

M A N B U L E D S H I J I E

周志敏 纪爱华 编著

漫步 LED世界

(基础篇)



国防工业出版社
National Defense Industry Press

漫步 LED 世界

(基础篇)

周志敏 纪爱华 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书为《漫步 LED 世界》丛书的基础篇，在写作上结合当前国内外 LED/OLED 技术的发展和应⽤，全面系统地阐述了 LED/OLED 的基础知识及最新应⽤技术。全书共 5 章，在概述 LED/OLED 的发展历程及应⽤领域的基础上，系统地介绍了 LED/OLED 基础知识、LED/OLED 驱动技术、LED 显示与照明技术、OLED 显示与照明技术等内容。本书题材新颖实用，内容丰富，深入浅出，文字通俗，具有很高的实用价值。

本书可供电信、信息、汽车、航天、国防及家电等领域即将从事或已初步涉及到 LED、OLED 工程应⽤领域的工程技术人员和高等院校及职业技术学院的师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

漫步 LED 世界. 基础篇/周志敏, 纪爱华编著. —北京: 国防工业出版社,
2012.7

ISBN 978-7-118-08208-1

I. ①漫… II. ①周… ②纪… III. ①发光二极管—基本知识 IV. ①TN383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 150641 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 13¼ 字数 340 千字

2012 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 36.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

前 言

LED 是一种可将电能转变为光能的半导体发光器件,属于固态光源。LED 优点众多,不但寿命长、耗能低,而且控制极为方便,属于典型的绿色照明光源。随着 LED 技术的不断创新和发展,使得 LED 在显示、照明领域得以推广应用,也使显示照明技术面临一场新的革命。在照明领域,LED 照明灯具具有体积小、质量轻、方向性好、节能、寿命长等特点,适用于各种恶劣环境条件,由此 LED 固态光源必将对传统的照明光源市场带来冲击,成为一种很有竞争力的新型照明光源。

OLED 是一种可将电能转变为光能的有机半导体发光器件,是继 LED 固态光源之后的新一代固态光源。OLED 具有超轻、超薄(厚度可低于 1 mm)、亮度高、发热量低、抗震性能优异、透明、可弯曲等优点。OLED 与其他照明光源相比,OLED 属扩散式发光面光源,发出光线较为柔和,具有更容易实现白光、超薄和任意形状光源的优点,同时具有高效、环保、安全等优势。若采用可挠式基板,则可变化成不同形状;故能开拓其他照明技术尚未进入的应用领域。由于 OLED 光源具有不同于传统照明的全新的特点,它将带动和拓展全新的照明设计、照明灯具等有关领域的创新和发展。

LED/OLED 作为一种新型的显示、照明技术,其应用前景举世瞩目。LED/OLED 无论是发光原理还是功能等方面都具有其他传统光源无法具有的优势,LED/OLED 显示、照明技术的不断发展和创新,在很大程度上改变了传统显示、照明的观念,使现代显示、照明技术向更加节能化、健康化、艺术化和人性化方向发展。

LED/OLED 显示、照明技术的发展引起了国内外光源界的普遍关注,现已成为具有发展前景和影响力的一项高新技术产业。LED/OLED 显示、照明产品的开发、研制生产已成为发展前景十分诱人的朝阳产业。目前,随着 LED/OLED 显示、照明技术的广泛应用及潜在的市场,LED/OLED 显示、照明产品显示出了强大的发展潜力,并已形成一完整的新型照明产业链。

为此本书系统的把 LED/OLED 基础知识与 LED/OLED 显示、照明技术有机地结合起来,讲述了从事 LED/OLED 显示、照明设计必备的基础知识,系统的阐述了 LED/OLED 最新应用技术,本书尽量做到有针对性和实用性,力求做到通俗易懂和结合实际,使得从事 LED/OLED 显示、照明技术开发、设计、应用的技术人员从中获益,以使读者系统的全面了解和掌握 LED/OLED 显示、照明的设计和最新应用技术。

参加本书编写工作的有周志敏、纪爱华、周纪海、纪达奇、刘建秀、顾发娥、刘淑芬、纪达安、纪和平等,本书在写作过程中无论从资料的收集和技术信息交流上都得到了国内外的专业学者和 LED/OLED 器件制造商、系统集成商的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于成书时间仓促,水平有限,难免有错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 5 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 LED 固态光源特点及应用领域	1
1.1.1 LED 固态光源特点	1
1.1.2 LED 的应用领域	3
1.2 LED 技术的进展及绿色照明系统	8
1.2.1 LED 技术的进展	8
1.2.2 半导体绿色照明系统	9
1.3 OLED 技术及 LED 家族	11
1.3.1 OLED 技术	11
1.3.2 LED 家族及特性比较	16
第 2 章 LED/OLED 基础知识	21
2.1 LED 的结构及特性	21
2.1.1 LED 结构及发光原理	21
2.1.2 LED 的主要参数与特性	23
2.2 白光 LED (W-LED) 特性	31
2.2.1 白光 LED 的技术概况	31
2.2.2 白光 LED 的实现方法	35
2.2.3 白光 LED 的特性与光衰	36
2.2.4 白光 LED 的开发动向	42
2.3 OLED 的发光原理及结构	43
2.3.1 OLED 的发光原理	43
2.3.2 OLED 器件的结构	45
2.3.3 OLED 分类	51
2.3.4 OLED 器件性能参数	55
2.3.5 OLED 彩色化	57
第 3 章 LED/OLED 驱动技术	60
3.1 LED 驱动技术	60
3.1.1 LED 驱动的技术方案	60
3.1.2 LED 与驱动器的匹配	62
3.1.3 LED 驱动器应具备的要素及设计实例	66
3.1.4 LED 的串联和并联驱动	70
3.1.5 LED 及驱动电路测试	81
3.2 OLED 驱动技术	84

3.2.1	OLED 驱动方式	84
3.2.2	OLED 驱动技术	93
3.2.3	OLED 偏置电源	99
3.2.4	OLED 显示器电源电路设计	103
第 4 章	LED 显示与照明技术	116
4.1	LED 显示屏	116
4.1.1	LED 显示屏工作原理	116
4.1.2	LED 显示屏和像素	122
4.1.3	LED 显示屏工程应用	124
4.1.4	FlexLED 系统软件的工程应用	130
4.2	LED 照明技术工程应用	146
4.2.1	LED 应用于通用照明要求及解决方案	146
4.2.2	LED 在背光照明优势及设计要点	155
4.2.3	LED 在汽车照明系统中应用及设计要点	160
4.2.4	LED 在景观照明特点及设计要点	163
第 5 章	OLED 显示与照明技术	170
5.1	OLED 显示技术	170
5.1.1	OLED 显示器及应用领域	170
5.1.2	真伪 OLED 的辨别	179
5.1.3	OLED 手机显示面板与大尺寸 OLED 显示器	180
5.2	OLED 照明技术及应用	187
5.2.1	OLED 高效节能固态光源	187
5.2.2	白光 OLED 器件	191
5.2.3	W-OLED 特性	197
5.2.4	OLED 照明技术	200
5.2.5	OLED 照明技术发展现状及趋势	203
附录 A	LED 专业术语	209
附录 B	LED 的国家标准	212
参考文献		213

第 1 章 概 述

1.1 LED 固态光源特点及应用领域

1.1.1 LED 固态光源特点

1. LED 定义

LED (Light Emitting Diode, “发光二极管”), 是一种可将电能转变为光能的半导体发光器件, 属于固态光源, 除了具有发光的特性之外, 它完全具备半导体二极管整流管的特性, 如果取它的整流特性, 不但可以完全符合需求, 而且在外加正偏压的情况下, 还会发出具有某种波长的光。LED 虽然具有整流二极管的功能, 而通常是利用 LED 的发光特性而非整流特性。

LED 在 20 世纪 60 年代初期问世, 当时的 LED 以红色为主, 发光效率很低, 光通量很小, 只能作指示灯和仪表显示器使用。随着管芯材料、结构和封装技术的不断进步, LED 颜色品种增多, 光效大幅度提高, 目前的红色 LED 光效已达到 100 lm/W, 绿色 LED 也达到 50lm/W, 单个 LED 的光通量可达几十流明。尤其是近年来高光效、高亮度的白光 LED 的成功开发, 使得 LED 在照明领域的应用成为可能。LED 作为新型光源, 具有寿命长、启动时间短、无紫外线、色彩丰富饱满、可做全彩变化、低压安全等特点。除了在传统的信号显示领域长期应用外, 近年来随着高功率 (HI-POWER) 超高亮度 LED 的问世, 极大的拓展了 LED 的应用领域, 目前, 在娱乐、城市建筑物美化、景观照明等方面有非常广泛的应用, 并朝着通用照明应用的方向发展。

LED 是由超导发光晶体产生超高强度的光, 它发出的热量很少, 不像白炽灯浪费太多热量, 也不像荧光灯因消耗高能量而产生有毒气体, 更不像霓虹灯要求高电压而容易损坏, LED 已被全球公认为新一代的环保高科技光源。

LED 具有高光效能, 比传统霓虹灯节省电能 80% 以上, 工作安全可靠。LED 改变了白炽灯钨丝发光与节能灯三基色粉发光的原理, 而采用电场发光。LED 的光谱几乎全部集中于可见光频段, 其发光效率可达 80%~90%。将 LED 与普通白炽灯、螺旋节能灯及 T5 三基色荧光灯做比较, 其结果显示: 普通白炽灯的光视效能 (光效) 为 12 lm/W, 寿命小于 2000 h, 螺旋节能灯的光效为 60 lm/W, 寿命小于 8000 h, T5 荧光灯则为 96 lm/W, 寿命大约为 10000 h, 而直径为 5 mm 的白光 LED 为 20 lm/W~28 lm/W, 寿命可大于 100000 h。

2. LED 光源的特点

自爱迪生发明白炽灯以来的 100 多年中, 电光源照明经历了三个重要发展阶段, 在这三个阶段中有代表性的光源分别为白炽灯、荧光灯和高强度气体放电灯。现在人们普遍认为 LED 将可望发展成第四代光源, 即半导体照明光源。LED 是半导体器件通过 PN 结实现光电转换。其特点如下

(1) 节能、不引起环境污染。具有电压低、电流小、亮度高的特性。一个 10 W~12 W

的 LED 光源发出的光能与一个 35 W~150 W 的白炽灯发出的光能相当。同样照明效果 LED 比传统光源节能 80%~90%。LED 的能耗较小,随着技术的进步,将成为一种新型的节能照明光源。目前,白光 LED 的光效已经达到 25 lm/W,超过了普通白炽灯的水平,并且 LED 光谱窄,单色性好,几乎所有发出的光都可利用,且无需过滤直接发出色光。到 2010~2015 年,白光 LED 的光效有可能达到 150 lm/W~200 lm/W,远远超过了现在所有照明光源的光效。

(2) 新型绿色环保光源。LED 为冷光源,眩光小,无幅射,使用过程中不发出有害物质。光谱中没有紫外线和红外线,而且废弃物可回收,没有污染,不含汞元素,可以安全触摸,属于典型的绿色照明光源。

(3) 寿命长。LED 利用固态半导体芯片将电能转化为光能,外加环氧树脂封装,体内也没有松动的部分,不存在灯丝发光易烧、热沉积、光衰等缺点,可承受高强度机械冲击,可在 $-30^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ 环境下正常工作。LED 单管寿命 10 万 h,光源寿命在 2 万 h 以上,按每天工作 12 h 计算其寿命也在 5 年以上,而普通白炽灯的寿命约为 1000 h,荧光灯、金属卤化物灯的寿命也不超过 10000 h。

(4) 灯具结构合理。LED 灯具将彻底改变灯具的结构,根据不同的专业使用要求,LED 灯具的结构在提高初始亮度的条件下,经过掺杂稀土、光学镜片滤光,其发光亮度可以得到再度提高。LED 是用环氧树脂封装的固态光源,其结构中没有玻璃泡、灯丝等易损坏的部件,是一种全固体结构,因此能够经受得住振动、冲击而不致引起损坏。

(5) 光色单纯且光色多。可以选择的光色有白色光或彩色光(红色、黄色、蓝色、绿色、黄绿色、橙红色等),并可根据需要制造出多色组合和循环变色的艳丽灯饰。LED 光源可利用红、绿、蓝三基色原理,在计算机技术控制下使三种颜色具有 256 级灰度并任意混合,即可产生 $256\times 256\times 256=16777216$ 种颜色,形成不同光色的组合,LED 组合的光色变化多端,实现丰富多彩的动态变化效果及各种图像。

(6) 安全性高。LED 光源使用低电压驱动,发光稳定,无污染,没有采用 50 Hz 交流供电的频闪现象,没有紫外线 B 波段, R_a 值接近 100 Ω ,色温 5000 K,最接近太阳色温 5500 K。是发热量低、无热辐射的冷光源,并能精确控制光型及发光角度,光色柔和,无眩光;不含汞、钠元素等可能危害健康的物质。

(7) 设计形状的多样性。国产 LED 光源由许多个 LED 组合而成的,因而比其他光源可做成更多的形状,更容易针对用户的情况,设计光源的形状和尺寸。易于做成薄型灯具,节省安装空间。

(8) 快速响应。LED 发光管响应时间很短,能按要求保证多个光源之间或一个光源不同区域之间的工作切换。采用专用电源给 LED 光源供电时,达到最大照度的时间小于 10 ms。

(9) 运行成本低。其他光源不仅耗电是 LED 光源的 2 倍~10 倍,而且几乎每月都有故障的灯需要更换,增加了维护成本。而且投入使用的光源越多,在器件更换和人工方面的成本就越高,初次投资的节省很快会被日常的维护、维修费用抵消,因此选用使用寿命长的 LED 光源从长远看是很经济的。

(10) 技术高新。LED 光源与传统光源的发光效果相比,LED 光源是低压微电子产品,成功融合了计算机技术、网络通信技术、图像处理技术、嵌入式控制技术等。传统 LED 中使用的芯片为 $0.25\text{ mm}\times 0.25\text{ mm}$,而照明用的 LED 一般都要在 $1.0\text{ mm}\times 1.0\text{ mm}$ 以上。LED 裸片成型为工作台式结构、倒金字塔结构和倒装芯片设计,能够改善 LED 的发光效率,从而使芯片发出更多的光。LED 封装设计方面的革新包括用高传导率的金属作为基底、倒装芯片设

计和裸盘浇铸式引线框等，这些方法都能设计出可高功率、低热阻的器件，而且这些器件能比传统的 LED 产品照度更大。

LED 光源具有许多优点，但目前也在一些缺点，如功率低、散热条件高、参数离散性、保护电路设计等，也是尚待研究和解决的技术瓶颈。

在照明领域，LED 发光产品的应用正吸引着世人的目光，LED 作为一种新型的绿色光源产品，必然是未来发展的趋势，21 世纪将进入以 LED 为代表的新型照明光源时代。LED 的光谱几乎全部集中于可见光频段，其效率可达 80%~90%，同等光效的白炽灯可见光效率仅为 10%~20%；单体 LED 的功率一般在 0.05 W~1 W，可通过集群方式可以满足不同需要。

LED 光源应用非常灵活，可以做成点、线、面各种形式的轻薄短小产品；LED 的控制极为方便，只要调整电流，就可以随意调光，不同光色的组合变化多端，利用时序控制电路，更能达到丰富多彩的动态变化效果。LED 已经广泛应用于各种照明设备中，如电池供电的闪光灯、微型声控灯、安全照明灯、室内室外道路和楼梯照明灯以及建筑物与标记的连续照明灯。

白光 LED 的出现，是 LED 从标识功能向照明功能跨出的实质性一步。白光 LED 最接近日光，更能较好反映照射物体的真实颜色，所以，从技术角度看，白光 LED 无疑是 LED 最尖端的技术。目前，白色 LED 已开始进入一些应用领域，如应急灯、手电筒、闪光灯等。但是，由于价格十分昂贵，故而难以普及。

1.1.2 LED 的应用领域

自从 1968 年第一批 LED 开始进入市场，至今已有 40 多年，随着新材料的开发和工艺的改进，LED 趋于高亮度化、全色化，在氮化镓基底的蓝色 LED 出现后，更是扩展了 LED 的应用领域，LED 的主要应用领域包括：大屏幕彩色显示、照明灯具、激光器、多媒体显像、LCD 背光源、探测器、交通信号灯、仪器仪表、光纤通信、卫星通信、海洋光通信、图形识别等，但目前还主要是应用于照明和显示。

1. 仪器仪表的指示光源

最初 LED 仅用做仪器仪表的指示光源，后来各种光色的 LED 在交通信号灯得到了广泛应用，产生了很好的经济效益和社会效益。以 12 英寸（1 英寸=2.54 cm）的红色交通信号灯为例，若采用长寿命，低光效 140 W 白炽灯作为光源，它产生 2000 lm 的白光，经红色滤光片后，光损失达 90%，只剩下了 200 lm 的红光。而在新设计的 LED 交通信号灯中，Lumileds 公司采用了 18 个红色 LED 光源，包括电路损失在内，共耗电 14 W，即可产生同样的光效。

汽车信号灯也是 LED 光源应用的重要领域。1987 年，我国开始在汽车上安装高位刹车灯，由于 LED 响应速度快（纳秒级），可以及早让尾随车辆的司机知道前车行驶状况，减少汽车追尾事故的发生。

由于 LED 的颜色、尺寸、形状、发光强度及透明情况等不同，所以使用 LED 时应根据实际需要进行恰当选择。LED 具有最大正向电流 I_{Fm} 、最大反向电压 V_{Rm} 的限制，使用时，应保证不超过此值。为安全起见，实际电流 I_F 应在 $0.6I_{Fm}$ 以下；应让可能出现的反向电压 $V_R < 0.6V_{Rm}$ 。

LED 广泛用于各种电子仪器和电子设备中，可作为电源指示灯、电平指示或微光源用。红外 LED 常被用于电视机、录像机等遥控器中。利用高亮度或超高亮度 LED 制作微型手电筒如图 1-1 所示，微型手电筒电路如图 1-2 所示。在图 1-2 中 R 为限流电阻，其值应保证电源电压最高时应使 LED 的电流小于最大允许电流 I_{Fm} 。



图 1-1 微型手电筒

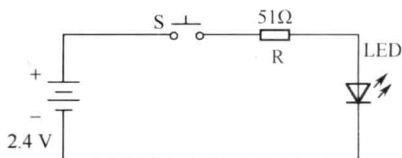
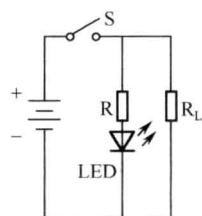


图 1-2 微型手电筒电路

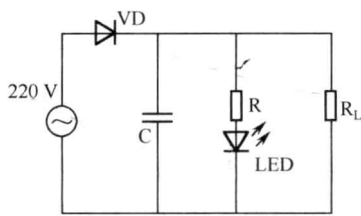
LED 指示灯如图 1-3 所示，LED 指示灯电路如图 1-4 所示，图 1-4 (a) 为直流电源指示电路；图 1-4 (b) 为整流电源指示电路；图 1-4 (c) 为交流电源指示电路。在图 1-4 (a) 中的电阻 $R \approx (E - V_F) / I_F$ ；在图 1-4 (b) 中的电阻 $R \approx (1.4 V_i - V_F) / I_F$ ；在图 1-4 (c) 中的电阻 $R \approx V_i / I_F$ ；式中， V_i 为交流电压有效值。



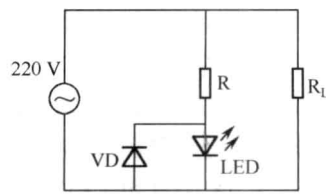
图 1-3 LED 指示灯



(a) 直流电源指示电路



(b) 整流电源指示电路



(c) 交流电源指示电路

图 1-4 LED 指示电路

LED 作为电平指示应用如图 1-5 所示，LED 电平指示电路如图 1-6 所示。在图 1-6 中 R 为限流电阻。只有当输出电压大于 LED 的阈值电压时，LED 才可能发光。

2. LED 显示屏的应用市场

随着电子工业的快速发展，在 20 世纪 60 年代，显示技术得到迅速发展，人们研究出 PDP 激光显示等离子显示板、LCD 液晶显示器、LED、电致变色显示 ECD、电泳显示 EPID 等多种技术。由于半导体的制作和加工工艺逐步成熟和完善，LED 在固体显示器中已日趋主导地位。LED 之所以受到广泛重视并得到迅速发展，是因为它本身具有很多优点。例如：亮度高、工作电压低、功耗小、易于集成、驱动简单、寿命长、耐冲击且性能稳定，其发展前景极为广阔。目前正朝着更高亮度、更高耐气候性和发光密度、发光均匀性、全色化发展。

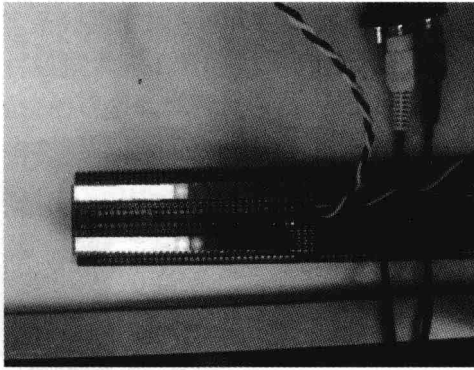


图 1-5 LED 作为电平指示应用

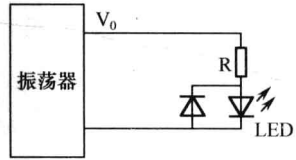


图 1-6 LED 电平指示电路

20 世纪 80 年代初，随着计算机的发展，CGA 显示方式问世了，其显示精度为 320×200 的分辨率（四种颜色），在短短的 10 年中，其显示方式已经经历了 CGA、EGA、SEGA、VGA、SVGA 5 个阶段，向超高分辨率发展，显示精度从 320×200 发展到 1600×1250 ，由四种颜色到 32 位真彩，扫描频率从 15.7 kHz 发展到 150 kHz。随着发展人们需要一种大屏幕的设备，于是有了投影仪，但是其亮度无法在自然光下使用，于是出现了 LED 显示器（屏），它具有视角大、亮度高、色彩艳丽的特点。

目前，LED 显示屏的应用已经十分广泛，在体育场馆，大屏幕显示系统可以实现比赛实况及比赛比分、时间、精彩回放等功能；在交通运输业，可以显示道路运行情况；在金融行业可以实时显示金融信息，如股票、汇率、利率；在商业邮电系统，可以向广大顾客显示通知、消息、广告等。LED 显示技术还应用于工业生产、军事、医疗单位、公安系统乃至宇航事业等国民经济、社会生活和军事领域中，并起着重要作用，LED 显示技术已经成为现代人类社会生活的一项不可缺的技术。

3. LED 显示技术和发展

我国 LED 显示产业在规模发展的同时，产品技术推陈出新一直保持在比较先进的水平。20 世纪 90 年代初即具备了成熟的 16 级灰度、256 色视频控制技术 & 无线遥控等国际先进水平技术，近年在全彩色 LED 显示屏、256 级灰度视频控制技术、集群无线控制、多级群控技术等方面均达到国际水平；LED 显示屏控制专用大规模集成电路也已由国内企业开发生产并得到应用。近几年来，LED 显示屏相关技术也取得了较大的发展，主要表现在前端显示器件和后端控制电路两方面。

（1）前端显示器件。LED 显示屏前端显示器件如图 1-7 所示，LED 显示屏前端显示器件的性能提高很快，在原来红色、绿色和蓝色 LED 的基础上，又出现了纯绿色和高亮度的红色 LED 产品。但目前 LED 显示屏的基础材料还是要从国外进口，国内只能生产红色 LED。除此之外，LED 的封装技术也取得了一定的进步。原来采用的是单管或点阵模块，而现在随着全彩色显示技术的不断成熟与完善，普遍采用了表面贴装技术（SMT），采用 SMT 的优势在于：封装密度高，视觉效果好，且增大了 LED 显示屏的视角，可以达到 $120^\circ \sim 150^\circ$ 。

（2）后端控制器。LED 显示屏后端控制器如图 1-8 所示，LED 显示屏后端控制原来使用常规的控制电路，随着控制技术的不断完善和控制芯片的应用，目前普遍采用 LED 专用集成电路（ASIC），它可根据 LED 显示的特点，对灰度及每个像素进行控制及调节，这就使得显示亮度和色彩效果都有了较大的提高。由于技术水平和造价等方面的原因，目前 LED 控制芯

片产品主要掌握在国外公司手中，如 Maxim、Agilent、东芝等公司。



图 1-7 LED 显示屏前端显示器件



图 1-8 LED 显示屏后端控制器

除了 LED 显示技术本身的发展，随着网络技术的不断进步和实际应用的需求，目前，网络型、智能型 LED 控制技术也出现了新的发展势头，这就对传统的一台微机控制一个或多个 LED 显示屏提出了新的挑战。由于 LED 显示屏控制技术与网络技术原先是彼此独立的，现在要把二者结合起来，实现 LED 显示屏的网络控制，就需要从事 LED 控制技术的科研人员能够开发出符合网络系统协议与规范的相关软、硬件。

4. LED 显示屏的发展趋势

(1) 高亮度、全彩化。蓝色及纯绿色 LED 产品自出现以来，成本逐年快速降低，已具备成熟的商业化条件。全彩色 LED 显示屏将是 LED 显示屏的重要发展方向。LED 产品性能的提高，使全彩色显示屏的亮度、色彩、白平衡均达到比较理想的效果，完全可以满足户外全天候的环境条件要求，同时，由于全彩色显示屏价格性能比的优势，预计在未来几年的发展中，全彩色 LED 显示屏在户外广告媒体中会越来越多地代替传统的灯箱、霓虹灯、磁翻板等产品，在体育场馆的显示方面，全彩色 LED 屏更会成为主流产品。

不完全统计，世界上目前至少有 150 家厂商生产全彩屏，其中产品齐全，规模较大的公司约有 30 家左右，主要分布在美国、欧洲、亚洲（日本、中国）。国内从 1994 年、1995 年开始生产全彩色显示屏，到 2010 年底，全国范围内的全彩色 LED 显示屏达到 3000 多块。全彩色 LED 显示屏的广泛应用会是 LED 显示屏产业发展的一个新的增长点。

(2) 标准化、规范化。材料、技术的成熟及市场价格的基本均衡之后，LED 显示屏的标准化和规范化将成为 LED 显示屏发展的一个新趋势。近几年业内的竞争，市场竞争在传统产品条件下是以价格作为主要的竞争手段，经几番价格回落调整达到基本均衡，产品质量、系统的可靠性等将成为主要的竞争因素，这就对 LED 显示屏的标准化和规范化有了较高要求。

(3) 产品结构多样化。信息化社会的形成，使 LED 显示屏的应用前景更为广阔。大型或超大型 LED 显示屏的主流产品局面将会发生改变，适合于服务行业特点和专业性要求的小型 LED 显示屏会有较大提高，面向信息服务领域的 LED 显示屏产品门类和品种将更加丰富，部分潜在的市场需求和应用领域将会有所突破，如公共交通、停车场、餐饮、医院等综合服务方面的信息显示屏需求量将有更大的提高，大批量、小型化的标准系列 LED 显示屏在 LED 显示屏市场总量中将会占有多数份额。

5. LED 显示屏主要应用领域

信息化社会的到来，促进了现代信息显示技术的发展，形成了 CRT、LCD、PDP、LED、

EL、DLP 等系列的信息显示产品，纵观各类显示产品，各有其所长和适宜的市场应用需求。随着 LED 材料技术和工艺的提升，LED 显示屏以突出的优势成为平板显示的主流产品之一，并在社会经济的许多领域得到广泛应用。

6. 中大尺寸、小尺寸背光源市场

LED 早已应用在以手机为主的小尺寸液晶面板背光源市场中，手机产量的持续增长带动了背光源市场的快速发展。特别是 2003 年彩屏手机的出现更是推动了白光 LED 市场的快速发展。但随着手机产量进入平稳增长阶段以及技术提升导致用于手机液晶面板背光源 LED 数量减少，使得 LED 在手机背光源中用量增速放缓，2005 年，背光源采用 LED 的数量超过 12 亿只，背光源市场规模超过 15 亿元。中大尺寸背光源市场虽为厂商新宠，但目前还不能形成规模，LED 用于电视背光示意图如图 1-9 所示。

7. 汽车车灯市场

从整个 LED 应用市场看，汽车应用市场还处于萌芽状态，市场规模很小。LED 作为汽车车灯主要得益于低功耗、长寿命和响应快等特点。虽然 LED 目前还面临着单位瓦数流明低以及相关政策的限制，在进入汽车尾灯及前灯市场还需要一定的时间，但是随着成本性能比的下降以及发光效率的提升，最终 LED 将逐步实现从汽车内部、后部到前部的转移，最终占据整个汽车车灯市场。凭借着汽车的巨大产能，LED 车灯市场面临着巨大的发展潜力。LED 用于汽车照明示意图如图 1-10 所示。

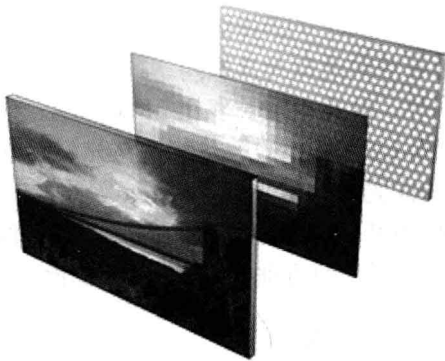


图 1-9 LED 用于液晶电视背光示意图



图 1-10 LED 用于汽车照明示意图

8. 室内装饰灯市场

室内装饰灯市场是 LED 的另一新兴市场。通过电流的控制，LED 可以实现几百种甚至上千种颜色的变化。在现阶段讲究个性化的时代中，LED 颜色多样化有助于 LED 装饰灯市场的发展。LED 已经开始做成小型装饰灯，装饰幕墙应用在酒店、居室中。基于 LED 制造的装饰灯具如图 1-11 所示。

9. 景观照明市场

景观照明市场主要是以街道、广场等公共场所装饰照明为主，由于 LED 功耗低，在用电量巨大的景观照明市场中具有很强的市场竞争力。目前，LED 已经越来越多地应用到景观照明市场中，2005 年中国景观照明市场规模超过 7 亿元，2007 年景观照明市场达到 72% 的高增长率。北京、上海等地将建成一批 LED 景观照明工程，这些工程在装饰街道的同时还将起到示范作用，将会使 LED 景观照明从一级城市快速向二级、三级城市扩展。基于 LED 的景观照明效果图如图 1-12 所示。

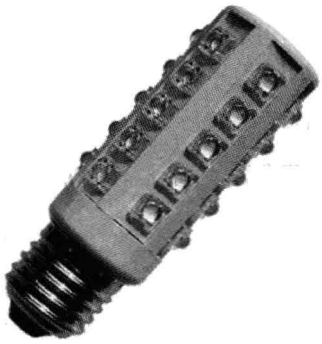


图 1-11 基于 LED 制造的装饰灯具



图 1-12 LED 的景观照明效果图

1.2 LED 技术的进展及绿色照明系统

1.2.1 LED 技术的进展

1. 国内 LED 技术的进展

近几年, LED 的发光效率增长 100 倍, 成本下降 10 倍, 广泛用于大面积图文显示全彩屏, 状态指示、标志照明、信号显示、液晶显示器的背光源、汽车组合尾灯及车内照明等方面, 在 LED 光源及市场开发中, 极具发展与应用前景的是白光 LED, 用做固体照明器件的经济性显著, 且有利环保, 正逐步取代传统的白炽灯, 世界年增长率在 20% 以上, 美、日、欧及中国台湾省均推出了半导体照明计划。功率型白光 LED 优异的散热特性与光学特性更能适应普通照明领域。按固体发光物理学原理, LED 的发光效率能近似 100%, 因此, LED 被誉为 21 世纪新光源, 有望成为继白炽灯、荧光灯、高强度气体放电灯之后的第四代光源。要实现白色 LED 具有 $150 \text{ lm/W} \sim 200 \text{ lm/W}$ 光效的目标必须从两方面努力。① 不断改进工艺; ② 同时开发新材料, 改进产品结构。

2. 国外 LED 技术的进展

美国波士顿的 PhotonicsResearch 的研究中心, 报道了 LED 技术方面的进展, 声称光效要达到 330 lm/W , 发出蓝、黄两种波长的光, 所发出的光能使人感到是白色的光, 这种光效与目前市场上的 LED 比要高 10 倍甚至更高。

OSRAMOS 公司已经开发出一种薄型的 LED, 称为 MarketLED。这款产品只有 6 mm 高, 沿边安装的 LED 将光射入一个导光材料, 而将光均匀地分布表面。采用这种模块可以生产出作为走廊、剧场或影院的座号的定向照明。模块的能耗从 1 W 到几瓦不等, 取决于模块的大小, 此种模块基本上不发热。

随着新材料及半导体工业技术的发展, 自 1994 年起以新型可见光材料 InGaAlP 和 InGaN 为主流, 实现了 LED 的高亮度, 多色化, 加之封装技术的改进, 出现了 LED 产品新的应用领域, 带来了更多的市场商机, 这些产品使得 LED 应用由室内使用提升到户外使用, 能在阳光强烈的场合下清晰显示, 发光效率极高, 发光强度 (光强) 超过 1000 mcd , 同时满足了全彩色显示和便携产品低功耗要求, 这些先进的 LED 包括以下几种。

(1) 蓝光、绿光 LED。蓝光 LED 材料有碳化硅 (SiC)、氮化镓 (GaN) 及铟氮镓 (InGaN)

三元材料等,采用 InGa_N/AlGa_N 结构制成的蓝光 LED 峰值波长 470 nm,法向光强达到 2000 mcd,绿色 LED 峰值波长 520 nm,法向光强可达 5000 mcd,其中还有峰值波长 500 nm 的蓝绿色(交通绿)LED,在蓝色发光的基础上,封装时在其芯片上添加几毫克的荧光物质就可以转换成白色,白光 LED 是微型白炽灯的最佳替代品,价格虽比白炽灯贵,但不易破碎,更加省电,工作时几乎不发热,可以连续照明 10 多年,这些产品在日本、德国、美国及中国台湾等著名的光电子公司生产并推向市场。

(2) 新颖的四次元 LED。20 世纪 80 年代后期开发上市的 GaAlAs 材料,制成发红光的 LED,首先实现超高亮度的要求,发光强度超过 1000 mcd,但是光衰较大,因此应用范围受到限制,20 世纪 90 年代开发成功的 InGaAlP 四次元材料,制成产品可以获得红、橙、黄、琥珀四种颜色,发光效率高,并且高温性能很好,是户外使用的理想产品。

(3) 开发的 LED 新品种包括:

① 工作电流为 70 mA 的功率型 LED,能发出极强的光束,视角较大,一般为 40°~70°,用于汽车标志灯。

② 贴片式(SMD)LED 在小电流(1 mA~2 mA)下工作,能够发出足够亮度的光,可节省便携式产品的耗电量。

③ 恒压 LED 在 LED 封装时,将电阻封装在内部,使用时不需限流电阻,一般工作在 12 V 以下,使用十分方便,同样也可在封装时将一块集成电路封装在其内部,一般工作电压在 5 V 以下,工作时闪烁发光,可以作为状态显示。

④ 多 LED 芯片封装于一体的 LED 发光模块,可实现特定的功能要求,利用 LED 多芯片的集群组成多彩色灯具,典型的红、绿、蓝三色可以组成全色灯,在三色中间交合处呈现白色光。

由于 LED 产业不断涌现新技术、新产品、新的应用,呈现了朝阳工业的欣欣向荣的景象,在本世纪的头 20 年中,LED 产业会得到持续发展。制造厂商会在超高亮、全彩色技术面扩张投资,提升产能,我国(包括台湾和香港地区)将成为世界 LED 的主要产地,5 年之后产值达到 100 亿元,超高亮度 LED 会以 30%速度增长,而传统 LED 也会以 5%~10%速度增长。

目前,许多色别的 LED 都达到烛光级水平,相信随着器件结构的改进,发光效率的飞速提高,今后 LED 发展的主流是照明光源,开始在一些领域取代白炽灯,并会与其他光源互补,并存、共同发展。世界光电子产业的发展推动其应用领域的变化和发展。

LED 产业也会继续沿着原来的轨道向前发展,半导体照明也由于其技术的先进性、明显的节能和环保的效果和产品使用的广泛性,被广泛认为是最有发展潜力的高技术领域之一,也是一个具有战略性的高技术产业。

1.2.2 半导体绿色照明系统

随着经济发展,我国的照明用电量大幅度提高,照明消耗约占整个电力消耗的 20%左右,降低照明用电是节省能源的重要途径。为实现这一目标,业界已研究开发出多种节能照明器具,并取得了一定的成效。但是,距离“绿色照明”的要求还较远,开发和应用更高效、可靠、安全、耐用的新型光源势在必行。

太阳能作为一种新兴的绿色能源,以其无可比拟的优势得到迅速的推广应用。作为第四代新光源 LED,在城市亮化美化、道路照明、庭院照明、室内照明以及其他各领域的照明和应用中得到了有效的利用,尤其是在偏远无电地区,太阳能 LED 照明系统更具有广泛的应用

前景。

太阳能 LED 照明系统作为冷光源产品，具有性价比较高、绿色环保、安全可靠、质量稳定、使用寿命长、安装维护简便等特点，可广泛应用于绿地照明、公路照明、广告灯箱照明、城市景观照明及家居照明系统，但太阳能 LED 照明系统一次性投入较高是其发展的瓶颈。

进入 20 世纪 90 年代，半导体绿色照明进入了真正的快速发展时期。大量的太阳能电池和 LED 组合的各种照明灯具得以广泛应用。半导体绿色照明系统的研究领域如下：

- (1) 太阳能电池和 LED 半导体照明系统中微功耗控制器，高效 LED 器件的研究。
- (2) 太阳能和 LED 半导体照明系统中高效率，长寿命蓄电技术研究。
- (3) 高效率 LED 照明灯具研究。
- (4) 太阳能电池和 LED 之间的优化匹配的研究。

除此以外，还开发了专用的半导体照明控制芯片，并且在此基础上设计和制造了一体化半导体照明模块，如图 1-13 所示。一体化半导体照明模块的正面是太阳能电池，背面是采用“软封装”的专用的半导体照明控制芯片和 LED，它特别适合应用于城市景观照明领域，同时也适合于道路照明。

在第 15 届国际光伏科学与工程大会上，夏普公司展出了他们设计的背面安装了 LED 的太阳能电池玻璃幕墙，这种新型的太阳能电池和 LED 共同组成的玻璃幕墙，如图 1-14 所示。

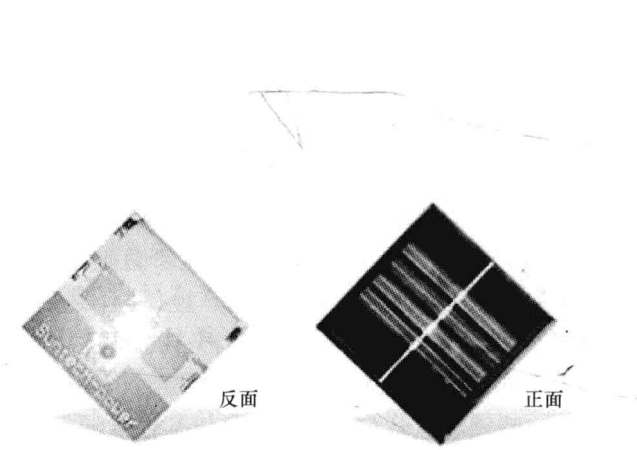


图 1-13 一体化半导体照明模块

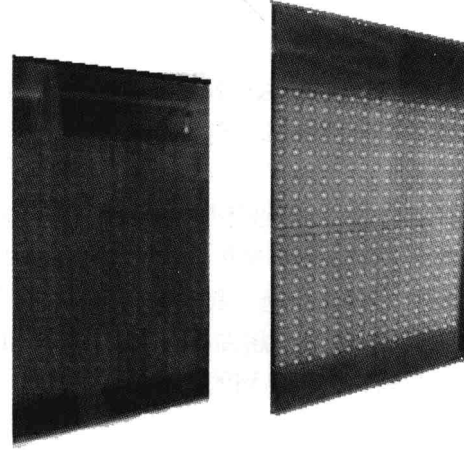


图 1-14 太阳能电池玻璃幕墙

目前，人们对半导体绿色照明的理解还停留在狭义的 LED 绿色照明上，由于太阳能电池是极具有发展潜力的半导体新能源，完全有理由从系统上去审视半导体绿色照明：它应该是由半导体发电，由半导体控制电路和半导体光源组成的一个没有任何污染的、人类最理想的照明系统，也可以称之为广义半导体绿色照明。

太阳能电池到 LED 之间需要比较复杂、甚至非常复杂的控制电路进行连接的，它们完全是由半导体器件完成，也就是无数个 PN 结来完成。在独立半导体绿色照明系统中，需要对蓄电池进行充电、放电控制以满足 LED 低电压、恒电流的工作特性，还要对电源进行高效率的电压、电流变换以及许多如自动开关方面的控制。所以说，在太阳能电池和 LED 两个 PN 结中间还应该有无数的 PN 结，由它们组成了真正的半导体绿色照明。

对太阳能技术而言，照明应用并非其最主要的应用领域，也不是最能体现应用优势的领域，但就其作为能源的表现形式来说，照明最直观、最容易被大众所认知和接受。而在当前

水平下，太阳能技术作为能源的高成本、低效率问题不容回避，特别在单体的照明应用中，如不使用 LED 技术，按照常规体积比设计太阳能照明系统，往往要面对其转换的电能不足以供应灯具耗电的尴尬。在这个意义上，LED 因其在同等视觉效应下的低能耗优势、工作中的直流免逆变优势等，成为配合太阳能照明应用的首选。目前太阳能 LED 照明也存在诸如提高电池组件转换率、缺少相应的检测系统等有待研究和解决的问题与困难。

1.3 OLED 技术及 LED 家族

1.3.1 OLED 技术

1. OLED 的定义

OLED (Organic Light Emitting Diode) 即“有机发光显示器”或“有机发光二极管”，是指有机半导体材料和有机发光材料在电场的驱动下，通过载流子注入和复合导致发光的技术。OLED 发光原理是用 ITO 玻璃透明电极和金属电极分别作为器件的阳极和阴极，在一定正向电压驱动下，电子和空穴分别从阴极和阳极注入到电子和空穴传输层，然后分别迁移到发光层，相遇形成激子使发光分子激发，经过辐射后发出可见光。辐射光可从 ITO 一侧观察到，金属电极膜同时也起了反射层的作用。根据这种发光原理而制成显示器被称为有机发光显示器，也叫 OLED 显示器。OLED 与普通 LED 一样，同是固体化半导体器件，是把数块薄层的有机材料叠加一起，厚度为 100 nm~500 nm，其发光形式也与 LED 类似。目前，照明厂商进一步发挥 OLED 透明、轻薄、可挠等特性，开发出多样化 OLED 新兴照明应用，OLED 在照明领域的应用将彻底改变照明在建筑传统意义上的概念，出现真正意义上的 BIL (Building Integrated Lighting, 建筑物综合照明)，十分类似太阳能中 BIPV (Building Integrated Photovoltaics, 建筑物一体化的太阳能光伏组件) 的概念。

LED 和 OLED 发光原理很接近，都是利用电子空穴在发光区再结合时，使得电子释出能量，此能量会以光子的形式被释出而产生光。但是，两者结构却相差很多，OLED 由电子传输层、空穴传输层和发光材料层构成，OLED 虽然跟 LED 只差一个英文字，但是它的结构比较像 LCD，两侧有玻璃基板，中间有发光材料，而且发光材料是有机材质而非半导体，OLED 的电极至少有一边必须是可透光的。OLED 技术依其所使用的有机薄膜材料的不同，可分为小分子 OLED (Small Molecule OLED, SM-OLED) 和高分子 P-LED (Polymer Light Emitting Diode)。

OLED 具有轻薄和柔韧性的特点，能够像纸一样，可卷曲、可折迭。OLED 显示器不像 LCD 需使用 CCFL 或 LED 提供背光照明，通电后自身能发光显示；OLED 又是一种除 LED 外的另一种固态电光源，可以做任意形状的面光源，为照明设计引入了全新的理念和方法。

目前，OLED 的产品已从试验室走向了市场，从 1997 年—1999 年，OLED 显示器的惟一市场是应用在车载显示器上，2000 年以后，产品的应用范围逐渐扩大到手机显示屏。OLED 在手机上的应用又极大地推动其技术的进一步发展和应用范围的迅速扩大，对现有的 LCD、LED 和 VFD 提出强有力的挑战。

目前，OLED 主要应用领域是平板显示器，在中小尺寸显示面板上与 LCD 已有竞争力，