Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра Полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
Первый проректор
Г.И. Расторгуев
“ 21 ” 06 2017 г.

# ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Направление подготовки: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленность (профиль): Компоненты микро- и наносистемной техники

Основной вид деятельности: Научно-исследовательская

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Год начала подготовки по образовательной программе: 2015

Новосибирск 2017

Программа государственной итоговой аттестации (ГИА) составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС ВО утвержден приказом Минобрнауки России 09.09.15 №990 (зарегистрирован Минюстом России 05.10.15, регистрационный №39159)

Программу разработал:

д.ф-м.н., с.н.с. В.А. Гайслер _____

Программа обсуждена на заседании
кафедры Полупроводниковых приборов и микроэлектроники, протокол заседания кафедры № 5 от 20.06.2017 г.

Заведующий кафедрой:

д.ф-м.н., с.н.с. В.А. Гайслер _____

Ответственный за образовательную программу:

д.ф-м.н., с.н.с. В.А. Гайслер _____

Программа утверждена на ученом совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017 г.

декан РЭФ:

д.т.н., профессор В.А. Хрусталев_____

**1 Обобщенная структура государственной итоговой аттестации**

Государственная итоговая аттестация по направлению 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (магистерская программа: Компоненты микро- и наносистемной техники) включает государственный экзамен (ГЭ) и выпускную квалификационную работу (ВКР).

Обобщенная структура государственной итоговой аттестации (ГИА) приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Обобщенная структура ГИА

| Коды | Компетенции | ГЭ | ВКР |
|---|---|---|---|
| **ОК.1** | способность использовать иностранный язык в профессиональной сфере | | + |
| **ОК.2** | способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом | | + |
| **ОК.3** | готовность к активному общению с коллегами в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности | | + |
| **ОК.4** | способность адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности | | + |
| **ОК.5.В** | способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу | | + |
| **ОПК.1** | способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения | + | + |
| **ОПК.2** | способность использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры | + | + |
| **ОПК.3** | способность демонстрировать навыки работы в коллективе, порождать новые идеи (креативность) | | + |
| **ОПК.4** | способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области | + | + |
| **ОПК.5** | готовность оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы | | + |
| **ОПК.6.В** | Готовность к инновационной деятельности | | + |
| **ПК.1** | готовность формулировать цели и задачи научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач | + | + |
| **ПК.2** | готовность разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты | + | + |
| **ПК.3** | готовность разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники | + | + |
| **ПК.4** | готовность выполнять научно-технические отчеты, доклады, публикации по результатам выполненных исследований | | + |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ПК.5** | готовность оформлять заявки на защиту объектов интеллектуальной собственности | | + |
| **ПК.19.В** | способность разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники | | + |

## 2 Содержание и порядок организации государственного экзамена

### 2.1 Содержание государственного экзамена

2.1.1 Государственный экзамен является квалификационным и предназначен для определения теоретической подготовленности выпускника к решению профессиональных задач, установленных ФГОС ВО.

2.1.2 Государственный экзамен проводится по материалам нескольких дисциплин образовательной программы, результаты освоения которых имеют определяющее значение для профессиональной деятельности выпускников.

2.1.3 Содержание контролирующих материалов и критерии оценки государственного экзамена приведены в фонде оценочных средств ГИА.

### 2.2 Порядок организации государственного экзамена

2.2.1 Государственный экзамен по направлению 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (магистерская программа: Компоненты микро- и наносистемной техники) проводится очно в письменной форме по билетам, с обязательными ответами на листах бумаги со штампом факультета и последующим выступлением в устной форме по содержанию письменных ответов и ответов на дополнительные вопросы.

2.2.2 Государственный экзамен принимается государственной экзаменационной комиссией (ГЭК) в сроки, определенные соответствующим календарным графиком учебного процесса.

2.2.3 Для ответа на билеты студентам предоставляется возможность подготовки в течение 60 минут. Для ответа на вопросы билета каждому студенту предоставляется время для выступления (не более 20 минут), после чего председатель ГЭК предлагает ее членам задать студенту дополнительные вопросы в рамках тематики вопросов в билете. Если студент затрудняется при ответе на дополнительные вопросы, члены ГЭК могут задавать вопросы в рамках тематики программы государственного экзамена.

2.2.4 Результаты государственного экзамена объявляются в день его проведения после оформления протоколов заседания ГЭК.

## 3 Содержание и порядок организации защиты выпускной квалификационной работы

### 3.1 Содержание выпускной квалификационной работы

3.1.1 Выпускная квалификационная работа (ВКР) представляет собой выполненную обучающимся работу, демонстрирующую уровень подготовленности выпускника к самостоятельной профессиональной деятельности.

3.1.2 ВКР имеет следующую структуру:

- задание на выпускную квалификационную работу,
- аннотация,
- содержание (перечень разделов),
- введение (включающее актуальность выбранной тематики),
- цели и задачи исследования,
- аналитический обзор литературы,
- исследовательская (проектная) часть,
- заключение,

- список использованных источников (в том числе источники на иностранном языке),
- приложения (при необходимости).

### 3.2 Порядок защиты выпускной квалификационной работы

3.2.1 Порядок защиты ВКР определяется действующим Положением о государственной итоговой аттестации выпускников федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по образовательным программам, реализуемым в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования.

3.2.2 Защита выпускной квалификационной работы проводится на заседании государственной экзаменационной комиссии.

3.2.3 Методика и критерии оценки ВКР приведены в фонде оценочных средств ГИА.

## 4 Список источников для подготовки к государственной итоговой аттестации

### 4.1 Основные источники


1. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 1 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, В. П. Драгунов ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2004. - 415 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031699.
2. Остертак Д. И. Микроэлектромеханика : учеб. пособие / Д. И. Остертак. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. - 120 с. - 60 экз. - ISBN 978-5-7782-2901-3.
3. Зебрев Г. И. Физические основы кремниевой наноэлектроники : учебное пособие. – М. : Бином. Лаборатория знаний , 2011.
4. Филимонова Н. И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия. Ч. 1 : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 131, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178062.
5. Величко А. А. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Ч. 2 : учебное пособие / А. А. Величко, Н. И. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 225, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208144.
6. Драгунов В. П. Основы наноэлектроники : учебное пособие для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника", специальностям "Микроэлектроника и твердотельная электроника" и "Микросистемная техника" / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - М., 2006. - 494 с. : ил.
7. Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 354, [1] с. : ил..
8. Борисенко В. Е. Наноэлектроника : [учебное пособие для вузов по специальности "Микро- и наноэлектронные технологии и системы" и "Квантовые информационные системы"] / В. Е Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М., 2011. - 223 с. : ил., граф., схемы, табл.
9. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - М. : Физматлит , 2007, изд. 2-е, испр., 414 с. ил.
10. Боргардт Н. И., Кукин В. Н., Мазуренко С. Н. и др., под ред. Чаплыгина Ю. А. Нанотехнологии в электронике. – М. : Техносфера , 2005, 446 с. ил.
11. Пул Ч., Оуэнс Ф., пер. с англ. под ред. Головина Ю. И.; доп. Лучинина В. В. Нанотехнологии : учебное пособие по направлению "Нанотехнологии". М. : Техносфера , 2005, 2-е, доп. изд., 334 с. ил.
12. Кузнецов Н. Т. Основы нанотехнологии. - Москва : Бином , 2014.
13. Илюшин В. А., Величко А. А. Процессы нанотехнологии : учебное пособие. - Новосибирск : НГТУ , 2004, 107 с. ил. Мультимедиа http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029072
14. Maluf N. An introduction to microelectromechanical systems engineering / Nadim Maluf, Kirt Williams. - Boston, 2004. - xx, 283 p. : ill.. - Пер. загл.: Внедрение микроэлектромеханических систем.

15. Dziuban J. A. Bonding in Microsystem Technology [electronic resource] / / by Jan A. Dziuban. - Dordrecht :, 2006. : v.: digital // Springer e-books. - Режим доступа: http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-4589-1.
16. Золь-гель технология микро- и нанокомпозитов : [учебное пособие по направлениям "Электроника и наноэлектроника" и др.] / В. А. Мошников [и др.] ; под ред. О. А. Шиловой. - Санкт-Петербург [и др.], 2013. - 292 с. : ил., табл.

### 4.2 Дополнительные источники

1. Лозовский В. Н. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность : [учебное пособие для вузов] / В. Н. Лозовский, Г. С. Константинова, С. В. Лозовский. - СПб. [и др.], 2008. - 327 с. : ил.
2. Миронов В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии : учебное пособие для вузов / В. Миронов ; Ин-т физики микроструктур. - М., 2005. - 143 с. : цв. ил.
3. Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике : [учебное пособие для вузов по специальностям 210601 "Нанотехнология в электронике" и 210602 "Наноматериалы" направления подготовки 210600 "Нанотехнология" и по специальностям 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" и 210108 "Микросистемная техника" направления 210100 "Электроника и микроэлектроника"] / В. Неволин. - М., 2006. - 159 с. : ил.
4. Драгунов В. П. Физика твердого тела. Основы наноэлектроники (квантовые проводники и углеродные нанотрубки) : учебное пособие / Драгунов В. П. ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 106, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2007/dragun.pdf. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
5. Нанотехнологии в электронике / [Н. И. Боргардт, В. Н. Кукин, С. Н. Мазуренко и др.] ; под ред. Ю. А. Чаплыгина. - М., 2005. - 446 с. : ил.. - Авт. указаны в содерж..
6. Процессы микро- и нанотехнологии : учебное пособие для вузов по специальностям 200100 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" и 202100 "Нанотехнология в электрике" / Т. И. Данилина и др. ; Томский гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники. - Томск, 2005. - 314, 1] с.
7. Bhushan B. Springer Handbook of Nanotechnology / Bharat Bhushan, editor. - Berlin ;, 2007. - XLIV, 1916 p. : ill. + 1 CD-ROM (4 3/4 in.).. - Пер. загл.: Шпрингеровский справочник по нанотехнологии.
8. Бакуева Л. Г. [и др.] ; под общ. ред. Ильина В. И., Шика А. Я. Физика низкоразмерных систем : учебное пособие для вузов по направлению "Техническая физика" / Издательство СПб. : Наука , 2001, 155 с. ил.

### 4.3 Методическое обеспечение

1. Драгунов В. П. Микро- и наноэлектроника. Сборник задач и примеры их решения : учебное пособие / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 45, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000215042
2. Краснопевцев Е. А. Математические методы физики. Ортонормированные базисы функций : учебное пособие / Е. А. Краснопевцев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 337 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000087368. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
3. Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 94, [1] с. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/kamensk.pdf.
4. Выполнение и организация защит выпускных квалификационных работ студентами: методические указания. / Новосиб. гос. техн. университет, состав. Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина, О. А. Винникова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – 45 с.
5. Методические указания по подготовке, оформлению и защите магистерской диссертации для направлений подготовки: 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», 28.04.01 «Нанотехнология и микросистемная техника».– Новосиб. гос. техн. университет, состав. А.С. Бердинский, А.В. Каменская, Т.С. Романова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – 18 с.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра Полупроводниковых приборов и микроэлектроники



"УТВЕРЖДАЮ"
Первый проректор
_____ Г.И. Расторгуев
«21» 06 2017 г.

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

# ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Направление подготовки: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленность (профиль): Компоненты микро- и наносистемной техники

Основной вид деятельности: Научно-исследовательская

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Год начала подготовки по образовательной программе: 2015

Новосибирск 2017

## 1 Паспорт государственного экзамена

### 1.1 Обобщенная структура государственного экзамена

Обобщенная структура государственного экзамена приведена в таблице 1.1.1.

Таблица 1.1.1

| Коды компетенций | Показатели сформированности | Вопросы государственного экзамена |
|---|---|---|
| **ОПК.1** | иметь представление о последних открытиях в области нанотехнологии и микросистемной техники | **1, 2** |
| **ОПК.1** | знать основные закономерности исторического процесса в науке и технике, этапы исторического развития нанотехнологии, место и значение нанотехнологии в современном мире | **3, 4** |
| **ОПК.1** | знать методологические основы и принципы современной науки | **5, 6** |
| **ОПК.1** | знать основные исторические этапы и предпосылки возникновения нанотехнологии и микросистемной техники | **7, 8** |
| **ОПК.1** | знать передовой отечественный и зарубежный опыт и достижения в области нанотехнологии и микросистемной техники | **9, 10** |
| **ОПК.2** | уметь использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры | **11, 12** |
| **ОПК.4** | уметь самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области | **13, 14** |
| **ПК.1** | знать основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития нанотехнологии и микросистемной техники, а также смежных областей науки и техники | **15, 16** |
| **ПК.1** | уметь предлагать новые области научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению задач в области нанотехнологии и микросистемной техники | **17, 18** |
| **ПК.1** | владеть навыками анализа и идентификации новых проблем и областей исследования в области нанотехнологии и микросистемной техники | **19, 20** |
| **ПК.1** | владеть современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях нанотехнологии и микросистемной техники | **21, 22** |
| **ПК.1** | уметь выполнять теоретическое и экспериментальное исследование в рамках поставленных задач | **23, 24** |
| **ПК.2** | знать основные методы высокочувствительной сверхлокальной избирательной диагностики для изучения наносистем | **25, 26** |

| | | |
|---|---|---|
| **ПК.2** | знать физическую основу процессов, протекающих при реализации нанотехнологии, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях | **27, 28** |
| **ПК.2** | знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах разделах фаз в различных нано- и микросистемах | **29, 30** |
| **ПК.2** | уметь готовить методологическое обоснование научного исследования и технической разработки в области нанотехнологии и микросистемной техники | **31, 32** |
| **ПК.2** | владеть навыками методологического анализа научного исследования и его результатов | **33, 34** |
| **ПК.2** | уметь разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты | **35, 36** |
| **ПК.2** | уметь анализировать свойства наночастиц и наноматериалов, возможные способы их получения | **37, 38** |
| **ПК.3** | знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне | **39, 40** |
| **ПК.3** | знать основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники | **41, 42** |
| **ПК.3** | знать физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования нано- и микроструктур | **43, 44** |
| **ПК.3** | уметь осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы | **45, 46** |
| **ПК.3** | уметь адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования | **47, 48** |
| **ПК.3** | уметь применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем | **49, 50** |
| **ПК.3** | владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области | **51, 52** |
| **ПК.3** | владеть навыками и методиками разработки физико-математических моделей процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники | **53–55** |
| **ПК.3** | владеть практическими навыками работы с программными пакетами математического моделирования | **56, 57** |

**1.2 Пример билета**

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет радиотехники и электроники

**Экзаменационный билет № 1**
к государственному экзамену по направлению 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

1. Технологии изотропного и анизотропного профилирования кремния: влажные и сухие методы профилирования.
2. Понятие передаточной функции. Каким образом, зная передаточную функцию, вычислить реакцию системы на произвольное воздействие? Связь с импульсной функцией.
3. Операционные усилители. Входное напряжение смещения и входной ток ОУ. Экспериментальное определение напряжения смещения и входного тока ОУ. Методы уменьшения напряжения смещения ОУ.

Утверждаю: зав. кафедрой ППиМЭ _____ В.А. Гайслер
(подпись)
(дата)

**1.3 Методика оценки**

Билеты к экзамену формируются из вопросов, представленных в пункте 1.5. Билет содержит три теоретических вопроса. Первый, второй и третий вопросы билета выбираются случайным образом из перечня вопросов. Экзамен проводится очно в письменной форме по билетам, с обязательными ответами на листах бумаги со штампом факультета и последующим выступлением в устной форме по содержанию письменных ответов и ответов на дополнительные вопросы. Итоговая оценка за государственный экзамен выставляется в соответствии с критериями, приведенными в п. 1.4.

**1.4 Критерии оценки**

По результатам ответов студента на вопросы билета и дополнительные вопросы (уточняющие суть ответа) государственная экзаменационная комиссия оценивает сформированность компетенций на разных уровнях.

Соответствие уровней сформированности компетенций, критериев оценки и баллов по 100-бальной шкале приведено в таблице 1.4.1.

Таблица 1.4.1

| **Критерии оценки** | **Уровень сформированности компетенций** | **Диапазон баллов** |
|---|---|---|
| студент правильно и полностью ответил на четыре вопроса экзаменационного билета, а также дополнительные вопросы, уточняющие суть ответа, чем показал углубленные знания | Продвинутый | 87-100 |
| студент правильно ответил на все вопросы, но недостаточно развернуто или ответил минимум на три вопроса билета абсолютно правильно и достаточно развернуто | Базовый | 73-86 |

| | | |
|---|---|---|
| студент в целом правильно ответил минимум на два вопроса билета, знания не структурированы и поверхностны | Пороговый | 50-72 |
| студент правильно ответил не более чем на один вопрос экзаменационного билета | Ниже порогового | 0-50 |

Итоговая оценка по государственному экзамену выставляется по 100-балльной шкале, по буквенной шкале ECTS и в традиционной форме (в соответствии с действующим Положением о балльно-рейтинговой системе оценки достижений студентов НГТУ).

### 1.5 Примерный перечень теоретических вопросов

1. Основные материалы, применяемые в технологии МСТ, их назначение и характеристики.
2. Технологии изотропного и анизотропного профилирования кремния: влажные и сухие методы профилирования.
3. Поликремний: технология нанесения пленок. Остаточные механические напряжения. Пример использования поликремния в изготовлении электростатического микромотора.
4. Пористый кремний: технология получения пленок. Примеры использования.
5. Пленки диоксида кремния ФСС и БСС: способы получения. Остаточные механические напряжения. Использование ФСС и БСС .
6. SOG-пленки: материалы для пленок, способы нанесения, назначение, остаточные напряжения.
7. Проводящие пленки в технологии МСТ и ИС: технологии нанесения. Примеры использования в элементах МСТ и ИС.
8. PZT керамики: разновидности, способы получения, применение.
9. Полимерные материалы в технологии МСТ: полиимид, SU-8, парилен. Примеры использования.
10. Влажное анизотропное травление кремния: травители, механизм травления, примеры использования.
11. Зависимость скорости травления от концентрации дырок в кремнии, p+-стоп травление. Примеры использования.
12. Технология диодного стоп травления. Вольт-амперная характеристика процесса травления. Примеры использования.
13. Глубокое реактивное ионное травление (ГРИТ). Бош-процесс. Криогенное травление. Зависимость скорости травления от аспектного отношения. Эффект «выемки».
14. Технология электростатического соединения кремний-стекло. Назначение, примеры использования.
15. Технология прямого сращивания кремниевых пластин. Назначение, примеры использования.
16. Технология химико-механической полировки. Назначение, примеры использования.
17. Технология получения пленок и структур методом Sol-Gel-процесса. Назначение, примеры использования.
18. Технологии гальванического осаждения и формовки. LIGA-процесс. Назначение, примеры использования.
19. Поверхностная микромашинная технология. Эффект прилипания. Сверхкритическая сушка, использование самосборочных слоев.
20. Фоторезист SU-8 и фоточувствительные стекла: использование этих материалов для изготовления микроканалов.

21. Нелитографические методы микромашиной технологии: лазерная микрообработка, электроэрозионная микрообработка, ультразвуковая микрообработка, трафаретная микропечать.
22. Микроконтактная печать.
23. Технология наноимпринт литографии. Термо- и UV-наноимпринт литография.

24. Понятия: управление, регулирование, автоматизация, система управления, теория автоматического управления. Классификация систем автоматического управления
25. Привести формы записи дифференциального уравнения системы автоматического управления: классическую, Лапласа, операторную (Хэвисайда), матрично-векторную.
26. Понятие переходной функции. Графическая иллюстрация. Каким образом, зная переходную функцию, вычислить реакцию системы на произвольное воздействие? Связь с импульсной функцией.
27. Понятие импульсной функции. Графическая иллюстрация. Каким образом, зная импульсную функцию, вычислить реакцию системы на произвольное воздействие? Связь с переходной функцией.
28. Понятие передаточной функции. Каким образом, зная передаточную функцию, вычислить реакцию системы на произвольное воздействие? Связь с импульсной функцией.
29. Обобщенная частотная характеристика: способ получения, формы графического представления.
30. Правила преобразования структурных схем. Последовательное, параллельное, параллельно-встречное соединение звеньев. Перенос узла через звено, звена через узел, сумматора через звено, звена через сумматор.
31. Определение устойчивости. Причины неустойчивости. Зависимость устойчивости от структуры системы, величины внешних воздействий и начальных условий. Качественный вид переходных и импульсных характеристик устойчивой и неустойчивой систем. Математическая запись условия устойчивости. Структурная неустойчивость.
32. Характеристическое уравнение в анализе на устойчивость. Вывод из дифференциального уравнения, описывающего поведение системы. Связь с передаточной функцией. Влияние коэффициентов характеристического уравнения на устойчивость (необходимое условие устойчивости)
33. Влияние корней характеристического уравнения на вид переходной характеристики системы. Необходимое и достаточное условие устойчивости.
34. Критерии устойчивости Рауса, Гурвица, Михайлова, Найквиста: назначение, сравнительная характеристика по области применения.
35. Качество регулирования. Параметры, по которым производится оценка качества.
36. Понятие статической ошибки регулирования. Статическая и астатическая системы регулирования.
37. Классификация сигналов по форме представления. Свойства спектров непрерывных и дискретных сигналов. Линейные импульсные системы. В чем заключается особенность анализа импульсных систем по сравнению с непрерывными.
38. Конечно-разностное уравнение линейной импульсной системы.
39. Дискретная передаточная функция. Z-преобразование.
40. Общее условие устойчивости линейных импульсных систем. Билинейное преобразование.
41. Линеализуемые и нелинеаризуемые нелинейные системы. Типовые статические нелинейные звенья. Особенности нелинейных систем.

42. Операционные усилители. Входное напряжение смещения и входной ток ОУ. Экспериментальное определение напряжения смещения и входного тока ОУ. Методы уменьшения напряжения смещения ОУ.
43. Шумы операционного усилителя. Снижение шума ОУ.
44. Частотные характеристики ОУ. Методы частотной коррекции. Работа на емкостную нагрузку.
45. Нелинейность коэффициента передачи ОУ.
46. Ослабление синфазного сигнала и влияния источника питания ОУ.
47. Инструментальные усилители на одном, двух и трех ОУ.
48. Мостовые измерительные схемы. Управление мостами. Линеаризация мостовых датчиков.
49. Практические цепи нормирования сигнала с измерительных мостов.
50. Последовательные ЦАП: ЦАП с широтно-импульсной модуляцией, ЦАП на переключаемых конденсаторах.
51. Параллельные ЦАП: ЦАП с суммированием токов, ЦАП с суммированием напряжений, ЦАП на переключаемых конденсаторах.
52. Апертурная погрешность и квантовый шум АЦП.
53. Параллельные АЦП.
54. Параллельно-последовательные АЦП: многоступенчатые АЦП, многотактные параллельно-последовательные АЦП, конвейерные АЦП.
55. Последовательные АЦП: АЦП последовательного счета, АЦП последовательного приближения.
56. Интегрирующие АЦП.
57. Сигма-дельта АЦП.

## 2 Паспорт выпускной квалификационной работы

### 2.1 Обобщенная структура защиты выпускной квалификационной работы (ВКР)

Обобщенная структура защиты ВКР приведена в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1

| Коды компетенций | Показатели сформированности | Разделы и этапы ВКР |
|---|---|---|
| **ОК.1** | знать терминологию профессиональной сферы деятельности на иностранном языке | аналитический обзор литературы защита ВКР (устный доклад) |
| **ОК.1** | уметь читать и реферировать литературу на иностранном языке | аналитический обзор литературы |
| **ОК.1** | уметь использовать знания языка для профессионального международного общения и в научно-исследовательской деятельности | аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть |
| **ОК.2** | уметь использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом | исследовательская (проектная) часть |
| **ОК.3** | уметь общаться с коллегами в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности | исследовательская (проектная) часть защита ВКР (устный доклад) |
| **ОК.4** | уметь адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, | задание на выпускную |

| | | |
|---|---|---|
| | анализировать свои возможности | квалификационную работу<br>цели и задачи исследования<br>аналитический обзор литературы |
| **ОК.5.В** | знать современную научную картину мира | задание на выпускную квалификационную работу<br>цели и задачи исследования<br>аналитический обзор литературы |
| **ОК.5.В** | знать основные методологические концепции современной науки | задание на выпускную квалификационную работу<br>цели и задачи исследования<br>аналитический обзор литературы |
| **ОК.5.В** | знать основные методы научного познания | аналитический обзор литературы<br>исследовательская (проектная) часть |
| **ОПК.1** | иметь представление о последних открытиях в области нанотехнологии и микросистемной техники | аналитический обзор литературы<br>исследовательская (проектная) часть |
| **ОПК.1** | знать основные закономерности исторического процесса в науке и технике, этапы исторического развития нанотехнологии, место и значение нанотехнологии в современном мире | задание на выпускную квалификационную работу<br>цели и задачи исследования<br>аналитический обзор литературы |
| **ОПК.1** | знать методологические основы и принципы современной науки | аналитический обзор литературы<br>исследовательская (проектная) часть |
| **ОПК.1** | знать основные исторические этапы и предпосылки возникновения нанотехнологии и микросистемной техники | аналитический обзор литературы |
| **ОПК.1** | знать передовой отечественный и зарубежный опыт и достижения в области нанотехнологии и микросистемной техники | аналитический обзор литературы |
| **ОПК.2** | уметь использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры | исследовательская (проектная) часть |
| **ОПК.3** | иметь опыт работы в коллективе | исследовательская (проектная) часть |
| **ОПК.3** | уметь порождать новые идеи, проявлять | задание на выпускную |

| | | |
|---|---|---|
| | креативность | квалификационную работу<br>введение (включающее актуальность выбранной тематики)<br>цели и задачи исследования<br>исследовательская (проектная) часть |
| **ОПК.4** | уметь самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области | аналитический обзор литературы<br>исследовательская (проектная) часть |
| **ОПК.5** | уметь оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы | оформление ВКР<br>защита ВКР (устный доклад) |
| **ОПК.6.В** | владеть навыками публичных деловых и научных коммуникаций | защита ВКР (устный доклад) |
| **ПК.1** | знать основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития нанотехнологии и микросистемной техники, а также смежных областей науки и техники | аналитический обзор литературы<br>исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.1** | уметь предлагать новые области научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению задач в области нанотехнологии и микросистемной техники | аналитический обзор литературы<br>цели и задачи исследования<br>исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.1** | владеть навыками анализа и идентификации новых проблем и областей исследования в области нанотехнологии и микросистемной техники | аналитический обзор литературы<br>цели и задачи исследования<br>исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.1** | владеть современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях нанотехнологии и микросистемной техники | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.1** | уметь выполнять теоретическое и экспериментальное исследование в рамках поставленных задач | цели и задачи исследования<br>исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.2** | знать основные методы высокочувствительной сверхлокальной избирательной диагностики для изучения наносистем | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.2** | знать физическую основу процессов, протекающих при реализации нанотехнологии, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях | исследовательская (проектная) часть |

| | | |
|---|---|---|
| **ПК.2** | знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах разделах фаз в различных нано- и микросистемах | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.2** | уметь готовить методологическое обоснование научного исследования и технической разработки в области нанотехнологии и микросистемной техники | исследовательская (проектная) часть заключение |
| **ПК.2** | владеть навыками методологического анализа научного исследования и его результатов | исследовательская (проектная) часть заключение |
| **ПК.2** | уметь разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.2** | уметь анализировать свойства наночастиц и наноматериалов, возможные способы их получения | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.3** | знать методы синтеза и исследования моделей | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.3** | знать физические и математические модели процессов и явлений, относящихся к исследуемому объекту | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.3** | знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.3** | знать основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.3** | знать физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования нано- и микроструктур | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.3** | уметь осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.3** | уметь адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования | цели и задачи исследования исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.3** | уметь применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.3** | владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.3** | владеть навыками и методиками разработки физико-математических моделей процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.3** | владеть практическими навыками работы с программными пакетами математического | исследовательская (проектная) часть |

| | | |
|---|---|---|
| | моделирования | |
| **ПК.4** | иметь опыт подготовки научно-технических отчётов, докладов и публикаций по теме исследований | исследовательская (проектная) часть оформление ВКР |
| **ПК.4** | уметь оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники | исследовательская (проектная) часть заключение |
| **ПК.4** | иметь опыт работы с периодической научной литературой, дискуссий на заданную тему и выступлений на научных семинарах | аналитический обзор литературы защита ВКР (устный доклад) |
| **ПК.4** | уметь делать доклады на заданную научную тему | аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть защита ВКР (устный доклад) |
| **ПК.5** | знать об основных требованиях, предъявляемых к заявкам на защиту объектов интеллектуальной собственности | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.5** | иметь представление о патентных и литературных источниках по разрабатываемой теме | аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.5** | иметь опыт патентных исследований по разрабатываемой тематике | аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.19.В** | владеть методами математического моделирования приборов и технологических процессов с целью оптимизации их параметров | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.19.В** | владеть современными программными средствами (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | исследовательская (проектная) часть |
| **ПК.19.В** | уметь разрабатывать физические и математические модели приборов и устройств электроники и наноэлектроники, разрабатывать технологические маршруты их изготовления | исследовательская (проектная) часть |

**2.2 Структура выпускной квалификационной работы**

Выпускная квалификационная работа содержит следующие разделы:

- задание на выпускную квалификационную работу,
- аннотация,
- введение (включающее актуальность выбранной тематики),
- цели и задачи исследования,
- аналитический обзор литературы,
- исследовательская (проектная) часть,
- заключение,

- список использованных источников (в том числе источники на иностранном языке),
- приложения (при необходимости).

**2.3 Методика оценки выпускной квалификационной работы**

2.3.1 Выпускная квалификационная работа оценивается на заседании ГЭК. Члены ГЭК оценивают содержание работы и ее защиту, включающую доклад и ответы на вопросы, по критериям, приведенным в разделе 2.4.

2.3.2 Согласованная итоговая оценка выставляется на основании оценок членов ГЭК с учетом оценки руководителя работы. Итоговая оценка по результатам защиты выпускной квалификационной работы выставляется по 100-балльной шкале, по буквенной шкале ECTS и в традиционной форме (в соответствии с действующим Положением о балльно-рейтинговой системе оценки достижений студентов НГТУ).

**2.4 Критерии оценки ВКР**

Критерии оценки выпускной квалификационной работы приведены в таблице 2.4.1. На основании приведенных критериев при оценке ВКР делается вывод о сформированности соответствующих компетенций на разных уровнях.

Таблица 2.4.1

| **Критерии оценки ВКР** | **Уровень сформированности компетенций** | **Диапазон баллов** |
|---|---|---|
| • структура и оформление ВКР полностью соответствует всем предъявляемыми требованиями<br>• исследование проведено глубоко и полно, тема раскрыта<br>• в работе отражены и обоснованы положения, выводы, подтверждены актуальность и значимость работы, аргументация полученных выводов достаточная<br>• отзыв руководителя не содержит замечаний<br>• представление работы в устном докладе полностью отражает полученные результаты, иллюстративный материал отличается наглядностью<br>• ответы на вопросы комиссии сформулированы четко, с достаточной аргументацией и свидетельствуют о полном владении материалом исследования | Продвинутый | 87-100 |
| • структура и оформление ВКР отвечает большинству предъявляемых требований<br>• исследование проведено в полном объеме, тема раскрыта<br>• в работе отражены и обоснованы положения, выводы, подтверждены актуальность и значимость работы, но аргументация полученных выводов не достаточно полная<br>• отзыв руководителя не содержит принципиальных замечаний<br>• представление работы в устном докладе отражает основные полученные результаты, иллюстративный материал отличается наглядностью<br>• ответы на вопросы комиссии сформулированы четко, но с недостаточной аргументацией | Базовый | 73-86 |

| | | |
|---|---|---|
| • структура и оформление ВКР отвечает большинству предъявляемых требований<br>• тема исследования раскрыта не достаточно полно<br>• выводы и положения в работе недостаточно обоснованы, не подтверждены актуальность и значимость работы<br>• отзыв руководителя содержит не более двух принципиальных замечаний<br>• в устном докладе представлены основные полученные результаты, но есть недочеты в иллюстративном материале<br>• ответы на вопросы комиссии свидетельствуют о недостаточно полном владении материалом исследования | Пороговый | 50-72 |
| • структура и оформление ВКР не отвечает большинству предъявляемых требований<br>• тема исследования не раскрыта<br>• выводы и положения в работе недостаточно обоснованы, не подтверждены актуальность и значимость работы<br>• отзыв руководителя содержит более двух принципиальных замечаний<br>• представление работы в устном докладе не отражает основные полученные результаты, есть существенные недочеты в иллюстративном материале<br>• ответы на вопросы комиссии свидетельствуют о недостаточном владении материалом исследования | Ниже порогового | 0-50 |

Составитель _____ В.А. Гайслер
(подпись)

«____»_____2017 г.