

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Пензенский государственный университет»

Факультет приборостроения, информационных технологий и
электроники

Кафедра «Физика»

Курсовая работа по дисциплине:

«Основы кристаллофизики »

на тему: «Структура реальных кристаллов. Частично упорядоченные и аморфные
структуры»

Выполнил: ст. гр. 14ПФ1

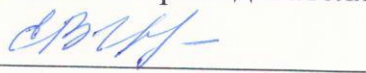
Мичалин А.П.

Проверил: к.ф.-м.н.

Грозная Е.В.

Принято к защите 11.12.17 

Дата, подпись преподавателя

Оценка удов 

Оценка, подпись преподавателя

Пенза, 2017 год

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет»
Факультет приборостроения, информационных технологий и
электроники
Кафедра «Физика»

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой



М.Б.Семенов

(подпись, инициалы, фамилия)

«11» декабря 2017г.

ЗАДАНИЕ

по курсовой работе студента

Мичалин Артем Петрович

по дисциплине «Кристаллофизика»

Группа 14ПФ1

1.Тема работы: Структура реальных кристаллов. Частично упорядоченные и аморфные структуры.

2.Руководитель: к.ф.-м.н доцент кафедры Грозная Е. В.

3.Срок сдачи студентом законченной работы 11.12.2017

4.Перечень подлежащих разработке вопросов:

- Отличие реальных от идеальных кристаллов
- Основные характеристики реальных кристаллов
- Особенности аморфно-кристаллической структуры

Подпись студента



Подпись преподавателя



Содержание

Введение.....	3
1 Отличие реальных от идеальных кристаллов.....	4
2 Понятие реального кристалла.....	7
2.1 Плотнейшие упаковки.....	8
2.2 Основные характеристики реальных кристаллов.....	11
2.3 Дефекты в реальных кристаллах.....	12
3 Частично упорядоченные структуры.....	15
4 Аморфные структуры.....	17
4.1 Аморфно-кристаллическая структура.....	20
Заключение.....	23
Список используемых источников.....	25

Введение

Целью данной курсовой работы является ознакомление с понятием «реальный кристалл». Основная задача: рассмотрение реальных кристаллов в мире природных тел с определённым химическим составом и кристаллической структурой, образующихся в результате природных физико-химических процессов и обладающих определёнными физическими, механическими и химическими свойствами. Так же рассмотрение таких понятий как частично упорядоченные и аморфные структуры .

Кристаллические тела являются одной из разновидностей минералов.

Кристаллическими называют твердые тела, физические свойства которых не одинаковы в различных направлениях, но совпадают в параллельных направлениях.

Семейство кристаллических тел состоит из двух групп — монокристаллов и поликристаллов. Первые иногда обладают геометрически правильной внешней формой, а вторые, подобно аморфным телам, не имеют присущей данному веществу определенной формы. Но в отличие от аморфных тел структура поликристаллов неоднородна, зерниста. Они представляют собой совокупность сросшихся друг с другом хаотически ориентированных маленьких кристаллов - кристаллитов. Поликристаллическую структуру чугуна, например, можно обнаружить, если рассмотреть с помощью лупы образец на изломе.

По размерам кристаллы бывают различными. Многие из них можно увидеть только в микроскоп. Но встречаются гигантские кристаллы массой в несколько тонн.

1 Отличие реальных от идеальных кристаллов

В кристаллографии разделяют понятия о кристалле идеальном и кристалле реальном. Идеальный кристалл - это отвлечённый математический объект, обладающий всей полнотой симметрии, обусловленной симметрией его кристаллической структуры и как следствие - идеальной формой. В отличие от идеального, реальный кристалл всегда имеет пониженную симметрию вследствие наличия разных внутренних дефектов и воздействий со стороны внешней среды. Так, согласно универсальному принципу симметрии П.Кюри, при росте реального кристалла сохраняются только те элементы его внутренней симметрии, которые совпадают с симметрией среды кристаллизации.

Реальным граням кристалла могут соответствовать лишь те плоскости кристаллической решётки, которые имеют наибольшую ретикулярную плотность, т.е. на которых на единицу площади приходится наибольшее число составляющих её частиц (атомов, ионов). Поскольку таких плоских сеток в структурах не бывает много, кристаллы имеют ограничения в отношении числа возможных граней.

Рост кристалла начинается с образования "зародышей", после чего при длительном равномерном поступлении вещества формируются гранные кристаллические формы. Основное условие зарождения - переохлаждение или перенасыщение. Зарождение кристаллов может идти самостоятельно. Но иногда для роста кристаллов достаточным бывает наличие мельчайших кристалликов самого кристаллизующего вещества или близких к нему по строению частиц других твердых веществ. При большой скорости образования центров кристаллизации возникает много мелких кристаллов, при малом количестве центров возникают крупные кристаллы. Рост кристаллов может происходить в насыщенном растворе, расплаве, газообразной или твёрдой среде в основном за счёт новых слоёв вещества, откладывающихся на гранях кристаллического многогранника. Согласно

теории совершенного роста идеального кристалла новые частицы присоединяются к растущему кристаллу так, чтобы при этом выделялось наибольшее количество энергии. С наибольшей долей вероятности такие частицы будут притягиваться во входящие углы. Соответственно на кристалле не должно образовываться нового слоя до тех пор, пока растущий слой целиком не покроет грани кристалла. В итоге возникает идеально образованный кристалл в виде выпуклого многогранника с плоскими гранями.

Если кристалл вырос в неравновесных условиях и не имеет в силу этого правильной огранки, или утратил её в результате тех или иных внешних причин (природные и иные повреждения, ювелирная обработка и т. п.), он тем не менее сохраняет основной признак кристаллического состояния - внутреннюю решётчатую атомную структуру и все определяемые ею физические и внешние свойства. Этим объясняется способность осколков кристалла (или его фрагментов любой неправильной внешней формы) при попадании в благоприятную для кристаллизации данного вещества среду покрываться новыми гранями и дорастать до более или менее правильного многогранника с соответствующей симметрией. Это явление известно под названием регенерация.

Регенерация - зарастание поверхностей скола и иных повреждений на кристаллах. При регенерации зарастание начинается во многих точках поверхности и в начале процесса получается многоглавый рост, причем сначала возникают грани, наиболее близкие по положению (насколько это допускает кристаллическая структура) к сколу. Затем эти грани последовательно заменяются другими, стремящимися к равновесной форме; головки новообразований постепенно сливаются и в результате может получиться одна новая грань или вершина кристалла. Способность к такому "самозалечиванию" в каком-то смысле, пусть и формально, но роднит кристаллы с живыми организмами. Ведь любой кристалл, получивший те или

иные повреждения, будет "пытаться" при наличии благоприятных к тому внешних условий к восстановлению утраченной формы насколько возможно, к избавлению от дефектов и повреждений.

Все реальные кристаллы, встречаемые в природе, являются геометрическими многогранниками и представляют собой либо так называемые "простые кристаллографические формы", либо их комбинации. Простая кристаллографическая форма - это совокупность одинаковых по форме и размерам граней, получаемых из одной исходной плоскости при помощи элементов симметрии. Например, с помощью оси симметрии 3-го порядка можно из одной плоскости получить тригональную призму; с помощью оси 4-го порядка - тетрагональную; с помощью оси 6-го порядка - гексагональную. Пересечения простых кристаллографических форм образуют прямые линии, называемые ребрами. Преобладание тех или иных простых кристаллографических форм определяет внешний облик и габиту c кристаллов.

При описании форм кристаллов различают простые формы и их комбинации. Так, если рассматривается кристалл, образованный гранями только одной простой формы, то принято говорить о простой форме кристалла (куб, октаэдр, ромбоэдр, скаленоэдр), если же в огранении кристалла участвуют две и более простые кристаллографические формы, то говорят о комбинационной форме кристалла (кубооктаэдр, скаленоромбоэдр).

Совокупности граней, обладающие одними и теми же свойствами симметрии принадлежат к одному сорту простых форм независимо от симметричных операций, с помощью которых они были выведены. Так, например, совокупность двух параллельных одинаковых граней, связанных элементами симметрии, всегда относится к пинакоиду.

Многообразие кристаллов не исчерпывается "гранными" простыми формами, т.е. свойственными выпуклым кристаллическим многогранникам с

плоскими гранями. Для описания кристаллических фигур, не имеющих хорошо выраженной многогранной формы (например, скелетный кристалл льда - снежинка) были выведены также вершинные и рёберные простые кристаллографические формы.

2 Понятие реального кристалла

Реальные кристаллы – это кристаллы, имеющие существенные нарушения или дефекты кристаллической решетки, которые образуются в результате изменения равновесных условий роста и захвата примесей при кристаллизации, а также под влиянием различного рода внешних воздействий.

Структуру кристалла можно представить как бесконечные симметричные ряды, сетки и решетки из периодически чередующихся материальных частиц (атомов). В реальных кристаллах закономерное расположение атомов всегда несколько нарушено из-за теплового движения, упругого искажения и ряда других причин. Однако пока не станем учитывать дефекты кристаллического строения, а будем считать, что кристалл является идеальным – в нем нет нарушений, все одинаковые частицы (атомы) расположены одинаковыми параллельными рядами. Иначе говоря, в идеальном (совершенном) кристалле в любом его участке каждый атом имеет идентичное окружение соседних атомов. Расстояние между атомами в большинстве кристаллических веществ составляет доли нанометров, поэтому даже на длине 1 мм в кристалле располагается порядка 10^7 атомов, что практически можно считать бесконечной величиной. Отметим, что между понятиями пространственная решетка и кристаллическая структура имеется смысловое различие. Пространственная решетка представляет собой некое геометрическое построение (остов), с помощью которого в кристаллическом пространстве выявляются периодически повторяющиеся, одинаковые точки. Структура же кристалла – это физическая реальность, описывающая конкретное расположение в пространстве материальных частиц. Тем самым

кристаллическую структуру можно рассматривать, с одной стороны, как совокупность пространственной решетки и материальную содержимость ее узлов, с другой. В чистых металлах и сплавах с каждым узлом можно связывать отдельный атом (ион), потому у таких металлических веществ пространственная кристаллическая решетка имеет физическое наполнение именно в виде подобных материальных единиц.

2.1 Плотнейшие упаковки

Во многих случаях для воспроизведения расположения атомов в кристалле их можно уподобить жестким шарам. Такое представление об атомах отнюдь не отражает всей их сложной природы, но правильно передает одно важное обстоятельство – кристаллы строятся по принципу наиболее плотной упаковки шаров. При таком компактном размещении обеспечивается условие минимизации потенциальной энергии кристаллической структуры и, следовательно, достигается наибольшая ее устойчивость.

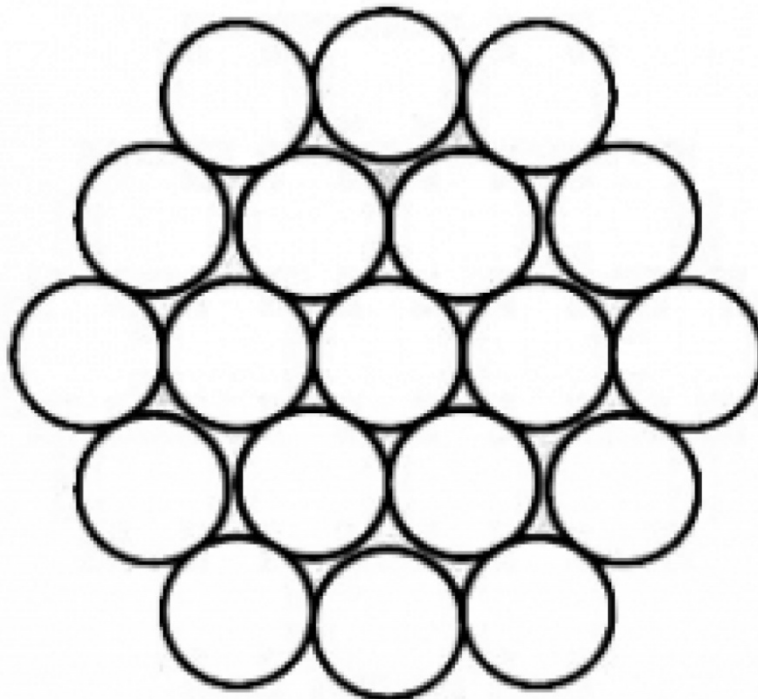


Рисунок 1- Единственный способ наиболее плотной укладки шаров на плоскости.

Расположить жесткие шары одинакового размера в пространстве наиболее компактным образом можно двумя способами. В первом случае получается структура, обладающая кубической симметрией и имеющая гранецентрированную решетку, во втором – структура, характеризующаяся гексагональной плотной упаковкой и которой свойственна гексагональная симметрия. Равновеликие шары можно уложить плотноупакованным плоским слоем только единственным способом – каждый шар окружен шестью другими (рис.1), а между ним и его соседями имеются треугольные промежутки (лунки). Следующий слой можно положить так, чтобы каждый шар этого слоя, находясь в лунке, соприкасался с тремя шарами нижнего. При этом безразлично, лягут ли шары в лунки, обозначенные черными треугольниками (у них вершина обращена вниз), или в лунки, показанные белыми треугольниками (с вершиной вверх). Третий же слой может быть размещен двояким образом (рис.2). В случае кубической структуры шары третьего слоя расположатся над лунками первого слоя, которые не заняты шарами второго. В результате получается трехслойная упаковка – каждый четвертый слой полностью повторяет первый (рис.2а). Если шары третьего слоя располагаются точно над шарами (а не лунками) первого, то получается двухслойная упаковка (каждый третий слой повторяет первый), характерная для гексагональной плотноупакованной структуры (рис.2б). Последняя структура представляет собой две гексагональные решетки Браве, вставленные одна в другую.

В обеих упаковках шарами занято 74% всего пространства, остальное же – это пустоты (микропоры) между ними. Причем каждый шар соседствует и соприкасается с двенадцатью шарами. Больше соседей у шара быть не может – указанная комбинация представляет собой самую тесную упаковку одинаковых шаров.

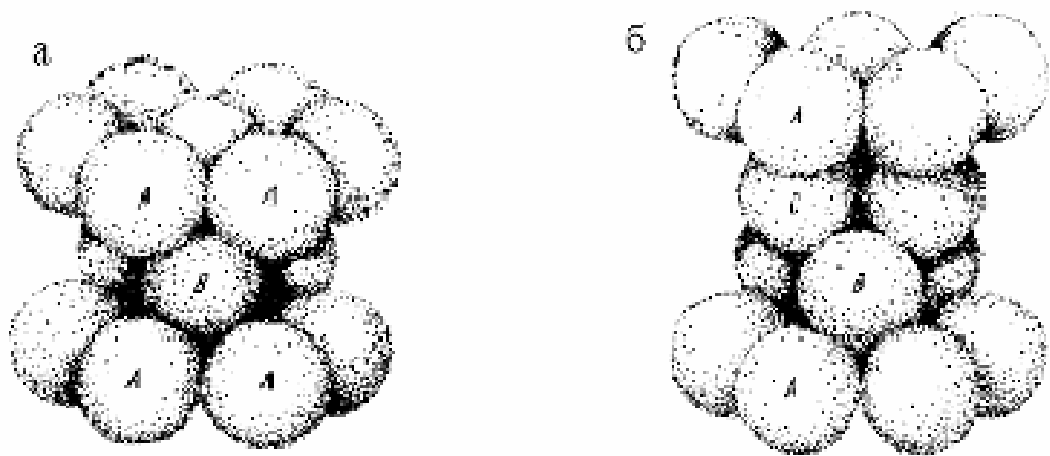
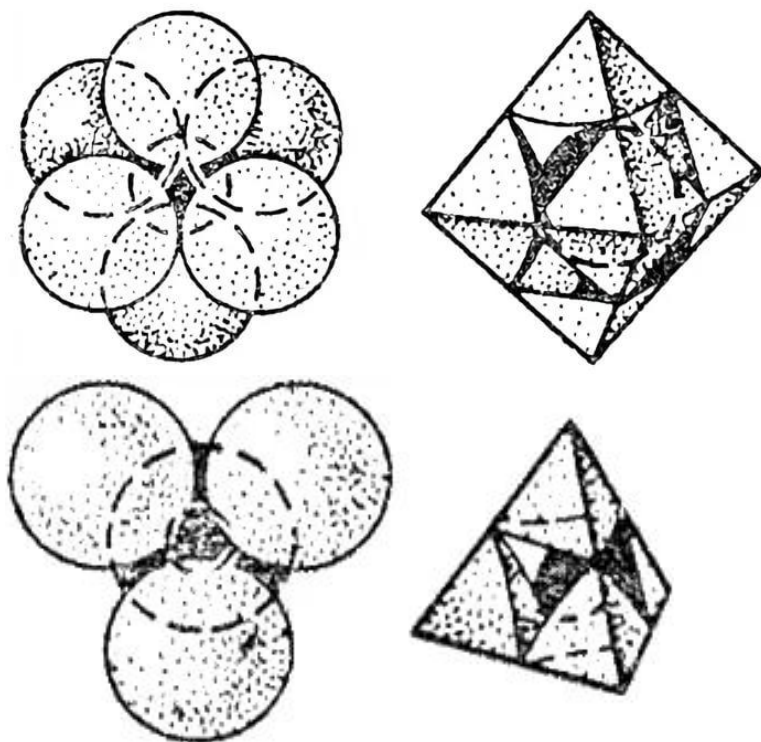


Рисунок 2- Два способа плотнейшей упаковки атомных шаров: а) - трехслойная упаковка, характерная для ГЦК решетки; б) - двухслойная упаковка, характерная для ГПУ решетки.

При укладке плотноупакованных слоев возможно возникновение микропор двух типов - октаэдрических и тетраэдрических (рис.12). Октаэдрическая пора окружена шестью шарами, центры которых соответствуют вершинам октаэдра (рис.3а); тетраэдрическая пора размещается между четырьмя шарами, центры которых совпадают с вершинами другой геометрической фигуры – тетраэдра (рис.3б). Расчеты показывают, что тетраэдрических пор в два раза больше октаэдрических.

а)



б)

Рисунок 3 - Образование октаэдрических (а) и тетраэдрических (б) пор в плотнейших упаковках

2.2 Основные характеристики реальных кристаллов

Для количественной оценки степени упакованности кристаллической решетки удобно пользоваться специальными показателями. Рассмотрим наиболее важные из них. Число атомов на ячейку n_j — это число атомов, целиком принадлежащих данной элементарной ячейке. Например, в примитивной кубической решетке число атомов на ячейку равно 1 (атомы размещены только в вершинах куба и каждый из них принадлежит ячейке на $1/8$). В сложной объемноцентрированной решетке их 2 (помимо восьми вершинных есть один атом в центре куба, целиком принадлежащий ячейке); наконец, в 30 гранецентрированной решетке будет уже 4 (кроме вершинных, имеется шесть атомов в центре каждой грани куба, принадлежащих ячейке лишь наполовину). Координационное число K — представляет собой

количество ближайших равноудаленных атомов, окружающих данный атом. Как отмечалось, в гранецентрированной кубической и гексагональной компактной решетках $K=12$, в то же время для объемноцентрированной кубической $K=8$. Коэффициент компактности (заполнения) q - характеризует отношение объема V_a , занятого в ячейке атомами, к объему всей ячейки $V_{я}$, т.е. $q = V_a / V_{я}$. Коэффициент заполнения для простой кубической решетки составляет 0,52, для объемноцентрированной кубической – 0,68 и для плотнейшей упаковки (гранецентрированной кубической и гексагональной) – 0,74.

2.3 Дефекты в реальных кристаллах

Принято классифицировать дефекты по размерам нарушенной области. По этому критерию выделяют следующие типы атомных дефектов решетки.

Точечные (нульмерные) дефекты – нарушения периодичности в изолированных друг от друга точках решетки; во всех трех измерениях они не превышают одного или нескольких межатомных расстояний (параметров решетки). Точечные дефекты – это вакансии, атомы в междоузлиях, атомы в узлах «чужой» подрешетки, примесные атомы в узлах или междоузлиях.

–вакансии (свободные узлы в кристаллах решетки), например, вакансия по иону никеля Ni^{2+} ;

–межузельные атомы; вакансии и межузельные атомы образуют дефекты Френкеля; при выходе на поверхность кристалла межузельного иона образуется дефект Шоттки;

–примесные атомы (примеси замещения или примеси внедрения).

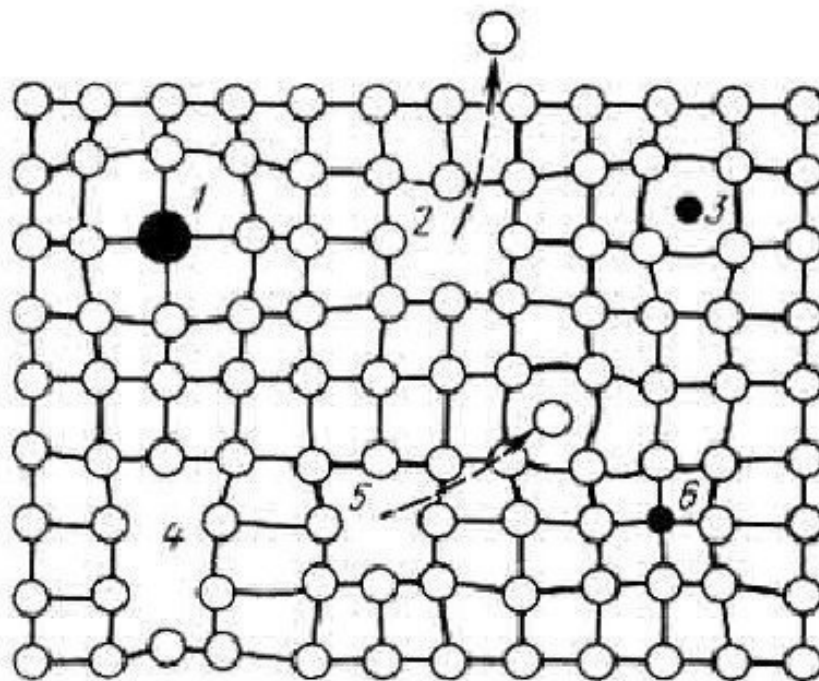


Рисунок 4 - Схема точечных дефектов в кристалле: 1 – примесный атом замещения; 2 – дефект Шоттки; 3 – примесный атом внедрения; 4 – дивакансия; 5 – дефект Френкеля (вакансия и межузельный атом)

Линейные (одномерные) дефекты – протяженные в одном измерении нарушения периодичности простираются на расстояния, сравнимые с размером кристалла, а в двух других измерениях не превышают нескольких параметров решетки. Специфические линейные дефекты – это дислокации. Кроме того, неустойчивые линейные дефекты могут возникать из цепочек точечных дефектов.

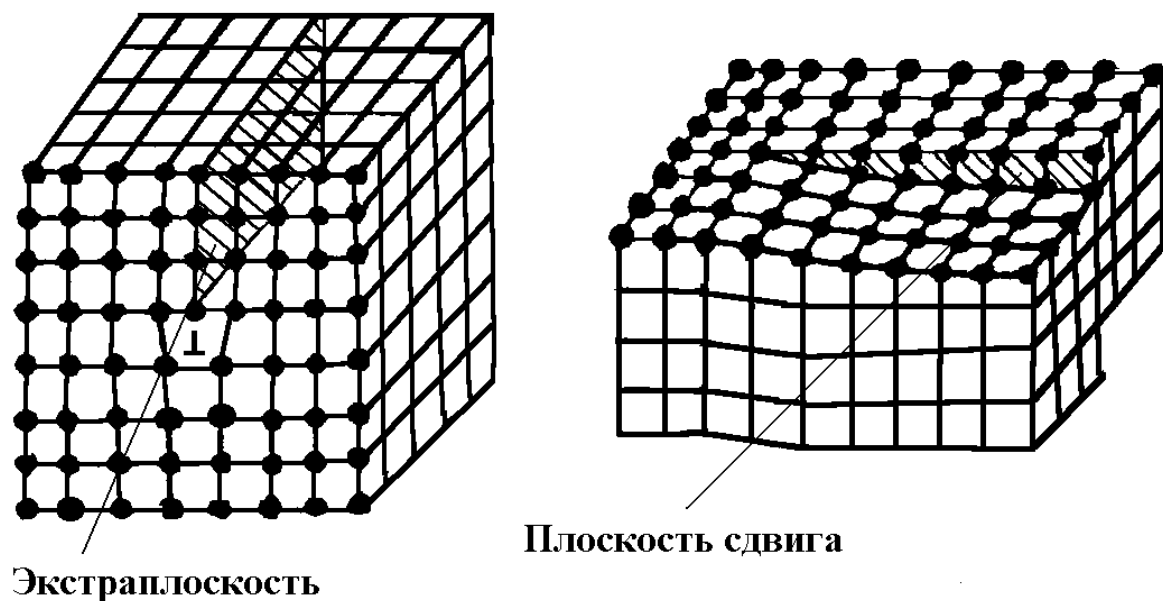


Рисунок 7 - Краевая (а) и линейная (б) дислокации в кристаллической решетке

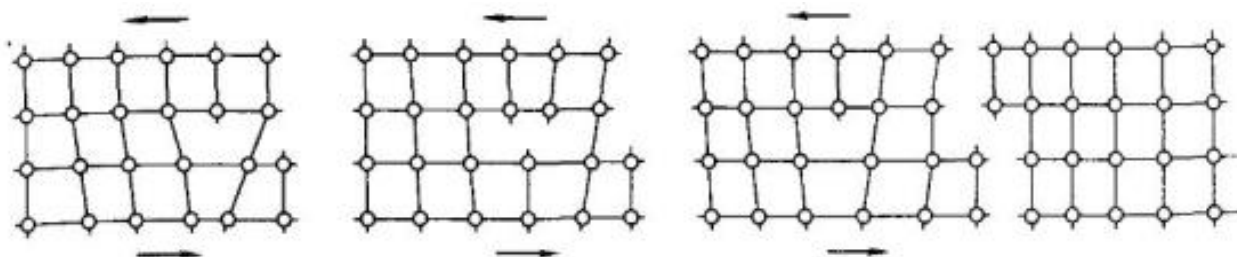


Рисунок 8 – Схема сдвиговой дислокации, осуществляемой скольжением краевой дислокации

Дислокации создают в кристалле поля упругих напряжений. Под действием внешних напряжений дислокации двигаются (скользят). Этим объясняют дислокационный механизм пластической деформации(рис.7).

Чтобы упрочнить металл, достаточно создать препятствие для движения дислокаций.

Обычно упрочненное состояние достигается при взаимодействии дислокаций друг с другом, с атомами примесей, с частицами другой фазы.

Если вокруг любой точки в реальном кристалле отложить одинаковое число параметров решетки и соединить их по контуру, то он не сомкнется на

величину b – вектор Бюргерса. Другими словами, число параметров решетки по разные стороны дислокации будет отличаться на величину b (рис. 7,б).

Поверхностные (двумерные) дефекты простираются в двух измерениях на расстояния, сравнимые с размером кристалла, а в третьем составляют несколько параметров решетки. Таковы плоскости двойникования, границы зерен и блоков, дефекты упаковки, сама поверхность кристалла.

Двухмерные дефекты обладают большей протяженностью в двух измерениях: дефекты упаковки, двойниковые границы, границы зерен и внешние поверхности кристалла. Дефект упаковки не создает поля упругих напряжений, но обладает энергией.

Объемные (трехмерные) дефекты – это пустоты, поры, частицы другой фазы, включения.

Все эти дефекты рождаются при росте кристалла или в результате различных воздействий на кристалл. Все они существенно влияют на свойства кристалла.

Пусть для простоты узлы решетки совпадают с материальными частицами. Поэтому при описании дефектов будем считать положение частиц в узлах решетки «правильными», а в междоузлиях – «неправильными», или дефектными. Объемные (трехмерные) дефекты: макроскопические трещины, поры и т. д.

3 Частично упорядоченные структуры

Частичное упорядочение компонентов вызывает те же эффекты (или изменение симметрии, или параметров элементарной ячейки), что и полное упорядочение, однако это явление имеет место в локальной части кристалла, затрагивая ограниченное число элементарных ячеек. Частичное упорядочение (как и полное упорядочение) обусловлено разными кристаллохимическими свойствами замещаемого и замещающего

компонентов (разные значения формальных зарядов, размеров, величин электроотрицательности, отличие в электронном строении). Не исключено, что частичное упорядочение может быть стимулировано и условиями получения образцов. В этом случае кристаллохимические свойства замещающих и замещаемых компонентов могут быть и достаточно близкими. Частичное упорядочение предваряет процесс или распада на два твердых раствора, или образования сверхструктуры (упорядоченного твердого раствора), или выделения второй фазы, или образования нового соединения, а перед частичным упорядочением наблюдается замещение компонентов, т.е. образование твердых растворов замещения.

Частичное упорядочение можно выявить при исследовании твердых растворов методами электронной микроскопии, ядерного магнитного резонанса (ЯМР), а также при изучении рентгеновских спектров поглощения.

Наличие частичного упорядочения компонентов можно обнаружить при анализе результатов прецизионного структурного исследования монокристаллов, в частности, характера тепловых колебаний атомов, сопоставлении отдельных межатомных расстояний и т. д. Этот вид упорядочения также может вызвать отклонение от монотонной зависимости параметра элементарной ячейки от состава в закономерном ряду твердых растворов. Частичное упорядочение катионов прежде всего можно ожидать для тех атомно-кристаллических структур, в которых в одной кристаллографической позиции находятся (или могут находиться) несколько кристаллохимически различных атомов в структурах семейства лангасита $\text{La}^3\text{Ga}^4(\text{Ga}^{3+}, \text{M})^2\text{O}^{14}$ ($\text{M}=\text{Al}^{3+}, \text{Si}^{4+}, \text{Ge}^{4+}$), семейства шеелита CaWO_4 (например, $(\text{Na}^{1+}, \text{R}^{3+})\text{MO}_4$ с $\text{M}=\text{W}, \text{Mo}$), семейства мелилита $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$.

Частичное упорядочение катионов экспериментально обнаружено в монокристаллическом твердом растворе состава $\{\text{Y}_{2.93}\text{Sc}_{0.07}\}[\text{Sc}_{1.36}\text{Ga}_{0.64}]\text{Ga}_3\text{O}_{12}$ при электронномикроскопическом исследовании. При сопоставлении экспериментального изображения с

рассчитанным и с проекцией структуры граната на плоскость (100) выявлено частичное упорядочение катионов или в октаэдрических позициях, или в додекаэдрических (точно в каких определить не удалось). Параметр элементарной ячейки измельченного в порошок кристалла с частичным упорядочением ($a=12.4333\text{\AA}$) больше, чем параметр ячейки кристалла того же самого состава, но без упорядочения ($a=12.4317\text{\AA}$) (в скобках дано стандартное отклонение параметра). Такая же ситуация имела место и для твердых растворов $\{R, Lu\}_3M_5O_{12}$ со структурой граната ($r_R \gg r_{Lu}$): исследование фазы общего состава $\{Y, Lu\}_3Al_5O_{12}$ методом ЯМР показало наличие порядка в твердом растворе состава $\{Y_{2.25}Lu_{0.75}\}Al_5O_{12}$, которое обусловлено частичным упорядочением атомов Y и Lu в додекаэдрической позиции. Упорядоченная и неупорядоченная фазы имели разные параметры элементарной ячейки.

Примером частично упорядоченных структур могут служить - жидкие кристаллы.

Жидкие кристаллы - это частично упорядоченные двумерные или одномерные структуры.

Они стабильны в узком диапазоне температур, являются промежуточным состоянием между кристаллической и жидкой фазами. Переход от трехмерной кристаллической решетки к двумерной или одномерной структуре происходит при температуре фазового перехода; после того, как весь образец перейдет в жидкокристаллическое состояние, температура начинает повышаться, и повышается до значения, соответствующего следующему фазовому переходу. В конце концов частично упорядоченная структура переходит в жидкую фазу, при температуре соответствующего фазового перехода.

4 Аморфные структуры

Аморфная структура является одним из физических состояний твердых тел. Аморфные вещества характеризуются двумя особенностями. Во-первых, свойства таких веществ при обычных условиях не зависят от выбранного направления, т.е. они - изотропны. Во-вторых, при повышении температуры происходит размягчение аморфного вещества и постепенный переход его в жидкое состояние. Точное значение температуры плавления отсутствует.

Общим для кристаллического и аморфного состояний веществ является отсутствие поступательного перемещения частиц и сохранение только их колебательного движения около положения равновесия. Различие между ними состоит в наличии геометрически правильной решетки у кристаллов и отсутствии дальнего порядка в расположении атомов у аморфных веществ.

Аморфное состояние вещества, по сравнению с кристаллическим, всегда менее устойчиво и обладает избыточным запасом внутренней энергии. В связи с этим, при определенных условиях, самопроизвольно осуществляется переход из аморфного состояния в кристаллическое.

Твердые тела в аморфном состоянии можно получить двумя путями. Первый путь – быстрое охлаждение расплавов кристаллических веществ, преимущественно ионного и ковалентного строения. Типичный представитель таких аморфных тел – силикатные стекла, битумы, смолы и пр.

Второй путь – диспергация кристаллических структур. В результате диспергации кристаллических тел образуются аморфизованные дисперсии в виде коллоидов и растворов. Разрушаясь или конденсируясь, дисперсии изменяют свое агрегатное состояние. Пересыщенные растворы, например, могут превратиться в гель и образовать полимер или кристаллизоваться.

Аморфные вещества подразделяют на витроиды (стекла), дисперсные системы и полимеры.

Витроиды – это твердые тела в аморфном состоянии, имеющие стекловидную структуру. Как уже отмечалось, стекла образуются в результате быстрого охлаждения, преимущественно силикатных расплавов. Быстрое охлаждение препятствует созданию упорядоченной структуры. Особенно, если молекулы громоздки, а скорость охлаждения велика.

Дисперсные системы – мельчайшие частицы размером 10^{-7} - 10^{-9} м к ним относятся коллоиды, золи (органозоли, гидрозоли), пасты, клеи мастики краски, латексы и пр. К дисперсным аморфным системам относятся также некоторые горные породы (диатомит, опоки), имеющие общую формулу $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; а также активный кремнезем, который образуется в результате разложения глины при их нагревании.

Полимеры – вещества, характерной особенностью которых является большой размер и большая молекулярная масса молекул. Кроме того, молекулы объединены в структурные единицы, включающих 10^3 - 10^5 молекул-мономеров.

4.1 Аморфно-кристаллическая структура

Многие природные и искусственные каменные материалы в своем составе содержат и кристаллические, и аморфные фазы. Соотношение между объемами кристаллической и аморфной фазами, а также их взаимное расположение оказывают огромное влияние на свойства материалов, имеющих такую структуру. Типичными представителями подобных материалов являются ситаллы, фарфор и другие керамические материалы. Свойства некоторых материалов, имеющих аморфно-кристаллическую структуру приведены в табл. 1

Наименование материала	Содержание стеклофазы, %	Плотность, г/см ³	Прочность, МПа	Водопоглощение, %
Фарфор	40-60	2.3-2.5		< 0,5
Плитка керамическая	10-30	2.0-2,2	20-50	1,5-4,0
Каменное литье	< 5	2,6-3,0	200-250	
Ситаллы	5-10	2,3-2,5	~ 500	

Таблица 1 - Свойства материалов с аморфно-кристаллической структурой

Все представленные в таблице материалы обладают аморфно-кристаллической структурой, содержат кристаллы и стекловидную фазы. Как видно из приведенных данных, содержание фаз не оказывает решающего влияния на свойства материалов. Ситаллы и каменное литье имеют небольшое количество стеклофазы по сравнению с керамической плиткой и, видимо, поэтому имеют более высокую (в 10-20 раз большую) прочность, чем плитка. Однако, фарфор содержит стекловидную фазу в большем размере, чем ситаллы и каменное литье, а прочность имеет большую, чем эти материалы. Несомненно, свойства материалов с аморфно-кристаллической структурой зависят не только от количества этих фаз, но и от их качества, и взаимного расположения друг относительно друга – от микро- и макроструктуры.

Макроструктура – это видимая невооруженным глазом или при небольшом увеличении (до 6 раз) внутренняя или поверхностная часть материала. В строительном материаловедении принято различать структуры поверхностного и внутреннего слоев.

5 Исследование аморфных материалов и частично упорядоченных объектов.

Чем ниже степень упорядоченности атомного строения анализируемого вещества, тем более размытый, диффузный характер имеет рассеянное им рентг. излучение. Однако дифракц. исследования даже аморфных объектов дают возможность получить информацию об их строении. Так, диаметр диффузного кольца на рентгенограмме от аморфного вещества (рис. 9) позволяет оценить среднее межатомные расстояния в нём. С ростом степени упорядоченности в строении объектов дифракц. картина усложняется (рис. 10) и, следовательно, содержит больше структурной информации.

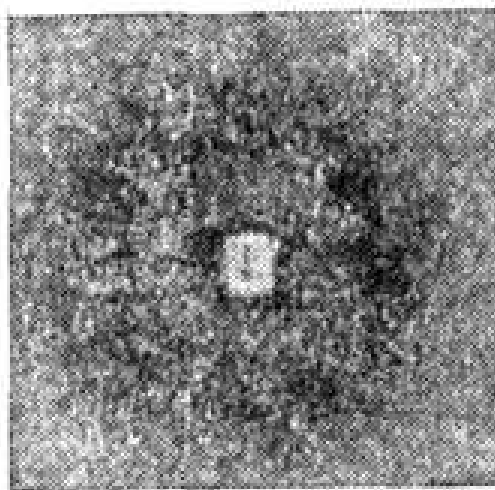


Рисунок 9 - Рентгенограмма аморфного вещества - ацетата целлюлозы.

Малоуглового рассеяние применяют для изучения пористых и мелкодисперсных материалов, сплавов и биол. объектов. Для молекул белка и нуклеиновых кислот в растворах метод позволяет с невысоким разрешением определять форму и размеры индивидуальной молекулы, молекулярную массу, в вирусах - характер взаимной укладки составляющих их компонент (белка, нуклеиновых кислот, липидов), в синтетических полимерах - упаковку полимерных цепей, в порошках и сорбентах -

распределение частиц и пор по размерам, в сплавах - фиксировать возникновение новых фаз и определять размеры этих включений, в текстурах (в частности, в жидких кристаллах) - упаковку частиц (молекул) в различного рода надмолекулярные структуры. Эффективным оказался метод малоуглового рассеяния и для исследования строения ленгмюровских плёнок. Он применяется также в промышленности при контроле процессов изготовления катализаторов, высокодисперсных углей и т. д.

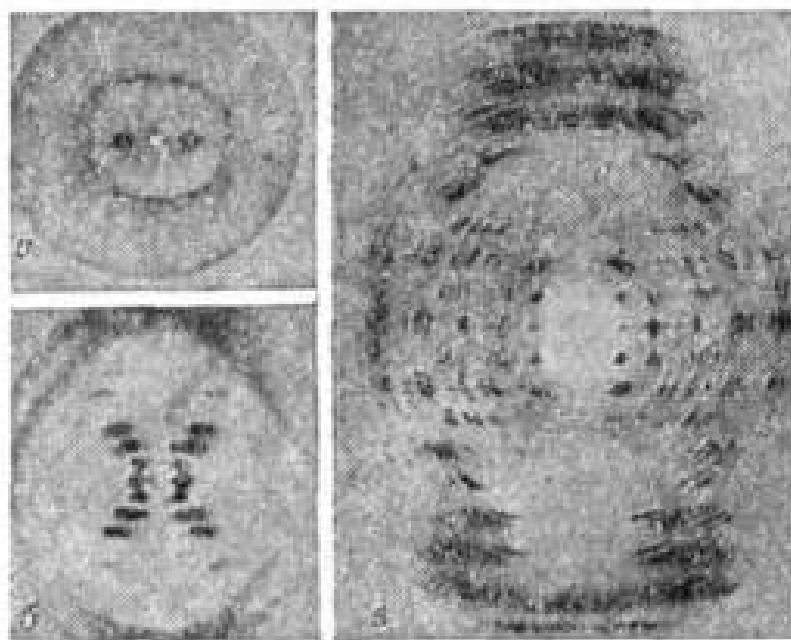


Рисунок 10 - Рентгенограммы биологических объектов: а - волоса; б - натриевой соли ДНК во влажном состоянии; в - текстуры натриевой соли ДНК.

Заключение

В заключении хочется рассказать о применении реальных кристаллов в жизни человека. Природные кристаллы всегда возбуждали любопытство у людей. Их цвет, блеск и форма затрагивали человеческое чувство прекрасного, и люди украшали ими себя и жилище. С давних пор из кристаллов делают амулеты и обереги. Украшения из кристаллов сейчас столь же популярны, как и во время неолита. Опираясь на законы оптики, ученые искали прозрачный бесцветный и бездефектный минерал, из которого можно было бы шлифованием и полированием изготавливать линзы. Нужными оптическими и механическими свойствами обладают кристаллы неокрашенного кварца, и первые линзы, в том числе и для очков, изготавливались из них. Даже после появления искусственного оптического стекла потребность в кристаллах полностью не отпала; кристаллы кварца, кальцита и других прозрачных веществ, пропускающих ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, до сих пор применяются для изготовления призм и линз оптических приборов. Кристаллы сыграли важную роль во многих технических новинках 20 в. Некоторые кристаллы генерируют электрический заряд при деформации. Первым их значительным применением было изготовление генераторов радиочастоты со стабилизацией кварцевыми кристаллами. Заставив кварцевую пластинку вибрировать в электрическом поле радиочастотного колебательного контура, можно тем самым стабилизировать частоту приема или передачи. Полупроводниковые приборы изготавливаются из кристаллических веществ, главным образом кремния и германия. Кристаллы используются также в некоторых лазерах для усиления волн СВЧ-диапазона и в лазерах для усиления световых волн. Кристаллы

применяются в радиоприемниках и радиопередатчиках, в головках звукоснимателей и в гидролокаторах. Некоторые кристаллы модулируют световые пучки, а другие генерируют свет под действием приложенного напряжения. Перечень видов применения кристаллов уже достаточно длинен и непрерывно растет. С давних пор человек мечтал синтезировать камни, столь же драгоценные, как и встречающиеся в природных условиях. До 20 в. такие попытки были безуспешны. Но в 1902 удалось получить рубины и сапфиры, обладающие свойствами природных камней. Позднее, в конце 1940-х годов были синтезированы изумруды, а в 1955 фирма "Дженерал электрик" и Физический институт АН СССР сообщили об изготовлении искусственных алмазов. Многие технологические потребности в кристаллах явились стимулом к исследованию методов выращивания кристаллов с заранее заданными химическими, физическими и электрическими свойствами. Труды исследователей не пропали даром, и были найдены способы выращивания больших кристаллов сотен веществ, многие из которых не имеют природного аналога. В лаборатории кристаллы выращиваются в тщательно контролируемых условиях, обеспечивающих нужные свойства, но в принципе лабораторные кристаллы образуются так же, как и в природе - из раствора, расплава или из паров.

Список используемых источников

1. Бараз, В.Р., Левченко, В.П., Повзнер, А.А. СТРОЕНИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ: учебное пособие / В.Р. Бараз, В.П. Левченко, А.А. Повзнер. Екатеринбург: УГТУ- УПИ, 2009. 164 с.
2. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки. – М.: Металлургия, 1990. 336 с.
3. Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах. – М.: Мир, 1974. 496 с.
4. Орлов А.Н. Введение в теорию дефектов в кристаллах. – М.: Высшая школа, 1983. 144 с.
5. Шаскольская М.П. Кристаллография. – М.: Высшая школа, 1984. 376 с.
6. Шаскольская М.П. Очерки о свойствах кристаллов. – М.: Наука, 1987. 176с.
7. Грачев С.В., Бараз В.Р., Богатов А.А., Швейкин В.П. Физическое металловедение. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ-УПИ, 2001. 534 с.
8. А.А. Повзнер, В.Ю. Бодряков. Физика твердого тела. Свойства кристаллической решетки. Методические указания по физике - Екатеринбург: Изд-во УГТУ-УПИ, 2000. 19 с.
9. Перспективные материалы. Структура и методы исследования. Учеб. пособие / Под ред. Д.Л.Мерсона. ТГУ, МИСиС, 2006. 536 с.
10. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. – М.: Логос, 2000. 272 с.
11. Леммлейн Г.Г. Морфология и генезис кристаллов. - М.: Наука, 1973, 327 с.
12. Смольянинов Н.А. Практическое руководство по минералогии. М., "Недра", 1972
13. Трейвус Е.Б. Кинетика роста и растворения кристаллов // Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. 248 с.