
Ćw. II. Pomiar charakterystyk I-V-T złącza p-n

Autorzy: Mikołaj Nowak i Filip Sanowski

Data wykonania ćwiczenia: 20 Marzec 2024

Semestr letni 2022/2023, Wydział Informatyki i Telekomunikacji, Informatyczne Systemy

Automatyki

Grupa nr 10 Fizyka 3.3 śr 17:05

1 Cel Ćwiczenia

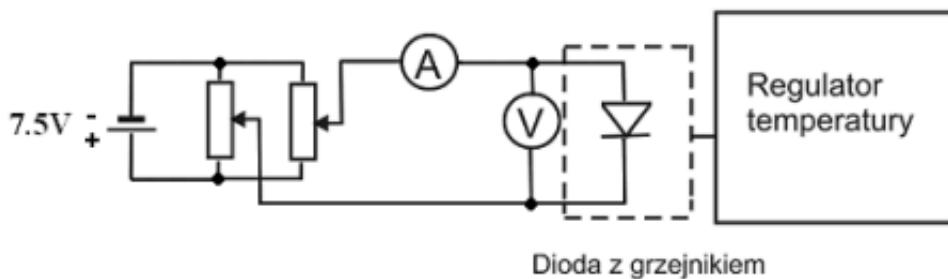
- Pomiar charakterystyki prądowo-napięciowej krzemowego złącza p-n w kilku różnych temperaturach. Wyznaczenie przerwy energetycznej złącza

2 Wyposażenie Pomiarowe

- regulator temperatury o zakresie regulacji od 0°C do 100°C
- skrzynka pomiarowa, w której znajduje się badana dioda krzemowa wraz z grzejnikiem
- multymetry METEX wyposażone w wyjście RS232 umożliwiające komunikację z komputerem
- komputer służący do rejestracji i wizualizacji danych pomiarowych

3 Układ Pomiarowy

Rysunek nr 1: Układ do pomiarów charakterystyk I-V-T diody krzemowej.



4 Przykładowe obliczenia i niepewność:

$$u(U = 295.7mV = 0.2957V) = \frac{0.2957 * 0,12\% + 0,0002}{\sqrt{3}} \approx 0.0004V$$

$$u(I = 1.32mA = 0.00132A) = \frac{0.2957 * 0,2\% + 0.00004}{\sqrt{3}} \approx 0.000025A$$

$$V_{bi} = \frac{-b}{a} = \frac{0.232175078}{0.323751324} \approx 0.717140164V$$

$$u(V_{bi}) = \sqrt{\left[\frac{b}{a^2}u(a)\right]^2 + \left[\frac{1}{a}u(b)\right]^2} = \sqrt{\left[\frac{-0.232175078}{0.323751324^2} * 0.00066916\right]^2 + \left[\frac{1}{0.323751324} * 0.000554183\right]^2} \approx 0.001773611V$$

Wartość prądu nasycenia dla np. 24°C:

$$I_0 = \exp(b) = 0.00000000999299A$$

Tabela nr 1: Przykładowe wyniki pomiarów charakterystyki I-V z niepewnościami. Podano skrajne

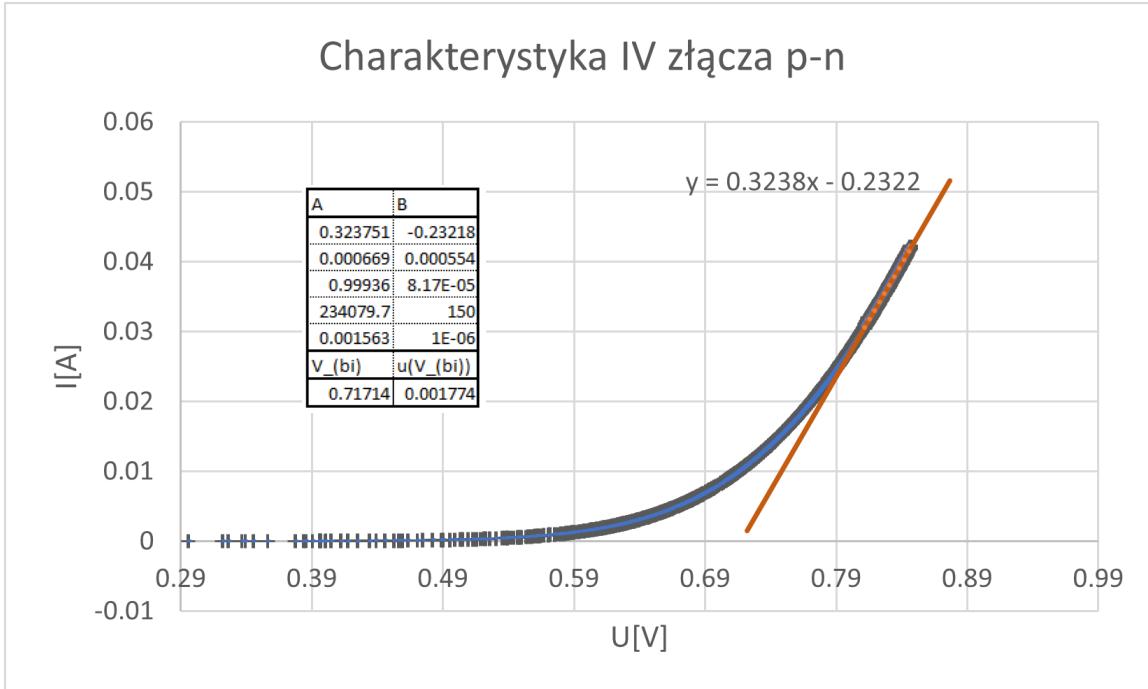
U[mV]	I[mA]	U[V]	I[A]	u_B(U[V])	u_B(I[A])	ln(I[A])	u(ln(I[A]))
72.90	0.01	0.0729	0.00001	0.0002	0.000024	-11.5129	2.4
113.30	0.01	0.1133	0.00001	0.0002	0.000024	-11.5129	2.4
664.40	6.81	0.6644	0.00681	0.0006	0.000031	-4.98936	0.004552
664.50	6.83	0.6645	0.00683	0.0006	0.000031	-4.98643	0.004539
830.20	42.22	0.8302	0.04222	0.0007	0.000072	-3.16486	0.001705
830.20	42.22	0.8302	0.04222	0.0007	0.000072	-3.16486	0.001705

wartości.

5 Wyniki

5.1 Pomiar dla 24°C

Wykres nr 1: Wykres zależności natężenia od napięcia dla diody krzemowej w temperaturze 24°C

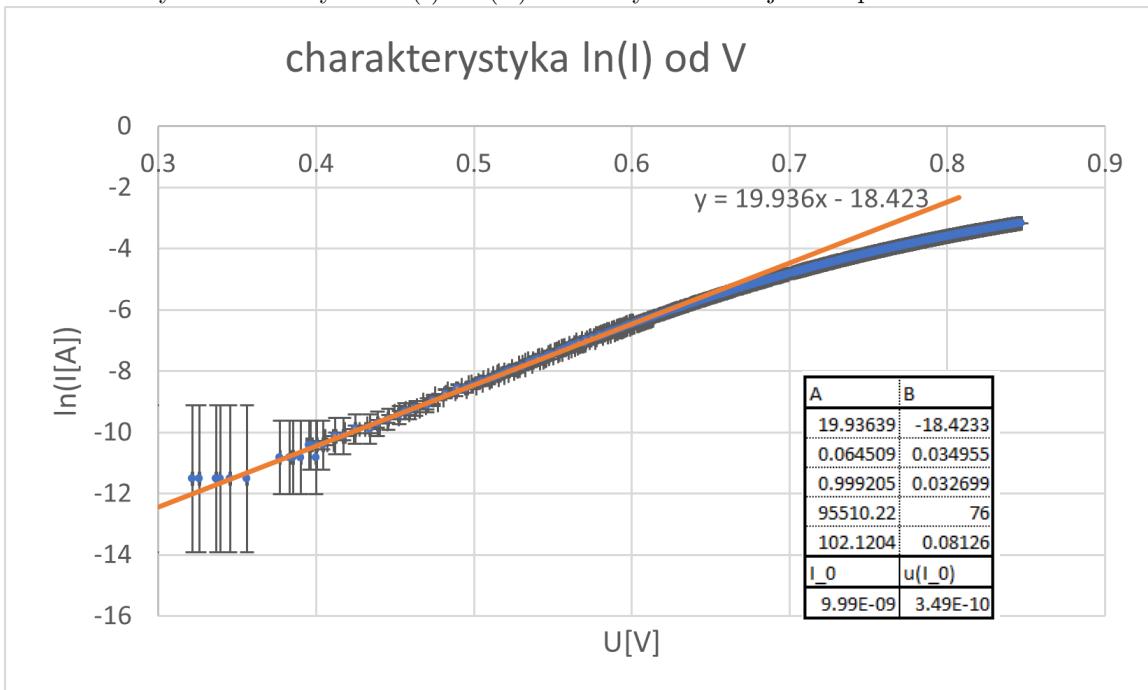


$$a = (0.323751324 \pm 0.00066916) \frac{A}{V}$$

$$b = (-0.232175078 \pm 0.000554183)A$$

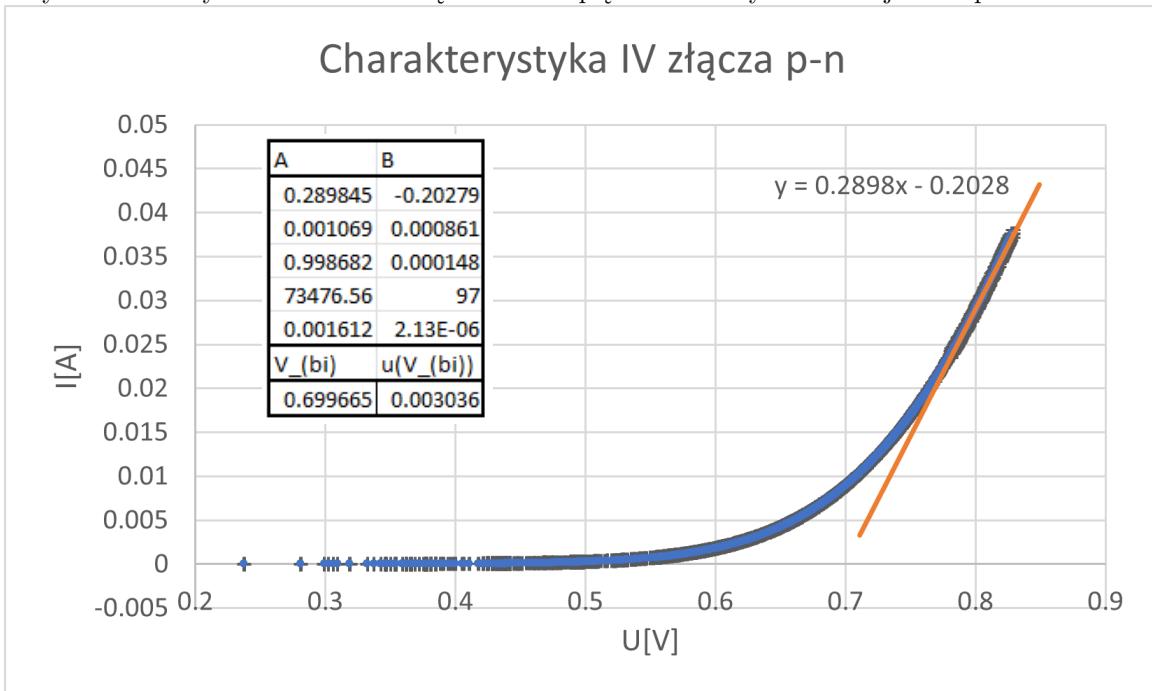
$$V_{bi} = (0.717140164 \pm 0.001773611)V$$

Wykres nr 2: Wykres $\ln(I) = f(U)$ dla diody krzemowej w temperaturze 24°C



5.2 Pomiar dla 28°C

Wykres nr 3: Wykres zależności natężenia od napięcia dla diody krzemowej w temperaturze 28°C

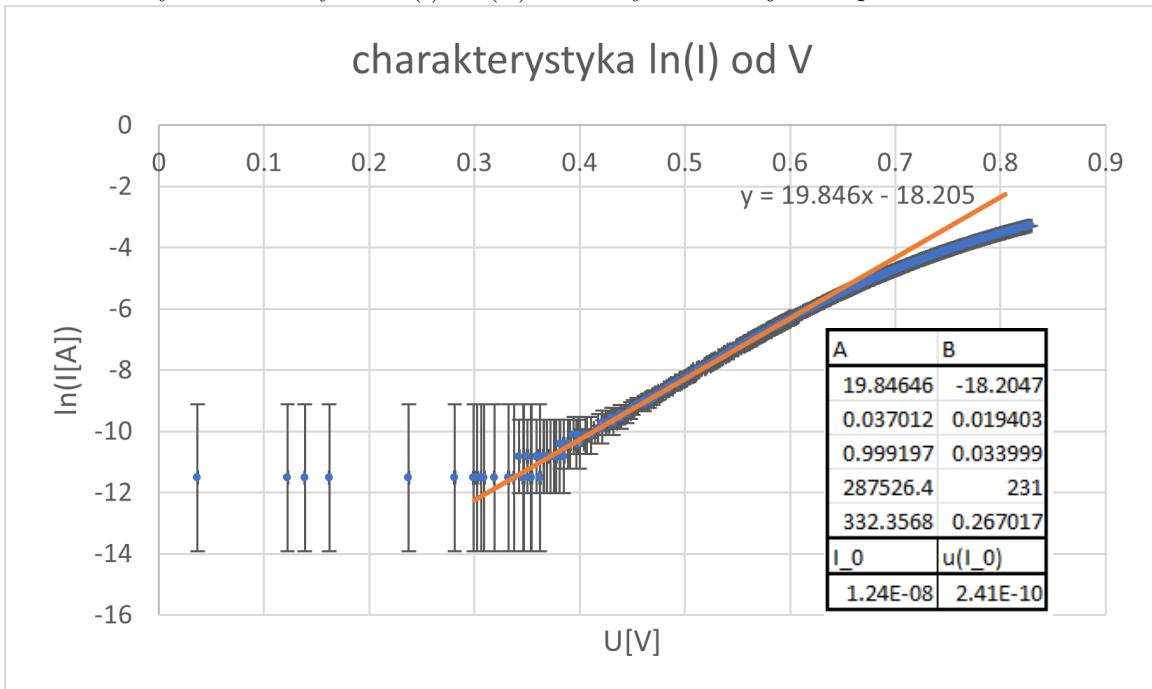


$$a = (0.289845147 \pm 0.00106928) \frac{A}{V}$$

$$b = (-0.202794486 \pm 0.000860543)A$$

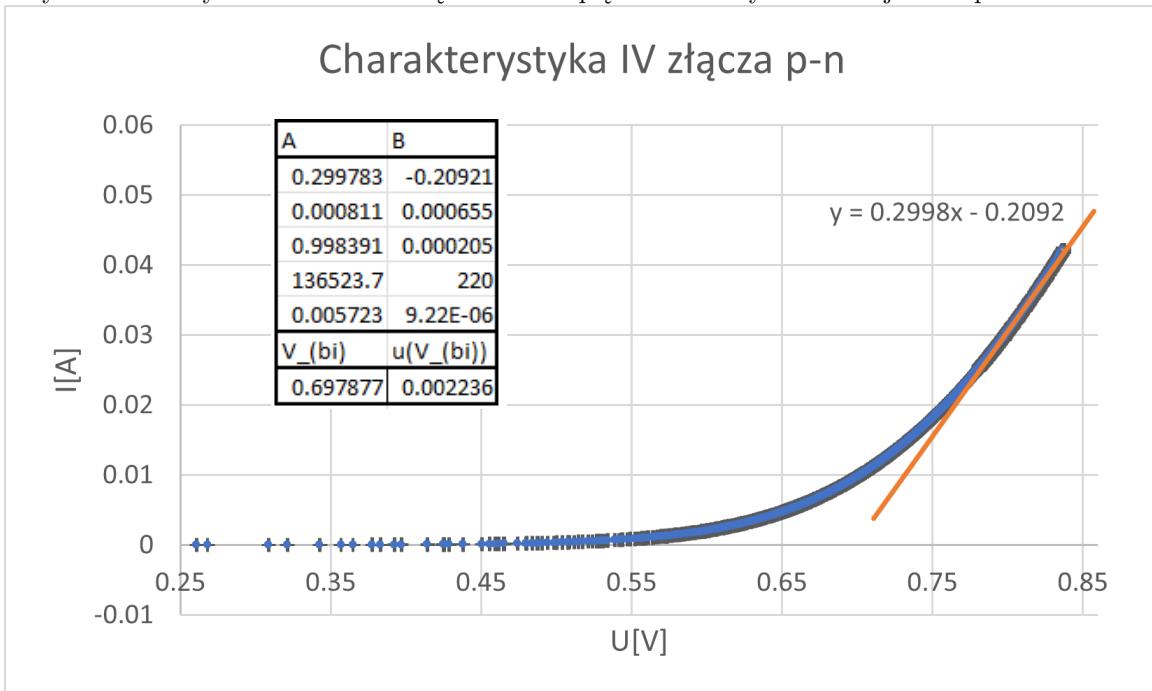
$$V_{bi} = (0.699664935 \pm 0.003036008)V$$

Wykres nr 4: Wykres $\ln(I) = f(U)$ dla diody krzemowej w temperaturze 28°C



5.3 Pomiar dla 32°C

Wykres nr 5: Wykres zależności natężenia od napięcia dla diody krzemowej w temperaturze 32°C

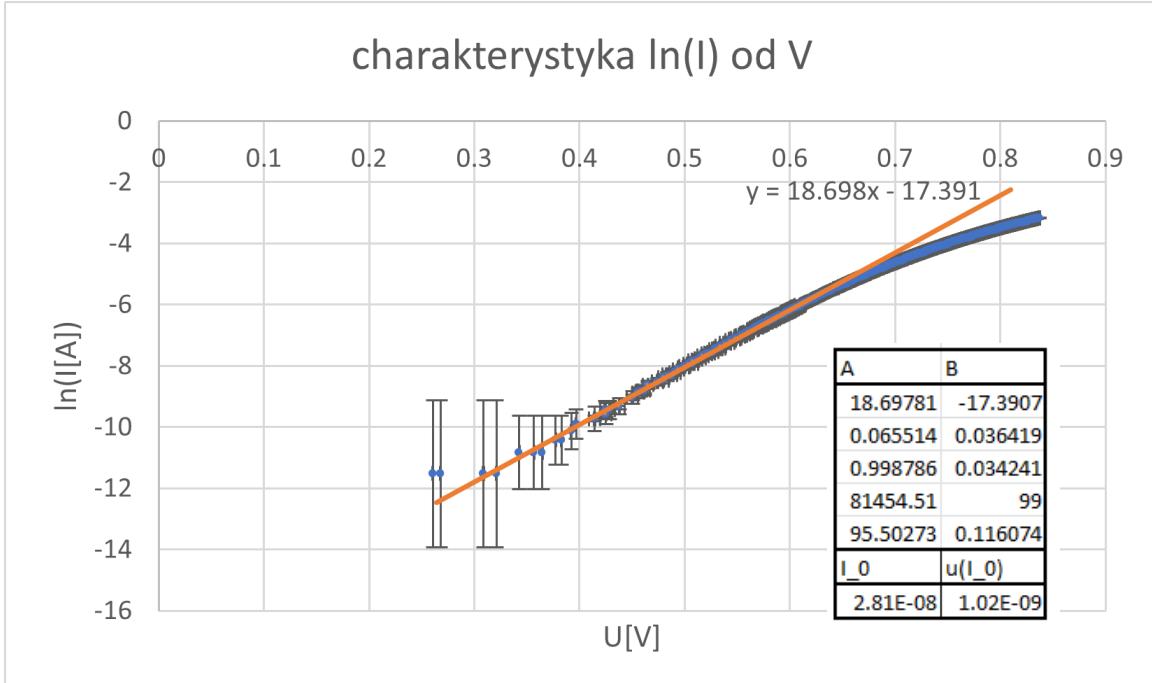


$$a = (0.299783249 \pm 0.000811341) \frac{A}{V}$$

$$b = (-0.209211885 \pm 0.000655398)A$$

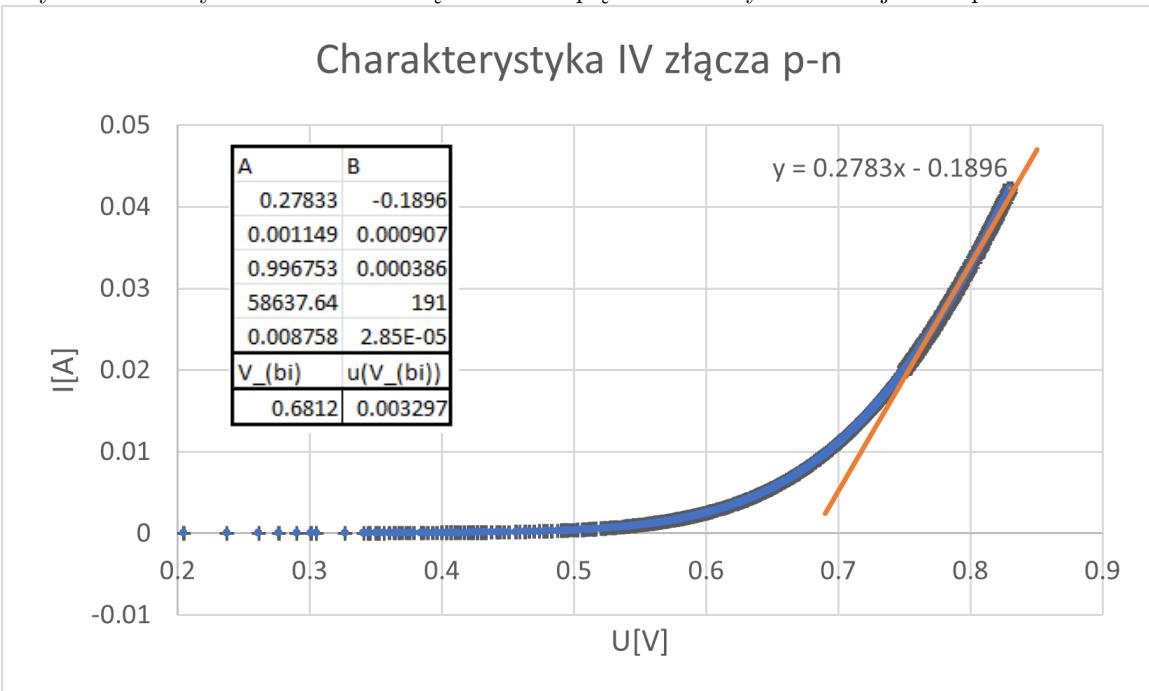
$$V_{bi} = (0.697877168 \pm 0.002236122)V$$

Wykres nr 6: Wykres $\ln(I) = f(U)$ dla diody krzemowej w temperaturze 32°C



5.4 Pomiar dla 38°C

Wykres nr 7: Wykres zależności natężenia od napięcia dla diody krzemowej w temperaturze 38°C

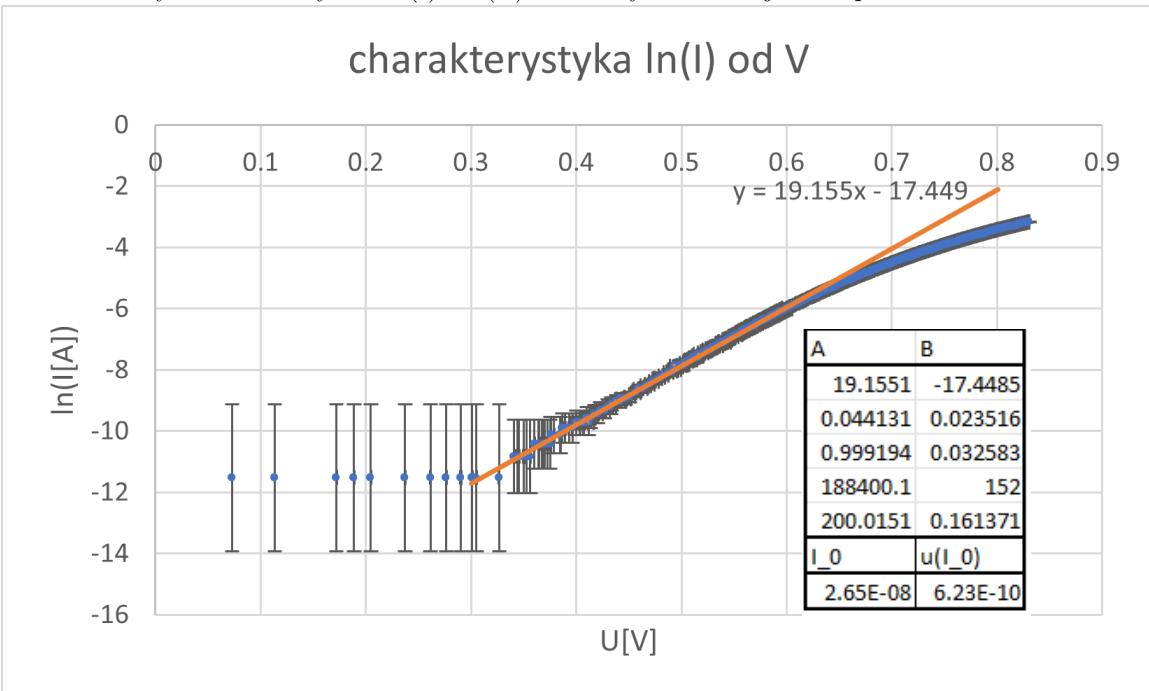


$$a = (0.27833043 \pm 0.001149403) \frac{A}{V}$$

$$b = (-0.189598725 \pm 0.000906696)A$$

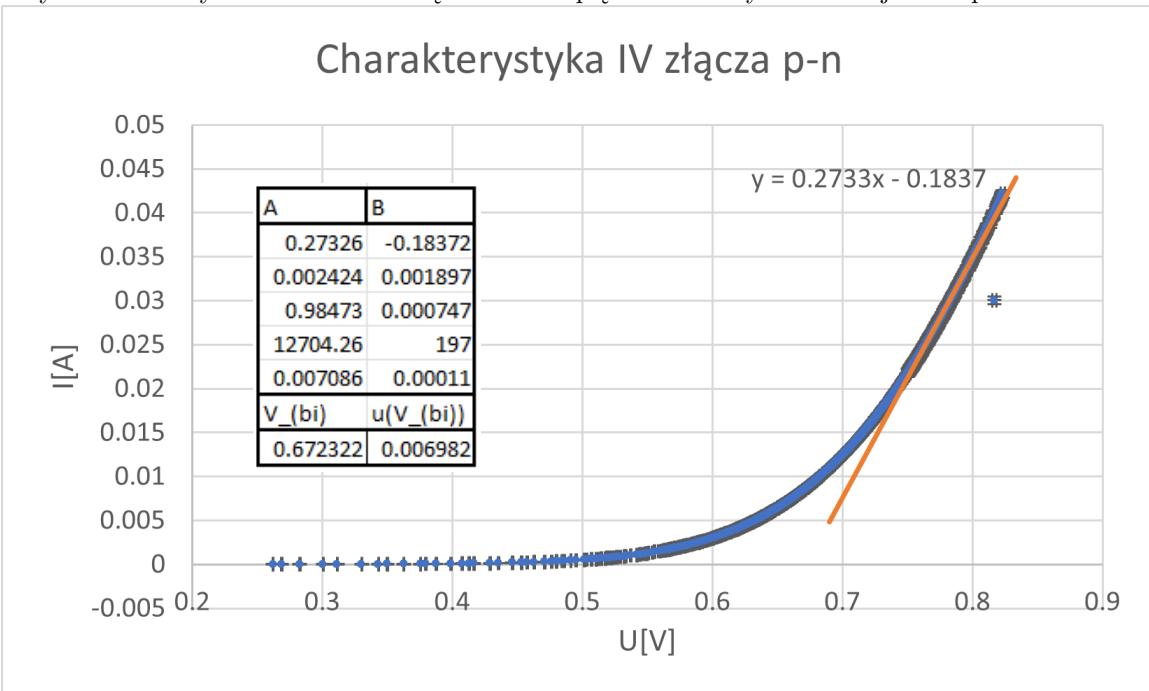
$$V_{bi} = (0.681200131 \pm 0.003296551)V$$

Wykres nr 8: Wykres $\ln(I) = f(U)$ dla diody krzemowej w temperaturze 38°C



5.5 Pomiar dla 44°C

Wykres nr 9: Wykres zależności natężenia od napięcia dla diody krzemowej w temperaturze 44°C

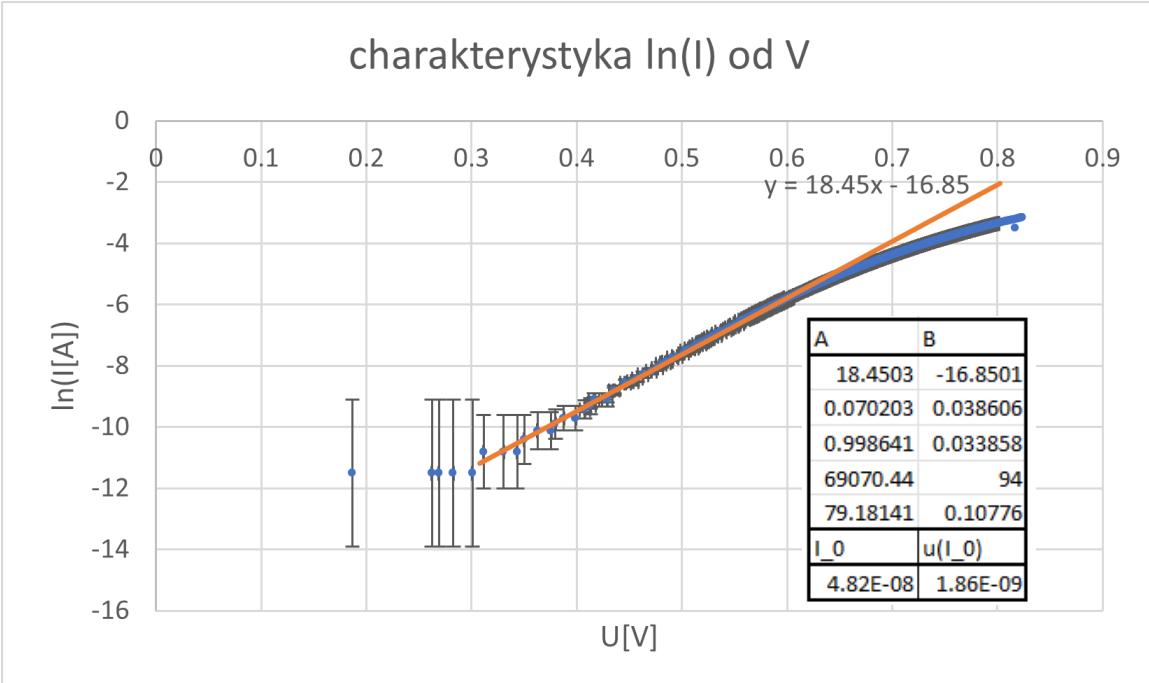


$$a = (0.273260294 \pm 0.002424386) \frac{A}{V}$$

$$b = (-0.183718834 \pm 0.00189682)A$$

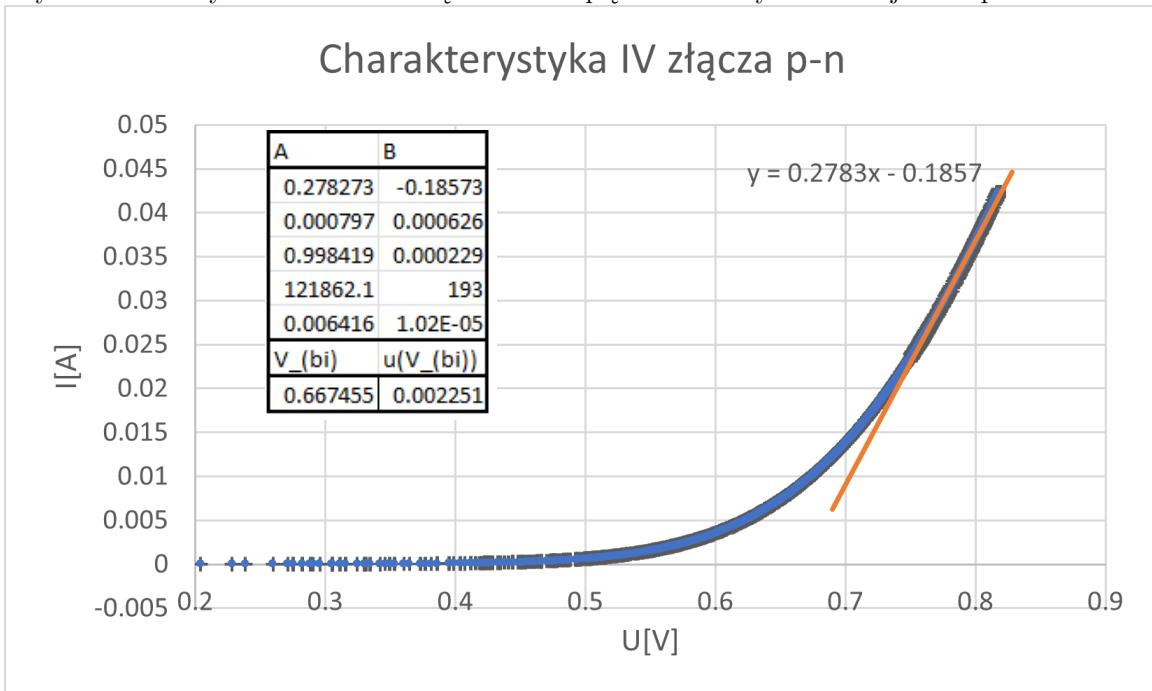
$$V_{bi} = (0.672321729 \pm 0.006981874)V$$

Wykres nr 10: Wykres $\ln(I) = f(U)$ dla diody krzemowej w temperaturze 44°C



5.6 Pomiaryst dla 50°C

Wykres nr 11: Wykres zależności natężenia od napięcia dla diody krzemowej w temperaturze 50°C

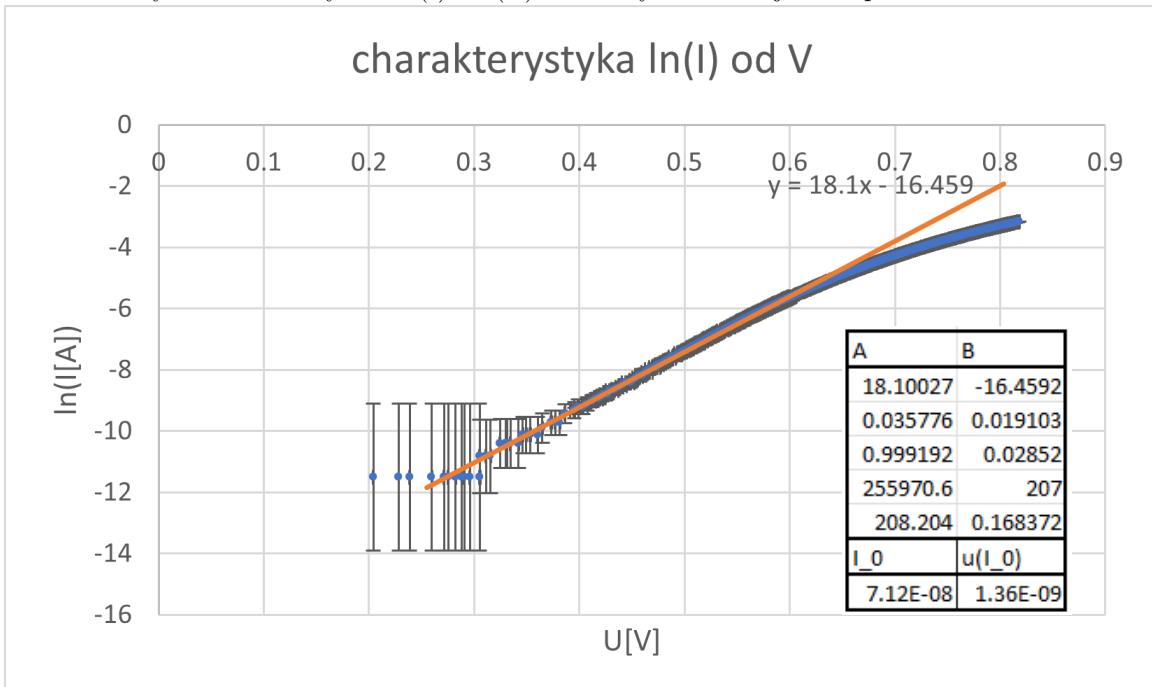


$$a = (0.278272708 \pm 0.000797143) \frac{A}{V}$$

$$b = (-0.185734509 \pm 0.000626284)A$$

$$V_{bi} = (0.667454994 \pm 0.002250615)V$$

Wykres nr 12: Wykres $\ln(I) = f(U)$ dla diody krzemowej w temperaturze 50°C

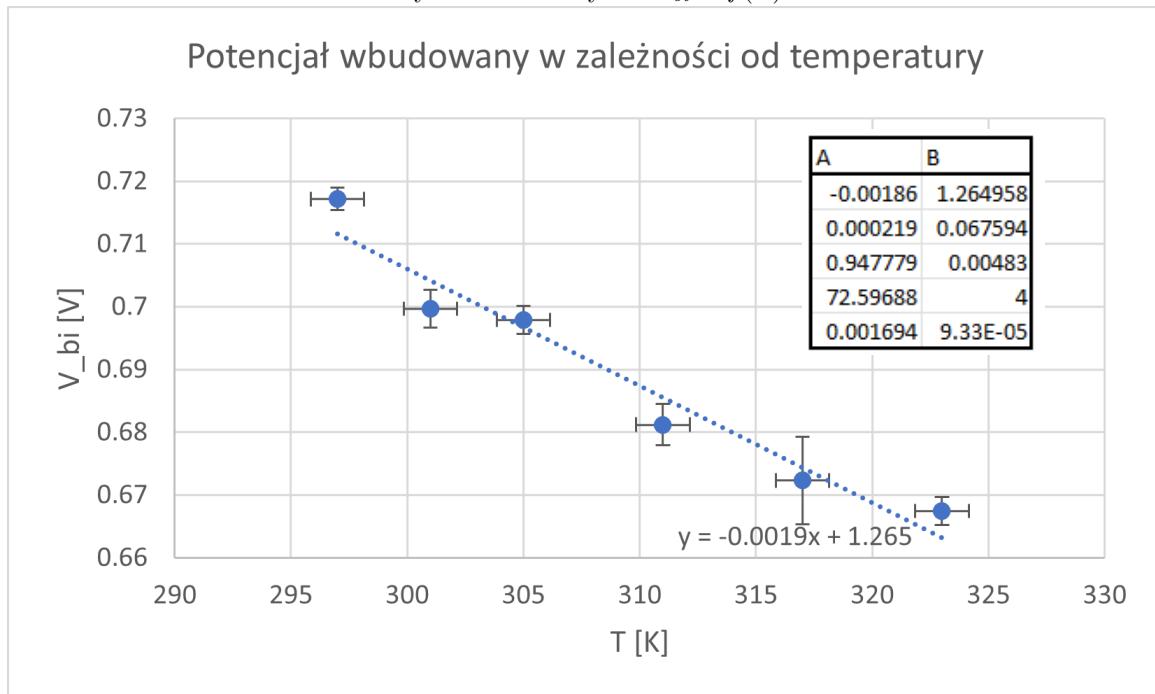


5.7 Wykres $V_{bi} = f(T)$

Współczynnik temperaturowy:

$$\frac{dV_{bi}}{dT} = a = (-0.001863045 \pm 0.000218658) \frac{V}{K}$$

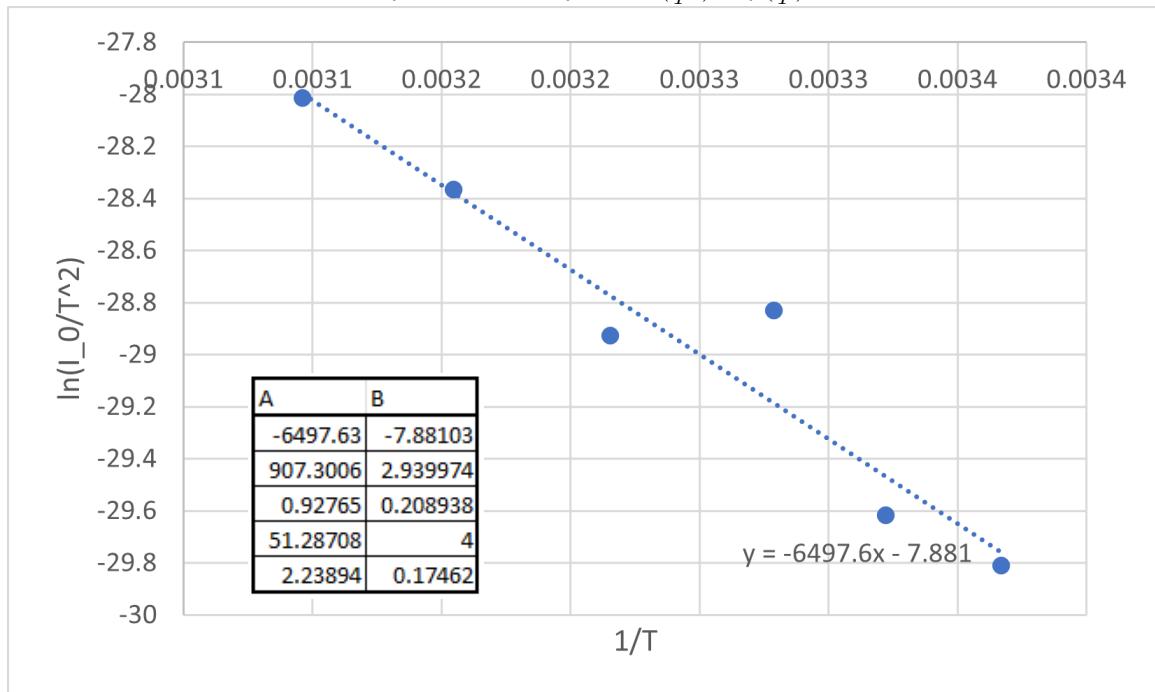
Wykres nr 13: Wykres $V_{bi} = f(T)$



5.8 Wykres $\ln(\frac{I_0}{T^2}) = f(\frac{1}{T})$

$$E_g = -2aK = (1.119841055 \pm 0.156369623)eV$$

Wykres nr 14: Wykres $\ln(\frac{I_0}{T^2}) = f(\frac{1}{T})$



6 Wnioski

Pomiar charakterystyki prądowo napięciowej krzemowego złącza p-n w zależności od temperatury pozwoliło nam wyznaczyć to wartość jego przerwy wzbronionej $E_g \approx 1.12\text{eV}$ co jest oczekiwany wynikiem, oraz współczynnik temperaturowy $\frac{dV_{bi}}{dT} \approx -1.86 \frac{\text{mV}}{\text{K}}$ co jest zbliżonym wynikiem do oczekiwanych $\frac{dV_{bi}}{dT} = -2 \frac{\text{mV}}{\text{K}}$