

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»  
Институт электронных и информационных систем

---

Кафедра физики твердого тела и микроэлектроники

**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ МАТЕРИАЛОВ И ПРОЦЕССОВ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

Учебный модуль по направлению подготовки  
11.03.04 – Электроника и нанoeлектроника

Фонд оценочных средств

**СОГЛАСОВАНО**

Принято на заседании Ученого совета ИЭИС  
Протокол № 41 от 25.05 2017 г.

Директор ИЭИС  
С.И.Эминов С.И.Эминов

**Разработал**

Профессор кафедры ФТТМ  
М.А.Захаров  
«17» 05 2017 г.

Принято на заседании кафедры ФТТМ  
Протокол № 10 от 22.05 2017 г.  
Заведующий кафедрой ФТТМ  
Б.И.Селезнев Б.И. Селезнев

Паспорт фонда оценочных средств  
по учебному модулю «Физическая химия материалов и процессов электронной техники»  
для направления подготовки 11.03.04 – Электроника и нанoeлектроника

Модуль, раздел (в соответствии с РП)	ФОС		Контролируемые компетенции (или их части)
	Вид оценочного средства	Количество вариантов заданий	
1. Вводная лекция.	Опрос № 1	1	ОПК-1, ДПК-2
2. Кристаллографическое индицирование.	Опрос и расчетные задачи № 2	1	
3. Элементы симметрии кристаллических многогранников.	Опрос и расчетные задачи № 3	1	
4. Классификация кристаллических многогранников по геометрическим признакам.	Опрос и расчетные задачи № 4	1	
5. Основы кристаллохимии. Связи в кристаллах.	Опрос № 5	1	
6. Плотнейшие упаковки частиц в структурах.	Опрос и расчетные задачи № 6	1	
7. Основные типы структур.	Опрос № 7	1	
8. Фазовые равновесия.	Опрос № 8	1	
9. Физико-химические основы процессов разделения и очистки.	Опрос и расчетные задачи № 9		
10. Физико-химические основы процессов легирования.	Опрос и расчетные задачи № 10		
11. Основы процессов ионной имплантации.	Опрос и расчетные задачи № 11		
12. Курсовая работа		1	
<b>Аттестация - экзамен</b>	Комплект экзаменационных билетов	15	

## Характеристики оценочных средств

### 1 Расчетные задачи

Комплект расчетных задач, см. приложение А к фонду оценочных средств.

Таблица 1 – Параметры оценочного средства (расчетные задачи по теме 2)

Предел длительности контроля	45 мин на одну задачу
Предлагаемое количество задач из одного контролируемого раздела	1
Последовательность выборки задач из каждого раздела	случайная
Критерии оценки:	
9-10 баллов, если	Задача решена полностью
7-8 баллов, если	Задача решена полностью, допущены не критические ошибки в расчетах
5-6 баллов, если	Задача решена не полностью или имеются существенные ошибки в расчетах

Таблица 2 – Параметры оценочного средства (расчетные задачи по темам 3,4,6)

Предел длительности контроля	45 мин на одну задачу
Предлагаемое количество задач из одного контролируемого раздела	1
Последовательность выборки задач из каждого раздела	случайная
Критерии оценки:	
14-15 баллов, если	Задача решена полностью
11-13 баллов, если	Задача решена полностью, допущены не критические ошибки в расчетах
8-10 баллов, если	Задача решена не полностью или имеются существенные ошибки в расчетах

Таблица 3 – Параметры оценочного средства (расчетные задачи по темам 9-11)

Предел длительности контроля	45 мин на одну задачу
Предлагаемое количество задач из одного контролируемого раздела	1
Последовательность выборки задач из каждого раздела	случайная

Критерии оценки:	
18-20 баллов, если	Задача решена полностью
14-17 баллов, если	Задача решена полностью, допущены не критические ошибки в расчетах
10-12 баллов, если	Задача решена не полностью или имеются существенные ошибки в расчетах

## 2 Опрос

Опросы студентов проводится на каждом занятии. Комплект вопросов приведен в приложении А к фонду оценочных средств.

Таблица 4 – Параметры оценочного средства (опрос по темам 1,4,5,6,7)

Предел длительности контроля	не более 20 минут на один опрос
Предлагаемое количество вопросов из одного раздела	все
Критерии оценки:	
5 баллов, если	даны правильные ответы на 90-100% вопросов
4 балла, если	даны правильные ответы на 70-89% вопросов
3 балла, если	даны правильные ответы на 50-69% вопросов

Таблица 5 – Параметры оценочного средства (опрос по темам 2,3,5,6,7-11)

Предел длительности контроля	не более 20 минут на один опрос
Предлагаемое количество вопросов из одного раздела	все
Критерии оценки:	
9-10 баллов, если	даны правильные ответы на 90-100% вопросов
7-8 баллов, если	даны правильные ответы на 70-89% вопросов
5-6 балла, если	даны правильные ответы на 50-69% вопросов

## 3 Курсовая работа

Методические рекомендации по выполнению курсовой работы по УМ и требованиям к ней имеются в электронном виде на сайте НовГУ.

Таблица 6 – Параметры оценочного средства (курсовая работа)

Критерии оценки:	
«5», если 45-50 баллов, если	Работа выполнена полностью, студент демонстрирует всестороннее и глубокое знание теоретического материала
«4», если 35-44 балла, если	Работа выполнена полностью, студент допускает неточности при ответе на теоретические вопросы
«3», если 25-34 балла, если	Работа выполнена полностью, студент испытывает трудности при ответе на теоретические вопросы

#### 4 Экзамен

Каждый экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса.

Полный комплект всех экзаменационных билетов дается в Приложении Б к фонду оценочных средств, находится в закрытом для студентов доступе и хранится на кафедре.

Критерии оценивания экзамена:

- уверенное владение терминологией – 10 баллов максимум;
- глубина знаний по теме вопроса – 10 баллов максимум;
- полнота ответа – 10 баллов максимум;
- логическая связность – 10 баллов максимум;
- аргументированность ответа – 10 балла максимум.

Таблица 7 – Параметры оценочного средства (экзамен)

Предел длительности контроля	50 минут – подготовка; 20 минут – ответы на вопросы
Предлагаемое количество вопросов и задач	2 вопроса 1 задача
Критерии оценки:	
«5», если 45-50 баллов, если	демонстрирует всестороннее и глубокое знание теоретического материала, задача решена правильно
«4», если 35-44 балла, если	допускает неточности при ответе на теоретические вопросы, задача решена правильно
«3», если 25-34 балла, если	испытывает трудности при ответе на теоретические вопросы, задача решена неправильно

## Приложение А (справочное)

Необходимо отметить, что данные методические указания были разработаны доцентом кафедры ФТТМ НовГУ Борисом Михайловичем Шишлянниковым, который на протяжении многих лет читал данную дисциплину.

Не следует скрывать, что дисциплина «Физическая химия материалов и процессов электронной техники» является достаточно сложной для освоения. Сложности при изучении материала дисциплины связаны, прежде всего, с тем, что она достаточно абстрактна, т.е. между изучаемыми процессами и понятиями, сформировавшимися у человека на основании жизненного опыта, понятиями быта, очень сложно провести параллели. При изучении дисциплины необходимо понять фундаментальные основы протекания процесса, происхождение термина и его внутреннее содержание. Этому способствует непосредственное общение с преподавателем.

Дисциплина использует большое количество терминов, которые нигде ранее не встречались, но уверенное восприятие которых, обязательно. В названии дисциплины присутствует слово «химия», которого многие студенты панически боятся.

Но без изучения данной дисциплины просто не возможно понимание материала других крупных дисциплин, которые присутствуют в учебном плане направления «Электроника и нанoeлектроника»: «Физики твердого тела», «Технологии материалов электронной техники», «Математического моделирования технологических процессов», «Процессов микро- и нанотехнологии».

Для организации непрерывной работы студентов по освоению дисциплин учебного плана в НовГУ используется рейтинговая интенсивная технология модульного обучения (РИТМ). Рейтинговая (основанная на использовании балльной оценки работы студентов) система призвана активировать учебную работу студентов в течение всего года.

Базовым технологическим документом для организации работы студентов по изучению какой-либо дисциплины является технологическая карта учебного процесса и контрольных процедур. В ней определены сроки проведения не лекционных учебных занятий и сроки контрольных мероприятий по ним. Кроме того, в технологической карте указана максимальная оценка за каждое учебное мероприятие и правила конвертирования рейтинга в привычную четырехбалльную систему оценок (неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично).

Максимальное количество баллов (рейтинг), которое студент может получить при изучении дисциплины, равно общему числу часов, отведенных учебным планом направления подготовки бакалавра, на ее изучение.

Самостоятельная работа студентов по курсу предусматривает решение задач и проработка необходимых разделов конспекта лекций. Электронный вариант конспекта лекций имеется на сайте университета. Если того требует задача, предложенная для выполнения во внеучебное время, необходимо самостоятельно пройти процедуру вывода расчетных выражений (математических моделей процессов). При затруднениях в выполнении заданий следует обратиться к изучению решений подобных задач, имеющих в методических указаниях к курсу.

На практических занятиях студент прежде всего должен освоить взаимодействие с программными продуктами, которые используются как для выполнения предложенных расчетов, так и для иллюстраций особенностей строения кристаллических решеток.

Учебный материал (теоретическая часть), излагаемый в рамках курса «Физическая химия материалов и процессов, полностью (и даже с избытком) отражен в конспекте лекций, который в электронном варианте размещен на сайте университета. Вместе с тем, попытка полностью самостоятельного изучения представленного на сайте материала, скорее всего, приведет к проблемам с усвояемостью. Причины этого объяснены выше. Только комплексное изучение курса, при котором в образовательном процессе участвует преподаватель, может принести успех в постижении материала и особенностей дисциплины – нет ничего лучше живого слова, нет ничего лучше живого общения.

Таким образом, оптимальным при изучении курса будет следующая технология:

- надо прослушать лекции преподавателя - в них всегда содержатся необходимые комментарии, понимание важности которых приходит с опытом преподавания дисциплины, и сделаны ударения на вопросах, представляющих наибольшую значимость;
- необходимо прочитать конспект, представленный на сайте – это поможет зафиксировать информацию, принятую при помощи слуховой и моторной памяти (запись в конспекте) еще и при помощи зрительной памяти.

При работе с конспектом усвоение материала будет более полным, если в процессе общения с ним (конспектом) студент ответит на сформулированные ниже вопросы и решит задачи. По секрету – вопросы по темам могут быть вопросами преподавателя на экзамене, пусть даже и дополнительными.

## **A1. Вводная лекция**

Основные определения необходимо просто запомнить. Особенно определения компонентов системы. Изложение всего последующего курса основано на предположении преподавателя, что студенты знакомы с основными терминами. Базовый момент – микроэлектронные устройства выполняются на монокристаллах, а микроэлектроника – наука о твердых растворах.

Опрос № 1.

1. Что такое химическая система?
2. Какие системы называют гомогенными, какие гетерогенными?
3. Что такое монокристалл?
4. Чем отличается монокристалл от поликристалла?
5. Сколько агрегатных состояний вам известно?
6. Как внутреннее состояние твердой фазы может проявляться на внешней форме?
7. Что такое твердый раствор?
8. Каким путем можно получить пространственную кристаллическую решетку?
9. Что такое трансляция?
10. Что такое примитивная элементарная ячейка?
11. Что такое элементарная ячейка?

## **A2. Кристаллографическое индицирование**

В этом разделе также представлена информация для запоминания. Положение узлов кристаллической решетки является основным геометрическим параметром ее строения. Свойства кристалла меняются в зависимости от кристаллографического направления. Поэтому важно найти простой способ «назвать» необходимое кристаллографическое направление или плоскость. Символика Миллера и решает эту задачу. Следует обратить внимание на смысл индексов Миллера, на способ графического построения плоскости, если известны индексы этой плоскости.

Опрос и расчетные задачи № 2.

1. Зачем вводится символика узлов, ребер и направлений?
2. Какие способы существуют для обозначения кристаллографических плоскостей?
3. Каков смысл индексов Миллера?
4. В чем отличие индексов Миллера плоскости от символа Миллера плоскости?

5. Как построить плоскость в элементарной ячейке, если известен символ Миллера этой плоскости?
6. Постройте в кубической ячейке плоскость с символом  $(132)$ , семейство плоскостей с символом  $\{110\}$ .

### **A3. Элементы симметрии кристаллических многогранников**

В рамках изучения этого раздела не должно возникнуть каких-либо сложностей – в принципе, элементарные преобразования симметрии знакомы нам из жизненного опыта. Следует обратить внимание на преобразование центром инверсии. По своей сути это преобразование в объективе фотоаппарата. В конспекте лекций представлено достаточное количество иллюстраций по этому разделу. Ответы на поставленные ниже вопросы помогут усвоить материал данного раздела.

Опрос и расчетные задачи № 3.

1. Какую фигуру в кристаллографии называют симметричной?
2. Что такое операция симметрии?
3. Что такое элемент симметрии? Какие элементы симметрии вы знаете?
4. Как обозначают операцию симметрии?
5. Как обозначают элемент симметрии, имеющийся у фигуры?
6. Что такое формула симметрии?
7. Запишите формулу симметрии для прямоугольной призмы с квадратом в основании.
8. Найдите набор элементов симметрии у нового карандаша.
9. Является ли плоскостью симметрии плоскость  $(111)$  в кубе?
10. Оси симметрии какого порядка возможны для элементарных ячеек твердого тела?

### **A4. Классификация кристаллических многогранников по геометрическим признакам. Сингонии, системы кристаллографических осей координат. Решетки Бравэ.**

В рамках изучения данного раздела, необходимо помнить, что речь в нем идет о принципах классификации форм кристаллов и форм их элементарных ячеек. Кристаллы согласно особенностям внешнего проявления их внутреннего строения разбиваются на семь групп. Признаком принадлежности кристалла к какой-либо группе (сингонии) является определенный набор операций симметрии, характерный для данного кристалла, и особенности координатной системы, в которую наилучшим образом устанавливается он

сам и его элементарная ячейка. Решетки Бравэ дают возможность выбрать элементарную ячейку какого-либо кристаллического вещества таким образом, чтобы она при максимальной простоте формы передавала все кристаллографические особенности твердого вещества.

Данный раздел один из наиболее труднопони­маемых для людей, не вращающихся в среде кристаллографов, в силу кажущейся отвлеченности и абстрактности. На него следует обратить наиболее пристальное внимание.

Опрос и расчетные задачи № 4.

1. Что такое сингония?
2. Сколько сингоний существует?
3. Что такое метрика элементарной ячейки?
4. В чем смысл решеток Бравэ?
5. Нарисуйте *B* базоцентрированную ячейку тетрагональной сингонии.
6. Почему не могут существовать кубические базоцентрированные ячейки?
7. Сколько примитивных кубических ячеек необходимо для построения гранецентрированной кубической ячейки?
8. Нарисуйте ОЦК ячейку. Сколько в ней узлов?
9. Нарисуйте ГЦК ячейку. Сколько узлов принадлежит этой ячейке?
10. Что такое ромбоэдр?

#### **A5. Основы кристаллохимии. Связи в кристаллах**

В этом разделе содержится материал, касающийся фундаментальных принципов образования кристаллической решетки того или иного вида. Следует обратить внимание на то, что не только положение элемента в периодической системе, но и вид связи, возникающий между структурными единицами (атомами, ионами, молекулами) определяет, в конечном итоге химические и физические свойства кристалла.

Опрос № 5.

1. Что такое атомный радиус?
2. Что такое ионный радиус?
3. Как изменяется значение атомных и ионных радиусов в зависимости от положения элемента в периодической системе?
4. Чему равно координационное число для ОЦК решетки?
5. Как выглядит и как называется координационный многогранник для од­нотипных соседей иона  $\text{Cl}^-$  в ячейке  $\text{NaCl}$ ?
6. Какие силы определяют связи в ионных кристаллах?

7. Насколько направлены силы ионной связи?
8. Как образуется металлическая связь?
9. Какие элементы периодической системы имеют чисто металлическую связь?
10. Назовите составляющие Ван-дер-ваальсовой связи.
11. Для каких кристаллов характерна ван-дер-ваальсова связь?
12. Как образуется гомеополярная связь?
13. Каково направление ковалентной связи в решетке кремния?
14. Почему связи в решетке алмаза называют тетрагональными?
15. Почему связи в структуре сфалерита имеют долю ионной связи?

#### **A6. Плотнейшие упаковки частиц в структурах**

При изучении этого раздела необходимо обратить внимание на фундаментальность принципа плотнейших упаковок при образовании кристаллической решетки. Структурные единицы стремятся расположить себя в пространстве и относительно друг друга таким образом, чтобы внутренняя энергия образовавшейся системы была минимальной. Склонность к плотнейшей упаковке атомов и ионов присутствует как движущая сила при образовании и ионных, и атомных, и металлических кристаллов. Другой разговор, насколько структурным единицам в этом стремлении удастся сблизиться в силу их собственного строения и особенностей связи.

Опрос и расчетные задачи № 6.

1. По каким причинам при образовании кристаллов структурные единицы стремятся к плотнейшим упаковкам?
2. Какая укладка равноразмерных шаров соответствует плотнейшим упаковкам?
3. Вычислите, какую долю объема ГЦК решетки занимают шары при условии их касания в направлении кратчайшего расстояния между структурными единицами. Параметр решетки принять за 1.
4. Какие пустоты при образовании плотнейших упаковок больше тетраэдрические или октаэдрические?
5. При каких плотнейших упаковках в структурах образуются сквозные каналы?
6. Имеются ли поворотные оси симметрии третьего порядка в структуре, образующейся при чередовании ABC ABC? Если да, то сколько этих осей?
7. Является ли чередование равноразмерных шаров ABCA ABCA чередованием с плотнейшей упаковкой?

#### **A7. Основные типы структур**

Эта тема не должна вызвать особых затруднений при изучении. Необходимо разобраться в иллюстрациях структур. Наибольшую сложность несет в себе информация о политипах. Решить сложности с пониманием политипии можно, внимательно изучив модели кристаллических решеток.

Материал о изоморфных твердых растворах, несмотря на его небольшой объем, очень важен в плане понимания процесса движения полупроводникового материаловедения в направлении создания так называемых тройных и четверных полупроводниковых соединений из элементов третьей и пятой групп периодической системы. Это движение создает возможность практически безграничного управления свойствами полупроводниковых материалов.

Опрос № 7.

1. Какие кристаллы имеют структуру алмаза?
2. Набором каких пространственных элементов можно составить ячейку алмаза?
3. Каков тип связей в структуре алмаза?
4. Какова кристаллографическая ориентация связей в структуре алмаза?
5. Какова форма сквозных каналов в структуре алмаза в направлении  $\{110\}$ ? В направлении  $\{100\}$ ?
6. Чем отличается структура сфалерита от структуры алмаза?
7. Чем отличается структура сфалерита от структуры вюрцита?
8. Какие полупроводниковые материалы имеют структуру сфалерита?
9. Каков кристаллический тип подрешеток, которые образуют решетку хлористого натрия?
10. Чем отличаются друг от друга по принципу строения элементарной ячейки поли типы?
11. Что такое SiC 6H, SiC 3C?
12. Назовите элементы или интерметаллические соединения, которые могут образовывать изоморфные твердые растворы.
13. С какой целью на практике создаются изоморфные твердые растворы?

#### **A8. Фазовые равновесия**

Эта тема относится к наиболее сложным в курсе. При ее изучении необходимо помнить, что все процессы, рассматриваемые в рамках диаграмм состояния, предполагаются равновесными, т.е. то о чем мы говорим быстро, на самом деле происходит (если мы хотим рассчитывать на получение предсказуемого результата) с бесконечно малыми скоростями. Получение информации о протекании процесса – не

более чем попытка разобраться в направлении движения этого процесса, т.к. все реальные процессы протекают с совершенно иными скоростями.

Следует обратить особое внимание на принципах правила отрезков.

Опрос № 8.

1. Почему диаграммы состояния называют равновесными?
2. Какие предельные диаграммы состояния вы можете назвать?
3. Какую информацию можно получить из диаграммы состояния?
4. В какой области двухкомпонентной диаграммы состояния (однофазной или двухфазной) действует правило отрезков?
5. Что позволяет определить правило отрезков?
6. Покажите линии солидус и ликвидус на эвтектической двухкомпонентной диаграмме состояния?
7. Какие масштабы по оси концентраций используются при построении двухкомпонентных диаграмм состояния?
8. Что такое концентрационный треугольник?

#### **А9. Физико-химические основы процессов разделения и очистки**

В этой теме рассматриваются процессы разделения компонентов системы на составляющие. Разделение – это и есть очистка. Очистка компоненты А системы от примеси компоненты В системы. Следует помнить, что возможность или невозможность процессов разделения, эффективность или неэффективность их, предсказываются диаграммами состояния компонентов разделяемой системы. Главный показатель возможности разделения – коэффициент разделения в жидких системах при перегонке, коэффициент сегрегации в кристаллизующихся системах.

Опрос и расчетные задачи № 9.

1. Что такое чистое вещество?
2. Какие процесс используются для разделения компонентов системы?
3. Сформулируйте первый закон Коновалова и проиллюстрируйте его на диаграмме состояния двухкомпонентной системы.
4. Что такое азеотропная смесь?
5. Можно ли разделить раствор на составляющие его компоненты в системе с азеотропной смесью?
6. В чем суть кристаллизационного разделения компонентов твердого раствора?
7. Что такое равновесный коэффициент сегрегации? Какую информацию он несет?

8. Что такое диффузионный слой на границе раздела фаз? Как он образуется? На что влияет?

9. Как учитывается наличие диффузионного слоя  $\delta$  при расчете распределения примесей при кристаллизационной очистке?

10. Какой процесс кристаллизационной очистки эффективнее - зонная плавки или направленная кристаллизация и почему?

#### **A10. Физико-химические основы процессов легирования**

Проблема понимания процессов диффузии примесей в твердом теле и последствий диффузии упирается в возможность ответа на два вопроса – почему происходит диффузия и каким образом постороннее вещество проникает в твердое тело и движется в нем, причем движется направленно.

Для ответа на первый вопрос необходимо рассмотреть два диффузионных уравнения. Решения второго из них дает возможность получить необходимые для практического использования зависимости  $N(x,t) = f(T,t)$ . Эти зависимости представляют собой результат диффузии – примесный профиль, распределение продиффундировавшего вещества по глубине твердого тела, в которое проходила диффузия. Знание вида профиля дает возможность рассчитать электрические характеристики прибора, в котором эта примесь с полученным распределением работает.

При изучении материала о диффузии следует обратить внимание на следующие факторы:

- скорость диффузии определяется коэффициентом диффузии;
- значение коэффициента диффузии,  $a$ , значит, и скорость процесса экспоненциально увеличивается с повышением температуры;
- те процессы, скорость которых была более или менее ощутима при температуре, например,  $1000^{\circ}\text{C}$ , становятся незаметными (по скорости) при комнатной температуре и наоборот;
- существуют «быстрые» и «медленные» примеси, т.к. у одних примесей коэффициент диффузии больше, чем у других;
- те распределения примесей, которые мы получили при высоких температурах, приводят материал (полупроводник) в неравновесное состояние, которое «замораживается» при переходе к комнатным температурам.

Следует отметить, что решения второго диффузионного уравнения, которые мы получили обязаны исключительно тому, что мы сделали допущение о независимости коэффициента диффузии от концентрации примеси.

Наконец, следует найти ответ на второй заданный вопрос. Диффузия постороннего вещества в твердом теле возможна только благодаря наличию в твердом теле термодинамически равновесных точечных дефектов.

В конспекте лекций даются ответы на все поставленные далее вопросы.

Опрос и расчетные задачи № 10.

1. Что такое диффузия в твердом теле?
2. Почему происходит диффузия?
3. Как в твердом теле осуществляются процессы переноса?
4. Какие допущения используются при решении диффузионного уравнения?
5. Какая величина определяет скорость диффузии?
6. В каких случаях используется модель диффузии из концентрационного порога?
7. Что такое диффузионная длина, ее физический смысл?
8. В каких случаях используется модель диффузии из бесконечного источника?
9. Как можно эффективно управлять поверхностной концентрацией примеси?
10. Почему возникает необходимость управления поверхностной концентрацией примеси?
11. Каким путем создаются тонкие источники примеси в структурах?

#### **A11. Основы процессов ионной имплантации**

Теория процессов ионного легирования основана на весьма абстрактной теории рассеяния движущихся частиц атомами аморфной мишени. При изучении материалов раздела следует повышенное внимание уделить теории ЛШШ и методике получения выражения для распределения примесных ионов в мишени. Изучение всех остальных аспектов данного раздела, обычно, не приводит к заметным затруднениям в восприятии.

Опрос и расчетные задачи № 11.

1. В чем преимущества ионного легирования перед диффузионным?
2. Что такое проецированная длина пробега иона в мишени?
3. Каков вид распределения примеси в аморфной мишени после ионного легирования?
4. Может ли после ионного легирования полупроводника в нем образоваться сразу два электронно-дырочных перехода?
5. Что такое доза аморфизации?
6. Каков физический смысл параметра распределения, который называется рассеянием?
7. К чему приводит наличие каналов в кристаллической решетке мишени?

8. Как избавиться от каналов в кристаллической решетке?
9. Зачем нужен высокотемпературный отжиг после ионного легирования?
10. Каковы приоритеты процессов восстановления кристаллической решетки и встраивания ионов примеси в решетку при отжиге?
11. Что происходит с примесным профилем при отжиге?
12. Как определяется распределение примеси в мишени после ионного легирования и отжига?