




电工电子名家畅销书系

图解LED应用 从入门到精通

刘祖明 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电工电子名家畅销书系

图解 LED 应用从 入门到精通

刘祖明 编著



机械工业出版社

本书结合国内外 LED 技术的应用和发展,全面系统地阐述了 LED 的基础知识和最新应用。全书共分为 10 章,系统地介绍了 LED 照明产品基础知识、LED 射灯、LED 球泡灯、LED 日光灯、LED 筒灯、LED 吸顶灯、LED 路灯、LED 隧道灯、LED 景观灯设计、安装等方面的知识以及 LED 照明产品认证及国际认证的相关知识。本书题材新颖实用,内容由浅入深,循序渐进,通俗易懂,图文并茂,是一本具有很高实用价值的 LED 应用指南。

本书可供电信、信息、航天、汽车、国防及家电等领域从事 LED 工程的技术人员、产品推广人员、广告制作及安装人员阅读,也可供广大电工及职业院校相关专业的师生参考,还可作为 LED 工程应用技术短期培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

图解 LED 应用从入门到精通/刘祖明编著. —北京:机械工业出版社, 2013.7

(电工电子名家畅销书系)

ISBN 978-7-111-43011-7

I. ①图… II. ①刘… III. ①发光二极管-图解 IV. ①TN383-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 136251 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:张俊红 责任编辑:赵任 版式设计:常天培
责任校对:杜雨霏 封面设计:路恩中 责任印制:杨曦
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm·13.75 印张·313 千字
0001—4000 册
标准书号:ISBN 978-7-111-43011-7
定价:39.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

出版说明

我国经济与科技的飞速发展，国家战略性新兴产业的稳步推进，对我国科技的创新发展和人才素质提出了更高的要求。同时，我国目前正处在工业转型升级的重要战略机遇期，推进我国工业转型升级，促进工业化与信息化的深度融合，是我们应对国际金融危机、确保工业经济平稳较快发展的重要组成部分，而这同样对我们的人才素质与数量提出了更高的要求。

目前，人们日常生产生活的电气化、自动化、信息化程度越来越高，电工电子技术正广泛而深入地渗透到经济社会的各个行业，促进了众多的人口就业。但不可否认的客观现实是，很多初入行业的电工电子技术人员，基础知识相对薄弱，实践经验不够丰富，操作技能有待提高。党的十八大报告中明确提出“加强职业技能培训，提升劳动者就业创业能力，增强就业稳定性”。人力资源和社会保障部近期的统计监测却表明，目前我国很多地方的技术工人都处于严重短缺的状态，其中仅制造业高级技工的人才缺口就高达400多万人。

秉承机械工业出版社“服务国家经济社会和科技全面进步”的出版宗旨，60多年来我们在电工电子技术领域积累了大量的优秀作者资源，出版了大量的优秀畅销图书，受到广大读者的一致认可与欢迎。本着“提技能、促就业、惠民生”的出版理念，经过与领域内知名的优秀作者充分研讨，我们打造了“电工电子名家畅销书系”，涉及内容包括电工电子基础知识、电工技能入门与提高、电子技术入门与提高、自动化技术入门与提高、常用仪器仪表的使用以及家电维修实用技能等。

整合了强大的策划团队与作者团队资源，本丛书特色鲜明：①涵盖了电工、电子、家电、自动化入门等细分方向，适合多行业多领域的电工电子技术人员学习；②作者精挑细选，所有作者都是行业名家，编写的都是其最擅长的领域方向图书；③内容注重实用，讲解清晰透彻，表现形式丰富新颖；④以就业为导向，以技能为目标，很多内容都是作者多年亲身实践的看家本领；⑤由资深策划团队精心打磨并集中出版，通过多种方式宣传推广，便于读者及时了解图书信息，方便读者选购。

本丛书的出版得益于业内最顶尖的优秀作者的大力支持，大家经常为了图书的内容、表达等反复深入地沟通，并系统地查阅了大量的最新资料 and 标准，更新制作了大量的操作现场实景素材，在此也对各位电工电子名家的辛勤的劳动付出和卓有成效的工作表示感谢。同时，我们衷心希望本丛书的出版，能为广大电工电子技术领域的读者学习知识、开阔视野、提高技能、促进就业，提供切实有益的帮助。

作为电工电子图书出版领域的领跑者，我们深知对社会、对读者的重大责任，所以我们一直在努力。同时，我们衷心欢迎广大读者提出您的宝贵意见和建议，及时与我们联系沟通，以便为大家提供更多高品质的好书，联系信箱为 buptzjh@163.com。

机械工业出版社

前言

近几年，LED 照明产业发展迅速，美国、日本、欧洲、韩国等国家和我国台湾地区在不同领域具有较强优势，全球产值年增长率保持在 20% 以上。我国先后启动了绿色照明工程、半导体照明工程，初步形成了完整的产业链，并在下游集成应用方面具有一定优势。目前，世界照明工业正在转型，许多国家提出淘汰白炽灯、推广节能灯计划，将半导体照明节能产业作为未来新的经济增长点。随着我国产业结构调整、发展方式转变进程的加快，半导体照明节能产业作为节能减排的重要措施迎来了新的发展机遇期。LED 照明灯具必将给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。

我国从 1996 年启动实施绿色照明工程，2008 年开展财政补贴高效照明产品推广工作，2009 年印发了《半导体照明节能产业发展意见》，2011 年发布了《中国逐步淘汰白炽灯路线图》，推动了照明产业结构优化、持续发展。据测算，若将我国全部在用的白炽灯替换成节能灯，每年可节电 480 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，相当于减排二氧化碳近 4800 万 t，若进一步更换为 LED 照明产品，将带来更大的节能效果。在 2013 年发布了《中国逐步降低荧光灯含汞量路线图》，让 LED 照明产品的优势更加明显，LED 照明市场的发展又迎来了新的春天。

LED 照明技术的发展与应用已引起了国内外光源界的普遍关注，现已成为十分具有发展前景和影响力的一项高新技术产业。随着 LED 技术的不断创新和发展，使得 LED 在照明领域得以推广应用。LED 照明灯具产品的开发、研制、生产已成为发展前景十分诱人的朝阳产业。目前，由于 LED 照明技术的广泛应用及其潜在的市场，LED 照明灯具显示出了强大的发展潜力，并已形成了一条完整的 LED 照明灯具产业链。

LED 照明行业与其他行业相比发展时间相对较短，但在国内 LED 照明产品发展比较好，应用领域甚广。由于生产、应用地域分布极不平衡，所以可供相关技术人员、工程人员学习和借鉴的“样板”少。同时加上许多资料缺失，给许多有识之士学习 LED 照明技术带来了许多苦恼。鉴于此我们编写了本书。

本书结合国内外 LED 技术的应用和发展，全面系统地阐述了 LED 的基础知识和最新应用。全书共分为 10 章，系统地介绍了 LED 照明产品基础知识、LED 射灯、LED 球泡灯、LED 日光灯、LED 筒灯、LED 吸顶灯、LED 路灯、LED 隧道灯、LED 景观灯设计、安装等方面的知识以及 LED 照明产品认证及国际认证的相关知识。本书题材新颖实用，

内容由浅入深，循序渐进，通俗易懂，图文并茂，是一本具有很高的实用价值的LED应用指南。同时结合笔者在LED照明领域的多年应用经验，让LED新成果及新技术在这里得到应用，使本书内容更加全面、实用、新颖。

本书由刘祖明编写，参与资料收集及部分编写工作的还有钟柳青、刘国柱、邱寿华、刘文沁、祝建孙、张安若、王华、刘艳明、钟勇、刘艳生、刘丽明、廖艳琴。在此，对以上人员致以诚挚的谢意。

本书在写作过程中参考的书籍在参考文献不能一一列出，同时也引用一些互联网上的资料在参考文献中也不再列出，在此对这些参考书籍或资料原作者表示衷心的感谢。在本书的写作过程中，资料收集和技术交流方面都得到国内外专业学者和同行的支持，在此表示衷心的感谢。

本书的所有实例都经过编者的实际应用，但由于LED照明设计涉及面广，实用性强，加之编写时间仓促，以及作者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。同时感谢读者选择了本书，希望我们的努力能对您的工作和学习有所帮助，也希望广大读者不吝赐教。

编者

目 录

出版说明

前言

| | |
|---------------------------------|----|
| 第 1 章 LED 照明产品基础知识 | 1 |
| 1.1 LED 的发展史及应用 | 1 |
| 1.2 LED 发光原理 | 2 |
| 1.3 白光 LED 实现方法 | 3 |
| 1.4 LED 的封装 | 5 |
| 1.5 LED 的技术指标 | 9 |
| 1.6 LED 应用注意事项 | 10 |
| 1.7 LED 芯片的简介 | 16 |
| 1.8 常用 LED 封装参数简介 | 18 |
| | |
| 第 2 章 LED 射灯的设计 | 27 |
| 2.1 MR16 LED 射灯的设计 | 27 |
| 2.2 PAR 灯的设计 | 33 |
| 2.3 LED 面板灯的设计 | 40 |
| 2.4 LED 轨道灯的设计 | 48 |
| | |
| 第 3 章 LED 球泡灯的设计 | 52 |
| 3.1 LED 照明灯具的基础知识 | 52 |
| 3.2 散热器的选择 | 54 |
| 3.3 光源的选择 | 57 |
| 3.4 PC 罩的选择 | 62 |
| 3.5 电源的选择 | 62 |

| | | |
|------------|-------------------|------------|
| 3.6 | 组装流程及注意事项 | 64 |
| 3.7 | 产品检验要求 | 66 |
| 3.8 | LED 球泡灯的安装 | 70 |
| 第4章 | LED 日光灯的设计 | 72 |
| 4.1 | LED 日光灯的基础知识 | 72 |
| 4.2 | 散热器的选择 | 76 |
| 4.3 | 光源的选择 | 77 |
| 4.4 | PC 罩的选择 | 80 |
| 4.5 | 电源的选择 | 80 |
| 4.6 | 组装流程及注意事项 | 84 |
| 4.7 | 产品检验要求 | 85 |
| 4.8 | LED 日光灯的安装 | 87 |
| 第5章 | LED 筒灯的设计 | 91 |
| 5.1 | LED 筒灯的基础知识 | 91 |
| 5.2 | 散热器的选择 | 96 |
| 5.3 | 光源的选择 | 98 |
| 5.4 | 扩散罩的选择 | 100 |
| 5.5 | 电源的选择 | 101 |
| 5.6 | 组装流程及注意事项 | 104 |
| 5.7 | 产品检验要求 | 106 |
| 5.8 | LED 筒灯的安装 | 108 |
| 第6章 | LED 吸顶灯的设计 | 111 |
| 6.1 | LED 吸顶灯的基础知识 | 111 |
| 6.2 | 散热器（底盘）的选择 | 113 |
| 6.3 | 光源的选择 | 114 |
| 6.4 | PC 罩的选择 | 115 |
| 6.5 | 电源的选择 | 116 |
| 6.6 | 组装流程及注意事项 | 118 |
| 6.7 | 产品检验要求 | 120 |
| 6.8 | LED 吸顶灯的安装 | 121 |
| 第7章 | LED 路灯的设计 | 124 |
| 7.1 | 道路照明的基础知识 | 124 |

| | | |
|---|----------------------|------------|
| 7.2 | 散热器的选择 | 128 |
| 7.3 | 光源的选择 | 130 |
| 7.4 | 透镜的选择 | 132 |
| 7.5 | 电源的选择 | 136 |
| 7.6 | 组装流程及注意事项 | 138 |
| 7.7 | 产品检验要求 | 139 |
| 7.8 | LED 路灯的安装 | 142 |
| 第 8 章 LED 隧道灯的设计 | | 145 |
| 8.1 | 隧道照明的基础知识 | 145 |
| 8.2 | 散热器的选择 | 147 |
| 8.3 | 光源的选择 | 150 |
| 8.4 | 透镜的选择 | 151 |
| 8.5 | 电源的选择 | 152 |
| 8.6 | 组装流程及注意事项 | 152 |
| 8.7 | 产品检验要求 | 154 |
| 8.8 | LED 隧道灯的安装 | 155 |
| 第 9 章 LED 景观灯电路设计 | | 157 |
| 9.1 | LED 点光源 | 157 |
| 9.2 | LED 硬灯条 | 166 |
| 9.3 | LED 模组 | 171 |
| 9.4 | LED 数码管 | 177 |
| 9.5 | LED 灯带 | 186 |
| 第 10 章 LED 照明产品国内认证及国际认证 | | 198 |
| 10.1 | LED 产品的节能认证 | 198 |
| 10.2 | LED 产品的 CCC 认证 | 200 |
| 10.3 | 欧盟认证简介 | 203 |
| 10.4 | 美国认证简介 | 205 |
| 10.5 | 日本认证简介 | 206 |
| 10.6 | 各国认证的区别 | 207 |
| 参考文献 | | 210 |

第 1 章

LED 照明产品基础知识

1.1 LED 的发展史及应用

1. LED 的发展史

1907 年, Henry Joseph Round 第一次在碳化硅里观察到电致发光现象, 随后科技工作者开始了新的探索之旅。20 世纪 20 年代晚期, Bernhard Gudden 和 Robert Wichard 在德国使用从锌硫化合物与铜中提炼的黄磷发光, 但由于发光太弱, 没有得到应用。

1936 年, George Destian 发表了关于硫化锌粉末发射光线的报告, 出现了“电致发光”这一专业术语。

20 世纪 50 年代, 英国科学家在电致发光的实验中使用砷化镓发明了第一个具有现代意义的 LED。

20 世纪 60 年代末, 人们在砷化镓基体上使用磷化物发明了第一只可见红光的 LED。1965 年, 第一款用锗材料制造的 LED 面世, 随后不久, Monsanto 和惠普公司开始批量生产, 并应用在设备上作为指示灯。

20 世纪 70 年代, 由于 LED 器件在家庭与办公设备中的大量应用, LED 的价格直线下跌。事实上, LED 在那个时代主打市场是数字与文字显示技术应用领域。

20 世纪 80 年代早期的重大技术突破是开发出了 AlGaAs 的 LED, 以 10 lm/W 的发光效率发出红光。这一技术进步使 LED 能够应用于室外信息发布以及汽车高位刹车灯 (CHMSL) 设备。

1990 年, 业界又开发出了能够提供相当于最好的红色器件性能的 AllnGaP 技术, 这比当时标准的 GaAsP 器件的性能要高出 10 倍。

1994 年, 日本科学家中村修二在 GaN 基片上研制出了第一只蓝色发光二极管, 由此引发了对 GaN 基 LED 研究和开发的热潮。1996 年由日本 Nichia (日亚) 公司成功开发出了白光 LED。

20 世纪 90 年代后期, 研制出通过蓝光激发 YAG 荧光粉产生白光的 LED, 但色泽不均匀, 使用寿命短, 价格高。随着技术的不断进步, 近年来白光 LED 的发展相当迅速, 其发光效率已经达到 120lm/W。在实验室的白光 LED 的发光效率更高, 甚至超过 200lm/W。

随着LED技术的迅猛发展，其发光效率的逐步提高，LED的应用市场将更加广泛，特别是在全球能源短缺的忧虑再度升高的背景下，LED在照明市场的前景更备受全球瞩目，被业界认为在未来10年成为最被看好的市场以及最大的市场，将是取代白炽灯、钨丝灯和荧光灯的商品。展望将来还期望更进一步地提高。

2. LED 的应用

LED的应用领域非常广，包括通信、消费性电子、汽车、照明、信号灯等，可大体分为背光源、照明、电子设备、显示屏、汽车五大领域。

▶ 背光源部分。

主要是手机背光光源方面，是SMD型产品应用的最大市场。LED作为背光源已普遍运用于手机、计算机、手持掌上电子产品及汽车、飞机仪表盘等众多领域。

▶ 照明部分。

LED照明已逐渐发展至商品化的初步阶段，但在使用寿命及价格上仍有改进空间。具体应用包括建筑装饰、室内装饰、旅游景点装饰等，主要用于重要建筑、街道、商业中心、名胜古迹、桥梁、社区、庭院、草坪、家居、休闲娱乐场所的装饰照明，以及集装饰与广告为一体的商业照明。

▶ 电子设备部分。

LED以其功耗低、体积小、寿命长的特点，已成为各种电子设备指示灯的首选，目前几乎所有的电子设备都有LED的身影。

▶ 显示屏。

LED显示屏作为一种新兴的显示媒体，随着大规模集成电路和计算机技术的高速发展，得到了飞速发展，以其亮度高、动态影像显示效果好、故障低、能耗少、使用寿命长、显示内容多样、显示方式丰富、性能价格比高等优势，已广泛应用于各行各业。

▶ 汽车部分。

其在汽车内部使用包括了仪表板、音箱等的指示灯，在汽车外部（第三刹车灯、左右尾灯、方向灯等）。若再加上前后车灯、刹车灯、交通标志等，与交通有关的市场，商机非常庞大。

▶ 特殊工作照明和军事运用。

由于LED光源具有抗振性、耐候性、密封性好，以及热辐射低、体积小、便于携带等特点，可广泛应用于防爆、野外作业、矿山、军事行动等特殊工作场所或恶劣工作环境之中。

▶ 其他应用。

LED还可用于玩具、礼品、手电筒、圣诞灯等轻工产品之中，我国作为全球轻工产品的重要生产基地，对LED有着巨大的市场需求。

1.2 LED 发光原理

发光二极管（Light Emitting Diode, LED）是一种固态的半导体器件，可以直接把电



转化为光。LED的心脏是一个半导体的晶片，晶片的一端附在一个支架上，一端是负极，另一端连接电源的正极，使整个晶片被环氧树脂封装起来。半导体晶片由两部分组成，一部分是P型半导体，在它里面空穴占主导地位，另一端是N型半导体，在这边主要是电子。但这两种半导体连接起来的时候，它们之间就形成一个PN结。当电流通过导线作用于这个晶片的时候，电子就会被推向P区，在P区里电子跟空穴复合，然后就会以光子的形式发出能量，这就是LED发光的原理。光的波长就是光的颜色，是由形成PN结的材料决定的。

发光二极管(LED)是由Ⅲ-Ⅳ族化合物，如GaAs(砷化镓)、GaP(磷化镓)、GaAsP(磷砷化镓)等制成的，其核心是PN结。与普通的二极管一样，具有一般PN结的单向导电特性，即正向导通、反向截止及击穿特性。此外，在一定条件下，LED还具有发光特性。在正向偏置电压下，电子由N区注入P区，空穴由P区注入N区。进入对方区域的少数载流子(少子)一部分与多数载流子(多子)复合而发光，如图1-1所示。

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，或者先被发光中心捕获后，再与空穴复合发光。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、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，所以仅在靠近PN结面数微米以内产生光。

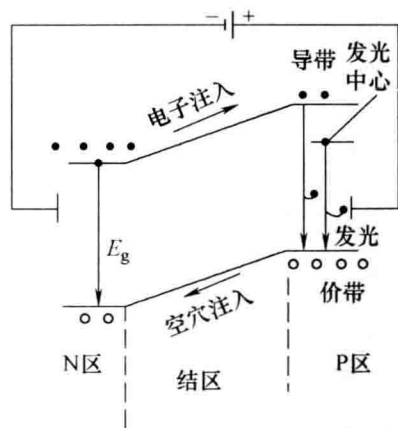


图1-1 LED的发光原理

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

$$\lambda \approx 1240/E_g$$

式中， E_g 的单位为电子伏特(eV)。

若能产生可见光，则其波长为380(紫光)~780nm(红光)。半导体材料的 E_g 应为3.26~1.63eV。

1.3 白光LED实现方法

对一般照明而言，人们更需要的光源是白光。1998年成功开发出白光的LED。这种白光的LED是将GaN芯片和钇铝石榴石(YAG)封装在一起做成的。GaN芯片发蓝光($\lambda_p = 465\text{nm}$, $W_d = 30\text{nm}$)，高温烧结制成的含 Ce^{3+} 的YAG荧光粉受此蓝光激发后发出黄色光，峰值为550nm。蓝光LED基片安装在碗形反射腔中，覆盖以混有YAG的树脂薄层，厚度为200~500nm。LED基片发出的蓝光一部分被荧光粉吸收，另一部分与荧光粉发出的黄光混合，可以得到白光。现在，对于InGaN/YAG白色LED，通过改变YAG荧光粉的化学组成和调节荧光粉层的厚度，获得色温为3500~10000K的各色白光。

白光LED类型及其原理见表1-1。

表 1-1 白光 LED 类型及其原理

| 芯片数 | 激发源 | 发光材料 | 发光原理 |
|-----|-----------|------------------------|------------------------------|
| 1 | 蓝色 LED | InGaN/YAG | 用蓝色光激励 YAG 荧光粉发出黄色光,从而混合成白光 |
| 1 | 蓝色 LED | InGaN/荧光粉 | InGaN 的蓝光激发红、绿、蓝三基色荧光粉发光 |
| 1 | 蓝色 LED | ZnSe | 由薄膜层发出的蓝光和基板上激发的黄光混合成白光 |
| 1 | 紫外 LED | InGaN/荧光粉 | InGaN 发出紫外光激发红、绿、蓝三基色荧光粉发白光 |
| 2 | 蓝、黄绿 LED | InGaN、GaP | 将具有补色关系的两种芯片封装在一起,发出白光 |
| 3 | 蓝、绿、红 LED | InGaN、AllnGaP | 将发三原色的三种芯片封装在一起发出白光 |
| 多个 | 多种光色的 LED | InGaN、 AllnGaP、GaPN | 将遍布可见光区的多种色光芯片封装在一起,构成白光 LED |

1. 单芯片型结构又可分为三种

➤ InGaN (蓝)/YAG 荧光粉。

是较为成熟的产品,其中 1W 的和 5W 的白光 LED Lumileds 公司已有批量产品。采用芯片倒装结构,可提高发光效率和散热效果。荧光粉涂覆工艺的改进,可将色均匀性提高 10 倍。实验证明,电流和温度的增加使 LED 光谱有些蓝移和红移,但对荧光光谱影响并不大。寿命实验结果也较好,φ5 的白光 LED 在工作 1.2 万 h 后,光输出下降 80%,而这种功率 LED 在工作 1.2 万 h 后,仅下降 10%,估计工作 5 万 h 后下降 30%。这种称为 Luxeon 的功率 LED 最高效率达到 44.3lm/W,最高光通量为 187lm,产业化产品可达 120lm, Ra 为 75~80。

➤ InGaN (蓝)/红荧光粉 + 绿荧光粉。

Lumileds 公司采用 460nm LED 配以 SrGa₂S₄: Eu²⁺ + (绿色) 荧光粉和 SrS: Eu²⁺ + (红色) 荧光粉,使色温达到 3000~6000K 的较好结果, Ra 达到 82~87,较前述产品有所提高。

➤ InGaN (紫外)/(红 + 绿 + 蓝) 荧光粉。

Cree、日亚、丰田等公司均在大力研制紫外 LED。Cree 公司已生产出 50mW、385~405nm 的紫外 LED;丰田公司已生产此类白光 LED,其 Ra 大于等于 90,但发光效率还不够理想;日亚公司于最近制得 365nm、1mm²、4.6V、500mA 的高功率紫外 LED,如制成白光 LED,会有较好效果。

ZnSe 和 OLED 白光器件也有进展,但离产业化生产尚远。

2. 双芯片

双芯片可由蓝光 LED + 黄光 LED、蓝光 LED + 黄绿光 LED 以及蓝绿光 LED + 黄光 LED 制成,这种器件成本比较便宜,但由于是两种颜色 LED 形成的白光,显色性较差,只能在显色性要求不高的场合使用。

3. 三芯片(蓝光 + 绿光 + 红光)LED

Philips 公司用 470nm、540nm 和 610nm 的 LED 芯片制成 Ra 大于 80 的器件,色温可达 3500K。如用 470nm、525nm 和 635nm 的 LED 芯片,则缺少黄色调, Ra 只能达到 20 或 30。

采用波长补偿和光通量反馈方法可使色移动降到可接受程度。美国 TIR 公司采用

Luxeon RGB 器件制成用于景观照明的系统产品，用 Lumileds 公司产品制成的液晶电视屏幕（22in，1in=0.0254m），其产品的性能非常不错。

4. 四芯片(蓝光+绿光+红光+黄光)LED

采用 465nm、535nm、590nm 和 625nm LED 芯片可制成 R_a 大于 90 的白光 LED。Norlux 公司用 90 个三色芯片（R、G、B）制成 10W 的白光 LED，每个器件光通量达 130lm，色温为 5500K。

5. 单芯片和多芯片的比较（见表 1-2）

表 1-2 单芯片和多芯片的比较

| | 方式 | 难度 | 比较 |
|------|--------------|----|---|
| 多芯片型 | RGB 三色混光 | 不易 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 材料来源简单 ➤ 使用三颗 LED 芯片,成本高 ➤ 三色混光不易使光色相同,一致性差 |
| | BCW 蓝光+琥珀色黄光 | 可行 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 一致性高 ➤ 可用于高电量产品 ➤ 专利权在 Gentex 公司手中 ➤ 由于电压高,有过热问题 |
| 单芯片型 | 蓝光+YAG 荧光粉 | 可行 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 材料来源简单,一致性高 ➤ 可用于低电量产品 ➤ 低电压,没有过热问题 ➤ 专利权在 Nichia 公司手中 |
| | UV+RGB 荧光粉 | 不易 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 亮度较亮,一致性佳,没有过热问题 ➤ 芯片、荧光粉的来源都不易,目前量产都有问题 |
| | ZnSe | 难 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 制作不易,且属活泼性元素,信赖度待提升 |

1.4 LED 的封装

LED 技术大都是在半导体分离器件封装技术基础上发展和演变而来的。普通二极管封装是将普通二极管的管芯密封在封装体内，其作用是保护芯片和完成电气互连。LED 封装的作用是要完成输出电信号，保护管芯正常工作，输出可见光的功能。LED 封装既有电参数，又有光参数的设计及技术要求。

LED 的 PN 结能发射多少光，主要取决于 LED 芯片的质量、芯片结构、几何形状、封装内部材料及包装材料。所以对 LED 封装，要结合 LED 芯片的大小、功率大小来选择适当的封装方式，使 LED 的发光强度最大。

1. 插件型封装（引脚式封装）

常规 $\phi 5\text{mm}$ 型 LED 引脚式封装是将边长为 0.25mm 的正方形管芯粘结或烧结在支架上，管芯的正极通过球形接触点与金线键合为内引线与一条引脚相连，负极通过反射杯和支架的另一引脚相连，之后在其顶部用环氧树脂包封。插件型封装的外形与结构如图 1-2 所示。

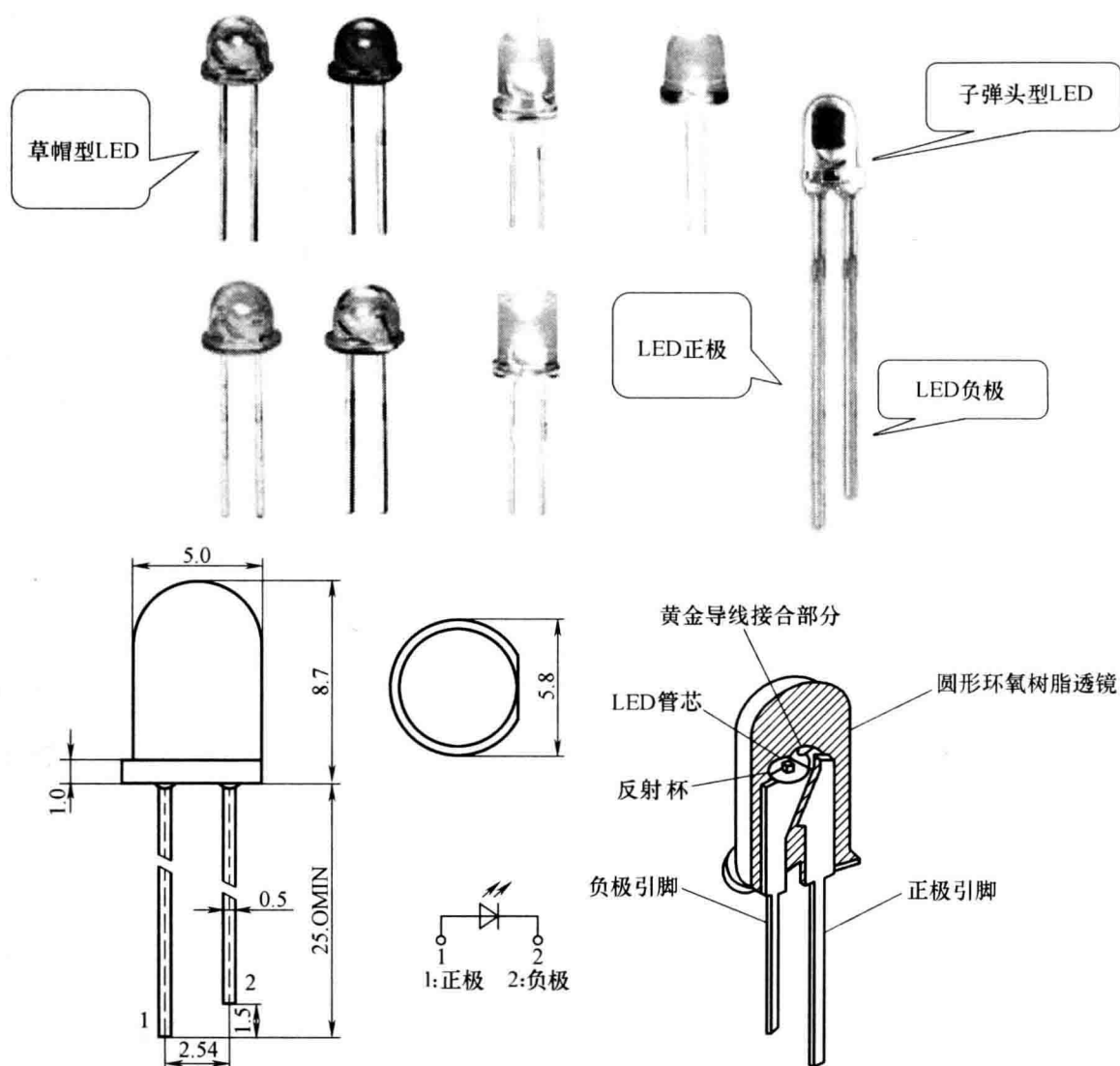


图 1-2 插件型封装外形与结构

注：反射杯的作用是收集管芯侧面、界面发出的光，向期望的方向角内发射。顶部包封的环氧树脂做成一定形状，其作用是保护管芯等不受外界侵蚀或采用不同的形状和材料性质，起透镜或漫射透镜功能，控制光的发散角。

➤ 2002 杯/平头：此支架一般用做对角度、亮度要求不是很高的材料，其引脚长度比其他支架要短 10mm 左右。引脚间距为 2.28mm。

➤ 2003 杯/平头：一般用来做 $\phi 5$ 以上的 LED 灯，外露引脚长为 29mm（正极）、27mm（负极）。引脚间距为 2.54mm。

➤ 2004 杯/平头：用来做 $\phi 3$ 左右的 LED 灯，引脚长及间距与 2003 支架相同。

➤ 2004LD/DD：用来做蓝、白、纯绿、紫色的 LED 灯，可焊接双线，杯较深。

➤ 2006：两极均为平头型，用来做闪烁 Lamp，可固化程序（IC），焊接多条引线。

➤ 2009：用来做双手的 LED 灯，杯内可固两颗晶片，3 个引脚控制极性。

➤ 2009-8/3009：用来做三色的 LED 灯，杯内可固定三颗晶片，有 4 个引脚。

2. COB 封装

COB 是板上芯片直装的英文缩写（Chip On Board），其工艺是先在基底表面用导热环氧树脂（掺银颗粒的环氧树脂）覆盖硅片安放点，再通过粘胶剂或焊料将 LED 芯片直接



粘贴到 PCB 上，最后通过引线（金线）键合实现芯片与 PCB 间电互连的封装技术。

COB 封装技术主要用来解决小功率芯片制造大功率 LED 灯的问题。它可以分散芯片的散热，提高光效，同时改善 LED 灯的眩光效应，减轻人眼对 LED 灯的眩光效应的不适感。COB 封装的外形与结构如图 1-3 所示。在 COB 基板材料上，从早期的铝基板到铜基板，再到当前部分企业所采用的陶瓷基板，COB 光源的可靠性也逐步提高。低热阻 COB 封装目前分为铝基板 COB，铜基板 COB，陶瓷基板 COB。

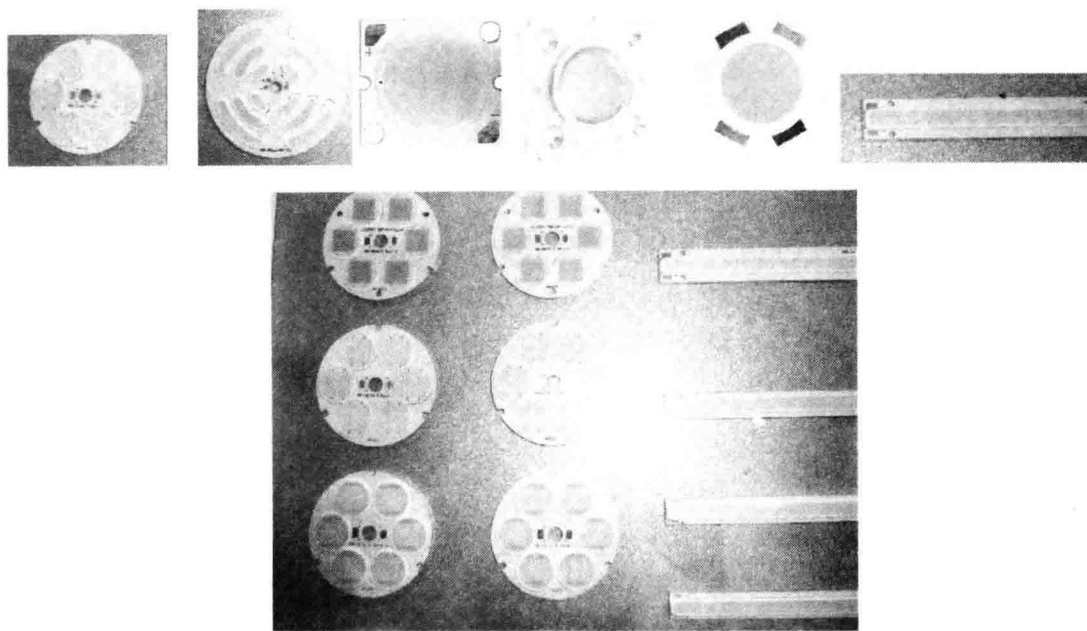


图 1-3 COB 封装外形与结构

注：芯片直接置于铝基或铜基板上，导热、散热性好，光衰小。小芯片做大功率，成本低、光效高。极大地消除了点状效应，表现为面光源。整体发光，光线均匀柔和。

➤ 铝基板 COB。铝基板的成本低，封装出来的 COB 光源性价比高。其光效可达到 130lm/W，应用于 LED 球泡灯、筒灯等灯具中，受到铝基板导热系数的限制，光源功率为 5~10W。

➤ 铜基板 COB。芯片直接固定在铜上面（导热系数在 $380\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ），导热效果好，可以封装 20~500W 的 COB（防止局部过热），光效可达 130lm/W，广泛应用于户外照明、隧道照明。

➤ 陶瓷基板 COB。陶瓷目前最适合做 LED 封装基板材料，具有优良的导热性能、优良的绝缘性能和热形变小等优点。目前可封装 10~50W COB 光源，由于基板价格较贵，一般用于高端照明或高可靠性的照明领域。

注：目前除了上面三种以外，还有用均温板作为基板的 COB 封装 LED。

3. SMD 封装

SMD 封装是一种新型的表面贴装式半导体发光器件，具有体积小、散射角大、发光均匀性好、可靠性高等优点。电气连接采取 2、4 或 6 引脚贴片方式，是目前室内照明中常用的封装形式。SMD 封装的外形与结构如图 1-4 所示。

4. 食人鱼形封装

食人鱼形封装是因 LED 的形状很像亚马逊河中的食人鱼 Piranha 而得名，是 4 引脚的