

图解LED

应用从入门到精通

第2版

刘祖明 张安若 王艳丽 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

图解 LED 应用从入门到精通

第 2 版

刘祖明 张安若 王艳丽 等编著



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 12 章,系统地介绍了 LED 照明产品基础、LED 射灯、LED 球泡灯、LED 荧光灯、LED 筒灯、LED 吸顶灯、LED 路灯、LED 隧道灯、LED 景观灯、LED 室外照明灯等灯具设计及安装、调光或调光系统以及 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、国防及家电等领域即将从事的 LED 工程技术人员、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 / 刘祖明等编著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2016.2

ISBN 978-7-111-52430-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 301258 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: 吕 潇 版式设计: 霍永明

责任校对: 张 征 封面设计: 马精明 责任印制: 李 洋

北京振兴源印务有限公司印刷

2016 年 3 月第 2 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·18 印张·413 千字

0001—3500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-52430-4

定价: 49.80 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

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

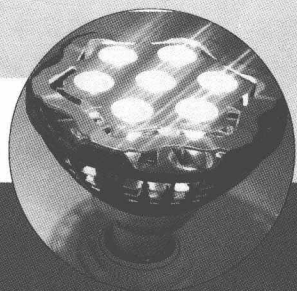
010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

前言



进入 21 世纪，LED 照明产业发展迅速，欧洲、美国、日本、韩国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。我国自 1996 年起先后启动了绿色照明工程、半导体照明工程以来，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。

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 亿千瓦时，相当于减排二氧化碳近 4800 万吨，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 照明市场发展又迎来了新的春天。

随着 LED 技术的不断创新和发展，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，并形成一条完整的 LED 照明灯具产业链。

由于 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，可供相关技术人员、工程人员学习和借鉴的“样板”少。同时加上许多资料不甚完善，给学习 LED 照明技术带来了许多苦恼。鉴于此我们编写了此书。

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 12 章，系统地介绍了 LED 照明产品基础知识、LED 射灯、LED 球泡灯、LED 荧光灯、LED 筒灯、LED 吸顶灯、LED 路灯、LED 隧道灯、LED 景观灯、LED 室外照明灯等灯具设计及安装以及 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。同时结合书中笔者在 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。

笔者长期从事LED照明技术的研究和开发工作，积累了丰富的实践经验，并且编写了数本关于LED照明方面的图书，在业界产生了一定的影响。《图解LED应用从入门到精通》一书出版两年来，深受读者的关注与喜爱，很多读者发来邮件或打来电话与笔者交流LED技术，并提出了宝贵的意见。笔者经过这两年的考虑，在吸取读者意见的基础上，并结合这几年LED发展的新技术，决定对《图解LED应用从入门到精通》一书进行内容修订，增加了很多实际的LED设计实例与新技术，使本书内容更加全面和实用。

全书由刘祖明、张安若、王艳丽负责编写，张安若编写了第1~4章，王艳丽编写了第5~8章，刘祖明编写了第9~12章，并负责全书的统稿工作。参与资料收集及部分编写工作的还有钟柳青、刘丽明、邱寿华、刘文沁、王华、刘艳明、钟勇、廖艳情、刘艳生。在此，对以上人员致以诚挚的谢意。

本书在写作过程中参考了大量的书籍，同时也引用了一些互联网上的资料并加以完善和修改，在此向这些书籍和资料的原作者表示衷心的感谢。在写作过程中，资料收集和技术交流方面得到了国内外专业学者和同行的支持，在此也表示衷心的感谢。可能有些引用资料的出处，基于各种原因未能列在参考文献中，在此对这些资料的作者表示歉意与感谢！

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



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 常用的封装形式简介	5
1.5 LED 技术指标	9
1.6 LED 应用注意事项	11
1.7 LED 芯片简介	16
1.8 常用 LED 封装参数简介	19
1.9 LED 照明灯具的基础知识	30
第 2 章 LED 射灯设计	34
2.1 MR16 射灯设计	34
2.2 PAR 灯设计	41
2.3 LED 面板灯设计	49
2.4 LED 轨道灯设计	58
2.5 LED 玉米灯设计	61
2.6 LED 斗胆灯设计	66
第 3 章 LED 球泡灯设计	70
3.1 LED 球泡灯散热器选择	70
3.2 LED 球泡灯光源选择	73
3.3 LED 球泡灯 PC 罩选择	78
3.4 LED 球泡灯电源选择	79
3.5 LED 球泡灯组装流程及注意事项	80
3.6 LED 球泡灯检验要求	82
3.7 LED 球泡灯安装	88
第 4 章 LED 荧光灯设计	90
4.1 LED 荧光灯基础知识	90
4.2 LED 荧光灯散热器选择	94
4.3 LED 荧灯光源的选择	95
4.4 LED 荧光灯 PC 罩选择	98
4.5 LED 荧光灯电源选择	99
4.6 LED 荧光灯组装流程及注意事项	102
4.7 LED 荧光灯检验要求	103
4.8 LED 荧光灯安装	106
第 5 章 LED 筒灯设计	110
5.1 LED 筒灯基础知识简介	110
5.2 LED 筒灯散热器选择	116
5.3 LED 筒灯光源选择	117
5.4 LED 筒灯扩散罩选择	119
5.5 LED 筒灯电源选择	120
5.6 LED 筒灯组装流程及注意事项	123
5.7 LED 筒灯检验要求	125
5.8 LED 筒灯安装	127
第 6 章 LED 吸顶灯设计	131
6.1 LED 吸顶灯的基础知识	131
6.2 LED 吸顶灯散热器（底盘）选择	133
6.3 LED 吸顶灯光源选择	134
6.4 LED 吸顶灯 PC 罩选择	136
6.5 LED 吸顶灯电源选择	137
6.6 LED 吸顶灯组装流程及注意事项	138
6.7 LED 吸顶灯产品检验要求	140
6.8 LED 吸顶灯安装	141

第 7 章 LED 路灯设计	145	第 10 章 LED 室外照明灯具设计 ...	232
7.1 道路照明基础知识简介	145	10.1 LED 洗墙灯	232
7.2 LED 路灯散热器选择	149	10.2 LED 投光灯	236
7.3 LED 路灯光源选择	151	10.3 LED 水底灯	240
7.4 LED 路灯透镜选择	153	10.4 LED 地埋灯	242
7.5 LED 路灯电源选择	157	10.5 LED 庭院灯	245
7.6 LED 路灯组装流程及注意事项	159	10.6 LED 室外照明特殊灯具简介	246
7.7 LED 路灯检验要求	163		
7.8 LED 路灯安装	166	第 11 章 LED 室内照明特殊产品及	
		调光系统简介	247
第 8 章 LED 隧道灯设计	170	11.1 LED 天花灯	247
8.1 隧道照明的基础知识	170	11.2 LED 象鼻射灯	253
8.2 LED 隧道灯散热器选择	172	11.3 LED 酒店照明灯简介	258
8.3 LED 隧道灯光源选择	175	11.4 常用调光系统简介	259
8.4 LED 隧道灯透镜选择	176		
8.5 LED 隧道灯电源选择	177	第 12 章 LED 照明产品认证及国际	
8.6 LED 隧道灯组装流程及注意事项	177	认证	265
8.7 LED 隧道灯检验要求	182	12.1 LED 照明产品节能认证简介	265
8.8 LED 隧道灯安装	184	12.2 LED 照明产品 3C 认证	267
		12.3 欧盟认证简介	270
第 9 章 LED 景观灯具电路设计	186	12.4 美国认证简介	272
9.1 LED 点光源	186	12.5 日本认证简介	273
9.2 LED 硬灯条	196	12.6 世界各国认证区别	275
9.3 LED 模组	202		
9.4 LED 数码管	208	参考文献	280
9.5 LED 灯带	217		

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, 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 在德国使用从硫化化合物与铜中提炼的黄磷发光, 但由于发光太暗, 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枚具有现代意义的 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, 第一款用镉材料制造的 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 LED, 以 10lm/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 AlInGaP 技术, 这比当时标准的 GaAsP 器件性能要高出 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 公司 (日亚) 成功开发出白光 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, 白光 LED 的发光效率已经达到 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、钨丝灯和荧光灯的最大商品。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，可大体区分为背光源、照明、电子设备、显示屏、汽车等五大领域。

➤ 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。LED 照明应用包括建筑装饰、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、性价比高等优势，已广泛应用于各行各业。

➤ 汽车部分。

LED 在汽车内部的使用包括仪表板、音箱的指示灯，在汽车外部使用包括高位制动灯、左右尾灯、前后车灯、制动灯等。若再加上交通标志等，LED 与交通有关的市场，商机非常巨大。

➤ 特殊工作照明和军事运用。

由于 LED 光源具有抗震性、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。而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。因此它具有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，它还具有发光特性。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。

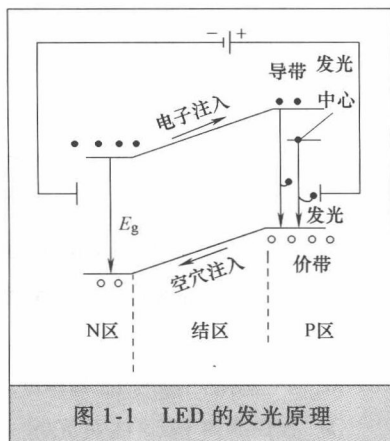


图 1-1 LED 的发光原理

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

$$\lambda \approx 1240/E_g \quad (1-1)$$

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，厚约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，可以获得色温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、AlInGaP	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、AlInGaP、GaPN	将遍布可见光区的多种色光芯片封装在一起,构成白色 LED

★1. 单芯片型结构又可分为三种

➤ InGaN (蓝)/YAG 荧光粉。

InGaN (蓝)/YAG 荧光粉是目前较为成熟的产品,其中 1W 的和 5W 的 Lumileds 公司已有批量产品。这些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) 和 SrS: Eu²⁺ (红色) 荧光粉,色温可达到 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;日亚于最近制得 365nm、1mm²、4.6V、500mA 的高功率紫外 LED,如制成白色 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,此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 公司制成液晶电视屏幕



(22in), 其产品的性能都不错。

★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 Ra 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

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 常用的封装形式简介 ☆☆

LED 技术大都是在半导体分离器件封装技术基础上发展与演变而来的。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 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管脚相连, 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。插件型封装外形与结构如图 1-2 所示。

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

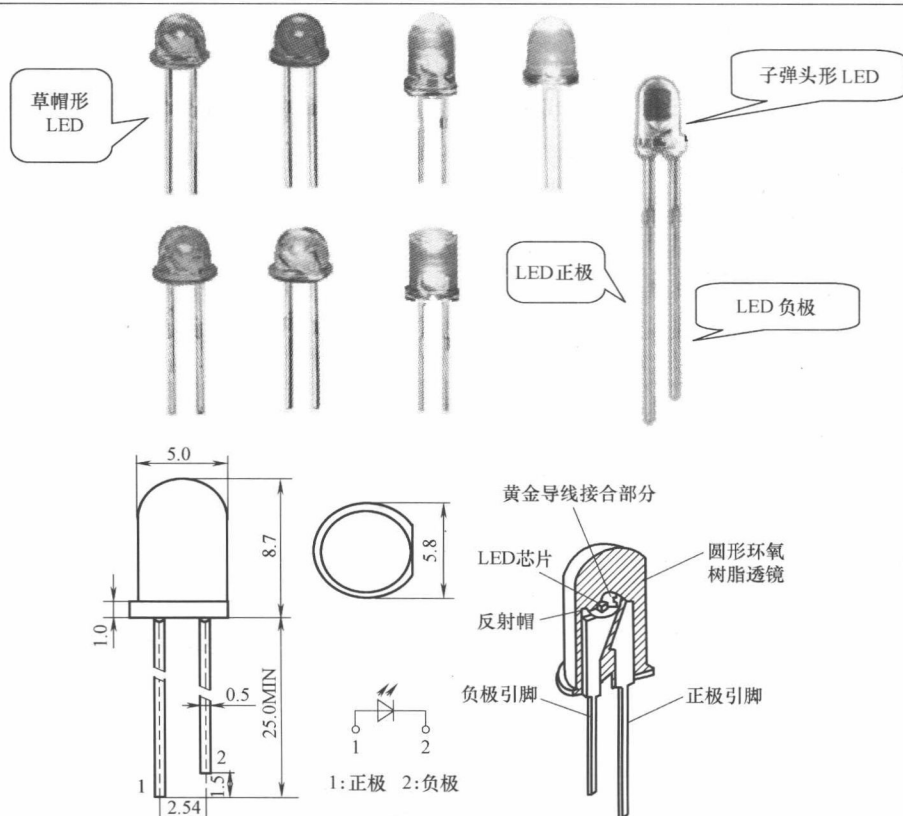


图 1-2 插件型封装外形与结构

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。

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

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

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

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

➤ 2009：用来做双手的 LED 灯，杯内可固两颗晶片，三个引脚控制极性。

➤ 2009-8/3009：用来做三色的 LED 灯，杯内可固三颗晶片，四个引脚。

★2. COB 封装

COB 是板上芯片直装（Chip On Board）的英文缩写，其工艺是先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，再通过胶粘剂或焊料将 LED 芯片直接粘贴到 PCB 板上，最后通过引线（金线）键合实现芯片与 PCB 板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，可以分散芯片的散热，提高光效，同时改善 LED 灯的眩光效应，减少人眼对 LED 灯的眩光效应的不适



感。COB 封装外形与结构如图 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 和陶瓷基板 COB。

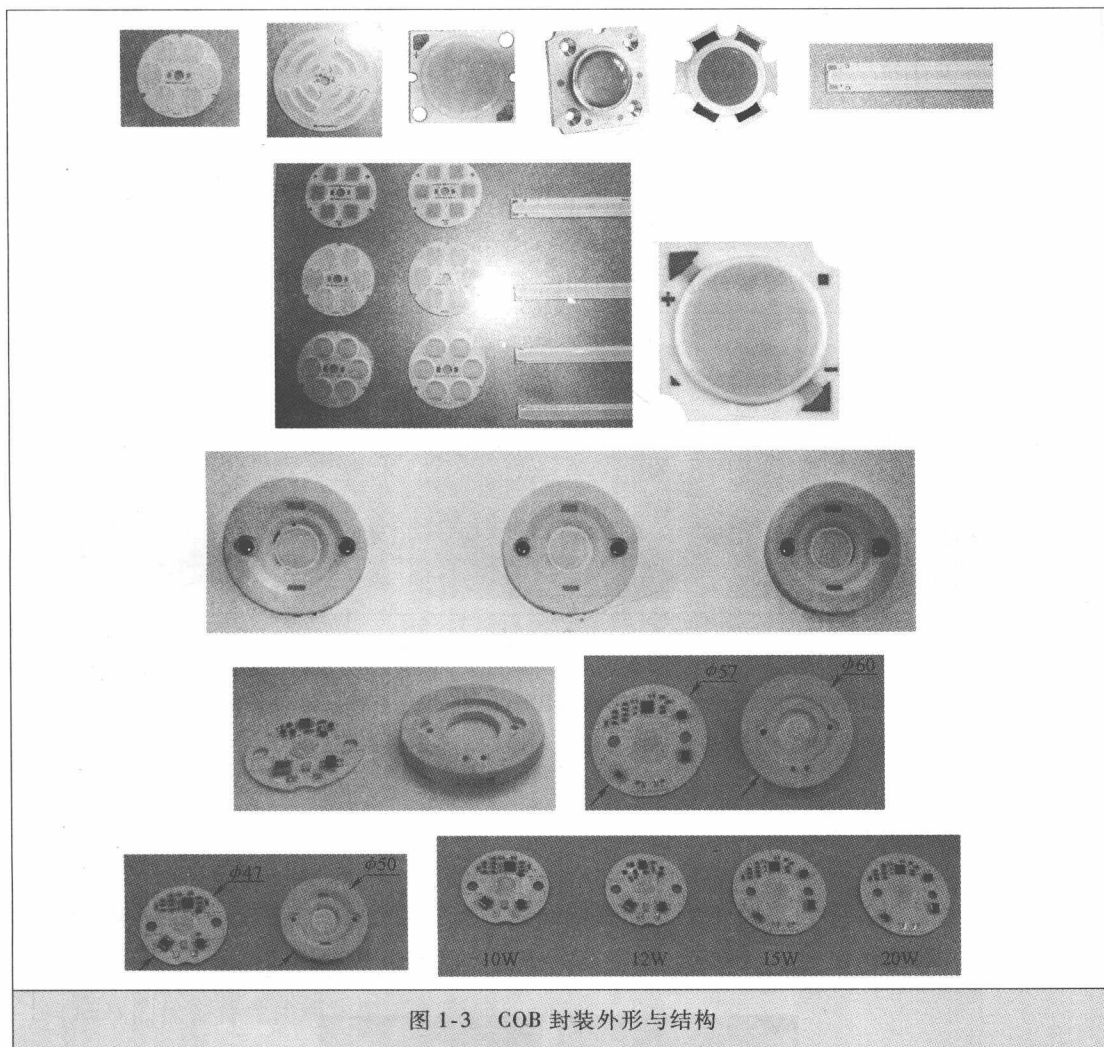


图 1-3 COB 封装外形与结构

注:

① 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。极大的消除了点状效应,表现为面光源。整体发光,光线均匀柔和。

② COB 光源的生产商主要有 Cree (美国科锐)、Bridgelux (美国普瑞)、Citizen (日本西铁城)、Nichicon (日亚化学)、OSRAM (德国欧司朗)、Sharp (日本夏普)、Seoul Semiconductor (韩国首尔半导体)、Everlight (中国台湾亿光) 等。

➤ 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 COB 筒灯、COB 轨道灯等 COB 灯具中,因技术及其工艺的发展,铝基板 COB 光源功率可以达到 $5 \sim 10\text{W}$ 。

➤ 铜基板 COB。芯片直接固定在铜上面(导热系数在 $380\text{W/m}\cdot\text{K}$),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。陶瓷是目前最适合做 LED 封装基板材料, 具有优良的导热性能、绝缘性能及热形变小等优点。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 封装光源。

★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 引脚贴片的方式, 是目前室内照明中常用的封装形式。SMD 封装外形与结构如图 1-4 所示。

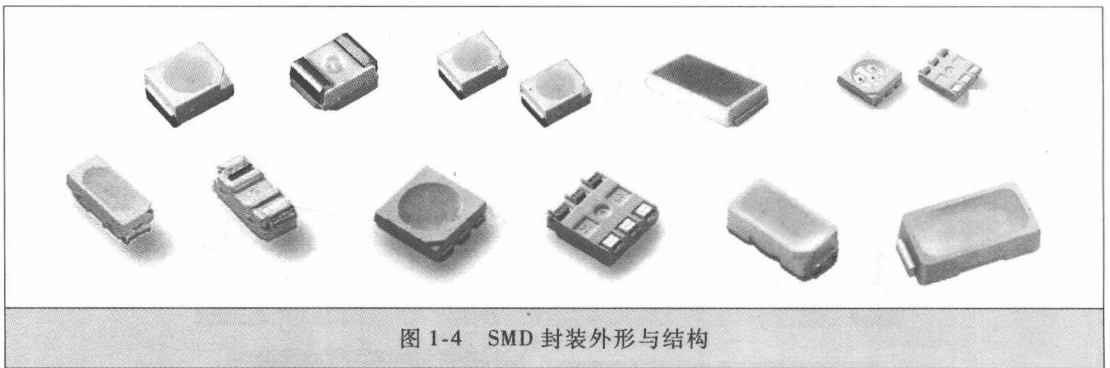


图 1-4 SMD 封装外形与结构

注: SMD 形式封装的 LED 又分 CHIP、TOP、SIDEVIEW 等若干种。封装分为 0805、1206、3014、3528、2835、4014、5050、5630、5730 等规格, 封装外形越大, 散热性能越好, 可承受功率相应也越大, 输出光能越多。

★4. 食人鱼型封装

食人鱼型封装是因 LED 的形状很像亚马逊河中的食人鱼 Piranha 而得名, 是 4 引脚的直插封装形式。食人鱼 LED 所用的支架是铜制的, 面积较大, 具有传热和散热快的特点。食人鱼型封装与结构如图 1-5 所示。目前已处于停产状态, 使用量已不大。

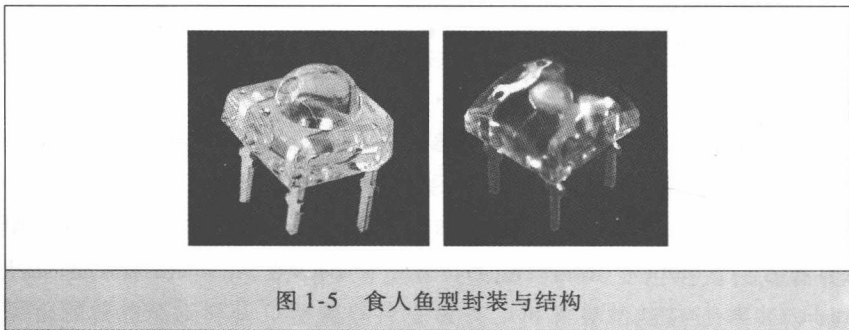


图 1-5 食人鱼型封装与结构

★5. 大功率 LED 封装

大功率 LED 是指拥有大额定工作电流的 LED, 功率可以达到 1W、2W、甚至数十瓦, 工作电流可以是几百毫安到几安不等。在这主要以仿流明 (lumileds) 封装为例, 大功率封装与结构如图 1-6 所示。

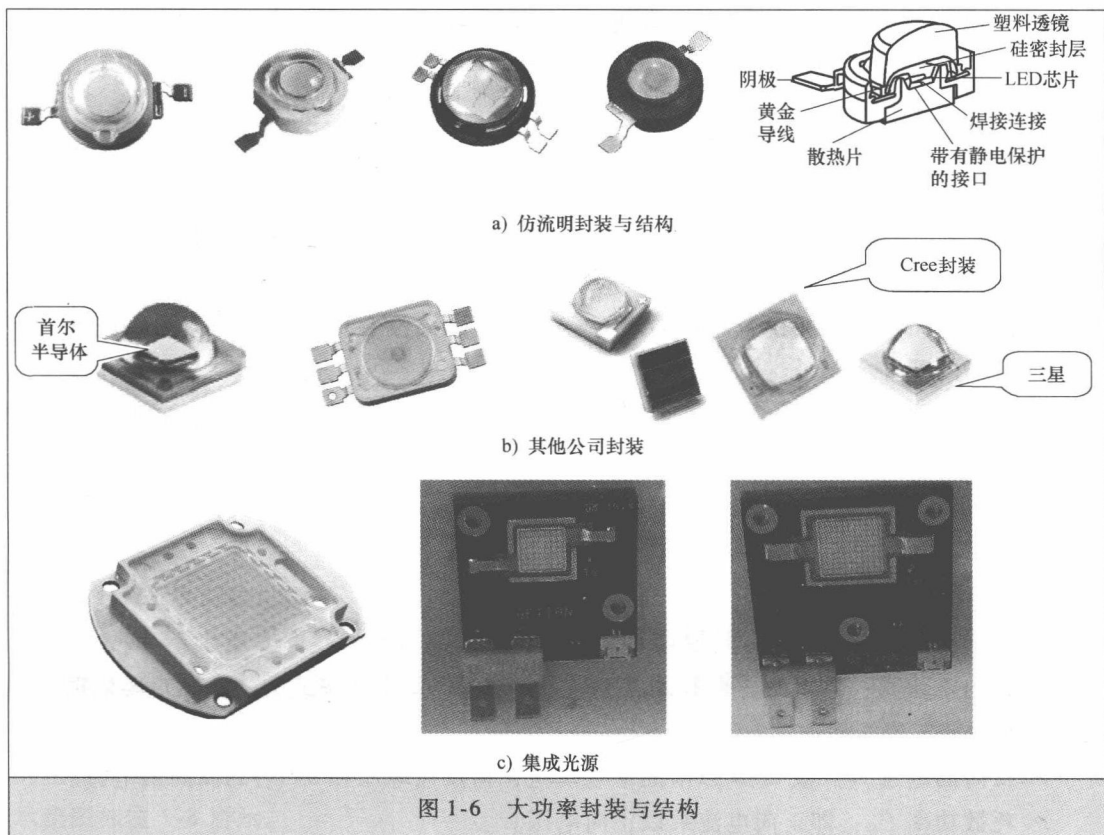


图 1-6 大功率封装与结构

注：集成光源是将数十颗甚至上百颗 1W 大功率晶片，LED 通过阵列排布，然后上面灌封调好荧光粉的灌封胶，起到保护作用。

☆☆ 1.5 LED 技术指标 ☆☆

★1. LED 的伏安特性

LED 的伏安特性曲线如图 1-7 所示。

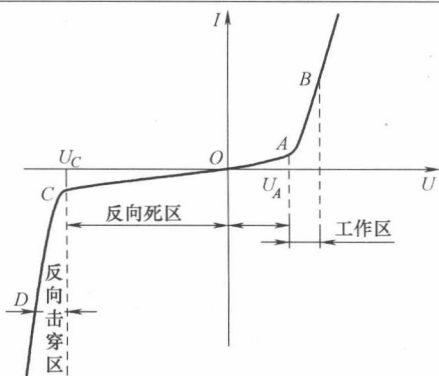


图 1-7 LED 的伏安特性曲线



注：LED具有单向导电性，LED的门限电压和正常工作时的正向压降与LED的光色有关；具有非线性的伏安特性曲线，流过的LED电流与电压不成正比。LED光通量随电流增大而增加，但不成正比；对温度敏感，结温升高时，光输出减少，正向电压降低；离散性较大。

➤ OA段：正向死区。 U_A 为开启LED发光的电压，比如红光（黄光）LED的开启电压一般为0.2~0.25V。

➤ AB段：工作区。在这一区段，一般是随着电压增加电流也跟着增加，发光亮度也跟着增大。但在这个区段内要特别注意，如果不加任何保护，当正向电压增加到一定值后，LED的正向电压会减小，而正向电流会加大。如果没有保护电路，会因电流增大而烧坏发光二极管。

➤ OC段：反向死区。LED加反向电压是不发光的（不工作），但有反向电流。这个反向电流很小，一般在几微安之内。

➤ CD段：反向击穿区。LED的反向电压一般不要超过10V，最大不得超过15V，否则就会出现反向击穿，导致LED损毁。

★2. LED的电学指标

➤ 正向电压 U_F ：LED正向电流在20mA（350mA）时的正向电压。

➤ 正向电流 I_F ：对于小功率LED正向电流为20mA，中功率或大功率芯片要依据芯片的规格来确定正向工作电流。

➤ 反向漏电流 I_R ：按LED以前的常规规定，指反向电压在5V时的反向漏电流。

➤ 耗散功率 P_D ：即正向电流乘以正向电压。

注：

① 不同厂家的LED在额定的正向电流条件下，有着各自不同的正向压降值。黄光为1.8~2.5V，绿光和蓝光为2.7V~4.0V，白光一般在2.7V~3.5V。

② LED的额定功率各不相同，普通的LED电流一般为20mA，中功率的LED电流为150mA，大功率的LED电流为350mA。

③ LED功率的大小也各不相同，有0.06W、0.1W、0.2W、0.5W、1W、2W、3W、5W等。

★3. LED的极限参数

➤ 最大允许耗散功率 $P_{\max} = I_{FH} U_{FH}$ ：一般按环境温度为25℃时的额定功率。当环境温度升高时， P_{\max} 会下降。

➤ 最大允许工作电流 I_{FM} ：由最大允许耗散功率来确定。最好在使用时不要用到最大工作电流，要根据散热条件来确认，一般只用到最大电流 I_{FM} 的60%为好。

➤ 最大允许正向脉冲电流 I_{FP} ：一般是由占空比与脉冲重复频率来确定。LED工作于脉冲状态时，可通过调节脉宽来实现亮度调节，例如LED显示屏就是利用此方法调节亮度的。

➤ 反向击穿电压 U_R ：一般要求反向电流为指定值的情况下可测试反向电压 U_R ，反向电流一般为5~100μA之间。反向击穿电压通常不能超过20V，在设计电路时，一定要确定加到LED的反向电压不要超过20V。

★4. 光辐射强度指标

➤ 光通量 ϕ ：是指人眼的光感觉来度量光的辐射功率，即辐射光功率能够被人眼视觉系统