

Ćw. 4

Wzorowanie światłowodowego czujnika do pomiaru ciśnienia

Wstęp

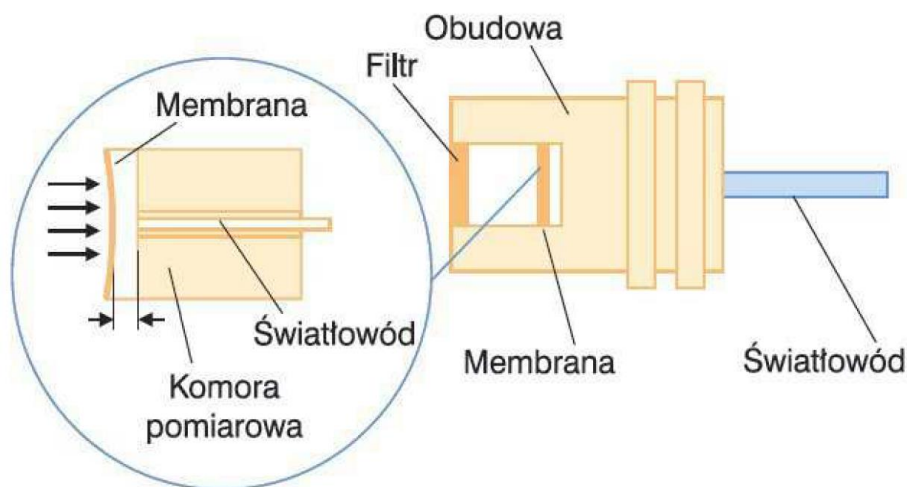
Ćwiczenie przedstawia metodę wzorcowania światłowodowego czujnika ciśnienia. Zaproponowano sposób pomiaru czujnikiem opartym na wykorzystaniu interferometru Fabry-Pérot.

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 świetlnej, które przetwarzane są na informację cyfrową. Schemat budowy czujnika przedstawiony jest na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat działania czujnika ciśnienia. Źródło: 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 równoległe 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:

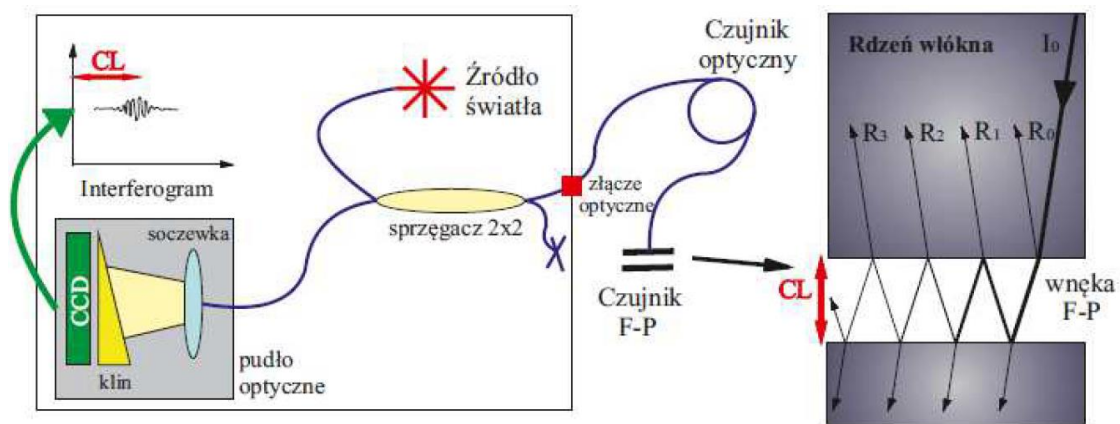
$$I = \frac{I_0}{1 + F \sin^2 \phi} \quad (1)$$

gdzie ϕ jest opóźnieniem fazy, powstałym przy jednokrotnym przejściu wiązki przez wnękę rezonansową, natomiast wielkość

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

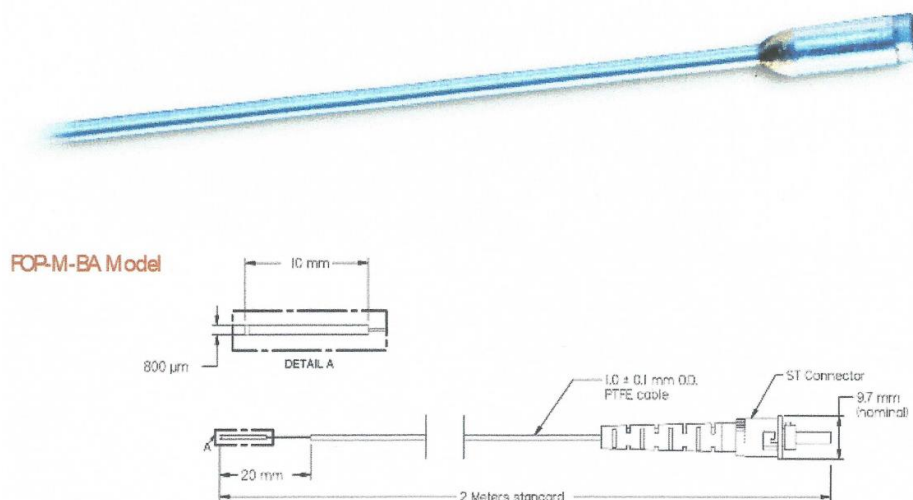
nazywana jest współczynnikiem smukłości prążków interferencyjnych, R oznacza natężeniowy współczynnik odbicia luster.

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 wnęką. 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 bezwzględnego 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).

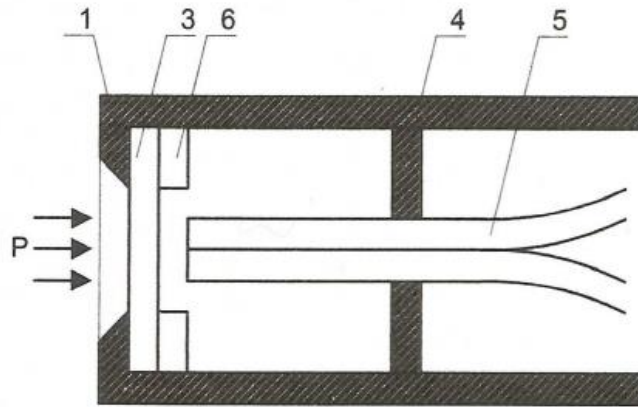
Sonda FOP-M jest solidnym, światłowodowym czujnikiem ciśnienia. Parametry geometryczne czujnika przedstawia rysunek 3.



Rysunek 3. Konstrukcja sondy pomiarowej FOP-M. Źródło: www.fiso.com

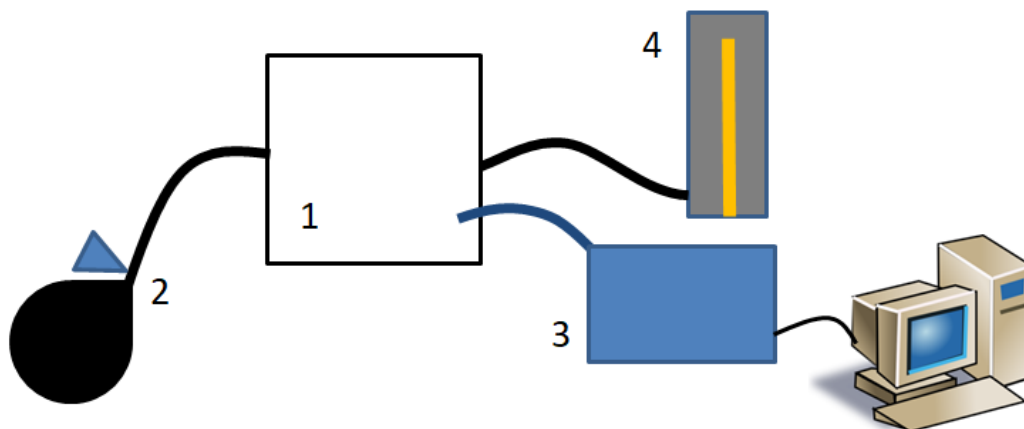
Zakres pomiarowy temperatury czujnika FOP-M wynosi od 0-5 psi, 0-50 psi, 0-150 psi, 0-1000 psi, rozdzielczość <math><0.2\%</math> całej skali, a dokładność pomiaru ciśnienia $\pm 0,5\%$ całej skali.

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 doępna 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. Spuścić powietrze znajdujące się w układzie, tak aby manometr rtęciowy wskazywał 0 mm Hg. Ustawić poziom odniesienia czujnika światłowodowego na wartość 0 (menu *Reference*),
6. Przeszawić dźwignię umieszczoną w dolnej części manometru rtęciowego w pozycję ON, oraz zakręcić gałkę znajdującą się przy pompce.
7. Za pomocą pompki napompować układ nieznacznie poniżej maksymalnego dozwolonego ciśnienia.
8. Upuszczając powietrze za pomocą pokrętła skokowo zmniejszać ciśnienie. Notować ciśnienie p wskazywane przez czujnik światłowodowy oraz ciśnienie referencyjne p_R wskazywane przez manometr rtęciowy. Wyniki zapisać w tabelce.

Opracowanie wyników pomiarów

1. Przeliczyć wartość ciśnienia wskazywaną przez czujnik ciśnienia p_R na bary.
2. Narysować wykres $p=f(p_R)$. Metodą najmniejszych kwadratów określić współczynnik kierunkowy dopasowanej prostej oraz współczynnik korelacji. Przy pomocy odpowiedniego programu komputerowego (np. ORIGIN) narysować linie dla poziomu ufności wynoszącego 99%.
3. We wnioskach opisać dokładność i przydatność wzorcowanego czujnika ciśnienia. Przedstawić przykładowe zastosowania takiego czujnika.