

LED

照明设计与应用

〔日〕LED照明推进协会 编
李 农 杨 燕 译
王史杰 校



科学出版社

www.sciencep.com

LED 照明设计与应用

〔日〕LED 照明推进协会 编

李 农 杨 燕 译

王史杰 校

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是一部关于LED照明系统的普及读物,主要由五个重要的部分组成,即基础篇、测试方法篇、设计指南篇、应用篇和资料篇。本书可帮助读者全方位了解LED的工作原理、测试方法、设计原理与应用等方面的知识。书中通过大量的插图与表格对内容进行深入浅出的论述,使之达到了通俗易懂、简明扼要的效果。

本书可作为照明相关领域的专业参考书,对希望全面系统掌握LED照明知识的人士,也将是一本不可多得的专业科普读物。

图书在版编目(CIP)数据

LED照明设计与应用/(日)LED照明推进协会编;李农,杨燕译;王史杰校. —北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-025322-4

I. L… II. ①L…②李…③杨… III. ①发光二极管-照明-设计②发光二极管-照明-应用 IV. TN383

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第147394号

责任编辑:赵方青 杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:李 力

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京天竺彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年10月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2009年10月第一次印刷 印张: 11 插页: 2

印数: 1—4 000 字数: 151 000

定 价: 29.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

LED照明技术的革新

高亮度“蓝光、绿光、白光LED”出现后，其性能不断地提高，LED应用的市场已清晰可见。



喷泉水下照明实例

三基色LED与微型控制芯片相结合，可以控制亮度的细微变化，照射出丰富多彩的色彩。



水下照明灯具



建筑装饰方面的应用实例

充分发挥LED高亮度、低耗电、长寿命、高显色等特性的新应用实例正在不断增加。



LED替代霓虹灯
文字标识的实例。



文字标识的使用实例
具有节能、不易损坏的特性。



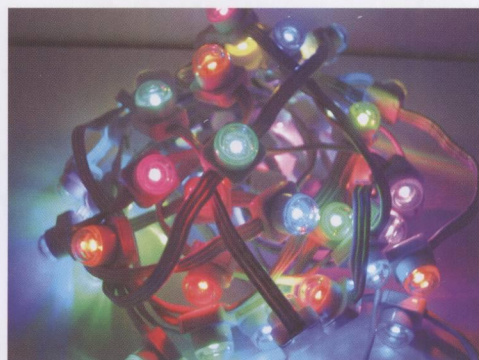
图像演示实例

利用LED的控制特性分别控制光源，可显示各种图像。



理疗灯

通过LED红、绿、蓝三色变换所产生的情趣性进行“理疗”。图中为浴室中也可以使用的防水型灯具。



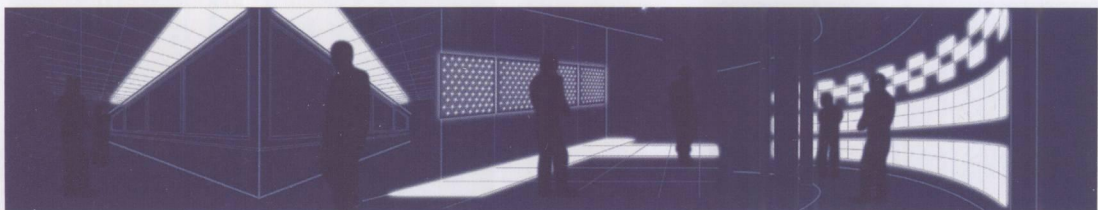
LED发光



住宅照明的应用

（上图）家庭影院照明：房间内适当的亮度可增强现场感。

（下图）LED装饰吸顶灯：灯罩外侧使用两平行环状LED光带，可使空间显得更加奇妙。



发光建材的应用示意图（面发光）

利用各种发光构建的组合，可以形成发光顶棚、发光墙壁、发光地面等。

试读结束：需要全本请在线购买：www.ertongbook.com

建筑外墙等表面的艺术广告牌有效地利用了LED全彩的显示特性。



商店等设施的促销活动中的应用替代霓虹灯的标识，充分发挥了LED显示的低耗电特性。



手机中的应用
应用于显示屏、键盘背光或相机的闪光灯等领域，白光LED的使用数量也正在不断增加。

色彩表现灯具与系统在空间表现方面，LED除了色彩可变外，还具有寿命长、外形紧凑的优点。



植物培育照明

为实现今后高附加值植物工厂所作的准备。拟利用LED可精确定制波长的特性来控制植物营养成分含量和生长进程。



渔业方面的应用

利用低能耗高效率的蓝光LED聚鱼灯进行捕捞墨鱼的实验作业。(照片提供：高木纲业)



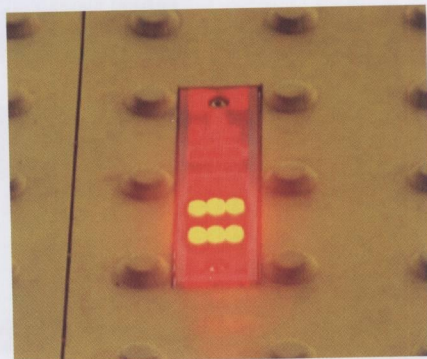
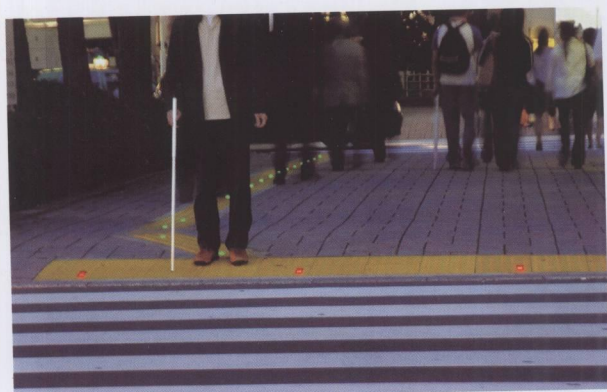
有助安全行车的LED视觉引导灯
 (照片提供：国土交通省奈良国道事务所，横滨国道事务所)



仪表盘的各种仪表背光源灯
 轿车用光源也要求节能环保，寿命长。

道路交通信号灯
 与以前使用的灯泡式信号灯相比，更加高效、节电、寿命长，且可视性高。

特快列车行李架下的LED照明
 具有抗振动、寿命长、小型轻便的特长。日本首次使用。(照片提供：小田急电铁)



视觉障碍者用盲道砖的设置实例
 提高夜间的可视性。发红光的LED红点表示“停/注意”。(照片提供：武藏野市市政厅)

执笔者一览

大谷 义彦	LED 照明推进协会 会长 (日本大学生产工学部)	大嶋 浩正	大塚电子株式会社
		十龟 寿水	ORDERIC 株式会社
宫胁 善照	三悠株式会社	山口 隆夫	株式会社 OPTO 系统
加藤 正明	夏普株式会社	志田 靖	加贺电子株式会社
林 宽	夏普株式会社	岛原 正稔	COLOR KINETICS JAPAN 株式会社
清水 惠一	东芝照明株式会社	别府 真由美	COLOR KINETICS JAPAN 株式会社
高桥 利典	丰田合成株式会社	齐藤 武彦	株式会社共进电机制作所
大利 富夫	松下电工株式会社	藤井 一范	株式会社共进电机制作所
杉本 胜	松下电工株式会社	福山 司	株式会社康天慈
鱼住 拓司	岩崎电气株式会社	铃木 伸幸	三星电气株式会社
并木 宏	岩崎电气株式会社	小西 淳	CCS 株式会社
上田 信一	牛尾照明株式会社	增村 茂树	CCS 株式会社
冲村 克行	NEC 照明株式会社	冈田 透	株式会社芝崎
铃木 量	日本欧司朗株式会社	秋永 良典	信号电材株式会社
木本 德胤	京瓷株式会社	筑山 良男	株式会社住友金属电子器件
井上 康藏	清水照明株式会社	田中 政史	住友金属矿山株式会社
安藤 正道	小丝工业株式会社	中村 孝夫	住友电气工业株式会社
细野 慎介	小丝工业株式会社	仁义 修	株式会社大金
金森 正芳	西铁城电子株式会社	樽木 美和	大同兴业株式会社
别田 惣彦	西铁城电子株式会社	小山 真吾	TECDIA 株式会社
安田 刚规	昭和电工株式会社	王 静	TECDIA 株式会社
堀尾 直史	斯坦雷电气株式会社	河本 康太郎	株式会社 TEKNOLOGUE
金森 章雄	星和电机株式会社	保本 正美	鸟取三洋电机株式会社
川崎 贵志	星和电机株式会社	高原 武	根本特殊化学株式会社
上野 幸治	大光电机株式会社	堺 正二	株式会社 MARUWA SHOMEI
小林 秀明	同和矿业株式会社	田岛 晓示	森山产业株式会社
丹下 理和	三菱电机照明株式会社	杉田 实	山田照明株式会社
佐野 真一	三菱电线工业株式会社	沟田 丰彦	吉川化成株式会社
井出 修二	山田尖端科技株式会社	石长 宏基	ROMU 株式会社
小山 博司	株式会社因幡电气制作所	小島 彰	LED 照明推进协会
中户 稔	株式会社远藤照明	伊藤 英太郎	LED 照明推进协会
林 安男	株式会社冲数码图象	西出 勇	LED 照明推进协会

译者序

我国政府近年来大力推进节能减排政策的实施,不论是夏季空调设定温度的建议,还是节能灯的推广使用,都是落实该政策的具体措施。特别是去年世界石油价格的冲顶,更让全世界各国政府与人民认识到节能的重要性与迫切性。而作为占用电量近三分之一的各类照明,更是一个需要节能的“大户”。

LED(Light Emitting Diode)半导体光源除具有寿命长、发热少、维护少、光色可变等众多优点外,更重要的是还具有巨大的节能潜力。LED虽走向市场的时间不长,但已显露出众多不同于与传统光源的优势,因此不论从发光机理、理论极限发光效率,还是从该技术的发展与应用速度来看,都堪称为一种崭新的光源,因此称其为“第四代光源”或“第三代电光源”是名副其实的。从实际应用的角度来看,由于其体积小、抗震性强、耐候性好、响应时间短等诸多优点,因此从某种意义上讲,可以说其应用的领域与范围具有无限性。

对于这样的“好东西”理应尽早地让各领域的相关人员认识,并尽早地加以利用,这既是作者编著此书的目的,也是译者翻译此书的心愿。

当今,从事LED技术研究的人员不乏其人,世界各国都早已投入了大量的人力、物力从事该技术的开发与应用,但与LED技术自身的发展速度相比,其应用的推广速度还不够协调,特别是对新应用领域的开拓还远远不够。这些都值得LED相关的从业者继续努力,进一步做好推广普及工作。

本书是一部不错的LED照明的科普读物,由五个重要的部分组成,即基础篇、测试方法篇、设计指南篇、应用篇与资料篇。通过阅读本书,读者可全方位了解LED的原理、测试、设计与应用方面的知识,且本书附加了资料篇,相信对读者也会有较高的阅读参考价值。

本书是一本科普类型的书籍,即书中讲到了LED照明的方方面面。就译者的观点来看,对从事LED研发的人员来说,本书最有参考价值的可能是“测试方法篇”与“设计指南篇”,因为目前LED的完整测试方法还未健全,而作者

将世界各国及相关国际组织的关联标准进行了归类整理,可方便地供这类人员进行参考、分析与借鉴;对于从事 LED 应用的人员来说,可能从“应用篇”得到一些启发与灵感;而对于初学者或对 LED 感兴趣的人员来说,通过本书的系统学习会对 LED 有一个全面的了解。

作为科普类的图书,本书采用了大量的插图与表格,达到了对内容深入浅出的论述效果,使之更加通俗易懂、简明扼要,因此非常适合初学者学习。

本书翻译的指导思想是忠实原文,除对原文个别国体上不符合国情的地方进行修改外,其余均按原书译出。

由于译者日常教学与科研工作非常繁重,故本书的翻译工作大多是利用业余时间进行的。显然在四个月这样短暂的时间里翻译涉及领域如此广泛的一本书,时常令人深感能力的不足,特别是有关 LED 的基础理论方面深感自身存在很大的知识缺陷。因此,本着对读者负责的态度,特邀请好友、LED 方面的专家王史杰教授对本书进行了校对,即便如此也许书中还会存在不妥或错误之处,恳请读者批评指正。

最后,借此机会向我的爱妻杨燕女士表示深深的谢意,没有她无怨无悔的帮助与支持,就不可能在如此短的时间里完成本书的翻译工作。此外,对好友王史杰教授在百忙中无私的帮助表示兄弟般的谢意,有了他的帮助,相信会使本书的翻译质量更上一层楼。最后,对北京工业大学城市照明规划设计研究所的各位同仁所给予的帮助在此一并表示感谢。

李农

(北京工业大学城市照明规划设计研究所所长,
北京工业大学建筑与城市规划学院教授)

2009 年 10 月

前 言

目前,虽然已出版了许多有关 LED 的书籍,但大部分都是由研究机构的研究者或 LED 制造业的技术人员所著,且大多写的都是开发者眼中的 LED 使用方法。因此,对于想在照明或其他领域使用 LED 的照明设计者、建筑家、学生等读者来说,有些内容则难以理解。

本书由以普及和促进 LED 在照明和标识领域应用为目的而成立的 LED 照明推进协会编辑而成,它是经过与照明、电子器件、设备、材料、装配等的使用者,以及与生产商完全不同领域的 LED 相关技术人员的相互沟通后汇集成形。因此,本书贴近 LED 使用人群的想法,内容易懂,易于参考。

LED 半导体发光被称作“第四代光源”。“第一代光源”是篝火,不仅用于照明,还可以用于做饭、制作陶瓷、杀菌、科学分析等方面;同样“第二代光源”的白炽灯,以及“第三代光源”的荧光灯等光源的许多功能与用途也早已被充分利用。因此,作为“第四代光源”之一的 LED,其用途可以说是无限的。而且作为 LED 同伴的半导体激光所发出的单色光在自然界中是不存在的,其很多用途迄今尚未被人类知晓,目前仅用于 CD 和 DVD 的数据读取与写入,以及作为传感器光源在使用。

对于那些还未接触过 LED 或初次无意识看到并注意到 LED 发光的人们,如果读了本书之后,对“第四代光源”产生了兴趣,从而使半导体光源得到推广,那将使我倍感高兴。

如将“第四代光源”的 LED 比作“光之子”的话,这种蕴藏无限可能的光,在发生无限变化的同时,能够面向未来茁壮地成长,这将是我们对本书寄予的厚望。

LED 照明推进协会会长 大谷义彦
(日本大学生工学部 教授)

2006 年 6 月

目 录

第 1 章 基础篇

1. 1 LED 的历史	2
1. 1. 1 砷(As)系的化合物半导体 LED~GaAs 系的红外 LED 及 AlGaAs 系的红光 LED	2
1. 1. 2 砷(As)、磷(P)系化合物半导体 LED~GaAsP 系 红光 LED	3
1. 1. 3 磷(P)系化合物半导体 LED~GaP 系绿光 LED ...	4
1. 1. 4 磷(P)系的四元混晶化合物半导体 LED~AlGaInP 系橙色光 LED	4
1. 1. 5 氮(N)系化合物半导体 LED~GaN 系蓝光 LED、 绿光 LED	5
1. 1. 6 氮(N)系化合物半导体 LED~GaN 系白光 LED ...	5
1. 2 LED 的发光原理(半导体的发光原理与性质)	7
1. 2. 1 什么是 LED(发光二极管).....	7
1. 2. 2 发光二极管与白炽灯有何不同	7
1. 2. 3 发光原理	8
1. 2. 4 发光波长的分布	9
1. 3 白光的原理	11
1. 3. 1 何为白光	11

1.3.2	白光 LED 的实现方法	13
1.4	LED 光源的特点	17
1.4.1	实现白光 LED 的方法	17
1.4.2	光学特性	20
1.4.3	电气特性	23
1.4.4	可靠性等	25
1.4.5	其他	27
1.5	LED 封装的构造与构成材料	28
1.5.1	LED 封装的构造	28
1.5.2	构成材料	29
1.6	LED 结晶生长法	37
1.6.1	LED 工作层(功能层)的生长法	37
1.6.2	外延生长用单晶衬底	41
1.7	LED 光源的制造方法	45
1.7.1	成型——LED 电极成型工艺	45
1.7.2	LED 芯片的成型	46
1.7.3	LED 光源的成型工序	49

第 2 章 测试方法篇

2.1	电气特性相关的标准和测试方法	52
2.1.1	正向电流	52
2.1.2	正向电压	52
2.1.3	反向电流	52
2.1.4	反向电压	52
2.1.5	端子间电容量	52

2.1.6	响应时间	53
2.1.7	截止频率与频率响应	53
2.2	光特性相关的标准与测试方法	54
2.2.1	全光通量	54
2.2.2	部分光通量	54
2.2.3	配 光	54
2.2.4	发光强度	55
2.2.5	亮 度	55
2.2.6	发光光谱	55
2.2.7	色 度	56
2.2.8	相关色温	56
2.2.9	显色指数	56
2.2.10	主波长	56
2.2.11	发光峰值波长	56
2.2.12	内部量子效率	57
2.2.13	外部量子效率	57
2.2.14	发光效率	57
2.2.15	辐射通量	57
2.2.16	CIE 平均 LED 发光强度	57
2.3	温度特性相关的标准与测试方法	58
2.3.1	环境温度	58
2.4	热特性相关的标准与测试方法	59
2.4.1	热特性	59
2.5	寿命相关的标准与测试方法	60
2.6	可靠性相关的标准与测试方法	61
2.6.1	热环境测试	61
2.6.2	机械环境测试	62

2.6.3 其他环境测试	63
2.7 安全性相关的标准与测试方法	64
2.7.1 电气安全性	64
2.7.2 机械安全性	64
2.7.3 生物安全性	64
附录 相关标准与组织一览表	65

第3章 设计指南篇

3.1 光学设计	68
3.1.1 使用需求的确定	68
3.1.2 LED芯片的选定	68
3.1.3 光学设计	68
3.2 电路设计	71
3.2.1 LED驱动电路	71
3.2.2 LED的集合电路	74
3.2.3 电源电路	76
3.2.4 电源系统	78
3.3 可靠性设计	80
3.3.1 散热设计	80
3.3.2 静电对策	83
3.4 安全性设计	88
3.4.1 安全性设计与法规	88
3.4.2 具体的安全性设计	88
3.4.3 法律法规	90
3.4.4 对人体的影响	95

3.4.5 对环境的影响	100
--------------------	-----

第4章 应用篇

4.1 照明领域	104
4.1.1 住宅领域	104
4.1.2 设施领域	107
4.1.3 店铺领域	109
4.1.4 室外领域	110
4.1.5 效果表现领域	113
4.2 手机领域	115
4.3 道路交通领域	116
4.3.1 LED 交通信号灯	116
4.3.2 隧道指示灯	117
4.3.3 路 灯	117
4.3.4 LED 隧道视觉引导灯	118
4.3.5 LED 道路视觉引导灯	119
4.3.6 视觉障碍者用视觉引导灯(LED 点字块)	120
4.4 移动物体领域	121
4.4.1 汽 车	121
4.4.2 火车车厢	122
4.5 标识与显示屏领域	123
4.5.1 标识领域	123
4.5.2 彩色显示屏领域	126
4.6 其他领域	129
4.6.1 图像处理照明	129

4.6.2 植物培育照明	130
4.6.3 打印机头	131
4.6.4 彩色 LED 理疗灯	131
4.6.5 电源装置	132
4.6.6 打捞墨鱼的渔业领域	133

第 5 章 资 料 篇

5.1 名词解释	136
5.2 LED 照明推进协会的活动	142
5.3 主要企业的技术与产品信息	144