



LED在绿色节能照明中的应用进展

项红升, 李明, 王志华, 许洪华, 郭金东

(中国科学院 电工研究所, 北京 100080)

摘要: 阐述了LED电光源的特性及在绿色节能照明中的地位, 介绍了LED照明光源的发展、LED光源的设计和与太阳能相结合的LED光源的实际应用, 对LED替代传统照明做了市场分析, 对其发展前景做了分析和展望。

关键词: LED; 绿色节能照明; 节能灯; 太阳能

中图分类号: TM923 文献标识码: C 文章编号: 1671-529X(2004)05-0052-03

Applications and prospects of LED using in green lights

Xiang Hong-sheng, Li Ming, Wang Zhi-hua, Xu Hong-hua, Guo Jin-dong

1 引言

在电能消耗中, 照明用电占发电总量的比例: 发达国家是19%, 我国是10%。随着经济发展, 我国的照明用电将有较大比例的提高, 绿色节能照明的研究应用越来越受到重视。开发和推广应用节能灯具, 成为迫在眉睫的任务。LED照明就是在这样的形势下发展起来的。

LED(light emitting diode)即发光二极管, 它是一种在P-N结上施加正向电流时能发出紫外光、可见光、红外光的半导体固体发光器件。LED的发光机理是: 半导体材料中的电子和空穴在P-N结处结合, 发出与电子和正电荷空穴之间的能量差相对应的光子而发光。不同的半导体材料可制成各种波长发光的LED。

近年来, 随着半导体外延技术和制造工艺技术的快速发展, LED照明在国外(尤其是在美日等发达国家)发展很快, 而我国的LED照明发展严重滞后。本文从照明用灯的发展, 节能灯的应用现状, LED的研究与应用现状, 国内外的研究应用发展、应用前景等方面做简要地分析介绍。

2 LED照明光源的发展

上世纪70年代, 首先发现了橙黄绿LED, 但是光效很差, 且需要环氧塑料做滤光器。1996年, 首先在蓝光上取得突破。现在, 高亮LED发明以

后, LED的市场份额明显增加。交通灯市场的发展验证了这个趋势: 如果用高亮LED代替使用滤色片的标准白炽灯, 将节能90%。惠普公司发明了一种平头倒锥形的LED, 发射黄光的光效达到100 lm/W。现在, 以氮化物为管芯材料的LED的研究重点是如何提高亮度, 预计在5 a内将其发光效率从15 lm/W提升到50 lm/W。以InGaN为基芯的超亮蓝色LED的主要目标, 是通过调整氮化物, 将发光效率提升到100 lm/W, 从而可以用到白色超亮LED中。

自1998年白色LED开发成功以来, 其发光效率不断地提高。LED开发初期光效率只有5 lm/W, 到1999年, 达到相当于白炽灯的光效(15 lm/W)。初期采用的GaInN芯片发蓝光, 通过激发荧光粉发出黄色光, 芯片的蓝光和荧光粉的黄光混合在一起, 形成白光。用三基色(R、G、B)LED芯片集成制成三色混合模块, 这是另外一种混合白光LED灯, 亮度相当一只40 W白炽灯。后来白光LED的光效相当于卤钨灯的光效(25 lm/W), 但是, 它还只能作为局部照明的光源。最近, 美国Agilent实验室已研制开发成功光效为100 lm/W的有色LED和光效达40~50 lm/W的白色LED。预计2005年白光LED发光效率将达100 lm/W上, 相当于荧光灯的光效。

收稿日期: 2004-03-05

作者简介: 项红升(1979-), 男, 汉族, 硕士研究生, 助理研究员, 从事光电器件和照明的相关研究。



3 白光 LED 的特性

白光 LED 的特点:①低电压驱动,最低可用 2 V 电压驱动;②体积小,一般直径 3~5 mm,用于被照照明的体积更小;③重量轻,显色性好,显色指数超过 90,超过荧光灯,接近白炽灯的显色性能,接近自然光;④调光性能好、寿命超过 10 万 h、耐振动、不易损坏、色温变化时不会产生视觉误差,生产过程无汞和铅的污染,将成为替代白炽灯和荧光灯的高效节能光源。

和其他的节能灯相比,LED 灯还有一个明显的优点:不用镇流器。众所周知,荧光灯的启动需要镇流器,旧式镇流器为电感式镇流器,启动电压高,噪音大,温升高,个大笨重,能耗较多。虽然现在推广使用了电子镇流器,节电效果明显,但是它终究是有能耗的,而且其成本也很高。LED 灯的启动电压和工作电压一致,完全不需要镇流器,这样就省去了镇流器成本和相关的能耗。LED 灯的通断电响应时间很短,在几十 ns 的级别上,比荧光灯快得多。

现在,已经开发并形成了高压交流电源、低压直流电源等多种 LED 灯系列产品。荧光灯大多工作在高压交流电源中,虽然也可以用较低的直流电压,但不能像 LED 那样在 5 V 的电源下就可以工作。

制造 LED 使用的材料少,原料中不需要汞铅等重金属有害物质,不会对环境造成污染。

LED 的工作电流对光效的影响不大,即使在很低的工作电流下,仍可以保持很高光效。发光效率和顺方向电流的依存性是负比例关系的。

4 LED 光源设计

由于单只 LED 的功率小,光亮度低,因此,单只 LED 的使用没有大空间照明的实际意义。为此,必须将多个 LED 组装在一起设计成为实用的 LED 照明系统,这样才能具有广阔的应用前景。目前,世界大的照明公司(如飞利浦、NHK、松下、欧司朗等)都在将多个 LED 集中在一起,开发具有不同应用范围和品种规格的 LED 照明系统。

LED 光学系统设计内容如下:①根据照明对象、光通量的需求,决定光学系统的形状、LED 的数目和功率的大小;②将若干个 LED 发光管组合设计成点光源、环形光源或面光源的“二次光源”,根据组合成的“二次光源”,计算照明光学系

统;③设计“二次光源”上的每只 LED 管的配光分布和控制。有人研究设计了一种新型的多芯片 LED 封装模式,它在单个塑料封装里包含了数十个 LED,亮度大幅度提高,能用于常规的照明。

尽管白光 LED 可以通过红绿蓝光 LED 的混合光来实现,但是更有前途的是蓝光 LED 和荧光转换器的结合,它能在更长的波长上发射宽光谱。现在,将 InGaN 超亮 LED 和荧光转换材料结合制造白光 LED,有了很大的进展,光效已经超过 10 lm/W,其关键是采用了紫外发射器作为促激光源,使用吸光材料把紫外光全部吸收,然后再发射出全可见光。

进行照明设计时,当光源满足显色性要求的前提下,选用瞳孔亮度大的光源会有利于改善光环境质量和有利于照明节能。对 LED 来说,可以通过增加蓝色波长的照射功率达到节能效果。

5 LED 光源与太阳能应用相结合

LED 作为一种节能无污染的电光源,可以和绿色能源结合起来,从而形成真正的绿色节能用电系统,其中与太阳能应用相结合就是一个典型的例子。

岸村工业公司制造出一种太阳能白光 LED 路灯。该灯采用 55 W 的晶体类太阳能电池,配 90 个高亮度的 LED,在 3.2 m 高照明灯的正下方路面的照度有 3 lx,距灯 10 m 的位置能保持 1 lx 的照度。LED 太阳能路灯还有优良的气候耐性、温度耐性和超长的工作寿命。该路灯配有合适的蓄电池,在连续 1 周不见阳光的情况下,仍能保持电力供应。

我国深圳朝阳太阳能公司开发出了太阳能夜间交通警示灯。闪烁频率为 60~70 次/min,阴天情况下,可以连续工作 15 d,采用功率 0.3 W 的太阳能电池和 4 个黄/红超亮度发电二极管,其能见度超过 1 km。

太阳能 LED 灯可以广阔应用于广场、道路照明、建筑外观照明等。白色 LED 照明系统除了可用电能、太阳能做能源外,还可以用风能、燃料电池等作为辅助能源。

6 LED 光源的发展展望

目前,对于照明的 LED 的研究主要集中在无机白光 LED 领域,我们不可忽视有机 LED 的研究。有机 LED 也能发射白光,只是白光有机 LED



对发光电压的依赖很强,效率很低,不过,其改进潜力很大。现在,有机LED的光效已经超过60 lm/W,寿命超过50 h,驱动电压低于5 V,它不像液晶显示那样,不需要背光照明,可以做得很薄,能耗也就降低了。可以相信,有机LED用作照明光源也只是迟早的事情。美国专家预测,到2008年,有机LED的全球市场将达到23亿美元。

利用LED的特性,结合相关新技术,能够开发适用于不同场合和用途的照明系统。LED的发光效率将在近年内超过荧光灯,成为高效节能光源,而且可以利用太阳能、风能、燃料电池作为照明系统的能源,大大节省了电能,减少了因发电引起的废气对大气的污染。LED生产中不用汞、铅等有害物,免除了这些废弃物对环境的污染。因此,白色LED是有利于环境保护的绿色照明产品。

作为第4代绿色节能光源,白色LED将替代白炽灯和荧光灯,世界各国对此都很重视。日本正在实施使白色LED光效达80~100 lm/W的开发计划。2000年4月,美国召开了“LED发展战略研讨会”推动LED技术的发展。面对国际上照明用白色LED迅速开发和竞争的形势,我国也加强

了对照明用白色LED的开发和应用的重视,2003年6月科技部提出“发展半导体照明计划”,提供用于LED开发的引导经费,尽力地改变照明光源技术落后的状况。

参考文献:

- [1] HSU J T, HAN W K, CHEN C, *et al.* Design of multi-chips LED module for lighting application [A]. Proceedings of SPIE, The International Society for Optical Engineering, Seattle[C], USA, WA, 2002.
- [2] J KOVAC, L PETEMAI, O LWNGYEL. Advanced light emitting diodes structures for optoelectronic applications[J]. *Thin Solid Films*, 2003,433(2):22-26.
- [3] C ADACHI, M A BALDO, M E THOMPSON, *et al.* Nearly 100% internal quantum efficiency in a organic light-emitting device [A]. *Journal of Applied Physics*[C], 2001.
- [4] 陈云生编译. 21世纪的灯——白色LED照明技术[J]. *灯与照明*, 2003,27(2):36-38.
- [5] TERESKO, JOHN. Leds redefine lighting[J]. *Industry Week*, 2003,252(6):16.

(上接第51页) 建筑物的采暖设计热负荷,可按下式进行概算:

$$Q=q_v V(t_n-t_w)A \quad (3)$$

式中: Q ——住宅采暖热负荷,W;

q_v ——体积热指标,W/(m³·°C);

V ——建筑物外轮廓体积(高度为地面到房檐)m³;

t_n ——采暖设计的室内温度,°C;

t_w ——采暖设计的室外温度,°C;

A ——农村住宅采暖热负荷调整系数。

采暖体积热指标 q_v 的大小,主要与建筑物的围护结构及外形有关。建筑物围护结构传热系数越大、采光率越大、外部建筑体积越小、建筑物的长宽比越大,单位体积的热指标值 q_v 也越大。因此,从建筑物的围护结构及其外形方面考虑降低 q_v 值,是建筑节能的主要途径,也是降低集中供热系统的供热设计热负荷的主要途径。各类建筑物的采暖体积热指标,可通过对许多建筑物进行理论计算或许多实测数据进行统计归纳整理得出。村镇居民住宅的体积热指标见表1。

农村住宅各房间的用途不同,对温度要求差异也不一样。卧室的温度要求最高,会客室的温度其次,走廊和厨房的温度可再低一些,用作储藏室的房间温度要求更低。公式(1)中加入了农村住宅采暖热负荷调整系数 A , A 值可取0.65。

表1 住宅的体积热指标

设计室温/°C	体积热指标 W/(m ³ ·°C)
16~18	0.87~0.93
10~16	0.46~0.87
8~10	0.40~0.46

3 住宅采暖热负荷的概算举例

以黑龙江省传统3间房普通农村住宅为例,采用体积热指标法来概算采暖热负荷。

住宅建筑面积为70 m²,屋高2.7 m。住宅地处哈尔滨市,室外设计温度为-26 °C,卧室设计温度要求16 °C。

根据已知条件:建筑物外轮廓体积 $V=70 \times 2.7=189$ m³;又根据室内设计温度,从表1查得体积热指标 q_v 为0.87 W/(m³·°C)。采用公式(1)计算出住宅采暖热负荷为4 382 W。 ✨