

고비선형 광자결정 광섬유와 단일모드 광섬유 저손실 용착접속

Low Loss Fusion Splicing of Highly Nonlinear Photonic Crystal Fiber and Single-Mode Fiber

안진수*, 장현수*, 박광노*, 김길환**, 이상배**, 이경식*

*성균관대학교 정보통신공학부, **한국과학기술연구원 Photonic Research Lab.
 ssoo@skku.edu

광자결정 광섬유(PCF)는 기존의 광섬유에서 얻지 못하는 다양한 특성을 지니고 있다. 특히 고비선형 광자결정 광섬유(NL-PCF)는 공기구멍구조의 클래딩영역에서 공기가 차지하는 비율이 90%이상이므로 코어에 고밀도로 집속된 높은 파워의 광신호가 도파된다. 이러한 광신호는 높은 비선형 효과가 나타나게 되고 초 광대역 연속광(supercontinuum)을 얻을 수 있기 때문에 다양한 응용분야에 적용할 수 있다⁽¹⁾. 하지만 기존의 단일모드 광섬유(SMF) 기반의 광소자 및 광통신 시스템에서 NL-PCF기반의 광소자를 결합시키기 위해서는 NL-PCF와 SMF간 효율적인 접속이 반드시 필요하다^(2,3). 본 논문에서는 광섬유 용착접속기를 사용하여 NL-PCF와 SMF를 용착접속할 때 발생하는 접속손실을 측정하였고 저손실 용착접속이 가능한 방법과 접속변수(parameter)를 제안하고자 한다.

그림 1은 본 논문에서 SMF와 용착접속에 사용된 NL-PCF의 단면도이다. 코어의 직경은 2.5 μ m, 클래딩 영역에서 공기구멍 사이의 거리(Λ)는 3 \pm 0.5 μ m이며, 용착접속시 사용된 광섬유 용착접속기는 Ericsson의 FSU-995FA를 사용하였다.

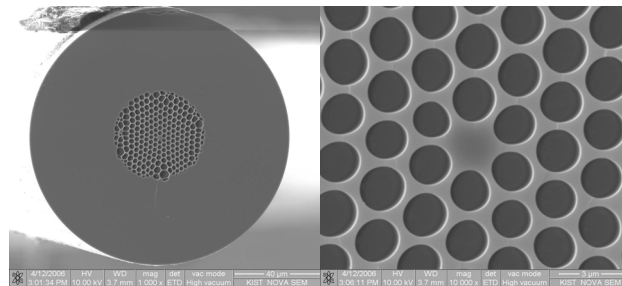


그림 1. 제작한 NL-PCF

SMF와 NL-PCF의 용착접속시 발생하는 접속손실을 결정하는 요소는 두 광섬유간 모드 필드 직경(MFD)의 부정합과 NL-PCF의 공기구멍 붕괴현상으로 인한 손실이다. 두 광섬유간 MFD의 부정합에 의한 이론적인 접속손실은 식(1)에서처럼 나타낼 수 있다.

$$Coupling Loss [dB] = -20 \log \left(\frac{2 \cdot MFD_{PCF} \cdot MFD_{SMF}}{MFD_{PCF}^2 + MFD_{SMF}^2} \right) \quad (1)$$

식(1)을 이용한 SMF와 NL-PCF의 MFD 부정합에 의한 이론적인 접속손실은 최소 8dB이상으로 상

당히 큰 편이며, 두 광섬유를 용착접속한 결과 10dB이상의 매우 큰 접속손실이 발생하였다. 따라서 두 광섬유간 MFD의 차이를 줄이는 방법으로 MFD가 $4\pm 0.3\mu\text{m}$ 이고 큰 NA값(0.35)을 가지고 있는 Ultra High Numerical Aperture(UHNA)광섬유를 SMF와 NL-PCF사이에 삽입 후 용착접속 하였다. 실험구성은 그림 2와 같이 구성하였다. Tunable Laser Source(TLS)의 파장을 1550nm로 조정하고 TLS의 파워를 SMF 출력단에서 측정한다. 그리고 SMF와 UHNA광섬유를 용착접속한 후 UHNA광섬유 출력단에서의 파워를 측정한다. 마지막으로 UHNA광섬유와 NL-PCF를 용착접속한 후 출력단에서 파워를 측정함으로써 SMF에서 NL-PCF로의 접속손실을 측정하였다.

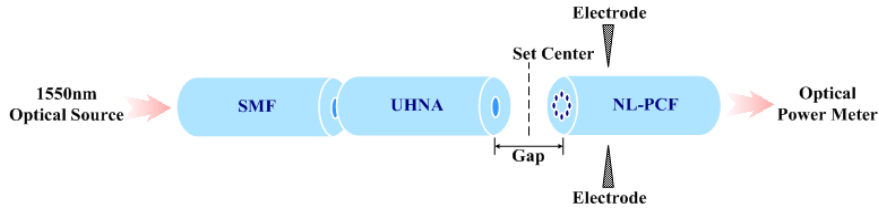


그림 2. 저손실 용착접속을 위한 실험구성

접속손실을 결정하는 요소인 NL-PCF의 공기구멍 붕괴현상과 각 광섬유간 MFD 부정합을 줄이기 위해 용착접속기의 접속변수를 조정하는 방법이 필요하다. SMF와 UHNA광섬유 용착접속시 두 광섬유간 MFD 부정합을 줄이기 위해 UHNA광섬유 코어가 열에 의해 확장되는 효과를 이용하였다. 세 번의 아크 방전으로 방전시간과 방전량을 0.3s에 10.5mA, 8.0s에 16.3mA, 2.0s에 12.5mA로 높게 조정하였다. 그리고 UHNA광섬유와 NL-PCF 용착접속시 아크를 방전하는 전극봉의 위치를 NL-PCF 방향으로 이동하여 공기구멍이 붕괴되지 않을 정도의 방전시간과 방전량인 4.0s에 9.0mA로 조정하였다. 그림 2에서의 실험구성과 같이 7번씩 용착접속한 결과, SMF와 UHNA광섬유간 접속손실은 0.8dB~1.0dB로 평균 0.86dB였고 UHNA광섬유와 NL-PCF간 접속손실은 2.3dB~3.0dB로 평균 2.59dB였다.

본 논문에서는 NL-PCF와 SMF간 저손실 용착접속을 위한 방법을 살펴보았다. UHNA광섬유 코어가 열에 의해 확장되는 효과를 이용하여 SMF와 UHNA광섬유간 MFD 부정합에 의한 접속손실을 줄이기 위해 용착접속기의 방전시간과 방전량을 조정하였다. 그리고 NL-PCF의 공기구멍 붕괴현상을 최소화하기 위해 용착접속기의 아크를 방전하는 전극봉의 위치를 조정하였다. 그 결과, SMF와 NL-PCF사이에 UHNA광섬유 삽입 후 용착접속 하였을 경우, SMF와 NL-PCF를 용착접속할 때 보다 접속손실이 6dB이상 감소한 것을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] Kim P. Hansen, Jacob Riss Jensen, Christian Jacobsen, Harald R. Simonsen, Jes Broeng, Peter M. W. Skovgaard, Anders Petersson, Anders Bjarklev, "Highly Nonlinear Photonic Crystal Fiber with Zero Dispersion at $1.55\mu\text{m}$," *OFC 2002*, Postdeadline Paper (2002).
- [2] Limin Xiao, M. S. Demokan, Wei Jin, Yiping Wang, Chun-Liu Zhao, "Fusion Splicing Photonic Crystal Fibers and Conventional Single-Mode Fibers: Microhole Collapse Effect," *Journal of Lightwave Technology*, Vol. 25, No. 11, 3563-3574 (2007).
- [3] O. Frazao, J. P. Carvalho, H. M. Salgado, "Low-loss splice in a microstructured fibre using a conventional fusion splicer," *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 46, No. 2, 172-174 (2005).