

# 비구면 광학 형상 측정을 위한 구역별 주사 방법

## Zonal scanning optical figure metrology for large aspheric surfaces

박상련, 김학용\*, 김승우\*\*

한국과학기술원 기계공학과 BUPE연구단  
ng2842@kaist.ac.kr

렌즈는 표면의 형상에 따라 구면 렌즈와 비구면 렌즈로 나누어진다. 구면 렌즈는 렌즈의 표면이 구면 또는 평면으로만 구성되어 있는 반면 비구면 렌즈는 한 면 이상이 비구면으로 구성되어 있다. 구면 렌즈는 생산과 성능 평가가 쉽다는 장점이 있는 반면 여러 종류의 수차들을 포함한다. 따라서 구면 렌즈의 수차를 교정하기 위하여 여러 개의 구면 렌즈를 조합한 복합구조를 형성하여야 하므로 광학 시스템의 부피가 커지고 무게를 증가시키게 된다. 제품의 소형화와 경량화를 만족시키기 위해선 여러 개의 구면 렌즈군을 하나의 비구면 렌즈로 대체 시킴으로써 수차도 줄일 수 있고 광학계의 무게와 부피를 대폭 감소시키며 원가를 절감하는 효과를 얻을 수 있다. 이러한 비구면 렌즈는 다이아몬드 선삭 가공과 같은 초정밀가공기의 개발에 의한 정밀 금형 가공기술의 발달과 사출 성형기술의 발달로 인해 대량생산이 가능하게 되었다. 비구면 금형은 반사율이 매우 높기 때문에 반사형 광학계를 구성하여 비접촉식으로 측정이 가능하다. 따라서 반사형 간섭계를 통해 비구면 금형 코아의 형상을 측정하고, 사출 성형된 비구면 렌즈를 성능 평가 한 후 두 가지를 비교함으로써 금형을 수정하여 원하는 성능을 갖는 비구면 렌즈의 생산을 가능하게 할 수 있다. 일반적으로 표면의 형상 측정에는 크게 두 가지 방법이 있다. 기계적인 접촉식 측정방법과 비접촉식 측정방법이 있다. 접촉식 측정방법은 측정시편의 표면 형상에 훼손을 줄일 수 있어 정밀한 형상에는 부적합하고 넓은 측정을 하기에는 너무 많은 시간이 소요된다. 이에 반해 비접촉식 방식은 이러한 단점을 피할 수 있고 비교적 높은 분해능을 갖는다. 하지만 비접촉식 측정 방법으로 비구면을 측정하기 위해서는 널(null)렌즈나 컴퓨터를 이용한 홀로그램(CGH:Computer Generated Hologram)이 필요한데, 이러한 광학부품은 고가이면서 제작기간도 오래 걸리는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 측정방법의 하나로써 구역별 주사 측정방법을 피조 간섭계를 이용하여 비구면 측정에 관한 연구를 하고자 한다.

그림 1은 비구면을 측정하기 위해 구역별 주사 방법에 의한 피조 간섭계 실험장치 개략도를 보여주고 있다.

비구면 형상을 측정하기 위해서 필요한 널렌즈 대신, 시편을 정밀구동 스테이지에 장착해 이송하는 방식<sup>(1,2)</sup>으로 측정할 수 있다. 이러한 구역별 주사 측정방법을 위해선 Nyquist Criteria<sup>(2)</sup>를 만족해야 하는데, 이 조건은 적어도 한 개의 간섭무늬 주기 당 2 개의 CCD pixels 이 필요하다. 그래서 이 조건을 충분히 만족시키기 위해서 적어도 한 개의 간섭무늬 주기 당 4 개의 CCD pixels로 잡았다. 시편의 이송간격은 시편의 설계치에 의해 결정되며, 실험에 사용된 시편의 설계치는 직경 50mm, 곡률반경 200mm, 원뿔상수  $K=-2$ 이다.

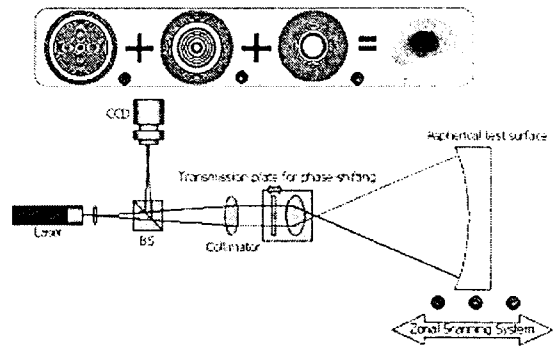


그림 1. 구역별 주사 방식에 의한 피조 간섭계의 개략도

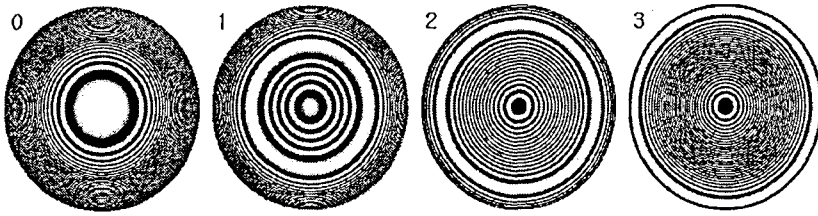


그림 2. (a) 이송에 따른 간섭무늬 (컴퓨터 모의 실험)

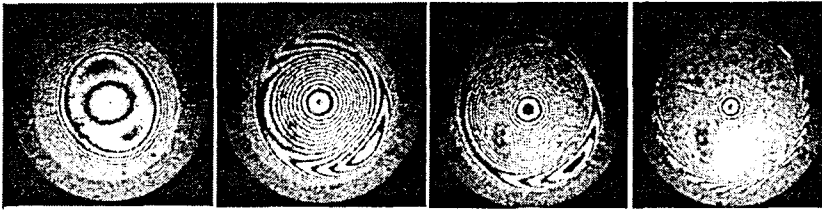


그림 2. (b) 이송에 따른 간섭무늬 (실제 측정)

해 널렌즈 사용해 측정 결과를 비교해 보았다.

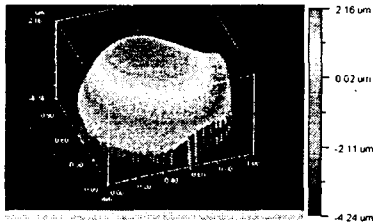


그림 3. (a) 널렌즈를 이용한 측정결과

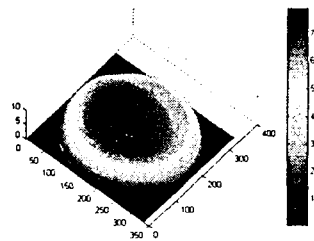
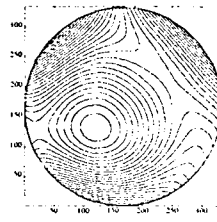
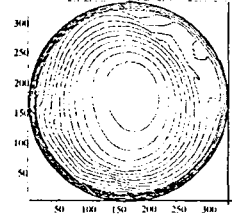


그림 3. (b) 구역별 주사 방식에 의한 측정결과



FA

그림 3 (a)과 같이 비구면 측정에 있어 널렌즈를 사용하여 측정한 결과를 보면  $PV=6.40 \mu m$  이고, 그림 3(b)와 같이 구역별 주사 방식에 의한 측정 결과는  $PV=7.69 \mu m$  이다. 널 렌즈를 사용하여 측정한 결과를 기준으로 보았을 때 구역별 주사 방식에 의한 측정 결과가 조금 더 많은 오차를 포함하는 원인에는 이송에 따른 오차가 포함됐을 거라 생각한다. 이러한 이송에 따른 오차를 제거하여 결과를 구한다면, 더 좋은 결과를 기대할 수 있다.

참고문헌

1. Mauro Melozzi, "Testing aspheric surfaces using mutiple annular interferometer," Optical Engineering, Vol.32, No.5, (1993).
2. Kuhel, "Method of examing an optical component," U.S.patent 5,004,346(April 2,1991).
3. Daniel Malacara, Optical shop Testing 2nd ed, John Wiley Sons, Inc. (1992).