



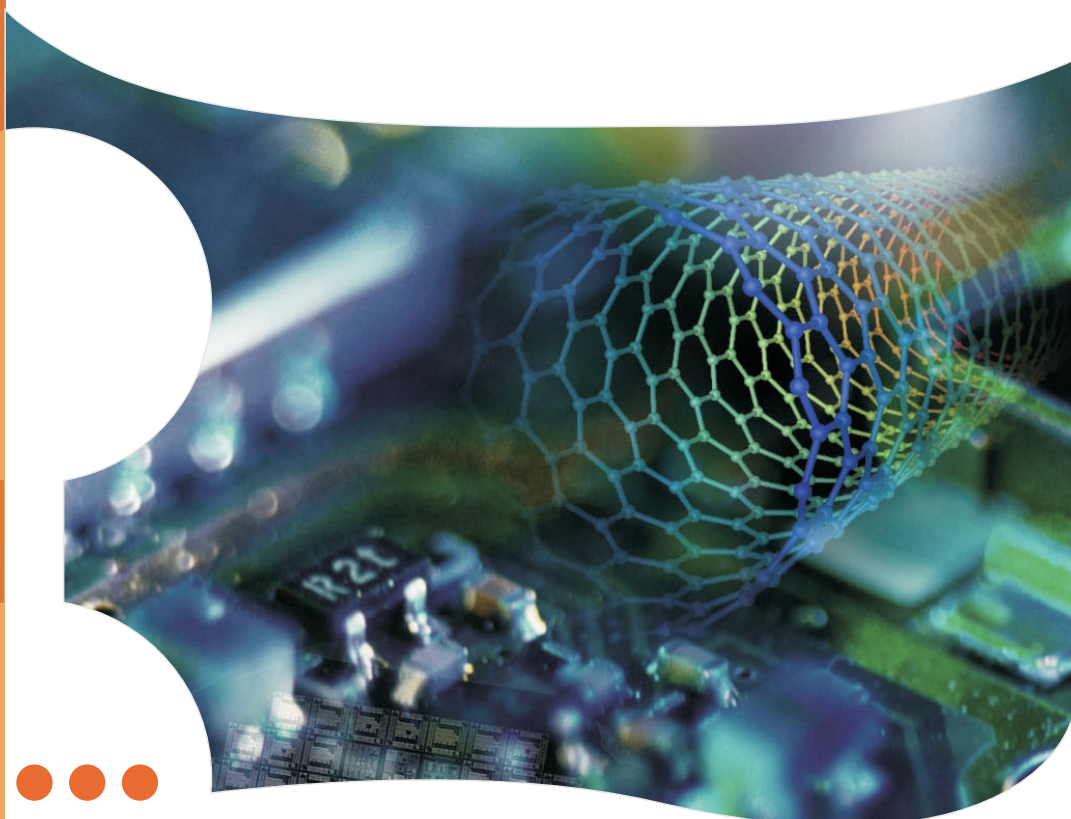
СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY

Электронный учебно-методический комплекс

Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники

- Учебная программа дисциплины
 - Курс лекций
 - Лабораторный практикум
 - Пособие по курсовой работе
 - Методические указания по самостоятельной работе
 - Банк тестовых заданий в системе UniTest



Красноярск
ИПК СФУ
2009

УДК 621.38(075)
ББК 32.85я73
Ю20

Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» подготовлен в рамках реализации Программы развития федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ) на 2007–2010 гг.

Рецензенты:

Красноярский краевой фонд науки;

Экспертная комиссия СФУ по подготовке учебно-методических комплексов дисциплин

Ю20 Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники [Электронный ресурс]: учеб. программа дисциплины / сост.: В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электрон. дан. (2 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092–2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). – 1 электрон. опт. диск (DVD). – Систем. требования: *Intel Pentium* (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод *DVD*; операционная система *Microsoft Windows XP SP 2 / Vista* (32 бит); *Adobe Reader 7.0* (или аналогичный продукт для чтения файлов формата *pdf*).

ISBN 978-5-7638-1686-0 (комплекса)

Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320902505 (комплекса)

Настоящее издание является частью электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники», включающего курс лекций, лабораторный практикум, пособие по курсовой работе, методические указания по самостоятельной работе, контрольно-измерительные материалы «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Банк тестовых заданий», наглядное пособие «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Презентационные материалы».

В учебной программе приведены тематический план занятий (модули, темы, виды занятий по дисциплине и их объем в зачетных единицах/часах), методические материалы по дисциплине, график учебного процесса и самостоятельной работы.

Предназначена для студентов направления подготовки магистров 210100.68 «Электроника и микроэлектроника» укрупненной группы 210000 «Электроника, радиотехника и связь», а также для преподавателей, ведущих учебные занятия по дисциплине.

© Сибирский федеральный университет, 2009

Рекомендовано к изданию Инновационно-методическим управлением СФУ

Редактор Л. И. Вейсова

Разработка и оформление электронного образовательного ресурса: Центр технологий электронного обучения Информационно-телекоммуникационного комплекса СФУ; лаборатория по разработке мультимедийных электронных образовательных ресурсов при КрЦНИТ

Содержимое ресурса охраняется законом об авторском праве. Несанкционированное копирование и использование данного продукта запрещается. Встречающиеся названия программного обеспечения, изделий, устройств или систем могут являться зарегистрированными товарными знаками тех или иных фирм.

Подп. к использованию 30.11.2009

Объем 2 Мб

Красноярск: СФУ, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79

Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
1.1. Цель преподавания дисциплины	5
1.2. Задачи изучения дисциплины	5
1.2.1. Задачи профессиональной деятельности магистра, реализуемые при изучении дисциплины	5
1.2.2. Требования к результатам освоения дисциплины	7
1.3. Межпредметная связь	10
2. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ	11
3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	12
3.1. Модули, темы, виды занятий по дисциплине и их объем в зачетных единицах/часах (тематический план занятий)	12
3.2. Содержание модулей и тем лекционного курса общей трудоемкостью 1,0 з. е./36 ч (в зачетных единицах/часах)	13
3.3. Практические занятия	16
3.4. Лабораторные занятия	16
3.5. Самостоятельная работа	20
3.5.1. Самостоятельное изучение теоретического материала	21
3.5.2. Самостоятельная работа студентов по лабораторным работам	22
3.5.3. Курсовая работа	24
3.6. Содержание модулей дисциплины при использовании системы зачетных единиц	26
4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	27
4.1. Основная и дополнительная литература, информационные ресурсы	27
4.1.1. Основная литература	27
4.1.2. Дополнительная литература	28
4.1.3. Периодическая литература	30
4.1.4. Информационные ресурсы	30
4.2. Перечень наглядных и других пособий, методических указаний и материалов к техническим средствам обучения	32
4.3. Программное обеспечение (лицензионное)	33
4.4. Контрольно-измерительные материалы	33
4.4.1. Входной контроль	34
4.4.2. Самоконтроль	34

4.4.3. Итоговый контроль	35
5. Организационно-методическое обеспечение учебного процесса по дисциплине в системе зачетных единиц	36
6. График учебного процесса и самостоятельной работы	38
Приложение 1	40
Приложение 2	42
Приложение 3	44
Приложение 4	45

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель преподавания дисциплины

Дисциплина «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» относится к дисциплинам магистерской подготовки, формирующим современную точку зрения на приоритетные направления развития электроники и средства реализации идей микро- и нанoeлектроники. Данная дисциплина изучается в 10-м семестре.

В области воспитания личности целью подготовки по данной дисциплине является формирование социально-личностных качеств студентов: целеустремленности, организованности, трудолюбия, ответственности, гражданственности, коммуникативности, толерантности.

Дисциплина «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» в соответствии с Учебными планами направления подготовки магистров ФГОС ВПО-3 210100.68 «Электроника и нанoeлектроника» относится к дисциплинам профессионального цикла подготовки (М.З).

1.2. Задачи изучения дисциплины

К **задачам изучения** дисциплины относится получение **знаний** по основным направлениям развития электроники и нанoeлектроники, **умений** применять данные знания для создания новых твердотельных, в том числе низкоразмерных сред при производстве электронных устройств нового поколения, **овладение** методами экспериментального исследования, сведениями о современных технологиях изготовления устройств нанoeлектроники.

1.2.1. Задачи профессиональной деятельности магистра, реализуемые при изучении дисциплины

А. Проектно-конструкторская деятельность. Проведение патентных исследований с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений и патентоспособности и определения показателей технического уровня проектируемых изделий.

Составление описаний принципов действия и устройства проектируемых электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, описаний технологических процессов изготовления материалов

и изделий электронной техники с обоснованием принятых технических решений.

Разработка эскизных, технических и рабочих проектов изделий электронной техники с использованием современных средств автоматизации проектирования, передового опыта разработки конкурентоспособных изделий.

Проведение технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектируемых изделий и конструкций.

Разработка методических документов, технической документации, а также предложений и мероприятий по реализации разработанных проектов и программ.

Б. Проектно-технологическая деятельность. Проектирование технологических процессов с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства.

Метрологическое обеспечение технологических процессов, выбор методов и средств контроля качества материалов и изделий электронной техники, их сертификация.

Оценка экономической эффективности технологических процессов.

Разработка мероприятий по комплексному использованию сырья, замене дефицитных материалов и изыскание способов утилизации отходов производства.

Выбор систем обеспечения экологической безопасности производства.

В. Научно-исследовательская деятельность. Разработка рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок, подготовка отдельных заданий для исполнителей.

Сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи.

Разработка методики, проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов.

Разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере.

Подготовка научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований.

Фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности.

Г. Организационно-управленческая деятельность. Организация работы коллектива исполнителей, принятие исполнительских решений в условиях спектра мнений, определение порядка выполнения работ.

Поиск оптимальных решений при создании продукции с учетом требо-

ваний качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты.

Профилактика производственного травматизма, профессиональных заболеваний, предотвращения экологических нарушений.

Подготовка отзывов и заключений на проекты.

Поддержка единого информационного пространства планирования и управления предприятием на всех этапах жизненного цикла производимой продукции.

Управление программами освоения новой продукции и технологии.

Координация работы персонала для комплексного решения инновационных проблем.

1.2.2. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины и на основе предварительно изученных дисциплин студент должен **знать**:

- физическую сущность влияния поверхностных состояний на характеристики устройств микро- и наноэлектроники;
- возможности лучевых технологий;
- преимущества молекулярно-лучевой эпитаксии и эпитаксии из металлоорганических соединений в реализации устройств микро- и наноэлектроники;
- квантовый характер эффекта размерного ограничения при создании устройств;
- перспективность метода химической сборки для создания наноструктур;
- свойства низкоразмерного кремния, их приложение в рамках единой кремниевой технологии;
- проблемы современной электроники больших мощностей;
- технологические аспекты высокотемпературной полупроводниковой электроники;
- решения по теплоотводу с помощью современных перспективных материалов;
- критерии оценки радиационной надежности электронной техники;
- элементную базу микроволновых систем (инжекционные лазеры, нанолазеры, сверхяркие светодиоды и т. д.);
- принципы осуществления спутниковой, мобильной и сотовой связи;
- перспективные направления электроники.

Уметь:

- оценивать состояние различных направлений развития электроники;
- видеть диалектическую преемственность микро- и наноэлектроники;

- видеть перспективу в развитии различных направлений электроники;
- использовать современные информационные и компьютерные технологии для оценки количественных и качественных показателей состояния поверхности твердого тела и прогноза характеристик твердого тела;
- использовать справочные данные по электрофизическим параметрам материалов микро – и наноэлектроники;
- строить физическую модель поверхности;
- измерять поверхностный потенциал;
- самостоятельно приобретать новые знания;
- нейтрализовать продукты химических реакций после подготовки поверхности к измерениям и последующим технологическим операциям;
- моделировать наноструктуры с использованием отечественного и зарубежного опыта;
- формулировать задачи исследования на этапе экспериментального создания твердотельной среды с требуемыми свойствами;
- разрабатывать технологический алгоритм формирования твердотельной среды для получения электронного устройства;
- решать экологические задачи при создании наноразмерных сред;
- приобретать навыки работы в творческом коллективе;
- отстаивать публично свою точку зрения;
- готовить материалы к докладам и публикациям.

Обладать следующими компетенциями:

а) универсальными:

• общенаучными (ОНК):

ОНК-1 – понимание определяющей роли науки в развитии цивилизации, владение методологией научного познания и готовность использовать ее в профессиональной сфере деятельности;

ОНК-2 – способность анализировать, критически осмысливать и систематизировать передовой отечественный и зарубежный научный опыт в профессиональной сфере деятельности;

ОНК-3 – способность видеть тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, предлагать новые области научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению задач в профессиональной сфере деятельности.

• инструментальными (ИК):

ИК-1 – знать и уметь использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной и образовательной сфер деятельности;

ИК-2 – способность организовывать и руководить работой коллектива исполнителей, уметь формулировать цели и задачи работы, предлагать

эффективные методы их решения, обеспечивать работу необходимыми ресурсами и оценивать результаты работы на соответствие сформулированным целям.

- **социально-личностными и общекультурными (СЛК):**

СЛК-1 – способность к постоянному самообучению и самосовершенствованию в профессиональной и социально-общественных сферах деятельности;

СЛК-2 – способность прогнозировать и анализировать социально-экономические, гуманитарные и экологические последствия научных открытий и новых технических решений.

- **б) профессиональными:**

- **проектно-конструкторскими (ПКД):**

ПКД-1 – знать и владеть принципами построения физических и математических моделей высокого уровня, уметь формулировать критерии оптимальности и владеть методами оптимального проектирования приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.

- **проектно-технологическими (ПТД):**

ПТД-1 – способность разрабатывать технические задания, эскизные и технические проекты на изготовление приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения на основе базовых конструкций и базовых технологических процессов;

ПТД-2 – знать и владеть методами контроля соответствия эксплуатационных характеристик объекта производства требованиям технического задания, уметь применять современные системы управления качеством выпускаемой продукции.

- **научно-исследовательскими (НИД):**

НИД-1 – готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач;

НИД-2 – уметь с использованием современных языков программирования разрабатывать и обеспечивать программную реализацию эффективных алгоритмов решения сформулированных задач;

НИД-3 – знать и владеть принципами планирования и автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, владеть навыками измерений в реальном времени.

- **организационно-управленческими (ОУД):**

ОУД-3 – способность разрабатывать планы и программы реализации

инновационной деятельности предприятия, разрабатывать и управлять программами освоения новых технологий и выпуска новой продукции.

1.3. Межпредметная связь

Таблица 1

Дисциплина	Разделы, знание которых необходимо при изучении дисциплины
Физика конденсированного состояния	Основные постулаты и положения квантовой теории; туннельный эффект; строение атома и связь с периодической системой элементов Менделеева; высокотемпературная сверхпроводимость и простейшие устройства на ее основе
Физические основы электроники	Основы физики вакуума, плазмы и твердого тела; принципы использования физических эффектов в вакууме, плазме и в твердом теле, в приборах и устройствах вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники
Нанoeлектроника	Физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания; особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах нанoeлектроники, их классификация
Основы технологии электронной компонентной базы	Методы экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники и нанoeлектроники. Технология изготовления элементов электронной техники. Основные тенденции развития электронной компонентной базы
Материалы электронной техники	Классификация твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики; основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, механизмы протекания тока

Дисциплина «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» входит в пакет дисциплин, формирующих фундаментальное образование магистров по направлению 210100.68 «Электроника и нанoeлектроника». В [табл. 1](#) приведены названия предметов и разделов, которые необходимо усвоить для изучения дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники».

Дисциплина «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» является основной для изучения дисциплин: «Материалы дисплейных устройств», «Нанокomпозиты», «Оптоэлектроника», которые читаются позже.

2. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Объем дисциплины и виды учебной работы приведены в [табл. 2](#).

Таблица 2

Вид учебной работы	Объем дисциплины, часов / зачетных ед.	Семестр
	Всего	10-й
Общая трудоемкость дисциплины	108/3	108/3
Аудиторные занятия:	54/1,5	54/1,5
лекции	36/1	36/1
практические занятия (ПЗ)	–	–
семинарские занятия (СЗ)	–	–
лабораторные работы (ЛР)	18/0,5	18/0,5
Самостоятельная работа:	54/1,5	54/1,5
изучение теоретического курса (ТО)	9/0,25	9/0,25
подготовка и сдача лабораторных	9/0,25	9/0,25
курсовая работа:	36/1	36/1
расчетно-графические задания (РГЗ)	–	–
реферат	–	–
Задачи	–	–
Задания	–	–
Другие виды самостоятельной работы	–	–
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	зачет	зачет

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Модули, темы, виды занятий по дисциплине и их объем в зачетных единицах/часах (тематический план занятий)

Тематический план занятий приведен в виде [табл. 3](#).

Таблица 3

№ п/п темы	Модуль и тема дисциплины	Лекции, зачетные единицы (часы)	ЛР, зачетные единицы (часы)	Самостоятельная работа, зачетные единицы (часы)	Формируемые компетенции
	Модуль 1. Современные тенденции реализации микро- и наноструктур	0,4 (14)	0,22 (8)	0,68(24)	ОНК-1, ОНК-2, ИК-1, ИК-2, СЛК-1, СЛК-2 НИД-1, НИД-2, НИД-3
1	Тема 1.1. Поверхностные и межфазные границы	0,11 (4)	0,11 (4)	0,06 (2)	
2	Тема 1.2. Перспективные технологии формирования микро- и наноструктур	0,17 (6)	0,11 (4)	0,56 (20)	
3	Тема 1.3. Квантовые основы наноинженерии	0,12 (4)		0,06 (2)	
	Модуль 2. Технологические аспекты создания устройств электроники и нанoeлектроники	0,6 (22)	0,28 (10)	0,82(30)	ОНК-3, ИК-1, ИК-2, СЛК-1, СЛК-2, ПДК-1, ПТД-1, ПТД-2, НИД-1, НИД-2, ОУД-3
4	Тема 2.1. Технология квантоворазмерных систем	0,17 (6)	0,11 (4)	0,56 (20)	
5	Тема 2.2. Реализация устройств на основе высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП)	0,11 (4)		0,06 (2)	
6	Тема 2.3. Микроволновые и оптоэлектронные технологические и энергетические системы	0,16 (6)			ОНК-2, ОНК-3, ИК-1, ИК-2, НИД-1, НИД-2, ОУД-3
7	Тема 2.4. Проблемы экстремальной электроники	0,17 (6)	0,17 (6)	0,22 (8)	
	Итого:	1 (36)	0,5 (18)	1,5 (54)	

3.2. Содержание модулей и тем лекционного курса общей трудоемкостью 1,0 з. е./36 ч (в зачетных единицах/часах)

Модуль 1

Современные тенденции реализации микро- и наноструктур.

Объем: 0,4 з. е./14 ч – аудиторные занятия;

0,06 з. е./2 ч – самостоятельная работа.

Тема 1.1. Поверхностные и межфазные границы (аудиторные занятия – 0,11 з. е./4 ч; самостоятельная работа по теоретическому изучению темы – 0,06 з. е./2 ч).

Лекция 1 (2 ч – аудиторные занятия). Роль поверхности в создании устройств микро- и нанoeлектроники. Поверхность и ее свойства. Поверхностный потенциал. Поверхностные состояния. Уровни Тамма. Быстрые и медленные поверхностные состояния.

Лекция 2 (2 ч – аудиторные занятия, 2 ч – самостоятельная работа). Микро- и наноразмерные атомные кластеры в полупроводниках и их свойства. Микрокластеры и их энергетическое состояние. Методы получения и применения структур с атомными кластерами. Межфазные границы и их свойства.

Самостоятельное изучение 0,06 з. е./2 ч:

1. Возможность формирования структур с минимальным рассогласованием по параметрам решетки.

2. Напряженные полупроводниковые структуры, их свойства и применение.

3. Выбор материалов полупроводниковых гетеропар, их электрофизические свойства.

4. Гетеропереход $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ как модельный элемент микро- и нанoeлектроники.

Тема 1.2. Перспективные технологии формирования микро- и наноструктур (аудиторные занятия – 0,17 з. е./6 ч).

Лекция 3 (2 ч – аудиторные занятия). Технологические возможности перспективных видов эпитаксии. Достижения молекулярно-лучевой эпитаксии. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений.

Лекция 4 (2 ч – аудиторные занятия). Создание интегральных устройств методами литографии. Традиционная фотолитография и ее проблемы. Электронно-лучевая литография. Рентгеновская литография.

Лекция 5 (2 ч – аудиторные занятия). Литография высокого разрешения. Методы безмасочной технологии. Перьевая нанолитография. Нанопечатная литография. Электронный и ионный луч как инструмент современной

технологии. Электронно-лучевая технология. Электронный луч для обработки металлов. Ионный луч.

Тема 1.3. Квантовые основы наноинженерии (аудиторные занятия – 0,12 з. е./4 ч).

Лекция 6 (2 ч – аудиторные занятия). Квантовые основы наноинженерии. Понятие эффекта размерного квантования. Принцип квантования и условия наблюдения квантоворазмерных эффектов. Структуры с двумерным электронным газом. Структуры с одномерным электронным газом. Структуры с нуль-мерным электронным газом. Квантовое ограничение. Интерференционные эффекты. Туннелирование.

Лекция 7 (2 ч – аудиторные занятия). Низкоразмерные кремниевые среды. Актуальность использования низкоразмерного кремния в производстве изделий микро- и наноэлектроники. Физические принципы создания низкоразмерного кремния. Условия формирования каналов в кремнии *n*-типа проводимости. Условия формирования наноканалов в кремнии *p*-типа проводимости. Вольтамперные характеристики при формировании низкоразмерного кремния. Структурные модификации пористого кремния. Электрохимические реакции в системе «кремний – электролит». Основные свойства и применения.

Модуль 2

Технологические аспекты создания устройств электроники и наноэлектроники. Объем: 0,6 з. е./22 ч – аудиторные занятия; 0,19 з. е./7 ч – самостоятельная работа.

Тема 2.1. Технология квантоворазмерных систем (аудиторные занятия – 0,17 з. е./6 ч; самостоятельная работа по теоретическому изучению темы – 0,06 з. е./2 ч).

Лекция 8 (2 ч – аудиторные занятия). Технология тонких пленок и многослойных структур. Введение. Механизмы эпитаксиального роста тонких пленок. Жидкофазная эпитаксия. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Установка МЛЭ.

Лекция 9 (2 ч – аудиторные занятия). Квантовая инженерия. Эффект размерного квантования и квантовые точки. Изготовление структур с квантовыми точками. Методы определения СКТ. Лазеры на самоорганизованных квантовых точках.

Лекция 10 (2 ч – аудиторные занятия, 2 ч – самостоятельная работа). Многослойные структуры и наноструктуры. Многослойное осаждение посредством магнетронного распыления. Поверхностные наноструктуры и метод МЛЭ. Получение поверхностных структур МОС-гидридной технологией. Химическая сборка поверхностных наноструктур. Углеродные нанотрубки.

Самостоятельное изучение 0,06 з. е./2 ч:

Низкоразмерные структуры на основе кремния. Пористый кремний. Применение низкоразмерного кремния в технологии изготовления транзисторов и интегральных схем.

Тема 2.2. Реализация устройств на основе высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП), аудиторные занятия – 0,11 з. е./4 ч.

Лекция 11 (2 ч – аудиторные занятия). Физическая природа сверхпроводимости. Свойства сверхпроводников. Теория сверхпроводимости. Теория Бардина – Купера – Шриффера. Эффект Джозефсона. Эффект Мейснера.

Лекция 12 (2 ч – аудиторные занятия). Высокотемпературная сверхпроводимость и ее применение. Явление высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). Материалы с ВТСП. Методы получения ВТСП-пленок. Применение высокотемпературной сверхпроводимости.

Тема 2.3. Микроволновые и оптоэлектронные технологические и энергетические системы (аудиторные занятия – 0,16 з. е./6 ч).

Лекция 13 (2 ч – аудиторные занятия). Микроволны и их природа. История открытия микроволн. Природа микроволн. Сверхвысокочастотная терапия.

Лекция 14 (2 ч – аудиторные занятия). Элементная база микроволновых систем. История создания лазера. Полупроводниковые лазеры. Область применения лазеров. Нанолазеры. Светоизлучающие диоды. Оптоволоконные кабели.

Лекция 15 (2 ч – аудиторные занятия). Системы связи. Системы телевизионного вещания. Спутниковая связь. Сотовая связь. Оптоэлектронные системы.

Тема 2.4. Проблемы экстремальной электроники (аудиторные занятия – 0,17 з. е./6 ч, самостоятельная работа по теоретическому изучению темы – 0,13 з. е./5 ч).

Лекция 16 (2 ч – аудиторные занятия). Температурная и радиационная стойкость изделий электронной техники. Механизмы теплопередачи. Температурная стойкость и способы теплоотвода. Радиационная стойкость. Влияние радиации на параметры электронных устройств.

Лекция 17 (2 ч – аудиторные занятия; 2 часа – самостоятельная работа). Технологии изготовления структур КНИ. Структуры КНС, их достоинства и перспективы применения. Преимущества и перспективы карбидокремниевой электроники.

Самостоятельное изучение 0,06 з. е./2 ч:

Перспективы кремния как материала экстремальной электроники. Структуры кремний-на-изоляторе (КНИ) и их преимущества.

Лекция 18 (2 ч – аудиторные занятия; 3 ч – самостоятельная работа). Материалы и структуры экстремальной электроники. Карбид кремния в ре-

шении задач экстремальной электроники. Структуры и приборы экстремальной электроники. Запираемые тиристоры. Биполярные транзисторы с изолированным затвором. МОП-транзисторы.

Самостоятельное изучение 0,07 з. е./3 ч:

Углерод в решении задач экстремальной электроники. Ультрадисперсные алмазы в технологическом применении в устройствах экстремальной электроники.

3.3. Практические занятия

Учебным планом не предусмотрены.

3.4. Лабораторные занятия

Общая трудоемкость лабораторных работ 0,70 з. е. (25 ч). Из них аудиторские занятия составляют 0,5 з. е. (18 ч).

Наименование и трудоемкость лабораторных занятий представлены в [табл. 4](#).

Таблица 4

№ п/п	№ темы дисциплины	Наименование лабораторных работ, объем в зачетных единицах/часах (з. е./ч)
1	1.1, 1.2	Исследование процесса формирования полупроводниковой низкоразмерной среды для создания устройств наноэлектроники (0,11 з. е./4 ч)
2	1.3, 2.1, 2.3	Исследование технологии создания гетеролазерной структуры методом жидкостной эпитаксии (0,12 з. е./4 ч)
3	2.2	Исследование электрических и структурных дефектов поверхности полупроводниковых подложек (0,11 з. е./4 ч)
4	2.4	Исследование процесса электрофоретического осаждения наноалмаза на кремниевые подложки для решения задач экстремальной электроники. (0,16 з. е./6 ч)
Итого:		(0,5 з. е./18 ч)

По усмотрению ведущего преподавателя и сообразно возможностям кафедры могут проводиться иные лабораторные работы по тематике дисциплины.

Лабораторная работа № 1

Исследование процесса формирования полупроводниковой низкоразмерной среды для создания устройств наноэлектроники

Низкоразмерная среда представляет собой слой или слои на пластинах

монокристаллических полупроводников с различной кристаллографической ориентацией, в которых электрохимическим способом формируются поры нанометрового размера.

В лабораторной работе необходимо ознакомиться с механизмами порообразования и электрохимическими методами травления полупроводников.

Предметом исследований являются структурные характеристики пористых слоев в зависимости от используемых электролитов, технологических режимов формирования низкоразмерной среды, способов подвода тока к электрохимической ячейке.

В работе с помощью оптического и растрового электронного микроскопов определяют геометрические параметры и морфологические особенности пор.

В отчете к лабораторной работе приводят микрофотографии полученной низкоразмерной среды, расчеты ее геометрических параметров, описание морфологических особенностей пор.

Лабораторная работа № 2

Исследование технологии создания гетеролазерной структуры методом жидкостной эпитаксии

В качестве гетеролазерной структуры используется двойная гетероструктура (ДГС) системы «галлий – алюминий – мышьяк».

В лабораторной работе необходимо ознакомиться с закономерностями и факторами, оказывающими влияние на процесс формирования гетерогенной системы и механизм зарождения новой фазы в условиях направленной кристаллизации и ориентированного нарастания, а также методом жидкостной эпитаксии.

Предметом исследования являются геометрические и структурные характеристики эпитаксиальных слоев, входящих в гетеролазерную структуру.

Студенту выдают готовую гетероструктуру, полученную при различных технологических режимах жидкостной эпитаксии.

В работе с помощью селективного травления выявляют границы слоев и на оптическом микроскопе определяют толщины слоев. На основании известных диаграмм состояния и данных о растворимости компонентов твердого раствора рассчитывают температуру эпитаксии и весовые соотношения между компонентами в шихте, требуемыми для выращивания всех слоев гетеролазерной структуры.

В отчете к лабораторной работе приводят температурный профиль выращивания гетеролазерной структуры и таблицы рассчитанных масс компонентов шихты по слоям.

Лабораторная работа № 3**Исследование электрических и структурных дефектов поверхности полупроводниковых подложек**

Подложкой может служить полированная полупроводниковая пластина (исходная пластина) и полупроводниковая пластина с эпитаксиальным слоем (приборная структура).

В лабораторной работе необходимо ознакомиться с видами дефектов, которые возникают при получении исходных подложек и эпитаксиальных структур. В работе следует изучить методы визуализации дефектов с помощью химического травления и метода нематического жидкого кристалла (метода НЖК).

Предметом исследования является обнаружение электрических и структурных дефектов подложек

Электрические дефекты (неравномерность распределения поверхностных потенциалов и мерцающие электрически активные дефекты) определяют методом НЖК. Структурные дефекты выявляют анизотропным химическим травлением и визуализацией с помощью оптического микроскопа.

В отчете к лабораторной работе описывают технологию подготовки подложек для измерения плотности дислокаций, приводят микрофотографии поверхности с распределением поверхностных потенциалов и наличием мерцающих дефектов, определяют размеры дислокаций (минимальный и максимальный), рассчитывается плотность дислокаций.

Лабораторная работа № 4**Исследование процесса электрофоретического осаждения наноалмаза на кремниевые подложки для решения задач экстремальной электроники**

Кремниевая подложка является важнейшим элементом электронной техники. На ее поверхности и в объеме производятся различные структуры, из которых формируются приборы современной электроники. Защищая подложки алмазными покрытиями, можно решать проблемы теплостойкости и радиационной стойкости приборов. Исследуемой подложкой является полированная с двух или с одной стороны пластина монокристаллического кремния электронного типа электропроводности, вырезанная перпендикулярно кристаллографическому направлению (100).

В лабораторной работе необходимо ознакомиться с детонационным методом получения наноалмазов, свойствами наноалмазов детонационного синтеза и методом электрофореза, используемым для осаждения наноалмазов на поверхности изделий из различных материалов, способами приготовления суспензий.

Предметом исследований в лабораторной работе является определение структуры и равномерности осажденных алмазных покрытий в зависимости от режимов электрофореза, а также количества осажденного на поверхность алмаза.

Для выполнения работы студент получает кремниевую подложку и заданные режимы электрофоретического осаждения наноалмазов. Структурные характеристики осажденных пленок определяют с помощью растрового электронного микроскопа.

В отчете к лабораторной работе приводят описание технологии электрофореза и микрофотографии осажденных алмазных пленок.

В начале лабораторных занятий преподаватель, ведущий лабораторные занятия, выдает студенту описание лабораторных работ и приборов, с которыми студент будет работать, сообщают краткие сведения по технике безопасности. Инструктаж по технике безопасности фиксируется в специальном журнале, в котором студенты расписываются.

Для допуска к лабораторной работе студент должен представить последовательность выполнения лабораторной работы, правильность подключения всех схем и работы используемых приборов, а также знать все применяемые в работе химические реактивы.

После сдачи допуска к работе студенту выдают исследуемые объекты или материалы для их получения, необходимые химические реактивы. Задают технологические режимы.

Полученные в ходе проведения лабораторных работ компьютерные микрофотографии студенты заносят на свои съемные носители (флэш-память). Далее микрофотографии распечатывают на принтере и прикладывают к отчету по лабораторной работе.

Отчет по лабораторным работам оформляют на компьютере на бумаге формата А4 с одной стороны в соответствии с требованиями СТО 4.2-07-2008 «Общие требования к построению и изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности». Для оформления текстовой части используется шрифт Times New Roman размером 14. Межстрочный интервал принимают одинарным либо полуторным. Абзацный отступ – 1,25 см.

Объем отчета не ограничен, но не может быть меньше 3 страниц. Содержание отчета к каждой лабораторной работе представляют в описании. Структурными элементами отчета в соответствии с требованиями СТО 4.2-07-2008 являются:

- титульный лист, на котором проставляют название института и кафедры, список исполнителей, ф.и.о. преподавателя, принявшего лабораторную работу, название работы, год выполнения работы;
- задание, которое состоит из цели и задач работы;
- основная часть, в которую должны войти описание оборудования, краткий порядок выполнения работы, технологические режимы, экспериментальные данные, необходимые расчеты;
- заключение, в котором приводят выводы по работе;
- список использованных источников;

- приложения (при необходимости).

Заголовки структурных элементов текстового документа располагают симметрично тексту, печатают прописными буквами, не подчеркивая и не нумеруя. Текст основной части документа разбивают на разделы. Заголовки разделов начинают с абзацного отступа, печатают с прописной буквы, без точки в конце, не подчеркивая. Если заголовок состоит из двух предложений, их отделяют точкой. Разделы нумеруют арабскими цифрами, номер проставляют перед заголовком раздела.

Оформление формул, графиков таблиц, списка использованных источников выполняют по СТО 4.2-07–2008.

Информацию для подготовки к сдаче лабораторной работы студент выбирает из литературных источников, приведенных в описании к каждой лабораторной работе, курса лекций по данной дисциплине.

Рекомендуемая литература для выполнения лабораторных работ: [2, 4, 14, 17, 18, 19, 21, 23 – 25, 30 – 34, 40, 41 – 43, 45, 46].

3.5. Самостоятельная работа

Общая трудоемкость 1,5 з. е./54 ч.

Целью самостоятельной работы магистранта является самостоятельное приобретение новых знаний и выработка способности к постоянному самообучению и самосовершенствованию в профессиональной и социально-общественных сферах деятельности.

Общее число часов между самостоятельной работой студентов и аудиторными занятиями делится поровну. Общий объем дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» составляет 108 ч (3 з. е.). На самостоятельную работу приходится 54 ч (1,5 з. е.). По нормативам, принятым в СФУ, на курсовое проектирование отводится 36 ч (1,0 з. е.). Следовательно, на другие виды самостоятельной работы должно отводиться 18 ч. Этот объем часов делится поровну между самостоятельной подготовкой теоретического курса к зачету и подготовкой к лабораторным работам.

Виды самостоятельной работы и их трудоемкость приведены в [табл. 5](#).

Таблица 5

Условное обозначение	№ темы дисциплины	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость, з. е./ч
ТО	1.1–2.4	Самостоятельное изучение теоретического материала	0,25 з. е./9 ч
ЛР	1.1–2.4	Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	0,25 з. е./9 ч
КР	2.1	Курсовая работа	1,0 з. е./36 ч
	Итого:		1,5 з. е./54 ч

3.5.1. Самостоятельное изучение теоретического материала

Общая трудоемкость 0,25 з. е./9 ч.

Видом итогового контроля по дисциплине является сдача зачета по теоретическому курсу.

При подготовке к сдаче зачета по лекционному курсу необходимо в первую очередь воспользоваться курсом лекций по данной дисциплине. Теоретический курс поделен на два модуля. В первом модуле изложены различные технологии формирования микро- и наноструктур. Во втором – технологические аспекты создания устройств электроники и нанoeлектроники на основе сформированных наноструктур.

При изучении первого модуля нужно обратить внимание на перечень всех технологических процессов, с помощью которых можно формировать среду для создания на ее основе приборов и устройств нанoeлектроники; усвоить физические принципы, лежащие в основе каждого процесса; последовательность технологических операций и необходимых параметров создаваемой среды. Немаловажное значение имеет знание технологического оборудования.

Изучение второго модуля требует установления связи между формируемой средой и тем, что можно изготовить на ее основе. Необходимо четко знать требования к среде для создания устройства или прибора, – обратить внимание на повышение эксплуатационной устойчивости приборов. Всегда держать в поле зрения тенденции развития технологий как формирования среды, так и приборов на ее основе.

Для выяснения возникших вопросов или получения углубленных знаний по дисциплине воспользуйтесь перечнем библиографических ссылок, приведенных в конце каждой лекции курса лекций.

Магистрантам, которые должны самостоятельно отыскивать необходимые сведения из представленных литературных источников, нецелесообразно указывать номера страниц, поэтому авторы страницы не приводят.

Самоконтроль усвоенных знаний можно провести по вопросам, приведенным в конце каждой лекции. Общее количество вопросов для самоаттестации не менее 10 на одну лекцию теоретического курса, т. е. всего не менее 180 вопросов.

На самостоятельное изучение теоретического материала, который не рассматривается в часы лекционных занятий, отведено 9 ч.

Вопросы для самостоятельного изучения теоретического курса и литературные источники, в которых этот материал приведен.

Тема 1.1 (2 ч).

1. Формирование структур с минимальным рассогласованием по параметрам решетки.
2. Напряженные полупроводниковые структуры, их свойства и приме-

нение.

3. Выбор материалов полупроводниковых гетеропар, их электрофизические свойства.

4. Гетеропереход $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ как модельный элемент микро- и наноэлектроники.

Литература: [[18, разделы 1.2, 6.1, 6.2, 6.6](#)].

Тема 2.1 (2 ч).

5. Низкоразмерные структуры на основе кремния. Пористый кремний.

6. Применение низкоразмерного кремния в технологии изготовления транзисторов и интегральных схем.

Литература: [[17, раздел 4.3](#)].

Тема 2.4 (5 ч).

Лекция 17 (2 ч)

7. Перспективы кремния как материала экстремальной электроники. Структуры кремний-на-изоляторе (КНИ) и их преимущества.

Литература: [[17, раздел 3.2, 3.3](#)].

Лекция 18 (3 ч)

8. Углерод в решении задач экстремальной электроники. Ультрадисперсные алмазы в технологическом применении в устройствах экстремальной электроники

Литература: [[3, 19, 34, 41–43, 46](#)].

Проверка знаний по самостоятельному изучению теоретического лекционного материала может осуществляться по вопросам для самоконтроля, приводимым в конце каждой лекции в [[2](#)]. Более подробные вопросы приведены в методических указаниях по самостоятельной работе в [[4](#)].

3.5.2. Самостоятельная работа студентов по лабораторным работам

Общая трудоемкость 0,25 з. е./9 ч.

Самостоятельная работа студентов по выполнению лабораторных работ включает подготовку к лабораторным работам. Поскольку объем в часах трех лабораторных работ одинаков, то часы, отводимые на самостоятельную подготовку, целесообразно поделить поровну на каждую из этих работ. Четвертая лабораторная работа выполняется в течение шести часов, поэтому самостоятельная подготовка к ней требует большего количества часов. Объем в часах для каждой лабораторной работы приведен в [табл. 6](#).

Таблица 6

№ п/п	№ темы дисциплины. Объем самостоятельной работы в теме	Наименование лабораторных работ, объем самостоятельной работы, ч (з. е.)
1	1.1–1.2	Исследование процесса формирования полупроводниковой низкоразмерной среды для создания устройств наноэлектроники Самостоятельная работа 2 ч (0,06 з. е.)
2	1.3	Исследование технологии создания гетеролазерной структуры методом жидкостной эпитаксии. Самостоятельная работа 2 ч (0,06 з. е.)
3	2.1–2.2	Исследование электрических и структурных дефектов поверхности полупроводниковых подложек. Самостоятельная работа 2 ч (0,06 з. е.)
4	2.3–2.4	Исследование процесса электрофоретического осаждения наноалмаза на кремниевые подложки для решения задач экстремальной электроники. Самостоятельная работа 3 ч (0,07 з. е.)
	Итого:	Самостоятельная работа 9 ч (0,25 з. е.)

Подготовка к лабораторной работе начинается сразу после получения задания. Выдача задания на лабораторную работу производится в соответствии с графиком, приведенным в [прил. 4](#), на 1, 5, 9, 13-й неделях.

Студент изучает требования к лабораторной работе по ее описанию, представленному в лабораторном практикуме. При этом следует четко представлять цели и задачи лабораторной работы, объект исследования, порядок выполнения работы. По дополнительным описаниям, прилагаемым к измерительным приборам, установкам надо ознакомиться с их принципом действия, точностью измерений. По теоретическим сведениям, изложенным в лабораторном практикуме для каждой лабораторной работы и курсе лекций, изучите физические явления, заложенные в технологический процесс получения наноструктуры, материала или измерение их характеристик. При необходимости следует воспользоваться литературными источниками, ссылки на которые даны в описании к каждой лабораторной работе и лекции.

Для допуска к лабораторной работе студент должен представлять порядок выполнения лабораторной работы, правильность подключения всех схем и работу используемых приборов, а также уметь применять все химические реактивы.

Вопросы для подготовки изложены в лабораторном практикуме в конце описания каждой лабораторной работы. Общее количество вопросов не менее 40, т. е. по 10 вопросов на каждую лабораторную работу.

Расчет объема самостоятельной работы, приходящейся на каждую лабораторную работу, приведен в [п.3.4](#) данной программы.

3.5.3. Курсовая работа

Общая трудоемкость 1,0 з.е./36 ч.

Целью курсовой работы является выработка творческих и исследовательских навыков.

Курсовая работа выполняется согласно графику учебного процесса в течение 14 недель. Выдача темы на курсовую работу производится ведущим преподавателем по дисциплине на 2-й неделе обучения. Сдача курсовой работы на проверку проводится на 14-й неделе, а защита – на 15-й неделе.

Тематика курсовой работы связана с аттестацией полупроводниковой твердотельной среды, выполненной в виде подложки.

У преподавателя имеется набор полированных с одной или двух сторон подложек из кремния, германия или арсенида галлия. Выбор данных материалов обусловлен широким их использованием в электронике и нанoeлектронике. Материал подложек имеет монокристаллическую структуру. Подбирают подложки, имеющие материалы с различными уровнем легирования, типом и составом легирующей примеси, т. е. подложки имеют неодинаковые как структурные, так и электрические характеристики.

Курсовая работа состоит из двух частей: теоретической и экспериментальной.

В теоретической части курсовой работы следует ознакомиться с технологией обработки подложек, разработать и описать одну типовую схему обработки поверхности полупроводниковых подложек электроники и нанoeлектроники. Рекомендуется следующий план изложения теоретического материала:

1. Характеристика общей схемы технологического процесса обработки полупроводниковых подложек.

2. Описание типового процесса шлифования подложек.

3. Типовой процесс полирования поверхности полупроводников.

4. Перспективные методы в обработке полупроводниковых подложек.

При описании типовых процессов шлифования и полирования необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- цели и особенности каждого этапа процесса обработки;
- используемые абразивы;
- типы полировальных головок;
- способы крепления подложек к планшайбам (шлифовальным и полировальным головкам);
- способы приготовления суспензий или паст;
- требования к технологическим режимам;
- выходные параметры подложек после каждой стадии обработки.

Экспериментальная часть курсовой работы посвящена аттестации подложек по физико-химическим параметрам. В этой части курсовой работы требуется определить:

- фазовый состав материала подложки;

- кристаллографическую ориентацию поверхности подложки;
- кристаллическую структуру материала;
- плотность дислокаций;
- удельное сопротивление;
- тип электропроводности;
- подвижность основных носителей;
- диффузионную длину и время жизни неосновных носителей.

Курсовую работу студент выполняет самостоятельно. Рекомендуются следующие этапы и сроки выполнения курсовой работы.

Этап 1. Анализ технологии получения подложек. Разработка технологической схемы обработки поверхности подложки. Оформление первого раздела курсовой работы.

Этап выполняется на 3, 4, 5-й неделях.

Этап 2. Определение фазового состава материала подложки. Подтверждение полученным результатом того, что подложка выполнена из заданного материала.

Этап выполняется на 6-й неделе.

Этап 3. Исследование кристаллографической ориентации поверхности подложки и ее кристаллической структуры. Определение плотности дислокаций.

Этап выполняется на 7-й неделе.

Этап 4. Измерение удельной электропроводности материала подложки.

Этап выполняется на 8-й неделе.

Этап 5. Определение типа электропроводности и концентрации основных носителей. Расчет подвижности основных носителей.

Этап выполняется на 9-й неделе.

Этап 6. Определение диффузионной длины и времени жизни неосновных носителей.

Этап выполняется на 10-й неделе.

Этап 7. Оформление курсовой работы. Выполняется на 11, 12, 13-й неделях

Этап 8. Проверка курсовой работы. Проверка осуществляется в часы аудиторных занятий, отведенных на 14-й неделе.

Этап 9. Публичная защита курсовой работы. Защита назначается по особому графику вне часов аудиторных занятий.

Можно поменять местами этапы 1–6, изменить их сроки. Последовательность и сроки этапов 7, 8, 9 обязательны.

Курсовая работа содержит не менее 30 листов формата А4 расчетно-пояснительной записки. Объем теоретической части курсовой работы (первый раздел) должен быть не менее 15 страниц. Объем экспериментальной части (второй раздел) должен быть не менее 15–20 страниц.

Текст пояснительной записки выполняют с использованием компьютера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210×297) мм шрифтом Times New Roman размером 14. Межстрочный интервал принимают одинар-

ным либо полуторным. Абзацный отступ – 1,25 см. Пояснительную записку в курсовой работе допускается выполнять без рамки и основной надписи с соблюдением следующих размеров полей: левое – 30 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, правое – 10 мм.

Иллюстрации, таблицы, графики библиографический список оформлять согласно стандарту СФУ СТО 4.2-07–2008.

Защита курсовой работы проводится публично. На защиту требуется представить:

- оформленную по указанным выше требованиям пояснительную записку, проверенную подписанную к защите преподавателем:

- презентационные материалы, выполненные в Microsoft Office Power Point.

Время доклада по защите курсовой работы не должно превышать 10–15 минут.

Защита курсовой работы вне аудиторных занятий осуществляется по дополнительному графику.

Рекомендуемая литература для выполнения курсовой работы
[[2–5](#), [14](#), [19](#), [20](#), [21](#), [24](#), [29](#), [30](#), [31](#), [33](#), [44–46](#)].

3.6. Содержание модулей дисциплины при использовании системы зачетных единиц

Структура и содержание модулей дисциплины приведены в [табл. П1 прил. 1](#).

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Основная и дополнительная литература, информационные ресурсы

4.1.1. Основная литература

1. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : учеб. программа дисциплины / сост. : В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 46 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова).
2. Шелованова, Г. Н. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : курс лекций / Г. Н. Шелованова. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 222 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова).
3. Юзова, В. А. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : лаб. практикум / В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 123 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова).
4. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : метод. указания к самост. работе / сост. В. А. Юзова. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 27 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : УМКД № 1524/1092 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова).
5. Юзова, В. А. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : учеб. пособие по курсовой работе / В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 121 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова).
6. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : организац.-метод. указания / сост. В. А. Юзова. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 66 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники : УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова).
7. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам : сб. статей / ред. : П. П. Мальцев. – М. : Техносфера, 2005. – 589 с. : ил. – (Мир электроники).
8. Драгунов, В. П. Основы нанoeлектроники : учеб. пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. – Новосибирск : Изд-во НГТУ,

2000. – 332 с.

9. Мальцев, П. П. Наноматериалы, нанотехнологии / П. П. Мальцев. – М. : Техносфера, 2006. – 241 с.

10. Чаплыгин, Ю. А. Нанотехнологии в электронике / Ю. А. Чаплыгин. – М. : Техносфера, 2005.

11. Драгунов, В. П. Основы наноэлектроники : учеб. пособие / В. П. Драгунов. – М. : Логос, 2005.

12. Шик, А. Я. Физика низкоразмерных систем / А. Я. Шик, Л. Г. Бакуева, С. Ф. Мусихина. – СПб., 2001. – 346 с.

13. Нанотехнология в ближайшем десятилетии / Под ред. М. К. Роко, Р. С. Уильямса, П. Аливисатоса. – М., 2002.

14. Герасименко, Н. Н. Мир материалов и технологий. Кремний – материал наноэлектроники / Н. Н. Герасименко, Ю. Н. Пархоменко. – М. : Техносфера, 2006. – 355 с.

15. Шик, А. Я. Введение в сверхпроводимость : учеб. пособие / А. Я. Шик, С. Н. Лыков. – М., 2001 – 102 с.: ил.

16. Шувалов, В. П. Телекоммуникационные системы и сети : учеб. пособие в 3-х т. Т. 2 / В. П. Шувалов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2004. – 672с.

17. Шелованова, Г. Н. Современные проблемы электроники: кремниевая электроника : учеб. пособие. – Красноярск : – ИПЦ КГТУ, 2006. – 178 с.

18. Шелованова, Г. Н. Физические основы микроэлектроники. Полупроводниковые гетероструктуры в микро- и наноэлектронике : учеб. пособие / Г. Н. Шелованова. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2005. – 181 с.

19. Байдамов, В. М. Основы электрохимии : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Байдамов – М. : Издат. центр «Академия», 2005. – 240 с.

20. Юзова, В. А. Материалы и элементы электронной техники. Обработка диэлектрических подложек микроэлектроники с использованием детонационных наноалмазов : учеб. пособие / В. А. Юзова, О. В. Семенова; Краснояр. гос. техн. ун-т. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2005. – 76 с.

4.1.2. Дополнительная литература

21. СТО 4.2-07–2008. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности / разработ. : Т. В. Сильченко, Л. В. Белошапко, В. К. Младенцева, М. И. Губанова. – Введ. впервые 09. 12. 2008. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 47 с.

22. Каталог лицензионных программных продуктов, используемых в СФУ / сост. : А. В. Сарафанов, М. М.Торопов. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – (Вып. 3)

23. Зимин, С. П. Пористый кремний – материал с новыми свойствами / С. П. Зимин // Соросовский образовательный журнал. – 2004. – Т.8 (№ 1) – С. 101–107.

24. Зимин, С. П. Электрические свойства пористого кремния / С. П. Зи-

мин // ФТП. – 2000. – Т.34 (вып.3) – С. 359–363.

25. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика. Приборы / Под ред. В. В. Лучинина, Ю. М. Таирова – М. : Физматлит, 2006. – 552с.

26. Савченко, М. А. Высокотемпературная сверхпроводимость : учеб. пособие / М. А. Савченко, А. М. Савченко, А. В. Стефанович. – М. : МГТУ им. Баумана, 2002. – 836 с.: ил.

27. Хохлова, Н. М. Информационные технологии / Н. М. Хохлова. – М. : Приор-издат, 2004. – 192 с.

28. Носов, Ю. Р. Оптоэлектроника / Ю. Р. Носов. – М. : Радио и связь, 2004. – 360 с.

29. Гуртов, В. А. Твердотельная электроника / В. А. Гуртов. – М. : Техносфера, 2005. – 350 с.

30. Барыбин, А. А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы. – М. : Физматлит, 2006. – 387 с.

31. Материаловедение : учеб. для вузов / Б. Н. Арзамасов, В. И. Макарова, Г. Г. Мухин и др.; Под общ. ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. – 3-е изд., стереотип. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 411 с.

32. Ермаков, О. Н. Мир электроники. Прикладная оптоэлектроника. / О. Н. Ермаков. – М. : Техносфера, 2004. – 372 с.

33. Брандон, Д. Мир материалов и технологий. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля / Д. Брандон, У. Каплан; Пер. с англ. под ред. С. Л. Баженова. – М. : Техносфера, 2004. – 384 с.

34. Долматов, В. Ю. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза. Получение, свойства, применение / В. Ю. Долматов. – СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2003. – 344 с.

35. Бехштейн, Ф. Поверхности и границы раздела полупроводников / Ф. Бехштейн, Р. Эндерлайн – М. : Мир, 1990. – 72 с.

36. Сейсян, Р. Нанолитография СБИС в экстремально дальнем вакуумном ультрафиолете / Р. Сейсян. – Санкт-Петербург, 2002. – 417 с.

37. Максимов, Е. Г. Проблема высокотемпературной сверхпроводимости. Современное состояние: учеб. пособие / Е. Г. Максимов. – М. : 2000. – 533с.

38. Мильвидский, М. Г. Полупроводниковый кремний на пороге XXI века / М. Г. Мильвидский // Материалы электронной техники. – 2000. – № 3. – С. 4–14.

39. Асеев, А. Л. Перспективы применения структур «кремний на изоляторе» в микро-, наноэлектронике и микросистемной технике / А. Л. Асеев и др. // Микросистемная техника – 2002. – № 9. С. 25–29.

40. Алферов, Ж. И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур / Ж. И. Алферов // Физика и техника полупроводников. – 1998. – Т. 32 (№ 1). – С. 3–18.

41. Пузырь А. П., Бондарь В. С. Патент RU 2252192 С2. МПК С01 В36/06.БИ.15(2005).

42. Пузырь А. П., Бондарь В. С. Патент RU 2258671 С2. МПК С01 В36/06.БИ.23(2005).

43. Юзова, В. А. Введение ультрадисперсного порошка алмаза детона-

ционного синтеза в каналы пористого кремния / В. А. Юзова // Письма в ЖТФ. – 2008. – т. 34 (вып.10) – с. 34–38.

44. Юзова, В. А. Методические указания по применению технологии изготовления алмазных и алмазографитовых полировочных паст : препринт № 823Ф / В. А. Юзова, О. В. Семенова, А. А. Митин, А. В. Угрюмов : Институт физики СО РАН. – Красноярск :2003. – 42 с.

45. Готра, З. Ю. Технология микроэлектронных устройств : справ. / З. Ю. Готра – М. : Радио и связь, 1991. – 528 с.

46. Захаров, А. А. Физико-химические основы размерной обработки полупроводников. Механическая обработка : учеб. пособие / В. А. Юзова, А. А. Захаров. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Красноярск : КГТУ, 1997 – 216 с.

47. Положение об организации учебного процесса в Сибирском федеральном университете с использованием зачетных единиц (кредитов) и балльно-рейтинговой системы.

4.1.3. Периодическая литература

- 48. Известия вузов. Электроника.
- 49. Микроэлектроника.
- 50. Физика и техника полупроводников.
- 51. Нанотехнологии и наноматериалы.
- 52. Нано- и микросистемная техника.
- 53. Перспективные материалы.

4.1.4. Информационные ресурсы

54. Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс] : электр. учеб.-метод. комплекс / Г. Н. Шелованова, В. А. Юзова, В. А. Барашков, О. В. Семенова. – Электронные дан. (127 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники : УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 187 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

55. Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс] : учеб. программа дисциплины /сост. : В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (2 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники : УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб

оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf.

56. Шелованова, Г. Н. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс] : электр. курс лекций / Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf.

57. Юзова, В. А. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс] : электр. учеб. пособие по курсовой работе / В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (6 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf.

58. Юзова, В. А. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс] : электр. лаб. практикум / В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (4 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf.

59. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Банк тестовых заданий. Версия 1,0 [Электронный ресурс] : контрольно-измерительные материалы / Г. Н. Шелованова, В. А. Барашков, О. В. Семенова. – Электронные дан. (44 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008/ рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 104 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf.

60. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс] : метод. указания по самост. работе /

сост. В. А. Юзова. – Электронные дан. (2 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

61. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс] : метод. указания по организац.–метод. работе / сост. В. А. Юзова. – Электронные дан. (4 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 50 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 /Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

62. Унифицированная система компьютерной проверки знаний тестированием UniTest версии 3.0.0. : руководство пользователя / А. Н. Шниперов, Б. М. Бидус. – Красноярск, 2008.

63. Шелованова, Г. Н. Современные проблемы электроники : кремниевая электроника [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Г. Н. Шелованова. – Электрон. дан. – Красноярск : КГТУ, 2006. – Режим доступа: <http://lib.krgtu.ru/pocobia.php?section=shelovanova> – Загл. с экрана.

64. Юзова, В. А. Материалы и элементы электронной техники. Обработка диэлектрических подложек микроэлектроники с использованием детонационных наноалмазов [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / В. А. Юзова, О. В. Семенова. – Электрон. дан. – Красноярск : КГТУ, 2005. – Режим доступа: <http://lib.krgtu.ru/pocobia.php?section=yuzova> – Загл. с экрана.

65. <http://www.superconductors.org/>

66. <http://www.nanometer.ru>

67. <http://www.nanoink.net>

68. <http://www.ioffe.ru/journals/>

69. <http://journal.sfu-kras.ru/>

70. <http://www.mikrosystems.ru>

71. <http://www.isstp.issi.ru>

4.2. Перечень наглядных и других пособий, методических указаний и материалов к техническим средствам обучения

72. Шелованова, Г. Н. Актуальные проблемы электроники и нанoeлектроники. Презентационные материалы. Версия 1,0 [Электронный ресурс] : наглядное пособие / Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (16 Мб). – Крас-

ноябрьск : ИПК СФУ, 2009. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: УМКД № 1524/1092-2008 / рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 1 электронный оптический диск (DVD). Систем. требования: Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 16 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP4/XP SP2 / Vista (32); Adobe Reader 7,0 (или аналогичный продукт для чтения файлов pdf).

73. Интерактивные технические средства обучения : практическое руководство / сост. : А. Г. Суковатый, К. Н. Захарьин, А. В. Казанцев, А. В. Сарафанов. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 84 с.

74. Стандарт организации СТО СФУ 7.2.04–2007. Электронные образовательные ресурсы на базе гипертекстовых технологий со встроенной системой компьютерной проверки знаний тестированием. Требования к структуре, организации и интерфейсу /разр. : К. Н. Захарьин, А. В. Сарафанов, А. Г. Суковатый и др. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2007. Утвержден и введен в действие приказом ректора СФУ № 659 от 15. 11. 2007.

4.3. Программное обеспечение (лицензионное)

Программное обеспечение выбрано в соответствии с каталогом лицензионных программных продуктов, используемых в Сибирском федеральном университете [22].

1. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
3. Программный продукт «Антивирус Касперского».
4. Программный продукт КОМПАС 5.
5. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
6. Программный продукт MATLAB 6.

4.4. Контрольно-измерительные материалы

Контрольно-измерительные материалы по дисциплине предназначены для проведения самоконтроля и итоговой аттестации.

Самоконтроль предполагается проводить в рамках самостоятельной работы студентов.

Итоговый контроль заключается в сдаче тестовых заданий на зачете в аттестационную неделю.

На промежуточную аттестацию по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» контрольно-измерительные

материалы не разрабатываются.

Характеристики видов контроля приведены в [пп. 4.4.1–4.4.3](#).

4.4.1. Входной контроль

На входной контроль не создаются отдельные контрольно-измерительные материалы. Их формируют из вопросов для самопроверки.

Входной контроль может быть представлен двумя типами контрольно-измерительных материалов:

- вопросы для распределенного входного контроля;

- вопросы по допуску к лабораторным работам.

Вопросы распределенного входного контроля (1–3 вопроса за лекцию) задаются студентам на лекциях для решения следующих задач:

- контроль посещаемости;

- контроль базовых знаний и принятие преподавателем решения о более углубленном изложении лекционного материала;

- контроль базовых знаний и принятие преподавателем решения о реорганизации занятий по лабораторному практикуму;

- контроль базовых знаний и принятие преподавателем решения о проведении дополнительных занятий в рамках консультаций;

- контроль базовых знаний и выдача рекомендаций преподавателям, ведущим дисциплины, обеспечивающим получение необходимых знаний и умений в рамках направления, для формирования междисциплинарной связи;

- контроль усвоенных теоретических знаний – проверка остаточных знаний по дисциплине;

- развитие логического мышления.

Вопросы распределенного входного контроля состояются из вопросов для самопроверки, которые представлены в конце каждой лекции в количестве не менее 10 штук в учебном пособии курса лекций. Общее количество вопросов распределенного входного контроля не менее 180.

Вопросы к допуску к лабораторным работам позволяют провести контроль усвоения знаний, необходимых для выполнения лабораторной работы. Они представлены в описании к каждой лабораторной работе. Их общее количество не менее 40.

4.4.2. Самоконтроль

Для самоконтроля предлагаются следующие виды контрольно-измерительных материалов:

- контрольные вопросы, представленные в конспекте лекций после каждой лекции;

- вопросы к защите лабораторных работ.

Общее количество вопросов для самоконтроля не менее 180 по лекционным занятиям (10 вопросов на каждую лекцию) и не менее 40 по лабораторным занятиям (не менее 10 вопросов на каждую лабораторную работу).

4.4.3. Итоговый контроль

Для итогового контроля знаний, умений и навыков, в соответствии с требованиями к компетенциям магистра, применяются контрольно-измерительные материалы в виде тестовых заданий. Итоговый контроль осуществляется при сдаче зачета в аттестационную неделю. Общее количество тестовых заданий 360. Из них:

тестовых заданий типа «Выбор одного правильного ответа из двух и более предложенных альтернатив (М:1) – 120 (33,8 %),

тестовых заданий типа «Выбор нескольких правильных ответов из предложенных альтернатив» (М:М) – 94 (26 %),

тестовых заданий на установление правильной последовательности (П) – 25 (6,7 %),

тестовых заданий на дополнение суждения или понятия (Д) – 99 (27,6 %), тестовых заданий на соответствие (С) – 21 (5,9 %).

Структура тестовых заданий приведена в [прил. 2](#).

5. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ В СИСТЕМЕ ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ

Приоритетные направления государственной политики в сфере образования формулируются как непрерывное (в течение всей жизни) обеспечение доступности качественного образования за счет повышения инвестиционной привлекательности сферы образования.

Одним из основных механизмов реализации приоритетов является создание единой системы зачетных (кредитных) единиц в модульных образовательных программах.

С провозглашением 18 сентября 1988 года в г. Болонья Всеобщей хартии университетов начала развиваться межвузовская система зачетных единиц с целями достижения международной академической эквивалентности.

Масштабные и интенсивные интеграционные процессы последнего времени в странах Европейского союза имеют цель обеспечить конкурентоспособность европейской экономики в ситуации экономической глобализации и распространяются на профессиональное образование и обучение с задачами:

- ускоренный переход к обществу, основанному на знаниях;
- реализация стратегии обучения в течение всей жизни;
- расширение возможностей освоения квалификаций, в том числе и путем постепенного накопления единиц квалификаций и (или) компетенций (так называемых зачетных (кредитных) единиц).

Этот принципиально новый подход к системе зачетных единиц следует из Копенгагенской декларации (ноябрь 2002 года), в которой, в частности, сформулирована задача создания единой системы переноса зачетных (кредитных) единиц, обеспечивающей европейское признание компетенций и (или) квалификаций, общие принципы сертификации и др.

В настоящее время в зачетную единицу вкладывается смысл единой меры следующих факторов:

- трудоемкости учебных планов и образовательных программ, в том числе трудоемкости отдельных дисциплин и их разделов;
- трудоемкости видов учебной работы студента;
- трудоемкости учебно-методической деятельности преподавателя;
- объем знаний и компетенций, из набора которых формируется модули и полные квалификации.

Последнее замечание делает понятными задачи эксперимента по организации учебного процесса в вузе с использованием системы зачетных единиц, проводимого с 2002 года Минобразования России

Зачетная единица (кредитная единица, кредит, образовательный кредит) – условный параметр, рассчитанный на основе экспертной оценки совокупных трудозатрат при изучении стандартного по объему и структуре учебного курса за минимальный период обучения, предусматривающий аттестацию. В качестве зачетной единицы принимают 36 академических часов трудозатрат студента на освоение дисциплины.

Кредитная система профессионального образования – система организации учебного процесса, предусматривающая оценку уровня освоения студентом каждой отдельной дисциплины и образовательной программы в целом числом успешно освоенных кредитов из их известного общего количества. Число успешно освоенных кредитов является рейтинговой оценкой (рейтингом) студента, и кредитную систему профессионального образования называют также рейтинговой системой оценки успеваемости.

При введении понятия **зачетной единицы (з. е.)** как некоторой обобщенной меры трудоемкости T можно всю дисциплину и ее части, т. е. модули, выразить в этих единицах. Так как одной зачетной единице формально соответствует 36 академических часов, а дисциплина «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники» рассчитана на 108 академических часов, то трудоемкость дисциплины составит 3 зачетные единицы (3 з. е.).

Распределение трудоемкости T по видам учебной работы ($i = 1, 2, \dots, n_i$) производится в долях для дисциплины ($j = 1, 2, \dots, n_j$) по семестрам ($s = 1, 2, \dots, n_s$) в следующих предположениях:

виды учебной работы ($i = 1, 2, \dots, n_i$) контролируются, т. е. задаются преподавателем в соответствии с учебными планами подготовки по направлению 210100.68 «Электроника и наноэлектроника»;

общая трудоемкость каждой изучаемой в семестре дисциплины равна 1,0;

трудоемкость текущей работы равна 0,5;

трудоемкость аттестации равна 0,5.

Дисциплина «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники» содержит два модуля. Следовательно, трудоемкость всех видов учебной работы необходимо распределять между ними как в зачетных единицах, так и в относительных. Такое распределение приведено в табл. ПЗ [прил. 3](#).

6. ГРАФИК УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

График учебного процесса и самостоятельной работы представлен в табл. П4 прил. 4.

Согласно приведенному графику аудиторное изучение теоретического курса осуществляется в течение 18 недель. После седьмой недели будет изложен на лекциях теоретический материал первого модуля, т. е. материал трех тем 1.1–1. 3, на которые отводится 14 часов. Следовательно, на восьмой неделе можно назначать контрольную неделю.

Второй модуль (темы 2.1–2.4) изучается с 8-й по 18-ю, т. е. в течение 11 недель (22 часа). Отводимые на реализацию самостоятельной работы по изучению теоретического курса 9 часов делятся по разделам лекционного курса следующим образом. На самостоятельное изучение материала и подготовку его к сдаче зачета первого модуля предусматривается 2 часа, второго модуля – 7 часов.

Реализовать график самостоятельной работы по изучению теоретического курса можно по согласованию с преподавателем несколькими способами.

сдать зачет на 18-й неделе (второй контрольной неделе) по теоретическому материалу обоих модулей одновременно;

сдать зачет на 18-й неделе (второй контрольной неделе) по теоретическому материалу обоих модулей последовательно, т. е. сдать теоретический материал первого модуля, а затем – второго модуля;

сдать зачет на 8-й неделе (первой контрольной неделе) теоретический материал первого модуля, на 18-й неделе – второго модуля.

При реализации графика по лабораторным работам следует учитывать следующее. Выдача и выполнение лабораторных работ производится в часы аудиторных занятий на 1, 5, 9, и 13-й неделях. В это время на занятиях по лабораторным работам необходимо ознакомиться с целями, задачами лабораторной работы, предметом исследований, оборудованием, приготовить все необходимые таблицы для занесения в них результатов измерений, получить допуск к работе у преподавателя и выполнить работу. Самостоятельная работа по подготовке теоретического материала к лабораторной работе, проведение всех расчетов, оформление отчета и подготовка к защите работы осуществляется на следующей неделе после выдачи работы, т.е. на 2, 6, 10 и 14-й неделях. На 3, 7, 11 и 17-й неделях в часы аудиторных занятий проводится защита лабораторных работ.

К 8-й неделе (первой контрольной неделе) должно быть выполнено и защищено две лабораторные работы, а на 17-й неделе (вторая контрольная

неделя) – все четыре. Для отстающих по какой-то причине студентов назначается на 17-й неделе дополнительная защита всех лабораторных работ.

Реализация графика самостоятельного выполнения курсовой работы осуществляется следующим образом. Курсовая работа выдается на второй неделе учебного процесса. На первой контрольной неделе курсовая работа не аттестуется. К 14-й неделе полностью выполненная курсовая работа проверяется преподавателем в часы аудиторных занятий и выносится на публичную защиту. Защита проводится на 15-й неделе по особому графику вне часов аудиторных занятий.

На 17-й неделе (второй контрольной неделе) проводится подведение итогов двух контрольных недель и оглашение результатов допуска к зачету. Зачет назначает преподаватель, читающий лекции. Зачет проводится на 18-ой неделе.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Структура и содержание разделов дисциплины

«Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники» образовательной программы 210100.68 «Электроника и нанoeлектроника» Института инженерной физики и радиоэлектроники, курс 5, 10 семестр

Таблица П1

№ п/п	Наименование модуля, срок его реализации	Перечень тем лекционного курса, входящих в модуль в соответствии с п. 3.2	Перечень практических и семинарских занятий,	Перечень лабораторных занятий, входящих в модуль в соответствии с п. 3.4	Перечень самостоятельных видов работ, входящих в раздел, их конкретное наполнение в соответствии с п. 3.5	Формируемые компетенции	Умения	Знания
	Модуль 1 «Современные тенденции реализации микро- и наноструктур» 1–7-ая недели	Темы: 1.1; 1.2; 1.3;	Программой не предусмотрены	Лабораторная работа № 1, 2	Самостоятельное изучение теоретического курса и подготовка к лабораторным работам №1, №2	ОНК-1, ОНК-2, ИК-1, ИК-2, СЛК-1, СЛК-2 НИД-1, НИД-2, НИД-3,	Использовать современные информационные и компьютерные технологии для оценки количественных и качественных показателей состояния поверхности твердого тела. Использовать справочные данные по электрофизическим параметрам материалов микро- и нанoeлектроники. Строить физическую модель поверхности. Измерять поверхностный потенциал. Самостоятельно приобретать новые знания. Нейтрализовать продукты химических реакций после подготовки поверхности к измерениям.	Физическую сущность влияния поверхностных состояний на характеристики устройств микро- и нанoeлектроники. Возможности лучевых технологий. Преимущества молекулярно-лучевой эпитаксии из металлоорганических соединений в реализации устройств микро- и нанoeлектроники. Квантовый характер эффекта размерного ограничения при создании устройств. Перспективность метода химической сборки для создания наноструктур. Свойства низкоразмерного кремния, их применение в рамках единой кремниевой технологии.



Окончание табл. П1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Модуль 2 «Технологические аспекты создания устройств наноэлектроники» 8–18-ая недели	Темы: 2,1; 2,2; 2,3; 2,4.	Программой не предусмотрены	Лабораторные работы № 3, 4	Самостоятельное изучение теоретического курса и подготовка к лабораторным работам №3, №4	ОНК-3, ИК-1, ИК-2, СЛК-1, СЛК-2 ПДК-1, ПТД-1, ПТД-2, НИД-1, НИД-2, ОУД-3,	Моделировать наноструктуры с использованием отечественного и зарубежного опыта. Использовать методы, а также информационные компьютерные технологии прогнозирования характеристик твердого тела Формулировать задачи исследования на этапе экспериментального создания твердотельной среды с требуемыми свойствами. Разрабатывать технологический алгоритм формирования твердотельной среды для получения электронного устройства. Решать экологические задачи при создании наноразмерных сред. Приобретать навыки работы в творческом коллективе. Публично уметь отстаивать свою точку зрения. Подготавливать материалы для научных докладов и публикаций.	Проблемы современной электроники больших мощностей. Технологические аспекты высокотемпературной полупроводниковой электроники. Решения по теплоотводу с помощью современных перспективных материалов. Критерии оценки радиационной надежности электронной техники. Элементную базу микроволновых систем (инжекционные лазеры, нанолазеры, сверхяркие светодиоды и т.д. Принципы осуществления спутниковой, мобильной и сотовой связи. Перспективные направления электроники.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СТРУКТУРА БАНКА ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»

для направления 210100.68 "Электроника и нанoeлектроника"

1	2	М:1	М:М	С	П	Д	всего
1. Современные тенденции реализации микро- и наноструктур (14 часов)	Лекция 1. Роль поверхности в создании устройств микро- и нанoeлектроники (2 часа)	7	4	1	2	8	22
	Лекция 2. Микро- и наноразмерные атомные кластеры в полупроводниках и их свойства (2 часа)	10	6	1	1	2	20
	Лекция 3. Технологические возможности перспективных видов эпитаксии (2 часа)	7	7	1	2	4	21
	Лекция 4. Создание интегральных устройств методами литографии (2 часа)	8	5	1	1	5	20
	Лекция 5. Литография высокого разрешения (2 часа)	4	8	1	1	6	20
	Лекция 6. Квантовые основы нанoeинженерии (2 часа)	11	3	1	1	5	21
	Лекция 7. Низкоразмерные кремниевые среды (2 часа)	3	2	1	3	7	16



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

1	2	М:1	М:М	С	П	Д	всего
2. Технологические аспекты создания устройств электроники и нанoeлектроники (22 часа).	Лекция 8. Технология тонких пленок и многослойных структур (2 часа)	6	6	1	1	6	20
	Лекция 9. Квантовая инженерия (2 часа)	8	7	1	2	1	19
	Лекция 10. Многослойные наноструктуры (2 часа)	7	7	1	1	4	20
	Лекция 11. Физическая природа сверхпроводимости (2 часа)	6	3	3	1	9	22
	Лекция 12. Высокотемпературная сверхпроводимость (2 часа)	5	5	1	1	9	21
	Лекция 13. Микроволны и их природа (2 часа)	1	4	2	3	5	15
	Лекция 14. Элементная база микроволновых систем (2 часа)	9	4	1	1	5	20
	Лекция 15. Системы связи (2 часа)	6	6	1	1	7	21
	Лекция 16. Температурная и радиационная стойкость изделий электронной техники (2 часа)	8	3	1	1	7	20
	Лекция 17. Перспективы кремния как материала экстремальной электроники (2 часа)	7	8	1	1	4	21
	Лекция 18. Материалы и структуры экстремальной электроники (2 часа)	7	6	1	1	5	20
	ИТОГО:	120	94	21	25	99	360
	ИТОГО %	33,8	26	5,9	6,7	27,6	100



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

**Трудоемкость разделов и видов учебной работы в относительных единицах
по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники»
образовательной программы 210100.68 «Электроника и нанoeлектроника» Института инженерной физики и радиоэлек-
троники, курс 5, 10 семестр**

Таблица ПЗ

№ п/п	Название моду- лей дисципли- ны	Срок реализации раздела, недели	Текущая работа (50 %), Конкретные виды текущей работы определяются преподавателем, ведущим занятия по данной дисциплине и утверждаются на заседании кафедры								Аттеста- ция (50 %)	Итого
			Виды текущей работы									
			Посеща- емость лекций	Выпол- нение и защита лабора- торных работ	Прак- тиче- ские и семи- нар- ские заня- тия	Выполне- ние и защита курсовых проектов	Выпол- нение и защита РГЗ	Подготовка и сдача рефератов	Реше- ние ком- плек- тов задач	Промежу- точный контроль		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15
1.	Всего отн. ед. / (зачетных единиц)	1–18	<u>0,1</u> (0,3)	<u>0,2</u> (0,6)	–	<u>0,2</u> (0,6)	–	–	–	-	<u>0,5</u> (1,5)	<u>1,0</u> (3,0)
1.1	Модуль № 1 Современные тен- денции реализации микро- и наност- руктур	1–7	<u>0,05</u> (0,15)	<u>0,1</u> (0,3)	–	–	–	–	–	-	<u>(0,2)</u> (0,3)	<u>03,5</u> (0,75)
1.2	Модуль № 2 Технологические аспекты создания устройств электро- ники и нанoeлек- троники	8–18	<u>0,05</u> (0,15)	<u>0,1</u> (0,3)	–	<u>0,2</u> (0,6)	–	–	–	-	<u>0,3</u> (1,2)	<u>0,65</u> (2,25)



ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ГРАФИК

**учебного процесса и самостоятельной работы магистров по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники»,
направления 210100.68 «Электроника и нанoeлектроника»,
Института инженерной физики и радиоэлектроники, курс 5, 10 семестр**

Таблица П4

№ пп	Наименование дисциплины	Число часов аудиторных занятий		Форма контроля	Часов на самостоятельную работу		Недели учебного процесса семестра																		
		Всего	По видам		Всего часов	По видам	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	54	Лекции –36	зачет	54	ТО-9	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	
			ЛР–18			ЛР–9	ВЛР1		ЗЛР1		ВЛР2		ЗЛР2		ВЛР3		ЗЛР3		ВЛР4		ВЛР4		ЗЛР11 2,3,4		
						КР–36		ВКР												ПКР	СКР				
						ИТ																			ИТ
						КН									КН										КН

Условные обозначения: ТО – изучение теоретического курса; КР – курсовая работа; ВКР – выдача курсовой работы; СКР – сдача курсовой работы;; ПКР – проверка курсовой работы; ЛР – лабораторные работы; ВЛР – выполнение лабораторной работы; ЗЛР – защита лабораторной работы; КН – контрольная неделя (неделя текущей аттестации); ПК – промежуточный контроль (проверка КР - ПКР); ИТ – итоговое тестирование (итоговый контроль).

Заведующий кафедрой КиПР _____

/ Ю. В. Коловский/

« » мая 2008 г.

Директор института:« » мая 2008 г.

/Г.С. Патрин/

