

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

«18» сентября 2024 г.

ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
«ПЛАЗМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ»

Программа разработана в Передовой инженерной школе
«Средства проектирования и производства электронной компонентной базы»

Москва – 2024 г.

1. Цель реализации программы

Цель программы – привитие знаний, умений и навыков в области интегральных микро- и нанотехнологий для формирования материалов, элементов и приборов твердотельной электроники плазменными методами.

2. Характеристика профессиональной деятельности и (или) квалификации

При разработке программы учтено мнение следующих высокотехнологичных компаний – АО «НПП «ЭСТО», *Научно-исследовательский институт точного машиностроения (АО НИИТМ)*

Область профессиональной деятельности: 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности

Вид экономической деятельности: обрабатывающие производства

Угруппированная группа специальностей: 22.00.00 **Материаловедение и технологии материалов**

Квалификация: не присваивается

3. Требования к результатам обучения

Формируемая профессиональная компетенция: способен разрабатывать, внедрять новые и вырабатывать рекомендации по корректировке существующих плазменных процессов изготовления изделий микро- и нанoeлектроники

В результате освоения данной программы слушатель должен:

знать: физико-химические основы плазменных процессов технологии микроэлектроники

уметь: обосновать выбор технологических режимов для получения заданной полупроводниковой структуры

иметь практический опыт: оценки результатов проведения технологических операций плазмохимического травления

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

Наличие среднего профессионального или высшего образования или получающие среднее профессиональное и (или) высшее образование (при наличии соответствующей справки с указанием года окончания). Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца.

5. Содержание программы

5.1. Учебный план программы повышения квалификации

«ПЛАЗМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ»

Категория слушателей – инженеры, бакалавры, магистры, аспиранты, научные сотрудники с техническим образованием

Срок обучения – 36_ часов

Форма обучения очная, с использованием дистанционных технологий.

№ п/п	Наименование разделов/модулей	Всего, час	В том числе		
			Аудиторных		Самостоятельная работа
			Лекции	Практические и/или лабораторные занятия	
1.	Физико-химические основы процессов сухого (вакуумно-плазменного) травления	14	8	2	4
2.	Технологические основы сухого (вакуумно-плазменного) травления	18	8	6	4
	Итоговая аттестация	4	Зачет с оценкой (2 часа)		2
	Всего	36			

**5.2 Учебно-тематический план
программы повышения квалификации
«ПЛАЗМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ»**

№ п/п	Наименование разделов / модулей	Всего, час	В том числе		
			Аудиторных		Самостоятельная работа
			Лекции	Практически е и лабораторны е занятия	
1.	Физико-химические основы процессов сухого (вакуумно-плазменного) травления	14	8	2	4
1.1.	Вакуум и вакуумное оборудование	8	4	2	2
1.2.	Плазма: способы получения, основные процессы	4	2	-	2
1.3.	Основы фотохимии. Фоторезисты.	2	2	-	-
2	Технологические основы сухого (вакуумно-плазменного) травления	18	8	6	4
2.1.	Создание маски. Основные операции фотолитографического процесса.	4	2	-	2
2.2	Методы вакуумно-плазменного травления. Оборудование для вакуумно-плазменного травления.	14	6	6	2
	Итоговая аттестация	4	ЗаО (2 часа)		2
	Всего	36			

5.3. Календарный учебный график

Календарный учебный график составляется в форме расписания занятий при наборе группы и прилагается к программе повышения квалификации.

5.4. Учебная программа повышения квалификации

«ПЛАЗМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕХНОЛОГИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ»

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.	Физико-химические основы процессов сухого (вакуумно-плазменного) травления	8
1.1	Применение вакуумных процессов в технологии микро- и нанoeлектроники. Особенности вакуума как технологической среды. Процессы доставки вещества в вакууме.	2
1.1.	Конструирование вакуумных систем. Общие требования к вакуумным насосам. Классификация и характеристики вакуумных насосов.	2
1.2	Плазма: определения, классификация, способы получения, основные процессы.	2
1.3	Физико-химические основы процессов фотолитографии в технологии микроэлектроники. Прямая и обратная фотолитографии. Основы фотохимии. Фоторезисты.	2
2.	Технологические основы сухого (вакуумно-плазменного) травления	8
2.1	Основные операции фотолитографического процесса. Формирование слоя резиста, формирование защитного рельефа, передача изображения на подложку. Особенности переноса изображения в нанометровой области размеров элементов.	2
2.2	Классификация процессов сухого травления. Ионное травление. Особенности переноса изображения с маски на рабочий материал при ионном травлении. Оборудование для ионно-лучевого травления.	2
2.2.	Номенклатура рабочих газов. Плазмохимическое и ионно-химическое травление. Процессы сухого травления высокоплотной плазмой. ITR и ICP реакторы.	2
2.2.	Травление кремниевых микроструктур с высоким аспектным отношением	2

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.1	Вакуумные насосы и процесс откачки	2
2.2	Ионное травление в технологии нанoeлектроники.	4

Перечень практических занятий

Номер раздела и темы	Наименование практического занятия	Количество часов
2.2	Расчет параметров процесса плазмохимического травления. Интерактивное занятие по модулю «Сухое травление».	2

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1.1	Роль вакуумных процессов в технологии микро- и нанoeлектроники. Изучение дополнительных видеоматериалов. Подготовка к лабораторному занятию 1.1.	2
1.2.	Плазма: способы получения, основные процессы. Проработка материалов лекции и изучение дополнительных материалов.	2
2.1.	Процессы сухого травления и литография. Изучение материала лекции, анализ способов нанесения рисунка на поверхность подложки. Подготовка к практическому занятию 1.3.	2
2.2.	Ионное травление в технологии нанoeлектроники. Подготовка к лабораторному занятию 2.2.	2
1.1-2.2	Подготовка к практико-ориентированному заданию	2

5.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

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.

Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях: Учеб. пособие / В.А. Галперин, Е.В. Данилкин, А.И. Мочалов; Под ред. С.П. Тимошенкова. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 288 с.

5.6. Материально-техническое обеспечение программы

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 TrueConf
Лаборатория тонкопленочной технологии	Лабораторные занятия	Вакуумная установка магнетронного напыления УВМ-026; Вакуумная установка ионно-плазменного нанесения УРМ-3279014
Лаборатория дисперсных систем	Лабораторные занятия	Интерактивный комплекс: вакуумная установка МВУ ТМ-Магна Интерактивный комплекс: вакуумная установка МВУ ТМ "Плазма-РИТ" реактивно-ионного травления
Оборудованное рабочее место	Самостоятельная работа слушателей	Компьютер с выходом в Интернет

5.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и итоговую аттестацию обучающихся. Текущая аттестация обучающихся осуществляется на практических занятиях путем оценивания решений заданий, выполняемых на практических и лабораторных занятиях. Итоговая аттестация по программе проводится в форме зачета с оценкой. Зачет состоит в оценке выполнения практико-ориентированного задания «Выбор параметров формирования наноструктуры с заданной морфологии на кремниевых пластинах с заданной ориентацией».

Оценивание происходит по следующим критериям: корректность и полнота анализа влияния заданных условий на процесс вакуумно-плазменного травления, аргументированность выбора технологических параметров и условий вакуумно-плазменного травления для формирования наноструктуры с заданной морфологии, корректность употребления терминов.

5 баллов - представлено решение практико-ориентированного задания, проведен анализ влияния заданных условий на процесс вакуумно-плазменного травления, технологические параметры формирования наноструктуры выбраны корректно, термины, используемые в решении практико-ориентированного задания, употребляются корректно;

4 балла - представлено решение практико-ориентированного задания, проведен анализ влияния заданных условий на процесс вакуумно-плазменного травления, но не все факторы учтены или имеются незначительные ошибки в выборе технологических параметров процесса;

3 балла - представлено решение практико-ориентированного задания, проведен анализ влияния заданных условий на процесс вакуумно-плазменного травления, но учтено влияние только одного из факторов (условий задания) или имеются существенные ошибки в выборе технологических параметров процесса или имеются ошибки в употреблении терминов;

2 балла - представлено решение практико-ориентированного задания, приведены общие сведения о влиянии различных условий на процесс вакуумно-плазменного травления, но выбор технологических параметров вакуумно-плазменного травления не обоснован, обучающийся затрудняется дать определения используемых терминов;

1 балл - представленное решение практико-ориентированного задания не соответствует по содержанию и/или оформлению установленным требованиям, обучающийся затрудняется разъяснить, как заданные условия влияют на процесс вакуумно-плазменного травления, как осуществить выбор технологических параметров вакуумно-плазменного травления, затрудняется дать определения используемых терминов;

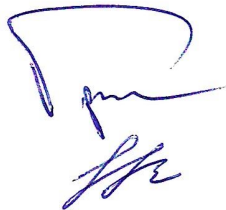
0 баллов - решение практико-ориентированного задания отсутствует.

Резльтирующая оценка обучающихся производится в соответствии со следующей шкалой:

- 0-2 – неудовлетворительно (незачет),
- 3 – зачет с оценкой «удовлетворительно»,
- 4 – зачет с оценкой «хорошо»,
- 5 – зачет с оценкой «отлично».

6. Составители программы

Д.т.н., профессор института ПМТ



Громов Д.Г.

Старший преподаватель института ПМТ

Назаркина Ю.В.

Согласовано:

Зам. директора по ОД ПИШ,
Директор ДРОП



Н.Ю. Соколова

Руководитель направления
Электронное машиностроение

А.В. Щагин

Зам. директора по ОД института ПМТ

Л.И. Матына