

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Практикум по технологиям радиофотоники

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

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.04 Практикум по технологиям радиофотоники 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-14-нппт: Способен разрабатывать и тестировать современные изделия радиофотоники	<p>ПК-14-нппт.1: Демонстрирует знания элементной базы радиофотоники, принципов работы модуляторов света по схеме Маха-Цендера, технологии изготовления модуляторов света по схеме Маха-Цендера</p> <p>ПК-14-нппт.2: Задает рабочие параметры модуляторов света</p> <p>ПК-14-нппт.3: Осуществляет различные виды стабилизации программных алгоритмов, управляющих модулятором по схеме Маха-Цендера</p> <p>ПК-14-нппт.4: Владеет методиками измерения основных параметров модуляторов</p> <p>ПК-14-нппт.5: Имеет практический опыт работ по изготовлению модуляторов</p>	<p>ПК-14-нппт.1: Знать физические принципы и методы напыления тонких металлических пленок на поверхность полупроводниковых структур</p> <p>ПК-14-нппт.2: Уметь использовать специализированные знания в области напыления тонких металлических пленок</p> <p>ПК-14-нппт.3: Уметь обосновывать выбор оптимального способа решения поставленных задач.</p> <p>ПК-14-нппт.4: Владеть навыком использования различных методов напыление металлических контактов к полупроводниковым структурам.</p> <p>ПК-14-нппт.5: Владеть навыком работы с тонкими металлическими пленками</p>	Задания	<p>Зачёт: Отчет по лабораторным работам</p> <p>Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы</p>
ПК-3: Способность применять	ПК-3.1: Знает	ПК-3.1:	Задания	

<p>фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники</p>	<p>фундаментальные основы физических явлений и процессов, лежащих в основе работы приборов и устройств электроники и наноэлектроники ПК-3.2: Умеет проводить экспериментальные работы 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>	<p>Знать фундаментальные основы физических явлений и процессов, лежащих в основе работы приборов радиофотоники. ПК-3.2: Уметь проводить экспериментальные работы по отработке и внедрению новых технологических процессов производства приборов радиофотоники. ПК-3.3: Владеть опытом экспериментальной проверки технологических процессов и исследования параметров приборов радиофотоники.</p>		<p>Зачёт: Отчет по лабораторным работам Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы</p>
<p>ПК-9: Готовность осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства</p>	<p>ПК-9.1: Знает принципы работы устройств, приборов и систем электронной техники ПК-9.2: Способен разрабатывать устройства, приборы и системы электронной техники, готов осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств на этапах проектирования и производства ПК-9.3: Имеет навыки разработки устройств, приборов и системы электронной техники</p>	<p>ПК-9.1: Знать Основные физические принципы работы приборов радиофотоники. ПК-9.2: Уметь использовать специализированные знания в области технологий радиофотоники ПК-9.3: Уметь обосновывать выбор оптимального способа решения поставленных задач</p>	<p>Задания</p>	<p>Зачёт: Отчет по лабораторным работам Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы</p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180

в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	92
- КСР	2
самостоятельная работа	86
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	
0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	
Плёночные металлические контакты	107		60	60	47
Методы фотолитографии	71		32	32	39
Аттестация	0				
КСР	2			2	
Итого	180	0	92	94	86

Содержание разделов и тем дисциплины

2 семестр

Плёночные металлические контакты. Лабораторные работы «Напыление контактов к полупроводникам методом электронно-лучевого испарения», «Напыление контактов к полупроводникам методом термического испарения», «Напыление тонких плёнок методом импульсного лазерного осаждения», «Напыление контактов к полупроводникам методом магнетронного распыления»

3 семестр

Методы фотолитографии. Лабораторные работы «Химические основы методики фотолитографии», «Совмещение элементов в процессе фотолитографии», «Проведение процесса фотолитографии на установке экспонирования и совмещения»

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.

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.

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 92 часа.

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-3. Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники.

– ПК-14-нпнт. Способен разрабатывать и тестировать современные изделия радиофотоники.

– ПК-9. Готовность осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий лабораторного типа.

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 - 92 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, основной и вспомогательной учебной литературы, перечень которой приведен в п.6 настоящей рабочей программы дисциплины.

Основной целью самостоятельной работы является 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-14-нппт:

Выбор и обоснование выбора экспериментальных методик для решения поставленных задач

Проведение экспериментальных исследований по теме проекта

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

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

Ознакомление с теоретической частью лабораторной работы.

Выбор и обоснование выбора объектов исследования и экспериментальных методик

Обобщение и анализ полученных экспериментальных результатов

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

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

Знакомство с техникой безопасности при работе с современным исследовательским оборудованием.

Допуск к лабораторной работе

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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы 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	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован 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 - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-14-нптт

При проверке отчета по лабораторной работе преподавателем оценивается:

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

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

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;
- степень достижения поставленных целей (соответствие объема выполненной работы минимальным требованиям, установленным в учебном или учебно-методическом пособии);
- качество и достоверность полученных экспериментальных результатов.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-9

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

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-14-нппт

1. Что такое идеальный контакт металл/полупроводник?
2. Нарисуйте вольтамперную/вольтфарадную характеристику идеального контакта и сравните с характеристиками реального контакта.
3. Что такое барьер/диод Шоттки? Применение диодов Шоттки? В чем заключается влияние неидеальности контакта на свойства барьеров Шоттки?
4. Как осуществляется измерение параметров диодов Шоттки по ВАХ и ВФХ?
5. Перечислите методы формирования металлических контактов к полупроводниковым структурам.
6. Из каких основных функциональных частей состоит установка установки вакуумного напыления?
7. Для чего используется планетарная система подложкодержателя в установках вакуумного напыления?
8. Расскажите про классификацию вакуумных методов осаждения по методу генерации потока частиц.
9. Расскажите физические принципы напыления контактов к полупроводникам методом электронно-лучевого испарения.
10. Расскажите физические принципы напыления контактов к полупроводникам методом термического испарения.
11. Расскажите физические принципы напыления тонких пленок методом импульсного лазерного осаждения.
12. Расскажите физические принципы напыления контактов к полупроводникам методом магнетронного распыления.
13. Зачем формируется меза структура на поверхности образцов?

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

1. Что такое литография? Для чего нужен процесс литографии?
2. Какие существуют литографии?
3. Перечислите достоинства фотолитографического метода.
4. Какая длина волны применяется в фотолитографии?

5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-9

1. Перечислите этапы литографического процесса.

2. Перечислите операции литографического процесса.
3. Какие методы нанесения фоторезиста вы знаете?
4. Перечислите достоинства и недостатки метода центрифугирования.

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»

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

Основная литература:

1. Стриха Виталий Илларионович. Полупроводниковые приборы с барьером Шоттки : Физика, технология, применение / под ред. В. И. Стрихи. - М. : Советское радио, 1974. - 248 с. : черт. - 1.50., 1 экз.
2. Ефимов И. Е. Основы микроэлектроники : учебник. - Изд. 3-е, стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. - 384 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0866-5 : 442.97., 3 экз.

3. Шука Александр Александрович. Нанoeлектроника : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Прикладные математика и физика" / под общ. ред. Ю. В. Гуляева. - М. : Физматкнига, 2007. - 464 с. - (Электроника / МФТИ). - ISBN 978-5-89155-163-3 : 203.20., 12 экз.
4. Родерик Эмвил Х. Контакты металл - полупроводник / пер. с англ. О. Ф. Шевченко, В. И. Покалякина ; под ред. Г. В. Степанова. - М. : Радио и связь, 1982. - 208 с. : ил. - 0.80., 3 экз.
5. Технология СБИС : в 2 кн. [Кн.] 2 / под ред. С. Зи ; пер. с англ. под ред. Ю. Д. Чистякова ; [авт. кн.: К. Могэб и др.] ; пер. кн. В. Н. Лейкина [и др.]. - М. : Мир, 1986. - 453 с. : ил. - 2.30., 2 экз.
6. Курносов Анатолий Иванович. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем : [учеб. пособие для вузов по специальностям "Полупроводники и диэлектрики" и "Полупроводниковые приборы"]. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1986. - 367, [1] с. : ил. - 1.30., 29 экз.
7. Аваев Николай Александрович. Основы микроэлектроники : учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов. - М. : Радио и связь, 1991. - 287, [1] с. : ил. - ISBN 5-256-00692-4 (в пер.) : 2.00., 52 экз.
8. 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.
9. Красников Геннадий Яковлевич. Система кремний - диоксид кремния субмикронных СБИС. - М. : Техносфера, 2003. - 384 с. : ил. - ISBN 5-94836-008-3 : 80.00., 2 экз.
10. Валиев Камиль Ахметович. Цифровые интегральные схемы на МДП-транзисторах / под ред. К. А. Валиева. - М. : Советское радио, 1971. - 384 с. : черт. - 1.15., 1 экз.
11. Курносов Анатолий Иванович. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем : [для вузов по специальностям "Полупроводники и диэлектрики" и "Полупроводниковые приборы"]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1979. - 367 с. : ил. - 1.20., 3 экз.
12. 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.
13. Черняев Владимир Николаевич. Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров : [учеб. для вузов по специальностям "Конструирование и пр-во электрон.-вычисл. аппаратуры", "Конструирование и пр-во радиоаппаратуры"]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1987. - 463, [1] с. : ил. - Загл. корешка: Технология интегральных микросхем. - 1.40., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Митрохин В. И. Метрология, стандартизация и технические измерения : методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 11.03.04 «электроника и нанoeлектроника» (профиль «микроэлектроника и твердотельная электроника») всех форм обучения / Митрохин В. И., Винокуров А. А., Анисимов А. Д. - Воронеж : ВГТУ, 2022. - 32 с. - Книга из коллекции ВГТУ - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=802091&idb=0>.

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://elibrary.ru/defaultx.asp> - российская научная электронная библиотека «Elibrary», публикующая статьи, тематика которых совпадает с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.
4. <http://znaniyum.com> – сайт электронно-библиотечной системы «Znaniyum.com», содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.

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:

- вакуумная установка для нанесения металлических слоёв Torr International;
- установка импульсного лазерного нанесения в вакууме;
- комплект фотолитографического оборудования на базе установки совмещения и экспонирования ЭМ-5026М1.

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): Здоровейщев Антон Владимирович, кандидат физико-математических наук
Мухина Ольга Владимировна
Дорохин Михаил Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Нохрин Алексей Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 09.01.2024, протокол № б/н.