



**ĆWICZENIE
91**

EFEKT FOTOELEKTRYCZNY ZEWNĘTRZNY

Instrukcja wykonawcza

1. Wykaz przyrządów

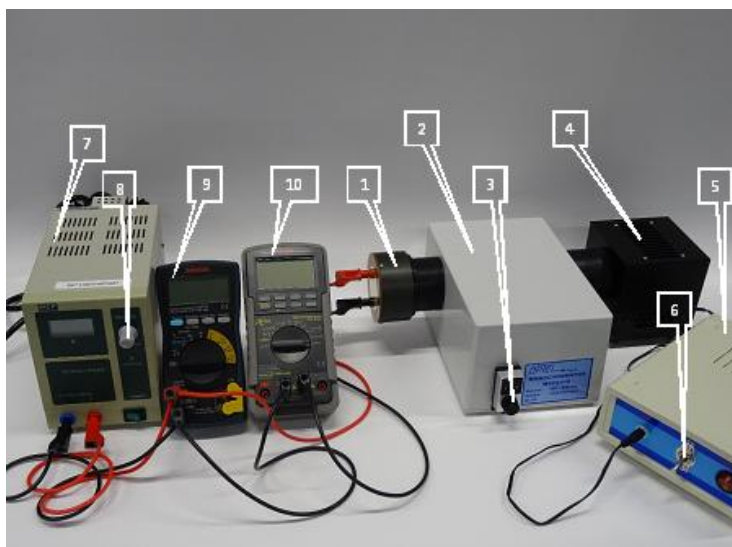
- | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Monochromator | 4. Amperomierz prądu stałego |
| 2. Oświetlacz | 5. Zasilacz stabilizowany oświetlacza |
| 3. Woltomierz napięcia stałego | 6. Zasilacz fotokomórki |

2. Cel ćwiczenia

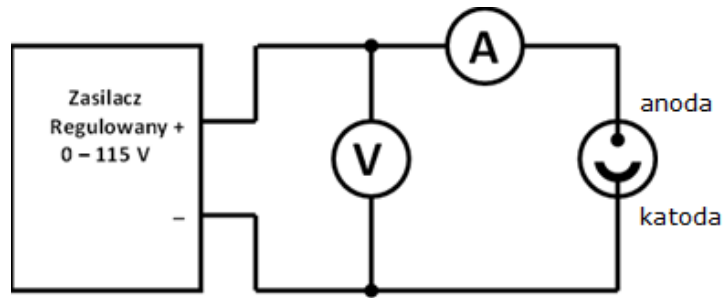
- 1) Wyznaczenie charakterystyki I-V fotokomórki
- 2) Wyznaczenie charakterystyki spektralnej fotoprądu fotokomórki
- 3) Wyznaczenie czerwonej granicy fotoefektu

3. Schemat układu pomiarowego

Na rys. 1 przedstawiono stanowisko do pomiaru charakterystyk spektralnych fotoprądu oraz charakterystyk prądowo-napięciowych fotokomórki. Fotokomórka (1) umieszczona jest naprzeciw szczeliny wyjściowej monochromatora (2). Na wyjściu fotokomórki (1) znajdują się dwa gniazda: czerwone i czarne. Czerwone jest połączone z anodą a czarne z katodą fotokomórki. Wybór długości fali na wyjściu monochromatora (z dokładnością do $\Delta_p \lambda = 1 \text{ nm}$) umożliwia pokrętko (3), nad którym umieszczona jest skala wskazująca długość fali w nm. Naprzeciw szczeliny wejściowej monochromatora zamontowany jest oświetlacz (4). Na płycie czołowej zasilacza oświetlacza (5) znajduje się przełącznik umożliwiający wybór dwóch różnych mocy wyjściowych (6). Pozycja przełącznika w górnym położeniu odpowiada większej mocy wyjściowej a więc większemu natężeniu oświetlenia. Położenie dolne odpowiada mniejszemu natężeniu oświetlenia. Zasilacz (7) służy do polaryzacji fotokomórki. Regulację napięcia wyjściowego umożliwia potencjometr (8). Na rys. 2 przedstawiono schemat układu do polaryzacji fotokomórki. W skład tego układu wchodzi oprócz zasilacza (7) - woltomierz (9) i amperomierz (10).



Rys.1. Stanowisko do pomiaru charakterystyk spektralnych i I-V fotokomórki.



Rys. 2. Schemat zastępczy układu do polaryzacji fotokomórki.

Na rys. 3 przedstawiono typową fotokomórkę produkowaną w ZSRR w latach 70-tych ub. wieku.



Rys. 3. Fotokomórka wyprodukowana w ZSRR.

4. Przebieg pomiarów

4.1. Pomiary charakterystyki spektralnej fotoprądu fotokomórki

- 1) Zmontować układ pomiarowy wg schematu przedstawionego na rys. 1 i 2. W tym celu wyjście \oplus zasilacza (7) (czerwone gniazdo w zasilaczu) należy połączyć z anodą fotokomórki (czerwone gniazdo w fotokomórce) poprzez amperomierz, zaś wyjście \ominus (niebieskie gniazdo w zasilaczu) należy połączyć z katodą fotokomórki (czarne gniazdo). Voltmierz można włączyć równoległe do wyjścia zasilacza fotokomórki, pamiętając aby \ominus zasilacza odpowiadał wejściu COM w woltmierzu.
- 2) Zakres woltmierz ustawić na pomiar napięcia stałego (V)
- 3) Zakres amperomierza ustawić na pomiar prądu stałego (\square A)
- 4) Włączyć zasilacz (7) do sieci.
- 5) Przy pomocy potencjometru (8) ustawić na zasilaczu (7) maksymalne napięcie wyjściowe (ok. 115V).
- 6) Odczytać i zanotować wartość tzw. prądu ciemnego, I_t , który powstaje w fotokomórce pod wpływem elektronów wzbudzonych termicznie i światłem rozproszonym.
- 7) Włączyć zasilacz oświetlacza (5) do sieci. Przełącznik (6) ustawić w górnym położeniu.
- 8) Zmierzyć charakterystykę spektralną fotoprądu fotokomórki w zakresie od 370nm do 700nm co 5nm. W tym celu dla każdej wartości długości fali wybranej za pomocą pokrętła (3) odczytać i zanotować wartość fotoprądu (odczyt z miernika (10)).
- 9) Po wykonaniu pomiaru skrócić potencjometr (8) w lewe skrajne położenie i wyłączyć zasilacze (5) i (7) z sieci.

4.2. Pomiary charakterystyki prądowo-napięciowej

- 1) Powtórzyć punkty 4.1. 1)-3).
- 2) Włączyć zasilacz oświetlacza (5). Ustawić przełącznik (6) w zasilaczu w górnym położeniu.
- 3) Korzystając z wyników otrzymanych w p. 4.1. znaleźć długość fali odpowiadającą maksymalnej wartości fotoprądu i ustawić tę wartość przy pomocy pokrętki (3).
- 4) Włączyć zasilacz (7) do sieci.
- 5) Zmierzyć charakterystykę prądowo – napięciową fotokomórki. W tym celu należy zmieniać napięcie polaryzujące fotokomórkę przy pomocy potencjometru (8) w następujący sposób:
od 0 do 10V co 1V;
od 10 do 30V co 2V;
od 30 do 115V co 10V.
Dla każdej wartości napięcia, odczytać wartość fotoprądu. Po wykonaniu pomiaru skrócić potencjometr (8) w lewe skrajne położenie.
- 6) Powtórzyć pomiar charakterystyki I-V (punkty 4.2. 1) – 5)) przy mniejszym natężeniu oświetlenia fotokomórki, tj. przy dolnym położeniu przełącznika (6).

5. Opracowanie wyników

5.1. Wyznaczenie charakterystyki spektralnej

- 1) Sporządzić wykres charakterystyki spektralnej fotoprądu fotokomórki, tj. zależność $i = f(\lambda)$.
- 2) Dla kilku wybranych punktów narysować prostokąt niepewności przyjmując za niepewność $u(i) = \frac{\Delta p i}{\sqrt{3}}$ gdzie $\Delta p i$ - niepewność amperomierza oraz niepewność długości fali $u(\lambda) = \frac{2}{\sqrt{3}} \text{nm}$.
- 3) Z wykresu odczytać czerwoną granicę λ_0 efektu fotoelektrycznego, aproksymując długofalową krawędź spektralnej charakterystyki fotokomórki do poziomu tła (patrz rys. 4 wstępu teoretycznego). W tym celu korzystając z regresji liniowej należy narysować prostą $y = ax + b$, najlepiej dopasowaną do długofalowego przebiegu charakterystyki spektralnej. Czerwoną granicę fotoefektu należy obliczyć z zależności $\lambda_0 = -\frac{b}{a}$.
- 4) Korzystając z zależności:

$$h \frac{c}{\lambda_0} = W, \quad (1)$$

i wyznaczonej wartości λ_0 obliczyć pracę wyjścia materiału, W , z którego wykonano fotokatodę. Porównując tę wartość z danymi materiałowymi, zidentyfikować materiał fotokatody. We wzorze (1) $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ – stała Plancka, $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$ – prędkość światła.

Aby wyrazić pracę wyjścia w eV należy zastosować zależność:

$$J = C \cdot V = \frac{1}{1.6 \cdot 10^{-19}} eV. \quad (2)$$

- 5) Obliczyć niepewność wyznaczonej wartości pracy wyjścia korzystając ze wzoru:

$$u_c(W) = h \cdot c \frac{u(\lambda_0)}{\lambda_0^2}, \quad (3)$$

- 6) Dla wybranej długości fali $\lambda < \lambda_0$, (wskazanej przez prowadzącego zajęcia), obliczyć maksymalną energię kinetyczną fotoelektronów wybijanych z katody wykorzystując równanie Einsteina:

$$E_{kmax} = h \frac{c}{\lambda} - W. \quad (4)$$

- 7) Obliczyć niepewność wyznaczonej wartości maksymalnej energii kinetycznej fotoelektronów korzystając ze wzoru:

$$u_c(E_{kmax}) = \sqrt{[hc \frac{u(\lambda)}{\lambda^2}]^2 + [u(W)]^2}. \quad (5)$$

gdzie $u(\lambda) = \frac{2nm}{\sqrt{3}}$.

5.2. Wyznaczenie charakterystyki prądowo-napięciowej fotokomórki.

- 1) Sporządzić wykresy charakterystyki I-V fotokomórki dla dwóch różnych natężeń oświetlenia.
- 2) Z otrzymanych wykresów odczytać wartość fotoprądu nasycenia fotokomórki. Przyjąć, że wartość ta równa jest wartości fotoprądu przy maksymalnym napięciu polaryzacji (ok. 115V).
- 3) Zauważyć, jak natężenie oświetlenia fotokomórki wpływa na przebieg charakterystyki I-V i na wartość prądu nasycenia i_s fotokomórki.
- 4) Dla kilku wybranych punktów (po dwa z każdego zakresu pomiaru) narysować prostokąt niepewności. Przyjąć niepewności pomiaru dla prądu $u(I) = \frac{\text{dokładność pomiaru prądu}}{\sqrt{3}}$ i napięcia $u(U) = \frac{\text{dokładność pomiaru napięcia}}{\sqrt{3}}$, korzystając z formuł podanych w instrukcjach do multimetrów.

6. Proponowane tabele

6.1. Charakterystyka spektralne

i_t	$u(i_t)$	i	$u(i)$	λ	$u(\lambda)$	λ_0	$u(\lambda_0)$	W	$u_c(W)$	E_{kmax}	$u_c(E_{kmax})$
[A]	[A]	[A]	[A]	[nm]	[nm]	[nm]	[nm]	[eV]	[eV]	[eV]	[eV]

6.2. Charakterystyki prądowo-napięciowe fotokomórki

Natężenie oświetlenia	i	$u(i)$	U	$u(U)$	i_s	$u(i_s)$
	[A]	[A]	[V]	[V]	[A]	[A]
E_1						
E_2						

Autor: prof. dr hab. Ewa Popko

09.2019