이중 클래딩 광섬유에 새겨진 장주기 격자를 이용한 광커넥터

Optical fiber connector using long-period fiber gratings imprinted in double cladding fiber

김명진*, 엄태중, 백운출, 이병하, 박태상**
*광주과학기술원 정보통신공학과, **한국통신
mjinkim@kjist.ac.kr

광통신 시스템에 필요한 여러 가지 광소자들과 광섬유간의 결합손실을 줄이고 결합거리를 향상시키기 위한 연구가 많이 이루어져 왔다.[1, 2] 광섬유의 클래딩 모드를 이용하여 정렬오차를 줄인 광커넥터에 대한 결과가 보고된 바 있다.[2] 그러나, 장주기 광섬유격자를 통하여 여기된 광섬유의 클래딩 모드는 외부환경에 매우 민감하여 외부 접촉에 의한 손실과 공진 파장의 변화 등이 문제로 제시되었다.[3] 본 연구에서는 코어와 통상의 클래딩 사이에 또 하나의 클래딩 층을 갖는 이중 클래딩 구조의 광섬유에 장주기 격자를 만들고,[4] 장주기 격자에 의하여 여기된 여러 클래딩 모드 가운데 광섬유의 코어와 내부 클래딩 층으로만 주로 진행하는 첫 번째 클래딩 모드를 사용하는 광커넥터를 제안한다. 이를 통하여 광섬유 외부로부터의 영향을 배제하고,[4] 광섬유간의 결합 거리(working distance)를 높이고자 한다.

실험에서는 KT사에서 제작한 분산 보상 광섬유(Dispersion compensating fiber)가 사용되었다. 그림 1(a)는 사용된 광섬유의 굴절률 분포를 나타내며, 그림 1(b)는 장주기 격자에 의해 결합된 첫 번째 클래딩 모드의 근접장 이미지로써 앞서 언급한 바와 같이 코어와 내부 클래딩 영역으로만 진행한다는 것을 알 수 있다.

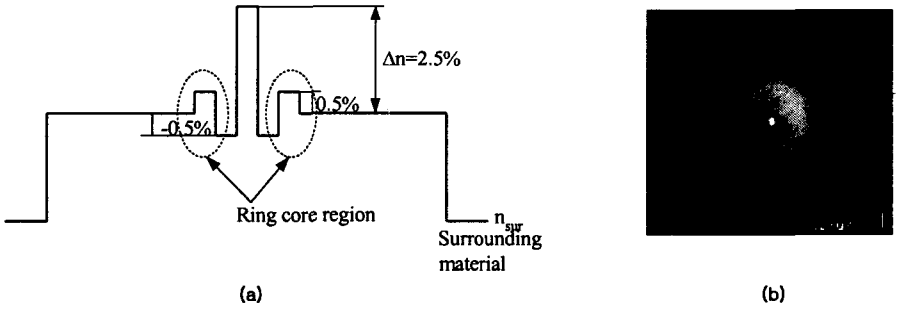

그림 1. (a) DCF의 굴절률 분포. (b) 첫 번째 클래딩 모드의 근접장 이미지.

커넥터 양쪽에 동일 특성의 장주기 격자들로 커넥터를 구현한 개념도는 그림 2와 같다. 왼쪽으로부터 진행해 온 빛이 첫 번째 장주기 격자에 의해서 클래딩 모드로 결합된 후 두 광섬유 사이(free space)를 지나 두 번째 광섬유의 절단면으로 입사되고, 두 번째 장주기 격자에 의해 다시 코어 모드로 결합되는 과정을 나타낸다. 사용된 장주기 격자는 KrF 엑시머 레이저를 사용하여 800 μm의 격자 주기와 20 mm의 격자 길이로 제작되었으며, 첫 번째 클래딩 모드의 공진 파장은 1570.8 nm이다. 광섬유 길이 방향에 평행한 z축과 수직한 x축 방향으로 두 광섬유의 상대 위치를 변화시키면서 그 결합효율의 변화를 측정하였다. 실험시 통상의 코어 모드를 이용한 경우와 비교하기 위해 장주기 격자의 영향을 받지 않는 1515 nm 파장에 대해서도 실험을 하였다.

그림 3은 z축과 x축에 대해 장주기 격자의 영향을 받은 경우와 그렇지 않은 경우로 구분하여 측정한 결합효율의 변화

를 나타낸다. z축에 대한 실험의 경우, 코어 모드가 사용되었을 때의 결합거리가 -3 dB 기준으로 대략 ~130 μm 인 반면, 장주기 격자에 의해 내부 클래딩에 결합된 첫 번째 클래딩 모드가 사용되었을 때는 ~3200 μm 로서 매우 먼 거리까지 광 결합이 가능함을 알 수 있다. 또한, 이러한 결과는 일반 단일 모드 광섬유에 새겨진 HE_{14} 클래딩 모드를 사용했을 때의 500 μm(-3 dB 기준) 보다도 향상된 것이다.[2] x축에 대한 실험의 경우에서도 -3 dB를 기준으로 할 때 첫 번째 클래딩 모드가 사용된 경우가 약 4배 정도 (~30 μm) 향상된 결과를 보인다. 이는 내부 클래딩에서 전파하는 첫 번째 클래딩 모드의 모드필드가 광섬유 사이의 자유공간을 통과할 때 코어의 모드필드보다 회절되는 정도가 작고, 더욱이, 코어 모드필드에 비해 훨씬 크기 때문에 정렬오차에 대하여 결합효율의 변화가 상대적으로 적음을 알 수 있다.

본 연구에서는 이중 클래딩 구조를 가진 광섬유에 새겨진 장주기 격자만을 이용하는 간단한 구조의 광커넥터를 구현하였다. 본 연구에서 제안된 방법은 collimator나 광섬유 형태로 제작된 그린렌즈 등 다른 구성요소의 도움이 없이도 충분한 광 결합거리 (working distance)를 확보 할 수 있음을 실험적으로 보였다.

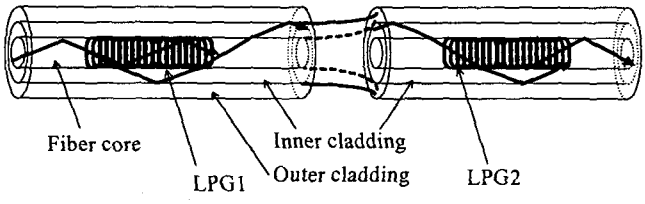

그림 2. 이중 클래딩 광섬유에 새긴 장주기 광섬유격자를 이용한 광커넥터의 개념도.

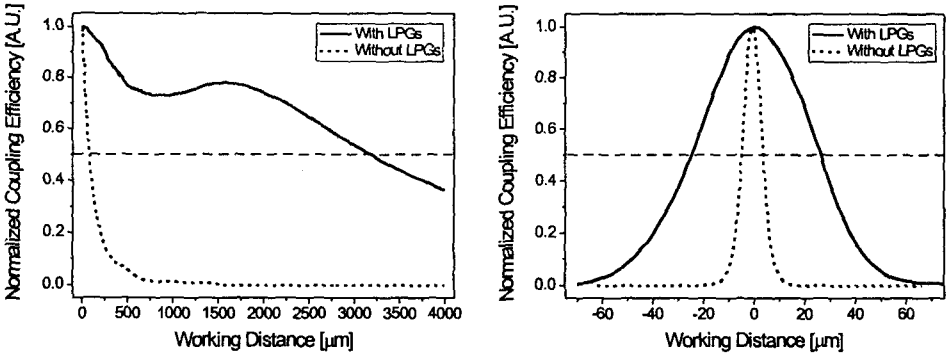

그림 3. (a) z 방향과 (b) x 방향의 변화에 따른 결합효율의 변화.

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

참고문헌

1. K. Shiraishi, et al., J. Lightwave Technol., **13** (16), pp. 1736-1744 (2001)
2. T. J. Eom, et al., Photonics West 2002, 4638-17 (2002)
3. S. Lee, et al., OECC/IOOC 2001, 117-118 (2001)
4. 이병하, et al., COOC 2003, FB1-2, 339 (2003)