

# Reflektometr optyczny OTDR

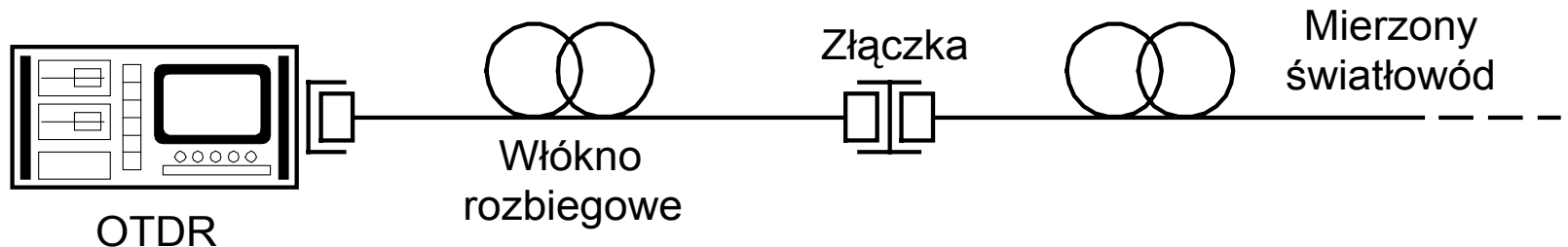
i inne przyrządy pomiarowe w  
technice światłowodowej

W prezentacji wykorzystano fragmenty prac dyplomowych Jacka Stopy, Rafała Dylewicza, Roberta Koniecznego

Prezentacja zawiera kopie folii omawianych na wykładzie. Niniejsze opracowanie chronione jest prawem autorskim. Wykorzystanie niekomercyjne dozwolone pod warunkiem podania źródła.

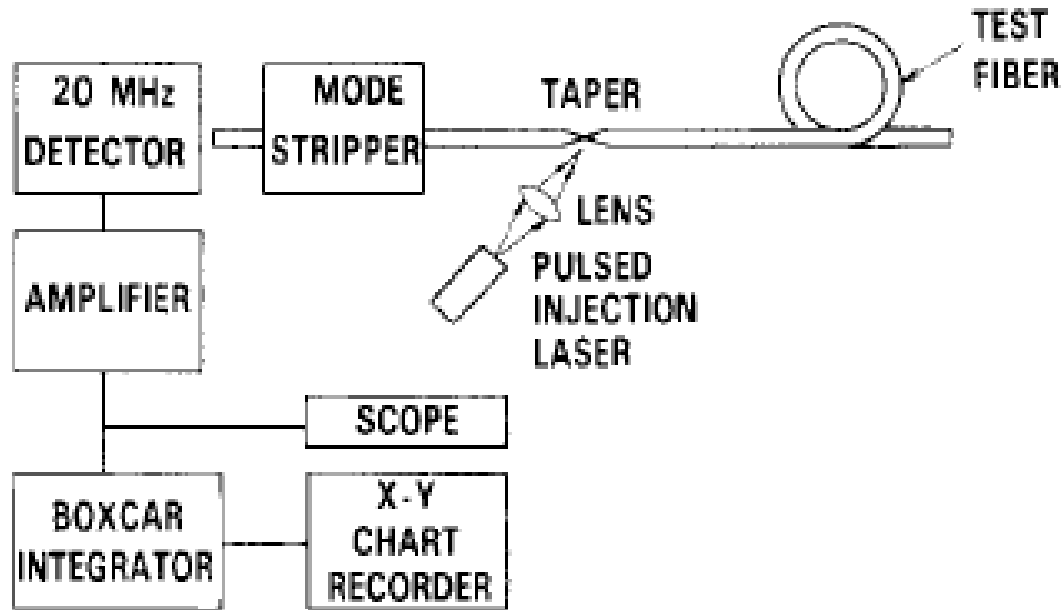
# Reflektometr optyczny

OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) jest podstawowym urządzeniem pomiarowym stosowanym przy budowie i podczas eksploatacji sieci światłowodowych. Umożliwia pomiar parametrów włókien i lokalizację zdarzeń występujących w torze optycznym.



Pomiar reflektometryczny opiera się na analizie mocy rozproszenia wstecznego w funkcji czasu (odległości od miejsca pomiaru).

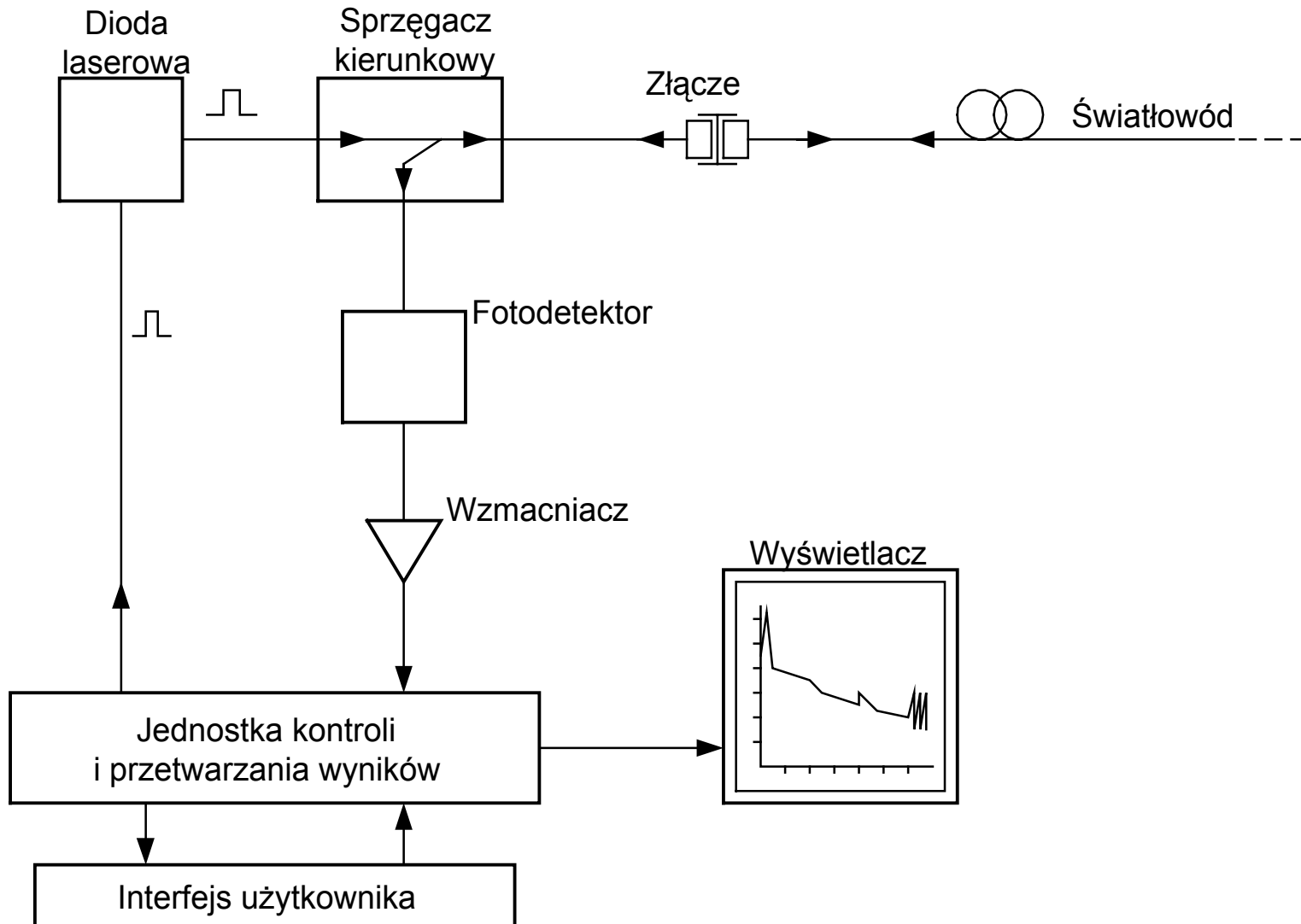
# Pierwszy reflektometr optyczny



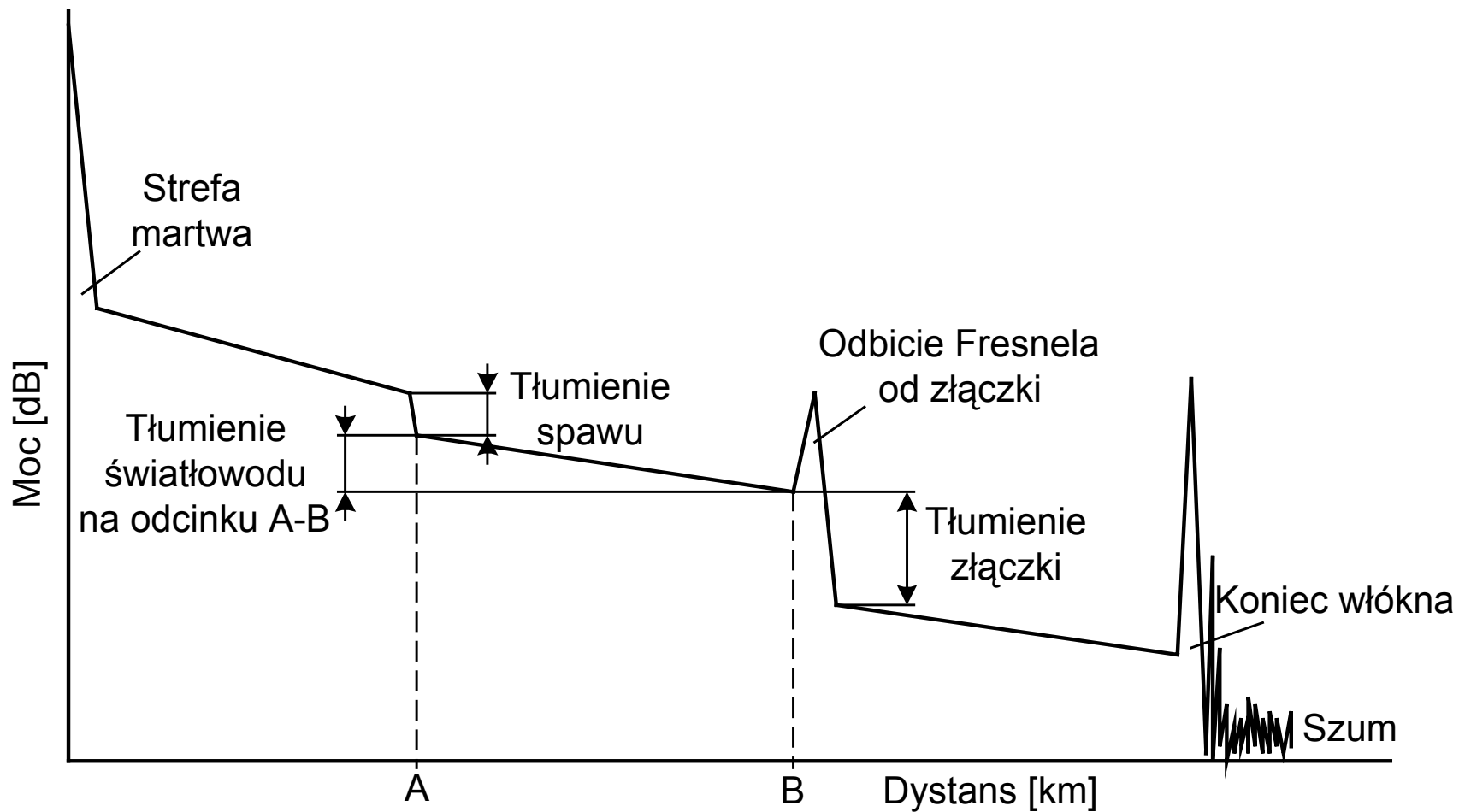
Pierwszy reflektometr - M. K. Barnoski, S. M. Jensen, „Fiber waveguides: A novel technique for investigationg arrenuation characeteristics”, Appl. Opt. Vol. 15, no. 9, pp. 2112-2115, 1976

Źródło światła - impulsowa dioda laserowa GaAs. Przewężenie zamiast rozgłęziacza światłowodowego.

# Reflektometr – schemat blokowy



# Przykładowa krzywa reflektometryczna



# Moc rozproszona - równanie reflektometryczne

$$P_b(t) = (P_0 S \alpha_s W v / 2) \exp \{-2 \alpha (vt / 2)\}$$

$P_b$  - rozproszona wstecznie moc Rayleigha

$P_0$  - szczytowa moc impulsu optycznego

$S$  - współczynnik przechwyty wstępnie rozproszonej mocy Rayleigha do włókna

$\alpha_s$  - współczynnik tłumienia (mocy optycznej), wywołanego rozpraszaniem Rayleigha

$v$  - szybkość impulsu światła we włóknie

$\alpha(vt/2)$  - tłumienie całkowite na odległości  $vt/2$  [w neperach]

$t$  - czas

$W$  - długość impulsu [w jednostkach czasu]

$$W \ll 2 / \alpha v$$

# Reflektometr - podstawowe parametry

## Wielkości mierzone:

- dystans (odległość pomiędzy zdarzeniami, długość trasy),
- straty na złączach, zgięciach, itp.,
- tłumienność jednostkowa włókna,
- odbicia (współczynnik odbicia, tłumienność odbicia ORL).

## Podstawowe parametry:

- dynamika,
- zasięg pomiarowy,
- strefa martwa,
- długość fali pomiarowej.

# Dynamika i zasięg pomiarowy

**Dynamika** OTDR określana jest jako stosunek mocy wprowadzonej do światłowodu do minimalnej mocy wykrywanej.

Dynamika pomiaru zwiększa się wraz ze zwiększaniem długości impulsów pomiarowych.

**Zasięg pomiarowy** zależy od mocy i długości wysyłanych impulsów.

Zasięg, czyli maksymalny dystans na jakim można dokonać pomiaru, jest zależny również od tłumienności jednostkowej badanej linii światłowodowej (wraz ze zdarzeniami wtrąconymi)



## Strefa martwa

W początkowym odcinku włókna światłowodowego zachodzi zjawisko silnego rozpraszania wstecznego impulsów pomiarowych.

Detektor przy rejestracji tego zdarzenia, mając pewną bezwładność, pozostaje na krótki czas nieczuły na wszelkie zdarzenia (znajduje się w stanie nasycenia). Zwiększając moc lub długość impulsów wysyłanych, zwiększamy rozproszoną moc, co powoduje zwiększenie strefy martwej. W celu wyeliminowania negatywnych skutków tego zjawiska stosuje się tzw. włókno rozbiegowe.

# Elementy

Laser - impulsowe źródło światła dużej mocy.

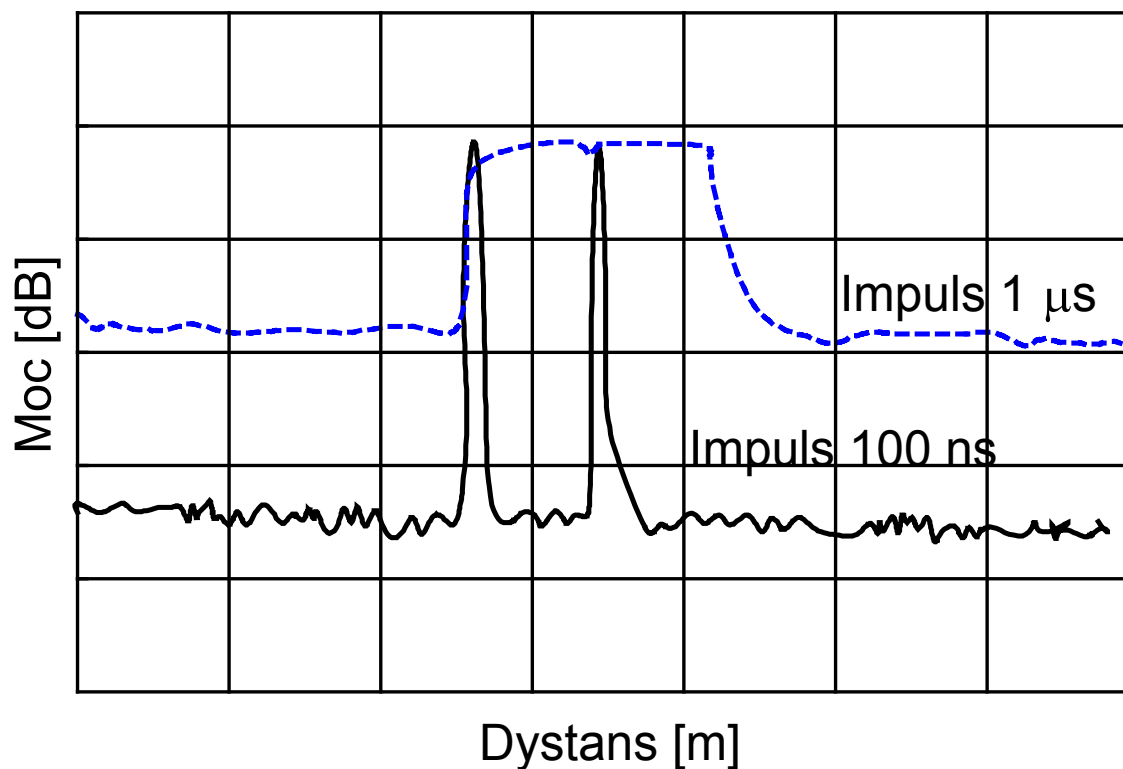
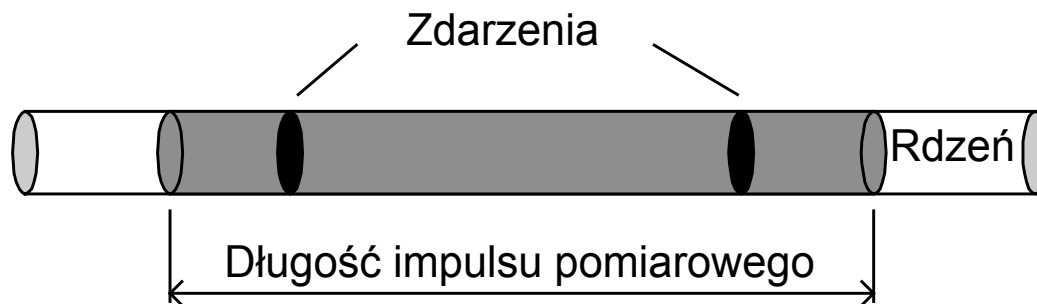
Ograniczenie mocy impulsu - Stymulowane rozpraszanie Ramana

Detektor - Odbicia Fresnela są o 3 do 4 rzędów wielkości większe od rozpraszania Rayleigha. W efekcie w mierzonym torze światłowodowym powstaje strefa martwa bezpośrednio za reflektometrem.

Strefa martwa może również powstać za źródłami odbić Fresnela w torze światłowodowym (złączki, przerwy).

Rozwiązanie - bramkowanie detektorów, stosowanie detektorów o dużej dynamice.

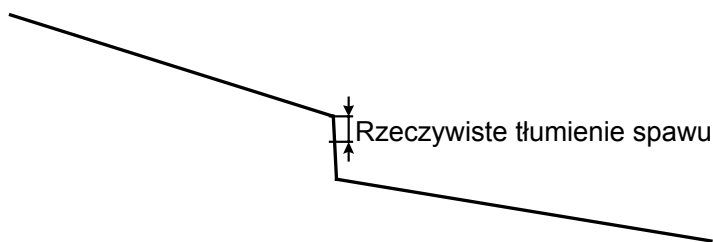
# Wpływ długości impulsu na rozdzielczość reflektometru



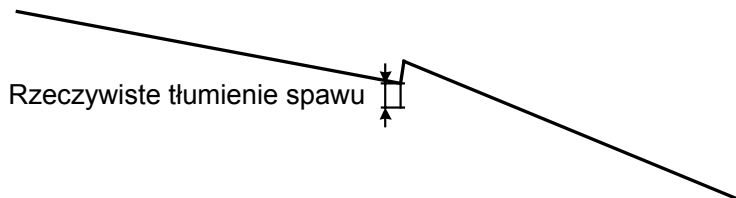
# Błędy pomiaru reflektometrem

„Wzmocnienie złącza” Reflektometr pozwala na pomiar linii światłowodowej tylko z jednego jej końca. W przypadkach wątpliwych dla otrzymania wiarygodnych wyników należy przeprowadzić pomiary z obu stron i uśrednić uzyskane wyniki.

a)

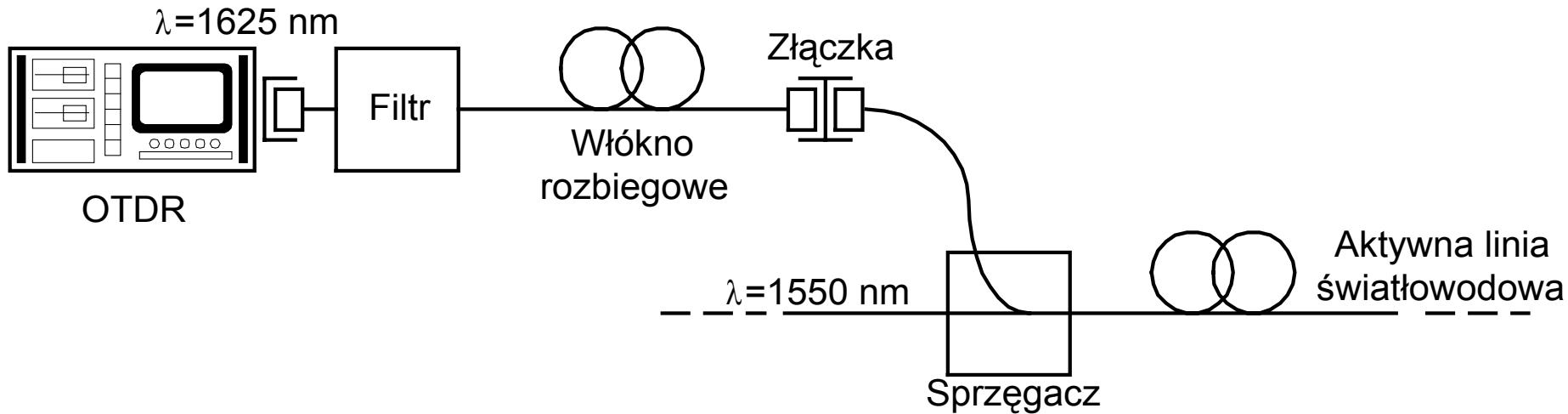


b)



Błędy pomiaru tłumienia spawu dwóch światłowodów mających odmienne współczynniki rozpraszania światła. Podobne efekty mogą wywoływać różnice apertury numerycznej lub średnicy światłowodów.

# Pomiar aktywnej linii światłowodowej



Układ pomiarowy pozwala monitorować linię światłowodową bez przerywania transmisji. Pomiar na aktywnej linii możliwy jest jedynie z zastosowaniem wkładki pomiarowej o innej długości fali niż długość wykorzystana w transmisji, czyli np. dla systemu pracującego w trzecim oknie telekomunikacyjnym (1550 nm), pomiary wykonuje się w drugim (1310 nm) lub czwartym oknie (1625 nm).

# Mierniki mocy optycznej

Element aktywny: fotodioda

- krzemowa dla długości fal do 1100 nm,
- InGaAs lub germanowa - dla 1300 i 1550 nm

Miernik mocy wyposażony jest we

- wzmacniacz prądu stałego, p
- przetwornik analogowo-cyfrowy
- układ obróbki i wyświetlania wyników.
- wymienne adaptory (ST, FC/PC, SC, E2000, i inne).

Moc sygnału jest wskazywana w skali logarytmicznej jako poziom mocy bezwzględnej w dBm, względnej w dBr, lub liniowej w mW, pW, nW.

Podstawowe parametry mierników mocy:

dynamika, zakres pomiarowy, mierzone długości fal, liniowość.

# Pomiarowe źródła światła

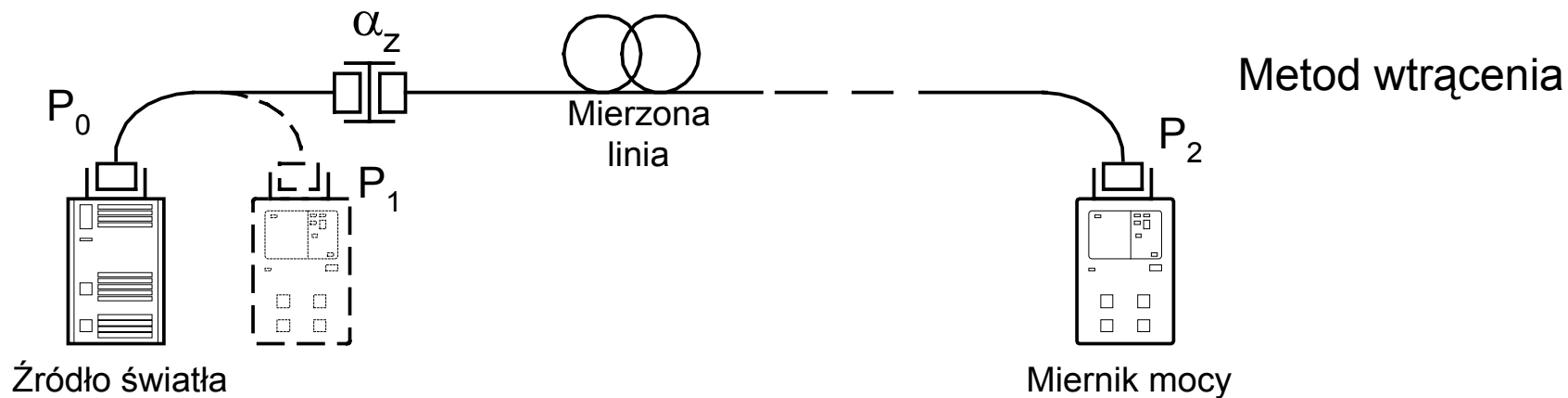
- Lasery, przeznaczone do światłowodów jednomodowych
- Diody LED, przeznaczone do światłowodów wielomodowych.

Źródła muszą charakteryzować się dużą stabilnością lasera oraz niezawodnością pracy. Pomiarowe źródła światła powinny dawać możliwość podłączenia różnego typu złączy.

Podstawowe parametry źródeł światła:

- moc wyjściowa,
- długości emitowanych fal,
- szerokość spektralna,
- stabilność źródła.

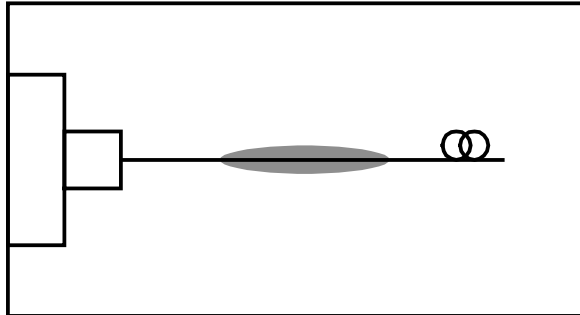
# Pomiar tłumienia za pomocą miernika mocy i źródła światła



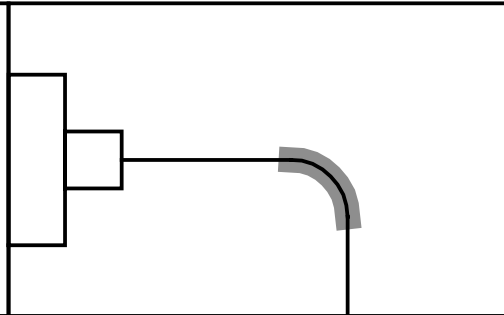


# Lokalizator uszkodzenia linii (*Visual fault locator*)

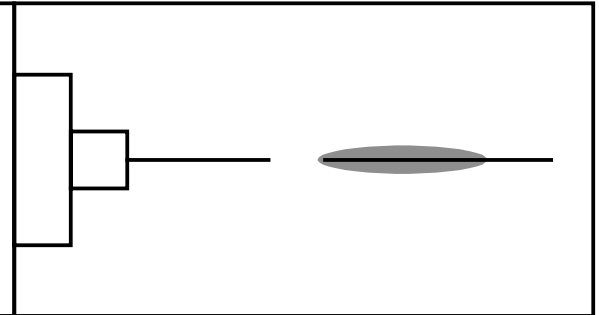
Wykrywanie uszkodzeń w obszarze strefy martwej reflektometru



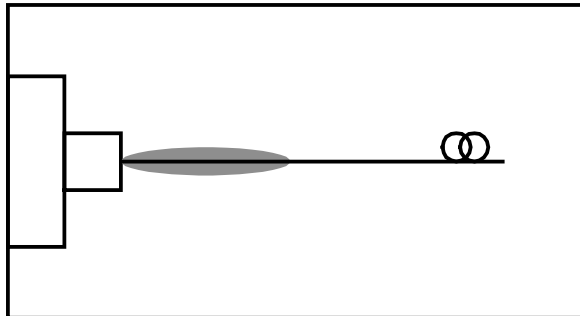
Wykrywanie zgięć powodujących straty mocy



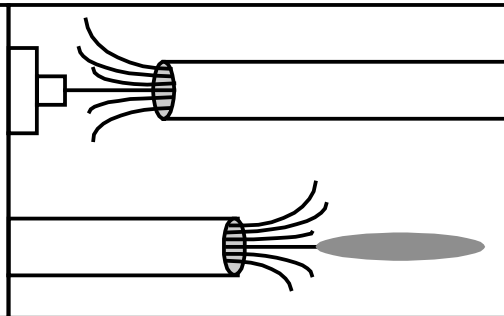
Wykrywanie złych spawów



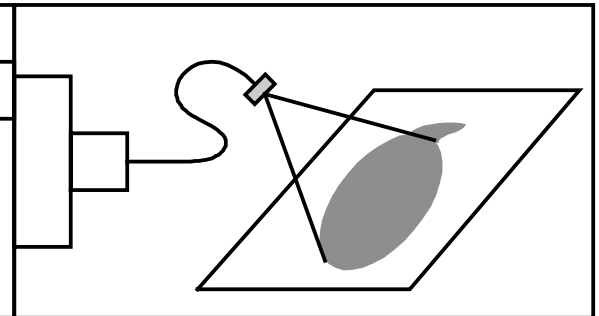
Wykrywanie uszkodzonych złączy



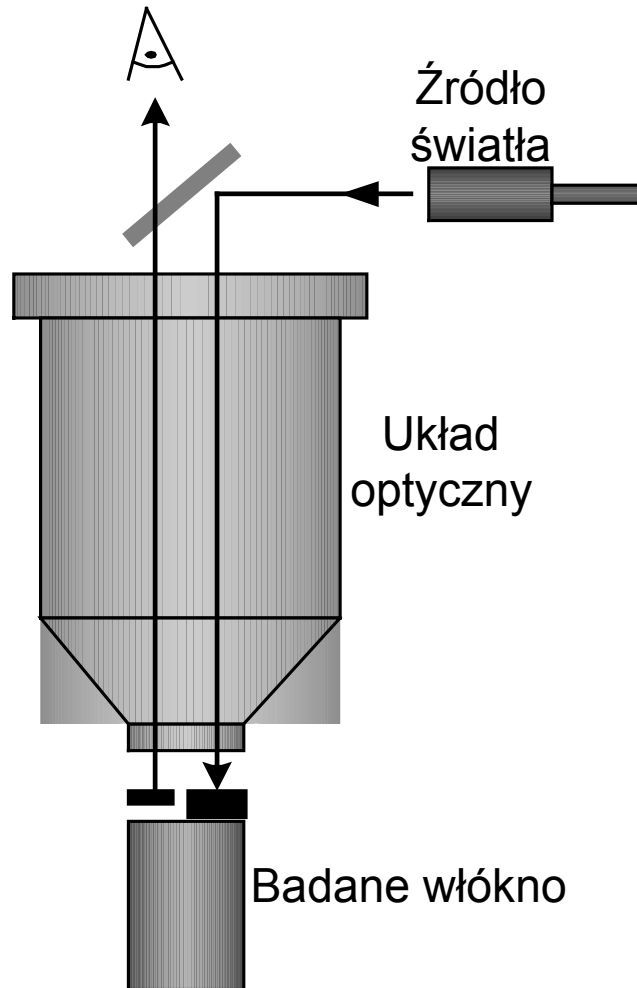
Identyfikacja włókien w kablu



Wykrywanie defektów powierzchni czołowych złączy



# Mikroskop



Mikroskop umożliwia obserwację i ocenę powierzchni czołowych łączonych włókien światłowodowych. Ma wbudowane wewnętrzne źródło światła, które oświetla powierzchnię czołową włókna. Obraz jest powiększony poprzez układ soczewek, może być rejestrowany przez kamerę CCD.

# Czujnik ruchu

Zasada działania przyrządu opiera się na detekcji światła wyciekającego z włókna poprzez jego zagięcie. Dwa detektory umieszczone na obu końcach zagięcia rejestrują wyciekające światło.

Zastosowanie czujników transmisji:

- detekcja transmisji i jej kierunku we włóknie,
- określenie poziomu sygnału optycznego w rdzeniu,
- detekcja sygnału modulowanego 2 kHz.