

Спеціальні діоди: тунельні діоди, обернені діоди, варикапи, світло- і фотодіоди

Різновиди діодів за функціональними ознаками. Дана теорія і властивості площинних напівпровідникових діодів лежать в основі всіх інших типів діодів, кількість яких в наш час досить велика.

До них відносяться випрямні, імпульсні діоди, стабілітрони, варикапи, фото- і світлодіоди, а також спеціальні (тунельні, параметричні, детекторні та ін.) діоди.

Випрямні діоди. Ці діоди призначені для перетворення змінної напруги джерел живлення в постійну і мають обмежений частотний діапазон роботи, який складає десятки-сотні Гц. Так, наприклад, при перетворенні промислового змінного струму в постійний робоча частота складає всього 50 Гц. Деякі більшу частоту мають деякі спеціальні мережі змінного струму (наприклад 200 Гц, 400 Гц). Найбільш широке застосування знайшли кремнієві сплавні діоди (Д206, Д217, Д226). Це обумовлено більшою стійкістю до перегрівання порівняно з германієвими діодами типу Д7. Для випрямлення змінного струму з частотою до 1кГц застосовують кремнієві сплавні діоди Д242-Д248.

Вибір діодів для випрямлячів змінного струму здійснюється по максимальному середньому випрямленому струму і максимальному значенню зворотної напруги.

При кімнатній температурі пробивна напруга для германієвих діодів звичайно становить 40-100В. Кремнієві діоди можуть мати напругу пробою до 1000 В і більше.

Германієві і кремнієві діоди використовуються як випрямляючі, вони мають високий ККД. Германієві і кремнієві діоди можна також з'єднувати послідовно в тих випадках, якщо необхідно отримати випрямляч на підвищені робочі напруги. Для збільшення випрямлених струмів можна використовувати паралельне вмикання діодів.

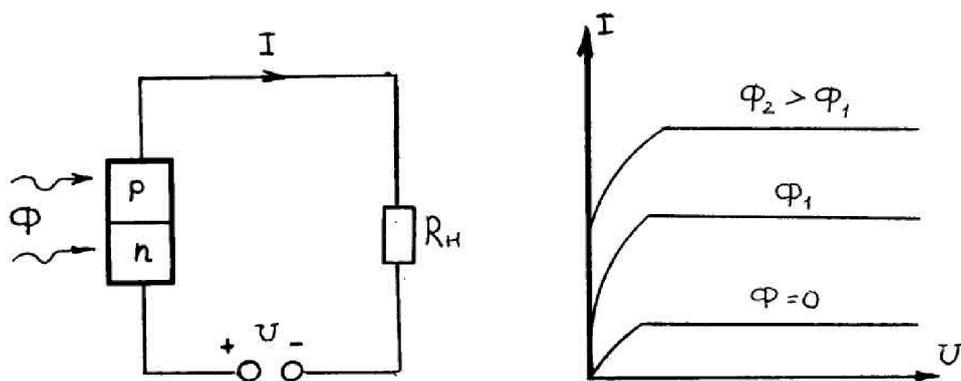
Імпульсні діоди. Найважливішою сферою застосування імпульсних діодів, що визначає сама назва цих діодів, є імпульсні і комутаційні схеми обчислювальної техніки. Найбільш загальне призначення діода в цих схемах полягає в тому, що він виконує функції ключа, аналогічно релейно-контактному елементу. Як відомо, будь-який ключовий елемент має два стани: відкритий, в якому він з'єднує дві точки електричного кола (точки його включення), і закритий, в якому розриває ці точки. "Ідеальний ключ" має нульовий опір у відкритому стані і нескінченно великий – в закритому.

Крім того, він повинен "уміти" безінерційно, миттєво переходити із одного стану в інший.

Вибір імпульсного діода здійснюється з урахуванням його найважливіших параметрів, до яких відносяться: постійний зворотний струм діода при заданій зворотній напрузі, постійна пряма напруга при заданому прямому струмі і час відновлення зворотного опору діода. Останній параметр є основним, а нерідко і єдиним параметром, який використовується для характеристики перехідного процесу переключення діода. В даний час для роботи в швидкодіючих імпульсних схемах використовуються імпульсні арсенідо-галієві діоди типу АД 516 з прямою напругою 1,5В, постійним зворотнім струмом $I_{зв}=2\text{мкА}$ і часом відновлення $T_{відн}=1\text{ нс}$. Широке розповсюдження в схемах комутації мають діоди типу Д219, Д220 з прямою напругою $U_{пр}=1,0-1,5\text{ В}$, струмом $I_{зв}=30-40\text{ мкА}$ і часом $T_{відн}<0,5\text{ мкс}$.

Найбільш широке застосування імпульсні діоди знаходять в логічних елементах, які є елементною базою цифрових обчислювальних машин, а також в комутаційних схемах безконтактної апаратури автоматики.

Фотодіоди. В фотодіодах використовуються чутливість електронно-діркового переходу в напівпровідникових кристалах до світлового потоку Φ . Звичайно використовуються кристали германію або кремнію. Рис.108,а пояснює принцип роботи фотодіода. Діод вмикається в коло джерела живлення в напрямку зворотної провідності. При відсутності світлового потоку Φ в колі навантаження R_H протікає невеликий струм зворотної провідності – “темновий” струм.



Якщо зона електроннодіркового р-п-переходу освітлюється, то струм зростає приблизно пропорційно величині світлового потоку (рис. 108,б). У германієвих фотодіодах “темновий” струм має величину 10–30 мкА, а при освітленні – декілька сот мікроампер. Оскільки струм фотодіода малий, як правило, виникає необхідність його підсилення за допомогою електронних підсилювачів. Фотодіоди мають широке застосування в автоматичній і телемеханіці і є основними елементами в різних схемах фотоелектронних реле і підсилювачів.

Світлодіоди. Напівпровідникові випромінювачі на р-п-переході, в яких використовується спонтанне випромінювання, називаються світлодіодами. Інколи їх називають також люмінесцентними діодами.

Світлодіоди дозволяють створювати оптично-електронні схеми і прилади, в яких зв'язок між елементами, керування електричним колом, перетворення і підсилення сигналів здійснюється за допомогою світлового потоку. В оптично-електронних схемах вхід і вихід можуть бути електрично розведеними між собою. Опір між джерелом світла і приймачем променевої енергії, які є основною ланкою передачі сигналів в оптично-електронних схемах, може перевищувати 10¹⁶ Ом при малій ємності між ними (близько 1×10⁻⁴ пФ). Найважливішою особливістю оптичного зв'язку в оптично-електронних приладах є відсутність зворотного впливу приймача світла на його джерело. Для реалізації оптично-електронних схем світлодіоди є цілком зручним пристроєм: вони компактні, мають досить високий ККД і випромінюють в порівняно вузькому спектральному діапазоні.

Випромінювання в світлодіоді генеруються в шарі безпосередньо прилеглому до площини розділу р- і п-напівпровідників, і виводиться назовні, як правило, через п-область р-п структури, з плоскої чи напівсферичної поверхні (рис.109). Площина випромінювальної поверхні лежить в межах від десятих часток до одиниць квадратних міліметрів. Габарити світлодіода з арматурою для включення в коло джерела живлення не перевищує декількох міліметрів. Конфігурація світловихідної поверхні створює суттєвий вплив на енергетичні характеристики світлодіода. В

світлодіодах плоскої конфігурації значна частина випромінювання зазнає повне внутрішнє випередження. Випромінювання, що падає на границю розділу під кутом більше 17° , повністю відбивається і в остаточному результаті поглинається в світлодіоді

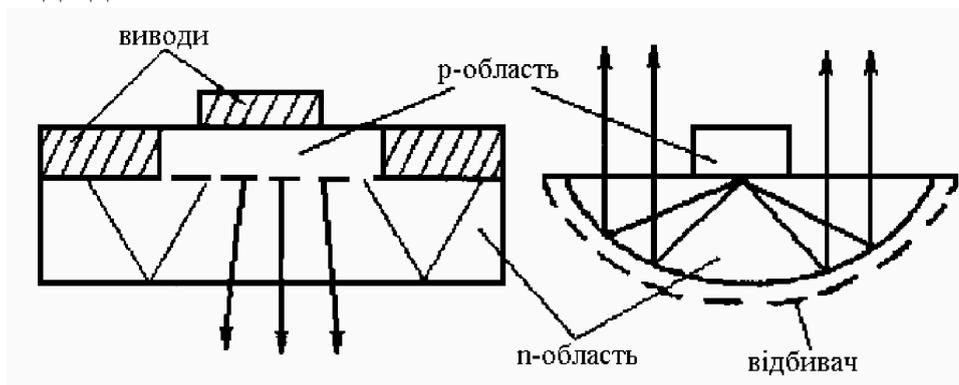


Рис. 109. Будова світлодіода

Мала інерційність світлодіодів дозволяє формувати досить короткі світлові імпульси з крупними фронтами і з частотою повторення до декількох десятків МГц. Суттєвими перевагами світлодіодів є висока електрична яскравість. Основна частина енергії випромінювання концентрується в спектральному інтервалі шириною 400–500 А ($1 \text{ А} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}$). До ряду основних електричних і світлових параметрів належать: повна потужність випромінювання $U_{\text{пр}}$, ширина спектру випромінювання, час наростання і спадання імпульсу випромінювання $t_{\text{н}}$ і $t_{\text{сп}}$. Для світлодіодів типу АЛ103, АЛ106, АЛ108, АЛ109 величина P лежить в межах від 0,2 до 1,5 мВт при прямій напрузі від 2 до 3 В. Ширина спектру таких діодів складає 30–70 нм. Світлодіоди типу АЛ107, АЛ108 призначені для роботи в ролі джерела інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі 0,94–0,95 мкм.

Карбідокремнієві діоди типу КЛ101, КЛ104 призначені для роботи в якості індикаторів з жовтим кольором світіння.

Позначення напівпровідникових діодів складаються з чотирьох елементів. Перший елемент, буква чи цифра, позначає матеріал: Г або 1 – германій або його сполуки, К або 2 – кремній або його сполуки, А або 3 – сполуки галію. Другий елемент – літера, що вказує клас діода: Д-діод, А-діод НВЧ, В-варикап, Л-випромінювач, С-стабілітрон. Третій елемент – число, яке вказує призначення: якісні властивості діодів, а також порядковий номер розробки.

Четвертий елемент – літера, яка вказує різновид типу із даної групи діодів (поділяються на параметричні групи по напрузі, температурі та ін.).

Приклад позначення напівпровідникового діоду: КД503Б (Д503Б) – кремнієвий імпульсний діод з часом відновлення ТВДН < 150нс, різновид типу Б. Графічне умовне зображення напівпро-відникових діодів:

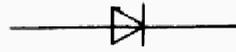
Четвертий елемент – літера, яка вказує різновид типу із даної групи діодів (поділяються на параметричні групи по напрузі, температурі та ін.).

Приклад позначення напівпровідникового діоду: КД503Б (Д503Б) – кремнієвий імпульсний діод з часом відновлення ТВДН < 150нс, різновид типу Б. Графічне умовне зображення напівпро-відникових діодів:

Назва діоду

Позначення

випрямний діод



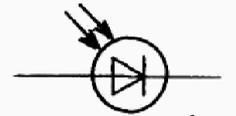
стабілітрон



варикап



фотодіод



світлодіод

