



电源系列

LED 驱动电源 技术与应用

◎ 陈纯锴 主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

电源系列

LED 驱动电源技术与应用

主 编 陈纯锴

副主编 钊启升 欧阳明星 金 涛

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书首先介绍了 LED 及驱动电源基础知识、线性与开关电源驱动技术、隔离与非隔离开关电源供电技术,然后给出了 LED 照明典型工程及 LED 典型驱动芯片具体使用方法及实例。本书的特点是由浅入深,易读易懂,图文并茂,可帮助读者快速、全面、系统地掌握 LED 驱动电源的设计方法、设计要点及典型应用。

本书可作为高等学校电气或电子信息类专业的课程教材,也可作为从事 LED 驱动电路设计、研制工程师的参考资料。

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 驱动电源技术与应用 / 陈纯锴主编. —北京: 电子工业出版社, 2014.3
(电源系列)
ISBN 978-7-121-22474-4

I. ①L… II. ①陈… III. ①发光二极管—电源电路 IV. ①TN383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 029159 号

策划编辑: 王敬栋

责任编辑: 周宏敏 文字编辑: 张 迪

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: 787×1 092 1/16 印张: 14.75 字数: 377.6 千字

印 次: 2014 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 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。

LED 即发光二极管, 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、白色的光。LED 被称为第四代照明光源, 即 21 世纪的绿色、节能光源。LED 灯是目前最节能的绿色环保电光源, 自然也就承担了节能减排的重要任务。随着 LED 灯成本与价格的逐渐降低, 其普及的速度也在加快, 预计在 2020 年前后, LED 灯的市场占有率将超过 80%。现今, 各地纷纷出台相关政策和举措加快 LED 灯具的发展; 大众消费者也对这种新型的环保照明产品渴求已久。LED 虽然在节能方面比普通光源的效率, 但是 LED 光源却不能像一般的光源一样直接使用公用电网电压, 它必须配有专用电压转换设备, 提供能够满足 LED 额定的电压和电流, 才能使 LED 正常工作, 也就是所谓的 LED 驱动电源。LED 驱动电源对于 LED 工作中的稳定性、节能性、寿命长短, 具有重要的作用。但由于各种规格不同的 LED 驱动电源的性能和转换效率各不相同, 所以设计、制作合适、高效的 LED 驱动电源成为 LED 照明技术的关键, 这也是撰写本书的主要目的。

本书紧紧围绕我国“十二五”能源规划的方针政策和“中国绿色照明工程”的宗旨, 有机地把 LED 基础知识与 LED 驱动技术、应用技术结合起来。并着重介绍了 LED 结构、特性及应用; LED 驱动电源的特点、设计思路、连接与驱动方式及线性驱动电源技术; 基本 LED 驱动电路、隔离及非隔离 DC-DC 的结构、工作原理、工作模式; 以 LED 典型工程为例, 分析各工程 LED 特点、结构, 研究它们的驱动电路, 以及所使用的 IC 芯片。最后介绍了典型 LED 驱动芯片, 并给出了全球生产 LED 驱动芯片著名公司, 分析各产品代表性芯片特点、封装结构、典型电路及 LED 驱动实例。

本书由天津工业大学的陈纯锴进行规划、组织和统稿, 并编写了第 1、2 章; 第 6、7 章由浙江海洋学院萧山科技学院的刁启升副教授完成; 第 3、4 章由广东松山职业技术学院的欧阳明星完成; 第 5 章由中国地质大学(武汉)的金涛讲师完成。本书中有许多电路图是生产实践中采用的实际电路图, 因此保留了原图所用的元器件符号。

在本书的编写过程中, 参阅了大量文献。本书末尾列出的参考文献, 以及书中未能提及资料来源的文献。在此对这些文献的作者们表示诚挚的感谢。另外还要感谢电子工业出版社的王敬栋编辑及其他工作人员, 他们在本书的出版过程中给予了大力支持与帮助。由于编者水平有限, 疏漏和不当之处在所难免, 敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 1 月

CONTENTS

目录

第1章 LED 原理及特性分析	(1)
1.1 LED 技术分析及发展	(1)
1.2 LED 分类	(6)
1.3 国内 LED 主要应用领域	(8)
1.4 LED 结构	(11)
1.5 LED 主要参数及特性	(13)
1.5.1 LED 电学特性	(13)
1.5.2 LED 光学特性	(15)
第2章 LED 驱动及线性电源供电技术	(20)
2.1 LED 驱动电源技术分析	(20)
2.1.1 LED 驱动电源分类	(20)
2.1.2 LED 驱动电源的特点	(21)
2.1.3 LED 驱动电源技术现状及分析	(22)
2.1.4 选择和设计 LED 驱动电源必须考虑的问题	(23)
2.1.5 设计 LED 驱动电源的整体思路	(23)
2.1.6 LED 连接与驱动方式分析	(24)
2.1.7 设计 LED 驱动电源经验	(26)
2.2 LED 线性驱动电源供电技术	(28)
2.2.1 概述	(28)
2.2.2 电压调节器 LM317	(28)
2.2.3 恒流电路	(30)
2.2.4 线性电源在 LED 中的优缺点	(31)
2.2.5 应用实例分析	(32)
第3章 LED 基本驱动电路	(38)
3.1 概述	(38)
3.2 电容降压式 LED 驱动	(39)
3.2.1 概述	(39)
3.2.2 电路结构及工作原理	(39)

3.2.3	电容降压 LED 驱动电路	(40)
3.3	电荷泵式 LED 驱动	(42)
3.3.1	电荷泵工作原理	(42)
3.3.2	电荷泵 LED 驱动电路	(43)
3.4	电感式 LED 驱动	(46)
第 4 章	非隔离型 LED 开关电源供电与驱动技术	(48)
4.1	概述	(48)
4.2	降压型变换电路及应用	(48)
4.2.1	工作原理	(48)
4.2.2	工作模式	(49)
4.2.3	Buck 电路及应用	(54)
4.3	升压型变换电路及应用	(57)
4.3.1	Boost 变换电路工作模式	(57)
4.3.2	Boost 电路参数设计与应用	(59)
4.4	降-升压型变换电路	(63)
4.4.1	Buck-Boost 变换电路工作原理	(63)
4.4.2	Buck-Boost 变换电路的应用	(65)
第 5 章	隔离型 LED 开关电源供电与驱动技术	(69)
5.1	简介	(69)
5.2	单端正激式变换器及 LED 驱动实例	(71)
5.2.1	电路结构及工作原理	(71)
5.2.2	LED 驱动实例分析	(74)
5.3	单端反激式变换器及 LED 驱动实例	(86)
5.3.1	电路结构及工作原理	(86)
5.3.2	LED 驱动实例分析	(87)
5.4	半桥式变换器及 LED 驱动实例	(94)
5.4.1	电路结构及工作原理	(94)
5.4.2	LED 驱动实例分析	(95)
5.5	全桥式变换器及 LED 驱动实例	(100)
5.5.1	电路结构及工作原理	(102)
5.5.2	LED 驱动实例分析	(103)
5.6	推挽式变换器及 LED 驱动实例	(110)
5.6.1	电路结构及工作原理	(110)
5.6.2	LED 驱动实例分析	(111)
第 6 章	LED 典型工程供电驱动实例	(114)
6.1	射灯类驱动实例	(114)
6.1.1	射灯类 LED 结构与特点	(114)
6.1.2	LED 射灯电容降压驱动电路实例分析	(117)

6.1.3	采用 NCP1014 射灯驱动实例分析	(117)
6.2	太阳能 LED 路灯驱动实例	(123)
6.2.1	太阳能 LED 照明系统各部分的组成、原理及特性	(123)
6.2.2	太阳能 LED 路灯工程	(127)
6.2.3	LED 路灯驱动特点	(127)
6.2.4	太阳能 LED 路灯驱动设计实例	(128)
6.3	LCD 背光源 LED 驱动实例	(134)
6.3.1	LCD 背光源 LED 技术发展	(134)
6.3.2	LCD 背光源 LED 驱动技术特点	(135)
6.3.3	LCD 背光源驱动芯片 GEC8310 应用实例	(136)
6.3.4	LCD 背光源驱动芯片 LT3599 应用实例	(139)
6.4	LED 显示屏驱动实例	(144)
6.4.1	LED 显示屏系统	(144)
6.4.2	LED 显示屏简介	(145)
6.4.3	LED 显示屏显示原理	(152)
6.4.4	LED 显示屏驱动概述	(154)
6.4.5	LED 显示屏驱动实例分析	(158)
第 7 章	典型 LED 驱动芯片与应用	(162)
7.1	全球生产 LED 驱动芯片著名公司列表	(162)
7.2	ADD Microtech Corp 产品	(163)
7.2.1	AMC7135	(163)
7.2.2	A705 芯片	(166)
7.2.3	AMC7150 芯片	(167)
7.3	英国 Zetex (捷特科) 公司	(170)
7.4	华润矽威科技有限公司	(173)
7.4.1	PT4201 芯片	(173)
7.4.2	PT4115 芯片	(179)
7.4.3	PT4107 芯片	(184)
7.5	Linear Technology Corporation (凌特公司) 产品	(189)
7.5.1	LTC3454 芯片	(189)
7.5.2	LT3465 芯片	(193)
7.5.3	LTC3783 芯片	(195)
7.6	安森美公司 (ON Semiconductor) 产品	(197)
7.6.1	NCP5009 芯片	(197)
7.6.2	NCP3063 芯片	(201)
7.7	美信公司 (Maxim) 产品	(205)
7.7.1	MAX1576 芯片	(205)
7.7.2	MAX8879 芯片	(209)

7.7.3	MAX16831 芯片	(210)
7.8	上海芯龙半导体有限公司产品	(214)
7.8.1	降压型 LED 驱动电源系统设计方案	(214)
7.8.2	升压型 LED 驱动电源系统设计方案	(219)
参考文献		(224)

第1章

LED 原理及特性分析

本章将介绍 LED 概念、分类、LED 技术发展历史、LED 结构、特性，以及主要的应用领域。对中国 LED 照明技术存在的问题，以及相关企业的发展进行阐述，重点介绍 LED 的组成结构，详细分析 LED 工作的基本原理及 LED 的技术优势。

1.1 LED 技术分析及发展

LED (Lighting Emitting Diode) 即发光二极管，它是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、白色的光。LED 被称为第四代照明光源，即 21 世纪的绿色、节能光源，具有光效高 (50~200Lm/W，电光功率转换接近 100%)、工作电压低 (单管驱动电压为 1.5~3.5V)、耗电量小 (单管功率为 0.03~0.06W)、体积小 (单元晶片尺寸为 3~5mm 的正方形)、结构坚固且寿命长 (理论寿命达 10 万小时) 等特点；LED 光源本身不含汞、铅等有害物质，无红外和紫外污染，不会在生产和使用中产生对外界的污染。因此，LED 光源具有节能、环保、寿命长、免维护、易控制等特点，与传统的白炽灯、荧光灯光源相比，有着无可比拟的优越性，是光源领域发展的必然趋势。

随着地球温室气体排放问题日益严重，逼近地球自我调节的临界点，各国纷纷出台相关政策，包括我国在内的世界各国政府必须刻不容缓地执行节能减排 (二氧化碳)。LED 灯是目前最节能的绿色环保电光源，自然成为照明节能减排的主要选项。随着 LED 灯成本与价格的逐渐降低，其普及的速度也在加快。估计在 2020 年以前，LED 灯的市场占有率将超过 50%。各地纷纷出台相关政策和举措加快 LED 灯具的发展；大众消费者也对这种新型的环保照明产品渴求已久。但是，由于投入在技术和推广上的成本居高不下，使得令万千消费者翘首以待的 LED 照明产品一直可望而不可即，迟迟未能揭开其神秘的贵族面纱！随着国内部分厂家技术和生产成本的降低，LED 照明叫好而不叫座的局面行将改变。物美价廉的 LED 照明产品，将给中国照明行业带来革命性的冲击，为广大消费者带来光明的福音！

► 1. LED 发展历程

1907 年，Henry Joseph Round 第一次在一块碳化硅里观察到电致发光现象。由于其发出的黄光太暗，不适合实际应用；再有就是碳化硅与电致发光不能很好地适应，这样，此研究被



摒弃了。20 年代晚期, Bernhard Gudden 和 Robert Wichard 在德国使用从锌硫化物与铜中提炼的黄磷发光, 再一次因发光暗淡而停止。

1936 年, George Destiau 出版了一个关于硫化锌粉末发射光的报告。随着电流的应用和广泛的认识, 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一个具有现代意义的 LED, 并于 20 世纪 60 年代面世。据说在早期的试验中, LED 需要放置在液化氮里, 需要进一步的操作与突破以便能高效率地在室温下工作。第一个商用 LED 仅只能发出不可视的红外光, 但迅速应用于感应与光电领域。20 世纪 60 年代末, 在砷化镓基体上, 使用磷化物发明了第一个可见的红光 LED。磷化镓的改变使得 LED 更高效、发出的红光更亮, 甚至产生出橙色的光。

到 20 世纪 70 年代中期, 磷化镓被用来作为发光光源, 并发出了灰白绿光。LED 采用双层磷化镓芯片(一个红色另一个是绿色)能够发出黄色光。就在此时, 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 20 世纪 70 年代末, 它能发出纯绿色的光。

20 世纪 80 年代早期到中期对砷化镓、磷化铝的使用, 使得第一代高亮度的 LED 诞生, 先是红色, 接着就是黄色, 最后为绿色。到 20 世纪 90 年代早期, 采用镓铝磷化镓生产出了橘红、橙、黄和绿光的 LED。第一个有历史意义的蓝光 LED 也出现在 20 世纪 90 年代早期, 再一次利用金刚砂——早期的半导体光源的障碍物。依当今的技术标准去衡量, 它与俄国以前的黄光 LED 一样光源暗淡。

20 世纪 90 年代中期, 出现了超亮度的氮化镓 LED, 随即又制造出能产生高强度的绿光和蓝光氮化镓 LED。超亮度蓝光芯片是白光 LED 的核心, 在这个发光芯片上抹上荧光磷, 然后荧光磷通过吸收来自芯片上的蓝色光源再转化为白光, 就是利用这种技术制造出任何可见颜色的光。今天在 LED 市场上就能看到生产出来的新奇颜色, 如浅绿色和粉红色。有科学思想的读者到现在可能会意识到 LED 的发展经历了一个漫长而又曲折的历史过程。事实上, 最近开发的 LED 不仅能发射出纯紫外光, 而且还能发射出真实的“黑色”紫外光。那么 LED 发展史到底能走多远, 不得而知。也许某天就能开发出能发出 X 射线的 LED。早期的 LED 只能应用于指示灯、早期的计算器显示屏和数码手表。而现在开始出现在超亮度的领域。并将会在接下来的一段时间内继续下去。

2. LED 产业概况

经过 30 多年的发展, 中国 LED 产业已初步形成了较为完整的产业链。中国 LED 产业在经历了买器件、买芯片、买外延片之路后, 目前已经实现了自主生产外延片和芯片。2003 年中国半导体照明工作小组的成立, 标志着政府对于 LED 在照明领域的发展寄予厚望, LED 作为光源进入通用照明市场成为日后产业发展的核心。在“国家半导体照明工程”的推动下, 形成了上海、大连、南昌、厦门和深圳等城市半导体照明工程产业化基地。长三角、珠三角、闽三角, 以及北方地区则成为中国 LED 产业发展的聚集地。

“十五”期间国家发展 LED 产业的主要任务是通过建设半导体照明特色产业基地和示范工程, 建立半导体照明技术标准体系和知识产权联盟, 尽快形成我国半导体照明新兴产业。国家科技部已把“国家半导体照明工程”列入“十一五”科技发展规划, 并作为一项重点工作来抓。同时, 根据我国自身半导体照明的发展现状, 国家制定了符合自身发展的半导体照明



产业发展计划。在中国半导体照明产业发展计划中,规划到 2008 年达到单灯光通量为 300Lm,目前这一计划已经实现,并渗透到白炽灯照明领域。

在 LED 上游外延片、芯片生产上,美国、日本、欧盟仍拥有巨大的技术优势,而中国台湾地区则已经成为全球重要的 LED 生产基地。目前全球形成了以美国、亚洲、欧洲为主导的三足鼎立的产业格局,并呈现出以日、美、德为产业龙头,中国台湾、韩国紧随其后,中国大陆、马来西亚等国家和地区积极跟进的梯队分布。虽然中国在 LED 外延片、芯片的生产技术上距离国际先进水平还有一定的差距,但是国内庞大的应用需求,给 LED 下游厂商带来巨大的发展机会,国内生产的显示屏、景观照明灯具等 LED 应用产品已经出口到美国、欧盟等国家和地区。中国已推出了一系列针对 LED 产业的扶持政策,特别是在制定限制传统光源的使用,推广 LED 照明方面。随着中国 LED 照明产业的不断成熟,中国 LED 照明应用领域将成为中国 LED 产业发展的主要动力。我国 LED 通用照明 2010 年产值约占 LED 应用领域产值的 21%,已成为世界第一大照明电器生产国和出口国。在通用照明封装领域,近几年发展及增长率如图 1-1 所示,我国 LED 照明封装已经实现技术上的突破,宽波段封装技术、合金线技术等的应用,使得 LED 照明产品成本大幅度下降,2010 年照明封装已经实现 76 亿元产值,2011 年中国通用照明封装市场将达到 211.44 亿元人民币。

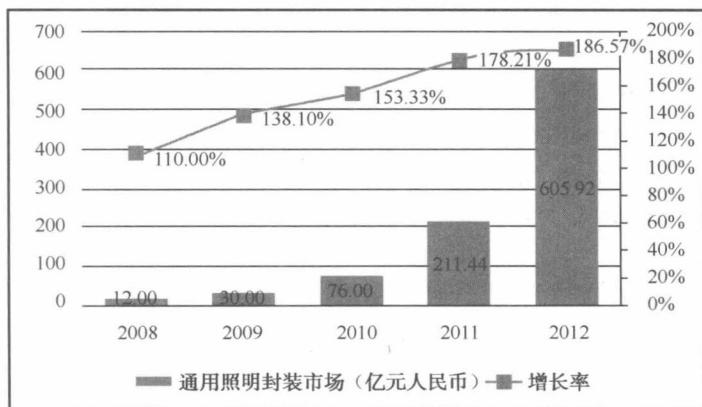


图 1-1 近几年通用照明封装发展及增长率

目前国内外延片、芯片主要研究机构有北大、清华、南昌大学、中科院半导体所、物理所、中电 13 所、华南师大、北京工大、深圳大学、山东大学、南京大学等。在技术上主要解决硅衬底上生长 GaN 外延层、GaN (氮化镓) 基蓝光波长漂移、提高内量子效率和出光效率、提高抗光衰能力和功率芯片的散热水平等。

国内 LED 外延片、芯片的主要企业有厦门三安、大连路美、杭州士蓝明芯、上海蓝光、深圳方大、上海蓝宝、山东华光、江西联创、深圳世纪晶源、广州普光、扬州华夏集成等。

国内主要封装企业有佛山国星光电、厦门华联电子、宁波爱米达、江西联创光电等;下游显示屏行业主要有上海三思、西安青松、北京利亚德。

3. 中国国内 LED 产业发展现状

截至 2006 年 12 月,我国有十余家外延芯片厂商已经装备金属有机化合物化学气相沉淀 MOCVD (Metal-organic Chemical Vapor Deposition),投入生产的总数量为 40 台。按照各厂



商的扩展计划, 2007 年将会有 15 台 MOCVD 陆续安装投入使用, 使国内的 GaN MOCVD 设备增加到 55 台。2013 年以来, LED 市场开始好转, 特别是二季度开始需求旺盛, 目前 MOCVD 设备达千台。种种迹象表明, 2012 年还在寒冬的 LED 行业, 今年已经明显回暖。过去几年价格的持续走低, 为照明行业渗透率大幅度提高打下了基础。对于下半年以至于明年的市场前景, 行业已经转暖, 有可能会持续几年。

2006 年国内 LED 芯片市场中, InGaN 芯片市值约占据 43%, 四元 InGaAlP 芯片市值约占据 15%; 其他种类的 LED 芯片市值约占据 42%。从国内芯片产值上计算, 2006 年国内 InGaN 芯片产值为 4.5 亿元, 同期国内 InGaN 芯片需求总产值为 25 亿元; 国内非 InGaN 芯片 (普亮和四元) 总产值为 6 亿元, 同期国内非 InGaN 芯片需求总产值为 17 亿元, 合计国内芯片市场总需求为 42 亿元。InGaN 和高亮四元占国内芯片总量的 58%, 说明国内外延片、芯片制造及应用市场发展到了水平。

目前, 我国具有一定封装规模的企业约有 600 家, 各种大大小小的封装企业已超过 1000 家。目前国内 LED 器件封装能力约为 600 亿只/年。2006 年国内高亮度 LED 封装产品的销售额约为 146 亿元, 比 2005 年的 100 亿元增长 46%。从分布地区来看, 主要集中在珠江三角洲、长江三角洲、江西、福建、环渤海等地区。(2005 年统计国内 LED 产业总产值为 133 亿元, 其中封装产品的销售额约为 100 亿元)。

在产能方面, 随着国内相关企业生产规模的扩大及新的芯片公司的陆续进入, 在国内需求市场的推动下, 国内 InGaN 芯片产能已经由 2003 年的 65KK/月倍增至 2005 年的 400KK/月, 2006 年进一步提升至 600KK/月, 国内自产供应率逐年提升。预计未来几年, 国内 InGaN 芯片仍将保持 30%左右的年复合增长率, 至 2010 年国内将超过日本成为全球第二大 GaN 芯片生产基地, 产能高达 1650KK/月, 实际上由于 LED MOCVD 设备投入后产能提高特别快, 这些估计有些保守。

在产业技术发展方面, 国内目前已研发 1W 的功率 LED 芯片可产业化, 其发光效率为 30~40Lm/W, 最高可达 47.5Lm/W。单个器件发射功率为 150mW, 最高可达 189mW。南昌大学近年来开展在硅衬底上生长 GaN 外延材料研究, 已研发的蓝光芯片发射功率达 7~8mW, 最好为 9~10mW, 芯片成品率为 80%, 功率 LED 芯片在 350mA 下发射功率为 100~150mW, 最好可达 150mW。在 500mA、1000h 通电试验下, 蓝光的光衰小于 5%。该成果取得突破性进展, 通过“863”项目验收, 并获得多项有自主知识产权的国际发明专利。该专利打破了目前日本日亚公司垄断蓝宝石衬底和美国 Cree 公司垄断碳化硅衬底半导体照明技术的局面, 形成蓝宝石、碳化硅、硅衬底制成蓝光的半导体照明技术方案三足鼎立的局面, 在产业化过程中不会受日亚公司和 Cree 蓝光专利的制约, 且目前最成熟的白光合成方案是蓝光+YAG 磷光粉的方式, 即未来进入白光照明领域必须先掌握蓝光芯片技术, 南昌大学的硅衬底蓝光专利具有极为广阔的市场前景。2007 年 2 月 1 日上午, 预计总投资高达 7000 万美元的晶能光电 (江西) 有限公司“硅衬底发光二极管材料及器件”产业化项目, 正式在南昌高新技术产业开发区开建一期工程。该项目技术来源于南昌大学发光材料与器件教育部工程研究中心, 并得到了金沙江、Mayfield 和 AsiaVest 三家国际创业投资基金的大力支持。整个产业化项目分三期建设, 一期建设预计将于今年年底完成, 形成年产 30 亿粒硅衬底蓝、绿光 LED 芯片的生产能力; 二期建设实现年产硅衬底蓝、绿光 LED 芯片 140 亿粒; 三期建成上中下游产业链, 实现 LED 产业集群, 实现年产值 50 亿元。



大连路美通过收购美国 AXT 公司获得 40 多项芯片核心技术专利,并获得整个技术团队,因此芯片技术研发能力在国内最强,目前路美在国内只有 10 台 MOCVD,国内产能并不大,更多 MOCVD 设备是由美国 AXT 公司生产的;国内厦门三安规模最大,技术水平也处于前列,其他如士兰微旗下的士兰明芯近年在技术上取得较大进展,这些企业的前景比较明朗。

► 4. LED 照明优点

(1) 高节能:节能能源无污染即为环保。直流驱动,超低功耗(单管为 $0.03\sim 0.06\text{W}$)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:有人称 LED 光源为长寿灯,意为永不熄灭的灯。固体冷光源,环氧树脂封装,灯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,使用寿命可达 6 万到 10 万小时,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:环保效益更佳,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,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,所以也是数字信息化产品,是半导体光电器件“高新尖”技术,具有在线编程、无限升级、灵活多变的特点。

► 5. LED 技术需注意的问题

(1) 降低 LED 灯的成本

LED 芯片占据 LED 灯成本的主要部分,因而降低 LED 成本的主要途径就是降低 LED 芯片的成本。LED 芯片技术发展的关键在于基底材料和外延生长技术。基底材料由传统的蓝宝石材料、硅和碳化硅,发展到氧化锌、氮化镓等新材料。在短短数年内,借助于包括芯片结构、表面粗化处理和多量子阱结构设计在内的一系列技术改进,LED 在光效方面实现了巨大突破。

硅基底成本很低,技术在不断进步中,但目前发光效率还不满意,如果保持这种发展速度,一旦达到较高水平,则硅基底成为最主要的技术方案成为必然的选择,企业也将获得巨大的经济回报。

(2) 提高 LED 灯的显色性

在高亮度白光 LED 中,一小部分蓝光发生斯托克斯位移后具有更长的波长。这是好事情,因为这使得 LED 灯厂商可以使用许多不同颜色的荧光粉层,从而扩展发射光谱,有效地提高 LED 的显色指数(CRI)。采用荧光粉的白光 LED 获得的高 CRI 是有代价的,因为斯托克斯位移会造成白光 LED 的效率低于单色 LED 的效率。不过对于大多数照明应用而言,宁愿选用高 CRI 而效率略低的 LED 灯。

(3) 提高 LED 灯电源的效率

不管是做限流型恒流控制的电源,还是运放控制的恒流电源,都要解决供电问题。即开



关电源芯片工作的时候是需要一个相对稳定的直流电压为其芯片供电的，芯片的工作电流从一个毫安到几个毫安不等。像 FSD200、NCP1012 和 HV9910，此种芯片是高压自馈电的，用起来是方便的，但高压馈电，造成 IC 热量的上升，因为 IC 要承受约 300V 的直流电，只要稍有一点电流，就算一个毫安，也有 0.3W 的损耗了。一般 LED 电源不过十瓦左右，损失零点几瓦一下就可以将电源的效率拉下几个点。典型的像 QX9910，用电阻下拉取电，这样，损耗就在电阻上，大约也得损失零点几瓦。还有就是磁耦合，由于采用变压器，在主功率线圈上加一个绕组，就像反激电源的辅助绕组一样，这样可以避免损掉这零点几瓦的功率。这也是为什么非隔离电源还要用变压器的原因之一，就是为了避免损失那零点几瓦的功率，将效率提高几个点。

(4) 提高 LED 灯系统可靠性

LED 的整体效率、使用寿命和可靠性必须通过系统优化才能得以提升。

① 光源：紧凑、高效，选择合适的颜色和输出功率。

② 控制和驱动：使用电子电路实现 LED 的恒流驱动和控制。

③ 热管理：若要达到更长的使用寿命必须控制 LED 节点温度。散热模型计算与新材料新工艺的运用是 LED 灯技术热点。

④ 光学元件：透镜、反射器或导光板材料是将光线聚焦在目标区域或分散在四周，这要根据设计需求而定。

随着 LED 技术的快速发展，以及 LED 光效的逐步提高，LED 灯的应用将越来越广泛。特别是随着全球性能源短缺问题的日益严重，LED 灯将是取代白炽灯、钨丝灯和荧光灯的必然选择。此外，在室内灯具设计方面，LED 将趋向智能化、多样化和艺术化。所以在大力发展 LED 技术的时候，必须对上述问题深入研究，一一解决出现的各种问题。

1.2 LED 分类

按 LED 的种类或其他的各种情况可以分为许多类型。

(1) 按功率大小分：可分为小功率、大功率（行业上一般把 1W 以上的灯叫做大功率灯，常用的是 1W）。大功率是指发光强度较高的产品，如常见的 LED 灯管，因为这类产品的芯片都比较大，发光效率较高（亮度较高），所以分类为大功率 LED，常见封装方式为食人鱼、Emitter、SMD、Lamp 等。常见的几种 LED 外观如图 1-2 所示；小功率是指发光强度较低的产品，如常见的指示灯、手机背光等，因为这类产品的芯片都比较小，发光效率较低（亮度较低、通常用在指示、显示）。

(2) 按封装方式分：有插件式和贴片两种。插件式是指此元件使用时，PCB 基座上需要开孔（钻孔），元件需要穿过 PCB 才能作焊接。这类元件通常都有较长的外接引脚，如常见的 Lamp、食人鱼等；而贴片式是指此元件使用时，PCB 基座上不需要开孔（钻孔），元件直接贴于 PCB 就能作焊接；这类元件通常都没有外接引脚（或呈片状金属电极），如常见的 SMT、Emitter 等。

(3) 按胶体形状分：3mm、4mm、5mm、8mm、10mm、12mm、方形、椭圆形、墓碑形、还有一些特殊形状等。

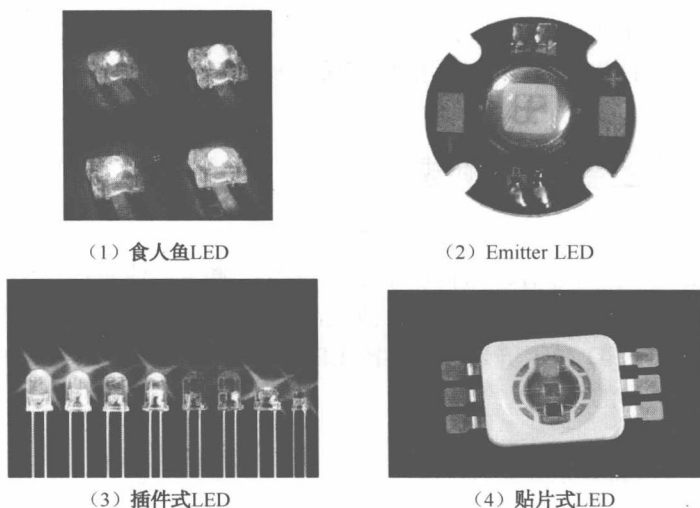


图 1-2 几种 LED 外观图

(4) 按胶体颜色分：无色透明、有色透明、有色散射、无色散射等。

(5) 按颜色分：红色 (Red)、橙色 (Orange)、黄色 (Yellow)、黄绿色 (Yellow Green)、绿色 (Green)、蓝绿色 (Blue Green)、蓝色 (Blue)、紫色 (Pink)、紫外线 (Ultraviolet)、白色 (White)、红外线 (Infrared) 等。

(6) 按发光强度和工作电流分：普通亮度、高亮度和超高亮 LED。发光强度在 100mcd 之内的为普通亮度 LED；把发光强度在 100~1000mcd 间的叫高亮度 LED；而超高亮 LED 的发光强度在 1000mcd 以上。一般 LED 的工作电流在十几毫安至几十毫安，而低电流 LED 的工作电流在 2mA 以下（亮度与普通发光管相同）。通常，高亮度单色发光二极管使用砷铝化镓 (GaAlAs) 等材料，超高亮度单色发光二极管使用磷铟砷化镓 (GaAsInP) 等材料，而普通单色发光二极管使用磷化镓 (GaP) 或磷砷化镓 (GaAsP) 等材料。

(7) 按发光二极管的结构分：全环氧包封、金属底座环氧封装、陶瓷底座环氧封装及玻璃封装等结构。

(8) 按发光管出光面特征分：圆灯、方灯、矩形、面发光管、侧向管、表面安装用微型管等。圆形灯按直径分为 $\phi 2\text{mm}$ 、 $\phi 4.4\text{mm}$ 、 $\phi 5\text{mm}$ 、 $\phi 8\text{mm}$ 、 $\phi 10\text{mm}$ 及 $\phi 20\text{mm}$ 等。

(9) 按发光强度角分布图分：高指向型、标准型、散射型。

① 高指向型。一般为尖头环氧封装，或是带金属反射腔封装，且不加散射剂，半值角为 $5^\circ \sim 20^\circ$ 或更小，具有很高的指向性，可作局部照明光源用，或与光检出器联用以组成自动检测系统。

② 标准型。通常做指示灯用，其半值角为 $20^\circ \sim 45^\circ$ 。

③ 散射型。这是视角较大的指示灯，半值角为 $45^\circ \sim 90^\circ$ 或更大，散射剂的量较大。

说明：

① 草帽 LED 又可以按灯头的尺寸细分为 F3（灯头的直径是 3mm）、F5（灯头的直径是 5mm）；或按灯头的形状细分为无边、薄边、厚边、圆头；按灯头透明与否可分为透明、雾状……

② 食人鱼 LED 同样可以按灯头的尺寸分为 F3、F5；按灯头的形状分为圆头（即最常见的食人鱼灯）、平头（这种灯头很特殊，其发光角度接近 180° ，一般用在需要散光的场合）。



③ 小功率贴片式 LED 按外形尺寸可以分为 0805、1206、3020、3528、5050 或 5060 (5050 与 5060 相差极小, 肉眼很难分辨), 常用的是 3528 和 5050/5060。

1.3 国内 LED 主要应用领域

LED 的应用很广, 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, 各应用已经随处可见。例如, 收音机的指示灯、眼花缭乱的各种 LED 显示屏。目前中国 LED 各应用领域产值分布如图 1-3 所示, 现在对它的应用进行一个全面的分类。

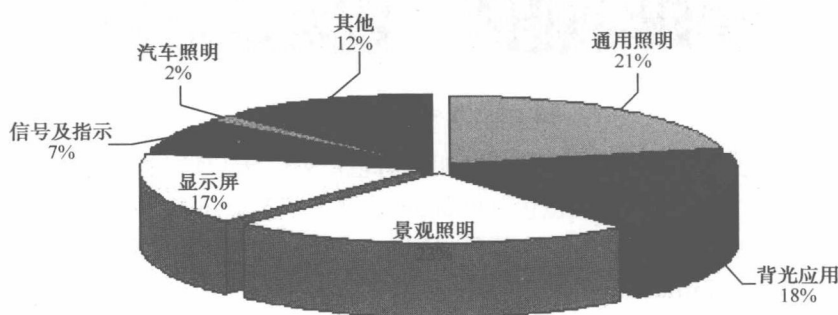
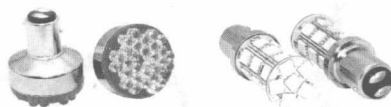
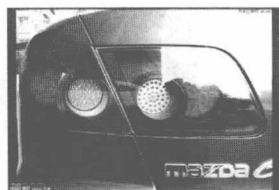


图 1-3 目前中国 LED 各应用领域产值分布

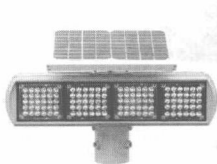
(1) 汽车部分: 以汽车内装使用包括了仪表板、音箱等指示灯, 以及汽车外部 (第三刹车灯、左右尾灯、方向灯等)。目前欧洲列车种包括奥迪、宝马、福斯等品牌全系列采用高亮度 LED, 而车厂中, 丰田汽车也率先将仪表板的背光板换成高亮度 LED, 其他各车厂新车, 也在陆续采用。若再加上前后车灯、刹车灯, 交通标志等, 与交通有关的市场, 商机非常庞大。在交通标志灯市场方面, 全球约有 2000 万座交通标志灯, 若每年更新 200 万座, 商机可延续 10 年。应用于汽车的 LED 如图 1-4 所示。

(2) 背光源部分: 主要是手机背光源方面, 是 SMD 型产品应用的最大市场。虽然近两年手机的增长速度已明显趋缓, 但全年仍有 4 亿部水准, 以 1 部手机需要 LED 背光源 2 颗、按键 6 颗 SMD LED 计算, 一年保守 4 亿部手机需要约 32 亿颗 LED。最近韩国蓝色背光手机风潮, 使蓝光 LED 的市场供不应求。显而易见, 手机在 LED 应用市场中仍占有举足轻重的地位。继蓝光手机后, 目前市场已是彩屏手机的天下。以往彩屏手机是极高端产品, 不过今年主要零组件价格下滑, 使得彩屏手机和单色手机的价差缩小, 加上厂商的大力促销, 手机的换型潮悄然发生。

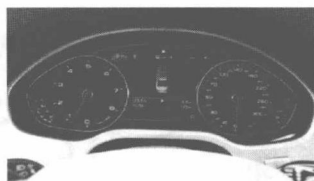
(3) 显示屏: LED 显示屏作为一种新兴的显示媒体, 随着大规模集成电路和计算机技术的高速发展, 其得到了飞速发展, 它与传统的显示媒体——多彩霓虹灯、像素管电视墙、四色磁翻板相比较, 以其亮度高、动态影像显示效果好、故障低、能耗少、使用寿命长、显示内容多样、显示方式丰富、性能价格比高等优势, 已广泛应用于各行各业。图文显示屏如图 1-5 所示。



(1) 刹车灯LED



(2) 爆闪警灯LED



(3) 仪表板指示灯

图 1-4 汽车 LED 图片

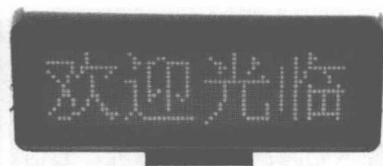
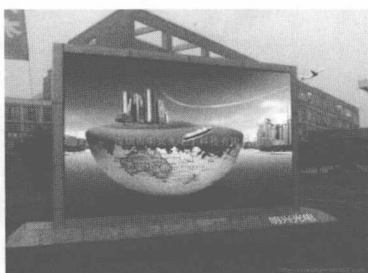


图 1-5 图文显示屏

(4) 电子设备与照明: 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。各种显示数码管如图 1-6 所示, LED 台灯如图 1-7 所示。

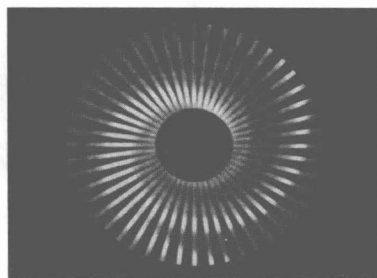
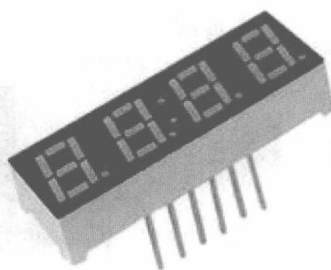
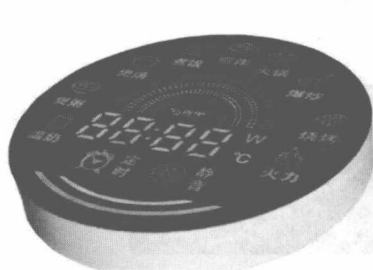


图 1-6 显示数码管