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



"УТВЕРЖДАЮ"
Первый проректор
Г.Я. Расторгуев
"06" 06 2019 г.

ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Направление подготовки: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленность (профиль): Микросистемная техника

Основной вид деятельности: Научно-исследовательская

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Год начала подготовки по образовательной программе: 2016

Ориентированность: программа академического бакалавриата

Новосибирск 2019

Программа государственной итоговой аттестации (ГИА) составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС ВО утвержден приказом Минобрнауки России 06.03.15 №177 (зарегистрирован Минюстом России 31.03.15, регистрационный №36650)

Программу разработал:

к.т.н., доцент Д.И. Остертак _____

Программа обсуждена на заседании
кафедры Полупроводниковых приборов и микроэлектроники, протокол заседания кафедры №_3/1_ от 20.06.2019 г.

Заведующий кафедрой:

к.т.н., доцент Д.И. Остертак _____

Ответственный за образовательную программу:

к.т.н., доцент Д.И. Остертак _____

Программа утверждена на ученом совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 7 от 21.06.2019 г.

декан РЭФ:

д.т.н., профессор В.А. Хрусталев_____

1 Обобщенная структура государственной итоговой аттестации

Государственная итоговая аттестация по направлению 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (профиль: Микросистемная техника) 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 основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции		+
ОК.2	способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции		+
ОК.3	способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов деятельности в различных сферах		+
ОК.4	способность использовать основы правовых знаний в различных сферах деятельности		+
ОК.5	способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия		+
ОК.6	способность работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные и культурные различия		+
ОК.7	способность к самоорганизации и самообразованию		+
ОК.8	способность использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности		+
ОК.9	готовность пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий		+
ОПК.1	способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	+	+
ОПК.2	способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат		+
ОПК.3	способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей	+	+
ОПК.4	готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации		+
ОПК.5	способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных		+
ОПК.6	способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных,	+	+

	компьютерных и сетевых технологий		
ОПК.7	способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности		+
ОПК.8	способность использовать нормативные документы в своей деятельности		+
ОПК.9	способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности		+
ПК.1	способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий	+	+
ПК.2	готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	+	+
ПК.3	готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций		+
ПК.19.В	Способность осуществлять проектную деятельность на всех этапах жизненного цикла проекта		+

2Содержание и порядок организации государственного экзамена

2.1Содержание 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 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (профиль:Микросистемная техника)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.

2.2.2Государственный 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 заседанияГЭК.

3Содержание и порядок организации защиты выпускной квалификационной работы

3.1 Содержание выпускной квалификационной работы

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

3.1.2ВКР 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).

3.2Порядок защиты выпускной квалификационной работы

3.2.1Порядок 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.

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

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

4Список 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. ГусевА. И.Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - М. :Физматлит , 2007, изд. 2-е, испр., 414 с. ил.
10. БоргардтН. И., КукинВ. Н., МазуренкоС. Н. и др., под ред. ЧаплыгинаЮ. А.Нанотехнологии в электронике. –М. :Техносфера , 2005, 446 с. ил.
11. ПулЧ., ОуэнсФ., пер. с англ. под ред. Головина Ю. И.; доп. ЛучининаВ. В.Нанотехнологии : учебное пособие по направлению "Нанотехнологии". М. :Техносфера , 2005, 2-е, доп. изд., 334 с. ил.
12. КузнецовН. Т.Основы нанотехнологии. - Москва : Бином , 2014.
13. ИлюшинВ. А., ВеличкоА. 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 / NadimMaluf, Kirt Williams. - Boston, 2004. - xx, 283 p. : ill.. - Пер. загл.:Внедрениемикроэлектромеханическихсистем.
15. Dziuban J. A. Bonding in Microsystem Technology [electronic resource] / / by Jan A. Dziuban. - Dordrecht :, 2006. : v.: digital // Springer e-books. - Режимдоступа: 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 Дополнительныеисточники

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. ИльинаВ. И., ШикаА. 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
«__» _____ 2019 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Направление подготовки: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленность (профиль): Микросистемная техника

Основной вид деятельности: Научно-исследовательская

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Год начала подготовки по образовательной программе: 2016

Ориентированность: программа академического бакалавриата

Новосибирск 2019

1Паспорт государственного экзамена

1.1 Обобщенная структура государс го экзамена

Обобщенная структура государственн амена приведена в таблице 1.1.1.

Таблица 1.1.1

Коды	Компетенции и показатели сформированности	Вопросы государственного экзамена
ОПК.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики		
з11	знать основные законы физики, являющиеся базовыми для решения задач профессиональной деятельности	**1-3**
з4	иметь представление о связи физико-химических свойств твердых тел с их внутренней структурой	**4-6**
з5	знать основные физические законы и явления	**7-9**
з8	знать базовые положения фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом для обработки информации и анализа данных в области профессиональной деятельности	**10-12**
ОПК.3 способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей		
з6	знать эквивалентные схемы активных элементов	**13-15**
у6	Уметь прогнозировать изменение свойств элементов при изменении внешних условий и воздействии вредных факторов	**16-18**
ОПК.6 способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий		
у5	владеть персональным компьютером как средством управления информацией	**19-21**
у6	уметь осуществлять поиск информации в локальных и глобальных сетях	**22-24**
ПК.1 способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий		
з23	Знать основы классификации объектов нано- и микросистемной техники	**25-27**
з27	знать физическую сущность процессов, протекающих в проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах в различных условиях эксплуатации;	**28-31**
з29	Знать физические принципы работы, физическую структуру, основы технологии изготовления и принципы построения интегральных микросхем и функциональных элементов	**32-35**

з31	Владеть методами численного моделирования физико-химических процессов и явлений, лежащих в основе нанотехнологии	**36-39**
з37	Знать физические принципы работы основных структур и компонентов нано- и микросистемной техники	**40-43**
з39	Знать физико-математические и физико-химические модели процессов нанотехнологии	**44-47**
з41	Знать математический аппарат и численные методы для моделирования физико-химических процессов и явлений, лежащих в основе нанотехнологии	**48-51**
з43	Знать основные принципы моделирования	**52-55**
у30	Уметь составлять адекватные модели	**56-59**
ПК.2 готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники		
з12	Знать фундаментальные основы процессов синтеза материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	**60-63**
з13	Знать основные виды и свойства наноматериалов, типовые технологические процессы их получения, а также типовое оборудование	**64-67**
з20	знать основные методы и средства измерения физических величин	**68-71**
з9	Знать классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории	**72-74**

1.2Пример билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет радиотехники и электроники

Экзаменационный билет № 1
к государственному экзамену по направлению 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

---

1. Тензорезистивный эффект в полупроводниках. Тензор линейногопьезосопротивления. Матрица пьезосопротивления для кубических кристаллов.
2. Анизотропное травление кремния. Применение анизотропного травления. Зависимость скорости травления от концентрации примесей в кремнии р-типа проводимости.
3. Динамические свойства элементов в МЭМС: свободные колебания незатухающей системы, колебания механической системы с демпфированием.
4. Структура и функционирование микропроцессора.

Утверждаю: зав. кафедрой ППиМЭД.И. Остертак
(подпись)

(дата)

1.3 Методика оценки

Билеты к экзамену формируются из вопросов, представленных в пункте 1.5. Билет содержит четыре теоретических вопроса. Первый, второй, третий и четвертый 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.

1.4Критерии оценки

По результатам ответов студента на вопросы билета и дополнительные вопросы(уточняющие суть ответа) государственная экзаменационная комиссия оцениваетсформированность 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 экзаменувыставляется 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).

1.5Примерный перечень теоретических вопросов

1. Тензорезистивный эффект в полупроводниках. Тензор линейногопьезосопротивления. Матрица пьезосопротивления для кубических кристаллов.
2. Проектирование топологии сенсора давления. Основные уравнения.
3. Сенсоры давления на сдвиговом эффекте. Конструкция и топология X-ducer (фирма Моторола).
4. Ёмкостной принцип преобразования. Преобразовательная характеристика емкостного сенсора давления с круглым упругим элементом.
5. Математическое описание пьезоэлектрического эффекта (прямого и обратного). Пьезоэлектрический конденсатор.
6. Акселерометры. Структура сенсора. Уравнение движения. Практический режим работы. Тензорезистивный акселерометр.

7. Диоды и транзисторы как сенсоры температуры.
8. Сенсоры на эффекте Холла. Характеристики, режимы работы, конструкция.
9. Сенсоры на эффекте магнитосопротивления. Основные характеристики, материалы, конструкция.
10. Магниторезисторы. Принцип действия, особенности характеристик, конструкция.
11. Система основных уравнений полупроводниковой электроники: плотность тока, уравнение на потенциал, уравнение электронейтральности.
12. Энергетические характеристики излучения. Фотометрические единицы излучения. Кривая видности.
13. Диффузия и дрейф в случае монополярной проводимости. Длина Дебая.
14. Токи в неосвещенном p-g переходе в условиях равновесия. Энергетическая диаграмма.
15. P-n переход при освещении. Токи, ЭДС холостого хода.
16. Общая схема расчета сенсора на эффекте фотопроводимости.
17. Подвижность электронов и дырок. Тепловая и дрейфовая скорость электронов и дырок.
18. Сенсоры влажности. Основные единицы измерения влажности. Связь между единицами измерения влажности.
19. Химические сенсоры на основе SnO_2.
20. Кремний, как основной материал для сенсорной электроники. Основные технологические этапы получения кремниевых пластин. Контроль параметров кремниевых пластин.
21. Эпитаксия кремния из газовой фазы. Основы процессов массопереноса и химической кинетики. Легирование и автолегирование эпитаксиальных слоев.
22. Модель Дила-Гроува термического окисления. Перераспределение примеси на границе Si/SiO2 при окислении.
23. Аналитическое описание диффузии из бесконечного и конечного источника примесей. Расчет режимов термической диффузии.
24. Технология и оборудование ионной имплантации.
25. Теоретические основы расчета профиля легирования при ионной имплантации.
26. Боковое рассеяние и эффект каналирования.
27. Расчет топологии диффузионных и ионно-легированных резисторов.
28. Контактная и проекционная фотолитография. Разрешающая способность фотолитографии.
29. Методы улучшения разрешающей способности фотолитографии.
30. Субмикронная литография. Рентгеновская, электронно-лучевая и ионная литография.
31. Изотропное травление кремния. Химическая кинетика травления кремния. Полирующие и селективные травители. Травление диоксида кремния.
32. Анизотропное травление кремния. Применение анизотропного травления. Зависимость скорости травления от концентрации примесей в кремнии p-типа проводимости.
33. Диодное стоп-травление.
34. Травление кремния в газовой фазе. Плазмохимическое травление. Примеры используемых газов и реакций, реализующихся при ПХТ.
35. CVD и плазмохимические процессы получения пленок поликремния, диоксида и нитрида кремния. Основные параметры осажденных пленок.
36. Химическое осаждение металлов из парогазовых смесей.
37. Испарение резистивным нагревом. Электронно-лучевое испарение. Источники с индукционным нагревом. Магнетронное распыление.
38. Сборочные операции в технологии МЭМС.
39. Динамические свойства элементов в МЭМС: свободные колебания незатухающей системы, колебания механической системы с демпфированием.

40. Вынужденные колебания механической системы, резонансная частота, фазовый сдвиг, добротность колебательной системы.
41. Демпфирование колебаний в МЭМС. Механизмы демпфирования в МЭМС. Вязкое демпфирование.
42. Демпфирование со сдавливающимся слоем для параллельных пластин. Демпфирование в случае «сжимаемого газа», частные случаи. Влияние демпфирования со сдавливающимся слоем на динамические характеристики колеблющихся систем.
43. Демпфирование со сдавливающимся слоем для параллельных пластин. Демпфирование в случае «несжимаемого газа», частные случаи. Влияние амплитуды колебаний пластины на коэффициент демпфирования.
44. Демпфирование со скользящим слоем. Базовые уравнения. Модели демпфирования Куэтта и Стокса.
45. Достоинства и недостатки электростатических преобразователей. Принцип функционирования. Электростатические силы в МЭМС при постоянном напряжении и заряде. Влияние краевых эффектов на электрическую ёмкость и электростатические силы в МЭМС.
46. Плоскопараллельный актюатор. Эффект схлопывания и способы его устранения.
47. Встречно-штыревые актюаторы. Виды конструкций и эффекты нестабильности в них. Эффект электростатического размягчения в МЭМС.
48. Транзистор с резонирующим затвором. Принцип работы интегрального микромеханического реле.
49. Принцип работы и виды электростатических роторных шаговых микродвигателей. Скребущий шаговый микродвигатель.
50. Электростатический сегнетоэлектрический планарный двигатель.Принцип работы электростатическогомикронасоса: прямой и инверсный режимы.
51. МЭМС гироскоп. Эффект Кориолиса. Принцип работы одноосного и двуосного гироскопа.
52. Достоинства и недостатки электромагнитных преобразователей. Принцип функционирования. Магнитное и магнито-электромагнитное преобразование энергии.
53. Магнитоэлектрический двигатель. Магнитный балочный актюатор.
54. Электромагнитный торсионный актюатор. Двуосный электромагнитный торсионный актюатор. Бистабильный магнитный актюатор.
55. Достоинства и недостатки пьезоэлектрических преобразователей. Эффект пьезоэлектричества, математическое описание эффекта пьезоэлектричества. Коэффициент электромеханической связи.
56. Модель пьезоэлектрического балочного актюатора (пьезоэлектрический биморфный элемент). Пассивный и активный биморфныепьезоэлементы.
57. Запоминающие устройства. Уровни иерархии. Параметры.
58. Входные и выходные сигналы ЗУ. Классификация современных ЗУ.
59. Оперативные запоминающие устройства (RAM).
60. Структура 2D, 3D, 2DM.
61. Методы повышения быстродействия ЗУ.
62. Постоянные запоминающие устройства (ROM).
63. Микропроцессорные СБИС. Общие сведения.

64. Структура микропроцессорной системы.
65. Структура и функционирование микропроцессора.
66. Способы адресации. Адресное пространство памяти и внешних устройств.
67. Блок регистров. АЛУ микропроцессора.
68. Блок синхронизации и управления. Понятие командного и машинного циклов.
69. Система прерываний.
70. Интерфейсы микропроцессорной системы.
71. Шинные формирователи, буферные регистры.
72. Параллельные порты.
73. UART.
74. Последовательные интерфейсы SPI и I^2C.

2Паспорт 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	Показателисформированности	Разделы и этапы ВКР
ОК.1 способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции		
у3	уметь аргументировано выстраивать доказательства, логику понимания актуальных профессиональных и нравственных проблем	защита ВКР (устный доклад)
ОК.2 способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции		
з1	знать общие закономерности и национальные особенности развития Российского государства и общества	введение (включающее актуальность выбранной тематики) аналитический обзор литературы
ОК.3 способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов деятельности в различных сферах		
з3	знать подходы к формированию производственных затрат на изготовление продукции (работ, услуг)	исследовательская (проектная) часть
ОК.4 способность использовать основы правовых знаний в различных сферах деятельности		
з3	знать права и обязанности гражданина РФ	исследовательская (проектная) часть
ОК.5 способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия		
у3	владеть навыками публичного выступления, устной презентации результатов профессиональной деятельности на русском и иностранном языке	защита ВКР (устный доклад)
у4	уметь осуществлять деловую переписку на русском языке	исследовательская (проектная) часть

у5	уметь логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь в сфере профессиональной деятельности на русском и иностранном языке	защита ВКР (устный доклад)
ОК.6 способность работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные и культурные различия		
у1	уметь подбирать партнеров для эффективной работы в команде	исследовательская (проектная) часть
ОК.7 способность к самоорганизации и самообразованию		
з1	знать траектории саморазвития и самообразования в течение всей жизни	исследовательская (проектная) часть
з3	знать особенности профессионального развития личности	защита ВКР (устный доклад)
ОК.8 способность использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности		
з1	знать основы здорового образа жизни	защита ВКР (устный доклад)
ОК.9 готовность пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий		
з1	знать проблемы экологии	исследовательская (проектная) часть
ОПК.1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики		
з11	знать основные законы физики, являющиеся базовыми для решения задач профессиональной деятельности	исследовательская (проектная) часть
з2	Знать основные законы естественнонаучных дисциплин (математика, физика, химия, биология и другие смежные дисциплины)	исследовательская (проектная) часть
з5	знать основные физические законы и явления	исследовательская (проектная) часть
з6	знать зависимость физических свойств от степени неупорядоченности	исследовательская (проектная) часть
з9	знать универсальность математических методов в познании окружающего мира	исследовательская (проектная) часть
у1	Владеть методами и средствами естественнонаучных дисциплин	исследовательская (проектная) часть
у11	уметь применять основные методы математического аппарата в математических моделях объектов и процессов	исследовательская (проектная) часть
у12	уметь применять статистический подход к исследованию процессов и решению задач	исследовательская (проектная) часть
у3	Уметь применять знания естественнонаучных дисциплин для решения профессиональных задач	исследовательская (проектная) часть
у8	уметь применять основные законы и принципы физики в стандартных и сходных ситуациях	исследовательская (проектная) часть

у9	уметь описывать и качественно объяснять состояния в твердом теле	исследовательская (проектная) часть
ОПК.2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат		
з1	знать свойства различных групп материалов: диэлектриков, полупроводников, проводников, магнитных материалов	аналитический обзор литературы
з2	знать классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории	аналитический обзор литературы
з4	базовые знания фундаментальных разделов физики в объеме, необходимом для освоения физических основ в области профессиональной деятельности	аналитический обзор литературы
з7	знать основные математические методы, применяемые в различных разделах физики	аналитический обзор литературы
з8	Знать физико-математические модели процессов в объеме и на поверхности полупроводниковых материалов	аналитический обзор литературы
у6	Уметь осуществлять постановку целей и задач работы при выполнении научных исследований и организации опытно-промышленного производства	введение (включающее актуальность выбранной тематики) аналитический обзор литературы цели и задачи исследования
у7	Владеть навыками работы с современным исследовательским оборудованием	исследовательская (проектная) часть
у8	выбирать простейшие модели физических объектов и процессов	исследовательская (проектная) часть
у9	уметь строить теоретические модели физических явлений, делать при этом необходимые допущения и оценивать область применимости различных моделей, планировать простые физические эксперименты и выполнять физические измерения	исследовательская (проектная) часть
ОПК.3 способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей		
з3	Знать особенности характеристик полупроводниковых элементов	исследовательская (проектная) часть
з5	знать основы теории электромагнитного поля	исследовательская (проектная) часть
ОПК.4 готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации		
з1	знать элементы начертательной геометрии и инженерной графики, геометрическое моделирование, программные средства	исследовательская (проектная) часть

	компьютерной графики	
у1	уметь применять интерактивные графические системы для выполнения и редактирования изображений и чертежей	оформление ВКР
ОПК.5 способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных		
з2	знать методы обработки экспериментальных данных современными программными пакетами	исследовательская (проектная) часть
ОПК.6 способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий		
з1	знать правовые основы информационной безопасности и принципы защиты авторского права на программные продукты	аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть
у10	уметь осуществлять поиск информации в локальных и глобальных сетях	аналитический обзор литературы
у3	уметь применять основные методы, способы и средства получения, хранения и переработки информации с помощью компьютеров и компьютерных средств	аналитический обзор литературы
у4	уметь пользоваться наиболее распространенными офисными и математическими пакетами прикладных программ	оформление ВКР
у5	владеть персональным компьютером как средством управления информацией	аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть
у6	уметь осуществлять поиск информации в локальных и глобальных сетях	аналитический обзор литературы
у7	уметь использовать специализированные программные средства при решении профессиональных задач	исследовательская (проектная) часть
у8	уметь оценивать состояние и тенденции развития информационных технологий и информатики в современном обществе	аналитический обзор литературы
у9	уметь использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач	исследовательская (проектная) часть
ОПК.7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности		
з1	Иметь представление о перспективных направлениях развития полупроводниковой элементной базы	задание на выпускную квалификационную работу аналитический обзор литературы
у1	уметь работать на персональном компьютере в MS-DOS, OCWINDOWS с использованием	оформление ВКР исследовательская

	основных приложений обработки текстовой и числовой информации, систем программирования	(проектная) часть
у2	владеть сведениями об основных тенденциях развития электронной компонентной базы	аналитический обзор литературы
ОПК.8 способность использовать нормативные документы в своей деятельности		
з1	знать правовые основы и системы стандартизации и сертификации	аналитический обзор литературы
ОПК.9 способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности		
у1	умеет осваивать новые программные средства для профессиональной деятельности	исследовательская (проектная) часть
у4	владеть методами работы с глобальными поисковыми системами	аналитический обзор литературы
у5	уметь работать с информацией в глобальных компьютерных сетях	аналитический обзор литературы
у8	умеет применять основные методы, способы и средства получения, хранения и переработки информации с помощью компьютеров и компьютерных средств	аналитический обзор литературы
ПК.1 способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий		
з1	Знать типовые программные продукты, ориентированные на решение задач моделирования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, управление процессами нанотехнологии, обработку результатов, полученных методами нанодиагностики	исследовательская (проектная) часть
з19	Знать физические принципы, эффекты и процессы, лежащие в основе функционирования микромеханических и микроэлектромеханических систем	исследовательская (проектная) часть
з23	Знать основы классификации объектов нано- и микросистемной техники	исследовательская (проектная) часть
з29	Знать физические принципы работы, физическую структуру, основы технологии изготовления и принципы построения интегральных микросхем и функциональных элементов	исследовательская (проектная) часть
з32	знать физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюаризации электронной компонентной базы	исследовательская (проектная) часть
з33	Знать основные понятия механики твердого деформируемого тела, основы расчетов на статическую и динамическую прочность и жесткость элементов конструкций, кинематический и кинетостатический анализ	исследовательская (проектная) часть

	подвижных элементов конструкций	
з35	Знать основные положения квантовой механики и статистической физики	исследовательская (проектная) часть
з37	Знать физические принципы работы основных структур и компонентов нано- и микросистемной техники	исследовательская (проектная) часть
з43	Знать основные принципы моделирования	исследовательская (проектная) часть
з45	иметь представление о зонной структуре энергетического спектра в твердых телах	исследовательская (проектная) часть
у1	Уметь применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, процессов нанотехнологий и методов нанодиагностики	исследовательская (проектная) часть
у10	Владеть навыками применения методов расчёта и исследования микроэлектромеханических элементов и устройств	исследовательская (проектная) часть
у30	Уметь составлять адекватные модели	исследовательская (проектная) часть
у8	Владеть навыками расчета основных параметров материалов и компонентов микро- и наносистемной техники	исследовательская (проектная) часть
ПК.2 готовность проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники		
з1	Знать базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, в том числе, с учетом требований региональных предприятий	исследовательская (проектная) часть
з14	Знать основы метрологии, основные методы и средства измерения физических величин	исследовательская (проектная) часть
з15	Знать классификацию материалов микросистемной техники	исследовательская (проектная) часть
з18	знать основы метрологии	исследовательская (проектная) часть
з19	Знать основные физико-химические свойства материалов, используемых в микросистемной технике	исследовательская (проектная) часть
з20	знать основные методы и средства измерения физических величин	исследовательская (проектная) часть
з21	Знать физические эффекты и явления, лежащие в основе применения материалов в микросистемной технике	исследовательская (проектная) часть
з3	Знать физическую, химико-физическую и технологическую сущность процессов, протекающих при изготовлении микросистем; производственную гигиену: чистоту материалов	исследовательская (проектная) часть

	и помещений; ЕСТД и её применение	
з9	Знать классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории	исследовательская (проектная) часть
у1	Владеть проектированием технологии изготовления элементной базы нано- и микросистемной техники	исследовательская (проектная) часть
у12	Владеть методами экспериментального исследования параметров и характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	исследовательская (проектная) часть
у15	Владеть навыками применения справочного аппарата по выбору требуемых материалов и компонентов электронной техники для конкретных применений	исследовательская (проектная) часть
у17	Владеть оформлением отчетной научно-исследовательской документации	исследовательская (проектная) часть
у18	Уметь применять современные методы исследования для синтеза и анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	исследовательская (проектная) часть
у19	Уметь определять надежность, стабильность и воспроизводимость характеристик материалов и элементов при наличии внешних воздействий	исследовательская (проектная) часть
у22	уметь производить измерения электрических величин с помощью электроизмерительных аналоговых и цифровых приборов, определять параметры радиоэлектронных устройств, самостоятельно разобраться в принципиальной схеме устройств, выполнить монтаж радиоэлектронного устройства	исследовательская (проектная) часть
у23	уметь интерпретировать экспериментальные физико-химические данные в полупроводниках на основе фундаментальных положений теории твердого тела	исследовательская (проектная) часть
у8	Уметь проводить сквозное конструкторско-технологическое проектирование компонентов нано-и микросистемной техники, интеллектуальных микросистем, сенсоров и актюаторов	исследовательская (проектная) часть
ПК.3 готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций		
з2	знать методы оценки технико-экономической эффективности проектов	исследовательская (проектная) часть
у1	Уметь интерпретировать полученные результаты, критически оценивать результаты расчетов и эксперимента	исследовательская (проектная) часть
у2	уметь выполнять предварительное технико-экономическое обоснование проектов	задание на выпускную квалификационную работу

		исследовательская (проектная) часть
ПК.19.В Способность осуществлять проектную деятельность на всех этапах жизненного цикла проекта		
у3	уметь определять проблему и способы ее решения в проекте	задание на выпускную квалификационную работу 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).

2.3Методика оценкивыпускной квалификационной работы

2.3.1Выпускная 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.

2.3.2Согласованная итоговая оценка выставляется на основании оценок членов ГЭК с учетом оценки руководителя работы. Итоговая оценка по результатам защиты выпускной квалификационной работывыставляется 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 работыприведены 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 • исследование проведено глубоко и полно, тема раскрыта • в работе отражены и обоснованы положения, выводы, подтверждены актуальность и значимость работы, аргументация полученных выводов достаточная • отзыв руководителя не содержит замечаний • представление работы в устном докладе полностью	Продвинутый	87-100

отражает полученные результаты, иллюстративный материал отличается наглядностью • ответы на вопросы комиссии сформулированы четко, с достаточной аргументацией и свидетельствуют о полном владении материалом исследования		
• структура и оформление ВКР отвечает большинству предъявляемых требований • исследование проведено в полном объеме, тема раскрыта • в работе отражены и обоснованы положения, выводы, подтверждены актуальность и значимость работы, но аргументация полученных выводов не достаточно полная • отзыв руководителя не содержит принципиальных замечаний • представление работы в устном докладе отражает основные полученные результаты, иллюстративный материал отличается наглядностью • ответы на вопросы комиссии сформулированы четко, но с недостаточной аргументацией	Базовый	73-86
• структура и оформление ВКР отвечает большинству предъявляемых требований • тема исследования раскрыта не достаточно полно • выводы и положения в работе недостаточно обоснованы, не подтверждены актуальность и значимость работы • отзыв руководителя содержит не более двух принципиальных замечаний • в устном докладе представлены основные полученные результаты, но есть недочеты в иллюстративном материале • ответы на вопросы комиссии свидетельствуют о недостаточно полном владении материалом исследования	Пороговый	50-72
• структура и оформление ВКР не отвечает большинству предъявляемых требований • тема исследования не раскрыта • выводы и положения в работе недостаточно обоснованы, не подтверждены актуальность и значимость работы • отзыв руководителя содержит более двух принципиальных замечаний • представление работы в устном докладе не отражает основные полученные результаты, есть существенные недочеты в иллюстративном материале • ответы на вопросы комиссии свидетельствуют о недостаточном владении материалом исследования	Ниже порогового	0-50

Составитель _____ Д.И. Остертак
(подпись)

«____»_____2018 г.