

# 功率型发光二极管的研究与应用进展\*

张 万 生<sup>†</sup>

(中国电子科技集团第十三研究所 石家庄 050051)

布 良 基

(广东省佛山光电器材公司 佛山 528000)

**摘 要** 文章首先对功率型发光二极管的起源和发展作了回顾和简要的叙述. 然后以固体光源照明为目标, 给出了几种可见光功率发光二极管芯片和封装的典型结构, 并且对它们各自的特点进行了比较. 最后指出了功率发光二极管作为固体光源取代真空灯泡用于照明在未来的五至十年内将成为现实.

**关键词** 功率, 发光二极管, 芯片, 封装, 照明

## High power light emitting diodes

ZHANG Wan-Sheng<sup>†</sup>

(Thirteenth Research Institute of Chinese Electronics Technique Group, Shijiazhuang 050051, China)

BU Liang-Ji

(Guangdong Fuoshan Optic Electricity Device Company, Fuoshan 528000, China)

**Abstract** An overview of the origin and development of light emitting diodes (LEDs) is presented. The package sealing of several high visible output LED chips is described and a comparison of their different characteristics given. These LEDs may replace vacuum light bulbs in the next five to ten years.

**Key words** power, light emitting diode( LED), chips, pack, illuminate

## 1 引言

功率型发光二极管(light emitting diode, LED)研制起始于20世纪60年代中期的GaAs红外光源, 由于其可靠性高、体积小、重量轻、可在低电压下工作而被首先用于军用夜视仪, 以取代原有的白炽灯. 80年代, InGaAsP/InP双异质结红外光源被用于一些专用的测试仪器, 以取代原有体积大、寿命短的氙灯. 这种红外光源的直流工作电流可达1A, 脉冲工作电流可达24A. 红外光源虽属早期的功率型LED, 但它一直发展至今, 产品不断更新换代, 使用更加广泛, 并成为当今可见光功率型LED发展的技术基础.

可见光功率型LED起源于20世纪90年代超高亮度LED应用领域的拓展. 1991年, 红、橙、黄色AlGaInP超高亮度LED的实用化揭开了LED发展

新篇章, 使LED的应用从室内走向室外, 成功地应用于各种交通信号灯、汽车的尾灯、方向灯以及户外信息显示屏. 蓝色、绿色AlGaInN超高亮度LED的相继研制成功, 实现了LED的超高亮度全色化, 然而用于照明则是超高亮度LED拓展的又一全新领域, 用LED固体灯取代白炽灯和荧光灯等传统玻壳照明光源已成为本世纪未来的发展目标. 由此可见, 光功率型LED的研发和产业化将成为今后发展的另一重要方向, 其技术关键是不断提高发光效率(lm/W)和每一器件(组件)发光通量. 功率型LED所用的外延材料采用MOCVD的外延生长技术和多量子阱结构, 虽然其内量子效率还需进一步提高, 但获得高发光通量的最大障碍仍是芯片取光效率很低. 目前由于沿用了传统的指示灯型LED封装结

\* 2003-11-11收到初稿, 2002-02-14修回

† 通讯联系人 E-mail: wshzh@sjz.cngb.com

构,工作电流一般被限定为 20mA.按照这种常规理念设计和制作的可见光功率型 LED 根本无法达到高效率和高通量的要求.为提高可见光功率型 LED 的发光效率和发光通量,满足照明要求,则必须采用新的设计理念:一方面通过设计新型芯片结构来提高取光效率;另一方面通过增大芯片面积,加大工作电流,采用低热阻的封装结构来提高器件的光电功率转换效率.因此设计和制作新型芯片和封装结构,不断提高器件的取光效率和光电转换效率一直是可见光功率型 LED 发展中至关重要的课题,本文将对这方面的最近进展作一综述(为简便起见,以下所称功率型 LED 即可见光功率型 LED).

## 2 功率型 LED 芯片

LED 的外量子效率取决于外延材料的内量子效率和芯片的取光效率.由于超高亮度 LED 采用了 MOCVD 的外延生长技术和多量子阱结构,在精确控制生长和掺杂以及减少缺陷等方面取得突破性进展,其外延片的内量子效率已有很大提高,AlGaInP 虽不及 AlGaInP,但波长为 615nm 的 AlGaInP 的内量子效率已接近极限 100%,由于半导体与封装环氧的折射率相差较大,致使内部的全反射临界角很小,有源层产生的光只有小部分被取出,大部分在芯片内部经多次反射而被吸收,成为超高亮度 LED 芯片取光效率很低的根本原因.提高取光效率的芯片结构主要有以下几种.

### 2.1 AlGaInP 透明衬底(TS)梯形功率型 LED 芯片结构

自从超高亮度 AlGaInP LED 问世以来,各厂家一直都在通过采用新型芯片结构来提高 AlGaInP 芯片的取光效率.这些结构包括:一次外延较厚窗口层和布拉格反射层,二次外延生长厚窗口层和电流阻挡层,采用晶片键合(wafer bonding),以透明的 GaP 衬底(TS)取代吸光的 GaAs 衬底(AS)等.它们对 LED 芯片的取光效率都有不同程度的提高,其中效果最佳者属美国 HP 公司所独有的二次外延厚窗口层(60 $\mu\text{m}$ )和晶片键合的透明衬底(TS)结构,如图 1(a)所示的小结面积(0.3 mm<sup>2</sup>)的常规 LED 芯片,其发光通量为吸收衬底(AS)的 2—3 倍,流明效率一般超过 50lm/W,波长为 611nm 时可达 102lm/W,波长为 590—611nm 的外量子效率一般为 15%,652nm 时可达 55%,5mm 封装的光通量一般为 5—10lm.为提高其发光通量,1998 年研制成功功率型大结面积(0.5mm<sup>2</sup>)的透明衬底(TS)芯片,如图

1(b)所示,尽管大芯片会对侧面出光带来不利影响,从而使外量子效率有所降低,但其发光通量却为 TS 小结面积的 5 倍.2000 年,该公司又推出了 TS 倒梯形结构的功率型大结面积芯片,如图 1(c)所示.该芯片在 590—640nm 波长范围内,直流工作电流为 500mA 时的发光通量大于 60 lm,大约相当于 100—350mW 的光功率,达到了创纪录的水平.这种芯片的  $P-I$  特性如图 1 所示,其电流密度均为传统规范值 40mA/cm<sup>2</sup>.若芯片以脉冲方式工作,则发光通量可达到 140lm.从直流和脉冲两种工作方式可以看出,芯片的导热性能和封装的热设计对降低结温提高发光通量是何等重要.

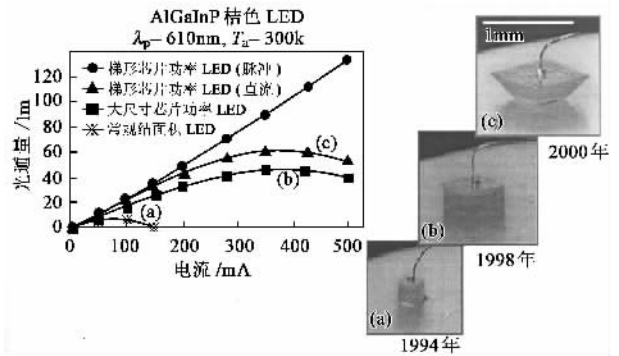
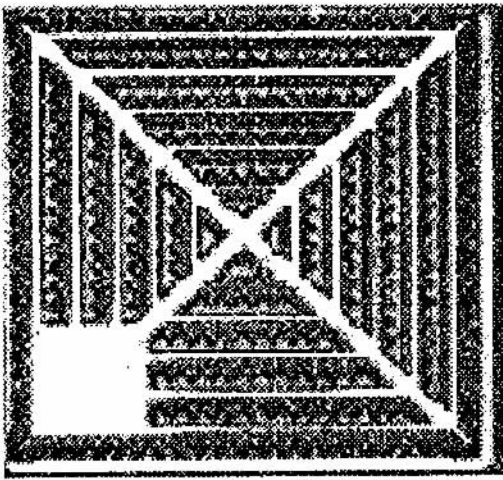


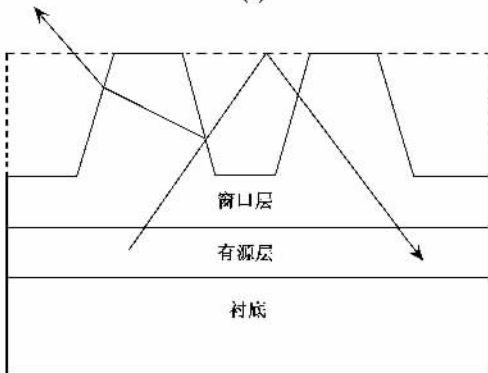
图1 AlGaInP 透明衬底(TS)梯形功率型 LED 芯片结构与其同类芯片性能的比较  
(a)常规 5mm 封装的 TS 芯片 (b)功率型大尺寸 TS 芯片 (c)梯形功率型大尺寸 TS 芯片

### 2.2 InGaAlP(AS) 纹理表面结构的功率型 LED 芯片结构

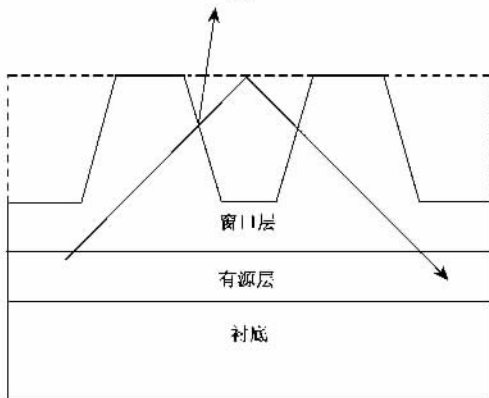
采用晶片键合技术的 AlGaInP(TS)LED 性能虽好,但因其技术复杂,生产成本低而难于广泛使用,为解决这一问题,进一步提高超高亮度 AlGaInP LED 的市场潜力,必须做到发光效率高,生产成本低.按照这一理念,德国 Osram 公司于 2001 年研制出新一代的 InGaAlP LED 芯片,采用最新设计将芯片窗口层表面腐蚀成为能够提高取光效率的纹理结构,如图 2(a)所示.其取光模式如图 2(b),(c)所示.芯片表面纹理的基本单元为具有斜面的三角形结构,光子的反射路线被封闭在这样的结构之中,使有源层发出的光子能够更有效地被取出;或者如图 2(b)所示,光子通过不同的表面直接射出,或者如图 2(c)所示,经多次反射后通过改变入射角再射出.欧姆接触电极的几何图形位于取光结构注入电流的部位,这样可使注入电流更有效地扩展到有源区.外延片的布拉格反射层被设计成具有较宽的反射角度,这样可使芯片背反射的大部分被覆盖.采用



(a)



(b)



(c)

图 2

(a)  $\text{InGaAlP(AS)}$  纹理表面结构, 实线为纹理表面的整体结构, 虚线表示原外延层的平面窗口层 (b) 一种取光模式: 经过侧壁反射改变临界角后从另一侧壁取光 (c) 另一种取光模式: 通过表面侧壁直接取光

这种纹理表面结构的  $\text{InGaAlP(AS)}$  LED 芯片可以获得大于 50% 的外量子效率, 芯片封装后的功率转换效率超过  $30\text{lm/W}$ , 是常规  $\text{InGaAlP(AS)}$  LED 的 2 倍, 与采用晶片键合技术的透明衬底 (TS) LED 性能相当。

纹理表面结构对光束角特性没有影响, 不仅可以取代常规的方形芯片, 而且还可以很容易按比例放大成为功率型的大尺寸芯片, 如图 3 所示。这种芯片可在  $4\text{in}$  ( $1\text{in} \approx 2.5\text{cm}$ ) GaAs 衬底上通过 MOCVD 一次外延直接生长成高内量子效率的外延片, 并可采用常规的芯片制造技术进行大规模生产。而晶片键合透明衬底的  $\text{InGaAlP(TS)}$  LED 由于技术复杂却只能采用  $3\text{in}$  的 GaAs 衬底, 因此在降低生产成本和实现产业化规模生产方面, 纹理表面高效取光结构的  $\text{InGaAlP(AS)}$  LED 具有广阔的发展前景。

### 2.3 AlGaInN/蓝宝石功率型 LED 芯片倒装结构

为满足光源对高发光通量的需求, 美国 AXT 公司将 AlGaInN 芯片面积由常规的  $0.325\text{mm} \times 0.375\text{mm}$  增大至  $1.26\text{mm} \times 1.26\text{mm}$ , 制成的 P2 系列大结面积正面出光的功率型 LED 芯片能够在 大电流  $350\text{mA}$  下工作, 不同波长  $450\text{nm}$ ,  $505\text{nm}$ ,  $525\text{nm}$  下的辐射通量分别为  $35\text{mW}$ ,  $30\text{mW}$ ,  $27\text{mW}$ , 流明效率分别为  $6\text{lm/W}$ ,  $12.5\text{lm/W}$ ,  $17.5\text{lm/W}$ , 尽管对芯片结构进行了优化设计, 具有良好的电流扩展和背反射层, 但其取光效率仍然受到了很大的限制, 其原因是: AlGaInN 一般是外延生长在绝缘的蓝宝石衬底上, 欧姆接触的 P 电极和 N 电极只能在外延表面的同一侧, 正面射出的光将被接触电极吸收和键合引线遮挡。然而造成光吸收更主要的因素是: P 型 GaN 层电导率较低, 为满足电流扩展的要求, 覆盖于外延层表面大部分的半透明 NiAu 欧姆接触层的厚度应大于  $50\text{nm}$ , 但是要使光吸收最小, 则 NiAu 欧姆接触层的厚度必须非常薄, 这样在透光率和扩展电阻率二者之间则要给予适当的折衷, 折衷设计的结果必定使其功率转换效率的提高受到了限制。

2001 年, 美国 LumiLeds 公司研制出的 AlGaInN 功率型倒装芯片 (FCLED) 结构则使这一突出矛盾得到解决, 如图 3(a) 所示。这种结构是通过透明的蓝宝石衬底取光, 这样不仅能避免 P 型、N 型欧姆接触电极吸光和键合引线的挡光影响, 而且还可不必考虑 NiAu 欧姆接触层的透光性, 使其厚度增至  $50\text{nm}$  以上, 从而改善了注入电流扩展的效果, 降低了正向压降, 同时还起到了背反射作用, 将有源层发出的光经过底部的 NiAu 层反射, 从蓝宝石衬底取出, 因此 AlGaInN 倒装芯片结构使取光效率有了明显提高。其制作过程大致如下 (1) 在外延片顶部的 P 型 GaN :Mg 淀积厚度大于  $50\text{nm}$  的 NiAu 层, 用于欧姆接触和背反射 (2) 采用掩模选择刻蚀掉 P 型

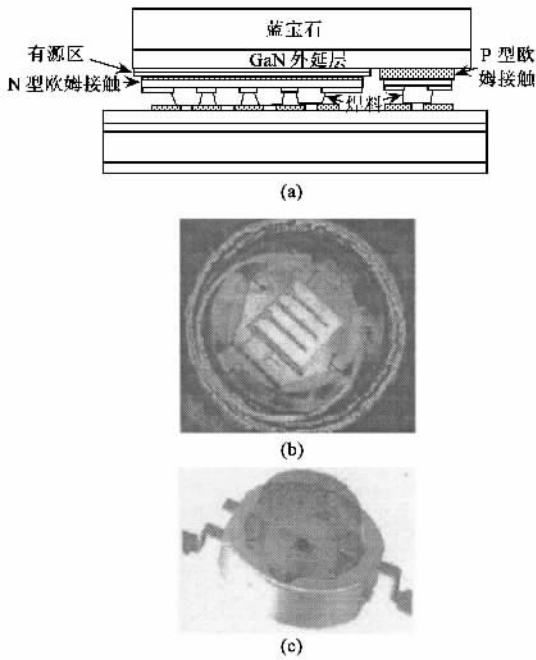


图3 Luxeon 系列功率型 LED

(a) 芯片倒装在硅载体上 (b) 管壳底盘硅载体和倒装芯片 ; (c) 功率型 LED 的整体封装

层和多量子阱有源层,露出 N 型层 (3) 淀积、刻蚀形成 N 型欧姆接触层,芯片尺寸为  $1 \times 1 \text{mm}^2$ , P 型欧姆接触为正方形, N 型欧姆接触以梳状插入其中,这样可缩短电流扩展距离,把扩展电阻降至最小 (4) 将金属化凸点的 AlGaInN 芯片倒装焊接在具有防静电保护二极管 (ESD) 的硅载体上 (5) 通过倒装 AlGaInN 芯片的硅载体与管壳底盘进行电气连接,并将其封装在具有良好光学特性、允许大电流和高温工作的管壳之中. AlGaInN 功率型倒装芯片 (FC) LED 的优异性能将把氮化镓 LED 固体光源的应用推向一个新水平.

### 2.4 AlGaInN/碳化硅 (SiC) 背面出光的功率型 LED 芯片结构

美国 Cree 公司是采用 SiC 衬底制造 AlGaInN 超高亮度 LED 的全球唯一厂家. 几年来,该公司对 AlGaInN/SiC 芯片结构进行不断改进,亮度不断提高. 由于 P 型和 N 型电极分别位于芯片的底部和顶部,单引线键合,兼容性较好,使用方便,因而成为 AlGaInN LED 发展的另一主流. 该芯片主要分为 AlGaInN/SiC 正面出光和背面出光两种结构,芯片尺寸为  $0.3 \text{mm} \times 0.3 \text{mm}$ . 由于背面出光结构芯片中的内部反射光可通过背面的反射层有效地从正面取出,因而亮度比正面出光结构提高 50%,紫外波段 (395—405nm) 芯片的外量子效率约为 25%. 2001

年,该公司推出的新一代 XB™ 系列背面出光的功率型 LED 芯片,如图 4 (a) (b) (c) 所示,芯片尺寸为  $0.9 \text{mm} \times 0.9 \text{mm}$ ,顶部引线键合垫 (直径  $120 \mu\text{m}$ ) 处于中央位置;“米”字形电极 (宽度  $30 \mu\text{m}$ ) 使注入电流能够较为均匀地扩展,底部采用 AuSn 合金将芯片倒装焊接在管壳底盘上,具有较低的热阻. 工作电流为 400mA 时,波长为 405nm 和 470nm 的输出光功率分别为 250mW 和 150mW. 由于 SiC 不仅导电而且具有良好的导热性能,适宜做成耐高温的功率型器件,因此 AlGaInN/SiC 面出光的功率型 LED 在未来的照明变革中将是一种非常有竞争力的固体光源.

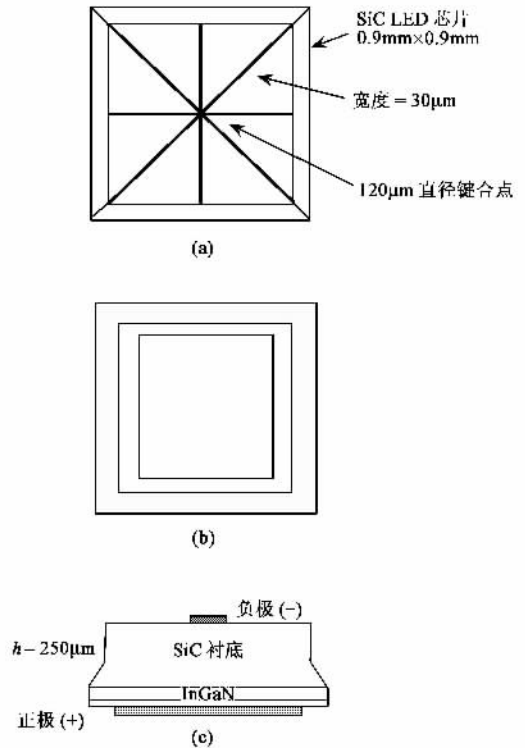


图4 AlGaInN/SiC 背面出光功率型 LED 芯片结构图 (a) 顶部视图 (b) 底部视图 ; (c) 截面视图

## 3 功率型 LED 的封装

超高亮度 LED 作为信号灯和其他辅助照明光源应用时,一般是将多个  $\phi 5 \text{mm}$  封装的各种单色和白光 LED 组装在一个灯盘或标准灯座上,并声称寿命可达到  $1 \times 10^5 \text{h}$ . 2000 年已有研究文章指出,  $\phi 5 \text{mm}$  白光 LED 工作 6000h 后,其光强已降至原来的一半,事实上,采用  $\phi 5 \text{mm}$  白光 LED 阵列的发光装置,其寿命可能只有 5000h. 不同颜色的 LED 的光衰减不同,红色最慢,蓝、绿色居中,白色最快. 由于  $\phi 5 \text{mm}$  封装的 LED 原来仅用于指示灯,其封装热阻

高达  $300^{\circ}\text{C}/\text{W}$  ,不能满足充分散热要求,致使 LED 芯片的温度升高,造成器件光衰减加快。此外环氧树脂变黄也将使光输出降低。大功率 LED 在大电流下产生比  $\phi 5\text{mm}$  白光 LED 大 10—20 倍的光通量,因此必须通过使用有效的散热和采用不劣化的封装材料来解决光衰减问题,管壳及封装已成为研制大功率 LED 的关键技术之一,全新的 LED 功率型封装设计理念主要归纳为两类:一是单芯片功率型封装;另一是多芯片功率型封装。

### 3.1 功率型 LED 的单芯片封装

1998 年,美国 Lminled 公司研制的 Luxeon 系列大功率 LED 固体光源管壳及封装结构如图 3 ( b ) , ( c ) 所示。这种 LED 功率型单芯片封装与常规的 LED (  $\phi 5\text{mm}$  ) 封装结构全然不同,它是将正面出光的 LED 芯片直接焊接在热沉上,或者将背面出光的 LED 芯片先倒装在具有焊料凸点的硅载体上,然后再将其焊接在热沉上,使大面积芯片在大电流下工作的热特性得到改善。这种封装对于取光效率、散热性能和电流密度的设计都是最佳的,其主要有以下特点:

(1) 热阻低。常规的  $\phi 5\text{mm}$  型 LED 较小的芯片尺寸和传统环氧封装具有很高的热阻,而这种新型封装结构的热阻一般仅为  $14^{\circ}\text{C}/\text{W}$  ,比常规 LED 减小约 20 倍。

(2) 可靠性高。内部填充稳定的柔性胶凝胶体,在  $-40^{\circ}\text{C}$  至  $120^{\circ}\text{C}$  的范围内,不会因温度骤变产生的内应力使金丝和框架引线断开。用这种硅橡胶作为光耦合的密封材料,它不会出现普通光学环氧树脂那样的变黄现象,金属引线框架也不会因氧化而沾污。

(3) 反射杯和透镜的最佳设计使辐射图样可控和光学效率最高。

在应用中可将它们组装在一个带有铝夹层的电路板(铝芯 PC 板)上,电路板作为器件电极连接的布线之用,铝芯夹层则可作为功率型 LED 的热沉,这样不仅可获得较高的发光通量,而且还具有较高的光电转换效率。

### 3.2 功率型 LED 的多芯片组合封装

2001 年,美国 UOE 公司研制的多芯片组合封装的 NorLux 系列功率型 LED 照片示于图 5 ( a ) , ( b ) 。这种新型封装结构采用六角形铝板作为衬底,这是为了使它们在一起有效地进行组装。

六角形铝衬底的直径为  $1.25\text{in}$  ,发光区位于其中央部位,直径约为  $0.375\text{in}$  ,可容纳 40 个 LED 芯

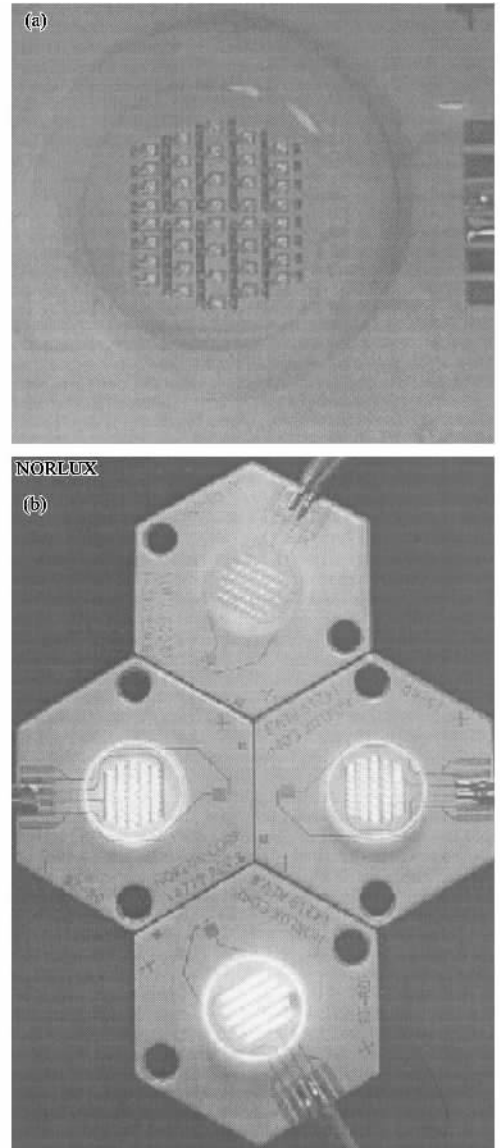


图 5 多芯片组合封装的功率型 LED  
( a ) 多芯片组合封装 ( b ) 六角形多芯片铝板封装

片。用铝板作为热沉,并使它不导电。芯片的键合引线是通过在衬底上做成的两个接触点与正极和负极连接。根据所需输出光功率的大小来确定衬底上排列管芯的数目,组合封装的超高亮度芯片包括 AlGaInN 和 AlGaInP,它们的发射光可为单色、彩色 ( RGB )、白色 ( RGB 三基色合成或蓝色黄色二元合成 )。最后采用高折射率的材料按照光学设计形状进行封装,不仅取光效率高,而且还能够使芯片和键合的引线得到保护。由 40 个 AlGaInP ( AS ) 芯片组合封装的 LED 流明效率为  $20\text{lm}/\text{W}$ 。采用 RGB 三基色合成白光的组合封装模块,并当混色比为  $0.43\text{R} : 0.48\text{G} : 0.09\text{B}$  时,发光通量典型值为  $100\text{lm}$ , CCT 标准色温为  $4420\text{K}$ ,色坐标  $x$  为  $0.3612$ ,  $y$  为  $0.3529$ 。

由此可见,这种采用常规芯片进行高密度组合封装的功率型 LED 可以达到较高的亮度水平,不仅可作为光耦合的理想光源,而且还由于热阻低,可在大电流下工作,具有较高的光输出功率,因而是一种切实可行很有推广前景的功率型 LED 固体光源。

## 4 应用及前景

### 4.1 应用

超高亮度功率型 LED 大大扩展了 LED 在各种信号显示和照明光源领域中的应用,主要有汽车内外灯和各种交通信号灯,包括城市交通、铁路、公路、机场、海港灯塔、安全警示灯等。功率型白光 LED 作为专用照明光源已开始用于汽车和飞机内的阅读灯,在便携式照明光源如钥匙灯、手电筒、背光源及矿工灯等方面也得到越来越多的应用,白光除三基色合成外,还可通过将一种特制的磷光体涂敷在 GaN 蓝色或紫外波长的功率型 LED 芯片上形成白光。功率型 LED 在建筑物装饰光源、舞台灯光、商场橱窗、广告灯箱、庭院草坪照明、城市夜景等方面与其同类产品相比显示出了它独有的特点。使用超高亮度功率型红、绿、蓝三基色 LED,可制成结构紧凑、发光效率比传统白炽灯光源高得多的数字式调色光源,配合计算机控制技术,可得到极其丰富多彩的发光效果。超高亮度功率型 LED 所具有的低电压、低功耗、体积小、重量轻、寿命长、高可靠等优点,在军事上还可作为野战、潜水、航天、航空所需的特种固体光源。

### 4.2 前景

器件结构的进步,取光和热沉优化设计使大功率 LED 发光效率和发光通量不断提高,由多个 5mm LED 组装的灯盘和灯头将被功率型 LED 组装的灯芯所取代。图 6 给出了 LED 发光通量增加的历程和未来的发展趋势,其发光通量以每一个封装的 LED 计,由图 6 可以看出:从 1970 年至 2000 年的最近 30 年间,光通量大约每 18—24 个月要增加 2 倍。自 1998 年 NorLux 系列功率型 LED 问世后,发光通量的增加趋势更快,这是由于 NorLux 系列功率型 LED 采用了具有单独导光、导电、导热通路的管壳结构。功率型 LED 对建筑和装饰设计具有重大的影响,设计师可将整个 LED 固体光源系统装入墙壁、天花板甚至地板上,由于 LED 具有非常长的寿命,将不需要更换灯泡,功率型 LED 光源产品将成为建筑物的一个组成部分,并将形成一个全新的产业方向。

随着超高亮度 LED 性能的改进,LED 照明光源

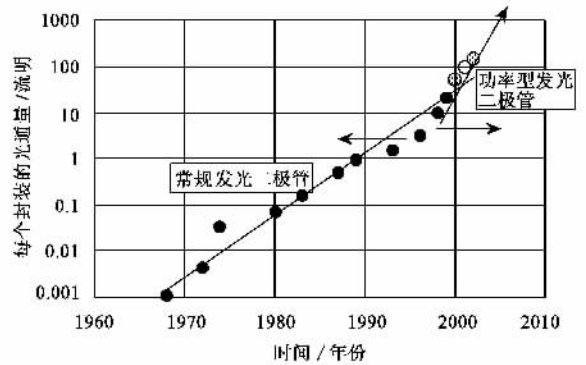


图 6 LED 发光通量增加的历程和未来的发展趋势

引起了照明领域的更大的关注,普通照明市场的需求是巨大的,功率型 LED 白光技术将更能适应普通照明的需要,只要 LED 产业能持续这一开发方向,则 LED 固体照明在未来 5—10 年内将会取得重大的市场突破。

## 5 结语

半导体照明是 21 世纪最引人瞩目的新技术领域之一,功率型 LED 作为一种高效的环保的绿色固体光源将在本世纪迅速发展并得到越来越广泛的应用。我国目前虽已有许多厂家以产、学、研相结合的方式对 AlGaInP 和 AlGaInN 外延材料的研制和生产,但外延片的内量子效率与国际水平尚有一定差距,芯片和封装大多仍沿袭传统的设计理念和制造模式。因此采用功率型芯片和封装结构来提高 LED 的取光效率,研制出散热和光学性能良好的功率型 LED,并由此推动 LED 固体光源的应用仍将是我国国内 LED 产业面临的主要技术课题。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Strategies Unilimited, May 2000. Report SC-23 Gallium Nitride 2000-Technology
- [ 2 ] Nakamura S *et al.* Appl. Phys. Lett., 1994, 64: 1684
- [ 3 ] Nakamura S *et al.* Phys. Rev. B, 1997, 55: 1938
- [ 4 ] Mukai T *et al.* Jpn. J. Appl. Phys. Part 2, 1998, 34: 1479
- [ 5 ] Hoffer G E *et al.* Electron. Letters, 1998, 34: 1781
- [ 6 ] Wierer T J *et al.* Appl. Phys. Lett., 2001, 78: 3379
- [ 7 ] Bhat J *et al.* High Power White LED Technology Copyright (c) Lumileds Lighting LLC Company, 2001
- [ 8 ] Martin P S *et al.* High-Power Red, Green, Blue and White LEDs Copyright (c) Lumileds Lighting LLC Company, 2001
- [ 9 ] Compound Semiconductor, 2001, 7(11): 9
- [ 10 ] Compound Semiconductor, 2001, 7(5): 9
- [ 11 ] Compound Semiconductor, 2002, 8(8): 11
- [ 12 ] Compound Semiconductor, 2002, 8(11): 25

# 有机电致发光研究与应用进展\*

刘式慵<sup>†</sup> 赵毅 李峰 冯晶

(吉林大学集成光电子国家重点实验室 长春 130023)

**摘要** 在十多年的时间里,有机电致发光的研究和应用取得了长足的进展.有机电致发光器件具有许多优点,例如:自发光、视角宽、响应快、发光效率高、温度适应性好、生产工艺简单、驱动电压低、能耗低、成本低等.因此有机电致发光器件极有可能成为下一代的平板显示终端.文章介绍了最近几年这方面的研究及应用的进展.

**关键词** 有机,电致发光,显示器件

## Advances in organic light-emission

LIU Shi-Yong<sup>†</sup> ZHAO Yi LI Feng FENG Jing

(National Laboratory of Integrated Optoelectronics, Jilin University, Changchun 130023, China)

**Abstract** In the past decade, the study and application of organic light-emission has seen significant progress. Organic light-emission devices have many advantages such as their thinness, self light-emission, broad viewing angle, quick response, high efficiency, easy fabrication, low driving-voltage, low energy-consumption, low cost, etc. It is therefore very possible that they will become the next generation panel displays. Recent advances in their development and application are reviewed.

**Key words** organic, electroluminescence, displays

有机电致发光技术作为新一代显示技术,在短短十几年中取得了如此辉煌的成就,其巨大的源动力在于有机电致发光器件(organic light-emission devices, OLED)具有如下的特点:

- (1)采用有机物,材料选择范围宽,可实现从蓝光到红光的任何颜色的显示;
- (2)驱动电压低,只需3—10V的直流电压;
- (3)发光亮度和发光效率高;
- (4)全固化的主动发光;
- (5)视角宽,响应速度快(微秒量级);
- (6)制备过程简单,费用低;
- (7)超薄,重量轻;
- (8)可做在柔性衬底上,器件可弯曲,折叠.

因此,有机电致发光器件可应用于室内照明,各种显示屏,坦克、飞机等现代化武器中的显示终端等.正是由于有机发光器件的诸多优点以及广阔的应用前景,世界上80多家大公司在从事有机电致发光材料和器件的研究开发工作,其中包括 Philips,

Pioneer, Idemitsu, NEC, 三洋, Epson, Lucent Technologies, DuPont, Kodak, Dow Chemical, IBM, HP, FED, 三星等著名公司,还包括我国台湾地区的镓德公司、东元科技等,使有机发光技术得到了突飞猛进的发展,目前已有多种有机发光产品被推向市场.

## 1 研究工作进展

### 1.1 有机发光材料方面

Eastman Kodak, 出光兴产、东洋 INK 制造、三菱化学等公司主要从事小分子材料的研究开发.

表1列出了利用出光兴产公司的小分子材料制作的有机电致发光器件的性能<sup>[1]</sup>.可以看到,该公司已经可以提供寿命达到10000小时的各色有机小分子材料.住友化学、CDT、Covion、Dow Chemical等

\* 国家自然科学基金(批准号 59973007, 60077014)资助项目

2002-11-04 收到初稿 2003-01-13 修回

<sup>†</sup> 通讯联系人. E-mail: syliu@mail.jlu.edu.cn