

광대역 3/4 λ 위상지연판의 설계

Design of wide-band 3/4 λ retarder

박원상, 전철규, 강진우, 김도연, 최덕운, 이서현, 윤태훈, 김재창
 부산대학교 전자공학과
 pws@hyowon.cc.pusan.ac.kr

반사형 액정표시장치는 저전력 휴대용 표시장치 시장이 급격하게 성장함에 따라 큰 주목을 받고 있다. 현재 반사형 액정표시장치는 밝기면에서 우수한 특성을 갖는 mixed mode TN(MTN)과 reflective TN(RTN)과 같은 단일편광자를 이용한 액정모드를 기본적으로 사용하고 있다. 그러나, 이러한 액정모드는 이중편광자를 이용한 액정모드와 비교해서 dark 상태에서 누설광이 많이 발생하여 대비비가 저하되는 단점이 있다. 최근 우리는 non-twist quarter wave cell을 이용한 반사형 LCD를 제안하였는데, 광대역 λ/4 위상지연판과 광학적으로 동일하게 설계하여 반사광이 전 파장 영역에 걸쳐 편광판에 의해 차단되어 우수한 dark 상태를 나타낼 수 있다는 것을 보고했다.⁽¹⁾ 그러나, 위상지연을 가지는 homogeneous nematic cell의 경우에는 cell gap이 2 μm이하로, AFLC(antiferroelectric liquid crystal) cell을 사용할 경우에는 cell gap이 1 μm이하로 내려가기 때문에 내려가기 때문에 공정면에서 어려움이 많다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 우리는 homogeneous nematic cell을 이용하는 대신에 hybrid mode cell를 이용하여 cell gap면에서 2배정도 두껍게 제작하여 문제점을 해결했다.⁽²⁾ 하지만 AFLC cell을 사용하는 경우에는 hybrid mode가 불가능하기 때문에 cell gap이 두꺼운 cell을 제작하기 위해서는 광대역 3λ/4 위상지연판의 도입이 필요하다.

우리는 뽀양가래 구면상에서의 분산보상 경로를 분석하여, λ/2 위상지연판이 최소한 두장이 필요함을 알았고, 이때 Mueller matrix 사용하여 광대역 3λ/4 위상지연판을 설계했다. 설계된 구조를 나타내는 Mueller matrix 요소들은 선형 편광된 입사광을 나타내는 Stokes 파라메타와 광축이 기준축인 편광판의 투과축에 대하여 θ_{H1}, θ_{H2} 의 각도를 가지는 λ/2 위상지연판들을 표시하는 Mueller matrix, 광축이 편광판의 투과축에 대하여 θ_{3Q} 의 각을 가지고 있는 3λ/4 위상지연판을 나타내는 Mueller matrix, 그리고 이 구조를 지난 뒤의 편광 상태인 원형 편광 상태를 나타내는 Stokes 파라메타가 있다. 우선, 편광판을 지난 후 선형 편광 상태를 나타내는 Stokes 파라메타는 (1 1 0 0)^T 로 그리고 설계된 구조를 지난 후의 편광 상태인 원편광 상태를 나타내는 Stokes 파라메타는 (1 0 0 ±1)^T로 나타낼 수 있다. 그러면 이 경우의 Mueller matrix 표현은, 다음과 같은 행렬식

$$S_o = M_{3Q}M_{H2}M_{H1}S_i \quad \text{----- (1)}$$

으로 표시된다. 여기서 M_{H1}, M_{H2}, M_{3Q} 는 각각 λ/2위상지연판1, λ/2위상지연판2, 3λ/4위상지연판을 나타내는 Mueller matrix이다. 이 행렬식을 정리하면 아래와 같은 계산식이 나온다.

$$\begin{pmatrix} 1 \\ \cos 2\theta_{3Q} \cos [2\theta_{3Q} - 4(\theta_{H2} - \theta_{H1})] \\ \sin 2\theta_{3Q} \cos [2\theta_{3Q} - 4(\theta_{H2} - \theta_{H1})] \\ \sin [2\theta_{3Q} - 4(\theta_{H2} - \theta_{H1})] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ \pm 1 \end{pmatrix} \quad \text{----- (2)}$$

여기서 우리는 다음과 같은 관계 조건을 얻을 수 있다.

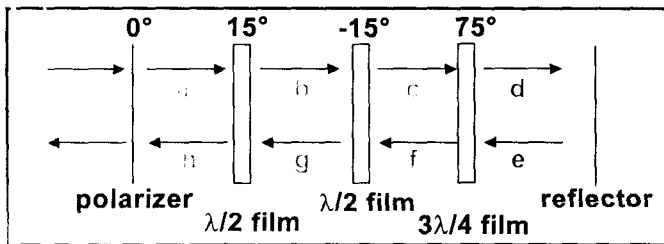
$$2\theta_{3Q} - (4\theta_{H2} - 4\theta_{H1}) = n\pi/2 \quad (n=\text{integer}) \quad \text{----- (3)}$$

입사하는 빛의 파장을 설계기준인 λ_0 에서 $\Delta\lambda$ 만큼 변화시키면 위상지연판의 위상지연정도가 중심파장에서 느끼는 위상지연값보다 $\delta = \Delta\lambda/\lambda_0$ 만큼 변한다. 파장 $\lambda = \lambda_0(1 + \delta)$ 에 대해서 $\lambda/2$ 위상지연판과 $3\lambda/4$ 위상지연판의 위상 지연값은 각각 $\psi_H = \pi(1 + \delta)/2$, $\psi_{Q3} = 3\pi(1 + \delta)/4$ 이다. 이때 식(3)의 조건을 이용하면 아래의 조건을 얻을 수 있다.

$$2\theta_{3Q} = 150^\circ \quad \text{----- (4)}$$

식(3)과 식(4)를 만족하는 여러 가지 값들 중에서 우리는 분산특성이 가장 우수한 조건을 찾았는데, 그 조건은 θ_{H1} , θ_{H2} , θ_{3Q} 가 각각 15° , -15° , 75° 였다.

설계된 광대역 $3\lambda/4$ 위상지연판의 특성을 평가하기 위해서 그림1 (a)와 같이 광학적 배치를 하였고, 그림 1 (b)에서는 각각의 광학요소를 지난 후에 상응하는 중심파장에서의 편광상태변화를 나타내었다. 그림 (a)와 같은 광학적 배치에 대한 LCDMASTER를 이용한 반사율의 분산특성을 그림2에 나타내었는데, 아주 우수한 분산특성을 보임을 알 수 있었다. 결과적으로 우리의 설계는 광대역 $3\lambda/4$ 위상지연판 특성을 잘 나타내었다.



(a)

forward	a	b	c	d
polarization	⊥	↗ 30°	↘ -60°	⊙
backward	h	g	f	e
polarization	⊥	↘ -60°	↗ 30°	⊙

(b)

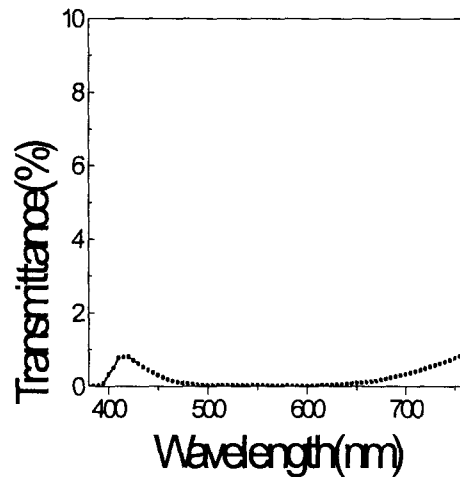


그림 2. 그림1 (a)에 대한 반사율의 분산특성

그림 1. 설계된 광대역 $3\lambda/4$ 위상지연판의 특성평가를 위한
(a) 광학적 배치와 (b) 중심파장에서의 편광상태

감사의 글
이 연구는 정보통신 우수시범학교 지원사업과 G7의 연구비로 수행되었습니다.

- (1) G. D. Lee et al, Jpn. J. Appl. Phys., 39(2000) 2716
- (2) T. H. Yoon et al. Opt. Lett., accepted (2000)