

# 대형 광학 거울 형상 측정용 접촉식 정밀 형상측정기 제작 및 측정 성능 평가

## Configuration of stylus contact profilometer for large optical surface and measuring characteristics

박원현<sup>\*,\*\*</sup>, 이혁교<sup>\*\*</sup>, 전병혁<sup>\*\*</sup>, 양호순<sup>\*\*</sup>, 김석환<sup>\*</sup>, 이윤우<sup>\*\*</sup>, 이인원<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>연세대학교 우주과학연구소, <sup>\*\*</sup>한국표준과학연구원 우주광학연구단

nova8028@gmail.com

본 연구에서는 1 미터 급 대형 광학 거울의 형상을 가공 과정 중에 측정 가능한 접촉식 정밀 형상측정기를 개발하였다. 이 형상측정기는 1.2 미터 막대 거울을 기준면으로 하여 피측정물 표면까지의 거리를 측정하여 1차원 형상을 구한다. 요구 측정 정밀도는 1 미터 구간에서 PV 1  $\mu\text{m}$  이하이다.<sup>(1)</sup>

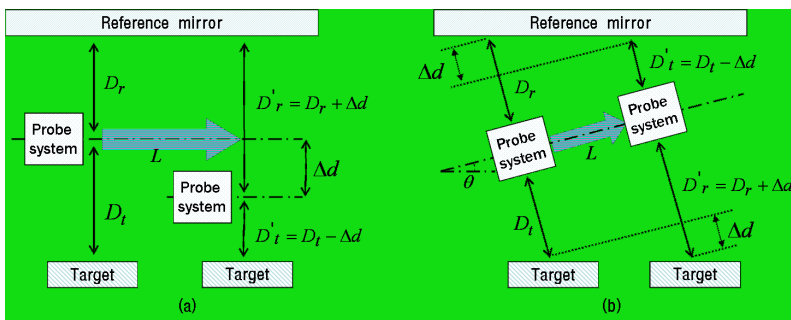


그림 1. (a)와 같이 최초 프로브 시스템의 측정 탐침 프로브가 수직 아래 방향으로 이송하여 피측정물과 접촉할 때 까지 내려간 거리( $D_t$ )를 측정하며 동시에 최상위에 설치된 기준거울로부터 프로브 시스템까지의 거리( $D_r$ )를 측정한다. 프로브 시스템이 우측으로 이송된 후 이전과정과 같은 방법으로  $D'_t$ ,  $D'_r$ 를 측정하게 된다. 이 때 그림 1.

그림 1 상대거리 측정 개념 및 위치오차 보상(a), 피치오차 보상(b) (a)와 같이 수직으로 프로브 시스템의 위치오차  $\Delta d$ 가 발생하거나 그림 1.(b)와 같이 측정 프로브 시스템이  $\theta$  만큼 기울어져  $L$ 만큼 이송되었을 때  $\Delta d$ 가 발생하게 된다. 이 오차는 측정된  $D'_t$ ,  $D'_r$ 의 두 값을 더하는 것만으로도  $\Delta d$ 를 손쉽게 보정할 수 있다.

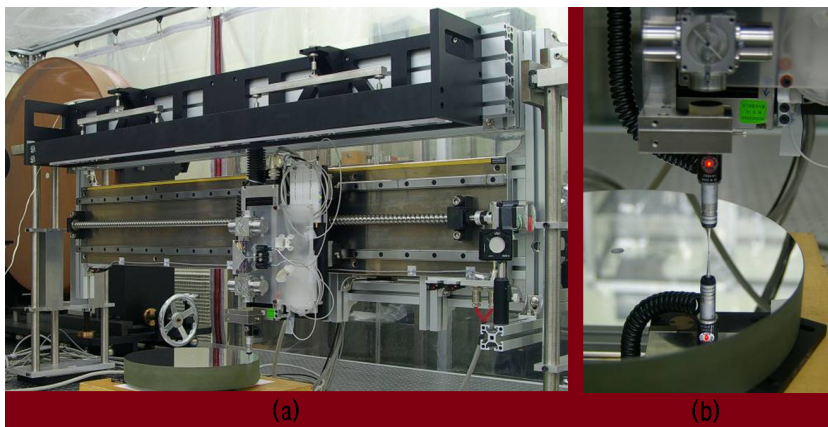


그림 2. (a)는 위와 같은 상대거리 측정 원리를 기반으로 제작 완료한 1 미터 급 접촉식 정밀 형상측정기 전체 모습이다. 그림 상단이 1.2 미터 막대형 기준 거울과 기준 거울을 지지 및 지탱하는 운동학적 지지 구조 시스템이며 중앙부가 측정 서브시스템이다. 측정 시스템 전체가 수평 이송 스테이지에 의하여 수평 방향으로 이송되며 수평 위치는 리니어 스케일을 이용하여 1  $\mu\text{m}$ 의 정밀도로 측정한다. 그림 2. (b)는 피

그림 2 (a)제작 완료된 정밀 형상측정기, (b)스타일러스 프로브의 측정모습

측정물인 지름 300 mm 평면거울을 측정하고 있는 프로브의 모습이다.

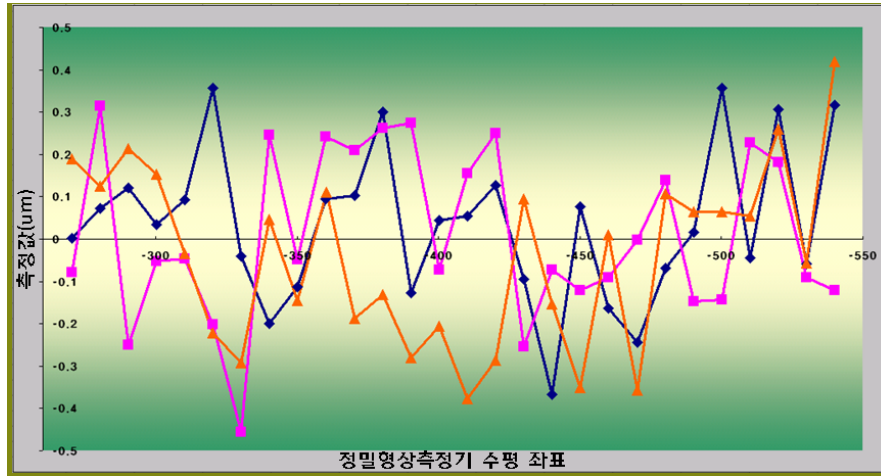


그림 3 지름 300 mm 평면거울 형상 측정 결과

형상 정밀도  $PV \ 1/20\lambda$ 의 지름 300 mm 평면거울을 피측정물로 하여 정밀 형상측정기의 성능을 파악하여 보았다. 그림 3은 형상측정기의 왼쪽 일부분의 성능 측정의 결과이다. 같은 지점을 10 mm 간격으로 3회 측정한 자료에서 기울기 보정후의 결과들이다. 가장 큰 PV 값은  $0.79 \ \mu\text{m}$ , RMS는  $0.041 \ \mu\text{m}$ 이며 3번의 측정 모두 측정 정밀도  $1 \ \mu\text{m}$  이하를 만족하고 있음을 확인하였다.

현재는 1 미터의 측정 범위 중 일부분의 성능평가가 이루어졌다. 앞으로 지름 300 mm의 평면거울을 이용하여 전 측정구간의 성능에 대하여 파악을 할 것이며 특히 각 구간마다 50%의 겹구간(overlap region)을 형성해 각 구간에서의 자료를 1차원 스티칭(stitching)<sup>(2)</sup>함으로써 시스템이 가지고 있는 특성을 확인할 것이다. 본 실험은 차후 정밀 형상 측정기의 성능 검토에 있어 중요한 자료로 사용될 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. 박원현, 김석환, 이재협, 강명석, 양호순, 이혁교, 이윤우, 이인원, “대형 광학 거울 형상 측정용 정밀 형상 측정기의 막대형 기준 거울 운동학적 지지 구조물 설계”, 한국광학회학술집(2월), pp 305–306 (2007)
2. B. Horn, H. M. Hilden and S. Negahdaripour "Closed-form solution of absolute orientation using orthonormal matrices", J. Opt. Soc. Am. Ser. A5:1127–1135 (1988)