

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Факультет Електроніки
Кафедра мікроелектроніки

ЗВІТ

Про виконання лабораторної роботи №5
з дисципліни: «Фізичні основи сенсорики»

Сенсори освітленості

Виконав:

Студент 4-го курсу

(підпис)

Мнацаканов А.С.

Перевірила:

(підпис)

Коваль В.М.

Мета роботи

Отримати практичні навички роботи з сенсорами освітленості резистивного та діодного типу, здійснити їх калібрування та визначити основні характеристики.

Короткі теоретичні відомості

Датчик освітленості або сутінковий вимикач – це пристрій автоматичного управління джерелом світла в залежності від рівня освітленості навколишнього простору. Структура сутінкового вимикача досить проста і умовно може бути розбита на три основні складові: фотоприймач (фотодіод, фоторезистор, фототранзистор), пороговий пристрій (компаратор), вихідний пристрій (реле або сімістор). Принцип роботи датчика освітленості полягає в тому, що при зміні параметрів фотоелемента спрацьовує граничний пристрій (компаратор), який подає сигнал на вихідний пристрій, що і включає освітлення. Наприклад, при природному освітленні опір фоторезистора низький і напруга на ньому не перевищує порогу спрацювання компаратора, тому штучне освітлення відключене. Зменшення природного освітлення призводить до зростання опору фоторезистора і відповідно напруги на ньому. В певний момент (за певного рівня освітленості) рівень напруги на фоторезисторі досягає порогу спрацювання компаратора, який за допомогою реле включає штучне освітлення.

Датчики освітленості встановлюються в місцях, де в денний час доби простір освітлюється природним світлом, а при настанні темряви – штучним світлом: для вуличного освітлення тротуарів, дворів житлових будинків, дитячих майданчиків; для освітлення автомагістралей; для контролю ілюмінації рекламних щитів; для підсвічування вітрин тощо. Завдяки автоматичному спрацюванню включення штучного джерела світла, з яким взаємодіє датчик освітлення, споживання електрики зводиться до необхідного мінімуму.

Сучасні сутінкові вимикачі можуть бути обладнані додатковими датчиками, які значно розширюють робочі функції цих приладів (датчики руху, таймери тощо). Наприклад, якщо разом з фотореле працює датчик руху, то вуличний ліхтар включається в темний час доби за наявності в полі зору рухомих об'єктів. Для

уникнення автоматичного відключення вуличної реклами при світлі автомобільних фар використовується так звана функція затримки вимкнення, яка полягає в тому, що коли рівень освітлення зростає до рівня виключення, в контролері активується відлік на встановлений термін, і якщо рівень освітлення з часом не змінився, тоді фотореле вводиться в дію (штучне освітлення вимикається). Фотореле з функцією таймера може вмикати/вимикати штучне освітлення не тільки виходячи з рівня освітлення, але й в чітко визначений час. Наприклад, підсвітка реклами автоматично відключається після півночі через її неефективність в цей час доби).

Фотоприймачі, які використовуються в датчиках освітленості, працюють на явищі внутрішнього фотоефекта і по суті здійснюють перетворення енергії електромагнітного випромінювання в електричну енергію. Якщо енергія падаючих фотонів є більшою, аніж ширина забороненої зони матеріалу, то в результаті взаємодії фотонів з атомами речовини будуть вивільнятися носії заряду, що можуть переміщатись всередині матеріалу під дією електричного поля (явище внутрішнього фотоефекту). В фотоприймачах цей ефект проявляється у вигляді зростання їх питомої провідності під час опромінення внаслідок зростання кількості вільних носіїв заряду (фотоносіїв).

В якості фотоприймачів в датчиках освітленості використовуються фоторезистори або фотодіоди. Фоторезистор – це напівпровідниковий резистор, принцип дії якого базується на зміні опору напівпровідника під дією світла. У фоторезисторі за рахунок внутрішнього фотоефекту зростає кількість вільних носіїв заряду, а тому електричний опір матеріалу приладу зменшується. Залежність електричних властивостей фоторезистора від параметрів світлового потоку виражається на світловій ВАХ. Фоторезистор характеризується високою чутливістю, однак низькою швидкістю.

Фотодіод – це напівпровідниковий діод, принцип дії якого ґрунтується на зміні зворотнього струму р-п-переходу в залежності від інтенсивності падаючого світла. В результаті поглинання фотонів з енергією, більшою, аніж ширина забороненої зони, в п-області з'являються електронно-діркові пари, які розділяються електронним полем р-п-перехода наступним чином: дірки переходять в р-область,

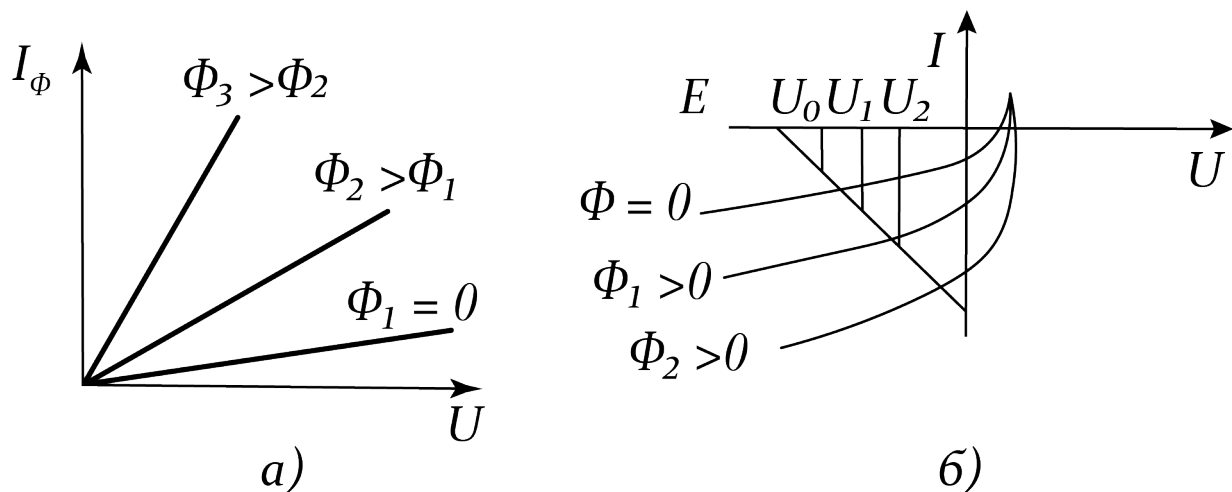


Рис. 1: Світлові та темнові ВАХ фоторезистора (а) та фотодіода (б)

а електрони залишаються в n-області. В результаті струм через р–n-перехід викликаний дрейфом неосновних носіїв – дірок. Дрейфовий струм фотоносіїв називають фотострумом, величина якого залежить від рівня освітленості. На відміну від фоторезисторів фотодіоди характеризуються вищою швидкістю.

Основним фоточутливим параметром фотоприймачів є коефіцієнт фоточутливості, який визначається по люкс-амперній характеристиці (ЛАХ) за формулою:

$$K_\Phi = \frac{I_{\Phi_2} - I_{\Phi_1}}{(\Phi_2 - \Phi_1) \cdot U} = \frac{I_{\Phi_2} - I_{\Phi_1}}{(E_2 - E_1) \cdot S \cdot U}, \quad (1)$$

де K_Φ – коефіцієнт фоточутливості, А/лмВ; I_Φ – фотострум; Φ – світловий потік; E – освітленість; S – площа зразку; U – напруга, при якій проводились вимірювання ЛАХ.

Опис лабораторного стенду

Лабораторний стенд для дослідження сенсорів освітленості складається з наступних приладів:

- 1) Люксметр цифровий LX1010BS;
- 2) Освітлювач з предметним столиком та системою зондів на магнітах;
- 3) Джерело постійного струму Б5-47;
- 4) Мультиметр цифровий В7-35.

Освітлювач складається з опорної плити, на якій розміщуються предметний столик та система зондів на магнітах, а також вертикальний штوك зі шкалою в см і джерело світла.

Предметний столик призначений для розміщення лабораторних зразків і вимірювання їх характеристик. Структура столика наступна: алюмінієвий тепловідвід з посрібленою поверхнею (для електричного з'єднання з тильним контактом лабораторного зразку), зачорнений екран (для вимірювання темнових характеристик) та система магнітних зондів (притискні голчасті контакти для електричного з'єднання з фронтальними контактами лабораторного зразку). Максимальний розмір дослідних зразків становить 12×17 мм.

Джерело світла закріплене на рухомій каретці вертикального штoku і може переміщатись вздовж нього. Відстань від джерела світла до предметного столику визначається по краю каретки на шкалі (відповідний рівень позначений червоною крапкою, рис.). Діапазон переміщення освітлювача по вертикалі до предметного столику становить 3...18 см.

Величина освітленості зразку вимірювалась за допомогою цифрового люксометра LX1010BS. Порядок роботи з цим приладом наступний:

1. Зняти пластикову кришку корпусу сенсора світла з написом "Open".
2. Ввімкнути прилад за допомогою перемикача "ON".
3. Розмістити сенсор світла на робочому столику і ввімкнути освітлювач.
4. Встановити необхідний діапазон вимірювання освітленості за допомогою перемикача діапазонів "2000 / 20 000 / 100 000" і користуючись табл. встановити заданий рівень освітленості.
5. Провести калібрування освітлювача, тобто виміряти величину освітленості люксметром на різних рівнях розміщення джерела світла.
6. Після завершення вимірювань закрити сенсор світла пластиковою кришкою.
7. Вимкнути люксометр за допомогою перемикача "OFF".

Порядок виконання роботи

1) Ввімкнути вимірювальне обладнання лабораторного стенду.

2) Здійснити калібрування освітлювача.

2.1. Виставити лампу за допомогою ручки на рухомому штативі на максимальному рівні (18 см).

2.2. Встановити люксметр на предметний столик. Для цього слід відкрутити передню гайку і відвести в сторону столик для розміщення дослідних зразків. Встановити чутливий елемент люксметра між двома гвинтами і закріпити гумовим затискачем.

2.3. З дисплею люксметра записати показ рівня освітленості поверхні чутливого елемента за його максимальної відстані до освітлювача.

2.4. Провести аналогічні вимірювання освітленості, знижуючи кожного разу освітлювач на 2 поділки по штативу до мінімального рівня (4 см).

2.5. Після завершення калібрування освітлювача предметний столик повернути у вихідний стан.

3) Провести вимірювання електричних характеристик сенсора освітленості резистивного типу.

3.1. За допомогою пінцету встановити зразок сенсора освітленості на предметний столик і закрити його темновим екраном.

3.2. Розмістити зонди на магнітах на верхні контактні майданчики сенсора.

3.3. Під'єднати зонди до вимірювального обладнання наступним чином: зонд із зеленим маркуванням розмістити в роз'єм “+” на джерелі постійного струму Б5-47, а зонд із синім маркуванням розмістити в роз'єм “ВХІД” на мультиметрі цифровому В7-35, вільним провідником з'єднати джерело постійного струму та мультиметр між собою.

3.4. Провести вимірювання струму, що протікає крізь сенсор, в діапазоні напруг від 0,5 до 6,5 В з кроком 0,5 В.

3.5. Змінити полярність прикладеної напруги шляхом зміни провідників місцями на джерелі постійного струму Б5-47.

3.6. Провести вимірювання струму, що протікає крізь сенсор, в діапазоні напруг від 0,5 до 6,5 В з кроком 0,5 В.

4) Провести вимірювання фоточутливої характеристики (люкс-амперної характеристики (ЛАХ)) сенсора освітленості резистивного типу.

4.1. Зняти із зразку сенсора освітленості темновий екран.

4.2. Ввімкнути освітлювач та виставити його на максимально високому рівні за допомогою рухомої ручки на штативі (18 см).

4.3. Виставити на джерелі постійного струму Б5-47 зворотню напругу 6,5 В.

4.4. Виміряти за допомогою мультиметра цифрового В7-35 світловий струм сенсора.

4.5. Провести аналогічні вимірювання світлового струму сенсора, знижуючи кожного разу освітлювач на 2 поділки по штативу до мінімального рівня (4 см).

5) Провести вимірювання електричних характеристик сенсора освітленості діодного типу.

5.1. За допомогою пінцету встановити зразок сенсора освітленості на предметний столик і закрити його темновим екраном.

5.2. Розмістити зонд із зеленим маркуванням на верхній контактний майданчик сенсора (лівий або правий), а синій зонд для даного типу вимірювань не задіяний. Натомість для вимірювання ВАХ фотодіоду слід використати провідник з червоним маркуванням, що являє собою нижній контакт р-п-переходу.

5.3. Під'єднати зонди до вимірювального обладнання наступним чином: зонд із зеленим маркуванням розмістити в роз'єм “+” на джерелі постійного струму Б5-47, а зонд із червоним маркуванням розмістити в роз'єм “ВХІД” на

мультиметрі цифровому В7-35, вільним провідником з'єднати джерело постійного струму та мультиметр між собою.

5.4. Провести вимірювання струму, що протікає крізь сенсор, в діапазоні напруг від 0,5 до 6,5 В з кроком 0,5 В.

5.5. Змінити полярність прикладеної напруги шляхом зміни провідників місцями на джерелі постійного струму Б5-47.

5.6. Провести вимірювання струму, що протікає крізь сенсор, в діапазоні напруг від 0,5 до 6,5 В з кроком 0,5 В.

6) Провести вимірювання фоточутливої характеристики (люкс-амперної характеристики (ЛАХ)) сенсора освітленості діодного типу.

6.1. Зняти із зразку сенсора освітленості темновий екран.

6.2. Ввімкнути освітлювач та виставити його на максимально високому рівні за допомогою рухомої ручки на штативі (18 см).

6.3. Виставити на джерелі постійного струму Б5-47 зворотню напругу 6,5 В.

6.4. Виміряти за допомогою мультиметра цифрового В7-35 світловий струм сенсора.

6.5. Провести аналогічні вимірювання світлового струму сенсора, знижуючи кожного разу освітлювач на 2 поділки по штативу до мінімального рівня (4 см).

7) Вимкнути вимірювальне обладнання.

Обробка результатів роботи

1. Скласти таблицю для калібрування освітлювача, за якою можна встановити рівень освітленості поверхні в залежності від місцезнаходження освітлювача.

2. Побудувати ВАХ сенсорів освітленості резистивного та діодного типу. Розрахувати їх коефіцієнти випрямлення за напруги 6,5 В як відношення прямого струму до зворотнього. У висновку порівняти ВАХ обох сенсорів.

3. Скласти таблиці для калібрування сенсорів освітленості резистивного та діодного типу
4. Побудувати ЛАХ сенсорів освітленості резистивного та діодного типу. У висновку порівняти два типи сенсорів за чутливістю.

Результати вимірювань

Табл. 1: ВАХ сенсорів освітленості

(а) резистивного типу

Пряма		Зворотня	
U, В	I, мкА	U, В	I, мкА
0,5	0,9	0,5	0,9
1	1,2	1	1,3
1,5	1,5	1,5	1,5
2	1,7	2	1,7
2,5	1,8	2,5	1,8
3	2	3	1,9
3,5	2,1	3,5	2
4	2,3	4	2,1
4,5	2,4	4,5	2,1
5	2,5	5	2,2
5,5	2,7	5,5	2,3
6	2,8	6	2,3
6,5	2,9	6,5	2,4

(б) діодного типу

Пряма		Зворотня	
U, В	I, мкА	U, В	I, мкА
0,5	16,9	0,5	0,8
1	50	1	1,2
1,5	87,3	1,5	1,5
2	127,9	2	1,7
2,5	171	2,5	1,8
3	205	3	2
3,5	228	3,5	2,1
4	250	4	2,3
4,5	266	4,5	2,4
5	273	5	2,6
5,5	309	5,5	2,7
6	347	6	2,9
6,5	383	6,5	3

Табл. 2: ЛАХ сенсорів освітленості

(а) резистивного типу

E_v , лк	I, мкА
7500	47,5
8500	52,6
9900	58,7
11700	66,7
13600	75,9
15700	86,3
18500	96,7
22100	110,7

(б) діодного типу

E_v , лк	I, мкА
7500	46,3
8500	51,4
9900	57,4
11700	64,7
13600	72,7
15700	82,7
18500	92,3
22100	105,6

Графіки

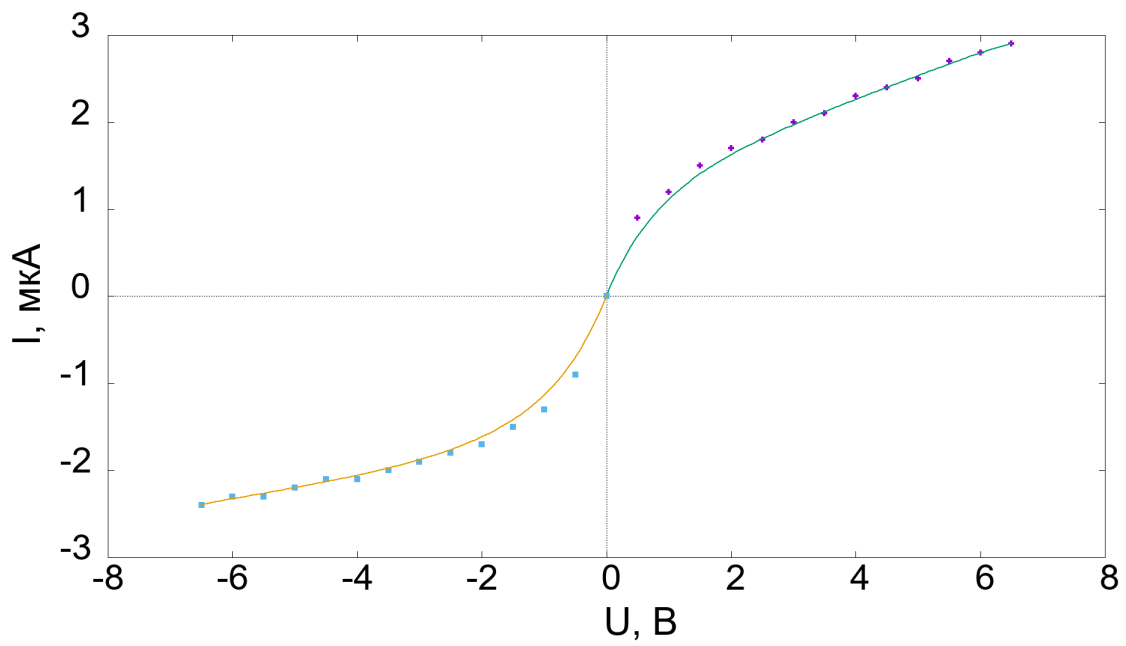


Рис. 2: Темнова ВАХ сенсора освітленості резистивного типу

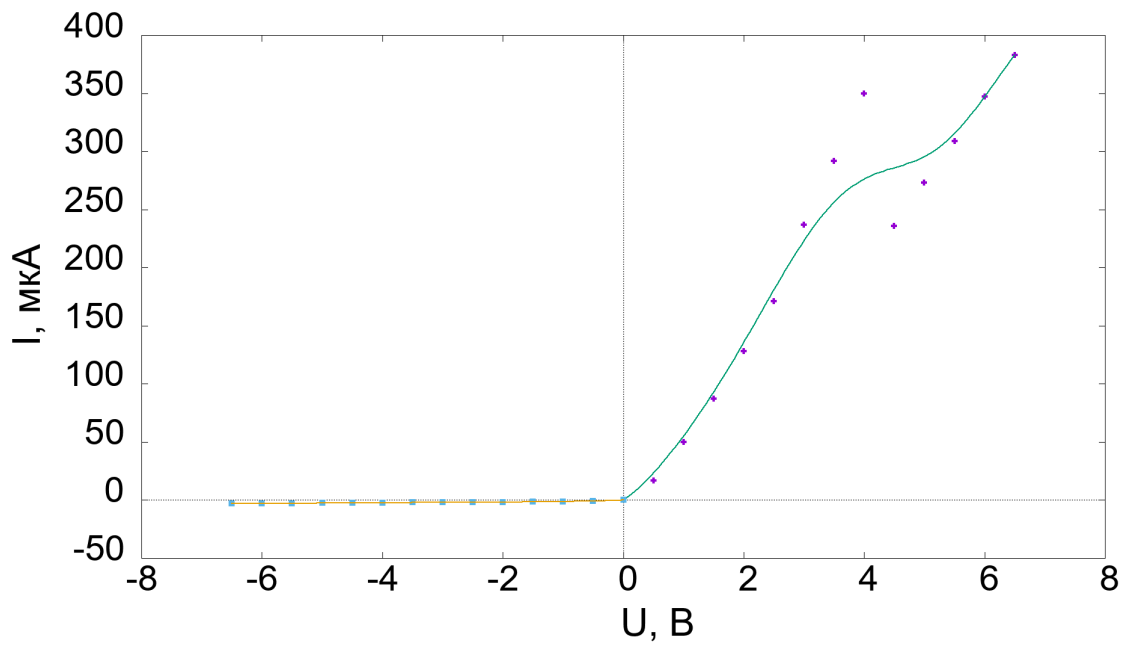


Рис. 3: Темнова ВАХ сенсора освітленості діодного типу

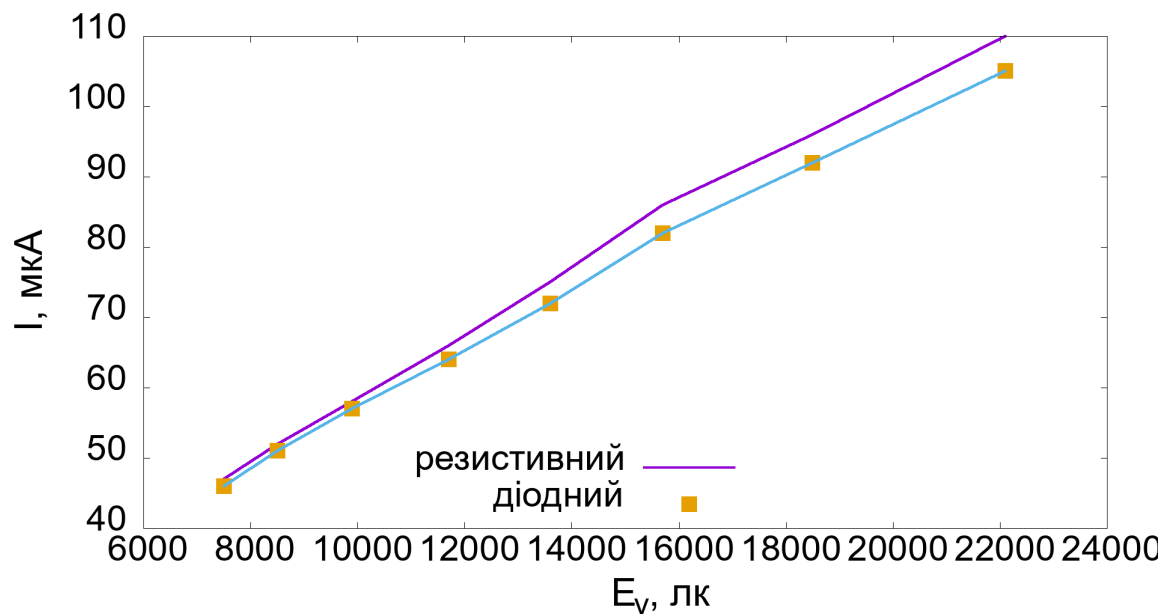


Рис. 4: ЛАХ сенсорів освітленості

Висновок

Проаналізувавши ВАХ сенсорів освітленості, бачимо, що сенсор резистивного типу (рис.2) має більш лінійну залежність ніж сенсор діодного типу (рис.3). Сенсор діодного типу має характерну для більшості діодів круту експоненціальну залежність, тобто при невеликих збільшень напруги струм зростає на порядок чи навіть на два, відбувається більш стрімка зміна опору \Rightarrow сенсор діодного типу швидший ніж резистивний, але на ЛАХ(рис.4) нахил кривої сенсора резистивного типу крутіший, ніж у сенсора діодного типу \Rightarrow фоточутливість сенсора освітленості резистивного типу вища ніж у діодного.

Контрольні запитання

1. Що собою являє датчик освітленості? Яка його структура?
2. В чому полягає принцип дії сутінкового вимикача? Наведіть приклади.
3. Перелічіть області використання датчика освітленості. Які переваги забезпечує застосування даного типу датчика?
4. Вкажіть на додаткові датчики, які можуть використовуватись у складі сутінкових вимикачів. Яким чином вони розширюють базові функції цих приладів?
5. В чому полягає явище внутрішнього фотоефекту? Яким чином дане явище проявляється у фотоприймачах?
6. Які види фотоприймачів використовуються в датчиках освітленості? Порівняйте їх між собою за основними характеристиками.
7. Назвіть принцип дії фоторезисторів та перелічіть їх основні параметри і характеристики.
8. Назвіть принцип дії фотодіодів та перелічіть їх основні параметри і характеристики.