

칼라 편광판을 이용한 감색 혼합형 칼라 3-Stack LCD의 설계

Design of a Subtractive Color 3-Stack LCD Using Color Polarizers

박경호, 진현석, 이기동, 윤태훈, 김재창
부산대학교 전자공학과
khopark@hyowon.pusan.ac.kr

LCD(liquid crystal display)에서 칼라를 만드는 방법에는 가색 혼합법(additive color method)⁽¹⁾과 감색 혼합법(subtractive color method)^{(2),(3)}이 있다. 가색 혼합법은 빛의 3원색인 red, green, blue의 칼라 필터를 인접하게 배치시키고 각각의 칼라 필터에 해당 칼라의 신호를 인가하여 밝기를 제어함으로써 색을 표현하는 방법으로 대비비(contrast ratio)가 높고 표현할 수 있는 색상의 범위(gamut)가 넓고 액정 셀의 두께가 얇다는 장점이 있지만, 반면에 빛의 투과율이 낮다는 단점이 있다. 거기에 비해 감색 혼합법은 cyan, magenta, yellow의 3색의 표시소자로서 3-stack을 구성하여, 각층에 해당 칼라의 신호를 인가하여 밝기를 제어함으로써 색을 표현하는 방식으로 광 투과량은 가색 혼합법의 경우보다 높으나, 완전한 dark상태의 구현이 어렵기 때문에 명암대비비가 낮다는 단점이 있다.

기존의 90° TN 3-stack color LCD의 경우 칼라 편광판을 4장을 사용하였는데⁽⁴⁾, 이 구조의 경우 낮은 명암대비비의 단점이 있었다. 이를 개선 하고자 본 논문에서는 칼라 편광판 3장과 neutral 편광판 1장을 사용하여 기존의 구조의 광 투과량을 유지하면서, 명암대비비의 향상 효과를 얻었다. 그뿐 아니라 가격 절감(실제 칼라 편광판이 neutral 편광판보다 가격이 높음)의 부수적인 효과를 가져다주었다.

먼저 각 cell의 조건을 찾고, 특성을 조사하기 위해 칼라 편광판을 모델링 하였다. Jones matrix의 편광판 표현을 변형하여 식(1)과 같이 모델링 하여 각 셀의 조건과 분광특성을 simulation할 수 있게 하였다. 식(1)은 투과축이 y축이고 흡수축은 x축으로 하여 x축의 투과는 파장에 따른 칼라 특성을 삽입, 특정 파장에서만 편광판의 역할을 하도록 설정되었다.

$$\begin{pmatrix} cyan(\lambda) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} magenta(\lambda) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} yellow(\lambda) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \dots\dots(1)$$

본 논문에서 제안하는 3-stack 칼라 LCD의 구조는 칼라 편광판 3장과 neutral 편광판 1장을 이용하는 형태이다. 전체 투과량 중 편광판이 전체 투과량의 50%를 흡수하고, 나머지 50%의 빛을 칼라 편광판이 특정 파장만을 필터링함으로써 색을 구현한다.(색의 구현 방법은 표 1에 나타나있다.) Neutral 편광판의 위치를 선정하기 위하여 식(1)의 칼라 편광판 matrix(ideal)를 이용하여 neutral 편광판의 위치를 옮겨가며 simulation하였다. 그림 1에서 보면 neutral 편광판을 3-stack LC cell의 맨 가장자리(neutral, cyan, magenta, yellow 편광판 순)편광판을 놓는 것보다 cell들 사이에 위치하는 것이 좋은 광투과 특성을 나타냈다. 이 결과를 바탕으로 그림 2의 구조(cyan, neutral, magenta, yellow 편광판 사이에 cell들을 삽입)로 color 3-stack LCD를 제작하였다.

Simulation결과로부터 실제 cell을 제작하여 기존의 구조와의 명암대비비를 비교하였다. 각 셀들의 조건은 cyan 편광판과 neutral 편광판 사이의 첫 번째 cell은 $\Delta nd = 1.22 \mu m$, 두 번째 cell은 $\Delta nd =$

1.06 μm , 세 번째 cell은 $\Delta n d = 0.89 \mu\text{m}$ 로 제작하였다. 명암대비의 향상을 실험적으로 증명하기 위하여 기존 방식의 3-stack LCD와 본 논문에서 제안한 구조의 명암대비를 비교 실험하였다. 그 결과 기존의 3-stack LCD의 명암대비는 9.9:1($2.47 \mu\text{W}/248 \text{ nW} = 9.9$), 본 논문에서 제안한 3-stack LCD의 명암대비는 16.0:1($8.05 \mu\text{W}/503 \text{ nW} = 16.0$)로 기존의 구조보다 명암대비 면에서 높은 결과를 얻을 수 있었다.

요컨대, 본 논문에서는 칼라 편광판을 matrix 형태로 제시하여 칼라 편광판의 simulation을 할 수 있도록 하였고, 새로운 3-stack LCD의 구조를 제안, 최적화 하였다. 마지막으로 기존의 3-stack LCD구조와 본 논문에서 제안한 구조의 명암대비를 비교하여 기존의 구조보다 나은 결과를 얻었다.

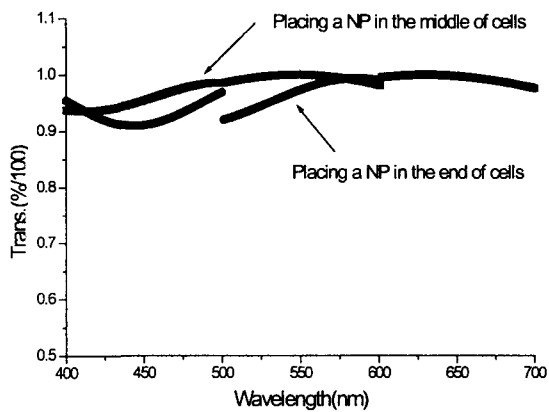


그림 1. Neutral 편광판 위치에 따른 특성

Color	cell[1]	cell[2]	cell[3]
White	off	off	off
Black	on	on	off
Cyan	on	off	off
Magenta	off	on	on
Yellow	off	off	on
Red	off	on	off
Green	on	off	on
Blue	on	on	on

표 1. 기본 색 표현 방법(normally black)

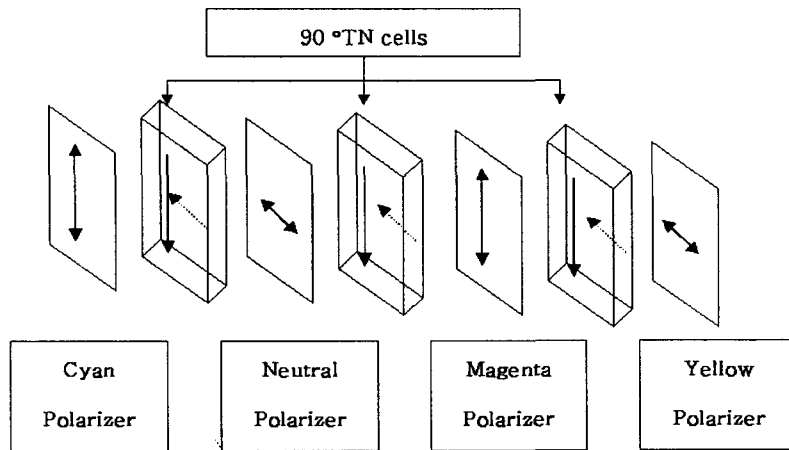


그림 2. 3-stack LCD의 구조

감사의 글

본 연구는 정보통신연구진흥원의 99년도 대학기초연구지원사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. T. Uchida, Proc. Eurodisplay '81, p. 39, 1981
2. R. Conner, SID 1992 Applications Session Notes, 1992
3. 진현석, 이기동, 윤태훈, 김재창, 제7회 광전자 및 광통신 학술회의 논문집, p. 359, 2000
4. 이기동, 이응상, 윤태훈, 김재창, 제1회 한국정보 디스플레이 학술회 논문집, p. 21, 1997