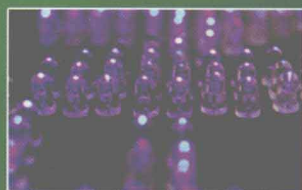


绿色环保

LED应用技术

魏学业 于冬 等编著



瞄准前沿 反映了作者在LED方面的最新研究成果

知识全面 涵盖了LED照明技术的基本理论和应用技术

面向应用 介绍了LED在各领域的实际应用

实用性强 采用LED公司的实际解决方案作为案例



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

绿色环保 LED 应用技术

魏学业 于冬 等编著

机械工业出版社

本书从电力电子控制的角度出发,系统介绍了 LED 的基本原理及应用。全书共 7 章,内容包括:LED 照明基础知识,LED 的结构、特性和封装技术,LED 的应用领域,LED 驱动电路及电源变换,交流市电供电的 LED 驱动电路,单片机在 LED 照明中的应用技术,太阳能 LED 照明技术。

本书适用于高等院校电子信息、电子电力、光机电一体化等相关专业学生,以及从事 LED 应用工作的工程技术人员。

图书在版编目(CIP)数据

绿色环保 LED 应用技术 / 魏学业等编著. —北京:机械工业出版社,
2011.10

ISBN 978-7-111-35497-0

I. ①绿… II. ①魏… III. ①发光二极管—照明 IV. ①TN383

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 154903 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:李馨馨

责任印制:李妍

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2011 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·15 印张·373 千字

0001—35 00 册

标准书号:ISBN 978-7-111-35497-0

定价:39.00 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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

绿色环保 LED 技术是指利用半导体固体发光器件作为光源,以低电压给照明电器供电的技术。它的特点是节能、环保、寿命长。因此,在照明领域,LED 光源的应用范围十分广泛。

LED 光源在 2008 年北京奥运会上的出色表现,极大地推动了我国 LED 照明技术的快速发展。随着城市化进程的加快和节能减排任务的日益艰巨,相关部门加大了推广 LED 应用的力度,尤其是 2009 年科技部的“十城万盏”LED 应用示范工程,为 LED 产业的发展带来了新的机遇。

为了帮助从事 LED 应用研究的工程技术人员、电气工程专业的科研人员充分掌握 LED 照明技术的基本理论和应用技术,编者根据近几年在 LED 照明技术方面的研究心得,编写了本书。本书也可作为高等院校相关专业师生的参考用书。

本书共 7 章,主要从应用的角度来介绍 LED 的基本原理及应用。第 1 章介绍 LED 照明的基础知识、光源的度量方法和照明灯具的设计,并总结了 LED 的发展历程;第 2 章主要介绍 LED 的结构、特性、静电防护和封装技术;第 3 章介绍 LED 的应用领域和发展前景;第 4 章介绍低压供电的 LED 驱动电路和电源变换,其中包括驱动电源的变换类型、恒流和恒压驱动器等;第 5 章介绍市电供电的 LED 驱动电路,主要介绍 AC/DC LED 驱动电路、功率因数校正,列举了几个公司的解决方案;第 6 章介绍智能型 LED 照明技术,给出了几个智能 LED 照明的解决方案;第 7 章介绍了目前发展迅速的太阳能 LED 照明技术,对蓄电池、光伏电池进行了介绍,同时对路灯和草坪灯的设计原则给出了实例说明。

本书主要由魏学业、于冬编写,参加编写的还有邓仙玉、蔡敏、聂慧、宋永端。编写过程中得到了吴小进、覃庆努、李永康、赵顺利、吴建进的帮助,北京交通大学智能系统及再生能源研究中心的李鹏、袁雪等为本书提出了宝贵的建议,北京诚创星光科技有限公司为书中的案例提供了技术数据。在此对为本书做出贡献的人员和单位表示感谢。限于作者水平,书中错误及不妥之处在所难免,恳请读者和同行批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 LED 照明基础知识	1
1.1 LED 的基本概念	1
1.1.1 LED 的发光原理	1
1.1.2 LED 的分类	2
1.1.3 LED 的特点	3
1.2 LED 技术发展概况	3
1.2.1 LED 的发展史	3
1.2.2 全球主要 LED 厂商介绍	5
1.2.3 中国 LED 产业发展现状	5
1.3 白光 LED	7
1.3.1 白光 LED 的发展现状	7
1.3.2 白光 LED 的合成技术	7
1.4 光的特性及度量	9
1.4.1 光的基本概念	9
1.4.2 光的传播特性	10
1.4.3 光的基本度量	11
1.5 光源的颜色与分类	13
1.5.1 物体的发光方式	13
1.5.2 光源的颜色和色温	14
1.5.3 光源的显色性	15
1.5.4 光源的分类	15
1.6 照明设计基础	16
1.6.1 照明设计原则	17
1.6.2 灯具的分类	18
1.6.3 照度计算	19
第 2 章 LED 的结构、特性和封装技术	21
2.1 LED 的结构	21
2.2 LED 的特性	22
2.2.1 电学特性	23
2.2.2 光学特性	26
2.2.3 热学特性	27
2.2.4 可靠性指标	27
2.3 LED 的芯片结构	29

2.4	LED 的静电防护	31
2.4.1	静电的产生	31
2.4.2	LED 静电放电	31
2.4.3	LED 静电防护技术	32
2.5	LED 的封装技术	33
2.5.1	LED 封装的必要性与特殊性	33
2.5.2	LED 封装结构的演变	34
2.5.3	引脚式 LED 封装技术	35
2.5.4	表面贴装 LED 封装技术	35
2.5.5	大功率 LED 封装技术	35
2.5.6	LED 封装技术的发展趋势	39
第 3 章	LED 的应用领域	40
3.1	道路照明	40
3.2	LED 指示灯	42
3.3	LED 在 LCD 背光照明中的应用	43
3.3.1	LED 在小尺寸 LCD 背光照明中的应用	43
3.3.2	LED 在中、大尺寸 LCD 背光照明中的应用	44
3.3.3	LED 在大屏幕 LCD 背光照明中的应用前景	45
3.4	LED 显示屏的应用现状及发展趋势	45
3.4.1	LED 显示屏的应用	45
3.4.2	LED 显示屏的现状和发展趋势	46
3.5	LED 交通信号灯	46
3.5.1	传统交通信号灯的结构及其特点	46
3.5.2	LED 交通信号灯的基本光学结构	47
3.5.3	LED 交通信号灯的优势及应用	48
3.6	LED 在景观装饰照明中的应用	48
3.6.1	LED 在景观照明中的优势	49
3.6.2	LED 光源景观灯分类	50
3.6.3	LED 景观装饰照明设计	50
3.6.4	LED 景观照明典型案例	51
3.7	LED 在汽车产业中的应用	53
3.7.1	汽车光源的发展	53
3.7.2	LED 在汽车产业中应用	54
3.7.3	LED 车用光源的现状和前景	54
3.8	隧道照明和矿工灯	55
3.8.1	隧道灯	55
3.8.2	矿工灯	55
3.9	LED 在室内照明中的应用	56
3.9.1	LED 应用的原则	57

3.9.2	适宜应用 LED 的场所	57
3.9.3	不适宜应用 LED 的场所	58
3.9.4	LED 的发展前景	58
3.10	LED 在其他方面的应用	58
第 4 章	LED 驱动电路及电源变换	60
4.1	LED 驱动电路	60
4.1.1	LED 驱动的必要性的	60
4.1.2	LED 驱动技术的分类	61
4.1.3	LED 与驱动电路的匹配	62
4.1.4	LED 驱动电源的设计要点	66
4.2	LED 电源变换的类型	66
4.2.1	线性稳压电源	66
4.2.2	DC/DC 变换器	68
4.3	线性恒流源 LED 驱动电路	70
4.3.1	CAT400X 系列线性 LED 驱动电路	70
4.3.2	MAX16800 系列线性 LED 驱动电路	74
4.4	电荷泵式 LED 驱动电路	80
4.4.1	CAT36XX 系列电荷泵式 LED 驱动电路	80
4.4.2	LTC320X 系列的多显示屏 LED 驱动电路	84
4.4.3	电荷泵式 LED 驱动电路	92
4.5	BUCK 变换器的 LED 驱动电路	94
4.5.1	CAT4201——高效降压型 LED 驱动电路	94
4.5.2	LM3404/04HV——降压型高功率 LED 驱动电路	96
4.5.3	MAX16822——高亮度 LED 降压型驱动电路	98
4.5.4	LT3474——1A 降压型 LED 驱动电路	99
4.5.5	电感降压型 LED 驱动电路	101
4.6	BOOST 变换器的 LED 驱动电路	102
4.6.1	CAT4240——6W 升压型 LED 驱动电路	102
4.6.2	TPS61500——3A 升压型高亮度 LED 驱动电路	105
4.6.3	LT3754——16 通道×50mA 升压型 LED 驱动电路	108
4.6.4	TPS6106X——具有数字和 PWM 调光功能的升压型 LED 驱动电路	109
4.6.5	LTC3490——可提供 350mA 的升压型 LED 驱动电路	111
4.6.6	升压型 LED 驱动电路	112
4.7	BUCK-BOOST 变换器的 LED 驱动电路	112
4.7.1	基于 LTC3452 实现的同步降压/升压型 LED 驱动电路	112
4.7.2	NCP3063——1.5A 降压/升压 LED 恒流驱动电路	119
4.8	多拓扑模式变换器的 LED 驱动电路	121
4.8.1	MAX16821——具有快速电流响应的大功率、同步高亮度 LED 驱动电路	121
4.8.2	LT3517——45V/1.3A 多模式大电流 LED 驱动电路	130

4.8.3	多拓扑结构 LED 驱动电路	137
第 5 章	交流电供电的 LED 驱动电路	138
5.1	交流供电 AC/DC LED 驱动电路	138
5.1.1	电容器降压	138
5.1.2	工频变压器降压	140
5.1.3	开关电源 LED 驱动电路	144
5.2	功率因数校正	145
5.2.1	功率因数的定义	146
5.2.2	总谐波失真	147
5.2.3	功率因数校正的类型	148
5.3	电磁干扰滤波	153
5.3.1	电磁干扰 (EMI) 滤波器的基本概念	153
5.3.2	EMI 滤波器的设计	155
5.4	LED 照明方案选择	159
5.4.1	驱动器的选择	159
5.4.2	LED 照明系统架构的选择	159
5.5	Supertex LED 电源解决方案	161
5.5.1	通用高亮度 LED 驱动器 HV9910B	161
5.5.2	基于 HV9961 的离线式 LED 驱动电路	166
5.5.3	HV9931——单级 PFC AC/DC LED 驱动电路	170
5.6	安森美 AC/DC LED 电源解决方案	173
5.6.1	NCP1015——1~8W LED 电源方案	173
5.6.2	NCP1028/1351——无 PFC 8~15W LED 电源方案	176
5.6.3	NCP1607/8——带 PFC 8~25W LED 电源方案	185
5.6.4	功率高于 50W 的 LED 电源方案	189
5.7	NXP AC/DC LED 电源方案	193
5.7.1	SSL152X——低于 15W AC/DC LED 电源方案	193
5.7.2	SSL1623——15~25W 的 AC/DC LED 电源方案	194
5.7.3	SSL1750——带 PFC 的 25~250W AC/DC LED 电源方案	196
5.7.4	SSL2101——可调光 AC/DC LED 电源方案	197
5.7.5	可调光 LED 驱动芯片 SSL2103	202
第 6 章	单片机在 LED 照明中的应用技术	204
6.1	利用单片机实现 LED 彩灯控制	204
6.2	采用单片机的 LED 路灯解决方案	206
6.2.1	系统组成与工作原理	206
6.2.2	控制器的主要功能	207
6.3	LED 智能照明控制系统的设计	208
6.3.1	系统硬件设计	208
6.3.2	传感器单元	209

6.3.3	控制单元	209
6.3.4	驱动电路	209
6.4	LED 显示屏的单片机控制	210
6.5	大功率 LED 智能化照明	213
第 7 章	太阳能 LED 应用技术	216
7.1	光伏电池	216
7.1.1	光伏电池的原理	216
7.1.2	光伏电池的种类、选择与维护	216
7.1.3	光伏阵列的输出功率	217
7.2	蓄电池	218
7.2.1	蓄电池的作用	218
7.2.2	蓄电池的分类及工作原理	219
7.2.3	蓄电池的技术指标及使用寿命	221
7.2.4	蓄电池的充电、放电技术	222
7.2.5	蓄电池的管理	224
7.3	太阳能 LED 路灯设计	225
7.3.1	蓄电池组容量配置基础	226
7.3.2	光伏电池极板与蓄电池、负载的匹配	226
7.3.3	太阳能 LED 路灯实例	226
7.4	太阳能草坪灯设计	229
参考文献	231

第1章 LED 照明基础知识

LED (Light Emitting Diode, 发光二极管) 作为新一代半导体固态照明光源, 以其高效低耗、节能环保、寿命长、响应快和体积小等优点, 广泛应用于照明、信号指示和背光等领域, 并成为背光和信号指示领域的主流器件。随着 LED 技术的进一步发展, LED 必将取代普通灯泡而成为通用照明和特殊照明的主流器件。

在当今电能需求日益增长、可再生能源尚未广泛应用的现状下, 最有效、最快捷且不影响生产和人们生活水准的节能方案就是提升用电设备、电器的能效比, 即采用更为有效的技术手段, 以最少的电能来完成相同的任务, LED 的应用就是提升照明电器能效比的有效方案之一。

LED 是集电学 (电子光学、光电子学)、材料学 (半导体发光材料、封装材料) 和光学等多学科于一体的固态照明光源。为了设计以 LED 作为光源的照明设备, 就需要了解 LED 的基本概念和发展状况, 以及光的基本概念和灯具的设计基础, 本章将对这些问题进行介绍。

1.1 LED 的基本概念

1.1.1 LED 的发光原理

LED 是一种固态的半导体器件, 它可以直接把电能转化为光能。LED 的核心部分是一个半导体晶片, 该晶片由两部分组成, 一部分是 P 型半导体, 在它里面空穴占主导地位, 另一部分是 N 型半导体, 它里面主要是电子。在这两种半导体的交界面处就形成了一个过渡层, 称为 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, 多余的能量则以光的形式向外辐射, 从而把电能直接转换为光能, 这就是 LED 的发光原理。因此, LED 的工作机理是一个电光转换的过程, 当它处于正向工作状态时, 电流从 LED 阳极 (正极) 流向阴极 (负极), 如图 1-1 所示。

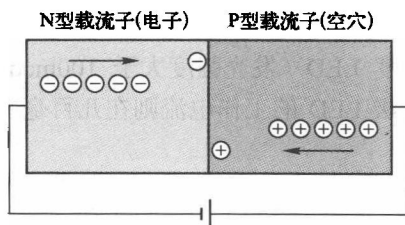


图 1-1 LED 的发光原理模型

PN 结材料的禁带宽度决定了 LED 的发光波长，通常禁带宽度越大，辐射出的能量越大，对应的光子波长就越长，反之波长就越短，因此材料不同的半导体晶体就会发出不同颜色、不同发光强度的光。

1.1.2 LED 的分类

LED 光源的分类方法有很多，可以根据 LED 的发光颜色、功率出光面的特征、LED 的封装形式和结构、发光强度和工作电流、芯片材料、功能等标准进行分类。

1. 按发光颜色分类

根据发光颜色的不同，LED 光源可分成红光、橙光、黄光、绿光（又细分为黄绿、标准绿和纯绿）、蓝光、紫光和白光等。有的 LED 封装中还包含两种以上颜色的芯片，即可发出两种以上颜色的光。

根据 LED 在出光处掺或不掺散射剂、有色还是无色，上述各种颜色的 LED 还可分为有色透明、无色透明、有色散射和无色散射 4 种类型。

2. 按 LED 的功率分类

按 LED 的功率，可分为小功率 LED、功率 LED、W 级功率 LED。

输入功率为几十毫瓦的 LED，称为小功率 LED；输入功率小于 1W 的 LED，称为功率 LED；输入功率大于等于 1W 的 LED，称为 W 级功率 LED，也叫照明级 LED。W 级功率 LED 通常有两种结构：一种是单芯片 W 级功率 LED，另一种是多芯片组合的 W 级功率 LED。W 级 LED 的功率有 1W、3W、5W、10W、15W 等。

3. 按出光面的特征分类

根据 LED 出光面的特征，可分为圆灯、方灯、矩形灯、面发光管、侧向管、表面安装用微型管等。圆形灯按直径可分为 $\phi 2\text{mm}$ 、 $\phi 3\text{mm}$ 、 $\phi 4.4\text{mm}$ 、 $\phi 5\text{mm}$ 、 $\phi 8\text{mm}$ 、 $\phi 10\text{mm}$ 等。国外常用的 T-1、T-1(1/4)和 T-1(3/4)分别对应 $\phi 3\text{mm}$ 、 $\phi 4.4\text{mm}$ 、 $\phi 5\text{mm}$ 的 LED。

4. 按发光强度角分布图分类

根据发光强度角分布图^①，LED 可分为如下三类：

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。半值角范围为 $5^\circ\sim 20^\circ$ 或更小，具有很高的指向性，可作局部照明光源用，或与光检出器组成自动检测系统。

2) 标准型。通常作指示灯用，其半值角范围为 $20^\circ\sim 45^\circ$ 。

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

5. 按发光强度和工作电流分类

根据发光强度和工作电流，可分为普通亮度 LED（发光强度小于 10mcd ）^②、高亮度 LED（ $10\sim 100\text{mcd}$ ）和超高亮度 LED（发光强度大于 100mcd ）。普通亮度的 LED，工作电流为十几毫安至几十毫安。W 级 LED 的工作电流则在几百毫安以上，如 1W 的 LED，其工作电流在 350mA 左右。

^① 由半值角大小可以估计圆形发光强度角的分布情况。所谓半角是指指向 0° 与最大发光强度值的一半之间的夹角，即最大发光强度值与最大发光强度值的一半所对应的夹角。

^② cd: candel, 简称为 cd, 中文为坎德拉, 为发光强度的单位。

6. 按LED的封装形式和结构分类

根据内置芯片的数量,LED可分为单芯片和多芯片两大类。

根据是否有引脚,LED可分为SMD(贴片)和DIP(直插)两种。

根据LED的结构,可分为全环氧封装、金属底座环氧封装、陶瓷底座环氧封装、玻璃封装和铝基板封装等。

另外,LED还可按芯片材料、芯片数量和应用领域等进行分类。

1.1.3 LED的特点

1. 节能

LED采用高亮度、大功率的LED光源,配合高效率电源,比传统白炽灯节电80%以上,在相同功率下其亮度是白炽灯的10倍。

2. 环保

LED是由无毒的半导体材料做成的,不会对环境造成污染,还可以回收再利用。

3. 坚固耐用

LED光源为固体冷光源,环氧树脂封装,灯体内没有松动的部件,不存在灯丝发光烧坏、热沉积等缺点,使用寿命可达6万~10万小时,是传统光源的10倍以上。

又因为LED是半导体器件,所以即使是频繁地开关,也不会影响其使用寿命。

4. 便于安装

由于LED是半导体器件,其体积小,重量轻,便于各种设备的布置和设计,且能够做到夜景照明中“只见灯光不见光源”的效果。

5. 响应快

白炽灯的响应时间为毫秒级,而LED灯的响应时间仅为纳秒级。白炽灯接通电源后,会延迟一段时间才亮,而LED灯接通电源后,会立即点亮。

6. 低电压驱动

LED使用低压2.0~3.6V的直流电源供电,所以即使身体接触到LED灯,也不会有危险,特别适用于公共场所的照明。

7. 颜色多

LED光源通过调整红、绿、蓝三基色,使这三种颜色具有256级灰度并任意混合,即可产生 $256 \times 256 \times 256 = 16777216$ 种颜色,从而实现丰富多彩的动态变化效果及各种图像。

8. 抗振性强

LED为固态封装,不怕振动,便于运输和安装,可以装在任何微型和封闭的设备中。

1.2 LED技术发展概况

1.2.1 LED的发展史

1907年,自Henry Joseph Round在一块碳化硅里观察到电致发光现象以来,人们便开始了对电致发光的研究。1936年,George Destiau发表关于硫化锌粉末发射光的研究报告,报告中定义了“电致发光”这一概念。20世纪50年代,英国科学家使用半导体砷化镓制作了

LED，这是一个具有划时代意义的发明，但早期的 LED 还无法满足实际应用。20 世纪 60 年代末到 70 年代末，人们使用砷化镓、磷化镓等作为发光源，研制出能发出红光、灰白绿光、黄光、绿光的 LED。

20 世纪 80 年代中期，先后出现了使用砷化镓、磷化铝作为光源的第一代高亮度红光、黄光、绿光 LED。20 世纪 90 年代初期，又出现了具有历史意义的蓝光 LED。

20 世纪 90 年代中期，超亮度的氮化镓 LED 研制成功，随即又出现了能发出高强度绿光和蓝光的铟氮镓 LED。超亮度蓝光芯片是白光 LED 的核心，在这个芯片上涂敷上荧光磷，荧光磷吸收来自芯片上的蓝光而转化为白光，利用这种技术可以制造出任何颜色的可见光。

随着技术的不断进步，近年来白光 LED 的发展相当迅速，当前商业化 LED 的光视效能已经达到 120 lm/W，在实验室样品中 LED 的光视效能已经达到 160 lm/W，大大超过白炽灯的光视效应（60~100W 白炽灯的光视效能为 15 lm/W），也超过了荧光灯的光视效能。

早期的 LED 主要是用于指示灯、计算器显示屏和电子手表等产品中，而现在的 LED 已经应用于照明、背光、显示、汽车等各个领域。

LED 产业链有上游的 LED 外延片、中游的芯片、下游的封装及应用产品三个环节。从应用产品市场的细分来看，LED 的应用领域主要有照明、显示屏、背光等。

全球 LED 产业主要分布在日本、欧美、中国台湾地区、韩国和中国内地。其中，日本的市场份额最大，是全球 LED 产业最大生产国。我国台湾地区产值位列全球第二，其产业由下游封装起步，逐步向上游外延片和中游芯片领域拓展，目前已经形成完整的产业链，是全球重要的芯片及封装生产地之一。美国及欧洲地区掌握着上游外延片及中游芯片的核心技术，在大尺寸 LCD 背光源、白光照明及汽车应用等高端市场占有优势。

目前，LED 外延片生长技术主要采用有机金属化学气相沉积（MOCVD）的方法，核心设备 MOCVD 供货商的供货能力正成为 LED 公司生产能力发展的瓶颈。与 LED 制造厂商不同的是，MOCVD 设备主要由德国、美国提供，德国 AIXTRON 公司和美国 VEECO 公司的市场占有率超过 92%。随着全球 LED 绿色节能的需求，对 MOCVD 设备的需求正在急剧增加。

目前，我国 LED 照明产业的发展较快，外延片企业的发展尤其迅速，封装企业规模继续保持较快的发展速度，照明应用技术取得较大进展。在产业规模迅速拓展的同时，国内产业结构也有较大改变，中高端产品份额逐步增加，显示屏/显示器件芯片、表面贴装器件（SMD）和大功率封装产品、路灯照明产品质量和技术都有明显提升。但是在 LED 芯片和外延片方面，我国仍缺乏具有自主知识产权的核心专利技术。从芯片和外延片水平上来看，我国与日本、美国等发达国家差距很大，在 LED 封装上规模偏小，主要企业有大连路美、江西联创光电等。

随着市场的快速发展，美国、日本、欧洲各主要厂商纷纷扩大产能，抢占市场份额。2004 年，日本 Nichia（日亚化工）、ToyodaGosei（丰田合成），美国 Cree、Lumileds、Gelcore 等国际著名半导体照明厂商新增投资超过 10 亿美元。这五大国际厂商代表了当今 LED 的最高水平，对产业的发展具有重大影响。

1.2.2 全球主要LED厂商介绍

1. 日亚化学

日亚化学(Nichia)公司拥有自制MOCVD设备近200台,主要是单片型,所用衬底主要是蓝宝石(Al_2O_3)^①。该公司生产蓝、绿、紫、紫外、白光小功率(<20mW)、中功率(20~50mW)以及大功率(>50mW)的LED产品,只出售LED以及后续产品,不出售LED芯片和外延片。此外,该公司的荧光粉技术非常成熟。产品应用广泛,几乎所有与氮化镓发光二极管(GaN-LED)相关的领域都有其产品。特别是户外全彩色大屏幕方面,约占全球市场份额的20%~30%。

2. 丰田合成公司

丰田合成(ToyodaGosei)公司拥有自制的MOCVD设备,产量比日亚化学公司大,但产品质量略差些,使用蓝宝石作为衬底。该公司只出售LED及其后续产品,不出售芯片和外延片。产品应用广泛,几乎所有与GaN-LED相关的领域都有其产品。但户外全彩色大屏幕无法与日亚公司相比,约占全球市场份额的20%。

3. Cree公司

Cree公司既有市场上购买的MOCVD设备,又有自己研制和改进的MOCVD设备。主要是多片型MOVCD设备生产Ga-LED。Cree公司所用衬底是碳化硅(SiC),有非常成熟的碳化硅单晶生产技术,容易获得碳化硅衬底材料。该公司只出售LED外延片和芯片,可以生产蓝、绿、紫、紫外光小功率、中功率以及大功率的LED外延片。产品应用广泛,几乎所有与Ga-LED相关的领域都有其产品,约占全球市场份额的10%。

4. GelCore公司

GelCore公司主要用EMCORE公司的MOCVD设备生产Ga-LED外延片,所用衬底主要是蓝宝石。Gelcore公司可以生产蓝、绿、紫、紫外、白光小功率、中功率以及大功率的LED产品,但大功率产品目前还相对不成熟。Gelcore公司在灯具设计方面有较强优势,产品应用广泛,几乎所有与Ga-LED相关的领域都有其产品,特别是高档照明市场(如建筑物轮廓装饰照明),其产品有很高的市场占有率。

5. Lumileds公司

Lumileds公司所用衬底主要是蓝宝石,也用氮化镓。该公司只出售LED以及后续产品,不出售芯片和外延片,可生产蓝、绿、紫、紫外、白光小功率、中功率以及大功率的LED产品。特别是它能生产5W的大功率LED产品,主要用于大功率白光照明。

1.2.3 中国LED产业发展现状

1. 产业地区分布

目前我国LED产业已初步形成了珠江三角洲、长江三角洲、北方地区、江西及福建地区四大区域。同时,还建立了上海、北京、厦门、大连、南昌、深圳六个产业基地。另外,宁波、广州、武汉、重庆、哈尔滨、西安等城市也都成立了地方产业联盟、促进中心、商会等行业组织。我国LED照明产业的发展具备了一定的自发协调能力和机制。

^① 对于LED芯片来说,衬底材料的选择是首先要考虑的问题。应根据设备和LED器件的要求进行选择。目前市场上一般有三种材料可作为衬底。蓝宝石、硅和碳化硅。

目前,我国 LED 照明产业相关企业有 3000 余家,其中,约 2000 家处于 LED 应用端。1000 多家从事 LED 封装,从事 LED 外延片及芯片生产的厂家有 40 多家。从产业链各环节的分布来看,我国 LED 产业存在着明显的产业链分布不均的问题。作为技术和资本都相对集中的上游外延材料及中游芯片制备环节企业较少,在关键设备方面的技术还较为薄弱,以 MOCVD 为代表的设备还处于研发试制阶段。

我国 LED 产业在封装及应用方面发展较快,尤其是应用环节的企业数量占整个产业链中企业数量的 70%左右。这种不均匀的分布情况直接导致了我国 LED 产业的下游环节竞争激烈。同时,由于行业标准缺失以及行业内无大规模、大品牌的领军企业等原因,使得目前这种局面还很难改变。

2. 技术现状

目前,我国 LED 产业在技术方面与欧美、日本等世界技术强国相比,还存在很大差距,尤其是材料外延技术与装备等方面,很多还停留在实验室阶段,离真正的产业化还有很大的距离。相对而言,我国在封装材料、工艺技术与装备、系统集成技术及应用等方面与国际技术水平的差距相对较小,尤其在应用环节,我国系统集成技术及应用发展十分迅速。目前部分技术,如系统集成、控制系统等甚至可以与世界一流的应用技术媲美,LED 产品在 2008 年北京奥运会上的成功应用很好地说明了这一点。

在技术研发方面,我国启动了 863 计划“半导体照明工程”重大项目,并在“十一五”规划中将该项目列为新材料领域的重大专项,制订了 3.5 亿元的支持计划,重点在核心技术、重要装备及应用集成等方面寻求突破。目前,该计划在以 100 lm/W 大功率芯片等为主的核心技术方面已经取得较大突破,有力地支撑了国内产业的发展,在应用集成方面也取得了一些阶段性成果。

技术竞争也是目前国内外 LED 相关企业关注的焦点,拥有专利技术的厂商正通过知识产权保护来获得高额利润,在专利竞争中处于劣势的公司也积极通过不同技术的路线,取得自己的技术优势。据统计,我国大部分 LED 相关的专利都集中在中下游环节,上游材料、外延技术与装备方面的专利很少,国内关键技术目前主要由海外引进,这就造成了企业间技术的差异性不大,产品定位相似,市场高度集中的现状。

3. 市场发展现状

LED 的应用领域非常广泛,不同种类的 LED、不同技术水平的 LED 都能在各自的应用领域找到市场需求。2008 年,国内 LED 照明应用领域总产值达到 450 亿元,较为成熟的应用领域有建筑景观、大屏幕显示、交通信号灯、指示灯、手机、特种照明及军用、数码相机等。同时,随着 LED 光视效能的提升及性能的改进,LED 的应用领域也不断拓展。白光 LED 问世后,其发光效率逐年提升,由于其显色性与色温表现渐佳及价格逐年降低等因素,使得 LED 照明应用领域变得更为宽广。相对而言,目前发展较快,但应用不够成熟的领域主要有中大尺寸 LCD 背光源、道路照明、室内照明、汽车照明等,而这几个领域也是 LED 未来发展的几大方向。

4. 产业发展政策

我国在“十一五”期间经济快速发展,电力供给不足和能耗不断上升已成为我国经济发展的两大隐患,为了改善上述问题,在新电力开发有限的情形下,节能变成最主要的手段。

2006 年年初,国务院发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要》,“高效节能、长

寿命的半导体照明产品”被列入中长期规划第一重点领域（能源）的第一优先主题（工业节能），在国内外引起广泛关注。

同时国家科学技术部启动了 863 计划，863 计划中的半导体照明产业分为下列几个方向：第 3 代宽禁带半导体外延材料生长和器件技术研究、130 lm/W 半导体白光照明集成技术研究、100 lm/W 功率型白光 LED 制造技术、MOCVD 装备核心技术及关键原材料产业化技术开发、半导体照明产业技术标准、评价体系与专利战略研究。

1.3 白光 LED

白光 LED 自问世以来，受到了极大关注。近 20 年来，白光 LED 的发展十分迅速，其光视效能提高了近 20 倍，它作为一种新型的固态光源（Solid State Light, SSL），进入照明领域后很快便成为继气体放电灯光源之后的第三代新型光源。

1.3.1 白光 LED 的发展现状

以氮化物为代表的材料体系研究的历史性突破，以及 LED 的三基色发光体系的建立，使得白光 LED 的实现成为可能。20 世纪 90 年代是白光 LED 快速发展的时期，日亚化学公司继 1993 年成功研制了以氮化物为代表的高亮度蓝光 LED 后，仅仅过了 3 年，于 1996 年研制成功了世界上第一只白光 LED，并于 1998 年推向市场。由于白光 LED 具有低能耗、无汞、低电压等优点，符合绿色照明工程的节能、环保和安全的要求，因此世界上的知名学者、研究机构、知名企业都投入了极大的精力和资金来研究和开发白光 LED 光源。

高亮度 LED（High Brightness LED, HB-LED）是未来照明的核心部分，面对巨大的市场挑战，各国政府和世界各大公司都加大了对 HB-LED 芯片及其封装技术的研发力度，以期解决如下两个技术关键：提高 HB-LED 的光视效能（lm/W）以及提高每一器件(组件)总的光通量。

1998 年日本政府制订了“21 世纪光计划”，旨在研究能制作大功率 LED 的高质量材料、高功率管芯以及高效率白光荧光粉。美国能源部设立了“固态照明国家研究项目”（National Research Program on Solid State Lighting），共有 12 个国家重点实验室、公司和大学参加，由国家能源部、国防先进研究计划总署和光电工业发展协会联合资助执行，主要投入研究开发的 LED 厂商有 Lumileds、Cree、Agilent、Gelcore 等国际大企业。2000 年欧共体设立了“彩虹计划”（Rainbow Project AlInGaN for Multicolor Sources），成立了执行研究总署，委托六个大公司和两个大学执行。

1.3.2 白光 LED 的合成技术

目前，LED 正在由指示、显示和背光领域向家用普通照明领域扩展，这一发展趋势使得人们把 LED 技术研发重点放在了白光 LED 上。白光 LED 的制造技术主要有以下三种：

- 1) 用氮化镓（InGaN）蓝光 HB-LED 管芯上加少量以钇铝石榴石（YAG）为主要成分的荧光粉。

- 2) 利用三基色原理将红、绿、蓝三种 HB-LED 混合成白光。

3) 用紫外光 LED 激发三基色荧光粉或其他荧光粉，产生多色光混合成白光。

1. 单晶蓝光 LED 与黄光荧光粉

单晶蓝光 LED 与黄光荧光粉结合，其典型的方法是将荧光粉涂敷于 LED 芯片附近。利用 460nm 的 InGaN 蓝光半导体激发 YAG 荧光粉，荧光粉被激发后生成的 555nm 的黄光与用于激发的蓝光互补而生成白光。图 1-2 给出了单晶蓝光 LED 与黄光荧光粉混光图以及该白光 LED 的发光光谱外形。

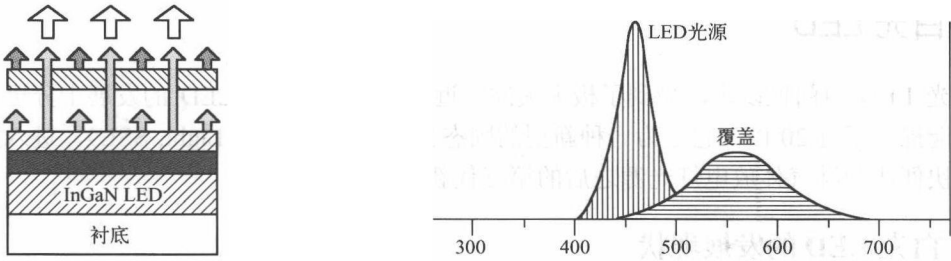


图 1-2 单晶蓝光 LED 芯片与黄光荧光粉混光图

该方法制备简单，效率高，具有实用性。随着蓝光芯片光视效能的不断提升，以及 YAG 荧光粉合成技术的逐渐成熟，单晶蓝光芯片与黄光荧光粉结合成为目前较为成熟的白光 LED 封装技术。

2. 红 LED+绿 LED+蓝 LED

利用红 (R)、绿 (G)、蓝 (B) 三色芯片直接封装成白光二极管是最早用于制成白光的方式，红、绿、蓝三基色光的相互混合在理论上可以得到自然界中所有颜色的光线。如图 1-3 所示为红、绿、蓝三基色芯片配合图。

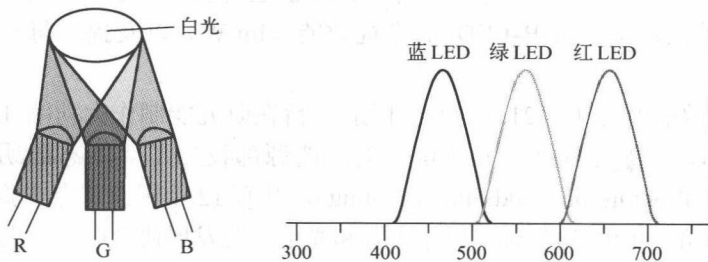


图 1-3 RGB 三基色芯片配合图

这种封装的优点是不需经过荧光粉的转换，由三色 LED 芯片直接将光混合而形成白光，除了可减小荧光粉转换的损失而得到较高的光视效能外，还可以分别控制三色发光二极管的发光强度，得到全彩的变色效果(可变色温)，并且通过芯片波长及发光强度的选择得到较好的显色性。

这种方式制备的 LED 光源，主要应用在散热条件较好的户外显示板、户外景观灯、LCD 背光源等场合。

3. 紫外线 LED+发红/绿/蓝光的荧光粉

白光的另一种合成形式是紫外线 LED (Ultra Violet LED, UV-LED) 配上三色 (R、G、B)