

펄스형 광대역 광원을 이용한 광섬유의 색분산 측정방법

Chromatic dispersion measurement method using a supercontinuum pulse

송호성, 김동욱, 송우섭, 김덕영
 광주과학기술원 정보통신공학과
 hsong@gist.ac.kr

최근 다양한 응용분야에서 널리 사용되고 있는 광대역 광원은 색분산 측정에도 유용한 광원이다. 지금까지 time-of-flight 방법을 이용한 색분산(Dispersion) 측정시, 과장가변 펄스 레이저, 다중과장광원 또는 과장가변필터를 사용하여 각각의 과장에 대한 지연시간을 측정하는 방법을 사용하였다.⁽¹⁻³⁾ 본 논문에서는 펄스형 광대역 광원과 간섭계(Interferometer)를 이용하게 손쉽게 광섬유의 색분산을 측정하고자 한다.



그림 1. 색분산 측정 장치 구성도 (SC : Supercontinuum, FUT : Fiber Under Test, PD : Photodetector)

그림 1은 펄스형 광대역 광원을 이용한 색분산 측정 장치의 구성도이다. 광대역 광원(SC)은 모드 잠긴 광섬유 펄스 레이저, 어븀첨가 광섬유(EDF)로 이루어진 광 증폭기 그리고 고비선형 분산천이 광섬유(Highly nonlinear DSF)를 이용하여 생성되었으며 10 MHz의 반복률과 1100-1750 nm에 해당하는 스펙트럼을 포함한다. 1750 nm는 사용된 광 스펙트럼 분석기(OSA : ANDO, AQ-6315B)의 측정 한계치이며 생성된 광대역 광원의 스펙트럼은 그림 2에 보여진다. 붉은색 실선은 광섬유 구부림(Bending)에 의해 필터링된 광섬유의 스펙트럼이다.

측정에 사용된 광섬유는 분산보상 광섬유(DCF)이며 1km의 길이를 갖는다. 또한, 간섭계는 콜리메이터(Collimator), 빔 가르개(Beam splitter), 거울(Mirror)로 구성되었으며 고정된 광 경로차를 갖는다.

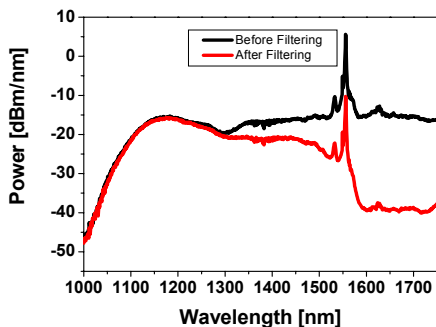


그림 2. 측정된 광대역 광원 스펙트럼

필터링된 광대역 광원은 50 ps 미만의 펄스폭을 갖으며 측정 광섬유(FUT)를 통과한 후에 간섭계를 통과하면서 주파수 축에서 간섭패턴(Interferogram)을 형성하게 된다. 또한, 측정 광섬유를 통과하면서 색분산에 의해 광대역 광원의 펄스 폭은 넓어지게 될 뿐만 아니라 펄스 내부의 상대적인 시간 위치에 따라 광섬유의 색분산 특성을 반영하는 주파수를 갖게 된다. 따라서, 간섭계를 통과하면서 형성된 주파수 축에서의 간섭패턴은 광 스펙트럼 분석기를 이용한 주파수축에서는 물론이고 광 검출기(PD)와 오실로스코프로 이루어지는 시간축 측정 시스템에서도 측정이 가능하다.

그림 3은 주파수축(a)과 시간축(b)에서 측정된 간섭패턴을 보여준다. 시간축 간섭패턴은 10 GHz 대역폭을 갖는 광 검출기와 오실로스코프(Agilent, 86100A)에 의해 측정되었다. 그림 3에서 1558 nm 근처의 신호를 기준 신호로 잡은 후, 각각의 도메인에서 측정된 간섭패턴의 첨두치에 해당하는 시간축과 주파수축의 값을 추출하여 매핑함으로써 각각의 파장에 따른 지연시간(Group delay)을 계산하였으며 계산된 지연시간은 그림 4에서 네모모양으로 보여진다.

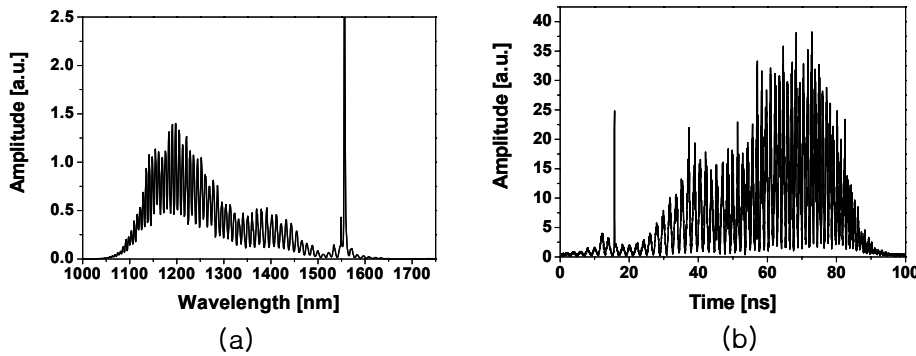
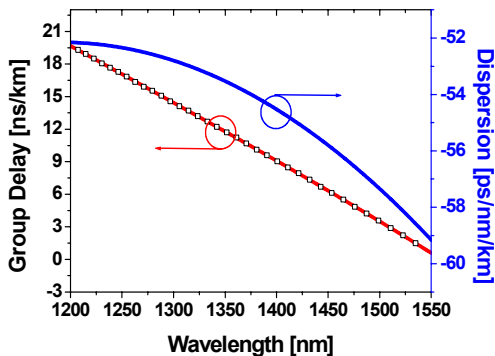


그림 3. 주파수축(a)과 시간축(b)에서 측정된 간섭패턴

얻어진 파장에 따른 지연시간을 3차 다항식 근사화 (Polynomial fitting)하였으며 근사화된 파장별 지연시간을 1차 미분함으로써 측정 광섬유의 색분산을 얻었다. 그림 4에서 붉은색 실선은 근사화된 파장별 지연시간을 파란색 실선은 색분산을 보여준다.



본 논문에서는 광섬유의 지연시간 및 색분산을 측정할 수 있는 방법을 제시하였다. 이 측정기술은 time-of-flight 기술을 이용한 방법으로 간섭계를 이용함으로써 기존에 사용되어 오던 파장가변 대역폭 필터를 대체하였으며 간섭계의 광 경로차를 바꿈으로써 손쉽게 파장 분해능을 바꿀 수 있으며 시간축에서 간섭패턴을 분석함으로써 빠르고 손쉽게 광섬유의 색분산을 측정할 수 있다.

Acknowledgements

This work was supported by Creative Research Initiatives (3D Nano Optical Imaging Systems Research Group) of MOST/KOSEF.

참고문헌

1. K. Mori, t. Morioka and M. Saruwatari, "Group velocity dispersion measurement using supercontinuum picosecond pulses generated in optical fiber," Electronics Letters **29**, 987-999 (1993)
2. Veronique Page, Lawrence R. Chen, "Measuring chromatic dispersion of optical fiber using time-of-flight and a tunable multi-wavelength semiconductor fiber laser," Optics Communications **265**, 161-170 (2006)
3. 오철웅, 문석배, 김덕영, "다중모드 스펙트럼 광원을 이용한 광섬유의 색분산 측정," Photonics 2004, Paper TP01 (2004)