

나노미터 영역의 복합형상 측정기술 개발

Development of measurement techniques for complex geometry in nanometer range

김재완, 김종안, 강주식, 엄태봉

한국표준과학연구원 길이/시간그룹

jaewan@kriss.re.kr

나노기술의 발달은 원자의 배열을 눈으로 확인하게 만들어준 주사탐침현미경 (Scanning probe microscope, SPM)으로 대표되는 나노미터 영역에서의 형상측정기술을 기반으로 시작되었다. 많은 분야에서 나노형상 측정기가 사용되고 있지만 측정된 값이 얼마나 정확한지에 대한 검증이 없이 사용되는 경우도 많다. 복잡한 나노형상을 정량적으로 측정하고 측정값의 신뢰성을 확보하기 위해서는 형상을 이루는 요소들에 대한 측정표준이 확립되어야 한다.⁽¹⁾

본 논문에서는 복잡한 형상의 기본적인 측정요소인 피치 (pitch), 선간거리, 선폭 (line width), 단차 (step height), 거칠기 (roughness)에 대한 측정방법과 측정표준의 개발내용을 기술한다.

격자의 피치는 다른 측정량에 비해 정확한 측정이 가능하므로 SPM이나 주사전자현미경 (Scanning electron microscope, SEM)등의 횡배율을 교정하는데 유용하다.⁽²⁾ 격자의 회절특성을 이용하여 피치를 측정하는 광회절계와 (그림 1) 미터 정의에 소급성을 갖는 원자간력 현미경(Metrological atomic force microscope, MAFM)을 개발하여 피치를 측정하고 표준을 확립하고 있다.

광회절계는 사용한 빛의 파장이 측정한계를 결정하므로 파장이 488 nm 인 Ar^+ 레이저와 파장이 325 nm 인 He-Cd 레이저를 광원으로 사용하고 있다. 피치의 측정 영역은 170 nm까지 이다. 2-D 300 nm 기준 시편의 교정 시 확장불확도는 0.008 nm이다($k=2$, 신뢰수준 약 95 %). 광회절계는 측정을 위해서 약 1 mm² 크기의 격자가 필요하다.

AFM이나 SEM의 측정 영역은 100 $\mu m \times 100 \mu m$ 정도에 불과하므로 많은 격자 피치 기준물은 작은 공간에 새겨져 있다. 이 경우에는 광회절계로 측정이 불가능하므로 미터정의에 소급성을 갖는 원자간력 현미경을 개발하여 함께 사용하고 있다. 두 장비는 일본 표준연구소(NMIJ)와의 상호비교, 국제도량형국 산하 길이 자문위원회의 (CCL) 국제비교에 참여하여 측정능력과 상호 측정값의 동등성을 확인하였다. 국내의 산업체에서 활용하는 나노측정 장비의 평가에 활용될 수 있도록 피치가 180 nm인 기준시편을 개발하여 보급하고 있다. (그림 2)

단차 표준 시편은 optical profiler, 거칠기 측정 장치 등과 같은 여러 가지 정밀 형상 측정기의 Z축 방향 측정값 교정에 이용되는 길이 측정 분야의 주요한 표준 시편 중 하나이다. 반도체나 평판 디스플레이 산업과 같은 첨단 산업 분야에서는 제품의 부가치 증가를 위한 부품 소자의 집적도가 증가됨에 따라, 제품의 생산 공정과 검사 과정에서 관리되어야 할 핵심 치수의 크기가 감소되고 있다. 따라서 Z축 방향의 치수를 측정하는 정밀 형상 측정기의 경우에도 보다 높은 분해능과 정확도가 필요하고, 이러한 측정 범위에 적합한 나노 단차 표준 시편을 이용한 장비의 교정이 필요하다.

한국표준과학연구원에서는 이러한 산업체의 수요를 충족시키기 위하여 MAFM, 접촉식 stylus 측정기, 광

간접계를 활용하여 10 nm 에서 30 μm 까지 단차의 측정 표준을 확립하였다. 기존에는 접촉식 stylus profiler 를 사용하여 단차 교정 서비스가 제공되었으나 이러한 측정 장비는 분해능의 한계로 인해 나노 단차의 교정 에는 적용 되지 못한다. 나노 단차의 경우 MAFM이 높은 분해능을 보이므로 유리하지만 표준이 확립되기 위 해서는 측정의 소급성을 확보할 필요가 있다. 우리는 서로 다른 측정 방법을 갖는 나노 단차 교정 체계를 구 축하여 측정을 보다 신뢰할 수 있도록 만들었다. 그림 3은 나노 단차의 측정결과로써 교정값이 잘 일치함을 보여준다.

선폭과 거칠기에 대한 표준의 현황과 대면적 AFM의 개발현황에 대해 소개할 것이다.

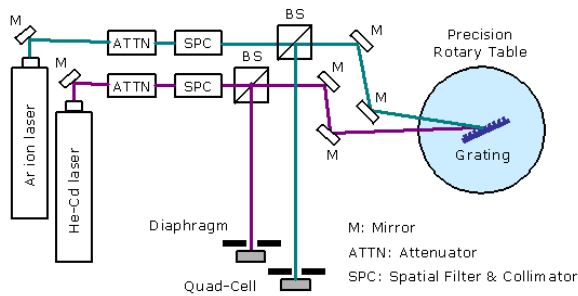


그림 1. Littrow 형 광회절계의 구성

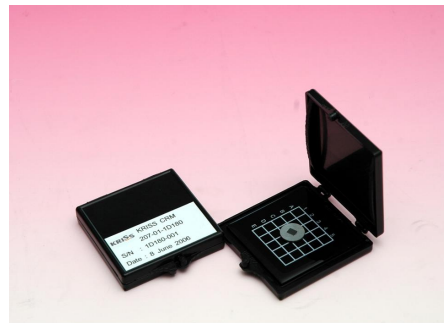


그림 2. 개발된 1차원 격자 피치 인증표준물질 (180 nm)

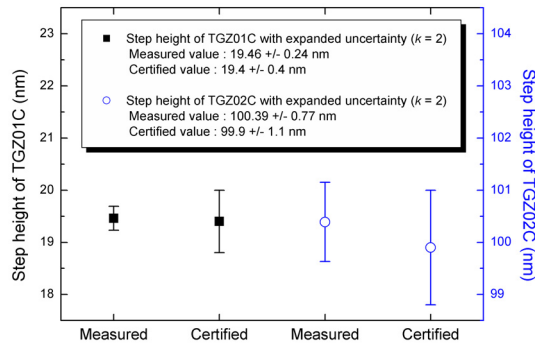


그림 3. 나노 단차의 교정 능력

참고문헌

1. Diebold, A. C. and Joy, D., "An analysis of techniques and future CD metrology needs," Solid state technology, Vol. 46, No. 7, pp. 63-72, 2003. spectroscopy, Vol. 77, pp. 129-135, 1994.
2. Vitushkin, L. F., Zeilikovich, I. S., Korotkov, V. I., and Pulkin, S. A., "High-precision measurements of the groove spacing of diffraction grating using the interference diffractometer and study of the quality of diffraction gratings," Optics and Spectroscopy, Vol. 77, pp. 129-135, 1994.