

## The Thermal and Circuits Design of an LED Bulb Considering Temperature Property

宋相彬<sup>†</sup> · 呂寅善<sup>\*</sup>  
(Sang-Bin Song · In-Seon Yeo)

**Abstract** - Although LEDs have been used in various applications with improving the brightness and luminous efficacy, the electrical and optical characteristics of high power LED varies at different temperature and starting time. In this paper, optimal heat sink and apparatus design were conducted using IR camera and ICEPAK on the LED bulb consisting with fourteen LED array. The temperatures of heat sink and LED device of the designed LED bulb without cooling pan were 74 °C and 96.8 °C, respectively, showing in good thermal characteristics. For high efficiency driving circuit of LED array adopted optimal heat sink design, driving circuits of constant voltage and current circuits were suggested and fabricated. As a result the efficacy of all driving circuits showed more than 20 lm/W. Also, the constant current circuits are suitable for signal lamp, hallway lamp, and flash lamp having short operating time(about 30 min). On the other hand, a reading light and indoor lamp having long operating time can be controlled by constant voltage circuit.

**Key Words** : LED, bulb, thermal design, circuit design, ICEPAK

## 1. 서 론

현재 LED(Light Emitting Diode) 조명제품은 실외조명 및 광색가변용으로 경관조명, 다리조명, 분수조명 등 장식용 조명으로 각광을 받고 있으며, 일부 실내조명용으로 10W이내의 MR16이나 PAR 형태의 광원에 적용되고 있는 실정이다[1][2]. 그러나 10W이상의 고출력 실내용 조명 광원의 경우에 있어서는 LED 자체 열과 밀폐된 공간에 의한 LED 소자의 접합온도 상승을 초래하여 광출력 감소 및 스펙트럼의 변화를 가져오고, 상용전원 사용시 AC/DC 컨버터 및 전압 Down 구동회로가 필요하여 약 15 lm/W 이하의 낮은 효율을 나타낸다[3][4]. 따라서 10W 이상의 LED 조명제품의 경우에는 냉각팬을 사용하거나 부피가 큰 히트싱크 및 히트파이프를 사용하여 광출력 및 스펙트럼 변화를 방지하는 연구가 진행되고 있다[5]. 그러나 고출력 LED는 공정상 복잡하고 수율이 낮아서 기존 광원보다 가격이 높으며, LED의 안정적인 특성을 위하여 MCPCB(Metal Core Printed Circuit Board)와 경질하고 복잡한 구동제어회로 및 냉각팬 등이 필요하게 되어 기존 전통 조명제품보다 약 10배 이상의 가격을 나타낸다[6][7].

이 논문에서는 박열전구 및 콤팩트 형광램프를 대체할 수 있는 고효율 LED 전구를 설계하였으며, 이를 위하여 고출력 LED의 전기적·광학적·열적인 특성을 분석한 결과를

토대로 MCPCB를 사용하지 않고 전구 형태의 좁은 면적에 고출력 백색 1W LED 14개를 직·병렬 배열하였다. 또한 적외선 카메라와 ICEPAK(Computational Fluid Dynamics Software, 열유동해석 프로그램)을 이용하여 1W LED 패키지의 열적인 모델링을 시행하였고, 이를 바탕으로 냉각팬을 사용하지 않고 15W LED 배열에 따른 LED 소자의 온도 상승을 100°C 이하로 억제할 수 있는 최적 방열 및 기구 설계를 실시하여 LED의 신뢰성을 확보하였다.

이렇게 최적 방열 설계된 LED 배열 및 LED 전구의 구조에 대해 정전압 및 정전류 제어방식의 구동회로를 70% 이상의 고효율과 90% 이상의 고역률을 실현할 수 있도록 설계하여 LED 전구를 제작하였다. 제작된 LED 전구에 대해 동작시간 및 주위온도에 따른 전기적·광학적 특성을 실험 분석하였으며, 각각의 분석된 결과를 가지고 LED 전구의 사용 환경 및 조건과 응용분야에 따른 최적의 회로 방식을 제안하였다.

## 2. 본 론

## 2.1 고출력 백색 LED의 특성

LED 전구에 사용되는 LED는 전구의 좁은 면적에 최대의 배광특성과 광출력을 나타낼 수 있는 1W 소비전력에 높은 광속 30lm과 넓은 발산각(Beam Angle) 100°, 낮은 열저항의 고출력 백색 LED를 선택하였으며, 표 1은 이러한 고출력 백색 LED의 특성을 나타내고 있다.

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 韓國光技術院 先任研究員

E-mail : sbsong@kopti.re.kr

<sup>\*</sup> 正會員 : 全南大學校 工科大学 電氣工學科 教授

接受日字 : 2007年 2月 20日

最終完了 : 2007年 5月 21日

표 1 논문에 사용된 고출력 백색 1W LED 특성  
Table 1 Characteristics of high power 1W white LED using the paper.

I <sub>F</sub> [mA]	V <sub>F</sub> [V]		Color Temperature [K]	View Angle [°]	Luminous Flux [lm]	
	typ.	max.			min.	typ.
350	3.4	4.2	5,000	100	20	30

2.1.1 고출력 LED의 광학적 특성

그림 1은 LED Tester를 이용하여 선정된 고출력 1W 백색 LED의 순방향전압에 따른 광출력과 발광효율의 특성을 나타낸 것으로, 20mA 전류에서 동작하기 시작하여 정격전류 350mA에 32 lm의 광속을 나타내고 최대 인가전류 500mA에서는 42 lm의 광속을 나타낸다. 동작전류에 따른 광출력은 거의 선형적인 특성을 가지고 있으나, 동작전류의 증가에 따라 광출력의 변화가 약간 적어짐을 알 수 있다.

또한 발광효율은 LED의 순방향전류의 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 초기 발광시(순방향전류 약 20mA)에서는 약 40 lm/W의 발광효율을 나타내다가 정격전류에서 약 30lm/W의 효율을 나타낸다. 따라서 고효율의 LED 조명 제품을 개발할 경우에는 저전류에서 구동하는 것이 적당하고 높은 광출력을 요구할 경우에는 높은 전류에서 구동하는 것이 적당함을 알 수 있다.

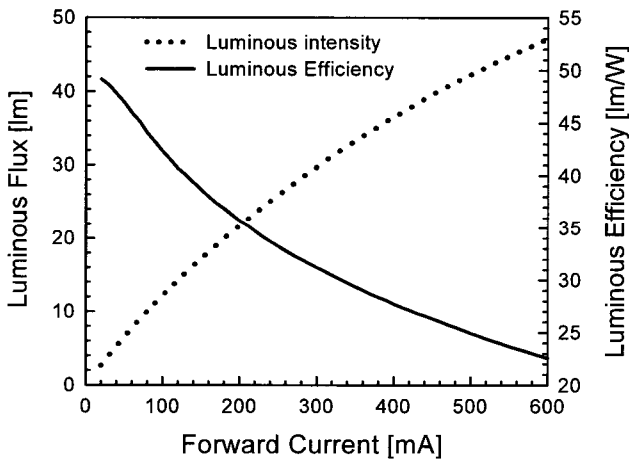


그림 1 순방향전류에 따른 광속 및 발광효율  
Fig. 1 Luminous flux and efficacy as a function of forward current.

2.1.2 고출력 LED의 열 특성

고출력 백색 1W LED의 경우, 기존 고휘도 LED의 Small 칩(0.3×0.3×0.1mm<sup>3</sup> 수준)보다 칩 면적이 크고 동작전류가 높기 때문에 소자에서 발생하는 열이 매우 높게 나타난다. 이러한 LED 소자의 높은 열 발생은 광출력 및 효율의 감소로 나타나게 되며 제품의 신뢰성에 영향을 미치게 된다.

그림 2는 본 논문에서 사용된 고출력 백색 1W LED의 접합 온도에 따른 광출력 감소를 나타내고 있다. 주위온도와 소자의 자체 열발생은 광출력의 저하를 가져오기 때문에 이

에 대한 병열 설계가 매우 중요하다.

따라서 이러한 소자의 접합온도의 상승을 억제하기 위해서 최적의 방열 및 구조 설계가 필요하며, 이를 위하여 선정된 고출력 1W 백색 LED의 열분포 및 열저항을 정확히 측정해야 한다. 또한 측정된 열분포 및 열저항을 토대로 열유동해석프로그램(ICEPACK)을 이용하여 LED Array에 따른 열 해석을 실시하고, 이러한 열해석에 의해 최적의 방열 설계를 구현하여 LED 전구의 히트싱크 및 기구를 설계하였다.

선정된 LED의 온도분포를 측정하기 위하여 LED에 200mA, 300mA, 정격전류 350mA를 공급하고 LED에 공급되는 전력은 0.525W, 0.93W, 1.2W이며, 이러한 각각의 입력전력을 인가하였을 경우에 IR Camera(Thermal CAM B20)를 이용하여 고출력 1W 백색 LED의 온도분포를 측정하였다. 표 2는 고출력 1W 백색 LED에 공급되는 소비전력에 따른 LED 소자와 히트슬러그(Heat Slug)의 온도, 그리고 소자와 히트슬러그의 온도 편차를 나타내고 있으며, 소자와 히트슬러그의 온도편차에 대한 Heat Flow를 감안하여 각각의 소비전력에 따른 열저항을 구하였다. 이렇게 구해진 각각의 열저항을 평균하여 고출력 1W 백색 LED의 열저항을 구할 수 있으며, 열저항 값이 25.1 °C/W임을 알 수 있었다.

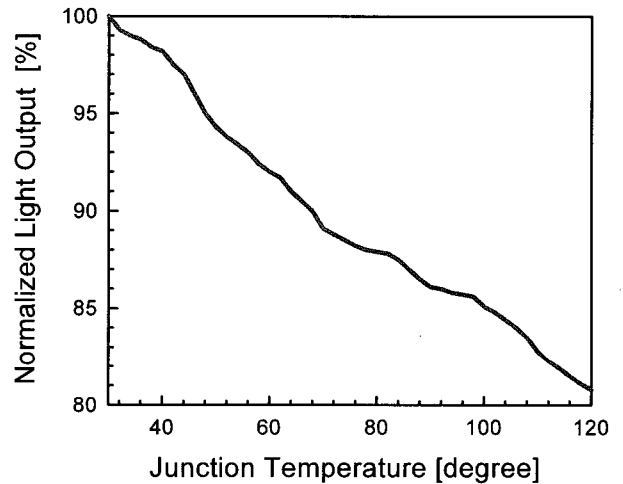


그림 2 LED 접합온도에 따른 광출력의 변화  
Fig. 2 Normalized light output as a function of junction temperature.

표 2 입력전력에 따른 열저항  
Table 2 Temperature resistance with electrical input power.

측정순번	1	2	3
Power [W]	1.2	0.93	0.525
소자 온도(°C)	96.7	87.6	49.8
히트싱크 온도(°C)	74.1	69.2	40.4
온도편차(°C)	22.6	18.4	9.4
Heat Flow	0.90	0.70	0.39
열저항(°C/W)	25.1	26.4	23.9

## 2.2 LED 전구의 구성 및 설계

이 논문에서 설계된 LED 전구는 LED Array, LED Array Cover, 히트싱크(Heat Sink), Case, Grill, 구동회로로 구성되어 매우 콤팩트하게 설계하였다. 이를 위하여 LED Array는 20W의 소비전력을 나타내기 위하여 14개의 1W 백색 LED를 사용하여 설계하였으며, ICEPAK(열유동해석 프로그램)을 이용하여 측정된 1W 백색 LED의 특성과 동일하도록 LED 패키지 모델을 설계하고 이를 바탕으로 각 LED 전구의 구성품의 방열설계를 시행하였다. 또한 LED 전구의 고효율화를 실현하기 위하여 14개의 LED 패키지를 정전압 구동회로에 7개 직렬로 구성된 2개의 String 배열과 정전류 구동시에 14개 직렬로 배열하고, LED Array의 동작 특성을 고려하여 정전압 및 정전류 구동회로를 설계하였다.

### 2.2.1 고출력 백색 1W LED 배열 설계

일반적으로 1W 이상의 고출력 LED를 배열하여 조명 모듈로 사용할 경우, MCPCB를 사용하여 LED의 방열부를 MCPCB에 접합하여 LED에서 발생하는 열을 방출시키고 각각의 LED를 전기적으로 연결 배치하며, LED가 설치된 반대 부분의 금속심 인쇄회로기판은 추가 방열판을 접착제를 사용하여 접촉시킨다.

그러나 이러한 MCPCB는 금속판(주로 알루미늄)위에 전기적인 연결 패턴을 위하여 복잡한 작업을 하기 때문에 가격이 비싸고 전기적인 연결 및 방열을 위한 면적이 커지는 단점이 있으며, MCPCB에 방열판을 효과적으로 접합시키기 위하여 사용되는 접착제의 사용 면적이 넓어지고 접착제의 성능에 따라 LED 방열에 영향을 미치므로 가격 상승 및 공정의 복잡함이 발생하는 문제점이 있다.

따라서 이 논문에서는 LED의 히트슬러그가 저가격의 범용 인쇄회로기판과 접촉되지 않고 히트싱크와 연결되도록 하고, LED의 전극부 애노드와 캐소드를 각각 전기적으로 직렬 배열(하나의 LED 애노드와 다른 하나의 LED 캐소드로 연결)할 수 있도록 저가격 범용 인쇄회로기판에 접합한다. 여기서 사용되는 LED는 이 논문에서와 같이 전극부(애노드, 캐소드)와 방열부(Heat Slug)가 서로 마주보고 있는 반대쪽에 위치해 있어야만 가능하다.

저가격 범용 PCB는 현재 범용으로 사용되고 있는 FR-4(Epoxy), CEM(Contract Electronic Manufacturing) 기판 재질을 사용함으로써, 기존 LED 모듈에 많이 사용되는 MCPCB보다 가격이 매우 저렴하고 공정이 매우 간단하며 양면 또는 다층 구조로 전기적 연결이 가능하다.

LED의 방열부는 금속으로 되어 있는 히트싱크 뿐만 아니라 LED에서 발생하는 열을 충분히 방출할 수 있도록 된 재료(금속판, 유리, 나무 등)와 구조의 경우, LED에서 방출되는 열을 효과적으로 히트싱크에 전달될 수 있도록 접착물질에 의해 접합되고 기존 MCPCB보다 그 사용 면적이 줄어들어서 가격 절감 효과가 있다.

방열을 위해 사용되는 히트싱크가 사용 목적에 맞게 LED의 방열부와 연결하기 위하여 특별하게 제작하기도 하지만, 조명 제품의 금속 케이스나 벽면, 책상, 바닥, 유리창 등의 건축물이나 건축자재, 가구 등에 접합하여 바로 LED Array로 사용할 수 있는 장점이 있다.

그림 3에서와 같이 LED 배열의 PCB 패턴은 LED 14개를 중심으로 위 아래로 7개씩 LED를 직렬 연결하였으며, 중앙 오른쪽과 왼쪽에 각각의 LED 7개에 대한 직렬 Array의 + - 출력단자를 만들었다. 전체 LED Array를 14개 LED 직렬구조로 실험할 경우에는 한쪽 터미널 + -를 연결하고 다른 쪽 단자를 구동회로에 연결하면 되고, 7개 LED 직렬 연결에 대한 2개의 String 병렬 구조(직병렬구조)로 할 경우에는 각각의 출력단자를 구동회로에 연결하면 된다.

### Heat Sink/Metal

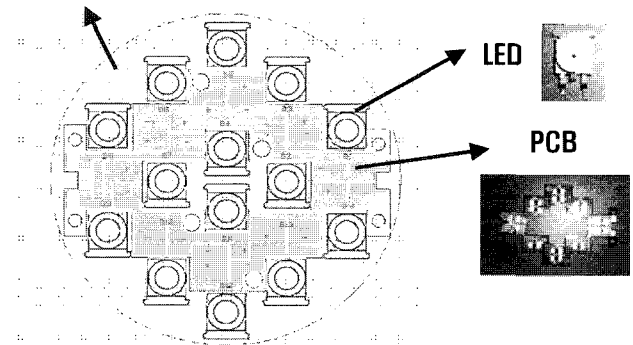


그림 3 14개 LED 배열의 형태  
Fig. 3 Configuration of LED array.

### 2.2.2 방열 설계

다수개의 1W 고출력 LED 패키지를 배열하기 위하여 한 개의 1W 백색 LED 패키지에 대한 열해석을 실시하여 그 타당성을 검증하고, 그 결과로부터 최적의 방열 구조 설계를 실시하였다. 그림 4는 ICEPAK(열유동해석 프로그램)을 이용한 열 해석을 위해, 이 논문에서 사용된 LED 패키지의 실제 모양과 유사하게 3차원 모델링 한 것을 나타내고 있다. 이러한 LED 패키지의 열해석 패키지 모델의 구조는 반사컵, 패키지 몸체, 발광 다이오드 실장을 위한 리드 프레임, 백색 구현을 위한 형광체 및 봉지재, 발광 다이오드 실장을 위한 열 전도성 접착제로 구성된다.

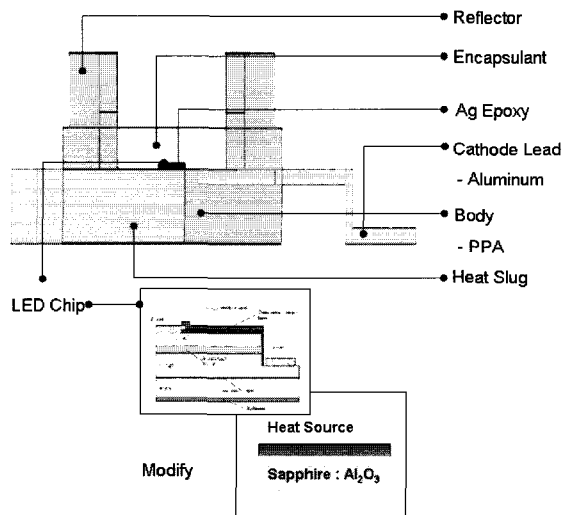


그림 4 1W 백색 LED 패키지의 열해석 구조  
Fig. 4 Cross-sectional structure of 1W white LED package.

이러한 고효율 1W 백색 LED의 열적 모델은 LED 소자의 내부 구조를 알 수 없기 때문에 Sapphire 기판위에 Heat Source가 있는 형태로 변경하여 모델링 하였으며, 이러한 Heat Source는 1mm×1mm 면적으로 대면적 Chip의 열특성을 적용하였다.

LED의 열해석 위한 전처리 단계로서 각각의 객체에 적용된 재료의 열전도도(Thermal Conductivity)는 패키지 제조사에서 패키지의 특성을 향상하기 위하여 고유의 재질을 사용하고 이를 공개하지 않기 때문에 정확한 재질을 알 수 없으나, LED 패키지 모델링을 위하여 제조사에서 제시한 패키지 구조에 일반적으로 사용하는 재료 특성을 부여하였다. 또한 봉지재 및 형광체에 의해 엄폐된 LED 소자 및 열전도성 접착제는 제조사의 공정 능력에 의하여 제조 로트마다 다른 특성을 가지기 때문에, 명확한 두께 및 인가된 열유량에 대한 정의는 어렵다. 따라서 실험에 적용된 LED 패키지의 측정된 결과와 전산 모사의 결과에 대한 편차 보정을 위하여, LED 패키징 과정에서 공정 능력 확보가 어려운 열전도성 접착제의 두께를 전산 모사의 환경에서 정합하였다.

이렇게 설계된 LED 패키지에 소비전력을 온도분포 측정 시 입력전압과 동일하게 각각 1.2 W, 0.93 W, 1.2 W로 인가하면서 전산모사를 수행하였으며, 전산모사 결과가 실제 열저항 측정값 25.12 °C/W가 되기 위해서는 열전도성 접착제의 두께는 65 um임을 알 수 있었다. 이러한 열전도 접착제의 두께를 적용하여 최종 고효율 1W 백색 LED 열적 모델을 완성하였다.

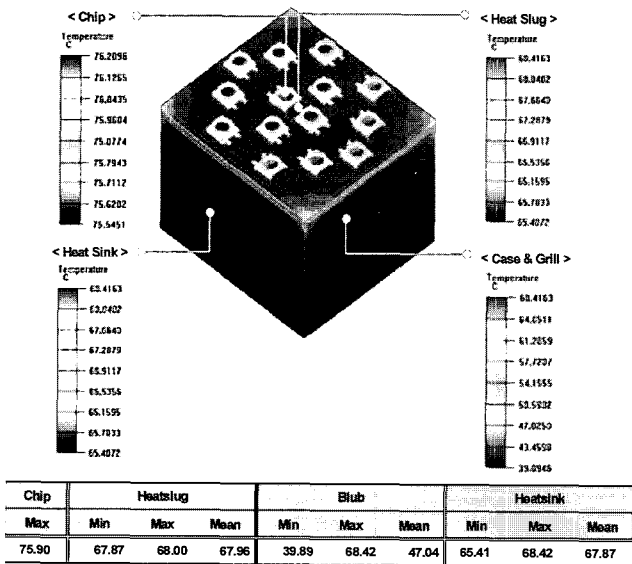


그림 5 LED 전구의 최적 등가체적  
Fig. 5 Optimum equivalent volume of LED bulb.

이러한 LED 패키지 열적 모델을 14개 배열하여 LED 전구의 열적 모델을 설계하였으며, 이러한 배열에 의해 발생된 열은 핀이 구비된 방열판 외에도 전구 케이스 및 덮개를 통하여 방출되며 이에 대한 적절한 설계가 요구된다. 이러한 히트싱크와 전구 케이스, 덮개 등의 열 방출 요소를 원활한

Hexagonal Mesh 처리를 위하여 유한 체적 해석(FVM, Finite-Volume-Method)에 맞게 등가체적으로 통합하여 모델링을 실시하고, 이를 열 해석 전산모사를 실시하여 최적의 등가체적을 구하고 여기에 맞게 히트싱크와 전구 케이스, 덮개 등을 설계하였다.

그림 5와 같이 등가 체적이 4,299 cm<sup>3</sup> 일 때 LED 소자 온도가 약 76.2°C이고 히트싱크와 케이스는 약 68.0°C가 나타나는 양호한 특성을 나타내고 있다.

전산 모사로부터 얻어진 등가 체적 4,299cm<sup>3</sup>을 반영하여 그림 6과 같이 전구의 케이스, 방열판과 덮개를 설계하였으며, 전체 설계 높이는 76mm이고 지름은 41mm이며 모든 구성 요소는 알루미늄 재질로 되어 있다.

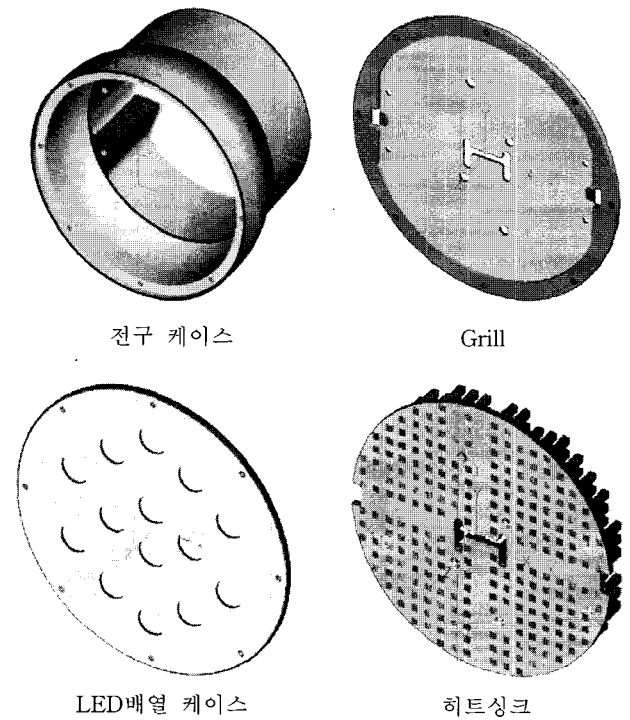


그림 6 LED 전구의 방열 설계 구조  
Fig. 6 Structural design of LED bulb.

### 2.3 구동회로 설계

#### 2.3.1 정전압 구동회로

그림 7은 정전압 제어방식의 구동회로에 대한 블록다이어그램을 나타낸 것으로, EMI 필터부를 거쳐 들어온 상용전원(85~265VAC)을 브리지정류회로를 이용하여 전파 정류한다. 이러한 전파 정류된 전압에 대해 스위칭 소자 N-MOSFET를 사용하여 PWM(Pulse Width Modulation) 제어하여 LED 배열에 DC 정전압을 공급하는 방식이다.

실제 정전압 구동회로는 L6561 IC를 사용하여 Single stage flyback converter 방식으로 구성하였으며, 출력전압을 정전압으로 구현하기 위한 Feedback 회로는 안정적인 출력전압을 검출할 수 있는 Shunt Regulator KA431을 이용하였다.

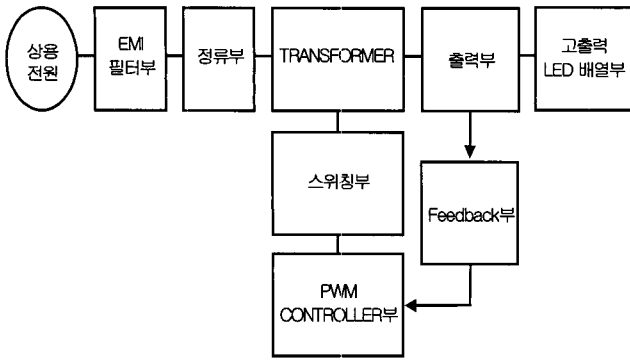


그림 7 고출력 LED 제어용 정전압 구동회로의 블록다이아그램  
 Fig. 7 Block diagram of constant voltage operating circuits to control high power LED.

2.3.2 정전류 구동회로

그림 8은 정전류 제어방식의 구동회로에 관한 것으로, LED 구동을 위한 전용 드라이버 IC HV9910을 이용하여 스위칭부에서 출력전류에 대한 Feedback 신호를 검출하고 검출된 신호를 드라이버 IC가 받아서 스위칭부의 스위칭 Duty 비율을 조절하여 일정한 출력전류를 유지하는 방식으로 구동된다. 이러한 전용 Driver IC를 이용한 구동방식은 고출력 LED의 동작전류를 일정하게 유지하는 방식을 일반적으로 사용하고 있으며 회로가 간단하고 부품수를 줄일 수 있는 장점을 가지고 있으나, 입력전원에 대한 역률 개선과 Driver IC 및 고출력 LED를 구동하기 위한 별도의 전원을 설계하여 주어야 하는 문제점을 가지고 있다.

PFC IC ML4803와 결합하여 역률개선을 하였으나, PFC IC가 Feedback 신호를 받아서 동작을 개시하는데 LED 드라이버 IC의 PWM 동작 주파수에 의해 Delay Time이 생겨 역률저하가 발생라는 단점이 있다. 본 논문에서 제작한 정전류 제어회로는 역률이 약 95%로 나타났으며, 정전압 구동회로(약 98%이상)보다 낮은 역률을 나타내었다.

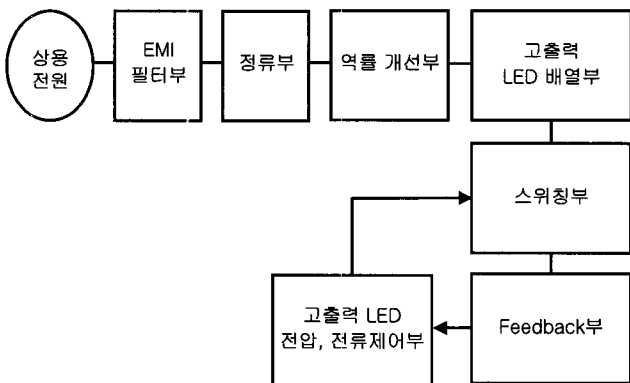


그림 8 고출력 LED 제어용 정전류 구동회로의 블록다이아그램  
 Fig. 8 Block diagram of constant current operating circuits to control high power LED.

2.4 LED 전구의 제작

그림 9는 본 논문에서 제작된 LED 전구의 시제품을 나타내고 있으며, 제작 과정이 매우 간단한 구조로 설계하여 생산성을 높일 수 있도록 하였다. LED 전구의 기본 기구물은 LED 배열, LED 배열 덮개, 히트싱크, 케이스, 그릴(Grill), 구동회로로 구성된다. 전체 LED 전구의 크기는 지름 80mm × 높이 95mm이고, 전체 높이 95mm는 베이스 30mm, 구동회로 50mm, 히트싱크 10mm, LED 배열 및 덮개 5mm로 매우 콤팩트하게 구성하였다. 이는 기존 일반 백열전구의 높이와 유사하게 설계한 것으로 백열전구 및 콤팩트 형광램프(CFL, Compact Fluorescent lamp)를 대체하기 위함이다.

LED 배열은 15W 광출력을 나타내기 위해 1W 백색 LED를 14개를 배열하여 사용하였으며, 고출력 LED를 회로적으로 연결하기 위해 FR4 단면 LED 배열 PCB위에 고출력 LED를 실장한 후, LED 배열 Cover에 LED 배열을 접착하였다. 그리고 LED 배열내 각각의 고출력 LED 히트슬러그를 히트싱크에 열 접착제(Thermal Paste)로 접착하여 LED 모듈을 제작하였다. LED 전구의 열설계에 의해 히트싱크와 그릴, 케이스는 열전도성이 매우 높은 알루미늄을 사용하였으며, 각각의 기구물간 상호 열전도성을 높이기 위하여 상호접합이 쉽고 열 경로가 비교적 넓은 구조로 제작하였다.

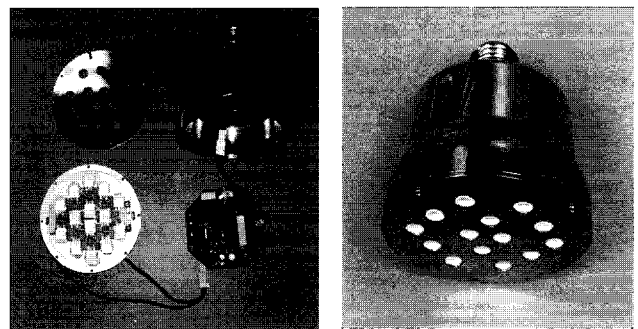


그림 9 LED 전구의 시제품  
 Fig. 9 LED bulb prototype.

2.5 실험결과 및 고찰

먼저 ICEPACK(CFD 전산모사 프로그램)을 이용하여 열적인 시뮬레이션을 수행하여 히트싱크 등 등가체적의 면적을 구하고, 이를 기반으로 하여 설계된 LED Bulb의 기구물에 대하여 IR Camera를 이용하여 열 분포를 측정하였다.

그림 10은 제작된 15W LED 직렬 배열 구조에 대해 정격전류 350mA를 공급하여 측정한 결과이며, 히트싱크 온도 74℃와 LED Chip 온도 96.8℃의 결과를 나타냈다. 이러한 측정결과는 ICEPACK의 열적인 시뮬레이션 결과와 동일함을 알 수 있었고, 이 후 고출력 LED 조명 제품 설계에 적용 가능하다.

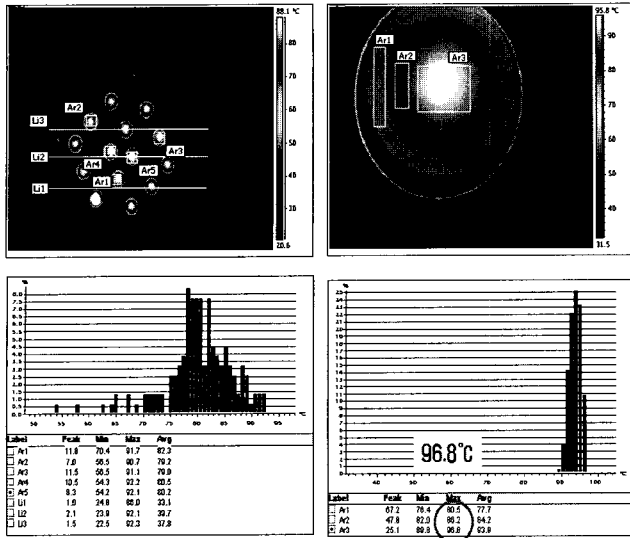


그림 10 LED 전구의 시제품의 열 분포  
Fig. 10 Thermal distribution of LED bulb prototype.

표 3은 정전압 및 정전류 구동회로에 대한 LED 전구의 특성을 나타낸 것으로, 제작된 LED 전구는 약 75% 이상의 회로 효율과 약 95% 이상의 고역률, 약 20 lm/W 이상의 고효율 LED 전구를 실현하였다. 정전압 구동회로가 정전류 구동회로보다 회로 및 발광효율이 높고 역률이 높게 나타남을 알 수 있으며, 이것은 정전류 구동회로가 PFC IC와 LED 드라이버 IC를 사용하여 PFC와 LED 제어가 분리된 Two Stage 방식을 사용하기 때문이다.

표 3 정전압과 정전류 구동회로에 대한 LED 전구의 특성  
Table 3 characteristics of LED bulb with constant current and voltage circuits.

구분	입력 전력 [W]	역률 [%]	출력 전력 [W]	회로 효율 [%]	광속 [lm]	발광 효율 [lm/W]
정전압	18.7	98.6	14.4	76.7	396	21.2
정전류	18.4	95.2	13.7	74.5	376	20.1

그림 11은 구동회로에 따른 시동특성을 나타낸 것으로, 초기 시동시에는 정전류 구동회로가 정전압 구동방식보다 낮은 소비전력과 높은 광출력을 나타내는 것을 알 수 있다. 그러나 동작시간이 약 20분이상 경과한 후에는 정전압 구동회로보다 정전류 구동회로가 광출력이 높고 소비전력이 낮아져서 발광효율이 높아짐을 알 수 있다. 이것은 LED의 동작시간 및 LED 소자 온도의 증가에 따라 등가부하가 작아지기 때문이다.

그림 12는 구동회로에 따른 온도특성을 나타낸 것으로, 정전류 구동회로는 주위온도가 낮을수록 광출력이 높아지고 정전압 구동회로는 주위온도가 높을수록 광출력이 높아지는 특성이 있다.

따라서 동작시간이 짧고 주위온도가 낮은 응용분야는 정전류 구동회로가 적합하고, 계속적인 점등동작과 주위온도가 높은 응용분야는 정전압 구동회로가 적합함을 알 수 있다.

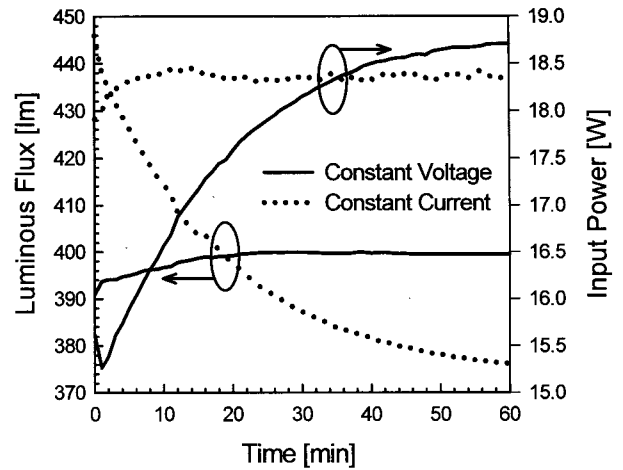


그림 11 구동회로에 대한 동작시간에 따른 LED 전구의 특성  
Fig. 11 Characteristics of LED bulb with circuits according to operating time.

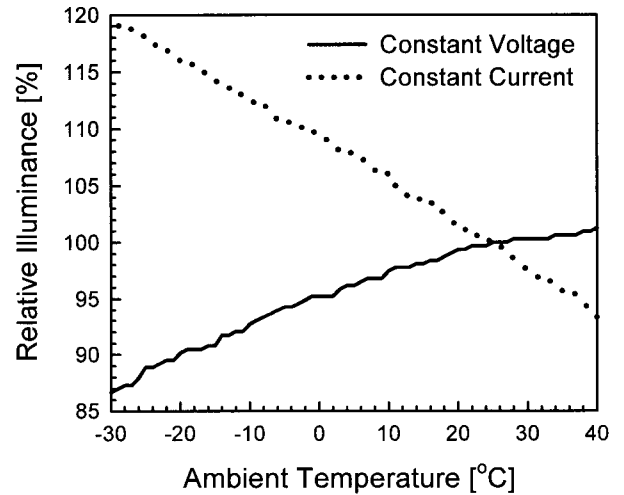


그림 12 구동회로에 대한 동작온도에 따른 LED 전구의 특성  
Fig. 12 Characteristics of LED bulb with circuits according to operating temperature.

### 3. 결 론

이 연구에서는 고효율 LED의 전기적·광학적·열적인 특성을 분석한 결과와 적외선 카메라와 ICEPAK(열유동해석 프로그램)을 이용하여 14개의 LED 배열과 LED 전구의 최적 방열 및 기구 설계를 실시하였다. 또한 이러한 LED 전구를 최적 제어하기 위한 정전압과 정전류 제어방식의 구동회로를 제안하였고, 각각의 구동회로를 제작하여 LED 전구의 전기적·광학적 특성을 측정하여 얻은 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고휘력 백색 1W LED를 사용한 LED 전구를 개발하는데 있어서, 기존 고휘력 LED MCPCB를 사용하지 않고 일반 PCB를 사용하는 LED 모듈 구조를 개발하여 저가격화를 실현하였다.
2. 열측정 장비 조외선 카메라와 ICEPAK(열유동해석 프로그램)을 이용하여 최적의 방열설계를 실시하여, LED 칩 온도를 기존 140 ℃에서 100℃ 이하로 저하시킴으로써 안정적인 구동 동작 특성을 확보하였다.
3. 고휘력 LED 전구의 콤팩트화, 고효율화를 실현하기 위하여 정전압과 정전류 구동방식을 제시하고, 회로효율 약 75% 이상의 고효율화와 약 95% 이상의 고역률을 실현하여 고효율 LED 전구를 개발하였다.
4. 정전압 구동방식은 동작시간에 무관하게 일정한 광출력을 나타내고 주위온도가 증가함에 따라 광출력이 증가하며, 정전류 구동방식은 초기 시동시 높은 광출력을 나타내지만 동작시간의 경과에 따라 광출력 감소율이 높게 나타나고 주위온도의 감소에 따라 광출력이 증가하는 특성을 나타낸다.
5. 따라서 짧은 동작시간(약 30분)과 저온 동작하는 경광등, 복도등, 섬광등 등에는 정전류 구동회로가 적합하고, 오랜시간 점등되고 고온 동작하는 실내등, 독서등 등에는 정전압 구동회로가 적합함을 알 수 있다.

**감사의 글**

이 연구는 산업자원부 지역산업진흥사업 중점기술 개발사업 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] 이정옥, 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, 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] Gerd O. Mueller and Regina Mueller-Mach, "Light emitting diodes for solid state illumination," International Display Workshops 2000, pp.821-824, 2000.

**저 자 소 개**



**송 상 빈 (宋 相 彬)**

1969년 10월 1일생. 1994년 전남대 공대 전기공학과 졸업. 1997년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국광기술원 LED/반도체조명연구사업부 반도체조명기술센터 부센터장.  
 Tel : 062-605-9370  
 Fax : 062-605-9339  
 E-mail : sbsong@kopti.re.kr



**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(공학박). 현재 전남대 공대 전기공학과 교수, 당학회 회원교육이사 및 평의원, 전기물성·응용부분회 편집위원장  
 Tel : 062-530-1744  
 Fax : 062-530-1749  
 E-mail : isyeo@chonnam.ac.kr