Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 17.09.2025 13:47:34
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ А.Г. Балашов
«30» 04 2025 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

ПМ 03. «Технологический процесс производства изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники»

Специальность среднего профессионального образования:
11.02.13 Твердотельная электроника
Квалификация: техник

Форма обучения: очная
Нормативный срок обучения: 2 года 10 мес.
на базе основного общего образования

Москва 2025

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 00FCD5F6E07DC83F809D56CE1D350ACCD1
Владелец ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ"
Действителен с 09.04.2025 по 03.07.2026

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

1.1. Цель и место профессионального модуля в структуре образовательной программы

Программа профессионального модуля ПМ 03. «Технологический процесс производства изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники» является частью основной профессиональной образовательной программы среднего профессионального образования - программы подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС СПО по специальности 11.02.13 Твердотельная электроника в части освоения основного вида профессиональной деятельности (ВПД): Осуществление технологического процесса производства изделий твердотельной электроники, соответствующих профессиональных компетенций согласно ФГОС СПО.

Цель модуля: освоение вида деятельности «осуществление технологического процесса производства изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники».

Профессиональный модуль включен в обязательную часть образовательной программы.

1.2. Планируемые результаты освоения профессионального модуля

Результаты освоения профессионального модуля соотносятся с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представленными в матрице компетенций выпускника.

В результате освоения профессионального модуля обучающийся должен:

Код ОК, ПК	Уметь	Знать	Владеть навыками
ПК 3.1. Осуществлять подготовку и запуск технологического оборудования для производства изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники.	выполнять подготовку и запуск технологического оборудования, применяемого для изготовления изделий твердотельной электроники; оформлять необходимую техническую документацию; заполнять сопроводительную документацию	типы и устройство технологического оборудования, применяемого для изготовления изделий твердотельной электроники; правила запуска и эксплуатации технологического оборудования; техническую и технологическую документацию; виды технологической документации, применяемые в технологическом процессе изготовления изделий твердотельной электроники	подготовки и запуска технологического оборудования для производства ИТЭ.

ПК 3.2. Устанавливать, контролировать и регулировать параметры и режимы технологических установок для производства изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники.	измерять параметры и режимы работы технологического оборудования; регулировать параметры и режимы технологического оборудования; выполнять аварийное выключение технологического оборудования; корректировать параметры и режимы работы технологического оборудования для исключения брака в изделиях твердотельной электроники; оформлять необходимую техническую документацию; заполнять сопроводительную документацию	параметры и режимы работы технологического оборудования; порядок регулировки параметров и режимов технологического оборудования; возможные причины отказов в работе технологического оборудования; режимы технологического процесса изготовления изделий твердотельной электроники; влияние режимов технологического процесса изготовления изделий твердотельной электроники на параметры и характеристики изделий твердотельной электроники; техническую и технологическую документацию; виды технологической документации, применяемые в технологическом процессе изготовления изделий твердотельной электроники	установки, контроля и регулировки параметров и режимов технологических установок для производства изделий твердотельной электроники
ПК 3.3. Выполнять операции технологического процесса производства изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и	осуществлять входной контроль и подготовку материалов и изделий перед выполнением операций технологического процесса; выполнять операции	особенности конструкций разных видов изделий твердотельной электроники; материалы и технологические процессы, применяемые для изготовления изделий	выполнения операций технологического процесса производства ИТЭ.

фотоники (по видам).	технологического процесса производства изделий твердотельной электроники в соответствии с технологической документацией; оценивать качество изделий твердотельной электроники при визуальном и параметрическом контроле; выполнять классификацию изделий твердотельной электроники по видам брака; оформлять документацию по результатам контроля; оформлять необходимую техническую документацию; заполнять сопроводительную документацию	твердотельной электроники; методы Пооперационного изготовления изделий твердотельной электроники; виды дефектов изделий твердотельной электроники, возникающие в технологическом процессе; методику Пооперационного контроля качества изделий твердотельной электроники в технологическом процессе; способы и нормативные требования оценки качества изделий твердотельной электроники при визуальном и параметрическом контроле; устройство оптических микроскопов, контрольно-измерительных инструментов и приборов, и правила работы с ними; правила оформления документации по результатам контроля; техническую и технологическую документацию; виды технологической документации, применяемые в	

		технологическом процессе изготовления изделий твердотельной электроники	

2. Структура и содержание профессионального модуля

2.1. Трудоемкость освоения модуля

Наименование составных частей модуля	Объем в часах	В т.ч. в форме практ. подготовки
Учебные занятия	120	62
Самостоятельная работа	4	-
Консультация	2	
Практика, в т.ч.:	108	108
учебная	*36*	*36*
производственная	*72*	*72*
Промежуточная аттестация	8	XX
Всего	**242**	**170**

2.2. Структура профессионального модуля

Код ОК, ПК	Наименования разделов профессионального модуля	Всего, час.	В т.ч. в форме практической подготовки	Обучение по МДК, в т.ч.:	Учебные занятия	Курсовая работа (проект)	Самостоятельная работа	Консультация	Учебная практика	Производственная практика
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
1	МДК.03.01 Технология производства изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники	**126**	**62**		120		**4**	**2**		

2	Учебная практика	**36**	**36**						**36**	
3	Производственная практика	**72**	**72**							**72**
4	Промежуточная аттестация	**8**								
	Всего:	**242**	**170**		**120**		**4**	**2**	**36**	**72**

2.3. Содержание профессионального модуля

Наименование разделов и тем	**Примерное содержание учебного материала, практических и лабораторных занятия**
Раздел 1. Типы и устройство оборудования для производства изделий твердотельной, приборов квантовой электроники и фотоники	
МДК 03.01. Технология производства изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники	
Тема 1.1. **Общая характеристика оборудования для производства ИМС**	**Содержание**
	Группы технологического оборудования для производства ИМ и требования, предъявляемые к оборудованию. Правила запуска и эксплуатации технологического оборудования. Возможные причины отказов в работе технологического оборудования. Порядок регулировки параметров и режимов технологического оборудования.
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Тема 1.2. **Оборудование для обеспечения требований к условиям производства и технологическим средам**	**Содержание**
	Оборудование для обеспечения электронно-вакуумной гигиены. Оборудование для очистки технологических газов. Оборудование для получения деионизованной воды.
	В том числе практических и лабораторных занятий
	1. Изучение устройства и работы фильтров очистки воздуха, пылезащитных камер и боксов.
	2. Изучение устройства и работы приборов для контроля очистки газов.
	3. Изучение устройства и работы принципа действия

	оборудования для очистки воды.
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Тема 1.3. **Оборудование для изготовления полупроводниковых и диэлектрических пластин**	**Содержание**
	Оборудование для кристаллографической ориентации слитков. Основные элементы механического оборудования. Оборудование для механической обработки: резки, шлифовки, полировки.
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Тема 1.4. **Оборудование для очистки пластин**	**Содержание**
	Установки обезжиривания, травления, промывки, сушки. Установки ионной и плазменной обработки.
	В том числе практических и лабораторных занятий
	4. Изучение устройства и работы устройства для жидкостной очистки пластин.
	5. Изучение устройства и работы установки ионной и плазменной обработки.
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Тема 1.5. **Оборудование для изготовления структур ИМ**	**Содержание**
	Оборудование для процессов литографии и изготовления фотошаблонов. Установка выращивания и осаждения плёнок из паровой и газовой фазы. Установки термовакуумного напыления. Установки ионного напыления. Установки наращивания эпитаксиальных слоёв. Диффузионные печи. Оборудование для ионного легирования. Оборудование для создания толстоплёночных пассивных элементов.
	В том числе практических и лабораторных занятий
	6. Изучение устройства и работы автоматизированной линии фотолитографии.

	7. Изучение устройства и работы установок для изготовления фотошаблонов.
	8. Изучение устройства и работы установок выращивания и осаждения плёнок из паровой и газовой фазы.
	9. Изучение устройства и работы установок термовакуумного и ионного напыления.
	10. Изучение устройства и работы установки эпитаксиального наращивания полупроводниковых слоёв.
	11. Изучение устройства и работы диффузионных печей.
	12. Изучение устройства и работы установки ионной имплантации.
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Тема 1.6. **Оборудование для сборки ИМС и заключительных операций**	**Содержание**
	Оборудование для изготовления корпусов. Оборудование для разделения пластин на кристаллы. Оборудование для монтажа кристаллов и проволочной сборки. Оборудование для беспроволочной сборки. Оборудование для герметизации корпуса сваркой. Оборудование для герметизации пластмассами. Оборудование для контроля герметичности. Оборудование для нанесения защитного покрытия, маркировки и паковки ИМС.
	В том числе практических и лабораторных занятий
	13. Изучение устройства и работы установки резки пластин на кристаллы.
	14. Изучение устройства и работы оборудования для герметизации ИМС пластмассами.
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Раздел 2. Изучение технологического процесса производства изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники	

МДК 03.01. Технология производства изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники	
Тема 2.1. Полупроводниковые материалы и их свойства	**Содержание**
	Классификация полупроводниковых материалов. Сложные полупроводниковые материалы. Свойства, применение, материалы на основе карбида. кремния. Материалы для механической обработки полупроводников. Свойства абразивных материалов и требования, предъявляемые к ним. Методы испытания абразивных материалов. Полировочные материалы. Материалы для изготовления шлифовальников и полировальников. Материалы для наклейки слитков, пластин и кристаллов. Материалы для изготовления полупроводниковых эпитаксиальных структур. Материалы квантовой электроники. Химические материалы для обработки полупроводников. Основные требования. Кислоты, основания, соли. Правильные смеси. Материалы для промывки полупроводниковых пластин. Материалы для фотолитографии. Материалы для проведения диффузионных процессов в полупроводниках. Электродные материалы. Основные требования. Донорные и акцепторные элементы. Электродные сплавы для p-n переходов и омических контактов. Материалы для защиты p-n переходов от внешних воздействий. Компаунды на основе эпоксидных смол.
	В том числе практических и лабораторных занятий
	1. Ознакомление со вспомогательными материалами в производстве ИМС. Изучение стеклообразных и органических полупроводниковых материалов.
	2. Изучение методов определения твёрдости и удельного сопротивления полупроводниковых материалов.
	3. Сравнительный анализ материалов для процесса эпитаксиального наращивания и материалов для процесса очистки пластин
	В том числе самостоятельная работа обучающихся

Тема 2.2. **Общие сведения о технологии производства интегральных микросхем (ИМС)**	**Содержание**
	Основные термины и понятия в области технологии производства ИМС. Классификация и основные этапы технологии изготовления ИМС. Требования к технологическим процессам изготовления ИМС. Принципы и основные группы методов в технологии изготовления ИМС. Базовые технологии маршрутов изготовления ИМС. Особенности производства ИМС и критерии прогрессивной технологии
	В том числе практических и лабораторных занятий
	4. Составление схем по требованиям к технологическим процессам и условиям, обеспечивающим их выполнение.
	5. Исследование базовой технологии маршрута изготовления ИМС.
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Тема 2.3. **Изготовление и обработка полупроводниковых пластин и диэлектрических подложек**	**Содержание**
	Общие сведения. Выполнение операций технологического процесса производства изделий твердотельной электроники (по видам). Маршруты изготовления пластин и подложек. Подготовка слитков и резка на пластины. Шлифование и полирование. Виды загрязнений поверхности пластин. Способы очистки. Жидкостная очистка. «Сухая» очистка. Контроль качества пластин и подложек.
	В том числе практических и лабораторных занятий
	6. Разработка маршрута изготовления пластин
	7. Разработка операционной карты для кислотного травления пластин кремния
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Тема 2.4. **Способы получения**	**Содержание**
	Термовакуумное напыление (ТВН). Распыление ионной

тонких плёнок в технологии изготовления ИМС	бомбардировкой. Термическое оксидирование. Химическое и плазмохимическое осаждение плёнок из парогазовой фазы (ПГФ). Осаждение металлов из электролитов и растворов. Контроль параметров тонких плёнок.
	В том числе практических и лабораторных занятий
	8. Получение плёнок алюминия способом магнетронного распыления (схема реактора, техника выполнения процесса).
	9. Составление операционной карты для осаждения диэлектрической плёнки из ПГФ.
	10. Определение толщины, скорости травления плёнки диоксида кремния.
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Тема 2.5. **Способы формирования топологии ИМС - структур**	**Содержание**
	Оптическая литография (фотолитография). Фотошаблоны. Виды брака фотолитографии. Рентгеновская литография. Электронная литография. Формирование топологии плёночных структур.
	В том числе практических и лабораторных занятий
	11. Разработка процесса фотолитографии по слою алюминия.
	12. Фотошаблон. Передача изображения с использованием двух типов фоторезисторов.
	13. Определение дефектов фотолитографии на образцах.
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Тема 2.6. **Способы получения p-n-перехода и эпитаксиальных слоев**	**Содержание**
	Диффузионное легирование. Ионное легирование. Эпитаксиальное наращивание кремниевых слоев. Параметры и контроль качества легированных слоев.
	В том числе практических и лабораторных занятий
	14. Сравнительный анализ способов диффузионного легирования. Построение профиля легирующей примеси при

	диффузии из неограниченного источника распределения примеси.
	15. Определение параметров диффузионных слоев. Дефекты эпитаксиальных структур.
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Тема 2.7. **Типовые маршруты изготовления ИМС – структур**	**Содержание**
	Способы изоляции элементов в технологии изготовления полупроводниковых ИМС- структур. Изготовление биполярных ИМС структур. Изготовление МОП и КМОП – структур. Металлизация и защита полупроводниковых ИМС-структур. Технология изготовления тонкоплёночных и толстоплёночных структур гибридных интегральных микросхем. Особенности технологии изготовления больших и сверхбольших ИМС.
	В том числе практических и лабораторных занятий
	16. Разработка маршрута изготовления биполярных ИМС - структур и изоляцией p-n- переходом.
	17. Разработка маршрута изготовления КМОП ИМС - структур с металлическим затвором.
	18. Разработка маршрута изготовления толстоплёночных структур гибридных микросхем.
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Тема 2.8. **Сборка ИМС - структур**	**Содержание**
	Разделение пластин и подложек. Методы сборки. Монтаж кристаллов и плат. Подсоединение электродных выводов. Сборка на ленточных носителях. Герметизация интегральных микросхем в корпусном и бескорпусном вариантах. Контроль качества процессов сборки. Заключительные операции технологии изготовления интегральных микросхем. Тенденции развития технологии производства микроэлектронных изделий. Виды технологической документации, применяемые при изготовлении изделий твердотельной электроники.
	В том числе практических и лабораторных занятий
	19. Изучение процесса подсоединения выводов в условиях

	производства ИМС.
	20. Сравнительный анализ корпусной и бескорпусной герметизации.
	21. Разработка маршрутного технологического процесса сборки ИМС
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Тема 2.9. **Основы квантовой электроники и оптоэлектроники**	**Содержание** Основы квантовой электроники и оптоэлектроники. Этапы и перспективы развития квантовой электроники. Применения квантовой электроники. Устройство и принципы работы оборудования по производству приборов квантовой электроники. Стандарты и технические условия по производству приборов квантовой электроники. Основные материалы, инструменты и технологии, применяемые при производстве приборов квантовой электроники. Энергетические и световые параметры. Спектральные параметры излучения. Поглощение и излучение. Когерентность. Поляризация оптического излучения. Виды генерации оптического излучения. Инжекционная электролюминесценция. Светоизлучающие диоды. Параметры и характеристики СИД. Фотоприемники. Фотопроводимость и фото-ЭДС. Параметры и характеристики фотоприемников. Фотодиоды. Принцип действия. ВАХ фотодиода. Разновидности фотодиодов. Фотоприемники с внутренним усилением. Фоторезисторы. Особенности изготовления фотоприемников. Структурная схема оптрона. Параметры и характеристики оптопар. Применение оптронов. Физические основы усиления и генерации лазерного излучения. Основные особенности когерентной оптоэлектроники. Конструкция, параметры и режимы работы лазеров. Основные параметры лазеров. Полупроводниковые лазеры. Различные типы лазерных систем, их применение. Разновидности лазеров. Полупроводниковые лазеры на гетероструктурах, сверхрешетках, квантовых точках. Лазерные модуляционные устройства. Оптические модуляторы. Волоконно-оптические линии связи. Голографические системы хранения и обработки информации. Роль наноматериалов и нанотехнологий в совершенствовании приборов квантовой и оптической

	электроники.
	В том числе практических и лабораторных занятий
	22. Исследование транзисторного и тиристорного оптрона, оптрона на составном транзисторе
	23. Исследование оптронного блокинг – генератора. Исследование характеристик СИД.
	24. Изучение статических характеристик фотодиодов и фоторезисторов.
	25. Исследование диодной оптопары.
	26. Исследования семисегментного светодиодного индикатора.
	27. Исследование полупроводникового лазера.
	28. Чтение стандартов и технические условия по производству приборов квантовой электроники.
	В том числе самостоятельная работа обучающихся
Тема 2.10. **Основы вакуумных технологий**	**Содержание** Основы вакуумных технологий – понятие вакуума, степени вакуума. Число Кнудсена. Основные определения вакуумной техники. Принцип действия вакуумных установок. Порядок включения, эксплуатации и выключения вакуумных установок. Сопротивление вакуумных трубопроводов. Проводимость вакуумных трубопроводов. Основное уравнение вакуумной техники. Общая характеристика вакуумных насосов. Физические принципы объемной откачки (форвакуумные насосы). Высоковакуумные насосы. Физические принципы, лежащие в основе работы турбомолекулярных, криогенных и диффузионных насосов. Криогенные и криосорбционные насосы. Измерение быстроты действия насосов, измерение предельного остаточного давления. Классификация вакуумметров, жидкостные и U-образные вакуумметры. Компрессионные вакуумметры, деформационные вакуумметры. Тепловые вакуумметры сопротивления и термопарные вакуумметры Классификация газоанализаторов. Спектр масс и его

	расшифровка. Статические масс-спектрометры. Герметичность вакуумных систем, методы течеискания, виды течеискателей. Общие сведения. Правила изображения схем вакуумных принципиальных. Основные требования, предъявляемые к вакуумным системам. Автоматизированные установки нанесения тонких плёнок. Назначение и конструкция вакуумных вводов, вакуумных окон, загрузочных устройств. Разъёмные соединения. Требования к материалам вакуумных систем. Стекла. Металлы. Расчет длительности откачки. Постановка задачи.
	В том числе практических и лабораторных занятий
	29. Исследование конструкции и принципов действий вакуумных насосов.
	30. Исследование конструкции и принципов действий манометров.
	31. Методика расчета вакуумных систем.
	В том числе самостоятельная работа обучающихся

Учебная практика

Виды работ:

1. Изучение техники безопасности и противопожарных мероприятий.
2. Изучение и практическое ознакомление с производством ИМС по планарной технологии.
3. Ознакомление с устройством и назначением автоматизированных систем диффузионных и контролем температуры диффузионных каналов.
4. Ознакомление с методами проверки р-и п - канальных транзисторов.
5. Изучение устройства и назначения установки для ионной имплантации малыми дозами.
6. Изучение устройства и назначения установки ионной имплантации «Везувий-3М».
7. Проведение анализа процессов напыления алюминия чистого и с кремнием с контролем толщины.
8. Изучение процесса осаждения диэлектрических пленок методом низкотемпературного пиролиза и устройства установки пиролитического осаждения “Оксин”.
9. Изучение процесса фотолитографии, в том числе гидромеханической отмывка пластин, нанесения фоторезиста, экспонирования, проявления и задубливания фоторезиста. Ознакомление с устройством соответствующих автоматических установок.
10. Ознакомление с методами травления оксида и нитрида кремния, металлических плёнок, способов сушки пластин, удаления фоторезиста в смеси “Каро” и в органических растворителях. Изучение соответствующих автоматических и

полуавтоматических установок.
11. Изучение процесса химической обработки пластин.
12. Изучение подготовки материалов к эпитаксии, загрузки и разгрузки кассет, температурно–временных режимов эпитаксиальных процессов.
13. Ознакомление с типами наращиваемых эпитаксиальных структур.
14. Измерение параметров: контроль функционирования, контроль сопротивления резисторов, контроль статических параметров.
15. Анализ брака по процессам измерения.
16. Изучение процесса сборки: процессы разделения пластин и подложек, изучение соответствующего оборудования.
17. Изучение операции подсоединения электродных выводов, оборудования для этой операции.
18. Герметизация микросхем: в корпусы и бескорпусная. Изучение соответствующего оборудования.
19. Изучение установок для испытания микросхем.
20. Ознакомление с основными правилами оформления отчётных документов.

Производственная практика

Виды работ:

1. Изучение техники безопасности и противопожарных мероприятий.
2. Изучение измерения поверхностного сопротивления и глубины залегания р-п перехода на ЦИУС 13 ИП- 0,5-001 и ЩМ 2655001.установках
3. Изучение измерения характеристик полупроводниковых приборов на приборе Л2-56.
4. Измерение толщины тонких диэлектрических плёнок на кремнии лазерным эллипсометром ЛЭМ - 1 и определение толщины оксида по клину травления.
5. Работа на диффузионных системах – процессы окисления и диффузии, формирования областей, разгонка растворных композиций, до разгонки, отжиг.
6. Проведение процессов легирования кремниевых пластин малыми дозами.
7. Проведение процессов легирования большими и средними дозами.
8. Изучение устройства и назначения установки вакуумного напыления “Оратория-9”. Проведение процесса напыления плёнок «ванадий-медь-ванадий».
9. Проведение контроль качества пластин, замера контрольных элементов на микроскопе установки ММУ-4 «Метам» и на установки контроля ЩИМ 2.659. 010.
10. Изучение процесса плазмохимического травления на установке 08ПХО-125/50-008.
11. Ознакомление с процессом наращивания эпитаксиальных структур, предназначенных для лазерных излучателей, методом ЖФЭ на основе арсенида галлия. Изучение условий, необходимых для наращивания эпитаксиальных структур, холловских критериев.
12. Изучение оборудования для ведения процессов эпитаксии – установки “Сплав-2”, установки очистки водорода ОДВ-4, микроскопа МИИ-4, графитовых кассет, их модификаций.
13. Проведение контроля геометрии структур и качества их поверхности.
14. Изучение процесса наращивания эпитаксиальных структур, предназначенных для лазерных излучателей, методом ЖФЭ на основе фосфида индия, условий, необходимых для наращивания.
15. Ознакомление с подготовкой материалов к эпитаксии, загрузкой и разгрузкой кассеты, температурно-временными режимами процессов.
16. Ознакомление с типами наращиваемых структур.
17. Контроль геометрии структур и качества их поверхности.

18. Изучение производства термопечатающей головки (ТПГ), метода напыления резистивного слоя из мишени с помощью магнетрона. 19. Подготовка спутников, подготовка ситалловых подложек. 20. Контроль параметров резистивной пленки, контроль качества поверхности. 21. Изучение процесса напыления нитрида кремния, установки УВН-71П-3М, подготовки ситалловых плат, качества газов. 22. Изучение температурно – временного режима процесса напыления. Контроль параметров плёнки. Контроль качества поверхности нитридной плёнки. 23. Измерение параметров ТПГ. Изучение оборудование для процесса измерения – установки ПЭВМ IBM – PC, пульта измерителя, платы сопряжения, программы проверки и т.д. 24. Ознакомление с основными правилами оформления отчётных документов.
Форма промежуточной аттестации – квалификационный экзамен
Всего 242

3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

3.1. Материально-техническое обеспечение

Реализация профессионального модуля ПМ 03 проводится:

а) в лаборатории твердотельной электроники, оснащенной следующим оборудованием:

Генератор TEKTRONIX AFG3252 с опцией AFG3252R5, генератор сигналов произвольной формы типа Tektronix AWG5012, модульный генератор импульсов Tektronix DTG 5274, мультиметр типа Agilent 34411A-3шт, осциллографы смешанного сигнала типа Tektronix MSO4104, прецизионные мельтиметры типа Agilent 3458 A, универсальные генераторы стандартных сигналов типа TEKTRONIX AFG3252, цифровые запоминающие осциллографы типа Tektronix DPO4104, базовая платформа NI ELVIS для лабораторных работ,вакуумный насос 2Z-5, вольтметры универсальные В7-21А, источники питания типа Agilent E3648A, мультиметры Agilent 34411A, ноутбук Deil Latitude 3440 BTX (CA003L34406EM), осциллографы С1-93, осциллографы смешанного сигнала типа Tektronix MSO44101, принтер ОКТ-8, принтер HP LJ P1006, принтер лазерный А4 Kyosera Mita FS1128MFP+ADF МФУ, проектор NEC NP405G1, универсальные генераторы стандартных сигналов типа TEKTRONIX AFG3252, характериографы ТР-4805/3, экран DRAPER BARONEN HW100” NTSC MW White Case.

б) в Учебном центре профессиональных квалификаций на территории АО «Микрон», оснащенном следующим оборудованием:

	Наименование
1	Автоматизированное рабочее место, включающее: - установку УЗСА-12; - комплект визуального контроля; - контроллер Stepdrive-R4-Opto
2	Установка ORTHODYNE ELECTRONICS Model 20
3	Станция NI ELVIS II
4	Установка УЗСА-12
5	Измерительный комплекс SOVTEST ATE FT-17

в) на учебно - производственном участке АО «Ангстрем» на учебных рабочих местах с расположенным на них оборудованием:

1) Посадка пластин с готовыми структурами на адгезионный носитель (установки

ЭМ-2008, ЭМ-2048);

2) Резка пластин с готовыми структурами на отдельные кристаллы (установка ЭМ-225);

3) Отбраковка кристаллов в процессе визуального контроля под микроскопом (микроскопы типа МБС, БИОЛАМ);

4) Монтаж кристаллов на основания методом посадки на эвтектику в защитной среде формир-газа (установки ЭМ-4085);

5) Разрушающий контроль прочности монтажа кристаллов на сдвиг и приварки проволочных выводов на отрыв (установка Dage 4000);

6) Присоединение проволочных выводов ультразвуковой микросваркой (установки Orthodyne Electronics M20 и M360, ЭМ-4340);

7) Герметизация изделий с помощью металлопластмассовых корпусов в процессе запрессовки (установки Fico Power Line, Fico MMS-i-90T);

8) Контрольно-измерительные и испытательные операции (установка ПКВ-2);

9) Контроль герметичности изделий с использованием вакуумного оборудования (установки УКГМ, ТИ1-50, МИКРО - 4).

г) на учебно - производственном участке АО «НМ_ТЕХ», оснащенном следующим оборудованием:

№	Наименование
1	Полуавтоматический установщик кристаллов, модель PP6-6
2	Установка для эпоксидного, эвтектического и flip-chip ручного и полуавтоматического монтажа кристаллов, модель PP7- 3D
3	Полуавтоматическая установка для клиновой микросварки и термозвуковой сварки, TPT HB16
4	Полуавтоматическая станция для тестирования лазерных диодов, модель PP-One TEST
5	Программируемые камеры быстрого изменения температуры и влажности THC серии
6	Автоматическая зондовая станция для кремниевых пластин
7	Ручная зондовая станция 200 мм

Реализация профессионального модуля предполагае обязательную производственную практику, которую рекомендуется проводить рассредоточено.

3.2. Учебно-методическое обеспечение

3.2.1. Основные печатные и/или электронные издания

1. Берикашвили, В. Ш. Электроника и микроэлектроника: импульсная и цифровая электроника: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Ш. Берикашвили. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2023. - 242 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-06256-4. - Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. - URL: https://urait.ru/bcode/515401 (дата обращения:18.01.2025).

2. Королёв, М. А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: в 2 ч учебное пособие / М. А. Королёв, Т. Ю. Крупкина, М. А. Ревелева; под редакцией Ю. А. Чаплыгина. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 400 с. - ISBN 978-5-00101-814-8. - Текст: электронный // Лань: электронно - библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/151589 (дата обращения: 18.01.2025)

3.2.2. Дополнительные источники

1.Техническое обслуживание и ремонты оборудования. Решения НКМКНТМК-ЕВРАЗ : учебное пособие / под ред. В. В. Кондратьева, Н. Х. Мухатдинова, А. Б. Юрьева. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 128 с. + CD-R. — (Управление производством). - ISBN978-

5-16-004039-4. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1840467 (дата обращения:17.01.2025)

3.3. Общие требования к организации образовательного процесса

Организация образовательного процесса по ПМ 03 осуществляется в соответствии с расписанием занятий и содержанием соответствующих разделов основной профессиональной образовательной программы очной формы обучения, которая была разработана и утверждена колледжем самостоятельно с учетом требований рынка труда на основе ФГОС СПО для специальности 11.02.13 «Твердотельная электроника».

Программа ПМ 03 обеспечивается учебно - методической документацией по разделам. Компетентностный подход в обучении предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Реализация программы ПМ 03 обеспечивается доступом каждого обучающегося к базам данных и библиотечным фондам. Освоению ПМ 03 предшествует изучение учебной дисциплины МДК.02.01 «Технологии монтажа, регулировки, технического обслуживания и эксплуатации технологического оборудования для изготовления изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники», а также профессионального модуля ПМ.02 «Монтаж, регулировка, техническое обслуживание и эксплуатация технологического оборудования для изготовления изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники».

Учебная и производственная практика (по профилю специальности) ПП 03.01 является составной частью учебного процесса и имеют целью закрепление и углубление знаний, полученных студентами в процессе обучения, приобретение необходимых умений и навыков практической работы по избранной специальности.

Обязательной формой итоговой аттестации по ПМ 03 является экзамен (квалификационный). Экзамен (квалификационный) проверяет готовность обучающегося к выполнению указанного вида профессиональной деятельности и наличия у него необходимых компетенций. Экзамен (квалификационный) проводится по окончании освоения программы профессионального модуля и представляет собой форму независимой оценки результатов обучения с участием работодателей. Условием допуска к экзамену (квалификационному) является успешное освоение обучающимися всех элементов программы ПМ 03.

Учет учебных достижений, обучающихся проводится при помощи различных форм текущего контроля: устный опрос, тестирование, контрольная работа, практическая работа.

3.4. Кадровое обеспечение образовательного процесса

Требования к квалификации педагогических (инженерно - педагогических) кадров, обеспечивающих обучение по междисциплинарному курсу МДК 03.01: наличие высшего профессионального образования, соответствующего профилю ПМ 03 «Осуществление технологического процесса производства изделий твердотельной электроники» и специальности11.02.13 «Твердотельная электроника».

Требования к квалификации педагогических кадров, осуществляющих руководство практикой:

Инженерно - педагогический состав: дипломированные специалисты - преподаватели междисциплинарных курсов, а также общепрофессиональных дисциплин: «Электротехника»; «Электронная техника»; «Электронное материаловедение»; «Электрорадиоизмерения»;«Информационные обеспечение профессиональной деятельности».

Мастера: наличие 5 - 6 квалификационного разряда с обязательной стажировкой в профильных организациях не реже 1-го раза в 3 года. Опыт деятельности в организациях соответствующей профессиональной сферы является обязательным.

4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

Код ПК, ОК	**Критерии оценки результата (показатели освоенности компетенций)**	**Формы контроля и методы оценки**
ПК 3.1. Осуществлять подготовку и запуск технологического оборудования для производства изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники.	владение информацией о типах и устройствах технологического оборудования, применяемого для изготовления изделий твердотельной электроники; владение информацией о правильности запуска и эксплуатации технологического оборудования; точность выполнения подготовки и запуска технологического оборудования, применяемого для изготовления изделий твердотельной электроники; правильность подготовки и запуска	Тестирование. Устный и письменный опрос. Выполнения индивидуальных домашних заданий. Выполнение практических занятий. Защита отчета по итогам выполненных практических занятий.

ПК3.2. Устанавливать, контролировать приборов квантовой электроники и фотоники.	владение информацией о параметрах и режимах работы технологического оборудования; владение информацией о порядке регулировки параметров и режимов технологического оборудования; владение информацией о причинах отказов в работе технологического оборудования; грамотность при оформлении технической и технологической документации; точность и правильность измерения параметров и режимов работы технологического оборудования; грамотность регулировки параметров и режимов	Тестирование. Устный и письменный опрос. Выполнения индивидуальных домашних заданий. Выполнение практических занятий. Защита отчета по итогам выполненных практических занятий.
ПК3.3.Выполнять операции технологического процесса производства изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники (по видам).	владение информацией об особенностях конструкций разных видов изделий твердотельной электроники; владение информацией о материалах и технологических процессов, применяемых для изготовления изделий твердотельной электроники; владение информацией о методах Пооперационного изготовления изделий твердотельной электроники; владение информацией о режимах технологического процесса изготовления изделий твердотельной электроники; владение информацией о влиянии режимов технологического процесса изготовления изделий твердотельной электроники на параметры и характеристики изделий твердотельной электроники; владение информацией о видах дефектов изделий твердотельной электроники, возникающие в технологическом процессе;	Тестирование. Устный и письменный опрос. Выполнения индивидуальных домашних заданий. Выполнение практических занятий. Защита отчета по итогам выполненных практических занятий.

Формы и методы контроля и оценки результатов обучения должны позволять проверять у обучающихся не только сформированность профессиональных компетенций, но и развитие общих компетенций и обеспечивающих их умений.

Рабочая программа профессионального модуля ПМ 03. «Технологический процесс производства изделий твердотельной электроники, приборов квантовой электроники и фотоники» по специальности среднего профессионального образования: 11.02.13 «Твердотельная электроника» разработана в колледже электроники и информатики 30.04.2025 года, протокол № 6.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с директором колледжа ЭИ НИУ МИЭТ

Директор колледжа / /С.Н. Литвинова /