

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Худин Александр Николаевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 26.01.2021 12:36:25

Уникальный программный ключ:

08303ad8de1c60b987361de7085acb509ac3da143f4153621ab6e51e731a19

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

"Курский государственный университет"

Кафедра физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДЕНО

протокол заседания

Ученого совета от 24.04.2017 г., №10

Рабочая программа дисциплины

Наноэлектроника

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль подготовки: Технологии в наноэлектронике

Квалификация: бакалавр

Факультет физики, математики, информатики

Форма обучения: очная

Общая трудоемкость 4 ЗЕТ

Виды контроля в семестрах:
экзамен(ы) 6

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	36	36	36	36
Лабораторные	18	18	18	18
Практические	18	18	18	18
В том числе инт.	28	28	28	28
Итого ауд.	72	72	72	72
Контактная работа	72	72	72	72
Сам. работа	36	36	36	36
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Рабочая программа дисциплины Нанoeлектроника / сост. к.ф.-м.н., доцент, Белов Павел Анатольевич; Курск. гос. ун-т. - Курск, 2017. - с.

Рабочая программа составлена в соответствии со стандартом, утвержденным приказом Минобрнауки России от 12 марта 2015 г. № 218 "Об утверждении ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника (уровень бакалавриата)" (Зарегистрировано в Минюсте России 07 апреля 2015 г. № 36765)

Рабочая программа дисциплины "Нанoeлектроника" предназначена для методического обеспечения дисциплины основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиль Технологии в нанoeлектронике

Составитель(и):

к.ф.-м.н., доцент, Белов Павел Анатольевич

© Курский государственный университет, 2017

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Приобретение знаний, умений и навыков в области наноразмерных систем, квантовых эффектов, проявляющихся в данных системах; построении на основе указанных эффектов базовых элементов электроники с перспективными характеристиками.
-----	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:	Б1.Б
--------------------	------

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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

Знать:

– фундаментальные физические эффекты, имеющие место в наноструктурах и обусловленные их пониженной размерностью;

– методы изготовления полупроводниковых приборов нанoeлектроники;

– основы функционирования приборов и устройств нанoeлектроники, обусловленные транспортом носителей заряда в низкоразмерных структурах;

Уметь:

– объяснять физические явления в приборах и устройствах нанoeлектроники, используя представления квантовой механики;

– применять физические и химические модели для описания процессов формирования наноструктур при изготовлении приборов нанoeлектроники;

– выполнять расчеты характеристик приборов нанoeлектроники с использованием базовых квантовомеханических моделей явлений и эффектов, обусловленных транспортом носителей заряда в низкоразмерных структурах;

Владеть:

– основами математического аппарата для описания квантово-механических эффектов и явлений, лежащих в основе функционирования приборов и устройств нанoeлектроники;

– навыками применения моделей формирования наноструктур для практического применения в профессиональной деятельности;

– навыками применения специализированного и стандартного программного обеспечения для разработки моделей приборов нанoeлектроники и расчета их параметров

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем	Вид занятий	Семестр / Курс	Часов	Интеракт.
	Раздел 1. Физические основы нанoeлектроники	Раздел			
1.1	Квантовые ограничения, накладываемые на транспорт носителей в наноструктурах	Лек	6	2	2
1.2	Размерное квантование и особенности энергетического спектра электронов в низкоразмерных системах	Ср	6	4	0
1.3	Баллистический транспорт носителей заряда	Лек	6	2	2
1.4	Тунелирование носителей заряда	Лек	6	2	2
1.5	Тунелирование через потенциальные барьеры	Лаб	6	2	2
1.6	Элементы низкоразмерных структур	Лек	6	2	2
1.7	Спиновые эффекты	Лек	6	2	2
1.8	Низкоразмерные структуры	Пр	6	4	2
1.9	Свободная поверхность и межфазные границы.	Ср	6	2	0
1.10	Сверхрешетки	Ср	6	4	0
1.11	Моделирование атомных конфигураций	Ср	6	4	0
1.12	Структуры с квантовым ограничением, создаваемые встроенным электрическим полем	Лек	6	2	2

1.13	Методы формирования наноструктур со встроенным электрическим полем	Ср	6	4	0
1.14	Квантовые колодцы	Пр	6	4	4
1.15	Модуляционно-легированные и дельта-легированные структуры	Ср	6	4	0
1.16	Структуры с квантовым ограничением, создаваемые внешним электрическим полем	Лек	6	2	0
1.17	Методы формирования наноструктур с квантовыми ограничениями, создаваемыми внешним электрическим полем	Ср	6	4	0
1.18	Структуры с расщепленным затвором	Ср	6	2	0
	Раздел 2. Транспорт носителей заряда в наноструктурах и приборы на их основе	Раздел			
2.1	Транспорт носителей вдоль потенциальных барьеров	Лек	6	2	0
2.2	Интерференция волн электронов	Лек	6	2	0
2.3	ВАХ наноразмерных структур	Лек	6	2	0
2.4	ВАХ нанотранзисторов	Лаб	6	4	4
2.5	Проводимость низкоразмерных структур	Пр	6	2	2
2.6	Квантовый эффект Холла	Лек	6	2	0
2.7	Приборы на основе интерференционных эффектов и баллистического транспорта	Лек	6	2	0
2.8	Приборы на основе интерференционных эффектов и баллистического транспорта	Лаб	6	4	2
2.9	Одноэлектронное тунелирование	Лек	6	2	0
2.10	Одноэлектронное тунелирование	Пр	6	2	0
2.11	Приборы на основе одноэлектронного тунелирования	Лек	6	2	0
2.12	Кулоновская блокада	Лаб	6	2	0
2.13	Резонансное тунелирование	Лек	6	2	0
2.14	Резонансное тунелирование	Пр	6	2	0
2.15	Приборы на основе резонансного тунелирования	Лаб	6	2	0
2.16	Гигантское магнитосопротивление	Лек	6	2	0
2.17	Гигантское магнитосопротивление	Пр	6	2	0
2.18	Гигантское магнитосопротивление	Лаб	6	2	0
2.19	Управление спинами носителей заряда	Ср	6	4	0
2.20	Спин-контролируемое тунелирование	Лек	6	2	0
2.21	Спин-контролируемое тунелирование	Пр	6	2	0
2.22	Спиновый транспорт носителей заряда	Лаб	6	2	0
2.23	Эффект Кондо	Ср	6	4	0
2.24	Спиновые приборы	Лек	6	2	0

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания для текущей аттестации

Оценочные материалы для проведения текущего контроля по дисциплине "Нанoeлектроника" рассмотрены и одобрены на заседании кафедры физики и нанотехнологий от 18.04.2019, протокол № 8 и являются приложением к рабочей программе дисциплины.

5.2. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине "Нанoeлектроника" рассмотрены и одобрены на заседании кафедры физики и нанотехнологий от 18.04.2019, протокол № 8 и являются приложением к рабочей программе дисциплины.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)			
6.1. Рекомендуемая литература			
6.1.1. Основная литература			
	Заглавие	Эл. адрес	Кол-
Л1.1	Щука А. А. - Нанoeлектроника: Учебник - М.: Издательство Юрайт, 2017.	http://www.biblio-online.ru/book/C8153254-ABAC-446C-A57B-5DF248ED0164	1
Л1.2	Драгунов В. П., Остертак Д. И. - Микро- и нанoeлектроника: Учебное пособие - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012.	http://www.iprbookshop.ru/45107	1
6.1.2. Дополнительная литература			
	Заглавие	Эл. адрес	Кол-
Л2.1	Шишкин Г.Г., Агеев И.М. - Нанoeлектроника. Элементы. Приборы. Устройства: учеб. пособие для вузов - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.		6
Л2.2	Троян П. Е., Сахаров Ю. В. - Нанoeлектроника: Учебное пособие - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010.	http://www.iprbookshop.ru/13949	1
Л2.3	Игнатов А.Н. - Нанoeлектроника. Состояние и перспективы развития: учебное пособие - Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011.	http://www.iprbookshop.ru/55451.html	1
6.1.3. Методические разработки			
	Заглавие	Эл. адрес	Кол-
Л3.1	Анисимова Н.И., Грабов В.М., Зайцев А.А., Ляпцев А.В., Ханин С.Д., Семенова Е.Ю. - Учебно-методический комплекс по сетевой образовательной программе «Физика наноструктур и нанoeлектроника»: учебно-методическое пособие - Санкт-Петербург: Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 2013.	http://www.iprbookshop.ru/21426.html	1
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"			
Э1	FETToy		
Э2	Resonant Tunneling Diode Simulator		
Э3	Magnetic Tunnel Junction Lab		
Э4	Piece-Wise Constant Potential Barriers Tool		
Э5	Coulomb Blockade Simulation		
Э6	Spin Transport Modeling Tool		
6.3.1 Перечень программного обеспечения			
7.3.1.1	MsOffice Professional 2007 (Open License: 43219389)		
7.3.1.2	Microsoft Windows 7 Open License: 47818817		
7.3.1.3	Citrix XenDesktop Platinum Edition - Per User/Device (Serial Number LA-0001452295-66704, Order Number 0001452295/4)		
7.3.1.4	Microsoft Windows Professional Russian Upgrade/Software Assurance Pack Academic OPEN 1 License No Level (Code/Serial Number FQC-02308)		
7.3.1.5	7-Zip (Свободная лицензия GNU LGPL)		
7.3.1.6	Adobe Acrobat Reader DC (Бесплатное программное обеспечение)		
7.3.1.7	Google Chrome (Свободная лицензия BSD)		
7.3.1.8			
7.3.1.9			
7.3.1.10			
7.3.1.11			
6.3.2 Перечень информационных справочных систем			
7.3.2.1	https://nanohub.org/publications/datasets		
7.3.2.2	https://nanohub.org/resources/animations		
7.3.2.3	https://nanohub.org/resources/presentationmaterials		
7.3.2.4	http://www.ioffe.ru/SVA/ - электронный архив: «Новые полупроводниковые материалы: Характеристики и свойства» ФТИ им А.Ф.Иоффе РАН;		

7.3.2.5	FETToy (https://nanohub.org/resources/fetty);
7.3.2.6	Resonant Tunneling Diode Simulator (https://nanohub.org/resources/rtd);
7.3.2.7	Magnetic Tunnel Junction Lab (Magnetic Tunnel Junction Lab);
7.3.2.8	Piece-Wise Constant Potential Barriers Tool (https://nanohub.org/resources/pcpbt);
7.3.2.9	Coulomb Blockade Simulation (https://nanohub.org/resources/coulombsim);
7.3.2.10	Spin Transport Modeling Tool (https://nanohub.org/resources/spintransport).
7.3.2.11	

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	1. Лаборатория электродинамики и цифровых вычислительных устройств для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33, 182
7.2	Доска ученическая (настенная) – 1 шт.
7.3	Источник питания ВИП-0,09 – 1 шт.
7.4	Мобильный ПК ASUS M50Sr01 Core 2 Duo T5750-2.00ГГц,2048 МБ,160ГБ HD3470,DVD RW fm,1U,bn ДФТ + – 1 шт.
7.5	Осциллограф С 1-73 – 9 шт.
7.6	Прибор УМК (учебный микропроцессорный) – 1 шт.
7.7	Учебный МПК УМК-1 – 1 шт.
7.8	Амперметр – 34 шт.
7.9	Вольтметр – 45 шт.
7.10	Магазин сопротивлений – 16 шт.
7.11	Реостат – 1 шт.
7.12	Стенд универсальный ОАВТ – 6 шт.
7.13	Трансформатор тока №1603 – 1 шт.
7.14	Доска аудиторная комбинированная 5 рабочих поверхностей (покрытие зеленое) – 1 шт.
7.15	Осциллограф С 1-73 – 6 шт.
7.16	Генератор Г 3-112/1 – 6 шт.
7.17	2. Научно-исследовательские лаборатории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33, МНЦ(4,5,6,7)
7.18	Модуль визуализации микро- и нанообъектов на основе сканирующего электронного – 1 шт.
7.19	Система напыления проводящих покрытий с функцией травления и кварцевым контроллером – 1 шт.
7.20	Сканирующий зондовый микроскоп Солвер Некст – 1 шт.
7.21	Сканирующий туннельный микроскоп УМКА – 1 шт.
7.22	Стол для микроскопа – 1 шт.
7.23	Стол рабочий (1500x750x700) – 12 шт.
7.24	Стул Изо – 30 шт.
7.25	Тумба подкатная – 12 шт.
7.26	Стол компьютерный с вырезом с надставкой (1000x900x700) – 9 шт.
7.27	МФУ Canon iSENSYS MF4410 лазер. принтер + сканер + копир – 1 шт.
7.28	Ноутбук ASUS Eee PC1011PX – 1 шт.
7.29	Рабочая станция (монитор, клавиатура, мышь, нулевой клиент) – 4 шт.
7.30	3.Учебная аудитория для самостоятельной работы студентов с возможностью подключения к сети «Интернет» и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета, 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33, 146.
7.31	Столов – 61 шт.
7.32	Посадочных мест – 162 шт.
7.33	Компьютеров:
7.34	27 моноблоков MSI - модель MS-A912, 2гб оперативной памяти, Athlon CPU D525 1.80GHz;
7.35	13 моноблоков Asus - модель ET2220I, 4гб оперативной памяти, intelCore i3-3220 CPU 3.30 GHz.
7.36	

7.37	Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - Междисциплинарный нанотехнологический центр Курского государственного университета, ауд. 182.
7.38	Учебно-наглядные пособия, представлены комплектом мультимедийных презентаций "Наноэлектроника".

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Методические указания обучающимся по освоению дисциплины «Наноэлектроника» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры физики и нанотехнологий, протокол № 7 от 16.03.2017 г. и являются приложением к рабочей программе дисциплины.

1.1. Указания по подготовке к занятиям лекционного типа:

Лекции по данной дисциплине проводятся как в классической форме, так и с использованием мультимедийных презентаций. Электронный конспект курса лекций предназначен для более глубокого усвоения материала путем иллюстрирования лекции схемами, таблицами, рисунками, фотографиями и т.п.

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, поэтому студентам рекомендуется перед очередной лекцией повторить материал предыдущей. При затруднениях в восприятии лекционного материала следует обращаться к литературным источникам, интернет-ресурсам, к лектору (по графику его консультаций).

1.2. Указания по подготовке к практическим занятиям:

Обучающиеся на занятиях практического типа должны освоить применение теоретических знаний для решения практических задач под руководством преподавателя. Выполнять самостоятельные задания. При затруднениях в восприятии материала практических занятий следует обращаться к литературным источникам, интернет-ресурсам, или к преподавателю на занятиях практического типа.

1.3. Указания по подготовке к лабораторным занятиям:

К выполнению лабораторного практикума допускаются только студенты, сдавшие допуск по технике безопасности, о чем делается запись в соответствующем журнале.

Перед выполнением любой лабораторной работы необходимо самостоятельно проработать теоретический материал, изучить методику проведения и планирования эксперимента, освоить измерительные средства, обработку и интерпретацию экспериментальных данных.

После выполнения лабораторной работы студент обязан сдать отчет о проделанной работе и ответить на контрольные вопросы.

1.4. Методические указания по выполнению самостоятельной работы:

Самостоятельная работа студентов включает в себя выполнение практических заданий, самостоятельное изучение отдельных вопросов дисциплины.

Самостоятельное изучение отдельных теоретических вопросов рекомендуется по основной, дополнительной и методической литературе, указанной в содержании рабочей программы.

1.5. Методические указания по работе с литературой:

Работая с литературным источником, вначале следует ознакомиться с оглавлением и научно-справочным аппаратом, прочитать аннотацию и предисловие, бегло его прочитать, рассмотреть иллюстрации, таблицы, диаграммы, приложения. Такое поверхностное ознакомление позволит узнать, какие главы следует читать внимательно, а какие прочитать быстро. Студенту следует использовать следующие виды записей при работе с литературой:

Конспект – краткая схематическая запись основного содержания работы. Целью является не переписывание произведения, а выявление его логики, системы доказательств, основных выводов.

Цитата – точное воспроизведение текста. Заключается в кавычки. Точно указывается страница источника.

Тезисы – концентрированное изложение основных положений прочитанного материала.

Аннотация – очень краткое изложение содержания прочитанной работы.

Резюме – наиболее общие выводы и положения работы, ее концептуальные итоги и другие виды.

1.6. Указания к методическим материалам, определяющим процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Текущая аттестация осуществляется в форме собеседования и выполнения тестовых заданий по изученным на момент аттестации разделам дисциплины.

Оценочные материалы для текущей аттестации студентов приведены в приложении к рабочей программе дисциплины «Оценочные материалы

для проведения текущей аттестации по дисциплине» и представляют собой вопросы для собеседования и тестовые задания по всем разделам дисциплины.

Промежуточная аттестация осуществляется в форме экзамена.

Экзамен проходит в устно-письменной форме. Студенту предлагается ответить на выбранный им билет, содержащий два теоретических вопроса и одну практическую задачу из разных разделов дисциплины для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этап формирования всех компетенций дисциплины. В процессе ответа студенту

могут быть заданы уточняющие вопросы, а также вопросы, касающиеся других разделов дисциплины, не затронутых в билете, для понимания общего уровня сформированности компетенций.

На подготовку к экзамену студенту дается 45 мин.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации студентов приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.