

# DVD-ROM의 광학픽업헤드유닛(OPH)을 이용한 원자힘현미경(AFM) 설계

## Design of Atomic Force Microscope(AFM) using the Optical Pick-up Head unit(OPH) for DVD-ROM

\*김현철<sup>1</sup>, #이상현<sup>1</sup>, 정광석<sup>2</sup>

\*H. C. Kim<sup>1</sup>, #S. H. Lee(shlee@andong.ac.kr)<sup>1</sup>, K.S.Jung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>안동대학교 기계설계공학과, <sup>2</sup>충주대학교 기계공학과

Key words : OPH, AFM, Optical Pick-up Head, Atomic Force Microscope, Astigmatism

### 1. 서론

DVD-ROM에 사용되는 광학픽업헤드(Optical Pick-up Head unit, OPH)는 비점수차법(Astigmatic method)을 이용하여 6 $\mu$ m의 거리를 탐지할 수 있으며 나노스케일의 분해능을 가지고 있어서 원자힘현미경(Atomic Force Microscope, AFM)의 광학계를 상당부분 대체할 수 있다. 또한 크기가 상대적으로 작으면서 집약된 단일 부품이고 양산에 의해 상당히 염가여서 기존 대비 컴팩트하면서도 경제적으로 AFM 설계에 적용할 수 있다.

이미 OPH를 적용한 AFM을 설계하여 연구한 사례<sup>2,3</sup>가 있으며, 그 결과는 사용하는데 충분한 스캔결과를 보여주기는 하지만 여전히 범용 AFM이 내는 결과에 비해서는 불안정하며 그 원인을 완전히 차폐되지 못한 드라이버로 인한 전기적 노이즈에 기인한다고 기술하고 있다.

본 연구에서는 OPH기반의 AFM을 설계하기 위해서는 외부 자극을 효과적으로 방지하거나 측정된 값에 미칠 영향을 예측하여 데이터를 수정하는 방법을 통해 OPH기반의 AFM 설계 및 범용 AFM과 대등한 성능을 나타내는 방법에 대해서 다룬다.

### 2. OPH

OPH는 미디어와 Objective lens 사이 거리를 측정하는데 비점수차법(Astigmatism)을 이용한다.

Fig. 1에서 ASTIGMATIC 렌즈는 비점수차를 야기하도록 의도된 타원형의 렌즈로서, 장축과 단축에서의 초점거리는 서로 다르며 이에 따라서 4분할 다이오드에 맺히는 빔의 스팟의 모양이 Fig. 1에 나타나는 스팟의 형태로 나타나게 된다. 4분할 다이오드에서의 전압 출력값을 이용해 Fig. 2와 같은 포커스 오차(FE=A-B+C-D)를 구할 수 있고 캘리브

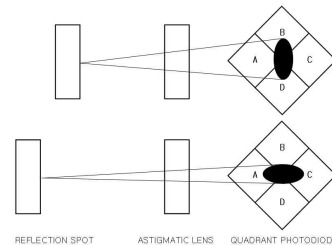


Fig. 1 Principle of astigmatism

레이션을 통해 실제 거리를 측정할 수 있다.

본 연구에서 사용된 OPH는 Sanyo의 SF-HD67를 사용했으며 다른 OPH와 다르게 Cover를 제거하면 Beam splinter와 Objective Lens를 직접 볼 수 있어 빔의 초점이 맺히는 곳을 확인하거나 샘플의 위치를 찾을 수 있는 장점이 있다.

### 3. 기초실험

이전 연구의 기초실험<sup>1</sup>을 기반으로 Fig. 2와 같은 관계를 확인하였고 성능이 우수한 구간에서 프로브를 샘플에 접촉하면 가장 좋은 결과를 얻을 수 있다고 판단된다. OPH에서 Objective Lens는 2축의

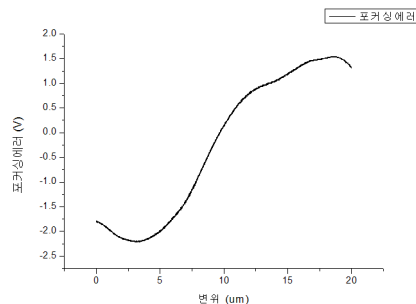


Fig. 2 Focusing Error for displacement

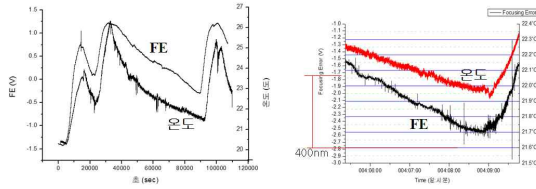


Fig. 3 Relationship FE Between temperature

자유도를 가지며 각 축에 액츄에이터를 가지고 있어 이를 제어함으로써 미디어에서 데이터를 읽을 수 있는 자세와 거리를 유지하도록 되어있다. 그러므로 변위센서로 사용하기 위해 Objective lens는 고정되어야 하며 고정될 자세는 4분할 다이오드에 맺히는 빔스팟이 정중앙에 올 경우가 가장 좋은 성능을 보일 것으로 예상되나 현재로서는 빔스팟의 위치를 확인할 방법은 없고 다만 요구되는 성능을 나타낼 때의 자세를 고정하는 방법을 사용하고 있다. 만약 적절한 자세가 되지 않았을 경우 성능이 나쁘거나, 아예 FE곡선이 나오지 않는 경우도 있었다. OPH는 Fig. 3과 같이 온도 등의 외부자극에 민감한 것으로 나타났다. 외부환경의 영향을 차단한 후 생기는 미세한 온도변화에도 FE의 변화가 발생했다. 약 0.3°C 변화에 약 400nm에 달하는 FE의 변화를 보인 것으로 나타났다. 이는 플라스틱 재질의 OPH가 다른 재료에 비해 온도에 의한 열팽창이 상대적으로 크므로 열팽창에 의한 OPH 내부의 빔의 경로거리가 변하면서 발생하는 예러로 사료된다.

#### 4. OPH기반 AFM 설계

2축 Fine모션(1nm 분해능)과 캔틸레버의 접촉점(0.1nm 분해능) 높이를 제어하기 위해 PI사의 3축 나노스테이지인 P-517.3CL을 사용하였고, 샘플의 위치를 잡기위한 3축 Coarse모션을 위해 Newfocus사의 PICOMOTOR, 전체 시스템을 제어하기 위해



Fig. 4 Experimental Setup

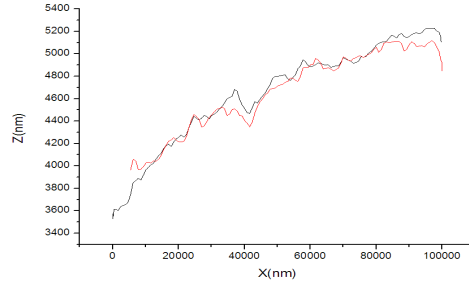


Fig. 5 Scan result

리얼타임컨트롤러인 NI사의 cRIO-9073(16Bit)를 사용하였다. 스캐닝 방식은 시편을 액상에서 측정하는 경우를 위해, 시편대는 고정되고 프로브를 캔하는 방식을 택하였다. OPH의 빔 위치조정을 위해서는 3축 스테이지(남일광학, SMT-XYZ)를 사용하여 나노스테이지의 허용하중을 넘지 않도록 최대한 경량화하였고, Fig. 4는 제작된 AFM의 모습을 나타낸다.

#### 5. 실험결과

제작된 AFM으로 기초실험을 수행하였으며, 아래와 같이 측정이 진행되었다. OPH의 빔을 캔틸레버로 주사되도록 상부스테이지를 조절하고, Coarse모션을 이용해 시편을 프로브 위치로 이동한 후, FE를 확인하면서 프로브를 시편에 접촉시켜 스캐닝을 시작한다. Fig. 5는 시편대를 스캐닝한 결과를 나타내는데, 현재 상태에서는 Objective Lens의 자세 부정확성, 최적화되지 않은 환경의 영향으로 개선할 여지가 많지만, 실험결과를 볼 때, 동일 지점의 여러 번 스캔에서 비슷한 경향의 측정결과를 나타내는 것으로 봐서, 재현성측면에서는 만족할만한 성능을 나타냄을 확인하였다.

#### 참고문헌

1. 이상헌, 정광석, “비접수차법을 이용한 초정밀 변위측정법 연구”, 한국 정밀공학회지, 25, 87-94, 2008.
2. F. Quercioli, B. Tiribilli, C. Ascoli, P. Baschieri, and C. Frediani, "Monitoring of an atomic force microscope cantilever with a compact disk pickup", Rev. Sci. Instrum., 70, 3620-3624, 1999.
3. E. HWU, K. HUANG, S. HUNG and I. HWANG, "Measurement of Cantilever Displacement Using a Compact Disk/Digital Versatile Disk Pickup Head", Jpn. J. Appl. Phys., 45, 2368-2371, 2006.