

примерный  
ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ

для подготовки к экзамену  
и самопроверки знаний по курсу

**«ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ,  
КОНСТРУИРОВАНИЯ  
И ТЕХНОЛОГИИ РЭС И ЭВС»**

**1. Структура материалов электронной техники**

- 1.1 Агрегатное состояние вещества.
- 1.2 Структура и строение кристаллов. Основные свойства кристаллических веществ.
- 1.3 Симметрия в твердых телах. Виды симметрии. Сингонии.
- 1.4 Кристаллические решетки. Решетки Браве. Основные виды решеток, характеристики.
- 1.5 Обозначение узлов, плоскостей и направлений в кристалле. Индексы Миллера. Формула Вульфа-Брэгга.
- 1.6 Дефекты структуры кристаллов. Классификация. Линейные, объемные, поверхностные дефекты и их влияние на физические свойства материалов.
- 1.7 Дислокации. Виды дислокаций, образование и их влияние на физические свойства материалов.
- 1.8 Точечные дефекты (по Шоттки, по Френкелю, примесные) и их влияние на физические свойства материалов.
- 1.9 Поверхностные и объемные дефекты

**2. Основы квантовой механики**

- 2.1 Соотношение де Бройля. Волна де Бройля. Физический смысл волны де Бройля
- 2.2 Волновой пакет. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

- 2.3 Волновые функции. Уравнение Шредингера. Применение уравнения Шредингера
- 2.4 Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
- 2.5 Поведение частицы в потенциальной яме. Линейный гармонический осциллятор.
- 2.6 Атом водорода. Минимальная энергия атома водорода. Квантовые числа.
- 2.7 Многоэлектронный атом. Волновые функции квантовых состояний. Заполнение электронами квантовых состояний. Принцип Паули.

### **3. Виды химической связи**

- 3.1 Ионная связь. Свойства ионных кристаллов.
- 3.2 Ковалентная связь. Особенности химической связи в полупроводниках.
- 3.3 Металлическая связь. Свойства металлов.
- 3.4 Молекулярная связь. Способ образования и свойства.

### **4. Зонная структура твердых тел**

- 4.1 Зоны Бриллюэна. Приведенные зоны Бриллюэна. Число уровней в энергетической зоне.
- 4.2 Квантование энергии электронов в кристалле и число уровней в зоне.
- 4.3 Эффективная масса электрона. Понятие о дырках.
- 4.4 Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной структуры.
- 4.5 Собственные и примесные полупроводники.
- 4.6 Статистические функции распределения вырожденных и невырожденных систем. Статистика носителей зарядов в твердых телах. Функции распределения Максвелла-Больцмана, Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Распределение Ферми-Дирака для металлов.
- 4.7 Плотность энергетических уровней в разрешенных зонах
- 4.8 Распределение электронов в металле.
- 4.9 Концентрация носителей в полупроводниках.
- 4.10 Положения уровня Ферми и концентрация носителей в собственном полупроводнике.
- 4.11 Положения уровня Ферми и концентрация носителей в легированных полупроводниках.

4.12 Явление сверхпроводимости. Теория Бардина-Купера-Шриффера. Сверхпроводящие материалы, классификация.

## **5. Тепловые свойства твердых тел**

5.1 Нормальные колебания. Фононы.

5.2 Теплоемкость. Теплоемкость электронного газа.

5.3 Тепловое расширение твердых тел.

5.4 Линейный коэффициент теплового расширения  $\alpha_x$ .

5.5 Число фононов в единице объема в зависимости от температуры.

5.6 Теплопроводность твердых тел. Решеточная теплопроводность. Электронная теплопроводность.

## **6. Электропроводность**

6.1 Равновесное и неравновесное состояние электронного газа.

6.2 Основные параметры токопереноса.

6.3 Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Область высоких температур  $T > 0^\circ\text{C}$ . Область низких температур  $T \ll 0^\circ\text{C}$

6.4 Электропроводность металлов и сплавов.

6.5 Электропроводность собственных полупроводников. Электропроводность легированных полупроводников.

6.6 Равновесные и неравновесные носители. Время жизни неравновесных носителей. Процессы рекомбинации.

6.7 Токоперенос в полупроводниках при наличии градиента концентрации. Законы диффузии Фика.

## **7. Поверхностные процессы и явления. Технологии обработки поверхностей**

7.1 Физико-химические основы поверхностных процессов. Адсорбционные процессы на поверхности твердых тел. Понятия адгезии и когезии. Факторы, влияющие на адгезию.

7.2 Электрофизические характеристики соприкасающихся поверхностей и границ раздела слоёв.

7.3 Поверхностные свойства полупроводников. Поверхностные состояния в полупроводниках. Быстрые и медленные состояния. Поверхностный слой объемного заряда для случаев образования обогащенных и обедненных слоев. Зонные диаграммы для p- и n-типов полупроводников при образовании обогащенных, обедненных и инверсных слоев.

7.4 Поверхностная рекомбинация. Скорость поверхностной рекомбинации. Эффект поля. Влияние поверхностного потенциала на поверхностную проводимость.

7.5 Физико-химические основы технологии обработки поверхностей. Процессы подготовки поверхности. Процессы очистки, промывки и пропитки поверхностей.

7.6 Травление поверхностей. Ионно-плазменные и плазмо-химические процессы. Диффузионные процессы. Ионная имплантация.

## **8. Оптические свойства твердых тел**

8.1 Оптические свойства металлов. Оптические свойства диэлектриков. Оптические явления в полупроводниках.

8.2 Фотоэлектрические явления. Внешний фотоэффект. Законы фотоэффекта. Внутренний фотоэффект.

8.3 Явление люминесценции. Виды люминесценции.

8.4 Лазеры. Принцип работы на примере рубинового лазера.

## **9. Диэлектрики**

9.1 Основные электрические характеристики диэлектриков.

9.2 Механизмы поляризации диэлектриков. Влияние частоты внешнего поля, температуры на процессы поляризации.

9.3 Токи проводимости (утечки). Токи смещения. Диэлектрические потери.

9.4 Электрическая прочность диэлектриков. Физико-механические свойства диэлектриков. Особенности свойств тонкопленочных диэлектриков. Микропробой и электрическая прочность тонких пленок.

9.5 Неорганические диэлектрические материалы. Классификация неорганических диэлектрических материалов. Основные свойства, получение, способы применения в деталях электронной техники.

9.6 Органические и полимерные диэлектрические материалы. Композиционные пластмассы. Состав, свойства, использование в изделиях электронной техники.

9.7 Активные диэлектрики. Сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики, пироэлектрики, электреты, жидкие кристаллы.

9.8 Классификация и свойства ЖК. Методы получения жидких кристаллов. Электрооптические эффекты жидких кристаллов. Строение, основные свойства, использование в электрических приборах.

9.9 Диэлектрики для микроэлектроники Основные требования, предъявляемые к диэлектрикам в микроэлектронике. Материалы тонкопленочных гибридных интегральных схем. Способы получения тонких диэлектрических пленок. Материалы для интегральных схем.

## 10. Полупроводниковые материалы, применение

10.1 Требования, предъявляемые к полупроводниковым материалам в современной электронной технике. Простые полупроводники. Германий, кремний, их основные свойства. Методы получения, очистка, применение.

10.2 Полупроводниковые соединения группы  $A^{III}B^V$ . Основные свойства соединений этой группы материалов.

10.3 Полупроводниковые соединения группы  $A^{II}B^{VI}$ . Основные свойства соединений этой группы материалов. Полупроводниковые соединения группы  $A^{IV}B^{IV}$ . Карбид кремния, его основные свойства, методы получения, применение в электронной технике.

10.4 Гетероструктуры.

## 11. Проводники

11.1 Классификация проводниковых материалов. Тугоплавкие, неметаллические, материалы высокой проводимости. Ионики, твёрдые электролиты. Требования к проводящим материалам.

11.2 Материалы высокого удельного сопротивления. Требования к резистивным материалам.

11.3 Проводниковые материалы в микроэлектронике. Основные требования, предъявляемые к проводящим материалам в микроэлектронике. Проводники тока, металлизация на основе этих материалов. Основные требования, предъявляемые к электродным материалам.

## 12. Сверхпроводимость материалов

12.1 Основные закономерности изменения физических свойств материалов при переходе в сверхпроводящее состояние. Теория Бардина-Купера-Шриффера (БКШ). Сверхпроводники первого и второго рода. Эффекты Джозефсона. Новые сверхпроводящие материалы, применение и перспективы

## **13. Контактные явления**

13.1 Классификация контактных явлений. Работа выхода. Термоэлектронная эмиссия. Контакт металл-металл. Контактная разность потенциалов. Выпрямление на контакте металл-металл.

13.2 Выпрямляющие и невыпрямляющие контакты металла с полупроводниками n- и p-типов проводимости. Энергетические диаграммы. ВАХ барьера Шоттки.

13.3 Электронно-дырочный переход. Классификация. Равновесное состояние электронно-дырочного перехода. Энергетическая диаграмма контакта. Выпрямляющие свойства p-n-перехода. Емкость p-n-перехода. Энергетические диаграммы. ВАХ p-n-перехода. Омический контакт двух полупроводников.

13.4 Гетеропереходы.

## **14. Методы выращивания кристаллов полупроводниковых веществ**

14.1 Классификация способов выращивания кристаллов полупроводниковых веществ.

14.2 Методы выращивания кристаллов полупроводниковых веществ из расплавов (растворов).

14.3 Методы выращивания кристаллов полупроводниковых веществ из паровой фазы.

## **15. Тонкие пленки в микроэлектронике**

15.1 Классификация, образование и структура тонких пленок. Процессы нанесения пленок на подложку из жидкой и твердой фазы. Эпитаксиальные процессы. Механизмы роста на ориентирующих и на неориентирующих подложках.

15.2 Физические свойства тонких пленок. Электропроводность тонких пленок.

## **16. Гальваномагнитные явления**

16.1 Гальваномагнитные явления: эффект Холла, эффект Эттингсгаузена, магниторезистивный эффект.

## **17. Магнитные свойства твердых тел. Магнитные материалы**

17.1 Основные магнитные характеристики материалов. Магнитные свойства атомов. Классификация магнитных материалов. Природа диа- и парамагнетизма. Ферро- и ан-

тиферромагнетизм. Механизмы намагничивания магнетиков в постоянном и переменных полях. Механизмы рассеяния энергии в ферромагнетиках при их перемангничивании. Магнитострикция. Ферромагнетизм. Цилиндрические магнитные домены. Эффект Фарадея.

17.2 Магнитомягкие материалы. Общая характеристика и требования, предъявляемые к этой группе материалов. Магнитомягкие высокочастотные материалы. Ферриты. Магнитодиэлектрики.

17.3 Магнитострикционные материалы.

17.4 Магнитотвердые материалы. Общая характеристика и требования, предъявляемые к этой группе материалов. Материалы для магнитной записи.

17.5 Магнитные материалы в микроэлектронике. Магнитные пленки. Гигантское магнетосопротивление. Материалы для устройств на цилиндрических магнитных доменах (ЦМД), их основные свойства.

## **18. Наноматериалы и наноэлектроника**

18.1 Размерные критерии. Основные явления в наноразмерных структурах. Основы нанотехнологий и формирования наноструктурированных материалов.

## **19. Деформация и напряжения в твердых телах**

19.1 Упругая и пластическая деформации кристаллов. Дислокационный механизм пластической деформации кристаллов.

19.2 Деформация поликристаллов. Механизм и кинетика процессов механического разрушения твёрдых те