



Podstawy Fizyki Optyka

Praca zbiorowa

Ćwiczenie 50

ZEWNEŹRZNE ZJAWISKO FOTOELEKTRYCZNE

opr. tech. Mirosław Maś

Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny
Siedlce 2020

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie charakterystyk fotokomórki. Na podstawie kształtu charakterystyki $I = f(U)$ należy rozpoznać jakiego typu jest badana fotokomórka – próżniowa czy gazowana.

W ćwiczeniu studenci poznają metodykę wyznaczania charakterystyk, ugruntowują zasady wykonywania wykresów, nabierają wprawy w graficznych obrazowaniach wyników pomiarów i popelnianych niepewności pomiarowych (błędów)..

Przed rozpoczęciem ćwiczenia należy sprawdzić czy zestaw laboratoryjny jest kompletny.

W skład zestawu pomiarowego wchodzi:

- stabilizowany regulowany zasilacz prądu stałego,
- woltomierz,
- mikroamperomierz,
- łoża optyczna z podziałką,
- oświetlacz,
- fotokomórka,
- przewody połączeniowe.

Do ćwiczenia należy opanować następujące zagadnienia teoretyczne:

- Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne i wewnętrzne
- Rodzaje fotokomórek
- Charakterystyki prądowo napięciowe
-

2. Wprowadzenie

Promieniowanie elektromagnetyczne padające na środowisko wypełnione gazem, cieczą lub ciałem stałym może ulec rozproszeniu (w szczególnym przypadku odbiciu), absorpcji. Przez ośrodki przezroczyste przenika. Część promieniowania oddziałuje z elektronami środowiska a część z cząsteczkami.

Jeżeli promieniowanie oddziałuje z elektronami, wówczas może dojść do:

1. emisji elektronów z napromieniowanego ciała stałego lub cieczy do otoczenia;
 2. jonizacji atomów i cząsteczek gazów;
 3. wzrostu przewodności lub pojawienia się efektu fotowoltaicznego (w ciałach stałych).
- Zjawiska te znane są jako zewnętrzny i wewnętrzny efekt fotoelektryczny.

W zjawiskach fotoelektrycznych następuje wymiana ładunków elektrycznych (elektronów) i fotonów, a zatem wyjaśnienia zjawiska poszukiwać będziemy w mechanizmie oddziaływań elektromagnetycznych, którego natura ma charakter kwantowy.

Zjawisko fotoelektryczne jest niezrozumiałe z punktu widzenia falowej teorii promieniowania, ponieważ:

1. nie obserwujemy opóźnienia procesu (fotoelektrony są emitowane natychmiast po naświetleniu ciała);
2. pojawienie się fotoelektronów zależy od częstotliwości progowej padającego promieniowania (dla zbyt małej częstotliwości fotoefekt nie zachodzi);
3. pojawienie się fotoelektronów nie zależy od natężenia padającego promieniowania (energia fali zależy od natężenia promieniowania - zatem fotoefekt nie jest zależny od energii promieniowania).

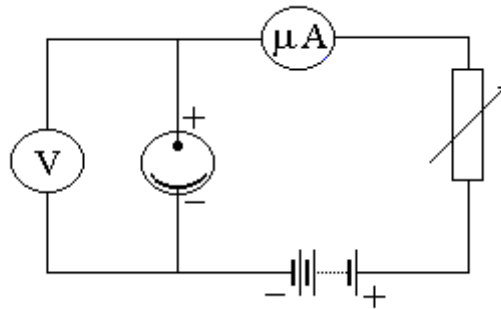
Fotokomórki

Zewnętrzne zjawisko fotoelektryczne zostało wykorzystane w urządzeniach zwanych fotokomórkami. Patrz rysunek. Dzielimy je na próżniowe i gazowane. najczęściej fotokomórka próżniowa składa się z bańki szklanej z której usunięto gaz oraz dwóch elektrod:



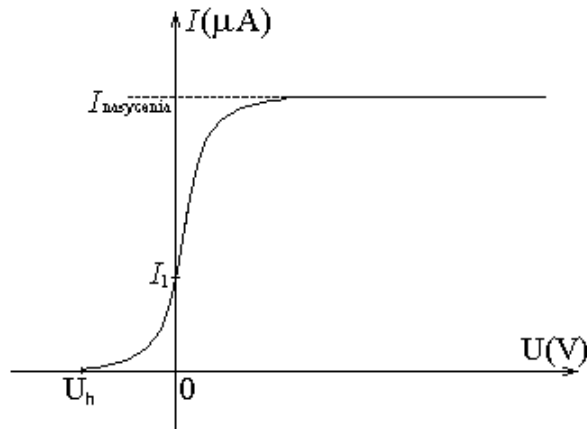
fotokatody i anody. Fotokatodą jest warstwa substancji naniesionej na wewnętrzną ścianę bańki szklanej, zazwyczaj specjalnie aktywowana, dzięki czemu uzyskuje się dużą powierzchnię czynną. Materiał fotokatody charakteryzuje się małą pracą wyjścia. Anoda w fotokomórkach ma kształt pręta lub pierścienia. Materiał bańki ogranicza zastosowanie fotokomórki dla fal krótkich (szkło zatrzymuje ultrafiolet - zastępuje się je czasem kwarcem). Wnętrze bańki fotokomórki gazowanej wypełnione jest gazem szlachetnym, najczęściej argonem pod ciśnieniem rzędu 0,1 - 1 Tr. W fotokomórkach gazowanych przy przelocie elektronów między katodą a anodą następuje jonizacja gazu. Jony dodatnie powstające w procesie jonizacji bombardują katodę wyzwalaając dodatkowe elektrony. Zachodzi zjawisko tzw. wtórnej emisji elektronów. Na elektrody fotokomórki gazowanej nie można przyłożyć zbyt dużego napięcia przekraczającego wartości wywołującej samoistne wyładowanie jarzeniowe w lampie. Grozi to zniszczeniem fotoczułej warstwy w katodzie. Fotokomórki gazowane są bardziej czułe niż fotokomórki próżniowe, za to mają dużą bezwładność wywołaną małą ruchliwością ciężkich jonów dodatnich. Przykładając stałą różnicę potencjałów między katodę i anodę i zamykając obwód po naświetleniu fotokatody obserwujemy przepływ fotoprądu, którego

natężenie zależy od natężenia padającego promieniowania. Zależność natężenia fotoprądu od przyłożonego napięcia daje nam charakterystykę prądowo-napięciową fotokomórki. Charakterystykę $I=f(U)$ zdejmujemy w obwodzie, którego schemat przedstawia rysunek.



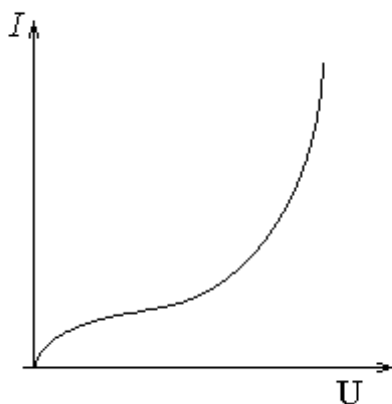
W fotokomórce próżniowej po przyłożeniu wystarczająco dużego napięcia uzyskujemy tzw. prąd nasycenia. Dzieje się to wtedy gdy ustala się równowaga między liczbą wybitych, a odprowadzanych do anody fotoelektronów. Ponieważ natężenie prądu zależy od liczby nośników nie ma możliwości podwyższenia go przy nie zmieniającej się ich liczbie. Zgodnie z prawem Lenarda możemy zwiększyć liczbę nośników (elektronów) przez podwyższenie natężenia oświetlenia.

Wykres charakterystyki prądowo-napięciowej $I=f(U)$ dla fotokomórki próżniowej przedstawia rysunek.



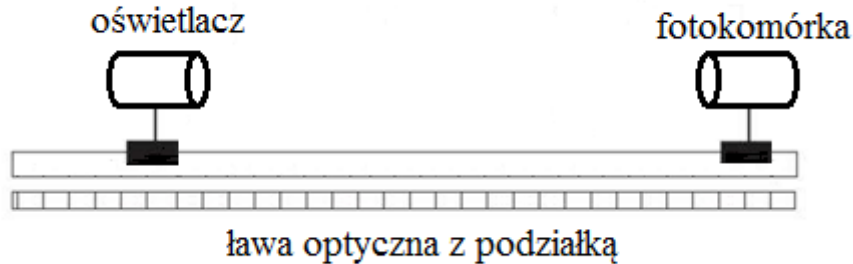
I_1 jest natężeniem prądu pochodzącym od samoistnego przepływu elektronów między katodą i anodą w wyniku fotoemisji.

W fotokomórkach gazowanych nie obserwujemy prądu nasycenia, ponieważ nie można wytworzyć sytuacji, w której nastąpi wyrównanie liczby nośników wytwarzanych i odprowadzanych do anody. Obecność gazu skutecznie hamuje elektrony wyrzucane z fotokatody bez obecności zewnętrznego pola elektrycznego i praktycznie charakterystyka zaczyna się od zera. Dla dużych napięć pojawiają się dodatkowe efekty z jonizacją i wybijaniem z katody dodatkowych elektronów przez jony dodatnie. Wartość fotoprądu gwałtownie rośnie. Przebieg charakterystyki dla fotokomórki gazowanej przedstawia rysunek



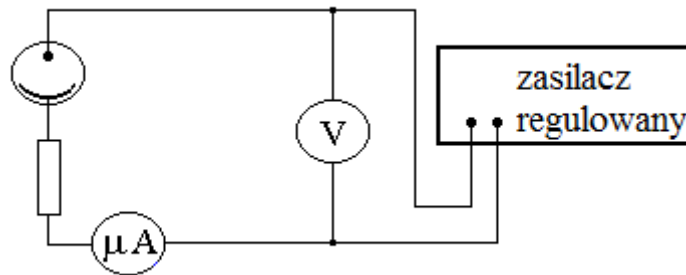
3. Przebieg pomiarów

Do badania fotokomórki gazowej używamy ławy optycznej z podziałką milimetrową. Na jednym z końców ławy zamontowana jest fotokomórka w kołpaku. Wzdłuż ławy można przesuwac oświetlacz. Zmianę barwy światła można zmieniać stosując różnokolorowe filtry.



Do zestawu pomiarowego należy także stabilizowany regulowany zasilacz prądu stałego, woltomierz, mikroamperomierz.

Zestaw pomiarowy powinien być połączony zgodnie z poniższym schematem:



A. Wyznaczanie charakterystyki prądowo-napięciowej.

1. Sprawdź prawidłowość połączeń zestawu według schematu powyżej.
2. Dla trzech różnych odległości (r) (podanych przez prowadzącego zajęcia) oświetlacza od fotokomórki, wykonaj serię pomiarów zależności fotoprądu (I) od przyłożonego napięcia. Wyniki zanotuj.

U [V]	$r_1=$				$r_2=$				$r_3=$			
	I [μ A]				I [μ A]				I [μ A]			
	I	II	III	śr	I	II	III	śr	I	II	III	śr
0	seria	seria	seria		seria	seria	seria		seria	seria	seria	
5												
10												
15												
20												
.....												
70												
75												

B. Badanie zależności natężenia fotoprądu od oświetlenia.

1. Sprawdź prawidłowość podłączeń zestawu według schematu powyżej.
2. Dla trzech różnych napięć (U) (podanych przez prowadzącego zajęcia) zmieniaj odległość oświetlacza od fotokomórki, wykonaj serię pomiarów zależności fotoprądu (I) od odległości. Wyniki zanotuj.

r [m]	$U_1=$				$U_2=$				$U_3=$			
	I [μ A]				I [μ A]				I [μ A]			
	I seria	II seria	III seria	śr	I seria	II seria	III seria	śr	I seria	II seria	III seria	śr
5												
10												
15												
20												
.....												
80												
85												

C. Badanie zależności natężenia fotoprądu od częstotliwości (barwy) światła.

1. Sprawdź prawidłowość podłączeń zestawu według schematu powyżej.
2. Dla ustalonego napięcia (U) i odległości (r) podanych przez prowadzącego zajęcia, wykonaj serię pomiarów zależności fotoprądu (I) od barwy światła (długości fali). Wyniki zanotuj.

barwa światła	$U =$				$U =$				$U =$			
	$r =$				$r =$				$r =$			
	I [A]				I [A]				I [A]			
	I seria	II seria	III seria	śr	I seria	II seria	III seria	śr	I seria	II seria	III seria	śr
białe												
czerwone												
żółte.												
zielone												
niebieskie												
fioletowe												

4. Obliczenia

Ad. A

1. Na papierze milimetrowym w jednym układzie współrzędnych sporządź wykresy charakterystyk.
2. Oblicz błędy maksymalne posługując się klasą przyrządów elektrycznych oraz dokładnością podziałek liniowych.
3. Dla każdego punktu doświadczalnego zaznacz na wykresach maksymalny błąd pomiaru.
4. Przeprowadzić dyskusję wyników i błędów.

Ad. B

1. Na jednym arkuszu papieru milimetrowego Sporządź wykresy zależności: $I=f(r)$, $I=f(r^2)$ i $I=f(1/r^2)$.
2. Oznacz błędy maksymalne posługując się klasą przyrządów elektrycznych oraz dokładnością podziałek liniowych. Odpowiednio oszacuj błąd r^2 i $1/r^2$.
3. Dla każdego punktu doświadczalnego zaznacz na wykresach maksymalny błąd pomiaru.
4. Przeprowadzić dyskusję wyników i błędów

Ad. C

1. Sporządź wykresy zależności $I = f(kolor\ filtra)$ w postaci diagramów dla różnych odległości i wartości napięć.
2. Przeprowadzić dyskusję wyników i błędów.

5. Literatura

- | | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 1. J. Orear | - Fizyka t.2. |
| 2. B. Jaworski, A. Dietlaf | - Kurs fizyki t.3. |
| 3. S. Szczeniowski | - Fizyka doświadczalna cz. V.1. |
| 4. E. Dudziak | - Fizyka t.2. |
| 5. T. Dryński | - Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki. |