

Диэ́лектрик (изолятор) (от [греч.](#) *dia* — через и [англ.](#) *electric* — электрический) — [вещество](#) ([материал](#)), относительно плохо проводящее [электрический ток](#). Электрические свойства диэлектриков определяются их способностью к [поляризации](#) во внешнем электрическом поле. Термин введён английским физиком [М. Фарадеем](#) ^[1].

Концентрация свободных носителей [заряда](#) в диэлектрике не превышает 10^8 см^{-3} . С точки зрения [электродинамики](#) диэлектрик — среда с малым на рассматриваемой [частоте](#) значением тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta \ll 1$)^[2], в такой среде сила тока проводимости^[3] много меньше силы [тока смещения](#). Под *идеальным диэлектриком* понимают среду со значением $\text{tg}\delta = 0$, прочие диэлектрики называют *реальными* или диэлектриками (средами) с *потерями*. С точки зрения [зонной теории](#) твёрдого тела диэлектрик — вещество с шириной [запрещённой зоны](#) больше 3 эВ .

Многообразие диэлектрических материалов отражается и на их классификации по различным признакам.

По **агрегатному** состоянию диэлектрические материалы подразделяются на **газообразные** (различные газы, воздух), **жидкие**), и **твердые**. В рамках дисциплины будут рассмотрены только твердые диэлектрики.

По **назначению** диэлектрики подразделяют на:

– собственно **диэлектрические** материалы – класс электротехнические материалов, предназначенных для использования их различных диэлектрических свойств– **электроизоляционные** материалы – диэлектрики, предназначенные для создания электрической изоляции токоведущих частей в электротехнических и радиоэлектронных устройствах (основные свойства у них – большие значения сопротивления изоляции $R_{из}$, удельного сопротивления ρ , электрической прочности).

По постоянству свойств диэлектрики подразделяют на:

- **пассивные** – (их свойства стабильны при различных внешних воздействиях);
- **активные** – (их свойствами можно управлять с помощью различных воздействий энергетического характера, например температуры в пироэлектриках, вызываемыми механическими напряжениями в пьезоэлектриках).

По **химическому составу** диэлектрики подразделяют на **неорганические** (слюда, керамика, стекло), **органические** (полимеры, пластмассы, светотехнические материалы), и **элементоорганические**, в молекулы которых входят атомы Si, Mg, Al, Ti, Fe и других элементов.

Диэлектрики обладают большим разнообразием свойств, которые определяются природой сил химических связей между частицами, из которых состоит диэлектрик, и их структурой.

Электрические свойства металлов характеризуются электропроводностью и обратным ей свойством – электрическим сопротивлением. Хорошая электропроводность и, значит, низкое электрическое сопротивление у серебра, меди, алюминия. Именно поэтому медь и алюминий в основном используются как материал для проводов.

Самая маленькая величина электрического сопротивления из технических металлов у меди ($1,67 \cdot 10^{-4}$ Ом • м). У алюминия оно в 1,6 раз больше, а у железа в 5,8 раза больше.

Все металлы довольно неплохо проводят электрический ток. Достаточно хорошей электропроводностью обладает и натрий, в экспериментальной аппаратуре были попытки применения натриевых токопроводов в форме тонкостенных труб из нержавеющей стали, заполненных натрием. Благодаря небольшому удельному весу натрия, с равным сопротивлением натриевые «провода» получаются намного легче медных и немного легче алюминиевых.

Металл	Удельное сопротивление, 10^{-6} Ом•см
Алюминий	2,69
Вольфрам	5,5
Золото	2,2
Медь	1,67
Молибден	6,0
Олово	12,8
Платина	10,5
Серебро	1,6
Цинк	5,92

Наиболее характерное свойство металлов, обусловленное целиком их внутренней структурой, — электропроводность. Металлы — проводники первого рода. Способность проводить электричество обусловлена наличием в их кристаллических решетках свободных электронов, которые при наложении электрического поля на металлический проводник получают направленное движение. Для возникновения этого движения, т. е. электрического тока, достаточно даже очень небольшого напряжения поля.

С повышением температуры электропроводность металлов уменьшается. Это объясняется тем, что ионы, находящиеся в узлах кристаллической решетки металла, способны совершать колебательные движения, которые усиливаются с повышением температуры, что препятствует направленному движению электронов.

Физические свойства металлов. Металлы в твердом и жидком состоянии обладают более или менее ярко выраженными общими физическими свойствами. Так, они хорошо проводят электричество и теплоту. Причина этого — подвижность свободных электронов в твердом и расплавленном металле. **Лучшими проводниками теплоты и электричества являются серебро, медь и алюминий.**

Вследствие значительной теплопроводности и электропроводности металлы широко используют в электротехнической промышленности.

По мере повышения температуры электропроводность металлов уменьшается.

Нагревание усиливает колебательные движения ионов металла, вследствие чего перемещение электронов между ними затрудняется. Чистые металлы проводят электрический ток лучше, чем металлы, содержащие примеси. Примеси нарушают правильную структуру металла, что увеличивает сопротивление прохождению тока. Поэтому в качестве материала для электрических проводов используют возможно более чистые металлы.

Самую большую и разнообразную группу составляют полупроводники, т. е. вещества со значениями электропроводности в интервале примерно от Ю" до 10 ом -см . К ним относятся многие простые тела (германий, кремний, бор, иод), сплавы (например, сплав цинка с сурьмой), различные неорганические соединения (окислы, сульфиды) и довольно большое число органических веществ (сложные ароматические соединения, белки, ряд синтетических полимеров). Однако особенности электрических свойств полупроводников не ограничиваются только величинами электропроводности. Одним из наиболее существенных отличий полупроводника от металла является характер зависимости электропроводности от температуры

ПОЛУПРОВОДНИКИ — вещества с электронной проводимостью, величина электропроводности которых лежит между электропроводностью металлов и изоляторов. Характерной особенностью П. является положительный температурный коэффициент электропроводности (в отличие от металлов). Электропроводность П. зависит от температуры, количества и природы примесей, влияния электрического поля, света и других внешних факторов.

К П. относятся простые вещества — бор, углерод (алмаз), кремний, германий, олово (серое), селен, теллур, а также соединения — карбид кремния, соединения типа filmen (индний — сурьма, индий — мышьяк, галлий — сурьма, алюминий — сурьма), соединения двух или трех элементов, в состав которых входит хотя бы один элемент IV—VII групп периодической системы элементов Д. И. Менделеева, некоторые органические вещества — полициены, азоаромати-ческие соединения, фталоцианин, некоторые свободные радикалы и др. К чистоте полупроводниковых материалов предъявляют повышенные требования, например, в германии контролируют примеси 40 элементов, в кремнии — 27 элементов и т. д.

У некоторых металлов при нагревании на 100° сопротивление увеличивается на 40 - 50 %. Имеются сплавы, которые незначительно меняют свое сопротивление с нагревом. Некоторые специальные сплавы практически не меняют сопротивления при изменении температуры. Сопротивление металлических проводников при повышении температуры увеличивается, сопротивление электролитов (жидких проводников), угля и некоторых твердых веществ, наоборот, уменьшается.

Способность металлов менять свое сопротивление с изменением температуры используется для устройства термометров сопротивления. Такой термометр представляет собой платиновую проволоку, намотанную на слюдяной каркас. Помещая термометр, например, в печь и измеряя сопротивление платиновой проволоки до и после нагрева, можно определить температуру в печи.

температурный коэффициент сопротивления - это изменение сопротивления проводника при его нагревании, приходящееся на 1 Ом первоначального сопротивления и на 1° температуры, обозначается буквой α .

Высокотемпературная сверхпроводимость

Открытие в конце 1986 года нового класса высокотемпературных сверхпроводящих материалов радикально расширяет возможности практического использования сверхпроводимости для создания новой техники и окажет революционизирующее воздействие на эффективность отраслей народного хозяйства.

Явление, заключающееся в полном исчезновении электрического сопротивления проводника при его охлаждении ниже критической температуры, было открыто в 1911 году, однако практическое использование этого явления началось в середине шестидесятых годов, после того как были разработаны сверхпроводящие материалы, пригодные для технических применений. В связи с тем, что критические температуры этих материалов не превышали 20°K , все созданные сверхпроводниковые устройства эксплуатировались при температурах жидкого гелия, т.е. при $4... 5^{\circ}\text{K}$.

Полупроводники составляют обширную область материалов, отличающихся друг от друга большим многообразием электрических и физических свойств, а также большим многообразием химического состава, что и определяет различные назначения при их техническом использовании. По химической природе полупроводники можно разделить на следующие четыре главные группы.

1. Кристаллические полупроводниковые материалы, построенные из атомов и молекул одного элемента.

2. Окисные кристаллические полупроводниковые материалы, то есть материалы из окислов металлов.

3. Кристаллические полупроводниковые материалы на основе соединений атомов третьей и пятой групп системы элементов таблицы Менделеева.

4. Кристаллические полупроводниковые материалы на основе соединений серы, селена, меди, свинца – они называются сульфидами, селенидами.

Карбид кремния относится к первой группе полупроводниковых материалов и является наиболее распространенным монокристаллическим материалом. Этот полупроводниковый материал представляет собой смесь множества малых кристалликов, беспорядочно спаянных друг с другом. Карбид кремния образуется при высокой температуре при соединении графита и кремния. Его используют в фотоэлементах, диодах.

Возможность повышения рабочей температуры изоляции для практики очень важна. В электрических машинах и аппаратах повышение нагрева, которое обычно ограничивается именно материалами электрической изоляции, дает возможность получить большую мощность при тех же габаритах или же при сохранении мощности уменьшить размеры и стоимость изделия.

Карбид кремния относится к первой группе полупроводниковых материалов и является наиболее распространенным монокристаллическим материалом. Этот полупроводниковый материал представляет собой смесь множества малых кристалликов, беспорядочно спаянных друг с другом. Карбид кремния образуется при высокой температуре при соединении графита и кремния. Его используют в фотоэлементах, диодах.

Возможность повышения рабочей температуры изоляции для практики очень важна. В электрических машинах и аппаратах повышение нагрева, которое обычно ограничивается именно материалами электрической изоляции, дает возможность получить большую мощность при тех же габаритах или же при сохранении мощности уменьшить размеры и стоимость изделия