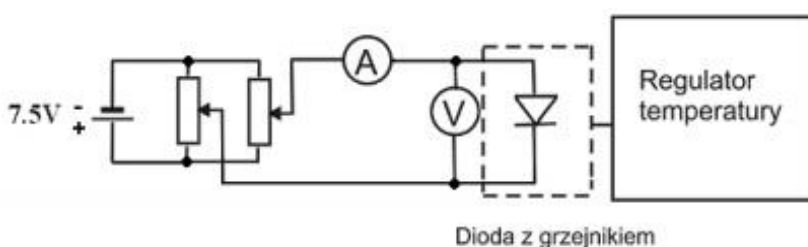


 Wrocław University of Technology	II. POMIAR CHARAKTERYSTYK I-V-T ZŁĄCZA P-N		
	Studenci: Jakub Król 226269	Data wykonania: 06.03.2016r.	Prowadzący: Dr inż. Eunika Zielony
	Arkadiusz Zema 226332	Grupa laboratoryjna: E01-23ad	Ocena:
		Grupa zadaniowa: II	

Ogólny zarys zadania:

Zmierzyć i przedstawić charakterystyki prądowo-napięciowe diody krzemowej (złącza p-n) w różnych temperaturach w przedstawionym poniżej układzie:



Rys.1. Układ do pomiaru charakterystyk I-V-T diody krzemowej.

Wszelkie dane dotyczące ustawień mierników, temperatur oraz obserwacje, znajdują się w protokole z dnia 02.03.2016r. który został załączony do sprawozdania.

Niepewności pomiarowe użytych mierników METEX M-4650CR znalezione w notach katalogowych producenta:

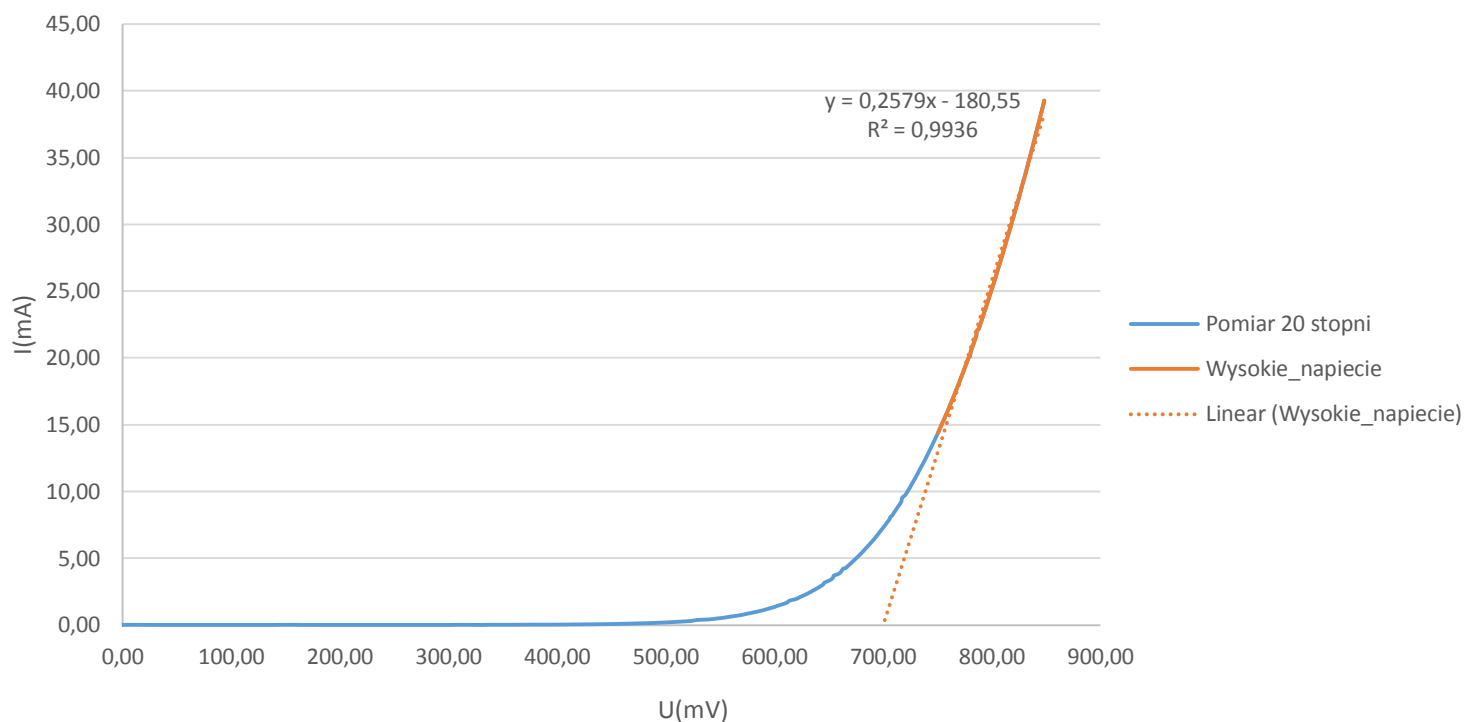
Dla zakresu DC 2V: $0.05\% \text{ of } rdg + 3dgt$, rozdzielczość $100\mu V(0.05\% + 0.1mV)$
Dla zakresu DC 200mA: $0.5\% \text{ of } rdg + 3dgt$, rozdzielczość $10\mu V(0.5\% + 0.01mV)$

Producent gwarantuje tą dokładność, kiedy temperatura otoczenia wynosi $23^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$
Temperatura otoczenia wynosiła $20^{\circ}C$ - > protokół

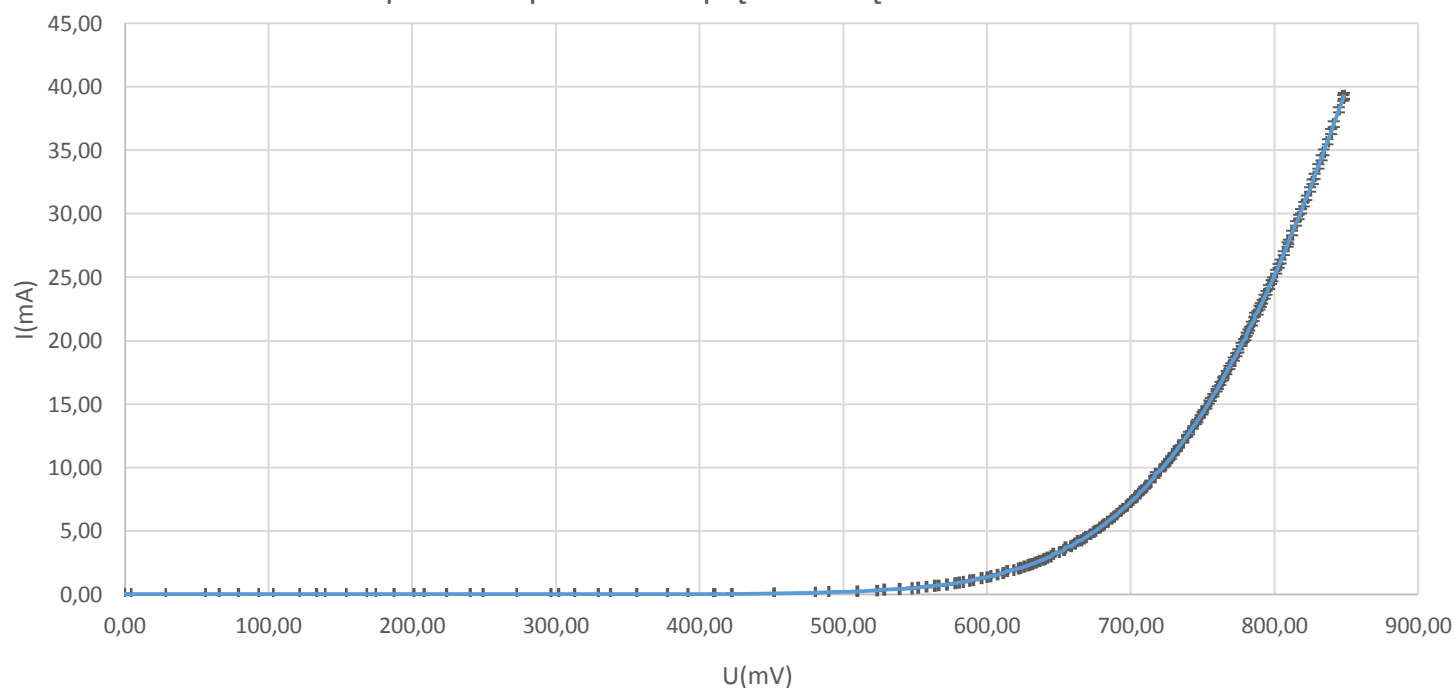
Charakterystyki prądowo-napięciowe diody krzemowej w zależności od temperatury*

*Wykresy zaczynamy od napięcia 0V. Odrzuciliśmy ujemne wartości wynikające z rozrzutności między potencjometrami.

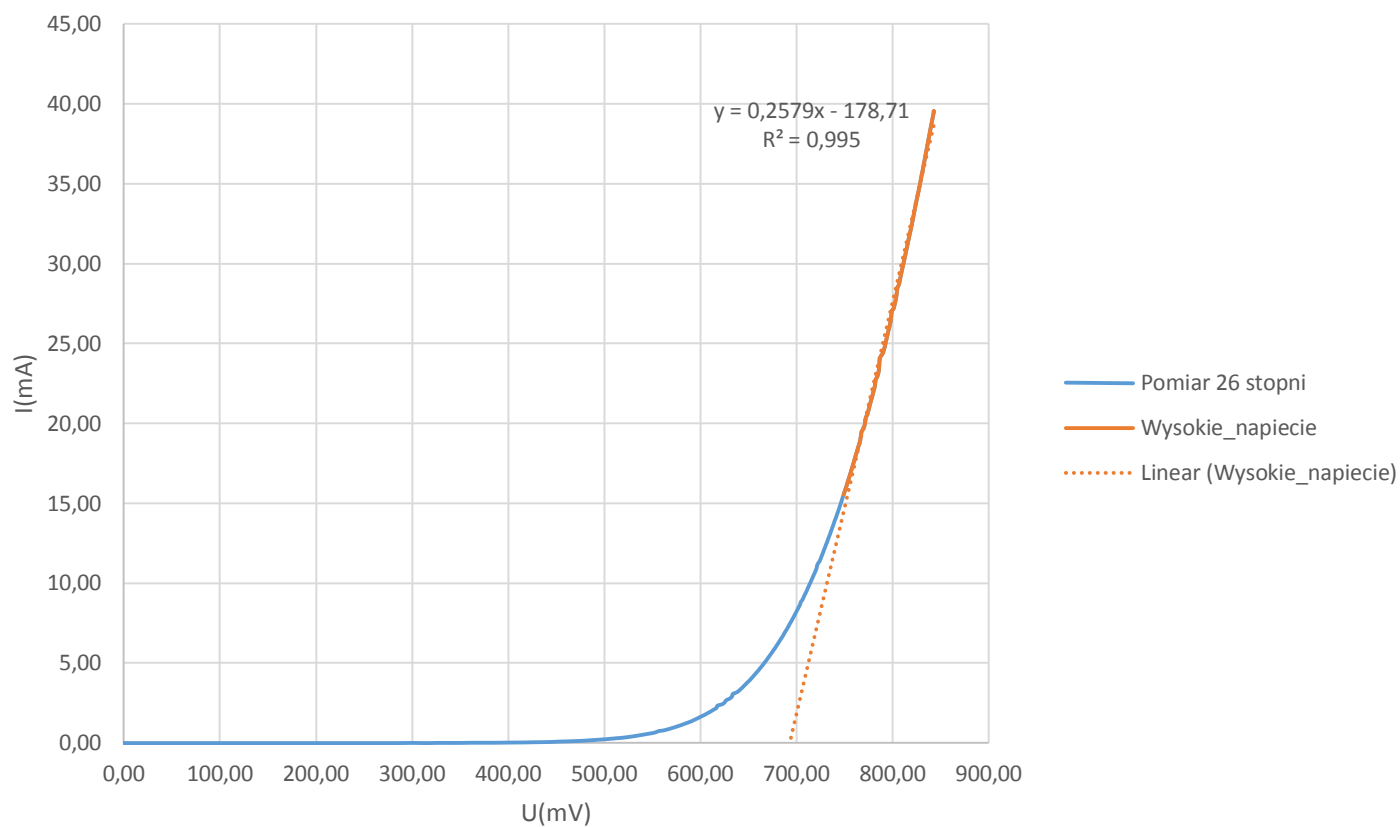
Pomiar przy temp. 20 stopni (293K) - Otoczenia



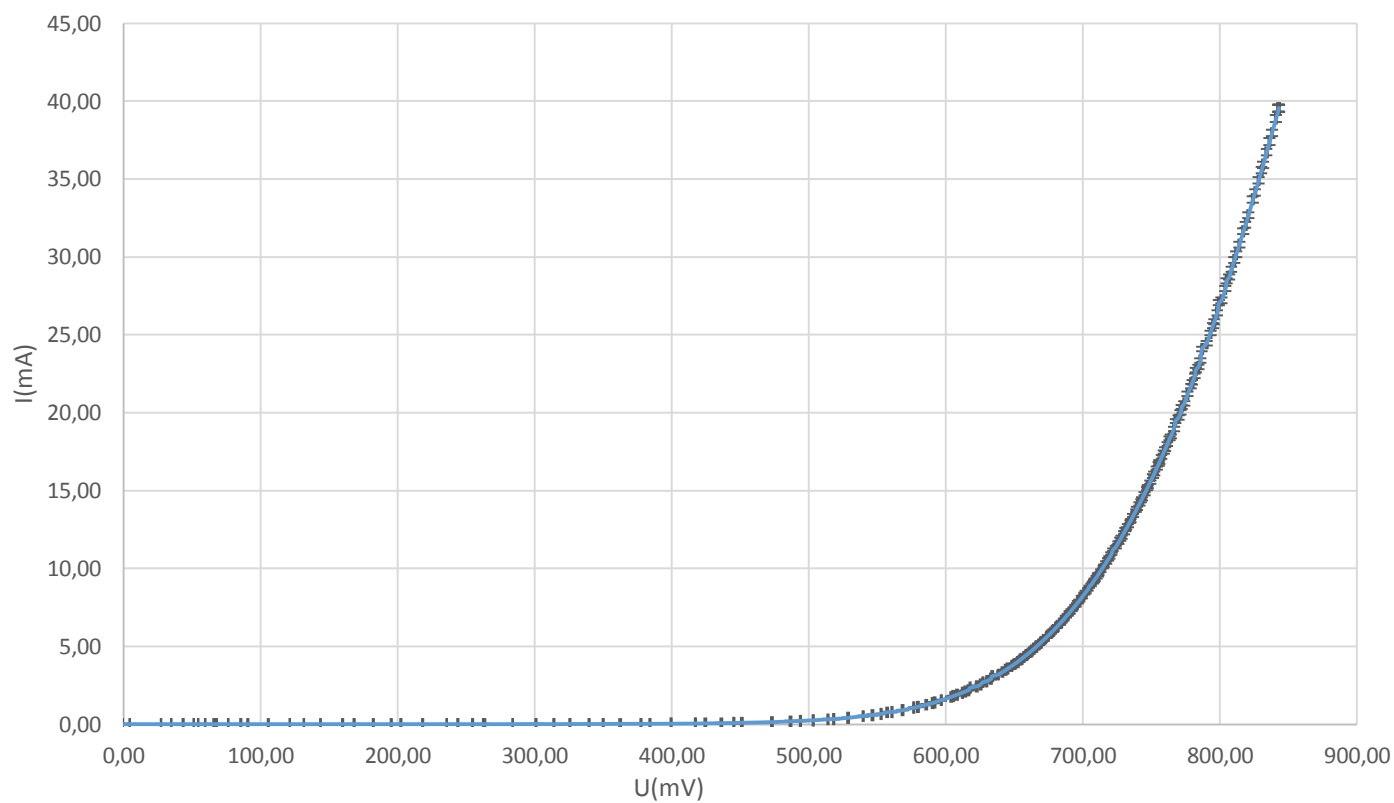
Niepewność pomiaru napięcia i natężenia dla 293K



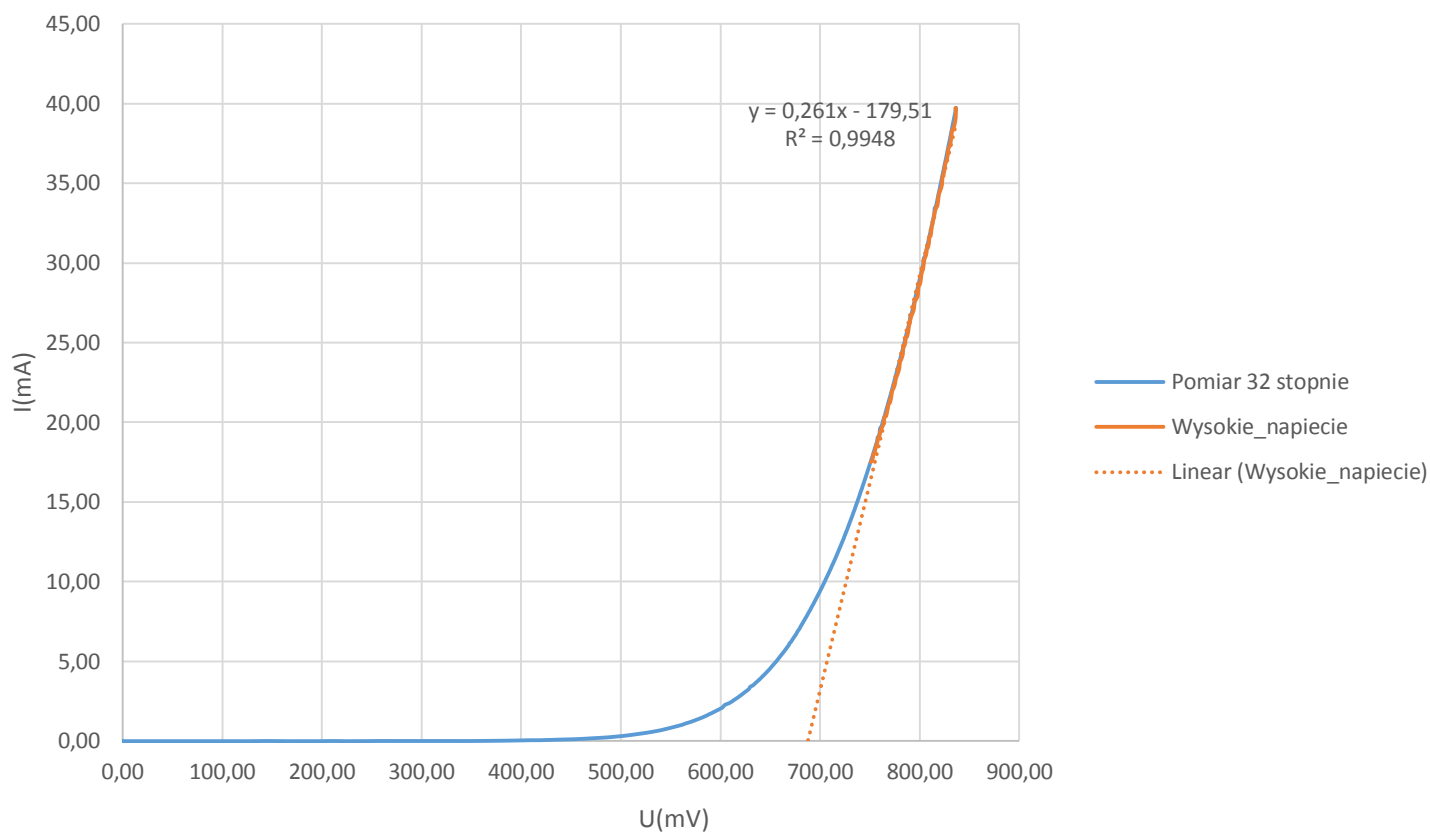
Pomiar przy temp. 26 stopni (299K)



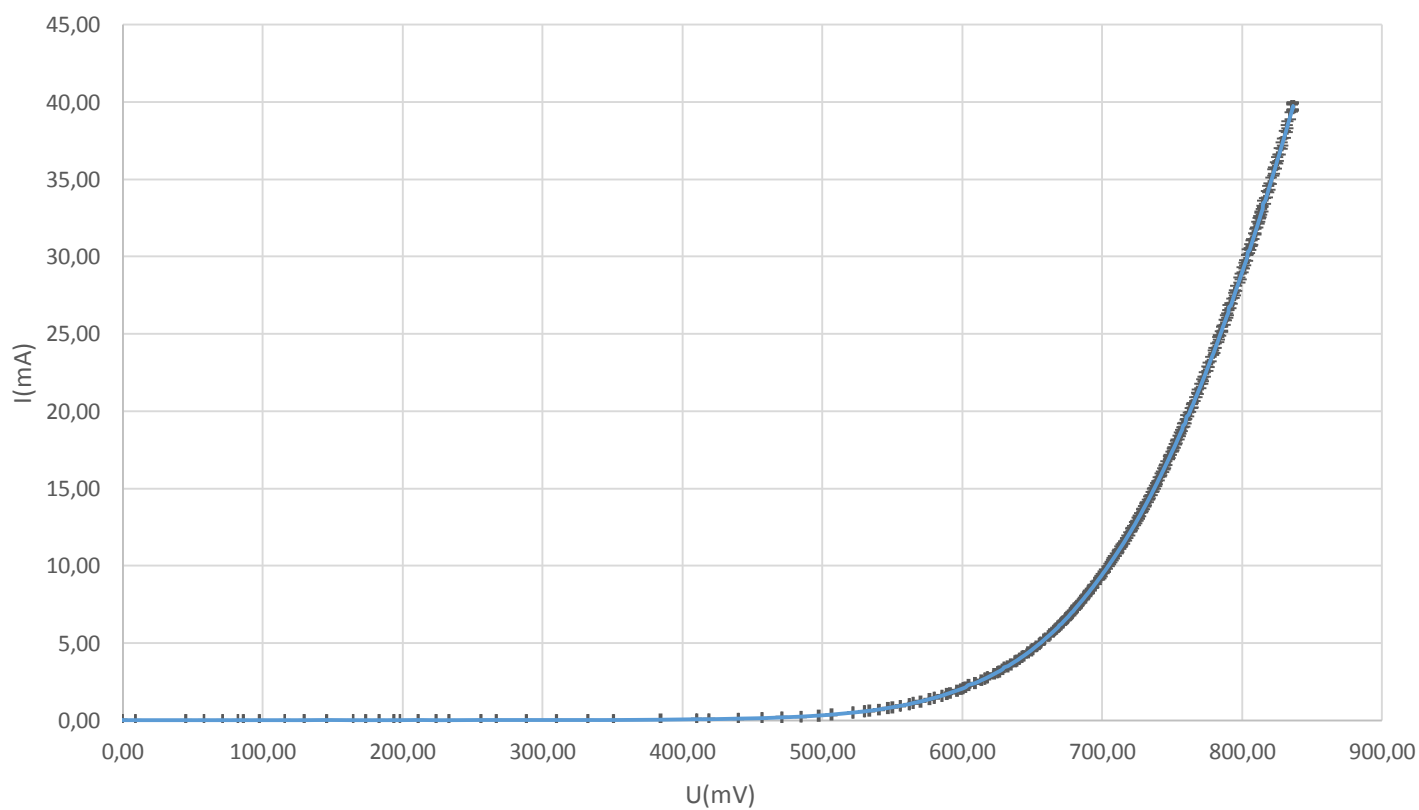
Niepewność pomiaru napięcia i natężenia dla 299K



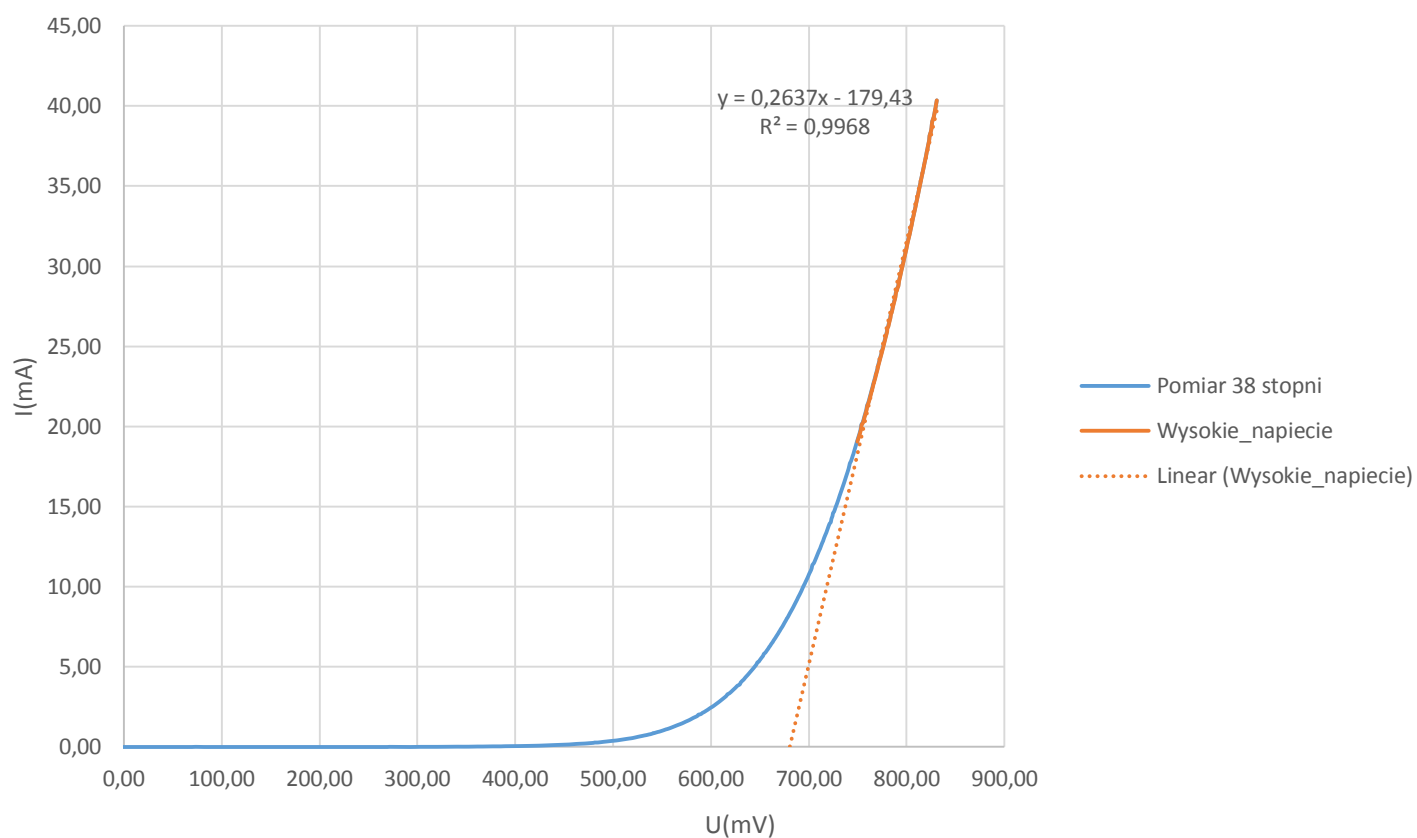
Pomiar przy temp. 32 stopni (305K)



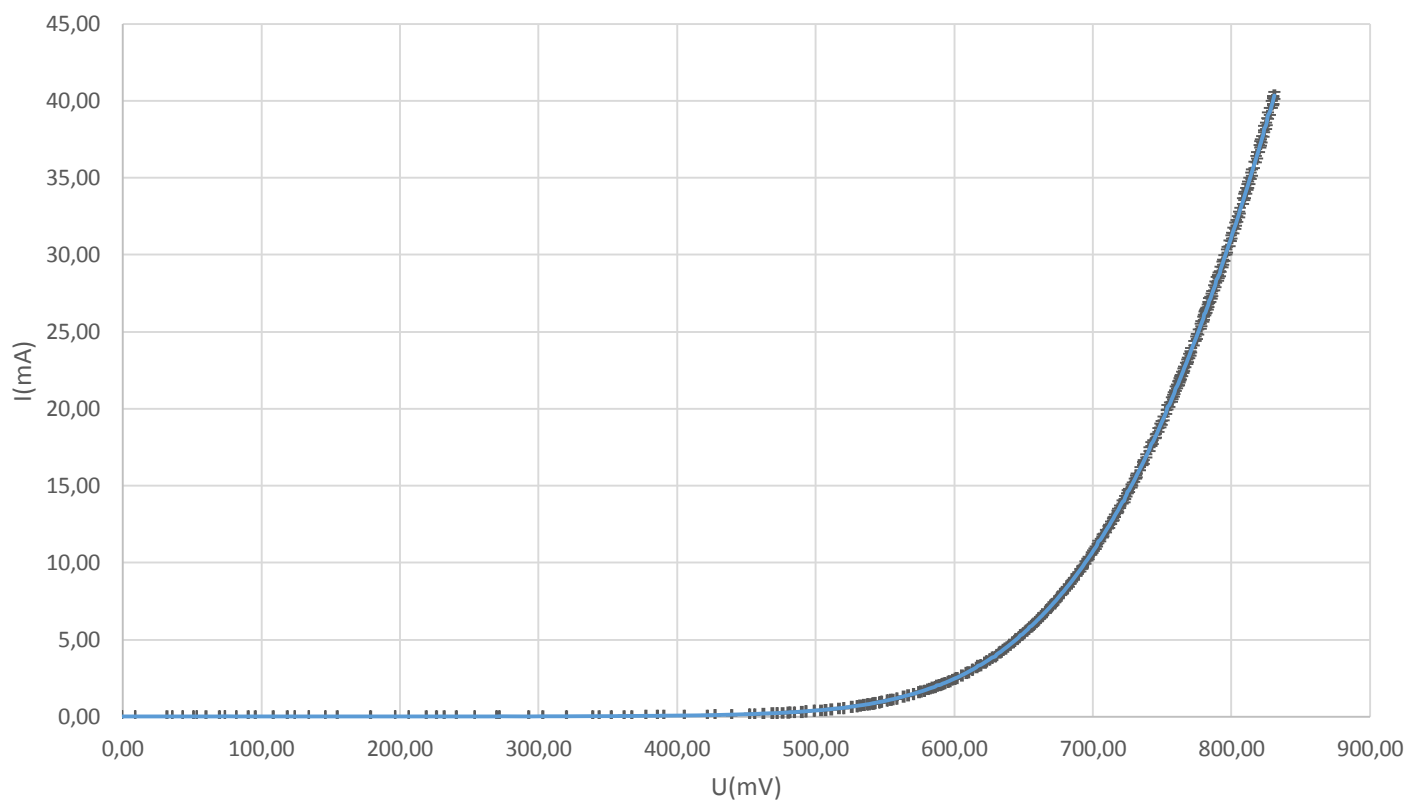
Niepewność pomiaru napięcia i natężenia dla 305K



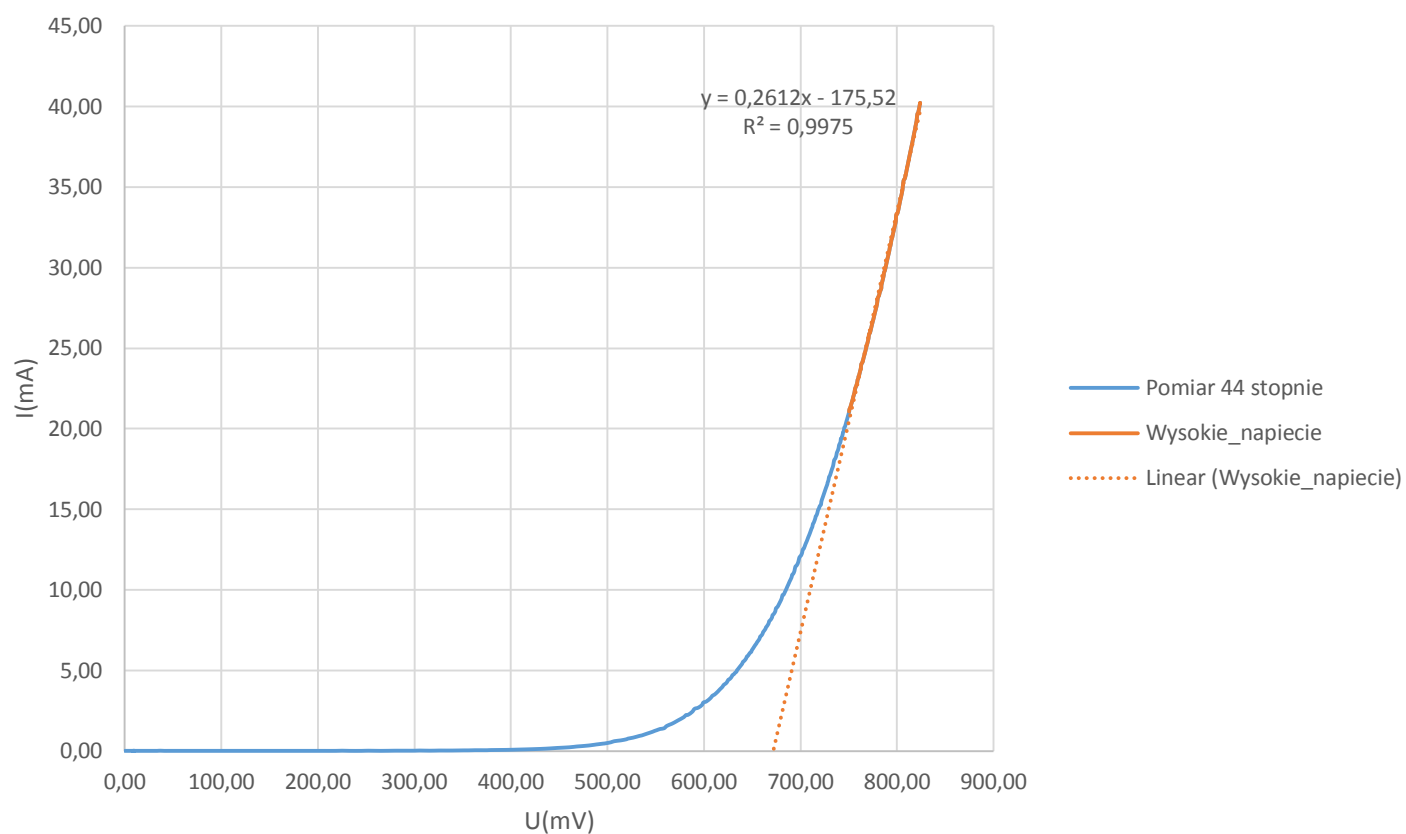
Pomiar przy temp. 38 stopni (311K)



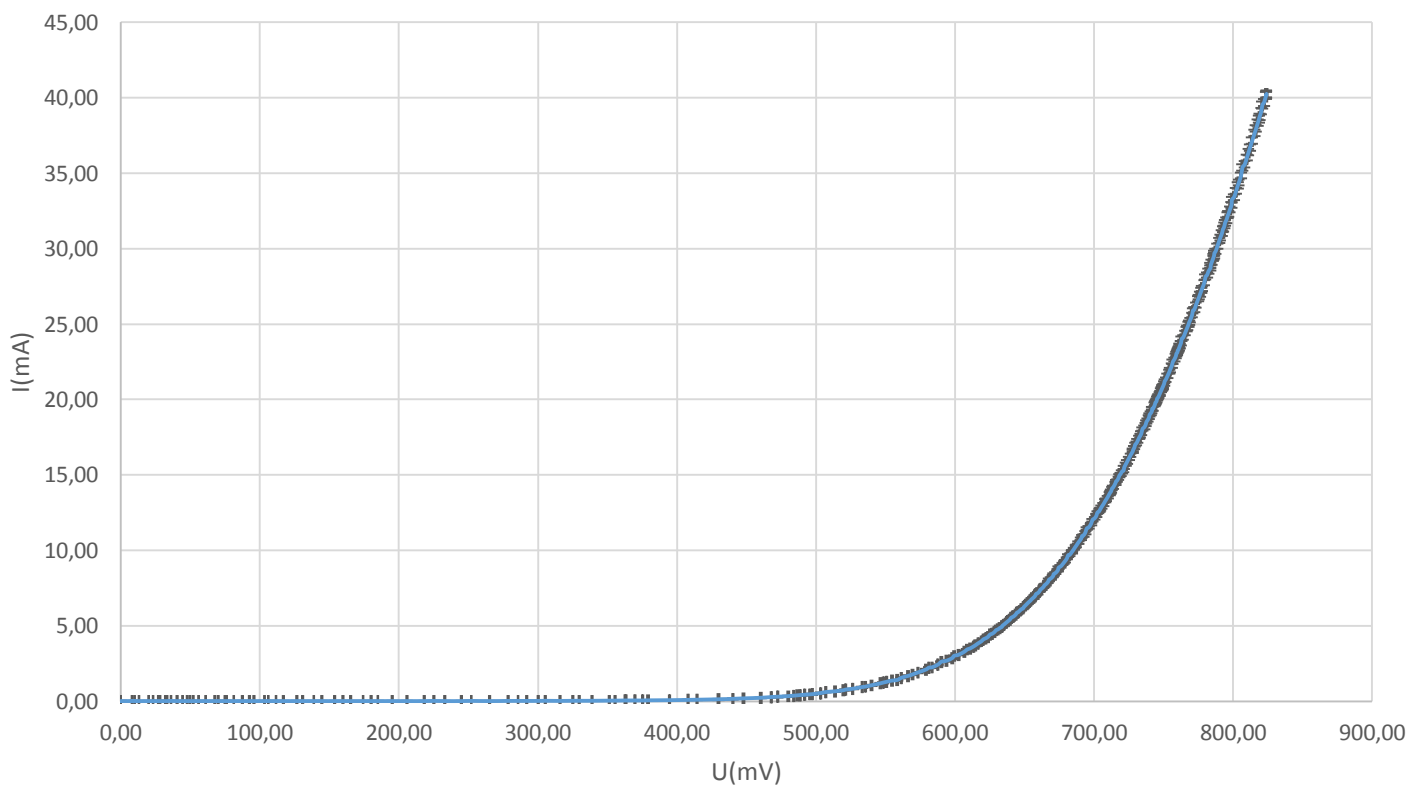
Niepewność pomiaru napięcia i natężenia dla 311K



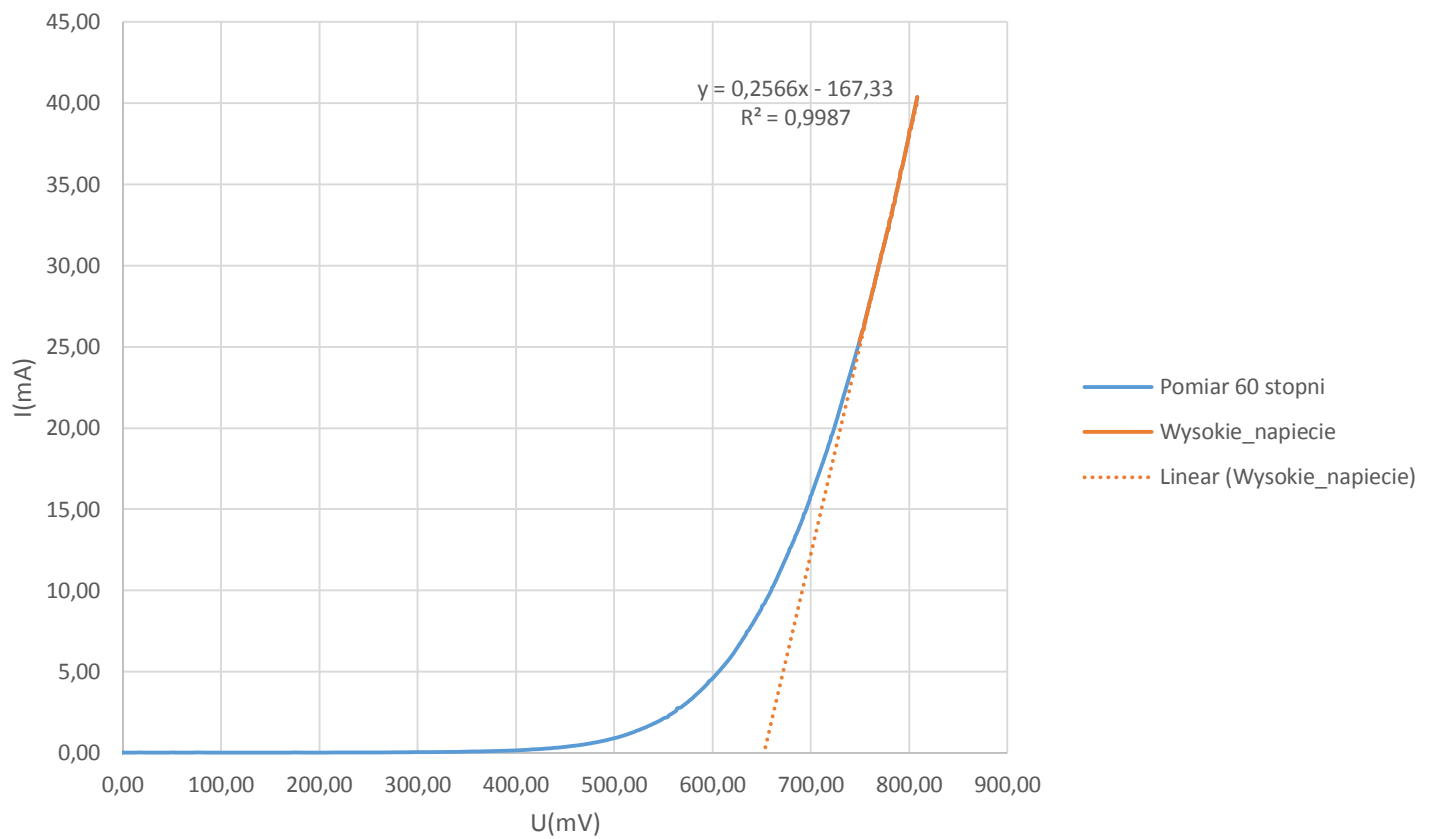
Pomiar przy temp. 44 stopni (317K)



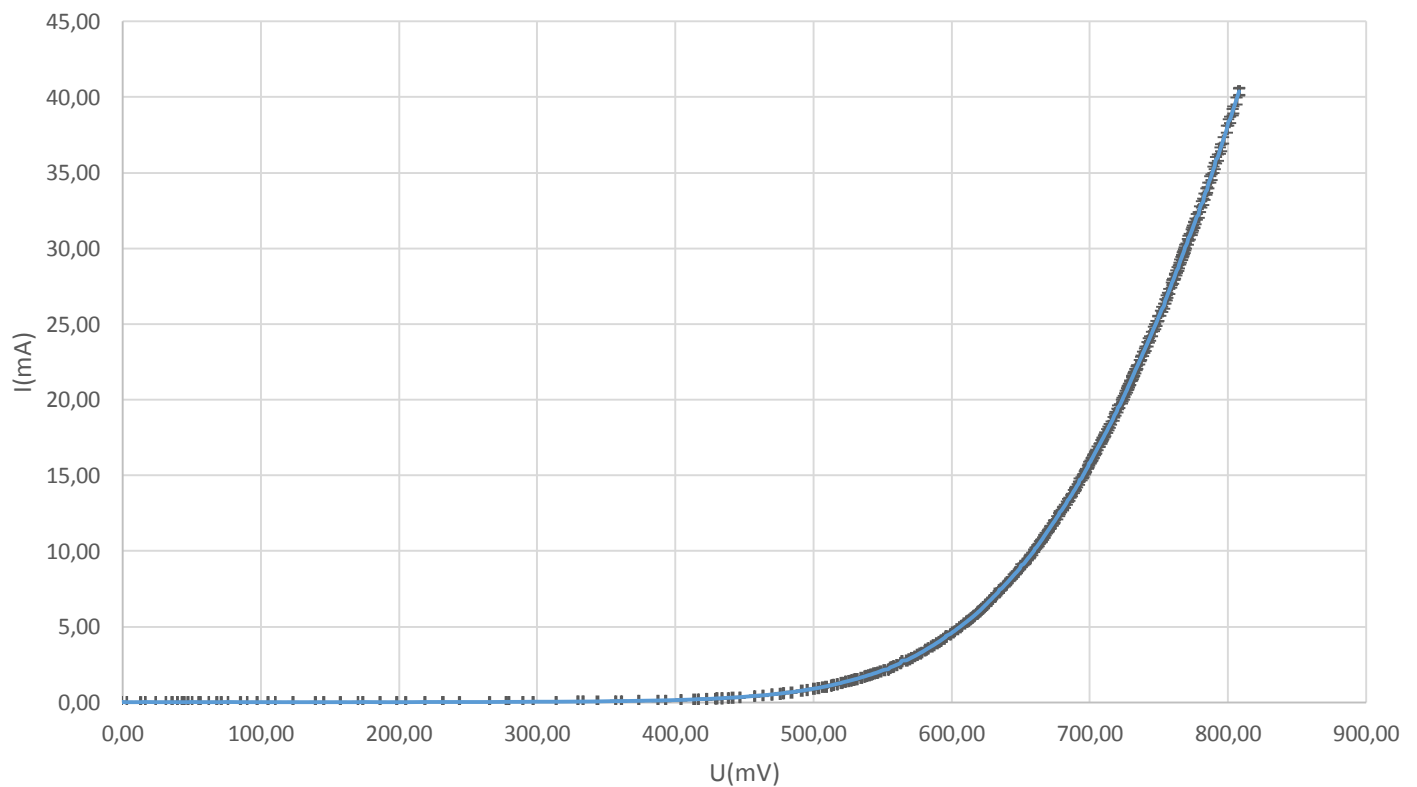
Niepewność pomiaru napięcia i natężenia dla 317K



Pomiar przy temp. 60 stopni (333K) - Maksymalna

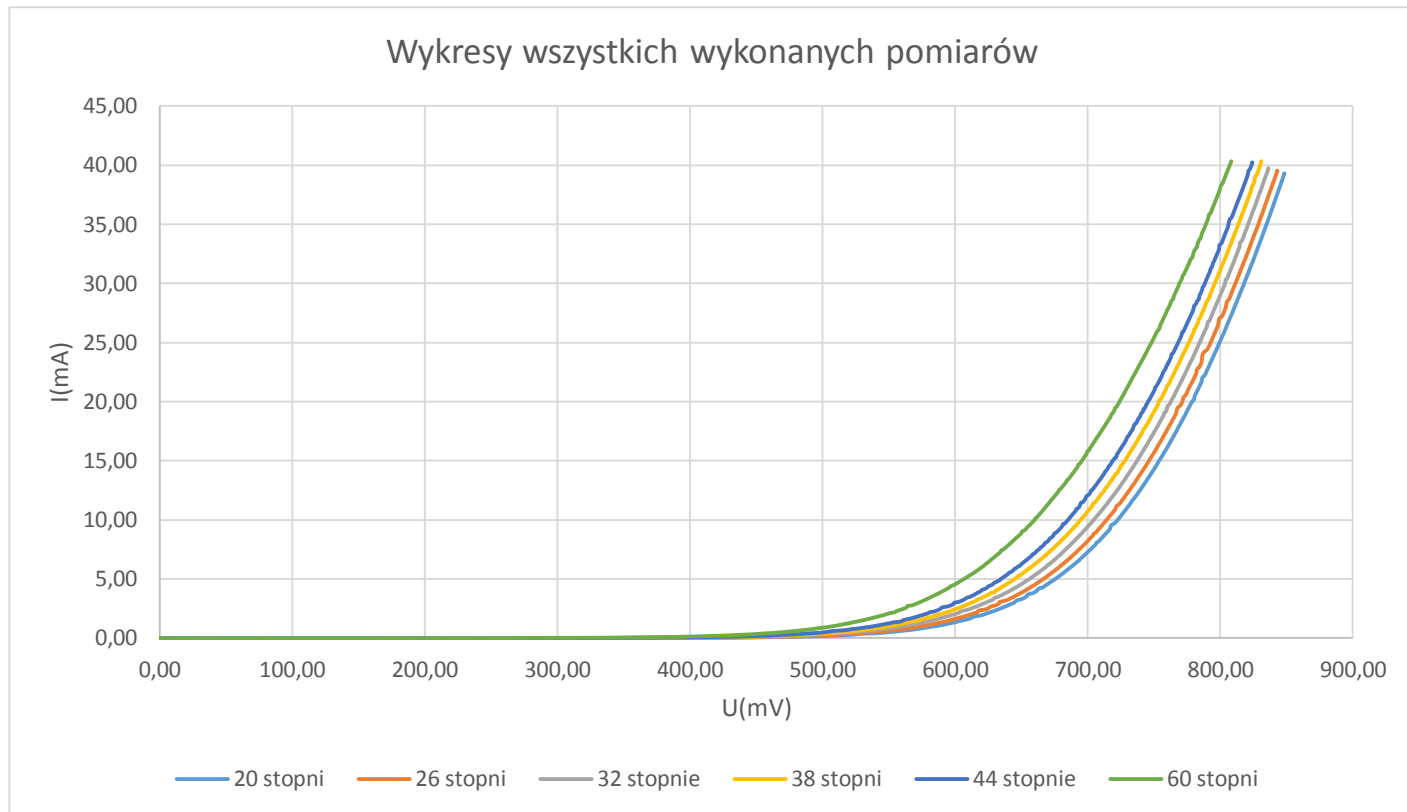


Niepewność pomiaru napięcia i natężenia dla 333K



Wykres wspólny:

Dokładnie widać tutaj, że wraz ze wzrostem temperatury, przez diode płynie ten sam prąd, lecz przy niższym napięciu.



Wartość potencjału wbudowanego:

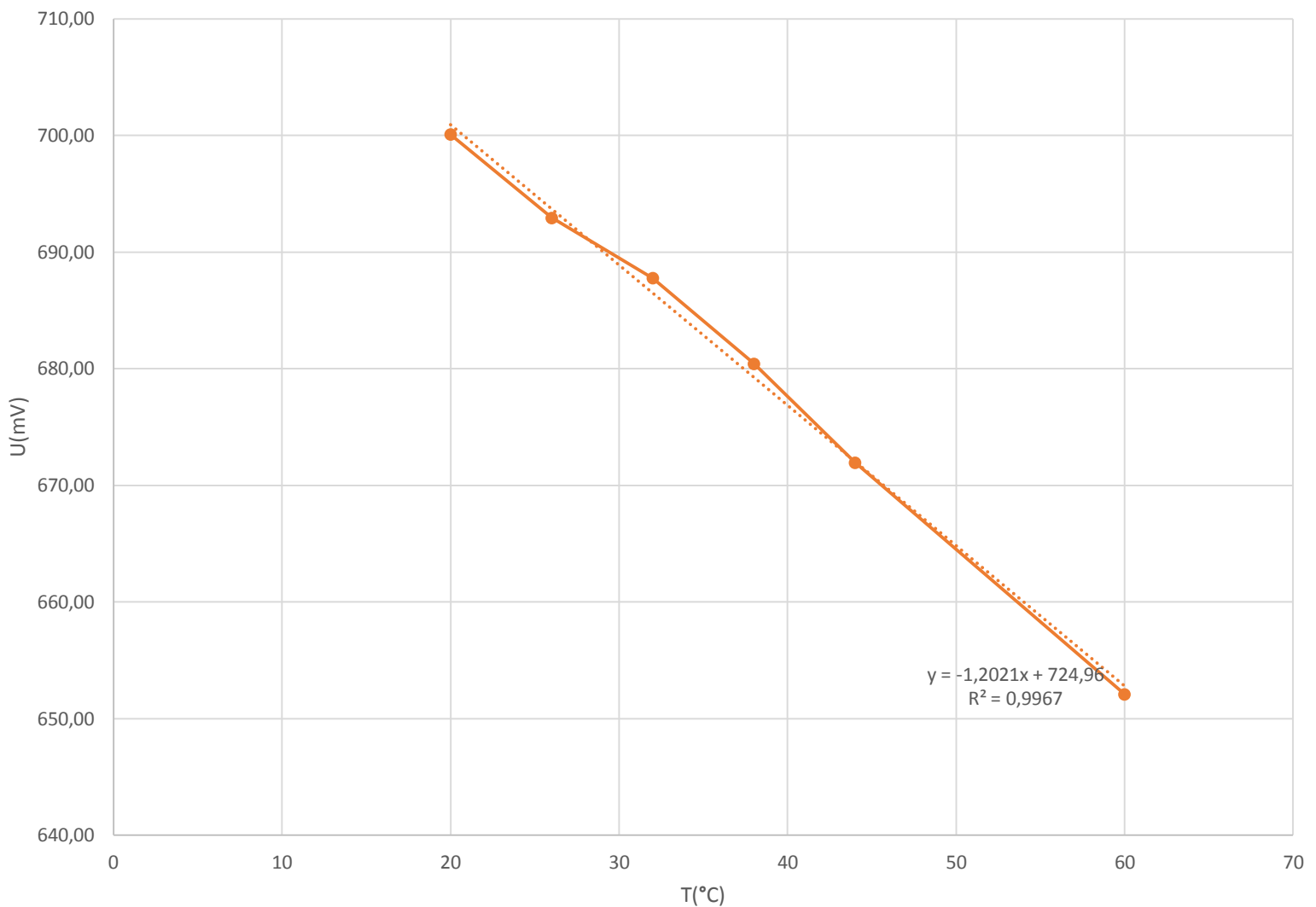
Jest to miejsce przecięcia linii trendu Wysokich napięć (zaznaczona na wykresie jako prosta kropkowana) z osią X.

$$ax + b = 0$$

$$x = \frac{-b}{a}, \text{ gdzie } x \text{ jest szukany } V_{bi}$$

°C	$V_{bi}(mV)$
20	700,08
26	692,94
32	687,78
38	680,43
44	671,98
60	652,10

$$V_{bi} = F(T)$$



Wyznaczanie współczynnika potencjału wbudowanego do temperatury:

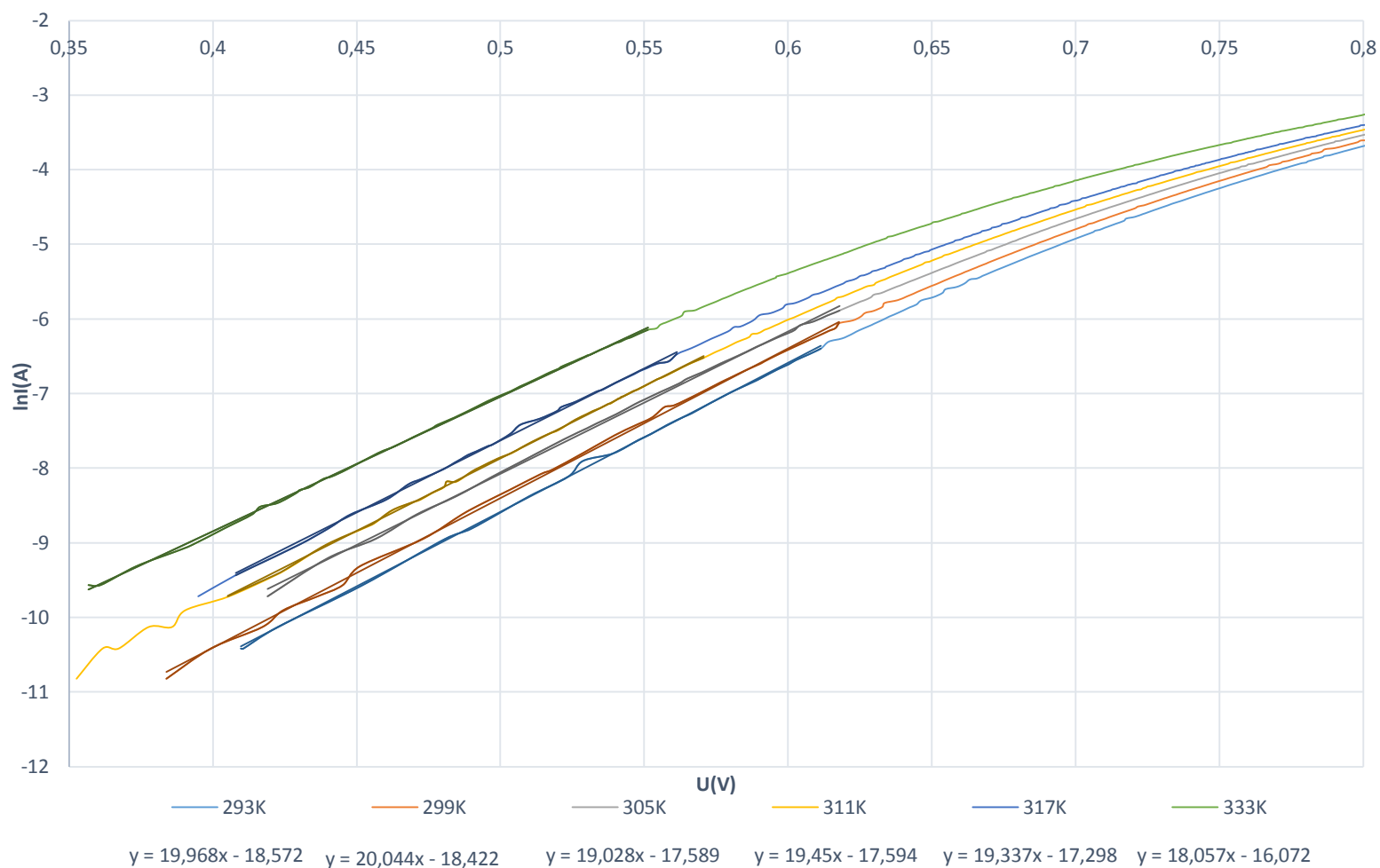
Ze wzoru aproksymowanej prostej wyznaczamy jej współczynnik kierunkowy „a”, który jest wartością której szukamy.

$$\frac{\Delta V_{bi}}{\Delta T} = a$$

Otrzymany wynik : $0,0012 \frac{V}{K}$, gdzie w literaturze wynosi on $0,00187 \frac{V}{K}$

Charakterystyka $\ln I = f(V)$ dla poszczególnych temperatur:

Wykresy z aproksymacją liniową części o charakterystyce liniowej



Wyznaczanie Prądu nasycenia I_0

korzystając z równania prostej $y = ax + b$, otrzymanego z aproksymacji liniowej części charakterystyki $\ln I = f(V)$ oraz ze wzoru $I = I_0 \left[\exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) - 1 \right]$, wiedząc o zależności, że dla

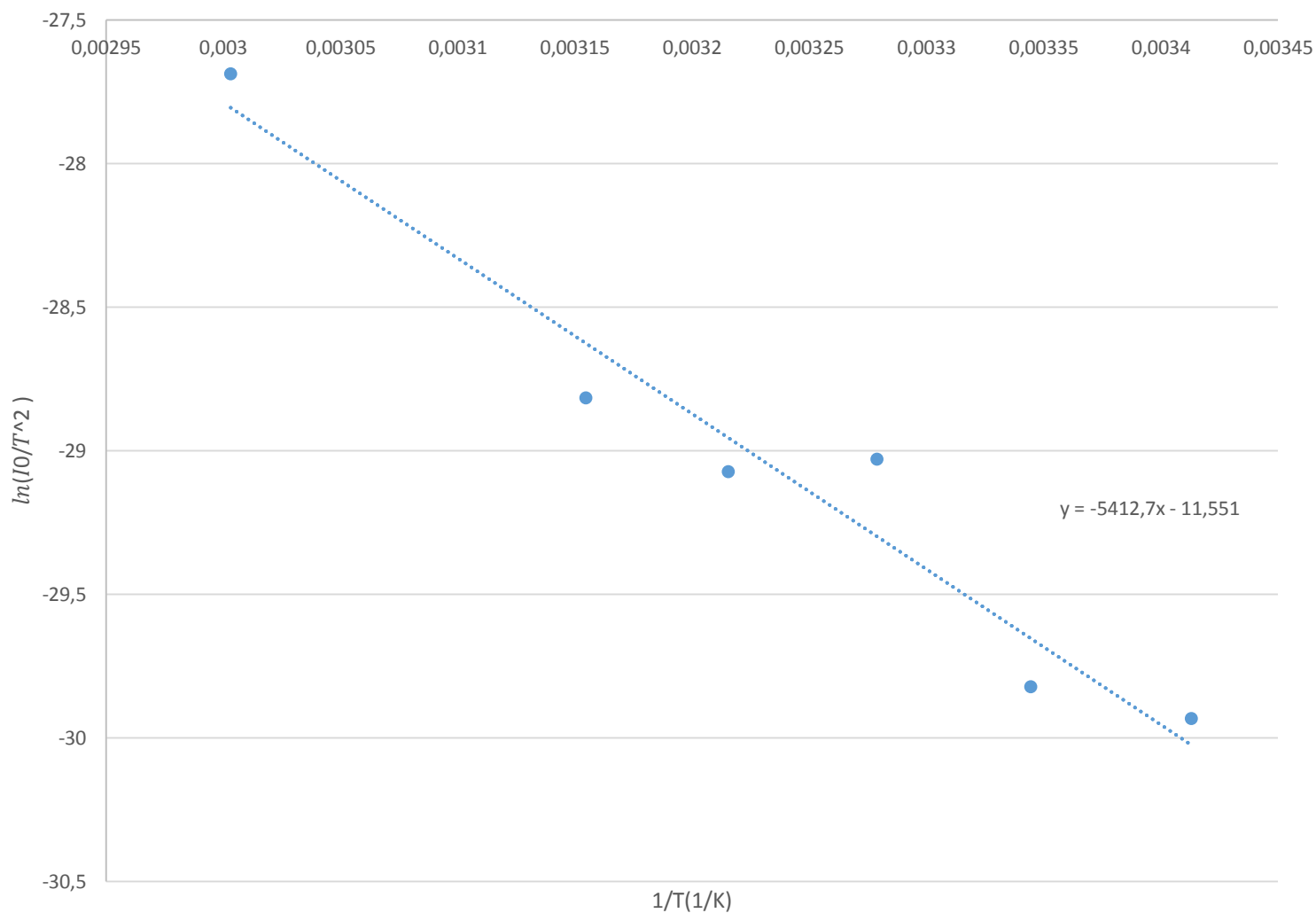
napięcie $\frac{qV}{kT} \geq 3$ można uprościć do $I \cong I_0 \exp\left(\frac{qV}{nkT}\right)$

$$\begin{cases} \ln I = f(V) \\ y = ax + b \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \ln I = \ln I_0 + \frac{q}{nkT} \cdot V \\ y = ax + b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = \frac{q}{nkT}, \\ b = \ln I_0 \end{cases}$$

Otrzymujemy wyniki:

$\ln I_0$	I_0
-18,572	$8,596 \cdot 10^{-9}$
-18,422	$9,987 \cdot 10^{-9}$
-17,589	$2,297 \cdot 10^{-8}$
-17,494	$2,526 \cdot 10^{-8}$
-17,298	$3,073 \cdot 10^{-8}$
-16,072	$1,047 \cdot 10^{-7}$

Wykres $\ln\left(\frac{I_o}{T^2}\right) = f\left(\frac{1}{T}\right)$. Aproksymacja prostą $y = ax + b$:



Obliczamy wartość przerwy wzbronionej E_g krzemu wykorzystując wzór :

$$I_0 = CT^2 \cdot \exp\left(\frac{-E_g}{2kT}\right) \text{ gdzie } C = \text{const.}$$

Dzieląc dane równanie obustronnie przez T^2 a następnie logarytmując jego obie strony, otrzymujemy:

$$\ln \frac{I_0}{T^2} = \ln C - \frac{E_g}{2kT}$$
$$\begin{cases} \ln\left(\frac{I_0}{T^2}\right) = \ln C - \frac{E_g}{2k} \cdot \frac{1}{T} \\ y = ax + b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = -\frac{E_g}{2k} \\ b = \ln C \end{cases}, \text{ stąd } E_g = -2ak.$$

Z powyższych obliczeń otrzymujemy wartość przerwy wzbronionej krzemu:

$$E_g = -2 * (-5,4127 * 10^3 K) * 1,3806 * 10^{-23} J * \frac{1}{K} = 1,4780 * 10^{-19} J = 0,9225 eV$$

Wnioski:

Na podstawie umieszczonych tutaj danych, można stwierdzić, że potencjał wbudowany maleje wraz ze wzrostem temperatury.

Prąd nasycenia wzrasta wraz z temperaturą złącza, a więc i maleje jego opór, jest to związane z przechodzeniem elektronów z pasma walencyjnego na pasmo przewodnictwa pod wpływem zwiększonej temperatury.

Dzięki ukazanej zależności $\ln\left(\frac{I_0}{T^2}\right) = f\left(\frac{1}{T}\right)$ aproksymowanej prostą obliczyliśmy energię wzbronioną krzemu, z którego składa się dioda. Wyniki odbiegają od rzeczywistych z powodu nieuwzględnienia współczynnika idealności diody.