



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
Кафедра общей и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины: **Физическая химия материалов**

Б1.В.ДВ.3.1

(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля)).

Направление подготовки 11.03.04 "Электроника и микроэлектроника"  
(код, наименование направления подготовки)

Тип образовательной программы прикладной бакалавриат  
(академический бакалавриат, прикладной бакалавриат)

Профиль подготовки: Материалы и компоненты твердотельной электроники  
(наименование профиля)

Квалификация (степень) выпускника - бакалавр

Форма обучения очная  
(очная, заочная, очно-заочная)

Согласовано с УМК факультета (института)

Рекомендовано кафедрой:

\_\_\_\_\_  
Протокол № \_\_\_ от « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Председатель \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Протокол № \_\_\_\_\_  
От « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись)

Иркутск 20\_\_ г.

## Оглавление

Оглавление.....	2
<b>1. Цели и задачи курса. ....</b>	<b>3</b>
<b>2. Место дисциплины в структуре ООП. ....</b>	<b>3</b>
<b>3. Требования к результатам освоения дисциплины:.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Объем дисциплины и виды учебной работы .....</b>	<b>4</b>
<b>5. Содержание программы .....</b>	<b>4</b>
<b>5.1. Содержание разделов и тем дисциплины. ....</b>	<b>4</b>
<b>5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с     обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами.....</b>	<b>6</b>
<b>5.3 Разделы и темы дисциплины и виды занятий.....</b>	<b>6</b>
<b>6. Перечень практических занятий.....</b>	<b>7</b>
<b>6.1. План самостоятельной работы студентов .....</b>	<b>8</b>
<b>6.2. Методические указания по организации самостоятельной     работы студентов .....</b>	<b>11</b>
<b>7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии): .....</b>	<b>12</b>
<b>8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....</b>	<b>13</b>
<b>9. Материально-техническое обеспечение дисциплины: .....</b>	<b>15</b>
<b>10. Образовательные технологии: .....</b>	<b>15</b>
<b>11. Оценочные средства (ОС): .....</b>	<b>15</b>

## 1. Цели и задачи курса.

Целью преподавания курса «Физическая химия материалов» является формирование фундаментальных знаний в области физико-химических процессов разработки материалов электронной техники и их применение для решения практических задач в области технологии получения материалов электронной техники.

Задачи дисциплины:

- обучение студентов по всем разделам физической химии;
  - овладение фундаментальными понятиями, законами и их следствиями, применяемыми в физической химии;
  - овладение навыками в проведении физико-химических экспериментов;
  - выработка у студентов навыков самостоятельной учебной деятельности, развитие у них интереса к дальнейшей познавательной деятельности;
  - стремление студентов к изучению и применению новых компьютерных технологий.
- Кроме того, целью и задачами преподавания дисциплины являются ознакомление студентов с российскими национальными и международными стандартами в области физической химии материалов и процессов электронной техники.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП.

Курс относится к базовой части профессионального цикла Б1.В.ДВ.3.1. Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при изучении курсов «Общая физика», «Высшая математика», «Математический анализ», «Химия», «Физика полупроводников», «Квантовая механика», иностранного языка.

Знания, полученные студентами после изучения дисциплины используются далее при изучении дисциплин: «Физика конденсированного состояния», «Методы исследования материалов и структур», «Технология материалов электронной техники», «Процессы микро- и нанотехнологии», «Физика полупроводников».

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники (ПК-8)

В результате освоения дисциплины студент должен

**знать:**

основные физико-химические закономерности, определяющие свойства материалов электронной техники;

термодинамический и кинетический методы анализа и их применение при получении материалов и компонентов твердотельной электроники;

основные положения физической химии фаз переменного состава и ее применение для управления составом и свойствами материалов электронной техники.

**уметь:**

проводить термодинамические и кинетические расчеты условий получения материалов электронной техники с заданными свойствами;

проводить анализ фазовых равновесий на основе T–x и P–T–x диаграмм состояния полупроводниковых систем для выбора условий проведения процессов получения, очистки и легирования полупроводниковых материалов.

**владеть:**

методами физико-химического анализа материалов и процессов электронной техники.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов /зачетных единиц	Семестры				
		6	-	-	-	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	42/1	42/1	-	-	-	
В том числе:	-	-	-	-	-	
Лекции	-	-	-	-	-	
Практические занятия (ПЗ)	36	36	-	-	-	
Семинары (С)	-	-	-	-	-	
КСР	6	6	-	-	-	
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	66/2	66/2	-	-	-	
В том числе:	-	-	-	-	-	
Курсовой проект (работа)	-	-	-	-	-	
Расчетно-графические работы	-	-	-	-	-	
Реферат (при наличии)	-	-	-	-	-	
<i>Домашние контрольные работы</i>	66/2	66/2	-	-	-	
Вид промежуточной аттестации (зачет)	зачет	зачет	-	-	-	
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>49</b>					
Общая трудоемкость	часы	108	108	-	-	-
	зачетные единицы	3	3	-	-	-

#### 5. Содержание программы

##### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины.

##### I. ВВЕДЕНИЕ

##### Тема 1. Кристаллографическая характеристика фаз.

Кристаллы и аморфные тела. Внутренняя структура кристаллов. Виды связей между частицами в кристаллах: ионная, ковалентная, металлическая, молекулярная. Прочность химических связей. Теплота сублимации. Длина связи. Энергия связи. Коэффициент сжимаемости и линейного расширения. Температура плавления. Механические параметры. Направленность и насыщенность химических связей.

##### Тема 2. Электронное строение атомов.

Уравнение Шредингера. Квантовые числа. Периодический закон и периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Распределение электронов по орбиталям. Принцип Паули, правило Хунда. Координационное число и плотность упаковки. Образование энергетических зон в кристаллах. Зонные диаграммы металлов, полупроводников и диэлектриков. Энергетические зоны валентных электронов. Плотность состояний. Уровень Ферми. Зоны Бриллюэна.

## II. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ТИПОМ И КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ДЕФЕКТОВ В КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ФАЗАХ ПЕРЕМЕННОГО СОСТАВА

### Тема 3. Методы описания кристаллических структур.

Элементарная ячейка, кристаллографические плоскости и направления. Индексы Миллера. Идеальные и реальные кристаллы.

### Тема 4. Дефекты кристаллической структуры:

Точечные дефекты: Дефекты Шотки, дефекты Френкеля. Миграция точечных дефектов. Антиструктурные дефекты. Ассоциации точечных дефектов (комплексы). Источники образования точечных дефектов. Влияние точечных дефектов на свойства материалов. Дислокации (Вектор Бюргерса. Типы дислокаций. Упругая энергия для дислокаций). Критерий Франка. Барьеры Пайерлса. Закон Шмидта. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Источники зарождения дислокаций. Двухмерные и трехмерные несовершенства: Внутрифазные и межфазные границы. Макро- и микронапряжения.

### Тема 5. Примеси в полупроводниках и диэлектриках

Неизовалентные и изовалентные легирующие примеси, фоновые примеси. Влияние дефектов структуры на физические, химические и электрические свойства монокристаллических полупроводников. Легирование полупроводников с использованием ядерных реакций и ионных пучков.

### Тема 6. Диффузия в материалах твердотельной электроники.

Движущие силы и разновидности процессов диффузии. Количественные закономерности диффузии (законы диффузии). Возможные атомные механизмы диффузии. Основные параметры диффузии и методы их определения (Уравнение Аррениуса, энергия активации диффузии). Влияние структурных несовершенств на скорость и параметры диффузии (границная и поверхностная диффузия, самодиффузия и гетеродиффузия).

## III. ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ, ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

### Тема 7. Некоторые вопросы термодинамики фазовых равновесий.

Основные определения. Виды термодинамических систем, понятие фазы, соединения и твердые растворы, сплавы). Фазовые равновесия: гетерогенные равновесия, химический потенциал, вариантность системы, равновесный коэффициент распределения, правило фаз Гиббса.

### Тема 8. Фазовые диаграммы однокомпонентных систем.

Общие сведения. Диаграммы фазовых равновесий в однокомпонентных система, построенных в координатах P-T и P-T-X. Графическое описание фазовых равновесий: фазовые диаграммы, фазовые превращения первого и второго рода, принцип непрерывности, принцип соответствия. Уравнение Клаузиуса-Клайперона. Энантиотропные и моноотропные превращения.

### Тема 9. T-X диаграммы фазовых равновесий двойных систем с неограниченной растворимостью компонентов.

Правила построения фазовых диаграмм в координатах T-X. Диаграммы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях. Построение и анализ диаграмм с неограниченной растворимостью по данным об изменении термодинамического потенциала. Коэффициент распределения.

### Тема 10. T-X диаграммы фазовых равновесий двойных систем с ограниченной растворимостью.

Переход от неограниченной растворимости к ограниченной. Диаграммы фазовых равновесий с эвтектическим и перитектическим превращением. Диаграммы фазовых равновесий с химическими соединениями. Отклонения от равновесного состояния. Роль диаграмм фазовых равновесий при выборе условий кристаллизации и термической обработки.

## Тема 11. Т-Х диаграммы фазовых равновесий тройных систем

Основные представления, используемые при построении диаграмм фазовых равновесий тройных систем. Тройная диаграмма фазовых равновесий системы с неограниченной растворимостью компонентов.

Тройная диаграмма фазовых равновесий системы с моновариантным (трехфазным) эвтектическим превращением. Тройная диаграмма фазовых равновесий системы, в которой реализуется невариантное (четырёхфазное) эвтектическое превращение.

## Тема 12. Кристаллизация полупроводников и диэлектриков из расплавов и растворов

Образование и рост зародышей новой фазы. Представление о механизмах роста кристаллов из расплавов и растворов. Распределение примесей между расплавом (раствором) и растущим кристаллом. Методы выращивания монокристаллов. Выращивание монокристаллов с однородным или заданным распределением примесей. Выращивание совершенных монокристаллов. Эпитаксиальные слои, поликристаллические и аморфные пленки. Механизмы и кинетика формирования слоев пленок.

### 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых дисциплин	№ № тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых дисциплин (вписываются разработчиком)								
		Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5	Тема 6			
1.	Физика конденсированного состояния	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5	Тема 6			
2.	Методы исследования материалов и структур	Тема 3	Тема 4	Тема 6						
3.	Технология материалов электронной техники	Тема 5	Тема 7	Тема 8	Тема 9	Тема 10	Тема 11	Тема 12		
4.	Процессы микро- и нанотехнологии	Тема 7	Тема 8	Тема 9	Тема 10	Тема 11	Тема 12			
5.	Физика полупроводников	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5	Тема 6			

### 5.3 Разделы и темы дисциплины и виды занятий

№	Наименование тем	Всего	Виды подготовки		Самостоятельная работа	
			лекции	Практические занятия	Самост. работа студентов	КСР
I	<b>ВВЕДЕНИЕ в дисциплину «Физическая химия материалов»</b>	<b>16</b>		<b>6</b>	<b>10</b>	
1.	Кристаллографическая характеристика фаз.	8		3	5	
2.	Электронное строение атомов.	8		3	5	

<b>II</b>	<b>Физико-химические основы управления типом и концентрацией дефектов в кристаллических фазах переменного состава</b>	<b>32</b>		<b>12</b>	<b>20</b>	
3.	Методы описания кристаллических структур.	8		3	5	
4.	Дефекты кристаллической структуры	8		3	5	
5.	Примеси в полупроводниках и диэлектриках	8		3	5	
6.	Диффузия в материалах твердотельной электроники	8		3	5	
<b>III.</b>	<b>Фазовые равновесия в полупроводниковых, диэлектрических и металлических системах</b>	<b>54</b>		<b>18</b>	<b>36</b>	
7.	Некоторые вопросы термодинамики фазовых равновесий	7		3	5	
8.	Фазовые диаграммы однокомпонентных систем	7		3	5	
9.	T-X диаграммы фазовых равновесий двойных систем с неограниченной растворимостью компонентов	7		3	5	
10.	T-X диаграммы фазовых равновесий двойных систем с ограниченной растворимостью	7		3	5	
11.	T-X диаграммы фазовых равновесий тройных систем	7		3	5	
12.	Кристаллизация полупроводников и диэлектриков из расплавов и растворов	7		3	5	
13.	Подготовка к зачету	6			6	
	<b>Зачет</b>	<b>6</b>				<b>6</b>
	<b>Всего</b>	<b>108</b>		<b>36</b>	<b>66</b>	<b>6</b>

## 6. Перечень практических занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование, практических работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	1	Кристаллографическая характеристика фаз	3	Контрольные вопросы	ОПК-2, ПК-8
2.	2	Электронное строение атомов	3	Контрольные вопросы	ОПК-2, ПК-8
3.	3	Методы описания кристаллических структур	3	Контрольные вопросы	ОПК-2, ПК-8

4.	4	Дефекты кристаллической структуры	3	Контрольные вопросы	ОПК-2, ПК-8
5.	5	Примеси в полупроводниках и диэлектриках	3	Контрольные вопросы	ОПК-2, ПК-8
6.	6.	Диффузия в материалах твердотельной электроники	3	Контрольные вопросы	ОПК-2, ПК-8
7.	7.	Некоторые вопросы термодинамики фазовых равновесий	3	Контрольные вопросы	ОПК-2, ПК-8
8.	8.	Фазовые диаграммы однокомпонентных систем	3	Контрольные вопросы	ОПК-2, ПК-8
9.	9	Т-Х диаграммы фазовых равновесий двойных систем с неограниченной растворимостью компонентов	3	Контрольные вопросы	ОПК-2, ПК-8
10.	10	Т-Х диаграммы фазовых равновесий двойных систем с ограниченной растворимостью.	3	Контрольные вопросы	ОПК-2, ПК-8
11.	11.	Т-Х диаграммы фазовых равновесий тройных систем	3	Контрольные вопросы	ОПК-2, ПК-8
12.	12.	Кристаллизация полупроводников и диэлектриков из расплавов и растворов	3	Контрольные вопросы	ОПК-2, ПК-8
	<b>Всего</b>		<b>36</b>		

### 6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Кристаллографическая характеристика фаз	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения в 2х частях (1, 2).	5
2.	Электронное строение атомов	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, выне-	Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения в 2х частях (1, 2).	5

			сенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы		
3.	Методы описания кристаллических структур	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения в 2х частях (1, 2).	5
4.	Дефекты кристаллической структуры	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения в 2х частях (1, 2).	5
5.	Примеси в полупроводниках и диэлектриках	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения в 2х частях (1, 2).	5
6.	Диффузия в материалах твердотельной электроники	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения в 2х частях (1, 2).	5
7.	Некоторые вопросы термодинамики фазовых равновесий	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы,	Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения в 2х частях (1, 2).	5

			подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы		
8.	Фазовые диаграммы однокомпонентных систем	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения в 2х частях (1, 2).	5
9.	Т-Х диаграммы фазовых равновесий двойных систем с неограниченной растворимостью компонентов	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения в 2х частях (1, 2).	5
10.	Т-Х диаграммы фазовых равновесий двойных систем с ограниченной растворимостью	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения в 2х частях (1, 2).	5
11.	Т-Х диаграммы фазовых равновесий тройных систем	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения в 2х частях (1, 2).	5

12.	Кристаллизация полупроводников и диэлектриков из расплавов и растворов	Внеаудиторная работа	Изучение научной и специальной литературы, подготовка к занятиям, выполнение заданий по темам, вынесенным на самостоятельное изучение, конспектирование ответов на контрольные вопросы	Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения в 2х частях (1, 2).	5
13-14	Подготовка к зачету			Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения в 2х частях (1, 2).	6

## 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – самостоятельная работа выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию;
- внеаудиторная – самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа помогает студентам:

### 1) овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);
- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;
- работа со справочниками и др. справочной литературой;
- ознакомление с нормативными и правовыми документами;
- учебно-методическая и научно-исследовательская работа;
- использование компьютерной техники и Интернета и др.;

### 2) закреплять и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекции;
- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;
- подготовка плана;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- подготовка ответов на контрольные вопросы;
- заполнение рабочей тетради;
- аналитическая обработка текста;
- подготовка мультимедиа презентации и докладов к выступлению на семинаре (конференции, круглом столе и т.п.);
- подготовка реферата;
- составление библиографии использованных литературных источников;
- тестирование и др.;

### 3. формировать умения:

- решение ситуационных задач и упражнений по образцу;
- выполнение расчетов (графические и расчетные работы);
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к тестированию;
- опытно-экспериментальная работа;
- подготовка к курсовым работам.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

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

способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники (ПК-8)

## **7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии):**

**не предусматривается**

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература:

1. Шалаев, А. А. Основы физического материаловедения [Текст] : учеб. пособие : в 2 ч. / А. А. Шалаев ; рец.: В. В. Акимов, А. А. Гаврилюк ; Иркут. гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т геохимии им. А. П. Виноградова. - Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013 - . - (Методы экспериментальной физики конденсированного состояния). Ч. 1. - 2013. - 159 с. (10 экз.)
2. Шалаев, Алексей Александрович (канд. физ.-мат. наук, снс) Основы физического материаловедения [Текст]: учеб. пособие : в 2 ч. / А. А. Шалаев ; рец.: В. В. Акимов, А. А. Гаврилюк. - Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013 . Ч. 2. - 2014. - 175 с. (10 экз.)
3. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. И. Епифанов. - Москва: Лань, 2011. - 288 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - Библиогр.: с. 282-283. - ISBN 978-5-8114-1001-9 :.ББК В37я73
4. Методы выращивания и исследования кристаллических материалов [Текст] : лаб. практикум / Иркут. гос. ун-т, Физ. фак. ; ред. Е. А. Раджабов ; рец. В. В. Акимов. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 82 с. (10 экз.)

### Дополнительная:

1. Технологии материалов для микро- и нанoeлектроники [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Скоробогатова, Зубрицкий, Петров, Семёнов - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2009. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ.
2. Егранов А. В. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. В. Егранов. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-0884
3. Шендрик, Р. Ю. Введение в физику сцинтилляторов - 1 [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Р. Ю. Шендрик. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-0884-2
4. Шаскольская, М. П. Кристаллы [Текст] : научное издание / М. П. Шаскольская. - Перераб. изд. - М. : Наука, 1978. - 207 с.
5. Мюллер, Георг. Выращивание кристаллов из расплава [Текст] : конвекция и неоднородности / Г. Мюллер ; Пер.с англ.А.В.Бунэ;Под ред.В.И.Полежаева. - М. : Мир, 1991. - 149 с. : ил. ; 24см. - ISBN 5030021019 : (в пер.):2.50 р. библиогр.:с.140-144 (206 назв.).- Предм.-имен.указ.:с.145-146.-Перевод изд.:Convection and inhomogeneities in crystal growth from the melt/G.Muller (Berlin etc.).
6. Большаков, Анатолий Федорович. Физико-химические свойства кристаллов [Текст] : уч.пособие для студ.химич.спец.ун-та / А.Ф. Большаков, А.О. Дмитриенко, Н.В. Варламов. - Саратов : Изд.СГУ, 1991. - 108 с.
7. Павлинский, Гелий Вениаминович. Физика рентгеновского излучения [Электронный ресурс] : сб. задач / Г. В. Павлинский ; Иркутский гос. ун-т, Науч. б-ка. - Электрон. текстовые дан. - Иркутск : Изд-во НБ ИГУ, 2005. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM); 12 см. - (Труды ученых ИГУ). - Систем. требования: процессор Pentium I и выше; ОЗУ 64 Мб ; операц. система Windows 95/98/2000/XP ; CD-ROM привод ; программа Adobe Acrobat Reader 3.0 и выше ; мышь. - Загл. с этикетки диска. - (в кор.)
8. Бутягин, Павел Юрьевич. Химическая физика твердого тела [Электронный ресурс]: учеб. для студ., обуч. по напр. 511700 "Химия, физика и механика материалов" / П. Ю. Бутягин. - ЭВК. - М. : Изд-во МГУ, 2006. - 273 с. - Режим доступа: Электронный читальный зал "Библиотех". - 2 доступа. - ISBN 5-211-04970-5

9. Шука, Александр Александрович. Наноэлектроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направл. подготовки "Прикл. математика и физика" / А. А. Шука. - 2-е изд. - ЭВК. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. - (Нанотехнологии). - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - 15 доступ. - ISBN 978-5-9963-1055-5
10. Филачёв, Анатолий Михайлович. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. 200200 "Оптехника", 200600 "Фотоника и оптоинформатика" и оптич. спец. / А. М. Филачёв, И. И. Таубкин, М. А. Трищенко. - 2-е изд., испр. и доп. - ЭВК. - М. : Физматкнига , 2007. - 384 с. - Режим доступа: Электронный читальный зал "Библиотех". - ISBN 978-5-89155-154-1
11. Васильев А.Н., Михайлин В.В. Введение в спектроскопию диэлектриков. Часть II. Вторичные процессы: Учебное пособие. - М.: Университетская книга, 2010. - 238 с. Режим доступа: ЭБС "Единое окно". - Неогранич. доступ.
12. Оптические свойства кристаллов [Текст] /А.Ф.Константинова, Б.Н.Гречушников, Б.В.Бокуть, Е.Г.Валяшко; РАН,Ин-т кристаллографии. - Минск : Навука і тэхніка, 1995. - 302 с.

**программное обеспечение:**

QTI-plot Пакет для построения графиков. Лицензия GPL

**базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

1. интернет ресурсы в свободном доступе и на сайте ИГУ [www.isu.ru](http://www.isu.ru)
2. Сайт кафедры экспериментальной физики <http://medphysics-irk.ru>
3. Hamamatsu «Handbook of photomultipliers» [Электронный ресурс]: [https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/etd/PMT\\_handbook\\_v3aE.pdf](https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/etd/PMT_handbook_v3aE.pdf)

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

### Оборудование

- Мультимедийный проектор, ноутбук

## 10. Образовательные технологии:

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности бакалавров для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций: на лекционных занятиях – дискуссии, индивидуальное обучение и обучение на основе опыта; на практических занятиях – дискуссия, работа в команде, индивидуальное обучение, обучение на основе опыта, исследовательский метод.

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных и интерактивных технологий;

- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Интернет-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;

- закрепление теоретического материала при проведении практических занятий с использованием демонстрационного и наглядного (графического) материалов, специальной литературы, выполнение индивидуальных заданий.

Занятия проводятся с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. Имеется комплект компьютерных презентаций по всем разделам курса (авт. Шалаев А.А).

## 11. Оценочные средства (ОС):

Фонд оценочных средств представлены в Приложении к программе

*Типы контроля успешности освоения программы студентом:*

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация (зачет);

Текущий контроль успеваемости – это проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра.

Промежуточная аттестация (зачет) - это оценка совокупности знаний, умений, навыков по дисциплине в целом или по ее разделам.

К видам контроля относятся:

- устные формы контроля;
- письменные формы контроля;
- контроль с помощью технических средств и информационных систем.

*К традиционным формам контроля относятся:*

- проверка выполнения домашнего задания
- коллоквиум
- зачет
- тест
- контрольная работа

## Формы промежуточного и итогового контроля.

**Текущая аттестация** проводится еженедельно. Критерий формирования оценки – посещаемость аудиторных занятий, активность студентов на занятиях, уровень подготовки к семинарам, выполнение домашних работ.

**Промежуточная аттестация (зачет)** проводится в устной форме по билетам, которые содержат одно задание с теоретическими и практическими элементами.

### При оценке знаний и умений учитывается:

понимание изученного содержания, самостоятельность суждений, степень систематизации и глубины знаний;

содержание умения и возможность его применения в практической деятельности;

наличие ошибок, их количество, характер и влияние на качество выполненной работы, временной норматив.

В процессе контроля проверяется сформированность следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);
- способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники (ПК-8)

### **знать:**

основные физико–химические закономерности, определяющие свойства материалов электронной техники;

термодинамический и кинетический методы анализа и их применение при получении материалов и компонентов твердотельной электроники;

основные положения физической химии фаз переменного состава и ее применение для управления составом и свойствами материалов электронной техники.

### **уметь:**

проводить термодинамические и кинетические расчеты условий получения материалов электронной техники с заданными свойствами;

проводить анализ фазовых равновесий на основе Т–х и Р–Т–х диаграмм состояния полупроводниковых систем для выбора условий проведения процессов получения, очистки и легирования полупроводниковых материалов.

### **владеть:**

методами физико-химического анализа материалов и процессов электронной техники.

### Разработчики:

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_ доцент \_\_\_\_\_  
(занимаемая должность)

\_\_\_\_\_ А.А. Шалаев \_\_\_\_\_  
(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании \_\_\_\_\_  
(наименование)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 201 г.

Протокол № \_\_\_\_\_ Зав.кафедрой \_\_\_\_\_