

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Т.А. Хагуров

«30» \_\_\_\_\_ 2025 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### **Б1.В.02 МАТЕРИАЛЫ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ**

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки / специальность

**11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация

**Интегральная электроника, фотоника и наноэлектроника**

*(наименование направленности (профиля) / специализации)*

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная

Квалификация выпускника \_\_\_\_\_ бакалавр

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины Б1.В.02 «материалы наноэлектроники» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки / специальности 11.03.04 Электроника и наноэлектроника.

Программу составил:

Хаммуд Алаа, канд. физ.-мат. наук,  
доцент кафедры радиофизики и  
нанотехнологий ФТФ КубГУ

Рабочая программа дисциплины «Квантовая радиофизика»  
утверждена на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий  
протокол № «7» 16.04.2025г.

Ученый совет протокол

№ «13» 30.05.2025 г

Декан факультета

Доктор физ.-мат. наук, доцент.

Строганова. Е.В.  
фамилия, инициалы

Утверждена на заседании учебно-методической  
комиссии физико-технического факультета  
протокол № «11» 21.04.2025 г. Председатель  
УМК факультета

Богатов Н.М.  
фамилия, инициалы

Рецензенты:

Исаев Владислав Андреевич, Доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры  
теоретической физики и компьютерных технологий КубГУ

# **1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)**

## **1.1 Цель освоения дисциплины**

«Материалы нанoeлектроники» – интегративная научная дисциплина о применении наносистем и свойств наноструктур для создания новых малоразмерных электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения. Она раскрывает для различных типов наносистем возможности их применения в современной электронике. Эта дисциплина связана с исследованием, разработкой и созданием наноразмерных структур и наноматериалов для новых электронных устройств.

Целью изучения дисциплины «Материалы нанoeлектроники» является формирование у студентов знаний о разработках, производстве, метрологии и применении наноструктур и наноматериалов для создания новых полупроводниковых и оптоэлектронных устройств и изделий нанoeлектроники для микро- и наносистемной техники и микропроцессоров, приемников и излучателей на основе квантово-размерных структур, электронных наносенсоров и биомикросхем..

## **1.2 Задачи дисциплины.**

Задачами освоения дисциплины «Материалы нанoeлектроники» являются:

- формирование знаний по основным тенденциям развития материалов нанoeлектроники в России и за рубежом;
- формирование знаний по физическим основам процессов и явлений в наноструктурах и наноматериалах для нанoeлектроники, связанным с физическими свойствами наносистем, квантово-размерными эффектами в квантовых наноструктурах, процессами переноса носителей заряда в наноразмерных структурах;
- формирование знаний по технологическим основам проектирования и создания наноструктур и наноматериалов для приборов нанoeлектроники;
- формирование знаний по технологическим основам производства и метрологии материалов нанoeлектроники;
- формирование умения анализировать экспериментальные данные по свойствам и характеристикам наноматериалов, используемых для создания нанoeлектронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения.

В результате изучения дисциплины «Материалы нанoeлектроники» студенты должны получить базовые теоретические знания о принципах создания новых наноструктур и наноматериалов для полупроводниковых и оптоэлектронных устройств и изделий нанoeлектроники на основе квантово-размерных структур, электронных наносенсоров и биомикросхем. Также изучение настоящей дисциплины позволит студентам приобрести умения и навыки поиска и анализа научной информации по разработкам электронных устройств разных типов на основе различных наноматериалов.

## **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.**

Дисциплина «Материалы нанoeлектроники» для бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля "Нанотехнологии в электронике" является составной частью блока Б1.В.02 учебного плана и относится к дисциплинам профессионального цикла, формируемой участниками образовательных отношений/

Дисциплина «Материалы нанoeлектроники» базируется на знании дисциплин университетского курса: основ электричества и магнетизма, основ атомной и квантовой физики, радиооптики и фотоники, физики полупроводников, магнитных наноматериалов. Освоение дисциплины «Материалы нанoeлектроники» позволит выпускникам ориентироваться в разработках, метрологии и применении современных материалов для нанoeлектроники различного функционального назначения. На основе этой дисциплины возможно применение результатов обучения студентами при подготовке выпускных квалификационных работ.

Изучение дисциплины «Материалы нанoeлектроники» включает аудиторные занятия со студентами (лекции, практические/семинарские занятия, лабораторные занятия), групповые и индивидуальные консультации, написание рефератов, устные доклады, самостоятельную работу студентов с учебной литературой, научными источниками.

#### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующей профессиональной компетенции: ПК-3, ПК-4.

| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                       | Результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК-3</b> Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования |                                                                                                                                                                                                                |
| ИПК-1.1. Владение навыками проектирования, создания, измерения характеристик различных электронных наноматериалов, применяемых в микро- и нанoeлектронных устройствах различного функционального назначения.                                                               | Знает: основные физико-химические свойства наноматериалов, необходимые для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                            | Умеет: искать и анализировать научно-техническую и справочную информацию по физико-химическим и эксплуатационным характеристикам различных электронных наноматериалов                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                            | Владеет: методами анализа научно-технической информации по физико-химическим и эксплуатационным характеристикам различных электронных наноматериалов.                                                          |
| <b>ПК-4</b> Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения        |                                                                                                                                                                                                                |
| ИПК-1.1. Владение навыками реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения                             | Знает: методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                            | Умеет: реализовывать на практике методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения |
|                                                                                                                                                                                                                                                                            | Владеет: навыками экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения                         |

Результаты обучения по дисциплине «Материалы нанoeлектроники» достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

| Вид учебной работы                                                    |                                      | Всего часов | Семестры/<br>(часы)<br>7 |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------|
| <b>Контактная работа, в том числе:</b>                                |                                      | <b>56,3</b> | <b>56,3</b>              |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                                     |                                      | 56          | 56                       |
| Занятия лекционного типа                                              |                                      | 12          | 12                       |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)            |                                      | 22          | 22                       |
| Лабораторные занятия                                                  |                                      | 22          | 22                       |
| <b>Иная контактная работа:</b>                                        |                                      | <b>5,3</b>  | <b>5,3</b>               |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                                 |                                      | 5           | 5                        |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                                        |                                      | 0,3         | 0,3                      |
| <b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>                           |                                      | <b>47</b>   | <b>47</b>                |
| Курсовая работа                                                       |                                      | –           | –                        |
| Проработка учебного (теоретического) материала                        |                                      | 23          | 23                       |
| Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций) |                                      | 12          | 12                       |
| Реферат                                                               |                                      | 6           | 6                        |
| Подготовка к текущему контролю                                        |                                      | 6           | 6                        |
| <b>Контроль:</b>                                                      |                                      | <b>35,7</b> | <b>35,7</b>              |
| подготовка к экзамену                                                 |                                      | 25,7        | 25,7                     |
| <b>Общая трудоемкость</b>                                             | <b>час.</b>                          | <b>144</b>  | <b>144</b>               |
|                                                                       | <b>в том числе контактная работа</b> | <b>56,3</b> | <b>56,3</b>              |
|                                                                       | <b>зач. ед.</b>                      | <b>4</b>    | <b>4</b>                 |

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 7 семестре:

| №<br>раз-<br>дела | Наименование разделов                                                                                | Количество часов |                      |           |           |                                      |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|-----------|-----------|--------------------------------------|
|                   |                                                                                                      | Всего            | Аудиторная<br>работа |           |           | Самостоя-<br>тельная<br>работа<br>СР |
|                   |                                                                                                      |                  | Л                    | ПЗ        | ЛР        |                                      |
| <i>1</i>          | <i>2</i>                                                                                             | <i>3</i>         | <i>4</i>             | <i>5</i>  | <i>6</i>  | <i>7</i>                             |
| 1                 | Основные тенденции развития наноэлектроники.                                                         | 8                | 2                    | 2         | –         | 4                                    |
| 2                 | Физические принципы процессов используемых в наноэлектронике.                                        | 20               | 2                    | 4         | 4         | 10                                   |
| 3                 | Технологии создания твёрдотельных наноструктур.                                                      | 16               | 2                    | 4         | –         | 10                                   |
| 4                 | Полупроводниковые наноматериалы в электронных устройствах.                                           | 20               | 2                    | 4         | 4         | 10                                   |
| 5                 | Оптические наноматериалы для наноэлектроники и наноматериалы для спинтроники.                        | 13               | 2                    | 4         | 4         | 3                                    |
| 6                 | Применение наноматериалов в датчиках и электронных детекторах, наноматериалы для нанобиоэлектроники. | 22               | 2                    | 4         | 6         | 10                                   |
|                   | <b>Итого по дисциплине:</b>                                                                          | <b>99</b>        | <b>12</b>            | <b>22</b> | <b>22</b> | <b>47</b>                            |

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СР – самостоятельная работа.

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| № | Наименование раздела (темы)                                   | Содержание раздела (темы)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Форма текущего контроля |
|---|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1 | Основные тенденции развития нанoeлектроники.                  | Предмет нанoeлектроники. Основные понятия и терминология. Роль фундаментальных закономерностей, определяющих свойства наноразмерных структур, используемые в нанoeлектронике. Экономические и технологические основы перехода от элементов микроэлектроники к нанoeлектронике. Приближения размеров твердотельных структур к нанометровой области. Области применения квантоворазмерных структур. Основные преимущества приборов на основе наноструктур по сравнению с классическими полупроводниковыми приборами. Реализация одноэлектронных устройств в полупроводниковой, углеродной, молекулярной электронике.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ПЗ                      |
| 2 | Физические принципы процессов используемых в нанoeлектронике. | Особенности физики полупроводников в наносистемах. Плотность состояний и размерность системы. Наноструктуры с двумерным электронным газом (квантовые ямы), структуры с одномерным электронным газом (квантовые нити), структуры с нульмерным электронным газом (квантовые точки). Транспорт носителей заряда вдоль потенциальных барьеров: фазовая интерференция электронных волн, квантовый эффект Холла, приборы на интерференционных эффектах (интерференционные транзисторы, полевые транзисторы на отражённых электронах). Туннелирование носителей заряда. Одноэлектронное туннелирование. Приборы на одноэлектронном туннелировании (одноэлектронный транзистор, логические элементы на одноэлектронных транзисторах). Резонансное туннелирование. Приборы на резонансном туннелировании (диоды на резонансном туннелировании, транзисторы на резонансном туннелировании, логические элементы на резонансно-туннельных приборах). | КВ / Д / Р / ПЗ         |
| 3 | Технологии создания твёрдотельных наноструктур.               | Традиционные методы осаждения наноплёнок. Методы выращивания упорядоченных нанонитей и нанотрубок. Нанолитография. Манипулирование наноструктурами и их модифицирование с помощью спектроскопии СТМ и АСМ. Примеры наноструктур, сформированных с помощью методов СТМ и АСМ. Улучшение характеристик Si-основанных приборов с помощью наноструктур. Использование «напряжённого кремния» ( <i>strained silicon</i> ). Использование новых подзатворных наноматериалов с лучшими по сравнению с SiO <sub>2</sub> диэлектрическими характеристиками. Использование нанопроводов для                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | КВ/ Д / Р/ ПЗ           |

|   |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|   |                                                                                                      | межсоединений.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |
| 4 | Полупроводниковые наноматериалы в электронных устройствах.                                           | Углеродные нанотрубки (УНТ) в нанoeлектронике. Диоды и транзисторы на УНТ. Электронные логические элементы на УНТ. Элементы памяти на УНТ. Графеновая электроника. Транзисторы на основе графена. Нанoeлектроника на основе оксида цинка. Диоды и транзисторы на наноструктурах оксида цинка.                                                                                                               | КВ / Д / Р / ПЗ |
| 5 | Оптические наноматериалы для нанoeлектроники и наноматериалы для спинтронники.                       | Лазеры с квантовыми ямами и точками. Фотоприёмники на квантовых ямах. Квантово-размерные структуры Si-Ge в нанoeлектронных устройствах. Оптические и фотоэлектрические свойства Si-Ge наноструктур. Наноматериалы в качестве оптических ограничителей мощности. Спиновые эффекты в наноматериалах. Гигантское магнитосопротивление в наноматериалах. Спин-зависимое туннелирование. Спинтронные устройства. | КВ / Д / Р / ПЗ |
| 6 | Применение наноматериалов в датчиках и электронных детекторах, наноматериалы для нанобиоелектроники. | Электронные сенсоры на основе углеродных нанотрубок и графена. Электронные сенсоры на основе наноструктурированных пленок оксидных полупроводников. Электронные сенсоры на основе полупроводниковых нанонитей. Электронные сенсоры на основе структуры полевого нанотранзистора. Физические основы нанобиоелектроники. Жидкостные диоды и транзисторы, ячейки памяти и логические элементы.                 | КВ / Д / Р / ПЗ |

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы, ПЗ – выполнение практических заданий, Р – реферат, Д – доклад.

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

| № | Наименование раздела (темы)                                   | Содержание раздела (темы)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Форма текущего контроля |
|---|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1 | Основные тенденции развития нанoeлектроники.                  | Предмет нанoeлектроники. Основные понятия и терминология. Роль фундаментальных закономерностей, определяющих свойства наноразмерных структур, используемые в нанoeлектронике. Экономические и технологические основы перехода от элементов микроэлектроники к нанoeлектронике. Приближения размеров твердотельных структур к нанометровой области. | ПЗ / КВ / Р / Д         |
| 2 | Основные тенденции развития нанoeлектроники.                  | Области применения квантоворазмерных структур. Основные преимущества приборов на основе наноструктур по сравнению с классическими полупроводниковыми приборами. Реализация одноэлектронных устройств в полупроводниковой, углеродной, молекулярной электронике.                                                                                    | ПЗ / КВ / Р / Д         |
| 3 | Физические принципы процессов используемых в нанoeлектронике. | Особенности физики полупроводников в наносистемах. Плотность состояний и размерность системы. Наноструктуры с двумерным электронным газом (квантовые ямы), структуры с одномерным электронным газом (квантовые нити), структуры с нульмерным электронным газом (квантовые точки). Транспорт носителей заряда вдоль потенциальных                   | ПЗ / КВ / Р / Д         |

|    |                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|    |                                                                                | барьеров: фазовая интерференция электронных волн, квантовый эффект Холла, приборы на интерференционных эффектах (интерференционные транзисторы, полевые транзисторы на отражённых электронах).                                                                                                                                                                                                              |                 |
| 4  | Физические принципы процессов используемых в нанoeлектронике.                  | Туннелирование носителей заряда. Одноэлектронное туннелирование. Приборы на одноэлектронном туннелировании (одноэлектронный транзистор, логические элементы на одноэлектронных транзисторах). Резонансное туннелирование. Приборы на резонансном туннелировании (диоды на резонансном туннелировании, транзисторы на резонансном туннелировании, логические элементы на резонансно-туннельных приборах).    | ПЗ / КВ / Р / Д |
| 5  | Технологии создания твёрдотельных наноструктур.                                | Традиционные методы осаждения нанополюнок. Методы выращивания упорядоченных нанонитей и нанотрубок. Нанолитография. Манипулирование наноструктурами и их модифицирование с помощью спектроскопии СТМ и АСМ. Примеры наноструктур, сформированных с помощью методов СТМ и АСМ.                                                                                                                               | ПЗ / КВ / Р / Д |
| 6  | Технологии создания твёрдотельных наноструктур.                                | Улучшение характеристик Si-основанных приборов с помощью наноструктур. Использование «напряжённого кремния» ( <i>strained silicon</i> ). Использование новых подзатворных наноматериалов с лучшими по сравнению с SiO <sub>2</sub> диэлектрическими характеристиками. Использование нанопроводов для межсоединений.                                                                                         | ПЗ / КВ / Р / Д |
| 7  | Полупроводниковые наноматериалы в электронных устройствах.                     | Углеродные нанотрубки (УНТ) в нанoeлектронике. Диоды и транзисторы на УНТ. Электронные логические элементы на УНТ. Элементы памяти на УНТ. Графеновая электроника. Транзисторы на основе графена. Нанoeлектроника на основе оксида цинка. Диоды и транзисторы на наноструктурах оксида цинка.                                                                                                               | ПЗ / КВ / Р / Д |
| 8  | Полупроводниковые наноматериалы в электронных устройствах.                     | Графеновая электроника. Транзисторы на основе графена.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ПЗ / КВ / Р / Д |
| 9  | Полупроводниковые наноматериалы в электронных устройствах.                     | Нанoeлектроника на основе оксида цинка. Диоды и транзисторы на наноструктурах оксида цинка.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ПЗ / КВ / Р / Д |
| 9  | Оптические наноматериалы для нанoeлектроники и наноматериалы для спинтронники. | Лазеры с квантовыми ямами и точками. Фотоприёмники на квантовых ямах. Квантово-размерные структуры Si-Ge в нанoeлектронных устройствах. Оптические и фотоэлектрические свойства Si-Ge наноструктур. Наноматериалы в качестве оптических ограничителей мощности. Спиновые эффекты в наноматериалах. Гигантское магнитосопротивление в наноматериалах. Спин-зависимое туннелирование. Спинтронные устройства. | ПЗ / КВ / Р / Д |
| 10 | Применение наноматериалов в датчиках и электронных детекторах,                 | Электронные сенсоры на основе углеродных нанотрубок и графена. Электронные сенсоры на основе наноструктурированных плёнок оксидных полупроводников. Электронные сенсоры на основе полупроводниковых нанонитей. Электронные                                                                                                                                                                                  | ПЗ / КВ / Р / Д |

|    |                                                                                                      |                                                                                                            |  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|    | наноматериалы для нанобиоэлектроники.                                                                | сенсоры на основе структуры полевого нанотранзистора.                                                      |  |
| 11 | Применение наноматериалов в датчиках и электронных детекторах, наноматериалы для нанобиоэлектроники. | Физические основы нанобиоэлектроники. Жидкостные диоды и транзисторы, ячейки памяти и логические элементы. |  |

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы, ПЗ – выполнение практических заданий, Р – реферат, Д – доклад.

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

В основе построения лабораторных занятий по учебной дисциплине «Материалы нанoeлектроники» лежит последовательность поэтапных действий инженера-исследователя по планированию, подготовке, проведению исследований свойств наноматериалов для электронных устройств.

| №             | Наименование лабораторных работ                                                                              | Кол-во часов | Форма текущего контроля |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------|
| 1             | Исследование свойств наноразмерных пленок меди.                                                              | 4            | ЛР                      |
| 2             | Изготовление и исследование свойств наноразмерной пленки оксида цинка.                                       | 4            | ЛР                      |
| 3             | Создание наноразмерной пленки SnO <sub>2</sub> и исследование ее свойств.                                    | 4            | ЛР                      |
| 4             | Получение наноразмерной пленки наноразмерных ферритов и исследование ее характеристик.                       | 4            | ЛР                      |
| 5             | Создание сенсорного электронного устройства на основе нанопленок SnO <sub>2</sub> и исследование его свойств | 6            | ЛР                      |
| <i>Итого:</i> |                                                                                                              | 22           |                         |

ЛР - защита лабораторной работы.

Лабораторные работы выполняются в НОЦ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» Кубанского государственного университета.

В результате выполнения лабораторных работ у студентов формируется и оценивается требуемая ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля "Интегральная электроника, фотоника и нанoeлектроника" профессиональная компетенция – ПК-3.

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов).

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).

| №  | Вид СРС             | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                       |
|----|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Проработка учебного | Методические указания по изучению теоретического материала, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, |

|    |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | теоретического материала                | протокол № 7 от 20.03.2017.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 2. | Подготовка к защите лабораторных работ  | Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3. | Реферат                                 | <p>Бушенева Ю.И. Как правильно написать реферат, курсовую и дипломную работы: Учебное пособие для бакалавров [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 140 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93331">https://e.lanbook.com/book/93331</a>.</p> <p>Кузнецов И.Н. Рефераты, курсовые и дипломные работы. Методика подготовки и оформления [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 340 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93303">https://e.lanbook.com/book/93303</a>.</p> |
| 4. | Подготовка презентации по теме реферата | Вылегжанина А.О. Деловые и научные презентации [Электронный ресурс]: учебное пособие – Электрон. дан. – М., Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 115 с. – Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=446660">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=446660</a> .                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии

Для формирования профессиональных компетенций в процессе освоения дисциплины используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование и развитие продуктивных познавательных действий студентов (на основе психолого-педагогической теории поэтапного формирования умственных действий). Активизации и интенсификации познавательного процесса способствуют использование педагогической эвристики и моделирование проблемных ситуаций.

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- лекции;
- домашние задания;
- проблемные задания;
- индивидуальные практические задания;
- контрольные опросы;
- публичная защита лабораторных работ;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала,

подготовка к лабораторным занятиям, выполнение домашних работ, подготовка к опросу и зачету).

В рамках лабораторных занятий применяются методы проектного обучения, исследовательские методы, тренинговые формы, метод конкретных ситуаций. В процессе самостоятельной деятельности студенты осваивают и анализируют передовой научно-исследовательский опыт, используя имеющуюся литературу и информационные технологии, знакомятся с основными научными журналами по вопросам изучения физико-химических свойств наноструктур различных типов, выступают с докладами перед однокурсниками, накапливают багаж знаний, полезных для выполнения выпускной квалификационной работы.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- подробное изучение некоторых разделов дисциплины посредством изучения рекомендуемой дополнительной литературы;
- подробное изучение некоторых разделов дисциплины посредством подготовки сообщений, презентаций, путем написания реферативных работ;
- консультации для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном расширенном изучении разделов дисциплины.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

- лекции с проблемным изложением;
- обсуждение сложных вопросов и проблем;
- применение метода конкретных ситуаций.

Интерактивные образовательные технологии: не предусмотрены.

- работа в малых группах.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.**

Оценочными средствами для текущего контроля успеваемости являются: ответы на контрольные вопросы, выполнение практических заданий, реферат, доклад.

##### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.**

###### **4.1.1 Темы рефератов и докладов**

В процессе подготовки докладов и рефератов по дисциплине «Материалы нанoeлектроники» формируется и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля «Интегральная электроника, фотоника и нанoeлектроника» профессиональные компетенции – ПК-3, ПК-4.

Ниже приводятся примеры докладов и рефератов для рабочей программы.

1. Наночастицы и наноструктуры в современной электронике.
2. Наночастицы и наноструктуры в перспективной электронике.
3. Углеродная нанoeлектроника.
4. Молекулярная нанoeлектроника.
5. Диоды на основе углеродных нанотрубок.
6. Транзисторы на основе углеродных нанотрубок.
7. Электронные приборы на основе боразотных и боркарбонитридных нанотрубок.
8. Диоды на основе графена.
9. Транзисторы на основе графена.
10. Электронные приборы на основе графеновых нанонитей и островных наноструктур.
11. Электронные устройства на квантовых точках полупроводниковых материалов.

12. Электронные устройства на нанонитях полупроводниковых материалов.
13. Электронные устройства на нанотрубках полупроводниковых материалов.
14. Кремниевая наноэлектроника.
15. Кремниевые и германиевые наноструктуры в электронике.
16. Кремниевые гетеронаноструктуры в электронике.
17. Наноструктуры GaN, InP, InAs в электронике.
18. Оксидные наноструктуры ZnO и CdO в электронике.
19. Сульфидные наноструктуры ZnS и CdS в электронике.
20. Сульфидные наноструктуры PbS и SnS<sub>2</sub> в электронике.
21. Селенидные наноструктуры ZnSe, CdSe, PbSe в электронике и оптоэлектронике.
22. Теллуридные наноструктуры ZnTe, CdTe, PbTe в электронике и оптоэлектронике.
23. Нанопленки полупроводниковых материалов в электронике.
24. Полупроводниковые наноструктуры для наносенсоров и нанодатчиков.
25. Нанонити и нанопровода на основе металлов в наноэлектронике.
26. Нанопленки металлов и их перспективы применения в наноэлектронике.
27. Компьютерное моделирование наноразмерных элементов квантовой электроники.
28. Методы компьютерного моделирования наноструктур для оптоэлектроники.
29. Компьютерное моделирование свойств и характеристик наносенсоров.

*Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:*

ПК-3: Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

ПК-4 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.

*Критерии оценки доклада:*

Отметка «зачтено» выставляется студенту, если доклад соответствует предъявляемым к нему требованиям по объему и структуре и высказано собственное суждение по рассматриваемой теме.

Отметка «не зачтено» выставляется студенту, если в докладе отсутствует соответствие между заданной темой реферативной работы и изученными научными источниками, источник плохо проанализирован, собственных суждений по докладу студент не имеет.

*Критерии оценки реферата:*

– оценка «отлично» выставляется студенту, если реферат соответствует предъявляемым к нему требованиям по объему, структуре, оформлению и при написании реферата студентом была глубоко изучена научная литература, отражены существующие в науке точки зрения и высказано собственное суждение по рассматриваемой теме.

– оценка «хорошо» выставляется студенту, если реферат соответствует предъявляемым к нему требованиям по объему, структуре, оформлению и при написании реферата им была изучена научная литература, отражены существующие в науке точки зрения, но не высказано собственное суждение по рассматриваемой теме, имеются незначительные пробелы в изложении научного материала по теме.

– оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если при написании реферата вопросы темы раскрыты недостаточно полно, имеются недостатки в оформлении реферативной работы.

– оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в реферате присутствует плагиат, студент не проявил самостоятельности при выполнении научной

работы, заимствовал материал, отсутствует соответствие между темой реферативной работы и изученными научными источниками; работа выполнена с грубыми нарушениями требований к оформлению, при защите реферата студентом продемонстрировано отсутствие знаний необходимого материала по теме.

#### 4.1.2 Примеры практических заданий

В процессе подготовки и выполнения практических заданий по дисциплине «Материалы нанoeлектроники» формируется и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля «Интегральная электроника, фотоника и нанoeлектроника» профессиональные компетенции – ПК-3, ПК4.

Ниже приводятся примеры практических заданий для рабочей программы.

1. Обоснуйте использование различных типов углеродной нанотрубки/нанотрубок для создания наноразмерного диода различного функционального назначения на основе углеродной нанотрубки/нанотрубок.

2. Предложите и обоснуйте нструктивную схему наноразмерного диода на основе графеновых наночастиц различной морфологии.

3. Предложите и обоснуйте конструктивную схему наноразмерного диода на основе кремниевых наночастиц различной размерности.

4. Предложите и обоснуйте конструктивную схему наноразмерного транзистора на основе углеродной нанотрубки.

5. Предложите и обоснуйте конструктивную схему наноразмерного транзистора на основе графеновой наночастицы.

*Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:*

ПК-3: Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

ПК-4 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

*Критерии оценки:*

- оценка **«отлично»**: студент свободно отвечает на данные выше вопросы, активно участвует в дискуссии и в работе научного коллектива, речь отличается грамотностью, использованием профессионально-ориентированной терминологии; допустимы заминки и непродолжительные остановки;

- оценка **«хорошо»**: студент отвечает на данные выше вопросы, участвует в дискуссии и в работе научного коллектива, речь отличается грамотностью, использованием профессионально-ориентированной терминологии; но присутствуют непродолжительные остановки и негрубые ошибки;

- оценка **«удовлетворительно»**: студент не дает полноценного связного ответа на вопрос, но коммуникативный замысел просматривается и в целом содержание можно считать верным, у студента присутствуют некоторые трудности в участии в беседе и работе в научном коллективе, большое количество ошибок в определении рабочих понятий; студент не владеет в достаточной степени навыком филологического анализа текстов романтизма и реализма;

- оценка **«неудовлетворительно»**: студент не дает связного ответа на вопрос или высказывания поверхностны и неясны, у студента трудности в участии в беседе и работе в научном коллективе, большое количество ошибок в определении рабочих понятий.

#### 4.1.3 Контрольные вопросы по учебной программе

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов по разделу

«Полупроводниковые наноматериалы в электронных устройствах» рабочей программы. Полный комплект контрольных вопросов для основных разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины «Материалы нанoeлектроники».

1. Как изменяются электронные свойства углеродных нанотрубок с увеличением их длины и толщины?

2. Какие основные параметры углеродных нанотрубок определяют их применение в электронных устройствах?

3. Как изменяются электронные характеристики графеновых наноструктур с увеличением их длины/толщины?

4. Какие основные параметры графеновых наноструктур определяют их применение в электронных устройствах?

*Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:*

ПК-3: Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

ПК-4 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

*Критерии оценки:*

Оценка «**зачтено**» ставится, если продемонстрирован достаточный уровень эрудированности студента, выводы и наблюдения самостоятельны, соблюдена культура устного и письменного изложения материала и в целом продемонстрированы знания и умения необходимых компетенций.

Оценка «**не зачтено**» ставится, если студент не может дать правильные ответы на 80% вопросов или не соблюдены хотя бы 2 из оставшихся требований.

## **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

### **4.2.1 Вопросы для подготовки к экзамену**

1. Предмет нанoeлектроники. Основные понятия и терминология нанoeлектроники.

2. Фундаментальные закономерности, определяющих свойства наноразмерных структур, используемые в нанoeлектронике.

3. Экономические и технологические основы перехода от элементов микроэлектроники к нанoeлектронике.

4. Эволюция полупроводниковой электроники. Приближения размеров твердотельных структур к нанометровой области. Основные преимущества приборов на основе квантоворазмерных структур по сравнению с классическими полупроводниковыми приборами.

5. Реализация одноэлектронного транзистора в полупроводниковой, углеродной, молекулярной электронике.

6. Особенности физики полупроводников в мезо- и наноскопических системах. Характеристические длины в мезоскопических системах. Квантово-механическая когерентность.

7. Применения потенциальных ям конечной глубины (прямоугольная, параболическая, треугольная) для описания свойств наноструктур. Плотность состояний и размерность наносистемы.

8. Квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки.

9. Транспорт носителей заряда вдоль потенциальных барьеров в наноструктурах: фазовая интерференция электронных волн, квантовый эффект Холла, приборы на интерференционных эффектах.

10. Туннелирование носителей заряда. Структуры с вертикальным переносом и квантовые сверхрешётки. Одноэлектронное туннелирование.
11. Приборы на эффекте одноэлектронного туннелирования.
12. Спиновые эффекты в наноструктурах. Гигантское магнитосопротивление. Спин-зависимое туннелирование. Спинтронные приборы.
13. Традиционные методы нанесения плёночных наноструктур.
14. Методы выращивания нанонитей и нанотрубок.
15. Нанолитография. Сравнение нанолитографических методов.
16. Манипулирование наноструктурами и их модифицирование с помощью спектроскопии СТМ и АСМ. Физические процессы, используемые для атомных манипуляций.
17. Примеры наноструктур, сформированных с помощью методов СТМ и АСМ.
18. Улучшение характеристик Si-основанных приборов с помощью наноструктур. Использование «напряженного кремния». Новые подзатворные наноматериалы с лучшими по сравнению с SiO<sub>2</sub> диэлектрическими характеристиками.
19. Использование нанопроводов для решения проблемы межсоединений.
20. Квантовый интерференционный транзистор и одноэлектронный транзистор,
21. Транзистор на горячих электронах, туннельно-резонансный диод и транзистор.
22. Углеродные нанотрубки (УНТ) в нанoeлектронике. Диоды на УНТ.
23. Транзисторы на УНТ.
24. Электронные логические элементы на УНТ. Элементы памяти на УНТ.
25. Перспективы и преимущества графеновой электроники.
26. Транзисторные структуры на основе графена.
27. Лазеры с квантовыми ямами и точками. Фотоприёмники на квантовых ямах.
28. Приборы и устройства на интерференционных эффектах.
29. Нанокomпьютеры.
30. Получение и применение квантово-размерных Si-Ge наноструктур.
31. Оптические и фотоэлектрические свойства Si-Ge наноструктур.
32. Спинтронные устройства. Считывающая магнитная головка на гигантском магнитосопротивлении.
33. Элементы энергонезависимой памяти на основе эффекта гигантского магнитосопротивления и спин-зависимом туннелировании. Спин-вентильный транзистор.
34. Электронные сенсоры на основе углеродных и боразотных нанотрубок.
35. Электронные сенсоры на основе наноструктурированных оксидных полупроводников.
36. Электронные сенсоры на основе полупроводниковых нанонитей.
37. Нанобиoeлектроника. Жидкостные транзисторы. Ячейки памяти и логические элементы.

*Перечень частей компетенций, проверяемых оценочным средством:*

ПК-3: Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования

ПК-4 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

Оценка знаний на экзамене производится по следующим критериям:

– отметка **«отлично»** выставляется студенту, если ответ полный, правильный, самостоятельный, материал изложен в определенной логической последовательности демонстрируется многосторонность подходов, многоаспектность обсуждения проблемы, умение аргументировать собственную точку зрения;

– отметка **«хорошо»** выставляется студенту, если ответ полный и правильный на основе изученных концепций и теорий, материал изложен в определённой логической последовательности, при этом допускаются несущественные ошибки или трактовки ситуаций;

– отметка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если ответ полный, но допущена существенная смысловая ошибка или ответ неполный, несвязный, не проявляются умения обобщать, анализировать, формулировать выводы;

– отметка **«неудовлетворительно»** выставляется, если ответ обнаруживает незнание основного содержания учебного материала.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).**

### **5.1 Основная литература:**

1. Борисенко В.Е., Воробьева А.И., Данилюк А. Л., Уткина Е.А. - Нанoeлектроника: теория и практика. Издательство "Лаборатория знаний". 2020. Издание 5-е изд. С. 369. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/151562>

2. Борисенко В. Е., Данилюк А. Л., Мигас Д. Б. - Спинтроника: учебное пособие. Издательство "Лаборатория знаний". 2021. 2-е изд. С. 232.

3 Нанoeлектроника [Электронный ресурс]. Учебник для бакалавриата и магистратуры. Сигов А.С. - отв. ред. – 2018. 297 с. – Режим доступа: <https://urait.ru/book/nanoelektronika-413974>

4. Шука А. А. Нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. А. Шука ; под общ. ред. А. С. Сигова. - Москва : Юрайт, 2018. - 297 с. – Режим доступа: <https://urait.ru/book/nanoelektronika-413974>.

5. Драгунов, В. П. Нанoeлектроника в 2 ч. [Электронный ресурс]. Часть 1. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт. – 2017. - 285 с. – Режим доступа: <https://urait.ru/book/nanoelektronika-v-2-ch-chast-1-420921>

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

## 5.2 Дополнительная литература

1. Нанотехнологии в электронике-3.1. Под редакцией Чаплыгина Ю.А. Москва: Техносфера, 2016. 480 с. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=444856](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=444856)
2. Нанoeлектроника: теория и практика [Электронный ресурс] : учеб. / В. Е. Борисенко [и др.]. - 4-е. - Москва : Лаборатория знаний, 2015. – 369 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/84103>.
3. Основы нано- и функциональной электроники [Электронный ресурс]. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Издательство "Лань". – 2013. 2-е изд., испр. – 320 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5855>
4. Микроэлектроника: основы молекулярной электроники. 2-е изд., испр. и доп. Учебное пособие для вузов. Плотников Г.С., Зайцев В.Б. – М.: МГУ – 2017. с 166. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/A5FC8C89-8C38-4975-B21D-55FA48F76917>
5. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] : учебное пособие / Игнатов А. Н. - СПб. : Лань, 2017. - 596 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/95150>.
6. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем [Электронный ресурс] / Кульчин Ю. Н. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2016. - 440 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91158>.
7. Физические основы кремниевой наноэлектроники [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. И. Зебрев. - 3-е изд. (эл.). - Москва: Лаборатория знаний, 2015. - 243 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66216>.
8. Электронные свойства и применение нанотрубок [Электронный ресурс] : монография / П. Н. Дьячков. - 3-е изд. (эл.). - Москва : Лаборатория знаний, 2015. - 491 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/66217>.
9. Дробот П. Н. Нанoeлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие. Томск: ТУСУР. – 2016. – 286 с. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=480771](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=480771)
10. Полупроводник и ферромагнетик монооксид европия в спинтронике [Электронный ресурс] : монография / А. С. Борухович, А. В. Трошин. - 1-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 288 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90864>.

## 5.3. Периодические издания:

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>
3. Научно-теоретический журнал «Физика твердого тела» <http://journals.ioffe.ru/journals/1>
4. Научно-теоретический журнал «Журнал экспериментальной и теоретической физики» <https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=8682>
5. Научный обзорный журнал «Успехи физических наук» <https://ufn.ru/>
6. Научный обзорный журнал «Успехи химии» <https://www.uspkhim.ru/>
7. Научно-производственный журнал «Нанотехнологии. Экология. Производство». [https://www.elibrary.ru/title\\_about.asp?id=32568](https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32568)
8. Научный обзорный журнал «Российские нанотехнологии». [https://www.elibrary.ru/title\\_about\\_new.asp?id=10601](https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=10601)

**5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

### **Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

### **Профессиональные базы данных:**

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
9. Springer Journals <https://link.springer.com/>
10. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
11. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
12. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
13. zbMath <https://zbmath.org/>
14. Nano Database <https://nano.nature.com/>
15. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>

### **Информационные справочные системы:**

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

### **Ресурсы свободного доступа:**

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;

14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety)

#### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

#### **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).**

На самостоятельную работу студентов по дисциплине «Материалы нанoeлектроники», согласно требованиям ФГОС ВО по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника профиля «Интегральная электроника, фотоника и нанoeлектроника», отводится 47 часов от общей трудоемкости дисциплины (144 часов). Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;
- проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия.

В соответствии с этим при проведении оперативного контроля могут использоваться контрольные вопросы к соответствующим разделам основной дисциплины «Материалы нанoeлектроники».

Контроль осуществляется посредством устного опроса студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины и выполнения письменных контрольных работ.

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы;
- путем написания реферативных работ и анализ результата их открытого доклада;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

К средствам обеспечения освоения дисциплины «Материалы нанoeлектроники» также относятся электронные варианты дополнительных учебных, научно-популярных и научных изданий по данной дисциплине.

**Занятия лекционного типа** являются одной из основных форм обучения студентов, во время которых студентам предоставляется возможность ознакомиться с основными научно-теоретическими положениями, проблемами дисциплины, получить необходимое направление и рекомендации для самостоятельной работы с учебниками, учебными пособиями, при подготовке к семинарским занятиям. Лекция является

результатом кропотливой подготовки преподавателя, изучения и обобщения научной и учебной литературы. Столь же усердной должна быть и подготовка студента накануне лекции, посредством изучения соответствующей учебной литературы, повторения ранее пройденных тем.

Во время лекции следует записать дату ее проведения, тему, план лекции, вопросы, которые выносятся на самостоятельное изучение, отметить новинки учебной и научной литературы, рекомендованные лектором. Студентам рекомендуется конспектировать ее основные положения, не стоит пытаться дословно записать всю лекцию, поскольку скорость лекции не рассчитана на дословное воспроизведение выступления лектора в конспекте, тем не менее она является достаточной для того, чтобы студент смог не только усвоить, но и зафиксировать на бумаге сущность затронутых лектором проблем, выводы, а также узловые моменты, на которые обращается особое внимание в ходе лекции. На лекции студенту рекомендуется иметь на столах помимо конспектов также программу курса, которая будет способствовать развитию мнемонической памяти, возникновению ассоциаций между выступлением лектора и программными вопросами. В случае возникновения у студента по ходу лекции вопросов, их следует задавать сразу же или в конце лекции в специально отведенное для этого время.

**Лабораторные работы** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов по дисциплине «Материалы наноэлектроники». Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;
- формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок действия рабочей программы дисциплины и включают:

- заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;
- цель работы;
- предмет и содержание работы;
- порядок (последовательность) выполнения работы;
- общие правила к оформлению работы;
- контрольные вопросы и задания;
- список литературы (по необходимости).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Порядок проведения лабораторных работ в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

**Самостоятельная работа** содержит следующие виды учебной деятельности студентов:

- теоретическую самоподготовку к лабораторным занятиям и к зачету по конспектам и учебной литературе;
- оформление отчетов по результатам лабораторных работ (о выполненной лабораторной работе студенты отчитываются преподавателю на следующем (очередном) лабораторном занятии);
- подготовка реферата по одной из тем учебной дисциплины;
- подготовка презентации по теме реферата и выступление с докладом на одном из лекционных занятий.

Студенту необходимо систематически работать в течение семестра по изучению теоретического материала и приобретению навыков экспериментальной работы.

Для запоминания лекционного материала (в том числе и в период подготовки к зачету) студенту необходимо хорошо знать свойства памяти и активно пользоваться мнемотехническими приемами, известными из учебной дисциплины «Психология и педагогика». Методические рекомендации по запоминанию можно найти и в Интернете по ключевым словам: «память», «мнемоника», «мнемотехника», «как запомнить учебный материал». Желательно также ознакомиться с приемами конспектирования, т.е. со способами сокращения записи слов и словосочетаний, например, применяемыми в словарях и энциклопедиях.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

При подготовке доклада, который представляет собой научное сообщение, студенты творчески проводят поиск литературных источников и их анализ в соответствии с выбранной тематикой.

**Доклад** – это результат самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое устное изложение в течении 5-8 минут результатов теоретического анализа или экспериментального исследования в рамках определенной научной темы. В ходе публичного доклада студент должен раскрыть суть анализируемой работы и высказать собственные взгляды на рассматриваемые проблемы.

Подготовка докладов необходима в целях приобретения студентами необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного поиска и анализа научных источников. С помощью доклада студенты при его прослушивании глубже постигают сложные проблемы курса, учатся лаконично пересказывать содержимое научных источников, обобщать выводы и делать заключение.

Подготовка доклада способствует формированию умения поиска научных источников и развитию умения анализировать научные статьи и сообщения.

Качество доклада оценивается по тому, насколько его содержание соответствует заданной теме, какие использованы первоисточники, насколько последовательно он изложен.

**Реферат** – это результат самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменной форме полученных результатов теоретического анализа определенной научной темы, где автор должен раскрыть суть исследуемой проблемы, привести существующие разные научные точки зрения, высказать собственные взгляды на рассматриваемые проблемы.

При подготовке реферата, который представляет собой научное сообщение, студент должен изучить и обобщить научную литературу. На основе изученного материала студент раскрывает содержание выбранной темы реферата, акцентируя внимание на актуальные и проблемные вопросы. Реферат должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми для оформления письменных работ.

Написание реферата необходимо в целях приобретения студентами необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска. С помощью реферата студент глубже постигает наиболее сложные проблемы дисциплины, учиться лаконично излагать свои мысли, докладывать результаты своего труда.

Подготовка реферата способствует формированию научной культуры у выпускника, закреплению у него научных знаний, развитию умения самостоятельно анализировать различные научные источники.

Оформление реферата:

1. Реферат должен иметь следующую структуру: а) план; б) введение; в) изложение основного содержания темы; г) заключение; д) список использованной литературы.

2. Общий объём – 8-10 с. основного текста.

3. Перед написанием должен быть составлен план работы, который обычно включает 2–3 вопроса. План не следует излишне детализировать, в нём перечисляются основные, центральные вопросы темы.

4. В процессе написания работы студент имеет право обратиться за консультацией к преподавателю.

5. В основной части работы большое внимание следует уделить глубокому теоретическому освещению основных вопросов темы, правильно увязать теоретические положения с практикой, конкретным фактическим и цифровым материалом.

6. В реферате обязательно отражается использованная литература, которая является завершающей частью работы.

7. Особое внимание следует уделить оформлению.

8. При защите реферата выставляется дифференцированная оценка.

9. Реферат, не соответствующий требованиям, предъявляемым к данному виду работы, возвращается на доработку.

Рефераты выполняют на листах формата А4. Страницы текста, рисунки, формулы нумеруют. Текст следует печатать шрифтом № 12 с интервалом между строками в 1,5 интервала. Качество реферата оценивается по тому, насколько полно раскрыто содержание темы, использованы первоисточники, логичное и последовательное изложение. Оценивается и правильность подбора основной и дополнительной литературы (ссылки по правилам: фамилии и инициалы авторов, название книги, место издания, издательство, год издания, страница). Объективность оценки работы преподавателем заключается в определении ее положительных и отрицательных сторон, по совокупности которых он окончательно оценивает представленную работу. При отрицательной рецензии работа возвращается на доработку с последующим представлением на повторную проверку с приложением замечаний, сделанных преподавателем.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)**

| Наименование специальных помещений                        | Оснащенность специальных помещений                                                  | Перечень лицензионного программного обеспечения |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа | Мебель: учебная мебель<br>Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер |                                                 |

|                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Мебель: учебная мебель<br>Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Учебные аудитории А21 и А22 НОЦ ДССН КубГУ для проведения лабораторных занятий                                                                    | Оборудование: вытяжные шкафы химические, электроплитки лабораторные, электронные весы, сушильный шкаф, растровый электронный микроскоп сверхвысокого разрешения JEOL JSM7500F, спектрометр электронного парамагнитного резонанса JEOL JES-FA300, установка магнетронного напыления Q150T ES, установка для осаждения тонких пленок CCR Copra Cube ISSA, установка ионно-плазменного напыления CCR Copra Cube ISSA | 1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation).<br>2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation).<br>3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.<br>4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран. |

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

| Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся                       | Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Перечень лицензионного программного обеспечения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки) | Мебель: учебная мебель<br>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы<br>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi) | 1. Операционная система MS Windows (© Microsoft Corporation).<br>2. Интегрированное офисное приложение MS Office (© Microsoft Corporation).<br>3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.<br>4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран. |
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.203)                          | Мебель: учебная мебель<br>Комплект специализированной мебели: компьютерные столы<br>Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|  |                                                                                                                                                                                                                                    |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi) |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|