

Bird's beak 효과에 의한 근접장 광 탐침의 투과율향상

Optical throughput enhancement on a near-field apertured tip by the use of bird's beak effect

송 기봉, 김 은경, 이 성규, 김 준호, 박 강호
한국전자통신연구원 반도체 원천기술연구소
kbsong@etri.re.kr

근접장광학현미경(Near-field Scanning Optical Microscope: NSOM)은 회절한계의 분해능으로 표면 미소구조의 광학적 특성을 분석할 수 있기 때문에 여러 가지 용도로 응용되고 있다. 그러나 NSOM 광 탐침의 경우, 탐침 끝 100nm크기의 구멍으로 출력되는 광 투과율(Throughput)은 거의 10^{-5} 이하의 Throughput을 나타내기 때문에 NSOM의 응용 범위 확대의 제약조건이 된다. 특히 고밀도 즉, 나노 크기 정도의 광 정보를 저장할 수 있는 한 방법으로 대두되는 광 탐침을 이용한 근접장 기록의 경우 광 투과율 증대는 필수적으로 해결되어야 할 부분이다. 또한 NSOM 광섬유 탐침의 경우 기계적으로 부러지기 쉽고 또한 항상 재현성 있게 제작되기 어렵다.

본 논문에서는 AFM/NSOM 탐침의 Throughput을 증대시킬 수 있는 원리와 국소 산화막 성장 방법을 이용한 반도체 공정을 통하여 Throughput이 증대된 AFM(Atomic Force Microscope)/NSOM 탐침의 제작방법에 대해 알아보고 제작된 AFM/NSOM 탐침의 응용분야에 대해 알아보고자 한다.

AFM/NSOM 근접장 탐침의 Throughput을 증대시키기 위한 방법⁽¹⁾⁽²⁾은 이미 알려진 바와 같이 탐침 끝 모양 혹은 탐침 끝 Field의 모양에 크게 좌우된다. 즉, 한 파장 크기의 탐침 끝에서 강하게 발생하는 광 손실 부분을 최대한 짧게 하여 아주 큰 Cone Angle을 가지는 탐침 끝 모양이 되면 효과적으로 근접장 Throughput을 기존의 탐침보다 100배 이상 증대시킬 수 있다. 실리콘 반도체 공정 중 저온 국소 산화막 성장 공정(혹은 bird's beak effect)을 이용하면 Cone Angle이 아주 큰 AFM/NSOM 탐침을 제작할 수 있다.

그림1은 저온 국소 산화막 성장 방법에 따라 제작되는 Cone Angle이 아주 큰 탐침 끝 모양을 확대한 그림으로 탐침을 제작할 수 있는 원리와 공정을 간단하게 나타낸 개념도이다. 이때 적용된 원리는 실리콘 질화막(Si₃N₄) 모자가 존재하는 실리콘 탐침을 산화시킬 때, 실리콘 질화막과 접촉되어 있는 부분의 실리콘 산화막(SiO₂) 성장률과 실리콘 질화막과 접촉되지 않은 부분의 실리콘 층의 산화막 성장률이 다르다는 원리이다. 즉, 그림의 A부분에서는 저온 실리콘 산화막 형성 공정에서 실리콘 평면에 증착되는 growth rate가 실리콘의 각진 부분에서 증착 되는 growth rate보다 더 빠르다는 원리를 이용하며, 실리콘 질화막에 가까워질수록 즉, 그림의 B쪽으로 갈수록 이러한 growth rate차이는 더욱 커지게 된다. 이렇게 되면 탐침 끝 cone angle이 아주 큰 구조의 AFM/NSOM 탐침 즉, bird's beak 효과를 이용한 apertured tip을 제작할 수 있다.

한편 NSOM aperture는 위의 실리콘 질화막을 이용한 저온 산화막을 형성한 후(step (1)) 실리콘 질화물을 제거하고(step (2)), 산화되지 않은 실리콘 층을 제거 한 후(점선 안쪽 부분, step (3)) Aperture가 형성되어 있는 탐침(Tip)에 금속 층을 증착(step (4)) 하면 throughput이 증대된 Apertured Tip을 제작할 수 있다.

그림2는 bird's beak 효과에 의해 제작된 투과율이 증대된 구조를 가지는 Apertured Tip을 SEM을 이용하여 측정한 결과를 나타낸다. 탐침의 제작조건은 실리콘 질화막 두께 300nm, 95도 공정온도에서 실리콘 산화막 두께 650nm를 증착하였다. SEM 측정결과 크기 약 150nm정도의 Aperture를 가지는 탐침을 제작할 수 있었다. 또한 동시에 제작된 1차원 구조의 탐침 단면을 보면 Apertured가 되는 부분에서 지름 한 파장 크기가 되는 부분까지의 길이 (점선 화살표 부분)가 아주 짧은 즉 광 손실 영역이 아주 짧아 높은 Throughput 구조의 탐침 구조가 형성되어 있음을 알 수 있다. 한편 제작된 탐침의 투과율 측정결과에 대해 토의할 것이며 또한 탐침형 광 정보저장재의 적용 방안에 대해 토의할 것이다.

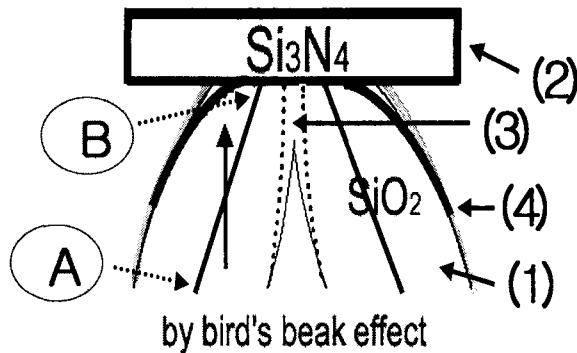


그림1. bird's beak 효과에 의해 광 투과율이 증대되는 구조의 Apertured Tip 개념도

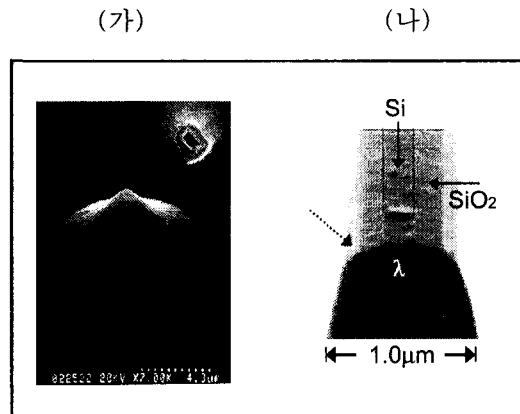


그림2. 제작된 Apertured Tip의 SEM측정 결과 (가) 탐침구조 (나) 1차원 탐침 단면

참고문헌

[1] P. N. Minh, T. Ono, and M. Esashi, Rev. Sci. Instrum, **71**, 3111 (2000).
 [2] K. B. Song, J. Kim, and K. H. Park, "Technique to enhance the throughput on a near-field aperture by the use of self-focusing effect", Appl. Phys. Lett. **80**, 2827 (2002).