

마스크리스 노광기술 광학계의 원형필터 정렬오차에 따른 패턴의 변화

Change of the patterns under the circular filter alignment error of optical system in maskless lithography

정광진, 최명조, 황보창권
인하대학교 물리학과
jgjin2000@hanmail.net

Maskless 노광 시스템 광학계의 구조와 원리를 분석하고, Light tools 프로그램을 이용하여 원형필터의 정렬오차에 따른 광 세기의 변화와 균일도를 분석해 보았다.

노광 기술은 반도체 프로세서의 핵심 기술로서 반도체 디바이스의 미세화와 집적화를 주도하는 역할을 담당하고 있다. 하지만 기존의 mask에 광원을 선택적으로 투과 혹은 반사시켜 패턴을 형성시키는 mask 방식의 노광공정으로는 대량생산용으로는 적합하지만, 소량 혹은 주문형 제작에는 효율적이지 않다. 이런 문제점을 해결하기 위한 방안으로 maskless 방식의 노광 기술을 들 수 있다. Maskless 노광 기술은 mask 없이 UV 파장대의 레이저를 직접 주사하여 사용자가 원하는 패턴의 형상을 감광물질에 노광시키는 차세대 노광기술이다.(1)

본 연구에서 사용되는 Maskless 노광 기술의 광학계의 구조는 레이저 광원, 광조사광학계, DMD (Digital Micro Mirror Devices), 프로젝션 광학계로 구성된다. 광원으로는 UV 파장대의 레이저를 사용하기 때문에 에너지 밀도가 가우시안 프로파일을 형성하는데 이러한 에너지 밀도를 균일한 에너지로 만들어주기 위해 fly-eye 렌즈와 양면 컨벡스 렌즈를 사용해서 광조사광학계를 구성한다. DMD는 광 조사광학계를 통해 에너지 밀도가 균일해진 빔을 픽셀 단위로 잘게 쪼개어 빔을 분산시켜 주는 장치이다. 프로젝션 광학계는 개별 DMD 소자에 의해 반사된 빔을 DFR(Dry Film Resist) 위로 수직으로 입사시켜야 하므로 물체공간의 모든 주광선이 물층 초점을 지나 상공간에서는 광축에 평행하게 진행하게 되어 상의 크기가 잘 변하지 않는 텔레센트릭 렌즈를 사용하였다.(2,3)

본 연구의 목적은 원형필터의 정렬오차에 따른 패턴의 변화를 보고자 하는 것이다. 원형필터는 정사각형의 DMD에서 반사되는 형상을 바꿔주기 위해 텔레센트릭 시스템 사이에 존재한다. 그리고 마스크리스 노광기술은 노광장치가 이동하면서 노광을 하기 때문에 정렬오차가 발생할 확률이 높다.

이에 따라 DMD하나의 크기는 $13.68\mu\text{m} \times 13.68\mu\text{m}$, 필터패턴은 $10\mu\text{m}$ 의 지름을 가지는 원, 마스크의 두께는 1mm인 경우에 대해서 원형필터를 X축, Y축, Z축으로 이동, α , β , γ 방향으로 회전시켜 가면서 패턴의 변화를 살펴보았다. X축, Y축 이동과 α , β , γ 회전의 경우 그림 1처럼 원형필터의 크기와 회전각에 따라 직접적으로 패턴에 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다.

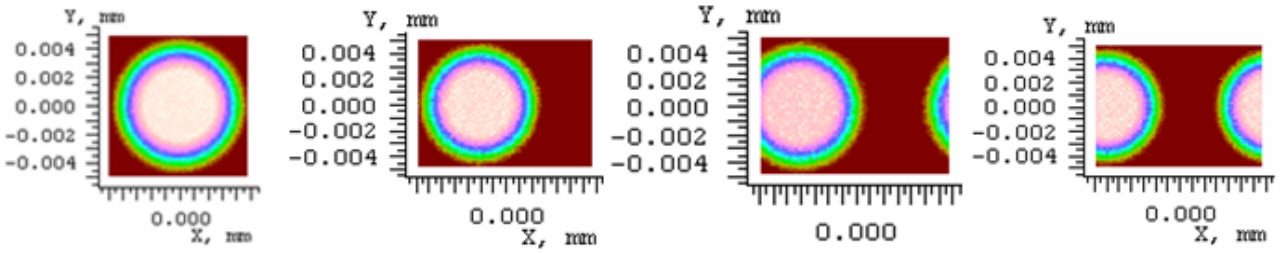


그림 1. X방향으로 이동할 경우의 패턴의 변화 (a) (0,0,0)만큼 이동한 경우, (b) (0,0,0.002)만큼 이동한 경우, (c) (0,0,0.004)만큼 이동한 경우, (d) (0,0,0.006)만큼 이동한 경우

하지만 Z축이동의 경우 그림 2에서처럼 ±방향으로 이동할 경우 약 ±0.5mm까지는 패턴의 지름변화가 없이 균일도의 변화만 일어나고, 약 ±1mm까지는 원형을 유지하면서 크기가 증가하고, ±1mm이후에는 원형 패턴이 사각패턴으로 변화하는 것을 확인할 수 있었다.

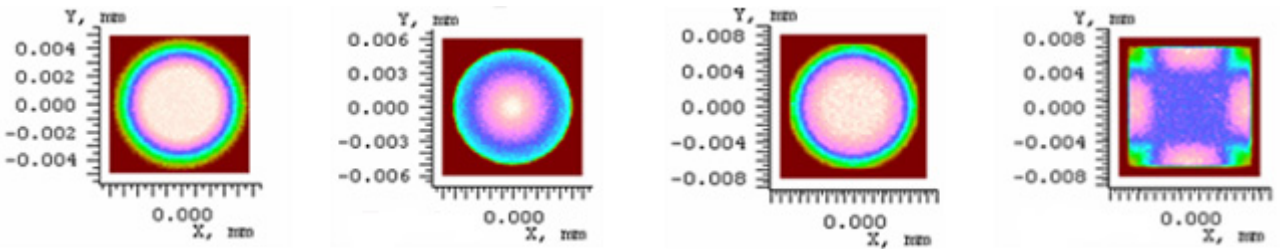


그림 2. Z축 방향으로 이동할 경우의 패턴의 변화 (a) (0,0,0)만큼 이동한 경우, (b) (0,0,0.5)만큼 이동한 경우, (c) (0,0,1)만큼 이동한 경우, (d) (0,0,1.5)만큼 이동한 경우

결론적으로 원형필터의 정렬상태를 인위적으로 조절하여 그에 따른 패턴의 변화를 살펴보았다. 이런 전산시뮬결과 패턴이 변하지 않는 최소 오차를 알아낼 수 있었고, 실제 노광을 할 경우 패턴이 변할 경우 패턴의 모양을 보고 필터의 정렬상태를 조절, 정상패턴으로 되돌릴 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Harriot, R., "Limits of Lithography." Proc, of the IEEE, VOL. 89, NO. 3 PP. 366~374. March, (2001)
2. Yoshiharu Ozaki and Kiichi Takamoto "Cylindrical fly's eye lens for intensity redistribution of an excimer laser beam" Appl. Opt. 28, 106- (1989)
3. Masahiro Watanabe. "Telecentric Optics for Focus Analysis," Pattern analysis and machine intelligence. VOL. 19, NO. 12 (1997).