

Контрольная работа

Конструкционные и электротехнические материалы

2 вариант

Содержание

1. Материалы для изготовления металлических скользящих контактов.....	3
2. Кристаллографические методы получения сверхчистых материалов.....	7
3.Конструкционные материалы. Цементуемые стали.....	15
4. Общие сведения о диамагнетиках.....	17
5. С помощью диаграммы железо – углерод, правила фаз и правила отрезков показать какие фазы и в каком количестве присутствуют в точке А (количество углерода 1,5 %, температура 730 0С).....	18
Список использованной литературы.....	19

1. Материалы для изготовления металлических скользящих контактов

Материалы для подвижных контактов в процессе эксплуатации подвергаются электрической эрозии, свариванию, коррозии и механическому износу. Интенсивность этих процессов зависит от природы материала и величины разрываемого тока.

Электрическая эрозия – это разрушение контактных материалов (КМ), связанное с расплавлением и переносом металла в газообразном и жидком (в виде мелких капель) состояниях с одной контактирующей поверхности на другую под действием электрических разрядов. На контактирующих поверхностях образуются наросты и кратеры.

Дугообразование характеризуется минимальными значениями тока и напряжения, при которых возникает дуговой разряд. Дугообразование зависит от природы КМ и окружающей среды, состояния контактирующих поверхностей и индуктивности цепи.

Сваривание КМ происходит под действием температуры и силы контактного нажатия и может вызвать частичное расплавление и даже потерю способности к размыканию. Поэтому очень важно, чтобы КМ обладали высокой стойкостью к свариванию.

Механический износ происходит в результате удара контактных поверхностей, последующего нажатия и их трения, поэтому КМ должны обладать высокими значениями износостойкости, ударной вязкости и твердости.

Все подвижные контакты по условиям работы делятся на скользящие и разрывные.

Скользящие контакты нужны для перехода электрического тока от неподвижной части электротехнического устройства к подвижной, например, в реостатах – от обмотки к движку, в электрических машинах – от щеток к коллектору, у электрифицированного транспорта – от контактного провода к токосъемнику.

Материалы для скользящих контактов должны иметь низкие значения электросопротивления и падения напряжения на контактах, высокие значения минимального тока и напряжения дугообразования, высокую стойкость к истиранию, электрической эрозии и коррозии. Они делятся на **металлические** и **электротехнические угольные**.

К металлическим скользящим контактам относятся коллекторные пластины электрических машин, которые изготавливают из твердой меди, бронзы и других материалов.

Пружинные металлические контакты выполняют из кадмиевой (БрКд1), бериллиевой (БрБ2), хромистой (БрХ0,5) и других видов бронзы, обладающих высокими упругостью, стойкостью к истиранию и низкими значениями удельного сопротивления. Сплав Cu – Cd (Cd – 1 %) образует твердый раствор, который в три раза более стоек к истиранию, чем медь, а его электропроводность – 95 % меди. Для скользящих контактов применяют также латуни (например, ЛС59-1, ЛМц 58-2). Металлические скользящие контакты имеют наиболее высокую стойкость к истиранию в паре с электротехническими угольными материалами.

Электротехнические угольные материалы обладают высокой электро- и теплопроводностью, низким коэффициентом трения, значительным напряжением дугообразования, высокой химической стойкостью. Эти материалы широко используют для изготовления угольных электродов различного назначения, щеток для электрических машин и

автотрансформаторов и т. п. Щетки выпускают угольно-графитные, графитные, медно-графитные и т. п.

Для производства электроугольных изделий в основном используют графит и сажу. Графит и сажу смешивают со связующим веществом – каменноугольной смолой или жидким стеклом, прессуют и подвергают обжигу при температуре 2200 – 2500°С. Этот процесс называют графитированием. Далее полученные изделия используют по назначению.

Разрывные контакты предназначены для периодического замыкания и размыкания цепи. Они работают в наиболее трудных условиях – возникающие дуга или искра вызывают коррозию и эрозию. Коррозия приводит к окислению контакта, т. е. иногда к разогреву и свариванию. Эрозия может вызвать появление кратера на одном и иглы на другом контакте.

Разрывные контакты подразделяют на слабонагруженные (слаботочные – от долей до единиц ампер) и тяжелонагруженные (сильноточные – от единиц до тысяч ампер).

Слабонагруженные контакты изготавливают из благородных металлов (серебра, золота, платины и различных сплавов на их основе, например, сплавы систем: «золото – серебро», «платина – рутений», «серебро – палладий», «серебро – магний – никель» и др.). Эти сплавы имеют низкое переходное электросопротивление, стойки к окислению, но стойкостью к эрозии они не обладают.

Наибольшее распространение при производстве контактов имеют серебро и сплавы на его основе (окисел серебра тоже электропроводен), а также сплавы серебра с медью, которые имеют высокие электропроводность,

твердость и сопротивление эрозии, но медь снижает стойкость против окисления.

Высоконагруженные контакты изготавливаются из вольфрама, молибдена, их сплавов и металлокерамических композиций. Вольфрам достаточно электропроводен, имеет устойчивое низкое переходное электросопротивление, высокое сопротивление эрозии, не сваривается и применяется для изготовления контактов, подвергающихся частым переключениям. Недостатком молибдена является образование в нем рыхлых оксидных пленок, которые могут внезапно полностью нарушить контактную проводимость.

В наиболее мощных контактах используют спеченные композиции вольфрама с серебром или медью или спекают пористый вольфрам, который затем пропитывают жидкой медью или серебром в вакууме. Применяют тройные композиции: «серебро – никель – графит», «серебро – вольфрам – никель». В мощных высоковольтных масляных и воздушных выключателях используются сплавы «медь – вольфрам», в высоковольтных масляных выключателях – «медь – молибден».

Для изготовления разрывных контактов, эксплуатируемых при повышенных напряжениях и контактных давлениях, используют твердую медь, что существенно удешевляет электротехнические устройства.

2. Кристаллографические методы получения сверхчистых материалов

Химические методы получения простых полупроводников и чистых элементов, используемых при легировании и в производстве сложных полупроводниковых материалов, обеспечивают высокую степень очистки. Дистилляция (испарение жидкой фазы) удаляет легкоиспаряющиеся примеси, ректификация (многократное испарение и конденсация) - примеси, имеющие невысокие температуры плавления, испарения и большой интервал жидкого состояния. Сублимацией (испарение твердой фазы) очищают от механических примесей и газов и получают монокристалл, применяя ампулу с концом конической формы (рис. 1).

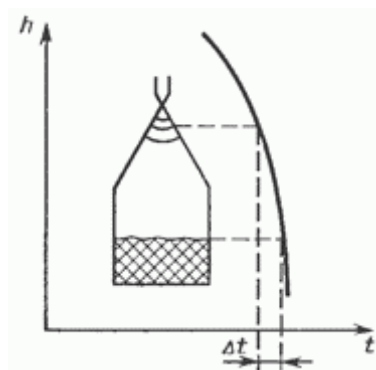


Рис. 1. Схема процесса получения монокристалла методом сублимации (Δt — разность температур между поверхностями испарения и конденсации)

На этом конце из-за более низкой температуры образуется центр кристаллизации, на котором и растет монокристалл. Перечисленными методами можно получать монокристалл с высоким значением удельного электрического сопротивления.

Более глубокую очистку полупроводниковых материалов (для германия $\rho > 0,45 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ а также легирование в строго контролируемых

микродозах проводят кристаллофизическими методами. Основными из них являются методы направленной кристаллизации из расплавов.

Кристаллофизические методы очистки основаны на различной растворимости примесей в твердой и жидкой фазах.

Схема диаграммы состояния для германия и примеси, которая при малых концентрациях образует с ним твердый раствор, показана на рис. 2. Если общее содержание примесей составляет $N\%$, то в процессе кристаллизации при температуре 720°C примесей в твердой фазе N_α будет значительно меньше, чем в жидкой фазе $N_\text{ж}$ распределение примесей между фазами характеризуется коэффициентом распределения K , равным отношению концентрации примесей

$$K = N_\alpha / N_\text{ж}$$

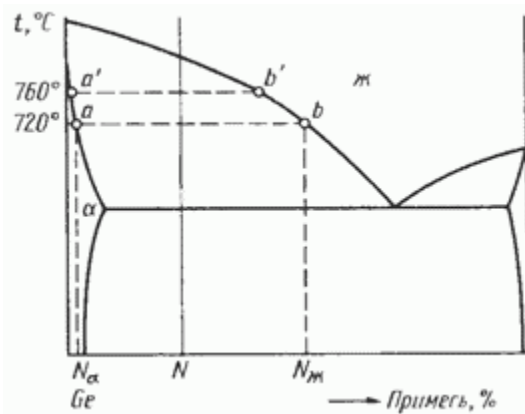


Рис. 2. Схема диаграммы состояния системы германий—примесь

Таким образом, если $K < 1$, то при кристаллизации примеси скапливаются в жидкой фазе. Это явление легло в основу нескольких методов очистки.

Методы нормальной направленной кристаллизации (рис. 3) используют для очистки полупроводника от примесей, имеющих малое значение K , и для получения монокристаллов. Химически очищенный полупроводник

помещают в ампулу (или в графитовую лодочку), которую перемещают в печи, имеющей по длине большой градиент температуры. В начале процесса полупроводник расплавляется, а затем часть его, попадая в зону печи с пониженной температурой, кристаллизуется. Если кристаллизация начинается с острого конца ампулы, то растет очищенный монокристалл. Примеси, у которых сохраняются в жидкой фазе. Распределение примеси по длине кристалла при нормальной направленной кристаллизации для разных значений K показано на рис. 3.

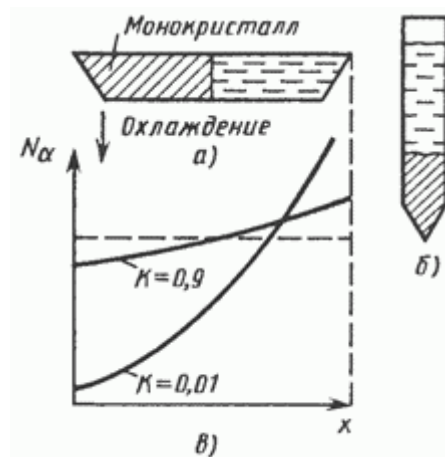


Рис. 3. Схема получения монокристалла методом нормальной направленной кристаллизации: а — горизонтальный; б — вертикальный; в — распределение примесей по длине при различном K

После затвердевания конца кристалла, обогащенный примесью, отрезают.



Рис. 4. Схема установки зонной очистки: 1 — затравка; 2 —
расплавленная зона шириной

При методе зонной очистки (рис. 4) прутки химически очищенного германия помещают в вакуум и при помощи индуктора ТВЧ расплавляют узкую зону 1 в которой и скапливаются примеси, имеющие $K < 1$. Вместе с перемещением индуктора и расплавленной зоны примеси сгоняются к правому концу.

Процесс повторяют многократно либо используют сразу несколько индукторов и через них проталкивают графитовую лодочку с прутком германия. После окончания процесса правый конец прутка отрезают.

Степень очистки по длине прутка x зависит от коэффициента распределения примесей и отношения x/l чем меньше K , тем, лучше очищается полупроводник. Лодочку (или индуктор) перемещают с постоянной скоростью, что обеспечивает постоянство K . Передвигаясь к правому концу, жидкая фаза и кристалл обогащаются примесью. Степень очистки возрастает, если при одинаковой длине прутка ширина расплавленной зоны 1 будет меньше. Кроме этого, степень очистки можно повысить за счет многократных проходов.

Методом зонной очистки из германия можно удалить все примеси, за исключением бора, у которого $K = 1$.

При использовании затравки или ампулы с острым концом слиток германия будет монокристаллическим.

Метод вытягивания монокристалла из расплава используют для очистки от примесей, у которых коэффициент $K = 1$ (рис. 5).

При медленном росте кристалла, лишенного дефектов, атомам примеси трудно внедряться в кристаллическую решетку основного элемента, и монокристалл получается химически чистым.

Германий помещают в тигель и расплавляют в вакууме, а затем поддерживают расплав при температуре несколько выше температуры плавления. В расплав опускают затравку, которая представляет собой брусок сечением 5×5 мм, вырезанный из монокристалла германия в определенном кристаллографическом направлении. К затравке предъявляют жесткие требования в отношении дефектов кристаллографической структуры, так как все ее дефекты «наследуются» в монокристалле, ухудшая его полупроводниковые свойства. Затравку слегка оплавливают для устранения остаточных напряжений, возникших при ее механической обработке, так как они дезориентируют кристаллографические плоскости в растущем кристалле и приводят к получению поликристалла.

После оплавления затравку медленно вытягивают из расплава, который вследствие адгезии приподнимается над поверхностью, охлаждается и затвердевает.

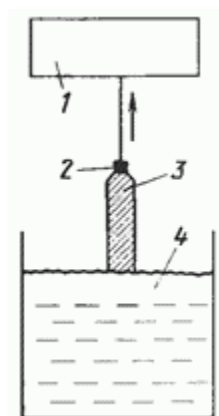


Рис. 5. Схема установки для выращивания монокристалла: 1 — вытягивающее устройство ; 2 — затравка; 3 — монокристалл; 4 — расплав полупроводника



Рис. 6. Зависимость коэффициента распределения K донорной и акцепторной примесей от скорости вытягивания v

Для лучшего перемешивания затравку и тигель вращают либо с разными скоростями, либо в разные стороны. Скорость вытягивания должна быть небольшой, порядка 0.1 мм/с частота вращения - не менее 60 мин⁻¹.

При вытягивании монокристалла с постоянной скоростью из расплава, поддерживаемого при определенной температуре, степень очистки по длине кристалла неодинакова, так как по мере вытягивания расплав обогащается примесями. Для того чтобы устранить этот дефект, в расплав добавляют германий либо постепенно уменьшают скорость вытягивания, меняя тем самым коэффициент распределения K (рис. 6). При увеличении $N_{\text{ж}}$ постоянство $N_{\text{д}}$ можно достичь уменьшением K в результате уменьшения скорости вытягивания. Для сохранения постоянства диаметра монокристалла температуру расплава при этом следует постоянно повышать.

Для кремния рассмотренные методы не приемлемы из-за его высокой химической активности и высокой температуры плавления ($t_{\text{пл}} = 1414^{\circ}\text{C}$). При такой высокой температуре кремний загрязняется материалом тигля. Кроме того, коэффициент распределения у кремния со многими примесями больше, чем у германия, а с примесью бора, так же как у германия, близок к единице ($K = 0,90$).

Метод бестигельной зонной очистки, применяемый для кремния, включает основные принципы ранее описанных методов (рис. 7).

Пруток технически чистого кремния укрепляют вертикально. В нижней части прутка укрепляют затравку монокристалла. Нагрев производят индуктором ТВЧ, который слегка оплавляет затравку, а затем медленно поднимается вверх. На затравке кристаллизуется монокристалл. Примеси скапливаются в жидкой расплавленной зоне и перемещаются к верхнему концу прутка, который после окончания процесса отрезают. Процесс повторяют многократно.

Таким способом очищают прутки небольшого размера. Ширина расплавленной зоны для лучшей очистки должна быть небольшой.

Помимо описанных методов, позволяющих получать крупные объемные монокристаллы германия, кремния, а также некоторых полупроводниковых соединений, разработана принципиально новая технология - эпитаксиальное (ориентированное) выращивание кристалла на подложке.

Метод эпитаксии позволяет создавать высокоомные (более чистые) пленки кремния и германия, исключает трудную технологическую операцию резки монокристаллов на тонкие пластины; дает возможность получать сложные полупроводниковые материалы (например, карбид кремния), производство которых в виде объемных монокристаллов затруднено вследствие высокой стоимости процесса. Последнее обусловлено либо низкой производительностью, либо высокой температурой плавления и химической активностью компонентов, либо летучестью одного из компонентов соединения ($A^{III}B^{IV}$, $A^{II}B^{VI}$). Применение тонких пленок толщиной 15-20 мкм улучшает параметры прибора. Излишняя толщина пластин ухудшает частотные свойства приборов из-за роста потерь. При

резке объемных монокристаллов нельзя получить пластины тоньше, чем 100-200 мкм.

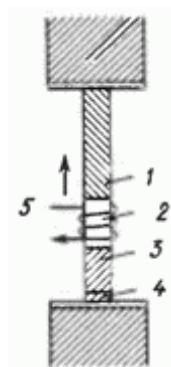


Рис. 7. Схема установки для бестигельной зонной очистки кремния: 1 — поликристалл; 2 — расплавленная зона; 3 — монокристалл; 4 — затравка; 5 - индуктор

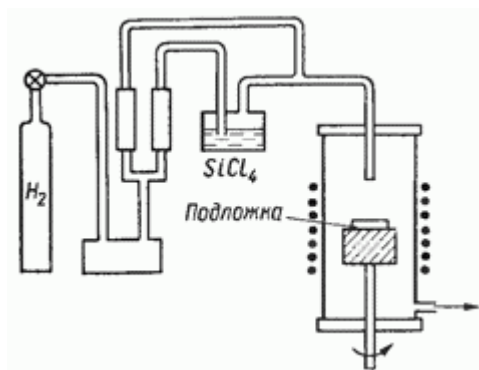


Рис. 8. Схема установки для выращивания эпитаксиальных пленок кремния

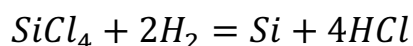
Эпитаксиальные пленки выращивают на подложке из монокристалла того же или другого материала. В первом случае эпитаксиальный слой при правильной технологии становится естественным продолжением подложки. Если подложка из другого материала, то эпитаксиальная пленка полупроводника будет монокристаллической только в том случае, если

между кристаллографическими решетками имеется структурное и размерное соответствие, т. е. межатомные расстояния будут отличаться не более чем на 25 %.

Наиболее прост и технологически управляем процесс получения Эпитаксиальных пленок методом водородного восстановления хлоридов (рис. 8).

Такой метод используют для получения высокоомных пленок германия и кремния на монокристаллических низкоомных подложках.

Хлориды кремния или германия испаряются, транспортируются потоком водорода к подложке и восстанавливаются по реакции



Пары чистого полупроводника осаждаются на подогреваемой подложке.

Этот же метод положен в основу получения легированных и сложных полупроводниковых веществ. Помимо хлоридов основного элемента в камеру вводят хлориды либо иные соединения легирующих веществ.

3.Конструкционные материалы. Цементуемые стали

Цементуемые сталииспользуются для изготовления деталей, работающих на износ и подвергающихся действию переменных и ударных нагрузок. Детали должны сочетать высокую поверхностную прочность и твердость и достаточную вязкость сердцевины.

Цементации подвергаются низкоуглеродистые стали с содержанием углерода до 0,25%, что позволяет получить вязкую сердцевину. Для деталей, работающих с большими нагрузками, применяются стали с повышенным содержанием углерода (до 0,35 %).

С повышением содержания углерода прочность сердцевины увеличивается, а вязкость снижается. Детали подвергаются цианированию и нитроцементации.

Цементуемые углеродистые стали 15,20,25 используются для изготовления деталей небольшого размера, работающих в условиях изнашивания при малых нагрузках (втулки, валики, оси, шпильки и др.). Твердость на поверхности составляет 60...64 HRC, сердцевина остается мягкой.

Цементуемые легированные стали применяют для более крупных и тяжело нагруженных деталей, в которых необходимо иметь, кроме высокой твердости поверхности, достаточно прочную сердцевину (кулачковые муфты, поршни, пальцы, втулки).

Хромистые стали 15X, 20X используются для изготовления небольших изделий простой формы, цементуемых на глубину $h = 1 \dots 1,5$ мм. При закалке с охлаждением в масле, выполняемой после цементации, сердцевина имеет бейнитное строение. Вследствие этого хромистые стали обладают более высокими прочностными свойствами при несколько меньшей пластичности в сердцевине и большей прочностью в цементованном слое.

Дополнительное легирование хромистых сталей ванадием (сталь 15XФ), способствует получению более мелкого зерна, что улучшает пластичность и вязкость.

Никель увеличивает глубину цементованного слоя, препятствует росту зерна и образованию грубой цементитной сетки, оказывает положительное влияние на свойства сердцевины. Хромоникелевые стали 20ХН, 12ХН3А применяют для изготовления деталей средних и больших размеров, работающих на износ при больших нагрузках (зубчатые колеса, шлицевые валы). Одновременное легирование хромом и никелем, который растворяется

в феррите, увеличивает прочность, пластичность и вязкость сердцевины и цементованного слоя. Стали мало чувствительны к перегреву. Большая устойчивость переохлажденного аустенита в области перлитного и промежуточного превращений обеспечивает высокую прокаливаемость хромоникелевых сталей и позволяет проводить закалку крупных деталей с охлаждением в масле и на воздухе.

Стали, дополнительно легированные вольфрамом или молибденом (18Х2Н4ВА, 18Х2Н4МА), применяют для изготовления крупных тяжело нагруженных деталей. Эти стали являются лучшими конструкционными сталями, но дефицитность никеля ограничивает их применение.

Хромомарганцевые стали применяют вместо дорогих хромоникелевых, однако эти стали менее устойчивы к перегреву и имеют меньшую вязкость. Введение небольшого количества титана (0,06...0,12 %) уменьшает склонность стали к перегреву (стали 18ХГТ, 30ХГТ).

С целью повышения прочности применяют легирование бором (0,001...0,005 %) 20ХГР, но бор способствует росту зерна при нагреве.

4. Общие сведения о диамагнетиках

Диамагнетиками называются вещества, которые намагничиваются во внешнем магнитном поле в направлении, противоположном направлению вектора магнитной индукции поля.

К диамагнетикам относятся вещества, магнитные моменты атомов, молекул или ионов которых в отсутствие внешнего магнитного поля равны

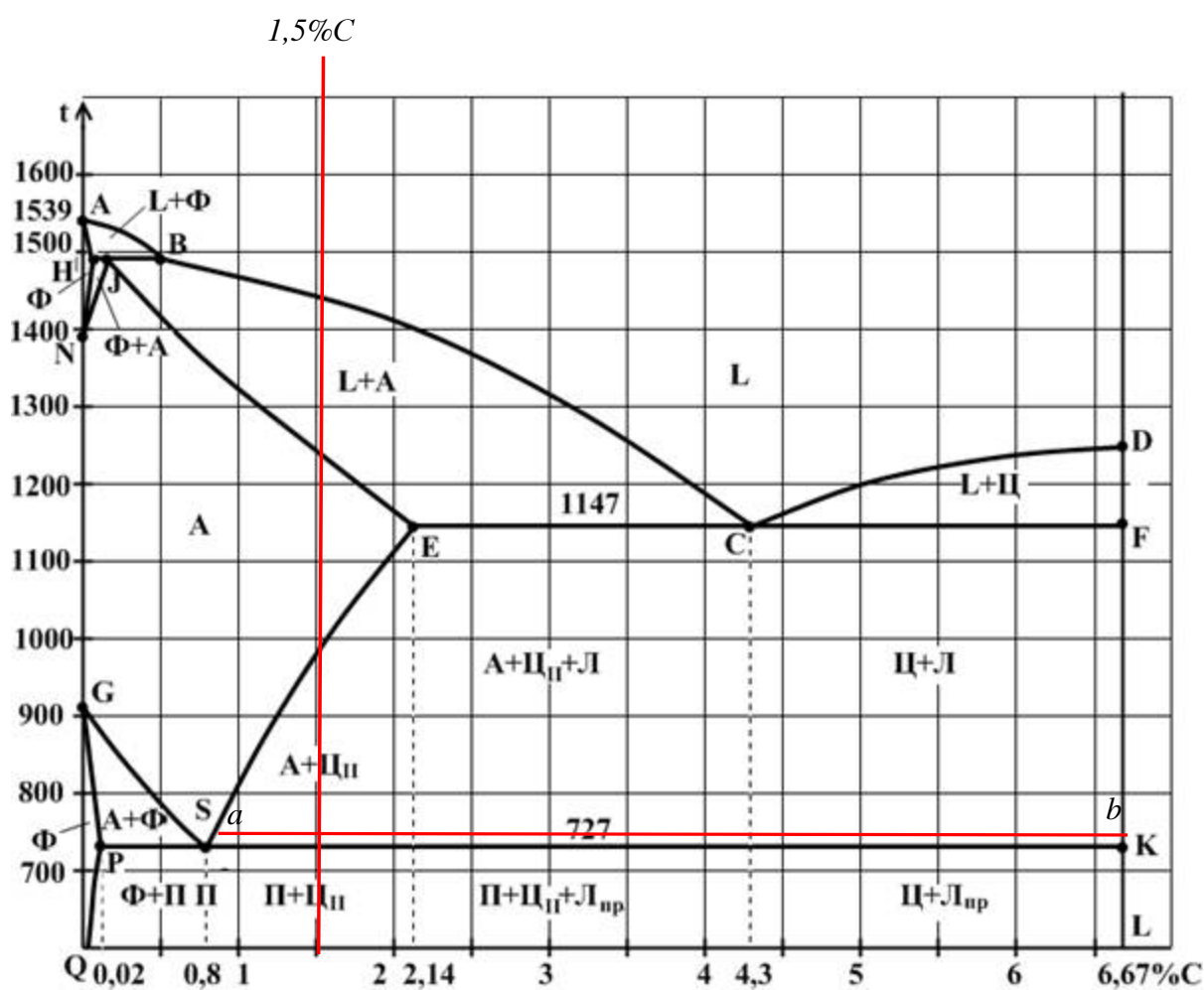
нулю. Диамагнетиками являются инертные газы, молекулярный водород и азот, цинк, медь, золото, висмут, парафин и многие другие органические и неорганические соединения, полупроводники Ge и Si, сверхпроводники.

В случае отсутствия магнитного поля диамагнетик немагнитен, поскольку в данном случае магнитные моменты электронов взаимно компенсируются, и суммарный магнитный момент атома равен нулю.

Т.к. диамагнитный эффект обусловлен действием внешнего магнитного поля на электроны атомов вещества, то диамагнетизм свойственен всем веществам.

Магнитная проницаемость у диамагнетиков $\mu < 1$. Например, у золота $\mu = 0,999961$, у меди $\mu = 0,9999897$ и т.д.

5. С помощью диаграммы железо – углерод, правила фаз и правила отрезков показать какие фазы и в каком количестве присутствуют в точке А (количество углерода 1,5 %, температура 730 °С)



При температуре 730 °С сплав, содержащий 1,5 %С находится в двухфазной области (А+Ц). Состав аустенита определяется проекцией точки а – 0,85 %С: состав цементита – проекцией точки b – 6,67 %С. Количество фаз при данной температуре определяется по правилу отрезков:

$$Q_A = \frac{bx}{ab} 100\% = \frac{6,67-1,5}{6,67-0,85} 100\% = 89 \% - \text{количество аустенита}$$

$$Q_{\text{Ц}} = \frac{ax}{ab} 100\% = \frac{1,5-0,85}{6,67-0,85} 100\% = 11 \% - \text{количество цементита.}$$

Контрольная работа по материаловедению выполнена в www.MatBuro.ru

©**МатБюро** – Консультации по математике, экономике, праву, естественным наукам

Поможем с заданиями по материаловедению: https://www.matburo.ru/sub_subject.php?p=mater

Список использованной литературы

1. Девярых Г.Г., Еллиев Ю.Е. Глубокая очистка веществ: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – 192 с.
2. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. Б. Н. Арзамасов, И. И. Сидорин, Г. Ф. Косолапов и др.; Под общ. ред. Б. Н. Арзамасова. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 384 с.
3. Лахтин, Ю.М. Материаловедение: учеб. для вузов / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. - 3-е изд., перераб. и доп. - Машиностроение, 1990
4. Гуляев, А.П. «Металловедение»: учеб. для вузов / А.П. Гуляев. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1986. с.
5. Материаловедение : учеб. для вузов / Б.Н. Арзамасов[и др.] – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 384 с., ил.