

ĆWICZENIE 5

POMIARY LINII ŚWIATŁOWODOWYCH METODĄ BEZPOŚREDNIĄ I REFLEKTOMETREM

PLAN ĆWICZENIA

1. Pomiary linii światłowodowych metodą bezpośrednią (przy użyciu źródła światła i miernika mocy optycznej)
2. Pomiary sieci światłowodowych reflektometrem; dla różnych długości fali optycznej, czasów trwania impulsów świetlnych, różnych czasów uśredniania.

ZAGADNIENIA DO PRZYGOTOWANIA

1. Tłumienie światłowodów włóknistych w funkcji długości fali (charakterystyka spektralna).
2. Tłumienie na połączeniach stałych i rozłącznych dla światłowodów telekomunikacyjnych.
3. Pomiar tłumienia toru światłowodowego metodą bezpośrednią.
4. Budowa OTDR'a i zasada pomiaru reflektometrem .

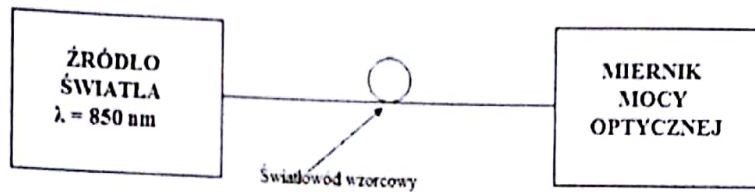
Literatura

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

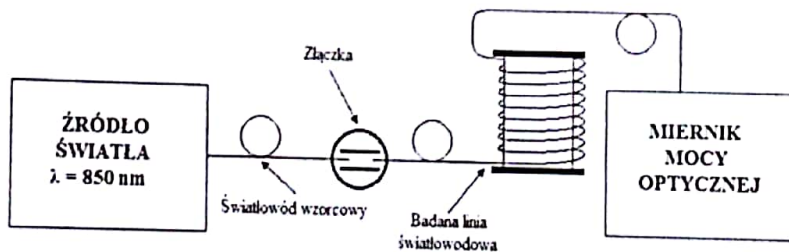
Opracowanie instrukcji i prowadzenie laboratorium : dr inż. Anna Sankowska
Zajęcia odbywają się w p. 410, C-2

POMIAR TŁUMIENIA LINII ŚWIATŁOWODOWEJ METODĄ BEZPOŚREDNIĄ

a) Pomiar poziomu mocy odniesienia P_1 [dBm] (rys. a).



b) Do światłowodu wzorcowego należy dołączyć badaną linię światłowodową za pomocą złączki rozłącznej (której tłumienie zakładamy na poziomie **0,5 dB**) i zmierzyć poziom mocy wyjściowej P_2 [dBm] w układzie (rys. b).



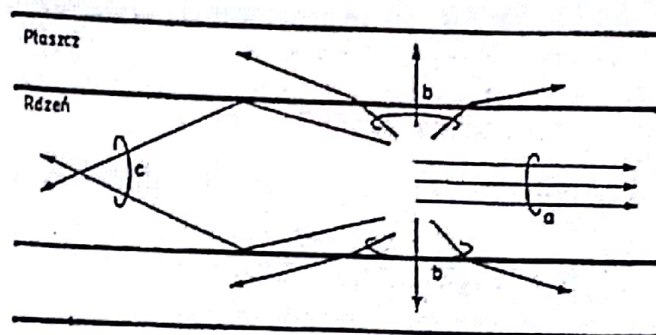
Tłumienie mierzonej linii światłowodowej w metodzie bezpośredniej wyliczymy ze wzoru:

$$L \text{ [dB]} = P_2 \text{ [dBm]} - P_1 \text{ [dBm]} - 0,5 \text{ dB}$$

ROZPRASZANIE ŚWIATŁA W ŚWIATŁOWODZIE

Z propagacją promieniowania optycznego przez ośrodki materialne związane są następujące zjawiska fizyczne:

- **ABSORPCJI** - przekształcanie energii promienistej w inne formy np. energię cieplną
- **ODBICIA** na granicy ośrodków różniących się współczynnikami załamania
- **ROZPRASZANIA** na niejednorodnościach struktury ośrodka materialnego – fluktuacjach gęstości optycznej



Światłowód prowadzi:

1. SYGNAŁ UŻYTECZNY (w kierunku od źródła do detektora); wiązka zaznaczona a
2. ŚWIATŁO ODBITE I ROZPROSZONE w kierunku wstecznym, (w kierunku przeciwnym niż do detektora); wiązki b i c

ROZPRASZANIE RAYLEIGHA

$$\alpha_R = \frac{k}{\lambda^4}$$

k – współczynnik zależny od rodzaju materiału

λ - długość promieniowania optycznego [$\mu\text{ m}$]

DLA SZKŁA KWARCOWEGO

$$\alpha_R = 11,4 \left(\frac{0,515}{\lambda} \right)^4$$

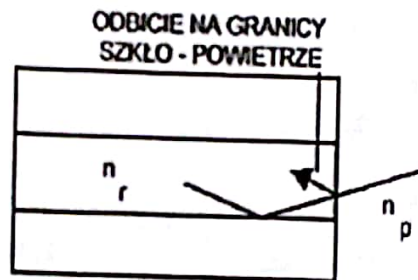
TŁUMIENNOŚĆ ŚWIATŁOWODU SZKLANEGO SPOWODOWANA ROZPRASZANIEM RAYLEIGHA

$\lambda = 0,82 \mu\text{m}$	1,77 [dB/km]
$\lambda = 1,3 \mu\text{m}$	0,28 [dB/km]
$\lambda = 1,55 \mu\text{m}$	0,18 [dB/km]

STRATY FRESNELA pojawiają się na granicy ośrodków różniących się współczynnikami załamania

n_r – współczynnik załamania rdzenia

n_p – współczynnik załamania ośrodka otaczającego światłowód (powietrze, ciecz immersyjna...)

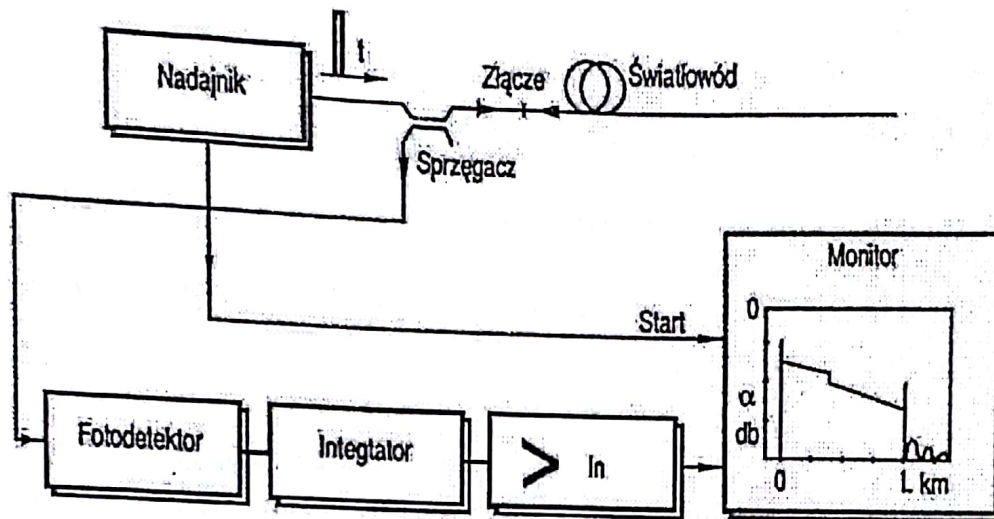


straty Fresnela na granicy ośrodków o współczynnikach załamania n_r i n_p opisane są zależnością

$$P_F = -10 \log \left[1 - \left(\frac{n_r - n_p}{n_r + n_p} \right)^2 \right]$$

dla granicy między szkłem a powietrzem: $n_r = 1,5$ $n_p = 1,0$
straty Fresnela wynoszą $P_F = 0,177$ dB

OTDR – OPTICAL TIME DOMAIN REFLECTOMETER



SYGNAŁ OPTYCZNY Z IMPULSOWO PRACUJĄCEGO LASERA WPROWADZANY JEST PRZEZ SPRZĘGACZ KIERUNKOWY DO BADANEJ LINII ŚWIATŁOWODOWEJ

ZASADA POMIARU OTDR-em POLEGA NA POMIARZE MOCY OPTYCZNEJ WSTECZNIE ROZPROSZONEJ W MIERZONEJ LINII ŚWIATŁOWODOWEJ

REFLEKTOMETRY pozwalają na :

1. lokalizację uszkodzeń światłowodu
2. lokalizację połączeń spawanych i rozłącznych
3. pomiary tłumienia odcinka światłowodu i całej linii światłowodowej

REFLEKTOMETR - ELEMENTY SKŁADOWE

1. LASER – impulsowo pracujące źródło światła, dużej mocy

2. DETEKTOR – odbicia Fresnela są o 3 do 4 rzędów wielkości większe od rozpraszania Rayleigha.

W efekcie powstaje strefa martwa za reflektometrem jak i innymi źródłami odbić Fresnela w torze światłowodowym jakimi są złącza rozłączne, zerwanie światłowodu, koniec światłowodu.

3. SPRZĘGACZ KIERUNKOWY – służy do sprzęgania mocy optycznej z lasera do badanej linii światłowodowej i odsprzęgania mocy wstecznie rozproszonej do detektora.

REFLEKTOMETR - PODSTAWOWE PARAMETRY

- DYNAMIKA
- ZASIĘG POMIAROWY
- STREFA MARTWA
- DŁUGOŚĆ FALI POMIAROWEJ

Dynamika OTDR'a - definiowana jest jako stosunek mocy optycznej wprowadzonej do światłowodu do minimalnej mocy optycznej detekowanej przez reflektometr - czułości pomiarowej detektora.

Dynamika reflektometru zwiększa się wraz ze wzrostem ilości mocy optycznej wprowadzanej do badanego światłowodu (a więc ze wzrostem czasu trwania impulsów pomiarowych)

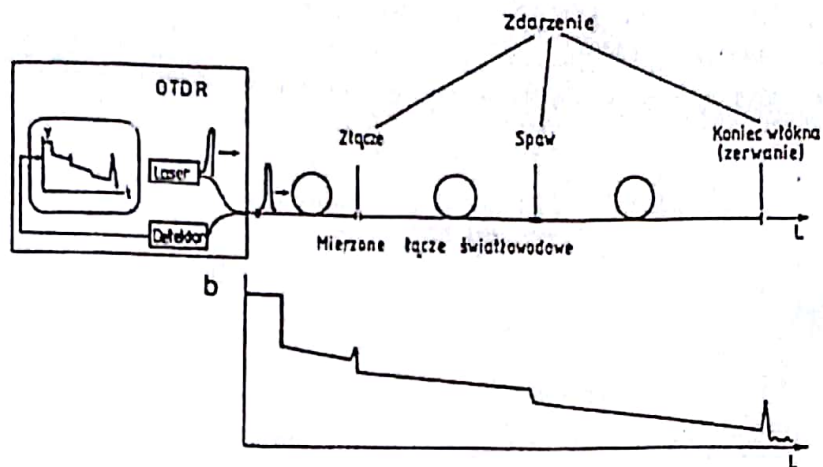
Zasięg pomiarowy – maksymalna długość linii światłowodowej dla której można dokonać pomiaru. Zależy od długości trwania impulsów –a więc ilości mocy optycznej emitowanej przez laserowe źródło światła

Strefa martwa – podczas sprzęgania źródła światła do światłowodu następuje zjawisko rozpraszania Fresnela na granicy między powietrzem a rdzeniem światłowodu. Detektor przy rejestracji tego zdarzenia pozostaje w stanie nasycenia.

Zwiększając moc optyczną poprzez wydłużanie czasu trwania impulsów zwiększamy moc rozproszoną co powoduje zwiększenie strefy martwej. W celu wyeliminowania negatywnych skutków rozpraszania Fresnela stosuje się tzw. włókno rozbiegowe.

Długość fali – źródłem promieniowania optycznego jest laser pracujący impulsowo dla długości fal odpowiadających oknom telekomunikacyjnym badanego światłowodu.

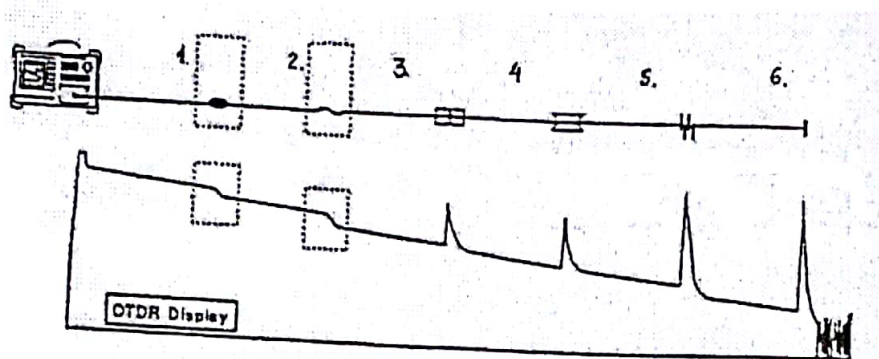
IDENTYFIKACJA ZDARZEŃ W ŁĄCZU ŚWIATŁOWODOWYM



ZJAWISKA DECYDUJĄCE O ZANIKU MOCY OPTYCZNEJ W TORZE ŚWIATŁOWODOWYM:

1. **ROZPRASZANIE ŚWIATŁA** (przez jednorodny światłowód, spawy, zgięcia) - płynne zmiany współczynnika załamania – rozpraszanie Rayleigha
2. **ODBICIE ŚWIATŁA** (na złączach rozłącznych, przerwaniu i końcu światłowodu) -skokowe zmi. ny współczynnika załamania – odbicia Fresnela

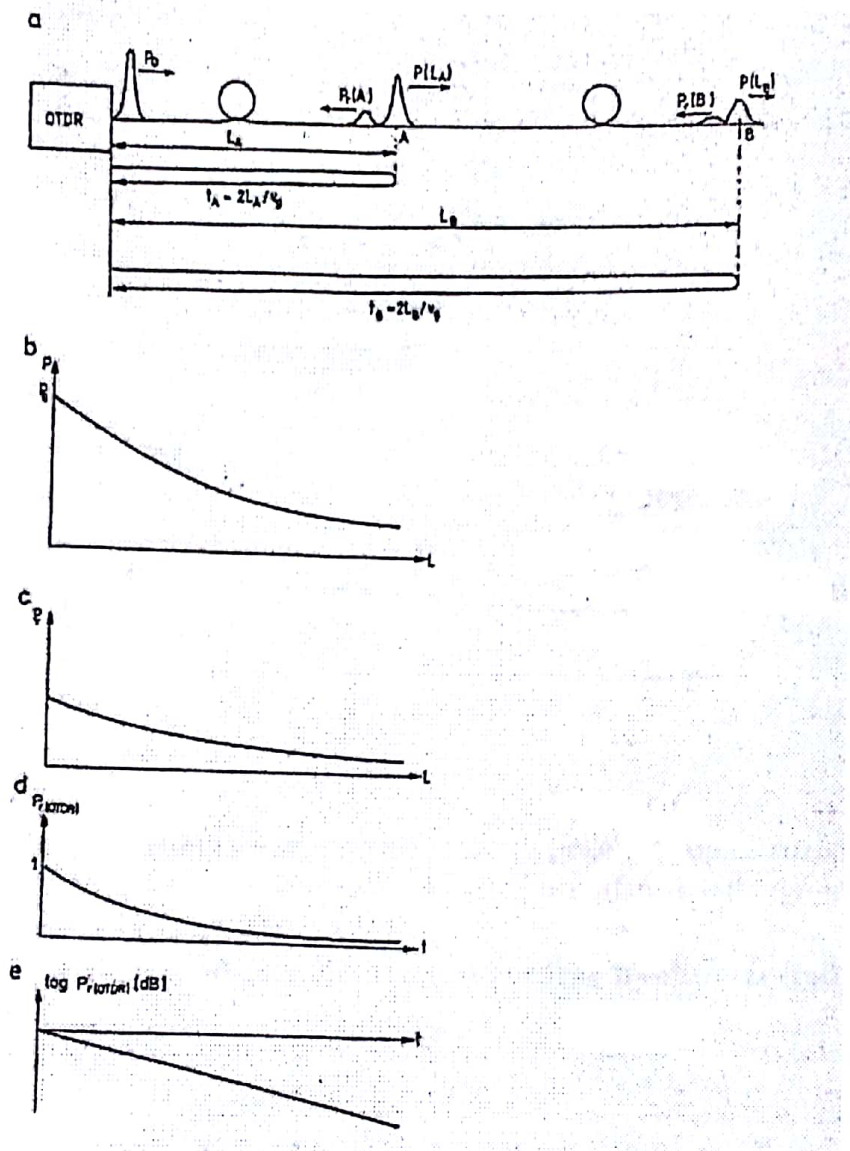
TYPOWA KRZYWA REFLEKTOMETRYCZNA



ZDARZENIA REFLEKTOMETRYCZNE WYSTĘPUJĄCE NA LINII ŚWIATŁOWODOWEJ:

1. POŁĄCZENIE SPAWANE
2. MAKROZGIĘCIE (zgięcie włókna światłowodowego)
3. ZŁĄCZE ROZŁĄCZNE
4. SPAW MECHANICZNY
5. PEKNIĘCIE WŁÓKNA ŚWIATŁOWODOWEGO
6. KONIEC ŚWIATŁOWODU

ROZCHODZENIE SIĘ IMPULSU ŚWIETLNEGO W JEDNORODNYM ŚWIATŁOWODZIE



P_0 – moc optyczna impulsu wejściowego

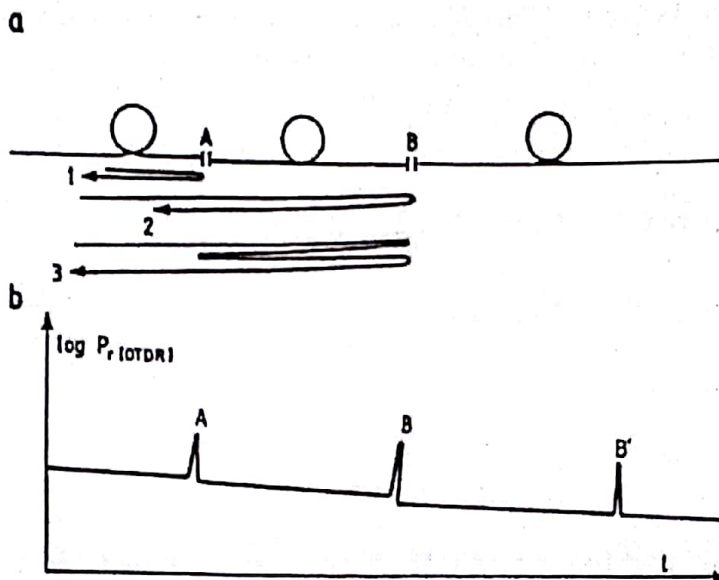
P_r – moc optyczna rozproszona w kierunku wstecznym

droga impulsu świetlnego w światłowodzie (od wysłania do powrotu impulsu świetlnego do OTDR-a)

$$2L = v_g t$$

$v_g = c/n_{ef}$ – prędkość grupowa

DUCHY WIELOKROTNE ODBICIA MIĘDZY ZDARZENIAMI REFLEKTOMETRYCZNYMI



B' – (na wykresie reflektometrycznym) oznacza pozorne złącze rozłączne, pojawia się ono na skutek wielokrotnych odbić impulsu świetlnego między rzeczywistymi złączami A i B.

Widoczny na wykresie odcinek BB' stanowi pozorne wydłużenie linii światłowodowej.

POMIAR AKTYWNEJ LINII ŚWIATŁOWODOWEJ

Reflektometr pozwala monitorować linię światłowodową bez przerywania transmisji.

POMIAR AKTYWNEJ LINII ŚWIATŁOWODOWEJ MOŻLIWY

JEST DO PRZEPROWADZENIA Z ZASTOSOWANIEM DŁUGOŚCI

FALI INNEJ NIŻ DŁUGOŚĆ FALI WYKORZYSTYWANA DLA

TRANSMISJI.

DLA SYSTEMU PRACUJĄCEGO W TRZECIM OKNIE TELEKOMUNIKACYJNYM (1550 nm) POMIARY WYKONUJE SIĘ W DRUGIM (1310 nm) LUB CZWARTYM OKNIE (1625 nm)

