

액정폴리머의 복굴절 특성을 이용한 편광선택형 회절격자

Polarization selective diffraction grating using birefringence of the liquid crystal polymer

안준원, 김남*

프리즘테크, *충북대학교 전기전자컴퓨터공학부

jwahn0402@paran.com

We have described a polarization selective diffraction grating using liquid crystal polymer and experimentally demonstrated. From the experimental results, intensity ratios of 1.171 for p-polarization and of 0.0072 for s-polarization are achieved by 650nm wavelength, respectively.

최근 디스플레이용 소자, 빔 편향, 광 컴퓨팅 등과 같은 다양한 응용분야에 액정 폴리머가 적용되고 있다. 이러한 액정 폴리머의 경우 큰 복굴절 특성으로 인해 적용하는 구조에 따라 입사되는 빛의 편광 상태에 따른 선택적 특성을 효과적으로 부여할 수 있다.[1][2] 본 논문에서는 Merch 사의 RMS03-001 매질의 복굴절 특성을 이용해 편광선택형 회절격자를 제작하고, 이의 특성을 분석한다.

그림 1에 편광선택형 회절격자의 구조를 나타내었다. 그림에서 나타낸 것과 같이, 회절격자는 등방성 매질과 비등방성 매질이 접합된 구조로 되어있으며, 비등방성 매질의 경우 입사되는 편광 상태에 따라 서로 다른 굴절률 n_e 또는 n_o 값을 갖는다. 이때, 등방성 매질의 굴절률을 비등방성 매질의 두 굴절률 중 하나의 굴절률과 정합시키면, 입사되는 빛의 편광 상태에 따라 회절격자로 동작하거나, dummy glass로 동작하게 된다. 다양한 비등방성 매질 중 본 논문에서 사용한 액정 폴리머의 경우 배향막 러빙 방향에 따라 굴절률의 방향성을 조절할 수 있게된다. 일반적으로 그림에 나타낸 binary type 회절격자에서 0차빔과 1차빔의 세기는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I_{0th} = ((2D-1)\sin A)^2 + \cos A \quad (1)$$

$$I_{1st} = (2/\pi \sin(\pi D))^2 \quad (2)$$

식에서, $A = \pi d \Delta n / \lambda$, d 는 격자 높이, D 는 회절격자의 duty ratio, λ 는 입사빔의 파장 그리고 Δn 은 굴절률 차이이다. 그림 2는 입사되는 파장이 650nm이고, 굴절률 차가 0.146일 때, 격자 높이에 따른 광량비 (I_{1st}/I_{0th})를 보인 것이다. 일반적으로 예측할 수 있는 것과 같이 정해진 파장과 굴절률 차이 조건에서는 격자 높이가 회절효율을 결정하는 주요 파라미터임을 알 수 있으며, 이러한 조건 도출을 통해 원하는 회절효율을 갖는 격자 제작이 가능하다.

본 논문에서 사용한 복굴절 매질은 Merch 사의 RMS03-001 매질이며, $n_e = 1.68$, $n_o = 1.534$ 로서 0.164의 복굴절 특성을 갖는다. 등방성 매질은 자외선 경화성 폴리머로서, $n = 1.530$ 의 굴절률을 갖는다. 액정 폴리머의 복굴절 특성을 얻기 위한 배향막은 폴리이미드 코팅과 러빙 공정을 통해 제작될 수 있고, 3000rpm에서 30초간 코팅 후 80도에서 5분간 보존하여 구현된다. 이후 등방성 매질에 의해 제작된 회절격자와 러빙막이 형성된 글라스를 접촉해 액정 폴리머를 주입한 후, 약 3J의 자외선 에너지 노광을 통해

경화작업이 이루어진다. 격자방향과 평행한 방향 러빙을 하여, 결과적으로 격자 방향으로 n_e 값을 갖게 된다. 회절격자는 약 $1.33\mu\text{m}$ 의 높이를 갖고, duty ratio는 0.5, 격자 주기는 $20\mu\text{m}$ 이다. 표 1은 제작된 편광선택형 회절격자의 실험결과를 나타낸 것이다. 실험결과에서 보듯이 격자 방향과 평행한 p 편광이 입사할 경우에는 등방성 매질과 비등방성 매질간의 높은 굴절률 차이로 인해 높은 회절효율을 갖음을 볼 수 있으며, 격자 방향과 수직인 s 편광이 입사할 경우에는 매질간의 낮은 굴절률 차이로 인해 회절 빔의 세기가 매우 약해짐을 알 수 있다. 즉, 등방성 폴리머의 굴절률과 비등방성 매질의 n_o 값의 미세한 차이로 인해 P 편광의 입사시에도 미약한 회절이 발생하게 된다. 따라서, 완전한 편광선택형 회절격자를 구현하기 위해서는 비등방성 매질의 굴절률중 하나를 등방성 폴리머의 굴절률과 정합해야한다. 이러한 특성은 편광에 따라 서로 다른 특성을 갖는 회절광학소자 등으로의 적용이 예상되며, 향후 매질의 안정성이 더욱 확보된다면 광픽업, 디스플레이, 회절 소자 등으로의 응용이 가능할 것이다.

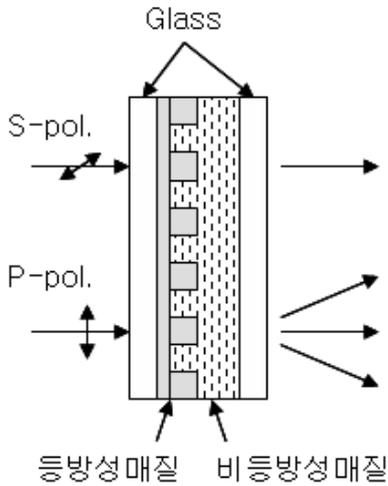


그림 1. 편광선택형 회절격자 구조

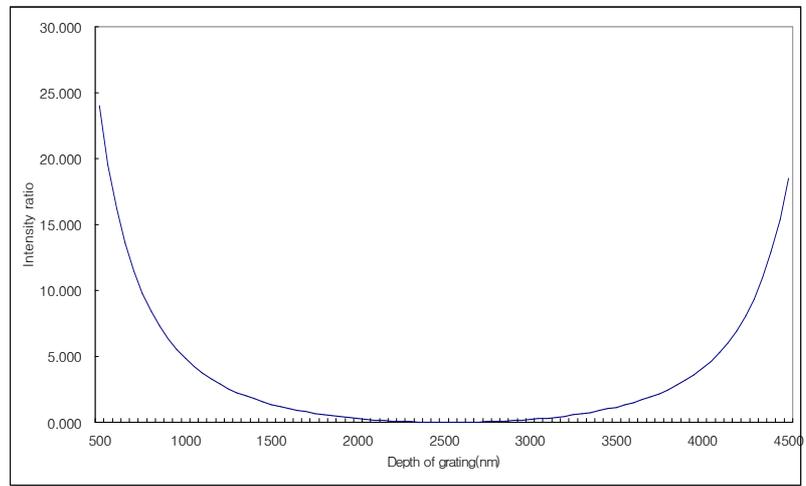


그림 2. Grating depth 에 따른 광량비 분포

표 1. 편광선택형 회절격자 실험 결과

파장	광량비	
	p-편광	s-편광
650nm	1.171	0.0072
780nm	1.980	0.0084

[1] H. Ono, A. Emoto, N. Kawatsuki, and T. Hasegawa, "Multiplex diffraction from functionalized polymer liquid crystals and polarization conversion," Optics Express, vol. 11, no. 9, 2379–2384, 2003

[2] N. Kawatsuki, T. Hasegawa, H. Ono, and T. Tamoto, "Formation of polarization gratings and surface relief gratings in photocrosslinkable polymer liquid crystals by polarization holography," Adv. Mater. 15, 991–994, 2003