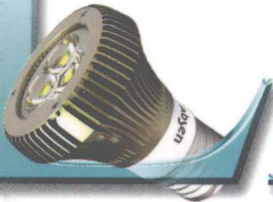


© 刘祖明 黎小桃 编著

LED



照明设计与应用

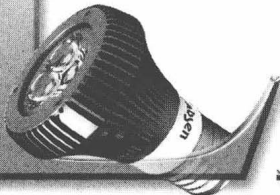


<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

LED



照明设计与应用

© 刘祖明 黎小桃 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

前言

PREFACE

我国是世界上人口最多的国家，电力资源相当贫乏。近 20 年来，每年的用电量增长率均超过 15%，能源危机已十分紧迫。节约资源、减少能耗是关系到当今人类社会可持续发展的重大现实问题。绿色照明作为节约电能、保护环境的重要措施，是人类现代文明的标志之一。1993 年我国把照明节电提升到资源节约工作的优先位置，大力推广高效照明灯具，建立优质长寿、安全可靠、经济适用、减少环境污染的绿色照明系统。

在全球能源短缺、环保要求不断提高的情况下，2008 年北京奥运会和 2010 年上海世博会都不约而同地以“绿色节能”为主题，给 LED 照明产业的发展带来了巨大的历史机遇。

LED 作为新兴的固体照明器件，寿命长达 5~10 万小时，它不仅耗电少、亮度高，而且体积小、抗震动。各种白色、红色、蓝色、绿色、黄色的半导体 LED 产品如雨后春笋般纷纷问世，其创新技术一日千里。

我国是电子制造业大国，手机、汽车等产业是 LED 发展的巨大推动力，而且随国家半导体照明工程的发展，LED 产业具有广阔的发展前景。未来 5 年，我国也将把半导体照明作为一个重大工程进行推动；而科技部也已批准上海、大连、南昌、厦门、深圳五地作为 LED 产业化基地。

本书结合作者多年来在 LED 应用行业的经验，综合目前 LED 照明产业现况，主要介绍 LED 照明领域的室内照明产品（如 LED 日光灯、射灯、台灯、壁灯、吊灯、吸顶灯、球泡等）的设计与应用，以及商业照明产品（如 LED 路灯、景观灯、隧道灯、庭院灯等）的设计与应用。

全书共分 10 章，主要内容包括：LED 基础知识，光与照明基础知识，LED 照明市场分析 & LED 技术参数，射灯类 LED、LED 日光灯、LED 台灯、LED 路灯、LED 景观照明及 LED 广告灯的设计与组装，以及 LED 驱动电路。

本书给出了大量 LED 照明灯具与驱动电路，读者完全可根据给出的电路原理图直接应用或结合具体的使用条件设计出性价比最优的产品。需要说明的是，LED 照明产品种类繁多，书中的实例只是市面上比较常见的一系列产品中的个例，希望读者能够通过本书，了解 LED 照明产品的性能、组装、选购等知识。同时通过实例的学习与制作，达到举一反三的目的。

全书由刘祖明、黎小桃编著，黎小桃编写了第1章、第2章及附录部分，刘祖明编写了第3~10章。刘祖明负责全书的统稿工作。

本书在写作过程中参考了大量书籍，不能一一列举，同时也引用了互联网上的资料，在写作过程中，资料收集和技术交流方面都得到了国内外专业学者和同行的支持，在此一并表示衷心的感谢。

本书的所有实例都经过编著者的实际应用，但由于LED照明设计涉及面广，实用性强，加之编著时间仓促，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，E-mail: lzm091528@126.com。

编 著 者
2011年3月

目录

CONTENTS

第 1 章 LED 基础知识	1
1.1 LED 的基本概念	2
1.1.1 LED 的基本结构与发光原理	2
1.1.2 LED 的特点	5
1.2 LED 芯片的类型	7
1.2.1 LED 芯片介绍	7
1.2.2 LED 的分类	8
1.3 LED 光电参数定义及其详解	9
1.4 LED 外延片相关资料	14
1.5 LED 封装工艺流程和发展	18
1.5.1 LED 的结构	18
1.5.2 LED 封装工艺流程	20
1.5.3 LED 封装的发展过程	20
1.6 LED 的基本特性及使用注意事项	21
1.6.1 常见的 LED 电性能参数	21
1.6.2 静电特性	22
1.7 LED 种类及测试标准	24
第 2 章 光与照明基础知识	27
2.1 光的基本概念及基本度量	28
2.1.1 光的基本概念	28
2.1.2 光的基本度量	28
2.2 光源颜色、色温与显色性	30
2.3 光与视觉	33
2.3.1 视觉	33
2.3.2 光视效能	33
2.3.3 视觉适应	34
2.3.4 可见度与眩光	34
2.3.5 照度及其均匀度	35
2.3.6 亮度与光色舒适度	36

2.4 电光源、电气器件与灯具	36
2.4.1 光源及其分类	36
2.4.2 照明电器附件	39
2.4.3 灯具	40
2.5 灯具销售中必须掌握的光源知识	41
第3章 LED 照明市场分析及 LED 技术参数	47
3.1 LED 照明市场的现状与前景	48
3.2 LED 照明灯具系统组合	49
3.3 LED 灯具设计需注意的几个问题	50
3.4 LED 照明设计需要注意的技术细节	52
3.5 LED 散热器的选择	53
3.6 LED 光学透镜的选择	57
3.7 大功率 LED 规格书	59
3.7.1 LED 封装	59
3.7.2 大功率 LED 规格书	60
3.8 LED 死灯现象分析	64
第4章 射灯类 LED 的设计与组装	67
4.1 LED 灯具的开发前景与目前存在的主要问题	68
4.2 MR16 灯杯的设计与组装	70
4.2.1 MR16 灯杯	70
4.2.2 MR16 灯杯的驱动电源	72
4.2.3 MR16 灯杯 3×1W 的组装工具和材料	76
4.2.4 MR16 灯杯 3×1W 的组装流程	78
4.3 E27/GU10 3W 射灯的设计与组装	81
4.3.1 E27/GU10 灯头电源芯片 SN3910 介绍	82
4.3.2 E27/GU10 3W 射灯设计与组装	84
4.4 PAR LED 灯的设计与组装	89
4.4.1 PAR LED 灯的基础知识	89
4.4.2 5W/7W PAR30 LED 的设计与组装	90
4.4.3 12W PAR38 LED 的设计与组装	94
4.5 球泡灯的设计与组装	96
4.5.1 球泡灯	96
4.5.2 球泡灯的设计与组装	98
4.6 LED 灯杯的设计与组装	100
4.6.1 财神灯的设计与组装	101
4.6.2 24/60 颗 LED 的白色节能灯的设计	105
4.7 LED 产品老化	106

4.8	LED 灯泡市场分析	107
4.9	LED 应用交流电驱动技术说明	110
第 5 章	LED 日光灯的设计与组装	111
5.1	LED 日光灯的性能	112
5.2	LED T8 管的设计与组装	116
5.2.1	LED T8 管驱动器设计	116
5.2.2	LED T8 管的组装	129
5.3	LED 日光灯的 UL 认证要求	136
第 6 章	LED 台灯的设计与组装	139
6.1	LED 台灯简介	140
6.2	LED 照明灯具的调光方式	141
6.3	触摸开关 LED 台灯的设计与组装	143
6.3.1	触摸开关 LED 台灯参数说明	143
6.3.2	触摸开关芯片	144
6.3.3	触摸开关 LED 台灯的设计	149
6.3.4	1 键触摸 LED 灯无级调光 ADA01AL 芯片介绍	151
第 7 章	LED 路灯的设计与组装	155
7.1	LED 路灯的现状与未来	156
7.2	LED 路灯的二次光学设计	157
7.3	LED 路灯的散热技术及技术指标	160
7.4	LED 路灯驱动器的配置	166
7.5	LED 路灯的设计与组装	167
7.6	电源应用于 LED 路灯时的注意事项	180
第 8 章	LED 景观照明的设计与组装	183
8.1	景观照明的术语	184
8.2	LED 景观照明	185
8.3	LED 护栏灯(管)的设计与组装	186
8.4	LED 埋地灯的设计与组装	191
8.5	LED 洗墙灯的设计与组装	193
8.6	LED 数码管的设计与组装	197
第 9 章	LED 广告灯的设计与组装	205
9.1	LED 广告灯箱	206
9.2	LED 广告字	210
9.3	LED 灯带	218
9.4	LED 控制系统	221

9.4.1	LED 控制系统功能分类	223
9.4.2	LED 控制系统的结构与组成	223
9.5	LED 工程设计与安装注意事项	223
第 10 章	LED 驱动电路	229
10.1	LED 驱动技术	230
10.1.1	LED 驱动的技术方案	230
10.1.2	LED 驱动器的特性	236
10.1.3	LED 与驱动器的匹配	238
10.2	白光 LED 驱动技术	241
10.2.1	白光 LED 驱动器	241
10.2.2	白光 LED 驱动电路的设计	243
10.2.3	白光 LED 的并联和串联驱动	244
10.2.4	白光 LED 的驱动电路	245
10.2.5	白光 LED 工作电流的匹配	250
10.3	白光 LED 驱动电路拓扑的选择	253
附录 A	LED 标准或技术文件	257
附录 B	IP 防护等级	259
参考文献		261

LED



照明设计与应用

第1章

LED 基础知识

2. LED 的基本结构

LED 与大功率 LED 的基本结构，如图 1-1 所示。功率 LED 芯片是回焊在导电导热陶瓷基板上，基板材料通常为铜、铝、陶瓷等。功率 LED 芯片的封装形式有贴片式（SMD）、插针式（DIP）、大功率封装（COB）等。功率 LED 芯片的封装形式有贴片式（SMD）、插针式（DIP）、大功率封装（COB）等。功率 LED 芯片的封装形式有贴片式（SMD）、插针式（DIP）、大功率封装（COB）等。

LED 照明不仅带动了 LED 照明产业的快速成长,更重要的是起到了表率作用。LED 照明在奥运场馆、城市景观照明上的出色表现,将会打消人们对于 LED 照明的使用顾虑。我国 LED 照明产业将在 2010 年前后迎来新的发展高峰。在全球能源短缺、环保要求不断提高的情况下,2008 年北京奥运会和 2010 年上海世博会都不约而同地以“绿色节能”为主题,这给我国 LED 照明产业的发展带来了巨大的历史机遇。

本章主要介绍 LED 的发光原理、分类、制作的工艺流程、发展趋势及应用等基础知识。



1.1 LED 的基本概念

发光二极管简称 LED。不同材料制成的发光二极管,发出不同颜色的光。由镓(Ga)、砷(As)、磷(P)的化合物制成的发光二极管中,有发红光的磷砷化镓(GaAsP)二极管、发绿光的磷化镓(GaP)二极管、发黄光的碳化硅(SiC)二极管,当其电子与空穴复合时能辐射出可见光,因而利用该特性制成 LED。LED 在电路及仪器中常常作为指示灯,或者组成矩阵显示文字或数字。

LED 是半导体二极管的一种,可以把电能转化成光能。LED 与普通二极管一样都是由一个 PN 结组成的,同时具有单向导电性。当给 LED 加上正向偏置电压后,从 P 区注入到 N 区的空穴和由 N 区注入到 P 区的电子,在 PN 结附近数微米内分别与 N 区的电子和 P 区的空穴复合,产生自发辐射的荧光。不同的半导体材料中电子和空穴所处的能量状态不同,电子和空穴复合时释放出的能量大小不同。释放出的能量越多,发出的光的波长越短。

1.1.1 LED 的基本结构与发光原理

1. LED 的基本工作原理

LED 是一种直接注入电流的发光器件,是半导体晶体内部受激电子从高能级回到低能级时,发射出光子的结果,这就是通常所说的自发发射跃迁。当 LED 的 PN 结加上正向偏置电压时,注入的少数载流子和多数载流子(电子和空穴)复合而发光。值得注意的是,大量处于高能级的粒子各自分别自发发射一列列的光波,各列光波之间没有固定的相位关系,可以有不同的偏振方向,并且每个粒子所发射的光沿所有可能的方向传播,这个过程称为自发发射。

2. LED 的基本结构

传统 LED 与大功率 LED 的基本结构,如图 1-1 所示。传统 LED 芯片被固定在导电、导热的带两根引线的金属支架上,有反射杯(或反光碗)的引线为负级,另外一根引线为正级。芯片外围封以环氧树脂(帽),一方面可以保护芯片,另一方面起(透镜)聚光作用。LED 的两根引线不一样长时,其中较长的一根为正极。如果 LED 的两根引线一样长,则通

常在管壳上有一凸起的小舌，靠近小舌的引线是正级。LED 灯主要由支架、银胶、晶片、金线和环氧树脂等组成。

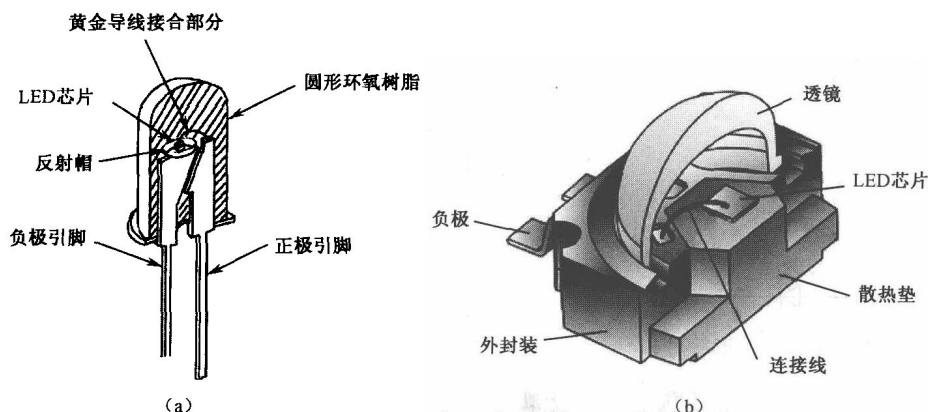


图 1-1 传统 LED 与大功率 LED 的基本结构

LED 芯片及封装向大功率方向发展，在大电流下可产生比 $\phi 5\text{mm}$ LED 大 10~20 倍的光通量，必须采用有效的散热与不劣化的封装材料解决光衰问题，因此，管壳及封装也是其关键技术。目前，能承受数瓦功率的 LED 封装已出现，其中 5W 系列白、绿、蓝绿、蓝的功率型 LED 从 2003 年初开始供货，其白色 LED 光输出达 187lm，光效为 44.3lm/W。并已开发出可承受 10W 功率的 LED 大面积管，尺寸为 $2.5\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ ，可在 5A 电流下工作，其光输出达 200lm，作为固体照明光源有很大的发展空间。

功率型 LED 的热特性直接影响 LED 的工作温度、发光效率、发光波长、使用寿命等，因此，对功率型 LED 芯片的封装设计、制造技术显得尤为重要。

LED 芯片是 LED 器件的核心，其结构如图 1-2 所示。LED 芯片为分层结构，芯片两端是金属电极；底部为衬底材料；中间是由 P 型层和 N 型层构成的 PN 结；发光层被夹在 P 型层和 N 型层之间，是发光的核心区域。P 型层、N 型层和发光层利用特殊的外延生长工艺在衬底材料上制得。在芯片工作时，P 型层和 N 型层分别提供发光所需要的空穴和电子，它们被注入到发光层复合而产生光。LED 的封装示意图如图 1-3 所示。实际中的芯片结构比其要复杂得多。LED 芯片制作技术是 21 世纪的高新技术之一。

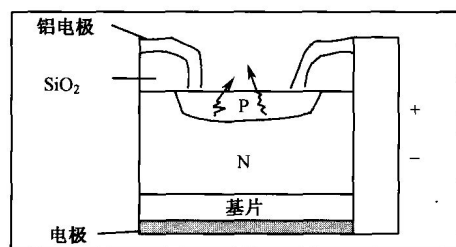


图 1-2 LED 芯片的结构

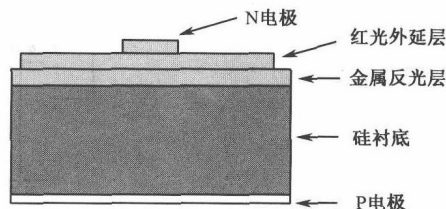


图 1-3 LED 的封装示意图

LED 的图形符号如图 1-4 所示，其文字符号用 VD 表示。低压直流供电（如电池）的简单工作电路，如图 1-5 所示。LED 工作在正向电压偏置时，其发光亮度随正向电流 I_F 的增

大而增强。为限制其工作电流，电路中通常需要串联一个限流电阻（亦称镇流电阻） R 。普通小功率 LED 工作时的正向电压降 V_F 为 $1.5\sim 3V$ ，工作电流 I_F 为 $5\sim 20mA$ 。而白光 LED 的正向电压降范围通常为 $3.0\sim 3.5V$ ，大功率白光 LED 的工作电流达 $350mA$ 乃至 $1A$ 以上，如图 1-6 所示。



图 1-4 LED 的图形符号

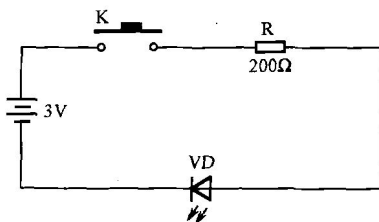


图 1-5 低压直流供电工作电路

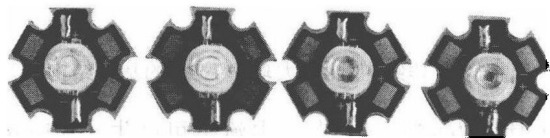


图 1-6 大功率白光 LED（流明型）

3. LED 的发光原理

LED 的核心是 PN 结。因此它具有一般 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，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 1-7 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，再与空穴复合而发光。除了这种发光复合外，还有些电子被非发光中心（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 结的数微米以内产生光。

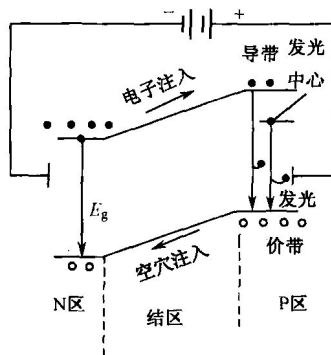


图 1-7 LED 的发光原理

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的禁带宽度 E_g 有关, 即

$$\lambda \approx 1240/E_g \text{ (nm)} \quad (1-2)$$

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。

1.1.2 LED 的特点

LED 作为一种出现时间最晚的照明技术, 自 20 世纪 60 年代诞生以来, 得到了长足的发展和应。而相对于白炽灯、荧光灯等老一代发光器件, LED 的特点主要体现在以下几方面。

① 电压。LED 是低压器件, 驱动单颗 LED 的电压仅需 2.5~3V, 驱动电流为几十到几百毫安, 不会造成触电事故, 因此比较安全, 也适用于低电压电源的场所。

② 耗能。消耗能量较同光效的白炽灯减少 80%。

③ 适用性。LED 体积小、重量轻和厚度薄的特点大大拓展了其应用空间, 可以用来生产各种形状的器件, 并且适合于易变的环境。

④ 稳定性。工作 10 万小时后, 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 环保。LED 中无有害金属水银 (汞)。

⑦ 颜色。不同的芯片材料可以获得不同的单色 LED, 而相同的芯片材料在不同的外延片部位产生的 LED 的光色也各不相同。LED 方便地通过化学修饰方法调整材料的能带结构和禁带宽度, 可实现红、黄、绿、蓝、橙等多色发光。红光工作电压较小, 颜色不同的红、橙、黄、绿、蓝的 LED 的工作电压依次升高。

⑧ 价格。LED 的价格现在越来越平民化, 因 LED 省电的特性, 推测不久的将来, 人们都会把白炽灯换成 LED 灯。现在, 我国部分城市的公路、学校、厂区等场所已换装 LED 路灯、庭院灯等。

⑨ 抗震性能好。LED 是一种电致发光光源, 其结构特性决定了震动对其影响较小。

1. 单色光 LED 的种类及其发展历史

LED 出现于 20 世纪 60 年代初。当时所用的材料是 GaAsP, 发红光 ($\lambda_p=650\text{nm}$), 在驱动电流为 20mA 时, 光通量只有千分之几流明, 相应的发光效率约 0.1lm/W。

70 年代中期, 引入元素铟 (In) 和氮 (N), 使 LED 可产生绿光 ($\lambda_p=555\text{nm}$)、黄光 ($\lambda_p=590\text{nm}$) 和橙光 ($\lambda_p=610\text{nm}$), 光效也提高到 1lm/W。

到了 80 年代初, 出现了 GaAlAs 的 LED 光源, 使得红色 LED 的光效达到 10lm/W。

90 年代初, 发红光、黄光的 InGaAlP 和发绿光、蓝光的 InGaN 研发成功, 使 LED 的光效得到大幅度的提高。在 2000 年, 前者做成的 LED 在红色、橙色区 ($\lambda_p=615\text{nm}$) 的光效达到 100lm/W, 而后者制成的 LED 在绿色区域 ($\lambda_p=530\text{nm}$) 的光效可以达到 50lm/W。现在的 LED 已能发出红色、黄色、蓝色、绿色、橙色、琥珀色、蓝绿双色、红绿双色、黄绿色、纯绿色、翠绿色、白色等各种光束。

对于一般照明而言，人们更需要白色的光源。1998 年，白光 LED 研发成功。白光 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，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，可以获得色温为 3500~10 000K 的各色白光。

半导体材料的发光机理决定了单一 LED 芯片不能发出连续光谱的白光，必须以其他方式合成白光。目前产生白光的方式有两种：一种是用单色光激发荧光粉发出其他颜色的光，最终混合成白光，即单芯片型；另一种是将几种发不同色光的芯片封装在一起，构成发白光的 LED，即多芯片型。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、蓝三基色荧光粉发白光
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、InGaAlP	将发三原色的三种芯片封装在一起发出白光
多个	多种色光的 LED	InGaN、InGaAlP、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

单芯片型结构又可分为三种。

(1) 将蓝色 LED GaInN 芯片与钇铝石榴石（YAG）荧光粉组合成二基色白光 LED，或由 InGaN（蓝光峰值 430nm 或 470nm）与红色（650nm）、绿色（540nm）荧光粉组成三基色白光 LED。

(2) 利用蓝色 ZnSe 为基体制成芯片，与衬基发出的黄光复合成白光。

(3) 用 InGaN LED 发出的紫外光激励三基色荧光粉发出白光。

2. 单色光 LED 的应用

最初 LED 用做仪器仪表的指示光源，后来各种色光的 LED 在交通信号灯和大面积显示屏中得到了广泛应用，产生了很好的经济效益和社会效益。以 12 英寸（in）的红色交通信号灯为例，在美国交通信号灯本来是采用长寿命、低光效的 140W 白炽灯作为光源的，它产生 2000lm 的白光。经红色滤光片后，光损失 90%，只剩下 200lm 的红光。而在新设计的灯中，Lumileds 公司采用了 18 个红色 LED 光源，包括电路损失在内，共耗电 14W，可产生同样的光效。

汽车信号灯也是 LED 光源应用的重要领域。1987 年，我国开始在汽车上安装高位刹车灯，由于 LED 响应速度快（纳秒级），可以及早让尾随车辆的司机知道行驶状况，在一定程度上减少了汽车追尾事故的发生。另外，LED 灯在室外红、绿、蓝全彩显示屏，匙扣式微型电筒等领域也得到了应用。

白光 LED 的出现, 是 LED 从标志功能向照明功能跨出的实质性的一步。白光 LED 最接近日光, 更能较好地反映照射物体的真实颜色, 所以, 从技术角度看, 白光 LED 无疑是 LED 最尖端的技术。

白光 LED 的应用市场非常广泛, 也是取代白炽钨丝灯泡及荧光灯的“杀手”。目前, 白光 LED 已开始进入一些应用领域, 应急灯、手电筒、闪光灯等产品相继问世。但是, 由于其价格十分昂贵, 故而难以普及。一组亮度相当于 40W 白炽灯的白色 LED, 其售价为 220 美元。白色 LED 普及的前提是价格下降, 而价格下降必须在白色 LED 形成一定的市场规模后才有可能, 毫无疑问, 两者的融合最终有赖于技术进步。



1.2 LED 芯片的类型

1.2.1 LED 芯片介绍

1. MB 芯片定义与特点

MB (Metal Bonding, 金属黏着) 芯片属于 UEC 的专利产品, 其特点如下。

(1) 采用高散热系数的材料——Si 作为衬底, 散热容易。热导率 (Thermal Conductivity) 分别为:

- GaAs: $46\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;
- GaP: $77\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;
- Si: $125 \sim 150\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。
- Cu: $300 \sim 400\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。
- SiC: $490\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

(2) 通过金属层来接合磊晶层和衬底, 同时反射光子, 避免衬底的吸收。

(3) 导电的 Si 衬底取代 GaAs 衬底, 具有良好的热传导能力 (导热系数相差 3~4 倍), 更适应于高驱动电流领域。

(4) 底部金属反射层, 有利于光度的提升及散热。

(5) 尺寸可加大, 应用于高功率领域, 如 42mil MB。

2. GB 芯片定义和特点

GB (Glue Bonding, 黏着结合) 芯片属于 UEC 的专利产品, 其特点如下。

(1) 透明的蓝宝石衬底取代吸光的 GaAs 衬底, 其发光功率是传统 AS (Absorbable Structure) 芯片的 2 倍以上, 蓝宝石衬底类似 TS 芯片的 GaP 衬底。

(2) 芯片四面发光, 具有出色的 Pattern 图。

(3) 其整体亮度已超过 TS 芯片的水平 (8.6mil)。

(4) 双电极结构, 其耐大电流性质稍差于 TS 单电极芯片。

3. TS 芯片定义和特点

TS (Transparent Structure, 透明衬底) 芯片属于 HP 的专利产品, 其特点如下:

- (1) 芯片工艺制作复杂, 远高于 AS LED。
- (2) 可信赖性高。
- (3) 透明的 GaP 衬底, 不吸收光, 亮度高。
- (4) 应用广泛。

4. AS 芯片定义与特点

AS (Absorbable Structure, 吸收衬底) 芯片, 经过近四十年的发展努力, 中国台湾 LED 光电业界对于该类型芯片的研发、生产、销售已趋于成熟。

大陆芯片制造业起步较晚, 其亮度及可靠度与台湾业界还有一定的差距, 在这里我们所谈的 AS 芯片, 特指 UEC 的 AS 芯片, 如 712SOL-VR、709SOL-VR、712SYM-VR、709SYM-VR 等, 其特点如下:

- (1) 四元芯片, 采用 MOVPE 工艺制备, 较常规芯片亮。
- (2) 信赖性优良。
- (3) 应用广泛。

发光二极管芯片材料磊晶种类如下:

LPE: Liquid Phase Epitaxy (液相磊晶法) GaP/GaP。

VPE: Vapor Phase Epitaxy (气相磊晶法) GaAsP/GaAs。

MOVPE: Metal Organic Vapor Phase Epitaxy (有机金属气相磊晶法) InGaAlP、GaN。

SH: GaAlAs/GaAs Single Heterostructure (单异型结构) GaAlAs/GaAs。

DH: GaAlAs/GaAs Double Heterostructure (双异型结构) GaAlAs/GaAs。

DDH: GaAlAs/GaAlAs Double Heterostructure (双异型结构) GaAlAs/GaAlAs。

1.2.2 LED 的分类

1. 按发光颜色分类

按发光颜色, LED 可分成红色、橙色、绿色 (又细分为黄绿、标准绿和纯绿)、蓝色等。另外, 有的 LED 中包含两种或三种颜色的芯片。

根据 LED 发光处掺或不掺散射剂、有色还是无色, 上述各种颜色的 LED 还可分成有色透明、无色透明、有色散射和无色散射四种类型。散射型 LED 常作为指示灯使用。

2. 按发光管出光面特征分类

按发光管出光面特征, LED 可分为圆形灯、方形灯、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。国外通常把 $\phi 3\text{mm}$ 的LED记作T-1；把 $\phi 5\text{mm}$ 的LED记作T-1 (3/4)；把 $\phi 4.4\text{mm}$ 的LED记作T-1 (1/4)。

由半值角大小可以估计圆形发光强度角的分布情况。根据发光强度角分布图LED可分为三类。

(1) 高指向型。一般为尖头环氧封装，或带金属反射腔封装，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，可作为局部照明光源使用，或与光检出器联用以组成自动检测系统。

(2) 标准型。通常作为指示灯使用，其半值角为 $20^\circ \sim 45^\circ$ 。

(3) 散射型。散射型是视角较大的指示灯，半值角为 $45^\circ \sim 90^\circ$ 或更大，散射剂量较大。

3. 按结构分类

按照结构不同，LED分为全环氧包封、金属底座环氧封装、陶瓷底座环氧封装及玻璃封装等。

4. 按发光强度和工作电流分类

按发光强度和工作电流分类，LED分为普通亮度的LED（发光强度 $<10\text{mcd}$ ）、超高亮度的LED（发光强度 $>100\text{mcd}$ ）和高亮度LED（TOP LED），其发光强度为 $10 \sim 100\text{mcd}$ 。

一般LED的工作电流在十几mA至几十mA，而低电流LED的工作电流在2mA以下（其亮度与普通发光管相同）。

除上述分类方法外，还有按芯片材料和按功能等将LED分类的方法。



1.3 LED 光电参数定义及其详解

1. 可见光谱

光是一定波长范围内的一种电磁辐射。电磁辐射的波长范围很广，最短的如宇宙射线，其波长只有 $10^{-14} \sim 10^{-15}\text{m}$ ；最长的如无线电波，其波长可达数千公里。在电磁辐射范围内，只有波长为 $380 \sim 780\text{nm}$ 的电磁辐射能够引起人的视觉，这段波长叫做可见光谱，如图1-8所示。电磁波谱波长区域如表1-2所示。

图1-8中所标数值均以基本单位表示，即频率为赫兹（Hz），波长为米（m）。由于使用上述单位时，波长的数值太大，有必要使用更小的单位来度量可见光谱的波长，因此采用了标准毫微米（又称纳米，符号为nm）， $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ 。人眼能起视觉反映的最长和最短波长分别为 780nm 和 380nm ，它们分别处在光谱的红色端与紫色端。