

SiO_xF_y 박막의 낮은 굴절률 특성과 미세구조

Low refractive index and microstructure of SiO_xF_y thin films

이장훈, 황보창권

인하대학교 물리학과

g1991482@inhavision.inha.ac.kr

정밀 광학계 또는 광학부품들에게 요구되는 것 중의 하나는 광부품 표면에서의 빛의 반사를 완전히 줄이거나 크게하는 방법들이다. 이와 같은 빛의 작용이 광부품 표면에서 일어나기 위하여 관련 증착기술이 중요시되는데 기계적 내구성이 우수하며 낮은 굴절률을 가지는 물질을 개발하는 것 역시 이 범주에 포함된다고 할 수 있다.

낮은 굴절률의 코팅물질이 필요한 이유는 다음과 같다. 기준 파장영역에서 비반사 코팅 또는 고반사 코팅을 하기 위해서는 먼저 기준 파장에서 높은 굴절률과 낮은 굴절률의 물질들을 번갈아 쌓는 설계를 하게 된다. 예로 고반사 코팅을 설계할 경우 높은 굴절률의 물질과 낮은 굴절률의 물질의 굴절률 차이가 클수록 작은 층수로 기준파장에서 높은 반사율을 얻을 수 있으므로 경제적이며 기계적 내구성 또한 많은 층수로 제작한 경우의 설계보다 우수하다.^[1] 따라서 일정 파장 범위에서 작은 층수로 목적하는 투과율 혹은 반사율을 얻는 설계를 쉽게 하기 위해서는 더 높은 굴절률을 가지는 물질 혹은 낮은 값을 갖는 물질이 필요하다. 이와 더불어 기계적 내구성이 우수하면 제작된 박막이 장시간에 걸쳐 목적인 용도에 사용될 수 있을 것이다. 가시광선 영역에서 Na₃AlF₆, MgF₂, SiO₂를 제외하고 유리보다 낮은 굴절률을 갖는 코팅물질은 일반적으로 작다. 위 물질들의 굴절률은 특정 파장(550 nm)에서 각각 1.35, 1.38, 1.46로 일정하고 Na₃AlF₆, MgF₂와 같은 F 화합물은 기계적 내구성이 약하다. 그러므로 낮은 굴절률과 높은 굴절률의 물질을 교대로 증착하여 제작하는 다층박막의 설계에는 한계가 있다. 이 한계점을 극복하기 위하여 SiO_xF_y 박막을 광학적 저굴절률 물질로 사용하기 위한 연구가 시작되었다.^[2]

SiO_xF_y 박막은 반도체 분야에서 낮은 유전율 특성이 있으므로 very large scaled integrated circuit(VLSI)의 성능 개선을 위하여 연구되어 왔다.^[3] 낮은 유전율의 물질을 반도체 칩의 회로 내부에 이용하면 회로내부의 정전용량(C)이 감소되고 이와함께 RC 반응시간이 작아져 집적회로의 성능이 향상되므로 연구된 것이었다. 그리고 SiO_xF_y 박막의 유전율은 박막 내부에 F이 많을수록 낮아지는 것으로 알려져 있다. 소멸계수가 거의 없는 박막의 경우 굴절률의 제곱은 그 박막의 유전율이 되므로 이로부터 SiO_xF_y 박막이 광학용 코팅물질로 사용될 수 있음을 예상하였고 또한 SiO_xF_y 박막의 주된 물질이 SiO₂이므로 기계적 내구성 또한 다른 F화합물보다 우수할 것으로 판단하였다.

광학용 코팅으로 응용하기 위하여 증착조건에 따라 굴절률이 변화할 수 있고 SiO₂ 보다 굴절률이 낮은 SiO_xF_y 박막을 제작하였다. 박막의 화학적 조성과 미세구조를 변화시키기 위하여 CF₄ 가스를 이용하여 이온빔 보조하고 CF₄ 가스의 주입량과 O₂ 분위기 가스의 주입량을 변화시키며 제작하였다. Si를 증발시켜 박막을 제작할 때에는 O₂ 주입량을 일정하게 유지하고 CF₄ 주입량을 변화시켰으며, SiO₂를 증발시켜 박막을 제작할 때에는 CF₄ 주입량은 일정하게 유지하고 O₂ 주입량을 변화시켰다.

분광광도계로부터 측정된 투과율, 반사율과 포락선 방법을 이용하여 박막의 광학상수를 결정하였다. Si를 증발시켜 제작한 박막의 최저 평균 굴절률은 1.41이었으며, SiO₂를 증발시켜 제작한 박막의 최저 평균 굴절률은 1.23이었다. Fourier transform infrared spectroscopy(FTIR)측정에서 Si를 증발시켜 제

작한 박막은 SiF₂ 결합의 흡수피크만이 존재하였고 SiO₂를 증발시켜 제작한 박막에는 SiF₂와 Si-O-Phenyl 결합의 흡수피크가 존재하였다. Scanning electron microscopy(SEM)측정으로부터 박막의 미세 구조를 확인하였고 박막 내에 작은 공간들이 많을수록 굴절률이 낮아짐을 확인하였다. 작은 공간들이 박막 내에 존재함을 가정하여 전산모의한 박막의 투과율과 반사율, 굴절률은 측정된 투과율, 반사율, 굴절률과 잘 일치하였다. SEM, X-ray photo electron spectroscopy(XPS), Rutherford backscattering (RBS)측정으로부터 CF₄ 이온빔이 박막내에 F 양의 증가 뿐만 아니라 박막내에 공극을 증가시킴을 알 수 있었고 스캐닝 방법을 이용하여 측정된 응력은 비교적 작은 값을 나타내었다.

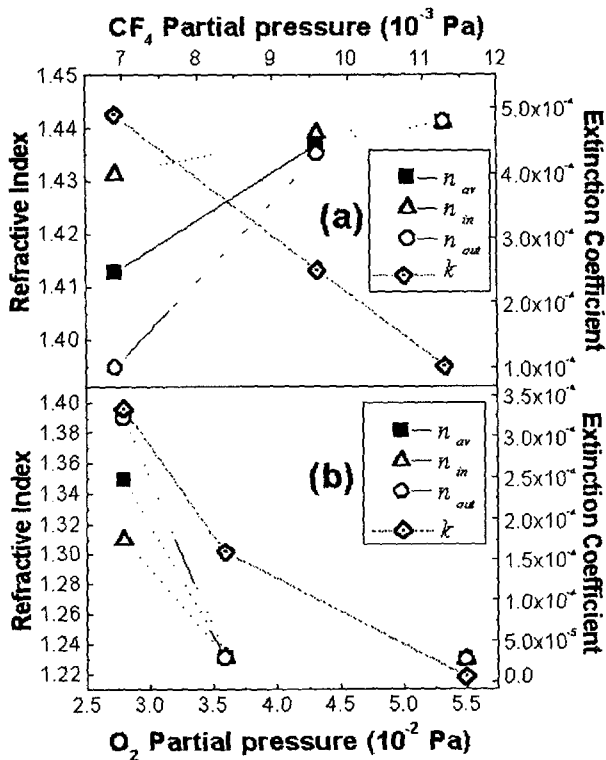


그림 1. 제작조건에 따른 SiO_xF_y 박막의 광학 상수 변화: 증발물질이 (a)Si와 (b)SiO₂

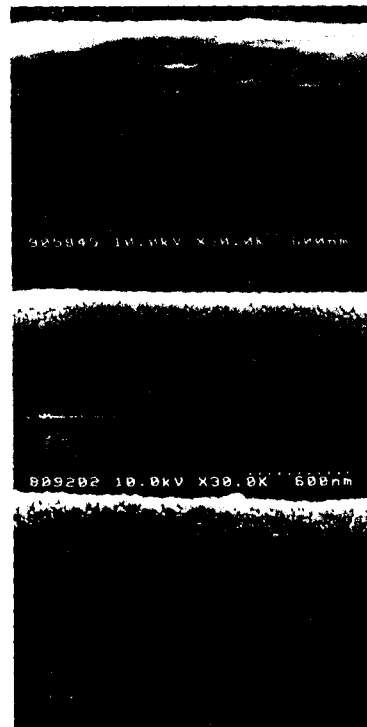


그림 2. SiO₂와 SiO_xF_y 박막의 SEM 단면상 : (a) SiO₂ 박막, (b) Si를 증발하여 제작한 SiO_xF_y 박막, (c) SiO₂를 증발하여 제작한 SiO_xF_y 박막

<참고 문헌>

1. F. L. Pedrotti, L. S. Pedrotti, "Introduction to Optics", 2nd Ed., Prentice-Hall International, Englewood Cliffs, p. 391(1993).
2. 이필주, 황보창권 "이온빔보조증착으로 제작한 저굴절률 SiO_xF_y 광학박막의 특성 연구" ,한국광학회지, 9, 162 (1998).
3. Takashi Usami, Kimiaki Shimokawa and Masaki Yoshimaru, "Low Dielectric Constant Interlayer Using Fluorine-Doped Silicon Oxide", Jpn. J. Appl. Phys. 33, 408 (1994).