

Grzegorz Kiełbiński  
Fizyka techniczna  
Rok IV

Szczecin, 31.08.2004

**Światłowody nietelekomunikacyjne, podział i zastosowanie.  
Czujniki światłowodowe, przykłady.**

W dzisiejszych czasach informacja jest najbardziej poszukiwanym i cenionym produktem przeznaczonym do sprzedaży. Pod względem szybkości i jakości przepływu informacji światłowody stanęły wysoko ponad wszelką konkurencją. Transmisja światła jest niewrażliwa na zakłócające pola elektromagnetyczne, co jest szczególnie istotne w środowisku przemysłowym.

10 zalet włókien światłowodowych:

1. Ogromna pojemność informacyjna pojedynczego włókna;
2. Małe straty = zdolność przesyłania sygnałów na znaczne odległości;
3. Całkowita niewrażliwość na zakłócenia elektromagnetyczne;
4. Mała waga;
5. Małe wymiary;
6. Bezpieczeństwo pracy (brak iskrzenia);
7. Utrudniony (prawie niemożliwy) podsłuch przesyłanych danych;
8. Względnie niski koszt (i ciągle spada);
9. Duża niezawodność (poprawnie zainstalowanych łączy światłowodowych);
- 10 Prostota obsługi.

Klasyfikacja światłowodów

Klasyfikacja (ze względu na strukturę światłowodu):

- włókniste - planarne
- szklane - plastikowe
- jednomodowe - wielomodowe
- planarne - paskowe,
- skokowe - gradientowe
- standardowe - specjalne

Inny typ klasyfikacji - ze względu na zastosowanie:

- telekom, datakom
- czujniki

- obrazowody, wzierniki
- oświetlenie, zdobnictwo

Nietelekomunikacyjne zastosowania światłowodów

1. Medycyna: optyczne przewodnice mocy optycznej (chirurgia laserowa), wzierniki (endoskopia)
2. Przemysł samochodowy: niezawodna transmisja danych, wyświetlacze, oświetlacze
3. Czujniki np. Lab-on-a-chip
4. Układy połączeń optycznych, optyczne szyny transmisji danych (tzw. Optical backplane)

### ***Telekomunikacyjne zastosowania światłowodów:***

**Łącza telefoniczne:** w jednym z pierwszych zbudowanych systemów, światłowodowe kable połączyły budynki urzędów telefonicznych w Chicago, oddalone od siebie o 1 km i o 2,4 km. Kable zawierały po 24 włókna optyczne, z których każde - pracując w standardzie T3 - mogło przenosić 672 kanały telefoniczne. Możliwość realizacji międzymiastowych linii z kablami światłowodowymi stała się faktem, kiedy zademonstrowano łącze optyczne o długości ponad 100 km bez wzmacniaków. Dziś możliwa jest nawet budowa podmorskiej linii światłowodowej ułożonej na dnie Oceanu Atlantyckiego. Odległość między Nowym Jorkiem a Londynem, wynosząca 6500 km, wymagałaby zainstalowania około 200 wzmacniaków rozstawionych, co 30-35 km.

#### **Usługi abonenckie.**

**Sieci telekomunikacyjne w elektrowniach:** Światłowody mogą być prowadzone przez tereny elektrowni lub podstacji energetycznych bez żadnego uszczerbku dla transmitowanych sygnałów. Możliwe jest dołączenie światłowodu do któregoś z kabli przewodzących prąd lub po prostu wykonanie kabla energetycznego zawierającego również żyłę światłowodową.

## **Linie telekomunikacyjne wzdłuż linii energetycznych.**

## **Telekomunikacyjna sieć kolejowa.**

## **Łączność terenowa.**

**Rozgłoszenie telewizyjne:** Niewielki ciężar kabla światłowodowego jest bardzo wygodny przy transmisjach "na żywo, umożliwia, bowiem znaczną swobodę ruchu kamer i minikamer. W zastosowaniach tych wykorzystuje się tylko jeden kanał, a więc sygnał może być przekazywany w paśmie podstawowym w postaci analogowej. Szerokość pasma 6 MHz jest w zupełności wystarczająca.

## **Telewizja kablowa.**

**Zdalna kontrola i ostrzeżenie:** Światłowody skutecznie konkurują z kablami koncentrycznymi również w zakresie transmisji sygnałów wizyjnych dla celów zdalnej kontroli i nadzoru. Duża odporność na zakłócenia elektromagnetyczne oraz mała podatność na zniszczenie wskutek wyładowań atmosferycznych są w tych zastosowaniach szczególnie istotne.

## **Pociski sterowane światłowodami.**

**Komputery:** Systemy światłowodowe są szczególnie predysponowane do transmisji danych w postaci cyfrowej, na przykład takich, jakie powstają w komputerach, Możliwe jest wykonywanie połączeń między centralnym procesorem a urządzeniami peryferyjnymi, między centralnym procesorem a pamięcią oraz między różnymi procesorami. Małe rozmiary i niewielki ciężar, dobre zabezpieczenie informacji wynikające z "zamknięcia" promieniowania wewnątrz włókna optycznego sprawiają, że światłowody są odpowiednim torem do transmisji danych, bez względu na odległość.

## **Wewnętrzne przekazywanie danych.**

## Lokalne sieci komputerowe.

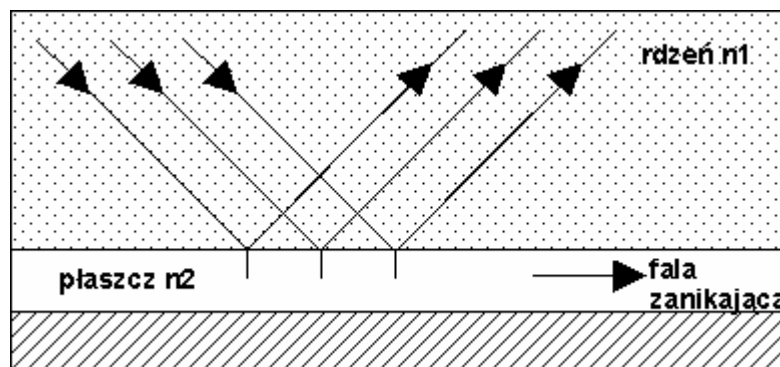
**Okablowanie samolotów i statków:** Istotną zaletą w zastosowaniach na statkach i w samolotach jest zmniejszone ryzyko iskrzenia i pożaru.

## ***Przykłady nitelekomunikacyjnych zastosowań światłowodów w przemyśle***

Optyczny sensor chemiczny (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.

Światło, które dochodzi do granicy faz rdzeń – płaszcz światłowodu pod kątem większym od kąta krytycznego, ulega całkowitemu odbiciu wewnętrznemu. Mimo to niewielka część promieniowania penetruje na małą głębokość płaszcz, tworząc pole elektromagnetyczne, zwane falą zanikającą (rys.1). Fala zanikająca rozprzestrzenia się równoległe do granicy faz rdzeń – płaszcz i może oddziaływać z cząsteczkami znajdującymi się w płaszczu blisko tej granicy.



Rysunek 1. Powstawanie fali zanikającej we włóknie światłowodowym

Fala zanikająca jest bardzo ważnym zjawiskiem w sensorach optycznych. Można ją wykorzystać w sensorze, w którym płaszcz zastąpiony jest fazą zawierającą odczynnik, którego właściwości optyczne zmieniają się przy oddziaływaniu z próbką. 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.

Konstrukcje sensorów optycznych można podzielić według sposobu wykorzystania światłowodów:

- sensory jednoświatłowodowe
- sensory dwuświatłowodowe

lub według sposobu oddziaływania na światłowód:

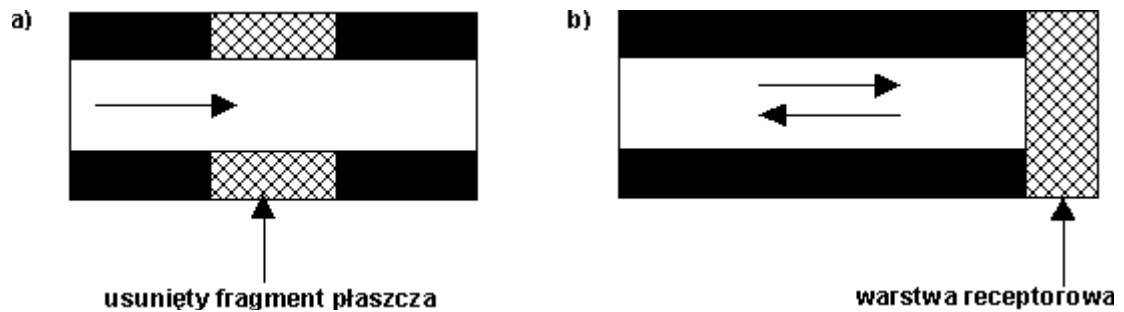
- sensory z modyfikowaną strukturą światłowodu
- sensory z nie modyfikowanym włóknem światłowodowym.

Do konstrukcji jednoświatłowodowego sensora może być użyty pojedynczy światłowód jako włókno jednocześnie doprowadzające i transmitujące światło do układu detekcyjnego.

Grupę sensorów jednoświatłowodowych można podzielić na:

- układy transmisyjne – zbudowane ze światłowodu z usuniętym płaszczem i zamiast niego naniesioną warstwą czułą na badaną wielkość. 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 (rys. 2a);

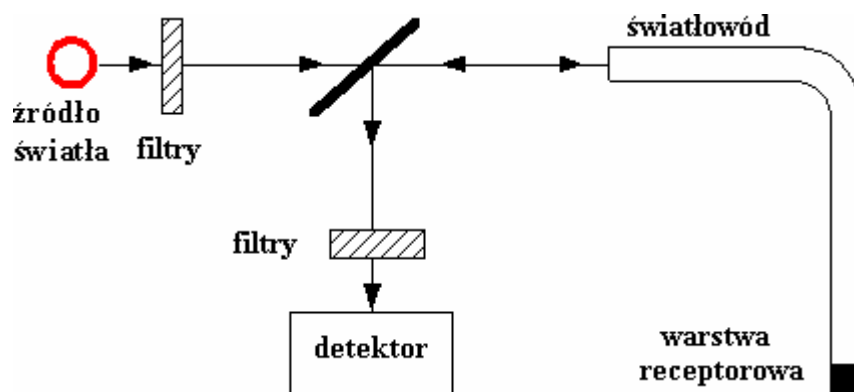
- układy reflektancyjne (odbiciowe) – promieniowanie ze źródła światła dociera do optrody i powraca do układu detekcyjnego tym samym światłowodem (rys.2b).



Rys.2. Schemat sensorów jednoświatłowodowych: a) układ transmisyjny, b) układ reflektancyjny [Brzózka Z., 1999].

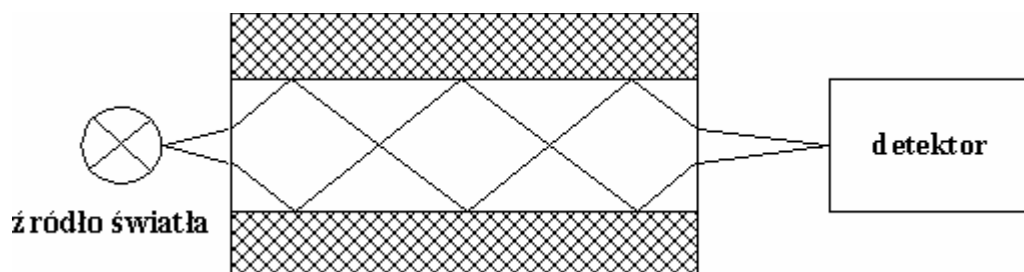
W konstrukcjach sensorów dwuświatłowodowych lub wykorzystujących wiązkę światłowodów promieniowanie dociera do optrody jednym światłowodem, ulega modyfikacji w stopniu zależnym od stężenia badanej substancji i jest transmitowane do detektora drugim włóknem. Wykorzystanie wiązki światłowodów, zamiast 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 nie modyfikowanego 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. Pomaga to w oddzieleniu wiązki wtórnej od powracającej, w nie zmienionej formie, wiązki pierwotnej do detektora. Źródłem światła może być np. dioda półprzewodnikowa LED, detektorem zaś fototranzystor lub fotodiody (rys.3)



Rysunek 3. Układ pomiarowy z jednoświatłowodowym sensorem optycznym; [Brzózka Z., 1999].

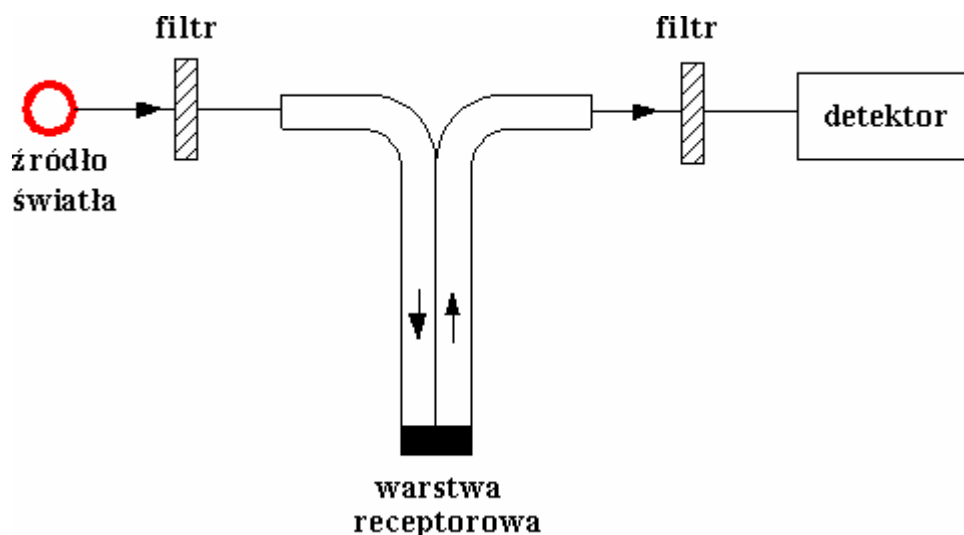
Układ pomiarowy upraszcza się, jeżeli mamy do czynienia z modyfikowanym (transmisyjnym) sensorem jednoświatłowodowym, wykorzystującym zjawisko fali zanikającej. Dioda LED umieszczona jest wtedy na jednym końcu włókna, natomiast fotodetektor na drugim. Taki zestaw nie wymaga dodatkowych elementów optycznych (rys.4)



Rysunek 4. Układ pomiarowy z transmisyjnym sensorem światłowodowym; [Brzózka Z., 1999]

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.5.)





Rysunek 5. Układ pomiarowy z rozwidlonym układem włókien; [Brzózka Z., 1999].

W takim przypadku system detekcji nie jest narażony na promieniowanie przez wiązkę odbitą od granicy faz w miejscu wejścia i wyjścia wiązki do włókna wzbudzającego.

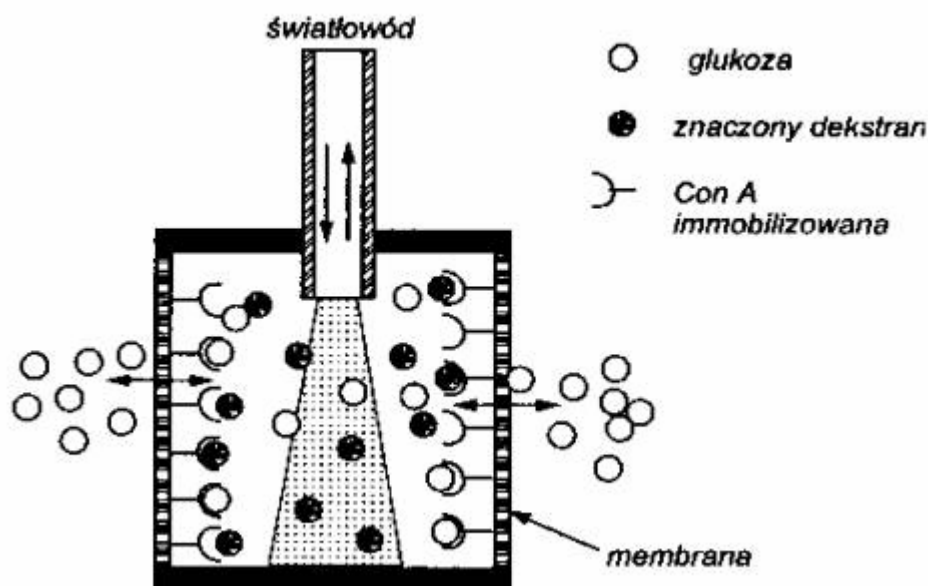
Zastosowanie wiązki rozwidlonej ma jednak pewne wady:

1. wymiary optrody zwiększają się i wymaga dwóch lub wiązek światłowodów
2. część fazy odczynnika nie mieści się w stożku akceptacji włókna wzbudzającego, a także emisyjnego i dlatego nie jest rejestrowana przez detektor [Brzózka Z., 1999].

Biosensory wykorzystujące optyczne metody detekcji wykonuje się, immobilizując materiał biologiczny, np. enzym na powierzchni końcówki włókna światłowodowego. Można wyróżnić dwie kategorie biosensorów z zastosowaniem detekcji optycznej. Pierwsza kategoria, to biosensory wykorzystujące reakcję chemiczną jako etap pośredni między reakcją enzymatyczną i właściwym pomiarem optycznym. W drugiej kategorii, enzymatyczna reakcja zużywa lub generuje optycznie czynne substancje, które mogą być monitorowane optoelektronicznie przez włókno światłowodowe.

Przykładem biosensora optycznego wykorzystującego reakcję immunochemiczną jest sensor do pomiaru stężenia glukozy.

W detekcji analitu wykorzystuje się immunochemiczną reakcję wypierania dekstranu z konkanawiliny A przez glukozę. Aby otrzymać mierzalny sygnał optyczny, dekstran znaczonej jest fluoresceiną, a konkanawilina A immobilizowana jest do wewnętrznej powierzchni membrany dializyjnej, przepuszczającej selektywnie glukozę do wnętrza przestrzeni pomiarowej. W ten sposób konkanawilina znajduje się poza strefą oświetlenia z rdzenia. Wzrastające stężenie glukozy powoduje wypieranie dekstranu, który dyfunduje do ścieżki optycznej, gdzie wzbudzana jest fluoresceina. Tak więc wzrostowi stężenia glukozy towarzyszy wzrost intensywności emisji fluorescencji (rys.6).



Rysunek 6. Schemat optycznego sensora glukozy [Brzózka Z., 1999].

Innym rozwiązaniem w sensorach czułych na glukozę jest użycie fazy zawierającej oksydazę glukozy i fluorofor czuły na wygaszanie tlenu. Utlenianie glukozy, katalizowane przez oksydazę, wymaga udziału tlenu, którego zawartość zredukowana jest proporcjonalnie do stężenia analitu.

Innym zastosowaniem światłowodów zajmuje się Zakład Optoelektroniki Instytutu Fizyki Wydziału Matematyczno - Fizycznego Politechniki Śląskiej.

Tematyka badań skupia się na technologii światłowodów planarnych i paskowych oraz zastosowaniu tychże światłowodów do budowy sensorów różnych wielkości fizycznych. Pod kątem zastosowań sensorowych badane są również

światłowody włókniste, w oparciu o które skonstruowano odbiciowe czujniki przesunięcia i wibracji, jak również czujnik temperatury wykorzystujący: deformacje włókna światłowodowego (czujnik mikrozgięciowy), przesunięcie krawędzi absorpcji na skutek zmiany temperatury jak również zjawisko luminescencji. W oparciu o zmodyfikowany system światłowodów optycznych stworzony został model czujnika przesunięcia. W skład systemu wchodzi para światłowodów tworzących tor pomiarowy oraz odseparowana para światłowodów tworzących tor odniesienia. Układ pobudzany jest diodą LED. W rozgałęziaczu typu Y światło rozdzielane jest pomiędzy dwa tory. Po przejściu toru pomiarowego światło soczewką gradientową, która formuje wiązkę pomiarową (zmienia rozbieżność wiązki). Światło po odbiciu od powierzchni mającej możliwość ruchu powraca do soczewki i oświetla światłowod na końcu którego znajduje się fotodioda. Celem wiązki odniesienia jest kompensacja zmian sygnału wynikających z fluktuacji natężenia światła emitowanego przez diodę LED oraz strat powstałych w wyniku mikrozgięć włókna światłowodowego. Do analizy tych strat służy zaprojektowany w tym celu układ elektroniczny. Opisany system przystosowany jest do współpracy z programowanym mikroprocesorem, który służy do obróbki danych pochodzących od wielu takich systemów (linearyzacja, uśrednianie i prezentacja). Tej konstrukcji sensor pracuje jako czujnik ciśnienia. Może być również wykorzystany do kontroli ruchu głowicy kombajnu górniczego.

Do wytwarzania światłowodów planarnych i paskowych wykorzystano technologię wymiany jonowej w szklach. Zaprojektowane światłowody wykorzystano do budowy soczewek planarnych, jedno i wielomodowych elementów pasywnych optyki zintegrowanej oraz w technologii czujników planarnych w układach z modulacją amplitudy oraz do wytwarzania monolitycznych czujników interferencyjnych w podłożu szklanym.

#### Zastosowanie światłowodów w przemyśle metalowym.

Grzanie indukcyjne jest jedną z najpowszechniej stosowanych technologii w przemyśle przetwórstwa metali. Technologię tą stosuje się zarówno w piecach topiących stopy metali kolorowych, jak również w celach obróbki termicznej najczęściej prętów stalowych, które później są przetwarzane na elementy maszynowe.

Temperatura materiału poddawanego tego rodzaju obróbce jest bardzo ważną informacją dla technologów i Służb Kontroli Jakości.

Wzбудniki pieców indukcyjnych sterowane są najczęściej falownikami pracującymi na częstotliwościach do kilkunastu kiloherców i ich pole promieniowania wytwarza oprócz koniecznych prądów indukowanych w obrabianym materiale i powodujących jego nagrzanie, dodatkowo silne pole zakłóceń zewnętrznych, które są bardzo trudne do zaekranowania ze względu na ich moc i wysokie częstotliwości.

Jedyną metodą dającą gwarancję rzetelności, jest metoda bezstykowego pomiaru temperatury za pomocą urządzeń mierzących natężenie promieniowania podczerwonego zwanych pirometrami.

Zastosowanie światłowodów umożliwia zamontowanie czujnika podczerwieni i elektroniki - czułych na zakłócenia elektromagnetyczne - w dużej, do ponad 6 metrów, odległości od źródła zakłóceń. Sygnał reprezentujący temperaturę mierzoną jest falą elektromagnetyczną podczerwieni o długości fali ok. 1mm i nie może być zakłócony przez wzбудnik pieca pracującego np. na częstotliwości 100 kHz (długość fali elektromagnetycznej ok. 3 km).

Polskie zespoły naukowe mają liczne osiągnięcia w dziedzinie rozwoju techniki światłowodowej. Na 49. Targach Wynalazczości Brussels Eureka 2000, zespół w składzie: dr hab. inż. Krzysztof Maruszewski, prof. nadzw. P.Wr., mgr Okniński (PTH SA "Kolt", Warszawa) i prof. dr hab. Wiesław Stręk (Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych, PAN, Wrocław) otrzymał Złoty Medal z Wyróżnieniem za: "opracowanie zol-żelowych światłowodów erbowych". Istotą wynalazku jest opracowanie technologii produkcji światłowodów kwarcowych zawierających pierwiastek ziem rzadkich (erb) z wykorzystaniem technologii zol-żel.

Również na poprzednich, 48. Targach Wynalazczości Brussels Eureka 1999 zespół w tym samym składzie otrzymał Złoty Medal z Wyróżnieniem za: "opracowanie zol-żelowych sensorów optycznych". W tym przypadku technologia zol-żel wykorzystana została do wytworzenia szklistych, porowatych cienkich filmów domieszkowanych molekułami zmieniającymi swe właściwości optyczne pod wpływem zmian temperatury, ciśnienia czy stężenia substancji chemicznych (np. amoniaku). Takie sensoryczne cienkie filmy mogą być nanoszone na światłowody dając miniaturowe czujniki optyczne (optody). Połączenie techniki światłowodowej z zol-żelowymi optodami dostarcza uniwersalnej platformy sensorów, które stosowane być mogą np. w medycynie (endoskopia), ochronie środowiska czy kontroli procesów przemysłowych.

Najszybciej rozwijającą się gałęzią metod badań wizualnych w diagnostyce jest endoskopia.

Do poszukiwania potencjalnych „źródeł nieprawidłowości” wewnątrz obiektów techniki służy endoskopia przemysłowa.

Pierwsze endoskopy, endoskopy sztywne, inaczej zwane boroskopem, składały się ze sztywnej rurki, wewnątrz której umieszczony jest zestaw soczewek z obiektywem w sondzie na początku układu oraz okular na jego końcu. Pierwsze modele boroskopów miały zainstalowane jako źródło światła żaróweczki o niewielkich rozmiarach, które to jednak często ulegały zniszczeniu wewnątrz obiektu ze względu na trudne warunki manipulowania boroskopem.

Dopiero zastosowanie światłowodów jako nośnika światła od oświetlacza do sondy umożliwiło likwidację tego uciążliwego problemu.

Inną niedogodnością w pracy boroskopem jest jego sztywność, ponieważ wymusza ona aby miejsce wziernikowania nie było ograniczone krzywiznami blokującymi przesuwanie przyrządu. Pole widzenia boroskopu było w przeszłości ściśle ograniczone jednak rozwój techniki spowodował zastosowanie pryzmatu w układzie optycznym co umożliwił obecnie zmianę kierunków widzenia. Zastosowanie tego typu endoskopów w energetyce jest bardzo szerokie. Znakomicie nadają się do oględzin wewnątrz korpusów: turbin, pomp, sprężarek lub zbiorników o niewielkich gabarytach.

O jednym warunku ograniczającym już wspomniano, drugim jest natomiast stosunkowo niewielki zasięg obserwowanego wnętrza. Wszystkie te niedogodności niweluje endoskop giętki.



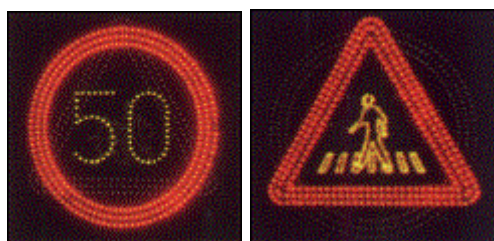
W Akademii Górniczo – Hutniczej, w Katedrze Szkła i Emalii prowadzone są badania nad materiałami szklistymi aktywowanymi pierwiastkami ziem rzadkich.

Szkła uzyskane na bazie tlenków metali ciężkich są bardzo obiecującymi materiałami w zastosowaniach techniki światłowodowej. Światłowody te mogą być wykorzystywane w medycynie (chirurgia laserowa, angioplastyka, endoskopia, pomiary zawartości gazów we krwi), w przemyśle (systemy automatyki i sterowania, telespektroskopia gazów i cieczy, radiometryczne pomiary temperatury i wilgotności itp.), w wojsku (układy celownicze, teledetekcja, noktowizja itp).

Możliwość zastosowania omawianych szkieł w wielu dziedzinach współczesnej techniki związana jest z ich właściwościami takimi jak luminescencja w różnych zakresach spektralnych, możliwość wywołania akcji laserowych, bardzo selektywna absorpcja promieniowania w zakresie światła widzialnego oraz w ultrafiolecie i podczerwieni.

Zastosowanie światłowodów w drogownictwie.

Znaki światłowodowe drogowe o zmiennej treści.



Znaki o zmiennej treści wykonane na bazie światłowodów znajdują szerokie zastosowanie w nowoczesnych systemach sterowania ruchem i przekazu informacji w ruchu drogowym.

Główną zaletą znaków światłowodowych jest ich bardzo dobra widoczność dla kierujących pojazdami z dużej odległości bez względu na warunki atmosferyczne panujące na drodze oraz duża intensywność świecenia dostosowana do

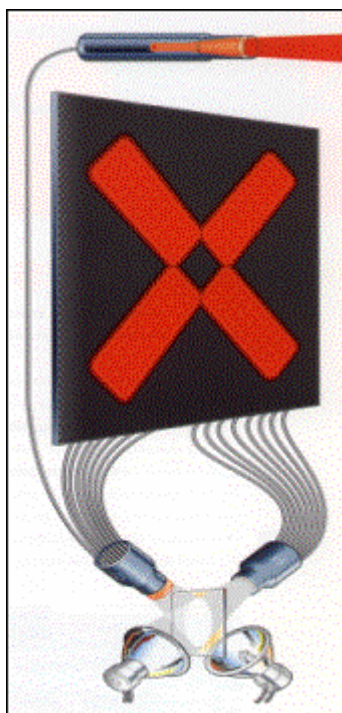
zewnątrznego natężenia oświetlenia (światło słoneczne lub lampy uliczne) oraz bardzo długa żywotność.

Znaki tego typu umożliwiają wyświetlanie w sposób stały lub zmienny znaków graficznych i informacji tekstowych. Najczęściej spotykane zastosowanie znaków światłowodowych w drogownictwie to:

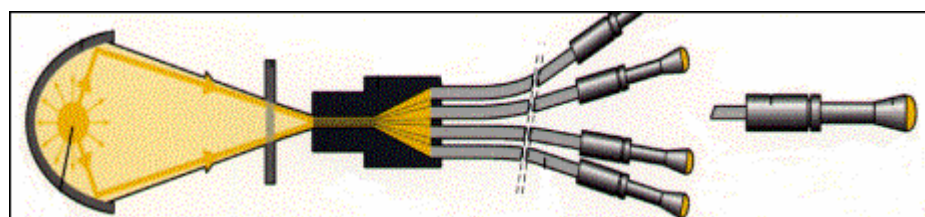
- oznakowanie dróg i autostrad w systemie zintegrowanego zarządzania ruchem
- oznakowanie niebezpiecznych miejsc na drodze
- systemy aktywnego sterowania ruchem drogowym w aglomeracjach miejskich
- wyświetlania zmiennej informacji w systemach parkingowych

#### Zalety znaków światłowodowych

- wysoka jasność świecenia
- jednorodność koloru
- wysoki kontrast i czytelność
- szeroki zakres kolorów
- możliwość wyświetlania kilku symboli na jednym znaku
- niskie koszty utrzymania
- wysoka niezawodność
- odporność na zmienne warunki atmosferyczne



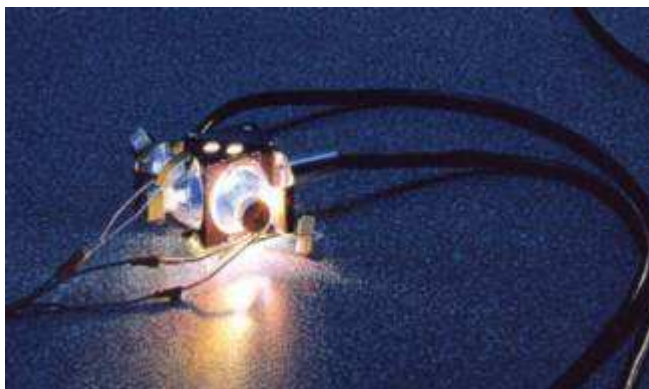
Szkic ideowy znaku z zastosowaniem światłowodów.



Sposób transmisji światła w wiązce światłowodowej.

Żarówka halogenowa emituje skupiony strumień światła, skierowany poprzez barwny filtr na wiązkę przewodów światłowodowych. Na końcach przewodów światłowodowych znajdują się soczewki o określonych kątach świecenia, zależnych od odległości z jakich ma być widoczny i czytelny znak. Podobnie w zależności od odległości z jakiej ma być poprawnie odczytana treść znaku należy dobrać stosowną wielkość liter lub symboli.





Lampa podstawowa i rezerwowa podłączone poprzez lustro półprzepuszczalne do dwóch przewodów światłowodowych.

#### Czujniki zbliżeniowe światłowodowe



#### Parametry czujnika:

- Automatyczne ustawianie czułości
- Ustawienia czułości nie przepadają po wyłączeniu zasilania - ponieważ czujnik ma wbudowany EEPROM
- Funkcja zapobiegania interferencjom
- Funkcja auto-diagnozowania
- Wejście funkcji zewnętrznej synchronizacji (Bramka, spust: BF4R-E)
- Funkcja zewnętrznej regulacji czułości (Zdalne ustawianie czułości - typ: BF4R-R)
- OFF - funkcja timera opóźniającego (BF4R/BF4R-R)

- Zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją, wbudowane zabezpieczenie przeciwzwarciowe

W przemyśle samochodowym również wykorzystywane są światłowody. Przykładem może być Saab 9-3 SportSedan



Konstruktorzy samochodu zastosowali szereg nowatorskich rozwiązań mechanicznych oraz elektronicznych. Szerokie zastosowanie światłowodów, z powodu 50-krotnie wyższej od tradycyjnych przewodów przepustowości danych, uczyniło Saaba 9-3 SportSedan liderem wykorzystania tej technologii na rynku motoryzacyjnym. Światłowody są podstawą bardzo szybkiej i wydajnej platformy operacyjnej dla m.in. samochodowego systemu "Infotainment".

Światłowody znalazły także zastosowanie w amatorskiej broni myśliwskiej.



Diana-46 Compact Fiber Optic GW - wiatrówka z gwintowaną lufą kaliber 4,5 mm z dolnym naciągiem. Od standardowego modelu 46 różni się zastosowaniem

światłowodów w muszce oraz szczyrbince. Światłowody znacznie ułatwiają celowanie i dzięki nim szybciej jesteśmy w stanie namierzyć cel.

Przykładów zastosowań światłowodów jest bardzo dużo. Praktycznie w każdej dziedzinie życia już znalazły swoje miejsce. Wymienione wyżej zastosowania doskonale obrazują wszechstronność światłowodów.

## Bibliografia

1. Dr hab. Inż. Sergiusz Patela, Wykłady – światłowody, Politechnika Wrocławska, 1998 – 2004
2. [http://pryzmat.pwr.wroc.pl/Pryzmat\\_138/](http://pryzmat.pwr.wroc.pl/Pryzmat_138/)
3. <http://info.ellaz.pl/GazetaEI.nsf/>
4. <http://www.kbn.gov.pl/pub/kbn/eureka>
5. <http://www.dipol.com.pl/>
6. <http://optics.polsl.gliwice.pl/department/history>
7. [http://www.introl.pl/introl2001/pirometry\\_new/teoria/huty\\_s\\_tali\\_grzanie\\_induk.html](http://www.introl.pl/introl2001/pirometry_new/teoria/huty_s_tali_grzanie_induk.html)
8. [www.motonews.pl](http://www.motonews.pl)
9. <http://dione.ids.pl/~pborys/txt/polsl/pnm/node1.html>
10. <http://biosensor.webpark.pl/swiatlo.htm>
11. <http://www.wobit.com.pl/index.html>
12. <http://www.ws.pl/wiatrowki>
13. <http://www.wimed.pl/>