

## 직경 0.9 m 시준장치의 조립

### Assembly of Diameter 0.9 m collimator

양호순, 이운우, 송재봉, 이회운, 이재협, 강명석\*, 김성희\*\*, 김석환\*\*

한국과학표준연구원 광기술표준부 나노광계측그룹, \*(주)세트렉아이, \*\*연세대학교  
천문우주학과  
hsy@kriss.re.kr

한국표준과학연구원에서는 "나노광계측 표준 확립 및 유지" 과제의 일환으로 구경 900mm의 시준장치를 개발하고 있다. 주경 및 부경의 연마, 코팅 그리고 광학적인 정렬은 한국표준과학연구원에서 수행하고 광기계부는 (주)세트렉아이에서 설계/제작/조립을 받아 수행하고 있다. 본 요약서에서는 주경 및 부경의 제작과 평가 및 광학적인 정렬에 관한 내용을 주로 다루게 된다.

주경과 부경의 재질은 Borosilicate이다. 주경은 직경 910mm, 두께 150mm이며 하니콤샌드위치 구조로 약 80%를 경량화하였다. 주경 연마는 사무실을 개조한 공간에서 수행하였으므로 진동 및 공기의 요동으로 인하여 측정이 쉽지 않았다. 따라서, 환경적 요인에 강한 Hartmann sensor를 이용하여 주로 측정하였다. 또한 좀 더 정확한 측정을 위하여 null lens와 간섭계를 이용한 측정도 병행하였다. 이러한 방법을 null Hartmann test라고 한다<sup>(1)</sup>. 이러한 방법으로 가공한 결과 주경의 최종 형상오차는  $0.037\lambda$  이다. 이러한 면의 정도는 정밀 시준장치로 사용하기에는 다소 부족하다. 보다 정밀한 가공을 수행하기에는 제작 공간상의 문제, 재질의 열팽창계수가 4 ppm/K 로서 가공에 의한 변형 가능성 문제 및 경량화로 인한 print through 문제점들을 해결하여야 한다. 부경은 직경 180 mm, 두께 30 mm이므로 제작 및 측정을 하는데 많은 공간을 필요로 하지 않는다. 부경은 볼록 비구면이므로 측정을 위하여 Hindle test를 사용하였다<sup>(2)</sup>. 이를 위하여 직경 600mm인 정밀하게 가공된 구면을 기준면으로 사용하였다. 그림 1은 부경을 측정하는 과정이다. 부경의 최종 형상오차는  $0.02\lambda$ 이다.

주경과 부경사이의 거리는 carbon composite로 제작된 튜브를 이용하여 유지한다. 이것의 정확한 열팽창계수는 측정하지 않았지만, 통상적인 열팽창계수가 1 ppm/K 미만임을 감안하면 사용온도범위가  $\pm 5$ 도 이내일때  $5 \mu\text{m}$  이내의 거리변화가 있을 것으로 예상된다. 이러한 거리변화는 공차이내에 들어가는 양이다. 또한 실제 사용에 앞서 간섭계에 의한 시준장치의 측정이 이루어진다면 해당 온도에서 주경과 부경사이의 거리를 좀 더 정확하게 수정할 수 있으므로 거리변화에 의한 파면수차변화를 줄일 수 있다.

본 시준장치는 MTF 측정이외에 End-to-end imaging과 같은 유한한 크기를 갖는 물체에 대한 분석에 사용될 예정이므로  $\pm 0.07$ 도의 시야각을 가지고 있다. 이러한 시야각에 대해서 광학계가 일정한 성능을 유지하기 위해서는 부경을 신중하게 정렬하여야 한다. 즉, on-axis 상에서만 부경을 조립할 경우 coma-zero 조건에 의하여 부경의 기울기를 중심이동을 통하여 보상하는 것이 가능하다. 이러한 경우, off-axis상에서는 부경의 정렬오차 효과가 증폭이 되어 성능이 떨어지게 된다. 이러한 영향은 시야각이 클수록 특히 심하게 나타난다. 따라서, 부경을 조립하기 위한 특별한 알고리즘을 제작하였다. 기존에 사용되고 있는 방법은 CODE V에 내장되어 있는 알고리즘을 그대로 사용하거나, 아니면 Zernike 상수들의 민감도를 계산하고 최소자승법 (Least Square Fitting)을 통하여 현재의 상태를 파악하는 방법들이 사용되었다. 이러한 방법들은 작은 범위의 오차에 대해서는 정확한 값을 보여

주게 되나, 오차가 큰 경우 여러번의 반복적인 측정 및 계산을 거쳐야 되거나 정확한 값을 보장할 수 없는 경우도 있다. 이에 비하여 Zernike 상수를 그대로 사용하는 방법은 간단할 뿐만 아니라 비교적 큰 오차에 대해서도 정확한 값을 나타내준다. 따라서 시준장치의 부경을 정렬하기 위하여 ZEMAX의 내부 optimization algorithm에 Zernike 상수를 이용하여 현재의 상태를 파악하는 macro code를 작성하였다. 이에 관한 보다 자세한 내용은 본 광학회의 다른 발표<sup>(3)</sup>에서 소개된다. 그림 2는 주경과 부경의 조립이 완료되는 가상도이다. 주경과 부경의 조립은 6월말경에 완료될 예정이다.

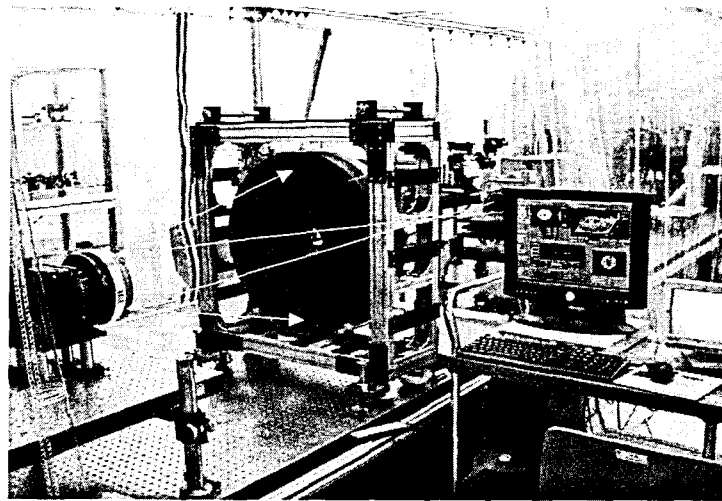


Fig. 1. Test set-up for secondary mirror using a sphere.

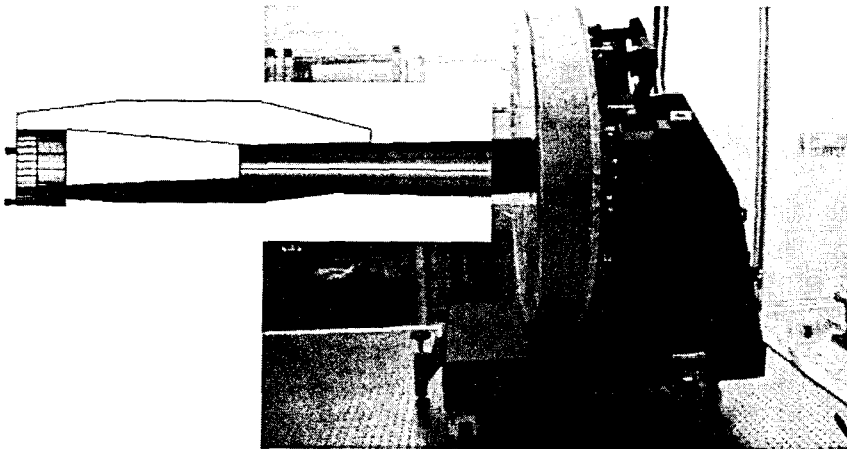


Fig 2. Imaginary picture to simulate the assembly of secondary mirror.

#### 참고문헌

- [1] H.S.Yang et al, "Null Hartmann test for the fabrication of large aspheric surfaces", *Opt. Exp.*, 13(6), pp 1839-1847 (2005)
- [2] A. Offner and D. Malacara, "Null test using compensators," in *Optical Shop Testing 2nd edition*, D. Malacara, ed., pp427-454, Wiley, New York, (1992)
- [3] 김성희 외, "Development of alignment method using Zernike polynomial", 2005 한국광학회 하계발표회

F  
A