

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



«УТВЕРЖДАЮ»  
Первый проректор  
И. Расторгуев  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

## ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Направление подготовки: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленность (профиль): Материалы микро- и наносистемной техники

Основной вид деятельности: Научно-исследовательская

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Год начала подготовки по образовательной программе: 2017

Ориентированность: программа академической магистратуры

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:

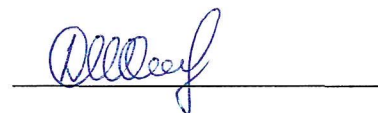
д.т.н., профессор А.А. Величко



Программа обсуждена на заседании кафедры Полупроводниковых приборов и микроэлектроники, протокол заседания кафедры № 6 от 20.06.2018 г.

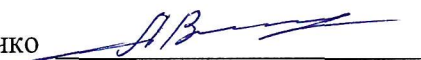
Заведующий кафедрой:

к.т.н., доцент Д.И. Остертак



Ответственный за образовательную программу:

д.т.н., профессор А.А. Величко



Программа утверждена на ученом совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2018 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: Материалы 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		+
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		+
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		+

## **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 контролируемых 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: Материалы 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. Зебрев Г. И. Физические основы кремниевой нанoeлектроники : учебное пособие. – М. : Бином. Лаборатория знаний , 2011.
2. Филимонова Н. И. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных 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](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178062).
3. Величко А. А. Методы исследования микроэлектронных и нанoeлектронных 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](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208144).
4. Драгунов В. П. Основы нанoeлектроники : 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.
5. 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..
6. Борисенко В. Е. Нанoeлектроника : [учебное пособие для вузов по специальности "Микро- и нанoeлектронные технологии и системы" и "Квантовые информационные системы"] / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М., 2011. - 223 с. : ил., граф., схемы, табл.
7. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - М. : Физматлит , 2007, изд. 2-е, испр., 414 с. ил.
8. 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.
9. 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.
10. Кузнецов Н. Т. Основы нанотехнологии. - Москва : Бином , 2014.
11. 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](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029072)

### **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 нанозлектроники (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. 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](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031699).
9. 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 нанозлектроника. 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](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](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 нанозлектроника», 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  
И. Расторгуев  
2018 г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Направление подготовки: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленность (профиль): Материалы микро- и наносистемной техники

Основной вид деятельности: Научно-исследовательская

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Год начала подготовки по образовательной программе: 2017

Ориентированность: программа академической магистратуры

Новосибирск 2018

## 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	Компетенции и показатели сформированности	Вопросы государственного экзамена
<b>ОПК.1 способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения</b>		
з1	иметь представление о последних открытиях в области нанотехнологии и микросистемной техники	1-4
з3	знать основные закономерности исторического процесса в науке и технике, этапы исторического развития нанотехнологии, место и значение нанотехнологии в современном мире	5-8
з4	знать методологические основы и принципы современной науки	9-12
з5	знать основные исторические этапы и предпосылки возникновения нанотехнологии и микросистемной техники	13-16
з6	знать передовой отечественный и зарубежный опыт и достижения в области нанотехнологии и микросистемной техники	17-20
<b>ОПК.2 способность использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры</b>		
у1	уметь использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры	21-24
<b>ОПК.4 способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области</b>		
у1	уметь самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области	25-28
<b>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</b>		
з1	знать основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития нанотехнологии и микросистемной техники, а также смежных областей науки и техники, в том числе, с учетом требований региональных предприятий	29-32
у1	уметь предлагать новые области научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению задач в области нанотехнологии и микросистемной техники	33-36
у2	владеть навыками анализа и идентификации новых проблем и областей исследования в области нанотехнологии и микросистемной техники	37-40



у3	владеть современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях нанотехнологии и микросистемной техники	41-44
у4	уметь выполнять теоретическое и экспериментальное исследование в рамках поставленных задач	45-48
<b>ПК.2 готовность разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты</b>		
з1	знать основные методы высокочувствительной сверхлокальной избирательной диагностики для изучения наносистем	49-52
з2	знать физическую основу процессов, протекающих при реализации нанотехнологии, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях	53-56
з3	знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах раздела фаз в различных нано- и микросистемах	57-60
у1	уметь готовить методологическое обоснование научного исследования и технической разработки в области нанотехнологии и микросистемной техники	61-64
у2	владеть навыками методологического анализа научного исследования и его результатов	65-68
у3	уметь разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты	69-72
у4	уметь анализировать свойства наночастиц и наноматериалов, возможные способы их получения	73-76
<b>ПК.3 готовность разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники</b>		
з5	знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне	77-80
з6	знать основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники	81-84
з7	знать физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования нано- и микроструктур	85-88
у1	уметь осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы	89-92
у10	уметь адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов	93-96

	математического моделирования	
y11	уметь применять современные методы расчета и анализа нано- и микросистем	97-99
y3	владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области	100-103
y5	владеть навыками и методиками разработки физико-математических моделей процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники	104-107
y8	владеть практическими навыками работы с программными пакетами математического моделирования	108-110

## 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. Полевой транзистор с изолированным затвором. Принцип действия, конструкция, основные характеристики. Понятие области пространственного заряда, обеднение, обогащение, инверсия.
2. Электрон-электронные взаимодействия и чувствительность к глубине в электронной спектроскопии. Глубина выхода электронов и исследуемый объем вещества, неупругие электрон-электронные столкновения, сечение ударной электронной ионизации, плазмоны.
3. Спектр энергетических состояний двумерной электронной системы в поперечном магнитном поле.

Утверждаю: зав. кафедрой ПШМЭ \_\_\_\_\_ Д.И. Остертак  
(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-балльной 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. Зонная структура и электрические свойства графена и мультиграфена.
2. Получение графена.
3. Перенос графена на произвольную подложку.
4. Оптические и электрические свойства графена.
5. Окись графена, графан, фторографен.
6. Легирование графена, функционализация графена.
7. Энергонезависимая память на монослойных материалах.
8. Сенсоры и оптические применения графена.
9. Квантовые точки и наноленты графена, сверхрешетки.
10. Транзисторы на графене.
11. Гетероструктуры на основе графена и других монослойных материалов.
12. Гибридные структуры на основе графена.
13. Нанокompозиты, графеновая бумага.
14. Определение концентрации носителей, подвижности носителей, p-n переходы на графене.
15. Наноматериалы, силы, преобладающие в наном мире.
16. 3D материалы, холодные эмиттеры на графене.
17. Подложки для графена и подвижность носителей в графене.
18. Разные монослойные материалы.
19. Гибкая электроника на основе монослойных материалов.
20. Вискеры и углеродные нанотрубки.

21. Основные активные элементы интегральных схем: диод Шоттки (контакт металл-металл, металл-полупроводник, понятие обеднения, образование области пространственного заряда (ОПЗ), влияние внешнего электрического поля, вольт-амперная характеристика.
22. Размерное квантование в инверсионном канале МДП – транзистора.
23. Полевой транзистор на основе барьера Шоттки. Принцип действия, конструкция, основные характеристики.
24. Понятие дрейфовой скорости. Рассеяние носителей заряда. Основные механизмы рассеяния.
25. Полевой транзистор на основе р-п перехода. Принцип действия, конструкция, основные характеристики.
26. Основные физические ограничения размеров активных элементов ИС.
27. Полевой транзистор с изолированным затвором. Принцип действия, конструкция, основные характеристики. Понятие области пространственного заряда, обеднение, обогащение, инверсия.
28. Основные физико-технологические принципы, используемые при создании кремниевых ИС.
29. КМОП – система. Конструкция, технология.
30. Насыщение дрейфовой скорости. (Отличие кремния от арсенида галлия.)
31. Элемент памяти на основе МДП-транзисторе (с плавающим затвором или на основе двухслойного диэлектрика). Принцип действия, ВФХ, конструкция.
32. Основные физические и технологические ограничения быстродействия современных ИС (на примере КМОП – нанотранзисторов).
33. Эффект “overshot”, основы баллистического транспорта носителей заряда.
34. Понятие «эквивалентная схема». (на примере МДП – емкости при наличии поверхностных состояний и без них. Низкие и высокие частоты).
35. Междолинное рассеяние.
36. Способы легирования полупроводников. Понятия собственной и примесной проводимости, степени ионизации примеси. Соотношения между концентрацией основных и неосновных носителей заряда в полупроводнике.
37. Основные механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Понятие времени релаксации (по импульсу и по энергии).
38. Понятие поверхностных состояний и их влияние на вольт-фарадные характеристики МДП – структур (низкие и высокие частоты).
39. Понятия: электронное сродство, работа выхода, химический и электрохимический потенциал, что такое уровень Ферми в полупроводнике? Зонная диаграмма контакта металл – металл и металл – полупроводник. Что такое – область пространственного заряда в полупроводнике.
40. Работа МДП – транзистора в подпороговом режиме.
41. НЕМТ транзистор.
42. Основные понятия кристаллографии, концепция двумерной решётки, решётка Вигнера-Зейтца, двумерные решётки Браве, индексы Миллера.
43. Реальная кристаллическая структура поверхности. Запись для описания структуры поверхности, матричная запись, запись Вуда. Двумерная обратная решётка.
44. Атомарно чистая поверхность, способы её получения.
45. Структурные дефекты поверхности. Модель ТСИ. Точечные дефекты. Ступени, сингулярные и вицинальные поверхности, фасетки.
46. Начальные стадии роста слоёв на атомарно-чистых поверхностях, механизмы роста, зарождение и рост островков, форма островков. Эффекты механических напряжений при гетероэпитаксии.
47. Дифракция медленных электронов, аппаратура, интерпретация.
48. Дифракция быстрых электронов, аппаратура, интерпретация.

49. Методы электронной спектроскопии, спектр вторичных электронов, анализаторы энергии электронов.
50. Электронная Оже-спектроскопия, экспериментальное оборудование для ЭОС, Оже-анализ.
51. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами, СХПЭЭ глубоких уровней, обычная СХПЭЭ, СХПЭЭ высокого разрешения.
52. Фотоэлектронная спектроскопия. Экспериментальное оборудование для ФЭС, анализ с помощью РФЭС и УФЭС.
53. Методы ионной спектроскопии, зондирование ионами. Классическое соударение двух частиц, сечение рассеяния, затенение, блокировка, каналирование, распыление, ионно-стимулированные электронные процессы.
54. Спектроскопия рассеяние медленных ионов, рассеяние ионов щелочных металлов и времяпролётный анализ, количественный структурный анализ в геометрии прямого столкновения.
55. Спектроскопия Резерфордского обратного рассеяния и спектроскопия рассеяния ионов средних энергий, поверхностный пик, анализ тонких плёнок, анализ частиц упругой отдачи.
56. Вторичная ионная масс-спектроскопия.
57. Спектроскопия Резерфордского обратного рассеяния, кинематика упругих столкновений, поперечное сечение рассеяния и прицельный параметр.
58. Рассеяние в центральном поле, поперечное сечение рассеяния: задача двух тел. Отклонение от законов Резерфордского рассеяния при низких и высоких энергиях частиц.
59. Каналирование в монокристаллах, минимальный выход.
60. Определение расположения примесей в кристаллической решётке. Распределение потока каналированных частиц. Поверхностное взаимодействие в двухатомной модели.
61. Электрон-электронные взаимодействия и чувствительность к глубине в электронной спектроскопии. Глубина выхода электронов и исследуемый объём вещества, неупругие электрон-электронные столкновения, сечение ударной электронной ионизации, плазмоны.
62. Инфракрасная спектроскопия. Теоретические основы. Уравнения Максвелла.
63. ИК Фурье-спектроскопия, интерферометр Майкельсона.
64. Рамановская спектроскопия. Макроскопическая теория неупругого рассеяния света фононами. Квантовая теория рамановского рассеяния.
65. Понятие о размерном квантовании. Условия наблюдения квантоворазмерных эффектов.
66. Гетеропереход. Классификация и основные параметры гетеропереходов. Энергетический спектр носителей заряда. (Работа выхода электрона из полупроводника, поверхностные состояния, ОПЗ, контакт двух полупроводников).
67. Квантовые ямы. Энергетический спектр носителей заряда в прямоугольной квантовой яме, напряженные квантовые ямы, критическая толщина напряженной квантовой ямы.
68. Сверхрешетки. Классификация сверхрешеток. Энергетический спектр носителей заряда в сверхрешетках. Расчет энергетического спектра сверхрешеток в приближении слабой и сильной связи. Мини-щели и мини-зоны.
69. Квантовые нити, квантовые точки. Энергетический спектр носителей заряда.
70. Технология получения квантово-размерных структур: Молекулярно-лучевая эпитаксия, мосгидридная эпитаксия. Механизмы эпитаксиального роста. Эпитаксиальное формирование и самоорганизация квантовых точек и нитей.
71. Технология получения квантово-размерных структур: Нанолитография, коллоидная химия, имплантация, Принц-technology - формирование наноразмерных трубок.
72. Статистика носителей заряда в трехмерных и низкоразмерных структурах.

73. Вертикальный транспорт в системах с пониженной размерностью. Туннелирование электронов через статический прямоугольный барьер. Особенности прохождения электронов над ямой и над барьером.

74. Двухбарьерные структуры. Коэффициент прохождения, отражения. Квазистационарные состояния электрона в яме. Энергетическая зависимость резонансного коэффициента прохождения. Условие туннелирования с единичной вероятностью. ВАХ резонансно-туннельного диода. ВАХ сверхрешетки.

75. Оптические свойства низкоразмерных структур. Взаимодействие электромагнитного поля с электронами. Коэффициент поглощения в однородном «трехмерном» полупроводнике.

76. Коэффициент поглощения и правила отбора при межзонных переходах в низкоразмерных структурах. Межуровневые переходы в низкоразмерных структурах. (Коэффициент поглощения и правила отбора при внутризонных переходах).

77. Светоизлучающие низкоразмерные приборы. Гетеролазеры на межзонных переходах: лазер на двойной гетероструктуре.

78. Плотность энергетических состояний в электронных системах пониженной размерности.

79. Зануление диссипативного сопротивления и квантование холловского сопротивления двумерного электронного газа в модели краевых токовых состояний.

80. Дрейфовый перенос заряда в неупорядоченной двумерной системе в постоянном электрическом поле. Дрейфовая скорость. Время рассеяния по импульсу.

81. Функция распределения Ферми-Дирака. Волновой вектор Ферми.

82. Кондактанс баллистического проводника. Двухточечное и четырехточечное измерение кондактанса.

83. Зависимость компонент тензора сопротивления от магнитного поля в двумерной системе в рамках модели Друде.

84. Транспортное время релаксации и квантовое время жизни.

85. Осцилляции Шубникова - де Гааза в вырожденном двумерном электронном газе.

86. Измерение проводимости двумерного электронного газа при помощи диска Корбино.

87. Электрон-электронное рассеяние в вырожденной электронной системе.

88. Период и амплитуда магнетопольных осцилляций Шубникова - де Гааза.

89. Измерение компонент тензора сопротивления методом ван дер Пау.

90. Спектр энергетических состояний двумерной электронной системы в поперечном магнитном поле.

91. Слабая локализация. Вероятность сбоя фазы. Квантовые поправки к проводимости.

92. Измерение компонент тензора сопротивления при помощи мостика Холла.

93. Электрон-фононное рассеяние в двумерной системе.

94. Эффект Ааронова-Бома. Электронный кольцевой интерферометр.

95. Двумерный электронный газ в плавном одномерном периодическом потенциале.

96. Степень вырождения уровней Ландау и их уширение.

97. Измерение подвижности и концентрации двумерного электронного газа при помощи мостика Холла.

98. Соизмеримые осцилляции сопротивления в двумерной квадратной решетке антиоточек.

99. Квантовый точечный контакт.

100. Уравнение Больцмана для вырожденной системы в постоянном электрическом поле.

101. Время энергетической релаксации.

102. Универсальные флуктуации кондактанса в мезоскопической системе.

103. Модель Лоренца. Роль эффектов «памяти» в магнетотранспорте.

104. Спектр энергетических состояний и концентрация электронов в прямоугольной квантовой яме. Соотношение Эйнштейна для вырожденной двумерной системы.

105. Квантовый эффект Холла.

106.Зависимость оптических свойств от концентрации носителей заряда, температуры, давления, напряжённости магнитного и электрического полей.

107.Неравновесные носители заряда. Генерация и рекомбинация. Нарастание и спад концентрации неравновесных носителей заряда после включения и выключения освещения. Линейная рекомбинация. Квадратичная рекомбинация. Понятие мгновенного времени жизни.

108.Излучательная рекомбинация. Концентрационные, температурные зависимости времени жизни, зависимости от уровня освещения (темпа рекомбинации).

109.Ударная рекомбинация. Концентрационные, температурные зависимости времени жизни, зависимости от уровня освещения (темпа рекомбинации).

110.Рекомбинация через уровни в запрещенной зоне. Концентрационные, температурные зависимости времени жизни, зависимости от уровня освещения (темпа рекомбинации).

## 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	Показатели сформированности	Разделы и этапы ВКР
<b>ОК.1 способность использовать иностранный язык в профессиональной сфере</b>		
з1	знать терминологию профессиональной сферы деятельности на иностранном языке	аналитический обзор литературы защита ВКР (устный доклад)
у1	уметь читать и реферировать литературу на иностранном языке	аналитический обзор литературы
у2	уметь использовать знания языка для профессионального международного общения и в научно-исследовательской деятельности	аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть
<b>ОК.2 способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом</b>		
у1	уметь использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом	исследовательская (проектная) часть
<b>ОК.3 готовность к активному общению с коллегами в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности</b>		
у2	уметь общаться с коллегами в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности	исследовательская (проектная) часть защита ВКР (устный доклад)
<b>ОК.4 способность адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности</b>		
з2	знать современную научную картину мира	задание на выпускную квалификационную работу цели и задачи исследования аналитический обзор литературы
з5	знать основные методологические концепции	задание на выпускную

	современной науки	квалификационную работу цели и задачи исследования аналитический обзор литературы
з7	знать основные методы научного познания	задание на выпускную квалификационную работу цели и задачи исследования аналитический обзор литературы
у1	уметь адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности	аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть
<b>ОПК.1 способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения</b>		
з1	иметь представление о последних открытиях в области нанотехнологии и микросистемной техники	аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть
з3	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 цели и задачи исследования аналитический обзор литературы
з4	знать методологические основы и принципы современной науки	аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть
з5	знать основные исторические этапы и предпосылки возникновения нанотехнологии и микросистемной техники	аналитический обзор литературы
з6	знать передовой отечественный и зарубежный опыт и достижения в области нанотехнологии и микросистемной техники	аналитический обзор литературы
<b>ОПК.2 способность использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры</b>		
у1	уметь использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры	исследовательская (проектная) часть
<b>ОПК.3 способность демонстрировать навыки работы в коллективе, порождать новые идеи (креативность)</b>		
у1	иметь опыт работы в коллективе	исследовательская (проектная) часть
у2	уметь порождать новые идеи, проявлять креативность	задание на выпускную квалификационную работу



		введение (включающее актуальность выбранной тематики) цели и задачи исследования исследовательская (проектная) часть
<b>ОПК.4 способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области</b>		
y1	уметь самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области	аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть
<b>ОПК.5 готовность оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы</b>		
y1	уметь оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы	оформление ВКР защита ВКР (устный доклад)
y2	владеть навыками публичных деловых и научных коммуникаций	защита ВКР (устный доклад)
<b>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</b>		
z1	знать основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития нанотехнологии и микросистемной техники, а также смежных областей науки и техники, в том числе, с учетом требований региональных предприятий	аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть
y1	уметь предлагать новые области научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению задач в области нанотехнологии и микросистемной техники	аналитический обзор литературы цели и задачи исследования исследовательская (проектная) часть
y2	владеть навыками анализа и идентификации новых проблем и областей исследования в области нанотехнологии и микросистемной техники	аналитический обзор литературы цели и задачи исследования исследовательская (проектная) часть
y3	владеть современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях нанотехнологии и микросистемной техники	исследовательская (проектная) часть
y4	уметь выполнять теоретическое и экспериментальное исследование в рамках поставленных задач	цели и задачи исследования исследовательская (проектная) часть
<b>ПК.2 готовность разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты</b>		

з1	знать основные методы высокочувствительной сверхлокальной избирательной диагностики для изучения наносистем	исследовательская (проектная) часть
з2	знать физическую основу процессов, протекающих при реализации нанотехнологии, возможности и характеристики материалов, используемых в нанотехнологиях	исследовательская (проектная) часть
з3	знать физико-химические основы процессов, протекающих на границах раздела фаз в различных нано- и микросистемах	исследовательская (проектная) часть
у1	уметь готовить методологическое обоснование научного исследования и технической разработки в области нанотехнологии и микросистемной техники	исследовательская (проектная) часть заключение
у2	владеть навыками методологического анализа научного исследования и его результатов	исследовательская (проектная) часть заключение
у3	уметь разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты	исследовательская (проектная) часть
у4	уметь анализировать свойства наночастиц и наноматериалов, возможные способы их получения	исследовательская (проектная) часть
<b>ПК.3 готовность разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники</b>		
з1	знать методы синтеза и исследования моделей	исследовательская (проектная) часть
з3	знать физические и математические модели процессов и явлений, относящихся к исследуемому объекту	исследовательская (проектная) часть
з5	знать основные механизмы физических явлений, происходящих на наноуровне	исследовательская (проектная) часть
з6	знать основные физико-химические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники	исследовательская (проектная) часть
з7	знать физические принципы и механизмы, лежащие в основе построения и функционирования нано- и микроструктур	исследовательская (проектная) часть
у1	уметь осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы	исследовательская (проектная) часть
у10	уметь адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования	цели и задачи исследования исследовательская (проектная) часть
у11	уметь применять современные методы расчета и	исследовательская (проектная) часть

	анализа нано- и микросистем	
y3	владеть методами расчета параметров и основных характеристик моделей, используемых в предметной области	исследовательская (проектная) часть
y5	владеть навыками и методиками разработки физико-математических моделей процессов, явлений и объектов в области нанотехнологии и микросистемной техники	исследовательская (проектная) часть
y8	владеть практическими навыками работы с программными пакетами математического моделирования	исследовательская (проектная) часть
<b>ПК.4 готовность выполнять научно-технические отчеты, доклады, публикации по результатам выполненных исследований</b>		
y1	иметь опыт подготовки научно-технических отчетов, докладов и публикаций по теме исследований	исследовательская (проектная) часть оформление ВКР
y2	уметь оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники	исследовательская (проектная) часть заключение
y3	иметь опыт работы с периодической научной литературой, дискуссий на заданную тему и выступлений на научных семинарах	аналитический обзор литературы защита ВКР (устный доклад)
y4	уметь делать доклады на заданную научную тему	аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть защита ВКР (устный доклад)
<b>ПК.5 готовность оформлять заявки на защиту объектов интеллектуальной собственности</b>		
z1	знать об основных требованиях, предъявляемых к заявкам на защиту объектов интеллектуальной собственности	исследовательская (проектная) часть
z2	иметь представление о патентных и литературных источниках по разрабатываемой теме	аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть
y1	иметь опыт патентных исследований по разрабатываемой тематике	аналитический обзор литературы исследовательская (проектная) часть
<b>ПК.19.В способность разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники</b>		
y1	владеть методами математического моделирования приборов и технологических процессов с целью оптимизации их параметров	исследовательская (проектная) часть
y3	владеть современными программными средствами (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и устройств электроники и нанoeлектроники	исследовательская (проектная) часть

	различного функционального назначения	
у4	уметь разрабатывать физические и математические модели приборов и устройств электроники и нанoeлектроники, 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
<ul style="list-style-type: none"> <li>• структура и оформление ВКР полностью соответствует всем предъявляемым требованиям</li> <li>• исследование проведено глубоко и полно, тема раскрыта</li> <li>• в работе отражены и обоснованы положения, выводы, подтверждены актуальность и значимость работы, аргументация полученных выводов достаточная</li> <li>• отзыв руководителя не содержит замечаний</li> <li>• представление работы в устном докладе полностью отражает полученные результаты, иллюстративный материал отличается наглядностью</li> <li>• ответы на вопросы комиссии сформулированы четко, с достаточной аргументацией и свидетельствуют о</li> </ul>	Продвинутый	87-100

<p>полном владении материалом исследования</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• структура и оформление ВКР отвечает большинству предъявляемых требований</li> <li>• исследование проведено в полном объеме, тема раскрыта</li> <li>• в работе отражены и обоснованы положения, выводы, подтверждены актуальность и значимость работы, но аргументация полученных выводов не достаточно полная</li> <li>• отзыв руководителя не содержит принципиальных замечаний</li> <li>• представление работы в устном докладе отражает основные полученные результаты, иллюстративный материал отличается наглядностью</li> <li>• ответы на вопросы комиссии сформулированы четко, но с недостаточной аргументацией</li> </ul>	<p>Базовый</p>	<p>73-86</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• структура и оформление ВКР отвечает большинству предъявляемых требований</li> <li>• тема исследования раскрыта не достаточно полно</li> <li>• выводы и положения в работе недостаточно обоснованы, не подтверждены актуальность и значимость работы</li> <li>• отзыв руководителя содержит не более двух принципиальных замечаний</li> <li>• в устном докладе представлены основные полученные результаты, но есть недочеты в иллюстративном материале</li> <li>• ответы на вопросы комиссии свидетельствуют о недостаточно полном владении материалом исследования</li> </ul>	<p>Пороговый</p>	<p>50-72</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• структура и оформление ВКР не отвечает большинству предъявляемых требований</li> <li>• тема исследования не раскрыта</li> <li>• выводы и положения в работе недостаточно обоснованы, не подтверждены актуальность и значимость работы</li> <li>• отзыв руководителя содержит более двух принципиальных замечаний</li> <li>• представление работы в устном докладе не отражает основные полученные результаты, есть существенные недочеты в иллюстративном материале</li> <li>• ответы на вопросы комиссии свидетельствуют о недостаточном владении материалом исследования</li> </ul>	<p>Ниже порогового</p>	<p>0-50</p>

Составитель \_\_\_\_\_ Д.И. Остертак  
(подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.