

TiN_x을 이용한 2층 무반사, 무정전 박막의 제작Fabrication of Two-layer Antireflection, Antistatic films Using
TiN_x Thin Films

오정홍, 황보창권, 박문찬*

인하대학교 물리학과, *신홍대 안경광학과

g1981385@inhavision.inha.ac.kr

최근의 CRT, LCD등 화면표시장치등의 표면에는 외부에서 입사되어 반사되는 빛을 줄여 표면안쪽에서 나오는 빛을 보다 선명하게 볼 수 있도록 하는 무반사 코팅(Antireflection Coating) 및 음극선관에서 부터 나오는 전자기파의 차폐와 표면 전하 적층을 없애기 위한 무정전 코팅(Anti-Static Coating) 등이 되어 있다. 이러한 코팅에서 중요한 역할을 하는 것이 투과 전도막층으로 무반사 효과를 위한 광학적 성질 (복소 굴절률 $N=n-ik$) 및 무정전 효과를 위한 전기적 성질이 (전기저항) 그 목적에 적합해야 한다. 현재 널리 사용되고 계속해서 연구되어지고 있는 물질은 Indium Tin Oxide (ITO) 로 투과율이 90% 이상이며, 비저항이 $10^{-4} \Omega \text{cm}$ 정도로 낮다. 최근에는 화면표시장치의 투과전도막층으로 흡수가 있는 TiN_x 박막이 연구되어지고 있다. TiN_x 박막은 기계적 경도가 좋아서 절삭공구등의 하드코팅 재료 및 집적 회로 소자에서는 Al 배선과 Si 사이의 확산 방지막으로 사용되고 있다. 흡수로 인한 투과율이 ITO에 비해 상대적으로 낮지만 오히려 이점이 명암대비의 향상을 가져오는 장점이 된다. 또한 ITO를 이용한 무반사 박막은 저굴절률 물질인 유전체 박막등과 같이 4층 이상으로 구성되어 있는데 반하여 TiN_x박막을 이용하면 2층으로 그 효과를 가질 수 있다. 이는 박막제작 조건에 따른 TiN_x의 복소굴절률이 2층 무반사 박막이 되도록 최적화하는 형태로 제작이 가능하기 때문이다.

흡수로 인한 투과율 감소를 줄이기 위하여 TiN_x박막의 두께를 얇게 하는 것은 박막의 비저항 증가로 인한 무정전 효과를 감소시키는 요인이 된다. 이러한 이유 때문에 박막을 제작하기에 앞서 2층 무반사 박막을 전산시뮬레이션하고, 이를 통해 TiN_x박막의 굴절률과 소멸계수 및 반사율과 투과율의 경향을 알아보았다. 전산시뮬레이션 결과를 토대로 무반사 박막의 투과 전도막층이 되기위한 TiN_x 박막을 RF 마그네트론 스퍼터링 방법을 사용하여 질소유량에 따른 TiN_x박막을 제작하였다. RF 출력은 240W로 고정시키고 기판을 200°C로 가열하고 알곤 가스를 20sccm, 질소를 3 ~ 13 sccm 으로 변화시켜가며 제작하였다. 증착시 압력은 6mtorr를 유지하였다. 박막의 화학적 조성 및 성분비는 XPS를 사용하여 분석하였다. Ti, N, O, 피크를 관찰할 수 있었으며, 표면에칭 후 Ti-O에 의한 Ti 피크는 감소하여 Ti-N 결합을 갖는 Ti 2p 스펙트럼이 나타났으므로 제작된 박막이 TiN_x 으로 판단된다. XRD 분석결과 질소유량의 증가에 따라 (200) 대 (111) 피크의 비가 증가하였고, 면저항은 감소하는 경향을 보였다. 이는 (200) 피크의 세기와 (111) 피크의 세기에 대한 비가 커질수록 전기저항이 더 낮아진다는 기존의 결과와 일치하는 것이다.

공기/SiO₂/TiN_x/유리의 형태를 갖는 2층 무반사, 무정전 코팅을 제작하기 위하여 TiN_x박막의 광학상수를 여기된 전자의 lifetime이 유한한 1전자 모델을 기초로 하여 양자역학적으로 유도된 Forouhi-Bloomer분산관계를 이용하였다. 이 방법은 반사율 스펙트럼이나 투과율 스펙트럼으로부터 동시

에 복소굴절률, 박막의 두께 등을 구할 수 있는 장점을 가지고 있다. F-B 분산관계에서의 소멸계수 및 굴절률 $k(E)$, $n(E)$ 는 (1)식으로 나타내어 진다.

$$k(E) = \left[\sum_{i=0}^q \frac{A_i}{E^2 - B_i E + C_i} \right] (E - E_g)^2, \quad n(E) = n(\infty) + \sum_{i=1}^q \frac{B_{0i} E + C_{0i}}{E^2 - B_i E + C_i} \quad \text{식(1)}$$

E_g 는 에너지 밴드갭으로 k 스펙트럼상에서의 최소가 되는 지점이며 q 는 흡수피크의 갯수가 된다. B_{0i} 와 C_{0i} 는 A_i, B_i, C_i, E_g 로 나타내어지는 종속변수로 $A_i, B_i, C_i, E_g, n(\infty)$ 만 결정이 되면 $n(E), k(E)$ 를 구할 수 있다. 이를 이용하여 식(2)와 같은 단일 박막을 나타내는 특성행렬로부터 유도되는 반사율을 이용하여 실험으로부터 얻어진 반사율로 곡선맞춤하면 박막의 복소굴절률 및 두께를 구할 수 있다. 여기서 $\delta_f = \frac{2\pi}{\lambda} N_f d$ 로 광학 위상 두께이고, $N_f = n_f - ik_f, N_s = n_s - ik_s$ 로 각각 박막 및 기판의 복소굴절률을 나타내며 d 는 박막의 두께이다.

$$\begin{vmatrix} B \\ C \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos \delta_f & i \frac{\sin \delta_f}{N_f} \\ i N_f \sin \delta_f & \cos \delta_f \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 \\ N_s \end{vmatrix}, \quad R = \frac{(n_0 B - C)(n_0 B - C)^*}{(n_0 B + C)(n_0 B + C)^*} \quad \text{식(2)}$$

구하여진 n, k 는 전산시뮬과 같이 장파장으로 갈수록 n 은 감소, k 는 증가하는 경향을 보였고, 이를 토대로 넓은 가시광 영역에서의 무반사 막이 되기 위한 SiO_2 의 두께를 계산하였다. RF 마그네트론 스퍼터링법으로 SiO_2 박막을 TiN_x 박막위에 증착하여 반사율을 얻었다. BK7재질을 갖는 유리에 제작한 2층 무반사박막의 반사율은 425nm ~ 695nm 파장대에서 0.5% 미만이었고 최대추과율은 520nm에서 72%였다.

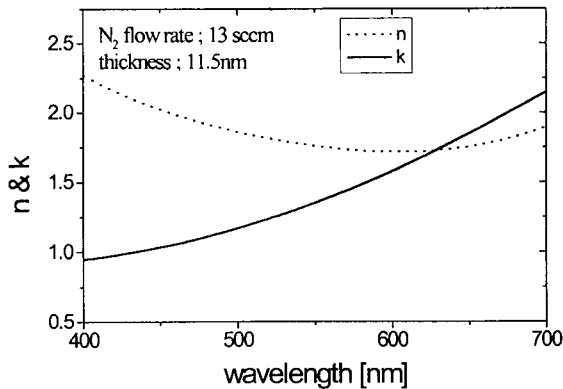


그림 1 반사율로부터 구한 TiN_x 의 광학상수

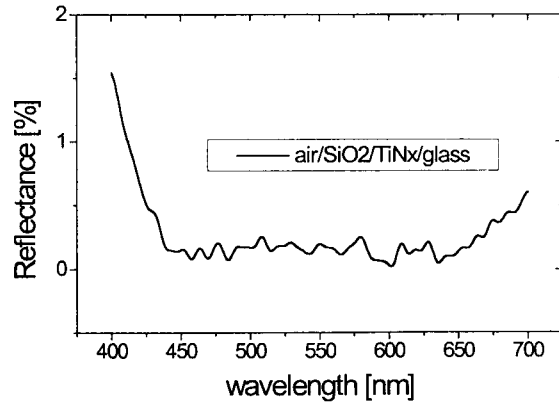


그림 2 공기/ SiO_2 / TiN_x /Glass 박막의 반사율 (SiO_2 ; 84.5 nm , TiN_x ; 11.5nm)

<참고 문헌>

- [1] A.R. Forouhi, I. Bloomer, *Phys. Rev. B.* **38**, No. 3, 1865-1874 (1988)
- [2] 오정홍, 김성철, 황보창권, 박문찬, "무반사, 무정전용 TiN_x 박막의 제작 및 특성연구", 광기술 워크샵 논문집 **9**, 1 - 12 (1999)