

광자결정 광섬유의 음향광학 모드결합

Acousto-optic mode coupling in photonic crystal fiber

홍기석* 박현철 황인각 김병윤

한국과학기술원 물리학과

e-mail: gogo@kaist.ac.kr

1996년에 최초로 광자결정 광섬유가 보고된 이래 광자결정 광섬유는 endless single mode guiding, 분산 가변 및 보상, super continuum generation 등의 여러 가지 우수한 특성을 나타내어 현재까지 활발히 연구되고 있는 실정이다.^(1,2) 한편 이를 여러 분야에 응용하는 시도 중의 하나로서 광자결정 광섬유를 이용하여 모드결합 소자를 구현한 실험결과들이 보고되었다.^(3,4) 광자결정 광섬유는 공기구멍 구조를 변화시키거나 공기구멍에 다른 물질들을 채워 넣는 등 여러 조작을 가하여 모드결합 특성을 다양하게 바꿀 수 있으므로 여러 형태의 모드결합 소자로 응용될 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서는 상용으로 판매되고 있는 이중모드 광자결정 광섬유에 음파를 인가하여 모드결합을 시도하고 그 특성을 계산과 실험을 통하여 분석하고자 한다.

아래그림은 실험에 사용한 광자결정 광섬유의 단면이다. 상용으로 판매되고 있는 광섬유로서 공기구멍들이 육각 모양의 일곱 열로 실리카 코어를 둘러싸고 있다. 이 때 공기구멍 사이의 간격은 $9.2 \mu\text{m}$ 이고 공기구멍의 지름과 공기구멍 사이의 거리는 0.46의 비율을 가진다. 한편 전체 광섬유의 지름은 $175 \mu\text{m}$ 이다.

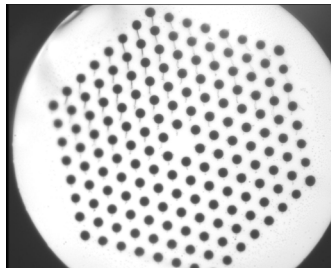


그림 1. 광자결정 광섬유의 단면

그림은 실험 구성도이다. 음향광학 필터는 크게 음파발생기와 광섬유로 구성되어 있다. 광대역 광원 (broadband source)에서 나온 빛은 광자결정 광섬유의 코어모드로 진행한다. 음파발생기는 음파를 발생시키는 원판모양의 PZT를 유리로 된 원뿔에 붙여서 제작하며 광섬유가 이 원뿔의 꼭지점을 지나가게 되어 있다. PZT의 직경은 약 5 mm 정도이며 3 MHz에서 가장 잘 떨리게 최적화 되어 있으며, 유리 원뿔의 길이는 약 1 cm 정도로 PZT에서 발생한 음파를 광섬유에 전달하는 역할을 한다. 결과적으로 음파가 광섬유를 진행하면서 주기적인 구부림을 만들어 광섬유를 지나가는 코어모드의 빛이 위상정합 조건을 만족하는 파장영역에서 다른 모드로 결합된다.

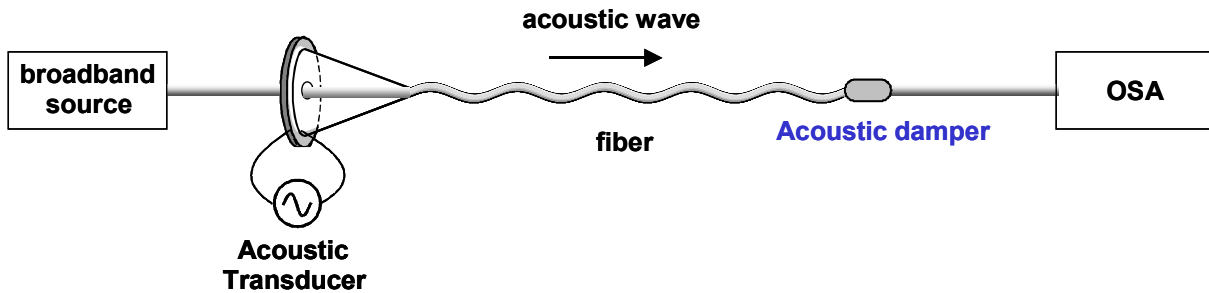


그림 2. 실험 구성도

그림 3은 LP₀₁과 LP₁₁ 모드 사이에 모드결합을 유도한 실험결과이다. 걸어준 음파 주파수가 3.05 MHz일 때 1565 nm 파장에서 위상정합 조건을 만족하여 최대 15 dB의 모드 결합이 일어났음을 알 수가 있다. 그림 4는 가해 준 음파의 주파수를 변화시켰을 때 위상정합 조건을 만족하는 필터의 중심파장이 이동하는 것을 보여준다. 음파의 주파수가 증가함에 따라 중심파장 역시 증가함을 확인할 수 있다.

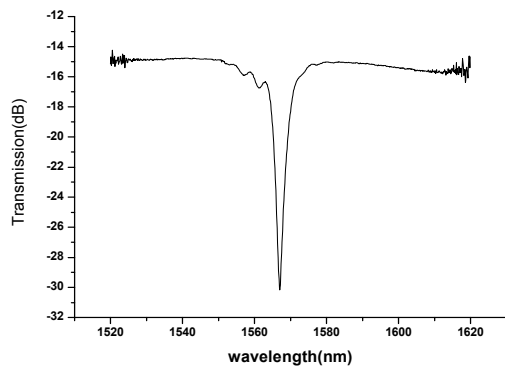


그림 3. 3.055 MHz의 음파가 인가되었을 때 필터의 파장 스펙트럼

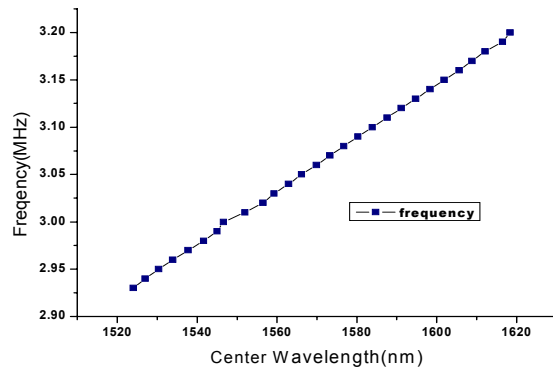


그림 4. 음파의 주파수에 따른 중심파장

한편 우리는 기본 코어모드(LP₀₁)와 다른 반대칭 클래딩 모드들(LP₁₂, LP₁₃) 사이에도 모드결합이 일어남을 확인하였다. 이상의 결과를 요약하면 우리는 광자결정 광섬유에서도 일반 계단형 굴절을 광섬유에서와 마찬가지로 음향광학 효과를 이용하여 모드결합소자를 구현할 수 있었다. 이러한 연구를 통해서 광자결정 광섬유의 모드결합 특성에 대한 이해를 심화시키고 그 응용가능성을 더욱 구체화하고자 한다.

참고문헌

1. T. A. Birks, J. C. Knight, and P. St. J. Russell, "Endlessly single-mode photonic crystal fiber," Opt. Lett. 22, 961-963 (1997)
2. J. C. Knight, T. A. Birks, A. Ortigosa-Branch, W. J. Wadsworth, and P. St. J. Russell, "Anomalous dispersion in photonic crystal fiber," IEEE Photon. Technol. Lett. 12, 807-809 (2000)
3. G. Kakarantzas, T. A. Birks, and P. S. J. Russell, "Structural long-period gratings in photonic crystal fibers," Opt. Lett. 27, 1013-1015 (2002)
4. A. Diez, T. A. Birks, W. H. Reeves, B. J. Mangan, and P. S. J. Russell, "Excitation of cladding modes in photonic crystal fibers by flexural acoustic waves," Opt. Lett. 25, 1499-1501 (2000)