

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета Небольсин В.А.

«30» августа 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«Материалы электронной техники»**

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы

/ Е.Ю. Плотникова /

Заведующий кафедрой  
Полупроводниковой элек-  
троники и наноэлектроники

/ С. И Рембеза./

Руководитель ОПОП

/ С.И Рембеза./

Воронеж 2017

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цели дисциплины

изучение основ строения материалов электронной техники, формирование у студентов представлений о физических закономерностях, определяющих свойства и поведение материалов во взаимосвязи с конкретными применениями в приборах и устройствах микро- и наноэлектроники

## 1.2. Задачи освоения дисциплины

- сформировать представления об общих физических закономерностях, определяющих свойства материалов электронной техники
- установить взаимосвязь между составом, структурой, свойствами и условиями синтеза полупроводниковых материалов
- 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 наноэлектроники
- 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 представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики

ОПК-5 способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных

ОПК-7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории
	уметь применять методы и средства измерения физических величин
	владеть методами обработки и оценки погрешности результатов измерений
ОПК-5	знать основные свойства проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалов электронной техники
	уметь выбирать материалы для использования в аппаратуре электронной и микронной техники с учетом их характеристик и влияния на свойства внешних факторов
	владеть информацией о технологии материалов электронной и микронной техники, материалов наноэлектроники
ОПК-7	знать механизмы протекания тока в материалах для электроники
	уметь исследовать основные свойства материалов, применяемых в электронной технике
	владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов электроники и наноэлектроники

#### 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>	<b>72</b>	<b>54</b>	<b>18</b>
В том числе:			
Лекции	36	36	-
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	36	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>72</b>	<b>54</b>	<b>18</b>
Курсовая работа	нет	нет	нет
Контроль	36	-	36
Вид промежуточной аттестации	зачёт, экзамен	зачёт	экзамен
Общая трудоемкость	час	180	72
	зач. ед.	5	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	Лекц	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. Гомеополлярная (ковалентная) связь. Гетерополлярная (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		10	14
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	10	16
3	Фазовые равновесия в полупроводниковых, диэлектрических и металли-	Гетерогенная и гомогенная системы. Фаза. Кристаллическая решетка, тип и период. Аллотропные модификации. Полиморфизм. Химические соединения и твердые растворы. Раствори-	4	4	10	18

	ческих системах.	тель и растворимый компонент. Неограниченная и ограниченная растворимость в твердых растворах. Раствор замещения, внедрения и вычитания. Механическая смесь. Эвтектика. Перитектика. Компоненты системы.				
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	10	18
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	10	18
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	4	12
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	4	12
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 АЗВ5. Химические соединения А2В6. Соединения типа А4В6.	4	4	4	12
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	4	12
10	Основные параметры и	Магнито-мягкие материалы. Магнито-твердые	2	4	6	14

	классификация магнитных материалов.	материалы. Основные свойства магнитных материалов. Ферромагнетики. Магнито-мягкие низкочастотные материалы. Магнито-мягкие высокочастотные материалы. Магнитные материалы специального назначения.				
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>180</b>

## 5.2 Примерный 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».

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Аттестован</b>	<b>Не аттестован</b>
ОПК-1	знать классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории	сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять методы и средства измерения физических величин	сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами обработки и оценки погрешности результатов измерений	сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-5	знать основные свойства проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалов электронной техники	сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выбирать материалы для использования в аппаратуре электронной и микроэлектронной техники с учетом их характеристик и влияния на свойства внешних факторов	сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть информацией о технологии материалов электронной и микроэлектронной техники, материалов нанoeлектро-ники	сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-7	знать механизмы протекания тока в материалах для электроники	сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь исследовать основные свойства материалов, применяемых в электронной технике	сдана теория, выполнены лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами экспериментальных	сдана теория, выпол-	Выполнение работ в	Невыполнение работ

исследований параметров и характеристик материалов электроники и нанoeлектроники	нены лабораторные работы	срок, предусмотренный в рабочих программах	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 четырех-балльной системе в зависимости от типа аттестации:

«зачтено» / «не зачтено»:

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ОПК-1	знать классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь применять методы и средства измерения физических величин	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами обработки и оценки погрешности результатов измерений	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-5	знать основные свойства проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалов электронной техники	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь выбирать материалы для использования в аппаратуре электронной и микроэлектронной техники с учетом их характеристик и влияния на свойства внешних факторов	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть информацией о технологии материалов электронной и микроэлектронной техники, материалов нанoeлектроники	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-7	знать механизмы протекания тока в материалах для электроники	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь исследовать основные свойства материалов, применяемых в электронной технике	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов электроники и нанoeлектроники	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 классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов

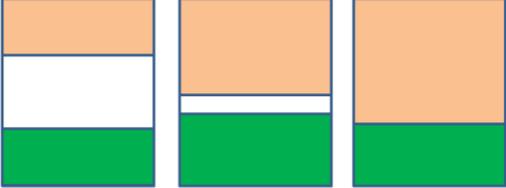
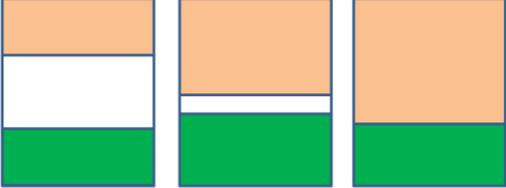
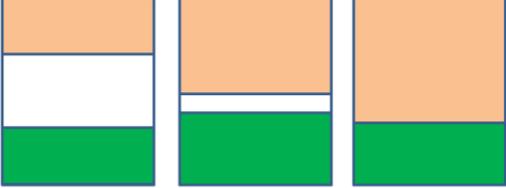
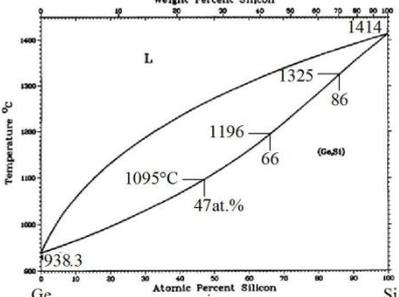
	уметь применять методы и средства измерения физических величин	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами обработки и оценки погрешности результатов измерений	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-5	знать основные свойства проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалов электронной техники	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выбирать материалы для использования в аппаратуре электронной и микроэлектронной техники с учетом их характеристик и влияния на свойства внешних факторов	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть информацией о технологии материалов электронной и микроэлектронной техники, материалов наноэлектроники	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-7	знать механизмы протекания тока в материалах для электроники	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь исследовать основные свойства материалов, применяемых в электронной технике	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов электроники и наноэлектроники	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

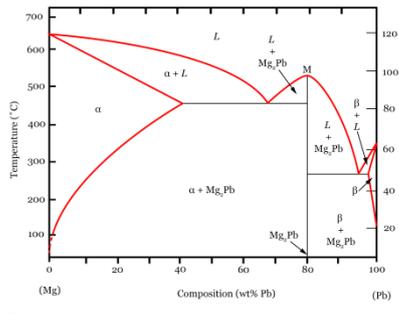
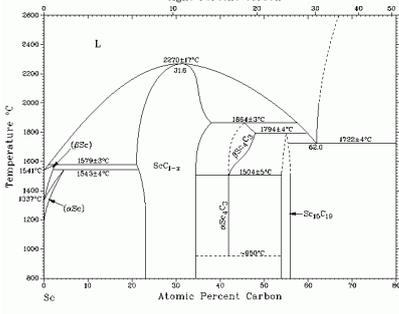
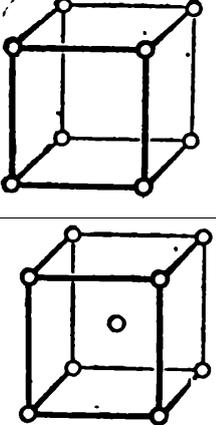
## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

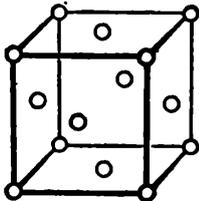
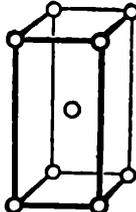
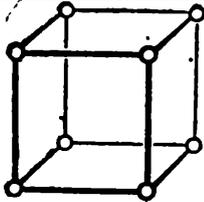
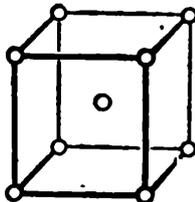
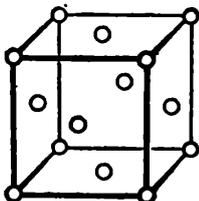
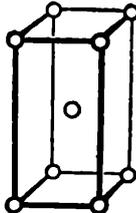
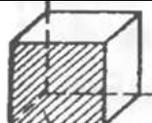
### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

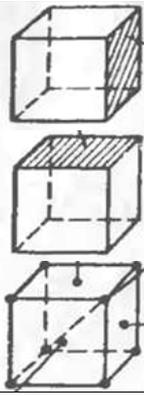
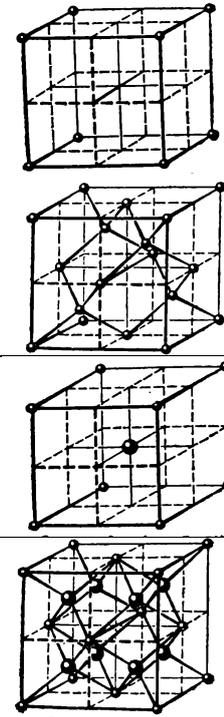
<b>ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики</b>	
1	<p>Гомеоплярная связь – это:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- объединение атомов в молекулу достигается за счет электронов, которые становятся общими для пар атомов</li> <li>- связь, которая возникает вследствие перехода валентных электронов от атома металла к атому металлоида, и электростатического притяжения разноименно заряженных ионов друг к другу</li> <li>- связь, которая существует в системах, построенных из положительных атомных остовов, находящихся в среде свободных коллективизированных электронов</li> <li>- связь, которая имеет характер притяжения и возникает между любыми молекулами как полярными, так и неполярными</li> </ul>
2	<p>Гетерополярная связь – это:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- объединение атомов в молекулу достигается за счет электронов, которые становятся общими для пар атомов</li> <li>- связь, которая возникает вследствие перехода валентных электронов от атома металла к атому металлоида, и электростатического притяжения разноименно заряженных ионов друг к другу</li> <li>- связь, которая существует в системах, построенных из положительных атомных остовов, находящихся в среде свободных коллективизированных электронов</li> <li>- связь, которая имеет характер притяжения и возникает между любыми молекулами как полярными, так и неполярными</li> </ul>
3	<p>Металлическая связь – это:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- объединение атомов в молекулу достигается за счет электронов, которые становятся общими для пар атомов</li> <li>- связь, которая возникает вследствие перехода валентных электронов от атома металла к атому металлоида, и электростатического притяжения разноименно заряженных ионов друг к другу</li> <li>- связь, которая существует в системах, построенных из положительных атомных остовов, находящихся в среде свободных коллективизированных электронов</li> <li>- связь, которая имеет характер притяжения и возникает между любыми молекулами как полярными, так и неполярными</li> </ul>
4	<p>Молекулярная связь – это:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- объединение атомов в молекулу достигается за счет электронов, которые становятся общими для пар атомов</li> <li>- связь, которая возникает вследствие перехода валентных электронов от атома металла к атому металлоида, и электростатического притяжения разноименно заряженных ионов друг к другу</li> <li>- связь, которая существует в системах, построенных из положительных атомных остовов, находящихся в среде свободных коллективизированных электронов</li> <li>- связь, которая имеет характер притяжения и возникает между любыми молекулами как полярными, так и неполярными</li> </ul>
5	<p>Выберите обозначения индексов Миллера плоскости:</p> <p>(111)  {111}  [111]  [[111]]  &lt;111&gt;</p>
6	<p>Выберите обозначения индексов Миллера семейства плоскостей:</p> <p>(111)  {111}  [111]  [[111]]  &lt;111&gt;</p>
7	<p>Выберите обозначения индексов Миллера направления:</p>

	(111) {111} [111] [[111]] <111>
8	Выберите обозначения индексов Миллера системы направлений:  (111) {111} [111] [[111]] <111>
9	Выберите обозначения индексов Миллера узла:  (111) {111} [111] [[111]] <111>
10	Определите координационное число для решетки ОЦК:  2 4 6 8
11	Определите координационное число для решетки ГЦК:  4 8 10 12
12	Определите координационное число для решетки NaCl:  2 4 6 8
13	Определите координационное число для решетки типа алмаза:  2 4 6 8
14	Правило фаз Гиббса (общий вид) записывается как:  $C = K - \Phi + 2$ $ЧЭП = 8 \cdot 3! / (2^N \cdot M!)$ $a = C_a \cdot a_a + C_b \cdot a_b$
<b>ОПК-5 способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных</b>	
1	Выберите, что из перечисленного является дислокацией:  - дефект Френкеля - дефект Шоттки - дефект Франка - пора
2	Выберите энергетическую диаграмму проводника:

	 <p>беж. – ЗП бел. – ЗЗ зел. - ВЗ</p>
3	<p>Выберите энергетическую диаграмму полупроводника:</p>  <p>беж. – ЗП бел. – ЗЗ зел. - ВЗ</p>
4	<p>Выберите энергетическую диаграмму диэлектрика:</p>  <p>беж. – ЗП бел. – ЗЗ зел. - ВЗ</p>
5	<p>InP – это:</p> <p>Химическое соединение Твердый раствор Механическая смесь Чистое вещество</p>
6	<p><math>\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,5}\text{Zn}_{0,3}\text{O}</math> – это:</p> <p>Химическое соединение Твердый раствор Механическая смесь Чистое вещество</p>
7	 <p>Определите тип диаграммы:</p> <p>С неограниченной растворимостью С ограниченной растворимостью С эвтектикой</p>

8	<p>С перитектикой</p>  <p>Определите тип диаграммы:</p> <p>С неограниченной растворимостью  С ограниченной растворимостью  С эвтектикой  С перитектикой</p>	
9	 <p>Определите тип диаграммы:</p> <p>С неограниченной растворимостью  С ограниченной растворимостью  С эвтектикой  С перитектикой</p>	
10	<p>Какая кристаллическая решетка у кремния?</p> <p>ОЦК  ГЦК  Алмаз  ГПУ</p>	
<p><b>ОПК-7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности</b></p>		
1	<p>Выберите ГЦК пространственную решетку кристаллических систем</p>	

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

		
7	Определить индексы плоскости, отсекающей на осях решетки отрезки $A = 1$ , $B = 2$ , $C = -4$ .	$(4\bar{2}1)$ $(2\bar{4}\bar{1})$ $(421)$ $(\bar{4}21)$
8	Какая кристаллическая решетка соответствует алмазу?	
9	Координационное число для кубической примитивной решетки	2 4 6 8
10	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 представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики

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 ГПЗ-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.	

**ОПК-5** способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных

Вариант 1

Вариант 2

А3В5 могут быть: а) п/п б) диэлектриками в) проводниками	А4В6 могут быть: а) п/п б) диэлектриками в) проводниками
По сравнению с отдельными компонентами, температура плавления их химических соединений (для А3В5) а) больше б) меньше в) равна	В А4В6 с ростом суммарного атомного номера температура плавления а) растет б) снижается
Порядок ширины запрещенной зоны для соединений А4В6?	Какая кристаллическая решетка у А2В6?
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 А3В5	Области применения А4В6
Что произойдет с CdTe при отжиге в парах Cd?	Что произойдет с CdS при отжиге в парах S?
В InSb внедрятся Si или Ge, что изменится?	В InAs внедрятся Si или Ge, что изменится?
Пример А2В6	Пример А4В6
Характер растворимости А3В5 в А2В6	Оксид ZnO – это...

**ОПК-7** способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

## 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 металлоксидам? 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 полупроводники

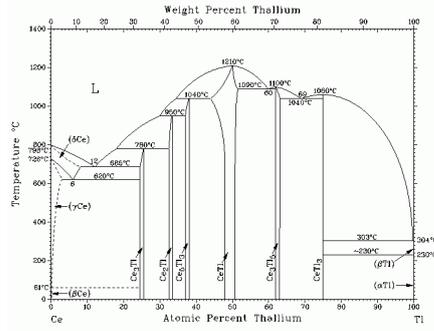
### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	
1	Плоскость отсекает на осях кубической решетки отрезки A, B и C, 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	$\left[ \left[ \frac{111}{222} \right] \right]$
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 A, B и C, 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 A, B и C, 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

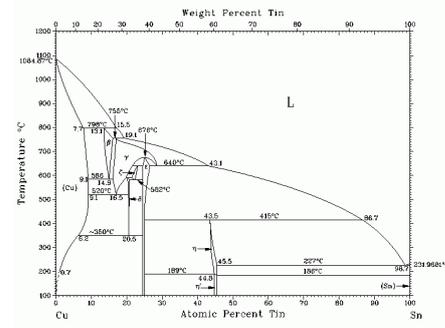


2													
3													
4													
5													
6	<table border="1" data-bbox="1005 1489 1077 1713"> <thead> <tr> <th>Transformation Temperature / K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2776.84</td></tr> <tr><td>2500.00</td></tr> <tr><td>2308.89</td></tr> <tr><td>1943.00</td></tr> <tr><td>2187.85</td></tr> <tr><td>2208.00</td></tr> <tr><td>2048.00</td></tr> <tr><td>1982.23</td></tr> <tr><td>2021.00</td></tr> <tr><td>1987.00</td></tr> <tr><td>2176.84</td></tr> </tbody> </table>	Transformation Temperature / K	2776.84	2500.00	2308.89	1943.00	2187.85	2208.00	2048.00	1982.23	2021.00	1987.00	2176.84
Transformation Temperature / K													
2776.84													
2500.00													
2308.89													
1943.00													
2187.85													
2208.00													
2048.00													
1982.23													
2021.00													
1987.00													
2176.84													

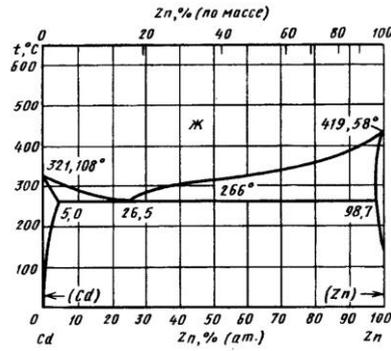
7



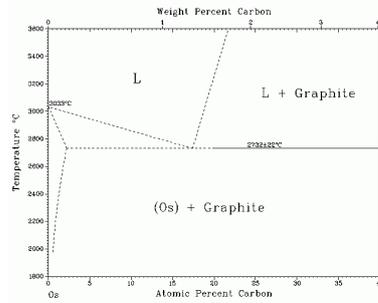
8



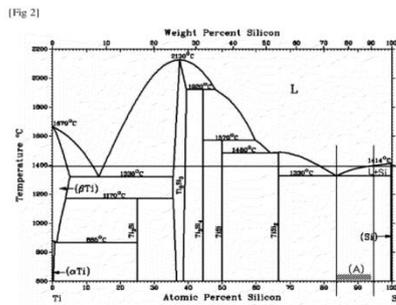
9

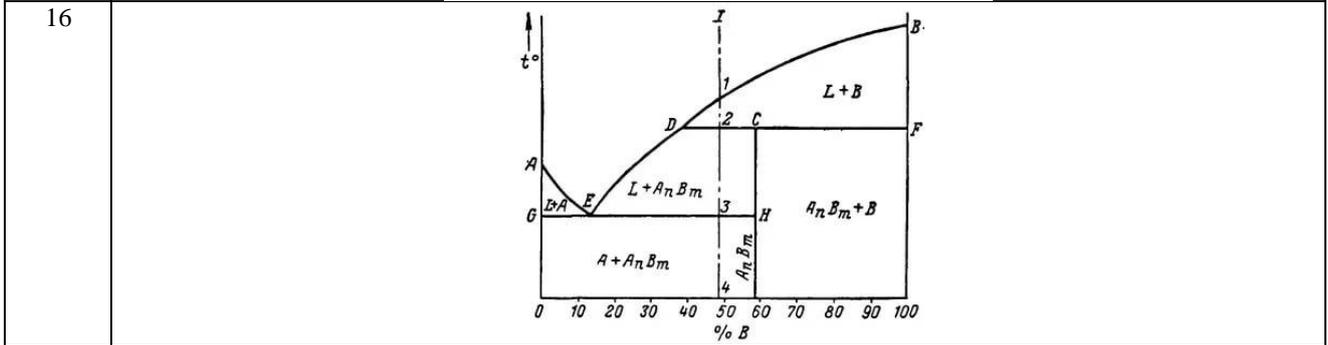
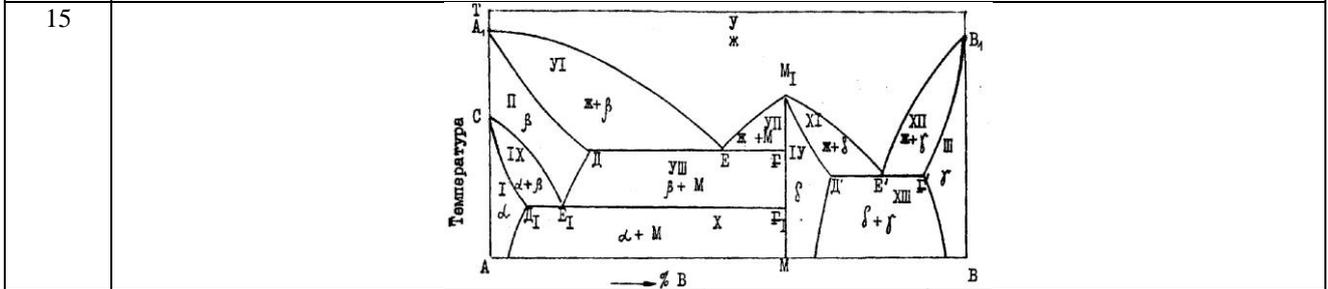
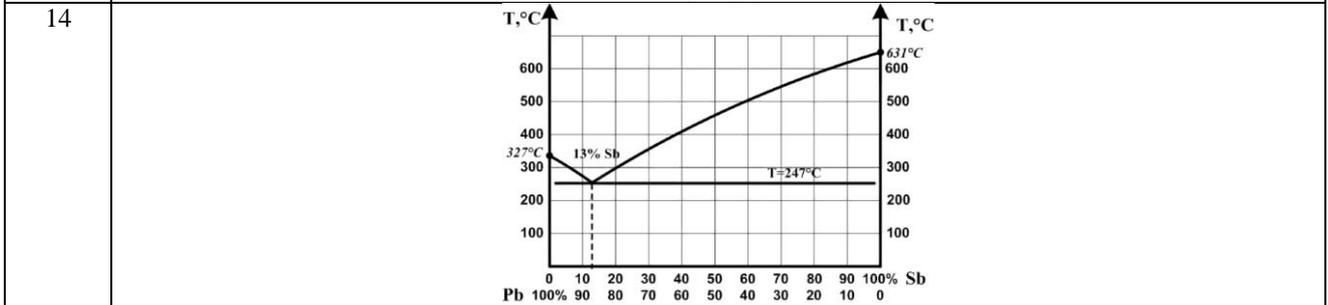
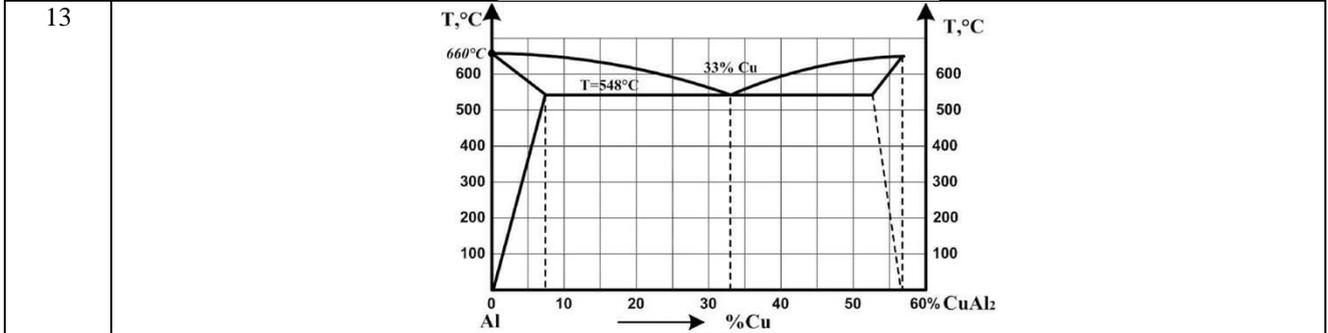
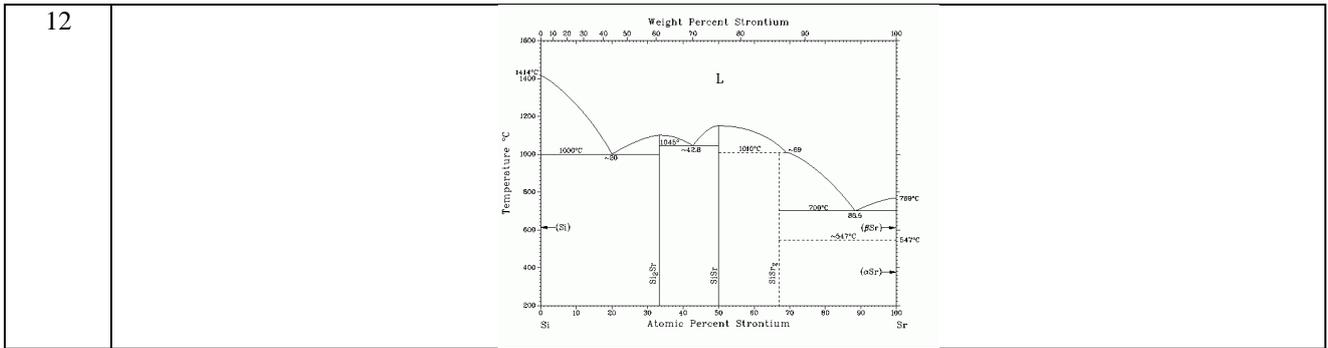


10

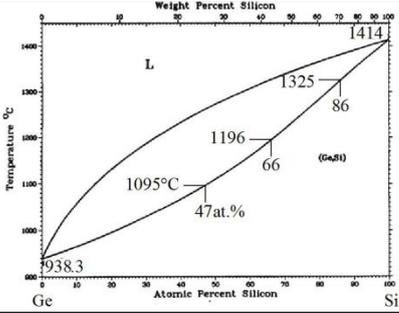
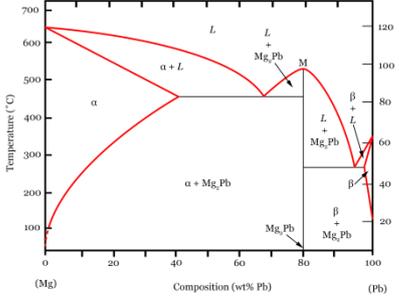
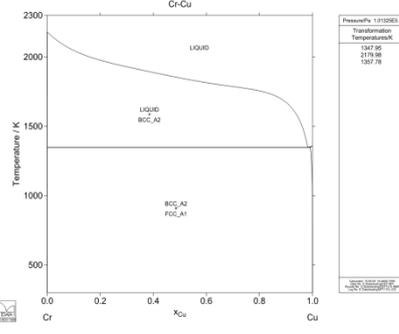


11







22	
23	
24	

### 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 период решетки пленки и подложки различается.
- 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 косоугольного 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 термодефекты.
- 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. Припой.
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 A<sub>3</sub>B<sub>5</sub>.
36. Химические соединения A<sub>2</sub>B<sub>6</sub>.
37. Соединения типа A<sub>4</sub>B<sub>6</sub>.
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.
- ...а так же вопросы из раздела 7.2.5.

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

Зачёт проводится по вопросам (от 5 шт.) или в виде тестирования. Оценка «Зачтено» ставится, если студент отвечает на 75 % вопросов и выше или набирает в ходе тестирования от 75 %.

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, ОПК-5, ОПК-7	Тест
2	Полиморфизм. Стеклообразные и аморфные вещества. Элементы зонной теории твердых тел.	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	контрольная работа, защита лабораторных работ
3	Фазовые равновесия в полупроводниковых, диэлектрических и металлических системах.	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	контрольная работа, защита лабораторных работ
4	Фазовые равновесия. Основные представления, используемые при построении фазовых диаграмм двухкомпонентных систем.	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	контрольная работа, защита лабораторных работ
5	Диаграммы фазовых равновесий с эвтектическим и перитектическим превращением.	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	Тест
6	Диаграммы фазовых равновесий химических соединений. Основные представления, используемые при построении фазовых диаграмм трехкомпонентных систем.	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	контрольная работа, защита лабораторных работ
7	Основные параметры и классификация проводниковых материалов.	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	контрольная работа, защита лабораторных работ
8	Основные параметры и классификация полупроводниковых материалов.	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	контрольная работа, защита лабораторных работ

9	Основные параметры и классификация диэлектриков.	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	контрольная работа, защита лабораторных работ
10	Основные параметры и классификация магнитных материалов.	ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7	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. - 6-е изд., стереотип. - СПб. : Лань, 2004. - 368 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 5-8114-0409-3 : 159-00.

2 Новокрещенова, Е.П. Материалы и элементы электронной техники : Учеб. пособие. Ч.1. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 221 с. - 250 экз.; 60-43.

3 Свистова, Т.В. Материалы и элементы электронной техники : Учеб. пособие. Ч.2. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 159 с. - 250 экз.; 46-11.

4 Плотникова, Екатерина Юрьевна. Материалы электронной техники: проводники, полупроводники и диэлектрики [Электронный ресурс] : лабораторный практикум : учебное пособие / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т", каф. полу-

проводниковой электроники и нанoeлектроники. - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2017. - 100 с. : ил. - Библиогр.: с. 6 назв.

5 Щука А.А. Электроника : учеб. пособие / под ред. А.С.Сигова. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 800 с. : ил. - ISBN 5-94157-461-4 : 325-00.

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 нанoeлектроники; Сост. Е. П. Новокрещёнова. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2008. - 39 с. - 00-00.

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. - 31 экз., 00-00.

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. - ISBN 5-88563-041-0 : 1500.00.

9 Свистова Т.В. Твердотельная электроника : учеб. пособие. Ч.1. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2006. - 193 с. - 59-00.

10 Антипов Б.Л. Материалы электронной техники : Задачи и вопросы : Учеб. пособие. - 3-е изд., стереотип. - СПб. : Лань, 2003. - 208 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 5-8114-0410-7 : 61-00.

11 Свистова Т.В. Твердотельная электроника : учеб. пособие. Ч.2. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2006. - 173 с. - 54-00.

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. - 31 экз., 00-00.

13 Методические указания к выполнению лабораторных работ № 3, 4 по дисциплине "Материалы электронной техники" для студентов направления 11.03.04 "Электроника и нанoeлектроника" (профиль "Микроэлектроника и твердотельная электроника") очной формы обучения [Электронный ресурс] / Каф. полупроводниковой электроники и нанoeлектроники; Сост. Е. П. Новокрещенова. - Электрон. тек-

стовые, граф. дан. (4,88 Мб). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 1 файл. - 00-00.

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. - 00-00.

15 Пасынков В.В. Полупроводниковые приборы : Учебник. - 7-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2003. - 480 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 5-8114-0368-2 : 167-00.

16 Прянишников, В.А. Электроника : Полный курс лекций / В.А.Прянишников . - 4-е изд. - СПб. : Корона-Принт, 2004. - 416 с. : ил. - ISBN 5-7931-0018-0 : 165.00.

**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, закреплённом за группой в системе ЭИОС ВГТУ.

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

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

Класс, оснащённый 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 и экзамене для очной формы обучения.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
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 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.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <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>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, зачетом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.