

## Ćwiczenie nr 34

### Badanie elementów optoelektronicznych

#### 1. Cel ćwiczenia

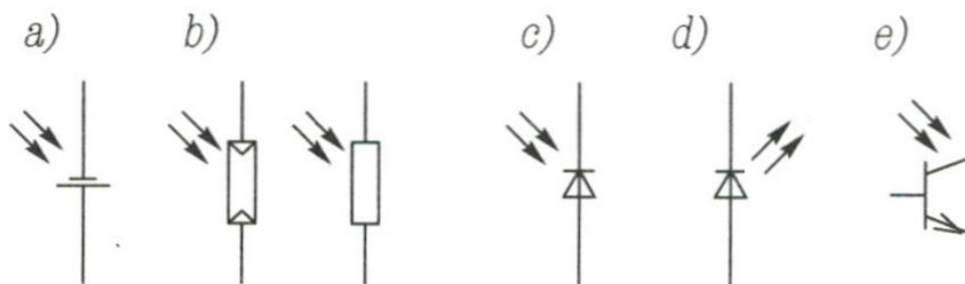
Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z elementami optoelektronicznymi oraz ich podstawowymi parametrami, a także doświadczalne sprawdzenie właściwości tych elementów.

#### 2. Dane znamionowe

Przed przystąpieniem do wykonywania ćwiczenia zapoznać się z instrukcją oraz odczytać i zanotować w protokole dane znamionowe elementów układów oraz zakresy pomiarowe przyrządów i sprzętu pomiarowego.

#### 3. Zagadnienia wprowadzające

Elementy optoelektroniczne półprzewodnikowe można podzielić na generacyjne i parametryczne. Do elementów generacyjnych należą fotoogniwa, a do elementów parametrycznych zalicza się m.in. fotorezystory, fotodiody i fototranzystory. Wszystkie te elementy nazywa się *fotoelementami*. Zmieniają one swoje właściwości elektryczne pod wpływem padającego na nie światła. Osobną grupę elementów optoelektronicznych stanowią diody elektroluminescencyjne i transoptory.



Rys. 1. Symbole graficzne elementów optoelektronicznych: a) fotoogniwo; b) fotorezystor; c) fotodioda; d) dioda elektroluminescencyjna; e) fototranzystor

Przy opisie właściwości elementów optoelektronicznych stosuje się wielkości związane z techniką świetlną:

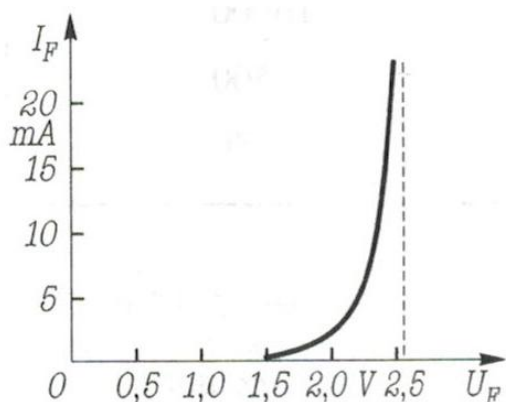
- strumień świetlny  $\Phi_v$  - jest to moc promieniowania wysyłanego przez źródło światła, przy uwzględnieniu m.in. względnej czułości ludzkiego oka (jednostką strumienia świetlnego jest lumen - *lm*),
- natężenie oświetlenia  $E_v$  - jest to stosunek strumienia świetlnego  $\Phi$  do pola  $S$  prostopadłej powierzchni, na którą ten strumień pada (jednostką natężenia oświetlenia jest lux - *lx*).

### 3.1. Fotoogniwo

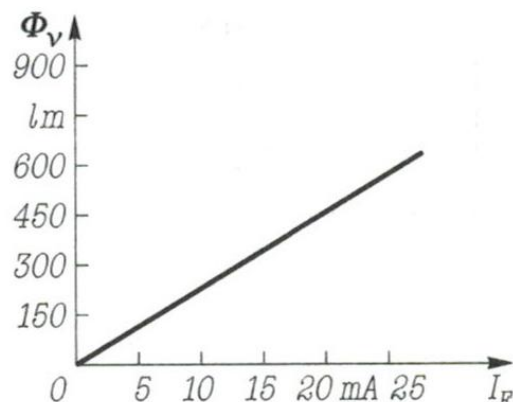
Fotoogniwo jest elementem półprzewodnikowym, w którym pod wpływem oświetlenia wytwarza się siła elektromotoryczna. Wartość generowanej siły elektromotorycznej zależy od zastosowanego materiału półprzewodnikowego i od natężenia oświetlenia. Przy wzroście natężenia oświetlenia siła elektromotoryczna początkowo rośnie liniowo (przy bardzo małych wartościach natężenia oświetlenia), potem zaczyna narastać logarytmicznie, by przy znacznych wartościach natężenia oświetlenia (ok. 800 lx) osiągnąć wartość nasycenia równą 450 mV.

### 3.2. Dioda elektroluminescencyjna

Dioda elektroluminescencyjna jest elementem półprzewodnikowym będącym źródłem promieniowania widzialnego (dioda LED - ang. Light Emitting Diode), jak i niewidzialnego - podczerwonego (dioda IRED - ang. Infra Red Emitting Diode). Emitowane promieniowanie zawiera się w bardzo wąskim przedziale widma: od 490 nm do 950 nm. Można zatem uzyskać promieniowanie o barwie niebieskiej, żółtej, zielonej, pomarańczowej i czerwonej (barwa zależy od zastosowanego do budowy diody materiału półprzewodnikowego i domieszki). Dioda elektroluminescencyjna pracuje prawidłowo przy polaryzacji w kierunku przewodzenia. Progowe napięcie przewodzenia takiej diody wynosi od 1,35 V do 2,5 V w zależności od barwy emitowanego promieniowania. Przykładowa charakterystyka prądowo-napięciowa diody elektroluminescencyjnej pokazana jest na rys. 2, natomiast charakterystyka promieniowania takiej diody widoczna jest na rys. 3.



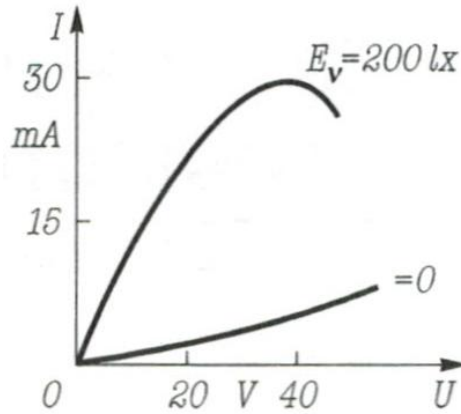
Rys. 2. Przykładowa charakterystyka prądowo-napięciowa diody elektroluminescencyjnej



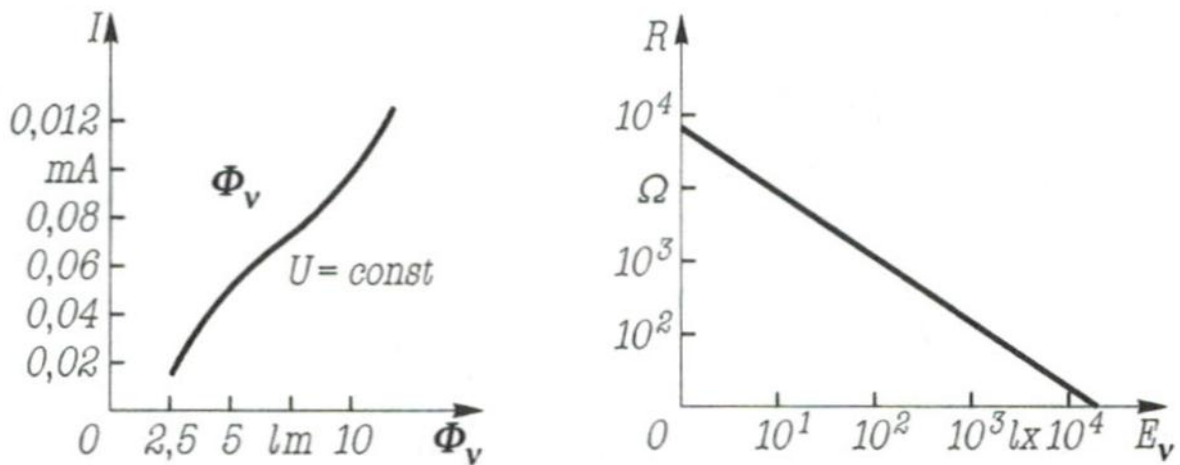
Rys. 3. Przykładowa charakterystyka promieniowania diody elektroluminescencyjnej

### 3.3. Fotorezystor

Fotorezystor jest elementem półprzewodnikowym, w którym pod wpływem oświetlenia następuje zmiana jego przewodności, niezależnie od kierunku przyłożonego napięcia zewnętrznego. Oświetlenie rezystora powoduje zwiększenie natężenia przepływającego prądu. Rezystancja fotorezystora w stanie oświetlenia (tzw. rezystancja jasna) jest zwykle mniejsza od 1 kΩ, natomiast rezystancja przy braku oświetlenia (tzw. rezystancja ciemna) zawiera się w przedziale od 1MΩ do 1TΩ. Przykładowe charakterystyki opisujące właściwości fotorezystora pokazane są na rys. 4 i rys. 5.



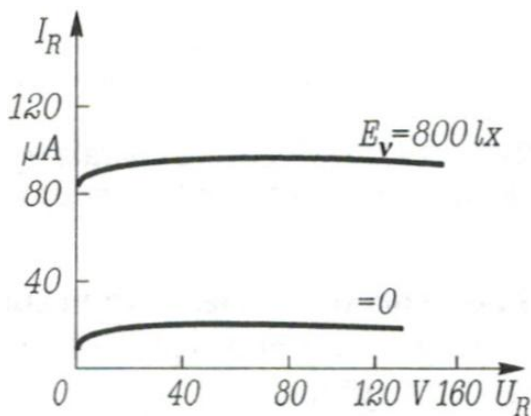
Rys. 4. Przykładowa charakterystyka prądowo-napięciowa fotorezystora



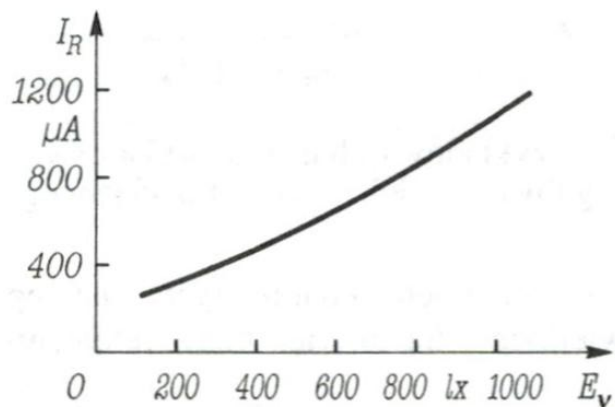
Rys. 5. Przykładowe charakterystyki oświetleniowe fotorezystora  $I=f(\Phi_v)$  i  $R=f(E_v)$

### 3.4. Fotodioda

Fotodioda jest elementem półprzewodnikowym, który w czasie normalnej pracy polaryzuje się zaporowo zewnętrznym źródłem napięcia. Pod wpływem oświetlenia fotodiody, przez element ten płynie prąd wsteczny, którego wartość rośnie ze wzrostem natężenia oświetlenia. Przykładowe charakterystyki opisujące właściwości fotodiody pokazane są na rys. 6 i rys. 7.



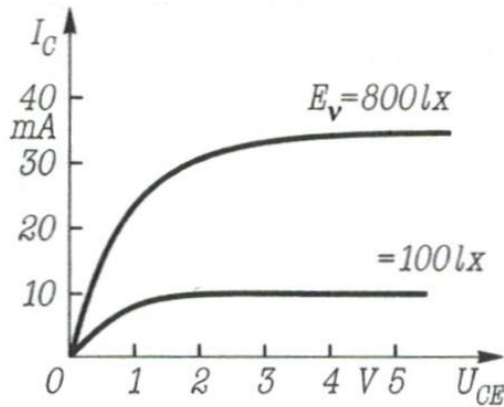
Rys. 6. Przykładowa charakterystyka prądowo-napięciowa fotodiody



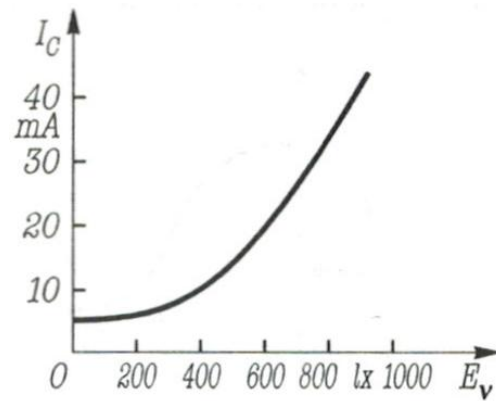
Rys. 7. Przykładowa charakterystyka oświetleniowa fotodiody

### 3.5. Fototranzystor

Fototranzystor to element półprzewodnikowy, który działa tak samo jak konwencjonalny tranzystor, przy czym jego prąd kolektora nie zależy od prądu bazy, lecz od natężenia oświetlenia padającego na obszar bazy. Przykładowe charakterystyki opisujące właściwości fototranzystora pokazane są na rys. 8 i rys. 9.



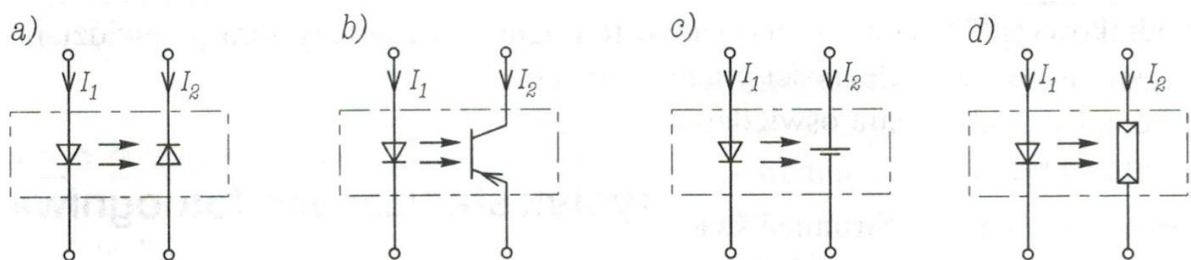
Rys. 8. Przykładowa charakterystyka prądowo-napięciowa fototranzystora



Rys. 9. Przykładowa charakterystyka oświetleniowa fototranzystora

### 3.6. Transoptor

Transoptor to para elementów optoelektronicznych umieszczonych we wspólnej obudowie i sprzężonych optycznie. Jeden z elementów pełni funkcję źródła promieniowania (najczęściej dioda elektroluminescencyjna), a drugi pełni funkcję fotodetektora (odbiornika promieniowania). W ten sposób za pomocą promieniowania łączy się dwa obwody prądowe, zapewniając jednocześnie ich galwaniczne odseparowanie. Różne rodzaje transoptorów pokazano na rys. 10.

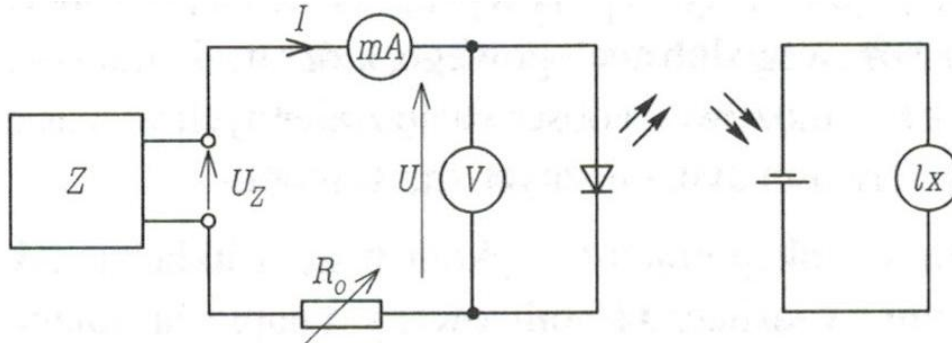


Rys. 10. Schematy budowy transoptorów

## 4. Program ćwiczenia

### 4.1. Badanie diody elektroluminescencyjnej

Badanie diody elektroluminescencyjnej przeprowadza się w układzie pokazanym na rys. 11.



Rys.11. Schemat układu do badania diody elektroluminescencyjnej

Miliamperomierz mierzy natężenie prądu  $I$  płynącego przez diodę, a woltomierz spadek napięcia  $U$  na diodzie. Dla kolejnych wartości napięcia  $U$  z zakresu od 0 V do ok. 3 V (regulacja napięcia  $U$  odbywa się poprzez zmianę napięcia  $U_Z$  zasilającego układ) należy odczytać wartość prądu  $I$  oraz natężenie oświetlenia  $E_v$ . W czasie pomiarów należy zwrócić uwagę na to, żeby nie przekroczyć granicznej wartości natężenia prądu płynącego przez diodę  $I_{max}=25\text{ mA}$ .

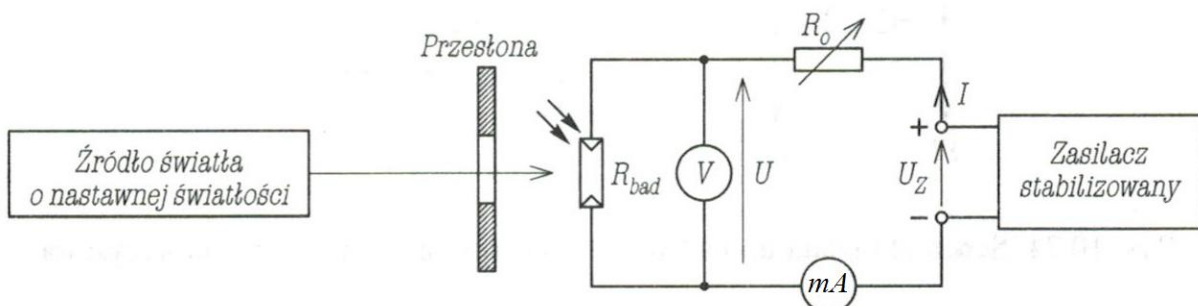
Wyniki pomiarów zestawić w tabeli 1. Na podstawie uzyskanych wyników sporządzić charakterystykę prądowo-napięciową diody  $I=f(U)$  dla kierunku przewodzenia oraz charakterystykę promieniowania diody  $E_v=f(I)$ .

Tabela 1. Wyniki pomiarów uzyskane podczas badania diody elektroluminescencyjnej

U [V]										UWAGI
I [mA]										
$E_v$ [lx]										

### 4.2. Badanie fotorezystora

Badanie fotorezystora przeprowadza się w układzie pokazanym na rys. 12.



Rys.12. Schemat układu do badania fotorezystora

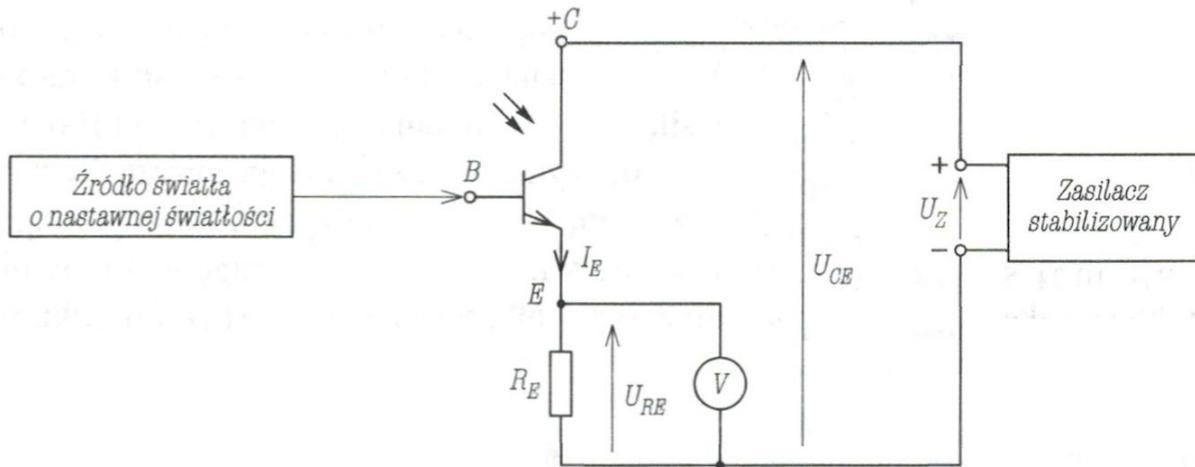






#### 4.4. Badanie fototranzystora

Badanie fototranzystora przeprowadza się w układzie pokazanym na rys. 14.



Rys.14. Schemat układu do badania fototranzystora

W układzie tym źródłem światła jest dioda elektroluminescencyjna pracująca w układzie jak na rys. 11. Zmianę natężenia oświetlenia przeprowadza się zmieniając wartość napięcia zasilającego obwód z diodą elektroluminescencyjną (wartość natężenia oświetlenia  $E_v$  wskaże wtedy luksomierz). Natomiast badany fototranzystor i połączony z nim rezystor emiterowy  $R_E$  stanowią obciążenie zasilacza stabilizowanego napięcia stałego. W układzie tym sygnałem pomiarowym, zależnym od natężenia oświetlenia  $E_v$ , jest spadek napięcia  $U_{RE}$  na rezystorze emiterowym  $R_E$  mierzony woltomierzem.

Aby wyznaczyć charakterystykę prądowo-napięciową fototranzystora  $I_F=f(U_{CE})$ , należy przy różnych wartościach natężenia oświetlenia ( $E_v=0$  i  $E_v \neq 0$ ) padającego na obszar bazy fototranzystora nastawiać na zasilaczu stabilizowanym kolejne wartości napięcia  $U_{CE}$  z zakresu od 0 V do wartości znamionowej napięcia  $U_{CE}$  fototranzystora i odczytywać wskazania woltomierza dołączonego do rezystora emiterowego  $R_E$ . Prąd fotoelektryczny  $I_F$  badanego elementu, będący jednocześnie prądem kolektora  $I_C$ , należy wyznaczyć z zależności:

$$I_F = \frac{U_{RE}}{R_E} = I_C$$

Aby wyznaczyć charakterystykę oświetleniową fototranzystora  $I_F=f(E_v)$ , należy przy stałym napięciu  $U_{CE}$  zmieniać natężenie oświetlenia  $E_v$  mierząc je luksomierzem (nie przekroczyć granicznej wartości natężenia prądu płynącego przez diodę LED  $I_{max}=25$  mA) i odczytywać wskazania woltomierza dołączonego do rezystora emiterowego  $R_E$ . Prąd fotoelektryczny  $I_F$  wyznaczyć z powyższego wzoru.

Wyniki pomiarów zestawień w tabeli 4. Na podstawie uzyskanych wyników sporządzić charakterystykę prądowo-napięciową fototranzystora  $I_F=f(U_{CE})$  dla  $E_v=0$  i  $E_v \neq 0$  oraz charakterystykę oświetleniową fototranzystora  $I_F=f(E_v)$ .



