



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2007年度 8月
碩士學位論文

30W급 조명용 LED전원의
구동장치에 관한 연구

朝鮮大學校 大學院

電氣工學科

卞文杰

2007年度
8月
碩士學位論文

30W급
조명용
LED전원의
구동장치에
관한
연구
卞文杰

30W급 조명용 LED전원의 구동장치에 관한 연구

A Study on the Driver for 30W LED Illumination Light Source

2007 年 8月 日

朝鮮大學校 大學院

電氣工學科

卞文杰

30W급 조명용 LED전원의 구동장치에 관한 연구

指導教授 曹 錦 培

이 論文을 工學碩士學位 論文으로 提出함.

2007 年 4月 日

朝鮮大學校 大學院

電 氣 工 學 科

卞 文 杰

卞文杰의 碩士學位 論文을 認准함.

委員長 朝鮮大學校 教授 _____印

委 員 朝鮮大學校 教授 _____印

委 員 朝鮮大學校 教授 _____印

2007 年 5月 日

朝鮮大學校 大學院

목 차

ABSTRACT

I. 서 론	1
II. 이론적 고찰	3
A. LED의 원리	3
B. LED의 분류	6
III. LED전원의 구동장치 설계	14
A. 구동전원 설계시 고려사항	14
B. LED Array의 구성	19
C. 구동회로 설계	26
IV. 실험 및 고찰	32
A. 정전압 방식에 의한 구동회로	32
B. 정전류 방식에 의한 구동회로	37
C. 정전압 및 정전류 방식에 의한 구동회로	41
D. 방열 설계	45
V. 결 론	48

참 고 문 헌

List of Tables

Table 1. K-Values vs. Different Type of LED Devices	17
Table 2. Parameters of 3 White LED	20
Table 3. Absolute Maximum Ratings of SG3525A	34
Table 4. Temperature of LED Illuminous on Constant Voltage & Current Control	47

List of Figures

Fig. 1	PN Junction Structure of LED	3
Fig. 2	Current-Voltage Characteristics Curve of Diode	5
Fig. 3	Luminous Intensity vs. DC Current Injection for LED	5
Fig. 4	AlGaInP MQW+TSBS Junction LED Structure	8
Fig. 5	Schematic Cross-Sectional Diagram of the InGaN/GaN MQD Junction Green-LED Structure	9
Fig. 6	GaN-Based Flip-Chip LED Structure	10
Fig. 7	Schematic Cross-sectional Diagram of the Non-resonant Cavity LED Structure	12
Fig. 8	SEM & NSOM Image of Photonic Crystal	13
Fig. 9	Outline Dimension of LXHL-PW09	20
Fig. 10	Current vs. Voltage for 3W White LED	21
Fig. 11	Allowable Operating Current vs. Ambient Temperature for 3W White LED	21
Fig. 12	Relative Luminous Flux vs. Forward Current	21
Fig. 13	Wavelength Characteristics	22
Fig. 14	Light Output Characteristics	22
Fig. 15	Sting Configuration of LED Array	24
Fig. 16	Different Type of LED Drive Circuits	28
Fig. 17	Buck Converter and Boost Converter Circuits	28
Fig. 18	Boost Converter Cirtcuit	29
Fig. 19	Poise Reservation of Boost Converter Volt.sec	29
Fig. 20	Pin Connections and Ordering of ZLLS100	31
Fig. 21	Pin Connections and Ordering Numbers of Si4470EY	31
Fig. 22	Block Diagram of Constant Voltage Control	32

Fig. 23 Drive Circuit of Constant Voltage Control	33
Fig. 24 Pin Connections and Ordering Numbers of SG3525A	33
Fig. 25 LED Array Input Current, Voltage Waveform of Constant Current Control	35
Fig. 26 Operating Voltage& PWM Pulse Waveform of Constant Voltage Control(2us/div)	36
Fig. 27 Operating Voltage& PWM Pulse Waveform of Constant Voltage Control(20us/div)	36
Fig. 28 Block Diagram of Constant Current Control	37
Fig. 29 Drive Circuit of Constant Current Control	38
Fig. 30 LED Array Input Current, Voltage Waveform of Constant Current Control	39
Fig. 31 Operating Current & PWM Pulse Waveform of Constant Current Control(2us/div)	39
Fig. 32 Operating Current & PWM Pulse Waveform of Constant Current Control(10us/div)	40
Fig. 33 Block Diagram of Constant Voltage&Current Control	41
Fig. 34 Drive Circuit of Constant Voltage & Current Control	42
Fig. 35 LED Array Input Current, Voltage Waveform of Constant Voltage & Current Control	43
Fig. 36 LED Array Operating Current, Voltage and PWM Pulse Waveform of Constant Voltage & Current Control(2us/div)	43
Fig. 37 LED Array Operating Current, Voltage and PWM Pulse Waveform of Constant Voltage & Current Control(10us/div)	44
Fig. 38 MCPCB	46
Fig. 39 LED Illuminant Heat Sink	46

ABSTRACT

A Study on the Driver for 30W LED Illumination Light Source

Bian Wenjie

Advisor : Prof. Geum-Bae Cho, Ph.D.

Department of Electrical Engineering

Graduate School, Chosun University

In recent years, the global energy shortage and environmental pollution problems are being increasingly prominent, people earnestly hope to apply a new technology to save energy and protect environment. LED illumination light-source is just this kind of charming new technology. People attach more and more importance to the semiconductor illumination for its remarkable merits just as longevity, energy saving, green environmental protection and so on, and consider it as the most valuable, new light source in the 21st century.

The relatively recent development of light emitting diodes is proving to have significant impact in lighting technology. In this paper study up on the theory, characteristic of LED and the parameter which is necessary consideration in drive circuit design and the string configuration method.

To operate on 30W LED Array, this paper proposed and compared the mode of a constant voltage driver, constant current driver and constant voltage¤t driver.

I. 서 론

발광다이오드(LED : Light-Emitting Diode) 기술은 지난 20년 동안 크게 발전해 왔고 LED칩과 패키지 메이저 업체들의 기술 경쟁으로 아주 빠르게 고효율화가 이루어지고 있다.

백색 LED가 개발되면서 LED의 조명효율이 백열전구를 능가하게 됨에 따라 조명 광원으로의 사용이 가능하게 되었고 따라서 정보 디스플레이나 자동차 조명에 사용되고 있던 LED가 일반 조명 및 고효율 조명 시장으로 침투되고 있으며, 실외조명과 광색가변 및 색온도 제어 감성조명, 그리고 경관조명, 다리조명, 분수조명 등 장식용 조명으로 각광을 받고 있다.^{[1],[2]}

LED광원은 효율이 높고 수명이 길며, 색상 및 조광제어가 용이하다. 하지만 고출력 LED는 자체 발열과 밀폐된 공간에 의하여 LED 칩의 접합온도가 상승하여 광출력 감소 및 스펙트럼의 변화를 초래한다. 또한 고출력 LED는 공정상 복잡하고 수율이 낮아서 기존 광원보다 가격이 높으며, LED의 안정적인 특성을 위하여 금속심 인쇄 회로기판(MCPCB : Metal Core Printed Circuit Board)과 정밀하고 복잡한 구동제어회로 및 냉각팬 등이 필요하게 되어 기존 전통 조명제품보다 약 10배 이상의 가격을 나타낸다.^[3]

향후 LED 기술의 지속적인 발전을 통하여 LED 조명제품의 효율이 진일보 향상될 것으로 기대되므로 LED 조명제품화에 대한 연구가 지속적으로 수행되고 있다. LED 조명제품은 지향성을 가진 수십에서 수백개의 이산 LED 광원으로 구성되므로 조명용으로의 사용을 위해서는 구동회로, 렌즈, 조명기구 등을 포함한 조명시스템화에 대한 연구가 필요하다. 특히 고출력 LED의 구동회로를 구성할 경우 다양한 종류의 구동회

로를 구성할 수 있으나, 구동회로는 사용 용도와 LED 구동 특성, LED 배열의 구성 등에 따라 구동회로의 효율 및 LED의 수명 등에 많은 영향을 미치므로 LED의 특성에 따른 구동회로에 대한 연구가 필요하다.^{[4],[5]}

따라서 본 논문에서는 고출력 LED구동에 필요한 기본설계 방법과 LED의 구동회로 설계시 고려할 사항, 설계과정을 통한 30W급 LED광원 구동용 전원설계 방법에 관하여 다양한 방법의 제시를 통한 각 설계 방법에 따른 전원회로의 특성을 비교검토 분석하고자 한다.

II. 이론적 고찰

A. LED의 원리

발광다이오드 즉 LED는 단결정 규소, 주기율표 상 4가 원소인 실리콘(Si)에 5가 원소인(P, As, Sb) 등을 첨가시킨 n형 반도체와 3가 원소(B, K) 등을 첨가시켜 만든 p형 반도체를 접합시켜 다이오드 형태의 pn접합 다이오드가 얻어진다. 이렇게 하나의 단결정으로 접합된 pn접합 다이오드에 전압을 가하면 p형 반도체의 정공(Hole), n형 반도체의 잉여전자는 가운데 활성층으로 모인다. 잉여전자는 가전자대(Balance band)의 정공으로 자연스럽게 떨어진다. 이 때 전도대와 가전자대의 높이 차이, 즉 에너지 갭(Energy gap)에 해당하는 만큼의 에너지를 발산하는데 이 에너지가 빛의 형태로 방출되면 LED가 된다.^[6]

일반적으로 접합면에는 광효율이 좋고 밴드갭 에너지가 약간 작은 활성층을 적층하며 양자현상을 발생시킬 수 있도록 두께가 얇은 Quantum Well(QW) 구조로 성장된다. 전기에너지 인가에 의해 발생된 방출 빛의 에너지는 활성층 재료에 따라 고유의 값을 가지므로 시각적으로 다른 색을 방출하게 된다. 그림 1은 일반적인 LED의 pn 접합 구조를 나타내고 있다.

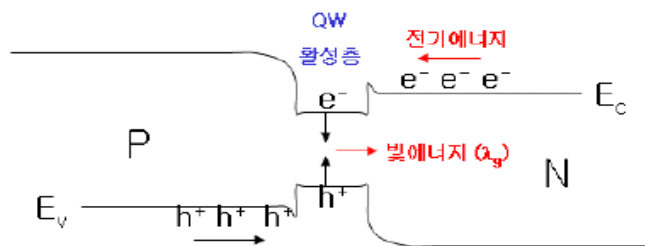


Fig. 1 PN Junction Structure of LED

LED에서 나오는 빛은 백열전구의 필라멘트처럼 뜨거운 물체에서 나오는 백열과는 달리 전기에너지가 직접 광에너지로 변환되므로 냉광(Cold light)이라고 한다. 또한, 백열은 아주 넓은 파장 대역의 빛이 동시에 나오는데 비하여, LED 빛은 전도대와 가전자대 사이의 에너지 차이에 해당하는 좁은 파장 영역의 빛만 나온다.

반도체 pn 접합으로 이루어진 다이오드에 전류를 역방향과 순방향으로 흘려주면 그림2와 같은 전형적인 전류-전압 (I-V) 특성을 보인다. 이렇게 순방향과 역방향에 대해 서로 다른 I-V 특성을 보이는 이유는 p형과 n형 반도체내 전류운반자의 극성이 서로 다르기 때문이다. 즉, 순방향의 바이어스 상태에서는 전류가 전압의 크기에 따라 일정하게 증가하는 옴(Ohmic) 현상을 보이지만 역방향으로 바이어스가 걸리게 되면 p-n 접합면에 소위 공핢층(Depletion layer)에 의한 절연현상으로 인해 항복전압(Breakdown voltage)에 도달할 때까지는 전류가 거의 흐르지 않는다. 결과적으로 전류는 다이오드에서 한쪽 방향으로만 흐르는 정류현상을 보인다.

그림 2와 같이 순전압 상태에서 바이어스의 크기가 특정 전압 이상이 되면 전류는 직선적으로 증가하는 경향을 보이는데 이러한 작동개시 전압 이상의 바이어스를 필요로 하는 이유는 발광층을 형성하는 활성층의 밴드갭 에너지 이상의 외부에너지를 가해주어야만 전자-정공 결합에 의한 발광현상이 일어나기 때문이다.^[7]

pn 접합의 전기적 특성으로 인해 발광다이오드에는 한쪽으로만 전류흐름이 가능하여 교류전류(AC)를 직접 걸어 줄 수는 없고 일반적으로 컨버터에 의해 직류전류(DC)로 변환되어 인가된다. DC 전류의 증가에 따른 다이오드의 광도(Luminous intensity) 증가를 측정해 보면 그림 3과 같이 낮은 전류에서는 선형적인 증가를 보이다가 고 전류에서는 더 이상의

광도증가는 없고 오히려 감소하는 경향을 보이는데 이는 전류의 증가에 따라 다이오드의 효율이 감소하기 때문이다. 다이오드뿐만 아니라 주변온도에 의해서도 효율이 감소하여 광도가 달라질 수 있다.

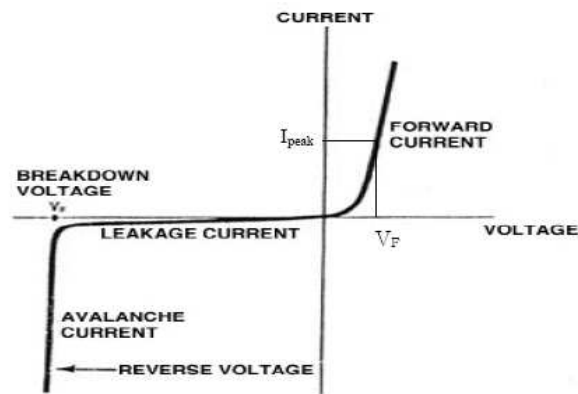
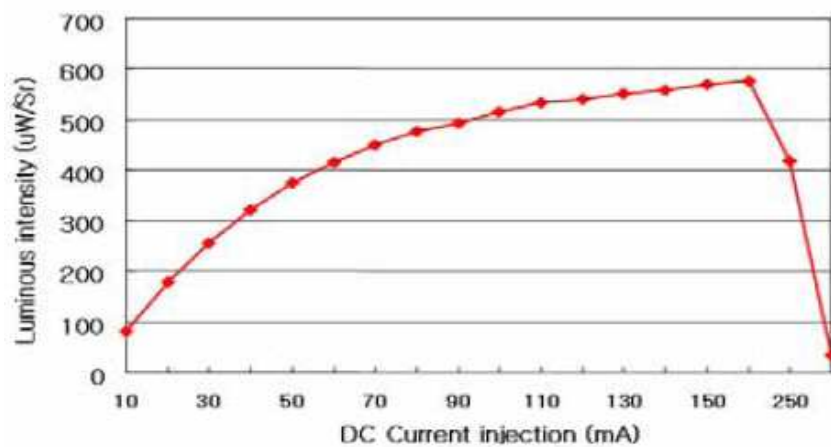


Fig. 2 Current-Voltage Characteristics
Curve of Diode



B. LED의 분류

1. pn 호모접합 구조

LED는 반도체물질로 만들어졌으며, 기본적인 LED는 pn 접합으로 이루어졌다. 전자는 p타입 영역에 주입되고, 정공은 n타입 영역에 주입된다. pn 접합을 함으로써 빛을 발생하게 한다. 빛의 파장과 색은 전자와 정공의 에너지표준의 차에 의해서 결정된다. 이러한 단순한 타입의 LED는 조명으로 응용하기에는 효율이 매우 낮기 때문에 현재는 사용하지 않는다.

2. 헤테로 구조

LED 제작에서 빛의 발생을 최대화 하는 것이 주요 목표인데, 이는 LED의 여러 가지의 에피택셜형(Epitaxial) 구조를 응용함으로써 실현할 수 있다. 현재 높은 조명도를 갖는 LED의 제작은 헤테로 구조체를 기반으로 하고 있다. 헤테로 구조체는 화학적 성분이 다르고 밴드갭이 상이한 다른 반도체물질로 구성되어 있다. 일중 헤테로 구조체와 이중 헤테로 구조체 등이 있다.

3. 저차원 구조(Low-dimensional structures)

양자정(Quantum wells, QW)과 양자도트(Quantum dots, QD)와 같은 저차원 구조를 만들어 헤테로에피택셜(Hetero epitaxial) 층들에서 방사성 재결합을 함으로써 더욱 효율을 향상시킨다. 양자정은 두 개의 높은 밴드갭 반도체 판 사이에 끼워 주어진 에너지갭을 가진 반도체 박막층으로 형성될 수 있다. 에피택셜형 층의 두께가 반도체에서 전자의 드브로이

파장(De Broglie wavelength)보다 적을 때 담체의 에너지 스펙트럼이 변하게 되고 양자폐쇄가 형성된다. 이러한 타입의 헤테로에피택셜형 구조를 양자정이라고 한다.

양자정의 두께는 보통 1나노미터에서 10 또는 20나노미터이다. 저차원 구조를 도입함으로써 발광다이오드의 효율 증대를 가져오게 하는 것은 전자와 전공의 파동함수를 겹치게 하여 증가시킨 때문이며, 저차원 구조에서 밴드갭에 인접한 상태의 전자밀도가 3차원 물질에 비해서 높기 때문이다.

4. 인장 및 압축 변형된 LED

새로운 인장 변형을 방지하는 피복(TSBC) 구조를 도입하였으며 개략적인 구조는 그림 4에서 나타내고 있다. 반사경이 분포된 GaAs-AlAs, n-Al_{0.5}In_{0.5}P 피복층, 불순물을 첨가하지 않은 활성층, 얇은 -1% 인장 변형 p-Al_{0.65}In_{0.35}P TSBC 층, 0.75 μ m p-Al_{0.5}In_{0.5}P 피복층 그리고 15 μ m p-GaP 창층을 포함한다. MQW와 TSBC를 결합한 구조를 택하면 높은 효율을 갖게 한다. 전자발광강도가 기존의 MQW AlGaInP LED가 발하는 것보다 같은 파장에서 2배에 이른다. 이 새로운 구조는 효과적으로 잠재적 방지능력을 증가시키고 AlGaInP 황-녹색 LED의 전류의 누수를 줄이며, 온도에 덜 민감하기 때문에 높은 온도에서 작동할 때 유용하다.

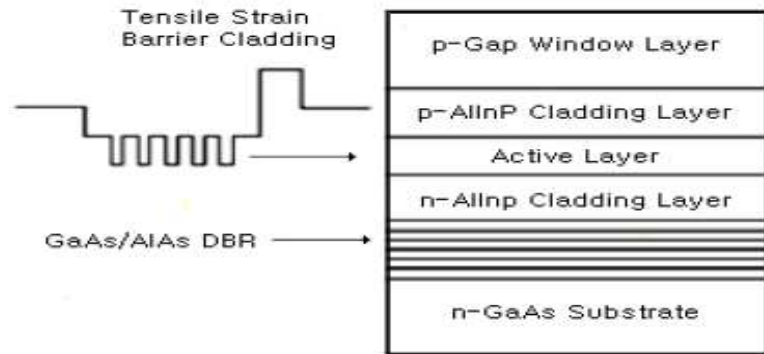


Fig. 4 AlGaInP MQW+TSBS Junction LED Structure

5. 터널접합 구조

p^+/n^+ 터널접합(Tunnel junction) 구조를 가진 LED가 P-타입 Mg-GaN 억류층의 틈에 형성된다. 이 터널접합은 횡 방향 전류를 발산 하게 하며, 반투명전극 및 저항이 큰 p-타입 AlGaN의 필요성을 없앤다. 터널접합을 택하면 LED 구조 내에서 두 개의 n-전극을 형성케 하며, 터널접합 LED의 빛 발산 강도는 기존 LED 보다 두 배 높다.

6. 역 p-다운 LED(Inverted p-down LED)

기존의 상업화 된 LED는 n-타입 피복층 위에 활성 영역을 성장하게 설계하고 그 활성영역 위에 p-타입 클래딩층을 성장토록 설계한다. 이렇게 설계 된 것을 n-다운 구조(n-down structure)라고 한다. 최근에 p-다운 구조와 n^+/p^+ 터널접합을 가진 InGaN/GaN MQW LED가 개발 되었다. 기존의 LED에 비해서 20mA에서 작동했을 때 광출력은 역 LED에서 거의2배에 달하였으며 외부 양자효율이 기존 LED에서는 9.5%인데 비해 17%에 해당한다.

7. 전자 저장층을 가진 LED

n-GaN 피복층과 MQW층 사이에 전자 저장층을 도입함으로써 MQW LED층의 방사효율 증대를 가져온다. 전자 저장층을 가진 InGaN/GaN MQW LED에서 전자발광 스펙트럼 및 전류-전압 특성은 n-도프 In_{0.18}Ga_{0.82}N 전자 저장층을 추가함으로써 크게 향상된다. 이 전자발광 구조의 효율 향상은 전자포획방법 개선에 기인한다.

8. 양자도트 LED

양자도트 QD(Quantum Dot)는 벌크재료 및 QW 구조에 비해 여러 독특한 성질을 나타낸다. QD에서는 전자상태가 공간적으로 국한되고 에너지는 완전히 양자화 되었다. 그러므로 QD 구조는 열적혼란에 보다 안정하다. 더욱이 전자를 공간적으로 국한함은 전자의 분산을 크게 줄이고 비방사성 재결합률을 줄인다. 그림 5는 InGaN/GaN MQD(multiple quantum dots)를 가진 청 LED의 개략적인 구조를 나타낸다.

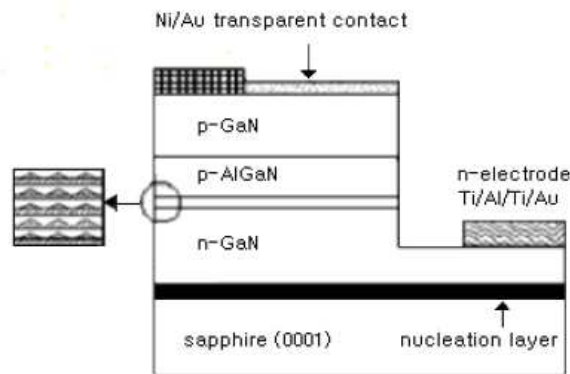


Fig. 5 Schematic Cross-Sectional Diagram of the InGaN/GaN MQD Junction Green-LED Structure

9. 플립칩 구조를 가진 LED

기존의 LED 구조는 몇 가지 단점을 갖고 있으며, 이는 LED의 효율을 낮춘다. 플립칩 결합 구조로 LED를 구성하면 광 발광 효율을 크게 향상시킨다. 플립칩 구조는 기판재료로부터 빛 추출을 제공하기 때문에 반투명 금속전극에 의한 빛의 감소가 없다. 높은 반사 금속화 채택에 의해서 빛의 흡수를 최소화한다.

상업적으로 구입 가능한 GaN을 주요소로 한 플립칩 LED를 기존 LED와 비교하면, 기존 LED의 얇은 전류 전파층에 비해서 플립칩 구조에서는 LED를 높은 전류밀도를 갖고 작동하도록 해주며, 장치 위의 와이어본드를 제거하므로 빛의 어둡게 함을 크게 줄인다. 또한 이 장치 구조는 생성된 열을 반도체로부터 방산하도록 해 준다. 그림 6은 GaN을 주요소로한 플립칩 LED의 개략적인 구조를 나타낸다.

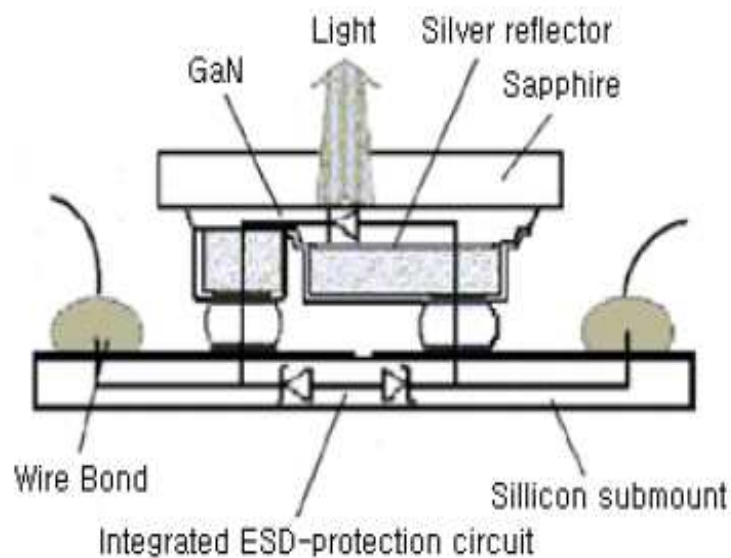


Fig. 6 GaN-Based Flip-Chip LED Structure

10. 비 공진 공동 LED(Non-resonant cavity LEDs)

LED의 제작에서 빛 추출을 최대화하는 것은 중요하다. 기존의 LED의 외견효율은 반도체와 공기 계면에서 일어나는 생성된 빛의 전체 내부 반사에 의해서 제한된다. 이는 반도체와 공기의 굴절률이 크게 다르기 때문이다.

외견효율을 높이기 위한 몇 가지 방법이 개발되었는데, 그 중 한 방법은 칩의 표면에서 광자가 쉽게 탈출하도록 설계하는 것인데, 예로 반구형의 LED를 도입하는 것이다. 다른 한 방법은 흡수지지층을 대신하여 투명지지층을 사용하는 방법인데, 어떤 물질/지지층시스템에서는 투명지지층을 적용하는 것이 어렵다. 따라서 장치 구조에 브래그반사경을 짜 넣는 것이 다른 선택방법이다. 한 선택적인 성공적 방법은 표면을 깎아 얇은 필름 LED를 채택하는 것인데, 이는 깎아 꼭대기 표면과 배면 반사경을 가지고 있다. 이 배면 반사경은 광자가 반도체매체로부터 탈출할 배수의 기회를 제공한다. 이 장치는 GaAs 활성 층이 AlGaAs층 사이에 샌드위치 형태로 끼어 있다.

그림 7은 비 공진 공동 LED의 개략적인 구조를 나타냈다. 비 공진 공동 LED의 외형광자 효율은 90K에서 68%로 매우 높은 결과를 나타냈다.

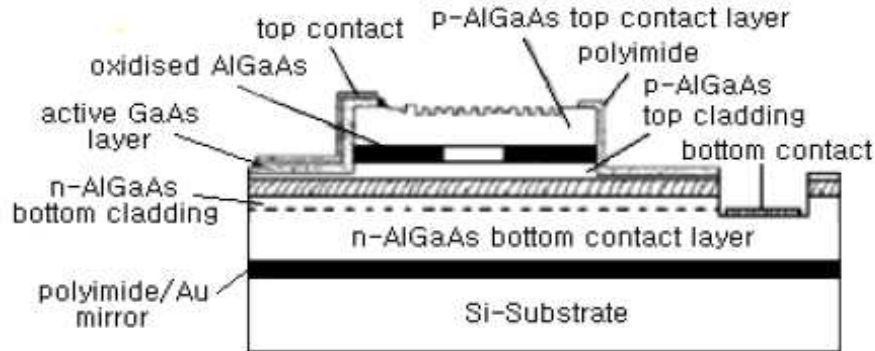


Fig. 7 Schematic Cross-sectional Diagram of the Non-resonant Cavity LED Structure

11. 공진 공동 및 포토닉스 수정체 LED

LED의 자연적 빛 방사는 제어할 수 없는 것으로 여겨왔으나 최근 반도체 산업에서 나노기술의 연구와 발전으로 광전자장치에서 미소공동 및 포토닉스 수정체 구조를 채택함으로써 제어할 수 있을 것으로 여겨진다. 광학밀도는 광학환경에 기인한 간섭에 의해서 조절될 수 있다. 기존 LED에 비해서 이러한 구조의 주요 장점은 높은 빛 방사농도, 보다 나은 분광순도, 그리고 더욱 지향성의 방사형태 등을 들 수 있다.

처음에는 GaInAs/GaAs 공진공동 LED의 총 외견효율은 낮았으나 높은 효율의 공진공동 LED를 만들었으며 외부양자효율은 23%였다.

포토닉스 수정 방사체는 장치 내에 InGaAsP/InP 미세기둥의 벌집모양 배열을 구성함으로써 평면 웨이퍼에 비해서 10배가 넘는 광 발광을 나타냈다. 최근 녹, 청 및 자외선 발광체를 개발할 목적으로 III-질소화물 포토닉스 수정체 연구가 수행되었다. 광학펌프작용으로 포토닉스 수정체를 가진 InGaN/GaN 양자정 LED가 475nm에서 발광 강도가 20배인 새로

운 결과를 나타냈다. 그림 8은 포토닉스 수정체 구역에서의 SEM (scanning electro microscopy) 및 NSOM(near-field scanning optical microscopy) 상을 보였다.

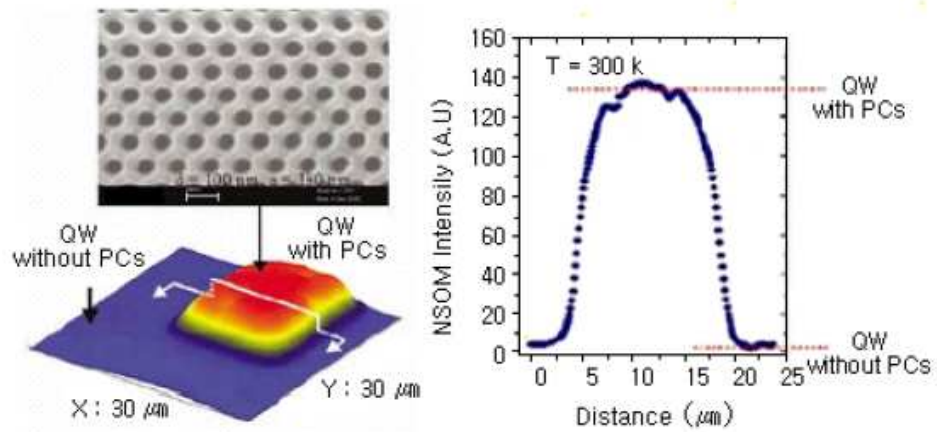


Fig. 8 SEM & NSOM Image of Photonic Crystal

III. LED전원의 구동장치 설계

A. 구동전원 설계시 고려사항

일단 동작 가능한 영역을 벗어나지 않도록 하는 것이 중요하며 전원부에서 이러한 동작의 한계를 결정하는 2가지 기준은 최대 구동전류와 최대 LED 접합 온도 T_{JMAX} 이다. 최대 구동전류는 긴 수명을 보장하기 위한 것이고 접합온도는 소자의 패키지가 견딜 수 있는 한계와 관련된다. 이와 관계된 설계에서 고려될 사항은 열저항, 최대 소비 전력, 온도에 따른 구동전류의 특성, 전류의 제한, 광출력의 결정, 직류구동과 펄스구동의 결정 등이 있다. [8,9,10]

1. 열저항

LED의 접합온도 T_J 는 주변온도 T_A 와 접합에서 발생하는 주변온도이상의 온도증가 ΔT_J 의 합으로 결정된다. 즉

$$T_J = T_A + \Delta T_J \quad (3-1)$$

ΔT_J 는 접합에서의 전력소비 P_D 와 접합과 주변온도사이의 열저항 $R\theta_{J-A}$ 의 곱으로 결정된다. 따라서

$$T_J = T_A + \Delta T_J = T_A + P_D \cdot R\theta_{J-A} \quad (3-2)$$

보통 대부분의 LED는 캐소드 핀이 접합에서부터 주위 온도로의 열소비를 위한 주된 열 이동경로(Heat sink)가 되도록 연결되며 제품 사양서

에는 이와 관계된 열저항값이 $R\theta_{J-PIN}$ 으로 표시되어 있다. 실제 $R\theta_{J-A}$ 는 여기에 PCB와 주위온도 사이의 열저항 $R\theta_{PCB-A}$ 를 더한 값이 된다. 즉,

$$R\theta_{J-A} = R\theta_{J-PIN} + R\theta_{PCB-A} \quad (3-3)$$

따라서 PCB의 설계에 따라서 $R\theta_{PCB-A}$ 가 변화되므로 설계시 반영이 되어야 하고, $R\theta_{J-A}$ 는 LED 램프, LED 막대 또는 LED 칩 1개에 대한 값이라는 것을 유의해야 한다.

2. 최대 전력 소비

LED 접합에서 소비될 수 있는 최대 허용 전력 P_{MAX} 은 최대 직류 순전류와 그림 2로부터 결정되는 그 때의 순전압(V_F)의 곱으로 계산된다. 즉,

$$P_{MAX} = I_{DCMAX} \cdot V_F \quad (3-4)$$

3. 온도에 따른 최대 구동전류의 감소 변화

온도에 따른 구동전류의 변화는 구동전류, T_{JMAX} 그리고 $R\theta_{J-A}$ 의 함수가 된다. 설계시 특정 구동전류에서의 LED의 동작은 접합과 주변온도 사이의 열저항 $R\theta_{J-A}$ 의 곡선의 최대값 이하에서 동작되도록 하여야 한다.

4. 전류 제한

LED는 전류에 의해 동작이 좌우되는 소자이다. 소자의 안전을 위해 전류 제한에 대한 요구가 발생되며 보통 LED와 직렬로 전류 제한용 저

항을 연결한다. 그림 2와 같은 전압-전류 특성곡선에서 필요한 전류 제한 저항값을 계산할 수 있다.

$$R = \frac{V_{CC} - V_{sat} - V_F}{I_{peak}} \quad (3-5)$$

여기서, V_{CC} : 전원공급장치의 전압

V_{sat} : 구동 스위치(트랜지스터 등)의 포화전압

V_F : I_{peak} 에서의 LED의 순전압

I_{peak} : LED에 흐르는 피크전류

5. 광출력

직류 구동 조건에 대한 주변온도 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 에서의 광도는 직류 순전류와 상대 광도율의 관계에서 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$I_V(DC) = I_V(25^\circ\text{C}) \cdot \text{상대광도율} \quad (3-6)$$

펄스구동조건의 경우는 평균 광도는 피크전류에 대한 상대적 효율로부터 결정된다.

$$I_V(\text{시평균}) = I_V(25^\circ\text{C}) \cdot I_{AVG}/I_F \cdot \eta_V \quad (3-7)$$

여기서, $I_V(25^\circ\text{C})$: 제품 사양서에서 주어진 값

I_{AVG} : 동작 전류의 시평균값

I_F : 사양서에서 광도가 명시된 전류값

η_V : 피크전류 I_{peak} 에 대한 상대적 효율

계산된 주변온도 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 에서의 광도값은 다른 온도에 대해서는 다

음의 지수함수적 관계에서 계산할 수 있다.

$$I_V(T_A) = I_V(25^\circ\text{C}) \exp[k(T_A - 25^\circ\text{C})] \quad (3-8)$$

식에서 계수 k 값은 LED 종류마다 다르며 다음 표 1을 참조한다.

Table 1. K-Values vs. Different Type of LED Devices

LED	k
Standard Red	-0.0188/°C
High Efficiency Red	-0.0131/°C
Yellow	-0.0112/°C
Green	-0.0104/°C
DH AS AlGaAs	-0.0095/°C
TS AlGaAs	-0.0130/°C
AlInGaP	-0.0100/°C
TS AlInGaP	-0.0100/°C

6. 펄스구동과 직류구동

인간의 눈에 적합한 광출력을 제공하는 데에 있어서는 가능한 DC 연속전류 구동을 하는 것이 펄스구동을 하는 보다 바람직하다. 높은 피크전류와 낮은 듀티율 (duty cycle)로 LED를 구동하는 경우는 높은 직류전류로 구동을 하는 것보다 항상 평균적인 광이 적게 된다. 그러나 LED Array들을 변화하는 문자나 표시등을 구동하거나 가시광 영역이 아닌 응용제품에서 광감지 장치에 피크 광출력을 보낼 경우에는 펄스구동을 하는 것이 일반적이다.

LED 소자를 직류 구동전류로 동작시킬 때 LED 집합의 온도는 직류 소비전력과 $R\theta_{JA}$ 의 곱과는 선형적인 관계를 갖는다. 광 출력은 직류 구

동 전류와 상대 광도율의 곱에 비례한다. 펄스 구동시 적합한 광출력 특성을 위해서는 100Hz이상의 구형파 전류파형으로 구동하도록 제조사로부터 강력하게 추천된다. 정현파 전류파형은 RMS 전력이 동일한 피크 전류에 대해서 구형파 전류파형보다 크기 때문에 선호되지 않는다. 만약 정현파 전류파형이 사용되면 피크전류는 최대 직류 전류값보다 작아야 한다. 정현파 전류는 구형파 전류보다 광출력이 2/3정도로 적게 발생되고 60Hz의 구동시의 경우는 플리커 현상을 피할 수 없게 된다.

펄스구동으로 LED를 동작시킬 때는 소자의 성능을 좌우하는 것은 평균 접합온도가 아니라 피크 접합온도가 된다. 1 kHz 이하의 경우 피크 접합온도는 평균 접합온도보다 커지게 되고 결과적으로 허용되는 평균전류는 1kHz 이하의 경우는 1kHz이상의 값보다 적어지게 된다.

B. LED Array의 구성

1. LED의 선정

조명용 LED는 표시용 및 디스플레이 조명과 달리 주로 넓은 배광을 요구하는 장소에 사용되기 때문에 빔이 크고 광출력이 균일해야 한다. 특히 온도에 대한 특성 변화가 적어야 하고, 30lm/W 이상의 고효율과 동시에 비교적 가격이 저렴하여야 한다.

따라서 본 논문에서는 PHILIPS사 Luxeon III의 3W 고효율 백색 LED : LXHL-PW09를 선정하였으며 표 2는 선정된 LED의 파라미터를 나타내고 그림 9는 규격 및 실물사진을 나타내고 있다.

선정된 3W 백색 LED의 순방향 전압에 따른 순방향 전류의 특성은 그림 10에서 나타내고 있다. 선정된 LED는 3.03V~4.7V 전압에서 동작하고 순방향 전류 700mA, 전압 3.4V에서 정격 동작됨을 알 수 있다. 또한 동작전압 범위에서 동작전압에 대한 전류의 특성이 아주 민감하게 작용하는 것을 알 수 있다. 즉 약 0.1V의 동작전압의 변화에 대한 전류의 변화는 50mA로 크게 변동됨을 알 수 있다. 이는 구동회로 설계시 정전압 구동이라면 정확한 동작전압의 제어가 필요함을 알 수 있다.

고출력 LED는 발광면적이 크고 동작전류가 높기 때문에 발생하는 열이 매우 높게 나타난다. 이러한 LED Chip의 높은 열 발생은 광출력 및 효율의 감소로 나타나게 되며 제품의 신뢰성에 영향을 미치게 된다.

그림 11은 3W 백색 LED의 열저항에 따른 온도 변화 및 전류 변화 특성을 보여주고 그림 12는 전류에 따른 광속의 변화특성을 보여주고 있다. 설계된 열저항이 크면 정격동작 가능 온도범위는 떨어짐을 알 수 있다. 따라서 이에 대한 방열 설계가 아주 중요하다. 그림 13과 14는 각각 파장특성 및 광 출력특성을 보여주고 있다.

Table 2. Parameters of 3W White LED

Parameter	Symbol	Rating Value			Unit
		Min.	Typ.	Max.	
Forward DC Current	IF-1	-	700	1000	mA
Forward Voltage	VF	3.03	3.7	4.7	V
Forward Pulse Current	IPF-1	-	-	1000	mA
Reverse Voltage	VR-1	-	-	5	V
LED Junction Temperature	TJ-1	-	-	135	°C
ESD Voltage	ESD-1	-	-	HBM 16,000	V
Storage Temperature	TST	-	-	-40 to +120	°C
Soldering Temperature	TSD	-	-	260 for 5 Seconds	°C
Total Flux Characteristics	LX	25.0	43.0	-	lm
Peak Luminous Intensity Characteristics	IV	20.0	50.0	-	cd

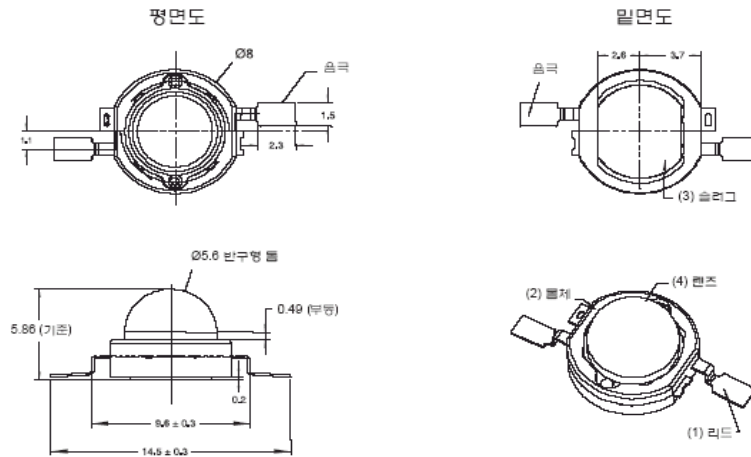


Fig. 9 Outline Dimension of LXHL-PW09

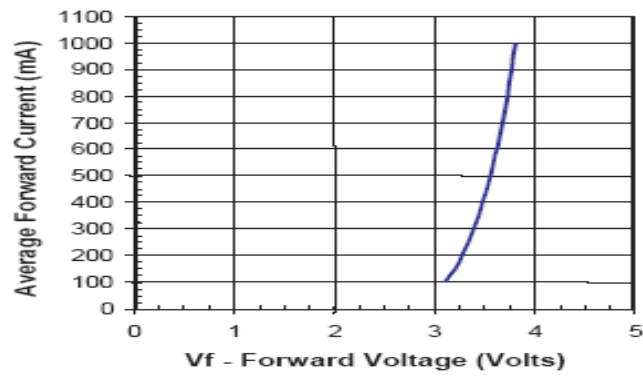


Fig. 10 Current vs. Voltage for 3W White LED

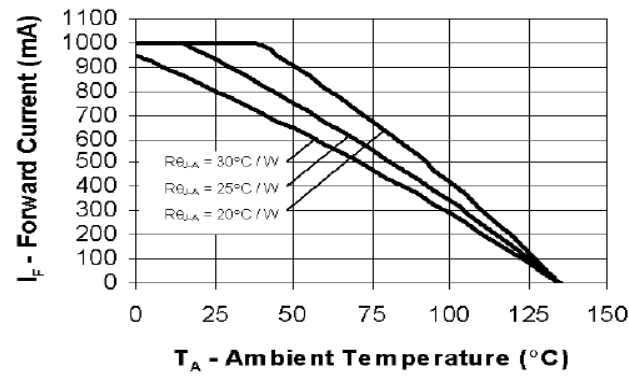


Fig. 11 Allowable Operating Current vs. Ambient Temperature for 3W White LED

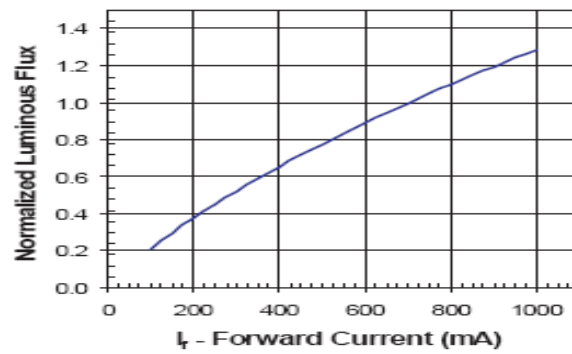


Fig. 12 Relative Luminous Flux vs. Forward Current

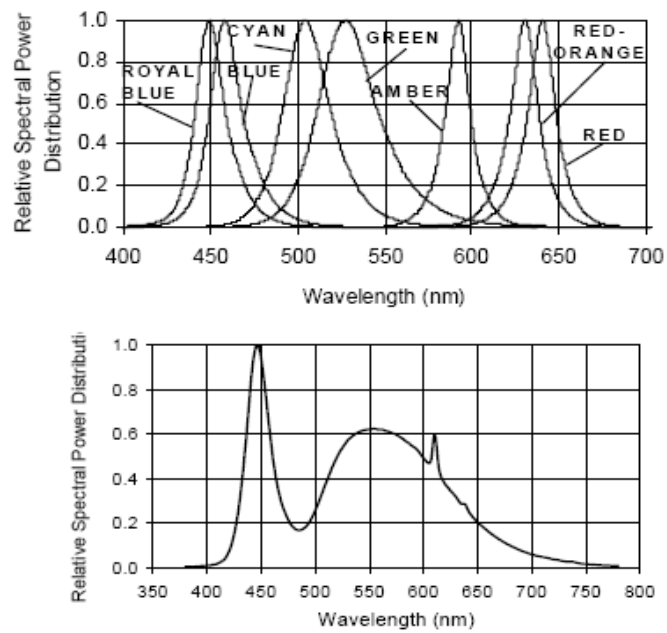


Fig. 13 Wavelength Characteristics

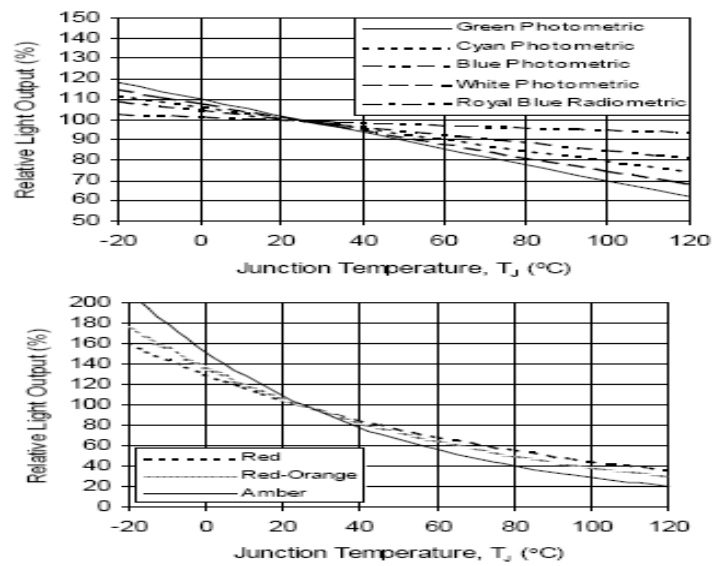


Fig. 14 Light Output Characteristics

2. LED Array의 구성방법

현재 대부분의 LED 램프는 단일 LED로 구성되는 것이 아니고 LED Array로 구성된다. Array 중 직렬로 연결된 LED의 수에 따라 순전류 조절과 전체 전력소비에 대해 큰 영향을 주게 되고 회로 구성방안과 설계 전류가 그 Array내의 LED의 순전류 변화를 결정하게 되는데 LED Array의 어떠한 구성을 하더라도 모든 LED에 동일한 순전류가 흐르도록 설계하여야 하는 것이 중요하게 된다.^[11,12]

LED의 전압, 전류특성은 실제로 연결방식에 따라서 변화를 받게 됨을 파악할 필요가 있다. 한줄에 연결되는 LED의 수에 따라 입력전압이 어떠한 영역에 걸쳐서 변화하기 때문에 순전류의 변화가 초래된다. 일반적으로 구성되는 줄의 수가 증가함에 따라 순전류의 변화는 커지게 된다. 또한 입력전압이 $y \cdot V_F$ (LED의 공통전압)보다 작은 경우 각 LED에 흐르는 순전류는 거의 0이 되고 직렬연결 수인 y 값이 증가할 수록 threshold 전압은 증가한다. 직렬로 연결된 수가 많을수록 순전류의 변화가 가장 크고 또한 threshold 전압도 가장 크다. 또한 온도에 대한 순전류의 변화가 약간 더 있게 된다.

고정된 전체 LED의 수에 대해서 줄당 LED를 많이 사용할수록 전체 줄수는 줄어들게 되고 전체 공급전류는 줄어들게 된다. 전체 공급전류는 줄수가 많아질수록 커지게 됨을 주의하여야 한다. 따라서 한줄당 LED의 수는 입력전압의 변화에 대한 순전류의 조절측면과 전체 LED의 공급전류사이에서 균형점을 찾아 결정하여야 한다.

본 논문에서는 5개의 3W 백색 LED를 직렬하여 Array를 구성하였고 2조의 array를 병렬로 연결하여 30W LED구성하였다. 그림 15는 LED array 및 전원의 구성을 보여준다.

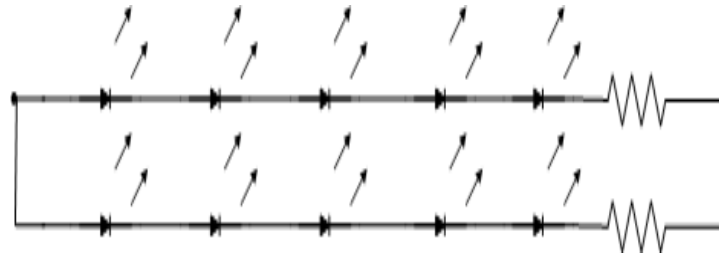


Fig. 15 Sting Configuration of LED Array

3. 전류제한용 저항

직렬로 연결된 LED의 수에 따라 순전류 조절과 전체 전력소비에 대해 큰 영향을 주게 되고 대부분 12V 설계에서 직렬회로당 3개의 LED를 사용하는 이유가 전류 조절과 전력 소비의 균형을 위한 것이며 또한 회로 구성방안과 설계 전류가 그 Array내의 LED의 순전류 변화를 결정하게 된다.

직렬방식에서 y 개의 LED가 직렬로 연결된 줄마다 각각 전류제한용 저항을 사용한 것이고 병렬방식은 전체 LED에 대해 단일 저항을 사용한 것이다. 혼합식은 직렬방식과 병렬방식의 혼합방식이다. 통상은 직렬방식 또는 혼합방식을 사용하게 된다.

최종적으로 회로에 전류제한을 위한 보호가 추가되어야 하며 저항에 의한 전류제한 회로는 저항값을 결정하는 것으로 정리된다. 모든 LED가 동일한 특성을 갖는다고 가정하면 외부의 전류 제한 저항은 다음과 같이 결정된다.

$$R = \frac{V_{in} - yV_F(I_F) - V_D}{xI_F} \quad (3-9)$$

여기서, V_{in} : 회로에 인가된 입력전압

V_F : 순전류 I_F 에서의 LED의 순전압

V_D : 역과도 EMC 보호용 다이오드의 전압강하

y : 한줄에 직렬 연결된 LED의 수

x : LED array의 병렬연결 줄의 수

LED에 대해 다음과 같이 선형모델을 사용하면

$$V_F = V_0 + R_s \cdot I_F \quad (3-10)$$

여기서, V_0 : LED의 turn-on 전압

R_s : LED의 직렬 내부저항

따라서

$$R = \frac{V_{in} - y V_0 - V_D}{x I_F} - \frac{y}{x} R_s \quad (3-11)$$

이다.

C. 구동회로 설계

1. 구동방식 선정

부하의 변화 또는 입력전압의 변동에 대해서 LED Array에 일정 전압 또는 일정전류를 공급하기 위해서는 능동회로 기법을 사용하여야 한다. 이들 회로는 광 출력이 부하의 상태나 입력전압의 변동에 무관하게 일정하게 해주는데 그림 16에 다양한 방식을 나타내었다. (a), (b), (c)는 전압을 일정하게 유지하는 회로이고 (d), (e), (f)는 전류를 일정하게 유지하는 회로이다. 각각 shunt, series pass, 스위칭 방식으로 구성이 가능한데 shunt와 series pass방식은 반도체소자가 능동영역에서 동작하는 반면에 스위칭 방식은 반도체소자가 on-off로만 동작이 된다. 스위칭방식의 경우 효율이 좋은 반면 구성이 보다 어려워지게 되지만 회로 구조에 따라서 승압 또는 강압이 가능하다. 스위칭 방식에서의 여러 회로구조는 다양하게 있지만 LED 조명과 관련해서는 주로 buck형 또는 boost형이 사용된다. 그림 17는 buck및 boost컨버터 회로이다.

LED는 전류 제어나 전압제어 방식으로 구동이 되는데 전류제어의 경우 전체전류는 전압, 온도, 순전압 불균형 특성과 무관하게 결정된다. 전압제어의 경우는 LED array의 순전압은 전압변동에 무관하게 유지되게 된다. 그러나 주변온도의 변화와 서로 다른 순전압 특성을 갖는 제품의 사용시 순전류에 영향을 줄 수 있다.^[13,14,15]

또한 LED의 구동은 연속전류 구동방식과 펄스 구동방식으로 구동 할 수 있는데 인간의 눈에 적합한 광출력을 제공하는 데에 있어서는 가능한 DC 연속전류 구동을 하는 것이 펄스구동을 하는 것보다 바람직하다. 높은 피크전류와 낮은 듀티율 (Duty cycle)로 LED를 구동하는 경우는 높은 직류전류로 구동을 하는 것보다 항상 평균적인 광이 적게 된다. 또한

펄스구동시 높은 스위칭 주파수에 따른 LED의 수명 단축도 고려하여야 한다. 그러나 LED array들을 변화하는 문자나 표시등을 구동하는 경우, 가시광 영역이 아닌 응용제품에서 광감지 장치에 피크 광출력을 보낼 경우, 또는 다양한 색상을 제어하기 위한 대형 전광판에서는 펄스구동을 하는 것이 일반적이다.

LED 소자를 직류 구동전류로 동작시킬 때 LED 집합의 온도는 직류 소비전력과 $R\theta_{J-A}$ 의 곱과는 선형적인 관계를 갖는다. 광 출력은 직류 구동 전류와 상대 광도율의 곱에 비례한다. 펄스 구동시 적합한 광출력 특성을 위해서는 100Hz이상의 구형파 전류파형으로 구동하도록 제조사로부터 강력하게 추천된다. 정현파 전류파형은 RMS 전력이 동일한 피크 전류에 대해서 구형파 전류파형보다 크기 때문에 선호되지 않는다. 만약 정현파 전류파형이 사용되면 피크전류는 최대 직류 전류값보다 작아야 한다. 정현파 전류는 구형파 전류보다 광출력이 2/3정도로 적게 발생되고 60Hz의 경우는 플리커 현상을 피할 수 없게 된다.

본 논문에서는 효율성이 우수한 스위칭 방식을 사용하였고 DC컨버터 선정에서는 효율 및 태양광을 이용한 독립형 LED전원 등 여러 방안을 고려하여 Boost형 컨버터로 입력전압을 승압하여 LED전원을 구동하는 방법을 사용하였다.

상용전원 사용시 앞단에 상용전원 입력부와 EMI필터부 및 정류부를 추가하면 된다. 태양광전원으로부터 전력을 공급 받을 경우 에너지 저장 장치인 축전지로부터 전력을 공급 받는다.

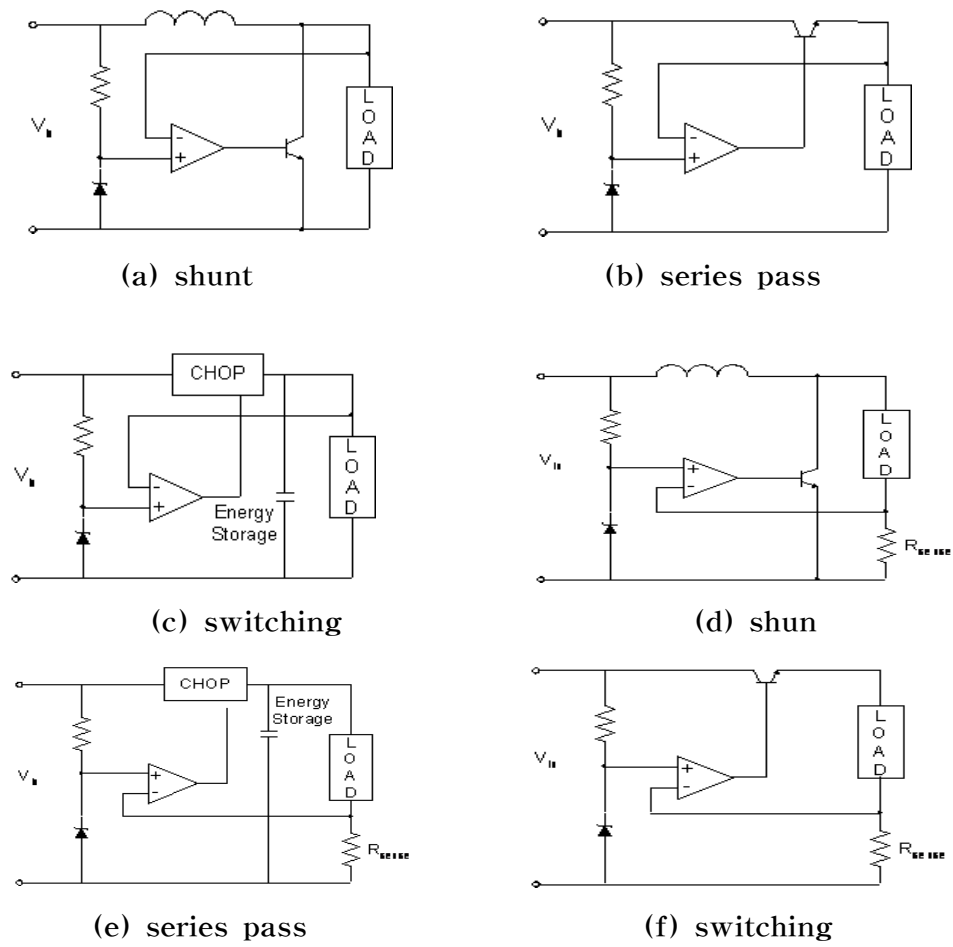


Fig. 16 Different Type of LED Drive Circuits

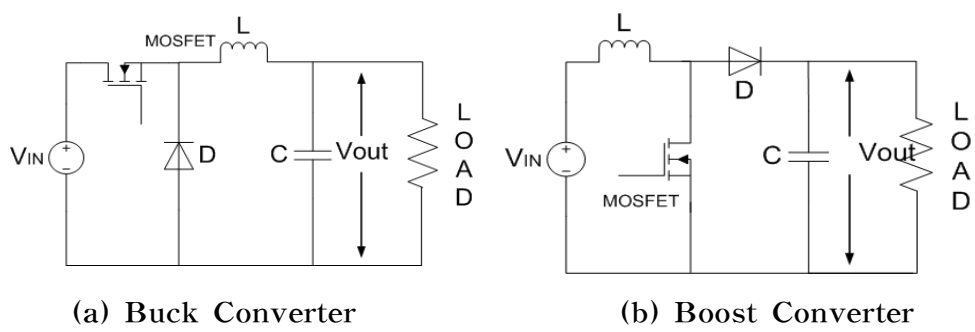


Fig. 17 Buck Converter and Boost Converter Circuits

2. Boost Converter 설계

Boost 컨버터는 스위치의 온, 오프에 의해 입력전압을 구형파 형태
의 전압으로 변환한후 필터를 통하여 제어된 직류 출력을 얻는 방식으
로서 그림 18및 19은 Boost 컨버터의 회로와 Volt.sec 평형조건을 나
타낸다.

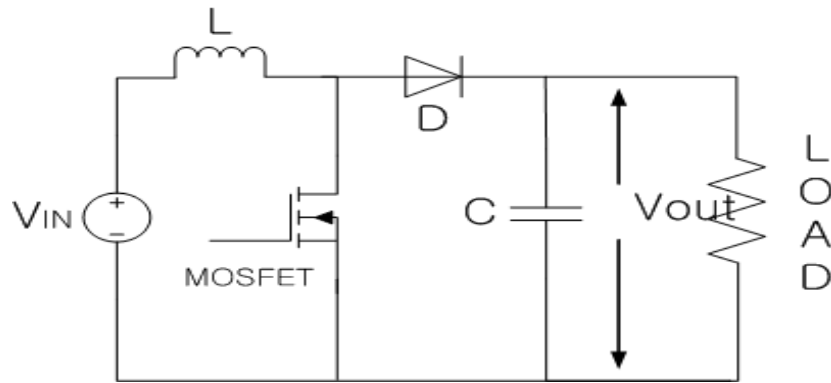


Fig. 18 Boost Converter Cirtcuit

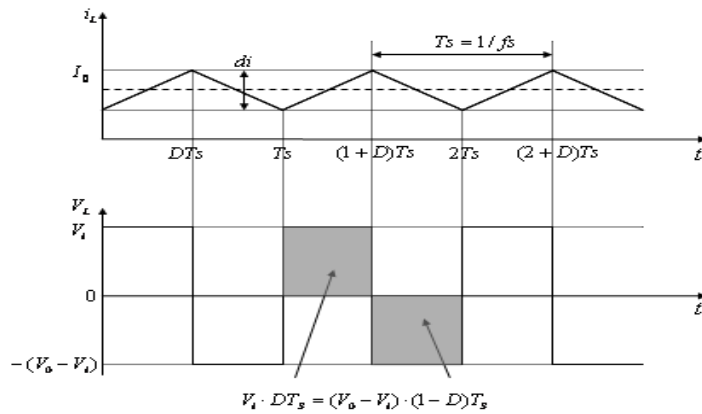


Fig. 19 Poise Reservation of Boost Converter
Volt.sec

Volt.sec 평형조건에 의하여 입력전압 및 출력 전압 비율은

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1-D} \quad (3-10)$$

D : 듀티비

V_o : 출력전압

V_i : 입력전압

이 고 코일 L의 값은 전류 연속모드 조건식

$$L \geq \frac{V_i}{2I_o} \cdot D(1-D)T \quad (3-11)$$

T: 스위칭 주기

D: 듀티비

I_o:출력 전류

에 의하여 20uh 로 선정하였고 커패시터 C 의 값은

$$\Delta v_o = \frac{1}{C} \cdot DT \cdot I_o \quad (3-12)$$

T : 스위칭 주기

D : 듀티비

I_o : 출력 전류

C : 커패시터 값

에 의하여 220uF 로 선정했다.

다이오드는 쇼트키 다이오드 ZLLS100 을 사용하였고 MOSFET 는 Si4470EY를 사용 하였다. 그림 20, 21은 본 논문 실험에서 사용한 다이오드와 MOSFET의 핀 배열도를 나타낸다.

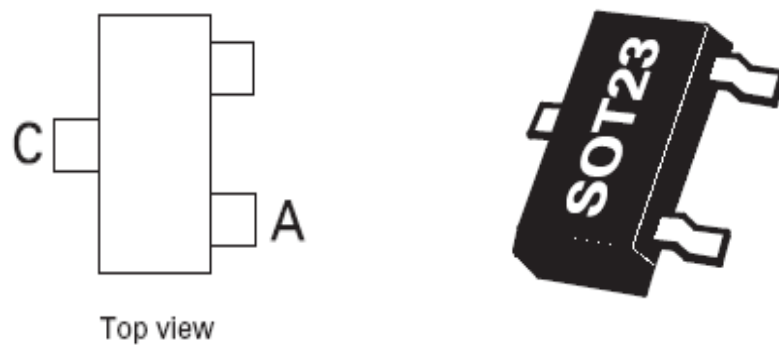


Fig. 20 Pin Connections and Ordering of
ZLLS100

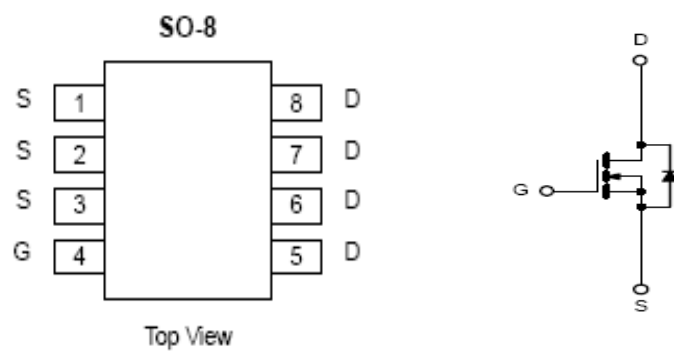


Fig. 21 Pin Connections and Ordering Numbers
of Si4470EY

IV. 실험 및 고찰

A. 정전압 방식에 의한 구동회로

그림 22는 고출력 LED를 구동하기 위한 정전압 구동방식의 블록다이어그램을 나타낸다. DC전원을 입력받아 PWM(Pulse Width Modulation) 제어장치를 이용하여 출력전압을 일정하게 유지하며, LED array의 전력변화에 따른 출력전압 변동을 피드백 회로를 통하여 검출하고 검출된 신호를 PWM 제어장치가 받아서 스위칭부의 스위칭 듀티비율을 조절하여 일정한 전압을 유지하는 방식으로 구동된다.

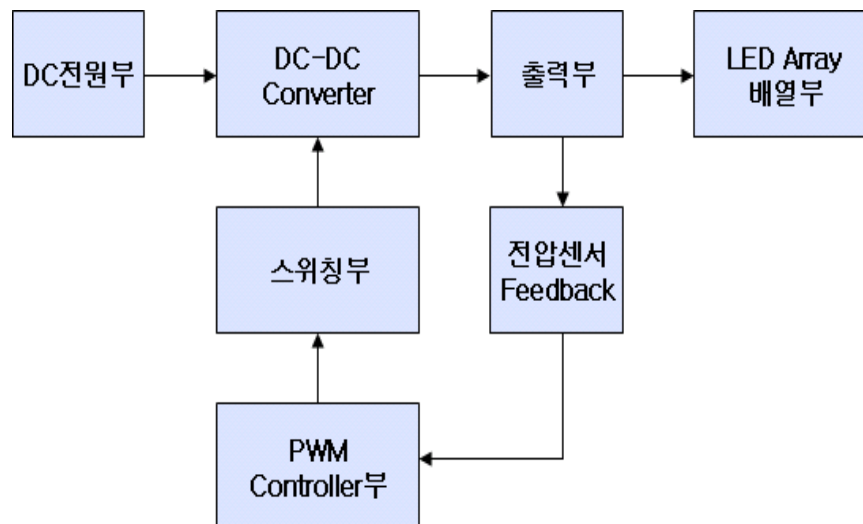


Fig. 22 Block Diagram of Constant Voltage Control

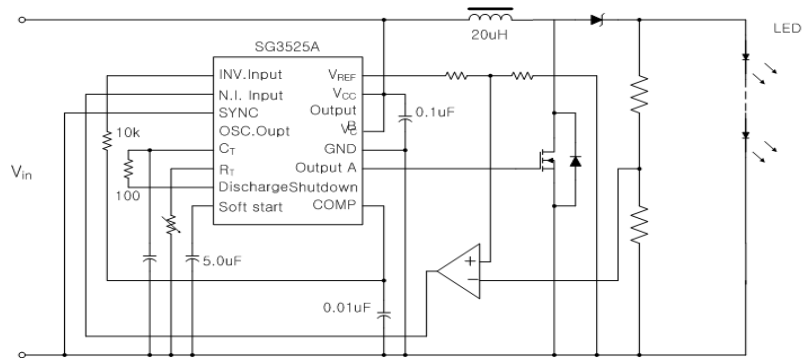


Fig. 23 Drive Circuit of Constant Voltage Control

그림 23는 정전압 구동방식에 의한 LED array의 출력특성을 관찰하기 위하여 설계 제작된 정전압 구동회로이다. DC 10V~14V 전압을 입력받으면 DC Chopper를 통하여 승압되어 LED array에 공급하게 된다. SG3525A를 사용하여 PWM을 제어하였고 그림 24은 SG3525A의 핀배열도를 나타내고 표 3은 최대 절대규격을 나타내고 있다.

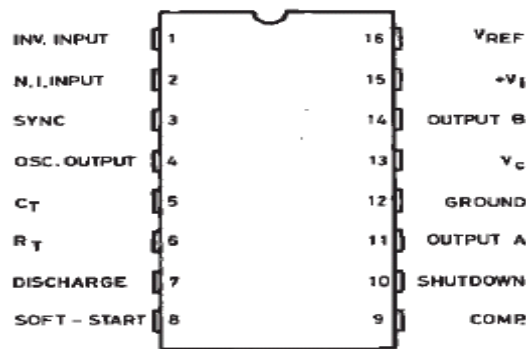


Fig. 24 Pin Connections and Ordering Numbers of SG3525A

Table 3. Absolute Maximum Ratings of SG3525A

Absolute maximum ratings			
Symbol	Parameter	Value	Unit
V_i	Supply Voltage	40	V
V_C	Collector Supply Voltage	40	V
IOSC	Oscillator Charging Current	5	mA
I_o	Output Current, Source or Sink	500	mA
IR	Reference Output Current	50	mA
IT	Current through CT Terminal	5	mA
	Logic Inputs	-0.3 to +5.5	V
	Analog Inputs	-0.3 to V_i	V
P_{tot}	Total Power Dissipation at $T_{amb}=70^{\circ}\text{C}$	1000	mW
T_j	Junction Temperature Range	-55 to 150	$^{\circ}\text{C}$
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to 150	$^{\circ}\text{C}$
T_{op}	Operating Ambient Temperature	-25 to 85	$^{\circ}\text{C}$

그림 25는 제작된 정전압 구동회로의 입력파형 즉 전원의 출력파형 으로서 채널1은 Boost 컨버터 출력전압, 채널2와 채널4는 각각 구동회로의 입력 전압, 전류를 나타낸다. 입력전류에 리플이 존재하게 되며 입력전압에도 약간의 리플이 있다.

그림 26, 27는 출력 파형으로서 채널 1은 Boost 컨버터 출력 전압 즉 LED Array에 인가되는 전압을 나타내고 채널4는 LED array에 흐르는 전류를 나타내며 채널2는 MOSFET에 인가되는 구동 펄스 파형을 나타낸다. 출력전압은 15.9V로 비교적 안정적이지만 약간의 리플이 존재하며 LED전원의 구동전류는 일정한 리플이 있음을 알 수 있다. PWM Pulse 신호도 Turn off시 약간의 리플이 있음을 알 수 있다.

일반적으로 이러한 정전압 구동방식은 고출력 LED에 일정한 전압을 공급하기 위하여 흔히 사용되고 안정적인 전압을 공급할 수 있으나, 고출력 LED의 온도특성에 따른 전압, 전류 특성변화에 대한 제어를 할 경우 부가적인 제어회로가 추가되어야 하며 고역률을 구현하기 위해서는 별도의 고역률 회로를 추가해야 한다.

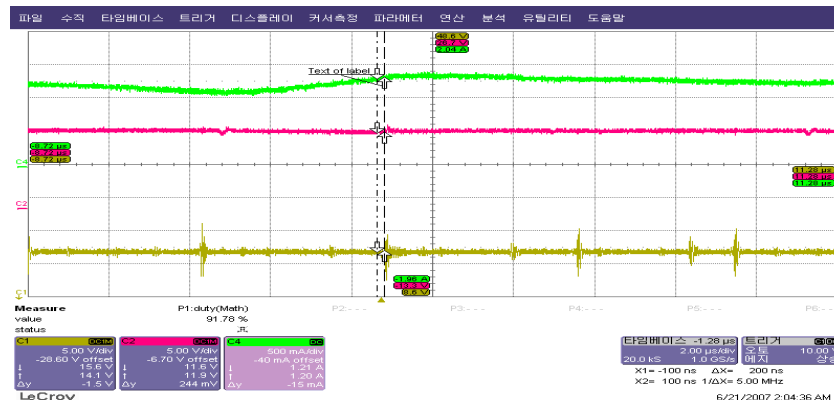


Fig. 25 LED Array Input Current, Voltage Waveform of Constant Current Control

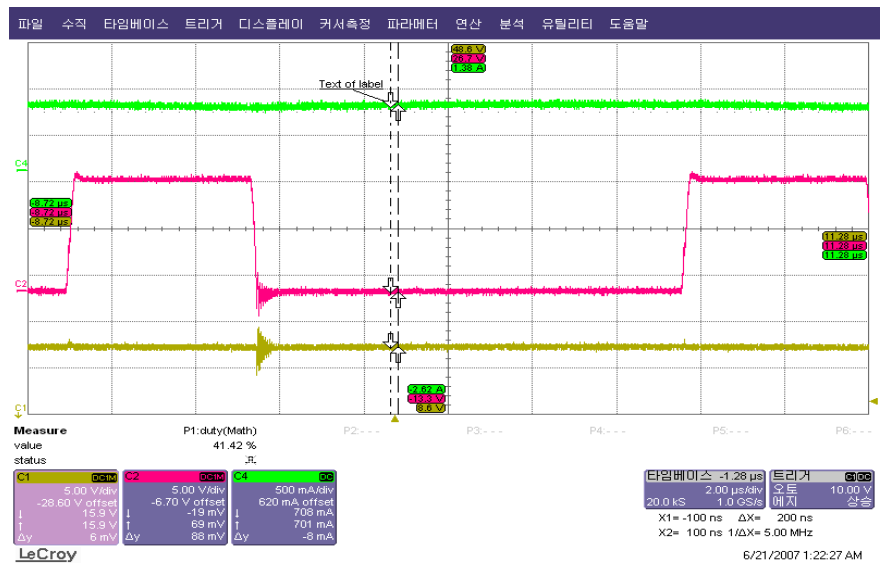


Fig. 26 Operating Voltage& PWM Pulse Waveform of
Constant Voltage Control(2us/div)

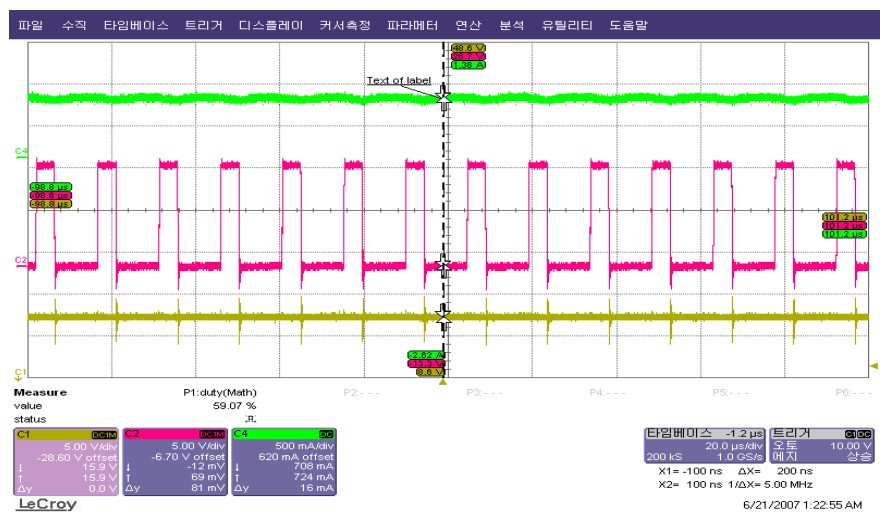


Fig. 27 Operating Voltage& PWM Pulse Waveform of
Constant Voltage Control(20us/div)

B. 정전류 방식에 의한 구동회로

그림 28는 고출력 LED를 구동하기 위한 정전류 구동방식의 블록다이어그램을 나타낸다. DC전원을 입력받아 PWM 제어장치를 이용하여 출력전류를 일정하게 유지하며, LED array의 전류변화에 따른 출력전류 변동을 피드백 회로를 통하여 검출하고 검출된 신호를 PWM 제어장치가 받아서 스위칭부의 스위칭 듀티비율을 조절하여 일정한 전류를 유지하는 방식으로 구동된다.

그림 29은 정전류 구동방식에 의한 LED array의 출력특성을 관찰하기 위하여 설계 제작된 정전류 구동회로이다. DC 10V~14V 전원을 입력받으면 DC Chopper를 통하여 21V 좌우로 승압되어 LED array에 공급되며 피드백회로를 통하여 PWM 제어부에서 검출되어 스위칭 듀티비율을 조절하여 일정전류로 LED array에 공급하게 된다.

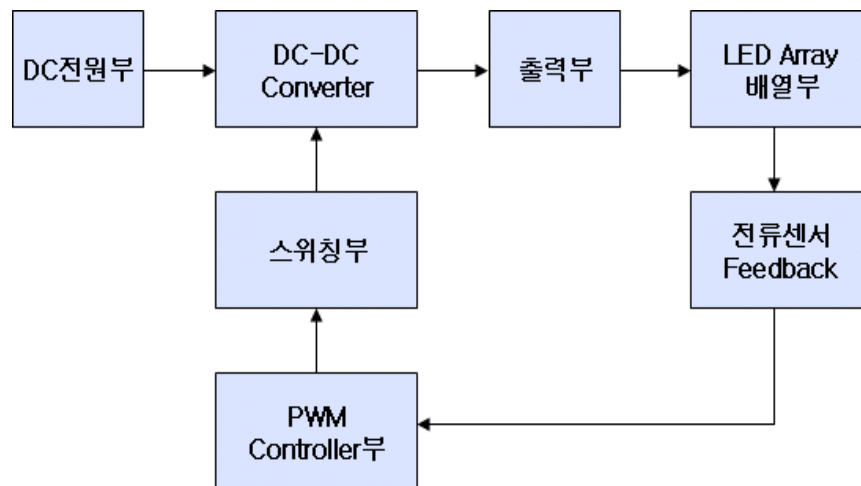


Fig. 28 Block Diagram of Constant Current Control

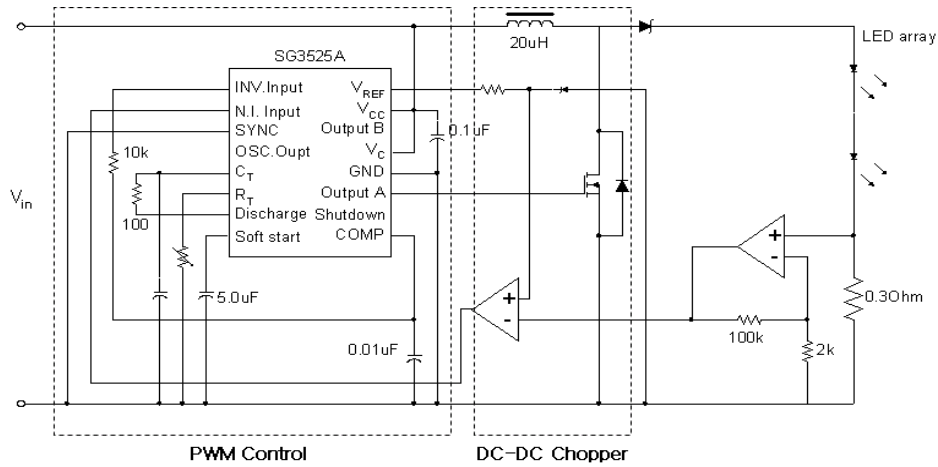


Fig. 29 Drive Circuit of Constant Current Control

그림 30는 제작된 전원의 입력파형 으로서 채널1은 Boost 컨버터 출력전압, 채널2와 채널4는 각각 구동회로의 입력 전압, 전류를 나타낸다. 입력전류의 리플이 정전압방식에 비해 다소 심해졌으며 입력전압에도 약간의 리플이 여전히 존재한다.

그림 31은 구동회로의 출력 파형으로 채널 2은 N-MOSFET의 Gate PWM Pulse 신호를 나타내고 채널 4는 LED array에 공급되는 출력전류를 나타내고 있다. 출력전류는 700mA로 비교적 안정적이지만 PWM Pulse 신호가 Turn on시 정전압 방식보다는 피크치가 큰 리플이 있음을 알 수 있고 LED전원의 정압 즉 컨버터 출력 전압은 정전압 방식보다 피크치가 더 크고 더 잦은 리플이 존재함을 알수 있다. 그림 32는 채널 4의 리플부분을 시간 Division을 2uS로 확대한 파형을 나타내고 있다.

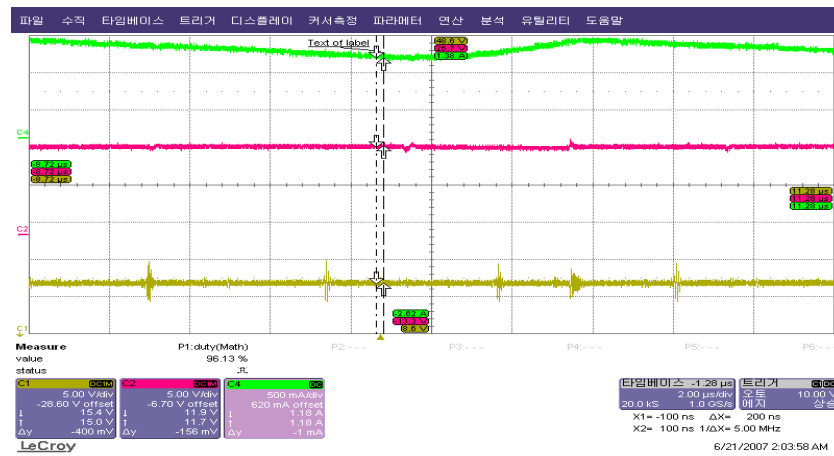


Fig. 30 LED Array Input Current, Voltage Waveform of Constant Current Control

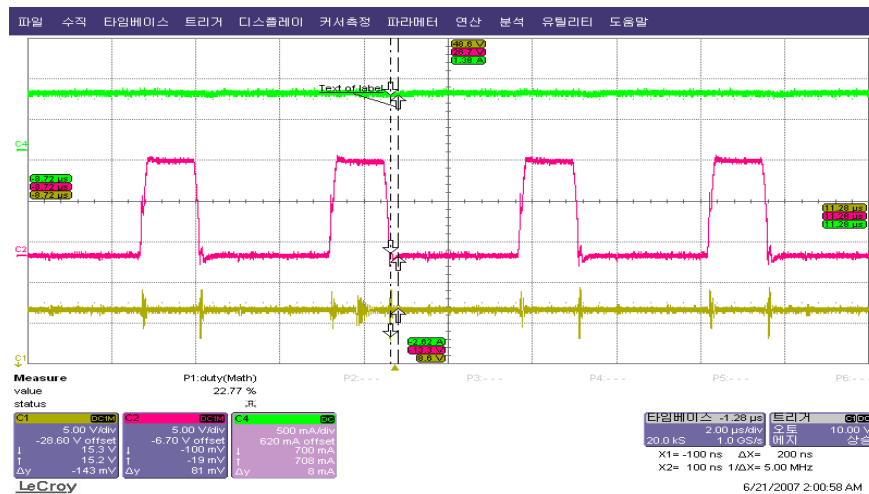


Fig. 31 Operating Current & PWM Pulse Waveform of Constant Current Control(2 μ s/div)

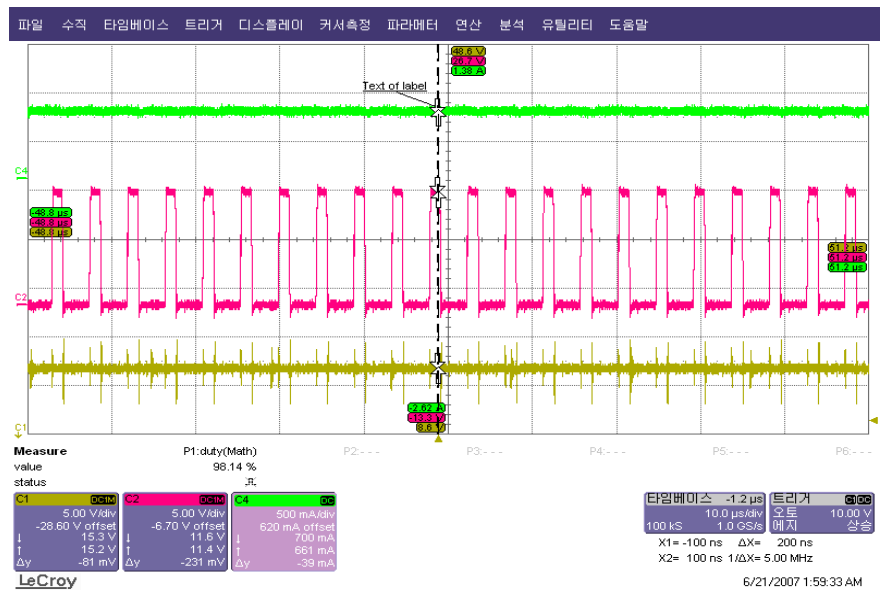


Fig. 32 Operating Current & PWM Pulse Waveform of Constant Current Control(10us/div)

C. 정전압 및 정전류 방식에 의한 구동회로

그림 33은 고출력 LED를 구동하기 위한 정전압 및 정전류 구동방식의 블록다이어그램을 나타낸다. DC전원을 입력받아 PWM 제어장치를 이용하여 출력전류를 일정하게 유지하며, LED array의 전류변화에 따른 출력전압 및 출력전류변동을 피드백 회로를 통하여 검출하고 검출된 신호를 PWM 제어장치가 받아서 스위칭부의 스위칭 듀티비율을 조절하여 일정한 전류를 유지하는 방식으로 구동된다.

그림 34는 정전압 및 정전류 구동방식에 의한 LED array의 출력특성을 관찰하기 위하여 설계 제작된 정전압 구동회로이다. DC 10V~14V 전압을 입력받으면 DC Chopper를 통하여 승압되어 LED array에 공급하게 되며 전압 및 전류 Feedback 회로를 통하여 전압 및 전류 파동을 검출하여 스위칭 듀티비율을 조절하여 일정전압 및 일정전류로 제어한다.

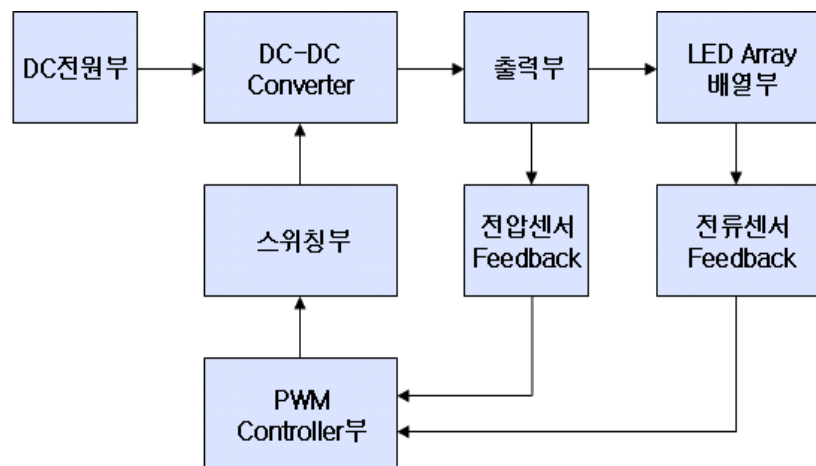


Fig. 33 Block Diagram of Constant Voltage&Current Control

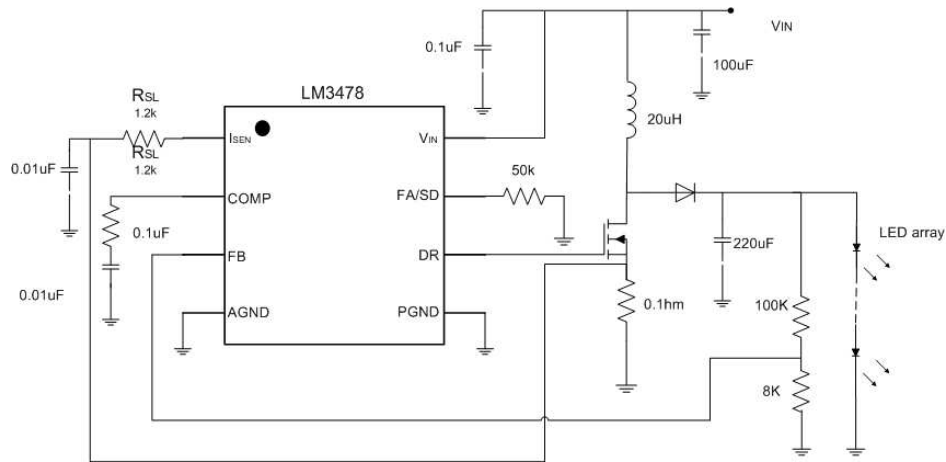


Fig.34 Drive Circuit of Constant Voltage & Current Control

그림 35는 제작된 정전류 구동회로의 입력파형 즉 전원의 출력파형 으로서 채널1은 Boost 컨버터 출력전압, 채널2와 채널4는 각각 구동회로의 입력 전압, 전류를 나타낸다. 정전압 정전류 방식에 비해 입력전류가 보다 평활해 졌으며 입력 전압도 리플이 적어 진것을 알수있다.

그림 36,37는 정전압 및 정전류 구동회로의 출력 파형으로 채널 2은 N-MOSFET의 Gate PWM Pulse 신호를 나타내고 채널 1는 LED array에 인가되는 출력전압을 나타내며 채널 4는 LED array에 공급되는 출력전류를 나타내고 있다. 출력전압은15.7V, 출력전류는 700mA로 비교적 안정적이고 PWM Pulse 신호가 Turn off시 리플전압은 정전압 구동방식과 비슷하지만 PWM Pulse 신호가 Turn on시 리플전류는 정전류 구동방식보다 현저히 저하됨을 알 수 있다.

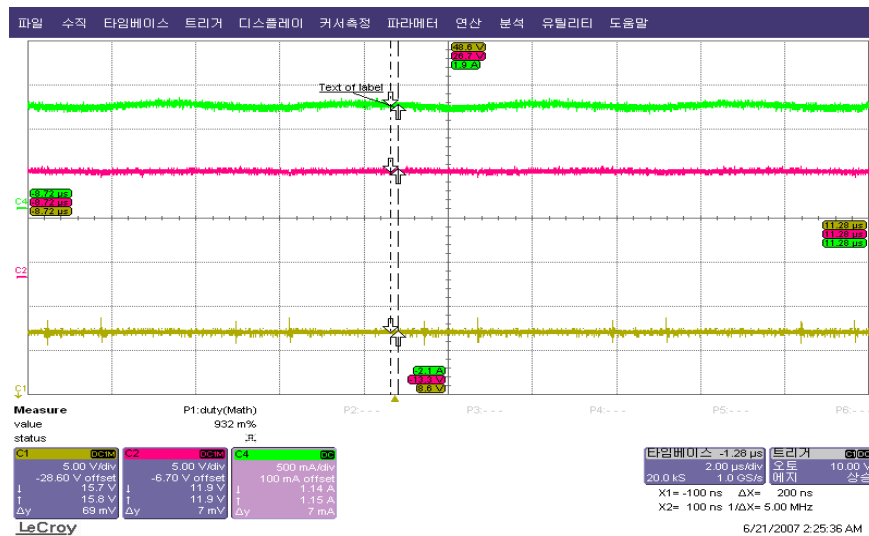


Fig. 35 LED Array Input Current, Voltage Waveform of Constant Voltage & Current Control

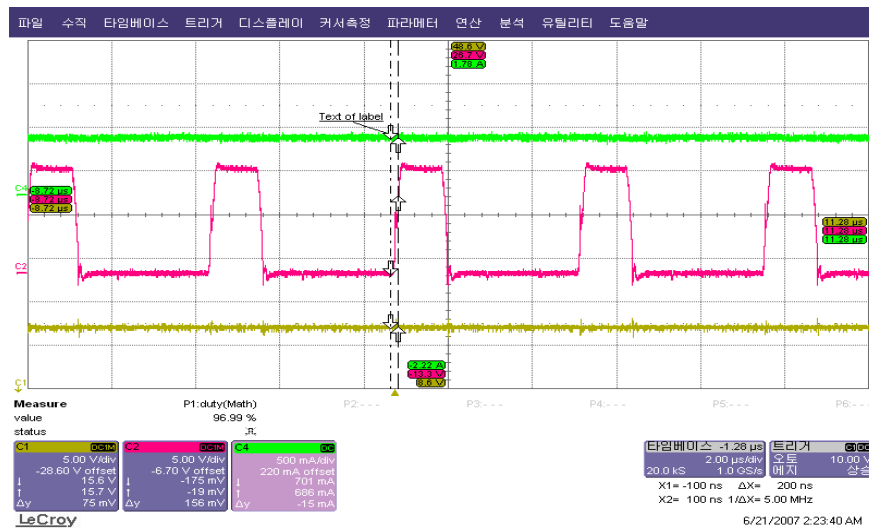


Fig. 36 LED Array Operating Current, Voltage and PWM Pulse Waveform of Constant Voltage & Current Control(2 μ s/div)

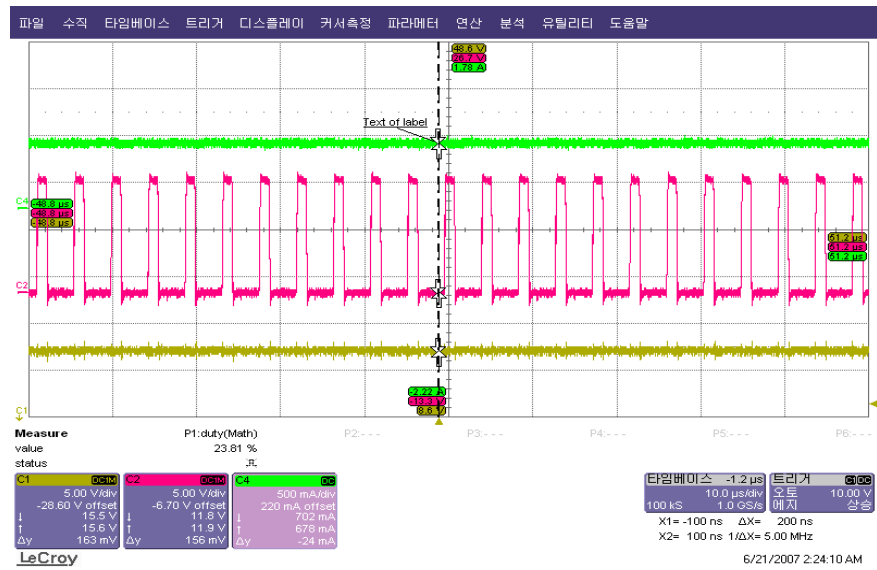


Fig. 37 LED Array Operating Current, Voltage and PWM Pulse
Waveform of Constant Voltage & Current Control(10us/div)

D. 방열 설계

고출력 LED의 경우, 기존 고휘도 LED의 Small Chip 보다 발광면적이 크고 동작전류가 높기 때문에 발열량이 매우 크다. 이러한 LED칩의 높은 열 발생은 광 출력 및 효율이 감소로 나타나게 되며 제품의 신뢰성, 안정성, 및 수명에 영향을 끼치게 된다. 따라서 이러한 고출력 LED 칩의 접합 온도의 상승을 억제하기 위해서는 최적의 방열 구조 설계가 필요하다.

본 논문에서는 열전도성이 탁월한 메탈 PCB를 사용하였다. 그림 38은 사용한 메탈 PCB 규격 및 실물 사진이다. 메탈 PCB 에 부착한 고출력 LED 10를 5 직렬하여 2병렬 하여 LED 전원을 구성하였다. 방열 효과를 높이기 위하여 열 전도성이 탁월한 알루미늄 방열판에 부착하였다. 그림 39는 알루미늄 방열판 실물 사진이다.

LED 전원의 방열 효과를 알아보기 위해 정전압&정전류 구동 방식을 이용하여 16V, 700mA 정격에서 연속 구동하였다. 온도센서를 이용하여 온도 측정이 가능하고 PC와 연결하여 측정데이터를 자동저장 가능한 테스트기(MASTECH사의 MAS-345)를 이용하여 LED전원의 온도를 측정하였고 1분 간격으로 측정 온도를 저장하였다.

표 4는 측정 온도를 나타내며 LED전원의 온도는 58℃에서 더 이상 상승하지 않았다. 본 논문에서 선정 사용한 3W 고출력 LED의 동작가능 온도 범위는 0℃~130℃ 이므로 LED전원의 안정적 출력을 충분히 보장할 수 있음을 알 수 있다.

**Table. 4 Temperature of LED Illuminous on Constant
Voltage & Current Control**

NO	Time	Value(°C)	NO	Time	Value(°C)	NO	Time	Value(°C)
1	18:06	28	21	18:26	53	41	18:46	58
2	18:07	30	22	18:27	53	42	18:47	58
3	18:08	32	23	18:28	53	43	18:48	58
4	18:09	33	24	18:29	54	44	18:49	58
5	18:10	35	25	18:30	54	45	18:50	58
6	18:11	37	26	18:31	55	46	18:51	58
7	18:12	39	27	18:32	55	47	18:52	58
8	18:13	40	28	18:33	56	48	18:53	58
9	18:14	42	29	18:34	56	49	18:54	58
10	18:15	43	30	18:35	55	50	18:55	57
11	18:16	44	31	18:36	56	51	18:56	57
12	18:17	45	32	18:37	55	52	18:57	57
13	18:18	47	33	18:38	57	53	18:58	56
14	18:19	48	34	18:39	57	54	18:59	56
15	18:20	49	35	18:40	57	55	19:00	56
16	18:21	48	36	18:41	57	56	19:01	56
17	18:22	50	37	18:42	57	57	19:02	56
18	18:23	51	38	18:43	57	58	19:03	57
19	18:24	51	39	18:44	57	59	19:04	57
20	18:25	52	40	18:45	57	60	19:05	57

V. 결 론

20세기 말 반도체 기술의 급성장으로 실용화되고 있는 LED 광원의 경우 기존의 필라멘트 광원인 백열전구에 비해 유리나 필라멘트를 사용하지 않아 충격에 매우 견고하고, 저소비 전력으로 동일한 광도를 출력하는 높은 유효 발광효율, 수십 배 이상의 장수명과 양호한 출력, 진동 및 점소등 특성 등으로 조명용 광원으로 매우 혁신적인 기술이라 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 LED의 원리 및 특성에 대하여 알아보았고 LED 전원의 구성방식 및 구동회로 설계시 고려하여야 할 파라미터에 대하여 알아보았다. 또한, 고출력 3W 백색 LED를 선정하여 5개 직렬을 통하여 array를 구성 2개의 array 병렬로 10개를 사용하여 총 30W LED전원을 구성하였고 구성한 30W LED array를 구동하기 위해 고려할 사항, 기본설계 방법과 설계과정을 통하여 DC-DC Converter부의 설계 방식에 따라 정전압 구동방식, 정전류 구동방식, 정전압 및 정전류 구동방식을 설계 제작하여 출력 특성을 고찰 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

정전압 구동회로의 출력 파형은 비교적 안정적이지만 출력전류에 리플이 존재하고 PWM Pulse 신호가 Turn off시 약간의 리플이 있으며 정전류 구동회로의 출력 파형은 비교적 안정적이지만 PWM Pulse 신호가 Turn on시 약간의 리플이 있었다. 정전압 및 정전류 구동회로의 출력전압, 출력전류는 정전압및 정전류 방식에 비하여 비교적 안정적이고 PWM Pulse 신호가 Turn off시 리플전압은 정전압 구동방식과 비슷하게 나타났지만 PWM Pulse 신호가 Turn on시 리플전류는 정전류 구동방식보다 현저히 저하됨을 알 수 있었다.

방열설계 및 온도 측정을 통하여 고출력 LED전원에 있어서 열 발산

능력이 충분한 방열조치가 필수적임을 알 수 있었다.

향후 고출력 LED의 온도특성에 따른 전압, 전류 특성변화에 대한 제어 및 고역률을 구현하기 위한 연구가 필요하다. 또한, 연속구동 뿐만 아닌 펄스구동에 관한 연구와 LED Array의 방열 및 구조 설계 프로세서를 바탕으로 다양한 LED 응용분야의 동작 특성에 부합되는 콤팩트한 구동회로의 설계 개발에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 송상빈, “방열특성과 구동방식을 고려한 다운라이트용 LED 전구의 개발”, 2006.
- [2] Alliance for Solid-State Illumination Systems and Technologies (AS-SIST). (2005) ASSIST Recommends: LED Life for General Lighting [Online] Available: <http://www.lrc.rpi.edu/programs/solidstat/assist/recommends.asp>.
- [3] James M. Gee, Jeffrey Y. Tsao, Jerry A. Simmons, "Prospects for LED Lighting," Proc. SPIE Vol. 187, 2004.
- [5] R. Peon, G. Doluweera, etc., "Solid state lighting for the developing world: the only solution," Proc. of SPIE, Vol. 5941, pp. 594101N 1-15, 2005.
- [6] Y. Zhou, N. Narendran, "Performance of PV-powered LED lighting systems for buildings," Forth International Conference on Solid State Lighting, Proc. of SPIE 5530, 2004.
- [7] 김훈, “조명광원으로서 LED”, 한국조명전기설비학회지 제17권 제5호, pp.3-10, 2003.
- [8] 한수빈, “LED 조명용 전원의 설계기술 현황”, 한국조명·전기설비학회지 제 17권 제2호 pp.39-49 2003.
- [9] B. M. Jung, "A Status of Energy Efficient LED Traffic

Signals in Korea", 5th International Conference on Energy Efficient Lighting, Nice, France 29-31 May 2002.

- [10] E. Hong, N. Narendran, "A method for projecting useful life of LED lighting systems," Third International Conference on Solid State Lighting, Proc. of SPIE 5187, pp. 93-99, 2004.

- [11] Kelvin Shih, " LED Junction Temperature Measurement and its Applications to Automotive Lamp Design," SPE international, pp.25-28, 2004.

- [12] G. J. Sheu, F. S. Hwu, S. H. TU, etc., "The heat dissipation performance of LED applied a MHP," Proc. of SPIE, Vol.5941, pp.594131N-1-8, 2005.

- [13] M. Arik, et al., Effects of Localized Heat Generations Due to the Color Conversion in Phosphor Particles and Layers of High Brightness Light Emitting Diodes, GE Global Research, Technical Information Series, 2003GRC187.

- [14] OSRAM Opto Semiconductors, Thermal consideration of LED in video display applications, Application Note, 2004.

- [15] Mehmet Arik, Charles Beeker, Stanton Weaver, and James Petroski, " Thermal management of LEDs:package to system," Proc. of SPIE, Vol.5187, 64(2004).

감사의 글

먼저 이 논문이 완성되기까지 세심한 배려와 열정으로 지도해 주시고, 석사 학위과정동안 항상 모든 면에 있어서 부족한 저에게 학문적 용기를 북돋아 주신 조금배 지도교수님께 감사의 마음을 전합니다. 또한 바쁘신 와중에도 많은 도움과 격려를 아끼지 않으신 백형래 교수님, 이상일 교수님, 정수복 교수님, 오금곤 교수님, 이우선 교수님, 최효상 교수님 전기공학과 교수님 모든 분들께 감사드립니다.

그리고 많은 조언과 격려를 해 주신 태양광발전실험실의 최연욱, 이강연, 정병호, 박정민, 박정국. 김지훈 선배님께 감사드리며, 실험실에서 동고동락을 같이 한 정남인. 민병국. 김보현 후배들에게도 고마움을 전합니다.

물성실험실의 최권우, 고필주 선배님과 전영길, 정판검 후배, 전력 계통실험실의 박형민. 조용선, 남승현, 이나영 선배님께도 고마움을 전합니다.

학위과정에 있어서 항상 힘이 되어주고 도움을 준 정길록, 김광우, 김려화, 이미홍. 이홍선 등 고향친구들에게 고마운 마음을 전합니다.

오늘이 있게 해주신 아버님 그리고 저 하늘에 계시는 어머님께 고개숙여 감사드리고 언제나 따뜻하게 마음으로 지켜봐주고 지지해준 사랑하는 제향과 항상 묵묵히 지지해준 동생 문수에게도 감사의 마음을 전하고자 합니다.

다시 한번 감사의 마음을 전하면서 최고보다는 최선을 다하는 하루하루가 되도록 열심히 노력 하겠습니다.

2007년 봄

변 문 결 올림

