

4.2. Фотодіоди

Як уже було зазначено раніше (п. 1.5) фотодіоди можуть працювати в одному з двох режимів:

- 1) без зовнішнього джерела електричної енергії (режим фотогенератора);
- 2) зі зовнішнім джерелом електроенергії (режим фотоперетворювача).

У першому режимі використовується фотогальванічний ефект – різновид внутрішнього фотоефекту, який пов'язаний з утворенням різниці потенціалів (фото-е.р.с.). Будова фотодіодів така, що світловий потік при освітленні пристрою направлений перпендикулярно площині $p-n$ -переходу (див рис. 4.1).

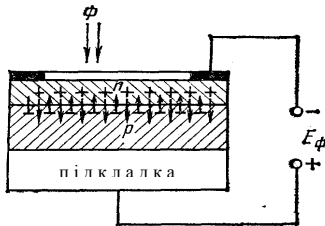


Рис. 4.1 – Будова фотодіода

За відсутності освітлення та зовнішнього джерела електричної енергії в області $p-n$ -переходу виникає, як і в будь-якому НП діоді, потенціальний бар'єр, зумовлений нерухожими носіями заряду – додатніми іонами в

n – області та від'ємними іонами в p – області.

Під час падіння світлового потоку на фотодіод, фотони проходять у товщину напівпровідника і передають частині валентних електронів енергію, достатню для переходу їх у зону провідності. Внаслідок цього в обох областях збільшується кількість пар вільних носіїв заряду (основних та неосновних), тобто дірок та електронів. Під дією контактної різниці потенціалів (потенціального бар'єру) $p-n$ -переходу неосновні носії заряду n -області – дірки – переходять в p -область, а

неосновні носії заряду p -області – електрони – в n -область. Це призводить до утворення на затискачах фотодіода за розімкнутого зовнішнього кола різниці потенціалів, яка називається фото-е.р.с. Гранично можливе значення фото-е.р.с. дорівнює контактній різниці потенціалів, яка складає десятки частки вольт. Так, наприклад, у селенових та кремнієвих фотодіодів фото-е.р.с. досягає $(0,5 \div 0,6)$ В, у фотодіодів із арсеніду галію – $0,87$ В.

Якщо замкнути затискачі освітленого фотодіода через резистор, то в електричному колі з'явиться струм, значення якого залежить від фото-е.р.с. та опору резистора. Максимальний струм буде при опорі резистора рівному нулю, тобто під час короткого замикання фотодіода. При опорі резистора, що не дорівнює нулю, струм у зовнішньому колі фотодіода суттєво зменшується.

Напруга неробочого ходу фотодіода, тобто фото-е.р.с. пов'язана зі світловим потоком логарифмічною залежністю. За великих світлових потоків настає насиченість і подальший ріст фото-е.р.с. припиняється. Фотодіоди, які працюють в режимі фотогенератора, часто використовують як джерела струму, що перетворюють енергію сонячного випромінювання на електричну. Вони називаються сонячними елементами і входять до складу сонячних батарей.

Якщо до неосвітленого фотодіода підключити джерело, значення і полярність напруги якого можна змінювати, то зняті при цьому ВАХ будуть мати такий же вигляд, як і в звичайного напівпровідникового діода, рис. 4.2.

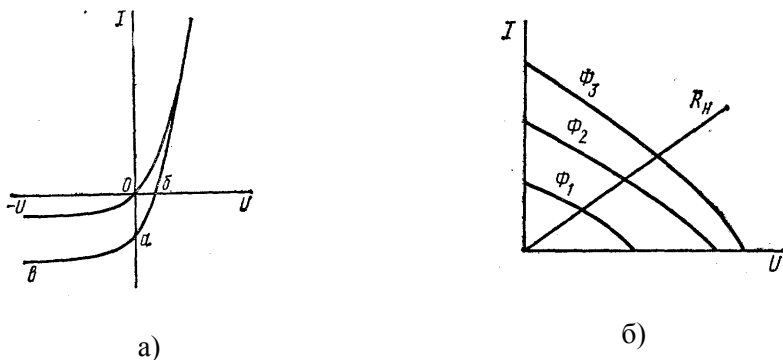


Рис. 4.2 – ВАХ фотодіода (а), ВАХ фотодіода в режимі фотогенератора (б)

Режим фотоперетворювача відповідає поданій напрузі на фотодіод у заперному напрямку (відрізок ab на рис. 4.2, а).

Під час освітлення фотодіода суттєво змінюється лише зворотна вітка ВАХ, прямі ж вітки практично співпадають за порівняно невеликих напруг. ВАХ фотодіода за різних значень світлового потоку наведені на рис. 4.2, б.

За наявності резистора в зовнішньому колі фотодіода струм та напруга можуть бути визначені графічно за точками перетину вольт-амперних характеристик фотодіода та резистора.

ВАХ фотодіода в режимі фотоперетворювача за різних значень світлового потоку зображені на рис. 4.3. Вони аналогічні колекторним характеристикам транзистора, що включений за схемою зі СБ, тільки параметром є не струм емітера, а світловий потік фотодіода.

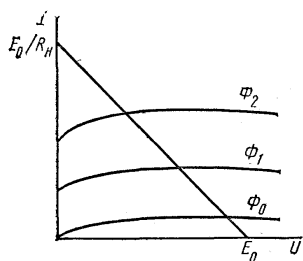


Рис. 4.3 – ВАХ фотодіода в режимі фотоперетворювача

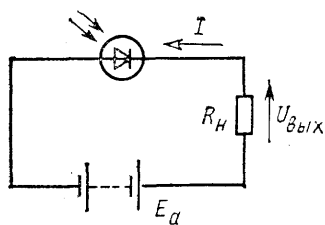


Рис. 4.4 – Схема підключення фотодіода в режимі фотоперетворювача

За наявності навантажувального резистора R_H , який включений послідовно з джерелом е.р.с. (рис. 4.4) значення струму I та напруги $U_{вих}$ можна визначити, побудувавши лінію навантаження, яка відповідає опору резистора R_H (див. рис. 4.4).

У режимі фотоперетворювача струм практично рівний струму короткого замикання, тому чутливість фотодіода до струму в обох режимах прийнято вважати однаковою. Чутливість фотодіодів: селенових – $0,3 \div 0,75$ мА/мм, кремнієвих – 3 мА/мм, германієвих – до 20 мА/мм.

Темновий струм фотодіодів, вимірюють за мінімального значення світлового потоку. Для германієвих фотодіодів він дорівнює $(10 \div 30)$ мкА, для кремнієвих – $(1 \div 3)$ мкА.

Енергетичні характеристики фотодіода в режимі фотоперетворювача лінійні, а в режимі фотогенератора суттєво залежать від опору резистора, включеного в зовнішнє коло.

Спектральні характеристики фотодіодів залежать від матеріалів, які використовуються для їх виготовлення.

Частотні характеристики залежать від матеріалів фотодіода.

Суттєвим недоліком фотодіода є залежність значень його параметрів від температури. Зокрема, темновий струм зростає майже удвічі за підвищення температури на 10°C , що обмежує в деяких випадках використання фотодіодів.

У порівнянні з фоторезисторами фотодіоди мають більшу швидкодію, але меншу чутливість.