

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем

Кафедра физики твердого тела и микроэлектроники



НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Учебный модуль по направлению подготовки
11.03.04 – Электроника и микроэлектроника

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

Начальник учебного отдела


О.Б. Ширококолобова
«28» 03 2017 г.

Разработал

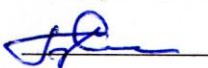
преподаватель кафедры ФТТМ


Э.Ю. Козловский
«9» 03 2017 г.

Принято на заседании кафедры ФТТМ

Протокол № 7 от 13.03 2017 г.

Заведующий кафедрой


Б.И. Селезнев

1 Цели и задачи учебного модуля

Целью учебного модуля (УМ) является формирование компетентности студентов в области нанoeлектроники, способствующей становлению их готовности к решению задач профессиональной деятельности.

Основными задачами УМ являются:

- формирование понимания студентами физических свойств наноразмерных объектов;
- формирование системы знаний, касающихся технологии создания твердотельных наноструктур;
- выработка умения проводить диагностику и анализ наносистем.

Ведущая идея учебного модуля:

- знание законов физики работы и технологий формирования низкоразмерных полупроводниковых структур необходимо для создания современных приборов нанoeлектроники.

2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки

Учебный модуль «Нанoeлектроника» входит в базовую часть блока 1, читается в 8 семестре.

Для изучения УМ используются знания, полученные при изучении следующих учебных модулей: «Материалы электронной техники», «Физика конденсированного состояния», «Процессы микро- и нанотехнологии».

В результате изучения предшествующих модулей и для изучения УМ «Нанoeлектроника», обучающиеся должны:

знать: основы зонной теории твердых тел, основные представления об электрофизических свойствах важнейших полупроводниковых материалов, практические возможности и особенности конкретных технологических процессов для изготовления полупроводниковых структур и устройств микро- и нанoeлектроники на их основе;

уметь: оценивать параметры исходных полупроводниковых структур и формируемых на их основе приборов исходя из особенностей технологии и внешних воздействующих факторов, выбирать необходимые средства диагностики полупроводниковых структур и технологические процессы для создания устройств микро- и нанoeлектроники;

владеть: основными представлениями об основных направлениях развития процессов микро- и нанотехнологий.

Знания и умения, полученные при изучении данного учебного модуля, используются при подготовке выпускной квалификационной работы.

3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения УМ направлен на формирование компетенций:

- ПК-2 способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и

характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;

- ПК-3 готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

В результате изучения учебного модуля «Наноэлектроника» студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ПК-2	повышенный	методы диагностики наносистем	исследовать нанообъекты	приемами работы с использованием зондовых измерений для исследования транзисторных наногетероструктур
ПК-3	повышенный		анализировать и систематизировать результаты исследований нанообъектов	приемами работы с измерителями характеристик транзисторных наногетероструктур и средствами обработки и визуализации полученных результатов

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
	8 семестр	
Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах (ЗЕ)	6	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	216	
- лекции	36	ПК-2, ПК-3
- практические занятия	54	
- лабораторные работы	-	
- в т.ч. аудиторная СРС	18	
- внеаудиторная СРС	90	
Аттестация: - экзамен	36	ПК-2

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

УЭМ1

- 1 Индустрия наносистем. Основные понятия и направления развития. Классификация нанообъектов. История развития нанонауки и нанотехнологий. Тенденции развития микро- и наноэлектроники. Влияние нанотехнологий на становление нового технологического уклада в мировой экономике.
- 2 Особенности физических взаимодействий на наномасштабах. Роль объема и поверхности в физических свойствах наноразмерных объектов. Физико-химические особенности наноструктурных материалов. Механика, оптика и магнетизм нанообъектов.
- 3 Квантовая механика наносистем. Квантовое ограничение. Квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки. Перенос носителей заряда в низкоразмерных структурах. Баллистический транспорт носителей заряда. Целочисленный и дробный квантовый эффект Холла. Туннельный эффект. Спиновые эффекты. Гигантское магнитосопротивление. Кулоновская блокада. Углеродные наноструктуры: фуллерены и нанотрубки. Графен.
- 4 Технологии создания твердотельных наноструктур. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений. Методы, использующие сканирующие зонды. Атомная инженерия. Нанолитография. Нанопечать.
- 5 Методы диагностики и анализа наносистем. Основы сканирующей зондовой микроскопии и методы ее применения в современных научных исследованиях. Атомно-силовая микроскопия. Исследование квантово-размерных гетероструктур методами фотоэлектрической спектроскопии и просвечивающей электронной спектроскопии. Спектроскопия адмиттанса. Электрохимическое профилирование. Холловские измерения. Эллипсометрия.

УЭМ2

- 6 Кремниевая наноэлектроника. Субмикронная литография: основные понятия и тенденции. Формирование транзисторов в приповерхностных слоях кремния (FEOL). Транзисторы технологии «Кремний-На-Изоляторе». Моделирование транзисторов КНИ технологий. Формирование межэлементных соединений и межуровневой разводки (BEOL). Перспективы приборных применений графена в электронике.
- 7 Полупроводниковые гетероструктуры. Гетеропереходы. Сверхрешетки. Селективное легирование. Двумерный электронный газ. Гетероструктурные полевые транзисторы: HEMT, pHEMT, mHEMT. Подвижность электронов в квантовой яме AlGaAs/GaAs/AlGaAs. Технология полевых транзисторов на псевдоморфных гетероструктурах с квантовой ямой. Статические, динамические и СВЧ характеристики pHEMT транзисторов. Моделирование гетероструктурных транзисторов с использованием САПР. Применение гетероструктур в СВЧ электронике.
- 8 Устройства наноэлектроники. Приборы и интегральные схемы на основе туннельно-резонансных гетероструктур. Основы одноэлектроники. Эффект одноэлектронного туннелирования. Устройства на одноэлектронных транзисторах.

- 9 Оптические свойства наноматериалов. Фотонные нанокристаллы. Оптические свойства квантовых ям и квантовых точек. Нанофотонные приборы, устройства и системы. Наноэлектронные лазеры. Наноэлектронные устройства и системы на основе жидких кристаллов. Излучающие приборы на основе органических наноматериалов. Фотоприемные наноэлектронные приборы. Фотоматрицы широкого применения.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

4.3 Организация изучения дисциплины

Методические рекомендации по организации изучения УМ даются в приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения учебного модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра, и семестровый (в виде экзамена) – по окончании изучения УМ.

Максимальное количество баллов, получаемое студентом в ходе освоения УМ – 300. Пороговому уровню соответствует 150 баллов.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте дисциплины (приложение Б). Паспорта компетенций представлены в приложении В.

Оценка качества освоения учебного модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с Положением «Об организации учебного процесса по основным образовательным программам высшего профессионального образования» и Положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников». В качестве оценочных средств используются: практические занятия, опрос, реферат, экзамен.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (приложение Г).

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по модулю используется лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В – Паспорт компетенций

Г – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А
(обязательное)

**Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля
«Нанoeлектроника»**

А.1 Методические рекомендации по теоретической части УМ

Учебный модуль «Нанoeлектроника» разделен на два учебных элемента модуля (УЭМ).

Теоретическая часть учебного модуля направлена на формирование системы знаний в области нанoeлектроники. Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекционных занятиях, а также усваивается студентом при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего элемента модуля и указана в таблице А.1.

В таблице А.1 отражены разделы модуля, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студента и ссылки на дополнительную литературу. Темы и содержание учебных элементов модуля представлено в п. 4.2 данной рабочей программы.

А.2 Методические рекомендации по практическим занятиям

Цель практических занятий – формирование у студентов умений по исследованию нанообъектов.

Темы практических занятий:

- а) знакомство с основами зондовых измерений. Проведение измерений на постоянном токе и СВЧ измерений. Зондовая станция Cascade Microtech. Основные элементы управления и приемы работы;
- б) анализатор параметров полупроводниковых устройств Keithly 4200-SCS. Применение анализатора для проведения измерений вольтамперных (I-V) и вольтфарадных (C-V) характеристик полупроводниковых гетероструктур;
- в) исследование ПТШ и рНЕМТ с использованием зондовых измерений. Расчет статических параметров полевого транзистора с барьером Шоттки с использованием выходных и передаточных характеристик;
- г) моделирование параметров двумерного электронного газа в гетероструктурах с селективным легированием. Модуль управления зарядом;
- д) построение зонных энергетических диаграмм полупроводниковых гетероструктур с использованием программных средств;
- е) атомно-силовая микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Solver NEXT и NANOEDUCATOR. Основные возможности и методики измерений;
- ж) методика селективного травления гетероструктур. Определение параметров ДЭГ с использованием холловских измерений. Метод Ван дер Пау;
- и) моделирование рНЕМТ транзисторов. Экстракция параметров линейных и нелинейных моделей. Разработка и создание монолитных интегральных схем на основе гетероструктур с использованием САПР.

Таблица А.1 – Организация изучения учебного модуля «Нанoeлектроника»

Раздел дисциплины	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
УЭМ 1	- информационная лекция - проведение ПЗ - опрос	- подготовка к практическим занятиям - подготовка к опросу - изучение литературы по теме - подготовка реферата	1 Борисенко В.Е. Нанoeлектроника: учеб. пособие для вузов. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 223 с. 2 Рыков С.А. Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Техн. физика» / под общ. ред. В.И.Ильина, А.Я. Шика; Федер. целевая прогр. «Гос.поддержка интеграции высш.образования и фундам.науки на 1997-2000 гг.». - СПб.: Наука, 2001. – 52 с. 3 Щука А.А. Электроника: учеб. пособие / под ред. А.С.Сигова. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 799 с.
УЭМ 2			
Аттестация	- проведение экзамена	- подготовиться к экзамену	4 Драгунов В.П. Основы нанoeлектроники: учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., испр. и доп. - Новосибирск: издательство НГТУ, 2004. – 494 с. 5 Нанотехнологии в электронике / под ред. Ю.А.Чаплыгина. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 134 с. 6 Герасименко Н.Н. Кремний - материал нанoeлектроники: учеб. пособие для вузов. - М.: Техносфера, 2007. – 351 с. 7 Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике: учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Техносфера, 2006. – 159 с. 8 Булярский С.В. Инновационные методы диагностики нанoeлектронных элементов: учеб.-метод. комплекс / Ульянов.гос.ун-т. - Ульяновск, 2006. - 93, [1] с. 9 Мартинес-Дуарт Дж.М. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / пер.с англ. А.В.Хачояна; под ред. Е.Б.Якимова. - М.: Техносфера, 2007. – 367 с. 10 Технология материалов микро- и нанoeлектроники / Моск.гос.ин-т стали и сплавов (технолог.ун-т). - М.: Мисис, 2007. - 542, [2] с. 11 Успехи наноинженерии: электроника, материалы, структуры / под ред. Дж. Дэвиса, М. Томпсона; пер. с англ. А.Е.Грахова; под ред. П.П.Мальцева. - М.: Техносфера, 2011. - 491с. 12 Зебрев Г. И.Физические основы кремниевой нанoeлектроники: учеб. пособие. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 240 с.

А.3 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа студентов заключается в подготовке к практическим занятиям, опросу, написании рефератов, в подготовке к экзамену.

Опрос проводится в начале занятия (не более 20 мин.) для выяснения объема знаний студентов по определенной теме, состоит из открытых вопросов. При подготовке к опросу студенты используют конспекты лекций и дополнительную литературу. Пример вопросов:

- понятие сверхрешетки;
- зонная структура сверхрешеток;
- электропроводность сверхрешеток;
- электронный газ в квантовой яме;
- свойства электронного газа в сверхрешетках;
- структура и принцип действия НЕМТ транзистора;
- структура и принцип действия рНЕМТ транзистора;
- структура и принцип действия mНЕМТ транзистора.

Самостоятельно изученные теоретические материалы оформляются в виде **рефератов**, которые обсуждаются на практических занятиях. Крайний срок сдачи рефератов – 18 неделя семестра.

Темы рефератов:

- а) нанотранзисторы кремний-на-изоляторе: технология формирования структур и моделирование транзисторов;
- б) наногетероструктуры на основе GaAs и InP в СВЧ. Современное положение дел и перспективы развития;
- в) наногетероструктуры на основе GaN. Мощные СВЧ-транзисторы на основе широкозонных полупроводников;
- г) электронные элементы на основе углеродных нанотрубок. Гибкая наноэлектроника;
- д) магнитные мультислой. Использование гигантского магниторезистивного эффекта для конструирования приборов нового поколения;
- е) перспективы нанотехнологий в фотоэнергетике. Тонкопленочные солнечные батареи;
- ж) литография в микро- и наноэлектронике. DUV и EUV фотолитография;
- и) атомная инженерия и зондовые методы формирования наноструктур. Сканирующая зондовая литография;
- к) диагностика наноустройств методами сканирующей зондовой микроскопии. Кельвин-зонд микроскопия;
- л) излучающие приборы на основе органических наноматериалов. OLED-дисплеи.

Для самостоятельной подготовки к **экзамену** студентам предлагается по одному вопросу из теоретической части и одному вопросу из практической части УМ.

Вопросы из теоретической части на экзамене.

- 1 Классификация нанообъектов. Роль объема и поверхности в физических свойствах наноразмерных объектов.
- 2 Физико-химические особенности наноструктурных материалов.
- 3 Квантовая механика наносистем. Квантовое ограничение. Квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки.
- 4 Перенос носителей заряда в низкоразмерных структурах. Баллистический транспорт носителей заряда.

- 5 Целочисленный и дробный квантовый эффект Холла.
- 6 Туннельный эффект. Спиновые эффекты.
- 7 Гигантское магнитосопротивление. Кулоновская блокада.
- 8 Углеродные наноструктуры: фуллерены и нанотрубки.
- 9 Молекулярно-лучевая эпитаксия.
- 10 Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений.
- 11 Гетероструктурные полевые транзисторы: НЕМТ, рНЕМТ, mНЕМТ.
- 12 Нанолитография. Нанопечать.
- 13 Графен. Перспективы приборных применений графена в электронике.
- 14 Двумерный электронный газ. Подвижность электронов в квантовой яме AlGaAs/GaAs/AlGaAs.
- 15 Формирование наноструктурированных материалов, их виды, свойства и применение.
- 16 Основы сканирующей зондовой микроскопии и методы ее применения в современных научных исследованиях.
- 17 Атомно-силовая микроскопия.
- 18 Исследование квантово-размерных гетероструктур методами фотоэлектрической спектроскопии и просвечивающей электронной спектроскопии.
- 19 Спектроскопия адмиттанса. Электрохимическое профилирование.
- 20 Холловские измерения. Эллипсометрия.

Вопросы из практической части на экзамене.

- 1 Измерение вольтамперных характеристик полевых транзисторов с барьером Шоттки. Рабочие и предельно-допустимые режимы работы транзистора.
- 2 Измерение барьерных характеристик рНЕМТ в диодном включении. Определение параметров барьеров Шоттки.
- 3 Метод вольтфарадных характеристик. Барьерная емкость.
- 4 Зависимость барьерной емкости рНЕМТ от напряжения смещения и температуры.
- 5 Расчет крутизны вольтамперной характеристики транзистора по входной характеристике транзистора.
- 6 Расчет крутизны вольтамперной характеристики транзистора по передаточной характеристике транзистора.
- 7 Сравнение статических, динамических и СВЧ характеристик ПТШ и рНЕМТ транзисторов.
- 8 Оценка влияния конструктивно-технологических факторов на параметры ДЭГ и характеристики рНЕМТ на его основе.
- 9 Расчет граничной частоты ПТШ и рНЕМТ исходя из параметров транзисторной гетероструктуры.
- 10 Влияние конструкции НЕМТ структуры на параметры ДЭГ.
- 11 Методики АСМ. Метод постоянной высоты. Метод постоянной силы.
- 12 Методики СТМ. Метод постоянного тока. Метод постоянной высоты.
- 13 Использование АСМ для определения геометрических характеристик активной области рНЕМТ транзистора. Исследование морфологии металлизации омического контакта до и после вжигания.
- 14 Отображение профиля распределения легирующей примеси с использованием сканирующей емкостной микроскопии.
- 15 Селективное травление гетероструктур. Прецизионное травление слоев GaAs/AlGaAs.

- 16 Определение параметров ДЭГ с использование холловских измерений.
- 17 Определение параметров ДЭГ при низких температурах.
- 18 Линейные и нелинейные модели рНЕМТ транзистора.
- 19 Экстракция параметров модели FETN для рНЕМТ транзисторов.
- 20 Комплексная диагностика рНЕМТ структур и транзисторов на их основе.

Пример экзаменационного билета

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
Институт электронных и информационных систем
Кафедра физики твердого тела и микроэлектроники

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №
по УМ Нанозлектроника

- 1 Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений.
- 2 Измерение вольтамперных характеристик полевых транзисторов с барьером Шоттки.
Рабочие и предельно-допустимые режимы работы транзистора.

Зав. кафедрой ФТТМ

Б.И.Селезнев

Приложение Б
(обязательное)

**Технологическая карта
учебного модуля «Нанoeлектроника»
семестр – 8, ЗЕ – 6, вид аттестации – экзамен, акад.часов – 216, баллов рейтинга – 300**

Номер и наименование раздела дисциплины, КП/КР	№ недели сем.	Трудоемкость, ак.час					Форма текущего контроля успеваемости (в соответствии с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия				внеауд. СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС			
УЭМ1	1-10	20	30		10	50	опрос	50
							практические занятия	60
УЭМ2	11-18	16	24		8	40	опрос	40
							практические занятия	60
	2-18						реферат	40
Семестровый контроль						36	экзамен	50
Итого:		36	54		18	126		300

Критерии оценки качества освоения студентами учебного модуля

6 ЗЕ = 50 б. × 6 = 300 баллов:

- «удовлетворительно» – от 150 до 209 баллов;
- «хорошо» – от 210 до 269 баллов;
- «отлично» – от 270 до 300 баллов.

Приложение В
(обязательное)

Паспорта компетенций

ПК-2 – Способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения (повышенный уровень)

Показатели	Оценочная шкала		
	удовлетворительно	хорошо	отлично
Знает методы диагностики наносистем	Испытывает трудности при демонстрации методы диагностики наносистем	Недостаточно четко объясняет сущность методов диагностики наносистем	Четко объясняет сущность методов диагностики наносистем, может подобрать метод под конкретную задачу
Умеет исследовать нанообъекты	Испытывает трудности при подборе методики исследования нанообъектов	Способен аргументированно подобрать методику исследования нанообъектов, но испытывает затруднения в ее реализации на практике	Способен аргументированно подобрать методику исследования нанообъектов и реализовать ее на практике
Владеет приемами работы с использованием зондовых измерений для исследования транзисторных наногетероструктур	Испытывает большие трудности в работе с использованием зондовых измерений для исследования транзисторных наногетероструктур	Допускает незначительные погрешности в работе с использованием зондовых измерений для исследования транзисторных наногетероструктур	Способен самостоятельно работать с использованием зондовых измерений для исследования транзисторных наногетероструктур

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

Показатели	Оценочная шкала		
	удовлетворительно	хорошо	отлично
Умеет анализировать и систематизировать результаты исследований нанообъектов	Испытывает трудности при анализе и систематизации результатов исследований нанообъектов и при представлении их в виде курсовой работы	Способен в общем виде анализировать и систематизировать результаты исследований нанообъектов и представлять их в виде курсовой работы	Демонстрирует полную готовность анализировать и систематизировать результаты исследований нанообъектов и представлять их в виде курсовой работы
Владеет приемами работы с измерителями характеристик транзисторных наногетероструктур и средствами обработки и визуализации полученных результатов	Испытывает трудности при представлении и обработке полученной информации	Допускает неточности при представлении и обработке полученной информации	Самостоятельно владеет приемами работы с измерителями характеристик транзисторных наногетероструктур и средствами обработки и визуализации полученных результатов

Приложение Г
(обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения

Учебного модуля «Нанoeлектроника»

Направление (специальность) 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Формы обучения очная

Курс 4 Семестр 8

Часов: всего 216, лекций 36, практ. зан. 54, лаб. раб. -, внеауд. СРС 126

Обеспечивающая кафедра ФТТМ

Таблица Г.1 - Обеспечение модуля учебными изданиями

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1 Нанoeлектроника. Теория и практика: учеб. для вузов / авт.: В.Е.Борисенко [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 366 с.	7	
2 Шишкин Г.Г. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства: учеб. пособие: для вузов / Г.Г.Шишкин, И.М.Агеев. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 406 с.	10	
Учебно-методические издания		
1 Рабочая программа учебного модуля «Нанoeлектроника» с приложениями / сост. Э.Ю.Козловский; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – В.Новгород, 2017. – 16 с.		

Таблица Г.2 – Информационное обеспечение дисциплины

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электрон- ный адрес	Примечание

Таблица Г.3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
1 Борисенко В.Е. Нанoeлектроника: учеб. пособие для вузов. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 223,[1]с.: ил.	5	
2 Драгунов В.П. Основы нанoeлектроники: учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., испр. и доп. - Новосибирск: издательство НГТУ, 2004. – 494 с.	20	
3 Нанотехнологии в электронике / под ред. Ю.А.Чаплыгина. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 134 с.	2	
4 Зебрев Г. И.Физические основы кремниевой нанoeлектроники: учеб. пособие. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 240 с.	10	
5 Щука А.А. Электроника: учеб. пособие / под ред. А.С.Сигова. - СПб.: БХВ-Петербург, 2006 (2005). – 799 с.	31	

Действительно для учебного года _____ / _____

Зав. кафедрой _____ Б.И. Селезнев

подпись

_____ 20 ____ г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

должность

подпись

расшифровка