



论 LED 照明灯具的散热

龚兆岗

(深圳市共达光明科技有限公司,广东深圳 518100)

摘 要:本文论述了传导、对流、辐射等三种散热方式和热阻的概念,分析了 LED 照明灯具的散热结构,并针对 LED 照明灯具的结构就提高散热效果进行了研究与探讨。

关键词:LED 照明;散热;传导;对流;辐射;热阻;热容比

中图分类号:TN312+.8

文献标识码:B

Heat Dissipation of the LED Lighting

GONG Zhao-gang

(Shenzhen Genta Lighting Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518100, China)

Abstract: This paper describes three ways of heat dissipation—conduction, convection and radiation, and the concept of thermal resistance. It also analyzes thermal structure of the LED lighting, and further discusses how to improve heat dissipation of the LED lighting based on its structure.

Keywords: LED lighting; heat dissipation; conduction; convection; radiation; thermal resistance; heat capacity ratio

引 言

节能环保、绿色照明已成为全社会的共识,在 LED 照明技术迅速发展的今天,LED 照明灯具以其耗电量低、寿命长、高亮度、环保、坚固耐用的特点逐渐成为各种场合首选的照明灯具。

虽然 LED 照明灯具比其它灯具发热量低,但 LED 发光时所产生的热能若不导出,将会使 LED 结温过高,进而影响 LED 照明灯具的寿命、发光效率、稳定性,因此 LED 照明灯具的散热设计便成为了重要课题。在了解 LED 散热问题之前,必须先了解其散热途径,进而对散热进行有效的设计。

1 散热的方式

散热的方式有:传导散热、辐射散热、对流散热。

1.1 传导散热

传导散热指物体直接接触时,通过分子间动能传递进行能量交换的现象。

$$Q=KA\Delta t/L$$

式中:Q——传导散热量(W);

K——导热系数(W/m·°C);

A——物体接触面横截面积(m²);

Δt ——传热路径两端温差(°C);

L ——传热路径长度(m)。

1.2 对流散热

对流散热是流体流过固体壁面时的一种能量交换现象。

$$Q=hA\Delta t$$

式中: Q ——对流散热量(W);
 h ——散热系数(W/m²·°C);
 A ——有效散热面积(m²);
 Δt ——换热表面与流体温差(°C)。

1.3 辐射散热

辐射散热是通过电磁辐射的形式传递能量的现象。

$$Q=\varepsilon\sigma AT^4$$

式中: Q ——辐射散热量(W);
 ε ——散热表面辐射率;
 σ ——斯蒂芬-玻尔兹曼常数:5.67×10⁻⁸(W/m²K⁴);
 A ——有效散热面积(m²);
 T ——绝对温度(K)。

2 热阻

热量在热流路径上遇到的阻力,反映介质或介质间的传热能力的大小,表明了1W热量所引起的温升大小,单位为°C/W或K/W。

当热量流过两个相接触的固体的交界面时,界面本身对热流呈现出明显的热阻,称为接触热阻。产生接触热阻的主要原因是:任何外表上看来接触良好的两物体,直接接触的实际面积只是交界面的一部分,其余部分都是缝隙。热量一部分经接触面传导散热,其余部分依靠缝隙内气体的热传导和热辐射进行传递,而它们的传热能力远不及一般的固体材料。减小接触热阻的措施是:(1)增加两物体接触面的压力,使物体交界面上的突出部分变形,从而减小缝隙增大接触面;(2)在两物体交界面处涂上有较高导热能力的胶状物体——导热脂。

在对流换热过程中,固体壁面与流体之间的热阻称为对流换热热阻。

两个温度不同的物体相互辐射换热时的热阻称为辐射热阻。

3 热容比

热容比是单位质量的某种物质升高或降低单位温度所需要或放出的热量。

$$c=\Delta Q/m\Delta T$$

式中: c ——热容比(J/(kg·K));
 ΔQ ——吸收或放出的热量(J);
 m ——物体的质量(kg);
 ΔT ——吸热(放热)后温度所上升(下降)值(K)。

4 LED 照明灯具散热结构

LED 照明灯具散热结构如图 1 所示。

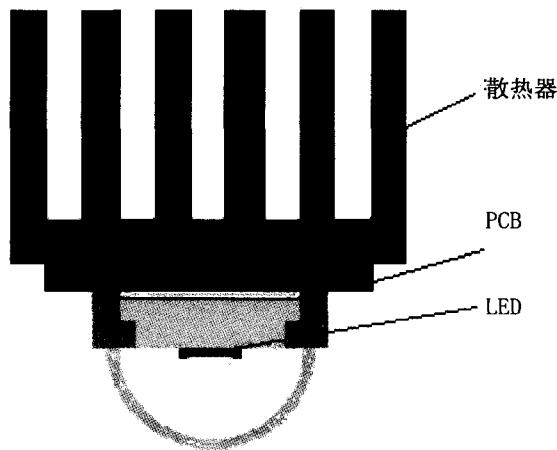


图 1 LED 照明灯具散热结构图

LED 焊接在 PCB 上,PCB 与散热器紧密相接,LED 发出的热量主要以传导的方式通过 PCB 板散热,PCB 的热量主要以传导的方式通过散热器散热,散热器主要以对流和辐射的方式散热。由此可知,要获得良好的散热效果应该做到以下几点:

- (1)各接触面应有良好的接触,并应尽可能降低接触面的热阻;
- (2)PCB 应有良好的导热系数;
- (3)散热器应有良好的散热系数、表面辐射率、较大的散热面积和较大的热容比;
- (4)通风条件好。

5 提高散热效果的措施

5.1 LED 器件的选择

LED 散热基板主要是利用其散热基板材料本身

具有较佳的热传导性,将热源从 LED 晶粒导出。而基于散热考虑,目前市面上 LED 晶粒基板主要以陶瓷基板为主,以线路制备方法不同可分为厚膜陶瓷基板、低温共烧多层陶瓷、薄膜陶瓷基板三种。目前照明用 LED 产品发展的趋势,高功率、小尺寸的产品已成为 LED 产业的发展重点,且均使用陶瓷散热基板作为其 LED 晶粒散热的途径。因此,陶瓷散热基板在高功率、小尺寸的 LED 产品结构上,已成为相当重要的一环。

5.2 PCB 的选择

PCB 既要完成电路连接的功能,又要求具有良好的传导散热功能。为了改善高功率 LED 散热问题,已开发生产出高导热系数铝基板,利用金属材料散热特性较佳的特色,达到高功率产品散热的目的。

尽管有了铝基板,但由于 PCB 的导热系数较低,PCB 仍是 LED 照明灯具散热的瓶颈,期待有高导热性能的 PCB 板问世。

5.3 散热器

目前散热片主要由铝合金或铜制成。铜的导热性好,但价格较贵,加工难度较高,重量过大,且铜制散热器热容量较小,而且容易氧化。铝合金的优点是价格低廉,重量轻,但导热性比铜就要差很多。所以在散热器的发展史上也出现了以下几种材质的产品:

纯铝散热器是早期最为常见的散热器,其制造工艺简单,成本低,到目前为止,纯铝散热器仍然占据着相当一部分市场。为增加其鳍片的散热面积,纯铝散热器最常用的加工手段是铝挤压技术,而评价一款纯铝散热器的主要指标是散热器底座的厚度和 Pin-Fin 比。Pin 是指散热片的鳍片的高度,Fin 是指相邻的两枚鳍片之间的距离。Pin-Fin 比是用 Pin 的高度(不含底座厚度)除以 Fin,Pin-Fin 比越大意味着散热器的有效散热面积越大,代表铝挤压技术越先进。

铜的热传导系数是铝的 1.69 倍,所以在其它条件相同的前提下,纯铜散热器能够更快地将热量从热源中带走。但一些劣质纯铜散热器的含铜量甚至低于 85%,其热传导能力大大降低,影响了散热性。此外,铜的熔点比铝高,不利于挤压成形,加工难度大,成本高。

在考虑了铜和铝这两种材质各自的缺点后,目前市场上部分高端散热器往往采用铜铝结合制造工艺,

这些散热片通常都采用铜金属底座,而散热鳍片则采用铝合金,铝制鳍片可以借助复杂的工艺手段制成最有利于散热的形状,提供较大的储热空间并快速散热。

还有内镶铝套导热塑料散热器,该铝塑散热器具有外表面绝缘、重量轻、成型容易等特点,虽然其导热系数比压铸铝低,但由于导热塑料材料对空气的辐射效果好,在设计合理的情况下,其散热效果可与同样外形的铝散热器媲美,应用前景广阔。

5.4 导热硅脂

导热硅脂是用来填充接触面之间空隙的一种材料,这种材料又称为热界面材料,其作用是用来传导热量。在散热与导热应用中,即使是表面非常光洁的两个平面在相互接触时都会有空隙出现,这些空隙中的空气是热的不良导体,会阻碍热量的传导。而导热硅脂就是一种可以填充这些空隙,使热量的传导更加顺畅迅速的材料。导热硅脂是一种高导热绝缘有机硅材料,几乎永远不固化,可在 $-50^{\circ}\text{C} \sim +230^{\circ}\text{C}$ 的温度下长期保持使用时的脂膏状态,既具有优异的电绝缘性,又有优异的导热性,同时具有低油离度,耐低温、耐水、臭氧、耐气候老化。

现在市面上的硅脂有很多种类型,不同的参数和物理特性决定了不同的用途。

选择性能良好的导热硅脂对各接触面进行填充是降低接触面热阻的有效方法。

5.5 通风

依照从散热器带走热量的方式,可以将散热器分为主动式散热和被动式散热。

被动式散热,是指通过散热片将热量自然散发到空气中,其散热的效果除与散热面积大小和辐射系数有关外,还与周围空气的温度和流量有关,周围空气温度越低,流量越大,散热效果越好。

主动式散热就是通过风扇等散热设备强迫性地将散热片发出的热量带走,其特点是散热效率高,而且设备体积小。主动式散热从散热方式上细分,可以分为风冷散热、液冷散热、热管散热、半导体制冷、化学制冷等等。

风冷散热从实质上讲就是使用风扇吹风带走散热器所吸收的热量,具有价格相对较低、安装方便等优点。

液冷散热是通过液体在泵的带动下强制循环带



走散热器的热量,与风冷相比,具有安静、降温稳定、对环境依赖小等等优点,但液冷的价格相对较高,而且安装也相对麻烦一些。

热管属于一种传热元件,它充分利用了热传导原理与制冷介质的快速热传递性质,通过在全封闭真空管内的液体的蒸发与凝结来传递热量,具有极高的导热性、良好的等温性、冷热两侧的传热面积可任意改变、可远距离传热、可控制温度等一系列优点,并且由热管组成的换热器具有传热效率高、结构紧凑、流体阻损小等优点,其导热能力已远远超过任何已知金属的导热能力。

半导体制冷就是利用一种特制的半导体制冷片在通电时产生温差来制冷,只要高温端的热量能有效地散发掉,则低温端就不断地被冷却。利用这种温差现象,配合风冷/水冷对高温端进行降温,能得到优秀的散热效果。半导体制冷具有制冷温度低、可靠性高等优点,冷面温度可以达到 -10°C 以下,但是成本太高,工艺也不成熟,不够实用。

化学制冷就是使用一些超低温化学物质,利用它们在融化时吸收大量的热量来降低温度,这方面以使用干冰和液氮较为常见。但由于价格昂贵和持续时间太短,这个方法多见于实验室。

综合成本等因素考虑,LED照明灯具应采用被动式散热为宜,但要注意保证LED散热器良好的通风,最好将灯具外壳与散热器做成一体,这样既增大

了散热面积和热容,又有利于通风散热。

5.6 分散热源

LED照明灯具都带有电源装置,电源装置工作时会发热,要注意尽量将电源装置与LED发光器件分布在不同的空间,通过分散热源,避免热量在局部积累过高致使温度过高,采用外置电源应是有利于LED照明灯具散热的好方式。

6 结 论

要提升LED照明灯具的发光效率与使用寿命,解决LED产品散热问题即为现阶段最重要的课题之一,本文论述了传导、对流、辐射等三种散热方式和热阻的概念,分析了LED照明灯具的散热结构,并针对LED照明灯具的结构就提高散热效果进行了研究与探讨,只要把握住LED灯具散热的各个环节,就一定能设计生产出符合性能要求的LED照明灯具。

作者简介:龚兆岗,男,电子信息教授级高级工程师,硕士研究生导师,主要从事LED照明、LED显示屏、智能交通、通信与信息系统、信号与信息处理等方向的研究,现任深圳市共达光明科技有限公司副总裁、上海办事处总经理,E-mail:gongzhaogang@sina.com。