

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.06.006

# 单芯片大功率LED热分析及散热器设计

胡靓靓, 周慧文, 冯波

(湖南工业大学 土木工程学院, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 利用热分析软件 ICEPAK 对单芯片大功率 LED 灯的散热器性能进行了仿真分析, 得出其温度分布规律, 提出了 3 种优化设计方法对散热器进行散热, 并讨论了各方案对 LED 散热性能的影响。仿真结果表明: 通过适当的优化设计能够有效地提高 LED 散热性能。

**关键词:** 大功率 LED; ICEPAK 软件; 热分析; 散热器

中图分类号: TK124

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2012)06-0021-04

## Thermal Analysis of Single-Chip High Power LED and the Heat Sink Design

Hu Liangliang, Zhou Huiwen, Feng Bo

(School of Civil Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** By means of heat analysis software ICEPAK, simulates the performance of single-chip high power LED light radiator and obtains the temperature distribution. Proposes three kinds of optimization design method for radiator cooling and discusses the impacts of the methods on the LED heat dissipation. The simulation results show that the LED cooling performance can be effectively improved by the appropriate optimization design.

**Keywords:** high-power LED; ICEPAK software; thermal analysis; heat sink

## 0 引言

发光二极管 LED 是一种固态冷光源, 具有环保、节能、光色纯、光效高、寿命长等优点。但是, LED 发光时, 会产生大量的热量, 如果不能有效地耗散这些热量, 将导致芯片结温升高, 芯片射出的光子减少, 取光效率降低, 芯片的发射光谱发生红移, 色温质量下降, 从而加快芯片的老化, 缩短器件的寿命<sup>[1]</sup>。因此, 为保证 LED 能正常工作, 必须采用有效的方法控制 LED 芯片的温升, 即将其散发出的热量快速有效地散发到周围环境中。目前, 大功率 LED 只能将 10%~15% 的输入功率转化为光能, 而将其余

85%~90% 的输入功率转化为热能<sup>[2]</sup>, 且单颗集成式 LED 芯片使单位面积的散热量急剧增加, 从而导致其工作结温不断升高。因此, 大功率 LED 芯片的散热问题尤为重要, 必须引起高度重视。

为确保大功率 LED 能够正常工作, 需要通过有效的散热设计保证 LED 芯片结温在允许温度范围内。目前, LED 路灯的散热主要有 2 种方案<sup>[3]</sup>: 一是结合 LED 芯片封装, 通过内部热沉将芯片产生的热量有效地导出并传导给散热器; 二是在路灯设计制造时进行 LED 的二次散热设计。被动式散热是目前业界较为认可的散热方案, 其主要有 2 种方式散热: 散热器散热和热管散热。散热器散热有将灯壳与外

收稿日期: 2012-09-04

基金项目: 湖南省科技计划基金资助重点项目(2011FJ2026)

作者简介: 胡靓靓(1987-), 男, 浙江慈溪人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为大功率 LED 散热,

E-mail: 385749550@qq.com

置式散热器一体化和采用内置式散热器加温控风扇的2种方式。热管散热分为热管加鳍片,均温板加热管加鳍片,热管加鳍片加温控风扇的方式。

为解决诸多散热问题,运用热分析软件对传热体进行实体建模与仿真分析,这是解决器件散热问题的有效途径之一。当前用于热分析的软件主要有ICEPAK, ANSYS, EFD及FLOTHERM等<sup>[4]</sup>。本文利用专业热分析软件ICEPAK对单芯片大功率LED的散热器进行了温度场的模拟,为了改进其散热效果,优化设计了3种散热器方案:方案1,在PCB板和散热器底板之间加平板热管;方案2,加装风扇;方案3,改变散热器材料。还讨论了各方案对LED散热性能的影响。

## 1 模型建立与结果分析

利用ICEPAK软件对单芯片大功率LED的散热器进行建模,忽略导电胶及导热胶等因素的影响,模型如图1所示。

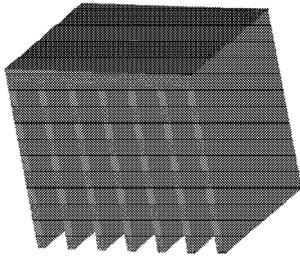


图1 单芯片LED散热器模型图

Fig. 1 The diagram of single-chip LED radiator model

大功率LED芯片通过粘接材料连接在PCB板上。该芯片尺寸为 $1\text{ mm} \times 1\text{ mm} \times 0.23\text{ mm}$ ,粘接材料厚 $0.02\text{ mm}$ ,PCB板的尺寸为 $25\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ ,散热器尺寸参数见表1。

表1 散热器结构尺寸表  
Table 1 Radiator structure size mm

散热器结构	尺寸
肋片间距	3
肋片高度	30
肋片厚度	1
底板厚度	1

在ICEPAK软件中设置边界条件:

1) 大功率LED芯片的功率为 $1\text{ W}$ ,若发光效率为 $20\%$ ,则发热功率为 $0.8\text{ W}$ ,因此,在ICEPAK软件中将每个source的total heat设置为 $0.8\text{ W}$ 。

2) 将该散热器外表面均设为自然对流,对流系数为 $10\text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ,假设环境温度为 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 。

3) 设置各材料导热系数见表2。

表2 各元件材料的热性参数

Table 2 Thermal parameters of element materials

元件	导热率/ $(\text{W} \cdot (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})^{-1})$
芯片	125.6
PCB板	178.0
散热器	238.0

通过对该模型划分网格,稳态计算,得到散热器的温度分布云图,如图2所示。

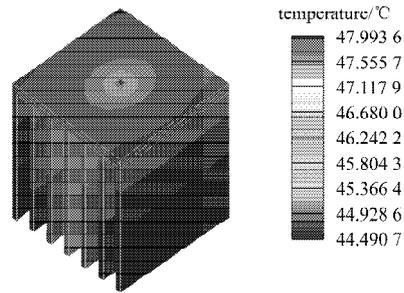


图2 散热器的温度分布云图

Fig. 2 Radiator temperature contours

由图2可以看出,在自然对流情况下,LED灯的发热达到稳定后,其最高温度约为 $47.99\text{ }^\circ\text{C}$ ,且主要集中于芯片处;PCB板上的颜色基本一致,表明其温度值基本相同,显示其较好的均温性,温度值约为 $45.3\text{ }^\circ\text{C}$ ,远低于 $65\text{ }^\circ\text{C}$ (LED灯的标准要求是PCB板的温度不能超过 $65\text{ }^\circ\text{C}$ ),这说明了其散热效果较好。

## 2 散热结构优化设计

一般依照从散热器带走热量的方式,可将散热器分为主动式散热和被动式散热。被动式散热,是指通过自然对流将热量散发到空气中,而主动式散热需要消耗额外的电能,从散热方式可分为风冷散热、液冷散热、热管散热、半导体制冷、化学制冷等<sup>[5]</sup>。本文设计了3种散热方案:方案1,在PCB板和散热器底板之间加平板热管;方案2,加装风扇;方案3,改变散热器材料。

### 2.1 方案1

平板热管(flat plate heat pipe)属于热管的一种类型,且平板热管比一般热管具有更突出的优点,其形状非常有利于集中热源进行热扩散。由于平板热管具有良好的均温性,可将点热源发出的热量转化成面热源发出的热量,从而有效减小热流密度,使热量快速传导到散热翅片,并散发到周围环境中<sup>[6-7]</sup>。但是,在具体的设计中要考虑灯具的美观问题,所以应该尽量避免平板热管暴露在灯具外壳面上。因此,

可采用在 PCB 板和散热器之间加平板热管的方式散热, 该方案模型如图 3 所示。在 PCB 板与散热器底板之间加一根 25 mm × 25 mm × 5 mm 的平板热管, 设置热管的轴向热导率为 30 000 W/(m · °C), 另外 2 个方向的热导率为 150 W/(m · °C)。

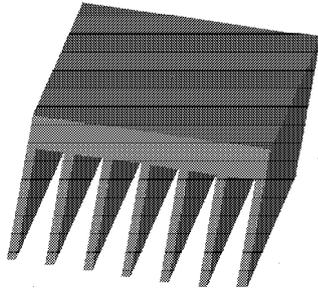


图3 加装平板热管后的模型图

Fig. 3 The male diode assembly after flat heat pipe installation

仿真分析结果如图 4 所示。从该图可以看出, 芯片最高温度约为 45.24 °C, 结温降低了 2.75 °C, 因此, 加装平板热管有利于降低结温。

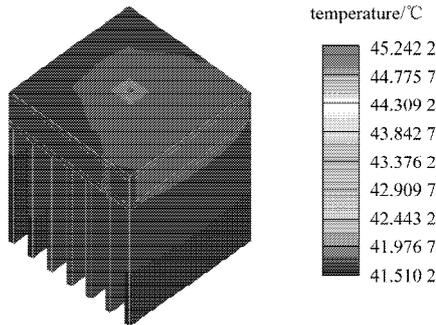


图4 加装热管后的整体温度分布图

Fig. 4 The temperature distribution after heat pipe installation

2.2 方案2

风扇属于风冷强制散热, 可较大程度地提高肋片散热效果。由于借助了强迫对流散热, LED 基板上的热量可更迅速地扩散到周围的环境中, 但是这种散热方式增加了成本, 且风扇的使用寿命是有限的, 一般为 3 年左右, 在运行时还会产生一定噪音。另外, 如果这种散热方式用在户外灯具上, 还要加装防水装置, 这导致其使用效果较差。

为研究风扇质量流量的大小对散热性能的影响, 本文分别对风扇质量流量为 0.005, 0.010, 0.015, 0.020 kg/s 进行模拟分析, 得到其芯片结温分别为 31.38, 30.34, 29.90, 29.63 °C。风扇质量流量与芯片结温的关系见图 5。从图中可以看出, 随着质量流量的增大, 芯片结温迅速下降, 相比自然对流芯片的结温, 最大下降了 18.36 °C, 可见风扇对 LED 的散热具有明显的效果。

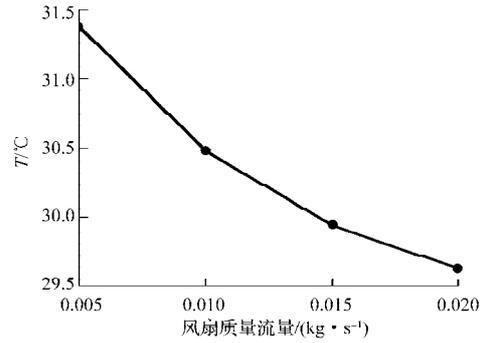


图5 风扇质量流量-芯片结温关系曲线

Fig. 5 The relation curve of fan mass flow-chip junction temperature

2.3 方案3

在常见的金属中, 银的导热率最高, 其次是铜和铝。但银的价格较昂贵, 因此, 目前大部分散热片采用铜和铝。铜和铝相比较而言, 铜的导热性更好, 但其缺点是, 价格较贵, 加工难度大, 密度大, 且铜制散热器散热容量较小, 易氧化, 而纯铝太软, 不能直接使用, 一般都使用铝合金作为散热片的首选, 其优点是价格低廉, 密度小, 但导热性比铜差。为了研究散热器材料导热率对散热性能的影响, 分别对不同的散热器材料进行模拟测试, 即 A15083, A16061, A16063, 纯铝, 铜, 银, 导热率为 320 W/(m · °C) 和 480 W/(m · °C) 的材料分别简称材料 1 和材料 2, 不同材料的导热率见表 3。

表3 不同材料的导热率

Table 3 The thermal conductivity of different materials

材料	导热率 / (W · (m · °C) <sup>-1</sup> )
A15083	117
A16061	167
A16063	209
纯铝	240
材料 1	320
铜	401
银	427
材料 2	480

散热器材料对芯片结温的影响如图 6 所示。

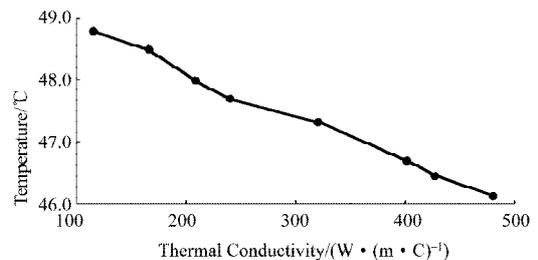


图6 散热器材料导热率-芯片结温关系曲线

Fig. 6 The relation curve of heat sink material thermal conductivity-chip junction temperature

由图6可以看出,随着散热器材料导热率的增大,芯片结温显著降低,因此,增大材料导热率可有效地改善散热器的散热性能。

### 3 结语

利用ICEPAK软件对单芯片大功率LED进行了热分析及散热器的优化设计,并对优化散热器前后的LED芯片结温数据进行了对比分析。实验结果表明,要增强LED灯散热性能可采用3个方案:方案1,在PCB板和散热器底板之间加平板热管;方案2,加装风扇;方案3,改变散热器材料。在以后的研究中,可以单独针对散热器结构进行改进,比如散热翅片的高度、厚度和间距,散热底板的厚度等对LED散热性能的影响,设计出一款最佳散热器结构,有助于更好地散热。

#### 参考文献:

- [1] 齐 昆,陈 旭.大功率LED封装界面材料的热分析[J]. 电子与封装, 2007, 7(6): 8-13.  
Qi Kun, Chen Xu. Thermal Analysis of Interface Material in High-Power Light-Emitting Diode Packages[J]. Electronics & Packaging, 2007, 7(6): 8-13.
- [2] 王耀明,王德苗,苏 达.大功率LED的散热封装[J]. 江南大学学报: 自然科学版, 2009, 8(1): 58-61.  
Wang Yaoming, Wang Demiao, Su Da. Thermal Design of High-Power LED[J]. Journal of Jiangnan University: Natural Science Edition, 2009, 8(1): 58-61.
- [3] 陈元桂,郭燕萍.大功率LED路灯应用现状的分析[J]. 灯与照明, 2011, 35(1): 33-35.  
Chen Yuangui, Guo Yanping. Application of High-Power LED Street Lamp Analysis[J]. Light & Lighting, 2011, 35(1): 33-35.
- [4] 赵 敏,陈志平,张巨勇.大功率LED灯的热分析与热设计[J]. 机电工程, 2012, 29(2): 220-223.  
Zhao Min, Chen Zhiping, Zhang Juyong. Thermal Analysis TMP Thermal Design Based on High-Power LED [J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2012, 29(2): 220-223.
- [5] 杨传超.大功率LED多芯片模块散热器设计与封装结构热阻分析[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.  
Yang Chuanchao. Design of Radiator for High-Power LED Multi-Chip Module and Analysis of Packaging Thermal Resistance[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2010.
- [6] 陈建金.基于平板型热管的LED散热技术研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.  
Chen Jianjin. Investigation on LED Heat Dissipation Technology Base on Flat Plate Heat Pipe[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011.
- [7] 田大垒,关荣锋,王 杏,等.基于热电制冷的大功率LED散热性能分析[J]. 电子与封装, 2009, 9(1): 35-37.  
Tian Dalei, Guan Rongfeng, Wang Xing, et al. Heat Dissipation Analysis of High Power LED Based on Thermoelectric Cooler[J]. Electronics & Packaging, 2009, 9(1): 35-37.

(责任编辑: 邓 彬)