

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА"**

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ

Процессы микро- и нанотехнологии
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Микро- и нанoeлектроники**

Учебный план Лицензирование 03.03.01_25_00.plx
03.03.01 Прикладные математика и физика

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
Неделя	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,25	0,25
Итого ауд.	48,25	48,25	48,25	48,25
Контактная работа	48,25	48,25	48,25	48,25
Сам. работа	51	51	51	51
Часы на контроль	8,75	8,75	8,75	8,75
Итого	108	108	108	108

г. Рязань

Программу составил(и):

к.т.н., доц., Зубков Михаил Владимирович

Рабочая программа дисциплины

Процессы микро- и нанотехнологии

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 890)

составлена на основании учебного плана:

03.03.01 Прикладные математика и физика

утвержденного учёным советом вуза от 30.05.2025 протокол № 13.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Микро- и нанoeлектроники

Протокол от 03.06.2025 г. № 8

Срок действия программы: 2025 - 2029 уч.г.

Зав. кафедрой Литвинов Владимир Георгиевич

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
Микро- и нанoeлектроники

Протокол от ____ 2026 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
Микро- и нанoeлектроники

Протокол от ____ 2027 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
Микро- и нанoeлектроники

Протокол от ____ 2028 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры

Микро- и нанoeлектроники

Протокол от ____ 2029 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1	Целью освоения дисциплины является формирование базовых знаний и умений в области процессов микро- и нанотехнологий в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом, формирование у студентов способности к логическому мышлению, анализу и восприятию информации, формирование навыков инженерной работы, посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.
1.2	Задачи:
1.3	- обучение представлениям о физической сущности процессов, применяемых в микро- и нанотехнологии;
1.4	- обучение представлениям об основных методах нанесения вещества, используемых в технологии производства микроэлектронных изделий;
1.5	- обучение представлениям об основных методах удаления и модифицирования вещества, используемых в технологии производства микроэлектронных изделий;
1.6	- обучение навыкам исследовательской и инженерной работы;
1.7	- обучение методам обработки и анализа результатов лабораторных экспериментов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:		Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Технологическая (проектно-технологическая)	
2.1.2	Технология изделий микро- и нанoeлектроники	
2.1.3	Элементы электронной техники	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Неупорядоченные полупроводники	
2.2.3	Функциональные узлы электронных устройств	
2.2.4	Преддипломная практика	
2.2.5	Производственная практика	
2.2.6	Сложнофункциональные аналоговые устройства	

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

ПК-3: Способен выполнять измерение и проверку электрических параметров изделий "система в корпусе", интегральной схемы

ПК-3.1. Проводит контроль электрических параметров активной части схемы и трассировки коммутационных плат изделий "система в корпусе"

Знать
основные этапы технологических процессов изготовления устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

Уметь
разрабатывать операционные и маршрутные карты технологических процессов изготовления устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

Владеть
навыками подготовки технической документации процессов изготовления устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

ПК-3.2. Проводит проверку электрических параметров интегральных электронных схем, изделий "система в корпусе" на соответствие требованиям технического задания

Знать
основные технические требования, предъявляемые к изделиям электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

Уметь
проводить анализ технических требований, предъявляемых к изделиям электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

Владеть
методами анализа технических требований, предъявляемых к изделиям электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

ПК-5: Способен тестировать и испытывать готовые изделия "система в корпусе" на соответствие требованиям технического задания, измерять и испытывать изделия "система в корпусе"

ПК-5.1. Проводит предварительные измерения опытных образцов изделий "система в корпусе"	
Знать	основные технологические методы изготовления пассивной части схемы плат изделий "система в корпусе".
Уметь	разрабатывать комплект технологической документации изделий "система в корпусе".
Владеть	навыками трассировки коммутационных плат изделий "система в корпусе".
ПК-5.2. Обрабатывает результаты измерений и испытаний опытных образцов изделий "система в корпусе"	
Знать	основные методы изготовления пассивной части схемы плат изделий "система в корпусе".
Уметь	проводить трассировку коммутационных плат изделий "система в корпусе".
Владеть	основными способами изготовления пассивной части схемы плат изделий "система в корпусе".

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	базовые концепции и модели общей физики, основы физики вакуума, плазмы и твердого тела, принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле; основные проблемы и особенности современного этапа развития науки о технологических процессах микро- и нанoeлектроники.
3.2	Уметь:
3.2.1	применять на практике основные приемы и программные средства обработки и представления данных в соответствии с поставленной задачей проводить расчеты физико-химических закономерностей, отражающих взаимосвязь между составом, структурой, свойствами и условиями получения полупроводниковых материалов и приборов, анализировать результаты расчетов и обосновывать полученные выводы.
3.3	Владеть:
3.3.1	экспериментального исследования параметров и характеристик технологических процессов микро- и нанoeлектроники.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Введение. Обеспечение эффективности производства и повышение качества изделий микроэлектроники.					
1.1	Введение. Обеспечение эффективности производства и повышение качества изделий микроэлектроники. /Тема/	7	0			
1.2	Введение в дисциплину «Процессы микро- и нанотехнологии». Обеспечение эффективности производства и повышение качества изделий микроэлектроники. /Лек/	7	2	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
	Раздел 2. Технология изготовления МДП ИС.					
2.1	Технология изготовления МДП ИС. /Тема/	7	0			

2.2	Базовая технология. Самосовмещенная технология. Метод двойной диффузии. /Лек/	7	2	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
2.3	Термодинамический анализ и определение максимального выхода кремния при хлоридном методе эпитаксии. /Лаб/	7	4	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчёт о лабораторной работе. Защита лабораторной работы.
2.4	Наклонная локальная ионная имплантация. /Лаб/	7	4	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчёт о лабораторной работе. Защита лабораторной работы.
2.5	Ионная имплантация через слой окисла. /Лаб/	7	4	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчёт о лабораторной работе. Защита лабораторной работы.
2.6	Последовательность технологических операций формирования КМОП- структур, исключая эффект зашелкивания. /Пр/	7	4	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Контрольная работа.

2.7	Оборудование и методы осаждения из газовой фазы: получение поликристаллического, нанокристаллического и аморфного гидрогенизированного кремния, оксида и нитрида кремния. /Ср/	7	8	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Зачёт.
2.8	Высокоэнергетические сильноточные процессы ионной имплантации: окисление, нитрирование, протонирование, радиационно-стимулированная диффузия, химический синтез. /Ср/	7	8	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Зачёт.
	Раздел 3. Технология структур на основе арсенида галлия.					
3.1	Технология структур на основе арсенида галлия. /Тема/	7	0			
3.2	ИМС и дискретные приборы на основе арсенида галлия. Основные методы и технология выращивания эпитаксиальных слоев. /Лек/	7	2	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
3.3	Требования к полуизолирующим подложкам. Технология формирования буферных слоев. Технология выращивания активных слоев. /Лек/	7	2	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
3.4	Моделирование процесса магнетронного распыления материала распыления материала испарителя кольцевой формы. /Лаб/	7	4	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Отчёт о лабораторной работе. Защита лабораторной работы.

3.5	Особенности формирования ИС на основе арсенида галлия без эпитаксиального наращивания. /Пр/	7	4	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Контрольная работа.
	Раздел 4. Сборка полупроводниковых приборов и ИС.					
4.1	Сборка полупроводниковых приборов и ИС. /Тема/	7	0			
4.2	Сборка полупроводниковых приборов и ИС. Посадка кристалла в корпус на основе эвтектики, пайки и приклеивания. Присоединение выводов к кристаллу. /Лек/	7	1	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
4.3	Герметизация приборов в металlostеклянных корпусах. Герметизация керамикой и пластмассой. /Лек/	7	1	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
4.4	Сборка микроэлектронных устройств. Оборудование для сборки. Герметизация: пайка, обволакивание, заливка, прессование /Ср/	7	8	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Зачёт.
4.5	Интегрированные технологические кластерные комплексы: минифабрики, нанотехнологические комплексы на основе туннельно-полевого массопереноса и модифицирования. /Ср/	7	8	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Зачёт.
	Раздел 5. Способы изоляции ИС.					

5.1	Способы изоляции ИС. /Тема/	7	0			
5.2	Способы изоляции ИС. /Лек/	7	2	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
5.3	Расчет профиля распределения концентрации примеси при имплантации через слой диэлектрика. /Пр/	7	4	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Контрольная работа.
	Раздел 6. Технология изготовления ИС на основе биполярных транзисторов.					
6.1	Технология изготовления ИС на основе биполярных транзисторов. /Тема/	7	0			
6.2	Технология изготовления ИС на основе биполярных транзисторов. /Лек/	7	2	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
6.3	Расчет профиля распределения примеси в транзисторной структуре, полученной методом двойной ионной имплантации. /Пр/	7	4	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Контрольная работа.
6.4	Построение технологических процессов на основе оптимального сочетания принципов управления, самоформирования, самоорганизации: адаптивный синтез микро- и нанoeлектронных структур, самосогласованные цепи технологических операций. /Ср/	7	8	ПК-3.1-3 ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-3 ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-3 ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-3 ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Зачёт.

	Раздел 7. Многоуровневая металлизация.					
7.1	Многоуровневая металлизация. /Тема/	7	0			
7.2	Многоуровневая металлизация. Взрывная фотолитография. Особенности медной металлизации. /Лек/	7	2	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Зачёт.
7.3	Атомно-молекулярная инженерия. Перспективы кремниевой наноэлектроники. Индустрия наносистем. Применение углеродных нанотрубок в технологии полупроводниковых приборов. Наноинженерия с использованием СЗМ-зондов. /Ср/	7	11	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7	Аналитический отчёт. Зачёт.
	Раздел 8. Промежуточная аттестация.					
8.1	Подготовка к аттестации, иная контактная работа. /Тема/	7	0			
8.2	Подготовка к зачёту. /Зачёт/	7	8,75	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В		Контрольные вопросы.
8.3	Приём зачёта. /ИКР/	7	0,25	ПК-3.1-З ПК-3.1-У ПК-3.1-В ПК-3.2-З ПК-3.2-У ПК-3.2-В ПК-5.1-З ПК-5.1-У ПК-5.1-В ПК-5.2-З ПК-5.2-У ПК-5.2-В		Контрольные вопросы.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы по дисциплине "Процессы микро- и наноэлектроники"").

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Рамбиди Н.Г., Березкин А.В.	Физические и химические основы нанотехнологий	М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009, 456с.	978-5-9221-0988-8, 1
Л1.2	Старостин В.В.	Материалы и методы нанотехнологий : учеб. пособие	М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 431с.	978-5-9963-0346-5, 1
Л1.3	Раскин А.А., Прокофьева В.К.	Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники : учеб. пособие	М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 164с.	978-5-94774-909-0, 1
Л1.4	Рощин В.М., Силибин М.В.	Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники : учеб. пособие	М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 180с.	978-5-94774-910-6, 1
Л1.5	Зубков М.В., Рыбин Н.Б.	Процессы микро- и нанотехнологий: метод. указ. к практ. занятиям : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2024,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/3955

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Мазилкина Е. И.	Как подготовиться к переговорам, или Всегда ли побеждает сильнейший	Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2010, 80 с.	2227-8397, http://www.iprbookshop.ru/827.html
Л2.2	Королев М.А., Крупкина Т.Ю., Ревелева М.А.	Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование : учеб. пособие	М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009, 397с.	978-5-94774-336-4, 1
Л2.3	Черняев А.В.	Метод ионной имплантации в технологии приборов и интегральных схем на арсениде галлия	М.: Радио и связь, 1990, 88с.	5-256-00740-8, 1
Л2.4	Коледов Л.А.	Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок : Учеб.для вузов	М.: Радио и связь, 1989, 400с.	5-256-00142-6, 1
Л2.5	Маллер Р., Кейминс Т.	Элементы интегральных схем	М.: Мир, 1989, 630с.	5-03-001100-5, 1
Л2.6	Красников Г.Я., Зайцев Н.А.	Физико-технологические основы обеспечения качества СБИС	М.: МИКРОН-ПРИНТ, 1999, 226с.	5-93497-001-1, 1

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.7	Степаненко И.П.	Основы микроэлектроники : Учеб.пособие для вузов	М.:Лаборатория базовых знаний, 2000, 488с.	5-93208-045-0, 1
Л2.8	Покровский Ф.Н.	Материалы и компоненты радиоэлектронных средств : Учеб.пособие для вузов	М.:Горячая линия-Телеком, 2005, 350с.	5-93517-215-1, 1
Л2.9	Неволин В.К.	Зондовые нанотехнологии в электронике	М.:Техносфера, 2005, 152с.	5-94836-054-7, 1
Л2.10	Лозовский В.Н., Константинова Г.С., Лозовский С.В.	Нанотехнология в электронике. Введение в специальность : учеб. пособие	Спб.: Лань, 2008, 336с.	978-5-8114-0827-6, 1

6.1.3. Методические разработки

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
ЛЗ.1	Авачев А.П., Вековищев К.С., Воробьев Ю.В., Воробьева Ю.В.	Физико-химические основы технологических процессов микро- и нанoeлектроники. Ч.2 : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2013,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/608
ЛЗ.2	Авачев А.П., Воробьева Ю.В., Мишустин В.Г., Фомин П.А.	Физико-химические основы технологических процессов микро- и нанoeлектроники. Ч.1 : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2011,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/965
ЛЗ.3	Авачев А.П., Зубков М.В., Кострюков С.А., Мишустин В.Г.	Технология материалов электронной техники. Ч.1 : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2012,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/966
ЛЗ.4	Зубков М.В., Максимов О.А.	Процессы микро- и нанотехнологий : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2018,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1890

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Сайт кафедры микро- и нанoeлектроники РГРТУ. http://www.rsreu.ru/faculties/fe/kafedri/mnel
Э2	Система дистанционного обучения ФГБОУ ВО «РГРТУ», режим доступа: по паролю. http://cdo.rsreu.ru/
Э3	Единое окно доступа к образовательным ресурсам, режим доступа: по паролю. http://window.edu.ru/
Э4	Интернет Университет Информационных Технологий. http://www.intuit.ru/
Э5	Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. https://iprbookshop.ru/
Э6	Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. https://www.e.lanbook.com
Э7	Электронная библиотека РГРТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: из корпоративной сети РГРТУ – по паролю. http://elib.rsreu.ru/

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
--------------	----------

Операционная система MS DOS	Бессрочно. Корпоративная лицензия Microsoft Imagine Membership ID 700565239
Операционная система Windows XP	Microsoft Imagine, номер подписки 700102019, бессрочно
Kaspersky Endpoint Security	Коммерческая лицензия
LibreOffice	Свободное ПО
Adobe Acrobat Reader	Свободное ПО
NI LabView	Лицензия для образовательных учреждений
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	Система КонсультантПлюс http://www.consultant.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1	267 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель. 80 мест, доска. Мультимедийное оборудование, компьютер.
2	341 учебно-административный корпус. Учебная лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием столы лабораторные (22 шт.), доска магнитно-маркерная, экран настенный, 5 компьютеров ,блок питания ВИП-01 0(3 шт.), вольтметры В7-21А (3 шт.),В7-21,В7-35 (3 шт.), осциллографы С1-64А (3 шт.), С1-75, измерители Е4-7, Е9-4
3	343 учебно-административный корпус. Учебно-вспомогательная Аудитория для хранения и ремонта оборудования 2 компьютера, принтер, сканер, 5 мест

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)
Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания по дисциплине "Процессы микро- и нанотехнологии").

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Литвинов Владимир
Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ**19.09.25** 17:51 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
ВЫПУСКАЮЩЕЙ
КАФЕДРЫ**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Литвинов Владимир
Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ**19.09.25** 17:52 (MSK)

Простая подпись