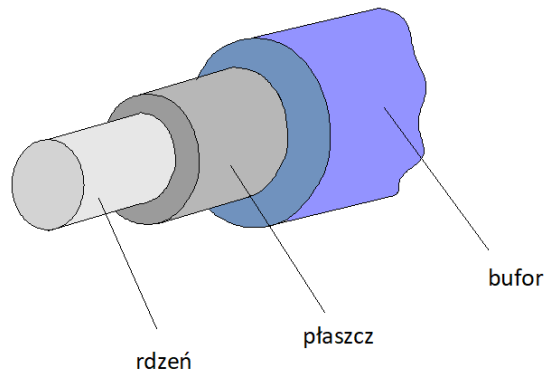


Ćw. 11. Czujnik mikrozgięciowy

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z budową i zasadą działania światłowodowych czujników odkształcenia.

zagadnienia do samodzielnego opracowania: czujnik makrozgięciowy i czujnik mikrozgięciowy, rodzaje czujników światłowodowych, rozchodzenie się promienia świetlnego w światłowodach, promienie zgięcia światłowodów

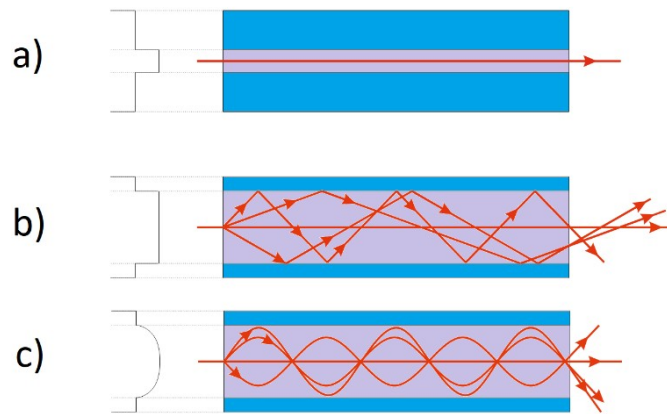
1. Bieg promieni świetlnych oraz tłumienie sygnału w światłowodach



Rys. 1. Budowa światłowodu włóknistego

Włókno światłowodowe stanowi cienki rdzeń szklany (światłowod typu PCS - Plastic Clad Silica) lub polimerowy (światłowod typu POF - Plastic Optical Fiber) w kształcie walca, który jest otoczony płaszczem o współczynniku załamania niższym niż w przypadku wewnętrznego elementu, w celu uniemożliwienia przedostania się światła na zewnątrz włókna. Dodatkowo może być otoczony buforem izolującym. Wartość współczynnika załamania rdzenia może mieć wartość stałą, w takim przypadku mówi się o światłowodach skokowych. W przeciwnym przypadku mamy do czynienia ze światłowodami gradientowymi.

Światłowodami gradientowymi charakteryzują się zmiennością profilu współczynnika załamania przy zachowaniu maksymalnej wartości w osi rdzenia i najmniejszej przy styku z płaszczem. Aby wyprofilować wartość współczynnika w taki sposób rdzeń światłowodu tworzony jest w sposób warstwowy poprzez zastosowanie odpowiednich domieszek przy zachowaniu ciągłości zmian wartości regulowanego parametru. Taką budowę światłowodów stosuje się w celu zmniejszenia dyspersji międzymodowej dzięki zachowaniu stałego czasu propagacji związanego z malejącym współczynnikiem przy wzroście przebytej drogi.



Rys. 2. Profile współczynnika załamania światła oraz tory promieni świetlnych w światłowodach skokowych
a) jedno-, b) wielomodowych oraz c) gradientowych

Całkowite tłumienie występujące w światłowodach zależy od dwóch podstawowych źródeł jakimi są materiał, z którego wykonany jest światłowod oraz jego struktura.

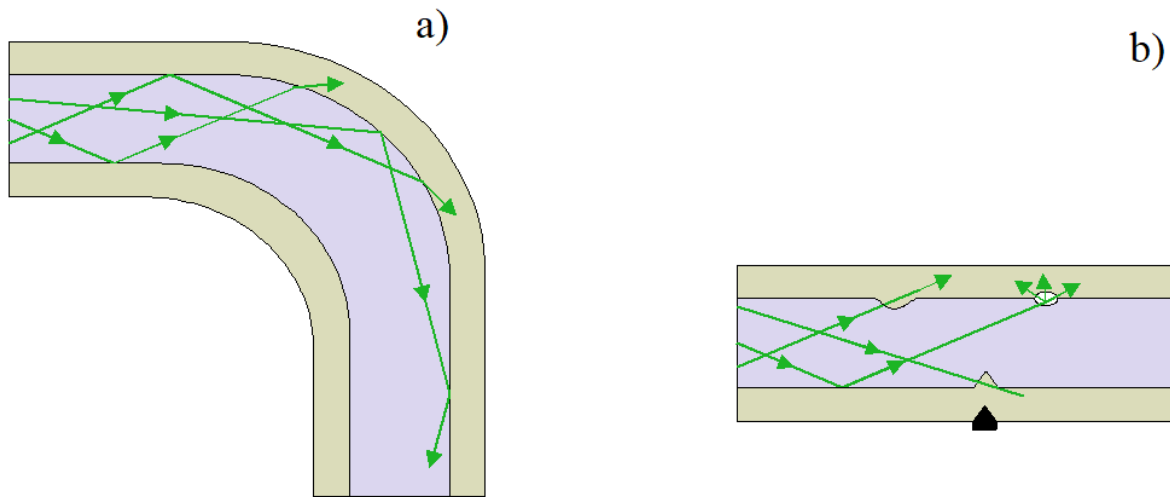
Do strat materiałowych zalicza się:

- absorpcję, czyli pochłanianie energii fali przez ośrodek i jej przemianę w energię cieplną. Straty te są najmniejsze w przypadku czystego szkła kwarcowego, zwiększane są przez wszelkiego rodzaju domieszki stosowane zarówno w celu modulacji współczynnika załamania światła, jak również występujące wtrącenia. Największy wpływ ma jednak obecność jonów OH- stanowiących ślady pary wodnej w szkłe.
- rozpraszanie polegające na zmianie kierunku rozchodzenia się światła i ucieczce energii świetlnej z modów transmisyjnych czego efektem jest świecenie materiału. Najważniejszym spośród mechanizmów wywołujących tego typu straty jest rozproszenie Rayleigha wywołane fluktuacjami gęstości materiału światłowodu, a zatem współczynnika załamania światła, rozpraszanie Mie wywołane wtrąceniami mikrokryształicznymi o zbliżonych do długości transmitowanej fali wymiarach, a także rozproszenie Ramana mające jednak znaczący wpływ jedynie przy wysokich energiach.

Straty związane ze strukturą światłowodu to przede wszystkim:

- makrozgięcia, czyli zgięcia których promień krzywizny ma znacznie większą wartość od średnicy rdzenia włókna. Straty wywołane przez tego typu zgięcia dzielimy na czyste straty zginania oraz straty konwersji modów powodujące zmianę współczynnika załamania w obszarze zgięcia i powstawanie modów wyciekających.
- mikrozgięcia, czyli zgięcia charakteryzujące się niewielkim promieniem krzywizny wywołane przypadkowymi lokalnymi poprzecznymi przesunięciami powierzchni lub osi światłowodu wywołujące rozmycie modu w światłowodach jednomodowych oraz sprzężanie modów i przechodzenie energii do modów wyższych rzędów będących wypromieniowanymi w światłowodach wielomodowych.

Propagację światła w światłowodach wykazujących straty związane ze strukturą włókna przedstawia rysunek 3.

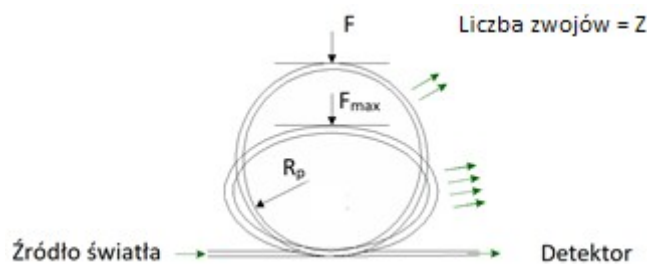


Rys. 3. Bieg promieni świetlnych przez światłowód w którym występują:
a) makrozgięcia oraz b) mikrozgięcia

2. Światłowodowe czujniki zgięciowe

Czujniki zgięciowe są to czujniki wewnętrzne, z modulacją natężenia sygnału wejściowego wywołanego odkształceniem sprężystym falowodu w wyniku działania siły lub ciśnienia. Skutkiem działania naprężeń w światłowodzie jest powstawanie odkształceń. Światłowody wielomodowe charakteryzują się tym, że gięcie może być powodem spadku poniżej wartości granicznej kąta padania na powierzchnię graniczną transmitowanego światła i zaburzenie zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia. Efektem tego jest odbicie częściowe i dalsza transmisja jedynie części fali padającej. Zarówno w czujnikach makro- jak i mikrozgięciowych modulacja promienia gięcia może być związana z działaniem na światłowód powierzchnią płaską, jak również odpowiednio wyprofilowaną bądź wyposażoną w rolki.

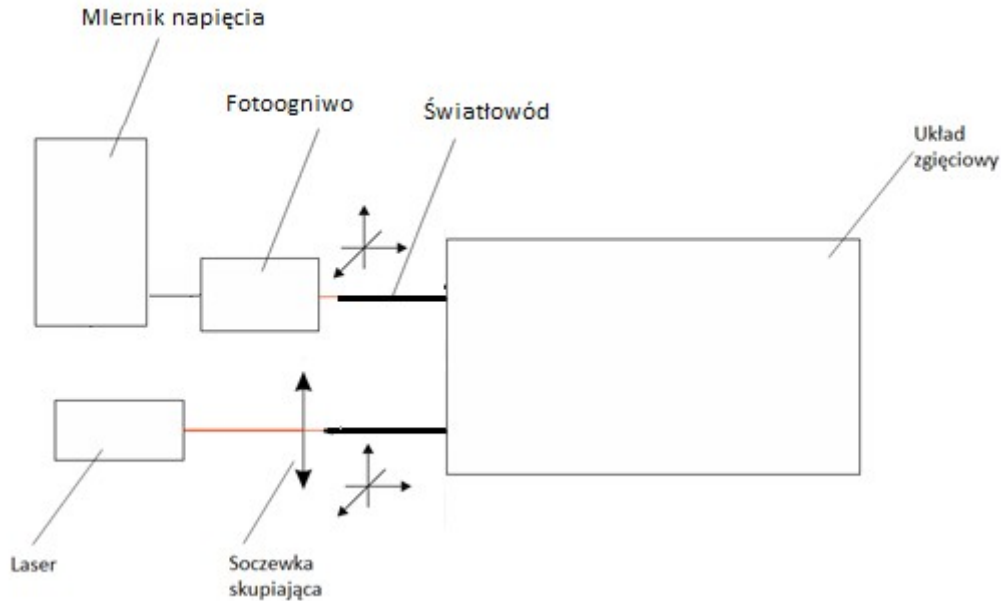
Zasada działania czujników, w których stosowana jest płaska powierzchnia naciskająca polega na ścisaniu światłowodu zwiniętego w pętlę o określonym promieniu. Siła działająca na czujnik powoduje eliptyczne odkształcenie stworzonej pętli i w efekcie zmniejszenie promienia gięcia, co przyczynia się do wzrostu strat natężenia transmitowanego światła.



Rys. 4. Schemat budowy zgięciowego czujnika pętlowego

Działanie czujników pętlowych zależne jest nie tylko od promienia gięcia ale również ilości stworzonych pętli. Im więcej pętli występuje w danym czujniku, tym większa jest jego czułość, zmniejsza się jednak zakres liniowości jego charakterystyki.

3. Przebieg doświadczenia



Rys. 5. Ogólny schemat układu pomiarowego.

Pomiar należy przeprowadzić w zaciemnionym pomieszczeniu, aby ograniczyć wpływ zewnętrznego światła na odczyt z multimetru. Pomiar przeprowadzony zostanie z użyciem pętlowego czujnika światłowodowego jest to czujnik makrozgięciowy. Ugięcie pętli regulujemy za pomocą śruby mikrometrycznej. W doświadczeniu należy zwiększać ugięcie pętli notując wartość położenia powierzchni naciskającej (x) odczytywaną ze śruby mikrometrycznej oraz wartość (U) wskazywaną przez miernik. Wyniki zapisać w tabeli.

	x	U
L_p	[mm]	[mV]
1		
2		
...		

4. Opracowanie wyników pomiarów

1. Narysować wykres zależności wartości wskazywanej przez miernik od wartości położenia powierzchni naciskającej x $U=f(x)$.
2. Określić czułość i przedział liniowości czujnika, dobierając taki zakres punktów pomiarowych dla których wartość współczynnika korelacji dopasowanej prostej będzie możliwie bliski wartości 0,995.
3. We wnioskach opisać dokładność i przydatność wzorcowanego czujnika. Wytłumaczyć otrzymany kształt wykresu. Przedstawić przykładowe zastosowania takiego czujnika ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań medycznych.