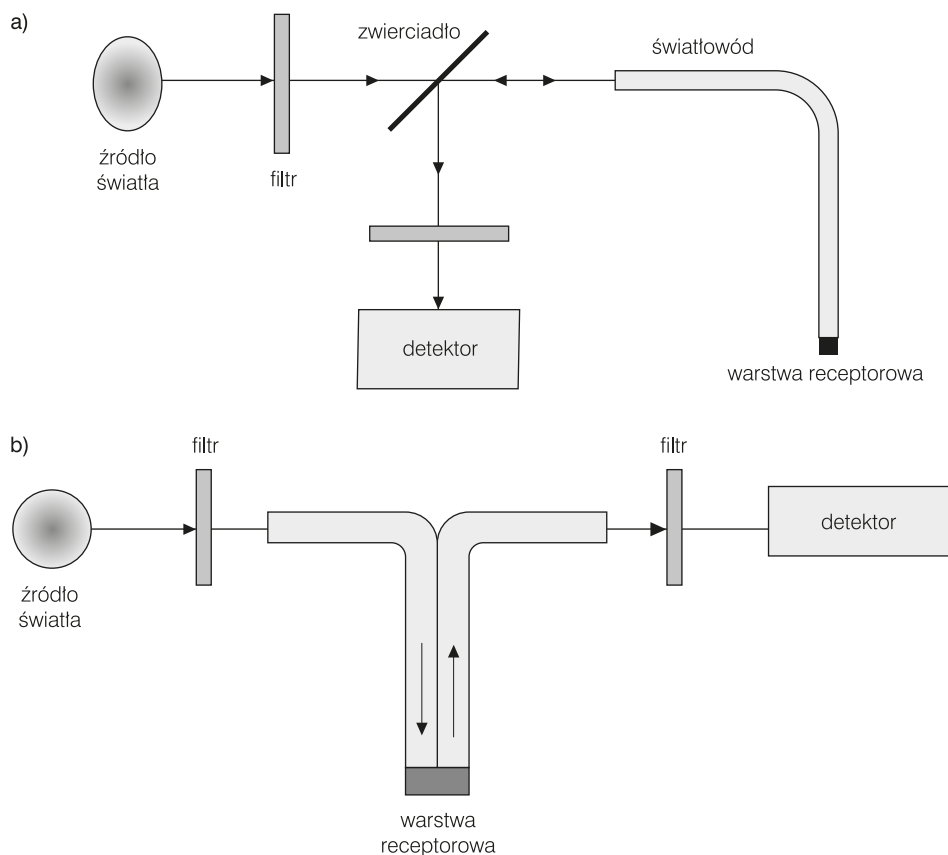


W konstrukcji czujników światłowodowych może być stosowany pojedynczy światłowód, który służy zarówno do doprowadzenia wiązki świetlnej do badanego obiektu — próbki analitycznej — jak i do odbioru sygnału optycznego i doprowadzenia go do detektora. Jest to czujnik jednoświatłowodowy (rys. 11.9a). Często wygodnym układem, niewymagającym rozdzielania wiązek za pomocą zwierciadła, jest czujnik dwuświatłowodowy (rys. 11.9b), w którym jeden światłowód przekazuje promieniowanie ze źródła do próbki, a drugi od próbki do detektora. Jako źródła promieniowania w czujnikach stosowane mogą być układy używane w spektrofotometrach, które mają możliwość wyprowadzenia i wprowadzenia wiązki promieniowania za pomocą światłowodów. W pewnym sensie komplikuje to konstrukcję czujnika. Z tego względu preferowane jest stosowanie laserów, laserowych diod półprzewodnikowych i diod elektroluminescencyjnych z ewentualną korekcją monochromatyzacji za pomocą filtrów interferencyjnych. Jako detektory stosowane są fotodiody i fototranzystory. Do ważnych charakterystyk należy zakres długości fali, w którym detektor wykazuje odpowiednią czułość, mały prąd ciemny i krótki czas odpowiedzi.

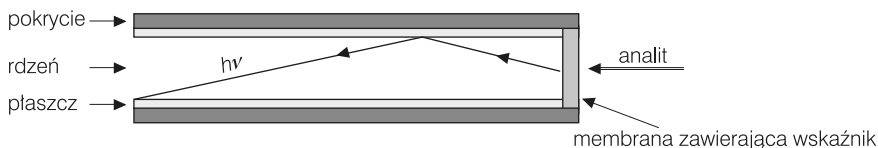


Rys. 11.9. Schemat układu pomiarowego czujnika optycznego jednoświatłowodowego (a) i dwuświatłowodowego (b) (za zgodą Oficyny Wydawniczej Politechniki Warszawskiej [Brzózka Z., Wróblewski W., *Sensory chemiczne*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998])

Najprostszy rodzaj czujników optycznych nie wymaga specyficznego rozpoznawania analitu, lecz wykorzystuje jego naturalne właściwości optyczne. Czujniki takie są jakby przedłużeniem klasycznego układu spektrofotometrycznego dzięki wyprowadzeniu czynności źródła i detektora poza obręb przyrządu. Wymienić tu można czujnik jonów miedzi, wykorzystujący ich charakterystyczną absorpcję przy 930 nm, czujnik do oznaczania chlorowanych węglowodorów, wykorzystujący ich widmo w zakresie bliskiej podczerwieni, lub czujnik do oznaczania niektórych związków organicznych na zasadzie wzbudzenia fluorescencji przez doprowadzoną światłowodem wiązkę promieniowania.

Jeśli nie ma możliwości bezpośredniego wykorzystania właściwości optycznych analitu, to konieczne jest wprowadzenie wskaźnika do układu receptora, który będzie reagował z analitem. Tego typu czujnik nosi nazwę **optody** (ang. *optode*) lub **optrody** (ang. *optrode*) na zasadzie podobieństwa do elektrody. Wskaźnik może być unieruchomiony na końcówce światłowodu w wyniku adsorpcji, wymiany jonowej, inkluzji w polimerze lub nawet wiązania kowalencyjnego. Unieruchomienie wskaźnika pozwala na przedłużenie czasu życia czujnika, gdyż utrudnia jego wymywanie z końcówki czujnika. Z tego względu kowalencyjne wiązanie związku wskaźnikowego jest szczególnie korzystne.

Jeśli wskaźnik jest unieruchomiony na końcu światłowodu, to sygnał analityczny powstaje w wyniku pomiaru promieniowania odbitego lub powstającej fluorescencji (rys. 11.10). Można również stosować światłowód, z którego usunięto płaszcz i zastąpiono go membraną zawierającą wskaźnik. W takiej sytuacji promieniowanie przechodzące światłowodem jest modyfikowane i sygnał analityczny związany jest z zanikającą falą powstającą na granicy dwóch ośrodków. Przykładem jest czujnik do oznaczania amoniaku. Błękit bromotymolowy jako wskaźnik pH jest unieruchomiony w warstwie silikonowej i pod wpływem dyfundującego amoniaku zmienia zabarwienie z żółtej na niebieską w zakresie pH 6,0–7,6.



Rys. 11.10. Schemat końcówki światłowodu czujnika optycznego z membraną zawierającą wskaźnik

Oddziaływanie wskaźnika z analitem jest oparte na ustalaniu się równowagi chemicznej, określonej wartością stałej równowagi tworzenia związku o pożądanych właściwościach optycznych.

Dobrym przykładem takiego czujnika są optyczne czujniki pH, zawierające w receptorze wskaźnik pH, np. czerwień fenolową o zakresie zmiany pH od 3,0 do 5,2, osadzoną na kulkach poli(akryloamidowych). Sygnał analityczny powstaje przez pomiar stosunku natężeń wiązek odbitych przy $\lambda = 558$ nm (absorpcja formy zasadowej) i przy $\lambda = 600$ nm, w punkcie izobestycznym obu form: kwasowej i zasadowej. W czujnikach pH może być wykorzystana również fluorescencja. Takim czujnikiem jest np. optoda zawierająca kowalencyjnie związany na celulozie kwas 1-hydroksypireno-3,6,8-trisulfonowy (HPTS). W zakresie pH około 5 maksimum fluorescencji przypada przy $\lambda = 405$ nm, a w zakresie pH około 9 przy $\lambda = 455$ nm. Sygnałem analitycznym jest stosunek obu natężeń. Ze względu na zakres pH odpowiadający wartościom fizjologicznym czujnik ten ma zastosowania medyczne.