

RGB형 LED Backlight의 전류 및 온도 변화에 따른 특성 분석

임수현*, 임정규*, 신휘범*, 정세교*, 신민재**, 손승걸**
경상대학교 전기전자 공학부*, 국방과학연구소**

Characteristic Analysis of RGB-LED Backlight for Current and Temperature Variations

S.H. Lim*, J.G. Lim*, H.B. Shin*, S.K. Chung*, M.J Shin**, S.G. Sohn**
Gyeongsang National University* , Agency for Defense Development**

ABSTRACT

The LCD backlight technique using light-emitting diode(LED) has been studied in the recent backlight market. The white light is need for LCD backlight and it is generally implemented by combining the RGB-LEDs to obtain the high brightness. However, RGB-LEDs have different color characteristics for the current and temperature variations, which results in the color shift problem. The color shift characteristics of RGB-LEDs for the current and temperature variations are investigated in this paper. This result can be used to control the color of backlight system using RGB-LEDs.

1. 서 론

적색, 녹색, 청색(RGB) LED는 백색광을 내는 backlight와 조명등의 응용분야에 많이 사용되고 있다. 현재 응용분야에 상용화 되있는 제품은 CCFL, 단일 칩 백색 LED 그리고 RGB LED이다. 단일 칩 백색 LED는 대부분 청색 발광체에 형광 물질이 결합되어 백색광을 낸다.^[4] 이는 형광 램프인 CCFL과 비슷한 구조를 갖는다. National Television System Committee(NTSC) 표준을 기준으로 RGB LED가 CCFL에 보다 색재현율이 최대 45% 더 뛰어나다고 한다.^[6] 그러므로 단일 칩 백색 LED 또한 RGB 보다 색 재현 범위가 더 제한되고 고정된 화이트 포인트를 갖는다.^[4] 즉 RGB LED가 화이트 포인트가 조절 가능하고 더 뛰어난 색 재현 범위를 가진다는 점에서 display 하기 위한 backlight 광원으로서 더 나은 특성을 가진다. 또 RGB LED는 높은 효율과 dimming의 변화 그리고 긴 수명의 장점이 있다. 이 장점들은 RGB LED가 많은 잠재적 발전 가능성을 가지 있음을 보이고 있다.

그러나 RGB LED가 backlight로 사용되기 위해서는 극복해야 할 많은 문제점들이 있다. 소량의 LED로는 고휘도의 백색광을 낼 수 없으므로 많은 양의 RGB LED를 필요로 한다. 그리

고 각 LED에 균일한 색 혼합이 되어야 정확한 백색광을 낼 수 있으며 같은 색의 LED는 모두 같은 광속의 빛을 발광해야 한다. 또 LED는 색 재현성이 뛰어나지만 재현한 색 좌표를 정밀하게 유지하기가 어렵다. 그 주된 원인으로서는 LED의 온도와 전류, 그리고 수명에 대한 특성들에 따라 LED의 광속이 변하기 때문이다.

본 논문에서는 위와 같은 문제점을 극복하기 위해 RGB LED의 온도와 전류에 대한 색 좌표의 변화특성을 분석하였다. 본 연구의 결과는 향후 backlight 시스템의 색 제어를 위한 중요 데이터로 사용 될 것이다.

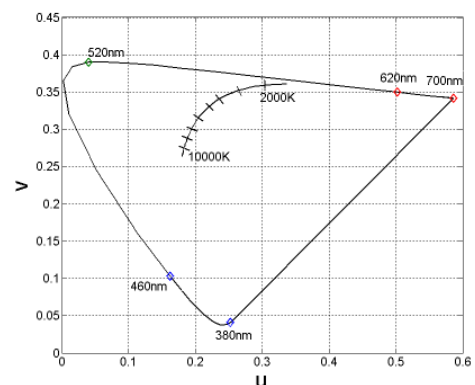


그림 1 1964 CIE uv 색도 좌표계와 흑체 복사 궤적
Fig. 1 1964 CIE uv coordinate system and Blackbody locus

2. LED의 특성 측정 방법

2.1 LED의 특성 측정

그림 1 은 1964 CIE UCS uv 색 좌표 시스템이다. 이것은 균등 색 공간의 좌표로 색의 차이를 분석하는데 많이 사용된다. 바깥의 말굽모양의 선은 단색광 궤적(spectrum locus)이고 그 안의 흑체궤적(blackbody locus)은 화이트 부분의 포인트로써 그 좌표공간의 색의 온도를 나타낸다.^[3] 그림에서 약 2000K에서 10000K의 범위로 색온도를 나타냈다. 대부분의 응용분야에서는 흑체궤적에 접해있는 색 포인트를 요구한다. 백열등은 2854K, 형광등은 4500K-6500K, 모니터는 6500K의 색온도를

가진다. LED를 이용한 backlight도 약간 흐린 날의 평균 직사량(6500K)인 CIE 표준광 D65를 기준으로 한다.

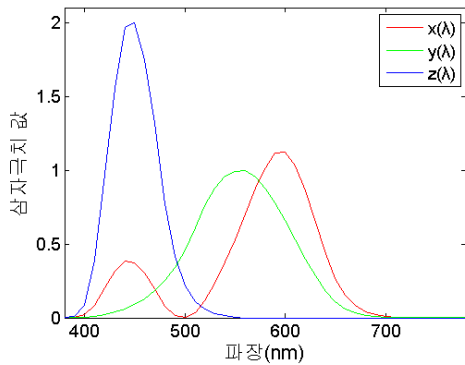


그림 2 1964 CIE 색 매칭 함수
Fig. 2 1964 CIE color matching functions

그림 2 는 CIE 색 매칭 함수로 태양광의 각 파장별로 색과 일치시킨 $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ 로써 자극치들의 함수이다. 위 각 자극치들의 적분 값을 X, Y, Z라 하며 삼자극치(tristimulus value)라 한다. 1964 CIE UCS uv 색 좌표 시스템은 이 삼자극치에 의해 변환되어 표현되어진다.^[3]

$$\Delta uv = \sqrt{(u - u_{ref})^2 + (v - v_{ref})^2} \quad (1)$$

(1) 은 기준좌표에서 측정 색 좌표의 거리차를 나타내는 식이다. (u, v) 는 측정되어진 색 포인트 이고 (u_{ref}, v_{ref}) 는 기준 광 색 포인트 이다. Δuv 를 값으로 LED 응용분야의 성능을 평가한다. 사람의 인지 능력은 기준 광 (u, v) 색 좌표에서 $\Delta uv < 0.004$ 이상이면 그 색차를 감지할 수 있다고 한다. 형광등은 $\Delta uv < 0.003$, LCD모니터는 $\Delta uv < 0.002$ 의 성능을 요구한다.^[2]

전류를 많이 흘릴수록 빛의 밝기는 세어지고 그에 따른 열도 발생을 하게 되며 LED의 특성들이 나타나게 된다. LED backlight를 위한 백색광을 만들기 위해서는 전류 및 온도를 제어하여 Δuv 를 허용오차 내로 감소시켜 백색광을 안정하게 유지 하여야 한다. 이를 위해 전류와 온도에 따른 색 포인트의 변화의 특성을 분석이 필요하다.

3. 실험 및 특성 분석

실험을 위해 LED는 파워라이텍사의 RGB 통합 칩 LED(PCL-C6RGBB)^[5]를 사용 하였다. 이것은 하나의 칩 안에 적색, 녹색, 청색 LED가 내장되어 있다. 각각의 LED가 하나의 좁은 공간에서 발광 하므로 빛이 혼합되어 나오게 된다. 그림 3 은 실험시스템을 나타낸 그림이다. 16개의 칩 LED(5×5mm)를 사용하였고 가변저항을 이용하여 전류를 제어하였다. 칩의 뒷면에는 Heat sink를 붙였으며 이 부분의 온도를 기준으로 온도변화에 대한 특성을 실험하였다. 또한 빛 가리개로 외부 빛을 차단하였다.

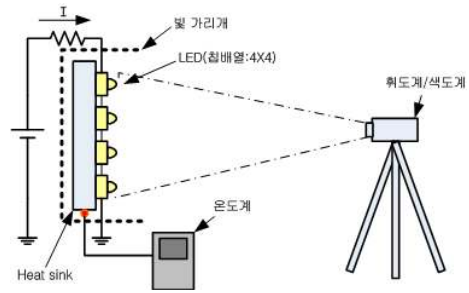


그림 3 실험 시스템
Fig. 3 Experimental system

3.1 온도 변화에 따른 특성 변화

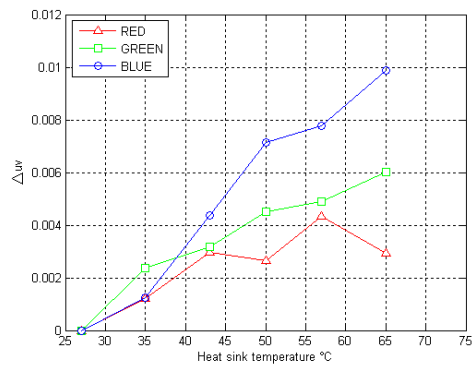


그림 4 온도에 따른 RGB 색도 변화
Fig. 4 RGB chromaticity changes for temperature variations

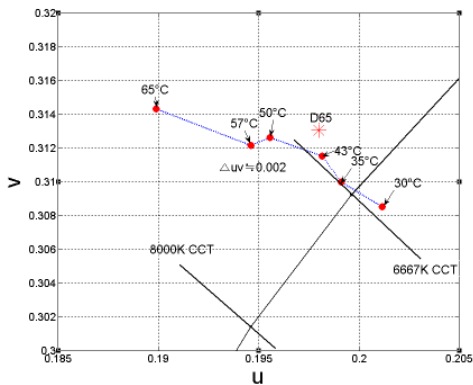


그림 5 온도변화에 따른 RGB LED 백색광원의 색도 변화
Fig. 5 The chromaticity changes of RGB-LED type white light source for temperature variations

그림 4 는 온도 변화에 따른 Δuv 보여주고 있다. Heat sink 온도가 증가 할수록 LED 스펙트럼은 장파장 쪽으로 이동한다. 적색 LED는 녹색, 청색 LED에 비해 온도 변화에 따라 Δuv 가 적게 나타나는 것을 볼 수 있다. 특히 청색 LED는 10°C 증가 할 때 Δuv 가 0.002씩 크게 변화하는 특성을 보이고 있다.

그림 5 는 RGB LED로 백색광을 만들어 Heat sink 온도가 상승함에 따라 색 좌표에서의 색 이동을 측정할 실험결과이다.

결과에서 약 45°C일 때 6667K(맑은 날의 평균 직사량)의 Correlated Color Temperature(CCT)를 교차함을 볼 수 있다. 그리고 온도가 상승함에 따라서 기준 광을 지나 적색 영역에서 멀어지는 쪽으로 이동하는 것을 볼 수 있다. 이는 온도 상승에 따라 녹색, 청색 LED 스펙트럼이 장파장 쪽으로 큰 폭으로 이동하고 이에 반해 적색 LED의 스펙트럼은 작은 폭으로 이동한다. 이 영향으로 적색-청색영역의 방향으로 7°C 증가 할 때 약 $\Delta uv=0.003$ 으로 이동함을 확인 할 수 있다.

2.1.2 전류에 따른 특성 변화

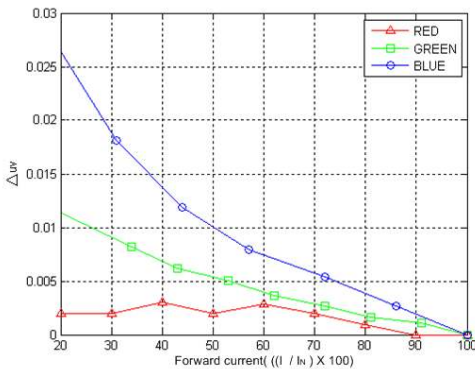


그림 6 전류변화에 따른 RGB LED의 색도 변화
Fig. 6 RGB chromaticity changes for current variations

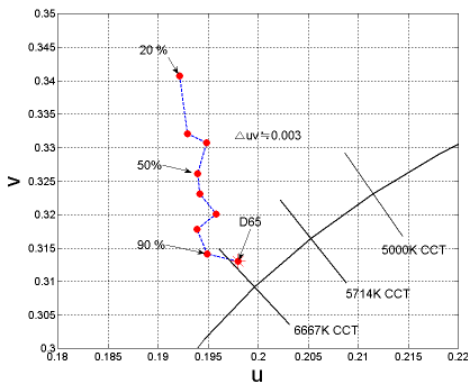


그림 7 전류변화에 따른 RGB LED 백색광원의 색도 변화
Fig. 7 The chromaticity changes of RGB- LED type white light source for current variations

그림 6의 그래프는 기준광원에서의 각 LED의 전류를 감소시키면서 Δuv 를 측정된 결과 값이다. I_N 은 기준광원에서의 전류, I 는 측정 전류로써 기준광원을 기준으로 전류변화를 비율로 나타내었다. 전류가 증가 할수록 각 LED의 스펙트럼은 단파장 쪽으로 이동하는데 이 원인의 결과는 그림 6에 나타나 있다. 전류의 변화에 따라 녹색, 청색은 Δuv 가 큰 폭으로 변하고 적색은 이에 비해 거의 변화가 없는 특성을 보인다. 즉 전류의 감소율에 따라서 적색에 비해 녹색, 청색이 크게 변해 색을 제어하기가 어렵게 된다.

그림 7은 RGB LED의 기준 광 D65 포인트에서 전류를 감소시켜 dimming 한 결과이다. 10% 감소 할 때 마다 약 Δuv

= 0.003으로 색이 이동함을 확인 할 수 있다. 전류가 증가 할수록 스펙트럼은 적색에 비해 녹색과 청색이 큰 폭 이동함으로 색 포인트가 적색 영역 쪽으로 이동함을 확인 할 수 있다.

위와 같이 전류를 amplitude modulation(AM) 방식으로 제어 하면 그림 6과 같은 녹색, 청색의 큰 색 변화로 인해 정확한 색 제어를 하기가 힘들다. 하지만 pulse-width-modulation(PWM) 방식으로 제어를 하면 일정 크기의 전류가 시비율(duty ratio)로 전류의 크기를 변화시키므로 그림 6과 같은 영향을 크게 줄일 수 있다.^[1] 이 영향을 최소화 하여 온도의 영향에 대한 특성의 변화를 정확히 제어하면 정밀한 제어기 설계가 가능하다.

3. 결 론

본 논문에서는 Heat sink 온도와 전류 두 요소의 변화를 가지고 1964 CIE uv 색 좌표에서의 색 이동 특성과 파장의 이동 특성에 대해서 실험 및 분석 하였다. 우선 RGB 통합 칩 LED로 백색광(D65)을 만들 수 있었고 위의 실험 결과로부터 이들 특성이 일관성이 있음을 보였다. RGB LED backlight 시스템에서 삼자극치와 온도에 의한 제어기 구현 시 전류, 온도 변화에 따라 LED 출력의 색 좌표와 휘도가 변하게 된다. 이때 변화된 특성에 맞는 적절한 gain을 정해 주어 고성능 backlight의 요구 성능에 맞는 정밀한 제어가 가능하다.^[2] 본 실험결과는 이와 같은 RGB LED backlight 시스템 제어기 구현에서 중요한 데이터로 사용 될 수 있다.

본 연구는 국방과학연구소의 연구비 지원에 의하여 이루어진 결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] S.Muthu, F. Schuurmans, and M. Pashley, "Red, Green and Blue LEDs for white light illumination", IEEE journal on selected topics in quantum electronics, p.333, Vol. 8, No. 2, March/April 2002.
- [2] S.Muthu, F. Schuurmans, and M. Pashley, "Red, Green and Blue LED based white light generation: Issues and Control", 37th Annual IEEE-IAS meeting 2002, Vol. 1, pp. 327-333.
- [3] G. Wyszecki and W. S. Stiles, Color Science. NewYork: Wiley, 1982.
- [4] Andreas Stich, "LEDs, New Light Sources for Display Backlighting". See www.osram-os.com
- [5] 파워라이텍 홈페이지 : <http://www.tcopto.com>.
- [6] "Lumileds Releases the First Ready-to-Use RGB LED Light Sources for Backlights". See www.lumileds.com.