

A Study of the Stable Colors Variation Circuit of High Brightness LEDs

柳 龍 秀* · 宋 相 彬** · 呂 寅 善***
(Yong-Su Yu · Sang-Bin Song · In-Seon Yeo)

Abstract - This paper presents to choose number of RGB LED through optical special quality analysis of RGB LED samples and to produce ratio of RGB LED for a stable color variation and white light. Also, it is to design of a simple switching circuit using some resistances and switching transistors that is able to operate each 16 RGB LED stably, and switching control circuit base on a microcontroller that would be suitable for colors variation patterns control more than about 64 patterns and colors variation more than about 100,000 colors using ON/OFF and Duty control.

Key Words : Color variation circuit, High brightness LED, PWM control, Microcontroller

1. 서 론

최근 일본과 미국 그리고 홍콩 여러회사에서 고휘도 청색 LED가 개발되고 녹색과 적색 고휘도 LED의 휘도가 빠르게 개선되면서, 제품화에 적용하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 특히 고휘도 LED의 조합을 통한 광색 가변기술은 다양한 디스플레이 및 각종 백라이트, 다양한 무드조명등 많은 분야에 적용할 수 있기 때문에 제품화의 중요부부분으로 인정받고 있다.[1][2].

그러나 고휘도 LED와 같은 반도체 광원이나 이를 이용한 광색 가변회로는 공급되는 전압이나 전류의 특성에 많은 영향을 받을 뿐만 아니라, 반도체 소자로서 온도 등 외부요인에 매우 민감하게 반응하여 LED의 파괴 및 수명저하, 그리고 광출력이 변화하는 단점이 있다. 특히, 고휘도 LED는 동작전류에 대한 광출력의 변화폭이 크기 때문에 동작되는 개수에 따라 LED에 흐르는 전류를 보상하는 회로구성이 필요하다. 또한 각각의 고휘도 LED의 내부임피던스차이에 의하여 함께 연결하여 사용하는 경우에 서로 영향을 미치게 되어 광색 가변 장치를 구성할 때, 광색 가변효과가 감소되는 단점이 있다[3][4].

현재 개발된 전용칩을 이용한 구동회로들은 동작하는 고휘도 LED가 늘어남에 따라 구동회로의 크기도 커지는 단점이 있기 때문에 구성이 간단하면서 많은 수의 고휘도 LED를 제어하는 회로가 요구되고 있다. 따라서 이 논문에서는 고휘도 RGB LED의 전기적·광학적 특성을 분석하고, 이를

바탕으로 비교적 회로구성을 간단하게 할 수 있는 마이크로컨트롤러를 사용하여 각각의 고휘도 LED를 ON/OFF 및 Duty비 제어를 수행함으로써 광색 가변 및 안정적인 휘도 특성을 갖도록 하는 제어회로를 구성하였다. 또한 고휘도 RGB LED의 사용 개수에 따른 전기적·광학적 특성을 분석하여 고휘도 RGB LED를 정격상태에서 동작시킬 수 있는 스위칭회로를 구성하였으며, 고휘도 RGB LED의 Duty비를 조절하여 다양한 광색을 가변 하는 프로그램을 개발하였다.

2. 본 론

2.1 고휘도 LED의 특성

고휘도 LED는 각각의 종류에 따라 특성의 차이가 있다. 따라서 안정적인 광출력 특성 및 원하는 광색을 얻기 위하여 고휘도 RGB LED의 전기적·광학적 특성을 분석하였다.

2.1.1 고휘도 LED샘플 데이터

표 1은 실험에 사용된 고휘도 RGB LED samples의 기본적인 사양을 나타내고 있으며, 고휘도 적색 LED는 HP사, 녹색과 청색 고휘도 LED는 toyoda-gosei제품을 선정하였다.

표 1 고휘도 RGB LED 샘플의 특성
Table 1 Characteristics of high brightness RGB LED samples.

광 색	피크파장 [nm]	방사범위 [°]	I _F [mA]	V _F [V]
적 색	655	30	20	2.0
녹 색	520	30	20	3.3
청 색	470	30	20	3.4

* 準 會 員 : 全南大 工大 電氣工學科 碩士
** 正 會 員 : 全南大 工大 電氣工學科 博士課程
*** 正 會 員 : 全南大 工大 電氣工學科 및 RRC 教授 · 工博
接受日字 : 2001年 3月 21日
最終完了 : 0000年 4月 29日

2.1.2 고휘도 LED의 광학적 특성

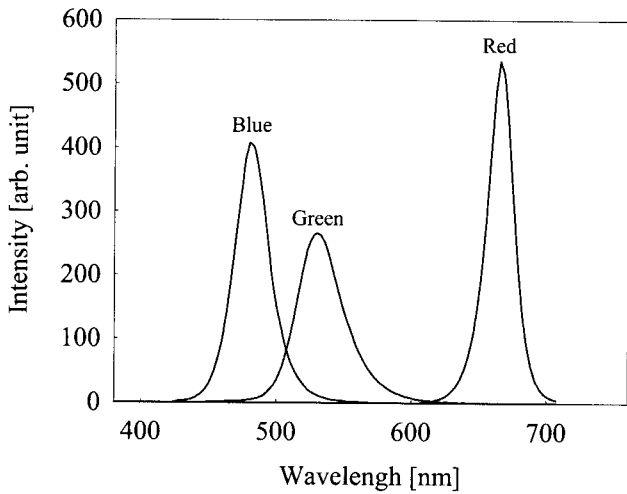


그림 1 고휘도 RGB LED의 스펙트럼 분석
Fig. 1 Spectrum analysis of the high brightness LED samples.

광색 가변을 위한 RGB LED의 스펙트럼은 LED Spectral/Angular Analyzer(LED-1100)을 사용하여 측정하였으며, 그림 1은 스펙트럼 분석 결과를 나타내고 있다.

고휘도 RGB LED의 스펙트럼 분석은 20개의 고휘도 RGB LED의 스펙트럼을 측정하여 스펙트럼특성이 양호한 5개의 스펙트럼 값을 선정하고, 5개의 스펙트럼 값 중 최대값과 최소값을 제외한 중간값을 선정하였다. 측정조건은 고휘도 RGB LED 모두 정격전류인 20mA를 기준으로 하였고, 스펙트럼 분석에서 적색 고휘도 LED의 파장은 665nm, 녹색 고휘도 LED는 520nm, 그리고 청색 고휘도 LED는 470nm로 측정되었으며, 상대적으로 청색의 Intensity가 높게 나타남을 알 수 있었다. 그림 2는 각각의 색도좌표값을 색도좌표내에 표시한 그림이다.

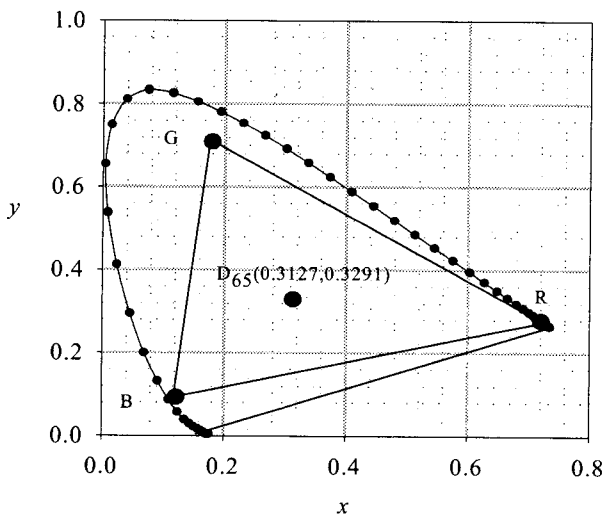


그림 2 고휘도 RGB LED의 색도좌표
Fig. 2 Chromacity of high brightness RGB LED samples.

2.1.3 고휘도 LED의 전기적 특성

그림 3은 실험에 사용된 고휘도 RGB LED의 동작전압과 전류특성을 나타낸 그림이다. 고휘도 적색 LED는 1.6V에서부터 전류가 흐르고, 3V이상의 전압이 인가되면 쉽게 파괴되었다. 그리고 고휘도 녹색과 청색 LED는 2.5V에서부터 LED는 각각 전류가 흐르기 시작하였고 고휘도 녹색 LED와 고휘도 적색 LED와 고휘도 청색은 각각 5V와 6V이상의 전압이 인가되면 특성이 변화되거나 파괴되었다.

그림 4는 인가 전압에 따른 RGB LED의 광출력을 나타내고 있으며, 전압-전류 곡선과 비슷하게 측정되었다. 특히, 청색 고휘도 LED의 광출력이 녹색 고휘도 LED의 광출력에 비하여 상대적으로 높게 측정되었다.

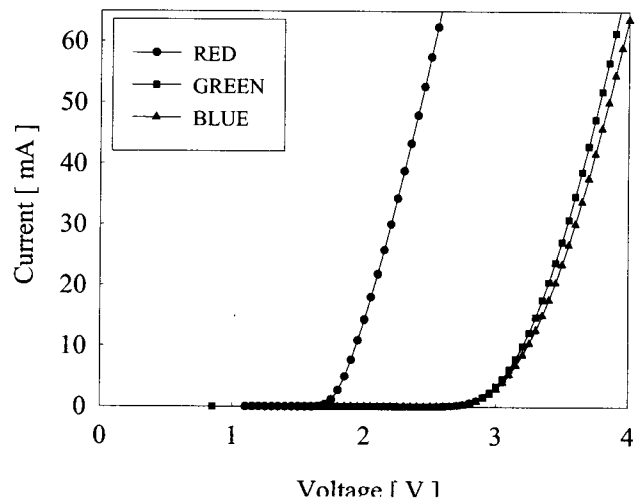


그림 3 고휘도 RGB LED의 인가전압에 따른 전류변화
Fig. 3 Operation voltage vs current of high brightness RGB LED samples.

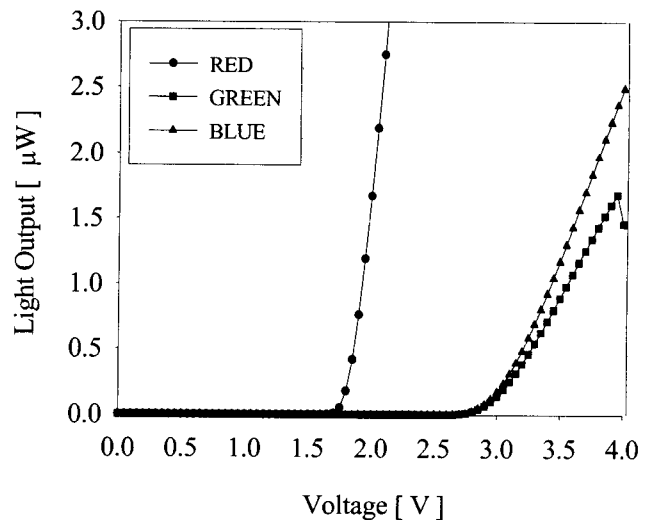


그림 4 고휘도 RGB LED의 인가전압에 따른 광출력
Fig. 4 Voltage vs light output of high brightness RGB LED samples.

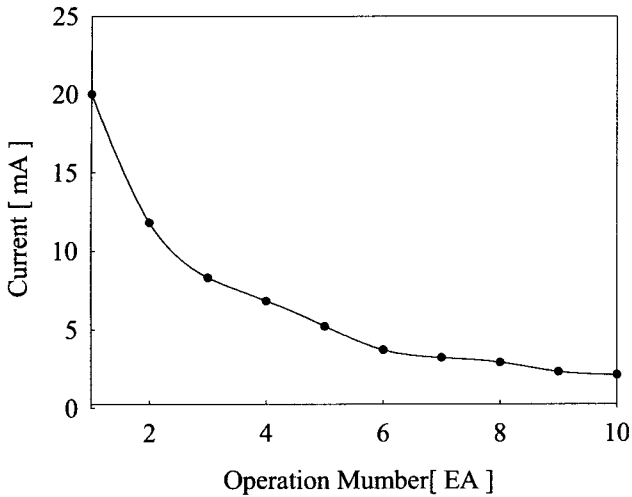


그림 5 고휘도 적색 LED의 동작개수 증가에 따른 전류 변화
 Fig. 5 Current change according to the operated number of high Brightness Red LEDs.

광출력은 1830-C optical meter를 사용하여 측정하였으며, radiance (W/cm²)나 current(A) 단위로 측정된다.

그림 5는 하나의 고휘도 적색 LED를 정격전류에서 동작하도록 전류제한 저항을 고정시키고, 병렬로 고휘도 적색 LED를 연결하여 동작개수를 증가시켰을 때, 고휘도 적색 LED의 전류 변화를 나타내고 있다. 그림 5에서 알 수 있듯이 고휘도 적색 LED의 전류제한 저항이 고정되어 있는 경우, 동작개수가 증가할수록 정격에서 동작하고 있던 고휘도 적색 LED의 전류가 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 그러므로 고휘도 LED의 동작 개수에 따라 입력전류를 보상하는 회로 구성이 필요하다.

2.2 백색광을 얻기 위한 고휘도 LED의 조합

2.2.1 백색광을 얻기 위한 고휘도 RGB LED의 비율

고휘도 RGB LED를 이용한 광색 가변은 일반적으로 LED를 ON/OFF 및 PWM제어하여 평균전류를 변화시켜 밝기를 제어하며, 백색광을 얻기 위하여 고휘도 LED의 광학적 특성 분석 결과를 이용한다[6].

RGB LED의 색도좌표(x,y) 및 휘도계수(Y; Lumina nce factor)가 정해지면, 이로부터 혼합광에 대한 색도좌표를 가법혼색이론을 적용하여 구할 수 있다. 이때 RGB에 대해서 자극치 X, Y, Z는 x, y, z 에 비례하므로 RGB의 색도좌표를 측정하면 삼자극치를 구할 수 있다. 또한 삼자극치가 결정되면 이에 따른 혼합광의 색도좌표를 아래식을 이용하여 목표값을 설정할 수 있다.

$$x_{white} = \frac{X_{white}}{X_{white} + Y_{white} + Z_{white}} \quad (2-1)$$

$$y_{white} = \frac{Y_{white}}{X_{white} + Y_{white} + Z_{white}}$$

한편, 주어진 혼합광의 색도좌표 (x_{white}, y_{white})를 만족하는 RGB 개수 비율을 산정하려면, 식(2-1)을 역으로 휘도계수 Y_r, Y_g, Y_b 사이의 비를 구하면 되는데, 이것들의 연립방정식의 해를 구함으로써 해결된다. 공통 인자인 ($X_{white} + Y_{white} + Z_{white}$)로 나누어 구해진 Y_r, Y_g, Y_b 비율을 RGB LED 1개당 휘도값으로 나누어 주면 RGB 혼합비율 $n_r : n_g : n_b$ 을 구할 수 있다.

$$n_r : n_g : n_b = \frac{Y_r}{Y_{1r}} : \frac{Y_g}{Y_{1g}} : \frac{Y_b}{Y_{1b}} \quad (2-2)$$

여기에서,

$n_r : n_g : n_b$ = RGB LED의 혼합비율

$Y_{1r} : Y_{1g} : Y_{1b}$ = RGB LED 1개의 휘도계수의 비

RGB 혼합비율 $n_r : n_g : n_b$ 이 결정되면 총 LED 개수 N_{Total} 로부터 RGB LED N_i ($i=r, g, b$)개수가 정해진다.

$$N_i = N_{Total} \times \frac{n_i}{n_r + n_g + n_b} \quad (\text{단, } i = r, g, b) \quad (2-3)$$

2.2.2 PWM제어에 따른 고휘도 LED의 특성

고휘도 RGB LED의 광출력 변화를 위한 광색 가변 회로를 구현할 경우에 각각의 LED 광출력 제어는 PWM 및 ON/OFF제어를 통하여 평균동작전류를 제어하는 방법을 사용하였다[5].

그림 6은 RGB LED에 각각 20mA를 흐르게 하고 Duty 비를 1-100%까지 변화시켰을 때, 고휘도 RGB LED의 광출력을 나타내고 있다. 광출력은 적색과 청색이 녹색보다 높게 측정되었으며, Duty비의 변화에 따라 청색과 녹색 고

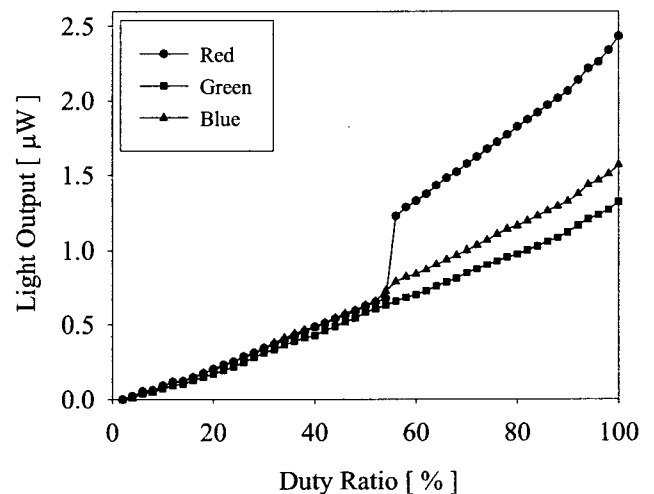


그림 6 고휘도 LED의 Duty비에 따른 광출력
 Fig. 6 Light output according to duty ratio of high brightness LED samples.

휘도 LED는 선형적으로 변화하였으나, 적색고휘도 LED는 Duty비 55%에서 급격한 광출력 상승을 보이고 있었다.

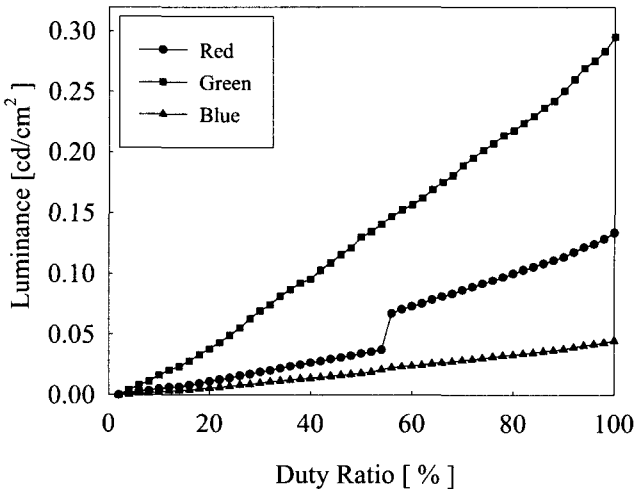


그림 7 고휘도 RGB LED의 Duty비에 따른 휘도
Fig. 7 Luminous according to duty ratio of high brightness LED samples.

이러한 적색 고휘도 LED의 급격한 광출력 상승은 고휘도 적색 LED를 구성하는 성분 중에서 인(P)의 성분이 특정 입력전류에 급격히 반응하여 발생하는 것이다. 그러나 고휘도 적색 LED의 광출력이 급격하게 변화하는 부분의 Duty비를 세밀하게 조정하면 광출력을 선형화 시킬 수 있다. 그림 7은 그림 6의 데이터를 휘도 환산식을 이용하여 Duty비에 대한 휘도값으로 변환한 그래프를 나타내고 있다.

$$L = \frac{\phi d [W] \cdot 683 \cdot V[\lambda]}{\pi \cdot A [cm^2]} \quad (2-4)$$

단,

L : 휘도 [cd / cm^2]

ϕd : 광출력 [W]

$V[\lambda]$: 시각도 (Photopic Spectral Luminous Efficiency)

π : 광원의 입체각

A : 발광면적 [cm^2]

발광면적은 고휘도 RGB LED의 방사범위내의 외구 면적을 기준으로 선정하였으며, 입체각은 고휘도 RGB LED의 방사범위를 이용하여 산출하였다. 그림 7에서 녹색 고휘도 LED의 휘도값은 청색 고휘도 LED의 휘도값에 비하여 상대적으로 증가되었다. 이와 같이 고휘도 녹색 LED의 휘도값이 상대적으로 높게 환산되고 적색과 청색은 상대적으로 낮게 환산되는 이유는 시각도 곡선에서 인간의 눈에 가장 민감한 녹색의 시각도는 상대적으로 높고, 청색이나 적색은 상대적으로 낮기 때문이다[7].

2.3 광색가변회로 및 제어프로그램

2.3.1 광색 가변 제어회로의 구성

그림 8은 광색 가변 제어회로의 다이어그램을 표시한 것으로, 먼저 AT89C52 마이크로컨트롤러 1개와 D Flip-Flop 3개, 그리고 신호전달 지연을 막기 위한 Buffer IC 3개, PWM 스위칭제어를 위한 NPN 트랜지스터 12개로 구성하였으며, 전원은 12V, 1.5A를 공급하는 전원을 사용하였다.

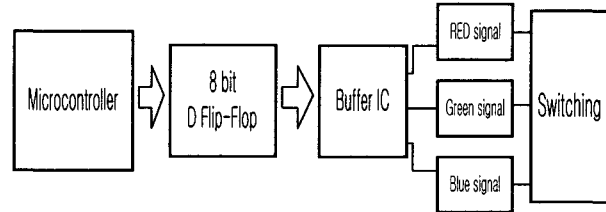


그림 8 제어회로 다이어그램

Fig. 8 Control circuit diagram.

1) 마이크로컨트롤러부

마이크로컨트롤러 AT89C52는 8 Kbyte의 ROM과 256×8bit RAM이 내장되어 있어서 외부 ROM이나 RAM이 필요하지 않고 기능과 space면에서도 많은 장점을 가지고 있다.

2) D Flip-Flop부

AT89C52의 P0포트는 모두 래치 특성을 갖는 모든 D Flip-Flop의 입력 핀과 연결되어 있어, 입력전류 제어신호와 PWM제어 스위칭 신호를 발생시키고, P2포트 중 3개의 포트가 D Flip-Flop의 제어핀에 연결되어 각각의 D Flip-Flop을 선택 할 수 있게 하였다. D D Flip-Flop은 고휘도 LED의 동작개수를 확장하기 위하여 사용되며, 적은 수의 LED를 제어하는 경우 생략이 가능하다.

3) Buffer IC 부

D Flip-Flop부의 출력은 모두 Buffer IC의 입력에 연결되어 있어, PWM신호의 전달지연을 방지한다. P1포트 중 2개의 포트가 Buffer IC의 제어핀에 연결되어 각각의 동작을 제어하게 되며, Buffer IC의 출력핀은 각각의 스위칭회로에 연결되어 있다.

4) 스위칭부

마이크로컨트롤러의 ON/OFF 및 PWM제어에 대해 PWM제어 스위칭 신호가 D Flip-Flop을 통하여 제어하는 트랜지스터에 공급되고, 마이크로컨트롤러의 프로그램에 의해 고휘도 RGB LED의 ON Time Duty비가 제어됨으로써 광출력이 변화된다.

2.3.2 광색가변 제어프로그램

제어프로그램은 PWM제어를 통하여 LED의 광색을 가변

하는 프로그램으로써 RGB LED의 Duty비를 0%에서 100%로 1%씩 증가 또는 감소하도록 제어신호를 발생하도록 하고, 이러한 제어신호에 광색변환 패턴을 적용하여 혼합되는 광색이 변화하도록 하였다. 광색변환 패턴은 적색-녹색-청색의 순서로 변화하도록 구성하였으며, R, G, B, RG, RB, GB, W등 여러 가지 색을 기준으로 64가지 패턴으로 다양한 광색을 가변할 수 있다. 이와 같은 다양한 패턴구성과 PWM 제어에 의하여 10만가지 이상의 광색을 표현할 수 있다. 그림 9는 제어프로그램의 다이어그램을 나타내고 있다.

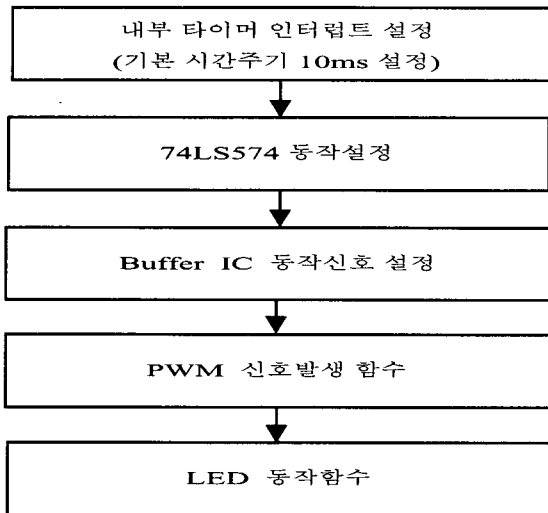


그림 9 제어프로그램 다이어그램
Fig. 9 Control program Diagram.

2.4 실험 및 고찰

표 2는 백색광을 얻기 위한 고휘도 RGB LED의 개수를 나타내고 있다. 고휘도 RGB LED의 개수는 LED Spectral /Angular Analyzer(LED-1100)로 측정된 고휘도 RGB LED의 색좌표값을 이용하여 RGB 혼합이론으로 산출된 것이며, 혼합광의 목표값은 색도좌표 $x : y = 0.3127 : 0.329$ 이며, 색온도 6500[K]인 백색광을 설정하여 개수를 산출하였다.

표 2 백색광을 얻기 위한 고휘도 RGB LED의 개수
Table 2 High brightness RGB LED number for white color.

광색	적색	녹색	청색
백색광을 위한 RGB LED의 개수(개)	28	12	10

그림 10은 제어신호를 안정적으로 스위칭하는 회로를 나타내고 있다. 제안한 스위칭 회로는 고휘도 RGB LED를 병렬로 연결하여 고휘도 LEDs에 입력되는 입력전류를 조절하는 방식을 사용하여 LED의 밝기를 조절한다. 또한 고휘도 LED는 내부에 커패시턴스성분을 포함하고 있기 때문에 LEDs이 ON되면 고휘도 LEDs의 내부 커패시터에 전하가 충전되고, LEDs이 OFF되어도 바로 영전위가 되지 않고 방

전을 하게 되어 제어신호에 대한 LEDs의 동작과형에 왜곡이 발생하게 된다. 그러나 LEDs에 병렬로 저항을 삽입하게 되면 저항을 통하여 방전하기 때문에 이러한 현상을 제거할 수 있다. 스위칭부의 해석은 다음과 같다.

$$V_E = V_B - 0.7 \tag{2-5}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} \tag{2-6}$$

$$V_C = V_E + V_{CEsat} \tag{2-7}$$

$$I_C = V_{CC} - \frac{V_C}{R_I} \tag{2-8}$$

$$I_B = I_E - I_C \tag{2-9}$$

(단, R_E 는저항 R_3 과 LED 내부저항의 합이다.)

스위칭 회로에서 트랜지스터의 베이스 전압을 컬렉터전압보다 크게 하여 포화영역에서 동작하게 함으로써 스위치로 동작하게 된다. 그리고 스위칭 회로에서 LED의 전류는 R_3 와 R_4 에 의하여 제어되고, 전압은 R_1 에 의해서 제어된다. V_C 의 전압은 전원 전압에 비해 비교적 낮은 전압이 되며, 이때 강화된 전압은 저항에서 발열의 형태로 전력을 소비하게 되어 R_1 에서 열이 발생하게 된다. 그러므로 R_1 은 열에 견딜 수 있는 와트저항을 사용하거나, 와트저항을 직렬로 분리하여 저항에 걸리는 전압을 감소시켜 사용하여야 한다.

스위칭 트랜지스터는 NPN형이며, PWM 제어시에 안정적인 스위칭 신호 전달을 할 수 있는 소자를 사용하였다. 이러한 스위칭회로는 동작되는 고휘도 LEDs의 개수가 변화하여도 입력전류를 제한하는 저항을 적절하게 변화시켜, 고휘도 RGB LED가 정격상태에서 동작하도록 입력전류를 제어한다. 그러나 에미터에 흐를 수 있는 전류는 베이스 전압과 에미터 전압에 의하여 정해지기 때문에 너무 많은 수의 고휘도 LED를 연결하는 경우에 충분한 전류를 고휘도 LEDs에 공급할 수 없게 된다. 실험을 통하여 1개의 스위칭회로에 16개정도의 고휘도 RGB LED는 안정적으로 제어가 가능하였다.

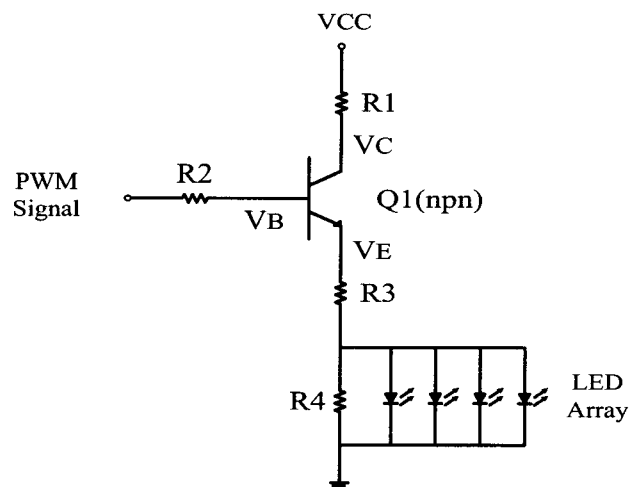


그림 10 고휘도 LED 스위칭 회로
Fig. 10 High brightness LED switching circuit.

그림 11의 (a)는 고휘도 RGB LED에 PWM 동작 전압을 인가할 경우에 LED 내부 충전전하의 방전현상에 의하여 구형파가 찌그러지는 현상을 나타낸 것이다. 따라서 이러한 찌그러짐 현상을 보상하기 위하여, LED와 병렬로 저항 R4를 삽입하여 충전된 LED 충전전하를 즉시 방전함으로써 그림 11의 (b)와 같이 완전한 구형파가 인가되는 것을 알 수 있었다.

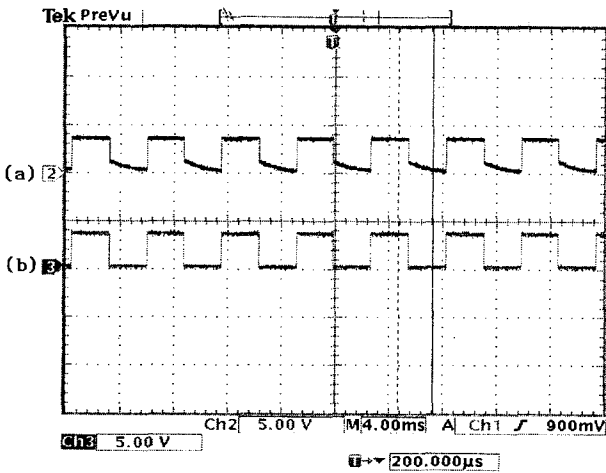


그림 11 LED의 PWM 동작 전압파형
(a) 저항 R4를 연결하지 않은 경우
(b) 저항 R4를 연결한 경우

Fig. 11 Operating voltage waveform of LEDs
(a) connecting R4 (b) no connecting R4.

표 3 Duty비에 대한 고휘도 RGB LED의 색좌표값
Table 3 Chromaticity coordinate values of high brightness LED according to duty ratio changes.

	Red	Green	Blue	이론에 의한 색좌표값		측정된 색좌표값	
				x	y	x	y
Duty비 [%]	100	0	0	0.721	0.279	0.655	0.333
	80	20	0	0.610	0.367	0.608	0.378
	60	40	0	0.501	0.454	0.538	0.435
	40	60	0	0.392	0.540	0.456	0.502
	20	80	0	0.285	0.625	0.353	0.585
	0	100	0	0.179	0.709	0.211	0.697
	0	80	20	0.164	0.551	0.185	0.494
	0	60	40	0.152	0.414	0.167	0.351
	0	40	60	0.140	0.294	0.155	0.245
	0	20	80	0.131	0.188	0.144	0.159
	0	0	100	0.122	0.094	0.136	0.096
	20	0	80	0.212	0.121	0.236	0.142
	40	0	60	0.313	0.153	0.336	0.186
	60	0	40	0.430	0.190	0.435	0.231
	80	0	20	0.564	0.231	0.547	0.28
	100	0	0	0.721	0.279	0.665	0.333

표 3은 고휘도 RGB LED의 Duty비가 변하는 경우 이론에 의한 색좌표값과 실제 측정에 의한 색좌표값을 비교한 것이다. 이론에 의한 색좌표값은 RGB 혼합이론에 의하여 선정된 RGB LED의 개수와 Duty비의 비율에 의하여 산출된 것으로서, Duty비의 변화에 따라 이상적으로 색가변이 이루어지는 경우의 색좌표값을 나타낸 것이다. 또한 실제 측정에 의한 색좌표값은 RGB LED의 광색이 혼합되도록 실험장치를 구성하고 Duty비의 변화에 대한 색좌표값의 변화를 색채휘도계(CS-100)로 측정된 것이다.

그림 12는 이론에 의한 색좌표값과 실제 측정한 색좌표값을 색도좌표로 나타낸 그림이다. 그림 12에서 이론에 의한 광색의 변화와 실제 측정한 광색의 변화에 차이를 보이고 있음을 확인할 수 있었으며, 이러한 차이는 고휘도 RGB LED가 각각 가지고 있는 전기적·광학적 특성의 차이에 의하여 발생하는 오차와 광색을 혼합하는 과정에서 발생하는 오차에 의하여 발생하는 것이다. 그러나 실제 광색의 변화를 확인한 결과 Duty비의 변화에 따라 광색이 아주 선형적으로 변화되고 있음을 확인할 수 있었다.

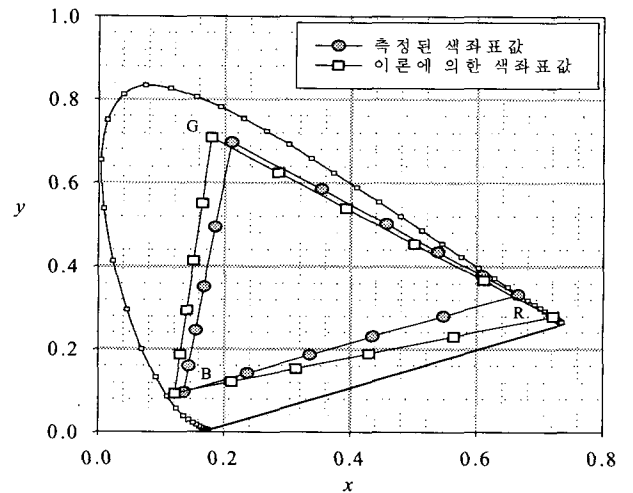


그림 12 고휘도 LED의 광색가변 색좌표
Fig. 12 Chromaticity coordinates for color variation of high brightness LEDs.

3. 결 론

본 논문에서는 고휘도 RGB LED의 전기적특성을 분석하여 ON/OFF 및 PWM제어에 안정적으로 동작하는 제어회로와 하나의 스위칭회로로 16개의 고휘도 RGB LED를 안정적으로 동작시키는 스위칭회로를 설계할 수 있었다. 또한 광학적 특성을 분석하여 안정적인 백색을 얻기 위한 고휘도 RGB LED의 개수를 산출하였으며, PWM제어에 따른 광출력 변화를 분석하여, 이를 바탕으로 마이크로 프로세서를 이용한 고휘도 RGB LED의 광색 가변 회로를 구성하였다. 또한 고휘도 LED의 PWM제어를 통한 광색 가변을 색좌표에 표시하여 확인한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 고휘도 RGB LED의 광학적특성 분석을 통하여 안정적인 광색가변과 백색을 얻기 위한 고휘도 RGB LED의 개수

- 를 선정할 수 있었다.
2. 고휘도 녹색과 청색 LED의 정격 전압에 대한 Duty비 변화에 따라 광출력이 선형적으로 제어되는 것을 알 수 있었으며, 고휘도 적색 LED의 경우는 특정한 Duty비에서 나타나는 급격한 광출력 변화를 확인하여 급격한 광출력 변화를 세밀한 PWM제어를 통하여 선형적으로 제어할 수 있었다.
 3. 몇 개의 저항과 스위칭 트랜지스터를 이용하여 구조가 간단한 스위칭회로를 설계하였으며, 하나의 스위칭 회로로 각각 16개의 RGB LED를 안정적으로 PWM 제어신호에 스위칭 할 수 있었다.
 4. 고휘도 RGB LED의 동작개수에 따라 LED의 동작전류가 변화하는 단점이 있었으나, 고휘도 RGB LED의 동작 개수에 따라 스위칭회로의 저항값을 변경하여 입력전류를 보상하였다.
 5. 마이크로컨트롤러를 이용하여 구조가 간단하면서 다양한 광색을 표현할 수 있는 PWM제어신호 발생 회로를 구성하였다.
 6. 이러한 고휘도 RGB LED의 ON/OFF 및 PWM제어에 따른 특성 데이터를 가지고, 약 64가지 이상의 광색 패턴제어를 통하여 약 10만가지 이상의 광색을 가변하는 프로그램을 구성하였으며, 광학적 특성 분석을 통하여 산출된 고휘도 RGB LED의 개수비를 이용하여 안정적인 백색광을 얻을 수 있었다.

앞으로 고휘도 LED의 내부 임피던스에 의해 발생하는 광출력 및 전기적 특성의 변화에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한 고휘도 LED의 효율적인 가변장치의 개발을 위하여 LED의 광학적인 배치와 고효율 반사판의 설계에 대한 연구와 LED 수명에 따른 광속감퇴를 보상하고, 온도에 변화에 의한 광출력 변화를 보상하는 회로에 관한 연구가 진행되어야 한다.

감사의 글

이 연구는 한국과학재단지정 전남대학교 고품질 전기전자부품 및 시스템 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] D. Braun, "Crosstalk in passive matrix polymer LED displays," *Synthetic Metals*, 92, pp. 107-113, 1992.
- [2] R.F. Karlicek, JR. M.G. Brown, I. Eliashevich, A. Gurary, M. Schurman, and R. Stall, "Mass Production of High Brightness Blue and Green LEDs by MOCVD," pp. 91-98, 1999.
- [3] 이정욱, 한달영, 김훈, "LED를 이용한 가변색 광원의 개발," 한국조명·전기설비학회 학술대회 논문집, pp. 213-216, 1999.
- [4] R.T. Huang, and P. Holm, "Design and fabrication of

AlGaInP LED array with integrated GaAs decode circuits," *IEEE Transactions on Electron Devices*, 45(11), pp. 2283-2290, 1998.

- [5] M. Xichao, and Z. Yuanyue, "Consecutive PWM Driving Video LED Display System" *Ieee International Symposium on Circuit and System*, pp.1437-1439, 1997.
- [6] 김완호·여인선, "RGB LED를 이용한 전구의 광학설계", 한국조명·전기설비학회 2001년도 학술대회논문집, pp.129-132. 2001.
- [7] O. Mueller and Mueller-Mach, "Light emitting diodes for solid state illumination," *International Display Workshops 2000*, pp. 821-824, 2000.

저 자 소 개



유 용 수 (柳 龍 秀)

1974년 10월 28일생. 1999년 서남대 공대 전기공학과 졸업. 2001년 전남대 대학원 전기공학과 졸업(석사)
Tel : 062-530-0744
Fax : 062-530-1749
E-mail : dragew@yahoo.co.kr]



송 상 빈 (宋 相 彬)

1969년 10월 1일생. 1994년 전남대 공대 전기공학과 졸업. 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년~현재 동 대학원 박사과정
Tel : 062-530-0744
Fax : 062-530-1749
E-mail : pkssb@hitel.net



여 인 선 (呂 寅 善)

1957년 6월 11일생. 1979년 2월 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 2월 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 8월 서울대 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 전남대 공대 전기공학과 및 고품질 전기전자 부품 및 시스템 연구센터(RRC)

교수, 당학회 평의원 및 전기물성·응용부문화 편집이사
Tel : 062-530-0714
Fax : 062-530-1749
E-mail : isyeo@chonnam.chonnam.ac.kr