

소형위성용 3반사 광학계 개발을 위한 광기계 설계 및 해석

Opto-mechanical Design and Analysis on TMA Optical System for Small Satellites

양승욱, 최영완, 강명석, 김종운, 최웅, 김이을
(주)셋렉아이
suyang@satreci.com

현재 (주)셋렉아이는 '소형위성용 초다중채널 카메라'를 산업자원부 과제의 일환으로 개발 중이다. 본 논문은 이에 대한 간략한 소개 및 광기계부 설계 및 해석 그리고 개발 진행 상황을 다루고 있다.

본 카메라는 3개의 반사경으로 구성되는 3반사 광학계 또는 TMA(Three-Mirror-Anastigmat) 광학계이다. 초점거리는 461.7(mm)이며, 위성궤도 685(km)에서 공간해상도 11(m)를 만족시키도록 설계가 이루어졌다. 아래 그림 1은 광학설계의 개요를 보여준다.

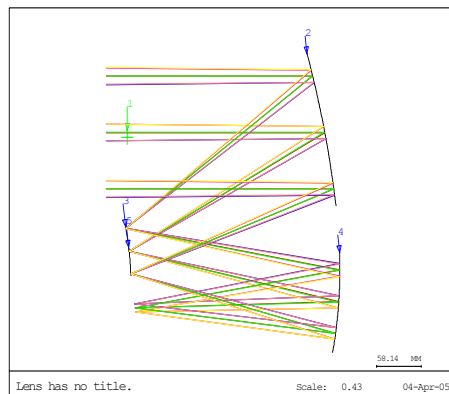
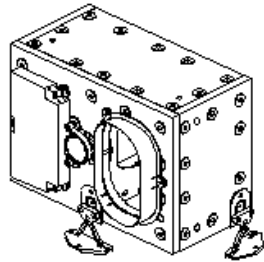


그림 1. 3반사 광학계의 광학설계

광학계를 지지하는 주구조물은 경량화 및 우주 궤도 환경에서 치수 안정성을 고려하여 탄소강화 복합재(CFRP) 샌드위치 패넬로 구성되어있다. 그림 2는 (1)전체 형상 및 (2)구조해석용 유한요소모델을 보여준다. 그리고 외부로부터 들어오는 변형, 온도변화 그리고 자중에 의한 거울면의 변형(파면오차) 요구조건을 만족시킬 수 있도록 거울면 지지구조(Flexure)의 설계가 진행되었다. 또한 무게를 줄임과 동시에 자중에 의한 거울면의 파면오차 요구조건을 만족시킬 수 있도록 거울 요소에 대해 경량화 설계가 이루어졌다⁽¹⁾.

본 3반사 광학계는 지상 검증용 모델로 개발되고 있으나, 소형 인공위성에서의 발사 및 운용환경 기준에 따라 설계가 이루어지고 있다. 설계, 제작, 조립, 발사 및 우주궤도 운용 환경에서 단계별로 발생하는 광학성능 저하 요소에 대한 공차해석이 진행되었고, 광기계적 해석을 통해 설계 공차이내로 들어움을 확인하였다. 유한요소해석 결과, 전체시스템의 1차 고유진동수는 300(Hz)이상 될 것으로 예측된다. 그림 3은 거울면 1번 구조계의 (1)1차 고유 진동수해석(976Hz) 및 (2)자중에서의 파면오차 결과(rms λ/173)을 보여준다.

(1)



(2)

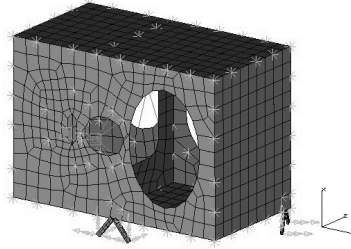
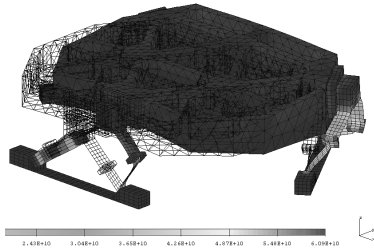


그림 2. 3반사 광학계의
(1) 최종 조립 형상 및 (2) 유한 요소해석 모델

(1)



(2)

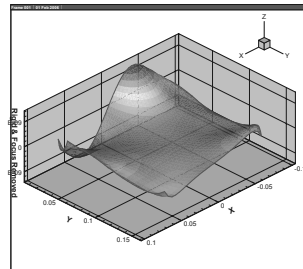


그림 3. 3반사 광학계 거울면 1번 구조계의
(1) 고유 진동수해석 결과 및 (2) 1g 중력 하중에서의 파면오차형상

현재, 광학계를 지지하는 외부 구조물의 조립이 진행 중이다(그림 4). 주 구조물의 조립 완료 후 실제 광학거울을 대체한 모사질량을 장착한 상태에서 랜덤하중 진동시험이 6월중 진행될 예정이다. 이후 실제 광학거울의 정렬 및 조립이 진행되고, 이어서 완성된 광학계의 광학 및 기계적 성능에 대한 평가가 이루어지게 된다.



그림 4. 조립중인 3반사 광학계

(참고문헌)

1. Paul R. Yoder, Jr., "Opto-Mechanical Systems Design, 2nd Ed.", (Marcel Dekker, Inc, 1993)