

큰 광학면 측정을 위한 레이저 기준계의 개발

Development of Laser Reference System for the Large Optics Testing

양호순 David Walker*,
(주)셋렉아이, *University College London
hsy@satreci.co.kr

본 논문에서는 큰 광학면을 Profilometry로 측정하는데 있어서 꼭 필요한 기준계로 공기 중을 전파해가는 레이저 광선을 이용하는 방법을 논의하였다. Profilometer는 stylus tip이 직접 표면에 접촉하여 높이를 읽어가는 방식으로 이때 기준계는 정확한 높이를 구하는데 아주 중요한 역할을 한다. 즉, 높이의 측정은 기준계를 기준 하여 이루어지기 때문에 기준계에서의 오차는 곧바로 높이의 오차로 이어지게 된다. 대부분의 현존하는 Profilometer들은 그동안 고정밀 광학평면을 기준계로 이용하여 stylus가 이 면을 기준으로 하여 움직이면서 높이를 측정하게 하였다⁽¹⁾. 그러나, 이러한 방법은 측정대상의 크기가 수십 센티미터 이상 클 경우에 여러 가지 어려움을 가지게 된다. 일단 큰 사이즈의 정밀한 광학평면은 가공이 힘들고 비용이 많이 들며 무거우므로 왜곡 없이 설치하는데 특별한 주의가 요망된다. 이러한 상황에서 레이저광선의 직진성을 이용한다면 매우 저렴한 가격에 고정밀의 기준계를 얻을 수 있을 것으로 생각되어 본 개발을 시작하게 되었다.

레이저 기준계에서 가장 중요한 요소 중 하나는 stylus가 레이저광선을 정확히 따라가게 만드는 것이다. 이를 위한 장치들이 그림 1과 그림2에 간략히 그려져 있다. 광선의 위치 검출은 quadrant diode를 이용하여 광선이 중심에서 벗어나면 에러신호가 생성되도록 하였다. 이 에러신호는 DC motor mike와 PZT에 되먹임되어 에러신호를 줄이는 방향으로 quadrant diode를 이동시킨다. Stylus가 달려있는 구성품은 quadrant diode와 같은 블록에 접촉되어 있어서 quadrant diode가 레이저광선 중심에 위치하면 stylus의 높이도 항상 레이저 광선에 대해 일정하도록 하였다. Motor Mike와 PZT의 병행 사용이유는 에러 범위가 클 경우 motor mike가 먼저 작동하도록 하여 에러범위를 줄이고 PZT가 보정할 수 있는 범위에 들어오면 motor mike는 멈추고 PZT가 정확하게 에러를 보정할 수 있도록 하기 위해서 이다. 또한 flexure의 사용은 매우 작은 움직임을 매우 작은 hysteresis를 가지고 움직일 수 있는 이점을 이용하기 위해서 이다. 이러한 방법을 사용한 결과 quadrant diode에 0.6 μm 의 인위적인 위치 변화를 주었을 때, 10nm이하로 본래의 위치를 회복할 수 있었다.

이러한 레이저 기준계의 성능을 평가하기 위해 지름 약 16cm정도의 테스트 미러를 레이저 기준계가 설치된 Profilometer로 측정하였고 다시 같은 면을 Phase shifting interferometer, WYKO 6000으로 측정하여 결과를 비교하였다. 그림 3은 테스트 미러의 센터를 지나가는 선을 따른 면의 높이 변화이다. 실선은 간섭계의 결과이고 사각점들은 Profilometer의 결과이다. 두 결과가 매우 비슷하며 면의 특징을 잘 보여주고 있다. 부분적인 차이는 공기의 유동에 의한 레이저 광선의 흔들림이 (nominally 0.15 μm p-v) 주요 원인중에 하나이며 가운데부분에서의 차이는 profilometer의 sampling 간격이 넓기 때문이다 (약 7mm). 하지만, 약 90~120mm 부분에서는 계속적으로 profilometer의 값이 WYKO 결과보다 작은 값을

보였는데, 이것은 systematic error의 일부로서 quadrant diode와 stylus motion pickup용 간섭계의 상대적인 위치차이에서 발생한다고 여겨지고 있으며⁽²⁾ 이에 대한 연구가 더 진행중에 있다.

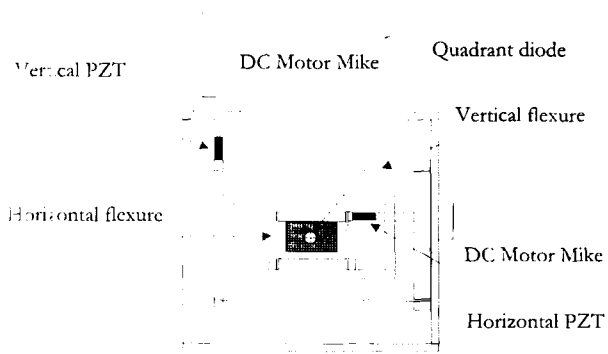


그림1. Flexure system

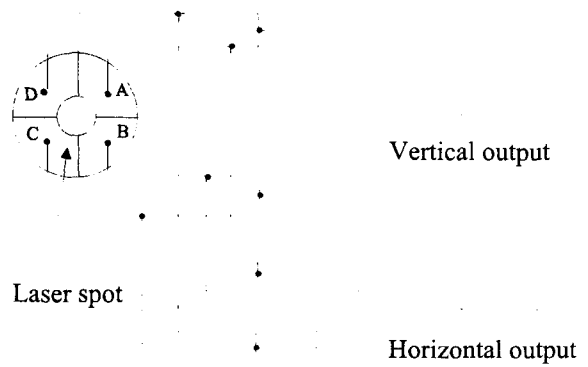


그림2. Quadrant diode에서의 에러신호생성

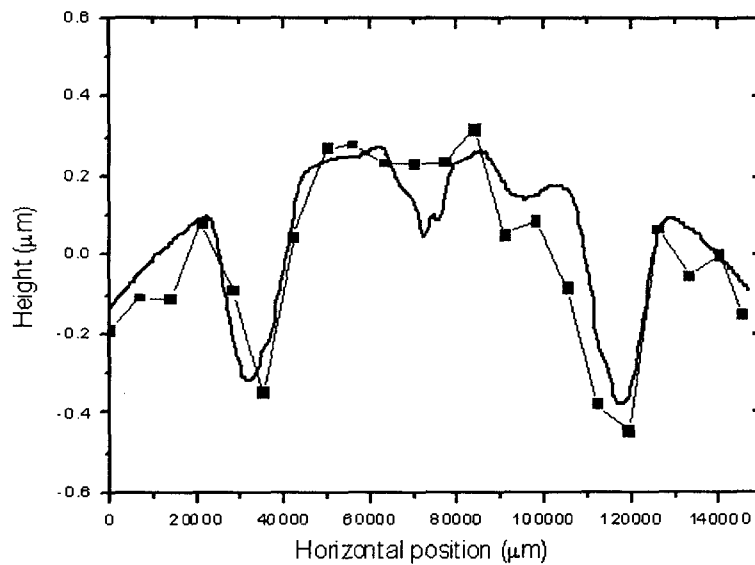


그림3. 테스트 미러의 표면측정 결과.

참고문헌

1. E.J.Whitehouse, Handbook of surface metrology, IOP (1994).
2. H.S.Yang, Developments in Stylus Profilometry, Ph.D. dissertation, University College London (1999)