

< 기술논문 >

대구경 렌즈의 형상 측정을 위한 Fizeau 간섭계 시스템 개발

배광환* · 이응석* · 이기암* · 김옥현*
(2006년 8월 14일 접수, 2006년 10월 31일 심사완료)

Development of a Fizeau Interferometer System for Measuring the Profile of Large Optical Lens

Eung-Suk Lee, Kwang-Hwan Bae, Ki-Am Lee and Ok-Hyun Kim

Key Words: Fizeau Interferometer(피조 간섭계), Large Optics(대구경 렌즈), OMM(On Machine Measurement), Profile Measurement(형상측정)

Abstract

Fizeau interferometer is well known optical instrument for measuring the lens profile accurately. The object of this study is focused on the design and optical measuring techniques for large optical components, such as a reflection mirror for astronomical purpose. Measuring of large optical lens, the object could not be moved as small one but the measuring instrument must be moved for the alignment, because of the geometric conditions and the accuracy of the stage. Therefore, a five axis stage is designed to align the Interferometer instead of the measuring object. This instrument will be used for an on machine measuring system in polishing machine for large optical lens.

1. 연구배경

최근에는 대형 광학 부품의 사용이 증가하고 있으며, 대형 광학 부품은 소형 광학 부품과 측정 방법이 다르기 때문에 그에 따른 측정 시스템이 필요하다. 소형 광학 부품은 측정에 있어서 광학 부품을 이송하여 정렬하는데 비해 대형 광학 부품 측정은 측정기를 이송시켜 정렬해야 하는 점이 다르다. 이러한 방법은 측정 장비의 전체 시스템이 대형화되기 때문에 상용 제품화가 어렵다. 따라서 기술 선진국의 광학 업체들은 자체적으로 대형 광학 부품을 측정할 수 있는 시스템을 개발하여 사용하고 있으나 공개를 꺼리고 있다. 국내에서도 한국표준과학연구원 등에서 수행되는 대형반사경 제작 및 검사기술은 대외비밀 등으로 일반인에게는 잘 알려져 있지 않다. 측정

장비의 개발에 있어서 필요한 것은 정밀한 광학 부품의 수급과 측정기의 정렬부분에 따른 노하우이다. 정밀도가 높은 광학부품은 고가이고, 측정기 제작에 따른 기술은 대부분의 기술 선진국에서 국가보호 산업으로 지정하여 기술의 공개와 노출을 거리기 때문에 습득이 어렵다. 선진국의 기술 전수가 어려운 상황에서 기술 개발을 미루고 외국의 고가의 장비를 구입하여 사용하는데 한계가 있기 때문에 공개된 이론을 바탕으로 시행 오차를 통해 제작에 따른 노하우를 직접 습득하며 제작해볼 필요가 있다.

본 연구에서는 대구경 오목 반사경 측정을 위한 간섭계 설계에 있어서 표면 측정에 적합하며 구성 부품이 간단하고 정렬이 쉬운 Fizeau 간섭계 방식을 선택하여 설계하여 제작하였으며, 제작된 간섭계를 이용하여 다양한 구경을 측정하기 위해 정렬하는데 필요한 정렬 스테이지를 병행하여 설계 하였다. 본 연구는 광학회사에 필요한 현장용 곡물 측정장치를 포함하는 타워형 대구경 간섭계

† 책임저자, 회원, 충북대학교 기계공학부
E-mail : ohkim@cbn.ac.kr
Tel : (043)261-2447

* 충북대학교 대학원 기계공학부

의 구성 및 제작 가능성에 대하여 연구되었으며 일반 실험실용의 피측정물 조정방식과는 달리, 타워형 간섭계의 특징인 간섭계 자체를 조정하는 것을 목적으로 하였다.

2. 대구경용 간섭계 설계 및 제작

2.1 Fizeau 간섭계 설계

Fizeau 간섭계는 일반적인 구조로 구매되는 광학부품을 고려하여 Fig. 1과 같이 크기로 하였으며, 시준기(Collimator) Zemax s/w를 사용하여 설계하고 국내에서 렌즈를 포함하여 제작하였다. 일반적으로 구면 수차 등을 없애기 위하여 시준기는 여러 장의 렌즈를 사용하고, 제작된 시준기는 모두 3장의 렌즈로 구성되어 있으며 시준기의 자세한 사양은 Table 1과 Fig. 2에 나타내었다. Semi-Diameter 항목은 유효 구경으로 직경 100mm를 기준으로 설계되었으며, 표시된 것은 유효구경의 절반(반경)이다. 제작을 고려하면 이보다는 충분히 크게 하여 경통과의 조립이 가능하도록 해야 하며 또한 렌즈 가공의 특성상 에지 부분에서 성능이 급격히 떨어지는 것을 감안하여 크게 한다.

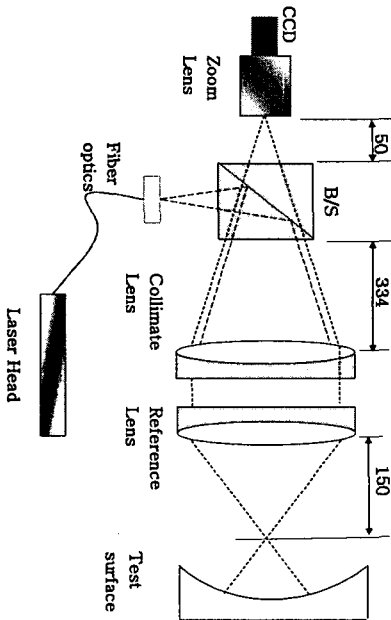


Fig. 1 Fizeau interferometer design

2.2 광부품 정렬

Step 1. 시준기 정렬

간섭계를 구성하는데 있어서 제일 먼저 광원에 서 나오는 구면파의 빛을 평행광으로 만들어주는 것이다. 평행광은 광파이버 케이블에서 출력되는 빔이 점광원에서 나오는 구면파이므로 이것을 시준기의 초점에 위치시키는 것을 말한다. 파이버에서 출력되는 구면파를 시준기를 사용하여 평행광으로 만들게 되는데, 시준기를 레이저가 출사되는 위치에서 시준기의 초점거리만큼 떨어진 곳에 위치시킨다. 이것을 확인하는 방법은 평면거울을 이용하여 빔을 돌려보내어 반사된 빛의 초점 위치를 출사되는 곳으로 일치시키면 된다. 이때 초점의 크기가 가장 작고 밝게 빛나는 정도를 확인하면 비교적 쉽게 알 수 있다. 이렇게 하면 대략적인 평행광을 얻을 수 있고, 다음부터는 간섭무늬를 확인해서 분석을 해야 평행광 정도를 알 수 있다. Fig. 3과 같이 시준기를 고정하고, 5축 스테이지에 광파이버 케이블을 부착한 다음 초점에 위치시킨다. 평행광이 잘 되었는지는 비틀림(Shear) 간섭무늬를 보는 방법이 있다. Fig. 4와 같이 평면 렌즈를 시준기 앞에 두고 약간 기울여 보면 투과된 빔과 반사된 빔이 중첩되는데,

Table 1 Specification of Collimator

Surface (R#)	Com ment	Radius (mm)	Thickness (mm)	Glass material	Semi-Diameter (mm)
1	L1	239.302	30	BACD15	57.5
2		-313.698	6		
3	L2	-302.360	15	FD140	55
4		-721.442	3.4		
5	L3	-409.478	15	FD140	55
6		-574.117			

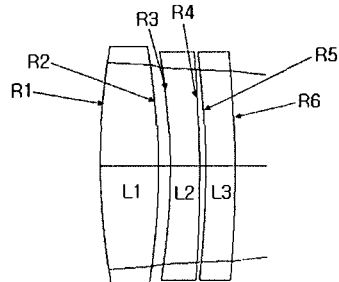


Fig. 2 Collimator design

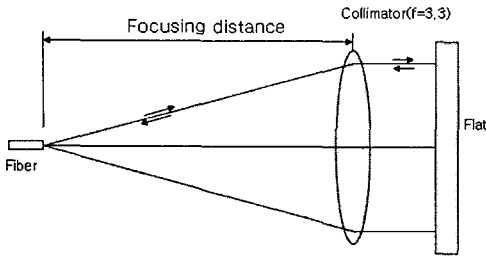


Fig. 3 Collimator focusing for parallel beam

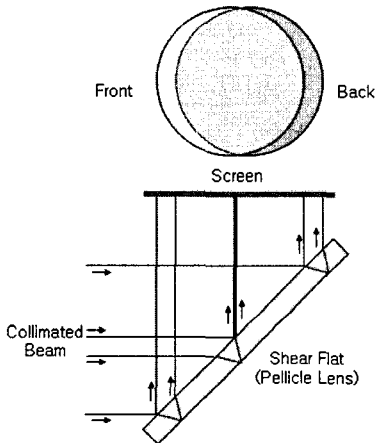


Fig. 4 Collimation beam shear using a Pellicle lens

이 중첩된 빔 사이에 간섭이 발생되고 간섭무늬 (Null Fringe)를 얻을 수 있다. 이때 간섭무늬를 확인하기 위하여 2" Pellicle 빔 스플리터를 사용한다. 간섭무늬의 수가 적을수록 평행광이 잘된 것으로 Fig. 5에 간섭 무늬를 최소로 하기 위한 과정을 나타내었다. 본 연구에서는 Fig. 5(c)와 같이 최소화 된 간섭무늬를 얻었다. 이렇게 얻은 간섭무늬를 분석해보면 정량적으로 평행광 정도를 알 수 있다. 이때 주의해야 할 점은 광파이버 케이블을 5축 스테이지에 고정하는데 있어서 5축 스테이지의 광출력단과 케이블 연결간의 거리가 길어져 빛이 케이블 연결 끝단에 빛이 닿아 출력되는 빛이 원형을 이루지 못하는 현상이 생기지 않도록 해야 한다. 2" Pellicle 빔 스플리터를 이용하여 간섭 무늬를 얻는 방법은 층 밀림(Lateral Shear) 간섭계 방법을 적용한 것으로, 얻은 Interferogram을 분석하여 평행광 성능을 평가할 수 있다.⁽⁵⁾ 간섭무늬를 얻고자 사용하는 Shear Interferogram 방법은 광원과 시준기사이의 거리를

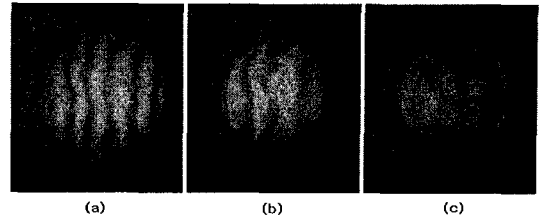


Fig. 5 Null fringe inspection steps for adjusting Collimator

미세하게 조정하여 간섭무늬의 수가 최소가 되도록 한다. 다만 간섭무늬 자체가 희미하고 가늘면 그것이 진짜 비틀림에 의한 간섭무늬인지 아니면 일부 광학부품 사이에서의 원하지 않는 간섭무늬 (Ghost Fringe)인지 확인할 필요가 있다. 만약, 광원과 시준기의 간격을 이동하였음에도 간섭무늬의 간격이 변하지 않는다면 Ghost Fringe라고 볼 수 있다. 이런 경우에는 시준기의 초점을 일치시키는 과정부터 수정해줄 필요가 있다. 시준기가 기울어져 있거나 광원과 시준기가 하나의 축 상에 일치하지 않을 수 있으므로 정렬을 수정하여 실험한다.

Step 2. 기준면 정렬하기

시준기 렌즈의 초점 정렬하는 과정이 끝나면 기준렌즈를 정렬하는 과정에 들어간다. 기준 렌즈의 정렬은 시준기 렌즈의 정렬과 마찬가지로 빔을 반사시켜 정렬한다. 시준기 렌즈를 통과한 빔은 평행광으로 나오게 되는데, 이것을 기준 평면을 사용하여 일부를 광원으로 되돌려 보낸다. 기준렌즈에서 반사된 빔이 시준기 렌즈를 통과하면 초점이 생기게 되는데 이것이 빔스플리터에서 두개로 나뉘어 하나는 광원 쪽으로, 다른 하나는 통과하여 카메라 쪽으로 가게 된다. 이중 광원 쪽으로 가게되는 초점을 광원과 일치하도록 맞춘다. 이것이 잘 되면 기준렌즈 정렬이 끝나게 된다.⁽⁵⁾

Step 3. 측정물체 정렬

기준 렌즈의 정렬이 끝나면 설치 작업이 끝난 간섭계를 테스트하는 과정이 필요하다. 기준렌즈를 통과하여 나오는 빔에 측정용 렌즈를 놓는다. 그러면 이 측정용 반사경에서 반사된 빔이 기준 렌즈→콜리메이션 렌즈→빔스플리터를 통과하여 CCD쪽으로 가게 되는데, 여기서 기준렌즈에서 반사된 빔과 측정용 렌즈(평면 반사경)에서 반사

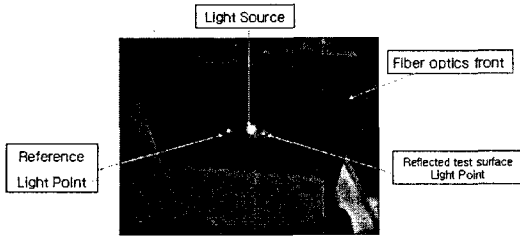


Fig. 6 Alignment for adjusting reference and reflected light point at the test surface

된 빔을 일치시켜(즉, 간섭시켜) 간섭무늬를 얻게 된다. CCD를 통하여 얻어진 이미지를 확인해 가며 얻어진 간섭무늬를 분석하면서 정렬상태를 다시 한번 검토하여 정렬이 완전히 되었는지를 확인하면 간섭계 정렬과정은 마무리된다. Fig. 6에 보면 광원을 중심으로 양쪽에 기준면에서 반사된 기준빔과 측정면에서 반사된 빔의 초점이 있는데, 이 세 개의 초점을 일치시키면 정렬이 끝나고 측정이 가능한 것이다. Fig. 6에서 보면 초점이 약간 퍼져있는데 이는 사진을 찍기 위해 빔 스프리트를 이동시킨 것으로 실제 정렬 작업 때는 더 작고 빛이 밝게 정렬해야 할 것이다.

2.3 5축 스테이지 설계 및 제작

소형 렌즈를 측정하는 경우에는 측정기를 고정시키고 측정물을 이송시켜 간섭무늬를 얻으나, 대구경 반사경의 경우에는 렌즈 자체를 이송시키기 어려우므로 간섭계를 이송시켜 간섭무늬를 얻어내야 한다. 원하는 간섭무늬를 얻어내기 위해 정렬하는 과정은 보통 마이크로미터를 이용하여 수십 μ m 단위의 이송을 하는 미세한 작업이다. 그러므로 5축 스테이지 제작에는 미세조정을 할 수 있게 만들어져야 한다. Fig. 7은 제작된 간섭계 사진이다. 그림에서는 대구경 반사경 측정을 위한 기본 프레임이 설치되지 않아 설치하지 못하고 있어 X-Y축 이송 장치는 설치되지 않았다. Z축 이송 장치만이 설치되어 있는데, Fig. 7에서 왼쪽의 작은 그림은 암나사 역할을 하는 Z축 이송장치이다. 스크류의 회전에 의해 이송되므로 백래쉬가 발생할 수 있다. 따라서 암나사와 스크류의 접촉 면적을 크게하여 백래쉬 값이 최소화 되도록 하였다. Fig. 7의 오른쪽 그림은 각도 조정나사로 3개가 설치되어 있다. 하나는 고정이며 두 개의 나사로 조정하여 각도를 조정할 수 있게

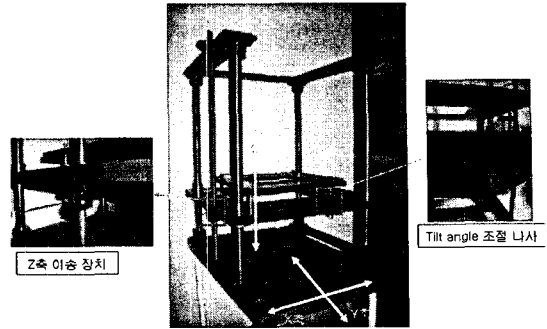


Fig. 7 Assembly manufactured 5 axis-stage

하였다. 실험 시 각도조정이 간섭 무늬를 잡는데 X-Y-Z축 이송보다 큰 역할을 하므로 사용된 5축 stage는 0.5mm 피치 미세조정 나사를 선반에서 가공하여 사용하였으며, 백래쉬로 인하여 간섭계의 조정시 많은 시간이 소요되었다. 향후 이 부분의 개선이 필요할 것으로 보인다.

2.4 곡률 측정기 설계 및 제작

구면 렌즈의 경우 정확한 곡률값으로 가공을 하는 것이 쉽지 않다. 상용 간섭계로 곡률값을 측정할 때는 레이저를 이용하며 레이저의 두 점 거리값이 일치하도록 미세 조정을 통하여 기준렌즈의 초점 위치에 렌즈의 중심부가 일치하게 하는 방법을 사용하고 있다. 측정물의 중앙부가 기준렌즈의 초점에 위치했는지는 모니터에 나타나는 간섭무늬를 이용하여 확인한다. 이때의 위치를 0으로 하여 측정물의 간섭무늬가 나타나는 위치까지의 거리를 곡률 반경으로 사용한다. 대구경 반사경의 경우 이런 방법을 사용할 경우 다양한 곡률 반경을 측정하는데 있어서 간섭계가 수직으로 움직여야 하는 어려움이 있다. 간섭계가 공중에서 수직으로 움직이려면 모터가 필요한데, 모터를 이용한 이송장치로 사람 손으로 조작하는 정도의 정밀도를 만들어내기 위해서는 엄청난 추가적인 비용이 필요하다. 본 연구에서는 레이저 거리 측정기(분해능 0.1mm, Time of Flight, Beam dia 2mm)를 이용하여 곡률 반경을 측정 할 수 있는 장치를 제작하였다. 제작된 곡률 측정기를 간섭계가 스테이지에 부착되는 판에 부착하여 측정물의 대략적인 중심점을 잡는다. 대략적인 중심점은 렌즈가공 시 입력한 곡률 반경 값을 알고

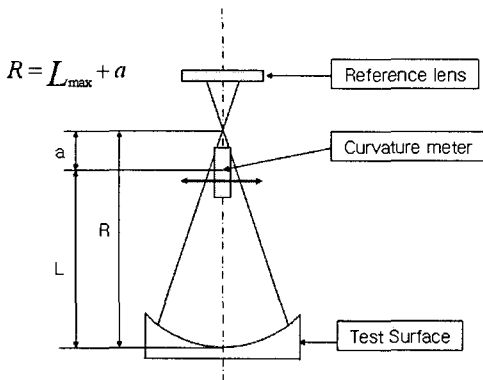


Fig. 8 Curvature meter set-up

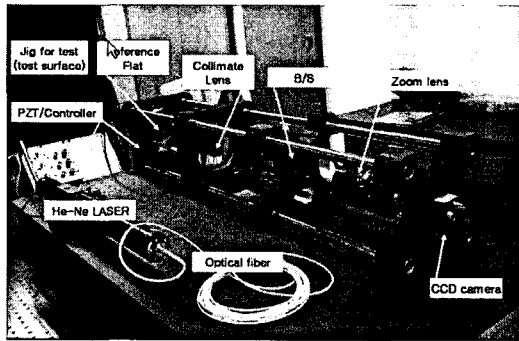


Fig. 9 Assembled Fizeau interferometer with a reference as transmission flat

이므로 그 값이 유사하게 나오는 점을 잡으면 된다. 이렇게 되면 간섭계를 사용할 때 간섭무늬를 얻기 위한 초점 잡기가 한결 쉬워진다. 간섭무늬를 얻기 위해 미세 조정을 하여 간섭무늬를 확인하면 그때의 위치가 중심점이 되는 것이다. 측정을 위해 탈착된 거리 측정기를 다시 부착하여 거리값을 확인하면 된다. 거리값 확인은 Fig. 8과 같이 스테이지에서 한축을 이동시켜 측정물의 중심선을 지나며 여러 점의 값을 측정하여 값을 비교한다.

3. 간섭계를 이용한 렌즈 측정

3.1 평면 렌즈 측정

평면 측정용 간섭계는 피조 간섭계의 기본 개념을 토대로 모델링하여 제작되었다. 평면 측정 간섭계는 본 연구의 목적인 대구경 반사경 측정

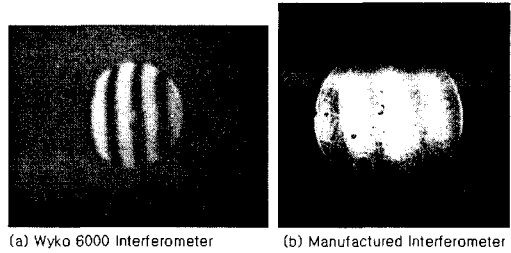


Fig. 10 Compared flat lens image (test1)

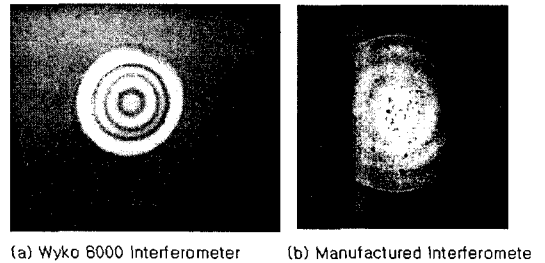


Fig. 11 Compared flat lens image (test2)

에 앞서 구면 측정 간섭계에서 사용될 광학 부품의 종합적인 성능 테스트를 목표로 제작되었다. 실험은 본 연구에서 제작된 간섭계(Fig. 9)를 통해 얻은 이미지와 상용 제품 간섭계인 Wyko6000를 통해 얻은 이미지를 비교하였다. 평면 측정 간섭계는 기준렌즈의 크기에 따라 측정할 수 있는 측정물의 크기가 정해져있다. 실험에 사용된 기준렌즈는 국내에서 제작된 것으로 가공업체측의 자체 측정 정밀도는 $1/10 \lambda$ 이다. Wyko6000을 사용하여 측정물을 측정할 때도 제작된 간섭계와 비교하기 위해 기준면 정밀도를 $1/10 \lambda$ 로 동일하여 실험하였다. 실험에 사용한 측정물은 직경이 50mm인 렌즈를 두 종류 사용하였다.(test 1,2) Wyko6000 간섭계를 통해 간섭 무늬 얻을 때 사용한 평면 반사경으로 색상이 검은 색을 띄는 것은 반사율을 좋게 하기위해 코팅처리한 것이며, Fig. 11은 반사율을 위해 코팅처리를 하지 않은 것이다. 평면 렌즈 측정 실험에서는 가간섭 거리를 벗어나지 않는 범위에서는 렌즈와 기준면의 거리가 중요하지 않으나 실험 데이터 비교를 위해 동일 거리 값에 두고 실험을 하였다. 평면 렌즈의 실험을 통해 얻어진 간섭무늬의 형태를 비교하여 사용된 광학부품의 신뢰도와, 설계된 간섭계의 장단점을 파악하고자 하였다. 제작된 간섭계 이미지를 보면 상용제품보다 흐린 것으로

나타나며, 이것은 Wyco간섭계는 아날로그 모니터를 사용한 반면 본 연구에서는 사용된 CCD의 해상도 차이로 보인다. 또한 반사면에서 반사되어 들어온 빛이 CCD로 들어오는 과정에 광원 앞의 빔 스프리트에서 분할되기 때문에 CCD에서 받아들이는 이미지에 광원에서 나오는 강한 빛이 함께 얻어진 것으로 보인다.

3.2 구면 렌즈 측정

구면 측정 간섭계는 평면 측정용으로 제작된 간섭계를 기본으로 하여 기존의 장치가 가졌던 단점을 보완하여 제작하였다. 평면 측정용 간섭계에서 광학 부품들의 초점을 맞추는데 있어서 하나의 광학 부품의 초점을 맞추고 다른 광학 부품의 초점을 고정시키려고 하면 광학 부품이 가이드에 고정된 것이 아니기 때문에 다시 초점이 맞지 않는다는 점이 단점으로 지적되었다. 이러한 단점 보완하기 위해 광학부품을 부품별로 고정시켰다. 또한 기존의 평면 측정용 간섭계가 노출된 구조이므로 바람 및 진동 등의 주변 환경으로부터 영향을 많이 받는 점을 감안하여 케이스를 제작하여 바람의 영향을 최소화하고 간섭계 자체의 질량을 증가시키므로 작은 진동에 흔들림이 적어지도록 하였다. 그리고 기존 장치에는 광원을 고정하여 사용하였는데, 고정 장치의 가공이 잘못되었을 경우 및 광축에 대해 일치되지 않을 경우 조정이 불가능하였다. 따라서 광축에 대해 미세 조정이 가능한 장치(Fig. 12)를 구성하였다. 또한 시준기와 기준렌즈를 각을 조정할 수 있는 장치를 제작하여 광축에 따라 부품을 조정할 수 있게 하였다. 또한 빔 스프리트와 광파이버 연결을 한개의 베이스에 고정하여 시준기의 초점을 잡을 때 X-Y 2축 거리 조정이 아닌 1축 거리만을 조정하게 하여 작업이 쉽게 이루어지도록 하였다.

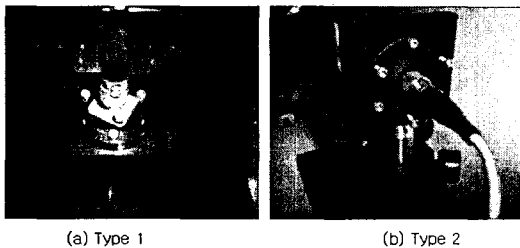


Fig. 12 Compared fiber optics connector

록 하였다. 이렇게 하면 시준기의 전체 초점 거리에서 빔 스프리트와 광원과의 거리가 고정되어 시준기의 마지막 렌즈에서 빔 스프리트와의 거리만 조절하면 된다. 간섭계의 정렬과 제작은 평면 실험에 사용한 간섭계의 부품을 이용하였으며, 기준면만 평면에서 구면으로 교체하였다. 제작된 2차 간섭계가 Fig. 13이다.

실험에 사용한 측정물로 곡률반경이 254mm이고, 크기가 $\phi 100\text{mm}$ 인 오목렌즈이다. 상용 제품인 Wyko6000 간섭계와 본 연구에서 제작된 간섭계로 얻은 이미지는 Fig. 14에 나타내었다. 중앙 부근에 휨이 나타나는 간섭무늬가 비슷하게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 무늬 형태가 비슷하면 서로 차이가 나는 것은 측정 당시의 환경이 차이가 나기 때문이다. Wyko6000으로 측정했을 당시의 온도는 12°C 내외였으며, 제작된 간섭계로 측정할 당시의 온도는 20°C 내외의 8°C 정도의 차이가 있었다. 따라서 간섭계의 열변형으로 약간의 차이가 있는 것으로 보인다. 또한 간섭 무늬의 수를 보면 Wyko6000으로 측정한 이미지는 7

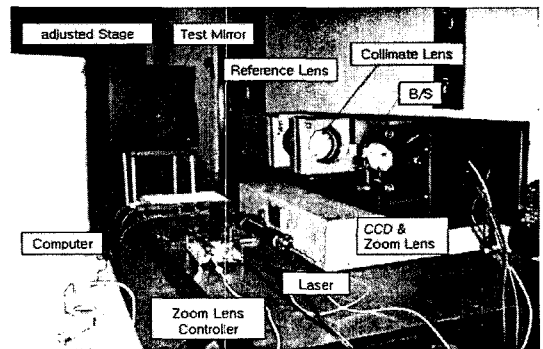


Fig. 13 Assembled Fizeau interferometer with reference as transmission sphere

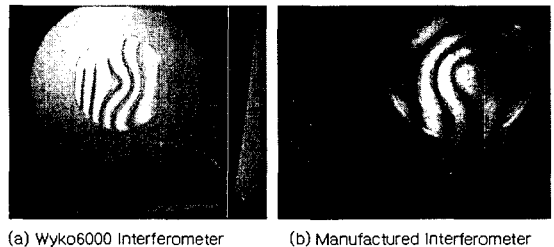


Fig. 14 Compared concave lens image ($R=254\text{mm}$)

줄의 무늬가 있고, 제작된 간섭계는 6줄의 간섭 무늬가 있다. 간섭 무늬가 적다는 것은 더 정밀하게 렌즈가 정렬되었다는 의미이다.

3.3 대구경 오목 렌즈 측정

대구경 렌즈 측정은 Fig. 15와 같이 Fizeau 간섭계와 스테이지를 설치할 수 있는 프레임을 설치하여 실험하였다. 실험에 사용된 대구경 오목 렌즈로 직경 600mm이고 곡률 반경이 3055mm이며 렌즈 가공의 마무리 단계인 렌즈 연마와 사용 용도에 적합하도록 하는 코팅이 이뤄지지 않은 렌즈이다. Fig. 16은 측정을 위해 프레임에 설치한 스테이지와 Fizeau 간섭계 모습으로, 대구경 렌즈의 측정이 측정 대상물을 이송시켜 간섭무늬를 얻는 방법이 아니기 때문에 측정 장치를 이송시킬 수 있도록 제작되었다.

Fig. 17은 측정기 상부에서 찍은 사진이며 대구경 렌즈의 곡률반경이 3055mm이기 때문에, 스테이지와 간섭계가 구성되어 위치는 바닥에서 3m 이상의 높이이다. 측정자가 간섭계와 스테이지가 설치되어 있는 프레임에 올라가서 측정하게 되면 진동이 발생하므로, 프레임과 독립적으로 설치되어 있는 위치에서 측정기를 조정한다. Fig. 18은 측정하여 얻은 대구경 반사경 렌즈의 간섭무늬이다. 아직 가공이 끝나지 않은 렌즈이기 때문에 무늬의 수가 많으며, 코팅 작업이 되지 않았기 때문에 반사율이 좋지 않아 간섭 무늬가 선명하게 나오지 않았다. 또한 간섭 무늬의 수와 형상을 볼 때 측정면이 아직 완벽한 구면 형상을

이루지 못하고 있음을 알 수 있다. 측정된 간섭 무늬가 많은 것은 가공이 완성되지 않은 요인이 외에도 간섭계의 정렬문제에서도 발생할 수 있다. 지금까지의 실험이 가로로 놓인 상황에서의 측정이었던 반면 대구경 렌즈 측정은 간섭계를 세로로 설치하여 정렬에 문제가 발생할 수 있다. 이것은 측정기를 프레임으로 올리는 작업등에서 오는 충격으로 정렬이 변할 수 있다. 실제로 간섭 무늬의 사진을 보면 한쪽면은 간섭 무늬가 보이는데 반대쪽은 간섭 무늬가 보이지 않음을 볼

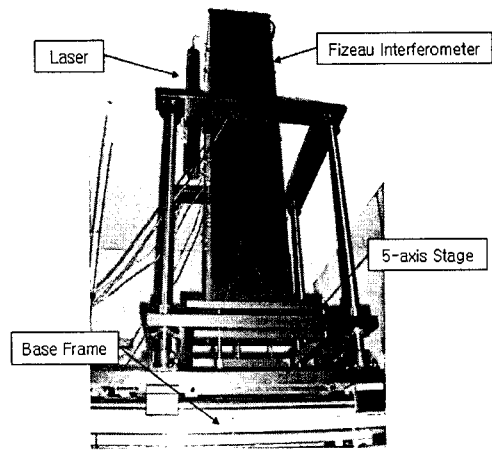


Fig. 16 Assembled Fizeau interferometer for the 5 axis frame

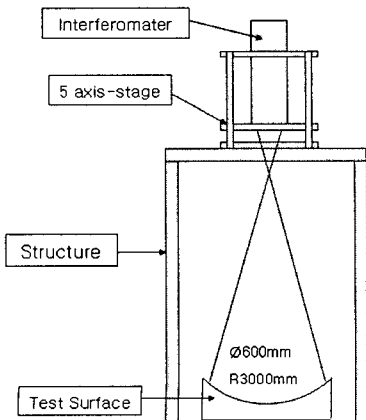


Fig. 15 Measuring frame for an large concave mirror

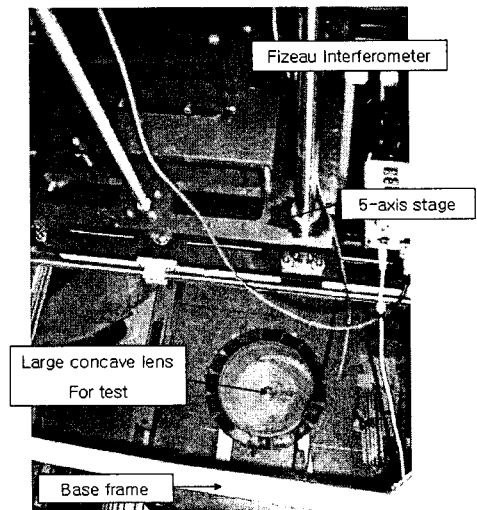


Fig. 17 Picture from the top of the measuring frame with the large concave lens



Fig. 18 Fringe of the measured large concave lens

수 있다. 이것은 빔 스프리트에서 CCD로 향하는 각이 변화되면 나타나는 현상으로 보인다. 또한 주변 온도에 따라서도 측정된 간섭 무늬가 변하므로 측정 당시의 실험실 온도가 10°C 이하였던 점을 감안하면 더 좋은 무늬를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

3.4 간섭계의 수정 및 보완

현재의 장비에서는 광원에서 나온 빛과 측정면에서 반사되어 들어온 빛이 하나의 빔 스프리트를 지나게 된다. 이때 측정면에서 반사되어 들어온 빛은 광원에서 나온 빛에 비해 약하게 되어 CCD에서 이미지를 얻을 때 간섭무늬가 잘 보이지 않게 된다. 이러한 문제는 상용 간섭계 제품에서 사용하는 빔 스프리트를 두 개 사용하여 하나는 광원에서 나오는 빛을 분할하는 빔 스프리트로, 나머지 하나는 측정면에서 반사되어 들어오는 빛을 분할하는 기능의 빔 스프리트로 사용하면 될 것으로 보인다.⁽⁶⁾ 대구경 렌즈를 측정하기 위해서는 간섭계의 광학부품이 커지게 된다. 이러한 점은 바로 질량의 문제로 나타나는데 간섭계 자체 무게가 증가하게 되면 주변 온도에 의한 열변형량이 크게 되며 또한 자중에 의한 처짐이 발생할 수 있다. 측정 정밀도를 저하시키는 주요한 요소는 항온환경이며, 본 실험 장치는 항온 시설이 미비한 곳에서 측정되었다. 간섭 무늬사이에 물결치는 듯한 밝은 무늬는 주변에 사람이 지나가면서 발생한 체온에 의해 현상으로 보인다. 대형 장치 주위를 모두 항온환경으로 구

성하기는 어려우므로 한가지 쉬운 방법은 열 및 주변 물체의 이동에 따라 발생하는 바람의 영향을 받지 않도록 측정 장비와 측정물 사이를 커튼 등으로 차단하는 것이 한가지 방법이다.

4. 결 론

본 연구에서는 대구경 반사경 렌즈 측정을 위한 Fizeau 간섭계 설계와 대형 간섭계를 정렬할 수 있는 5축 스테이지를 제작하였다. 고가의 상업용 간섭계와 비교하여 광학계 부품 구성을 통해 제작된 대구경 반사경 측정용 Fizeau 간섭계 구성이 가능함을 확인하였다. 대구경 렌즈의 조정이 불가능한 경우 대형 간섭계의 정밀한 조정을 위한 5축 스테이지 제작이 필수적이다. 간섭계의 구성에 가장 먼저 해야 할 작업은 시준기 정렬이며 이것은 다른 광학계의 정렬 기준면이 된다. 대형 간섭계 장치로 인한 열변형 및 처짐 등을 최소화하기 위하여 간섭계 무게를 줄이는 경량화 설계가 요구될 것으로 보이며, 항온을 위한 간단한 방법으로는 공기 흐름을 차단하는 방법이 추천된다. 본 연구는 광학회사에 필요한 곡률 측정장치를 포함하는 현장용 타워형 대구경 간섭계의 구성 및 제작 가능성에 대하여 연구되었으며 정량적인 비교수치, 간섭무늬의 해상도, 장치의 신뢰도 등에 대한 추가 개선이 필요하다.

후 기

이 논문은 2005년도 충북대학교 학술연구지원 사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- (1) Daniel Malacara-Hernandez and Daniel Malacara-Doblado, 1999, "Testing of Aspheric Wavefronts," *Fabrication and Testing of Aspheres*, Optical Society of America, pp. 74~85.
- (2) David Williamson, Robert Kestner and Daniel Bajuk, 1999, "Asphere in Microlithography," *Fabrication and Testing of Aspheres*, Optical Society of America, pp. 8~16.
- (3) Eugene Hecht, 2002, *Optics*, Addison Wesley

- Long- man Inc.
- (4) Song J. B., 2004, "Phase Shift Shear Interferometer Using a Wedge Plate," KAIST, PhD Thesis, pp. 15~23.
- (5) Kim D. H., 2004, "Profile Measurement and Stabilization Using Laser Interferometer," Chousun University, MSc Thesis, pp. 22~30.
- (6) Kim H. Y., 2001, "Accuracy Improvement of Fizeau Interferometer," KAIST, MSc Thesis, pp. 7~13.