

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(физический факультета)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Высокотемпературные материалы твердотельной электроники**

Образовательная программа  
**11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»**

Профили подготовки:  
**Микроэлектроника и твёрдотельная электроника**

Уровень высшего образования:  
**Бакалавриат**

Форма обучения:  
**Очная**

Статус дисциплины:  
**вариативная**

**Махачкала 2016 г**

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04-

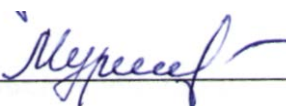
Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: бакалавриата) – Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 № 218.

Разработчик (и): кафедра экспериментальной физики, Офицера Н.В., к.ф.-м.н., доцент кафедры экспериментальной физики

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры экспериментальной физики от «24» марта 2016 г., протокол № 8

Зав. кафедрой —  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 25» марта 2016 г., протокол № 7.

Председатель —  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«27» марта 2016 г.  Гасангаджиева А.Г.

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Высокотемпературные материалы твердотельной электроники входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) *11.04.03. Электроника и нанoeлектроника*.

Дисциплина реализуется на факультете физическом кафедрой экспериментальной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с получением знаний по высокотемпературным материалам твердотельной электроники, необходимых для решения инженерных задач в конкретных условиях. Рассматриваются такие материалы как карбид кремния и полупроводниковые соединения типа  $A^3B^5$ , а также твердые растворы на их основе; основные свойства, методы получения и применения вышеупомянутых материалов.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

*Общекультурных:*

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

*общепрофессиональных:*

способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);

способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-6);

*профессиональных:*

способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения (ПК-2);

готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3);

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме *устного опроса, контрольных работ, рефератов и коллоквиумов* и промежуточный контроль в форме *зачета*.

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

Се мес тр	Учебные занятия						СРС, в том числе экза мен	Форма промежуточн ой аттестации (зачет, дифференцир ованный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всег о	из них						
Лекци и		Лабора торн ые занят ия	Практи ческие занятия	КСР	консу льтац ии			
6	72	16	-	18	-	1	38	7 (зачет)

### 1. Цели освоения дисциплины.

**Цель освоения дисциплины** «Высокотемпературные материалы твердотельной электроники» состоит в овладении физическими закономерностями, определяющими свойства и поведение высокотемпературных материалов твердотельной электроники (карбида кремния, соединений типа  $A^3B^5$  и твердых растворов на их основе) в различных условиях их эксплуатации, в частности, при высоких температурах, во взаимосвязи с конкретными применениями в компонентах, приборах и устройствах электронной техники.

#### **Задачи дисциплины.**

Задачами курса является изучение структуры и свойств карбида кремния, соединений типа  $A^3B^5$  и твердых растворов на их основе как высокотемпературных материалов твердотельной электроники.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках» входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) *11.04.03. Электроника и нанoeлектроника*.

Для успешного освоения дисциплины необходимо знание всех курсов общей физики, материалов электронной техники, физики полупроводников (основы зонной теории, основы статистики электронов и дырок), физических основ электроники; основы квантовой теории. Кроме того для освоения данного курса полезны такие дисциплины как «Введение в физику полупроводников», «Метрология и стандартизация».

В результате освоения дисциплины «Высокотемпературные материалы твердотельной электроники» бакалавр должен демонстрировать следующие результаты:

1. **Знать:** иметь представление о месте и роли высокотемпературных материалов твердотельной электроники в развитии науки, техники и технологий, об основных эксплуатационных характеристиках при использовании их в современной электронной аппаратуре.
2. **Уметь:** использовать физическую сущность процессов, протекающих в карбиде кремния и твердых растворах на его основе при их применении в различных приборах и устройствах твердотельной электроники.
3. **Владеть:** навыками выбора высокотемпературных материалов для электронной аппаратуры заданного назначения с учетом допустимых нагрузок, влияния внешних факторов и стоимости.

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

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
Общекультурные	- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);	<i>Знать:</i> основные правовые и этические нормы при оценке последствий своей профессиональной деятельности; <i>Уметь:</i> адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности в данной области знаний; <i>Владеть:</i> навыками к самоорганизации и самообразованию;
Общепрофессиональные	- способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных	<i>Знать:</i> основные проблемы в данной предметной области, методы и средства их решения; <i>Уметь:</i> использовать результаты освоения

	<p>положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);</p> <p>- способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);</p> <p>- способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-6);</p>	<p>материала, выбирать методы и средства их решения;</p> <p><i>Владеть:</i> методами и способами самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности;</p>
Профессиональные	<p>- способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения (ПК-2);</p>	<p><i>Знать:</i> базовые теоретические основы высокотемпературных материалов твердотельной электроники;</p> <p><i>Уметь:</i> применить имеющиеся знания в области высокотемпературных материалов при решении конкретной задачи и использовать их в различных областях техники;</p> <p><i>Владеть:</i> навыками и методами</p>

	- готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3);	количественного анализа для решения проблем, высокотемпературных материалов твердотельной электроники;
--	--	--

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

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

4.2. Структура дисциплины.

№ пп	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лек ц.	пр.	ла б.	сам .	
<b>Модуль 1. Соединения типа <math>A^4B^4</math>.</b>								
1.	Введение. Соединения типа $A^4B^4$ . Основные физико – химические свойства карбида кремния. Электронные свойства политипов карбида кремния.	6	1 - 2	2	2		4	Проверка рефератов, контрольная работа, экспресс-тестирование
2.	Оптические свойства политипов карбида кремния.	6	3 - 4	2	2		4	
3.	Диффузия и растворимость примесей в карбиде кремния.	6	5		2		2	
4.	Твердые растворы на основе карбида кремния.	6	6 - 7	2	2		4	
5.	Методы выращивания монокристаллов карбида кремния и	6	8	2	-		4	

	твердых растворов на его основе.							
<b>Модуль 2. Соединения типа <math>A^3B^5</math>.</b>								
6.	Полупроводниковые соединения типа $A^3B^5$ . Основные физико – химические свойства.	6	9 - 10	2	2		4	Проверка рефератов, контрольная работа, экспресс-тестирование
7.	Электрические свойства соединений типа $A^3B^5$ . Примеси в соединениях $A^3B^5$ .	6	11 - 12	2	2		4	
8.	Оптические и фотоэлектрические свойства соединений типа $A^3B^5$ .	6	13 - 14	2	2		4	
9.	Получение и основные характеристики монокристаллов соединений типа $A^3B^5$ и твердых растворов на их основе.	6	15		2		4	
10	Твердые растворы на основе соединений $A^3B^5$ .	6	16	2			2	
11	Применение карбида кремния, соединений типа $A^3B^5$ и твердых растворов на их основе.	6	17		2		2	
	Зачет	6	18					7
	Итого: 72 ч.			16	18		38	Зачет - тестирование

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

##### Лекции

##### **Введение.**

Основные требования к полупроводниковым материалам, применяемым в электронике. Достоинства и соответствие высокотемпературных материалов этим требованиям. Роль материалов в развитии элементной базы электронной техники.

##### **Тема 1. Полупроводниковые соединения $A^4B^4$ . Основные физико – химические 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, значение потенциального барьера для структур карбид кремния – металл.

***Тема 2. Оптические свойства политипов карбида кремния.***

Основные оптические параметры, зависимость показателя преломления от длины волны, спектры оптического поглощения, характер фотопроводимости, способность к люминесценции.

***Тема 3. Диффузия и растворимость примесей в карбиде кремния.***

Особенности диффузионного распределения примесей в карбиде кремния, диффузионное распределение основных примесей, особенности легирования.

***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.

***Тема 5. Методы выращивания монокристаллов и твердых растворов на основе карбида кремния.***

Метод термического разложения в водороде углерод – кремнийсодержащих соединений. Метод сублимации в условиях спонтанного образования зародышей (массовая кристаллизация). Метод прямого синтеза. Метод сублимации с осаждением пара на затравках.

***Тема 6. Полупроводниковые соединения  $A^3B^5$ . Основные физико – химические свойства.***

Тип химической связи, структура, растворимость собственных компонентов в твердом состоянии, диаграмма состояния, основные термодинамические характеристики.

***Тема 7. Электрические свойства соединений  $A^3B^5$ .***

Структура энергетических зон, связь ширины запрещенной зоны и температуры плавления с атомным номером и массой, подвижность носителей заряда, проводимость.

***Тема 8. Примеси в соединениях типа  $A^3B^5$ .***

Особенности вхождения примесей в кристаллическую решетку, зависимость типа проводимости полупроводниковых соединений.

***Тема 9. Оптические и фотоэлектрические свойства соединений типа  $A^3B^5$ .***

Оптическое поглощение, люминесценция, вынужденное излучение, фотоэлектрические явления.

***Тема 10. Получение и основные характеристики монокристаллов соединений типа  $A^3B^5$ .***

Твердые растворы на основе соединений  $A^3B^5$ . Методы получения соединений, основные характеристики.

***Тема 11. Применение высокотемпературных материалов твердотельной электроники.***

Применение карбида кремния, полупроводниковых соединений  $A^3B^5$  и твердых растворов на их основе. Перспективы изучения и применения

высокотемпературных материалов твердотельной электроники в науке и технике.

### *Самостоятельная работа бакалавров*

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Труд. емк.
1.	Полупроводниковые соединения $A^4B^4$ . Основные физико – химические свойства карбида кремния.	Явление политипизма, обозначение политипов, диаграмма состояния, механические и химические свойства. Структура энергетических зон, электронные свойства, подвижность носителей заряда, удельное сопротивление.	4
2.	Оптические свойства политипов карбида кремния.	Основные оптические параметры, зависимость показателя преломления от длины волны, спектры оптического поглощения, характер фотопроводимости, способность к люминесценции.	4
3.	Диффузия и растворимость примесей в карбиде кремния.	Особенности диффузионного распределения примесей в карбиде кремния, диффузионное распределение основных примесей, особенности легирования.	2
4.	Твердые растворы на основе карбида кремния.	Критерии образования твердых растворов на основе карбида кремния, структурные, электрические и люминесцентные свойства твердых растворов.	4
5.	Методы выращивания монокристаллов карбида кремния и твердых растворов на его основе.	Метод термического разложения в водороде углерод – кремнийсодержащих соединений. Метод сублимации в условиях спонтанного образования зародышей (массовая кристаллизация). Метод прямого синтеза. Метод сублимации с осаждением пара на затравках.	4
6.	Полупроводниковые соединения $A^3B^5$ . Основные физико – химические свойства.	Особенности химической связи, структура, диаграмма состояния, основные термодинамические характеристики.	4

7.	Электрические свойства соединений $A^3B^5$ . Примеси в соединениях типа $A^3B^5$ .	Структура энергетических зон, связь ширины запрещенной зоны и температуры плавления с атомным номером и массой, подвижность носителей заряда, проводимость. Особенности поведения примесей в данных соединениях.	4
8.	Оптические и фотоэлектрические свойства соединений типа $A^3B^5$ .	Особенности оптического поглощения, люминесценция, вынужденное излучение, фотоэлектрические явления в соединениях типа $A^3B^5$ .	4
9.	Твердые растворы на основе соединений $A^3B^5$ .	Твердые растворы на основе соединений $A^3B^5$ , критерии образования, особенности энергетической структуры и свойства.	4
10.	Получение и основные характеристики монокристаллов соединений типа $A^3B^5$ и твердых растворов на их основе.	Методы получения соединений типа $A^3B^5$ и твердых растворов на их основе: модифицированные методы Чохральского, прямого синтеза и кассетный метод. Гидридно – хлоридный метод получения твердых растворов.	2
11.	Применение высокотемпературных материалов твердотельной электроники.	Применение карбида кремния, полупроводниковых соединений $A^3B^5$ и твердых растворов на их основе для создания высокотемпературных устройств. Перспективы изучения и применения высокотемпературных материалов твердотельной электроники в науке и технике.	2
	<b>Итого</b>		38

### 2.3. Темы практических и семинарских занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.	Полупроводниковые соединения $A^4B^4$ . Основные физико – химические свойства карбида кремния.	Явление политипизма, обозначение политипов, диаграмма состояния, механические и химические свойства.

2.	Оптические свойства политипов кремния. карбида	Основные оптические параметры, спектры оптического поглощения, характер фотопроводимости, способность к люминесценции.
3.	Диффузия и растворимость примесей в карбиде кремния.	Особенности диффузионного распределения примесей в карбиде кремния и особенности легирования.
4.	Твердые растворы на основе карбида кремния.	Критерии образования твердых растворов на основе карбида кремния, структурные, электрические и люминесцентные свойства твердых растворов.
5.	Полупроводниковые соединения $A^3B^5$ . Основные физико – химические свойства.	Особенности химической связи, структура, диаграмма состояния, основные термодинамические характеристики.
6.	Электрические свойства соединений $A^3B^5$ . Примеси в соединениях типа $A^3B^5$ .	Структура энергетических зон, прямая и непрямая структуры зон, подвижность носителей заряда, проводимость соединений типа $A^3B^5$ . Особенности поведения примесей в данных соединениях.
7.	Оптические и фотоэлектрические свойства соединений типа $A^3B^5$ .	Оптические свойства, лазерный эффект, фотокатоды, внутренний фотоэффект.
8.	Получение и основные характеристики монокристаллов соединений типа $A^3B^5$ и твердых растворов на их основе.	Методы получения соединений типа $A^3B^5$ и твердых растворов на их основе: модифицированные методы Чохральского, прямого синтеза и кассетный метод. Гидридно – хлоридный метод получения твердых растворов.
9.	Применение высокотемпературных материалов твердотельной электроники.	Перспективы изучения и применения высокотемпературных материалов твердотельной электроники в науке и технике.

## 5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Высокотемпературные материалы твердотельной электроники» применяются следующие образовательные технологии:

- Интерактивное обучение (моделирующие компьютерные программы, виртуальные учебные комплексы), мультимедийное обучение (презентации, моделирование и симуляция процессов и объектов).
- Внеаудиторная самостоятельная работа студентов.

- Промежуточная аттестация знаний студентов.

Для освоения дисциплины используются электронные базы учебно-методических ресурсов, электронные библиотеки.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, с использованием современных информационных технологий обучения и демонстрации в учебном процессе составляет не менее 70% лекционных занятий.

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

1. Информационные технологии.
2. Проблемное обучение.
3. Индивидуальное обучение.
4. Междисциплинарное обучение.
5. Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций при изучении дисциплины «Высокотемпературные материалы твердотельной электроники» используются следующие формы организации учебного процесса: лекция (информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, семинар, лабораторные работы, 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:

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

## **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 7 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.

Предполагается самостоятельная работа студентов при подготовке к практическим и лабораторным занятиям, в первую очередь. Кроме того, самостоятельная работа предполагает самоподготовку к контрольным работам, а также к зачету. Самостоятельная работа должна проходить в 4 этапа:

1. Изучение рекомендованной литературы
2. Поиск в Интернете дополнительного материала
3. Подготовка к контрольной работе
4. Подготовка к зачету

## **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 - 7	Знать - физическую сущность явлений в высокотемпературных материалах твердотельной электроники и их применение в различных приборах и устройствах твердотельной электроники;	Устный опрос, письменный опрос, контрольная работа

ОПК-1, ОПК – 2, ОПК – 6,	Уметь использовать специализированные знания в области высокотемпературных материалов твердотельной электроники для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с направлением подготовки «Электроника и наноэлектроника»).	Письменный опрос
ПК - 2, ПК - 3	Владеть методами количественного формулирования, исследования и применения полученных знаний в области высокотемпературных материалов твердотельной электроники.	Мини - конференция

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

### ОК-7

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность к самоорганизации и самообразованию» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовл - но	Хорошо	Отлично
Пороговый	Систематизированное представление о высокотемпературных материалах твердотельной электроники.	Ознакомлен с основными высокотемпературными материалами твердотельной электроники.	Показывает знание основных свойств, методов получения и применения высокотемпе	Демонстрирует четкие определения основных понятий и готовность к пониманию явлений,



			ратурных материалов твердотельной электроники и их использование в конкретных ситуациях.	происходящих в высокотемпературных материалах твердотельной электроники и применение их с учетом основных свойств.
--	--	--	--	--

#### ОПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовл - но	Хорошо	Отлично
Пороговый	Способность представлять сущность явлений в высокотемпературных материалах твердотельной электроники на основе знания законов и методов естественных наук и математики	Иметь представление о сущности высокотемпературных материалов твердотельной электроники.	Уметь использовать основные законы физики и математики для представления и описания высокотемпературных материалов твердотельной электроники.	Отлично знать и ориентироваться во всем многообразии высокотемпературных материалов твердотельной электроники и их применения.

#### ОПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовл - но	Хорошо	Отлично
Пороговый	Возможность выявлять естественнонаучную сущность проблем и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знать основные проблемы в данной предметной области средства их решения	Уметь использовать результаты освоения материала, выбирать методы и средства их решения	Отлично знать и ориентироваться во всем многообразии высокотемпературных материалов твердотельной электроники и привлекать для их описания соответствующий физико-математический аппарат.

#### ОПК-6

Схема оценки уровня формирования компетенции «*способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий*» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовл - но	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о поиске, хранении, обработке и анализе информации из различных источников в нужном формате с использованием информационных, компьютерных и	Ознакомлен с основными понятиями и имеет представление о поиске, хранении, обработке и анализе информации	Показывает умение самостоятельно находить дополнительный материал, касающийся высокотемпературных материалов	Отлично умеет упорядочить и сделать необходимые выводы при изучении высокотемпературных материалов

	сетевых технологий для изучения высокотемпературных материалов твердотельной электроники	и из различных источников.	твердотельной электроники.	твердотельной электроники.
--	--	----------------------------	----------------------------	----------------------------

### ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «способностью аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения» приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовл - но	Хорошо	Отлично
Пороговый	Способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике методику экспериментального исследования высокотемпературных материалов твердотельной электроники.	Иметь представление об основных методах исследования высокотемпературных материалов твердотельной электроники.	Хорошо ориентироваться и знать методику экспериментального получения высокотемпературных материалов твердотельной электроники.	Отлично знать, и аргументировано выбирать и использовать методику экспериментального получения и применения высокотемпературных материалов твердотельной электроники

### ПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций» приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен)	Оценочная шкала		
		Удовл - но	Хорошо	Отлично

	продемонстрировать)			
Пороговых	Возможность анализировать и систематизировать результаты изучения высокотемпературных материалов твердотельной электроники, их свойств и применения	Иметь представление об основных проблемах высокотемпературных материалов твердотельной электроники, методах и средств их решения	Уметь использовать физическую сущность процессов, происходящих в высокотемпературных материалов твердотельной электроники	Использовать результаты освоения материала, выбирать методы и средства их решения

### 7.3. Типовые контрольные задания

**Контрольные работы**  
**по дисциплине «Высокотемпературные материалы твердотельной электроники»**  
(текущий контроль)

**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?

### **Модуль 2. Соединения типа $A^3B^5$ .**

#### **Вариант 1**

1. Основные физико – химические свойства полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$ .
2. Как меняется ширина запрещенной зоны полупроводника с изменением состава твердого раствора полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$ ?
3. В чем преимущества туннельных диодов на основе полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$ ?
4. Элементы каких групп придают соединениям типа  $A^3B^5$  донорные и акцепторные свойства?

#### **Вариант 2**

1. Электрические свойства полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$ .
2. Каковы условия образования твердых растворов?
3. Какой метод кристаллизации используется для выращивания GaAs и почему?
4. Какие оптические и фотоэлектрические свойства соединений типа  $A^3B^5$  представляют наибольший интерес?

#### **Вариант 3**

1. Примеси в полупроводниковых соединениях типа  $A^3B^5$ .
2. Какой тип структуры характерен для полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$ ?
3. Почему при определении собственной проводимости антимонида индия вкладом дырок можно пренебречь?
4. Соединения какого элемента называют антимонидами?

#### **Вариант 4**

1. Оптические свойства полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$ .
2. Чем отличается технология полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$  от технологии элементарных полупроводников?
3. О чем свидетельствует точка излома на зависимости ширины запрещенной зоны от состава твердого раствора?
4. Какое соединение является наиболее хорошо изученным по электрическим свойствам и почему?

#### ***Вариант 5***

1. Получение монокристаллов полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$ .
2. Каково основное применение полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$ ?
3. Как изменяется подвижность носителей заряда в полупроводниковых соединениях типа  $A^3B^5$  и почему?
4. Какие примеси позволяют получать полуизолирующие полупроводниковые соединения типа  $A^3B^5$ ?

#### ***Вариант 6***

1. Применение полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$ .
2. Как изменяются физико – химические свойства полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$  с увеличением суммарной массы и порядкового номера?
3. Для каких бинарных соединений характерны нарушения стехиометрии и почему?
4. Какой тип диаграммы состояния характерен для соединений типа  $A^3B^5$ ?

#### ***Вариант 7***

1. Твердые растворы на основе полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$ .
2. Какой тип проводимости придают полупроводниковым соединениям типа  $A^3B^5$  элементы 4 группы?
3. Для чего поверхность фотокатодов из соединений типа  $A^3B^5$  покрывают окисью цезия?
4. Какие соединения типа  $A^3B^5$  относятся к разлагающимся?

#### ***Вариант 8***

1. Фотоэлектрические свойства полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$ .
2. Почему на основе полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$  можно создавать быстродействующие устройства?
3. Примеси каких элементов являются изоэлектронными ловушками для полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$  и почему?
4. Какую функцию выполняет инертный флюс при выращивании монокристаллов соединений типа  $A^3B^5$ ?

***Примерные тестовые задания по курсу  
«Высокотемпературные материалы твердотельной электроники»***

## Модуль I

### Основные физико-химические свойства карбида кремния

№вопрос5

Карбид кремния является соединением кремния с \_\_\_\_\_:

№да

углеродом

№вопрос1

Единственным бинарным соединением элементов IV группы является

№да

$SiC$

№нет

$Si$

№нет

$AlN$

№нет

$GaN$

№нет

$AlSb$

№вопрос2

Свойствами, определяющими принадлежность материала к тугоплавким полупроводникам, являются:

№да

большая ширина запрещенной зоны

№да

высокая температура плавления

№да

возможность иметь как p - , так и n – тип проводимости

№нет

высокая подвижность носителей заряда

№нет

хорошая механическая прочность

№вопрос2

К тугоплавким полупроводникам относятся следующие полупроводниковые материалы:

№да

карбид кремния

№да

широкозонные соединения типа  $A^3B^5$

№да

твердые растворы на основе карбида кремния

№нет

соединения типа  $A^2B^6$

№нет

кремний и германий

№вопрос5

Справедливо ли утверждение что карбид кремния относится к тугоплавким полупроводникам?:

№да

да

№вопрос5

Справедливо ли утверждение что кремний относится к тугоплавким полупроводникам?:

№да

нет

№вопрос5

Справедливо ли утверждение, что соединения бора относятся к тугоплавким полупроводникам?:

№да

да

№вопрос5

Соответствие химического состава соединения химической формуле называется:

№да

стехиометрия

№вопрос1

Диаграмма состояния для SiC (карбида кремния) имеет тип:

№да

перитектический

№нет

с образованием химического соединения

№нет

эвтектический

№нет

дистектический

№нет

с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии

№вопрос1

Карбид кремния относится к \_\_\_\_\_ полупроводникам:

№да

широкозонным

№нет

узкозонным

№нет

бесщелевым

№нет

прямозонным

№нет

сложнозонным

№вопрос5



Справедливо ли утверждение, что карбид кремния широко распространен в природе?:

№да

нет

№вопрос1

Карбид кремния относится к полупроводниковым соединениям типа:

№да



№нет



№нет



№нет



№нет



№вопрос1

Единственным бинарным соединением элементов \_\_\_\_\_ группы Периодической системы Д.И.Менделеева является карбид кремния:

№да

четвертой

№нет

третьей

№нет

второй

№нет

пятой

№нет

шестой

№вопрос2

Карбид кремния образован следующими полупроводниковыми элементами:

№да

кремнием

№да

углеродом

№нет

азотом

№нет

фосфором

№нет

германием

№вопрос2

Карбид кремния характеризуется:

№да

высокой термической стойкостью

№да

повышенной химической стойкостью

№да

хорошей радиационной стойкостью

№да

высокой механической твердостью

№нет

высокой химической активностью

№вопрос 1

Низкотемпературная модификация SiC имеет \_\_\_\_\_ структуру:

№да

кубическую

№нет

гексагональную

№нет

ромбоэдрическую

№нет

орторомбическую

№нет

моноклинную

№вопрос 1

По типу химической связи карбид кремния относится к:

№да

ковалентным кристаллам

№нет

ионным соединениям

№нет

металлам

№нет

веществам с донорно - акцепторной связью

№нет

соединениям с водородной связью

№вопрос 1

Доля ионности ковалентной связи в SiC, обусловленная некоторым различием в электроотрицательностях атомов Si и C:

№да

не превышает 10 – 12 %

№нет

отсутствует

№нет

составляет свыше 25 %

№нет

порядка 7 % %

№нет

пренебрежимо мала

№вопрос4

Укажите интервалы температур, при которых образуется:

1. образуется кубическая  $\beta$  - модификация SiC

2. образуется гексагональная  $\alpha$  - модификация SiC

3. SiC возгоняется

№да

до температур  $\sim 2000^{\circ}\text{C}$

№да

от  $\sim 2000^{\circ}\text{C}$  до  $2600^{\circ} - 2700^{\circ}\text{C}$

№да

свыше  $2600^{\circ} - 2700^{\circ}\text{C}$

№вопрос1

При получении кристаллов карбида кремния лучше всего воспроизводится \_\_\_\_\_ политипная модификация:

№да

6H

№нет

4H

№нет

3C

№нет

15R

№нет

8H

№вопрос2

Разные политипы карбида кремния имеют:

№да

одинаковый химический состав

№да

различные электрофизические свойства

№да

одинаковые химические свойства

№нет

одинаковые электрофизические свойства

№нет

разный химический состав

№вопрос1

Политипизм оказывает влияние на \_\_\_\_\_ свойства карбида кремния:

№да

электрофизические

№нет

химические

№нет

механические

№нет

радиационные

№нет

термические

№вопрос1

Способность твердых тел кристаллизоваться в более чем одну структурную модификацию, которые имеют одинаковый химический состав и отличаются числом и характером укладки слоев вдоль одной из осей кристаллической ячейки называется:

№да

политипизм

№нет

изоморфизм

№нет

полиморфизм

№нет

монохромность

№нет

полихронизм

№вопрос5

Вы согласны с тем, что карбид кремния не относится к алмазоподобным полупроводникам?:

№да

нет

№вопрос2

При диссоциативном испарении карбида кремния выше  $2100\text{ K}$  в составе равновесного пара присутствуют молекулы следующих веществ:

№да

$SiC_2$

№да

$Si$

№да

$Si_2C$

№нет

$Si_2C_2$

№нет

$SiC$

№вопрос5

В кристаллах карбида кремния наблюдается \_\_\_\_\_ вида отклонений от стехиометрического состава (записать цифру):

№да

2

№вопрос1

Температура перитектического превращения для карбида кремния составляет:

№да

3103<sup>0</sup>К

№нет

1414<sup>0</sup>С

№нет

77<sup>0</sup>К

№нет

1700<sup>0</sup>С

№нет

273<sup>0</sup>К

273 К

№вопрос1

По механической твердости карбид кремния уступает только:

№да

алмазу

№нет

корунду

№нет

германию

№нет

кремнию

№нет

тальку

№вопрос1

Карбид кремния не взаимодействует ни с одной из кислот при:

№да

комнатной температуре

№нет

0 К

№нет

нагревании

№нет

температуре жидкого азота

№нет

возгонке

№вопрос2

При нагревании карбид кремния реагирует со следующими кислотами:

№да

ортофосфорной

№да

смесью плавиковой и азотной

№нет

царской водкой

№нет

концентрированной серной

№нет

разбавленной соляной

№вопрос5

Может ли карбид кремния вступать в химическое взаимодействие с расплавами щелочей?:

№да

да

№вопрос2

В обозначение Рамсделла политипов карбида кремния входят:

№да

число, указывающее число слоев в элементарной ячейке

№да

латинская буква, указывающая сингонию

№нет

число циклических слоев

№нет

русская буква, указывающая сингонию

№нет

число антициклических слоев

№вопрос4

Установите соответствие между различными обозначениями политипных модификаций карбида кремния:

1. АВ

2. АВСАСВ

3. АВС

4. АВАС

№да

2Н

№да

6Н

№да

3С

№да

4Н

№вопрос5

Для обозначения политипа с кубической структурой типа сфалерит используют латинскую букву:

№да

С

№вопрос5

Для обозначения политипа с гексагональной структурой типа вюрцит сфалерит используют латинскую букву:

№да

Н

№нет

T<sub>c</sub>

№нет

R

№нет

O

№нет

C

№вопрос4

Установите соответствие между сингонией кристалла и его латинским обозначением:

1. кубическая
2. гексагональная
3. моноклинная
4. ромбоэдрическая
5. орторомбическая

№да

C

№да

Н

№да

M

№да

R

№да

O

№вопрос5

Верно ли утверждение, что карбид кремния по твердости во много раз превосходит даже алмаз:

№да

нет

№вопрос1

Микротвердость SiC по шкале Мооса составляет:

№да

9,5

№нет

10

№нет

1

№нет

65,3

№нет

4,8

№вопрос1

Карбид кремния окисляется при температурах свыше \_\_\_\_\_<sup>0</sup> С:

№да

1400

№нет

650

№нет

25

№нет

3900

№нет

900

№вопрос1

Образцы карбида кремния p – типа проводимости характеризуются сходностью свойств благодаря:

№да

качественно одинаковой структуре валентной зоны

№нет

качественно одинаковой структуре зоны проводимости

№нет

различной ширины запрещенной зоны политипов

№нет

непрямой структуры энергетических зон

№нет

различия в структуре валентной зоны

## Модуль 2

### Полупроводниковые соединения типа $A^3B^5$

№Тема=Основные физико-химические свойства полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$

№вопрос2

Следующие элементы третьей и пятой групп не образуют соединений друг с другом:

№да

Bi

№да

Ta

№нет

In

№нет

As

№нет

Sb

№вопрос2

Полупроводниковые соединения типа  $A^3B^5$  образованы элементами \_\_\_\_\_ групп:



№да  
третьей  
№да  
пятой  
№нет  
четвертой  
№нет  
первой  
№нет  
шестой  
№вопрос5

Верно ли то, что полупроводниковые соединения типа  $A^3B^5$  не являются алмазоподобными полупроводниками?:

№да  
нет  
№вопрос2

К полупроводниковым соединениям типа  $A^3B^5$  относятся:

№да  
арсениды  
№да  
фосфиды  
№да  
нитриды  
№да  
антимониды  
№нет  
халькогениды

№вопрос2  
Наименее изученными среди соединений типа  $A^3B^5$  являются:

№да  
нитриды  
№да  
соединения бора  
№нет  
антимониды

№нет  
арсениды  
№нет  
фосфиды  
№вопрос5

Антимонидами называют соединения:

№да  
мышьяка  
№вопрос1

Для полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$  характерен \_\_\_\_\_ тип связи:

№да

донорно – акцепторный

№нет

ковалентный

№нет

ионный

№нет

металлический

№нет

молекулярный

№вопрос5

Верно ли, что при нагревании разлагаются все соединения типа  $A^3B^5$ , за исключением \_\_\_\_\_?:

№да

антимонидов

№вопрос5

К соединениям типа  $A^3B^5$ , имеющим структуру гексагонального типа (вюрцит) относятся

№да

нитриды

№вопрос2

К соединениям типа  $A^3B^5$ , имеющим структуру кубического типа (сфалерит) относятся

№да

фосфида

№да

арсениды

№да

антимониды

№нет

нитриды

№нет

халькогениды

№вопрос1

Среди соединений типа  $A^3B^5$  трудности с инверсией типа электропроводности возникают только в:

№да

нитридах

№нет

фосфидах

№нет

арсенидах

№нет

антимонидах

№нет

оксидах

№вопрос2

При легировании  $GaN$  цинком, в зависимости от концентрации последнего, можно получить рекомбинационное излучение в \_\_\_\_\_ области спектра:

№да

желтой

№да

зеленой

№да

голубой

№нет

фиолетовой

№нет

красной

№вопрос2

Внутри каждой группы соединений – аналогов полупроводниковых материалов типа  $A^3B^5$  с ростом суммарного атомного номера и атомных масс, входящих в соединение элементов:

№да

уменьшается ширина запрещенной зоны

№да

усиливается металлический характер связи

№да

снижается температура плавления

№да

растет подвижность носителей заряда

№нет

увеличивается твердость материала

№вопрос4

Установите соответствие между названием соединений типа  $A^3B^5$  и элементом, от которого оно образовано:

1. Нитриды

2. Антимониды

3. Фосфиды

4. Арсениды

№да

азот

№да

сурьма

№да

фосфор

№да

мышьяк

№вопрос 1

Диаграммы состояния полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$  имеют однотипный \_\_\_\_\_ характер:

№да

эвтектический

№нет

перитектический

№нет

дистектический

№нет

непрерывный

№нет

ограниченный

№вопрос 5

Справедливо ли утверждение, что полупроводниковые соединения типа  $A^3B^5$  обладают высокой химической и термической стойкостью:

№да

нет

№Тема=Электрические свойства полупроводниковых соединений типа соединений типа  $A^3B^5$ .

№вопрос 1

Электрические свойства полупроводниковых соединений типа соединений типа  $A^3B^5$ , как и оптические определяются:

№да

структурой энергетических зон

№нет

шириной запрещенной зоны

№нет

типом проводимости

№нет

уровнем легирования

№нет

технологией получения

№вопрос 1

Подвижность носителей заряда в полупроводниковых соединениях типа соединений типа  $A^3B^5$  с ростом суммарного атомного номера и атомной массы:

№да

увеличивается

№нет

не меняется

№нет

уменьшается

№нет

проходит через максимум

№нет

растет, затем резко падает

№ вопрос 1

Среди всех полупроводников рекордно высокой подвижностью обладает:

№да

*InSb*

№нет

*AlSb*

№нет

*GaAs*

№нет

*BN*

№нет

*Si*

№вопрос 1

Для большинства соединений типа соединений типа  $A^3B^5$  значение подвижности электронов существенно превышает подвижность дырок.

Исключение составляет:

№да

*AlSb*

№нет

*InSb*

№нет

*GaAs*

№нет

*BN*

№нет

*GaP*

№вопрос 5

Среди всех полупроводников антимонид индия обладает рекордно высокой подвижностью электронов, которая превышает подвижность дырок в \_\_\_\_\_ раз (записать число):

№да

100

№вопрос 1

У антимонида индия *InSb* собственная удельная проводимость определяется только концентрацией электронов, а вкладом дырок можно практически пренебречь потому что:

№да

подвижность электронов в 100 раз превышает подвижность дырок

№нет

подвижность дырок в 100 раз превышает подвижность электронов

№нет

подвижность электронов в 3 раза превышает подвижность дырок

№нет

подвижность дырок совпадает с подвижностью электронов

№нет

подвижность дырок в 3 раза превышает подвижность электронов

№вопрос5

Антимонид алюминия единственное соединение типа  $A^3B^5$ , у которого подвижность дырок превышает подвижность электронов в \_\_\_\_ раза (записать цифру):

№да

3

№вопрос1

Подвижность носителей заряда в полупроводниках типа  $A^3B^5$  ограничивается в основном рассеянием электронов и дырок на \_\_\_\_\_ колебаниях решетки:

№да

оптических

№нет

акустических

№нет

тепловых

№нет

электромагнитных

№нет

механических

№вопрос1

Под оптическими колебаниями атомов в узлах кристаллической решетки понимают:

№да

противофазное смещение атомов в соседних узлах

№нет

синфазное смещение атомов в соседних узлах

№нет

продольные колебания атомов в соседних узлах

№нет

противофазное смещение каждого четвертого атома

№нет

поперечные колебания всех атомов

№вопрос2

Увеличение атомной массы компонентов соединений типа  $A^3B^5$  приводит к резкому возрастанию подвижности носителей заряда благодаря:

№да

уменьшению амплитуды тепловых колебаний атомов

№да

ослаблению ионной составляющей химической связи

№нет

увеличению амплитуды тепловых колебаний атомов

№нет

усилению ионной составляющей химической связи

№нет

инверсии типа проводимости

№вопрос2

К прямозонным полупроводникам среди соединений типа  $A^3B^5$  относятся

№да

соединения индия

№да

некоторые соединения галлия

№нет

соединения бора

№нет

антимониды

№нет

фосфиды

№вопрос3

Расположите соединений типа  $A^3B^5$  по мере уменьшения ширины запрещенной зоны:

№да

нитриды

№да

фосфиды

№нет

арсениды

№нет

антимониды

№вопрос1

Под непрямыми переходами между зонами понимают переходы:

№да

с участием фонона

№нет

с участием фотона

№нет

с участием экситона

№нет

без участия третьей частицы

№нет

с участием электрона

№вопрос1

В непрямозонных соединениях типа соединений типа  $A^3B^5$  наблюдается дополнительный \_\_\_\_\_ механизм рассеяния электронов:

№да

междолинный

№нет

примесный

№нет

дефектный

№нет

экситонный

№нет

фононный

№Тема=Примеси в полупроводниковых соединениях типа соединений типа  $A^3B^5$

№вопрос1

Тип электропроводности полупроводников типа  $A^3B^5$ , легированных атомами элементов IV группы Периодической таблицы элементов:

№да

зависит от того, атомы какой подрешетки замещаются

№нет

будет донорным

№нет

будет акцепторным

№нет

не изменится, так как произойдет компенсация примеси

№нет

не зависит от вводимой примеси

№вопрос5

Среди элементов IV группа наименьшей растворимостью в соединениях соединений типа  $A^3B^5$  обладает (записать название элемента):

№да

углерод

№вопрос5

Основной акцепторной примесью для соединений типа  $A^3B^5$  является:

№да

цинк

№вопрос5

В некоторых соединениях соединений типа  $A^3B^5$  наблюдается амфотерное вхождение атомов примесей элементов \_\_\_\_ группы (записать число):

№да

4

№вопрос2

Для получения полуизолирующих (с удельным сопротивлением до  $10^7 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ) соединений арсенида галлия используют легирование такими примесями как:



№да

*Fe*

№да

*Cr*

№нет

*Ge*

№нет

*Zn*

№нет

*O*

№вопрос1

Примеси элементов переходной группы (*Fe, Co, Ni* и т.п.) создают глубоколежащие энергетические уровни акцепторного типа и:

№да

являются рекомбинационными ловушками

№нет

определяют электрические свойства

№нет

амфотерно входят в кристаллическую решетку

№нет

вливают на оптические свойства

№нет

изменяют тип химической связи

№вопрос4

Установите соответствие между примесью и ее влиянием на свойства соединений типа  $A^3B^5$ :

1. *Zn*

2. *Cr*

3. *Co*

4. *Si*

5. *Se*

№да

является основной акцепторной примесью

№да

придает высокое удельное сопротивление (полуизолирующий материал)

№да

создает глубоколежащие рекомбинационные ловушки

№да

наблюдается амфотерное поведение атомов примесей

№да

донор, характеризующийся малыми коэффициентами диффузии

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

*Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.*

Контроль освоения студентом дисциплины осуществляется в рамках модульно-рейтинговой системы в ДМ, включающих текущую, промежуточную и итоговую аттестации.

По результатам текущего и промежуточного контроля составляется академический рейтинг студента по каждому модулю и выводится средний рейтинг по всем модулям.

По результатам итогового контроля студенту засчитывается трудоемкость дисциплины в ДМ, выставляется дифференцированная отметка в принятой системе баллов, характеризующая качество освоения студентом знаний, умений и навыков по данной дисциплине.

В соответствии с учебным планом предусмотрен экзамен во 2-м семестре.

Формы контроля: текущий контроль, промежуточный контроль по модулю, итоговый контроль по дисциплине предполагают следующее распределение баллов.

*Текущий контроль:*

- посещаемость занятий 5 баллов
- активное участие на занятиях 25 баллов
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ 5 баллов
- написание и защита рефератов 5 баллов

Максимальное суммарное количество баллов по результатам текущей работы для каждого модуля – 40 баллов.

*Промежуточный контроль* освоения учебного материала по каждому модулю проводится преимущественно в форме тестирования.

Максимальное количество баллов за промежуточный контроль по одному модулю - 60 баллов. Результаты всех видов учебной деятельности за каждый модульный период оценивается рейтинговыми баллами.

Минимальное количество средних баллов по всем модулям, которое дает право студенту на положительные отметки без итогового контроля знаний:

- от 51 до 69 балла – удовлетворительно
- от 70 до 84 балла – хорошо
- от 85 до 100 балла – отлично
- от 51 и выше - зачет

*Итоговый контроль* по дисциплине осуществляется преимущественно в форме тестирования по балльно-рейтинговой системе, максимальное количество которых равно – 100 баллов.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется в баллах. Удельный вес итогового контроля в итоговой оценке по дисциплине составляет 30%, среднего балла по всем модулям 70%.

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. *Агеев О.А., Беляев А.Е., Болтовец Н.С. и др. Карбид кремния: технология, свойства, применение. Под ред. – Харьков: «ИСМА», 2010, 532 С.*
2. *Справочник по электротехническим материалам / Под ред. Ю.В. Корицкого, В.В. Пасынкова, Б.М. Тареева – Л.: Энергоатомиздат; т.1, 1986; т.2 1987; т.3, 1988.*

*б) Дополнительная литература:*

1. *Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электротехнические материалы- Л.: Энергоатомиздат, 1985.*

2. Сафаралиев Г.К. Полупроводниковые твердые растворы. Уч. пособие. Махачкала: Изд – во ДГУ, 1991.
3. Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков – М.: МИСИС, 2003, 480 С.

## **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.fepo.ru](http://www.fepo.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. Студенту предоставляется возможность работать во время учебы более самостоятельно, чем учащимся в средней школе. 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.

Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин, учебный план и расписание занятий вывешивается на 2-м этаже учебного

корпуса. Рекомендуется не только ознакомиться с этими документами, но и изучить их.

Ежедневной учебной работе студенту следует уделять 9-10 часов своего времени, т.е. при 6 часах аудиторных занятий самостоятельной работе необходимо отводить 3-4 часа.

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.

### ***Работа на лекции***

На лекциях студенты получают самые необходимые данные, во многом дополняющие учебники (иногда даже их заменяющие с последними достижениями науки. Умение сосредоточенно слушать лекции, активно, творчески воспринимать излагаемые сведения является неперенным условием их глубокого и прочного усвоения, а также развития умственных способностей.

Слушание и запись лекций - сложные виды вузовской работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Слушая лекции, надо отвлекаться при этом от посторонних мыслей и думать только о том, что излагает преподаватель. Краткие записи лекций, конспектирование их помогает усвоить материал.

Внимание человека неустойчиво. Требуется волевые усилия, чтобы оно было сосредоточенным. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное. Это должно быть сделано самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое "конспектирование" приносит больше вреда, чем пользы. Некоторые студенты просят иногда лектора "читать помедленнее". Но лекция не может превратиться в лекцию-диктовку. Это очень вредная тенденция, ибо в этом случае студент механически записывает большое количество услышанных сведений, не размышляя над ними.

Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: "важно", "особо важно", "хорошо запомнить" и т.п. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда используйте не только

учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

### ***Подготовка к сессии***

Каждый учебный семестр заканчивается аттестационными испытаниями: зачетно - экзаменационной сессией. Подготовка к экзаменационной сессии и сдача зачетов и экзаменов является ответственным периодом в работе студента. Seriously подготовиться к сессии и успешно сдать все экзамены - долг каждого студента. Рекомендуется так организовать свою учебу, чтобы перед первым днем начала сессии были сданы и защищены все лабораторные работы, сданы все зачеты, выполнены другие работы, предусмотренные графиком учебного процесса.

Основное в подготовке к сессии - это повторение всего материала, курса или предмета, по которому необходимо сдавать экзамен. Только тот успевает, кто хорошо усвоил учебный материал.

Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь материал. А это зачастую оказывается невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка к экзаменам будет трудным, а иногда и непосильным делом, а финиш - отчисление из учебного заведения.

В дни подготовки к экзаменам избегай чрезмерной перегрузки умственной работой, чередуй труд и отдых.

При подготовке к сдаче экзаменов старайся весь объем работы распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

### ***Методические рекомендации для преподавателя***

Одной из задач преподавателя, ведущего занятия по дисциплине, является выработка у бакалавров осознания важности, необходимости и полезности знания дисциплины для дальнейшей работы их инженерами-исследователями, при организации современного производства высококачественной, конкурентоспособной продукции.

Методическая модель преподавания дисциплины основана на применении активных методов обучения. Принципами организации учебного процесса являются:

- выбор методов преподавания в зависимости от различных факторов, влияющих на организацию учебного процесса;
- объединение нескольких методов в единый преподавательский модуль в целях повышения эффективности процесса обучения;
- активное участие слушателей в учебном процессе;
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям.

Используемые методы преподавания: лекционные занятия с использованием наглядных пособий и раздаточных материалов; метод «мозгового штурма», индивидуальные и групповые задания при проведении практических занятий.

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями СТП. С целью более эффективного усвоения бакалаврами материала данной дисциплины рекомендуется при проведении лекционных занятий использовать наглядные пособия и раздаточные материалы. Для более глубокого изучения предмета бакалаврам представляется информация о возможности использования Интернет-ресурсов по разделам дисциплины.

Для контроля знаний бакалавров по данной дисциплине необходимо проводить рубежный и итоговый контроль.

Рубежный контроль. Бакалаврами по изученной дисциплине выполняются реферативные работы, доклады.

Контрольное тестирование. Этот метод включает в себя задания по всем темам раздела рабочей программы дисциплины.

Итоговый контроль осуществляется в виде зачета в конце семестра.

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; 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. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов - тренингов по ряду разделов дисциплины.

#### ***Интернет ресурсы:***

1. [www.elsevierscience.ru](http://www.elsevierscience.ru)
2. [www.edu.ru](http://www.edu.ru)
3. [www.window.edu.ru](http://www.window.edu.ru)
4. [www.nisrussia.ru](http://www.nisrussia.ru)
5. [www.neicon.ru](http://www.neicon.ru)
6. [www.springerlink.cjm.journals](http://www.springerlink.cjm.journals)
7. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».



8. [www.iqlib.ru](http://www.iqlib.ru) - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия.

**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 бакалавров, 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.