

LED照明光源的封装与应用

刘菁菁, 张哲娟, 孙卓*
纳光电集成与先进装备教育部工程中心 华东师范大学
Zsun@mail.ecnu.edu.cn

摘要：本文主要介绍了影响半导体固态（LED）白光照明光源性能的几个主要因素，如LED封装材料、LED封装方式及LED驱动电路等。分别研究了不同驱动电路对贴片封装的集成式LED灯和平面封装LED灯进行了电老化衰减测试，将实验结果进行对比分析。并介绍了LED在上海世博会中的应用案例。

关键词：LED封装材料，LED驱动电路，应用与测试。

Packaging and Application of LED lighting

Jingjing Liu, Zhejuan Zhang, Zhuo Sun*

Engineering Research Center for nanophotonics & advanced instrument,
Ministry of Education, East China Normal University

Abstract: There are several factors affect the capability of white light emitting diode (LED), such as packaging materials, structures and LED driving circuit. The study is focusing on the luminous attenuation of SMD LEDs and flat packaging LEDs controlled by RC circuit and IC circuit. The application cases of LED lightings have been introduced in the Shanghai World Expo 2010.

Key words: Packaging Material, LED driving circuit, application and test.

0 前言

作为新一代照明光源，发光二极管（LED）因其环保节能、体积小、寿命长、亮度高及可靠性好等特点而发展迅速，并得到广泛应用。节能是LED的最大特点。近年来，世界能源形势十分严峻，节能迫在眉睫，若国内有三分之一的白炽灯被LED冷光源灯所替代，那么一年可节约照明用电1000亿度，节省0.5亿吨原煤，减少约667万吨废气及尘渣排放量，就能再造一个“绿色三峡工程”[1-3]。

LED照明技术正处于一个迅速发展的阶段，发光效率不断改善，约每两年单个LED封装器件输出的光通量将翻一倍[4]。现在白光LED的发光效率已达到白炽灯近10倍，到2020年将达到荧光灯的2倍以上，届时LED将成为全球照明的主要光源。2010年初，美国Cree公司宣布，其相关色温在4579K的1W白光大功率LED，实现了208lm/W的光效率。我国各级政府也高度重视和支持LED产业的发展，许多知名大学、研究机构和企业同样投入很大力量进行研究、开发超高亮度及白光LED[5]。

尽管LED产业发展迅速，但还有很多问题有待解决，如集成光源的散热问题对封装材料及光源衰减的影响，驱动电路的电流电压稳定性对LED芯片的冲击引起的光衰等问题都会影响LED寿命。因此，研究LED的封装材料和工艺显得十分重要。另外，随着LED的应用越来越广泛，对驱动电源的要求也越来越高，如何使驱动电源更为小型化、高效化也成为影响LED发展的重要技术问题。本文主要介绍了白光LED封装材料、封装方式及一些常用的驱动电路，并通过测试，分析出不同的驱动电路和封装形式对LED散热的影响。

1. 影响LED性能的主要因素

1.1 LED封装关键材料

目前，大批量应用于白光LED光源制造的芯片主要以基于透明衬底的蓝宝石基蓝光芯片为主。因此为了提高LED光源的出光效率，在封装过程中，采用反光材料是提高出光效率的一种有效方法。目前一般的LED模块自身不带反光层，其照明光线向四周散射，很多光线被灯具本身吸收，光照效率低。而加入反光层的LED器件，LED发出的光线大部分被反射出来，只有少量光被吸收，光的反射效果大大加强，从而提高了LED器件系统的总出光效率。一般采用高反射率的银薄膜作为LED的反光层，因为银的成本较高，所以需要研究低成本的反光材料应用于LED器件封装。本实验样品采用了新型低成本纳米金属氧化物有机复合反光材料，形成白色的反光薄膜复合材料，在可见光范围的反射率在95%以上，可采用丝网印刷工艺成膜，很适合于工业生产上的产业化应用。

LED的散热是影响LED寿命的关键因素。随着LED技术的发展，LED器件和系统性能不断提高，对热性能材料也提出了更高的要求。因此，高性能的热导材料的研发也是白光LED光源封装技术发展的需求。在LED器件封装中，环氧树脂的导热系数大约为0.2W/m·K，是一种不良的导热体，但其具有良好的力学性能及可加工性，适合高填充率绝缘材料的填充，因此可以作为制备导热复合材料所用的基体材料。在实验室研究和工业生产中，制造具有优良性能的导热复合材料一般有以下几种途径：第一是合成具有高导热系数的结构聚合物；第二则是通过物理化学方法，在聚合物中填充高导热系数的填料。通常第一种方法难度较大，很少被研究和应用。第二种方法比较简单易于操作，一般都是用具有高导热系数的金属或无机填料对高分子材料进行填充。利用具有高导热性能的填料对聚合物进行填充改性，根据填料的不同，可将填充型聚合物基导热材料分为3类：（1）金属材料填充，如一般有Al、Cu、Ag等；（2）无机材料填充，如炭黑、石墨、金刚石、AlN等（3）金属氧化物填充，如Al₂O₃、MgO、ZnO等。

1.2 LED封装方式

LED主要采用三种封装方式，即颗粒插脚封装、贴片封装和平面封装。颗粒插脚封装是指将LED芯片置于一个有引线的金属支架上，并将其用环氧树脂密封。此种封装的优点是抗震性能好，成本低。但是由于其散热仅通过金属支架，所以此种封装的LED光衰较大，不适用于大功率LED的封装。

贴片封装是指先将荧光粉和环氧树脂配好，做成模子，然后将配好荧光粉的环氧树脂做成胶饼贴在芯片上，再将周围用环氧树脂密封，最后将这种封装好的器件贴焊到PCB电路板表面指定位置上。此种方式可靠性高，由于器件直接用高导热胶贴在散热板表面，所以一定程度上改善了散热问题，使得光衰变小。

平面封装是指铝基板上制造凹槽结构，将蓝光芯片通过传统固晶工艺，直接安装在铝基板的凹槽结构中，将芯片电极与图形化的铝基板电极相连接，最后采用灌胶工艺将荧光粉胶灌覆于串并联芯片的表面。形成一光滑平面，实现湿光型白光LED平面光源模块。由于将多颗芯片直接封装在金属基板上，因此使得热阻减小，同时提高了封装密度和出光密度。此种方式不但延长了LED的使用寿命，而且降低了成本，增加了产品设计的多样性。

1.3 LED驱动电路

随着LED的发展需求，LED驱动电路也朝着更加小型化、高效化的方向发展。LED主要的驱动方式有电阻限流电路、阻容降压驱动电路及开关电源驱动电路。其中最为常用的是阻容降压驱动电路和开关电源驱动电路。

电阻限流电路是通过电路中串联一个调压电阻来实现LED驱动的，这种电路简单、成本低。但是电流稳定度不高，输出电压的微小变化就会导致LED电流的变化，从而影响光通量输出。而且因为电阻发热消耗功率，使得此种电路的效率极低，仅适用于小功率的LED。

阻容降压式驱动电路是电容来降压和限流。此种驱动方式成本低，体积小。但是稳定电压的能力差，容易使LED烧坏。而且由于电路中主要器件为电容，导致该电路的功率因数较低。在阻容降压驱动电路的应用中，常采用LED串联的方式，因为LED串联可以降低电流，减小电容容值，从而提高电源的效率。

开关电源驱动电路，是目前为止最为高效的LED驱动电路，其效率一般能达到90%以上，功率因数能达到0.9以上。而且具有较好的稳流特性，使其可靠性远远高出其他两种驱动方式。其缺点是体积较大，其发展趋势是利用体积更小、效率更高的元器件及芯片来缩小体积。

2.新型封装LED灯的衰减测试实验

本实验是对两组不同封装的白光LED日光灯进行老化测试。第一组样品A采用贴片封装，样品A-1的驱动电路采用阻容降压式电路。样品A-2采用IC即开关电源驱动电路。第二组样品B采用平面封装，在封装工艺中采用了自主研发的高反射率纳米金属氧化物复合材料和高导热的热沉材料。样品B-1和B-2驱动电路均采用阻容降压式电路。分别对这两组样品进行3000小时的老化测试，采用光谱分析系统（PMS-80）测试其各时间段LED灯的光效。

为研究不同驱动电路及封装工艺制成的白光LED集成光源的特性，实验中分别对采用不同驱动方式的贴片封装LED集成光源和采用相同驱动方式的平面封装LED光源光电性能进行了对比测试，结果如图1所示。其中样品A-1和样品A-2都采用了贴片封装，由于使用不同的驱动电路，光效有较大的差别。采用阻容降压式驱动电路的样品A-1，3000小时内的平均光效是57.50lm/W，而采用开关电源式驱动电路的样品A-2，3000小时内的平均光效为64.09lm/W，也就是说采用开关电源驱动的LED日光灯与采用阻容降压驱动的LED日光灯相比，电源效率要提高10%左右。这是因为阻容降压式驱动电源中使用了大阻抗的电容和电阻，导致发热较大，功率因数低，所以电源效率降低；而开关电源中耗能元件较少，只有少量电容、电感等器件有一定发热，所以电源效率相对较高。

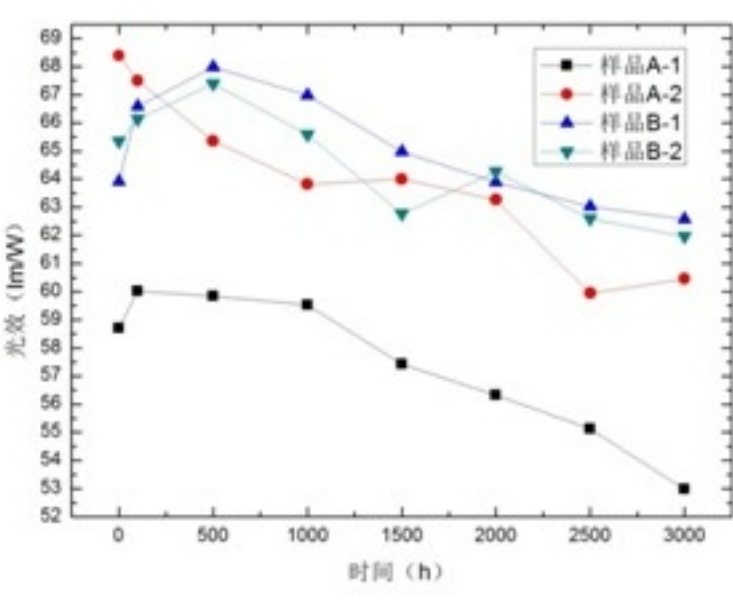


图1 贴片封装及平面封装样品老化衰减对比图

样品B采用了平面封装，从图中可以看出其光衰减速度明显小于采用贴片封装的样品A。四个样品中样品A-1的衰减为11.7%，样品A-2的衰减为12.3%，样品B-1的衰减为7.9%，样品B-2的衰减为8.0%。由此可见，平面封装模式一方面使得LED芯片下表面与支架大面积接触，直接导热的界面面积大，散热快；另一方面，面光源上表面采用整体覆盖硅胶的工艺，大大增加了芯片上表面热扩散面积，对芯片上表面局部高温提供了一定的导热作用，因此平面封装的白光LED散热性能更好，使得光源的光衰较小，寿命更长。

3.LED的应用

无论是2008年的北京奥运会还是2010年的上海世博会，LED都大放异彩。在上海世博园区，从“一轴四馆”到城市最佳实践区的景观照明，从园区的路灯到各馆大型的显示屏，作为新一代绿色光源的LED随处可见，如图2-5所示。据统计，目前世博园区使用了10.3亿颗LED芯片，LED芯片出现在了世博园区的室内外照明、景观装饰、指示牌、信息显示屏。世博园区的夜景照明及各场馆的室内照明光源中约有80%采用了LED，相较于普通白炽灯其省电达90%左右。其中，城市最佳实践区是LED的集中示范区。本实验所获得的研究成果已应用于LED平面封装的灯管，成功应用于上海沪上生态家的室内照明，如图2所示。



图 2.城市最佳实践区 LED 室内照明

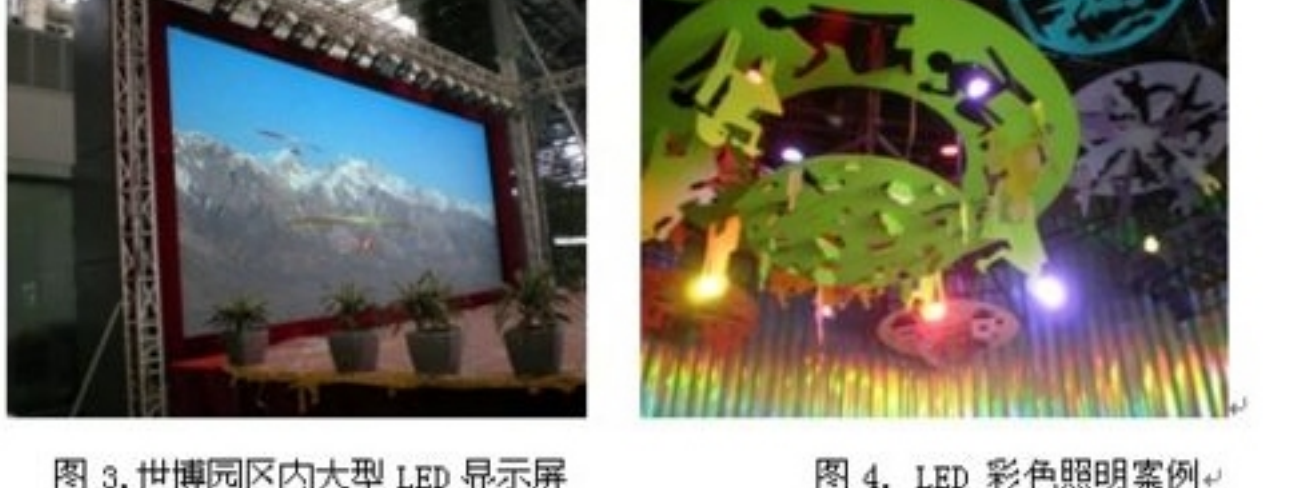


图 3.世博园区内大型 LED 显示屏

图 4. LED 彩色照明案例



图 5.白光 LED 集成路灯应用

4.LED应用和发展的展望

作为第四代照明光源，世博会所展示的只是LED技术应用的很小一部分。目前，LED技术被广泛应用于各种指示、显示、装饰、背光源、普通照明和城市夜景等领域。随着世界能源的日益紧缺，集高效、节能、环保和长寿命于一身的LED，其产业已经成为当前新兴的绿色节能新技术产业，大力推动LED产品的应用有助于实现节能减排目标，促进社会和谐平衡发展。

参考文献：

- [1] 崔元日, 潘苏予, “第四代照明光源——白光 LED”，灯与照明，2004年6月第28卷第2期。
- [2] 雷玉堂, 黎慧, “未来的照明光源——白光 LED 技术及其发展” 光学与光电技术，2003年12第1卷第5期。
- [3] 尹长安, 赵成久, 刘学彦, 侯风勤, “白光 LED进展” 发光学报，第21卷第4期2000年12。
- [4] Roland Haitz, Fred Kish, Jeff Tsao, Jeff Nelson. The Case for a National Research Program on Semiconductor Lighting. Page 5. (1999) ..
- [5] 彭万华, 我国超高亮度及白光LED产业的现状和发展, 激光与红外，2005年第四期(第35卷):223~227。
- [6] 孔丽, 甘树才, 洪广言, Pr³⁺或Sm³⁺掺杂YAG:Ce的发光特性及其荧光寿命, 发光学报，2007，28(3):393~396。
- [7] 张凯, 刘河洲, 胡文彬, 白光用荧光粉的研究进展, 材料导报，2005，19 (9):50~53。