DOEs제작을 위한 Circular Laser Writing System 에서의 Auto-focusing system

Auto-focusing unit in circular laser writing system for diffractive optical elements

하관수, 조재흥, *송재봉, *이혁교, *김동익, *이윤우, *이회윤 *이인원
한남대 물리학과, *한국표준과학연구원 우주광학연구단
teri1107@empal.com

Micro diffractive optics의 제작에 있어서 가장 중요한 것은 미세패턴을 얼마나 정확하게 제작할 수 있는가 하는 것이다. 이러한 미세 패턴을 제작하기 위한 대표적인 기록방식은 photo lithography방식, electron-beam lithography방식, 그리고 레이저 빔 직접 기록 방식이 있다. 이 각각의 방법은 직교좌표(x, y)를 따라 기록하는 방법과 극좌표(r, Θ)를 따라 기록하는 방법이 있다. 이러한 여러 가지 패턴 기록 방식 중 현재 한국표준과학연구원에서 제작하고 있는 이 장치는 극좌표를 따라 이동하는 레이저 빔이 포토레지스트에 직접 기록할 수 있도록 하고 있다. 이러한 Circular laser writing system은 여러 가지 회전대칭형 회절광학소자(Diffractive optical element; DOE)에 유리하고 임의의 패턴을 갖는 DOE도 제작이 가능하다.

이 장치는 최대 300 ㎜ 의 직경을 갖는 기판위에 0.1 ㎛ 의 위치정밀도와 최소 laser spot 크기 0.4 ㎛로 높은 분해능을 갖는 정밀한 DOE를 제작할 수 있도록 하고 있다. Writing용 광원으로는 파장이 457 ㎚ 와 514 ㎚ 인 Ar^+ Laser를 사용하고, 광원의 세기는 AOM을 사용하여 기록 중에 광원의 세기가 일정하게 유지 되도록 하고 있다. 그리고 불확도 0.1 ㎛ 로 정밀하게 이동, 제어 할 수 있는 air bearing linear motor와 기판의 회전이 일정하게 유지 될 수 있는 air bearing rotary motor(최대속도 500 rpm), 그리고 이 장치의 분해능을 나타낼 수 있는 laser spot의 크기가 기록하는 동안에 최소크기로 유지되도록 하기 위해 자동초점조절장치(auto-focusing unit)로 구성하였다. 레이저 빔의 집광을 위한 대물렌즈로는 X100, X50, X20를 각각 용도에 맞게 사용하도록 하고 있다. [그림-1]

Auto-focusing장치는 비점수차를 이용하는 방법(astigmatic method)으로 접근하였는데, 자오방향과 구결방향의 초점을 다르게 하였을 때 상점의 모양으로 defocus된 양을 측정할 수 있다. Auto-focusing용 광원으로 laser diode(LD)를 사용하여 대물렌즈에 통과 시킨 후 기판에 초점을 맺고, 반사되어진 빔을 90° 교차된 두 장의 cylindrical lens에 통과 시킨다. 반사된 빔은 각 렌즈를 통과한 후 두 초점을 맺는데 그 중간에 4분할 광 검출기를 위치시켜 상점의 모양으로부터 focus error signal을 얻는다.[그림-2, 그림-3] 이 focus error signal을 컴퓨터로 feed back시켜 PZT actuator에 고정된 대물렌즈를 움직여 줌으로써 자동적으로 초점이 유지하도록 하고 있다. [그림-4] 초점의 정확도를 높이고 시스템을 간단하게하기 위해 auto-focusing용 광원을 writing용 광원과 같이 한 대물렌즈로 통과시켰다.

이 laser writing system은 패턴을 기록하는 방법은 기판위에 photoresist를 코팅하여 photoresist에 기록 하는 방법과 기판위에 크롬을 코팅하여 크롬의 열화학 효과를 이용하여 기록하는 방법이 사용되고 있다. Multi level relief type, continuous relief type, gray-scale mask를 제작하기 위해 광량의 세기 조절이 필요한데, 이를 위해 AOM을 사용하여 레이저 광량의 세기를 256단계로 조절하고 있다.

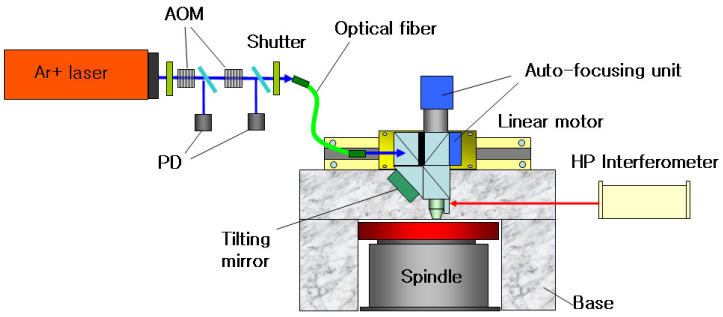

그림 1. Circular laser writing system

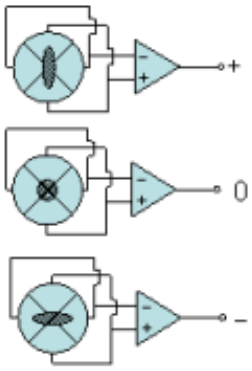

그림 2. Focus error signal

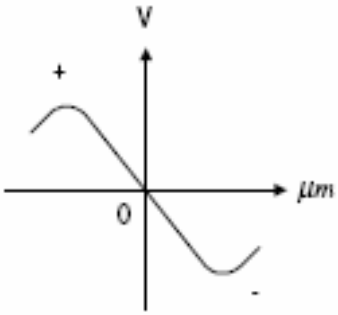

그림 3. S-curve

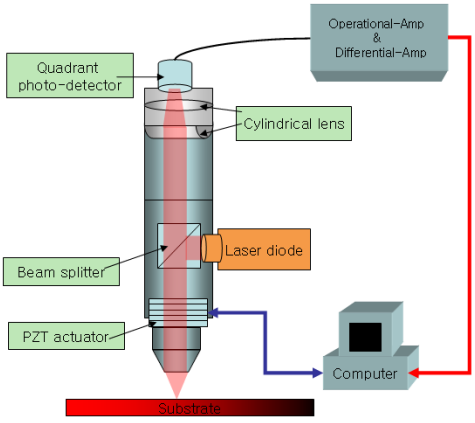

그림 4. Auto-focusing unit

참고문헌

1. Alexander G. Poleshchuk, Evgeny G. Churin, "Polar coordinate laser pattern generator for fabrication of diffractive optical elements with arbitrary structure", Appl. Opt. vol. 38, pp. 295-1301 (1999)
2. Donald K. Cohen, Wing Ho Gee, "Automatic focus control: the astigmatic lens approach" . Appl. Opt. vol.23, pp. 565-570 (1984)