;
- спектрофотометр Cary 6000i фирмы Varian;
- комплексе рамановской спектроскопии NTEGRA Spectra производства компании NT-MDT;
- вытяжной шкаф с химическими реактивами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 11.04.04 - Электроника и наноэлектроника.

Автор(ы): Вихрова Ольга Викторовна, кандидат физико-математических наук

Демина Полина Борисовна

Самарцев Илья Владимирович

Маник Ирина Михайловна

Дорохин Михаил Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Чувильдеев Владимир Николаевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.05.2023, протокол № б/н.