**Министерство образования Российской Федерации**

**Институт дистанционного образования**

**ГОУ ВПО « Тюменский государственный университет »**

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**по дисциплине: « Материаловедение »**

**Тема: « I. Цветные металлы: классификация, области применения.**

**II. Металлические проводниковые и полупроводниковые материалы, магнитные материалы»**

Разработал студент Петренко Н.В.

**Нижневартовск 2010**

**План курсовой работы**

Введение

1. Цветные металлы: классификация, области применения
   1. Классификация цветных металлов
   2. Особенности применения и обработки
   3. Алюминий и алюминиевые сплавы
2. Металлические проводниковые и полупроводниковые материалы, магнитные материалы
   1. Классификация электротехнических материалов
   2. Проводниковые материалы
   3. Полупроводниковые материалы
   4. Магнитные материалы

**Введение**

В данном курсовом проекте будет освещен материал по темам «Цветные металлы: классификация, области применения» и «Металлические проводниковые и полупроводниковые материалы, магнитные материалы», вторую из них совместил из трех тем, чтобы показать основу по роду моей профессии, т.к. занят в энергетической области.

1. **Цветные металлы: классификация, области применения**
   1. **Классификация цветных металлов**

# Цветные металлы

Все применяемые в технике металлы и сплавы делятся на чёрные и цветные.

К чёрным металлам относят железо и его сплавы (сталь, чугун, ферросплавы). Все остальные металлы и сплавы составляют группу цветных металлов.

Наибольшее распространение в технике получили чёрные металлы. На их долю приходится свыше 90% производимой металлопродукции. Это обусловлено большими запасами железных руд в земной коре, сравнительно простой технологией выплавки чугунов и сталей, их высокой конструктивной прочностью (прежде всего сталей) и относительно небольшой стоимостью.

Цветные металлы применяются в технике реже, чем чёрные. Это объясняется незначительным содержанием многих цветных металлов в земной коре, сложностью процесса их выплавки из руд, недостаточной прочностью. Цветные металлы дороже чёрных, и, когда это возможно, их заменяют чёрными металлами, пластмассами и другими более дешёвыми материалами. Однако цветные металлы имеют свойства, которые делают их применение в технике незаменимым. Например, медь и алюминий обладают высокой электро- и теплопроводностью и используются для изготовления проводников электрического тока в электротехнике, в различных теплообменниках, радиаторах, холодильниках. Сплавы магния, алюминия и титана благодаря малой плотности, высокой удельной прочности широко применяются в самолётостроении, космической технике и т.д.

Из цветных металлов и сплавов наибольшее распространение получили сплавы алюминия и меди. Из года в год возрастает интерес к титану и его сплавам, которые широко применяются в авиа- и ракетостроении, в химической промышленности, цветной металлургии и т.д.

Цветные металлы условно подразделяются на:

* легкие (литий, магний, бериллий, алюминий, титан и др.), обладающие малой плотностью (до 5000 кг/м3);
* легкоплавкие (ртуть, цезий, галлий, рубидий, олово, свинец, цинк и др.), имеющие низкую температуру плавления;
* тугоплавкие (вольфрам, тантал, молибден, ниобий и др.), температура плавления которых более высокая, чем железа (1539 °С);
* благородные (золото, серебро, металлы платиновой группы), обладающие высокой коррозионной стойкостью;
* урановые - актиниды, используемые в атомной технике;
* редкоземельные (РЗМ) (скандий, иттрий, лантан и лантаниды), применяемые в качестве присадок к сплавам других элементов;
* щелочные (натрий, калий, литий и др.), не находящие применения в свободном состоянии (за исключением особых случаев, например в качестве теплоносителей в ядерных реакторах).

## Таблица 1. Плотность металлов и сплавов

|  |  |
| --- | --- |
| **Плотность металлов (при 20°C):** | |
|  | **т/м3** |
| Алюминий | 2.6889 |
| Вольфрам | 19.35 |
| Графит | 1.9 — 2.3 |
| Железо | 7.874 |
| Золото | 19.32 |
| Калий | 0.862 |
| Кальций | 1.55 |
| Кобальт | 8.90 |
| Литий | 0.534 |
| Магний | 1.738 |
| Медь | 8.96 |
| Натрий | 0.971 |
| Никель | 8.91 |
| Олово (белое) | 7.29 |
| Платина | 21.45 |
| Плутоний | 19.25 |
| Свинец | 11.336 |
| Серебро | 10.50 |
| Титан | 4.505 |
| Уран | 19.04 |
| Хром | 7.18 |
| Цезий | 1.873 |
| Цирконий | 6.45 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Плотность сплавов (при 20°C):** | |
|  | **т/м3** |
| Бронза | 7.5 — 9.1 |
| Сплав Вуда | 9.7 |
| Дюралюминий | 2.6 — 2.9 |
| Константан | 8.88 |
| Латунь | 8.2 — 8.8 |
| Нихром | 8.4 |
| Платино-иридиевый | 21.62 |
| Сталь | 7.7 — 7.9 |
| Сталь нержавеющая (в среднем) | 7.9 — 8.2 |
| марки 08×18Н10Т, 10×18Н10Т | 7,9 |
| марки 10×17Н13М2Т, 10×17Н13М3Т | 8 |
| марки 06ХН28МТ, 06ХН28МДТ | 7,95 |
| марки 08×22Н6Т, 12×21Н5Т | 7,6 |
| Чугун белый | 7.6 — 7.8 |
| Чугун серый | 1. — 7.2 |

**1.2 Цветные металлы: особенности применения и обработки**

На сегодняшний день цветные металлы имеют огромное значение для производства любого типа техники. Металл является химически простым веществом, обладающим такими характеристиками, как ковкость, теплопроводность, электропроводность; внешне отличается особым блеском.

Цветные металлы — техническое название всех металлов и их сплавов (кроме железа и его сплавов, называемых черными металлами). Термин в русском языке соответствует термину в европейских языках.

Цветные металлы весьма востребованы в нашей стране, их производство широко распространено во всех регионах.

Цветная металлургия — отрасль металлургии, которая включает добычу, обогащение руд цветных металлов и выплавку цветных металлов и их сплавов. Различают металлургию легких металлов и металлургию тяжелых металлов.

**Применение цветных металлов**

В современной технике объем применения цветных металлов и сплавов на их основе непрерывно растет. В связи с бурным развитием авиастроения, ракетной и атомной техники, химической промышленности в качестве конструкционных материалов в настоящее время стали применять такие металлы (и сплавы на их основе), как титан, цирконий, никель, молибден и даже ниобий, гафний и др.

Области применения отдельных цветных металлов и сплавов на их основе весьма разнообразны.

Медь и ее сплавы широко используют в химическом машиностроении, для изготовления трубопроводов самого различного назначения, емкостей, различных сосудов в криогенной технике, в электроэнергетике и т. п.

Алюминий и его сплавы применяют для изготовления различных емкостей в химической и пищевой промышленности. Сплавы на основе алюминия широко применяют для самолетов, ракет, судов, в строительстве и электроэнергетике. В связи с их сравнительно высокой прочностью при малой плотности, высокой коррозионной стойкостью в некоторых агрессивных средах и высокими механическими свойствами при низких температурах.

**Особенности цветных металлов**

Некоторые металлы (медь, магний, алюминий) обладают сравнительно высокими теплопроводностью и удельной теплоемкостью, что способствует быстрому охлаждению места сварки, требует применения более мощных источников теплоты при сварке, а в ряде случаев предварительного подогрева детали.

Для некоторых металлов (медь, алюминий, магний) и их сплавов наблюдается довольно резкое снижение механических свойств при нагреве, в результате чего в этом интервале температур металл легко разрушается от ударов, либо сварочная ванна даже проваливается под действием собственного веса (алюминий, бронза).

Все цветные сплавы при нагреве в значительно больших объемах, чем черные металлы, растворяют газы окружающей атмосферы и химически взаимодействуют со всеми газами, кроме инертных. Особенно активные в этом смысле более тугоплавкие и химически более активные металлы: титан, цирконий, ниобий, тантал, молибден. Эту группу металлов часто выделяют в группу тугоплавких, химически активных металлов.

**Особенности обработки цветных металлов.**

Цветные металлы прочны и долговечны, способны переносить высокие температуры. Недостаток только один — способность корродировать и разрушаться под воздействием кислорода .

Одним из самых эффективных методов защиты цветного металла от атмосферной коррозии считается нанесение защитных лакокрасочных материалов. Существуют три группы средств для защиты металлических поверхностей: грунтовки, краски и универсальные препараты «три в одном». Грунтовка — незаменимое средство борьбы с атмосферным окислением, одно- или двухслойное грунтование производится перед окрашиванием, помимо защитных свойств сообщая финишному покрытию лучшую адгезию к основанию. При выборе состава важно знать, что для разных металлов используются разные грунтовки

Для алюминиевых оснований используют специальные грунтовки на цинковой основе либо уретановые краски. Медь, латунь и бронзу обычно не красят — эти металлы поставляются на рынок с заводской обработкой, защищающей поверхность и подчеркивающей ее красоту. Если же целостность такого «фирменного» покрытия со временем нарушается , его лучше полностью удалить с помощью растворителя , после чего основание следует отполировать и покрыть эпоксидным или полиуретановым лаком.

**Основные цветные металлы:**

Алюминий

Алюминий — это цветной металл, который обладает высокой электропроводностью, хорошей пластичностью, но имеет низкие механические свойства. Различают алюминий первичный и вторичный.

Медь

Медь — это металл, который является наиболее распространенным среди цветных, обладающим высокой пластичностью, электропроводностью и теплопроводностью. Медь хорошо сплавляется со многими металлами, образуя сплавы, которые широко используются в машиностроении.

Цинк

Цинк — это цветной металл, который при обыкновенной температуре хрупок, но при нагреве до 100-150 градусов хорошо куется и прокатывается. Цинк устойчив против коррозии, однако разрушается под действием кислот и щелочей. Температура плавления — 419 градусов.

* 1. **Алюминий и алюминиевые сплавы**

## Производство алюминия и его свойства

Алюминий — это легкий и пластичный белый металл, матово-серебристый благодаря тонкой оксидной пленке, которая сразу же покрывает его на воздухе. Он относится к III группе периодической системы, обозначается символом Al, имеет атомный номер 13 и атомную массу 26,98154.

Алюминий обладает замечательными свойствами, которые объясняют широкий спектр его применения. По объемам использования в самых разных отраслях промышленности он уступает только железу. Ковкий и пластичный, алюминий легко принимает любые формы. Оксидная пленка делает его устойчивым к коррозии, а значит, срок службы изделий из алюминия может быть очень долгим. Кроме того, к списку достоинств необходимо добавить высокую электропроводимость, нетоксичность и легкость в переработке.

Всем этим объясняется огромное значение алюминия в мировой экономике. Алюминий необходим для производства автомобилей, вагонов скоростных поездов, морских судов. Без него аэрокосмическая индустрия никогда не получила бы развития. Самые разные виды продуктов из алюминия используются в современном строительстве. Алюминий практически вытеснил медь в качестве материала для высоковольтных линий электропередачи. Примерно половина посуды для приготовления пищи, продаваемой каждый год во всем мире, сделана именно из этого металла.

**Как получают алюминий?**

Алюминий чрезвычайно распространен в природе: по этому параметру он занимает четвертое место среди всех элементов и первое — среди металлов (8,8% от массы земной коры), но не встречается в чистом виде.

Чаще всего алюминий производят из бокситов. Более 90% мировых запасов этого минерала сосредоточено в странах тропического и субтропического пояса: Австралии, Гвинее, Ямайке, Суринаме, Бразилии, Индии.

В нашей стране также используются нефелиновые руды, месторождения которых расположены на Кольском полуострове и в Кемеровской области. При переработке нефелинов получают значительные объемы попутной продукции — кальцинированную соду, поташ, удобрения и цемент.

Сначала из добытой и обогащенной руды извлекают так называемый глинозем — оксид алюминия (Al2O3). Несмотря на название, по виду он не имеет ничего общего с глиной или черноземом — скорее, он похож на муку или очень белый песок. Затем глинозем методом электролиза превращают в алюминий. Из двух тонн глинозема выходит одна тонна алюминия.

Производство алюминия является исключительно энергоемким. Поэтому алюминиевые заводы наиболее выгодно строить в регионах, где есть свободной доступ к источникам электроэнергии.

## Алюминий и алюминиевые сплавы. Обработка алюминия Все сплавы алюминия можно разделить на две группы:

* Деформируемые алюминиевые сплавы — предназначены для получения полуфабрикатов (листов, плит, прутков, профилей, труб и т. д.), а также поковок и штамповых заготовок путем прокатки, прессования, ковки и штамповки.

а) Упрочняемые термической обработкой:

* + Дуралюмины, «дюраль» (Д1, Д16, Д20\*, сплавы алюминия меди и марганца [Al-Cu-Mg]) — удовлетворительно обрабатываются резанием в закаленном и состаренном состояниях, но плохо в отожженном состоянии. Дуралюмины хорошо свариваются точечной сваркой и не свариваются сваркой плавлением вследствие склонности к образованию трещин. Из сплава Д16 изготовляют обшивки, шпангоуты, стрингера и лонжероны самолетов, силовые каркасы, строительные конструкции, кузова автомобилей.
  + Сплав авиаль (АВ) удовлетворительно обрабатывается резанием после закалки и старения, хорошо сваривается аргонодуговой и контактной сваркой. Из этого сплава изготовляются различные полуфабрикаты (листы, профили, трубы и т.д.), используемые для элементов конструкций, несущих умеренные нагрузки, кроме того, лопасти винтов вертолетов, кованные детали двигателей, рамы, двери, для которых требуется высокая пластичность в холодном и горячем состоянии.
  + Высокопрочный сплав (В95) имеет предел прочности 560-600 Н/мм2, хорошо обрабатывается резанием и сваривается точечной сваркой. Сплав применяется в самолетостроении для нагруженных конструкций (обшивки, стрингеры, шпангоуты, лонжероны) и для силовых каркасов в строительных сооружениях.
  + Сплавы для ковки и штамповки (АК6, АК8, АК4-1 [жаропрочный]). Сплавы этого типа отличаются высокой пластичностью и удовлетворительными литейными свойствами, позволяющими получить качественные слитки. Алюминиевые сплавы этой группы хорошо обрабатываются резанием и удовлетворительно свариваются контактной и аргонодуговой сваркой.

б) Не упрочняемые термической обработкой:

* + Сплавы алюминия с марганцем (АМц) и алюминия с магнием (АМг2, АМг3, АМг5, АМг6) легко обрабатываются давлением (штамповка, гибка), хорошо свариваются и обладают хорошей коррозионной стойкостью. Обработка резанием затруднена, поэтому для получения резьбы используют специальные бесстружечные метчики (раскатники), не имеющие режущих кромок.
* Литейные алюминиевые сплавы**—** предназначенные для фасонного литья (как правило, хорошо обрабатываются резанием).
  + Сплавы алюминия с кремнием (силумины) Al-Si (АЛ2, АЛ4, АЛ9) отличаются высокими литейными свойствами, а отливки — большой плотностью. Силумины сравнительно легко обрабатываются резанием.
  + Сплавы алюминия с медью Al-Cu (АЛ7, АЛ19) после термической обработки имеют высокие механические свойства при нормальной и повышенных температурах и хорошо обрабатываются резанием.
  + Сплавы алюминия с магнием Al-Mg (АЛ8, АЛ27) имеют хорошую коррозионную стойкость, повышенные механические свойства и хорошо обрабатываются резанием. Сплавы применяют в судостроении и авиации.
  + Жаропрочные алюминиевые сплавы (АЛ1, АЛ21, АЛ33) хорошо обрабатываются резанием.

С точки зрения обработки фрезерованием, нарезания резьбы и токарной обработки, алюминиевые сплавы также можно разделить на две группы. В зависимости от состояния (закаленные, состаренные, отожженные) алюминиевые сплавы могут относиться к разным группам по легкости обработки:

* Мягкие и пластичные алюминиевые сплавы, вызывающие проблемы при обработке резанием:

а) Отожженные: Д16, АВ.

б) Не упрочняемые термической обработкой: АМц, АМг2, АМг3, АМг5, АМг6.

* Сравнительно твердые и прочные алюминиевые сплавы, которые достаточно просто обрабатываются резанием (во многих случаях, где не требуется повышенная производительность, эти материалы могут обрабатываться стандартным инструментом общего применения, но если требуется повысить скорость и качество обработки, необходимо применять специализированный инструмент):

а) Закаленные и искусственно состаренные: Д16Т, Д16Н, АВТ.

б) Ковочные: АК6, АК8, АК4-1.

в) Литейные: АЛ2, АЛ4, АЛ9, АЛ8, АЛ27, АЛ1, АЛ21, АЛ33.

**История алюминия**

Первое упоминание о металле, который по описанию был похож на алюминий, встречается в I веке н. э. у Плиния Старшего. Согласно изложенной им легенде, некий мастер преподнес императору Тиберию необычайно легкий и красивый кубок из серебристого металла. Даритель сообщил, что получил новый металл из обычной глины. Очевидно, он ожидал благодарности и покровительства, но вместо этого лишился жизни. Недальновидный правитель приказал обезглавить мастера и разрушить его мастерскую, чтобы предотвратить обесценивание золота и серебра.

Но это всего лишь легенда. А достоверные факты говорят о том, что первый шаг к получению алюминия был сделан в XVI веке, когда была выделена «квасцовая земля», содержавшая окись неведомого тогда металла. А в середине XVIII века эксперимент успешно повторил немецкий химик Андреас Маргграф, который и назвал окись алюминия словом «alumina» (от латинского «alumen» — вяжущий). С этого момента о существовании алюминия стало известно науке, однако, не будучи найденным в чистом виде, металл поначалу не получил настоящего признания.

И только в 1855 г. на Всемирной выставке в Париже «серебро из глины» произвело настоящий фурор. Император Наполеон III, за столом которого особо почетным гостям подавали приборы из алюминия, загорелся мечтой снабдить свою армию кирасами из легкого металла. В скором времени было построено несколько алюминиевых заводов. Но произведенный там алюминий по-прежнему оставался дорогим. Из него делали лишь ювелирные украшения и предметы роскоши.

Более дешевый способ производства алюминия появился лишь к концу XIX века. Его одновременно и независимо друг от друга разработали американский студент Чарльз Холл и французский инженер Поль Эру. Предложенный ими электролиз расплавленной в криолите окиси алюминия давал прекрасные результаты, но требовал большого количества электроэнергии. Процессы Байера и Холла-Эру до сих пор применяются на современных алюминиевых заводах.

Новый промышленный материал был хорош всем, за исключением одного: для некоторых сфер применения чистый алюминий был недостаточно прочен. Эту проблему решил немецкий химик Альфред Вильм, сплавлявший его с незначительными количествами меди, магния и марганца. Он открыл, что сплав в течение нескольких дней после закалки становится все прочнее и прочнее. В 1911 г. в немецком городе Дюрен была выпущена партия дюралюминия, а в 1919 г. из него был сделан первый самолет.

Так началось распространение алюминия по миру. Если в 1900 г. в год получали около 8 тысяч тонн легкого металла, то через сто лет объем его производства достиг 24 миллионов тонн.

* + 1. **Металлические проводниковые и полупроводниковые материалы, магнитные материалы**

**2.1 Классификация электротехнических материалов**

Электротехнические материалы представляют собой совокупность проводниковых, электроизоляционных, магнитных и полупроводниковых материалов, предназначенных для работы в электрических и магнитных полях. Сюда же можно отнести основные электротехнические изделия: изоляторы, конденсаторы, провода и некоторые полупроводниковые элементы. Электротехнические материалы в современной электротехнике занимают одно из главных мест. Всем известно, что надежность работы электрических машин, аппаратов и электрических установок в основном зависит от качества и правильного выбора соответствующих электротехнических материалов. Анализ аварий электрических машин и аппаратов показывает, что большинство из них происходит вследствие выхода из строя электроизоляции, состоящей из электроизоляционных материалов.

Не менее важное значение для электротехники имеют магнитные материалы. Потери энергии и габариты электрических машин и трансформаторов определяются свойствами магнитных материалов. Довольно значительное место занимают в электротехнике полупроводниковые материалы, или полупроводники. В результате разработки и изучения данной группы материалов были созданы различные новые приборы, позволяющие успешно решать некоторые проблемы электротехники.

При рациональном выборе электроизоляционных, магнитных и других материалов можно создать надежное в эксплуатации электрооборудование при малых габаритах и весе. Но для реализации этих качеств необходимы знания свойств всех групп электротехнических материалов.

Все тела, в зависимости от их электрических свойств, могут быть отнесены к группе диэлектриков, проводников или полупроводников. Различие между проводниками, полупроводниками и диэлектриками наиболее наглядно можно показать с помощью энергетических диаграмм зонной теории твердых тел [3].

Энергетические уровни.

Схема расположения.

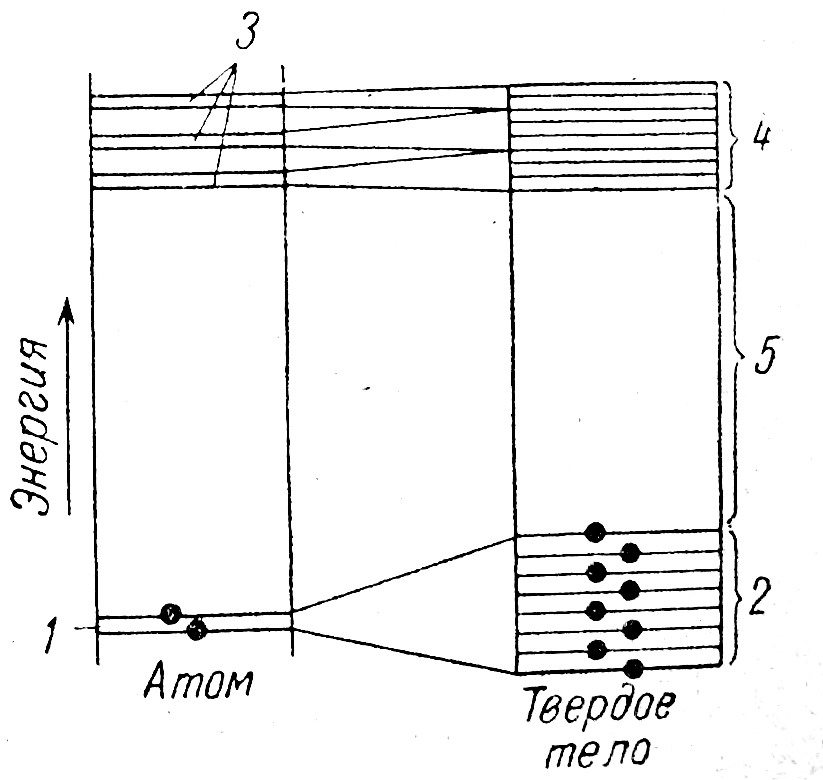


Рис. 1.1 — нормальный энергетический уро­вень атома; 2— заполненная электро­нами зона; 3— уровни возбужденного состояния атома; 4— свободная зона; 5 — запрещенная зона.

Исследование спектров излучения различных веществ в газообразном состоянии, когда атомы отстоят друг от друга на больших расстояниях, показывает, что для атомов каждого вещества характерны вполне определенные спектральные линии. Это говорит о наличии определенных энергетических состояний (уровней) для разных атомов. Часть этих уровней заполнена электронами в нормальном, невозбужденном состоянии атома, на других электроны могут находиться только тогда, когда атом подвергнется внешнему энергетическому воздействию; при этом он возбужден. Стремясь прийти к устойчивому состоянию, атом излучает избыток энергии в момент перехода электронов с возбужденных уровней на уровни, при которых его энергия минимальна. Сказанное можно характеризовать энергетической диаграммой атома, приведенной на рис. 1.

При конденсации газообразного вещества в жидкость, а затем образовании кристаллической решетки твердого тела все имеющиеся у данного типа атомов электронные уровни (как заполненные электронами, так и незаполненные) несколько смещаются вследствие действия соседних атомов друг на друга. Таким образом, из отдельных энергетических уровней уединенных атомов в твердом теле образуется целая полоса — зона энергетических уровней.

Рис. 2. показывает различие в энергетических диаграммах (при температуре 0° К) металлических проводников, полупроводников и диэлектриков. Диэлектриком будет такое тело, у которого запрещенная зона настолько велика, что электронной электропроводности в обычных условиях не наблюдается. Полупроводниками будут вещества с более узкой запрещенной зоной, которая может быть преодолена за счет внешних энергетических воздействий. У металлических проводников заполненная электронами зона вплотную прилегает кзоне свободных энергетических уровней или даже перекрывается ею. Вследствие этого электроны в металле свободны, так как они могут переходить с уровней заполненной зоны на не занятые уровни свободной зоны под влиянием слабых напряженностей приложенного к проводнику электрического поля.

При отсутствии в полупроводнике свободных электронов *(Т* = 0° К) приложенная к нему разность электрических потенциалов не вызовет тока. Если извне будет подведена энергия, достаточная для переброса электронов через запрещенную зону, то, став свободными, электроны смогут перемещаться и под действием электрического поля, создавая электронную электропроводность полупроводника.

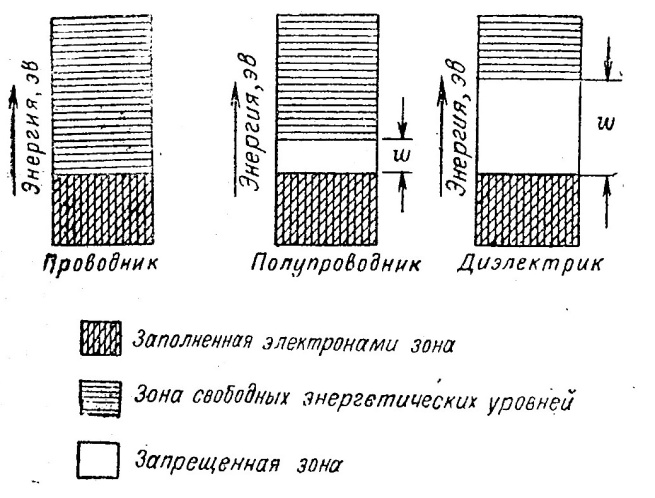


Рис. 2. Энергетическое отличие металлических проводников от полупроводников и диэлектриков

В заполненной зоне, откуда ушел электрон, образовалась «электронная дырка», а потому в полупроводнике начнется другое «эстафетное» движение электронов, заполняющих образовавшуюся дырку, причем под воздействием электрического поля дырка будет двигаться в направлении поля как эквивалентный положительный заряд.

Процесс перехода электронов в свободное состояние сопровождается и обратным явлением, т. е. возвратом электронов в нормальное состояние. В результате в веществе наступает равновесие, т. е. количество электронов, переходящих в свободную зону, становится равным количеству электронов, возвращающихся обратно в нормальное состояние.

С повышением температуры число свободных электронов в полупроводнике возрастает, а с понижением температуры до абсолютного нуля — убывает вплоть до нуля.

Таким образом, вещество, представляющее собой диэлектрик при одних температурах, при других, более высоких, может приобрести проводимость; при этом происходит качественное изменение вещества.

Энергию, необходимую для перевода электрона в свободное состояние или для образования дырки, могут доставить не только тепловое движение, но и другие источники энергии, например, поглощенная материалом энергия света, энергия потока электронов и ядерных частиц, энергия электрических и магнитных полей, механическая энергия и т. д.

Увеличение числа свободных электронов или дырок в веществе под воздействием какого-либо вида энергии способствует повышению электропроводности, увеличению тока, появлению электродвижущих сил.

Электрические свойства определяются условиями взаимодействия атомов вещества и не являются непременной особенностью данного атома. Например, углерод в виде алмаза является диэлектриком, а в виде графита он обладает большой проводимостью.

Примеси и связанные с ними дефекты кристаллической решетки также играют большую роль в электрических свойствах твердых тел.

**2.2 Проводниковые материалы**

К этой группе материалов относятся металлы и их сплавы. Чистые металлы имеют малое удельное сопротивление. Исключением является ртуть, у которой удельное сопротивление довольно высокое. Сплавы также обладают высоким удельным сопротивлением. Чистые металлы применяются при изготовлении обмоточных и монтажных проводов, кабелей и пр. Проводниковые сплавы в виде проволоки и лент используются в реостатах, потенциометрах, добавочных сопротивлениях и т. д.

В подгруппе сплавов с высоким удельным сопротивлением выделяют группу жароупорных проводниковых материалов, стойких к окислению при высоких температурах. Жароупорные, или жаростойкие, проводниковые сплавы применяются в электронагревательных приборах и реостатах. Кроме малого удельного сопротивления, чистые металлы обладают хорошей пластичностью, т. е. могут вытягиваться в тонкую проволоку, в ленты и прокатываться в фольгу толщиной менее 0,01 мм. Сплавы металлов имеют меньшую пластичность, но более упруги и устойчивы механически. Характерной особенностью всех металлических проводниковых материалов является их электронная электропроводность. Удельное сопротивление всех металлических проводников увеличивается с ростом температуры, а также в результате механической обработки, вызывающей остаточную деформацию в металле.

Прокатку или волочение используют в том случае, когда нужно получить проводниковые материалы с повышенной механической прочностью, например при изготовлении проводов воздушных линий, троллейных проводов и пр. Чтобы вернуть деформированным металлическим проводникам прежнюю величину удельного сопротивления, их подвергают термической обработке — отжигу без доступа кислорода.

В качестве проводников электрического тока могут быть использованы твердые тела, жидкости, а при соответствующих условиях и газы.

Твердыми проводниками являются металлы. Металлические проводниковые материалы могут быть разделены на материалы высокой проводимости и материалы высокого сопротивления. Металлы с высокой проводимостью используются для проводов, кабелей, обмоток трансформаторов, электрических машин и т. д. Металлы и сплавы высокого сопротивления применяются в электронагревательных приборах, лампах накаливания, реостатах, образцовых сопротивлениях и т. п.

К жидким проводникам относятся расплавленные металлы и различные электролиты. Как правило, температура плавления металлов высока, за исключением ртути, у которой она составляет около —39° С. Поэтому при нормальной температуре в качестве жидкого металлического проводника может быть использована только ртуть. Другие металлы являются жидкими проводниками при более высоких температурах (например, при плавке металлов токами высокой частоты).

Механизм протекания тока по металлам в твердом и жидком состояниях обусловлен движением свободных электронов, вследствие чего их называют проводниками с электронной проводимостью, или проводниками первого рода. Проводниками второго рода, или электролитами, являются растворы (в основном водные) кислот, щелочей и солей. Прохождение тока через эти проводники связано с переносом вместе с электрическими зарядами частей молекулы (ионов), вследствие чего состав электролита постепенно изменяется, а на электродах выделяются продукты электролиза.

Ионные кристаллы в расплавленном состоянии также являются проводниками второго рода. Примером могут служить соляные закалочные ванны с электронагревом. Все газы и пары, в том числе и пары металлов, при низких напряженностях электрического поля не являются проводниками. Однако, если напряженность поля превзошла некоторое критическое значение, обеспечивающее начало ударной и фотоионизации, то газ может стать проводником с наличием электронной и ионной проводимостей. Сильно ионизированный газ при равенстве числа электронов и положительных ионов в единице объема представляет собой особую проводящую среду, носящую название плазмы.

Металлические проводники являются основным типом проводниковых материалов, применяемых в электротехнике.

Классическая электронная теория металлов представляет твердый проводник в виде системы, состоящей из узлов кристаллической ионной решетки, внутри которой находится электронный газ из коллективизированных (свободных) электронов. В коллективизированное состояние от каждого атома металла отделяется от одного до двух электронов. При столкновениях электронов с узлами кристаллической решетки энергия, накопленная при ускорении электронов в электрическом поле, передается металлической основе проводника, вследствие чего он нагревается. В качестве опытного факта было установлено, что теплопроводность металлов пропорциональна их электропроводности.

При обмене электронами между нагретыми и холодными частями металла в отсутствие электрического поля имеет место переход кинетической энергии от нагретых частей проводника к более холодным, т. е. явление, называемое теплопроводностью. Так как механизмы электропроводности и теплопроводности обусловливаются плотностью и движением электронного газа, то материалы с высокой проводимостью будут также хорошими проводниками тепла.

Ряд опытов подтвердил гипотезу об электронном газе в металлах. К ним относятся следующие:

1. При длительном пропускании электрического тока через цепь, состоящую из одних металлических проводников, не наблюдается проникновения атомов одного металла в другой.

2. При нагреве металлов до высоких температур скорость теплового движения свободных электронов увеличивается, и наиболее быстрые из них могут вылетать из металла, преодолевая силы поверхностного потенциального барьера.

3. В момент неожиданной остановки быстро двигавшегося проводника происходит смещение электронного газа по закону инерции в направлении движения. Смещение электронов приводит к появлению разности потенциалов на концах заторможенного проводника, и подключенный к ним измерительный прибор дает отброс по шкале.

4. Исследуя поведение металлических проводников в магнитном поле, установили, что вследствие искривления траектории электронов в металлической пластинке, помещенной в поперечное магнитное поле, появляется поперечная э. д. с. и изменяется электрическое сопротивление проводника.

К основным характеристикам проводниковых материалов относятся:

1) удельная проводимость или обратная величина — удельное электрическое сопротивление;

2) температурный коэффициент удельного сопротивления;

3) удельная теплопроводность;

4) контактная разность потенциалов и термоэлектродвижущая сила (термо - э. д. с);

5) предел прочности при растяжении и относительное удлинение при разрыве.

К наиболее широко распространенным материалам высокой проводимости следует отнести медь и алюминий.

Преимущества меди, обеспечивающие ей широкое применение в качестве проводникового материала, следующие:

1) малое удельное сопротивление (из всех металлов только серебро имеет несколько меньшее удельное сопротивление, чем медь);

2) достаточно высокая механическая прочность;

3) удовлетворительная в большинстве случаев применения стойкость по отношению к коррозии (медь окисляется на воздухе, даже в условиях высокой влажности, значительно медленнее, чем, например, железо); интенсивное окисление меди происходит только при повышенных температурах;

4) хорошая обрабатываемость — медь прокатывается в листы, ленты и протягивается в проволоку, толщина которой может быть доведена до тысячных долей миллиметра;

5) относительная легкость пайки и сварки.

Вторым по значению, после меди, проводниковым материалом является алюминий. Это металл серебристо-белого цвета, важнейший представитель так называемых легких металлов, алюминий приблизительно в 3,5 раза легче меди. Температурный коэффициент линейного расширения, удельная теплоемкость и теплота плавления алюминия больше, чем у меди.

Вследствие высоких значений удельной теплоемкости и теплоты плавления, для нагрева алюминия до температуры плавления и перевода в расплавленное состояние требуется большая затрата тепла, чем для нагрева и расплавления такого же количества меди, хотя температура плавления алюминия ниже, чем меди.

Алюминий обладает по сравнению с медью пониженными свойствами - как механическими, так и электрическими. При одинаковых сечении и длине электрическое сопротивление алюминиевого провода больше, чем медного, в 0,028 : 0,0172 = 1,63 раза. Следовательно, чтобы получить алюминиевый провод такого же электрического сопротивления, как и медный, нужно взять его сечение в 1,63 раза большего диаметра медного провода. Алюминиевый провод, хотя и толще медного, легче его приблизительно в два раза.

Отсюда вытекает простое экономическое правило: для изготовления проводов одной и той же проводимости при данной длине (т. е. при прочих равных условиях, при одних и тех же потерях передаваемой электрической энергии) алюминий выгоднее меди в том случае, если тонна алюминия дороже тонны меди не более, чем в два раза.

В настоящее время в нашей стране, исходя из экономических соображений, алюминий не только, как правило, заменил медь для воздушных линий передач, но начинает внедряться и в производство изолированных кабельных изделий.

**2.3 Полупроводниковые материалы**

К полупроводникам относится большое количество материалов, отличающихся друг от друга внутренней структурой, химическим составом и электрическими свойствами. Согласно химическому составу, кристаллические полупроводниковые материалы делят на 4 группы:

1. материалы, состоящие из атомов одного элемента: германий, кремний, селен, фосфор, бор, индий, галлий и др.;

2. материалы, состоящие из окислов металлов: закись меди, окись цинка, окись кадмия, двуокись титана и пр.;

3. материалы на основе соединений атомов третьей и пятой групп системы элементов Менделеева, обозначаемые общей формулой и называемые антимонидами. К этой группе относятся соединения сурьмы с индием, с галлием и др., соединения атомов второй и шестой групп, а также соединения атомов четвертой группы;

4. полупроводниковые материалы органического происхождения, например полициклические ароматические соединения: антрацен, нафталин и др.

Согласно кристаллической структуре, полупроводниковые материалы делят на 2 группы: монокристаллические и поликристаллические полупроводники. К первой группе относятся материалы, получаемые в виде больших одиночных кристаллов (монокристаллы). Среди них можно назвать германий, кремний, из которых вырезают пластинки для выпрямителей и других полупроводниковых приборов.

Вторая группа материалов - это полупроводники, состоящие из множества небольших кристаллов, спаянных друг с другом. Поликристаллическими полупроводниками являются: селен, карбид кремния и пр.

По величине удельного объемного сопротивления полупроводники занимают промежуточное положение между проводниками и диэлектриками. Некоторые из них резко уменьшают электрическое сопротивление при воздействии на них высокого напряжения. Это явление нашло применение в вентильных разрядниках для защиты линий электропередачи. Другие полупроводники резко уменьшают свое сопротивление под действием света. Это используется в фотоэлементах и фоторезисторах. Общим свойством для полупроводников является то, что они обладают электронной и дырочной проводимостью.

Большая группа веществ с электронной электропроводностью, удельное сопротивление которых при нормальной температуре лежит между удельными сопротивлениями проводников и диэлектриков может быть отнесена к полупроводникам.

Электропроводность полупроводников в сильной степени зависит от внешних энергетических воздействий, а также от различных примесей, иногда в ничтожных количествах присутствующих в теле собственного полупроводника. Управляемость электропроводностью полупроводников температурой, светом, электрическим полем, механическими усилиями положена соответственно в основу принципа действия терморезисторов (термисторов), фоторезисторов, нелинейных резисторов (варисторов), тензорезисторов и т.д.

Наличие у полупроводников двух типов электропроводности — «электронной*» (n) \** и «электронно-дырочной» *(р)* позволяет получить полупроводниковые изделия с *р—n-*переходом.

При существовании в полупроводнике *р—n-*перехода возникает запирающий слой, которым обусловливается выпрямительный эффект для переменного тока. Наличие двух и более взаимно связанных переходов позволяет получать управляемые системы — транзисторы.

На использовании возможностей *р* — *n*-переходов основаны важнейшие применения полупроводников в электротехнике. Сюда относятся различные типы как мощных, так и маломощных выпрямителей, усилителей и генераторов. Полупроводниковые системы могут быть с успехом использованы для преобразования различных видов энергии в энергию электрического тока с такими значениями коэффициента преобразования, которые делают их сравнимыми с существующими преобразователями других типов, а иногда и превосходящими их. Примерами полупроводниковых преобразователей могут быть «солнечные батареи» с к. п. д. порядка 11% и термоэлектрические генераторы.

При помощи полупроводников можно получить и охлаждение на несколько десятков градусов. В последние годы особое значение приобрело рекомбинационное свечение при низком напряжении постоянного тока электронно-дырочных переходов для создания сигнальных источников света. Кроме вышеуказанных основных применений полупроводников они могут служить нагревательными элементами (силитовые стержни), с их помощью можно возбуждать катодное пятно в игнитронных выпрямителях (игнитронные поджигатели), измерять напряженность магнитного поля (датчики Холла), они могут быть индикаторами радиоактивных излучений и т. д. Использующиеся в практике полупроводниковые материалы могут быть подразделены на простые полупроводники (элементы), полупроводниковые химические соединения и полупроводниковые комплексы (например, керамические полупроводники). В настоящее время изучаются также стеклообразные и жидкие полупроводники.

Простых полупроводников существует около десяти. Для современной техники особое значение получили германий, кремний и селен.

Полупроводниковыми химическими соединениями являются соединения элементов различных групп таблицы Менделеева.

К многофазным полупроводниковым материалам можно отнести материалы с полупроводящей или проводящей фазой из карбида кремния, графита и т. п., сцепленных керамической или другой связкой. Наиболее распространенными из них являются тирит, силит и др.

Изготовленные из полупроводниковых материалов приборы обладают целым рядом преимуществ; к ним относятся:

1)большой срок службы;

2)малые габариты и вес;

3)простота и надежность конструкции, большая механическая прочность (не боятся тряски и ударов);

4)полупроводниковые приборы, заменяющие электронные лампы, не имеют цепей накала, потребляют незначительную мощность и обладают малой инерционностью;

5)при освоении в массовом производстве они экономически целесообразны.

Отечественная наука и техника полупроводников развивалась собственным путем, обогащая мировую науку своими достижениями и успехами и в то же время, используя все прогрессивное, что давала зарубежная наука и техника, путем творческого освоения практических результатов иностранных работ.

**2.4 Магнитные материалы**

Магнетизм — это особое проявление движения электрических зарядов внутри атомов и молекул, которое проявляется в том, что некоторые тела способны притягивать к себе и удерживать частицы железа, никеля и других металлов. Эти тела называются магнитными.

Вокруг всякого намагниченного тела возникает магнитное поле, являющееся материальной средой, в которой обнаруживается действие магнитных сил.

При внесении в магнитное поле какого-либо тела оно пронизывается магнитными линиями, которые определенным образом воздействуют на поле. При этом различные материалы по-разному воздействуют на магнитное поле. В намагниченных телах магнитное поле создается при движении электронов, вращающихся вокруг ядра атома и вокруг собственной оси. Орбиты и оси вращения электронов в атомах могут находиться в различных положениях один относительно другого, так что в различных положениях находятся магнитные поля, возбуждаемые движущимися электронами. В зависимости от взаимного расположения магнитных полей они могут складываться или вычитаться. В первом случае атом будет обладать магнитным полем или магнитным моментом, а во втором — не будет. Материалы, атомы которых не имеют магнитного момента и намагнитить которые невозможно, называются диамагнитными. К ним относятся абсолютное большинство веществ, встречающихся в природе, и некоторые металлы (медь, свинец, цинк, серебро и другие). Материалы, атомы которых обладают некоторым магнитным моментом и могут намагничиваться, называются парамагнитными. К ним относятся алюминий, олово, марганец и др. Исключение составляют ферромагнитные материалы, атомы которых обладают большим магнитным моментом и которые легко поддаются намагничиванию. К таким материалам относятся железо, сталь, чугун, никель, кобальт, гадолиний и их сплавы.

Свойство электрического тока создавать магнитное поле широко используется на практике.

Железный или стальной стержень, помещенный внутрь соленоида, при пропускании тока по соленоиду приобретает магнитные свойства. Стержень магнитотвердой стали вследствие большой величины коэрцитивной силы, свойственной этому материалу, в значительной мере сохраняет магнитные свойства и после исчезновения тока.

В устройствах электроники и связи часто применяют поляризованные электромагниты, у которых либо сердечник, либо якорь, либо оба вместе представляют собой магниты.

Неполяризованный электромагнит притягивает свой якорь независимо от направления посылаемого в его обмотку тока. Работа же поляризованного электромагнита зависит от направления тока в его обмотке. Так, например, в прямом поляризованном электромагните ток одного направления усиливает магнитное поле его сердечника, а другого — ослабляет.

Электромагниты нашли широкое применение в подъемных и тормозных устройствах, для закрепления в станках стальных обрабатываемых деталей, в электроавтоматах, реле и других устройствах.

Величины, с помощью которых оцениваются магнитные свойства материалов, называются магнитными характеристиками. К ним относятся: абсолютная магнитная проницаемость, относительная магнитная проницаемость, температурный коэффициент магнитной проницаемости, максимальная энергия магнитного поля и пр. Все магнитные материалы делятся на две основные группы: магнитно-мягкие и магнитно-твердые.

Магнитно-мягкие материалы отличаются малыми потерями на гистерезис (магнитный гистерезис - отставание намагниченности тела от внешнего намагничивающего поля). Они имеют относительно большие значения магнитной проницаемости, малую коэрцитивную силу и относительно большую индукцию насыщения. Данные материалы применяются для изготовления магнитопроводов трансформаторов, электрических машин и аппаратов, магнитных экранов и прочих устройств, где требуется намагничивание с малыми потерями энергии.

Магнитно-твердые материалы отличаются большими потерями на гистерезис, т. е. обладают большой коэрцитивной силой и большой остаточной индукцией. Эти материалы, будучи намагниченными, могут длительное время сохранять полученную магнитную энергию, т. е. становятся источниками постоянного магнитного поля. Магнитно-твердые материалы применяются для изготовления постоянных магнитов.

Согласно своей основе, магнитные материалы подразделяются на металлические, неметаллические и магнитодиэлектрики. К металлическим магнитно-мягким материалам относятся: чистое (электролитическое) железо, листовая электротехническая сталь, железо-армко, пермаллой (железо-никелевые сплавы) и др. К металлическим магнитно-твердым материалам относятся: легированные стали, специальные сплавы на основе железа, алюминия и никеля и легирующих компонентов (кобальт, кремний и пр.). К неметаллическим магнитным материалам относятся ферриты. Это материалы, получаемые из порошкообразной смеси окислов некоторых металлов и окиси железа. Отпрессованные ферритовые изделия (сердечники, кольца и др.) подвергают обжигу при температуре 1300-1500° С. Ферриты бывают магнитно-мягкие и магнитно-твердые.

# Магнитодиэлектрики - это композиционные материалы, состоящие из 70-80% порошкообразного магнитного материала и 30-20% органического высокополимерного диэлектрика. Ферриты и магнитодиэлектрики отличаются от металлических магнитных материалов большими значениями удельного объемного сопротивления, что резко снижает потери на вихревые токи.

## Основные классы магнитных материалов

Все магнитные материалы принято условно разделять на магнитомягкие и магнитотвердые. Магнитомягкими называют материалы легко перемагничивающиеся под действием внешнего магнитного поля. Для таких материалов характерны низкие значения коэрцитивной силы и высокие значения магнитной проницаемости. Их используют для концентрации магнитного поля. В большинстве случаев магнитомягкие материалы работают в переменных магнитных полях, поэтому для них важно высокое удельное электрическое сопротивление. Исторически первым магнитомягким материалом было малоуглеродистое железо, обладающее низкой механической твердостью. Поэтому такие материалы получили название магнитомягких.

Магнитотвердыми называют материалы с высокой коэрцитивной силой и большой остаточной индукцией. Их применяют для изготовления постоянных магнитов - источников постоянного магнитного поля. Исторически первыми магнитотвердыми материалами были механически твердые, закаленные углеродистые стали. Поэтому, такие материала получили название магнитотвердых.

Для работы в качестве магнитопроводов в постоянных и низкочастотных полях наиболее подходящими являются железо и его сплавы с кремнием. Поскольку у железа для заполнения 3d орбитали не хватает 4 электронов, атомы железа обладают большим магнитным моментом. В связи с этим, у железа высокая индукция насыщения (2,2 Тл). Следует отметить, что наиболее часто встречающиеся примеси - углерод, кислород, сера и фосфор - плохо растворяются в железе при невысоких температурах и выделяются в виде карбидов, оксидов, сульфидов и фосфидов. Эти включения затрудняют перемещение границ доменов и, тем самым снижают магнитную проницаемость и увеличивают коэрцитивную силу.

Наиболее дешевым материалом является технически чистое железо с суммарным содержанием примесей до 0,1%. Благодаря сравнительно низкому удельному электрическому сопротивлению (»0,1 мкОм м) технически чистое железо используется в основном для магнитопроводов постоянного магнитного потока.

Существенным недостатком технически чистого железа является его старение, то есть повышение коэрцитивной силы со временем за счет выделения тонко дисперсных частиц карбидов и нитридов. Для уменьшения вредного влияния старения химические соединения выделяют заранее в виде сравнительно крупных частиц. Для этого материал подвергают отжигу при 910 – 950 °С и медленному охлаждению.

Очистка железа от примесей приводит к росту магнитной проницаемости и снижению коэрцитивной силы. Эти преимущества особенно ярко проявляются в слабых полях, то есть в полях используемых в радиоэлектронике и измерительных устройствах.

Очистка железа производится электролизом, восстановлением в водороде химически чистых окислов железа и термическим разложением пентакарбонила железа (Fe(CO)

Соответственно различают электролитическое, восстановленное и карбонильное железо. Поскольку очистка существенно увеличивает стоимость материала, его применение крайне ограничено. Наибольшее применение получило карбонильное железо. Это связано с тем, что при разложении пентакарбонила железа получается металлический порошок. Смешав этот порошок с каким-либо лаком можно получить материал, сочетающий высокое удельное электрическое сопротивление с высокой магнитной проницаемостью.

**Магнитно-твердые материалы**

Магнитно-твердые материалы обладают большими значениями коэрцитивной силы и большой остаточной индукцией, а следовательно, большими значениями магнитной энергии. К магнитно-твердым материалам относятся:

* сплавы, закаливаемые на мартенсит (стали, легированные хромом, вольфрамом или кобальтом);
* железо-никель-алюминиевые нековкие сплавы дисперсионного твердения (альни, альнико и др.);
* ковкие сплавы на основе железа, кобальта и ванадия (виккалой) или на основе железа, кобальта, молибдена (комоль);
* сплавы с очень большой коэрцитивной силой на основе благородных металлов (платина - железо; серебро - марганец - алюминий и др.);
* металлокерамические нековкие материалы, получаемые прессованием порошкообразных компонентов с последующим обжигом отпрессованных изделий (магнитов);
* магнитно-твердые ферриты;
* металлопластические нековкие материалы, получаемые из прессовочных порошков, состоящих из частиц магнитно-твердого материала и связующего вещества (синтетическая смола);
* магнитоэластические материалы (магнитоэласты), состоящие из порошка магнито-твердого материала и эластичного связующего (каучук, резина).

Остаточная индукция у металлопластических и магнитоэластических магнитов на 20-30% меньше по сравнению с литыми магнитами из тех же магнито-твердых материалов (альни, альнико и др.).

**Ферриты**

Ферриты представляют собой неметаллические магнитные материалы, изготовленные из смеси специально подобранных окислов металлов с окисью железа. Название феррита определяется названием двухвалентного металла, окисел которого входит в состав феррита. Так, если в состав феррита входит окись цинка, то феррит называется цинковым; если в состав материала добавлена окись марганца - марганцевым.

В технике находят применение сложные (смешанные) ферриты, имеющие более высокие значения магнитных характеристик и большее удельное сопротивление по сравнению с простыми ферритами. Примерами сложных ферритов являются никель-цинковый, марганцево-цинковый и др.

Все ферриты - вещества поликристаллического строения, получаемые из окислов металлов в результате спекания порошков различных окислов при температурах 1100-1300° С. Ферриты могут обрабатываться только абразивным инструментом. Они являются магнитными полупроводниками. Это позволяет применять их в магнитных полях высокой частоты, т. к. потери у них на вихревые токи незначительны.

**Список использованной литературы:**

1. Барановский П.И., Клочков В.П., Потыкевич И.В. Полупроводниковая электроника (свойства материалов). Справочник. - Киев: Наукова думка, 1975. – 704 с.

2. Воробьев Г.А., Диэлектрические свойства электроизоляционных материалов. – Томск:. Изд-во Томского университета, 1984. – 126 с.

3. Фесенко Е.Г., Данцигер А.Я., Разумовская О.Н. Новые пьезокерамические материалы. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1983. – 160