

광섬유 장주기 격자쌍의 비틀림 센서에의 응용

Glass Fiber with a LPG Pair for Torsion Sensor Application

안태정, 김복현, 이병하, 정영주, 백운출, 한원택
 광주과학기술원 정보통신공학과
 wthan@kjist.ac.kr

현재 많은 분야에서 광섬유를 이용한 센서 연구가 활발하게 진행되고 있다. 광섬유 코어 부분에 규칙적인 굴절을 변화를 준 광섬유 격자는 외부의 기계적, 열적 변화에 대한 높은 민감도를 가지며 따라서 이를 위한 광센서로 많이 이용되고 있다. 본 연구에서는 장주기를 갖는 격자가 한쌍으로 새겨진 광섬유 격자를 이용하여 비틀림에 의한 파장 스펙트럼의 변화를 측정하여 비틀림 센서로서의 응용 가능성을 모색하였다.

장주기 격자쌍은 하나의 광섬유에 수백 μm 의 주기를 가진 장주기 격자 두 개를 일정한 간격을 두어 새긴 것이다. 광섬유 코어로 입사된 광의 일부분은 첫번째 장주기격자에서 클래드 모드로 Coupling 되어 클래딩으로 진행하고 나머지 부분은 코어로 진행하게 된다. 두 번째 장주기격자에서 각각의 모드는 다시 Coupling 되어 모드 간에 간섭현상이 일어난다. 여기서 코어와 클래딩은 Mach-Zehnder 간섭계의 길이가 다른 두 개의 광경로에 해당된다고 할 수 있다⁽¹⁾.

두 개의 동일한 장주기격자가 나란히 연결되어 있을 때 이 두 격자를 지난 전자장의 진폭은 다음 식과 같이 주어진다⁽²⁾.

$$\frac{A(L+d)}{A(0)} = \exp[i\Psi] \left[\cos^2 sd + \left(\frac{\Delta\beta}{2s} \right)^2 \sin^2 sd \right] - \alpha \frac{\kappa\kappa^*}{s^2} \sin^2 sd \quad (1)$$

여기서 d 와 L 은 각각 장주기 격자의 길이와 두 격자 중심간의 거리이고, s 는 식(2)로 표현된다.

$$s^2 \equiv \kappa\kappa^* + \left(\frac{\Delta\beta}{2} \right)^2 \quad (2)$$

$$\Delta\beta \equiv \beta_{core} - \beta_{clad} - K \quad (3)$$

위 식들에서 κ , K 그리고 β_{core} 와 β_{clad} 는 각각 Coupling 계수, 격자 벡터, 그리고 광섬유 코어와 클래딩으로 진행되는 두 모드의 전파 상수이다.

식(1)에서 위상을 나타내는 Ψ 는

$$\Psi = 2 \tan^{-1} \left(-\frac{\Delta\beta}{2s} \tan sd \right) + \Delta\beta d - (\beta_{core} - \beta_{clad})L \quad (4)$$

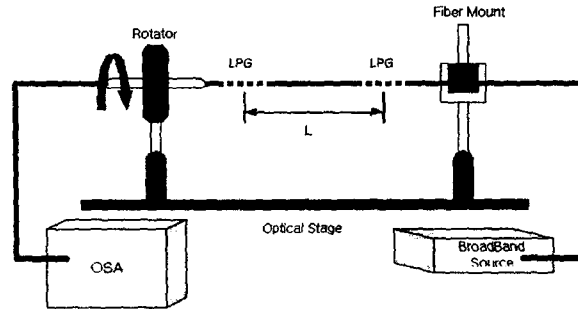
로 나타내어 진다⁽²⁾. 두 장주기 격자에 의한 투과 스펙트럼은 [그림 2]와 같이 실험적으로 얻을 수 있다. 두 모드의 간섭에 의해 생긴 각 peak는 다음의 식(5)에 의해 찾을 수 있다.

$$\Psi = 2m\pi = -(\beta_{core} - \beta_{clad})L = -\frac{2\pi}{\lambda_p} (n_{eff}^{core} - n_{eff}^{clad})L \quad (5)$$

여기서 m 은 임의의 정수이고, p 는 peak 파장이다. n_{eff}^{core} 와 n_{eff}^{clad} 는 각각 광섬유 코어와 클래딩의 유효 굴절률이다.

실험을 위해 격자 주기가 300nm인 Amplitude mask와 UV 레이저(248nm)를 이용해 봉소가 첨가된

광섬유에 한 쌍의 장주기 광섬유 격자를 형성하였다. 각 장주기격자는 -3dB의 세기가 되도록 하였고 두 격자의 중심간의 거리는 10 cm, 각 격자의 길이는 2 cm로 하였다.

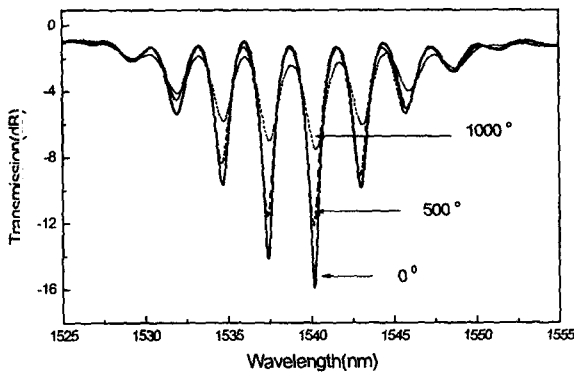


[그림 1] 장주기 격자쌍을 이용한 비틀림 측정 구성도

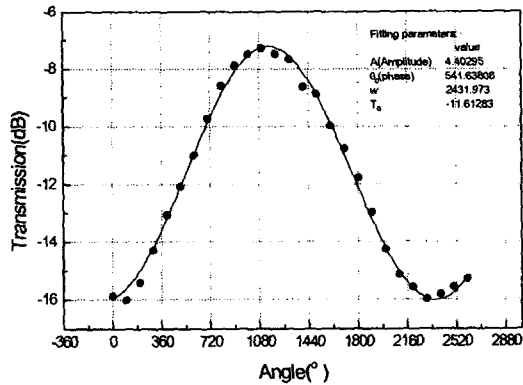
위에서 제작한 장주기 격자쌍을 [그림 1]과 같이 구성하여 비틀림 각도에 따른 파장 스펙트럼의 변화를 관찰하였다. 광섬유가 비틀어짐에 따라 [그림 2]와 같이 각 peak 파장에서의 투과율이 변하게 된다. [그림 3]은 투과 스펙트럼의 중심에 있는 peak 파장에서의 투과율 변화를 비틀림 각도에 따라 나타낸 것이다. 비틀림 각도에 대한 투과율 변화는 다음과 같은 주기 함수로 표현된다.

$$T = A \sin\left(\frac{2\pi}{w}(\theta - \theta_0)\right) + T_0 \quad (6)$$

여기서 A는 주기함수의 진폭이고 w 와 θ_0 는 각각 주기와 위상이다. T_0 는 비틀림 각도가 0 일 때 투과율값이다. 식 (6)을 이용하여 투과율 변화를 측정함으로써 비틀림 정도를 측정할 수 있다. 이러한 원리를 이용하여 장주기 격자쌍은 비틀림 센서로서 응용이 가능하다.



[그림 2] 장주기 격자쌍의 투과 스펙트럼



[그림 3] 비틀림 각도에 따른 투과율변화

본 연구는 광주과학기술원 UFON의 ERC, 과학기술부 중점국가연구개발사업, BK-21사업의 일부 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. B.H. Lee and J. Nishii, "Bending sensitivity of in-series long-period fiber gratings", Opt. Lett., Vol. 23, No. 20, pp. 1624-1626 (1998)
2. 안태정, 이병하, 정영주, 한원택, 백운출, "장주기격자 쌍을 이용한 광섬유의 광민감도 측정", Photonics Conference'99, pp. 89-90 (1999)