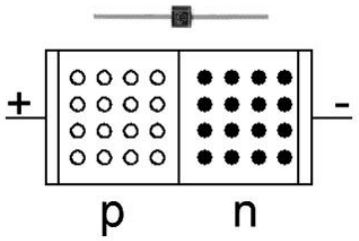
Будова і різновиди діодів, їх параметри і характеристики

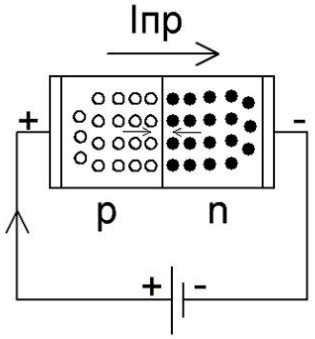
Діод – найпростіший напівпровідниковий прилад, який можна зустріти сьогодні на друкованій платі будь-якого електронного пристрою. Залежно від внутрішньої структури і технічних характеристик, діоди класифікуються на наступні види: універсальні, випрямні, імпульсні, стабілітрони, тунельні діоди і варикапи. Застосовуються діоди для випрямлення, обмеження напруги, детектування, модуляції і т. п. – в залежності від призначення пристрою, в якому застосовуються.

Основа діода – p-n-перехід, сформований напівпровідниковими матеріалами з двома різними типами провідності. До кристалу діода приєднані два кінця, звані катод (електрод зі знаком мінус) і анод (електрод зі знаком плюс). На стороні анода знаходиться область напівпровідника p-типу, а на стороні катода – область n-типу. Цей пристрій діода забезпечує йому унікальну властивість – він проводить струм лише в одному (прямому) напрямку, від анода – до катода. У зворотному напрямку звичайний справний діод струм не проводить.



В області анода (p-типу), основними носіями заряду є позитивно заряджені дірки, а в області катода (n-типу) – негативно заряджені електрони. Сторони діода є контактні металеві поверхні до яких і припаяні провідники.

Коли діод проводить струм в прямому напрямі, це означає що він знаходиться у відкритому стані. Якщо струм через p-n-перехід не йде, значить діод закритий. Таким чином, діод може перебувати в одному з двох стійких станів: у відкритому або закритому.

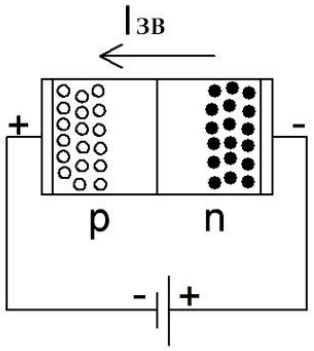


Включивши діод в ланцюг джерела постійної напруги, анодом до плюсової клеми, а катодом – до мінусової, отримаємо зсув p-n-переходу в прямому напрямку. І якщо напруга джерела виявиться достатньою (для кремнієвого діода вистачить 0, 7 вольт), то діод відкриється і почне проводити струм. Величина цього струму буде залежати від величини прикладеної напруги і від внутрішнього опору діода.

Чому діод переходить в провідний стан? Тому що при правильному включенні діода, електрони з n-області, під дією ЕРС джерела, рухатимуться до його позитивного електрода, назустріч діркам з p-області, які тепер рухатимуться в бік негативного електрода джерела, назустріч електронам.

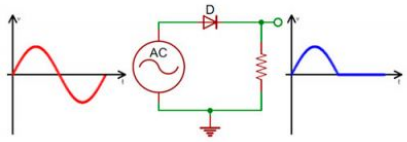
На кордоні областей (на самому p-n-переході) в цей час відбувається рекомбінація електронів і дірок, їх взаємне поглинання. А джерело буде змушене безперервно постачати нові електрони і дірки в область p-n-переходу, збільшуючи їх концентрацію.

А що трапиться якщо діод включити навпаки, катодом до плюсової клеми джерела, а анодом – до мінусової? Дірки і електрони розбіжаться в різні боки – до кінців – від переходу, і в центральному місце переходу виникне зона збіднена носіями заряду – потенційний бар`єр. Струм обумовлений основними носіями заряду (електронами і дірками) просто не виникне.



Але кристал діода не ідеальний, в ньому крім основних носіїв заряду присутні ще й неосновні носії заряду, які і створять дуже незначний зворотний струм діода, вимірюваний в мікроамперах. Але діод в даному стані закритий, так як p-n-перехід його зміщений у зворотному напрямку.

Напруга, при якому діод переходить з закритого стану у відкрите, називається прямою напругою діода, яка по суті є падінням напруги на p-n-переході. Опір діода струму в прямому напрямку не постійний, він залежить від величини струму через діод і має розмір близько кільком ом. Напруга зворотної полярності, при якому діод закривається, називається зворотною напругою діода. Зворотний опір діода в цьому стані вимірюватиметься тисячами ом.



Очевидно, діод може переходити з відкритого стану в закритий і назад при зміні полярності прикладеної до нього напруги. На цій якості діода заснована робота випрямляча. Так, в ланцюзі синусоїдального змінного струму діод буде проводити струм лише під час позитивної напівхвилі, а під час негативної – буде замкнений.

Класифікують діоди за такими ознаками:

- за основним напівпровідниковим матеріалом структури;
- за конструкцією *p–n*-переходу;
- за технологією виготовлення;
- за принципом дії і функціональним призначенням.

За основним напівпровідниковим матеріалом, що використаний для виготовлення діода, розрізняють кремнієві, германієві, діоди з арсеніду галію та інші. На сьогодні найбільш широко при виробництві напівпровідникових приладів та інтегральних схем використовують кремнієві діоди, тому що вони мають зворотні струми при робочих температурах, які в тисячу разів менші, ніж в германієвих діодах, і найбільші зворотні напруги електричного пробою (до сотень вольт). В той же час кремнієві діоди працюють при високих температурах – до +125С...+150С. Для германієвих діодів гранична температура становить +70С, для арсенідогалієвих – +250С... + 350С. Границя від'ємних температур для вищеназваних типів діодів становить +70С .

Арсенідогалієві діоди найбільш високотемпературні внаслідок найбільшої ширини забороненої зони та відрізняються великими значеннями прямих напруг (до трьох вольт і більше), низькими значеннями напруг електричного пробою.

В якості напівпровідникових матеріалів також застосовують фосфід галію GaP, карбід кремнію SiC, селен і селенід кадмію в селенових діодах та інші. Для контактних матеріалів електродів використовують золото Au, алюміній Al, мідь Cu, олово Sn, нікель Ni.

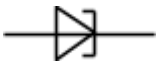
За конструкцією *p–n*-переходу діоди поділяють на **площинні** й **точкові**. Площинний перехід має геометричні розміри площини переходу набагато більші за його товщину, а розміри точкового переходу сумірні з шириною запірного шару. Площинні й токові діоди різняться не тільки конструкціями, але й параметрами і характеристиками. Якнайширше застосовують площинні

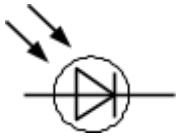
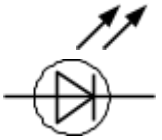
діоди. Точкові діоди, які мають малу ємність *p–n*- переходу, використовують у пристроях, які працюють у високочастотному діапазоні сигналів і при малих значеннях робочих струмів.

Залежно від **технології виготовлення** розрізняють **сплавні**, **дифузійні** діоди й діоди, які **створені з використанням епітаксії**. Більшість напівпровідникових діодів виготовляють за планарно-епітаксіальною технологією, яка дає змогу водночас отримувати декілька тисяч діодів.

Назва «напівпровідниковий діод» об'єднує різні прилади **з різними принципами дії та функціональним призначенням**. Використання знайшли усі фізичні явища, що мають місце при прямих та зворотних увімкненнях *p–n*-переходу. Залежно від функціонального призначення усі діоди поділяють на **випрямні** (випростувальні**)** і **спеціальні**. Принцип дії випрямних діодів заснований на основній властивості *p–n*-переходу – пропускати струм в одному напрямі, а спеціальні типи напівпровідникових діодів використовують інші явища: електричного та лавинного пробою *p– n*-переходів, залежності бар'єрної ємності *p–n*-переходу від значення прикладеної зворотної напруги, зміну електропровідності *p–n*-переходу під дією опромінення та інші. Перелік найбільш поширених діодів наведений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Тип напівпровідникового діода	**Умовне позначення**
Випрямний діод, універсальний діод, імпульсний діод, надвисокочастотний діод – діоди різних видів, що різняться робочими напругами, часом перемикання, смугою робочих частот, але в основі їхнього використання полягає основна властивість переходу пропускати струм в одному напрямку.	
Діод Шотткі – різновид випрямних діодів, який працює на основі випрямного контакту метал-напівпровідник.	
Стабілітрон (**діод Зенера**) – діод, призначений для роботи в режимі електричного пробою з метою стабілізації напруги **Стабістор** – діод, що працює при прямому увімкненні і призначений для стабілізації напруги.	
Варикап – діод, призначений для роботи в якості змінної ємності, значення якої залежить від прикладеної до діода зворотної напруги.	
Тунельний діод – діод, принцип дії якого ґрунтується на квантомеханічному тунельному ефекті. Має на прямій вітці ВАХ спадаючу ділянку «від'ємного опору». Застосовують як підсилювач, генератор та перемикаючий елемент в НВЧ-техніці.	
Обернений діод – діод, що є різновидом тунельного діода. Не має падаючої ділянки на прямій вітці ВАХ. Зворотну вітку ВАХ оберненого діода використовують як пряму вітку у звичайних діодах.	

Фотодіод – діод, який застосовують в режимі фото-генератора для перетворення енергії випромінювання на електричну і в режимі фотоперетворювача для реєстрації випромінювання.	
Випромінювальний діод (**світлодіод**, **ІЧ діод**) – діод, що слугує для перетворення електричної енергії на енергію випромінювання у видимій та інфрачервоній (ІЧ діод) частинах спектра.