

이온빔 보조 증착 Nb₂O₅ 박막의 광학적 특성Optical Properties of Nb₂O₅ Thin Films prepared by Ion-Beam Assisted Deposition

우석훈*, 남성립, 문일춘[†], 강건모[†], 황보창권
 인하대학교 물리학과, [†]삼성테크윈(주)
 g2011538@inhavision.inha.ac.kr

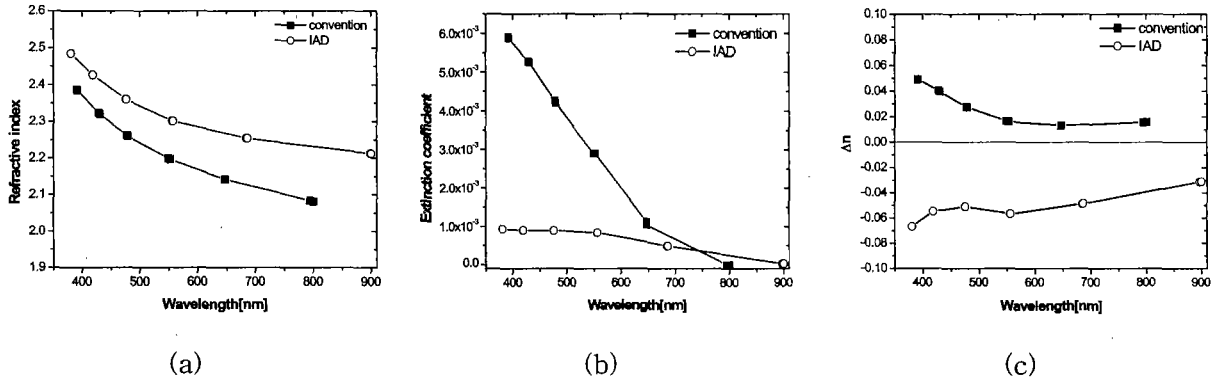
광학 박막은 광·전자 산업의 성장과 함께 레이저 반사경, 간섭필터, 의료기기, 태양광 조절막 등에 폭넓게 이용되고 있다. 이러한 광학 박막은 광학소자 위에 유전체나 금속 등으로 된 고굴절률 물질과 저굴절률 물질 혹은 중간 굴절률 물질을 교대로 쌓아 서로 다른 매질 사이의 경계면에서 일어나는 반사 및 투과되는 빛의 간섭효과를 이용하는 것으로 주로 다층의 박막계를 사용한다.⁽¹⁾ 다층박막에는 보통 굴절률이 낮은 물질로 SiO₂가 일반적으로 사용되며, 굴절률이 높은 물질로는 금속 산화물인 TiO₂ 혹은 Ta₂O₅, Nb₂O₅ 등의 물질을 사용한다.⁽²⁾

보트나 전자총을 이용한 물리증기 증착법(PVD)으로 제작된 박막은 제작시의 증착 조건에 크게 영향을 받으며, 증착 입자의 운동에너지가 0.01~0.1eV 정도로 매우 낮기 때문에 기판 위에서 증착 입자의 이동도가 낮아 자유롭게 이동하지 못하고 빈 공간을 포함하는 다공성의 미세구조를 형성한다.⁽³⁾ 이러한 미세 기둥 구조의 영향으로 덩어리 물질에 비해 박막의 밀도는 낮아지게 되고 굴절률이 작아진다. 박막의 기둥구조는 수분, 열 등에 의해 부착력이 감소되거나 균열의 원인이 되어 외부 환경에 대한 내구성이 약화되고 수명이 단축되는 결과를 초래한다. 따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해 기판의 온도를 높이는 방법과 이온빔 보조 증착법(Ion Beam Assisted Deposition ; IBAD)등이 사용되고 있다.^(3,4) 이온빔 보조 증착은 박막이 성장하는 동안 낮은 에너지의 증착 입자를 높은 에너지를 갖는 이온으로 충격을 줌으로써 입자의 이동도를 증가시켜 기둥구조를 억제하고 기판과의 부착력을 강화시키기 위한 방법으로 굴절률의 증가, 응력의 조절, 구조변화, 외부환경에 대한 내구성 강화 등을 피할 수 있어서 박막의 광학적, 기계적, 화학적 특성을 개선할 수 있다.^(3,4)

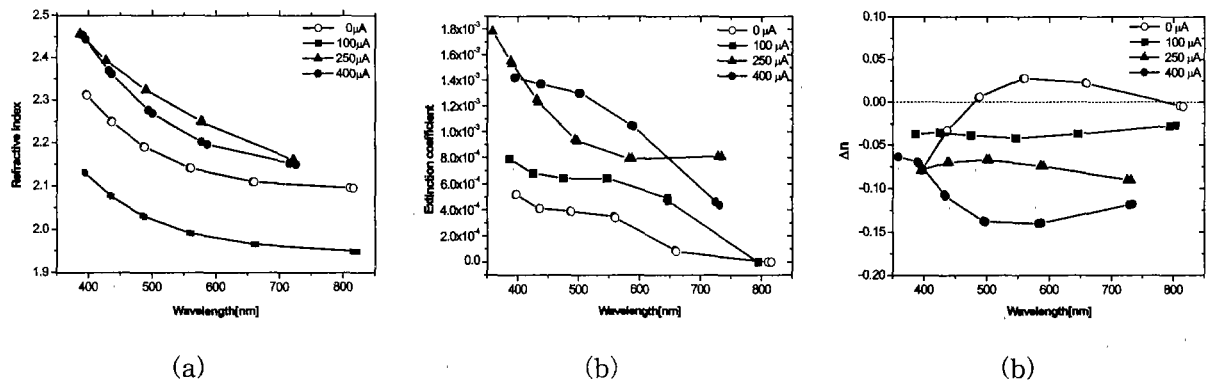
본 논문에서는 가시광영역과 근적외선 영역에서 높은 굴절률을 가지는 Nb₂O₅를 end-Hall형 이온원을 이용하여 Ar 이온 보조 증착법으로 제작하였으며, 이온빔 보조 증착하지 않은 박막과의 광학적 특성을 비교하였다. 또한 이온빔 전류밀도와 반응산소의 양을 변화시키면서 이온빔 보조 증착 박막의 광학적 특성 변화를 알아보았다. Nb₂O₅박막의 광학적 특성은 분광 광도계(Cary 500, Varian)를 이용하여 측정한 반사율과 투과율로부터 포락선 방법으로 계산하였다.

Nb₂O₅박막을 제작하는 동안 산소의 양을 일정하게 유지하였을 때는 챔버의 압력이 낮아졌다. 따라서 챔버의 압력을 일정하게 유지하는 경우와 반응산소의 공급량을 일정하게 하는 경우에 대해서 각각 박막을 제작 비교하였다. 산소를 일정하게 공급하며 제작한 단층 박막의 경우, 이온빔 보조 증착한 Nb₂O₅박막의 굴절률은 그림 1 (a), (b)에서처럼 이온빔을 사용하지 않은 보통 박막보다 굴절률이 증가하였으며, 소멸계수는 감소하였다. 또한 산소량을 증가시켜 일정한 압력을 유지시키며 이온빔 보조 증착을 하였을 경우, 이온빔 전류밀도의 변화에 따라 굴절률이 그림 2 (a), (b)에서처럼 이온빔 보조 증착을 하지 않은 보통박막보다 굴절률이 높아지거나 낮아짐을 확인하였다. 제작된 Nb₂O₅박막은 불균일 박막으로

불균일도 ($\Delta n = n_{out} - n_{in}$) 그림 1 (c)에서처럼 이온빔 보조 증착을 하지 않았을 경우에는 양의 값을 가지며, 이온빔 보조 증착을 하였을 경우에는 음의 값을 확인하였다. 또한 이온빔 보조 증착을 하였을 경우에는 음의 불균일도를 가지는 정도가 그림 2 (c)에서 보여주듯이 이온빔의 전류밀도와 비례하여 증가함을 알 수 있었다. 제작된 모든 Nb₂O₅ 박막은 X-선 회절 측정 결과를 통하여 비정질임을 확인하였다.



(a) (b) (c)
그림 1. 이온빔 보조 증착 Nb₂O₅ 박막과 일반적인 방법으로 제작한 박막의 파장에 따른 (a)굴절률, (b)소멸계수, (c)굴절률의 불균일도



(a) (b) (c)
그림 2. 이온빔 전류밀도 변화에 의한 Nb₂O₅ 박막의 파장에 따른 (a)굴절률, (b)소멸계수, (c)굴절률의 불균일도

참고문헌

1. 류태욱, 김동진, 김석원, 한성홍, "이온보조 증착한 Ta₂O₅ 광학 박막의 광학적 및 기계적 분석" 한국 광학회지 Vol. 11, No. 3, 147-151 (2000).
2. F. Richter, H. Kupfer, P. Schlott, T. Gessner, C. Kaufmann, "Optical properties and mechanical stress in SiO₂/Nb₂O₅ multilayers", Thin Solid Films 389 278-283 (2001).
3. 황보창권, *박막광학*, 다성출판사, 2001
4. M. G Krishna, A. K. Bhattacharta, "Thickness and oxygen pressure dependent optical properties of Niobium Oxide thin films", International Journal of Modern physics B, Vol. 13, No 4 411-418 (1999).