

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: формирование у студентов научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств твердых тел при создании элементов, приборов и устройств микро и нанoeлектроники.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

– расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения фундаментальных результатов физики твердого тела и способов практического использования свойств твердых тел;

– развитие понимания взаимосвязи структуры и состава твердых тел, и многообразия их физических свойств;

– практическое овладение методами теоретического описания и основными теоретическими моделями твердого тела, навыками постановки физического эксперимента по изучению свойств твердых тел и основными экспериментальными методиками;

– создание основы для последующего изучения вопросов физики полупроводниковых приборов, включая элементы и приборы нанoeлектроники, физики низкоразмерных систем, твердотельной электроники и технологии микро- и нанoeлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к дисциплинам базовой части блока Б1 учебного плана. Индекс дисциплины Б1.Б.15.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» 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-2: способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

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 расчета равновесной концентрации электронов в полупроводниках.
ОПК-2	знать: - особенности и параметры зонной структуры основных полупроводников; - методы расчета температурной зависимости концентрации носителей заряда;
	уметь решать задачи обработки данных с помощью современных инструментальных средств конечного пользователя;
	владеть способами определения энергии активации примесей и ширины запрещенной зоны в полупроводниках.
ОПК-5	знать: - механизмы протекания тока; - основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел;
	уметь объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах;
	владеть методами обработки и оценки погрешности результатов измерений.
ОПК-7	знать особенности электронных свойств неупорядоченных и аморфных материалов;
	уметь делать количественные оценки параметров физических процессов;
	владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов твердотельной электроники и наноэлектроники.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Физика конденсированного состояния» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	36	50
В том числе:		
Лекции	18	34
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	18	16
Самостоятельная работа	108	85
Курсовая работа (есть, нет)	есть	есть
Часы на контроль	36	45
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	экзамен	экзамен
Общая трудоемкость	час	180
	зач. ед.	5
		180
		5

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	Межатомные связи и структура кристаллических решеток	Цель и задачи курса. Место курса в ряду других дисциплин. Методология рассмотрения явлений в физике конденсированного состояния. Межатомное взаимодействие и энергия связи атомов. Типы связей в твердых телах и их физическая природа. Ван-дер-Ваальсово взаимодействие. Природа и свойства Ван-дер-Ваальсовой связи. Ионная связь, ее природа и свойства. Ковалентная связь, ее природа и свойства. Металлическая связь, ее природа и свойства. Дифракция рентгеновского излучения и частиц высоких энергий в кристаллах. Условие Вульфа-Бреггов для одномерной и трехмерной кристаллических решеток. Обратное пространство. Сфера Эвальда. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Экспериментальные рентгеновские методы исследований структуры кристаллов. Метод Лауэ и его особенности. Метод Дебая-Шерера и его особенности.	4	4	22	30
2	Механические свойства твердых тел	Диаграмма направление-деформация. Виды деформаций. Упругая деформация. Закон Гука. Модуль Юнга. Тензор деформаций. Пластическая деформация. Скольжение и перемещение дислокаций. Формула Шмита. Физический смысл понятия «твердость». Шкала Маоса. Методы определения твердости. Микротвердость.	2	4	21	27

3	Тепловые свойства твердых тел	Колебания атомов кристалла. Колебания атомной линейной цепочки. Собственные колебания. Зоны Бриллюэна. Дискретность спектра колебаний атомов. Колебания одномерной решетки атомов с базисом. Оптические и акустические колебания. Колебания атомов трехмерной кристаллической решетки. Квазичастицы фонона, их поведение и описание. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга и Пти. Модели теплоемкости при низких температурах. Температура Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность твердых тел. Закон Видемана и Франца. Диффузия в твердых телах. Уравнения Фика. Частные случаи решений уравнений Фика. Диффузия из бесконечного и из ограниченного источников. Применение диффузионных процессов в технологии полупроводниковых приборов.	4	4	21	29
4	Магнитные свойства твердых тел	Природа и свойства диамагнетизма, парамагнетизма и ферромагнетизма. Практическое использование магнетитов в науке и технике. Парамагнитные резонансы. Ядерный магнитный резонанс. Методы наблюдения магнитного резонанса. Магнитная томография. Электронный парамагнитный резонанс. Устройство спектрометра ЭПР. Информация о твердом теле, получаемая с помощью ЭПР. Сверхпроводимость твердых тел. Теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера. Свойства сверхпроводников: эффект Мейснера, флюксоны, сверхпроводники первого и второго рода. Высокотемпературная сверхпроводимость. Механизмы высокотемпературной сверхпроводимости. Свойства высокотемпературных сверхпроводников. Практическое применение сверхпроводящих керамик.	4	4	24	32
5	Оптические свойства твердых тел	Законы сохранения в оптике. Закон Бугера-Ламберта. Механизмы поглощения света при межзонных оптических переходах. Поглощение света прямозонными и непрямозонными полупроводниками и диэлектриками. Электронное поглощение света. Поглощение света в полупроводниках с участием примесных уровней. Поглощение света на свободных электронах. Решеточное поглощение света. Полный спектр поглощения света полупроводником. Неравновесные эффекты при оптическом поглощении. Квазиуровень Ферми. Биполярная световая генерация носителей зарядов. Монополярная световая генерация неравновесных носителей зарядов. Основные механизмы рекомбинации неравновесных носителей зарядов. Механизмы излучательной рекомбинации неравновесных носителей зарядов. Спектр фотолюминесценции и его особенности. Информация о свойствах полупроводника, получаемая из спектра фотолюминесценции. Методы наблюдения фотолюминесценции и ее практическое применение. Фотопроводимость твердых тел. Механизмы фотопроводимости. Спектр собственной и примесной фотопроводимости. Релаксация фотопроводимости, определение времени жизни неравновесных носителей из фотопроводимости. Методы измерения фотопроводимости и ее практическое применение.	4	2	20	26
Контроль						36
Итого			18	18	108	144

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Изучение структуры кристаллов и рентгеновских спектров
2. Измерение микротвердости твердых тел
3. Тепловое расширение и теплопроводность твердых тел
4. Определение диэлектрической проницаемости разных веществ
5. Исследование магнитных свойств твердых тел

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 5 семестре.

Примерная тематика курсовых работ:

1. Виды энергии взаимодействия атомов в твердых телах и их характеристики.
2. Природа и особенности гетерополярной связи атомов.
3. Природа и особенности ковалентной связи атомов.
4. Температурная зависимость электросопротивления твердых тел (металлы, полупроводники и диэлектрики).
5. Трехмерные решетки Браве. Структура кристаллов.
6. Индексы Миллера плоскостей кристалла, координаты атомов.
7. Дифракция рентгеновских лучей в одномерном и трехмерном случаях.
8. Методы рентгеновского анализа монокристаллов.
9. Рентгеновский анализ поликристаллов.
10. Виды дефектов в твердых телах.
11. Термодинамически равновесная концентрация тепловых дефектов в твердых телах.
12. Влияние точечных дефектов в полупроводниках на их электрические свойства.
13. Дислокации и их характеристики. Вектор Бюргера.
14. Упругая деформация твердых тел и ее физическая природа.
15. Пластическая деформация твердых тел.
16. Твердость и хрупкое разрушение кристаллов.
17. Спектр тепловых колебаний атомов твердых тел.
18. Теплоемкость твердых тел. Температура Дебая.
19. Тепловое расширение твердых тел.
20. Теплопроводность твердых тел.
21. Диффузия в твердых телах. Законы Фика.
22. Диффузия примесей в полупроводниках. Распределение примесей, p-n переход
23. Механизмы упругой поляризации диэлектриков.
24. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости диэлектриков.
25. Тангенс угла диэлектрических потерь. Механизм потерь.
26. Диэлектрические свойства кристаллов. Пьезоэлектрический эффект.
27. Пьезоэлектрические материалы. Практическое применение пьезоэффекта.
28. Сегнетоэлектричество, природа эффекта и свойства сегнетоэлектриков.
29. Практическое применение сегнетоэлектриков.
30. Физическая природа магнетизма твердых тел. Виды магнетиков.
31. Физическая природа парамагнетизма. Практическое применение парамагнетиков.
32. Физическая природа ферромагнетизма. Применение ферромагнетиков.
33. Ядерный магнитный резонанс и его применение.
34. Сверхпроводимость твердых тел и ее природа. Свойства сверхпроводников.
35. Высокотемпературная сверхпроводимость ее природа и применение.
36. Взаимодействие света с кристаллами. Законы сохранения энергии и импульса.
37. Механизмы поглощения света кристаллом. Закон Бугера-Ламберта
38. Фотопроводимость твердых тел.
39. Фотолюминесценция твердых тел.

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

Учебным планом по дисциплине «Физика конденсированного состояния» не предусмотрено выполнение контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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

7.1.1 Этап текущего контроля

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

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории;	Успешное выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять методы и средства измерения физических величин;	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами расчета равновесной концентрации электронов в полупроводниках.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-2	знать: - особенности и параметры зонной структуры основных полупроводников; - методы расчета температурной зависимости концентрации носителей заряда;	Успешное выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь решать задачи обработки данных с помощью современных инструментальных средств конечного пользователя;	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способами определения энергии активации примесей и ширины запрещенной зоны в полупроводниках.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

ОПК-5	знать: - механизмы протекания тока; - основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел;	Успешное выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах;	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами обработки и оценки погрешности результатов измерений.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-7	знать особенности электронных свойств неупорядоченных и аморфных материалов;	Успешное выполнение лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь делать количественные оценки параметров физических процессов;	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов твердотельной электроники и нанoeлектроники.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения, в 5 семестре для заочной формы обучения по системе:

- «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;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	владеть методами расчета равновесной концентрации электронов в полупроводниках.	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов

ОПК-2	знать: - особенности и параметры зонной структуры основных полупроводников; - методы расчета температурной зависимости концентрации носителей заряда;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь решать задачи обработки данных с помощью современных инструментальных средств конечного пользователя;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	владеть способами определения энергии активации примесей и ширины запрещенной зоны в полупроводниках.	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
ОПК-5	знать: - механизмы протекания тока; - основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь объяснять сущность физических явлений и процессов в твердых телах;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	владеть методами обработки и оценки погрешности результатов измерений.	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
ОПК-7	знать особенности электронных свойств неупорядоченных и аморфных материалов;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь делать количественные оценки параметров физических процессов;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	владеть методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов твердотельной электроники и нанoeлектроники.	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов

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

1	Типы межатомных связей определяются: 1) размерами взаимодействующих атомов. 2) структурой электронных оболочек атомов. 3) валентностью атомов. 4) квантово-механическим взаимодействием атомов.
2	Решетки Браве характеризуют: 1) геометрическое расположение атомов в кристалле. 2) структуру кристалла вещества. 3) свойства симметрии кристалла.

	4) анизотропию кристаллической решетки.
3	Структура кристалла вещества определяется: 1) решеткой Браве и координатами ближайших атомов. 2) решеткой Браве кристалла. 3) типом связей атомов в кристалле. 4) свойствами симметрии кристалла.
4	Какие точечные дефекты в твердом теле являются термодинамически равновесными: 1) трансмутационные. 2) радиационные. 3) термические. 4) ионно-имплантированные.
5	Термодинамически равновесные точечные дефекты в кристаллах возникают: 1) под действием света. 2) при пластической деформации. 3) под действием температуры 4) при радиационном воздействии.
6	Точечный дефект по Шоттки в кристалле: 1) примесный атом в кристалле. 2) атом в междоузлии. 3) вакансия и атом в междоузлии. 4) вакансия.
7	Электропроводимость полупроводников с ростом температуры: 1) изменяется скачком. 2) плавно уменьшаются. 3) имеет активационный характер. 4) не изменяется
8	Причиной роста электросопротивления металлов с температурой является. 1) уменьшение подвижности носителей зарядов. 2) уменьшение концентрации носителей зарядов. 3) увеличение подвижности носителей зарядов. 4) постоянное значение концентрации электронов.
9	Дифракция рентгеновских лучей в кристалле наблюдается потому, что: 1) длина волны излучения соизмерима с межатомными расстояниями. 2) длина волны излучения гораздо больше межатомных расстояний. 3) длина волны излучения намного меньше межатомных расстояний. 4) рентгеновские лучи не преломляются в кристалле.
10	С помощью формулы Вульфа-Бреггов можно определить: 1) межплоскостные расстояния в кристалле. 2) размеры атомов в кристалле. 3) симметрию кристаллической решетки. 4) расстояние между атомами в кристалле.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1	Электросопротивление полупроводника с расчетом температуры:
---	---

	<ol style="list-style-type: none"> 1) не изменяются. 2) увеличиваются. 3) уменьшается. 4) становится переменной.
2	<p>Деформация твердых тел под влиянием механического напряжения определяется как:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) относительное изменение одного из размеров тела без изменения его объема. 2) удлинение тела без изменения его поперечных размеров. 3) упрочнение тела без изменения его поперечных размеров. 4) скручивание твердого тела.
3	<p>При упругой деформации после прекращения действия внешнего напряжения размеры тела:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) восстанавливаются частично. 2) восстанавливаются полностью. 3) не восстанавливаются. 4) восстанавливаются на 50 %.
4	<p>Пластическая деформация твердого тела обусловлена сдвигом одной части кристалла по отношению к другой:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) скольжением дислокации. 2) переползанием дислокаций. 3) скольжением переползанием дислокаций.
5	<p>Дифракция рентгеновских лучей на кристаллической решетке твердого тела возможна потому, что:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) размеры решетки намного меньше длины волны излучения 2) размеры решетки намного больше длины волны излучения 3) размеры решетки сравнимы с длиной волны излучения 4) размеры решетки не имеют значения для дифракции.
6	<p>Нарисовать график зависимости деформации твердого тела от напряжения. Какому участку графика соответствует область упругой деформации?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) линейному 2) нелинейному 3) горизонтальному 4) шагообразному
7	<p>Твердость кристаллов определяется:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) энергией связи между атомами 2) расстоянием между атомами 3) размером кристалла 4) формой кристаллической решетки
8	<p>При дифракции рентгеновских лучей из формулы Вульфа-Бреггов можно определить:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) межплоскостное расстояние в кристалле 2) расстояние между атомами в направлении луча 3) угол преломления рентгеновских лучей 4) угол отражения рентгеновских лучей
9	<p>В полупроводнике №1 ширина запрещенной зоны в 2 раза меньше, чем в полупроводнике №2. В каком полупроводнике при одинаковой температуре концентрация носителей зарядов будет больше?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) одинаковая концентрация 2) в п/п №1 концентрация будет больше 3) в п/п №2 концентрация будет больше

	4) не зависит от ширины запрещенной зоны
10	<p>При каких соотношениях эффективных масс электронов и дырок положения уровня Ферми с ростом температуры не изменяется</p> <p>а) $m_n^x = m_p^x$</p> <p>б) $m_n^x < m_p^x$</p> <p>в) $m_n^x > m_p^x$</p> <p>г) не зависит от m_n^x и m_p^x</p>

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1	<p>Какую примесь надо выбирать для легирования кристалла германия, чтобы получить материал n-типа проводимости</p> <p>1) алюминий (Al)</p> <p>2) галлий (Gn)</p> <p>3) мышьяк (As)</p> <p>4) индий (In)</p>
2	<p>Какую примесь надо выбирать для легирования кристалла кремния, чтобы получить материал p-типа проводимости</p> <p>1) бор (B)</p> <p>2) углерод (C)</p> <p>3) фосфор (P)</p> <p>4) сера (S)</p>
3	<p>Сколько надо разорвать связей в кремнии для образования одной вакансии</p> <p>1) 1</p> <p>2) 2</p> <p>3) 4</p> <p>4) 8</p>
4	<p>Как можно измерить микротвердость кристалла</p> <p>1) микрометром</p> <p>2) линейкой</p> <p>3) индентором</p> <p>4) секундомером</p>
5	<p>Концентрация электронов в полупроводнике в зависимости температуры определяется</p> <p>а) квадратичной зависимостью</p> <p>б) экспоненциальной зависимостью</p> <p>в) линейной зависимостью</p> <p>г) параболической зависимостью</p>
6	<p>В каких случаях в кристалле для квантовых частиц – электронов можно применять классическую статистику Больцмана? Когда уровень Ферми расположены</p> <p>а) в зоне проводимости от 1 кТ до 5 кТ</p> <p>б) в валентной зоне более 5 кТ от края</p> <p>в) в запрещенной зоне глубже, чем на 1 кТ от края</p> <p>г) совпадает с дном зоны проводимости</p>
7	<p>Выбор статистики электронов в полупроводниках определяется</p> <p>а) типом легирующей примеси</p> <p>б) положение уровня Ферми в зонной структуре</p> <p>в) наличием свободных электронов</p>

	г) отсутствие дырок в полупроводнике
8	Поверхностные состояния обусловлены а) плоскостью кристалла б) обрывок валентных связей в) работой выхода электронов г) окисление кристалла
9	Подвижность носителей зарядов в твердом теле определяется а) тепловой скоростью электронов б) тепловой скоростью отрицательных ионов в) дрейфовой скоростью электронов г) дрейфовой скоростью ионов
10	Эффективная масса электрона в кристалле. а) эффективная масса электрона отражает влияние на движение электрона потенциального поля кристаллической решетки; б) эффективная масса электрона определяется размерами кристалла; в) эффективная масса электрона зависит от взаимодействия со всеми другими электронными кристалла.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Потенциальная энергия межатомного взаимодействия в молекуле.
2. Основные типы межатомных связей и их природа.
3. Ионная связь и ее особенности.
4. Ковалентная связь и ее особенности.
5. Образование кристаллов и формы кристаллов.
6. Геометрия кристаллов. Решетки Браве.
7. Структура кристаллов. Базис кристаллов и плоскостей.
8. Рентгеновские лучи, дифракция, формула Вульфа-Бреггов.
9. Метод Лауэ исследования структуры монокристаллов.
10. Метод Дебая-Шерера определения структуры поликристаллов.
11. Виды дефектов в кристаллах твердых тел.
12. Термодинамически равновесная концентрация точечных дефектов.
13. Влияние дефектов на электрические свойства твердых тел.
14. Дислокации и их характеристики. Вектор Бюргера.
15. Упругая деформация твердых тел и ее природа.
16. Пластическая деформация твердых тел и ее природа.
17. Твердость и хрупкое разрушение.
18. Физический смысл кривой напряжение-деформация.
19. Спектр тепловых колебаний атомов кристалла.
20. 21. Теплоемкость твердых тел.
21. Тепловое расширение твердых тел.
22. Теплопроводность твердых тел.
23. Диффузия атомов в кристалле. Уравнение Фика.
24. Решение уравнения Фика для бесконечного и ограниченного источников примеси.
25. Создание р-п перехода в полупроводниках, распределение примеси.

26. Поляризация диэлектриков, диэлектрическая постоянная.
27. Механизмы упругой поляризации диэлектриков.
28. Тангенс угла диэлектрических потерь. Механизм потерь в диэлектриках.
29. Пьезоэлектрические материалы. Практическое применение пьезоэффекта.
30. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости диэлектриков.
31. Физическая природа сегнетоэлектричества и эффекта свойства сегнетоэлектриков. Температура Кюри.
32. Природа магнетизма твердых тел. Виды магнетиков
33. Физическая природа парамагнетизма. Практическое применение парамагнетиков.
34. Физическая природа ферромагнетизма. Применение ферромагнетиков.
35. Ядерный магнитный резонанс и его применение.
36. Сверхпроводимость твердых тел и ее природа.
37. Свойства сверхпроводящих металлов.
38. Высокотемпературная сверхпроводимость ее природа и применение.
39. Взаимодействие света с кристаллами. Законы сохранения энергии и импульса.
40. Фундаментальное оптическое поглощение в прямозонных и непрямозонных полупроводниках.
41. Механизмы поглощения света кристаллом. Закон Бугера-Ламберта
42. Фотопроводимость твердых тел.
43. Фотолюминесценция твердых тел.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится по тестам и билетам, каждый из которых содержит 5 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 5 баллов. Максимальное количество набранных баллов – 10.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 3 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 3 до 5 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 8 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 9 до 10 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Межатомные связи и структура кристаллических решеток	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ОПК-7	Тест
2	Механические свойства твердых тел	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ОПК-7	Тест
3	Тепловые свойства твердых тел	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ОПК-7	Тест
4	Магнитные свойства твердых тел	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ОПК-7	Тест
5	Оптические свойства твердых тел	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ОПК-7	Тест

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 носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста преподавателем 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 преподавателем 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 преподавателем и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Рембеза С.И. Физика твердого тела: учеб. пособие. Ч. 1. - Воронеж: ВГТУ, 2007. – 207 с.
2. Рембеза С.И. Физика твердого тела: учеб. пособие. Ч. 2. - Воронеж: ВГТУ, 2007. – 137 с.
3. Шалимова К.В. Физика полупроводников; учебник для вузов. - СПб.: Лань. 2014. - 400 с.
4. Павлов, П. В. Хохлов А.Ф. Физика твердого тела : учеб. пособие. - М.: Высш. шк., 2000. - 494с.
5. Митрохин В.И. Неравновесные процессы в полупроводниках: учеб. пособие. - Воронеж: ВГТУ, 2006. - 123 с.
6. Шретер Ю.Г., Ребане Ю.Т., Зыков В.А., Сидоров В.Г. Широкозонные полупроводники: учеб. пособие. - СПб.: Наука, 2001. – 125 с.
7. Энциклопедия технологии полупроводниковых материалов / пер. с англ. Э.П. Домашевской. Т.1: Электронная структура и свойства полупроводников / под ред. К.А. Джексона, В. Шретера. - Воронеж: Водолей, 2004. – 967 с.
8. Чеботарев С.Н. Физика и техника полупроводников: учеб. пособие. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2017. – 92 с.

9. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. - СПб.: Лань, 2009. - 480 с.

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

Профессиональные справочные системы «Техэксперт»
<http://195.209.112.161:3000/>

Независимая информационно-консалтинговая компания Enerdata
<https://www.enerdata.ru/>

Научная электронная библиотека: <http://www.elibrary.ru>

ЭБС Книгафонд: <http://www.knigafund.ru/>

ЭБС <http://e.lanbook.com/>

Единое окно доступа к информационным ресурсам <http://window.edu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
2. Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для выполнения расчетов, и рабочими местами для самостоятельной подготовки обучающихся с выходом в «Интернет».

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Физика конденсированного состояния» читаются лекции, проводятся лабораторные занятия, студентами очной формы обучения выполняется курсовая работа, студентами заочной формы обучения выполняется контрольная работа.

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 в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проектирования студенты должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины осуществляется тестированием и защитой курсовой работы. Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить 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: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
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 зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1		31.08.2018	
2		31.08.2019	
3		31.08.2020	