

광자결정 광섬유를 이용한 광 결합

Optical Interconnection using Photonic Crystal Fiber

공경준, 김진채, 박병혁, 최해룡, 임주은, 이병하
 광주과학기술원
 ibhere4u@gist.ac.kr

광섬유와 LD/PD 또는 MEMS 스위치와 같은 광소자간의 자유공간 광 결합은 광통신에서 필수적인 부분으로 효율적인 광 결합을 위한 여러 방법들이 연구되어져 왔다. 일반 광섬유를 이용한 절단면 연마기법과 아크방전 기법 [1] 등과 같이 단일모드 광섬유 자체에 변형을 주는 방법들이 초기에 연구되었으나 최근에는 다중 모드 혹은 코어 없는 광섬유와 같은 이종 광섬유를 단일모드 광섬유에 접합하여 이용하는 방법들이 보고 되고 있다 [2]. 일반 광섬유를 이용한 아크방전방법과 연마기법은 working distance가 짧다는 한계를 가지고 있으며 이종 광섬유를 접합 후 절단면을 가공하는 방법 등은 긴 working distance와 모드 반경의 유연한 조정 등의 장점을 가지고 있으나 제작을 위해서는 복잡한 공정이 요구된다.

이에 본 논문에선 긴 working distance 가지며 간단한 제작할 수 있는 광자 결정 광섬유를 이용한 광 결합 방법을 제안하고자 한다. 광자결정 광섬유는 단면에 공기구멍들이 주기적으로 배열된 구조를 가지고 있다. 광자결정 광섬유의 공기구멍들이 아크방전에 의해 막히는 현상을 이용하여 [3] coreless 광섬유의 접합이 필요 없는 렌즈형 광자 결정 광섬유를 제작할 수 있었다.

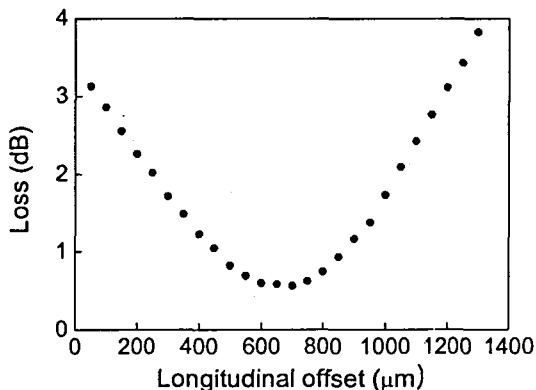


그림 1. 길이 방향에 따른 결합 손실

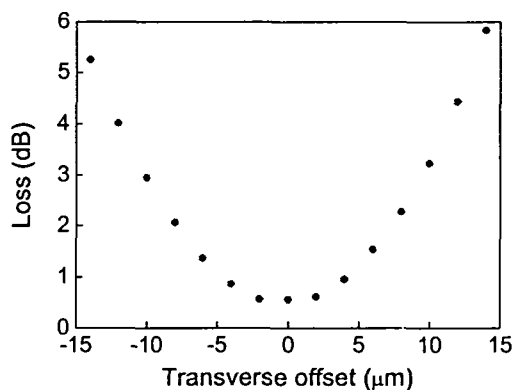


그림 2. 횡축에 따른 결합 손실

그림 1은 적정 방전조건에서 광자결정 광섬유 절단면에 아크방전을 가해주어 렌즈형태를 형성하고, 두 렌즈형 광자 결정 광섬유를 광축 정렬 한 후 광섬유 축 방향 이격에 따른 광 파워의 변화를 측정된 것이다. 670 μm의 측면 이격에서 최대 결합파워가 측정되었고, 이때 손실은 약 0.56 dB 였다. 또한 1 dB 이내의 손실을 고려할 때 약 1000 μm의 working distance를 가짐을 확인할 수 있었다. 그림 2는 횡 방향 이격에 따른 광 파워 변화로 역시 1 dB 이내의 손실을 고려할 때 15 μm정도의 정렬 구간 확보가 가능함을 보인다.

그림 3은 아크방전 기법을 통해 만들어진 렌즈형 광자결정 광섬유의 측면 사진으로 아크에 의해 단일모드 구간, 모드 확장에 기여되는 Beam expanding 구간, 그리고 렌즈 구간이 자연스럽게 이루어졌음을 보여준다. 또한 그림 4과 5에서와 같이 렌즈 형성 전후의 근접장 이미지를 통해 렌즈 형성이 모드의 크기 확대에 기여함을 확인할 수 있었다.

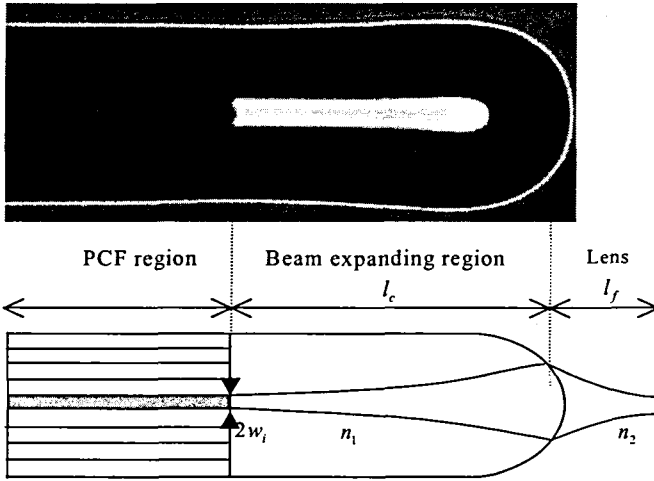


그림 3. 렌즈형 광자 결정 광섬유 및 모식도

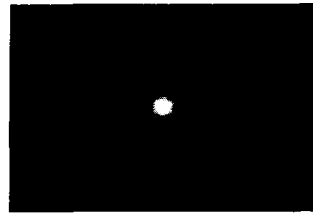


그림 4. 렌즈 형성 전 근접장 이미지

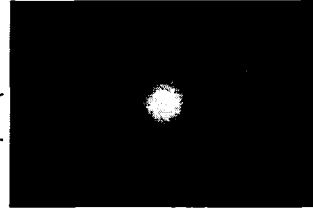


그림 5. 렌즈 형성 후 근접장 이미지

제작된 렌즈형 광자결정 광섬유는 명백히 구분되는 세 구간으로 구성된다고 생각 할 수 있다. 각 구간 경계에서 광선이 겪는 변화는 아래과 같이 ABCD 행렬을 이용해서 표현 해줄 수 있으며 이를 통해 working distance 는 렌즈형 광자결정 광섬유의 렌즈 곡률반경과 광선 확장구간의 함수가 된다.

$$M = M_{34}M_{23}M_{12} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}, \text{ where } M_{12} = \begin{pmatrix} 1 & l_c \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, M_{23} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{n_2 - n_1}{n_2} & \frac{n_1}{n_2} \end{pmatrix}, M_{34} = \begin{pmatrix} 1 & l_f \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

계산될 결과를 렌즈형 광자결정 광섬유의 렌즈 곡률에 따라서 그려보면 그림 6과 같은 변화를 보인다. 이 결과는 실제로 제작된 렌즈형 광자결정 광섬유의 working distance와 거의 일치함을 볼 수 있다.

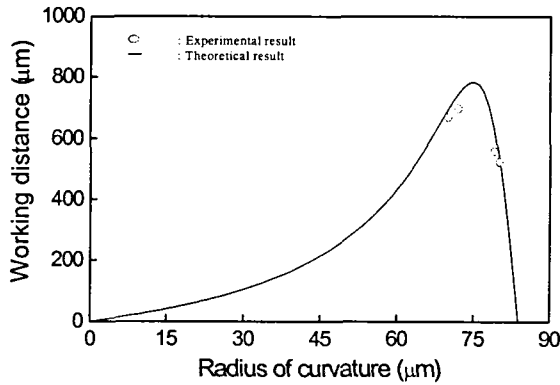


그림 6. 곡률반경에 따른 Working distance

R(μm)	Numerical	Experimental
70	697.12(μm)	670(μm)
72	748.21(μm)	700 (μm)
79	636.02(μm)	560 (μm)
80	541.73(μm)	525 (μm)

표 1. 이론적 Working distance와 실험치의 비교

본 연구를 통해 효율적으로 자유공간에서 광 결합이 가능한 렌즈형 광자결정 광섬유를 제안하였다. 렌즈형 광자결정 광섬유가 연마기법이나 용착기법으로 제작된 일반 렌즈형 광섬유 보다 긴 working distance를 제공할 수 있음을 확인하였고, 간단한 제작과정과 낮은 삽입손실 등으로 자유공간 광 결합이 필요한 여러 공정에 적용될 수 있는 잠재력을 확인하였다.

[참고문헌]

1. Virendra, et al., "Efficient power coupling from 980nm, broadarea laser to a SMF using a wedge-shaped fiber endface", JLT, 1990
2. J.Kim, et al., "Wideband collimator using hybrid polymer-fiber lens", CLEO/QELS 2004, CFH, 2004
3. B. Park, et al., "The optimal fusion splicing conditions for the large mode area photonic crystal fibers using a conventional fusion-splicer," OECC 2004