

광섬유 편광간섭계를 이용한 광파장 측정

Optical Fiber Wavemeter Using a Polarization Interferometer

이현우, 이영주, 김용평

경희대학교 전자·정보학부

lhyunwoo@cvs2.kyunghee.ac.kr

지금까지 광파장 측정기로는 회절격자를 이용한 스펙트로미터^[1], 간섭계형 측정기^[2], 퓨리어변환 스펙트로미터^[3] 등이 개발되어 왔다. 이러한 측정 방법들은 정밀도면에서 안정적이나 시스템의 부피가 크고, 복잡하며, 광학적 정렬의 어려움이 있다. 또한 WDM 파장영역인 1550nm 부근에서 회절격자를 이용한 스펙트로미터는 고가의 광검출기를 사용하여야 한다. 최근에는 기존의 광학적 정렬이나 기계적인 움직임이 없이 측정가능한 방법에 대한 연구가 활발하다. 본 논문에서는 위상지연기로 쓰인 Polarization Maintaining Fiber(PM-fiber)내에서 입사광의 파장에 따라 fast축과 slow축 방향 편광성분의 위상차가 파장의 함수인 것을 이용해 이 위상차에 의한 서로 다른 편광성분의 Power의 차이를 측정함으로써 파장을 결정하는 저가의 휴대용 광파장 측정장비의 구현방법을 제시하였다.

위상지연기에 의한 위상차(Γ)는 식 1)과 같이 나타내지며, Log-Ratio Amplifier(Log-Amp)를 이용한 전체 출력은 식2)와 같이 나타낼 수 있다. 여기서, L 은 위상지연기의 길이, λ 는 입사 광의 파장, Δn 은 $n_s - n_f$ 로 slow축과 fast축으로 편광된 입사광에 대한 굴절률 차이이다. R_x 과 R_y 는 광검출기의 반응도이며 G 는 증폭이득이다.

$$\Gamma = 2\pi \frac{\Delta n L}{\lambda} \quad 1) \quad V_o = G \log_{10} \left[\frac{R_y(1 + \cos \Gamma)}{R_x(1 - \cos \Gamma)} \right] \quad 2)$$

파장측정기의 대역폭은 식 3)과 같이 불연속점 내에서 위상지연기의 길이와 복굴절률의 곱에 의해서 결정되며, 분해능은 식4)와 같이 출력전압 곡선의 기울기에 의해 결정된다. 이 두식의 상관관계로 인해 분해능은 $\Delta n L$ 의 값을 증가함으로써 높일 수 있으나 $\Delta n L$ 의 증가는 대역폭 $\Delta \lambda$ 의 감소를 초래한다. 실험에 사용된 PM-fiber의 복굴절률(birefringence: Δn)는 3×10^{-4} 이고 길이는 82mm이다. 따라서 중심파장이 1555nm일때 식 3)에 의해 측정가능한 파장대역폭은 40nm이다.

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda^2}{2L\Delta n} \quad 3) \quad \left| \frac{dV_o}{d\lambda} \right|_{\min} = G \frac{4\pi \log_{10}(e) \Delta n L}{\lambda^2} \quad 4)$$

Fig. 1은 전체적인 실험장치를 나타낸다. Polarizer를 통한 광은 일정한 방향의 선형편광의 형태가 되며, 다음 단의 45° 회전된 일정길이의 PM-fiber에 의해 입력되는 파장에 따라 특정한 형태의 편광을 갖게된다. 이는 Polarization Splitter에 의해 각각 수직편광성분으로 나누어지며 이 두 출력의 세기를 측정하여 비교 증폭함으로써 입력 파장에 따른 각각의 출력 값을 얻게된다.

Fig. 2는 광섬유 편광간섭계를 이용하여 입력광의 파장에 따른 로그앰프 출력전압의 예상값과 측정값의 파장에 따른 전압곡선을 표시한 것이다. 입력으로 사용된 광의 파장범위는 1554.24 nm - 1556.87 nm 이며, 대략 0.05 nm 씩 가변 하면서 측정하였다. 파장측정기의 예상 출력전압은 본 실험에서 측정한 입력광의 파장범위에서는 거의 선형이며, 파장이 증가하면서 감소한다. 실험 결과 파장측정기의 로그앰프 출력은 입력광의 파장에 대해 거의 선형적으로 감소하는 파장의 함수임을 알 수 있다.

실험결과에 대한 오차는 출력전압 측정 오차가 $\pm 25mV$ 이다. 이러한 오차는 fiber 용착면에서의 반사현상과 주파수마다 굴절률이 다른 색수차에 의해 일어날 수 있으며, 광다이오드의 반응도가 파장의 함수이고 그 값이 광다이오드마다 조금씩 다른 특성을 갖기 때문에 발생한다. 광다이오드에 의한 오차는 광 다이오드에 수광되는 빛의 파장과 파워에 대한 반응도를 측정하여 이를 예상값에 적용하면 제거가 가능하다.

또한, 광섬유 특성상 PM fiber의 용착접속하는 부분에 있어서 Jacket의 탈피로 인한 노출되는 부분이 온도에 상당히 민감하다. 이로 인해 온도의 증감에 따라 출력특성곡선이 전체적으로 천이 하는 현상을 볼 수 있는데, 이는 온도보상을 위해 복굴절률이 다른 PM fiber를 일정길이 연결함으로써 해결할 수 있다.

이와 같은 측정방법은 구성요소의 기계적인 움직임이 전혀 필요 없으며, 광섬유의 용착접속으로 구성되기 때문에 광학적인 정렬이 필요하지 않다. 따라서, 매우 안정적인 시스템을 구성할 수 있다. 또한, 구성요소의 크기를 가능한 작게 만들고 회로부분을 단일칩화 하면 Pocket size로도 제작 가능할 것으로 기대된다. 온도에 의한 보상이론만 적용한다면, 기존의 광파장측정기보다 구성면에서 간단하며, 정밀한 분해능의 휴대용 측정기를 제작할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 WDM 광통신 측정을 위해 휴대가능하며 저렴한 파장측정기의 구현방법을 제시하였다.

[참고문헌]

1. M .Born and E. Wolf, "Priciples of Optics", Pergameon Oxford (1985)
2. W.R.C Rowley, "Laser wavelength measurements", Radio Sci, pp. 585-591 (1979)
3. R.J.Bell, "Introductory Fourier Transform Spectroscopy", Academic New York (1972)

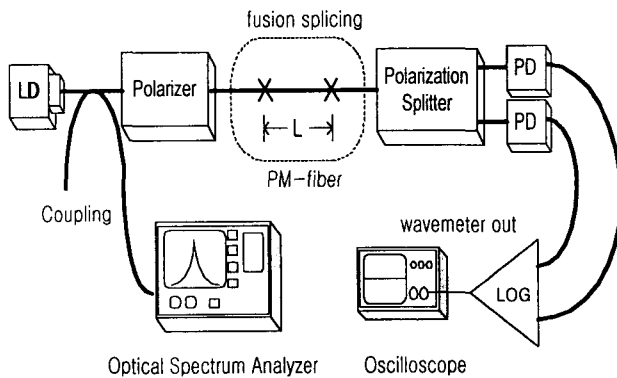


Fig. 1 Experimental setup of the wavemeter

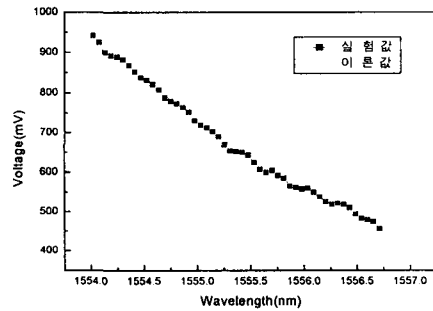


Fig. 2 Measured outputs of log-ratio amplifier