

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по МДРМ МИЭТ



Д.Г. Коваленко

«30» октября 2020 г.

**Программа вступительных испытаний**  
по приему в магистратуру в 2021 году  
Института перспективных материалов и технологий  
по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»  
по совокупности образовательных программ «Материалы и технологии функциональной  
электроники» и «Микроэлектроника и твердотельная электроника»

Москва 2020 г.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень магистратуры) утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 959

1.1. Область профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу магистратуры, включает:

– 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере материаловедческого обеспечения технологического цикла производства объемных нанометаллов и нанокерамик, сплавов и соединений, композитов на их основе и изделий из них, технологического обеспечения полного цикла их производства и изделий из них, а также производства изделий с наноструктурированными керамическими покрытиями; в сфере измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур; в сфере термического производства - по наладке и испытаниям технологического оборудования, автоматизации и механизации технологических процессов, анализу и диагностике технологических комплексов, внедрению новой техники и технологий, инструментальному обеспечению и контролю качества; в сфере научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок; в сфере разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области материаловедения и технологии материалов).

1.2. Виды профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники, освоившие программу магистратуры:

- научно-исследовательская;
- научно-педагогическая.

При разработке и реализации программы магистратуры МИЭТ ориентируется на конкретный вид (виды) профессиональной деятельности, к которому (которым) готовится магистр, исходя из потребностей рынка труда, научно-исследовательских и материально-технических ресурсов организации.

## 2. УЧЕТ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ

В соответствии с правилами приема в магистратуру при поступлении на совокупность образовательных программ «Материалы и технологии функциональной электроники» и «Микроэлектроника и твердотельная электроника» установлено максимальное количество баллов за каждое индивидуальное достижение:

№ п/п	Наименование индивидуального достижения	Максимальный балл за ИД	Документы для подтверждения наличия ИД
1.	Диплом о высшем образовании с отличием	10 баллов	Копия (или подлинник) диплома
2.	Победитель проводимого МИЭТ конкурса творческих и проектных работ по профилю направления подготовки	100 баллов	Диплом победителя
3.	Призер проводимого МИЭТ конкурса творческих и проектных работ по профилю	75 баллов	Диплом призера

	направления подготовки		
4.	Победитель Международного или Всероссийского конкурса (выставки) научных и творческих работ, Международной или Всероссийской студенческой олимпиады (чемпионата) по профилю магистратуры	100 баллов	Диплом победителя
5.	Призер или лауреат Международного или Всероссийского конкурса (выставки) научных и творческих работ, Международной или Всероссийской студенческой олимпиады (чемпионата) по профилю магистратуры	75 баллов	Диплом призера или лауреата
6.	Письменное согласие организации о предоставлении места практики с указанием тематики профессиональной деятельности, соответствующей направлению подготовки	до 20 баллов	Письмо на официальном бланке организации
7.	Наличие научных публикаций по тематике направлений подготовки или РИД: - опубликованные научные статьи в рецензируемых журналах, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus - опубликованные научные статьи в ведущих рецензируемых журналах из перечня ВАК - опубликованные статьи в журналах включенных в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) - опубликованные материалы конференции или тезисы на конференциях, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus - опубликованные материалы конференции или тезисы на конференциях, журналах включенных в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), а также других конференциях - патент по тематике направления подготовки	до 10 баллов 10 баллов 10 баллов 4 балла 3 балла, но не более 8 2 балла, но не более 5 5 баллов	Ксерокопия (титульный лист, оглавление, текст публикации, выходные данные)

### 3. ПОРЯДОК И РЕГЛАМЕНТ ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительные испытания при приеме в магистратуру по направлению 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» по совокупности программ «Материалы и технологии функциональной электроники» и «Микроэлектроника и твердотельная электроника», проводятся в форме собеседования.

Основной целью вступительного испытания является отбор абитуриентов, наиболее подготовленных к продолжению обучения в магистратуре высшего учебного заведения по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» по

совокупности программ «Материалы и технологии функциональной электроники» и «Микроэлектроника и твердотельная электроника».

Задачами вступительного испытания являются:

- оценка уровня знаний и умений в профессиональной области;
- выявление степени подготовленности к продолжению обучения в магистратуре.

Вопросы, выносимые на собеседование, определяются настоящей программой.

В ходе собеседования поступающим могут быть также заданы вопросы, направленные на уточнение причин выбора определенной программы магистерской подготовки, круга интересов поступающего и целей его поступления в магистратуру.

Максимальное количество баллов, которое может получить поступающий по результатам собеседования – 75 баллов.

Максимальное количество баллов, набранных по совокупности вступительных испытаний и индивидуальных достижений – 100 баллов.

Решение экзаменационной комиссии заносится в протоколы вступительных испытаний и индивидуальных достижений.

Согласно Правилам приема в магистратуру МИЭТ в 2020 году участие в конкурсе принимают абитуриенты, набравшие не менее 25 баллов.

Дата, время и аудитория проведения вступительных испытаний назначаются в соответствии «Правилами приема в магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» в 2019 году».

Для подготовки выделено два академических часа, разрешено пользоваться любыми справочными материалами, в том числе собственными лекциями, учебниками, методическими пособиями и т.д.

Представление индивидуального задания производится устно в форме выступления в течение 10 минут.

Результаты проведения вступительных испытаний оформляются в виде отдельных протоколов экзаменационной комиссии на каждого абитуриента.

#### 4. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ПО ОСНОВНЫМ УЧЕБНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ, ВЫНОСИМЫМ НА ВСТУПИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В МАГИСТРАТУРУ

##### 4.1 Перечень вопросов для вступительных испытаний

##### 4.1.1 Материалы электронной техники

1. Благородные металлы в микроэлектронике.
2. Неметаллические проводящие материалы. Проводящие материалы на основе оксидов, применение.
3. Классификация полупроводниковых материалов. Собственные и примесные полупроводники. Энергетические зонные диаграммы.
4. Кремний. Фоновые примеси в монокристаллическом кремнии. Микродефекты в монокристаллическом кремнии.
5. Поликристаллический кремний, способы получения и свойства поликристаллического кремния. Применение поликристаллического кремния в микроэлектронике.

6. Аморфный кремний, структура, применение и влияние легирования на проводимость a-Si:H.
7. Микрокристаллический кремний. Свойства, получение и применение.
8. Материалы кремниевой оптоэлектроники. Кремний, легированный эрбием. Пористый кремний.
9. Карбид кремния. Свойства и применение карбида кремния.
10. Свойства полупроводников типа  $A^{III}B^V$ . Применение полупроводников типа  $A^{III}B^V$ .
11. Классификация диэлектрических материалов. Основные понятия. Активные и пассивные диэлектрики, их применение.
12. Стекловидные диэлектрические материалы. Стекла. Особенности структуры, состава и технологии изготовления. Применение в микроэлектронике.
13. Керамические материалы: классификация, свойства, технология. Применение в микроэлектронике.
14. Технология вольфрама технической и высокой чистоты.
15. Получение технического кремния. Технологическая схема получения полупроводникового кремния.
16. Методы получения монокристаллов. Причины возникновения дислокаций в монокристаллах.
17. Нитрид кремния. Методы формирования пленок нитрида кремния. Сравнительный анализ свойств стехиометрического и плазмохимического нитрида кремния.
18. Полимеры и смолы. Свойства и технологические особенности производства активных диэлектрических материалов. Применение в микроэлектронике.
19. Плотность. Основные понятия и методы измерений.
20. Теплоемкость. Основные понятия и методы измерений.
21. Теплопроводность. Основные понятия и методы измерений.
22. Тепловое расширение. Основные понятия и методы измерений.
23. Электропроводность. Основные понятия и методы измерений.
24. Термоэлектродвижущая сила. Основные понятия и методы измерений.
25. Концентрация носителей. Основные понятия и методы измерений.
26. Температурный коэффициент сопротивления. Основные понятия и методы измерений.

#### **4.1.2 Основы технологии электронной компонентной базы**

1. Аморфное и кристаллическое состояние вещества. Существующие представления о механизмах зародышеобразования и роста новой фазы. Зародыши критического размера.
2. Теории роста идеальных и реальных кристаллов. Различия и особенности
3. Хлоридный процесс эпитаксии кремния. Стадии процесса. Кинетика процесса.
4. Методы осаждения диоксида кремния.
5. Классификация загрязнений. Принципы построения химической очистки подложек. Использование растворов на основе перекиси водорода для очистки поверхности подложек: ПАР и Каро.
6. Принципы процесса анодного окисления.
7. Модель термического окисления кремния Дила-Гроува. Структура аморфного диоксида кремния. Сравнение  $SiO_2$ , полученных термическим окислением в сухом и

- влажном кислороде. Схемы способов осуществления процесса термического окисления.
8. Гидридный процесс эпитаксии кремния. Стадии процесса. Кинетика процесса. Особенности процесса эпитаксии кремния на сапфире.
  9. Структура нарушенного слоя. Контроль и параметры шероховатости поверхности.
  10. Процесс газофазной эпитаксии арсенида галлия. Хлоридный, хлоридно-гидридный и МОС-гидридный процессы.
  11. Принципы и схемы реализации жидкофазной эпитаксии арсенида галлия.
  12. Вакуум-термическое нанесение тонких пленок. Испарение и конденсация. Коэффициент конденсации. Зависимость структуры тонких пленок от условий конденсации.
  13. Методы резистивного и электронно-лучевого испарения. Принципы и схемы реализации.
  14. Катодный метод осаждения для нанесения тонких пленок. Принципы и схема реализации.
  15. Триодный ионно-плазменный метод нанесения вещества. Принципы и схема реализации.
  16. Магнетронное распыление для нанесения тонких пленок. Принципы и схема реализации.
  17. Химическое и электрохимическое осаждение тонких металлических пленок из растворов.
  18. Свойства тонких пленок. Правило Матиссена. Зависимость удельного сопротивления и температурного коэффициента сопротивления от толщины тонкой пленки.
  19. Структура тлеющего разряда, формируемого постоянным напряжением. Особенности тлеющего разряда, формируемого высокочастотным напряжением.
  20. Принципы и методы резания, шлифования и полирования полупроводников.
  21. Преимущества процессов «сухого» травления перед жидкостным. Классификация процессов «сухого» травления. Ионное-плазменное, ионное-лучевое, ионно-химическое и плазмо-химическое травление.
  22. Источник ионов типа Кауфмана и типа «Радикал». Преимущества и недостатки.
  23. Процессы литографии. Технологический процесс прямой и обратной фотолитографии.
  24. Технологический процесс фотолитографии. Особенности операций процесса.
  25. Что такое фоторезист? Требования к фоторезисту.
  26. Позитивный и негативный процессы литографии. Особенности построения позитивного и негативного фоторезистов. Процессы, протекающие в позитивном и негативном фоторезисте.
  27. Разрешающая способность процесса фотолитографии. Разрешение. Основные фотохимические законы.
  28. Нежелательные оптические размерные эффекты в процессе фотолитографии, связанные с явлением дифракции и интерференции. Пути их преодоления.
  29. Механизмы диффузии атомов легирующих примесей. Законы диффузии Фика.
  30. Схема проведения процесса термодиффузии. Две стадии процесса. Диффузия в полубесконечное тело из бесконечного источника. Диффузия в полубесконечное

тело из ограниченного источника. Распределение примеси по глубине после каждой из стадий процесса диффузии. Методы осуществления процесса диффузии.

31. Ионная имплантация. Основные представления о механизме процесса. Основы теории Линхарда-Шарфа-Шиотта. Распределение внедренных ионов. Эффект каналирования. Деканалирование в процессе ионной имплантации.
32. Принципы и схемы построения установок ионной имплантации.
33. Классификация методов сварки и пайки. Суть метода контактной реакционной пайки.

#### **4.1.3 Методы исследования материалов электронной техники**

1. Прецизионное определение параметров решетки кристалла. Основные методы, принципы и области применения
2. Рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализ. Основные виды, принципы и области применения.
3. Методы на основе электронной дифракции. Области применения.
4. Растровая электронная микроскопия. Возможности метода, области применения.
5. Просвечивающая электронная микроскопия. Возможности метода, области применения.
6. Текстура. Понятие, Основные характеристики и виды. Основное уравнение для расшифровки текстуры на стереографической проекции.
7. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Суть метода, схема метода. Применение в технологии микроэлектроники.
8. Электронная Оже-спектроскопия. Суть метода, схема метода. Применение в технологии микроэлектроники.
9. Вторичная ионная масс-спектрометрия. Суть метода, схема метода. Применение в технологии микроэлектроники.
10. Спектроскопия упруго рассеивающихся ионов. Суть метода, схема метода. Применение в технологии микроэлектроники.
11. Вольт - фарадный метод. Суть метода. Основное уравнение метода.
12. Световой микроскоп. Основные параметры микроскопа. Формирование изображения в световом микроскопе.
13. Четырехзондовый метод определения удельного сопротивления. Суть и схема метода. Область применения.
14. Метод ванн дер Пау. Основные принципы. Измерение удельного сопротивления полупроводников методом ван дер Пау.
15. Сканирующий зондовый микроскоп. Возможности метода, области применения.
16. Оптические методы исследования состава (ИК-спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния)
17. Экспериментальные методы термического анализа. Принципы, возможности, области применения.

#### **4.2 Список рекомендуемой литературы:**

##### **4.2.1 Материалы электронной техники**

1. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники, учебник, СПб.:Лань, 2003

2. Покровский Ф.Н. Материалы и компоненты радиоэлектронных устройств. Учебное пособие для вузов, М.:Горячая линия-Телеком, 2005
3. Кожитов Л.В., Косушкин В.Г., Крапухин В.В., Пархоменко Ю.Н. технология эпитаксиальных слоев и гетерокомпозиций, М.:МИСИС, 2001
4. А.А. Шерченков, Ю.И. Штерн. Физика и технология полупроводниковых преобразователей энергии. Часть 1. Учебное пособие.- М.: МИЭТ.- 2006
5. А. А. Раскин Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники. Учеб. пособие. Ч. 1 / А. А. Раскин, В. К. Прокофьева. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 168 с.
6. Шерченков А.А., Будагян Б.Г. Физика и технология полупроводниковых преобразователей энергии. Учебное пособие, М.:МИЭТ, 2007
7. Б.Г.Будагян, А.А.Шерченков. Материалы электронной техники. Лабораторный практикум, Часть 1 М.:МИЭТ, 2001
8. А.А. Шерченков, Ю.И. Штерн. Материалы электронной техники. Лабораторный практикум, ч. 3.-М.:МИЭТ, 2004

#### **4.2.2 Основы технологии электронной компонентной базы**

1. В.К. Прокофьева, Б.Н.Рыгалин. Кристаллизация полупроводников из расплава. М., МИЭТ, 2007.
2. Физико-химические основы интегральных микро- и нанотехнологий : учебное пособие для вузов в 2-х т. под ред. Ю.Н.Коркишко, Т.1. Ю.Д.Чистяков, Ю.П.Райнова. Физико-химические основы технологии микроэлектроники, М.:Бином, 2009
3. Физико-химические основы интегральных микро- и нанотехнологий : учебное пособие для вузов в 2-х т. под ред. Ю.Н.Коркишко, М.В.Акуленок, В.М.Андреев, Д.Г.Громов и др. Технологические аспекты, М.:Бином, 2010
4. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники, учебник, СПб.:Лань, 2003.
5. Громов Д. Г., Мочалов А. И., Сулимин А. Д., Шевяков В. И., Металлизация ультрабольших интегральных схем : учебное пособие: – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний 2009
6. А. А. Раскин Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники. Учеб. пособие. Ч. 1 / А. А. Раскин, В. К. Прокофьева. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 168 с.

#### **4.2.3 Методы исследования материалов электронной техники**

1. Э.Р.Кларк Микроскопические методы исследования материалов, М.Техносфера 2007
2. Д.Брандон, У.Каплан Мир материалов и технологий. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля, М.:Техносфера, 2006
3. Физика твердого тела. Лаб.практикум. Методы получения твердых тел и исследования их структуры, под ред. А.Ф.Хохлова ,М.:В.школа, 2001
4. Физика твердого тела Лаб. практикум. Физические свойства твердых тел. под ред. А.Ф.Хохлова, М.:В.школа, 2001

#### **5. ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

Максимальное количество баллов за ответ на один вопрос составляет 25 баллов.  
Критериями оценки знаний по ответам на вопросы являются:

- понимание сущности излагаемого материала, степень соответствия заданному вопросу и полнота излагаемого в ответе материала;
- грамотность изложения сути вопроса, умение использовать научную и специальную терминологию и вести диалог с комиссией;
- способность иллюстрировать ответ на теоретический вопрос практическими примерами.

Оценка каждого ответа определяется следующим образом:

Оценки от 23 до 25 баллов ставится абитуриенту, в ответе которого приводятся полные сведения по заданному вопросу, демонстрируется всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, материал изложен логично, последовательно и не требует дополнительных пояснений, даются ответы на все вопросы членов экзаменационной комиссии.

Оценки от 19 до 22 баллов ставится абитуриенту, в ответе которого приводятся основные сведения по заданному вопросу, демонстрируются полные знания материала, ответ сформулирован с незначительными ошибками на теоретический вопрос, и полным ответе на дополнительные вопросы экзаменационной комиссии.

Оценки от 16 до 18 баллов ставится абитуриенту, в ответе которого приводятся не полные сведения по заданному вопросу, демонстрируются слабые знания учебного материала, но в объеме, достаточном для дальнейшей учебы в магистратуре, имеются затруднения с ответами на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

Оценки до 15 баллов ставится абитуриенту, в ответе которого приводятся не полные сведения по заданному вопросу, демонстрируются существенные пробелы в знаниях, наличие значительных ошибок в ответе, абитуриент не может разъяснить сути содержания того, что он представил в качестве ответа на вопрос, не даются ответы на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

Максимальная суммарная балльная оценка ответа на собеседовании составляет 75 баллов.

Итоговая оценка абитуриента определяется коллегиально членами экзаменационной комиссии на основании голосования простым большинством. При равном числе голосов голос председателя является решающим.

Результаты проведения вступительных испытаний оглашаются в день проведения вступительных испытаний по окончании собеседования.

Прием вступительного испытания в форме собеседования производится экзаменационной комиссией в соответствии с расписанием и списками абитуриентов, подготовленными приемной комиссией.

**6. КРИТЕРИИ НАЧИСЛЕНИЯ БАЛЛОВ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОСТИЖЕНИЯ  
«ПИСЬМЕННОЕ СОГЛАСИЕ ОРГАНИЗАЦИИ О ПРЕДОСТАВЛЕНИИ МЕСТА  
ПРАКТИКИ С УКАЗАНИЕМ ТЕМАТИКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И  
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ»**

Вычисление итоговой суммы баллов по данному индивидуальному достижению осуществляется в соответствии с критериями, представленными ниже:

№ п/п	Критерий	Максимальная оценка критерия
1	Тематика практики и выпускной квалификационной работы полностью соответствует образовательной программе	5 баллов
2	Предоставлена аннотация планируемой работы	6 баллов
3	Организация является партнером МИЭТ/института ПМТ по организации практики для студентов	2 балла
4	Наличие опытного руководителя от организации	2 балла
5	Наличие задела у поступающего по предложенной организацией тематике: <i>ВКР бакалавра выполненная по заявленной тематике</i> <i>Наличие публикаций по заявленной тематике</i> <i>Наличие опыта работы по заявленной тематике</i>	5 баллов

Итоговая сумма баллов по данному индивидуальному достижению рассчитывается по формуле:

$$N = k * \sum_{1}^{5} Kp_i$$

где, *k* – коэффициент соответствия деятельности организации установленному перечню (коды ОКВЭД):

- 26.11 Производство элементов электронной аппаратуры
- 72.19 Научные исследования и разработки в области естественных и технических наук прочие
- 28.99.9 Производство оборудования специального назначения, не включенного в другие группировки
- 71.12.12 Разработка проектов промышленных процессов и производств, относящихся к электротехнике, электронной технике, горному делу, химической технологии, машиностроению, а также в области промышленного строительства, системотехники и техники безопасности
- 71.20 Технические испытания, исследования, анализ и сертификация
- 23.44 Производство прочих технических керамических изделий
- 25.61 Обработка металлов и нанесение покрытий на металлы
- 26.40 Производство бытовой электроники
- 26.20 Производство компьютеров и периферийного оборудования

- 26.30 Производство коммуникационного оборудования
- 26.51 Производство инструментов и приборов для измерения, тестирования и навигации
- 26.70.1 Производство фото- и кинооборудования
- 33.13 Ремонт электронного и оптического оборудования

Если уставной вид деятельности организации соответствует утвержденному перечню –  $k=1$ , во всех других случаях  $k=0$ .

Директор Института ПМТ	_____	С.А. Гаврилов
Руководитель магистерской программы «Микроэлектроника и твердотельная электроника»	_____	Д.Г. Громов
Руководитель магистерской программы «Материалы и технологии Функциональной электроники»	_____	А.А. Дронов

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.