

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС»

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по науке и инновациям

М.Р. Филонов

« 3 » сентября 2018 г.

Проректор по учебной работе

В.Л. Петров

« 3 » сентября 2018 г.



## ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Направление подготовки/специальность  
22.06.01 «Технологии материалов»

Направленность (профиль)/специализация  
«Функциональные материалы нанoeлектроники»

Форма обучения  
очная

Квалификация (степень) выпускника аспирантуры  
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Москва 2018

Директор ЦИИЛ  
Игнатов А.С.

## 1. Общая характеристика государственной итоговой аттестации

**1.1 Целью проведения государственной итоговой аттестации (далее ГИА)** является определение соответствия результатов освоения обучающимися основной образовательной программы высшего образования соответствующим требованиям стандарта ОС ВО НИТУ «МИСиС» по направлению 22.06.01 «Технологии материалов» (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

**1.2 Основные задачи государственной итоговой аттестации направлены на формирование и проверку освоения следующих компетенций:**

УК-1	Коммуникации и работа в команде. Готовность: использовать современные методы и технологии научной коммуникации в своей профессиональной деятельности; участвовать в работе российских исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.
УК-2	Коммуникативная языковая компетенция. Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на русском и иностранном языках.
УК-3	Гражданственность и социальная ответственность. Способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции; соблюдать права и обязанности гражданина; Соблюдать социальные нормы и ценности, участвовать в решении социальных задач, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия.
УК-4	Здоровьесбережение и безопасность жизнедеятельности. Владеть методами и средствами укрепления здоровья, поддерживать определенный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности. Способность использовать приемы первой помощи, основные методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций.
УК-5	Непрерывное образование. Способность к непрерывному профессиональному образованию, обновлению профессиональных знаний и навыков, к непрерывному развитию потенциала личности.
ОПК-1	Фундаментальные знания. Способность использовать знания фундаментальных наук для проведения научных исследований и преподавательской деятельности.
ОПК-2	Системный анализ. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, а также к генерации новых научных идей при решении исследовательских и практических задач.
ОПК-3	Проектирование и разработка. Способность: к созданию новых знаний, в том числе, междисциплинарного характера, а также к разработке новых методов исследования и их применению в научно-исследовательской деятельности; обоснованно выбирать образовательные технологии, методы и средства

	обучения, а также разрабатывать методическое обеспечение для педагогической деятельности.
ОПК-4	Исследования. Демонстрировать: Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в профессиональной области, соответствующей направленности образовательной программы; Владение образовательными технологиями, методами и средствами обучения в педагогической деятельности.
ОПК-5	Практика. Способность: к решению исследовательских и практических задач, генерированию новых идей, в том числе в междисциплинарных областях; планировать, осуществлять и оценивать учебно-воспитательный процесс в образовательных организациях высшего образования.
ОПК-6	Принятие решений. Умение управлять проектами, в том числе инновационными, в области научных исследований и образования, брать на себя ответственность за принятие решений.
ПК-1	Научно-исследовательская (в области металлургии, материаловедения и технологии материалов). Способность и готовность выполнять расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в качестве ведущего исполнителя с применением компьютерных технологий, вести патентный поиск по тематике исследований, оформлять материалы для получения патентов, анализировать, систематизировать и обобщать информацию из глобальных компьютерных сетей, обрабатывать результаты научно-исследовательской работы, оформлять научно-технические отчеты, готовить к публикации научные статьи и доклады, разрабатывать технические задания и программы проведения расчетно-теоретических и экспериментальных работ. Способность выбирать приборы, датчики и оборудование для проведения экспериментов и регистрации их результатов.
ПК-2	Преподавательская (в области металлургии, материаловедения и технологии материалов) Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования.

### 1.3 Формы проведения государственной итоговой аттестации

ГИА проводится в форме:

- государственного экзамена;
- представления научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

### 1.4 Объем государственной итоговой аттестации в ЗЕ

В соответствии с ОС ВО НИТУ «МИСиС» по направлению 22.06.01 «Технологии материалов» в Блок 4 «Государственная итоговая аттестация» входят: сдача государственного экзамена и научный доклад об основных

результатах подготовленной научной квалификационной работы.

Общая трудоемкость ГИА составляет 9 зачетных единиц (324 часа).

Вид ГИА	Трудоемкость (з.е. / часы)	Семестры
1. Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена	1,5 з.е. / 54 часа	8
2. Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).	7,5 з.е. / 270 часов	8

### **1.5 Особенности проведения ГИА**

Язык, на котором проводится ГИА – русский.

## **2 Структура и содержание государственной итоговой аттестации**

### **2.1 Государственный экзамен**

Государственный экзамен проводится по дисциплинам, результаты освоения которых, имеют определяющее значение для профессиональной деятельности выпускников.

#### **2.1.1 Государственный экзамен проводится письменно.**

#### **2.1.2 Состав учебных дисциплин, включенных в программу государственного экзамена:**

- История и философия науки;
- Педагогика высшей школы;
- Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники;
- Физические методы исследования;

#### **2.1.3 Контрольные вопросы к экзамену:**

### **ИСТОРИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ**

1. Философия науки в историческом развитии и социокультурном контексте.
2. Преднаука и две стратегии порождения научных знаний.
3. Становление первых форм теоретического знания в античной культуре. Эпистеме и докса.
4. Роль христианской теологии в формировании философии и науки в средние века. Вера и разум.
5. Особые формы знания в средние века: алхимия, астрология и магия.

6. Формирования идеалов классической науки в философии Нового времени. Эмпиризм и рационализм (Ф. Бэкон и Р. Декарт).
7. Философия науки в немецкой классической философии (И. Кант и Ф. Гегель).
8. Позитивистская традиция в философии науки. Этапы развития позитивизма в XIX-XX веках.
9. Постпозитивистская традиция в западной философии науки. (Концепции науки К. Поппера, И. Лакатоса, Т. Куна, П. Фейерабенда, М. Полани).
10. Многообразие форм познавательной деятельности. Особенности научного познания.
11. Три аспекта бытия науки: наука как познавательная деятельность, как социальный институт, как особая сфера культуры.
12. Понятие науки, ее предмет, структура и функции. Типы научного знания.
13. Всеобщие методы научного познания. Диалектика и метафизика.
14. Сущность, структура и методы эмпирического познания.
15. Сущность, структура и методы теоретического исследования.
16. Понятие творчества. Идеалы и нормы научного творчества.
17. Понятие научной теории. Классический и неклассический варианты формирования научной теории.
18. Понятие научной истины. Основные и дополнительные критерии истины.
19. Научная истина в окружении паранаучного знания. Пределы научности в познании мира, общества и человека.
20. Научные традиции и научные революции. Глобальные революции и типы научной рациональности: классический, неклассический и постнеклассический.
21. Основные модели развития науки: кумулятивизм и антикумулятивизм, интернализм и экстернализм.
22. Философские основания науки. Функции философии в научном познании.
23. Этические проблемы науки в начале XXI в. Социальная ответственность ученого и свобода научного исследования.
24. Проблемы экологической этики в современной западной философии (Б. Калликот, О. Леопольд, Р. Аттфильд).
25. Наука и мировоззрение. Научная картина мира в исторической динамике.
26. Постнеклассическая наука и изменение мировоззренческих установок техногенной цивилизации. Сциентизм и антисциентизм в XX-XXI веках.
27. Современные процессы интеграции и дифференциации наук.
28. Наука как социальный институт. Научные сообщества и научные школы в исторической динамике. Научные школы НИТУ «МИСиС».
29. Роль науки в преодолении современных глобальных кризисов.
30. Взаимоотношение науки с государственной властью. Проблема государственного регулирования науки.

### ***Основная литература***

1. Берков В.Ф. Философия и методология науки. - Минск, 2004.
2. Западная философия: итоги тысячелетия: антология. - М., 1997.

3. Зотов А.Ф. Современная западная философия. - М., 2001.
4. История философии: Запад Россия Восток: в 4 кн. Кн. 4. Философия XX века. - М., 1999.
5. История философии: учебник / под ред. Ч.С. Кирвеля. - Минск, 2001.

### *Дополнительная литература*

1. Йолон П.Ф. Система теоретического знания // Логика научного исследования, - М., 2011. - С. 64.
2. Кохановский В. П. Философия и методология науки. – М.: Высшая школа, 2012.

### **ПЕДАГОГИКА ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ**

1. Понятие и сущность педагогики как науки. Предмет педагогики.
2. Основные понятия педагогической науки. Педагогическая теория, понятие и сущность
3. Понятие педагогической системы и ее сущность
4. Дидактика. Основные требования к современным образовательным технологиям. Дидактические системы.
5. «Педагогическая технология», «технология обучения», «образовательная технология».
6. Педагогическая деятельность. Виды педагогической деятельности в современной высшей школе. Этапы и формы педагогического проектирования
7. Предмет, цели и задачи образования. Принципы современного образования.
8. Педагогическая проблема, педагогическая задача и педагогическая ситуация
9. Педагогический процесс и его элементы
10. Понятие компетентностного подхода
11. Понятие образовательной среды. Типы образовательной среды, компоненты образовательной среды
12. Методы и средства педагогической деятельности. Основные педагогические средства
13. Нормативно-правовая база образования в РФ
14. Предмет, цели и задачи образования. Принципы современного образования
15. Традиционное и инновационное образование. Инновационные образовательные технологии.
16. Деятельностно ориентированные технологии. Технологии обучения в сотрудничестве
17. Правила выдвижения познавательных задач в современной дидактике
18. Современные образовательные технологии, сущность, особенности и признаки.
19. Технологии активного обучения.
20. Имитационные и неимитационные технологии. Технологии активного деятельностного типа.
21. Технологии проблемного обучения. Технология ситуационного обучения.

22. Современные образовательные технологии, сущность, особенности и признаки
23. Особенности развития высшего образования в конце XX-начале XXI века. Состояние высшего образования в РФ. Особенности современного образования. Технологизация образования
24. Основные проблемы современного образования. Педагогика высшего образования. Цели и задачи.
25. Учебная деятельность в высшей школе. Управление процессом обучения в высшей школе
26. Особенности дидактики высшей школы. Задачи дидактики высшей школы. Принципы дидактики высшей школы
27. Методы обучения. Понятия и классификация. Классификация методов обучения в педагогике высшей школы. Классификация средств обучения в инженерном образовании
28. Образовательный стандарт высшего образования: понятие, сущность, требования
29. Профессиональная подготовка преподавателя высшей школы
30. Способы конструирования и структурирования содержания образования в высшей школе
31. Образовательные технологии высшей школы
32. Преподавание в инженерном вузе. Особенности инженерной педагогики. Особенности обучения техническим дисциплинам. Использование визуальных средств в инженерном образовании.
33. Ключевые группы качеств студента и критерии их оценки.
34. Фонд оценочных средств в высшей школе.

### ***Основная литература***

1. Кудряшева, Л. А. Педагогика и психология / Кудряшева Л.А. – М.: Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2015.
2. Трайнев, В. А. Новые информационные коммуникационные технологии в образовании [Электронный ресурс] / В.А. Трайнев, В.Ю. Теплышев, И.В. Трайнев. – 2-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация “Дашков и К<sup>о</sup>”, 2013. – 320 с.

### ***Дополнительная литература***

1. Основы педагогического мастерства и профессионального саморазвития: Учебное пособие / С.Д. Якушева. – М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 416 с.
2. Резник С. Д. Аспирант вуза [Текст] : технологии научного творчества и педагогической деятельности / С. Д. Резник. – М. : ИНФРА-М, 2011. – 518 с.
3. Федотова Е. Л. Информационные технологии в науке и образовании: Учебное пособие / Е.Л. Федотова, А.А. Федотов. – М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 336 с.

## **ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ, МАТЕРИАЛОВ И ПРИБОРОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

1. Общие свойства полупроводников. Природа химической связи. Структура кристаллов. Идеальные и реальные кристаллы. Дефекты в кристаллах. Свойства основных монокристаллических материалов микроэлектроники: Si, GaAs и др.. Поликристаллические и аморфные полупроводники.
2. Зонная теория твердого тела. Энергетические спектры электронов в металлах, полупроводниках, диэлектриках. Зона проводимости и валентная зона. Электроны и дырки. Эффективная масса электрона. Экситоны. Собственные и примесные полупроводники. Донорные и акцепторные примеси.
3. Основы статистической физики. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок в зонах и их температурные зависимости. Распределение Максвелла-Больцмана. Критерий вырождения электронного газа. Вырожденные и невырожденные полупроводники.
4. Рекомбинация носителей заряда. Рекомбинация «зона-зона» и рекомбинация через примеси и дефекты. Теория рекомбинации Шокли-Рида. Диффузионная длина и время жизни носителей. Поверхностная рекомбинация.
5. Электропроводность полупроводников. Носители заряда в слабом электрическом поле. Взаимодействие с фононами, примесными атомами, дефектами. Подвижность электронов и дырок. Условие электронейтральности. Диффузия и дрейф носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Носители заряда в сильном электрическом поле. Горячие электроны. Лавинное умножение в полупроводниках. Электрические домены и токовые шнуры. Эффект Ганна.
6. Уравнение для плотности электрического тока в полупроводниках. Уравнение непрерывности. Уравнение Пуассона.
7. Электронно-дырочный (р-п) переход. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Вольт-амперная характеристика р-п перехода. Токи носителей заряда в р-п переходе, квазиуровни Ферми. Генерация и рекомбинация носителей в р-п переходе. Барьерная и диффузионная емкость. Частотные и импульсные свойства. Пробой р-п перехода: тепловой, лавинный, туннельный.
8. Транзисторный эффект. Зонная диаграмма полупроводниковой структуры с двумя близко расположенными р-п переходами. Коэффициент инжекции. Коэффициент переноса носителей через базу. Коэффициент усиления транзистора.
9. Контакт металл-полупроводник. Теория Шоттки. Вольт-амперная характеристика. Омический контакт. Сопоставление с р-п переходом.
10. Структура металл-диэлектрик-полупроводник. Зонная диаграмма и ее изменение при приложении напряжения. Роль поверхностных состояний, подвижных и неподвижных зарядов в диэлектрике.

11. Гетероструктуры. Зонная диаграмма гетеро- р-п- перехода. Коэффициент инжекции. Суперинжекция. Одинарные и двойные гетероструктуры. Варизонные структуры.
12. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Поглощение излучения: собственное и примесное, экситонное и на свободных носителях. Закон Бугера. Красная граница поглощения. Фотопроводимость. Спектральная характеристика. Фотовольтаический эффект в р-п переходе. Эффекты, вызываемые поглощением высокоэнергетического ядерного излучения в полупроводниках.
13. Излучение полупроводников. Прямые и не прямые переходы носителей заряда. Виды люминесценции: инжекционная, катодо-, фотолюминесценция. Спектры излучения. Правило Стокса, антистоксова люминесценция. Квантовый выход. Вывод излучения из полупроводников.
14. Лазерный эффект в полупроводниках. Индуцированное (стимулированное) излучение. Оптический резонатор, усиление и генерация света. Пороговый ток.
15. Термоэлектрические явления. Термо- и гальваномагнитные эффекты. Эффект Холла. Электро-, магнито-, акустооптические эффекты. Поверхностные акустические волны. Акустоэлектронные волны.
16. Полупроводниковые диоды. Устройство и основные параметры. Выпрямительные и импульсные диоды. Варикапы. Стабилитроны и защитные диоды. Туннельные диоды. Диоды СВЧ: детекторные и смесительные, диоды Шоттки, рпн – диоды, умножительные и параметрические, лавинно-пролетные, диоды Ганна. Полупроводниковые датчики ядерных излучений.
17. Полупроводниковые транзисторы
18. Биполярные транзисторы. Принцип действия, основные параметры, их зависимость от температуры. Частотные и импульсные характеристики. Диффузионно-дрейфовые транзисторы. Мощные транзисторы, в том числе СВЧ. Транзисторы с изолированным затвором (IGBT).
19. Тиристоры и их разновидности. Основные параметры.
20. Полевые транзисторы, принцип действия, основные параметры. Полевые транзисторы с р-п переходом, с барьером Шоттки. МДП-транзисторы с индуцированным и встроенным каналами р- и п- типов.
21. Шумы в транзисторах.
22. Полупроводниковые интегральные схемы. Транзисторы, диоды и другие элементы в интегральном исполнении. Межэлементная изоляция. ИС, БИС, СБИС. Классификация микросхем по конструктивно- технологическому принципу: МОП- и КМОП-ИС, биполярные (ТТЛ-, ЭСЛ-, И2Л- ИС): Би-КМОП; «кремний-на-изоляторе» («кремний-на-сапфире»)-ИС, GaAs-ИС на полевых транзисторах с барьером Шоттки (ПТШ)
23. Многослойные (объемные) ИС. Интеграция на пластине. Микросистемы (общее представление).
24. Микросхемотехника. Цифровые и аналоговые ИС. Базовые логические элементы: ТТЛ, ЭСЛ, МОП, КМОП, ПТШ. Микропроцессоры.

Полупроводниковые ЗУ. Программируемые логические матрицы. Базовые матричные кристаллы. ЦАП – АЦП. Сигнальные микропроцессоры. ВИП и стабилизаторы напряжения. Операционные усилители. Специфика интегральных СВЧ-устройств.

25. Фотоприемники: фото- резисторы, -диоды, -транзисторы, -матрицы. Основные параметры и характеристики. Фотоприемники ИК-диапазона, тепловизоры. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью. Солнечные батареи: на монокристаллическом и аморфном кремнии, на поликристаллических пленках, с гетероструктурами.
26. Полупроводниковые лазеры (общее представление).
27. Светодиоды, параметры и характеристики. Суперяркие светодиоды. ИК-излучатели. Светодиодные дисплеи. Полимерные светодиоды (общее представление).
28. Оптроны и оптоэлектронные ИС.
29. Оптические дисковые и голографические ЗУ. Волоконнооптические линии связи. Элементы оптической вычислительной техники. Интегральная оптика.
30. Акустоэлектроника и акустооптика. Физические основы взаимодействия акустической волны с электронами твердого тела и взаимодействия оптических и акустических волн в твердых телах и жидкостях. Основные материалы акустоэлектроники и акустооптики и устройства на их основе для обработки аналоговых сигналов.
31. Магнитоэлектроника, криоэлектроника, твердотельные датчики (общее представление).
32. Краткий очерк истории твердотельных приборов и микроэлектроники. Даты важнейших открытий и изобретений. Ученые, внесшие вклад в развитие твердотельной микроэлектроники и примыкающих к ней областей.
33. Планарная технология – общая схема техпроцесса. Групповая обработка. Минимальный топологический размер (МТР) - основной показатель уровня технологии. Степень интеграции ИС. Динамика МТР и степени интеграции, закон Мура. Перспективы развития планарной технологии. Гибридная технология. Микросборки и БИС на подложках.
34. Изготовление полупроводниковых пластин. Определение кристаллографической ориентации монокристаллов полупроводников. Ориентированная резка, шлифовка, полировка пластин.
35. Химическое травление и химическая полировка кремния и арсенида галлия. Химико-механическая полировка. Финишная очистка пластин. Методы контроля качества очистки.
36. Эпитаксия. Методы эпитаксиального выращивания кремния. Методы контроля качества эпитаксиальных слоев. Распределение примесей в эпитаксиальных слоях. Дефекты эпитаксиальных пленок. Получение эпитаксиальных гетеропереходов. Выращивание эпитаксиальных пленок  $A^{III}B^V$ . Оборудование для эпитаксиального выращивания пленок. Сравнение газотранспортной, жидкофазной, МОС-гидридной и молекулярной эпитаксии.

37. Создание диэлектрических покрытий на кремнии. Термодинамика процесса окисления кремния. Физическая модель процесса окисления кремния. Кинетика активного и пассивного окисления полупроводников. Структура окисла на кремнии. Перераспределение примеси при термическом окислении кремния. Формирование диэлектрических пленок методами осаждения из металлоорганических соединений.
38. Зарядовое состояние системы полупроводник-диэлектрик; факторы, влияющие на величину и знак заряда в системе. Связь параметров полупроводниковых приборов и ИС с зарядовым состоянием системы кремний-окисел.
39. Диффузия в полупроводниках. Физические основы процесса диффузии. Основные уравнения. Граничные условия и расчетные формулы для наиболее важных случаев диффузии. Методы проведения диффузионных процессов. Структурные схемы диффузионных печей. Особенности диффузии в соединениях  $A^III B^V$ .
40. Электронно-ионная технология. Методы получения электронных и ионных пучков. Ионное легирование. Имплантация ионов. Плазмохимические и ионно-плазменные методы обработки полупроводниковых, диэлектрических и металлических слоев. Дефекты, вносимые электронно-ионной обработкой, их устранение. Конструктивные схемы ионных имплантеров и оборудования для электронно-ионной и ионно-химической обработки.
41. Металлизация. Получение тонких пленок термическим испарением в вакууме. Ионно-плазменное распыление. Химическое осаждение из газовой фазы. Оборудование для получения тонких пленок. Материалы тонкопленочной технологии.
42. Литография. Фотолитография. Основные типы оборудования для фотолитографии. Проекционная фотолитография, электроннолучевая литография и рентгенолитография. Фотошаблоны и их изготовление. Дефекты микросхем, связанные с фотолитографическими процессами.
43. Структуры элементов полупроводниковых ИС. Методы изоляции элементов. Технология структур «кремний на изоляторе». Структура и свойства элементов ИС.
44. Сборка полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Корпуса полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Методы герметизации. Бескорпусные приборы. Методы отвода тепла в мощных полупроводниковых приборах.
45. Моделирование как основа проектирования приборов твердотельной, микро- и нано- электроники. Методики построения физических и математических моделей. Двух- и трехмерное моделирование. Примеры моделей транзисторов, элементов микросхем. Системы моделирования и автоматизированного проектирования (общее представление).
46. Испытание изделий на устойчивость к воздействию внешних факторов: механических, климатических, радиационных, Виды испытаний: приемосдаточные, периодические, квалификационные. Особенности

поведения полупроводниковых приборов и микросхем при различных видах радиационных и космических воздействий. Методы повышения радиационной стойкости приборов.

47. Основные положения, понятия и определения современной теории надежности. Статистические методы оценки и прогнозирования показателей надежности и долговечности. Физика причин отказов полупроводниковых приборов и микросхем. Катастрофические (внезапные) и деградационные (постепенные) отказы. Методы выявления потенциально ненадежных приборов и микросхем. Ускоренные испытания и имитационные методы испытаний.
48. Физические явления, определяющие электропроводность толсто-пленочных резистивных материалов.
49. Толстопленочные резисторы.
50. Основные типы постоянных и переменных резисторов.
51. Физические явления, определяющие емкостные свойства конденсаторов.
52. Типы, параметры и конструкции конденсаторов постоянной и переменной емкости.
53. Физические основы работы линий задержек на поверхностных акустических волнах.
54. Полупроводниковые термо- и фототранзисторы, позисторы, варисторы, болометры (общее представление)
55. Физические эффекты в малоразмерных твердотельных структурах, специфические приборы наноэлектроники и методы их изготовления, основные принципы создания приборов на квантовых эффектах
56. Размерное квантование в гетероструктурах. Примеры структур с размерно-квантованным энергетическим спектром: квантовые ямы, квантовые нити и квантовые точки. Сверхрешетки. Туннелирование на одиночном барьере. Двухбарьерная структура. Резонансно-туннельные диод и транзистор. Эффект Джозефсона.
57. Транспортные явления в малоразмерных полупроводниковых структурах. Модулированное легирование. Полевые транзисторы с высокой подвижностью электронов (HEMT). Гетеропереходный биполярный транзистор.
58. Квантовый эффект Холла. Энергетический спектр носителей заряда в магнитном поле. Квантование холловского сопротивления двумерного электронного газа в магнитном поле. Дробный квантовый эффект Холла.
59. Одноэлектроника. Квантование кулоновской энергии в мезоскопических системах. Явление кулоновской блокады при туннелировании через переходы с малой емкостью. Одноэлектронные транзисторы и схемы на их основе.
60. Представления об элементной базе квантовых компьютерах – кубитах. Свойства кубита. Управление эволюцией кубита. Элементарные одно-кубитовые и двух-кубитовые операции как основа квантовых вычислений. Представление о принципах квантовой связи на одиночных фотонах.

### **Основная литература**

1. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. –М., Наука, 1977.
2. Шалимова К.В. Физика полупроводников. –М., Энергия, 1976.
3. Епифанов Г.И., Мома Ю.А. Твердотельная электроника. –М., Высшая школа, 1986.
4. Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов в 2-х книгах. –М., Мир, 1984.
5. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника. Под ред. Федорова Н.Д. –М., Радио и связь, 1998.
6. Викулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. –М., Радио и связь, 1990.
7. Блихер А. Физика силовых биполярных и полевых транзисторов.. Ленинград, Энергоатомиздат, 1986.
8. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. –М., Радио и связь, 1998.
9. Тилл У., Лаксон Дж. Интегральные схемы, материалы, приборы и их изготовление. –М, Мир, 1985.
10. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника. –М., Радио и связь, 1989.
11. Фотоприемники видимого и ИК диапазонов. Под ред. Стафеева В.И. –М., Радио и связь, 1985.
12. Носов Ю.Р., Шилин В.А. Основы физики приборов с зарядовой связью. –М., Наука, 1986
13. Тришенков М.А. Фотоприемные устройства и ПЗС. –М., Радио и связь, 1992.
14. Технология СБИС в 2-х книгах. Под ред. С. Зи. –М., Мир, 1986.
15. Черняев В.Н. Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров. –М., Радио и связь, 1987.
16. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. –М., Радио и связь, 1989.
17. Валиев К.А. Физические основы субмикронной фотолитографии. –М., Наука, 1990.
18. Броддай И., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии. –М., Мир, 1985.
19. Моделирование полупроводниковых приборов и технологических процессов. Под ред. Д. Миллера. –М., Радио и связь, 1989.
20. Бубенников А.Н. Моделирование интегральных микротехнологий, приборов и схем. –М., Высшая школа, 1989.
21. Соклоф С. Аналоговые интегральные схемы. –М., Мир, 1988.
22. Козырь И.Я. Качество и надежность интегральных микросхем. –М., Высшая школа, 1987.
23. Домрачев В.Г., Мальцев П.П., Новаченко И.В., Пономарев С.Н. Базовые матричные кристаллы и матричные БИС. – Энергоатомиздат, 1992.
24. Алексенко А.Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника. –М., Радио и связь, 1987.
25. Рычина Т.А., Зеленский А.В. Устройства функциональной электроники и электрорадиоэлементы. –М., Радио и связь, 1989, 352с.
26. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность. - М.,РХД, 2001.
27. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники. –Новосибирск, НГТУ, 2000.
28. Арсенид галлия в микроэлектронике. Под ред. В.Н. Мордковича. –М., Мир, 1988.
29. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. – СПб, «Лань», 2002

30. Пичугин И.Г., Таиров Ю.М. Технология полупроводниковых приборов – М., Высшая школа, 1984

### *Дополнительная литература*

- 1 Березин А.С., Мочалкина О.Р. Технология и конструирование интегральных микросхем. –М., Радио и связь, 1983.
- 2 Емельянов В.А. Быстродействующие цифровые КМОП БИС. –Минск, Полифакт, 1998.

### *Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы*

- 1 база научных изданий ScienceDirect ([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com));
- 2 база научных изданий издательства Springer ([www.springerlink.com](http://www.springerlink.com));
- 3 база электронных журналов издательства Institute of Physics ([www.iop.org](http://www.iop.org));
- 4 электронная библиотека (elibrary.ru);
- 5 базы патентов (<http://patft.uspto.gov/>, <http://www.fips.ru/>, <http://www.espacenet.com/>).

### **ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

- 1 Дифракционные методы исследования атомной структуры материалов. Особенности распространения волн в периодических структурах. Закон Вульфа-Брэгга. Обратная решетка.
- 2 Основные методы рентгеноструктурного анализа.
- 3 Рентгеновская дифрактометрия.
- 4 Качественный и количественный рентгеновский фазовый анализ.
- 5 Электронография и нейтронография.
- 6 Рентгенографический анализ текстур, остаточных напряжений, дефектов кристаллической решетки, типа твердого раствора, химического дальнего порядка.
- 7 Просвечивающая и растровая электронная микроскопия, анализ фазового состава, микроструктуры и дефектов кристаллического строения.
- 8 Методы локального анализа химического состава. Микрорентгеноспектральный анализ. Оже-электронная спектроскопия. Рентгеноэлектронная спектроскопия (электронная спектроскопия для химического анализа). Масс-спектроскопия вторичных ионов.
- 9 Изучение микроструктуры с помощью световой микроскопии.
- 10 Методы количественной металлографии.
- 11 Термический анализ. Абсолютный и дифференциальный методы измерения. Калориметрия; методы смешения, ввода и протока тепла; сканирующая, модуляционная и импульсная калориметрия.

- 12 Дилатометрия; оптический, емкостный, индуктивный датчики перемещения.
- 13 Методы измерения теплопроводности.
- 14 Резистометрия, мостовые и потенциометрические методы. Измерение магнитных свойств диа-, пара- и ферромагнетиков.
- 15 Определение параметров кривой намагничивания и петли гистерезиса в статическом и динамическом режимах измерения.
- 16 Термомагнитный анализ.
- 17 Применение измерений физических свойств для решения материаловедческих задач (изучения изменений структуры и фазовых превращений).
- 18 Методы механических испытаний. Испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение.
- 19 Измерение микротвердости и твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу.
- 20 Испытания на ползучесть, длительную прочность, релаксацию напряжений.
- 21 Усталостные испытания.
- 22 Ударная вязкость. Методы её определения.

### ***Основная литература***

- 1 Введенский В.Ю., Лилеев А.С., Перминов А.С. Экспериментальные методы физического материаловедения. – М.: Изд. Дом «МИСиС», 2011.

### ***Дополнительная литература***

- 1 Лившиц Б.Г. Металлография. – М.: Металлургия, 1990. – 336 с.
- 2 Металловедение. Учебник. В 2-х томах. // Коллектив авторов под общей ред. В.С. Золоторевского. - М.: Издательский Дом МИСиС, 2009.
- 3 Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. / Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. – М.: Металлургия, 1982. – 632 с.
- 4 Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с.
- 5 Золотаревский В.С. Механические свойства металлов. – М.: МИСиС. 1998, 400 с.
- 6 Бернштейн М.Л., Займовский В.А. Механические свойства металлов. – М.: Металлургия. 1979. – 496 с.
- 7 Кривоглаз М.А. Теория рассеяния рентгеновских лучей и тепловых нейтронов реальными кристаллами. – Киев: Наукова Думка, 1953. – 408 с.
- 8 Иванов А.Н., Поляков А.М. Анализ несовершенств кристаллического строения по профилю и интенсивности рентгеновских отражений: Учебное пособие. – М.: МИСиС, 2002. – 78 с.

## 2.1.4 Критерии оценивания

Результаты государственного экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания.

«ОТЛИЧНО» - минимум 3 вопроса билета (из 3) имеют полные ответы. Содержание ответов свидетельствует об отличных знаниях выпускника и о его умении решать профессиональные задачи, соответствующие его будущей квалификации.

«ХОРОШО» - минимум 2 вопроса билета (из 3) имеют полные ответы. Содержание ответов свидетельствует о хороших знаниях выпускника и о его умении решать профессиональные задачи, соответствующие его будущей квалификации.

«УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» - минимум 1 вопрос билета (из 3) имеет полный и правильный ответ, 2 вопроса раскрыты не полностью. Содержание ответов свидетельствует о недостаточных, но удовлетворительных знаниях выпускника и о его ограниченном умении решать профессиональные задачи.

«НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» - три вопроса билета (из трех) не имеют ответа. Содержание ответов свидетельствует об отсутствии знаний выпускника и о его неумении решать профессиональные задачи. Аспиранты, получившие по результатам государственного экзамена оценку «неудовлетворительно», не допускаются к государственному аттестационному испытанию – представлению научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

## 2.1.5 Рекомендуемая литература:

*Основная литература:*

- 1 Берков В.Ф. Философия и методология науки. - Минск, 2004.
- 2 Зотов А.Ф. Современная западная философия. - М., 2001.
- 3 История философии: Запад Россия Восток: в 4 кн. Кн. 4. Философия XX века. - М., 1999.
- 4 История философии: учебник / под ред. Ч.С. Кирвеля. - Минск, 2001.
- 5 Кудряшева Л.А. Педагогика и психология / Кудряшева Л.А. – М.: Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА - М, 2015.
- 6 Трайнев В.А. Новые информационные коммуникационные технологии в образовании / В.А. Трайнев, В.Ю. Теплышев, И.В. Трайнев. – 2-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация “Дашков и К<sup>о</sup>”, 2013. – 320 с.
- 1 Никулин С.А., Турилина В.Ю. Материаловедение и термическая обработка металлов. Специальные стали. – М.: МИСиС «Учеба», 2007.
- 2 Нарва В.К. Технология получения порошковых материалов и изделий. Курс лекций. – М.: МИСиС, 2012.
- 3 Новиков И.И., Золоторевский В.С., В.К. Портной и др. Металловедение.

Учебник. В 2-х томах. – М.: МИСиС, 2014.

4 Материаловедение и технология конструкционных материалов: учеб, для студентов вузов / В.Б. Арзамасов, А.Н. Волчков и др.; ред.: В.Б. Арзамасов, А.А. Черепяхин. – 3-е изд., стер. – Москва: Академия, 2011. – 447 с.

5 Тарасов А.В. Общая металлургия / А.В.Тарасов, Н.И. Уткин. – М.: Металлургия, 1997. – 592 с.

6 Педос С.И., Шугаев В.А. Теория формирования покрытий. Методы получения покрытий. Учебное пособие. – М.: МИСиС "Учёба", 2007.

7 Кузнецов Г.Д., Кушхов А.Р. Ионно-плазменная обработка материалов: Курс лекций. – М.: МИСиС, 2008.

8 Лившиц Б.Г. Металлография. – М.: Металлургия, 1990. – 336 с.

9 Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978. – 792 с.

10 Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. – М.: Металлургия, 1990. – 240 с.

11 Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки. – М.: Металлургия. 1990. – 336 с.

12 Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. / Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. – М.: Металлургия, 1982. – 632 с.

13 Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия. – М.: Металлургия, 1976. – 350 с.

14 Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с.

15 Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. – М.: Металлургия, 1986. – 480 с.

16 Уманский Я.С, Скаков Ю.А. Физика металлов. – М.: Атомиздат, 1978. – 352 с.

17 Штремель М.А. Прочность сплавов. – М.: МИСиС, ч.1 Дефекты решетки, 1999. – 384 с. ч.2 Деформация, 1997. – 527 с.

18 Бокштейн С.З. Строение и свойства металлических сплавов. – М.: Металлургия, 1971. – 496 с

19 Золотаревский В.С. Механические свойства металлов. – М.: МИСиС. 1998, 400 с.

20 Кекало И.Б. Самарин Б.А. Физическое материаловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами. – М.: Металлургия, 1989. – 496 с.

21 Иванов А.Н., Поляков А.М. Анализ несовершенств кристаллического строения по профилю и интенсивности рентгеновских отражений: Учебное пособие. – М.: МИСиС, 2002. – 78 с.

22 Введенский В.Ю., Лилеев А.С., Перминов А.С. Экспериментальные методы физического материаловедения. – М.: Изд. Дом «МИСиС», 2011.

23 Алымов М.И., Елманов Г.Н., Калинин Б.А. и др. Физическое материаловедение. Т.5. Материалы с заданными свойствами. - М.: МИФИ, 2008.

24 Петрова Л.Г., Потапов М.А., Чудина О.В. Электротехнические

материалы. - М.: МАДИ, 2008.

25 Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. - М.: Физматлит, 2010.

26 Зими́на Т.М., Соловьёв А.В. Биомедицинские нанотехнологии. - СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011.

27 Болсунов К.Н., Садыкова Е.В., Чигирев Б.И. Биофизика. - СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011.

28 Власов А.И., Денисов А.А., Елсуков К.А. Бионаноинженерия. - МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.

#### *Научные журналы и электронные ресурсы:*

- Известия высших учебных заведений. Материалы электроники. Москва.
- Нанотехника.
- Кристаллография.
- Материаловедение.
- Композиты и наноструктуры.
- Журнал физической химии. Journal of applied physics - Режим доступа: <https://aip.scitation.org/journal/jap>
- Applied physic letters - Режим доступа: <https://aip.scitation.org/journal/apl>
- Physical Review - Режим доступа: <https://journals.aps.org/>
- Journal of crystal growth - Режим доступа: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-crystal-growth>
- Journal of alloys and compounds - Режим доступа: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-alloys-and-compounds>
- Physica status solidi - Режим доступа: <https://www.wiley-vch.de/en/shop/journals/268>
- Japanese journal of applied physics - Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/journal/1347-4065>

#### *Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»*

- Научная электронная библиотека (eLIBRARY.RU) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://elibrari~v.ru>.
- Электронная библиотека диссертаций (ЭБД) РГБ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://dvs.rsl.ru>.
- AmericanPhysicalSociety[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://publish.aps.org>.
- BlackwellPublishing[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/2303687>.
- Elsevier[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com>.
- Elsevier(журналы открытого доступа) ) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://sciencedirect.com>.
- Nature[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.nature.com>.

- Sage[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://online.sagepub.com>.
- Springer[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.springerlink.com>.
- WebofScience[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://isiknowledge.com>.
- eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – URL: <http://www.elibrary.ru>
- ibooks.ru[Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://ibooks.ru>
- Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://e.lanbook.com/>
- Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://biblio-online.ru>
- Znanium.com[Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://znanium.com>
- Словари. ру. – Режим доступа: <http://slovari.ru/dictsearch>
- Федеральная университетская компьютерная сеть России. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.runnet.ru/res/>

## 2.2 Научно-квалификационная работа (диссертация)

Научно-квалификационная работа (диссертация) представляет собой выполненную обучающимся научно-квалификационную работу, демонстрирующую уровень подготовленности выпускника к самостоятельной профессиональной деятельности.

### 2.2.1 Требования к научно-квалификационной работе

2.2.1.1 Научно-квалификационная работа выполняется в виде диссертации, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, либо изложены новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

2.2.1.2 Порядок выполнения научно-квалификационной работы.

Научно-квалификационная работа (диссертация) должна быть написана аспирантом самостоятельно, обладать внутренним единством, содержать новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствовать о личном вкладе аспиранта в науку. Предложенные аспирантом в диссертации решения должны быть аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

В диссертации, имеющей прикладной характер, должны приводиться сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов, а в диссертации, имеющей теоретический характер, -

рекомендации по использованию научных выводов.

В научно-квалификационной работе аспирант обязан ссылаться на автора и (или) источник заимствования материалов или отдельных результатов. При использовании в диссертации результатов научных работ, выполненных аспирантом лично и (или) в соавторстве, он обязан отметить в диссертации это обстоятельство.

Основные научные результаты научного исследования аспиранта должны быть опубликованы в рецензируемых научных изданиях и журналах (не менее двух публикаций). К публикациям, в которых излагаются основные научные результаты научно-исследовательской работы, приравниваются патенты на изобретения, свидетельства на полезную модель, патенты на селекционные достижения, свидетельства на программу для электронных вычислительных машин, базу данных, топологию интегральных микросхем, зарегистрированные в установленном порядке.

Научно-квалификационная работа (диссертация) должна быть подготовлена на русском языке.

Научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации) представляет собой краткое изложение проведенных аспирантом научных исследований. В научном докладе излагаются основные идеи и выводы диссертации, показывается вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость приведенных результатов исследований, приводится список публикаций аспиранта, в которых отражены основные научные результаты диссертации.

2.2.1.3 Критерии выставления оценок (соответствия уровня подготовки выпускника требованиям стандарта) на основе выполнения и защиты научно-квалификационной работы (диссертация).

Результаты защиты научного доклада по выполненной научно-квалификационной работе определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания.

Оценка «отлично» выставляется аспиранту, который:

- прочно усвоил предусмотренный программный материал;
- правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров;
- показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой и т.д.
- Обязательным условием выставленной оценки является правильная речь в быстром или умеренном темпе.

Оценка «хорошо» выставляется аспиранту, который:

- в целом успешно усвоил предусмотренный программный материал;

- в ответах на вопросы, содержатся пробелы применения навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач;
- показал систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой и т.д.

Оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, который:

- в целом успешно усвоил предусмотренный программный материал;
- в ответах на вопросы, содержатся пробелы и не систематические применяются навыки анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач;
- показал в целом удовлетворительные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой и т.д.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, который не смог раскрыть основной вопрос даже на 50%, в ответах на дополнительные вопросы и замечания, допустил существенные ошибки или не может на них ответить, фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач.

### **3. Материально-техническое обеспечение государственной итоговой аттестация**

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе подготовки и выполнения ГИА, соответствует требованиям государственного образовательного стандарта подготовки аспирантов по направлению 22.06.01 «Технологии материалов» (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

- Лекционная аудитория;
- Компьютер, ноутбуки с пакетами прикладных программ и с выходом в Интернет, проектор, экран;
- Лицензионное программное обеспечение.

*Составители:*

*к.ф.-м.н., доцент кафедры МПuD \_\_\_\_\_ Подгорный Д.А.*

*к.т.н., доцент кафедры МПuD \_\_\_\_\_ Быков А.С.*

*Программа утверждена на заседании кафедры МПuD  
протокол № 09/18 от «21» ноября 2018 г.*