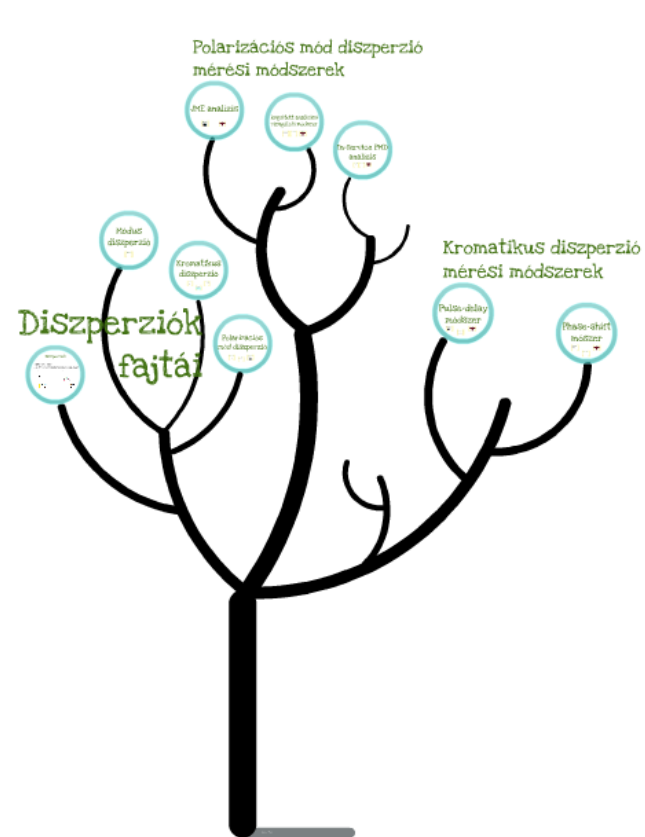
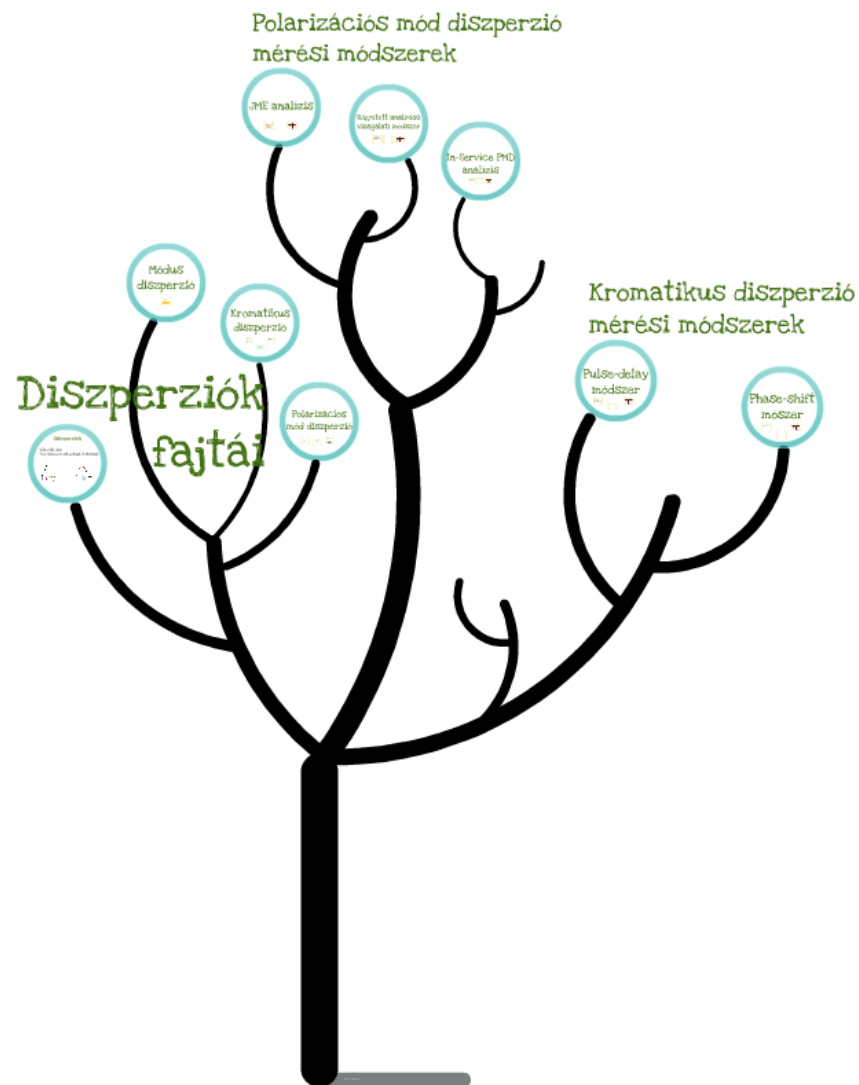


Diszperziós jelenségek és méréstechnikájuk



Csiki Gergő
g.csiki@elsinco.hu

Diszperziós jelenségek és méréstechnikájuk



Csiki Gergő
g.csiki@elsinco.hu

Polarizációs mód diszperzió mérési módszerek

JME analízis



Rögzített analízisú
vizsgálati módszer



In-Service PMD
analízis



Módus
diszperzió



Kromatikus
diszperzió



Polarizációs
mód diszperzió



Kromatikus diszperzió mérési módszerek

Pulse-delay
módszer

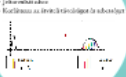


Phase-Shift
módszer



Diszperziók fajtái

Diszperziók



Diszperziók fajtái

Módus
diszperzió



Kromatikus
diszperzió

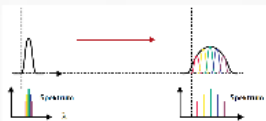


Polarizációs
mód diszperzió



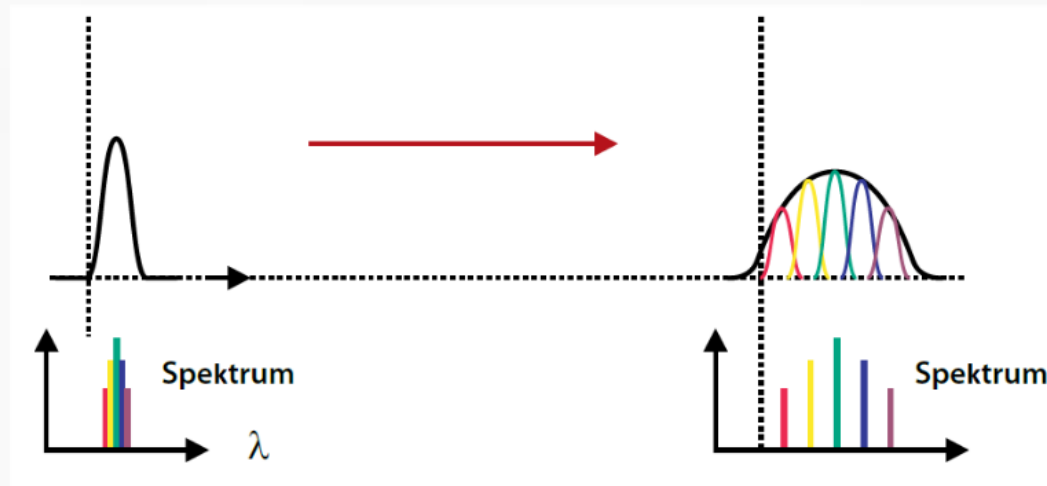
Diszperziók

- Jeltorzulást okoz
- Korlátozza az átviteli távolságot és sebességet



Diszperziók

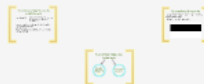
- Jeltorzulsát okoz
- Korlátozza az átviteli távolságot és sebességet



Módus
diszperzió



Kromatikus
diszperzió



Polarizációs
mód diszperzió



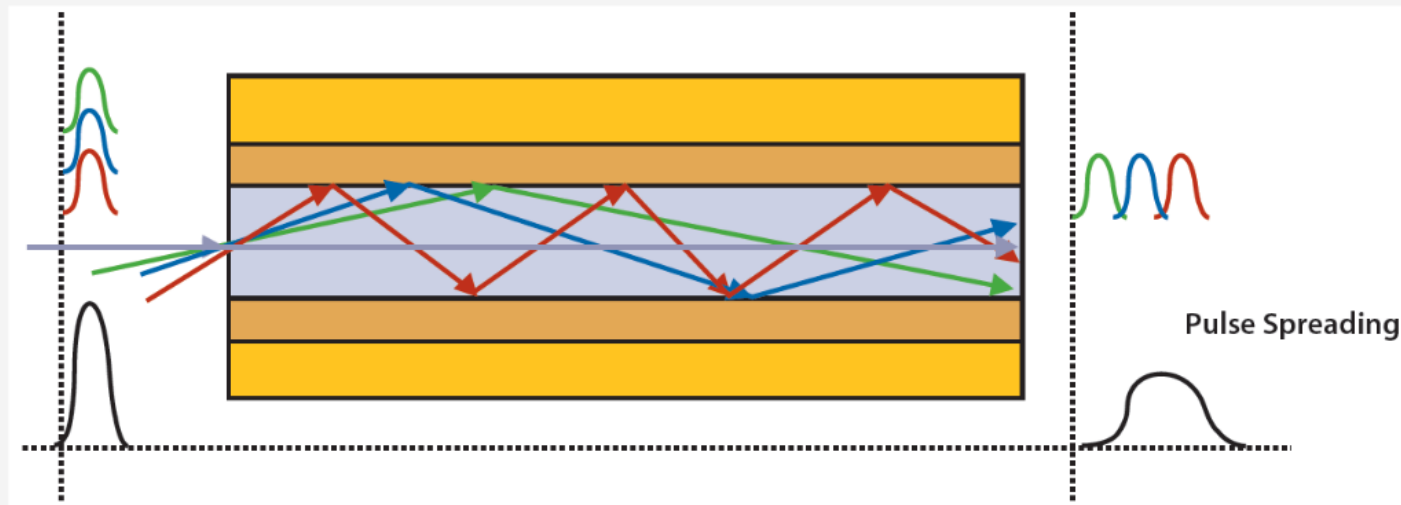
perziók
fajtái

Módus diszperzió



Módus diszperzió

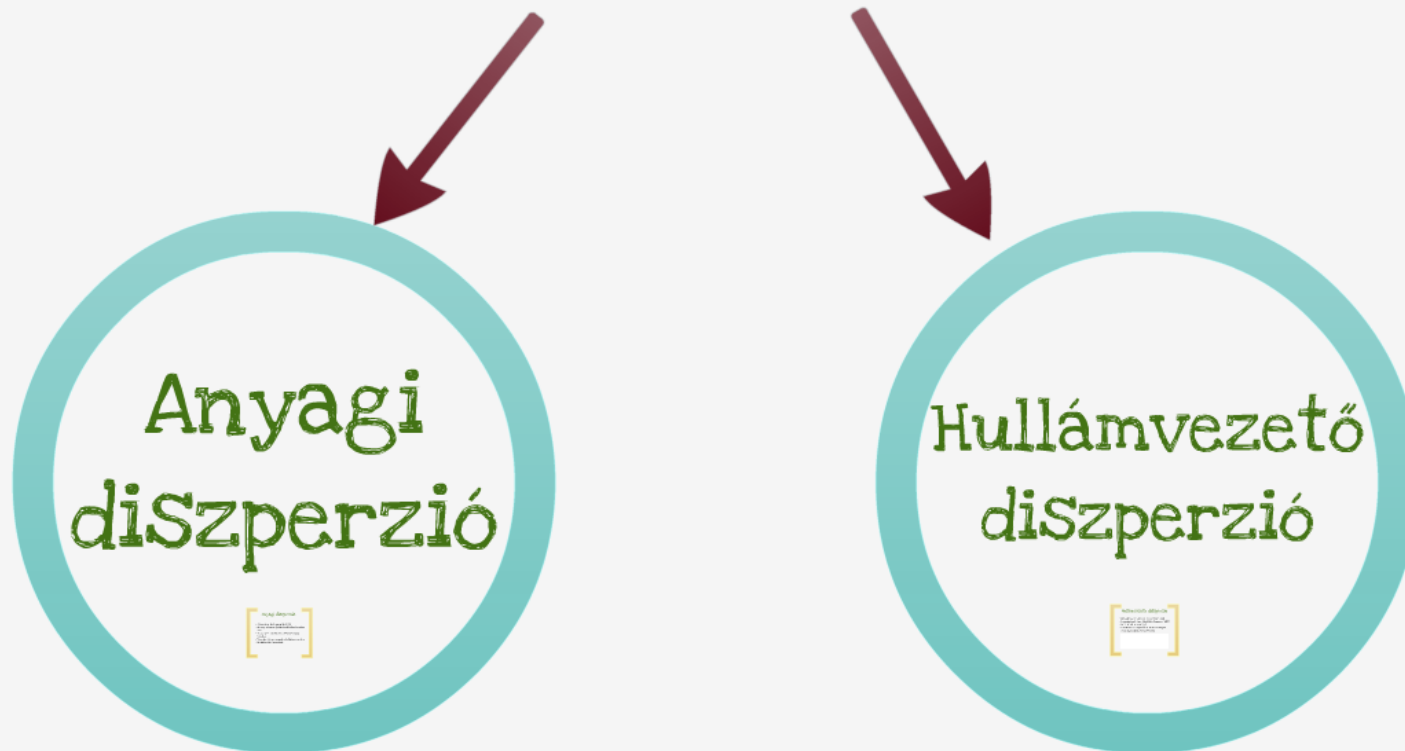
- Jeltorzító hatása a legnagyobb
- Ellene a legkönnyebb tenni
- Multimódusú (50 vagy 62,5 μm) helyett Monomódusú (9 μm) üvegszál használatával hatása megszüntethető



Kromatikus diszperzió



Kromatikus diszperzió összetevői



Anyagi diszperzió

Anyagi diszperzió

- A beeséssel rendelkező közegben
- Az anyag összetételére, a hullámhosszra és a hőmérsékletre is függ
- A hullámhossz függvényében változik a beesési együttható
- Minél rövidebb hullámhosszra, annál nagyobb a beesési együttható
- Minél nagyobb a beesési együttható, annál nagyobb a visszaverődés

Anyagi diszperzió

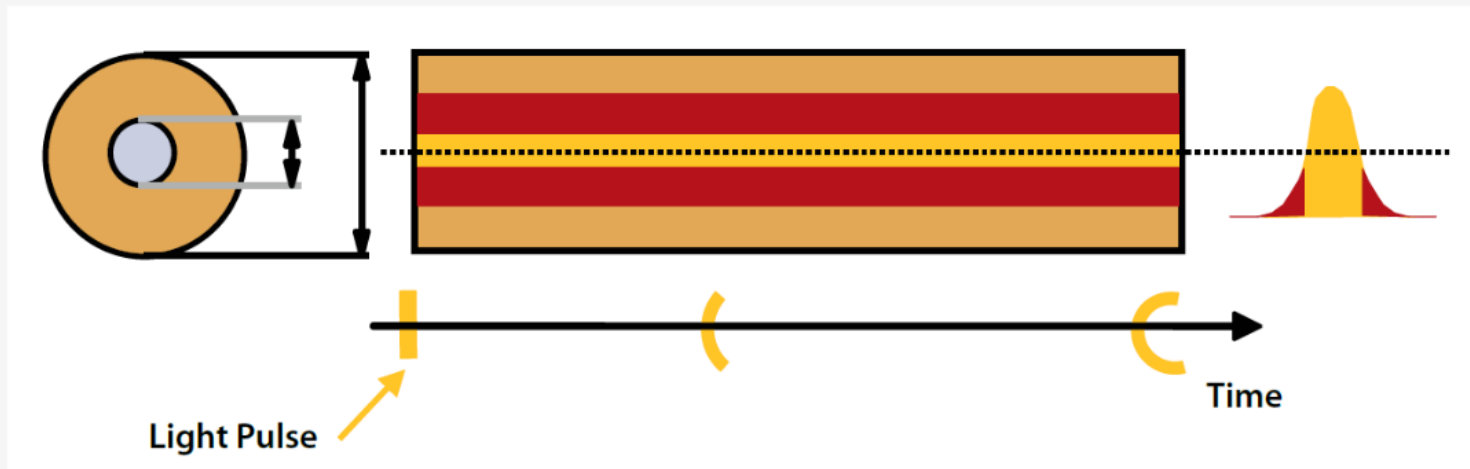
- A kvarcüveg tulajdonságaiból adódik
- Az üveg törésmutatója különböző hullámhosszakon eltér
- A különböző hullámhosszak eltérő sebességgel terjednek
- Nincs olyan lézer ami egyetlen hullámhosszon adna
- Modulált jeleket használunk

Hullámvezető diszperzió



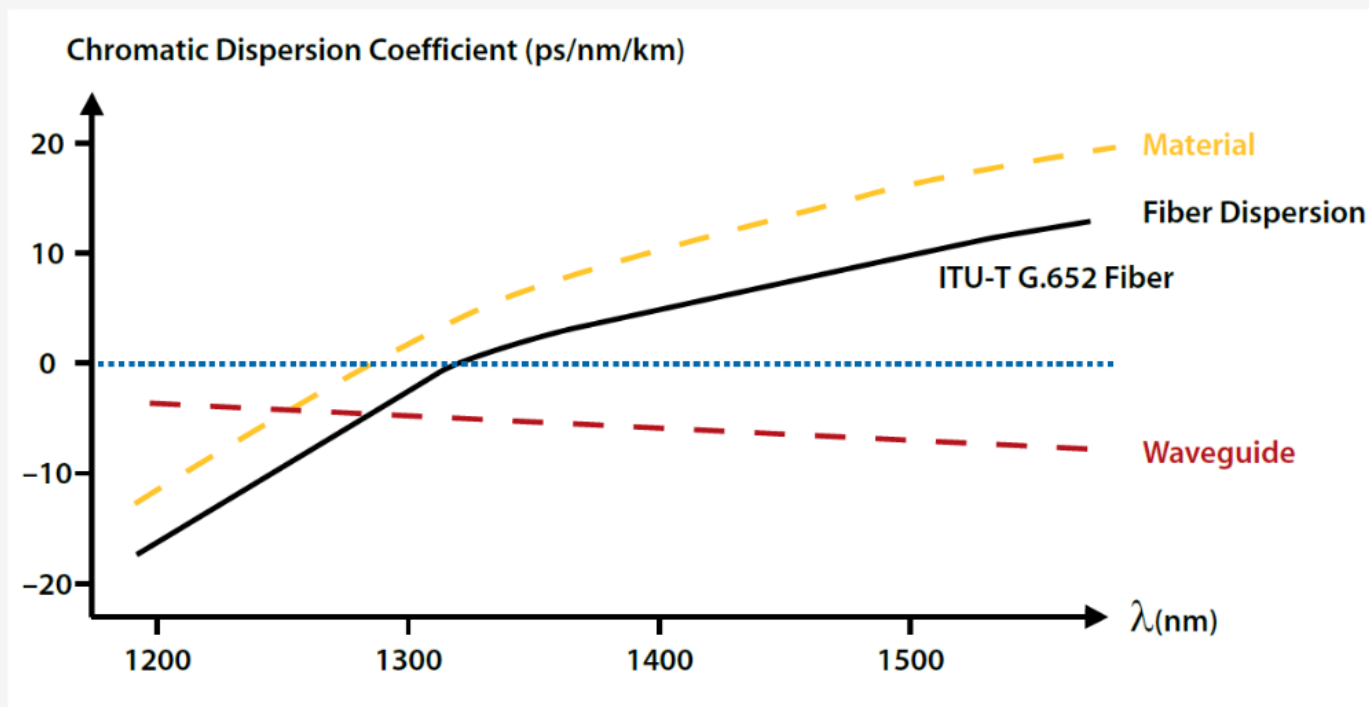
Hullámvezető diszperzió

- SM szálak esetén a fény egy része a héjban terjed
- A behatolás mélysége a "Mode Field Diameter" (MFD)
- Az MFD hullámhossz függő
- A hullámvezető diszperziót az MFD és az üvegszál törésmutató kialakítása határozza meg



Kromatikus diszperzió

- Az anyagi és hullámvezető diszperzió hatása a hullámhossz függvényében ellentétes
- Az anyagi diszperzió hatása nagyobb



Kromatikus diszperzió okozta jelkiszélesedés

$$\Delta\tau = D_c \cdot \Delta\lambda \cdot L$$

$\Delta\tau$: impulzus szélesség növekedés [ns]

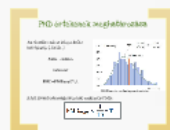
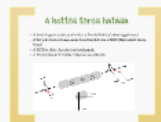
D_c : Kromatikus diszperziós együttható [ps/(nm*km)]

$\Delta\lambda$: A fényforrás spektrális szélessége [nm]

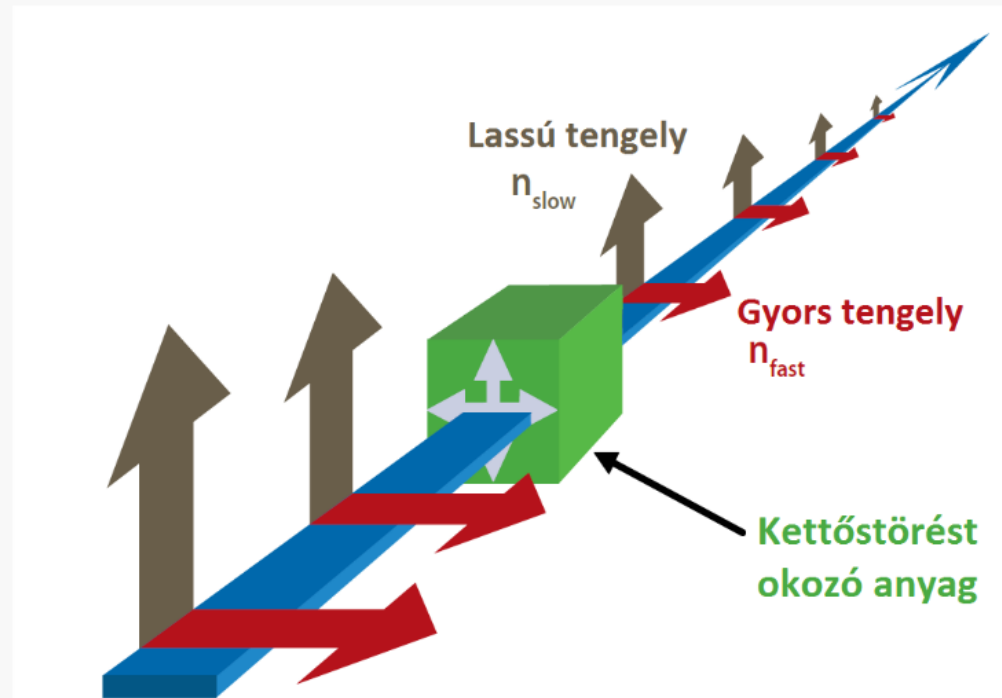
L : az üvegszál hossza

- Az üvegszál magjához különböző vegyületeket adva a kromatikus diszperzió értéke befolyásolható
- A célunk: $\Delta\tau = 0$ ns
- Hatása megszüntethető a megfelelő előjelű kromatikus diszperziót kompenzáló üvegszállal

Polarizációs mód diszperzió



Polarizációs mód diszperzió



A polarizációs mód diszperzió a különböző polarizációs síkok egymáshoz viszonyított futásidő-különbségéből származó jelszóródás.



A kettőstörés lehetséges okai

Nyomott mag



Excentrikus kialakítás

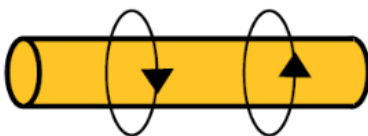


Elliptikus kialakítás

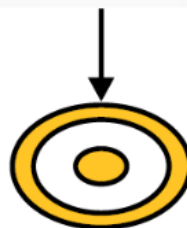


Tökéletlen kialakítás

Csavarás



Nyomás



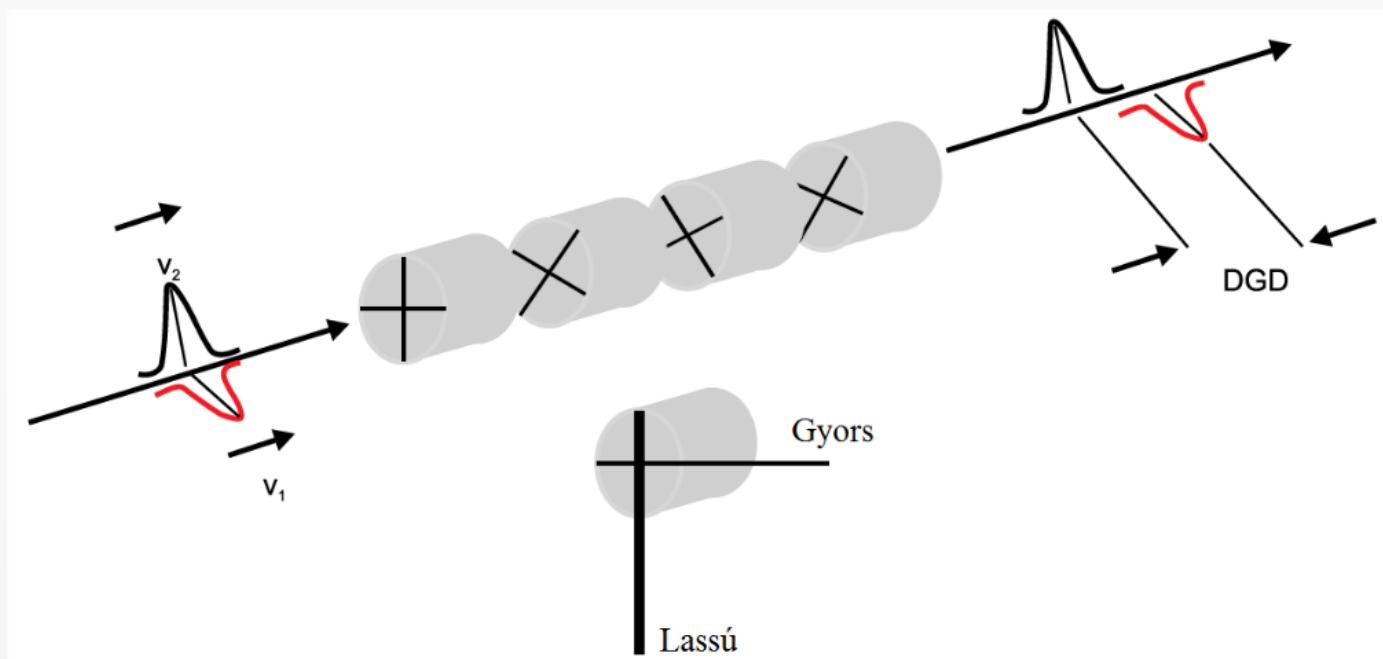
Hajlítás



Külső hatások

A kettős törés hatása

- A lassú és gyors polarizációs síkon a fény különböző sebességgel terjed
- A két polarizációs komponens közötti késleltetés a DGD (Differential Group Delay)
- A DGD értékét a kettős törés befolyásolja
- A DGD pillanatnyi értéke folyamatosan változik



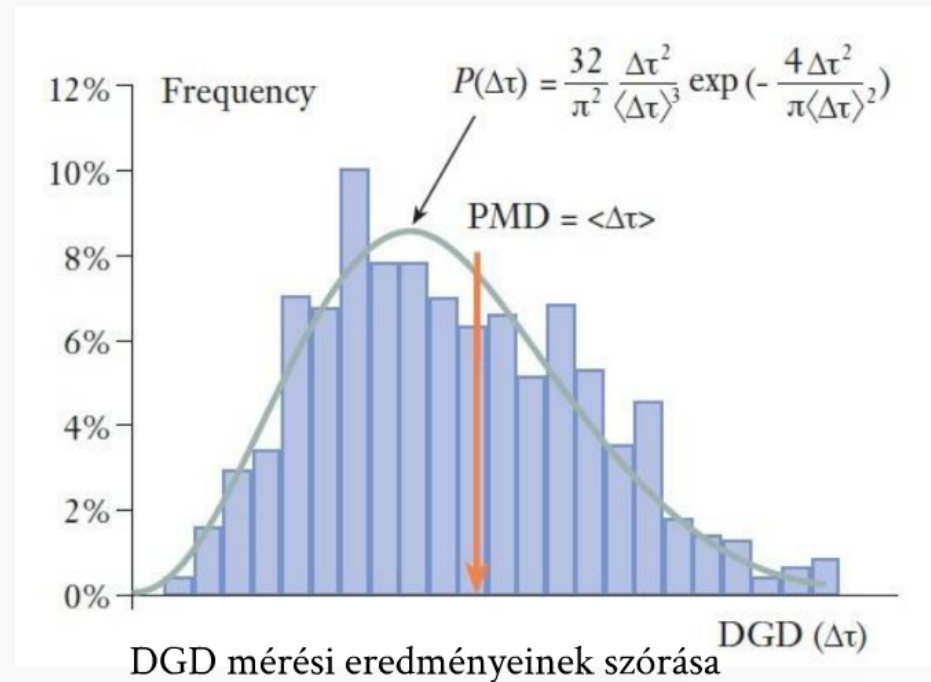
PMD értékének meghatározása

Az eloszlást csak az átlagos DGD befolyásolja ($\langle \text{DGD} \rangle$)

$$\text{PMD} = \langle \text{DGD} \rangle$$

valamint

$$\text{PMD} = \text{PMD}_{\text{coeff}} * \sqrt{L}$$



Adott átviteli sebességhez tartozó maximális PMD:

$$\text{PMD}_{\text{max}} < \frac{1}{10} * T_B$$

Diszperziók fajtái

Módus
diszperzió



Kromatikus
diszperzió

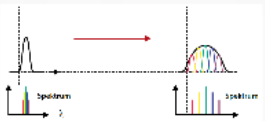


Polarizációs
mód diszperzió



Diszperziók

- Jeltorzulást okoz
- Korlátozza az átviteli távolságot és sebességet



Polarizációs mód diszperzió mérési módszerek

JME analízis



Rögzített analízisú
vizsgálati módszer



In-Service PMD
analízis



Módus
diszperzió



Kromatikus
diszperzió



Polarizációs
mód diszperzió



Kromatikus diszperzió mérési módszerek

Pulse-delay
módszer



Phase-shift
módszer



Diszperziók fajtái

Diszperziók



Kromatikus diszperzió mérési módszerek

Pulse-delay módszer



Phase-shift módszer



Pulse-delay módszer



CD mérési módszer	
Helyek	Helyek
- Vízszintes	- Vízszintes
- Függőleges	- Függőleges
- 45°-es szög	- 45°-es szög
- 90°-es szög	- 90°-es szög
- 135°-es szög	- 135°-es szög
- 180°-es szög	- 180°-es szög
- 225°-es szög	- 225°-es szög
- 270°-es szög	- 270°-es szög
- 315°-es szög	- 315°-es szög
- 360°-es szög	- 360°-es szög

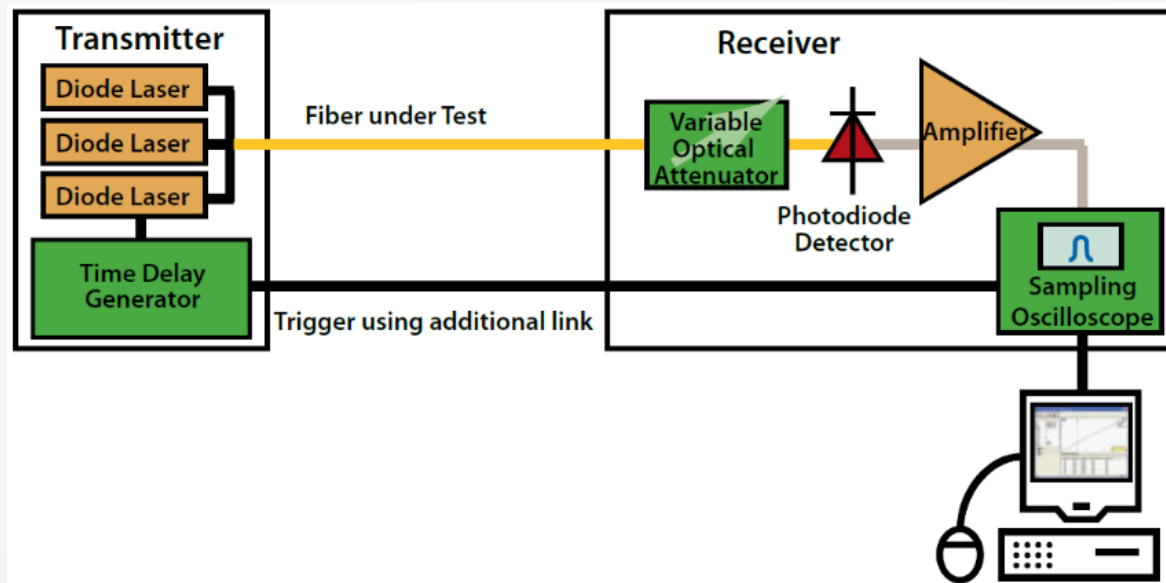
Pulse-delay mérés menete és elvi felépítése

Csoport késleltetési időt mérünk

Adó oldalon 4-8 különböző hullámhosszúságú lézer

Egy hullámhosszt referenciának választunk → referencia terjedési idő

Az egyes hullámhosszak referencia terjedési időtől való eltérése adja az adott hullámhosszra vonatkozó csoport késleltetési időt

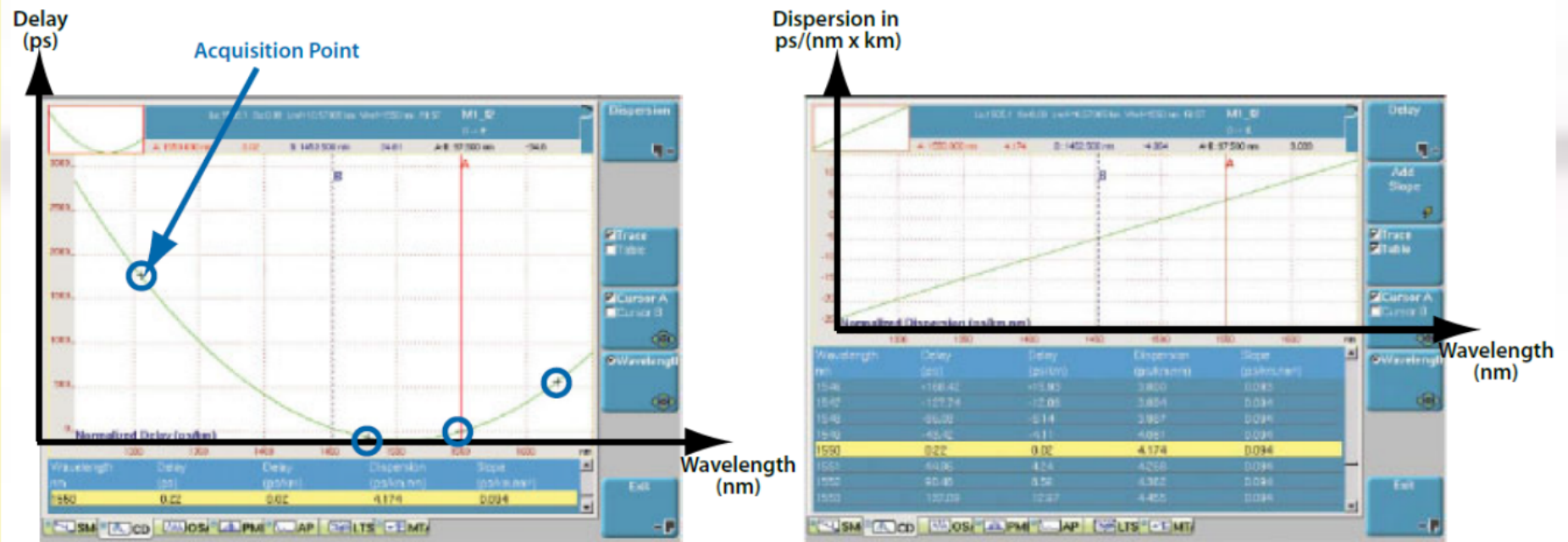


Puls-delay módszer a gyakorlatban



Pulse-delay módszer OTDR-rel megvalósítva

Képek a mérésből



CD mérése OTDR-rel

Előnyök

- Viszonylag olcsó
- Egyoldali mérés
- Különböző diszperziójú szakaszok detektálása
- Egyidejűleg több mérés lehetősége (távolság, csillapítás)
- Rövid idejű mérés

Hátrányok

- Max. 30dB dinamikával használható
- Nem kompatibilis a nem kétirányú eszközökkel (EDFA)
- A távolságot korlátozza a reflexió
- 4 hullámhossz pontatlan
- Az OTDR-t nem erre tervezték

Pulse-delay módszer



Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> • Veszélyt okoz • Igaztalan mérés • Előrejelzés diszperziós jellemzők és átviteli távolság • Gyengébb érzékenység • Kisebbségi előnyök 	<ul style="list-style-type: none"> • Hosszú távú és rövid távú • Hosszú távú és rövid távú • Hosszú távú és rövid távú • Hosszú távú és rövid távú • Hosszú távú és rövid távú

Kromatikus diszperzió mérési módszerek

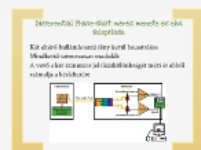
Pulse-delay módszer



Phase-shift módszer



Phase-shift módszer



2) második Phase-shift módszer

Előzetes	Működés
<ul style="list-style-type: none"> • Hűtő rendszer • Hűtő rendszer működése • Hűtő rendszer működése • Hűtő rendszer működése • Hűtő rendszer működése 	<ul style="list-style-type: none"> • Hűtő rendszer működése • Hűtő rendszer működése • Hűtő rendszer működése • Hűtő rendszer működése • Hűtő rendszer működése

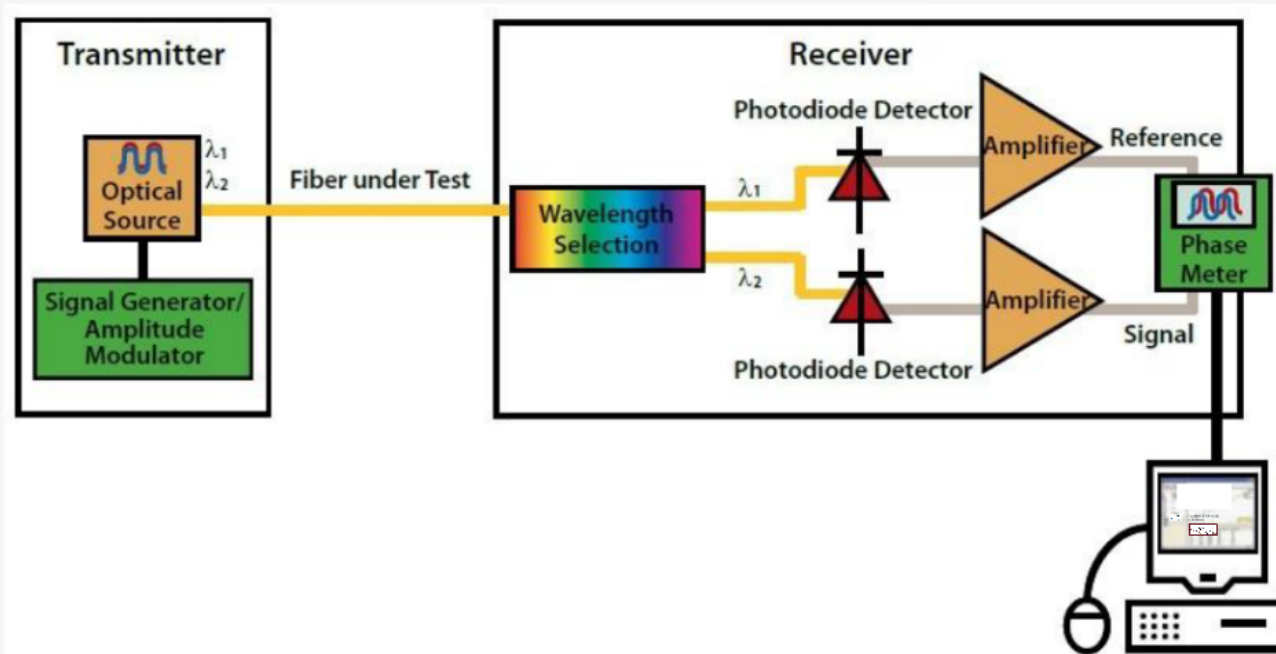


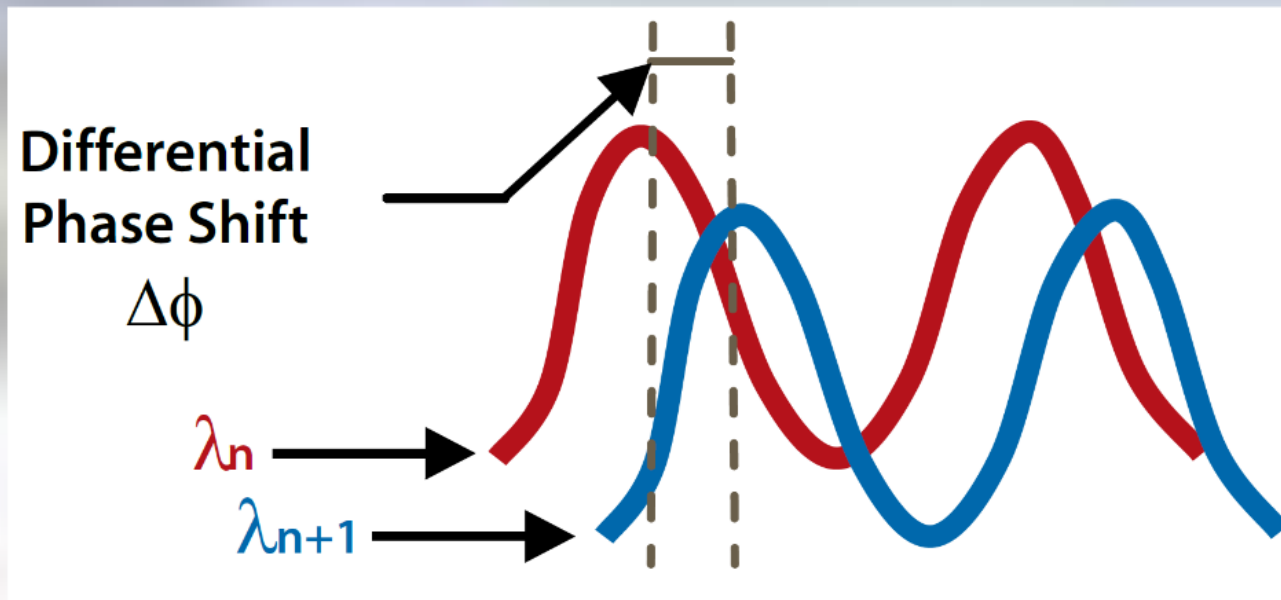
Differential Phase-Shift mérés menete és elvi felépítése

Két eltérő hullámhosszú fény kerül becsatolása

Mindkettő szinuszosan modulált

A vevő a két szinuszos jel fáziskülönbségét méri és ebből számolja a késleltetést



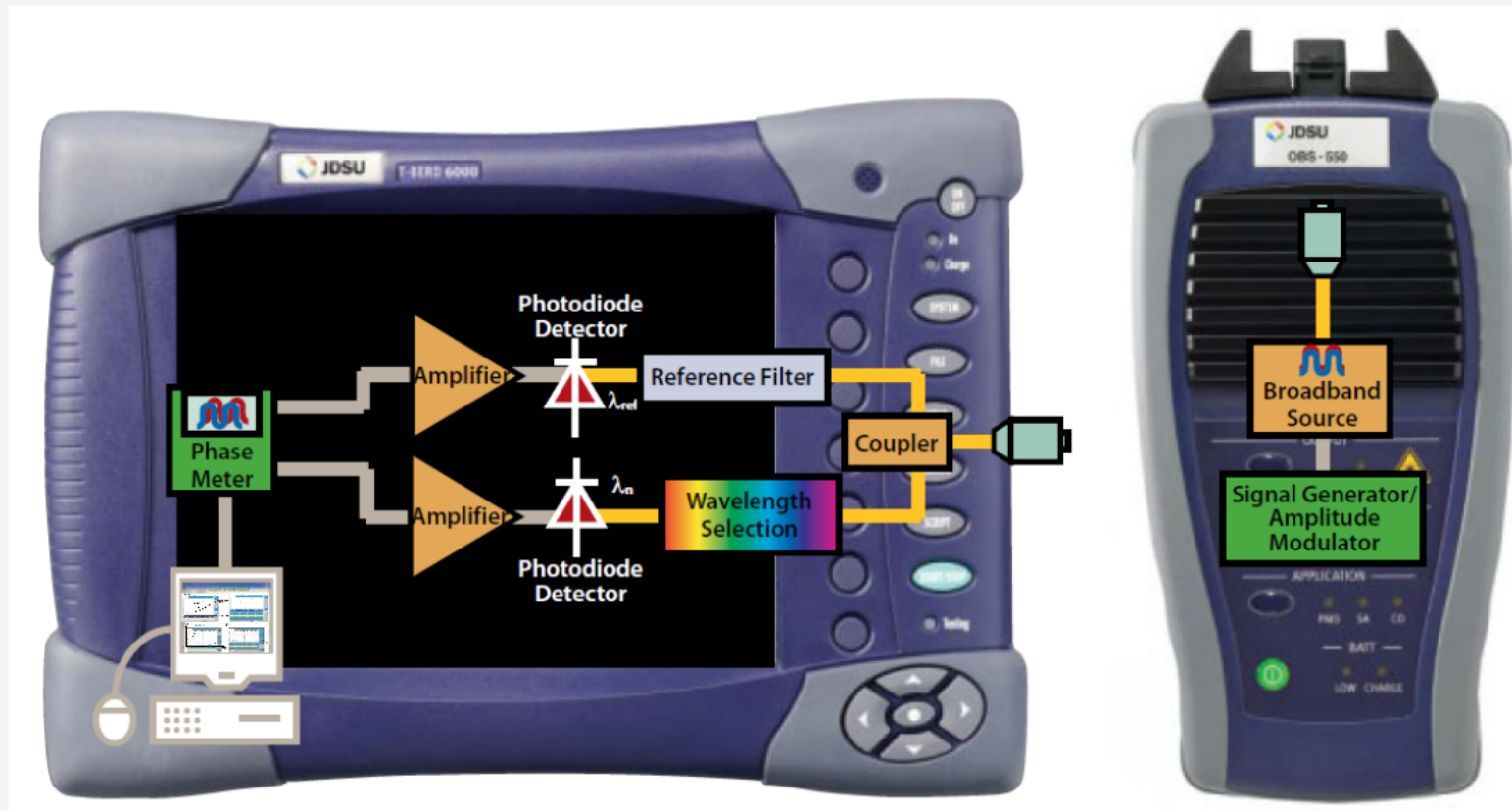


$$\Delta t = \frac{\Delta\Phi}{2\pi f}$$

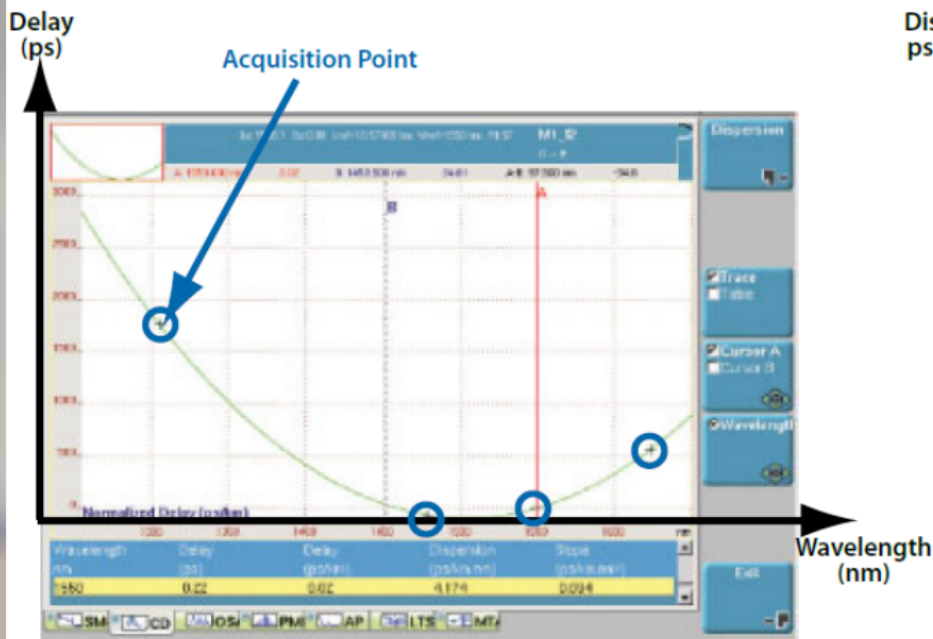
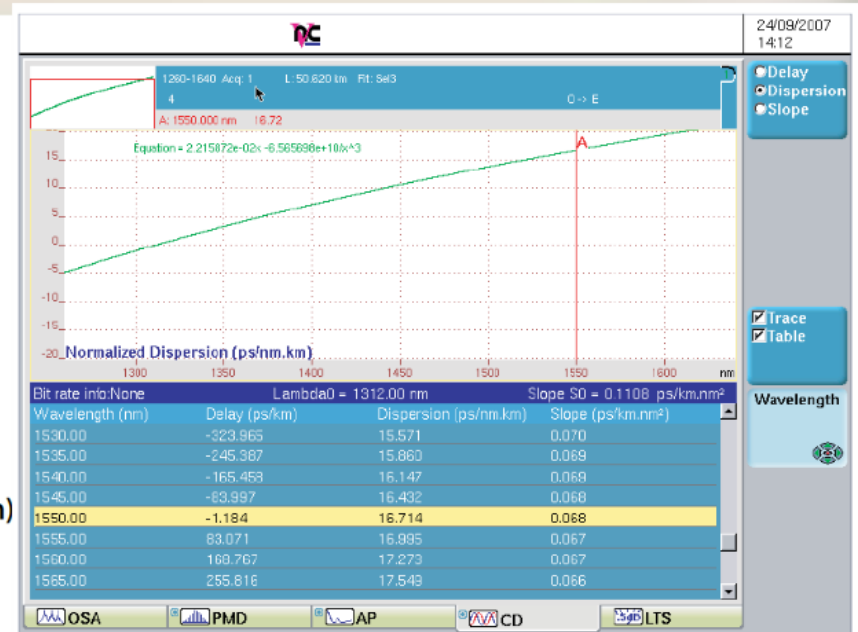
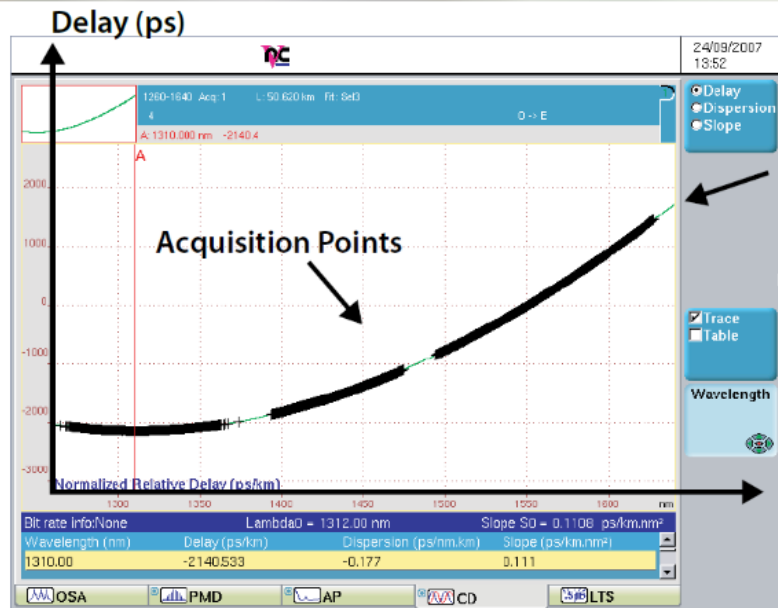
f- moduláló jel frekvenciája
 Δt - késleltetés

$$CD = \frac{t_2 - t_1}{\lambda_2 - \lambda_1} = \frac{\Delta t}{\Delta\lambda}$$

Phase-shift módszer a gyakorlatban



Képek a mérésből



CD mérése Phase-Shift módszerrel

Előnyök

- Nagy pontosság
- 40dB feletti dinamika tartomány
- Megbízható, reprodukálható
- EDFA kompatibilis

Hátrányok

- A mérés ideje függ a 'lambdák' számától
- Kétoldali mérés
- Nincs információ arról, hogy hol lehet a hiba
- A mérendő szál hosszának ismertnek kell lennie!
- $n \cdot 360^\circ$ fáziskülönbség nem detektálható

Polarizációs mód diszperzió mérési módszerek

JME analízis



Rögzített analízisú
vizsgálati módszer



In-Service PMD
analízis



Módus
diszperzió



Kromatikus
diszperzió



Polarizációs
mód diszperzió



Kromatikus diszperzió mérési módszerek

Pulse-delay
módszer



Phase-shift
módszer



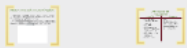
Diszperziók fajtái

Diszperziók



Polarizációs mód diszperzió mérési módszerek

JME analízis



Rögzített analízisú
vizsgálati módszer



In-Service PMD
analízis



JME analízis

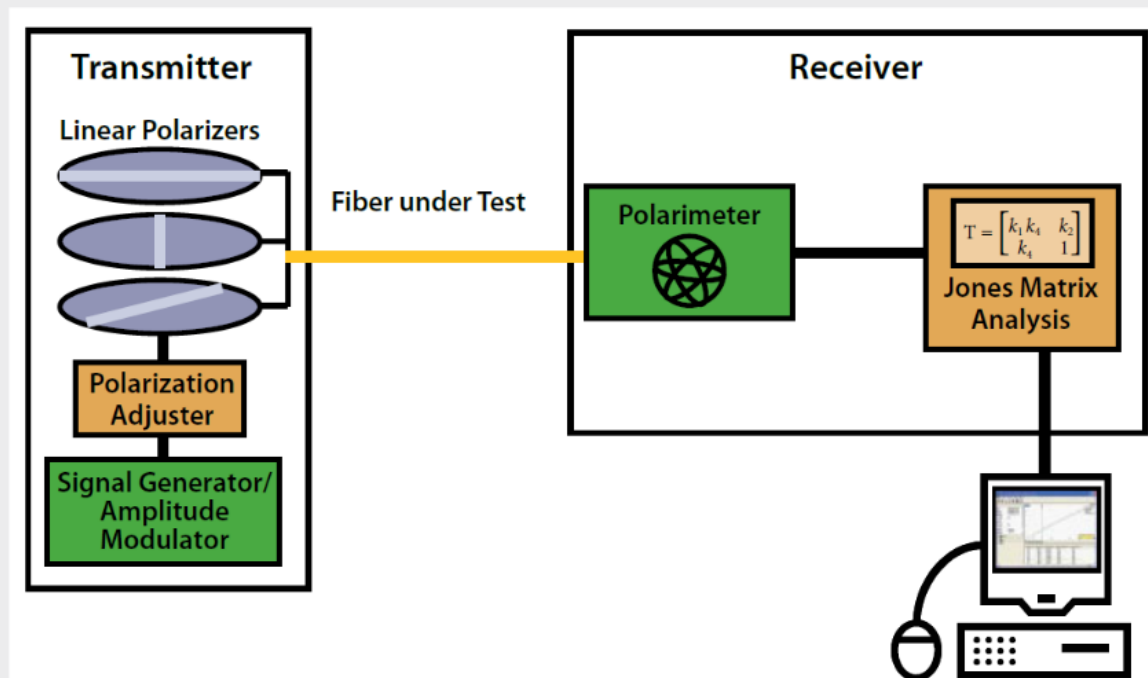


JME mérés menete és elvi felépítése

A PMD vektort mérjük, ennek nagysága arányos a DGD-vel, iránya pedig a polarizáció iránya

Három polarizációs irányban mérünk, több hullámhosszon

Polarimeter analízál \longrightarrow Jones mátrix értékei



PMD mérése JME módszerrel

Előnyök

- Nagy pontosság
- 50dB feletti dinamika tartomány
- Megbízható
- EDFA kompatibilis
- Bármilyen összeköttetés esetén használható
- Érzéketlen a bemeneti polarizációra
- Közvetlen mérés

Hátrányok

- Drága
- Hosszú idejű mérés
- Laborban használatos
- Limitált PMD mérési képesség: max 50ps

Rögzített analízisű vizsgálati módszer



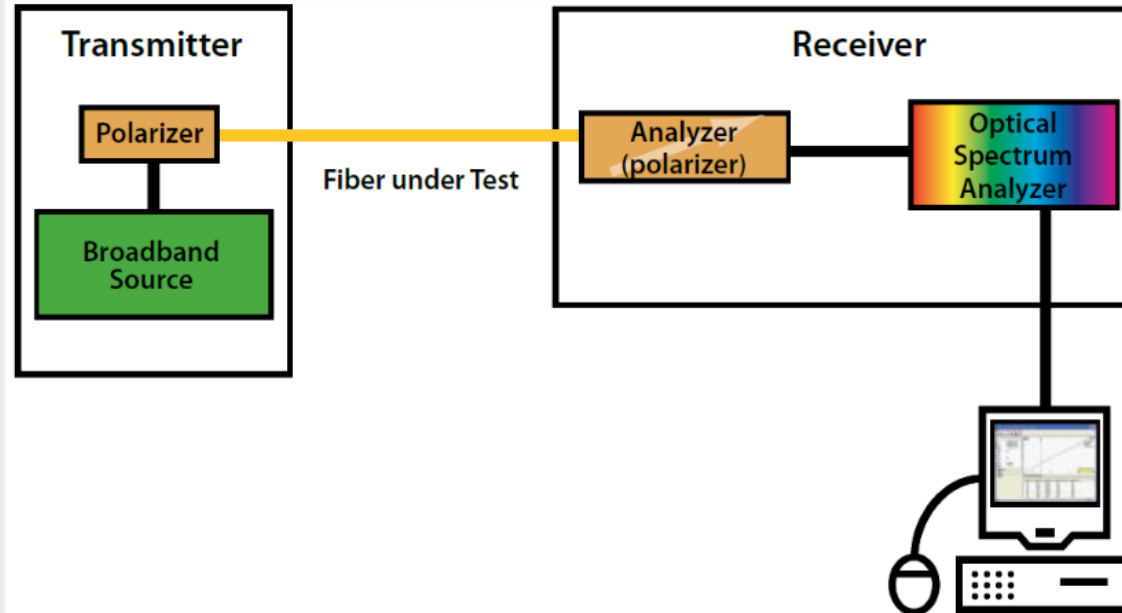
Rögzített analízisű vizsgálati mérés menete és elvi felépítése

Az adó oldalon széles spektrumú, polarizált fényforrást használunk

A vevő oldalon a polarizációs szűrő után egyes kiszámthatatlan frekvenciákon megváltozik az optikai teljesítmény

Optikai spektrum $\xrightarrow{\mathcal{F}^{-1}}$ Időtartomány

A görbe szélessége egyenesen arányos a DGD négyzetátlagának gyökével



Rögzített analízisű vizsgálati módszer a gyakorlatban



Bad PMD



12/07 02/10/2019

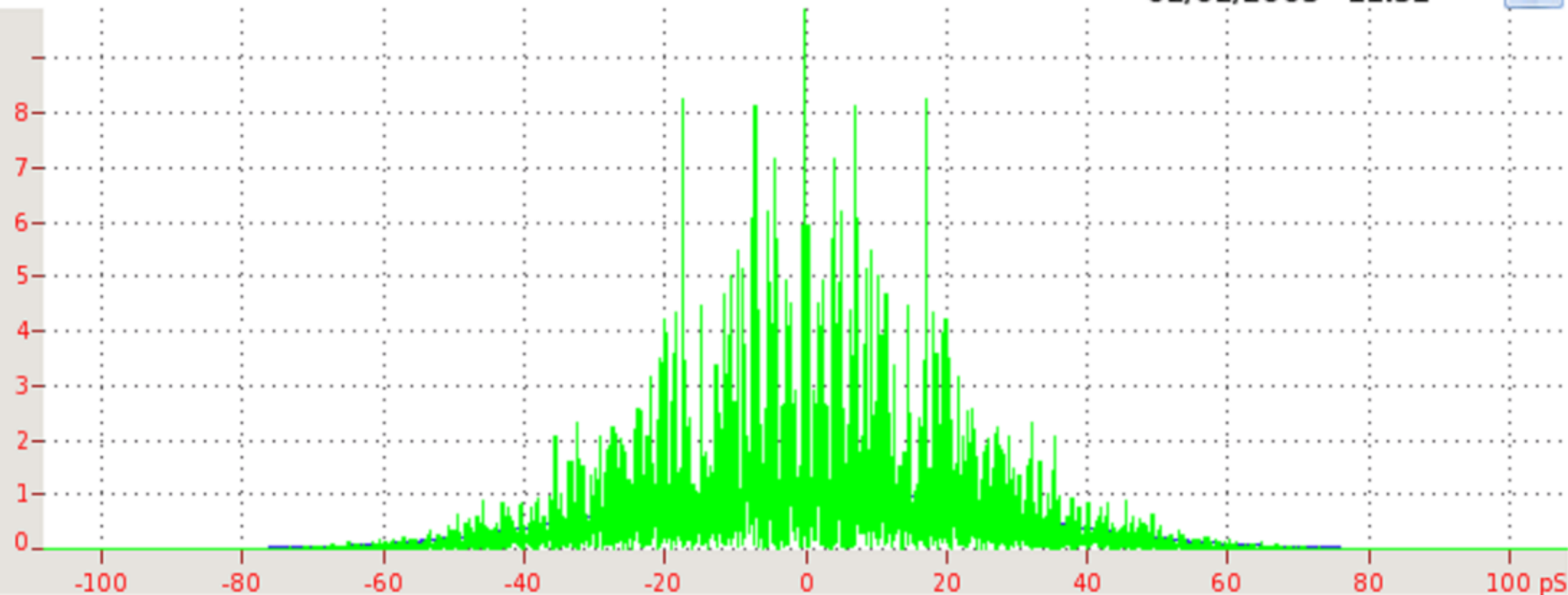
L: 12.000km Acq: 20/20 Strong 7
81WDMFB 1485-1640

enslgerland -> eclecully

02/02/2005 11:51

1
2

- ☐ Spectrum
- ☒ FFT
- ☐ Drift
- ☐ Bar chart



Bit rate info:None

	PMD Delay(ps)	PMD Coeff(ps/km ^{1/2})	PMD2 Delay(ps/nm)	PMD2 Coeff(ps/nm.km)
Value	27.048	7.808	331.412	27.617
Avg.	26.464	7.639	317.255	26.434
Min.	25.260	7.291	289.044	24.080
Max.	27.631	7.976	345.852	28.818
Sdev.	0.764	0.220	0.264	0.021

Fast
Report



PMD mérés rögzített analízisű vizsgálat módszerrel

Előnyök

- Terepi használatra alkalmas
- 55 dB dinamika tartomány
- Gyors mérési lehetőség
- EDFA kompatibilis
- Megbízható eredmény
- Könnyű használat

Hátrányok

- Szükséges a mérési eredmények átlagolása
- Közvetett mérés
- Érzékeny a bemeneti polarizációra

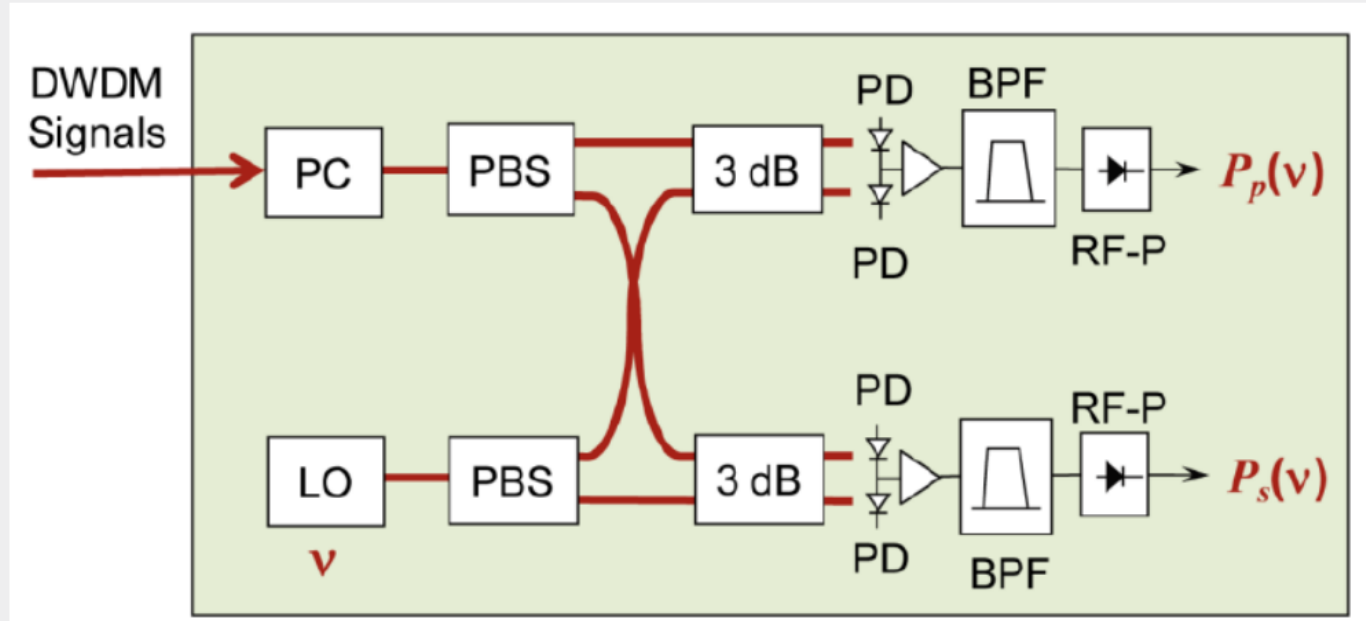
In-Service PMD analízis



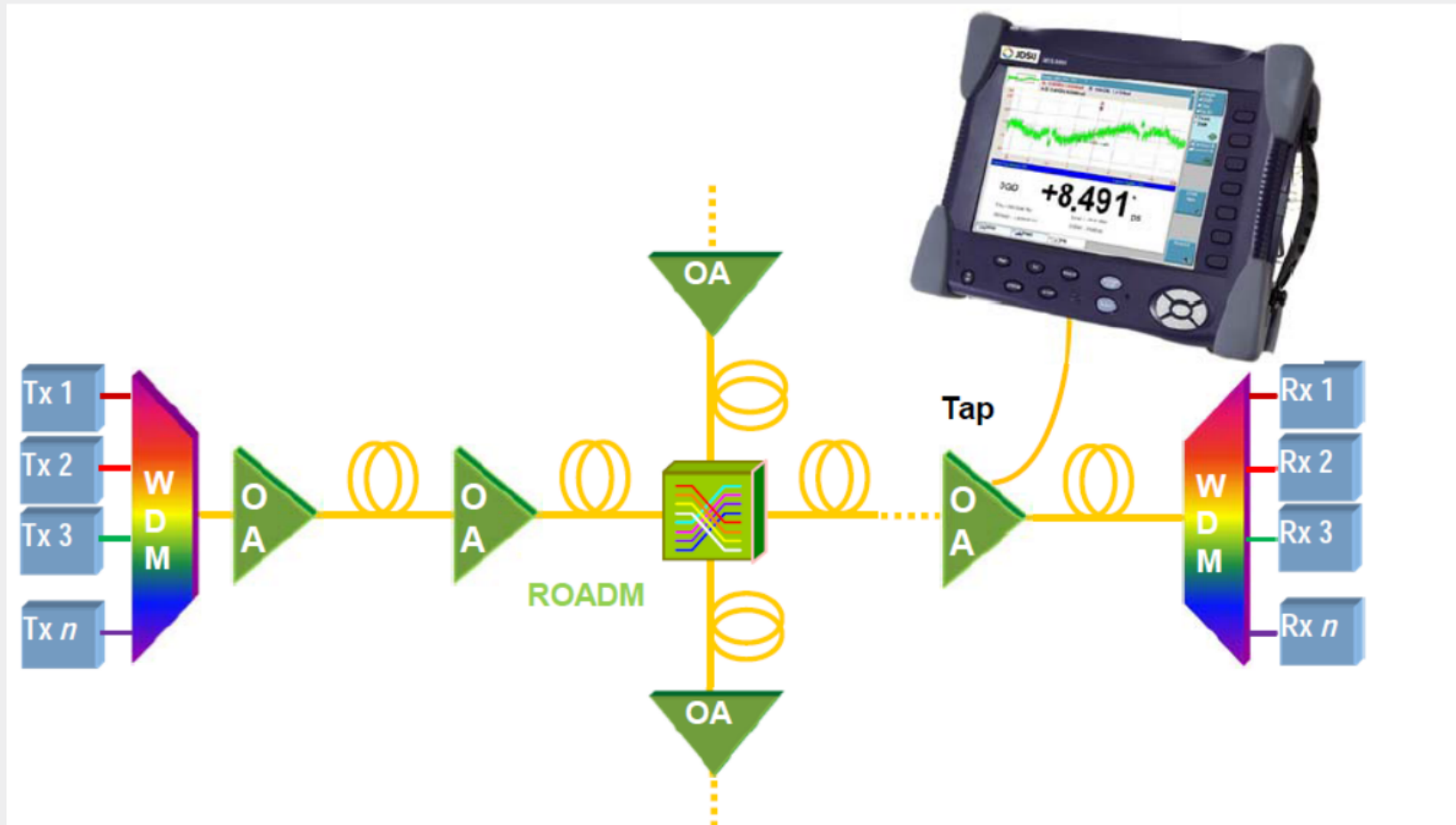
I-PMD mérés menete és elvi felépítése

A DWDM jeleket használja mérőjelként

A két kimeneti elektromosjel teljesítménye arányos a két polarizációs síkban található fénytelsítménnyel



InService-PMD mérés a gyakorlatban



PMD mérése I-PMD módszerrel

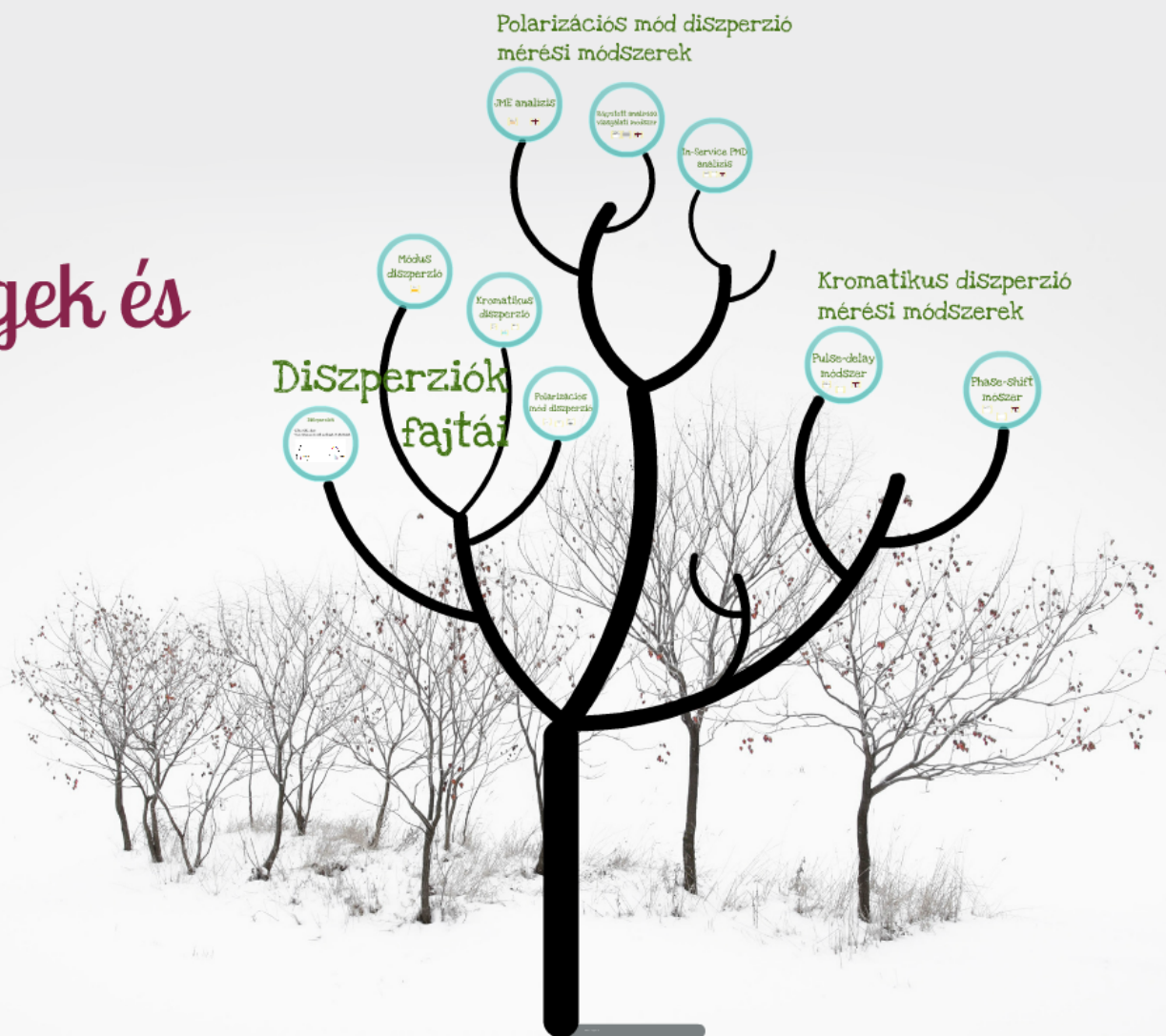
Előnyök

- Nagy, JME közeli pontosság
- Egyoldali mérés
- Megbízható és reprodukálható
- EDFA kompatibilis
- Megszakítás mentes
- Nincs próbajel

Hátrányok

- A mérőpontnak a keskenysávú szűrők előtt kell lennie
- Csak akkor működik, ha van élő forgalom és jel a tesztelni kívánt összeköttetésen

Diszperziós jelenségek és méréstechnikájuk



Csiki Gergő
g.csiki@elsinco.hu

Köszönöm a figyelmet!