|  |
| --- |
|  |
| МИНОБРНАУКИ РОССИИ |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования **«МИРЭА – Российский технологический университет»**  **РТУ МИРЭА** |

|  |  |
| --- | --- |
| **ПРИНЯТО**  решением Ученого совета Института ФТИ  от «27» \_августа\_ 20\_21\_ г.  протокол №\_1\_ | **УТВЕРЖДАЮ**  Директор Института ФТИ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Шамин Р.В.  «27» \_августа\_ 20\_21\_ г. |

**ПРОГРАММА**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ИТОГОВОЙ (ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ) АТТЕСТАЦИИ** | | | | | | |
| *( наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом подготовки бакалавров)* | | | | | | |
| Направление подготовки | | | | | | 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» |
|  | | | | | | *(код и наименование)* |
| Профиль | | Технологии и устройства микро- и наноэлектроники | | | | |
|  | | *(код и наименование)* | | | | |
| Институт | | | Физико-технологический (ФТИ) | | | |
|  | | | *(краткое и полное наименование)* | | | |
| Форма обучения | | | | очная | | |
|  | | | |  | | |
| Программа подготовки | | | | | магистратура | |
|  | | | | |  | |
| Кафедра | Наноэлектроники (НЭ) | | | | | |
|  | *(краткое и полное наименование кафедры, разработавшей РП дисциплины (модуля) и реализующей ее (его))* | | | | | |

Москва 2021

|  |  |
| --- | --- |
| Программа разработана | **д.ф.-м.н. Фетисов Л.Ю.** |
|  | *(степень, звание, Фамилия И.О. разработчиков)* |

|  |  |
| --- | --- |
| Программа рассмотрена и принята | |
| на заседании кафедры | Наноэлектроники |
|  | *(название кафедры)* |

Протокол заседания кафедры от «26» \_\_августа\_\_ 20 \_21\_\_ г. № \_8\_\_

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Зам.зав.кафедрой |  | А.Н. Юрасов |
|  | *(подпись)* | *(И.О. Фамилия)* |

**1. Общие положения**

Программа итоговой (государственной итоговой) аттестации составлена

в соответствии с:

Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры (СМКО МИРЭА 7.5.1/03.П.30);

требованиями Федерального государственного образовательного стандарта № 959 от 21.09.2017 по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» с учетом специфики профиля «Технологии и устройства микро- и наноэлектроники»;

учебным планом и календарным учебным графиком по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» и профилю «Технологии и устройства микро- и наноэлектроники».

Итоговая (государственная итоговая) аттестация в полном объеме относится к базовой части программы магистратуры и завершается присвоением квалификации «Магистр».

В итоговую (государственную итоговую) аттестацию выпускников входит защита выпускной квалификационной работы (магистерская диссертация), включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

**2. Требования к выпускной квалификационной работе и порядок ее выполнения**

Выпускная квалификационная работа рассматривается как самостоятельная заключительная работа студента, в которой систематизируются, закрепляются и расширяются теоретические знания и практические навыки, полученные при изучении циклов дисциплин, предусмотренных основной образовательной программой.

Выпускная квалификационная работа демонстрирует уровень подготовленности выпускника к самостоятельной профессиональной деятельности.

Выпускная квалификационная работа выполняется в виде магистерской диссертации.

Рекомендуемые темы выпускных квалификационных работ:

Методика формирования пористых пленок цирконата-титаната свинца для устройств микро- и наноэлектроники;

Метод формирования сегнетоэлектрических наноструктурпри фемтосекундном лазерном отжиге;

Ионно-лучевое травление, как промежуточная стадия при удалении пассивирующих слоев микросхем в рамках технологии анализа отказов;

Многослойная наноструктура ферромагнетик-магнитоэлектрик;

Сканирующий оптический микроскоп ближнего поля для спектрополяриметрии планарных плазмонных наноматериалов;

Локальная атомная и магнитная структура аморфных, аморфно­ нанокристаллических и нанокристаллических сплавов,

Наноструктуры для перпендикулярной магнитной записи;

Сегнетоэлектрические свойства наноразмерных слоев BSTIBNFO и пленок;

Пористые органосиликатные пленки для систем металлизации ИС;

Самосборка биоорганических наноструктур на основе дифенилалонина и их физические свойства;

Пьезоэлектрические резонансные датчики постоянного магнитного поля на основе цирконата-титаната свинца;

Методика диагностики люминесцентных микро- и наноструктур на

основе оксида цинка;

Устройство фильтрации пространственных шумов многоэлементных приёмников излучения;

Методика контроля элементов сегнетоэлектрической памяти;

Адаптивная оптика для диффузионных сред,

Интегральная схема устройства считывания и обработки сигналов многоэлементного теплового приемника излучения;

Пироэлектрические и электретные явления в кристаллах германата свинца;

Магнитоэлектрические взаимодействия

пьезоэлектрических структурах;

Двухфазный сдвиговый ПЗС-Регистр с барьерами;

Релаксационные эффекты в полимерных нанокомпозитах с наночастицами магнетика;

Метод диагностики микросхем на наличие дефектов элементов;

Диэлектрические, проводящие и магнитные свойства образцов фазы

*BiFeO;*

Транспортные и оптические свойства пористых мембран оксида аллюминия;

Золь-гель метод формирования силикатных слоев с пористой микроструктуроий

Затворные структуры для нанотранзисторов;

Модель мuкромеханuческого зеркала, предназначенного для матричных оптоэлектронных систем передачи информации;

Модель вибрационного микроэлектромеханuческого гироскопа LL­*muna;*

Применение методов статистического анализа электрической схемы проекта при проектировании субмикронных СБИС;

Моделирование квантового баллистического нанотранзистора.

Темы выпускных квалификационных работ обсуждаются на заседании кафедры и утверждаются заведующим кафедрой.

Темы выпускных квалификационных работ могут быть предложены обучающимися по их письменному заявлению с обоснованием целесообразности разработки темы для практического применения в соответствующей области профессиональной деятельности.

К работе над ВКР студент должен приступить с начала выдачи задания. В дальнейшем работа должна быть подчинена календарному графику и вестись непрерывно.

ВКР состоит из расчетно-пояснительной записки и графического материала. Расчетно-пояснительная записка (РПЗ) является основным документом ВКР, в котором приводится исчерпывающая информация о выполненных расчетных, технологических, конструкторских, исследовательских и организационно-экономических разработках, выполненных в ходе выполнения ВКР. Объем каждого из разделов уточняется у руководителя по соответствующим разделам, при этом общий объем РПЗ регламентируется только количеством информации, необходимой и достаточной для полного раскрытия выполненных расчетов и разработок.

Расчетно-пояснительная записка ВКР должна содержать следующие элементы и разделы:

- Титульный лист;

- Задание на ВКР;

- Аннотация (кратко отражается основное содержание ВКР и основные результаты)

- Содержание (указываются все разделы, подразделы и пункты РПЗ с указанием страниц);

- Введение (указывается цель работы, обосновывается актуальность выбранной темы, дается оценка предполагаемым решениям);

- Обзор литературы (приводятся результаты анализа состояния проблемы);

- Исследовательский раздел (основной раздел ВКР – содержит все этапы выполнения магистерской диссертации: теоретическое введение, детали эксперимента, в т.ч. описание экспериментальной установки; результаты и обсуждение исследовательских изысканий, проведенных теоретических расчетов, компьютерного моделирования или других проведённых в ВКР работ. Структура, тематика и число разбиений на подразделы определяются автором работы и согласуются с научным руководителем.);

- Заключение (приводятся общие выводы по работе, анализ предложенных решений, рекомендации по применению работы на практике);

- Список использованных источников (список использованных при выполнении работы литературных и других информационных источников);

- Приложения.

Все материалы по ВКР (в формате .doc и .pdf) сдаются руководителю работы не позднее, чем за неделю до защиты для размещения их в электронной библиотеке ВУЗа. Не позднее чем за 3 дня до защиты все материалы сдаются для проверки через систему антиплагиат на объем заимствований.

Окончательный контроль законченной ВКР проводит заведующий кафедрой при наличии всех материалов работы, положительного результата проверки через систему антиплагиат на объем заимствований и положительного отзыва руководителя на работу. Цель контроля – допуск к итоговой государственной аттестации. Срок – не позже, чем за 3 дня до итоговой государственной аттестации. На окончательный контроль заведующему кафедрой представляется полностью оформленная ВКР, подписанная руководителем работы. Обязательно также наличие отзыва руководителя работы на ВКР. Заведующий кафедрой выносит окончательное решение о допуске студента к защите.

На защиту ВКР студент представляет следующие материалы:

- расчетно-пояснительную записку с приложениями;

- распечатку презентации к докладу.

Графическую часть работы необходимо представлять в презентации, которая иллюстрирует доклад. Для представления ВКР в виде презентации студент должен все представляемые материалы (графическую часть работы) заранее перевести в формат pdf.

На доклад по выполненной ВКР студенту отводится 10 минут. В течение отведенного времени студент должен кратко осветить содержание выполненной им работы с обоснованием принятых решений. Необходимо четко выделить все новое, что предложено и разработано самим студентом, и обосновать техническую и экономическую целесообразность этих предложений. Необходимо подробно осветить лишь наиболее важные и интересные предложения и разработки, отличающие предложенный вариант от базового или типового.

Доклад необходимо иллюстрировать слайдами презентации. В процессе доклада можно использовать заранее написанные краткие тезисы или план. Полностью зачитывать доклад по бумаге не допускается.

**3. Критерии оценки результатов защиты выпускных квалификационных работы**

При выполнении выпускной квалификационной работы обучающиеся должны показать свою способность и умение, опираясь на полученные углубленные знания, умения и сформированные общекультурные и профессиональные компетенции, самостоятельно решать на современном уровне задачи своей профессиональной деятельности, профессионально излагать специальную информацию, научно аргументировать и защищать свою точку зрения. В ходе защиты выпускной квалификационной работы обучающиеся также должны продемонстрировать уровень своей теоретической подготовки. По итогам защиты выпускной квалификационной работы выставляется оценка.

- оценка «отлично» выставляется, если работа носит характер завершенного научного исследования или инженерного решения, содержит грамотно изложенную теоретическую базу, критический обзор литературных и нормативных источников. В работе обозначены проблемные вопросы в соответствующей области, проведен их анализ и предложены варианты решений.В ходе защиты работы обучающимся продемонстрированы глубокое знание темы исследования, свободное владение данными исследования. Во время доклада используется качественный демонстрационный материал. В ходе доклада и при ответах на дополнительные вопросы обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно и полно отвечает на поставленные вопросы;

- оценка «хорошо» выставляется, если работа носит характер завершенного научного исследования или инженерного решения, но содержит недостаточно глубокое изложение основных теоретических положений и категорий, критический обзор литературных и нормативных источников. В работе обозначены проблемные вопросы в соответствующей области, проведен их анализ и предложены варианты решений. В ходе защиты работы обучающимся даны в основном знание темы исследования, продемонстрировано достаточно свободное владение данными исследования. Во время доклада используется демонстрационный материал, не содержащий грубых ошибок. В ходе доклада и при ответах на дополнительные вопросы обучающийся грамотно и по существу излагает материал, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;

- оценка «удовлетворительно» выставляется, если работа в целом носит характер завершенного научного исследования или инженерного решения, но характеризуется нелогичным и непоследовательным изложением теоретического материала, содержит неграмотно изложенную теоретическую базу, поверхностный критический обзор литературных и нормативных источников. В работе обозначены проблемные вопросы по теме исследования, но не проведен их анализ и не предложены варианты решений. Во время доклада используется демонстрационный материал, в котором содержатся ошибки и неточности. В ходе доклада и при ответах на дополнительные вопросы обучающимся продемонстрированы очевидные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии, знания только основного материала, но нет усвоения его деталей, неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если работа не носит характер завершенного научного исследования или инженерного решения, характеризуется нелогичным и непоследовательным изложением теоретического материала, содержит неграмотно изложенную теоретическую базу, отсутствует критический обзор литературных и нормативных источников, не имеет практической значимости. В ходе доклада и при ответах на дополнительные вопросы обучающийся затрудняется в ответах на поставленные вопросы по теме, не знает теории вопроса, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями решает практические задачи или не справляется с ними самостоятельно.

**4. Ресурсное обеспечение Государственной итоговой аттестации**

Основная и дополнительная учебная литература, рекомендуемая при подготовке к Государственной итоговой аттестации

а) основная литература:

1. Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы магистра (магистерской диссертации) [Электронный ресурс]: Методические указания / Шерстюк Н.Э. Гладышев И.В. Кузнецов В.В. — М., МИРЭА — Российский технологический университет, 2021 — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM)
2. Головнин, В.А. Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов, Москва: Техносфера, 2016. — 272 с.
3. Лурье М.С. — Микросистемные преобразователи (аналитический обзор), 2015
4. Савицкий В.А. Микросистемная техника и ее компоненты [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. А. Савицкий. — М.: МИРЭА, 2015. — Электрон. опт. диск (ISO)
5. Головнюк, В.А. Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов, Москва: Техносфера, 2016. - 272 с.

б) дополнительная литература:

1. Савицкий В.А. Курс лекций по микросистемной технике и электронике Уч. пос. МГТУ МИРЭА, электронное пособие 2012
2. Головин Ю.И. Основы нанотехнологи.й. !v1.: Машиностроение, 2012. 656 С.
3. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам : Сборник статей / Под ред. П. П. Мальцев. — М.: Техносфера, 2005. — 590 с.
4. Химические и биологические сенсоры : Пер. с англ. / Б. Эггинс. — М.: Техносфера, 2005. — 335 с.
5. ВЧ МЭМС и их применение / В. Варадан, К. Виной, К. Джозе. — М.: Техносфера, 2004. — 525 с.
6. Микромеханические приборы : Учеб. пособие для вузов / В. Я. Распопов. — М.: Машиностроение, 2007. — 400 с.
7. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий. М.: Машиностроение, 2012. - 656 С.
8. А.Н. Игнатов Микросхемотехника и наноэлектроника: Учебное пособие. – СПб.: Издательство Лань, 2011. – 528 с.
9. Старосельский В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники. Учеб. пособие для ву:юв. / - 1\1.: IОрайт, 2011.
10. Попов В.Д., Белова Г. Ф. Физические основы проектирования кремниевых цифровых интегральных микросхем в монолитном и гибридном исполнении. Учебное пособие./ - М.: Лань, 2013.
11. Воротилов К.А., Мухортов В.М., Сигов А.С. Интегрированные сегнетоэлектрические устройства: rvrонография / под ред. чл.-корр. РАН А.С. Сигова. / - М.: Энергоатомиздат, 2011.
12. Филачев А. М. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы Учеб. пособие для вузов / -М.: Физматкнига, 2007
13. Марголин В. И.Физические основы микроэлектроники Учебник для вузов. / - **М.:** Академия, 2008.
14. Физико-химические основы материаловедения : [Учебник] / Г. Готтштайн. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 400 с.: ил. Библиогр.: с. 375-383
15. Материаловедение: Учеб. для технических вузов/ Б. Н. Арзамасов, В. И. макарова, Г. г·. Мухин и др.. --- М.: МГТУ им. :н. Э. Баумана, 2005 . - 648 с.: ил. - Библиогр.: с. 630-631
16. Физика твердого тела. Кристаллическая структура. Фононы: Учеб. Пособие/ А.И. Морозов. - М.:1ИРЭА. 2010. - 139 с.: ил. - Библиогр.: с. 136- 137 (11 назв.) ISBN 978-5-7339-0813-7
17. Физика твердого тела: электроны в кристалле. Металлы. Полупроводники. Диэлектрики. Магнетики. Сверхпроводники: Учеб. Пособие/ А.И. Морозов. – М:МИРЭА, 2008. - 183 c. Ил. – Библиогр.: с. 179-180 (13 назв) ISBN 978-5-7339-0680-5
18. Морозов А.И. Теория упругости (электронное учебное пособие). ФГУП НТЦ«Информрегистр», номер гос.. регистрации 0321000074, 49с
19. Физика твердого тела: Учеб. для вузов/ П. В. Павлов, А. Ф. Хoхлoв М.: Высш. шк., 2000. 494 с.: ил
20. Ашкрофт, Мермин, Физика твердого тела. М.: мир, 1979.
21. Теоретическая физика: Учеб. пособие для вузов: [в 1О т.] / Л. Д. Ландау ,Е. М. Лифшиц. ------ М.: ФИЗiv1АТЛИТ, 2001-2004 ISBN 5-9221-0122-6
22. Галперин В.А., Данилкин Е.В., Мочалов А.И. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях: учебное пособие под редакцией Тимошенкова С.П" 1\1.Б :VШ ОМ Лаборатория Знаний 2010.
23. Рыжонков Д.И. Наноматериалы.М. : БИНОМ, 2012.
24. Е.Д. Мишина. Методы получения и исследования наноматериалов инаноструктур. М. : БИIIО:М:, 2 013.
25. Борисенко В.Е., Воробьева А.И., Уткина Е.А. Наноэлектроника. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.

в) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

<http://www.microsystems.ru>

<http://www.electronics.ru>

<http://www.russianelectronics.ru>

https:[//ww](http://www.cadence.coш/content/cadence-www/global/enUS/ho%D1%88e/serv)w[.cadence.coш/content/cadence-w](http://www.cadence.coш/content/cadence-www/global/enUS/ho%D1%88e/serv)w [w/global/en US/hoшe/serv](http://www.cadence.coш/content/cadence-www/global/enUS/ho%D1%88e/serv)·ices/cadence­

acade inic-a etwork/tш ive1·sity -softwaгe-p1·0g1r1a1.Ьtшl

http://www .xilin,-x..comisearch/site-keyword-seaгc1.l1t111\?seaгcЬKeywo1·ds=vvebpack%20dovv111oad

http://[www.syпops vs.cor r1ITOOLS /SlLl CON /TCAD/Pages/c!efa ult.asp](http://www.syпopsvs.corr1ITOOLS/SlLlCON/TCAD/Pages/c!efault.asp)

Информационно-справочный портал LIBRARY.RU – http:// www.library.ru

Рабочая программа Государственной итоговой аттестации составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки **11.04.04** «Электроника и наноэлектроника» с учетом специфики профиля «Технологии и устройства микро- и наноэлектроники».