**Федеральное государственное бюджетное образовательное**

**учреждение высшего образования**

**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

УТВЕРЖДАЮ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/ /

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование дисциплины:

Физические основы электроники твердого тела

Уровень высшего образования:

**Специалитет**

Специальность:

**03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика**

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Физическая электроника

Форма обучения:

Очная

Москва 20\_\_\_

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика», утвержденным приказом МГУ от 21.12.2018 г. № 1780.

Год (годы) приема на обучение\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Авторы–составители:**

1. К.ф.-м.н., Киреев Д.С., кафедра физической электроники физического факультета МГУ
2. К.ф.-м.н., Орликовская Н.Г., кафедра физической электроники физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

Доктор физико-математических наук, профессор Черныш Владимир Савельевич, заведующий кафедрой физической электроники

**Аннотация к рабочей программе дисциплины**

В курсе излагаются основы физики твердого тела. Рассматривается структура кристаллов, методы ее описания и экспериментального исследования. Дается характеристика различных типов связей, определяющих структуру вещества. Разбираются основные типы кристаллических решеток, элементы симметрии, вводится понятие обратной решетки и зоны Бриллюэна. Описывается дифракция в кристаллах, рассматривается структурный фактор базиса и форм-фактор. Рассматриваются тепловые колебания решетки, возбуждение фононов в твердом теле. Обсуждаются виды дефектов в кристаллах (точечные, линейные, поверхностные и объемные). Также в лекциях описываются механизмы роста тонких пленок.

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Вариативная часть, обязательная дисциплина.

**2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия**

Не установлены

**3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Код и наименование компетенции** | **Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций** |
|  |  | Знать основные разделы электроники физики твердого тела  Уметь применять фундаментальные знания в области физики твердого тела для решения научно-исследовательских задач  Владеть методами исследования в области физики твердого тела для решения практических задач |

**4.** Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе: 72 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

**5.**Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),**  **Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Всего**  **(ак.ч.)** | **В том числе** | | | | | | **Форма текущего контроля успеваемости, наименование** |
| **Контактная работа  (работа во взаимодействии с преподавателем)**  ***Виды контактной работы, академические часы[[1]](#footnote-1)*** | | | | | **Самостоятельная работа обучающегося,**  **академические часы** |
| **Занятия лекционного типа (лекции)** | **Занятия семинарского типа** | | | **Всего** |
| **Семинары** | **Лабораторные занятия\*** | **Практические занятия\*** |
| **Особенности конденсированного состояния вещества** |  | **6** | **6** |  |  | **12** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Идеальные кристаллы.** |  | **6** | **6** |  |  | **12** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Дифракция в кристаллах.** |  | **8** | **8** |  |  | **16** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Тепловые колебания решетки, фононы** |  | **6** | **6** |  |  | **12** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Дефекты в кристаллах** |  | **6** | **6** |  |  | **12** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Тонкие пленки** |  | **4** | **4** |  |  | **8** | **6** | Опрос  Контрольная работа |
| **Промежуточная аттестация экзамен** | **8** | | | | | | **8[[2]](#footnote-2)** |  |
| **Итого** | **108** |  | | | | | **36** |  |

\*Лабораторные занятия, практические занятия относятся к практической подготовке обучающихся.

**6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

Типовые вопросы к промежуточной аттестации и опросу:

1. Особенности конденсированного состояния вещества. Ближний и дальний порядок. Количественное описание упорядоченности системы.
2. Типы взаимодействия между атомами в конденсированном состоянии. Металлическая и водородная связи.
3. Молекулярная связь, принцип образования.
4. Ионная связь. Постоянная Маделунга.
5. Ковалентная связь. Гибридизация атомных орбиталей. σ- и π-связи.
6. Идеальные кристаллы. Базис и кристаллическая решетка.
7. Решетка Бравэ. Элементарная и примитивная ячейки. Ячейка Вигнера-Зейтца.
8. Обозначение точек, направлений и плоскостей в кристаллах. Индексы Миллера.
9. Особенности индицирования в гексагональной решетке.
10. Обратная решетка и ее свойства. Зона Бриллюэна.
11. Симметрия кристаллов. Типы преобразований. Собственные и несобственные элементы симметрии.
12. Точечные преобразования симметрии. Порядок осей симметрии в кристаллах.
13. Группы симметрии. Пространственные группы кристалла.
14. Точечные группы кристалла и классы симметрии. Пространственные решетки Бравэ.
15. Точечные дефекты в кристаллах. Механизмы образования собственных точечный дефектов. Зависимость количества дефектов от температуры.
16. Влияние точечных дефектов на диффузию, механизмы диффузии атомов в кристалле.
17. Центры окраски.
18. Линейные дефекты. Краевые дислокации.
19. Линейные дефекты. Винтовые дислокации.
20. Контур и вектор Бюргерса. Свойства вектора Бюргерса.
21. Поверхностные и объемные дефекты.
22. Дифракция в кристаллах. Природа излучений, используемых для структурного анализа.
23. Закон Брэгга и условие Лауэ для дифракции.
24. Экспериментальные методы исследования структуры материалов с помощью дифракции рентгеновских лучей.
25. Уравнение Лауэ для амплитуды рассеянной волны.
26. Построение Эвальда. Условие дифракции и зона Бриллюэна.
27. Структурный фактор базиса
28. Форм-фактор.
29. Колебания одномерной цепочки одинаковых атомов. Граничные условия Борна-Кармана.
30. Колебания одномерной цепочки атомов с чередующимися массами.
31. Колебания трехмерной кристаллической решетки.
32. Энергия нормальных колебаний. Фононы.
33. Образование центров кристаллизации и конденсации. Размер критического зародыша.
34. Скорость образования критических зародышей.
35. Гетерогенное образование зародышей новой фазы.
36. Сингулярные, вицинальные и несингулярные грани. Послойный, слоисто-спиральный и нормальный механизмы роста кристаллов.
37. Эпитаксиальный рост пленок из газообразной фазы. Термодинамический механизм.
38. Эпитаксиальный рост пленок из газообразной фазы. Атомная теория Родина и Уолта.

Типовые задачи к промежуточной аттестации и контрольной работе:

1. Для объемноцентрированной кубической ячейки найдите индексы Миллера для плоскости, проходящей через узлы [[110]], [[101]] и [[011]].

2. Найти порядок оси вдоль [111] в гранецентрированной кубической решетке.

3. В кристаллографической системе координат найти матрицу симметрического преобразования, эквивалентную последовательному действию двух операций симметрии 2z×mz и определить, какой операции симметрии она соответствует.

4. При съемке дебаеграммы серебра при температурах 18 и 630 °С дифракционная линия наблюдается при углах 80°9' и 76°54' соответственно. Вычислить коэффициент термического расширения серебра.

5. Найти отношение числа дефектов по Шоттки к числу дефектов по Френкелю при комнатной температуре, если энергия образования вакансии равна 0,75 эВ, а энергия образования дефекта внедрения 3 эВ.

6.2. Шкала и критерии оценивания

**7. Ресурсное обеспечение**

Основная литература

1. Киттель Ч. «Введение в физику твердого тела». М.: Наука, 1978.

2. Ашкрофт Н., Мермин Н. «Физика твердого тела». 1, 2 том. М.: Мир, 1979.

3. Займан Дж. «Принципы теории физику твердого тела» М. Мир, 1966.

4. «Физика тонких пленок». Т.III, IV. М.: Мир, 1968, 1970.

10.

Дополнительная литература

1. Новиков В.В. «Теоретические основы микроэлектроники». М.: Высшая школа, 1972.

2.. «Технология тонких пленок». Т. I, II. М.: Советское радио, 1977.

3. Палатник Л.С. «Эпитаксиальные пленки». М.: Наука, 1971.

Интернет-ресурсы

physelec.phys.msu.ru

**8. Язык преподавания:** русский

1. *Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий лекционного и(или) семинарского типа.* [↑](#footnote-ref-1)
2. *Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося* [↑](#footnote-ref-2)