

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
**ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ  
ГЕТЕРОСТРУКТУР**  
Кафедра экспериментальной физики

Образовательная программа  
**11.04.04- Электроника и наноэлектроника**

Профили подготовки:  
**Физика полупроводников и диэлектриков**

Уровень высшего образования  
**Магистратура**

Форма обучения:  
**Очная**

Статус дисциплины:  
**Вариативная**

Махачкала 2016


Рабочая программа дисциплины **«Физика и технология полупроводниковых гетероструктур»** составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04-Электроника и наноэлектроника (уровень: Магистратура) – Приказ Минобрнауки России от 30 октября 2014 г. №1407.

Разработчик (и): кафедра экспериментальной физики, Курбанов М.К., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры экспериментальной физики от «25» мая 2016 г., протокол № 10

Зав. кафедрой —  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «26» мая 2016 г., протокол № 9.

Председатель —  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«27» мая 2016 г.  Гасангаджиева А.Г.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Аннотация рабочей программы .....   | 4  |
| 1. Цели освоения дисциплины .....   | 5  |
| 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры .....  | 6  |
| 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате<br>освоения дисциплины .....  | 6  |
| 4. Объем, структура и содержание дисциплины .....   | 11 |
| 5. Образовательные технологии .....   | 15 |
| 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов ...   | 16 |
| 7. Фонд оценочных средств для текущего контроля<br>успеваемости, промежуточной аттестации по итогам<br>освоения дисциплины .....  | 17 |
| 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в<br>процессе освоения образовательной программы .....   | 18 |
| 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций,<br>описание шкал оценивания .....   | 19 |
| 7.3. Типовые контрольные задания .....  | 27 |
| 7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания<br>знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих<br>этапы формирования компетенций .....                               | 36 |
| 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы,<br>необходимой для освоения дисциплины .....  | 37 |
| 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной<br>сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....   | 38 |
| 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ...  | 39 |
| 11. Перечень информационных технологий, используемых<br>при осуществлении образовательного процесса по дисциплине,<br>включая перечень программного обеспечения и<br>информационных справочных систем ..... | 40 |
| 12. Описание материально-технической базы, необходимой<br>для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....   | 40 |

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физика и технология полупроводниковых гетероструктур» входит в вариативную часть по выбору образовательной программы магистратуры по направлению 11.04.04 Электроника и наноэлектроника. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой экспериментальной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проблемами современной физики и технологии полупроводниковых гетероструктур, гетеропереходов, поверхностно-барьерных структур.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

**общекультурных:** способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом (ОК-2);

**общепрофессиональных:** способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения (ОПК-1); готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы (ОПК-5);

**профессиональных:** готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач (ПК-1);

способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения (ПК-5);

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: индивидуальное собеседование, тестирование, письменные контрольные задания и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины **2** зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

| Семестр | Учебные занятия                                |                      |                      |     |              |  | СРС, в том числе зачет | Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен) |
|---------|--|----------------------|----------------------|-----|--------------|--|------------------------|---|
|         | в том числе                                    |                      |                      |     |              |  |                        |   |
|         | Контактная работа обучающихся с преподавателем |                      |                      |     |              |  |                        |   |
|         | Всего  | из них               |                      |     |              |  |                        |   |
| Лекции  |  | Лабораторные занятия | Практические занятия | КСР | консультации |  |                        |   |
| 1       | 108  | 10                   |                      | 22  |              |  | 76                     | зачет   |

## **1. Цели освоения дисциплины**

Содержание дисциплины «Физика и технология полупроводниковых гетероструктур» направлено на ознакомление магистров с физическими процессами в гетероструктурах, с процессами токопереноса в полупроводниковых гетероструктурах, на контакте металл-полупроводник, являющихся основой многих приборов и устройств электроники и микроэлектроники, а также изучение основных технологий создания полупроводниковых гетероструктур.

Главное внимание уделяется выработке понимания физики и умения математически описать процессы, происходящие в гетеропереходах, барьерах Шоттки, находящихся в равновесных и неравновесных состояниях, а также освоению технологий эпитаксии, диффузии, ионного легирования и др., методов формирования многослойных гетероструктур.

На практических занятиях студенты должны закрепить полученные знания и овладеть современными технологическими процессами формирования гетероструктур и методами экспериментального изучения электрических, емкостных и оптических характеристик анизотипных гетероструктур.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры.**

Дисциплина «Физика и технология полупроводниковых гетероструктур» входит в федеральный компонент цикла вариативных дисциплин и является дисциплиной по выбору.

Основные требования к «входным» знаниям, умениям и готовностям обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

- знание основ высшей математики,
- основ общей физики, особенно разделов электричество, оптика, атомная физика,
- физика конденсированного состояния.
- физические основы электроники.

Для успешного освоения дисциплины «Физика и технология полупроводниковых гетероструктур» студенты должны иметь знания по дисциплинам теоретические основы электроники, физика твердого тела, физика полупроводников и квантово-оптическая физика.

Освоению дисциплины «Физика и технология полупроводниковых гетероструктур» должно предшествовать изучение дисциплин «Материалы электронной техники», «Физика полупроводников».

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .**

Выпускник по направлению подготовки 210100 «Электроника и наноэлектроника» с квалификацией (степенью) «магистр» в соответствии с задачами профессиональной деятельности и целями основной образовательной программы должен обладать следующими компетенциями:

| Компетенции | Формулировка компетенции из ФГОС ВО   | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)  |
|-------------|---|--|
| ОК-2        | способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• базовые понятия, используемые в экспериментальных исследованиях применительно к физике полупроводниковых гетероструктур;</li> <li>• современные методы научно-исследовательской работы;</li> <li>• принципы работы современного технологического оборудования и методик, используемых при формировании, синтеза гетероструктур</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• организовать научно-исследовательские и научно-производственные работы, проявлять навыки в управлении исследовательским коллективом;</li> <li>• использовать в научных исследованиях информационные справочники и поисковые системы;</li> <li>• формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности;</li> <li>• выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основами научно-исследовательской работы, методами (инструментарием) научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях;</li> <li>• компьютерной техникой и информационными технологиями в учебном процессе и научных исследованиях.</li> </ul> |
| ОПК-1       | способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их                                 | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основы физики и технологии классических полупроводниковых материалов и их структур, основы энергетической зонной теории полупроводников и металлов,</li> </ul>   |

|  |         |  |
|--|---------|--|
|  | решения | <p>основы зонной диаграммы многослойных гетероструктур;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные подходы к описанию реальных физических процессов и явлений в полупроводниках и гетероструктурах, как на классическом, так и на квантовом уровне;</li> <li>• современные тенденции развития технологии получения гетероструктур, физики материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий;</li> <li>• методы вычислительной физики и математического моделирования для описания физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниковых гетеропереходах о барьерах Шоттки;</li> <li>• выбирать методы и средства решения конкретных задач, использовать для их решения физических измерительных приборов и приемов.</li> <li>• анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения;</li> <li>• самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики полупроводников и гетерэпитаксиальных структур на их основе;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основами теоретических знаний для решения практических задач как в области физики и технологии полупроводников, так и в области физики и технологии гетероструктур;</li> <li>• методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики полупроводников и многослойных гетероструктур;</li> <li>• методами количественного формулирования и решения практических задач по физике полупроводников и многослойных гетероструктур;</li> </ul> |
|--|---------|--|

|       |   |  |
|-------|---|--|
| ОПК-5 | готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы  | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• требования к оформлению результатов выполненной работы;</li> <li>• методы статистической обработки и определения погрешности измерений физических величин;</li> <li>• пакеты программ по графическому представлению результатов выполненной работы.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• описывать, качественно и количественно объяснять результаты выполненной исследовательской работы по физике полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки;</li> <li>• применять методы моделирования физических процессов в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки с использованием методов вычислительной физики;</li> <li>• оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы;</li> <li>• аргументированно защищать результаты выполненной работы</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками оформления полученных данных в виде таблиц, рисунков и т.д.</li> <li>• навыками представления итогов в виде отчетов, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями;</li> <li>• навыками подготовки презентаций по результатам выполненной работы.</li> </ul> |
| ПК-1  | готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные направления и тенденции развития современной микро- и нанoeлектроники;</li> <li>• материаловедческие проблемы электроники и нанoeлектроники;</li> <li>• современные полупроводниковые гетероструктуры, перспективы их применения в связи с развитием многослойной твердотельной электроники;</li> <li>• технологические возможности перспективных методов получения гетероструктур на основе полупроводников и металлов;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать информационные источники</li> </ul>  |



|      |  |  |
|------|--|--|
|      | сформулированных задач   | <p>для получения новых знаний о свойствах и области полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки в электронике и наноэлектронике;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники и наноэлектроники;</li> <li>• выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач;</li> <li>• формировать план исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретных исследований.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов;</li> <li>• методами экспериментальных исследований свойств полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки на современном инновационном оборудовании;</li> <li>• навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений в области физики и технологии гетероструктур.</li> </ul> |
| ПК-5 | способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные закономерности формирования полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки;</li> <li>• свойств анизотипных гетеропереходов и барьеров Шоттки;</li> <li>• полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки с точки зрения перноса в них заряда;</li> <li>• методы теоретических подходов в описании и изучении явлений в физике полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки;</li> <li>• электрические, оптические и фотоэлектрические свойства полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки;</li> <li>• механизмы протекания тока;</li> <li>• квантоворазмерные эффекты и физические</li> </ul>   |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>свойства в гетеросистемах пониженной размерности;</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать специализированные знания в области физики полупроводников для обеспечения технологической реализации материалов и элементов электронной техники в гетероструктурах и приборах и устройствах электроники и наноэлектроники на их основе;</li> <li>• подбирать энергетические зонные модели гетероструктур для описания основных механизмов переноса тока в них;</li> <li>• оценивать пределы применимости той или иной модели гетероструктуры, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах наноэлектроники;</li> <li>• по результатам теоретических и экспериментальных исследований материалов формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и наноэлектроники на гетероструктурах.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками представления итогов работы в виде научных публикаций, тезисов докладов, оформления заявок на изобретения и др.;</li> <li>• опытом использования результатов исследований для оформления научных проектов, грантов, участия в различных молодежных конкурсах;</li> <li>• опытом внедрения результатов исследований на практике.</li> </ul> |
|--|--|---|

А также, в результате изучения дисциплины «Физика и технология полупроводниковых гетероструктур» магистр должен:

1.2.1. Знать и уметь:

- Ясное представление о типах электрических переходов, об их принципиальных отличиях, о физических процессах в гетеропереходах, находящихся в различных состояниях.
- Знать сходство и различия идеализированных и реальных гетеропереходов и барьеров Шоттки.
- Уметь рассчитать основные параметры гетеропереходов и барьеров Шоттки.
- Иметь представления об экспериментальных методах исследования изо- и анизотипных гетеропереходов и поверхностно-барьерных

структур.

- Иметь представление о современных технологиях формирования полупроводниковых гетеропереходов, создания анизотипных структур методами эпитаксии, диффузии, ионного внедрения.

#### 1.2.2. Иметь навыки:

- применения современных методов исследования электрических, емкостных, оптических и других свойств электрических гетеропереходов, интерпретации экспериментальных данных;
- работы с аппаратурой и приборами, которые могут быть использованы для этих целей.

### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **2** зачетных единиц, **108** академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

| № п/п | Разделы и темы дисциплины  | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) |                     |                 | Формы текущего контр (по неделям семест.). Формы промеж. Аттестац (по семест) |
|-------|--|---------|-----------------|--|---------------------|-----------------|---|
|       |  |         |                 | Лекции   | Практич. и семинары | Лаборат. работы |   |
| 1     | Основные сведения о технологии полупроводниковых гетеропереходов.            | 1       | 1; 7; 13        | 2  | 4                   |                 | Домашнее задание (ДЗ)<br>Собеседование (С)<br>Рейтинговая система (РС)        |
| 2     | Равновесное и неравновесное состояние анизотипных гетеропереходов.           | 1       | 2; 8; 14        | 2  | 6                   |                 | (ДЗ), (С), (РС)   |
| 3     | Электрические свойства гетеропереходов. ВАХ, ВФХ анизотипных гетеропереходов | 1       | 3; 9; 15        | 2  | 4                   |                 | (ДЗ), (С), (РС)   |
| 4     | Физика и технология барьеров Шоттки. Основные параметры барьеров Шоттки      | 1       | 5; 11; 17       | 2  | 4                   |                 | (ДЗ), (С), (РС)   |
| 5     | Современные методы   | 1       | 8; 12;          | 2  | 4                   |                 |   |

|        |  |  |    |    |  |  |       |
|--------|--|--|----|----|--|--|-------|
|        | исследования<br>полупроводниковых<br>гетеропереходов |  | 18 |    |  |  |       |
| Итого: |  |  | 10 | 22 |  |  | Зачет |

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### Модуль 1.

**Тема 1.** Предмет дисциплины и ее задачи. Понятие о гетероструктуре. Определение и классификация гетероструктур. Изотипные и анизотипные гетеропереходы. Двойные и многослойные гетеропереходы. Основные критерии формирования гетеропереходов, подбора гетеропар. Диффузионные и эпитаксиальные технологии формирования гетеропереходов. Ионно-плазменные методы получения полупроводниковых гетеропереходов.

**Тема 2.** Равновесное и неравновесное состояние гетероперехода. Энергетическая диаграмма и токи через гетеропереход в равновесном и неравновесном состоянии. Модели гетеропереходов. Расчет параметров анизотипного гетероперехода.

**Тема 3.** Понятие идеального гетероперехода, модель Андерсона. Механизмы переноса тока в гетеропереходах. Инжекция и рекомбинация. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах. Особенности ВАХ гетероперехода.

#### Модуль 2.

**Тема 4.** Эффект Поля. Поверхность полупроводника. Контакт металл-полупроводник. Модель Шоттки. Зонные диаграммы. Идеализированная модель и поверхностные состояния. Объемный слой. Основные параметры барьера Шоттки. Равновесное и неравновесное состояние барьера Шоттки. Эффект Шоттки. Теория термоэлектронной эмиссии и туннелирования. Высота барьера различных полупроводников. Диоды Шоттки с охранными кольцами из p-n переходов. Применение диодов Шоттки.

**Тема 5.** Методы исследования полупроводниковых гетероструктур и поверхностно-барьерных структур. Метод вольтамперных характеристик. Метод вольтфарадных характеристик. Методы измерения высоты потенциального барьера. Метод энергии активации. Фотоэлектрический метод.

### Содержание лекционных занятий

| Наименование разделов и тем  | Всего часов по учебному плану | Виды учебных занятий |                |               |                     |
|--|-------------------------------|----------------------|----------------|---------------|---------------------|
|  |                               | Аудиторные занятия   |                |               | Самост. оят. работа |
|  |                               | Лекции               | Практич. занят | Лабор. работы |                     |
| <b>Разд. 1.</b> Понятие о гетеропереходе. Основные сведения о технологии гетеропереходов   | 6                             | 2                    | 4              |               |                     |
| Предмет дисциплины и ее задачи. Понятие о гетероструктуре. Определение и классификация гетероструктур. Изотипные и анизотипные гетеропереходы. Двойные и многослойные гетеропереходы. Основные критерии формирования гетеропереходов, подбора гетеропар. Диффузионные и эпитаксиальные технологии формирования гетеропереходов. Ионно-плазменные методы получения полупроводниковых гетеропереходов. | 6                             | 2                    | 4              |               |                     |
| <b>Разд. 2.</b> Равновесное и неравновесное состояние анизотипных гетеропереходов.   | 6                             | 2                    | 4              |               |                     |
| Равновесное и неравновесное состояние гетероперехода. Энергетическая диаграмма и токи через гетеропереход в равновесном и неравновесном состоянии. Модели гетеропереходов. Расчет параметров анизотипного гетероперехода.  | 6                             | 2                    | 6              |               |                     |
| <b>Разд. 3.</b> Электрические свойства гетеропереходов. ВАХ, ВФХ анизотипных гетеропереходов   | 6                             | 2                    | 4              |               |                     |
| Понятие идеального гетероперехода, модель Андерсона. Механизмы переноса тока в гетеропереходах. Инжекция и рекомбинация. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах. Особенности ВАХ гетероперехода.   | 6                             | 2                    | 4              |               |                     |

|  |   |   |   |  |  |
|--|---|---|---|--|--|
| <b>Разд. 4.</b> Физика и технология барьеров Шоттки. Основные параметры барьеров Шоттки  | 6 | 2 | 4 |  |  |
| Эффект Поля. Поверхность полупроводника. Контакт металл-полупроводник. Модель Шоттки. Зонные диаграммы. Идеализированная модель и поверхностные состояния. Объемный слой. Основные параметры барьера Шоттки. Равновесное и неравновесное состояние барьера Шоттки Эффект Шоттки. Теория термоэлектронной эмиссии и туннелирования. Высота барьера различных полупроводников. Диоды Шоттки с охранными кольцами из р-п переходов. Применение диодов Шоттки. | 6 | 2 | 4 |  |  |
| <b>Разд. 5.</b> Современные методы исследования полупроводниковых гетеропереходов  | 6 | 2 | 4 |  |  |
| Методы исследования полупроводниковых гетероструктур и поверхностно – барьерных структур. Метод вольтамперных характеристик. Метод вольтфарадных характеристик. Методы измерения высоты потенциального барьера. Метод энергии активации. Фотоэлектрический метод.  | 6 | 2 | 4 |  |  |

### Темы практических и семинарских занятий

| № семинара | Наименование тем  |
|------------|---|
| 1          | Формирование полупроводниковых гетероструктур методами вакуумно-термического испарения, молекулярно-лучевой эпитаксии, газофазной эпитаксии |
| 2          | Формирование барьера Шоттки методами вакуумно- термического испарения и магнетронного распыления  |
| 3          | Классические модели гетероструктур и их энергетические диаграммы. Потенциальные барьеры.  |
| 4          | Электрические свойства анизотипных гетероструктур, ВАХ  |
| 5          | Емкостные и оптические свойства гетеротруктур. ВФХ, спектры погощения и излучения ГС  |
| 6          | Лазерное излучение в двойных гетероструктурах   |

## Содержание разделов самостоятельной работы

| №  | Содержание темы  |
|----|--|
| 1. | Электрические гетеропереходы. Основные технологии формирования полупроводниковых гетероструктур.   |
| 2. | Равновесное состояние гетероперехода. Основные параметры равновесного гетероперехода. Энергетическая диаграмма равновесного анизотипного гетероперехода  |
| 3. | Неравновесное состояние гетероперехода. Основные параметры неравновесного гетероперехода. Энергетическая диаграмма неравновесного анизотипного гетероперехода  |
| 4. | Технология гетеропереходов. Электрические свойства анизотипных гетеропереходов   |
| 5. | Физика поверхностно-барьерных структур. Технология поверхностно-барьерных структур, барьеры Шоттки. Основные параметры барьеров Шоттки   |
| 6. | Современные методы исследования гетероструктур. Метод вольтамперных характеристик. Метод вольтфарадных характеристик. Методы измерения и расчета высоты потенциального барьера Шоттки. Метод энергии активации. Фотоэлектрический метод. |

### 5.Образовательные технологии.

Основными видами образовательных технологий с применением, как правило, компьютерных и технических средств, учебного и научного оборудования являются:

- Информационные технологии.
- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Междисциплинарное обучение.
- Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция (информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, семинар, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Преподаватель самостоятельно выбирают наиболее подходящие методы и формы проведения занятий из числа рекомендованных и согласуют выбор с кафедрой.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития

профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

Самостоятельная работа организована в соответствие с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Методы контроля параметров полупроводниковых метериалов» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность студентов.

По лекционному материалу подготовлены конспекты лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **PowerPoint**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

В учебном процессе по дисциплине «Физика и технология полупроводниковых гетероструктур» широко используются активные и интерактивные формы проведения занятий. Лекционные занятия проводятся в аудитории 2-41, где имеется электронная проекционная доска с ноутбуком. Во время лекций студентам демонстрируются видеофильмы о методах исследования полупроводниковых материалов и структур, анимации принципов измерения и др. Демонстрируются структурные схемы измерительных установок, используемые измерительные приборы их характеристики и многое другое.

Также предусмотрено посещение научных лабораторий физического факультета ДГУ, института физики ДЦН с целью ознакомления студентов современной приборной базой научно-исследовательских лабораторий.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, с использованием современных компьютерных средств обучения и демонстрации в учебном процессе составляет не менее 50% лекционных занятий.



## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

### ***Промежуточный контроль.***

В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

### ***Итоговый контроль.***

Зачет в конце 10 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы, уравнения, математические зависимости и их выводы, так как при записи материал значительно лучше усваивается и запоминается.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачета; тесты и компьютерные тестирующие программы, примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре. Они также размещены на образовательном сервере Даггосуниверситета (по адресу: <http://edu.dgu.ru>), а также представлены в управление качества образования ДГУ.

Методические рекомендации преподавателям по разработке системы оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) ООП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ООП (в форме зачетов, экзаменов, курсовых работ / проектов и т.п.) и практикам представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе

обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Даггосуниверситета.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки "отлично" заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки "хорошо" заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

| Компетенция   | Знания, умения, навыки   | Процедура освоения                                       |
|---------------|--|--|
| ОК-2<br>ОПК-5 | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• современные методы научно-исследовательской работы;</li> <li>• требования к оформлению результатов выполненной работы;</li> <li>• методы статистической обработки и определения погрешности измерений физических величин;</li> <li>• программы по графическому представлению результатов выполненной работы;</li> </ul> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и</li> </ul> | Устный опрос, письменный опрос, выступление на семинарах |
| ОПК-1<br>ПК-1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и</li> </ul>  |  |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>ОПК-1<br/>ПК-5</p>  | <p>вычислительной техники, информационных технологий;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• материаловедческие проблемы электроники и нанoeлектроники;</li> <li>• современные полупроводниковые материалы, перспективы их применения в связи с развитием твердотельной нанoeлектроники.</li> </ul> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные закономерности формирования полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки;</li> <li>• методы вычислительной физики и математического моделирования для описания физических процессов и явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки.</li> </ul>  |  |
| <p>ОК-2<br/>ОПК-1<br/>ОПК-5</p> <p>ОПК-1<br/>ОПК-5<br/>ПК-1<br/>ПК-5</p> | <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники и нанoeлектроники;</li> <li>• выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования;</li> <li>• выбирать методы и средства решения конкретных задач, использовать для их решения физических измерительных приборов и приемов.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения;</li> <li>• применять модели гетеропереходов для описания основных физических свойств полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки;</li> <li>• по результатам теоретических и экспериментальных исследований свойств реальных гетероструктур на базе новых полупроводниковых материалов формулировать рекомендации по совершенствованию приборов и устройств твердотельной электроники.</li> </ul> | <p>Письменный опрос, контрольные задания, проверка рефератов, выступление на семинарах</p> |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>ОК-2<br/>ОПК-1<br/>ОПК-5</p>          | <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами экспериментальных исследований свойств полупроводниковых гетероструктур и барьеров на современном инновационном оборудовании;</li> <li>• методами (инструментарием) научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях;</li> <li>• навыками представления итогов работы в виде научных публикаций, тезисов докладов, оформления заявок на изобретения и др.;</li> </ul>   | <p>Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах, студенческая конференция.</p> |
| <p>ОПК-1<br/>ОПК-5<br/>ПК-1<br/>ПК-5</p> | <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основами теоретических знаний для решения практических задач;</li> <li>• опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов;</li> <li>• навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки ;</li> <li>• опытом внедрения результатов исследований на практике.</li> </ul> |  |

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

Схема оценки уровня формирования компетенции.

**ОК-2** - способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом.

| Уровень   | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)   | Оценочная шкала  |   |   |
|-----------|--|--|---|---|
|           |  | Удовлетворительно  | Хорошо  | Отлично   |
| Пороговый | Представление о современных методах научно-исследовательской работы и принципах работы инновационного оборудования | Знаком с современными методами научно-исследовательской работы и принципами работы | Показывает знания современных методов организации научно-исследовательской работы и | Демонстрирует четкие знания методов организации научно-исследовательской работы, показывает |

|             |   |  |  |  |
|-------------|---|--|--|--|
|             |   | инновационного оборудования  | принципов работы инновационного оборудования   | готовность к изучению современных инновационных методов и инструментария   |
| Базовый     | Умение организовать научно-исследовательские и научно-производственные работы, формулировать и решать задачи, выбирать необходимые методы исследования    | Знаком с методами организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, может выбирать необходимые методы исследования     | Демонстрирует знание методов организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, умение выбирать необходимые методы исследования | Показывает знание методов организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, умение выбирать методы исследования, формулировать и решать задачи |
| Продвинутый | Представление о методах научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях, знаком с компьютерной техникой и информационными технологиями | Знаком с методами научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях, компьютерной техникой и информационными технологиями | Демонстрирует знания методов научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях, компьютерной техники и информационных технологий  | Показывает углубленные знания методов научного анализа и научного проектирования в научных исследованиях, компьютерной техники и информационных технологий         |

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

| Уровень   | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)  | Оценочная шкала  |   |  |
|-----------|---|--|---|--|
|           |   | Удовлетворительно  | Хорошо  | Отлично  |
| Пороговый | Представление о современных тенденциях развития материаловедения, понимание основных проблем в области физики и | Знаком с современными тенденциями развития материаловедения, понимает основные проблемы в физики и | Показывает знания современных тенденций развития материаловедения, понимает основные проблемы в | Демонстрирует знания современных тенденций развития материаловедения, показывает готовность к углубленному |

|         |  |  |  |   |
|---------|--|--|--|---|
|         | технологии полупроводниковых гетероструктур и поверхностно-барьерных структур металл-полупроводник.  | технологии полупроводниковых гетероструктур и поверхностно-барьерных структур металл-полупроводник   | области физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и поверхностно-барьерных структур металл-полупроводник  | анализу проблем в физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и поверхностно-барьерных структур металл-полупроводник   |
| Базовый | Умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки; выбирать методы и средства решения конкретных задач                             | Участвует в анализе теоретических моделей физических процессов и явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки; умеет выбирать методы и средства решения конкретных задач   | Демонстрирует умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений полупроводниковых гетероструктур и барьерах Шоттки; выбирать методы и средства решения конкретных задач | Способен создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений полупроводниковых гетероструктур и барьерах Шоттки; самостоятельно изучать специальную научную литературу, выбирать методы и средства решения конкретных задач |
|         | Знания теоретических основ физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки; методологий теоретических и экспериментальных исследований; методов количественного формулирования и решения практических | Знаком с теоретическими основами физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки; методологией теоретических и экспериментальных исследований; методами количественного формулирования и решения практических | Демонстрирует знания теоретических основ физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки; методологий теоретических и экспериментальных исследований; методов количественного       | Показывает углубленные знания теоретических основ физики и технологии полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки; методологий теоретических и экспериментальных исследований; умение самостоятельно формулировать и                           |

|  |       |       |   |                            |
|--|-------|-------|---|----------------------------|
|  | задач | задач | формулирования и решения практических задач | решать практические задачи |
|--|-------|-------|---|----------------------------|

**ОПК-5** - готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументировано защищать результаты выполненной работы.

| Уровень   | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)  | Оценочная шкала   |   |  |
|-----------|---|---|---|--|
|           |   | Удовлетворительно   | Хорошо  | Отлично  |
| Пороговый | Знание требований к оформлению результатов выполненной работы, методов обработки и представления результатов измерений  | Знаком с требованиями оформления результатов выполненной работы, методами обработки и представления результатов измерений   | Показывает знания требований к оформлению результатов выполненной работы, методов обработки и представления результатов измерений   | Демонстрирует умение выполнять требования при оформлении результатов выполненной работы, применять методы обработки и представления результатов измерений  |
| Базовый   | Умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки;<br>; выбирать методы и средства решения конкретных задач | Участствует в анализе теоретических моделей физических процессов и явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки;<br>умеет выбирать методы и средства решения конкретных задач | Демонстрирует умение создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки;<br>выбирать методы и средства решения конкретных задач | Способен создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки;<br>самостоятельно изучать специальную научную литературу, выбирать методы и средства решения конкретных задач |
| Продвину  | Владеть навыками  | Показывает  | Демонстрирует   | Способен   |

|     |  |  |   |  |
|-----|--|--|---|--|
| тый | оформления и представления итогов в виде отчетов, подготовки презентаций, докладывать и аргументировано защищать результаты выполненной работы . | владение навыками оформления и представления итогов в виде отчетов, подготовки презентаций, видит возможности аргументировано защищать результаты работы | готовность оформлять и представлять итоги выполненной работы в виде отчетов в соответствии с требованиями, подготовить презентации, умение аргументирован о защищать результаты работы. | оформлять и представлять итоги выполненной работы в виде отчетов и презентаций, докладывать и аргументировано защищать результаты выполненной работы |
|-----|--|--|---|--|

**ПК-1** - готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.

| Уровень       | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)   | Оценочная шкала   |   |  |
|---------------|--|---|---|--|
|               |  | Удовлетворительн<br>о   | Хорошо  | Отлично  |
| Порогов<br>ый | Знание основных направлений и тенденций развития современной микро- и нанoeлектроники, умение формулировать цели и задачи научных исследований | Знаком с основными направлениями и тенденциями развития современной микро- и нанoeлектроники, способен формулировать цели и задачи научных исследований | Демонстрирует знания основных направлений и тенденций развития современной микро- и нанoeлектроник и, способен формулировать цели и задачи научных исследований | Показывает знания основных направлений и тенденций развития современной микро- и нанoeлектроники, умеет формулировать цели и задачи научных исследований |
| Базовый       | Готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами                                       | Участвует в определении целей и задач научных исследований, в выборе теоретических и экспериментальн  | Демонстрирует умение формулировать цели и задачи научных исследований, выбирать теоретические и   | Способен самостоятельно изучить тенденции развития электроники и нанoeлектроники, формулировать  |



|             |   |  |  |  |
|-------------|---|--|--|--|
|             | развития твердотельной электроники и наноэлектроники; выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач   | ых методов и средств решения сформулированных задач  | экспериментальные методы решения конкретных задач  | цели и задачи научных исследований, выбирать теоретические и экспериментальные методы решения конкретных задач   |
| Продвинутый | Умение формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач | Показывает владение навыками конкретизации целей и задач научных исследований, находит дополнительный материал для формулировки и выбора методов решения новых задач | Демонстрирует готовность формулировать цели и задачи научных исследований, способность обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач | Способен формулировать цели и задачи научных исследований, выбирать эффективные теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач |

**ПК-5** - способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения.

| Уровень   | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)  | Оценочная шкала   |   |   |
|-----------|---|---|---|---|
|           |   | Удовлетворительно   | Хорошо  | Отлично   |
| Пороговый | Знание основных закономерностей формирования и свойств полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки | Знаком с основными закономерностями формирования свойств и методами | Способен демонстрировать знания основных закономерностей формирования свойств и умение выбирать | Показывает умение использовать знания основных закономерностей формирования свойств |

|             |   |   |  |   |
|-------------|---|---|--|---|
|             | с точки зрения классической и квантовой теорий  | теоретических подходов в описании и изучении явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки   | теоретические подходы в описании и изучении явлений в полупроводниковых гетероструктурах и барьерах Шоттки   | полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки для анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований   |
| Базовый     | Умение формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники на основе изучения основных физических свойств и явлений в полупроводниках и диэлектриках   | Может описать особенности физических свойств полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки в, делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований                              | Способен формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники на основе изучения основных физических свойств полупроводниковых гетероструктур и барьеров Шоттки  | Показывает умение эффективного применить знания в области изучаемого предмета для формулировки рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники   |
| Продвинутый | Умение делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники, готовить научные публикации и заявки на изобретения | Показывает владение навыками делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроник и | Демонстрирует готовность формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники, умение готовить научные публикации и заявки на изобретения по результатам теоретических и экспериментальных исследований, | Показывает умение делать обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники, готовить научные публикации и заявки на изобретения |

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### Примеры тестовых заданий для промежуточного контроля

##### Вариант 1

1. При изготовлении выпрямителя было использовано последовательное соединение двух разнотипных диодов из Si. Диод 1 был более высоковольтным, чем диод 2. Как вы считаете, какой из них будет сильнее нагреваться, если прямые токи близки к предельно допустимым?
  - 1) диод 1
  - 2) диод 2
  - 3) нагреваться будут одинаково
2. Если p- область легирована значительно сильнее, чем n- область, то в какой области будет шире обедненный слой?
  - 1) p- области
  - 2) n-области
  - 3) ширина слоя будет в обеих областях одинаковая
3. Если осветить p-n- переход диода, то на его контактах возникнет разность потенциалов. Какова будет её полярность?
  - 1) + на p
  - 2) – на p
  - 3) + на n
  - 4) – на n
4. В диоде с p-n- переходом увеличили степень легирования одной из областей. Что произойдет с величиной емкости перехода (при нулевом смещении)?
  - 1) увеличится
  - 2) уменьшится
  - 4) не изменится
5. Какой диод более высокочастотный : АД110 или 3А530 ?
  - 1) АД110
  - 2) 3А530
  - 3) граничные частоты у них одинаковы
6. Каковы режимы работы транзистора и чем они отличаются?
  - 1) активный и пассивный. Отличаются величиной тока базы
  - 2) активный, насыщения, отсечки, инверсный. Отличаются величиной тока коллектора.
  - 3) инверсный, насыщения, отсечки, активный. Отличаются полярностью напряжений на p-n-переходах.
7. Для увеличения быстродействия МДП-транзистора необходимо:
  - 1) уменьшать длину канала

- 2) применить подзатворный диэлектрик с меньшей диэлектрической проницаемостью
  - 3) увеличить толщину подзатворного диэлектрика.
8. В зависимости от напряжения на аноде и тока протекающего через тиристор выделяют:
- 1) 2 режима работы (прямого запираания и включения)
  - 2) 5 режимов работы (прямого запираания, включения, прямой проводимости, обратного запираания, обратного пробоя).
  - 3) 7 режимов работы (прямого запираания, включения, активного усиления, насыщения, обратной проводимости, обратного запираания, обратного пробоя).
9. Для увеличения чувствительности фототранзистора следует:
- 1) увеличить толщину базы и время жизни носителей в базе
  - 2) уменьшить толщину базы и время жизни носителей в базе
  - 3) увеличить толщину базы и уменьшить время жизни носителей в базе
10. Что такое оптопара?
- 1) устройство, которое содержит светодиод и фотодиод, питаемые с помощью одного источника тока.
  - 2) оптопара – пара оптических приемников
  - 3) устройство, в котором светоизлучатель и фотоприемник, связаны гальванически через оптическую среду
  - 4) устройство, которое содержит светоизлучатель и фотоприемник, конструктивно связанные через оптическую среду, но развязанные гальванически.

## Вариант 2

1. При увеличении температуры диода его обратное сопротивление возрастает или падает?
- 1) возрастает
  - 2) падает
  - 3) не изменяется
2. Как изменится обратный ток р-п- перехода при увеличении степени легирования его областей ?
- 1) уменьшиться
  - 2) увеличиться
  - 3) не изменится
3. Что такое "Область пространственного заряда" ?
- 1) это область, обедненная подвижными носителями заряда.

- 2) это область с повышенной концентрацией подвижных носителей заряда.
  - 3) это область, где заряд положительных ионов компенсирован зарядом подвижных электронов
4. В реальном р-п-переходе прямой ток больше или меньше чем в идеализированном и по какой причине?
- 1) меньше, из-за тока термегенерации, который направлен против прямого тока.
  - 2) больше, из-за тока рекомбинации электронов и дырок в обедненной области
  - 3) больше, из-за влияния последовательного сопротивления базы
  - 4) меньше, из-за эффектов инжекции, экстракции неосновных носителей и их диффузии в нейтральных областях
5. Почему при освещении кремниевого р-п- перехода солнцем между контактами к р и п областям появляется разность потенциалов?
- 1) в результате нагрева р-п- перехода и термоэлектрического эффекта Пельтье.
  - 2) в результате возникновения градиента концентрации носителей заряда и эффекта Дембера
  - 3) в результате разделения фотогенерированных носителей полем р-п- перехода.
6. Измерения показали, что у диода №1 пробой носит лавинный характер, у диода №2 пробой носит туннельный характер. В каком из диодов пробивное напряжение выше?
- 1) в 1-м
  - 2) во 2-м
  - 3) одинаково
7. Какое из следующих утверждений для гомоперехода верное:
- 1) контактная разность равна разности термодинамических работ выхода р и п областей;
  - 2) контактная разность равна разности уровней Ферми р и п областей;
  - 3) контактная разность равна разности сродства к электрону р и п областей.
  - 4) все утверждения
8. Как зависит коэффициент передачи тока  $\beta$  от тока эмиттера  $I_3$  и напряжения на коллекторе  $U_{кэ}$ .
- 1) в области больших токов  $\beta$  увеличивается с увеличением  $I_3$  и уменьшается с уменьшением  $U_{кэ}$ .
  - 2) в области малых токов  $\beta$  уменьшается при снижении  $I_3$ , а также при увеличении  $U_{кэ}$ .
  - 3) в области больших токов  $\beta$  уменьшается с уменьшением  $I_3$  и увеличивается с увеличением  $U_{кэ}$ .

9. Симистор - полупроводниковый прибор, у которого:
- 1) ВАХ является прямой, проходящей через точку  $I=0$  при  $U=0$ .
  - 2) ВАХ имеет S-образную кривую
  - 3) ВАХ симметрична относительно начала координат
  - 4) ВАХ имеет N-образный участок
10. От чего зависит спектр излучения светодиода?
- 1) от удельного сопротивления и типа проводимости полупроводникового материала
  - 2) от ширины запрещенной зоны полупроводникового материала
  - 3) от степени легирования полупроводникового материала.

### Вариант 3

1. У диода из какого материала (Ge, Si, GaAs) выше вероятность теплового пробоя?
  - 1) Вероятность пробоя не зависит от материала
  - 2) Ge
  - 3) Si
2. При изготовлении выпрямителя было использовано параллельное соединение диода из Si и GaAs. Как вы считаете, какой из них будет сильнее нагреваться, если прямые токи близки к предельно допустимым?
  - 1) одинокого нагреются
  - 2) диод из Si
  - 3) диод из GaAs
3. Обратный ток реального p-n-перехода больше или меньше чем в идеализированном и почему?
  - 1) больше, так как в реальном p-n-переходе в обратный ток вносит вклад ток, обусловленный рекомбинацией носителей в обедненной области
  - 2) больше, так как в реальном p-n-переходе существует также токи термогенерации носителей.
  - 3) Меньше, так как токи термогенерации носителей в реальном p-n-переходе направлены против обратного тока
  - 4) Меньше, вследствие эффекта модуляции сопротивления базы
4. Какова должна быть степень легирования базовой области стабилитрона в зависимости от величины напряжения стабилизации?
  - 1) для высоковольтных стабилитронов концентрация примесей в базе должна быть относительно высокой, чем для низковольтных
  - 2) для низковольтных стабилизаторов степень легирования примесями базовой области должна быть относительно низкой, чем для высоковольтных
  - 3) для высоковольтных стабилитронов концентрация примесей в базе должна быть низкой, а для низковольтных - высокой.

5. После радиационного облучения диода время жизни неосновных носителей заряда в р и n областях упало. Как изменилась контактная разность потенциалов?
- 1) увеличилась
  - 2) уменьшилась
  - 3) не изменилась
6. Как изменится обратный ток р-n -перехода в SiC при уменьшении степени легирования его областей, если все остальные параметры остались неизменными?
- 1) не изменится
  - 4) увеличится
  - 3) уменьшится
7. У диода, включенного в прямом направлении определенный участок ВАХ можно аппроксимировать прямой линией. При нагреве диода эта прямая линия будет смещаться к началу координат. Чем объяснить это смещение?
- 1) увеличением обратного тока диода
  - 2) уменьшением контактной разности потенциалов.
  - 3) изменением сопротивления толщи областей материала диода.
8. Существующие полевые транзисторы различаются
- 1) типом проводимости полупроводникового материала.
  - 2) способом изоляции затвора и канала.
  - 3) физической структурой и способом управления проводимостью канала.
9. Полупроводниковые фотоприемники с р-n переходом могут работать
- 1) в одном режиме -фотоактивном
  - 2) в темновом и освещенном режимах
  - 3) в трех режимах: фотоактивном, фотогенерации и фотопреобразования
  - 4) в двух режимах: фотогенерации и фотопреобразования
10. Основными характеристиками светодиодов являются:
- 1) энергетическая, спектральная, излучательная
  - 2) зависимость плотности тока от напряжения, зависимость обратного тока от обратного смещения.
  - 3) яркостная, спектральная, вольт-амперная.
  - 4) вольтамперная характеристика, частотно-яркостная характеристика

#### Вариант 4

1. По какому закону на начальном участке ВАХ ток смещенного в прямом направлении р-n- перехода зависит от напряжения?
- 1) по линейному
  - 2) по квадратичному.
  - 3) по экспоненциальному

2. На основе Si изготовили два диода с симметричным p-n- переходом. Степень легирования областей диода 1 составляет  $10^{16} \text{ см}^{-3}$ , у второго диода  $10^{15} \text{ см}^{-3}$ . У какого из диодов напряжение пробоя выше?
  - 1) второго диода.
  - 2) диода 1
  - 3) у обоих диодов одинаково
3. При прямых токах, превышающих предельно допустимое значение, диод, как правило, выходит из строя. Какова наиболее частая причина отказа?
  - 1) электрический пробой
  - 2) тепловой пробой или выгорание p-n-перехода
  - 3) туннельный пробой
4. Чем гетеропереход принципиально отличается от гомоперехода?
  - 1) наличием областей с различной шириной запрещенной зоны
  - 2) возможностью образования как анизотипных, так и изотипных переходов
  - 3) наличием различных барьеров для электронов и дырок, что позволяет получить одностороннюю инжекцию
  - 4) видом ВАХ, сильно зависящим от концентрации дефектов вблизи металлургической границы
5. Из какого материала изготовлен диод 2С139Д-1?
  - 1) арсенида галлия
  - 2) карбида кремния
  - 3) германия
  - 4) кремния
6. Можно ли с помощью вольтметра непосредственно измерить величину потенциального барьера в p-n- переходе (подключив вольтметр к контактам к р и n областям) ?
  - 1) нет
  - 2) да
  - 3) можно с большой погрешностью
7. По принципу действия транзисторы делятся на:
  - 1) униполярные и полевые
  - 2) биполярные и полевые
  - 3) биполярные, полевые, МОП, МДП
8. Транзисторы, в которых проводящий канал возникает при подаче на затвор относительно истока напряжения, превышающего порогового называют:
  - 1) транзисторы со встроенным каналом
  - 2) транзисторы с изолированным затвором
  - 3) транзисторы с индуцированным каналом
  - 4) транзисторы с управляющим переходом металл-полупроводник
9. Как зависит фото-ЭДС солнечного преобразователя от ширины запрещенной зоны материала  $E_g$



- 1) фото-ЭДС не зависит от  $E_g$ .
  - 2) чем больше  $E_g$ , тем меньше фото – ЭДС
  - 3) чем больше  $E_g$ , тем больше значение фото-ЭДС
10. В качестве основных полупроводниковых материалов для изготовления светодиодов применяют:
- 1) GaAs, Si, Ge, SiC, InAs
  - 2) Si, ZnO, GaP, AlN, CdSe
  - 3) GaP, GaAs<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub>, GaN, SiC, CdS
  - 4) SiC, GaAs<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub>, GaN, GaP, GaAs

### Вариант 5

1. У какого из перечисленных ниже полупроводников самая низкая собственная концентрация носителей заряда: Ge, Si, GaAs ?
  - 1) Ge
  - 2) Si
  - 3) GaAs
  - 4) Собственные концентрации при комнатной температуре в данных материалах равны
2. Почему если механически соединить кусочки полупроводников р и n типа (с идеально чистой поверхностью), не удастся получить хороший диод?
  - 1) Не удастся осуществить совмещение кристаллических решеток.
  - 2) Не удастся создать идеально ровные поверхности.
  - 3) Не удастся обеспечить плотный контакт.
3. Как изменится обратный ток р-n- перехода в Si при уменьшении концентрации основных примесей р- и n- областей, если все остальные параметры остались неизменными?
  - 1) не изменится
  - 2) увеличится
  - 3) уменьшится
4. Разработчик получил задание в диоде из Si уменьшить прямое падение напряжения. Он решил достигнуть этого уменьшая сопротивление толщи полупроводникового материала, увеличив степень легирования. Как при этом изменится обратный ток диода?
  - 1) увеличиться
  - 2) уменьшится
  - 3) не изменится
5. В чем принципиальное отличие стабистора от стабилитрона?
  - 1) работа стабистора основана на использовании электрического пробоя р-n-перехода, а стабилитрона – на использовании участка на обратной ветви ВАХ, где ток не зависит от напряжения
  - 2) в стабилитроне используется лавинный механизм пробоя, а в стабисторе – туннельный механизм пробоя.

- 3) в стабисторах для стабилизации напряжения используется прямая ветвь ВАХ, а в стабилитронах –участок электрического пробоя на обратной ветви ВАХ
6. Из какого материала изготовлен диод 3А530?
- 1) из кремния
  - 2) германия
  - 3) арсенида галлия.
7. В чем различие дрейфовых транзисторов от диффузионных?
- 1) в них часть электронов, инжектированных в базу не доходит до коллекторного перехода
  - 2) в них базовая область легирована однородно
  - 3) в них базовая область легирована неоднородно
8. Тиристор полупроводниковый прибор, который при работе может находиться:
- 1) в одном состоянии - активном, при котором сопротивление тиристора меняется пропорционально входному сигналу.
  - 2) в двух состояниях: закрытом и открытом, в которых тиристор имеет соответственно высокое и малое сопротивления
  - 3) в трех состояниях: закрытом, активном и открытом, в зависимости от тока управляющего электрода.
9. Лавинные фотодиоды отличаются от обычных фотодиодов тем, что у них:
- 1) толщина обедненной области с участком сильного электрического поля значительно меньше диффузионной длины неосновных носителей
  - 2) рабочая точка выбирается на ВАХ на участке электрического пробоя.
  - 3) длина свободного пробега носителей меньше толщины обедненной области с участком сильного электрического поля.
10. В светодиодах на основе широкозонных полупроводников при малых токах излучательная рекомбинация реализуется
- 1) в базовой области
  - 2) в эмиттерной области
  - 3) в нейтральных областях, прилегающих к р-п-переходу
  - 4) в области р-п-перехода

### Ответы на вопросы варианта № 1

|         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| вопросы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| ответы  | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 4  |

### Ответы на вопросы варианта № 2

|         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| вопросы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| ответы  | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 4 | 3 | 3 | 2  |

**Ответы на вопросы варианта № 3**

|         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| вопросы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| ответы  | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4  |

**Ответы на вопросы варианта № 4**

|         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| вопросы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| ответы  | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4  |

**Ответы на вопросы варианта № 5**

|         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| вопросы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| ответы  | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4  |

**Рекомендации к последовательности выполнения реферата.**

1. Изучение проблемы по материалам, доступным в Интернете:
2. Согласовать название сообщения.
3. Написать тезисы реферата по теме.
4. Выразить, чем интересна выбранная тема в наши дни.
5. Подготовить презентацию по выбранной теме.
6. Сделать сообщение на мини-конференции.

**Список контрольных вопросов по дисциплине**

1. Электрические переходы. Свойства контакта М-п/п.
2. ВАХ идеализированного и реального гетероперехода.
3. Модели гетеропереходов. Рекомбинационные и инжекционные модели.
4. Механизмы пробоя анизотипных гетероструктур.
5. Энергетическая диаграмма равновесного и неравновесного р-п-перехода
6. Изотипные и анизотипные гетеропереходы, их энергетические диаграммы.
7. Модель идеализированного гетероперехода Андерсона.
8. Эффекты односторонней инжекции и сверхинжекции в гетеропереходах.
9. ВАХ идеализированного диода. Тепловой ток.
10. Структура и основные параметры гетеропереходов.
11. Механизм инерционности диода.
12. Токи через р-п-гетеропереход в равновесном состоянии.
13. Барьерная емкость. Емкостные свойства гетероструктур.
14. Понятие идеального гетероперехода. Реальные гетеропереходы.  
Требования к материалам гетеропары.
15. Омические контакты к гетероструктурам, методы их формирования.
16. Формирование ГС метод вакуумно-термического осаждения.
17. Формирование ГС метод молекулярно-лучевой эпитаксии.
18. Газофазные эпитаксиальные технологии создания гетеропереходов в полупроводниках.
19. Ионно-плазменные технологии создания гетеропереходов.

20. Диффузионные технологии формирования гетеропереходов в полупроводниках.

#### **7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 25 баллов,
- выполнение лабораторных заданий –,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 25 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

#### **Критерии оценок на зачете**

В зачетный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

#### **Критерии оценок следующие:**

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

**Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:**

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

### *8.1 Учебно-методическое обеспечение*

#### Основная литература:

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов.ч.1. -М., Мир, 1984.
2. Старосельский В.И. Физика р-п-переходов. Курс лекций. -М.Высшая школа, 1995.
3. Милнс А., Фойхт Д. Гетеропереходы и переходы металл- полупроводник // -М. Мир. 1975. -С. 57.
4. Гуртов В.А., Твердотельная электроника. Изд-во « Техносфера», 2005., 406 с.

#### Дополнительная литература:

5. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. //-М., "Высшая школа". 1987. -С. 239.
6. Берман Л.С. Емкостные методы исследования полупроводников // -Л.. 1972. -С. 104.
7. Шалимова К. В. Физика полупроводников. М.: Лань, 2010.
8. Интернет- ресурсы.

### *8.2 Информационное обеспечение дисциплины.*

- Компьютерная программа моделирования картин дифракции быстрых электронов в твердых телах.
- Компьютерная программа моделирования рентгеновских дифрактограмм материалов и структур электроники.

- Компьютерная программа анализа и обработки спектральной информации (Оже- электронная спектроскопия, рентгено-спектральный микроанализ, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия).
- Компьютерная программа для формирования и обработки изображений в различных режимах растровой электронной микроскопии.
- электронная библиотека курса «Методы исследования материалов и структур электроники»;
- ссылки на интернет-ресурсы.

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fero.ru](http://www.fero.ru)).
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
6. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
7. [www.iqlib.ru](http://www.iqlib.ru) - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки [elibrary.ru](http://elibrary.ru)).
9. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо

распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

| <b>Вид учебных занятий</b> | <b>Организация деятельности студента</b>  |
|----------------------------|---|
| Лекция                     | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах. |
| Практические занятия       | Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.   |
| Реферат                    | Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.                      |
| Подготовка к зачету        | При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.  |

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

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

Материально – техническая база кафедры экспериментальной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 «**Электроника и наноэлектроника**», позволяет готовить магистров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.

**12.1 Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Перечень технических средств обучения, используемых в учебном процессе для освоения дисциплины:

- учебные плакаты с графической информацией;
- Измерительные приборы и источники питания учебного назначения;
- Автоматизированный растровый электронный микроскоп (на каф. ФЭ);
- Автоматизированный дифрактометр быстрых электронов (на каф. ФЭ);
- Рентгеноспектральный микроанализатор (на каф. ЭФ).
- стенд для измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов и структур (на каф. ЭФ);
- стенд для вольт-фарадных измерений параметров структур с объемным зарядом (на каф. ЭФ);
- сканирующий туннельный микроскоп – профилометр (на каф. ФЭ);
- интерферометр (на каф. ЭФ);
- рентгено-флюоресцентный спектрометр (лаб. коллектив. польз).