

주거용 15W COB LED 다운라이트 방열판 최적설계에 따른 열적 특성 분석 및 평가

권재현¹ · 박건준¹ · 김태형² · 김용갑^{1*}

Thermal Characteristics of the Optimal Design on 15W COB LED Down Light Heat Sink

Jae-hyun Kwon¹ · Keon-jun Park¹ · Tae-hyung Kim² · Yong-kab Kim^{1*}

¹Department of Information and communication Engineering, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

²Department of IT Application Systems Engineering, Chonbuk University, Jeonju 561-756, Korea

요 약

열에 관한 문제를 해결하기 위해 여러 개의 LED 칩을 1개의 보드에 밀집으로 배열한 COB(Chip On Board)에 관한 관심이 증가하고 있다. LED소자의 온도가 올라갈수록 수명이 감소하고 스펙트럼선의 파장이 본래의 파장보다 장파장 쪽으로 이동하는 적색 이동 현상 및 접합부 온도 상승에 따라 광 출력이 감소되는 큰 문제점이 대두되고 있다. 이러한 열 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 최적의 Fin 두께와 길이를 선정하여 15W급 COB LED 최적의 2차 방열판을 설계하고, 그 설계한 방열판과 15W COB를 패키징하여 Solid Works Flow Simulation을 통한 열적 특성을 분석하여 제작된 15W COB 다운라이트 방열판을 접촉식 온도계를 사용해 열적 특성, 키슬리 2430을 통한 전기적 특성을 분석하였다.

ABSTRACT

There are increasing interests in COB (Chip On Board) that densely arranged many LED chips on one board in order to solve the heat issue. There are many problems being on the rise: the lifespan decreases as the temperature of LED devices increases; Red Shift phenomenon, in which wave length of spectral line moves from original wave length to long wave length, occurs; and optical power decreases as T_j increases. In order to resolve such problems, this study selected the optimum thickness and length of Fin, planned the second Heat sink that is optimum for COB LED with 15W, and analyzed thermal mode by Solid Works Flow Simulation through 15W COB packaging with the planned Heat sink. 15W COB down-light Heat sink that is produced based on this analysis was utilized to analyze thermal mode through contact thermometer and electrical properties through Kelthley 2430.

키워드 : 방열판, 열 시뮬레이션, 발광소자, 온도 측정, 최적 설계

Key word : Heat sink, Heat simulation, LED, Temperature measurement, Optimum design

접수일자 : 2013. 11. 01 심사완료일자 : 2013. 12. 10 게재확정일자 : 2013. 12. 24

* **Corresponding Author** Yonk-Kab Kim(ykim@wonkwang.ac.kr, Tel:+82-63-850-6695)

Department of Electrical Electronic and Information Engineering, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkice.2014.18.2.401>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

신 성장 동력으로 분류된 LED 조명 제품은 기존 광원보다 조도가 높고 수명이 길어 에너지 효율의 상승효과가 높기 때문에 세계 정책에 따른 환경 및 에너지 문제를 해결하기 위한 중요한 요소라 할 수 있다[1,2]. LED광원은 반도체 제품이므로 기존 조명광원들과 달리 유해물질을 전혀 사용하지 않아도 되고 일단 설치하면 상당히 긴 시간동안 사용될 수 있고, 일반 조명으로 활용할 때 높은 광 효율을 나타내는 장점을 지니고 있다. 다만 광원인 LED가 반도체 제품이므로 제품의 수명과 성능이 온도의 영향을 심각하게 받는다[3,4].

고출력 LED의 경우 인가된 에너지에 대해 통상적으로 20% 정도의 광 출력과 80% 정도의 열로 전환되며, 그 열에 의한 문제로 인해 고출력 LED의 수명 저하 및 광 출력에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 [5]. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 방열량과 사용 환경 및 최대 허용온도 등에 대한 목표가 결정되어야 하고, 설치 환경과 방법에 따른 열전달 계수의 예측과 냉각 장치 구조 설계 등이 이루어져야 한다[6]. 또한 LED 접합 온도 상승에 따른 열적 문제를 해결하기 위해 SMD (surface mount device)패키징 기술이 개발되었다. 하지만 고출력 조명등의 사용으로 인해 다량의 칩을 어레이 하는 구조를 사용하여 글레이 현상과 쉘도우 현상의 문제점이 발생되어 빛의 품질이 저하되고 있으며 SMD패키지의 복잡한 공정의 해결과 열전달 경로의 최소화가 필요하게 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 COB (chip on board) 패키징 기술이 개발되었고, 현재 고출력 고집적 LED모듈은 COB형태의 패키지가 주종을 이루고 있으며 열전달 면에서 경로를 최소화하는 발열구조로 연결되어 있어 열 특성을 20% 이상 개선이 가능하며 응용 분야에 따라 다양한 타입의 패키지들이 적용되고 있다[7]. 하지만 다량의 고출력 칩을 적은 면적에 집적화 하기 때문에 열의 응집현상이 나타나고 있다. 이러한 열 응집현상 해소 및 열 확산을 위해 SMD 타입 패키지에 방열판을 적용한 연구는 활발히 진행중이나, COB 타입의 패키지가 적용된 방열판에 관한 연구는 미비한 실정이다. 현재 방열판의 재료로 쓰이는 알루미늄 베이스 기판은 알루미늄의 특성으로 높은 열전도성과 경량성 등을 살린 고밀도 실장기판이며 파워 COB LED용 기판에 가장 적합하다고 본다[8].

따라서 본 논문에서는 주거용 15W급 COB LED 광원에 적합한 방열판을 효과적으로 설계하고자 한다. 먼저 15W COB LED를 선정 및 평가하고 최적의 Fin두께와 길이를 분석하여 알루미늄 기반의 방열판을 설계하고자 한다. 설계 시 면적에 맞게 10개의 Fin을 선정하였으며, 열 유동 시뮬레이션을 통해 분석하고 제작된 방열판에 접촉식 온도계(HH309A Omega社)와 키슬리 2430을 통한 열적, 전기적 특성을 분석하여 최적화된 방열판을 설계하고자 하였다.

II. COB 선정 및 방열판의 성능 평가

2.1. COB 선정 및 분석

주거용에 적합한 15W COB LED를 그림 1(a)에 나타내었다. 본 COB 패키지는 Light Spot사의 42~51V 320mA를 사용하는 15W급 COB LED 패키지로써 107개의 칩이 직 병렬로 배열되어 있는 구조이다. 본 COB는 MCOB(Multi-Chips on Board) 구조이며 크기 가로 37.5mm, 세로 37.5mm, 두께 1.6mm에 다량의 칩이 집적화되어 있어 열을 해소 할 수 있는 방열판이 필요하다. 열 해석 시뮬레이션에 앞서 그림 1(b)와 같이 본래의 제품과 동일한 3D형상을 설계하였다.

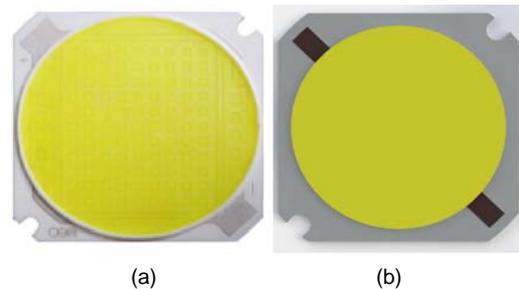


그림 1. 15W COB 제품(a)과 3D 형상 설계(b)
Fig. 1 15W COB Product(a) and 3D shape design(b)

2.2. Fin 두께에 따른 방열판 해석

주거용 15W급의 방열판을 설계하기위해서 그림 2와 같이 Chip크기에 맞추어 지름 80Ø 알루미늄 기반 방열판을 설계하였다.

설계 시 fin 개수는 기판 크기에 비례하여 10개로 선정하였으며 최적의 fin 두께를 실험하기 위해 fin 길이

는 15mm로 선정하였다. 시뮬레이션을 위해 Solid works 프로그램으로 설계하였고, 열 유동 시뮬레이션을 통해 대류현상과 온도를 세밀하게 측정하기 위해 표 1과 같이 설정 하였다.

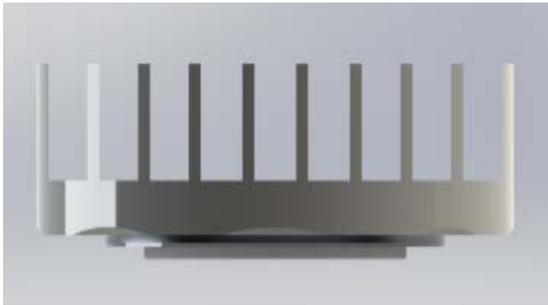


그림 2. 15W COB LED 방열판 패키지
Fig. 2 15W COB LED Heat sink Package

표 1. Fin 두께 시뮬레이션 설계사항

Table. 1 Fin thickness Simulation design specifications

파라미터	값
Fin 두께	2.5mm, 2mm, 1.5mm, 1mm
가상공간 영역	1mm ³
내부 기압	1atm (101225 pa)
내부 온도	25℃
Mesh	약 400,000

그림 3은 열 유동 시뮬레이션인 Flow Simulation을 사용하여 15W COB LED를 방열판에 패키징하여 구동하였을 때 COB에 끼치는 온도변화를 보여주고 있다. 각 시뮬레이션은 약 150번 구동되었고, Fin 두께 1mm인 그림 3(a)의 경우 fin과 fin사이의 공간이 넓어짐으로 인해 74℃의 방열 성능을 보여주고 있다. Fin 두께 1.5mm인 그림 3(b)인 경우 Fin 두께 1mm 그림 3(a) 보다 0.4℃ 가량 떨어졌으며, Fin 두께 2mm인 그림 3(c)의 경우 Fin 두께 2.5mm 그림 3(d) 보다 조금 더 낮은 온도를 나타내고 있다. 실험을 통해 Fin 두께가 커질수록 Fin과 Fin사이의 공간이 작아지고, 두께가 얇아질수록 Fin과 Fin사이의 공간이 넓어져 15W급 COB LED 방열판의 최적의 Fin 두께는 지름 80Ø인 경우 2mm 그림 3(c)가 적합하다고 사료된다. 하지만 COB LED의 경우 70℃이상의 고온에서는 수명과 출력이 감소되는 단점이 있기 때문에, Fin 길이에 관한 실험이 필요하다.

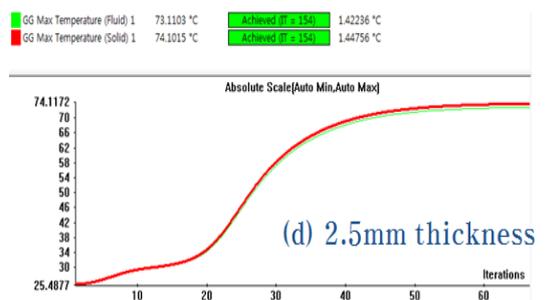
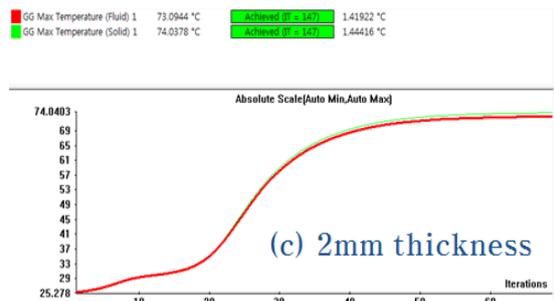
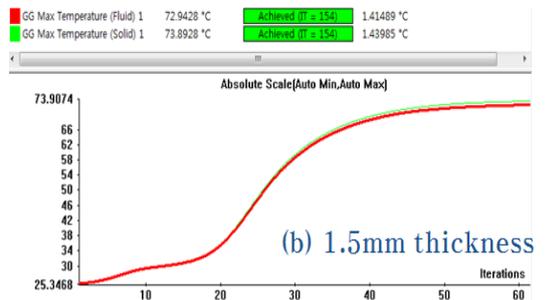
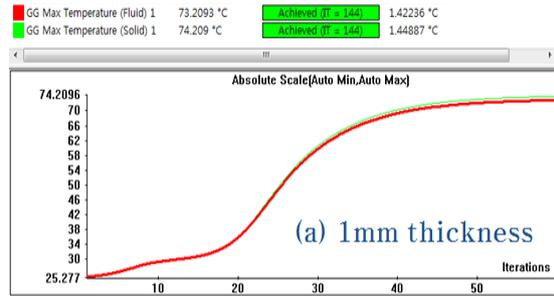


그림 3. Fin 두께에 의한 열 유동변화 (a) 1mm fin 두께, (b) 1.5mm fin 두께, (c) 2mm fin 두께, (d) 2.5mm fin 두께
Fig. 3 Heat flow by fin thickness changes (a) 1mm fin thickness, (b) 1.5mm fin thickness, (c) 2mm fin thickness, (d) 2.5mm fin thickness

2.3. Fin 길이에 따른 방열판 해석

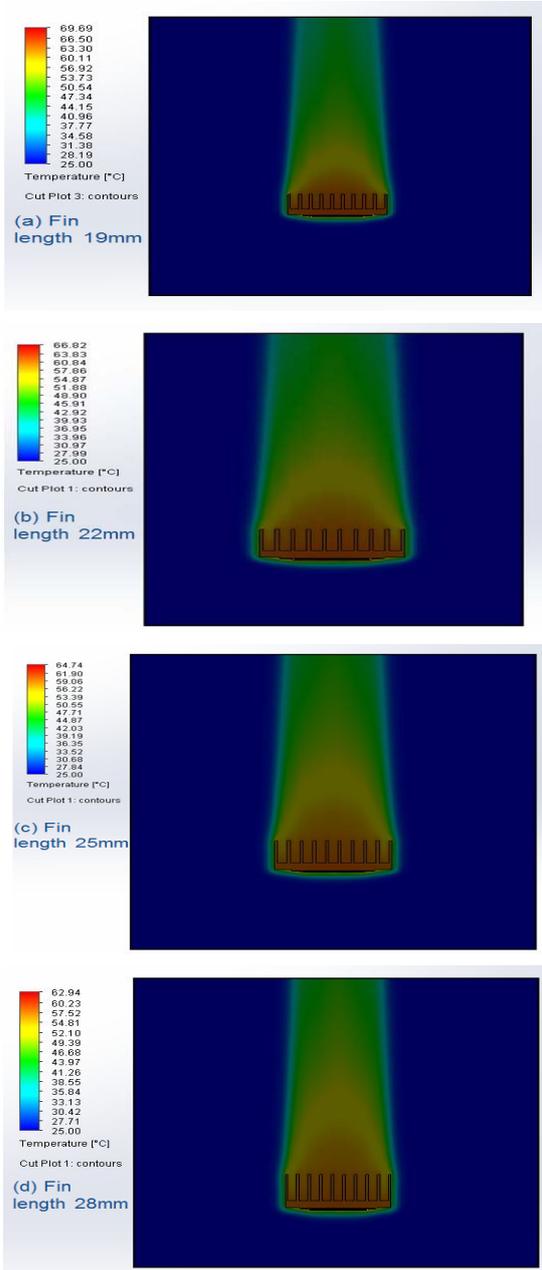


그림 4. Fin 길이에 따른 온도흐름 분포도 (a) fin 길이 19mm, (b) fin 길이 22mm, (c) fin 길이 25mm, (d) fin 길이 28mm
Fig. 4 Temperature distribution of the flow by fin length (a) 19mm fin length, (b) 22mm fin thickness, (c) 25mm fin length, (d) 28mm fin length

15W급 COB LED 방열판의 최적의 Fin 길이를 알아보기 위해 앞서 실험되었던 최적의 Fin 두께 2mm로 선정하였고, 방열판의 base의 크기는 7mm, 최대 fin 길이 28mm의 방열판일 경우 주거용으로 적합하다고 사료된다. Fin 두께의 실험과 마찬가지로 열 유동 시뮬레이션을 통해 대류현상과 온도를 측정하기 위해 표 2와 같이 설정 하였다.

표 2. 핀 길이 시뮬레이션 설계사양

Table. 2 Fin length simulation design specifications

파라미터	값
Fin 길이	19mm, 22mm, 25mm, 28mm
가상공간 영역	1mm ³
내부 기압	1atm (101225 pa)
내부온도	25℃
Mesh	약 400,000

그림 4는 flow simulation을 통해 열이 방열판을 거쳐 확산되어지는 모습을 나타내고 있다. Fin 길이 19mm인 그림 4(a)에서는 COB와 방열판 접합점 온도는 69.69℃, Fin 길이 22mm인 그림 4(b)에서는 66.82℃, Fin 길이 25mm인 그림 4(c)에서는 64.74℃, Fin 길이 28mm인 그림 4(d)에서는 62.94℃로 실험결과 Fin 두께 2mm에서 길이에 비례해 온도가 점차 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 주거용에 적합한 28mm 그림 4(d)에서 열확산 및 열 흐름이 방열판을 통해 잘 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

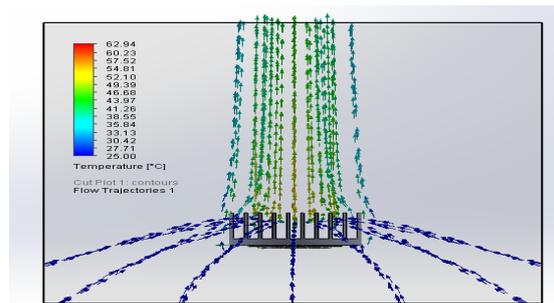


그림 5. 설계된 방열판의 대류흐름 시뮬레이션
Fig. 5 Temperature The convection flow simulation of designed heat sink

그림 5는 설계된 방열판의 자연 대류 열 유동 특성을 보여주는 시뮬레이션 사진이다. 방열판 중앙 상부에서

수직방향으로 가장 빠른 유속을 보이며 이를 중심으로 핀 방향에 따라 수평 방향 성분을 갖는 공기의 유동을 확인 할 수 있다.

III. 설계된 방열판의 실험

Simulation을 통해서 15W급 COB LED 다운라이트 용 방열판은 지름 80Ø 알루미늄 기반 Fin 개수 10, Fin 두께 2mm, Fin 길이 28mm에서 최적의 성능을 나타냄을 알 수 있다. 그림 6은 Simulation 성능분석을 통한 방열판을 입증하기 위해서 설계된 알루미늄 재질의 방열판을 보여주고 있으며, 실험을 위해 COB LED와 패키징 하였고, 접촉식 온도계(HH309A Omega社)를 사용해 열적 특성, 키슬리 2430을 통한 전기적 특성을 분석하였다.



그림 6. 알루미늄 (6061) - 방열판
Fig. 6 Al (6061) - Heat Sink

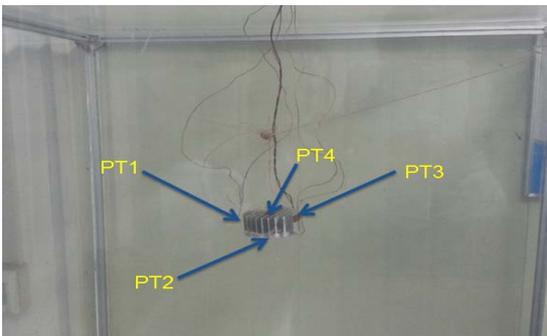


그림 7. 접촉식 온도계를 이용한 방열판 열 측정 point
Fig. 7 Heat measurement point for heat sink using thermocouple

열 특성 평가 실험을 하기 위해서 그림 7과 같이 1m³ 크기의 박스를 제작하고 내부온도를 25℃를 유지하였으며, Omega사의 접촉식 온도계 (ThermoCouple)를 사용하여 COB와 방열판 Point 2(PT 2), 방열판의 중앙부분 Point 4(PT 4), 방열판의 양쪽 각각 Point 1(PT 1), Point 3(PT 3) 에 부착하여 온도를 측정하였으며, 그림 8과 같이 Kelthley 2430을 통해 15W급 0.32A, 47V로 실험하였으며, 접촉식 온도계 프로그램인 Se309를 사용하여 1시간 동안 10초에 1 count씩 COB LED 방열판 패키지에서 발생하는 열을 data로 저장하였다.

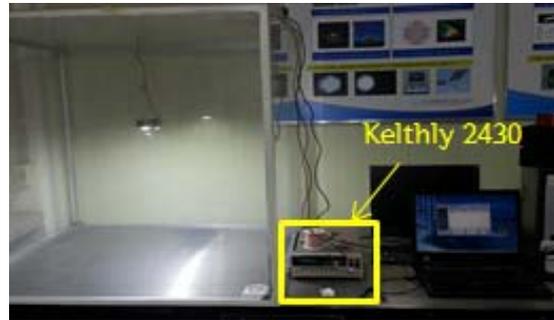


그림 8. 키슬리 장비와 Se309 프로그램을 사용한 열 측정
Fig. 8 Kelthley2430 and thermal measurements using Se309 program

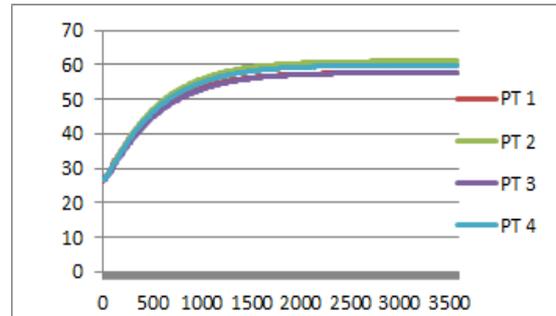


그림 9. 15W COB LED 방열판 열 측정 결과
Fig. 9 15W COB LED Heat Sink heat measurement results

접촉식 온도계로 실험 측정 결과를 그림 9에 나타내었다. COB와 방열판 접합면(PT 2) 의 온도는 평균 6.1℃, 방열판 중앙(PT 4)의 온도는 59.8℃로 열을 효과적으로 배출시켰기 때문에 접합면 온도와 1.2℃ 가량 차이가 나는 것을 볼 수 있었다. 방열판 양 끝단 (PT 1과

PT 3)의 온도는 평균 57℃로 방열판 Fin 끝까지 열 흐름이 잘 되고 있음을 알 수 있으며, 방열판의 집중된 열이 중심부에서 외곽으로 전도됨을 알 수 있다. 또한 실제 측정 결과 값 최고온도 61℃는 시뮬레이션 측정 결과 값과 약 1℃가량 차이를 보여 설계가 잘되었음을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 15W급 COB LED 다운라이트 최적의 방열판을 설계하기 위해서 Solidworks Simulation을 사용하여 15W COB LED와 방열판을 설계 및 Flow simulation을 통해서 열적 특성을 평가하였다. 설계된 15W COB LED 와 방열판 패키징을 접촉식 온도계와 키슬리 2430장비로 실험 및 온도 평가를 하였다.

Fin 두께에 관한 시뮬레이션 결과 Fin 두께 2mm에서 열 확산이 잘 되는 것을 온도 변화를 통해 확인하였으며, Fin과 Fin사이로 대류흐름이 원활한 것을 확인 하였다. Fin 길이에 관한 시뮬레이션 실험에서는 주거용 15W COB LED 다운라이트에 적합한 Fin 길이 28mm에서 열 응집현상이 많이 해소됨을 확인 하였으며, 방열판을 통해 열 확산 또한 잘 이루어지고 있음을 확인 하였다.

실제 실험으로 접촉식 온도계와 Kelthley 2430을 통해 실험한 결과 접촉면 온도 평균 61℃, 방열판 양 끝단 온도 평균 57℃로 열 확산이 잘 이루어짐을 확인할 수 있었으며, 시뮬레이션 최고온도 결과 값과 약 1℃로 해석결과와의 타당성을 입증하였다. 따라서 본 논문의 방열판은 15W급 COB LED 다운라이트에 적합하다고 사료 된다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2013R1A1A2011835)

REFERENCES

- [1] S. H. Hwang, "Study on Thermal Design of LED Lights," Master's Thesis, kongju university, 2010.
- [2] W. Y. Chung, Y. S. Seo, J. J. Kim and T. H. Kwon, "LED Visible light communication and their application," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 14, no. 6, pp. 1375-1381, May. 2010.
- [3] R. V. Steele, "High-brightness LED market overview," *Proceeding of SPIE*, vol. 4445, pp. 1, Dec. 2001.
- [4] T. S. Jung and H. K. Kang, "Investigation of Natural Convective Heat Flow Characteristics of Heat Sink," *Korean Society of Mechanical Engineers*, vol. 37, no. 1, pp. 27-33, Jan. 2013.
- [5] S. Nakamura, T. Mukai, and M. Senoh, "Candela class high-brightness InGaN/AlGaIn double heterostructure blue light emitting diodes," *Applied Physics Letter*, vol. 64, no. 13, pp. 1687-1689, Mar. 1994.
- [6] Y. L. Lee and S. H. Hwang, "Study on Thermal Design of a 3W MR16 Light with single High-Power LED," *Journal of the KAICS*, vol. 11, no. 4, pp. 1203-1209, May. 2010.
- [7] S. H. Yu, K. S. Lee and S. J. Yook, "Natural Convection around Radial HeatSink," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 53, no. 13-14, pp. 2935-2938, Jun. 2009.
- [8] Yonemura Naomi, "TechnoTimes of Japan," *Monthly display*, Feb. 2007.



권재현(Jae-Hyun Kwon)

2012년 원광대학교 정보통신공학과 (공학사)
2012년 ~ 현재 원광대학교 대학원 정보통신공학과 (공학석사과정)
※관심분야 : COB LED 방열 설계, 가시광통신,



박건준(Keon-Jun Park)

2005년 원광대학교 제어계측공학과 (공학석사)
2010년 수원대학교 전기공학과 (공학박사)
2010년 ~ 2012년 원광대학교 공과대학 POST-BK21 Post-Doc
2012년 ~ 현재 원광대학교 리서치펠로우 연구교수
※관심분야 : 컴퓨터 및 인공지능, 유전자 알고리즘 및 최적화이론, 지능시스템 및 제어



김태형(Tae-Hyung Kim)

1991년 원광대학교 전자공학과 (공학석사)
2002년 원광대학교 전자공학과 (공학박사)
1995년 ~ 현재 전북대학교 IT 응용시스템공학과 교수
※관심분야 : 디지털 이미지 프로세싱



김용갑(Yong-Kab Kim)

1993년 앨라배마 주립대 (공학석사)
2000년 노스캐롤라이나 주립대 전기컴퓨터공학과 (공학박사)
2003년 ~ 현재 원광대학교 정보통신공학과 정교수
2012년 ~ 현재 LED 인력양성사업단장(전북)
2012년 ~ 현재 원광대학교 IT비창업보육센터장
※관심분야 : 가시광통신 시스템, 전력선 통신