

**Multi-Target Sputtering을 이용한  
Mo/Si X-ray 반사형 다층박막 증착에 관한 연구  
(Fabrication of X-ray reflective Mo/Si Multilayer Mirrors by  
Multi-Target Sputtering)**

허 성민, 이 승윤, 안 진호  
한양대학교 재료공학과

1990년대 초부터 기존의 가시광 노광기술의 한계가 지적됨에 따라 이를 대체 할 수 있는 차세대 노광공정 기술의 필요성이 대두되었다 [1]. 이 중에서 극자외선 노광 공정은 높은 해상도, 낮은 NA에서 기인한 큰 초점심도, 공정 여유도, 안정적인 마스크 구조등의 이유로 70nm이하 세대의 소자 제조시 가장 유력한 노광기술로 평가 받고 있다. 마스크의 형태는 기존의 굴절식 광학계와 투과형 마스크와는 달리 반사형 마스크를 이용하여 빛을 축소 투영하는 방식을 사용한다. 이 때 마스크에서 웨이퍼 상으로의 정확한 패턴 형성과 높은 수율을 위해서 고반사율, 저 결함 X-선 반사 다층박막의 증착은 극자외선 노광 공정의 실제 적용시 가장 큰 영향을 미치는 변수 이다. 본 실험에서는 multi-target을 장착한 sputter 장비를 이용하여 Mo/Si 다층박막을 증착하여 증착 조건의 변화에 따른 다층박막의 특성 변화를 관찰하였다.

실험 장치로는 Mo와 Si을 동시에 장착한 multi-target sputter를 사용하여 4 inch (100) p-type Si 기판위에 Mo는 direct current(DC), Si은 radio frequency(RF) 파워를 이용하여 증착 하였다. period의 두께(d)를 7nm, partition ratio ( $\gamma = d_{Mo}/d_{Si}$ )를 0.4으로 총 40층의 Mo/Si 다층 박막을 증착하여 13.5nm 부근의 파장에서 최대의 반사도를 가질 수 있도록 하였다. 이와 같이 증착된 다층박막에 대해 cross-sectional TEM, low/high angle XRD 등을 이용하여 박막의 미세구조와 interfacial layer의 특성을 살펴 보았다.

Cross-sectional TEM의 분석으로 period의 평균 두께(6.9nm)와 Mo-on-Si의 interfacial layer의 두께(1.2-1.4nm)가 Si-on-Mo의 interfacial layer의 두께(0.6-0.8nm)보다 두꺼움을 알 수 있다. 이것은 더 무거운 Mo atom이 반대의 경우보다 더 깊이 침투하기 때문이라 생각된다. high angle XRD peak를 분석한 결과 Mo의 미세구조는 (110) texture를 가졌으며, Si의 경우는 비정질인 것으로 보인다. low angle XRD peak는 Bragg diffraction의 보강간섭에 의한 peak로서 다층박막의 구조인자 및 박막의 극자외선 거동에 대한 정보를 간접적으로 알 수 있다. Mo 증착 파워가 증가하면 결정화정도가 증가하고, interfacial layer가 감소하여 low angle Bragg peak의 intensity가 증가하는데, 이것은 interfacial layer의 roughness와 intermixing을 감소시키는 조건에서 다층박막을 증착하면 같은 물질에서도 반사도의 향상을 가져 올 수 있다고 생각된다. First-order refraction-corrected Bragg's law [2]을 이용하여 period의 두께를 계산하면 TEM에서의 측정치와 거의 일치한다.

참고 문헌

1. C. W. Gwyn, et. al. J. Vac. Sci. Technol. B 16(6) 3142, 1998
2. R. W. James, The Optical Principles of the Diffraction of X-rays (OxBow, Woodbridge, CT, 1982)