

# **OPTOELEKTORNIKA W MEDYCYNIE**

## **Laboratorium**

Instrukcja do ćwiczenia nr 4

Temat: Wzorcowanie światłowodowego czujnika ciśnienia

## Wstęp

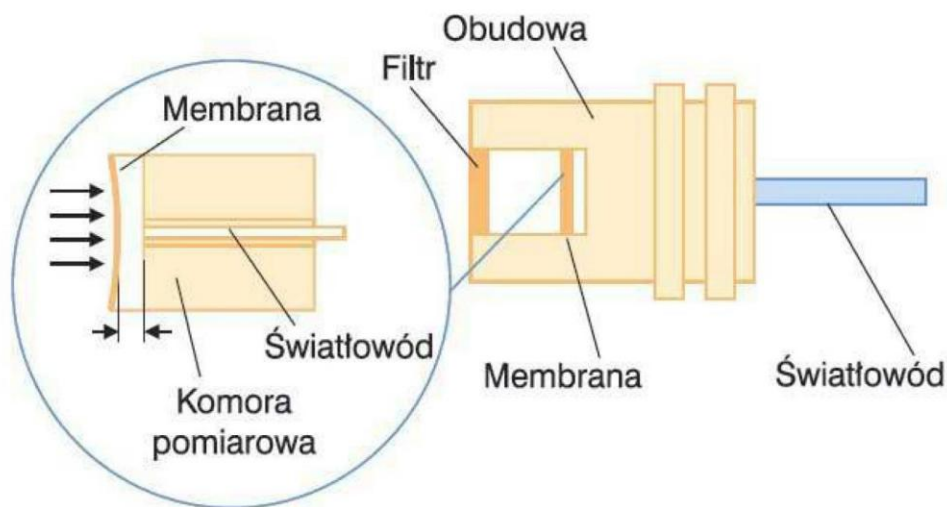
Ćwiczenie przedstawia metodę wzorcowania światłowodowego czujnika ciśnienia. Zaproponowano sposób pomiaru czujnikiem opartym na wykorzystaniu interferometru Fabry-Pérot.

### Zagadnienia do samodzielnego opracowania:

budowa czujników ciśnienia; definicje jednostek ciśnienia (także poza układem SI); prawo Pascala; ciśnienie hydrostatyczne; klasyfikacja czujników światłowodowych;

### 1. Zasada działania czujnika światłowodowego

Zasada działania czujnika opiera się na interferencji fali świetlnych, które przetwarzane są na informację cyfrowe. Zjawisko to jest przedstawione na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat działania czujnika ciśnienia. Źródło: [www.fiso.com](http://www.fiso.com)

Pomiar czujnikiem światłowodowym opiera się na wykorzystaniu interferometru Fabry-Pérot (IFP). Obraz interferencyjny uzyskiwany jest dzięki wnęce rezonansowej. W płaskim IFP równoległa wiązka światła może odbijać się wielokrotnie od płaskich zwierciadeł ustawionych równolegle lub nie odbijać się wcale. Wszystkie promienie (odbijające się i nie odbijające się) interferują ze sobą dając wkład do wypadkowego natężenia światła przechodzącego przez IFP. Natężenia światła na wyjściu określa wzór:

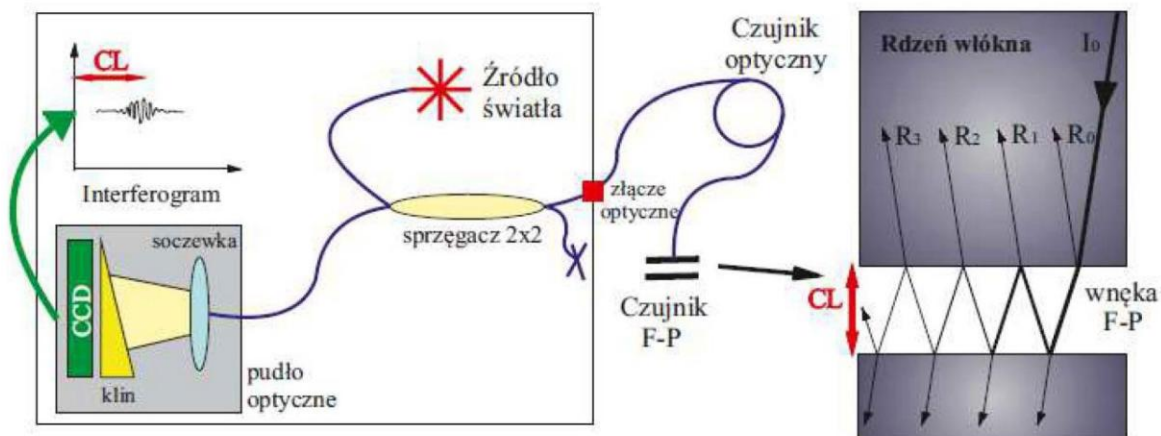
$$I = \frac{I_0}{1 + F \sin^2 \phi} \quad (1)$$

gdzie  $\phi$  jest opóźnieniem fazy, powstałym przy jednokrotnym przejściu wiązki przez wnękę rezonansową, natomiast wielkość

$$F = \frac{4R}{(1 - R)^2} \quad (2)$$

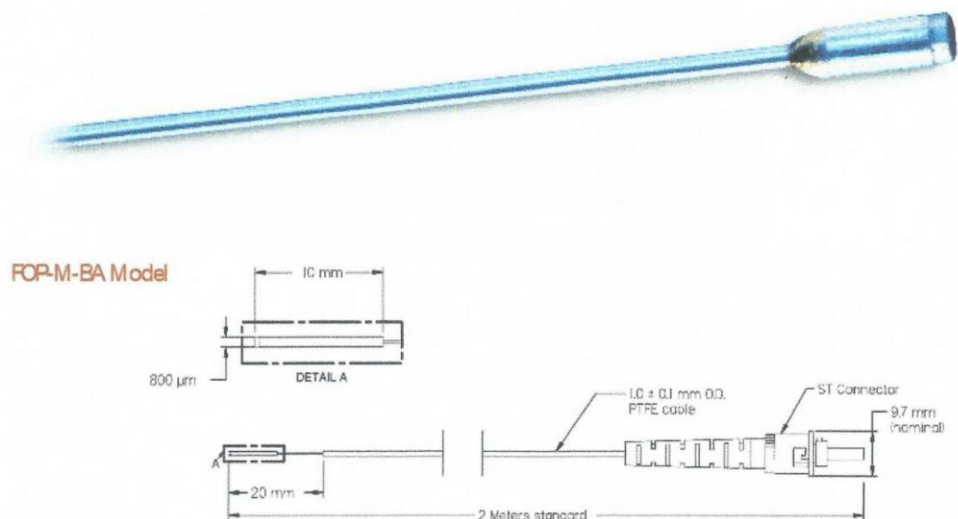
nazywana jest współczynnikiem smukłości prążków interferencyjnych,  $R$  oznacza natężeniowy współczynnik odbicia luster.

Zasada działania IFP przedstawiona jest na rysunku 2. Ciągłe szerokopasmowe źródło światła jest wprowadzane do czujnika optycznego, na którego zakończeniu zlokalizowany jest sensor F-P. Ten czuły element składa się z dwóch równoległych półprzepuszczalnych lusterek oddzielonych wnąką. Światło przechodzące przez pierwsze lustro jest po części odbijane z powrotem a część przedostaje się naprzód. Powtarza się to wiele razy pomiędzy dwoma równoległymi płaszczyznami tworzącymi interferometr F-P.



**Rysunek 2.** Schematyczny opis bezwzględny sygnału pomiarowego F-P opartego na interferencji światła białego (po lewej) i struktura interferometru pomiarowego F-P pokazująca bieg promieni uzyskanych przez rozchodzenie się wiązki światła w rdzeniu włókna optycznego (po prawej).

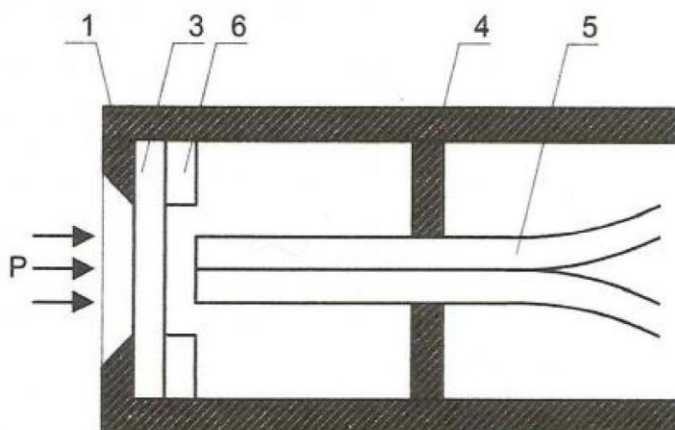
Sonda FOP-M jest solidnym, światłowodowym czujnikiem ciśnienia. Parametry geometryczne czujnika przedstawia rysunek 3.



**Rysunek 3.** Konstrukcja sondy pomiarowej FOP-M. Źródło: [www.fiso.com](http://www.fiso.com)

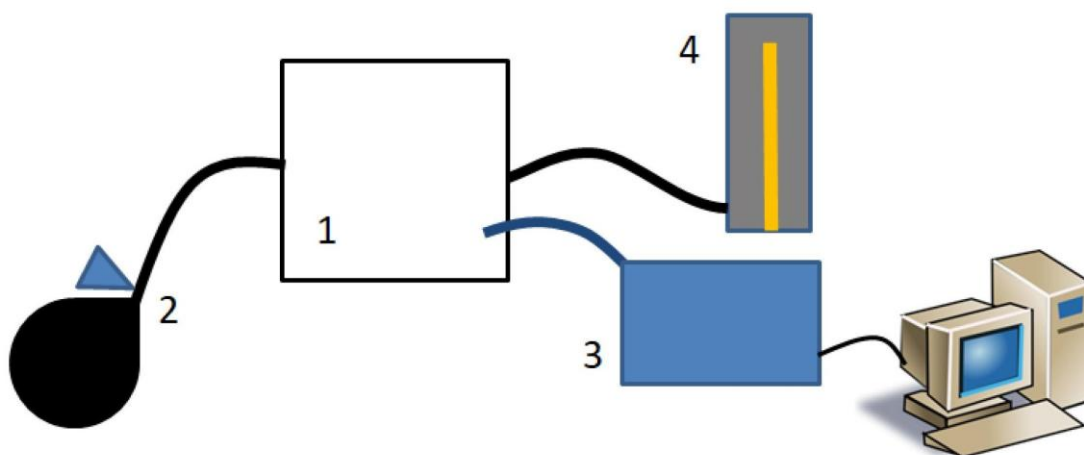
Zakres pomiarowy temperatury czujnika FOP-M wynosi od 0-5 psi, 0-50 psi, 0-150 psi, 0-1000 psi, rozdzielczość <math><0.2\%</math> całej skali, a dokładność pomiaru ciśnienia  $\pm 0,5\%$  całej skali.

Czujnik światłowodowy wykonany jest z materiałów izolacyjnych i jest niewrażliwy na zakłócenia elektromagnetyczne. Poniżej przedstawiony jest czujnik ciśnienia natężeniowy (rysunek 4).



Rysunek 4. Natężeniowy czujnik ciśnienia

#### Układ pomiarowy



Rysunek 5. 1) zbiornik ciśnieniowy; 2) pompka z zaworem do zmniejszania ciśnienia w układzie ciśnieniowym; 3) czujnik światłowodowy podłączony do kondycjonera sygnału i komputera; 4) manometr

#### Przebieg ćwiczenia

1. Włączyć program *FISOCommander 2 Standard Edition* (ikonka dostępna jest na pulpicie),
2. W menu *Connection/Calibration* ustawić port USB jako port urządzenia pomiarowego,
3. W menu *Gage/Chananel Configuration* w oknie *Channel Settings* ustawić odpowiedni czujnik do pomiaru ciśnienia (na wiersz odpowiadający portowi do którego podłączony jest czujnik

światłowodowy należy kliknąć dwukrotnie lewym klawiszem myszy i wybrać *Gauge Factor* zgodny z tym na karcie informacyjnej i czujniku światłowodowym),

4. Zgodnie z zależnościami:

$$1 \text{ mmHg} = 0,001\,333\,224 \text{ bar}$$

$$1 \text{ psi} = 0,0689476 \text{ bar}$$

przeliczyć możliwą do zmierzenia za pomocą czujnika światłowodowego maksymalną wartość ciśnienia (5 psi), na odpowiadającą jej wartość ciśnienia wyrażone w mm Hg i barach.

**Wartości tej nie należy przekraczać podczas pomiaru!**

5. Zadbać, żeby poziom wody w naczyniu pokrywał się z zerem na skali naczynia. Stopniowo zanurzać czujnik światłowodowy w naczyniu z wodą notując głębokość  $h$  końcówki światłowodu oraz wskazywane ciśnienie  $p$ .

### Opracowanie wyników pomiarów

1. Przeliczyć wartości ciśnienia  $p$  wskazywanego przez czujnik ciśnienia na paskale.
2. Obliczyć wartości ciśnienia referencyjnego na głębokościach  $h$  ze wzoru  $p_R = \rho gh$ .
3. Narysować wykres punktowy  $p = f(p_R)$ . Metodą najmniejszych kwadratów określić współczynniki dopasowanej prostej wraz z ich niepewnościami oraz współczynnik korelacji. Przy pomocy odpowiedniego programu komputerowego (np. Origin) narysować krzywe ufności (confidence) dla poziomu ufności wynoszącego 99% (nie pomylić z liniami predykcji).
4. We wnioskach opisać dokładność wzorcowanego czujnika ciśnienia (np. za pomocą współczynnika nachylenia dopasowanej prostej i jego niepewności oraz za pomocą obszaru zakreślonego krzywymi ufności). Żeby wyciągnąć powyższe wnioski, trzeba wiedzieć, jakiej konkretnie zależności spodziewamy się pomiędzy  $p_R$  i  $p$ .  
Przedstawić przykładowe zastosowania takiego czujnika ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań medycznych.