

## CO<sub>2</sub> Laser Heating Pulling Method를 이용한 광섬유 탐침 제작

신 수 용, 박 준 도, 황 보 승, 강 용 철  
호남대학교

### Manufacture of Optical fiber probe Using CO<sub>2</sub> Laser Heating Pulling Method

Soo-Yong Shin, June-Do Park, Seung Hwang-Bo, Yong-Chel Kang  
Honam Univ.

**Abstract :** 본 연구에서는 NSOM(Near-field Scanning Optical Microscope)에서 정밀도의 중요한 요소로 작용하는 100 ~ 200nm Scale의 Optical aperture를 제작하기 위해 Optical Fiber를 이용하여 CO<sub>2</sub> Laser Heating Pulling Method에 의하여 제작하고자 한다. Heating Pulling Method에서 Fiber Tip의 정밀도 및 제작 재현성에 영향을 미치는 중요한 기존의 여러 Fiber Tip 구현방법 중 본 연구에서는 Pulse Width[PW(SEC)]와 Pulling Force 두 요소에 있어서 상호관계를 연구하였으며, 연구 결과 두 변수간의 최적화된 파라미터인 PW 0.07 ~ 0.10(SEC) 와 Pulling force 0.2 ~ 0.8lb의 구간에서 error율이 최소화 되는 범위를 찾을 수 있었고, 그 결과 최적의 상태는 0.08(SEC) 와 0.2lb에서 팁들은 첨예화 되었고 95% 이상의 재현성 및 신뢰성을 얻을 수 있었다.

**Key Words :** Fiber Tip, Heating Pulling, NSOM, Metal coating

## 1. 서 론

미세 소자를 관측 및 분석하기 위해서 사용되는 기존의 현미경은 빛으로 물체를 관측하므로 광회절 현상(The effects of far-field diffraction)으로 인한 분해능의 한계가 있었다. 현재는 첨예한 탐침(Probe)을 시료의 표면에 Nano-Scale로 근접시킨 후 표면에 주사하여 물질의 광학적 특성을 빛의 파장보다 훨씬 작은 분해능(~50nm)으로 알아내는 NSOM(Near-field Scanning Optical Microscope)이 개발되었다. NSOM에서의 이미지의 해상도는 빛의 파장에 의해 제한되는 것이 아니라 Aperture의 크기에 의해 제한되므로 Aperture의 끝단의 크기가 100 ~ 200nm가 되어야 하며 제조방법은 화학적인 방법과 열적 늘림에 의해 만들어진다. 그 중에서 대표적인 방법이 CO<sub>2</sub> Laser를 이용하여 가열 후 인장하는 방법(Heating and Pulling)이 있다. 기존의 방법은 간단하지만 출력이 작고 재현성 있게 탐침을 제작하는데 한계가 있었으며 최근에는 재현성과 가공성이 뛰어난 여러 가지 화학적 식각(Chemical Etching) 방법이 개발되어 상용화 제품이 시판되고 있다. 본 연구에서는 CO<sub>2</sub> Laser를 이용하여 Probe를 제작하고자 한다.

## 2. 실 험

### 1. Heating Pulling Method

이 방법은 Optical Fiber에 열을 가하여 녹인 후 Pulling force로 인장하는 방법으로 System을 자체 제작하여 연구하였다. 일반적으로 유리는 고온(Pyrex: 700~800°C, Quartz: 약 135°C)에서 녹기 때문에 순간적으로 높은 에너지가 필요하다. 이를 위해 열원으로는 CO<sub>2</sub> Laser(Synard J48-2, 최대출력 70W)를 사용하였으며, Focus Lens를 통하여 CO<sub>2</sub> Laser beam을 focusing한 후 Optical Fiber의 플라스틱 재킷을 제거한 부분에 조사하였다. 그림 1은 본 시스템의 개략도를 나타내었다.

CO<sub>2</sub> Laser의 펄스폭은 PC와 DAQ Board와의 interface를 통해 제어 하였으며 인장은 자체 제작한 Puller를 사용하였다. 또한 Pulling시 동작을 확인하기 위하여 CCD Camera를 사용하였다

본 연구를 위해 자체 제작된 프로그램을 사용하였으며 PC내에 설치된 DAQ Board(PCI 6024)를 통해 CO<sub>2</sub> Laser를 발진시키고, Optical Fiber의 인장력에 의한 Fiber tip을 제작하는 역할을 수행하는 LabVIEW Program을 제작하였다. 제작된 Optical fiber probe는 광학현미경을 통해 관찰 하였으며, SEM을 통해 Probe 반경을 확인 하였다. 사용한

광섬유는 Single mode optical Fiber로써 Core 경이  $8\mu\text{m}$ , Clad 경이  $125\mu\text{m}$ 이다.

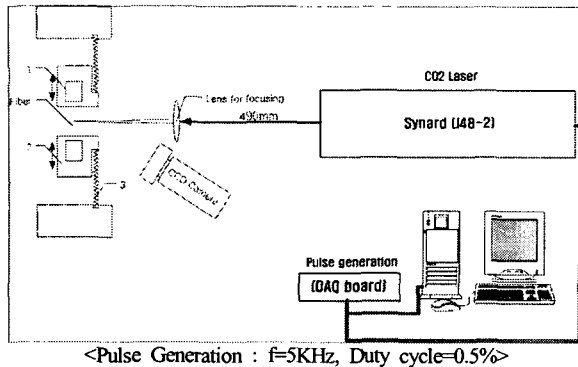


그림 1. CO<sub>2</sub> Laser를 이용한 시스템 개략도: (1)Fiber Holder, (2)Slides, (3)Springs

### 3. 결과

#### 3.1 Fiber probe 제작을 위한 Setting

(1) CO<sub>2</sub> Laser를 고정시킨다. (2) Puller를 고정. (CO<sub>2</sub> Laser와 거리 490mm) (3) CO<sub>2</sub> Laser와 Puller 사이에 Focusing Lens를 고정시킨다.(렌즈 초점거리 235mm) (4) CO<sub>2</sub> Laser에서 나오는 beam이 Puller위에 놓인 광섬유의 중앙을 지나가도록 CO<sub>2</sub> Laser와 Focusing Lens를 미세 조정한다.

#### 3.2 제작 과정

(1)광섬유(Fiber)의 플라스틱 재킷을 벗긴다. (CO<sub>2</sub> Laser beam이 조사되는 부분) (2)Fiber를 Puller에 고정시킨다. (3)CO<sub>2</sub> Laser에서 beam이 인가되는 동시에 Fiber를 잡아 당김으로써 Fiber Tip생성 (4)생성된 Fiber Tip은 광학 현미경으로 관찰 한 후 인장정도를 확인한다. Fiber Tip을 제작하는데 있어서 프로그램 상의 변수는 CO<sub>2</sub> Laser의 출력 폭을 제어하는 Pulse Width(PW[sec]), Optical Fiber를 인장하는 Pulling force(PF[lb])로써 이 두가지로 값을 변화시켜가면서 실험을 진행하였다. 실험을 진행하면서 Pulling force는 Laser 발진과 동시에 Pulling 되어야 Pulling force가 약해도 인장되어 진다는 것을 알게 되었다. 만약 Pulse Width를 높이 주었을 경우에는 Pulling이 되지 않고 Optical Fiber가 끊어지는 결과를 나타내었다. Pulling force를 0.2 ~ 0.8lb의 범위에서 0.01간격으로 변화시켜가면서 실험을 진행한 결과, 0.8lb 이상의 경우 Pulling된 Fiber는 짧아지나 끝부분은 끊김 현상이 발생하였다. 아래 사진들은 인장조건 변화에 따른 Fiber 형태변화 정도를 알아보기 위해 실험을 실시한 것으로, 광학현미경 관찰을 통하여 Digital 카메라로

촬영한 결과 사진들이다.

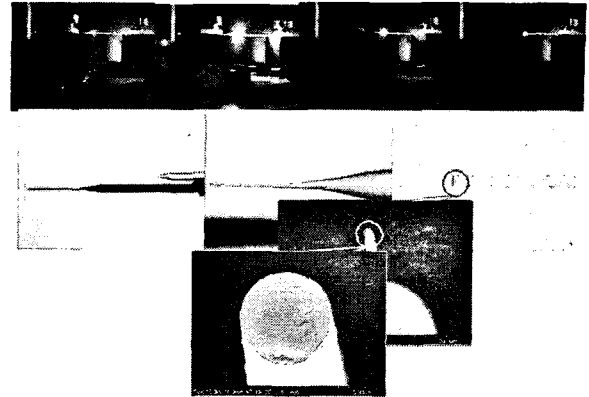


그림 2. PF = 0.85[lb], PW = 0.08[sec]일 때의 Probe

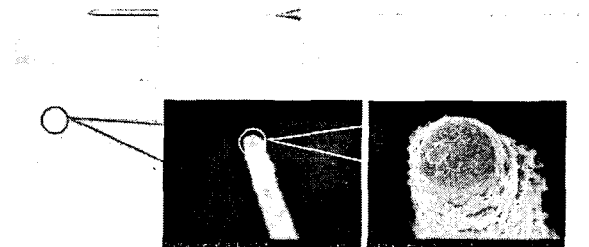


그림 3. PF = 0.5[lb], PW = 0.08[sec]일 때의 Probe

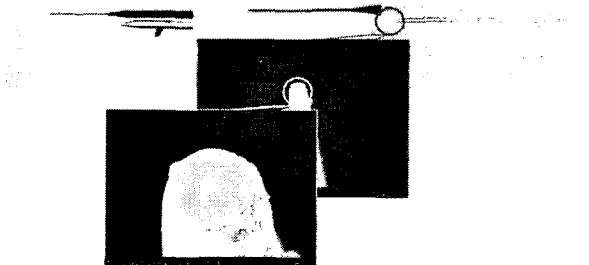


그림 4. PF = 0.25[lb], PW = 0.08[sec]일 때의 Probe

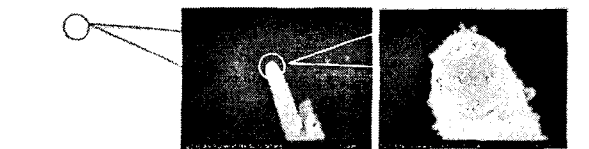


그림 5. PF = 0.2[lb], PW = 0.08[sec]일 때의 Probe

그림 5는 여러 번의 실험을 통해 현재까지 최적의 조건이라 생각되는 Pulse Width=0.08, Pulling force=0.2로 실험한 결과를 현미경으로 관찰하고 그 결과를 디지털 카메라로 촬영한 후, SEM으로 촬영한 사진이다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 가열인장장치(Heat & Pulling System)를 자체 제작하였으며, 이를 이용하여 여러 가지 조건에서 NSOM용 Optical fiber probe를 시험 제작한 후 광학 현미경과 SEM을 통하여 분석 실시하였다. 현재까지의 실험 결과로 Puller의 Pulling force가 줄어들수록 Optical Fiber Tip의 곡률 반경은 좁아졌으나 선단부분의 첨예각이 크고 Fiber의 인장부분이 길게 나왔다. Fiber Tip을 제작하기 위한 최적의 조건은 Pulse Width=0.08, Pulling Force=0.2인 것을 알 수 있었다. 그러나 제작된 probe는 화학적 식각에 의한 것과 비교하여 Tip 선단부분의 첨예각( $\theta$ )이 크고 이에 따라 곡률 반경도 크게 나타나 효율(Throughput)이 낮아진다. 이러한 문제는 인장력을 증가시킴에 따라 개선되고 있다. 향후 Tip 형태에 대한 보다 정확한 제어와 화학적 식각방법을 통해 우수한 Fiber probe 제작이 가능하리라 사료된다.

#### 감사의 글

연구를 행하는데 있어서 많은 도움을 주신 황보승 교수님께 감사드리며, 많은 도움이 되어준 준도형과 광계측실험실 분들께 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] G. A. Valaskovic, M.Holton, and G. H. morrison, "Parameter control, characterization, and optimization in the fabrication of optical fiber near-field probes", Appl. Opt., vol. 34, no. 7, pp.1215-1228, 1995
- [2] M.Ohtsu (Ed.) Near-Field Nano/Atom Optics and Technology, 1998
- [3] 김기현, "A study on the Near-field diffraction using optical fiber taper", 1994