

## 2.1 Примесная проводимость полупроводника

В электронике часто применяются полупроводники, у которых часть атомов основного вещества замещена атомами другого вещества – примесью.

Введение в чистый полупроводник примесей называется *легированием*.

Легирование резко изменяет свойства полупроводника. Основные полупроводниковые элементы (германий, кремний) четырехвалентны.

Для легирования используются либо трехвалентные элементы: индий (In), бор (B), алюминий (Al); либо пятивалентные: фосфор (P), сурьма (Sb), мышьяк (As), т.е. валентность примеси должна отличаться от валентности основного вещества на единицу.

### 2.1.1 Донорная (электронная) проводимость

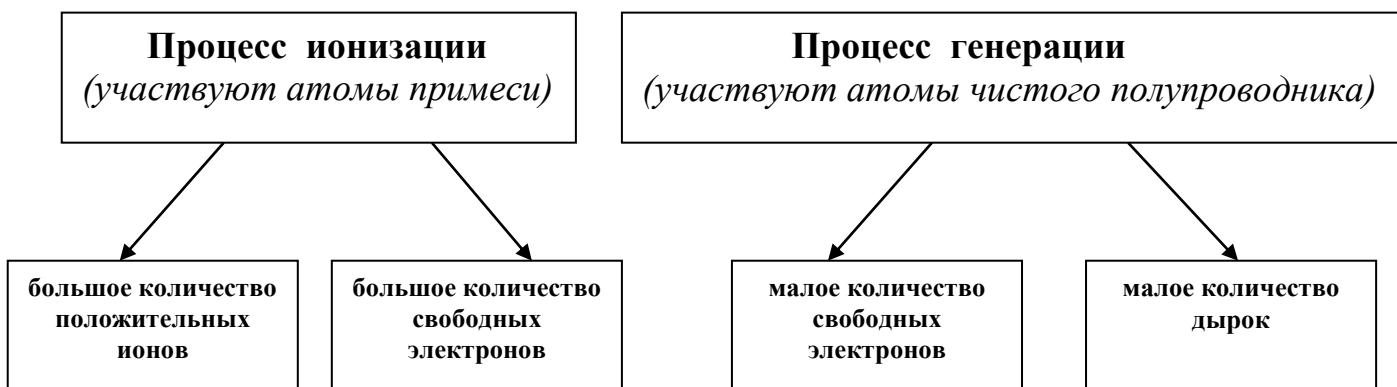
Если к четырехвалентному чистому полупроводнику добавить пятивалентную примесь, то 4 валентных электрона атома примеси будут взаимодействовать с 4-мя валентными электронами атома чистого полупроводника, образуя четыре прочные ковалентные связи. Пятый валентный электрон атома примеси оказывается лишним – ему не хватает пары.

Этот пятый электрон слабо связан с атомом, поэтому уже при комнатной температуре (получив тепловую энергию) легко отрывается от атома и становится свободным.

Атом примеси при этом *ионизируется* – становится положительным ионом.

*При комнатной температуре все атомы примеси ионизированы.*

Кроме процесса ионизации в таком полупроводнике происходит еще процесс генерации, в котором участвуют атомы чистого полупроводника. При этом часть валентных электронов этих атомов, получив тепловую энергию в виде комнатной температуры, переходит из валентной зоны (ВЗ) в зону проводимости (ЗП) и становится свободными. На их месте в валентной зоне образуются дырки. Происходящие процессы можно изобразить следующим образом:



Таким образом, в результате двух процессов в таком полупроводнике носители заряда распределяются следующим образом: имеется большое

количество свободных электронов и малое количество дырок. Ионы носителями заряда не являются (не перемещаются), поэтому речь о них не идет.

Пятивалентная примесь называется **донорной** (от слова «донор» - отдать) **или электронной**, т.к. основными носителями заряда (ОНЗ) в этом полупроводнике являются электроны. Дырки в этом полупроводнике будут являться неосновными носителями заряда (ННЗ).

Полупроводник с электронной проводимостью называется **донорным полупроводником или полупроводником n-типа** (буква «n» - первая буква слова *negative* – отрицательный).

### 2.1.2 Акцепторная (дырочная) проводимость

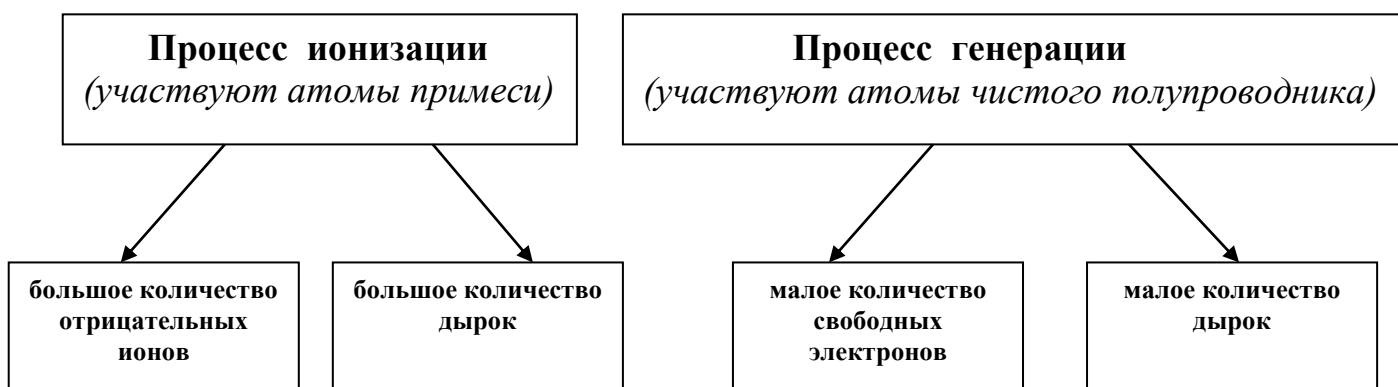
Введем в чистый полупроводник трехвалентную (акцепторную) примесь.

При этом 3 валентных электрона атома примеси взаимодействуют с 3-мя валентными электронами атома чистого полупроводника, образуя три прочные ковалентные связи. Четвертая ковалентная связь оказывается неполной – для нее не хватает электрона примеси, а значит, на этом месте образуется дырка.

Эта дырка может быть заполнена валентным электроном из соседней ковалентной связи, но тогда возникнет дырка в другом месте и т.д. Валентный электрон, заполнивший дырку, ионизирует атом примеси – возникает отрицательный ион.

Как и в предыдущем случае, **при комнатной температуре все атомы примеси ионизированы**.

Кроме процесса ионизации в таком полупроводнике также происходит процесс генерации, в котором участвуют атомы чистого полупроводника. При этом **часть** валентных электронов этих атомов, получив тепловую энергию в виде комнатной температуры, переходит из валентной зоны (ВЗ) в зону проводимости (ЗП) и становится свободными. На их месте в валентной зоне образуются дырки. Происходящие процессы можно изобразить следующим образом:



Таким образом, в результате двух процессов в таком полупроводнике носители заряда распределяются следующим образом: имеется большое количество дырок (ОНЗ) и малое количество свободных электронов (ННЗ).

Проводимость в данном случае *будет дырочной, а полупроводник – акцепторный или полупроводник p-типа* (буква «р» - первая буква слова *positive* – положительный).