

뽕앙까레 구면을 이용한 반사형 칼라 STN 액정 표시소자의 설계

(Design of a Reflective Multi-Color STN-LCD on the Poincaré Sphere)

姜奇炯*, 文晶旼*, 尹台焄*, 金在昌*, 李埼東*,
李应相**

(Ki Hyung Kang, Jeong Min Moon, Tae-Hoon Yoon, Jae Chang Kim,
Gi-Dong Lee, and Eung-Sang Lee)

요 약

본 논문에서는 뽕앙까레 구면을 사용하여 복굴절에 의한 반사형 칼라 STN 액정 표시소자의 광학조건을 설계하였다. 먼저, 위상지연판이 없는 구조에서 높은 색순도의 칼라를 표시하도록 하는 편광판과 검광판의 각도를 결정하고, 위상지연판을 사용하여 밝은 백색이 구동 가능한 인가전압 범위에서 표시되도록 하였다. 위상지연판의 위상지연과 각도는 뽕앙까레 구면에서 결정된다. 설계한 조건으로 테스트 셀을 제작하여 스펙트럼과 색도좌표를 측정된 결과는 설계와 잘 일치하였다.

Abstract

In this paper, the optical conditions of a reflective multi-color STN-LCD based on electrical control of birefringence is designed on the Poincaré sphere. First of all, the angles of polarizer and analyzer for the best color purity are decided in the configuration without a retardation film. A retardation film is introduced for a bright white in the range of the applied voltage. The retardation and the angle of the retardation film are also decided on the Poincaré sphere. The test cell is fabricated and its measured spectral transmittance and the CIE chromaticity diagram agree well with simulations.

I. 서 론

액정 표시소자는 얇고 가벼우며 소비전력이 작아 기존의 브라운관의 단점을 극복하는 평판 표시소자로 주목받고 있다. 특히 액정 표시소자는 휴대용 기기의 표시소자로서의 요구조건을 만족하므로 계산기, 손목시

계, 노트북 컴퓨터, PDA(Personal Digital Assitant)에 이르기까지 다양한 분야의 휴대용 기기에 응용되고 있다.^[1]

소비자의 요구가 고급화됨에 따라 액정 표시소자의 칼라필터가 요구된다. 현재 많이 사용되는 칼라 표시소자는 칼라필터를 채용한 TFT(Thin Film Transistor)이다.^{[2]-[4]} 그러나, 칼라필터에서 많은 양의 빛이 흡수되므로 전체 투과율이 5~7%로 낮아진다. 그러므로 밝은 배면조명을 사용해야 하며 이는 소비전력을 증가시켜 이로인해 배터리의 무게와 부피가 증가된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 배면조명을 사용하지 않는 반사형 칼라 표시소자를 실현할 필요가

* 正會員, 釜山大學校 電子工學科

(Dept. of Electronics Engineering Pusan National University)

** 正會員, 三聖電館 株式會社

(Samsung Display Devices)

接受日字:1996年11月22日, 수정완료일:1997年6月24日

있다.^[1]

현재 배면조명을 사용하지 않는 반사형 칼라 표시소에 대한 연구가 활발히 진행중이며 다양한 방식의 칼라 실현이 이루어지고 있다.^{[5]-[8]} 이 중에서 복굴절을 이용한 반사형 칼라 STN (Super Twisted Nematic) 액정 표시소자^[9]는 기존의 STN 액정 표시소자와 같은 구조를 가지므로 특별한 공정없이 제작 가능하다. 그러므로 가격 상승없이 기존의 흑/백 표시소자를 대체할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 전압차에 의해 칼라를 구현하므로 계조 표시가 불가능하고, 전압에 따른 복굴절의 변화로 칼라를 표시하므로 시야각이 좁아지는 단점이 있다. 그러나 많은 칼라 표시가 요구되지 않는 중·소형 분야의 흑/백 표시소자의 칼라화에 적합할 것으로 예상되며, 현재 일본등에서 활발히 연구되고 있다.

반사형 칼라 STN 액정 표시소자의 광학 조건은 투과광의 스펙트럼을 구하거나 색도좌표를 통해 결정될 수 있다.^[10] 그러나 편광판, 검광판, 위상지연판의 각도, 위상지연판과 액정의 위상지연, 액정의 꼬임각 등 결정 요인이 많으므로 수많은 경우를 조사해야 한다. 또한 투과율은 편광변화에 대한 정보를 주지 못하므로 편광판, 위상지연판 등의 광학성분의 변화에 대한 영향을 알 수 없다.

복굴절에 의한 반사형 칼라 STN 액정 표시소자는 복굴절에 의한 입사광의 편광상태의 변화를 이용하여 칼라를 표시하므로, 투과광의 편광상태를 아는 것이 중요하다.

뽀앙까레 구면은 빛의 편광상태를 구면에 표현하므로 빛이 광학적 매질을 투과할 때 발생하는 편광변화를 기하학적 형태로 이해하게 한다.^[11] 광학매질을 투과한 빛의 편광상태를 뽀앙까레 구면에 표현하면, 광학매질이 편광에 미치는 영향 및 역할을 기하학적으로 이해할 수 있을 뿐만 아니라, 입사한 빛의 편광을 특정한 편광상태가 되도록 하는 매질의 광학조건이 결정될 수 있다. 이러한 특징으로 뽀앙까레 구면은 흑/백 액정 표시소자의 광학조건을 결정하는 데 사용되기도 하였다.^{[12], [13]}

본 논문에서는 복굴절을 이용한 반사형 칼라 STN 액정 표시소자의 광학조건을 뽀앙까레 구면을 사용하여 결정하고자 한다. 복굴절 매질인 위상지연판과 STN 액정을 투과한 빛의 편광변화를 조사하여 백색, 적색, 청색, 녹색을 표시하는 광학조건을 결정한다.

II 뽀앙까레 구면

1. 뽀앙까레 구면 표현법

z 축 방향으로 진행하는 빛의 임의의 편광상태 P 는 그림 1과 같이 진행방향에 수직인 평면상에 타원의 형태로 표현된다. 이때의 편광상태는 기준축 x 와 타원의 장축이 이루는 각 α 와 타원도(ellipticity) β 로 표현된다. β 가 0이면 선편광, $\pi/4$ 이면 원편광이다.

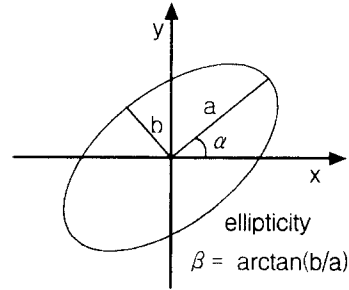


그림 1. 타원편광의 빛
Fig. 1. An elliptically polarized light.

뽀앙까레 구면에서의 좌표는 적도상의 기준축으로부터 방위각과 고도각으로 표현할 수 있다. 임의의 타원 편광 P 는 그림 2와 같이 뽀앙까레 구면에서 기준축인 x 로부터 방위각 2α 와 고도각 2β 인 한 점으로 표현된다. 뽀앙까레 구면에서 적도는 타원도가 0인 모든 선편광상태이다. 북반구는 왼손 편광, 남반구는 오른손 편광을 나타내고, 양극은 원편광을 나타낸다.

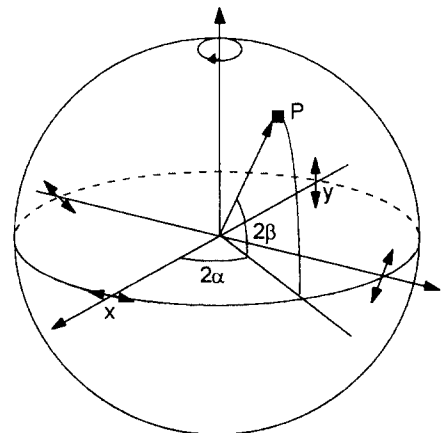


그림 2. 뽀앙까레 구면에서 타원편광의 빛 P의 표현
Fig. 2. The representation of an elliptical polarized light P on the Poincaré sphere.

2. 뽀앙까레 구면상에서의 복굴절 매질

그림 3 (a)와 같이 복굴절 매질의 느린축이 x 축, 빠

른축이 y 축과 나란히 놓여 있을 때, 복굴절 매질의 느린축에 대해 θ 의 각으로 입사한 선편광된 빛은 투과 후 타원편광이 된다. 이 때 위상지연

$$\Gamma = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n d \quad (1)$$

이다. 여기서 λ 는 빛의 파장, Δn 은 복굴절 매질의 굴절율차, d 는 매질의 두께이다. $\Delta n d$ 는 복굴절 매질의 위상지연이며 복굴절 매질이 편광에 미치는 영향을 결정한다.

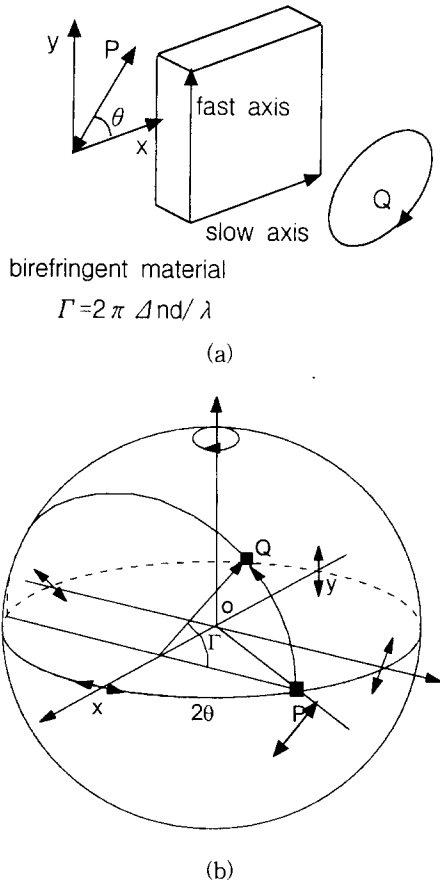


그림 3. 복굴절 매질에 의한 편광상태의 변화: (a) 복굴절 매질을 투과하는 빛, (b) 뽀앙까레 구면 상에서의 복굴절 매질을 통과하는 빛

Fig. 3. The polarization state change of incident light by a birefringent material. (a) the light passing through the birefringent material. (b) the polarization state of the transmitted light on the Poincaré sphere.

입사광의 편광에 대한 복굴절 매질의 영향을 뽀앙까레 구면에서 살펴보면, 그림 3 (a)와 같은 구조는 그림 3 (b)와 같이 표현된다. 투과광의 편광상태는 입사광의 편광점인 P 를 뽀앙까레 구면상의 중심점과 느린축을 연결하는 ox 축을 중심으로 광학적 위상지연 Γ 만큼 회전한 점 Q 로 표현된다.

이와 같이 빛의 편광상태를 뽀앙까레 구면 상에 표현하면 투과광의 편광상태를 쉽게 알 수 있다. 또한, 역으로 입사의 선편광된 빛이 특정 편광상태가 되기 위한 복굴절 매질의 위상지연과 각을 뽀앙까레 구면에서 결정할 수 있다.

III. 반사형 칼라 STN 액정 표시소자의 설계

반사형 칼라 STN의 기본 구조는 그림 4와 같다. 편광판, STN 액정, 위상지연판, 검광판이 있는 투과형에서 뒷면에 반사판을 가진 구조이다. 백색 입사광은 편광판을 투과하면서 선편광된 빛이 되고, 액정과 위상지연판을 거치면서 파장에 따른 편광상태가 달라진다. 검광판을 투과한 후에는 파장에 따라 투과율이 서로 다르므로 색을 띤다. 액정셀에 전압을 인가하면 액정의 방향자(director)가 전계 방향으로 서게 되므로 위상지연 Δn 이 감소한다. 위상지연의 감소로 광학적 위상지연이 감소하여, 투과광의 편광상태는 변한다. 편광상태의 변화는 투과율을 변화시켜 표시색이 바뀌게 된다.

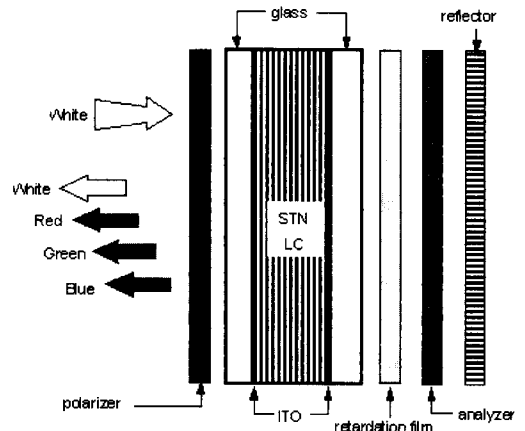


그림 4. 복굴절에 의한 반사형 칼라 STN 액정 표시소자의 구조

Fig. 4. The configuration of a reflective multi-color STN-LCD based on the electrical control of birefringence.

반사형 칼라 STN 액정 표시소자는 뒷면의 반사판을 제외하면 투과형과 같은 구조이다. 그러므로 반사형 칼라 STN 액정 표시소자는 투과형의 구조를 두 번 통과하는 것으로 생각할 수 있다. 투과율에서는 차이가 있으나 최적의 칼라를 표시하는 조건은 같으므로, 계산을 간단히 하기 위해 투과형에서 반사형의 광학적 조건을 찾는다.

먼저 백색 입사광이 액정을 투과한 후의 전기장은 존즈 행렬로 구한다. 위상지연판과 액정에서는 색분산이 존재하므로, 이것을 고려하였다. 존즈행렬에 의해 구해진 투과광의 전기장으로부터 스톱스 파라미터를 구하여 뽀앙까레 구면에서의 좌표를 얻는다.

1. 위상지연판을 사용하지 않은 반사형 칼라 STN 액정 표시소자

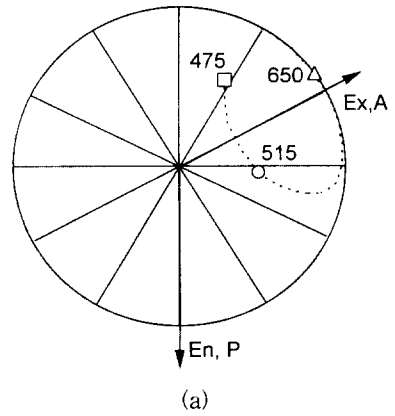
먼저 위상지연판을 사용하지 않은 구조에서 백색, 적색, 청색, 녹색의 4색을 표시하는 조건을 찾아 본다. 광학적 위상지연 Γ 는 파장에 반비례하므로 단파장에서의 광학적 위상지연이 크다. 백색광이 복굴절 매질에 입사하면, 투과광은 파장에 따라 광학적 위상지연이 다르므로 서로 다른 편광상태가 된다. STN 액정에서도 백색 입사광에 대한 투과광의 편광은 파장에 따라 다르다. 빛이 검광판을 투과한 후 투과율은 파장에 따라 다르므로 색을 띠게 된다. 스펙트럼상에서 임의의 한 파장에서 1의 투과율을 갖고, 다른 파장에서 투과율이 0이 되면 표시색의 순도가 가장 좋을 것이다.

투과율의 변화가 큰 조건은 투과광의 파장에 따른 편광상태가 뽀앙까레 구면에서 적도상의 서로 반대인 선편광상태를 지날 때이다. 이때 한 선편광점에 검광판을 두면 검광판과 같은 선편광의 파장에서는 투과율이 최대가 되고, 반대편의 선편광점의 파장에서는 최소가 된다.

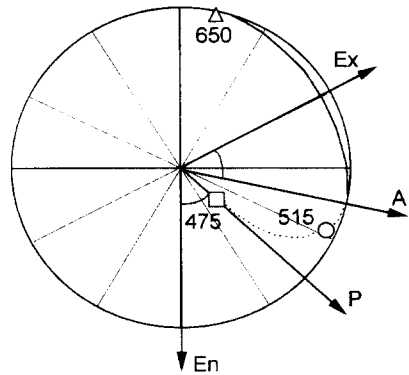
편광판이 액정과 이루는 각을 변화시켜 가면서 투과광의 편광상태를 뽀앙까레 구면에서 조사하였다. 0, $\pi/8$, $\pi/4$, $3\pi/8$ 에서의 뽀앙까레 구면상의 편광상태를 그림 5에 나타내었다. 액정의 방향자와 평행하게 입사한 백색광의 뽀앙까레 구면상의 편광상태는 액정셀을 통과한 후 출사 방향의 방향자 주변으로 근사원의 궤적을 그린다. 임의의 한 파장에서는 방향자와 같은 방향의 선편광이 되며 그외의 파장에서는 타원편광이다. 편광판의 각이 $\pi/8$ 가 되면 투과광의 편광상태는 출사

방향자 주변으로 더욱 큰 반경의 근사원 형태의 궤적을 그린다. 편광상태의 궤적이 적도와 교차하는 점은 선편광인 점이다. 그런데 선편광점을 살펴보면, 투과광의 선편광인 점이 출사 방향자와 이루는 작은 편광판이 입사 방향자와 이루는 각과 같다. 편광판의 각이 $\pi/4$ 가 되면 투과광의 편광상태는 뽀앙까레 구면에서 가장 큰 원의 궤적을 그린다. 그러므로 이 두 선편광점 중 하나의 각도에 검광판을 두면 그 파장에서의 투과율은 최대가 되고 뽀앙까레 구면상의 반대편의 선편광을 갖는 파장에서는 최소가 되어 색순도가 가장 좋은 조건이 된다. 편광판의 각이 $3\pi/8$ 로 더 커지면 투과광의 뽀앙까레 구면상의 편광상태는 출사 방향자의 반대편에 존재하며 색순도는 나빠진다.

위의 사실로부터 색순도가 가장 좋은 조건은 편광판과 검광판이 액정의 방향자에 대해 $\pm\pi/4$ 의 각을 이룰 때임을 알 수 있다. 이 조건에서 액정에 전압을 인가하면 액정의 위상지연 감소로 뽀앙까레 구면 상의 편광상태가 장파장쪽으로 이동한다. 편광상태의 변화는 곧 투과율의 변화를 가져와 표시색이 변하게 된다.



(a)



(b)

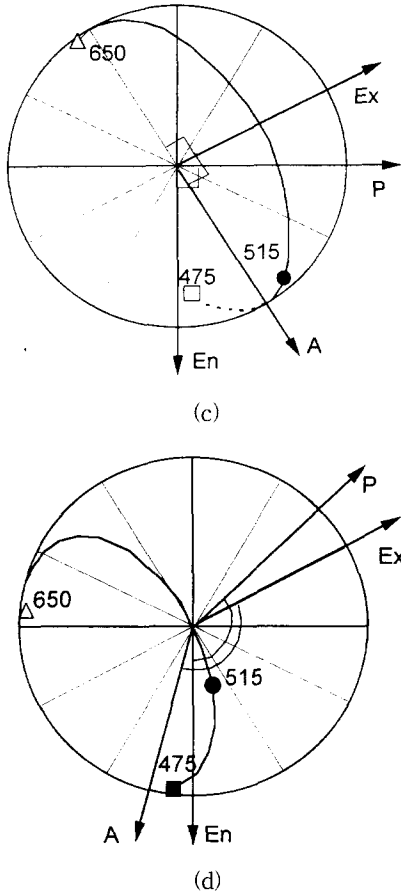


그림 5. 편광판의 각도에 따른 뽀앙까래 구면상의 편광상태: (a) 0, (b) $\pi/8$, (c) $\pi/4$, (d) $3\pi/8$. En은 입사면의 액정 방향자; Ex는 출사면의 액정 방향자; P는 편광판; A는 검광판; 650, 515, 475는 각각 적색, 녹색, 청색 빛의 파장임

Fig. 5. The polarization states on the northern hemisphere of the Poincaré sphere according to the polarizer angle with respect to the entrance LC director: (a) parallel, (b) $\pi/8$, (c) $\pi/4$, (d) $3\pi/8$. En, entrance LC director; Ex, exit LC director; P, polarizer; A, analyzer; 650, 515, and 475 is the wavelength in nm of red, green and blue respectively.

꼬임각이 $4\pi/3$ 인 STN 액정의 위상지연이 1200 nm에서 350 nm까지 변할 때의 스펙트럼을 그림 6에 나타내었다. 액정의 위상지연이 1200 nm에서는 파장이 560 nm와 420 nm 근방에서 최대의 투과율을 가지며 무채색을 띤다. 액정의 위상지연이 1050 nm가 되면 560 nm 파장에서의 최대치가 515 nm로 이동하여 녹색을 표시한다. 액정의 위상지연이 900 nm가 되

면 최대 투과율의 파장이 475 nm로 이동하여 청색을 표시하고, 더욱 감소하여 680 nm의 위상지연에서는 장파장에서 또 다른 최대치가 발생하여 적색을 띠고 350 nm의 위상지연에서는 전 파장에서 투과율이 크므로 밝은 백색을 표시한다.

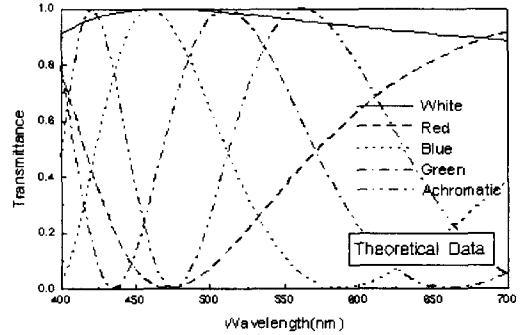


그림 6. 위상지연판을 사용하지 않은 반사형 칼라 STN 셀의 스펙트럼
Fig. 6. The spectral transmittance of the cell without the retardation film.

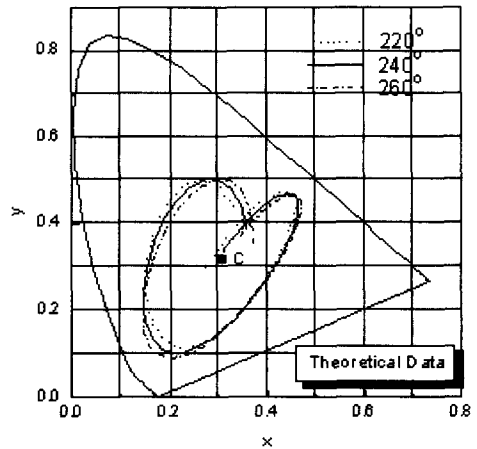


그림 7. 액정의 꼬임각에 따른 반사형 칼라 STN 셀의 CIE 색도좌표
Fig. 7. The CIE chromaticity diagram of the cell according to the twisted angle of LC.

편광판이 방향자에 대해 $\pm\pi/4$ 의 각을 이루면 항상 출사 방향자에 대해 $\pm\pi/4$ 의 각에서 선편광이 되므로, 액정의 꼬임각에 관계없이 액정의 방향자에 대해 $\pm\pi/4$ 로 편광판을 두면 가장 좋은 색순도 특성을 얻을 수 있다. 꼬임각이 각각 $11\pi/9$, $12\pi/9$, $13\pi/9$ 인 STN 액정셀의 CIE 색도좌표를 그림 7에 나타내었다. 셀의 편광판과 검광판은 액정의 방향자와 각각 $+\pi/4$, $-$

$\pi/4$ 의 각도를 이루고 있다. 각 셀의 액정의 위상지연은 1200 nm에서 300 nm까지 변화시켰다. C점은 CIE 표준광원의 색도좌표이다. 그림에서 알 수 있듯이 꼬임각이 바뀌어도 액정의 방향자에 대해 검광판을 $-\pi/4$ 의 각도로 두면, 무채색에서부터 밝은 백색까지 색순도가 높은 표시특성을 얻게 된다.

꼬임각이 $4\pi/3$ 인 액정의 위상지연을 1200 nm가 되도록 액정 셀을 제작하였다. 제작된 셀의 방향자에 대해 $\pm\pi/4$ 가 되도록 편광판과 검광판을 부착하였다. 스펙트럼 측정장비 LCD-5000을 사용하여 제작된 셀의 파장에 따른 투과율을 측정하였다. 측정된 스펙트럼으로부터 색도좌표를 구한다.

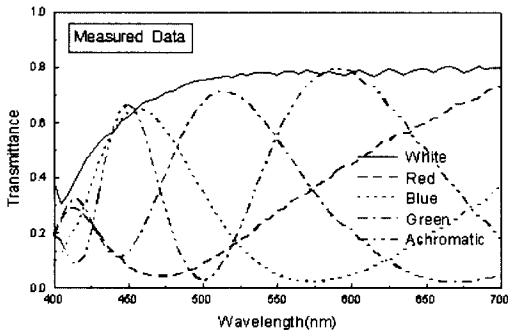


그림 8. 위상지연판을 사용하지 않은 반사형 칼라 STN 테스트 셀의 측정된 스펙트럼
Fig. 8. The spectral transmittance of the test cell without the retardation film.

파장에 따른 투과율을 측정하여 그림 8에 나타내었다. 각 성분의 경계면에서의 반사와 내부손실이 존재하므로 전체 투과율이 0.8 정도로 낮게 나타났다. 투과곡선의 모양은 일치하지만 투과곡선이 적색 파장쪽으로 이동해 이론치와 차이를 보인다. 특히 무채색은 적색, 녹색, 청색이 혼합되어 채도가 낮은 상태이므로 무채색의 채도는 각 파장에서의 투과율 변화에 민감하다. 측정치에서는 이론치와는 달리 청색의 투과율이 작아, 무채색을 표시하는 투과곡선이 이론치에서보다 적색 파장쪽으로 이동한 정도가 크다. 셀에 인가된 인가전압의 범위는 2.3 volt에서 4.8 volt까지이며, 인가전압에 따라 액정의 위상지연이 감소하여 2.3 volt에서는 무채색, 2.40 volt에서 녹색, 2.42 volt에서 청색, 2.50 volt에서 적색, 4.8 volt에서 밝은 백색이 표시된다.

테스트 셀의 표시색 특성을 CIE 색도좌표에 표시하

여 그림 9에 나타내었다. 측정된 값들은 시뮬레이션과 잘 일치하며 무채색에서부터 밝은 백색을 표시한다. 그러나 녹색에서 청색까지의 변화는 급격하여 0.01 volt의 전압에 좌표 변화가 크게 나타났다. 이는 실제 구동에 있어서 인가된 전압에 따라 표시색이 심하게 변하므로 불안정하게 된다. 또한 적색에서부터 백색까지의 변화는 액정의 급준성(steeptness)이 포화된 영역이므로 전압의 변화에 둔감한 영역이다. 그러므로 4.8 volt의 큰 전압에서 백색이 표시되었다.

일반적으로 STN 액정의 구동에 사용되는 구동방법은 FM(Frame Modulation)이다. FM 방식에서는 시간축 상의 Frame을 몇 개로 나누어 Frame을 스위칭하여 한 화소를 구동하는 전압의 크기를 결정한다. FM 방식으로 구동하려면 균일한 전압 간격에서 각 색이 표시되어야 한다. 그림 8에서 밝은 백색은 4.8 volt이상의 큰 전압을 인가해야 하므로 실제 구동회로는 표시할 수 없는 조건이다. 그러므로 무채색에서 적색까지 표시하는 조건으로 사용해야 한다.

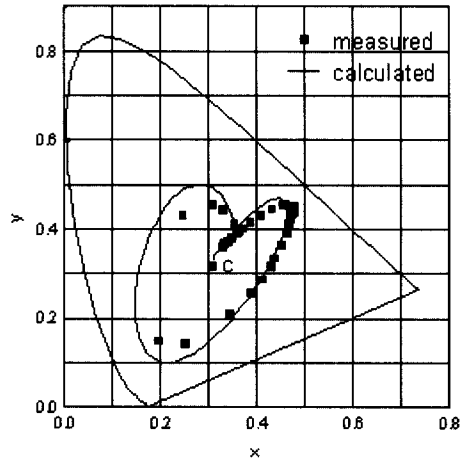


그림 9. 위상지연판을 사용하지 않은 반사형 칼라 STN 테스트 셀의 CIE 색도좌표
Fig. 9. The CIE chromaticity diagram of the test cell without the retardation film.

2. 위상지연판을 사용한 반사형 칼라 STN 액정 표시소자

편광판, STN 액정, 검광판으로 구성된 구조에서는 밝은 백색이 큰 전압에서 표시되므로 실제로는 표시할 수 없는 조건이다. 그러므로 밝은 백색을 구동하려면 액정의 급준성이 포화되지 않은 위상지연에서 백색이 표시되어야 한다. 밝은 백색이란 전 파장에서 투과율

이 큰 값을 가지는 조건이다. 액정 셀의 투과율이 크기 위해서는 액정을 투과한 빛의 편광이 적색, 녹색, 청색 파장에서 검광판의 투과축 방향으로 선편광되어야 한다. 위상지연판은 빛의 편광을 바꾸는 역할을 하므로 위상지연판을 사용하여 적색, 녹색, 청색 파장 빛의 편광상태가 뽕앙까레 구면에서 검광판 주변에 모이도록 하면, 밝은 백색을 얻을 수 있다. [14], [15]

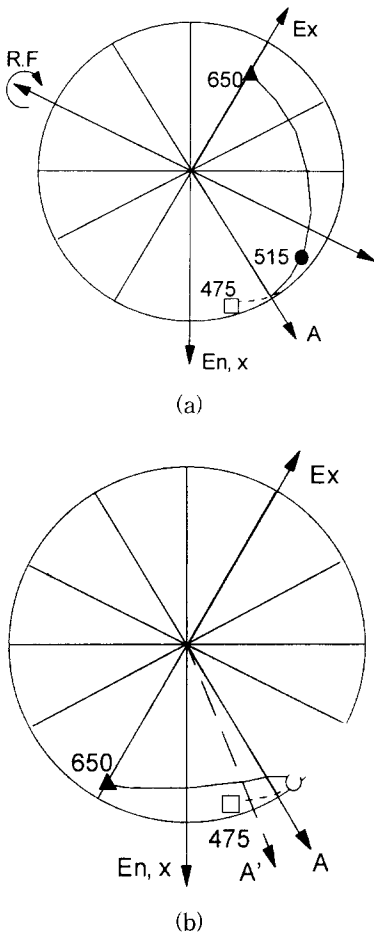


그림 10. 액정의 위상지연이 700 nm일 때의 뽕앙까레 구면 상의 편광상태: (a) 위상지연판을 통과하기 전, (b) 위상지연판을 통과한 후
 Fig. 10. Northern hemisphere of the Poincaré sphere at the LC retardation of 700 nm: (a) before and (b) after passing through the retardation film.

편광판이 액정의 방향자와 $\pi/4$ 의 각을 이루는 조건에서 액정의 위상지연이 700 nm가 되면, 그림 10에서와 같이 청색, 녹색 빛의 편광상태는 검광판 주변에 위치하고 적색 빛의 편광은 반대편에 있다. 여기서 북

극점 매질인 위상지연판을 사용하여 적색 빛의 편광상태를 검광판의 선편광상태로 바꾸면 밝은 백색을 얻게 된다. 그러나 위상지연판의 사용은 뽕앙까레 구면 상의 모든 빛의 편광상태를 광학적 위상지연만큼 회전시키므로 적색 빛의 편광뿐만 아니라 청색, 녹색 빛의 편광상태도 바뀌게 된다. 그러므로 청색과 녹색 빛의 편광상태를 유지하면서 적색의 편광상태만을 검광판의 선편광상태로 바꾸어야 한다.

위상지연판의 위상지연이 450 nm일 때, 청색과 녹색 빛의 광학적 위상지연은 각각 2π , 1.79π 이며 적색 빛에서는 1.33π 이다. 광학적 위상지연이 2π 이면 뽕앙까레 구면에서 완전히 한바퀴를 회전하므로 초기의 편광상태로 다시 돌아오게 된다. 그러므로 450 nm의 편광판을 사용하면 청색과 녹색 빛의 편광상태의 변화없이 적색 빛의 편광상태를 변화시킬 수 있다.

그림 10 (a)는 액정을 투과한 빛의 편광상태를 보여주는 뽕앙까레 구면의 북반구 그림이다. 이 편광상태를 위상지연판의 광축을 중심으로 회전시키면 위상지연판을 투과한 후의 편광상태를 얻게 된다. 450 nm의 위상지연판이 검광판과 $\pi/12$ 의 각을 이루도록 하여, 적색 빛의 편광을 검광판의 선편광점으로 변화시켜 그림 10 (b)를 얻었다. 검광판은 보다 나은 백색 조건과 색표시 특성을 위해 $\pi/36$ 만큼 변화시켰다.

위의 조건에서의 스펙트럼을 그림 11에 나타내었다. 액정의 초기 위상지연은 1300 nm이며 녹색을 표시한다. 액정의 위상지연이 1200 nm일 때 청색을 표시하고, 950 nm일 때는 적색, 700 nm일 때는 밝은 백색을 표시한다. 700 nm의 위상지연에서 스펙트럼은 전 파장에 걸쳐 높은 투과율을 보이며 밝은 백색이 된다.

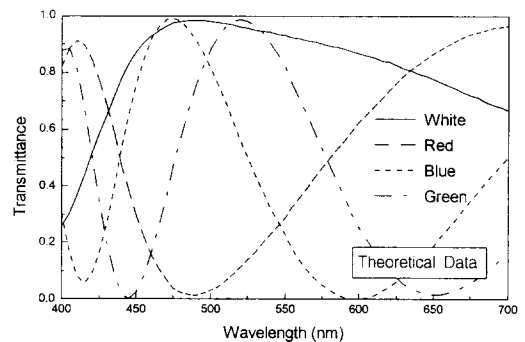


그림 11. 위상지연판을 사용한 반사형 칼라 STN 셀의 스펙트럼
 Fig. 11. The spectral transmittance of the cell with the retardation film.

테스트 셀을 제작하여 설계된 조건을 확인하였다. 액정의 초기 위상 지연이 1300 nm가 되도록 셀을 제작하였다. 450 nm의 위상 지연판과 편광판, 검광판을 셀에 부착시킨 후, 제작된 테스트 셀의 스펙트럼을 측정하고 표시색을 색도좌표 상에 나타낸다. 측정된 스펙트럼을 그림 12에 나타내었다. 측정된 스펙트럼의 투과율은 최대가 0.8 정도의 값을 가진다. 각 최대치의 파장과 인가전압에 대한 투과특성은 그림 11의 시뮬레이션 결과와 잘 일치하나 녹색에서의 투과곡선이 단 파장쪽으로 이동된 것은 제작된 액정 셀의 위상 지연값이 실제로는 1300 nm보다 작은 결과로 생각된다.

에서 2.45 volt까지 전압을 액정 셀에 인가하였다. 실선으로 나타난 시뮬레이션의 결과는 액정의 위상 지연 값을 1300 nm에서 700 nm까지 변화시켜 얻은 것이다. 스펙트럼에서 단파장인 청색의 투과율이 낮게 측정되어 청색의 순도가 낮게 나타났으나 전체적으로 시뮬레이션 결과와 잘 일치한다. 700 nm에서 표시되는 백색의 색도좌표는 표준광원 C의 좌표에 가까우므로 밝은 백색이 표시된다. 테스트 셀은 0.25 volt의 작은 인가전압의 범위에서 녹색, 청색, 적색, 백색까지 표시한다.

IV. 결론

뽀앙가레 구면을 사용하여 복굴절에 의한 반사형 칼라 STN 액정 표시소자의 광학조건을 결정하였다. 뽀앙가레 구면 상에 액정을 투과한 백색광의 편광상태를 표시하여 색순도가 높은 칼라가 표시되는 편광판과 검광판의 조건을 결정하였다. 액정의 꼬임각에 관계없이 액정의 방향자에 대해 $\pm \pi/4$ 의 각으로 편광판과 검광판을 두면 색순도가 높은 칼라를 얻을 수 있음을 알았다.

구동 가능한 전압 범위에서 백색이 표시되도록 위상 지연판을 사용하였으며, 위상 지연판의 위상 지연과 각도를 뽀앙가레 구면에서 결정하였다. 450 nm의 위상 지연판을 사용하여 청색과 녹색 빛의 편광변화없이 적색 빛의 편광을 변화시켜 밝은 백색을 얻었다.

설계된 조건으로 제작된 테스트 셀의 스펙트럼과 색도좌표는 시뮬레이션 결과와 잘 일치하였다. 이것으로 뽀앙가레 구면은 편광의 변화를 이용하여 화소를 표시하는 액정 표시소자의 광학설계에 유용함을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] 이승수, "STN 액정 표시소자의 기술과 전망," 대한전자공학회지, 제 22권, 제 3호, p. 88, 1995
- [2] T. Uchida, Proc. Euro Display '81 digest, p. 39, 1981.
- [3] T. Uchida, S. Yamamoto, and Y. Shibata, Record of International Display Res. Conf., p. 166, 1982; *IEEE Trans. ED-30*,

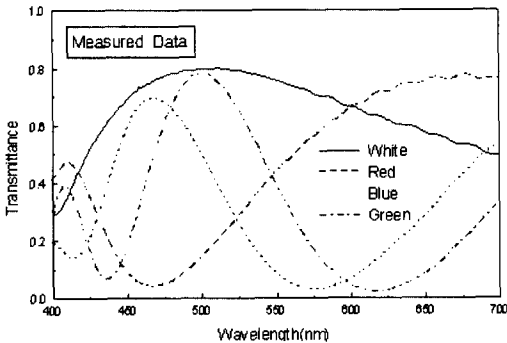


그림 12. 위상 지연판을 사용한 반사형 칼라 STN 테스트 셀의 측정 스펙트럼
Fig. 12. The measured spectral transmittance of the test cell with the retardation film.

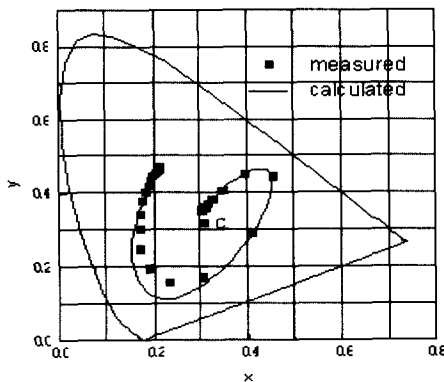


그림 13. 위상 지연판을 사용한 반사형 칼라 STN 셀의 CIE 색도좌표
Fig. 13. The CIE chromaticity diagram of the test cell with the retardation film.

측정된 스펙트럼으로부터 CIE 색도좌표를 구하여 그림 13에 나타내었다. 0.01 volt 간격으로 2.20 volt

- p. 503, 1983.
- [4] A. G. Fisher, T. P. Brody, and W. S. Escott, IEEE Conf. Rec. on Display Devices, p. 64, 1972.
- [5] K. Tanaka, K. Kato, S. Tsuru, and S. Sakai, "Holographic Formed Liquid-Crystal/Polymer Device for Reflective Color Display," J. SID, vol. 2, no. 1, pp. 32-40, 1994.
- [6] T. Ishinabe, T. Uchida, M. Suzuki, and K. Saito, "A Bright Full Color Reflective LCD Using Optically Compensated Bend Cell(R-OCB Cell) with Fast Response," Euro Display '96 digest, pp. 119-122, 1996.
- [7] Y. Ishii, N. Kimura, F. Funada, and K. Awane, "Trend in the Development of Low Power Color LCDs for Personal Information Tools," Euro Display '96 digest, pp. 115-118, 1996.
- [8] K. Naito, H. Iwanaga, K. Sunohara, and M. Okajima, "Light Absorption Properties of Guest Dyes for Reflective Color GH-LCDs," Euro Display '96 digest, pp. 127-130, 1996.
- [9] Akira Sato, "Reflective Formats for Color LCDs Solve Power-Consumption Problems," *Display Devices '94*, pp. 18-21, 1994.
- [10] K. H. Kang, J. M. Moon, J. C. Kim, T. H. Yoon, K. G. Nam, E. S. Lee, G. D. Lee, and J. W. Park, "Design of a Reflection Type Color STN-LCD on the CIE Chromaticity Diagram," 3rd Asian SID digest, pp. 46-49, 1995.
- [11] J. E. Bigellow and R. A. Kashnow, "Poincaré Sphere Analysis of Liquid Crystal Optics," Appl. Optics, vol. 16, no. 8, pp. 2090-2096, 1977.
- [12] K. Kumagawa, S. Yoshida, H. Yamkzoe, I. Ota, and S. Kosako, "Black and White STN-LCD Using two Birefringent films," Japan Display '89, pp. 312-315, 1989.
- [13] S. B. Kwon, W. S. Park, W. Kim, S. H. Ahn, and Y. H. Oh, "Simple Method for Optimization of Electro-Optical Properties in FSTN-LCDs," SID '93 digest, pp. 626-629, 1993.
- [14] E. S. Lee, C. H. Lee, J. W. Park, T. Yamazaki, T. H. Yoon, and J. C. Kim, "Study on the Optimal Optic Conditions of the Reflective Color STN LCD," Proc. 21st Japan Liquid Crystal Conference, pp. 312-313, 1995.
- [15] K. H. Kang, J. M. Moon, T. H. Yoon, J. C. Kim, G. D. Lee, and E. S. Lee, "Design of a Reflective Multicolor STN-LCD on the Poincaré Sphere," Euro Display '96 digest, pp. 383-386, 1996.

 저 자 소 개

姜 奇 炯(正會員) 第 33권 A편 제 8호 참조
 현재 부산대학교 전자공학과 박사과정

文 晶 旻(正會員) 第 33권 A편 제 12호 참조
 현재 LG전자 연구소 연구원

尹 台 燾(正會員) 第 33권 A편 제 8호 참조
 현재 부산대학교 전자공학과 부교수,
 컴퓨터 및 정보통신 연구소 연구원

金 在 昌(正會員) 第 33권 A편 제 8호 참조
 현재 부산대학교 전자공학과 교수,
 컴퓨터 및 정보통신 연구소장

李 埴 東(正會員) 第 33권 A편 제 12호 참조
 현재 부산대학교 전자공학과 박사과정

李 應 相(正會員) 第 33권 A편 제 12호 참조
 현재 삼성전관 종합연구소 수석연구원