

ĆWICZENIE 1

ŚWIATŁOWODOWY CZUJNIK PRZEMIESZCZEŃ LINIOWYCH

Program ćwiczenia:

1. Zapoznanie się z budową stanowiska pomiarowego.
2. Pomiar podstawowych parametrów sprzęgaczy światłowodowych jedno i wielomodowych.
3. Kalibracja jednowłóknowej głowicy pomiarowej światłowodowego czujnika odbiciowego.
4. Kalibracja dwuwłóknowych głowic pomiarowych światłowodowego czujnika odbiciowego.

Zagadnienia do przygotowania:

1. Technologie wytwarzania i parametry sprzęgaczy światłowodowych.
2. Amplitudowy czujnik zbliżenia (konstrukcja, zasada działania, charakterystyki).
3. Półprzewodnikowe elementy nadawcze w systemach czujnikowych.

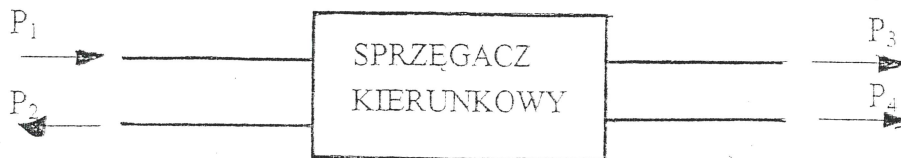
Literatura

1. Wykład
2. Midwinter Światłowody telekomunikacyjne
3. Palais Zarys telekomunikacji światłowodowej
4. Szustakowski Elementy techniki światłowodowej

Zajęcia odbywają się w laboratorium 410, C-2

PARAMETRY SPRZĘGACZA ŚWIATŁOWODOWEGO

1



P_1 - moc wejściowa

P_2 - moc powracająca (odbita)

P_3 - moc wyjściowa (bezpośrednia)

P_4 - moc wyjściowa (sprzężona)

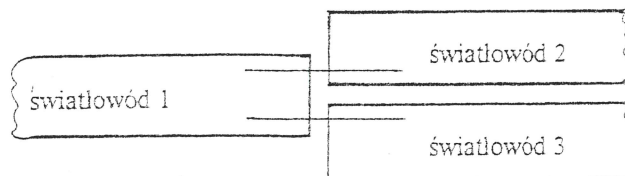
KIERUNKOWOŚĆ SPRZĘŻENIA $S = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$

WSPÓŁCZYNNIK SPRZĘŻENIA $C = 10 \log \frac{P_4}{P_1}$

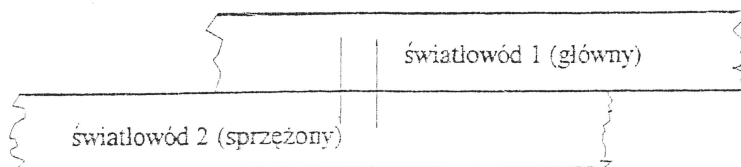
STRATY WEWNĘTRZNE $I = 10 \log \frac{P_3}{P_1}$

EFEKTYWNOŚĆ SPRZĘŻENIA $E = 10 \log \frac{P_3 + P_4}{P_1}$

RODZAJE SPRZĘGANIA : czołowe, boczne



sprzężanie czołowe



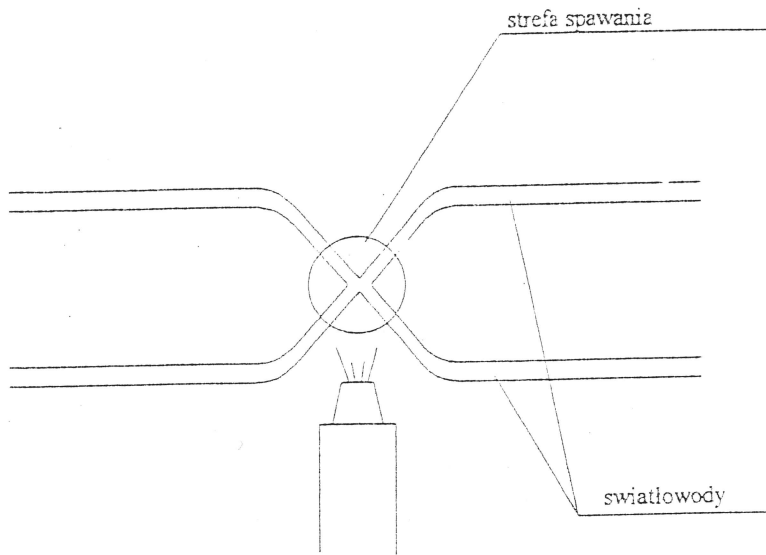
sprzężanie boczne

TECHNIKA SPRZĘGANIA BOCZNEGO

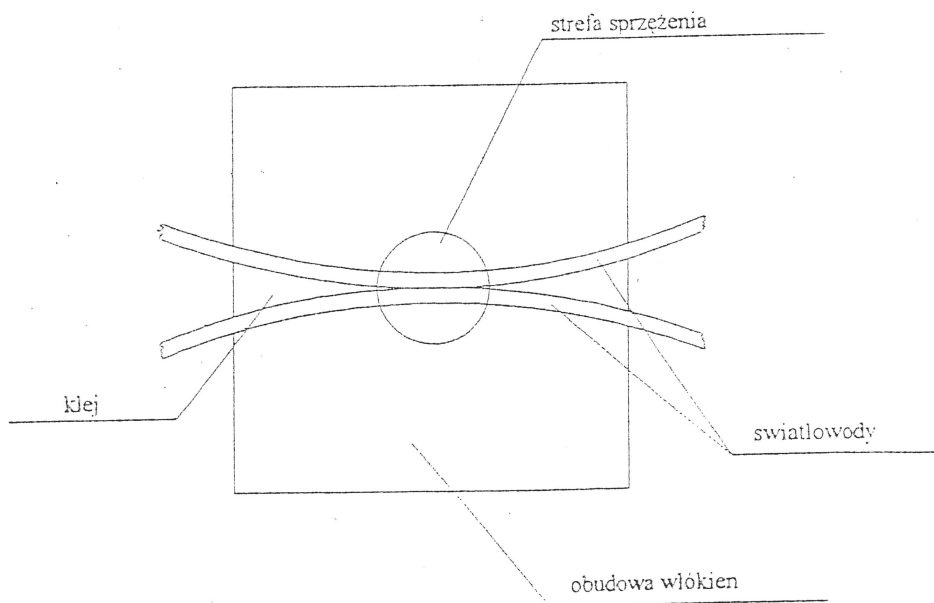
Stosowane technologie:

1. spawanie
2. klejenie z polerowaniem

Technologie sprzężenia bocznego



Sprzężenie boczne światłowodów metodą spawania z rozciąganiem.

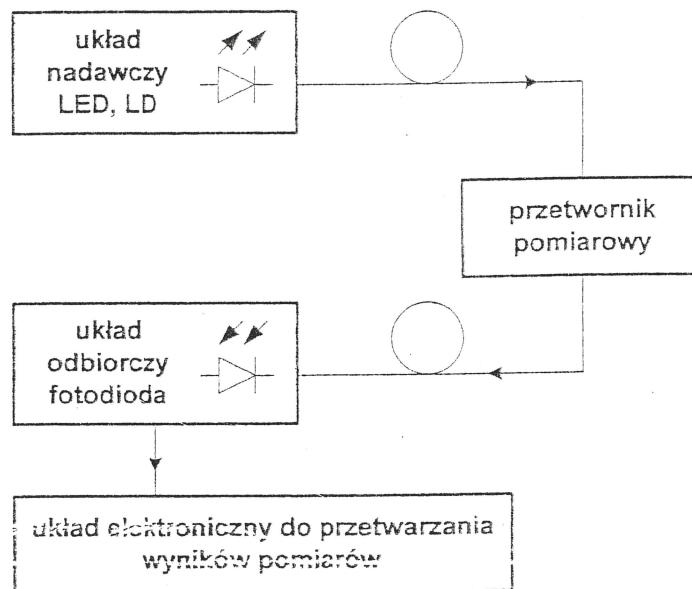


Sprzężenie boczne światłowodów metodą szlifowania z klejeniem

3. Czujniki światłowodowe

3.1. Schemat blokowy czujnika światłowodowego

Ogólną strukturę czujnika światłowodowego przedstawiono na rys. 3.1.1.



Rys. 3.1.1. Blokowy schemat czujnika światłowodowego.

Najistotniejszą częścią czujnika jest przetwornik pomiarowy (zwany również głowicą pomiarową), którego zadaniem jest zamiana mierzonej wielkości fizycznej na modulację parametrów fali świetlnej. Przegląd literatury dotyczącej czujników światłowodowych wskazuje na dużą różnorodność rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych głowic pomiarowych. W zależności od sposobu modulacji fali świetlnej do budowy czujników wykorzystuje się światłowody jedno- lub wielomodowe. Są one elementami sprzęgającymi oddziaływanie ośrodka badanego z falą świetlną i umożliwiającymi transmisję zmian modulowanego parametru fali optycznej. Dla zwiększenia efektywności oddziaływania otoczenie – światłowód, odcinki światłowodów w głowicach pokrywa się warstwami materiału o zwiększonej reakcji na określony rodzaj pola pomiarowego.

Odbiornik fotoelektryczny rejestruje zmiany parametrów fali świetlnej i przetwarza sygnał optyczny na elektryczny. Elektroniczny układ obróbki sygnału przekształca sygnał elektryczny w wartość liczbową mierzonej wielkości fizycznej. Jako źródła fali świetlnej w

czujnikach światłowodowych stosowane mogą być półprzewodnikowe elementy nadawcze typu dioda elektroluminescencyjna (LED), laser półprzewodnikowy (LD) lub konwencjonalne źródła promieniowania optycznego o wymaganym zakresie spektralnym.

3.2. Rodzaje modulacji fali świetlnej

Jak zaznaczono wcześniej zasada działania czujników światłowodowych oparta jest na modulacji jednego z parametrów fali świetlnej, którego zmiany niosą informacje dotyczące mierzonej wielkości fizycznej.

Jeśli monitorowane pole fizyczne oddziałuje na falę świetlną biegnącą w światłowodzie – mówimy wówczas o stosowanej modulacji wewnętrznej, jeśli natomiast modulacja fali świetlnej ma miejsce w wolnej przestrzeni między światłowodami – mówimy o modulacji zewnętrznej. W czujnikach z modulacją wewnętrzną światłowód pracuje nie tylko jako głowica pomiarowa, lecz zachowuje nadal funkcję toru przeznaczonego do transmisji optycznej.

Parametry fali świetlnej, które podlegać mogą modulacji przez badanie wielkości fizycznych to: amplituda, faza, długość fali świetlnej i polaryzacja. Rodzaj modułowanego parametru pozwala na dokonanie podziału czujników światłowodowych na amplitudowe, interferencyjne. Czujniki z modulacją długości fali świetlnej i rodzaju jej polaryzacji można potraktować jako rozwiązania, których efektem jest również modulacja amplitudy fali świetlnej [5].

3.3. Zalety czujników światłowodowych

Szerokie zastosowanie czujników światłowodowych wynika głównie ze specyficznych cech używanych w nich włókien światłowodowych. Główne zalety czujników światłowodowych to:

- możliwość pracy przy dużych poziomach zakłóceń elektromagnetycznych,
- możliwość pracy (przy odpowiednim zabezpieczeniu) w warunkach dużego zapylenia, przy wysokich ciśnieniach i wysokich temperaturach,
- duży stopień bezpieczeństwa – brak iskrzenia,

- mały ciężar,
- małe wymiary geometryczne – duże znaczenie w pomiarach medycznych i pomiarach punktowych,
- mała pojemność cieplna (szybka reakcja na zmiany temperatury),
- mały pobór mocy elektrycznej przez układy współpracujące z głowicą światłowodową,
- duża różnorodność i prostota konstrukcji światłowodowych głowic pomiarowych,
- brak kontaktu elektrycznego z badanym środowiskiem,
- duża dokładność pomiaru wielkości wejściowej,
- duża niezawodność,
- niski koszt.

3.4. Rodzaje czujników światłowodowych

W przypadku czujników światłowodowych badany ośrodek może oddziaływać na falę powodując zmiany jej amplitudy, fazy, częstotliwości lub polaryzacji. Oddziaływanie ośrodka na promieniowanie może zachodzić bezpośrednio poprzez strukturę światłowodu (mówi się wtedy o modulacji wewnętrznej) lub w komorze pomiarowej (jest to przypadek modulacji zewnętrznej).

Ze względu na parametr fali świetlnej podlegający modulacji można wyróżnić następujące kategorie czujników światłowodowych:

- 1) światłowodowe czujniki z modulacją natężenia fali świetlnej (amplitudowe),
- 2) światłowodowe czujniki z modulacją długości fali (częstotliwości) świetlnej,
- 3) światłowodowe czujniki z modulacją fazy fali świetlnej (interferencyjne),
- 4) światłowodowe czujniki z modulacją stanu polaryzacji fali świetlnej.

3.5. Czujnik zbliżeniowy jako natężeniowy czujnik światłowodowy

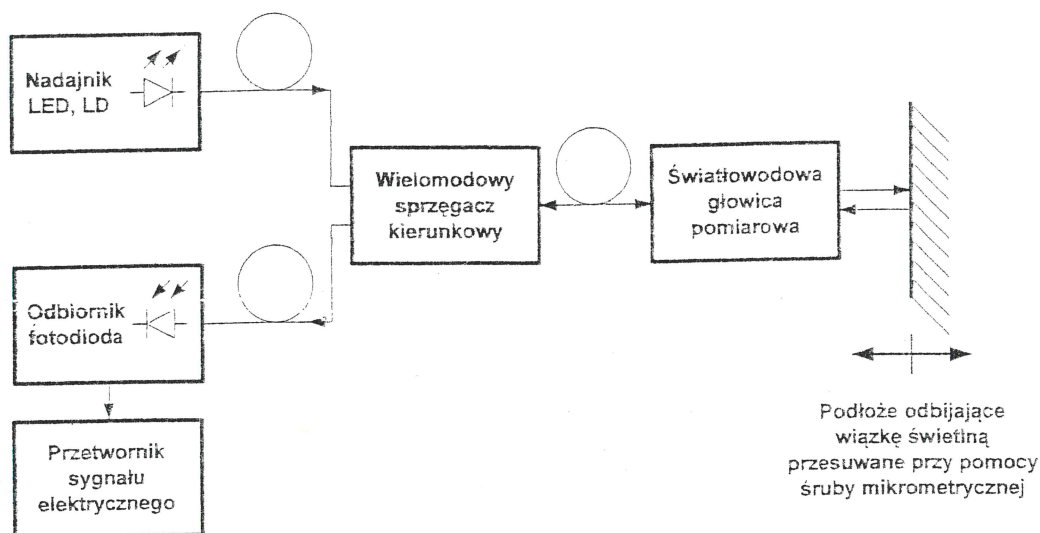
Czujniki z modulacją amplitudy budowane są z wykorzystaniem światłowodów wielomodowych. Stosowane źródła światła i układy detekcyjne są stosunkowo tanie i niezbyt skomplikowane. Czujniki intensywności cechują się dużą różnorodnością i prostotą metod pozwalających na realizację modulacji amplitudy fali świetlonej. Spotykane w technice pomiarowej rozwiązania wykorzystują między innymi takie efekty jak:

- modulacja sprzężenia pomiędzy ruchomymi włóknami,
- modulacja sprzężenia pomiędzy włóknami poprzez ruch przesłony,
- modulacja sprzężenia poprzez ruch powierzchni odbijającej,
- modulacja poprzez straty transmisji (mikrougięcia).

Czujniki zbliżeniowe (odbiciowe) należą do grupy światłowodowych czujników amplitudowych (natężeniowych), dla których intensywność detekowanej w układzie optoelektronicznym fali optycznej jest funkcją odległości między głowicą pomiarową a powierzchnią odbijającą. Zasada działania czujnika bazuje na pomiarze natężenia światła odbitego od przemieszczającej się powierzchni odbijającej i sprzęgniętego do światłowodu nadawczo-odbiorczego (głowicy pomiarowej). Wartość natężenia detekowanego światła zależy w związku z tym od:

- odległości d pomiędzy powierzchnią czołową światłowodu nadawczo-odbiorczego a powierzchnią odbijającą,
- współczynnika odbicia badanej powierzchni,
- geometrii głowicy pomiarowej,
- parametrów użytych światłowodów tj. średnicy rdzenia światłowodu i jego apertury numerycznej [4].

Głowice zbliżeniowych czujników odbiciowych mogą być wykonane jako jedno i wielowłóknowe. W przypadku głowic jednowłóknowych jeden światłowod pełni zarówno rolę nadawczą jak i odbiorczą. Natomiast głowice wielowłóknowe składają się z dwóch lub więcej włókien światłowodowych, z których część włókien pełni rolę nadawczą, a pozostałe rolę odbiorczą. Poniżej przedstawiono schemat blokowy czujnika zbliżeniowego.



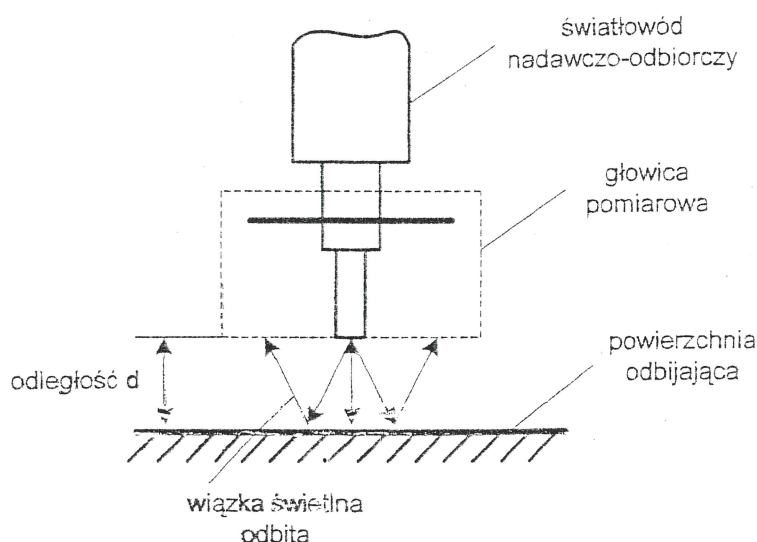
Rys. 3.5.1. Schemat blokowy zblizeniowego czujnika światłowodowego.

Wiązka światła z nadajnika (dioda LED, laser) poprzez sprzęgacz wielomodowy oraz głowicę pomiarową trafia do powierzchni odbijającej. Po odbiciu wiązka świetlna poprzez światłowodowe włókna (lub jedno włókno w przypadku głowicy jednowłóknowej) odbiorcze jest odsprzęgana w sprzęgaczu kierunkowym i trafia do odbiornika (fotodioda). W tym miejscu dokonywany jest pomiar mocy optycznej odbitej wiązki świetlnej. Na podstawie porównania z mocą wejściową (z nadajnika) istnieje możliwość określenia, jak przemieszczanie się powierzchni odbijającej względem głowicy pomiarowej wpływa na wartość mocy optycznej sprzęganej do światłowodu (światłowodów) odbiorczego. Sygnał elektryczny z odbiornika trafia do przetwornika sygnału elektrycznego.

Wartość odsprzęganej mocy optycznej wiązki świetlnej, która ulega odbiciu, jest zależna przede wszystkim od odległości pomiędzy głowicą pomiarową a powierzchnią odbijającą. Poza tym, wiązka świetlna w tym układzie może być modulowana poprzez różne współczynniki odbicia powierzchni odbijającej, współczynnik załamania ośrodka prowadzącego światło na drodze między głowicą a powierzchnią odbijającą, różne parametry konstrukcyjne głowicy (tudzież światłowodów nadawczo-odbiorczych), a także poprzez przemieszczenie katowe między powierzchnią czołową głowicy a powierzchnią odbijającą.

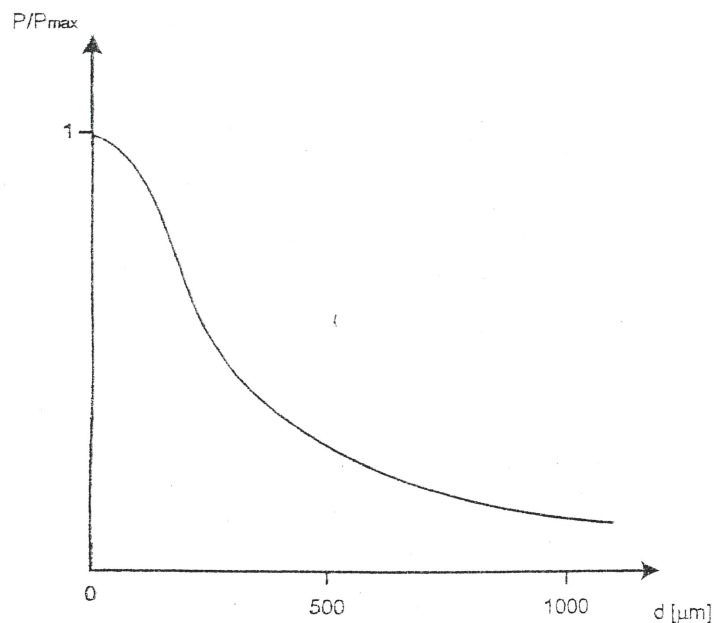
3.5.1. Światłowodowy czujnik odbiciowy z głowicą jednowłóknową

Jak wspomniano powyżej głowice zbliżeniowych czujników odbiciowych mogą być wykonane jako jedno i wielowłóknowe. Najprostszą konstrukcją charakteryzuje się głowica jednowłóknowa współpracująca ze sprzęgaczem światłowodowym. W omawianym przypadku światłowód nadawczy pełni również rolę światłowodu odbiorczego. Schemat jednowłóknowej głowicy czujnika zbliżeniowego przedstawiono na rys. 3.5.1.1.



Rys. 3.5.1.1. Schemat jednowłóknowej głowicy pomiarowej.

Wiązka świetlna wychodząca z głowicy pomiarowej odbija się od powierzchni odbijającej. Część odbitego promieniowania trafia powtórnie do głowicy. Ilość energii świetlnej sprzęgana do światłowodu zależy od odległości między powierzchnią czołową światłowodu a powierzchnią odbijającą d . Charakterystykę pracy omawianej głowicy zobrazowano na rys. 3.5.1.2. Wyraźnie widać, że przy minimalnej odległości d (praktycznie zerowej), detekowana przez miernik mocy optycznej intensywność sygnału jest największa. Wraz z oddalaniem się obu powierzchni, moc optyczna sygnału odbitego wyraźnie spada.



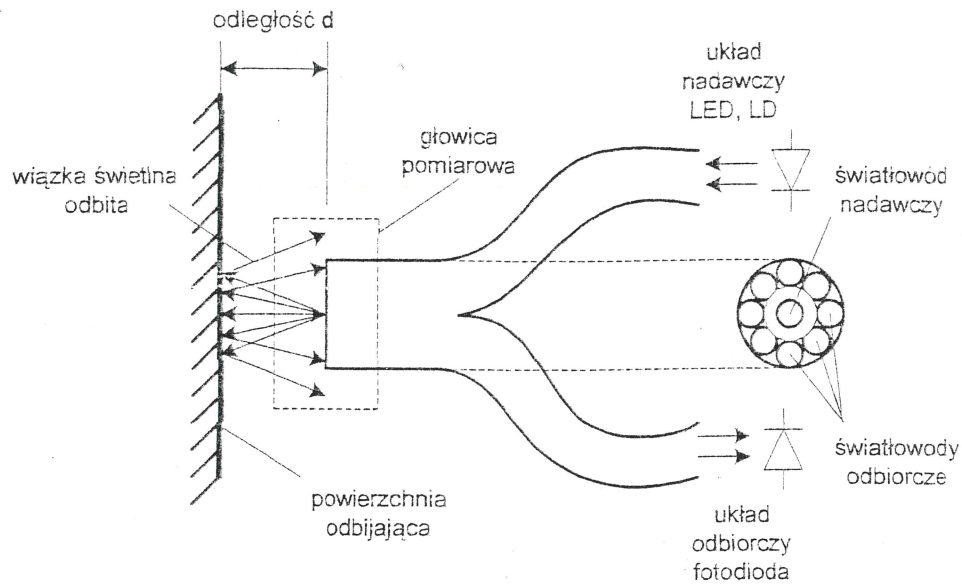
Rys. 3.5.1.2. Charakterystyka przetwarzania jednowłkowej głowicy pomiarowej, gdzie: P/P_{max} – znormalizowana wartość mocy optycznej rejestrowana przez detektor, d – odległość pomiędzy głowicą pomiarową a powierzchnią odbijającą.

3.5.2. Światłowodowy czujnik odbiciowy z głowicą wielowłkową

Odbiciowy czujnik zbliżeniowy może być skonstruowany z wykorzystaniem większej ilości włókien nadawczych i odbiorczych – stanowiących pęki światłowodów (rys. 3.5.2.1).

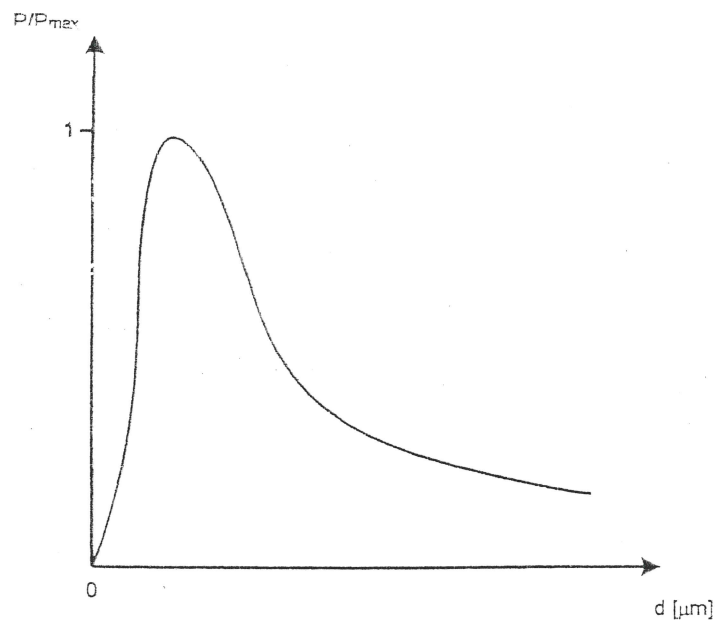
W zależności od pożądanej charakterystyki buduje się głowice o jednym bądź kilku światłowodach nadawczych i kilku światłowodach odbiorczych [5].

Dla odległości $d = 0$ intensywność światła detekowana przez wiązkę światłowodów odbiorczych jest równa 0; powierzchnie czołowe światłowodów odbiorczych nie są oświetlone przez wiązkę odbitą. Natomiast, gdy powierzchnia odbijająca oddala się od głowicy pomiarowej, wiązka światła odbitego oświetla coraz większą część powierzchni światłowodów odbiorczych, aż do uzyskania maksimum sygnału detekowanego (rys. 3.5.2.2). Przy dalszym wzroście odległości głowicy od powierzchni odbijającej maleje gęstość mocy optycznej oświetlająca powierzchnie czołowe światłowodów odbiorczych. Należy zauważyć, że maleje wówczas natężenie promieniowania detekowane na wyjściu światłowodów odbiorczych.



Rys. 3.5.2.1. Schemat wielowłkowej głowicy pomiarowej.

Charakterystykę omawianej wielowłkowej głowicy pomiarowej przedstawia rys. 3.5.2.2.



Rys. 3.5.2.2. Charakterystyka przetwarzania wielowłkowej głowicy pomiarowej, gdzie: P/P_{max} – znormalizowana wartość mocy optycznej rejestrowana przez detektor, d – odległość pomiędzy głowicą pomiarową a powierzchnią odbijającą.

Porównując charakterystyki pracy wielowłoknowych głowic czujnika zbliżenia różnej konstrukcji należy zauważyć, iż zależą one od konfiguracji i liczby użytych światłowodów. Punkt pracy powyższych czujników zazwyczaj wybiera się pośrodku narastającej części charakterystyki.

Zastosowania czujników odbiciowych są bardzo różnorodne, często służą do pomiarów drgań, położenia, ciśnienia, temperatury, poziomu cieczy.