

화학적 식각을 이용한 근접장 주사 현미경용 탐침의 제작

김 성철^o, 이 혁
서울대학교 전기공학과

Fabrication of Near-field Scanning Optical Microscope(NSOM) Probe by Chemical Etching

Sungchul Kim, Hyuk Lee
Dept. of Electrical Engineering, Seoul Nat'l Univ.

Abstracts

In near field optics, optical fiber probe is smaller than the wavelength of light. This small probe makes it possible to overcome the diffraction limit due to wave property of light. In conventional optical systems, the image resolution is governed by wavelength. But in NSOM, it is determined by probe tip size and probe shape. Therefore probe tip size and shape are very important points in near field optics. In this paper, we will suggest the new fabrication methods of optical fiber probe and show that the probe tip size is sub-micrometer using SEM.

용액에서 식각을 시켜 작은 크기의 탐침을 만드는 것이다 [4].

본 논문에서 제안하는 방법이 위의 방법들과 다른 점은 코어와 클래딩을 구별하지 않고 식각을 행하며, 코팅과정이 없이 광섬유의 직경을 세 단계로 식각하며 제작하는 것이다. 본 논문에서는 구체적인 제작 방법과 제작 결과를 보여 주고 있다.

1. 서론

일반적인 광학 시스템에서는 빛의 파동적인 성질로 인해 해상도에 한계가 존재한다. 그러나 근접 (near field) 광학 시스템에서는 이러한 문제점이 서브마이크로의 크기를 갖는 탐침 (probe tip)의 개발로 인해 해결되었다 [1-2]. 이들 탐침에는 금속 탐침, 광섬유 탐침 등의 여러가지 종류가 있으며, 본 논문에서는 광섬유를 사용해서 탐침을 만드는 제작과정을 다루고 있다. 일반적으로 광섬유를 사용해서 서브마이크로의 크기를 갖는 탐침을 제작하는 방법에는 두가지가 있다. 첫 번째 방법은 광섬유를 가열 인장 (heating and pulling method) 해서 만드는 방법이다. 이 방법으로 콘 (con) 형태의 탐침을 만들 수가 있다. 두 번째 방법은 광섬유를 화학적 식각을 하여 콘 형태의 탐침을 만드는 것이다. 화학적 식각 방법에는 몇가지 방법이 있다. 그중 하나는 광섬유의 코어와 클래딩을 서로 다른 비율로 식각하는 것이다 [3]. 다른 방법은 광섬유를 HF에 식각이 되지 않는 물질로 코팅을 한 다음 이것을 HF 용액에서 원하는 크기로 식각을 하는 것이다. 그리고 코팅을 벗겨내고 마지막으로 한번 더 HF

2. 본론

근접장 광학 시스템에서 사용하는 새로운 서브마이크로 탐침 제작과정을 자세히 설명하겠다. 여기에 사용된 광섬유는 직경이 125 μ m이고 633nm의 빛을 통과 시키는 싱글 모드 광섬유이고 코어와 클래딩의 회절률은 계단형의 프로파일 을 갖는다. 제작과정은 3 단계로 구성이 된다. 그리고 이 모든 과정은 현미경으로 관찰이 된다 (그림 1).

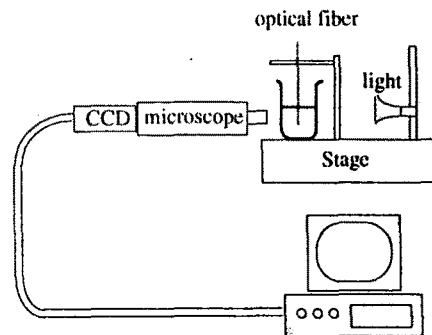
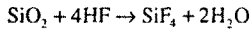
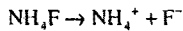
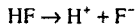


그림 1. 100배 현미경을 사용한 모니터링 시스템

첫번째 단계는 50%의 HF 용액을 사용해서 식각을 하며 그림 2로 표시된다. 탐침은 공기와 HF 용액의 경계면에서 만들어진다. 이 단계에서 중요한 것은 탐침의 표면이 깨끗해야 하고 작은 콘 앵글 (cone angle)을 만들어야 하는 것이다. 이러한 이유로 순수한 HF 용액을 사용한 것이다. 왜냐하면 HF에 버퍼 (NH₄F)를 첨가하여 식각을 하면 광섬유의 표면이 거칠고 콘 앵글이 일정하게 되지 않기 때문이다. 화학식은 다음과 같다.



실제 반응을 하는 것은 F⁻이온이다. NH₄F를 첨가하는 이유는 F⁻이온을 보충해서 식각률을 일정하게 유지하기 위해서이다. 그리고 첫 단계에서 만들어진 탐침의 모양이 마지막 단계까지 영향을 미치게 된다. 한편, 식각 도중에 잉여의 H⁺이온이 생기기 때문에 용액의 식각률이 시간이 흐름에 따라 달라지게 된다. 따라서 시간을 식각이 되는 정도의 기준으로 삼을 수가 없고 이 문제를 해결하기 위해서 현미경으로 관찰하는 방법을 택하게 되었다(그림 1). 이렇게 하면 식각률이 시간에 따라 변하더라도 일정한 크기로 줄어든 광섬유를 얻을 수가 있다. 이 단계는 용액속에 있는 광섬유가 원래 크기의 1/10 정도가 될때까지 식각을 시킨다. 30분 정도의 시간이 걸린다. 첫번째 단계의 과정을 거친 광섬유는 명확하게 구별이 되는 세 부분으로 이루어진다 - 식각이 되지 않은 부분(unetched part), tapered 된 부분, 식각 된 부분(etched part)(그림 3). 이때 tapered 된 부분의 각이 최종 단계를 거친 탐침의 콘 앵글을 결정하게 된다. 그리고 tapered angle은 식각 시간에 비례한다.

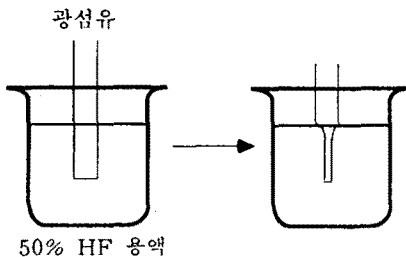


그림 2. 첫번째 단계 50% HF 용액 사용

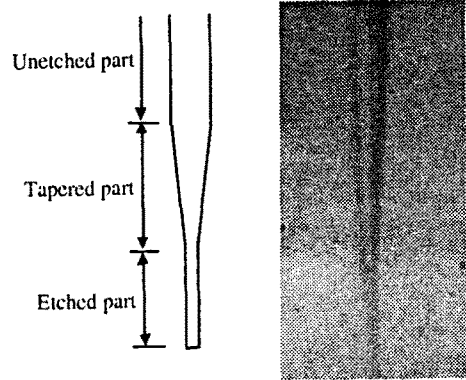


그림 3. 첫번째 단계를 거친 후 광섬유의 형태

두번째 단계는 1:3:1 (HF:NH₄F:H₂O)의 버퍼 용액을 사용한다(그림 4). 여기서 버퍼 용액을 사용하는 이유는 식각속도를 줄이고 또한 속도를 일정하게 하기 위해서이다. 그리고 식각 속도가 줄어들므로 광섬유를 정밀하게 식각할 수가 있다. 또한 H₂O를 첨가하여 HF와 NH₄사이의 화학적 반응으로 침전물-HF:NH₄F의 비가 작을 때 발생- 이 생기는 것을 막아준다. 첫번째 단계를 거친 광섬유의 세 부분을 전부 버퍼 용액에 담근다. 그리고 식각이 된 부분이 사라질때까지 계속한다. 대략 20-30분 정도 걸린다. 이 방법은 광섬유 팁의 크기를 계속 관찰할 필요가 없고, 단지 현미경 상에서 식각된 부분이 보이지 않을 때까지만 식각을 하면 된다.

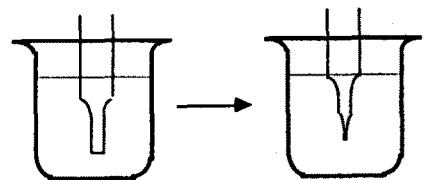


그림 4. 두번째 단계. 1:3:1(HF:NH₄F:H₂O)버퍼 용액 사용

3. 결론

새로운 제작 방법으로 만들어진 탐침 팁의 직경은 0.04μm 에서 0.3μm까지 정도의 크기이고 콘 앵글 θ는 3°-6°정도이다. 이 논문에서 제시한 방법으로 제작된 탐침의 전자 현미경 사진을 그림 5.에 제시하였다. 탐침의 크기는 0.1μm이고 콘 앵글은 6°이다.

이 방법의 장점은 광섬유의 도핑 비율을 조절하거나 식각 과정동안 탐침의 정확한 크기를 관찰해야 할 필요가 없다. 현미경과 연결된 컴퓨터로 대략적인 과정을 관찰하고 다음 단계로 넘어갈 시기를 결정하기만 하면 된다. 그리고 주위의 상황 즉 온도, 시간에 영향을 받지 않으므로 실험이 매우 간편하다. 이 방법으로 제작된 탐침은 매우 작은 콘 앵글과 작은 팁 size를 갖는다.

참고 문헌

- [1] D.W. Pohl, L.Novotny, J. Vac. Sci. Technol. B, Vol.12, No.3, May/Jun 1994, pp1441-1446
- [2] D.Courjon, C.Bainier, Rep. Prog. Phys. 57 (1994) 989-1028. Printed in the UK
- [3] Togar Pangaribuan, Kazunobu Yamada, Shudong Jiang, Hisao Ohsawa and Motoichi Ohtsu, "Reproducible Fabrication Technique of Nanometric Tip Diameter Fiber Probe of Photon Scanning Tunneling Microscope", Jpn. J. Appl. Phys. Vol.31, pp. L 1302 - L 1304, 1992
- [4] H.M. Marchman, J.E. Griffith, R.W.Filas, Rev.Sci.Instrum. 65(8), August 1994, pp 2538-2541

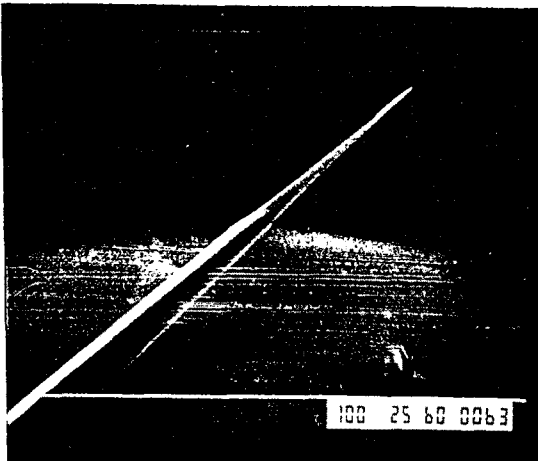


그림 5(a)

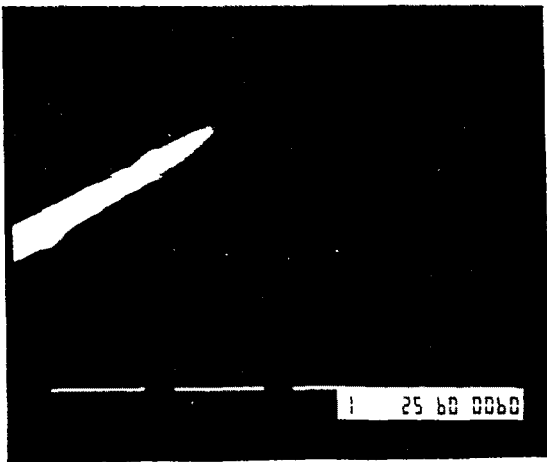


그림 5(b)

그림 5. 전자 현미경 사진. (a) 750배 사진 일부분의 선이 100 μm (b) 2000배 사진 밑의 점선 하 나가 1 μm . 탐침의 크기는 0.1 μm 이고 콘 앵글은 6°