

## 경사입사 증착법(나선형 구조)을 이용한 원편광 분리소자의 설계 및 제작

### Design and fabrication of circular-polarization separator using a glancing angle deposition (Helical structure)

박용준\*, 황보창권

인하대학교 물리학과

96416047@hanmail.net

In this study, the optical porosity of  $\text{TiO}_2$  films with helical structure deposited by glancing angle deposition (GLAD) were investigated. Helical films are of interest due to their ability to differentiate states of circularly polarized light. We designed and fabricated normal-incidence circular-polarization separator deposited by GLAD (Helical structure). The optical porosity of  $\text{TiO}_2$  film deposited by helical method can be applied many optical coatings.

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 있다. GLAD 박막의 광학적, 구조적 특성은 3차원 포토닉 크리스탈, 비등방 광학필터, 넓은영역 무반사코팅, 습도 센서, 선형편광자 등으로 응용할 수 있다<sup>(1)</sup>.

본 연구에서는  $\text{TiO}_2$  박막을 경사로 입사시켜 증착하는 경우 광학적 비등방성이 나타나며 경사 입사각이  $60^\circ$ 일 때 가장 큰 비등방성을 나타내었다<sup>(2)</sup>. 이러한 박막의 비등방성은 박막의 구조와 밀접한 관계가 있으며, 특히 기판을 회전하며 나선형 구조로 증착한 경우에는 박막의 다공성구조에 의해 원형 편광된 빛을 좌원편광 빛과 우원편광 된 빛으로 분리시킬 수 있는 광학적 특성을 나타내었다. 따라서 이러한 GLAD의 증착 방법중 기판을 회전하며 나선형 구조로 증착하는 방법을 이용하여 기판에 수직으로 입사하는 빛에 대해 원형 편광된 빛을 좌원 편광된 빛과 우원 편광된 빛으로 분리시킬 수 있는 원편광 분리 광학박막을 설계 및 제작하였다.

경사입사 증착방법을 이용하여 증착하는 박막의 경우 일반적으로 기판을 고정하며 증착하는 경사구조, 지그재그 구조와 기판을 회전하며 증착하는 나선형 구조로 박막의 구조를 조절할 수 있다. 나선형구조의 경우 증착한 박막의 회전속도와 증착률을 제어함으로써 박막의 다공성 미세구조를 조절하여 원편광을 분리시킬 수 있다. 또한 회전속도와 증착률의 제어를 통해 증착하는 박막의 두께를 조절함에 따라 박막의 광학두께( $nd$ )에 의하여 파장을 선택하여 원편광을 분리시킬 수 있다. 따라서 이러한 원편광 분리 광학박막을 증착하기 위해 증착률은  $0.5 \text{ nm/s}$ 로 고정하고, 회전속도를  $0.082 \text{ rpm}$ 으로 느리게 회전하며 3개의 원형 pitch를 증착하였다. 그림 1(a)에서는 SEM 표면이미지를 나타낸 것으로 박막의 다공성 미세구조에 의해 원형 노즐을 확인 할 수 있었다. 그림 1(b)는 SEM 단면이미지로 3개의 pitch가 증착된 것을 확인할 수 있었고, 이로 인해 1pitch의 두께를 알 수 있었다. 이러한 pitch의 두께와 굴절률을 알 수

있다면, 원편광이 분리되는 파장을 계산할 수 있으며, 역으로 정확한 pitch의 두께를 알 수 있다면 굴절률을 계산할 수 있다. 이렇게 회전하며 증착한 나선형구조 박막의 광학적 특성 분석에는 선형 편광자와  $\lambda/4$  위상지연판을 이용하였으며, 투과영역에서의 원편광에 따른 광학적 스펙트럼을 측정된 결과를 그림 2에 나타내었다. 그림 2(a)를 통해 원형 편광된 빛이 박막에 수직으로 입사하면서 특정파장에 대해 좌원, 우원 편광된 빛으로 분리되는 것을 알 수 있다. 또한 그림 2(b)에서는 이러한 좌원, 우원 편광된 빛의 투과율 차이를 나타내었고 측정결과 978 nm 에서 약 9 %의 투과율의 차이를 나타내었다.

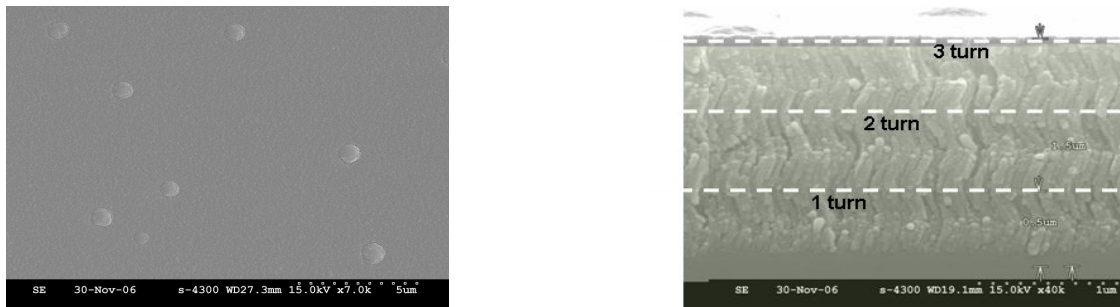


그림 1. 나선형 구조로 증착된 TiO<sub>2</sub> 박막의 SEM 이미지 (a) 표면, (b) 단면

결론적으로 GLAD 방법을 이용하여 TiO<sub>2</sub> 박막의 다공성 미세구조를 조절함으로써 박막의 원편광된 빛을 원하는 임의의 파장에서 분리시킬 수 있는 원편광 분리 광학박막을 설계 및 제작할 수 있었다. 이러한 결과로부터 GLAD(나선형 구조)로 증착한 광학박막은 원편광을 조절하는 광학소자 등에 응용될 것으로 기대된다.

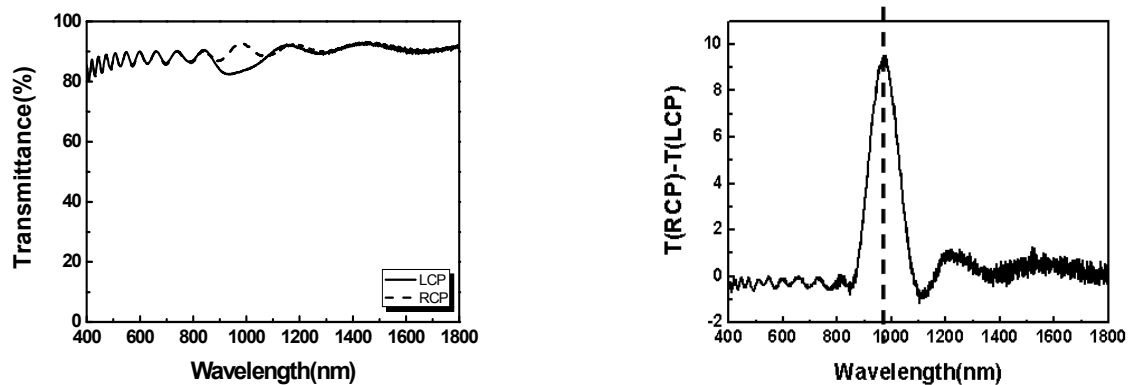


그림 2. 나선형 구조로 증착된 TiO<sub>2</sub> 박막의 (a) 원편광에 따른 투과 스펙트럼, (b) 원편광에 따른 투과 스펙트럼 차이

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. Seouk-Hoon Woo and Chang Kwon Hwangbo, "Optical Anisotropy of Microstructure-Controlled TiO<sub>2</sub> Films Fabricated by Glancing-Angle Deposition (GLAD)," Journal of the Korean Physical Society, 48, 1199-1204 (2006)