

소형 위성용 지구관측 광학카메라의 시험모델 평가

Performance Evaluation of An Earth Observation Camera for Small Satellites

양호순, 강명석, 정성근, 최영완, 김이을, 양승욱, 김종운, 윤지호, 김도형
(주)썬트렉아이, 전자광학사업부
edk@satreci.com

Medium-sized Aperture Camera (MAC)는 근적도궤도(Near Equatorial Orbit) 지구관측 위성 MACSAT의 주탑재체로, 우리나라의 (주)썬트렉아이와 말레이시아의 ATSB社와 오는 2004년 발사를 목표로 공동 개발되고 있다. MAC은 push-broom 방식의 전자광학 탑재체로, 지상해상도 2.5 m를 가지는 PAN band 1개, 지상해상도 5 m를 가지는 Multi-Spectral band 4 개를 가지고, 지상의 swath width는 20 km를 가진다. MAC programme의 주 목적은 이와 같은 사양의 지구관측 탑재체를 총 무게 200 kg의 소형 위성에서 성공적으로 구현, 검증하는데 있다. 본 논문에서는 현재 개발 완료된 MAC의 engineering model (EM)의 주경, 부경의 평가 및 조립후 성능 평가 결과에 대해서 간략히 서술한다.

주경은 직경 300 mm의 아주 작은 열팽창계수를 가지는 ceramic-glass로 만들어졌으며 면은 hyperboloid로 가공되어졌다. 이러한 면의 정밀한 평가를 위해서는 null test가 필수적이다. 이를 위하여 두 장의 null lens로 구성된 null system을 구축하였다. 테스트 결과 RMS wavefront error (WFE)가 약 32 nm($\sim \lambda/20$)로 목표치인 $\lambda/16$ 을 잘 만족하고 있다. 하지만, local bump들이 많이 나타나는 것을 볼 수 있었는데, 이는 면의 가공시에 사용한 polishing tool자국으로 보여진다.

부경은 지름 약 110 mm 인 hyperboloid면을 가지고 있으며, 주경과 같은 ceramic-glass로 만들어졌다. 부경은 볼록거울 형태를 취하고 있으므로, 이의 평가를 위해서는 null lens를 사용하지 않고 reference sphere를 사용하는 방식을 취한다. 이를 Hindle test라고 한다. reference sphere는 직경이 약 300 mm 이고 radius of curvature가 약 400 mm인 구면으로서 표준과학연구원에서 제작되었다. Hindle test결과 전체적인 WFE RMS는 약 34 nm ($=\lambda/19$) 로서 목표치를 만족한다. 주경과 마찬가지로 polishing tool 자국을 볼 수 있으며, 어느 정도 image quality 저하에 기여할 것으로 예상된다. 부경을 구조물(barrel)에 부착시킬 때는 RTV를 사용하였다. 부경을 구조물에 안착시킨 후 구조물의 둘레 세 군데에 뚫린 구멍을 이용하여 RTV를 주입하고 오븐에서 약 80도의 온도로 60시간 정도 굳혔다. 그 결과 부경에는 RTV주입구와 정확히 일치하는 부분에서의 변형을 볼 수 있었다. 이러한 현상에 대해 여러 가지 해석이 가능하겠지만, 가장 가능성이 있는 해석은 RTV가 부분적으로 적용되었고 이것이 굳으면서 수축을 하게 되는데 이때 거울의 가장자리를 같이 잡아끌기 때문인 것으로 생각되어졌다. 이것을 수정하기 위해서 barrel에 미리 어느 정도 굳힌 RTV를 10군데 이상 위치시키고 여기에 부경을 넣은 후 retainer로 조이는 방식을 채택하였다. 그

결과 RTV에 의한 변형은 거의 찾아볼 수 없었다.

주경, 부경의 평가가 끝난 후 망원경의 조립에 들어갔다. 먼저 주경을 baseplate에 flexure를 이용하여 위치시켰다. 그리고, metering rod를 부경고정용 ring과 함께 조립하였다. 부경에는 spider 세장을 고정시키고, 전체를 5축 자유도를 갖는 특별히 고안된 마운트 위에 고정시킨 후 간섭무늬를 보면서 부경을 주경에 대해 정렬하였다. 망원경의 총 WFE는 약 38 nm ($=\lambda/17$)로서 부경, 주경의 면 측정결과들이 $\lambda/19 \sim \lambda/20$ 인 것을 감안하면, 조립에 의한 에러는 거의 없는 것으로 보여진다.

그림1은 on-axis상에서의 MTF 측정결과이다. 40 lps/mm이상에서는 디자인 값과 5%이내에서 좋은 성능을 보이고 있다. nyquist frequency (72 lps/mm)에서의 MTF는 29.7%로서 나중에 조립될 CCD 및 전자회로에 의한 MTF 감소율을 50%로 잡으면 약 15%정도의 좋은 MTF를 보일 것으로 예상된다.

EM은 조립이후 환경 시험 및 진동 시험을 모두 끝마친 후 말레이시아에 납품되었다. RTV를 이용한 부경의 조립에 약간의 문제가 있었지만, 전반적으로 조립에 큰 어려움은 없었다. 현재는 간섭계가 테이블에 고정되어있어 비축상의 WFE를 측정하는데 문제가 있었지만 3축 자유도를 갖는 간섭계용 테이블을 제작함으로써 해서 이 문제를 해결할 수 있을 것으로 보인다. Qualification model (QM) 조립은 2003년 6월경부터 시작할 예정이다.

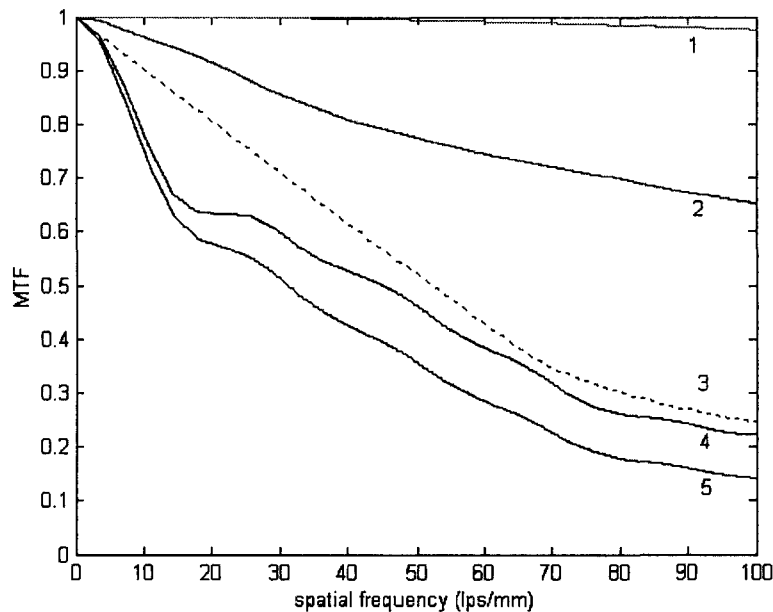


그림 1. 시스템 MTF (1:slit, 2:analyzer, 3:디자인 값, 4: 보정된 MTF, 5: 측정된 MTF)