

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебно-методической работе,  
профессор

Е.Г. Елина

2016 г.



Рабочая программа дисциплины  
**Элементы и приборы наноэлектроники**

Направление подготовки магистратуры  
**11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»**

Профиль подготовки магистратуры  
**«Диагностика нано- и биомедицинских систем»**

Квалификация выпускника  
Магистр

Форма обучения  
очная

Саратов, 2016 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Элементы и приборы нанoeлектроники» является формирование у магистрантов комплекса профессиональных знаний и умений (владений) и усвоение материала в области элементной и приборной базы нанoeлектроники, основных физических принципов, на которых базируются элементы и приборы нанoeлектроники, приобретение магистрантами знаний и выработка навыков в области элементной и приборной базы нанoeлектроники, приобретение магистрантами знаний в области создания современной элементной базы микро- и нанoeлектроники.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о тенденциях и перспективах развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники; о передовом отечественном и зарубежном научном опыте в профессиональной сфере деятельности, методах расчёта, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств.
- формирование умений предлагать новые области научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению задач в профессиональной сфере деятельности; использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной и образовательной сфер деятельности; разрабатывать физические и математические модели приборов и устройств электроники и нанoeлектроники; разрабатывать технологические маршруты их изготовления.
- овладение знаниями физических принципов работы приборов и устройств электроники и нанoeлектроники

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Элементы и приборы нанoeлектроники» относится к вариативной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» и изучается магистрантами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению «Электроника и нанoeлектроника», профиль подготовки «Диагностика нано- и биомедицинских систем», в течение 2 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные магистрантами знания по физике, термодинамике, математике, химии, теоретическим основам электротехники, квантовой механике, квантовой теории твёрдого тела, кристаллографии и кристаллофизике, физике конденсированного состояния, физике полупроводников, материалам электронной техники, физическим основам твердотельной электроники, физике квантово-размерных структур, квантовой и оптической электронике, нелинейным явлениям и самоорганизации в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах, зондовым методам исследования наноструктур и нанокомпозитов и подготавливает магистрантов к изуче-



нию в том же или в последующих семестрах таких дисциплин, как «Микроэлектроника и наноэлектроника», «Физика фотонных кристаллов», «Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники», «Биомедицинские нанотехнологии».

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Элементы и приборы наноэлектроники» формируются следующие компетенции: ОПК-1, ОПК-4.

ОПК-1. Способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения.

ОПК-4. Способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области.

В результате освоения дисциплины обучающийся магистрант должен:

- знать тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, элементной и приборной базы наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники
- уметь разрабатывать физические и математические модели элементов и приборов наноэлектроники
- владеть знаниями физических принципов работы приборов и устройств электроники и наноэлектроники.

### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

| № п/п | Раздел дисциплины  | Се-<br>местр | Неделя се-<br>месе-<br>стра | Виды учебной работы,<br>включая самостоятельную<br>работу магистрантов и тру-<br>доемкость (в часах) |     |    |     | Формы текуще-<br>го контроля ус-<br>пешности (по<br>неделям семест-<br>ра)<br>Формы проме-<br>жуточной атте-<br>стации (по семе-<br>страм) |
|-------|--|--------------|-----------------------------|--|-----|----|-----|--|
|       |  |              |                             | Лек  | Лаб | Пр | СРС |  |
| 1.    | Перенос носителей заряда в гетероструктурах с селективным легированием | 2            | 1                           |  |     | 2  | 6   | Опрос  |
| 2.    | Горячие носители заряда в гетероструктурах с селективным легированием  | 2            | 3                           |  |     | 2  | 8   | Опрос  |
| 3.    | Сверхрешетки   | 2            | 5                           |  |     | 2  | 8   | Опрос  |
| 4.    | Методы формирования квантово-размерных структур                        | 2            | 7                           |  |     | 2  | 8   | Опрос  |

|    |   |   |       |  |  |    |    |        |
|----|---|---|-------|--|--|----|----|--------|
| 5. | Сканирующая зондовая микроскопия, сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия микроскопия | 2 | 9, 11 |  |  | 4  | 14 | Опрос  |
| 6. | Туннелирование электронов через двухбарьерную квантовую структуру                                 | 2 | 13    |  |  | 2  | 6  | Опрос  |
| 7. | Одноэлектронный транспорт   | 2 | 15    |  |  | 2  | 6  | Опрос, |
|    | Итого   |   |       |  |  | 16 | 56 | Зачёт  |

## Содержание дисциплины

### 1. Перенос носителей заряда в гетероструктурах с селективным легированием

1. Полевые транзисторы на гетероструктурах с селективным легированием
2. Гетеропереходы
3. Селективное легирование. Двумерный электронный газ.
4. Принцип работы полевых транзисторов на гетероструктурах с селективным легированием

### 2. Горячие носители заряда в гетероструктурах с селективным легированием

1. Транзисторы с инжекцией горячих электронов
2. Транзисторы на горячих электронах с переносом заряда в пространстве

### 3. Сверхрешетки

1. Композиционные сверхрешетки 1 типа, 2 типа.
2. Легированные сверхрешетки.

### 4. Методы формирования квантово-размерных структур

1. Методы формирования квантово-размерных структур. Формирование квантово-размерных структур «традиционными» методами (молекулярно-лучевая эпитаксия, ионно-лучевое травление, электронно-лучевая и рентгеновская литография).
2. Спонтанное упорядочение полупроводниковых наноструктур.
3. Концентрационные упругие домены в твердых растворах полупроводников.
4. Периодически фасетированные поверхности.
5. Поверхностные структуры плоских упругих доменов.
6. Упорядоченные массивы трехмерных когерентно напряженных островков.
7. Массивы вертикально связанных квантовых точек.

### 5. Сканирующая зондовая микроскопия, сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия микроскопия

1. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов. Конструкции пьезосканеров. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Защита



зондовых микроскопов от вибраций, акустических шумов. Формирование и обработка СЗМ изображений.

2. Принципы сканирующей туннельной микроскопии. Зонды для туннельных микроскопов. Измерение локальной работы выхода. Туннельная спектроскопия.
  3. Принципы сканирующей атомно-силовой микроскопии. Контактная атомно-силовая микроскопия. Колебательные методики атомно-силовой микроскопии. Бесконтактный режим колебаний кантилеверов. «Полуконтактный» режим колебаний кантилеверов.
- 6. Туннелирование электронов через двухбарьерную квантовую структуру**
1. Механизм последовательного туннелирования. Сечение Ферми. Механизм резонансного туннелирования. Энергетический спектр электрона в квантовой яме. Время жизни электрона в квантовой яме. “Естественная” ширина уровня энергии в квантовой яме ДБКС. Влияние рассеяния носителей заряда на время жизни электрона и ширину уровня энергии в квантовой яме ДБКС. Прохождение электронной волны через ДБКС вблизи резонанса. Зонные диаграммы и вольт-амперные характеристики РТД на основе ДБКС с прямоугольной квантовой ямой. Зонные диаграммы и вольт-амперные характеристики РТД на основе ДБКС с параболической квантовой ямой.
  2. Инерционность резонансного туннелирования. Время туннелирования через ДБКС. Быстродействие приборов на основе ДБКС.
  3. Микроэлектронные приборы на основе ДБКС. Структура, эквивалентная схема и вольтамперные характеристики горизонтально интегрированных резонансно-туннельных диодов (РТД). Структура, эквивалентная схема и вольтамперные характеристики вертикально интегрированных резонансно-туннельных диодов (РТД). Биполярные резонансно-туннельные транзисторы (БРТТ). Зонные диаграммы. Полевые резонансно-туннельные транзисторы (ПРТТ). Структура. Вольт-амперные характеристики. Интерференция электронных волн в двухканальной квантовой структуре.
- 7. Одноэлектронный транспорт**
1. Теоретические основы одноэлектроники.
    - 1.1. Теория кулоновской блокады.
    - 1.2. Кулоновская лестница. Со-туннелирование.
    - 1.3. Квантовые размерные эффекты. Влияние внешних переменных полей на квантовые кулоновские точки.
  2. Транспорт носителей.
  3. Приборные структуры одноэлектроники.
  4. Применение одноэлектронных приборов.

## **5. Образовательные технологии**

В преподавании дисциплины «Элементы и приборы наноэлектроники» используются следующие современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии



- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, работа над проектами) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижение ряда важнейших образовательных целей:

- стимулирование мотивации и интереса в осваиваемой предметной области;
- повышение уровня активности и самостоятельности обучаемых;
- развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, коммуникации;
- саморазвитие и развитие обучаемых благодаря активизации мыслительной деятельности и диалогическому взаимодействию с преподавателем и другими участниками образовательного процесса.

При реализации программы дисциплины предусмотрены также встречи с представителями российских компаний.

#### **Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:**

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения
- использование дистанционных образовательных технологий

#### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы магистрантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

В преподавании дисциплины «Элементы и приборы наноэлектроники» используются учебная и научно-исследовательская литература, Интернет сайты, сайт библиотеки Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского.



Предлагаются темы рефератов, вопросы для текущего контроля и промежуточной аттестации.

Самостоятельная работа магистрантов по дисциплине проводится в течение всего периода освоения и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к практическим (семинарским) занятиям, в выполнении заданий преподавателя, работе в компьютерном классе или библиотеке, использовании интернет-технологий.

Рекомендуется:

- при подготовке к семинарским занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;

- задания, которые даются преподавателем во время занятий по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время зачета.

Перечень заданий самостоятельной работы, предлагаемых магистрантам в ходе практических занятий:

1. Перенос носителей заряда в гетероструктурах с селективным легированием. Полевые транзисторы на гетероструктурах с селективным легированием.
2. Горячие носители заряда в гетероструктурах с селективным легированием. Транзисторы с инжекцией горячих электронов. Транзисторы на горячих электронах с переносом заряда в пространстве
3. Сверхрешетки. Композиционные сверхрешетки 1 типа, 2 типа. Легированные сверхрешетки.
4. Методы формирования квантово-размерных структур. Спонтанное упорядочение полупроводниковых наноструктур. Концентрационные упругие домены в твердых растворах полупроводников. Периодически фасетированные поверхности. Поверхностные структуры плоских упругих доменов. Упорядоченные массивы трехмерных когерентно напряженных островков. Массивы вертикально связанных квантовых точек.
5. Принципы сканирующей туннельной микроскопии.
6. Принципы сканирующей атомно-силовой микроскопии.
7. Туннелирование электронов через двухбарьерную квантовую структуру. Механизм последовательного туннелирования. Сечение Ферми.
8. Механизм резонансного туннелирования. "Естественная" ширина уровня энергии в квантовой яме ДБКС. Влияние рассеяния носителей заряда на время жизни электрона и ширину уровня энергии в квантовой яме ДБКС. Прохождение электронной волны через ДБКС вблизи резонанса.
9. Зонные диаграммы и вольт-амперные характеристики РТД на основе ДБКС с прямоугольной квантовой ямой.
10. Инерционность резонансного туннелирования. Быстродействие приборов на основе ДБКС.



11. Микроэлектронные приборы на основе ДБКС. Структура, эквивалентная схема и вольтамперные характеристики горизонтально и вертикально интегрированных резонансно-туннельных диодов (РТД).
12. Биполярные резонансно-туннельные транзисторы (БРТТ). Зонные диаграммы. Полевые резонансно-туннельные транзисторы (ПРТТ).
13. Теоретические основы одноэлектроники. Теория кулоновской блокады.
14. Приборные структуры одноэлектроники.
15. Применение одноэлектронных приборов.

При реализации программы дисциплины «Элементы и приборы наноэлектроники» магистрантам предлагается подготовить реферат.

Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:

1. Горячие носители заряда в гетероструктурах с селективным легированием. Транзисторы с инжекцией горячих электронов. Транзисторы на горячих электронах с переносом заряда в пространстве
2. Сверхрешетки. Композиционные сверхрешетки 1 типа, 2 типа. Легированные сверхрешетки.
3. Методы формирования квантово-размерных структур. Спонтанное упорядочение полупроводниковых наноструктур. Концентрационные упругие домены в твердых растворах полупроводников. Периодически фасетированные поверхности. Поверхностные структуры плоских упругих доменов. Упорядоченные массивы трехмерных когерентно напряженных островков. Массивы вертикально связанных квантовых точек.
4. Принципы сканирующей туннельной микроскопии.
5. Принципы сканирующей атомно-силовой микроскопии.
6. Туннелирование электронов через двухбарьерную квантовую структуру. Механизм последовательного туннелирования. Сечение Ферми.
7. Механизм резонансного туннелирования. “Естественная” ширина уровня энергии в квантовой яме ДБКС. Влияние рассеяния носителей заряда на время жизни электрона и ширину уровня энергии в квантовой яме ДБКС. Прохождение электронной волны через ДБКС вблизи резонанса.
8. Зонные диаграммы и вольт-амперные характеристики РТД на основе ДБКС с прямоугольной квантовой ямой.
9. Инерционность резонансного туннелирования. Быстродействие приборов на основе ДБКС.
10. Микроэлектронные приборы на основе ДБКС. Структура, эквивалентная схема и вольтамперные характеристики горизонтально и вертикально интегрированных резонансно-туннельных диодов (РТД).
11. Биполярные резонансно-туннельные транзисторы (БРТТ). Зонные диаграммы. Полевые резонансно-туннельные транзисторы (ПРТТ).
12. Теоретические основы одноэлектроники. Теория кулоновской блокады.
13. Приборные структуры одноэлектроники.



#### 14. Применение одноэлектронных приборов.

Рефераты выполняются под руководством преподавателя и должны содержать элементы литературного обзора по теме, анализа в соответствии с конкретной спецификой выбранной темы. Рефераты следует выполнять в течение всего семестра с периодическим обсуждением результатов с преподавателем.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта (2-й семестр).

#### **Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

1. Гетеропереходы. Селективное легирование. Двумерный электронный газ. Принцип работы полевых транзисторов на гетероструктурах с селективным легированием.
2. Горячие носители заряда в гетероструктурах с селективным легированием. Транзисторы с инжекцией горячих электронов. Транзисторы на горячих электронах с переносом заряда в пространстве
3. Сверхрешетки. Композиционные сверхрешетки 1 типа, 2 типа. Легированные сверхрешетки.
4. Методы формирования квантово-размерных структур. Формирование квантово-размерных структур «традиционными» методами (молекулярно-лучевая эпитаксия, ионно-лучевое травление, электронно-лучевая и рентгеновская литография).
5. Спонтанное упорядочение полупроводниковых наноструктур. Концентрационные упругие домены в твердых растворах полупроводников. Периодически фасетированные поверхности. Поверхностные структуры плоских упругих доменов. Упорядоченные массивы трехмерных когерентно напряженных островков. Массивы вертикально связанных квантовых точек.
6. Принципы сканирующей туннельной микроскопии. Туннельный ток. Туннельная спектроскопия.
7. Принципы сканирующей атомно-силовой микроскопии. Контактная атомно-силовая микроскопия. Колебательные методики атомно-силовой микроскопии.
8. Туннелирование электронов через двухбарьерную квантовую структуру. Механизм последовательного туннелирования. Сечение Ферми.
9. Механизм резонансного туннелирования. «Естественная» ширина уровня энергии в квантовой яме ДБКС. Влияние рассеяния носителей заряда на время жизни электрона и ширину уровня энергии в квантовой яме ДБКС. Прохождение электронной волны через ДБКС вблизи резонанса.
10. Зонные диаграммы и вольт-амперные характеристики РТД на основе ДБКС с прямоугольной квантовой ямой.

11. Зонные диаграммы и вольт-амперные характеристики РТД на основе ДБКС с параболической квантовой ямой.
12. Инерционность резонансного туннелирования. Время туннелирования через ДБКС. Быстродействие приборов на основе ДБКС.
13. Микроэлектронные приборы на основе ДБКС. Структура, эквивалентная схема и вольтамперные характеристики горизонтально интегрированных резонансно-туннельных диодов (РТД).
14. Структура, эквивалентная схема и вольтамперные характеристики вертикально интегрированных резонансно-туннельных диодов (РТД).
15. Биполярные резонансно-туннельные транзисторы (БРТТ). Полевые резонансно-туннельные транзисторы (ПРТТ). Вольт-амперные характеристики.
16. Одноэлектронный транспорт. Теоретические основы одноэлектроники. Теория кулоновской блокады.
17. Приборные структуры одноэлектроники.
18. Применение одноэлектронных приборов.

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в семестре.

| 1       | 2      | 3                    | 4                    | 5                      | 6                               | 7                                | 8                        | 9     |
|---------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|
| Семестр | Лекции | Лабораторные занятия | Практические занятия | Самостоятельная работа | Автоматизированное тестирование | Другие виды учебной деятельности | Промежуточная аттестация | Итого |
| 2       | 0      | 0                    | 40                   | 10                     | 0                               | 20                               | 30                       | 100   |

### 2 семестр

#### *Программа оценивания учебной деятельности студента*

##### **Лекции**

Не предусмотрены.

##### **Лабораторные занятия**

Не предусмотрены.

##### **Практические занятия:**

Посещаемость:

- не менее 91% лекций – 20 баллов
- от 61% до 90% лекций – 10-19 баллов
- от 31% до 60% лекций – 5-9 баллов
- менее 30% лекций – 0-4 балла



Участие в обсуждении тем практических занятий:

не менее 91% тем – 20 баллов

от 61% до 90% тем – 10-19 баллов

от 31% до 60% тем – 5-9 баллов

менее 30% тем – 0-4 балла

### **Самостоятельная работа**

- Правильное выполнение не менее 91% заданий на самостоятельную работу – 10 баллов
- Выполнение от 61% до 90% заданий – 7-9 баллов
- Выполнение от 31% до 60% заданий – 4-6 баллов
- Выполнение менее 30% заданий – 0-3 балла

### **Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрено.

### **Другие виды учебной деятельности:**

Реферат - от 0 до 20 баллов

### **Промежуточная аттестация (зачёт)**

Если во время теоретического зачета набрано менее 1/3 от максимального количества баллов (30 баллов) по промежуточной аттестации в семестре, то зачет считается несданным.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Элементы и приборы наноэлектроники» составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Элементы и приборы наноэлектроники» в оценку (зачёт) осуществляется в соответствии с таблицей 2:

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку.

|                   |   |
|-------------------|---|
| 60 баллов и более | «зачтено» (при недифференцированной оценке) |
| меньше 60 баллов  | «не зачтено»                                |

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в середине и в конце семестра.

Оценка студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими зачёта на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Шишкин Г. Г., Агеев И. М. Нанoeлектроника. Элементы. Приборы. Устройства [Электронный ресурс] : учебное пособие. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2015. - 408 с. - ЭБС "АЙБУКС". Режим доступа: <http://ibooks.ru/reading.php?short=1&isbn=978-5-9963-2652-5>
2. Нанoeлектроника: учеб. пособие / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009. – 223 с. (в НБ СГУ 55 экз)
3. Нанoeлектроника. Теория и практика: учебник / В. Е. Борисенко [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 366 с. (в НБ СГУ 11 экз)

### б) дополнительная литература:

1. Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс]: монография. - М. : Техносфера, 2014. – 174 с. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
2. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии: монография / А. И. Гусев. - 2-е изд., испр. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 414 с. (в НБ СГУ 45 экз.)
3. Научные основы нанотехнологий и новые приборы: учеб.-моногр. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. – 527 с. (в НБ СГУ 5 экз.)
4. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения - 2008 год: сборник / под ред. П. П. Мальцева. - М.: Техносфера, 2008. - 430 с. (в НБ СГУ 11 экз.)
5. Датта С. Квантовый транспорт. От атома к транзистору [Электронный ресурс] : монография. - Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2009. - 532 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
6. Неволин В. К. Квантовый транспорт в устройствах электроники [Электронный ресурс] : монография. - Москва : Техносфера, 2012. - 88 с. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
7. Неволин В. К. Квантовая физика и нанотехнологии [Электронный ресурс] : монография. - Москва : Техносфера, 2013. - 128 с. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
8. Артамонова Е. А. Нанотехнологии в электронике. Выпуск 2 [Электронный ресурс]. - Москва : Техносфера, 2013. - 688 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
9. Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике: учеб. пособие. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2006. – 159 с. **Гриф УМО** (в НБ СГУ 5 экз.), 2005 (15 экз)
10. Усанов Д.А. Ближнеполевая сканирующая СВЧ-микроскопия и области её применения: монография. - Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2010. - 98 с. (в НБ СГУ 10 экз.)
11. Нанотехнологии: учеб. пособие / Ч. П. Пул, Ф. Дж. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - 2-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2005. - 334 с. (в НБ СГУ 13 экз.). - 3-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2007. - 375 с. (в НБ СГУ 5 экз.). - 5-е изд., испр., доп. - М.: Техносфера, 2010. - 336 с. (в НБ СГУ 5 экз.)
12. Нолтинг Б. Новейшие методы исследования биосистем : [монография]. М.: Изд-во «Техносфера», 2005. 256 с. (в НБ СГУ 16 экз.)



в) рекомендуемая литература

1. Шука А.А. Нанозлектроника. М.: Физматкнига, 2007. 464 с.
2. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы/ Под ред. Лучинина В.В., Таирова Ю.М. М.: Физматлит, 2006. 552 с.

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>
5. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Элементы и приборы нанозлектроники» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, измерительными приборами, лабораторным оборудованием, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками и пр. (презентации, плакаты).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.04.04 «Электроника и нанозлектроника» и профилем подготовки «Диагностика нано- и биомедицинских систем».

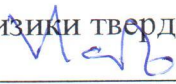
Авторы


профессор, д.ф.-м.н.  Усанов Д.А.

профессор, д.ф.-м.н.  Скрипаль А.В.

Программа разработана в 2011 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 18 марта 2011 г., протокол № 12).

Программа актуализирована в 2016 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 30 августа 2016 г., протокол № 1).

Зав. кафедрой физики твердого тела  
профессор  Д.А. Усанов

Декан факультета нано- и биомедицинских технологий  
профессор  С.Б. Вениг