

진공 프린팅 성형 인쇄법(VPES)을 이용한 R.G.B.Y(Red, Green, Blue, Yellow) LED 광원 연구

(A Study on RGBY LED Light using a Vacuum Printing Encapsulation Systems Method)

장민석* · 김영우 · 신기해 · 박정옥 · 홍진표 · 송상빈 · 김재필**

(Min-Suk Jang · Yeoung-Woo Kim · Gi-Hae Shin · Joung-Wook Park ·
Jin-Pyo Hong · Sang-Bin Song · Jae-Pil Kim)

Abstract

In order to develop highly-integrated RGBY(Red, Green, Blue, Yellow) LED light, a high thermal radiation ceramic package was manufactured, and the encapsulation process was applied with a vacuum printing encapsulation system(VPES). After the completion of vacuum printing, the shape of the encapsulation layer could be controlled by heat treatment during the curing process, and the optical power became highly increased as the encapsulation layer approached a dome shape. The optical characteristics involved in a Correlated Color Temperature(CCT), a Color Rendering Index (CRI), and the efficiency of RGBY LED light were able to be identified by the experimental designing method. Regarding the characteristics of the white light of RGBY LED light, which were measured on the basis of the aforementioned optical characteristics, CRI posted 88, CCT recorded 5,720[°K], and efficiency exhibited 52[lm/W]. The chip temperature of RGBY LEDs was below 55[°C] when the consumption power of LED chips was 0.1[W] for the red, 0.3[W] for the green, 0.08[W] for the blue, and 0.24[W] for the yellow. Also, the thermal resistance of the highly-integrated RGBY LED light measured by T3Ster was 2.3[K/W].

Key Words : VPES, RGBY LED, Experimental Designing Method, Thermal Resistance

1. 서 론

LED(Light Emitting Diode)는 에너지절감, 친환경, 감성적 조명특성으로 인해 21세기의 빛으로 평가받고 있으며[1], 광 효율, 장수명, 저전력, 작은 크기 등과 같은 장점으로 차세대 광원으로 주목받고 있다[2-5]. 또한, LED는 종류에 따라 적외선(IR), 가시광선(Vis), 자외선(UV) 등 폭넓게 발광이 가능하며, 특히 적, 녹, 청

* 주저자 : 한국광기술원 반도체조명연구센터 연구원

** 교신저자 : 한국광기술원 반도체조명연구센터
책임연구원

Tel : 062-605-9342, Fax : 062-605-9359

E-mail : jpkim@kopti.re.kr

접수일자 : 2010년 10월 13일

1차심사 : 2010년 10월 20일

2차심사 : 2010년 12월 8일

심사완료 : 2011년 1월 3일

(RGB)색의 적절한 조합으로 16.7백만개의 천연색 구현이 가능하다[6-7].

LED로 백색을 연출하는 방법에는 UV LED와 RGB 형광체를 이용하는 방법, 질화물 청색 LED에 yttrium aluminium garnet(YAG)와 같은 단일형광체를 이용하여 청색광과 YAG 여기광에 의해 백색광을 획득하는 방법, 그리고 RGB LED를 조합하여 백색광을 연출하는 방법 등이 있다[8]. 일반적으로 백열등이나 형광등 그리고 가로등과 같은 일반 조명용은 청색 LED에 황색 형광체를 혼합하는 형태를 사용하며, 빛을 제어하여 다양한 색상을 연출할 때는 RGB LED 혼합 형태를 사용하고 있다.

최근 RGB 칩의 비약적인 효율 향상에 따라 형광체를 사용하지 않고, RGB 칩을 이용하여 조명에 이용하는 경우가 많아지고 있으며, 백색 조명 뿐만 아니라 광 변색을 할 수 있다는 장점 때문에 RGB를 이용한 LED 개발이 많이 이루어지고 있다. 경쟁력 있는 RGB LED 광원을 제작하기 위해서는 광원의 고집적화가 이루어져야 하며, 동시에 소형화, 경량화도 이루어져야 한다. 고집적화된 RGB LED 광원은 기존의 조명 광원 보다 응용성이 높아지고, 특히 황색(Y) 칩이 첨가된 RGBY LED는 다양한 광색 및 색온도를 창출할 수 있어 고 연색성의 조명 광원으로 사용할 수 있다.

이에 본 연구에서는 열 전달 비아홀을 가지는 세라믹 패키지에 진공 프린팅 성형 인쇄법(VPES)을 적용하여 RGBY 칩의 고집적화를 실현하였으며, 최적의 돔 형상을 구현하여 고효율의 RGBY LED광원을 제작하였다.

2. 본 문

2.1 연구의 목적

이 연구의 목적은 진공프린팅 성형 인쇄법(VPES)을 이용하여 평면에 돔형의 봉지층을 만들므로써, RGBY LED의 광학적 특성을 올리는데 있다.

2.2 RGBY LED 광원 제작 및 실험

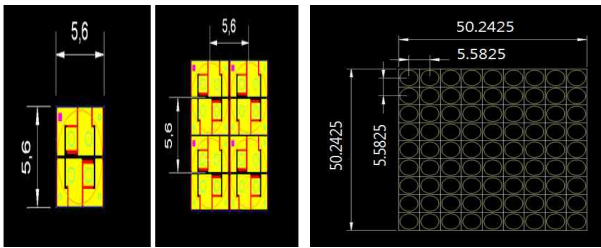
본 연구에서 RGBY LED 광원을 제작하기 위해 평면상 세라믹 기판에 각각 RGBY 고출력 LED 칩을 고 열전도성의 접착제를 이용하여 접착하였다. 이후 Metal Mask가 장착되어 있는 Sanyu Rec.사의 VPES - HA IV 장비를 사용하여 진공 프린팅 성형 인쇄법(VPES)을 적용 Encapsulation을 수행하였으며, 봉지 공정 후 가교 조건을 2단계로 하여 봉지재를 가교 시켰다. 표 1은 RGBY 세라믹 타입 LED 패키지에 적용한 칩과 봉지 재료의 주요 사양이다.

표 1. RGBY LED 광원 제작용 재료
Table 1. Materials used in RGBY LED light

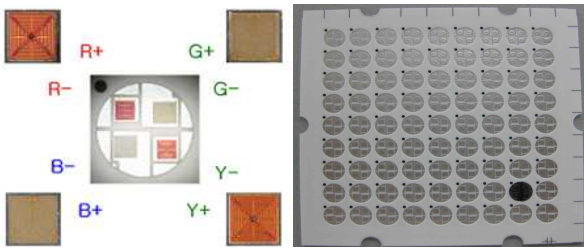
분류	구분	특징	제작사
Chip	Red (R)	Wd 625±1[nm]	HPO
	Green (G)	Wd 523±3[nm]	BridgeLux
	Blue (B)	Wd 453±3[nm]	BridgeLux
	Yellow (Y)	Wd 590±2[nm]	HPO
봉지재료	Dome optics	高 thixo.性	Sanyu Rec
Package	Wafer type	Ceramic	세라텍

봉지층과 기판과의 전단강도를 알아보기 위해 Dage사의 Series 4000을 이용하여 측정하였으며, 봉지층 형상에 따른 광 출력 향상 및 광학 특성을 알아보기 위해 Instrument System사의 CAS-140CT를 이용하여 측정 하였다. 그리고 패키지의 발열 온도 및 열 저항을 측정하기 위하여 FLIR System사의 P20 IR Camera 및 MicRed사(현 Flomerics사)의 T3Ster 장비를 이용하였다. RGBY칩의 광 특성에 대한 영향을 파악하고, 최적화에 사용된 실험계획법 프로그램은 Minitab(Registered Trademark) Release v14.12를 사용하였다.

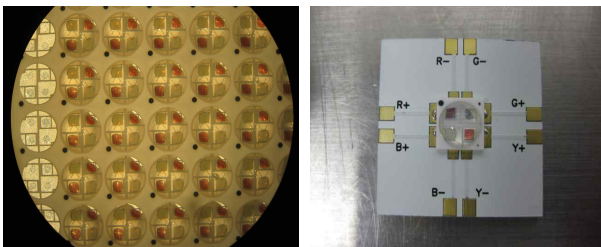
세라믹 기판에 사용된 재료는 LTCC이며, 방열 효과를 향상시키기 위하여 직경 0.1[mm]의 비아홀을 뚫었다. 그림 1은 기판 설계 도면 및 공정 진행 후 제작 사진을 나타낸 것이다.



(a) 패키지 설계 도면



(b) RGBY LED 칩 실장



(c) 진공 프린팅 후 기판(좌) 및 PCB 실장(우)

그림 1. 기판의 설계 도면 및 RGBY LED 광원 제작 사진
Fig. 1. Photographs of the fabricated RGBY LED light and ceramic package diagram

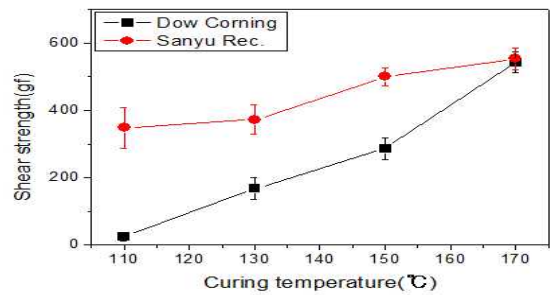
3. RGBY LED 광원 특성 분석 및 고찰

3.1 봉지재의 전단강도

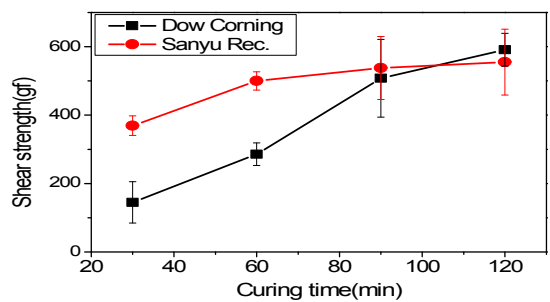
본 연구에 사용된 패키지는 평면상의 세라믹 패키지가므로 기존의 유동성이 있는 봉지재를 사용해서는 LED 칩을 봉지할 수 없다. 이를 해결하기 위하여 고 thixotropy의 봉지재를 진공 챔버 안에서 프린팅하는 공정을 도입하여 봉지하였다.

평면상의 패키지에 봉지재를 프린팅하여 도포하였을 때 요구되는 가장 중요한 특성중의 하나는 봉지층과 기판과의 접착력이다. 일반적인 패키지는 컵 형태의 리플렉터를 가지고 있기 때문에 접착력에 큰 문제

가 되지 않지만 본 연구에 사용된 패키지는 평면 형태를 띠고 있기 때문에 접착력이 약하면 기판으로부터 쉽게 떨어지게 된다. 따라서 봉지층과 기판과의 접착력을 조사하였다. Dow Corning사와 Sanyu Rec.사 봉지재의 전단강도를 측정하였으며, 경화 시간과 경화 온도 변화에 대한 전단강도의 변화를 측정하였다. 그림 2 (a)는 경화 시간을 1시간으로 고정된 후 경화 온도에 대한 전단강도를 나타낸 것이며, 그림 2 (b)는 온도를 150[°C]로 고정된 후 경화 시간에 대한 전단강도 변화를 나타낸 것이다. 실험 결과 동일온도에서 Sanyu Rec.사의 경우가 높은 전단강도를 나타내어 경화반응이 더 빠름을 알 수 있었고[그림 2 (a)], 동일 시간에서도 Sanyu Rec.사의 경우가 Dow Corning사의 것 보다 높은 전단강도를 나타내어 반응 속도가 더 빠름을 알 수 있었다[그림 2 (b)]. 따라서 Sanyu Rec.사의 봉지재를 본 연구의 VPES용 봉지재로 사용하였다.



(a) 봉지재의 경화 온도에 따른 전단강도



(b) 봉지재의 경화 시간에 따른 전단강도

그림 2. 경화온도와 경화시간에 따른 봉지층의 전단강도
Fig. 2. The shear strength of encapsulation layer depending on the curing temperature and curing time

3.2 봉지형상에 따른 광 추출 효율

본 실험에서는 와이어 본딩 이후 칩의 보호 역할과 함께 광 추출 효율 향상을 위한 봉지 공정에 VPES 성형 인쇄법을 적용하였다. 진공 프린팅 성형 인쇄법은 공정 조건에 따라 다양한 형태의 봉지층이 생성될 수 있으며, 최적의 형태를 알아보기 위하여 열처리 조건에 따른 광 추출 효율을 조사하였다.

열처리 조건에 따라 봉지층은 반응 속도가 변하여 돔의 형태가 다르게 나타나는데, 돔 형상 변화와 실제 이미지를 그림 3에 나타내었다. 60~150[°C] 열처리 조건에서는 예각을 이루고 있는 Conic형태이었으며, 80~150[°C] 열처리 조건에서는 돔형에 가까운 형태 그리고 100~150[°C]에서는 앞선 형태와 비슷한 외관을 나타내었다. 이런 결과는 본 연구에 사용된 봉지재가 80[°C] 부근에서 thixotropy의 점도가 낮아져 흐름성이 좋아진 결과로 사료된다.







형태	A	B	C
열처리조건 (°C)	60°C-1[hr] 150°C-1[hr]	80°C-1[hr] 150°C-1[hr]	100°C-1[hr] 150°C-1[hr]
이미지 (측면)			
실제이미지 (상단)			

그림 3. 열처리 조건에 따른 봉지층 형상 변화
Fig. 3. Encapsulant shape variation depending on the thermal treatment

열처리 조건에 따라서 봉지층의 형상이 다른 광원의 광 출력 변화를 표 2에 나타내었다. 봉지층 형상 제어를 위해 80[°C]에서 1시간 열처리한 후, 실리콘 레진의 경화를 위해 150[°C]에서 1시간 경화한 경우가 가장 높은 광 출력을 나타내었으며, 60[°C]에서 1시간 열처리한 후, 150[°C]에서 후 처리한 경우가 가장 낮은 광 출력을 나타내었다. 이는 봉지층이 돔형에 가까울수록 전반사 손실이 줄어들기 때문으로 사료되며, 봉지

층의 형상을 돔형에 가깝게 형성하는 것이 광 추출 효율을 올릴 수 있다는 것을 의미한다. 한편 전처리 온도를 100[°C]로 한 경우는 봉지층의 흐름성이 좋아지기 전에 가교 반응이 일어나 B 형태와 같은 돔형 구조를 가지지 못해 조금 낮은 광 추출 효율을 보이는 것으로 판단된다.

표 2. 열처리 조건에 따른 광 출력 변화
Table 2. Optical power variation depending on the thermal treatment

열처리 조건	광출력[mW]		
	60[°C]-1[hr] 150[°C]-1[hr]	80[°C]-1[hr] 150[°C]-1[hr]	100[°C]-1[hr] 150[°C]-1[hr]
Red	175	183	177
Green	106	107	113
Blue	246	237	241
Yellow	58	65	60
Total	585	592	591

3.3 RGBY 광학적 특성

RGBY LED 패키지에 각 칩별로 전원을 인가하여 광 출력을 측정하였다. 측정결과 사용한 칩에 각각 300[mA]를 인가하여 광 출력을 확인한 결과, 적색은 135[mW], 녹색은 120[mW], 청색은 150[mW], 그리고 황색은 50[mW]를 나타내었다. 제작된 RGBY LED 백색 광원의 연색지수와 상관색온도 등의 광특성을 파악하고 최적의 성능 및 구동 조건을 파악하기 위하여 실험 계획법을 실시하였다. 사용한 Minitab Version은 v14.12였으며, 특성치는 연색지수, 상관색온도, 광 효율, 광 출력 등이었다. 각각 3수준의 소비전력을 적용하였고, 이들 수준은 선행 실험을 통하여 결정하였다. 표 3은 본 실험계획법의 실험 조건을 표로 나타낸 것이다. 적색 칩의 3수준은 80, 120, 160[mW], 녹색 칩은 280, 320, 360[mW], 청색 칩은 80, 120, 160[mW], 황색 칩은 180, 220, 260[mW]였다.

그림 4는 RGBY 백색 LED 광원의 광 효율에 대한 주 효과도를 보여주고 있다. 전체적으로 칩의 입력 전류가 증가하면 광 효율은 감소하였고, 적색 칩과 황색

칩에 비하여 청색 칩의 경우가 감소율이 컸으며, 녹색 칩의 경우 입력 전류가 증가하면 오히려 광 효율이 증가하였다. 이는 녹색 파장대에서 시감도에 의한 영향으로 사료된다. 이렇게 입력 전류 값이 증가할수록 광 효율이 떨어지는 것은 고 전류 영역에 의한 칩의 효율 감소와 많은 발열로 인한 칩의 성능 감소가 주 요인으로, 전체적으로 청색 칩과 황색 칩이 광 효율 저하에 많은 영향을 주었다.

표 3. RGBY LED 백색 광원의 특성 파악을 위한 실험계획법 조건 및 결과

Table 3. Result and condition of design of experimental to investigate optical property of RGBY LED white light

NO	Red [mW]	Green [mW]	Blue [mW]	Yellow [mW]	CRI	CCT [°K]	LPW [lm/W]	Lumen [lm]
1	80	280	80	180	88.46	6818	54.3	33.67
2	80	280	80	220	89.62	6348	53.3	35.16
3	80	280	80	260	89.39	5916	52.4	36.65
4	80	280	120	180	85.07	9325	51.8	34.18
5	80	280	120	220	86.37	8420	51	35.69
6	80	280	120	260	86.95	7686	50.1	37.09
7	80	280	160	180	82.26	15879	49.5	34.65
8	80	280	160	220	82.47	13179	48.8	36.12
9	80	280	160	260	83.24	11472	48	37.47
10	80	320	80	180	88.79	6944	54.9	36.21
11	80	320	80	220	89.86	6510	53.8	37.65
12	80	320	80	260	90.08	6127	52.8	39.07
13	80	320	120	180	87.98	9193	52.3	36.62
14	80	320	120	220	88.94	8395	51.5	38.09
15	80	320	120	260	89.3	7745	50.6	39.46
16	80	320	160	180	86.15	14350	50.1	37.07

일반적으로 연색지수에 대한 광의 파장과 출력량의 영향은 매우 크다. 본 연구에서는 칩의 파장은 이미 고정되었으므로 RGBY 칩에 대한 일정 소비전력 즉, 일정 전류 구간에서의 연색지수 변화를 조사하였으며, 그 결과를 그림 5에 나타내었다. 조사 구간에서 적색 칩과 청색 칩은 인가 전류가 증가함에 따라 연색지수가 감소되는 경향을 나타내었으며, 반대로 황색 칩과

녹색 칩은 연색지수가 증가하는 경향을 나타내었다. 본 실험 구간에서 연색 지수는 평균으로 75 내외였으며, 적색 칩이 연색지수에 가장 많은 영향을 주는 것으로 나타났다.

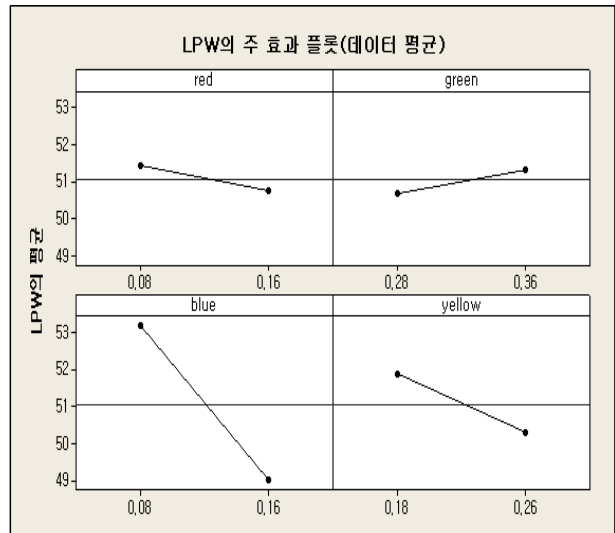


그림 4. RGBY LED 광원의 광 효율(LPW)에 대한 주 효과도

Fig. 4. Dominant effect of optical performance for RGBY LED light

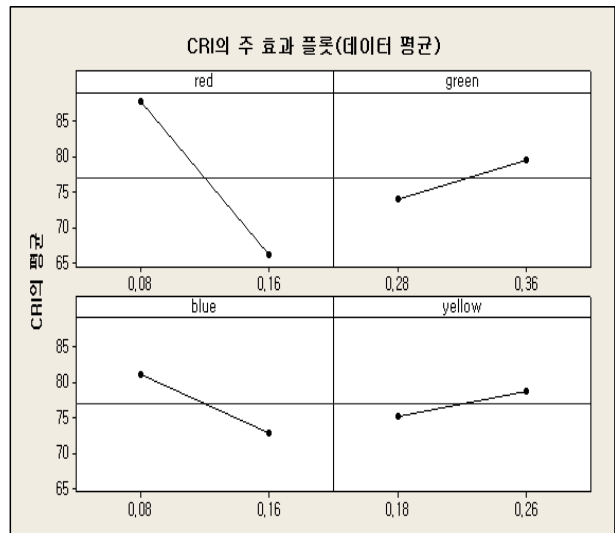


그림 5. RGBY LED 광원의 평균연색평가지수(General CRI, Ra)에 대한 주 효과도

Fig. 5. Effect of the General Color Rendering Index, Ra for RGBY LED light

그림 6은 RGBY 칩에 대한 상관색온도 영향을 나타내는 주효과도이다. 일반적으로 청색과 녹색 칩의 출력이 높아지면 상관색온도가 높아지고 황색과 적색 칩의 출력이 높아지면 상관색온도가 떨어지는데 본 실험 계획법에서도 동일한 결과를 나타내었다. 상관색온도에 가장 영향이 큰 청색 칩과 적색 칩은 소비전력을 80[mW]에서 160[mW]로 상승시키면 상관색온도는 6,000[°K] 이하에서 10,000[°K] 이상으로 약 4,000[°K] 가량 상승하였으며, 적색 칩의 소비전력을 80[mW]에서 160[mA]로 상승시키면 약 3,000[°K] 정도 떨어지는 결과를 나타내었다.

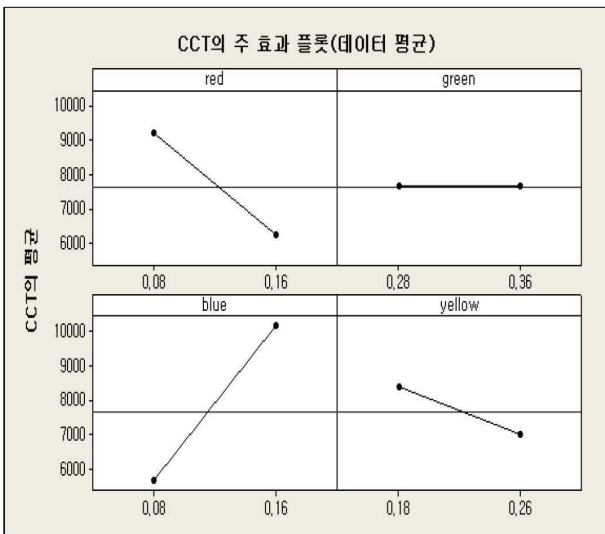


그림 6. RGBY LED 광원의 상관색온도(CCT)에 대한 주효과도
 Fig. 6. Effect of the Correlated Color Temperature for RGBY LED light

그림 4~6을 종합하여 여러 가지 항목들을 최적화시켜 연색지수와 상관색온도 범위를 만족하면서 최대의 광 효율을 갖는 조건을 찾아 그림 7 (a)에 나타내었다. 최대 광 효율 구동 조건은 적색 칩 105[mW], 녹색 칩 360[mW], 청색 칩 86[mW], 황색 칩 215[mW]를 인가하였을 경우로 약 53[lm/W]의 효율과, 상관색온도 6,292[°K], 연색지수 85, 소비전력 770[mW]을 나타내었다. 또한 상관색온도 범위를 만족하면서 최대 연색지수를 갖는 조건은 7 (b)와 같았으며, 상관색온도 6,482[°K]에서 연색지수 91을 나타내었다.

최적	Hi	red	green	blue	yellow
D	Cur	0.160	0.360	0.160	0.260
0.81337	Lo	[0.1051]	[0.360]	[0.0862]	[0.2159]
		0.080	0.280	0.080	0.180
CRI					
목표값: 85.0					
y = 85.0049					
d = 0.99918					
lm					
최대값					
y = 40.9026					
d = 0.60789					
cct					
목표값: 6500.0					
y = 6291.6872					
d = 0.90531					
lm/w					
최대값					
y = 53.3674					
d = 0.79593					

(a) 최대 광 효율(LPW) 조건

최적	Hi	red	green	blue	yellow
D	Cur	0.160	0.360	0.160	0.260
0.80649	Lo	[0.080]	[0.360]	[0.0882]	[0.2595]
		0.080	0.280	0.080	0.180
CRI					
최대값					
y = 90.7992					
d = 0.96709					
lm					
최대값					
y = 41.3474					
d = 0.64211					
cct					
최대값					
y = 6482.4709					
d = 0.99238					
lm/w					
최대값					
y = 52.4921					
d = 0.68652					

(b) 최대 연색지수(CRI) 조건

그림 7. RGBY LED 광원의 주요 인자에 대한 반응 최적화

Fig. 7. Response optimization of the major factors for RGBY LED light

그림 8은 백색 구현을 위해 상관색온도 5,500~6,000[°K]을 목표로 RGBY 광원을 이용하여 연색성과 광 효율이 가장 높은 조건을 탐색한 결과이다. 그 결과 연색지수 86.2, 상관색온도 5,542[°K], 광 효율 52.6[lm/W]였다.

새로 만들기	red	green	blue	yellow
D	0.160	0.360	0.160	0.260
Hi	[0.110]	[0.360]	[0.080]	[0.260]
Cur				
Lo	0.080	0.280	0.080	0.180
CRI				
목표값: 85.0				
y =86.1782				
d =0.80363				
lm				
최대값				
y =42.6340				
d =0.74107				
cct				
목표값: 6000.0				
y =5541.7155				
d =0.74540				
lm/w				
최대값				
y =52.6180				
d =0.70225				

그림 8. RGBY LED 광원의 연색지수(CRI)와 광 효율 (LPW)에 대한 반응 최적화
 Fig. 8. Response optimization of the Color Rendering Index and optical performance for RGBY LED light

실험 계획법에 의해 최적화된 조건으로 RGBY LED 패키지를 구동하였으며 그 결과를 표 4에 그리고 발광 스펙트럼을 그림 9에 나타내었다. 구현된 광원의 특성은 연색지수 88.8, 색온도 5,720[°K], 광 효율 52.2 [lm/W]를 나타내어 실험계획법에 의한 예측과 유사한 결과를 나타내었다.

표 4. 단품 패키지에 대한 광학 특성
 Table 4. Optical properties for the discrete RGBY LED light

구 분	R	G	B	Y
Power[W]	0.11	0.36	0.08	0.26
Current[A]	0.06	0.12	0.03	0.13
Voltage[V]	2.00	3.00	2.67	2.08
X	0.33			
Y	0.37			
CRI(Ra)	88.77			
CCT[°K]	5719.90			
Efficacy [lm/W]	52.15			

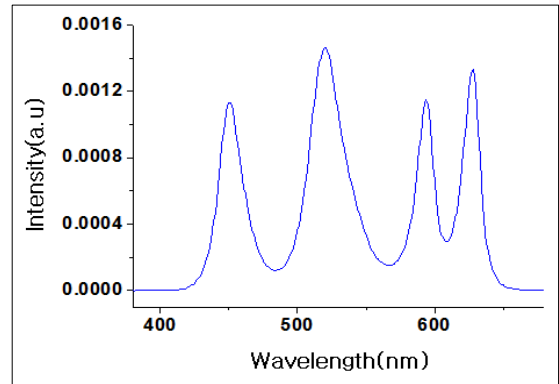


그림 9. RGBY LED 광원의 발광 스펙트럼
 Fig. 9. Emission spectrum of discrete RGBY LED light

3.4 RGBY LED 패키지의 방열 특성 평가

제작된 RGBY LED용 패키지의 방열 특성 및 열 저항 특성 평가를 위해서 IR Camera 및 T3Ster 장비를 이용하였다. 그림 10은 IR Camera를 이용하여 각 칩의 소비 전력을 적색: 0.1[W], 녹색: 0.35[W], 청색: 0.08[W], 황색: 0.24[W]로 구동하였을 때 방열 온도를 측정하는 것이다. 측정결과 각 칩별 방열 온도는 적색 51.1[°C], 녹색 54.0[°C], 청색 47.6[°C], 황색 54.5[°C]였으며, 각 칩별 온도 편차는 크지 않았다. 이런 결과는 좁은 면적에 4개의 RGBY 칩이 존재하는 것을 감안하면 매우 낮은 구동 온도로 세라믹 패키지에 구현된 비아홀에 의한 방열 효과가 매우 뛰어남을 나타내는 것이다. 한편 표 5에는 IR 카메라를 이용하여 계산한 열 저항 값을 나타내고 있는데 2.9[K/W]로 매우 낮은 값을 나타내어 방열 특성이 매우 뛰어남을 알 수 있었다.

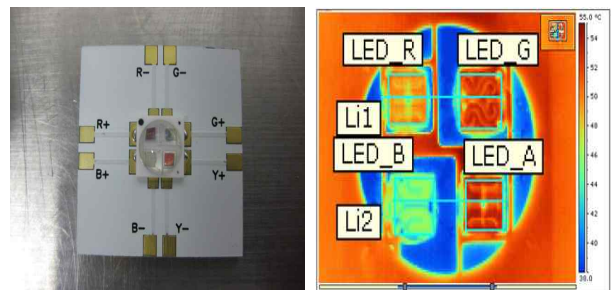


그림 10. RGBY LED 광원의 IR Camera 측정 이미지
 Fig. 10. IR Camera image of RGBY LED light

표 5. IR Camera를 이용한 방열 특성 평가
Table 5. Thermal characteristics of RGBY LED measured by IR Camera

구분	[V] × [I] = [W]	기타
LED R	1.8105 × 0.055 = 0.1[W]	※ PCB Top 49[°C]
LED G	2.921 × 0.12 = 0.351[W]	
LED B	2.667 × 0.03 = 0.08[W]	※ PCB Btm 48[°C]
LED Y	1.9597 × 0.125 = 0.245[W]	
PKG 열저항 : 2.9[K/W]		

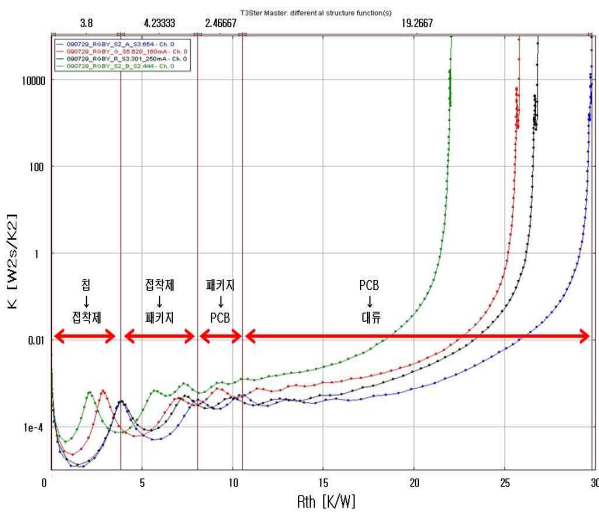


그림 11. RGBY LED용 패키지의 열 저항 그래프
Fig. 11. Thermal resistance graph of RGBY LED package

표 6. RGBY LED용 패키지의 열 저항
Table 6. Thermal resistance for RGBY LED package

구분	R	G	B	Y	Total
LED-PKG Top	3.8	2.8	2.5	3.8	0.8
PKG Top Solder	3.5	4.1	3.5	4.2	0.9
Solder-PCB Bottom	2.5	2.3	1.6	2.5	0.5
PCB Bottom Ambient	16.9	16.6	13.9	19.3	4.1
PKG 열 저항 : 2.3[K/W]					
PCB 포함 대류 방열 가정 : 6.38[K/W]					

보다 정확한 열 저항 측정을 위하여 열 저항 전문 측정 장비인 T3Ster 장비를 이용하여 열저항 측정을 하였으며 그 결과를 그림 11과 표 6에 나타내었다. 측정된 결과 각 칩의 열저항은 13~20[K/W] 범위였으며, RGBY 패키지의 전도열 저항에 대해 산출한 결과 2.3 [K/W]를 나타내었다.

4. 결론

본 논문에서는 고집적화된 소형의 RGBY 광원을 제작하기 위하여 5.6×5.6[mm] 세라믹 패키지를 제작하였으며, 봉지 공정으로 VPES 성형 인쇄법을 이용하였다. 봉지 형상에 따른 RGBY LED의 광 추출 효율은 열처리 조건에 따라 다양한 형태를 나타내었으며, Spherical 형태 즉, 돔 형태에 가까울수록 높은 광 효율을 나타내었다. 실험계획법과 실측치에 의한 RGBY LED 최대 광 효율은 52.2[lm/W]였으며, 단품 세라믹 패키지의 열저항은 2.3[K/W]였다.

위의 실험결과를 분석한 결과 RGBY LED 광원은 고집적화 되었음에도 불구하고 열적으로 높은 안정성을 나타내었다. RGB LED에 황색 칩을 추가하여 연색성을 좋게 하고, 색 구분 능력을 키워 감성조명, 표시용 조명, 투광기 등에 응용할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- (1) 김병년, 박민기, “LED를 이용한 고효율 비상등 시스템에 관한 연구” 한국조명전기설비학회 논문집, pp.6~8, 2010.
- (2) S. Muthu, F. J. P. Schuurmans, and M. D. Pashley, “Red, green, and blue LED based white light generation : Issues and control”, Proc. IEEE Industry Application Conference, Vol. 1, pp.327-333, Oct. 13-18, 2002.
- (3) E. F. Schubert, Light-Emitting Diodes, Cambridge University press, 2006.
- (4) X. Qu, S.-C. Wong, and C. K. Tse, “Color control system for RGB LED light sources using junction temperature measurement”, Proc. IEEE Industrial Electronics Society, Nov. 5-8, pp.1361-1368, 2007.
- (5) 김래원 공저, “고출력 LED 및 고체광원 조명기술”, 아진출판사, 2006.
- (6) B. Pa가 et al., “A Study on the Preference of Changes of Color and Pattern of a LED(R,G,B) Luminaire”, KIIE Autumn Conference 2006.

- [7] J. R. de Britto, et al., "A Proposal of LED Lamp Driver for Universal input Using Cuk Converter", IEEE PESC 2008, pp.2640~2644, August, 1996.
- [8] 정병호, 김남오, 김덕구, 오금곤, 조금배, 이강연, "백색 LED와 RGB 멀티칩 LED 조명 장치의 특성 분석" 한국조명전기설비학회 논문지, Vol.23, NO.12, pp.23~30, 2009.12.
- [9] Atsushi Okuno, Noriko Fujita and Yuki Ishikawa, "Low Cost and High Reliability Extremity CSP Packaging Technology", Electronic components and Technology Conference, pp.1201~1204, 1999.
- [10] Atsushi Okuno, "Wafer Level CSP Process by VPES (Vacuum Printing Encapsulation Systems)" Int'l Symposium on Electronic Materials and packaging, pp.143~151, 2000.
- [11] 신무환, 김재필, "LED 패키징 기술 입문", 북스힐, 2009.
- [12] Atsushi Okuno, Noriko Fujita and Yuki Ishikawa, "High Reliability, High Density, Low Cost Packaging Systems for Matrix Systems for Matrix BGA and CSP by Vacuum Printing Encapsulation Systems(VPES)", Proc. IEEE Transactions on advanced packaging, Vol. 22, NO.3 pp.391~396, August, 1999.
- [13] Atsushi Okuno, "High Reliability, High Density, Low Cost Packaging Systems for Matrix BGA and CSP using Vacuum Printing Encapsulation Systems(VPES)", Electronic Components and Technology Conference, pp.109~110, May 1998.
- [14] 이레테크 미니탭사업부 저, "MNTAB 실무 완성", 이레테크 2000.
- [15] 임용빈, 박성현, 안병진, 김영일, "실용적인 실험계획법", 자유아카데미, 2008.
- [16] Atsushi Okuno and Noriko Fujita, "Filling the Via hole of IC by VPES(Vacuum Printing Encapsulation Systems) for stacked chip (3D packaging)", Electronic components and Technology Conference, pp.1444~1448, 2002.
- [17] Atsushi Okuno and Noriko Fujita, "Filling the Via hole of IC by VPES(Vacuum Printing Encapsulation Systems) for stacked chip (3D packaging)", Int'l Symposium on Electronic Materials and packaging, pp.133~138, 2002.



김영우 (金永雨)

1974년 12월 15일생. 2005년 한양대학교 전자통신전공학과 졸업(석사). 현재 전남대학교 전자공학과 박사과정. 2005년~현재 한국광기술원 LED 융합 연구센터 선임연구원.



신기해 (申岐海)

1983년 7월 29일생. 2010년 광주대학교 대학원 전자광통신 학부 석사과정. 현재 한국광기술원 반도체조명연구센터 연구원.



박정욱 (朴政昱)

1975년 2월 19일생. 2007년 광주과학기술원 기전공학과 졸업(박사). 2007년~현재 한국광기술원 반도체조명 연구센터 선임연구원.



홍진표 (洪珍杓)

1976년 11월 20일생. 2010년 광주과학기술원 기전공학과 졸업(박사). 2010년~현재 한국광기술원 반도체조명 연구센터 선임연구원.



송상빈 (宋相彬)

1969년 10월 1일생. 2006년 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2005년~현재 한국광기술원 반도체조명 연구센터 책임연구원.



김재필 (金宰必)

1970년 2월 26일생. 2002년 광주과학기술원 신소재 공학과 졸업(박사). 2003년~현재 한국광기술원 반도체조명 연구센터 책임연구원.

◇ 저자소개 ◇



장민석 (張珉碩)

1984년 12월 3일생. 2011년 전남대학교 대학원 신소재공학과 석사과정 재학중. 현재 한국광기술원 반도체조명연구센터 연구원.