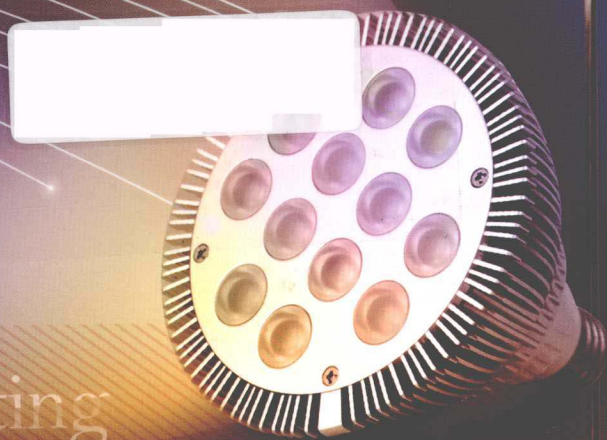
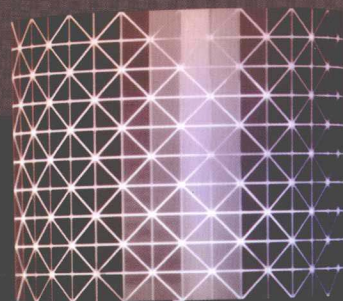


LED



灯具设计、 组装与施工

◎ 房海明 编著



LED Lighting



電子工業出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

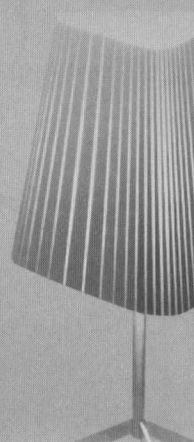
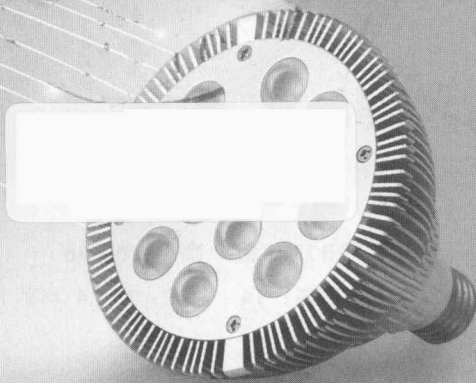
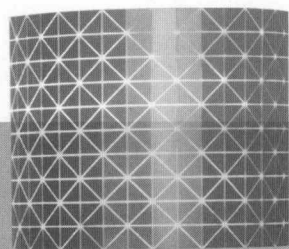
[<http://www.phei.com.cn>]

LED



灯具设计、 组装与施工

◎ 房海明 编著



電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书共 8 章, 内容包括 LED 照明基础知识、LED 路灯设计组装、LED 工矿灯设计组装、LED 日光灯设计组装、LED 平板灯设计组装、LED 洗墙灯设计组装、LED 斗胆灯设计组装、LED 照明工程案例详解。本书内容以灯具设计组装和工程案例解析为主, 同时也介绍了有关 LED 照明基础方面的知识。

本书结合作者多年从事 LED 照明行业的经验, 理论联系实际, 深入浅出, 图文并茂, 具有很强的实用性和参考性, 适合从事 LED 照明设计和应用的工程技术人员, 也可以作为 LED 初学者, 爱好者及高等院校电子、电气、光电等相关专业的教材或参考书, 是一本即学即用的参考书籍。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

LED 灯具设计、组装与施工 / 房海明等著. —北京: 电子工业出版社, 2014.1
ISBN 978-7-121-22064-7

I. ①L… II. ①房… III. ①—IV. ①TN383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 289254 号

责任编辑: 曲 昕

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 14 字数: 358.4 千字

印 次: 2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。



前 言

LED 被称为第四代照明光源，具有环保、节能、长寿命、体积小等特点，被广泛应用于各种显示、装饰、背光源和照明方面，取得了突破性的发展。近年来，欧美等一些发达国家围绕 LED 的研制展开了技术竞赛。LED 照明灯具已经彰显出很多特有的优势，更加符合“低碳”和“节能”的理念，而且随着 LED 的技术进步和应用加速，将极大地推进全球的“低碳”和“节能”进程。

LED 是一种可将电能转化为光能的半导体发光器件，属于固态光源。在通用照明领域，LED 照明灯具具有体积小、重量轻、节能、长寿命、容易控制、适应各种恶劣环境等优点，是典型的绿色照明光源。尤其随着大功率白光 LED 的研发成功，使它在照明领域应用更加广泛。

为此，我们有针对性地编写了本书，以帮助急需学习 LED 方面专业知识的读者，为他们提高技术水平与技术素质提供帮助。

本书共 8 章，内容包括 LED 照明基础知识、LED 路灯设计组装、LED 工矿灯设计组装、LED 日光灯设计组装、LED 平板灯设计组装、LED 洗墙灯设计组装、LED 斗胆灯设计组装、LED 照明工程案例详解。本书内容以灯具设计组装和工程案例解析为主，同时也介绍了有关 LED 照明基础方面的知识。

本书在编写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同行的大力支持，在此对原作者及提供相关技术资料的 LED 厂家表示真诚的感谢！

本书由房海明编著，参加编写的还有邵洪飞、应宜鸿、伍冬旭、方雨安、阮又夏、孙有皆、孙宣展、卜政国、姜怡悦。肖旭华、文林、白运辉、曾聪等同志也参与了校对，在此对他们表示衷心的感谢。

由于时间短，水平有限，书中难免有不当之处，真诚地希望各位读者提出宝贵意见，以便再版时修改。作者的电子邮箱：mark0819@126.com。

编著者于深圳

2013 年冬

目 录

第 1 章 LED 照明基础知识	1
1.1 LED 技术发展历史.....	1
1.1.1 基础研究阶段.....	1
1.1.2 显示应用阶段.....	1
1.1.3 照明应用阶段.....	2
1.2 半导体照明简介.....	3
1.2.1 LED 基本发光原理.....	3
1.2.2 LED 光源的特点.....	4
1.2.3 LED 的优点.....	5
1.3 LED 光参数.....	5
1.3.1 光通量.....	5
1.3.2 光照度.....	6
1.3.3 发光强度.....	6
1.3.4 发光效率.....	6
1.3.5 光强分布.....	6
1.3.6 光亮度.....	6
1.3.7 显色性.....	7
1.3.8 色温.....	7
1.3.9 标准光源.....	8
1.4 LED 白光的实现方法.....	8
1.4.1 蓝光 LED 加不同色光荧光粉.....	8
1.4.2 紫外光或紫光合成白光 LED.....	9
1.4.3 三基色合成 LED 白光.....	9
1.5 LED 白光的发光原理.....	10
1.6 LED 发展现状.....	11
1.7 知识链接.....	11
1.7.1 颜色的象征.....	11
1.7.2 LED 灯具常用测试仪器.....	12
第 2 章 LED 路灯的设计与组装	13
2.1 道路照明介绍.....	13
2.1.1 照明与视觉.....	13
2.1.2 照明质量标准.....	13
2.1.3 照明灯具及其布置.....	14

2.1.4	发展方向	14
2.2	LED 路灯光学分析	15
2.3	电子部分	16
2.3.1	选择驱动电源	16
2.3.2	选择铝基板	16
2.3.3	选择控制部分	16
2.4	LED 路灯散热	17
2.4.1	散热原理	17
2.4.2	热源的计算方法	18
2.4.3	选择 PCB	18
2.4.4	导热界面材料	19
2.4.5	常用散热结构	19
2.5	LED 路灯外观设计	21
2.5.1	LED 路灯的 IP 等级	21
2.5.2	强度要求	23
2.6	LED 路灯结构设计分析	23
2.7	LED 路灯设计重点	30
2.7.1	寿命	30
2.7.2	关于 L70	30
2.7.3	模块化设计	30
2.8	产品价格竞争	31
2.9	LED 路灯生产流程	31
2.10	安装 LED 路灯	36
第 3 章	LED 工矿灯的设计与组装	39
3.1	工矿灯简介	39
3.2	散热设计分析	40
3.2.1	热管基础知识	41
3.2.2	热管的工作原理	42
3.2.3	热管基本特征	43
3.2.4	热管的相容性及寿命	44
3.3	选择 LED 光源	44
3.4	选择电源	49
3.5	结构设计分析	49
3.6	LED 工矿灯设计实例	50
3.6.1	结构设计分析	50
3.6.2	厂房光学效果模拟案例	55
3.6.3	LED 产品可靠性与寿命评测	56
3.7	LED 工矿灯生产流程	57

第4章 LED 日光灯的设计与组装	62
4.1 LED 日光灯主要组成部件	62
4.1.1 电源	62
4.1.2 LED 日光灯的电源方案	62
4.1.3 选择光源	66
4.1.4 光源布板形式	66
4.1.5 选择散热器	68
4.2 结构设计分析	69
4.2.1 铝基板的固定方式	70
4.2.2 LED 日光灯铝基板的固定方式	71
4.3 灯具散热和光学模拟分析	72
4.3.1 散热模拟	72
4.3.2 光学模拟图	72
4.4 一般生产流程	73
4.5 生产 LED 日光灯时需要注意的问题	74
4.5.1 铝基板来料检测	74
4.5.2 保护铝基板上灯珠	74
4.5.3 驱动电源的绝缘方式	75
4.6 配光曲线图例分析	75
4.7 LED 日光灯生产流程	78
4.8 LED 驱动电源生产流程	85
4.9 知识链接	88
第5章 LED 平板灯的设计与组装	94
5.1 LED 平板灯简介	94
5.1.1 LED 平板灯参数及特点	94
5.1.2 主要零部件	94
5.2 LED 平板灯结构设计	95
5.2.1 LED 侧发光结构设计分析 1	95
5.2.2 LED 侧发光结构设计分析 2	97
5.3 光学模拟	98
5.4 光学照明分析	99
5.5 LED 平板灯的照明仿真计算	104
5.6 LED 平板灯电子控制设计	106
5.6.1 LED 恒流模块案例分析	107
5.6.2 AC-DC 直驱平板灯方案分析	111
5.6.3 LED 平板灯恒流驱动方案	113
5.7 LED 平板灯生产流程	118
5.8 LED 平板灯安装方式及注意事项	122

5.9 知识链接	122
第 6 章 LED 洗墙灯的设计与组装	124
6.1 洗墙灯简介	124
6.2 选择光源	125
6.3 选择透镜	126
6.4 结构设计	127
6.5 电子控制设计	130
6.6 LED 洗墙灯生产流程	137
第 7 章 LED 斗胆灯的设计与组装	141
7.1 LED 斗胆灯简介	141
7.1.1 产品特性	141
7.1.2 产品优点	141
7.1.3 产品参数	142
7.1.4 应用领域	142
7.2 LED 斗胆灯结构设计	142
7.2.1 选择玻璃	143
7.2.2 选择反光杯	144
7.2.3 集成光源	145
7.2.4 选择散热器	146
7.2.5 导热硅膏	146
7.2.6 导热胶垫	147
7.3 双头和 4 头 LED 斗胆灯	148
7.4 安装现场效果图	149
7.5 LED 斗胆灯作业指导书	149
7.6 LED 的防静电控制	153
7.7 安装 LED 斗胆灯	156
7.8 知识链接	157
第 8 章 LED 照明工程案例详解	159
8.1 办公照明案例分析	159
8.1.1 办公场所简介	159
8.1.2 LED 日光灯	160
8.1.3 评估办公场所 LED 灯改造	161
8.1.4 安装 LED 日光灯	163
8.1.5 LED 日光灯管照明设计结论	164
8.2 高端照明工程案例	165
8.2.1 LED 平板灯概况	165
8.2.2 传统平板灯简介	165

8.2.3	LED 平板灯简介	165
8.2.4	LED 平板灯改造评估	166
8.2.5	LED 平板灯案例分析	168
8.3	居家照明案例分析	171
8.3.1	使用场所照明要求	172
8.3.2	传统白炽灯简介	172
8.3.3	传统节能灯简介	172
8.3.4	LED 球泡灯简介	173
8.3.5	LED 灯具在照明中的优势	173
8.3.6	LED 球泡与白炽灯节能对照	174
8.3.7	家庭节能照明的设计	175
8.3.8	LED 灯泡照明设计结论	176
8.4	店铺照明工程案例	176
8.4.1	筒灯	176
8.4.2	传统筒灯与 LED 筒灯对比	177
8.4.3	店铺照明工程案例	178
8.4.4	LED 筒灯组合形式	179
8.4.5	安装 LED 筒灯	180
8.4.6	实际应用	181
8.5	筒灯的安全性	183
8.6	筒灯与射灯	183
8.7	道路照明案例分析	183
8.7.1	LED 路灯优势	183
8.7.2	安装 LED 路灯	183
8.7.3	LED 路灯项目 1	184
8.7.4	LED 路灯项目 2	187
8.8	隧道照明案例详解	190
8.8.1	隧道简介	190
8.8.2	隧道内传统光源灯具	191
8.8.3	隧道照明设计要求	191
8.8.4	评估隧道 LED 灯具照明改造	192
8.8.5	LED 灯具的隧道照明设计	193
8.8.6	安装 LED 隧道灯	193
8.8.7	LED 隧道灯改造总结	194
8.9	古建筑照明工程案例	195
8.9.1	LED 仿古灯的实际应用	195
8.9.2	传统灯具存在的问题	195
8.9.3	LED 仿古灯在古建筑照明中的优势	195
8.9.4	仿古灯照明设计要求	196

8.9.5	LED 灯具改造	196
8.9.6	LED 灯具的景观照明设计	198
8.9.7	设计结论	198
8.10	厂房照明工程案例	199
8.10.1	引言	199
8.10.2	LED 照明设计关键技术	199
8.10.3	LED 工矿灯设计实例	199
8.10.4	安装 LED 工矿灯	203
8.10.5	测试 LED 工矿灯	204
8.10.6	成本与效益评估	205
8.10.7	LED 工矿灯改造总结	205
8.11	建筑照明工程案例	206
8.11.1	投光灯定义	206
8.11.2	LED 投光灯介绍	206
8.11.3	性能特点	206
8.11.4	项目基本情况	206
8.11.5	安装	208
8.11.6	适用范围	209
8.12	公园照明工程案例	210
8.12.1	太阳能 LED 庭院灯的优点	210
8.12.2	项目基本情况	210
8.12.3	设计方案	211
8.12.4	LED 庭院灯和普通庭院灯对比	212
参考文献		214

第 1 章 LED 照明基础知识

LED 技术的发展经历了漫长的过程，凝聚了数代科学家的汗水结晶。这项技术起源于 20 世纪初，大概可以分为基础研究阶段、显示应用阶段和照明应用阶段。

1.1 LED 技术发展历史

1.1.1 基础研究阶段

1907 年，Henry Joseph Round 发现了碳化硅的电致发光现象。不过当时由于光线太暗，不适合实际应用，所以研究被放弃。到了 20 年代末期，Bernhard Gudden 和 Robert Wichard 在德国使用从锌硫化物与铜中提炼的黄磷来发光，再一次因发光暗淡而停止研究。

1936 年，George Destiau 发布了一个关于硫化锌粉末发射光的报告。随着研究的深入，最终出现了“电致发光”这个术语。

20 世纪 50 年代，英国科学家在电致发光的实验中使用半导体砷化镓发明了第 1 个具有现代意义的 LED 并于 60 年代面世。据说在早期的试验中，LED 需要放置在液化氦里并且需要进一步的操作以便高效率地在室温下工作。

1962 年，GE、Monsanto 和 IBM 的联合实验室开发出了发红光的磷砷化镓（GaAsP）半导体化合物，从此可见光发光二极管步入了商业化发展进程。

1965 年，全球第 1 款商业化发光二极管诞生。它是用锗材料做成的可发出红外光的 LED，当时的单价约为 45 美元。其后不久，Monsanto 和惠普公司推出了用 GaAsP 材料制作的商业化红色 LED。这种 LED 的效率约为 0.1 lm/W，比一般的 60~100W 白炽灯的 15 lm/W 要差 100 多倍。

1968 年，LED 的研发取得了突破性进展。利用氮掺杂工艺使 GaAsP 器件的效率达到了 1 lm/W，并且能够发出红光、橙光和黄色光。

1.1.2 显示应用阶段

20 世纪 70 年代，磷化镓被用做光源，随后发出灰白绿光。LED 采用双层磷化镓芯片（一个红色和一个绿色）能够发出黄色光。此时，俄国科学家利用金刚砂制造出发出黄光的 LED。尽管它不如欧洲的 LED 高效，但在 70 年代末已能发出纯绿色的光。

随后，业界又推出了具有相同效率的 GaP 绿色芯片 LED。由于 LED 器件在家庭与办公设备中的大量应用，因此其价格直线下跌，并且在那个时代主打市场的是数字与文字显示。

日本日亚化学对 LED 技术的发展做出了巨大的贡献，其具有代表性的科学家是中村修二。在 1993 年之前，日亚的主要产品是荧光灯和显像管用的荧光粉，销售额也不过 200 亿日元。

1988 年，日亚化学资助中村修二到美国佛罗里达州立大学研究金属有机化合物化学

气相淀积法 (MOCVD)。1989 年, 又从日本酸素购买了一台 MOCVD 设备供中村修二研究。技术的突破首先从被称为“氮化物之父”的名古屋大学赤崎勇教授开始, 他利用 MOCVD 在低温下生长出了氮化铝缓冲层, 而后在高温下生长氮化镓。随后, 中村修二在 1991 年利用低温生长非结晶氮化镓缓冲层, 再以高温成长氮化镓结晶。

1989 年, 赤崎勇教授利用电子束照射得到 P 型氮化镓, 中村修二直接利用热退火完成 P 型氮化镓的制作。这样困扰氮化物半导体的两个重大问题先后被赤崎和中村修二攻克, 从此开创了今天氮化物半导体在白光 LED 中的核心地位。

1991 年, 日亚公司研制成功同质结 GaN 基蓝光 LED。峰值波长 430 nm, 光谱半宽 55 nm。其光输出功率为当时市场上 SiC LED 的 10 倍, 外量子效率约为 0.18%。

1995 年, 日亚公司又研制成功 InGaN/AlGaIn 双异质结的烛光级超高亮度蓝色 LED。在 20 mA 的正向电流下, 输出功率为 1.5 mW, 外量子效率为 2.7%, 波长和半宽分别为 450 nm 和 70 nm。

1997 年, Schlotter 和 Nakamura 等人先后发明了用蓝光管芯加黄光荧光粉封装成白光 LED 的技术。

在氮化镓 LED 之后, 科学界随即又制造出能产生高强度的绿光和蓝光的铟氮镓 LED。超亮度蓝光芯片是白光 LED 的核心, 在这块发光芯片上抹上荧光粉。然后荧光粉通过吸收来自芯片上的蓝色光源再转化为白光, 利用这种技术制造出了任何可见颜色的光。

2001 年, Kafmann 等人用 UV LED 激发三基色荧光粉得到白光 LED。

1.1.3 照明应用阶段

2006 年, CREE 公司宣布推出一款新的冷白光 LED—“XP.G”, 发光效率和亮度都创下新的纪录。在驱动电流为 350 mA 时, 其光通量达 139 lm, 光效为 132 lm/W。亮度和光效分别比 Cree 最亮的 XR.ELED 提高 37%和 53%, 被称为“业界最亮且具有最高效率的照明级 LED”。

2007 年, 日亚公司发布了新型 LED。该实验型产品在顺向电流为 350 mA 的条件下光通量可达 145 lm, 发光效率约为 134 lm/W, 芯片的大小为 1 mm^2 , 色温为 4 988 K (在 $I_f=20\text{ mA}$ 的情况下, 发光效率更高达 169 lm/W)。

2007 年, 美国的 CREE 公司在 SiC 衬底上生长双异质结, 制作的器件同样很出色。SiC 衬底可以把 GaIn 基 LED 的金属电极制造在衬底的底部, 电流能够通过低阻导电衬底的垂直流动, 也为发展其他光电子器件奠定了基础。

同年, 日亚化学发布了下一代高功率白光 LED。350 mA 电流输入时光通量为 145 lm, 发光效率为 134 lm/W, 实现白色 LED 高效率化的原因是实现了所用的蓝色 LED 芯片的高效率化。该蓝色 LED 在 350 mA 驱动时的光功率为 651 mW, 波长为 444 nm, 外部量子效率为 66.5%, WPE 为 60.3%。

同年, 日亚投产发光效率达 150 lm/W 的白色 LED。该 LED 的效率代表当时业界的最高水平, 顺向电流为 20 mA 的品种为 100 lm/W。

2009 年初, CREE 宣布实现了 161 lm/W 的光效, 色温为 4 689 K。该 LED 标准测试条件是在室温条件, 驱动电流为 350 mA 的情况下进行的。

2009年底, CREE宣布其白光大功率LED光效已实现186 lm/W。CREE的测试结果表明, 当相关色温在4 577 K时, LED可产生197 lm的光输出。该测试是在室温条件下, 驱动电流为350 mA的标准测试环境下进行的。

2009年初, 根据日亚的实验室结果, LED发光效率在20 mA的情况下提高到249 lm/W。不过在一般LED产业常用的350 mA电流情况下, 发光效率却降低到145 lm/W, 引发业界关注。

2011年, 欧司朗研发工程师通过全面改进与LED制造相关的所有技术, 在实验室测试中新研发的白光LED刷新了该公司亮度和发光效率的纪录。在工作电流为350 mA的标准条件下, LED亮度最高可以达到155 lm, 而发光效率更是高达136 lm/W。白光LED原型采用的是1 mm²芯片, 所发射的光线色温为5 000 K, 色度坐标为0.349/0.393 (cx/cy)。

2011年, CREE公司宣布其白光LED光效突破231 lm/W。该公司使用了一个单模块组件, 在色温4 500 K和标准测试室温度350 mA下, 测得白光LED光效达231 lm/W。

目前LED的各项指标仍在不断发展中, 随着应用领域的拓宽, 对LED灯珠的要求也逐渐多样化; 同时技术的进步不仅体现在参数指标上, 在成本上也在逐年下降, 不过走进普通家庭仍需5~10年。

1.2 半导体照明简介

LED即发光二极管, 是一种半导体固体发光器件。它利用固体半导体芯片作为发光材料, 在半导体中通过载流子发生复合放出过剩的能量而引起光子发射直接发出红、黄、蓝、绿、青、橙、紫和白色的光。LED照明产品就是利用LED作为光源制造出来的照明器具。

1.2.1 LED基本发光原理

LED是由III-IV族化合物, 如GaAs(砷化镓)、GaP(磷化镓)和GaAsP(磷砷化镓)等半导体制成的, 这些半导体材料会预先透过注入或掺杂等工艺以产生P和N架构。因此它具有一般P-N结的I-N特性, 即正向导通, 以及反向截止和击穿特性; 此外, 在一定条件下, 它还具有发光特性。两种不同的载流子空穴和电子在不同的电极电压作用下从电极流向P和N架构。当空穴和电子相遇而产生复合, 电子会跌落到较低的能阶; 同时以光子的模式释放出能量。

假设发光是在P区中发生的, 那么注入的电子与价带空穴直接复合而发光, 或者被发光中心捕获后与空穴复合发光。除了这种发光复合外, 还有些电子被非发光中心(这个中心介于导带和价带中间附近)捕获, 而后再与空穴复合。每次释放的能量不大, 不能形成可见光。发光的复合量相对于非发光复合量的比例越大, 光量子效率越高。由于复合是在少子扩散区内发光的, 所以光仅在靠近PN结面数 μm 以内产生。

理论和实践证明, 光的峰值波长 λ 与发光区域的半导体材料禁带宽度 E_g 有关, 即 $\lambda \approx 1240/E_g$ (nm)。

式中 E_g 的单位为电子伏特(eV)。若能产生可见光(波长在380 nm紫光~780 nm红光), 半导体材料的 E_g 应在3.26~1.63 eV。比红光波长长的光为红外光。现在已

有红外、红、黄、绿及蓝光发光二极管，其中蓝光二极管的成本和价格很高，使用不普遍。

它所发出光的波长（决定颜色）由组成 P 和 N 架构的半导体材料的禁带能量决定。由于硅和锗是间接带隙材料，在这些材料在常温下电子与空穴的复合是非辐射跃迁，此类跃迁没有释出光子，所以硅和锗二极管不能发光。但在极低温的特定温度下则会发光，必须在特殊角度下才可发现，而发光的亮度不明显。发光二极管所用的材料都是直接带隙型的，这些禁带能量对应近红外线、可见光或近紫外线波段的光能量。

发展初期，采用砷化镓（GaAs）的发光二极管只能发出红外线或红光。随着材料科学的进步，各种颜色的发光二极管现今皆可制造。电流从 LED 阳极流向阴极时调节电流便可调节光的强度，如图 1-1 所示。

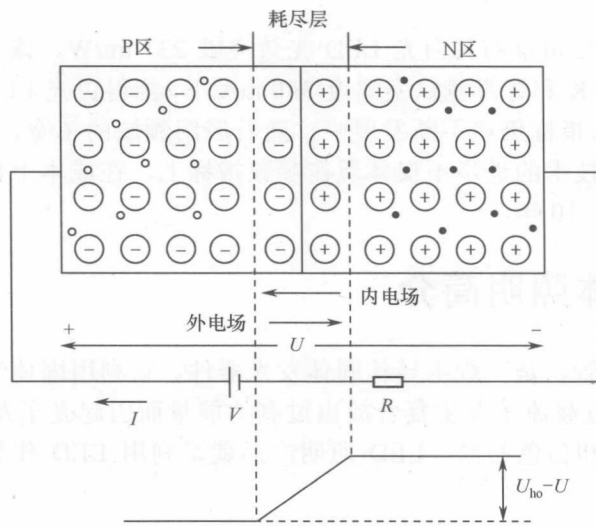


图 1-1 LED 发光原理

1.2.2 LED 光源的特点

LED 光源的特点如下。

(1) 电压：LED 使用低压电源，供电电压在 6~24 V，根据产品不同而异。所以它是一种比使用高压电源更安全的电源，特别适用于公共场所。

(2) 效能：消耗能量较同光效的白炽灯减少 80%。

(3) 适用性：很小，每个单元 LED 小片是 3 mm~5 mm 的正方形，所以可以制备成各种形状的器件，并且适合易变的环境。

(4) 稳定性：10 万小时，光衰为初始的 50%。

(5) 响应时间：白炽灯的响应时间为毫秒级，LED 灯的响应时间为纳秒级。

(6) 对环境污染：无有害金属汞。

(7) 颜色：改变电流可以变色，发光二极管方便地通过化学修饰方法调整材料的能带结构和带隙，实现红黄绿兰橙多色发光。如小电流时为红色的 LED 随着电流的增加，可以依次变为橙色、黄色和绿色。

(8) 价格：LED 的价格比较昂贵，较之白炽灯，几支 LED 的价格就可以与一支白

炽灯的价格相当,而通常每组信号灯需由300~500支二极管构成。

1.2.3 LED的优点

LED的优点如下。

(1) 高节能

节约能源且无污染即为环保,LED直流驱动,超低功耗(单管0.03~0.06W),电光功率转换接近100%,相同照明效果比传统光源节能80%以上。

(2) 寿命长

LED光源有人称其为“长寿灯”,意为永不熄灭的灯,其具有固体冷光源和环氧树脂封装等优点。灯体内也没有松动的部分,不存在灯丝发光易烧、热沉积和光衰快等缺点。使用寿命可达5万~10万h,比传统光源寿命长10倍以上。

(3) 多变幻

LED光源可利用红、绿、蓝三基色原理,在计算机技术控制下使3种颜色具有256级灰度并任意混合即可产生 $256 \times 256 \times 256 = 16\,777\,216$ 种颜色。形成不同光色的组合变化多端,实现丰富多彩的动态变化效果及各种图像。

(4) 利环保

LED环保效益更佳,其光谱中没有紫外线和红外线。既没有热量,也没有辐射。眩光小,而且废弃物可回收,没有污染(不含汞元素)。冷光源可以安全触摸,属于典型的绿色照明光源。

(5) 高新尖

与传统光源单调的发光效果相比,LED光源是低压微电子产品。它成功融合了计算机技术、网络通信技术、图像处理技术和嵌入式控制技术等,所以也是数字信息化产品。作为半导体光电器件“高新尖”技术,具有在线编程、无限升级和灵活多变的特点。

(6) 体积小

LED是封装在环氧树脂中的一块很小的芯片,非常小且非常轻。

(7) 高亮度和低热量

LED比HID或白炽灯更少的热辐射。

1.3 LED光参数

LED的光参数中重要的是光通量、光照度、发光强度、发光效率、光强分布、光亮度、显色性、色温和光束角。

1.3.1 光通量(lm)

点光源或非点光源在单位时间内所发出的能量中可产生视觉者(人能感觉的辐射通量)即光通量,单位为lm(流明),1lm定义为一国际标准烛光的光源在单位立体弧角内所通过的光通量。

同样,这个量对光源而言是描述光源发光总量的大小的,与光功率等价。光源的光通量越大,则发出的光线越多。

对于各向同性光, 则 $F=4\pi I$, 也就是说, 若光源的 I 为 1 cd , 则光通量为 $4\pi=12.56\text{ lm}$ 。与力学单位比较, 光通量相当于压力, 而发光强度相当于压强。想要被照射点看起来更亮, 我们不仅要提高光通量, 而且还要增大会聚的手段。实际上就是减少面积, 这样才能得到更大的强度。

要知道光通量也是人为量, 对于其他动物可能不一样。更不是完全自然的东西, 因为这种定义完全是根据人眼对光的响应而来的。

人眼对不同颜色的光的感受不同, 此感觉决定了光通量与光功率的换算关系。对于人眼最敏感的 555 nm 的黄绿光, $1\text{ W}=683\text{ lm}$ 。也就是说, 1 W 的功率全部转换成波长为 555 nm 的黄绿光, 为 683 lm 。这是最大的光转换效率, 也是定标值, 因为人眼对 555 nm 的光最敏感。对于其他颜色的光, 如 650 nm 的红色, 1 W 相当于 73 lm , 这是因为人眼对红光不敏感的原因。对于白光, 要看情况, 因为很多不同光谱结构的光都是白色的。

1.3.2 光照度

光照度可用照度计直接测量, 单位是 lux (勒克斯), 也可写为 lx 。被光均匀照射的物体, 在 1 平方米面积上得到的光通量为 1 lm 时, 它的照度是 1 lx 。

1.3.3 发光强度

发光强度简称“光强”, 国际单位是 candela (坎德拉), 简写为“ cd ”。 I_{cd} 是指光源在指定方向的单位立体角内发出的光通量。光源辐射是均匀时, 则光强为 $I=F/\Omega$, Ω 为立体角, 单位为球面度 (sr); F 为光通量, 单位是流明, 对于点光源有 $I=F/4\pi$ 。

1.3.4 发光效率

发光效率是光通量与电功率之比, 表征了光源的节能特性。这是衡量现代光源性能的一个重要指标, 单位为 lm/W (流明/瓦)。

1.3.5 光强分布

LED 发光强度是表征在某个方向上的发光强弱, 由于 LED 在不同的空间角度光强相差很多, 所以随之而来我们研究其光强分布特性。这个参数的实际意义很大, 直接影响 LED 显示装置的最小观察角度。如体育场馆的 LED 大型彩色显示屏选用 LED 单管分布范围很窄, 那么面对显示屏处于较大角度的观众将看到失真的图像; 同样, 交通标志灯也要求在较大范围人能识别。

1.3.6 光亮度

光亮度表示发光面的明亮程度, 指发光表面在指定方向的发光强度与垂直且指定方向的发光面的面积之比, 单位是 cd/m^2 。对于一个漫散射面, 尽管各个方向的光强和光通量不同, 但各个方向的亮度都是相等的。电视机的荧光屏就是近似这样的漫散射面, 所以从各个方向上观看图像都有相同的亮度感。

1.3.7 显色性

光源对物体本身颜色呈现的程度称为“显色性”，也就是颜色逼真的程度。光源的显色性是由显色指数 (R_a) 来表示物体在光下颜色比基准光 (太阳光) 照明时颜色的偏离，能较全面地反映光源的颜色特性。显色性高的光源对颜色表现较好，我们所见到的颜色也就接近自然色；显色性低的光源对颜色表现较差，我们所见到的颜色偏差也较大。国际照明委员会 CIE 把太阳的显色指数定为 100，各类光源的显色指数各不相同，如高压钠灯显色指数 $R_a=23$ ；荧光灯管显色指数 $R_a=60\sim 90$ 。

显色分为如下两种。

(1) 忠实显色：能正确表现物质本来颜色需使用显色指数高的光源，其数值接近 100，显色性最好。

(2) 效果显色：要鲜明地强调特定色彩，表现美的生活可以利用加色法来加强显色效果。

1.3.8 色温

色温以绝对温度 K 来表示，即将一标准黑体加热到一定程度时颜色开始由深红→浅红→橙黄→白→蓝逐渐改变，某光源与黑体的颜色相同时将黑体当时的绝对温度称为该光源的“色温”。

因相关色温事实上是以黑体辐射接近光源光色时对该光源光色表现的评价值，并非一种精确的颜色对比，故具有相同色温值的两个光源可能在光色外观上仍有些许差异。仅凭色温无法了解光源对物体的显色能力，或在光源下物体颜色的再现如何。

不同光源环境的相关色温如表 1-1 所示。

表 1-1 不同光源环境的相关色温

光源	色温	光源	色温
北方晴空	8 000~8 500 K	高压汞灯	3 450~3 750 K
阴天	6 500~7 500 K	暖色荧光灯	2 500~3 000 K
夏日正午阳光	5 500 K	卤素灯	3 000 K
金属卤化物灯	4 000~4 600 K	钨丝灯	2 700 K
下午日光	4 000 K	高压钠灯	1 950~2 250 K
冷色荧光灯	4 000~5 000 K	烛光	2 000 K

光源色温不同，光色也不同。色温在 3 300 K 以下，光色偏红给以温暖的感觉。有稳重的气氛和温暖的感觉；温度在 3 000~6 000 K 为中等色温，人在此色调下无特别明显的视觉心理效果。但是有爽快的感觉，故称为“中性色温”；色温超过 6 000 K，光色偏蓝，给人以清冷的感觉。

高色温光源照射下，如亮度不高则给人们一种阴泛的气氛；低色温光源照射下，亮度过高会给人们有一种闷热感觉。

在同一空间使用两种光色差很大的光源，其对比将会出现层次效果。光色对比大时，在获得亮度层次的同时又可获得光色的层次。

采用低色温光源照射，能使红色更鲜艳；采用中色温光源照射，使蓝色具有清凉感；