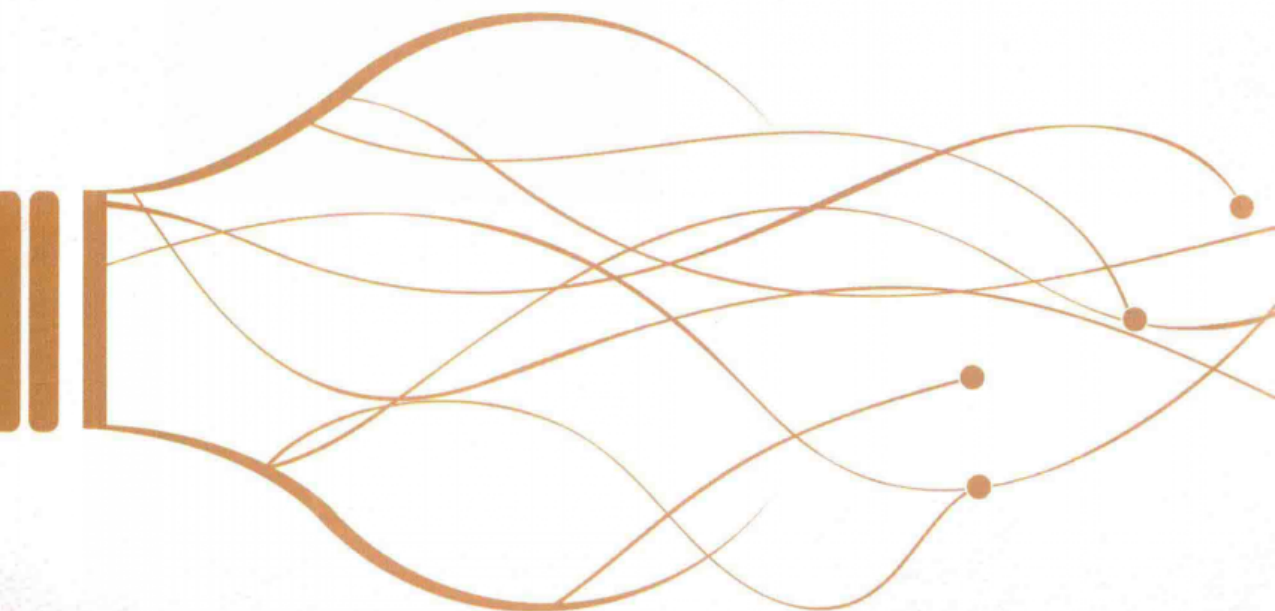


LED

照明设计与应用

王永兰 程利容 / 主编



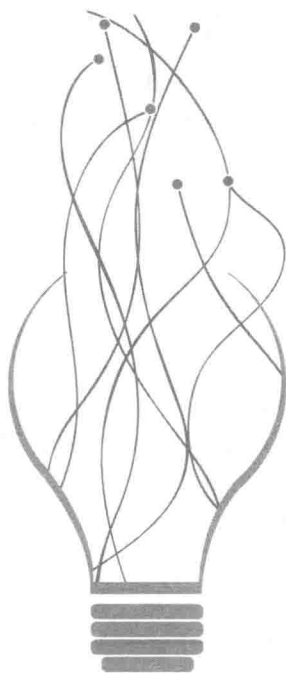
电子科技大学出版社

LED

照明设计与应用

王永兰 程利容 / 主编

LED ZHAOMING SHEJI YU YINGYONG



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

LED 照明设计与应用 / 王永兰, 程利容主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2017.5
ISBN 978-7-5647-4388-8

I. ① L… II. ①王… ②程… III. ①发光二极管—照明设计 IV. ① TN383.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 104670 号

LED 照明设计与应用

王永兰 程利容 主编

出版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 罗 雅

责任编辑: 唐祖琴

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都市火炬印务有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 12 字数 308 千字

版 次: 2017 年 5 月第一版

印 次: 2017 年 5 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-4388-8

定 价: 38.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

LED 是一种可将电能转变为光能的半导体发光器件,属于固态光源。LED 优点众多,除了寿命长、耗能低之外,控制也极为方便,是一种典型的绿色照明光源。随着大功率白光 LED 的开发成功,LED 在照明领域得以推广应用,使照明技术面临一场新的革命。在通用照明领域,LED 照明灯具具有体积小、重量轻、方向性好、节能、寿命长、适用于各种恶劣环境条件等优势,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。

LED 作为一种新型照明技术,其应用前景非常广阔,尤其是高亮度 LED 被誉为 21 世纪最有价值的光源,必将引起照明领域一场新的革命。白光 LED 无论是在发光原理上还是在功能等方面都具有其他传统光源无法比拟的优势,因此,LED 照明已成为 21 世纪照明领域的一种趋势。LED 新光源促进了照明灯具设计开发的创新,在很大程度上改变了传统照明的设计观念,使照明灯具向更加节能化、健康化、艺术化和人性化的方向发展。

在 21 世纪,照明设计将以 LED 光源为主流,为此本书将 LED 照明设计基础知识与 LED 照明工程设计有机地结合起来,系统地介绍了从事 LED 照明工程设计必备的基础知识,以及 LED 照明技术在道路、隧道、桥梁、广场、园林等照明领域应用的设计原则和方法。在本书写作中,尽量做到有针对性和实用性,在保证科学性的同时注意通俗性,以便读者掌握 LED 照明工程的设计方法和 LED 照明最新的工程应用技术。

由于作者水平有限,书中难免有不当之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 LED 基础知识	1
1.1 LED 的基本概述	1
1.2 LED 芯片介绍	13
1.3 LED 外延片的选择要点及相关参数	15
1.4 LED 的发光原理及特性	18
1.5 白光的原理	33
第2章 光与照明基础知识	36
2.1 光的基本知识	36
2.2 光源	39
2.3 光与视觉效果	48
第3章 LED 的技术与应用	52
3.1 LED 技术的发展进程	52
3.2 LED 照明市场的现状与前景	54
3.3 LED 封装的构造与构成材料	56
3.4 LED 照明设计技术	62
第4章 LED 射灯设计	68
4.1 MR16 灯杯的设计	68
4.2 E27/GU10 3W 射灯的设计与组装	77
4.3 PAR LED 灯的设计	85
4.4 LED 球泡设计	90
4.5 LED 灯杯的设计与组装	95
第5章 LED 日光灯设计	99
5.1 LED 日光灯简介	99
5.2 LED 日光灯的设计	106

第 6 章 LED 台灯设计	120
6.1 LED 台灯简介	120
6.2 LED 照明灯具的调光方式	122
6.3 触摸开关 LED 台灯	124
第 7 章 LED 路灯设计	134
7.1 LED 路灯的基础知识	134
7.2 电源应用于 LED 路灯时的注意事项	150
7.3 风光互补 LED 路灯设计	152
第 8 章 LED 景观照明设计	159
8.1 景观照明的术语	159
8.2 LED 埋地灯的设计与组装	170
8.3 LED 洗墙灯的设计与组装	171
第 9 章 LED 安装与施工	175
9.1 LED 的室内安装与施工	175
9.2 LED 的户外安装与施工	178
参考文献	183

第1章 LED 基础知识

1.1 LED 的基本概述

1.1.1 LED 照明技术的发展

LED 即发光二极管,是一种能够将电能转化为可见光的固态半导体器件,它可以直接把电能转化为光能,其英文为 Light Emitting Diode,习惯上用英文首字母 LED 来表示该器件的名称。它诞生于 20 世纪 60 年代初,其内在特征决定了它是目前最理想的光源,在光电系统中应用极为普遍。与其他光源相比,LED 具有节能、环保、安全、寿命长、能耗低、发热少、亮度高、防水、防振、易调光、光束集中、维护方便等诸多独特的优点。

LED 的发展经历了一个漫长而曲折的过程。

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, 研究被摒弃了。20 世纪 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 发表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 60 年代面世。据说在早期的试验中, LED 需要放置在液化氮里, 更需要进一步的操作与突破以便能在室温下高效率地工作。第一个商用 LED 仅仅只能发出不可见的红外光, 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。

20 世纪 70 年代中期, 磷化镓被使用作为发光光源, 随后就发出灰白绿光。LED 采用双层磷化镓芯片(一个是红色, 另一个是绿色), 能够发出黄色光。就在此时, 苏联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 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 90 年代早期, 采用铝钨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 90 年代早期, 再二次利用的是金

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,它与苏联以前的黄光 LED 一样光源暗淡。90 年代中期,出现了超亮度的氮化镓 LED,随后又制造出能产生高强度的绿光和蓝光氮化镓 LED。

LED 的出现使人们能利用倒行转换的磷光材料将较高能量的蓝光部分转换成其 LED 照明设计基础与技术应用的其他颜色。将蓝光与转换磷的黄光整合在一起就能得到白光,而整合适当数量的蓝光与红橙磷则可以产生略带桃色或紫色的色彩。现在仅用 LED 光源就能完全覆盖 CIE 色度曲线中的所有饱和颜色,并且各种颜色 LED 与磷的有机整合几乎能够毫无限制地产生任何颜色。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。最近开发的 LED 不仅能发射出纯紫外光,而且能发射出真实的“黑色”紫外光。那么 LED 发展到底能走多远,不得而知。也许某天就能开发出能发出 X 射线的 LED。

LED 的发展不单纯是它的颜色还有它的亮度,像计算机一样,遵守摩尔定律的发展。每隔 18 个月它的亮度就会增加一倍。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 LED 则开始出现在超亮度的领域,将会在接下来的一段时间继续发展下去。

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 灯,但色泽不均匀,使用寿命短,价格高。随着技术地不断进步,近年来白光 LED 节能灯的发展相当迅速,白光 LED 节能灯的发光效率已经达到 381m/W ,实验室研究成果可以达到 701m/W ,大大超过白炽灯,向荧光灯逼近。在可靠性方面,LED 的半衰期(即光输出量减少到最初值一半的时间)大概是 1 万~10 万小时。相反,小型指示型白炽灯的半衰期(此处的半衰期指的是有一半数量的灯失效的时间)典型值是 10 万到数千小时不等,具体时间取决于灯的额定工作电流。

三原色(RGB)LED 的改进,显著改善了白色及彩色 LED 字幕。红绿蓝(RGB)LED 把红、绿、蓝三种颜色的芯片封装在一起,能够发出不同颜色的光。以前,(RGB)LED 发出的混色光非常不稳定,而高功率 LED 驱动器成功解决了这一技术难题。最近高功率的(RGB)LED,比如 Lumex 公司的 AstraLED,使得白色光和彩色光都非常稳定、柔和。

1.1.2 LED 的技术特性与参数

1. LED 的基本结构与发光原理

LED 与普通二极管一样,仍然由 PN 结构成,同样具有单向导电性,如图 1-1 所示。LED 工作在正偏状态,在正向导通时能发光,所以它是一种把电能转换成光能的半导体器件。

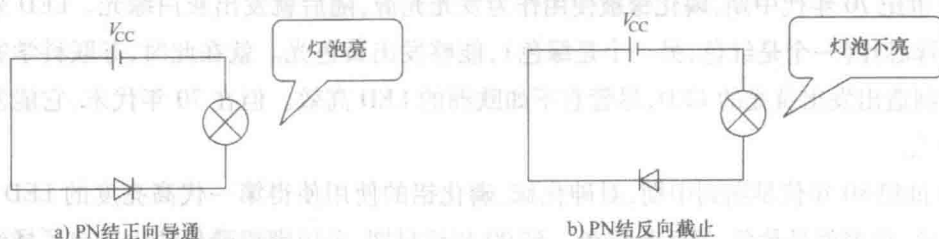


图 1-1 PN 结的单向导电性

LED 半导体在正向偏压下发光是通过电子与空穴的复合运动,将复合的能量以光(有效复合)或热(无效复合)的形式释放,发出的光场呈扇形分布,其发光强度略大于最大强度的一半之处所构成的角度,称为半强度角。在正向电压下,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 1-2 所示。

典型的点光源属于高指向性光源,如图 1-3 所示。如果将多个 LED 芯片封装在一个面板上,就构成了面光源,它仍具有高指向性,如图 1-4 所示。

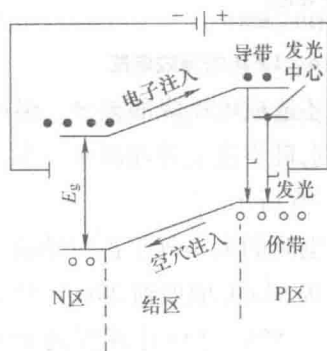


图 1-2 LED 发光原理



图 1-3 LED 点光源

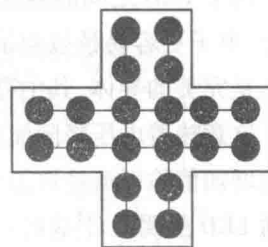


图 1-4 LED 面光源

LED 获得白光的方法是利用同时在两种或更多种发光层中发出的光进行混合来得到白光。这种技术建立在连续沉积或不同材料的共蒸发和对激子复合区控制的基础上。在这种结构中,包含了许多有机-无机界面,界面处的能垒增加了载流子的注入难度,并且产生焦耳热。因此,为了减小有机-无机界面处的电荷注入能垒和焦耳热,发光材料的选择原则是邻近发光材料的最高被占用分子轨道和分子最低空余轨道需要相互匹配。器件的发光取决于每个层的成分和膜厚,需要对发光层的成分和膜厚进行精确控制才能使颜色平衡。复合区通过在空穴传输层和电子传输层中间加入仅对一种载流子具有阻挡作用的阻挡层来进行控制,以便复合区发生在两种或三种不同的发光层中。这样做的结果是在不同的发光层中都发出光。

2. LED 的导通压降

LED 可以看成恒压负载。LED 的电压降取决于内部光子发射所需跃过的能量势垒。能量势垒由颜色决定,即电压降也取决于发光颜色。由于生产过程的差异,使得每一个 LED 的波长不完全相同,因此也造成了电压降上的差异。最高波长的偏差带通常为 $\pm 10\%$ 。如图 1-5 所示为 LED 正向导通电压降与颜色和电流的关系曲线。在导通起始点,红光 LED 的导通电压降 K 约为 2V,蓝光 LED 的导通电压降约为 3.5V。具体的电压降值取决于不同制造厂商选用的掺杂材料和波长。

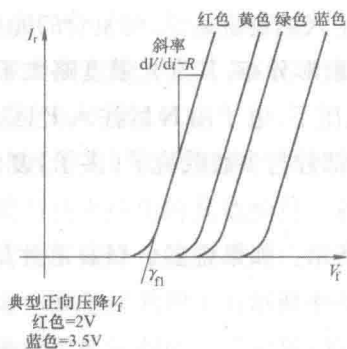


图 1-5 LED 导通压降与颜色和电流的关系曲线



图 1-6 LED 的等效电路

两个 LED 之间的温度不同也会带来颜色上的不同,并且还造成电压降的差异。温度较高时,电子更容易越过能量势垒。电压降以每度两毫伏的比例,随温度上升而减少。半导体并不是完美的导体,其中存在与恒压负载串联的电阻,如图 1-6 所示。

这意味着电压降随流经的电流值增大而上升。等效串联电阻的大小等于正向导通电压降的增加值除以流经电流的增加值。例如,如果流经的电流从 10mA 增加到 20mA,对应的导通 LED 照明设计基础与技术应用电压降从 3.5V 增加到 3.55V,则可计算得到 $ESR = 50\text{mV}/10\text{mA} = 5$ 。

在图 1-6 中,稳压二极管被当作理想器件。实际上,稳压二极管也有 ESR,其值比 LED 的还要大。在 LED 驱动电源的早期测试阶段,5W、3.9V 的稳压二极管可用来替代(白光)LED 作为负载。若驱动电源不能按照设计正常工作,稳压二极管就会发生损坏。稳压二极管损坏的成本,要比大功率 LED 低得多。而且,稳压二极管在工作过程中,不会发出使测试工程师目眩的光。

在 LED 驱动电路设计时,最常见的错误是基于 LED 正向导通电压降典型值 $V_{f,typ}$ 进行设计。这种设计思路包括把多个 LED 串并联起来,并认为各 LED 串的总正向导通电压降是相同的,流经各串的电流也是相等的。实际上,LED 正向导通电压降的偏差很大。例如,单颗 1W 的 Luxeon Star 型白光 LED 的正向导通电压降典型值为 $K = 3.42\text{V}$,但实际值中最小的仅 2.79V,最大的达 3.99V。正向导通电压降的偏差高达 $\pm 15\%$ 。

3. LED 的技术参数

(1) 极限参数

①允许功耗 P_m :允许加于 LED 两端正向直流电压与流过它的电流之积的最大值。超过此值,LED 会因为发热而损坏。

②最大正向直流电流 I_{fm} :允许加在 LED 两端的最大正向直流电流。超过此值,可损坏 LED。

③最大反向电压 V_{Rm} :允许加在 LED 两端的最大反向电压。超过此值,LED 可能被击穿损坏。

④工作环境 t_{op} :LED 正常工作环境温度范围。低于或高于此温度范围,LED 将不能正常工作,效率大大降低。

(2) 电参数

①光谱分布和峰值波长:某一个 LED 所发的光并非单一波长,其波长大体按照如图 1-7 所示的波形分布。由图可见,该 LED 所发出的光中某一波长的光强最大,该波长则为峰值波长。

②发光强度:LED 的发光强度通常是指法线(对圆柱形发光管是指其轴线)方向上的发光强度。若在该方向上辐射强度为 $(1/683) \text{ W/sr}$ 时,则发光 1 坎德拉(符号为 cd)。由于一般 LED 的发光强度小,所以发光强度常用毫坎德拉(mcd)作为单位。

③光谱半宽度:表示 LED 的光谱纯度。如图 1-8 所示为 $1/2$ 峰值光强所对应两波长的间隔。图中为两只不同型号 LED 发光强度角分布的情况。中垂线(法线)的坐标为相对发光强度(即发光强度与最大发光强度之比)。显然,法线方向上的相对发光强度为 1,离法线方向的角度越大,相对发光强度越小。由此图就可以得到半视角或视角。

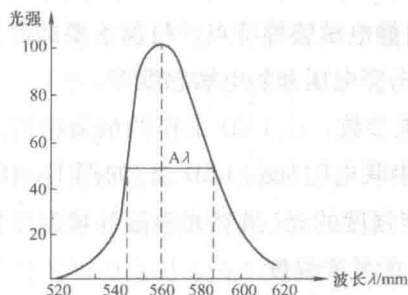


图 1-7 LED 光谱分布和峰值波长

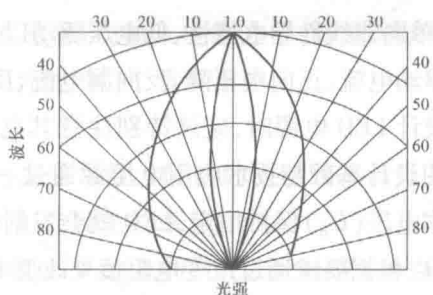


图 1-8 光谱半宽度

④半视角和视角:是指发光强度值为轴向强度值一半的方向与发光轴向(法线方向)的夹角。半视角的 2 倍为视角(或称半功率角)。

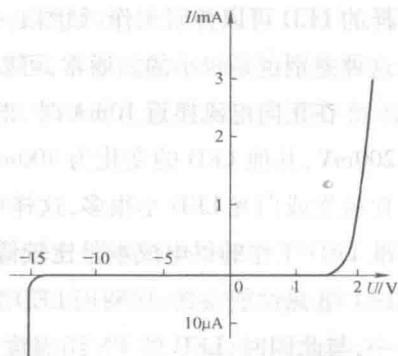
⑤正向工作电流 I_f :是指 LED 正常发光时的正向电流值。在实际使用中,应根据需要选择在 $0.6I_{fm}$ 以下。

⑥正向工作电压 U_f :元件参数表中给出的工作电压是在给定的正向电流下得到的,一般是在 $I_f = 20\text{mA}$ 时测得的。普通 LED 的正向工作电压 U_f 在 $1.4 \sim 3\text{V}$ 。当外界温度升高时, U_f 将下降。

⑦ $U-I$ 特性:LED 的电压与电流的关系如图 1-9 所示。在正向电压小于某一值(叫阈值)时,电流极小,LED 不发光。当电压超过某一值后,正向电流随电压迅速增加,LED 发光。由 $U-I$ 曲线可以得出 LED 的正向电压、反向电流及反向电压等参数。

(3) LED 的性能参数

不同的应用场所,决定了对 LED 产品的性能要求。从光学性能来看,用于显示的 LED,主要是亮度、视角分布、颜色等参数。用于普通照明的 LED,更注重光通量、光束的空间分布、颜色、显色特性等参数。而生物应用的 LED,则更关注生物有效辐射功率、有效辐射照度等参数。LED 既是一种光源,又是一种功率型的半导体器件,因此,有关它的性

图 1-9 LED 的 $U-I$ 特性

能参数必须从光学、电学和热学等诸多方面进行综合评价。从目前 LED 产品的结构及产业发展的角度看,照明 LED 产品主要需考虑光学性能、电性能、热性能、辐射安全、可靠性和寿命等几方面的参数。

①光学性能参数:LED 的光学性能主要涉及光谱、光度和色度等方面的性能要求。根据新制定的行业标准《半导体发光二极管测试方法》,主要有发光峰值波长、光谱辐射带宽、轴向发光强度、光束半强度角、光通量、辐射通量、发光效率、色品坐标、相关色温、色纯度和主波长、显色指数等参数。显示用的 LED,主要是视觉的直观效果,对相关色温和显色指数不做要求。而照明用的白光 LED,上述两个参数就尤为重要,它是照明气氛和效果的重要指标,而色纯度和主波长一般没有要求。

②电性能参数:LED 的 PN 结电特性,决定了 LED 在照明应用中区别于传统光源的电气性能,即单向非线性导电特性、低电压驱动以及对静电敏感等特点。目前主要的测量参数包括正向驱动电流、正向电压降、反向漏电流、反向击穿电压和静电敏感度等。

在设计 LED 电源时,应该特别注意其电性能参数。让 LED 工作的最简单的方法是把 LED 照明设计基础与技术应用电压源通过一个串联电阻加到 LED 上,如图 1-10a) 所示。只要工作电压(U_B)保持恒定,LED 就会发射恒定强度的光(虽然光强随环境温度增高而减弱)。可以根据要求通过改变电阻值来改变 LED 的发光强度。

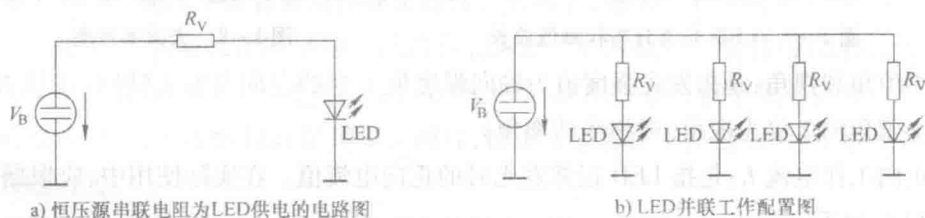


图 1-10 最基本的 LED 应用电路

LED 发射的彩光(发射波长)在正向电流、工作电压和环境温度变化时能相对保持恒定。标准绿光 LED 的发射波长为 565nm 左右,公差只有 25nm。因其色差是很小的,几个这样的 LED 可以并联工作,如图 1-10b) 所示。正向电压的正常变化会导致光强略有变化,但这种差别也是较小的。通常,可以忽略来自同一厂家和同一批号的 LED 的差别。

在正向电流接近 10mA 时,正向电压随正向电流有较小的变化,红光 LED 的变化大约为 200mV,其他 LED 的变化为 400mV 左右。在正向电流低于 10mA 时,红光 LED 的正向电压比蓝光或白光 LED 小很多,这样可直接用锂电池或 3 节镍氢电池为它们供电。因此,使用标准 LED 工作的供电成本是比较低的。

③热性能参数:照明用 LED 发光效率和功率的提高是当前 LED 产业发展的关键问题之一,与此同时,LED 的 PN 结温度及壳体散热问题显得尤为重要,一般用热阻、壳体温度、结温等参数表示。

④辐射安全参数:目前,国际电工委员会 IEC 将 LED 产品等同于半导体激光器的要求进行辐射的安全测试和论证。因 LED 是窄光束、高亮度的发光器件,考虑到其辐射可能危害人眼

视网膜,因此,对于在不同场合应用的 LED,国际标准规定了其有效辐射的限值要求和测试方法。目前在欧盟和美国,照明 LED 产品的辐射安全作为一项强制性的安全要求执行。

⑤可靠性和寿命参数:可靠性指标是衡量 LED 在各种环境中正常工作的能力。在液晶背光源和大屏幕显示中特别重要。寿命是评价 LED 产品可用周期的质量指标,通常用有效寿命或终了寿命表示。在照明应用中,有效寿命是指 LED 在额定功率条件下,光通量衰减到初始值的规定百分比时所持续的时间。

4. LED 的发光效率

(1) 内部效率和外部效率

发光效率是光通量与电功率之比。LED 的效率有内部效率(PN 结附近由电能转化成光能的效率)与外部效率(辐射到外部的效率)之分,内部效率只是用来分析和评价芯片优劣的特性。LED 最重要的特性是辐射出光能量(发光量)与输入电能之比,即发光效率。发光效率代表了光源的节能特性,这是衡量现代光源性能的一个重要指标。

(2) 流明效率

流明效率是评价具有外封装的 LED 特性的主要参数。LED 的流明效率高是指在同样外加电流下辐射可见光的能量较大,故也叫作可见光发光效率。

随着白光 LED 芯片发光效率地不断提升,80lm/W 以上的白光芯片已成为市场主流,而实验室中更可做出 150lm/W 以上的芯片。这些令人振奋的消息与事实,已使 LED 与传统金属钠灯的性能比相接近,并有凌驾于传统金属钠灯之上的趋势。

1.1.3 LED 及其产品的种类

目前,应用日渐普及的 LED 发光管品种很多,业界对 LED 分类的方法也比较多。下面简要介绍 LED 的几种常用分类方法。

1. LED 灯管的分类

(1) 按发光颜色分

按发光颜色,可分为红光、橙光、绿光(又细分为黄绿、标准绿和纯绿)、蓝光等。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 还可分为有色透明、无色透明、有色散射和无色散射四种类型。散射型 LED 一般作为指示灯使用。

(2) 按出光面特征分

按出光面特征,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。圆形灯按直径分为 2mm、4.4mm、5mm、8mm、10mm 及 20mm 等类型。国外通常把 3mm 的 LED 记作 T-1,把 5mm 的 LED 记作 T-1(3/4),把 4.4mm 的 LED 记作 T-1(1/4)。

(3) 按封装结构分

按封装结构,可分为全环氧包封、金属底座环氧封装、陶瓷底座环氧封装及玻璃封装等结构。

(4) 按发光强度和工作电流分

按发光强度和工作电流,可分为普通亮度的 LED(发光强度在 100mcd 以下)和高亮度 LED(100mcd 以上)。一般 LED 的工作电流为十几毫安至几十毫安,而小电流 LED 的工作电流在 2mA 以下(亮度与普通发光管相同)。

(5) 按发光强度角分

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。这种 LED 的半值角为 $5^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 或更小,具有很强的指向性,可作为局部照明光源使用,或与光检测器串联在 LED 照明设计基础与技术应用中,以组成自动检测系统。

②标准型:通常用作指示灯,其半值角为 $20^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。

③散射型:一般作为视角较大的指示灯,其半值角为 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 或更大,其特点是所添加散射剂的量较大。

(6) 按波长分

按波长可分为可见光 LED(380 ~ 780nm)和不可见光 LED(红外线遥控器的 LED 的波长为 850 ~ 950nm,光通信光源的 LED 的波长为 1300 ~ 1550nm)。

(7) 按 LED 的结构分类

按 LED 的结构可分为全环氧包封、金属底座环氧封装、陶瓷底座环氧封装及玻璃封装等结构。

2. LED 显示屏的分类

(1) 根据应用场所分类

①室内屏:室内屏主要用于室内,在制作工艺上首先是把发光晶粒做成点阵模块(或数码管),再由模块拼接为一定尺寸的显示单元板。根据用户要求,以显示单元板为基本单元拼接成用户所需要的尺寸。根据像素点的大小,室内屏分为 $\phi 3\text{mm}$ 、 $\phi 3.75\text{mm}$ 、 $\phi 5\text{mm}$ 、 $\phi 8\text{mm}$ 和 $\phi 10\text{mm}$ 等规格。

②室外屏:室外屏主要用于室外,在制作工艺上首先是把发光晶粒封装成单个的发光二极管,称之为单灯。用于制作室外屏的单灯一般都采用具有聚光作用的反光杯来提高亮度,再由多只 LED 单灯封装成单只像素管或像素模组,而由像素管或像素模组成点阵式的显示单元箱体。然后根据用户需要及显示应用场所,以一个显示单元箱体为基本单元组成所需要的尺寸。箱体在设计上应密封,以达到防水防雾的目的,使之适应室外环境。根据像素点的大小,室外屏分为 $\phi 10\text{mm}$ 、 $\phi 12\text{mm}$ 、 $\phi 16\text{mm}$ 、 $\phi 18\text{mm}$ 、 $\phi 21\text{mm}$ 和 $\phi 26\text{mm}$ 等规格。

(2) 根据 LED 的颜色分类

①单基色:单基色的每个像素点只有一种颜色,多数用红色,因为红色的发光效率较高,可以获得较高的亮度。也可以用绿色,还可以是混色,即一部分用红色,一部分用绿色,一部分用黄色。

②双基色:双基色的每个像素点有红、绿两种基色,可以叠加出黄色。在有灰度控制的情况下,通过红、绿不同灰度的变化,可以组合出最多 65 535 种灰度颜色。

③全彩色:全彩色也称三原色,每个像素点有红、绿、蓝三种基色。在有灰度控制的情况下,通过红、绿、蓝不同灰度的变化,可以很好地还原自然界的色彩,组合出16 777 216种颜色。

(3) 根据功能分类

①条屏:条屏主要用于显示文字,可用遥控器输入;也可与计算机联机使用,通过计算机发送信息,也可以脱机工作。因为这类屏幕多做成长形,故称为条屏,如图1-11所示。

②图文显示屏:图文显示屏主要用于显示文字和图形,一般无灰度控制。它通过与计算机通信输入信息。与条屏相比,图文显示屏的优点是显示的字体字形丰富,并可显示图形。与视屏相比,图文显示屏最大的优点是一台计算机可以控制多块屏,且可以脱机显示,如图1-12所示。

③数码屏:数码屏是最廉价的LED显示屏,广泛用于证券交易所股票行情显示、银行汇率和利率显示、酒店海鲜价目显示、客房价目显示等,如图1-13所示。在多数情况下,在数码屏上加装条屏来显示欢迎词、通知、广告等,支持遥控器输入。

④视屏:LED视屏有256级灰度控制,其表现的色彩极为丰富,配置多媒体卡,可播放视频信号。视屏开放性好,对操作系统没有限制,对软件也没有限制,能实时反映计算机监视器的显示内容,如图1-14所示。



图1-11 LED条屏



图1-12 LED图文显示屏



图1-13 LED数码屏

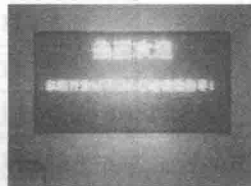


图1-14 LED视屏

1.1.4 白光LED的原理与光电特性

自从LED出现以来,人们一直在努力寻找固体白光照明光源。随着LED制造工艺的不断进步和新材料(氮化物晶体和荧光粉)的开发及应用,白光LED的性能不断完善并已进入实用阶段。白光LED的出现使LED的应用领域跨入高效率照明光源市场。目前已商品化的圆头柱状白光LED大多是利用色互补关系产生仿真白光,结合了蓝光与黄光之间的色差,加上模拟光容易使人产生一种不协调感,此外无法获得高显色性($R_a > 90$),且大电流时会有色度偏差等问题。这些都是白光LED今后发展仍需努力的方向。

1. 白光LED的原理

对于一般照明而言,人们更需要白色的光源。1998年白光LED开发成功,这种白光LED是通过将GaN芯片和钇铝石榴石(YAG)封装在一起做成的。GaN芯片发蓝光,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光,峰值波长为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(200~500nm)。蓝光LED基片发出的蓝光部分被荧光粉吸收,另一部分蓝光与荧光粉发出的黄光混合,便可以得到白光。

现在,对于 InGaN - YAG 白光 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 的各种白光。白光 LED 的结构如图 1 - 15 所示。如图 1 - 16 所示为白光 LED 和普通白炽灯的发光光谱,表 1 - 2 列出了目前白光 LED 的种类和发光原理。

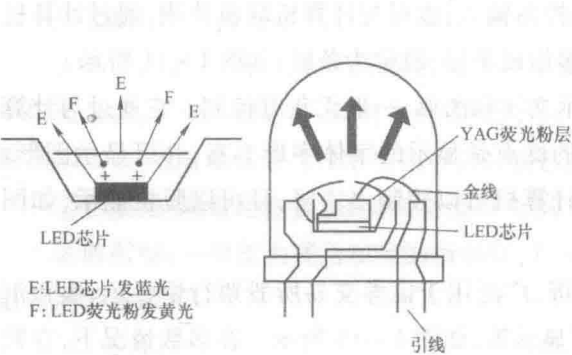


图 1 - 15 白光 LED 的结构示意图

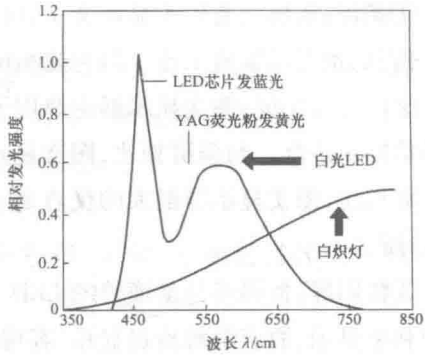


图 1 - 16 白光 LED 和普通白炽灯的发光光谱

表 1 - 2 白光 LED 的种类和发光原理

芯片数	激发源	发光材料	发光原理
1	蓝光 LED	InGaN/YAG	InGaN 的蓝光与 YAG 的黄光混合成白光
	蓝光 LED	InGaN/荧光粉	InGaN 的蓝光激发红、绿、蓝三原色荧光粉发白光
	蓝光 LED	ZnSe	由薄膜层发出的蓝光和在基板上激发出的黄光混色成白光
	蓝光 LED	InGaN/荧光粉	InGaN 的紫外光激发红、绿、蓝三原色荧光粉发白光
2	蓝光 LED 黄绿光 LED	InGaN, GaP	将具有补色关系的两种芯片封装在一起构成白光 LED
3	蓝光 LED 绿光 LED 红光 LED	InGaN AllnGaP	将发三原色的 3 种小片封装在一起构成白光 LED
多个	多种光色的 LED	InGaN, GaP AllnGaP	将遍布可见光区的多种色光芯片封装在一起构成白光 LED

从表 1 - 2 中可以看出,某些种类的白光 LED 光源离不开 4 种荧光粉,即三原色稀土红、绿、蓝粉和石榴石结构的黄色粉。在未来,较被看好的是三波长光,即以无机紫外光晶片加红、绿、蓝三原色荧光粉,但此三原色荧光粉的粒度要求比较小,稳定性要求也高,具体应用方面还在探索之中。

采用白光 LED 光源进行照明,将首先取代耗电的白炽灯,然后逐步向整个照明市场推广,将会节约大量的电能。近期,白光 LED 已达到单只功率超过 1W,光输出为 251m/W,增强了它的实用性。表 1 - 3 列出了白光 LED 的长远发展目标。

表 1-3 单只白光 LED 长远发展目标

输入功率/W	10
发光效率/(lm/W)	100
输出光能/(lm/W)	1000

白光 LED 的特点:白光 LED 是最被看好的 LED 新兴产品,其在照明市场的发展潜力值得期待。与白炽灯及荧光灯相比,白光 LED 具有体积小(多只、多种组合)、发热量低(没有热辐射)、耗电量小(低电压、小电流启动)、寿命长(10 000h 以上)、反应速度快(可以高频操作)、环保(耐振、耐冲击,不易破,废弃物可回收,没有污染)、可平面封装、易开发成轻薄短小产品等优点,没有白炽灯高耗电、易碎及荧光灯废弃物含汞等缺点。白光 LED 与现行照明设备的比较见表 1-4。在未来 10 年内,白光 LED 是被业界看好的,成为替代传统照明器具的一大潜力产品。

表 1-4 白光 LED 与现行照明设备的比较

照明方式	特点
白光 LED	具有发热量低、耗电量小(白炽灯的 1/8,荧光灯的 1/2)、寿命长(数万小时以上,是荧光灯的 10 倍)、反应速度快、体积小、可平面封装等优点,易开发成轻薄短小的产品
荧光灯	荧光灯省电,但废弃物有汞污染、易碎等问题
白炽钨丝灯	低效率,高耗电,短寿命,易碎

目前,白光 LED 仍处于发展阶段,在使用寿命上仍待改进,但基本上没有白炽灯、荧光灯的缺点,价格过高是其未能普及的主要原因。未来白光 LED 的应用市场将非常广阔,包括手电筒、装饰灯、LED 背光源、汽车照明市场、投影灯光源等,不过最被看好的市场以及最大的市场还是通用照明市场。

白光 LED 亮度和功率的每一次提高都进一步扩展了它的应用范围。目前白光 LED 在景观照明、庭院灯、汽车内部照明、中小尺寸的 LED 背光源等方面已大量应用。若白光 LED 以 1lm/个为单位,则每单位降到 1 元时将进入一般家庭的户外照明市场,降到 0.5 元时可望进入室内照明、走廊照明等市场,降到 0.25 元时将开始置换荧光灯。从发光效率看,一旦达到 60lm/W(相当于 20W 的荧光灯),白光 LED 将迅速普及。在未来几年中,白光 LED 照明将逐渐普及至一般家庭的各种照明灯具,正式担当 21 世纪的照明新光源。

2. 白光 LED 的光电特性

(1) 白光 LED 的电流/电压参数(正、反向)

白光 LED 具有典型的 PN 结伏安特性,通过的电流直接影响白光 LED 的发光亮度和 PN 结的温度。在照明应用中,为了获得大功率的白光 LED,往往将许多 LED 芯片通过一定的串、并联方式组合在一起,相关的各个白光 LED 的特性必须匹配,在交流工作状态下还必须考虑其反向电特性。因此,必须测试它们在工作点上的正向电流和正向电压降,以及反向漏电流和反向击穿电压等参数。