



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### *Широкозонные полупроводники*

(наименование дисциплины)

Кафедра *инженерной физики факультета физического*  
(наименование кафедры, обеспечивающей преподавание дисциплины)

### **Образовательная программа**

***11.04.04. Электроника и нанoeлектроника***

Профиль подготовки

***Физика полупроводников и диэлектриков***

Уровень высшего образования

*магистратура*

Форма обучения

*очная*

Статус дисциплины: *вариативная по выбору*


Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 - Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: физика полупроводников и диэлектриков (уровень: магистратуры) – Приказ Минобрнауки России от 30.10.2014 № 1407.


Разработчик(и): кафедра инженерной физики, Офицерова Н.В., к.ф.-м.н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры Инженерная физика от « 25 » 06 2018 г.,  
протокол № 1а

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 29 »  
06 2018 г., протокол № 11.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим  
управлением « 02 » 07 2018 г. 

(подпись)

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Широкозонные полупроводники» входит в вариативную по выбору часть образовательной программы магистратуры по направлению (специальности) **11.04.04. Электроника и наноэлектроника** профиль подготовки *Физика полупроводников и диэлектриков*.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой инженерной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с широкозонными полупроводниками. Широкозонными принято считать полупроводники, у которых ширина запрещенной зоны превосходит величину порядка 2 эВ. Эти вещества имеют различную природу химических связей и структуры кристаллических решеток, однако, электронные и оптические процессы в них проявляют много общего. Среди широкозонных полупроводников особое место занимают алмаз, карбид кремния SiC, фосфид галлия GaP, сульфид кадмия CdS и некоторые родственные ему соединения типа  $A^2B^6$ . Поэтому изучение этой группы полупроводников значительно расширяет круг материалов, имеющих большое значение для создания устройств электронной техники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: **общекультурных:** ОК-2; **общепрофессиональных:** ОПК-1; **профессиональных:** ПК-1;

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме *контрольной работы, коллоквиум и рефераты*, и промежуточный контроль в форме *зачета*.

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

Семестр	Учебные занятия								Форма промежуточной аттестации (зачет, диф.зачет, экзамен)
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экзамен	
		Всего	из них						
	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации				
9	72	72	10	-	16	-	1	46	5 (зачет)

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Широкозонные полупроводники» является формирование знаний в области широкозонных полупроводников: полупроводниковые соединения типа  $A^2B^6$ , в том числе оксидные материалы и полупроводниковый алмаз. В процессе изучения дисциплины предполагается получение знаний о физических процессах, свойствах, методах получения, применении и устройств твердотельной электроники и интегральных микросхем на их основе.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Широкозонные полупроводники» входит в *вариативную по выбору* часть образовательной программы *магистратуры* по направлению (специальности) **11.04.04. Электроника и наноэлектроника**, профиль подготовки *Физика полупроводников и диэлектриков*.

Место данного курса в профессиональной подготовке будущих специалистов обусловлено тем, что данная дисциплина значительно расширяет знания обучающихся в области материалов, имеющих большое значение для создания устройств электронной техники. Изучение данной дисциплины связано с тем, что класс полупроводниковых материалов, используемых в электронной технике, постоянно расширяется и открывает новые возможности для создаваемых полупроводниковых устройств. Так создание высокотемпературных приборов невозможно без широкозонных полупроводников, а уникальные свойства алмаза востребованы все больше и больше.

Для изучения дисциплины необходимы знания таких курсов как «Материалы и элементы электронной техники», «Физика твердого тела», «Технология материалов электронной техники», «Квантовая механика», «Термодинамика и статфизика», «Физика конденсированного состояния», «Физические основы электроники», а также основные разделы высшей математики.

Полученные знания, умения и навыки используются в будущей инженерной деятельности для оценки возможности и применения данных материалов. Знания, умения и навыки, приобретенные в процессе изучения курса «Широкозонные полупроводники» пригодятся магистрам как в научной, так и в будущей инженерной деятельности.

Для освоения данной дисциплины магистр должен иметь основополагающие представления об основных подходах к описанию реальных физических процессов и явлений, как на классическом, так и на квантовом уровне; иметь знания о методах решения практических задач физики конденсированного состояния на основе современных математических моделей описания физических объектов; владеть фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики конденсированного состояния, а также методами физического исследования. Магистры должны обладать навыками, необходимыми для решения конкретных физических проблем с использованием приёмов и методов

математической физики; для описания разнообразных физических процессов и состояний в полупроводниках и диэлектриках.

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

В результате изучения дисциплины магистры должны:

Компетенции из ФГОС ВО	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОК-2	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом;	<p><b>Знает:</b> основные классы широкозонных полупроводников, основные свойства и методы получения широкозонных полупроводников; основные подходы к описанию реальных физических процессов и явлений в широкозонных полупроводниках; методы вычислительной физики и математического моделирования для описания физических процессов и явлений в широкозонных полупроводниках; материаловедческие проблемы электроники и наноэлектроники; технологические возможности перспективных методов получения структур на основе широкозонных полупроводников;</p> <p><b>Умеет:</b> анализировать, систематизировать и обобщать научно - техническую информацию в области широкозонных полупроводников; самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами широкозонных полупроводников; использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области применения широкозонных полупроводников в электронике и наноэлектронике; выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач; формировать план исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретных исследований.</p> <p><b>Владеет:</b> компьютерной техникой и информационными технологиями в учебном процессе и научных исследованиях; основами теоретических знаний для решения практических задач как в области широкозонных полупроводников, так и на</p>
ОПК-1	Способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения;	
ПК-1	Готовность 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	

		междисциплинарных границах физики микро- и наноэлектроники; методологией теоретических и экспериментальных исследований в области широкозонных полупроводников; методами количественного формулирования и решения практических задач, касающихся широкозонных полупроводников; методами экспериментальных исследований свойств полупроводников на современном инновационном оборудовании; навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений в области физики полупроводников;
--	--	---

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

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ пп	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
<b>Модуль 1. Полупроводниковые соединения типа <math>A^2B^6</math></b>									
1.	Введение. Основные свойства и методы получения соединений типа $A^2B^6$ .	9	1 - 3	4	2			8	Устный опрос
2.	Керамика и твердые растворы на основе соединения $A^2B^6$ .	9	4 - 5		4			6	Устный опрос
3.	Полупроводниковые соединения $A^4B^4$ . Основные свойства карбида кремния.	9	6		2			8	Коллоквиум
	<i>Итого по модулю 1:</i>	9		4	8			22	Контрольная работа
<b>Модуль 2. Твердые растворы на основе карбида кремния и полупроводниковые алмазы..</b>									
4.	Твердые растворы на основе карбида	9	7 - 8	2	2			6	Устный опрос

	кремния.								
5.	Основные свойства алмазов. Зонная структура алмаза.	9	9 - 10	2	2			6	Устный опрос
6.	Природные и синтетические полупроводниковые алмазы.	9	11 - 12	2	2			6	Письменный опрос
7.	Методы получения и перспективы использования полупроводниковых алмазов.	9	13		2			6	Контрольная работа
	<i>Итого по модулю 2:</i>	9		6	8			24	Рефераты
	<b>ИТОГО:</b>	9		10	16			46	Зачет

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

#### ***Модуль 1. Полупроводниковые соединения типа $A^2B^6$ и $A^4B^4$ .***

##### ***Введение.***

##### ***Тема 1. Основные свойства и методы получения соединений типа $A^2B^6$ .***

Полупроводниковые соединения  $A^2B^6$  (соединения с кислородом ZnO, BeO). Оптимальные условия кристаллизации. Зависимость совершенства структуры, ориентации, электрических и пьезоэлектрических свойств от условий получения. Дефектность поверхности и приповерхностного объема. Гетеропереходы, поверхностно - барьерные структуры, реальная структура и некоторые свойства. Получение и применение кристаллов полупроводников группы  $A^2B^6$ .

##### ***Тема 2. Керамика и твердые растворы на основе соединения $A^2B^6$ .***

Оптическая керамика на основе соединения  $A^2B^6$ . Методы изготовления керамики. Основные свойства. Твердые растворы на основе бинарных соединений  $A^2B^6$ . Основные свойства, методы получения.

##### ***Тема 3. Полупроводниковые соединения $A^4B^4$ . Основные свойства карбида кремния.***

Явление политипизма, обозначение политипов, диаграмма состояния, состояние вакансий, механические и химические свойства. Структура энергетических зон, электронные свойства, подвижность носителей заряда, удельное сопротивление.

Оптические свойства политипов карбида кремния. Основные оптические параметры, зависимость показателя преломления от длины волны, спектры оптического поглощения, характер фотопроводимости, способность к люминесценции.

#### ***Модуль 2. Твердые растворы на основе карбида кремния и полупроводниковые алмазы.***

##### ***Тема 4. Твердые растворы на основе карбида кремния.***

Критерии получения твердых растворов на основе карбида кремния, методы получения, структурные, электрические и люминесцентные свойства

твердых растворов. Методы выращивания монокристаллов и твердых растворов на основе карбида кремния.

**Тема 5. Основные свойства алмазов.**

Зонная структура алмаза. Теоретические исследования. Экспериментальные данные оптических исследований. Край основной полосы поглощения. Рекомбинационное поглощение. Подвижность электронов и дырок в алмазе. Фотоионизация и ионизация заряженными частицами.

**Тема 6. Природные полупроводниковые алмазы.**

Природные полупроводниковые алмазы  $p$  – типа. Энергия ионизации и возбужденные состояния акцепторов Природа акцепторных центров. Термо – эдс. Синтетические полупроводниковые алмазы, основные свойства и методы получения. Азотные центры в алмазе.

**Тема 7. Методы получения и перспективы использования полупроводниковых алмазов.**

Полупроводниковые алмазы, полученные методом внедрения ионов. Перспективы практических применений полупроводниковых алмазов.

**Темы практических и семинарских занятий.**

№ пп	№ раздела дисциплины	Кол – во часов	Наименование тем практических занятий
1.	1	2	Полупроводниковые соединения $A^2B^6$ (соединения с кислородом ZnO, BeO). Структура и некоторые свойства.
2.	1	2	Керамика и твердые растворы на основе соединения $A^2B^6$ .
3.	1	4	Полупроводниковые соединения $A^4B^4$ .
4.	2	2	Твердые растворы на основе карбида кремния.
5.	2	4	Зонная структура алмаза. Природные и синтетические полупроводниковые алмазы.
6.	2	2	Перспективы практических применений полупроводниковых алмазов

**Темы самостоятельной работы.**

1. Полупроводниковые соединения  $A^2B^6$  (соединения с кислородом ZnO, BeO).
2. Оптическая керамика на основе соединения  $A^2B^6$ .
3. Твердые растворы на основе бинарных соединений  $A^2B^6$ . Основные свойства, получение.
4. Полупроводниковые соединения  $A^4B^4$ .
5. Твердые растворы на основе карбида кремния.
6. Зонная структура алмаза.
7. Природные полупроводниковые алмазы  $p$  – типа.
8. Синтетические полупроводниковые алмазы Азотные центры в алмазе.



9. Методы получения полупроводниковых алмазов.

10. Перспективы практических применений полупроводниковых алмазов

## 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, 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 соответствии 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 «Широкозонные полупроводники» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно - исследовательскую активность студентов.

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

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

## **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;
- проведение коллоквиума по завершении модуля;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

### ***Итоговый контроль.***

Зачет в конце 9 семестра, включающий проверку теоретических и практических знаний по всему пройденному материалу. Для допуска к зачету, кроме контрольных работ и итогов коллоквиума, необходимым является написание и защита реферата по выбранной заранее теме.

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 Дагестанского государственного университета (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 (тематике 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 Дагестанского государственного университета.

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.

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОК-2 Способность использовать на практике умения и		<b>Знает:</b> современные методы научно-исследовательской работы; требования к оформлению	Устный опрос, письменный опрос, контрольная

<p>навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом</p>		<p>результатов выполненной работы; современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий;</p>	<p>работа</p>
<p>ОПК-1 Способность понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения</p>		<p>материаловедческие проблемы электроники и нанoeлектроники; основные закономерности формирования свойств полупроводников с точки зрения зонной теории;</p> <p><b>Умеет:</b></p>	<p>Устный опрос, письменный опрос,</p>
<p>ПК-1 Готовность 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</p>		<p>формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития твердотельной электроники и нанoeлектроники; анализировать, систематизировать и обобщать научно - техническую информацию в области современного материаловедения; применять модели и приближения физики полупроводников для описания основных физических свойств фононных и электронных состояний в широкозонных полупроводниках; по результатам теоретических и экспериментальных исследований материалов формулировать рекомендации по совершенствованию устройств и систем электроники и нанoeлектроники.</p> <p><b>Владеет:</b></p> <p>методами экспериментальных исследований свойств широкозонных полупроводников на современном инновационном оборудовании; навыками представления итогов работы в виде научных публикаций, тезисов докладов, оформления заявок на изобретения и др.; основами теоретических знаний для решения практических задач; опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач</p>	<p>Устный опрос, выступление на семинарах, мини-конференция.</p>

		исследований объектов; навыками анализа и обработки результатов исследований на основе теоретических представлений физики полупроводников; опытом внедрения результатов исследований на практике.	
--	--	---	--

## 7.2. Типовые контрольные задания

Аттестация проводится в один этап, согласно модулю. Аттестация проводится по результатам контрольной работы и рефератов, примерные темы которых предлагаются ниже.

### ***Примерные темы рефератов для аттестации магистрантов.***

1. Оксид цинк: основные свойства, получение и применение.
2. Оксид бериллия: основные свойства, получение и применение
3. Методы получения полупроводниковых соединений типа  $A^2B^6$ .
4. Светодиоды на основе полупроводниковых соединений типа  $A^2B^6$ .
5. Инжекционные лазеры на основе полупроводниковых соединений типа  $A^2B^6$ .
6. Гетеропереходы на основе полупроводниковых соединений типа  $A^2B^6$ .
7. Керамика на основе бинарных соединений  $A^2B^6$ .
8. Оксидные широкозонные полупроводники.
9. Явление политипизма в карбиде кремния и других неорганических веществах.
10. Диффузия и растворимость примесей в карбиде кремния.
11. Методы получения монокристаллов карбида кремния.
12. Гетеропереходы на основе карбида кремния.
13. Методы получения полупроводникового алмаза.
14. Применение полупроводниковых алмазов.
15. Полупроводниковые устройства на основе широкозонных полупроводников.
16. СВЧ – устройства на широкозонных полупроводниках.
17. Широкозонные полупроводники для силовой электроники.
18. Радиационная стойкость широкозонных полупроводников.
19. Применение широкозонных полупроводников.
20. Использование широкозонных полупроводников для приборов экстремальной электроники.
21. Ферромагнитные широкозонные полупроводники.
22. Детекторы ядерного излучения на основе широкозонных полупроводников.

### ***Примерная контрольная работа Модуль 1. Соединения типа $A^4B^4$ . Вариант 1***

1. Основные физико – химические свойства SiC.

2. Чем обусловлено применение карбида кремния для изготовления различных типов полупроводниковых приборов?
3. Какими свойствами обладает бериллий в междоузлиях карбида кремния?
4. Что означает политипная модификация 15R?

#### **Вариант 2**

1. Электронные свойства политипов SiC.
2. Почему для выращивания монокристаллов карбида кремния не используются классические методы выращивания монокристаллов из расплава?
3. Какие виды отклонений от стехиометрического состава наблюдаются в SiC?
4. Что означает политипная модификация 4H?

#### **Вариант 3**

1. Оптические свойства политипов карбида кремния.
2. Какие примеси являются акцепторами, а какие – донорами для SiC?
3. Какими преимуществами обладают карбидкремниевые светодиоды по сравнению со светодиодами на основе соединений  $A^3B^5$ ?
4. Что означает политипная модификация 33R?

#### **Вариант 4**

1. Диффузия и растворимость примесей в карбиде.
2. Какое из оптических свойств SiC является важнейшим для использования в полупроводниковых устройствах?
3. Какой из методов выращивания монокристаллов SiC позволяет получать кристаллы различных профилей?
4. Что означает политипная модификация 6H?

#### **Вариант 5**

1. Методы выращивания монокристаллов карбида кремния.
2. Какой характер имеет диаграмма состояния для SiC?
3. С какими агрессивными средами реагирует карбид кремния при комнатной температуре?
4. Что означает политипная модификация 3C?

#### **Вариант 6**

1. Применение карбида кремния.
2. Что такое политипизм? Как обозначают различные политипы с помощью обозначений Рамсделла?
3. В чем основное достоинство метода сублимации с осаждением пара на затравках?
4. Что означает политипная модификация 2H?

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 - 15 баллов,
- выполнение лабораторных заданий - 25 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 10 баллов.

**Промежуточный контроль** по дисциплине включает:

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

**Критерии оценок на курсовых экзаменах.**

В экзаменационный 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.**

### *а) основная литература:*

1. Шретер Ю.Г., Ребане Ю.Т., Зыков В.А. Широкозонные полупроводники. - М.: Наука, 2001 г., 125 С. – 1 на кафедре (учебник для преподавателя).
2. Агеев О.А., Беляев А.Е., Болтовец Н.С. и др. Карбид кремния: технология, свойства, применение. Под ред. – Харьков: «ИСМА», 2010, 532 С.
3. Колесов С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник - М. : Высшая школа, 2008. - 535 С. – 20 ( в научной библиотеке ДГУ).
4. Справочник по электротехническим материалам/Под ред. Ю.В. Корицкого, В.В. Пасынкова, Б.М. Тареева – Л.: Энергоатомиздат; т.3, 1988, 728 С. – свободный доступ: [http://www.studmed.ru/korickiy-yuv-spravochnik-po-elektrotehnicheskim-materialam-tom-3\\_4faa41e7d9f.html](http://www.studmed.ru/korickiy-yuv-spravochnik-po-elektrotehnicheskim-materialam-tom-3_4faa41e7d9f.html)

### *б) дополнительная литература:*

1. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий. Бином. Лаборатория знаний, 2012, - 432 С. - 10 (в научной библиотеке ДГУ).
2. Волков Г.М. Материаловедение: учеб. для студентов вузов, обуч. по немашиностроит. направлениям и специальностям - М.: Академия, 2008. – 397 С. – 15 (в научной библиотеке ДГУ).
3. Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков – М.: МИСИС, 2003, 480 С. – Свободный доступ: <http://bookfi.net/book/635301>;
4. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Под ред. Чередниченко В.С. – М.: Издательство «Омега – Л», 2008, 752 С. – Свободный доступ [http://www.studmed.ru/cherednichenko-materialovedenie-tehnologiya-konstrukcionnyh-materialov-tom-1\\_4cc60a00cd4.html](http://www.studmed.ru/cherednichenko-materialovedenie-tehnologiya-konstrukcionnyh-materialov-tom-1_4cc60a00cd4.html)

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

Дагестанский государственный университет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки бакалавров по направлению **11.04.03. Электроника и наноэлектроника.:**

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) договор № 55\_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(доступ продлен до сентября 2019года).
2. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ). <https://uisrussia.msu.ru/>Доступ бессрочный.



3. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
4. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>(единое окно доступа к образовательным ресурсам).
5. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
6. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
7. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
9. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
10. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
11. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.
12. **Мировая интерактивная база данных SpringerLink.** Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ открыт с 01.01.2018.
13. **Мультидисциплинарная библиографическая и реферативная база данных SCOPUS** <https://www.scopus.com>. Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору №Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Доступ открыт с 01 сентября 2017 г.
14. **БДСAGEPremier. Журналы SagePublications:** <http://journals.sagepub.com/> . Доступ открыт с 01 января 2018 г.
15. Международная реферативная база данных **Web of Science** - [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com). Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Доступ открыт с 01 апреля 2017 г.

## 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.

Для реализации целей и задач курса, а также углубленного изучения предмета предлагается предусмотреть в программе дисциплины написание рефератов. Требования к содержанию рефератов определяются характером задачи по исследованию конкретного типа материала, структуры, прибора. В реферате должны быть отражены следующие вопросы:

- актуальность выбранной темы;
- определение объекта исследования;
- анализ основных характеристик и параметров объекта исследования;
- основные методы получения и технологическая реализация;
- перспективы практического применения;
- возможные способы реализации

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать 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 и интерактивной доски. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

Для проведения лекций может быть использовано проекционное оборудование с подключенным к нему персональным компьютером: с использованием мультимедийных презентаций и интерактивной доски. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

Технические характеристики персонального компьютера должны обеспечивать возможность работы с современными версиями операционной системы Windows, пакета MicrosoftOffice, обслуживающих программ и другого, в том числе и сетевого программного обеспечения.

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

Материально – техническая база кафедры инженерной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.04.04 «**Электроника и наноэлектроника**», позволяет готовить магистров, отвечающих требованиям ФГОС ВО. 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.