

광집속장치 광기계 설계

Opto-mechanical Design of Beam Director

김정주, 이수상, 김현숙*, 김연수*

대우종합기계(주) 특수사업본부, *국방과학연구소 기술연구본부

e-mail: kimjj3817@hanafos.com

광집속장치는 입사되는 레이저 빔을 표적에 집속하는 장치로 입사되는 빔의 광축과 광 집속장치 광학계의 광축을 정렬시키는 빔 정렬 유니트, 빔 정렬 유니트로부터 나온 레이저 빔을 망원경 유니트로 전달하는 연결광학 유니트, 빔을 목표지점의 표적에 집속시키는 망원경 유니트(그림 1), 빔을 표적에 조사하기 위하여 망원경 유니트를 표적으로 지향하게 하는 구동 유니트, 그리고 빔의 조사 전 망원경 유니트와 표적간의 정렬을 미세 조정하는 표적정렬 유니트로 구성된다. 망원경 유니트의 기본적인 구조는 Coude type이며 빔을 목표물에 정확하게 조사하기 위해서 부경 위치에 환형거울을 사용하여 광 집속장치 기계 구조물의 변형에 의한 빔 경로 오차를 보정하게 되어 있다.^(1,2)

광집속장치의 광기계부 구조설계는 주경을 지지하기 위한 Whiffle-tree mount, 부경의 초점 조절을 위한 광축 방향 이송과 정렬을 위한 Tip/Tilt 조정기구(그림 2), 연결광학 유니트의 열결 거울의 Tip/Tilt 조정기구, 고저각과 선회각 구동을 위한 정밀 구동장치로 구분되며, 이외에 빔의 요동을 제어하기 위해 FSM(fast steering mirror) mount를 제어주파수 특성에 맞게 설계하는 것이 포함된다.

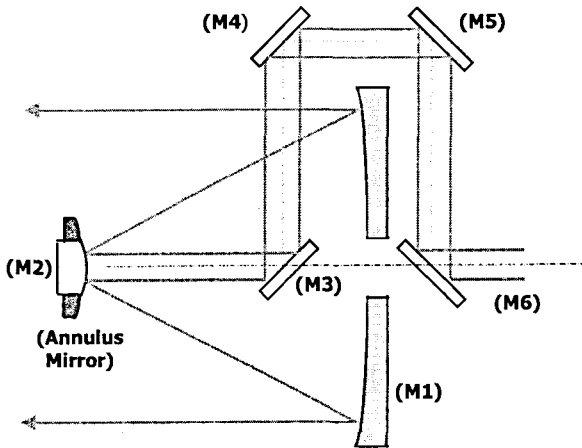


그림 1. 망원경 유니트 광기계 Layout

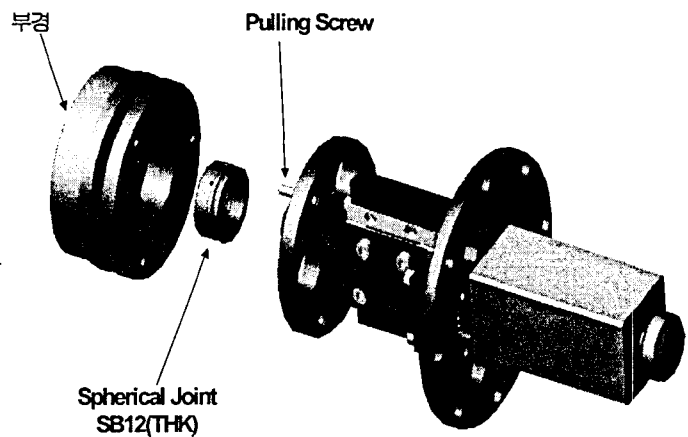


그림 2. 부경 이동 시스템 구성도

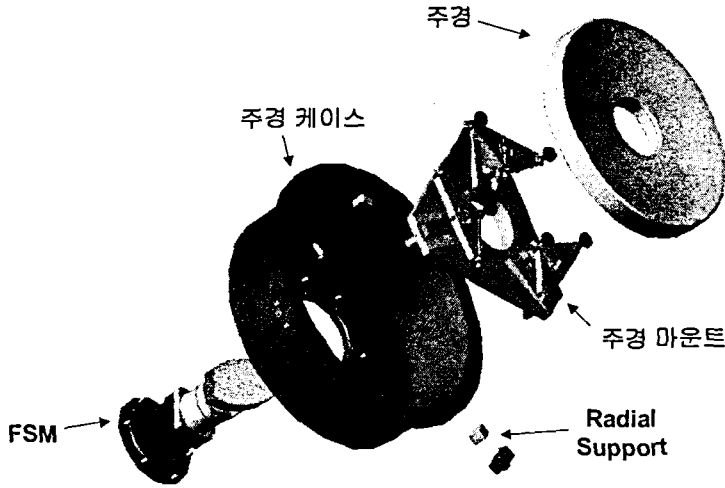


그림 3. 주경 시스템 조립도

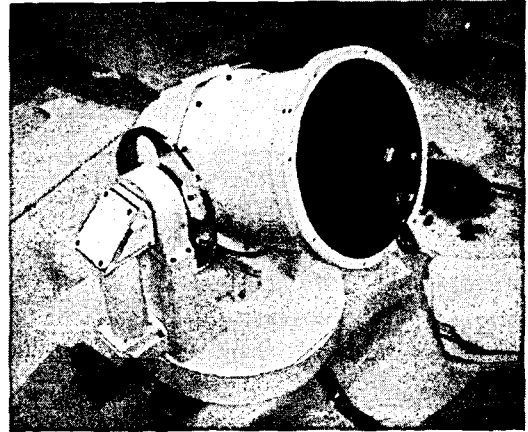


그림 4. 광 집속장치 조립 사진

주경을 지지하기 위한 Whiffle-tree mount 설계는 중력 영향에 의한 거울면의 파면수차를 고려하여 주경의 두께, 지지점의 개수와 위치를 유한 요소 해석을 사용하여 최적화하였다(그림 3). 부경의 광축방향 초점 조정은 스테핑 모터와 정밀 볼 스크류를 사용하여 $2\ \mu\text{m}$ 의 이송정밀도를 얻었고, 광축 정렬을 위한 Tip/Tilt 조정은 3점지지의 Push-Pull mechanism을 적용하였다. 그리고 부경을 망원경 경통에 지지시켜 주는 Spider vane에 decenter 조정을 할 수 있도록 설계하였다. Annulus mirror는 빔 요동에 의한 민감도가 상대적으로 둔감하게 설계되어 별도의 조정 장치를 적용하지 않았으며 연결거울은 Tip/Tilt 조정을 할 수 있도록 하였다. FSM은 그림 1의 M3에 위치하며, 공진주파수가 250Hz 이상이 되도록 설계하여 제어주파수 대역폭인 100Hz의 두 배 이상이 되도록 하였다. 고저각과 선회각 구동장치는 마찰구동 방식을 적용하여 백래쉬가 없으며, 1도 회전시 1 km 표적에서 2.4 cm 이동이 가능하도록 설계하였다.(그림4)

주경의 Whiffle-tree mount 조립 후 파면수차 측정결과는 약 $1\ \lambda_{\text{RMS}}$ 이고, 이 중 마운트에 의한 파면수차의 대부분이 astigmatism 성분으로 약 $0.3\ \lambda_{\text{RMS}}$ 이다. 부경 조립 후 파면수차의 양은 주경 마운트 조립 후와 큰 차이가 없는 결과를 보였다.

참고문헌

1. 김연수, 김현숙, 김현규, “집속장치의 광학정렬을위한 null 광학계,” 한국광학회지, 15(3), 254 - 257 (2004).
2. Robert W. Duffner, *Airborne Laser Bullets of Light*(Plenum Press, New York, USA, 1997)
3. Paul R. Yoder, Jr., *Mounting Optics in Optical Instruments*(SPIE Press, Bellingham, Washington, USA, 2002)

