

낮은 굴절률 SiO_xF_y 박막의 제작 및 특성Fabrication and Characterization of Low Index SiO_xF_y Thin Films

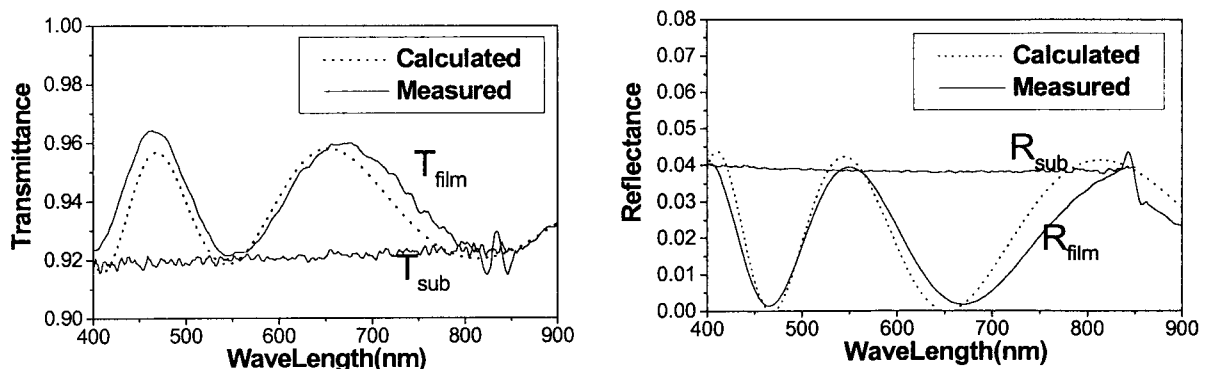
이장훈, 황보창권

인하대학교 물리학과

g1991482@inhavision.inha.ac.kr

SiO_xF_y 박막은 반도체 제조공정에서 회로의 반응시간을 줄여 고성능 Very Large Scale Integrated circuit(VLSI)을 만들기 위해 연구되어 왔다.⁽¹⁾ 회로의 반응시간을 줄이기 위해서는 회로의 정전용량을 늘려야 한다. 이 정전용량을 늘리기 위해서는 축전기의 유전상수가 낮아야만 하는데 이 유전 상수를 더 낮추기 위하여 SiO_2 와 같은 유전상수가 낮은 물질에 F를 첨가하여 SiO_xF_y 박막을 제작하였던 것이다. 따라서 소멸계수가 거의 0인 흡수가 없는 물질의 유전상수는 굴절률의 제곱이므로 SiO_xF_y 박막을 저굴절률 광학물질로 사용하고자하는 연구가 시작되었다.⁽²⁾

Si를 증발물질로 SiO_xF_y 박막을 제작하였을 경우 박막의 평균 굴절률은 1.412~1.441 사이의 값을 가지며 기판의 온도변화에 따라 박막과 기판 부근과 박막과 공기 부근의 굴절률이 서로 다른 불균일 박막이었다.⁽³⁾ 박막의 평균 굴절률을 더 감소시키고자 진공챔버에서 O_2 가스 분위기에서 전자빔 총으로 SiO_2 를 증발시키고 End-Hall 이온빔 총을 이용하여 CF_4 가스방전을 시켜 BK7 유리기판과 Si-웨이퍼 위에 SiO_xF_y 박막을 제작하였다. CF_4 와 O_2 의 혼합가스를 이용하여 방전시킬 경우 두 가스의 혼합비가 챔버 내부의 F 밀도를 변화시키는 것으로 보고⁽⁴⁾되어 있어 분위기 가스인 O_2 의 주입량을 변화시키며 제작된 박막의 광학적 특성과 화학적 특성 그리고 기계적 특성을 조사하였다. 광학적 특성은 분광광도계(HITACHI U-4001)를 이용하여 투과율과 반사율을 측정한 후 포락선 방법⁽⁵⁾을 이용하여 광학상수를 결정하였으며 역으로 결정된 광학상수를 이용하여 전산 모의한 결과와 비교하여 보았다. 그림 1과 같이 가시광선 영역인 300~900 nm에서 측정된 결과와 전산 모의한 결과가 비교적 잘 일치하였다. 보다 정확한 측정을 하기 위해 반사율 측정을 할 경우에는 뒷면을 거칠게 만든 후 무광안료를 칠하여 기판 뒷면으로부터의 반사를 제거하였다. 화학적 특성으로는 FT-IR Spectrometer(Nicolet 520, Nicolet Co)을 이용하여 흡수피크를 관찰하였으며 기계적 특성은 레이저 주사방법을 이용하여 박막 증착 전과 후의 곡률반

그림 1. SiO_2 를 증발물질로 제작한 SiO_xF_y 박막의 투과율과 반사율

경의 변화로부터 응력을 결정하였다.

O₂의 주입량을 증가시킬수록 제작된 박막의 굴절률이 1.349부터 1.229까지 감소하였으며 소멸계수 또한 3.2×10^{-4} 부터 10^{-8} 까지 감소하였다.(그림 2) 박막의 굴절률이 가장 낮은 것은 1.229로 H₂O보다 낮았다. 소멸계수 역시 Si를 증발물질로 제작한 SiO_xF_y 박막의 값 $4 \times 10^{-3} \sim 8 \times 10^{-5}$ 보다 낮은 값을 가져 흡수가 더 적었다. FT-IR 흡수 스펙트럼 측정으로 SiF₂(945~915 cm⁻¹)와 SiF₃(980~945 cm⁻¹)에 해당하는 흡수피크가 관찰되었다.(그림 3) Si를 증발시켜 제작한 박막이 SiF₂의 흡수피크를 가지는 것을 비교하여 보았을 때 SiO₂를 증발시키고 O₂를 많이 주입시켜 제작한 박막의 F 함유량이 더 많다고 판단된다. 이것은 O₂를 더 주입시켜 제작할수록 굴절률이 감소한 결과와 일치한다. 측정된 박막들의 고유응력값은 -0.04~0.17 GPa이었다. Si를 증발하여 제작하였던 박막의 고유 응력값 -0.05~0.36 GPa 과 비교하면 응력 변화의 폭이 적다. 저굴절률($n \approx 1.38$)박막으로 알려진 MgF₂ 박막의 고유응력(0.3~0.67 GPa)과 비교할 때 작거나 유사한 값이므로 SiO_xF_y 박막의 기계적 특성은 비교적 안정하다고 판단된다.

포락선 방법으로 광학상수를 결정하기 위해서는 박막을 가능한 기준파장의 두께와 가깝게 증착하여야 한다. 따라서 광학상수를 결정한 후 같은 증착조건에서 더 얇게 박막을 만들었을 경우에 굴절률 변화가 없는지를 알아보기 위해 기준파장에서 λ/4의 광학두께로 증착하고 결과를 비교 분석하였다.

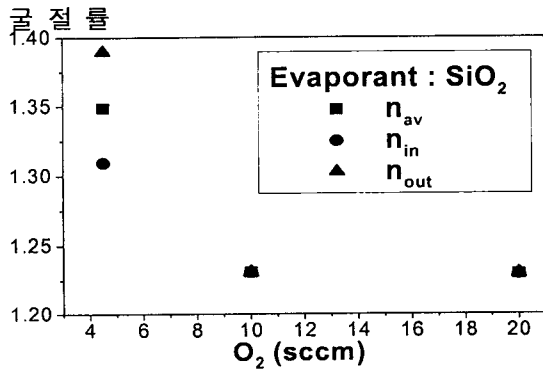


그림 2. O₂ 주입량 변화에 따른 SiO_xF_y 박막의 굴절률 변화

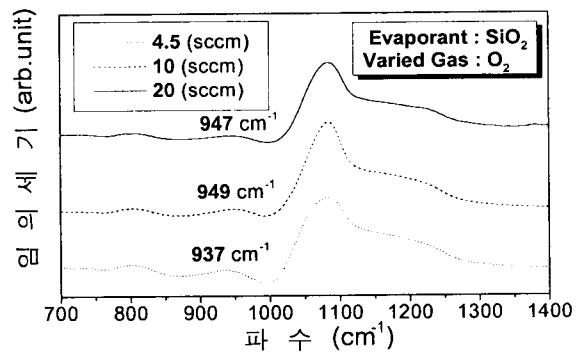


그림 3. O₂ 주입량 변화에 따른 흡수피크의 위치변화

<참고 문헌>

1. Takashi Usami, Kimiaki Shimokawa and Masaki Yoshimaru, "Low Dielectric Constant Interlayer Using Fluorine-Doped Silicon Oxide", Jpn. J. Appl. Phys. **33**, 408 (1994).
2. 이필주, 황보창권 "이온빔보조증착으로 제작한 저굴절률 SiO_xF_y 광학박막의 특성 연구", 한국광학회지, (1998).
3. 이장훈, 황보창권 "이온빔 보조 증착 SiO_xF_y 박막의 불균일 굴절률 측정", 광기술 워크샵 논문집 **9**, 13-24 (1999).
4. Michael A. Lieberman, Allan J. Lichtenberg, "Principles of Plasma Discharges and Materials Processing", John Wiley & Sons, (1994).
5. H A Macleod "Thin Film Optical filters", Macmillan, (1986).