

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт
электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР

_____ А.Г.Балашов
«05» февраль 2024 г.

ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ
«ИНЖЕНЕРИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ»

Москва 2024

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Цель реализации программы

Цель программы - формирование у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для приобретения новой квалификации и выполнения нового вида профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии наноматериалов и приборных структур на их основе.

Для получения новой квалификации слушатели осваивают новый для себя вид деятельности в смежной специальности путем последовательного выполнения в рамках решения профессиональной задачи ряда профессиональных заданий на опыт деятельности, которые позволяют ему освоить эту деятельность.

Программа переподготовки ориентирована на слушателей, получивших образование или обучающихся по образовательным программам УГСН 09.00.00 – 16.00.00; 18.00.00 – 22.00.00.

Освоение программы переподготовки сформирует у слушателей углубленное понимание технологических процессов, реализуемых на предприятиях микро- и нанoeлектроники России. Полученные слушателями профессиональные компетенции позволят им не только комплексно обеспечить реализацию производства отечественной ЭКБ, но и участвовать в разработке новых и модернизации действующих технологических процессов.

1.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации

Наименование новых видов деятельности:

- разработка наноструктурированных композиционных материалов;
- производство изделий микроэлектроники;
- измерение параметров и модификация свойств наноматериалов и наноструктур»

Области профессиональной деятельности:

26 Химическое, химико-технологическое производство

40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности

Объекты профессиональной деятельности:

- основные типы наноматериалов различной размерности (0-, 1-, 2-, 3-мерные, фрактальные кластеры), природы (неорганические, органические, смешанные); агрегатного состояния (жидкие, твердые, смешанного типа (гели, суспензии и пр.));
- методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе;
- все виды исследовательского, контрольного, аналитического и испытательного оборудования для изучения структуры и свойств наноматериалов;
- компьютерное программное обеспечение для обработки экспериментальных данных и моделирования процессов, применяемых для материалов и наноматериалов;

- процессы получения, обработки и модификации наноматериалов;
- технологические процессы с участием наноструктурированных сред.

Задачи профессиональной деятельности:

- участие в производстве наноматериалов и наносистем с заданными технологическими и функциональными свойствами,
- проектировании высокотехнологичных процессов в составе первичного проектно-технологического или исследовательского подразделения;
- контроль качества выпускаемой продукции;
- участие в работе по стандартизации, подготовке и проведению сертификации процессов, оборудования, наноматериалов и наносистем, а также изделий на их основе,
- подготовка документов при создании системы менеджмента качества на предприятии или в организации.

Квалификация:

инженер-технолог

Сфера профессиональной деятельности выпускника: Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности

Вид экономической деятельности: обрабатывающие производства

Укрупненная группа специальностей:

28.00.00 Нанотехнологии и материалы

1.3. Требования к результатам освоения программы

Планируемые результаты освоения программы: **ПК-1** Способен определять механические, физические, химические и другие свойства наноматериалов и наносистем, оценивать их структуру и фазовый состав, в том числе с использованием систем автоматизации процессов измерения.

ПК-2 Способен разрабатывать и проводить процессы модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Компетенции определены на основании профессиональных стандартов:

40.058 «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Код и формулировка компетенции	Трудовая функция в соответствии с ПС		Индикаторы достижения компетенций
	Наименование	Код	
	ПС 40.058		
ПК-1 Способен определять	Анализ причин брака при изготовлении изделий	В/01.6	Знание: - основ термодинамики

механические физические, химические и другие свойства наноматериалов и наносистем, оценивать их структуру и фазовый состав, в том числе с использованием систем автоматизации процессов	микроэлектроники и разработка рекомендаций по их устранению и предупреждению		наноразмерных систем, закономерностей термодинамических размерных эффектов, в том числе, влияния геометрических параметров на свойства объектов, факторов, определяющих термодинамические параметры и физические характеристики наноматериалов;
	Разработка единичных технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники	B/02.6	
	Разработка технических заданий на проектирование и изготовление технологической оснастки, нестандартного оборудования, средств автоматизации процессов производства изделий микроэлектроники	B/03.6	- основных классов современных наноматериалов и наноструктур, их свойства и области применения; - основных типов материалов электронной техники и наноэлектроники; - основных методов исследования наноматериалов и наноструктур.
	Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами	A/01.6	Умение: - выбрать необходимый метод исследования свойств и состава материалов и структур;
	Анализ сырья, материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, используемым в производстве, и обработка экспериментальных результатов	A/02.6	- применять полученные знания при теоретическом анализе и экспериментальном исследовании физико-химических процессов, лежащих в основе методов синтеза наноструктурированных материалов, рассчитывать основные термодинамические параметры наноструктур; - выбирать материалы для заданных условий

			эксплуатации для решения задач профессиональной деятельности. Опыт деятельности в области: - обработки и интерпретации результатов измерений параметров наноматериалов и наноструктур; - прогнозирования свойств наноматериалов, основываясь на современных представлениях о размерно-зависимых эффектах; - прогнозирования вклада поверхностных свойств в свойства дисперсных систем и учета этого вклада в технологии изготовления наноматериалов; структуры и свойств наноматериалов, основываясь на современных представлениях о размерно-зависимых эффектах
ПК-2 Способен разрабатывать и проводить процессы модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПС 40.104		Знание: - основных технологических операций и параметров их реализации; - типов/видов дефектов, возникающих при проведении технологических операций; - основных процессов протекающих при проведении технологических процессов. Умение: - производить расчет параметров основных технологических операций; - выявлять основные факторы, влияющие на
	Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и	C/01.6 C/02.6	

	наноструктур		дефектообразование при проведении технологических операций. Опыт разработки технологии получения материалов электронной техники и приборных структур на их основе
--	--------------	--	---

1.4. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимому для освоения программы

Наличие высшего образования или получающие высшее образование (при наличии соответствующей справки с указанием года окончания).

Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца.

1.5. Трудоемкость обучения

Нормативная трудоемкость обучения по данной программе – 250 часов, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

1.6. Форма обучения

Очная с использованием дистанционных образовательных технологий

1.7. Режим занятий

Без отрыва от работы

При любой форме обучения учебная нагрузка устанавливается не более 54 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя. Продолжительность одного часа занятий 45 минут.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план программы переподготовки

№ п/п	Наименование учебных дисциплин (модулей)	Общая трудоемкость, час	Контактная работа, час				ДОТ, час				СРС, час	Промежуточная аттестация
			Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия		
1.	Материалы нанoeлектроники и наносистем	36	4		4		24	16		8	8	ЗаО
2.	Основы технологии наноматериалов и наносистем	58	8		8		32	24		8	18	ЗаО
3.	Методы исследования и физико-химические основы наноматериалов и наноструктур	64	8		8		44	32		12	12	ЗаО
4.	Компьютерные средства автоматизации процессов и обработки информации	40	8		8		24	16		8	8	ЗаО
5.	Практика	46										За
6.	Итоговая аттестация - защита итоговой аттестационной работы.	6										
	Итого по программе	250										

2.2. Календарный учебный график

мес	сентябрь				октябрь				ноябрь				декабрь				январь				февраль				март				апрель				май				июнь				июль			
числа	6-10	11-18	19-24	24-30	2-8	9-15	16-22	23-29	30-5	6-12	13-19	20-26	27-3	4-10	11-17	18-24	25-30	31-6	7-13	14-20	21-27	28-4	5-11	12-18	19-25	26-3	4-10	11-17	18-24	25-31	1-7	8-14	15-21	22-28	29-5	6-12	13-19	20-26	27-2	3-9	10-16	17-23	24-30	1-7
дисц.1																																												
дисц.2																																												
дисц.3																																												
дисц.4																																												
Практика																																												
ИА																																												

3. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН И ПРАКТИКИ

3.1. Рабочая программа учебной дисциплины

«Материалы нанoeлектроники и наносистем»

3.1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - подготовить слушателя к выполнению трудовой функции А/02.6 «Анализ сырья, материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, используемым в производстве, и обработка экспериментальных результатов».

Задачи:

- дать необходимые знания в области структуры и свойств наноматериалов и наноструктур;
- научить выбирать материалы для эксплуатации в заданных условиях.

3.1.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Планируемые результаты освоения дисциплины:

Дисциплина участвует в формировании компетенции **ПК-1** «Способен определять механические физические, химические и другие свойства наноматериалов и наносистем, оценивать их структуру и фазовый состав, в том числе с использованием систем автоматизации процессов»

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знание:

- основных классов современных наноматериалов и наноструктур, их свойства и области применения;
- основных типов материалов электронной техники и нанoeлектроники;

Умения выбирать материалы для заданных условий эксплуатации для решения задач профессиональной деятельности

Опыт прогнозирования свойств наноматериалов, основываясь на современных представлениях о размерно-зависимых эффектах

3.1.3. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Основные понятия о свойствах и структуре материалов					

1.1	Классификация материалов электронной техники, зонная теория	3	2			1
1.2.	Кристаллическая структура материалов. Индексация плоскостей и направлений. Типичные структуры металлов и полупроводников	10	4		4	2
1.3.	Строение реальных кристаллов. Структурно-зависимые и структурно-независимые свойства материалов	8	2	4		2
2.	Материалы наноструктур и наносистем					
2.1.	Проводниковые материалы	3	2			1
2.2.	Полупроводниковые материалы	9	4		4	1
2.3.	Диэлектрические материалы	3	2			1
	Всего	36	16	4	8	8
Промежуточная аттестация: <i>Зачет с оценкой</i>					ЗаО	

3.1.4. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.	Основные понятия о свойствах и структуре материалов	
1.1	Основные свойства материалов, используемых для создания электронных устройств. Понятие о зонной теории, классификация материалов: проводники, полупроводники, диэлектрики	2
1.2	Кристаллическая структура материалов. Индексация плоскостей и направлений в кубических и гексагональных кристаллах. Кристаллохимические характеристики элементарных ячеек, понятие о плотнейших упаковках. Октаэдрические и тетраэдрические пустоты. Типичные структуры металлов, полупроводников, диэлектриков	4
1.3	Понятие о дефектах кристаллической структуры. Классификация дефектов кристаллической структуры. Характеристики и параметры основных дефектов кристаллической структуры. Понятие об эпитаксии. Дефекты эпитаксиальных слоев. Структурно-зависимые и структурно-независимые свойства материалов	2

2.	Материалы наноструктур и наносистем	
2.1.	Проводниковые материалы. Классификация проводниковых материалов по области применения. Медь, алюминий, благородные металлы, высокоомные материалы. Сплавы металлов. Термоэлектрические материалы	2
2.2	Полупроводниковые материалы. Кремний: монокристаллический, поликристаллический, микрокристаллический, аморфный, пористый. Соединение групп $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{VI}$, $A^{IV}B^{VI}$	4
2.3	Основные свойства диэлектрических материалов. Классификация диэлектрических материалов. Активные и пассивные диэлектрики. Применение диэлектриков в электронных устройствах.	2

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.3	Моделирование гетероэпитаксиальной структуры	4

Перечень практических занятий

Номер раздела и темы	Наименование практического занятия	Количество часов
1.2	Решение задач по индексации плоскостей и направлений в кубических и гексагональных решетках.	2
1.2.	Расчет кристаллохимических параметров типичных структур металлов и полупроводников	2
2.2.	Сравнительный анализ характеристик различных видов кремния	2
2.2.	Сравнительный анализ характеристик внутри гомологических рядов соединений группы $A^{III}B^V$	2

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1.1.	Основные свойства материалов, используемых для создания	1

	электронных устройств. Изучение содержания лекции с акцентированием внимания на основных положениях зонной теории и классификация материалов по их электропроводящим свойствам. Подготовка к практическому занятию 1.2 по индексации кристаллических плоскостей.	
1.2.	Кристаллическая структура материалов. Изучение содержания лекций, разбор основных понятий кристаллографии и анализ типичных структур металлов, полупроводников и изоляторов.	2
1.3.	Дефекты кристаллической структуры. Изучение содержания лекций, разбор классификации дефектов. Подготовка к практическому занятию 1.2. Подготовка к лабораторному занятию 1.3.	2
2.1.	Проводниковые материалы. Изучение содержания лекций, анализ классификации металлов и сплавов по области их применения.	1
2.2	Полупроводниковые материалы. Изучение содержания лекций, анализ связи структуры и морфологии кремния с его свойствами. Подготовка к практическому занятию 2.2.	1
2.3	Свойства диэлектрических материалов. Изучение содержания лекции, анализ связи области применения диэлектриков с их классификационными признаками. Выполнение практико-ориентированного задания «Оценка целесообразности внедрения в производство заданной гетероэпитаксиальной структуры».	1

3.1.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Слушатели обеспечиваются

1. Справочными материалами, необходимыми для проведения расчетов.
2. Печатными (сканированными) раздаточными материалами.
3. Учебно-методическими материалами для самостоятельной работы слушателей (ОРИОКС // URL: <http://orioks.miet.ru/>)
4. Учебно-методическими пособиями «Кристаллография. Методические указания по решению задач / Попенко Н.И., Железнякова А.В. // М.:МИЭТ, 2009» и «Кристаллография. Лабораторный практикум / Попенко Н.И., Железнякова А.В. // М.:МИЭТ, 2010»

3.1.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Учебная аудитория	Лекции, практические занятия	Компьютер с выходом в Интернет и установленной программой (платформой) беспроводного взаимодействия ZOOM
Лаборатория	Лабораторное занятие	Модели типичных структур металлов и полупроводников
Оборудованное рабочее место	Самостоятельная работа слушателей	Компьютер с выходом в Интернет и установленной программой (платформой) беспроводного взаимодействия ZOOM

3.1.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущая аттестация обучающихся осуществляется на практических занятиях путем самостоятельного решения заданий.

Промежуточная аттестация по дисциплине проходит посредством выполнения практико-ориентированного задания «Оценка целесообразности внедрения в производство заданной гетероэпитаксиальной структуры». В рамках лабораторной работы студенты выполняют моделирование заданной гетероэпитаксиальной структуры и осуществляют расчет ее основных параметров. После освоения материалов второго модуля дисциплины студенты дополняют результаты лабораторной работы справочно-теоретическими данными по материалам, используемым в гетероэпитаксиальной структуре, оформляют отчет.

Промежуточная аттестация осуществляется в форме зачета с оценкой. Количество баллов соответствует оценке по 5-бальной шкале.

Оценивание проводится по следующим критериям:

5 баллов - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как хорошие или отличные;

4 балла - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как хорошие или удовлетворительные;

3 балла - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как удовлетворительные;

2 балла - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при

ответах на заданные вопросы, оцениваются как неудовлетворительные, либо защита лабораторной работы студентом не проводилась;

1 балл - представленный отчет по практико-ориентированному заданию не соответствует по содержанию и/или оформлению установленным требованиям;

0 баллов - отчет по практико-ориентированному заданию отсутствует.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.2. Рабочая программа учебной дисциплины

«Основы технологии наноматериалов и наносистем»

3.2.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - подготовить слушателя к выполнению трудовых функций:

- С/01.6 «Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур»;

- С/02.6 «Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур».

Задачи:

- дать необходимые знания по технологическим операциям, применяемым для создания структур микро- и наноэлектроники, их параметров;

- научить выбирать методы формирования заданных материалов и структур, рассчитывать параметры проведения процессов и прогнозировать риски возникновения дефектов

3.2.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина участвует в формировании компетенции **ПК-2** «Способен разрабатывать и проводить процессы модификации свойств наноматериалов и наноструктур».

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знания:

- основных технологических операций и параметров их реализации;
- типов/видов дефектов, возникающих при проведении технологических операций;
- основных процессов протекающих при проведении технологических процессов.

Умения:

- производить расчет параметров основных технологических операций;
- выявлять основные факторы, влияющие на дефектообразование при проведении технологических операций.

Опыт разработки технологии получения материалов электронной техники и приборных структур на их основе.

3.2.3. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Основные технологические операции производства микро- и нанoeлектроники					
1.1.	Эпитаксия	6	2	-	2	2
1.2.	Формирование диэлектрических слоев. Технологии тонких пленок	8	2	4	-	2
1.3.	Резка, шлифование, полирование, обработка поверхности	4	2	-		2
1.4.	«Сухое» травление, Фотолитография	6	2	-	2	2
1.5.	Диффузия, ионная имплантация	4	2	-	-	2
2.	Основы технологии ИС и наноматериалов					
2.1.	Основы технологии создания кремниевых ИС	11	2	4	4	1
2.2.	Основы технологии создания ИС на арсениде галлия	3	2	-	-	1
2.3.	Наноструктуры, область их применения и методы получения	4	2	-	-	2
3.	Технологические среды					
3.1.	Технологический микроклимат чистых помещений	3	2	-	-	1
3.2.	Основные требования к материалам, конструкциям и персоналу при производстве изделий микроэлектроники.	3	2	-	-	1
4	Введение в управление качеством производства					
4.1.	Статистические методы в управлении	3	2	-	-	1

	качеством					
4.2.	Сертификация ИСО	3	2	-	-	1
	Всего	58	24	8	8	18
Промежуточная аттестация: Зачет с оценкой					ЗаО	

3.2.4. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.	Основные технологические операции производства микро- и нанoeлектроники	
1.1	Терминология. Общая классификация физико-химических процессов технологии микроэлектроники. Физико-химические основы процессов нанесения вещества на поверхность твердой фазы – подложки. Классификация процессов нанесения Физико-химические основы автоэпитаксии кремния. Термодинамический анализ системы Si-H-Cl. Кинетика и механизм кристаллизации эпитаксиальных слоев кремния в хлоридном процессе. Гидридный процесс автоэпитаксии кремния. Гетероэпитаксия кремния. Газофазная и жидкофазная эпитаксия полупроводниковых соединений (на примере $A^{III}B^V$). Хемоэпитаксия.	2
1.2	Диэлектрические пленки в технологии микроэлектроники. Механизм и кинетика термического окисления кремния. Химические и электрохимические методы получения диэлектрических пленок. Газофазные методы осаждения диэлектрических пленок Вакуум-термическое испарение и конденсация. Зависимость свойств тонких пленок от условий нанесения. Резистивный и электронно-лучевой методы нанесения тонких пленок металлов, сплавов и соединений. Ионно-плазменное распыление. Структура тлеющего разряда. Катодное нанесение тонких пленок металлов, сплавов и соединений. Реактивное ионно-плазменное нанесение тонких пленок. Триодное и магнетронное нанесение тонких пленок металлов, сплавов и соединений. Химическое и электрохимическое осаждение тонких пленок металлов, сплавов и соединений	2

1.3	Теоретические основы и классификация процессов удаления вещества с поверхности твердой фазы. Механическое удаление вещества. Механизм процессов резки, шлифовки и полировки пластин кремния. Основные закономерности процессов. Нарушенный слой и его структура. Оценка качества механической обработки пластин. Пути попадания загрязнений на поверхность подложки. Классификация основных видов загрязнений. Технологические процессы очистки поверхности подложки. Химическое и электрохимическое удаление вещества с поверхности твердой фазы	2
1.4	Классификация процессов сухого травления. Ионное травление. Особенности переноса изображения с маски на рабочий материал при ионном травлении. Оборудование для ионно-лучевого травления. Номенклатура рабочих газов. Плазмохимическое и ионно-химическое травление. Процессы сухого травления высокоплотной плазмой Физико-химические основы процессов фотолитографии в технологии микроэлектроники. Прямая и обратная фотолитографии. Фоторезисты. Основные операции фотолитографического процесса. Особенности переноса изображения в нанометровой области размеров элементов. Электронно- и рентгенолитография.	2
1.5	Теоретические основы процессов перераспределения вещества. Механизмы диффузии. Основные законы диффузии. Диффузия примесей в кремнии. Особенности термодиффузионных процессов. Ионное легирование полупроводников. Классификация технологического оборудования для ионной имплантации.	2
2.	Основы технологии ИС и наноматериалов	
2.1.	Общие закономерности технологии производства компонентов электронной техники. Последовательность технологических процессов и организация технологических маршрутов. Технология кремниевых биполярных ИС. Конструктивно-технологический базис биполярных ИС. Основные этапы формирования структуры элементов биполярных ИС. Технология кремниевых МОП ИС. Варианты технологического процесса производства p-МОП ИС. Варианты технологического процесса производства n-МОП	2

	ИС. Основные этапы формирования структуры элементов n-МОП и КМОП-структуры. Основные этапы технологического процесса формирования элементов n-МОП и КМОП ИС. БиКМОП-технология. Методы изоляции электронных компонентов в технологии ИС. Технология изоляции электронных компонентов посредством обратного смещенного p-n перехода. Маршруты изготовления ИС с полной диэлектрической изоляцией.	
2.2	Интегральные схемы на арсениде галлия. Ограничения, накладываемые границами раздела на архитектуру и технологию полевых транзисторов на арсениде галлия. Варианты технологического процесса производства ИС на арсениде галлия. Основные этапы формирования структуры элементов арсенидгаллиевых ИС. Интегральные схемы СВЧ диапазона. Цифровые интегральные схемы. Структуры ИС на полевых транзисторах с барьером Шотки.	2
2.3	Наноструктуры, область их применения, методы получения и материалы. Туннельные сверхпроводящие структуры реализующие эффект Джозефсона, область применения, конструкция и процессы их формирования. Элементы СБИС на квантовых эффектах. Туннельные транзисторы, транзисторы с резонансным туннелированием, спиновые транзисторы, одноэлектронные транзисторы, элементы квантовых компьютеров.	2
3	Технологические среды	
3.1	Основные понятия и определения. Методы и средства контроля загрязнений в чистых помещениях. Основные принципы жизнеобеспечения и подготовки технологических сред в чистых помещениях. Фильтры для очистки воздуха в чистых помещениях. Движение воздушных потоков в чистом помещении. Чистые помещения с вертикальным и горизонтальным однонаправленным потоком воздуха. Температура воздуха, его относительная влажность, перепад давления в основных элементах чистых помещений, кратность воздухообмена, концентрация аэрозольных частиц.	2
3.2	Расход подаваемого и удаляемого воздуха. Контроль движения воздуха между производственными процессами. Основное оборудование при производстве электронных приборов и устройств. Всасывающие и нагнетающие воздуховоды. Центральные кондиционеры. Технологические газы,	2

	используемые в высоких технологиях. Деионизованная вода. Материалы и конструкции чистых помещений при производстве и эксплуатации материалов, компонентов, электронных приборов и устройств. Модульные конструкции. Каркасные и бескаркасные стеновые панели. Спецодежда для персонала (типы тканей одежды и дизайн). Маски и перчатки для чистых помещений. Уборка чистых помещений.	
4	Введение в управление качеством производства	
4.1.	Статистические методы управления процессами в рамках составляющих системы глубинных знаний ВУК. Основы процессного управления, требований к реализации процессного подхода. Применение нормального закона распределения для анализа и прогнозирования дефектности изделий с высокой степенью интеграции. 7 простых инструментов качества (контрольные листки, контрольные карты, гистограммы, схемы Исикавы, диаграммы Парето, диаграммы рассеяния, методы стратификации). 7 новых инструментов качества (диаграмма связности, диаграмма связей, древовидная диаграмма, диаграмма Ганта, матричные диаграммы, анализ матричных данных, диаграмма планирования процесса).	2
4.2.	Стандарты серии ИСО 9000. История возникновения и структура. Стратегические цели и задачи деятельности предприятия в области качества. Политика в области качества	2

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.2	Ионно-плазменное и вакуум-термическое нанесение тонких пленок	4
2.1	Методы создания комбинированной изоляции электронных компонентов в технологии ИС. Технология эпитанар и изопланар.	4

Перечень практических занятий

Номер раздела и темы	Наименование практического занятия	Количество часов
1.1	Расчет параметров жидкофазной эпитаксии по диаграммам фазовых равновесий	2

1.4	Расчет параметров процесса плазмохимического травления. Интерактивное занятие по модулю «Сухое травление»	2
2.1	Принцип работы полевого транзистора и классификация МОП транзисторов. Основные характеристики МОП транзистора. Связь основных характеристик МОП - транзистора с конструктивно- технологическими параметрами	2
2.1	Конструктивно-технологические особенности технологии 2 КМОП структур	2

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1.1	Классификация физико-химических процессов технологии микроэлектроники. Изучение материала лекции, анализ фазовых диаграмм и разбор способов получения эпитаксиальных слоев. Подготовка к практическому занятию 1.1.	2
1.2.	Диэлектрические пленки в технологии микроэлектроники. Изучение материала лекции, анализ способов получения диэлектрических покрытий. Подготовка к лабораторному занятию 1.2.	2
1.3.	Процессы удаления вещества с поверхности твердой фазы. Изучение материала лекции, анализ способов удаления вещества и путей попадания загрязнений.	2
1.4.	Процессы сухого травления и литография. Изучение материала лекции, анализ способов травления и нанесения рисунка на поверхность подложки. Подготовка к практическому занятию 1.4.	2
1.5.	Процессы перераспределения вещества. Изучение материала лекции, анализ процессов диффузии и имплантации примеси.	2
2.1.	Технологии производства компонентов электронной техники. Изучение материала лекции, анализ биполярных, МОП, КМОП и БиКМОП-технологий кремниевых ИС. Подготовка к практическому занятию. 2.1. Подготовка к лабораторному занятию 2.1.	1
2.2.	Интегральные схемы на арсениде галлия. Изучение материала лекции, анализ ограничений и специфики технологии ИС на GaAs.	1
2.3.	Наноструктуры в электронике. Изучение материала лекции, анализ способов получения и разбор вариантов приборных	2

	применений.	
3.1.	Технологические среды. Изучение материала лекции, анализ методов и средств контроля загрязнений в чистых помещениях, способов обеспечения чистоты воздуха, его температуры и влажности.	1
3.2.	Технологические среды. Изучение материала лекции, анализ способов воздухообмена и кондиционирования чистых помещений, обеспечения требуемых параметров технологических газов.	1
4.1.	Управление качеством производства. Изучение материала лекции, анализ инструментов управления качеством производственных процессов.	1
4.2.	Управление качеством производства. Изучение материала лекции, анализ стандартов серии ИСО 9000. Выполнение практико-ориентированного задания «Выбор метода и параметров формирования гетероэпитаксиальной структуры заданного состава»	1

3.2.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Слушатели обеспечиваются

1. Справочными материалами, необходимыми для проведения расчетов.
2. Печатными (сканированными) раздаточными материалами.
3. Учебно-методическими материалами для самостоятельной работы слушателей (ОРИОКС // URL: <http://orioks.miet.ru/>)
4. Учебно-методическими пособиями Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий: В 2-х т.: [Учеб. пособие для вузов]. Т. 1: Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Ю.Д. Чистяков, Ю.П. Райнова; Под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 392 с; Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий: В 2-х т.: [Учеб. пособие для вузов]. Т. 2: Технологические аспекты / М.В. Акуленок, В.М. Андреев, Д.Г. Громов [и др.]; Под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 256 с; Громов Д.Г. Металлизация ультрабольших интегральных схем: Учеб. пособие / Д.Г. Громов, А.И. Мочалов, А.Д. Сулимин, В.И. Шевяков; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - 3-е изд., электронное. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 277 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/66285> (дата обращения: 20.09.2020; Каракеян В. И. Технология микроклимата чистых помещений микроэлектроники: учебное пособие / В. И. Каракеян, Н. М. Ларионов, А. С. Рябышенков, Ю. И. Штерн. - Москва: МИЭТ, 2019. - 120 с; Васин, С. Г. Управление качеством. Всеобщий подход: учебник для бакалавриата и магистратуры / С. Г. Васин. — М.: Юрайт, 2019. — 404 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/bcode/425062> (дата обращения 19.11.2020).

3.2.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Учебная аудитория	Лекции, практические занятия	Компьютер с выходом в Интернет и установленной программой (платформой) беспроводного взаимодействия ZOOM
Лаборатория тонкопленочной технологии	Лабораторные занятия	Вакуумная установка термического испарения UPM-3279011; Вакуумная установка магнетронного напыления УВМ-026; Вакуумная установка ионно-плазменного нанесения UPM-3279014
Оборудованное рабочее место	Самостоятельная работа слушателей	Компьютер с выходом в Интернет и установленной программой (платформой) беспроводного взаимодействия ZOOM

3.2.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущая аттестация обучающихся осуществляется на практических занятиях путем самостоятельного решения заданий, а так же выполнения домашнего задания по текущей теме.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде выполнения практико-ориентированного задания «Выбор метода и параметров формирования гетероэпитаксиальной структуры заданного состава». В рамках самостоятельной работы обучающиеся выбирают одну из разновидностей реализации гетероэпитаксии для реализации заданной гетероэпитаксиальной структуры, проводят расчет необходимых материалов и условия проведения процесса.

Промежуточная аттестация осуществляется в форме зачета с оценкой. Количество баллов соответствует оценке по 5-бальной шкале.

Оценивание происходит по следующим критериям:

5 баллов - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию. и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как хорошие или отличные;

4 балла - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как хорошие или удовлетворительные;

3 балла - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как удовлетворительные;

2 балла - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как неудовлетворительные, либо защита лабораторной работы студентом не проводилась;

1 балл - представленный отчет по практико-ориентированному заданию не соответствует по содержанию и/или оформлению установленным требованиям;

0 баллов - отчет по практико-ориентированному заданию отсутствует.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.3. Рабочая программа учебной дисциплины

«Методы исследования и физико-химические основы наноматериалов и наноструктур»

3.3.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - подготовить слушателя к выполнению трудовых функций:

- В/01.6 Анализ причин брака при изготовлении изделий микроэлектроники и разработка рекомендаций по их устранению и предупреждению
- А/02.6 Анализ сырья, материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, используемым в производстве, и обработка экспериментальных результатов

Задачи:

- дать необходимые знания в области особенностей поведения наноструктурированных объектов, существующих методов исследования наноматериалов и наноструктур;
- научить проводить расчеты и интерпретировать экспериментальные результаты, анализировать влияние наноразмерности на свойства материалов и оценивать возможность применения материала в заданных условиях

3.3.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина участвует в формировании компетенции **ПК-1** «Способен определять механические физические, химические и другие свойства наноматериалов и наносистем, оценивать их структуру и фазовый состав, в том числе с использованием систем автоматизации процессов»

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знание:

- основ термодинамики наноразмерных систем, закономерностей термодинамических размерных эффектов, в том числе влияния геометрических параметров на свойства объектов, факторов, определяющих термодинамические параметры и физические характеристики наноматериалов;

- основных типов материалов электронной техники и наноэлектроники;

- основных методов исследования элементного состава

Умение:

- выбрать необходимый метод исследования свойств и состава материалов и структур;
- применять полученные знания при теоретическом анализе и экспериментальном исследовании физико-химических процессов, лежащих в основе методов синтеза наноструктурированных материалов, рассчитывать основные термодинамические параметры наноструктур;

- выбирать материалы для заданных условий эксплуатации для решения задач профессиональной деятельности

Опыт:

- обработки и интерпретации результатов измерений параметров наноматериалов и наноструктур;

- прогнозирования вклада поверхностных свойств в свойства дисперсных систем и учета этого вклада в технологии изготовления наноматериалов; структуры и свойств наноматериалов, основываясь на современных представлениях о размерно-зависимых эффектах.

3.3.3. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Рентгенографический анализ					
1.1	Физические основы. Использование обратной для интерпретации уравнений дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решетке	6	2	-	2	2
1.2.	Рентгенофазовый анализ. Исследование поликристаллических материалов	2	2	-	-	-
1.3.	Исследование текстур и монокристаллов	4	2	-	2	-
2.	Электронографический анализ					

2.1.	Области применения и задачи электронографии. Виды электронограмм. Основное уравнение электронографии	2	2	-	-	-
2.2.	Применение электронографии для исследования материалов и структур.	4	2	-	2	-
3.	Микроскопия					
3.1.	Световая микроскопия	4	2	-	-	2
3.2.	Электронная микроскопия	2	2	-	-	-
4	Спектральные методы анализа					
4.1.	РСА, ЭСХА, ЭОС, ВИМС	6	2	-	2	2
5	Физические основы наноматериалов					
5.1	Размерные явления в наноструктурах	5	2	-	2	1
5.2	Гетероструктуры	3	2	-	-	1
5.3	Устройства нанoeлектроники	7	4	-	2	1
6	Физико-химия наноструктурированных материалов					
6.1	Термодинамика дисперсных систем	13	4	8	-	1
6.2	Углеродные наноматериалы	6	4	-	-	2
	Всего	64	32	8	12	12
Промежуточная аттестация:					Зачет с оценкой	
					ЗаО	

3.3.4. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.	Рентгенографический анализ	
1.1	Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом. Уравнение Лауэ. Закон Вульфа - Брэгга. Использование обратной решетки для интерпретации уравнений дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решетке. Интенсивность рассеяния рентгеновских лучей. Факторы, влияющие на интенсивность линий рентгенограммы.	2
1.2	Рентгенофазовый анализ. Метод Дебая-Шеррера. Индексирование дебаграмм. Прецизионное определение параметра кристаллической решетки. Систематические и случайные ошибки.	2
1.3.	Методы рентгеноструктурного анализа монокристаллов. Определение ориентации монокристаллов.	2

	Рентгенографический анализ текстур. Рентгенографические методы определения напряжений и областей когерентного рассеяния.	
2.	Электроннографический анализ	
2.1	Электроннография. Сравнительный анализ электроннографии и 2 рентгенографии. Области применения и задачи электроннографии. Образование электронограмм. Вид электронограмм от монокристаллов, поликристаллов, текстурированного и аморфного материалов. Дополнительные эффекты на точечных электронограммах.	2
2.2	Вывод основного уравнения электроннографии. Индексирование электронограмм от поликристаллических и монокристаллических материалов.	2
3.	Микроскопия	
3.1	Основы световой микроскопии. Формирование изображения в световом микроскопе. Осветительная система по Келлеру. Характеристики светового микроскопа. Специальные виды световой микроскопии	2
3.2.	Просвечивающая и растровая электронная микроскопия электронная микроскопия. Конструкции. Основные характеристики. Режимы работы. Формирование изображения. Подготовка образцов для просвечивающей электронной микроскопии.	2
4.	Спектральные методы анализа	
4.1.	Общая характеристика методов контроля химического состава объемных материалов, поверхности и границ раздела. Методы РСА, ЭСХА, ЭОС, БИМС	2
5.	Физические основы наноматериалов	
5.1	Квантовая яма. Квантово-размерный эффект. Баллистический транспорт носителей заряда. Туннелирование носителей заряда. Спиновые эффекты. Размерные явления и их влияние на свойства материалов: температурные, магнитные, механические, оптические, химические свойства.	2
5.2.	Свободная поверхность и межфазные границы. Гетероструктуры. БАХ наноразмерных структур. Квантовые ямы в гетероструктурах. Фотоника и нанофотоника.	2

5.3.	Полупроводниковый лазер. Квантовые каскадные лазеры. Фотоэлектрический эффект. Полупроводниковые фотоприемники. Фотоприемные устройства с квантовыми ямами. Одномерные, двумерные, трехмерные фотонные кристаллы. Фотонная запрещенная зона. Устройства на основе фотонных наноструктур. Наномагнитные материалы. Наномагнетизм. Гигантское магнитосопротивление. Спиновый вентиль. Эффект Кондо.	4
6.	Физико-химия наноструктурированных материалов	
6.1.	Фононный спектр. Теплоемкость. Термодинамика дисперсных систем. Термодинамика малоразмерных систем. Термодинамические основы образования наноструктур. Поверхностное плавление. Термодинамические основы зародышеобразования. Фазовые диаграммы наноразмерных систем	4
6.2.	Основные углеродные наноматериалы. Общая классификация. Фуллерены, углеродные нанотрубки. Физические свойства углеродных нанотрубок.	4

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
6.1	Определение оптических и структурных свойств пористых наноматериалов методом эллипсометрии	4
6.1	Изучение зависимости краевого угла смачивания поверхности наноматериалов от шероховатости	4

Перечень практических занятий

Номер раздела и темы	Наименование практического занятия	Количество часов
1.1	Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Расчет толщины защитного экрана.	2
1.3.	Расчет параметров текстуры	2
2.2	Расшифровка электронограмм от поликристаллического и монокристаллического образцов	2
4.1	Расшифровка Оже-спектра	2
5.1	Квант электрического сопротивления. Решение задач по теме «Квантовые точки»	2

5.3	Фотоприемные устройства с квантовыми ямами. Решение задач по теме «Фотоприемные гетероструктуры»	2
-----	--	---

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1.1	Рентгенографический анализ. Изучение материала лекции, анализ процессов взаимодействия рентгеновского излучения с веществом и роли понятия обратной решетки для решения задач рентгенографии кристаллов. Подготовка к практическому занятию 1.1.	2
3.1	Микроскопия. Изучение материала лекции, анализ видов микроскопии, областей их применения и возможностей.	2
4.1	Спектральные методы анализа. Изучение материала лекции, анализ инструментальных методов определения элементного состава материалов. Подготовка к практическому занятию 4.1.	2
5.1.	Квантово-размерные эффекты. Изучение материала лекции, анализ влияния размерных характеристик материалов на их свойства. Подготовка к практическому занятию 5.1.	1
5.2.	Межфазные границы. Изучение материала лекции, анализ гетероструктур и возможностей их приборного применения в нанофотонике.	1
5.3	Устройства наноэлектроники. Изучение материала лекций, анализ вариантов приборов на основе наноструктур и их параметров. Подготовка к практическому занятию 5.3.	1
6.1	Физико-химия наноструктурированных материалов. Изучение материала лекций, анализ термодинамических свойств наносистем и их фазовых диаграмм. Подготовка к лабораторному занятию 6.1.	1
6.2	Углеродные наноматериалы. Изучение материала лекций, анализ наночастиц углерода и физических свойств нанотрубок. Выполнение практико-ориентированного индивидуального задания «Выбор методов исследования заданной эпитаксиальной структуры».	2

3.3.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Слушатели обеспечиваются

1. Справочными материалами, необходимыми для проведения расчетов.

2. Печатными (сканированными) раздаточными материалами.
3. Учебно-методическими материалами для выполнения лабораторных работ.
4. Учебно-методическими материалами для самостоятельной работы слушателей (ОРИОКС // URL: <http://orioks.miet.ru/>):

3.3.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Учебная аудитория	Лекции, практические занятия	Компьютер с выходом в Интернет и установленной программой (платформой) беспроводного взаимодействия ZOOM
Лаборатория дисперсных систем	Лабораторные занятия	- Спектрально-эллипсометрический комплекс "ЭЛЛИПС-1881А - Гониометр Ореп Science G1345 - Компьютеры с ПО и возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ
Оборудованное рабочее место	Самостоятельная работа слушателей	Компьютер с выходом в Интернет и установленной программой (платформой) беспроводного взаимодействия ZOOM

3.3.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся. Текущая аттестация осуществляется по результатам выполнения лабораторных работ.

Промежуточная аттестация проходит посредством выполнения практико-ориентированного индивидуального задания «Выбор методов исследования заданной эпитаксиальной структуры», обучающиеся должны не только аргументированно выбрать соответствующий метод, но и описать все явления связанные с размерностью заданной эпитаксиальной структуры, а так же особенностями ее строения.

Промежуточная аттестация осуществляется в форме зачета с оценкой. Количество баллов соответствует оценке по 5-бальной шкале.

Оценивание происходит по следующим критериям:

5 баллов - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как хорошие или отличные;

4 балла - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как хорошие или удовлетворительные;

3 балла - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как удовлетворительные;

2 балла - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как неудовлетворительные, либо защита лабораторной работы студентом не проводилась;

1 балл - представленный отчет по практико-ориентированному заданию не соответствует по содержанию и/или оформлению установленным требованиям;

0 баллов - отчет по практико-ориентированному заданию отсутствует.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.4. Рабочая программа учебной дисциплины

«Компьютерные средства автоматизации процессов и обработки информации»

3.4.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - подготовить слушателя к выполнению трудовой функции

В/03.6 Разработка технических заданий на проектирование и изготовление технологической оснастки, нестандартного оборудования, средств автоматизации процессов производства изделий микроэлектроники

Задачи:

- дать необходимые знания по имеющимся способам и возможностям автоматизации технологических и измерительных операций, применяемым для создания структур микро- и нанoeлектроники, их параметров

- научить автоматизировать технологические и измерительные операции, цифровой обработке полученных данных

3.4.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина участвует в формировании компетенции **ПК-1** «Способен определять механические физические, химические и другие свойства наноматериалов и наносистем, оценивать их структуру и фазовый состав, в том числе с использованием систем автоматизации процессов».

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знание основных способов автоматизации технологических операций и измерительных процессов

Умение грамотно выбирать прикладное программное обеспечение (прикладные программные продукты) для выполнения поставленной задачи

Опыт автоматизации технологического/измерительного процесса получения и обработки данных

3.4.3. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Компьютерные средства автоматизации процессов					
1.1	Основы работы со средой инженерного графического программирования.	3	2	-	-	1
1.2.	Базовые методы построения программы в среде инженерного графического программирования	5	2	-	2	1
1.3.	Методы коммутации лабораторного оборудования и ПК посредством NI Visa	10	2	4	2	2
1.4	Создание проекта непрерывного измерения, визуализации и сохранения результатов измерения	12	2	4	4	2
2.	Компьютерные средства обработки информации					
2.1.	Прикладные программные пакеты, используемые для обработки данных	10	8			2
	Всего	40	16	8	8	8
Промежуточная аттестация: Зачет с оценкой					ЗаО	

3.4.4. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.	Компьютерные средства автоматизации процессов	
1.1	Основы работы со средой инженерного графического программирования. Запуск среды, обзор рабочих окон, создание нового виртуального инструмента. Основы работы с инструментами лицевой панели, создание и изменение элементов управления и отображения. Основы работы с инструментами блок схемы, основные категории инструментов и функции.	2
1.2	Базовые методы построения программы в среде инженерного графического программирования. Работа с инструментами блок схемы. Связь элементов блок схемы и элементов лицевой панели виртуального инструмента. Работа с базовыми математическими и логическими операциями. Последовательность выполнения программы: создание циклов, ветвлений. Работа с инструментами помощи проектирования.	2
1.3	Методы коммутации лабораторного оборудования и ПК посредством NI Visa. Изучение базовых принципов коммутации компьютера с внешним миром (Com port, USB, GPIB). Изучение инструмента NI VISA. Основы работы с драйвером прибора, установка драйвера и подключение прибора. Базовые принципы работы с прибором в среде инженерного графического программирования	2
1.4	Создание проекта непрерывного измерения обработки, визуализации и сохранения результатов на диск. Создание нового проекта из шаблона. Принципы построения и работы машины состояний. Организация последовательности выполнения программы с применением шаблон обработчика сообщений в очереди (QMH) и параллельное выполнение программы.	2
2.	Компьютерные средства обработки информации	

2.1.	Основные задачи по обработке экспериментальных данных. Знакомство с возможностями прикладных программных продуктов: Excel.	2
2.1	Знакомство с возможностями прикладных программных продуктов: Origin, Fiji	2
2.1	Знакомство с возможностями прикладных программных продуктов: MathCad, Sigma plot	2
2.1	Знакомство с возможностями прикладных программных продуктов: CorelDraw, Компас	2

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.3	Подключение контрольно-измерительного оборудования к ПК, настройка, запуск и остановка измерения.	4
1.4	Создание проекта непрерывного измерения обработки, визуализации и сохранения результатов на диск с использованием контрольно-измерительного оборудования.	4

Перечень практических занятий

Номер раздела и темы	Наименование практического занятия	Количество часов
1.2.	Построение базовой структуры программы с использованием среды графического программирования, создание пользовательского интерфейса лицевой панели	2
1.3.	Установка драйверов, подключение контрольно-измерительного оборудования. Базовые принципы работы с оборудованием. Техника безопасности при работе с оборудованием. Работа с оборудованием из среды графического программирования.	2
1.4	Создание проекта в среде графического программирования. Организация проекта и управление деревом построения проекта. Создание и подключение виртуальных приборов. Работа с шаблонами проектирования. Разработка машины состояний.	4

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1.1	Среда инженерного графического программирования. Изучение материала лекций, анализ состава и возможностей среды.	1
1.2	Методы построения программы в среде инженерного графического программирования. Изучение материала лекций, анализ работы с инструментами среды по выполнению базовых математических и логических операций. Подготовка к практическому занятию 1.2.	1
1.3	Приборы в среде инженерного графического программирования. Изучение материала лекций, анализ базовых принципов работы с прибором и методов коммутации лабораторного оборудования и ПК. Подготовка к практическому занятию 1.3. Подготовка к лабораторному занятию 1.3.	2
1.4	Работа машины состояний. Изучение материала лекций, анализ работы в режиме непрерывного измерения и обработки результатов, организация выполнения программ. Подготовка к практическому занятию 1.4.	2
2.1	Компьютерная обработка информации. Изучение материала лекций, анализ возможностей прикладных программных продуктов. Моделирование измерительного стенда и его подключение к компьютерной системе управления. Выполнение практико-ориентированного задания «Создание и подключение виртуальных приборов».	2

3.4.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Слушатели обеспечиваются

1. Справочными материалами, необходимыми для проведения расчетов.
2. Печатными (сканированными) раздаточными материалами.
3. Учебно-методическими материалами для самостоятельной работы слушателей (ОРИОКС // URL: <http://orioks.miet.ru/>)
4. Учебно-методическими пособиями Дж.Трэвис, Дж.Кринг - LabVIEW для всех – 2011; LabVIEW User Manual_rus; Yik Yang - LabVIEW Graphical Programming Cookbook – 2014; Блюм Питер - LABVIEW: СТИЛЬ ПРОГРАММИРОВАНИЯ – 2007; Nick Golas -Tips Tricks

and Techniques for Efficient LabVIEW Development; LabView - Advanced Programming Techniques 2nd ed

3.4.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Учебная аудитория	Лекции	Компьютер с выходом в Интернет и установленной программой (платформой) беспроводного взаимодействия ZOOM
Лабораторный практикум по тонкопленочной технологии №4339	Лабораторные и практические занятия	Компьютеры с ПО и возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ, Windows 7 Enterprise, Visual C++ 4.2 Enterprise Enterprise (п.87 Реестра ПО), CorelDRAW (п.8 Реестра ПО), Kaspersky Total Security (п.26 Реестра ПО), Microsoft Open Licence 42700240
Оборудованное рабочее место	Самостоятельная работа слушателей	Компьютер с выходом в Интернет и установленной программой (платформой) беспроводного взаимодействия ZOOM

3.4.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущая аттестация обучающихся осуществляется на практических занятиях путем самостоятельного решения заданий, а также выполнения домашних и лабораторных заданий по текущей теме.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде выполнения практико-ориентированного задания «Создание и подключение виртуальных приборов» в рамках самостоятельной работы студента и при выполнении практического задания. В рамках самостоятельной работы обучающиеся осуществляют моделирование заданного измерительного стенда, осуществляют его подключение к компьютерной системе управления, на практическом занятии обучающиеся отрабатывают полученные расчеты и проверяют работоспособность системы.

Промежуточная аттестация осуществляется в форме зачета с оценкой. Количество баллов соответствует оценке по 5-бальной шкале.

Оценивание происходит по следующим критериям:

5 баллов - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как хорошие или отличные;

4 балла - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как хорошие или удовлетворительные;

3 балла - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как удовлетворительные;

2 балла - представлен отчет, соответствующий требованиям к оформлению отчета по практико-ориентированному заданию, и знания студента, продемонстрированные при ответах на заданные вопросы, оцениваются как неудовлетворительные, либо защита лабораторной работы студентом не проводилась;

1 балл - представленный отчет по практико-ориентированному заданию не соответствует по содержанию и/или оформлению установленным требованиям;

0 баллов - отчет по практико-ориентированному заданию отсутствует.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.5. Рабочая программа практики (подготовка и выполнение итоговой аттестационной работы (ИАР))

3.5.1. Цели и задачи практики

Целью практики является формирование опыта применения теоретических знаний и умений, приобретенных в дисциплинах программы переподготовки и навыка использования их при написании итоговой аттестационной работы.

Задачи практики:

- формирование опыта обзора литературных источников и представление их результатов в теоретической части ИАР;
- закрепление и расширение теоретических и практических знаний, освоение методов поиска, сбора, обработки и анализа информации с использованием информационных технологий и (или) средств обработки данных при написании аналитической части ИАР;
- формирование навыков применения современных информационных технологий и программных средств для решения профессиональных задач при выполнении ИАР;
- формирование способности предоставления результатов анализа и практические решения для использования при подготовке практической части ИАР;
- формирование способности разработки рекомендаций по совершенствованию технологии получения (модификации) и измерению параметров наноматериалов и наноструктур в практической части ИАР.

3.5.2. Требования к результатам освоения практики

Практика участвует в формировании следующих компетенций:

ПК-1 Способен определять механические физические, химические и другие свойства наноматериалов и наносистем, оценивать их структуру и фазовый состав, в том числе с использованием систем автоматизации процессов

ПК-2 Способен разрабатывать и проводить процессы модификации свойств наноматериалов и наноструктур

В результате прохождения практики обучающийся должен иметь:

Опыт деятельности в области:

- обработки и интерпретации результатов измерений параметров наноматериалов и наноструктур;
- разработки технологии получения материалов электронной техники и приборных структур на их основе;
- создания аналитических обзоров по заданной теме;
- проведения критического анализа информации при написании отчетных документов;
- использования прикладных программ и программных средств обработки данных при решении инженерных задач;
- публичного представления полученных результатов и дискуссии по тематике ИАР.

3.5.3. Учебно-тематический план практики

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Подготовка и выполнение ИАР	36							36
	Всего	36							36
Промежуточная аттестация: <i>Зачет</i>									За

3.5.4. Содержание практики

В начале практики обучающиеся самостоятельно выбирают и формулируют тему ИАР, исходя из своих научных или практических приоритетов. Темы должны соответствовать типам задач профессиональной деятельности и утверждены на заседании института ПМТ.

В процессе прохождения практики обучающимся необходимо подготовить и выполнить ИАР.

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1	Теоретическая часть ИАР. Анализ исследуемой задачи в теоретическом аспекте. Сущность и современная трактовка задачи, существующие подходы к решению проблемы и их анализ Рассмотрение экологических проблем и экономических вопросов реализации проекта. Результатом анализа должно быть изложение аргументированной точки зрения обучающегося на предмет исследования.	15
2	Технологическая часть ИАР. описание используемого оборудования для проведения технологических процессов, метрологического контроля и методики подготовки тестовых образцов.	15
3	Практическая часть ИАР. Анализ результатов экспериментов по подбору параметров процесса, их оптимизации и апробации разработанного процесса на тестовых структурах. Оценка результатов измерения электрофизических и других параметров, прописанных в задании на практику.	16

3.5.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение практики

Для подготовки и выполнения ИАР в рамках практики используется учебная литература и примеры выполнения практико-ориентированных заданий, представленная в соответствующих разделах учебных дисциплин (модулей).

3.5.6. Материально-техническое обеспечение практики

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Оборудованное рабочее место	Самостоятельная работа	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ.

3.5.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения практики включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Система текущего контроля включает проверку преподавателем теоретической, аналитической и практической частей ИАР.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения

Одобрение преподавателем содержания и оформления каждой из написанных глав ИАР является основанием для получения обучающимся зачета в рамках промежуточной аттестации результатов практики.

4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Описание учебно-методического и материально-технического обеспечения программы переподготовки приведено в рабочих программах учебных дисциплин (модулей).

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Оценка качества освоения программы переподготовки включает текущую, промежуточную аттестацию в дисциплинах, практиках и итоговую аттестацию обучающихся в виде итоговой аттестационной работы, которая складывается из выполнения практико-ориентированных заданий в ходе обучения.

Основные части Итоговой аттестационной работы:

- введение
- описания материалов заданной структуры, расчет параметров эпитаксиальной структуры
- описание методов формирования заданной эпитаксиальной структуры
- расчет параметров формирования эпитаксиальной структуры выбранным методом
- выбор методов исследования характеристик заданной структуры
- разработка схемы автоматизированного измерения отдельных параметров заданной структуры
- обработка полученных данных
- выводы

Работа должна быть выполнена печатным способом на одной стороне листа формата А4 (29,7×21 см) через 1,5 интервала с размером шрифта 13 кегль, типом шрифта Times new roman, распределение текста по ширине страницы. В химических формулах, мерах измерения и т.д. обязательно использование надстрочных и подстрочных индексов.

Абзац отступ должен быть одинаковый по всему тексту 1,25 см без интервалов до и после абзаца.

Страница должна иметь следующие поля:

Левое – 2,5 см

Правое - 1 см

Верхнее – 2 см

Нижнее – 2 см

Нумерация страниц - сквозная по центру внизу страницы. Титульный лист считается 1 страницей, на которой нумерация не ставится, на следующей странице ставится номер «2» и т.д.

Первая страница каждой новой **Главы** выносится на отдельную страницу (с использованием функции «разрыв страницы», 16 кеглем жирным шрифтом, посреди страницы).

Наименование *раздела в главе* выделяется жирным курсивным шрифтом по левому краю, после него пропускается 1 строка. *Подзаголовки в разделах* выделяются курсивом по левому краю, 13 кеглем.

Формулы должны быть представлены с использованием специального приложения через функцию Вставка – Формула.

Рисунки, графики и таблицы должны быть размещены в текст после первого упоминания о них. Все материалы должны быть на русском языке с указанием единиц измерения всех величин.

Подрисуночные подписи располагаются под рисунком по центру (Рисунок 1.1 – Изображение....)

Название таблицы располагается перед таблицей по левому краю, четко совпадая с краем самой таблицы:

Таблица 3.2 – Зависимость температуры.....

Толщина, нм	Время, сек	Температура, °С

Список используемой литературы – ссылки на источники должны быть пронумерованы систематически согласно очередности упоминания в тексте – в тексте номер соответствующего источника указывается в [квадратных скобках]. Оформление списка используемой литературы осуществляется согласно ГОСТ 7.1:

Ссылка на книгу, учебник:

Щукин Е.Д. Коллоидная химия: Учеб. для университетов и химико-технолог.вузов/ Е.Д. Щукин, А.В. Перцев, Е.А. Амелина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 2004. – 445 с.

Ссылка на статью:

1. Geyer, N. Ag-Mediated Charge Transport during Metal-Assisted Chemical Etching of Silicon Nanowires / N. Geyer, B. Fuhrmann, H. S. Leipner, P. Werner // ACS Appl. Mater. Interfaces. – 2013. – Vol.5. - №10.- P. 4302–4308.

2. Гомоюнова, М.В. Кристаллическое строение кластеров серебра, сформированных на поверхности Si(100) --2x 1 / М.В. Гомоюнова, И.И. Пронин, Н.С. Фараджев // Письма в ЖТФ. – 1998. – Т. 24. - № 7. – P. 51-56.

Электронная презентация ориентировочно состоит из 10 слайдов. Все слайды должны иметь номер и название.

Обязательными являются следующие слайды:

- титульный лист: название работы, ФИО студента, ФИО, учёная степень и учёное звание научного руководителя,
- цель работы и положения, цели и задачи ВКР,
- слайды с основными выводами и результатами работы,
- слайд с публикациями выпускника.

Критерии оценки качества выполнения ИАР

Показатель оценивания на ИА	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Оценка
Способность выбирать наноматериалы и наноструктуры для эксплуатации в заданных условиях, исходя из знаний об их структуре и свойствах (ПК-1)	Результаты выбора наноматериала (наноструктуры) в соответствии с условиями задачи, решаемой в ИАР	Выбор произведен верно. Обоснование выбора корректно.	Отлично (5 баллов)
		Выбор произведен верно. Обоснование выбора содержит некоторые неточности.	Хорошо (4 балла)
		Выбор произведен верно. Обоснование выбора содержит ошибки.	Удовлетворительно (3 балла)
		Выбор произведен не верно.	Неудовлетворительно (2 балла)
Способен выбирать (разрабатывать) методы	Результаты выбора (разработки)	Выбор произведен верно. Обоснование выбора корректно.	Отлично (5 баллов)

формирования структур микро- и нанoeлектроники (ПК-2)	метода формирования структур микро- (нано-) электроники в соответствии с условиями задачи, решаемой в ИАР	Выбор произведен верно. Обоснование выбора содержит некоторые неточности.	Хорошо (4 балла)
		Выбор произведен верно. Обоснование выбора содержит ошибки.	Удовлетворительно (3 балла)
		Выбор произведен не верно.	Неудовлетворительно (2 балла)
Способен выбрать метод исследования свойств наноматериалов и наноструктур (ПК-1)	Результаты выбора метода исследования свойств наноматериалов (наноструктур) в соответствии с условиями задачи, решаемой в ИАР	Выбор произведен верно. Обоснование выбора корректно.	Отлично (5 баллов)
		Выбор произведен верно. Обоснование выбора содержит некоторые неточности.	Хорошо (4 балла)
		Выбор произведен верно. Обоснование выбора содержит ошибки.	Удовлетворительно (3 балла)
		Выбор произведен не верно.	Неудовлетворительно (2 балла)
Способен определить требования к технологической оснастке процессов получения наноматериалов и наноструктур (ПК-1)	Результаты определения требований к технологической оснастке процессов получения наноматериалов (наноструктур) в соответствии с условиями задачи, решаемой в ИАР	Определение требований выполнено верно. Обоснование требований корректно.	Отлично (5 баллов)
		Определение требований выполнено верно. Обоснование требований содержит некоторые неточности.	Хорошо (4 балла)
		Определение требований выполнено верно. Обоснование требований содержит ошибки.	Удовлетворительно (3 балла)
		Определение требований выполнено не верно.	Неудовлетворительно (2 балла)

Условия формирования итоговой оценки

Сумма баллов по критериям оценивания достижения результата	Итоговая оценка
Не менее 18-ти баллов	отлично
Не менее 14-ти баллов	хорошо
Не менее 11-ти баллов	удовлетворительно
Менее 11-ти баллов	неудовлетворительно

Разработчики программы:

Доцент ИПМТ

А.В. Железнякова

Доцент ИПМТ

А.А. Дронов

Доцент ИПМТ

Л.И. Матына

Ассистент ИПМТ

Д.Ю. Терехов

Согласовано:

Директор ДРОП

Н.Ю. Соколова

Директор Института ПМТ

С.А. Гаврилов