



ПОЛУПРОВОДНИКИ

- ◆ Полупроводники
- ◆ Полупроводниковый диод
- ◆ Рекомбинация
- ◆ Собственная проводимость
- ◆ Проводники IV группы Проводники IV группы
- ◆ Решетка германия
- ◆ Примеси
- ◆ Сильно легированные полупроводники
- ◆ Фотопроводимость полупроводников
- ◆ Прохождение быстрых частиц через полупроводники
- ◆ Диффузия носителей
- ◆ Термоэлектрические явления в полупроводниках
- ◆ PN-переход

Полупроводники - вещества, электропроводность которых при комнатной температуре имеет промежуточное значение между электропроводностью металлов (10^6 — 10^4 Ом $^{-1}$ см $^{-1}$) и диэлектриков (10^{-8} — 10^{-12} Ом $^{-1}$ см $^{-1}$). Характерная особенность полупроводников — возрастание электропроводности с ростом температуры; при низких температурах электропроводность полупроводников мала; на нее влияют и другие внешние воздействия: свет, сильное электрическое поле, потоки быстрых частиц и т. д. Высокая чувствительность электрических и оптических свойств к внешним воздействиям и содержанию примесей и дефектов в кристаллах также характерна для полупроводников. Все эти особенности и определяют их широкое применение в технике. К полупроводникам относится большая группа веществ (Si, Ge и др.). Носителями заряда в полупроводниках являются электроны проводимости и дырки (носители положительного заряда). В идеальных кристаллах они появляются всегда парами, так что концентрации обоих типов носителей равны. В реальных кристаллах, содержащих примеси и дефекты структуры, равенство концентраций электронов и дырок может нарушаться и проводимость осуществляется практически только одним типом носителей. Полное описание природы носителей заряда в полупроводниках и законов их движения дается в квантовой теории твердого тела.

Полупроводники.



донорные

The diagram shows the energy bands of a semiconductor. At the top is the conduction band, and at the bottom is the valence band. A small gap between them represents the bandgap. Two impurity levels are shown: donor levels (донорные) located just below the conduction band, and acceptor levels (акцепторные) located just above the valence band. A central point represents the Fermi level, which is positioned within the bandgap. Two blue arrows point from the title 'Полупроводники.' to the donor and acceptor levels respectively.

акцепторные

Механизм электрической проводимости полупроводников

Полупроводники характеризуются как свойствами проводников Полупроводники характеризуются как свойствами проводников , так и диэлектриков . В полупроводниковых кристаллах атомы устанавливают ковалентные связи (то есть, один электрон в кристалле кремния, как и алмаза, связан двумя атомами), электронам необходим уровень внутренней энергии для высвобождения из атома ($1,76 \cdot 10^{-19}$ Дж против $11,2 \cdot 10^{-19}$ Дж, чем и характеризуется отличие между полупроводниками и диэлектриками). Эта энергия появляется в них при повышении температуры (например, при комнатной температуре уровень энергии теплового движения атомов равняется $0,4 \cdot 10^{-19}$ Дж), и отдельные атомы получают энергию для отрыва электрона от атома. С ростом температуры число свободных электронов и дырок увеличивается, поэтому в полупроводнике, не содержащем примесей, удельное сопротивление уменьшается. Условно принято считать полупроводниками элементы с энергией связи электронов меньшей чем 1,5—2 эВ. Электронно-дырочный механизм проводимости проявляется у собственных (то есть без примесей) полупроводников. Он называется собственной

Дырка

- ♦ Во время разрыва связи между электроном и ядром появляется свободное место в электронной оболочке атома. Это обуславливает переход электрона с другого атома на атом со свободным местом. На атом, откуда перешёл электрон, входит другой электрон из другого атома и т. д. Это обуславливается ковалентными связями атомов. Таким образом, происходит перемещение положительного заряда без перемещения самого атома. Этот условный положительный заряд называют дыркой.
- ♦ Обычно подвижность дырок в полупроводнике ниже подвижности электронов
- ♦ Подвижность электронов Подвижность электронов и дырок зависит от их концентрации в полупроводнике (см. рисунок). При большой концентрации носителей заряда Подвижность электронов и дырок зависит от их концентрации в полупроводнике (см. рисунок). При большой концентрации носителей заряда, вероятность столкновения между ними вырастает, что приводит к уменьшению подвижности и проводимости



Виды полупроводников

По характеру проводимости

- ◆ **Собственная проводимость**
- ◆ Полупроводники, в которых свободные электроны и «дырки» появляются в процессе ионизации Полупроводники, в которых свободные электроны и «дырки» появляются в процессе ионизации атомов, из которых построен весь кристалл, называют полупроводниками с собственной проводимостью. В полупроводниках с собственной проводимостью концентрация свободных электронов равняется концентрации «дырок».
- ◆ **Примесная проводимость**
Для создания полупроводниковых приборов часто используют кристаллы с примесной проводимостью. Такие кристаллы изготавливаются с помощью внесения примесей с атомами трехвалентного или пятивалентного химического элемента.

По виду проводимости



Электронные
полупроводники
(n-типа)

Дырочные
полупроводники
(p-типа)

Электронные полупроводники (n-типа)

- ♦ Термин «**n-тип**» происходит от слова «negative», обозначающего отрицательный заряд основных носителей. Этот вид полупроводников имеет примесную природу. В четырёхвалентный полупроводник (например, кремний) добавляют примесь пятивалентного полупроводника (например, мышьяка). В процессе взаимодействия каждый атом примеси вступает в ковалентную связь с атомами полупроводника. Этот вид полупроводников имеет примесную природу. В четырёхвалентный полупроводник (например, кремний) добавляют примесь пятивалентного полупроводника (например, мышьяка). В процессе взаимодействия каждый атом примеси вступает в ковалентную связь с атомами полупроводника. Этот вид полупроводников имеет примесную природу. В четырёхвалентный полупроводник

Дырочные полупроводники (p-типа)

- ♦ Термин «**p-тип**» происходит от слова «positive», обозначающего положительный заряд основных носителей. Этот вид полупроводников, кроме примесной основы, характеризуется дырочной природой проводимости. В четырёхвалентный полупроводник (например, в кремний) добавляют небольшое количество атомов трехвалентного элемента (например, индия происходит от слова «positive», обозначающего положительный заряд основных носителей. Этот вид полупроводников, кроме примесной основы, характеризуется дырочной природой проводимости. В четырёхвалентный полупроводник (например, в кремний) добавляют небольшое количество атомов трехвалентного элемента (например, индия). Каждый атом примеси устанавливает ковалентную связь с тремя соседними атомами кремния. Для установки связи с четвёртым атомом кремния у атома индия нет валентного электрона, поэтому он захватывает валентный электрон из ковалентной связи между соседними атомами кремния и становится отрицательно заряженным ионом, вследствие чего образуется дырка.