

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ



Декан факультета  
радиотехники и электроники

В.А. Небольсин

«31» августа 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
«Материалы электронной техники»

**Направление подготовки** 28.03.02 Наноинженерия

**Профиль** Инженерные нанотехнологии в приборостроении

Квалификация выпускника бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года

**Форма обучения** очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы



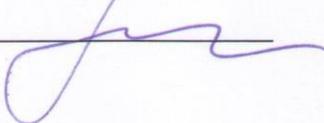
Плотникова Е.Ю.

Заведующий кафедрой  
Полупроводниковой электроники  
и нанoeлектроники



Рембеза С.И.

Руководитель ОПОП



Липатов Г.И.

Воронеж 2017

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цели дисциплины

формирование у обучающихся знаний о строении и свойствах материалов электронной техники и физических закономерностях, определяющих свойства и поведение материалов во взаимосвязи с конкретными применениями в приборах и устройствах микро- и наносистемной техники.

## 1.2. Задачи освоения дисциплины

- сформировать представления об общих физических закономерностях, определяющих свойства материалов электронной техники;
- установить взаимосвязь между составом, структурой и свойствами полупроводниковых материалов в отношении их использования в изделиях электронной техники;
- иметь представления об основных физико-химических, электрических, магнитных и оптических свойствах материалов электронной техники;
- сформировать у студента общую картину существующих материалов электронной техники, классифицировать по видам металлы, полупроводники, диэлектрики, магнитные материалы;
- ознакомить с тенденциями развития и основными направлениями полупроводникового материаловедения в связи с современными требованиями микро- и наносистемной техники;
- сформировать навыки экспериментальных исследований свойств материалов электронной техники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Материалы электронной техники» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1 учебного плана.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Материалы электронной техники» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять метод математического анализа и экспериментального исследования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать общие сведения о современных и перспективных материалах электронной техники, элементы зонной теории твердых тел, особенности химических соединений, твердых растворов, механических смесей, основные используемые в полупроводниковой промышленности металлы, полупроводники и диэлектрики, магнитные материалы; их области применения,

строение, физические и химические свойства
уметь рассчитывать параметры кристаллических решеток, составлять и анализировать фазовые равновесия в полупроводниковых, диэлектрических и металлических системах, определять индексы Миллера для кубических кристаллических решеток, определять монокристалличность и отсутствие внешних дефектов на поверхности кремния
владеть методами построения фазовых диаграмм двух- и трехкомпонентных систем разного рода, методикой работы на различных видах микроскопов, методикой определения количества дефектов на пластинах и слитках полупроводниковых материалов, методикой расчета свирл-дефектов на пластинах, методами геттерирования дефектов на кремнии и германии, технологией изготовления шлифов и методикой расчета толщины эпитаксиальных пленок по шлифам

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Материалы электронной техники» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий:

##### очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		4	5	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	54	18	
В том числе:				
Лекции	36	36	-	
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-	
Лабораторные работы (ЛР)	36	18	18	
<b>Самостоятельная работа</b>	81	54	27	
Курсовая работа	нет	нет	нет	
Контроль	27	—	27	
Вид промежуточной аттестации	зачёт с оценкой, экзамен	зачёт с оценкой	экзамен	
Общая трудоемкость	час	180	108	72
	зач. ед.	5	2	3

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

##### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекции	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
-------	-------------------	--------------------	--------	-----------	-----	------------

1	Основные сведения о материалах электронной техники. Виды химической связи. Особенности строения твердых тел. Структурные дефекты реальных кристаллов	Основные сведения о МЭТ: проводниковые, полупроводниковые и диэлектрические материалы. Гомеоплярная (ковалентная) связь. Гетероплярная (ионная) связь. Металлическая связь. Молекулярная (Ван-дер-Ваальса) связь. Кристаллы. Моно- и поликристаллы. Индексы Миллера плоскости. Индексы Миллера направлений. Число эквивалентных плоскостей. Расстояние между плоскостями. Дефекты структуры. Динамические и статические дефекты. Атомные, протяженные дефекты. Дислокации.	4		8	12
2	Полиморфизм. Стеклообразные и аморфные вещества. Элементы зонной теории твердых тел	Аллотропные модификации. Аморфная структура вещества. Ближний порядок кристаллической решетки. Стекло. Зонная теория. Дискретный энергетический спектр. Обменное взаимодействие. Принцип Паули. Валентная зона и зона проводимости. Зависимость ширины запрещенной зоны от температуры. Примеси и дефекты структуры. Энергия активации примеси.	2	4	8	14
3	Фазовые равновесия в полупроводниковых, диэлектрических и металлических системах	Гетерогенная и гомогенная системы. Фаза. Кристаллическая решетка, тип и период. Аллотропные модификации. Полиморфизм. Химические соединения и твердые растворы. Растворитель и растворимый компонент. Неограниченная и ограниченная растворимость в твердых растворах. Раствор замещения, внедрения и вычитания. Механическая смесь. Эвтектика. Перитектика. Компоненты системы.	4	4	8	16
4	Фазовые равновесия. Основные представления, используемые при построении фазовых диаграмм двухкомпонентных систем	Химический потенциал. Правило фаз Гиббса. Вариантность системы. Мерность пространства. Ликвидус. Солидус. Диаграмма неограниченной растворимости жидкой в твердой фазе. Фигуративная точка. Однофазная и двухфазная области. Конода. Правило рычага. Изовалентные твердые растворы замещения. Коэффициент распределения. Закон Вегарда.	4	4	8	16
5	Диаграммы фазовых равновесий с эвтектическим и перитектическим превращением.	Эвтектическая линия. Кривая растворимости. Эвтектические превращения. Эвтектика. Первичные, вторичные кристаллы. Доэвтектические и заэвтектические сплавы. Перитектическое превращение. Перитектоидное превращение.	4	4	8	16
6	Диаграммы фазовых равновесий химических соединений. Основные представления, используемые при построении фазовых диаграмм трехкомпонентных систем	Конгруэнтно-плавящиеся (стойкие) соединения. Инконгруэнтно-плавящиеся (нестойкие) соединения. Гомогенность. Нормальные (вырожденные) эвтектики. Дальтонид. Бертоллид. Концентрационный треугольник Гиббса. Переменные трехкомпонентных систем. Точки на сторонах и внутри треугольника. Свойства равностороннего треугольника. Два способа количественных расчетов. Метод трех отрезков. Правило рычага. Правило фаз.	4	4	8	16

7	Основные параметры и классификация проводниковых материалов	Материалы высокой проводимости. Влияние примесей и других структурных дефектов на удельное сопротивление металлов. Сверхпроводящие металлы и сплавы. Материалы высокого сопротивления и сплавы для термопар. Металлы и сплавы различного назначения. Благородные металлы. Металлы со средним значением температуры плавления. Припои. Неметаллические проводниковые материалы. Композиционные проводниковые материалы. Контакты. Керметы. Проводниковые материалы на основе окислов.	4	4	8	16
8	Основные параметры и классификация полупроводниковых материалов	Основные параметры и характеристики полупроводников. Собственные и примесные полупроводники. Классификация полупроводниковых материалов. Элементарные полупроводники – кремний и германий. Полупроводниковые соединения и твердые растворы на их основе. Карбид кремния. Полупроводниковые соединения $A^3B^5$ . Химические соединения $A^2B^6$ . Соединения типа $A^4B^6$ .	4	4	8	16
9	Основные параметры и классификация диэлектриков.	Электрическое поле. Механизмы поляризации. Характеристики диэлектрика. Электропроводность. Ионная проводимость. Шунтирование тока. Тепловой и диэлектрический пробой. Ударная ионизация. Классификация диэлектриков. Состав, свойства и структура основных пассивных диэлектриков.	4	4	8	16
10	Основные параметры и классификация магнитных материалов	Магнито-мягкие материалы. Магнито-твердые материалы. Основные свойства магнитных материалов. Ферромагнетики. Магнито-мягкие низкочастотные материалы. Магнито-мягкие высокочастотные материалы. Магнитные материалы специального назначения.	2	4	9	15
<b>Контроль:</b>			<b>27</b>			
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>81</b>	<b>180</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Кристаллическая структура твердых тел. Индексы Миллера плоскости и направлений.
2. Решетки Браве. Число эквивалентных плоскостей (направлений). Способы описания кристаллических структур.
3. Координационное число и плотность упаковки. Связь между типом структуры, координационным числом и электрофизическими свойствами.
4. Определение ретикулярной плотности плоскостей различных кристаллических структур. Определение плотности упаковки кристаллических решеток.

5. Основные фазы в сплавах. Твердые растворы. Химические соединения. Механические смеси. Диаграммы состояния двойных сплавов. Правило фаз Гиббса.

6. Построение диаграмм состояния. Диаграмма состояния сплавов, образующих механические смеси чистых компонентов (первого рода).

7. Диаграмма состояния сплавов, образующих неограниченные твердые растворы (второго рода). Правило отрезков и правило рычага. Диаграмма состояния сплавов, образующих ограниченные твердые растворы и эвтектику (третьего рода).

8. Диаграмма состояния сплавов, образующих ограниченные твердые растворы и перитектику. Диаграмма состояния сплавов, образующих химические соединения (четвертого рода). Диаграмма состояния сплавов с полиморфными превращениями.

9. Проведение визуального контроля образца монокристаллического кремния на наличие макроскопических дефектов. Определение типа электропроводности образца методом термозонда. Определение типа электропроводности образца методом точечно-контактного выпрямления.

10. Проведение селективного травления кремниевой пластины заданной ориентации. Определение плотности дислокаций в кристалле.

11. Изучение металлографическим методом влияния геттерирования на плотность структурных дефектов в малодислокационном кремнии. Точечные дефекты. Типы точечных дефектов. Кластеры точечных дефектов. Перестройка точечных дефектов. Методы геттерирования точечных дефектов.

12. Изучение порядка подготовки образцов монокристаллического кремния к проведению контроля дефектов. При помощи металлографического микроскопа проведение оценки плотности микродефектов в образце кремния. Свирлевая картина на торце монокристаллического кремния. Ямки травления, образующие свирлевую картину.

## **6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы).

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### **7.1.1 Этап текущего контроля**

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать общие сведения о современных и перспективных материалах электронной техники, элементы зонной теории твердых тел, особенности химических соединений, твердых растворов, механических смесей, основные используемые в полупроводниковой промышленности металлы, полупроводники и диэлектрики, магнитные материалы; их области применения, строение, физические и химические свойства	сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь рассчитывать параметры кристаллических решеток, составлять и анализировать фазовые равновесия в полупроводниковых, диэлектрических и металлических системах, определять индексы Миллера для кубических кристаллических решеток, определять монокристалличность и отсутствие внешних дефектов на поверхности кремния	сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами построения фазовых диаграмм двух- и трехкомпонентных систем разного рода, методикой работы на различных видах микроскопов, методикой определения количества дефектов на пластинах и слитках полупроводниковых материалов, методикой расчета свирл-дефектов на пластинах, методами геттерирования дефектов на кремнии и германии, технологией изготовления шлифов и методикой расчета толщины эпитаксиальных пленок по шлифам	сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 и 5 семестрах для очной формы обучения по двух- и четырехбалльной системе в зависимости от типа аттестации:

«зачтено»;

«не зачтено»:

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-1	знать общие сведения о современных и перспективных материалах электронной техники, элементы зонной теории твердых тел, особенности химических соединений, твердых растворов, механических смесей, основные используемые в полупроводниковой промышленности металлы, полупроводники и диэлектрики, магнитные материалы; их области применения, строение, физические и химические свойства	Тест	Выполнение теста на 70-100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь рассчитывать параметры кристаллических решеток, составлять и анализировать фазовые рав-	Решение стандарт-	Продемонстрирован	Задачи не решены

	новесия в полупроводниковых, диэлектрических и металлических системах, определять индексы Миллера для кубических кристаллических решеток, определять монокристалличность и отсутствие внешних дефектов на поверхности кремния	ных практических задач	верный ход решения в большинстве задач	
	владеть методами построения фазовых диаграмм двух- и трехкомпонентных систем разного рода, методикой работы на различных видах микроскопов, методикой определения количества дефектов на пластинах и слитках полупроводниковых материалов, методикой расчета свирл-дефектов на пластинах, методами геттерирования дефектов на кремнии и германии, технологией изготовления шлифов и методикой расчета толщины эпитаксиальных пленок по шлифам	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

или «отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»:

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	знать общие сведения о современных и перспективных материалах электронной техники, элементы зонной теории твердых тел, особенности химических соединений, твердых растворов, механических смесей, основные используемые в полупроводниковой промышленности металлы, полупроводники и диэлектрики, магнитные материалы; их области применения, строение, физические и химические свойства	Тест	Выполнение теста на 90-100 %	Выполнение теста на 80-90 %	Выполнение теста на 70-80 %	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь рассчитывать параметры кристаллических решеток, составлять и анализировать фазовые равновесия в полупроводниковых, диэлектрических и металлических системах, определять индексы Миллера для кубических кристаллических решеток, определять монокристалличность и отсутствие внешних дефектов на поверхности кремния	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами построения фазовых диаграмм двух- и трехкомпонентных систем разного рода, методикой работы на различных видах микроскопов, ме-	Решение прикладных задач в	Задачи решены в полном	Продемонстрирован верный	Продемонстрирован верный	Задачи не решены

	тодической определения количества дефектов на пластинах и слитках полупроводниковых материалов, методикой расчета свирл-дефектов на пластинах, методами геттерирования дефектов на кремнии и германии, технологией изготовления шлифов и методикой расчета толщины эпитаксиальных пленок по шлифам	конкретной предметной области	объеме и получены верные ответы	ход решения всех, но не полученный ответ во всех задачах	ход решения в большинстве задач	
--	--	-------------------------------	---------------------------------	--	---------------------------------	--

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

**ОПК-1 — Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять метод математического анализа и экспериментального исследования**

Гомеоплярная связь – это:

- объединение атомов в молекулу достигается за счет электронов, которые становятся общими для пар атомов
- связь, которая возникает вследствие перехода валентных электронов от атома металла к атому металлоида, и электростатического притяжения разноименно заряженных ионов друг к другу
- связь, которая существует в системах, построенных из положительных атомных остовов, находящихся в среде свободных коллективизированных электронов
- связь, которая имеет характер притяжения и возникает между любыми молекулами как полярными, так и неполярными

Гетерополярная связь – это:

- объединение атомов в молекулу достигается за счет электронов, которые становятся общими для пар атомов
- связь, которая возникает вследствие перехода валентных электронов от атома металла к атому металлоида, и электростатического притяжения разноименно заряженных ионов друг к другу
- связь, которая существует в системах, построенных из положительных атомных остовов, находящихся в среде свободных коллективизированных электронов
- связь, которая имеет характер притяжения и возникает между любыми молекулами как полярными, так и неполярными

Металлическая связь – это:

- объединение атомов в молекулу достигается за счет электронов, которые становятся общими для пар атомов
- связь, которая возникает вследствие перехода валентных электронов от атома металла к атому металлоида, и электростатического притяжения разноименно заряженных ионов друг к другу
- связь, которая существует в системах, построенных из положительных атомных остовов, находящихся в среде свободных коллективизированных электронов
- связь, которая имеет характер притяжения и возникает между любыми молекулами как полярными, так и неполярными

Молекулярная связь – это:

- объединение атомов в молекулу достигается за счет электронов, которые становятся общими для пар атомов
- связь, которая возникает вследствие перехода валентных электронов от атома металла к атому металлоида, и электростатического притяжения разноименно заряженных ионов друг к другу
- связь, которая существует в системах, построенных из положительных атомных остовов, находящихся в среде свободных коллективизированных электронов

- связь, которая имеет характер притяжения и возникает между любыми молекулами как полярными, так и неполярными

Выберите обозначения индексов Миллера плоскости:

(111)  
{111}  
[111]  
[[111]]  
<111>

Выберите обозначения индексов Миллера семейства плоскостей:

(111)  
{111}  
[111]  
[[111]]  
<111>

Выберите обозначения индексов Миллера направления:

(111)  
{111}  
[111]  
[[111]]  
<111>

Выберите обозначения индексов Миллера системы направлений:

(111)  
{111}  
[111]  
[[111]]  
<111>

Выберите обозначения индексов Миллера узла:

(111)  
{111}  
[111]  
[[111]]  
<111>

Определите координационное число для решетки ОЦК:

2  
4  
6  
8

Определите координационное число для решетки ГЦК:

4  
8  
10  
12

Определите координационное число для решетки NaCl:

2  
4  
6  
8

Определите координационное число для решетки типа алмаза:

2  
4  
6  
8

Правило фаз Гиббса (общий вид) записывается как:

$$C = K - \Phi + 2$$

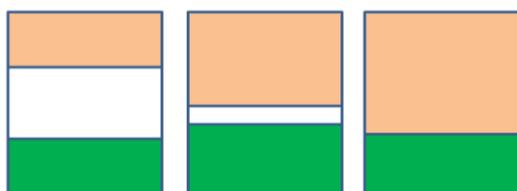
$$\text{ЧЭП} = 8 \cdot 3! / (2^N \cdot M!)$$

$$a = C_a \cdot a_a + C_b \cdot a_b$$

Выберите, что из перечисленного является дислокацией:

- дефект Френкеля
- дефект Шоттки
- дефект Франка
- пора

Выберите энергетическую диаграмму проводника:

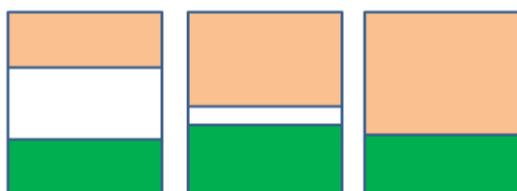


беж. – ЗП

бел. – ЗЗ

зел. - ВЗ

Выберите энергетическую диаграмму полупроводника:

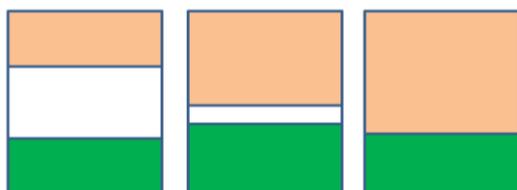


беж. – ЗП

бел. – ЗЗ

зел. - ВЗ

Выберите энергетическую диаграмму диэлектрика:



беж. – ЗП

бел. – ЗЗ

зел. - ВЗ

InP – это:

Химическое соединение

Твердый раствор

Механическая смесь

Чистое вещество

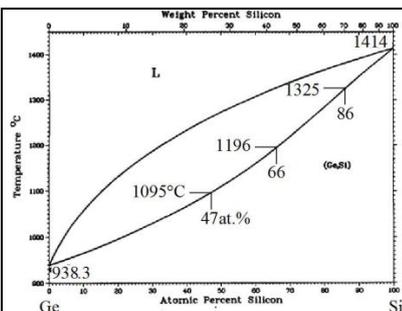
In<sub>0,2</sub>Ga<sub>0,5</sub>Zn<sub>0,3</sub>O – это:

Химическое соединение

Твердый раствор

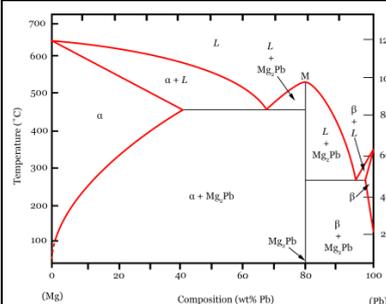
Механическая смесь

Чистое вещество



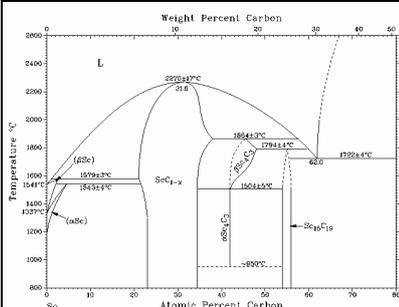
Определите тип диаграммы:

- С неограниченной растворимостью
- С ограниченной растворимостью
- С эвтектикой
- С перитектикой



Определите тип диаграммы:

- С неограниченной растворимостью
- С ограниченной растворимостью
- С эвтектикой
- С перитектикой



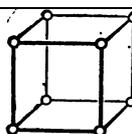
Определите тип диаграммы:

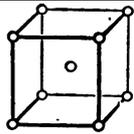
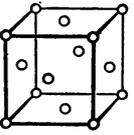
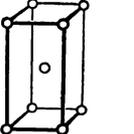
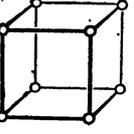
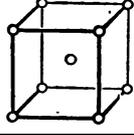
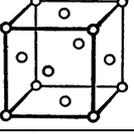
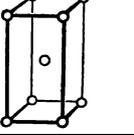
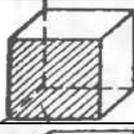
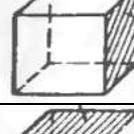
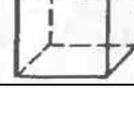
- С неограниченной растворимостью
- С ограниченной растворимостью
- С эвтектикой
- С перитектикой

Какая кристаллическая решетка у кремния?

- ОЦК
- ГЦК
- Алмаз
- ГПУ

Выберите ГЦК пространственную решетку кристаллических систем



	
	
	
Выберите ОЦК пространственную решетку кристаллических систем	
	
	
	
Укажите запись индексов Миллера для семейства плоскостей	$[111]$
	$\langle 111 \rangle$
	$\{111\}$
	$[[111]]$
Укажите запись индексов Миллера для узла	$[111]$
	$\langle 111 \rangle$
	$\{111\}$
	$[[111]]$
Укажите запись индексов Миллера для направления	$[111]$
	$(111)$
	$\{111\}$
	$\langle 111 \rangle$
Укажите плоскость (010) в кубическом кристалле с помощью индексов Миллера	
	
	

Определить индексы плоскости, отсекающей на осях решетки отрезки $A = 1$ , $B = 2$ , $C = -4$ .	$(42\bar{1})$
	$(24\bar{1})$
	$(421)$
	$(\bar{4}21)$
Какая кристаллическая решетка соответствует алмазу?	
Координационное число для кубической примитивной решетки	2
	4
	6
	8
Твердый раствор – это...	форма твердых фаз в материале (например, глобулы, диски, столбики)
	кристаллические фазы, имеющие решетку основного компонента А (растворителя), в которой размещены атомы другого (или других) компонентов (В и т. д)
	графическое изображение состояния сплава в зависимости от температуры и химического состава
	линия, проведенная по точкам начала кристаллизации

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

**ОПК-1 – Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять метод математического анализа и экспериментального исследования**

Вариант 1

Вариант 2

1.	Методы получения материала полупроводниковой чистоты (со схемами и формулами реакций) для: Si	Ge
2.	Области применения: Ge	Si
3.	График зависимости удельного сопротивления ( $\rho$ , Ом $\times$ м) от концентрации примеси в:	

Si	Ge
4. Как получить Si: n-типа проводимости	p-типа проводимости
5. Что такое геттер?	Что такое терморезистор?
6. $\Delta E_g$ для Ge?	$\Delta E_g$ для Si?
7. Расшифруйте обозначения: КДБ 10 ГЭС 5,5/0,3 ППЗ-3	ГДГ 10 КЭФ 4,5/0,4 КДБ 7,5/0,5
8. Назовите особенности SiC: кубической $\beta$ -SiC модификации	гексагональной $\alpha$ -SiC модификации
9. Чем обусловлен цвет SiC: зеленый	черный
10.	

### Вариант 1

### Вариант 2

A3B5 могут быть: а) п/п б) диэлектриками в) проводниками	A4B6 могут быть: а) п/п б) диэлектриками в) проводниками
По сравнению с отдельными компонентами, температура плавления их химических соединений (для A3B5) а) больше б) меньше в) равна	В A4B6 с ростом суммарного атомного номера температура плавления а) растет б) снижается
Порядок ширины запрещенной зоны для соединений A4B6?	Какая кристаллическая решетка у A2B6?
В твердом растворе PbSnTe как ведет себя ширина запрещенной зоны?	В твердом растворе GaAsP как ведет себя ширина запрещенной зоны?
Пример химического соединения	Пример твердого раствора
Области применения A3B5	Области применения A4B6
Что произойдет с CdTe при отжиге в парах Cd?	Что произойдет с CdS при отжиге в парах S?
В InSb внедряется Si или Ge, что изменится?	В InAs внедряется Si или Ge, что изменится?
Пример A2B6	Пример A4B6
Характер растворимости A3B5 в A2B6	Оксид ZnO – это...

### Вариант 1

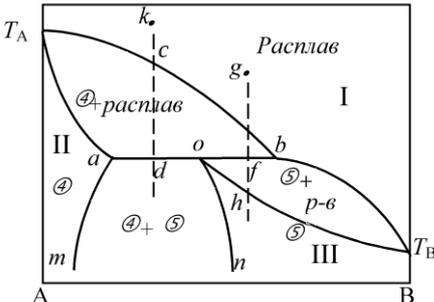
### Вариант 2

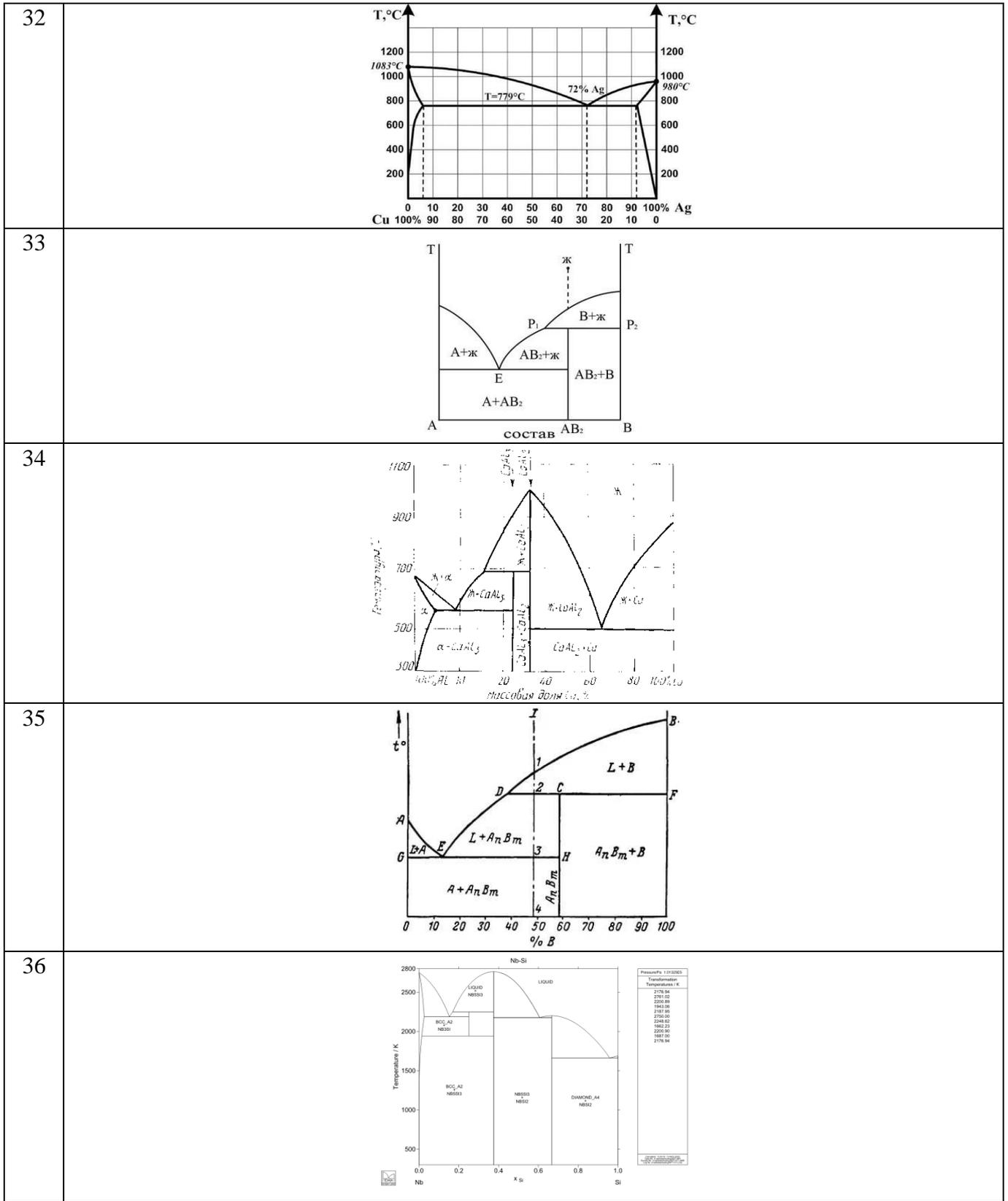
Назовите и обоснуйте перспективность выбора металла или сплава для: формирования контактов на п/п подложке	создания термопары
Что из перечисленного будет относиться к металлооксидам? ZnS, CdSe, SnO	TiO <sub>2</sub> , ZnO, GaN
Выберите материал, который используют в качестве прозрачного проводящего покрытия (общий вопрос)? Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , GaN, In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub>	
В полупроводниковом производстве при переходе на нанометровые размеры одним из используемых диэлектрических материалов является... HfO, TiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , SiO, поликор
Выберите модификацию углерода, которая является хорошим полупроводником	проводником графит, карбин, алмаз
При геттерировании дефекты...	

перемещаются на рабочую поверхность пластины переходят на торец пластины оттягиваются на обратную сторону пластины
Назовите основные виды приборов, изготавливаемых на: кремнии германии
Перечислите и охарактеризуйте... благородные металлы тугоплавкие металлы
Перечислите и охарактеризуйте... классический диэлектрик в кремниевом производстве high-k диэлектрик
Перечислите и охарактеризуйте... самый распространенный полупроводник металлооксидные полу- проводники

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

<b>ОПК-1 способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять метод математического анализа и экспериментального исследования</b>	
1	Плоскость отсекает на осях кубической решетки отрезки А, В и С, значения которых приведены. Определить индексы Миллера плоскости и изобразить ее графически. -1, 5, ∞
2	В кубической решетке изобразить направление [hkl], значения h, k, l приведены $\bar{1}, 4, 5$
3	$\langle 111 \rangle$
4	$[[\frac{1}{2} \frac{1}{2} (1)/2]]$
5	У каких плоскостей в решетке кристаллической структуры ГЦК, максимальная плотность упаковки атомов? Сравнить ретикулярные плотности плоскостей (100), (110) и (111). В каких направлениях в этих плоскостях линейная плотность расположения атомов максимальна?
6	Определить, сколько атомов приходится на одну элементарную ячейку (кратность ячейки) в кристаллах со структурой Алмаз, и указать для этой структуры координационное число.
7	Для решетки ОЦК рассчитать плотность упаковки.
8	Плоскость отсекает на осях кубической решетки отрезки А, В и С, значения которых приведены. Определить индексы Миллера плоскости и изобразить ее графически. 2, -5, ∞
9	В кубической решетке изобразить направление [hkl], значения h, k, l приведены $\bar{1}, \bar{1}, 8$
10	[111]
11	Для решетки ГЦК рассчитать плотность упаковки.
12	Определить, сколько атомов приходится на одну элементарную ячейку (кратность ячейки) в кристаллах со структурой ОЦК, и указать для этой структуры координационное число.
13	У каких плоскостей в решетке кристаллической структуры NaCl, максимальная плотность упаковки атомов? Сравнить ретикулярные плотности плоскостей (100), (110) и (111). В каких направлениях в этих плоскостях линейная плотность расположения атомов максимальна?
14	Плоскость отсекает на осях кубической решетки отрезки А, В и С, значения которых приведены. Определить индексы Миллера плоскости и изобразить ее графически. ∞, -1, -3
15	В кубической решетке изобразить направление [hkl], значения h, k, l приведены $\bar{2}, 5, \bar{1}$
16	Определить наименьшие отрезки, отсекаемые на осях кубической решетки плоскостью (hkl), значения h, k, l приведены. Изобразить эту плоскость графически.

	$\bar{1}, 3, 6$
17	Записать индексы Миллера направления, проходящего через два узла кубической решетки $[[h_1k_1l_1]]$ и $[[h_2k_2l_2]]$ , координаты которых приведены $\bar{3}, 4, 5$ $2, \bar{1}, 3$
18	$\{110\}$
19	Определить ретикулярную плотность плоскостей (101) и (100) в кристаллической решетке кремния. У какой из плоскостей выше ретикулярная плотность?
20	У каких плоскостей в решетке кристаллической структуры ОЦК, максимальная плотность упаковки атомов? Сравнить ретикулярные плотности плоскостей (100), (110) и (111). В каких направлениях в этих плоскостях линейная плотность расположения атомов максимальна?
21	Определить, сколько атомов приходится на одну элементарную ячейку (кратность ячейки) в кристаллах со структурой NaCl, и указать для этой структуры координационное число.
22	Для решетки простой кубической рассчитать плотность упаковки.
23	Определить наименьшие отрезки, отсекаемые на осях кубической решетки плоскостью (hkl), значения h, k, l приведены. Изобразить эту плоскость графически. $4, \bar{1}, 2$
24	Записать индексы Миллера направления, проходящего через два узла кубической решетки $[[h_1k_1l_1]]$ и $[[h_2k_2l_2]]$ , координаты которых приведены $\bar{1}, 0, 2$ $2, \bar{9}, 2$
25	Плоскость отсекает на осях кубической решетки отрезки A, B и C, значения которых приведены в табл. 3. Определить индексы Миллера плоскости и изобразить ее графически. $-3, 0, 7$
26	Для решетки NaCl рассчитать плотность упаковки.
27	Определить, сколько атомов приходится на одну элементарную ячейку (кратность ячейки) в кристаллах со структурой ГЦК, и указать для этой структуры координационное число.
28	У каких плоскостей в решетке кристаллической структуры Алмаз, максимальная плотность упаковки атомов? Сравнить ретикулярные плотности плоскостей (100), (110) и (111). В каких направлениях в этих плоскостях линейная плотность расположения атомов максимальна?
29	Определить наименьшие отрезки, отсекаемые на осях кубической решетки плоскостью (hkl), значения h, k, l приведены. Изобразить эту плоскость графически. $\bar{1}, \bar{5}, 0$
30	Записать индексы Миллера направления, проходящего через два узла кубической решетки $[[h_1k_1l_1]]$ и $[[h_2k_2l_2]]$ , координаты которых приведены $\bar{1}, \bar{1}, 4$ $4, \bar{1}, 0$
31	



37	
38	
39	
40	

## 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

- 1 Слиток, естественная поверхность кристалла, механически обработанная поверхность кристалла.
- 2 Торец слитка. Образец-спутник.
- 3 Буквенная маркировка слитков монокристаллического кремния.
- 4 Предельное значение концентрации кислорода в слитках кремния.
- 5 Ограничения по примесям железа, меди и золота.
- 6 Соотношение плотности материала и времени жизни носителей заряда для полупроводников (кремний).
- 7 Допускаемые отклонения диаметра слитка по ГОСТ.
- 8 Требования по наличию свирлевых дефектов.
- 9 Какие параметры по ГОСТ обеспечиваются технологией изготовления слитков кремния.
- 10 ЭКДБ-5-1-ДК2.

- 11 ЭКЭФ-15-22 ак1 мс1.
- 12 Какие величины входят в условное обозначение слитков кремния.
- 13 Какие параметры контролируются при приемке слитка кремния.
- 14 Сопроводительные документы для слитка кремния.
- 15 Как проводят проверку слитков на монокристалличность.
- 16 Как определить тип электропроводности слитка.
- 17 Измерение удельного сопротивления слитка.
- 18 Измерение плотности дислокаций в слитке.
- 19 Измерение диаметра слитка.
- 20 Измерение массы слитка.
- 21 Измерение угла отклонения плоскости торцевого среза слитка.
- 22 Определение концентрации атомов оптически активного кислорода.
- 23 Определение концентрации атомов углерода.
- 24 Определение концентрации атомов микропримесей железа, меди и золота.
- 25 Определение времени жизни неравновесных носителей заряда.
- 26 Что понимают под шайбами в кремниевой технологии. Какие параметры контролируют на шайбах. Как подготавливают шайбу к измерениям.
- 27 Как определить наличие границ зерен на боковой поверхности слитка.
- 28 Как определить наличие границ двойникования на боковой поверхности слитка.
- 29 Двойниковые ламели и методика их определения.
- 30 Метод термозонда для измерения электропроводности.
- 31 Метод точечного контактного выпрямления для измерения электропроводности.
- 32 Дислокация.
- 33 Краевая дислокация.
- 34 Положительная и отрицательная краевая дислокация.
- 35 Вектор Бюргерса.
- 36 Общее обозначение дислокации в решетке алмаза.
- 37 Три простых дислокации в решетке алмаза.
- 38 Винтовая дислокация.
- 39 Прямые и косвенные воздействия дислокаций на электрофизические параметры полупроводников.
- 40 Облако точечных дефектов.
- 41 Свойства дислокаций, используемые для их выявления.
- 42 Прямые и косвенные методы выявления и подсчета дислокаций.
- 43 Рентгеновский метод выявления дислокаций.
- 44 Метод Ланга для подсчета дислокаций.
- 45 Метод Бормана для подсчета дислокаций.
- 46 Метод избирательного травления для подсчета дислокаций.
- 47 связь дислокаций с дислокационными ямками травления.
- 48 Дислокационная ямка травления. Вид.
- 49 Этапы определения плотности дислокаций в германии и кремнии методами избирательного травления.
- 50 Химическая полировка германия.
- 51 Выявление дислокаций в германии.
- 52 Химическая полировка кремния.
- 53 Избирательное травление кремния для  $\{111\}$ .
- 54 Избирательное травление кремния для  $\{100\}$ .
- 55 Как подсчитать ямки травления.
- 56 Расчет средней плотности дислокаций.
- 57 Где используется методика выявления свирлевых дефектов.
- 58 На чем основана методика выявления свирлевых дефектов.
- 59 Как выглядит область микродефекта.

- 60 Как подготовить образец к измерению свирлевых дефектов.
- 61 Полирующий состав для выявления свирлевых дефектов.
- 62 Критерий пригодности полирующего состава для выявления свирлевых дефектов.
- 63 Выявление свирлевых дефектов на (111).
- 64 Выявление свирлевых дефектов на (100).
- 65 Выявление свирлевых дефектов на (013).
- 66 Принцип контроля свирлевых дефектов.
- 67 Формула для определения плотности свирлевых дефектов. Критерий годности слитка/пластины.
- 68 Отличие ростовых микродефектов от фигур травления, возникающих при окислении или механическом нарушении поверхности.
- 69 Влияние окисной пленки на определение/образование свирлевых дефектов.
- 70 Чистота материала при травлении и полировке.
- 71 Погрешности измерения (виды).
- 72 Требования по безопасности при работе на полупроводниковом производстве (операция контроля свирлевых дефектов).
- 73 Свирлевый дефект.
- 74 Микродефект.
- 75 Полосы и линии скольжения в кремнии/германии невооруженным глазом и под микроскопом.
- 76 Какая плоскость поверхности исследуемой пластины.
- 77 Есть ли на исследуемой пластине ямки травления из-за окисления поверхности.
- 78 Есть ли на исследуемой пластине ямки травления из-за механических нарушений поверхности.
- 79 Эпитаксиальная пленка.
- 80 Области применения эпитаксиальных пленок.
- 81 Основные дефекты монокристаллических эпитаксиальных пленок.
- 82 Дефекты упаковки.
- 83 Направление роста ДУ.
- 84 Виды ДУ.
- 85 Чем определяется геометрия полиэдра.
- 86 Травление ДУ при ориентации (111), (110), (221).
- 87 Травление ДУ при ориентации (112).
- 88 Травление ДУ при ориентации (100).
- 89 Травление ДУ при ориентации (114).
- 90 Почему при травлении эпитаксиальных пленок выявляют фигуры разных размеров?
- 91 ДУ в виде незамкнутых геометрических фигур. Причины возникновения и т.д.
- 92 Источники ДУ.
- 93 Методы изучения ДУ.
- 94 Травитель Сиртла + плоскость.
- 95 Травитель Дэша + плоскость.
- 96 Травитель Секко + плоскость.
- 97 ТКЛР подложки и пленки при гомоэпитаксии.
- 98 Чем обусловлено несоответствие периодов решетки эпитаксиальной пленки и подложки.
- 99 Технология эпитаксиального наращивания.
- 100 Механизм зарождения дислокаций при эпитаксии.
- 101 Поведение дислокационных микропетель при эпитаксии.
- 102 Плотность дислокаций при малых несоответствиях периодов решетки эпитаксиальной пленки и подложки.
- 103 Что происходит при эпитаксии, если периоды решетки пленки и подложки различаются?

- 104 Продольное напряжение в пленке.
- 105 Дислокации несоответствия + схема.
- 106 Виды дефектов двойниковой природы в эпитаксиальных пленках.
- 107 Дефекты на пленках на подложке (111).
- 108 Причины возникновения дефектов двойниковой природы.
- 109 Метод косо́го шлифа.
- 110 Метод шарового шлифа.
- 111 Измерение толщины эпитаксиальных пленок по ДУ.
- 112 Как выглядит p-n переход на шаровом шлифе.
- 113 Проблема бездислокационного монокристаллического кремния.
- 114 Точечные дефекты.
- 115 Дефекты по Шоттки + рис.
- 116 Дефекты по Френкелю + рис.
- 117 Варианты расположения примесного атома + рис.
- 118 Радиационные и термодфекты.
- 119 Отношение точечных дефектов к кристаллической решетке по энергии.
- 120 Вакансия.
- 121 Атом в междоузлии.
- 122 Аннигиляция вакансии и межузельного атома.
- 123 Кластер точечных дефектов.
- 124 Микродефект.
- 125 Где и как наблюдают кластеры точечных дефектов.
- 126 А-дефект. Размер.
- 127 В-дефект. Размер.
- 128 Принцип распределения В-дефектов.
- 129 Возникновение А- и В-дефектов в зависимости от температуры.
- Вероятный механизм образования нарушенных областей при затверждении капель.
- 130 Расположение дефектов упаковки при процессе окисления кремния (плоскость, направление).
- 131 Природа ДУ.
- 132 Причины возникновения ДУ на поверхности пластины.
- 133 Условия возникновения ДУ.
- 134 Геттерирование. Классификация по различным признакам.
- 135 Диффузионное легирование необработанной поверхности подложки.
- 136 Ионная имплантация примеси.
- 137 Геттерирование с помощью наносимых слоев.
- 138 Лазерное геттерирование.
- 139 Термообработка в специальной среде.
- 140 Случайная дислокация Франка (вычитания, внедрения).
- 141 Коэффициент сегрегации.

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

- 1. Основные параметры и классификация проводниковых материалов
- 2. Материалы высокой проводимости.
- 3. Влияние примесей и других структурных дефектов на удельное сопротивление металлов.
- 4. Проводниковые материалы на основе окислов.
- 5. Основные параметры и классификация полупроводниковых материалов
- 6. Основные параметры и характеристики полупроводников.
- 7. Собственные и примесные полупроводники.
- 8. Классификация полупроводниковых материалов.
- 9. Основные параметры и классификация диэлектриков
- 10. Электрическое поле.

11. Механизмы поляризации.
12. Характеристики диэлектрика.
13. Электропроводность.
14. Ионная проводимость.
15. Шунтирование тока.
16. Тепловой и диэлектрический пробой.
17. Ударная ионизация.
18. Классификация диэлектриков.
19. Состав, свойства и структура основных пассивных диэлектриков.
20. Основные параметры и классификация магнитных материалов
21. Основные свойства магнитных материалов.
22. Сверхпроводящие металлы и сплавы.
23. Материалы высокого сопротивления и сплавы для термопар.
24. Металлы и сплавы различного назначения.
25. Благородные металлы.
26. Металлы со средним значением температуры плавления.
27. Припои.
28. Неметаллические проводниковые материалы.
29. Композиционные проводниковые материалы.
30. Контактные материалы.
31. Керметы.
32. Элементарные полупроводники – кремний и германий.
33. Полупроводниковые соединения и твердые растворы на их основе.
34. Карбид кремния.
35. Полупроводниковые соединения A3B5.
36. Химические соединения A2B6.
37. Соединения типа A4B6.
38. Магнито-мягкие материалы.
39. Магнито-твердые материалы.
40. Ферромагнетики.
41. Магнито-мягкие низкочастотные материалы.
42. Магнито-мягкие высокочастотные материалы.
43. Магнитные материалы специального назначения.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачёт с оценкой проводится по вопросам (от 5 шт.) или в виде тестирования.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 3 баллов или решил менее 25 % тестов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал 3 балла или решил от 25 до 50 % тестов.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал 4 балла или решил от 50 до 75 % тестов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал 5 баллов или решил более 75 % тестов.

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 5 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается 1 баллом.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 3 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал 3 балла.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал 4 балла.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал 5 баллов.

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные сведения о материалах электронной техники. Виды химической связи. Особенности строения твердых тел. Структурные дефекты реальных кристаллов	ОПК-1	Тест
2	Полиморфизм. Стеклообразные и аморфные вещества. Элементы зонной теории твердых тел	ОПК-1	контрольная работа, защита лабораторных работ
3	Фазовые равновесия в полупроводниковых, диэлектрических и металлических системах	ОПК-1	контрольная работа, защита лабораторных работ
4	Фазовые равновесия. Основные представления, используемые при построении фазовых диаграмм двухкомпонентных систем.	ОПК-1	контрольная работа, защита лабораторных работ
5	Диаграммы фазовых равновесий с эвтектическим и перитектическим превращением.	ОПК-1	Тест
6	Диаграммы фазовых равновесий химических соединений. Основные представления, используемые при построении фазовых диаграмм трехкомпонентных систем.	ОПК-1	контрольная работа, защита лабораторных работ
7	Основные параметры и классификация проводниковых материалов.	ОПК-1	контрольная работа, защита лабораторных работ
8	Основные параметры и классификация полупроводниковых материалов.	ОПК-1	контрольная работа, защита лабораторных работ
9	Основные параметры и классификация диэлектриков.	ОПК-1	контрольная работа, защита лабораторных работ
10	Основные параметры и классификация магнитных материалов.	ОПК-1	контрольная работа, защита лабораторных работ

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном/электронном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач

экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1 Пасынков В.В. Материалы электронной техники: Учебник. - СПб.: Лань, 2004. - 368 с.

2 Новокрещенова Е.П. Материалы и элементы электронной техники: Учеб. пособие. Ч.1. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 221 с.

3 Свистова, Т.В. Материалы и элементы электронной техники: Учеб. пособие. Ч.2. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 159 с.

4 Плотникова, Е.Ю. Материалы электронной техники: проводники, полупроводники и диэлектрики [Электронный ресурс] : лабораторный практикум : учебное пособие / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т", каф. полупроводниковой электроники и наноэлектроники. - Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. - 100 с.

5 Щука А.А. Электроника: учеб. пособие. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 800 с.

6 Сборник задач по дисциплине "Материалы и элементы электронной техники" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" очной формы обучения / Каф. полупроводниковой электроники и наноэлектроники; Сост. Е.П. Новокрещёнова. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2008. - 39 с.

7 Методические указания к лабораторным работам № 1-4 по дисциплине "Материалы и элементы электронной техники" для студентов специальности 210107 "Электронное машиностроение" очной формы обучения / Каф. технологических и автоматизированных систем электронного машиностроения; Сост.: С.А. Акулинин, С.А. Минаков. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 45 с.

8 Энциклопедия технологии полупроводниковых материалов: Пер. с англ. Э.П. Домашевский. Т. 1: Электронная структура и свойства полупроводников / Под

ред. К.А.Джексона, В.Шретера. - Воронеж: Изд-во "Водолей", 2004. - 982 с.

9 Свистова Т.В. Твердотельная электроника : учеб. пособие. Ч.1. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2006. - 193 с.

10 Антипов Б.Л. Материалы электронной техники: Задачи и вопросы: Учеб. пособие. - СПб. : Лань, 2003. - 208 с.

11 Свистова Т.В. Твердотельная электроника : учеб. пособие. Ч.2. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2006. - 173 с.

12 Методические указания к лабораторным работам № 5-8 по дисциплине "Материалы и элементы электронной техники" для студентов специальности 210107 "Электронное машиностроение" очной формы обучения / Каф. технологических и автоматизированных систем электронного машиностроения; Сост.: С.А. Акулинин, С.А. Минаков. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 48 с.

13 Методические указания к выполнению лабораторных работ № 3, 4 по дисциплине "Материалы электронной техники" для студентов направления 11.03.04 "Электроника и микроэлектроника" (профиль "Микроэлектроника и твердотельная электроника") очной формы обучения [Электронный ресурс] / Каф. полупроводниковой электроники и микроэлектроники; Сост. Е. П. Новокрещенова. - Электрон. текстовые, граф. дан. (4,88 Мб). - Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 1 файл.

14 Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1, 2 по дисциплине "Материалы электронной техники" для студентов направления 11.03.04 "Электроника и микроэлектроника" (профиль "Микроэлектроника и твердотельная электроника") очной формы обучения [Электронный ресурс] / Каф. полупроводниковой электроники и микроэлектроники; Сост. Е. П. Новокрещенова. - Электрон. текстовые, граф. дан. (0,51 Мб). - Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 1 файл.

15 Пасынков В.В. Полупроводниковые приборы: Учебник. - СПб.: Лань, 2003. - 480 с.

16 Прянишников, В.А. Электроника: Полный курс лекций / В.А. Прянишников - СПб.: Корона-Принт, 2004. - 416 с.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Методические указания к выполнению лабораторных работ представлены на сайте: <http://cchgeu.ru/education/programms/mte/?docs>

Дополнительная литература по МЭТ в открытом доступе в сети Интернет:  
[https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/28841/1/978-5-7996-1186-6\\_2014.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/28841/1/978-5-7996-1186-6_2014.pdf)

Статьи по различным тематикам, в том числе и по материалам, с обновлением списка статей по мере их выхода по всему миру:  
<https://www.researchgate.net/directory/publications>

Статьи в открытом доступе: [www.mdpi.com](http://www.mdpi.com)

Все необходимые и достаточные для получения знаний (формирования компетенций) материалы также приведены в соответствующем разделе предмета, закрепленном за группой в системе ЭИОС ВГТУ.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

Класс, оснащенный оборудованием и материалами для проведения лабораторных работ.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании (ПК) в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой решением тестов и практических заданий, примеры которых приведены в данной рабочей программе и в блоке с оценочными материалами.

Освоение дисциплины оценивается на зачете с оценкой и экзамене для очной формы обучения.

<b>Вид учебных занятий</b>	<b>Деятельность студента</b>
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к

	<p>ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.</p>
<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, зачетом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего ка- федрой, ответственной за реализацию ОПОП
1			
2			
3			