

Wavelength Swept 모드 록킹된 광섬유 레이저를 이용한

광주파수 영역에서 반사계

Optical frequency domain reflectometry based on

Wavelength swept mode locked fiber laser

오명숙, 박희수, 김병윤

한국과학기술원 물리학과

msoh@kaist.ac.kr

We demonstrate a novel OFDR system with compactness and short measurement time based on the use of a wavelength-swept mode-locked fiber laser. The optical source uses an intra-cavity tunable Fabry-Perot filter as a tuning element. The fiber laser sweeps 20 nm in less than 10 ms. Spatial resolution of 100 μm and total measurement range of several centimeters are demonstrate

광주파수 영역에서의 반사계(Optical Frequency Domain Reflectometry-OFDR)는 소형의 하이브리드 소자나 긴 길이의 광섬유에서 반사 신호를¹측정하는데 유용하다. 각각의 경우 다른 광원을 사용하게 되는데, 본 연구에서는 짧은 길이의 소자를 측정하는데 초점을 두었다. 광원으로 사용된 Wavelength swept fiber laser(WSFL)²는 단방향의 구조로 공진기 내부에 이득매질로 사용되는 어븀 첨가 광섬유, 파장을 변화시키기 위한 가변 Fabry-Perot 필터, 편광 조절기 등이 삽입되었다. 본 실험에서 가변형 Fabry-Perot 필터는 120 Hz의 삼각파형으로 구동되었으며, 결과로 1562 nm의 파장을 중심으로 20 nm의 파장 영역을 sweep하는 광원이 출력되었다. 평균 출력은 33 mW의 1480 nm 파장으로 펄핑 할 때 1 mW 였다. 이렇게 출력된 광원은 신호처리를 위한 3 dB의 광섬유 방향성 결합기를 거쳐 다시 3 dB의 방향성 결합기로 구성된 마이켈슨 간섭계에 입력되었다. 그림 1은 실험 구성도를 나타낸다.

그림 2는 오실로스코프 상에서 WSFL의 출력 스펙트럼을 보여준다. 파장에 따른 출력 세기의 변화는 이득 매질과 공진기 내 소자들의 파장 의존성에 의한 것이다. 파장의존성은 신호 처리 과정에 앞서 간섭계의 출력(PD 2)을 간섭계 앞단의 방향성 결합기의 출력(PD 2)으로 규격화하여 제거 되었다. 규격화된 신호는 고대역 통과 필터를 통과한 후 8-bit A/D 전환기를 거쳐 컴퓨터를 이용하여 푸리에 변환되었다. 신호처리를 마친 후 반사율의 측정 영역은 50 dB였다. 그림 3은 각각이 1 mm 두께인 슬라이드 유리 두개 사이에 200 μm 의 공간을 가진 시료의 반사 스펙트럼을 보여준다. 광섬유 끝단과 슬라이드 유리의 각 단면들에서의 반사를 잘 확인할 수 있다. 광섬유 끝단의 반사는 광경로차 = 5.04 mm 위치에서 15.0 dB로 광섬유와 공기사이의 프레즈넬 반사의 이론적 계산값 14.8 dB와 잘 일치하였다. 광경로차 = 1.25 mm (A로 표시)에서 신호는 광섬유 끝단과 슬라이드 유리 앞면에서 각각 반사된 빛의 간섭에 의한 신호이다. 분해능으로 정의되는 반사 신호의 3-dB 폭은 100 μm 였다. 이는 광푸리에 변환에 사용된 함수에 의한 넓어짐과 광원의 전체 스펙트럼 영역(20 nm)을 고려하여 계산한 값과 일치하였다. 실험에서 정확한 반사율의 측정을 위하여 몇 가지 보정을 하였다. 먼저 간섭신호에 처평 현상으로 나타나는

F-P 필터의 비선형성에 의한 비선형적인 파장 sweep를 보정하였다³. 다음으로 정확한 첨단 반사 값을 위해 내삽을 하였다. 마지막으로 광경로차에 따라 저하된 visibility를 보정하였다. 본 연구에서 최소 측정 가능 반사율은 -90 ~ -84 dB였다.

참고 문헌

1. Oberson, B. Huttner, O. Guinnard, L. Guinnard, G. Riboridy, and N. Gisin, "Optical frequency domain reflectometry with a narrow linewidth fiber laser," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 12, pp. 867-869, 2000
2. S. H. Yun, D. J. Richardson, D. O. Culverhouse, and B. Y. Kim, "Interrogation fiber grating sensor arrays with a wavelength-swept fiber laser," *Opt. Lett.*, vol. 23, pp. 843-845, 1998
3. C. Y. Ryu and C. S. Hong, "Development of fiber Bragg grating sensor system using wavelength-swept fiber laser," *Smart Mater. Struct.*, vol. 11, pp. 468-473, 2002

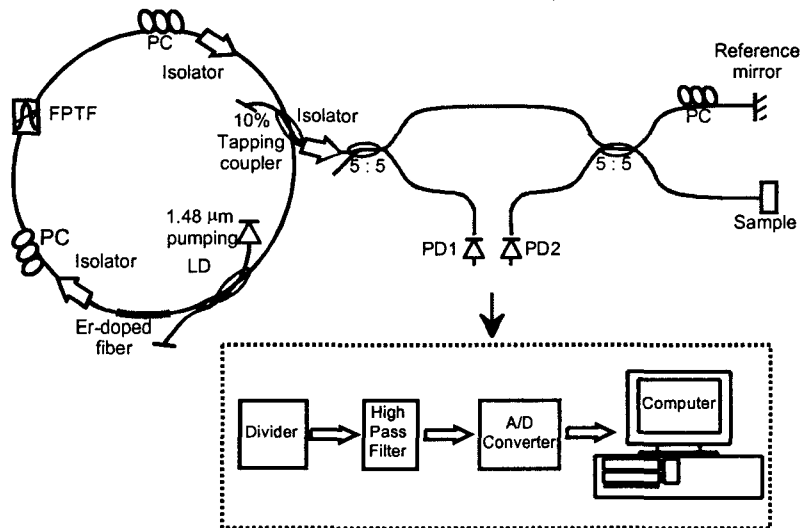


그림 1 OFDR 구성도 PC, Polarization Controller; FPTF, Fabry-Perot tunable filter

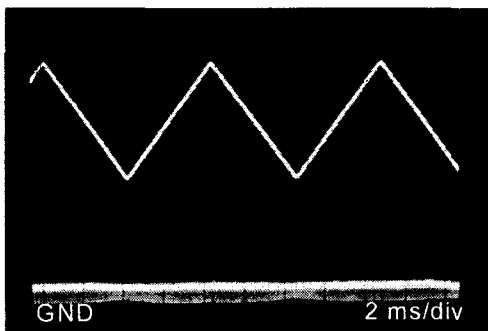


그림 2 오실로스코프 상에서의 WSFL 출력

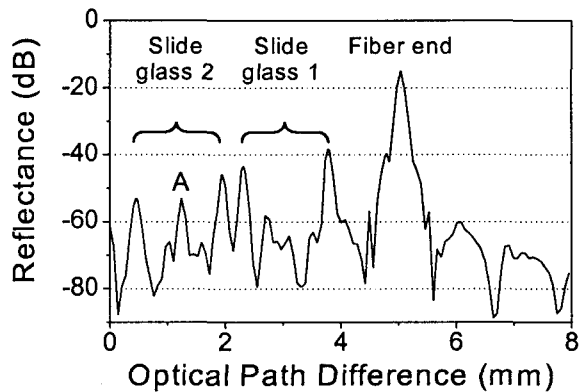


그림 3 다중 반사체의 반사 스펙트럼