고출력RGB-LED를 사용한 Backlight 개발

이한진, 박두성, 한정민, 박정국, 배경운, 김서윤, 김연호, 임영진
BOE-HYDIS 개발본부

Backlight Unit adopting high power RGB-LEDs

Han-Jin Lee, Doo-Sung Park, Jeong-Min Han, Jeong-Kuk Park, Kyung-Woon Bae,
Seo-Yoon Kim, Yun-Ho Kim, Young-Jin Lim
Development Division, BOE-HYDIS

Abstract

LED(Light Emitting Diodes)를 이용한 LCD 백라이트는 현재까지 모바일용의 2~3인치정도의 소형모델에서 상용화되고있다. 현재 동종분야에서 5~7인치 이상의 중대형에서는 아직 검토나 개발단계인 것으로 파악되고 있다. LED의 특징인 장수명, 고색순도, Robustness 등의 장점에도 불구하고 광효율이나 경제적측면에서 아직 형광램프 Type 에 비해 개선점이 남아있는 것도 개발지연 이유중의 하나다. 최근에 일부 광원업체에서 소비전력 5W로 높은 출광효율을 갖는 고휘도를 가진 LED가 개발되고있다. 고색재현성을 요구하는 TV등의 민수용 디스플레이시장이 커지는 현 추세에 한 방법으로 3색의 고휘도 LED광원을 사용한 백라이트를 개발했다.

R(Red), G(Green), B(Blue)의 3색 점광원 다수를 이중도광판 구조의 장변에 일정 간격으로 배열하여 최종 출사면에서 백색이 되도록 소정의 구성비로 설계하였다. 점광원간의 간격으로 인해 발생되는 혼색도를 보완하기위해 광원과 출사면까지의 광경로를 점광원이 아닌 튜브형의 형광광원 사용시보다 일정량 길게 설계해야 되는데, 이것으로 인해 출광효율이 형광램프구조에 비해 떨어지는 결과로 나타났다. 본 연구에서는 17인치 모니터구조의 백라이트에서 색재현성 105%와 소비전력 67W에서 표면휘도 2000cd/m^2정도를 달성하였다.

Key Words : LED, RGB, Back Light, LCD

1. 서 론

액정디스플레이는 경량, 박형, 저소비전력 등의 특징을 가지고 OA(Office automation)분야를 필두로, 특히 휴대기기용 고정세 디스플레이에서는 독주를 하고 있으며, 한편 기존 전자디스플레이의 중심이던 CRT디스플레이 대체에 박차를 가하고있다. 액정소자는 타디스플레이와 달리 비발광소자이며, 따라서 조명을 필요로 한다. 현재 액정 조명용 광원에는 중대형에서 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp)이 주로 사용되고 있으며, 핸드폰, PDA, DSC(Digital still camera), 캠코더, HMD (Head mounted display) 등 소형에서는 LED광원이 주류를 이루고 있다.

현재 LCD시장은 급속히 팽창하고 있으며 응용분야는 광범위하고도 다양해지고 있다. 또 디스플레이에 대한 요구수준도 높아져, 보다 자연스럽고 친환경적이기를 기대한다. 이러한 요구들중 밝기나 color는 계속 강조되고 있으며, 한편 수은(Hg) 등의 생체유해물질은 최소화하고자 규제를 강화하고 있다[1]. LED는 CCFL에 비해 넓은 색재현성을 가지며, 또한 무수은의 친환경적인 광원이지만, 중대형 디스플레이의 조명광원으로는 밝기와 신뢰성 등의 개선과제가 숙제였는데, 최근 발전을 거듭해 중대형에도 응용가능할 수준에 이르고 있다.

2. LED의 액정표시장치에의 응용

2.1 액정표시장치의 색재현성

색재현성에 있어서 최근의 제품에서는 이미 CRT와 동등의 Gamut 72% 라고 하는 수치가 실

현되고 있다. 그러나 보다 풍부한 색채를 표현하고자 할 경우 아래에 기술한 형광체의 발광특성상의 제약에 의해 현상태 이상으로 색재현영역을 확장하는 것은 곤란하다.

일반적으로 액정판넬용 백라이트의 광원으로서는 CCFL이 사용되고 있다. CCFL내에서 여기된 수은증기가 기저상태로 상전이할 때 발하는 자외광 에너지를 이용하는데, RGB로 변화시키는 형광체와 반응해서 목표의 색도를 얻고 있다. 그림 1에 일반적인 CCFL의 발광스펙트럼을 나타내고 있다. 실제의 액정표시장치의 색특성은 이 발광스펙트럼과 C/F(Color filter)의 분광투과율 특성과 조합에 의해서 결정된다[2].

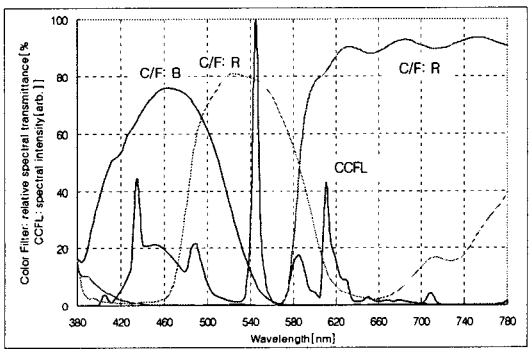

그림 1. CCFL의 발광스펙트럼.

CCFL의 발광스펙트럼의 특징으로서 장파장측의 두 개의 피크가 약 610nm와 약 585nm로, 녹색시감곡선에도 비교적 많이 중첩되기 때문에 특히 적색측의 색재현영역이 좁아 선명한 색채를 표현하기 어렵다. 최근에는 칼라 필터의 최적화에 의한 색재현성의 개선도 검토되고 있지만, 주로 휘도저하의 문제로 인해, 아직 양산수준에는 이르지 못하고 있다.

2.2 LED백라이트의 특징

이러한 CCFL광원의 현실력치에서, 액정디스플레이 장치의 색재현성을 개선하기위해 이번에 백라이트용 광원으로 RGB-LED소자를 채용했다. 액정판넬용 LED백라이트로서 백색LED가 실용화되고 있지만 그 스펙트럼 특성은 청색LED와 형광체의 조합에 의한 것으로 그렇게 이상적이지 못하고 넓은 분포를 가지기 때문에, 색재현성에 관해서는 현재의 CCFL 제품보다 때때로 열악한 경우도 있다[3].

액정표시장치의 색재현성을 개선하는데는 RGB의 각 스펙트럼 피크가 요구사양에 적합한 파장대에서 분포되어야 하며, 그 주변에 여분의 피크가 존재하지않는 RGB-LED 소자의 사용이 이상적이다[3].

그림 2에 RGB-LED소자의 각각의 발광 스펙트럼특성과 칼라필터의 투과스펙트럼특성을 표시한다. 각 LED소자의 특성으로서, CCFL의 경우와 비교해 스펙트럼이 그 피크 파장을 중심으로 sharp하게 뭉쳐있으며 그 주변으로 부차 피크들이 존재하지않음을 알 수 있다. 또, R의 피크가 약 645nm로 통상의 CCFL과 비교해 장파장에 위치하기 때문에 특히 적색에서 깊은 색채를 얻을수 있다. 이러한 색재현영역의 확대에 추가해, RGB각색의 출력을 독립적으로 조절하는 것으로서, 백색색온도를 가변시킬수 있다.

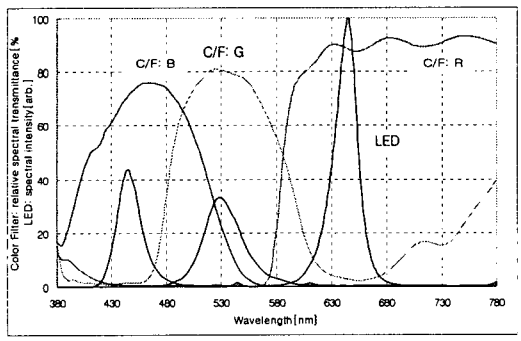

그림 2. LED의 발광스펙트럼.

게다가 LED를 백라이트용 광원으로서 사용하는 것에 의해서 두 가지의 큰 장점을 가지는데, 그 첫째가 무수은(Hg-free)화, 둘째가 발광의 고속응답성을 들 수 있다. Hg-free에 관해서는 근년 환경보호의 관점에서 특히 주목이 높아지고 있으며, 가까운 장래 다양한 제품분야에서 보다 강한 요구가 있을 가능성이 높다. CCFL에 관해서도 무수은화가 검토되고 있지만 현재로서는 아직 제품화에 이르지 못하고 있다.

한편 고속응답성에 관해서는, 일반으로 LED의 고속주파수는 CCFL의 응답주파수에 대해서 수십에서 수백배로 아주 높아, 액정의 반응속도를 보상해주어 액정디스플레이의 동화상 특성을 개선하기 위한 백라이트 blinking방식[4]에 응용되거나 Color

filter-less 액정장치로 color를 디스플레이하는 FSC(Field sequential color)제어를 행할 경우에도 적합한 특성을 가지고 있다[5].

이 외에도 고체소자로 인한 외부충격에 강한 내구성을 갖고 있으며, 수명 또한 정상구동조건에서 10만시간 이상의 반영구적인 특성을 지닌다. 게다가 PWM(Pulse width modulation)제어에 의해 CCFL과 비교해서 대단히 넓은 duty ratio를 가지는 것도 가능하다.

3. 백라이트용 LED 소자의 특성

3.1 고출력 RGB-LED 소자

본 연구에서 제작한 LED백라이트에서는 미국 Lumileds사의 고출력 LED소자(Luxeon)을 사용했다[6]. 그림 3에 Luxeon의 외관구조를 표시한다.

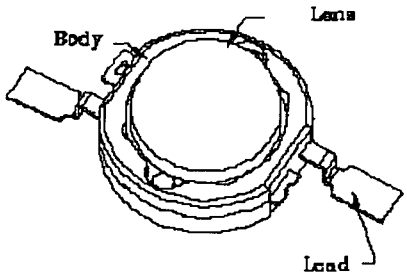

그림 3. LED소자의 외관구조
(Lumileds사 자료에서 발췌).

이 LED소자의 특징으로서 발광부를 heat sink상에 형성하는 것에 의해, 종래품과 비교해서 방열성을 비약적으로 향상시킨 것을 들 수 있다. heat sink를 통해서 발광부의 열을 효과적으로 외부에 방출시킴으로서 통상의 chip-LED의 20배 이상인 700mA라고 하는 고전류의 사용이 가능하게 되었다.

1개의 소자에서 종래품에 비해 비상으로 높은 광량을 얻을 수 있기 때문에 양산에 있어서는 LED소자수를 감소하는 것에 의해 가격절감을 기대할 수 있다.

3.2 LED소자의 온도특성

일반으로 LED는 그것을 구성하는 재료에 따라서 온도 및 수명특성에 차이가 있으며 액정판넬용 백라이트로 요구되는 스펙, 사용조건등을 고려할 경우, 그 특성의 차이에 따라서 영향은 무시할 수 없는 것일 수 있다.

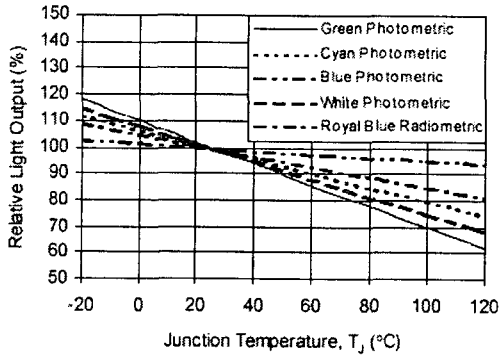

그림 4. LED소자의 온도특성
(Lumileds사 자료에서 발췌)

이번에 사용한 Luxeon에서도 InGaN계 화합물인 청색 및 녹색계 소자와 AlInGaP계 화합물인 적색계 소자와의 사이에는 그림 4에 나타낸 것처럼 온도특성에 명확한 차이를 볼 수 있다. 수명특성에 관해서도 유사한 차이가 있지만, 특히 단시간내에서의 변화가 큰 온도특성 기인의 색변화에 관해서는 제품상태에서도 시인되어 문제가 될 가능성이 높다. 이 영향을 회피하기 위해, 액정판넬용 백라이트에 요구되는 성능을 안정화시키고자 했으며, 이번에 LED의 온도상승을 보상제어하는 것을 고려해 설계를 했다. 게다가 RGB의 출력을 독립적으로 피드백제어하는 것에 의해 사용조건의 변동에 따라 충분한 성능을 얻을 수 있도록 검토를 행했다.

4. RGB-LED백라이트

본 연구에서 제작한 LED백라이트 액정표시장치에서는 실제의 제품화를 바라보면서, 현행의 제품과 동일한 판넬로 넓은 색재현범위를 얻으면서, 그 외 성능 및 사양에 관해서도 가능한 동등할 것을 염두에 두고 설계를 행했다.

4.1 구동계

앞에서 언급했듯이 현재 RGB의 각 LED소자는 온도, 수명특성에 차이가 있는 것에 추가해, 실제의 양산에 있어서는 광원 자체의 휘도 및 색도 편차도 예상된다. 이러한 점들을 고려해서, 본 LED백라이트에서는 칼라센서에 의해 각각의 광량을 실시간으로 측정하면서, 그것에 응해서 LED의 출력을 PWM제어하는 피드백 제어회로를 채용했다.

각 소자에의 출력제어는 PWM의 duty ratio를 변화시킴으로서 행하고 있다.

4.2 광학계

전술처럼 넓은 색재현성을 얻기위해서는, 백색이 아닌 RGB-LED소자를 사용하는 것이 꼭 필요하다. 이 경우 색차가 나는 점광원으로 액정판넬용 백라이트에 요구되는 균일한 백색광을 얻기 위해서는 그림 5와 같이 각 LED에서의 출사광을 충분히 혼색할 필요가 있다.

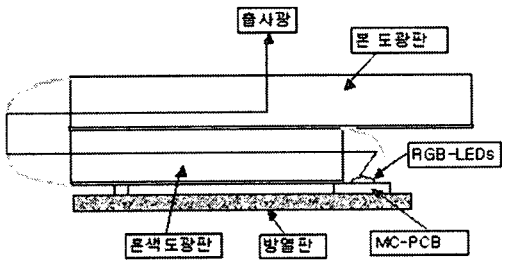

그림 5. LED백라이트의 광학구조

본 LED백라이트에서는 24개의 R, G, B 삼색의 LED소자를 직선상에 배열한 광원어레이 1개를 사용하고, RGB의 각 LED에서 출사된 광은 혼색도광판에 의해 균일한 백색광이 되며 표시면에 출사된다.

광원에 사용되는 RGB-LED소자의 수량비는 요구되는 휘도 및 백색 색도등의 광학적 사양과 각 LED간의 특성의 차이를 고려해서 최적화할 필요가 있다.

본 LED백라이트에서는 실제의 사용조건도 고려한 RGB 각 LED간의 출력의 편차를 억제하고 목표의 휘도 및 색도가 얻어지도록 수량비 및 배열을 하였다.

4.3 기구, 열설계

전술처럼 LED소자 자체의 사용시의 온도에 의해 발광효율이 변하고, 특히 G, B에 비해 R의 온도상승시의 출력저하가 크다. 이 때문에 가능한 LED소자의 온도상승을 제어하는 구조로 할 필요가 있다.

본 연구에서 사용한 LED광원에서는 LED소자의 방열성을 높이기 위해, 개개의 소자는 열전도성에 우수한 MC-PCB(Metal Core-PCB)상에 실장되고 있다. 그리고 광원으로부터의 열을 외기로 쉽게 방출하기 위해 MC-PCB 밑에 고열전도의 알루미늄을 접촉 사용함과 함께 방열표면적을 최대화하기 위해, 방열판을 아노다이징처리 및 미세핀구조로 설계했다.

5. 평가 결과

그림 6에는 LED백라이트와 CCFL백라이트를 사용했을시의 색재현영역을 색도좌표계에서 비교하고 있다. 백라이트에 판넬을 장착한 상태인 모듈에서 Gamut 86%의 넓은 색재현영역을 실현하고, 추가적으로 백색 색도 조절도 가능하다.

화면내 휘도균일도는 75%이상으로 양호한 값을 가지고 있으며, 도광판 출광패턴의 조절로서 다시 개선 가능하다. 한편, 화면내 색분포에 관해서도 Δx, Δy모두 0.01이내로 RGB의 각LED의 광이 충분히 혼색되었다.

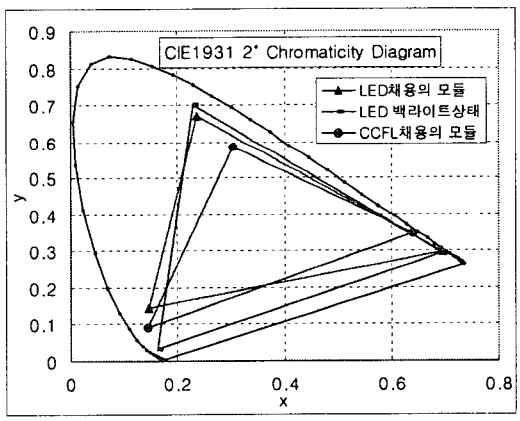

그림 6. 광원종류에 따른 색재현영역.

한편, 백라이트 상태에서의 휘도는 표 1에 나타낸 것과 같이 백색상태에서 2010 cd/m^2을 얻었으며, 백라이트 상태에서 white balance를 Wx=0.300, Wy=0.300으로 셋팅할 때 LED 백라이트의 R:G:B의 휘도비는 546 : 1589 : 60 으로 나타났다.

표 1. 사용된 RGB-LED백라이트의 휘도
* 소비전력 : 입력전원장치에서의 측정값
* 시트구성 : 확산시트 2매 + 프리즘시트 1매
* 휘　　도 : 백라이트 상태에서의 측정값
* 휘도균일도 : 75%(9 points기준)

구분	소비전력(W)	휘도(cd/m^2)
White	67.0	2010
R	10.0	546
G	48.8	1589
B	8.3	60

한편, 사용된 LED소자의 광특성의 측정치를 표 2에 나타내었다. 각 소자의 피크 파장은 C/F의 RGB 각각의 분광투과 특성과 비교시 색재현성을 충분히 확보할 수 있는 곳에 위치하고 있지만, 전광속은 CCFL에 비해 아직 부족한 것을 알 수 있으며, 향후 2~3년 이라는 가까운 장래에 CCFL의 수준으로 발전할 것이라고 LED제조업계에서는 전망하고 있다[7].

표 2. 사용된 RGB-LED의 피크파장 및 전광속
(* 본 data는 자체 측정으로서 참고치임)

구분	피크파장(nm)	전광속(lm/W)
R	645	20.2
G	527	12.1
B	445	2.8

광원의 발광량을 기준으로 백라이트 화면으로 나오는 광량의 비인 출광효율은 표 3에서 보듯이 LED가 32%로 CCFL에 비해 상당히 낮았다. 이는 서로 다른 색을 가진 점광원 LED가 일정한 간격을 두고 배열되어 있는데, 이를 보상하여 혼색을 하기 위해 혼색도광판을 추가적으로 도입했는데, 이로 인해 발광에서부터 출광까지의 광경로가 혼색도광판을 사용하지않는 CCFL의 광경로에 비해 광손실이 큰 것으로 분석되며, 이렇게 상대적으로 낮은 출광효율은 향후 백라이트의 광구조적 최적화가 수반될 필요가 있다고 본다.

표 3. 사용된 RGB-LED의 피크파장 및 전광속
(* 본 data는 자체 측정으로서 참고치임)

출광효율	
LED	CCFL
32%	71%

한편 온도보상회로에 있어서, 실온에서 구동 후 온도가 상승하여 포화될 때까지 온도에 따른 색도 변화는 Δx, Δy 모두 0.005 이내로 제어되었으며, 피드백 제어계가 예상대로 기능을 하고 있는 것을 확인했다. 그리고 백라이트 표면온도 평균은 42℃로 안정화 되었으며, 방열판 설계효과를 볼 수 있었다.

6. 결 론

우리는 중대형분야에서 고객의 다양한 기대요구를 충족시키고, 나아가 기존과 차별화된 시장을 도모하고자, 이번에 RGB-LED소자를 광원으로 채택해 현행 기종에 버금가는 휘도로 Gamut 86%의 색재현성과 백라이트 자체에서의 색재현성은 105%로 특히 적색을 잘 표현하고 있다.

RGB소자에서 출사된 광을 효율적으로 혼합하는 광학계와 피드백 제어회로를 조합함으로써 균일한 휘도, 색도를 안정적으로 얻을 수 있었다. 아직 소비전력과 가격에서 개선의 여지가 있지만, 백라이트 광학계와 LED소자 자체의 효율개선이 거듭 진행되어 제품화로의 발전을 기대해 본다.

참고 문헌

[1] TCO'03 Displays: "Flat panel displays. TCOD1024 Ver. 1.0.", p. 44

[2] 일본규격협회: "JIS핸드북 광학 1994", p. 798-852

[3] M. Yamada: "LED의 색재현", 월간디스플레이 '02년 2월호, p. 41-44

[4] J. Hirakata et al., "Super-TFT-LCD for moving picture images with the blink backlight system", SID 01 Digest, p. 990-993

[5] N. Loma et al., "A novel display method for field sequential color break-up", SID 01 Digest, p.400-403

[6] Lumileds web site : http://www.Lumileds.com

[7] N. Ichinose: "발광재료의 최근의 진전", 월간디스플레이 '01년 9월호, pp.51-55