

Wykorzystanie oprogramowania open source do sterowania pomiarami charakterystyk elektryczno-optycznych laserów półprzewodnikowych.

Paweł Gliwny

Instytut Fizyki
Politechnika Łódzka

2017

Plan

1. Cel pracy.
2. Układ pomiarowy.
3. Eksperyment.
4. Podsumowanie.

Cel pracy

Cel pracy

- ▶ Stworzenie programu do wykonywania charakterystyk laserów półprzewodnikowych.
- ▶ Stworzenie skryptów do analizy charakterystyk.
- ▶ Zbadanie 4 laserów półprzewodnikowych (2 krawędziowe i 2 VCSEL)

Układ pomiarowy.

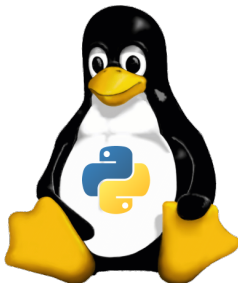
Open source

Open source — odłam ruchu wolnego oprogramowania (ang. *free software*).

Free software — termin określający oprogramowanie, które może być uruchamiane, kopiowane, rozpowszechniane, analizowane oraz zmieniane i poprawiane przez użytkowników.

Open source — przykłady

- ▶ Linux
- ▶ Python



Układ pomiarowy

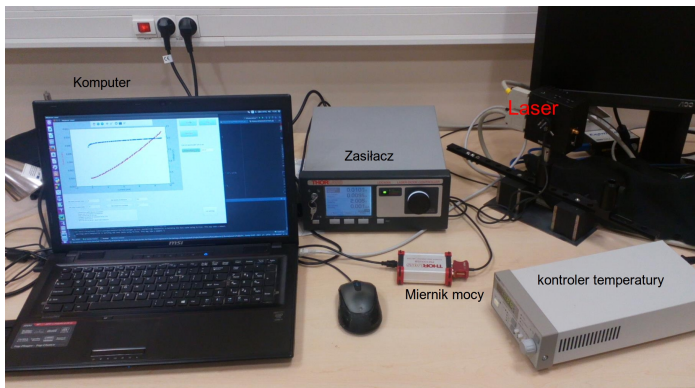
- ▶ Zasilacza diód laserowych firmy Thorlabs model LDC4005



- ▶ Miernik mocy firmy Thorlabs model PM100



Układ pomiarowy



Komunikacja z urządzeniami

- ▶ SCPI (ang. Standard Commands for Programmable Instruments) — język komend do urządzeń pomiarowych.
- ▶ Wywołania systemowe (ang. System call)

SCPI + Wywołania systemowe = komunikacja z sprzętem laboratoryjnym

SCPI — Standard Commands for Programmable Instruments

Standardowe polecenia programowanych urządzeń jest to standard komunikacji

- ▶ z urządzeniami pomiarowymi (oscylloskop, miernik mocy).
- ▶ z urządzeniami laboratoryjnymi (zasilacz)

SCPI — przykłady

- ▶ Komendy uniwersalne dla każdego urządzenia:
 - ▶ `*rst` — wyzerowanie urządzenia.
 - ▶ `*idn?` — zapytanie o identyfikator.
- ▶ Komendy specyficzny dla danego urządzenia:
 - ▶ `SOURce : CURRent : LEVel : AMPLitude 0.01`

Wywołania systemowe

Interfejs pomiędzy programem użytkownika a jądrem Linux.

- ▶ `open.`
- ▶ `write.`
- ▶ `read.`
- ▶ `close.`

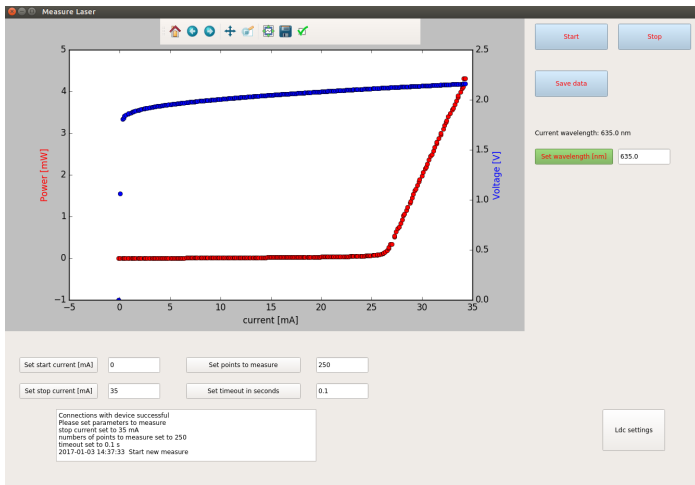
Przykładowy program

```
1 import os
2 class IODevice:
3     def __init__(self, path_to_device):
4         self.path_to_device = path_to_device
5         self.file_descriptor = os.open(path_to_device ,
os.O_RDWR | O_NOCITY)
6
7     def write(self, command):
8         os.write(self.file_descriptor, command)
9
10    def read(self, length=4000):
11        return os.read(self.file_descriptor, length)
12
13    def close(self):
14        os.close(self.file_descriptor)
15
16 device = IODevice("/dev/usbtlmc0")
17 device.write("*IDN?")
18 print(device.read())
```

Skrypt

- ▶ `sudo su`
- ▶ `python3 measure.py -nr 150 -sc 0 -ec 25 -fn data.txt`

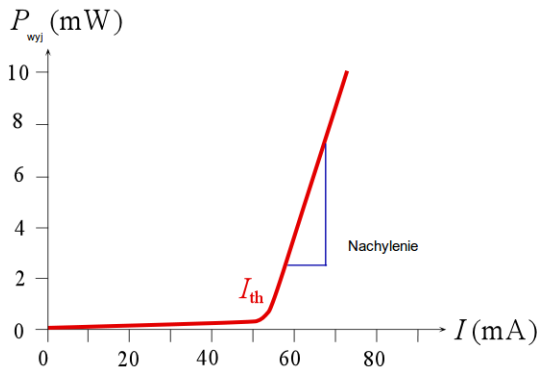
Program okienkowy do pomiarów



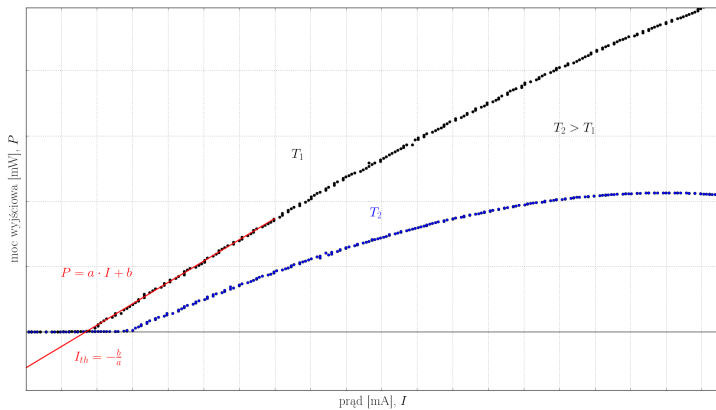
Eksperyment

Teoria — prąd progowy

Prąd progowy (z ang. *threshold current*) określa wartość prądu przy którym zaczyna zachodzić akcja laserowa czyli rośnie gwałtownie natężenie promieniowania i maleje szerokość linii emisyjnej.



Prąd progowy — wykres



Prąd progowy

$$I_{th} = -\frac{b}{a}$$

$$\Delta I_{th} = \left| \frac{\partial I_{th}}{\partial a} \right| \cdot \Delta a + \left| \frac{\partial I_{th}}{\partial b} \right| \cdot \Delta b$$

$$\Delta I_{th} = \left| -\frac{b}{a^2} \right| \cdot \Delta a + \left| -\frac{1}{a} \right| \cdot \Delta b$$

Prąd progowy zależność od temperatury

$$I_{th} = I_0 \exp\left(\frac{T}{T_0}\right)$$

$$\ln(I_{th}) = \ln \frac{T}{T_0} + \ln(I_0)$$

$$y = a \cdot T + b$$

$$y = \ln(I_{th})$$

$$a = \frac{1}{T_0} \Rightarrow T_0 = \frac{1}{a}$$

$$b = \ln(I_0) \Rightarrow I_0 = e^b$$

Prąd progowy w zależności od temperatury— wyznaczenie błędów pomiarowych

$$T_0 = \frac{1}{a}$$

$$I_0 = e^b$$

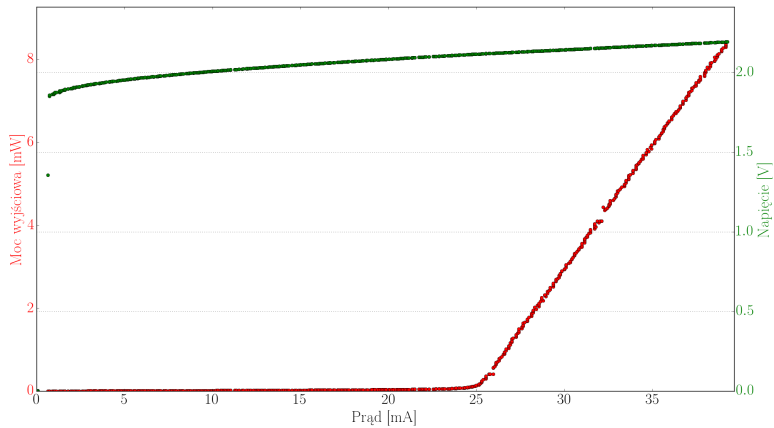
$$\Delta T_0 = \left| \frac{\partial T_0}{\partial a} \right| \cdot \Delta a = \left| -\frac{1}{a^2} \right| \cdot \Delta a$$

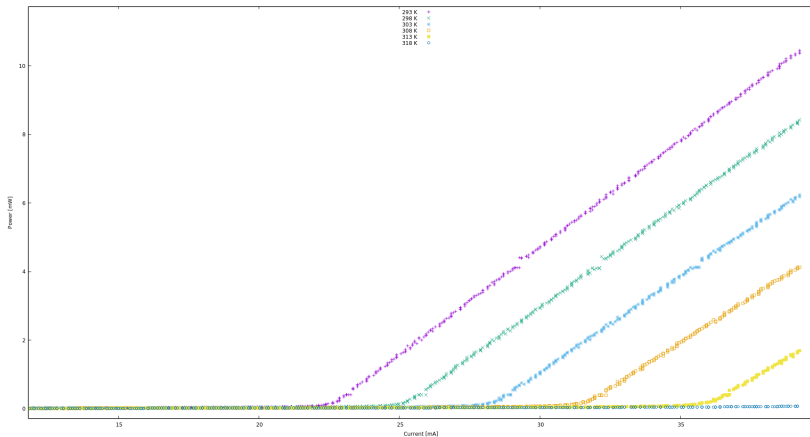
$$\Delta I_0 = \left| \frac{\partial I_0}{\partial b} \right| \cdot \Delta b = |be^b| \cdot \Delta b$$

Sprawność

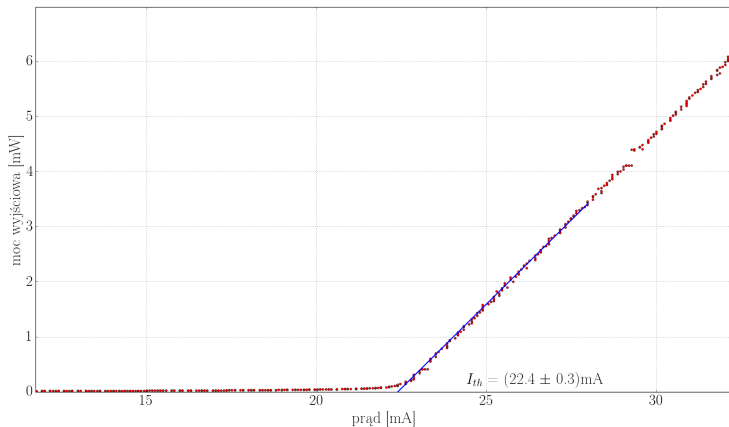
- ▶ Moc wyjściowa — mierzymy na mierniku mocy.
- ▶ Moc wejściowa — iloczyn prądu I i napięcia U .

$$P_{in} = I \cdot U$$

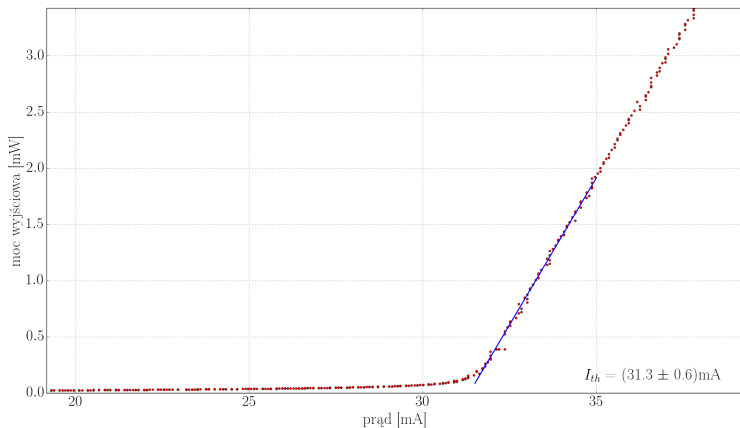




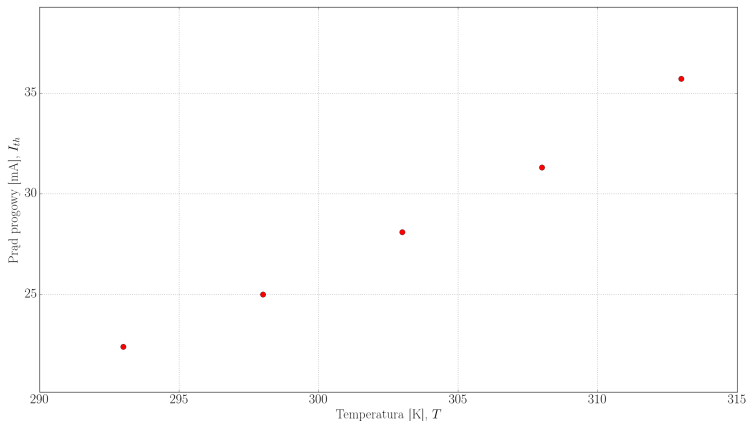
Laser 635 nm w temperaturze 293 K



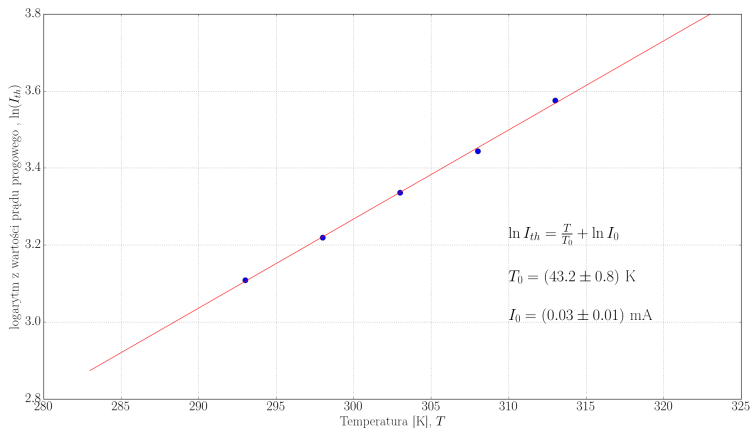
Laser 980 nm w temperaturze 308 K



Wykres liniowy prądu progowego od temperatury



Wykres logarytmu z prądu progowego od temperatury

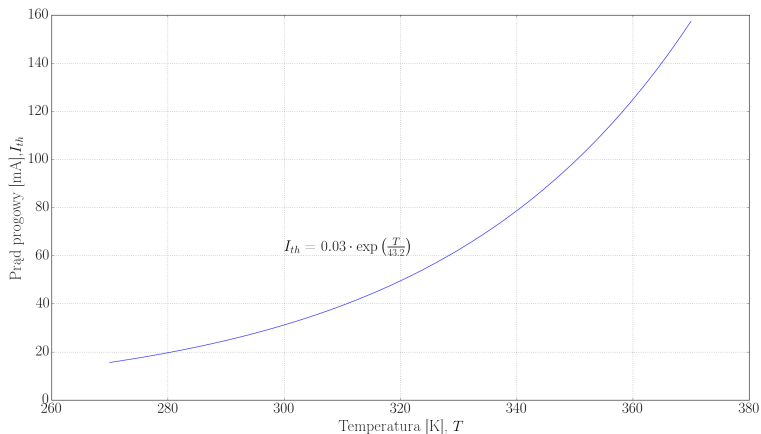


Laser krawędziowy 635 nm — wyznaczone parametry

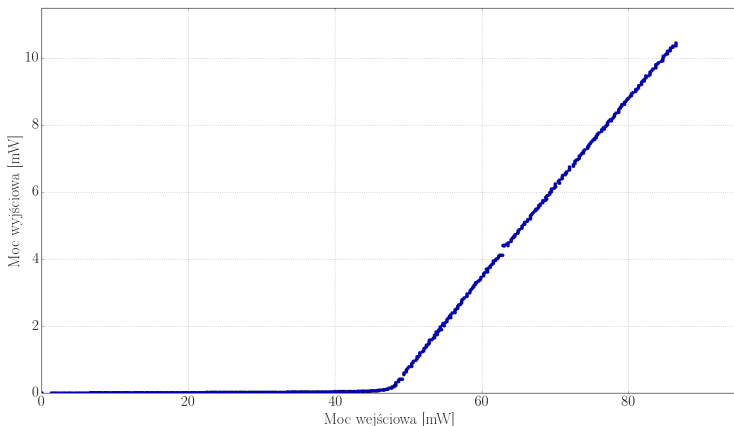
- ▶ $T_0 = (43.2 \pm 0.8) \text{ K}$
- ▶ $I_0 = (0.03 \pm 0.01) \text{ mA}$

$$I_{th} = 0.03 \cdot \exp\left(\frac{T}{43.2}\right)$$

Laser krawędziowy 635 nm — wykres



Laser krawędziowy 635 nm — wykres mocy wejściowej do wyjściowej



Podsumowanie

Co dalej?

- ▶ Wykoanie analiz innych laserów.
- ▶ Rozbudowanie eksperymentu.

Dziękuję za uwagę

Pytania?