

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ, ЭЛЕКТРОНИКИ И ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель направления

\_\_\_\_\_/В.В. Иванцов/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ПРОГРАММА**  
**государственной итоговой аттестации**

**Направление подготовки**  
**28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**

**Профиль**  
**Нанотехнологии и наносистемы**

**Уровень образования**  
**бакалавриат**

**Программа  
разработана:**

Иванцов В.В., доцент каф. НТМСТ, к.т.н., доцент;  
Поляков В.В., зав. каф. НТМСТ, к.т.н., доцент;  
Лысенко И.Е., зав. каф. КЭС, д.т.н., профессор;  
Блинов Ю.Ф., доцент каф. НТМСТ, к.т.н., доцент;  
Светличный А.М., доцент каф. НТМСТ, к.т.н., доцент;  
Варзарев Ю.Н., доцент каф. НТМСТ, к.т.н.

---

Рекомендована к утверждению на заседании кафедры  
нанотехнологий и микросистемной техники

протокол заседания от 29.04.2015 г. № 13

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

В.В. Поляков

Таганрог, 2015

## **1. Цель государственной итоговой аттестации**

Установление уровня подготовки выпускника по направлению 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям государственного образовательного стандарта

## **2. Задача государственной итоговой аттестации**

проверка уровня сформированности компетенций, определенных образовательным стандартом; разработка рекомендаций, направленных на совершенствование подготовки студентов по ОП.

## **3. Виды государственной итоговой аттестации по направлению:**

государственный экзамен; защита выпускной квалификационной работы.

## **4. Методические материалы**

### **4.1. Программа итогового государственного экзамена**

**Методические рекомендации к подготовке и сдаче итогового государственного экзамена**

К государственному экзамену допускаются обучающиеся, не имеющие академических задолженностей и в полном объеме выполнившие учебный план по образовательной программе. Для проведения государственного экзамена формируется комплект билетов, в каждом из которых представлено 4 вопроса. Билеты подписываются руководителем направления и заведующим выпускающей кафедры.

Обучаемому предоставляется время на подготовку в объеме не более 3 астрономических часов и лист для подготовки ответов, который выдает секретарь комиссии. После завершения ответа лист с конспектом, подписанным обучающимся, остается у секретаря комиссии и хранится в течение года. При проведении государственного экзамена не допускается присутствие посторонних лиц.

Теоретический материал, выносимый на итоговый государственный экзамен, изучается в 12 дисциплинах учебного плана:

- Физика конденсированного состояния;
- Физика электронных и полупроводниковых приборов;
- Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии;
- Физические основы микро- и наносистемной техники;
- Физические основы микро- и наноэлектроники;
- Технология наноструктурированных материалов;
- Технология микро- и наносистем;
- Процессы микро- и нанотехнологии;
- Компоненты микро- и наносистемной техники;
- Моделирование и проектирование микро- и наносистем;
- Материаловедение наноструктурированных материалов;
- Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.

Материал структурно объединен в 4 раздела (кластера): Физико-химические основы электроники, нанотехнологий и микросистемной техники, Микро- и нанотехнологии, Микро- и наносистемы, Материаловедение, анализ и контроль наноструктурированных материалов и систем. Ожидаемые результаты образовательной программы, контролируемые на государственном экзамене (компетенции, знания, умения), их распределение по кластерам и связь с дисциплинами подробно рассмотрены в описании Фонда оценочных средств (приложение к программе ГИА).

Ниже приведено содержание теоретического материала, выносимого на государственный экзамен, структурированное по кластерам.

## **Физико-химические основы электроники, нанотехнологий и микросистемной техники**

Кристаллическое строение твердых тел. Энергия связи в кристаллах. Дефекты кристаллизации. Колебания атомов твердого тела. Тепловые свойства твердых тел. Элементы зонной теории твердых тел. Статистика носителей заряда. Проводимость твердых тел. Поверхностные свойства твердых тел. Общие свойства полупроводников. Природа химической связи. Дефекты в кристаллах.

Электронно-дырочный (p-n) переход. Вольт-амперная характеристика p-n-перехода. Полупроводниковые структуры с двумя близко расположенными p-n переходами. Основные параметры транзисторов. Контакт металл-полупроводник. Вольт-амперная характеристика. Омический контакт. Гетероструктуры. Гетеропереходы. Варизонные структуры. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Поглощение излучения: Фотопроводимость. Фотовольтаический эффект в p-n переходе. Излучение полупроводников. Квантовый выход. Индуцированное (стимулированное) излучение. Оптический резонатор, усиление и генерация света. Полупроводниковые лазеры. Термоэлектрические явления. Термо- и гальваномагнитные эффекты. Эффект Холла. Электро-, магнито-, акустооптические эффекты.

Химическая термодинамика. Термодинамические потенциалы. Объединенное уравнение термодинамики. Энергия Гельмгольца. Энергия Гиббса. Химический потенциал. Химическое равновесие. Константа равновесия химической реакции. Фазы и фазовое равновесие. Фазовые переходы первого и второго рода. Диаграммы состояния. Термодинамика растворов. Законы Рауля и Генри. Твердые растворы. Физико-химический фазовый анализ. Диаграммы состояния бинарных систем. Термодинамика поверхности. Поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Адсорбция. Механизм зарождения новой фазы на поверхности твердого тела. Механизмы роста пленок на подложках. Эпитаксия. Химическая и диффузионная кинетика. Скорость реакции. Порядок реакции. Энергия активации химической реакции. Диффузия. Кинетический анализ физико-химического процесса. Стадии гетерогенного физико-химического процесса, лимитирующая стадия процесса. Диффузия в твердом теле. Механизмы диффузии. Законы диффузии Фика. Уравнения диффузии примеси из неограниченного и ограниченного источников. Электрохимические процессы в технологии электроники. Электролитическая диссоциация. Электропроводность электролитов. Термодинамика гальванического элемента. Электролиз. Поляризационные процессы при электролизе. Катодное осаждение металлов. Элементы химии твердого тела. Термодинамика дефектов в кристаллах.

### **Микро- и наносистемы**

Классификация интегральных микросхем, основные понятия, термины. Классификация актюаторных компонентов МСТ. Высокочастотные микромеханические ключи. Конденсаторы и катушки индуктивностей в микросистемах. Высокочастотные микрофильтры. Микрофазовращатели. Лины передач. Микроантенны. Микрозеркала. Микрожидкостные системы. Микрохроматографы. Принципы хроматографии. Конструкции и принципы работы газовых и жидкостных микрохроматографов. Биосенсоры для медико-биологических целей. Микро- и наноинструмент. Микродвигатели, приводы движения, системы микроперемещения. Электростатические микродвигатели. Пьезоэлектрические микродвигатели. Системы микроперемещений на основе тепловой активации. Микромеханические гироскопы. Волоконно-оптические гироскопы. Акселерометры. Клинометры. Роль корпуса в микросистемах. Виды корпусов микросистем. Монтаж методом перевернутых кристаллов. Монтаж высокочастотных микросистем.

### **Микро- и нанотехнологии**

Технологические процессы фотолитографии. Контактная, проекционная, рентгеновская, электронно-лучевая проекционная литографии. Фоторезисты. Фотошаблоны.

Получение структур методами термического, катодного и ионно-плазменного распыления. Испарение и конденсация паров. Законы Ламберта-Кнудсена. Критическая температура подложки. Критическая плотность молекулярного пучка. Распределение потенциала между анодом и катодом. Нормальный и аномальный тлеющий разряд. Механизм распыления по теории Венера. Физическое и реактивное катодное распыление. Высокочастотное плазменное распыление. Параметры высокочастотного плазменного распыления. Ионное, ионно-химическое, плазмохимическое и жидкостное травление микроструктур.

Диэлектрические пленки в технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Термическое окисление кремния. Анодное окисление. Фотонно-стимулированное окисление. Получение структур методом диффузии. Механизм диффузии. Диффузионные процессы при изготовлении полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.

Ионное легирование. Физика процесса. Технологические особенности процессов ионной имплантации. Отжиг радиационных дефектов. Применение ионного легирования в полупроводниковой технологии.

Эпитаксия. Дефекты структуры в эпитаксиальных структурах. Оборудование для эпитаксиального выращивания. Методы контроля эпитаксиальных структур. Молекулярно-лучевая эпитаксия.

Методы изоляции элементов интегральных схем. Особенности технологии изготовления ИМС с проектными нормами менее 90 нм, золь-гель технологии, технологии на основе углеродных нанотрубок и углеродных пленок. Сборка и герметизация полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Монтаж элементов с проволочными выводами. Термокомпрессионная сварка. Контактная сварка расщепленным электродом. Ультразвуковая сварка. Монтаж навесных элементов методом «перевернутого кристалла». Монтаж кристалла с балочными выводами.

### **Материаловедение, анализ и контроль наноструктурированных материалов и систем**

Виды наноматериалов – золи, гели, суспензии, коллоидные растворы, матрично-изолированные кластерные сверхструктуры, фуллереноподобные материалы, углеродные нанотрубки, сверхрешетки, биомембраны, самоорганизующиеся среды. Свойства наноматериалов: механические, теплофизические физико-химические, электрофизические, оптические. Основные параметры наноразмерной структуры материалов. Наноструктура полупроводниковых материалов. Область применения наноматериалов – конструкционные материалы для механических конструкций.

Область применения наноматериалов:– электрическая и оптическая коммутация, функционально-активные материалы для электростатических, электромагнитных, пьезоэлектрических, оптических, электрооптических и термоэлектрических преобразователей энергии движения, информации, адаптивные материалы.

Основы метода сканирующей атомно-силовой микроскопии. Контроль морфологии наноструктурированных материалов и систем методом сканирующей туннельной микроскопии. Обработка и анализ полученных методом сканирующей туннельной микроскопии данных морфологии наноструктурированных материалов и систем. Контроль морфологии наноструктурированных материалов и систем методом атомно-силовой микроскопии. Обработка и анализ данных морфологии наноструктурированных материалов и систем, полученных методом атомно-силовой микроскопии. Контроль параметров наноструктурированных материалов и систем методом сканирующей туннельной и атомно-силовой спектроскопии. Метод оптической микроскопии. Метод растровой электронной

микроскопии. Метод просвечивающей электронной микроскопии. Метода рентгеновского микроанализа. Метод ОЖЕ электронной спектроскопии.

### **Литература**

#### ***По разделу "Физико-химические основы электроники, нанотехнологий и микросистемной техники"***

1. Епифанов Г.И. Физика твердого тела – М: Высшая школа, 2005. –288 с.
2. Левин И.Я. Физика твердого тела – СПб: Лань, 2008. – 264 с.
3. Червяков Г.Г., Прохоров С.Г., Шиндор О.В. Электронные приборы. Учебное пособие – Ростов н/Д: Феникс, 2012. – 333 с.
4. Барыбин А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы – М.: Физматлит, 2006. – 424 с.
5. Салем Р.Р. Физическая химия. Термодинамика. 2004 г. – 352 с.
6. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур – М.:Мир, 2002. – 461 с.

#### ***По разделу "Микро- и наносистемы"***

7. Варадан В., Виной К., Джозе К. ВЧ МЭМС и их применение.– М.: Техносфера, 2004. – 528с.
8. Коноплев Б.Г., Лысенко И.Е. Компоненты микро-системной техники. Часть 1 – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 117 с.
9. Коноплев Б.Г., Лысенко И.Е. Компоненты микро-системной техники. Часть 2 – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. – 85 с.

#### ***По разделу "Микро- и нанотехнологии"***

10. Коледов Л.А. Технология конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок. Учебник для вузов – М.: Радио и связь, 2013. – 400 с.
11. Королев М.А., Крупкина Т.Ю., Ревелева М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. Часть 1: Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 397 с.
12. Королев М.А., Крупкина Т.Ю., Ревелева М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. Часть 2: Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 422 с.
13. Наумченко А.С. Структуры кремний на изоляторе. Учебное пособие – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. 2009. – 70 с.

#### ***По разделу "Материаловедение, анализ и контроль наноструктурированных материалов и систем"***

14. Лучинин В.В. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика /Под ред. В.В. Лучинина, Ю.М. Таирова – М.: Физматлит, 2006. – 552 с.
15. Пул Ч. Нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2007. – 376 с.
16. Синдо Д. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия – М.: Техносфера, 2006. – 253 с.
17. Брандон, Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля – М.: Техносфера, 2006. – 384 с.

**Требования и критерии оценивания ответов итогового государственного экзамена** и методика выставления оценок приведены в описании ФОС ГЭ.

#### **Порядок проведения экзамена**

Государственный экзамен проводится в устной форме, по экзаменационным билетам. Экзаменационный билет содержит 4 вопроса, по 1 вопросу на каждый кластер. Развернутые

ответы на вопросы экзаменационного билета даются испытуемым сначала в письменной, а затем и в устной форме. По ходу ответа испытуемого члены экзаменационной комиссии могут задавать уточняющие и дополнительные вопросы в пределах программы государственного экзамена. Пример экзаменационного билета по Государственному экзамену приведен в описании ФОС ГЭ.

#### **4.2. Защита выпускной квалификационной работы**

##### **Примерная тематика выпускных квалификационных работ**

Темы ВКР отражают научную направленность работы кафедры и ежегодно меняются. Примеры тем ВКР по направлению 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника:

Разработка и исследование процессов транспорта носителей заряда в нанокристаллических пленках оксида цинка;

Разработка конструкции мультисенсорной системы газовых датчиков на основе наноразмерных пленок оксидов металлов;

Разработка программно-аппаратного комплекса для исследования газочувствительных свойств пленок оксидов металлов;

Разработка конструкции и технологии изготовления газового сенсора на основе массива углеродных нанотрубок;

Разработка конструкции и технологии изготовления барографа;

Разработка конструкции и технологии изготовления автоэмиссионной ячейки на основе массива углеродных нанотрубок;

Разработка конструкции и технологии создания перспективного газового сенсора на основе нанокристаллических пленок ZnO, полученных методом импульсного лазерного осаждения;

Разработка конструкции и технологии создания газового сенсора с пониженной рабочей температурой на основе нанокристаллических пленок ZnO, полученных методом ионностимулированного импульсного лазерного осаждения;

Разработка технологии производства УБИС с проектными нормами менее 90 нм;

Разработка и исследование технологии формирования каталитических центров для выращивания упорядоченных массивов углеродных нанотрубок;

Исследование и разработка технологии электронно-лучевого наноструктурирования поверхности подложек SiC;

Разработка технологии наноразмерного профилирования поверхности подложки кремния на основе метода локального анодного окисления;

Разработка технологии формирования наноантенн на основе углеродных нанотрубок;

Разработка и исследование технологии удаления фоторезистов в кислород-содержащей плазме;

Разработка конструкции и технологии изготовления транзисторов с проектными нормами менее 90 нм;

Разработка конструкции УФ-фотодетектора на основе нанокристаллических пленок ZnO;

Разработка и исследование технологии изготовления мемристорных структур на основе наноструктурированных пленок оксидов металлов;

Разработка конструкции и технологии изготовления модуля сбора аналоговых данных;

Разработка технологии формирования оксидных наноразмерных структур арсенида галлия методом локального анодного окисления;

Разработка системы измерения и обработки данных матрицы газовых сенсоров на основе нанокристаллических пленок;

Разработка технологического процесса формирования гетероструктур с массивами квантовых точек АШВУ методом МЛЭ для приборов микро- и нанoeлектроники ;

- Разработка технологии выращивания кристаллов методом Чохральского;
- Разработка конструкции и технологии изготовления газочувствительных сенсоров на основе пленок графена на карбиде кремния;
- Разработка и исследование модели отклонения консоли пьезоканталевера;
- Разработка светоизлучающих диодов с непрерывным спектром излучения на основе нанопроводов оксида цинка (комплексная работа);
- Разработка конструкции и технологии изготовления эмиссионных структур на основе пленок графена на карбиде кремния;
- Разработка светоизлучающих диодов с непрерывным спектром излучения на основе нанопроводов оксида цинка (комплексная работа);
- Разработка технологии позиционирования каталитических центров для выращивания упорядоченных массивов углеродных нанотрубок;
- Разработка технологии электроннолучевой обработки оптического стекла К 8;
- Исследование процесса эпитаксиального роста пленок полупроводников на структурированных подложках;
- Разработка методики исследований параметров пленок оксида цинка методом ЭДС-холла;
- Моделирование процессов роста углеродных нанотрубок, выращенных методом химического осаждения из газовой фазы;
- Исследование газочувствительности сенсорного элемента на основе оксида цинка;
- Моделирование процессов выращивания кристаллов методом Бриджмена;
- Разработка технологии модификации углеродных нанотрубок для создания матриц, аккумулирующих водород.

#### **Рекомендации по подготовке и защите выпускной квалификационной работы**

К защите ВКР допускается обучающийся, успешно завершивший в полном объеме освоение образовательной программы и успешно прошедший итоговый государственный экзамен.

Подготовка и защита выпускной работы на квалификационную академическую степень бакалавра (далее сокращенно – выпускная или бакалаврская работа) является завершающим этапом обучения студентов по образовательной программе базового высшего образования. Выпускная работа выполняется и защищается студентом в течение 8-го семестра.

Тема бакалаврской работы и руководитель назначаются студенту выпускающей кафедрой в начале 8-го семестра. Тема может быть типовой (из разработанного кафедрой перечня тем - см. приложение) или индивидуальной (по предложению руководителя или студента). Выпускная работа должна быть основана на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин за весь период обучения в вузе, и может частично базироваться на результатах курсового проектирования и материале, собранном студентом во время производственных практик. Выпускная работа, выполненная по типовой теме, может по согласованию с ведущими преподавателями рассматриваться как комплексный курсовой проект междисциплинарного характера. Для части студентов (группа не более трех человек) рекомендуется выдавать комплексные выпускные квалификационные работы.

После распределения тем ВКР выпускается приказ руководителя структурного подразделения о допуске студентов к выполнению выпускной работы с указанием темы, руководителя и рецензента. ВКР выполняется студентом во время преддипломной практики.

Разработка задания на выпускную работу осуществляется руководителем. Бланк задания типовой, используемый для выдачи заданий на курсовые проекты, работы и т. п. Для комплексных работ в техническом задании должен быть четко указан личный вклад студента в разработку. При этом допускается совпадение в содержании работ не более 30%.

Задание на выпускную работу может предусматривать выполнение исследовательских, проектных, расчетных, экспериментальных работ. Содержание

выпускной работы могут составить анализ технической функции нано- и микросистем или технологического процесса; проектирование отдельных элементов конструкций; проектирование технологических процессов и их элементов; анализ физических принципов функционирования нано- и микросистем, наноэлементов, микроэлектронных и наноэлектронных приборов; разработка математических моделей конструкций и технологических процессов; выполнение технических расчетов, подготовка конструкторско-технологической документации, проведение и анализ результатов экспериментов, предложения по усовершенствованию, модернизации или новым техническим решениям.

### **Требования к содержанию выпускной квалификационной работы**

Выпускная работа бакалавра по направлению 28.03.01 – «Нанотехнологии и микросистемная техника» включает в себя:

- титульный лист;
- техническое задание;
- аннотацию на русском языке (1 полная страница);
- аннотацию на иностранном языке;
- перечень графического материала;
- содержание;
- введение;
- анализ технического задания;
- заключение;
- раздел по экономике;
- список использованных источников;
- приложения.
- лист самооценки студента.

**Аннотация** должна содержать краткий перечень вопросов, рассматриваемых в работе.

**Во введении** отражаются актуальность темы и целесообразность разработки, цель работы и задачи, решение которых необходимо для достижения поставленной цели.

**В разделе «Анализ технического задания»** производится обзор литературы, намечаются основные направления расчетно-аналитических и конструкторско-технологических решений для проектируемого изделия.

**Техническая часть** должна содержать описание физических принципов действия устройства или технологического процесса, расчетно-аналитическую и проектную часть.

Обзор литературы должен включать в себя анализ технических и научных источников по теме работы, в котором необходимо показать актуальность поставленной задачи, определить место разрабатываемого устройства в области его применения, провести сравнительный анализ известных технических решений.

Принцип действия устройства или системы должен быть рассмотрен на структурном или функциональном уровне с подробным описанием элементов схемы и связей между ними. При рассмотрении в рамках темы работы физических процессов необходимо описать основные закономерности, привести математическую и физическую модель процесса с указанием управляющих и функциональных связей. При необходимости можно рассмотреть на структурном или функциональном уровне измерительную систему, необходимую для проведения исследований.

**Расчетно-аналитическая часть** содержит математические модели, инженерные расчеты, экспериментальные данные, анализ полученных результатов.

Расчетно-аналитическая часть может включать в себя:

- расчет элементов электрических цепей схемы;
- расчет компоновки элементов системы;
- расчет основных характеристик физического процесса по выбранной математической модели;



тепловой расчет;  
 расчет механической прочности;  
 разработку математических моделей элементов нано- и микросистем и анализ результатов компьютерного моделирования,  
 расчет режимов технологического процесса;  
 расчет и анализ технологичности конструкции;  
 расчет точности технологического процесса;  
 расчет режимов отдельных технологических операций;  
 разработку математических моделей технологических процессов и анализ результатов компьютерного моделирования.

описание экспериментальной установки, результаты проведенных экспериментов и их анализ.

**Проектная часть** содержит описание результатов проектирования технологических процессов, материалов, компонентов, приборов, микро- и наносистем, предварительного экономического обоснования проекта, а также конструкторско-технологическую документацию в виде схем, чертежей, текстовых документов, технологических карт, оформленных в соответствии с требованиями стандартов и других нормативных документов.

Проектная часть состоит из конструкторского и (или) технологического разделов.

**Конструкторский раздел** может включать в себя:

проектирование конструкции нано и микросистем и их компонентов;  
 проектирование интегральных микросхем (выбор элементной базы, размещение элементов на подложке, трассировка соединений);  
 проектирование элементов конструкции интегральной нано- и микросистемы;

**Технологический раздел** может включать в себя:

проектирование технологических процессов изготовления микросистем;  
 проектирование технологических процессов изготовления и сборки интегральной микросистемы;

проектирование технологических процессов создания наноэлектронных структур;

проектирование технологических процессов настройки и регулировки;

При подготовке технической части работы целесообразно использование средств вычислительной техники, современных конструкторских и технологических систем автоматизированного проектирования, трехмерного твердотельного моделирования, создания и редактирования изображений и чертежей.

**В заключении** должны анализироваться соответствие содержания работы техническому заданию, соответствие полученных результатов поставленным задачам, а также делаться вывод о степени достижения цели работы.

**Список использованных источников** должен включать фундаментальную, учебную литературу, научно-технические издания, статьи в научных журналах, ссылки на Internet-источники. Рекомендуется использовать литературу, изданную за последние 5 лет. Допускаются ссылки на фундаментальные монографии и учебники, изданные ранее.

**В приложения к пояснительной записке** включаются:

спецификации к чертежам;  
 перечни элементов к электрическим схемам;  
 технологические карты;  
 иллюстративный материал большого объема (трехмерные модели, графики, диаграммы, результаты компьютерного моделирования),  
 распечатка презентаций.

Графическая часть работы должна содержать чертежи, плакаты и слайды общим объемом не менее 5 листов.

Примерами графических документов выпускной работы являются:

чертежи деталей;  
 сборочные чертежи;

чертежи узлов технологического оборудования;  
схемы электрические принципиальные;  
топологические чертежи интегральных микросистем и их компонентов;  
топологические чертежи интегральных микросхем;  
структурные схемы технологического процесса;  
трехмерные модели;  
технологические схемы сборки;  
плакаты (слайды), иллюстрирующие функционирование проектируемого объекта (расчетные соотношения, диаграммы, графики);  
математические модели;  
схемы экспериментальных установок;  
результаты экспериментов.

### **Процедура защиты**

Защита работы осуществляется перед Государственной экзаменационной комиссией, которую возглавляет ведущий специалист крупного предприятия радиотехнической или электронной промышленности Ю не являющийся сотрудником ЮФУ. Комиссия состоит не менее чем из 3 человек, не считая председателя и секретаря. Комиссия аттестует выпускника и принимает решение о присвоении ему квалификации. Лучшие работы используются в научно-исследовательских разработках выпускающей кафедры и публикуются в научно-технических журналах и сборниках.

Для проведения защиты ВКР контингент обучающихся делится на подгруппы не более 10-12 человек. Защита ВКР проводится при условии наличия текста выполненной работы с визой руководителя и заведующего выпускающей кафедрой, а также письменного отзыва руководителя и рецензии. Защита ВКР проводится в форме открытого заседания Государственной экзаменационной комиссии (ГЭК) при условии наличия не менее 2/3 от ее состава. На заседании ГЭК секретарь комиссии заполняет протоколы, к которым фиксируются оценки обучающихся. Книги протоколов заседаний ГЭК хранятся в структурном подразделении и передаются в архив в соответствии с действующими нормативными документами.

После оглашения секретарем данных о соискателе и темы ВКР слово для доклада дается соискателю, который в течении 15-20 минут излагает комиссии существо работы, демонстрирует полученные результаты, формулирует выводы. Соискателю разрешается при презентации результатов пользоваться электронными средствами и проектором, при этом презентация в распечатанном виде должна быть помещена в приложение к пояснительной записке. Далее соискатель отвечает на вопросы членов комиссии и других заинтересованных лиц (преподавателей, студентов), которым разрешается присутствовать на защите. После ответов на вопросы секретарь зачитывает отзыв руководителя ВКР и рецензию. В случае присутствия руководителя и (или) рецензента на защите они зачитывают отзыв сами. После зачитывания отзыва и рецензии возможна дискуссия в виде выступления членов комиссии и других заинтересованных лиц по существу работы и доклада. Решение о результатах защиты и присвоении квалификации принимается на закрытом заседании ГЭК.

**Критерии оценки выпускных квалификационных работ** приведены в описании ФОС ГИА