

경사입사 증착법을 이용한 파장선택 편광회전자의 설계 및 제작

Design and fabrication of wavelength-selective polarization rotator using a glancing angle deposition (GLAD)

박용준*, 우석훈, 장대호, 황보창권

인하대학교 물리학과

96416047@hanmail.net

경사입사 증착방법(glancing angle deposition, GLAD)은 증발입자를 기판에 대해 경사각으로 입사시킴으로써 박막의 기동미세구조를 조절할 수 있는 증착방법으로 경사입사각이 증가함에 따라 그림자 효과에 의해 다공성 미세구조와 낮은 굴절률을 가지게 된다. 또한 기동의 경사각에 의해 구조적으로 비등방성을 가지기 때문에 광학적 비등방 특성을 보인다. 이러한 GLAD 박막의 광학적, 구조적 특성은 광학 위상판의 제작, 가스 센서, 액정의 배향조절막, photonic band gap crystal 등에 응용되고 있다^(1,2).

본 연구에서는 TiO₂ 박막을 경사로 입사시켜 증착하는 경우 광학적 비등방성이 나타나며 경사 입사각이 60°일 때 가장 큰 비등방성을 나타내었다. 이러한 박막의 비등방성은 박막의 구조와 밀접한 관계가 있으며, 기판을 회전하며 나선형 구조로 증착한 경우에는 거의 등방적인 광학적 특성을 가지는 반면, 기판을 고정하며 증착한 경사구조와 지그재그 구조는 높은 비등방성을 나타냈다⁽³⁾. 따라서 GLAD의 비등방 광학특성을 좁은대역 투과필터(narrow band pass filter, NBPF)에 적용하여 수직으로 입사하는 빛에 대해 편광 방향에 따라 투과파장을 선택할 수 있는 파장선택 편광회전자를 설계하고 제작하였다.

NBPF는 일반적으로 [mirror/spacer/mirror]의 구조를 가지며 간격층(spacer)의 광학두께(nd)에 의해 최대 투과 파장이 결정된다. 보통의 NBPF는 그림 1(a)와 같이 광학적으로 등방적인 특성을 가지므로 NBPF에 수직으로 입사하는 빛에 대한 투과 특성은 편광방향과는 무관하게 같다. 하지만 간격층이 그림 1(b)와 같이 비등방 굴절률(Δn)을 가지는 비등방 박막이라면 편광방향에 따라 다른 굴절률을 가지므로 투과 특성은 비등방 굴절률(Δn)에 의해 결정되어 진다. 따라서 그림 1과 같이 기판을 회전하며 증착한 등방적인 TiO₂ 박막(나선형 구조)을 간격층으로 사용한 경우와 기판을 고정하고 증착한 비등방 TiO₂ 박막(경사구조, 지그재그 구조)을 사용한 경우로 나누어 각각 설계하였다. NBPF의 양쪽 mirror 층은 고굴절률 물질과 저굴절률 물질로 TiO₂와 SiO₂ 박막을 각각 사용하였으며, 간격층의 증착에는 경사각을 60°로 일정하게 증착하여 편광에 따른 NBPF의 광학적 특성을 비교 분석하였다. NBPF의 광학적 특성 분석에는 선형 편광자와 $\lambda/4$ 위상지연판을 이용하였으며, 투과영역에서의 편광(수직편광, 수평편광, 원편광)에 따른 광학적 스펙트럼을 측정하여 결과를 그림 2에 나타내었다. 간격층을 TiO₂ 박막(나선형 구조)으로 증착한 NBPF의 경우, 광학적으로 거의 등방적이기 때문에 그림 2(a)와 같이 편광에 따른 스펙트럼의 변화가 없고 투과파장이 일정함을 알 수 있다.

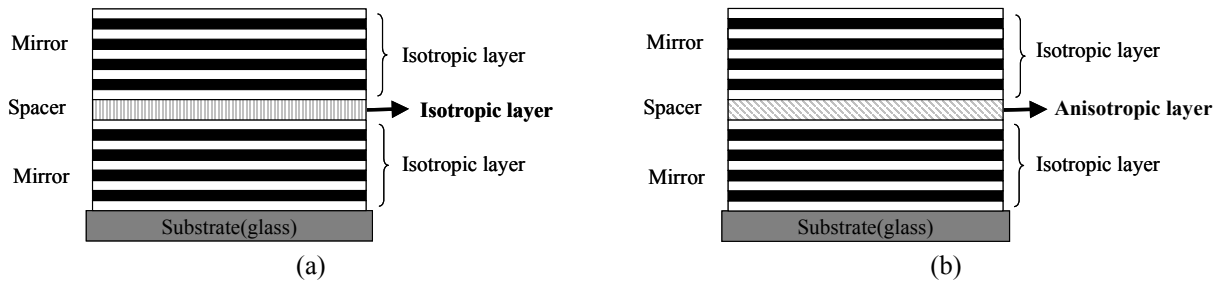


그림 1. NBP의 구조 (a) isotropic spacer, (b) anisotropic spacer

반면, 간격층을 TiO₂ 박막(경사구조, 지그재그 구조)으로 증착한 경우에는 간격층이 비등방 굴절률을 가지기 때문에 그림 2(b)와 같이 수직과 수평방향으로의 선형 편광된 빛에 대해 투과 스펙트럼이 달라짐을 확인할 수 있었다. 특히, 원편광으로 입사된 빛은 수직과 수평방향의 편광성분으로 나눌 수 있기 때문에 빛의 세기가 1/2로 감소하며 투과파장이 넓어짐을 알 수 있었다. 결론적으로 GLAD TiO₂ 박막의 미세구조를 조절함으로써 박막의 비등방성을 조절할 수 있었으며, 이를 NBP에 적용하여 선형 편광된 빛에 대해 투과 파장을 선택할 수 있는 파장선택 편광회전자를 설계 및 제작할 수 있었다. 이러한 결과로부터 GLAD로 증착한 비등방 광학박막은 편광을 조절하는 광학소자 등에 응용될 것으로 기대된다.

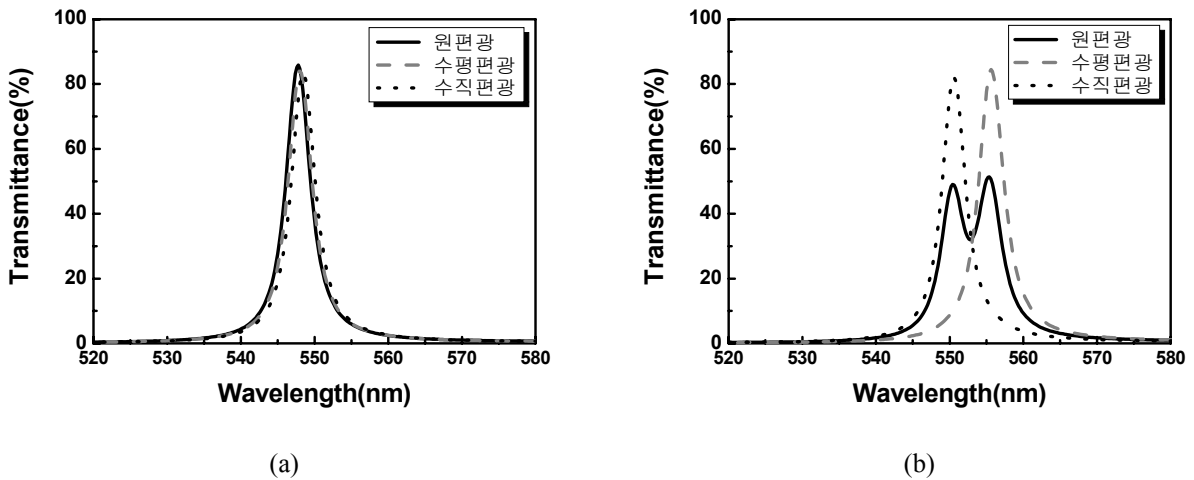


그림 2. 편광에 따른 NBP의 투과스펙트럼 (a) isotropic spacer, (b) anisotropic spacer

참고문헌

1. D. A. Gish, M. A. Summers and M. J. Brett, "Morphology of periodic nanostructures for photonic crystals grown by glancing angle deposition," *Photonics and Nanostructures-Fundamentals and Applications* **4**, 23-29 (2006).
2. T. Motohiro and Y. Taga, "Thin film retardation plate by oblique deposition," *Appl. Opt.* **28**(13), 2466-2482 (1989).
3. 우석훈, 황보창권, "Glancing angle deposition of quarter-wave plates using nano-structured TiO₂ films," 한국광학회 동계학술발표회 pp. 109-110 (2006).