

## 도파된 UV 빛에 의한 광섬유 단면의 폴리머 팁 제작

# Fabrication of polymer tip on an optical fiber end-face by guided UV light

박민규, 정호중, 오경환

연세대학교 물리학과

E-mail : koh@yonsei.ac.kr

**Abstract** We have fabricated a down tapered polymer tip on optical fiber end-face by a guided UV light. One side of fiber was aligned with a mercury-xenon lamp and another was put into UV curable polymer. A shape of tip was controlled by adjusting an irradiance of lamp and time of exposure. A bending effect also affects the result. Optical characteristic was achieved preliminarily with solution of minute particles.

광섬유 단면에 폴리머를 경화시켜 만든 다양한 소자가 보고되고 있으며 광섬유 단면 위에 폴리머를 렌즈 형태로 올려서 경화시킨 것<sup>(1)</sup>과 같이 외부적으로 UV 광을 조사한 연구 뿐 아니라, 광섬유에 UV 레이저를 진행시켜 반대편 단면에 Expanded core<sup>(2)</sup>나 렌즈<sup>(3)</sup> 등 광학소자를 제작하는 연구도 있다. UV 광을 도파하여 광이 지나가는 형태에 따라 폴리머가 경화되는 것을 Light-Induced Self Waveguide (LISA) 라고 하며, 이를 이용하여 플라스틱 광섬유를 이용하여 가시광용 파장 분할 다중화 소자를 개발한 바 있다<sup>(4)</sup>. LISA의 경우 광섬유를 따라 도파한 UV 광의 형태와 세기에 따라 폴리머 경화 형태를 제어할 수 있으므로 제작이 간편하고 형태를 만들기 위해 추가적인 과정이 필요하지 않는 장점이 있다. 본 연구에서는 UV 램프를 이용하여 광섬유 단면에 Down Taper 형태의 팁을 제작하였고, 팁을 지나 자유공간으로의 빛의 전파를 살펴보았다.

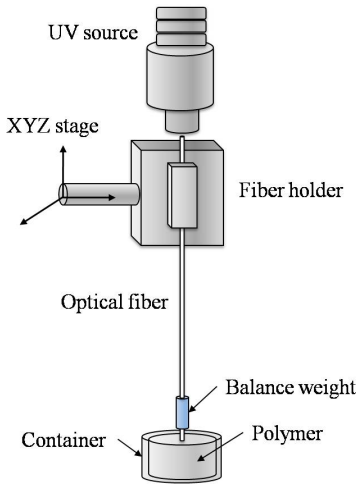
폴리머 광섬유 팁을 제작하기 위하여 그림 1과 같이 약 30cm 길이의 단일모드 광섬유 한 쪽은 UV 광원의 가운데로 정렬 하였고, 다른 한쪽은 무게추를 달아 광섬유가 휘거나 움직이는 것을 막았다. 광섬유의 끝 부분이 폴리머에 닿도록 XYZ 스테이지를 이용하여 위치를 조정하였다. 광축이 수직으로 되어 있는 이유는 중력이 팁의 형상에 주는 영향을 고려하였기 때문이다. 수은 제논 램프가 사용된 UV 광원은 광도파로가 설치되어 있어 자유롭게 광원의 위치를 결정할 수 있으며, 360nm 파장에서 가장 큰 세기를 보인다. 사용된 폴리머는 Norland 사의 접착용 UV 경화 폴리머로 약 1.56의 굴절율을 가진다.

광섬유 끝에서 측정된 UV 빛의 세기는  $0.41\text{mW/cm}^2$  이며 단면에서 나온 빛은 개구수를 따라 퍼지면서 진행한다. 빛이 퍼지면서 단면적 당 빛의 세기가 작아지게 되며, 이로 인해 경화되는 폴리머의 모양은 그림 2-(a)의 상자 그림과 같이 점점 가늘어지는 형태가 된다. 빛의 세기 뿐 아니라 노출 시간에 따라 경화되는 형태가 다른데, 그림 2-(a)는 약 7초간의 노출시간을 주었다. 빛의 세기가 크거나 노출시간이 길어질수록 팁의 길이가 길어지며 클래딩 쪽의 둘레가 커지는 반면, 빛의 세기가 작거나 노출시간이 짧아질수록 길이가 짧아지며 팁의 형태도 코어 쪽으로 한정되게 된다. 이는 렌즈 등을 이용해서 빛을 코어로 집중하지 않고 클래딩 까지 정렬하여 노광하였기 때문이다. 광섬유에 임의적인 직경으로 밴딩을 주게 되면 클래딩을 통해 진행한 빛이 빠져나가고 멀티모드로 진행되는 코어 쪽 빛도 기본모드 만이 도파되게 된다. 이를 이용하면 그림 2-(b)의 상자 그림과 같이 코어 부분만 성장한 형태의 팁을 제작 할

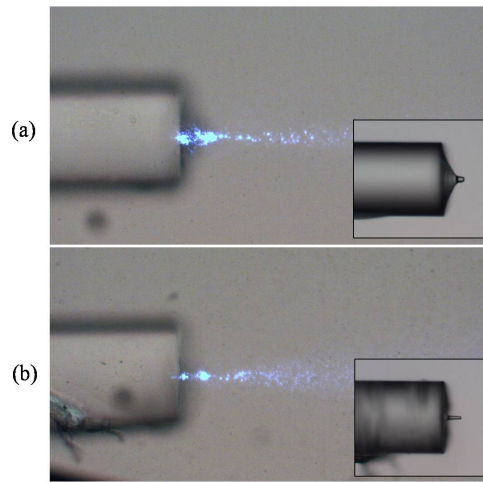
수 있으며 이 경우에는 약 6초의 노광 시간을 주었다.

제조한 광섬유 팁의 광학적 특성을 살펴보기 위하여 미립자 용액을 이용하여 그림 2와 같이 빛의 전파를 가시적으로 살펴보았다. 슬라이드 글래스 위에 양면테이프로 챔버 형태를 만든 다음, 물에 묻게 탄 미립자 용액을 챔버 안에 넣는다. 그 위에 커버 글래스를 덮은 후, 챔버에 미리 만들어 놓은 입구를 통해서 제작된 광섬유 팁을 넣는다. 광원은 CW 광섬유 레이저를 사용하였으며 1060nm 파장 대에 105mW의 세기를 입사하였다. 팁에서 나오는 빛은 미립자에 의해 산란되는데 CCD 카메라의 특성상 산란되는 빛의 파장 대를 인식할 수 있다. 따라서 눈으로 관측할 수 없는 빛의 분포와 진행을 용액 챔버와 CCD 카메라로 측정할 수 있다. 두 팁의 경우 모두 그림 2와 같이 팁 끝부분에 빛이 집중되었다가 진행하는 것을 확인할 수 있다.

우리는 본 연구에서 UV 램프와 간단한 실험장비를 가지고 광섬유 단면에 대칭적인 형태의 폴리머 팁을 제작하였다. 제작이 간단하고 저렴하므로 향후 팁의 형태와 폴리머의 굴절율을 조절하여 레이저 다이오드 등의 광원과 coupling 하는 용도 등에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.



[그림 1] 실험장비 셋업



[그림 2] (a) 밴딩을 주지 않았을 경우 (b) 밴딩을 주어 코어 부분만 성장시킨 경우

\* 이 논문은 한국과학재단 (과제번호 ROA-2008-000-20054-0, R01-2006-000-11277-0, R15-2004-024-00000-0), 국제과학기술협력재단 (과제번호 2008-8-0506, 2008-8-1893), 한국산업기술평가원 (과제번호 2007-8-2074, 2008-8-1195), 그리고 한국학술진흥재단 두뇌한국 21 사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

1. J. Kim et. al., "Achievement of large spot size and long collimation length using UV curable self-assembled polymer lens on a beam expanding core-less silica fiber", Photon. Technol. Lett. vol. 16, no. 11, pp. 2499-2501 (2004)
2. S.J. Frisken, "Light-induced optical waveguide uptapers", Opt. Lett., vol. 18, no. 13, pp. 1035-1037 (1993)
3. A.S. Kewitsch and A. Yariv, "Self-focusing and self-trapping of optical beams upon photopolymerization", Opt. Lett., vol. 21, no. 1, pp. 24-26 (1996)
4. M. Yonemura et. al., "Polymer waveguide module for visible wavelength division multiplexing plastic optical fiber communication", Opt. Lett., vol. 30, no. 17, pp. 2206-2208 (2005)