

DV-Xa법과 광전자 분광분석을 이용한  
Cr-Al-O계 재료의 전자상태 연구  
(Investigation of electronic structure of Cr-Al-O material  
by DV-Xa method and photoelectron spectroscopy)

한국화학연구원 화학소재연구부 최염민, 장현주, 이재도  
한국과학기술원 재료공학과 김은아, 노광수

광리소그래피에 사용되는 빛의 파장이 더욱 짧아지고 있는 추세에 따라 짧은 파장 영역에서 사용 가능한 mask의 개발이 중요해지고 있다. 위상변위마스크(phase-shifting mask, PSM)도 이러한 추세에 따라 개발된 것으로 적절한 투광도와 특정파장에서의 투광도 기울기 등의 광학적 특성을 만족할 때 최적의 마스크 성능을 나타낸다.<sup>1)</sup> PSM 재료는 많은 연구가 이루어지고 있으나 그중 Cr-Al-O계 재료의 활용 가능성이 매우 높은 것으로 알려져 있다.<sup>2)</sup> Cr-Al-O계 재료가 PSM 재료로 활용되기 위해서는 노광파장에서 20%, 검사파장에서 40%의 적절한 투광도 기울기를 가져야 한다. 따라서 이러한 광학특성과 밀접한 관계가 있는 전자상태에 대한 이해가 필수적이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 Cr-Al-O계 재료의 이론적 전자상태 계산과 광전자분광분석을 이용한 실험 결과를 비교함으로써 PSM 재료로서의 Cr-Al-O계 재료의 전자상태를 연구하였다. 이론계산은 embedded cluster model에 대하여 Discrete Variational(DV)-Xa법을 이용하였으며 DC magnetron sputtering 방법으로 제조된 Cr-Al-O계 film에<sup>2)</sup> 대하여 광전자분광분석을 실시하였다. 계산한 partial density of state(PDOS) 결과와 광전자분광분석을 비교하여 전자상태를 고찰하였다.

Cr-Al-O계 재료에 대하여 조성변화, 결정구조, 원자치환이 전자상태에 미치는 영향을 계산할 수 있었으며 계산된 PDOS는 광전자분광분석 결과와 잘 일치하였다. 계산에 의하면 결정질에 비해서 비정질일 때가 O2p 에너지레벨이 더 넓어지는 경향을 나타내었다. 또한 Cr-Al-O에서 산소원자가 질소원자로 치환되면 N2p 에너지 레벨이 O2p와 Cr3d 사이에 위치하여 투광도 기울기다 나타냄을 알 수 있었다. 이와 같은 결과들로부터 Cr-Al-O계 재료의 전자상태와 투광도 특성의 관계를 이해할 수 있으며, 특히 Cr-Al-O계 재료로 PSM 재료를 제조하기 위한 설계과정에서 이론적 계산이 매우 유용함을 확인하였다.

### References

1. Y-H. Kim, J-H. Park, J-H. Park, K-H. Lee, S-W. Choi, H-S. Yoon and J-M. Shon, "The evaluation of the attenuated PSM performance as the shifter transmittance and illumination system", in Photomask and X-Ray Mask Technology VI, H. Morimoto, ed., Proc. SPIE 3748, 1999, 332-339
2. E. Kim, S. Hong, S-C Lim, Y-B Kim, D-W. Kim and K. No, "Attenuated phase-shifting masks of chromium aluminum oxide", Applied Optics, Vol. 37, No. 19, 4252-4259 (1998)