



Электроматериаловедение





Электротехнические материалы: определение, классификация

- Электротехнические материалы — это материалы, характеризующиеся определенными свойствами по отношению к электромагнитному полю и применяемые в технике с учетом этих свойств.



Проводники: определение, классификация



1. Материалы высокой проводимости, например: Cu, Ag, Al, Ni и т. д.
2. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода, например: Cd, Zn, Ta, Pb, сплав Nb₃Sn и др.
3. Материалы, используемые для изготовления термопар и удлиняющих проводов, например: медь — константан, медь — копель, хромель — копель, хромель — алюмель и др.
4. Материалы высокого сопротивления (резистивные), например: константан, манганин, нихром и т. д.
5. Контактные материалы для сильноточной и слаботочной аппаратуры, размыкаемые материалы высоковольтной и низковольтной аппаратуры, скользящих, например: Cu, Ag, Al, W, графит, композиции Cu — W, Ag — W и др.
6. Припои.



Классификация проводников по агрегатному состоянию

1. Твердые вещества — проводники 1-го рода.
2. Жидкие вещества — проводники (электролиты, расплавленные металлы) 2-го рода.
3. Газообразные вещества — проводники (плазма) 3-го рода.



Особенности проводников

1. Проводниковые материалы обладают электронной проводимостью,
2. Температурный коэффициент электросопротивления (TKR) проводников положителен.
3. Механическая обработка металлов, а также наличие примесей приводят к увеличению удельного электросопротивления. Чтобы вернуть их прежнюю электропроводимость, их подвергают отжигу без доступа кислорода.



Классификация сверхпроводников

- Металлы и сплавы ниже определенной критической температуры ($T_{кр}$), переходящие в сверхпроводящее состояние, т. е. их сопротивление эл. току становится равным нулю называются **сверхпроводниками**
- Сверхпроводящие материалы с критической температурой, превышающей температуру жидкого азота (77 K), называются **высокотемпературными**.
- **Криопроводниками** называются материалы, которые при охлаждении ниже $-173\text{ }^{\circ}\text{C}$ приобретают высокую электропроводность, но не переходят в сверхпроводящее состояние.

Полупроводники: определение, классификация

- Полупроводники – это материалы , обладающие удельным электрическим сопротивлением в пределах $10^{-5} \dots 10^8$ Ом·м. Из простых полупроводников распространены германий и кремний.
- Используются для выпрямления и усиления эл. сигналов и превращения различных видов энергии в электрическую



Особенности полупроводников



1. Занимают промежуточное положение между диэлектриками и проводниками по удельному электросопротивлению.
2. Электрические параметры чувствительны к содержанию примесей.
3. Внешние воздействия (тепло, свет, давление, трение) сильно изменяют свойства материалов.
4. Полупроводники имеют отрицательный температурный коэффициент электросопротивления.
5. Полупроводники могут обладать электронной (n-типа) или дырочной (p-типа) проводимостью. Это позволяет создавать электронно-дырочный переход (p—n), обладающий униполярной проводимостью.



Применение полупроводников

- Терморезисторы — сопротивления, величина которых изменяется от температуры. Используются как датчики температуры в различных схемах автоматики.
- Термоэлементы — устройства, с помощью которых можно преобразовывать энергию электрического поля в тепловую энергию, и наоборот — тепловую в электрическую



Применение полупроводников

- **Фотоэлементы** — элементы, служащие для преобразования световой энергии в электрическую. Используются в солнечных батареях, вентильных элементах. В основе фотоэлементов лежит р—n-переход
- **Фоторезисторы** — элементы, сопротивления которых зависят от интенсивности светового потока, действующего на него.



Диэлектрики: определение, применение

- Диэлектрики — вещества, обладающие способностью поляризоваться в электрическом поле. Удельное электросопротивление $> 10^8$ Ом м
- Явление поляризации заключается в том, что под действием внешнего электрического поля связанные заряды диэлектрика смещаются в направлении действующих на них сил и тем больше, чем выше напряженность поля.
- используются для изоляции токоведущих частей друг от друга и для создания емкостей (конденсаторов) — накопителей заряда, изоляторов.



Классификация диэлектриков по назначению

- 1. Пассивные.
- 1.1 Электроизоляционные.
- 1.1 Конденсаторные.
- 2. Активные.
- 2.1 Сегнетоэлектрики.
- 2.2 Пьезоэлектрики.
- 2.3 Пирозэлектрики.
- 2.4 Жидкие кристаллы.



Классификация диэлектриков по химическому составу

- 1. Органические (смолы, пластмассы, лаки, масла, ткани).
- 2. Неорганические (керамика, стекло, слюда, фториды, асбест).
- 3. Элементоорганические (кремний, органические смолы, каучук, компаунд и другие).



Классификация диэлектриков по агрегатному состоянию

- 1. Газообразные (воздух, азот, водород, углекислый газ, элегаз-SF₆, фреон).
- 2. Жидкие (нефтяные масла, клеи, лаки).
- 3. Твердые (керамика, пластмасса, стекло, слюда, смола).



Пробой диэлектриков

- Пробой диэлектрика или нарушение электрической прочности — нарушение электроизоляционных свойств при напряжениях, превышающих критические значения.
- Электрической прочностью ($E_{пр}$) называется минимальная напряженность однородного электрического поля, приводящая к пробое диэлектрика.
- Пробивное напряжение ($U_{пр}$) — минимальное напряжение, при котором происходит пробой диэлектрика.



Активные диэлектрики: определение, применение

Сегнетоэлектрики — вещества, обладающие спонтанной поляризацией, направление которой может быть изменено с помощью внешнего электрического поля.

Применяются для изготовления

1. малогабаритных низкочастотных конденсаторов с большой удельной емкостью.
2. диэлектриков, усилителей, модуляторов и других управляемых устройств.
3. сегнетоэлектриков в вычислительной технике в качестве ячеек памяти.
4. модуляторов и преобразователей лазерного излучения.
5. пьезоэлектрических, пирозэлектрических преобразователей.



Активные диэлектрики : электреты

- Электреты — диэлектрические вещества, длительно сохраняющие поляризацию и создающие в окружающем пространстве электрическое поле.
- Термоэлектреты — способны создавать электрическое поле в течение многих месяцев и лет.
- Фотоэлектреты — способны сохранять электрическое поле в темноте и разряжаться при свете.



Активные диэлектрики: пиро- и пьезоэлектрики

- **Пироэлектрики** — вещества, обладающие спонтанной поляризацией, направление которой может быть изменено с помощью теплового воздействия, т. е. обладающей пироэлектрическим эффектом.
- **Пьезоэлектрики** — вещества, обладающие поляризацией под действием механических напряжений, т. е. обладающих пьезоэлектрическими эффектами.
- **Пьезомодуль (d)** — величина, равная заряду, возникающему на единице поверхности пьезоэлектрика при приложении к нему единицы давления.



Магнитные материалы: определение, классификация

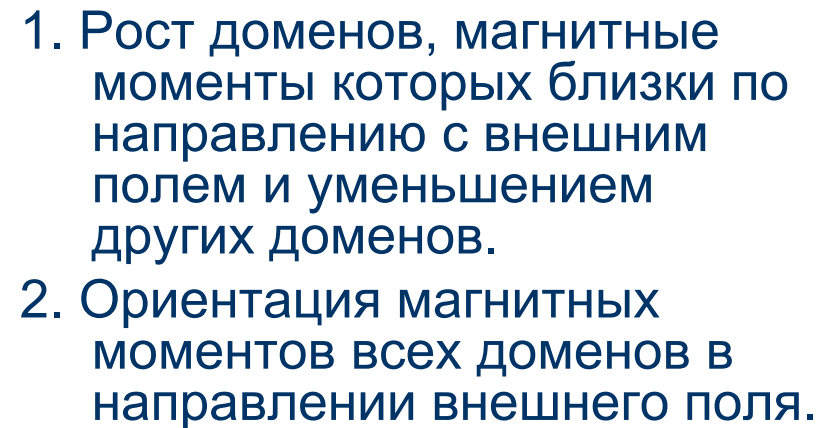
- Магнитными материалами называются материалы, основным свойством которых является способность намагничиваться под влиянием внешнего магнитного поля.





Основные магнитные параметры

1. **Остаточная магнитная индукция (B_r)** — индукция в намагниченном материале, при котором напряженность магнитного поля H равна 0.
2. **Коэрцитивная сила (H_c)** — напряженность магнитного поля, которую нужно приложить к образцу, чтобы снять остаточную индукцию.
3. **Индукция насыщения (B_{max} , T_l)** — это максимальная индукция B_{max} , которая достигается при полном насыщении образца.
4. **Удельные потери на гистерезис (P_r , W_t)** за один цикл перемагничивания характеризуются площадью, охватываемой предельной петлей гистерезиса.



Петля гистерезиса ферромагнитного материала



Магнитно-мягкие материалы

- **Магнитно-мягкие** — материалы с малым значением коэрцитивной силы (H_c) до 100 А/м, большой величиной магнитной проницаемости и малыми потерями на гистерезис. Используются в качестве магнитопроводов электрических машин, трансформаторов, измерительных приборов, катушек индуктивности и т. д.
- **Требования к структуре:**
гомогенная структура, не имеющая внутренних напряжений после рекристаллизации, например, чистые металлы, твердые растворы.



Магнитно-мягкие материалы

1. Технически чистое железо (железо армко) C ~ 0,05%, примесей до 0,1%.
2. Электротехническая сталь (Fe — Si) (0,05,...0,005% C; 0,8,...4,5% Si):
 - динамная Si < 2%,
 - трансформаторная Si > 2%.
3. Сплавы:
 - железо-никелевые 45...78% Ni (пермаллои), 79НМ, 81НМА, 83НФ;
 - литейные сплавы — альсиферы (Fe — Si — Al);
 - металлокерамические — ферриты, оксиферы;
 - магнитодиэлектрики.



Пермаллои: определение, маркировка

- Пермаллои — железо-никелевые сплавы с содержанием никеля от 36 до 80%, с добавлением легирующих элементов, таких как кобальт, хром, молибден и др. Они обладают легкой намагничиваемостью в слабых полях, имеют повышенное удельное сопротивление, применяются при $f =$ до 200...500 кГц, пластичны, прокатываются в листы, ленты толщиной до 0,0015 мм, чувствительны к деформации.
Примеры маркировки: 79НМ, 80НХС, 50НХС, 45Н, 50Н, 50НП, 65НП.



Маркировка электротехнической стали

- Цифровое обозначение стали:
- 1 — цифра указывает класс по структурному состоянию;
- 2 — цифра указывает содержание кремния;
- 3 — цифра указывает группу по основной нормируемой характеристике;
- 4 — цифра указывает порядковый номер типа стали.
- Пример обозначения стали:
- 1511 — электротехническая сталь, тонколистовая, горячекатаная, изотропная, с содержанием кремния от 3,8 до 4,8%, удельные потери при магнитной индукции 1,5 Тл и $f = 50$ Гц;



Магнитно-твердые материалы

- **Магнитно-твердые** —это материалы, имеющие большую коэрцитивную силу ($H_c > 100 \text{ А/м}$).Применяются для изготовления постоянных магнитов электрических машин, электроизмерительных приборов, в которых используется магнитная энергия в воздушном зазоре между полюсами магнита.
- **Требования к структуре:**
дисперсная неоднородная структура, имеющая внутренние напряжения; например, мартенсит с высокой плотностью дефектов строения.



Магнитно- твердые материалы

— Для маломощных магнитов:

1. В/у стали (С ~1,0%).
2. В/у хромистые стали: EX, EX3, EX7B6, EX5K5, EX9K15M.

— Для малогабаритных мощных магнитов:

1. Литейные сплавы: ални (АН); алнико (АНК); магнико (МНК).
2. Деформируемые сплавы: хромко (30ХК23); викаллой (52КВФ); кунико; кунифе.
3. Порошковые материалы: дисперсионно-твердеющие сплавы (Fe — Al — Ni — Co); ММК—1 (ЮН); ММК—2 (ЮНД—4)...ММК—11 (ЮНД К38Т7).
4. Сплавы на основе благородных и редкоземельных металлов: Ag — Mn — Al, Pt — Fe, Pt — Co, Pt — Pd — Co; например, платинакс ПлК—78; КС37; КС37А (самарий — 37%); КСП37 (самарий с празеодимом).