

Оглавление

Билет 1.....	2
Билет 2.....	3
Билет 3.....	4
Билет 4.....	5
Билет 5.....	5
Билет 6.....	6
Билет 7.....	7
Билет 8.....	8
Билет 9.....	9
Билет 10.....	10
Билет 11.....	11
Билет 12.....	12
Билет 14.....	14

Билет 1

1.1 Основные положения электронной теории металлов.

Планетарная модель Резерфорда.

1. В центре атома находится положительно заряженное ядро, занимающее ничтожную часть пространства внутри атома.
2. Весь положительный заряд и почти вся масса атома сосредоточены в его ядре.
3. Вокруг ядра вращаются электроны. Их число равно положительному заряду ядра.

Эта модель оказалась очень наглядной и полезной для объяснения многих экспериментальных данных, но обнаружила и свои недостатки.

Модель Бора

1. Электрон может вращаться вокруг ядра не по произвольным, а только по строго определенным (стационарным) круговым орбитам.
2. При движении по этим орбитам электрон не излучает и не поглощает энергии.

Квантовая теория строения атома.

1. Электрон имеет двойственную (корпускулярно-волновую) природу. Он может вести себя и как частица, и как волна: подобно частице, электрон обладает определенной массой и зарядом; в то же время, движущийся поток электронов проявляет волновые свойства, например, характеризуется способностью к дифракции.
2. Для электрона невозможно одновременно точно измерить координату и скорость. Чем точнее мы измеряем скорость, тем больше неопределенность в координате, и наоборот.

Принцип неопределенности Гейзенберга

Электрон в атоме не движется по определенным траекториям, а может находиться в любой части около ядерного пространства, однако вероятность его нахождения в разных частях этого пространства неодинакова. Пространство вокруг ядра, в котором вероятность нахождения электрона более 90%, называют орбиталью.

1.2 Несовершенства и дефекты в кристаллах. Линейные дефекты.

Точечные дефекты, т.е. такие, размеры которых в трёх измерениях соизмеримы с размерами атомов. *Линейные дефекты* – размеры в двух направлениях соизмеримы с размерами атомов, а в одном с размерами кристалла. *Поверхностные дефекты* – размеры в одном направлении соизмеримы с размерами атомов, а в двух с размерами кристалла. *Объёмные дефекты* – размеры во всех трёх направлениях соизмеримы с размерами кристалла.

Линейные дефекты

Дислокация — граница области незавершенного сдвига в кристалле (Краевая, винтовая)

Зарождение дислокации Образование движения дислокации происходит в результате релаксации упругих макронапряжений.

Дисклинация — граница области незавершенного поворота в кристалле

1.3. Теплоемкость и энтальпия, основные определения.

Энтальпия — это потенциал термодинамический, характеризующий состояние термодинамической системы при выборе в качестве основных независимых переменных

энтропии S и давления p . $H = U + PV$; где: H - энтальпия; U – внутренняя энергия; P – давление; V - объем.

теплоемкость – это работа, которую необходимо затратить для того, чтобы изменить силы связи

в кристаллической решетке на определенную величину. $C_p = \frac{dQ}{dT} \frac{1}{m}$

Билет 2

2.1. Квантовая теория строения атома

Квантовая теория строения атома.

1. Электрон имеет двойственную (корпускулярно-волновую) природу. Он может вести себя и как частица, и как волна: подобно частице, электрон обладает определенной массой и зарядом; в то же время, движущийся поток электронов проявляет волновые свойства, например, характеризуется способностью к дифракции.
2. Для электрона невозможно одновременно точно измерить координату и скорость. Чем точнее мы измеряем скорость, тем больше неопределенность в координате, и наоборот.

2.2. Несовершенства и дефекты в кристаллах. Поверхностные дефекты

Точечные дефекты, т.е. такие, размеры которых в трёх измерениях соизмеримы с размерами атомов. *Линейные дефекты* – размеры в двух направлениях соизмеримы с размерами атомов, а в одном с размерами кристалла. *Поверхностные дефекты* – размеры в одном направлении соизмеримы с размерами атомов, а в двух с размерами кристалла. *Объёмные дефекты* – размеры во всех трёх направлениях соизмеримы с размерами кристалла.

Поверхностные дефекты

относятся различного рода границы раздела, которые делятся на две группы: межфазные и внутрифазные. Межфазные границы разделяют области, находящиеся в разном фазовом состоянии. Области внутрифазные в области контакта различно ориентированы у кристаллических решёток одной и той же фазы.

Если углы разориентации не велики, то границы называются малоугловыми или субграницами. Малоугловые границы формируются стенками дислокации. Если углы разориентации велики и превышают 10, то граница называется большеугловыми, а разделяемые ими область материала – кристаллитами или зёрнами. Материал, содержащий такие границы, является уже поликристаллическим.

2.3. Теплоемкость чистых металлов

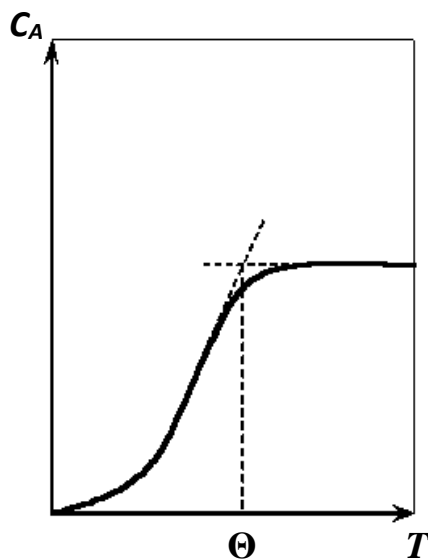


Рис. 7.1. Характер

температурной зависимости
атомной теплоемкости металлов:
штриховые линии — теория,
сплошная линия — эксперимент

теплоемкость – это работа, которую необходимо затратить для того, чтобы изменить силы связи в кристаллической решетке на определенную величину.

$$C_p = \frac{dQ}{dT} \frac{1}{m}$$

Температура Дебая Θ_D

Билет 3

3.1. Квантовые числа

l - называемым орбитальным квантовым числом. Он характеризует эксцентриситет орбиты электрона. Величина может принимать любые целые значения от 0 до $n-1$,

где n – главное квантовое число.

Есть еще m -коэффициент, называемый магнитным квантовым числом.

Он определяет пространственную ориентацию орбиты электрона. Величина m - может принимать любые целые значения от $-l$, до $+l$, включая 0.

где σ - спиновое квантовое число, соответствующее орбитальному квантовому числу в теории Шредингера. Число различных проекций момента количества движения на ось, совпадающую с направлением поля, равно $2\sigma+1$.

3.2. Твердые растворы внедрения.

В твердых растворах внедрения атомы растворимого элемента распределяются в кристаллической решетке металла-растворителя, занимая места между его атомами. Так как у металлов атомы в кристаллической решетке располагаются близко один к другому и пустоты между ними имеют малые размеры, разместиться в таких пустотах могут только атомы с очень малыми размерами (водород, азот, углерод, бор). Так как размер примесных атомов несколько превышает размер межатомных промежутков в кристаллической решетке металлов, решетка искажается и в ней возникают напряжения. При этом концентрация твердого раствора внедрения низкая: она редко превышает 1-2%.

3.3. Теплоемкость сплавов и соединений

молярная теплоемкость соединения равна сумме атомных теплоемкостей компонентов:

$$C_P = mC_1 + nC_2 \quad \text{где } m, n \text{ — мольные доли компонентов.}$$

Билет 4

4.1. Спин электронное строение многоэлектронного атома

Принцип минимальной энергии: электроны в невозбужденном атоме распределяются по орбиталям таким образом, чтобы суммарная энергия атома была минимальной.

Правило В. Клечковского. Увеличение энергии и соответственно заполнение орбиталей происходит в порядке возрастания суммы квантовых чисел

Принцип запрета Паули: на одной атомной орбитали (в одной квантовой ячейке) не может быть более двух электронов,

Правило Гунда (Хунда): при наличии нескольких пустых или наполовину заполненных ячеек данного подуровня электроны занимают максимально возможное число пустых ячеек.

4.2. Твердые растворы замещения

В твердых растворах замещения атомы растворимого элемента занимают места атомов основного металла. Замещение осуществляется в случайных местах, поэтому такие растворы называют неупорядоченными твердыми растворами. Размеры атомов растворимого элемента всегда отличаются от размеров атома растворителя (они больше или меньше), поэтому при образовании твердого раствора замещения кристаллическая решетка металла-растворителя немного искажается, не утрачивая при этом своего основного строения.

При *неограниченной растворимости* компонентов кристаллическая решетка компонента растворителя по мере увеличения концентрации растворенного компонента плавно переходит в кристаллическую решетку растворенного компонента. При *ограниченной растворимости* компонентов возможна концентрация растворенного вещества до определенного предела. При дальнейшем увеличении концентрации однородный твердый раствор распадается с образованием двухфазной смеси.

4.3. Изменение теплоемкости при фазовых и структурных превращениях

Плавное изменение теплосодержания Q с температурой нарушается при обратимых фазовых превращениях. Скачкообразное изменение соответствует превращениям I рода, относительно плавное изменение соответствует превращениям II рода (Q при этом изменяется непрерывно). При превращениях I рода в какой-либо фазе возникают зародыши новой фазы, которая растет за счет нее. При превращениях II рода фаза постепенно превращается в другую фазу без образования зародышей.

Билет 5

5.1. Принцип неопределенности Гейзенберга.

Принцип неопределенности Гейзенберга

Электрон в атоме не движется по определенным траекториям, а может находиться в любой части около ядерного пространства, однако вероятность его нахождения в разных частях этого пространства неодинакова. Пространство вокруг ядра, в котором вероятность нахождения электрона более 90%, называют орбиталью.

5.2. Твердые растворы вычитания

Твердые растворы вычитания (их иногда называют растворами с дефектной решеткой) образуются на основе некоторых химических соединений, когда к этому химическому соединению добавляется один из входящих в его формулу элементов (растворимое). Атомы этого элемента занимают нормальные положения в решетке соединения, а места, где должны были бы находиться атомы второго компонента, оказываются незаполненными, пустыми. Твердые растворы вычитания образуются, например, при сплавлении химического соединения карбида титана TiC с титаном, при окислении железа, когда соединение FeO растворяет кислород (вакантные места части атомов Fe) и т. п.

5.3. Методы калориметрического и термического анализов

Классический метод определения теплоемкости — это прямой адиабатический метод.

Теплоемкость C_p можно определить по формуле:

$$Q = mC_p(T - T_K)$$
 где Q — теплота, перешедшая от нагретого образца к рабочей жидкости калориметра; m — масса образца; T и T_K — температура образца перед погружением и конечная температура образца в калориметре.

метод электрического нагревания - методом определения теплоемкости при низких и средних температурах.

импульсный метод, применяемый для сравнительно невысоких температур. Особенностью этого метода является очень малая продолжительность опыта

Билет 6

6.1. Квантовая теория атома водорода.

Решение уравнения Шредингера для атома водорода показывает также, что вращательный момент импульса электрона имеет ряд дискретных значений, и определяется коэффициентом:

l - называемым **орбитальным** квантовым числом.

Он характеризует эксцентриситет орбиты электрона. Величина может принимать любые целые значения от 0 до $n-1$,

где n — **n -главное** квантовое число.

Есть еще m -коэффициент, называемый **магнитным** квантовым числом.

Он определяет пространственную ориентацию орбиты электрона. Величина m - может принимать любые целые значения от $-l$, до $+l$, включая 0.

Все линии спектра водорода оказались состоящими из двух отдельных близко расположенных линий. Для объяснения этого явления, была

высказана гипотеза о наличии у электрона собственного момента количества движения или «спина». Подобно орбитальному моменту импульса спин электрона и его проекция на ось, совпадающую с направлением внешнего магнитного поля, должны быть квантованы. В квантовой механике доказывается, что спин электрона должен быть квантован по закону

где σ - **σ -спиновое** квантовое число, соответствующее орбитальному квантовому числу в теории Шредингера. Число различных проекций момента количества движения на ось, совпадающую с направлением поля, равно $2\sigma+1$. Откуда $\sigma=1/2$.

6.2. Расплавленные металлы и сплавы

Металлы с плотной кубической или гексагональной упаковкой атомов (Al, Au, Pb, Cd, Zn и др.) плавятся с сохранением типа упаковки атомов и характера межатомных связей. Значение первого *координационного числа* при этом уменьшается при повышении температуры расплава.

(Для металлов характерно координационное число=12, для полупроводниковых кристаллов координационное число равно 4 или 6.

Для жидкостей координационное число определяется статистически как среднее число ближайших соседей любого атома. По степени близости координационного числа жидкости к координационному числу кристалла судят о квазикристалличности жидкости.)

Вязкость жидких металлов в непосредственной близости к $T_{пл}$ аномально высока

6.3. Теплопроводность, основные определения и зависимости

Величина теплопроводности характеризует способность тела передавать тепловую энергию от одной его точки к другой, если между ними возникает разница температур.

В течение промежутка времени τ пройдет тем большее количество теплоты Q , чем меньше l , чем больше площадь S , чем больше разность $t_1 - t_2$ и чем больше τ :

$$Q = \lambda \cdot S \cdot \tau (t_1 - t_2) / l.$$

С физической точки зрения, явление теплопроводности представляет собой перенос кинетической энергии в металлах двумя типами носителей: электронами проводимости и колебаниями кристаллической решетки (фононами). Соответственно различают электронную ($\lambda_{эл.}$) и решеточную ($\lambda_{реш.}$) составляющие теплопроводности. Решеточная теплопроводность в металлах, примерно в 30 раз меньше по сравнению с электронной.

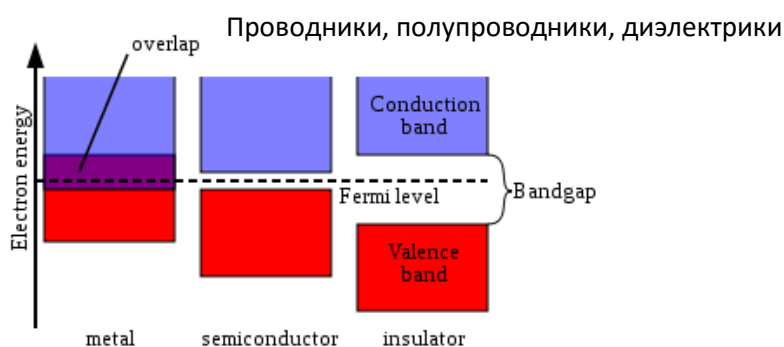
Билет 7

7.1. Зонная теория металлов

электронный уровень в атомах расщепляется на ряд близких подуровней, объединенных в *энергетическую полосу* или *зону*. нижний слой, в котором имеются свободно перемещающиеся электроны, принято называть *зоной проводимости*

В основе зонной теории лежат следующие главные приближения:

1. Твёрдое тело представляет собой идеально периодический кристалл.
2. Равновесные положения узлов кристаллической решётки фиксированы, то есть ядра атомов считаются неподвижными (адиабатическое приближение).
3. Малые колебания атомов вокруг равновесных положений, которые могут быть описаны как фононы, вводятся впоследствии как возмущение электронного энергетического спектра.



7.2. Аморфные материалы

при сверхвысоких скоростях охлаждения из жидкого состояния ($> 10^6$ °C/с) диффузионные процессы настолько замедляются, что подавляется образование зародышей и рост кристаллов, жидкость сохраняется не превращенной, не закристаллизовавшейся. В этом случае при затвердевании образуется аморфная структура. Материалы с такой структурой получили название **аморфные сплавы или металлические стекла**.

7.3. Теплопроводность металлов

Абсолютное значение теплопроводности весьма чувствительно к макронапряжениям, дефектам решетки, содержанию примесей, пор, пустот, микротрещин и других дефектов. Теплопроводность металлов, как и электропроводность, меняется под действием внешнего магнитного поля

Резкое изменение теплопроводности происходит при переходе металла в сверхпроводящее состояние. Теплопроводность изменяется при изменении химического состава и фазового состояния сплава по тем же законам, что и электропроводность

Билет 8

8.1. Проводники, изоляторы и полупроводники

- *проводники* — зона проводимости и валентная зона перекрываются, образуя одну зону, называемую *зоной активной проводимости*, таким образом, электрон может свободно перемещаться между ними, получив любую допустимо малую энергию. Таким образом, при приложении к телу разности потенциалов, электроны свободно движутся из точки с меньшим потенциалом в точку с большим, образуя электрический ток. К проводникам относят все металлы;
- *полупроводники* — зоны не перекрываются, и расстояние между ними (ширина запрещенной зоны) составляет менее 3,5 эВ.
- *диэлектрики* — зоны, как и у полупроводников не перекрываются, и расстояние между ними составляет, условно, более 3,5 эВ. Таким образом, для того, чтобы перевести электрон из валентной зоны в зону проводимости требуется значительная энергия (температура), поэтому диэлектрики ток при невысоких температурах практически не проводят.

8.2. Микроскопическая (атомная) теория диффузии

атомных механизмов диффузии для двумерной решетки:

- *вакансионный* механизм;
- *межузельный* механизм;
- механизм непрямого перемещения межузельной конфигурации (*эстафетный* механизм);
- *краудионный* механизм

Каждому механизму диффузии соответствует определенная энергия активации. Перемещение при *краудионном* механизме диффузии, подобно распространению волны: каждый атом смещается на малую величину, а возмущение распространяется быстро. приобретают достаточную энергию для того, чтобы удалиться от указанного положения в узле решетки, и становятся межузельными атомами, оставляя в решетке вакансию (*вакансионный*). Механизм диффузии, при котором атом переходит из одного положения в другое, не попадая при этом в узлы кристаллической решетки, называется *механизмом прямого перемещения атомов по междоузлиям*

в сплавах различают диффузию

- при наличии градиента концентрации - это химическая диффузия (взаимная *диффузия*)
- диффузию при отсутствии градиента концентрации - это *самодиффузия*

8.3. Теплопроводность сплавов

При изменении химического состава и фазового состояния сплава теплопроводность изменяется по тем же законам, что и электропроводность. С ростом величины зерна теплопроводность возрастает

При нагревании до A_{c1} (727 °C) теплопроводность всех сталей перлитного класса понижается. Выше 727 °C температурный коэффициент теплопроводности становится положительным. Это объясняется появлением аустенита. Аустенит — это твердый раствор, теплопроводность которого ниже, чем у гетерогенной смеси — эвтектики. Теплопроводность аустенитных сталей при нагревании повышается

Теплопроводность деформированных сплавов всегда несколько выше, чем литых того же состава, что объясняется уплотнением сплава при прокатке.

Билет 9

9.1. Межатомные силы связи

1. ионные (Здесь соединяемые вещества представляют собой электрически заряженные частицы - ионы, образуемые из атомов отщеплением электронов (положительные ионы), например Na^+ , Ca^{++} , или присоединением лишних (отрицательные ионы), например Cl^- , O^- . Разноименные ионы притягиваются электрическими кулоновскими силами, меняющимися обратно пропорционально квадрату расстояния между зарядами.);
2. ковалентные (Сущность ковалентной связи состоит в том, что сближающиеся атомы заставляют спаренные электроны двигаться между атомными ядрами по общей орбите, что дает значительный выигрыш в энергии. Ввиду неразличимости электронов, они периодически обмениваются местами на орбите, создавая значительные обменные силы, сближающие атомы.);
3. металлические (Здесь все «свободные» электроны связываются в общих орбитах, пересекающих весь объем металла, а все положительные ионы срastaются в неподвижную кристаллическую решетку металла. Огромные положительные заряды ионов решетки экранируются облаком электронов, образующих *электронный газ*, заполняющий весь объем металла.);
4. молекулярные (Молекулярные связи, создаются силами Ван-дер-Ваальса. Все частицы - атомы, ионы и молекулы - испытывают слабое взаимное притяжение под действием этих сил.)

9.2. Феноменологическая (макроскопическая) теория диффузии

Первый закон Фика гласит, что диффузионный поток J пропорционален градиенту концентрации $grad\ c$ с коэффициентом пропорциональности, равном коэффициенту диффузии D . Для одномерной диффузии, когда концентрация изменяется только вдоль одного определенного направления x , первый закон Фика записывается в виде:

$$J = -D \frac{\partial c}{\partial x} .$$

Отрицательный знак в выражении указывает, что поток направлен в сторону, противоположную градиенту концентрации.

Второй закон Фика описывает нестационарную ситуацию, когда диффузионный поток и концентрация меняется во времени. Для одномерного случая он записывается как:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial c}{\partial x} \right) .$$

9.3. Стационарные методы измерения теплопроводности

Стационарные методы делятся на абсолютные, относительные и косвенные.

Абсолютные методы - При низких (ниже нуля) и средних температурах применяется метод, в котором с одного конца испытуемому стержню передается электронагреванием определенное количество энергии P , в то время как температура другого конца стержня поддерживается постоянной.

При хорошей теплоизоляции можно считать, что через любое сечение S стержня передается вся энергия P . Разность температур $(T_1 - T_2)$ между двумя сечениями на расстоянии l измеряется простыми (или дифференциальными) термомпарами. λ определяется следующим образом:

$$\lambda = P \cdot \frac{l}{S} (T_1 - T_2) \quad (5.9)$$

λ относится к средней температуре $(T_1 + T_2) / 2$.

При средних температурах испытуемый стержень помещают между нагревающей баней и водяным калориметром, который служит холодильником. По нагреванию воды в холодильнике судят о количестве теплоты Q , прошедшей за определенный промежуток времени τ по стержню. Определяя ΔT на расстоянии l и зная S , рассчитывают Q и λ :

$$Q = \lambda S (T_1 - T_2) \frac{\tau}{l} ; \quad \lambda = \frac{Ql}{S\tau(T_1 - T_2)} , \quad (5.10)$$

Относительные методы Суть методов заключается в том, что теплопроводность образца сравнивается с теплопроводностью эталона. Методы применяются при низких и средних температурах, когда нет лучеиспускания.

Косвенные методы методом определения количества теплоты, проходящей по образцу, является измерение электрической энергии, расходуемой на его нагревание со стороны нагревателя. Нагреватель (элемент сопротивления) нужно помещать внутрь образца. Тепловые потери учитывают предварительно градуировочным экспериментом.

Билет 10

10.1. Кристаллическая решетка металлов

Отличительной особенностью кристаллических тел является то, что составляющие их атомы расположены в строго определенном порядке и образуют так называемую *пространственную кристаллическую решетку*. Кристаллические решетки в металлах могут быть разных типов. ОЦК (хром, ванадий, вольфрам, молибден альфа-железо), ГЦК (Алюминий, медь, свинец, никель, серебро, гамма-железо) в кубической сингонии. ГПУ (цинк, титан, марганец) и тетрагональная - в средней.

Структура, для которой характерно регулярное расположение частиц с периодической повторяемостью в трех измерениях, называется **кристаллической решеткой**. Точки, в которых расположены частицы, а точнее — точки, относительно которых частицы совершают колебания, называются **узлами кристаллической решетки**.

10.2. Факторы, влияющие на коэффициент диффузии.

1. Температура процесса.
2. Концентрация диффундирующей примеси.
3. Концентрация фоновой примеси (В общем случае *увеличение концентрации фоновой примеси увеличивает величину коэффициента диффузии*, при этом обычно несколько уменьшается и величина ΔE - энергия активации диффузии.)
4. Атмосфера, в которой ведется диффузия примеси.
5. Механические напряжения и сопутствующая им повышенная концентрация дислокаций. Вдоль дислокаций диффузия примеси идет во много раз быстрее, чем в бездефектном материале.
6. Ориентация кристалла.

10.3. Природа термического расширения металлов и основные задачи дилатометрии

Термическое расширение металлов и сплавов является следствием асимметрии сил притяжения и отталкивания между атомами кристаллической решетки в процессе колебания. При повышении температуры, увеличивается энергия колебаний атомов, асимметрия сил отталкивания и притяжения возрастает и при этом увеличивается смещение атомов относительно друг друга.

Размеры тела (образца) меняются также в связи с фазовыми превращениями, полиморфизмом, распадом пересыщенных твердых растворов и др.

Две основные задачи *дилатометрии*:

- определение коэффициентов, характеризующих тепловое расширение при различных температурах;
- исследование превращений в материалах в процессе их нагрева, охлаждения, а также при изотермических выдержках.

Билет 11

11.1. Анизотропия твердых тел.

Анизотропность - зависимость физических свойств — упругих, механических, тепловых, электрических, магнитных, оптических — от направления, в котором проводятся измерения.

Анизотропия монокристаллов объясняется тем, что в кристаллической решетке различно число частиц, приходящихся на одинаковые по длине, но разные по направлению отрезки

В поликристаллах анизотропия наблюдается только для отдельных мелких кристалликов, но их различная ориентация приводит к тому, что свойства поликристалла по всем направлениям в среднем одинаковы.

11.2. Методы измерения коэффициента диффузии

методы изучения диффузионных процессов, основанные на использовании радиоактивных изотопов (масс-спектроскопия вторичных ионов)

К полупроводниковым методам относятся метод электронно-дырочного перехода, метод фото-э.д.с., метод электропроводности и емкостный метод (Эти методы основаны главным образом на

исследовании изменений электрических свойств в различных частях полупроводникового образца, обусловленных проникновением туда диффундирующих атомов.)

Метод электронно-дырочного перехода (исследуя скорость перемещения границы электроннодырочного перехода в зависимости от температуры и времени диффузионного отжига, можно по полученным данным вычислить коэффициент диффузии)

Метод внутреннего трения (Раствор исследуемого вещества приводят в соприкосновение с чистым растворителем, соблюдая все меры предосторожности, чтобы получить резкую границу между ними. Тщательно оберегая систему от сотрясений и возникновения, периодически определяют распределение концентрации по длине цилиндрической трубки.)

Рентгенографический метод измерения коэффициента объемной диффузии в поликристаллических веществах (Если на поверхность из материала, в котором исследуется диффузия, нанести тонкий слой диффузанта и провести диффузию, то методами рентгеновского анализа по смещениям края дифракционной линии можно определить поверхностную концентрацию диффундирующего вещества.)

11.3. Коэффициенты теплового расширения

Коэффициент теплового расширения α выражает относительное изменение линейных размеров или объема тела при изменении температуры на один градус.

$l_2 = l_1 [1 + \alpha \cdot (T_2 - T_1)]$, где l_1 и l_2 — длины стержня при температуре T_1 и T_2 ; α — средний коэффициент расширения.

$$\beta = \frac{dV}{dT} \frac{1}{V},$$

коэффициент объемного расширения:

Коэффициенты термического расширения являются периодической функцией порядкового номера элементов в периодической системе. Только в подгруппе 1A (Li, Na, R, Rb, Cs, Fr) α увеличивается при увеличении атомного номера элемента. Во всех других A-подгруппах α с ростом атомного номера уменьшается

Билет 12

12.1. Моно- и поликристаллы

Монокристаллы — твердые тела, частицы которых образуют единую кристаллическую решетку

большинство твердых тел имеет мелкокристаллическую структуру, т. е. состоит из множества беспорядочно ориентированных мелких кристаллических зерен. Такие твердые тела называются **поликристаллами**

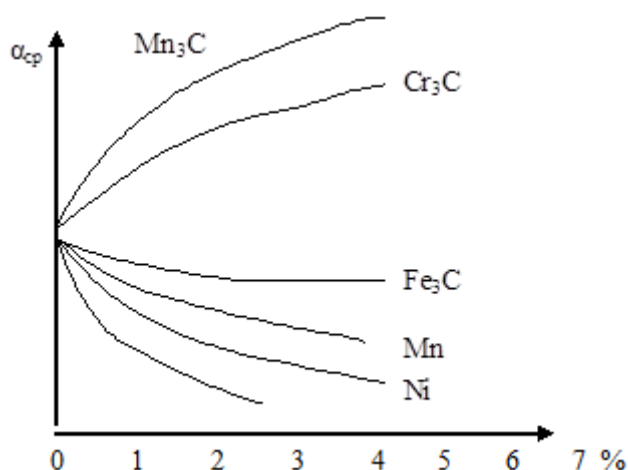
12.2. Масс-спектропия вторичных ионов

методы изучения диффузионных процессов, основанные на использовании радиоактивных изотопов. Им присуща высокая чувствительность, универсальность и сравнительная простота. В настоящее время *наиболее перспективным методом измерения диффузионных профилей является масс-спектропия вторичных ионов (МСВИ).*

обеспечивает измерение низкой концентрации примесей, обладает высоким разрешением по глубине (несколько нанометров), универсальностью.

12.3. Термическое расширение сплавов

цементит и легирующие примеси, растворенные в феррите, понижают ТКЛР, карбиды легирующих примесей – повышают его.



Магнитное взаимодействие в ферро- и антиферромагнитных металлах, сплавах и соединениях дает значительный вклад в термическое расширение, иногда превышающий расширение вследствие колебаний решетки и возбуждения электронов. Особенно значителен этот вклад у железоникелевых сплавов, содержащих 30-40%Ni. Такие сплавы носят название *инваров*.

Билет 13

13.1. Явление полиморфизма

Полиморфизм - это такое явление, когда материал в одном интервале температур или давлений имеет одну кристаллическую структуру, а в других интервалах – другую.

полиморфизм олова. При температурах ниже -30°C белое и пластичное β -олово (β -Sn) превращается в свою α -модификацию, т.е. в α -Sn, которое является серым порошком.

до 911°C , называют α -железом (ОЦК). от 911 до 1392°C железо имеет ГЦК-структуру. γ -Fe

13.2. Полупроводниковые методы измерения коэффициента диффузии

К полупроводниковым методам относятся *метод электронно-дырочного перехода, метод фото-э.д.с., метод электропроводности и емкостный метод*. Эти методы основаны главным образом на исследовании изменений электрических свойств в различных частях полупроводникового образца, обусловленных проникновением туда диффундирующих атомов.

Только для материалов высокой химической чистоты. Диффундирующее вещество должно быть электрически активной примесью и оказывать влияние на электрические свойства исследуемого полупроводника.

13.3. Прямые методы определения коэффициентов термического расширения

- методы непосредственного определения коэффициентов расширения

Метод компаратора.

Расширение или сжатие образца измеряют с помощью микрометрических микроскопов, установленных горизонтально на подвижном компараторе.

Интерференционный метод

Интерференционный метод основан на интерференции света в зазоре между двумя параллельными отражающими поверхностями.

Образец представляет собой малое (до 2 мм толщиной) кольцо, у которого плоские стороны параллельны и хорошо отполированы, на них кладут полированные кварцевые пластины. При нагреве всей сборки изменяется зазор между внутренними поверхностями кварцевых пластин. При этом интерференционные полосы смещаются пропорционально изменению зазора.

Наблюдение за смещением полос ведут через юстировочную трубу визуально. Источником света является ртутная лампа.

Рентгеновский метод

Основан на связи изменения параметров кристаллической решетки с изменением макроразмеров. Определяем относительное изменение параметров кристаллической решетки, с точностью $0,0001 \text{ \AA}$ (т. е. 1–2 %).

На дифрактометрах с высокотемпературными или низкотемпературными приставками (УНТР или УВТР) определяют параметр (a) при t_1, t_2, \dots, t_n и в интервале t_1-t_2 рассчитывают: Δa

Билет 14

14.1. несовершенства и дефекты в кристаллах. Точечные дефекты.

Точечные дефекты, т.е. такие, размеры которых в трёх измерениях соизмеримы с размерами атомов. *вакансии, междоузельные атомы, атомы-доноры, вакансии акцептора, электроны и дырки*

Если размеры примесных атомов отличаются от размеров основного атома не более чем на 10–15%, то он может замещать основной атом. Это так называемые *примесные атомы замещения*.

В полупроводниковых и ионных кристаллах точечные дефекты приводят к изменению распределения электрических зарядов, и поэтому являются электрически активными центрами.

14.2. Диффузионная металлизация

Диффузионная металлизация – процесс диффузионного насыщения поверхности изделий металлами или металлоидами. Диффузионное насыщение проводят в порошкообразной смеси, газовой среде или расплавленном металле (если металл имеет низкую температуру плавления).

бором для повышения твердости, коррозионной стойкости, износостойкости проводят путем электролиза в расплавленной соли бора.

хромом проводят в порошкообразных смесях хрома или феррохрома с добавками хромистого аммония (1 %) и окиси алюминия (49 %) при температуре 1000...1050 °С с выдержкой 6...12 ч. Хромирование применяют для деталей, которые работают на износ в пароводяных и агрессивных средах (арматура, вентили). При хромировании изделий из малоуглеродистых сталей твердость повышается и приобретает хорошая коррозионная стойкость.

алюминием, проводят в порошкообразных смесях алюминия или в расплавленном алюминии. Цель – получение **высокой жаростойкости поверхности стальных деталей**. Алитирование проводят в твердых и жидких средах.

кремнием проводят в газовой атмосфере. Насыщенный кремнием слой стальной детали имеет не очень высокую твердость, но **высокую коррозионную стойкость и повышенную износостойкость в морской воде, азотной, соляной в серной кислотах**. Силицированные детали применяют в химической, целлюлозно-бумажной и нефтяной промышленности. Для **повышения жаростойкости** силицирование применяют для изделий из сплавов на основе молибдена и вольфрама, обладающих высокой жаропрочностью.

14.3. Относительные методы определения коэффициентов термического расширения. Дилатометрия

Относительные методы основаны на сравнении теплового расширения образца с тепловым расширением эталона, с известным и постоянным ТКЛР.

Основной метод — «метод трубки», т. е. идет сравнение с тепловым расширением трубки (обычно плавленный кварц), в которую помещается образец. Общий недостаток: ограничена температура исследования — до 1100 °С — (температура превращения кварца в кристобалит).