

Optyczne systemy pomiarowe

Interferometria wielowiązkowa

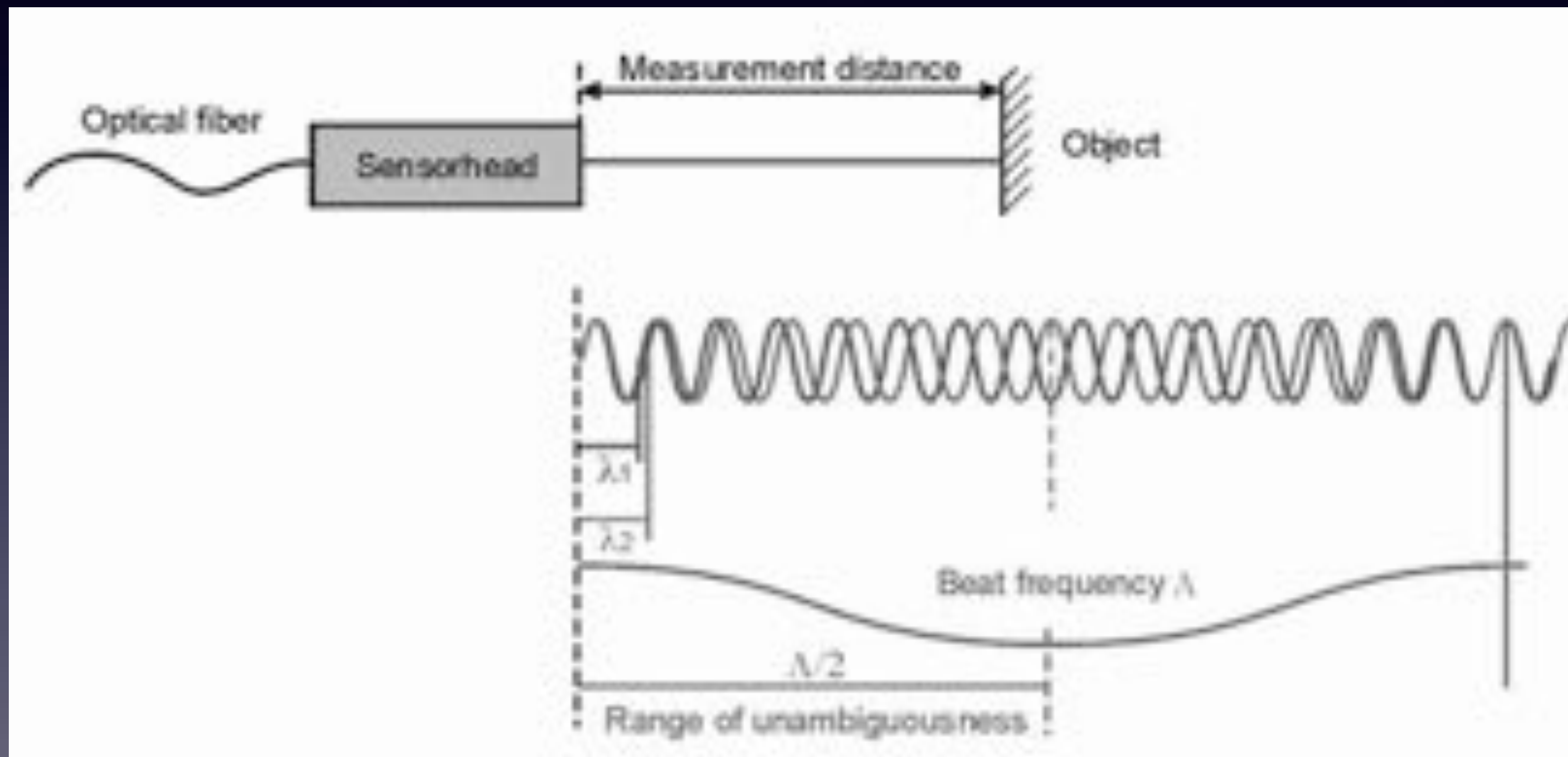
Dawid Kucharski

Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych
Instytut Technologii Mechanicznej
Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania
Politechnika Poznańska

19.02.2019 13:04



Zasada działania MWLI



$$\Lambda = \frac{\lambda_2 \cdot \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

Aktywna stabilizacja lasera



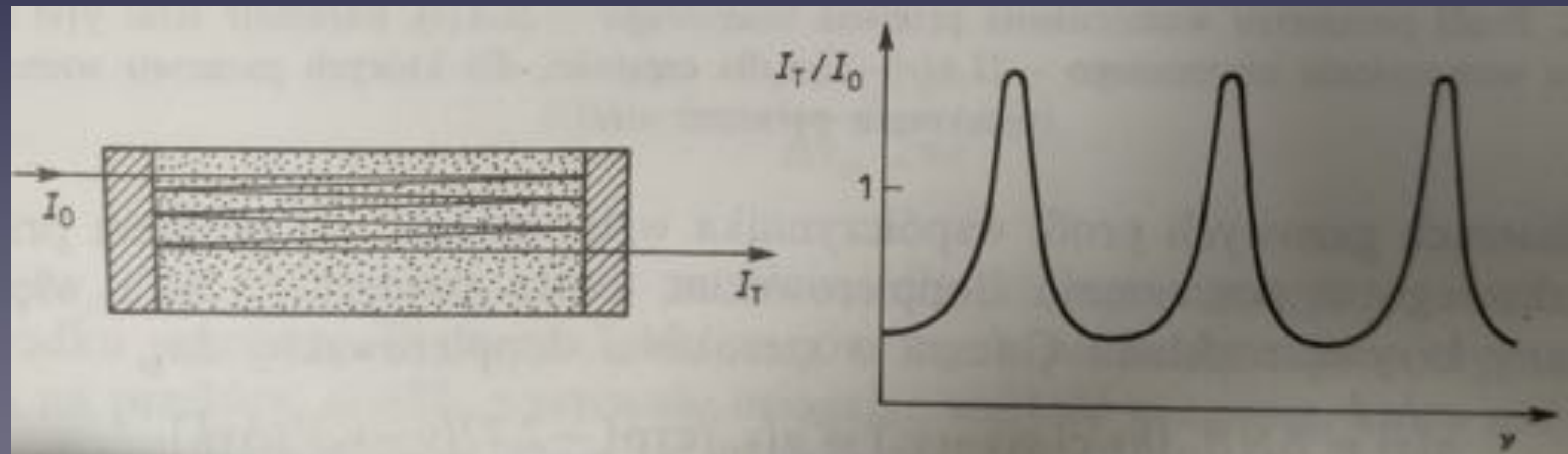
$$\nu \sim \frac{1}{nd}$$

$$\lambda \sim nd$$

D. Kucharski, L. Marciniak-Podsadna, E. Stachowska, Laboratorium aparatury medycznej, 1st ed., Poznan University of Technology, Poznan, 2017.

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta n}{n}$$

$$-\frac{\Delta\nu}{\lambda} = \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta n}{n}$$



W. Demtröder, Laser Spectroscopy, Springer Science & Business Media, Berlin, Heidelberg, 2008. doi: 10.1007/978-3-540-73418-5.

Aktywna stabilizacja lasera

Założmy, że chcemy aby częstość $\nu = 6 \cdot 10^{14}$ Hz lasera argonowego pozostała stała z dokładnością do 1 MHz. Oznacza to względną stabilność $\frac{\Delta\nu}{\nu} = 1,6 \cdot 10^{-9}$

Wynika z tego, że wzajemna odległość d zwierciadeł, przy $d=1\text{m}$, musi być utrzymywana stała z dokładnością do 1,6 nm

Źródła niestabilności

1. Dryfty (zmiany długoczasowe), spowodowane głównie płynięciem temperatury albo powolnymi zmianami ciśnienia.
2. Fluktuacje (zmiany krótkoczasowe) - akustyczne drgania zwierciadeł, fale dźwiękowe modulujące współczynnik załamania światła, niestabilności wyładowania w gazie laserach gazowych albo niejednorodności strumienia barwnika w laserach barwnikowych.

Temperatura

$$\frac{\Delta d}{d} = \alpha \Delta T$$

Material	$\alpha [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$	Material	$\alpha [10^{-6} \text{ K}^{-1}]$
Aluminium	23	BeO	6
Mosiądz	19	Inwar	1,2
Stal	11–15	Szkło sodowe	5–8
Tytan	8,6	Szkło Pyrex	3
Wolfram	4,5	Topiony kwarc	0,4–0,5
Al_2O_3	5	Zerodur	<0,1

Ciśnienie

Jeśli fala światła laserowego przebywa wewnątrz rezonatora laserowego drogę $d-L$ w powietrzu pod ciśnieniem atmosferycznym, każda zmiana ciśnienia powoduje zmianę drogi optycznej między zwierciadłami rezonatora.

$$\Delta s = (d - L)(n - 1)\frac{\Delta p}{p}, \quad \text{gdzie} \quad \frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta n}{(n - 1)}$$

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = -\frac{\Delta \nu}{\nu} \approx (d - L)\frac{\Delta n}{nd}$$

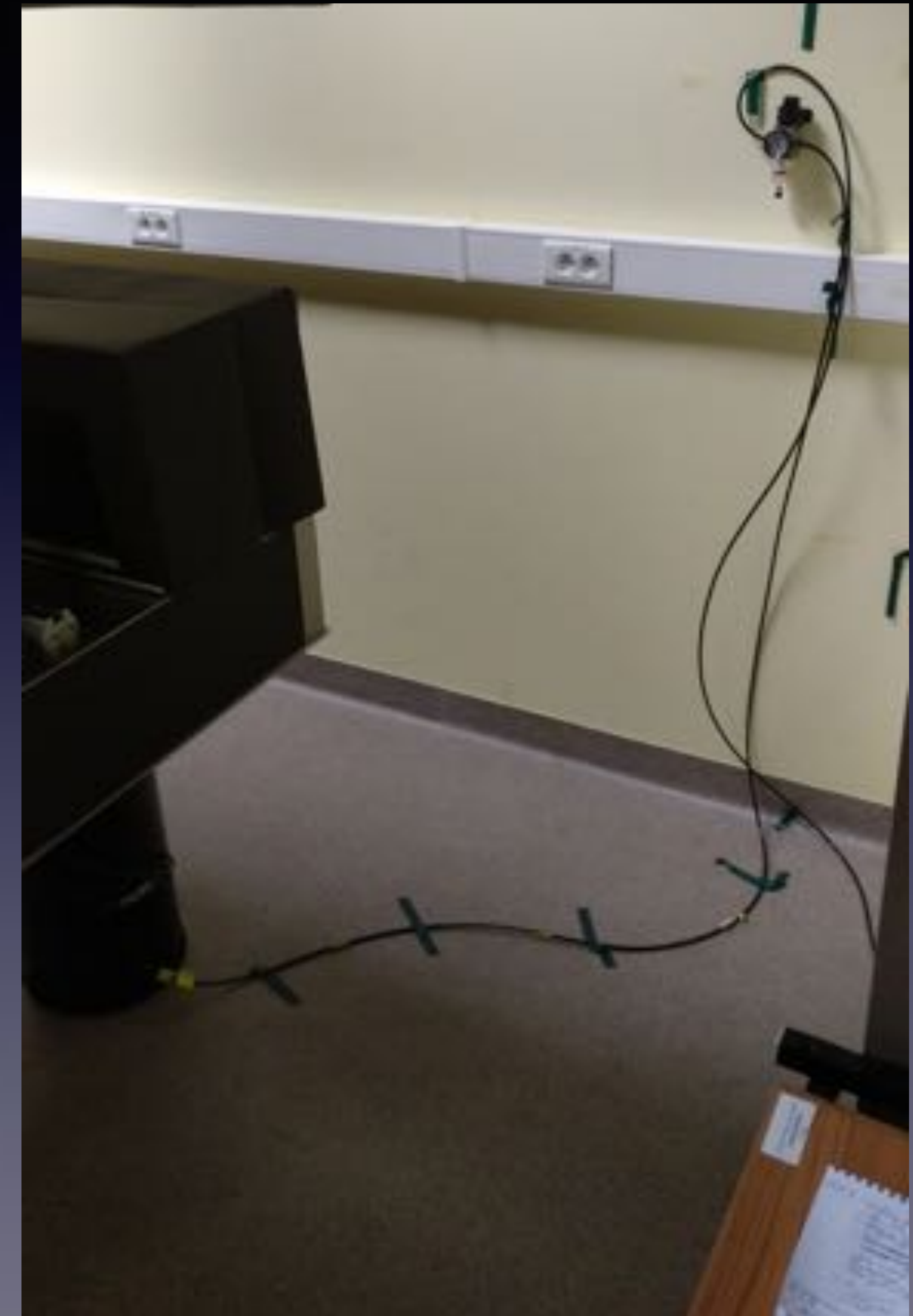
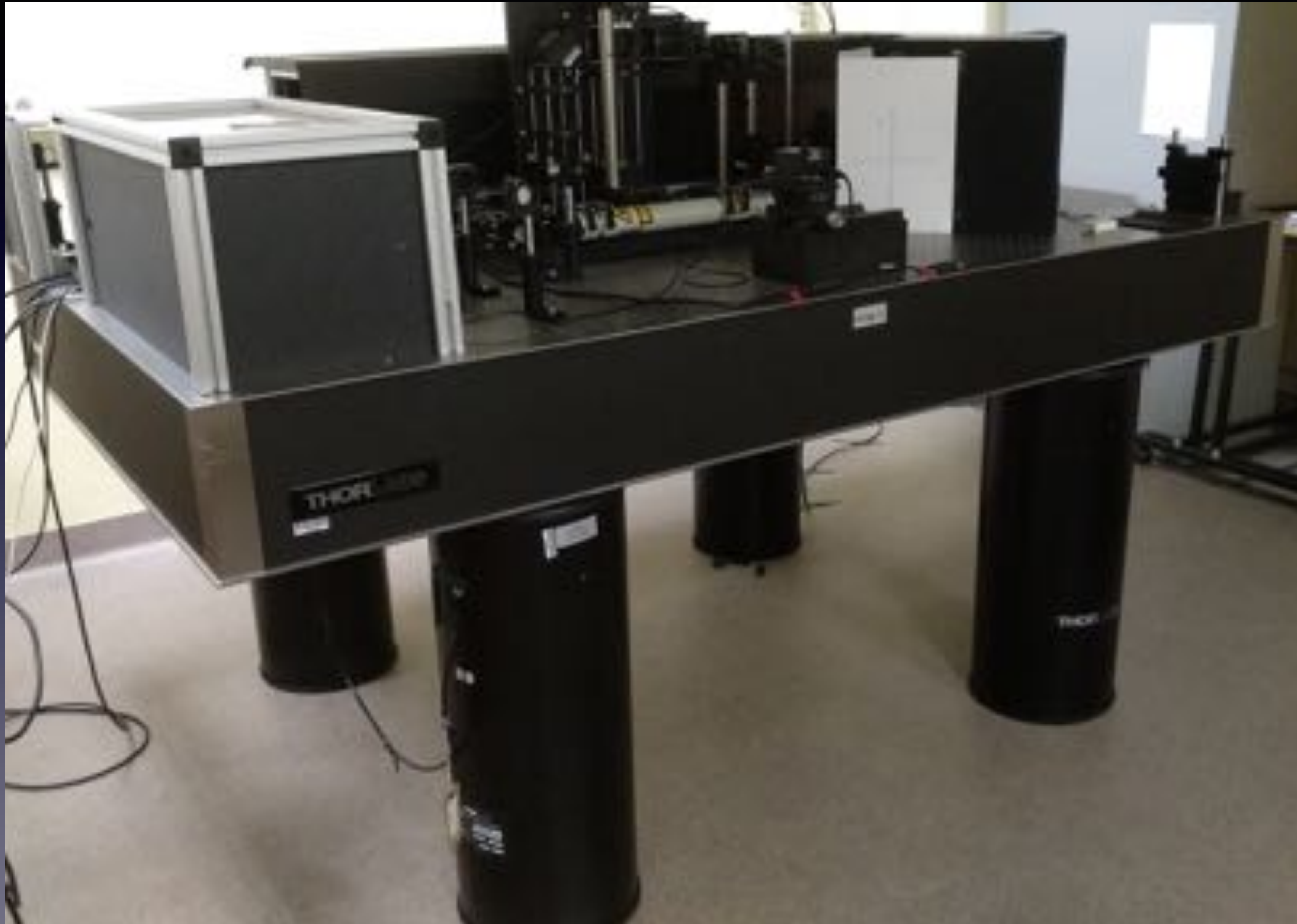
Aby zminimalizować zmiany ciśnienia, albo cały rezonator musi być umieszczony w szczelnej obudowie utrzymującej stałe ciśnienie, albo należy dobrać jak najmniejszy stosunek $(d-L)/d$.

Kompensacja dryftów dokonuje się za pomocą układów sprzężenia.

Fluktuacije



Fluktuacije



Fluktuacije



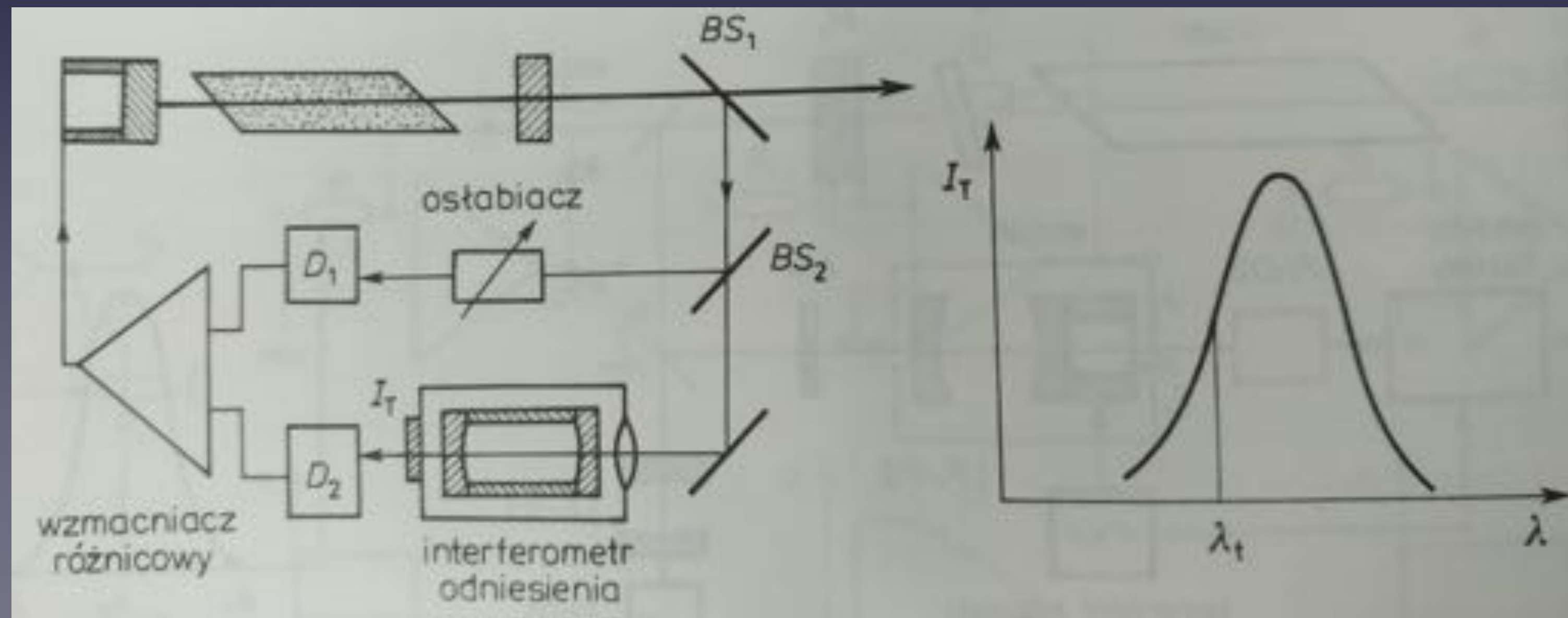
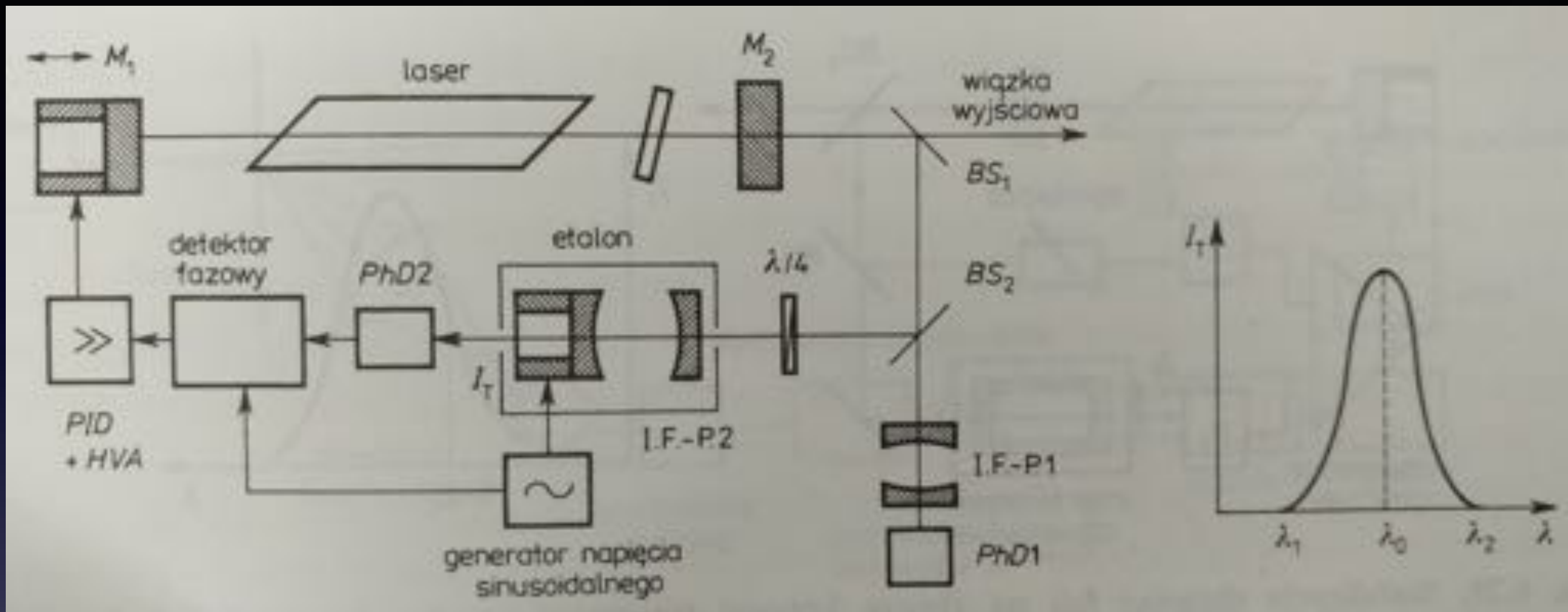
Układ stabilizacji

Wszystkie omawiane zaburzenia powodują, że droga optyczna wewnątrz rezonatora fluktuuje; amplitudy tych fluktuacji mieszczą się zazwyczaj w zakresie kilku nanometrów.

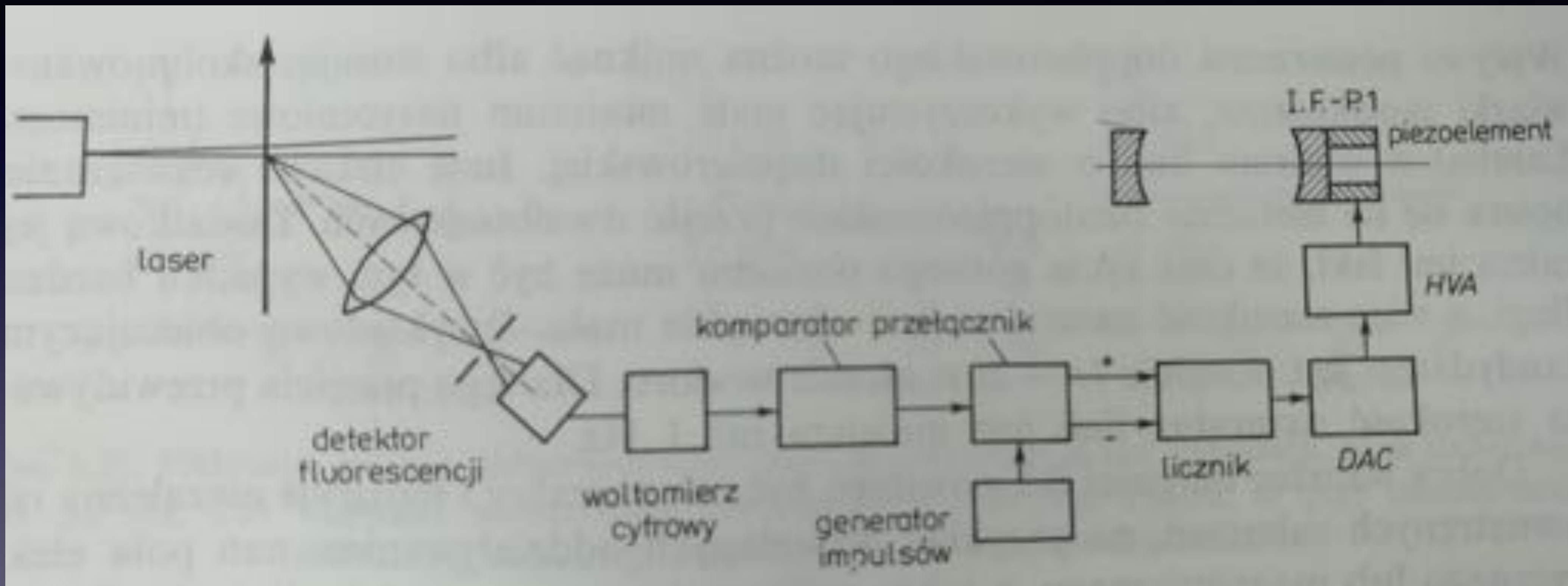
Układ stabilizacji długości fali (częstotliwości) składa się z 3 elementów:

1. **Wzorzec długości fali** - np. długość fali w maksimum albo na zboczu krzywej przepuszczalności interferometru F-P; długość fali przejścia atomowego albo cząsteczkowego; inny laser.
2. **Element podlegający**. W przypadku długości fali jest nim długość rezonatora optycznego nd (w sensie drogi optycznej).
3. **Elektroniczny system regulacji** ze sprzężeniem zwrotnym. Układ ten mierzy różnicę sygnałów i ma za cel najszybciej doprowadzić do wyzerowania różnicy długości fali.

Układ stabilizacji

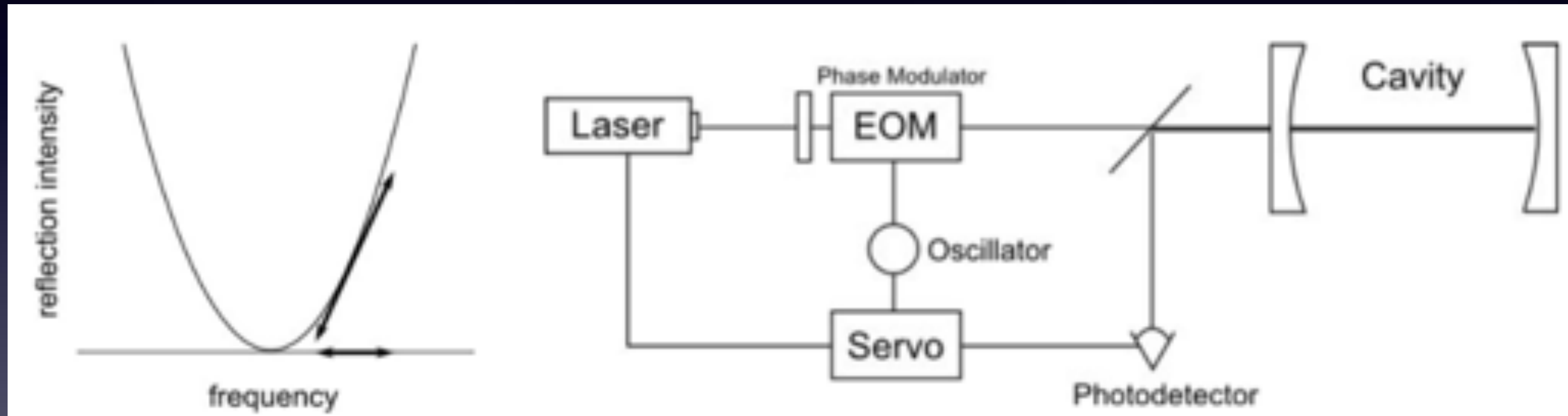


Układ stabilizacji



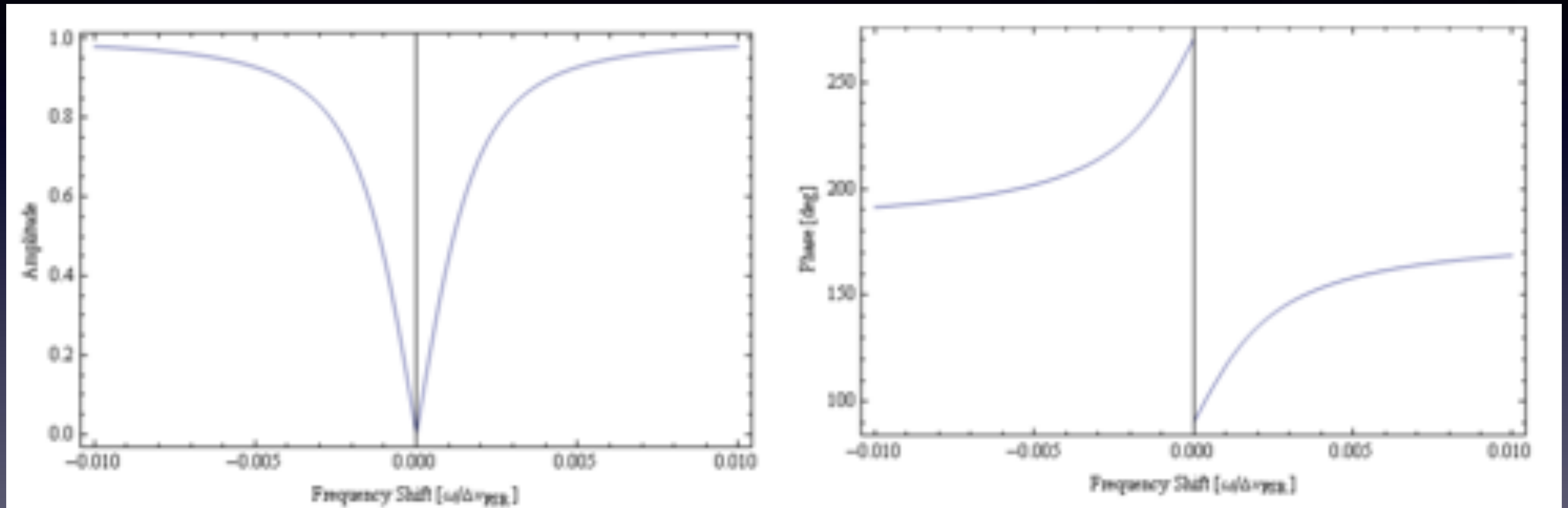
...słowo o stabilizacji natężenia (mocy)...

Stabilizacja laserów diodowych metodą PDH



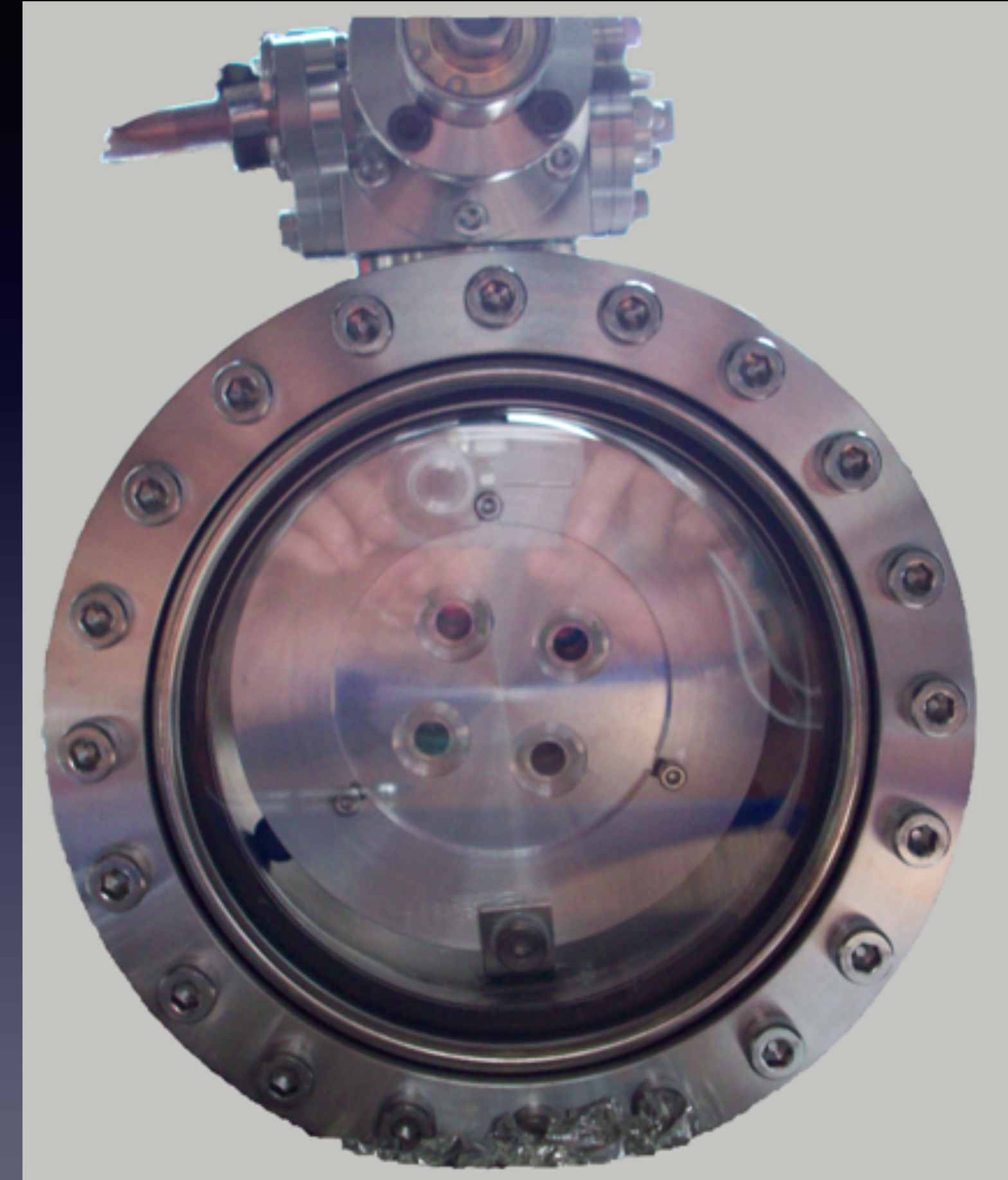
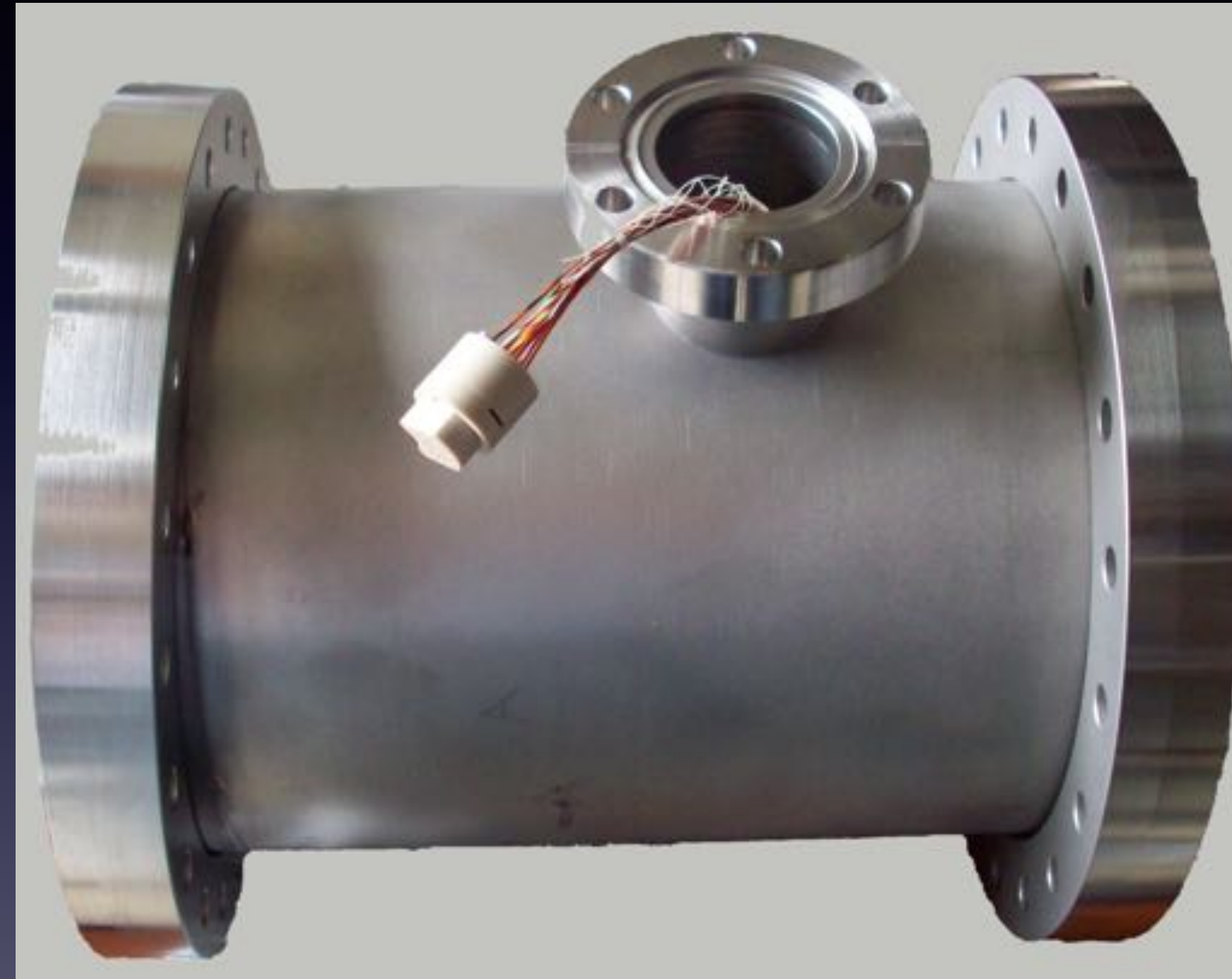
M.N. JILA, University of Colorado and Nist, A review of Pound-Drever-Hall laser frequency locking, (1AD).

Stabilizacja laserów diodowych metodą PDH



M.N. JILA, University of Colorado and Nist, A review of Pound-Drever-Hall laser frequency locking, (1AD).

Stabilizacja laserów diodowych metoda PDH

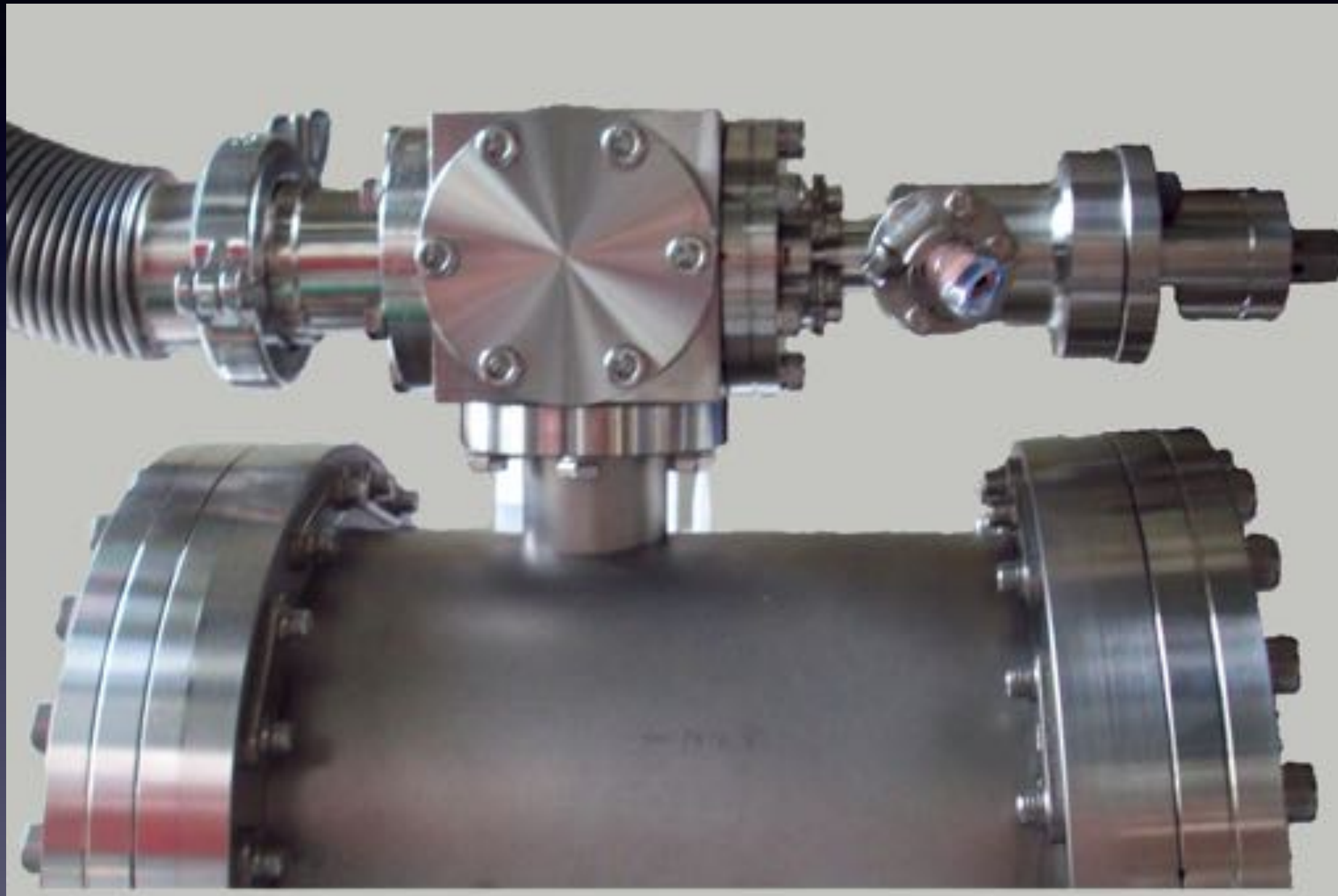


Muir Kumph, Quantum Optics and Spectroscopy, Institut für Experimentalphysik, Universität Innsbruck, obecnie IBM

Łukasz Kłosowski, UMK, Instytut Fizyk, Zakład Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej,

Dawid Kucharski, Division of Metrology and Measurement Systems, Institute of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Management, Poznan University of Technology,

Stabilizacja laserów diodowych metoda PDH

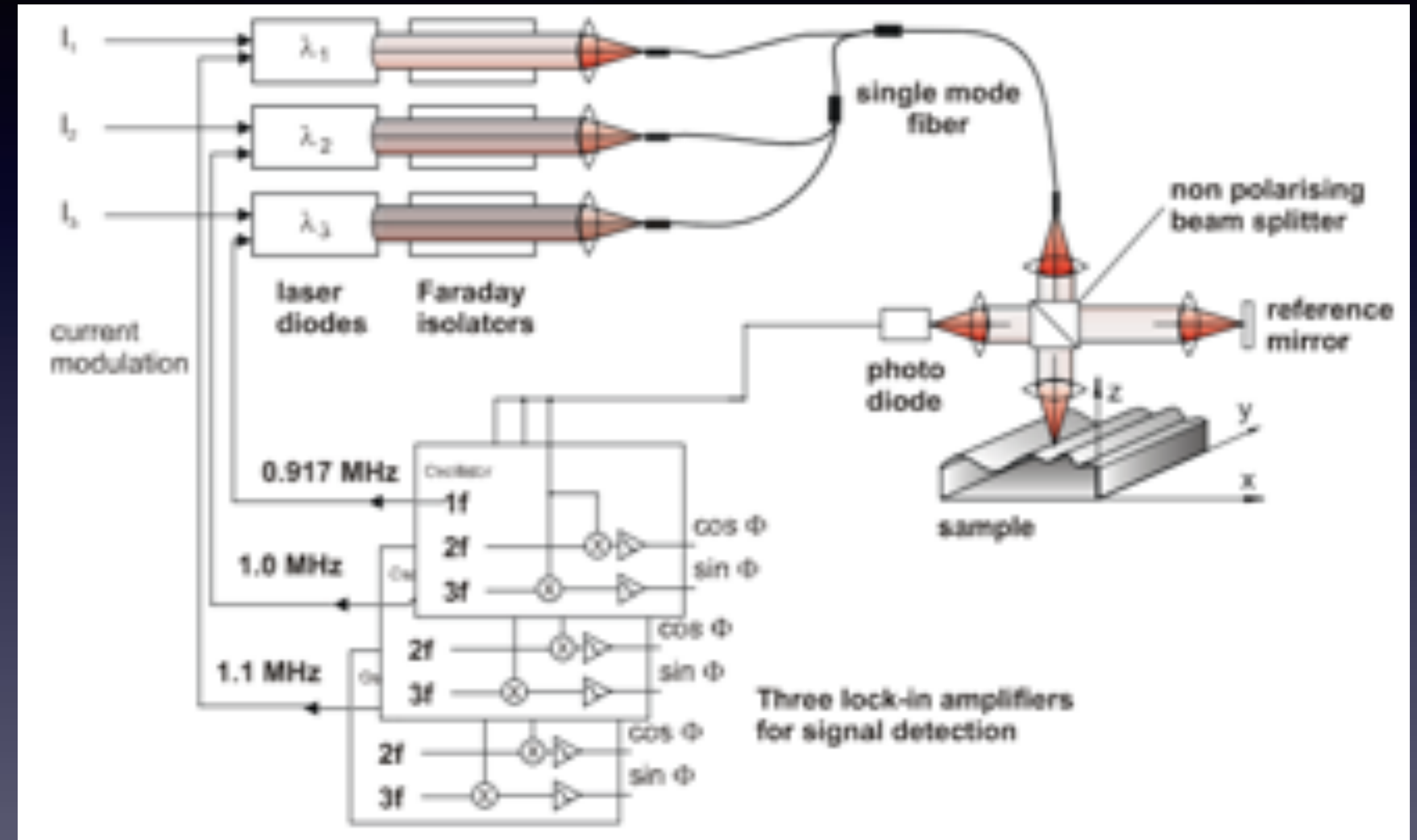
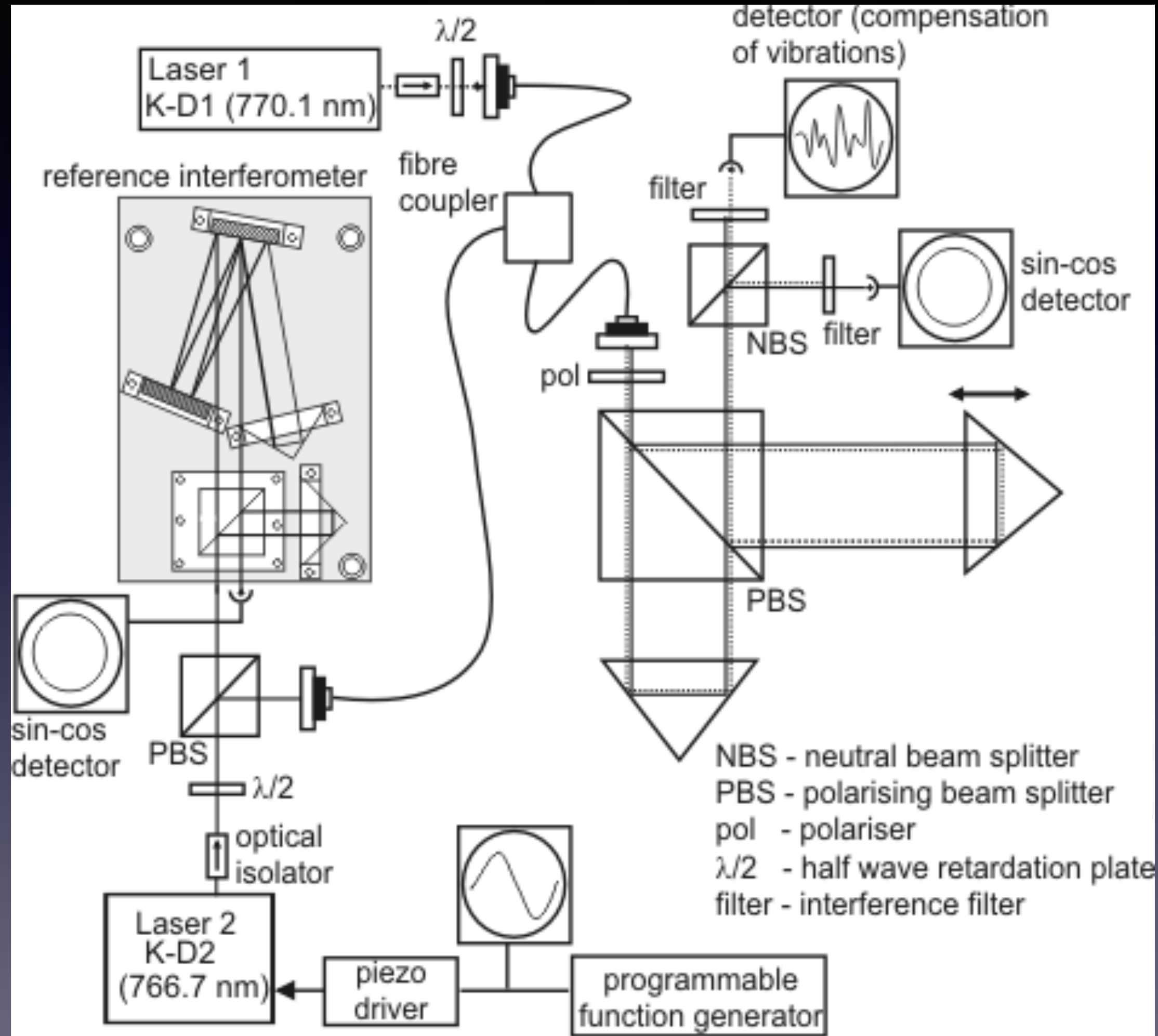


Muir Kumph, Quantum Optics and Spectroscopy, Institut für Experimentalphysik, Universität Innsbruck, obecnie IBM

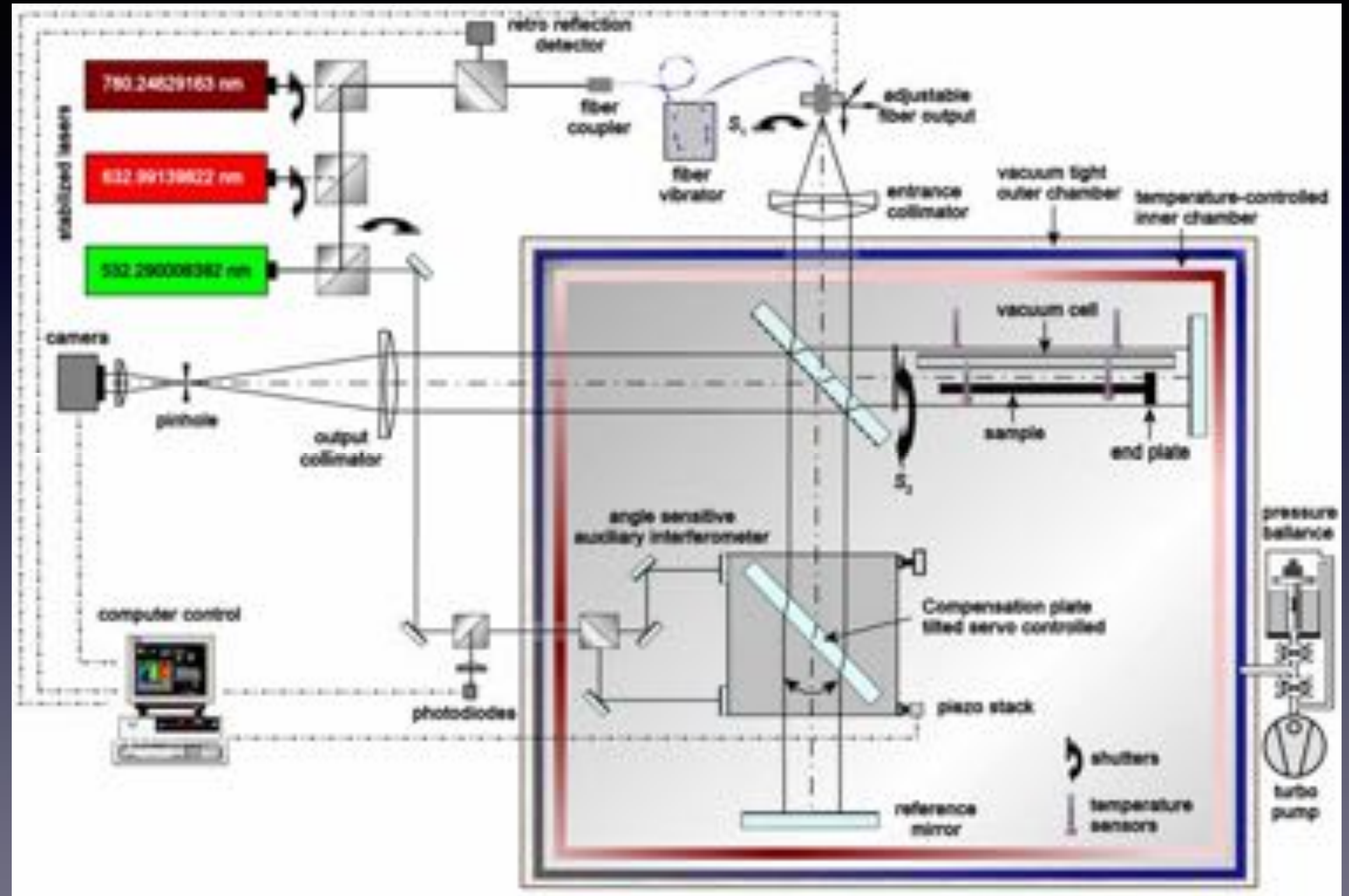
Łukasz Kłosowski, UMK, Instytut Fizyk, Zakład Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej,

Dawid Kucharski, Division of Metrology and Measurement Systems, Institute of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Management, Poznan University of Technology,

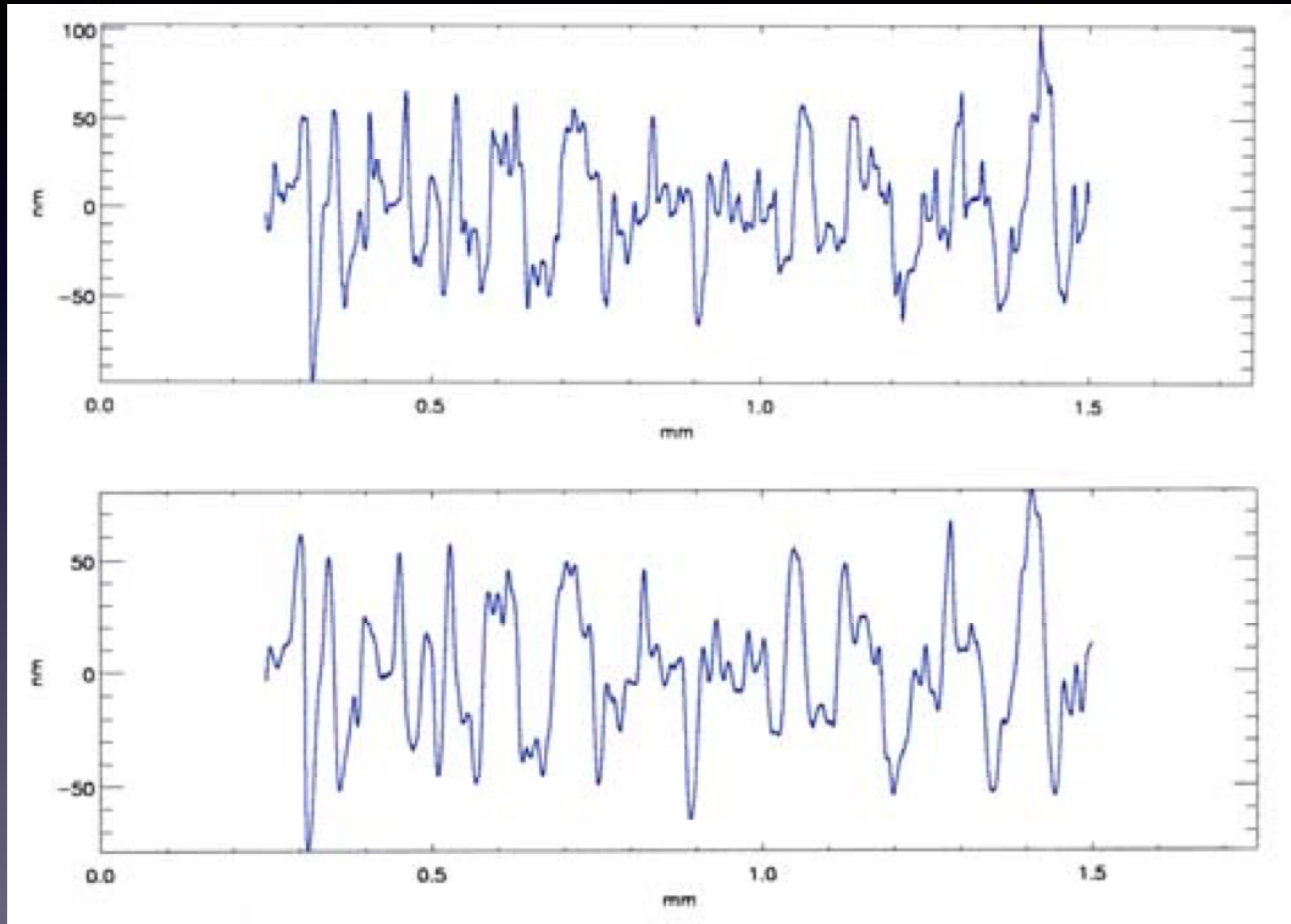
MWLI



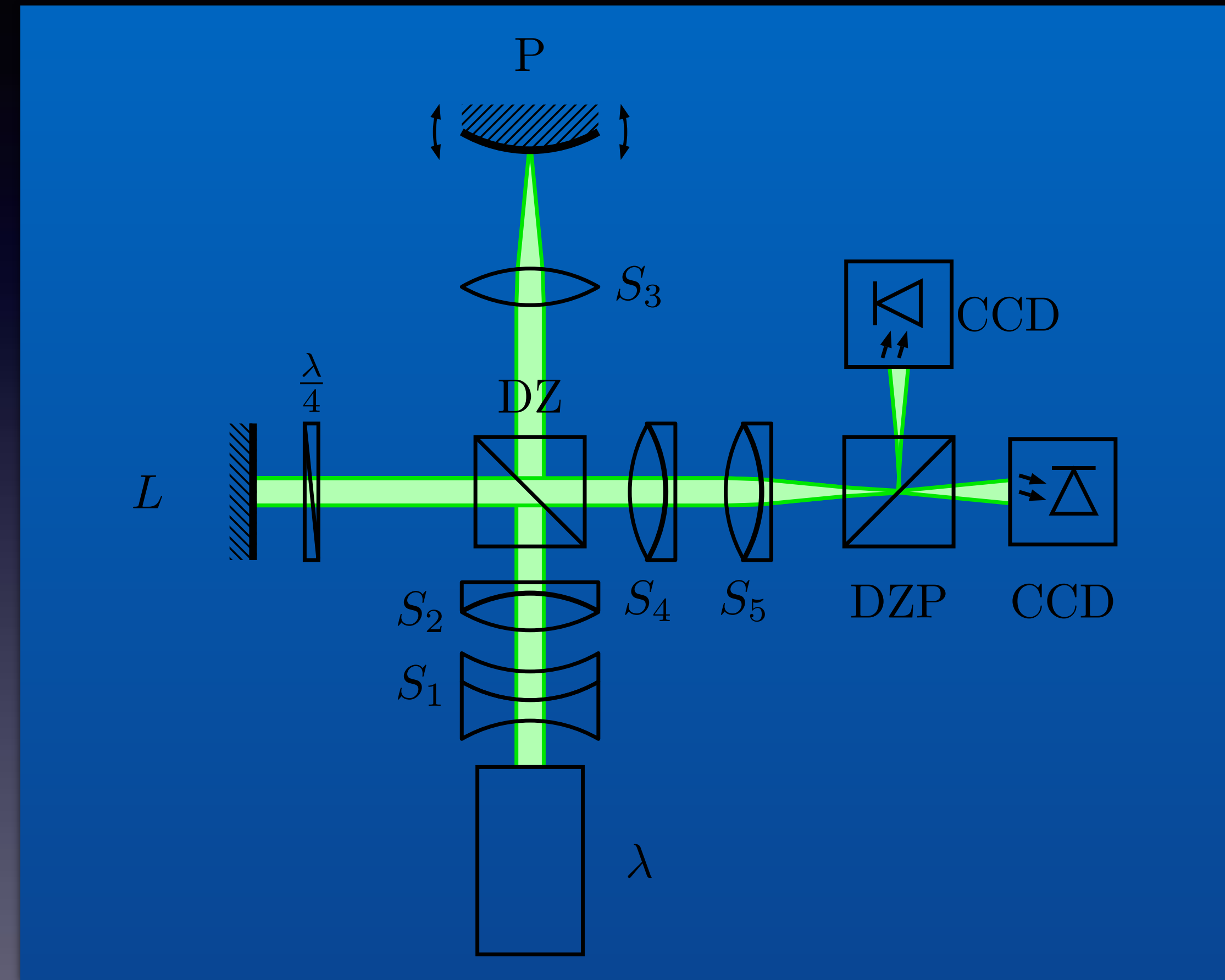
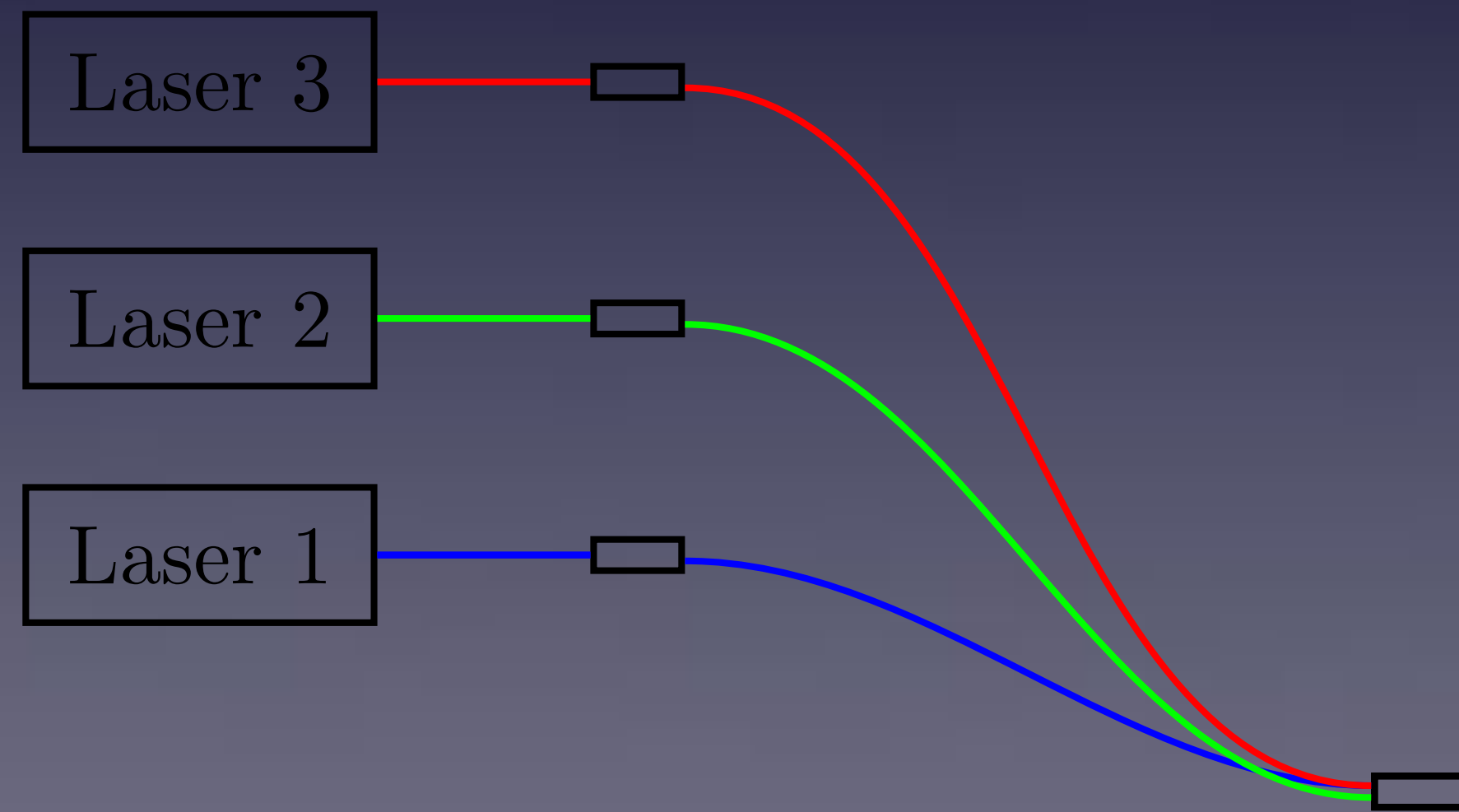
MWLI-PTB



MWLI-PTB



Modyfikacja TG PSI do MWLI



Dziękuję za uwagę