

# Ćwiczenie 48

AUTOR

## 1 Wstęp Teoretyczny

Celem ćwiczenia jest pomiar charakterystyki prądowo-napięciowej różnych diod elektroluminescencyjnych w kierunku przewodzenia oraz wyznaczenie długości fal promieniowania emitowanego przez różnokolorowe diody elektroluminescencyjne. Na podstawie otrzymanych charakterystyk prądowo-napięciowych możemy wyznaczyć  $U_B$ , dla poszczególnej diody. Dzięki znajomości napięcia  $U_B$ , które jest punktem przecięcia linii prostej wyznaczonej regresji liniowej wziętej z najszybciej rosnącej części wykresu charakterystyki prądowo-napięciowej danej diody oraz  $\lambda$  danej diody, czyli długości fali którą emituje. Ze wzoru podanego poniżej możemy obliczyć stałą Plancka  $h$ :

$$h = \frac{e \cdot \lambda \cdot U_B}{c}$$

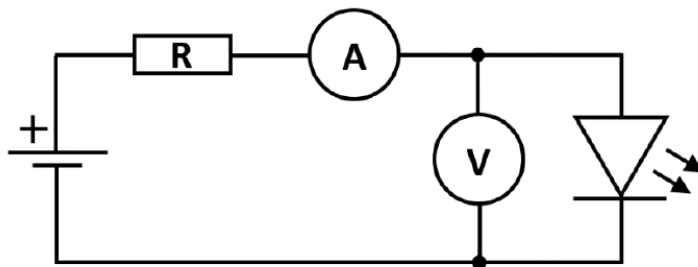
Gdzie:

$e$  - ładunek elementarny o wartości  $1,6021766208 \cdot 10^{19} C$

$c$  - prędkość światła o wartości  $299792458 \frac{m}{s}$

Wykaz przyrządów:

- Układ zasilający z płynną regulacją napięcia w kierunku przewodzenia i zaporowym
- Diody elektroluminescencyjne (czerwona, niebieska i zielona)
- Multimetry cyfrowe
- Monochromator
- Detektor fotooporowy



Rysunek 1: Schemat układu

## 2 Opracowanie Pomiarów

			I[A]		U[V]	
					0,00000	1,60
					0,00002	1,70
					0,00004	1,72
					0,00007	1,74
					0,00011	1,76
					0,00017	1,78
					0,00026	1,80
					0,00041	1,82
					0,00063	1,84
					0,00098	1,86
					0,00153	1,88
					0,00231	1,90
					0,00278	1,91
					0,00337	1,92
					0,00403	1,93
					0,00479	1,94
					0,00563	1,95
					0,00656	1,96
					0,00753	1,97
					0,00866	1,98
					0,00988	1,99
					0,01108	2,00
					0,01246	2,01
					0,01406	2,02
					0,01544	2,03
					0,01738	2,04
					0,01899	2,05
					0,02082	2,06
					0,02271	2,07
					0,02497	2,08
					0,02693	2,09
					0,02869	2,10

I[A]		U[V]	
0	2,2	0,00001	2,3
0,00001	2,3	0,00004	2,4
0,00004	2,4	0,00004	2,5
0,00004	2,5	0,00039	2,6
0,00039	2,6	0,00134	2,7
0,00134	2,7	0,00325	2,8
0,00325	2,8	0,00398	2,82
0,00398	2,82	0,00453	2,84
0,00453	2,84	0,00519	2,86
0,00519	2,86	0,00608	2,88
0,00608	2,88	0,00671	2,9
0,00671	2,9	0,00745	2,92
0,00745	2,92	0,00846	2,94
0,00846	2,94	0,00975	2,96
0,00975	2,96	0,0106	2,98
0,0106	2,98	0,01204	3
0,01204	3	0,0127	3,01
0,0127	3,01	0,01298	3,02
0,01298	3,02	0,01394	3,03
0,01394	3,03	0,01445	3,04
0,01445	3,04	0,01491	3,05
0,01491	3,05	0,01559	3,06
0,01559	3,06	0,01538	3,07
0,01538	3,07	0,01735	3,08
0,01735	3,08	0,01769	3,09
0,01769	3,09	0,01866	3,1
0,01866	3,1		

I[A]		U[V]	
0,00001	1,6	0,00015	1,7
0,00015	1,7	0,0013	1,8
0,0013	1,8	0,00185	1,82
0,00185	1,82	0,00259	1,84
0,00259	1,84	0,00354	1,86
0,00354	1,86	0,00467	1,88
0,00467	1,88	0,00608	1,9
0,00608	1,9	0,00782	1,92
0,00782	1,92	0,01	1,94
0,01	1,94	0,01263	1,96
0,01263	1,96	0,01567	1,98
0,01567	1,98	0,02023	2
0,02023	2		

(a) Pomiar dioda czerwona

(b) Pomiar dioda niebieska

(c) Pomiar dioda zielona

Rysunek 2: Pomiar charakterystyki prądowo-napięciowej, dla diod czerwonej, niebieskiej i zielonej

Użyte wzory do obliczania niepewności oraz ich przykładowe obliczenia:

$$u_c(U_B) = \sqrt{u^2(b) \cdot \left(\frac{-1}{a}\right)^2 + u^2(a) \cdot \left(\frac{-b}{a^2}\right)^2} = \sqrt{0,022^2 \cdot \left(\frac{-1}{0,13}\right)^2 + 0,011^2 \cdot \left(\frac{0,24}{0,13^2}\right)^2} = 0,23 \text{ V}$$

$$u(\lambda) = 0,01 \text{ nm} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$u_c(h) = \sqrt{u^2(\lambda) \cdot \left(\frac{e \cdot U_B}{c}\right)^2 + u^2(U_B) \cdot \left(\frac{e \cdot \lambda}{c}\right)^2} = \sqrt{(1 \cdot 10^{-11})^2 \cdot \left(\frac{1,61 \cdot 10^{19} \cdot 3,51 \cdot 10^{-35}}{299792458}\right)^2 + (0,23)^2 \cdot \left(\frac{1,61 \cdot 10^{19} \cdot 6,12 \cdot 10^{-7}}{299792458}\right)^2} = 7,60 \cdot 10^{-35} \left[\frac{\text{m}^2 \text{ kg}}{\text{s}}\right]$$

$$u_B(I) = \frac{1,4\% \cdot r_{dg} + 3 \cdot d_{gt}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1,4}{100} \cdot 0,00001 + 3 \cdot 0,00001}{\sqrt{3}} = \frac{0,00003014}{\sqrt{3}} \approx 0,000018 \text{ A}$$

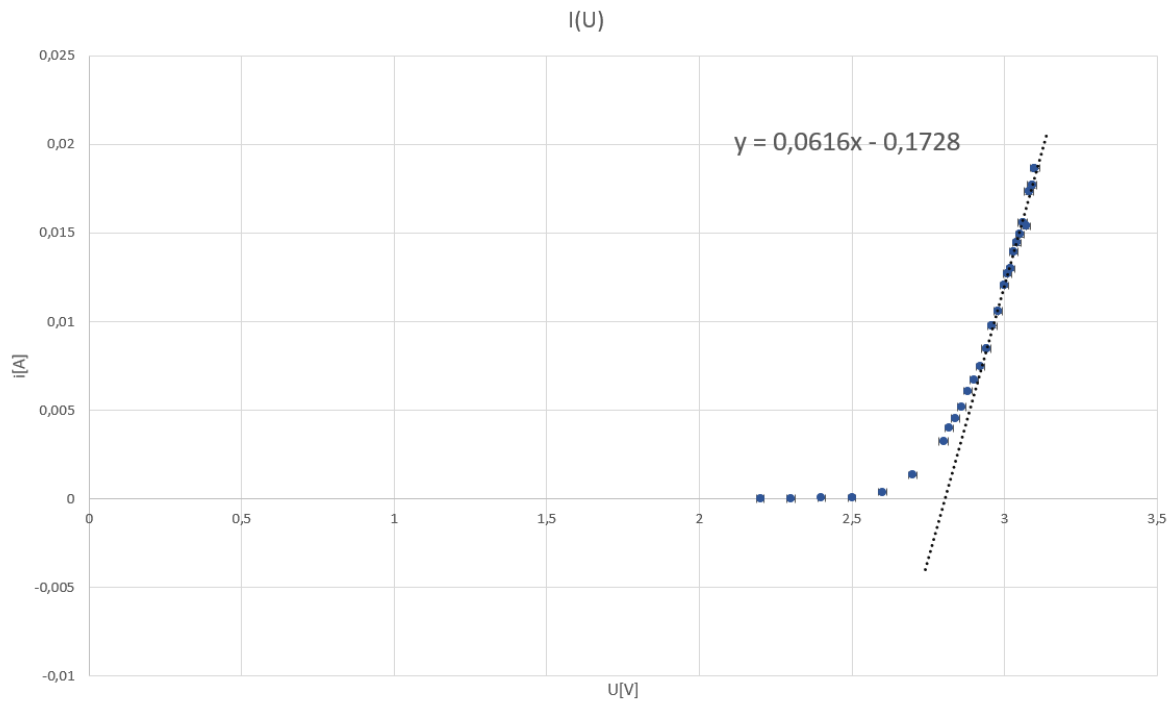
$$u_B(U) = \frac{0,5\% \cdot r_{dg} + 1 \cdot d_{gt}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{0,5}{100} \cdot 1,6 + 0,01}{\sqrt{3}} = \frac{0,018}{\sqrt{3}} \approx 0,011 \text{ V}$$

Rysunek 3: Niepewności pomiarów charakterystyki prądowo-napięciowej, dla diod czerwonej, niebieskiej i zielonej

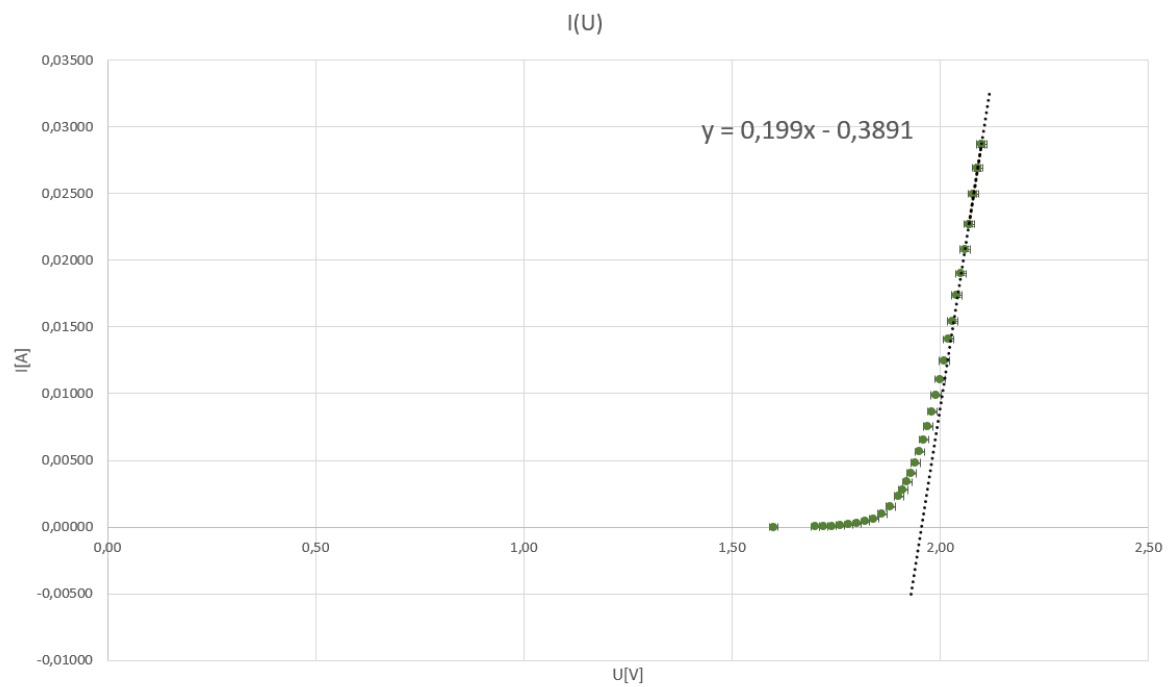
$$\lambda_Z = 585nm \pm 0,01nm$$

		u(I)[A]		u(U)[V]	
				0,000023	0,014
				0,000023	0,014
				0,000023	0,014
				0,000024	0,014
				0,000024	0,014
				0,000025	0,014
				0,000026	0,014
				0,000027	0,015
				0,000030	0,015
				0,000033	0,015
				0,000039	0,015
				0,000047	0,015
				0,000052	0,015
				0,000059	0,015
				0,000066	0,015
				0,000074	0,015
				0,000083	0,015
				0,000093	0,015
				0,00010	0,015
				0,00011	0,015
				0,00013	0,015
				0,00014	0,015
				0,00015	0,015
				0,00016	0,015
				0,00017	0,015
				0,00019	0,015
				0,00021	0,015
				0,00022	0,015
				0,00024	0,015
				0,00026	0,015
				0,00029	0,016
				0,00031	0,016
				0,00033	0,016

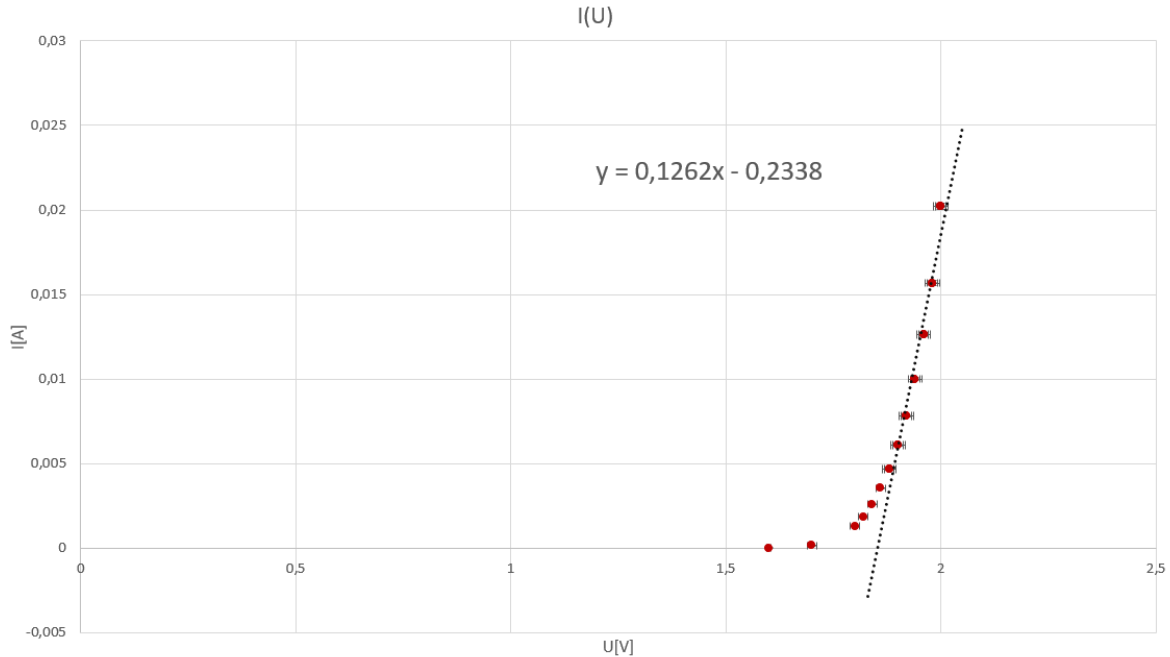
(a) Niepewności pomiarów, dla diody czerwonej



Rysunek 4: Wykres diody niebieskiej



Rysunek 5: Wykres diody zielonej



Rysunek 6: Wykres diody czerwonej

Następnie przechodzimy do obliczenia stałych Plancka, dla każdej z diod:

$$h = \frac{e \cdot \lambda \cdot U_B}{c}$$

Dioda czerwona:

$$h_{CZ} = \frac{1,61 \cdot 10^{19} \cdot 6,12 \cdot 10^{-7} \cdot 1,85}{299792458} = 6,063 \cdot 10^{-34} \pm 0,76 \cdot 10^{-34} \left[ \frac{m^2 kg}{s} \right]$$

Dioda niebieska:

$$h_N = \frac{1,61 \cdot 10^{19} \cdot 6,12 \cdot 10^{-7} \cdot 2,81}{299792458} = 6,60 \cdot 10^{-34} \pm 0,32 \cdot 10^{-34} \left[ \frac{m^2 kg}{s} \right]$$

Dioda zielona:

$$h_Z = \frac{1,61 \cdot 10^{19} \cdot 6,12 \cdot 10^{-7} \cdot 1,96}{299792458} = 6,12 \cdot 10^{-34} \pm 0,36 \cdot 10^{-34} \left[ \frac{m^2 kg}{s} \right]$$

### 3 Wnioski

Po wykresie charakterystyki prądowo-napięciowej poszczególnych diod widać, że od pewnego momentu wraz ze wzrostem napięcia natężenie zaczyna gwałtownie rosnąć. Stałe Plancka, obliczone na podstawie naszych eksperymentów nie są równe ogólnie przyjętej wartości stałej Plancka, ale są do niej zbliżone. Na wykresach poszczególnych diod widać jak ważne jest odpowiednie próbkowanie pomiarów natężenia, aby uzyskać dobre przybliżenie stałej Plancka. Największymi niepewnościami wpływającymi na pomiary były niepewności napięcia oraz długości fali poszczególnych diod ze względu na niepewność ludzkiego oka. Odbieżność wyniku, dla diody zielonej wynika ze złego zagęszczenia pomiarów.