



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](#)

공학석사 학위논문

알루미늄의 성분변화에 따른
열특성 분석과 25W LED Engine
열설계 최적화



2015 년 2 월

부경대학교 과학기술융합전문대학원

LED융합공학전공

여 정 규

공학석사 학위논문

알루미늄의 성분변화에 따른
열특성 분석과 25W LED Engine
열설계 최적화



이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2015 년 2 월

부경대학교 과학기술융합전문대학원

LED융합공학전공

여 정 규

여정규의 공학석사 학위논문을 인준함



主 審 김 종 수 (印)

委 員 최 희 락 (印)

委 員 유 영 문 (印)

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 선행 연구	3
제 2 장 관련 이론	9
2.1 합금원소의 영향	9
2.2 열전달	10
2.3 방열설계	18
제 3 장 실험방법 및 시뮬레이션	21
3.1 개발합금의 성분	21
3.2 개발합금의 열전도도 측정방법	23
3.2.1 열확산도 측정방법	23
3.2.2 비열 측정방법	24
3.2.3 밀도 측정방법	26
3.3 개발합금의 열저항 및 접합온도 측정방법	37
3.4 개발합금의 광속유지율 측정방법	28
3.5 히트싱크 최적화 방법	30
3.6 열 해석 시뮬레이션 방법	30
제 4 장 결과 및 고찰	31
4.1 개발합금의 열전도도 측정결과	31

4.1.1 밀도 측정결과	31
4.1.2 비열 측정결과	32
4.1.3 열확산도 측정결과	32
4.1.4 합금의 열전도도	33
4.2 개발합금의 열저항 및 접합온도 측정결과	35
4.2.1. 개발합금의 열저항	35
4.2.2. 개발합금의 LED 접합온도	41
4.3 개발합금의 광속유지율 측정결과	46
4.4 열 해석 시뮬레이션 결과	47
4.4.1. 히트싱크 최적화	47
4.4.2. 25W LED Engine 열 해석 결과	52
 제 5 장 결 론	 56
참고문헌	58
Abstract	61

표 차 례

표 1.1 다이캐스팅용 합금의 종류 및 화학조성	4
표 2.1 일반적인 대류 열 전달계수	13
표 2.2 일반적인 재질의 방사율	14
표 2.3 방열기술 비교	20
표 3.1 개발합금의 성분	21
표 3.2 재질별 물성치	30
표 4.1 개발합금의 질량	31
표 4.2 개발합금의 밀도	32
표 4.3 개발합금의 비열	32
표 4.4 개발합금의 열확산도	33
표 4.5 개발합금의 측정된 물성	33
표 4.6 Alloy-1의 열저항 측정값	36
표 4.7 Alloy-2의 열저항 측정값	37
표 4.8 Alloy-3의 열저항 측정값	38
표 4.9 Alloy-4의 열저항 측정값	39
표 4.10 합금의 열저항 측정값	40
표 4.11 Alloys-1의 LED 접합온도	41
표 4.12 Alloys-2의 LED 접합온도	41
표 4.13 Alloys-3의 LED 접합온도	43
표 4.14 Alloy-4의 LED 접합온도	44
표 4.15 합금의 LED 접합온도	45
표 4.16 합금의 광속	46
표 4.17 Heatsink Designer 설정값	47

표 4.18 베이스 두께별 히트싱크 온도	51
표 4.19 25W LED 엔진의 물성치	53



그 립 차 례

그림 2.1 LED의 열전달 메커니즘	11
그림 3.1 개발 알루미늄 합금	22
그림 3.2 열확산도 측정장비	23
그림 3.3 열확산도 측정장비 상세도	24
그림 3.4 비열 측정장비	25
그림 3.5 비열 측정장비 상세도	25
그림 3.6 밀도 측정장비	26
그림 3.7 열저항 측정 시스템 (T3ster)	27
그림 3.8 열저항 측정시료	28
그림 3.9 광속유지율 측정시료	28
그림 3.10 설계파일 도식	29
그림 4.1 열전도도 측정 그래프	34
그림 4.2 열저항 측정 그래프	35
그림 4.3 Alloy-1의 열저항 그래프	36
그림 4.4 Alloys-2의 열저항 그래프	37
그림 4.5 Alloy-3의 열저항 그래프	38
그림 4.6 Alloys-4의 열저항 그래프	39
그림 4.7 합금의 열저항 측정 그래프	40
그림 4.8 Alloys-1의 LED 온도변화 그래프	41
그림 4.9 Alloys-2의 LED 온도변화 그래프	42
그림 4.10 Alloys-3의 LED 온도변화 그래프	43
그림 4.11 Alloys-4의 LED 온도변화 그래프	44
그림 4.12 합금의 접합온도 측정 그래프	45

그림 4.13 합금의 광속유지율	46
그림 4.14 Heatsink Designer 소프트웨어	47
그림 4.15 베이스두께 1.5 일 때 히트싱크 온도변화	48
그림 4.16 히트싱크 온도변화	49
그림 4.17 히트싱크 온도변화	50
그림 4.18 베이스 두께에 따른 히트싱크 온도	51
그림 4.19 표준에서 지정된 LED 모듈의 외형	52
그림 4.20 25W LED 엔진	53
그림 4.21 ADC12 히트싱크 열해석 결과	54
그림 4.22 Alloy-1 히트싱크 열해석 결과	54
그림 4.23 ADC12와 Alloy-1 열해석 비교	55



제 1 장 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

세계적으로 환경보호 추세에 따라 친환경 및 고효율 제품의 개발 및 생산이 활발하게 이루어지고 있다. 조명분야에서도 추세에 따라 형광램프와 다르게 유해물질이 전혀 사용되지 않고, 저효율적인 백열전구 보다 고효율적이며 친환경적이고 긴 수명을 가지는 LED (Light Emitting Diode)를 사용한 조명 개발이 활발히 진행 중이며, 시중에 판매되고 있다 [1].

LED의 광 출력이 높아지면서 LED 투광등, 가로등, 스포츠 조명, 경관 조명등 높은 광 출력을 내는 제품들이 개발되고, 높아진 광 출력만큼 발열량도 높아져 LED 접합온도가 상승하게 된다. 접합온도의 상승은 광 출력 및 광 효율의 저하와 장기적으로는 LED 칩의 수명을 감소시키는 요인이 되어 LED 소자의 신뢰성을 저하시킨다 [2,3].

발생한 열을 방출하는 방법으로는 대류, 복사, 전도의 3가지 방법이 있으나, 대부분의 조명제품은 전도를 이용하여 발생한 열을 방출하고 있다. 조명제품에서의 열전도 방법은 높은 열전도도를 갖는 재료를 이용하여 제작된 히트싱크 (Heatsink) 를 통해 열을 외부로 방출하는 것이다. 최근 방열부의 열전도도를 높이기 위해 현재 카본 소재 (Carbon Material)와 그래핀 (Graphene), 엔지니어링 플라스틱 (Engineering Plastics), 표면처리 등을 이용한 방열부품 개발의 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 아직까지 방열부품은 열전도도가 $90 \sim 130 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 정도의 알루미늄 소재 (ADC12)를 사용하여 다이캐스팅 기술에 의해 주로 생산되고 있다.

본 논문에서는 알루미늄에 첨가되는 합금원소가 전기비저항, 응고에너지, 용탕점도 및 인장강도, 금형과의 소착성을 종합적으로 고려하여 개발

된 알루미늄 합금을 이용하여 LED 조명에서 중요한 열저항 및 접합온도, 열전도도, 광속유지율을 측정하여 비교 분석하였다. 또한, 개발 합금을 이용하여 25 W급 LED Engine의 히트싱크 (Heatsink)를 설계하여 Base thickness 및 Fin 두께, Fin Count에 따른 CFD (Computational Fluid Dynamics) 시뮬레이션을 통해 설계 최적화를 진행하였다.



1.2 선행 연구

선행연구로는 본 논문과 관련하여 다이캐스팅용 알루미늄 합금에 대해서와 최신 방열재료에 대해 조사하였으며, LED의 방열최적 설계에 대한 국내·외 연구를 조사하였다.

1.2.1. 다이캐스팅 알루미늄 합금 (Al-Si-Cu 합금)

2011년도 일본 경제 산업성의 조사를 확인해본 결과, 일본의 다이캐스팅용 합금 생산량은 약 958,860 ton이며, 총 생산량 중에서 알루미늄합금은 약 930,100ton ton, 아연합금이 약 24,007 ton으로 두 종류의 합금이 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 특히, 알루미늄합금의 경우에 있어서 2011년도 총 생산량의 약 97 %에 해당하는 것으로 나타났다. 다이캐스팅용 알루미늄합금은 자동차산업 및 일반기계 산업, 이륜자동차산업, 전기기계산업, LED조명산업 등에 사용되고 보고되었다 [4]. 다이캐스팅용 알루미늄 합금은 Al-2.0~4.5 wt% Cu계 합금에 Si를 첨가함으로써 주조성을 개선한 합금으로 유동성이 양호하고 주조균열이 적고 절삭성, 용접성도 양호하여 다용도로 사용되고 있다. 또한, Fe의 첨가는 제품 제작 시 고속, 고압 주조를 함으로 금형에 용융 금속이 용착하기 쉽기 때문에 이것을 방지하기 위해 첨가한다 [5]. 다이캐스팅용 알루미늄합금의 종류 및 화학조성은 표 1에 나타내었다 [6]. 다양한 종류의 다이캐스팅용 알루미늄 합금이 있지만, 그중에서도, ADC12합금은 기계적 성질 및 피삭성 등이 우수할 뿐만 아니라 주조성이 뛰어나 생산성이 우수하여 다이캐스팅용 알루미늄합금 중 가장 많이 사용되고 있으며, 그 점유율은 약 71 %정도인 것으로 보고되고 있다.

표 1.1 다이캐스팅용 합금의 종류 및 화학조성

Table 1.1 Chemical composition and type of die casting alloy

구분	화학조성 [wt%]										
	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Sn	Pb	Ti	Al
ADC1	<1.0	11.0~13.0	<0.3	<0.5	0.6~1.0	<0.3	<0.5	<0.1	<0.20	<0.30	Bal.
ADC3	<0.6	9.0~11.0	0.45~0.64	<0.5	0.6~1.0	<0.3	<0.5	<0.1	<0.15	<0.30	Bal.
ADC5	<0.2	<0.3	4.1~8.5	<0.1	<1.1	<0.3	<0.1	<0.1	<0.10	<0.20	Bal.
ADC6	<0.1	<1.0	2.6~4.0	<0.4	<0.6	0.4~0.6	<0.1	<0.1	<0.10	<0.20	Bal.
ADC10	2.0~4.0	7.5~9.5	<0.3	<1.0	0.6~1.0	<0.5	<0.5	<0.2	<0.20	<0.30	Bal.
ADC10Z	2.0~4.0	7.5~9.5	<0.3	<3.0	0.6~1.0	<0.5	<0.5	<0.2	<0.20	<0.30	Bal.
ADC12	1.5~3.5	9.6~12.0	<0.3	<1.0	0.6~1.0	<0.5	<0.5	<0.2	<0.20	<0.30	Bal.
ADC12Z	1.5~3.5	9.6~12.0	<0.3	<3.0	0.6~1.0	<0.5	<0.5	<0.2	<0.20	<0.30	Bal.
ADC14	4.0~5.0	16.0~18.0	0.50~0.65	<1.5	0.6~1.0	<0.5	<0.3	<0.3	<0.20	<0.30	Bal.

1.2.2. 최신 방열재료

이세일 [7] 등은 TCP (Thermal Conductive Polycarbonate)와 Al 6061의 Heat Sink의 Base 두께, Fin 개수와 두께, 간격 등 형상 인자를 변수로 하여 전산해석과 실험적 연구를 통해 설계최적화를 진행하였다. 이를 바탕으로 LED 조명의 Heat Sink 재료로써의 TCP 재료의 상용화 가능성을 검증하였다.

조영태 [8] 는 EP (Engineering Plastics)을 이용 3 W, 6 W용 LED 조명의 Heat Sink를 제작하여 실제 알루미늄 Heat Sink와 비교 분석을 하였다. 그 결과 EP재질의 Heat Sink의 표면 동도금을 통해 원가절감 및 경량화가 가능하고, 전자제품의 방열판으로 활용 가능할 것으로 예상하였다.

손일수 [9] 등은 카본 마그네슘을 이용하여 Heat Sink를 제작하여 기존 알루미늄과의 무게, 방열효과, 방열향상 등을 확인하여 LED 조명의 Heat Sink 재질로 카본 마그네슘이 사용 가능하다는 것을 검증하였다.

또한 카본 나노 소재를 이용한 열전도성 소재의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 특히 카본나노튜브 (Carbon Nanotube, CNT)는 다이아몬드 이상의 높은 열전도성을 지니고 있으며, 복사흡수, 복사방사 특성이 뛰어나 광범위하게 연구가 진행되고 있고, 그래핀 (Graphene)이 CNT에 근접한 열전도성 입자로서 각광 받고 있어 많은 연구자들로부터 방열소재로써의 개발이 진행되고 있는 것으로 알려져 있다 [10].

1.2.3. 국내 방열 연구

장한이 [11] 등은 LED용 Heat Sink의 환의 형태와 환의 개수를 변경하면서 표면적의 변화에 따른 냉각효과를 유동 해석프로그램을 이용하여 해석 및 최적설계를 수행하였다. 해석 결과 표면적이 클수록 냉각성능이 높은 것을 검증하였다.

황순호 [12] 등은 10 W LED조명등의 방열 설계 최적화를 위해 LED 칩의 개수와 배치, PCB 물성 및 Heat Sink의 형상을 변경하며 수치해석을 수행하고 실험과 비교를 통해 저출력 LED 칩의 개수를 증가시키거나 열전도율이 높은 PCB를 사용하는 방법을 통해 LED의 접합온도가 감소되는 것을 확인하였다.

서범식 [13] 등은 30 W급 COB LED광원의 효율 개선을 위해 Heat Sink의 형상 변화에 따른 전도와 대류 특성을 시뮬레이션과 실험을 통해 최적화하였다. 또한 COB타입 패키지의 특징인 열 응집현상을 개선하기 위해 구리 확산판을 이용하여 열 응집 현상을 개선함으로써, 접합 온도의 감소로 광 효율을 향상 시켰고, 해석 결과의 타당성을 입증하여 시뮬레이션을 통한 열 설계의 효율성을 확인하였다.

우장미 [14] 등은 LED 모듈의 방열시스템 개발을 위해 CFD 수치해석을 통해 다양한 디자인의 Heat Sink 온도를 예측하였고, Heat Sink 부피, 무게, 온도 등 다양한 조건을 고려하여 최종 모델을 선정하였다. 선정된 최종 모델은 Mock-up 제작하여 실험을 통해 CFD 해석과 비교 평가하였다.

김호성 [15] 등은 고출력 LED 램프용 방사형 히트싱크의 형상 및 표면 코팅이 LED 냉각성능에 미치는 영향에 대한 연구를 진행하였다. 형상 변화는 Heat Sink의 길이변화, 환의 개수 변화를 통해 수치해석을 실행하였고, Heat Sink 표면에 탄소나노입자 코팅을 하여 냉각성능이 향상되는 것을 확인하였다.

박경우 [16] 등은 열적안정성을 위한 평판-환형 방열판 최적설계를 진행하였다. Heat Sink의 환 두께와 유동저항의 관계를 이용하여 환의 상부두께, 하부두께의 최적 설계값을 확인하였다.

강현우 [17] 등은 1 W LED signaling lamp 용 방열모듈의 설계 방법을 대류열전달 이론식을 이용하여 LED 개당 최소면적 산출식을 제시하였고,

이를 근거로 제작한 Al plate Heat sink와 ADC Al Heat Sink와의 중량 및 재료비 차이를 확인하고, 해석 및 평가를 통해 방열성능은 검증하였다.

1.2.4. 국외 방열 연구

K.C. Yung [18]등은 PCB에 형상 변화와 LED 배열의 간격변화에 의한 냉각 성능을 비교 분석하였다. 열 해석 결과 및 실험을 통해 PCB 형상과 LED 배열에 따른 냉각성능에 차이가 있음을 확인하였다.

Hou Fengze [19]등은 plate fin, staggered pin fin, in-line pin fin 형상으로 3종류의 Heat Sink를 모델링하여 Ansys 프로그램을 이용해 열 해석 결과를 비교 분석하였다. 해석결과 staggered pin fin 형상이 다른 두 종류의 LED 접합온도보다 가장 낮게 나옴을 확인하였다.

Jing Wang [20]등은 고출력 White LED를 자동차 헤드램프에 적용하기 위해 몇 가지 냉각소자를 디자인하였다. 자연대류에서 Heat Sink만을 이용한 LED 헤드램프와 Heat Pipe와 Heat Sink를 결합한 LED 헤드램프의 냉각성능을 비교하여 최적의 냉각성능 도출하였고, Heat Pipe의 액체 충진율을 역시 도출하였다.

Hsueh-Han Wu [21]등은 고출력 multi-chip COB LED 칩의 간격을 5가지 형태로 디자인하고, Heat Sink의 두께 변화를 통해 열 해석을 진행하여 열저항 및 접합온도를 예측하였다. 또한 전력 및 히트슬러그의 소재를 다르게 적용하여 LED 접합온도를 조사하였다. 결과 LED접합온도가 높을수록 광 특성과 효율에 영향을 미치는 것을 확인하였다..

Eveliina Juntunen [22] 등은 기존 MCPCB의 성능을 개선시키기 위해 절연층의 열전도도를 강화하는 연구를 진행하였다. Cu-MCPCB와 FR4 절연층 Microvias를 사용한 COB LED 모듈의 열해석과 열저항을 측정하였다. 결과는 Cu-MCPCB와 FR4 절연층 Microvias를 사용한 COB LED 모듈의

열해석 및 열저항 측정 결과가 기존 알루미늄 COB 모듈보다 낮은 것을 확인하였다.

Qie Shen [23]등은 자연대류에서 Heat Sink의 형상의 조건은 동일하고 Heat Sink의 방향에 따른 열 해석을 수행하였다. 먼저 Heat Sink의 핀 개수에 따라 방열성능을 분석하여 최적의 핀 개수를 찾고, Heat Sink 방향을 45° , 135° , 225° , 315° 로 변경하며 자연대류에서의 방열 성능을 분석하였다.

이와 같이 국내·외로 수행된 다양한 선행연구는 일반적인 방열판에 대하여 이루어 졌으며, 이를 바탕으로 개발 합금의 열특성 분석을 진행하고, 열특성이 가장 우수한 합금으로 25 W급 LED Engine의 최적의 방열설계를 수행하고자 한다.



제 2 장 관련 이론

2.1 합금원소의 영향

(1) 구리 (Cu) : 다이캐스트용 알루미늄합금에서 기지조직 내에 분산되거나 Al_2Cu 의 금속화합물 형태로 존재한다. Cu함량이 증가할수록 경도는 증가하지만, 강도는 Cu가 어떤 형태로 합금 내에 존재하는가에 좌우된다. 즉, Cu가 고용된 상태인지, 아니면 석출된 상태인지에 따라 강도가 달라진다. Cu가 고용체일 때 피로강도가 향상되고, 석출상태가 되면 상온 및 고온에서의 강도 향상을 가져온다. Al-Si-Cu 합금의 경우 Cu는 경도, 강도, 피로강도 뿐만 아니라 절삭성을 향상시킨다. Al-Mg 합금에 Cu가 보통 함량으로 첨가된 경우 기계적 특성은 변하지 않으며, 순수 Al 및 대부분의 내식성 Al합금은 제품 표면에 Al 부동태피막이 형성되어 양호한 내식성을 갖게 된다.

(2) 마그네슘 (Mg) : 알루미늄에 대하여 높은 고용강화 효과를 가져 강도가 높아지고, 인성과 내식성 특히 내해수성이 우수해진다. Si와 공존하면 석출강화가 일어나지만 인성을 저하시키기 때문에 Al-Mg계 합금에 혼입을 피한다. 또한 Mg은 다른 원소들과 반응하여 개재물 및 기타 금속간화합물을 형성하기 때문에 유동성을 크게 저하시킨다.

(3) 아연 (Zn) : Zn의 양이 많으면 응고 수축량이 증가하여 주조균열의 생성을 용이하게 한다. Mg과 공존하면 현저한 석출경화를 나타내는 것으로 알려져 있다.

(4) 철(Fe) : Fe의 양이 많으면 Al_3Fe , $\alpha-AlFeSi$ 의 침상화합물이 조대

하게 정출하여 인성을 현저하게 저하시켜 내식성을 해치게 된다. 따라서 알루미늄 합금에서는 Fe의 함량을 작게하여 기계적 성질을 높이는 것이 유리하다 [24].

2.2 열전달

2.2.1. 열전달 메커니즘

열전달은 정의는 온도차에 의하여 일어나는 에너지의 이동이라 할 수 있다. 즉, 하나의 매체, 혹은 두 개 이상의 매체들 사이에 온도차가 존재하면 열전달은 반드시 일어나게 되어있다. 일반적으로 열전달 방식은 3가지 방식이 존재한다. 첫 번째 방식은 분자의 진동에 의해 열이 전달되는 전도이고, 두 번째 방식은 분자의 이동에 의해 열이 전달되는 대류, 세 번째 방식인 복사는 전자기파(electromagnetic wave) 형태로 전달된다. LED에서 열전달은 그림 2.1과 같이 LED 칩에서 발생된 열이 대부분 칩 아래 방향으로 전달되며, LED 모듈의 열전달 경로는 LED 패키지에서 PCB로의 열전달(Junction to Solder), PCB에서 히트싱크로의 열전달(Solder to Board), 히트싱크에서 외부 환경으로의 열전달(Board to Ambient)과 같은 단계를 거치게 된다. 주로 패키지에서 히트싱크까지는 열전도에 의해, 히트싱크에서 외부환경(Ambient)까지는 대류와 복사현상에 의해 대기 중으로 열을 방출하게 된다. LED의 방열(Heat Dissipation)은 LED 칩으로부터 발생된 열을 신속하게 외부로 내보내어 Junction Temperature를 낮추는 것이 가장 중요하다 [25].

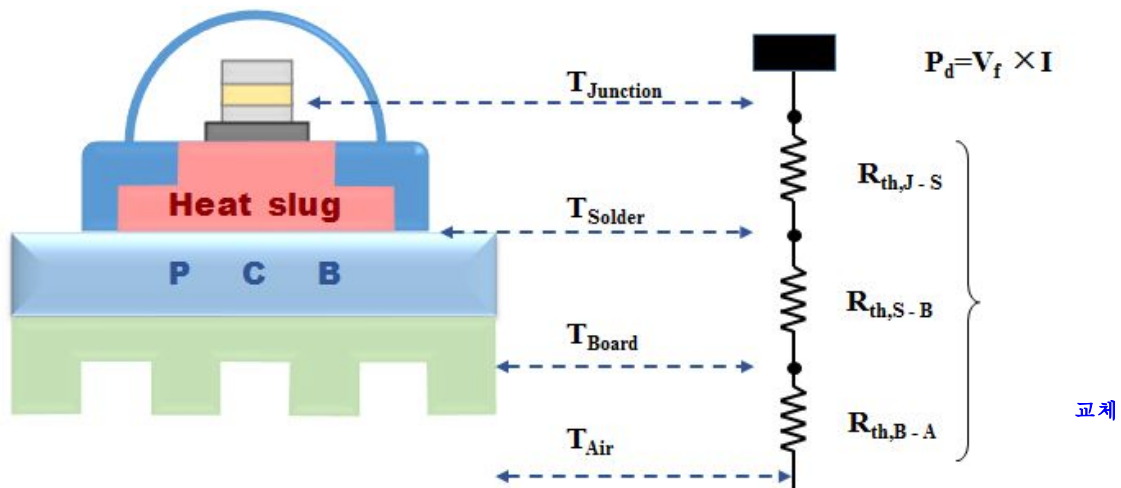


그림 2.1 LED의 열전달 메커니즘

Fig. 2.1 LED heat transfer machinism

(1) 전도 (Conduction)

전도는 원자 또는 분자수준에서 열전달이 일어나게 되는데 물체 내에서 온도구배(temperature gradient)가 나타나면 운동이 활발한 분자로부터 덜 활발한 분자로 에너지가 전달된다. 고체, 액체, 기체 등 물체의 상태에 관계없이 물체 내에 온도차가 존재하면 항상 전도가 발생 하며, 열에너지는 고온에서 저온으로 이동한다. 전도에 의한 열전달 방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q_{cond} = -kA \frac{dT}{dx} = kA \frac{(T_1 - T_2)}{L} \quad (2.1)$$

여기서,

Q_{cond} = 열전도율 [W/m·K]

k = 물질의 열전도도[W/m·K]

A = 열전달 면적 [m²]

$$\frac{dT}{dx} = \text{온도 변화 } [^{\circ}\text{C}]$$

열은 온도가 감소되는 방향으로 전달되며 온도 변화는 증가하는 x 변위에 대해 온도가 감소될 때 마이너스 값을 가진다. 이를 다시 거리 L 과 고온 T_1 , 저온 T_2 로 나타낼 수 있다.

(2) 대류 (Convection)

일반적으로 LED 시스템에서의 대류는 열이 heat sink에서 주변공기로 전달되는 것을 의미한다. 대류에는 유체의 흐름에 따라 자연대류(natural convection)와 강제대류(forced convection)로 분류한다. 자연대류는 외부 수단이 없는 상태에서 순수하게 온도차로 발생하는 유체밀도의 변화로 유체의 흐름이 발생하는 경우이고, 강제대류는 팬(fan), 바람, 냉각수 등 강제적인 방법으로 유체의 흐름이 유발되어 대류가 발생하는 경우이다. 자연대류는 뉴턴의 법칙(Newton's Law)으로 정의된다.

$$Q_{conv} = hA(T_s - T_{\infty}) = hA\Delta T \quad (2.2)$$

여기서,

A = 유체와 접촉되어 있는 부분의 표면 면적 [m^2]

ΔT = 온도 차 [$^{\circ}\text{C}$]

h = 대류열전달 상수 [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]

T_s = 물질의 표면온도

T_{∞} = 주변온도

열의 흐름은 $q=Q/A$ 에 의한 열전달 비율과 관련이 있다. 일반적인 대류열 전달계수의 값은 표 2.1과 같다.

표 2.1 일반적인 대류 열 전달계수

Table 2.1 Typical values of convection coefficient 단위 : $[W/m^2 \cdot K]$

Natural convection		Forced convection		Convection with phase change
Gas	Liquid	Gases	Liquid	Boiling or Condensation
2~25	50~1,000	25~250	50~20,000	2,500~100,000

(3) 복사 (Radiation)

복사는 태양과 지구사이에 열전달 물질이 없어도 태양열이 전달되는 것이라고 생각하면 된다. 모든 물체는 그 물체의 온도 때문에 에너지를 계속적으로 방사하며 서로 떨어져 있는 물체 사이에 매질이 존재하지 않아도 전자기파(electromagnetic wave) 형태로 에너지를 교환하는데, 이러한 형태의 열전달 현상을 복사라고 한다.

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_f^4) \quad (2.3)$$

여기서,

ε = 표면 방사율(emissivity) [%]

σ = 스테판 볼츠만 상수(Stefan Boltzmann constant) [k]

A = 표면적 [m^2]

T_s = 물체의 절대 온도 [$^{\circ}C$]

T_f = 주변의 절대 온도 [$^{\circ}C$]

표 2.2은 대표적인 재질들의 방사율 값을 나타낸다.

표 2.2 일반적인 재료의 방사율

Table 2.2 Emissivity of typical material

Material	Emissivity
Aluminum	0.04
Chromium	0.10
Copper	0.03
Gold	0.03
Silver	0.02
Stainless steel	0.17

2.2.2. 열저항 및 접합온도

본 논문에서는 LED의 열 저항 및 접합온도 산출을 위하여 다음과 같은 이론을 참고 하였다. 열저항은 LED의 신뢰성과 수명을 결정할 수 있는 접합온도와 직접적인 관계가 있고, 접합온도가 올라가면 열에 의해 패키지용 수지가 변질되고 광 효율 및 색온도 변화 등의 문제가 발생하기 때문에 칩의 접합온도를 낮추고 전체 패키지의 열 저항을 줄이는 것이 LED의 신뢰성과 수명을 높일 수 있다. 기존의 일반적인 전자소자의 열 저항은 다음의 식(2.4)과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{JX} = \frac{T_J - T_X}{P_H} \quad (2.4)$$

여기서,

R_{JX} = 접합부로부터 특정 환경까지의 열 저항 [$^{\circ}\text{C}/\text{W}$]

$T_J = T_J$ 는 정상 상태에서의 접합온도 [$^{\circ}\text{C}$]

T_X = 특정 환경의 기준 온도 [$^{\circ}\text{C}$]

P_H = 소자에서 방산하는 열량 [W]

P_H 는 보통 소자에서 흐르는 전류 I 와 전압 V 의 곱으로 계산하고, 접합 온도 산출 방법은 식(2.5)과 같다.

$$T_J = T_{JO} + \Delta T_J \quad (2.5)$$

여기서,

T_{JO} = 소자에 전력을 인가하기 전의 초기 온도 [$^{\circ}\text{C}$]

ΔT_J = 파워를 인가하였을 때 변화된 접합온도 [$^{\circ}\text{C}$]

고출력 LED에서 전체 인가전력 중 열로 소모 되는 전력은 전체의 80% 정도이므로 고출력 LED 패키지의 경우 광으로 변환되는 전력을 고려하여 열저항을 측정하여야 한다. 따라서 LED에 인가된 전력은 광 출력(발광성 결합)과 열(비 발광성 결합)로 전환되며 다음과 같은 식(2.6)으로 표시된다.

$$P_{heat} = P_{el} - P_{opt} \quad (2.6)$$

여기서,

P_{heat} = 발생된 열량 [W]

P_{el} = 인가된 전력 [W]

P_{opt} = 광 출력

LED의 광 특성은 온도에 민감하기에 광 출력을 측정 시 사용되는 적분구는 열전소자 등을 사용하여 반드시 패키지의 주변 온도를 고정해야한다. 식 (2.7)은 LED 패키지의 열 저항을 계산한 것이다.

$$R_{the} = \frac{\Delta T}{P_{el} - P_{opt}} \quad (2.7)$$

여기서 R_{the} 는 광 출력을 고려한 LED 패키지의 유효 열 저항(단위, [$^{\circ}\text{C}/\text{W}$] 혹은 [K/W])이다. LED 패키지의 열 저항은 ΔT 와 P_{el} 및 P_{opt} 세 가지 값을 알아야 한다. P_{el} 은 전기적인 요소로서 인가전류와 전압을 측정하면 계산될 수 있고, P_{opt} 는 적분구를 사용하여 그 값을 알아낼 수 있다. 이와 같이 접합온도 측정은 패키지의 열 저항을 구함에 있어 가장 중요한 요소이다. [26]

2.2.3. 열전도도

합금의 열전도도는 보통 섬광법으로 얻을 수 있는 열확산도 α 와 시사주사열량계법에 의해 측정 가능한 비열 C_p 및 밀도 ρ 를 이용하면 식(2.8)로 열전도도 k 를 계산으로 얻을 수 있다.

$$k = C_p \cdot \alpha \cdot \rho \quad (2.8)$$

섬광법에 의한 열확산도 측정은 1961년 Parker 등에 의해 처음으로 개발되어 고체재료의 열확산도 측정법으로 현재 가장 널리 이용되고 있다. 이

방법은 원반 모양의 시편 전면을 순간적 섬광으로 열을 투사시킨 후, 시료 후면의 온도이력을 측정한 온도와 시간에 대한 곡선으로부터 섬광이 가해진 시간을 0 이라고 할 때 시편 후면에서 최대온도에 이르는 시간 $t_{\max}$ 와 이 온도의 1/2까지 걸리는 시간 $t_{1/2}$ 을 산출하여 이 두 값을 열확산방정식에 대입하여 열확산계수를 구하는 방법이다. 그러나 레이저섬광법은 다음과 같은 가정 조건으로 단순화된 모델에 의해서 해석하였다. 시편 표면에서의 열 손실은 없으며, 레이저펄스의 시간 폭은 무시할 수 있을 정도로 짧고, 레이저빔은 공간적으로 균일한 분포를 가지며, 시료의 표면은 균일하게 가열되며, 시료는 단열된 상태이고, 시료는 균질하며, 시료는 불투명성재료이며 레이저펄스는 시료의 매우 얇은 표면층에서 에너지의 흡수가 이루어진다. 이러한 가정에 의한 단점에도 불구하고 레이저 섬광법의 장점은 측정이 단 시간에 가능하며, 데이터 취득이 용이하고, 시편의 크기를 작게 할 수 있으며, 고온 및 저온에서도 측정이 가능할 뿐만 아니라 전도성재료와 비전도성 재료 모두 측정이 가능하다. 열확산도는 시편의 두께 L 과 $t_{1/2}$ 값을 이용하여 식 (2.9)를 통해 구할 수 있다 [27].

$$\alpha = 0.1388 \frac{L^2}{t_{1/2}} \quad (2.9)$$

한편, 비열을 측정하는 방법으로는 시차주사열량계법(Differential Scanning Calorimetry)이 있다. 시차주사열량계법은 열유속형과 입력보상형으로 분류되며, 열유속형은 시료의 온도를 등온 상승 시켜 측정시료와 기준시료와의 온도차를 측정하는 방법이고, 입력보상형은 측정시료와 기준시

료의 온도차가 항상 “0”이 되도록 히터의 가열 입력을 조절하는 방법이다. 이러한 측정방법으로 물질의 융점, 전이온도, 결정화 온도, 산화온도 그 밖에 비열, 순도, 반응속도, 결정화 속도 등을 알 수 있다. DSC에서는 시료 측과 기준 측에 각각 열전대와 열량보상감열장치를 부착해 놓고 있어 일정한 속도로 온도를 변화시킬 때 차동열량보상회로의 동작에 의하여 양물질의 온도차 ΔT 가 항상 0 이 되도록 양쪽의 열량보상가열장치에 전력이 공급된다. 양물질의 온도차를 똑같이 유지하기 위하여 필요로 하는 에너지는 주사한 온도 범위에서 시료의 열함량 변화에 대응하며 시간을 횡축으로 하여 기준물질의 온도와 함께 기록된다 [4].

2.3 방열설계

2.3.1 자연대류 방열 기술

자연대류 방열 기술은 부가적인 장치를 필요로 하지 않기 때문에 본 연구에서도 자연대류형 방열설계조건을 도출하였다. 자연대류 방열기술로 가장 널리 사용되는 것은 방열판의 표면적을 넓히는 핀 방식으로 핀을 통해 열이 분산되어 주위의 공기가 데워 부력에 의해 공기의 자연대류가 발생하여 열을 핀 외부로 방출하게 된다.

Heat pipe는 내부가 뚫려 있는 파이프로 많은 작은 구멍이 뚫려 있어 안쪽으로 무엇인가 지나다닐 수 있을 만한 공간을 가지고 있고, 그 공간에는 휘발성 액체가 가득 넣어져 있다. Heat pipe의 원리는 한쪽 끝(증발부)에 열을 가하게 되면 이 휘발성 액체는 증발하여 기체로 변한다. 이렇게 기체로 변한 휘발성 액체는 열에너지를 가지면서 열이 가해진 반대편(응축부)으로 이동한다. 파이프의 다른 끝으로 이동한 기체는 방열하게 되고, 방열이 되어 온도가 낮아지면 다시 액체로 변해 속을 지나 본래의 위

치로 돌아오는 구조를 가지고 있다. 이때의 작동유체의 구동원은 중력, 모세관력, 구심력, 정전기력, 자력, 삼투압력, 기포력 등이 사용된다.

2.3.2 강제대류 방열 기술

강제대류 방열 기술은 부가적인 에너지를 필요로 하며 가장 보편적으로 많이 사용되는 방식은 팬을 이용한 방열 방식이다. 팬을 이용한 방열 방식은 자동차 엔진이나 컴퓨터 CPU 등에 다양하게 사용되고 있으나, 소음이 심하고 먼지 등의 이물질에 의한 모터의 손상으로 인한 수명이 비교적 짧다.

다른 방법으로는 최근 상용화 되어 많이 쓰이고 있는 열전소자이다. P형과 N형의 열전반도체를 전기적으로 직렬, 열적으로는 병렬이 되도록 연결하고 직류전원을 인가하면 열전소자의 두 면에서 온도가 각각 증가, 감소하는 Peltier 효과를 이용한다. 즉 온도가 감소하는 면을 발열이 일어나는 전자장치에 접촉시켜서 열을 흡수하고, 온도가 증가하는 면에서 열을 외부로 방출하는 방식이다. 열전냉각 방식은 소형화가 가능하고 무소음, 무진동의 장점이 있으나 효율이 낮아서 특수한 용도로만 사용된다.

초음파를 이용한 냉각방식은 국외에서 기초적인 연구가 진행되고 있는 기술이며 핀과 같은 방열기를 초음파로 가진 하여 자연대류를 증대시키는 방식이다. 소음, 진동 등의 문제가 발생할 수 있으며 아직 검증되지 않은 기술이다.

미세유로 냉각방식은 다수의 미세유로를 식각하고 액상의 작동유체를 흘려줌으로써 높은 방열 성능을 얻을 수 있는 기술이다. 아주 작은 유량만을 흘려주어도 높은 냉각성능을 얻을 수 있다. 표 2.4는 방열기술을 자연대류와 강제대류로 분류 하여 특성에 따라 비교한 것이다 [28].

표 2.3 방열기술 비교

Table 2.3 Comparison of heat dissipation technology

구분	방열기술	방열/구동방법	장점
			단점
Passive Cooling	방열핀	공기의 자연대류	경제적
			낮은 냉각 성능
	Heat Pipe	유체의 상변화/ 중력, 모세관력, 구심력, 정전기력, 삼투압력 등	검증된 기술
			소형화 어려움, 고비용
Active Cooling	방열핀	팬을 이용한 공기의 강제대류	보편화된 기술
			소음, 먼지, 단수명
	열전소자	Peltier 효과	소형화 가능
			낮은 효율
	초음파 냉각	초음파 가진을 통한 자연대류 증가	검증되지 않음, 소음, 진동
	미세유로 냉각	액체의 강제대류	높은 방열 성능, 소형화 가능
			구동원 미흡

제 3 장 실험방법 및 시뮬레이션

3.1 개발합금의 성분

개발된 고열전도도 알루미늄 합금의 성분분석은 EDS(Energy Dispersive Spectroscopy)장비를 이용하여 측정하였다. 표 3.1은 EDS분석 결과를 나타내었고, 그림 3.1은 개발된 4종류의 합금이다. 다양한 합금원소들 중 Cu, Fe, Mg, Zn을 선택하였다. 그 이유는 Cu 및 Zn은 합금원소로 첨가 시 알루미늄의 전기비저항 증가 효과가 낮기 때문이다. 전기비저항이 증가하게 되면 금속의 전기전도도가 낮아지기 때문이다. 전기전도도와 열전도도는 선형적인 관계가 있으므로 전기전도도가 낮아지게 되면 열전도도 역시 낮아지게 되므로 전기비저항 증가 효과가 낮은 Cu와 Zn을 선택하였다. Fe의 선택은 금형과의 소착성을 방지하기 위해 선택하였고, Mg은 용탕의 점도를 낮게하여 유동도를 증가시켜 주조성 높일 수 있기 때문에 선택하였다 [29].

표 3.1 개발합금의 성분

Table 3.1 Chemical compositions of Al alloys [wt%]

Alloy	Cu	Fe	Mg	Zn	Al
1	1.26	0.35	0.51	–	Bal.
2	1.67	0.42	0.58	–	Bal.
3	–	0.46	0.80	2.49	Bal.
4	–	0.63	1.06	3.33	Bal.

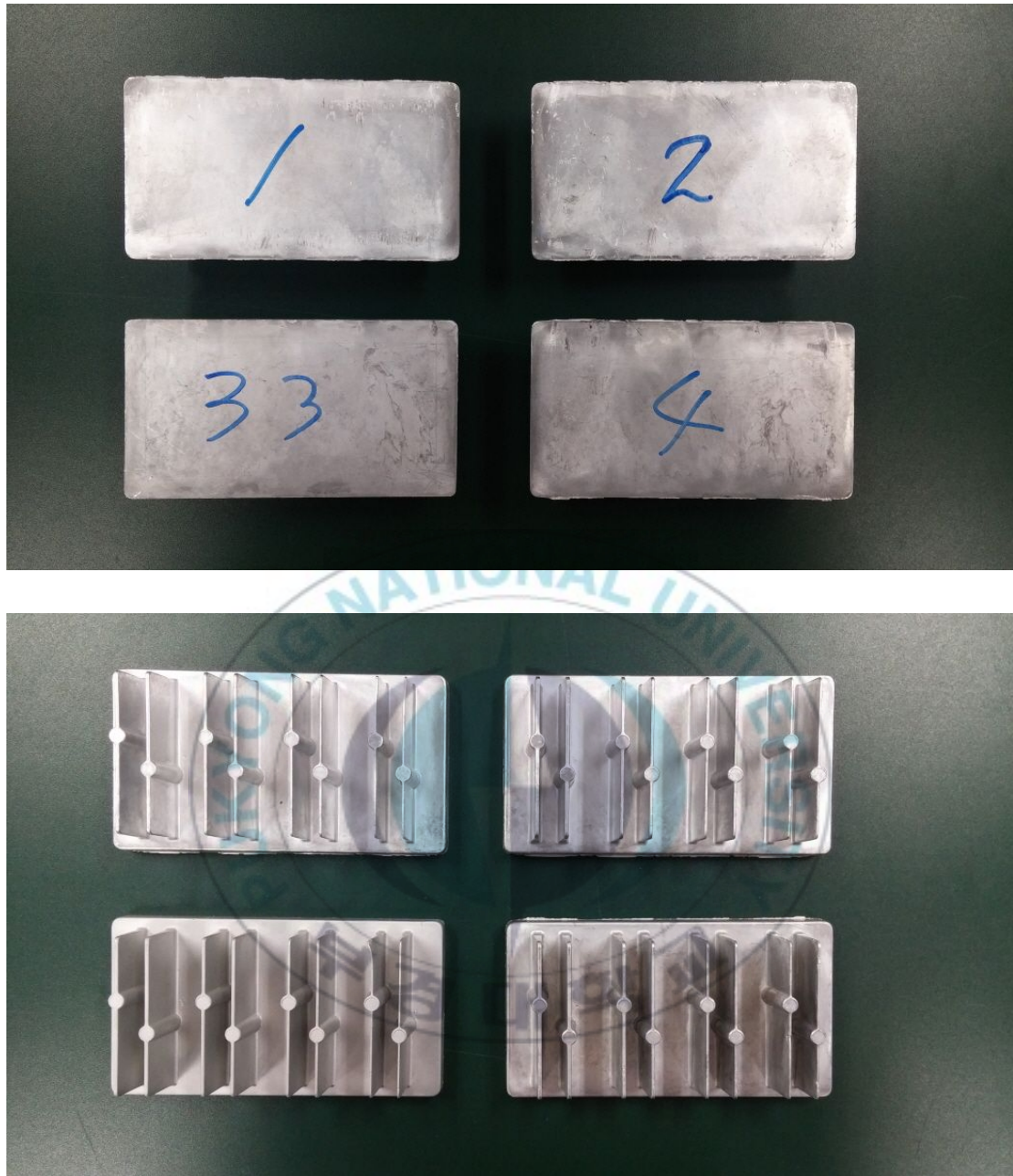


그림 3.1 개발 알루미늄 합금
Fig. 3.1 Aluminum alloy development

3.2 개발합금의 열전도도 측정

3.2.1 열확산도 측정방법

개발합금의 열전도도는 열확산도 α 와 비열 C_p 및 밀도 ρ 를 이용하여 얻을 수 있다. 열확산도는 Netzsch社의 LFA-467 장비를 이용하여 시편을 가로 10 mm, 세로 10 mm, 두께 약 2 mm로 가공하여 측정하였다.



그림 3.2 열확산도 측정장비

Fig. 3.2 Thermal diffusivity measurement equipment

열확산도 측정장비의 원리는 아래쪽의 Xenon lamp에서 Light source (Laser)를 시편에 조사하여 위쪽의 IR Detector에서 시간에 따른 온도변화를 통해 열확산도를 측정한다. 그림 3.2는 열확산도 측정장비의 상세도를 나타내고 있다.

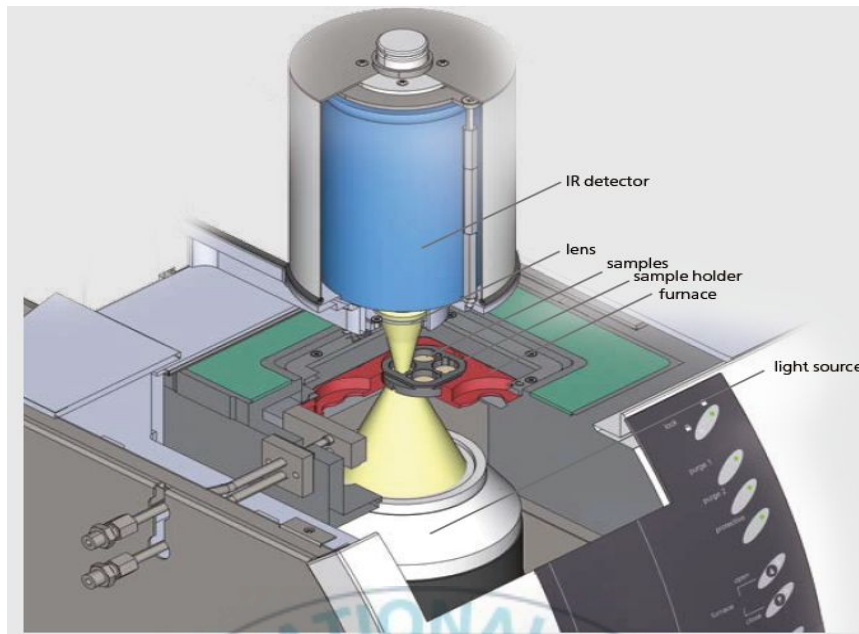


그림 3.3 열확산도 측정장비 상세도

Fig. 3.3 Detail drawing of Thermal diffusivity measurement equipment

3.2.2 비열 측정방법

개발합금의 비열측정은 Netzsch社의 DSC-204 장비를 이용하여 측정하였다. DSC-204는 열유속 방식 (Heat flux type)의 원리인 시료와 기준물질의 온도를 프로그램에 의하여 일정한 속도로 변화시키면서 둘 사이의 온도차를 zero로 유지하기 위하여 필요한 에너지(enthalpy)의 양을 이용하여 비열을 측정하는 장비이다. 또한, 유리전이온도, 녹는점, 증발열, 결정화열, 비열 등 다양한 열물성을 측정할 수 있다. 측정에 사용된 기준물질은 사파이어를 사용하였다. 그림 3.3은 DSC 장비이며, 그림 3.4는 장비의 상세도이다.



그림 3.4 비열 측정장비

Fig. 3.4 Specific heat measurement equipment

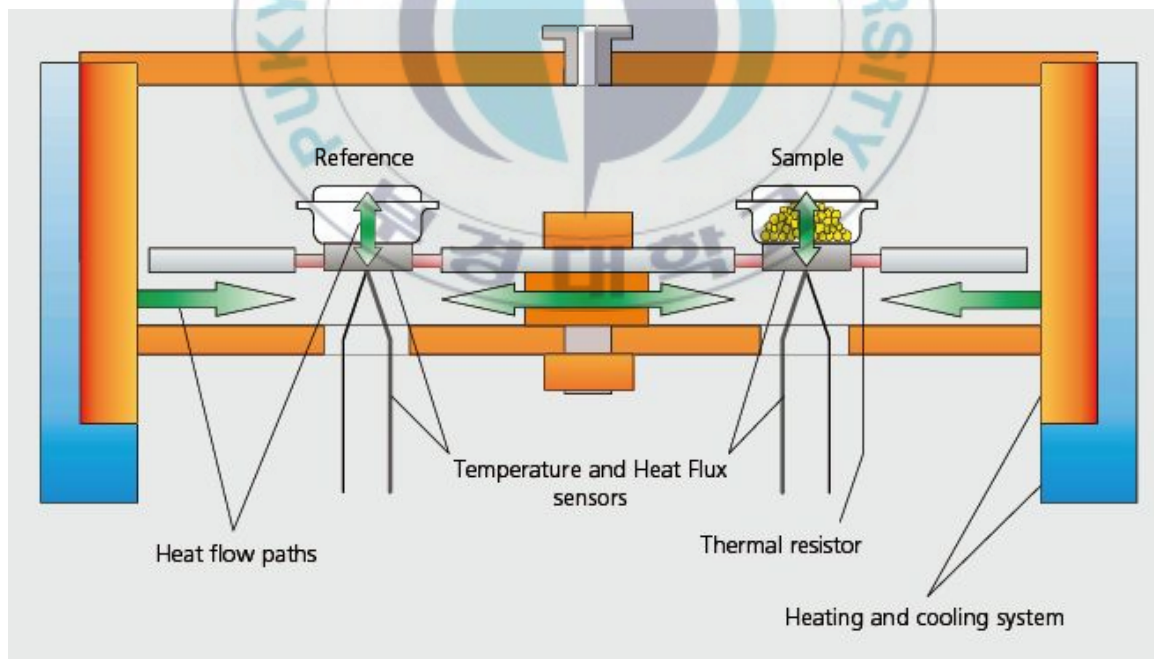


그림 3.5 비열 측정장비 상세도

Fig. 3.5 Detail drawing of Specific heat measurement equipment

3.2.3 밀도 측정방법

개발합금의 밀도 측정은 Sartorius社의 MSA224S-100-DU 장비를 이용하여 측정하였다.

$$\rho = \frac{A}{A-B} \times \rho^o \quad (3.1)$$

시편의 밀도 (ρ)를 구하기 위해서는 공기중의 시편의 무게(A)와 액체 속에서의 시편의 무게(B), 액체의 밀도 (ρ^o)를 이용하여 식 (3.1)을 이용하여 시편의 밀도를 구하였다. 측정에 사용된 액체는 Diethyl phthalate로 밀도는 1.117 g/cm³이다.



그림 3.6 밀도 측정장비

Fig. 3.6 Density measurement equipment

3.3 개발합금의 열저항 및 접합온도 측정방법

LED 접합온도 및 열저항 측정은 순방향 전압과 온도와의 상관관계인 비례상수 (K-factor)를 이용하여 열저항 측정이 가능한 Mentor Graphics 社의 T3ster를 이용하여 측정하였다. 그림 3.7은 열저항 측정 시스템을 나타내며, 그림 3.8은 열저항 및 접합온도 측정에 사용된 시편을 나타낸다. 측정에 사용된 LED는 Samsung社의 LH351A-3535 Ceramic LED 3 W를 사용하였고, 모든 합금의 열저항 측정은 하나의 LED-Module을 사용하였다.

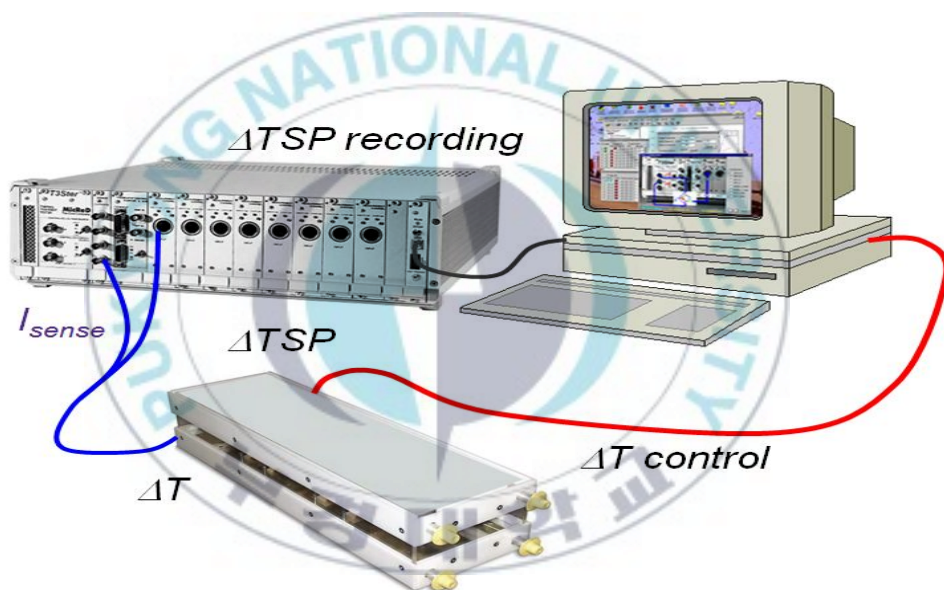


그림 3.7 열저항 측정 시스템 (T3ster)

Fig. 3.7 Thermal resistance measurement system (T3ster)

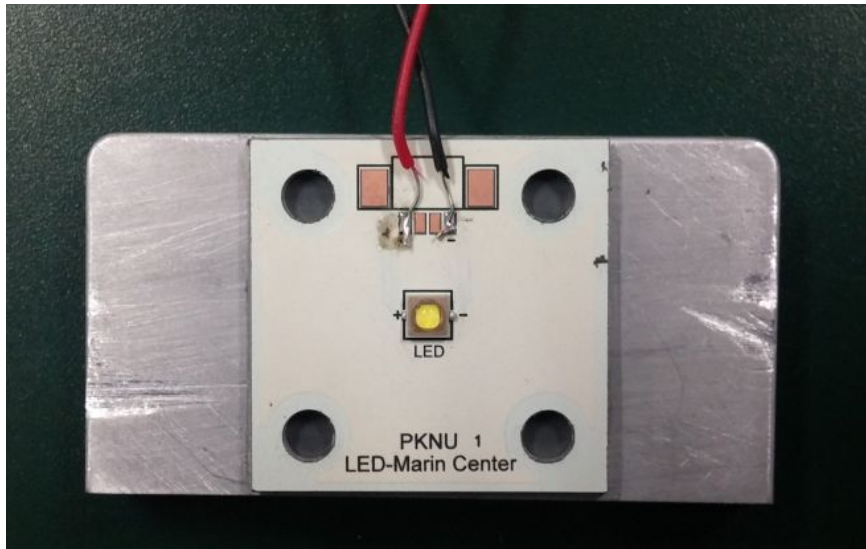


그림 3.8 열저항 측정 시료

Fig. 3.8 Thermal resistance measurement sample

3.4 개발합금의 광속유지율 측정방법

개발합금 4종류를 그림 3.9와 같이 제작하여 광전자정밀社의 OPI-1000 적분구를 이용하여 실내온도 25 ℃에서 0.7 A를 인가하여 총 90분간의 광속을 측정하였다.



그림 3.9 광속유지율 측정 시료

Fig. 3.9 Lumen maintenance measurement sample

3.5 히트싱크 최적화 방법

히트싱크의 최적화 방법은 Heatsink Designer를 이용하여 베이스 두께, 흰 두께, 흰 개수 변화에 따른 히트싱크의 온도 변화를 통해 최적의 베이스 두께, 흰 두께, 흰 개수를 확인하였다.

3.6 열 해석 시뮬레이션 방법

열 해석 시뮬레이션은 Dassault Systemes社의 SolidWorks Flow Simulation 프로그램을 이용하였다. 그림 3.9는 시뮬레이션에 사용된 설계 파일을 도식하여 나타내었다.

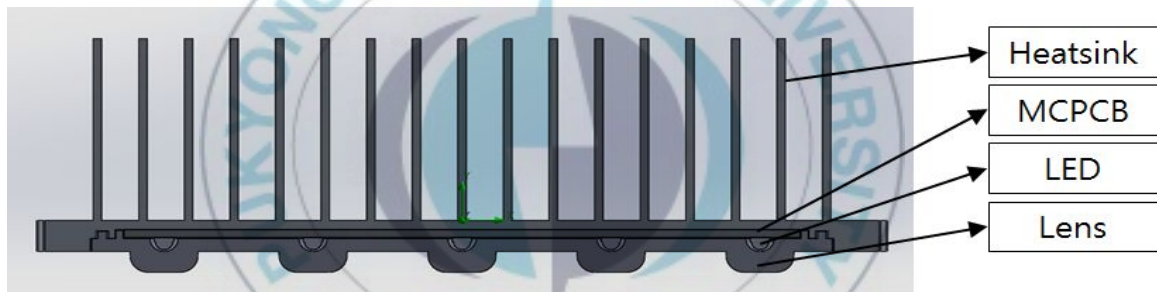


그림 3.10 설계파일 도식

Fig. 3.10 Schematic of The design files

시뮬레이션 환경 조건은 0.6 m^3 의 임의의 공간에서 y축의 반대 방향으로 9.81 m/s^2 의 중력가속도를 설정하고, 내부 온도 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 LED Chip 및 PCB, 히트싱크의 물성치를 입력하여 실시하였다. 각 재질을 물성치는 표 3.2에 나타내었다.

표 3.2 재질별 물성치

Table 3.2 Properties of the material

Layer	Material	Conductivity [W/m·K]	Density [kg/m ³]	Specific Heat [J/g·K]
Lens	Polycarbonate	0.227	1.33	1.510
LED Chip	Sapphire	23.1	3.98	0.761
Metal-PCB	Al5052	137.0	2.68	0.880



제 4 장 결과 및 고찰

4.1 개발합금의 열전도도 측정결과

4.1.1 밀도 측정결과

개발합금의 밀도를 구하기 위해서 먼저 질량을 측정하였다. 측정은 공기 중에서도 액체 속에서 동일하게 5회를 실시하였으며, 5회의 평균으로 구하였다. 표 4.1은 측정된 질량을 나타내고 있다.

표 4.1 개발합금의 질량

Table 4.1 Mass of Al alloys

Alloy	공기중 질량 [g]	액체속 질량 [g]
1	3.885	2.282
2	3.731	2.177
3	3.820	2.244
4	3.065	1.797

위에서 언급한 식 (3.1)을 이용하여 밀도를 구하였다. 측정에 사용된 액체는 Diethyl phthalate로 밀도는 1.117 g/cm^3 이다. 개발합금의 밀도는 모두 $2.68 \sim 2.70 \text{ g/cm}^3$ 사이의 값으로 일반적인 알루미늄의 밀도인 2.70 g/cm^3 과 많은 차이를 보이지 않았다. 표 4.2는 개발합금의 밀도이다.

표 4.2 개발합금의 밀도

Table 4.2 Density of Al alloys

Alloy	1	2	3	4
Density [g/cm ³]	2.70	2.68	2.70	2.69

4.1.2 비열 측정결과

비열 측정결과는 표 4.3에 나타내었으며, 비열 측정은 25 °C에서 실시하였다. 개발합금 4종류의 비열은 0.882 ~ 0.896 J/g·K 사이로 비슷하게 나타났다.

표 4.3 개발합금의 비열

Table 4.3 Specific Heat of Al alloys

Alloy	1	2	3	4
Specific Heat [J/g·K]	0.896	0.894	0.882	0.893

4.1.3 열확산도 측정결과

열확산도 측정장비로 측정된 개발합금의 열확산도는 표 4.4에 나타내었다. 4종류의 합금 중 alloys-1는 열확산도가 83.36 mm²/s로 가장 높게 측정되었고, 열확산도가 가장 낮은 alloys-4의 열확산도 75.60 mm²/s보다 7.76 mm²/s가 높게 측정되었다.

표 4.4 개발합금의 열확산도

Table 4.4 Thermal Diffusivity of Al alloys

Alloy	1	2	3	4
Thermal Diffusivity [mm ² /s]	83.36	80.92	81.27	75.60

4.1.4 합금의 열전도도 결과

합금의 열전도도는 식 (2.8)에 설명한 대로 비열 C_p 와 열확산도 α 와 밀도 ρ 의 곱으로 계산하여 얻을 수 있다. 표 4.5은 개발합금의 밀도, 비열, 열확산도를 모두 나타내었으며, 계산을 통해 구한 합금의 열전도도 역시 나타내었다.

표 4.5 개발합금의 측정된 물성

Table 4.5 The measured properties of Al alloys

Alloy	1	2	3	4
Density [g/cm ³]	2.70	2.68	2.70	2.69
Specific Heat [J/g·K]	0.896	0.894	0.882	0.893
Thermal Diffusivity [mm ² /s]	83.36	80.92	81.27	75.60
Thermal conductivity [W/m·K]	201.66	193.88	193.54	181.60

개발합금 중 가장 높게 측정된 alloys-1의 열전도도는 $201.66 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 으로 가장 낮게 측정된 alloys-4의 열전도도 $181.60 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 보다 $20.06 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 가 높게 측정되었다. 또한 대부분의 다이캐스팅 알루미늄으로 사용 중인 ADC12 합금의 열전도도 $92 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 보다 $109.66 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 가 높은 것으로 나타났다. 그림 4.1은 개발합금별 열전도도를 비교한 것이다.

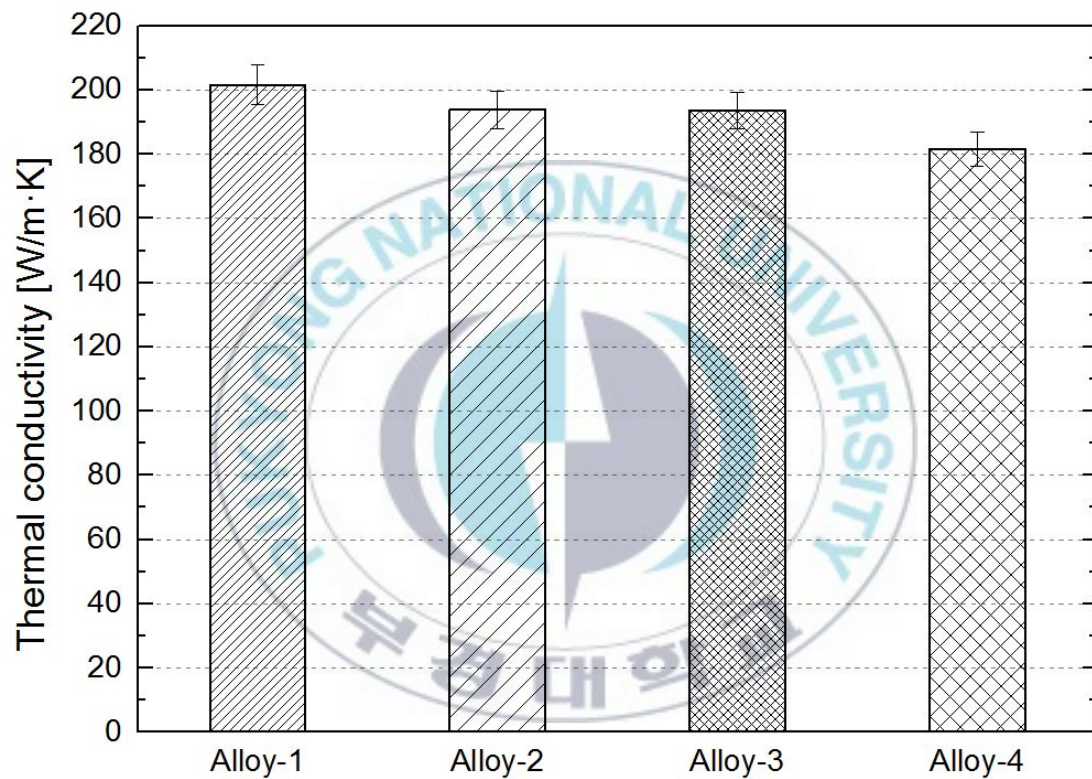


그림 4.1 열전도도 측정 그래프

Fig. 4.1 Thermal conductivity measurement graph

4.2 개발합금의 열저항 및 접합온도 측정결과

4.2.1 개발합금의 열저항

먼저 열저항 측정 그래프 보는 방법을 그림 4.2에 간단하게 나타내어 보았다. 세부적인 열저항 값을 알기 위해서는 측정된 누적구조함수의 값과 미분구조함수의 peak값을 통하여 알아낼 수 있다.

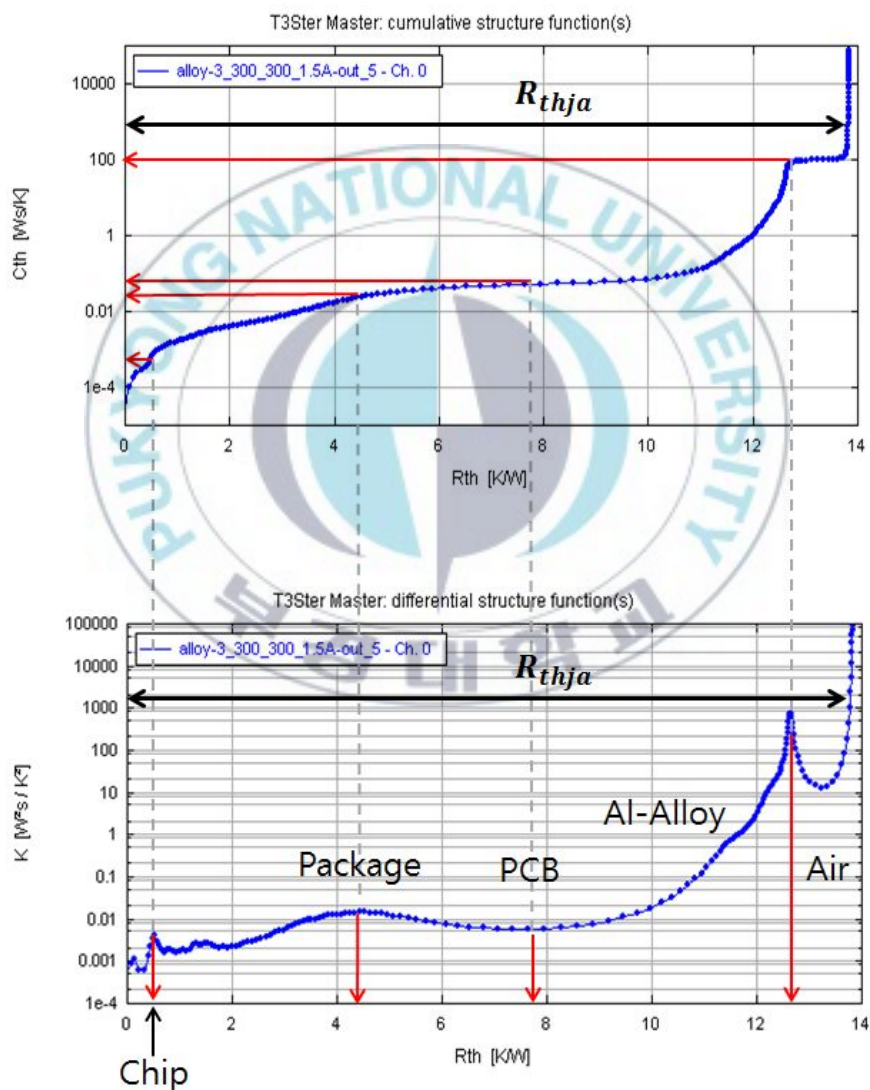


그림 4.2 열저항 측정 그래프

Fig. 4.2 Thermal resistance measurement graph

개발합금별 열저항 측정은 총 5회씩 진행하였으며, 측정 시 실내온도는 25 ℃를 유지하였다. 그림 4.3은 Alloys-1의 열저항 측정 그래프이며, 표 4.6은 열저항 측정값을 나타낸다.

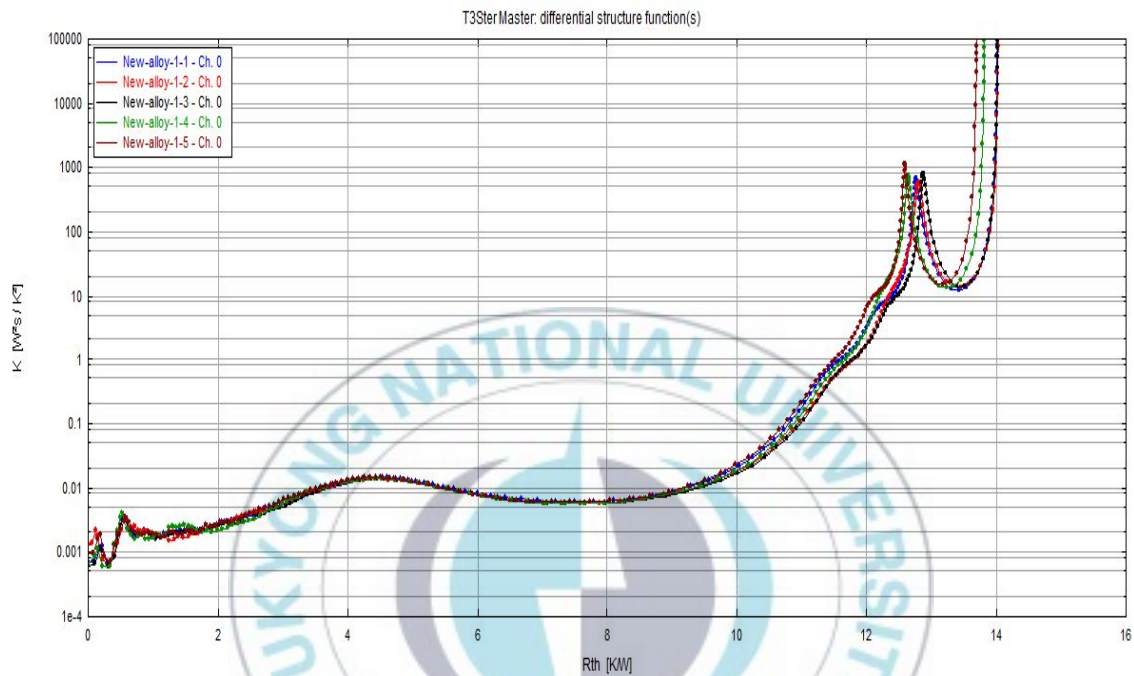


그림 4.3 Alloy-1의 열저항 그래프

Fig. 4.3 Thermal resistance graph of Alloy-1

표 4.6 Alloy-1의 열저항 측정값

Table 4.6 Thermal resistance measurement value of Alloy-1

No.	1	2	3	4	5	Average
Thermal Resistance [K/W]	14.033	14.048	14.041	13.839	13.717	13.936

그림 4.4은 alloys-2의 열저항 측정 그래프이며, 표 4.7은 열저항 측정값을 나타낸다.

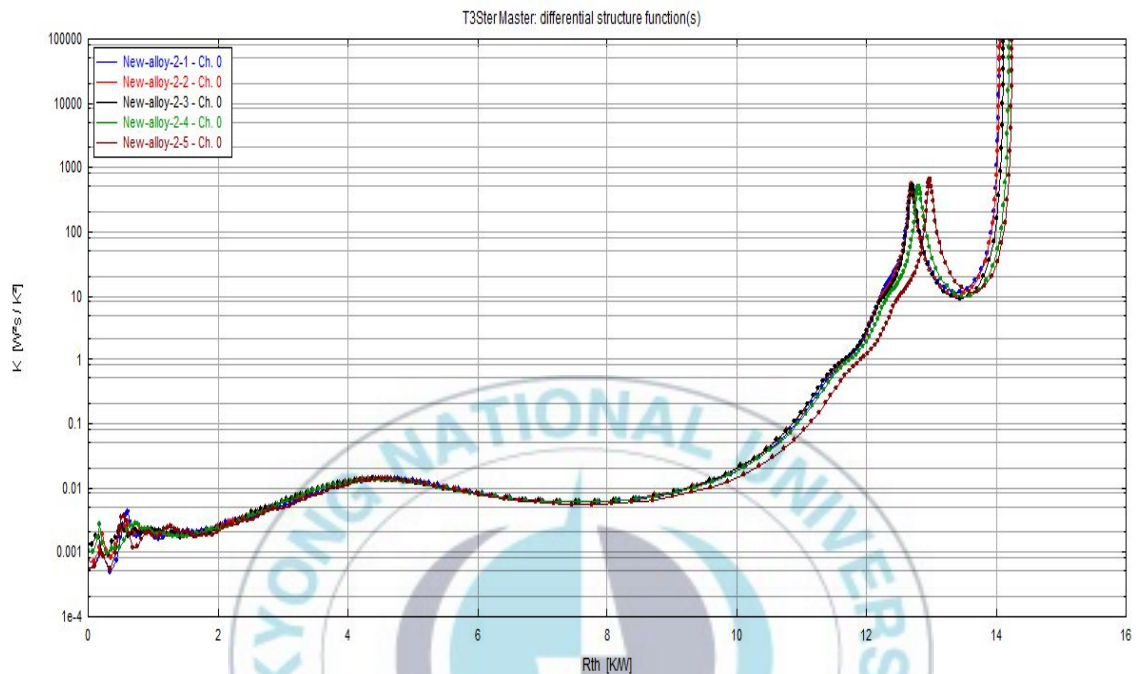


그림 4.4 Alloys-2의 열저항 그래프

Fig. 4.4 Thermal resistance graph of Alloy-2

표 4.7 Alloy-2의 열저항 측정값

Table 4.7 Thermal resistance measurement value of Alloy-2

No.	1	2	3	4	5	Average
Thermal Resistance [K/W]	14.070	14.074	14.131	14.217	14.264	14.151

그림 4.5은 Alloys-3의 열저항 측정 그래프이며, 표 4.8은 열저항 측정 값을 나타낸다.

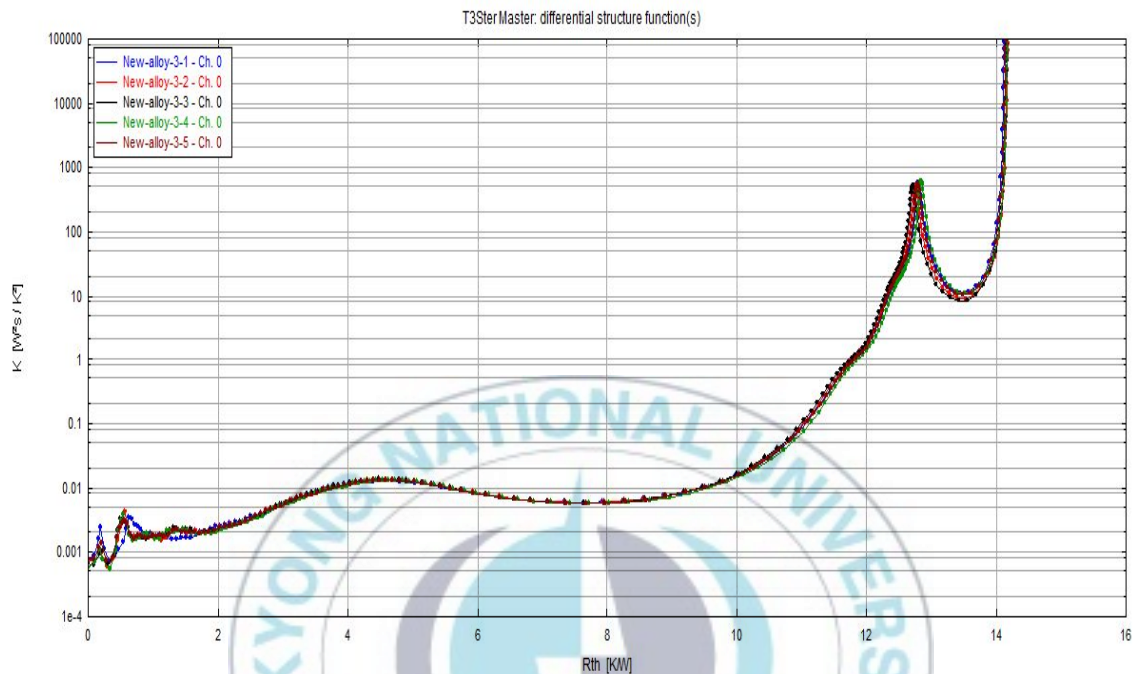


그림 4.5 Alloy-3의 열저항 그래프

Fig. 4.5 Thermal resistance graph of Alloy-3

표 4.8 Alloy-3의 열저항 측정값

Table 4.8 Thermal resistance measurement value of Alloy-3

No.	1	2	3	4	5	Average
Thermal Resistance [K/W]	14.140	14.195	14.188	14.182	14.162	14.173

그림 4.6은 Alloys-4의 열저항 측정 그래프이며, 표 4.9은 열저항 측정 값을 나타낸다.

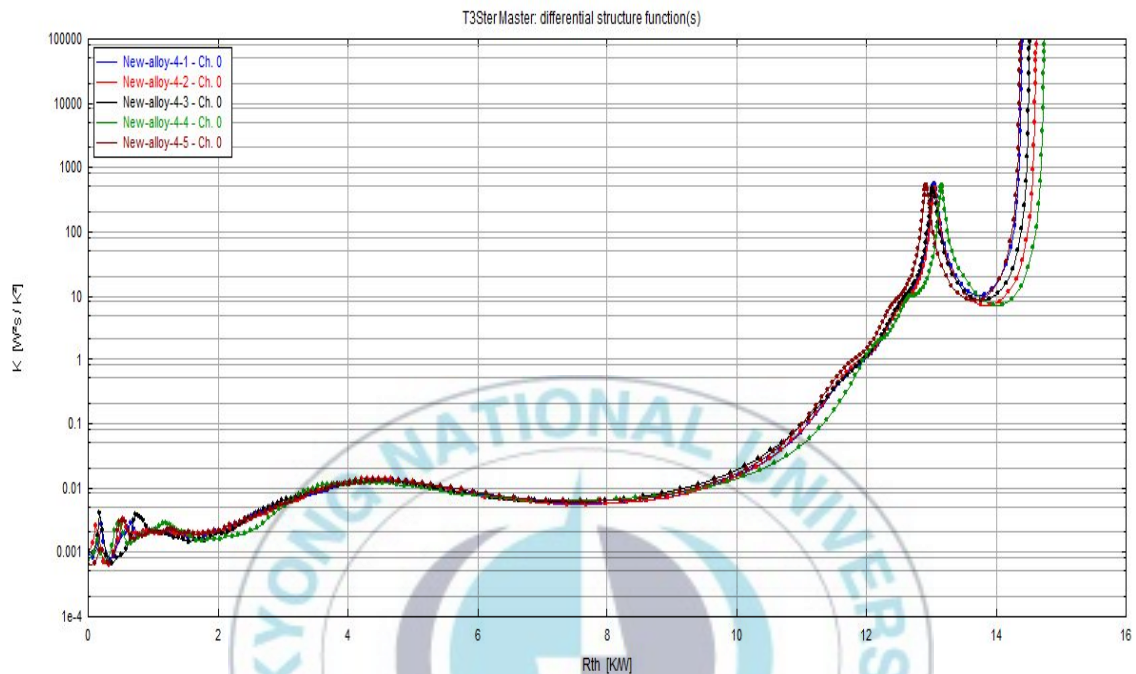


그림 4.6 Alloys-4의 열저항 그래프

Fig. 4.6 Thermal resistance graph of Alloy-4

표 4.9 Alloy-4의 열저항 측정값

Table 4.9 Thermal resistance measurement value of Alloy-4

No.	1	2	3	4	5	Average
Thermal Resistance [K/W]	14.413	14.633	14.529	14.756	14.391	14.544

표 4.10은 개발합금별 열저항을 나타내고 있다. 개발합금 중 열저항이 가장 낮은 Alloys-1은 13.936 K/W이며, 가장 높은 열저항을 가지는 Alloys-4는 14.544 K/W로 나타났으며, 그림 4.7은 합금별 열저항을 비교한 것이다.

표 4.10 합금의 열저항 측정값

Table 4.10 Thermal resistance measurement value of Alloy

Alloy	1	2	3	4
Thermal Resistance [K/W]	13.936	14.151	14.173	14.544

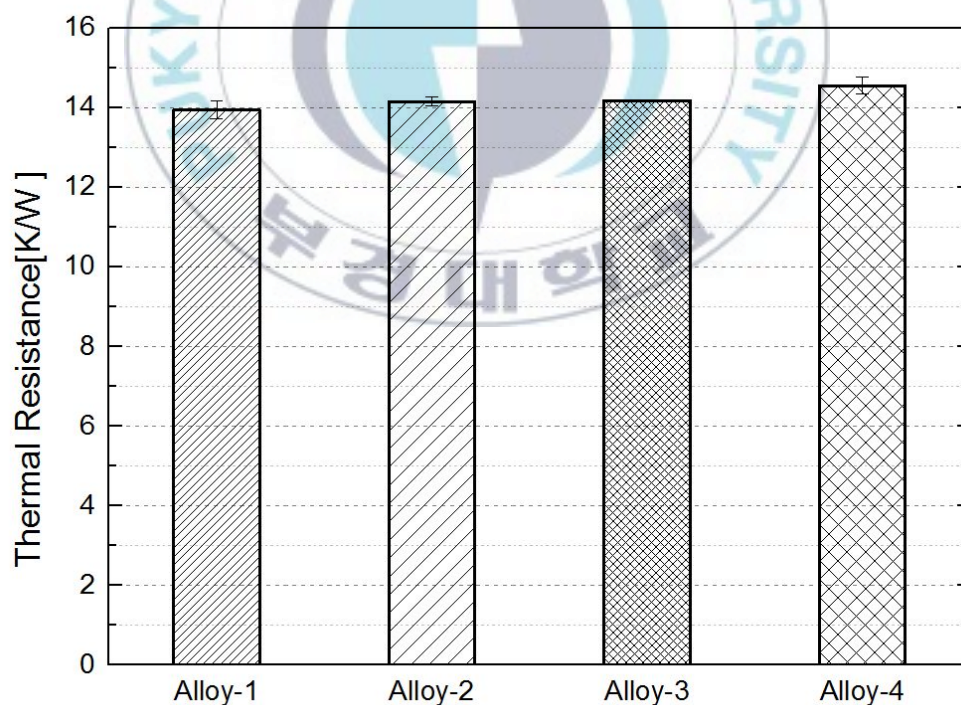


그림 4.7 합금의 열저항 측정 그래프

Fig. 4.7 Thermal resistance measurement graph of Alloys

4.2.2 개발합금의 LED 접합온도

개발합금의 접합온도 역시 측정값 5회를 평균하여 구하였다. 그림 4.8은 Alloys-1의 LED 온도 변화 그래프이며, 그래프의 최대값에 주변온도 25℃를 더해주면 접합온도가 된다. 표 4.11은 접합온도를 나타낸다.

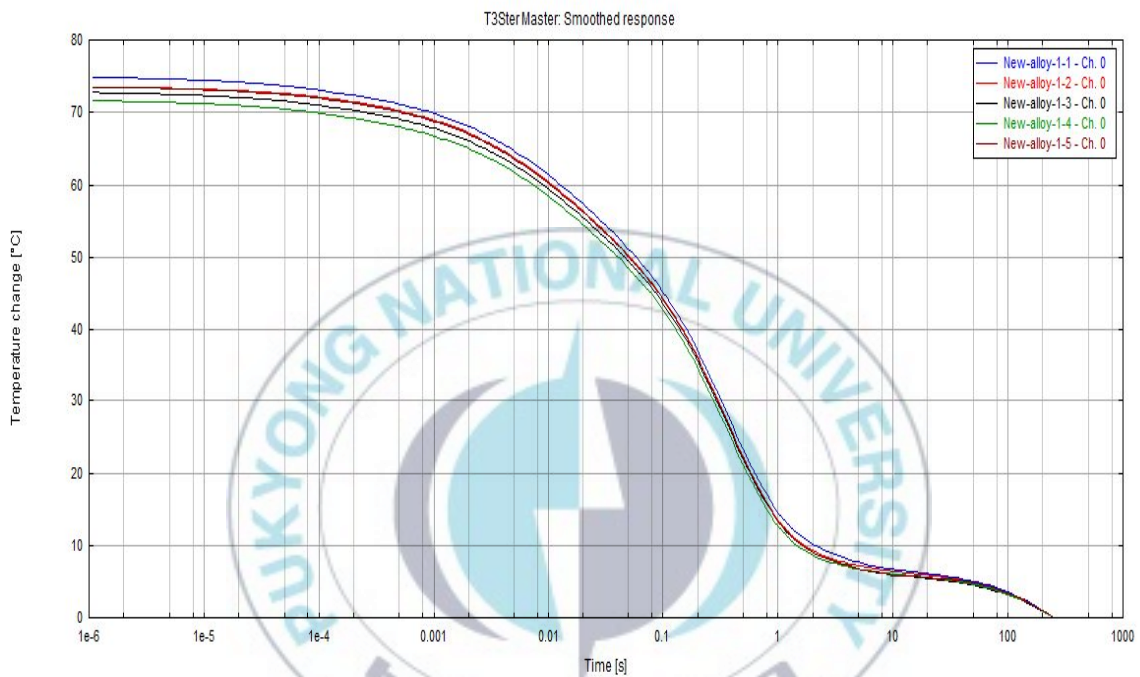


그림 4.8 Alloys-1의 LED 온도변화 그래프

Fig. 4.8 LED Temperature change graph of Alloys-1

표 4.11 Alloys-1의 LED 접합온도

Table 4.11 LED Junction Temperature of Alloy-1

	1	2	3	4	5	Average
Junction Temperature [°C]	99.835	98.517	97.747	96.636	98.474	98.241

그림 4.9은 Alloys-2의 LED 온도 변화 그래프이며, 표 4.12은 접합온도를 나타낸다.

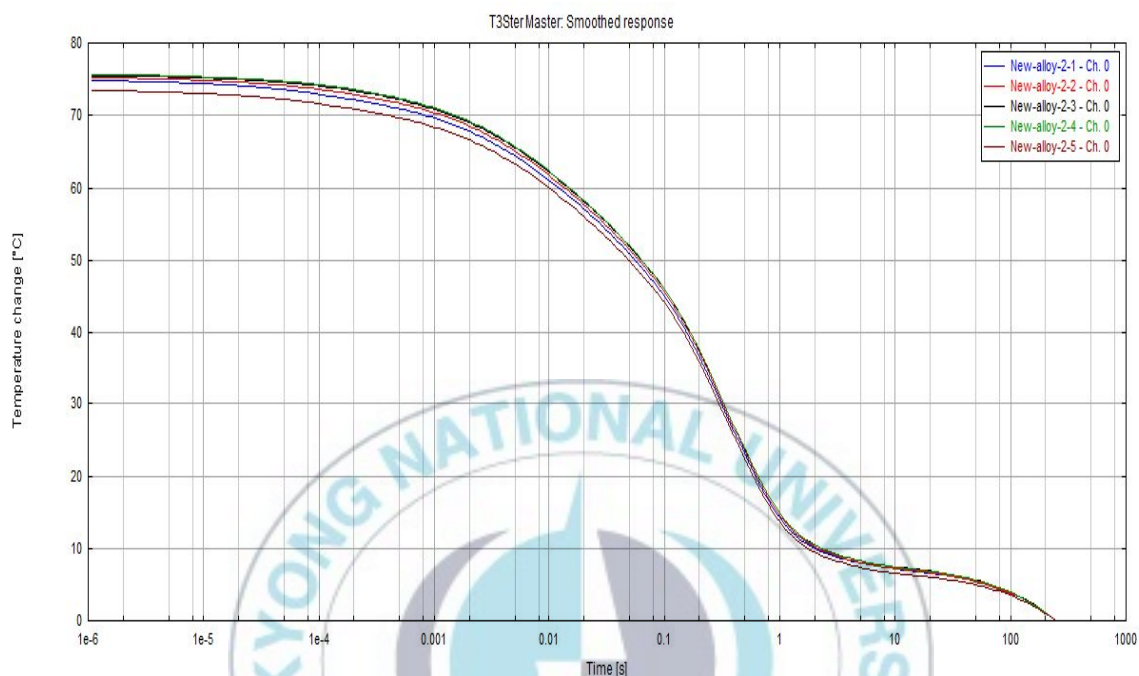


그림 4.9 Alloys-2의 LED 온도변화 그래프

Fig. 4.9 LED Temperature change graph of Alloys-2

표 4.12 Alloys-2의 LED 접합온도

Table 4.12 LED Junction Temperature of Alloy-2

	1	2	3	4	5	Average
Junction Temperature [°C]	99.542	99.227	99.493	99.56	98.345	99.233

그림 4.10은 Alloys-3의 LED 온도 변화 그래프이며, 표 4.13은 접합온도를 나타낸다.

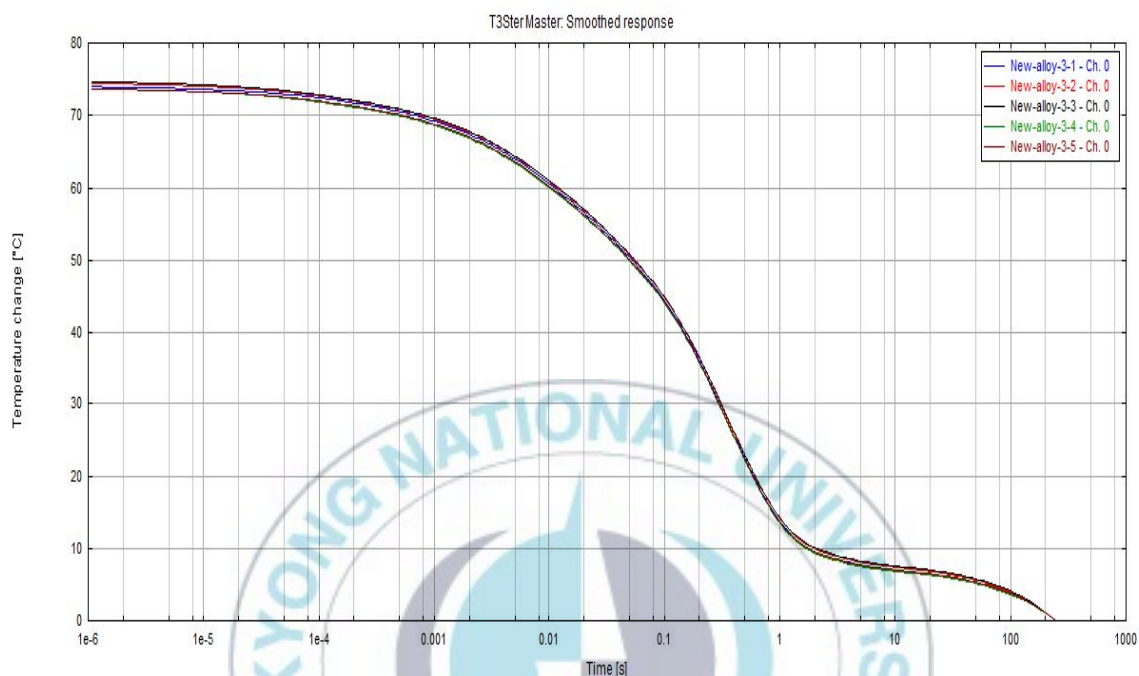


그림 4.10 Alloys-3의 LED 온도변화 그래프

Fig. 4.10 LED Temperature change graph of Alloys-3

표 4.13 Alloys-3의 LED 접합온도

Table 4.13 LED Junction Temperature of Alloy-3

	1	2	3	4	5	Average
Junction Temperature [°C]	99.449	99.421	99.641	98.674	98.615	99.16

그림 4.11은 Alloys-4의 LED 온도 변화 그래프이며, 표 4.14은 접합온도를 나타낸다.

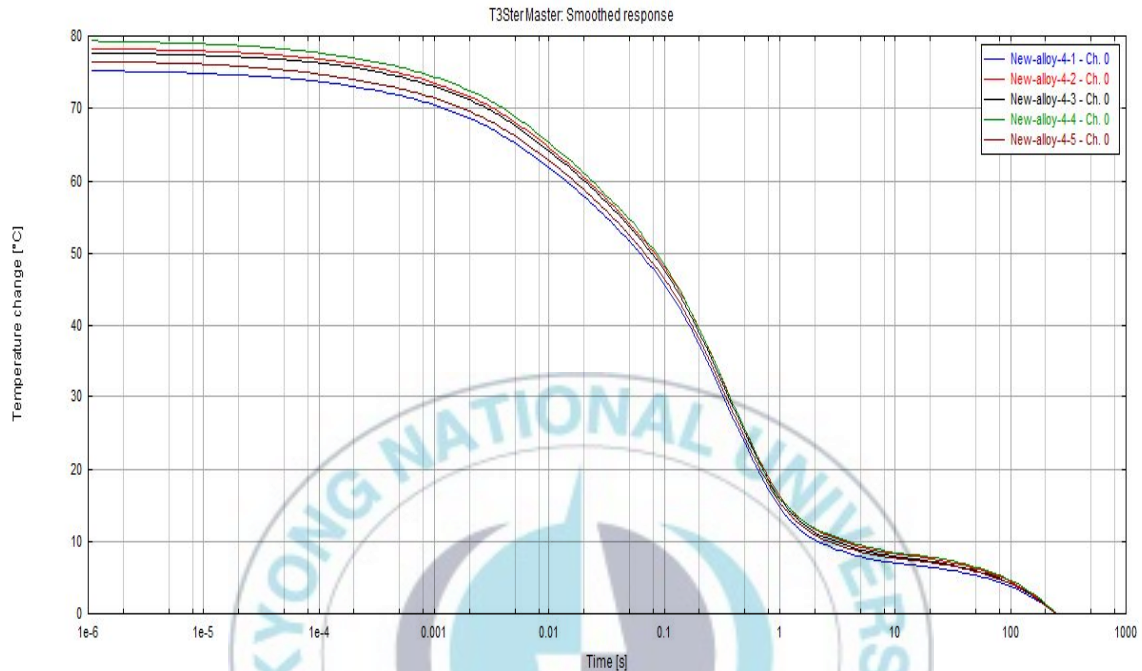


그림 4.11 Alloys-4의 LED 온도변화 그래프

Fig. 4.11 LED Temperature change graph of Allos-4

표 4.14 Alloy-4의 LED 접합온도

Table 4.14 LED Junction Temperature of Alloy-4

	1	2	3	4	5	Average
Junction Temperature [°C]	100.161	103.269	102.642	104.314	101.509	102.379

표 4.15는 개발합금별 접합온도를 나타낸다. 개발합금 중 접합온도가 가장 낮은 alloys-1은 98.241 °C이며, 가장 높은 접합온도를 가지는 alloys-4는 102.379 °C로 나타났으며, 그림 4.15는 개발합금별 접합온도를 비교한 것이다.

표 4.15 합금의 LED 접합온도

Table 4.15 LED Junction temperature of Alloys

	1	2	3	4
Junction Temperature [°C]	98.241	99.233	99.160	102.379

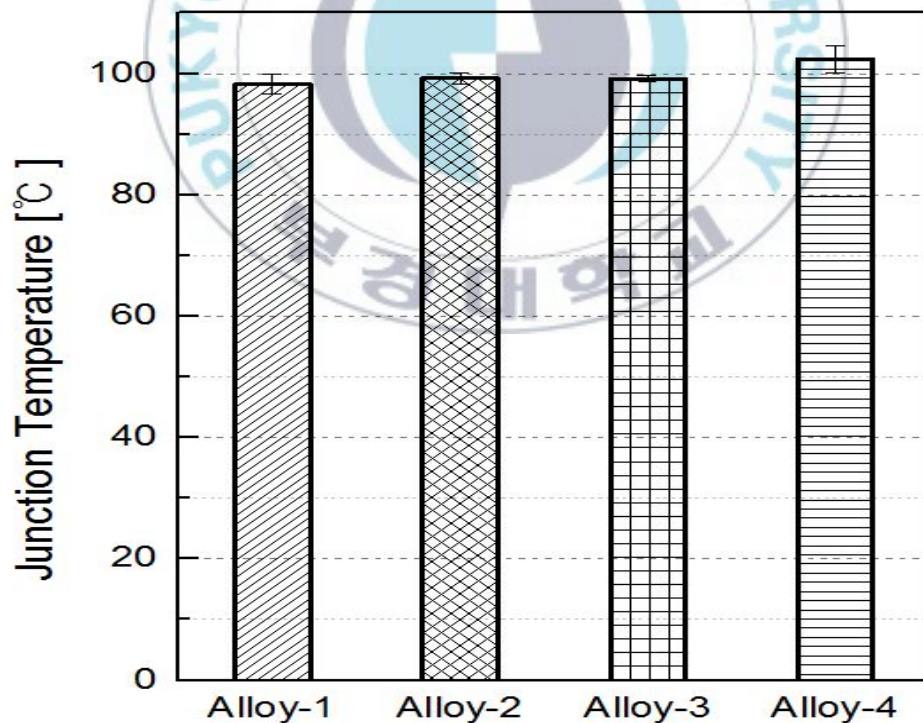


그림 4.12 합금의 접합온도 측정 그래프

Fig. 4.12 Junction temperature measurement graph of Alloys

4.3 개발합금의 광속유지율 측정결과

4종류의 개발합금의 시간에 변화에 따른 광속을 그림 4.8에 나타내었다. Alloy-1은 초기광속 대비 7.17 %의 감소율을 보여 가장 낮은 감소율을 보였고, Alloy-4은 초기광속 대비 9.12 %의 감소율로 가장 높은 감소율을 보였다. 표 4.16은 합금별 초기 광속과 90분후 광속을 나타내었다.

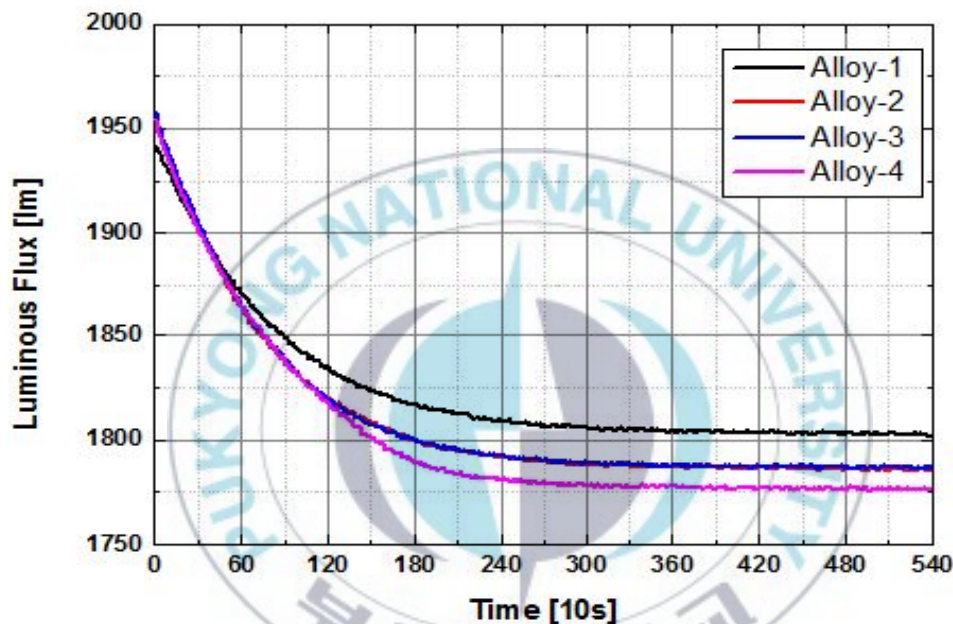


그림 4.13 합금의 광속유지율

Fig. 4.13 Lumen maintenance of Alloys

표 4.16 합금의 광속

Table 4.16 Luminous Flux of Alloys

	1	2	3	4
Initial Luminous Flux [lm]	1941.971	1958.145	1957.737	1954.743
Final Luminous Flux [lm]	1802.609	1785.205	1786.106	1776.504

4.4 열 해석 시뮬레이션 결과

4.4.1 히트싱크 최적화

히트싱크의 최적화를 위해 Heatsink Designer를 이용하였다. 최적화 진행에 있어 변수는 베이스 두께, 핀 두께, 핀 개수이고, 히트 파워는 21 W, 재질은 Al 6063을 이용하였다. 표 4.17는 Heatsink Designer의 설정값을 나타내고 있다.

표 4.17 Heatsink Designer 설정값

Table 4.17 Heatsink Designer Setting Data

Heatsink size [mm]	150 × 65 × 60
Heat source size [mm]	120 × 55 × 1
Heat power [W]	21
Material	Al 6063

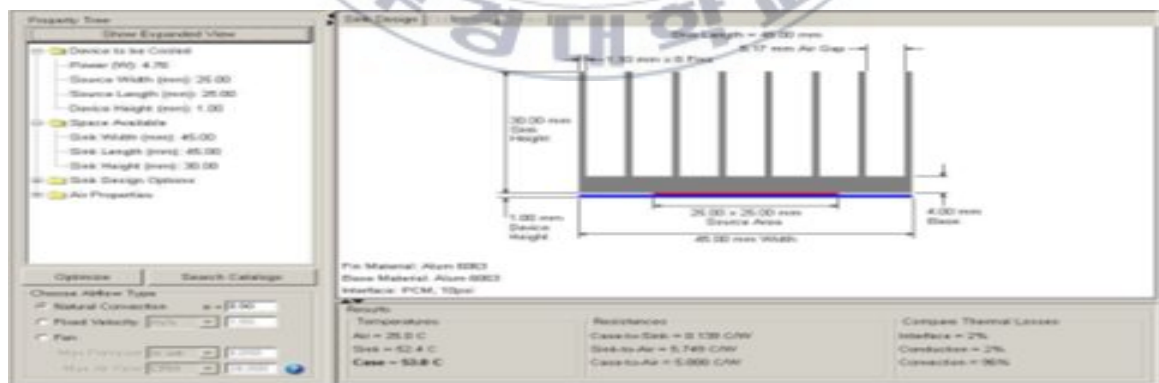


그림 4.14 Heatsink Designer 소프트웨어

Fig. 4.14 Heatsink Designer Software

그림 4.11은 베이스 두께 1.5 mm일 때 흰 두께, 흰 개수의 변화에 따른 히트싱크의 온도를 나타내고 있다. 가장 낮은 온도는 흰 두께가 1.5 mm, 흰 개수가 17개 일 때로 48.85 °C로 나타났다.

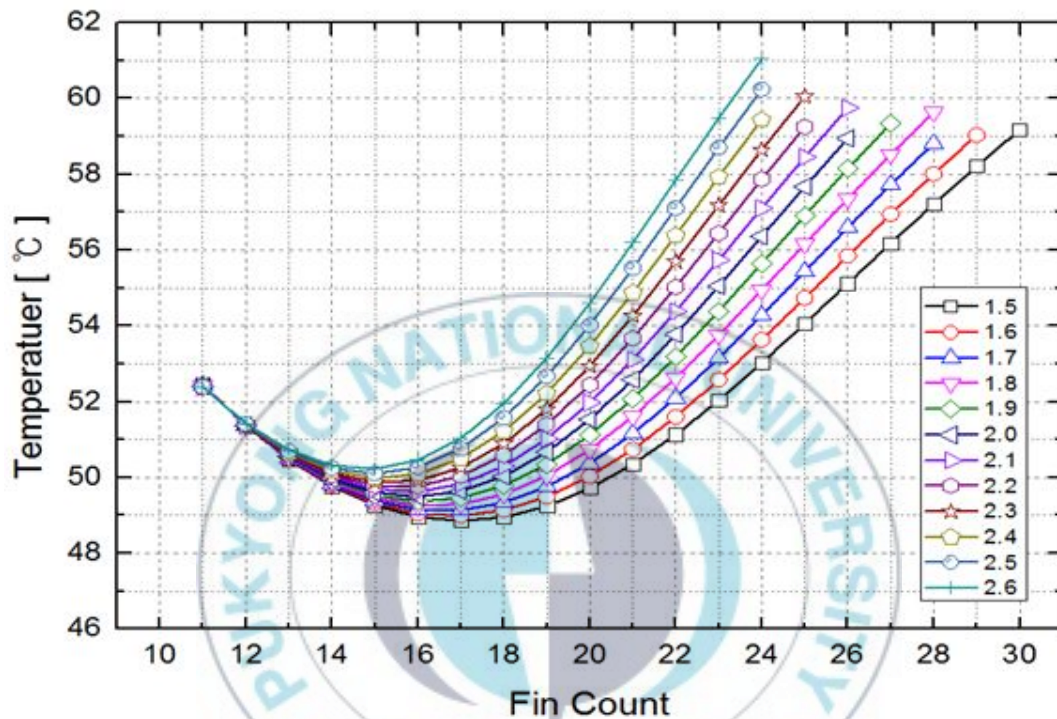


그림 4.15 베이스두께 1.5 일 때 히트싱크 온도변화

Fig. 4.15 Heatsink temperature change when the base thickness 1.5

그림 4.12는 베이스 두께 (a) 2.1, (b) 2.5, (c) 3.1, (d) 3.5 mm일 때 흰 두께, 흰 개수의 변화에 따른 히트싱크의 온도를 나타내고 있다. 4가지 모두 온도가 가장 낮을 때는 흰 두께가 1.5 mm, 흰 개수가 17개로 나타났다.

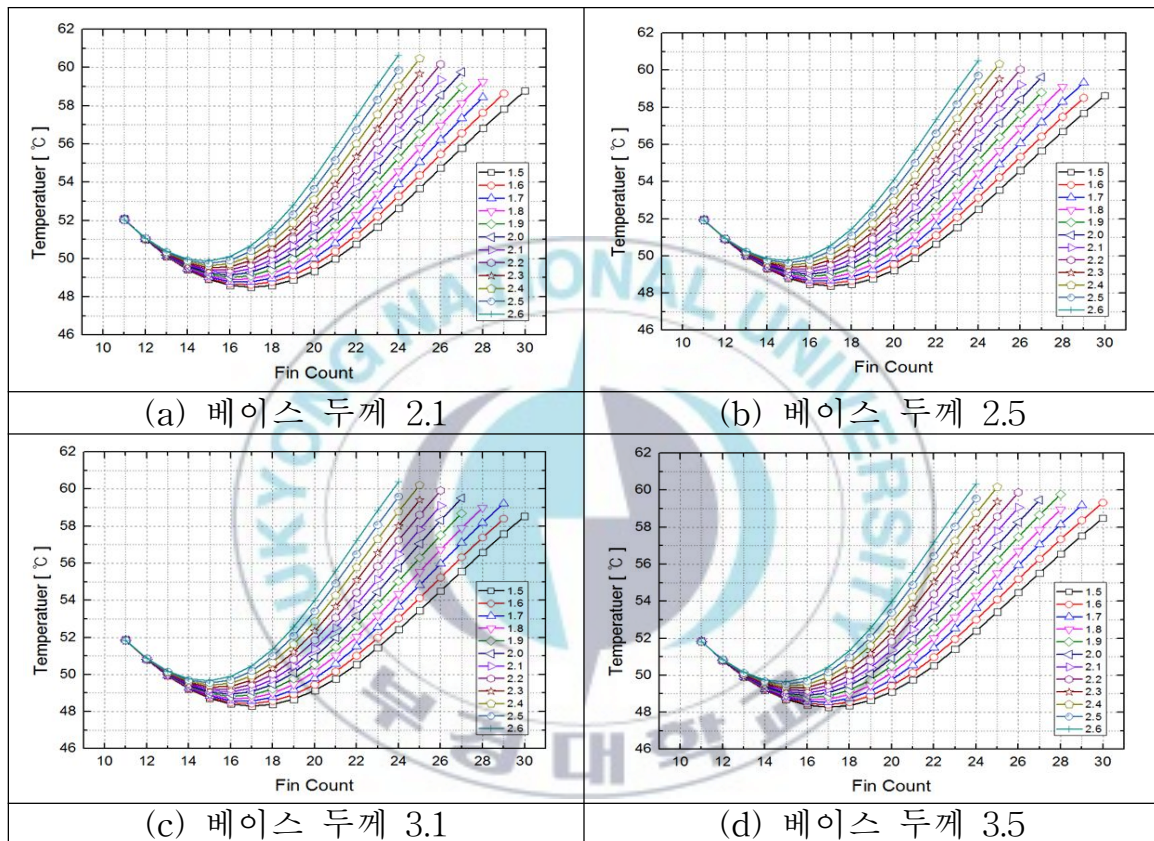


그림 4.16 히트싱크 온도변화 (a) 베이스 두께 2.1, (b) 베이스 두께 2.5, (c) 베이스 두께 3.1, (d) 베이스 두께 3.5

Fig. 4.16 Heatsink temperature change (a) Base thickness 2.1, (b) Base thickness 2.5, (c) Base thickness 3.1, (d) Base thickness 3.5

그림 4.13은 베이스 두께 (a) 4.1, (b) 4.5, (c) 5.1, (d) 5.5 mm일 때 흰 두께, 흰 개수의 변화에 따른 히트싱크의 온도를 나타내고 있다. 4가지 역시 온도가 가장 낮을 때는 흰 두께가 1.5 mm, 흰 개수가 17개로 나타났다.

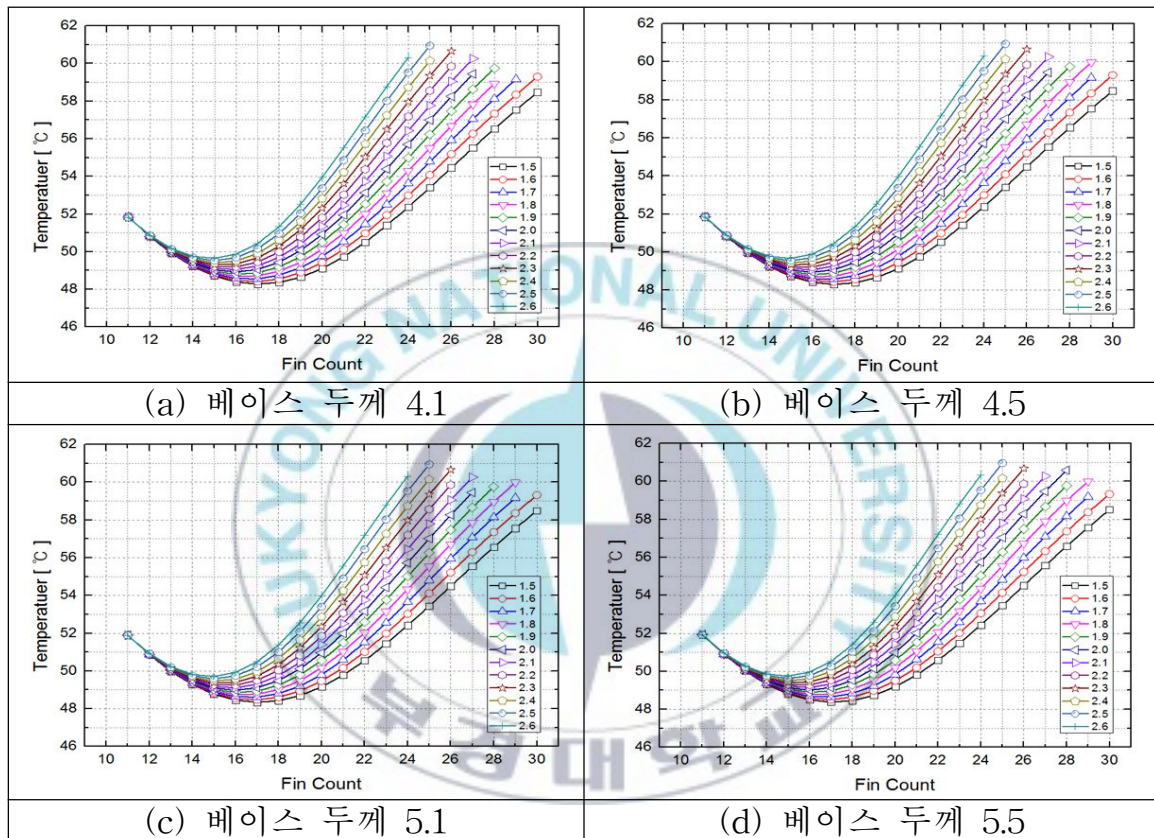


그림 4.17 히트싱크 온도변화 (a) 베이스 두께 4.1, (b) 베이스 두께 4.5, (c) 베이스 두께 5.1, (d) 베이스 두께 5.5

Fig. 4.17 Heatsink temperature change (a) Base thickness 4.1, (b) Base thickness 4.5, (c) Base thickness 5.1, (d) Base thickness 5.5

모든 베이스 두께에서 흰 두께 1.5 mm, 흰 개수 17개일 때 가장 낮은 온도를 나타내었고, 그림 4.14를 통해 베이스 두께가 3.5 mm일 때 가장 낮은 48.27 °C인 것을 확인할 수 있다. 표 4.18은 흰 두께 1.5 mm, 흰 개

수 17개 일 때의 베이스 두께별 히트싱크 온도를 나타내고 있다.

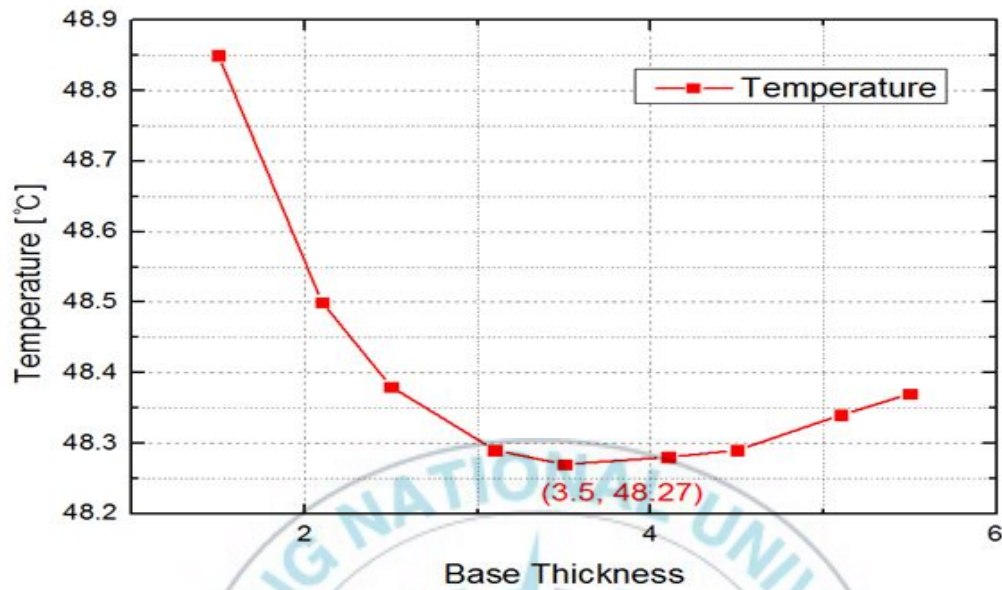


그림 4.18 베이스 두께에 따른 히트싱크 온도

Fig. 4.18 Heat sink temperature according to the base thickness

표 4.18 베이스 두께별 히트싱크 온도

Table 4.18 Heatsink temperature for base thickness

Base Thickness [mm]	Fin Thickness [mm]	Fin Count	Temperature [°C]
1.5	1.5	17	48.85
2.1	1.5	17	48.50
2.5	1.5	17	48.38
3.1	1.5	17	48.29
3.5	1.5	17	48.27
4.1	1.5	17	48.28
4.5	1.5	17	48.29
5.1	1.5	17	48.34
5.5	1.5	17	48.37

4.4.2 25W LED Engine 열 해석 결과

LED Engine 설계는 한국도로공사 LED조명등기구 표준의 부속서 A에 부합하게 설계하였다[30]. 그림 4.9는 표준에서 지정된 LED 모듈의 외형이고, LED 모듈의 가로, 세로 길이와 취부구멍은 지정된 외형에 적합하여야 하며, 높이는 60 mm 이하로 제한하였다.

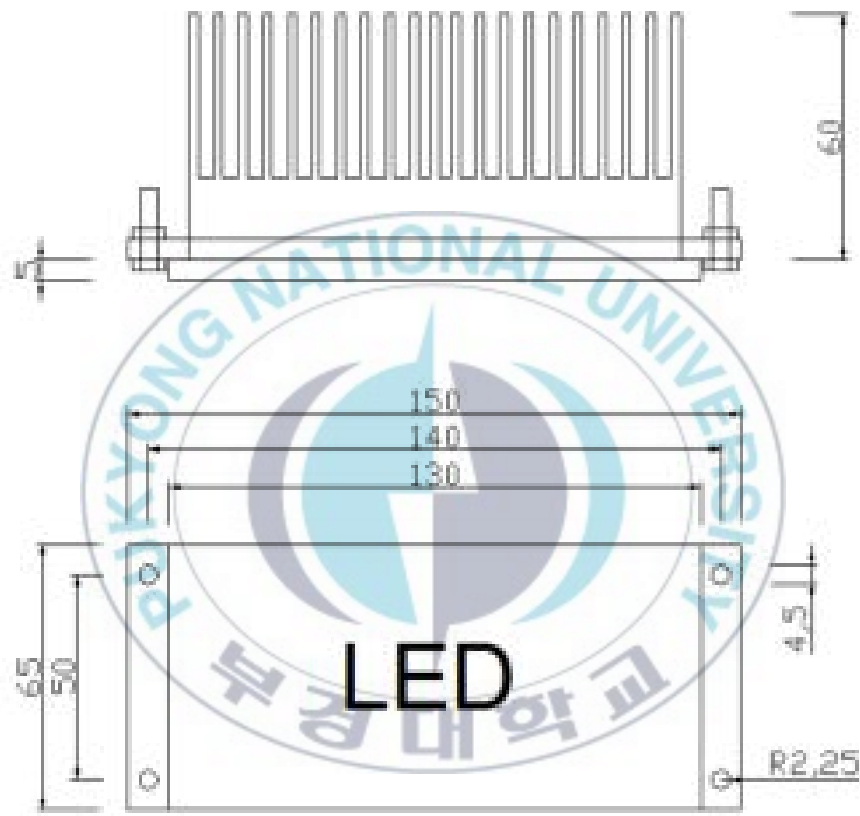


그림 4.19 표준에서 지정된 LED 모듈의 외형

Fig. 4.19 Outer shape of designated LED Module by standard

Heatsink Designer를 통해 베이스 두께 3.5 mm, 흰 두께 1.5 mm, 흰 개수 17일 때 히트싱크가 최적화인 것을 확인하고, 표준에서 지정한 LED 모듈 외형에 적합하게 그림 4.10처럼 설계하였다. 외형의 크기는 가로 150, 세로 65, 높이 41 mm 이다.

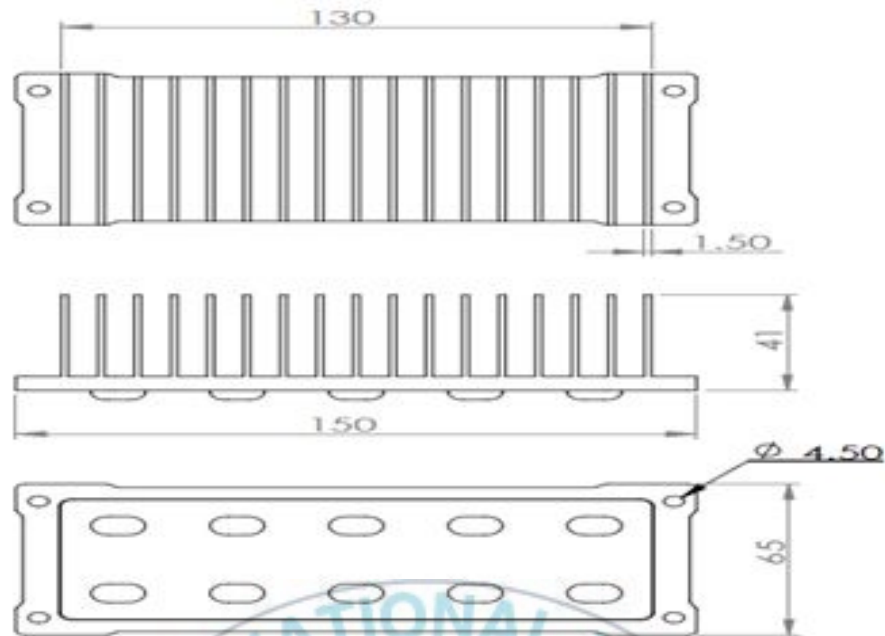


그림 4.20 25W LED 엔진

Fig. 4.20 25W LED engine

열해석 시뮬레이션은 표 4.19와 같이 25W LED 엔진의 재질별 물성치를 입력하고 수행하였으며, 발열량은 총 21 W이다. 먼저 ADC12 합금의 열해석 시뮬레이션을 그림 4.16에 나타내었다.

표 4.19 25W LED 엔진의 물성치

Table 4.19 Properties of 25W LED engine

Layer	Material	Conductivity [W/m·K]	Density [kg/m ³]	Specific Heat [J/g·K]
Lens	Polycarbonate	0.227	1.33	1.510
LED Chip	Sapphire	23.1	3.98	0.761
Metal-PCB	Al5052	137.0	2.68	0.880
Heatsink	ADC12	92	2.82	0.960
	Alloy-1	201.6	2.70	0.896

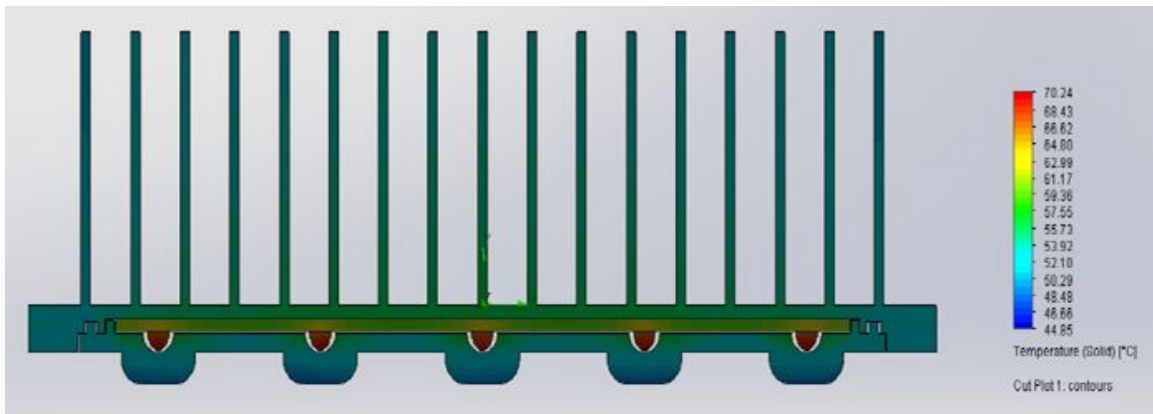


그림 4.21 ADC12 히트싱크 열해석 결과

Fig. 4.21 Thermal analysis of ADC12 Heatsnik

ADC12 합금의 열해석 시뮬레이션 결과 Heatsink 56.20 °C, MCPCB 63.43 °C, Lens 59.09 °C, LED 70.24 °C로 확인되었다.

그림 4.17은 Alloy-1의 열해석 시뮬레이션 결과이다. ADC12 합금의 열해석 시뮬레이션 수행조건과 Heatsink 재질을 제외한 나머지는 동일하게 진행되었다.



그림 4.22 Alloy-1 히트싱크 열해석 결과

Fig. 4.22 Thermal analysis of Alloy-1 Heatsnik

Alloy-1 의 열해석 시뮬레이션 결과는 Heatsink 54.50 °C, MCPCB 62.31 °C, LED 69.13 °C, Lens 57.80 °C로 확인되었다.

그림 4.18은 ADC12 합금과 Alloy-1의 열해석 시뮬레이션 결과의 비교를 나타내고 있다. Heatsink의 온도 차이는 1.70 °C, MCPCB는 1.12 °C, LED는 1.11 °C, Lens는 1.29 °C의 차이를 보였다.

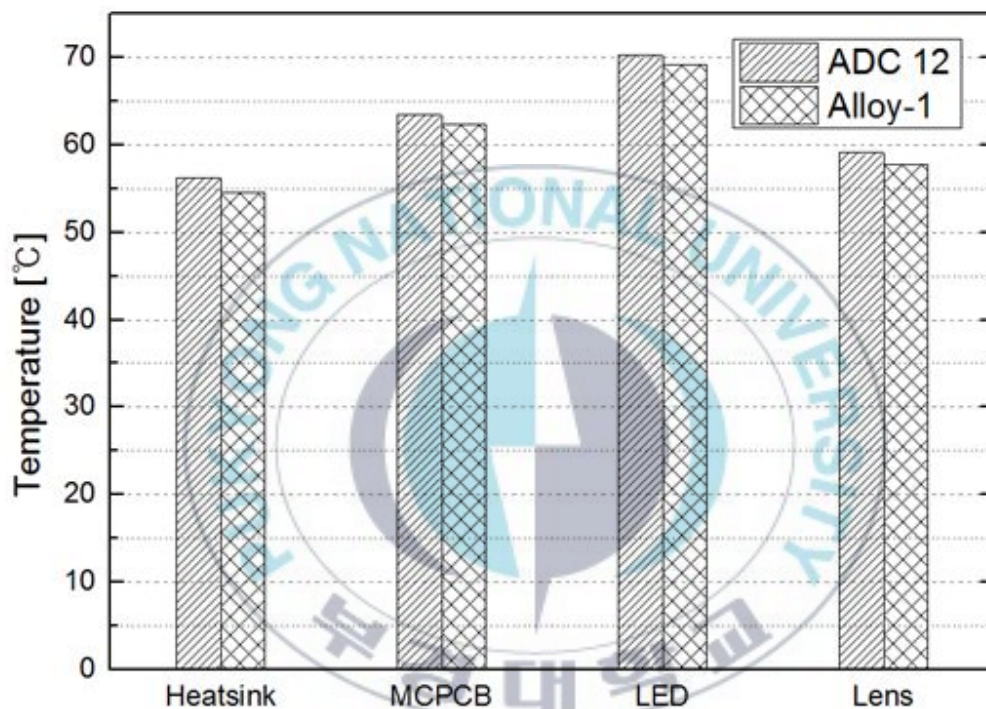


그림 4.23 ADC12와 Alloy-1 열해석 비교

Fig. 4.18 Comparison of thermal analysis ADC12 and Alloy-1

제 5 장 결 론

본 연구에서는 알루미늄의 성분변화를 통해 고열전도도를 가지는 합금의 열특성을 분석하고, Heatsink Designer를 이용하여 25W LED Engine의 히트싱크 최적화를 진행하였다. 또한, 최적화 결과를 토대로 한국도로공사 LED조명등기구 표준의 부속서 A에 부합한 LED Engine 설계를 하여 현재 LED조명의 히트싱크 재료로 사용되고 있는 ADC12 합금과의 열 해석 시뮬레이션을 통해 비교 분석을 진행하였습니다. 실험을 통해 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 개발합금의 열전도도는 Alloy-1(1.26Cu-0.35Fe-0.51Mg-Al)이 201.66 W/m·K로 가장 높게 측정되었다. Alloy-2(1.67Cu-0.42Fe-0.58Mg-Al)의 열전도도는 193.88 W/m·K, Alloy-3(0.46Fe-0.80Mg-2.49Zn-Al)의 열전도도는 193.54 W/m·K, Alloy-4(0.63Fe-1.06Mg-3.33Zn-Al)의 열전도도는 181.60 W/m·K로 측정되었으며, 4합금 모두 기존 히트싱크 재료인 ADC12의 열전도도 92 W/m·K보다 높게 측정되었다.

2. 개발합금의 열저항은 Alloy-1(1.26Cu-0.35Fe-0.51Mg-Al)이 13.936 K/W로 가장 낮게 측정되었다. Alloy-2(1.67Cu-0.42Fe-0.58Mg-Al)의 열저항은 14.151 K/W, Alloy-3(0.46Fe-0.80Mg-2.49Zn-Al)의 열저항은 14.173 K/W, Alloy-4(0.63Fe-1.06Mg-3.33Zn-Al)의 열저항은 14.544 K/W로 측정되었다.

3. 개발합금의 접합온도는 Alloy-1(1.26Cu-0.35Fe-0.51Mg-Al)이 98.241 °C로 가장 낮게 측정되었다. Alloy-2(1.67Cu-0.42Fe-0.58Mg-Al)의 접합온도는 99.233 °C, Alloy-3(0.46Fe-0.80Mg-2.49Zn-Al)의 접합온도는 99.160 °C, Alloy-4(0.63Fe-1.06Mg-3.33Zn-Al)의 접합온도는 102.379 °C로 측정되었다.

4. 개발합금의 광속감소율은 Alloy-1(1.26Cu-0.35Fe-0.51Mg-Al)이 초기 대비 7.17 %의 감소율로 4종류의 합금 중 가장 낮은 감소율을 보였다. Alloy-2(1.67Cu-0.42Fe-0.58Mg-Al)의 광속감소율은 8.83 %로 나타났으며, Alloy-3(0.46Fe-0.80Mg-2.49Zn-Al)의 광속감소율은 8.76 %, Alloy-4(0.63Fe-1.06Mg-3.33Zn-Al)의 광속감소율은 9.11 %로 나타났다.

5. Heatsink Designer를 통한 25W LED 히트싱크의 최적화 결과 흰 두께는 1.5 mm, 흰 개수는 17개, 베이스 두께는 3.5 mm일 때 히트싱크의 온도가 48.27 °C로 가장 낮은 온도를 가지는 것을 확인되었다.

6. 25W LED Engine 열해석 결과 Alloy-1(1.26Cu-0.35Fe-0.51Mg-Al)의 히트싱크 온도는 54.50 °C, PCB 온도는 62.31 °C, LED 온도는 69.13 °C, Lens 온도는 57.80 °C로 ADC12의 열해석 결과보다 히트싱크는 1.70 °C, PCB는 1.12 °C, LED는 1.11 °C, Lens는 1.29 °C가 낮음을 확인하였다.

본 연구를 통해 4종류의 알루미늄 개발합금 모두 ADC12 합금보다 뛰어난 열특성을 가지는 것을 확인하였으며, 25W LED Engine 방열설계 최적화 결과를 통해 25W LED Engine 설계 시 방열자료로 활용 될 것으로 사료된다. 또한, 100, 150, 200W급 조명의 히트싱크 재질을 ADC12 합금이 아닌 개발합금으로 대체하여 방열성능을 향상 시킬 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 김성인, 김용득, “그래핀 신소재를 이용한 LED 방열 기술,” The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, vol. 27, no. 3, pp. 3-10, 2013.
- [2] Chuang. S.-L., Ishibashi. A., Kijima. S., Nakayama. N., Ukita. M., and Taniguchi. S., “Kinetic Model for Degradation of Light-Emitting Diodes,” IEEE J Quant Electron, vol. 33, no. 6, pp. 970-979, 1997.
- [3] N. Narendran and Y. Gu, “Life of LED-based white light sources,” Journal of Display Technology, vol. 1, no. 1, pp. 167-171, 2005.
- [4] 공동식, “Al-Si-Cu 3원계 합금의 열전도도 및 유동성에 관한 Si 및 Cu의 첨가 영향에 관한 연구,” 학위논문(석사) 울산대학교 대학원 첨단소재공학과 2013. 2
- [5] Sung-Kil Hong, “Series II : Melting and Casting of Aluminum Alloys,” Journal of Korea Foundry Society, vol. 28, no. 2, pp. 45-51, 2008.
- [6] Korea Standard KS D 6006:2009 “Die-cast aluminum alloy,” 2009.
- [7] In-Sung Her, Se-Il Lee, A-Ram Lee, and Young Moon Yu, “Optimization of Al 6063 Heat Sink using CFD Simulation and Comparative Analysis of Thermal Dissipation Properties with Thermal Conductive Polycarbonate,” Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, pp. 19-25, 2014.
- [8] Young-Tae Cho, “Heat Sink of LED Lights Using Engineering Plastics,” Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, vol. 12, no. 4, pp. 61-68, 2013.
- [9] 손일수, 신성식, “A Study of Characteristics of Heat Dissipation Carbon Magnesium New Materials of LED Lighting,” Journal of the Korean Institute of Electronic Material Engineers, vol. 26, no. 12, pp. 915-919, 2013.
- [10] 임현구, 김주현, “전자소재용 방열 복합재료의 개발 및 기술 동향,” News & Information for Chemical Engineers, vol. 29, no. 5, pp. 554-560, 2011
- [11] 장한이, 이동렬, “A Study on the Optimum Design of Heat Sink for

Radiant Heat of LED Lighting,” 한국산학기술학회 학술발표대회자료, pp. 680-684, 2012.

[12] 황순호, 박상준, 이영림, “A Study of Optimal Thermal Design for a 10W LED lamp,” Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, vol. 11, no. 7, pp. 2317-2322, 2010.

[13] 서범식, 이기정, 조영식, 박대희, “A Study on Improving the Efficiency of a Heat Dissipation Design for 30 W COB LED Light Source,” Journal of the Korean Institute of Electronic Material Engineers, vol. 26, no. 2, pp. 158-163, 2013.

[14] Chiangwei Yu, Keonghwe Min, Dahan Seo, Hanho Son, Hyojae Choi, Sujin Jo, Chiwon Choi, and Han Seo Ko, “Heat Transfer Analysis for Development of LED Module Cooling System,” The Korean Society of Mechanical Engineers, 1629-1634, 2012.

[15] H.S. Kim, S.H. Park, D. Kim, and K. Kim, “THE EFFECTS OF RADIAL HEAT SINK GEOMETRY AND SURFACE COATINGS ON THE LED COOLING PERFORMANCE FOR HIGH POWER LED LAMP,” Journal of Computational Fluids Engineering, vol. 18, no. 1, pp. 63-68, 2013.

[16] Kyoung-woo Park, Dong-Hoon Choi, Kwan-Soo Lee, and Yang-Hyun Kim, “Design Optimization of Plate-Fin Type Heat Sink for Thermal Stability,” 대한기계학회 춘추학술대회, vol. 2003, no. 11, pp. 43-48, 2003.

[17] Hyunwoo Kang, Jonghyun Park, and Inheum Park, “Design of 1W LED Cooling Module Using Signaling lamp,” 1355-1360, 2012.

[18] K. C. Yung, H. M. Liem, and H. S. Choy, “Thermal performance and placement design of LED array package on PCB,” Electronic Materials and Packaging (EMAP), 2012 14th International Conference on, vol. 2012, no. 12, pp. 1-5, 2012.

[19] Hou Fengze, Yang Daoguo; and Zhang Guoqi, “Thermal analysis of LED lighting system with different fin heat sinks,” Journal of Semiconductors, vol. 32, no. 1, pp. 014006, 2011.

- [20] J. Wang, Y. x. Cai, X. j. Zhao, and C. Zhang, "Thermal design and simulation of automotive headlamps using white LEDs," *Microelectron J*, vol. 45, no. 2, pp. 249-255, 2014.
- [21] H. H. Wu, K. H. Lin, and S. T. Lin, "A study on the heat dissipation of high power multi-chip COB LEDs," *Microelectron J*, vol. 43, no. 4, pp. 280-287, 2012.
- [22] E. Juntunen, O. Tapaninen, A. Sitomaniemi, M. Jamsa, V. Heikkinen, M. Karppinen, and P. Karioja, "Copper-Core MCPCB With Thermal Vias for High-Power COB LED Modules," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 29, no. 3, pp. 1410-1417, 2014.
- [23] Q. Shen, D. Sun, Y. Xu, T. Jin, and X. Zhao, "Orientation effects on natural convection heat dissipation of rectangular fin heat sinks mounted on LEDs," *Int J Heat Mass Transfer*, vol. 75, pp. 462-469, 2014.
- [24] 윤필환, "다이캐스팅용 ADC12합금 특성에 미치는 Zn첨가의 영향," 학위논문(석사), 울산대학교 대학원, 첨단소재공학과, 2009. 2
- [25] H. Shaukatullah, W. R. Storr, B. J. Hansen, and M. A. Gaynes, "Design and optimization of pin fin heat sinks for low velocity applications," *Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium, 1996 SEMI-THERM XII Proceedings , Twelfth Annual IEEE*, vol. 1996, pp. 151-163, 1996.
- [26] 이아람, "고출력 LED 탐조등의 방열특성 연구," 학위논문(석사), 부경대학교 과학기술융합전문대학원, LED융합공학전공, 2014. 2.
- [27] 최병민, "자동차 브레이크 디스크의 열특성 연구," 학위논문(석사), 울산대학교 일반대학원, 물리학과, 2009. 2
- [28] 서범식, "30W COB LED광원용 방열 설계와 열적 특성에 관한 연구", 학위논문(석사), 원광대학교 일반대학원, 정보통신공학과, 2013. 2.
- [29] 신제식, 김기태, 고세현, 안동진, 김명호, "Design and Evaluation of Aluminum Casting Alloys for Thermal Managing Application," *Journal of the Korean Foundrymen's Society*, vol. 33, no. 1, pp. 22-31, 2013.
- [30] Korea Expressway Corporation Standard, "LED Luminaires", 2013.

Analysis of the thermal characteristics due to component change of aluminum and optimization of 25W LED engine heat design

Kyu Jung Yeo

Department of LED Convergence Engineering , Specialized Graduate School
Science & Technology Convergence,
Pukyong National University

Abstract

The world according to the Environmental Protection trend is the development and production of environmentally friendly and efficient products are being made briskly. Without the use of hazardous materials, unlike fluorescent lamps at all, more environmentally friendly and low efficiency of incandescent lamps with high efficient LED lighting development has been made.

LED light output is increased the LED flood light, street lamps, sports lighting, landscape lighting products with a high light output has been developed. Increases the amount of heat generated due to high light output of the LED junction temperature rises higher. Due to the rise in the junction temperature the decrease in light output and light efficiency, in the long term, to reduce the reliability of the LED device is a factor that reduces the life time of the LED chip.

In the method of releasing the generated heat, convection, conduction, radiation, there are three method. Most lighting products are releasing heat generated by using conduction. Heat conduction method in the LED lighting product is to discharge the heat to the

outside through the heatsink.

In order to increase the thermal conductivity of the heat sink studies using carbon materials and graphene and engineering plastics and surface treatment method have been actively promoted. But heatsink are mainly produced by die casting techniques using the thermal conductivity is $90 \sim 130 \text{ W / m} \cdot \text{K}$ about aluminum material ADC12.

In this paper, through the component change of aluminum has developed a high thermal conductivity of aluminum alloy. Use developed aluminum alloy, the thermal resistance and junction temperature, thermal conductivity, and have a luminous flux maintenance factor were compared analyzed and measured. Also, by using the developed alloy, 25 W LED heatsink designed to optimize the design was performed through Computational Fluid Dynamics simulation according to the Base thickness and Fin count, Fin thickness variation

감사의 글

부경대학교 과학기술 융합전문대학원 LED융합공학과정에 진학한지 어느덧 2년이라는 시간이 지나 졸업을 하게 되었습니다. 학부졸업과 동시에 LED-해양 융합기술 연구센터를 추천해준 선배 강다일씨에게 먼저 감사드리며, 석사기간동안 많은 기술력과 학업을 쌓을 수 있게 도와주신 유영문 센터장님께 큰 감사를 드립니다. 또한 자주 찾아뵙지 못했지만, 늘 꼼꼼하게 논문을 지도해주신 저의 지도교수님 최희락교수님께 항상 감사하게 생각하고 있습니다.

그리고 저를 2년 동안 옆에서 많은 도움을 주신 저희 조명팀에게 고맙습니다. 먼저 저희팀의 팀장님이신 허인성 선임연구원님! 제인생의 정신적 지주이고, 멘토이며, 늘 신경써주셔서 감사드립니다. 항상 부족한 저에게 칭찬과 격려를 해주셔서 2년 동안 힘든 시간을 견딜 수 있었습니다. 은혜 잊지 않겠습니다. 다음으로 이세일 선임연구원님! 항상 저의 논문작성에 신경써주시고, 모르는 부분이 있으면 언제나 친절하게 가르쳐주셔서 감사합니다. 대학원 입학동기인 민주와 준철이 2년 동안 같이 고생했다! 앞으로도 쪽~~열심히 잘지내자!! 그리고 팀 막내 지영이와 민규! 항상 열심히 하는 것 같아서 보기 좋다. 앞으로도 지금 모습 변하지 말길!!!

또한, 센터의 많은 분들에게 감사드립니다. 박승근 선임, 조상희 연구원, 재현이, 다른곳으로 떠난 필재!! 언제나 많은 도움주셔서 감사하게 생각하고 있습니다. 그리고, 류우찬 교수님, 양현경 교수님, 이철규 교수님, 박성욱 교수님, 민태성 선임연구원님, 이호현 전임연구원, 미나쌤, 초연쌤 또한 감사드리며 앞으로도 잘 부탁드립니다.

또 중요한 한분!! 논문작성에 많은 도움을 주신 이승민 형님께도 큰 감사를 드립니다. 앞으로도 많은 가르침과 도움 부탁드립니다.

이렇게 석사학위를 취득 할 수 있도록 옆에서 늘 함께 응원해준 우리 가족에게 매우 큰 감사를 표합니다. 먼저 저의 부모님!! 지금까지 키워주시고 공부시켜주시느라 고생하셨습니다. 앞으로 돈 많이 벌어 효도 하겠습니다. 저희 집의 장남 우리형! 내가 하고 싶은 것을 할 수 있게 힘이 되어주어 고맙다! 동생으로 부끄럽지 않게 열심히 잘 살게!!!

가장 중요한 2014년 8월 30일 새롭게 생긴 나의 가족!! 와이프 양애란님께 그

누구보다 감사합니다!!!! 대학원 2년동안 남편 뒷바라지 한다고 고생했어. 앞으로 살면서 내가 보상해줄게!! 나믿고 결혼해줘서 고맙고, 우리 예쁜 아진이 낳아줘서 고마워. 부끄럽지 않은 남편, 아빠가 되도록 노력할게!! 사랑해♥

다시한번 많은 분들께 감사드리며, 변하지 않은 여정규가 되도록 열심히 잘 살겠습니다.

