

ITO 흡수체를 가지는 극자외선 리소그래피용 감쇠형 위상 변위 마스크의 광학적 설계

강희영, 김미경, 황보창권

인하대학교 물리학과

극자외선 리소그래피는 32 nm 이하의 회로 선폭을 구현하기 위한 차세대 반도체 기술 중의 하나이다. 극 자외선 ($\lambda=13.5$ nm) 영역에서 모든 물질은 흡수를 가지게 되므로 극자외선 리소그래피를 구현하기 위해서는 반사형 광학계를 사용하여야만 한다. 특히 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 4.15 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. 최근 연구 결과들을 살펴보면, 자외선 영역에서 패턴 결점 검사의 최대 효율성을 위하여 흡수층 위에 무반사 코팅을 첨가한다. 그 결과 흡수층의 두께가 증가하게 되고 이는 그림자 효과를 가져와서 결과적으로 노광 공정 후 패턴의 형상이 한쪽으로 치우치거나(bias) 이동하게(shift) 된다.

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, 낮은 온도 ($T < 120^\circ$)에서 증착할 때 비결정질이 될 수 있으며, 플라즈마 에칭이 가능하다. 또한 13.5 nm 파장 뿐 아니라 DUV 영역에서 TaN에 비해 소멸계수가 크기 때문에 좋은 흡수층으로 사용될 수 있다.

이 결과 흡수층의 구조가 [ITO/Ru]인 경우 가장 낮은 패턴 사이의 높이 차이인 32 nm 를 가지며, 이 두께는 기하학적인 그림자 효과를 방지하기에 충분히 얇은 두께임을 알 수 있다. 또한 EUV 영역에서 낮은 반사 비 ($0.046 < R_{2E}/R_{1E} < 0.147$)와 180도의 위상차를 가질 뿐 아니라 DUV 영역에서도 높은 대조비 ($> 85\%$)의 조건도 만족한다. 그러므로 우리는 극 자외선 리소그래피를 위한 감쇠형 위상 변위 마스크에 ITO 박막을 흡수층으로 사용할 수 있을 것이라 기대한다.