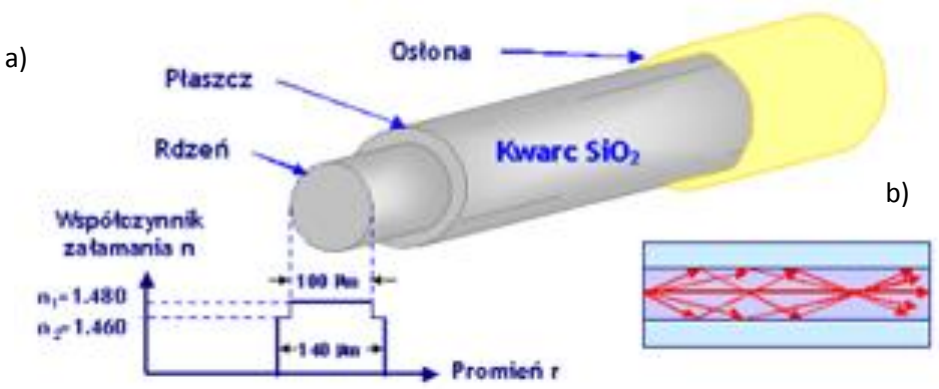
Pomiar odległości i przesunięcia z wykorzystaniem czujników światłowodowych.

1. Wprowadzenie do techniki światłowodowej.

1.1. Budowa światłowodu.

Światłowód to falowód wykonany z nieprzewodzącego materiału (dielektryka), który transmituje światło. Materiałem tym może być szkło lub plastik. Światłowód najczęściej składa się 0z trzech części: rdzenia, płaszcza i pokrycia ochronnego (osłony). Rdzeń prowadzi wiązkę światła, płaszcz uniemożliwia ucieczkę światła z rdzenia a pokrycie stanowi zabezpieczenia przed szkodliwymi czynnikami zewnętrznymi (Rys. 1.).



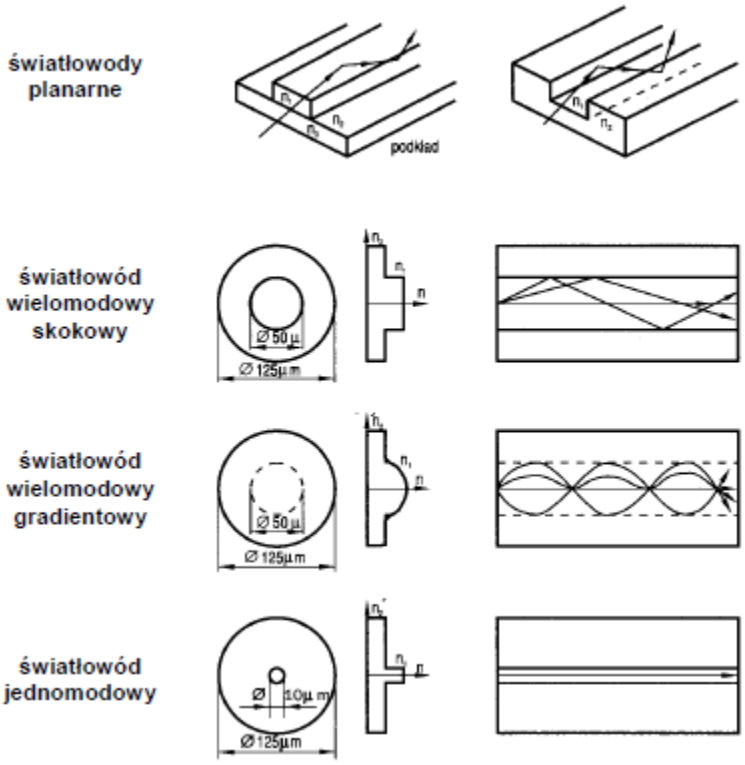
Rys. 1. Budowa a) i zasada działania światłowodu b).

Światło transmitowane przez światłowód w rdzeniu na skutek zachodzenia zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia (rys. 1. b)). Wiązka światła wchodząca w rdzeń światłowodu odbija się od linii będącej granicą pomiędzy płaszczem a rdzeniem światłowodu. Zjawisko takie jest możliwe, gdyż współczynnik załamania światła w rdzeniu n_1 jest większy od współczynnika załamania światła w płaszcza n_2, jak to obrazuje rys. 1. a).

Podział światłowodów ze względu na materiał rdzenia:

- -szklane,
- -plastikowe,
- -cieczowe,
- -krystaliczne.

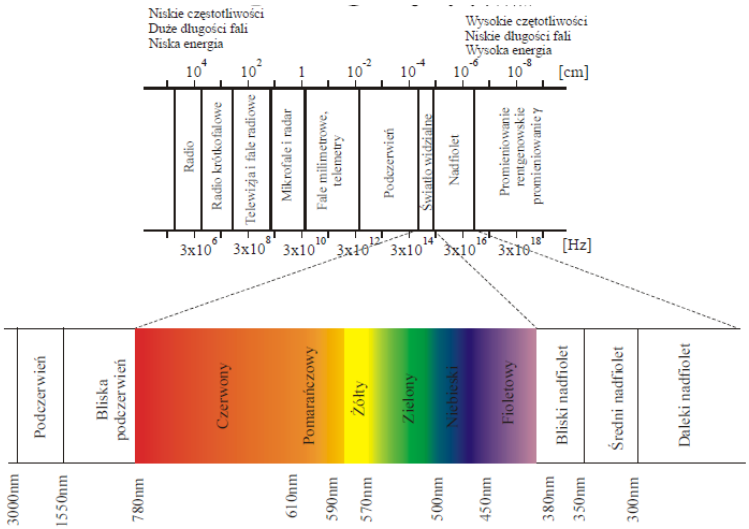
Jednym z kryterium podziału światłowodów jest rodzaj transmisji światła w rdzeniu światłowodu. Na rys. 2. przedstawiono podstawowe konstrukcje włókien światłowodowych.
Główną różnicą między światłowodem jednomodowym i wielomodowym jest sposób transmisji światła w rdzeniu światłowodowym. W włóknie wielomodowym transmitowanych jest wiele modów (wiązek światła) o tej samej długości fali. Natomiast w światłowodzie jednomodowym transmitowany jest tylko jeden mod.



Rys. 2. Konstrukcje światłowodów.

1.2. Długość fali świetlnej.

W optyce przyjmuje się, że promieniowanie optyczne obejmuje zakres fal elektromagnetycznych o długości od 10 nm do 1 mm, podzielony jest na trzy zakresy – podczerwień, światło widzialne oraz ultrafiolet (rys. 3.).



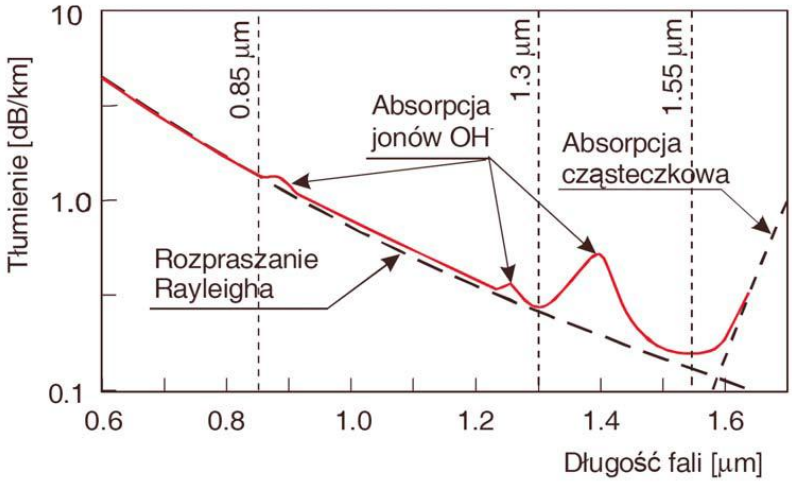
Rys. 3. Widmo promieniowania elektromagnetycznego.

Straty w światłowodach są zazwyczaj małe, to mimo to w sposób istotny ograniczają transmisje na dużych odległościach, są one zależne od długości fali.

Tłumienność optyczna sygnału jest zazwyczaj określana dla dwóch różnych długości fali:

- 850nm i 1300nm dla światłowodów wielomodowych lub
- 1310nm i 1550nm dla światłowodów jednomodowych.

Tłumienność dla fali o długości 850nm jest większa niż dla fali o długości 1300nm, jednak umożliwia zastosowanie jako nadajników tanich diod LED. Typowe włókno światłowodowe dla długości fali 850nm posiada tłumienność około 4dB/km a dla 1300nm 1.5dB/km.
W praktyce, zastosowanie źródła światła o długości fali 1300nm pozwala na dwukrotne wydłużenie odcinka pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem przy zachowaniu tego samego poziomu tłumienia.



Rys. 4. Tłumienie włókna ze szkła kwarcowego w funkcji długości fali światła.

2. Czujniki światłowodowe.

Włókna optyczne są bardzo często używane do zastosowań czujnikowych, gdzie wykorzystuje się ich dużą czułość, małe straty, odporność na zakłócenia elektromagnetyczne, możliwość pracy w obecności urządzeń pod napięciem, odporność na działanie czynników chemicznie agresywnych.
Światłowodowe czujniki pomiarowe można podzielić na dwie podstawowe grupy:

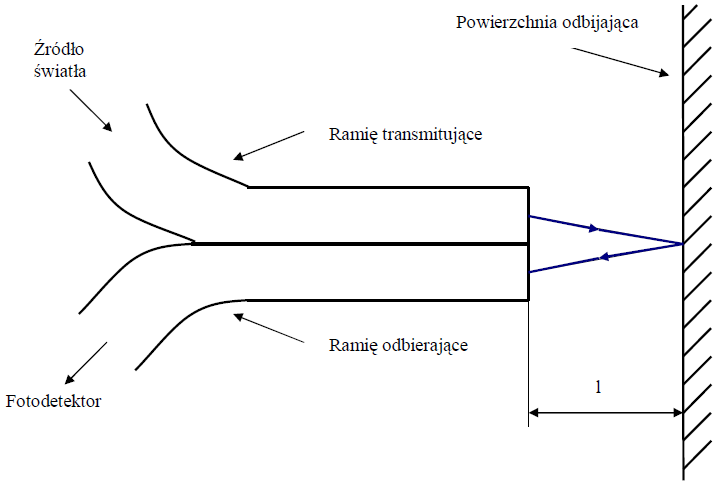
- czujniki amplitudowe,
- czujniki fazowe.

Te dwie klasy czujników różnią się nie tylko konstrukcją ale także dynamiką, czułością, zakresem transmisji i sposobem detekcji. W czujnikach fazowych stosuje się światłowody jednomodowe, a do uzyskania informacji o przesunięciu fazowym wykorzystuje się techniki interfeometryczne.
Do budowy czujników amplitudowych wykorzystuje się najczęściej światłowody wielomodowe oraz miniaturowe przetworniki. Moc optyczna jest dostarczana do czujnika, mierzona wielkość fizyczna powoduje zmianę ilości (zmianę mocy optycznej) światła przepuszczanego przez przetwornik. Moc optyczna zależna od wielkości mierzonej podawana jest na detektor. W zależności od sposobu modulacji, amplitudowe czujniki wielomodowe można je podzielić na:

- czujniki o modulacji zewnętrznej (hybrydowe),
- czujniki o modulacji wewnętrznej.

W czujnikach hybrydowych światłowód jest medium transmisyjnym doprowadzającym światło do i od czujnika, który jest zminiaturyzowanym układem optycznym. Czujniki hybrydowe pozwalają na wykorzystanie szerokiej gamy sposobów modulacji. Czujniki o modulacji wewnętrznej wykorzystują włókno optyczne jako przetwornik, a mierzona wielkość fizyczna powoduje zmianę tłumienia światłowodu.

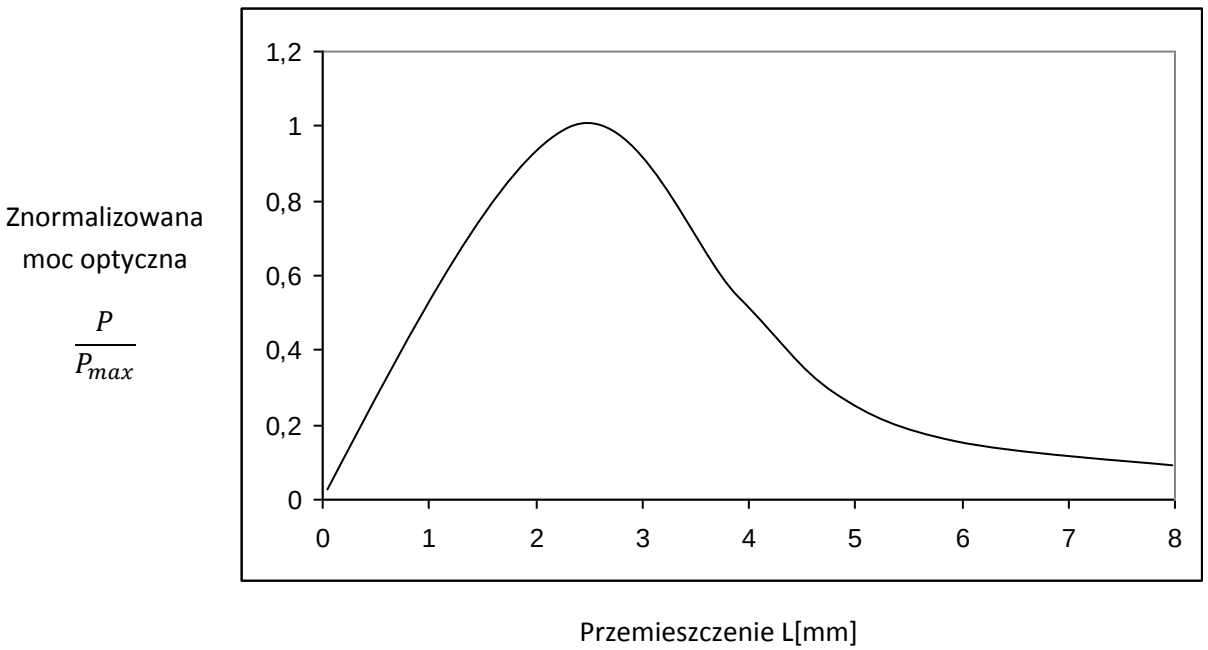
2.1. Pomiar odległości przy pomocy przetworników odbiciowych.



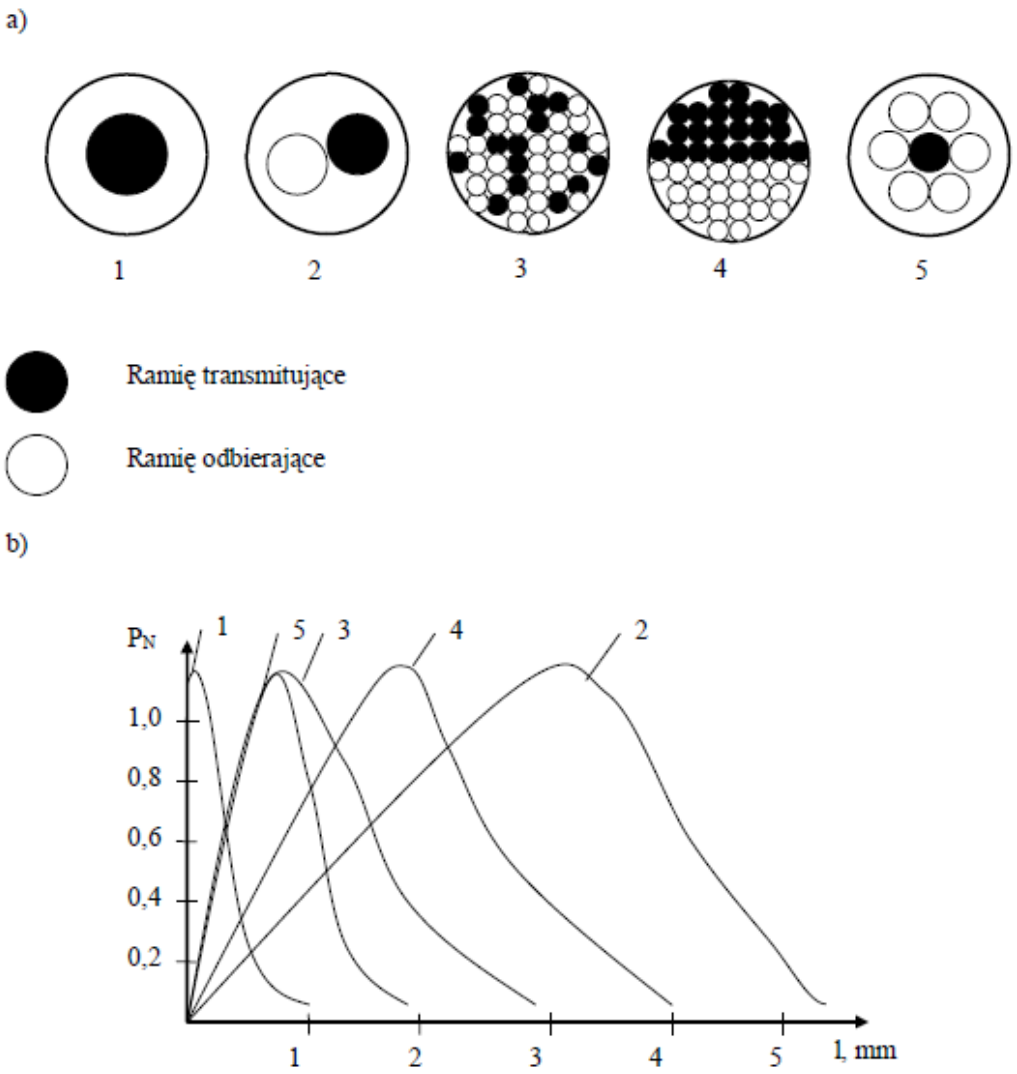
Rys. 5. Przetwornik odbiciowy.

Przetwornik wykonany jest z dwóch ramion składających się z rozwidlonych wiązek światłowodowych (wiązka w kształcie litery Y) lub pojedynczych światłowodów jak to pokazano na rys. 5. Jednym z ramion światło doprowadzane jest do powierzchni odbijającej zamontowanej na obiekcie, natomiast drugim ramieniem światło doprowadzane jest do fotodetektora. Natężenie światła, które dociera do fotodetektora jest zależnością odległości pomiędzy czołową powierzchnią światłowodów, a powierzchnią odbijającą. Jako źródła światła można użyć światła białego.

Przebieg charakterystyki przetwornika odbiciowego (Rys. 6.) kształtują dwa mechanizmy, które wraz ze wzrostem odległości przetwornika od obiektu powodują powiększenie się oświetlonej części ramienia odbiorczego i zmniejszenie natężenia oświetlenia. Mechanizm pierwszy dominuje dla małych wartości odległości przetwornika od obiektu, natomiast dla dużych odległości, mechanizm drugi.



Rys. 6. Charakterystyka przetwarzania przetwornika odbiciowego.



Rys. 7. Konfiguracja czujników odbiciowych a) konfiguracje sond, b) charakterystyki.

gdzie:

1 - pojedynczy światłowód, 2 - para światłowodów, 3 - wiązka światłowodów o losowym rozkładzie, 4 - wiązka światłowodów o rozkładzie półsferycznym, 5 - wiązka światłowodów o rozkładzie koncentrycznym.

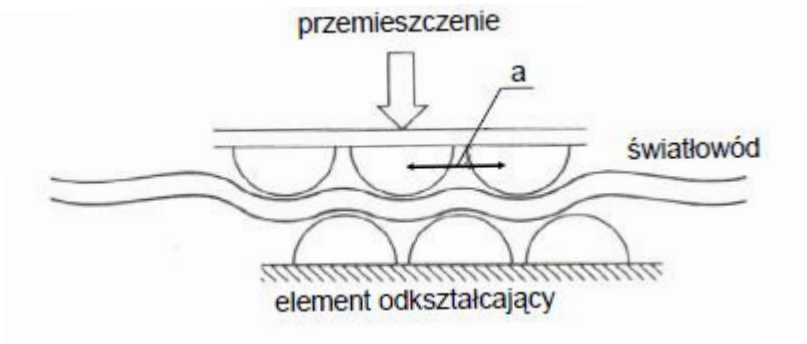
Na rys. 7. przedstawiono najczęściej występujące w praktyce konfiguracje sond czujników odbiciowych wraz z ich charakterystykami przetwarzania.

Wadą przetworników odbiciowych jest ich czułość na zanieczyszczenia. Powodują one pogorszenie współczynnika odbicia powierzchni odbijającej i ograniczają moc optyczną wprowadzaną do ramienia odbierającego. Poza czyszczeniem powierzchni odbijającej, przetworniki stosuje się w układzie różnicowym, dzięki czemu można wyeliminować wpływ zanieczyszczeń na pracę czujnika.

Dzięki temu, że przetworniki odbiciowe mierzą przemieszczenie, można je stosować razem z mechanicznymi przetwornikami pierwotnymi i stosować do pomiaru wielu innych wielkości mechanicznych. Konstruowane są również czujniki temperatury, ciśnienia oraz czujniki chemiczne bazujące na przetworniku odbiciowym.

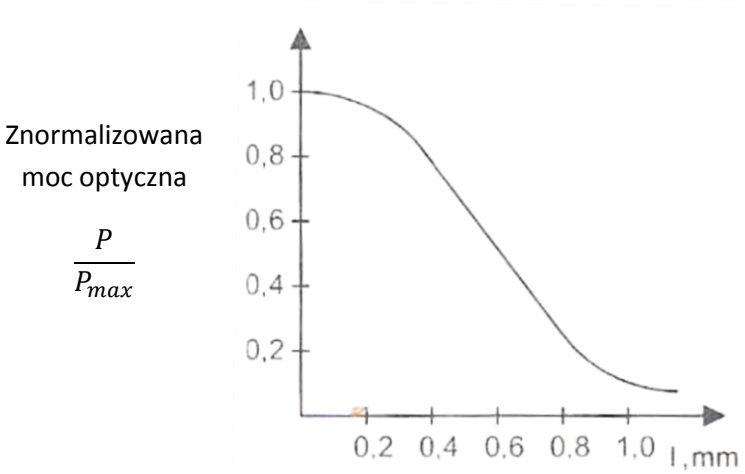
2.2. Czujnik mikrozgięciowy.

Przykładem czujników światłowodowych z przetwarzaniem wewnętrznym i modulacją natężenia światła są czujniki mikrozgięciowe (Rys. 8). Wykonuje się je głównie w postaci dwóch pofałdowanych płytek, między którymi umieszcza się światłowód. W czujnikach mikrozgięciowych wykorzystuje się efekt zmiany natężenia fali świetlnej pod wpływem nacisku na włókno światłowodu. Zaginanie światłowodu jest przyczyną powstawania w nim strat energii promieniowania podczerwonego.



Rys. 8. Budowa przetworniki mikrozgięciowego.

Na straty całkowite światłowodu składają się straty zgięciowe wraz ze stratami wynikającymi z absorpcji i rozpraszania światła. Straty całkowite światłowodu decydują o jego tłumieniu. W światłowodowych przetwornikach pomiarowych wykorzystywane są wielokrotne mikrozgięcia światłowodu, powodowane zadziałaniem na niego danej wielkości mierzonej celem otrzymania w światłowodzie pomiarowym możliwie jak największych strat światła.



Rys. 9. Charakterystyka przetwarzania czujnika mikrozgięciowego.

Istotnym problemem w przetwornikach mikrozgięciowych jest zapewnienie odpowiedniej powtarzalności i małej histerezy. Związane jest to z zastosowaniem przy wytwarzaniu większości dzisiaj używanych światłowodów, pokryć z syntetycznych polimerów zastosowanych do ochrony światłowodu. Pokrycia te wykazują zdolność pełzania skutkującą zwiększaniem się wartości odkształceń w czasie przy niezmiennych wartościach naprężeń, nawet w temperaturze normalnej (20°C). Z wyżej wymienionym zjawiskiem pełzania wiąże się zjawisko relaksacji światłowodu powodujące zmniejszanie się wartości naprężeń w miarę upływu czasu przy niezmiennej wartości odkształcenia całkowitego. W celu zmniejszenia tego niepożądanego efektu stosuje się metalizację pokryć światłowodu lub wstępne obciążenia włókna.

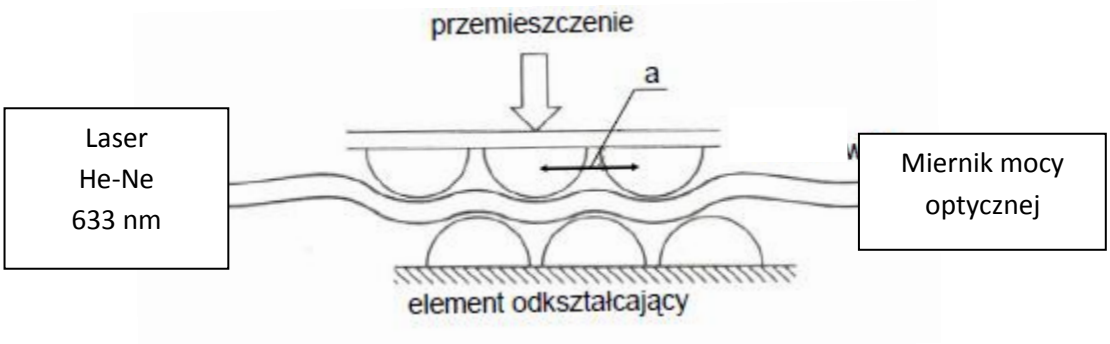
3. Pomiary.

3.1. Zapoznaj się z dostępną aparaturą na stanowisku pomiarową i zasadami BHP.

Zwróć baczną uwagę na zasady bezpieczeństwa przy wykorzystaniu źródeł światła o dużej mocy optycznej. Staraj sie aby światło nie dotarło do twojego oka bezpośrednio ze źródła oraz także poprzez odbicie od elementów metalowych, może to być szkodliwe dla twojego wzroku.
Zapoznaj sie z dostępną aparaturą pomiarową.

3.2. Pomiar przemieszczenia z wykorzystaniem czujnika mikrozgięciowego.

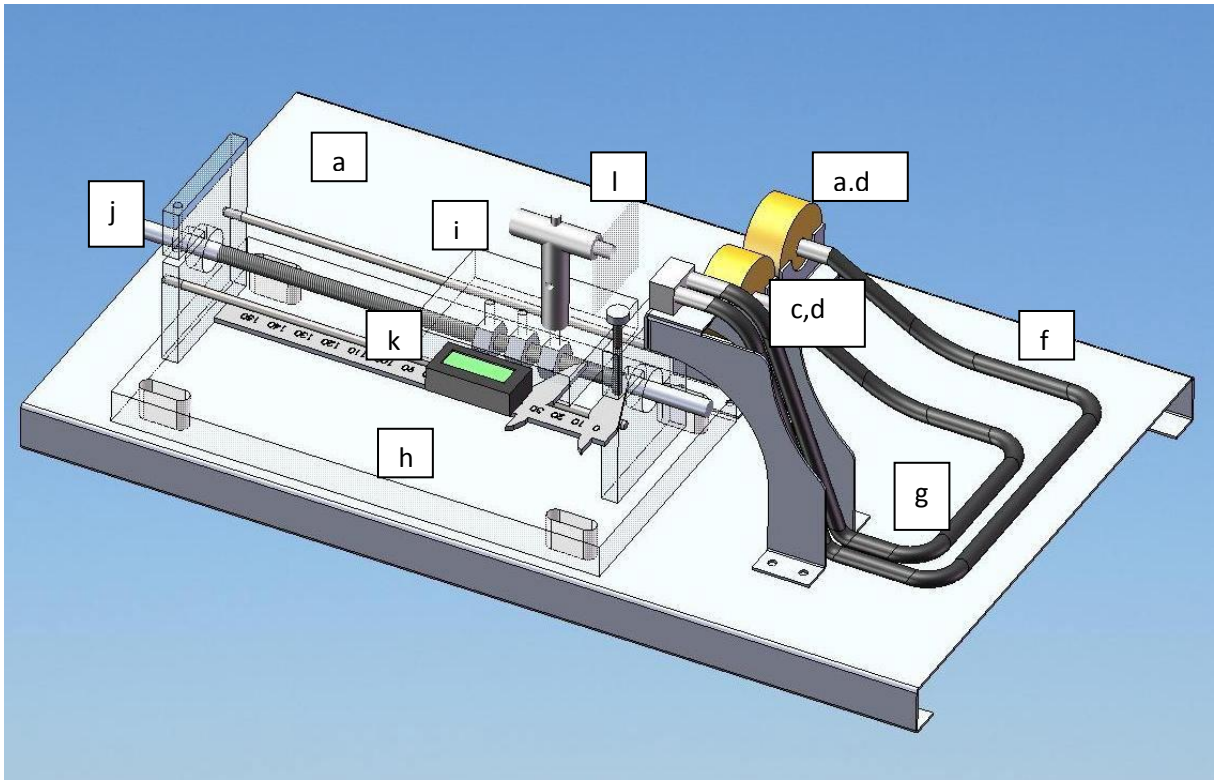
Do pomiaru wykorzystaj laser helowo-neonowy o długości fali 633 nm oraz miernik mocy optycznej.
Dokonaj pomiaru charakterystyki przetwarzania znormalizowanej mocy optycznej od odległości ($\frac{P}{P_{max}} = f(l)$) dla dwóch punktów na światłowodzie. Porównaj otrzymane wyniki, określ zakres przetwarzania tego czujnika.



Rys. 10. Schemat pomiarowy czujnika mikrozgięciowego.

3.2. Pomiar odległości.

Schemat czujnika odległości z wiązką typu Y został przedstawiony na Rys. 5., widok stanowiska pokazany jest na Rys. 11.
Dokonaj pomiaru charakterystyki przetwarzania znormalizowanej mocy optycznej od odległości ($\frac{P}{P_{max}} = f(l)$). Określ zakresy przetwarzania tego czujnika.



Rys. 11. Stanowisko pomiarowe.

gdzie:

a) podstawa stanowiska pomiarowego wykonana z aluminium,
b) płytka drukowana „a” - zasilacz diody LED,
c) płytka drukowana „c” układu OPT101,
d) element w którym osadzony jest koniec ramienia transmitującego, zamontowana jest w niej dioda LED,
e) element w którym osadzony jest koniec ramienia odbierającego, zamontowana jest w niej płytka drukowana „b”,
f) ramię światłowodu transmitujące,
g) ramię światłowodu odbierające,
h) podstawa ruchomej platformy,
i) ruchoma platforma na której zamontowana jest powierzchnia odbijająca,
j) element służący do poruszania platformy,
k) cyfrowy miernik odległości służąca do odczytu odległości między końcami światłowodów a powierzchnią odbijającą,
l) lustro.