인라인 가변 광섬유 감쇠기 제작 및 특성 측정

Fabrication and characterization of in-line fiber-optic tunnable attunuator

김 효 겸, 윤 대 성, 문 정 원, 김 광 택
호남대학교 광전자 공학과
ktkim@honam.ac.kr

광섬유 가변 감쇠기는 광증폭기, add/drop 모듈, Mux/Demux, 광송수신기 등 중요한 광통신 시스템의 입력 및 출력 광신호 레벨을 적절하게 제어하기 위해 요구되는 중요한 소자이다. 가변 감쇠기는 높은 신뢰성, 높은 해상도, 작은 삽입손실, 낮은 편광 및 파장 의존성 손실 등이 요구되어 진다. 가변 광감쇠기는 평면 기판에 형성된 도파로[1] 의 열광학 효과나 전기광학 효과를 이용하는 기법과 MEMS 기술[2]에 기초한 방법이 잘 알려져 있다. 이들 소자는 하지만, 소자 제작공정에서 광섬유를 도파로와 연결하기 위해서, 혹은 광섬유 중간에 엑추에이타를 넣기 위해 광섬유를 절단해야한다. 이는 복잡한 광섬유 정렬 공정이 추가적으로 요구되며 도파로와 광섬유 사이의 불완전한 정렬, 프레넬 반사, 모드 부정합 등의 원인으로 광학적 손실이 발생할 수 있다.

본 논문은 이러한 문제점을 피할 수 있는 인라인형 가변 광 감쇠기를 제안 및 구현 하였다. 제안된 소자의 구조는 그림 1에 나타나 있다. 제안된 소자는 클래딩이 코어 가까이 연마된 단일 모드 광섬유와 굴절률 정합 유전체 사이의 소산장(evanescent wave) 결합을 이용하여 광손실을 유도한다. 측면 연마 광섬유위에 광섬유 클래딩과 굴절률이 같은 silica(SiO_2)와 굴절률 정합 유전체로 이루어진 움직이는 블록을 일정한 압력으로 접촉시킨다. 손실의 크기는 굴절률 정합 유전체와 광섬유 사이의 상호 작용거리에 의존하여 이를 기계적으로 제어 하여 원하는 손실을 유도한다. 효과적인 손실을 유도하기 유해서는 광섬유모드와 굴절률 정합 유전체 사이의 위상정합이 이루어 져야한다. 굴절률 정합 유전체의 굴절률은 광섬유 코어와 같을 때 가장 큰 손실을 유도한다. 이 조건을 잘 만족하는 파이렉스(pyrex)를 굴절률 정합 유전체로 선정하였다. 파이렉스의 굴절률은 1550nm에서 1.456로 광섬유 코어의 굴절률과 유사하였다. 소자의 중심부(z=0)에서 남은 광섬유 클래딩이 없다고 가정하고 파이렉스 판의 시작점의 위치(z_p)에 따른 손실량의 변화를 잘 알려진 계산식[3]을 이용한 계산한 결과가 그림 2에 제시되어 있다. 만일 광섬유 코어의 일부를 제거하면 더 큰 가변 범위를 얻을 수 있지만 최소 손실이 증가한다.

곡률 반경이 50cm 및 100cm 인 측면 연마 광섬유 블록을 준비하고 그림 1과 같은 실험 장치를 구성하였다. silica 블록의 일부를 제거하고 1.2 mm 두께를 가진 pyrex를 판을 접착제로 붙이고 연마하였다. 소자의 성능은 광섬유 블록과 상부 블록의 연마 후 평면도와 거칠기가 매우 중요하다. 측면 연마된 광섬유 블록위에 광섬유 클래딩과 굴절률이 같은 정합액을 한 방울 놓고 상부 블록을 접촉시킨다. 제작된 소자의 특성은 그림 3에 제시되어 있다. 파이렉스 판의 이동 거리에 따른 손실곡선이 그림 3에 제시 되어 있다. 구부려진 광섬유의 곡률 반경이 100cm 일 때 삽입 손실은 0.6dB 였고 편광 의존손실(PDL)은 손실량에 따라 다소 차이가 있었다. 손실이 10dB, 20dB, 30dB 일 때 PDL은 각각 0.1dB, 0.2dB, 0.4dB

로 나타났다. 그리고 파장의존성은 손실이 10dB일 때 1550nm 파장 부근에서 0.025dB/nm로 나타났다. 가변 변위는 55dB 였다. 제안된 소자는 제작 공정이 간단하고 넓은 이격거리를 가지기 때문에 높은 해상도를 가지는 특성을 보였다. 제안 된 가변 감쇠기는 고속을 요구하지 않는 정밀 가변 광 감쇠기로 응용 가능성을 보여 주었다.

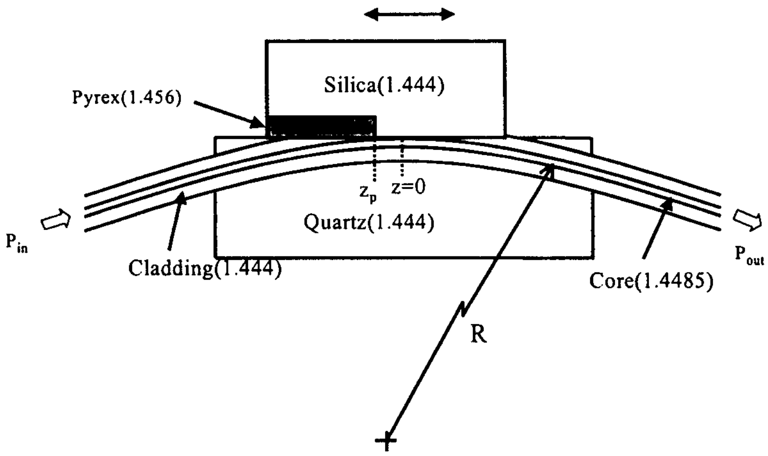

그림 1 제안된 광섬유 가변 감쇠기 구조.

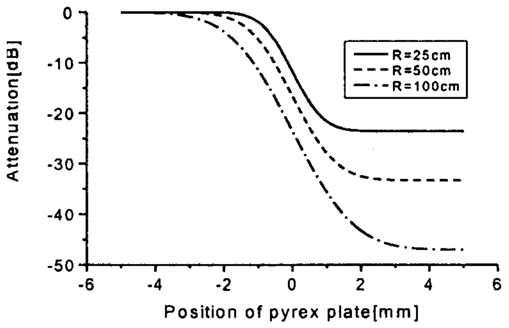

그림 2. Pyrex 위치(z_p)에 따른 손실의 크기(이론적 결과)

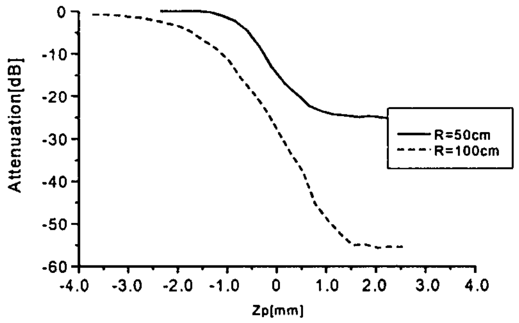

그림 3 Pyrex 위치에 따른 손실량의 변화 (실험 결과)

참고문헌

1. S.-S. Lee, Y.-S. Son, T.-K. Yoo, IEEE photon. Technol. Lett. vol. 15, no. 5. pp.590-592 (1999)
2. Riza, S. Sumriddetchkajorn, Opt. Comm. vol. 185. pp. 103-108 (2000).
3. S. M. Tseng and C. L. Chen, Appl. optics vol. 31, no. 18, pp. 3438-3447(1992)