

에노다이징 절연층과 반사컵 구조를 보유한 COB타입 LED BLU 광원구현

(Implementation of LED BLU Using Metal core PCB
with Anodizing Oxide Layer)

홍대운, 조재현*

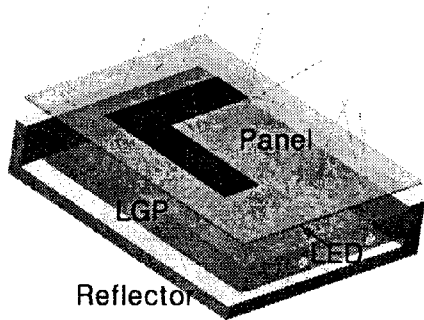
충남대학교 전자공학과, 경기대학교 재료공학과*

Abstract

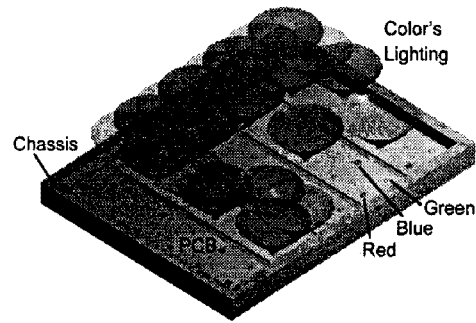
LED BLU(Back Light Unit), based on MCPCB(Metal Core Printed Circuit Board) with anodizing oxide dielectric layer and improved thermal dissipation property, are presented. Reflecting cups were also formed on the surface of the MCPCB such that optical coupling between neighboring chips were minimized for improving the photon extraction efficiency. LED chips were directly attached on the MCPCB by using the COB (Chip On Board) scheme.

최근 발광다이오드(Light-Emitting Diode: LED)는 휴대폰, PDA등 모바일 분야를 넘어 노트북, 텔레비전(Television: TV)으로 적용되며 대형 디스플레이 영역으로 응용분야가 빠르게 확대되고 있다. LED 광원을 적용한 중, 대형 디스플레이 분야에서 기존 냉음극형광램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp: CCFL), 플라즈마표시패널(Plasma Display Panel: PDP) 기술보다 효율적으로 활용되기 위해서는 우선적으로 광출력을 극대화하는 것이 필요한데, 이를 위한 유력한 방안 중의 하나는 개선된 열 방출 특성을 갖는 LED 배면 발광구조(Back Light Unit: BLU)광원 개발이라고 할 수 있다.

일반적으로 박막 트랜지스터 액정 디스플레이(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display: TFT-LCD)는 자체 비 발광 소자로 BLU는 필수적이다. 최근 LED BLU 제작을 위해 주로 사용되는 구조를 살펴보면 그림 1에 보인 바와 같다.



(a)



(b)

그림 1. LED BLU 종류

(a) LED 광원 측면형 BLU

(b) LED 광원 직하형 BLU

그림 1(a)에 보인 구조는 BLU 광원으로 사용되는 LED를 도광판(Light Guide Plate: LGP)의 측면에 위치하여 전방에 일정한 광을 방출하는 방식으로 BLU 두께를 얇게 제작할 수 있지만 방열구조가 취약하여 비교적 발광면적이 작고 디스플레이의 요구 휘도가 낮은 휴대폰, 노트북등 소형 LCD 제품에 주로 적용되어왔다. 그림 1(b)에 보인 구조는 중, 대형 디스플레이에 주로 적용하는 방식으로 LED 광원을 BLU 바닥면에 일정한 간격으로 배치함으로써 대면적의 BLU 전면에 균일하면서 충분한 광량을 얻을 수 있고 다수의 LED에서 발생하는 열을 배면의 대면적 기구를 이용해 빠르게 방출할 수 있는 구조적 장점을 가지고 있다. 하지만 균일한 면광원 구현을 위해 LED와 패널간의 충분한 거리가 요구되는 구조적 특징으로 BLU의

두께를 줄이는 한계의 어려움이 있다. 이러한 기술들이 최근 TV용용시장의 변화에 따라 대형화, 슬림화 추세로 발전되고 있다. 이러한 요구는 대형 디스플레이에 적용되는 LED BLU의 두께를 최소화하고 발광 면적은 대형화 할 수 있는 기술 개발로 이어지고 있다. BLU의 두께를 최소화 하기위해서 구조를 측면형 방식을 적용해야 하며 대형화를 위해서는 단위 LED 광원의 출력을 극대화 하고 효율을 높여야 한다. 상기와 같은 특성만족을 위해서 기존의 MCPCB 열전도 특성을 개선하여 LED 칩에서 발생한 열을 효율적으로 외부로 전달함으로써 단일 LED Chip의 광출력을 극대화하고 나아가 열에 의해 저하되는 광효율을 안정적으로 유지할 수 있도록 광원 구조를 개선한다.

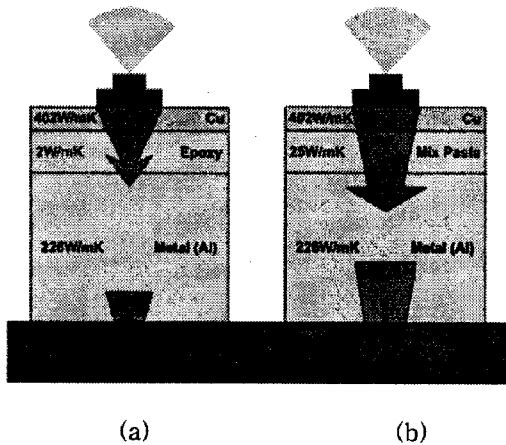


그림 2. PCB 재료와 구조에 따른 비교

- (a) 저열도를 절연층 적용 MCPCB
- (b) 열전도 개선 절연층 MCPCB

그림 2(a)에 보이는 MCPCB 구조는 일반적으로 사용되는 에폭시 또는 실리콘 혼합물을 절연층으로 적용한 예를 보여주고 있으며 그림 2(b)는 열전도율이 개선된 절연층을 적용한 MCPCB 구조를 보여주고 있다. 구조를 비교해보면 축방향으로 열전도율이 다른 적층 물질들에 의해 MCPCB의 열전도특성이 결정되어진다.

$$\frac{1}{k} = \frac{1-v_{cu}}{k_{cu}} + \frac{v_{dielectric}}{k_{dielectric}} + \frac{v_{Al}}{k_{Al}}$$

상기 식과 같이 적층된 각 물질들의 열전도계수 k와 부피분율 v에 의해 MCPCB 전체의 열전도율이 근사화되며 같은 두께의 절연층을 기준으로 10배 이상의 열전도도 특성 차이를 보여주게 된다.

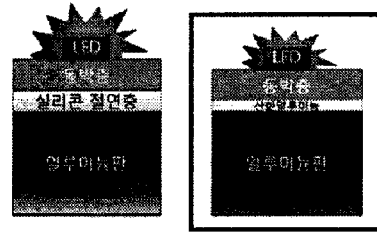


그림 3. 기존 MCPCB와 산화막 절연 MCPCB 비교

상기와 같은 연구를 바탕으로 열전도율 특성을 향상시키고 절연층의 두께를 최소화 하기위한 방법으로 알루미늄 원판 표면에 전해질 용액과 전기반응을 통해 일반 MCPCB 기준 80um 두께의 절연층을 5um 이내의 산화알루미늄 층을 생성시켜 열전도율을 30W/mK 이상의 MCPCB로 제작하였다. 그림 3은 기존 MCPCB와의 구조적 차이를 보여주고 있다. 개선된 MCPCB의 열전도 특성을 최대한 활용하기위해 LED 칩을 MCPCB 표면에 은 혼합 접착제(Ag Paste)를 이용하여 실장함으로써 LED 칩에서 발생하는 열을 효율적으로 외부로 전달하는 구조를 채택하였다.

이와 더불어 COB 기법을 적용하여 LED광원을 개발 할 경우 배광분포를 자유롭게 제어하기 어렵다는 문제가 있었다. 이를 개선하기 위해 반사컵 구조를 포함한 광원을 제안하게 되었으며 아래 그림 4는 COB 기법을 적용하면서 반사컵 구조를 구현하기 위한 제조 공정을 설명하고 있다

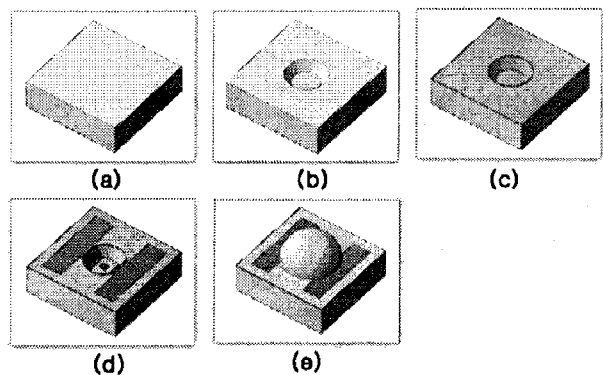


그림 3. 반사컵 구조를 포함한 COB타입 LED 광원

- (a) 알루미늄원판 (b) 반사컵 구조 형성
- (c) 산화막 형성 (d) 구리패턴 형성 및 LED 칩공정
- (e) 렌즈형성

제안된 구조의 샘플을 제작하기 위해 그림 4에 보이는 바와 같이 MCPCB를 설계하였다. 설계된 구조는 다수개의 에레이타입으로 구동이 가능하며

나아가 기존 LED 패키지 타입에 호환되도록 진행하였다. MCPCB에 방열 기본으로 사용되는 알루미늄 블록의 두께를 2.0mm 원판을 사용하였다. 반사컵의 표면은 반사율을 고려해 은 재질을 전해도금을 사양으로 채용하였다.

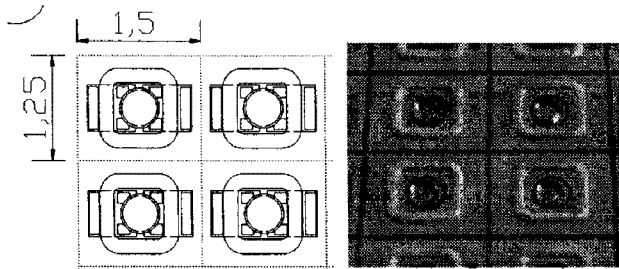


그림 4. 설계된 MCPCB와 제작된 MCPCB

제작이 완료된 MCPCB는 COB기법을 이용해 LED 칩을 PCB 표면에 장착하고 반도체용 골드와이어를 적용하여 LED 칩 구동을 위한 회로를 완성한다. 적용한 칩은 380um X 380um X 88um 사이즈의 청색 LED로 BLU용 백색광원을 제작하기 위해 청색 칩과 형광체를 조합한 방식을 채택하였다. 이러한 방식은 BLU 두께를 최소화하고 광효율을 높이며 적용 칩 수량을 최소화하여 발생하는 열을 최소화 할 수 있다. 상기와 같은 장점으로 대형 디스플레이 제품위주로 많은 연구 개발이 진행되고 있다.

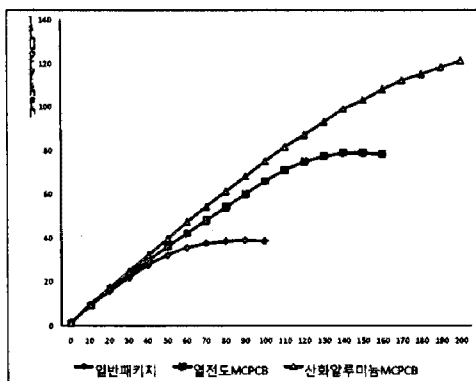
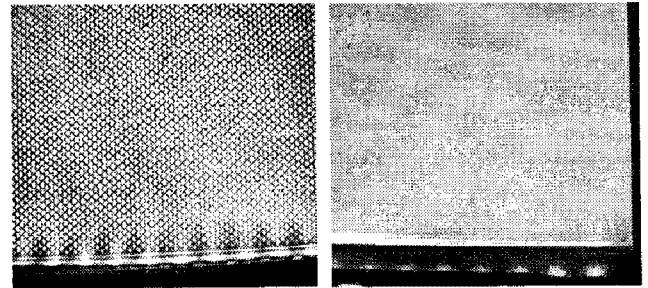


그림 5. LED 광원 구조별 특성비교

그림 5는 패키지와 MCPCB의 재료, 구조에 따른 LED 광원의 광량을 측정 비교한 자료이다. 일반 LED용 3.5mm X 2.8mm 패키지를 이용하여 LED 광원을 제작할 경우 50mA 이상의 구동에서 칩의 발열로 인해 광효율이 낮아짐을 알 수 있다. 하지만 절연층의 재질이 에폭시 또는 실리콘과 같

은 열전도 특성을 개선한 MCPCB를 이용하여 광원을 제작할 경우 광출력은 물론 효율도 개선됨을 알 수 있다. 추가적으로 제안한 산화막 MCPCB와 COB 기법을 조합하여 LED 광원의 경우 일반패키지 타입 대비 광특성이 2.5배 이상 개선된 결과를 얻을 수 있었다.



(a) (b)
그림 6. 제작된 LED BLU

(a) LGP와 제작된 LED 광원 적용 BLU
(b) 확산 광학재료 적용 BLU 점등

그림 6(a)은 제작된 LED 광원과 LGP를 결합한 제품으로 면광원의 특성을 위해 LGP 전면에 반사 잉크를 이용해 광량을 조절한 것을 알 수 있다. 그림 6(b)의 경우 제작된 BLU의 균일한 면광원 특성을 위해 상단에 광학 재료를 추가한 결과를 확인할 수 있다. 이번 연구를 통해 제작한 32인치 두께 12mm, LED BLU의 평균 휘도는 4,800[nit] 수준이며 면광원 균일도는 85[%] 수준으로 측정되었다. 적용된 LED 광원의 수량은 약 170개로 구동회로 포함 소비전력은 약 60[W]로 측정되었다. 이는 최근 시장에서 요구하는 수준에 근접한 결과로 관련 기술을 추가 연구, 개발할 필요가 있다고 사료된다.

[참고문헌]

[1] Song Jae Lee, *A Study on the Photon Extraction Efficiency in InGaN Light-Emitting Diodes Depending on Chip Structure and Chip-Mount Schemes*, SPIE Opt. Eng., vol. 45, No. 1, Jan. 2006
[2] Yunus A. Cengel, *Heat Transfer : A practical approach*, McGraw-Hill(2004)