

펄스 레이저 미세가공기술을 이용한 전광섬유 대역투과필터 제작

Application of ultrashort pulse laser ablation in fabrication of all-fiber bandpass filter

임선도, 김재구*, 김병운

한국과학기술원 물리학과, *한국기계연구원 나노융합기계

dukelim@kaist.ac.kr

수 nm 의 대역폭만을 투과시키는 필터는 광통신 및 광센서 등 광시스템에 널리 사용되는 중요한 소자이다. 초기 전광섬유 대역투과필터는 광섬유에 연속적으로 새겨진 두 장주기격자 사이에 코어모드 차단기를 삽입함으로써 구현되었다⁽¹⁾. 최근 발표된 전광섬유 음향광학 대역투과필터⁽²⁾는 기존의 그것과 비교하여 간단한 전기 신호 조작만으로 대역 변조가 가능하고 그 변조 속도 역시 빠르다는 장점을 가지고 있다. 이 소자의 삽입 손실 및 근접과장 소거율 등은 코어모드의 효과적인 차단에 의하여 크게 결정된다. 이를 위하여 코어모드 차단기는 코어모드만을 효과적으로 제거할 수 있어야 하고 그 크기는 작고 광섬유 길이방향으로 짧은 것이 좋다. 기존의 제안된 코어모드 차단기 제조 방법으로는 HF 에칭⁽²⁾, 강한 UV 레이저⁽¹⁾, 전기 아크 방전⁽³⁾, KrF 레이저⁽⁴⁾ 등이 있다. HF 에칭법은 Silica 클래딩과 Ge 도핑된 코어 사이의 에칭 속도 차이를 이용하는데 제작이 용이하지 않을 뿐만 아니라 클래딩 또한 에칭되어 클래딩 모드에 손실을 가져와 소자에 삽입 손실을 키운다. UV 레이저 조사법과 전기 아크 방전법은 Ge 또는 GeB이 도핑된 광섬유 코어에 수 일 동안 수소 삽입 과정이 필요하고 또한 이후 각 방법으로 만들어진 코어모드 차단기의 크기는 광섬유 길이 방향으로 수 cm에 달하여 소자의 삽입손실 증가에 원인이 된다. 본 연구에서는 극초단 펄스 레이저 미세가공기술⁽⁵⁾을 이용하여 코어모드 차단기를 만드는 방법을 소개하고 이를 단일모드 광섬유 음향광학 대역투과필터에 응용함으로써 그 성능을 검증하였다. 실험에 사용된 Ti:shapphire 레이저는 240 fs의 100 kHz의 반복률을 갖는 펄스를 내보내고 평균 출력은 450 mW로 800 nm에서 동작한다. 본 레이저를 단일모드 광섬유 단면의 코어에 약 5초간 NA가 0.4 인 렌즈로 조사하여 그림 1 (a)과 같은 지름이 약 6 micron의 분화구를 형성하였다.

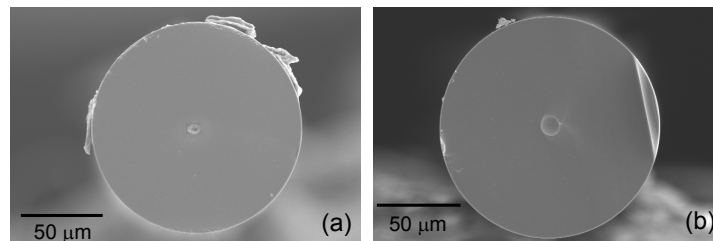


그림 1 (a) 레이저 조사에 의한 광섬유 코어에 분화구가 생긴 모습, (b) 광섬유 접합을 통하여 이 광섬유 코어에 형성된 공기 방울의 단면 모습

분화구가 있는 광섬유와 그렇지 않은 두 광섬유를 적당한 아크세기와 시간을 조절하여 접합시키면

분화구가 있던 자리에 그보다 약간 커진 그림 1(b)와 같이 공기방울이 형성되는데 이것이 코어모드 차단기의 역할을 하게 된다. 이 공기 방울의 지름은 약 12 micron로 이 크기는 계산에 의하여 근접파장 소거율이 90% 이상 되도록 의도한 값이다. 이 공기방울(코어모드 차단기)을 통과한 광섬유 코어 모드는 1530 -1610 nm 파장 영역에서 24dB 이상의 손실을 보여 주고 클래딩 모드는 2dB 이하의 손실을 보여준다. 본 방법으로 제작한 코어모드 차단기를 이용하여 음향광학 대역투과필터를 구현하였고 그 구성은 그림 2와 같다.

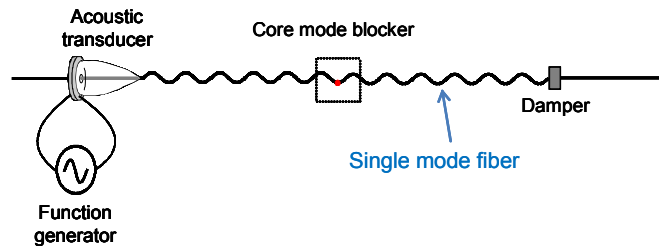


그림 2 음향광학 대역투과필터의 구성 개략도

제안한 소자의 음향광학 결합구간의 길이는 32 cm이다. 이 소자의 기본 동작원리는 참고문헌 2의 것과 같다. 그림 3(a)는 인가한 음파의 주파수 1.98 MHz에서 이 소자의 투과스펙트럼을 보여준다.

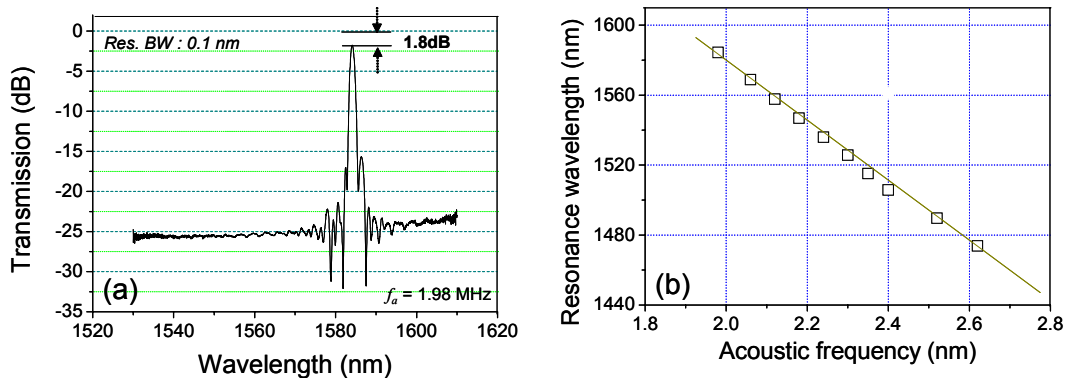


그림 3(a) 필터의 투과 스펙트럼, (b) 인가한 음파 주파수에 따른 파장 변조 그래프

그림 3(a)에서 보듯이 이 소자의 삽입 손실은 약 1.8dB이고 근접파장 소거율이 약 23dB, 소자의 3-dB 대역폭은 약 1.42 nm로 계산 값과 잘 일치한다. 그림 3(b)는 인가한 음파의 주파수에 따라 투과 파장이 주어질 파장 영역에서 선형적으로 가변됨을 보여 준다.

1. D. S. Starodubov, V. Grubsky, and J. Feinberg, "All-fiber Bandpass Filter with Adjustable Transmission Using Cladding-Mode Coupling," IEEE Photon. Technol. Lett. 10, 1590-1592 (1998).
2. M. S. Lee, I. K. Hwang, and B. Y. Kim, "Acousto-optic tunable bandpass filter," in Proc. OECC/IOOC 2001, pp. 324-325, 2001.
3. Y. G. Han, S. H. Kim, S. B. Lee, U. C. Paek, and Y. Chung, "Development of a novel core mode blocker with H₂-loaded Ge-B co-doped fibers," Electron. Lett. 39, 1107 (2003).
4. Kwang Jo Lee, Dong Il Yeom, and Byoung Yoon Kim, "Narrowband, polarization insensitive all-fiber acousto-optic tunable bandpass filter," Opt. Express, 15, 2987-2992 (2007).
5. M. Lenzner, J. Krüger, S. Sartania, Z. Cheng, Ch. Spielmann, G. Mourou, W. Kautek, and F. Krausz, "Femtosecond Optical Breakdown in Dielectrics," Phys. Rev. Lett. 80, 4076-4079 (1998).