

ЛЕКЦИЯ № 1

КЛАССИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОМАТЕРИАЛОВ

План лекции

1. Введение
- 2 . Классификация электроматериалов
3. Физические свойства некоторых металлов
4. Классификация материалов по электрическим свойствам

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного учебного курса является изучение основных процессов, происходящих в электротехнических материалах под действием электрического и магнитного полей, знакомство с основными материалами, применяемыми в приборостроении и электроэнергетике, и их свойствами.

Электротехническими являются специальные материалы, из которых изготавливают электрические машины, аппараты, приборы и другие элементы электрооборудования и электроустановок. Надежность работы электрических машин, аппаратов и установок зависит от качества и правильного выбора соответствующих электротехнических материалов. При рациональном выборе электротехнических материалов можно создавать оборудование малых габаритов и массы, надежное в эксплуатации. Но для этого необходимо знать свойства электротехнических материалов и их изменения под воздействием электрического напряжения, температуры и других факторов.

Величины, с помощью которых оценивают те или иные свойства материалов, называют характеристиками (параметрами). Чтобы полностью оценить свойства того или иного электротехнического материала, необходимо знать его механические, электрические, тепловые и физико-химические характеристики. У магнитных материалов необходимо еще знать магнитные характеристики, которые позволяют оценить их магнитные свойства.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАТЕРИАЛОВ

По назначению материалы, используемые в различных областях электроники, условно подразделяют на конструкционные и электротехнические. Конструкционные материалы применяют для изготовления несущих конструкций, а также вспомогательных деталей и элементов радиоприборов, работающих в условиях воздействия механических нагрузок.

Электротехнические материалы, которые находят применение в радиоэлектронике, называют *электрорадиоматериалами*. Применение этих материалов в радиоэлектронике обусловлено, прежде всего, их электрическими и магнитными свойствами.

Электротехническими называют материалы, характеризующиеся определенными свойствами по отношению к электромагнитному полю и применяемые в технике с учетом этих свойств. Различные материалы подвергаются воздействиям как отдельно электрических и магнитных полей, так и их совокупности. Электротехнические материалы в магнитном поле подразделяются на немагнитные, слабомагнитные и сильномагнитные, а в электрическом поле – на проводниковые, диэлектрические и полупроводниковые.

Физические свойства материалов определяются цветом, удельным весом, плотностью, температурой плавления, тепловым расширением, тепло- и электропроводностью, а также магнитными свойствами.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛОВ

| Металл | Символ | Цвет | Плотность, кг/м ³ | Температура плавления, °С | Удельное электро-сопротивление при 20 °С, 10 ⁻⁶ Ом·м |
|----------|--------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------|---|
| Алюминий | Al | Серебристо-белый | 2700 | 658,7 | 0,029 |
| Вольфрам | W | Блестящий - белый | 19300 | 3380 | 0,053 |
| Железо | Fe | Серебристо-белый | 7800 | 1539 | 0,100 |
| Кобальт | Co | Серебристо-белый | 8900 | 1490 | 0,062 |
| Магний | Mg | Блестящий серебристо-белый | 1700 | 650 | 0,047 |
| Медь | Cu | Красный | 8900 | 1083 | 0,017 |
| Никель | Ni | Серебристо-белый с сероватым оттенком | 8900 | 1452 | 0,070 |
| Олово | Sn | Серебристо-белый | 7300 | 231,9 | 0,124 |
| Свинец | Pb | Синевато-серый | 11400 | 327,4 | 0,220 |
| Титан | Ti | Серебристо-белый | 4500 | 1668 | 0,470 |
| Хром | Cr | Блестящий серовато-белый | 7100 | 1550 | 0,150 |
| Цинк | Zn | Синевато-серый | 7100 | 419,5 | 0,060 |

Отношение массы тела к его объему является постоянной величиной для данного вещества и называется *плотностью*.

Плотность и удельный вес имеют большое значение при выборе металлических материалов для изготовления различных изделий. Так, детали и конструкции в приборостроении, в авиа- и вагоностроении наряду с высокой прочностью должны обладать малой плотностью. Из металлов, наиболее широко применяемых в технике, наименьшую плотность имеют магний и алюминий.

Все металлы, как тела кристаллического строения переходят при определенной температуре из твердого состояния в жидкое, и наоборот. Температура, при которой металл переходит из твердого состояния в жидкое, называется *температурой плавления*. Температура плавления является важным физическим свойством металлов. Знание температуры плавления металлов и сплавов необходимо в металлургии, в литейном производстве, при горячей обработке металлов давлением, при сварке, пайке и других процессах, сопровождающихся нагреванием металлических материалов. Способность металлов передавать теплоту от более нагретых частей тела к менее нагретым называется *теплопроводностью*.

Среди металлических материалов лучшей теплопроводностью обладают серебро, медь, алюминий. Эти же металлы являются и лучшими проводниками электрического тока. Теплопроводность металлов имеет большое практическое значение. Из металлов и сплавов, обладающих высокой теплопроводностью, изготавливают детали машин, которые при работе поглощают или отдают теплоту.

Различные вещества, в том числе и металлы, при нагревании расширяются, при охлаждении - сжимаются. Неодинаковость величины теплового линейного расширения материалов характеризуется *коэффициентом линейного расширения α* , который показывает, на какую долю первоначальной длины l_0 при 0°C удлинилось тело вследствие нагревания его на 1°C . Единица измерения α - $^\circ\text{C}^{-1}$. Тепловое расширение металлов необходимо учитывать при изготовлении и эксплуатации точных измерительных приборов и инструментов, изготовлении литейных форм, горячей обработке металлов давлением и в других случаях, связанных с нагреванием и охлаждением. Детали точных приборов и измерительных инструментов изготавливаются из материалов с малым коэффициентом линейного расширения, детали автоматически действующих механизмов, которые, удлиняясь, должны замыкать электрическую цепь, делают из материалов с большим коэффициентом линейного расширения.

КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ПО

ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ По поведению в

электрическом поле материалы подразделяют на

проводниковые,

полупроводниковые и диэлектрические. Эта классификация основана на представлениях зонной теории электропроводности твердых тел. Как установлено многочисленными экспериментами, электроны в изолированном атоме могут находиться лишь на определенных орбитах, которым соответствуют строго определенные значения энергии - энергетические уровни. Согласно принципу Паули на одном энергетическом уровне может находиться не более двух электронов. Под воздействием притяжения положительно заряженного атома ядра электроны стремятся занять ближайшие к ядру уровни с минимальным значением энергии.

В результате нижние энергетические уровни оказываются заполненными электронами, а верхние - свободными. Электрон может скачкообразно перейти с нижнего энергетического уровня W_1 на другой свободный уровень W_2 (см. рис. 1). Для этого электрону необходимо сообщить дополнительную энергию. Если свободных уровней в атоме нет, то электрон не может изменить свою энергию, поэтому не участвует в создании электропроводности.

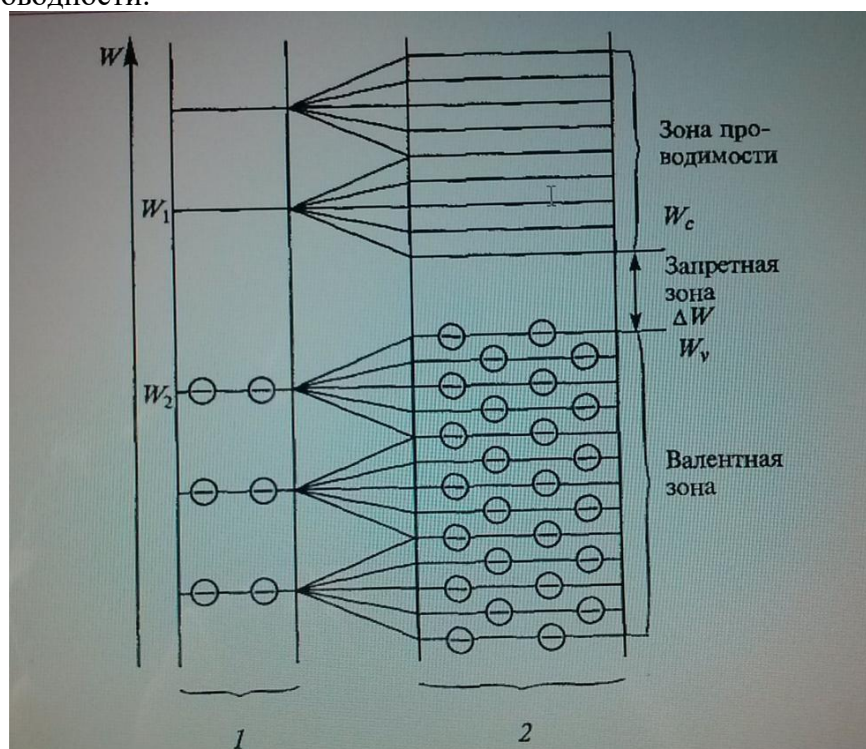


Рис.1. Диаграмма энергетических уровней атома

Зона, заполненная электронами, называется *валентной* (E_v). Свободная зона называется *зоной проводимости* (E_c). Промежуток между валентной зоной и зоной проводимости называется *запретной зоной* (E_g). Значение этой зоны влияет на свойства материалов. Если E_g приближается к нулю, то такие вещества относят к *проводникам* (металлы).

Если E_g больше нескольких эВ, то такие вещества относят к *диэлектрикам*. (1 эВ - это энергия электрона, полученная им при перемещении между двумя точками электрического поля с разностью потенциалов 1В).

Если значение E_g от 0,1 до 0,3 эВ, то электроны легко переходят из валентной зоны в зону проводимости благодаря внешней энергии. Вещества с управляемой проводимостью относят к *полупроводникам*.

Проводниковые материалы служат для проведения электрического тока. Обычно к проводникам относят вещества с удельным электрическим сопротивлением ρ менее 10^{-5} Ом·м. Диэлектрические материалы обладают способностью препятствовать прохождению тока. К диэлектрическим материалам относят вещества с удельным электрическим сопротивлением ρ более 10^7 Ом·м. Благодаря высокому удельному электрическому сопротивлению их используют в качестве электроизоляционных материалов.

В зависимости от структуры и внешних условий материалы могут переходить из одного класса в другой. Например, твердые и жидкие металлы - проводники, а пары металлов - диэлектрики; типичные при нормальных условиях полупроводники германий и кремний при воздействии высоких гидростатических давлений становятся проводниками; углерод в модификации алмаза - диэлектриками, а в модификации графита - проводниками.

Полупроводниковые материалы обладают проводимостью, с помощью которой можно управлять напряжением, температурой, освещенностью и т.д.

Удельное электрическое сопротивление полупроводников составляет $10^{-6} \dots 10^9$

Ом·м.

Основным свойством вещества по отношению к электрическому полю является

электропроводность, характеризующая способность материала проводить электрический ток под воздействием постоянного электрического поля, т. е. поля, напряжение которого не меняется во времени.

Электропроводность характеризуется удельной электрической проводимостью γ и удельным электрическим сопротивлением ρ :

$$J = \gamma E = E/\rho,$$

где:

J – плотность тока;

E - напряженность электрического поля В/м;

γ - удельная электрическая проводимость;

$\rho = 1 / \gamma$ -удельное электрическое сопротивление, Ом·м.

Значения удельной электрической проводимости γ и удельного электрического сопротивления ρ у разных материалов существенно различаются. В сверхпроводящем состоянии удельное электрическое сопротивление материалов равно нулю, а у разреженных газов стремится к бесконечности.

Вопросы для самопроверки

1. Классификация электроматериалов по назначению.
2. Какие обладают малой плотностью?
3. Что относится к физическим свойствам материалов?
4. Что называется плотностью вещества?
5. Классификация материалов по электрическим свойствам.
6. Чем характеризуется электропроводность материалов?
7. Расскажите о зонах в диаграмме энергетических уровней атома.