

정밀 광학계 평가기술 연구

Technology Development for Testing of Precision Optics

이윤우, 송재봉, 이인원
 한국표준과학연구원 양자표준부
 ywlee@kriss.re.kr

최근에 결상광학계는 광학유리를 사용한 전통적인 단순 구면형에서 플라스틱, 금속 등의 소재와 비구면 혹은 홀로그래피 광학소자를 이용한 복합적 기능형으로 발전하고 있다. 또한 엑스선에서 적외선까지 매우 넓은 분광영역에서 현미경으로 관찰할 수 있는 미소광학소자부터 구경 10 m 정도의 대구경 망원경까지 다양한 크기의 초정밀 결상광학계가 계속 개발되고 있다. 즉 구경 100 mm 정도의 구면 광학계에서 광대역 분광영역의 대구경 비구면 광학계로 발전하고 있다.⁽¹⁾ (표 1 참조)

표 1. 미국에서 국가주도로 개발된 결상광학계의 종류 및 특징

Application	Development Period	Materials	Surface Accuracy	Aspheric Departure	Maximum Size
Infrared Optics	1975~1980	Ge, Si	0.5 to 1.0 μm pv	to 100 μm	300 mm
Laser Fusion Optics	1978~1983	BK7, Fused silica	0.05 to 0.1 μm pv	to 200 μm	800 mm
Head-up Display Optics	1985~1987	Optical Glass	- 1.0 μm pv	several mm's	200 mm
SDI Optics (strategic-defense initiative)	1985~1992	Fused silica, Be, SiC	Mission dependent	- 1 mm	1.5 m
Microlithography (DUV, EUV)	1990~today	Fused silica, Zerodur, ULE, CaF ₂	0.2 ~ 5 nm rms	1 to 100 μm	300 mm
NASA	1991~today	Fused silica, Zerodur, ULE, CaF ₂	Mission dependent	μm 's to mm's	1 m +

현재 국내에서 개발중이거나 예정인 극자외선 리소그래피 장치, 고해상도 인공위성 카메라, 대기오염측정용 lidar 광학계, 대구경 천체망원경, 군사용 적외선 카메라, 고밀도 광픽업 등과 같은 정밀광학계는 대부분 비구면 광학계이다. 크기가 100 μm ~ 1 m, 분광영역은 150 nm ~ 20 μm , 비구면 정도는 수 μm ~ 수 mm, 형상오차는 0.1 ~ 0.03 μm (PV), 표면 거칠기가 2 ~ 3 Å 이하이므로 초정밀 제작 및 평가기술을 요구한다.⁽²⁾

하지만 국내 광학가공 수준은 전반적으로 미국, 독일, 일본에 비하여 낮고, 상품화된 전용장치도 없다. 그리고 경쟁상대인 선진국으로부터 첨단 비구면 가공기술 이전은 거의 불가능하므로 핵심인 평가기술을 자체적으로 개발하여 산업체에 보급하는 것이 유일한 해결방법이다.

비구면 광학계 평가기술은 비구면 소자의 광학변수와 광학계 성능평가기술로 구분된다. 비구면은 형상, 거칠기, 박막상수 등을 측정하며, 광학계는 분해능, 분광특성, 환경영향 등을 평가한다. 본 연구원에서는 초정밀 비구면 광학계 평가기술을 확충하기 위하여 핵심기술인 비구면 소자의 형상(구경 1 m, 정확도 $\pm 0.06 \mu\text{m}$)과 대구경 광학계 OTF(구경 1 m, 분광영역 200 nm ~ 20 μm , 정확도 $\pm 3 \%$) 측정기술을 개발하고 있다. 비구면 중에서 원추

형은 구경 1 m의 Reference Flat 혹은 Surface와 간섭계를 이용한 자동시준 간섭법, 비구면 정도가 심한 경우에는 CGH(Computer Generated Hologram)를 이용한 Null 렌즈법을 개발한다. (그림 1 참조) 대구경 광학계 분해능은 구경 1 m 시준장치와 광대역 분광영역의 상분석장치를 이용한 Polychromatic Optical Transfer Function 측정장치를 구성하며, 현재 구경 400 mm OTF 측정장치는 개발하였다. (그림 2 참조) 그리고 super-smooth surface의 표면 거칠기와 초박막 광학상수측정을 위한 연구도 수행 중에 있다.

참고문헌

1. Tingye Li, "Trends in Optics and Photonics", Volume XXIV, OSA (1999).
2. 제10회 광기술 워크샵 논문집 (한국광학회 광기술 분과, 2000. 3).

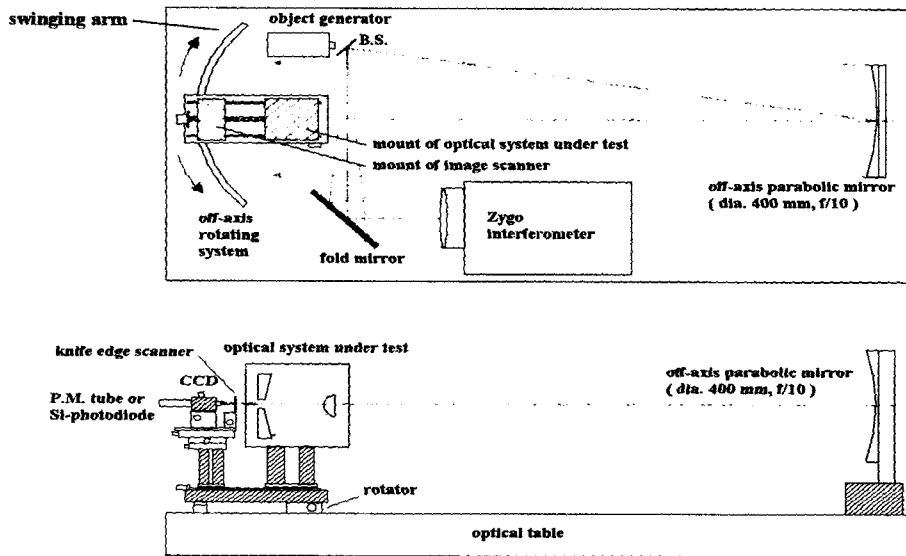


그림 1. 대구경 OTF 측정장치

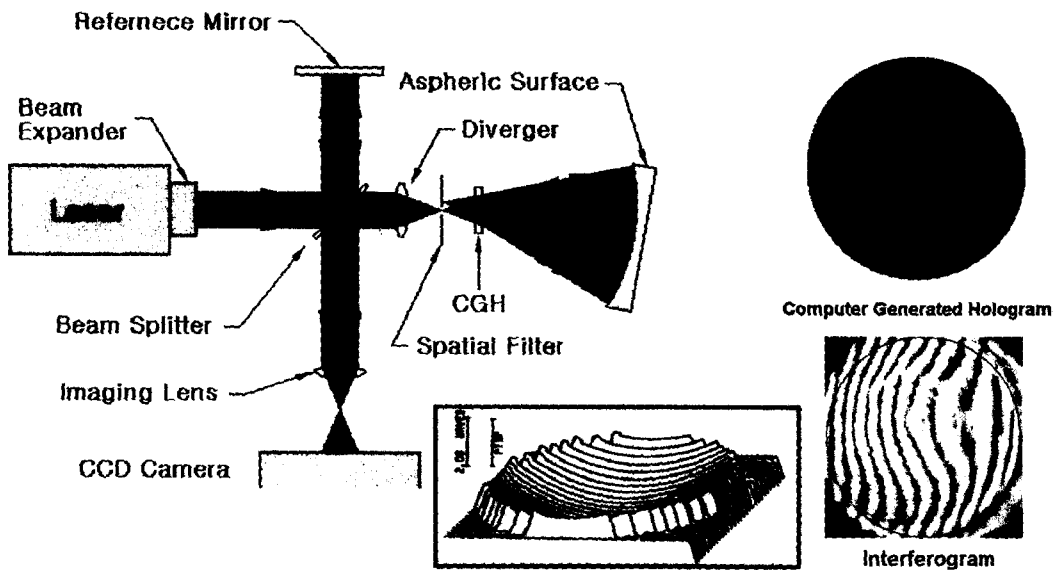


그림 2. CGH를 이용한 비구면 형상측정