

Полупроводници – основни понятия

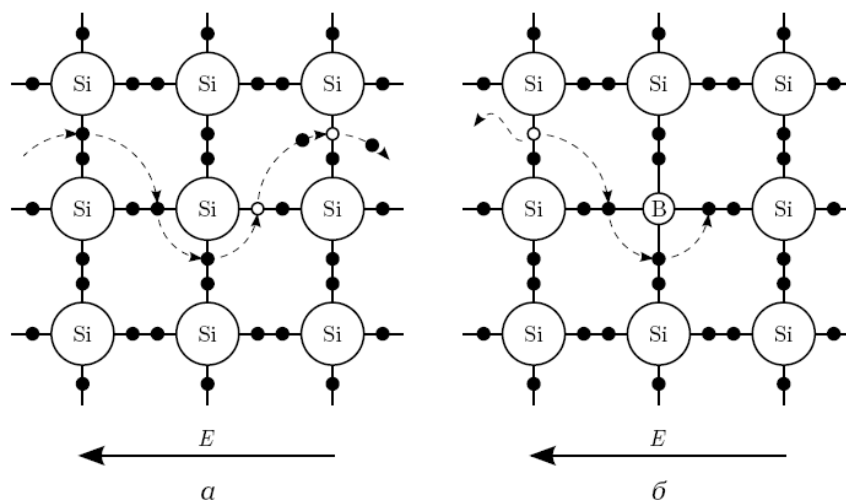
Към полупроводниците се отнасят вещества, заемащи промeждyтчнo положение между проводниците и диелектриците по своята специфична електропроводимост.

Характерна особеност на полупроводниците е зависимостта на тяхната специфична електропроводимост както от различни външни параметри – температура, осветяване, електрично поле, магнитно поле и др., така и от съдържанието на примеси.

В зависимост от чистотата полупроводниците се подразделят на собствени и примесни.

Собствени полупроводници. Това са полупроводници, за които може да се пренебрегне влиянието на примесите при дадена температура. Ширината на забранената зона не е много висока. Всеки преход на електрона от валентната зона в зоната на проводимост се съпровожда с образуване на дупка във валентната зона. Концентрацията на подвижните носители на заряд в такъв полупроводник се увеличава при увеличаването на температурата и при намаляване на ширината на забранената зона. При термодинамично равновесие концентрацията на електроните n_i е равна на концентрацията на дупките p_i , което е характерна особеност на собствените полупроводници.

Ширината на забранената зона характеризира енергетичните загуби, свързани с откъсването на електрон от атома. При откъсването на електрона се образува дупка. Атомите, изгубили електрон, се превръщат в положително зареден йон, който може да вземе електрон от съседен атом, който се превръща в йон (фиг. 1 (а)). В това се състои механизмът на преместване на дупките по кристала.



Фиг. 1. Собствени (а) и примесни (б) полупроводници.

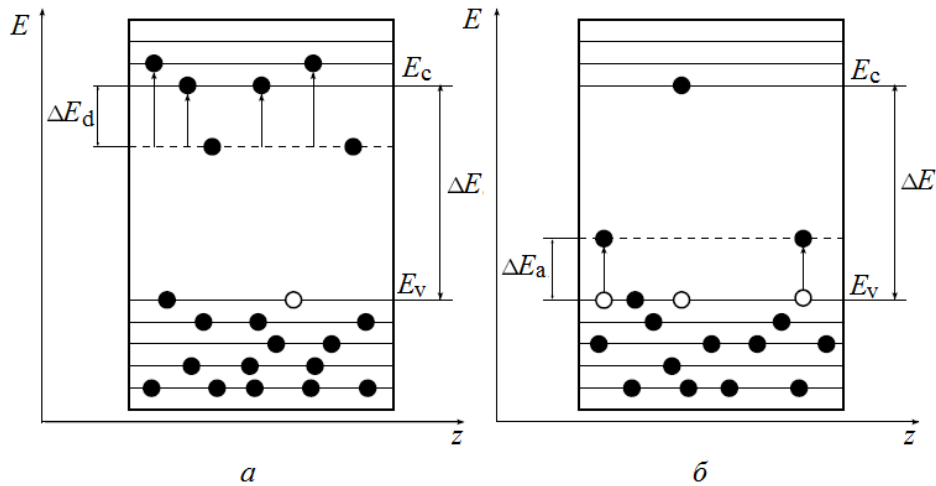
Под действието на външно електрично поле движението на електроните и дупките става насочено. При това дупките се движат към отрицателния полюс на източника, а електроните – към положителния.

Собствената електропроводимост позволява да се оценят потенциалните възможности на материалите. Работата на повечето полупроводникови прибори се нарушава при появата на собствена електропроводимост.

Примесни полупроводници. Това са полупроводници, електрофизичните свойства на които основно се определят от примесите (фиг. 1. (б)). Дефектите на структурата, най-вече ваканции и междувъзлови атоми, могат също да играят роля на примеси.

При малка концентрация на примесите в забранената зона се появяват допълнителни дискретни енергетични нива.

В зависимост от валентността, примесите могат да отдават електрони в зоната на проводимост или да приемат електрони от валентната зона (фиг.2).



Фиг. 2. Енергетични диаграми на полупроводници от *n*-тип (а) и *p*-тип (б):

E_c - дъно на проводима зона, E_v - таван на валентна зона, ΔE - ширина на забранена зона, ΔE_d - активационна енергия на донорите, ΔE_a - активационна енергия на акцепторите.

Ако валентността на примеса е по-висока от тази на основните атоми, то примесът е донорен. Ако валентността на примеса е по-ниска от тази на основните атоми, то примесът е акцепторен.

Донорни примеси. Ако примесите „доставят“ електрони в зоната на проводимост, то те се наричат донорни. Електроните на такива примеси се намират на енергетични нива, разположени близо до дъното на зоната на проводимост (фиг. 2 (а)). За прехода на такива електрони в зоната на проводимост е достатъчна енергия, значително по-малка от енергията на йонизация на собствените йони на полупроводника.

Концентрацията на електроните в такива материали е по-голяма от концентрацията на дупките и затова тези полупроводници се казва, че са от *n*-тип.

Акцепторни примеси. Ако примесите „захващат“ електрони от валентната зона, те се наричат акцепторни. Електроните на такива примеси се намират на енергетични нива, разположени близо до тавана на валентната зона (фиг. 2 (б)) и не участват в електричния ток. За прехода на електрони от валентната зона е достатъчна енергия, значително по-малка от енергията на йонизация на собствените йони на полупроводника.

Концентрацията на дупките в такива материали е по-голяма от концентрацията на електроните и затова тези полупроводници се казва, че са от *p*-тип.

Концентрация на носителите на заряд. Носителите на заряд, чиято концентрация е по-голяма се наричат основни, а носителите на заряд с по-малка концентрация – неосновни.

Ако в полупроводник от *n*-тип се увеличава броят на донорите, то ще нарастне скоростта на генерация на основните носители на заряд. Това обаче ще доведе до нарастване на скоростта на обратния процес – рекомбинация на носители на заряд. Връзката между

равновесните концентрации на електроните n_0 и дупките p_0 се дава от съотношението на „действащите маси“:

$$n_0 \cdot p_0 = n_i^2,$$

където n_i е равновесната концентрация на електроните в собствения полупроводник.

От уравнението се вижда, че в условията на термодинамично равновесие при дадена температура произведението на концентрациите на електроните и дупките е постоянна величина, не зависеща от съдържанието на примесите.