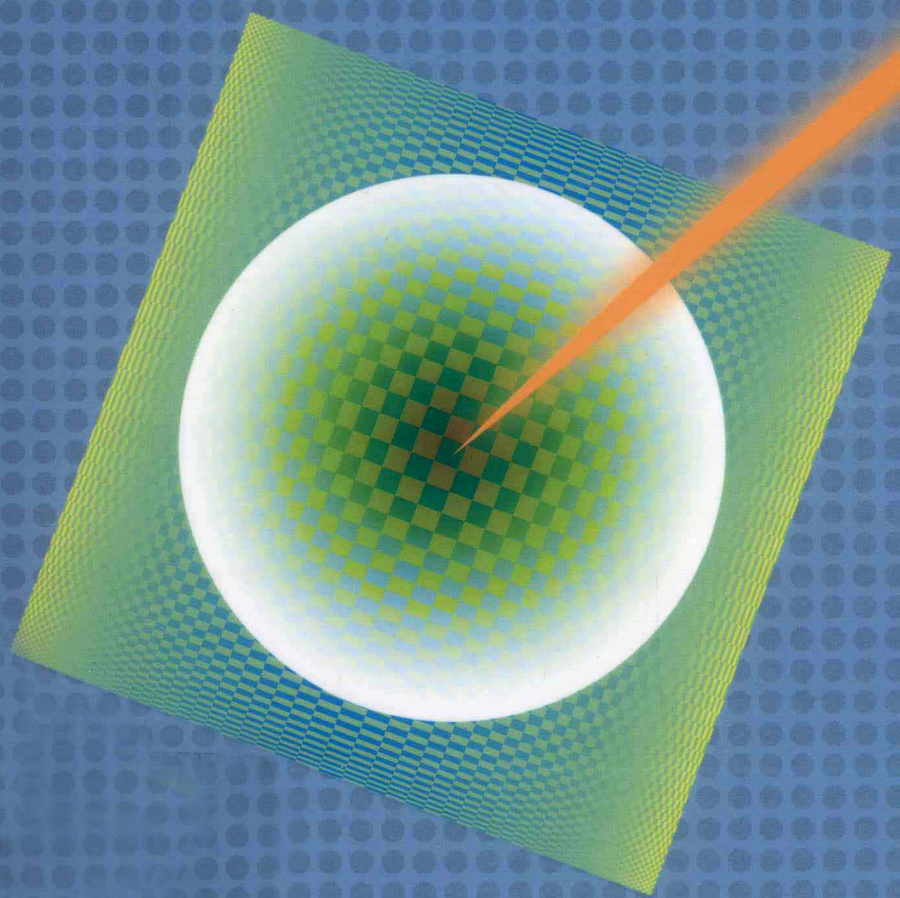


LED CHANYE WUSHIWEN

LED产业50问

主编 李兴华

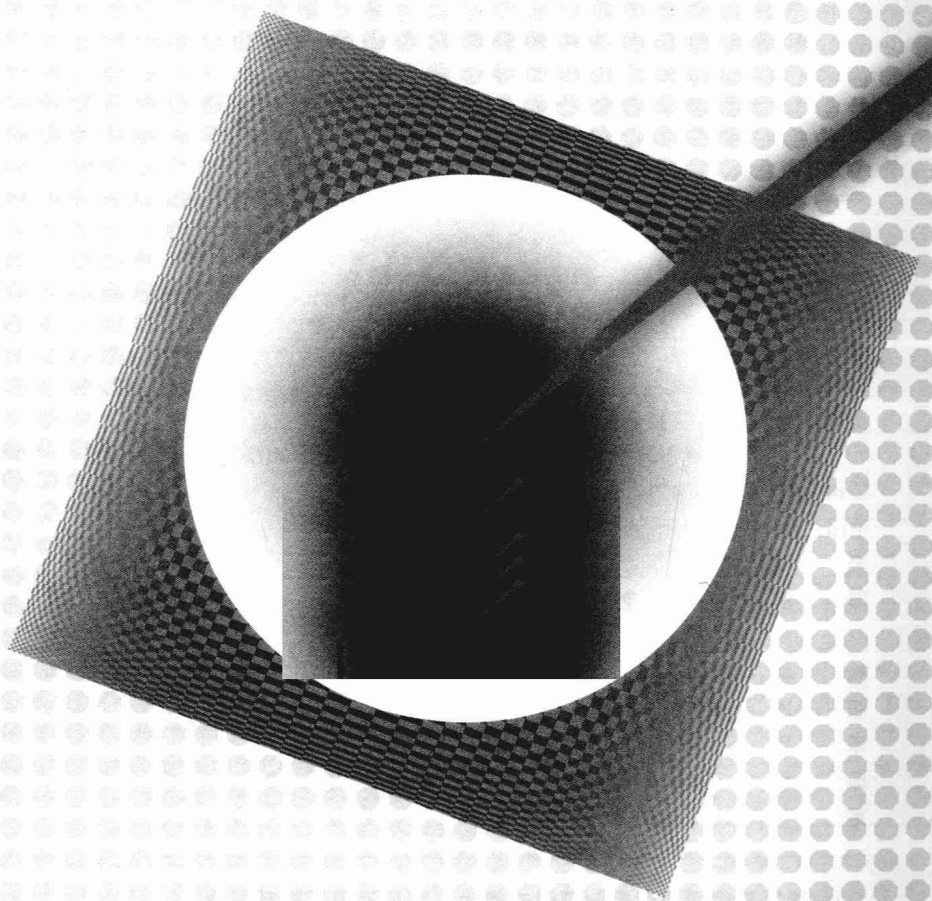


广东科技出版社(全国优秀出版社)

LED CHANYE WUSHIWEN

LED产业50问

主编 李兴华



广东省出版集团 广东科技出版社
· 广州 ·

主 编：李兴华

副主编：叶景图

编 写：

广东半导体照明工程省部产学研创新联盟

审 定：

周木堂 云丹平 曾祥效 王 钢

袁海涛 梁嘉明 张金水 陈宇山



把握世界科技革命机遇，大力培育战略性新兴产业，推动经济进入创新驱动、内生增长的发展轨道，这是广东加快转变经济发展方式、实现科学发展的关键所在。

LED 技术是近年发展起来的新兴技术。广东近期重点关注的三大战略性新兴产业中，就有两大产业——高端新型电子信息产业和半导体照明（LED）产业，与 LED 技术相关。

LED 产业逐步发展成为全球最具发展前景的战略性新兴产业之一。LED 照明和显示技术在节能减排、环境保护等方面，与国家战略目标紧密联系在一起。在我国应对国际金融危机实施的产业振兴计划中，LED 照明也被作为提升传统产业、培育新兴产业的重点领域之一，这为半导体照明产业的发展提供了极好的机会。

目前，国内形成了大连、厦门、上海、南昌、深圳、扬州等国家半导体照明工程产业化基地。广东省 LED 产业起步早，发展快，是国内重要的生产基地和最大的应用市场，LED 封装产量约占全国的 70%，约占全世界的 50%；部分技术领域与世界同步，在封装和应用层面具有较强的国际影响力。

为了向全省领导干部普及 LED 技术有关知识，广东省科技厅组织了 LED 产业领域的权威专家，对相关问题进行深入研究，编撰了《LED 产业 50 问》。我相信，本书将为同志们更全面、更深刻地理解 LED 产业的现实基础、技术特点和产业前景提供有力帮助，为我们合力推动广东战略性新兴产业发展起到积极的促进作用。

是为序。

宋海

2010 年 4 月

基础篇

1. 什么是 LED? 3
2. 什么是白光 LED? 4
3. 什么是 OLED? 6
4. LED 如何分类? 7
5. 什么是大功率 LED 芯片? 8
6. LED 技术的发展历程是怎样的? 9
7. LED 的产业链包括哪些环节? 11
8. LED 在照明工程中有哪些应用方向? 12
9. 白光 LED 照明有哪些绿色环保优势? 15
10. LED 一般专业术语有哪些? 17
11. LED 照明光源有哪些技术指标? 18
12. 如何理解 LED 照明器具的技术指标? 21

技术篇

13. LED 芯片制造的工艺流程是怎样的? 25
14. LED 的衬底材料如何选择? 26
15. LED 外延片如何生长? 29
16. LED 芯片 P-N 结电极是如何制造的? 31
17. 如何提升 LED 的发光效率? 33
18. 大功率蓝光 LED 芯片技术的发展趋势是什么? 35
19. LED 封装技术经历了哪些历史阶段? 36
20. LED 封装工艺包括哪些步骤? 37
21. 什么是系统集成 LED 封装? 39
22. 什么是大功率 LED 封装? 41
23. 什么是白光 LED 封装? 43
24. 如何评价 LED 使用寿命及封装可靠性? 45
25. 固态照明对大功率 LED 封装提出了哪些要求? 46
26. LED 的驱动方式是什么? 48

- 27. LED 的散热技术有哪些? 50
- 28. LED 的光学设计包括哪些技术? 51
- 29. 当前 LED 照明存在哪些技术难点? 52

产 品 篇

- 30. 选择 LED 光源需要关注哪些基本性能? 57
- 31. 什么是大功率 LED 灯泡? 58
- 32. 大功率 LED 路灯具有哪些优点? 60
- 33. LED 汽车灯与传统汽车灯相比有什么特点? 61
- 34. LED 交通信号灯有哪些优势? 63
- 35. LED 显示屏经历了哪些发展阶段? 65
- 36. LED 显示屏的发展现状如何? 66
- 37. LED 背光源液晶电视和普通液晶电视有哪些区别? 67
- 38. LED 照明在农业上有哪些应用? 69
- 39. OLED 可以用于白光照明吗? 71

实践篇

- 40. 什么是“十城万盏”工程？ 77
- 41. “绿色照明示范城市”是什么？ 78
- 42. 我国目前能带动和推广 LED 产业的金融商业模式有哪些？ 79
- 43. LED 照明市场有哪些发展趋势？ 82
- 44. LED 照明成本瓶颈何时破解？ 84
- 45. 全球 LED 专利技术情况如何？ 85
- 46. 国内 LED 照明专利的发展现状是怎样的？ 86
- 47. 半导体照明的标准有哪些？ 88
- 48. 如何解读《广东省 LED 路灯地方标准》？ 90
- 49. 国家出台了哪些 LED 产业扶持政策？ 91
- 50. 广东省 LED 产业有哪些发展优势？ 93

基础篇



1. 什么是 LED?

答：LED 是英文 Light Emitting Diode（发光二极管）的缩写，它的基本结构是一块电致发光的半导体材料，置于一个有引线的架子上，四周用环氧树脂密封，起到保护内部芯线的作用，所以 LED 的抗震性能好。一般来说，LED 是由 III 族或 IV 族化合物，如 GaAs（砷化镓）、GaP（磷化镓）、GaAsP（磷砷化镓）、GaN（氮化镓）等半导体制成的，发光二极管的核心部分是由 P 型半导体和 N 型半导体组成的晶片，在 P 型半导体和 N 型半导体之间有一个过渡层，称为 P-N 结。在某些半导体材料的 P-N 结中，注入的少数载流子与多数载流子复合时会把多余的能量以光的形式释放出来，从而把电能直接转换为光能。给 P-N 结加反向电压，少数载流子难以注入，故不发光。这种利用注入式电致发光原理制作的二极管叫发光二极管，通称 LED。当它处于正向工作状态时（即给两端加上正向电压），电流从 LED 阳极流向阴极，半导体晶体就发出从紫外到红外不同颜色的光线，光的强弱与电流有关（图 1）。

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。除了这种复合发光外，还有些电子被非发光中心（这个中心位于导带、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

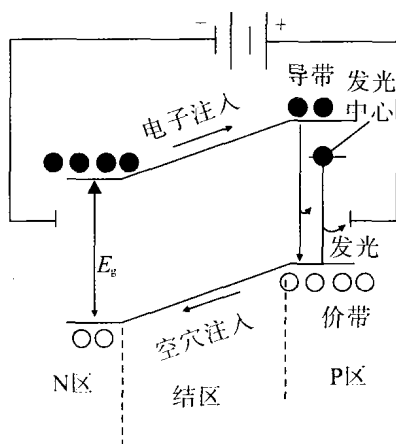


图 1 LED 发光原理

复合是在少数扩散区内发光的，所以光仅在靠近P-N结面数微米以内产生。

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

$$\lambda \approx \frac{1240}{E_g} \text{ (nm)}$$

式中 E_g 的单位为电子伏特 (eV)。若能产生可见光，即波长在 380 (紫光) ~ 780 (红光) nm，半导体材料的 E_g 应在 3.26 ~ 1.63 eV 之间。比红光波长长的光为红外光。现在已有红外光、红光、黄光、绿光、蓝光和白光发光二极管。



2. 什么是白光 LED?

答：白光 LED 是 LED 家族中最后一个问世的，它的诞

生是 LED 生产中一个重要的突破，它将成为新的照明光源。

白光是复合光，可以用红、绿、蓝（R、G、B）三基色 LED 混合成白光。1995 年前后生产的一种集成 LED 白光灯（或称全色 LED 灯）由 2 个高亮度蓝光 LED、15 个绿光 LED 及 5 个红光 LED 组成。这种白光 LED 灯尺寸大、白光纯度不高、发光效率也不高。但这种三基色灯用单片机来控制可成为发出七色光及白光的变色灯，应用于娱乐场所，能增加节日气氛。另外，采用 RGB 三种管芯组成的 RGB LED 常用于手机的变色背光。

在 20 世纪末，受荧光灯的启发，人们在高亮度蓝光 LED 管芯上加一层荧光粉，用蓝光激发荧光粉发出白光而成为白光 LED。采用不同的荧光粉，可制成发出冷白光（色温为 4 500～10 000K）及暖白光（色温为 2 850～3 800K）的白光 LED。目前，白光 LED 的发光效率大多已超过 90lm/W，某些产品已超过 120lm/W，这给 LED 照明灯泡的制造和应用创造了良好的条件。白光 LED 光源具有如下特点。

（1）低压。LED 使用低压电源，供电电压为 6～24V，根据产品不同而异，所以它是一个比使用高压电源更安全的电源，特别适用于公共场所。

（2）节能。消耗能量较同光效的白炽灯减少 80%。

（3）适用性强。它的体积很小，每个 LED 单元是 3～5mm 的正方形小片，所以可以制备成各种形状的器件，并且适合于易变的环境。

（4）稳定性好。工作 10 万 h，光衰为初始的 50%。

（5）响应时间短。白炽灯的响应时间为毫秒级，LED



灯的响应时间为纳秒级。

(6) 无害。无有害金属汞和紫外光危害。

(7) 可变色。通过改变电流可以使之变色。发光二极管可方便地通过化学修饰方法，调整材料的能带结构和带隙，实现红、黄、绿、蓝、橙多色发光。如小电流时为红色的 LED，随着电流的增加，可以依次变为橙色、黄色，最后变为绿色。

(8) 价格高。LED 的价格比较昂贵，几个 LED 的价格就可以与一只白炽灯的价格相当，而通常每组信号灯需由 300~500 个二极管构成。



3. 什么是 OLED?

答：OLED，也被称作有机发光二极管，具备自发光性，不需要背光源，提供广泛色域的高效率照明，还能让灯光更加充满设计感。不过与 LED 不同的是，OLED 非常轻薄，甚至有相当强的可弯曲性。

现在 OLED 已经陆续被应用于某些手机上，例如三星推出的 Impression 手机，虽然它的体型相当小，但价格非常昂贵。此外，在超薄屏幕方面，包括索尼等公司都已陆续投入相关研发。索尼领先全球推出第一台 OLED 超薄电视，约为 11in^①；LG 电子也将推出 15in OLED 电视。OLED 不

^①1in=2.54cm，全书同。

仅比一般 LED 屏幕轻薄，画面清晰度更高，可视角度高达 170° ，远远高出一般液晶屏幕。此外，OLED 的照明可能是接下来最有希望开发的市场。制造商希望能大大推广 OLED 的销售，主要用于大型住宅与商业空间的照明，制造商表示，OLED 的能源效率与持久性就像 LED 灯泡一样。

OLED 面板伸缩性非常灵活，被厂商认为具备绝佳缠绕性，甚至可以嵌入玻璃窗中。当灯光不亮时，玻璃看起来很清楚光亮；当灯光亮起时，玻璃就会变成不透明，拥有隔绝的效果。OLED 面板的厚度只有 0.07in，当灯光亮起时几乎不会释出太多热量，因此建筑师未来也无需在天花板留下装置灯具的空间，就像现在使用液晶电视时，已不再像以往那么占空间的道理一样。

通用电气、柯尼卡-美能达、欧司朗、飞利浦与美国的 Universal Display 等企业，都在积极投入 OLED 新技术的开发中。



4. LED 如何分类？

答：LED 通常有 4 种分类方法。

一是按发光管发光颜色分。一般可分成红色、橙色、绿色（又细分黄绿色、标准绿色和纯绿色）和蓝色等。另外，有的发光二极管中包含 2 种或 3 种颜色的芯片。根据发光二极管出光处掺或不掺散射剂、有色还是无色，上述各种颜色的发光二极管还可分成有色透明、无色透明、有色散射和无色散射 4 种类型。散射型发光二极管不适于作指示灯用。



二是按发光管出光面特征分。可分为圆形灯、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 $\Phi 2\text{mm}$, $\Phi 4.4\text{mm}$, $\Phi 5\text{mm}$, $\Phi 8\text{mm}$, $\Phi 10\text{mm}$ 及 $\Phi 20\text{mm}$ 等。国外通常把 $\Phi 3\text{mm}$ 的发光二极管记作 T-1; 把 $\Phi 5\text{mm}$ 的记作 T-1 (3/4); 把 $\Phi 4.4\text{mm}$ 的记作 T-1 (1/4)。

三是按发光二极管的结构分。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。

四是按发光强度和工作电流分。可分为普通亮度的 LED (发光强度 $< 10\text{mcd}$), 超高亮度的 LED (发光强度 $> 100\text{mcd}$), 高亮度的 LED (发光强度 $10 \sim 100\text{mcd}$)。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)。

除上述分类方法外, 还有按芯片材料分类及按功能分类的方法。



5. 什么是大功率 LED 芯片?

答: 可见光 LED 可以按输入功率进行分类。输入功率为几十毫瓦的单灯, 叫做传统的小功率芯片; 输入功率小于 1W 的 LED, 叫做普通功率 LED; 输入功率等于 1W 或大于 1W 的 LED, 则叫做大功率 LED。

功率型 LED 器件的研发起始于 20 世纪 90 年代中后期, 超高亮度 AlGaInP 红黄光与 InGaN 蓝绿光器件的研制成功与迅猛发展, 为功率型器件的开发奠定了基础。首先是美国的 HP 公司通过将 GaP 晶片直接键合于 AlGaInP 红黄光