

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

Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
11.04.04 - Электроника и нанoeлектроника

Направленность образовательной программы
Новые полупроводниковые технологии

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.06 Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники относится к обязательной части 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
УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1: Знает методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации УК-1.2: Умеет применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации УК-1.3: Владеет методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; - методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий	УК-1.1: Знать принципы работы устройств, приборов и систем электронной техники. УК-1.2: Уметь использовать специализированные знания в области монтажа элементов ЭКБ для обоснования выбора оптимального способа решения поставленных задач. УК-1.3: Владеть навыками монтажа полупроводниковых	Опрос	Экзамен: Контрольные вопросы
ОПК-2: Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы	ОПК-2.1: Знает методы синтеза и исследования моделей ОПК-2.2: Умеет адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования ОПК-2.3: Владеет навыками методологического анализа научного исследования и его	ОПК-2.1: Знать методы синтеза материалов электронной компонентной базы ОПК-2.2: Уметь ставить задачи исследования функциональных характеристик электронных приборов ОПК-2.3: Владеть навыками анализа	Опрос	Экзамен: Контрольные вопросы

	результатов	результатов исследований характеристик электронных приборов;		
ОПК-3: Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач	ОПК-3.1: Знает принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий, типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств в дисциплинах профессионального цикла и профессиональной сфере деятельности ОПК-3.2: Умет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной и образовательной сфер деятельности ОПК-3.3: Владеет методами математического моделирования приборов и технологических процессов с использованием современных информационных и компьютерных технологий	ОПК-3.1: Знать принципы работы специализированного ПО для выполнения задач по анализу работы ЭКБ ОПК-3.2: Уметь использовать специализированное ПО для анализа работу устройств ЭКБ ОПК-3.3: Владеть методами исследования устройств ЭКБ с использованием современных информационных компьютерных технологий	Исследовательское задание	Экзамен: Контрольные вопросы
ОПК ОС-5: Способность проводить инновационную научно-исследовательскую деятельность с применением фундаментальных знаний о физических свойствах систем с пониженной размерностью и учетом современных тенденций развития нанотехнологий	ОПК ОС-5.1: Знает фундаментальные основы нанотехнологий, физические свойства систем с пониженной размерностью ОПК ОС-5.2: Знает современные тенденции развития нанотехнологий и умеет учитывать их в своей профессиональной деятельности ОПК ОС-5.3: Способен проводить инновационную научно-исследовательскую деятельность с применением фундаментальных знаний о физических свойствах систем с пониженной размерностью и учетом	ОПК ОС-5.1: Знать фундаментальные основы технологий и систем, используемых при конструировании современных приборов ЭКБ; Уметь использовать современные технологии для анализа фундаментальных свойств приборов ЭКБ; Владеть навыками выполнения технологических операций по созданию структур ЭКБ ОПК ОС-5.2: Знать: современные тенденции	Опрос	Экзамен: Контрольные вопросы

	современных тенденций развития нанотехнологий	развития нанотехнологий в сфере создания приборов ЭКБ ОПК ОС-5.3: Уметь: учитывать современные тенденции развития нанотехнологий в сфере создания приборов ЭКБ; Владеть: навыками проведения научно-исследовательских работ в сфере изучения структур ЭКБ		
--	---	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	58
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

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/ лабора торные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Введение. Основные термины и определения предмета «Актуальные проблемы современной электроники»	4	2		2	2

Тема 2: Роль поверхности в создании устройств микро- и наноэлектроники	4	2		2	2
Тема 3: Создание интегральных устройств методами литографии. Литография высокого разрешения	4	2		2	2
Тема 4: Технология тонких пленок и многослойных структур	4	2		2	2
Тема 5: Квантовая инженерия	8	4		4	4
Тема 6: Элементная база микроволновых систем	4	2		2	2
Тема 7: Перспективы кремния	4	2		2	2
Измерение малых сигналов	74		32	32	42
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	16	32	50	58

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Введение. Основные термины и определения предмета «Актуальные проблемы современной электроники»

Тема 2: Роль поверхности в создании устройств микро- и наноэлектроники

Тема 3: Создание интегральных устройств методами литографии. Литография высокого разрешения

Тема 4: Технология тонких пленок и многослойных структур

Тема 5: Квантовая инженерия

Тема 6: Элементная база микроволновых систем

Тема 7: Перспективы кремния

Измерение малых сигналов. Лабораторные работы: «Сигналы: аналоговый, дискретный, квантовый, цифровой; Фурье обработка сигналов; Шумы; Децибеллы; Фильтры сигналов; Синхронное детектирование; Экранирование электронных схем»

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 лекционного материала, основной и вспомогательной учебной литературы, а также соответствующих разделов учебных и учебно-методических пособий, перечень которых приведен в п.7 настоящей рабочей программы дисциплины.

Основной целью самостоятельной работы является подготовка к выполнению лабораторных работ (практических занятий), анализ результатов, полученных в ходе выполнения лабораторных работ, а также решение задач, заданных преподавателем для самостоятельного разбора.

В случае отклонения студента от графика учебного процесса по какой-либо причине, в рамках самостоятельной работы может выделяться время на выполнение той части лабораторной работы, по которой имеет место отставание обучающегося от графика.

Для проведения самостоятельной работы обучающимся предоставляются свободные

аудитории, доступ к компьютерной технике и, в случае необходимости, доступ к исследовательскому оборудованию, перечень которого приведен в п.8 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 - Опрос) для оценки сформированности компетенции УК-1:

1. Принцип работы диода с р-п переходом.
2. Какие контакты металла к полупроводнику считаются выпрямляющими, какие – невыпрямляющими.
3. Какие факторы теплового воздействия приводят к деградации полупроводниковых приборов.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

1. Чем отличается электронно-лучевое испарение от магнетронного распыления с точки зрения нанесения тонких плёнок?
2. По каким измерениям возможно рассчитать концентрацию носителей заряда в приповерхностной области полупроводника?
3. Как уменьшить темновые токи полупроводникового фотоприёмника?

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК ОС-5:

1. Какие технологические операции необходимо выполнить для создания фотоприёмника?
2. Каким образом возможно измерение профиля концентрации носителей в диоде с р-п переходом?
3. Укажите, чем определяется минимальный топологический размер микросхемы?

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	предполагает удовлетворительный уровень знаний, умений и владений (навыков),

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

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Исследовательское задание) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:

1. Выполнить анализ и рассчитать рабочие характеристики диода с p-n переходом по результатам измерения ВАХ;
2. Выполнить анализ и рассчитать рабочие характеристики диода с барьером Шоттки по результатам измерения ВАХ;
3. По результатам анализа ВАХ диода дать рекомендации по увеличению рабочего тока.

Критерии оценивания (оценочное средство - Исследовательское задание)

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	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	отказа обучающегося от ответа		ошибок	несколько негрубых ошибок	несколько несущественных ошибок	нет.	
<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 отдельным 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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 - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-1

Сформулируйте основные термины, определения и тенденции предмета «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники».

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

1. Что понимают под атомным кластером? Каковы современные методы получения и исследования структур с атомными кластерами? Что понимают под межфазными границами?
2. Каковы возможности эпитаксии в формировании структур с минимальным рассогласованием по параметрам решетки? Какая полупроводниковая структура называется напряженной и каковы их применения?
3. Что понимают под эпитаксией? В чем разница/что общего между МЛЭ и МОСГЭ? Какие поверхностные процессы происходят при выращивании тонкой пленки методом МЛЭ, МОСГЭ? Каковы преимущества метода МЛЭ/МОСГЭ?
4. Что представляет собой послойный рост/островковый рост/рост Странски – Крастанова, каков его механизм? Каковы принципы жидкостной эпитаксии? Что такое «гетероэпитаксия», «гомоэпитаксия». Каковы возможности контроля структуры и элементного состава плёнок в методе МЛЭ/МОСГЭ?
5. В чём отличие микрочастиц от макрочастиц? Что понимают под квантовой ямой, квантовой нитью, квантовой точкой? Что понимают под самоорганизацией, каков природный процесс самоорганизации твердотельных наноструктур? Что представляют собой искусственные периодические структуры, почему их называют сверхрешётками? Какие Вы знаете виды сверхрешеток?
6. Каковы преимущества магнетронного распыления по сравнению с термическими способами осаждения? Каким способом получают многослойные структуры металлов?
7. Что представляют собой структуры кремний-на-изоляторе (КНИ)? Что представляют собой углеродные нанотрубки и каковы идеи создания на их основе электронных устройств?
8. Что понимают под сверхпроводимостью? Почему электрическое сопротивление должно исчезать при абсолютном нуле? Что понимают под сверхпроводниками I и II рода? Что

такое «куперовская пара»? В чем заключается наиболее популярная модель сверхпроводимости и кто ее авторы?

9. Что понимают под температурной стойкостью изделий электронной техники? Что понимают под активным/пассивным способом теплоотвода? Что происходит в электронных устройствах при воздействии радиации? Каковы меры по повышению радиационной стойкости изделий электронной техники?
10. Каковы основные преимущества структур КНИ перед обычными кремниевыми подложками? Каковы основные свойства технологии сращивания пластин? Каковы преимущества структур КНС и каковы ограничения в развитии КНС направления? Каковы преимущества карбидокремниевой электроники?
11. Определение понятий шума и фона. Гистограмма. Виды шумов, отличительные особенности. Единица измерения дБ. Что измеряется в этих величинах. Измерение соотношения сигнал/шум. Фильтрация сигналов. Виды фильтров. Классификация фильтров по форме АЧХ. Как получить АЧХ фильтра? Характерные особенности фильтров. На что влияет «порядок» фильтра.

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

1. Какова задача фотолитографии? Что такое законом Мура? Каков прогноз уменьшения длины затвора МДП-транзисторов? Каковы длины волн эксимерных лазеров и от чего они зависят?
2. Теоретической модели высокотемпературной сверхпроводимости, разработанной ак. В. Л. Гинзбургом? Каковы основные области применения и преимущества ВТСП? Какой параметр определяет высокочастотные свойства ВТСП материалов?
3. Какой диапазон волн используется для телевизионного вещания? Каковы основные преимущества сотовых систем телевидения? Каковы преимущества систем мобильной связи? Какие устройства составляют элементную базу волоконно-оптических линий связи?
4. Понятие финитного сигнала. Расчёт энергии и средней мощности сигнала. Опишите характеристики сигналов. Виды сигналов, опишите их отличие. Опишите физический смысл разложение сигнала в ряд Фурье. Разложите в ряд Фурье простейшие сигналы (синус, меандр, пила, треугольник, импульс).

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК ОС-5

1. Что вы понимаете под идеальным/реальным кристаллом и идеальной/реальной поверхностью? Какова природа поверхностного потенциала? Какие внешние факторы оказывают влияние на свойства поверхности?
2. Какие энергетические поверхностные состояния называются быстрыми/медленными? Каково время установления их равновесия с объёмом? Каковы концентрации поверхностных состояний?
3. Каковы виды литографии высоких энергий? Каковы главные преимущества рентгеновской литографии? В чем состоит ионная литография? Каково место электронно-лучевой обработки в технологии микросхем?
4. Что представляет собой эффект размерного квантования? Приведите пример структуры с двумерным электронным газом? В чём состоит принцип соответствия? Каковы практические применения процесса туннелирования электрона? Что представляет собой холодная эмиссия электронов из металлов?
5. Почему кремний является основным материалом современной микроэлектроники? Сравните электрическое сопротивление/теплопроводность монокристаллического и пористого кремния. Проблемы использования монокристаллического кремния в оптоэлектронике?
6. Каковы частоты и длины волн сверхвысокочастотного диапазона? Каковы сферы применения микроволновой техники в настоящее время? Какое соотношение связывает длину волны, скорость распространения волны и частоту колебаний электромагнитного поля?
7. Какова природа радиоволн? Сравните скорости движения электрона и распространения электромагнитного поля по телефонному проводу. От каких факторов зависит предельно достижимая скорость передачи данных?
8. Что такое «лазер»? Что представляет собой лазер на двойной гетероструктуре (ДГС-лазер)? Какова роль светоизлучающих диодов в развитии микроволновых систем?
9. Каким сигналом передается информация по оптоволоконному кабелю? Какова структура оптоволоконного кабеля и в чем его недостатки? Каковы принципиальные различия одномодового и многомодового кабеля?
10. Каковы преимущества графена как возможного материала для создания транзистора? Что представляет собой тиристор? Сколько поколений насчитывает развитие биполярного транзистора с изолированным затвором? Почему полевые транзисторы лучше защищены от радиации и температуры, чем биполярные транзисторы?

11. Каковы предельные рабочие токи и напряжения для современных МОП-транзистора? Какие приборы силовой электроники наиболее распространены в устройствах мощностью до нескольких сотен киловатт? Каковы основные особенности планарной технологии?

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. Драгунов В. П. Нанoeлектроника в 2 ч. Часть 2 : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 235 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-05171-1. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=839474&idb=0>.
2. Физика низкоразмерных систем : учеб. пособие / под общ. ред. В. И. Ильина и А. Я. Шика. - СПб. : Наука, 2001. - 160 с. : ил. - (Новые разделы физики полупроводников). - Федер. целевая

- программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки". - ISBN 5-02-024966-1 : 20.00., 5 экз.
3. Телекоммуникационные системы и сети. Т. 2. Радиосвязь, радиовещание, телевидение / Катунин Г.П., Мамчев Г.В., Попантонопуло В.Н., Шувалов В.П. - Москва : Горячая линия - Телеком, 2014., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=646267&idb=0>.
4. Шелованова Галина Николаевна. Современные проблемы микро - и нанoeлектроники : Учебное пособие. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2017. - 128 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-7638-3775-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=627938&idb=0>.
5. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы / Афанасьев А.В., Афанасьев В.П., Глинский Г.Ф., Голоудина С.И., Гудовских А.С., Демин Ю.А., Дронь А.С., Зимина Т.М., Зубков В.И., Иванов С.В., Ильин В.А., Казак-Казакевич А.З., Карасев В.А., Корляков А.В., Коровкина Н.М., Кривошеева А.Н., Лучинин В.В., Мошников В.А., Панов М.Ф., Пасюта В.М., Савенко А.Ю., Сазанов А.П., Семенов А.Н., Соловьев В.А., Соломонов А.В., Сорокин В.С., Таиров Ю.М., Шилова О.А. - Москва : Физматлит, 2006., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=645838&idb=0>.
6. Носов Юрий Романович. Оптоэлектроника. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1989. - 359, [1] с. : ил. - ISBN 5-256-00246-5 : 1.70., 3 экз.
7. Гуртов Валерий Алексеевич. Твердотельная электроника : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров, магистров 010700 "Физика" и специальности 010701 "Физика". - 3-е доп. изд. - М. : Техносфера, 2008. - 512 с. - (Мир электроники ; 7 - 37). - Библиогр.: с. 504 - 508. - ISBN 978-5-94836-187-1 : 583.00., 102 экз.
8. Барыбин Анатолий Андреевич. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям 550700 и 654100 "Электроника и микроэлектроника" подготовки бакалавров, магистров и дипломированных специалистов. - М. : Физматлит, 2006. - 424 с. - ISBN 5-9221-0679-1 : 264.00., 9 экз.

Дополнительная литература:

1. 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.
2. Каяцкас Альгимантас Анжонович. Основы радиоэлектроники : учеб. пособие для вузов. - М. : Высшая школа, 1988. - 464 с. : ил. - 3000.00., 3 экз.
3. Букингем Майкл. Шумы в электронных приборах и системах / пер. с англ. А. Б. Мещерякова [и др.] ; под ред. В. Н. Губанкова. - М. : Мир, 1986. - 398 с. : ил. - 20.00., 3 экз.
4. Зельдин Евсей Аронович. Децибелы. - 2-е изд., доп. - М. : Энергия, 1977. - 65 с. : ил. - (Массовая радиобиблиотека ; вып. 949). - 0.35., 1 экз.
5. Рогинский Владимир Юрьевич. Экранирование в радиоустройствах. - Л. : Энергия, Ленингр. отд-ние, 1970. - 111 с. : ил. - (Массовая радиобиблиотека ; вып. 725). - 0.29., 1 экз.
6. Отт Генри У. Методы подавления шумов и помех в электронных системах / пер. с англ. Б. Н. Бронина ; под ред. М. В. Гальперина. - М. : Мир, 1979. - 317 с. : ил. - 1.60., 2 экз.
7. Суранов А.Я. LabVIEW 8.20. Справочник по функциям : справочник / Суранов А.Я. - Москва : ДМК-пресс, 2023. - 537 с. - ISBN 978-5-89818-456-8., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=912683&idb=0>.
8. Батоврин В.К. LabVIEW: практикум по электронике и микропроцессорной технике : учебное

пособие / Батоврин В.К.; Бессонов А.С.; Мошкин В.В. - Москва : ДМК-пресс, 2023. - 183 с. - ISBN 978-5-89818-368-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=878929&idb=0>.

9. Батоврин В.К. LabVIEW-практикум по цифровым элементам вычислительной и информационно-измерительной техники : учебное пособие / Батоврин В.К.; Бессонов А.С.; Мошкин В.В. - Москва : ДМК-пресс, 2016. - 148 с. - ISBN 978-5-97060-458-8., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=868728&idb=0>.

10. Федосов В.П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW : учебное пособие / Федосов В.П.; Нестеренко А.К. - Москва : ДМК-пресс, 2023. - 470 с. - ISBN 978-5-89818-396-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=878956&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. <https://biblio-online.ru/> - сайт электронной библиотеки «Юрайт», содержащий в открытом доступе книги по отдельным разделам дисциплины.
4. <https://e.lanbook.com> – сайт электронно-библиотечной системы «ЛАНЬ», содержащий в открытом доступе книги по отдельным разделам дисциплины.
5. <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.
6. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - российская научная электронная библиотека «Elibrary», публикующая статьи, тематика которых совпадает с тематикой отдельных разделов преподаваемой дисциплины.
7. <http://znanium.com> – сайт электронно-библиотечной системы «Znanium.com», содержащий книги по отдельным разделам дисциплины.
8. <http://eqworld.ipmnet.ru/> - сайт электронной библиотеки EqWord, 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-лабораторные интерактивные комплексы «Схемотехника радиофотоники» (рук. Бобров А.И., г. Н. Новгород, пр-кт Гагарина, д.23 корп.3, ауд. 121, ауд.226, ауд. 228, ауд. 339, ауд.534) и «Технологии интегральных схем» (рук. Дорохин М.В., г. Н. Новгород, пр-кт Гагарина, д.23 корп.3, ауд.412а, ауд.437) 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;

установка для исследования оптических и магнитооптических свойств материалов.

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

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

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