

극 자외선 리소그래피를 위한 ITO 흡수층을 가지는 감쇠형 위상 변위 마스크의 광학적 설계

강희영, 김미경, 황보창권

인하대학교 물리학과

hwangbo@inha.ac.kr

극 자외선 리소그래피를 위한 감쇠형 위상 변위 마스크는 다층 박막 위의 인접한 두 패턴 사이의 높이 차이를 주어 180° 위상 차이를 형성한다. 이러한 다층 박막은 2.8 nm의 Mo과 4.1 nm의 Si으로 이루어져 있으며, 반사율의 차이를 주기 위하여 한 패턴 위에 TaN과 같은 흡수층으로 구성된다. 또한 에칭 공정이나 외부의 오염으로부터 다층 박막을 보호하기 위한 보호층도 필요하다. 이러한 구성들 가운데 흡수층은 패턴 적합도, 마스크 생산량, 결점 검사의 효율성, 그리고 결점 조정 과정과 직접적으로 관련된다⁽¹⁾. 최근 연구 결과들을 살펴보면, 자외선 영역에서 패턴 결점 검사의 최대 효율성을 위하여 흡수층 위에 무반사 코팅을 첨가한다. 흡수층의 두께가 증가하게 되고 이는 그림자 효과를 가져와서 결과적으로 노광 공정 후 패턴의 형상이 한쪽으로 치우치거나 이동하게 된다⁽²⁾.

본 연구에서는 광학적 다층 박막 이론을 이용하여 극 자외선 영역에서 ITO 흡수층을 가지는 다양한 형태의 감쇠형 위상 변위 마스크를 전산 시뮬하였다. 일반적으로 ITO 박막은 전도체이며, 13.5 nm 파장 뿐 아니라 DUV 영역에서 TaN에 비해 소멸계수가 크기 때문에 좋은 흡수층으로 사용될 수 있다.

그림 1은 ITO를 흡수층으로 사용한 binary 형태의 감쇠형 위상 변위 마스크의 (a) 13.5 nm에서의 반사비와 위상차와 (b) DUV영역에서의 대조비를 나타낸다. 13.5 nm 파장에서 180도 위상 차이를 갖는 ITO의 두께는 38.6 nm이고 이때의 반사비 (R_2/R_1)는 0.02 이다. 또한 384 nm 파장에서 DUV 대조비가 96% 이상이 된다.

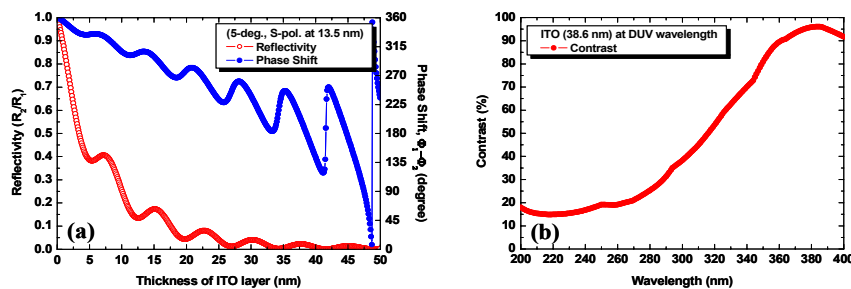


그림 1. binary 감쇠형 위상 변위 마스크의 (a) 13.5 nm 파장에서의 반사비(빨간색)와 위상차(파란색), (b) DUV 영역에서의 대조비 (%)

그림 2는 한쪽 패턴에 ITO 흡수층을, 다른 한쪽 패턴에 위상을 조절 할 수 있는 간격층을 맨 위쪽에 삽입한 형태의 감쇠형 위상 변위 마스크의 (a) 13.5 nm에서의 반사비와 위상차와 (b) DUV영역에서의 대조비를 나타낸다. 13.5 nm 파장에서 180도 위상 차이를 갖는 ITO의 두께는 38.62 nm이고 반사비 (R_2/R_1)는 0.02 이다. 또한 380 nm 파장에서 DUV 대조비가 95% 이상이 된다.

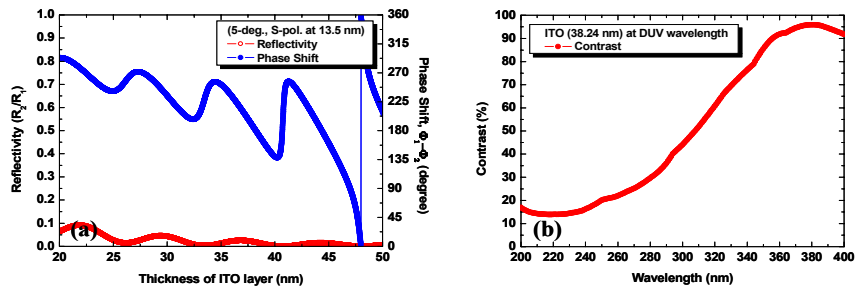


그림 2. 간격층이 맨 위층에 놓여 있는 hybrid 감쇠형 위상 변위 마스크의 (a) 13.5 nm 파장에서 반사비(빨간색)와 위상차(파란색), (b) DUV 영역에서의 대조비 (%)

그림 3은 한쪽 패턴에 ITO 흡수층을, 다른 한쪽 패턴에 위상을 조절 할 수 있는 간격층을 맨 아래 쪽에 삽입한 형태의 감쇠형 위상 변위 마스크의 (a) 13.5 nm에서의 반사비와 위상차와 (b) DUV 영역에서의 대조비를 나타낸다. 13.5 nm 파장에서 180도 위상 차이를 갖는 ITO의 두께는 19 nm이고 이때의 반사비 (R_2/R_1)는 0.05 이다. 또한 250 nm 파장에서 DUV 대조비가 93% 이상이 된다.

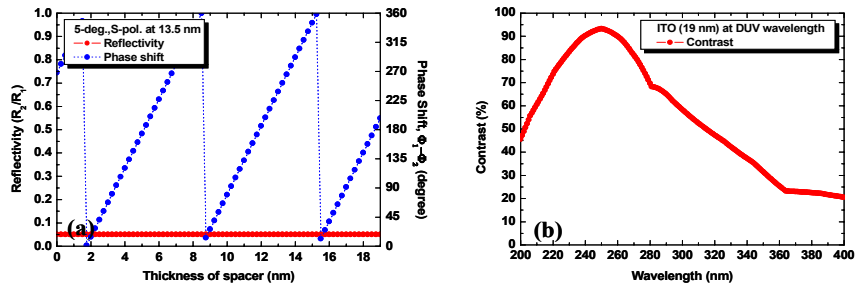


그림 3. 간격층이 맨 아래층에 놓여 있는 hybrid 감쇠형 위상 변위 마스크의 (a) 13.5 nm 파장에서 반사비(빨간색)와 위상차(파란색), (b) DUV 영역에서의 대조비 (%)

결과적으로 ITO 흡수층을 사용한 경우 여러 형태의 마스크의 각 패턴 사이의 높이 차가 감소함을 알 수 있다. 이 결과 우리는 그림자 효과를 현저히 줄일 수 있게 되어 좀 더 정밀한 패턴을 가지는 마스크를 제작할 수 있다. 또한 EUV 영역에서 반사비 0.1 이하이고, 180도의 위상차를 가질 뿐 아니라 DUV 영역에서도 높은 대조비 (> 90%)의 조건도 만족한다. 그러므로 우리는 극 자외선 리소그래피를 위한 감쇠형 위상 변위 마스크에 ITO 박막을 흡수층으로 사용할 수 있을 것이라 기대한다.

[참고문헌]

1. Seung Yoon Lee, "Combined absorber stack for optimization of the EUVL mask," Proc. of SPIE **6151**, 61511Y, (2006)
2. M. Sugawara, A. Chiba, and I. Nishiyama, "Effect of incident angle of off-axis illumination on pattern printability in extreme ultraviolet lithography," J. Vac. Sci. Technol. B **21**, 2701 (2003).