

# Digital PID Control을 적용한 Scanning Probe Microscopy의 Nano-grating 측정

## The Measurement of Nano-grating by Scanning Probe Microscopy Using Digital PID Control

박경덕, 지원수\*, 김대찬, 장동훈, 오범환, 박세근\*\*, 이일항\*\*, 이승걸  
 삼성전기-인하대 초정밀검사계측연구센터(PIMC), \*삼성전기 생산기술 연구소, \*\*집적형  
 광자기술 연구센터(OPERA)  
 sglee@inha.ac.kr

In this paper, the nano-grating was measured by Scanning Probe Microscopy (SPM) system using digital Proportion, Integration and Derivative (PID) control. Through this measurement, we could confirm the improvement of the vertical resolution compared with analog Proportion and Integration (PI) control method.

Scanning Probe Microscopy (SPM)에서 probe와 시료 사이의 거리를 제어하는 방식으로는 tuning fork를 이용한 shear force control이 많이 쓰인다<sup>(1)</sup>. 그리고 feedback control 방법으로는 아날로그 회로를 이용한 Proportion and Integration (PI) control이 일반적으로 쓰인다<sup>(2)</sup>. 하지만 아날로그 회로를 이용한 PI control은 over shot 현상이 발생하지 않는 최적화된 feedback 회로를 구성하는 것이 쉽지가 않아 nano 크기의 소자들을 측정하기에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 DAQ board를 이용한 digital Proportion, Integration and Derivative (PID) control 방식을 이용한 SPM 시스템을 구축하여 nano-grating을 측정하였고 아날로그 PI control 방식으로 측정한 결과와 비교하여 over shot 현상이 없어짐을 확인하였다. 측정에 사용된 시료는 Cr 패턴이 100nm의 수직 단차를 갖도록 형성되어 있는 Ronchi Ruling Grating이다. 구축한 디지털 PID control 방식의 구조도는 그림 1과 같다. Tuning fork에서 출력되는 신호는 Lock-In Amplifier를 이용하여 검출하였고, LabVIEW로 설계된 PID feedback 시스템을 거쳐 PZT로 신호를 전달하는 구조이다.

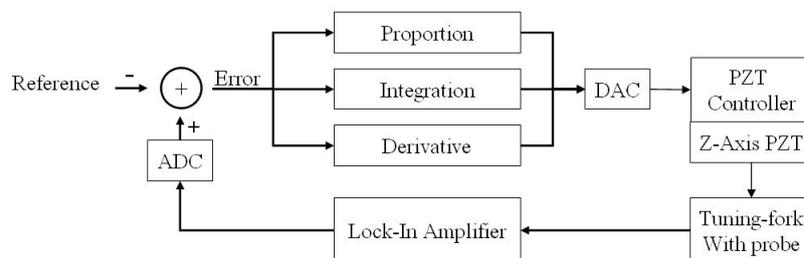


그림 1. DAQ board를 이용한 digital PID control 방식의 구조도

아날로그 PI control 방식을 적용한 nano-grating의 측정 결과는 그림 2와 같다. 그림 2(a)는 50um x 50 um의 영역을 측정한 3차원 측정 결과이며, 그림 2(b)는 line profile 결과이다. 그리고

디지털 PID control 방식을 적용한 nano-grating의 측정 결과는 그림 3과 같다. 그림 3(a)는 50 $\mu\text{m}$  x 50  $\mu\text{m}$ 의 영역을 측정한 3차원 측정 결과이며, 그림 3(b)는 line profile 결과이다. 측정 결과에서 확인할 수 있듯이 디지털 PID control 방식을 사용했을 때 over shot 현상이 없어졌다. 또한 30회 반복 측정 결과 아날로그 PI control 방식의 수직 방향 오차는 평균 8nm이었으며, 디지털 PID control 방식을 사용했을 경우의 수직 방향 오차는 평균 2nm이었다.

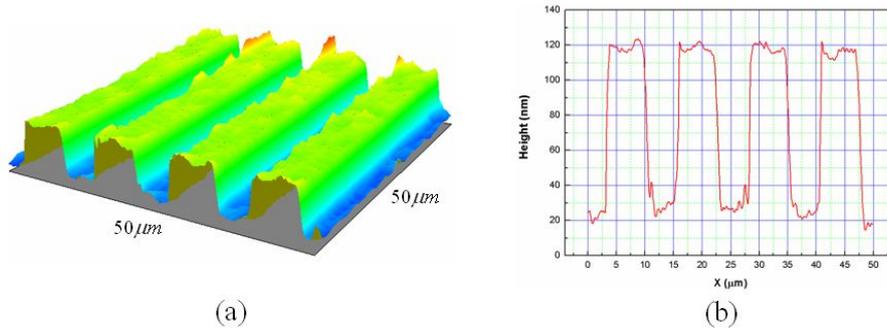


그림 2. (a) 아날로그 PI control 방식을 적용한 SPM 시스템의 3차원 측정 결과, (b) line profile 측정 결과

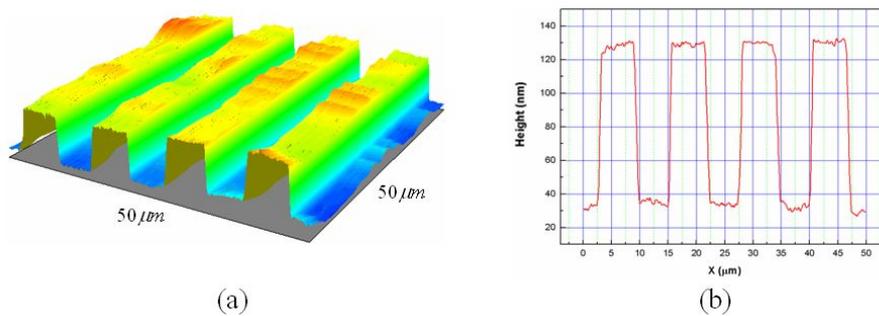


그림 3. (a) 디지털 PID control 방식을 적용한 SPM의 시스템의 3차원 측정 결과, (b) line profile 측정 결과

본 연구에서는 기존에 일반적으로 사용되던 아날로그 PI control 방식 대신에 DAQ board를 이용한 디지털 PID control 방식의 SPM 시스템을 구축하여 nano-grating을 측정해봄으로써 수직 방향 분해능이 향상되었음을 확인하였다.

본 연구를 진행할 수 있도록 도와 준 삼성전기-인하대 초정밀 검사 계측 연구센터(PIMC)와 집적형 광자 기술 연구센터(OPERA)에 감사의 마음을 전합니다.

## Reference

1. 지원수, 김대찬, 김현준, 오범환, 박세근, 이일항, 이승걸, "NSOM-based characterization method applicable to optical channel waveguide with a solid-state cladding", IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 17, No. 4, pp. 846-848 (2005)
2. 지원수, 장성준, 오범환, 박세근, 이일항, 이승걸, "Hybrid control method of Near-field Scanning Optical Microscope for characterization of optical waveguide devices," Journal of the Korean Physical Society, 제47권, 제96호, pp. s217~s221 (2005)