



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Одобрено решением
ученого совета школы
протокол
от 20.11.2015 № 67-02-03/9



«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора по
учебной и воспитательной работе

Гридасов А.В.
«21» декабря 2015 г.

**ПРОГРАММА
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ
по направлению подготовки
11.03.04 Электроника и наноэлектроника,
профиль
«Нанотехнологии в электронике»**

**Владивосток
2015**

Пояснительная записка

Настоящая программа разработана в соответствии с требованиями:

– федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.03.2015 № 218;

– приказа Минобрнауки Российской Федерации от 29.06.2015 г. № 636 «О порядке проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программ специалитета и программ магистратуры»;

– положения о государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, специалитета, магистратуры федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» (утверждено приказом ДВФУ № 12-13-85 от 17.04.2012 г.).

Область профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, включает:

совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, направленных на теоретическое и экспериментальное исследование, математическое и компьютерное моделирование, проектирование, конструирование, технологию производства, использование и эксплуатацию материалов, компонентов, электронных приборов, устройств, установок вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой, оптической, микро- и наноэлектроники различного функционального назначения.

Специфика данной образовательной программы заключается в подготовке выпускника к деятельности в области теоретического и экспериментального исследования, математического и компьютерного моделирования, проектирования, конструирования, использования и эксплуатации материалов, компонентов, электронных приборов, устройств, установок квантовой и оптической электроники, а также волоконной оптики.

Виды профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники, освоившие программу бакалавриата, в соответствии с направленностью программы по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника:

научно-исследовательская деятельность;

проектно-конструкторская деятельность.

Профессиональные задачи в соответствии с видами деятельности программы бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника:

научно-исследовательская деятельность:

анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;

математическое моделирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования;

участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств;

подготовка и составление обзоров, рефератов, отчетов, научных публикаций и докладов на научных конференциях и семинарах;

организация защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия.

проектно-конструкторская деятельность:

проведение технико-экономического обоснования проектов;

сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения;

расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

разработка проектной и технической документации, оформление законченных проектно-конструкторских работ;

контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

Требования к результатам освоения образовательной программы бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника определяются перечнем компетенций, которыми должны овладеть обучающиеся в результате освоения образовательной программы - общекультурными компетенциями (ОК), общепрофессиональными компетенциями (ОПК) и профессиональными компетенциями (ПК), соответствующими виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа.

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать следующими **общекультурными компетенциями (ОК):**

– способностью использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1);

– способностью анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции (ОК-2);

– способностью использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов деятельности в различных сферах (ОК-3);

– способностью использовать основы правовых знаний в различных сферах деятельности (ОК-4);

– способностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия (ОК-5);

– способностью работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные и культурные различия (ОК-6);

– способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

– способностью использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности (ОК-8);

– готовностью пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ОК-9).

общефессиональными компетенциями (ОПК):

– способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);

– способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

– способностью решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей (ОПК-3);

– готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации (ОПК-4);

– способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-5);

– способностью 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-6);

– способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7);

– способностью использовать нормативные документы в своей деятельности (ОПК-8);

– способностью использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-9).

профессиональными компетенциями (ПК):

научно-исследовательская деятельность:

– способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ПК-1);

– способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения (ПК-2);

– готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3);

проектно-конструкторская деятельность:

– способностью проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов (ПК-4);

– готовностью выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-5);

– способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы (ПК-6);

– готовностью осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК-7).

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, а также шкал оценивания

Описание представлено в ниже приведенной табличной форме:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели
ОК-1, способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции	знает (пороговый уровень)	основные философские течения в области картины устройства мира	свободно и четко выражает свои мысли, способен к конструктивному диалогу свободно апеллируя философскими терминами	знает основные современные философские течения в области естествознания
	умеет (продвинутый)	грамотно сформулировать свои мировоззренческие позиции	умение конструктивно отстаивать свою точку зрения аргументируя базовыми	способность грамотно сформулировать цели и задачи научно-исследовательской

			философскими понятиями	работы, глубокая проработка и доказательность полученных выводов с использованием современных философских знаний
	владеет (высокий)	основными философскими знаниями для формирования мировоззренческой позиции	умение свободно апеллирует философскими понятиями и терминами	способность свободно владеть базовой философской терминологией для доказательства собственных выводов из заключений собственно полученных выводов
ОК-2, способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции	знает (пороговый уровень)	закономерности и этапы исторического процесса, основные исторические факты, даты, события и имена исторических деятелей России; основные события и процессы отечественной истории в контексте мировой истории	способен использовать знания об основных этапах формирования исторического прошлого России	способность использовать собственную гражданскую позицию, опираясь на опыт и историческое прошлое страны
	умеет (продвинутый)	критически воспринимать, анализировать и оценивать историческую информацию, факторы и механизмы исторических изменений	умение давать оценку исторической информации используя базовые знания о развитии общества	способность критически воспринимать и анализировать историческую информацию с учетом исторических фактов при формировании гражданской позиции
	владеет (высокий)	навыками анализа причинно-следственных связей в развитии российского государства и общества; места	владение навыками анализа причинно-следственных связей в развитии российского государства и общества для	способность применять навыки анализа причинно-следственных связей при оценке места человека в историческом

		человека в историческом процессе и политической организации общества; навыками уважительного и бережного отношения к историческому наследию и культурным традициям России	отстаивания своей гражданской позиции	процессе и сохранению историческому наследию и культурным традициям России
ОК-3, способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов деятельности в различных сферах	знает (пороговый уровень)	современные методы экономического анализа	знание определений основных понятий, сущности основных явлений и процессов анализа, восприятия информации	способность дать определение терминам и основным понятиям предметной области изучения; выделить основные этапы постановки цели
	умеет (продвинутой)	применять методы современной экономической науки в своей профессиональной деятельности	умение поставить цель анализа главных этапов целеполагания	способность проанализировать информацию и оценить разные подходы к выбору путей достижения цели.
	владеет (высокий)	методами обработки полученных результатов, анализа и осмысления их с учетом имеющихся литературных данных; способами представления итогов проделанной работы в виде рефератов и специальных домашних заданий	владение методами анализа, обобщения и восприятия информации	способность осознать социальную значимость своей профессиональной деятельности через культуру мышления
ОК-4, способность использовать основы правовых знаний в различных сферах	знает (пороговый уровень)	структуру, виды и специфику информационно-правовых норм;	знание определений основных понятий предметной области исследования	способность дать определения основных понятий предметной области исследования

деятельности	умеет (продвинутый)	анализировать процессы, связанные с развитием информационных отношений и изменениями в их правовом регулировании;	умение работать с электронными базами данных и библиотечными каталогами, СПС, умение применять известные методы научных исследований в сфере правового знания; представлять результаты исследований учёных по изучаемой проблеме и собственных исследований; применять методы научных исследований для нестандартного решения поставленных задач	способность работать с данными, каталогов для исследования; найти труды учёных и обосновать объективность применения изученных результатов научных исследований в области правового знания, в качестве доказательства или опровержения исследовательских аргументов; изучить научные определения относительно объекта и предмета исследования; применять методы научных исследований для нестандартного решения поставленных задач
	владеет (высокий)	навыками и приемами поиска, обработки и систематизации правовой информации	владение терминологией предметной области знаний, владение; формулировкой заданий по научному исследованию; требованиями, предъявляемыми к содержанию и последовательности исследования; инструментами представления результатов научных исследований	способность грамотно применять терминологический аппарат предметной области исследования в устных ответах на вопросы и в письменных работах; формулировать задание по научному исследованию; проводить самостоятельные исследования и представлять их результаты на обсуждение на круглых столах, семинарах, научных конференциях
ОК-5, способность к коммуникации в	знает (пороговый)	основные принципы и законы	знание содержание понятия коммуникации,	способность характеризовать понятия

устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия	уровень)	эффективной коммуникации	структуры коммуникативного акта, критериев эффективности коммуникации	коммуникации, структуры коммуникативного акта, критериев эффективности коммуникации
	умеет (продвинутой)	создавать устный и письменный текст в соответствии с коммуникативными целями и задачами; оформлять его в соответствии с нормами современного русского литературного языка, формальными требованиями и риторическими принципами; свободно пользоваться речевыми средствами книжных стилей современного русского языка	умение оценить коммуникативную ситуацию, определять коммуникативные цели и задачи, соответствующие данной ситуации, и осуществлять (выполнять) их в своём выступлении или тексте; свободно порождать устный и письменный текст на родном языке с использованием различных лексических, грамматических и стилистических ресурсов	способность анализировать чужое выступление с точки зрения эффективности в конкретной коммуникативной ситуации; выступать перед аудиторией с информирующей и этикетной речью; писать и грамотно оформлять академические тексты
	владеет (высокий)	навыками эффективного устного представления письменного текста; навыками преодоления сложностей в межличностной и межкультурной коммуникации	владение выстраиванием тактики воздействия на аудиторию в рамках выбранной стратегии; изложением и аргументированностью собственной точки зрения; опытом ведения полемики	способность выступать перед аудиторией с убеждающей речью; участвовать в дискуссиях; создавать академические тексты; способность анализировать собственную устную и письменную речи
ОК-6, способность работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные и культурные различия	знает (пороговый уровень)	способы работы в коллективе; принципы толерантности; конфессиональные и культурные различия	знает общую информацию о способах работы коллектива и конфессиональные и культурными различиями в обществе	способность использовать знания о работе коллектива; конфессиональных и культурных различиях при общении с представителями разных конфессий и слоев общества

	умеет (продвинутый)	работать в коллективе с конфессиональными и культурными различиями	умение не испытывать затруднения при общении в работе с коллективом с конфессиональным и культурными различиями	способность использовать способы коллективной работы в группах людей с конфессиональными и культурными различиями
	владеет (высокий)	основной информацией об конфессиональных и культурных различиях	владение способом общения с людьми разных конфессий и культурных различий	способность успешно работать и адаптироваться в межнациональном коллективе, используя навыки работы с людьми разных социальных, этнических, конфессиональных и культурных различий
ОК-7, способность к самоорганизации и самообразованию	знает (пороговый уровень)	основные источники и информационные ресурсы, помогающие самоорганизации и самообразованию	знает основные информационные ресурсы необходимые для самоорганизации и самообразованию	способность свободно использовать знания, полученные из информационных ресурсов различного уровня, обеспечивающие возможность самоорганизации и самообразования
	умеет (продвинутый)	пользоваться базами данных необходимыми для самоорганизации и самообразования	умение выявить необходимые информационные ресурсы для самоорганизации и самообразованию	способность самостоятельно сформировать перечень недостающих компетенций и получить их путем работы с информационными ресурсами, обеспечивающими самоорганизацию и самообразование
	владеет (высокий)	навыками использования информационных ресурсов для самоорганизации и самообразованию	владение основными навыками работы с поисковыми системами, плана – графика работ для формирования собственных научных компетенций	способность повысить уровень самоорганизации и самообразования за счет различных информационных ресурсов

ОК-8, способность использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессионально й деятельности	знает (порогов ый уровень)	общие теоретические аспекты о занятиях физической культурой, их роль и значение в формировании здорового образа жизни; - принципы и методику организации, судейства физкультурно- оздоровительных и спортивно- массовых мероприятий	знание основных положений техники безопасности при занятиях плаванием и легкой атлетикой; основ техники основных двигательных действий в плавании и легкой атлетике; правил проведения соревнований по плаванию и легкой атлетике; основные положения организации спортивных соревнований	способность охарактеризовать основные положения техники безопасности при проведении занятий плаванием и легкой атлетикой; охарактеризовать технику основных средств и методов в плавании и легкой атлетике; оценить технику выполнения двигательного действия, указать ошибки и пути их исправления; указать на роль и значение средств физической культуры в формировании ЗОЖ; учитывать принципы и методику организации, судейства спортивно- массовых мероприятий при участии в соревнованиях, а также личном участии в их организации и судействе
	умеет (продвин утый)	самостоятельно выстраивать индивидуальную траекторию физкультурно- спортивных достижений; - использовать разнообразные средства и методы физической культуры для сохранения и укрепления здоровья, повышения работоспособност и; -использовать	умение использовать основные средства и методы легкой атлетики и плавания для индивидуального физического совершенствовани я, укрепления и поддержания здоровья и работоспособности ; самостоятельно контролировать свое физическое состояние;	способность в зависимости от задач физической подготовки выбрать наиболее целесообразные средства плавания и легкой атлетики; демонстрировать технику основных двигательных действий в плавании и легкой атлетике без существенных ошибок; использовать способы

		способы самоконтроля своего физического состояния; - работать в команде ради достижения общих и личных целей		самоконтроля физической подготовленности
	владеет (высокий)	разнообразными формами и видами физкультурной деятельности для организации здорового образа жизни; - способами самоконтроля индивидуальных показателей здоровья, физической подготовленности ;	владение результативным и способами адаптации различных средств и методов плавания и легкой атлетики; способами самоконтроля физической подготовленности; опытом участия в соревнованиях; основными двигательными действиями базовых видов спорта, обеспечивающих сохранение и укрепление индивидуального здоровья.	способность адекватно оценить уровень физической подготовленности, оценить степень прогрессирования; отобрать и систематизировать средства и метода легкой атлетики и плавания в зависимости от индивидуального уровня физической подготовленности и состояния здоровья; технически правильно демонстрировать двигательные действия базовых видов спорта.
ОК-9, готовность пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий	знает (пороговый уровень)	основные понятия, методы, принципы защиты персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий	знание основных понятий и определения методов, принципов обеспечения безопасности – в условиях производства, в аварийных ситуациях, в чрезвычайных ситуациях техногенного и природного характера.	способность назвать основные понятия, методы, принципы защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
	умеет (продвинутый)	оценить риск возможных последствий аварий, катастроф, стихийных	умение оценить риск возможных последствий воздействия опасных и вредных производственных	способность выбрать метод и средства защиты производственного персонала и населения от

		бедствий, использовать методы защиты.	факторов на работников, аварий, катастроф, стихийных бедствий, использовать методы защиты	возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий в конкретной заданной ситуации
	владеет (высокий)	методами защиты персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий	владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий	способность выбрать и обосновать конкретные решения для обеспечения безопасности в заданной ситуации в условиях нормального, аварийного функционирования объекта, при чрезвычайной ситуации
ОПК-1, способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	знает (пороговый уровень)	основные положения, законы и методы естественных наук и математики, представляющие современную научную картину мира	знание основных положений, законов и методов естественных наук и математики, методов анализа и систематизации результатов экспериментальных исследований, отражающих современную научную картину мира	способность перечислить положения, законы и методы естественных наук и математики, методы анализа и систематизации результатов экспериментальных исследований, отражающих современную научную картину мира
	умеет (продвинутый)	представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	умение систематизировать научную информацию, используя основные положения, законы и методы естественных наук и математики, методы анализа и систематизации результатов экспериментальных исследований, отражающих современную научную картину мира	способность свободно использовать знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики, обеспечивающих возможность систематизировать научную информацию для адекватной современному уровню знаний научной картины мира

	владеет (высокий)	навыками поиска и анализа современных тенденций в научном мире на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	владение основными навыками поиска и анализа современных тенденций в научном мире на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	способность оценить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и конкретных методов естественных наук и математики, обосновать конкретные решения в области экспериментального исследования современной научной картины мира
ОПК-2, способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	знает (пороговый уровень)	методы проведения научных исследований; порядок и сущность формулировки объекта и предмета исследования, актуальности, теоретической и практической значимости исследования; способы построения математических моделей при решении ряда физических задач	знание определений основных понятий предметной области исследования; методов научных исследований и определение их принадлежности к научным направлениям; способов построения математических моделей при решении ряда физических задач	способность дать определения основных понятий предметной области исследования; перечислить и раскрыть суть методов научного исследования; самостоятельно сформулировать объект и предмет научного исследования; обосновать актуальность выполняемого исследования; свободно использовать способы построения математических моделей при решении физических задач
	умеет (продвинутой)	проводить научное исследование в соответствии с поставленной целью и задачами, определять логику проведения	умение применять известные методы научных исследований, соответствующий физико-математический аппарат для решения	способность работать с научными данными; обосновывать объективность применения изученных результатов научных

		научного исследования выявлять естественнонаучную сущность проблем, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	поставленных задач, представлять результаты исследований по изучаемой проблеме	исследований в качестве доказательства или опровержения исследовательских аргументов; определять соответствующий физико-математический аппарат для решения поставленных задач
	владеет (высокий)	инструментами и методами проведения научных исследований для решения поставленных задач, используя соответствующий физико-математический аппарат	владение инструментами и методами проведения научных исследований для решения поставленных задач; способность сформулировать задание по научному исследованию; инструментами представления результатов научных исследований, используя соответствующий физико-математический аппарат	способность выбрать и грамотно применять конкретные инструменты и методы проведения научных исследований для решения поставленных задач; способы построения математических моделей при решении физических задач
ОПК-3, способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей	знает (пороговый уровень)	способы выбора элементной базы для построения электрических устройств; законы действия электрических цепей; методы расчета схемотехнических узлов; экспериментальные методы исследования; характеристики электрических цепей	знание: способов выбора элементной базы для построения электрических устройств с заданными характеристиками; методов расчета схемотехнических узлов проектируемых устройств для генерации, усиления и обработки электрических сигналов; законов действия электрических	способность дать основные характеристики полупроводниковых приборов, по которым происходит их выбор в том или ином устройстве; уверенно применять законы электрических цепей для анализа цепей с активными и пассивными компонентами; применять современные измерительные средства для

			цепей; экспериментальны х методов исследования характеристик устройств аналоговой и цифровой схемотехники; способов численного анализа характеристик электрических цепей	анализа процессов в электронных устройствах; соблюдать последовательность составления дифференциальных уравнений или применения операторного метода для анализа переходных процессов в цепях
умеет (продвин утый)	систематизироват ь научную информацию, выполнять типовые задачи по анализу характеристик электрических цепей	умение выбирать активные и пассивные элементы для конструирования различных электронных устройств; рассчитывать основные узлы проектируемых устройств в части генерации и усиления электрических сигналов; при помощи математических моделей теоретически анализировать и применять на практике различные характеристики узлов аналоговой и цифровой схемотехники, используя соответствующие измерительные приборы	способность работать с научно- технической и справочной литературой, описывающей необходимые характеристики полупроводниковых приборов, для правильного их выбора в том или ином устройстве; применять методики расчета основных узлов усилителей низкой частоты, резонансных усилителей, усилителей постоянного тока, генераторов гармонических и импульсных сигналов; работать с цифровыми осциллографами и измерительными генераторами с целью испытания различных базовых узлов аналоговой электроники	
владеет (высокий)	инструментами и методиками решения различных задач в области анализа характеристик	владение навыками составления и расчета электрических схем различного назначения и	способность применять основные схемотехнические решения, используемые при	

		<p>электрических цепей, их синтеза, устройств усиления и генерации сигналов с заданными характеристиками с использованием практических навыков, приобретенных в ходе учебного процесса</p>	<p>математическими способами описания основных процессов в них на основе физических законов; выбора методов и средств измерений для экспериментальных исследований параметров узлов аналоговой и цифровой схемотехники; моделирования электрических схем для генерации и усиления сигналов в современных программных пакетах схемотехнического моделирования</p>	<p>проектировании усилителей, генераторов сигналов; пользоваться основными схемами аналоговых вычислительных устройств на операционных усилителях; грамотно применять математические методы расчета и описания спектральных и переходных характеристик в усилительных и импульсных устройствах; определять соответствующие измерительной задаче методики измерений и средства измерений; самостоятельно находить методы решения разнообразных задач в области схемотехнического проектирования устройств; составлять электронные схемы с использованием стандартных программ</p>
<p>ОПК-4 , готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации</p>	<p>знает (пороговый уровень)</p>	<p>современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации</p>	<p>знание нормативных требований ГОСТ 2.104-2006, ГОСТ 2.301-68 – ГОСТ 2.307-8; общих правил выполнения чертежей современными средствами; основных требований информационной безопасности</p>	<p>способность раскрыть содержание ГОСТ 2.104-2006, ГОСТ 2.301-68 – ГОСТ 2.307-8; перечислить основные требования информационной безопасности; перечислить стандартные правила необходимые для выполнения</p>

				конструкторской документации
	умеет (продвинутый)	оформлять проектно-конструкторскую документацию; выполнять и редактировать изображения в программном обеспечении (далее ПО) AutoCAD	умение оформлять проектно-конструкторскую документацию (чертежи электрических схем) в ПО AutoCAD и осуществлять контроль соответствия	способность работать в ПО AutoCAD при выполнении и редактировании изображений и чертежей электрических схем для подготовки конструкторско-технологической документации
	владеет (высокий)	основными современными средствами выполнения и редактирования изображений и чертежей для подготовки конструкторско-технологической документации	владение навыками работы в ПО AutoCAD и навыками работы с нормативными документами	способность выполнять и редактировать изображения и чертежи в ПО AutoCAD при подготовке конструкторско-технологической документации соблюдая нормативные требования
ОПК-5, способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	знает (пороговый уровень)	основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	знание Единой системы конструкторской документации (далее ЕСКД); общих правил выполнения чертежей и правил выполнения схем	способность охарактеризовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных при выполнении чертежей и схем; привести перечень стандартов ЕСКД
	умеет (продвинутый)	выполнять сборные чертежи деталей и электрических схем	умение выбирать активные и пассивные элементы для конструирования различных электронных устройств	способность выполнить отдельные элементы схемы, подготовить буквенно-цифровые обозначения, свести схему в единое графическое изображение согласно нормативным требованиям
	владеет (высокий)	основными приемами обработки и	владение основными методами	способность объяснить методы и правила

		представления экспериментальных данных при выполнении чертежей и схем	информационных технологий, приемами обработки и представления экспериментальных данных при выполнении чертежей и схем; навыками работы с нормативными документами (ЕСКД)	выполнения конкретного чертежа, графического изображения принципиальной электрической схемы и привести перечень элементов согласно ЕСКД
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	знает (пороговый уровень)	основные принципы поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных	знание основных принципов поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных	способность отобрать необходимые источники и базы данных; обработать и проанализировать знания, полученные из различных источников и баз данных различного уровня
	умеет (продвинутой)	представлять информацию в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	умение работать с электронными базами данных; систематизировать научную информацию	способность логично систематизировать научную информацию в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
	владеет (высокий)	навыками поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представления ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	владение методами проведения поиска, анализа и представления в требуемом формате необходимой информации из различных источников и баз данных, представления ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий в своей профессиональной деятельности	способность применять основные методы поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представления ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий в своей профессиональной деятельности

ОПК-7, способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессионально й деятельности	знает (порогов ый уровень)	современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессионально й деятельности	знание основных современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий	способность обозначить основные современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; представить материал с требуемой степенью научной точности и полноты
	умеет (продвин утый)	учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессионально й деятельности	умение систематизировать научную информацию с учетом современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; представлять результаты исследований по изучаемой проблеме	способность практически применять современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности; обосновать объективность применения конкретных новейших технологий в своей профессиональной деятельности
	владеет (высокий)	навыками анализа современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий для применения в своей профессионально й деятельности	владение основными навыками анализа современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий для использования в своей профессиональной деятельности	способность выбрать и грамотно применять современные инструменты и методы развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий для решения поставленных задач в своей профессиональной деятельности

ОПК-8, способность использовать нормативные документы в своей деятельности	знает (порогов ый уровень)	основные нормативные документы по своей профессионально й деятельности; основные методические инструкции и рекомендации по проведению измерений в различных условиях и обработке результатов однократных и многократных наблюдений при измерениях	знание основных нормативных документов и справочной литературы в сфере электроники и наноэлектроники; организационных основ метрологии и стандартизации в Российской Федерации	способность перечислить основные нормативные документы в сфере электроники и наноэлектроники, основные инструкции по проведению измерений и обработке результатов однократных и многократных наблюдений; раскрыть суть организационных основ метрологии и стандартизации, законов, касающихся обеспечения единства измерений, основных законов, обеспечивающих надлежащее качество продукции и услуг
	умеет (продвин утый)	применять конкретные положения нормативных документов в своей области деятельности	умение систематизировать справочную информацию и нормативные документы для выполнения типовых задач по измерениям и последующей обработке результатов; пользоваться методическими инструкциями и рекомендациями при планировании и проведении измерений, при обработке результатов измерений; оценивать техническое состояние средств измерений;	способность оценить пригодность технического средства для измерений, провести калибровку основных средств измерений, применяя нормативную, справочную и техническую документацию, прилагаемую к средствам измерения и контроля

	владеет (высокий)	навыками работы с необходимыми нормативными документами в своей сфере деятельности; навыками использования отдельных элементов нормативного и законодательного характера по вопросам единства измерений и обеспечения качества, в практической деятельности	владение методиками решения различных задач в области метрологического исследования, контроля свойств и характеристик с привлечением нормативной базы; методами обработки результатов измерений с использованием нормативных документов в практической деятельности, в том числе на средство измерения при расчете погрешностей в условиях измерений, отличающихся от нормальных	способность грамотно выбрать и применить методики построения последовательности проведения эксперимента, расчета результата, вычисления погрешностей, основываясь на методических инструкциях, рекомендациях, технической и нормативной документации
ОПК-9, способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности	знает (пороговый уровень)	принципы работы с компьютером; основные методы информационных технологий; основные требования информационной безопасности	знание принципов работы в основных компьютерных программах; основных методов информационных технологий; основных требований информационной безопасности	способность перечислить основные компьютерные программы; охарактеризовать основные методы информационных технологий; перечислить основные требования информационной безопасности
	умеет (продвинутый)	представлять информацию в требуемом формате с использованием информационных технологий, соблюдая основные требования информационной безопасности	умение работать в Microsoft Word, PDF, Excel, конвертировать файлы; оценить риск возможных угроз при передаче информации; использовать методы защиты информации	способность работать с основными компьютерными программами, грамотно представляя научную информацию в требуемом формате с использованием информационных технологий,

				соблюдая основные требования информационной безопасности
	владеет (высокий)	навыками работы с компьютером, основными методами информационных технологий и защиты информации	владение методами обработки и передачи данных, и защиты информации, базовыми способами и средствами обеспечения информационной безопасности	способность применять различные методы обработки и передачи информации, в частности для решения задач с неполной информацией или с нечеткими исходными данными, используя базовые средства информационной безопасности
ПК-1, способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	знает (пороговый уровень)	простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	знание основных понятий и терминов, описывающих предметную область исследований и экспериментальных приборов схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения; стандартных программных средств их компьютерного моделирования	способность дать определения основных понятий и методов предметной области исследования и экспериментальных приборов схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения; перечислить стандартные программные средства их компьютерного моделирования
	умеет (продвинутый)	строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	умение анализировать достоверность получаемых величин при измерениях, оценивать точность полученных измерений	способность применить принципы работы с исследовательскими приборами, находить основные измеряемые величины при проведении цикла самостоятельных измерений; выполнять типичные задачи на основе воспроизведения

				стандартных процедур проведения экспериментов, используя стандартные программные средства компьютерного моделирования
	владеет (высокий)	навыками использования стандартных программных средств для компьютерного моделирования простейших физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения	владение навыками моделирования процессов, происходящих в приборах при проведении измерений	способность моделировать процессы, происходящие в приборах при проведении измерений; анализировать полученные результаты, строить коридор достоверности результатов; давать оценку возможным экспериментальным результатам на основе модели эксперимента
ПК-2, способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения	знает (пороговый уровень)	способы обоснованного выбора методик экспериментальных исследований, средства измерения для решения конкретной измерительной задачи; практические методики исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения	знание основных правил составления чертежей, рабочей документации к приборам; устройства полупроводниковых приборов различного назначения; разновидностей устройств электроники и микроэлектроники; практических методик исследования параметров полупроводниковых материалов и приборов; основных измеряемых величин, физических эффектов,	способность грамотно систематизировать источники информации по техническим параметрам приборов; обосновать выбор той или иной методики экспериментальных исследований и средства измерения для решения конкретной измерительной задачи; раскрыть принципы построения исследовательского прибора; обозначить область применимости прибора или схемы измерения

			лежащих в основе выбранного эксперимента	
	умеет (продвинутой)	проводить измерения различных параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения при контроле производственных процессов	умение применять выбранные методики, и средства измерений для экспериментальных исследований параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения; анализировать полученные экспериментальные данные	способность правильно формулировать технические требования к измерительным приборам и лабораторным комплексам; выполнять типичные задачи на основе стандартных схем проведения эксперимента
	владеет (высокий)	методиками проведения экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	владение навыками чтения чертежей, технической документации и сопроводительной документации к приборам, схемам, устройствам и установкам электроники и наноэлектроники различного функционального назначения; выбора методики и средства измерений для экспериментальных исследований параметров материалов и приборов при производстве электронной техники	способность обрабатывать экспериментальные данные на основе построения критериев достоверности и области применимости полученных экспериментальных результатов; составлять экспериментальные методики исследований на основе физических законов, используя способы описания физико-математических моделей полупроводниковых приборов, явлений в полупроводниках и их характеристик
ПК-3, готовность анализировать и систематизировать результаты	знает (пороговый уровень)	методы анализа и систематизации результатов исследований для представления	знание методик проведения анализа результатов исследований;	способность охарактеризовать основные методы анализа и систематизации

исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций		результатов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	основных требований, методических рекомендаций к написанию отчета, публикации, составлению презентации	результатов проводимых исследований; описать основные правила составления научного отчета, презентации, написания научной статьи
	умеет (продвинутый)	представлять проанализированные и систематизированные материалы, и результаты исследований в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	умение самостоятельно анализировать и систематизировать результаты проводимых исследований; представить научный отчет по результатам проведенных исследований в соответствующей форме, составить презентацию по материалам отчета; применять методы анализа и систематизации результатов экспериментальных исследований	способность написать научный отчет, публикацию, составить презентацию по результатам проведенного исследования; самостоятельно систематизировать и сравнивать необходимую научно-техническую и справочную литературу, относящуюся к исследованию технологических процессов
	владеет (высокий)	методами анализа и систематизации результатов исследований, навыками представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	владение навыками и приемами анализа, и систематизации результатов проводимого исследования; представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	способность четко и грамотно ставить методику экспериментального исследования; применять методы научных исследований для нестандартного решения поставленных задач; использовать основную номенклатуру материалов, устройств, применяемых в электронике и наноэлектронике; эффективно представить результаты исследований

ПК-4, способность проводить предварительное техничко- экономическое обоснование проектов	знает (порогов ый уровень)	разделы, принципы и методики предварительного техничко- экономического обоснования (ПТЭО) проектов	знание основных стандартов, технических условий, принципов и методик ПТЭО проектов, и других нормативных документов, регламентирующи х составление проектов и разработку технической документации в сфере электроники и наноэлектроники	способность перечислить основные разделы ПТЭО; охарактеризовать основные принципы и методики ПТЭО проектов; использовать техническую документацию патентного характера, необходимую научно- техническую и справочную литературу, относящуюся к проектной деятельности и исследованию технологических процессов
	умеет (продвин утый)	проводить предварительное техничко- экономическое обоснование простых проектов	умение осуществлять контроль соответствия разрабатываемого проекта основным положениям нормативных документов; систематизировать справочную литературу технических регламентов и других нормативных документов при расчете затрат при проектировании электронной компонентной базы (ЭКБ)	способность провести ПТЭО с использованием библиотеки IP блоков; соблюсти последовательность этапов проведения ПТЭО проекта и контроля оценки соответствия разрабатываемого проекта и технической документации различным нормативным документам
	владеет (высокий)	методикой проведения ПТЭО и использования проектной документации для тактико- технического обоснования проекта	владение навыками использования методики проведения ПТЭО на конкретной стадии разработки проекта; основными методами осуществления	способность составить ПТЭО при проектировании ЭКБ

			контроля соответствия разрабатываемого проекта положениям нормативных документов	
ПК-5, готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	знает (пороговый уровень)	методы расчета и проектирования электронных приборов, схем, установок и устройств различного функционального назначения, средства автоматизации проектирования	знание системы разработки чертежей и конструкторской документации (AutoCAD); основных правил оформления конструкторской и технической документации, положений ЕСКД; методик расчета конструкторских элементов полупроводниковых приборов и интегральных микросхем; So-проектирования с учетом алгоритмов; основных аппаратных/программных платформ	способность применить в соответствии с техническим заданием одну из систем разработки чертежей и конструкторской документации в AutoCAD, используя основные правила оформления конструкторской и технической документации; перечислить основные положения ЕСКД, касающиеся выбранной специфики деятельности; охарактеризовать методику расчета конструкторских элементов полупроводниковых приборов и интегральных микросхем; So-проектирование с учетом алгоритмов; перечислить аппаратные/программные платформы
	умеет (продвинутый)	проводить расчет, проектирование и оформление в соответствии с техническим заданием, применяя правила оформления конструкторской и технической документации с использованием	умение рассчитать и спроектировать электронные приборы, схемы и устройства различного функционального назначения на базе аппаратных/программных платформ в соответствии с техническим	способность выполнить расчет и проектирование конкретных электронных приборов, схем, изделий ЭКБ, устройств различного функционального назначения, применяя правила

		средств автоматизации проектирования, электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения	заданием	оформления конструкторской и технической документации, на базе аппаратных/программных платформ в соответствии с техническим заданием
	владеет (высокий)	методами расчета и проектирования электронных приборов, схем, установок и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	владение методикой использования системы разработки чертежей и конструкторской документации (AutoCAD), методикой расчета конструкторских элементов полупроводниковых приборов и интегральных микросхем; основными правилами оформления конструкторской и технической документации; практикой использования положений ЕСКД по тематике разрабатываемого проекта	способность выполнить расчет и проектирование электронных приборов, схем, установок и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием; использовать библиотеку IP блоков для So-проектирования с учетом алгоритмов и аппаратных/программных платформ; составить конструкторскую документацию на определенное изделие ЭКБ с применением расчетных методов
ПК-6, способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы	знает (пороговый уровень)	порядок разработки проектной и технической документации, правила оформления законченных проектно-конструкторских работ	знание порядка разработки проектной и технической документации; этапов и правил оформления законченной проектно-конструкторской работы	способность обозначить порядок и стадии разработки проектной и технической документации; основные правила оформления законченных проектно-конструкторских работ; раскрыть содержание этапов проектно-конструкторской работы

	умеет (продвинутый)	разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы	умение соблюдать этапы разработки проектной и технической документации; оформить законченную проектно-конструкторскую документацию, используя нормативную документацию (ЕСКД)	способность разработать проектную и техническую документацию, правильно оформить проектно-конструкторскую документацию на конкретный прибор ЭКБ
	владеет (высокий)	навыками разработки проектной и технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ	владение методами оценочных расчетов, параметров и характеристик электронных компонентов; правилами оформления законченных проектно-конструкторских работ	способность правильно формулировать технические требования к измерительным приборам; составить и оформить конструкторскую документацию на определенное изделие ЭКБ с применением расчетных методов
ПК-7, готовность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	знает (пороговый уровень)	техническую документацию, стандарты, технические условия и нормативные документы	знание технической документации, стандартов, технических условий и типов нормативной документации в области электроники и микроэлектроники; методов контроля соответствия разрабатываемых проектов техническим условиям и другим нормативным документам с использованием средств измерения	способность определять типы нормативной документации для осуществления контроля соответствия разрабатываемого проекта; читать техническую документацию, сопровождающую измерительные приборы и комплексы
	умеет (продвинутый)	осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической	умение определить соответствие разрабатываемого проекта / документации	способность выбрать методы проведения анализа разрабатываемого проекта / документа для осуществления

		документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	соответствующим нормативным документам правильно формулировать технические требования к измерительным приборам и лабораторным комплексам	контроля соответствия конкретным нормативным документам; средства измерения для контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
	владеет (высокий)	навыками осуществления контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	владение основными способами и методами проведения контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации, соответствующей стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в зависимости от типа исследуемого материала или прибора	способность осуществить основные способы контроля заданных параметров при решении измерительных задач в производстве электронной техники, в зависимости от типа исследуемого материала или прибора

Структура государственной итоговой аттестации по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль «Нанотехнологии в электронике» включает защиту выпускной квалификационной работы (ВКР), а также государственный экзамен (по решению Ученого совета школы, одобренному Ученым советом ДВФУ, утвержденному приказом ректора от 15.06.2015 № 12-13-1116/1 «Об утверждении перечня профилей программ бакалавриата, специализаций программ специалитета и магистерских программ, реализуемых в соответствии с ФГОС ВО, и структуры государственной итоговой аттестации»).

Порядок подачи и рассмотрения апелляций определяется согласно Порядку проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры,

приказом МОН РФ от 29.06.2015 М 636, Положению об итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования программам бакалавриата, специалитета, магистратуры ДВФУ.

По результатам государственных испытаний обучающийся имеет право на апелляцию.

Обучающийся имеет право подать в апелляционную комиссию письменную апелляцию о нарушении, по его мнению, установленной процедуры проведения государственного аттестационного испытания и (или) своем несогласии с результатами государственного аттестационного испытания (форма апелляционного заявления приведена в приложении 10, Положение о ГИА ДВФУ).

Апелляция подается обучающимся в апелляционную комиссию не позднее следующего рабочего после объявления результатов государственного аттестационного испытания. Информация о месте работы апелляционной комиссии доводится до студентов в день защиты ВКР.

Для рассмотрения апелляции секретарь ГЭК направляет в апелляционную комиссию протокол заседания, заключение председателя ГЭК о соблюдении процедурных вопросов при проведении государственного аттестационного испытания (Приложение 11, Положение о ГИА ДВФУ) (для рассмотрения апелляции по проведению государственного экзамена), либо ВКР, отзыв и рецензию (рецензии) (для рассмотрения апелляции по проведению защиты ВКР).

Апелляция рассматривается не позднее 3 рабочих дней со дня подачи апелляции на заседании апелляционной комиссии, на которое приглашаются председатель ГЭК и обучающийся, подавший апелляцию.

Решение апелляционной комиссии оформляется протоколом (Приложение 12, Положение о ГИА ДВФУ) и доводится до сведения обучающегося, подавшего апелляцию, в течение 3 рабочих дней со дня заседания апелляционной комиссии. Факт ознакомления обучающегося, подавшего апелляцию, с решением апелляционной комиссии удостоверяется подписью обучающегося.

При рассмотрении апелляции о нарушении порядка проведения государственного аттестационного испытания апелляционная комиссия принимает одно из следующих решений:

– об отклонении апелляции, если изложенные в ней сведения о нарушениях процедуры проведения государственно итоговой аттестации обучающегося не подтвердились и (или) не повлияли на результат государственного аттестационного испытания;

– об удовлетворении апелляции, если изложенные в ней сведения о допущенных нарушениях процедуры проведения государственной итоговой аттестации обучающегося подтвердились и повлияли на результат государственного аттестационного испытания.

В случае принятия решения об удовлетворении апелляции о нарушении порядка проведения государственного аттестационного испытания результат

проведения государственного аттестационного испытания подлежит аннулированию, в связи с чем протокол о рассмотрении апелляции не позднее следующего рабочего дня передается в ГЭК для реализации решения апелляционной комиссии. Обучающемуся предоставляется возможность пройти аттестационные испытания в сроки, установленные университетом.

При рассмотрении апелляции о несогласии с результатами государственного аттестационного испытания апелляционная комиссия выносит одно из следующих решений:

– об отклонении апелляции и сохранении результата государственного аттестационного испытания;

– об удовлетворении апелляции и выставлении иного результата государственного аттестационного испытания.

Решение апелляционной комиссии не позднее следующего рабочего дня передается в ГЭК.

Решение апелляционной комиссии является основанием для аннулирования ранее выставленного результата государственного аттестационного испытания и выставления нового.

Решение апелляционной комиссии является окончательным и пересмотру не подлежит.

Повторное проведение государственного аттестационного испытания осуществляется в присутствии одного из членов апелляционной комиссии не позднее 15 июля.

Апелляция на повторное проведение государственного аттестационного испытания не принимается.

Требования к выпускным квалификационным работам и порядку их выполнения

Требования к выпускным квалификационным работам определяются в соответствии с нормативными документами Минобрнауки РФ и локальными нормативными актами ДВФУ.

Требования к содержанию ВКР.

Выпускная квалификационная работа представляет собой выполненную обучающимся (несколькими обучающимися совместно) работу, демонстрирующую уровень подготовленности к самостоятельной профессиональной деятельности.

Основными задачами выпускной квалификационной работы являются:

- углубление и систематизация теоретических знаний и практических умений у обучающихся в выбранной области науки;
- овладение современными методами поиска, обработки и использования научной, методической и специальной информации;
- анализ и интерпретация получаемых данных, четкая формулировка суждений и выводов;

- изыскание путей (способов, методов) улучшения организации и эффективности работы специалиста по конкретному направлению профессиональной деятельности.

В ходе выполнения ВКР обучающийся должен показать:

- знания по избранной теме и умение проблемно излагать теоретический материал;

- умение анализировать и обобщать литературные источники, решать практические задачи, формулировать выводы и предположения;

- навыки проведения исследования.

Общие требования к ВКР:

- соответствие научного аппарата исследования и его содержания заявленной теме;

- логическое изложение материала;

- глубина исследования и полнота освещения вопросов;

- убедительность аргументации;

- краткость и точность формулировок;

- конкретность изложения результатов работы;

- доказательность выводов и обоснованность рекомендаций;

- грамотное оформление результатов исследований.

Содержание ВКР определяется выбранной темой, связанной с решением задач по видам профессиональной деятельности, на которые ориентирована программа бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль «Нанотехнологии в электронике»

Требования к объему и структуре ВКР. Общий рекомендуемый объем ВКР должен составлять в пределах 50-70 страниц печатного текста, без учета приложений (рекомендуемый объем приложений - в пределах 10 - 50 страниц).

Структурными элементами ВКР являются следующие:

- титульный лист, включая оборотную сторону титульного листа (по форме);

- оглавление;

- аннотация;

- введение;

- термины и определения (при необходимости);

- сокращения и обозначения (при необходимости);

- раздел 1;

- раздел 2;

- раздел 3;

- заключение;

- список литературы;

- приложения, в том числе рекомендуемое приложение (распечатка слайдов презентации ВКР).

Оформление работы осуществляется обучающимся в соответствии с требованиями к оформлению письменных работ, выполняемых студентами и

слушателями ДВФУ.

Процедура подготовки и защиты ВКР определяется согласно Порядку проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры, утвержденному приказом МОН РФ от 29.06.2015 № 636, Положению о государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета, магистратуры федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет», утвержденному приказом ДВФУ от 17.04.2012 г. № 12-13-85.

Критерии оценки результатов защиты ВКР.

Оценивание выпускной квалификационной работы проводится по 4-балльной системе. При оценивании учитывается качество подготовленной квалификационной работы, качество подготовленного доклада, а также владение информацией, специальной терминологией, умение участвовать в дискуссии, отвечать на поставленные в ходе обсуждения вопросы.

Основными показателями качества и эффективности ВКР являются:

- важность (актуальность) работы для внутренних и/или внешних потребителей;
- новизна результатов работы;
- практическая значимость результатов работы;
- эффективность и результативность (социальный, экономический, информационный эффект), эффект использования результатов работы в учебном процессе);
- уровень практической реализации.

«Отлично» выставляется в случае, если выпускная квалификационная работа посвящена актуальной и научно значимой теме, исследование базируется на аналитическом анализе состояния по данной проблеме. Работа состоит из теоретического раздела и описания практической реализации, которая демонстрирует приобретенные навыки использования современных информационных технологий и методов проектирования информационных систем. В работе должен присутствовать обстоятельный анализ проблемы, последовательно и верно определены цели и задачи. Работа должна иметь четкую внутреннюю логическую структуру. Выводы должны быть самостоятельными и доказанными. В ходе защиты автор уверенно и аргументировано ответил на замечания рецензентов, а сам процесс защиты продемонстрировал полную разработанность избранной научной проблемы и компетентность выпускника.

«Хорошо» выставляется в случае, если работа посвящена актуальной и научно значимой теме, исследование базируется на анализе состояния по

данной проблеме. Работа состоит из теоретического раздела и описания практической реализации, которая демонстрирует приобретенные навыки использования современных информационных технологий и методов проектирования информационных систем. В работе должен присутствовать обстоятельный анализ проблемы, последовательно и верно определены цели и задачи. Работа должна иметь четкую внутреннюю логическую структуру. Выводы должны быть самостоятельными и доказанными. В ходе защиты автор достаточно полно и обоснованно ответил на замечания рецензентов, а сам процесс защиты продемонстрировал необходимую и в целом доказанную разработанность избранной научной проблемы. Вместе с тем, работа может содержать ряд недостатков, не имеющих принципиального характера.

«Удовлетворительно» выставляется в случае, если выпускник продемонстрировал слабые знания некоторых научных проблем в рамках тематики квалификационной работы. В процессе защиты работы в тексте ВКР, в представленных презентационных материалах допущены ошибки принципиального характера. В случае отсутствия четкой формулировки актуальности, целей и задач ВКР, когда работа не полностью соответствует всем формальным требованиям, предъявляемым к ВКР.

«Неудовлетворительно» выставляется в случае, если в процессе защиты ВКР выявились факты плагиата результатов работы, несоответствие заявленных в ВКР полученных результатов, реальному состоянию дел, необоснованность достаточно важных для ВКР высказываний, достижений и разработок.

Составитель: Крайнова Г. С., доцент, профессор кафедры физики низкоразмерных структур ШЕН ДВФУ, к.ф.-м.н.

Программа обсуждена на заседании кафедры физики низкоразмерных структур ШЕН ДВФУ, протокол № 9 от «24» мая 2015 г.

**Перечень возможных тем
выпускных квалификационных работ**

1. Влияние затравочного слоя на магнитотранспортные свойства гетероструктуры $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}$
2. Магнитные свойства эпитаксиальных пленок Co на различных модификациях поверхности Si (111)
3. Формирование и свойства кремневых структур со встроенными нанокристаллитами силицидов магния и хрома
4. Структура и электролюминесцентные свойства кремниевых гетероструктур со встроенными слоями нанокристаллитов $\beta\text{-FeSi}_2$
5. Анализ режима формирования массива нанотрубок оксида титана
6. Процессы роста наноструктур силицида меди на Si(111) и их влияние на магнитные свойства пленок Si/Cu-Si/Co, Si/Cu-Si/Cu/Co
7. Исследование проводимости пленок фуллеренов на поверхности кремния
8. Моделирование физических свойств магнитных эластомеров
9. Влияние размерного эффекта на фазовые переходы в наносистемах
10. Исследование нелинейных эффектов, возникающих при намагничивании магнитостатически связанных частиц
11. Кинетика магнитных свойств быстрозакаленных сплавов на основе железа
12. Исследование поверхностных неоднородностей аморфных металлических фольг
13. Теоретико-информационный анализ квазикристаллического паркета Пенроуза на уровне декагонов
14. Многослойные полупроводниковые структуры на основе MnSi_1



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Одобрено решением
ученого совета школы
протокол
от 20.11.2015 № 67-02-03/9



«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора по
учебной и воспитательной работе

Гридасов А.В.

«21» декабря 2015 г.

**ПРОГРАММА
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ
по направлению подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника,
профиль
«Нанотехнологии в электронике»**

**I. Требования к процедуре проведения
государственного экзамена**

Государственный экзамен входит в государственную итоговую аттестацию выпускников высшего учебного заведения по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника. Государственный экзамен (включает подготовку и сдачу) проводится государственными экзаменационными комиссиями и предназначен для определения соответствия результатов освоения обучающимися ОПОП требованиям ФГОС ВО, сформированности общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций бакалавра, определяющих его подготовленность к решению профессиональных задач, установленных ФГОС, способствующих его устойчивости на рынке труда и/или продолжению образования в магистратуре. Государственный экзамен должен продемонстрировать способность и умение обучающихся самостоятельно решать на современном уровне задачи своей профессиональной деятельности, профессионально излагать специальную информацию, научно аргументировать и защищать свою точку зрения.

Форма проведения государственного экзамена – устная. В содержание государственного экзамена включены вопросы теоретического характера.

Вопросы (задания) государственного экзамена составлены по содержанию дисциплин базовой и вариативной части ОП:

- Б1.Б.21 Физика конденсированного состояния;
- Б1.Б.22 Физические основы электроники;
- Б1.Б.23 Основы технологии электронной компонентной базы;
- Б1.В.ОД.9 Физика полупроводников и низкоразмерных систем;
- Б1.В.ДВ.4 Процессы получения наночастиц и наноматериалов, нанотехнологии;
- Б1.В.ДВ.5 Процессы на поверхности раздела фаз. Методы исследования наноструктур;
- Б1.В.ДВ.6 Синтез и свойства наноструктурированных материалов;
- Б1.В.ДВ.7 Зондовые нанотехнологии. Нанолитография;
- Б1.В.ДВ.9 Физика и технология квантовых приборов;
- Б1.В.ДВ.10 Физика наноструктурированных пленок и магнитных наносистем.

В каждый билет государственного (междисциплинарного) экзамена включены 2 вопроса, по содержанию перечисленных дисциплин.

Процедура проведения государственного экзамена включает этапы:

- объявление экзамена, выдача экзаменационных билетов – проводится одновременно, для всех обучаемых в группе ОП;

- подготовка ответов на вопросы экзаменационного билета в письменной форме, общее время на подготовку по всем вопросам экзаменационного билета – 60 минут;

- ответы на билет устного экзамена, продолжительность ответа одного обучаемого - не более 15 минут;

- ответы обучаемого на дополнительные вопросы членов ГЭК по вопросам экзаменационного билета - до 15 минут для одного обучаемого;

- принятие решений – после заслушивания ответов по вопросам билетов всех обучающихся в группе ОП, сдающих государственный экзамен в этот день;

- объявление результатов государственного экзамена.

При проведении государственного экзамена вся группа обучающихся, сдающих экзамен по ОП, одновременно находится в аудитории.

При подготовке ответов на вопросы экзаменационного билета в письменной форме, а также при ответах обучаемого на билет устного экзамена, как правило, не разрешается покидать аудиторию во время сдачи экзамена.

Государственная экзаменационная комиссия проводит обсуждение принятия решений на закрытом заседании ГЭК, после заслушивания ответов по вопросам билетов всех обучающихся в группе ОП, сдающих государственный экзамен в этот день.

Результаты государственного экзамена объявляются всей группе обучающихся, сдающих экзамен в один день, сразу же, после принятия решений, в день проведения экзамена, после оформления в установленном порядке протоколов заседания экзаменационной комиссии.

Критерии оценивания результатов государственного экзамена в соответствии с формируемыми компетенциями, включая описание показателей и критериев оценивания компетенции, а также шкалы оценивания, приведены в п. «Критерии оценивания компетенций при проведении государственной итоговой аттестации» пояснительной записки настоящей программы государственной итоговой аттестации.

При оценке результатов сдачи государственного экзамена учитываются следующие стороны подготовки:

- 1) понимание и степень усвоения теории;
- 2) знание фактического материала;
- 3) знакомство с обязательной литературой, публикациями по данному курсу в отечественной и зарубежной литературе;
- 4) умение приложить теорию к практике, решать задачи и т.д.
- 5) логика, структура и стиль ответа, умение защищать предлагаемые (гипотетические) предположения.

Оценка результатов сдачи государственного экзамена проводится по 5-ти балльной системе, с использованием следующих критериев:

1. Отметка «отлично» выставляется обучающемуся, глубоко и прочно усвоившему программный материал, способному самостоятельно критически

оценить основные концепции дисциплин, в ответе которого теория увязывается с практикой; обучающийся показывает знакомство с актуальной литературой, правильно дает определения всех основных понятий дисциплин, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов, исчерпывающе отвечает на дополнительные вопросы.

2. Отметка «хорошо» выставляется обучающемуся, твердо знающему программный материал, грамотно и по существу излагающему его, но допускающему небольшие неточности в ответе на вопрос; обучающийся правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач и отвечает на большую часть дополнительных вопросов.

3. Отметка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, владеющему основным материалом, но испытывающему некоторые затруднения и допускающему неточности в его изложении, недостаточно правильно формулирующему основные понятия дисциплин, допускающему существенные ошибки при выполнении практических заданий и ответах на дополнительные вопросы.

4. Отметка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, не владеющему основным материалом, допускающему существенные ошибки, неверно отвечающему на большую часть дополнительных вопросов, с большими затруднениями выполняющему практические задания.

II. Содержание программы государственного экзамена

Перечень дисциплин, материалы которые выносятся на государственный экзамен:

- Физика конденсированного состояния;
- Физические основы электроники;
- Основы технологии электронной компонентной базы;
- Физика полупроводников и низкоразмерных систем;
- Процессы получения наночастиц и наноматериалов, нанотехнологии;
- Процессы на поверхности раздела фаз. Методы исследования наноструктур;
- Зондовые нанотехнологии. Нанолитография;
- Синтез и свойства наноструктурированных материалов;
- Физика и технология квантовых приборов;
- Физика наноструктурированных пленок и магнитных наносистем.

Дисциплина «Физика конденсированного состояния».

Физика конденсированного состояния – дисциплина, которая ускоренно развивается в настоящее время. Предмет данной науки - это свойства веществ в твердом состоянии, их взаимосвязь с микроскопическим строением и составом, эвристическое прогнозирование и поиск новых

материалов и физических эффектов в них • Физика конденсированного состояния - это основа для таких бурно развивающихся наук, как физическое материаловедение, физика диэлектриков и полупроводников, физика магнитных явлений, физика наноматериалов. Основой данного курса является изучение основных понятий в области физики кристаллического состояния, свойств и характеристик основных типов кристаллов, движения электронов в твердом теле, зонной энергетической структуры; установление связей между свойствами индивидуальных атомов и молекул и свойствами, обнаруживаемыми при объединении атомов или молекул в ассоциации в виде регулярно упорядоченных систем – кристаллов; объяснение свойств кристаллических и некристаллических твердых тел, опираясь на простые физические модели; знание законов движения электронов в твердом теле, зонной энергетической структуры.

Часть курса «Физики конденсированного состояния» преследует цель введения студентов в область физики разупорядоченных сред: стеклоподобных, аморфных, кварцевых и металлических стёкол.

Вопросы по дисциплине «Физика конденсированного состояния»:

1. Типы связи в кристаллах. Энергия связи. Строение и свойства инертных, ионных, ковалентных кристаллов и кристаллов с металлической связью.

Кристаллы инертных газов: силы Ван-дер-Ваальса-Лондона, взаимное отталкивание атомов; равновесные постоянные решетки, энергия связи. Ионные кристаллы: энергия Маделунга, вычисление постоянной Маделунга; объемный модуль упругости. Ковалентные кристаллы, металлические кристаллы, кристаллы с водородными связями. Задачи.

2. Динамика решетки. Колебательные моды одноатомной решетки. Понятие фонона, максимальная частота колебаний решетки.

Понятие о нормальных колебаниях решетки. Спектр нормальных колебаний решетки. Понятие о фононах. Дисперсионные соотношения для фононов. Колебания в решетке из одинаковых атомов. Спектр колебаний в структуре со сложным базисом. Понятие о зонах Брюллюэна. Фонон-электронное рассеяние как источник электрического, теплового сопротивления. Статистика фононов и теплоемкость решетки. Теория Дебая. Закон Дебая. Зависимость температуры Дебая от температуры. Область применимости теории Дебая. Теплоемкость электронного газа. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность твердых тел. Задачи.

3. Элементы физической статистики. Вырожденные и невырожденные коллективы. Критерий невырожденности. Функция распределения для вырожденного газа фермионов. Энергия Ферми, температура Ферми.

Способы описания макроскопической системы. Невырожденные и вырожденные коллективы. Число состояний для микрочастиц. Функция

распределения для невырожденного газа. Функция распределения для вырожденного газа фермионов. Функция распределения для вырожденного газа бозонов.

4. Влияние температуры на распределение Ферми-Дирака. Невырожденный электронный газ.

Невырожденные и вырожденные коллективы. Число состояний для микрочастиц. Функция распределения для невырожденного газа. Функция распределения для вырожденного газа фермионов. Функция распределения для вырожденного газа бозонов.

5. Тепловые свойства твердых тел. Понятие о нормальных колебаниях решетки; акустические, оптические колебания. Частота Дебая, температура Дебая.

Спектр нормальных колебаний решетки. Понятие о фононах. Дисперсионные соотношения для фононов. Колебания в решетке из одинаковых атомов. Спектр колебаний в структуре со сложным базисом. Понятие о зонах Брюллюэна. Фонон-электронное рассеяние как источник электрического, теплового сопротивления.

6. Теплоемкость твердого тела. Закон Дюлонга и Пти, закон Дебая. Теплоемкость электронного газа.

Статистика фононов и теплоемкость решетки. Теория Дебая. Закон Дебая. Зависимость температуры Дебая от температуры. Область применимости теории Дебая

Теплоемкость электронного газа. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность твердых тел.

Дисциплина «Физические основы электроники».

Целью курса «Физические основы электроники» является формирование у обучающихся представлений о назначении, устройстве, конструктивно-технологических особенностях, свойствах и характеристиках современных электронных приборов, физических принципах их функционирования; приобретение навыков использования электронных приборов для обработки, усиления и различного преобразования электрических сигналов; формирование представления о достижениях современной электроники. Для этого необходимо: сформировать представления об устройстве различных электронных приборов; представление о свойствах и характеристиках различных электронных приборов; навыки использования электронных приборов для целей усиления и обработки электрических сигналов; о современных проблемах в области электроники и путях развития данной предметной области.

Вопросы по дисциплине «Физические основы электроники»:

1. Энергетические зоны полупроводников.

Генерация и рекомбинация носителей заряда. Концентрация носителей заряда в полупроводнике при термодинамическом равновесии.

2. Собственные полупроводники. Примесные полупроводники. Время жизни неравновесных носителей заряда.

Определение и свойства собственных полупроводников. Генерация и рекомбинация электронов в собственных полупроводниках. Типы примесных полупроводников. Ионизация примеси, тепловая генерация в примесных полупроводниках.

3. Процессы переноса зарядов в полупроводниках.

Температурные зависимости подвижности носителей заряда и удельной проводимости. Температурные зависимости концентрации носителей заряда и положения уровня Ферми.

4. Электропроводность полупроводников в сильных электрических полях. Зависимость удельной проводимости от напряженности внешнего электрического поля.

Ударная ионизация, туннелирование, рассеяние носителей заряда в сильных полях, междолинный переход носителей заряда. Оптические свойства полупроводников (поглощение света, люминесценция).

5. Фотоэлектрические явления в полупроводниках.

Фоторезистивность, возникновение фотоэлектродвижущая сила. Обедненные, инверсные и обогащенные поверхностные слои. Поверхностная рекомбинация. Проводимость канала поверхностной электропроводности.

6. Электронно-дырочный p-n переход. Токи через электронно-дырочный p-n переход.

Образование, диаграмма p-n перехода, высота потенциального барьера и контактной разности потенциалов. Концентрация неосновных носителей заряда у границ электронно-дырочного p-n перехода (малые токи, большие токи, большие обратные токи, зависимость граничной концентрации неосновных носителей заряда от напряжения).

7. Методы формирования и классификация электронно-дырочных p-n переходов. Распределение напряженности электрического поля и потенциала в электронно-дырочном переходе.

Аналитический расчет резкого электронно-дырочного перехода (распределение напряженности и потенциала в резком p-n переходе, определение толщины резкого p-n перехода).

8. Диод. Структура и основные элементы. Вольт-амперная характеристика диода (качественный вывод)

Плоскостные и точечные диоды. Вольт-амперная характеристика диода при инъекции и экстракции носителей заряда (стационарная задача). Распределение неосновных носителей заряда и токов насыщения у диодов с толстой и тонкой базами.

9. Туннельный, лавинный и тепловой пробой диодов.

Физические механизмы пробоев и вольт-амперные характеристики диодов при каждом виде пробоя. Влияние температуры на вольт-амперные характеристики при пробое.

10. Процессы в диодах при больших прямых токах. Переходные процессы в диодах.

Изменение концентрации основных носителей, появление электрического поля в базе, изменение электрофизических параметров. Расчет вольт-амперных характеристик диодов с тонкой и толстой базами при больших прямых токах. Расчет падения напряжения на базе в диоде с тонкой базой. Диапазон применимости полученного выражения ВАХ для диода с тонкой базой.

11. Структура и основные режимы работы биполярных транзисторов. Распределение носителей зарядов в биполярных транзисторах.

Схемы включения биполярных транзисторов. Статические параметры и характеристики биполярных транзисторов. Пробой транзисторов. Малосигнальные параметры биполярных транзисторов. Режимы работы транзистора.

12. Полевые транзисторы с управляющим переходом и изолированным затвором. Входные и выходные характеристики полевых транзисторов с управляющим переходом.

Структура и принцип работы. Статические характеристики полевых транзисторов обоих типов. Приборы с зарядовой связью, принцип работы. Эквивалентные схемы и частотные свойства. Flash-память.

13. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы. Термоэлектрические приборы.

Светодиоды. Фотодиоды. Оптопары. Лазеры. Полупроводниковые фоторезисторы. Устройство и принцип работы. Вольтамперные характеристики. Температурные зависимости вольт-амперных характеристик.

Дисциплина «Основы технологии электронной компонентной базы».

Дисциплина «Основы технологии электронной компонентной базы» направлена на формирование у студентов знаний о физико-химических основах базовых технологических процессов, применяемых при производстве микроэлектронных приборов с микронными и субмикронными размерами активных областей и рабочих слоев, о назначении, физических принципах и методики выполнения основных технологических процессов, лежащих в основе технологии приборов твердотельной электроники и интегральных схем, производства приборов микро- и нанoeлектроники; направлена на приобретение знаний об основах проектирования технологических циклов производства простейших микроэлектронных структур. Дисциплина «Основы технологии электронной компонентной

базы» показывает возможность применять технологические операции для создания элементов необходимой топологии, использовать физические законы для анализа производственных операций, оперировать физическими и технологическими терминами и величинами, решать задачи по расчету параметров основных технологических процессов.

Вопросы по дисциплине «Основы технологии электронной компонентной базы»:

1. Основные характеристики КМОП-технологии, в том числе полевого транзистора и КМОП-инвертора.

Обзор технологических участков «вафельной» фабрики. Стадии изготовления КМОП. Параметрическое тестирование.

2. Термическое окисление как физико-технологический процесс формирования интегральных схем.

Атомная структура пленок оксида кремния для полупроводникового производства, их преимущества и использование. Химическая реакция окисления и рост оксида на кремнии. Селективное окисление. Три типа оборудования для термических процессов. Быстрый термический процессор, его использование и конструкция.

3. Диффузия как основной механизм формирования интегральных схем.

Принципы и процесс диффузии примеси. Значения термина «диффузия» в производстве полупроводников. Старый способ диффузии примесей. Диффузия легирующей примеси после ионной имплантации. Решение уравнения диффузии.

4. Роль ионной имплантации в физико-технологическом процессе формирования интегральных схем.

Обзор методов ионной имплантации. Три основных технологических параметра для ионной имплантации. Количество шагов КМОП процесса при ионной имплантации. Траектория иона в пластине при ионной имплантации, условия каналирования и его подавления

5. Методы осаждения пленок, основные характеристики. Тонкопленочная терминология.

Многослойная металлизация. Три стадии роста пленки, приемлемые характеристики тонкой пленки. Обзор различных методов осаждения пленок. Основные этапы химического осаждения из паровой фазы (CVD), ограничения CVD реакций. Различные типы систем осаждения CVD, преимущества/недостатки конкретного метода для пленочных приложений. Значение диэлектрических материалов для технологии чипа, примеры применения. Эпитаксию и три различных метода осаждения эпитаксиального слоя.

6. Фотолитографический процесс – от паровой обработки до мягкого прогрева.

Две важные причины, почему литография является одной из наиболее критических технологий в производстве полупроводников? Каковы основные шаги в литографической последовательности? Каковы составляющие (инструменты и материалы) литографии? Четыре различные альтернативные литографии, и проблемы внедрения в производство каждой из них.

7. Процессы травления. Виды и параметры травления. Контроль мер качества при травлении.

Селективность и анизотропность травления, типичные цели травления при обработке полупроводников, распространенный метод изотропного травления. Травление методом распыления, его анизотропность и избирательность. Метод плазменного травления, его селективность и анизотропность. Метод реактивного ионного травления, основные особенности.

Дисциплина «Физика полупроводников и низкоразмерных систем».

Дисциплина «Физика полупроводников и низкоразмерных систем» – область фундаментальной и прикладной науки и техники, включающая экспериментальные и теоретические исследования физических свойств полупроводниковых материалов и композитных структур на их основе (включая гетероструктуры), а также происходящих в них физических явлений, разработку и исследование технологических процессов получения полупроводниковых материалов и композитных структур на их основе, создание оригинальных полупроводниковых приборов и интегральных устройств. Значение научных и технических проблем состоит в развитии физических принципов работы, технологий изготовления и реализации электронных и оптоэлектронных полупроводниковых приборов и интегральных устройств, используемых практически во всех областях человеческой деятельности.

Вопросы по дисциплине «Физика полупроводников и низкоразмерных систем»:

1. Электронная и дырочная проводимость в полупроводниках. Примеси донорные и акцепторные. Величина подвижности в собственном, примесном, компенсированном полупроводнике.

Основные свойства полупроводников и их применение в современной технике. Влияние температуры, освещения, примесей и других факторов на электропроводность. Собственная проводимость, электронный и дырочный механизмы проводимости в классическом и квантовом представлении. Примесная проводимость. Доноры и акцепторы. Концентрация и подвижность носителей заряда.

2. Приближение сильной связи. Образование энергетических зон в кристалле. Число уровней. Ширина зоны. Вырожденные и гибридные зоны.

Приближение сильной связи. Обменное взаимодействие. Обменная энергия. Образование энергетических зон при сближении атомов. Свойства энергетических зон. Приближение слабой связи. Электрон в потенциальном ящике с гладким дном. Модель Кронига-Пенни. Возникновение энергетических зон. Свойства зон (сравнение с «сильной связью»).

3. Функции Ферми-Дирака. Уровень Ферми. Зависимость концентрации носителей заряда от температуры в собственном полупроводнике.

Основные положения статистики Ферми-Дирака. Понятие об уровне Ферми. Вычисление концентрации носителей заряда в полупроводнике. Вырожденный и невырожденный полупроводник.

4. Неравновесные носители заряда в полупроводниках.

Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Время жизни. Диффузия и дрейф. Уравнение непрерывности, частные случаи его применения.

5. Зависимость $E(k)$ для простой кубической решетки. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электронов и дырок.

Общие свойства функции $E(k)$. Период функции $E(k)$. Теорема Блоха. Разрешенные состояния электронов. Зависимость энергии электрона от квазиимпульса вблизи краев зон. Число состояний в зоне. Квазиимпульс электрона.

6. Кинетические явления в полупроводниках. Явления переноса в полупроводниках – электропроводность.

Взаимодействие носителей заряда с кристаллической решеткой в полупроводнике. Подвижность. Измерение подвижностей и концентраций. Температурная зависимость подвижности при разных механизмах рассеяния.

Электропроводность: зависимость от температуры, практическое применение. Электропроводность при сильном электрическом поле. Ударная ионизация. Туннельный эффект, эффект Ганна.

7. Контактные явления в полупроводниках. Контактная разность потенциалов: методы измерения, природа.

Контакт металл-полупроводник. Запорные и антизапорные слои. Толщина запорного слоя. Выпрямление на контакте двух металлов, на контакте металл-полупроводник. Изготовление P-N перехода. Выпрямление на нем.

8. Теория тонкого P-N перехода. P-N переход в равновесии. Применение P-N перехода: диод, триод.

P-N переход. Уравнение Пуассона. Характеристики электрического поля в P-N переходе. Инжекция и экстракция носителей заряда через P-N переход. Полупроводниковый лазер. Гетеропереход.

Дисциплина «Процессы получения наночастиц и наноматериалов, нанотехнологии».

Нанотехнология – совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществить их интеграцию в полноценно функционирующие системы большого масштаба, базирующаяся на наноматериалах, содержащих структурные элементы, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают 100 нм, и обладающих качественно новыми свойствами, функциональными и эксплуатационными характеристиками. Важным вопросом в этой области является создание наносистем – материального объекта в виде упорядоченных или само-упорядоченных, связанных между собой элементов с нанометрическими характеристическими размерами, кооперация которых обеспечивает возникновение у объекта новых свойств, появляющихся в виде квантово-размерных, синергетически-кооперативных, «гигантских» эффектов и других явлений и процессов. Наносистемная техника - полностью или частично созданные на основе наноматериалов и нанотехнологий функционально законченные системы и устройства, характеристики которых кардинальным образом отличаются от показателей систем и устройств аналогичного назначения, созданных по традиционным технологиям.

Вопросы по дисциплине «Процессы получения наночастиц и наноматериалов, нанотехнологии»:

1. Методы получения фуллеренов и углеродных нанотрубок.

Полиморфизм углерода. Фуллерен C₆₀ и его аналоги. Виды производных фуллеренов: заполненные фуллерены, фуллереновые аддукты, гетерофуллерены. Методы получения: Возгонка графита с последующей десублимацией и пиролиз углеводородов. Хиральные и ахиральные нанотрубки. Однослойные и многослойные нанотрубки. Структурные дефекты. Эндоэдральные, экзоэдральные углеродные нанотрубки и гетеронанотрубки. Каталитический синтез. Возгонка-десублимация графита. Пиролиз углеводородов. Электролитический синтез. Неуглеродные нанотрубки.

2. Формирование тонких пленок, нанопроволок, квантовых точек и наночастиц.

Тонкие пленки, нанопроволоки, квантовые точки. Размерные эффекты. Химическое осаждение из газовой фазы. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Три основных механизма роста тонких пленок: Франка-вад дер Мерве, Вольмера-Вебера, Странского-Крастанова. Формирование квантовых проволок на вицинальных поверхностях. Формирование квантовых точек в режиме Странского-Крастанова. Литография. ПЖК-механизм для получения вискероов. Пленки Лэнгмюра-Блоджетт.

3. Нанопористые материалы: нанопористые мембраны, цеолиты и пористый кремний.

Золь-гель метод. Нанопористые мембраны. Осмос. Обратный осмос. Диализ. Ультрафильтрация. Цеолиты. Пористый кремний. Электрохимическое травление. Молекулярные сита. Темплатный синтез. Гидротермальный синтез.

4. Нанокompозиты: матричные нанокompозиты и сверхрешетки.

Нанокластеры и нанокристаллы. Неупорядоченные нанокластеры. Магические нанокластеры. Технология испарения-конденсации. Плазмохимический синтез. Механохимический, детонационный и электровзрывной синтез. Синтез кристаллических наночастиц в матрицах. Образование наноразмерных островков при осаждении чужеродных атомов на поверхность твердого тела.

5. Наносуспензии, наноэмульсии, наноаэрозоли. Золь-гель технология и осаждение из коллоидных растворов.

Коллоидные растворы: наносуспензии, наноэмульсии, наноаэрозоли. Седиментационная и агрегативная устойчивость. Конденсационный метод. Диспергационный метод. Метод пептизации. Самопроизвольное диспергирование.

6. Органические молекулы, супермолекулы, мицеллы, липосомы и биомолекулы.

Органические молекулы. Супермолекулы. Мицеллы. Липосомы.

Дисциплина «Процессы на поверхности раздела фаз. Методы исследования наноструктур».

Знание и изучение явлений, происходящих на межфазных границах твердых, жидких и газообразных фаз для решения технологических задач в разработке электронных приборов; основных физико-химических процессов, протекающих на межфазных границах, свойств дисперсных фаз и их зависимости от размеров частиц крайне важны для получения сведений, необходимых для решения прикладных задач технологий микро- и нанoeлектроники. Дисциплина «Процессы на поверхности раздела фаз. Методы исследования наноструктур» направлена на изучение основных теоретических представлений о строении поверхностей твердых и жидких фаз, влиянии размерного фактора на свойства нанобъектов; знание основных кинетических и термодинамических характеристик процессов, протекающих на поверхности раздела твердофазных и жидкофазных систем, а также особенностях процессов адсорбции и десорбции на границах раздела, определяющих выбор и ход технологических процессов при создании микро- и нанoeлектронных приборов. Показана роль различных методов, используемых при исследовании наноструктурных объектов, а также о конструктивных решениях применяемой аппаратуры и организации эксперимента, в том числе микроскопии в области исследования и контроля параметров наноструктурных систем: электронной микроскопии,

сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии, а также рентгеновской спектроскопии, позволяющих проследить процессы зарождения и роста наноструктур и определять морфологию исследуемых образцов, в том числе, размеры, форму и взаимное положение единичных нанообъектов.

Вопросы по дисциплине «Процессы на поверхности раздела фаз. Методы исследования наноструктур»:

1. Прямая и обратная двумерная решетка. Построение Эвальда для дифракции на поверхности. Индексы Миллера для обозначения плоскостей в кристалле.

Решетка, базис и кристаллическая структура поверхности, двумерные решетки Браве, индексы Миллера плоскостей кристалла, низкоиндексные и высокоиндексные плоскости, индексы направлений, запись для описания структуры поверхности (запись Вуд и матричная запись), двумерная обратная решетка. Дифракция медленных электронов (ДМЭ), построение Эвальда для ДМЭ.

2. Индексы Миллера для обозначения плоскостей в кристалле. Определение решетки поверхности по картине дифракции медленных электронов. Способы описания суперрешетки реконструированной поверхности.

Индексы Миллера плоскостей кристалла. Интерпретация картины ДМЭ, электронная оже-спектроскопия (ЭОС), физические принципы и аппаратура ЭОС, основы оже-анализа, Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ), физические принципы и аппаратура СТМ, основные режимы работы СТМ.

3. Фазовые диаграммы. Фазовые диаграммы для представления условий формирования поверхностных фаз. Поверхностные фазы в субмонослойных системах адсорбат/подложка.

Физосорбция и хемосорбция, поверхностные фазы, состав поверхностных фаз, покрытие адсорбата, покрытие атомов подложки, экспериментальные методы определения состава, фазовая диаграмма, типы фазовых переходов, типичные примеры поверхностных фаз адсорбатов на кремнии.

4. Поверхности с адсорбатами: физосорбция и хемосорбция. Типы фазовых переходов в субмонослойных системах адсорбатов.

Адсорбция, кинетика адсорбции, зависимость от покрытия, температуры, угла падения и кинетической энергии атомов адсорбата, термическая десорбция, кинетика десорбции, десорбционная спектроскопия, нетермическая десорбция, поверхностная диффузия, основные уравнения, атомные механизмы поверхностной диффузии (прыжковый механизм, механизм атомного обмена, механизм туннелирования, вакансионный механизм).

5. Состав поверхностных фаз: покрытие адсорбата, покрытие атомов подложки, экспериментальные методы определения состава. Процессы адсорбции и десорбции на поверхности.

Поверхностная диффузия кластеров, поверхностная диффузия и формирование фаз, экспериментальные методы изучения поверхностной диффузии.

6. Структурные дефекты поверхности: типы дефектов, реальные примеры (адатомы, вакансии, дефекты замещения, дислокации, доменные границы, ступени).

Общее рассмотрение, точечные дефекты, ступени, сингулярные и вицинальные поверхности, фасетки, адатомы, вакансии, дефекты замещения, дислокации, доменные границы.

Дисциплина «Зондовые нанотехнологии. нанолитография»

Зондовая нанотехнология представляет собой совокупность методов и способов обработки и изменения свойств материала на уровне отдельных атомов, молекул и элементов нанометровых размеров с помощью острейшего зонда с одновременной визуализацией и контролем процесса. Слово технология произошло от греческих слов *techne* — искусство, мастерство, умение и *logos* — слово, учение. В такой трактовке зондовая нанотехнология является вершиной человеческой мудрости и искусства создания приборов и устройств из отдельных атомов и молекул. В основе зондовой нанотехнологии лежат уникальные приборы с зондом — сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) и атомно-силовой микроскоп (АСМ). В сканирующем туннельном микроскопе зонд представляет собой металлический игольчатый электрод с очень тонким острием, закрепленный на трехкоординатном сканере. Зонд-острие, находящийся под электрическим потенциалом, располагается перпендикулярно поверхности на таком расстоянии от нее, при котором возникает туннельный ток. Если с помощью цепи обратной связи при сканировании поверхности поддерживать постоянным туннельный ток, то можно получить информацию о рельефе исследуемой поверхности даже на уровне атомного разрешения. Сущность зондовой технологии на базе туннельного микроскопа заключается как в визуализации поверхности и объектов на ней, так и в формировании, модификации этой поверхности в нанометровой области. В атомно-силовых микроскопах зонд-острие крепится на свободном конце гибкой консоли — кантилевера.

Вопросы по дисциплине «Зондовые нанотехнологии. нанолитография»:

1. Методы литографии для наноразмерных структур. Резисты для оптической литографии и нанолитографии. Методы зондовой нанолитографии.

Физические ограничения оптической литографии. Метод фазосдвигающих масок в оптической литографии. Многослойные резисты в оптической литографии. Тенденции развития литографии с нанометровым разрешением. Пример проведения нанолитографического процесса. Резисты на основе органических соединений для оптической литографии. Резист для «сухой» нанолитографии. Аморфный оксид ванадия как резист для нанолитографии. Атомная силовая микроскопия и сканирующая зондовая микроскопия как методы создания нанометрового рисунка на подложках.

2. Сканирующие зондовые микроскопы. Сканирующий туннельный микроскоп.

Классификация зондовых микроскопов. Общие элементы конструкции сканирующих зондовых микроскопов. Программная обработка изображений. Теоретическое описание принципов функционирования сканирующего туннельного микроскопа. Конструкционные особенности. Режимы работы. Результаты, получаемые с помощью сканирующего туннельного микроскопа.

3. Атомно-силовая микроскопия.

Теоретическое описание принципов функционирования сканирующего атомно-силового микроскопа. Конструкционные особенности. Контактная, полуконтактная и бесконтактная методики сканирования. Результаты, получаемые с помощью сканирующего атомно-силового микроскопа.

4. Зондовые нанотехнологии в электронике. Атомные и кластерные манипуляции. Углеродные наноструктуры.

Атомные манипуляции с помощью сканирующего туннельного микроскопа. Сканирующая атомно-силовая литография. Локальное анодное окисление. Новые методики сканирования. Виды, характеристики и методы получения углеродных нанотрубок. Свойства и применение нанотрубок. Нанотрубки в зондовых нанотехнологиях.

Дисциплина «Синтез и свойства наноструктурированных материалов».

В последнее время интерес к методам получения сверхмелкозернистых объемных и дисперсных материалов вырос: обнаружено (в первую очередь в металлах), что уменьшение размера структурных элементов ниже некоторой пороговой величины может приводить к заметному изменению их свойств. Такие эффекты появляются, когда средний размер неоднородностей меньше 100 нм. Изучение свойств сверхмелкозернистых материалов требует учета не только их свойств и структуры, но и дисперсности. Размеры частиц наноматериалов соизмеримы с характером масштаба различных физических явлений (длина пробега электронов, длина упругих колебаний, размер магнитного домена и т.д.), дисперсность вещества влияет на характер протекания физических и химических процессов, физических и механических свойств. Вопросы структуры и синтеза наноматериалов как метастабильных твердых тел в настоящее время не имеют общего теоретического описания, касающегося термодинамики, наноструктуры,

строения мелкозернистых границ и их атомной плотности, нанопор и их влияния на свойства. Тем более, что практика создания наноматериалов в начале своего развития.

Вопросы по дисциплине «Синтез и свойства наноструктурированных материалов»:

1. Макро- и микроскопические принципы фазовых переходов I и II рода.

Основные характеристики фазовых переходов I и II родов. Теория Эренфеста описания фазовых переходов. Вывод уравнения Клаузиуса для описания фазовых переходов I рода. Уравнения Эренфеста для описания фазовых переходов II рода. Элементы флуктуационной теории фазовых переходов, теории Ландау.

2. Основные термодинамические потенциалы. Условие равновесия для них. Правило фаз Гиббса. Структура твердых растворов.

Ввести понятия основных термодинамических потенциалов: внутренней энергии, энтропии, потенциалов Гельмгольца, Гиббса, химического потенциала. Получить условия равновесия для них. Правила фаз Гиббса (вывод), понятия невариантной системы. Твердые растворы замещения, внедрения, вычитания. Закон Вегарда.

3. Системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях. Фазовые диаграммы с экстремальными точками, правило Ван-дер-Ваальса.

Характеристика систем с неограниченной растворимостью в жидком и твердом состояниях, неограниченные твердые растворы. Понятие линии солидус, ликвидус, коноды, интервала кристаллизации, правило отрезков. Схема кристаллизации бинарных сплавов. Фазовая диаграмма с бинодальной кривой. Правило Ван-дер-Ваальса.

4. Системы с ограниченной растворимостью в твердом состоянии. Кристаллизация в точке эвтектики, в точке перитектики.

Характеристика систем с ограниченной растворимостью в твердом состоянии, ограниченные твердые растворы. Термодинамический метод построения фазовых диаграмм с эвтектическим, перитектическим невариантным превращениями, схемы кристаллизации.

5. Системы с промежуточными фазами. Превращения в твердом состоянии.

Понятие промежуточной фазы, виды промежуточных фаз. Виды фазовых диаграмм с промежуточными фазами. Эвтектоидное, перитектоидное, кататектическое невариантные превращения, превращение беспорядок – порядок, полиморфное превращение.

6. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразования. Атомная теория роста кристаллов.

Понятие гомогенного зародышеобразования. Размер критического зародыша и его зависимость от условий зародышеобразования. Изменение энергии системы при гомогенном росте. Капиллярная кристаллизация. Условия гетерогенного зародышеобразования. Анизотропия роста кристаллов, габитус кристалла.

Дисциплина «Физика и технология квантовых приборов».

Важным в области нанотехнологий в электронике является понимание физических и технологических аспектов разработки и технологического воплощения гетеропереходных транзисторов, включая транзисторы на горячих носителях и транзисторы на квантовых эффектах, а также перспективы их использования для разработки сверхбыстродействующих интегральных схем. Для полного и точного понимания формирования электронной структуры систем с пониженной размерностью (квантовых ям, квантовых проволок, квантовых точек и сверхрешеток на их основе) необходимо формирование понятийного аппарата квантовой механики, целостного представления о физике процессов бесстолкновительного (баллистического переноса) в транзисторных структурах и его влиянии на быстродействие приборов; представления о взаимосвязи электронной структуры гетеропереходов, условий квантования электронного газа, толщины и легирования слоев транзисторных слоев, использования двойных туннельных барьеров с квантовой ямой при построении гетероструктурных транзисторов, в том числе транзисторов на квантовых эффектах; представления об особенностях технологических процессах при создании гетеропереходных транзисторов, баллистических транзисторов и транзисторов на квантовых эффектах для создания сверхбыстродействующих интегральных микросхем.

Вопросы по дисциплине «Физика и технология квантовых приборов»:

1. Гетероструктурные биполярные транзисторы: гетероэмиттер, база и коллектор, транзисторы на структуре AlGaAs/GaAs.

Гетеропереход. Селективное легирование. Двумерный электронный газ. Гетероструктурные полевые транзисторы. Полевые транзисторы на гетероструктурах AlGaAs/GaAs с селективным легированием. Обратные и многоканальные структуры.

2. Баллистические транзисторы с гетероструктурными барьерами: туннельный транзистор на горячих электронах, транзисторы с планарно-легированными барьерами, БЭТ с варизонным эмиттером, транзистор с индуцированной базой, транзистор с двумерной базой.

Гетероструктурные биполярные транзисторы (ГСБТ). Гетероэмиттер. База и коллектор. Гетероструктурные биполярные транзисторы на

AlGaAs/GaAs. ГСБТ на GaInAs/InP, GaInAsP/InP. Транзисторы с гетеропереходами из GaAs/Si, Ge/Si, α -Si/Si.

3. Полевые транзисторы на гетероструктурах с селективным легированием (ПТ ГСЛ): прямая, обратная и многоканальные структуры, нормально открытые и нормально закрытые структуры, достоинства и недостатки ПТ ГСЛ.

Всплеск дрейфовой скорости в длинных и коротких структурах, баллистический пролет. Баллистические транзисторы с планарно-легированными барьерами. Баллистические транзисторы с гетероструктурными барьерами: транзистор с двумерной базой.

4. Транзисторы на горячих электронах: транзисторы с баллистической инжекцией электронов. Аналоговые транзисторы: транзисторы с проницаемой и металлической базами.

Транзисторы с баллистической инжекцией электронов. Спектроскопия горячих электронов. Баллистические транзисторы с планарно-легированными барьерами. Баллистические транзисторы с гетероструктурными барьерами. Транзисторы с переносом заряда в пространстве.

5. Транзисторы на квантовых эффектах: резонансное туннелирование через двойной барьер с квантовой ямой и сверхрешетку, транзисторы с ДБКС-эмиттером. биполярные транзисторы с резонансным туннелированием, полевые транзисторы с резонансным туннелированием.

Туннелирование и размерное квантование. Резонансное туннелирование через двойной барьер с квантовой ямой и сверхрешетку. Транзисторы с резонансным туннелированием (биполярные и полевые).

Дисциплина ««Физика наноструктурированных пленок и магнитных наносистем»».

Содержание дисциплины «Физика наноструктурированных пленок и магнитных наносистем» охватывает вопросы по зависимости структуры пленок от технологии получения; физическим свойствам поликристаллических пленок; особенностям и свойствам квантовых нитей, квантовых цепочек, квантовых точек. В связи с этим рассматриваются разделы по формированию наноструктурированных объектов, установлению взаимосвязи между структурой наноразмерных частиц и их физическими свойствами, рассмотрению особенностей формирования эпитаксиальных конденсированных пленок с заданными физическими свойствами, что позволяет учитывать влияние на структуру пленок температуры подложки и скорости осаждения, сопоставлять физические свойства с технологическими условиями конденсации поликристаллических структур.

Вопросы по дисциплине «Физика наноструктурированных пленок и магнитных наносистем»:

1. Термодинамическая теория конденсации.

Размер критического зародыша. Роль температуры подложки, скорости осаждения при формировании критического размера островка. Взаимодействие островков с подложкой на границе раздела.

2. Статистическая теория конденсации.

Критическая скорость роста и критическое число зародышей и их зависимость от температуры подложки.

3. Микрокинетическая теория конденсации

Условия полной и неполной конденсации в начальной стадии роста. Испарение зародышей. Критическое число зародышей и критическая скорость роста зародышей. Коэффициент прилипания и замедленная конденсация. Рост на идеальной поверхности и поверхности содержащей дефекты.

4. Теория гетерогенного образования зародышей.

Форма зародышей и контактный угол. Анализ некоторых следствий изменения контактного угла. Зарождение и разрастание зародышей. Структура поверхности раздела фаз. Температура подложки и ее влияние на образование зародышей. Роль несовершенства подложки в процессе формирования конденсата. Влияние примесей.

5. Основные типы морфологических изменений.

Взаимодействие островков с подложкой на границе раздела: энергия химической связи, и дипольного взаимодействия и ионизации островков. Влияние степени заполнения на местоположение островков. Механизмы конденсации: пар – кристалл (ПК), пар – жидкость – кристалл (ПЖК). Коалесценция и коагуляция.

6. Влияние размера зерна на механические электрические и магнитные свойства.

Зависимость размера зерен от температуры подложки и толщины пленки. Изменение размера зерна в зависимости от отношения $T_n/T_{пл}$ для тонких и толстых пленок. Влияние температуры подложки в процессе осаждения на изменение плотности большеугловых границ. Изменение поверхностей раздела в зависимости от размера зерна. Анизотропное и гигантское магнитосопротивление. Продольный, поперечный и перпендикулярный магниторезистивный эффект. Осцилляции магнитосопротивления, коэрцитивной силы и поля насыщения в тонкопленочных, многослойных структурах.

III. Перечень вопросов
государственного экзамена по направлению подготовки
11.03.04 Электроника и наноэлектроника,
профиль
«Нанотехнологии в электронике»

1. Типы связи в кристаллах. Энергия связи. Строение и свойства инертных, ионных, ковалентных кристаллов и кристаллов с металлической связью.
2. Динамика решетки. Колебательные моды одноатомной решетки. Понятие фонона, максимальная частота колебаний решетки.
3. Элементы физической статистики. Вырожденные и невырожденные коллективы. Критерий невырожденности. Функция распределения для вырожденного газа фермионов. Энергия Ферми, температура Ферми.
4. Влияние температуры на распределение Ферми-Дирака. Невырожденный электронный газ.
5. Тепловые свойства твердых тел. Понятие о нормальных колебаниях решетки; акустические, оптические колебания. Частота Дебая, температура Дебая.
6. Теплоемкость твердого тела. Закон Дюлонга и Пти, закон Дебая. Теплоемкость электронного газа.
7. Энергетические зоны полупроводников.
8. Собственные полупроводники. Примесные полупроводники. Время жизни неравновесных носителей заряда.
9. Процессы переноса зарядов в полупроводниках.
10. Электропроводность полупроводников в сильных электрических полях. Зависимость удельной проводимости от напряженности внешнего электрического поля.
11. Фотоэлектрические явления в полупроводниках.
12. Электронно-дырочный p-n переход. Токи через электронно-дырочный p-n переход.
13. Методы формирования и классификация электронно-дырочных p-n переходов. Распределение напряженности электрического поля и потенциала в электронно-дырочном переходе.
14. Диод. Структура и основные элементы. Вольт-амперная характеристика диода (качественный вывод)
15. Туннельный, лавинный и тепловой пробой диодов.
16. Процессы в диодах при больших прямых токах. Переходные процессы в диодах.
17. Структура и основные режимы работы биполярных транзисторов. Распределение носителей зарядов в биполярных транзисторах.
18. Полевые транзисторы с управляющим переходом и изолированным затвором. Входные и выходные характеристики полевых транзисторов с управляющим переходом.

19. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы. Термоэлектрические приборы.
20. Основные характеристики КМОП-технологии, в том числе полевого транзистора и КМОП-инвертора.
21. Термическое окисление как физико-технологический процесс формирования интегральных схем.
22. Диффузия как основной механизм формирования интегральных схем.
23. Роль ионной имплантации в физико-технологическом процессе формирования интегральных схем.
24. Методы осаждения пленок, основные характеристики. Тонкопленочная терминология.
25. Фотолитографический процесс – от паровой обработки до мягкого прогрева.
26. Процессы травления. Виды и параметры травления. Контроль мер качества при травлении.
27. Электронная и дырочная проводимость в полупроводниках. Примеси донорные и акцепторные. Величина подвижности в собственном, примесном, компенсированном полупроводнике.
28. Приближение сильной связи. Образование энергетических зон в кристалле. Число уровней. Ширина зоны. Вырожденные и гибридные зоны.
29. Функции Ферми-Дирака. Уровень Ферми. Зависимость концентрации носителей заряда от температуры в собственном полупроводнике.
30. Неравновесные носители заряда в полупроводниках.
31. Зависимость $E(k)$ для простой кубической решетки. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электронов и дырок.
32. Кинетические явления в полупроводниках. Явления переноса в полупроводниках – электропроводность.
33. Контактные явления в полупроводниках. Контактная разность потенциалов: методы измерения, природа.
34. Теория тонкого P-N перехода. P-N переход в равновесии. Применение P-N перехода: диод, триод.
35. Методы получения фуллеренов и углеродных нанотрубок.
36. Формирование тонких пленок, нанопроволок, квантовых точек и наночастиц.
37. Нанопористые материалы: нанопористые мембраны, цеолиты и пористый кремний.
38. Наноккомпозиты: матричные наноккомпозиты и сверхрешетки.
39. Наносуспензии, наноэмульсии, наноаэрозоли. Золь-гель технология и осаждение из коллоидных растворов.
40. Органические молекулы, супермолекулы, мицеллы, липосомы и биомолекулы.

41. Методы литографии для наноразмерных структур. Резисты для оптической литографии и нанолитографии. Методы зондовой нанолитографии.
42. Сканирующие зондовые микроскопы. Сканирующий туннельный микроскоп.
43. Атомно-силовая микроскопия.
44. Зондовые нанотехнологии в электронике. Атомные и кластерные манипуляции. Углеродные наноструктуры.
45. Макро- и микроскопические принципы фазовых переходов I и II рода.
46. Основные термодинамические потенциалы. Условие равновесия для них. Правило фаз Гиббса. Структура твердых растворов.
47. Системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях. Фазовые диаграммы с экстремальными точками, правило Ван-дер-Ваальса.
48. Системы с ограниченной растворимостью в твердом состоянии. Кристаллизация в точке эвтектики, в точке перитектики.
49. Системы с промежуточными фазами. Превращения в твердом состоянии.
50. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Атомная теория роста кристаллов.
51. Прямая и обратная двумерная решетка. Построение Эвальда для дифракции на поверхности. Индексы Миллера для обозначения плоскостей в кристалле.
52. Индексы Миллера для обозначения плоскостей в кристалле. Определение решетки поверхности по картине дифракции медленных электронов. Способы описания суперрешетки реконструированной поверхности.
53. Фазовые диаграммы. Фазовые диаграммы для представления условий формирования поверхностных фаз. Поверхностные фазы в субмонослойных системах адсорбат/подложка.
54. Поверхности с адсорбатами: физическая и химическая адсорбция. Типы фазовых переходов в субмонослойных системах адсорбатов.
55. Состав поверхностных фаз: покрытие адсорбата, покрытие атомов подложки, экспериментальные методы определения состава. Процессы адсорбции и десорбции на поверхности.
56. Структурные дефекты поверхности: типы дефектов, реальные примеры (адатомы, вакансии, дефекты замещения, дислокации, доменные границы, ступени).
57. Термодинамическая теория конденсации.
58. Статистическая теория конденсации.
59. Микрокинетическая теория конденсации.
60. Теория гетерогенного образования зародышей.
61. Основные типы морфологических изменений.

62. Влияние размера зерна на механические электрические и магнитные свойства.

63. Гетероструктурные биполярные транзисторы: гетероэмиттер, база и коллектор, транзисторы на структуре AlGaAs/GaAs.

64. Баллистические транзисторы с гетероструктурными барьерами: туннельный транзистор на горячих электронах, транзисторы с планарно-легированными барьерами, БЭТ с варизонным эмиттером, транзистор с индуцированной базой, транзистор с двумерной базой.

65. Полевые транзисторы на гетероструктурах с селективным легированием (ПТ ГСЛ): прямая, обратная и многоканальные структуры, нормально открытые и нормально закрытые структуры, достоинства и недостатки ПТ ГСЛ.

66. Транзисторы на горячих электронах: транзисторы с баллистической инжекцией электронов. Аналоговые транзисторы: транзисторы с проникающей и металлической базами.

67. Транзисторы на квантовых эффектах: резонансное туннелирование через двойной барьер с квантовой ямой и сверхрешетку, транзисторы с ДБКС-эмиттером. биполярные транзисторы с резонансным туннелированием, полевые транзисторы с резонансным туннелированием.

IV. Рекомендации обучающимся по подготовке к государственному экзамену

Подготовка к сдаче экзамена проводится в соответствии с графиком учебного процесса, по вопросам настоящей программы. Рекомендации по литературе для подготовки к сдаче государственного экзамена согласно рабочим программам дисциплин, содержание которых выносятся на государственный экзамен, приведены.

Рекомендуемая литература и информационно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Бормонтов Е.Н., Хухрянский М.Ю. Статистика электронов и дырок в полупроводниках: Учебное пособие по лекционному курсу "Физика полупроводников" // Воронеж: Изд-во ВГУ, 2006, 31 с.
<http://window.edu.ru/resource/207/27207>
2. Барыбин А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Барыбин А.А.— Электрон. текстовые данные // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, 424 с.
<http://www.iprbookshop.ru/12972> // ЭБС «IPRbooks»
3. Бутягин П.Ю., Химическая физика твердого тела // М.: Изд. МГУ, 2006, 270 с.
4. Введение в процессы интегральных микро - и нанотехнологий: учебное пособие для вузов: в 2т // Под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010-2011. - (Нанотехнологии). Т.1: Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Ю.Д.Чистяков, Ю.П.Райнова. - 392с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:298095&theme=FEFU>
5. К. Оура, В.Г. Лифшиц, А.А. Саранин, А.в. Зотов, М. Катаяма. Введение в физику поверхности // М.: Наука, 2006, 490 с.
6. Григорьев Ф.И. Осаждение тонких пленок из низкотемпературной плазмы и ионных пучков в технологии микроэлектроники: Учебное пособие // М., Моск. гос. ин-т электроники и математики, 2006. - 36 с.
<http://window.edu.ru/resource/783/76783>
7. Громов Д.Г. Металлизация ультрабольших интегральных схем: учебное пособие // М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009, 277с.
8. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии // М. ФИЗМАТЛИТ, 2005, 416 с.
9. Д. Херлах., П. Галенко, Д. Холланд-Мориц. Метастабильные материалы из переохлажденных расплавов // М., Ижевск: институт компьютерных исследований, 2010, 482 с.
10. Дубровский В.Г. Теоретические основы технологии полупроводниковых наноструктур: Учебное пособие // СПб.: СПб ГПУ, 2006, 347 с.
<http://window.edu.ru/resource/346/63346>
11. Ефремов А.М., Светцов В.И., Рыбкин В.В. Вакуумно-плазменные процессы и технологии: Учебное пособие // Иваново, ГОУ ВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2006, 260 с.
<http://window.edu.ru/resource/529/69529>
12. Зи С. Физика полупроводниковых приборов // М.: Мир, 1984, 567 с.
13. Игумнов Д.В., Костюнина Г.П. Основы полупроводниковой

электроники: Учебное пособие // М.: Горячая линия – Телеком, 2011, 393 с.:
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:674377&theme=FEFU>

14. Клюев С.А. Макромолекулы // Геленджик: ЮО ИО РАН, 2012, 121 с.
<http://window.edu.ru/resource/756/76756>

15. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Под ред. В.С. Чередниченко // М.: Омега-Л, 2006, 752 с.

16. Морозов А.И. Физика твердого тела. Кристаллическая структура. Фононы: Учебное пособие // М.: МИРЭА, 2006, 151 с.
<http://window.edu.ru/resource/033/47033>

17. Нанотехнологии в физике. Изучение структурных типов углеродных нанотрубок: учебно-методическое пособие // Воронеж : ЛОП ВГУ, Воронеж. гос. ун-т; сост.: Л.А. Битюцкая, Е.С. Машкина, Е.Н. Бормонтов, 2006, 38 с.

<http://window.edu.ru/resource/528/73528>

18. Каменская А.В. Основы технологии материалов микроэлектроники //Новосиб.: НГТУ, 2010, 96 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=546218>

19. Перлин Е.Ю., Вартанян Т.А., Федоров А.В. Физика твердого тела. Оптика полупроводников, диэлектриков, металлов: Учебное пособие // СПб: СПбГУ ИТМО, 2008, 216 с.

<http://window.edu.ru/resource/408/54408>

20. Плотников В.П. Физика проводников и диэлектриков. Учебное пособие // Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2006, 80 с.

<http://window.edu.ru/resource/782/21782>

21. Рудской А.И. Нанотехнологии в металлургии // СПб.: Наука, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2007, - 185 с.

<http://window.edu.ru/resource/788/73788>

22. Серба П.В., Мирошниченко С.П. Учебное пособие по курсу "Кристаллография". Контроль параметров микроструктуры материалов методами дифракционного анализа // Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009, 40 с.
<http://window.edu.ru/resource/950/73950>

23. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Физические основы электроники. Учебное пособие // СПб.: изд-во «Лань», 2013, 560 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5856

24. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие . Под общ. редакцией Л.Н. Патрикеева // М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008, 431 с.

<http://window.edu.ru/resource/622/64622>

25. Теплухин Г.Н., Теплухин В.Г., Теплухина И.В. Материаловедение: учебное пособие // СПб., ГОУ ВПО СПбГТУРП, 2010, 169 с.
<http://window.edu.ru/resource/152/76152>

26. Толмачев В.В., Скрипник Ф.В. Физические основы электроники. Учебное пособие // М.: Регулярная и хаотическая динамика, 2011, 496 с. <http://www.iprbookshop.ru/16656>

27. Шевченко О.Ю. Основы физики твердого тела: Учебное пособие // СПб: СПбГУ ИТМО, 2010, 76 с. <http://window.edu.ru/resource/613/69613>

28. В. А. Юзова, О. В. Семенова, П. А. Харлашин. Материалы и компоненты электронных средств [Электронный ресурс] : лаб. практикум // Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012, 140 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=442958>

29. Юраков Ю.А. Получение тонких пленок сложного состава методом испарения и конденсации в вакууме: Учебно-методическое пособие для вузов // Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008, 18 с. <http://window.edu.ru/resource/535/65535>

30. Яценко О.Б., Чудотворцев И.Г., Шаров М.К. Основы физики и химии полупроводников: Учебное пособие. Ч.2 // Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2007, 50 с. <http://window.edu.ru/resource/282/59282>

Дополнительная литература

1. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений // М. Издательский центр «Академия», 2005, 192с.

2. Анищик В.М. и др. Наноматериалы и нанотехнологии / Под ред. В.Е. Борисенко, Н.К. Толочко // Минск: Изд. Центр БГУ, 2008, 375с.

3. Байков Ю.А., Кузнецов В.М., Физика конденсированного состояния // М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011, 294 с.

4. "Технология тонких пленок" (справочник)/ под ред. Л.Майссела, Р. Глэнга. Перевод с англ. Под ред М.и. Елинсона, Г.Г. Смолко // М.: Советское радио. 1977. Том I, 653 с., том II, 753 с.

5. "Физика тонких пленок" (Современное состояние исследований и технические применения)/ Перевод с англ. Под общей редакцией М.Х. Франкомба, Р.У. Гофмана // М.: Мир , 1973 . Тома I, II, III, IV, V, VI.

6. А.А. Абрикосов. Основы теории металлов // М.: Наука, 1987

7. А.С. Давыдов Теория твёрдого тела // М.: Наука, 1976, 640 с.

8. Андо Т., Фаулер А., Стерн Ф. Электронные свойства двумерных систем // М.: Мир, 1985, 416 с.

9. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. 1, 2. // М., Мир, 1979.

10. Баррет Ч.С., Массальский Т.Б. Структура металлов. Ч. 1,2.// М., Metallurgia, 1984.

11. Березин А.С., Мочалкина О.Р. Технология и конструирование интегральных микросхем/ Под ред. И.П. Степаненко // М.: Радио и связь. 1983.

12. Бобылев Ю.Н. Физические основы электроники: Учебное пособие // М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2005. 290 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:359536&theme=FEFU>
13. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников // М.: Наука, 1990, 685 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:30032&theme=FEFU>
14. Бормонтов Е.Н., Быкадорова Г.В., Гаврилов А.Е. Моделирование зонной структуры полупроводников: Учебное пособие по лекционному курсу "Физика полупроводников" // Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003, 33 с. <http://window.edu.ru/resource/241/40241>
15. Бродуай И. Мерей Дж. Физические основы микротехнологии // М.: Мир. 1985.
16. Гимпельсон В.Д., Радионов Ю.А. Тонкопленочные микросхемы для приборостроения и вычислительной техники // М.: "Машиностроение" 1976, 328 с.
17. Готра З.Ю. Технология микроэлектронных устройств // М.: Радио и связь 1991.
18. Данилин Б.С. "Вакуумное нанесение тонких пленок" // М.: Энергия. 1967, 312 с.
19. Дж. Блейкмор. Физика твердого тела // М. : Металлургия, 1972, 488 с.
20. Дж. Займан. Принципы теории твёрдого тела // Изд. М.: Мир, 1974, 472 с.
21. Диаграммы фаз в сплавах. Редакторы Л. Беннет, Т. Массалски, Б. Гиссен. // М., Мир, 1986.
22. Дитина З.З. «Лабораторные работы по физике полупроводников и низкоразмерных систем», учебно-методические пособие // Владивосток, изд-во ДВГУ, 2006.
23. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные материалы. Под ред. Ю.Д. Третьякова // М. ФИЗМАТЛИТ. 2010. 456с.
24. Задачи по физике твёрдого тела. Под ред. Г. Дж. Голдсмида // М.:Наука, 1976, 432 с.
25. Иванова В.С., Баланкин А.С., Бунин И.Ж., Оксогонов А.А. Синергетика и фракталы в материаловедении // М., Наука, 1994.
26. Ивановский Г.Ф., Петров И.В. Ионно-плазменная обработка материалов // М.: Радио и связь. 1986.
27. Ионная имплантация полупроводниковых и других материалов Сб. статей/ Под ред. В.С.Вавилова // М.: Мир, 1980.
28. Киреев П.С. Физика полупроводников // М. Высшая школа, 1975, 584 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:411006&theme=FEFU>
29. Ковтун Г.Л., Вережкин А.Л. Наноматериалы: технологии и материалы: Обзор // Харьков:ННЦ ХФТИ, 2010, 73с.
30. Косевич А.М. Дислокации в теории упругости // Киев.: Наукова думка, 1978, 220 с.

31. Крапихин В.В., Соколов И.А., Кузнецов Г.Д. Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов // М.: Металлургия, 1982.
32. Кремер Г. Гетероструктурные биполярные транзисторы и интегральные схемы // ТИИЭР, 1982, т. 70, №1, с. 17-32.
33. Кучис Е.В. Методы исследования эффекта Холла // М.: Советское радио, 1974, 328с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:669245&theme=FEFU>
34. Лахтин Ю.М., Леонтьев В.П. Материаловедение // Ленинград, Машиностроение, 1980.
35. Мак Лин Д. Границы зерен в металлах // М.:ГНТИ литературы по черной и цветной металлургии. 1960, 431 с.
36. Метфесель С. Тонкие пленки, их изготовление и измерение // М.: Государственное энергетическое из-во, 1963, 272 с.
37. Мищенко С.В., Ткачев А.Г. Углеродные наноматериалы. Производство, свойства, применение // М. Машиностроение, 2008, 320с.
38. Мозберг Р.К. Материаловедение // М.: Высшая школа, 1991.
39. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твёрдого тела // М.: Мир, 1979. Часть 1, 2.
40. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. М.: Высшая школа, 1987, 239с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:412667&theme=FEFU>
41. Палатник Л.С., Фукс М.Я., Косевич В.М. Механизм образования и субструктура конденсированных пленок // М.:Наука. 1972, 348 с.
42. Парфенов О.Д. Технология микросхем // М.: Высшая школа. 1986.
43. Пожела Ю. Физика сверхбыстродействующих транзисторов // Вильнюс, Моклас, 1989, 261 с.
44. Практикум по полупроводникам и полупроводниковым приборам. Под ред. Шалимовой К.В. // М.: Энергоатомиздат, 1967, 483с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:245947&theme=FEFU>
45. Практикум по полупроводникам и полупроводниковым приборам. Под ред. Шалимовой К.В. // М.: Энергоатомиздат, 1967, 483с.
46. Р. Уайт, Т. Джебелл. Дальний порядок в твёрдых телах. Изд. М.: Мир, 1982, 448 с.
47. В.Г. Лифшиц, Ю.В. Луняков. Спектры ХПЭЭ поверхностных фаз // Владивосток.: Дальнаука, 2004, 314 с.
48. Трутко А.Ф. Методы расчета транзисторов // М.: Энергия, 1971. 272 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:775566&theme=FEFU>
49. Турусов Л.И., Холмянский В.А. Островковые металлические пленки // М.: Металлургия, 1973, 320 с.
50. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. Физика металлов: атомное строение металлов и сплавов. // М., Атомиздат, 1978.
51. Физическое материаловедение. Под редакцией Кана. Т. 1, 2, 3. // М., Мир, 1967, 1986.

52. Хирс Дж., Лоте И. Теория дислокаций // М.: Атомиздат. 1972, 600 с.
53. Ч. Киттель. Введение в физику твёрдого тела // Изд. М.: Мир, 1978, 792 с.
54. Ч. Киттель. Квантовая теория твердых тел // Изд. М.: Мир, 1967, 492 с.
55. Шалимова К.В. Физика полупроводников // М.: Энергоатомиздат., 1985, 391 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:246339&theme=FEFU>
56. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат., 1985, 391 с.
57. Шульце Г. Металлофизика. // М., Мир, 1971.
58. Электронные приборы: Учебник для вузов / Дулин В.Н., Аваев Н.А., Демин В.П. и др.; под ред. Г.Г. Шишкина // М.: Энергоатомиздат, 1989. 496 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:666585&theme=FEFU>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. <http://www.nanoink.net>
2. <http://www.ioffe.ru/journals/>
3. <http://www.mikrosystems.ru>
4. <http://www.isstp.issi.ru>
5. <http://silicon.dvo.ru/>
6. <http://www.nanometer.ru>