

경사입사 증착방법을 이용한 넓은 영역 원편광 브래그 반사경의 광학적, 물리적 특성

Optical and structural properties of broad-band circular Bragg reflectors deposited by glancing angle deposition

박용준*, 장대호, K. M. A. Sobahan, 황보창권

인하대학교 물리학과

96416047@hanmail.net

In this paper, we report a broadband circular polarization reflectors and color separators realized as cascades of helical films with different pitch thickness. These helical films were prepared by glancing angle deposition technique.

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⁽¹⁾.

본 연구에서는 GLAD의 증착 방법 중 기판을 회전하며 나선형 구조로 증착하는 방법을 이용하여 기판에 수직으로 입사하는 원형 편광 빛에 대해 특정 성분의 원편광 빛만을 반사시키고, 증착하는 동안 나선형 박막의 피치두께를 조절함에 따라 넓은 파장에서 좌(우)원편광 빛을 반사시키는 넓은 영역 원편광 브래그 반사필름을 증착하여 광학적, 물리적 특성을 연구하였다.

경사입사 증착방법을 이용하여 증착한 박막의 경우 광학적 비등방성이 나타나며 경사 입사각이 증가함에 따라 비등방성은 증가하였다⁽²⁾. 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 분리시켜 특정 원형편광 성분의 빛만을 반사시키는 광학적 특성을 나타내었다. 이러한 나선형구조의 경우 증착한 박막의 회전속도와 증착률을 제어함으로써 증착하는 박막의 두께를 조절함에 따라 광학두께(nd)에 의하여 원편광을 분리시킬 수 있는 파장을 선택할 수 있으며, 증착하면서 두께를 미세하게 변화시켜가며 증착함에 따라 넓은 파장에서 특정 원편광을 반사시킬 수 있다. 이러한 원편광된 빛을 반사시키는 광학박막을 증착하기 위해 기판의 경사각을 변화시켜가며 TiO_2 , ZrO_2 , Ta_2O_5 의 물질을 나선형 구조의 증착방법으로 증착한 결과 TiO_2 박막이 60° 일 경우 21.6 %로 반사율이 가장 크고, 스펙트럼의 밴드 폭 또한 다른 물질에 비해 넓었다. 증착률은 0.5 nm/s로 하였으며, 회전속도는 0.08 rpm으로 회전하며 5개의 원형 pitch를 증착하여 반사스펙트럼을 측정하였다. 그림 1(a)는 회전속도는 0.08 rpm 으로 고정하고 증착률을 0.5, 0.4, 0.3 nm/s로 각각 3개의 다른 두께를 가지는 pitch를 증착하여 투과스펙트럼을 나타낸 것이다. 이렇게 증착률을 변화시켜가며 증착한 박막의 좌원편광 된 빛의 반사 스펙트럼은 그림 1(b)와 같이 3개의 다른 파장에서 나타났다. 그림 2(a)는 회전

속도는 0.08 rpm 으로 고정하고 증착률을 미세하게 변화시켜가며 TiO₂ 박막피치의 두께를 조절함으로써 7개의 나선형 pitch를 증착하여 제작된 넓은 영역 브래그 반사필름의 원편광에 따른 투과스펙트럼을 나타낸 것이다. 이렇게 증착한 브래그 반사필름은 그림 2(b)와 같이 200 nm 의 넓은 파장영역에서 좌원편광된 빛을 반사시켰다.

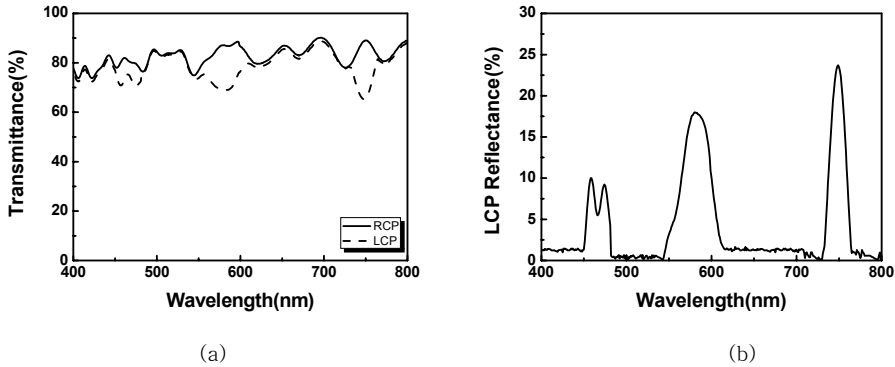


그림 1. 나선형 구조로 3-밴드를 가진 TiO₂ 박막의 (a) 원편광에 따른 투과 스펙트럼, (b) 좌원편광에 따른 반사 스펙트럼.

결론적으로 GLAD방법 중 나선형 구조를 이용하여 TiO₂ 박막의 다공성 미세구조를 조절함으로써 박막의 좌(우)원편광 된 빛을 원하는 임의의 파장에서 반사시킬 수 있을 뿐만 아니라 증착하는 동안 나선형 박막의 피치두께 조절을 통해 원하는 넓은 파장에서 원편광을 반사시키는 넓은 영역 브래그 반사 광학박막을 설계 및 제작할 수 있었다. 이러한 결과로부터 GLAD(나선형 구조)로 증착한 광학박막은 원편광을 조절하는 광학소자로 응용될 것으로 기대된다.

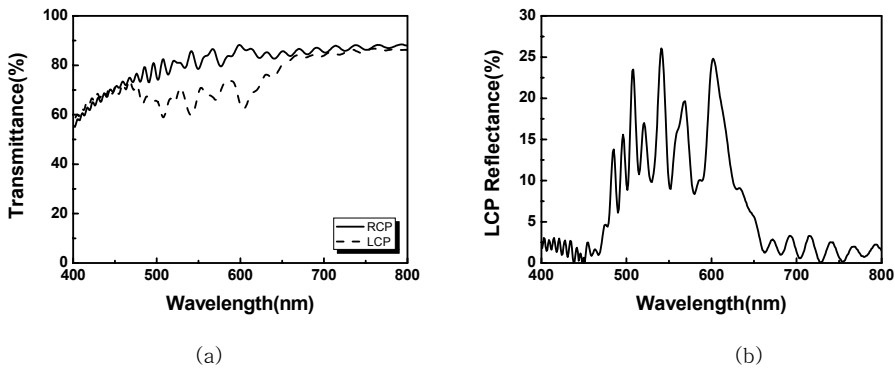


그림 2. TiO₂ 박막의 나선형 구조로 증착한 넓은 영역 브래그 반사판의 (a) 원편광에 따른 투과 스펙트럼, (b) 좌원편광에 대한 반사 스펙트럼.

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 TiO₂ Films Fabricated by Glancing-Angle Deposition (GLAD)," Journal of the Korean Physical Society, 48, 1199-1204 (2006).