

가변 가능한 광대역 광자결정 광섬유 광 감쇄기

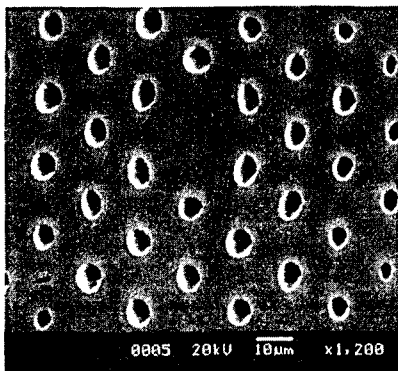
Ultra-Broadband Variable Photonic Crystal Fiber Attenuator

박병혁*, 김진채, 백운출, 이병하
 광주과학기술원 정보통신공학과
 e-mail : healthy8@gist.ac.kr

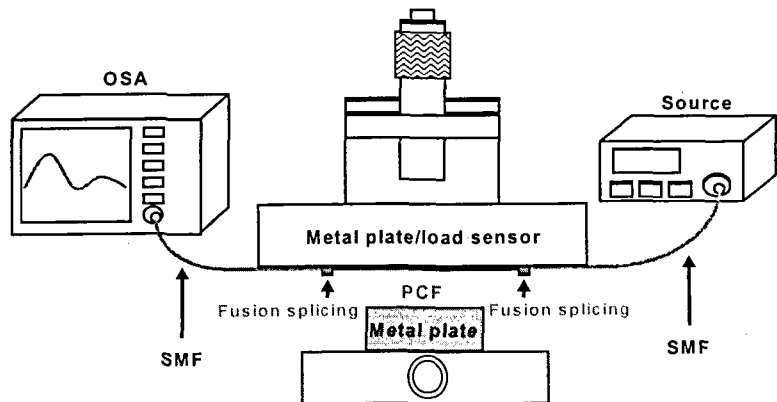
We propose ultra-broadband variable photonic crystal fiber (PCF) attenuator with a low insertion loss (0.4 dB). A uniform but controllable mechanical pressure was applied on the side of PCF to get the attenuation. A fairly flat attenuation spectrum over a 200 nm wide wavelength range was achieved.

광자결정 광섬유는 일반적인 광섬유와는 달리 클래딩 영역에 공기구멍 다발이 비교적 주기적으로 배열되어 있고, 중앙에 코어 역할을 하는 결함을 가지는 광도파로 이다. 이러한 구조를 가진 광자결정 광섬유는 넓은 파장 영역에서의 단일모드 동작 [1], 특이한 모드분산 등과 같은 특이한 광학적 특성으로 인해 다양한 분야에서 활발한 연구가 진행되어지고 있다. 뿐만 아니라 최근에는 커플러 [2], 가변 대역 제거 필터 [3], 광 감쇄기 [4] 등과 같은 광섬유 소자로서의 활용가능성들에 대한 연구결과가 계속적으로 보고되고 있다. 특히 광 감쇄기는 광통신에서 수신단의 신호 감쇄와 광섬유의 비선형 효과를 줄이기 위해서 사용되어지는 중요한 소자 중 하나이다 [5].

본 논문에서는 광자결정 광섬유 양끝에 일반 단일모드 광섬유를 융착접속기 (FITEL S-176 fusion splicer)를 사용하여 각각 접속하고 광자결정 광섬유에 균일한 압력을 가하여 수신단의 광 파워를 감쇄시키는 광섬유 광 감쇄기를 구현하였다. 융착접속에 사용된 fusion 조건은 방전량 100, 방전시간 250 ms 이었는데 [6], 이는 광자결정 광섬유의 변형을 최소화 하면서, 접속 손실을 대략 0.4 dB 정도의 낮은 값으로 유지할 수 있는 조건이었다. 광 파워의 감쇄는 광자결정 광섬유의 측면에 가해지는 metal plate의 압력을 제어함으로써 조절하였다. 그림 1은 본 실험에 사용한 광자결정 광섬유의 단면 모양을 보여주고 있다. 실험에 사용된 광자결정 광섬유는 일반 광섬유의 인출 방법을 일부 수정한 방법으로 제작되었으며, 코어의 직경은 약 15 μm , 공기구멍의 직경은 약 4 μm , 공기 구멍간의 거리는 약 10 μm 이었다. 그림 2는 광 신호 감쇄를 위해 설계된 실험 장치를 나타내는 개략도이다.

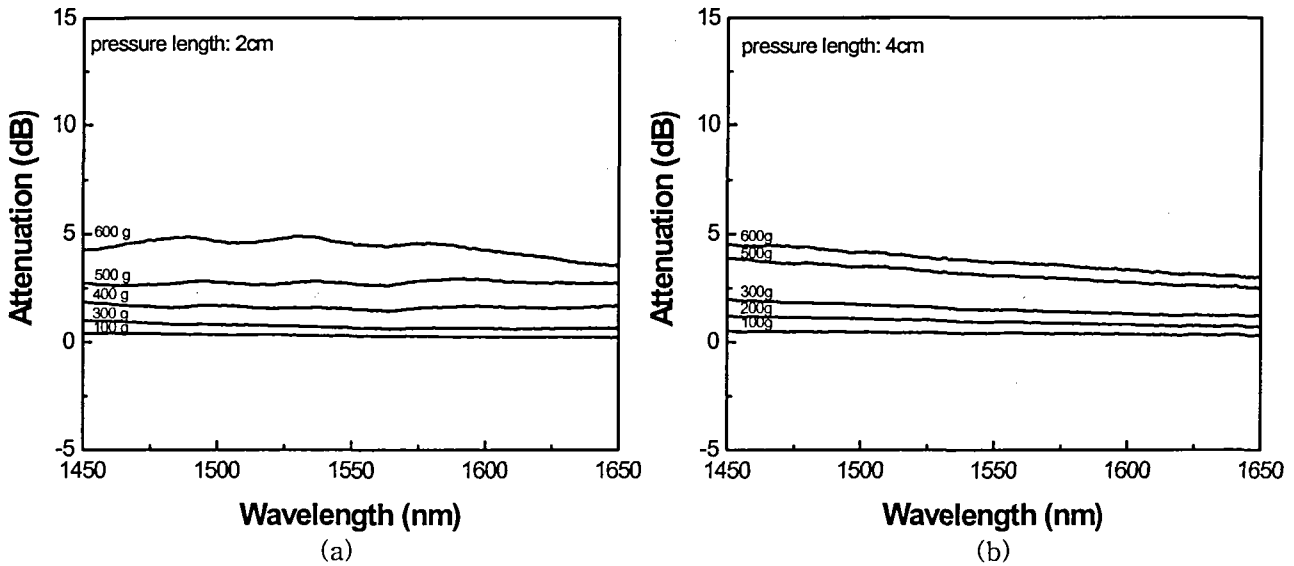


[그림 1] 광자결정 광섬유의 전자 현미경사진



[그림 2] 실험 set-up 개략도

그림에서 보듯이 양쪽 끝단에 일반 단일모드 광섬유를 접속한 광자결정 광섬유를 metal plate와 압력 정도를 측정하기 위한 load sensor가 장착된 metal plate사이에 수평하게 놓고 마이크로미터를 이용하여 정밀하게 압력을 조절하면서 그에 따른 광 파워의 감쇄 정도를 측정 하였다. 압력이 가해지는 길이에 따른 감쇄 정도를 비교하기 위해 metal plate를 삼각형으로 제작하였고, metal plate의 길이는 마이크로미터로 조절할 수 있게 설계하였다. 그림 3 (a) 와 (b) 는 metal plate의 길이가 2 cm와 4 cm 에서의 광자결정 광섬유에 인가된 무게와 파장에 따른 광 감쇄 특성을 비교한 그래프이다. 그림에서 보는 바와 같이, metal plate의 길이가 길수록 동일한 무게 압력에서의 광 감쇄가 더 큼을 확인 할 수 있었고, 가해진 무게에 따라 광 감쇄량을 조절 할 수 있었다. 제작된 광자결정 광섬유 감쇄기의 경우 200 nm 의 넓은 파장대역에서 비교적 평탄한 감쇄 특성을 갖는 것을 볼 수 있었다.



[그림 3] (a) 2 cm, (b) 4 cm의 압력 길이에서 광자결정 광섬유에 인가된 무게 및 파장에 따른 광 감쇄 특성 그래프

특히 제작된 광자결정 광섬유 감쇄기의 경우 DWDM (Dense wavelength-division multiplexing) 시스템에서 conventional band (C-band) 와 long band (L-band)를 모두 포함하는 1530-1610 nm 의 파장대역에서는 광 감쇄 변화 폭이 0.6 dB 이하로 감쇄 가변이 가능하였다. 광자결정 광섬유의 경우 파장이 증가 할수록 클래딩의 유효 굴절률이 감소하기 때문에 가해주는 무게가 증가 할수록 장파장 영역에서와 단파장 영역에서 약간의 광 감쇄 차이를 보이는 것으로 생각된다 [7].

본 실험을 통해서 우리는 대략 0.4 dB의 비교적 적은 삽입 손실과 200 nm 의 파장 영역에서 비교적 평탄한 감쇄 가변이 가능한 광자결정 광섬유 광 감쇄기를 제작하였다. 감쇄 가변량은 metal plate의 길이와 무게에 따라 조절이 가능하였다. 마이크로미터와 load sensor의 장착으로 정밀한 압력 조절이 가능하여 원하는 만큼의 광 감쇄 가변을 할 수 있었다. 뿐만 아니라 단일 모드 광섬유와 광자결정 광섬유의 모드 반경의 차이를 이용한 광자결정 광섬유 광 감쇄기의 경우 문제가 되는 모드간의 간섭 현상 없이 광 감쇄가 가능하였으며, 특히 C-band 와 L-band (1530-1610 nm)에서는 광 감쇄의 spectral variation이 0.6 dB 이하로 비교적 평탄한 감쇄 가변을 구현할 수 있었다.

본 연구는 광주과학기술원의 ERC, BK-21, APRI 사업의 일부 지원금에 의한 것입니다.

1. T. A. Birks et. al., Opt. Lett., 22(13), pp. 961-963 (1997).
2. B. H. Lee et. al., Opt. Lett. 27, 812 (2002).
3. J. C. Kim et. al., Photonics Conference, F2E3 (2003).
4. J. B. Eom et. al., OECC'2003, 14A2-2 (2003).
5. Y. Morishita et. al., Opt. Lett. Vol. 26, No. 11 pp. 783-785 (2001)
6. B. H. Park et. al., OECC/COIN2004, 13P-72 (2004).
7. D. S. Moon et. al., J.Optical Society of Korea, Vol. 7, No. 2, pp. 72-78 (2003).