

# **OPTOELEKTORNIKA W MEDYCYNIE**

## **Laboratorium**

Instrukcja do ćwiczenia nr 5

Temat: Sprawdzanie stężenia roztworów glukozy

## Wstęp

Ćwiczenie przedstawia metodę kontroli stężenia roztworów glukozy stosowanych w żywieniu pozajelitowym poprzez pomiar współczynnika załamania przy użyciu czujników światłowodowych. Zaproponowano sposób pomiaru czujnikiem opartym na wykorzystaniu interferometru Fabry-Pérot.

**zagadnienia do samodzielnego opracowania:** prawo odbicia i załamania; transmisja światła – przebyta droga; stężenia roztworów stosowane w chemii i w medycynie; apertura numeryczna; światłowodowe czujniki załamania, budowa, zasada działania, zastosowania.

### Zasada działania czujnika światłowodowego

FRI jest światłowodowym czujnikiem współczynnika załamania, idealnym do pomiarów płynów w przemyśle chemicznym i spożywczym. Najczęściej stosowany do pomiaru stężenia oleju. FRI jest miniaturowym czujnikiem, który zapewnia pomiar ciągły refrakcji in-situ, umożliwia ciągłe monitorowanie dowolnego procesu, przemysłowego, chemicznego inżynierii żywności, eliminując w ten sposób ręczne pobieranie próbek.

Czujniki te zaprojektowano tak, aby wytrzymać zmienną temperaturę, pole elektromagnetyczne oraz wibracje. Przykładowo inżynierowie pracujący nad rozwojem systemów chłodzenia stosują czujniki w projektowaniu systemów chłodzenia.

W dowolnym miejscu, w którym stosowane są płyny chemiczne, można teraz ulepszyć proces i technologię produktu poprzez monitorowanie konkretnych właściwości w czasie.

Zastosowanie czujnika refrakcji FRI pozwala na pełną analizę współczynników załamania światła w najbardziej wymagających środowiskach. Zasada działania czujnika oparta jest na wariacie napełnionej wnęki interferometru Fabrygo- Pérota cieczą. Długość optyczna zmienia się w bezpośrednim stosunku do współczynnika załamania światła próbki cieczy. Pomiar współczynnika załamania światła dokonywany jest przez pomiar długości optycznej wnęki Fabrygo-Pérot za pomocą interferometru światła białego.

Zasada działania czujnika opiera się na interferencji fali świetlnych, które przetwarzane są na informację cyfrowe.

Pomiar czujnikiem światłowodowym opiera się na wykorzystaniu interferometru Fabry-Pérot (IFP). Obraz interferencyjny uzyskiwany jest dzięki wnęcie 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:

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

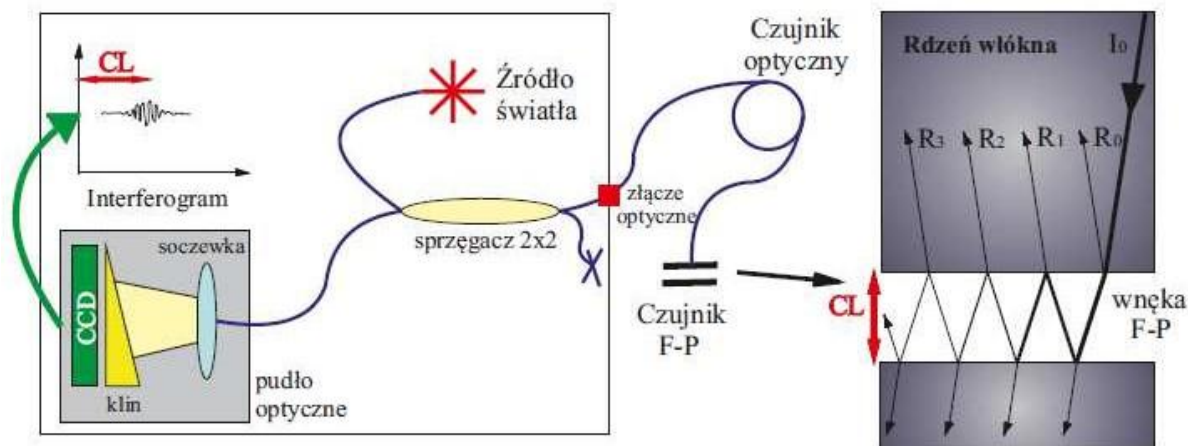
gdzie  $\Phi$  jest opóźnieniem fazy, powstałym przy jednokrotnym przejściu wiązki przez wnękę rezonansową, natomiast wielkość

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

nazywana jest współczynnikiem smukłości prążków interferencyjnych, R oznacza natężeniowy

współczynnik odbicia luster.

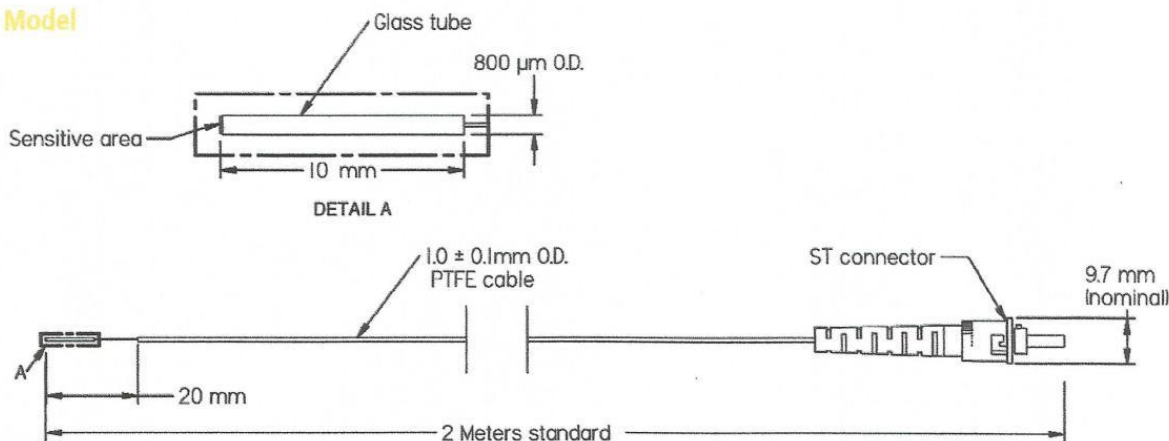
Zasada działania IFP przedstawiona jest na rysunku 1. Ciągłe szerokopasmowe źródło światła jest wprowadzane do czujnika optycznego, na którego zakończeniu zlokalizowany jest sensor F-P. Ten czuły element składa się z dwóch równoległych półprzepuszczalnych lusterek oddzielonych wnęką. Światło przechodzące 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 1.** Schematyczny opis bezwzględnego sygnału pomiarowego IFP opartego na interferencji światła białego (po lewej) i struktura interferometru pomiarowego IFP pokazująca bieg promieni uzyskanych przez rozchodzenie się wiązki światła w rdzeniu włókna optycznego (po prawej).

Sonda FRI-BA jest solidnym, światłowodowym czujnikiem współczynnika załamania. Parametry geometryczne czujnika przedstawia rysunek 2:

**FRI-BA Model**



**Rysunek 2.** Konstrukcja sondy pomiarowej FRI-BA.  
Źródło: [www.fiso.com](http://www.fiso.com)

Zakres pomiarowy współczynnika załamania czujnika FRI-BA wynosi od 1,0000 do 1,7000 ,rozdzielczość 0,0001 RI, a dokładność pomiaru  $\pm 0,0005$  RI. Temperatura robocza 0-100 °C, Typ złącza ST.

## Przebieg ćwiczenia

1. Ustawić czujnik współczynnika załamania w odpowiednich pojemnikach roztworu glukozy o stężeniu opisanym jako  $C=0\%$ ,  $5\%$ ,  $10\%$ ,  $15\%$ ,  $20\%$ ,  $25\%$ ,  $30\%$ ,  $35\%$ ,  $40\%$ .
2. Odczytać wartość współczynnika załamania  $n$ .
3. Wykonać kilka serii pomiarów.
4. Sporządzić roztwór glukozy o nieznanym stężeniu i dokonać pomiaru tego stężenia mierząc jego współczynnik załamania.
5. Narysować wykres  $n=f(C)$  oraz metodą najmniejszych kwadratów określić współczynniki kierunkowe prostej, współczynnik korelacji oraz narysować (przy pomocy odpowiedniego programu komputerowego) linię dla poziomu ufności wynoszącego  $99\%$ . Jeżeli narysowanie linii dla tego poziomu ufności się nie uda to należy sporządzić statystykę odległości (w poziomie) punktów wzorcujących od dopasowanej prostej i wyznaczyć niepewności odczytu stężenia z tej prostej, należy pamiętać o podaniu w sprawozdaniu danych statystyki.
6. Na podstawie wykresu i współczynników dopasowania podać wynik pomiaru roztworu o nieznanym stężeniu (wraz z niepewnością rozszerzoną).