大功率LED照明技术探讨

高亮度发光二极管(LED)以其耗电量小、寿命长、回应速度快、无频闪、体积小、无污染、易集成化等特点，正在成为传统照明产业升级换代的新一代光源。在节能减排、保护环境日益受到关注的今天，半导体照明更是成为新的经济增长点，因而受到世界各国政府、科技界与产业界的高度重视。迄今，美、日、欧、中国大陆及中国台湾等均已推出各自的半导体照明计划，大功率LED照明产业已成为最受瞩目的产业之一。



值得注意的是，迄今上游外延芯片技术已基本成熟和定型，价廉物美的LED芯片已能够满足照明的需求，现在定价权正向中游封装和下游应用终端市场转移和发展。这意味着谁能将芯片应用好、制造出长寿命、高功效的大功率LED照明产品，谁就有可能成为LED产业的最终赢家。大功率LED照明封装和应用方面的问题随之凸显出来，其中最为关键的就是如何解决大功率LED照明的散热难题，这不仅是结构设计和工程应用等方面的技术问题，而且还涉及热管理模式和流体力学等科学问题。与现有“芯片一铝基板一散热三层结构”大功率LED系列照明技术完全不同，我们研制的“芯片一散热一体化(二层结构)集成式大功率LED照明系列灯具”，在技术路线方面可能具有革命性和颠复性的意义，将成为大功率LED照明产业一个新的发展方向。

**1 、大功率LED照明产品现状**

目前，LED的发光效率能使约30％ 的电能转换成光，其余70％ 的电能几乎都转换成热能，使LED的温度升高。小功率LED由于其发热量非常小，基本上不用采取散热措施就能被很好地应用，例如仪表灯、信号灯、小尺寸液晶萤幕背光源等。但对于大功率LED，当应用于商业建筑、道路、隧道、工矿等照明领域时，其散热就是个大问题了。如果LED芯片的热量不能散出去，会加速芯片的老化、光衰、色偏移、缩短LED的寿命。因此，大功率LED照明系统的结构模式和热管理设计十分重要。

现在市场上所有大功率LED照明灯具均采用“芯片一铝基板一散热器三层结构模式”，即先将芯片封装在铝基板上形成LED光源模组，然后将光源模组安置在散热器上制造成大功率LED照明灯具。

应该指出的是，目前大功率LED的热管理系统仍沿用LED早期用于指示灯和显示灯的方式，属于小功率LED的热管理模式。采用“芯片一铝基板一散热器三层结构模式”制备大功率LED照明，在系统结构方面存在明显不合理的地方，如结构之间接触热阻多、结温高、散热效率低，所以芯片释放出来的热不能有效地导出和散出，导致LED照明灯具光效低、光衰大、寿命短，不能满足照明需求。  
如何提高封装散热能力是现阶段大功率LED亟待解决的关键技术之一。LED照明产品的发展方向和重点是：高功率、低热阻、高出光、低光衰、体积小、重量轻，因而使得对LED的散热效率要求越来越高。

但是由于受结构、成本和功耗等诸多因素的限制，大功率LED照明难以采用主动散热机制，而只能采用被动式散热机制，但被动式散热具有较大的局限性；而且LED的能量转换效率较低，目前仍然约有70％转换为热，即使光效再提高1倍也还有40％ 的能量转化为热。也就是说，很难提高到不用考虑散热的程度，所以从长远看，大功率LED照明的散热问题将是一个长期存在的问题。

现在大功率LED应用于照明的时机已经成熟，研制高效的自然散热的热管理系统，已成为大功率LED照明实现产业化的先决条件和关键因素。因此，需要新的技术路线及系统结构来彻底解决大功率LED照明散热问题。

**2 、大功率LED照明产业新的技术路线**

针对现有大功率LED照明散热技术存在多热阻、散热能力低的问题，我们试图通过“芯片一散热一体化(二层结构)模式”解决大功率LED照明光效低、光衰严重、成本高等系列问题。

**2.1 技术路线**

“芯片一散热一体化(二层结构)模式”，不仅去除了铝基板结构，而且还将多个芯片集中直接安置在散热体上，组成多芯片模组单光源，制备成集成式大功率LED灯具，光源为单颗，呈面光源或集束式光源。

**2.2 技术关键**

如何增强对芯片的导热能力，减少热阻接口层，涉及到热管理系统结构模式、流体力学以及超热导材料工程应用等问题；如何有效控制散热基体的热储量，规划对流散热路径，建立高效自然对流散热体系，主要从灯具结构设计着手。

**2.3 技术方案**

通过改变LED光源封装结构、散热结构和灯具结构模式，来减少热阻层；应用超热导材料，增加芯片热源的导热性能；基于“芯片一散热一体化二层结构”优化热管理系统，增加空气的流动，形成自然对流散热。

**2.4 设计思路**

采取模组化方式制备高功率LED灯具。将光源、散热、外形结构等封装成一个整体模组，而模组之间又相互独立，任何一个模组都能被单独更换，当一个部分发生故障时，只需更换故障模组，而无须更换其他模组或整体更换就能继续正常工作。灯具的所有模组部分都能徒手拆装，实现方便、快捷、低成本的维护。

**2.5 设计要点**

对系统模组化，除了满足灯具的散热、更换要求外，还必须满足LED照明灯具的光学(光学效率)需求、造型(市场)需求。

**3 、芯片一散热一体化结构简介**

“芯片一散热一体化(二层结构)模式”是一种新型的LED光源封装模式、结构模式和热管理系统模式。利用该技术模式制备出的大功率LED照明灯具，不仅彻底解决了散热问题，而且还有效地解决了诸如在配光、光效、寿命和维护等方面的问题，已经开发出长寿命、高光效的大功率LED系列产品，如路灯、筒灯、隧道灯、工矿灯、汽车前大灯、景观灯等照明设备。

**3.1 技术特点**

3.1.1 将芯片和铝合金+超热导材料复合基体(散热器)连接为一体，应用独特的大功率LED封装技术，将多个芯片集中直接封装在散热基体上，使芯片与散热基体之间的热阻更小，整个散热基体就是一个完整的灯具，形成集成式大功率LED照明部件。

3.1.2 基于仿生学原理设计热管理系统，建立了芯片一散热一体化二层结构热阻模型，对其进行了结温计算和寿命预测。

芯片一散热一体化二层结构的特点是热源芯片直接封装在散热器上，随着发热源的温度升高，空气在多孔状散热器中发生流动，多孔为空气对流提供了流动通道，热被自动散发出来，确保芯片在安全使用温度范围内正常工作。先进的导热和热对流系统确保良好的散热效果，进一步提高了芯片的发光效率。

3.1.3 将芯片(45mil×45mi1)进行集成式封装(芯片集中在一个小区域)，得到光效较高的面光源，具有光通量密度高、总光通量高、低眩光的特点。

目前，运用上述技术已制备出了“芯片一散热一体化(二层结构)模式”大功率LED照明灯具，如路灯、隧道灯、筒灯、射灯等。此外，目前大功率LED汽车前大灯均需要电风扇加强散热，难于满足市场化应用需求，利用二层结构制成的集束式大功率LED汽车前大灯，解决了目前汽车灯行业采用LED光源制造汽车前大灯的局限性

**3.2 产品技术指标及优势**

(1)高效散热：采用自然散热方式，彻底解决大功率LED散热难题(温差<4℃ ，散热器温度<60℃，在环境温度>35℃ 的条件下实测)；

(2)大电流：供给芯片的额定电流每颗为400— 450mA；

(3)高光效：整灯光效达到了90．9 lm／W；

(4)长寿命：>50 000h；

(5)光衰小：国家灯具品质监督检验中心检测结果为：1 000h寿命测试无光衰；

(6)集成式：该集成式为COR (Chip On　Radiator)，即芯片集成直接粘接在散热器上，与集成粘接在铝基板上的COB(Chip On Board)集成式完全不同。集成芯片为单颗，呈面光源、单光源或集束式光源(安装玻璃透镜)射出；

(7)照明效果与传统的非LED光源一样，不改变人类的用光习惯；

(8)结构简单：便于维护，无需整体更换。

**4 、大功率LED照明产业技术发展方向**

目前，对于大功率LED照明产业的技术路线，我们认为有两条路可选择：一条路是继续沿着“芯片一铝基板一散热器(三层结构)模式”技术路线发展；另一条路是开拓“芯片一散热一体化(二层结构)模式”技术路线。“芯片一散热一体化结构”是一种新兴技术，在这种结构中，除芯片外，其他均为全新的内容，包括芯片一散热一体化、封装、电源、成套装备、检测、甚至标准等，它使得大功率LED照明产品在寿命、光效、品质、设计、可控性、成本等方面相对“芯片一铝基板一散热器三层结构模式”有明显的优势，是中国在大功率高效半导体固态照明研究、应用和产业化方面可以大有作为的一个新领域。