

Радиома

Радиотехнические ~~термалы~~ **термалы** обладают рядом свойств, которые проявляются в электромагнитных полях, но в то же время зависят от состава материалов, их структуры и внешних воздействий.

Под составом материала здесь понимается только основной химический состав: органический, неорганический или элементоорганический.

Под структурой – кристаллическая, аморфная, жидкокристаллическая и доменная структуры.

Под внешней средой – различные виды воздействующих на материал полей (локальных или общих): электромагнитного, теплового, механического, светового, радиационного и др.

Поведение материалов в электромагнитных полях характеризуется параметрами:

- величиной запрещенной зоны;
- удельным электрическим сопротивлением;
- диэлектрической проницаемостью;
- концентрацией носителей заряда;
- магнитной проницаемостью.

и целым рядом других.

Все радиотехнические материалы можно разделить по их поведению в электромагнитном поле на основные четыре группы (класса):

Диэлектрики – материалы, имеющие большое удельное электрическое сопротивление $\rho \approx 10^3 \dots 10^{16} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ и большую запрещённую зону $W_g > 3 \text{ эВ}$.

Полупроводники – материалы, диапазон удельных электрических сопротивлений которых очень велик и перекрывает

Проводники– материалы, имеющие очень маленькое удельное сопротивление: $\rho \approx 10^{-8} \dots 10^{-4}$ Ом·м, запрещённая зона практически отсутствует.

Магнитные материалы– материалы, у которых диапазон сопротивлений большой, но для них главное – концентрирование магнитных силовых линий в материале и высокая магнитная проницаемость μ .

РАДИОМАТЕРИАЛЫ

СОСТАВ


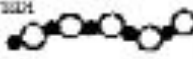


1. Органический

$$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ -\text{C}-\text{C}- \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$$
2. Неорганический

$$\text{Al}_2\text{O}_3; \text{SiO}_2$$
3. Элементоорганический

$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ | \quad | \\ -\text{Si}-\text{O}-\text{Si}- \\ | \quad | \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$$

СТРУКТУРА

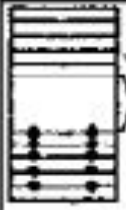
1. Кристаллическая
 
2. Аморфная
 
3. Жидкокристаллическая
 
4. Доменная
 

СРЕДА

1. Электромагнитное поле
 
2. Тепловое поле, °C
3. Механическое поле
 
4. Световое поле
 
5. Радиационное поле
 

СВОЙСТВА


Диэлектрические



$W_g \geq 3 \cdot R$

$\rho = 10^{16} \dots 10^5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$

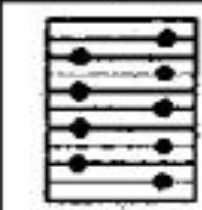
Полупроводниковые



$W_g < 3 \cdot R$

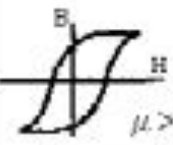
$\rho = 10^8 \dots 10^{-3} \text{ Ом}\cdot\text{м}$

Проводниковые




$\rho = 10^{-8} \dots 10^{-3} \text{ Ом}\cdot\text{м}$

Магнитные



$\mu \gg 1$



Каждая группа материалов имеет свои основные электрические, магнитные, тепловые, механические и другие характеристики; для каждого конкретного материала они приводятся в справочниках. Когда нужно выбрать материал для изготовления того или иного изделия берут справочник и подбирают по требуемым характеристикам материал. За каждым числовым значением каждого параметра стоит явление, свойство, поведение материала, которое проявляется в условиях, требуемых при эксплуатации данного элемента, прибора, устройства.

Свойства материалов

Классификация материалов

Материалы, используемые в радиотехнике и электронике, подразделяют на конструкционные и радиотехнические.

Из конструкционных материалов изготавливают вспомогательные элементы конструкций РЭС, такие как несущие конструкции, различные механизмы корпуса.

Радиотехнические материалы (радиоматериалы) – это класс материалов, характеризующихся определёнными свойствами по отношению к электромагнитному полю и применяемых в радиотехнике с учётом этих свойств.

Радиоматериалы необходимы для изготовления проводов, кабелей, волноводов, антенн, изоляторов, конденсаторов, резисторов, катушек индуктивности, трансформаторов, постоянных магнитов, полупроводниковых приборов, электронных ламп, устройств функциональной электроники. От свойств радиоматериалов зависит работа электрической схемы радиотехнического устройства.

Основными физическими параметрами радиоматериалов являются электропроводность, диэлектрическая и магнитная проницаемость. По физическим (электрическим и магнитным) свойствам все радиоматериалы принято подразделять на четыре класса.

По электрическим свойствам выделяют:

- проводниковые,
- диэлектрические,
- полупроводниковые материалы,
- магнитные материалы.

Проводниковые материалы характеризуются относительно низким электросопротивлением. Такие материалы применяют для изготовления монтажных проводов, кабелей, в качестве контактных материалов. Высокоомные проводниковые материалы с заданной величиной электросопротивления используют для изготовления резистивных элементов таких радиокомпонентов, как резисторы.

Диэлектрические материал, напротив, характеризуются очень высоким удельным электросопротивлением и обычно применяются в качестве электроизоляционных материалов, такие как различные установочные изделия, электроизоляционные подложки и печатные платы, каркасы катушек индуктивности и трансформаторов, пропиточные материалы. Диэлектрические материалы с заданной величиной диэлектрической проницаемости широко применяются в качестве электроизоляционных прокладок при изготовлении электрических конденсаторов.

Активные диэлектрики – сегнетоэлектрики – отличаются от электроизоляционных материалов заметной зависимостью диэлектрической проницаемости от напряжённости электрического поля и температуры. В активных диэлектриках, как правило, наблюдается пьезоэффект, заключающийся в проявлении механических напряжений в диэлектриках под действием электрического поля. Такие диэлектрики называют *пьезоэлектриками*.

Полупроводниковые материалы используют в радиотехнике и электронике, когда необходимо получить электрическое сопротивление материала, управляемое электрическим или магнитным полем, а также температурой или освещенностью. Из полупроводниковых материалов изготавливают диоды, транзисторы, термисторы, фоторезисторы и другие полупроводниковые приборы.

Магнитные материалы обладают способностью намагничиваться под действием магнитного поля. Из магнитных материалов делают сердечники катушек индуктивности, магнитопроводы трансформаторов, магнитные элементы памяти. Некоторые разновидности магнитных материалов сохраняют свою намагниченность после воздействия магнитного поля и применяются для изготовления постоянных магнитов.

В радиотехнике и электронной технике применяют разнообразные материалы, количество наименований которых превышает несколько тысяч.

Виды химической связи в материалах

При сближении атомов до расстояния нескольких долей нанометра ($1\text{нм} = 10^{-9}\text{ м}$), между ними появляются *силы взаимодействия*. Если эти силы являются *силами притяжения*, то атомы могут соединяться с выделением энергии, образуя химические соединения. При этом электроны внутренних и внешних оболочек атомов ведут себя по-разному. Электроны внутренних, полностью заполненных оболочек прочно связаны с ядром и не участвуют в образовании химических связей. Строение внешней, не полностью заполненной электронами оболочки определяет химические свойства атомов в образовавшемся соединении.

Электроны, находящиеся на внешних оболочках, являются валентными. Валентность атома определяется числом этих электронов. Все многообразие существующих в природе материалов характеризуется несколькими видами химической связи.

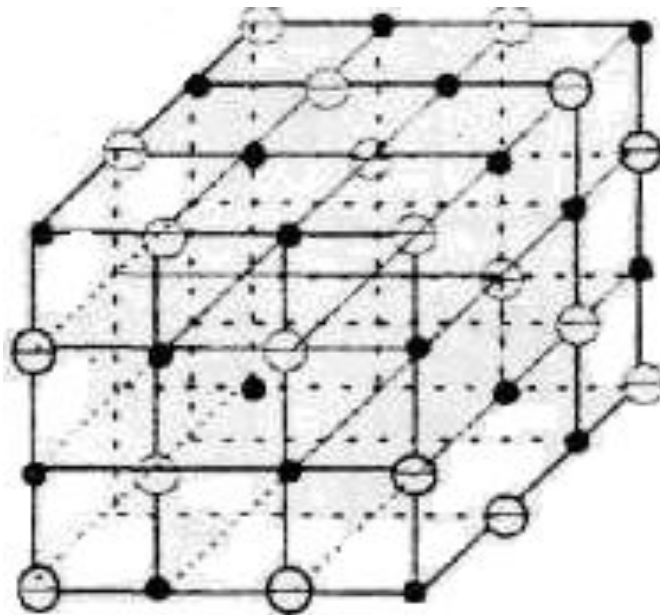
Ковалентная (гомеополярная) связь. При наличии такой связи объединение атомов в молекулу достигается за счёт электронов, которые становятся общими для пар атомов. Плотность отрицательно заряженного электронного облака между положительно заряженными ионами получается наибольшей. Появление состояния с повышенной плотностью электронного заряда в межионном пространстве приводит к возникновению сил притяжения между атомами.

Условное изображение ковалентной связи



Ковалентная связь характерна как для органических, так и для неорганических соединений. К неорганическим веществам с ковалентной связью относятся алмаз, кремний, германий, арсенид галлия (GaAs), карбид кремния (SiC) и другие, являющиеся полупроводниками. Многие полупроводники кристаллизуются в структуре алмаза, в которой каждый атом образует четыре связи со своими ближайшими соседями. Ковалентная связь в неорганических материалах характеризуется высокой прочностью. Подтверждением этому является высокая твёрдость и температура плавления алмаза, кремния и др.

Ионная (гетерополярная) связь. Наблюдается в химических соединениях атомов металла с металлоидными атомами (типа NaCl). Ионная связь возникает вследствие перехода валентных электронов от металлоидного атома к металлоидному и возникновения электростатического притяжения разноименно заряженных атомов друг другу.

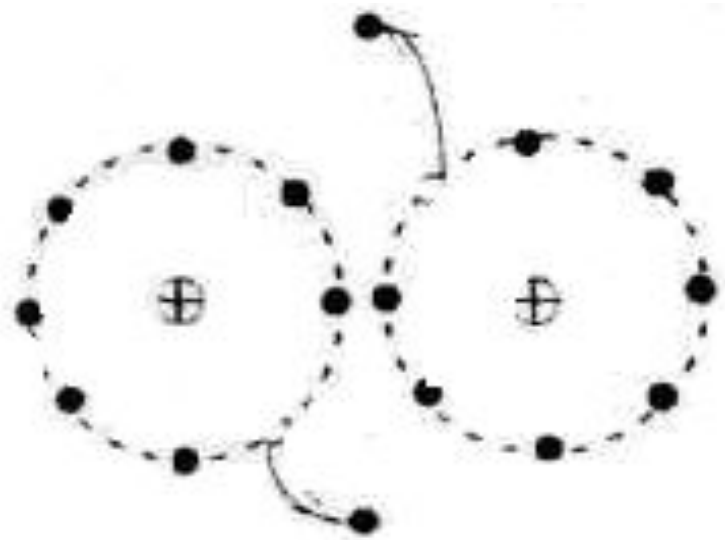


Нарисунке схематически представлена трёхмерная решётка гипотетического ионного кристалла, где атомы металла изображены в виде точек (положительно заряженные ионы - катионы), а атомы металлоида – в виде кружочков (отрицательные ионы – анионы). В решётке ионного кристалла чередуются ионы различного сорта.

Способность атома захватывать электрон при образовании ионной химической связи называется *электроотрицательностью*. Чем больше разность электроотрицательностей атомов, участвующих в образовании химической связи, тем больше степень ионности соединения.

построенных из положительных атомных островов, находящихся в среде свободных коллективизированных электронов. Притяжение между положительными ионами и электронами обуславливает существование металлов как химических соединений. Металлическую связь можно рассматривать до некоторой степени как ковалентную связь, поскольку в её основе лежит обобществление внешних валентных электронов. Специфика металлической связи состоит в том, что обобществленные электроны свободно перемещаются внутри всей решётки, образуя «электронный газ». Поэтому металлическим материалам свойственны пластичность, высокая электро- и теплопроводность.

Схематическое изображение возникновения при наличии ионной связи металлической связи



Молекулярная связь (связь Ван-дер-Ваальса). Этот вид химической связи наблюдается у ряда веществ (парафин, жидкие кристаллы) между молекулами с ковалентным характером внутримолекулярного взаимодействия. Вещества с молекулярной связью характеризуются сравнительно низкой температурой плавления и невысокой механической прочностью.

Проводниковые материалы

Это материалы, служащие проводниками электрического тока. Их удельное электрическое сопротивление мало, и составляет от 10^{-8} до 10^{-4} Ом·м. Проводники могут быть твёрдыми веществами:

- кристаллические металлы и сплавы, углерод – это проводники 1 рода;
- жидкими – электролиты – это проводники 2 рода;
- газообразными – газоразрядная плазма – проводники 3 рода.

Обычно проводники классифицируют по их удельному сопротивлению, по температуре плавления, по твердости и другим факторам.

Кпервой классификационной группе относят **материалы высокой проводимости**. Обычно это чистые материалы: медь, серебро, алюминий, никель, и др.

Проводники1 рода,практическине имеют запрещённой зоны, так как зоны валентная и проводимости у них перекрываются.

Металлыобладают металлическим типом химической связи, при которой валентные электроны атомов обобществлены и образуют так называемый «свободный» электронный газ. Атомы, расположенные в узлах (междуузлиях) кристаллическойрешётки, являются положительно заряженными ионами, так как они отдали свои электроны «в общее пользование». В такой системе имеет место большое количество свободных носителей заряда – электронов.

Проводники (1 рода) –
металлические материалы,
обладающие очень малым
сопротивлением благодаря
наличию «свободного»
электронного газа

Основные характеристики, свойства

Электропроводность

**Чистых
металлов**

Сплавов

Сверхпроводимость

**Контактная
разность
потенциалов**

Термо ЭДС

Термопары

**Явления на
контактах**

**Виды
контактов**

Ко второй группе относят **материалы высокого сопротивления**. Это, как правило, сплавы: константан, манганин, нихром и др.

К третьей группе относят **материалы, способные переходить при определённых критических температурах в сверхпроводящее состояние** – сверхпроводники 1 и 2-го рода: кадмий, цинк, тантал, свинец, сплав Nb_3Sn и др.

В четвёртую группу включим различные **материалы, используемые в качестве термопар**: медь-константан; медь-копель; хромель-копель; хромель-алюмель; платина-платинородий.

Впятую группу относят материалы, используемые в качестве контактных для высоковольтной аппаратуры, слаботочной аппаратуры, размыкаемых высоковольтной низковольтной аппаратуры, скользящих: серебро, медь, золото, вольфрам, графит, композиции: Cu-W, Cu-графит, Ag-W и др.

Полупроводниковые материалы

Это материалы, имеющие запрещённую зону. На их основе изготавливаются датчики различных видов энергий, выпрямители, триоды, тиристоры, интегральные микросхемы и множество других приборов и элементов.

Используются они, в основном, в твердом агрегатном состоянии, хотя имеются и жидкие полупроводники, например: Bi_2S_3 , Cu_2S .

Ширина запрещённой зоны полупроводников имеет большой диапазон – от сотых долей электрон-вольта до 3 эВ. Удельные электрические сопротивления занимают более десяти порядков ($10^{-4} \dots 10^8 \text{ Ом}\cdot\text{м}$).

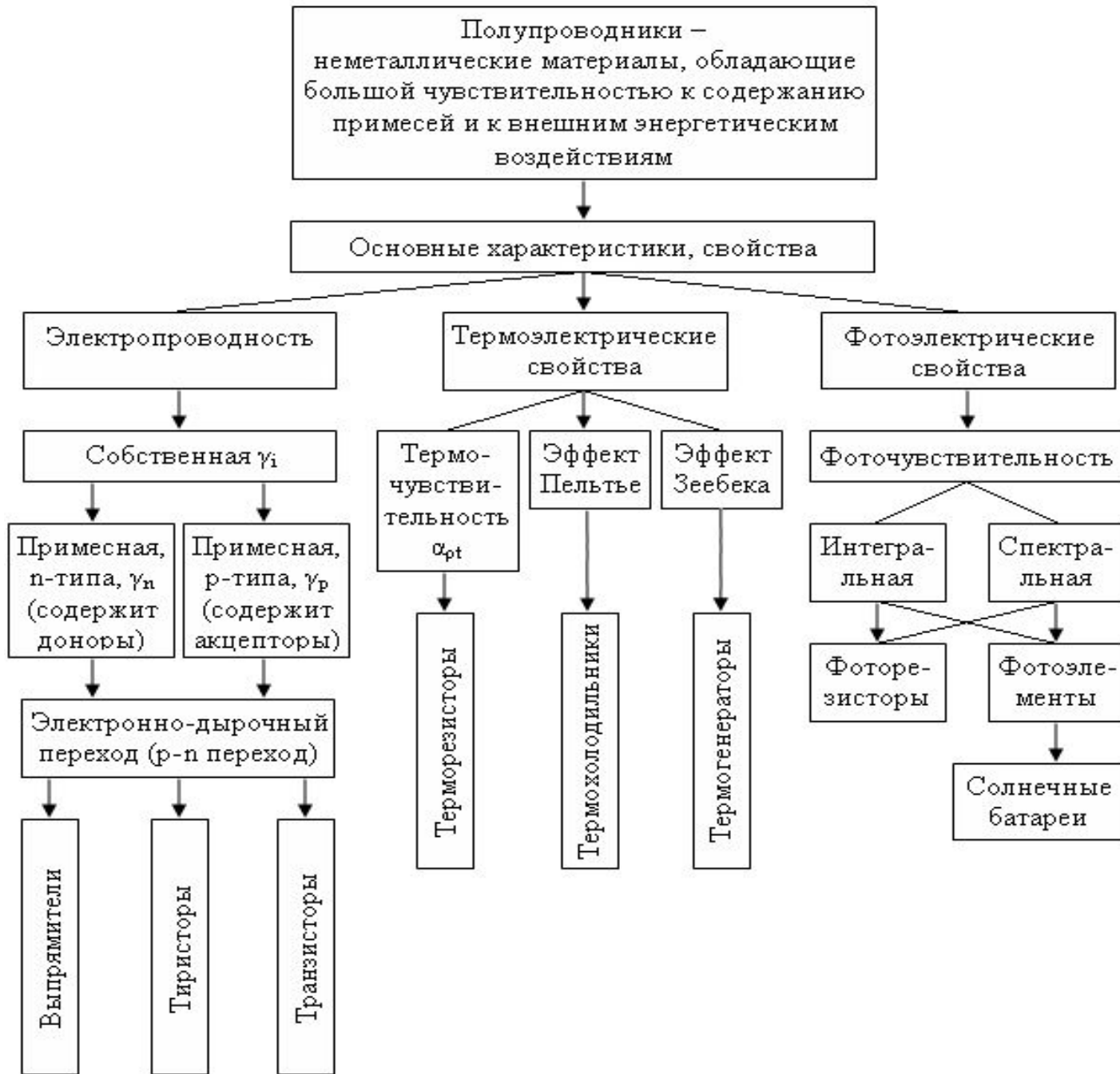
Полупроводники относятся к неметаллам, а по химическому составу могут быть неорганическими – кремний, арсенид галлия, карбид кремния и органическими – антрацен, нафталин, фталоцианин меди и др.

Особенности полупроводников

К ним относят:

1. Электрические параметры очень чувствительны к содержанию примесей (0,000001% примеси может изменить величину электропроводности на один или два порядка).

2. Внешние воздействия (тепло, свет, давление, трение и др.) могут сильно изменять свойства материала. Поэтому полупроводники используются для изготовления датчиков всевозможных видов энергии: терморезисторы, фоторезисторы, тензорезисторы и др. 3. Полупроводники, в зависимости от определённых вводимых примесей, могут обладать электронной (n- типа) или дырочной (p- типа) электропроводностью. Это позволяет создавать электронно-дырочный переход (p-n переход), который обладает униполярной проводимостью и позволяет создавать выпрямители, усилители и другие активные элементы и приборы.



Магнитные материалы

Все вещества в природе взаимодействуют с внешним магнитным полем, но каждое вещество по-разному.

Магнитные свойства веществ зависят от магнитных свойств элементарных частиц, структуры атомов и молекул, а также их групп, но основное определяющее влияние оказывают электроны, их магнитные моменты.

Все вещества, по отношению к магнитному полю, поведению в нём, разделяются на следующие группы:

Диамагнетики – материалы, не имеющие постоянного магнитного дипольного момента, обладающие относительной магнитной проницаемостью ($\mu \leq 1$) чуть меньше единицы. Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ диамagnetиков почти не зависит от величины магнитного поля (H) и не зависит от температуры. К ним относятся: инертные газы (Ne, Ar, Kr, Xe), водород (H_2); медь (Cu), цинк (Zn), серебро (Ag), золото (Au), сурьма (Sb) и др.

Парамагнетики – материалы, имеющие постоянные дипольные моменты, но расположены они беспорядочно, поэтому взаимодействие между ними очень слабое. Относительная магнитная проницаемость парамагнетиков чуть больше единицы ($\mu \geq 1$), слабо зависит от напряженности магнитного поля и от температуры.

К парамагнетикам относятся следующие материалы: кислород (O_2), алюминий (Al), платина (Pt), щелочные металлы, соли железа, никеля, кобальта и др.

Антиферромагнетики – материалы, имеющие постоянные дипольные магнитные моменты, которые расположены антипараллельно друг другу. Относительная магнитная проницаемость их чуть больше единицы ($\mu \geq 1$), очень слабо зависит от напряженности магнитного поля и от температуры. К ним относятся: окиси кобальта (CoO), марганца (MnO), фтористый никель (NiF₂) и др.

Ферримагнетики – материалы, обладающие антипараллельными постоянными дипольными магнитными моментами, которые не полностью компенсируют друг друга. Чем меньше такая компенсация, тем выше их ферромагнитные свойства. Относительная магнитная проницаемость ферримагнетиков может быть близка к единице (при почти полной компенсации моментов), а может достигать до десятков тысяч (при малой компенсации).

К ферримагнетикам относятся ферриты, их можно назвать оксиферрами, так как они представляют собой окислы двухвалентных металлов с Fe_2O_3 . Общая формула феррита $[\text{MeOFe}_2\text{O}_3]$, где Me – двухвалентный металл.

Ферриты представляют собой керамические ферромагнитные материалы с малой электропроводностью, вследствие чего могут быть отнесены к электронным полупроводникам с высокой магнитной ($\mu \approx 10^4$) и высокой диэлектрической ($\epsilon \approx 10^3$) проницаемостями.

Диа-, пара- и антиферромагнетики можно объединить в группу слабомагнитных веществ, а ферро- и ферримагнетики – в группу сильномагнитных веществ.

Для технического применения в области радиоэлектроники наибольший интерес представляют сильномагнитные вещества.

Диэлектрические материалы

Эти материалы, используемые для изоляции токоведущих частей друг от друга, для создания емкостей (конденсаторов) – накопителей заряда, изоляторов для других целей. Это самая обширная группа радиоматериалов.

Они могут быть: газообразными – воздух или другие газы; жидкими – все возможные масла, клеи, лаки; твердыми – керамика, пластмасса, стекло, смола и др., имея широкую запрещенную зону, $W_g \geq 3$ эВ, они относятся к неметаллам; обладают большим удельным электрическим сопротивлением ($10^3 \dots 10^{16}$ Ом·м).