

LABORATORIUM OPTOELEKTRONIKI

Ćwiczenie 3

Badanie wpływu makrozagięć
światłowodów na ich tłumienie.

Cel ćwiczenia:

Zapoznanie studentów z wpływem mikro- i makrozgięć światłowodów włóknistych na ich tłumienność.

Badane elementy:

Światłowody SM: standardowy, z płaszczem domieszkowanym fluorem, oraz światłowod „Clear Curve™” z mikrostrukturami.

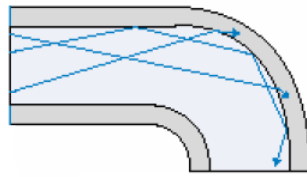
Zakres ćwiczenia:

Pomiar tłumienności wyżej wymienionych światłowodów pod wpływem ich zginania.

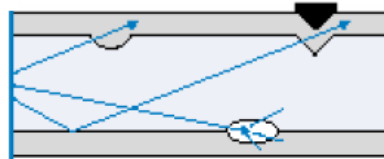
1. Wstęp teoretyczny

Zginanie światłowodu powoduje powstawanie w nim strat energii promieniowania podczerwonego. Biorąc pod uwagę promień krzywizny zgięcia włókna, wyróżnia się *makrozgięcia* (zgięcia), których promień krzywizny jest dużo większy niż średnica włókna ($> 10 \text{ mm}$) oraz *mikrozgięcia*, o małym promieniu krzywizny, powstające jako przypadkowe mikroskopijne zgięcia spowodowane niewielkimi lokalnymi poprzecznymi przesunięciami osi lub powierzchni światłowodu. Straty energii promieniowania, spowodowane makrozgięciem światłowodu dzieli się na czyste straty zginania i straty konwersji modów. Powodują one zmianę współczynnika załamania w obszarze zgięcia, co może prowadzić do tworzenia się modów wyciekających (Rys.1). Z kolei mikrozgięcia powodują rozmywanie się modu w światłowodach jednomodowych i niepożądane sprzęganie się modów w światłowodach wielomodowych oraz przechodzenie energii od modów podstawowych do modów wyższych rzędów, które zostają wypromieniowane (Rys.2). Straty związane ze zgięciami są niewielkie, rzędu części dB/km w starannie wykonanych i ułożonych kablach światłowodowych, ale w niekorzystnych warunkach mogą także przekraczać 1 dB/km i więcej. Zależność strat w światłowodzie powodowana jego zgięciami lub mikrozgięciami jest podstawą działania klasy amplitudowych czujników światłowodowych, tzw. czujników mikrozgięciowych. Z wykorzystaniem tego zjawiska budowane są także światłowodowe czujniki przemieszczenia, siły, ciśnienia i drgań akustycznych.

Badanie wpływu makrozagięć światłowodów na ich tłumienie.



Rys.1 Makrozgięcie światłowodu z zaznaczonym biegiem promieni światła

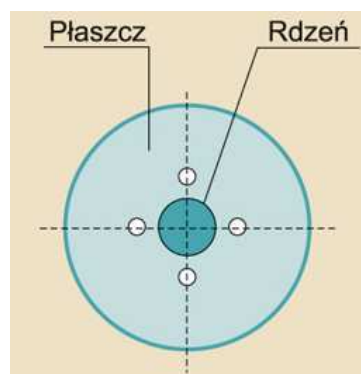


Rys.2

Rys.1 Mikrozgięcie światłowodu z zaznaczonym biegiem promieni światła

Wpływ makrozgięć jest szczególnie ważny w przypadku sieci FTTH (*Fiber To The Home*), gdzie konieczne jest zaginanie włókna światłowodu pod dużymi kątami, i przy małym promieniu zgięcia. Aby poprawić wytrzymałość światłowodu na zgięcia, konieczne jest obniżenie współczynnika załamania. Efekt ten można osiągnąć stosując odpowiednie domieszki oraz ich odpowiedni rozkład w światłowodzie. Przykładem są światłowody z płaszczem domieszkowanym fluorem.

Oprócz powyższego rozwiązania stosuje się tzw. światłowody dziurawe HF (*„Hole Fiber”*) z pustymi otworami w przekroju poprzecznym włókna. Mimo braku domieszkowania rdzenia biegnące wzdłuż całego włókna regularne szczeliny powietrzne powodują zmniejszenie średniego współczynnika załamania w stosunku do rdzenia (Rys.3).

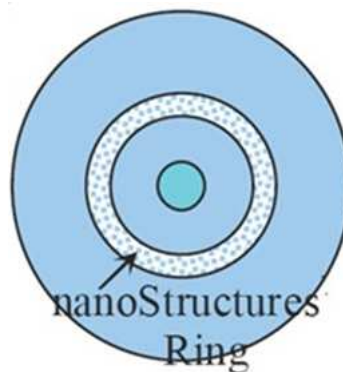


Rys.3 Światłowód dziurawy HF.

(<http://itpedia.pl/index.php/Grafika:OP8.jpg>)

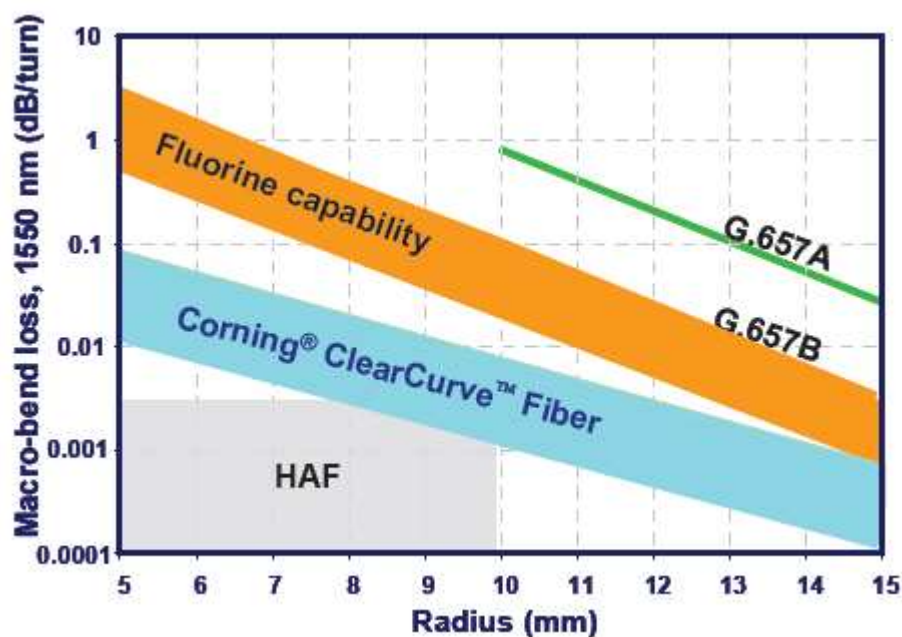
Badanie wpływu makrozagięć światłowodów na ich tłumienie.

Wadą tego typu włókien jest brak kompatybilności ze standardowymi światłowodami jednomodowymi oraz złożoność ich struktury. Kolejnym rozwiązaniem jest wprowadzenie do płaszczu światłowodu odpowiedniej struktury siatkowej, utrudniającej wydostawanie się na zewnątrz fali świetlnej w miejscu zgięcia włókna (np. światłowód Clear Curve). Rozwiązanie to umożliwia zastosowanie włókna w sieciach FTTH gdyż straty wynikające z makrozgięć są bardzo małe i wynoszą maksymalnie 0,1dBm (patrz Rys.4).



Rys.4 Struktura światłowodu Clear Curve™.

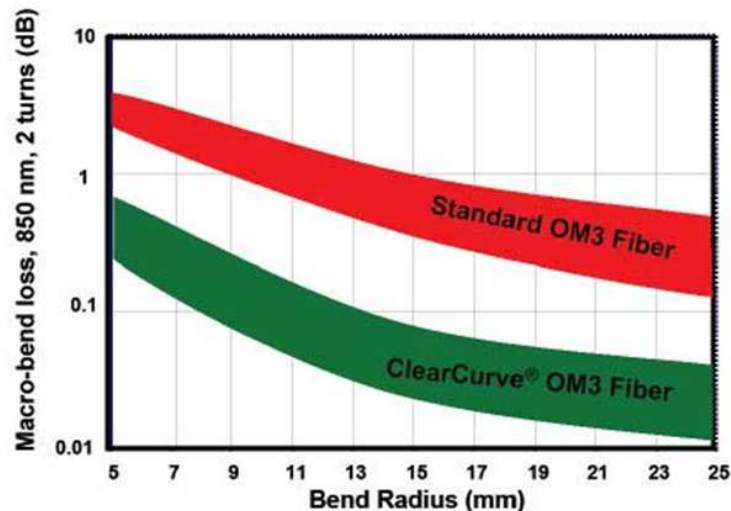
(<http://www.fiberoptics4sale.com/wordpress/corning-bend-insensitive-fiber-corning-clearcurve-single-mode-and-multimode-fibers-wow/>)



Rys.5 Wykres tłumienia wynikającego z makrozgięć w funkcji promienia zgięcia włókna.

(http://pro.corningfiber.com/docs/opticalfiber/ClearCurve%20brochure_Polish.pdf)

Badanie wpływu makrozagięć światłowodów na ich tłumienie.



Rys.6 Porównanie tłumienia standardowego włókna z włóknem Clear Curve w funkcji promienia zgięcia włókna.

(<http://blog.fiberinstrumentsales.com/tag/clearcurve/>)

2. WYKONANIE ĆWICZENIA.

2.1 Badanie wpływu jednego obrotu o kąt 360 stopni światłowodu na jego tłumienność.

1. Pobrać od prowadzącego laboratorium miernik „Anritsu ML93B, źródło światła stożek pomiarowy, oraz zestaw badanych światłowodów.

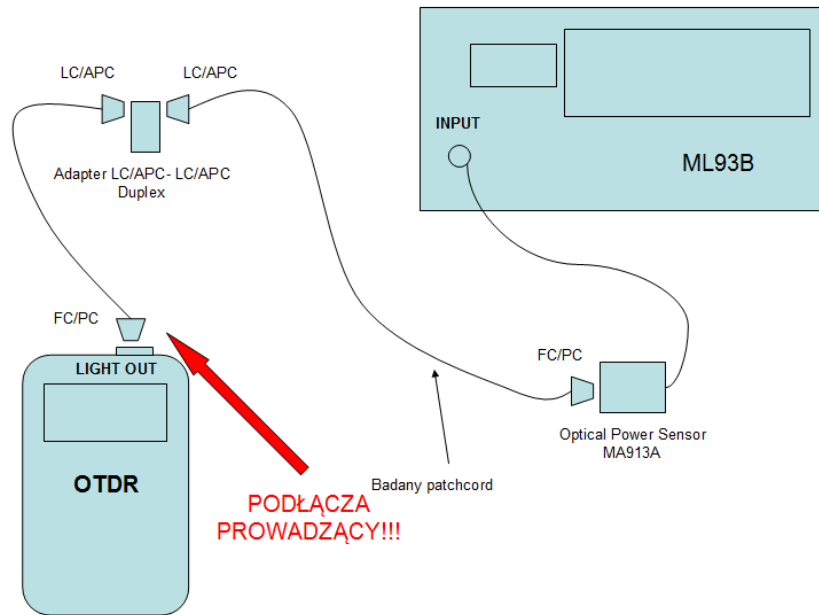
UWAGA!!! W czasie kalibracji i pomiarów nie w złącza światłowodów oraz wyjścia źródeł światła oraz wejścia mierników!!!

2. W celu uniknięcia uszkodzenia wejścia pomiarowego detektora lub wyjścia źródła światła na mierniku, czoło badanego światłowodu należy obejrzeć przy pomocy mikroskopu.
3. W razie stwierdzenia zanieczyszczeń na czole światłowodu, należy koniecznie usunąć je przy pomocy chusteczki nasączonej alkoholem.
4. Po ponownym sprawdzeniu, badane światłowody łączymy z miernikiem oraz źródłem światła w postaci OTDR’a, według schematów poniżej.

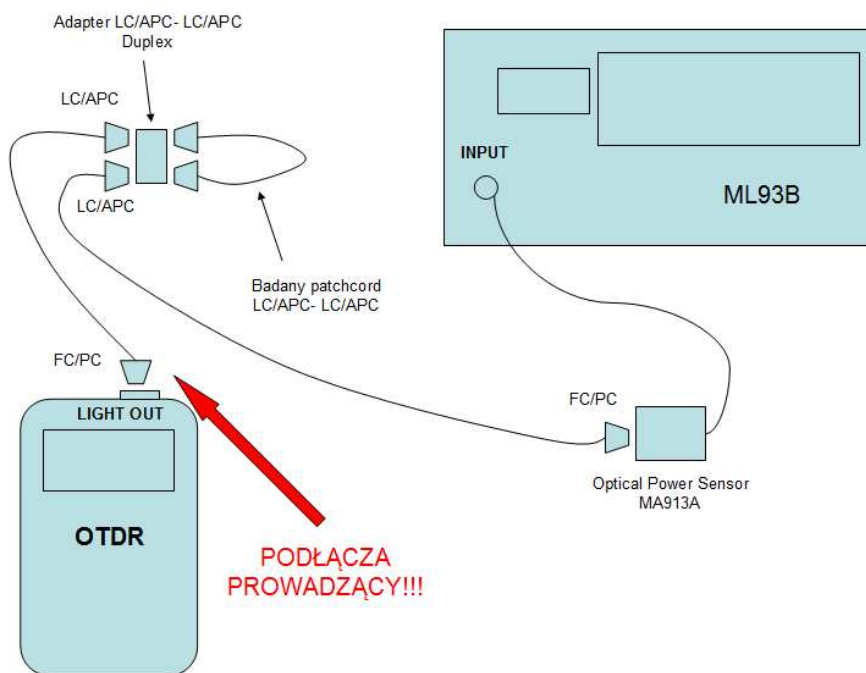
UWAGA!!! ŚWIATŁOWÓD ŁĄCZĄCY WYJŚCIE OTDR’a Z MIERNIKIEM PODŁĄCZA TYLKO PROWADZĄCY LABORATORIUM!!!

Badanie wpływu makrozagięć światłowodów na ich tłumienie.

POLITECHNIKA ŁÓDZKA
KATEDRA PRZYRZĄDÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH I OPTOELEKTRONICZNYCH



Rys.1 Łączenie światłowodu zwykłego.



Rys.2 Łączenie światłowodu domieszkowanego fluorem i światłowodu „Clear Curve™”.

5. Włączyć miernik przełączając przycisk „POWER” na pozycję „AC”.
6. Skalibrować miernik przyciskiem „REL” w sekcji „MODE” miernika.
7. Nawijając badany światłowód na szczeliny „choinki” pomiarowej

Badanie wpływu makrozagięć światłowodów na ich tłumienie.

obserwujemy zmiany tłumienności światłowodu związane z makrozgięciami. Wyniki umieszczamy w poniższej tabeli. **UWAGA! Dla światłowodu zwykłego nie wykonujemy pomiarów dla trzech najmniejszych pętli ze względu na możliwość uszkodzenia światłowodu.**

8. **Poprosić prowadzącego o zmianę długość fali na 1550 nm.**
9. Wykonać ponownie pomiary według punktów 5-8.
10. Wykonać pomiary według powyższych punktów dla światłowodu domieszkowanego fluorem oraz „Clear Curve™”. **UWAGA! Zmiany połączeń z OTDR'em dokonywane mogą być JEDYNIEM przez prowadzącego laboratorium!!!**

2.2 Badanie wpływu 10-ciu obrotów o kąt 360 stopni światłowodu na jego tłumienność.

1. Podłączyć do miernika badany światłowód według punktów 2-4.
2. **Poprosić prowadzącego o ustawienia długości fali i włączenie źródła światła.**
3. Dla długości fal 1310nm i 1550nm wykonać pomiary dla 10-ciu obrotów włókna światłowodu wokół każdej szczeliny stożka pomiarowego. **UWAGA! Dla światłowodu zwykłego nie wykonujemy pomiarów dla dwóch najciaśniejszych szczelin ze względu na możliwość uszkodzenia światłowodu. Długość fali zmienia JEDYNIEM prowadzący zajęcia.**
4. Po zakończeniu pomiarów dla danego światłowodu należy **WYŁĄCZYĆ** miernik, oraz odłączyć badany światłowód. **Czoła światłowodu, jak i wejście sensora oraz wyjście źródła należy niezwłocznie zabezpieczyć plastikowymi osłonami w celu uniknięcia zabrudzeń i wynikających z nich uszkodzeń.**
5. Wykonać pomiary według powyższych punktów dla światłowodu domieszkowanego fluorem oraz „Clear Curve™”. **UWAGA! Zmiany połączeń z OTDR'em dokonywane mogą być JEDYNIEM przez prowadzącego laboratorium!!!**

3. SPRAWOZDANIE

W sprawozdaniu należy zamieścić:

1. Wyniki z pomiarów w formie tabel.
2. Ogólne wnioski z obserwacji.
3. Porównanie uzyskanych wyników z normami ITU-T G.652 i ITU-T G.657.

Badanie wpływu makrozagięć światłowodów na ich tłumienie.