

마스크리스 노광장치용 마이크로프리즘 어레이에 관한 연구

Study of microprism array of optical system in maskless lithography

정광진, 황보창권
인하대학교 물리학과
jgjin2000@hanmail.net

본 연구에서는 마스크리스 노광장치의 두 프로젝션 광학계 사이에 있는 마이크로프리즘 어레이에 관한 연구이다. 마이크로프리즘의 원리와 종류에 대해 알아보고, 마이크로프리즘의 출사부의 모양에 따라 패턴의 모양이 변함을 확인하였다. 그리고 원하는 패턴을 만들 수 있는 마이크로프리즘을 설계하였다.

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 노광기술이다.(1)

본 연구에서 사용되는 Maskless 노광장치의 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 사용해 광조사광학계를 구성한다.(2) DMD는 광 조사 광학계를 통해 에너지 밀도가 균일해진 빔을 픽셀 단위로 나누어 빔을 분산시켜 주는 장치이다. 프로젝션 광학계는 상의 크기를 늘려주는 제1 프로젝션 광학계와 변화된 상을 photoresist에 조사시켜주는 제2프로젝션 광학계로 구성되어있으며, 광원의 왜곡을 방지시켜주는 텔레센트릭 시스템을 사용하고 있다.(3) 그리고 마스크리스 노광장치는 노광되는 선폭을 상승시키기 위해 마이크로렌즈 어레이나 원형필터를 사용하게 되는데, 어퍼처 어레이와 원형필터의 크기에 따라 광량의 손실이 생기게 된다.

따라서 본 연구의 목적은 DMD에 의해 변조된 광을 넓은 입사부로 입사시키고 반사 또는 전반사로 집광을 이루도록 하여 좁은 출사부로 모두 투과되도록 함으로써, 투과되는 광량을 손실 없이 사용가능할 수 있도록 하는 것이다.

이에 따라 DMD하나의 크기는 $13.68\mu\text{m} \times 13.68\mu\text{m}$, 제1프로젝션 광학계의 배율은 2.343배인 경우에 대해서 패턴의 지름이 $10\mu\text{m}$ 인 원을 만족시키는 마이크로프리즘을 설계하고, 전산시뮬을 해 보았다.

마이크로프리즘은 그림 1(a)처럼 사각뿔형과 원뿔형등의 형태를 가지며, 그림 1(b)와 같이 어레이를 이루게 된다. 그리고 사각뿔형의 프리즘의 경우는 사각패턴이, 원뿔형의 프리즘의 경우는 원형패턴이 나타남을 확인하였다.

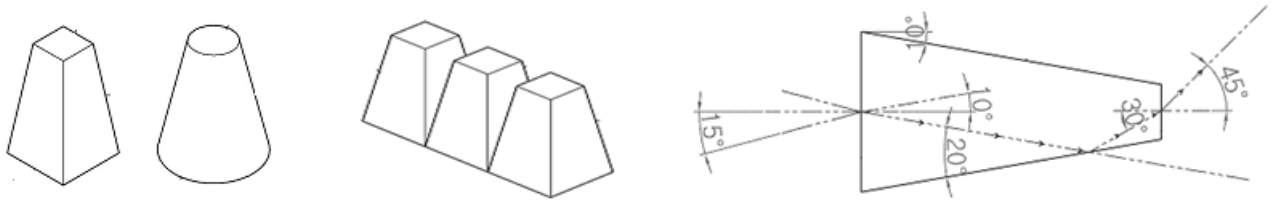


그림 1.(a) 마이크로프리즘의 형상, (b) 마이크로프리즘 어레이의 형상, (c) 15도로 입사할 경우의 마이크로프리즘의 광 경로

그림1(c)는 15도로 마이크로프리즘으로 입사될 경우의 광 경로이다. 매질의 굴절률은 1.5, 프리즘의 경사각이 10도일 경우로 한번 전반사 되어 출사되는 것을 나타낸다.

그리고 마이크로프리즘의 길이를 L , 입사부의 크기를 D_1 , 출사부의 크기를 D_2 , 경사각을 a , 입사각을 b , 매질의 굴절률을 n 이라 할 경우

$$D_2 = D_1 - 2 \cdot L \cdot \tan a \quad \text{에서} \quad L = \frac{D_1 - D_2}{2 \cdot \tan a} \quad \text{----- (식 1)}$$

식을 얻을 수 있으며, 마이크로프리즘의 입사면 상부 끝에서 1번 반사한 후 출사면의 하부 끝을 통과한다고 할 경우

$$D_1 = L \left\{ \tan \left(\frac{b}{n} + 2a \right) + \tan a \right\} \quad \text{에서} \quad L = \frac{D_1}{\tan \left(\frac{b}{n} + 2a \right) + \tan a} \quad \text{----- (식 2)}$$

와 같은 식을 얻을 수 있다. 식1과 2를 통해 마이크로 프리즘의 길이를 계산할 수 있으며, 1번 반사시 길이의 최대는 식1, 최소는 식2가 된다. 노광장치의 집광효율 및 노광선폭, 제작의 효율성에 따라 상기 범위내의 마이크로프리즘을 선택 형성하게 된다.

결과적으로 원뿔형의 마이크로프리즘을 식2를 이용하여 최소길이의 마이크로프리즘을 설계하였고, 전산시뮬결과를 확인하여 보았다.

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).