



# LED직관램프의 신뢰성 향상과 수명연장을 위한 新공법 사례보고

## - 필름형 인쇄회로 부착방식의 LED 모듈 제조 방법 -

백영호<(주)에코라트 본부장>

### 1 서론

2014년 6월 현재 관공서를 중심으로 빠르게 일반형광램프가 LED직관램프로 빠르게 교체되고 있다. 특히 관공서와 24간 점등을 요하는 지하주차장등은 에너지절감을 위하여 많은 관심과 더불어 실질적인 교체가 이루어 지고 있다. 2013년 전반기 LED직관형램프의 제조원가와 유통가격대가 1년만에 각각 30%와 50% 이상 인가가 되면서 사용자측의 관심과 수량이 늘고 있다. 그러나 우후죽순 늘어난 제조업체와 중국에서 수입되는 저가제품의 범람은 시장가격을 더욱더 낮추어 원가절감의 행보를 더욱더 재촉하고 있다. 이러한 과정에 신뢰성이 제달 갖추어지지 않은 저품질의 제품은 한국 LED직관형램프 시장의 건정성을 약화시키고 있다. 물론 국내 순수 기술로 개발된 제품은 그 품질이나 신뢰성 장점으로 시장에서 선전을 하고 있지만, 이또한 가격경쟁력 약화로 인하여 오래지 않아 그 주도권을 상실할 가능성이 매우 높다.

LED직관형램프의 신뢰성은 일반적으로 구동장치인 SMPS의 품질 및 내구성의 문제와 LED에서 발생

되는 열을 신속히 낮추어줄 방열기능에서 상당히 평가된다. SMPS는 고부품질의 부품적용과 최적의 설계능력 향상으로 최근에는 상당히 신뢰성을 향상시키고 있다.

그러나 LED직관형 램프의 단순한 부품중 하나인 히트싱크는 원가절감과 가격경쟁력 향상이라는 시장논리에 의하여 초기보다 그 방열성능이 개선되는 과정을 보기 힘들다. 열에 취약한 LED를 본다면 히트싱크의 역할은 제품의 성능과 수명에 절대적인 영향을 주고 있다. 이를 해결할 수 있는 방법은 크게 3가지로 요약된다, 첫 번째 히트싱크의 방열면적을 증가 시키거나, 방열기능이 뛰어난 소재를 사용하거나, 히트싱크 설계를 최적하는 방법이다. 그러니 위의 3가지 방법은 상당한 비용의 발생이 요구된다. 이에 보다 효과적인 방열특성과 아울러 가격경쟁력을 위하여 (주)이티엘사에서는 획기적인 방법을 도입하여 기존 LED직관형램프 제조공법보다 방열특성은 5~7도 낮아 약 1만~1.5만시간의 수명연장 가능성이 증가 했고 아울러 약 20~30%의 제조원가 절감을 이루는 성공을 거두었다.

## 2. 본 론

필름형 인쇄회로 부착방식의 LED 모듈 제조 공법은 전도성 잉크를 이용하여 전기 회로 패턴을 인쇄한 필름형 인쇄회로를 부착한 베이스 방열판에 다수의 LED 소자를 실장한 것을 특징으로 하는 LED 모듈 제조 방법에 관한 것이다. 상기와 같이 전도성 잉크를 이용하여 전기회로 패턴을 인쇄한 필름은 제조 공정이 간단하여 제조가 용이하고, 또한 LED로부터 발생하는 열을 방열할 수 있는 구조의 베이스에 전기회로 패턴이 인쇄된 필름을 부착함으로써 열 발생으로 인한 문제도 해결할 수 있는 것이다. 또한 상기 전도성 잉크는 탄소수 2~16이고 1~3의 카르복실기를 가지는 아미노기, 니르토기 등으로 치환되는 직쇄 또는 분지상의 포화 또는 불포화 지방산은 방향족 카르복실산은 유효량과 은과 칼레이트제 또는 착제를 형성하는 반응성 유기용매와 점도 조절용 극성 또는 비극성 희석용매로 이루어지는 도전성 패턴 형성을 위한 용액은 오르가노 졸 잉크일 수 있으며 또는 금속 나노 입자를 이용한 전도성 잉크일 수 있는 것이다.

### 2.1 배경 기술

제목과 관련한 종래의 기술은 대한민국 등록 특허 개시되어 있다.

그러나 종래 플렉서블 LED 모듈에 적용되는 플렉서블 기판은 구리, 금, 은 및 니켈 중 어느 하나의 금속 물질을 포함하는 금속 기판으로서 상기 플렉서블 기판에 전류 공급라인이 프린트 인쇄 방법에 의하여 인쇄되고 상기 전류 공급라인은 연결부를 통하여 각 LED 소자에 연결되어 전기적으로 도통하는 것으로 플렉서블 기판과 전류 공급라인이 도전성 도체로 이루어지고 전기적으로 절연되지 아니하여 저항이 커지므로 각 LED부의 전압편차가 발생하여 빛의 밝기의 편차가 발생되고, 전도성 잉크 입자간의 부착강도가

낮아 도통 중에 열을 발생하거나 회로 단락 등의 문제점이 있는 것이다. 또한 상기와 같은 종래 플렉서블 LED 모듈은 인쇄회로부의 부착강도가 낮아 별도의 LED 지지부에 에폭시, 실리콘, 아크릴계의 물질을 각 LED에 도포하여야 해결하는 복잡하고 난해한 공정이 포함되어 있는 것이다. 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 본 발명 필름형 인쇄회로 부착방식의 LED 모듈 제조 방법은 PI 필름에 에폭시, 실리콘, 아크릴계를 전체적으로 인쇄한 후 전도성 잉크로 도전성 패턴을 인쇄하므로 접착력을 향상시키고 전극회로 간의 저항을 0Ω으로 형성하기 위한 전극회로 패턴에 통전하여 전해 도금하는 단계를 통한 도전성 패턴이 인쇄된 PI 필름을 다양한 형상의 방열판에 부착한 후 LED 소자를 실장하는 것으로 제조 공정이 용이하고 도전성 패턴의 전기 공급 라인의 회로 저항이 작고 단락 등의 위험이 적도록 하기 위한 것이다. 또한 본 발명의 다른 목적은 전도성 패턴이 인쇄된 필름을 이용함으로써 다양한 형상의 베이스 방열판에도 도전성 패턴 구성이 용이하도록 하여 다양한 형상의 조명 장치에 응용될 수 있는 것이다.

### 2.2 신공법 특성

상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 필름형 인쇄회로 부착방식의 LED 모듈 제조 방법은 PI(폴리이미드) 필름의 이형지를 제거하는 단계와, PI 필름에 접착제를 열과 압력을 가하여 코팅하는 단계, 접착제가 코팅된 PI 필름면에 전도성 물질을 포함한 페이스트를 이용한 전기회로 패턴으로 인쇄하는 단계, 전도성 페이스트가 인쇄된 PI 필름을 Cu 전해액에 담근 후 전기 분해를 통하여 도금하는 단계, Cu가 도금된 PI 필름 면에 SR 페이스트를 인쇄하는 단계와, PI 필름면 남땀부에 크립솔더를 인쇄하는 단계, 크립솔더 인쇄부에 LED를 자동으로 실장하는 단계, LED 실장 후 크립솔더에 열

## 기술해설

을 가하여 LED 칩을 납땜하는 단계, 베이스 방열판에 접착제를 부착하는 단계, PI 필름 원장을 잘라 단위인쇄회로 PI 필름을 접착제에 열을 가하여 가접하는 단계, 공기 압력과 열을 이용하여 접착력을 극대화하고 기포를 제거하는 단계를 포함하여 제조된 것으로 베이스 방열판에 부착된 단위인쇄회로 PI 필름에 다수의 LED 소자를 다양한 형태로 부착, 납땜하여 이루어진 것을 특징으로 하는 것이다.

### 2.3 공법의 효과

상기와 같이 이루어진 본 공법의 필름형 인쇄회로 부착방식의 LED 모듈 제조 방법은 우수한 내전압 특성과 제조 공정이 단순하여 제조비가 적게 드는 효과가 있는 것이다. 또한 본 공법의 필름형 인쇄회로 부착방식의 LED 모듈 제조 방법은 다양한 형상의 베이스 방열판에도 전기 회로 패턴 형성이 용이한 효과가 있는 것이다.

### 2.4 공법을 실시하기 위한 구체적인 내용

상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 신공법의 필름형 인쇄회로 부착방식의 LED 모듈 제조 방법을 [그림 1] 내지 [그림 7]을 참고로 하여 설명하면 다음과 같다.

[그림 1]은 본 공법의 필름형 인쇄회로 부착방식의 LED 모듈 제조방법에 관한 흐름도이다. 상기도 3에서 본 공법의 필름형 인쇄회로 부착방식의 LED 모듈 제조 방법은 PI(폴리이미드)필름의 이형지를 제거하는 제1단계와, PI 필름에 에폭시, 실리콘 또는 아크릴계의 접착제를 열과 압력을 가하여 코팅하는 제2단계와, 접착제가 코팅된 PI 필름면에 전도성 물질을 포함한 페이스트를 이용하여 다양한 패턴으로 인쇄하는 단계와, 전도성 페이스트가 인쇄된 PI 필름을 Cu 전해액에 담근 후 전기 분해를 통하여 도

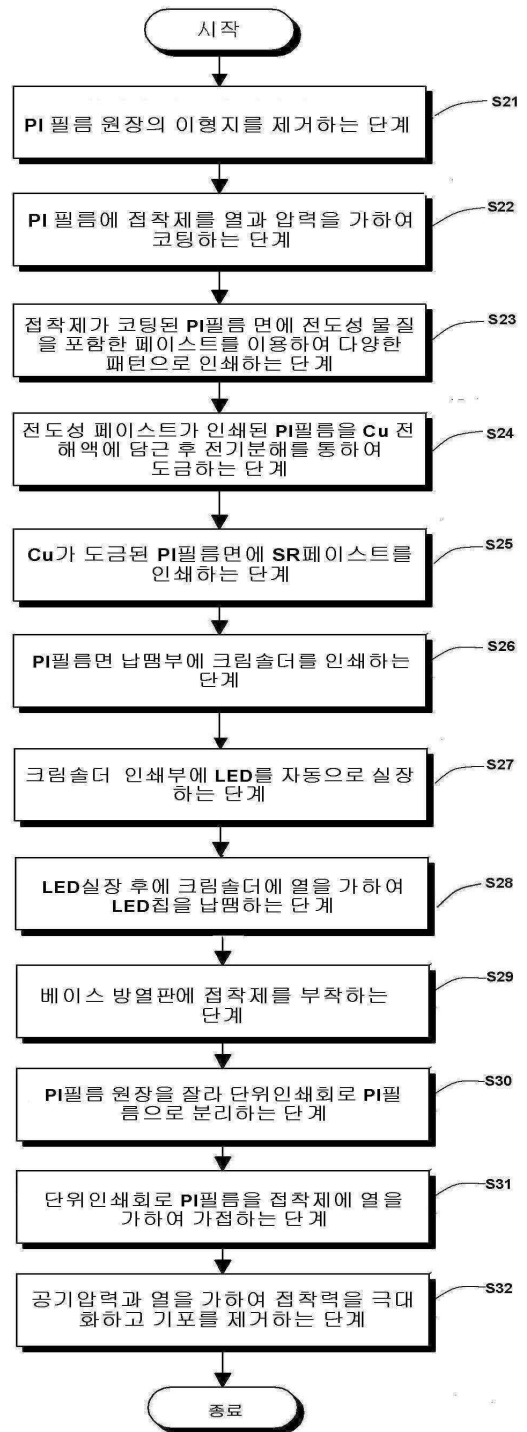


그림 1. 본 신공법의 필름형 인쇄회로 부착방식의 LED 모듈 제조 방법 흐름도

금하는 단계와, Cu가 도금된 PI 필름 면에 SR 페이스트를 인쇄하는 단계와, PI 필름면 납땀부에 크림솔더를 인쇄하는 단계와, 크림솔더 인쇄부에 LED를 자동으로 실장하는 단계와, LED 실장 후 크림솔더에 열을 가하여 LED 칩을 납땀하는 단계와, 베이스 방열판에 접착제를 부착하는 단계와, PI 필름 원장을 잘라 단위인쇄회로 PI 필름으로 분리하는 단계와, 단위인쇄회로 PI 필름을 접착제에 열을 가하여 가접하는 단계와, 공기 압력과 열을 이용하여 접착력을 극대화하고 기포를 제거하는 단계로 이루어진 것이다. 상기에서 PI 필름면 납땀부에 크림솔더를 인쇄하는 단계 다음에 크림솔더 인쇄를 자동으로 검사하는 단계가 추가될 수 있으며, 또한, LED 실장 후 크림솔더에 열을 가하여 LED 칩을 납땀하는 단계 후에 LED 칩 실장 상태, 납땀 상태 등을 자동으로 검사하는 단계를 추가로 구성할 수 있는 것이다. 또한, 상기 방열판에 접착제를 부착하는 단계는 온도 100℃에서 7초 동안 열을 가하여 접착제를 부착하는 것이고, 상기 단위인쇄회로 PI 필름을 접착제에 열을 가하여 가접하는 단계는 온도 100℃에서 7초 동안 열을 가하는 것이 적당하며, 또한 상기 공기 압력과 열을 이용하여 접착력을 극대화하고 기포를 제거하는 단계에서 가하여지는 공기 압력은 8kg/cm<sup>2</sup>이고 온도는 150℃에서 1시간 가열하여 접착력을 극대화하고 기포를 제거하는 것이다.

[그림 2]는 전도성 페이스트가 인쇄된 패턴을 나타내는 도면이다. 상기[그림 6]에서 전도성 페이스트 인쇄 패턴은 다양한 패턴을 형성하고 상기 패턴에 Cu가 도금될 수 있도록 구성하는 것이다.

[그림 3]은 PI 필름 패턴 면에 크림솔더를 인쇄한 상태의 도면이다. 상기도 8에서 PI 필름 패턴 면에 크림솔더를 인쇄하는 것은 상기 패턴 면에 LED를 납땀하여 부착하기 위한 것이다.

[그림 4]는 PI 필름 크림솔더부에 LED를 실장한 상태의 도면이다. 상기도 9에서 PI 필름 크림솔더부

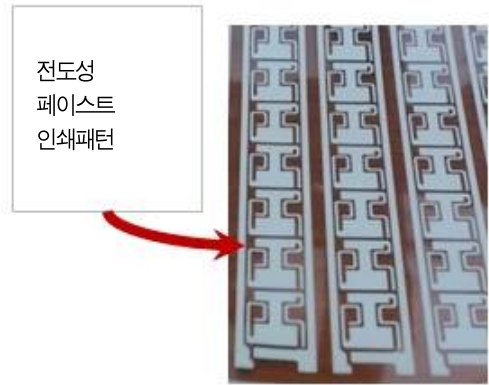


그림 2 전도성 페이스트가 인쇄된 패턴을 나타내는 도면

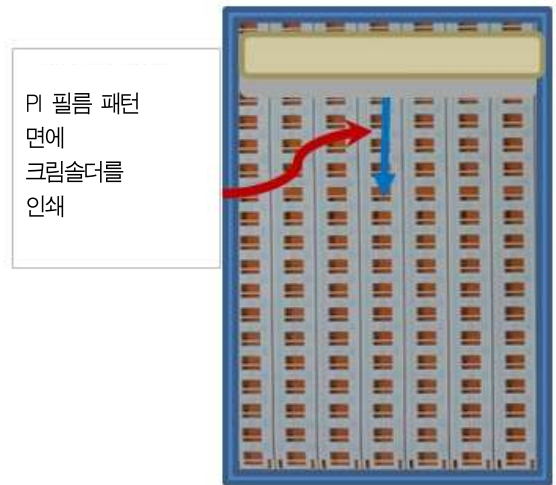


그림 3. PI 필름 패턴면에 크림솔더를 인쇄한 상태의 도면

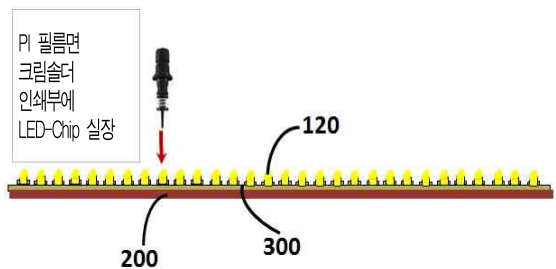


그림 4. PI 필름 크림솔더부에 LED를 실장한 상태의 도면

## 기술해설

에 다수의 LED 소자가 다양한 형태로 실장되는 것을 나타내고 있는 것이다.

[그림 5]는 베이스 방열판 상부에 접착제를 부착한 상태의 사시도이다. 상기[그림 5]에서 방열소재로 이루어진 베이스 방열판 상부에 접착제를 가열하여 접착제 층을 형성하는 것이다. 상기에서 방열 소재는 금속, 세라믹, 탄화물, 질화물, 붕화물 또는 복합재료일 수 있으며 또한, 접착제를 부착하기 위하여 가열하는 온도는 100℃에서 7초 동안 가열하는 것이다.

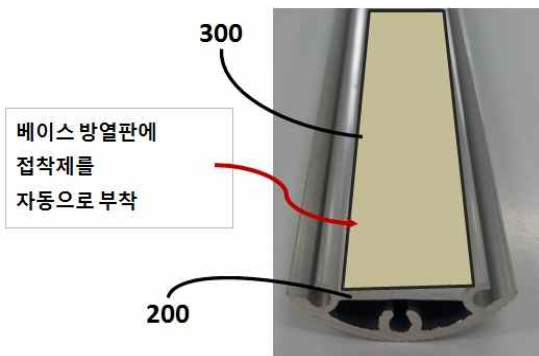


그림 5. 베이스 방열판 상부에 접착제를 부착한 상태의 사시도

[그림 6]은 인쇄회로 PI 필름에서 단위제품규격으로 커팅하여 분리된 사시도이다. 상기[그림 6]은 PI 필름 원장에 전기 회로 패턴이 완성된 인쇄회로 PI 필름으로서 베이스 방열판 상부에 단위인쇄회로 PI 필름을 부착하기 위하여 PI 필름원장에서 단위인쇄회로 PI 필름으로 커팅하여 분리하는 것을 나타내고 있는 것이다.

[그림 7]은 베이스 방열판에 LED 소자를 장착한 상태의 본 발명 LED 모듈 제조 방법 사시도이다. 상기[그림 7]에서 다양한 형태의 인쇄회로 PI 필름에 부착된 LED 소자를 단위인쇄회로 PI 필름으로 분리한 후 베이스 방열판에 접착제 층을 형성한 후에 단위인쇄회로 PI 필름을 상기 접착제 층이 형성

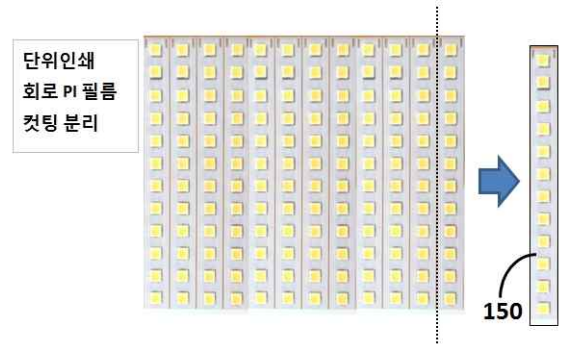


그림 6. PI 필름 PCB에서 개별 단위인쇄회로 PI 필름을 커팅하여 분리된 사시도

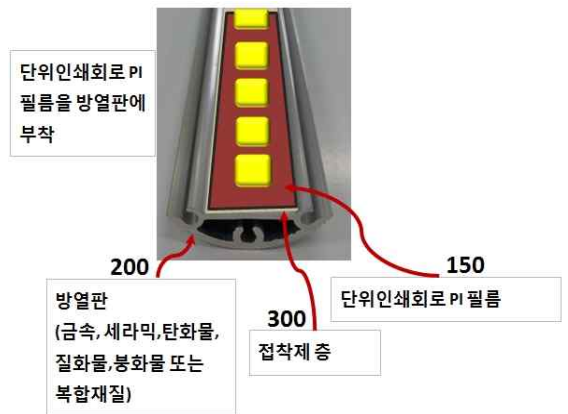


그림 7. 베이스 방열판에 LED 소자를 장착한 상태의 사시도

된 베이스 방열판 상부에 위치시킨 후 열을 가하여 부착하는 것이다. 상기에서 베이스 방열판 상부에 부착된 단위인쇄회로 PI 필름을 부착하기 위하여 가열하는 온도는 100℃에서 7초 동안 가열하는 것이다. 또한 접착력을 극대화하고 기포를 제거하기 위하여 공기 압력 8kg/cm<sup>2</sup> 정도이고 온도 150℃인 열풍을 1시간 가열하여 접착력을 극대화하고 기포를 제거하는 것이다. 또한 상기에서 베이스 방열판은 금속, 세라믹, 탄화물, 질화물, 붕화물 또는 복합재료의 방열소재로 이루어지고, LED 소자로부터 발

생하는 열을 방산하기 위하여 베이스 방열판 하부에는 방열판과 평행하게 공기가 유통하는 공간부를 형성하고 상기 공간부 내에는 다시 나뭇가지 형태 등의 다양한 열방산 형태로 형성된 것을 특징으로 하는 것이다.

### 3. 결 론

상기와 같은 제조 방법을 통하여 제조된 필름형 인쇄회로 부착방식의 LED 모듈은 우수한 내전압 특성과 제조 공정이 단순하여 제조 비용이 적게 들며 전력 소모가 적은 장점이 있는 것이다.

따라서 본 新공법을 통하여 5~7도이상의 발열특성과 이에 따는 1만~1.5만 시간의 LED직관형램프의 수명연장 가능성이 확보 되었다. 사용자 입장에서 상당한 경제적 효과를 기대할 수 있는 신기술이다.

이런 신공법을 통해서 국내 LED직관형 램프의 기술과 가격경쟁력을 확보할 수 있는 계기가 되었으며한다. 아울러 한국이 LED조명의 신시장을 주도할 수 있는 기회를 확보할 수 있는 기틀이 되기를 바란다.

### ◇ 저 자 소 개 ◇



#### 백영호

인하대학교 전자공학 졸업. 연세대학교 경영전문대학원 경영학 졸업(석사). 1994~2012년 (주)필립스전자 조명사업부. 2012~2013년 (주)디에스 일렉트론 사업본부장 겸 경영개선 컨설턴트. 2013년 8월~현재 (주)에코란트 본부장 조명산업 경영전략, 신기술, 친환경 조명 컨설팅. 2008년~현재 한국조명디자이너협회 상임 이사. 2012년~현재 한국조명위원회(KCIE) 이사. 2014년~현재 한국조명전기설비학회 편수위원. 2013년~현재 LUCI 어소시에이트 회원. 2010~2011년 대한전기학회 광원기술 연구회 위원장. 서울시 및 지자체, 조명관련유관기관 조명자문 위원역임 및 지자체 조명운영가이드저서. 그 외 다수의 대학교, 기업체, 공공기관 LED/OLED조명관련 강의 및 업체경영자문. 2013년 서울시 좋은빛상 최우수상 수상. 학술상: 조명경영 전략 부분.