

금속으로 코팅된 장주기 광섬유격자 쌍의 투과 스펙트럼 측정

Measurement of Transmission Spectrum with Metal-Coated Long-Period Fiber Grating Pair

서용곤, 김영재*, 송창인*, 이성진*, 백운출*, 이병하*
 초고속 광 네트워크 연구센터, *광주과학기술원 정보통신공학과
 leebh@kjist.ac.kr

금속으로 코팅한 광섬유는 폴리머로 코팅한 광섬유에 비해 여러 가지 장점을 가지고 있다. 금속 코팅 광섬유는 열적, 화학적 안정성이 높고 고온에서 사용할 수 있으며 수분 침투에 강하고 높은 굽힘 강도를 가진다. 또 납땜을 할 수가 있어서 광섬유 소자 패키징에 있어서 매우 유리하다⁽¹⁾. 장주기 광섬유 격자는 WDM 용 필터, 온도 및 변형도 센서, 광섬유 증폭기의 이득 평탄화 필터에 많은 유용성을 가지고 있다. 광섬유 격자를 소자로 사용하기 위해서는 재 코팅이 필수적인데 금속은 좋은 대안이 될 것이다. 금속을 재 코팅 재료로 사용하기 위해서는 금속 코팅이 격자에 미치는 영향에 대한 연구가 요구된다. 광섬유 격자 쌍은 단일 장주기 격자에 비해 분해능이 좋아 센서 및 필터 등에 유용하여 본 연구에서는 광섬유 격자쌍 위에 은을 코팅하여 투과 스펙트럼에 미치는 영향을 알아보았다.

장주기 광섬유 격자 쌍은 두 개의 동일한 장주기 격자로 이루어진다. 코어내로 진행하는 빛이 첫 번째 장주기 격자를 만나 클래딩 모드로 coupling이 되고 클래딩 모드가 fiber를 진행하다가 두 번째 격자에서 만나 간섭무늬를 만든다. 단일 장주기 광섬유격자를 지난 코어 모드의 투과 스펙트럼과 클래딩 모드의 손실 스펙트럼은 각각 식(1)과 식(2)로 주어진다.⁽²⁾

$$T_{\text{single}} = \cos^2 sd + \left(\frac{\delta\beta}{2s} \right)^2 \sin^2 sd \quad (1)$$

$$R_{\text{single}} = \left(\frac{x}{s} \right)^2 \sin^2 sd, \quad (2)$$

$$s^2 = xx^* + \left(\frac{\delta\beta}{2} \right)^2, \quad \delta\beta = \beta_{co} - \beta_{cl} - K. \quad (3)$$

여기서 T_{single} 과 R_{single} 은 각각 단일 장주기 격자를 지난 광섬유의 코어 모드와 클래딩 모드의 세기이다. x, K, d , 그리고 β 는 각각 Coupling 계수, 격자 벡터, 격자 길이, 코어와 클래딩의 전파상수이다. 장주기 광섬유격자 쌍을 지난 투과 스펙트럼은 식 (4)와 같이 보고되어 있다.⁽²⁾

$$T_p = T_{\text{single}}^2 + \alpha^2 R_{\text{single}}^2 - 2TR\alpha \cos \Psi \quad (4)$$

α 는 클래딩 모드의 손실을 나타낸다. 코어 모드와 클래딩 모드의 간섭에 의해 생기는 투과 스펙트럼의 위상차 Ψ 는 식(5)와 같다.

$$\Psi \cong (\beta_{co} - \beta_{cl})L = \frac{2\pi}{\lambda} (n_{eff}^{co} - n_{eff}^{cl})L = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n_{eff}(\lambda)L \quad (5)$$

여기서 λ 는 파장, L 은 광섬유격자 중심간의 거리, Δn_{eff} 는 코어, 클래딩 모드간의 유효 굴절률의 차이

다

그림 1은 실험에 사용된 광섬유 모재의 굴절률 분포도이다. MCVD 공정으로 모재를 만들었으며 코어에 GeO₂와 B₂O₃를 도핑하였다. 코어 공정 조건은 버너 온도 1980 °C, GeCl₄, SiCl₄ 버블러에 캐리어 O₂를 각각 100, 80 sccm, BCl₃ 7.5 sccm을 사용하였다. 이 모재를 Draw Tower에서 노 온도 2150 °C, 인출 속도 47 m/min로 지름 125 μm인 광섬유를 인출했다. 광섬유의 코어 지름은 8 μm이고 차단파장은 1.3 μm이다. 광민감성을 증가시키기 위해 110 °C, 120 기압, 120시간을 수소 로딩 하였다.

광섬유 격자쌍은 격자 주기가 350 μm인 Amplitude mask와 UV Excimer laser(248nm)를 154 mJ으로 34초 동안 조사해 만들었다. 두 격자간의 거리는 15 cm, 각 격자의 길이는 2 cm로 하였다. 1.3 μm부터 1.6 μm에서 stop band는 2개였으며 그림 2는 첫 번째 stop band의 간섭무늬를 나타냈다. OSA의 해상도는 0.5 nm였다. 메탈 코팅은 silver paste를 사용하여 코팅하였고 두께는 112±120 μm 였다.

그림 2에서는 동일한 광섬유를 사용하여 3가지 실험을 하였다. 실선은 은 코팅이 되지 않은 광섬유격자 쌍의 투과 스펙트럼을 나타낸다. 광섬유 격자에서 메탈 코팅의 영향을 보기 위해 격자 사이는 코팅하지 않고 광섬유격자 만을 은으로 코팅하여 측정된 스펙트럼은 굵은 실선으로 나타내었다. 공명 파장은 장 파장쪽으로 0.6nm정도 이동하였고 클래딩 모드의 손실이 증가하여 간섭무늬가 전반적으로 줄어들었다. 이것은 은을 광섬유 표면에 균일하게 코팅하지 못한 결과로 생각된다. 또한 코팅의 비 균일성으로 인해 표면에서의 클래딩 모드의 반사율이 떨어 졌다는 것을 의미한다. 실선은 광섬유격자와 격자 사이 전체를 은으로 코팅하고 6시간 동안 100 °C로 annealing하여 측정된 것이다.

본 연구를 통해서 광섬유격자 쌍에 금속 코팅이 투과 스펙트럼에 미치는 영향을 알아보았다. 코팅의 균일성을 높이는 실험과 Draw Tower에서 dip방식으로 주석을 코팅한 광섬유와 비교, 그리고 격자 사이의 금속코팅 길이에 따른 영향연구가 진행중이다.

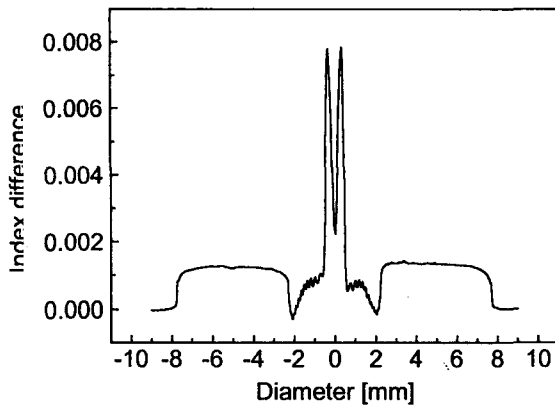


그림 1. 실험에 사용된 광섬유 모재의 굴절률 분포도

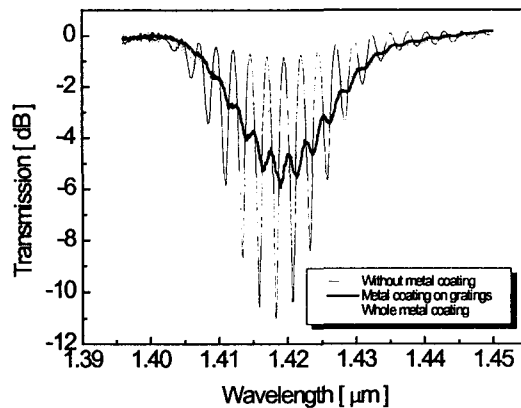


그림 2. 광섬유 격자쌍의 투과 스펙트럼 중 1번째 stop band의 투과 스펙트럼

참고 문헌

1. K. E. Lu, G. S. Glaesemann, R. V. Vandewoestine, and G. Kar, "Recent Developments in Hermetically Coated Optical Fiber", Journal of Lightwave Technology, 6, p. 240 (1988)
2. B. H. Lee and J. Nishii, "Dependence of fringe spacing on the grating separation in a long-period fiber grating pair", Applied Optics, 30(25), p. 3450 (1999).