

Приложение 3 РПД Б1.Б.17

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Смоленске
по учебно-методической работе
В.В. Рожков
« 31 » 08 2015 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

НАНОЭЛЕКТРОНИКА

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль подготовки: Промышленная электроника

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Смоленск – 2015 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачами дисциплины является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Дисциплина направлена на формирование следующих общепрофессиональных компетенций:

- ОПК-1 – способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;
- ОПК-7 – способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные понятия, определения и физические свойства наноразмерных объектов и наноструктур, описанные с позиций современной научной картины мира (ОПК-1);
- основные технологии создания наноматериалов и наноструктур, а также тенденции их развития и применения в нанoeлектронике (ОПК-7);
- основанных на законах и методах естественных наук современные теоретические положения и модели наноразмерных объектов и структур, применяемых в нанoeлектронике (ОПК-1);
- технологические основы нанoeлектроники и современные тенденции развития (ОПК-7);
- физические основы и принципы работы современных и перспективных нанoeлектронных приборов и устройств (ОПК-1).

Уметь:

- применять знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики для описания моделей наноразмерных объектов и наноструктур, анализа и объяснения принципов работы современных и перспективных нанoeлектронных приборов и устройств (ОПК-1);
- проводить основные расчеты параметров наноразмерных объектов, наноструктур и вычислять основные характеристики и параметры нанoeлектронных приборов и устройств (ОПК-1);
- применять математические модели наноразмерных объектов и наноструктур для описания, объяснения и анализа их свойств (ОПК-1);
- применять модели нанoeлектронных приборов для объяснения принципов их работы (ОПК-1);
- объяснять и анализировать физические и химические процессы, используемые в основных технологиях создания наноматериалов и наноструктур, а также применять естественнонаучные знания при анализе тенденций развития нанoeлектроники (ОПК-1 и ОПК-7).

Владеть:

- понятийным аппаратом (тезаурусом) естественнонаучных дисциплин и математики, необходимым для описания, объяснения и анализа наноразмерных объектов, наноструктур и нанoeлектронных приборов и устройств (ОПК-1);

- теоретическими моделями наноразмерных объектов, наноструктур и нанoeлектронных приборов, необходимыми для понимания существующего уровня и тенденций развития нанoeлектроники (ОПК-1, ОПК-7);
- математическим аппаратом, необходимым для проведения расчетов параметров наноразмерных объектов и наноструктур, а также вычисления основных характеристик и параметров нанoeлектронных приборов и устройств (ОПК-1);
- базовыми знаниями о технологиях, определяющих современные тенденции развития нанoeлектроники (ОПК-7).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Промышленная электроника», направлению бакалавриата 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника.

В соответствии с учебным планом по направлению бакалавриата 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника дисциплина базируется на следующих дисциплинах:

- математика (Б1.Б.5);
- физика (Б1.Б.6);
- экология (Б1.Б.7);
- химия (Б1.Б.8);
- материалы электронной техники (Б1.Б.14);
- физика конденсированного состояния (Б1.Б.15);
- физические основы электроники (Б1.Б.16);
- математика 2 (Б1.В.ОД.3);
- методы математической физики (Б1.В.ОД.4);
- математические основы цифровой техники (Б1.В.ОД.7);
- введение в электронику (Б1.В.ДВ.3.1);
- вопросы профессиональной ориентации в области электронной техники (Б1.В.ДВ.3.2);
- учебная практика (Б2.У.1).

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой государственной итоговой аттестации (Б3).

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Аудиторная работа

Цикл	Б1	Семестр
Часть цикла	Базовая	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Б.17	
Часов (всего) по учебному плану:	72	8 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	2	8 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	0,3 (12 часов)	8 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	0,6 (22 часа)	8 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	1,1 (38 часов)	8 семестр
Зачет с оценкой (в объеме самостоятельной работы)	0,2 (8 часов)	8 семестр

Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	0,25 (10 часов)
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0,33 (10 часов)
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	0,28 (10 часов)
Подготовка к зачету	0,22 (8 часов)
Всего:	1,08 (38 часов)

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоёмкость (в часах)			
			лк	пр	СРС	в т.ч. интеракт.
1.	Тема 1. Физические и технологические основы наноэлектроники	22	4	8	12	-
2.	Тема 2. Методы нанотехнологии и материалы наноэлектроники	25	4	8	12	-
3.	Тема 3. Наноэлектронные приборы	25	4	6	14	4
Всего по видам учебных занятий			12	22	38	4

Содержание по видам учебных занятий

(раскрывается содержательная часть по всем видам работ)

Тема 1. Физические и технологические основы наноэлектроники.

Лекция 1. Физические свойства наноструктур и наноструктурированных материалов.

Практическое занятие 1. Классификация низкоразмерных структур и наноматериалов. Свойства двумерных и одномерных структур и материалов.

Практическое занятие 2. Свойства углеродных наноструктур.

Лекция 2. Теоретические основы наноэлектроники

Практическое занятие 3. Основные положения квантовой механики, используемые в наноэлектронике.

Практическое занятие 4. Физические явления в низкоразмерных структурах, используемые в наноэлектронике.

Самостоятельная работа 1. На самостоятельную работу 1 всего предусмотрено 12 часов.

В рамках самостоятельной работы 1 по изучению материала темы 1 осуществляется самостоятельная работа студента без преподавателя, в ходе которой осуществляется подготовка к лекциям и практическим занятиям. На самостоятельную работу студента без преподавателя для подготовки к аудиторным занятиям предусмотрено 6 часов, из них 2 часа на подготовку к лекциям и 4 часа на подготовку к практическим занятиям. Студентами изучаются следующие вопросы:

- физические свойства наноструктур и наноструктурированных материалов;
- классификация низкоразмерных структур и наноматериалов;
- свойства двумерных структур;
- свойства одномерных структур и материалов;
- свойства углеродных наноструктур;

- свойства наночастиц и материалов с наночастицами;
- основные положения квантовой механики, используемые в нанoeлектронике;
- момент импульса и спин;
- магнитный резонанс;
- тунельный переход через потенциальный барьер;
- квантовые потенциальные ямы.

В самостоятельной работе 1 в объеме 6 часов предусмотрено изучение дополнительного теоретического материала по следующим учебным вопросам:

- интерференционные эффекты в наноструктурах;
- элементы зонной теории и транспортные явления в наноразмерных структурах;
- сверхрешетки;
- плотность энергетических состояний в низкоразмерных объектах;
- одноэлектроника;
- физические основы спинтроники.

Текущий контроль. Письменный контрольный опрос по изученному материалу проводится на практических занятиях.

Тема 2. Методы нанотехнологии и материалы нанoeлектроники.

Лекция 3. Методы нанотехнологии.

Практическое занятие 5. Гетерогенные процессы формирования наноструктур.

Практическое занятие 6. Нанормообразование

Лекция 4. Материалы нанoeлектроники.

Практическое занятие 7. Полупроводниковые и углеродные наноматериалы.

Практическое занятие 8. Полимерные материалы. Органические проводники и полупроводники.

Самостоятельная работа 2. На самостоятельную работу 2 всего предусмотрено 12 часов. В рамках самостоятельной работы 2 по изучению материала темы 2 осуществляется самостоятельная работа студента без преподавателя, в ходе которой осуществляется подготовка к лекциям и практическим занятиям. На самостоятельную работу студента без преподавателя для подготовки к аудиторным занятиям предусмотрено 6 часов, из них 2 часа на подготовку к лекциям и 4 часа на подготовку к практическим занятиям. Студентами изучаются следующие вопросы:

- основные методы нанотехнологии;
- гетерогенные процессы формирования наноструктур;
- молекулярно-лучевая эпитаксия;
- газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений;
- формирование структур на основе коллоидных растворов;
- золь-гель технология;
- атомно-слоевое осаждение;
- нанормообразование;
- гетеропленки;
- формирование полупроводниковых и металлических нановолокон и спиралей;
- наногофрированные структуры;
- технология создания квантовых точек;
- нанопечатная лирография;
- ионный синтез наноструктур;
- полупроводниковые и углеродные наноматериалы;
- полимерные наноматериалы, органические проводники и полупроводники.

В самостоятельной работе 2 в объеме 6 часов предусмотрено изучение дополнительного теоретического материала по следующим учебным вопросам:

- технология сверхтонких пленок металлов и диэлектриков;
- методы зондовой нанотехнологии;
- технология самоорганизации наноструктур;
- технология фотонных кристаллов;

Текущий контроль Письменный контрольный опрос по изученному материалу проводится на практических занятиях. На шестой неделе обучения (практическое занятие 6) по результатам письменного контрольного опроса с учетом результатов предыдущих контрольных опросов студентам выставляются оценки за контрольную неделю.

Тема 3. Нанoeлектронные приборы.

Лекция 5. Нанотранзисторные структуры на традиционных материалах.

Практическое занятие 9. Кремневые транзисторы с изолированным затвором.

Практическое занятие 10. Гетеротранзисторы

Лекция 6. Нанотранзисторы на новых материалах.

Практическое занятие 11. Нанотранзисторы на углеродных наноматериалах.

Самостоятельная работа 3. На самостоятельную работу 3 всего предусмотрено 14 часов.

В рамках самостоятельной работы 3 по изучению материала темы 3 осуществляется самостоятельная работа студента без преподавателя, в ходе которой осуществляется подготовка к лекциям и практическим занятиям. На самостоятельную работу студента без преподавателя для подготовки к аудиторным занятиям предусмотрено 4 часа, из них 2 часа на подготовку к лекциям и 2 часа на подготовку к практическим занятиям. Студентами изучаются следующие вопросы:

- кремневые транзисторы с изолированным затвором;
- гетеротранзисторы;
- КНИ-транзисторы;
- транзисторы на структурах SiGe;
- многозатворные транзисторы;
- гетероструктурный транзистор на квантовых точках;
- нанотранзисторы на основе углеродных нанотрубок;
- нанотранзисторы на основе графена;
- спиновый нанотранзистор.

В самостоятельной работе 3 предусмотрено 8 часов на подготовку к зачету с оценкой.

Текущий контроль. Письменный контрольный опрос по изученному материалу проводится на практических занятиях. На двенадцатой неделе обучения (практическое занятие 12) по результатам письменного контрольного опроса с учетом результатов предыдущих контрольных опросов студентам выставляются оценки за контрольную неделю.

Промежуточная аттестация по дисциплине: зачет с оценкой.

Изучение дисциплины заканчивается зачетом с оценкой. Зачет проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № 21-23.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны: планы лекций и планы практических занятий, методические рекомендации по выполнению курсовой работы. Указанные материалы размещены на электронных ресурсах кафедры.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции:

- ОПК-1 – способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;
- ОПК-7 – способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе защит лабораторных работ, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи зачета.

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков - на пороговом уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлено различными видами оценочных средств.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ОПК-1 «способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики» преподавателем оценивается содержательная сторона, качество устных и письменных ответов, активное участие в диалоговом общении в рамках лекционных занятий, устные и письменные ответы студента на вопросы при текущем контроле и контрольных опросах на практических занятиях.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ОПК-1 принимается во внимание **знание** обучающимися:

- основных понятий, определений и физических свойств наноразмерных объектов и наноструктур, описанных с позиций современной научной картины мира;

- основанных на законах и методах естественных наук современных теоретических положений и моделей наноразмерных объектов и структур, применяемых в наноэлектронике;
- физических основ и принципов работы современных и перспективных наноэлектронных приборов и устройств.

наличие умений:

- применять знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики для описания моделей наноразмерных объектов и наноструктур, анализа и объяснения принципов работы современных и перспективных наноэлектронных приборов и устройств;
- проводить основные расчеты параметров наноразмерных объектов, наноструктур и вычислять основные характеристики и параметры наноэлектронных приборов и устройств;
- применять математические модели наноразмерных объектов и наноструктур для описания, объяснения и анализа их свойств;
- применять модели наноэлектронных приборов для объяснения принципов их работы;
- объяснять и анализировать физические и химические процессы, используемые в основных технологиях создания наноматериалов и наноструктур, а также применять естественнонаучные знания при анализе тенденций развития наноэлектроники.

навыки владения:

- понятийным аппаратом (тезаурусом) естественнонаучных дисциплин и математики, необходимым для описания, объяснения и анализа наноразмерных объектов, наноструктур и наноэлектронных приборов и устройств;
- теоретическими моделями наноразмерных объектов, наноструктур и наноэлектронных приборов, необходимыми для понимания существующего уровня и тенденций развития наноэлектроники;
- математическим аппаратом, необходимым для проведения расчетов параметров наноразмерных объектов и наноструктур, а также вычисления основных характеристик и параметров наноэлектронных приборов и устройств.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ОПК-7 принимается во внимание **знание** обучающимися:

- основных технологий создания наноматериалов и наноструктур, а также тенденций их развития и применения в наноэлектронике;
- технологических основ наноэлектроники и современных тенденций развития.

Наличие умений:

- объяснять и анализировать физические и химические процессы, используемые в основных технологиях создания наноматериалов и наноструктур, а также применять естественнонаучные знания при анализе тенденций развития наноэлектроники.

Навыки владения:

- теоретическими моделями наноразмерных объектов, наноструктур и наноэлектронных приборов, необходимыми для понимания существующего уровня и тенденций развития наноэлектроники;
- базовыми знаниями о технологиях, определяющих современные тенденции развития наноэлектроники.

Критерии оценивания уровней сформированности компетенций ОПК-1 и ОПК-7 в процессе тестирования, как формы текущего контроля:

- 41%-59% правильных ответов соответствует пороговому уровню сформированности компетенций на данном этапе ее формирования;
- 60%-79% - продвинутому уровню;
- 80%-100% - эталонному уровню.

Оценивание уровня сформированности компетенций ОПК-1 и ОПК-7 также проводится в рамках письменных контрольных опросов, которые проводятся на практических занятиях.

Для оценивания уровня сформированности компетенции ОПК-1 обучающимся соответственно изученному ранее материалу задается 2 вопроса из перечня:

- классификация низкоразмерных структур и наноматериалов;
- свойства двумерных структур;
- свойства одномерных структур и материалов;
- свойства углеродных наноструктур;
- свойства наночастиц и материалов с наночастицами;
- основные положения квантовой механики, используемые в наноэлектронике;
- момент импульса и спин;
- магнитный резонанс;
- туннельный переход через потенциальный барьер;
- квантовые потенциальные ямы.
- интерференционные эффекты в наноструктурах;
- элементы зонной теории и транспортные явления в наноразмерных структурах;
- сверхрешетки;
- плотность энергетических состояний в низкоразмерных объектах;
- одноэлектроника;
- физические основы спинтроники.
- основные методы нанотехнологии;
- молекулярно-лучевая эпитаксия;
- газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений;
- формирование структур на основе коллоидных растворов;
- золь-гель технология;
- атомно-слоевое осаждение;
- наноморфообразование;
- гетеропленки;
- формирование полупроводниковых и металлических нановолокон и спиралей;
- наногофрированные структуры;
- технология создания квантовых точек;
- нанопечатная лирография;
- ионный синтез наноструктур;
- полимерные наноматериалы, органические проводники и полупроводники.
- технология сверхтонких пленок металлов и диэлектриков;
- методы зондовой нанотехнологии;
- технология самоорганизации наноструктур;
- технология фотонных кристаллов;
- кремневые транзисторы с изолированным затвором;
- гетеротранзисторы;
- КНИ-транзисторы;
- транзисторы на структурах SiGe;
- многозатворные транзисторы;
- гетероструктурный транзистор на квантовых точках;

- нанотранзисторы на основе углеродных нанотрубок;
- нанотранзисторы на основе графена;
- спиновый нанотранзистор.

Для оценивания уровня сформированности компетенции ОПК-7 обучающимся соответственно изученному ранее материалу задается 2 вопроса из перечня:

- основные тенденции исследования физические свойства наноструктур;
- основные технологические направления развития и наноструктурированных материалов;
- гетерогенные процессы и их роль в технологических процессах формирования наноструктур и развития нанoeлектронной базы;
- тенденции развития технологий полупроводниковых материалов в нанoeлектронике;
- тенденции развития углеродных наноматериалов в нанoeлектронике;
- технологии наноформообразования и их роль в развитии нанoeлектроники;
- перспективные нанoeлектронные приборы и устройства;
- тенденции развития зондовой нанотехнологии ее применение в нанoeлектронике;
- использование достижений технологии самоорганизации структур в развитии нанoeлектроники;
- значение технологии фотонных кристаллов для современных тенденций развития нанoeлектроники;
- значение технологии полимерных материалов в совершенствовании нанoeлектронных приборов и устройств;
- пленочные технологии поверхностно-активных веществ в нанoeлектронике;
- тенденции развития нанотранзисторных структур на традиционных материалах;
- нанотранзисторные структуры на новых технологиях;
- тенденции развития нанoeлектроники и обеспечивающих технологий;
- спинтроника, потенциальные возможности и тенденции развития;
- перспективы создания квантовых компьютеров;
- перспективы молекулярных технологий в нанoeлектронике.

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню).

Сформированность уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является зачет с оценкой, оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Зачет с оценкой проводится в форме тестирования.

Критерии оценивания:

менее 40% - оценка «неудовлетворительно»

41%-59% - оценка «удовлетворительно»

60%-79% - оценка «хорошо»

80%-100% - оценка «отлично».)

В зачетную книжку студента и выписку к диплому выносится оценка зачета по дисциплине за 8 семестр.

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной:

- классификация низкоразмерных структур и наноматериалов;
- свойства наночастиц и материалов с наночастицами;
- основные положения квантовой механики, используемые в нанoeлектронике;
- элементы зонной теории и транспортные явления в наноразмерных структурах;
- сверхрешетки;
- плотность энергетических состояний в низкоразмерных объектах;
- одноэлектроника;
- физические основы спинтроники.
- основные методы нанотехнологии;
- гетеропленки;
- формирование полупроводниковых и металлических нановолокон и спиралей;
- наногофрированные структуры;
- технология создания квантовых точек;
- нанопечатная литография;
- ионный синтез наноструктур;
- полимерные наноматериалы, органические проводники и полупроводники.
- технология сверхтонких пленок металлов и диэлектриков;
- методы зондовой нанотехнологии;
- технология самоорганизации наноструктур;
- технология фотонных кристаллов;

Вопросы по приобретению и развитию практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной (примеры вопросов к практическим занятиям, лабораторным работам):

- свойства и математические модели двумерных структур;
- свойства и математические модели одномерных структур и материалов;
- свойства углеродных наноструктур;
- момент импульса и спин;
- магнитный резонанс;
- тунельный переход через потенциальный барьер;
- квантовые потенциальные ямы.
- интерференционные эффекты в наноструктурах;
- молекулярно-лучевая эпитаксия;
- газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений;
- формирование структур на основе коллоидных растворов;
- золь-гель технология;
- атомно-слоевое осаждение;
- наноморфообразование;
- кремневые транзисторы с изолированным затвором;
- гетеротранзисторы;
- КНИ-транзисторы;
- транзисторы на структурах SiGe;
- многозатворные транзисторы;
- гетероструктурный транзистор на квантовых точках;

- нанотранзисторы на основе углеродных нанотрубок;
- нанотранзисторы на основе графена;
- спиновый нанотранзистор;
- молекулярно-лучевая эпитаксия;
- газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений;
- формирование структур на основе коллоидных растворов;
- золь-гель технология;
- атомно-слоевое осаждение;
- наноморфообразование.

Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (вопросы к зачету)

- классификация низкоразмерных структур и наноматериалов;
- свойства наночастиц и материалов с наночастицами;
- основные положения квантовой механики, используемые в наноэлектронике;
- элементы зонной теории и транспортные явления в наноразмерных структурах;
- сверхрешетки;
- плотность энергетических состояний в низкоразмерных объектах;
- одноэлектроника;
- физические основы спинтроники.
- основные методы нанотехнологии;
- гетеропленки;
- формирование полупроводниковых и металлических нановолокон и спиралей;
- наногофрированные структуры;
- технология создания квантовых точек;
- нанопечатная лирография;
- ионный синтез наноструктур;
- полимерные наноматериалы, органические проводники и полупроводники.
- технология сверхтонких пленок металлов и диэлектриков;
- методы зондовой нанотехнологии;
- технология самоорганизации наноструктур;
- технология фотонных кристаллов;
- свойства и математические модели двумерных структур;
- свойства и математические модели одномерных структур и материалов;
- свойства углеродных наноструктур;
- момент импульса и спин;
- магнитный резонанс;
- тунельный переход через потенциальный барьер;
- квантовые потенциальные ямы.
- интерференционные эффекты в наноструктурах;
- молекулярно-лучевая эпитаксия;
- газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений;
- формирование структур на основе коллоидных растворов;
- золь-гель технология;
- атомно-слоевое осаждение;
- наноморфообразование;
- кремневые транзисторы с изолированным затвором;
- гетеротранзисторы;
- КНИ-транзисторы;
- транзисторы на структурах SiGe;

- многoзатворные транзисторы;
- гетероструктурный транзистор на квантовых точках;
- нанотранзисторы на основе углеродных нанотрубок;
- нанотранзисторы на основе графена;
- спиновый нанотранзистор;
- молекулярно-лучевая эпитаксия;
- газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений;
- формирование структур на основе коллоидных растворов;
- золь-гель технология;
- атомно-слоевое осаждение;
- нанoформoобразование;
- основные тенденции исследования физические свойства наноструктур;
- основные технологические направления развития и наноструктурированных материалов;
- гетерогенные процессы и их роль в технологических процессах формирования наноструктур и развития нанoeлектронной базы;
- тенденции развития технологий полупроводниковых материалов в нанoeлектронике;
- тенденции развития углеродных наноматериалов в нанoeлектронике;
- технологии нанoформoобразования и их роль в развитии нанoeлектроники;
- перспективные нанoeлектронные приборы и устройства;
- тенденции развития зондовой нанотехнологии ее применение в нанoeлектронике;
- использование достижений технологии самоорганизации структур в развитии нанoeлектроники;
- значение технологии фотонных кристаллов для современных тенденций развития нанoeлектроники;
- значение технологии полимерных материалов в совершенствовании нанoeлектронных приборов и устройств;
- пленочные технологии поверхностно-активных веществ в нанoeлектронике;
- тенденции развития нанотранзисторных структур на традиционных материалах;
- нанотранзисторные структуры на новых технологиях;
- тенденции развития нанoeлектроники и обеспечивающих технологий;
- спинтроника, потенциальные возможности и тенденции развития;
- перспективы создания квантовых компьютеров;
- перспективы молекулярных технологий в нанoeлектронике.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в методических рекомендациях по проведению лекционных и практических занятий, изучению учебного материала, заданного на самостоятельную работу, подготовке и проведению зачетов и экзаменов.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Щука, А.А. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : "Лаборатория знаний" (ранее "БИНOM. Лаборатория знаний"), 2012. — 348 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4357 .

2. Шишкин, Г.Г. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.Г. Шишкин, И.М. Агеев. — Электрон. дан. — М.: "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2015. — 411 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=66208

3. Головин, Ю.И. Основы нанотехнологий. [Электронный ресурс]: . — Электрон. дан. — М.: Машиностроение, 2012. — 656 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5793

б) дополнительная литература

1. Лозовский, В.Н. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. Учебное пособие [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Н. Лозовский, Г.С. Константинова, С.В. Лозовский. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2008. — 328 с. — Режим доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=232

2. Игнатов, А.Н. Микросхемотехника и нанoeлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 528 с. — Режим доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2035

3. Борисенко, В.Е. Нанoeлектроника: теория и практика: учебник [Электронный ресурс]: учебник / В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина. — Электрон. дан. — М. : "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2013. — 368 с. — Режим доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42635

4. Компоненты и технологии. [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. 2011-2015. - Режим доступа: URL <http://elibrary.ru/issues.asp?id=9938>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины

1. Сайт о нанотехнологиях в России

Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/>

2. Сайт «Нанодайджест».

Режим доступа: <http://nanodigest.ru/>.

3. Сайт «Популярная электроника».

Режим доступа: <http://scsiexplorer.com.ua/>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает лекции раз в две недели, практические занятия каждую неделю. Изучение курса завершается зачетом.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время лекции студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Практические (семинарские) занятия составляют важную часть профессиональной подго-

товки студентов. Основная цель проведения практических (семинарских) занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Методические указания к практическим (семинарским) занятиям по дисциплине наряду с рабочей программой и графиком учебного процесса относятся к методическим документам, определяющим уровень организации и качества образовательного процесса.

Содержание практических занятий фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории, развитой в лекции. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические занятия выполняют следующие задачи:

- стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы, а также внимательное отношение к лекционному курсу;
- закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой;
- расширяют объём профессионально значимых знаний, умений, навыков;
- позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;
- прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;
- способствуют свободному оперированию терминологией;
- предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

В ходе выполнения индивидуального задания практического занятия студент готовит отчет о работе. В отчет заносятся результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы (графики), таблицы, расчеты, ответы на вопросы пунктов задания, выводы и т.п.).

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объём выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделать самостоятельно.

После проверки отчета преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы). По результатам проверки отчета и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

При подготовке к **зачету** в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к зачету нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

Самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

При проведении лекционных и практических занятий предусматривается использование систем мультимедиа, компьютерных учебников, интерактивных информационных систем и иных интернет ресурсов, а также информационных технологий, позволяющих моделировать и анализировать статистические закономерности,

Для автоматизации расчетов используется лицензионное программное обеспечение. Основным лицензионным программным продуктом является табличный процессор Excel.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия проводятся в аудиториях, оснащённых презентационной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в компьютерном классе, оснащённом необходимой информационной базой и лицензионными программными продуктами.

Автор, к.т.н., доцент

Л.Л. Лямец

Зав. кафедрой, д.т.н., доцент

И.В. Якименко

Программа утверждена на заседании кафедры ЭиМТ филиала МЭИ в г. Смоленске от 14.05.2015 года, протокол №9.

Программа переутверждена в связи с изменением названия вуза на заседании кафедры ЭиМТ филиала МЭИ в г. Смоленске от 10.09.2015 года, протокол №1.