

에노다이징 절연층과 반사컵 구조를 보유한 COB타입 LED BLU 광원구현

(Implementation of LED BLU Using Metal core PCB with Anodizing Oxide Layer and Reflection Cup Structure)

조재현* · 이민수

(Jae-Hyun Cho · Min-Soo Lee)

요 약

LED 광원 기술의 발전과 더불어 응용분야도 다양하게 넓어지고 있다. 이 중 본 논문에서는 액정 후면 배광 장치와 같이 고성능의 광원이 요구되는 응용제품에 적합한 광원을 제작하였다. 논문에서 제안한 광원은 금속산화물 절연층을 이용하여 LED chip에서 발생한 열을 효율적으로 외부로 전달하는 구조를 적용하였으며 패키지 구조가 아닌 chip과의 접촉면에 반사컵 구조를 적용하여 배광 분포 제어와 광자 재흡수 특성을 개선하였다.

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.

Key Words : LED Package, Anodizing Oxide Layer, Metal Core PCB, LED BLU

1. 서 론

최근 발광다이오드(Light-Emitting Diode: LED)는 휴대폰, PDA등 모바일 분야를 넘어 노트북, 텔레비전(Television: TV)으로 적용되며 대형 디스플레이

이 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 박막트랜지스터액정 디스플레이

* 주저자 : 경기대학교 일반대학원 재료공학과 박사과정
Tel : 031-370-8400, Fax : 031-378-6711

E-mail : chojh123ds@dslcd.co.kr

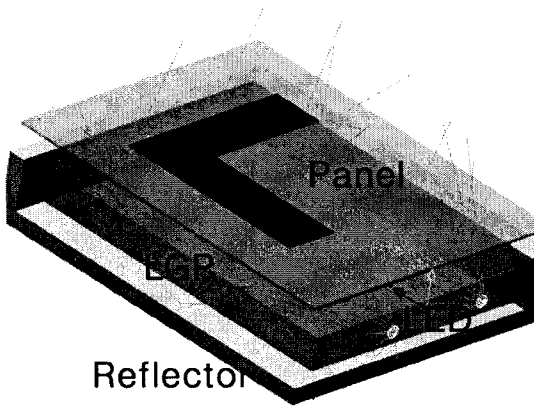
접수일자 : 2009년 5월 28일

1차심사 : 2009년 6월 1일

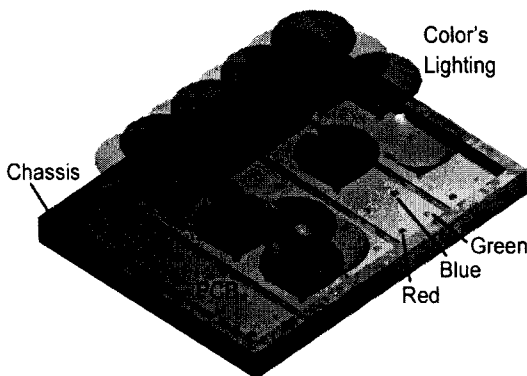
심사완료 : 2009년 6월 11일

(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display: TFT-LCD)는 자체 비 발광 소자로 디스플레이 보조광원인 BLU 구조는 필수적이다. BLU 광원으로는 선광원의 특성을 가지고 현재까지 널리 이용되어 온 CCFL, EEFL 광원이 있으며 면광원의 발광 특성이 라는 장점으로 연구개발 되어 온 FFL 광원 등도 있지만 점광원 특성의 LED는 다수개의 광원을 조합하여 선광원으로서의 활용은 물론 배열에 따라 면광원의 구현이 가능하고 저전압 DC 구동회로, 광원 구조 단순화 등 BLU 응용에 적합한 광원으로 최근 LED를 적용한 BLU 제작을 위해 주로 사용되는 구조를 살

펴보면 그림 1에 보인 바와 같다. 그림 1 (a)에 보인 구조는 BLU 광원으로 사용되는 LED를 도광판 (Light Guide Plate: LGP)의 측면에 위치하여 전방으로 일정한 광을 방출하는 방식으로 BLU 두께를 얇게 제작할 수 있지만 방열구조가 취약하여 비교적 발광 면적이 작고 디스플레이의 요구 휘도가 낮은 휴대폰, 노트북등 소형 LCD 제품에 주로 적용되어 왔다. 그림 1 (b)에 보인 구조는 중, 대형 디스플레이에 주로 적용되던 방식으로 LED 광원을 BLU 바닥면에 일정 패턴으로 배치함으로써 대면적의 BLU 전면에 균일한 면광원분포와 요구되는 광량을 얻을 수 있고 다수의 LED광원에서 발생하는 열을 배면의 기구물을 이용해 빠르게 방출할 수 있는 구조적 장점을 가지고 있다. 하지만 균일한 면광원 구현을 위해서는 LED광원과 LCD 패널간의 충분한 거리가 요구되는 구조적 특징으로 LED BLU 전체 두께를 줄이는 한계의 어려움이 있다. 이러한 기술들이 최근 TV 응용시장의 변화에 따라 대형, 슬림화 추세로 발전되고 있다. 이러한 요구는 대형 디스플레이에 적용되는 LED BLU의 두께를 최소화하고 발광 면적을 대형화 할 수 있는 기술 개발로 이어지고 있다.



(a)



(b)

그림 1. LED BLU 종류, (a) LED 광원 측면형 BLU, (b) LED 광원 직하형 BLU

Fig. 1. Structure of LED BLU (a)Edge emitting type LED BLU (b)Top emitting type LED BLU

BLU의 두께를 최소화 하기 위해서는 LED 광원의 배치 구조를 측면형 방식을 적용해야 하며 대형화를 위해서 단위 LED 광원의 출력을 극대화 하여 효율을 높이는 노력이 필요하다.

상기와 같은 특성 만족을 위해서 기존 측면형 LED 광원배치 구조에서 취약한 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 (a)에 보이는 MCPCB 구조는 일반적으로 사용되는 에폭시 또는 실리콘 혼합물을 절연층으로 적용한 예를 보여주고 있으며 그림 2 (b)는 열전도율이 개선된 절연층을 적용할 경우 MCPCB 구조를 보여주고 있다.

상기 두 가지 구조의 차이를 보면 PCB 상단 회로층과 바닥면의 알루미늄 Metal층간 전기적 절연을 위한 절연재료의 차이밖에 없으며 절연층의 열전도 특성차이가 전체 MCPCB의 열전도 특성에 영향을

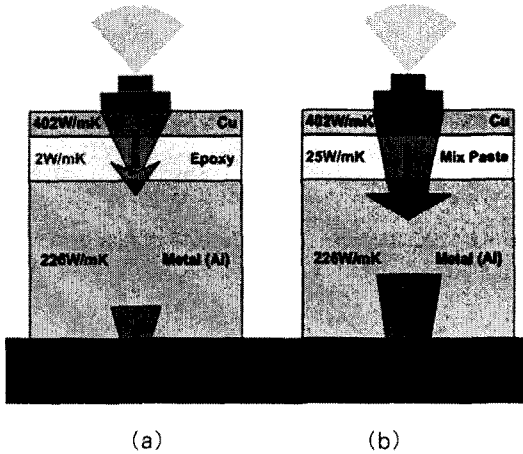


그림 2. PCB 재료와 구조에 따른 비교, (a) 저열전도율 절연층 적용 MCPCB, (b) 열전도 개선 절연층 MCPCB

Fig. 2. About PCB material and structure comparison (a)Low heat transfer insulation layer MCPCB (b) Heat transfer improvement MCPCB

미친다는 사실을 알 수 있다. 회로의 패턴으로 사용되는 구리합금의 열전도도와 PCB의 base로 사용되는 알루미늄 합금은 금속 고유의 열전도 특성으로 200~400[W/mK] 수준의 높은 열전도 특성을 보유한다. 그러나 절연층으로 주로 사용되고 있는 재료인 에폭시 또는 실리콘 소재들 경우 고유 열전도 0.1~0.5[W/mK] 수준 특성을 가지고 있으며 이러한 열전도 특성을 개선하기 위해 알루미늄, 탄소, 구리와 같은 재료를 파우더 또는 필러 형태로 혼합하여 열전도 특성이 개선된 절연재료로 사용하게 되는데 열전도가 높은 대부분의 소재들이 금속특성의 재료임을 감안하여 전기적인 절연 특성을 확보하기 위해 혼합 비율의 한계를 갖게 된다.

이러한 사항을 고려하여 최종적으로 제작되는 전체 MCPCB의 열전도도는 2~4[W/mK] 수준에 머물고 있는 실정이다. 상기 구조를 자세히 비교해보면 축 방향으로의 열전도 특성은 다른 적층 물질들에 의해 MCPCB의 열전도특성이 결정되어짐을 예상할 수 있다[2].

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

상기의 수식과 같이 적층된 각 물질들의 열전도계수 k와 부피분율 v에 의해 MCPCB 전체의 열전도율이 근사됨을 알 수 있고 같은 두께의 절연층이라고 해도 절연물질의 열전도 특성에 따라 Metal Base의 금속 소재와 표면의 금속 회로층의 재료와 두께가 동일한 전체 MCPCB의 구조라고 해도 절연층의 열전도도 특성과 두께에 따라 MCPCB 전체의 열전도 특성은 10배 이상 특성 차이를 보이게 된다. 또한 현재 관련 산업분야에서 주로 적용되고 있는 절연층은 전기적 절연과 열전도 특성을 모두 만족해야 하는 이유로 열전도율이 낮은 재료가 사용되고 있어 현재로서는 절연층의 두께를 최소화 하는 노력이 MCPCB의 방열 특성을 개선하는데 직접적인 영향을 미칠 수 있다는 결과를 예상할 수 있다.

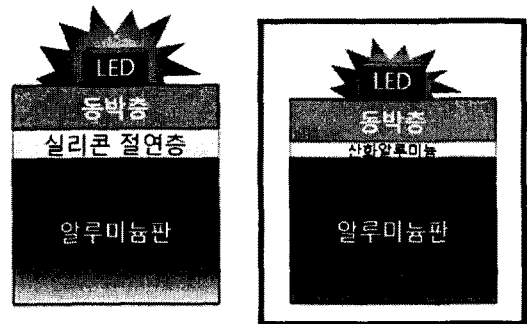


그림 3. 기존 MCPCB와 산화막 절연 MCPCB 비교
Fig. 3. With before PCB oxidation insulation PCB comparison

2. 본 론

상기와 같은 연구를 바탕으로 절연층의 열전도 특성을 향상시키고 절연층의 두께를 최소화 하기 위한 방법으로 알루미늄 원판 표면에 전해질 용액과 전기반응을 이용한 산화막 절연층 구조의 MCPCB 샘플을 제작하였다. 이런 방식으로 생성되는 산화알루미늄 절연막의 열전도 특성은 35[W/mK] 수준이며 순수 알루미늄 표면의 계면 특성으로 도금또는 후처리가 어려운 반면 산화알루미늄 표면은 자유로운 표면 처리가 가능한 것으로 알려져 있다.

LED 광원 제작에 일반적으로 사용되는 접착 재질의 절연층 가공기술을 이용하여 제작되는 MCPCB

의 경우 절연층의 두께가 80~150[μm] 사이로 열전도 특성은 2~6[W/mK] 수준으로 제작되어진다. 이러한 현재 기술의 한계를 본 논문에서는 절연층의 경우 두께를 5[μm] 이내의 산화알루미늄층으로 생성시켰으며 절연 재질의 개선으로 열전도율을 30[W/mK] 이상의 MCPCB로 제작하였다.

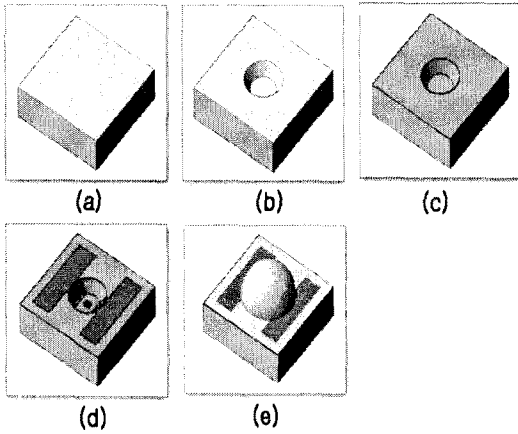


그림 4. 반사컵 구조를 포함한 COB타입 LED 광원.
(a) 알루미늄원판, (b) 반사컵 구조 형성,
(c) 산화막 형성, (d) 구리패턴 형성 및 LED 칩공정, (e) 렌즈형성

Fig. 4. COB type light source for Reflection cup structure (a) Aluminum plate (b) Reflection cup structure (c) Anodizing oxide layer (d) Cu patterning and chip mounting (e) Dispensing lens

알루미늄의 표면 산화 방식은 전도체인 알루미늄이 전해질 용액과 전기적 반응을 이용하여 알루미늄 원판의 표면에 산화알루미늄층을 그림 3은 기존 MCPCB와 새로 제안한 산화막 절연층의 구조적 차이를 보여주고 있다. 나아가 산화막 절연층을 이용해 개선된 MCPCB의 열전도 특성을 최대한 활용하기 위해 LED 칩을 Package구조가 아닌 MCPCB 표면에 은 혼합 접착제(Ag Paste)를 이용하여 직접 실장함으로써 LED 칩에서 발생하는 열을 효율적으로 외부로 전달하는 COB 기법을 채택하였다. 하지만 패키지가 아닌 COB 기법을 적용하여 LED 광원을 제작할 경우 방열 특성 개선과 패키지 구조의 삭제로 제작 금액 절감의 효과가 발생되지만 패키지의 광학구조가 사라져 특성의 LED 광원을 개발할 경우

에 광원의 배광분포를 자유롭게 제어하기 어렵다는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 개선하기 위해 본 논문에서는 반사컵 구조를 포함한 광원을 제안하게 되었으며 아래 그림 4는 COB 기법과 함께 기술의 문제를 보완하기 위한 반사컵 구조 구현을 위한 제조 공정을 설명하고 있다.

제안된 구조의 샘플을 제작하기 위해 그림 5에 보이는 바와 같이 MCPCB를 설계하였다. 설계된 구조는 LED 광원의 제작 공정이 완료된 이후 단위 광원으로서 개별 구동은 물론 다수를 연결하여 어레이 타입으로 구동이 가능하며 나아가 기존 LED 패키지 타입에 호환되도록 설계되었다. MCPCB에 방열을 위해 기본적으로 사용되는 알루미늄 블록의 두께는 2.0[mm] 원판을 사용하였으며 반사컵의 깊이는 200[μm]로 표면은 반사율을 고려해 은 재질의 전해도금을 사양으로 적용하였다.

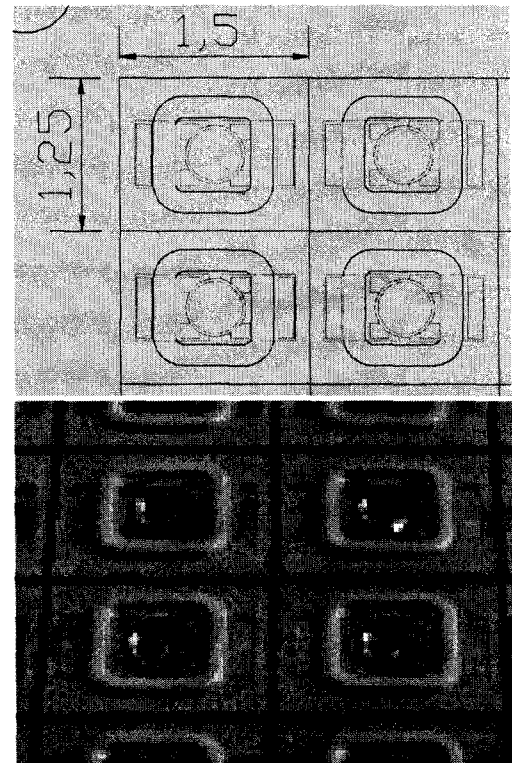


그림 5. 설계된 MCPCB와 제작된 MCPCB
Fig. 5. MCPCB productions

3. 결 론

제작이 완료된 LED 광원 모듈은 반사컵 구조의 MCPCB와 COB기법을 이용해 LED 칩을 PCB 표면의 반사컵 내부에 장착하고 반도체용 골드와이어를 적용하여 LED 칩 구동을 위한 바이어스 회로를 완성하였다. 광원 모듈 제작에 적용한 칩은 380[μm](가로)×380[μm](세로)×88[μm](높이) 사이즈의 GaN / Sapphire 기반의 청색 LED 칩으로 BLU용 백색광원을 제작하기 위해 청색 LED 칩과 형광체를 조합한 방식을 채택하였다. 이 방식은 BLU 두께를 최소화하고 광효율을 높일 수 있으며 적용된 LED 칩의 수량을 최소화하여 발생하는 열을 최소화 할 수 있다. 상기와 같은 장점들로 인해 대형 디스플레이용 LED BLU 제품위주로 많은 연구 개발이 진행되고 있다.

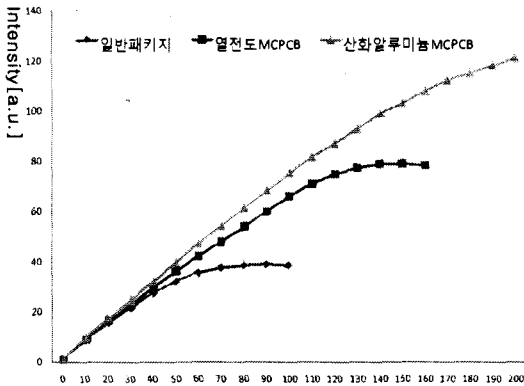
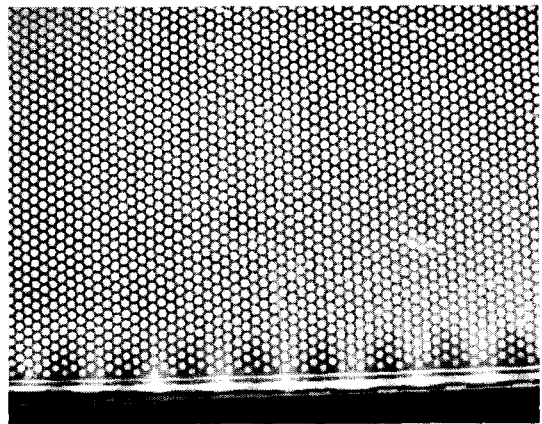


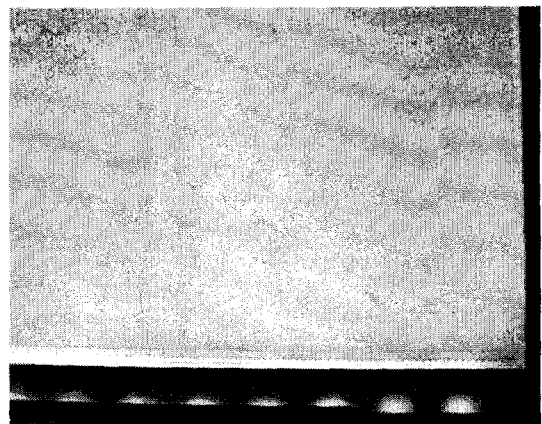
그림 6. LED 광원 구조별 특성비교
Fig. 6. Intensity comparison of PCB structure

그림 6은 다양한 패키지 기술과 MCPCB의 재료, 구조에 따른 LED 광원의 특성을 비교 측정된 자료를 보여주고 있다. 일반적인 SMD타입의 LED용 3.5×2.8[mm] 패키지를 이용하여 LED 광원을 제작할 경우 50[mA] 이상의 전류 구동 조건에서 칩에서 발생한 열이 효율적으로 외부로 전달되지 못해 내부 양자효율이 떨어지고 발열로 인해 광효율이 낮아짐을 알 수 있다[3]. 하지만 절연층의 재질이 에폭시 또는 실리콘과 같은 열전도 특성을 개선한 MCPCB를 이용하여 LED 광원을 제작한 경우 광출력은 물론 광효율도 개선됨을 알 수 있다. 이와 더불어 추가적

으로 본 논문에서 제안한 산화막 MCPCB와 COB 기법을 조합하여 LED 칩에서 발생한 열을 패키지를 거치지 않고 MCPCB로 바로 전달함으로써 방열특성을 개선하고 MCPCB 자체의 열전도 특성을 개선함으로써 일반패키지 타입과 기존 MCPCB 제품 대비 광특성이 2.5배 이상 개선된 결과를 얻을 수 있었다. 상기와 같은 결과는 산화절연막의 재료와 두께의 변경에 따라 LED 광원의 구동 전력을 상승시킬 경우 Chip 내부에서 발생한 열에 의한 광효율 저하 문제를 개선한 효과라고 사료된다.



(a)



(b)

그림 7. 제작된 LED BLU, (a) LGP와 제작된 LED 광원모듈 적용 BLU, (b) 확산 광학재료 적용 BLU 점등 결과
Fig. 7. LED BLU productions (a) LGP included (b) Optical Sheet included

그림 7 (a)는 제작된 LED 광원모듈과 균일한 면광원 특성을 위해 특정한 패턴이 인쇄된 LGP를 결합한 제품으로 면광원의 특성을 위해 LGP 전면에 반사잉크를 이용해 광량을 조절한 것을 알 수 있다. 그림 7 (b)의 경우 제작된 BLU의 균일한 면광원 특성을 위해 LGP 상단에 광을 산란시키는 광학 재료를 추가한 결과를 확인할 수 있다. 이번 연구를 통해 제작한 32인치 두께 12[mm], 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.

References

- (1) Seong Jin Lee, Design and Evaluation of LCD Backlight Unit by LED Array Modules, TEEM, Vol.9, No.3, Startpage 110, Endpage 115, Totalpage 6, 2008.
- (2) Yunus A. Cengel, Heat Transfer : A practical approach, McGraw-Hill(2004).
- (3) 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.

◇ 저자소개 ◇

조재현 (趙宰賢)

1972년 2월 22일생. 2006년 경기대학교 신소재공학과 졸업(석사). 현재 경기대학교 재료공학과 박사과정.

이민수 (李玟洙)

1982년 7월 27일생. 2007년 경기대학교 첨단산업공학부 졸업. 현재 경기대학교 재료공학과 석사과정.