

### [Akceptuję](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)  
[.net](#)  
[Innowacje](#)  
[Nauka](#)  
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

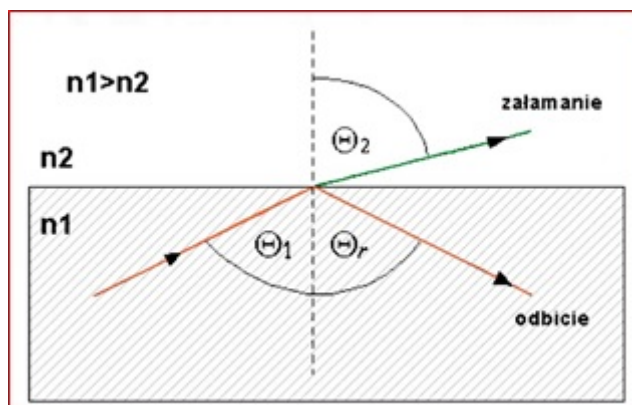
[Strona główna](#) > [Artykuły](#)

## Optroda – przykład sensora chemicznego

**Optyczny sensor chemiczny (tj. optroda) jest urządzeniem, które przetwarza chemiczną informację o próbce (np. stężenie określonego składnika w próbce) na sygnał użyteczny analitycznie. Wiązka światła przenoszona jest między elementami sensora za pomocą włókien światłowodowych. W ten sposób wiązka oddziałuje przez całą drogę z granicą między ośrodkami o różnej gęstości optycznej, które to oddziaływanie zachodzi bez strat dzięki zjawisku całkowitego wewnętrznego odbicia.**

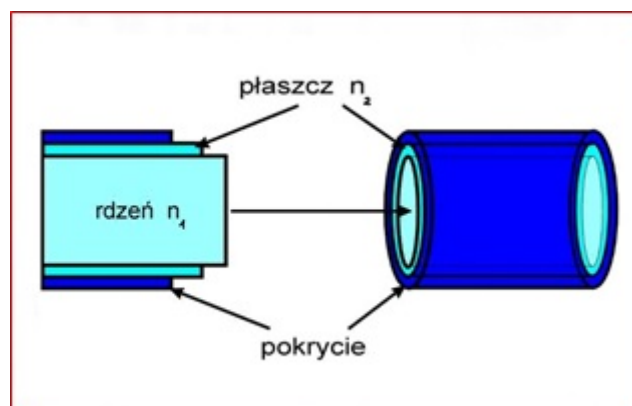
Kiedy światło dociera z optycznie gęstszego ośrodka o współczynniku załamania  $n_1$  do graniczącego z nim optycznie rzadszego ośrodka o współczynniku załamania  $n_2$ , to może zostać albo odbite z powrotem do **fazy 1**, albo załamane do **fazy 2**. O tym, które z tych zjawisk zajdzie decyduje kąt padania wiązki  $Q_1$  do granicy tych faz (Rys. 1).

Dla wartości  $Q_1 > Q_c$  wiązka światła zostaje całkowicie odbita do gęstszej fazy (całkowite wewnętrzne odbicie). Kąt wiązki odbitej  $Q_r$  równy jest kątowi wiązki padającej  $Q_1$ .



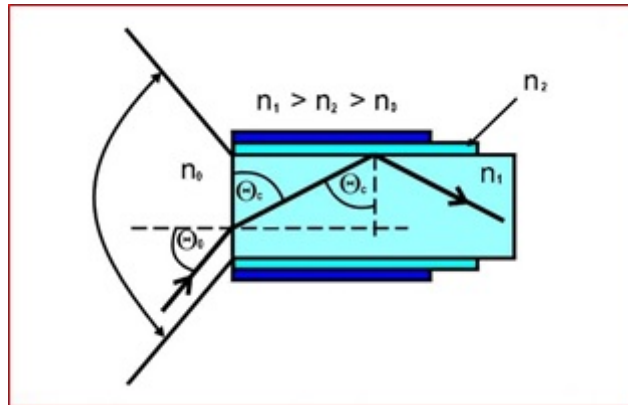
Rysunek 1. Schemat ilustrujący zjawisko odbicia i załamania na granicy ośrodków o różnej gęstości optycznej [1].

Rdzeń optyczny o współczynniku załamania światła  $n_1$  (typowym materiałem jest krzemionka, dla której  $n_1 = 1,6$ ) otoczony jest izolatorem optycznym, nazywanym płaszczem, o niższym współczynniku  $n_2$  (wartość ok.  $1,5$ ). Zewnętrzna osłona zabezpiecza całość i nie ma innej specjalnej funkcji (Rys. 2)

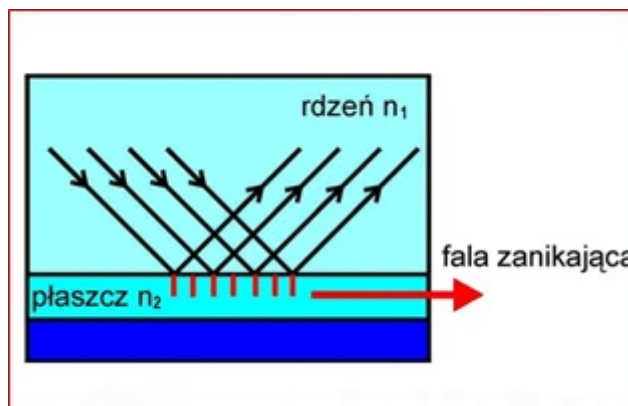


Rysunek 2. Schemat budowy typowego włókna światłowodowego [1].

Żeby wiązka światła ulegała całkowitemu odbiciu musi wchodzić do końcówki światłowodu wewnątrz określonego stożka, którego kąt jest ściśle związany z krytycznym kątem załamania na granicy faz rdzeń-płaszcz (Rys. 3). Podobnie, światło opuszczając koniec włókna rozchodzi się jedynie pod tym samym stałym kątem. Istotne jest więc ustalenie kształtu owego stożka, przy projektowaniu sensorów optycznych. Kąt  $Q_0$  określa tzw. stożek akceptacji.



Rysunek 3. Sposób propagacji światła w światłowodzie [1].



Rysunek 4. Powstawanie fali zanikającej [1].

Światło, które dochodzi do granicy faz rdzeń-płaszcz światłowodu pod kątem większym od kąta krytycznego, ulega całkowitemu wewnętrznemu odbiciu. Mimo to niewielka część promieniowania penetruje na małą głębokość płaszcz, tworząc pole elektromagnetyczne, zwane falą zanikającą.

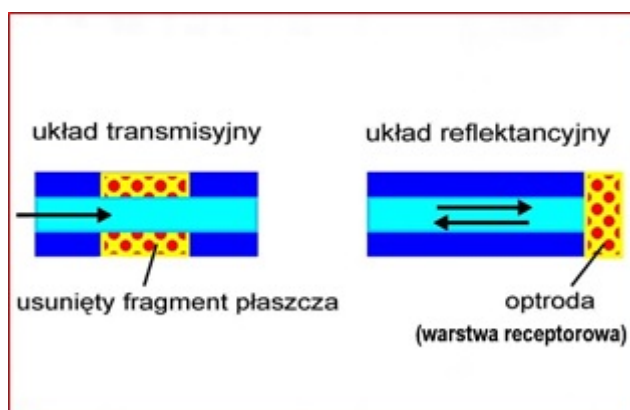
Fala zanikająca rozprzestrzenia się równoległe do granicy faz rdzeń-płaszcz i może oddziaływać z cząsteczkami znajdującymi się w płaszczu blisko tej granicy (Rys. 4).

Fala zanikająca jest bardzo ważnym zjawiskiem w sensorach optycznych. Można ją wykorzystać w sensorze, w którym płaszcz zastąpiony jest fazą zawierającą odczynnik, którego własności optyczne zmieniają się przy oddziaływaniu z próbką (tzw. warstwa receptorowa). Zaletą tego rozwiązania jest to, że oddziaływania mają miejsce w cienkiej warstwie odczynnika. Możliwe jest więc opracowanie sensora, w którym warstwa odczynnika jest na tyle cienka, że pozwala na szybkie ustalenie stanu równowagi z próbką. Warstwa ta jest jednocześnie na tyle gruba, że zapobiega jakimkolwiek oddziaływaniom między falą zanikającą a próbką, co doprowadziłoby do powstania błędów.

## Rodzaje sensorów optycznych

Konstrukcje sensorów optycznych można podzielić według sposobu wykorzystania światłowodów na sensory jednoświatłowodowe i sensory dwuświatłowodowe lub według sposobu oddziaływania na światłowód na sensory z modyfikowaną strukturą światłowodu oraz sensory z niemodyfikowanym włóknem światłowodowym.

Do konstrukcji jednoświatłowodowego sensora może być użyty pojedynczy światłowód jako włókno jednocześnie doprowadzające i transmitujące światło do układu detekcyjnego. Tę grupę można podzielić na układy transmisyjne zbudowane ze światłowodu z usuniętym płaszczem i zamiast niego naniesioną warstwą czułą na badaną wielkość (in. warstwą receptorową). Zmiana absorpcji lub współczynnika załamania "nowego płaszcza", spowodowana zmianą stężenia badanej wielkości, wpływa na właściwości transmisyjne światłowodu. Wykorzystuje się tu zjawisko częściowego wnikania pola elektromagnetycznego do obszaru płaszcza światłowodu (tzw. fali zanikającej) oraz układy reflektancyjne (odbiciowe), gdzie promieniowanie ze źródła światła dociera do optrody i powraca do układu detekcyjnego tym samym światłowodem (Rys. 5).

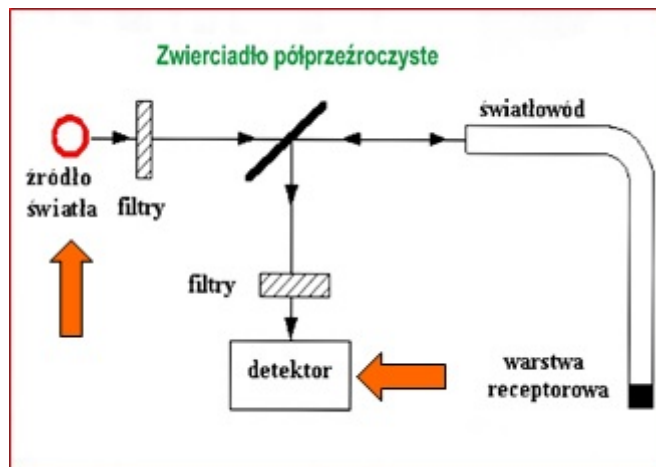


Rysunek 5. Schemat układu transmisyjnego oraz reflektancyjnego [1].

W konstrukcjach sensorów dwuświatłowodowych lub wykorzystujących wiązkę światłowodów, promieniowanie dociera do optrody jednym światłowodem, ulega modyfikacji w stopniu zależnym od stężenia badanej substancji i jest transmitowane do detektora drugim włóknem. Wykorzystanie wiązki światłowodów, zamiast pojedynczego włókna, prowadzi do uzyskania większej mocy docierającej do optrody i w konsekwencji większego sygnału detekcyjnego (kosztem jednak większych wymiarów geometrycznych sensora). W zależności od typu konstrukcji sensora, możemy stosować różne układy pomiarowe.

Rozwiązaniem układu pomiarowego dla niemodyfikowanego jednoświatłowodowego (lub wiązki) sensora jest stosowanie rozgałęziacza światła, a w szczególności dwubarwnego zwierciadła półprzeźroczystego. Zwierciadło takie charakteryzuje się wysokim współczynnikiem odbicia dla wiązki pierwotnej (wzbudzającej) i wysoką przepuszczalnością dla wiązki wtórnej (Rys. 6). Następuje oddzielenie wiązki wtórnej od powracającej (w niezmienionej formie) wiązki pierwotnej do detektora.

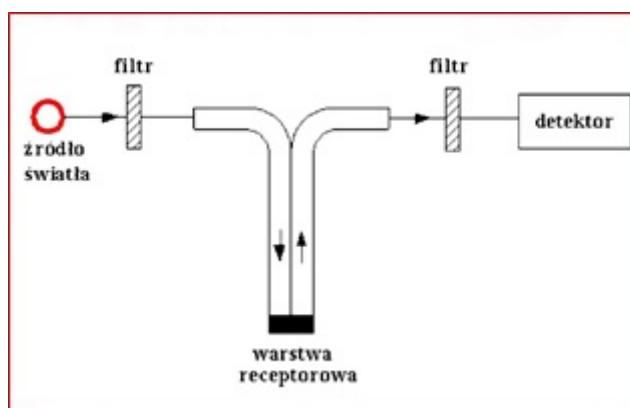
Źródłem światła może być np. dioda półprzewodnikowa LED, detektorem zaś fototranzystor lub fotodioda.



Rysunek 6. Układ pomiarowy dla niemodyfikowanego jednoświatłowodowego sensora [3].

### Czujnik z rozwidlonym układem światłowodów

Innym rozwiązaniem układu pomiarowego jest użycie oddzielnego włókna (lub wiązki światłowodów) do doprowadzenia promieniowania do i z fazy odczynnika, tzn. użycie rozwidlonego układu włókien (Rys. 7).

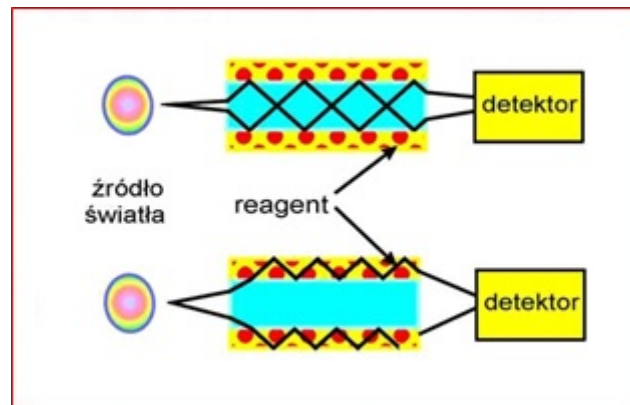


Rysunek 7. Schemat układu pomiarowego z rozwidlonym układem światłowodów [3].

W takim przypadku system detekcji nie jest narażony na promieniowanie odbite od granicy faz w miejscu wejścia i wyjścia wiązki do włókna wzbudzającego. Zastosowanie wiązki rozwidlonej ma jednak pewne wady. Mianowicie wymiary optrody zwiększają się i wymaga dwóch lub wiązki światłowodów, część fazy odczynnika nie mieści się w stożku akceptacji włókna wzbudzającego, a także emisyjnego i dlatego nie jest rejestrowana przez detektor.

### Sensor z modyfikowanym włóknem

Jeżeli mamy do czynienia z modyfikowanym (transmisyjnym) sensorem jednoświatłowodowym, wykorzystującym zjawisko fali zanikającej, wówczas układ pomiarowy znacznie się upraszcza (Rys. 8). Dioda LED umieszczona jest wtedy na jednym końcu włókna, natomiast fotodetektor na drugim. Taki zestaw nie wymaga dodatkowych elementów optycznych.



Rysunek 8. Działanie sensora z modyfikowanym płaszczem oraz z modyfikowanym rdzeniem [1].

### Rodzaje immobilizacji reagenta

Immobilizacją nazywamy sposób nanoszenia reagenta na powierzchnię lub zawieszania go w objętości roztworu o określonej objętości. Reagentem jest substancja (związek), który oddziałuje z analitem (substancją badaną). Wynikiem tych oddziaływań jest zmiana absorpcji warstwy reagenta, a w konsekwencji zmiana natężenia promieniowania powracającego do detektora (sygnał analityczny). Rozróżniam immobilizację reagenta na powierzchni podłoża (membrany) lub światłowodu oraz immobilizację reagenta w objętości warstwy receptorowej (membrany).

Immobilizację reagenta na powierzchni podłoża dzieli się na adsorpcję elektrostatyczną reagenta na powierzchni wymiennicza jonowego i elektropolimeryzację reagenta na powierzchni podłoża. Natomiast immobilizację reagenta w objętości warstwy receptorowej dzieli się na zawieszenie reagenta w objętości polimeru poprzez sieciowanie lub zamykanie oraz enkapsulację.

### Podsumowanie

Czujnik optyczny jest elementem optoelektronicznym. Zasada działania polega na wysyłaniu wiązki promieni świetlnych przez nadajnik oraz na odbieraniu jej przez odbiornik. Czujnik ten reaguje na obiekty przecinające wiązkę światła pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem lub na wiązkę odbitą od obiektu. Czujniki te stosowane są do określania poziomu cieczy i materiałów sypkich, kontroli położenia ruchomych części maszyn oraz do identyfikacji obiektów znajdujących się w zasięgu działania czujników. Czujniki te mogą generować sygnał przy pomocy którego można zliczać przesuwające się przedmioty, albo liczyć ilość obrotów jakiegoś elementu. Czujniki optyczne

charakteryzują się dużymi strefami wykrywania obiektów. Faza rozpoznawcza optycznego sensora chemicznego składa się z nośnika oraz z unieruchomionych w nim molekuł substancji (spełniającej rolę wskaźnika) zwanej chemosensorem. W fazach rozpoznawczych większości sensorów optycznych chemosensor unieruchomiony jest na nośniku stałym, którym mogą być różnego rodzaju krzemionki albo organiczne materiały polimerowe. Jednak wiele chemosensorów ulega fotodegradacji w trakcie naświetlania, a matryca wpływa zazwyczaj na jej stopień. Stwierdzono, że molekuły chemosensorów unieruchomionych w porowatych nośnikach krzemionkowych, a więc w otoczeniu nieorganicznym, wykazują większą fotostabilność, niż chemosensory umieszczone w polimerach organicznych [2].

**Autor: Karolina Wójciuk**

### **Literatura:**

- 1.Z. Brzózka, W. Wróblewski, 1999. Sensory chemiczne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa
- 2.C. McDonagh, C.S. Burke, B.D. MacCraith, 2008. Chem. Rev., 108, 400
- 3.K. Booth, S. Hill, 2001. Optoelektronika”, WKŁ, Warszawa

<http://laboratoria.net/arttykul/21498.html>

**Informacje dnia:** [Zdrowych i Pogodnych Świąt Bożego Narodzenia Zapraszamy na wyjątkową edycję Targów PCI Days 2025!](#) [Zawał już dawno przestał być chorobą mężczyzn](#) [Świąteczna apteczka](#) [Radioaktywny pluton się nie ukryje](#) [Złoty Medal Chemii przyznany po raz 14](#) [Zdrowych i Pogodnych Świąt Bożego Narodzenia Zapraszamy na wyjątkową edycję Targów PCI Days 2025!](#) [Zawał już dawno przestał być chorobą mężczyzn](#) [Świąteczna apteczka](#) [Radioaktywny pluton się nie ukryje](#) [Złoty Medal Chemii przyznany po raz 14](#) [Zdrowych i Pogodnych Świąt Bożego Narodzenia Zapraszamy na wyjątkową edycję Targów PCI Days 2025!](#) [Zawał już dawno przestał być chorobą mężczyzn](#) [Świąteczna apteczka](#) [Radioaktywny pluton się nie ukryje](#) [Złoty Medal Chemii przyznany po raz 14](#)

### **Partnerzy**