

이온빔 보조 증착 SiO_xF_y 박막의 특성 연구Characteristics of SiO_xF_y thin films prepared by ion beam assisted deposition

이필주, 조현주, 황보창권
인하대학교 물리학과

얇은 막을 사용하여 경계면을 만들어 경계면에서의 간섭현상을 이용하여 입사광의 투과, 반사 또는 편광을 조절하는 광학박막의 제작에 있어서 낮은 굴절률을 갖는 물질은 그 선택 폭이 매우 제한되어 있다. 또한 굴절률이 두께에 따라 연속적으로 변하는 불균일 굴절률을 이용한 광학박막의 설계 및 제작시에도 굴절률 변화 폭이 넓으면 전체 박막의 두께를 상당히 감소시킬 수 있다. 대부분의 광학박막 제작에서 저굴절률 물질로는 SiO_2 가 많이 사용되고 있으나 이는 굴절률이 1.46 이상으로 상대적으로 높은 편이다. 또한 굴절률이 1.38인 MgF_2 와 1.35인 Na_3AlF_6 가 낮은 굴절률을 갖는 물질로 사용 가능하나 박막의 용력이 크고 상대적으로 낮은 조밀도를 갖음으로 인하여 기계적 특성이 떨어져 최근에는 거의 사용하지 않는 실정이다. 본 연구에서는 박막의 굴절률을 낮출 수 있는 방법으로 SiO_xF_y 박막을 이온빔 보조 증착법으로 제작하고 이의 광학적, 기계적, 화학적 특성을 조사하였다.

박막의 제작은 Si를 전자빔을 사용하여 증발시키면서 챔버에 분위기 가스로 산소를 주입하였으며 박막에 일정량의 F를 반응시키기 위한 방법으로 이온총에 CF_4 가스를 방전시켜 사용하였다. 이온빔을 생성하기 위한 방법으로 높은 이온 에너지를 발생시킬 수 있는 Kaufman 이온총과 낮은 에너지이나 높은 이온빔 전류밀도를 갖는 end-Hall 이온총을 각각 사용하였으며 기관으로는 글라스와 곡률반경이 측정된 Si 웨이퍼를 사용하였다.

박막의 광학적 특성을 분석 결과 Kaufman 이온총을 사용하여 제작한 모든 SiO_xF_y 박막은 높은 이온의 에너지에 의한 스퍼터링 효과에 의해 end-Hall 이온총으로 제작한 박막보다 30% 정도의 두께 감소가 측정되었다. 500 eV 이상의 이온 에너지에서 증착한 박막은 스퍼터링 효과에 의해 박막의 상당부분이 떨어져 굴절률 측정이 불가능하였으며, 400 eV의 이온 에너지로 증착한 박막은 1.43의 굴절률을 나타내었다. end-Hall 이온총으로 제작한 SiO_xF_y 박막은 이온의 에너지가 80~110 eV로 증가함에 따라 1.394~1.458의 굴절률 변화를 나타내었으며, 이온의 에너지를 100 eV로 고정한 상태에서 이온빔 전류밀도가 50~200 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 로 증가함에 따라 1.462~1.430의 굴절률 변화를 보였다. 제작된 모든 박막은 10^{-3} 대 이하의 낮은 소멸계수를 나타내었으며 박막의 용력은 0.3 GPa 이하의 압축용력을 나타내었다.

SiO_xF_y 박막의 화학적 특성을 분석하기 위해 XPS와 FTIR 분석을 수행하였다. XPS 분석의 경우 end-Hall 이온총으로 이온빔 보조 증착한 SiO_xF_y 박막은 F 1s 피크가 관찰되었으나, Kaufman 이온총을 이용하여 제작한 박막의 경우에는 F 1s 피크가 관찰되지 않았다. 이는 높은 이온 에너지에 의한 fluorine의 선택적 스퍼터링 효과로 판단되며 박막의 두께 감소와도 동일한 경향을 나타낸다. FTIR의 분석 결과 이온의 에너지 변화에 따라 end-Hall 이온총을 사용하여 제작한 SiO_xF_y 박막은 이온 에너지가 감소할수록 1080cm^{-1} 근처의 주된 Si-O 결합 피크가 높은 파수 쪽으로 이동하는 경향을 보였다.

end-Hall 이온총을 이용한 이온빔 보조 증착법을 사용하여 1.39의 비교적 낮은 굴절률을 갖고 용력도 작은 박막의 제작이 가능함을 확인하였으며 이러한 박막의 특성 변화는 박막내의 Si-O 결합대신 Si-F 결합이 증가하면서 나타남을 화학적 분석을 통하여 알 수 있었다.