

## 경사입사 증착방법의 복합구조를 이용한 편광방향 변환기의 광학적, 물리적 특성

### Optical and structural properties of polarization handedness inverters with combination structure deposited by glancing angle deposition

박용준\*, K. M. A. Sobahan, 황보창권

인하대학교 물리학과

96416047@hanmail.net

In this paper, we investigate the optical and structural properties of linear and circular polarization-discriminatory inverters. Circular polarization-discriminatory handedness inverter is realized as a combination of half-wave plate and Bragg reflector and that of linear polarization in-verter is realized as a combination of quarter-wave plate, Bragg reflector and quarter-wave plate.

경사입사 증착방법(glancing angle deposition, GLAD)은 증착하고자 하는 물질에 대해 기판을 경사지게 만들어 증착하는 방법이다. 이러한 증착방법은 증착하는 동안 증착조건을 달리 하면서 여러 가지의 광학적 특성을 나타내는 박막으로 제작할 수 있으며, 증착하는 방법에 따라 경사구조, 지그재그 구조, 나선형 구조의 박막을 제작할 수 있다. 이러한 GLAD 박막의 광학적, 구조적 특성은 3차원 포토닉 크리스탈, 비등방 광학필터, 넓은 영역 무반사 코팅, 습도 센서, 선형편광자 등으로 응용할 수 있다<sup>(1)</sup>.

본 연구에서는 GLAD의 증착 방법 중 기판을 지그재그 구조로 증착하고, 회전하며 나선형 구조로 증착하는 두 가지 방법을 이용하여 기판에 수직으로 입사하는 선, 원형 편광된 빛에 대해 특정 파장에서 편광 방향을 바꾸어 주는 편광방향 변환 필터를 제작하여 광학적, 물리적 특성을 연구하였다.

경사입사 증착방법을 이용하여 증착한 박막의 경우 광학적 비등방성이 나타난다<sup>(2)</sup>. 이러한 박막의 비등방성은 박막의 구조와 밀접한 관계가 있으며, 특히 기판을 회전하며 나선형 구조로 증착한 경우에는 원형 편광된 빛을 좌원편광 빛과 우원편광 된 빛으로 분리시켜 특정 원형편광 성분의 빛만을 반사시키는 광학적 특성을 나타낸다. 이러한 나선형구조의 경우 증착한 박막의 회전속도와 증착률을 제어함으로써 증착하는 박막의 두께를 조절함에 따라 광학두께( $nd$ )에 의하여 원편광을 분리시킬 수 있는 파장을 선택할 수 있다. 또한 지그재그 구조로 증착하는 박막의 경우 박막의 비등방 굴절률과 두께를 조절함에 따라 원편광의 편광 방향을 바꾸어 주는  $\lambda/2$  파장판, 선편광된 빛을 원편광된 빛으로 바꾸어 주는  $\lambda/4$  파장판을 제작할 수 있다. 따라서 이러한 나선형 구조와 지그재그 구조를 연이어 증착함에 따라 입사하는 원편광된 빛이 나선형 구조를 투과하며, 하나의 원편광된 성분만 투과되고, 투과된 원편광 빛이 지그재그 구조의  $\lambda/2$  파장판을 지나며 특정 파장에서 원편광의 편광방향이 바뀌는 원편광 변환 필터를 제작할 수 있다. 그리고 지그재그, 나선형과 지그재그 구조를 이용하여 수직으로 입사하는 선편광된 빛을 지그재그의  $\lambda/4$  파장판을 투과하며 원편광으로 바뀌고, 이렇게 바뀐 원편광된 빛은 나선형구조를 지나면서 하나의 원편광 성분만 투과하며, 투과된 원편광 성분은 다시 지그재그의  $\lambda/4$  파장판을 지나면서 다른 선편광된 빛으로 바뀌어 투과하는 선편광 변환필터로 제작할 수 있다. 이러한 편광방향을 바꾸어 주는 광학박막을 증착하기 위해  $\text{TiO}_2$  박막의 기판 경사각을  $60^\circ$  로 하고, 증착률은  $0.5 \text{ nm/s}$ 로 하였으며,

나선형 구조의 경우 회전속도는 0.08 rpm으로 회전하며 5개의 원형 pitch를 증착하였다.

그림 1(a)는 지그재그 구조와 나선형 구조를 이용하여 증착된 원편광 편광방향 변환소자의 SEM 단면 이미지를 나타낸 것이고, 그림 1(b)의 경우는 지그재그, 나선형과 지그재그 구조를 이용하여 증착된 선형편광 편광방향 소자의 SEM 단면 이미지를 나타낸 것이다. 그림 2(a)는 수직으로 입사하는 원편광 된 빛이 원편광 방향 변환 필터를 투과함에 따라 편광방향이 바뀌어 투과되는 투과 스펙트럼을 나타낸 것이고, 그림 2(b)는 수직으로 입사하는 선편광 된 빛이 선편광 방향 변환 필터를 투과함에 따라 편광방향이 바뀌어 투과되는 투과 스펙트럼을 나타낸 것이다.

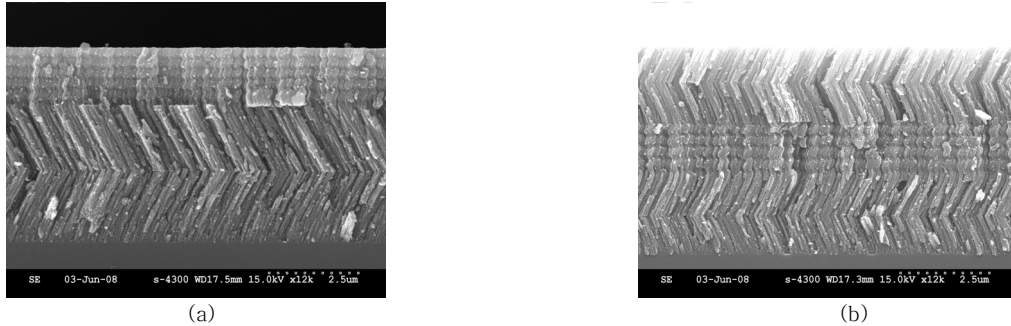


그림 1. 지그재그와 나선형 구조를 이용한 TiO<sub>2</sub> 박막의 SEM 이미지: (a) 원편광 방향 변환 필터  
(b) 선편광 방향 변환 필터.

결론적으로 GLAD방법 중 지그재그와 나선형 구조를 이용하여 TiO<sub>2</sub> 박막의 다공성 미세구조를 조절함으로써 수직 입사하는 원형 편광된 빛과 선형 편광된 빛을 원하는 임의의 파장에서 편광방향을 바꿀 수 있는 편광 방향 변환 필터를 설계 및 제작할 수 있었다. 이러한 결과로부터 GLAD(지그재그와 나선형 구조)로 증착한 광학박막은 편광의 방향을 조절하는 광학소자로 응용될 것으로 기대된다.

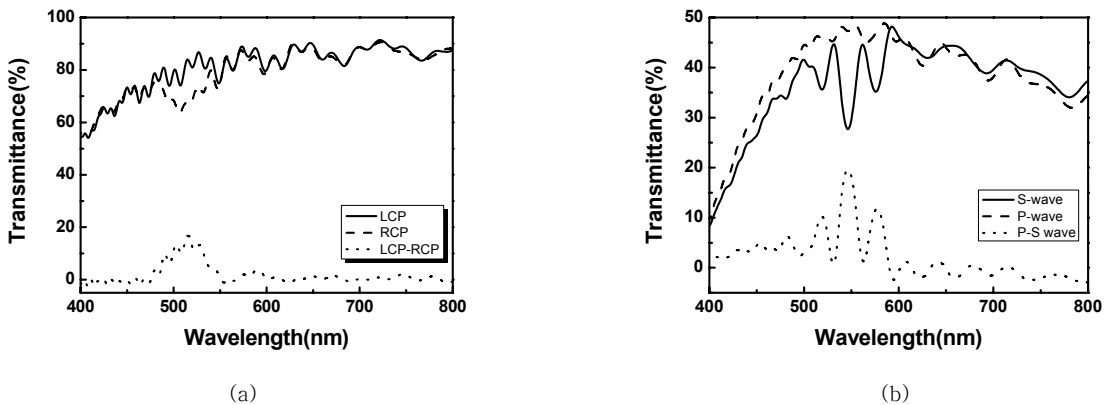


그림 2. 지그재그와 나선형 구조로 증착한 TiO<sub>2</sub> 박막의 투과 스펙트럼: (a) 원편광 방향 변환 필터  
(b) 선편광 방향 변환 필터.

참고문헌

1. Jason B. Sorge, Andy C. van Popta, Jeremy C. Sit, and Michael J. Brett, "Circular birefringence dependence on chiral film porosity," OPTICS EXPRESS 14, 10550–10557 (2006).
2. A. Lakhtakia and R. Messier, Sculptured Thin Films: Nanoengineered Morphology and Optics (SPIE Press, Bellingham, WA, 2005).