

정밀측정 원자현미경을 이용한 나노구조체의 각도측정 방법 및 조건

AFM Angle Measurement Methods and Conditions

*조상훈¹, 안병윤², 김훈휘², 박상일²

*[#]S.-J. Cho(msjcho@ParkAFM.co.kr)¹, B. W². Ahn, J. Kim², S.-I. Park²
^{1,2}(주) 파크시스템스

Key words : Atomic force microscope, Angle Measurement, Nano Metrology, Crosstalk Elimination

1. 서론

현재 반도체 산업은 회로 선폭 45nm대의 공정에서 점차적으로 회로 선폭 30nm대의 공정으로 진입하고 있다. 이에 따라 수nm의 공간 분해능을 갖으면서 0.2nm 이하의 재현성 및 정밀도를 갖는 원자현미경의 보급이 요구되고 있다. 이런 고성능의 장비와 측정 기술 및 분석 기술을 가능하게 하기 위해서는 기존 원자현미경의 측정 재현성 및 반복성, 피에조 구조물의 이력현상(hysteresis)에 의한 에러, 느린 스캔 속도에 따른 작업량(throughput)개선 등 많은 노력이 필요하며 표면간의 각도를 측정하는데도 고려해야 할 조건들이 있다.

원자현미경의 팁과 표면간의 90도의 수직각도 유지는 정밀한 나노메트론펠로지 분야에서 올바른 계측과 대상 물질은 정확한 3D 형상을 구축하는데 필수적인 요소이다. 하지만 완벽한 90도 수직각도의 구현은 불가능하기 때문에 어느 정도 틀어져 있는지 각도를 측정할 수 있는 방법이 필요하며 그 중 하나가 자각도 측정을 위한 표준시편(Critical Reference Material: CRM)을 사용하는 것이다. 또한 일정한 구조물을 좌와 우로 주사(Scan)을 하여 이미지 비교를 통해서도 계산을 통한 원자현미경 팁의 표면에 대한 각도 측정이 가능하다. 또한 위의 방법에 의한 각도 측정 방식의 정확도는 사용자가 원하는 나노계측의 오차범위에 따른 허용각도 기준을 정하는데 필요하다. 그리고 나노계측의 허용 오차범위에 따라 원자현미경 탐침의 각도 뿐 아니라 탐침의 모양과 각도에 의한 탐침과 시료와의 만나는 접촉점 변동 등도 정밀한 나노계측을 위해서는 고려해야 한다.

원자현미경 팁과 표면간의 각도 측정 평가 방법을 확립은 나노계측(Nano Metrology) 뿐 아니라 nanolithography와 nanoimprinting등 다양한 산업적 응용분야에 영향을 미친다.

2. Basic Requirements for Critical Angle Measurement

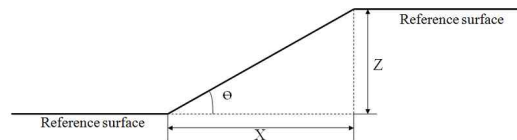


Fig. 1 Critical Angle Measurement of θ

각도 θ 를 측정하기 위해서는 정확한 X 길이와 Z 높이를 측정해야 한다. 이를 위해서는 기본적으로 XY-스캐너의 움직임이 편평해야만 한다는 전제조건이 필요하며 기존의 튜브 스캐너(Tube scanner)는 피할수 없는 동작에러(Background Curvature)가 있어 각도 측정에 적합하지 않다. 또한 XY-스캐너와 Z Scanner의 움직임 간에 간섭 효과가 없어야 한다. 기존의 Tube scanner의 대부분은 XY scanner와 Z scanner가 붙어 있어 간섭 효과가 크고 분석상에서 간섭 효과를 분리한다는 것이 불가능에 가깝기 때문에 XY와 Z scanner는 분리가 되어야 한다. 이런 기본적인 조건이 충족된다면 $\theta = \arctan(Z/X)$ 로 계산이 가능하다.

3. Conditions for Critical Angle Measurement

첫 번째로 원자현미경 팁의 모양 특히 Half Cone Angle로 인해 최대 측정 가능 각도가 결정된다. Half cone angle보다 급한 경사를 가진 시료는 각도 측정에 팁에 의한 에러가 생기기 때문에 샘플에 맞는 캔틸레버를 선택해야 한다. 만일 수직에 가까운 sidewall을 측정할 경우 팁의 half cone angle 때문에 정확한 각도를 알 수가 없다. 이럴 경우에는 샘플을 기울이거나 팁을 기울여 각도를 측정해야 한다. 두 번째와 세 번째로 Z Drift와 시료가 기울어져 있어 생기는 에러를 보정해야 한다. Z Drift는 fig2b와 같이 기존의

프로젝션 방식의 flattening 방법을 사용하면 손쉽게 제거할 수 있다. 하지만 실제로 시료가 기울어져 나타난 현상일 때는 기존 방식의 flattening은 크지는 않지만 무시할 수 없는 에러가 생긴다. 그래서 flattening은 Z drift가 측정에 영향을 미치는 Y 방향 (Slow scan direction)으로만 해주고 기울어져 생기는 에러는 fig2c.의 우측 그림과 같이 flatten을 해주어야만 한다.

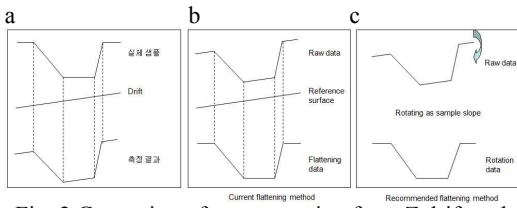


Fig. 2 Correction of errors coming from Z drift and sample tilting

네 번째로 Z scanner와 XY scanner사이의 완벽한 직교성의 부재 (Un-orthogonality)를 교정해주어야 한다.(fig3) 기본조건 중 하나인 Y-Scanner와 Z Scanner의 움직임 간에 간섭 효과를 없애기 위하여 XY와 Z scanner를 분리했을 경우 디자인 에러나 조립에러(주원인)에 의하여 두 scanner의 움직임이 정확히 수직이 되지 않을 수 있다. 샘플이 작은 경우 이 영향은 거의 눈에 띄지 않지만 구조물의 크기가 큰 경우에는 이런 효과가 커진다. Fig3와 같이 Z-scanner가 움직인다면, X방향으로 각도 θ 에 따라 다음과 같은 길이만큼의 Error가 발생한다. ($X_{error} = Z_{ideal} * \tan \theta$) 그러므로 시료를 180도 돌려서 scan을 한다면 에러의 방향이 다르게 되어 찍은 형상이 다르게 나타나기 때문에 직교성에서 비틀어져서 생긴 오차를 분명히 알 수 있다.

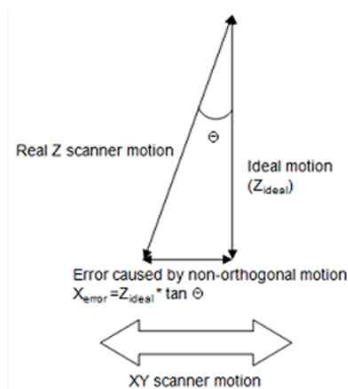


Fig. 3 Correction of errors from Un-orthogonality

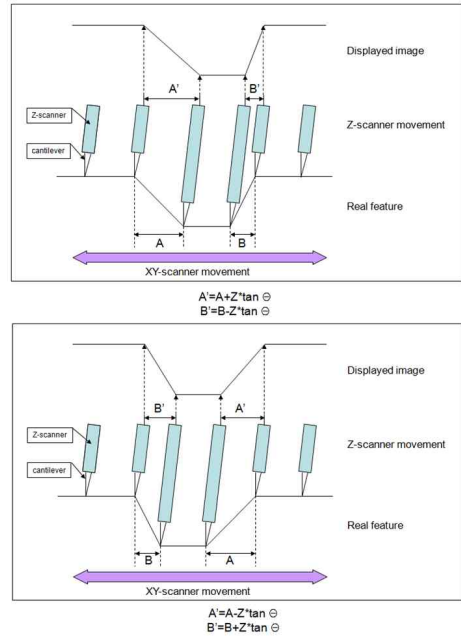


Fig. 4 Angle Measurements at 0° and 180°

Fig 4는 실제 형상 (real feature)이 기울어진 Z-scanner로 측정함에 따라 샘플을 0도와 180도 돌려서 찍었을 때 측정된 이미지 (Displayed image)가 어떻게 틀리게 나타나는지 보여주고 있다.

4. 결과 및 결론

원자현미경 팁과 표면간의 각도측정을 위한 조건들을 분석하여 이를 바탕으로 각도 측정에 대한 실험을 진행하여 분석하였다. 아직까지 원자현미경 기술이 연구실 수준에서는 빠르게 발전하고 있지만 실제 산업계에서의 응용수준은 미비한 수준이다. 이를 극복하기 위해서는 각 응용분야에서의 원자현미경 기술의 제약점을 분석하여 산업계에서 원하는 수준의 정량적인 측정이 가능하도록 측정 방법을 고안 및 표준화해야 한다.

후기

본 연구는 지식경제부 표준기술력향상사업의 지원을 받았음 프로젝트번호 (B0011408)