

고미세 근접장 광 패터닝을 위한 플라즈몬 팁 설계 및 제작기술

Fabrication of Plasmonic Tip for High Resolution Near-Field Patterning

*#장원석¹, 김진범²

*#W. S. Chang¹, J. B. Kim²

¹한국기계연구원 나노역학실, ²LG 전자 미래소자연구실

Key words : Near-field, plasmonic tip, nanoscale patterning

1. 서론

근접장현미경(NSOM)은 나노미터 크기의 광원을 시료 표면에 수 nm 의 범위로 가까이 접근 시킨 상태에서 나노미터 크기의 광원으로부터 나온 빛이 시료 아래로 투과되는 이미지 혹은 시료 위로 반사되는 빛을 수집하고 분석하여 시료 표면의 광학적인 정보를 분석하거나 근접장 광원을 이용한 미세 패터닝을 하는 장비이다. NSOM 프로브에서 나오는 나노 크기의 빛은 표면과의 성질이 강해서 프로브로부터 멀어질수록 그 강도가 지수적으로 감소하기 때문에 프로브 끝과 시료 표면 사이의 거리를 수~수십 nm 정도의 수준으로 유지하여 사용한다.

광원의 역할을 하는 NSOM 프로브를 만드는 방법은 가열-당김 방법에 의해서 만드는 방법과 화학적 식각법 의해서 만드는 방법으로 크게 나눌 수 있다. 가열-당김에 의한 방법은 광섬유 일부의 코팅을 벗긴 후 그 부위에 레이저를 집광하여 가열해 용융상태로 만든 다음 양끝을 잡아당길 때 용융부가 가늘게 늘어지면서 절단되어 끝을 뾰족하게 만든 후 다시 금속으로 표면에 코팅을 하여 프로브를 만드는 방법이다. 1995년 Valaskovic[1] 등은 가열-당김에 의한 방법을 최적화 하기 위한 실험적인 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 일반적인 NSOM 프로브와 tip-on-aperture 프로브를 제작한다. 프로브는 식각법에 의해서 광섬유의 끝의 곡률반경이 100nm 이하가 되도록 뾰족하게 만들어 금속으로 표면을 코팅한 후 FIB 가공을

통하여 개구부를 만드는 방법에 의해서 제작한다.

2. 플라즈몬 팁 제작

본 논문에서는 두 단계의 식각을 통해서 광섬유의 끝을 뾰족하게 만들었다. 사용된 광섬유는 자외선 영역의 빛에 적합한 fused silica core 를 적용한 fibertech 사의 UV/VIS Quartz/Quartz Fiber 이다. 광섬유의 폴리머 피복을 제거한 후 50% 불산(hydrofluoric acid: HF acid) 수용액에서 60 분간 식각하였다. **오류! 참조 원본을 찾을 수 없습니다.**에 식각에 의해 끝이 뾰족하게 된 광섬유 사진을 제시하였다.

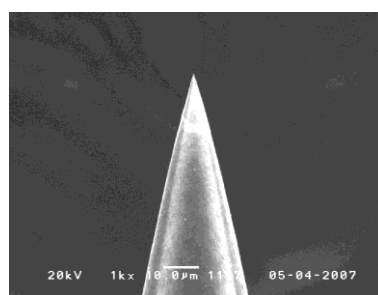


Fig. 1 SEM image of etched optical fiber tip

금속으로 코팅된 광섬유는 FIB 가공을 통하여 개구부를 만들었다. 이때 코팅층 끝을 완전히 제거하면 일반적인 형태의 NSOM 프로브가 만들어지며, 코팅층 끝의 일부를 팁의 형상으로 남기고 일부를 제거하면 tip-on-

aperture 프로브가 만들어진다. 제작된 광화이버 프로브에서 개구부의 직경은 약 140nm 이며, 팁의 직경은 70nm, 길이는 90nm 이다. 팁의 직경은 70nm 이지만, 팁 끝의 곡률 반경은 50nm 미만의 크기로 팁의 직경이나 프로브의 개구부보다 작은 값을 가졌다. tip-on-aperture 프로브를 만드는 공정에서 FIB 가공이 갖는 장점은 팁을 만드는 공정 수가 줄어드는 것뿐만 아니라 제작 가능한 팁의 형상이 원기둥 형상에 제한되지 않는다는 것에도 있다. EBD 방법을 이용하여 tip-on-aperture 프로브를 만드는 경우 팁의 형상이 원기둥인 형상에 제한되지만 FIB 를 이용하여 tip-on-aperture 프로브를 만드는 경우 **오류! 참조 원본을 찾을 수 없습니다.**와 같이 가공되는 영역을 임의로 정할 수 있고, 가공되는 영역에 따라 팁의 형상 또한 결정되기 때문이다. 제작한 팁의 모양이 피라미드형상과 같은 tip-on-aperture 프로브이다. **오류! 참조 원본을 찾을 수 없습니다.**과 같은 방법으로 제작한 팁의 모양이 피라미드형상과 같은 tip-on-aperture 프로브이다.

코팅은 진공 챔버에서 이루어졌으며 코팅이 수행된 후에는 FIB 가공에 의해 코팅층의 끝을 제거하여 개구부를 만들었다. 이때 코팅층 끝부분의 일부를 팁의 형태로 남기고 제거하여 개구부와 팁을 동시에 만들어 tip-on-aperture 프로브를 제작하였다. FIB 가공을 tip-on-aperture 프로브의 제작에 적용하면 다양한 형상의 팁이 있는 tip-on-aperture 프로브를 만들 수 있어 표면 플라즈몬에 의한 전기장 강화 효과를 효율적으로 유도할 수 있을 것으로 예상된다. 제작된 tip-on-aperture 프로브의 개구부의 직경은 약 140nm 였으며 팁의 직경은 70nm, 길이는 90nm 였다. 제작된 tip-on-aperture 프로브 팁의 끝은 그 곡률 반경이 50nm 미만으로 매우 작아 이를 근접장 측정과 근접장 리소그래피에 적용할 경우 분해능을 높이는 데에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

후기

이 논문은 산업기술연구회 재원의 한국기계연구원 주요사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. Valaskovic GA, Holton M, Morrison GH, "Parameter control, characterization, and optimization in the fabrication of optical fiber near-field probes", Applied Optics **34** 1215-1228, 1995.
2. Sangu S, Kobayashi K, and Ohtsu M, "Optical near fields as photon-matter interacting systems", Journal of Microscopy **202**, 279-285, 2001.
3. Novotny L, Pohl D W, and Hecht B, "Scanning near-field optical probe with ultrasmall spot size", Optics Letters **20** 970-972, 1995.

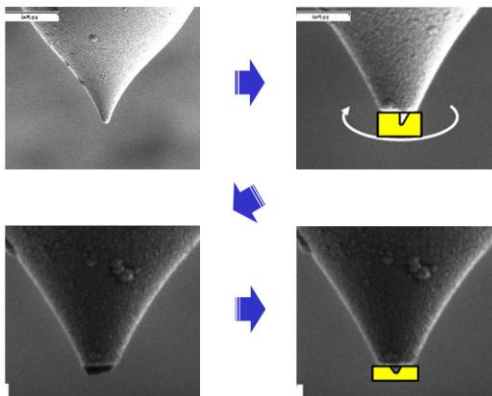


Fig. 2 Process to fabricate a tip-on-aperture probe with non-circular tip

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 NSOM 프로브를 제작하였다. 화학적 식각법에 의해서 광섬유를 뿔쭙하게 만들고 가시광선 영역에서 표면 플라즈몬이 여기될 수 있는 은으로 표면을 코팅하였다.