

# Полупроводниковые материалы

## Свойства полупроводниковых материалов

## Полупроводники

К полупроводниковым относятся вещества, занимающие по величине удельной электрической проводимости промежуточное положение между металлами и диэлектриками.

Их удельная электрическая проводимость лежит в пределах от  $10^{-8}$  до  $10^5$  см/м и в отличие от металлов она возрастает с ростом температуры.

Полупроводники представляют собой достаточно многочисленную группу веществ. К ним относятся химические элементы: германий, кремний, бор, углерод, фосфор, сера, мышьяк, селен, серое олово, теллур, йод, некоторые химические соединения и многие органические вещества.

Применяемые в электронике полупроводники имеют весьма совершенную кристаллическую структуру. Их атомы размещены в пространстве в строго периодической последовательности на постоянных расстояниях друг от друга, образуя кристаллическую решетку.

Решетка наиболее распространенных в электронике полупроводников - германия и кремния - имеет структуру алмазного типа. В такой решетке каждый атом вещества окружен четырьмя такими же атомами, находящимися в вершинах правильного тетраэдра.

Каждый атом, находящийся в кристаллической решетке, электрически нейтрален. Силы, удерживающие атомы в узлах решетки, имеют квантово-механический характер; они возникают за счет обмена взаимодействующих атомов валентными электронами. Подобная связь атомов носит название ковалентной связи, для ее создания необходима пара электронов.


Электрический ток в полупроводниках обусловлен движением сравнительно небольшого количества электронов. Эта характерная особенность полупроводников объясняется тем, что валентные электроны атомов, из которых состоят полупроводники, прочно связаны со своими атомами и не могут двигаться, т. е. не являются свободными. Отрыв их от атомов может произойти в результате нагревания полупроводников внешним источником тепла, а для некоторых полупроводников освещением их.

Это увеличивает энергию электронов, в результате чего электроны переводятся в более высокое энергетическое состояние, которое позволяет им отрываться от атомов и перемещаться под действием приложенного напряжения. Чем выше температура проводника, тем более высокие энергетические состояния приобретают электроны и тем большее количество их освобождается.

В отличие от металлов полупроводники имеют в большом интервале температур отрицательный температурный коэффициент удельного сопротивления, т.е. положительный температурный коэффициент удельной проводимости.

Для них характерна сильная зависимость значения уд. проводимости от вида и количества содержащихся в них примесей.

Полупроводники чувствительны к различного рода внешним воздействиям - свету, облучению ядерными частицами, Электрическим и магнитному полям, давлению и т.д.



Специфичность свойств полупроводниковых материалов обусловила широкое техническое применение их для различных приборов - полупроводниковых диодов, транзисторов, тиристоров, фотодиодов, фототранзисторов, светодиодов, полупроводниковых лазеров, а также датчиков давлений, температур, излучений и др.

Использование полупроводников вызвало коренные преобразования в радиотехнике, кибернетике, автоматике, телемеханике. Полупроводниковая электроника открыла новые пути микроинтеграции электронного оборудования.

## Основные характеристики полупроводников

Из 104 элементов таблицы Менделеева 79 являются металлами, 25 – неметаллами, из которых 13 химических элементов обладают полупроводниковыми свойствами и 12 – диэлектрическими.

Основное отличие полупроводников состоит в том, что их электропроводность значительно возрастает при повышении температуры. При низких температурах они ведут себя подобно диэлектрикам, а при высоких — как проводники. Этим полупроводники отличаются от металлов: сопротивление металла растёт пропорционально увеличению температуры.

Другим отличием полупроводника от металла является то, что сопротивление полупроводника падает под действием света, в то время как на металл последний не влияет. Также меняется проводимость полупроводников при введении незначительного количества примеси.

Полупроводники встречаются среди химических соединений с разнообразными кристаллическими структурами. Это могут быть такие элементы, как кремний и селен, или двойные соединения, как арсенид галлия. Многие органические соединения, например полиацетилен  $(\text{CH})_n$ , – полупроводниковые материалы.

Некоторые полупроводники проявляют магнитные ( $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ) или сегнетоэлектрические свойства ( $\text{SbSI}$ ). Другие при достаточном легировании становятся сверхпроводниками ( $\text{GeTe}$  и  $\text{SrTiO}_3$ ). Многие из недавно открытых высокотемпературных сверхпроводников имеют неметаллические полупроводящие фазы. Например,  $\text{La}_2\text{CuO}_4$  является полупроводником, но при образовании сплава с  $\text{Sr}$  становится сверхпроводником  $(\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x)_2\text{CuO}_4$ .



Ширина запрещённой зоны полупроводника — от 0 до 3 эВ.

Металлы и полуметаллы – это материалы с нулевым энергетическим разрывом, а вещества, у которых она превышает 3 эВ, называют изоляторами.

Есть и исключения.


Например, полупроводниковый алмаз имеет запрещённую зону шириной 6 эВ, полуизолирующий GaAs – 1,5 эВ. GaN, материал для оптоэлектронных приборов в синей области, имеет запрещённую зону шириной 3,5 эВ.

Ширина запрещённой зоны полупроводника — от 0 до 3 эВ.

Металлы и полуметаллы – это материалы с нулевым энергетическим разрывом, а вещества, у которых она превышает 3 эВ, называют изоляторами.

Есть и исключения.

Например, полупроводниковый алмаз имеет запрещённую зону шириной 6 эВ, полуизолирующий GaAs – 1,5 эВ. GaN, материал для оптоэлектронных приборов в синей области, имеет запрещённую зону шириной 3,5 эВ.



Полупроводники - широкий класс веществ, характеризующийся значениями удельной электропроводности, лежащей в диапазоне между удельной электропроводностью металлов и хороших диэлектриков, то есть эти вещества не могут быть отнесены как к диэлектрикам (так как не являются хорошими изоляторами), так и к металлам (не являются хорошими проводниками электрического тока).

## Основные свойства

1) С повышением температуры удельное сопротивление полупроводников уменьшается, в отличие от металлов, у которых удельное сопротивление с повышением температуры увеличивается.

Причем как правило в широком интервале температур возрастание это происходит экспоненциально. Удельное сопротивление полупроводниковых кристаллов может также уменьшаться при воздействии света или сильных электронных полей.

2) Свойство односторонней проводимости контакта двух полупроводников. Именно это свойство используется при создании разнообразных полупроводниковых приборов: диодов, транзисторов, тиристоров и др.

3) Контакты различных полупроводников в определенных условиях при освещении или нагревании являются источниками фото - э.д.с. или, соответственно, термо - э.д.с.

## Основные свойства

Полупроводники отличаются от других веществ многими специфическими особенностями, главнейшими из которых являются:

- 1) положительный температурный коэффициент электропроводности, то есть с повышением температуры электропроводность полупроводников растет;
- 2) удельная проводимость полупроводников меньше, чем у металлов, но больше, чем у изоляторов;
- 3) большие значения термоэлектродвижущей силы по сравнению с металлами;
- 4) высокая чувствительность свойств полупроводников к ионизирующим излучениям;
- 5) способность резкого изменения физических свойств под влиянием ничтожно малых концентраций примесей;
- 6) эффект выпрямления тока.