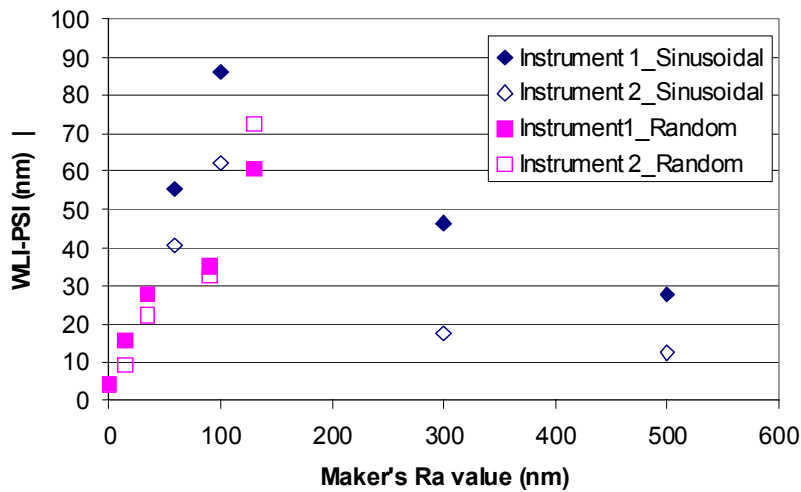


백색광주사간섭계의 거칠기 측정 성능

Roughness measurement performance of white-light scanning interferometry

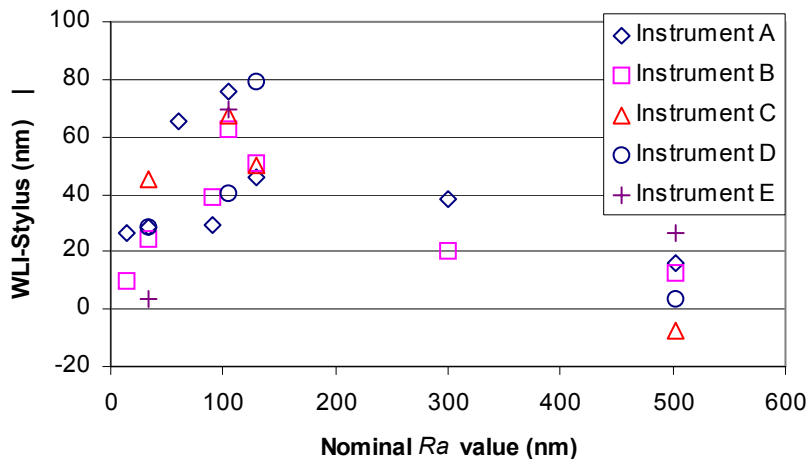
이혁교, Theodore V. Vorburger*, 이윤우, 이인원
 한국표준과학연구원, *NIST(미 표준연구원)
 hrhee@kriss.re.kr

나노미터 수준의 정밀 표면 측정 방법은 크게 스타일러스(Stylus)⁽¹⁾, 위상천이 간섭계(Phase shifting Interferometer)⁽²⁾, 백색광 주사 간섭계(White-light scanning interferometer)^(3,4), 원자력간 현미경(Atomic Force Microscopy)⁽⁵⁾, 동초점 현미경(Confocal Microscopy)^(6,7), 노만스키 방법⁽⁸⁾ 등으로 나눌 수 있다. 이 가운데 가장 널리 사용되는 백색광 주사 간섭계는 스타일러스나 원자력간 현미경에 비해 넓은 영역을 빠른 시간 안에 측정하면 서도, 그 측정정밀도는 3 나노미터 수준으로 뛰어나다. 한편 위상천이 간섭계는 측정 정도는 1 나노미터 미만으로 극히 정밀하지만 거친 표면이나 단차가 150 나노미터 이상 되는 표면을 측정할 수 없다는 한계를 가진다. 따라서 많은 경우 백색광 주사 간섭계와 위상 천이 간섭계를 동시에 사용해서 상호 보완하거나, 혹은 위상 천이 간섭계를 이 용해서 백색광 주사 간섭계를 검증하는 용도로 이용한다.



기존의 초정밀 측정 및 정밀 가공에 관한 연구를 보면, 많은 경우 백색광 주사 간섭계의 결과를 믿고 사용하는 것 을 볼 수 있다. 하지만 본 저자들은 특정 범위의 표면 거칠기 (*Ra*) 값이 50 나노미터 에서 150나노미터 사이, 영역 에서 백색광 주사 간섭계와 위상 천이 간섭계의 측정 결과가 두 배, 혹은 그 이상 차이가 나는 현상을 발견했다⁽⁹⁾. 보다 정확하고 엄격한 조사를 위해 삼각파형을 가진 측정시편, 톱니 형태의 측정시편, 뾰족한 형태의 측정시편, 불 규칙한 측정시편을 각 표면 절대 거칠기 값 별로 측정했다. 그 결과 위의 그래프와 같이 표면 절대 거칠기 값이 120 나노미터 근처에서 두 간섭계의 편차가 가장 큰 것을 알 수 있었다.

또한 이 오차의 대부분이 시편의 가장 높은 부분(Peak)와 가장 낮은 부분(Valley)에서 교란신호 형태로 나타나는 것을 확인했다. 이 현상은 시편의 형태나 규칙성과는 무관함을 실험적으로 증명했다. 또한 간섭계의 알고리즘을 다 른 것으로 측정했을 때도 비슷한 경향이 나타났다. 다음 그림은 이와 같은 현상을 여러 개의 상용화된 백색광주사 간섭계로 측정한 결과이다.



본 논문에서는 이와 같은 현상을 이론적으로 설명하기 위해 빛의 간섭성을 고려한 회절 모형을 제안했으며, 시뮬레이션을 통해 이론적인 결과가 실험적인 결과와 비슷하게 일치하는 것을 보였다. 시뮬레이션의 결과를 보면, 백색광의 간섭성을 고려한 수식은 시편의 양쪽 정점에서 외부 교란에 무척 민감해지며 측정 오차가 커지는 것을 알 수 있다. 실제 실험 결과와 정확하게 일치하는 부분이다. 또 다른 오차 요인으로는 이와 같은 정밀 시편 전체에서 나타나는 회절 현상을 들 수 있다. 본 논문에서는 이에 대한 간략한 모델 또한 제시한다.

참고문헌

1. J. Song and T. V. Vorburger, "Stylus profiling at high resolution and low force," *Appl. Opt.* vol. 30, no. 42-50, 1991.
2. J. E. Greivenkamp and J. H. Bruning, "Phase shifting interferometers," in *Optical Shop Testing*, D Malacara, ed (Wiley, New York, 1992), 501-598.
3. L. Deck and P. de Groot, "High-speed noncontact profiler based on scanning white-light interferometry," *Appl. Opt.* vol. 33, no. 31, 7334-7388, 1994.
4. M.G. Kang, S.Y. Lee and S.W. Kim, "Self-compensation of PZT errors in white light scanning interferometry," *J. Opt. Soc. Kor.* vol. 3, no. 2, 35-40, 1999.
5. G. Binnig, C. F. Quate, and Ch. Gerber, "Atomic Force Microscope," *Phys. Rev. Lett.* vol. 56, 930-933, 1986.
6. B. Kagerer, J. Valentin, J. Filzek and U. Popp, "3D-confocal microscopy for surface analysis of microstructure," *Optical Scanning 2002, Proc. of SPIE* vol. 4773, 52-62, 2002.
7. M.A. Schmidt and R.D. Compton, *In Blau PJ (Ed) ASM Handbook Volume 18 Friction, lubrication, and wear technology* (ASM International, Materials Park, OH, USA, 1992), 357-361.
8. B. Wang, S. P. Marchese-Ragona and T. C. Bristow, "Roughness characterization of ultrasmooth surfaces using common path interferometry," *Proc. of SPIE* vol. 3619, 121-127, 1999.
9. H.G. Rhee, T.V. Vorburger, J.W. Lee and J. Fu, "Discrepancies between roughness measurements obtained with phase shifting interferometer and white-light interferometry," *Appl. Opt.* vol. 44, no. 28, 5919-5927, 2005.