《연구논문》 Hankook Kwanghak Hoeji Volume 8, Number 3, June 1997
(Journal of the Optical Society of Korea - Korean Edition)

생산 라인에서의 광 Pick-up용 비구면 대물 렌즈 측정을 위한 안정된 층밀리기 간섭계

조 우 종
삼성전자 기반기술 센타

김병창 · 김승우
한국과학기술원 기계공학과

(1997년 3월 7일 받음)

광 pick-up용 비구면 대물 렌즈는 컴퓨터와 멀티미디어 기기 등의 발달로 수요가 급증하고 있으며 사출성형에 의하여 대량 생산되고 있다. 광 pick-up용 비구면 대물 렌즈의 생산성 향상을 위해서는 생산공정중의 전수검사를 요구하며 이는 측정환경에 강인한 측정기를 필요로 하고 있다. 본 연구에서는 생산공정중에 광 pick-up용 비구면 대물 렌즈를 측정할 수 있는 개선된 층밀리기 간섭계를 제안하고자 한다. 본 층밀리기 간섭계는 3개의 직각 프리즘과 1개의 광분할 코팅된 프리즘으로 구성되며 index matching oil에 의하여 상대이동이 가능하도록 조합되어 있다. 간섭무늬를 정확히 분석하기 위한 위상천이와 층밀림량의 조절은 프리즘 간의 상대 이동에 의하여 가능하며 이를 위한 구동 기구부를 제작하였다. 또한, 본 연구에서는 반복연산에 의한 일반 알고리즘을 도입하여 위상천이 시에 발생하는 index matching oil의 유막 두께변화에 의한 기준위상 오차를 보상하였다. 광 pick-up용 비구면 대물 렌즈의 수차량을 정량적으로 산출하기 위하여 Zernike 다항식 맞춤을 수행하였다. 본 간섭계는 측정환경에 매우 강인하며 방진과 밀폐가 없는 열악한 측정환경하에서 반복측정을 수행하였을 때 λ/100 이하의 반복능을 얻었다.

I. 서 론

최근에 레이저와 광 응용 기술의 적용분야가 급속히 확대되면서 비구면 렌즈의 적용분야가 비약적으로 넓어지고 있다. 특히, 디지탈 데이터 기록 매체와 멀티 미디어의 발달 및 DVD의 개발로 광 pick-up용의 비구면 대물 렌즈의 수요가 급증하고 있다.

비구면 렌즈는 수차가 적으므로 여러 개의 구면 렌즈를 하나의 비구면 렌즈로 대치시킴으로서 광학계의 무게와 부피를 대폭 감소시키며 원가를 절감시키는 등의 장점을 갖는다. 따라서 비구면 렌즈의 대량 생산 기술과 성능 측정기술이 요구되고 있다.[1] 최근에 새로운 고분자 수지의 개발과 다이아몬드 선삭 가공 및 정밀 사출성형 기술이 발달하면서 비구면 렌즈의 대량 생산이 가능하게 되었다. 그러나 비구면 렌즈는 기하학적 형상이 복잡하고 구경에 비하여 두께가 두꺼우므로 사출성형시에 고분자 수지의 유동과 냉각 상태에 따라 형상오차가 유발된다. 따라서 사출성형에 의하여 대량 생산된 비구면 렌즈를 생산 공정 중에서 전수검사를 수행하는 방법(in-line측정 기술)에 대한 요구가 시급하게 대두되고 있다.

사출성형에 의하여 대량 생산된 비구면 렌즈는 정밀 광학제품에 사용되므로 광학적으로 우수한 성능을 가져야 한다. 결함이 있는 비구면 렌즈를 사용할 경우에는 제작된 제품의 오동작과 고장을 유발하여 생산성을 저하시킨다.

광 Pick-up용의 경우에는 비구면 대물 렌즈를 보이스 코일에 장착하여 전체 광학계를 구성한 후에 컴팩트 디스크를 장착하여 구동시킴으로서 제품의 결함 여부를 판정하여 전체 광Pick-up제품의 불량품을 구분한다. 이 방법은 비구면 렌즈 자체의 결함 외에도 구동 시스템의 불량, 조립 오차 및 렌즈 장착 오차 등이 복합적으로 작용하여 최종 광Pick-up제품의 성능 판정에 영향을 미치게 된다. 따라서 비구면 렌즈의 결함이 장착 전에 판별된다면 양질의 비구면 렌즈만을 조립에 사용하여 최종 Pick-up제품의 불량율을 줄일 수 있으며 또한 사출조건 및 금형을 수정하여 비구면 렌즈의 결함자체도 제거할 수 있다. 이를 위하여 사출성형된 비구면 렌즈의 양/불을 판정하는 in-line측정기술이 요구되고 있다. 특히, 비구면 렌즈의 in-line측정에서는 빠른 측정 속도와 함께 기계적 진동이나 공기의 유동, 오염 등의 측정환경의 영향을 최소화 하는 안정된 측정기를 필요로 한다. 현재로는 이런 조건을 만족하는 in-line용 비구면 측정기 개발을 시도하고는 있지만 상용화된 것은 없는 실정이다.

기존에 렌즈 측정에 사용되는 간섭계로는 레이저 간섭계(laser heterodyne interferometer), 광위상 간섭계(phase-shifting interferometer), null 측정(null test), 피조 간섭계(Fizeau interefrometer), 뉴톤 환(Newton ring), 층밀리기 간섭계(lateral shearing interferometer)등이 있다.[1-6]

레이저 간섭계 및 광위상간섭법과 표면 형상측정기 등은 높은 측정 분해능(약 1.25 nm)을 갖지만 경사진 면의 측정과 무반사 코팅된 렌즈의 측정이 어렵다.

null측정이나 피조간섭계는 기준면과 측정면에서 각각 반사된 빛의 간섭을 이용하여 비교하는 방법으로 비교적 정확

한 측정이 가능하나 고가의 기준 비구면이 필요하며 측정대상물에 따라서 광학계가 변경되어야 하고 광축 정렬(alignment)에 많은 시간을 요구하므로 측정 렌즈의 빠른 교환이 불가능하다.

구면 렌즈 측정에 많이 사용되는 뉴톤환은 비구면 량이 큰 비구면 렌즈를 측정하기 어려우며 사출성형된 렌즈의 플라스틱 표면과 코팅면이 손상받을 수 있다는 등의 단점이 있다.

층밀리기 간섭계는 렌즈면을 손상없이 투과형으로 구성이 가능하지만 파면의 기울기가 측정된다. 비구면 렌즈 측정에 있어서 층밀리기 간섭계의 대표적인 장점은 다음과 같다.[6] 1) 무반사 코팅된 비구면 렌즈를 측정할 수 있다. 2) 소형 경량의 측정장치의 제작이 가능하다. 3) 측정대상에 따른 기준시편(master specimen)이 필요 없으므로 비용이 저렴하고 정렬이 쉽다. 4) 측정대상이 광학계의 외부에 위치하므로 측정대상의 교환이 쉽다.

층밀리기 간섭계를 비구면 측정에 적용한 대표적인 것으로는 Toyohiko Yatagai가 수행한 연구로서 Mach-Zehnder간섭계를 응용한 층밀리기 간섭계로 비구면 오목거울의 측정하였다.[7] 이 연구는 층밀리기 간섭계에 광위상간섭의 3-bucket알고리즘을 도입하였다는데 의미가 있다.

J. L. Seligson 등은 Twyman-Green 간섭계를 이용한 층밀리기 간섭계를 구성하였으며 정확한 위상천이량을 알기 위하여 위상천이를 유발하는 프리즘의 구동부에 레이저 헤테로다인 간섭계를 장착하여 위상천이량을 측정하고자 시도하였다.[8]

최근에는 Horst Sickinger등은 구경과 초점거리가 매우 작은 마이크로렌즈(microlens)를 측정하기 위하여 층밀리기 간섭계를 이용하였으며 정확한 파면을 구하기 위하여 적분을 수행하는 대신 최소자승법을 이용하여 다항식에 곡면 맞춤을 시도하였다.[9] 이외에도 2중 회절격자를 이용한 층밀리기 간섭계를 구현하고 미분 Zernike다항식 맞춤을 시도한 연구도 수행되었다.[10] 위의 방법들은 간섭무늬의 정확한 해석을 위하여 광위상 간섭법의 위상천이에 의한 측정 알고리즘을 층밀리기 간섭계에 도입하였다. 그러나 광학 부품수가 많고 각각 분리가 되어 있으므로 정숙한 측정환경을 요구한다. 그러므로 기계적 진동과 공기의 유동 등이 상대적으로 크게 작용하는 생산공정중의 in-line측정 시스템으로는 사용할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 측정환경의 영향에 강인한 in-line용 투과형 층밀리기 간섭계를 제안하고자 한다.

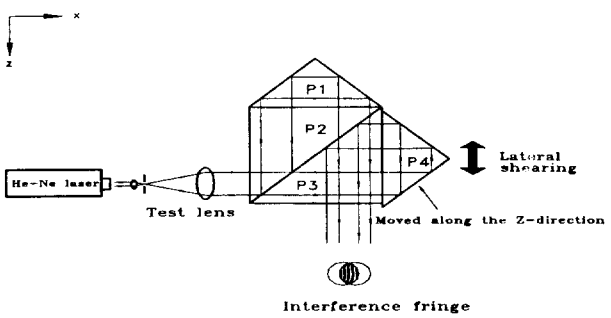


Fig. 1. Lateral-shearing by sliding the prism P4 in z-direction

II. 실험 장치

본 연구에서 사용하는 층밀리기 간섭계는 각각 분리된 4개의 프리즘으로 구성되어 있으며 기본원리는 Twyman-Green 간섭계와 같다. 각각의 프리즘은 프리즘 재료인 BK7과 동일한 굴절율을 갖는 R. P. Cargille Laboratories Inc.의 index matching oil을 사용하여 접합되었다.[11] 따라서 각각의 프리즘은 index matching oil의 유체윤활에 의한 미끄러짐으로 상대이동이 가능하다.

레이저 광원으로부터 나온 빛은 집광렌즈와 핀홀을 통과하여 Fig. 1와 같이 측정렌즈에 입사된다. 측정렌즈를 통과한 빛은 수차를 포함한 파면으로 변환되어 프리즘2(P2)로 입사된다. 이때, 프리즘3(P3)의 경사면은 광분할 코팅처리가 되어 있어 빛을 분할한다. 따라서 프리즘2에서 입사된 빛은 프리즘3의 광분할 코팅에 의하여 2개로 분할된 후 프리즘1(P1)과 프리즘4(P4)로 입사된다. 이때 프리즘4가 아래로 이동하면 층밀림에 의한 간섭무늬가 발생된다.

형성된 간섭무늬를 정확히 측정하기 위해서는 광위상 간섭법의 위상천이 기법을 도입해야 한다. 위상천이 기법을 적용하기 위해서는 간섭하는 두 파면중에 하나의 광경로를 미세하게 변화시켜야 한다. 광경로를 변화시키기 위하여 Fig. 2과

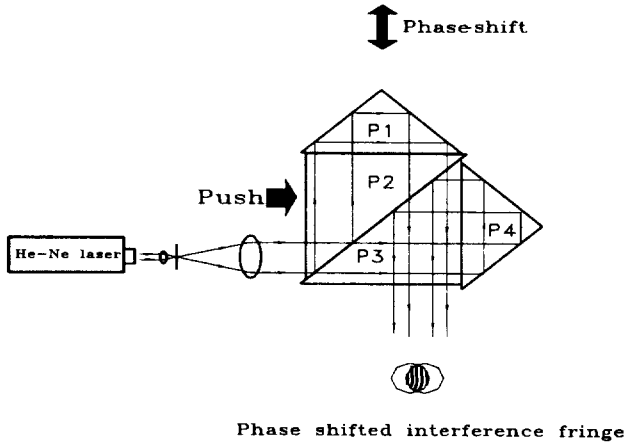


Fig. 2. Phase-shifting by pushing the prism P2

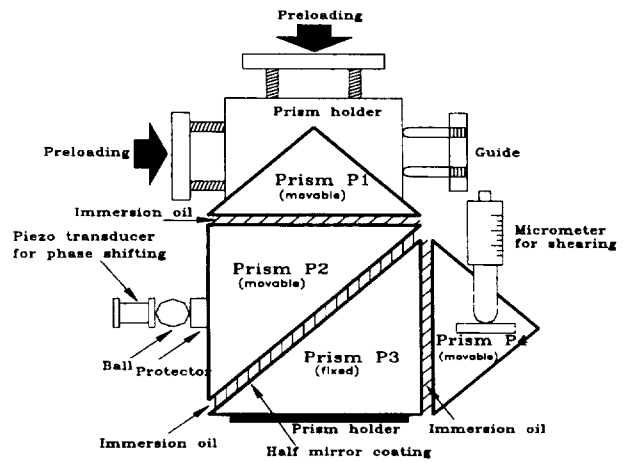


Fig. 3. Mechanical design of the lateral-shearing interferometer

같이 프리즘2를 우측으로 밀어붙이면서 고정된 프리즘3의 경사면을 따라 이동하도록 한다. 이때 프리즘2는 쐐기작용을 하여 프리즘1을 위로 이동시킨다. 프리즘1을 기구적으로 수직방향으로만 이동이 가능하게 하면 광경로가 변화된다. 따라서 프리즘1의 이동에 의하여 위상천이가 유발된다.

본 연구에 사용된 층밀리기 간섭계의 구동장치의 구성은 Fig. 3에 나타나 있다. 프리즘3은 기준판에 접합되어 정지한 상태로 유지되며 상대운동의 기준이 된다. 프리즘4는 마이크로 미터가 장착되어 있어서 층밀림 량을 적절히 조절할 수 있다. 위상천이를 위한 압전구동기는 프리즘2에 장착되어 있으며 압전구동기와 프리즘사이에는 볼을 설치하여 횡방향의 구속을 제거하고 축이동만이 가능하도록 하였다. 또한 프리즘1은 보호대에 의하여 수평이동은 제한받으므로 수직이동만이 가능하도록 하였다. 실제로 제작된 층밀리기 간섭계는 Fig. 4에 나타나 있다.

본 연구에서 구성한 층밀리기 간섭 측정시스템은 Fig. 5에 나타나 있으며 층밀리기 간섭계, 압전구동기 구동용 고전압 증폭기, D/A 보드, 영상처리보드(DT3851), CCD 카메라 및 컴퓨터 등으로 구성되어 있다.

본 연구의 간섭계는 다른 층밀리기 간섭계에 비하여 다음과 같은 장점을 갖는다. 1) index matching oil의 유체 마찰과 감쇄(damping)에 의하여 기계적 진동에 매우 강인하다. 2) 각

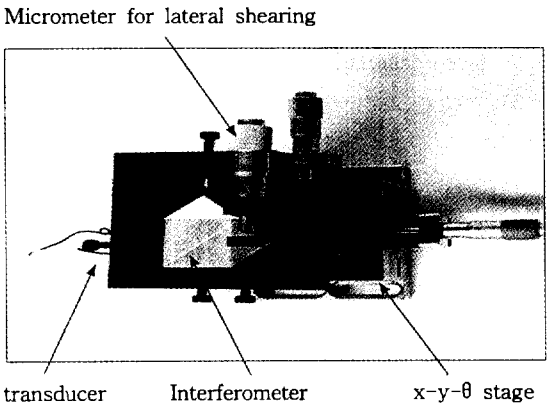


Fig. 4. Photograph of the lateral-shearing interferometer

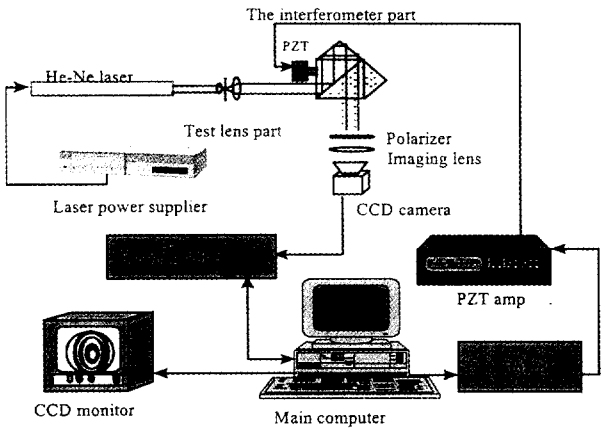


Fig. 5. Schematic diagram of the lateral-shearing interferometry for in-line testing

각의 프리즘 사이에 공기 유동이 없으므로 간섭무늬의 안정성이 확보된다. 3) 간섭계가 켐팩트하고 밀폐가 가능하여 오염을 방지 할 수 있다. 4) 단순한 구성으로 인하여 단일 부품(modular setup)으로서 사용이 가능하다. 5) 평행광을 이용하므로 간섭계에서 유발되는 수차를 최소할 수 있다.

본 연구에서 제안한 층밀리기 간섭계는 위의 장점들로 인하여 비구면 렌즈의 In-line측정에 적합하지만 위상천이 중에 기준위상 오차가 유발된다. 즉, 압전구동기가 작동할 때 비선형적으로 유막두께가 변하므로 원하는 양만큼의 위상변화가 불가능하여 측정결과가 부정확해진다. 이때에 발생하는 측정오차는 기준위상 오차로 주어진다. 따라서, 압전구동기의 구동량으로 부터 위상천이량을 추정하는 기존의 위상천이 알고리즘으로는 정확한 측정이 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 Kong 등이 발표한 반복연산에 의한 광위상 간섭법의 일반 알고리즘을 도입하여 기준위상오차를 보상하고자 한다.[12]

III. 이 론

층밀리기 간섭계의 기본 원리는 Twyman-Green간섭계와 같으며 Fig. 6에 나타나 있다. 층밀리기 간섭계는 렌즈를 투과한 빛을 상대 이동시켜 두 파면의 겹친 영역에서 간섭을 일으키게 한다.[6,11]

간섭무늬는 두개의 파면의 층밀림 량 S에 비례하여 나타나게 된다. 측정하고자 하는 파면이 W라고 하면 층밀림 량에 의하여 두 파면간에 ΔW의 차이가 생기고 광원의 파장을 라고 하면 간섭무늬는

$$W = W(x+S, y) - W(x, y) = n_i \lambda \tag{1}$$

으로 표현되며 n_i은 간섭무늬의 차수(Order of the interference fringe)이며 x, y는 좌표값이다. S가 충분히 작다고 가정하면 식(1)은 다음과 같이 근사화 된다.

$$\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right) S \simeq \Delta W = n_i \lambda \tag{2}$$

$$W = \frac{1}{S}\int \Delta W \, dx \tag{3}$$

윗 식으로 부터 파면W의 기울기값 ΔW을 구할 수 있다. 본

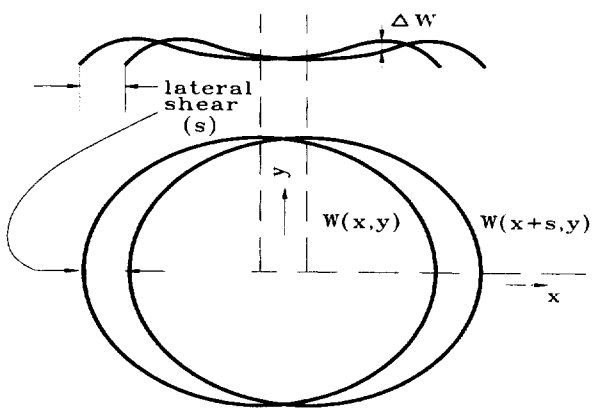


Fig. 6. Interference by lateral-shearing

연구에서는 index matching oil의 유막 두께변화에 의한 기준위상오차를 보상하기 위하여 다음에 기술한 반복연산에 의한 일반 알고리즘을 도입하여 파면의 기울기값 ΔW를 정확히 구하고자 한다.

임의위상 측정알고리즘(A bucket algorithm)이란 기준위상변화가 임의위상일때 측정광강도만을 가지고 반복연산에 의해 기준위상을 구하는 방법이다. 즉, 기준위상천이량이 같은 측정점들로 부터 반복연산에 의해 기준위상천이량과 측정위상을 동시에 구하는 방법이다.[12]

측정점 $I(i=1,..,n)$에서 $j(j=1,..,m)$번째의 간섭무늬 광강도는 다음과 같이 주어진다.

$$I_{ij} = D_i + V_i \cos[k\Delta\tilde{W}(x_i, y_i) - \delta_j] \tag{4}$$

여기서 $V_i = D_i\gamma_i$이며 초기의 $\delta_1 = 0$인 경우에는

$$I_{ij} = D_i + V_i \cos[k\Delta\tilde{W}(x_i, y_i)] \tag{5}$$

으로 표현된다.

기준위상변화가 j번째일 때 측정점 i에서의 광강도 차 ψ_{ij}는

$$\psi_{ij} = I_{ij} - I_{i1} = C_i(\cos\delta_j - 1) + S_i \sin\delta_j \tag{6}$$

여기서 $C_i = V_i \cos[k\Delta\tilde{W}(x_i, y_i)]$, $S_i = V_i \sin[k\Delta\tilde{W}(x_i, y_i)]$ 이다. 윗식은 미지수를 $\Delta\tilde{W}(x_i, y_i)$와 δ_j를 모두 포함하나 수식은 1개이므로 최소자승법을 각각에 대하여 도입하고 반복연산을 통하여 C_i, S_i와 δ_j를 결정한다. 오차를 최소화하는 C_i, S_i와 δ_j를 각각 구하기 위한 오차함수를 다음과 같이 정의한다.

$$E_i = \sum_{j=1}^{m} (\psi_{ij} - \hat{\psi}_{ij})^2 = \sum_{j=1}^{m} (C_i(\cos\delta_j - 1) + S_i \sin\delta_j - \hat{\psi}_{ij})^2 \tag{7a}$$

$$E_i = \sum_{j=1}^{m} (\psi_{ij} - \hat{\psi}_{ij})^2 = \sum_{j=1}^{m} (\cos\delta_j C_i + \sin\delta_j S_i - C_i - \hat{\psi}_{ij})^2 \tag{7b}$$

각각의 오차함수를 최소화하는 C_i, S_i와 δ_j를 구하기 위한 조건식은

$$\frac{\partial E_i}{\partial C_i} = \frac{\partial E_i}{\partial S_i} = 0 \quad \text{and} \quad \frac{\partial E_j}{\partial \cos\delta_j} = \frac{\partial E_j}{\partial \sin\delta_j} = 0 \tag{8}$$

이다. 각각의 오차함수를 최소화하는 C_i, S_i, δ_j를 구하기 위해서는 δ_j의 초기 값을 설정하고 반복연산을 수행하여 δ_j가 수렴하면 최종적으로 $\Delta\tilde{W}(x_i, y_i)$를 결정하게 된다.

생산 현장에서 사출성형된 비구면 렌즈의 양/불을 판정하는 기준으로는 투과된 파면의 수차량이 사용된다.수차량은 렌즈를 투과한 파면의 형상을 Zernike 다항식에 맞춤으로서 산출되며 Gram-Schmidt 직교화 알고리즘를 이용하였다.

IV. 실험 결과

본 연구에서 제안한 층밀리기 간섭계로 광 Pick-up용 비구면 대물렌즈를 측정하였을 때 위상천이된 간섭무늬가 Fig. 7에 나타나 있다. 파면의 형상과 수차산출 결과가 각각 Fig. 8에 나타나 있다.

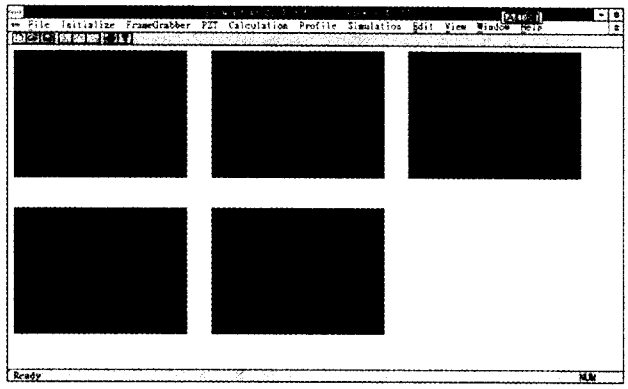
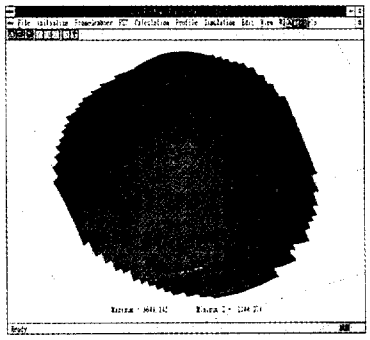


Fig. 7. Phase shifted Interferometric fringes of optical pick-up objective aspherical lens



Index of Zernike coeff.	Aberrations (Zernike coefficients)	Optical properties
1	9.361	piston
2	-3.289	y-tilt
3	1.085	x-tilt
4	-2.572	45 astigmatism
5	-10.120	defocus
6	1.326	0,90-astigmatism
7	-0.943	x-astigmatism
8	1.151	x-coma
9	0.240	y-coma
10	0.432	y-astigmatism
11	-0.142	
12	0.229	
13	0.511	spherical
14	0.031	
15	0.397	

Fig. 8. Wavefront shape and calculated aberrations of optical pick-up objective aspherical lens

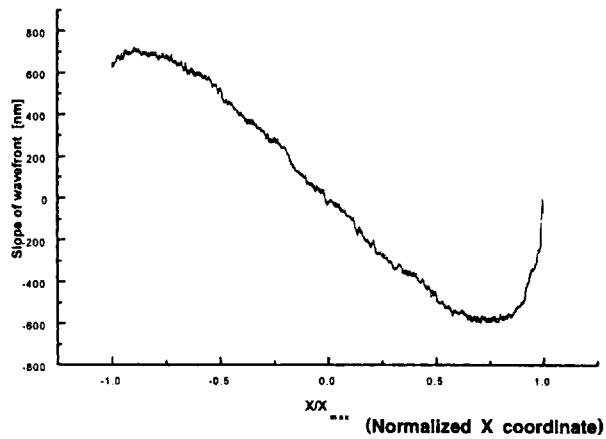


Fig. 9. Plots of slope of wavefront obtained by 10 consecutive measurements

8에 나타나 있다.

일반적인 간섭계는 기계적 진동, 공기의 유동 등의 측정환경에 의하여 간섭무늬가 불안정 하게 되어 낮은 측정반복능을 갖는다. 따라서 방진 시스템과 밀폐된 환경하에서 제한된 측정에만 사용된다. 그러나 본 간섭계는 실험도중의 기계적 진동에 강인하고 공기의 유동에도 영향을 받지 않아 매우 안정된 간섭무늬와 측정결과가 얻어졌다. 방진과 밀폐를 하지 않은 측정환경에서 본 간섭계로 동일한 렌즈를 10회 반복 측정한 결과가 Fig. 9에 나타나 있다.

수직축은 x의 변화에 따른 중심부분의 파면의 기울기 $\Delta\tilde{W}(x, y=0)$를 나타낸다. 본 간섭계에서는 10회의 반복측정에서 RMS값으로 λ/100이하의 반복능을 나타내었다. 따라서 측정환경의 영향에 무관하게 간섭무늬가 안정되며 측정결과의 반복능이 높음을 보여준다. 이는 본 간섭계를 in-line에서의 비구면 렌즈 측정에 유용하게 사용될 수 있음을 보여준다.

V. 결 론

본 연구에서는 생산 현장에서의 In-line 측정에 적용이 가능한 층밀리기 간섭계를 제안하였다. 제안된 층밀리기 간섭계는 4개의 분리된 프리즘과 Index matching oil로 구성되어 있으며 기계적 진동과 공기 유동 등의 측정환경에 강인하다. 또한, 위상천이를 위한 컴팩트한 구조의 프리즘 구동시스템을 제작하여 단일 광학부품으로의 사용이 가능하도록 하였다. 위상천이시에 발생하는 유막의 두께변화에 의한 기준위상오차를 보상하기 위하여 반복연산에 의한 일반 알고리즘을 도입하였으며 정량적인 수차산출을 위하여 Zernike다항식 맞춤을 수행하였다. 또한, 반복측정을 수행하여 λ/100이하의 반복능을 얻었으며 매우 안정된 측정이 수행되었다.

참 고 문 헌

[1] Keiichi Yoshizumi, Tsugio Murao, Jiro Masui, Ryoichi Imanaka and Yoshihiro Okino, "Ultrahigh Accuracy 3-D Profilometer," Applied Optics, **26**(9), pp.1647-1653 (1987).

[2] 谷田貝豊彦, "應用光學-光計測入門," 丸善株式會社 (1988).

[3] Keiichi Yoshizumi and Keishi Kubo, "Ultrahigh-Accuracy 3-D Profilometer Using Atomic Force Probe," National Techical Report **39**(5), pp.116-121 (1993).

[4] H. Philip Stahl, "Aspheric Surface Testing Techniques," SPIE, Vol. **1332**, pp. 66-76 (1990).

[5] D. J. Whitehouse, "Comparison between Stylus and Optical Methods for Measuring Surfaces," CIRP, **37**, pp.649-653 (1988).

[6] Daniel Malacara, *Optical Shop Testing 2nd ed*, John Wiley & Sons, Inc. (1992)

[7] Toyohiko Yatagai, Toshio Kanou, "Aspherical Surface Testing with Shearing Interferometer using Fringe Scannig Detection Method," Opt. Eng. **23**(4), pp.357-360 (1984).

[8] J. L. Seligson J. E. Gerivenkamp, "Stability of a lateral-shearing hete- rodyne Twyman-Green interferometer," Opt. Eng. **23**(4), pp.353-354 (1984).

[9] Horst Sickinger, Oliver Falkenstorrfer, Norbert Lindlein and Johannes Schwider, "Characterization of Microlenses Using a Phase-Shifting Shearing Interferometer," Optical Engineering, **33**(8), pp.2680-2685 (1994).

[10] G.W.R. Leibbrandt "Lateral sheari- ng interferometry with high accuracy," SPIE Vol. **2778** Optics for Science and New Technology, 1064-1065 (1996).

[11] Woo-Jong Cho and Seung-Woo Kim, "Stable Lateral-Shearing Interferometer for Production Line Inspection of Lenses," Optical Engineering, March 1997 (to be published)

[12] In-Bok Kong and Seung-Woo Kim, "General Algorithm of Phase-Shifting Interferometry by Iterative Least-Squares Fitting," Optical Engineering, **34**(1), pp.183-188 (1995).

Stable lateral-shearing interferometer for in-line inspection of aspheric pick-up lenses

Woo-Jong Cho

Fundamental Technology Center, Samsung Electonics., Suwon 442-742, Korea

Byoung-Chang Kim and Seung-Woo Kim

Department of Mechanical Enginnering, Korea Advanced Institute of Science and Technoloy, Taejon 305-701, Korea

(Received : March 7, 1997)

Aspheric pick-up lenses are increasingly used in consumer products such as computer and multimedia, as their mass production has become possible owing to the injection molding process. However still much work needs to be done for more effective manufacture of aspheric lenses, one area of which is the in-line inspection of produced lenses. In this paper, we present a lateral-shearing interferometer that has specially been designed to have a high immunity to external vibration and atmospheric disturbance. The interferometer comprises four prisms. They are directly attached to each other using an immersion oil so that relative sliding motions between the prisms are allowed. Their relative displacement can readily generate necessary lateral-shearing and phase-shifting to determine the wavefront of the beam collimated by the lens under inspection. A special phase-measuring algorithm of arbitrary-bucket is adopted to compensate the phase-shifting error caused by the thickness reduction in the immersion oil. Zernike polynomial fitting has done for determinating quantitative aberration of aspheric pick-up lenses. The interferometer built in this work is robust to external mechanical vibration and atmospheric disturbance so that experimental results show that it has a repeatability of less than λ/100.