

대구경 광학계 전산적 방법적용 고정밀 광정렬 기술연구 Research on the computer aided alignment for the development of High-Resolution Camera Optical Module

* #정대준¹, 장홍술², 이승훈³

* #D. J. Jung(djung@kari.re.kr)¹, H. S. Jang², S. H. Lee³

¹한국항공우주연구원 위성광학기술팀, ²한국항공우주연구원, ³한국항공우주연구원

Key words : Optical Module, High-Resolution, Aperture

1. 서론

고해상도 지구관측 위성용 카메라에 적용되는 대구경 광학계는 경량화, 열변형 최소화 및 고안정 구조물이라는 조건을 실현해야 하므로 특수한 재료를 사용하며, 또한 회절한계에 가까운 광학 성능으로 인하여 광정렬에 매우 민감한 특성을 가지고 있다. 이러한 대구경 광학계의 광정렬기술은 위성탑재용 고급광학계를 독자 개발하는데 있어서 필수적으로 확보해야 할 조립시험 요소기술이면서도 반드시 경험에 의거한 기술유산이다. 본 논문에서는 여러 가지 광정렬 방법 중 컴퓨터를 이용한 대구경 광학계 정렬에 관하여 살펴보고자 한다.

2. 컴퓨터를 이용한 광정렬

전산적 방법을 이용한 정렬은 정렬 과정에서의 정렬량을 결정하기 위해 수학적 방법을 이용하는 것으로 간섭무늬 등의 측정 결과를 보면서 사람이 정렬해야 할 방향과 양을 생각하는 것을 컴퓨터의 계산으로 대신하는 것이다. 컴퓨터로 정렬 최적화를 할 경우 정렬대상이 되는 광학계에 대해 사전에 정렬에 관련된 정보를 계산해 놓는다. Fig. 1은 주반사경에 대한 광정렬에 컴퓨터를 이용해 할 경우 과정을 나타내는데 대략적인 방법은 다음과 같다.

- 주반사경의 정렬 민감도를 광학설계 프로그램을 이용해 계산한다.
- 주반사경을 위치시키며 광정렬을 시작한다. 이 경우 광축을 잡고 광축상에 정렬하는 방법은 일반적인 방법과 동일하다. Fig.2 참조
- 일차적인 광정렬이 끝나면 파면 수차(Wave Front Error)를 측정 한다.
- 측정결과가 예상치(예를들어 $\lambda/14$)를 만족하면 정렬이 완료된 상태이고 만족하지 못하면 광정렬을 최적화 시킨다.
- 최적화는 이미 계산된 정렬민감도와 수학적 기법으로 최적 정렬 값을 찾는 과정으로 컴퓨터와 최적화 계산알고리즘이 적용된다.

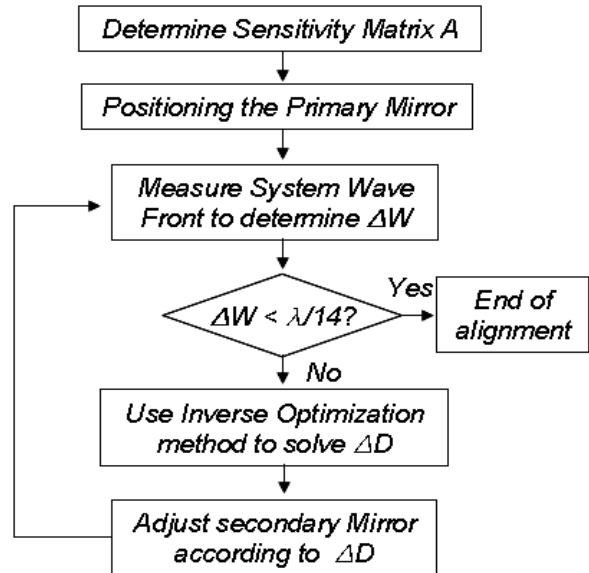


Fig. 1 컴퓨터를 이용한 광정렬 절차 예

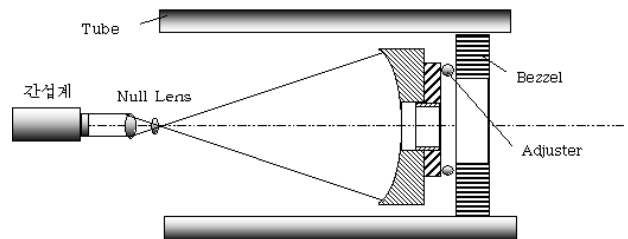


Fig. 2 주반사경 측정 및 정렬

주반사경과 부반사경으로 구성되는 광학계에 대해서도 동일한 개념이 적용된다. Fig. 3과 같이 auto-reflection 형태의 광정렬 방법에서 간섭계를 이용하면 정렬을 하면서 바로 광학계의 성능을 볼 수 있는 장점이 있다. 그리고 이 경우 광학계 전체 정렬을 위한 최종 정렬자는 부반사경이 되는데 Fig. 4와 같이 5개의 정렬 자유도가 주어진다.

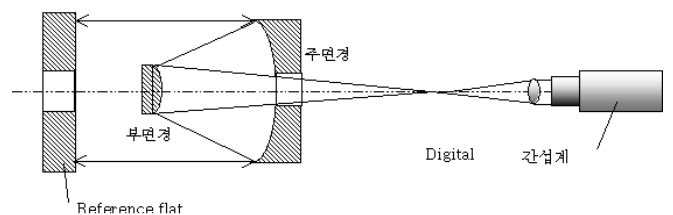


Fig. 3 주/부 반사경 정렬 개념

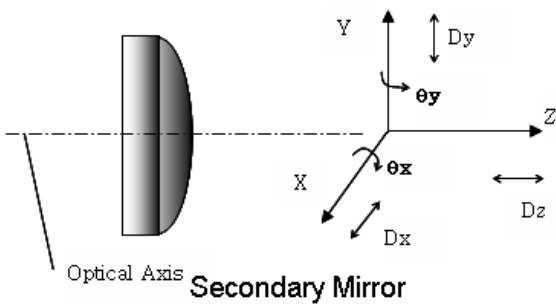


Fig.4 부반사경의 광정렬 자유도

3. 정렬오차 보정 구현

Fig. 5는 시뮬레이션으로 가정된 광학계에 대해 보정해야 할 정렬 오차를 수치적으로 구하는 과정과 결과를 보여 주고 Fig. 6과 7은 각각 보정 전후의 간섭무늬 변화를 나타낸다.

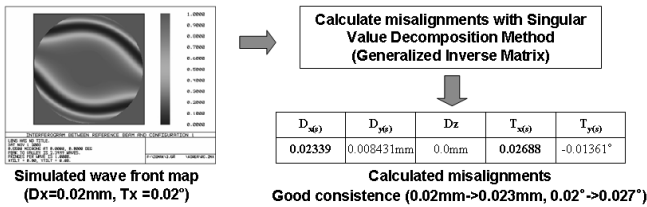
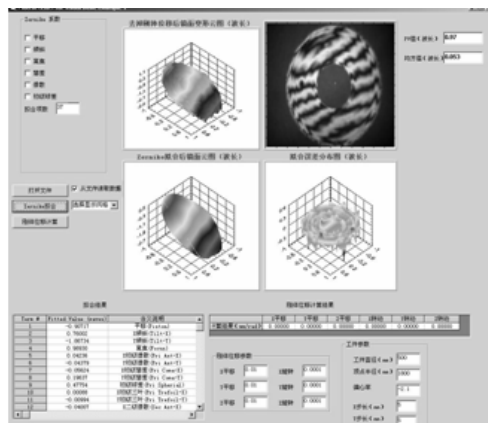
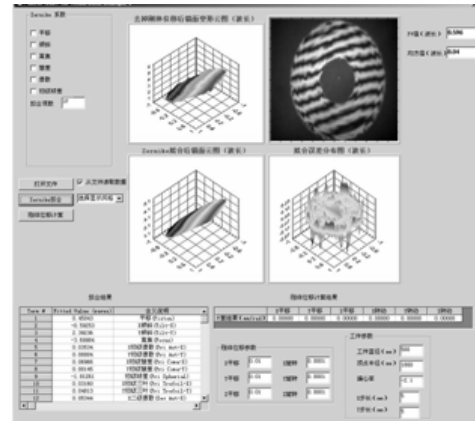


Fig. 5 정렬 오차 보정 시뮬레이션 결과



Initial wave front error with misalignment
($PV = 0.97\lambda$, $RMS = 0.053\lambda$)

Fig. 6 보정전 간섭무늬



Final wave front error after several alignments
($PV = 0.596\lambda$, $RMS = 0.04\lambda$)

Fig. 7 보정 후 간섭무늬

4. 결론

전산적 방법적용 대구경 광정렬을 위한 대략적 방법을 살펴본 것으로 그 결과 정렬오차 보정 구현을 위한 보정 시뮬레이션에서 보정 전후의 간섭무늬 변화를 볼 수 있었다. 이러한 연구결과를 바탕으로 위성용 대구경 광학계의 광정렬 뿐만 아니라 상용이나 군용 대구경 광학계 광정렬에 적용이 가능하며 국내 민간업체에서 개발중인 중구경 지상관측 탑재체의 광정렬 기술로 활용이 가능하다. 또한 천문관측용 지상 망원경이나 국방관련 대구경 광학장비의 정렬에도 응용이 가능하며, 국내 업체에서 대구경 광학계를 제작할 경우 시험평가 기술로도 활용이 가능할 것으로 예상된다.

후기

본 연구결과는 한중 광기술 공동연구센터 사업의 일환으로 이루어졌으며 참여하신 국내외 모든 연구원들에게 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

1. Daniel Malacara, Optical Shop Testing, 2nd edition, 1992
2. Mitchell C. Ruda, Fundamentals of optical alignment techniques, SPIE, CD-ROM, Transcription of session 4, 2000
3. Warren J. Smith, Modern Optical Engineering, 1991