

이득스위칭된 F-P 레이저다이오드 및 고분산 광섬유를 이용한
새로운 광섬유 색분산 측정 방법

A Novel Measurement Method of Chromatic Dispersion
of Optical Fibers Using Gain-Switched F-P LD and
Highly Dispersive Fiber

채정해, 이동한*, 이용탁

광주과학기술원 정보통신공학과, *충남대학교 물리학과,
ytleee@kjist.ac.kr

초고속 광통신 시스템 구현에 있어서 핵심기술의 하나인 광섬유의 색분산 제어와 함께 그 정확한 측정을 위한 여러 방법들이 연구되어 왔으나, 기존의 방법들은 실험 장치가 복잡하고 광대역의 광원을 필요하므로 저가의 시스템 구현 및 실제적 응용이 어렵다.⁽¹⁾ 실제 시스템에 장착되어 있는 필드에서 응용될 수 있기 위해서는 소형이며 온도와 같은 외부 환경에 민감하지 않은 시스템을 필요로 한다. 본 연구에서는 실제필드에서의 광섬유에 대한 정확한 색분산 측정을 위한 시스템 개발을 목적으로 이득스위칭된 다모드레이저 및 고분산광섬유(Highly Dispersive Fiber)를 이용한 색분산 측정시스템을 제안한다.

기본적으로는 time-of-flight method를 이용하되, 종래기술들에 쓰이는 Nd:YAG나 라만레이저와 모노크로미터, fiber laser 및 반도체레이저 어레이와 파장분할다중화기를 대신하여 광소스를 다모드 FP-LD로 교체함으로써 저가 및 소형시스템 구현을 가능하도록 한다. 반도체 레이저는 gain material의 선택 및 공진기 길이에 따라서 0.7~1.6 μ m대의 파장을 갖는 광원을 만들어 낼 수 있다. 다모드 레이저를 이득스위칭하여 발생하는 광펄스는 red shift chirping을 가지며, 각 모드는 광섬유내에서 각기 다른 군속도를 가지게 된다. 따라서 펄스내의 각 모드는 적절한 길이의 음의 분산을 갖는 고분산 광섬유를 지나면서 시간적인 분리와 함께 각 모드 자체의 압축을 나타내게 된다.⁽²⁾ 이렇게 발생된 고분산 광섬유로부터의 출력은 multiwavelength picosecond optical pulse(MW-POP)로서 fiber under test(FUT)로의 입력되는 기준신호가 된다. 이러한 시간적 모드분리는 오로지 FP-LD의 모드간격 및 FUT의 길이에 의해서만 영향을 받게 되므로 이득스위칭 된 광펄스나 레이저 구동을 위한 기기의 지터에 영향이 없이

FUT의 색분산에 의해서만 군속도차가 유발된다. 따라서 HDF에서 나오는 MW-POP를 기준으로 FUT를 통과한 후의 모드 분리에 있어서의 변화를 측정하면 FUT의 분산을 알 수 있게 된다. HDF와 FUT의 분산의 부호가 같으면 모드 분리정도가 더 증가하게 되고, 분산의 극성이 반대이면 줄어들게 된다.

그림 1은 다모드 레이저의 이득스위칭 및 고분산 광섬유를 이용한 광섬유의 색분산 측정 시스템 구성도를 나타낸다. 여기서 HDF로는 1550nm에서 -95ps/nm/km의

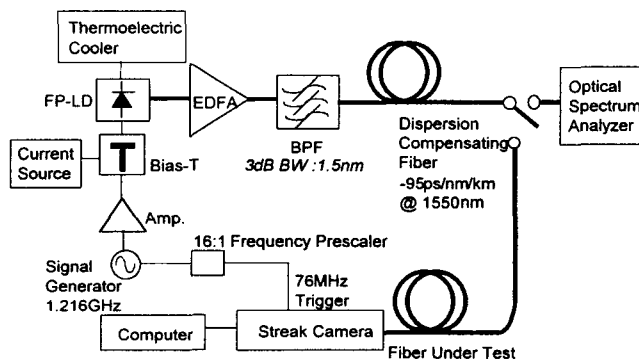


그림 1. 다모드 레이저의 이득스위칭 및 DCF를 이용한 광섬유의 색분산 측정시스템 구성

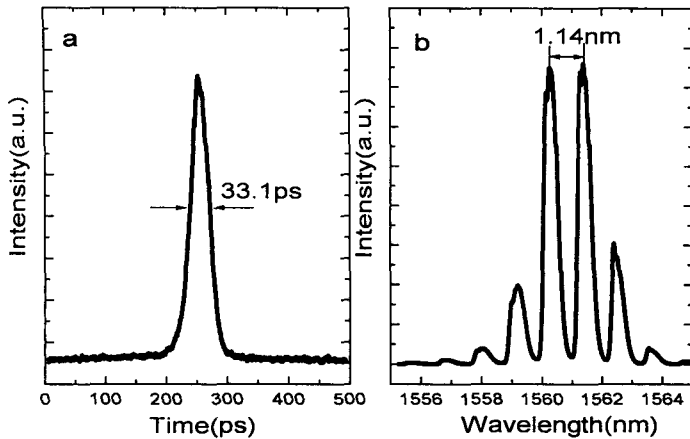


그림 2. a. 이득스위칭 된 광펄스 모양 b. 필터 통과후의 스펙트럼

서의 모드 분리를 타낸 것이다. 이득스위칭된 광펄스는 1km의 DCF를 통과한 후에 압축이 되어 12.2ps가 되었다가 이후 FUT를 통과하면서 다시 펄스폭이 넓어졌다. FUT로 single mode fiber(SMF) 3.4km를 DCF에 연결하여 측정된 결과, DCF는 SMF와 분산극성이 반대이며, FP-LD의 모드 간격이 충분히 작으므로 1차 근사에 의해⁽³⁾ FUT와 SMF사이의 모드 분리 차이는 다음과 같이 기술된다.

$$\Delta\tau = [D_{DCF}L_{DCF}\Delta\lambda + D_{FUT}L_{FUT}\Delta\lambda] - D_{DCF}L_{DCF}\Delta\lambda \quad (1)$$

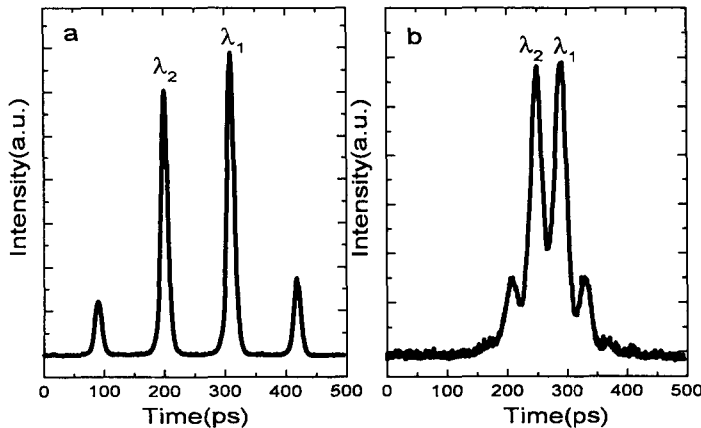


그림 3. streak camera상의 a. 기준신호(DCF 1km) 및 b. SMF 3.4km 통과후의 신호 $\lambda_1=1560.24\text{nm}$, $\lambda_2=1561.38\text{nm}$

보면 측정오차는 5.3%인데, 이러한 오차도 광섬유의 길이 및 모드간격을 증가시키므로서 줄일 수 있다.

본 연구에서는 다모드 FP-LD의 이득스위칭 및 HDF로 생성된 MW-POP를 광섬유의 색분산 측정에 응용하여 측정시스템의 저가 및 소형화를 가능하도록 하고 레이저구동 기기 및 반도체레이저 출력의 지터나 온도 등의 외부환경변수에의 낮은 의존성을 갖도록 하므로서 실시스템의 응용에 적합함을 보였다.

*참고 문헌

1. R. Brad Kummer, Conference on Optical Fiber Communications, OSA Technical Digest Series, 6, p254-255(1997)
2. Yong-Tak Lee, Ryo Takahashi and Takeshi Kamiya, "Fiber optic separation and compression of gain switched multimode semiconductor laser pulses", Japan J. Appl. Phys., 29, pL89-L92(1990)
3. Y. C. Tong, L. Y. Chan and H. K. Tsang, "Fiber dispersion or pulse spectrum measurement using a sampling oscilloscope", Electron. Lett., 33, p983-985(1997)

분산을 갖는 dispersion compensating fiber(DCF) 1km가 이용되었으며, 필터는 여러 모드 중 특정한 두 모드만을 통과시키기 위해 삽입하였고, 시간상의 모드 분리의 측정을 위해서는 streak camera가 사용되었다. 그림 2는 이득스위칭된 광펄스와 필터 통과후의 스펙트럼을 나타낸 것이다. 이득스위칭된 광펄스의 폭은 33.1ps였고, 필터를 통과한 스펙트럼에서 모드사이의 간격은 1.14nm였다. 그림 3은 각각 streak camera로 측정한 1km DCF 통과후와 FUT 통과 후의 시간상에서

여기서 $\Delta\tau$ 는 HDF와 FUT 통과 후의 시간상의 모드 분리사이의 차이이며, L는 광섬유의 길이, $\Delta\lambda$ 는 스펙트럼상의 모드 간격을 나타낸다. 측정결과 모드분리의 차이는 67.1ps로 eq.(1)에 따라 FUT의 색분산은 17.6ps/nm/km였다. 이러한 측정에 있어서의 정확도는 peak의 위치 및 스펙트럼상의 모드 간격 및 광섬유의 길이의 정확도에 관련된다. 여기서 streak camera와 optical spectrum analyzer의 분해능은 각기 2ps와 0.05nm로 광섬유 길이의 오차는 거의 없는 것으로