

LED

半导体照明

国家半导体照明工程研发及产业联盟
上海市光电子行业协会

编著

BANDAOTIZHAOMING
BANDAOTIZHAOMING
BANDAOTIZHAOMING

半 导 体 照 明

国家半导体照明工程研发及产业联盟 编著
上海市光电子行业协会

辽宁科学技术出版社

©图书在版编目 (CIP) 数据

半导体照明 / 国家半导体照明工程研发及产业联盟, 上海市
光电子行业协会编. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2006.3

ISBN 7-5381-4650-4

I. 半… II. ①国… ②上… III. 半导体技术: 照明技术
IV. TM923.34

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 152712 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳市新友印刷有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 145mm × 210mm

印 张: 7

字 数: 186 千字

印 数: 1~2000

出版时间: 2006 年 3 月第 1 版

印刷时间: 2006 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑: 郭 健

封面设计: 郑 红

版式设计: 于 浪

责任校对: 李 雪 王玉宝 徐丽娟

定 价: 38.00 元

联系电话: 024—23284536

邮购热线: 024——23284502 23284357

E-mail: tad4356@mail.lnpgc.com.cn

http: //www.lnkj.com.cn

敬告读者:

本书采用兆信电码电话防伪系统, 书后贴有防伪标签, 全国统一
防伪查询电话 16840315 或 8008907799 (辽宁省内)

编委会名单

主 编	吴 玲	傅文彪		
副 主 编	梁秉文	徐绍敏		
编 委	阮 军	吴文峰	肖志国	董志江
	靳彩霞	夏冠群	方志烈	王国定
	俞振中	张万生	顾海军	涂 江
	谢雪茹			
顾 问	范滇元	庄松林		
正文编辑	王国定			
附录编辑	谢雪茹			
策 划 人	唐国庆			

编著说明

国家半导体照明领导小组一成立，就如春风吹大地，业界多少人感叹：中国 LED 的春天真的来临了！正是在这个大背景下，以为推进半导体照明产业发展做一件实事为出发点，编写了这本书。本书通过问答的形式，对半导体照明基础知识、高亮度 LED 及功率型 LED 制备工艺、技术和应用方面做了深入浅出的介绍，使广大一线的工人、技术人员、学生和相关的管理人员以及所有关心半导体照明的有识之士能获得比较完整的信息，并对半导体照明有一个比较全面的了解。

本书在编写过程中，得到了行业内有关专家、教授和工程技术人员的鼎力支持，尤其是中国工程院院士范滇元先生、庄松林先生的指点和帮助。上海复旦大学方志烈教授、上海技术物理所俞振中研究员、信息产业部第十三所张万生教授、上海金桥大晨光电科技有限公司顾海军和涂招莲高级工程师、上海市光电子行业协会王国定先生参与了本书的编写，王国定先生做了本书的统稿工作。本书中的国内外专利选录和编辑由上海金桥大晨光电科技有限公司研发中心谢雪茹高级工程师完成。南京汉德森半导体照明有限公司梁秉文博士对本书做了全面归类和审阅工作，在辽宁科学技术出版社郭健同志的热忱帮助下，使本书能得以出版。在此一并表示衷心的感谢。

策划人：唐国庆

2005 年 11 月 11 日

目 录

一、基础知识篇

1. 光的本质是什么, 物体发光有哪几种方式?	1
2. 何谓电致发光? 半导体发光为何属冷光?	2
3. 照明光源的发展经历了哪几个阶段?	3
4. LED 的工作原理与基本结构是什么?	4
5. LED 光源有哪些优势?	6
6. 在主要性能方面, 目前白光 LED 与传统光源相比有哪些优缺点?	7
7. 什么是色温? 什么是显色指数?	8
8. 通用照明对白光 LED 的光电性能有哪些基本要求?	10
9. 什么是人眼对光的视觉敏感曲线?	10
10. 人眼对光的视觉敏感曲线对我们了解 LED 照明有什么作用?	11
11. LED 的发展经历了哪几个阶段?	12
12. 何谓 LED 的伏安特性? LED 的电功率是如何计算的?	13
13. LED 的基本特性是什么?	16
14. 何谓 LED 的电-光转换? 如何表述光电转换效率?	17
15. LED 单色光 (红、黄、蓝、绿等) 的光谱与白光的光谱有什么区别?	18
16. 在通用照明领域, LED 取代传统光源从目前来看还需克服哪些障碍?	19
17. LED 取代传统光源还有哪些需要攻克的课题, 当前国际上 LED 发展 的趋势如何?	20
18. 何谓绿色照明光源? 它有哪些特点?	22
19. 为什么说 21 世纪照明产业将迎来自爱迪生发明白炽灯以来的又一次 产业革命?	23

20. 哪些产业是 LED 产业链的构成部分?	24
21. LED 上游产业是指哪些产业?	25
22. LED 中游产业是指哪些产业?	26
23. LED 下游产业是指哪些产业?	27
24. LED 产业的发展, 可以带动哪些相关产业的产品升级换代和技术创 新?	29
25. 用半导体光源取代传统光源对我国这样一个照明光源生产与出口大 国的重要意义何在?	31
26. 当前我国 LED 产品与国际先进水平相比, 主要差距在哪里?	32
27. 我国发展半导体照明产业的优势何在? 政府主管部门出台了哪些推 进这一产业发展的重要举措?	33

二、外延芯片篇

28. LED 的发光有源层——PN 结是如何制成的? 哪些是常用来制造 LED 的半导体材料?	35
29. 什么是 LED 的内量子效率? 不同的发光波长, 假定内量子效率达 100%, 其电—光效率有何不同?	36
30. LED PN 结有源层发出的光子能否 100% 逸出到空气中?	37
31. 有哪些生长 LED 有源层的外延方法? 它们各自有什么特点?	39
32. 哪些材料可以用做生长外延层的衬底材料? 它们各自有哪些优缺点?	39
33. 当前, 生产超高亮 LED 的外延方法主要有几种? 什么是 MOCVD?	40
34. 当前, 用做半导体照明光源的高效 LED 的外延层结构有何创新和发 展? 它们的结构如何?	41
35. 当前的 GaAs、GaP、GaAlAs、GaInAlP 以及 InGaN 等均是无机半导体 材料, 除此之外, 还有哪些无机材料可以制造发光二极管? 目前研发 的进展如何?	43
36. 简述有机半导体发光二极管发展历程, OLED 等能否进入照明领域?	44
37. 国内 LED 外延产业的状况与发展趋势如何?	45
38. LED 芯片的制造流程是怎样的?	46
39. LED 芯片制造工序中, 哪些工序对其光电性能有较重要的影响?	48

40. 芯片制造过程中通过哪些工艺技术措施可以提高芯片发光强度与出光效率?	49
41. LED 芯片为什么要分成诸如 8mil, 9mil...13~22mil, 40mil 等不同的尺寸? 尺寸大小对 LED 光电特性有哪些影响?	51
42. LED 大功率芯片一般指多大面积的芯片? 为什么? 大功率芯片的版图设计有哪些特殊考虑?	51
43. 制造 GaN 外延材料的芯片工艺和加工设备与 GaP、GaAs、InGaAlP 相比有哪些不同的要求? 为什么?	53
44. 什么是“激光剥离技术”? 它在 LED 芯片制造中起什么作用? 它主要用在哪类芯片制造中?	53
45. “透明电极”芯片的结构与它的特点是什么?	53
46. 什么是“倒装芯片 (Flip-Chip)”? 它的结构如何? 它有哪些优点?	54
47. 用于半导体照明的芯片技术的发展主流是什么?	55

三、封装篇

48. 提高 LED 芯片光子逸出率的途径有哪些? 为什么说通过封装设计和封装材料改进可以提高 LED 光子逸出效率?	56
49. 简述提高 LED 芯片电-光转换效率的重要意义。	58
50. 衡量 LED 器件电-光转换优劣的参数主要有哪些?	59
51. LED 芯片封装成发光二极管一般可以分成哪几种形式? 它们在结构上各有什么不同?	60
52. 何谓功率型 LED? 请介绍一下它的发展概况。	61
53. LED 芯片封装成器件一般的制造流程是什么?	63
54. 为什么要将芯片进行封装? 封装后的器件比裸芯在性能上有什么不同?	63
55. 大面积功率 LED 芯片与常规小功率芯片相比对封装材料与工艺有什么特殊要求?	64
56. 何谓“一次光学设计”? LED 封装中有哪几种出光透镜? 它们有何特点?	65
57. 大功率 LED 的封装形式目前常见的有哪几种? 它们有哪些异同?	66
58. 对于 LED 封装的环境条件要求是什么? 有人说: 车间的洁净度、防静电措施等对 LED 封装无所谓, 这种说法对吗?	68

59. 我国似乎正在成为 LED 封装产业的庞大基地之一, 如此迅速发展会不会带来负面效应?68
60. 目前国内不少封装企业普遍存在的不足是什么? 进一步发展中, 应当注意哪些方面的问题?69
61. 芯片固晶工艺中的“合金固晶”工艺是什么?69
62. 当前国内 LED 企业对产品可靠性工作还有哪些可以改进和提高的方面?71
63. 白光 LED 是通过哪些方法来实现的?72
64. 当前, 制造白光 LED 的主流方法是什么?72
65. 白光 LED 当前具有代表性的产品的水平如何?72

四、应用篇

66. 单个 LED 的流明效率与用 LED 作光源构成的灯具的流明效率有什么异同?74
67. 为什么一只蓝光 LED 在涂上特殊的荧光粉构成白光 LED 后, 其辐射光通量会比蓝光高出几倍甚至十几倍?75
68. 照度的定义是什么? 知道某个 LED 的辐射光通量, 能否求出它的照度?76
69. 当用发光角为 60° 的 LED 作数码相机闪光灯的白光光源时, 要求在照射距离 0.5m 的照射面上照度为 10lx, 试问这个 LED 的光通量应为多少?77
70. 请问 LED 的光通量 Φ 与发光强度即光强是否能相互转换?78
71. LED 的发光强度 I_v 与照度 E 之间如何进行换算?78
72. 为什么说用积分球来测量 LED 的光通量时, 可以认为: 在积分球内表面任一点位置上得到的由另一部分反射出的照度, 不受点的位置的影响?79
73. 为什么 LED PN 结上温度升高会引起它的光电参数退化?80
74. LED 的哪些参数与 PN 结温度相关? 它们是何种关系?81
75. 衡量 LED 长期使用性能退化的主要指标是什么?83
76. 什么是 LED 的结温, 它是如何产生的?84
77. 简述结温对 LED 光输出的影响。86
78. LED 的正向电压与结温之间存在什么关系?87

79. 当结温上升时, LED 的发光波长与颜色如何变化?	88
80. 简述什么是热阻? 它的定义和单位是什么?	90
81. LED PN 结上最高结温的含义是什么?	91
82. 试述 LED 器件的热阻模型, 它由哪些部分构成? 各有什么特点?	92
83. 为什么说提高光效可降低结温? 提高 LED 光效的主要途径哪些?	94
84. 试述热阻在功率 LED 光源应用中的作用。	95
85. 如何减小 LED 的热阻值?	97
86. 请简单介绍一下目前常用的热阻测试方法。	98
87. 芯片局部过热的原因是什么, 对 LED 的可靠使用有何隐患, 如何 测量芯片表面的温度分布?	100
88. 请介绍一下 LED 的光电参数中哪些参数与电流 I_F 相关?	101
89. LED 工作时, 较好的驱动方法是什么?	102
90. 有哪些常用的恒流驱动 LED 的方法? 请作简单介绍。	104
91. 能否推荐一些专用于 LED 的 IC 驱动芯片?	108
92. 如何实现 LED 的调光、调色? 请举一简单例子说明。	110
93. LED 的“寿命”是什么样一种概念? 什么是“浴盆”曲线?	112
94. LED 失效的判断标准是什么? 什么是失效率?	114
95. 平均无故障时间的含义是什么? 可靠度又如何理解?	115
96. LED 器件的失效模型如何建立?	116
97. 是否可以通过试验来剔除早期失效的 LED?	117
98. 什么是静电破坏? 哪些类型的 LED 容易受静电破坏导致失效?	118
99. LED 与 LED 应用部件或系统的可靠性是否一样? 应当如何正确理 解?	119
100. 从哪些方面着手改进, 可以提高 LED 在应用中的可靠性, 降低失 效率?	120
101. 为什么用太阳能电池与白光 LED 组合的照明系统被称为是 “真正的绿色照明”系统?	122
102. LED 要进入照明领域还存在哪些问题, 还要做哪些工作?	122

附录: LED相关专利 100 例

(一) 国外专利摘要

1. 用于照明的基于发光二极管阵列的点阵结构	124
2. 包括发光二极管和荧光发光二极管的混合白光光源	125
3. 采用特定网格关系的发光二极管阵列	125
4. 基于三维网格结构的照明发光二极管阵列	127
5. 用于信号设备的发光二极管组件	128
6. 可表面装配的发光二极管光源和制造发光二极管光源的方法	128
7. 具有改良电流分散结构的可扩展发光二极管	129
8. 发光二极管的散热结构	130
9. 片式发光二极管及其制造方法	131
10. 自备散热器的发光二极管	132
11. 以发光二极管的发光为基础的发光设备	132
12. 发光二极管驱动电路和用它的光传输模块	134
13. GaN 基 III—V 族氮化物发光二极管及其制造方法	134
14. 发光二极管电源	135
15. 白色发光二极管的制造方法	136
16. 发光二极管灯串的优选实施例	137
17. 发光二极管、照明装置以及制造这种发光二极管的方法	138
18. 发光二极管光源	139
19. 发光二极管电源	140
20. 用于发白光二极管的磷光体和发白光二极管	141
21. 发光二极管及半导体激光	141
22. 带反射器和发光二极管的光源	142
23. 具有多色发光二极管阵列的光源	143
24. 发光二极管驱动电路	144
25. GaInN 半导体层及其制备方法, 包括该层的发光二极管和包括该发 光二极管的发光器件	145
26. 在 GaN 基板上的发光二极管芯片和用 GaN 基板上的发光二极管芯片	

制造发光二极管元件的方法	146
27. 发光二极管芯片及其制造方法	147
28. 具有基于氮化镓的辐射外延层序列的发光二极管芯片及其制造方法	148
29. 尤其与发光二极管组合使用的被动辐射光模	149
30. 具有至少一只发光二极管作为光源的照明单元	150
31. 带有多个发光二极管芯片的元件	151
32. 用于表面安装型发光二极管的引线框及其制造方法	152
33. 发光二极管器件	153
34. 发光二极管器件	153
35. 发光二极管装置	154
36. 垂直结构 InGa _N 发光二极管	155
37. 一种旋转发光二极管全色显示设备	155
38. 发光二极管、光学半导体元件及适用的环氧树脂组合物及其制造方法	157
39. 基于红绿蓝的发光二极管发光体系统	157
40. 包括多个发光二极管的显示装置	159
41. 发光二极管阵列	160
42. 发光二极管的运行设备	161
43. 用于发光二极管的基片	161
44. 发光二极管	162
45. 全色发光二极管(LED)显示系统	163
46. 带有耦合输出结构的发光二极管	164
47. 具有改进发光效率的有机发光二极管器件	165
48. 大功率半导体激光二极管	165
49. 半导体激光二极管及其制造方法	166
50. 第 3~5 族化合物半导体和发光二极管	167

(二) 国内专利摘要

1. 透明电极基板及其制造方法和有机发光二极管	167
2. 发光二极管的封装	168
3. 一种高亮度粉红色发光二极管的制备方法	169
4. 具有对边电极的发光二极管元件及其制造方法	170

5. 半导体发光器件双异质结构及发光二极管	171
6. 具有分散电流与提高发光面积利用率的发光二极管	171
7. 在蓝宝石衬底上形成半导体发光二极管管芯的方法	172
8. 发光二极管及其制造方法	173
9. 叠置晶片全彩色发光二极管的封装结构及方法	174
10. 发光二极管及其制造方法	175
11. 发光二极管芯片的多芯片封装结构	176
12. 中空 LED 发光二极管	177
13. 具有微小透镜的表面黏着型发光二极管	177
14. 发光二极管灯具	178
15. 发光二极管照明光源装置	179
16. 发光二极管字形、图形灯	180
17. 白色发光二极管的制造方法	180
18. 一种高功率的发光二极管封装方法	181
19. 发光二极管面光源的改良方法	182
20. 发光二极管	182
21. 一种二极管结构及其静电放电防护电路	183
22. 发光二极管的结构及其制造方法	184
23. 液冷式发光二极管及其封装方法	185
24. III族氮化物发光二极管及其制造方法	185
25. 使用发光二极管的水管灯制造方法	186
26. 紫红光发光二极管	187
27. 提高发光二极管亮度的封装方法	187
28. 发光二极管光源控制方法	188
29. 一种白光发光二极管的制造方法	189
30. 一种发光二极管装饰灯泡及其制造方法	190
31. 发光二极管外延片电致发光无损检测方法	191
32. 三波长白光发光二极管的制造方法	192
33. 紫光发光二极管激发的三基色荧光粉和合成方法	193
34. 大功率照明发光二极管	194
35. 集合二极管新型光源	194
36. ZnO 基同质结发光二极管	195

37. ZnO 基发光二极管	196
38. GaN 基发光二极管用的荧光粉及其制备方法	196
39. 发光二极管支架	197
40. 发光二极管封装结构	198
41. 高亮度白光的二极管白光光源	198
42. 大功率发光二极管灯	199
43. 发光二极管的改良	200
44. 连结式表面粘着型发光二极管	201
45. 大功率发光二极管	202
46. 发光二极管晶片的串联结构	202
47. 功率型发光二极管	203
48. 高效率大功率发光二极管	204
49. 功率型发光二极管框架	205
50. 一种 GaN 基多量子阱蓝光发光二极管	206

一、基础知识篇

1. 光的本质是什么，物体发光有哪几种方式？

光是一种能量的形态，它可在空间传播而无需任何物质作媒介。通常将这种能量的传递方式称为辐射，其含义是指能量从能源出发沿直线(在同一介质内)向四面八方传播。关于光的本质，早在 17 世纪中叶就被牛顿与麦克斯韦分别以“微粒说”、“波动说”进行了详细探讨，并成为当前所公认的光具有“波粒二重性”的理论基础。约 100 多年前，人们又进一步证实了光是一种电磁波，更严格地说，在极为宽阔的电磁波谱大家族中，可见光的光波只占有很小的空间，如表 1-1 所示，其波长范围处在 380 ~ 770nm 之间，包含了人眼可辨别的紫、靛、蓝、绿、黄、橙、红七种颜色。它的长波端是波长范围在微米量级至几十千米的红外线、微波及无线电波区域；它的短波端是紫外线、X 射线和 γ 射线，其中 γ 射线的波长已小到可与原子直径相比拟。

表 1-1 电磁波谱波长区域

电磁波谱种类	波长范围			
	nm	μm	cm	m
长波振荡				$> 10^5$
无线电波				$1 \sim 10^5$
微波			$10^{-1} \sim 10^2$	
红外线		$0.77 \sim 10^3$		
可见光	380 ~ 770			
紫外线	10 ~ 390			

续表

电磁波谱种类	波长范围			
	nm	μm	cm	m
X 射线	$10^{-3} \sim 50$			
γ 射线	$10^{-5} \sim 10^{-1}$			
宇宙射线	$< 10^{-5}$			

注: $1\text{m}=10^2\text{cm}=10^6\mu\text{m}=10^9\text{nm}$

物体的发光方式通常可分成两类,即热光与冷光。所谓热光又称之为热辐射,是指物质在高温下发出的光。在热辐射的过程中,物体内部的能量并不改变,通过加热使辐射得以进行下去,低温时辐射红外光,高温时变成白光。众所周知,当钨丝在真空或惰性气体中加热至很高的温度,即会发出灼眼的白光。其实,太阳光就是一种最为常见的白光,三棱镜可将太阳光分解成上述的七种颜色。实验已证明,只要采用其中的红、绿、蓝三种颜色,即可合成自然界中所有色彩,包括白色的光,我们通常将红、绿、蓝三种颜色称之为三原色。

冷光是某种能源在较低温度时所发出的光。发冷光时,某个原子的一个电子受外力作用从基态激发到较高的能态。由于这种状态是不稳定的,该电子通常以光的形式将能量释放出来,回到基态。由于这种发光过程不伴随物体的加热,因此将这种形式的光称之为冷光。按物质的种类与激发的方式不同,冷光可分为各种生物发光、化学发光、光致发光、阴极射线发光、场致发光、电致发光(EL)等多种类别。萤火虫、荧光粉、日光灯、EL 发光、LED 发光等均是一些典型的冷光源。

2. 何谓电致发光? 半导体发光为何属冷光?

所谓电致发光(EL)是一种直接将电能转换成光能的过程。这种发光不像白炽灯那样先将电能转变成热能使物体温度升高而发光,因而称之为冷光。通常有两种电致发光现象:第一类 EL 屏

是利用固体在电场作用下的发光现象所制成的光源。荧光材料在电场作用下，导带中的电子被加速到足够高的能量并撞击发光中心，使发光中心激发或电离，激活的发光中心回到基态或与电子复合而发光，荧光材料（像 ZnS）中不同的激活剂决定了发光的颜色。第二类电致发光又称之为注入式场致发光，LED 与 LD 就属于这类发光过程。电致发光实际上也是一种能量的变换与转移的过程。电场的作用使系统受到激发，将电子由低能态跃迁到高能态，当它们从高能态回到低能态时，根据能量守恒原理，多余的能量将以光的形式释放出来，这就是电致激发发光。发光波长取决于电子的能量差：

$$\Delta E = h\nu = h \cdot c / \lambda = 1.24 \times 10^{-7} / \lambda \quad (1-1)$$

$$\text{或者} \quad \lambda = h \cdot c / \Delta E \quad (1-2)$$

其中 $\Delta E = E_1 - E_2$ ， E 是发射光子所具有的能量，以电子伏为单位； λ 为光子波长，以毫微米为单位； h 是普朗克常数， $h = 4.1357 \times 10^{-15} \text{eV} \cdot \text{s}$ ； c 是光速， $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$ 。由式（1-1）可知，激发电子的能量差 ΔE 越大，所发出的光子波长就越短，颜色发生蓝移。反之，激发电子能量差越小，所发出的光子的波长越长，颜色发生红移。

3. 照明光源的发展经历了哪几个阶段？

在 18 世纪以前，人类一直以“火”作为自己的照明工具，从普通的柴火、油灯、蜡烛，直至以后大量使用的煤气灯、汽油灯，照明推动了人类的文明与进步。18 世纪，电的发明给人类照明带来了新的机遇，美国人戴维首先用多至 200 节的电池和两根碳棒，制成了电弧光灯，这种灯的特点是亮度高、温度高以及碳棒容易挥发变短，到 1877 年一个俄国发明家将弧光灯改良成了电烛，但结构的变化没有改善弧光灯的性能。此时，世界上很多科学家均在想方设法，希望能发明一种既方便又安全的电灯。

在众多的科学家中，爱迪生脱颖而出，他经过了近十三年的努力，终于在 1879 年制造出了第一只具有实用功能的电灯，并于 1880 年申请了专利。在电灯的发明过程中，爱迪生查阅了大量资料，找到了制造白炽灯的关键，最后于 1879 年用棉线烧成的碳丝做成了一只点亮 45 小时的第一只实用电灯。第二年他又用竹子烧成的碳丝，使点亮时间增加到 1200 小时。这种碳丝灯泡一直沿用了三十年，直至 1910 年才被金属钨丝替代，成为现代的电灯形式。1959 年人们发现了卤钨循环原理，制造出了卤钨灯，给热辐射光源注入了新的活力。这类灯体积小，光效和寿命均明显优于普通白炽灯，已成为当代人类照明的主力产品。

白炽灯结束了人类“黑暗”的历史，但白炽灯也有许多不足之处，它只利用了电能的 10%~20%，大部分电能变成了热，消耗掉了。为了开辟一条电能利用的新途径，科学家们开始了新的征程。1902 年，赫维特发明了水银灯，电光效率有了极大提高，但水银灯会发出大量紫外线，光线又太刺眼，有害人体，难于大量使用。1910 年克劳斯发明了霓虹灯，灯管颜色随充气不同而异，这再一次证明了避开爱迪生的发光之路，采用一条更经济地利用电能的途径完全可行。

1939 年美国通用电子公司的依曼等人，突破了启动装置设计与制作大关，发明了与水银灯迥然不同的荧光灯。这种荧光灯是在一根硬管内充入一定量水银蒸气，通电后水银蒸气放电，同时产生紫外线，激发管内壁上的荧光物质而发出可见光。显然荧光灯没有水银灯的弊端，它比白炽灯更亮，电能利用率高，因此它一诞生就受到了人们的青睐。60 年代末又相继出现了高压钠灯和金属卤化物灯（统称高强气体放电灯或 HID 灯），使发光效率有了进一步的提高，成为与热辐射光源白炽灯完全不同的第二代光源。

4. LED 的工作原理与基本结构是什么？

LED 实际上是一个半导体的 PN 结，其基本的工作机理是一

个电光转换过程。当一个正向偏压施加于 PN 结两端，由于 PN 结势垒的降低，P 区的正电荷将向 N 区扩散，N 区的电子也向 P 区扩散，同时在两个区域形成非平衡电荷的积累。对于一个真实的 PN 结型器件，通常 P 区的载流子浓度远大于 N 区，致使 N 区非平衡空穴的积累远大于 P 区的电子积累（对于 NP 结，情况正好相反）。由于电流注入产生的少数载流子是不稳定的，对于 PN 结系统，注入到价带中的非平衡空穴要与导带中的电子复合，其中多余的能量将以光的形式向外辐射，这就是 LED 发光的基本原理。通常，禁带宽度越大，辐射出的能量越大，对应的光子具有较短的波长；反之，禁带宽度越小，辐射出的能量越小，对应的光子具有较长的波长。对于 GaAsP、GaInAlP、InGaN、GaAlAs 等半导体材料，其禁带宽度对应的发光波长恰好处于 380~780nm 的可见光区域，从而为 LED 的发展与应用奠定了广阔的空间。

LED 器件的基本结构一般可归为两大类，一类是针对 GaP、GaAsP、AlGaAs 等传统型 LED，通常采用液相外延或气相外延工艺在 GaP 或 GaAs 衬底上生长 PN 结或 NP 结型的简单结构，为提高发光强度，也有制成异质结构的。这类器件的衬底往往是 PN 结的一部分，或 P 型区，或 N 型区。因此，这类器件的衬底质量将直接影响着器件的电学与光电特性，掺杂浓度合适的衬底对提高外延层质量、减小串联电阻至关重要。衬底对发射光的吸收情况也是一个重要问题，一般的 GaAsP 器件都采用 GaAs 衬底，采用 GaP 衬底可明显提高发光效率。这是由于用透明的 GaP 替代 GaAs 后，使 LED 芯片从面发光变成体发光，大大减小了衬底对光的吸收。此外，外延层应保持较高的载流子浓度，以确保足够高的注入效率。第二类结构主要是针对超高亮 InGaAlP 红黄光与 InGaN 蓝绿光器件而言。这类器件的基本结构通常包括四个区域：即衬底区、布拉格反射区、DH 或 MQW 发光区和窗口区。这类器件一般均通过 MOCVD 外延工艺制备，良好的衬底亦是整个外延工艺的基础，对于 InGaAlP 材料，通常采用 GaAs 材料作

衬底，当 In 的原子总含量为 0.25 时，InGaAlP 材料的晶格常数将很好地与 GaAs 相匹配，可获得高质量的外延层。对于 GaN 基器件，由于获得 GaN 块晶材料困难，一般采用蓝宝石或 SiC 作为外延衬底。结构的第二部分为布拉格反射区，对于 InGaAlP 器件，由于 GaAs 作衬底对红黄光的吸收很强，通常在衬底与发光区之间生长一个布拉格反射区，以便有效反射来自发光区的光辐射，从而改善了器件的出光性能。对于 GaN 基 LED 器件，由于蓝宝石或 SiC 材料不存在对光的强烈吸收，因此一般可不加布拉格反射区。第三层为发光区，该区域是整个器件的核心，采用双异质结或量子阱结构能大幅度提高电光转换效率。最后一层是窗口区，通常该区域的材料具有较大的禁带宽度，能有效透过来自发光区的光辐射。其次，窗口区材料应具有较高的载流子浓度、低的电阻率，以便实现较好的电流扩展，让工作电流能均匀地流过整个 PN 结区。

为了进一步提高发光效率与耗散功率，许多新型结构的 LED 器件正在开发中，最典型的有 GaP 透明衬底、金属膜反射、截角倒锥体、表面纹理等结构。可以相信，随着制造工艺的不断完备，不久的将来，一种发光效率高达 200 lm/W，输入功率大于 10W 的高效大功率 LED 器件将大量涌现于照明市场。

5. LED 光源有哪些优势？

LED 作为一个发光器件，之所以备受人们关注，是因为它具有较其他发光器件优越的特点，归纳起来 LED 有下列一些优点：

①工作寿命长。LED 作为一种半导体固体发光器件，较之其他发光器件有更长的使用寿命。其亮度半衰期通常可达到 10 万小时。如用 LED 替代传统的汽车用灯，那么，它的寿命将与汽车的寿命相当，具有终身不用修理与更换的特点。

②耗电低。LED 是一种高效光电器件，因此在同等亮度下，耗电较少，可大幅度降低能耗。随着今后工艺和材料的发展，将

具有更高的发光效率。

③响应时间快。LED 一般可在几十纳秒 (ns) 内响应, 因此是一种高速器件, 这也是其他光源望尘莫及的。采用 LED 制作汽车的高位刹车灯, 在高速状态下, 大大提高了汽车的安全性。

④体积小、重量轻、耐冲击。这是半导体固体器件的固有特点。

⑤易于调光、调色、可控性大。LED 作为一种发光器件, 可以通过流过电流的变化控制亮度, 也可通过不同波长 LED 的配置实现色彩的变化与调节。因此用 LED 组成的光源或显示屏, 易于通过电子控制来达到各种应用的需要, 与 IC 电脑在兼容性上无丝毫困难。另外, LED 光源的应用, 原则上不受空间的限制, 可塑性极强, 可以任意延伸, 实现积木式拼装。目前超大屏幕的彩色显示屏非 LED 莫属。

⑥绿色、环保。用 LED 制作的光源不存在诸如水银、铅等环境污染物, 不会污染环境。因此, 人们将 LED 光源称为“绿色”光源是毫不为过的。

6. 在主要性能方面, 目前白光 LED 与传统光源相比有哪些优缺点?

白炽灯、荧光灯与目前白光 LED 基本性能的比较见表 1-2。

表 1-2 白炽灯、荧光灯与目前白光 LED 基本性能的优劣比较

名 称	白炽灯	荧光灯	白光LED
光效 (lm/W)	10 ~ 15	50 ~ 90	45
显色指数 (Ra)	> 95	50~80	70~85
色温 (K)	2800	系列化	3000~8000
平均寿命 (h)	1000	5000	50000
价格 [每千流明成本 (RMB)]	1.7	4.1	461

续表

名 称	白炽灯	荧光灯	白光LED
每百万流明小时 总成本 (RMB)	40	7.4	29.4
照明面发热量	高	中	低
量产技术	成熟	成熟	待改进
存在问题	a. 低效率, 高耗电 b. 维护频 c. 灯泡易碎	a. 废弃汞蒸气 破坏环保 b. 灯管易碎	a. 光效待提高 b. 散热技术尚待 改进

7. 什么是色温? 什么是显色指数?

(1) 色温 (Color Temperature) 和相关色温 (Related Color Temperature)

当连续光谱光源所发出光的颜色与黑体在某一温度下辐射的颜色相同时, 黑体的温度就称为该光源的色温, 用绝对温度 K 表示。当光源所发出的光的颜色与黑体在某一温度下辐射的颜色接近时, 黑体的温度就称为该光源的相关色温。由于气体放电光源一般为非连续光谱, 与黑体辐射的连续光谱不能完全吻合, 所以都采用相关色温来近似描述其颜色特性。一个光源的色温被定义为与其具有相同光色的“标准黑体 (blackbody radiator)”本身的绝对温度值, 此温度可以在色度图上的普朗克轨迹上找到其对应点。不同光源的不同光色组成最佳环境见表 1-3, 不同光源环境的相关色温见表 1-4。

表 1-3 不同光源的不同光色组成最佳环境

色 温 (K)	光 色	气氛效果
> 5000	清凉 (偏蓝的白色)	冷的气氛
3300~5000	中间 (白色)	爽快的气氛
< 3300	温暖 (偏红的白色)	稳重的气氛

表 1-4 不同光源环境的相关色温

光 源	色 温 (K)	光 源	色 温 (K)
北方晴空	8000 ~ 8500	高压汞灯	3450 ~ 3750
阴 天	6500 ~ 7500	暖色荧光灯	2500 ~ 3000
夏日正午阳光	5500	卤 素 灯	3000
金属卤化物灯	4000 ~ 4600	钨 丝 灯	2700
下午日光	4000	高压钠灯	1950 ~ 2250
冷色荧光灯	4000 ~ 5000	蜡 烛 光	2000

(2) 显色指数 (Color Rendering Index)

太阳光和白炽灯均辐射连续光谱,物体在太阳光和白炽灯的照射下,能显示出它的真实颜色,但当物体在非连续光谱的气体放电灯的照射下,颜色就会有不同程度的失真,我们把光源对物体真实颜色的呈现程度称为光源的显色性。显色指数为对象在某光源照射下显示的颜色与其在参照光源照射下显示的颜色两者的相对差异,其数值的评定法为分别以参照光源及待测光源照在 DIN6169 所规定的八个色样上逐一作比较并量化其差异性。差异性越小,即代表待测光源的显色性越好,平均显色性指数 R_a 为 100 的光源,可以让各种颜色呈现出如同被参照光源所照射的颜色, R_a 值越低,颜色越失真。常用灯种的显色指数见表 1-5。

表 1-5 常用照明光源的显色指数

灯的种类	显色性 R_a	灯的种类	显色性 R_a
白 炽 灯	100	金 卤 灯	65~93
卤 钨 灯	100	荧 光 灯	51~95
高压钠灯	42~52	高压汞灯	25~60
节 能 灯	85	低压钠灯	25

8. 通用照明对白光 LED 的光电性能有哪些基本要求?

照明领域对白光 LED 的光电性能的基本要求是:

- ①发光效率: $\sim 100 \text{ lm/W}$ ($I_F=350\text{mA}$);
- ②光通量: $\sim 500 \text{ lm}$ ($= \text{发光效率} \times \text{正向电压} \times 350\text{mA}$);
- ③色温: $3000 \sim 8000\text{K}$;
- ④显色指数: > 80 ;
- ⑤寿命: $1 \text{ 万} \sim 5 \text{ 万小时}$ 。

9. 什么是人眼对光的视觉敏感曲线?

与热—光转换的发光模式不同, LED 是电—光转换, 它所发出的光的颜色比较单纯, 也就是发出的光的光波波长比较单一, 因此 LED 发射的光为单色光。实验研究发现, 一般来说, 人眼对于不同波长光色的视觉灵敏度是不同的。研究表明, 人眼对 $\lambda_D=555\text{nm}$ (绿色) 的光的视觉灵敏度最大, 随光的 λ_D 的增大或减小, 人眼的视觉灵敏度会随之下降。于是可以用人眼视觉函数光通量的归一化关系, 作出在同等光功率下, λ_D 与 Φ 的关系曲线, 作出如图 1-1 所示的人眼视觉函数与光波波长的关系曲线, 也即人眼视觉函数关系曲线。

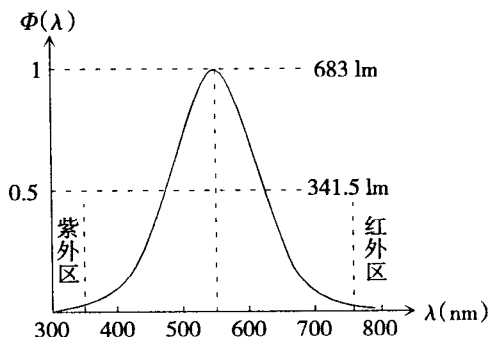


图 1—1 人眼视觉函数关系曲线

由试验得到,在同一光功率输出时,即在可见光范围内,当 $\lambda_D=555\text{nm}$ 光源的光功率等于 1W 时(注意不是电功率),其辐射光通量为 683lm ;当 $\lambda_D=460\text{nm}$ 光源的光功率等于 1W 时,蓝光的辐射光通量为 41lm ;而 $\lambda_D=660\text{nm}$ 光源的光功率等于 1W 时,红光的光通量为 42lm ;当 $\lambda_D < 380\text{nm}$ 或 $\lambda_D > 700\text{nm}$ 时, 1W 光功率的对应辐射光通量仅不到 1lm ,也就是进入不可见的紫外或红外范围,这就是说在不同波长的发光光源的发射光功率相同时,人眼感觉到光的辐射的“强度”是不同的,也就是有敏感与不敏感的区别,但如果辐射光通量相同,人眼的感觉就会觉得相同。因此对照明光源而言,用光通量 Φ 或流明效率来衡量LED电-光特性比用光输出功率或其他参数要直观和实用。这就是对于用于照明的大功率LED,通常用辐射光通量这一参数或流明效率来表征其优劣的原因。

10. 人眼对光的视觉敏感曲线对我们了解LED照明有什么作用?

从上面知道,人眼视觉函数实际上是人对不同颜色的光的照明感觉的差异,它的作用在于对于LED而言,我们可以知道某一波长色光的LED其极限流明效率是多少,从而不会因此产生对LED的光电参数作“无限止”要求。

例如,对于 $\lambda_D=460\text{nm}$ 的蓝光LED,即使其光电转换效率达到 100% ,也就是说,施加在LED PN结上的 1W 电功率,即使能产生 1W 的光功率,此时从视觉敏感曲线上可查到其辐射光通量也只有 41lm ,其流明效率仅 41lm/W ,这是 460nm 蓝光LED的理论极限流明效率,不可再比这个数值高。利用这一特点就能提供一个评估LED电光转换效率的参考依据。同样对一个 $\lambda_D=620\text{nm}$ 的红光LED,其极限流明效率为 100lm/W 。当然对于 $\lambda_D=525\text{nm}$ 的纯绿光LED,其极限流明效率可高达 140lm/W 。

其次,利用人眼视觉敏感曲线,我们在知道了一个LED的

输出光功率后，可以换算出其对应条件下的辐射光通量。例如一个 460nm 的蓝光 LED，当其施加 1W 电功率时，能输出 80mW 的光功率，那么通过下式可约略求出它的光通量和流明效率：

$$\Phi = 41 \text{ lm} \times 80\text{mW}/1000\text{mW} \approx 3.28 \text{ lm}$$

归纳起来，利用人眼视觉敏感曲线，可以估计出特定波长的 LED 器件的极限光通量，利用曲线还可对 LED 器件在特定工作条件（ V_F 和 I_F 已知）下输出的光功率与辐射光通量进行换算，因此这是十分有用的一种关系曲线。

11. LED 的发展经历了哪几个阶段？

半导体 PN 结发光现象的发现，可追溯到 20 世纪 20 年代。德国科学家 O.W.Lossow 在研究 SiC 检波器时，首先观察到了这种发光现象。由于当时受材料制备、器件工艺技术的限制，这一重要发现没有被迅速利用。直至四十年后，随着 III—V 族材料与器件工艺的进步，人们终于研制成功了具有实用价值的发射红光的 GaAsP 发光二极管，并被 GE 公司大量生产用作仪器仪表指示。此后，由于 GaAs、GaP 等材料研究与器件工艺的进一步发展，除深红色的 LED 外，包括橙、黄、黄绿等各种色光的 LED 器件也大量涌现于市场。

出于多种原因，GaP、GaAsP 等 LED 器件的发光效率很低，光强通常在 10mcd 以下，只能用作室内显示之用。虽然 AlGaAs 双异质结 LED 可发射波长为 660nm 的高亮红光，然而，对于其他颜色的色光，由于 Al 含量的增加，AlGaAs 材料进入间接跃迁型区域，发光效率迅速下降。随着半导体材料及器件工艺的进步，特别是 MOCVD 等外延工艺的日益成熟，至 20 世纪 90 年代初，日本东芝公司与美国 HP 公司先后研制成功双异质结与多量子阱结构的橙色与黄色的 InGaAlP 发光二极管。与 GaP 和 GaAsP 器件相比，其光强获得了数十倍的提高。不久，日本的日亚化学公司（Nichia）与美国的克雷（Cree）公司通过 MOCVD 技术分

别在蓝宝石与 SiC 衬底上生长成功了具有器件结构的 GaN 基 LED 外延片，并制造了亮度很高的蓝、绿及紫光 LED 器件。

超高亮度 LED 器件的出现，为 LED 应用领域的拓展开辟了极为绚丽的前景。首先是亮度提高使 LED 器件的应用从室内走向室外。即使在很强的阳光下，这类 cd 级的 LED 管仍能熠熠发亮，色彩斑斓。目前已大量应用于室外大屏幕显示、汽车状态指示、交通信号灯、LCD 背光与通用照明等领域。超高亮 LED 的第二个特征是发光波长的扩展，InGaAlP 器件的出现使发光波段向短波扩展到 570nm 的黄绿光区域，而 GaN 基器件更使发光波长短扩至绿、蓝、紫色波段。如此，LED 器件不但使世界变得多彩，更有意义的是使固态白色照明光源的制造成为可能。与常规光源相比，LED 器件是冷光源，具有很长的寿命与很小的功耗。其次，LED 器件还具有体积小、坚固耐用、工作电压低、响应快、便于与计算机相连等优点。统计表明，在 20 世纪的最后五年内，高亮 LED 产品的应用市场一直保持着 40% 以上的增长率。随着世界经济的复苏以及白色照明光源项目的启动，相信 LED 的生产与应用会迎来一个更大的高潮。

12. 何谓 LED 的伏安特性？LED 的电功率是如何计算的？

LED 是一个由半导体无机材料构成的单极性 PN 结二极管，它是半导体 PN 结二极管中的一种，因此其电压—电流之间的相互作用关系，一般称为伏特（电压 V）和安培（电流 A）特性（简称 V—I 特性）。与普通二极管类同，它们均遵循 PN 结整流方程，即有下式近似表示的关系：

$$I_F = I_{F0} e^{qV_F/KT} \quad (1-3)$$

式中 I_{F0} 为反向饱和电流（又称起始电流）， q 为电子电荷量， K 为玻尔兹曼常数， T 为绝对温度。

从式（1-3）可看出， I_F 与 V_F 呈指数关系，这是 LED 的正

向 $V-I$ 关系, 此时施加在 LED PN 结上的电压是正向电压, 即 N 型端加负电压, P 型端加正电压。

如在 LED PN 结上施加反向电压 V_B , 在 V_B 较低时, 流过 LED PN 结的电流很微弱, 几乎为零, 这时流过 PN 结的电流 I_{F0} 称为反向饱和电流。但当 V_B 增加到一定值时, 流过 LED PN 结的电流会急剧增加, 产生所谓的齐纳电流或雪崩电流。此时即使微小的 ΔV_B , 也将会导致 PN 结电流无限制增加直至烧毁 LED 的 PN 结。我们称这个电压为 LED 的击穿电压。图 1-2 是 LED 电压—电流即伏安特性的示意图。在第 I 象限的曲线为正向特性区, 在第 III 象限的曲线为反向特性区。在 LED 的正向特性区, $V-I$ 曲线的斜率称为 LED 的跨导, 即式 (1-3) 对 V_F 求导:

$$dI_F/dV_F = I_{F0} \frac{q}{KT} \quad (1-4)$$

$$dI_F = I_{F0} \frac{q}{KT} dV_F \quad (1-5)$$

显然, LED 的 I_F 除与 V_F 相关, 它也与 PN 结上的温度相关。当 V_F 不变, PN 结温度上升时, I_F 将上升, 并可以从式 (1-5) 求得。

通常 LED 的 $V-I$ 关系还可表示为式 (1-6) 的关系:

$$V_F(I_F, T_j) = V_{F0} + I_F \cdot R_s + K \cdot \Delta T_j \quad (1-6)$$

式中 R_s 是 LED 体电阻, ΔT_j 是 LED PN 结上的温度, K 为正向电压 V_F 的温度系数。

从上述对 LED 伏安特性的描述可以知道, LED 的工作状态的设定, 即 LED 驱动偏置, 属电流控制型, 而不是电压控制型, 并且与工作温度相关。这在下面 LED 应用部分再作分析。

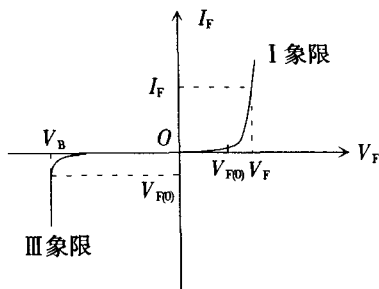


图 1-2 LED $V-I$ 特性

了解了 LED 电压电流特性，就可以讨论 LED 的电功率的计算，当 LED 上施加了规定的电压 V_F 和电流 I_F 后，可以用下式求出 LED 上的电功率 P_e 。

$$P_e = V_F \cdot I_F \quad (1-7)$$

在 PN 结上施加电功率，应当注意的是从图 1-2 的正向特性可知， I_F 在较大范围变化时， V_F 的变化都比较小，因此在 LED 上施加电功率要受到 LED PN 结允许施加的最大正向电流 I_{Fmax} 的限制，即 $P_e \leq I_{Fmax} \cdot V_F$ 。当然从式 (1-3) 知道， I_F 是温度的函数，在 V_F 不变时，随着温度升高， I_F 会指数上升，除非是恒流偏置，否则 P_e 受温度制约。另外，由于 LED 的量子效率 η_{e-l} 不可能达到 100%，因此施加到 LED 上的功率 P_e 会引起 PN 结温度上升，当到达 PN 结最大结温 T_{jmax} 时，会引起 PN 结失效。

图 1-3 示意出 LED PN 结上的功率与温度 T 的关系曲线，不同使用温度下，允许施加到 LED 的功率也是不同的。这方面在以下的 LED 热阻和安全使用的叙述中将详述。

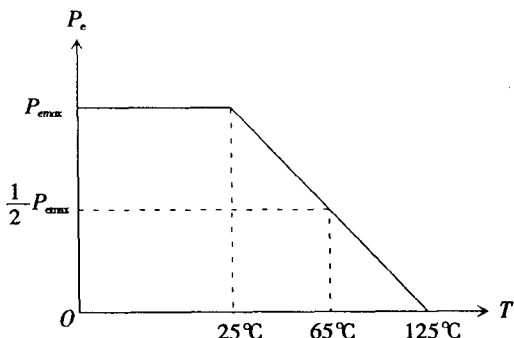


图 1-3 LED PN 结上的功率 P_e 与温度 T 的关系曲线

从图 1-3 可看出，在 $T_j \leq 25^\circ\text{C}$ 时，可在 LED 上施加允许的最大功率 P_{emax} ；当 $T_j = 65^\circ\text{C}$ 时，LED 可加置的功率仅为 $1/2 P_{emax}$ ；

当 $T_j=125^{\circ}\text{C}$ 时, $P_e \approx 0$, 不能施加电功率, 即不允许使用。

13. LED 的基本特性是什么?

LED 作为一个电致发光的 PN 结器件, 其特性可通过该 PN 结的电学参数以及作为一个发光器件的光学参数来进行描述。

上问题中已讨论了 LED 的电学特性, 这里我们讨论一下 LED 的光学特性, 对于 LED 较为重要的参数为器件的峰值波长与光强。可见光属电磁波范畴, 通常可以用波长来表达人眼所能感受到的可见光的辐射能量。一般可见光的波长范围在 $380 \sim 760\text{nm}$ 之间, 波长越长, 其相应的光子能量就越低, 光的颜色也显得越红。当光子的波长变短时, 光将逐渐由红转黄, 进而变绿变蓝, 直至变成紫色。对于一个 LED 器件, 其所发的光会在峰值 λ_p 处有所展开, 其波长半宽度通常为 $10 \sim 30\text{nm}$, 半宽度越小, 说明 LED 器件的材料越纯, 性能越均匀, 晶体的完整性也越好。光强是衡量 LED 性能优劣的另一个重要参数, 通常用字母 I_v 来表示。光强的定义是: 光在给定方向上, 单位立体角内发出 1 流明的光为 1 烛光, 其单位用坎德拉 (cd) 表示。其关系可用式 (1-8) 表示:

$$I_v = d\Phi/d\Omega \quad (1-8)$$

式中 Φ 单位为流明, I_v 的单位是 cd。一个超亮 LED 芯片的法向光强一般在 $30 \sim 120\text{mcd}$ 之间, 封装成器件后, 其法向光强通常要大于 1 cd。

光效是判别 LED 发光效率的关键参数, 每单位电功率下的光通量, 单位为 lm/W 。通常白炽灯与荧光灯的光效分别为 15 lm/W 与 60 lm/W , 灯泡的功率越大, 光通量越大。对于一个性能较好的大功率白光 LED 器件, 光效约为 45 lm/W , 实验室水平也有达到 70 lm/W 的。为使 LED 器件更快地用于照明, 必须进一步提高 LED 器件的发光效率, 估计 3~5 年后, LED 的光效

可达 100 lm/W。届时，人类将会迎来一个大量使用 LED 作为照明光源的半导体照明新时代。

14. 何谓 LED 的电—光转换？如何表述光电转换效率？

从 LED 的发光机理了解到，当给 LED PN 结施加正向电压与电流，即加上电功率时，LED 会产生光子，发射特定波长的光（这里一般指可见光）。很显然，LED 是实现电能转换成光能的一种半导体器件。

当我们在 LED PN 结两端加上正向偏置时，PN 结两端就有电流流过。此时，在 PN 结中，受激发的电子从 N 型层向 PN 结（过渡层）移动，而 P 型层中受激发的空穴也会向 PN 结移动，电子与空穴在 PN 结中复合，产生载流子。由于这是一种从高能级向低能级的跃迁，复合载流子会产生光子，形成发光，这就是人们称之为 LED 的电—光转换。参看图 1-4。

通常，我们将这种电能到光能的转换，用百分比来表示它的转换效率。假设施加到 LED 上的电功率为 $P_e = V_F \cdot I_F$ ，此时 LED 产生的光的功率为 P_{Light} ，则用下式定义它的电—光转换效率：

$$\eta_{e-L} = (P_{\text{Light}} / P_e) \times 100\% \quad (1-9)$$

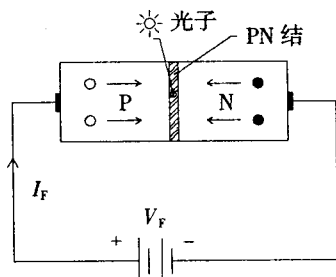


图 1-4

显然， $\eta_{e-L} \leq 100\%$ ，它会遵循能量守恒，当 $\eta_{e-L} < 100\%$ 时，说明有相当部分复合载流子并没有产生光子而损耗，成为 PN 结中的热能。LED 电—光转换效率越高，PN 结上因加置电功率后引起的热量也越低，但事实上 LED 目前的电光转换效率并不是很高，因此仍遇到 LED 的 PN 结发热和由这一热量引起的种种问题。对于功率型 LED，这一问题尤为突出，如何将 PN 结上的热量引导出来与环境温度实现热平

衡，是设计功率 LED 必须考虑的问题。

15. LED 单色光（红、黄、蓝、绿等）的光谱与白光的光谱有什么区别？

单色光的光谱为单一波峰，特性是以峰值波长（或主波长）及光谱半宽度来表示的，而白光 LED 的光谱由多种（红、绿、蓝）单色光谱合成，其光谱曲线显现出多个不同幅度的波峰，其特性是以色度图中色坐标和色温来表示，这就是二者的区别，如图 1-5 和图 1-6 所示。

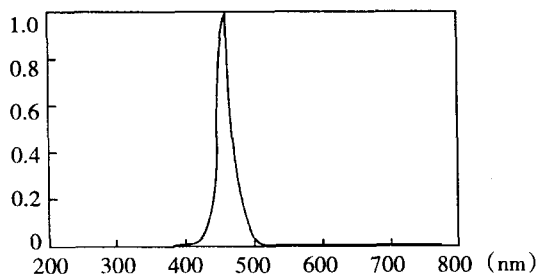


图 1-5 LED 单色（蓝色）光谱曲线

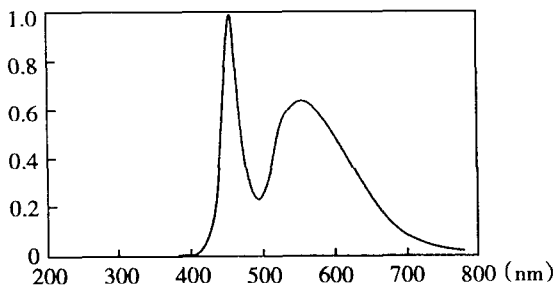


图 1-6 LED 白光（蓝色芯片 + 黄色荧光粉）光谱曲线

16. 在通用照明领域，LED 取代传统光源从目前来看还需克服哪些障碍？

需克服的障碍和基本技术关键主要有以下几方面：

(1) 发光效率障碍

LED 发出的光由于具有单色性，不需外加彩膜（滤光片），而白炽灯加彩膜后其有效发光效率仅为白炽灯原来光效的 1/10 左右，所以 LED 在交通灯、建筑装饰、汽车警灯等应用领域，由于其效率高、节省电能而被广泛使用，正在逐步取代带彩色膜的白炽灯。由于照明光源多为白光，目前白光 LED 的光效一般为 30 ~ 40 lm/W，仅是白炽灯的 3 倍，与荧光灯的效率相比还有一定的差距，白光 LED 用于局部照明，节能效果有限。只有白光 LED 的发光效率高过荧光灯，达到 100 lm/W 才会有明显的节能效果，因此 LED 光源取代传统光源的最大障碍是其发光效率。

(2) 价格障碍

价格是 LED 光源取代传统光源需克服的另一障碍。目前 LED 光源的价格每流明高于 0.1 美元，是白炽灯价格的 100 多倍。美国 Lumileds 公司提出，在未来的几年内争取降至 0.01 ~ 0.02 美元 /lm，约折合人民币 0.1 元 /lm，但购买 1 只相当于 60W 白炽灯的 LED 光源仍需付 60 元人民币，计入性能价格比，虽然会被特殊应用所接受，但 LED 作为普通光源进入通用照明领域，这样的价格还是一大障碍。

(3) 功率 LED 制作技术

功率 LED 是实现白光照明取代传统照明光源的关键器件，其基本的关键技术包括：

①提高外延片内量子效率。优化外延片结构，改进外延生长工艺条件，使蓝光、紫光、紫外光外延片的内量子效率能够接近其理论值，即内量子效率 95%。

②提高大尺寸芯片的外量子效率。为了获得较大光通量，需

要采用大尺寸的功率型芯片，通过设计新型芯片结构和采用新工艺（如芯片倒装结构、ITO 电极、表面粗化工艺、表面纹理结构、晶片键合工艺等），使蓝光、紫光、紫外光芯片的外量子效率达到 50% 以上。

③提高封装的取光效率。优化和改进封装的光学、热学和可靠性设计和工艺（如反射杯、透镜、散热通路、共晶焊接、柔性胶灌封等），使封装的取光效率能够与芯片的外量子效率相近。

(4) 荧光粉的制作和涂敷技术

①高性能荧光粉的制造技术。荧光粉是 LED 实现白光照明的关键材料，需要尽快研制出效率高、显色性好、性能稳定的荧光粉。蓝光激发的黄色荧光粉目前虽能满足白光 LED 产品的要求，但还需提高效率、降低粒度，制备出球形的荧光粉；在“蓝光 + 绿色荧光粉 + 红色荧光粉”的结构中，红色荧光粉的效率需有较大的提高；在“紫外和紫光 LED + 三基色荧光粉”的结构中，三种荧光粉都需有较大的提高，其中红色荧光粉目前效率最低，还有待于找到一种效率足够高的材料。

②荧光粉的涂敷工艺技术。荧光粉的涂敷工艺通常是将荧光粉用胶按一定比例调和成荧光胶，再用点胶机将其涂到 LED 芯片上，通过优化工艺参数，如荧光粉与胶的配比、荧光粉激发波长与 LED 芯片峰值波长的匹配、荧光胶的流动性及涂敷厚度等，使白光 LED 的色温、显色指数、流明效率等参数受控，制造出符合应用要求和一致性好的白光 LED 产品。

17. LED 取代传统光源还有哪些需要攻克的课题，当前国际上 LED 发展的趋势如何？

表 1-6 列出了白光 LED 与传统光源的性价比数据，由表可知，当前固态白光的水平，无论在性能或是制造成本上均与普通照明光源存在较大的差距，要使固态白光进入通用照明市场，还有一大段路程要走。表 1-7 指出的固态白光 LED 的发展动向表

明,提升发光效率与降低成本是固态白光今后发展的基本趋势。

表 1-6 白光 LED 与其他光源的性价比比较

品 种	功率 (W)	光通量 (lm)	光效 (lm/W)	寿命 (h)	价格 (美元 /lm)
白炽灯	40	480	12	< 2000	0.0031
荧光灯	36	2000	55	5000	0.0016~0.002
T5 三基色	28	2680	96	10000	0.003
H 荧光灯	9	500~540	55~60	< 8000	0.02~0.022
螺旋节能灯	26	1540	60	< 8000	0.0162
Φ5 白光 LED	0.065	1.3~1.8	20~28	100000	0.02
功率白光 LED	1	30	30	100000	0.1~0.15

表 1-7 固态白光 LED 的发展动向

发展方向	目前情况	未来目标
(1) 发光效率的提升	30 ~ 45 lm/W	> 100 lm/W
a. GaN 无机 UV-LED 之短波长激发光源的研发	460nm	254nm
b. 高外部能量转换效率研发	~10%	40%
c. 高荧光材料能量转换效率研发	60%	90%
(2) 成本的降低 (lm/ 美元)	2	2000
a. 降低 LED 晶粒制造成本 (美元 / 粒)	1	0.2
b. 高消耗功率的研发	$I_F=20\text{mA}$	$I_F > 100\text{mA}$
c. 解决大面积 LED 晶粒制造与热分布问题	1mm^2	$> 2.5\text{mm}^2$

足够高的光通量是固态白光器件作为通用照明光源的必要条件。假设一只光效达 100 lm/W 的白光 LED 器件要发出 600 lm (一只 40W 白炽灯的亮度) 的光束,该器件的耗散功率必须达到

6W。要提高输入功率，技术上有两种途径。首先是改进封装，使芯片内产生的热尽可能地排放出去；其次是提高出光效率，使输入功率尽可能多地转变成输出光。

18. 何谓绿色照明光源？它有哪些特点？

所谓绿色照明光源就是指通过科学的照明设计，生产出具有效率高、寿命长、安全和性能稳定的照明产品（包括电光源、灯用电器附件、灯具配线器材以及调光控制器和控光器件）。通过绿色照明光源的使用，改善与提高人们工作、学习、生活的条件和质量，从而创造一个高效、舒适、安全、经济、有益的环境，并充分体现现代文明的照明环境。1991年1月，美国环保局（EPA）首先提出实施“绿色照明（Green Lighting）”和推出“绿色照明工程（Green Lighting Program）”的概念，很快得到联合国的支持和许多发达国家的重视，并积极采取相应的政策和技术措施，推进绿色照明工程的实施和发展。1993年11月，我国国家经贸委开始启动“中国绿色照明工程”，并于1996年正式列入国家计划。

节能与环保是我国经济发展的两项基本国策，而实施“中国绿色照明工程”的主要特点也是节能与环保这两项基本要素。据最新统计，我国照明年用电达2000亿度，占总发电量的12%，约为两个半三峡满负荷的发电量。如能用高效固态白光光源替代部分目前的通用电光源，特别是白炽灯，就可节省下一半约1000亿度的电量。另外，有资料显示，直接燃烧一吨煤将向空中排放上百千克的 SO_2 、 NO_2 、粉尘与 CO_2 ，将会大面积破坏大气与气候环境。采用固态光源替代通用照明光源后，就可使我国减小数亿吨级的大气污染，有效地保护地球的生态环境。

19. 为什么说 21 世纪照明产业将迎来自爱迪生发明白炽灯以来的又一次产业革命？

目前市场上流行的照明器材，无论是白炽灯还是荧光灯或是气体放电灯，均为真空或充气状态的玻璃壳制品。而固态白光是一种纯固体的白色发光源，这种光源由半导体材料制成，又称之为半导体白光器件或 LED 发光器件。高亮 LED 的出现，特别是 GaN 基蓝绿色 LED 的崛起，使 LED 的用途发生了革命性的变革——从指示灯转向了照明。20 世纪末的白色 LED 的发明，使人类的照明产业进入了一个崭新的时期。由于人类照明的巨大市场与对人类生存及发展的无限意义，可以毫不夸张地认为，即将发生的照明革命，其意义与深远影响绝不亚于上两个世纪发生的两次技术革命（蒸汽机时代与微电子时代）。21 世纪让我们进入了一个固体照明的新时代。

科学家预言，21 世纪将是微电子和光电子协同作战、共同发挥作用的时期。微电子和光电子是信息技术赖以迅猛发展的两个轮子，缺一不可。而固态照明正是 21 世纪科技进步的最新成果。半导体照明的早日实现将使长达 120 多年的从爱迪生发明白炽灯开始的传统照明时代画上圆满的句号。这不但能给人类照明历史与照明技术带来巨大革命，而且将对人类生活的改善起到革命性的推动作用，对人类进步过程作出巨大贡献。

由于 LED 在照明方面的发展潜力，一些先进国家与地区对 LED 的发展制定了国家级的发展计划。日本已经完成了“21 世纪照明”发展计划的第一期目标，正在组织实施第二期计划，他们计划到 2010 年，LED 的发光效率达到 120 lm/W。

2001 年 7 月，在美国“半导体照明技术蓝图”的基础上，美国能源部启动一项名为“Next-Generation Lighting Initiative (NGLI)”计划，即“下一代照明计划”。美国能源部设立半导体照明国家研究项目，他们制定的时间表是：2002 年 20 lm/W，2007

年 75 lm/W，2012 年 150 lm/W。他们预计到 2025 年，固态照明光源的使用将使照明用电减少一半。从 2000 年到 2020 年，累计的能效和节约潜力就可以达到：减少 2.58 亿吨炭污染物的排出；少建 133 座新的电站，每座 1000MW；累计节约财政开支 1150 亿美元；形成一个新的每年产值超过 500 亿美元的光源产业，还会带来高质量的百万计的工作机会。此外，韩国、欧洲、中国台湾地区与大陆都在紧锣密鼓地启动各自的“半导体照明计划”。如同晶体管替代电子管一样，半导体灯替代传统照明光源的浪潮，必将汹涌澎湃，势如破竹，成为 21 世纪的大势所趋，无可阻挡。面对半导体照明市场的巨大诱惑，世界三大照明工业巨头，通用电气、飞利浦、欧司朗等大公司纷纷与半导体公司合作成立半导体照明企业，一场抢占半导体照明新兴产业制高点的争夺战已经在全球打响。

20. 哪些产业是 LED 产业链的构成部分？

LED 产业链大致可以分为五个部分：①原材料；②LED 上游产业，主要包括外延材料和芯片制造；③LED 中游产业，主要包括各种 LED 器件的封装；④LED 下游产业，主要包括各种 LED 的应用产品；⑤测试仪器和生产设备。

关于 LED 上游、中游和下游产业，下面将有详细介绍，这里重点介绍原材料产业、测试仪器和生产设备产业。

LED 发光材料和器件的原材料包括衬底材料砷化镓单晶、氮化铝单晶等。它们大部分是Ⅲ—V族化合物半导体单晶，生产工艺比较成熟，已有开启即用的抛光片供货。其他原材料还有金属高纯镓，高纯金属有机物源如三甲基镓、三乙基镓、三甲基铟、三甲基铝等，高纯气体氨、氮、氢等。原材料的纯度一般都要在 6N 以上。封装材料有环氧树脂、ABS、PC、PPD 等。

外延材料的测试仪器主要有：X 射线双晶衍射仪、荧光谱仪、卢瑟福背散射沟道谱仪等。芯片、器件测试仪器主要有 LED

光电特性测试仪、光谱分析仪等，主要测试参数为正反向电压、电流特性、法向光强、光强角分布、光通量、峰值波长、主波长、色坐标、显色指数等。生产设备则有 MOCVD 设备、液相外延炉、镀膜机、光刻机、划片机、全自动固晶机、金丝球焊机、硅铝丝超声压焊机、灌胶机、真空烘箱、芯片计数仪、芯片检测仪、倒膜机、光色电全自动分选机等。

21. LED 上游产业是指哪些产业？

主要是指 LED 发光材料外延制造和芯片制造。由于外延工艺的高度发展，器件的主要结构如发光层、限制层、缓冲层、反射层等均已在外延工序中完成，芯片制造主要是做正、负电极和完成分割检测。

当前生产各种亮度 LED 的外延方法主要有金属有机物化学气相淀积（MOCVD）、液相外延（LPE）、气相外延（VPE）。MOCVD 法用于生产铟镓铝磷超高亮度红色、黄色、绿色发光二极管外延材料，还用于生产铟镓氮或铝铟镓氮蓝色和绿色以及紫外发光二极管外延材料；液相外延用于生产镓铝砷超高亮度红色发光二极管外延材料和普通亮度的磷化镓红色和绿色发光二极管材料；气相外延则用于生产高亮度的磷化镓为衬底的磷砷化镓外延材料。作为特例，硒化锌白光发光二极管外延材料是用分子束外延（MBE）方法制造的，也可达到超高亮度水平，但仍未大批量生产。

制造发光二极管芯片的企业我们通常称为芯片厂。其主要工作是将外延片制作成具有正、负电极的 LED 芯片。按电极位置分目前有两种：一种是上、下电极的，如碳化硅衬底上生长铟镓氮芯片、磷化镓芯片、镓铝砷芯片以及磷砷化镓芯片；另一种是电极在同侧的，如蓝宝石衬底上的外延材料，因衬底是绝缘的，所以正、负电极只能做在同侧。其制作工艺有镀金属膜、光刻、化学腐蚀或离子刻蚀、划片等。芯片大小可从 $0.2\text{mm} \times 0.2\text{mm}$ 到

2.5mm × 2.5mm 不等。按封装时电极在器件中的位置看，又有正装（电极在芯片上方）和倒装之分。

22. LED 中游产业是指哪些产业？

LED 中游产业是指 LED 器件封装产业。我国现有这类企业超过 300 家，每年封装芯片 200 亿只以上。在半导体产业中，LED 封装产业与其他半导体器件封装产业不同，它可以根据用于显示、照明、通信等不同场合，封装出不同颜色、不同形状的品种繁多的 LED 发光器件。按应用和外形分，有发光二极管单管、数码管、矩阵管、平面管、光电耦合器、光柱显示器、片状 LED、食人鱼、Snap、对称超级食人鱼和最近开发成功投入生产的功率型 LED。

除了功率型 LED 在封装材料和工艺上有较大区别外，其他器件基本类同。一般采用银浆固晶、焊线、环氧树脂灌胶、烘箱烘干、切筋、测试分档、包装等工序。目前各工序都有半自动乃至全自动设备，工效和成品率都非常高，这些都保证了 LED 发光器件性能和寿命的优化。

功率型 LED 器件为了加强散热，提高输入功率，增加输出光通量，通常采用金属底座，高导热材料如硅、碳化硅、氮化铝作衬底或过渡材料、共晶焊、耐高温的聚碳酸酯和硅橡胶、倒装芯片等材料和工艺技术。

加大光通量输出的另一种途径是封装成模块，采用金属等散热材料作框架，同时可提高散热效果。

还有一类是显示模块，它将显示器件和驱动电路封装在一个组件内，接到仪表或家电内就能承担多种显示功能，如早期的具有 BCD 码的寄存、译码驱动、LED 显示三合一功能和 BCD 码信息输出、控灭、无效零值熄灭、小数点显示功能，能显示十进制数 0~9。近期又开发了一批智能矩阵显示器和用于冰箱、微波炉、空调等家电的多信息、多功能智能显示器。

至于将芯片直接封装在各种条状、平面状、环形的 PCB 板上，则为音响器材提供了更加丰富多彩显示功能的 LED 产品，这种工艺近来在液晶背光源、景观照明光源等产品上得到充分的应用。

23. LED 下游产业是指哪些产业？

LED 下游产业是指应用 LED 显示或照明器件后形成的产业。当然就 LED 应用来讲，面应该更广，还应包括那些在家电、仪表、轻工产品中的信息显示，但这些不足以支撑 LED 下游产业。

LED 显示屏是典型的 LED 下游产业。在 20 世纪 80 年代初，即有单色和多色 LED 显示屏问世。起初是文字屏和动画屏，室外的大型显示屏有 CRT 像素屏和磁翻板屏。90 年代初，借助电子计算机技术和集成电路技术的发展，使得 LED 显示屏的视频技术得以实现，电视图像直接上屏，加上 90 年代中期 InGaN 超高亮度蓝色和绿色 LED 研制成功并快速商品化，使室外屏的质量大幅度提升，使用 LED 制作成的大型彩色显示屏获得了广泛应用，从而淘汰了功耗太大和故障率太高的 CRT 像素屏以及速度慢、信息量小的磁翻板大屏，逐渐形成新兴产业。由于 LED 屏的优点很快延伸到导向屏、证券屏、汇率屏、广告屏等，目前国内已成为年产值 30 亿元的新兴产业。目前最大的 LED 屏已做到 1000 多平方米（密集像素型）。近期开发出适用于超大楼面的稀疏像素型大型显示屏，可做到 6030 平方米，看起来更为壮观，上海浦东陆家嘴震旦大厦的 LED 彩色显示屏就是一个例子。此产业可望有稳定的增长。

LED 交通信号灯产业也是近期形成的 LED 下游产业。以前交通信号灯用白炽灯作光源，用电浪费和寿命短是最大的缺点，长期没有得到解决，自 1999 年我国开始试用 LED 作为道路交通信号灯光源后，技术发展较快，应用发展迅猛。由于是直接使用单色光，较白炽灯可省电 90% 之多，到 2004 年首批灯具寿命已

超过五年。目前中小城市也开始批量使用，估计今后会有年销售量 10 亿元的市场。

结合太阳能电池，将 LED 作为航标灯光源，使用已有 10 年左右，目前已扩展到航道多种颜色信号灯。机场的 LED 地标灯、投光灯和全向灯均已研制成功并具有自主知识产权，不仅节电、免维修，而且亮度高、色纯度好，特别鲜明，易于信号识别，已投入批量使用，多方反映效果很好。铁路用的信号灯由于品种系列较多，要求光强和视角也各不相同，估计会逐步研制成功并陆续投入应用，这也是一个大市场。

液晶背光源是一个发展中的产业，手机上液晶显示屏用 LED 制作背光源，提升了手机产品的档次，估计一年要用 35 亿只芯片，2001 年在超高亮度 LED 用量中占 30%。正在开发中的液晶电视显示屏美国已有 34 英寸（1 英寸 = 2.54 厘米）样品，而日本索尼公司则最近推出了 40 英寸和 46 英寸产品，分别采用了 400 个和 450 个 1W LED 作背光源。还将推出 26 英寸到 50 英寸六款平板电视机，2005 年将投放海外市场。比之 CCFL 背光源，LED 非但无汞，而且颜色也较丰富，按 NTSC 国际标准计算，CCFL 背光源仅能显色 65% ~ 75%，而 LED 背光源竟达 105% 之高。在通用仪表、家电的液晶背光源中，LED 则是主要角色，年产量已达很可观规模。

LED 车灯产业已初具规模，发展迅速。红色和黄色 LED 价格比较便宜，而用作汽车的刹车灯、尾灯、方向灯最为合适，也可用于仪表照明和车内照明，据 Lumileds 公司称已有 1500 万辆汽车用上了他们的 LED 产品，2001 年在超高亮 LED 用量中占四分之一，车上共有近二十种灯具均可用 LED 替代，估计一辆车要用 200 ~ 400 只 LED。甚至汽车头灯（前照灯）也已有三辆样车，可以说这是近期 LED 应用产业中最具潜力的了，估计近一二年内会有较大增长。

景观灯饰产业已开始形成。随着 LED 亮度提高和价格下降，

再加上长寿命、节电，驱动和控制较霓虹灯简易，不仅能变色，还能闪烁，所以用 LED 做成的单色、多色乃至变色的发光柱配以其他形状的各色发光单元，装饰高大建筑物、桥梁、街道、娱乐场所和广场的景观工程效果很好。大、小城市新出现的灯光景观工程，LED 逐渐成为主角。护栏灯、轮廓灯、球灯、射灯、水下灯、灯带已能在灯具市场方便买到，灯都古镇新增 6000 平方米 LED 灯具市场的六十个门市部，销售的大部分是这种装饰灯，家庭装饰中也已开始使用这些灯具。北京奥运会和上海世博会将为这一产业的发展带来巨大的推动力。

特殊照明如低照度照明用的 LED 草坪灯、庭院灯、埋地灯，便携式照明用的手电、头灯、矿灯市场在国外已有相当规模，国内也开始形成地域性的产业群体。

通用照明产品，诸如台灯、射灯、太阳能路灯等产品已相继出现，随着生产规模扩大和光通量的提高以及价格的大幅下降。这一产业将是 LED 下游产业中的最大产业。

24. LED 产业的发展，可以带动哪些相关产业的产品升级换代和技术创新？

我们可以把 LED 产业能带动升级和创新的相关产业及其产品分成三类：第一类是已经实现，第二类是正在实现中，第三类是创造条件在未来实现。

第一类中最典型的是大屏幕显示产业，CRT 像素屏和磁翻板屏曾在 20 世纪 60 年代和 70 年代作为大屏幕显示的主要产品，但 80 年代初问世、90 年代完善的 LED 大屏幕技术使产品性能提高、功能增加、功耗降低、可靠性增强，它还将计算机技术和集成电路技术的进展融入到自身技术的发展之中，成为人们生活中多方面的信息媒体，大大丰富了人们的生活。此产品还将进一步发展。LED 道路交通信号灯产业在我国已有一定规模，总计有上百家企业，有一定规模的约二十家。主要优点是可靠性好、照明

成本低、较白炽灯光源省电 90%。还有便携式照明产品如手电、头灯、草坪灯、小夜灯等也有一定规模，但它们主要启动在国际市场，国内市场有滞后现象。

第二类中目前已开始使用的有铁道交通信号灯、机场信号灯，汽车上的信号灯如刹车灯、方向灯、装饰灯、照明灯乃至汽车头灯，目前已有产品开发出来，并开始应用和逐步推广。液晶显示电视机的背光源采用 LED、拍照手机的闪光灯采用 LED 均提高了产品的档次。液晶电视背光源采用 LED 较冷阴极荧光管显示颜色范围增加 35%，也超过 CRT。目前已做出 42 英寸和 46 英寸样品，还将推出 26~50 英寸六种 LED 背光液晶电视，在大尺寸家用平板彩电中正与 PDP 争雄。美国趋势研究所的预测表明背光用 LED 考虑到降价因素，也将从 2004 年的 1.32 亿美元增加到 2009 年的 28.54 亿美元，年增长率达 25.7%。灯饰产业中 LED 新产品正逐步取代传统光源，由于它具有节电、多色、变化等优点，许多景观工程如东方明珠等均采用 LED 光源，效果很好。家庭灯饰中 LED 产品也正兴起，直接起到了提高人们生活品质的作用。值得注意的是国内外市场均发展很快。

第三类中最重要的是通用照明光源和灯具。初步产品如台灯、射灯、路灯、吊灯等已有产品出售、使用和示范工程展示。而更多的通用光源和灯具的开发和推广应用，有待于 LED 发光效率提高和价格下降的连续突破之后。美国趋势研究所对于以 GaN 为衬底的 LED 市场作了一个预测，照明光源 LED 市场规模考虑了降价因素，也将从 2004 年的 1.59 亿美元增加到 2009 年的 74.24 亿美元，年增长率达 78.7%。

但是需要特别说明的是，首先这是一个发展过程；LED 通用照明光源和灯具进入市场、形成产业将首先从低照度要求的光源和灯具开始逐步向高光通量光源和灯具发展，从开发来讲，已有进展，估计从 2005 年到 2010 年是个过渡时期，2010 年之后会有更快的发展。其次是两个市场问题，国际市场在 LED 通用

照明光源和灯具的价格接受能力方面要强得多，所以市场启动首先是国际市场，然后再启动国内市场，所以市场运作和产品开发的策略上要充分注意这一实际状况。还有就是采用 LED 作光源与太阳能电池相结合的这一类灯具将有机会获得重大发展。因为这种组合的灯具符合新世纪对光源的最理想要求：节能、清洁能源、环保（无汞）、光源性能质量高，是真正的绿色照明，也是值得特别重视的发展方向。

25. 用半导体光源取代传统光源对我国这样一个照明光源生产与出口大国的重要意义何在？

如实现半导体照明革命的目标，则可减少用于照明的全球电量的 50%，即相当于全球总电能消耗的 10%，这样全球节电每年可达 1000 亿美元，节省相应照明灯具 1000 亿美元，其中光源 200 亿美元，免去超过 125GW 发电容量的发电厂，节省开支 500 亿美元，这三笔共节省 2500 亿美元，相当于 20675 亿元人民币。对全球环保的贡献是降低 CO_2 、 SO_2 等废气排放 3.5 亿吨。

我国目前已是照明光源和灯具的出口大国，全国照明电器生产总产值 2003 年是 1000 亿元（未包括信号灯、广告灯等），其中包括出口 54 亿美元（近 500 亿元人民币），国内约 500 多亿元。我国作为照明光源生产和出口大国，必须在这一场照明光源的革命中努力跟上科技发展的步伐，积极开发和生产半导体照明产品，并逐步完成从传统光源向固态光源的升级换代，使我国在照明光源和灯具领域的生产和出口大国的地位进一步发展和加强。否则我们将失去生产和出口大国的地位并沦为进口国，加上我国本身日益发展的特大市场，我们将付出很大的代价。我们一定要团结起来，共谋大业，使半导体照明产业进入一个合力推进、规模拓展的全新阶段。中国具有巨大的照明工业和市场，有很大的发展空间，特别是半导体照明下游产业，既是技术密集型，又是劳动密集型，可发挥我国丰富的人力资源优势。

26. 当前我国 LED 产品与国际先进水平相比，主要差距在哪里？

当前我国 LED 产品与国际先进水平相比，差距主要反映在产品水平较低和研发能力不足上。从产品水平方面看，越到上游，差距越大。如 LED 屏幕技术，与国外先进水平差距不大，道路交通信号灯技术水平与国外先进水平相当， $\Phi 5$ 与片状器件的封装水平与先进水平已无差距，在芯片制造方面与国外先进水平略有差距，差距最大的是外延方面，主要反映在光学性能上，还反映在均匀性和成品率上，如用 InGaAlP 外延片制成的芯片，国外最高已达 $200 \sim 300\text{mcd}/20\text{mA}$ ，而国内仅 $100 \sim 200\text{mcd}/20\text{mA}$ 。InGaN 蓝光和绿光数据也相差近一倍。至于在新产品的研发能力上，差距显得更大些，目前我们外延产品的结构，还全是仿照他人的，应积极开展创新型研发工作，做出具有我国自主知识产权的东西来。在大功率 LED 芯片的研发上，发光效率也大致相当于先进水平的一半，如白光，日本日亚和美国 Lumiled 公司已有 50lm/W 的产品。其次，在应用产品的开发上，如液晶背光源、汽车灯方面也与国外存在一定差距。

经过努力，我们也有一些开发产品具备了国际上的先进水平，如硅衬底上外延 InGaN，已取得 $6\text{mW}/20\text{mA}$ 的芯片成果。而在道路交通信号灯和航标灯方面也达到了与国际先进产品相当的水平，并取得了较好的市场业绩。

值得高兴的是，近两年，特别是国家半导体照明工程启动以来，产品水平和开发水平提高的速度明显加快，出现上、中、下游全面启动的好现象，按这样的发展趋势，逐步赶上国际先进水平是指日可待的。

27. 我国发展半导体照明产业的优势何在？政府主管部门出台了哪些推进这一产业发展的重要举措？

我国发展半导体照明产业具有三大优势，首先是具有巨大的照明市场。美国现在每年照明用电 6000 亿度，约占总用电总量的 20%，我国虽然人口 5 倍于美国，但每年照明用电仅 2000 亿度，占全国用电总量的 12%，这表明我国具有巨大的发展照明的空间。其次，我国在此领域已具备一定的技术和工业基础，是我国为数不多的与发达国家差距不大的高新技术，我国自主研制的第一个发光二极管比世界上第一个 LED 仅晚八个月。第三，我国还具有很大的比较优势。半导体照明产业，特别是位于产业链下游的封装与照明系统产业，既是一个技术密集型产业，又是一个劳动密集型产业，其难度与风险都大大低于微电子产业。发展半导体照明产业能充分发挥我国的人力资源优势，带动相关产业、增加出口、吸纳就业。目前我国已初步形成包括外延片生长、芯片制作、封装、应用产品生产等比较完整的产业链。

早在“六五”计划期间，国家科委就对光电子技术的发展进行了部署，相继列入了多项国家的科研攻关与国家基金的研发内容。20 世纪 80 年代的中期，随着 863 国家高技术研发计划的实施，把包括高亮 LED 的光电子技术列为 863 计划的 13 个研发主题之一，并已在红、黄、蓝、绿光超亮 LED 研发方面取得了重要成绩。21 世纪初，国家信息产业部已经将开发超亮 LED 列入了国家“十五”计划的重要发展项目。为加快发展我国的半导体照明新兴产业，国家科技部决定于 2003 年 6 月正式成立国家一级的跨企业、跨部门的国家半导体照明工程协调领导小组，国家科技部高新技术发展及产业司李健司长任领导小组组长，信产部、建设部、教育部、中科院、中国轻工业联合会等有关部门负责人任副组长。从而正式启动了“中国半导体照明工程”的历史车轮，随即在“十五”的后两年拨出 8000 万元专款作为引导经

费，重点解决半导体照明产业化中的一些关键技术，并将解决“功率型高亮度发光二极管芯片及封装产业化关键技术”与“半导体照明系统技术、重大应用产品开发及示范”列为“十五”后两年的重点课题。随着我国半导体照明工程的全面启动，在我国大连、上海、南昌、厦门、深圳相继建立了国家级的“半导体照明产业基地”，为我国半导体照明产业的蓬勃发展奠定了扎实的基础。

二、外延芯片篇

28. LED 的发光有源层——PN 结是如何制成的？哪些是常用来制造 LED 的半导体材料？

发光二极管的实质性结构是半导体 PN 结。在 PN 结上加正向电压时注入少数载流子，少数载流子的复合发光就是发光二极管的工作机理。PN 结就是指在一单晶中，具有相邻的 P 区和 N 区的结构，它通常是在一种导电类型的晶体上以扩散、离子注入或生长的方法产生另一种导电类型的薄层来制得的。如曾用离子注入法制成碳化硅蓝色 LED，用扩散法制成 GaAs、GaAs_{0.60}P_{0.40}/GaAs、GaAs_{0.35}P_{0.65}: N/GaP、GaAs_{0.15}P_{0.85}: N/GaP、GaP: ZnO/GaP 的红外、红光、橙光、黄光 LED，而 GaAlAs、InGaN、InGaAlP 超高亮度 LED 都是由生长结制成的，效率较高的 GaAs、GaP: ZnO/GaP 和 GaP: N/GaP LED PN 结也是用生长结制成的。生长结一般较扩散法和离子注入法制得的 LED 效率高，因为生长结晶体质量比较高，扩散结和离子注入法往往是过补偿制成 PN 结，无用杂质过多且造成晶体质量下降，缺陷增多，使非辐射复合增加，导致发光效率下降。

常用来制造 LED 的半导体材料主要有砷化镓、磷化镓、镓铝砷、磷砷化镓、铟镓氮、铟镓铝磷等 III—V 族化合物半导体材料，其他还有 IV 族化合物半导体碳化硅、II—VI 族化合物硒化锌等。

29. 什么是 LED 的内量子效率？不同的发光波长，假定内量子效率达 100%，其电—光效率有何不同？

从理论上讲，当我们在 LED 的 PN 结上施加正向电压时，PN 结会有电流流过。如前所述，电子和空穴在 PN 结过渡层中复合会产生光子，然而并不是每一对电子—空穴对复合都会产生光子，由于 LED 的 PN 结作为杂质半导体，存在着材料品质缺陷、位错等因素以及工艺上的种种缺陷，会产生杂质电离、本征激发散射和晶格散射等问题，使电子从激发态跃迁到基态时会与晶格原子或离子交换能量而发生无辐射跃迁，也就是不产生光子，这部分能量不转换成光能而转换成热能损耗在 PN 结内，于是就有一个复合载流子转换成光子的转换效率问题存在。可以用式 (2-1) 表示这一转换效率，并用符号 η_{in} 表示。

$$\eta_{in} = (\text{复合载流子产生的光子数} / \text{复合载流子总数}) \times 100\% \quad (2-1)$$

当然我们无法去计数式 (2-1) 中的复合载流子总数和产生的光子总数。一般是通过测量 LED 输出的光功率来评价这一效率，这个效率 η_{in} 就称为内量子效率。

当然，提高内量子效率要从 LED 的制造材料、PN 结外延生长工艺以及 LED 发光层的出光方式上加以研究才可能提高 LED 的 η_{in} 。这方面经过科技界的不懈努力，已有显著提高，从早期的百分之几已提高到百分之几十，有了长足的进步，虽然如此，我们还有提高 η_{in} 的较大空间。

假设 LED PN 结中每个复合载流子都能产生一个光子，是不是可以说，LED 的电—光转换效率就达到 100%？回答也是否定的。

从半导体理论可以知道，由于不同的材料和外延生长工艺的不同，所制成的 LED 的发光波长是不同的。假定，这些不同发光波长的 LED 其内量子效率均达到 100%，但由于一个电子从 N

型层运动到 PN 结有源层和一个空穴从 P 型层运动到 PN 结有源层，产生复合载流子所需的能量 E 与不同波长的 LED 的能带位置相关而不都一样。而不同波长的光子的能量 $E(\lambda)$ 也是不同的，电能到光能的变换有必然的损耗，我们下面举例加以说明：

例如一个 $\lambda_D=630\text{nm}$ 的 GaInAlP 四元橙色 LED，其正常偏置为 $V_F \approx 2.2\text{V}$ ，于是意味着它的一个电子与一个空穴复合成一个载流子所需的电势能 $E_R=2.2\text{eV}$ ，而一个 $\lambda_D=630\text{nm}$ 的光子的势能为 $E(\lambda)=hc/\lambda_D \approx 1240/630 \approx 1.97\text{eV}$ ，于是电能到光能的转换效率 $\eta_{(e-L)R}=1.97/2.2 \times 100\% \approx 90\%$ ，即有 0.23eV 的能量损失（eV 为电子伏）。

如果对一个 GaN 的蓝光 470nm 的 LED，则 $V_F \approx 3.4\text{V}$ ，于是 $E_B \approx 3.4\text{eV}$ ，而 $E_B(\lambda) \approx 1240/470 \approx 2.64\text{eV}$ ，于是 $\eta_B=2.64/3.4 \times 100\% \approx 78\%$ ，这是在假定 $\eta_{in}=100\%$ 时。若 $\eta_{in}=60\%$ ，则对于红色 LED， $\eta_{(e-L)R}=90\% \times 60\%=54\%$ ，而对于蓝色 LED 则有 $\eta_{(e-L)B}=78\% \times 60\%=47\%$ 。可见，这就是 LED 的光—电转换效率不是很高的原因。

30. LED PN 结有源层发出的光子能否 100% 逸出到空气中？

上面已经了解到 LED PN 结有源层的电—光转换效率不是很高，有相当一部分电能没有转换成光能，而是转换成热能损耗在 PN 结内，成为 PN 结的发热源。人们正在通过材料、工艺等机理上的努力去提高这一效率。如果我们施加在 LED 上的电功率全部变成光子能量，那么我们要问：这些光子能否全部逸出到空气中被人们“看见”？回答也是否定的。于是就有一个 LED 光子逸出率的问题存在。可以用式 (2-2) 来表示 LED 中产生的光子逸出到空气中的比率。

$$\eta_{out} = (\text{逸出到空气中的光子数} / \text{PN 结产生的光子总数}) \times 100\% \quad (2-2)$$

我们可以称式 (2-2) 为 LED 的外量子效率。为方便说明, 我们假定 LED 的材料为 GaAs, 其材料的折射系数为 $n_1=3.9$, 与芯片接触的界面是空气, 它的光折射系数 $n_0=1$, 由光传播理论的光线折射定律可以知道, 两种不同界面在折射系数不相同, 其垂直于界面的光的反射函数可用式 (2-3) 来表示:

$$R_{(1)} = [(n_1 - n_0) / (n_1 + n_0)]^2 \times 100\% \quad (2-3)$$

对于 GaAs 与空气, 则有:

$$R_{(1)} = [(3.9 - 1) / (3.9 + 1)]^2 \times 100\% = 35.02\%$$

这就是说, 有 35.02% 的光子将被反射回 GaAs 材料中, 即反射回芯片内, 不能逸出到空气中, 仅有 64.98% 有可能逸出到空气中。然而, LED 的发光若是一个点光源时, 其边界全发射临界角的半角 θ_c 与界面两种材料的折射系数有关, 并由式 (2-4) 确定:

$$\theta_c = \arcsin (n_0 / n_1) \quad (2-4)$$

对于 GaAs 和空气: $\theta_c = \arcsin (1/3.9) = 14.90^\circ$

边界全发射临界角为 29.8° , 超过这个角度不能发射到空气中, 显然这对一个球面而言, 这个角度仅 8.27% 的区域能全发射, 显然外量子效率是极低的。

当然对 LED 芯片来说, 它是一个六面体, 并非点光源, 在不计电极挡光时, 这个六面体的六个面均可有一个全发射临界角, 共有 49.6% 的出光区域。事实上, LED 由于要引出电极、固定在引线框架上等原因, 还做不到六个面出光, 也就是达不到 49.6% 的全发射区域。LED 外量子效率一般仅在 20% 左右, 它还有很大的提升空间, 就是要综合 LED 芯片结构、封装结构、材料折射系数等多方面因素加以解决, 来提高出光效率。

31. 有哪些生长 LED 有源层的外延方法？它们各自有什么特点？

有气相外延 (VPE)、液相外延 (LPE)、金属有机物化学气相淀积 (MOCVD)、分子束外延 (MBE)。它们生长 LED 有源层的材料分别有气相外延 GaAsP、GaP，液相外延 GaP、GaAlAs，金属有机物化学气相淀积 InGaAlP、InGaN，分子束外延 ZnSe 等。

气相外延比较简便，往往在外延生长后要再通过用扩散的方法制作 PN 结，所以效率较低。液相外延已能一炉生长 60 ~ 100 片，生产效率较高，通过镓的重复使用成本也已降得很低，可用以制造高亮度 GaP 绿色发光器件和一般亮度的 GaP 红色发光器件，也可用它制造超高亮度 GaAlAs 发光器件。金属有机物化学气相淀积法 (MOCVD) 是目前生产超高亮度 InGaN 蓝、绿色 LED 和 InGaAlP 红、黄色 LED 的主要方法，它既能精确控制厚度——生长厚度能控制到 20Å 左右，又能精密控制外延层的组成。可用此法生长超高亮度 LED 结构中所需要的量子阱阶层和 DBR 反射结构中的 20 个左右的周期层，也适用于大批量生产，是目前生产超高亮度 LED 的主要方法。分子束外延目前主要用于研制 ZnSe 白色发光二极管，效果很好，能生长小于 10Å 的外延层，缺点是生长速度较慢，每小时约 1 微米，装片容量也颇少，生产效率较低。

32. 哪些材料可以用做生长外延层的衬底材料？它们各自有哪些优缺点？

用得最为广泛的衬底材料是砷化镓，可用以生长发光材料外延层 GaAs、GaP、GaAlAs、InGaAlP，其优点是 GaAs 的晶格常数比较匹配可制成无位错单晶，加工方便，价格较便宜。缺点是它是一种吸光材料，对 PN 结发的光吸收比较多，影响发光

效率。磷化镓可生长 GaP: ZnO、GaP: N、GaAs、GaAlAs: N 以及 InGaAlP 的顶层, 它的优点是透光物质, 可以制成透明衬底提高出光效率。生长 InGaN 和 InGaAlN 的衬底主要有蓝宝石、碳化硅和硅。蓝宝石衬底的优点是透明, 有利于提高发光效率, 目前仍是 InGaN 外延生长的主要衬底。缺点是有较大的晶格失配, 达 13.8%, 不利于降低位错。此外, 蓝宝石衬底硬度高, 造成加工成本高昂; 热导率较低, 不利于器件的热耗散, 对制造功率 LED 不利。碳化硅衬底具有较小的晶格失配, 仅为 3.4%, 硬度低, 易于加工。而且导热系数达 $4.9\text{W}/\text{cm}\cdot\text{K}$, 是蓝宝石 0.46 的 10 倍多, 有利于制作功率器件。此外, 垂直结构和单金线封装也使抗静电能力加强和加工方便。目前已作出蓝光芯片 30mcd/20mA 的好结果, InGaN 白光器件的最高水平 $92\text{lm}/\text{W}$, 但进一步提高发光效率困难较大。

对 InGaN 外延生长来说, 理想的衬底要算是 GaN 和 AlN 单晶了。目前正加紧研制, 最近已有 2 英寸 GaN 单晶问世, AlN 晶体生长也有一定把握, 大家期待更好的衬底材料出现。

33. 当前, 生产超高亮 LED 的外延方法主要有几种? 什么是 MOCVD?

当前, 生产超高亮 LED 的外延方法主要有两种, 即液相外延生产 AlGaAs LED 和金属有机物化学气相淀积 (MOCVD) 生产 AlGaAs、AlGaInP 和 InGaN LED。其中尤以 MOCVD 方法为主。

1968 年, Manesvil 等人用三甲基镓 (TMG) 作镓源, AsH_3 作 As 源, H_2 作载气在绝缘衬底 (Al_2O_3 、 MgAlO_4 等) 上首次成功地气相淀积了 GaAs 外延层, 创立了金属有机物化学气相淀积技术。后来的研究表明, 这是一种具有高可靠性、控制厚度精确、组成掺杂浓度精度高、垂直性好、灵活性大、非常适合于进行 III—V 族化合物半导体及其固溶体的外延生长的方法, 也可应用于 II—VI 族化合物等材料的生长, 是一种可以实现像硅外延那

样大规模生产的工艺，具有广阔的发展前途，目前是生产 AlGaInP 红色和黄色 LED 和 InGaN 蓝色、绿色和白色 LED 的可工业化方法。

由于 MOCVD 的晶体生长反应是在热分解中进行的，所以又叫热分解法。通常用Ⅲ族烷基化合物（Al、Ga、In 的甲基或乙基化合物）作为Ⅲ族源，用 V 族氢化物（ NH_3 、 PH_3 、 AsH_3 等）作为 V 族源。由于Ⅲ族烷基化合物在室温附近是蒸气压较高的液体，所以用氢气作载气鼓泡并使之饱和，再将其与 V 族氢化物一起通入反应炉中，即在加热的衬底上进行热分解，生成化合物晶体淀积在衬底上。

先进的 MOCVD 设备应具有一个同时生长多片均匀材料，并能长期保持稳定的生长系统。设备的精确过程控制是保证能重复和灵活地进行生产优质外延材料的必要条件。所以设备应具有对载气流量和反应剂压力的精密控制系统，并配备有快速的气体转换开关和压力平衡装置。采用合适结构，使热场均匀，气流稳定，以保证生长的外延片在厚度、层面、组成、掺杂方面达到均匀，并保证具有满意的结晶质量和表面形貌以及外延炉内片与片、炉与炉之间的均匀性。

目前，国际上供应 MOCVD 设备的公司主要有两个，即美国 Veeco 公司、德国的 Aixtron 公司。

34. 当前，用做半导体照明光源的高效 LED 的外延层结构有何创新和发展？它们的结构如何？

为了提高 LED 的发光效率，对其外延结构进行了许多改进，目前都已应用到产品上，对 LED 发光效率的提高起到极重要的作用。现分述如下：

①单量子阱（SQW）结构。这种结构是对双异质结（DH）结构的改进，不同的是将原来掺 Zn 的 InGaN 有源层改为未掺杂的 2nm 厚的 InGaN 薄层。单量子阱（SQW）蓝色 LED 结构由

2nm 的 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 的阱层和 50nm N 型 $\text{In}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$, 100 nm P 型 $\text{Al}_{0.30}\text{Ga}_{0.70}\text{N}$ 两个势垒层组成。光谱半宽从 70nm 降为 25nm, 光更纯了。而发光效率提高了一倍。单量子阱绿色 LED 结构由 $30\text{\AA}\text{In}_{0.45}\text{Ga}_{0.55}\text{N}$ 的阱层和 $4\mu\text{m}$ 厚的 N 型 GaN 势垒层及 $1000\text{\AA}$ P 型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 势垒层组成。用这种结构外延片制成的绿色 LED 法向光强达到了 12cd, 比双异质结的高三倍多。

②多量子阱 (MQW) 结构。采用 $\text{In}_{0.22}\text{Ga}_{0.78}\text{N}/\text{In}_{0.06}\text{Ga}_{0.94}\text{N}$ 的薄层交替结构, 曾制作阱宽和势垒宽同为 $100\text{\AA}$ 和 $30\text{\AA}$ 的两种结构, 周期数为 20。这种结构在 InGaAlP LED 中也用得较多, 阱宽可以是 $30\text{\AA}$ 到 $100\text{\AA}$ 不等, 势垒宽也可以不与阱宽相同, 而阱数可从 3 增加到 40, 明显提高效率。

③分布布拉格反射 (DBR) 结构。InGaAlP 外延生长采用 GaAs 作衬底, 晶格匹配可以很好, 但衬底的光吸收造成相当一部分损失。采用 DBR 结构可将射向衬底的那部分光由 DBR 镜反射出来, 大大减少衬底吸收。

④透明衬底技术 (TS)。在 InGaAlP 外延后, 在上面用气相外延方法 (VPE) 外延生长透明的 P 型 GaP 层, 约 $50\mu\text{m}$ 左右。然后再将砷化镓衬底腐蚀移除, 并将暴露出的 N 型 InGaAlP 与 GaP 基底加温加压粘结起来, 可提高光输出二倍以上。

⑤镜面衬底法 (MS)。利用芯片融合技术以形成镜面衬底 InGaAlP/金属/二氧化硅/硅结构。使用 AuBe—Au 作粘结材料, 以粘结外延片和硅衬底。这种方法后来用到 InGaN 倒装芯片上非常有效。硅取代了导热差的蓝宝石, 再加上金属反射, 适用于功率 LED 的制造。

⑥透明胶质粘结型。采用旋涂式玻璃将 InGaAlP 外延片与透明衬底蓝宝石粘结, 然后再将 GaAs 衬底腐蚀移除, 并在其上形成 N 型欧姆接触电极, 同时部分刻蚀至 P 型电流分布层而形成另一 P 型欧姆接触电极。两个电极位于同一方向。由于蓝宝石透光性能极好, LED 的发光效率得以大幅度提升, 特别是黄光尤为

明显。

⑦纹理表面结构。将芯片窗口层表面腐蚀成能够提高出光效率的纹理结构，其基本单元为具有斜面的三角形结构，可大大减少全反射，增加光输出。加上分布布拉格反射层的结构，其效率可达到常规器件的二倍，与采用晶片键合技术的透明衬底（TS）LED 性能相当。此方法工艺简单，效果明显，是值得推广的技术。在实际产品中，往往选择以上有关技术再加以最佳组合，可以达到很好的效果。

35. 当前的 GaAs、GaP、GaAlAs、GaInAlP 以及 InGaN 等均是无机半导体材料，除此之外，还有哪些无机材料可以制造发光二极管？目前研发的进展如何？

上面所说的都是Ⅲ—V族化合物半导体材料，除此之外还有Ⅱ—VI族化合物半导体材料像硒化锌（ZnSe）、氧化锌（ZnO）也可以制造发光二极管。其中，采用 ZnSe 制作白色发光二极管已获成功。它是采用硒化锌单晶作衬底，用分子束外延方法生长而成，通常是双异质结结构。其活性层为多量子阱外延层，N型和P型势垒层由 $\text{ZnMgSSe} + \text{X}$ 五种元素组成，X 为掺杂元素，其白光是由外延 PN 结发出的 480 ~ 490nm 蓝绿色光，激发 ZnSe 衬底产生中心波长为 585 ~ 600nm 的从 510 ~ 780nm 的宽光谱光，两种波长的光混合而成。已制成超高亮度白色发光二极管， $\Phi 5$ 单灯可达 5 ~ 7cd。在 15mA 正向电流驱动时正向压降为 2.5 ~ 2.7V，压降甚低。抗静电性能好，由于衬底波长可调，所以色温可容易地控制在 2400~10000K，容易制作低色温器件。但由于生产成本太高和技术较为复杂，目前尚无商品出售。从晶体质量、禁带宽度等多方面看，ZnO 应是蓝光、紫外光 LED 的合适材料，但从研究的实际情况看，要得到器件质量的 P 型 ZnO 和同质的 PN 结，有很高的难度，上海硅酸盐研究所、南昌大学、浙江大学的课题组，取得了较大进展，这方面的动向值得关注。

36. 简述有机半导体发光二极管发展历程, OLED 等能否进入照明领域?

在美国柯达公司工作的华人科学家邓青云于 1979 年发现了具有发光特性的有机材料, 随后于 1987 年获得了 OLED 设计的第一个专利。它是由非常薄的有机材料涂层和玻璃基板组成。当有电荷通过时, 这些有机材料就会发光。作为新一代平板显示器件, 它有体积小、重量轻、能耗低、视角广、主动发光等优点, 如用柔性材料做衬底, 还能制成可卷曲、折叠的显示器, 是一种可用以取代液晶显示器 (LCD) 的新型平板显示器件。按材料分主要可分为两类: 小分子 OLED 和高分子 OLED (也可称 PLED)。小分子器件采用真空热蒸发工艺, 材料是小分子有机物, 如 8 羟基喹啉铝等, 现能达到亮度 $200 \sim 1000 \text{cd/m}^2$ 、寿命几千小时。大分子 OLED 采用旋转涂覆或喷墨工艺, 材料如共轭化合物聚乙炔、聚苯胺等。目前, 国际上有关专利已有 1400 项, 其中最基本的有三项: 小分子 OLED 的基本专利属美国 Kodak 公司, 高分子 OLED 的基本专利由英国 CDT (Cambridge Display Technology) 和美国 Uniax 公司拥有。还有一类是镧系金属有机化合物 (也可称稀土 OLED)。量子效率理论上可达 100%, 英国两家公司进行研发, 发光效率已达 70lm/W , 最近德国 NOVEA LED 公司又将绿光 OLED 发光的效率提高到 110lm/W (在 1000cd/m^2 时)。

目前其应用产品主要是中、小屏幕显示器, 并逐步向全彩色大屏幕扩展。目前, 手机 OLED 全彩屏已有多家使用, 三星电子公司继推出 15 英寸全彩 OLED 个人计算机和笔记本计算机样品后, 于 2005 年 1 月 5 日宣布开发出世界上最大尺寸的 OLED 全彩显示器——21 英寸电视产品, 迈出了 OLED 商品化的关键一步, 而且能用现有的 LCD 液晶屏生产线来大批量生产 OLED。技术指标如下: 分辨率为 1920×1200 , 亮度 1000cd/m^2 , 对比度

5000 : 1, 能用液晶生产线生产, 将使成本大大降低。市场调查机构预测: 整体 OLED 市场将大幅增长, 预计 2005 年将达到 9.2 亿美元, 2006 年达 18.5 亿美元, 有潜力成为中小尺寸平板显示器市场的生力军。目前, 发光效率小分子的可大于 30 lm/W, 高分子的可大于 20 lm/W, 也达到和超过了白炽灯的水平。随着技术的不断发展, 发光效率也不断提高, 目前绿光已达 72 lm/W, 红光 5.7 lm/W, 白光也达到了 10 lm/W。所以从现阶段看, 它将是已经大量采用的 LCD 的竞争对手, 它将是取代液晶显示器的价廉物美的理想产品。我们应该记得, LED 也是从效率颇低、只能用作显示器件的过去发展过来的, 加上 OLED 近期在光效和寿命方面的快速进展, 我们应该可以预料, OLED 最终将进入照明领域, 时间可能比 LED 会晚, 但意义似乎更大。因为从此照明光源将是面光源, 而且可以弯曲, 可以折叠, 照明设计将变得随心所欲, 此外, 光源原材料是可用廉价材料合成的, 取之不尽, 用之不竭, 不像 LED 的原材料如镓、铟是地球上的稀有或分散元素, 纯度还要 6N 以上, 制造设备昂贵、工艺复杂、价格问题成了 LED 推广、应用的主要障碍。如果说将 LED 应用于照明这一梦想正在实现中, 那么, 我们为什么不可以再做一个更好的梦呢?

37. 国内 LED 外延产业的状况与发展趋势如何?

我国的 LED 外延产业近几年已引进了二十多台套 MOCVD 设备以及配套装备和仪器, 总计投资数亿元, 相继开发了 InGaAlP 和 InGaN 外延材料, 形成了与国外产品竞争国内市场的态势, 也说明了我国的 863 计划实施后, 在这方面的研究基础达到了一定的水平, 企业资本也已初具规模, 具备了进军半导体照明产业国际市场的基础, 这些企业与科研院所、高等学校紧密合作, 积极开展了材料和器件的相关研究, 在材料质量和器件指标等方面取得了重要进展。目前, InGaAlP 红、黄芯片达到 30 ~ 180mcd/20mA, InGaN 蓝、绿芯片可达到 30 ~ 100mcd/20mA, 达

到国际上中等水平，在中、低端市场占有一定份额。在制作白光大功率器件的蓝光大芯片（ $1\text{mm} \times 1\text{mm}$ ）方面，也取得了较好的成果，当 $\lambda_p=460\text{nm}$ ，正向压降为 $3.6 \sim 3.8\text{V}$ ，驱动电流 350mA 时，输出光功率达 79.51mW ，制成白光器件发光效率达 19.29lm/W ，也属中等水平。国外 LED 将向高亮度、高效率、紫外光（ $260 \sim 365\text{nm}$ ）大功率、低成本发展。希望白光光效从目前的 50lm/W ，提高到 100lm/W ，紫外光波长从目前的 400nm 向 254nm 深紫外转移。外量子效率从目前的 10% 提高到 40% ，荧光材料能量转换效率从 60% 提高到 90% 。国内 LED 外延的发展的技术路线大致如下：

①采用晶格匹配的衬底材料如 GaN、AlN 等以提高外延晶体质量。应变量子阱是造成电子和空穴空间分离、发光效率下降的重要原因。无应变量子阱结构应是主流技术。

②采用低成本的硅衬底，目前已获得 $30\text{mcd}/20\text{mA}$ 的好成绩，应采用新工艺，争取在效率上再取得新的突破。

③设计新型器件，如光子循环发光二极管（PRS-LED），利用蓝光 LED 直接激发 AlGaInP 材料，其高效的光—光转换效率产生橙光从而合成白光。

④光子晶体、量子点（QDS）发光材料。

⑤共振腔超辐射发光二极管。特别是 InGaAlP 器件外延的研发重点。

⑥垂直腔表面发射激光器。

⑦高输入功率密度（ $500\text{W}/\text{cm}^2$ ）、高功率转换效率（ 70% ）激光器。

⑧高纯原材料的国产化和进一步纯化。

⑨其他新材料如 ZnO、GaNAs、GaNP 等。

38. LED 芯片的制造流程是怎样的？

LED 芯片制造主要是为了制造有效可靠的低欧姆接触电极，

并能满足可接触材料之间最小的压降及提供焊线的压垫，同时要尽可能多地出光。AlGaInP 基 LED 制备的主要流程如图 2-1。

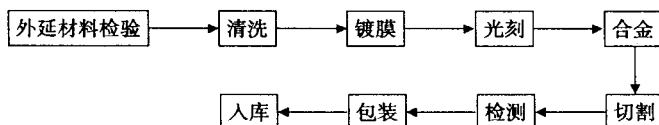


图 2-1 AlGaInP 基 LED 制备的主要流程

镀膜工艺一般用真空蒸镀方法，其主要在 1.33×10^{-4} Pa 高真空下，用电阻加热或电子束轰击加热方法使材料熔化，并在低气压下变成金属蒸气沉积在半导体材料表面。一般所用的 P 型接触金属包括 AuBe、AuZn 等合金。N 面的接触金属常采用 AuGeNi 合金。镀膜工艺中最常出现的问题是镀膜前的半导体表面清洗，半导体表面的氧化物、油污等杂质清洗不干净往往造成镀膜不牢。镀膜后形成的合金层还需要通过光刻工艺将发光区尽可能多地露出来，使留下来的合金层能满足有效可靠的低欧姆接触电极及焊线压垫的要求，正面最常用到的形状是圆形，对背面来说，若材料是透明的，也要刻出圆形，如图 2-2 所示。

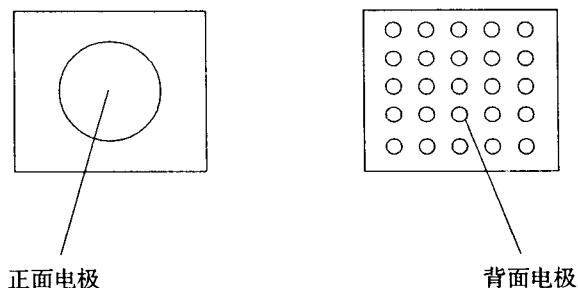


图 2-2 光刻工序示意图

光刻工序结束后还要通过合金化过程，合金化通常是在 H_2 或 N_2 的保护下进行。合金化的时间和温度通常是根据半导体材料特性与合金炉形式等因素决定，通常红黄 LED 材料中的合金化温度在 $350\sim 550^\circ\text{C}$ 之间。合金化成功后半导体表面相邻两电极间的 $I-V$ 曲线通常是直线，当然若是蓝绿等芯片电极工艺还要复杂，需增加钝化膜生长、等离子刻蚀工艺等。

红黄 LED 管芯切割方法类似于硅片管芯切割工艺，普通使用的是金刚砂轮刀片，其刀片厚度一般为 $25\mu\text{m}$ 。对于蓝绿芯片工艺来说，由于衬底材料是 Al_2O_3 ，要先用金刚刀划过以后掰裂的方法。

发光二极管芯片的检测一般包括测试其正向导通电压、波长、光强及反向特性等。

芯片成品包装一般包括白膜包装和蓝膜包装。白膜包装一般是有焊垫的面粘在膜上，芯片间距较大，适合手动。蓝膜包装一般是背面粘在膜上，芯片间距较小，适合自动机。

39. LED 芯片制造工序中，哪些工序对其光电性能有较重要的影响？

一般来说，LED 外延片生产完之后它的主要电性能已定型，芯片制造不对其产生根本性改变，但在镀膜、合金化过程中不恰当的条件会造成一些电参数的不良。

比如说合金化温度偏低或偏高都会造成欧姆接触不良，欧姆接触不良是芯片制造中造成芯片正向压降 V_F 偏高的主要原因。

在切割后，如果对芯片边缘进行一些腐蚀工艺，对改善芯片的反向漏电会有较好的帮助。这是因为用金刚石砂轮刀片切割后，芯片边缘会残留较多的碎屑粉末，这些杂质如果粘在 LED 芯片的 PN 结处就会造成漏电，甚至会有击穿现象。

另外，如果芯片表面光刻胶剥离不干净，将会造成正面焊线难与虚焊等情况。如果是背面有时也会造成压降偏高。

在芯片生产过程中通过表面粗化、划成倒梯形结构等办法可以提高光强。

40. 芯片制造过程中通过哪些工艺措施可以提高芯片发光强度与出光效率？

LED 的亮度主要取决于外延方法和外延质量好坏，在芯片制造过程中采取不同的方法也可提高一些光强即提高外量子效率，但是程度有限。现在使用最广泛的方法是进行表面粗化工艺，粗化的原理是增加发光面积，该方法适用于黄、绿、普红、普黄等 GaP 基材的外延片。另外，红外 LED 也可采用该方法，这种方法一般可以提高 30%。

另外，有一种方法是覆盖一层增透膜。由于发光二极管晶体的折射率比较高，当光线射向晶体表面时，在晶体和空气的交界面上就要产生折射。若假定该晶体的折射率为 n_1 、入射角为 θ_1 ，在空气中的折射率为 n_2 、折射角为 θ_2 ，如图 2-3 所示。

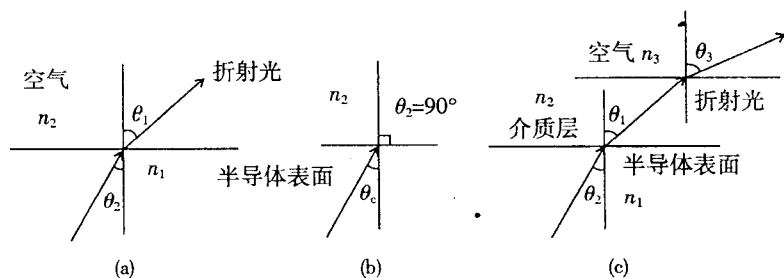


图 2-3 晶体与空气交界面折射示意图

根据折射定律，可得：

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (2-5)$$

从式 (2-5) 知，当 $\theta_2 = 90^\circ$ 时的 θ_1 称为全反射临界角，用 θ_c 表示，即

$$\theta_c = \arcsin(n_2/n_1) \quad (2-6)$$

显然当 $\theta_1 \geq \theta_c$ 时, 光线全部被反射向晶体内部, 在 LED 晶体与空气之间镀一层中等折射率的介质层可增大临界角 θ_c 。比如 GaP 的 $n_1=3.3$, 如果没有介质层, 则临界角 $\theta_c=17.7^\circ$, 插入一层 $n_2=1.66$ 的介质层后, θ_c 可能增大到了 30.3° , 光强可提高到 2.5 倍。

目前, 通过工艺和结构上的改进可以提高芯片的出光效率, 归纳起来有如下几种有效方法:

(1) 透明衬底技术

通常 LED 的衬底采用 GaAs 材料, 但 GaAs 是一种吸光材料, LED 发出的光会被它吸收, 降低出光效率。为此, 在外延成 PN 结后, 用腐蚀的方法将 GaAs 衬底去除, 然后在高温条件下将能透光的 GaP 粘贴上去做衬底, 使 PN 结发出的光通过金属底板反射出去, 提高出光效率。

另一种方法是制作 InGaAlP 四元芯片时, 在去除 GaAs 衬底后, 先用粘贴方法制作一层金属镜面反光层, 然后再粘贴基板, 这样使射向衬底的光反射到出光面, 使芯片出光效率提高。

(2) 芯片表面粗化法

由于 GaN 的折射系数 $N_1=2.3$, 与空气折射系数 $N_1=1$ 相差较大, 其反射临界角仅为 25° , 使大部分光不能逸出到空气中去, 出光效率较低。为此, 通过改变 GaN 与空气的界面的几何形状, 使全反射临界角增大, 提高出光效率, 这可以通过芯片表面粗化的方法来实现, 图 2-4 为芯片出光面示意图。

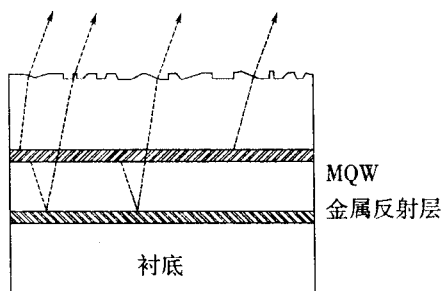


图 2-4 芯片出光面示意图

(3) 芯片倒梯形结构

CREE 公司有一款芯片采用倒梯形结构后也提高了光强，如图 2-5。由于这种结构的芯片其边缘部分的全反射临界角增大，光子逸出率提高，并能从碗腔射出，提高光强和出光效率。

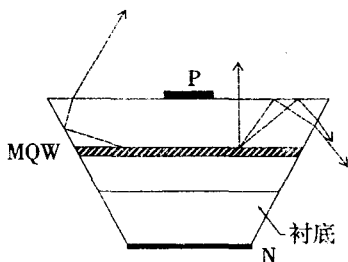


图 2-5 倒梯形结构的芯片出光示意图

(4) Flip-chip 技术

参见第 46 题。

41. LED 芯片为什么要分成诸如 8mil, 9mil, …, 13~22mil, 40mil 等不同的尺寸？尺寸大小对 LED 光电特性有哪些影响？

LED 芯片大小根据功率可分为小功率芯片、中功率芯片和大功率芯片。根据客户要求可分为单管级、数码级、点阵级以及装饰照明等类别。至于芯片的具体尺寸大小是根据不同芯片生产厂家的实际生产水平而定，没有具体的要求。只要工艺过关，芯片小可提高单位产出并降低成本，光电性能并不会发生根本变化。芯片的使用电流实际上与流过芯片的电流密度有关，芯片小使用电流小，芯片大使用电流大，它们的单位电流密度基本差不多。如果 10 mil 芯片的使用电流是 20mA 的话，那么 40 mil 芯片理论上使用电流可以提高 16 倍，即 320mA。但是考虑到散热是大电流下的主要问题，所以它的发光效率比小电流低。另一方面，由于面积增大，芯片的体电阻会降低，所以正向导通电压会有所降低。

42. LED 大功率芯片一般指多大面积的芯片？为什么？大功率芯片的版图设计有哪些特殊考虑？

用于白光的 LED 大功率芯片一般市场上可以看到的都在

40 mil 左右,所谓的大功率芯片的使用功率一般是指电功率在 1W 以上。由于量子效率一般小于 20%,大部分电能会转化成热能,所以大功率芯片的散热很重要,要求芯片有较大的面积。由于面积增大后电流在芯片的半导体表面的扩散显得非常重要,电极设计要考虑能帮助电流均匀地分布到芯片表面。如果采用中心单圆电极的话,对于 40 mil 芯片来说,大电流情况下很明显会造成电极周围一圈很亮,电流没有分布到表面四周就直接往下跑,造成器件寿命缩短、光强不够等情况。为解决这一问题,最直接的办法就是将电极延伸出去,通过电极将电流分布到芯片表面。如图 2-5 所示。

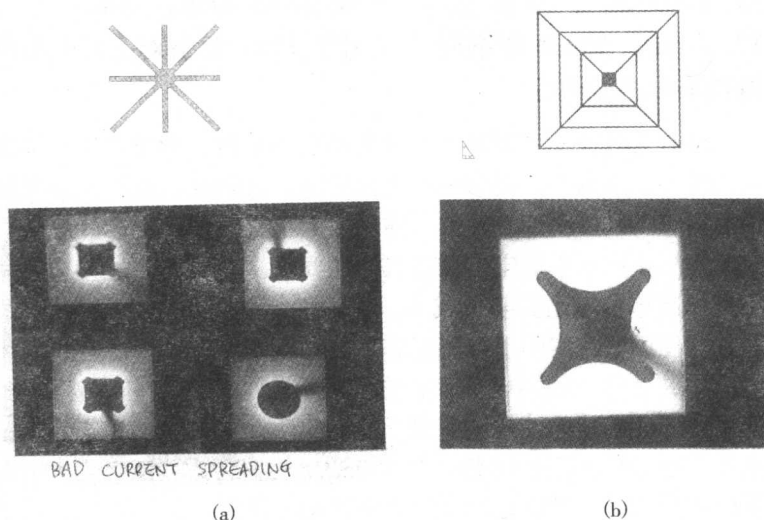


图 2-6 大功率芯片版图设计示意图

图 2-6 (a) 中由于没有考虑电流扩散的因素,所以电流加大后电极四周很亮,边缘很暗,图 2-6 (b) 通过改进电极形状,同样电流下发光非常均匀。

43. 制造 GaN 外延材料的芯片工艺和加工设备与 GaP、GaAs、InGaAlP 相比有哪些不同的要求？为什么？

普通的 LED 红黄芯片和高亮四元红黄芯片的基板都采用 GaP、GaAs 等化合物半导体材料，一般都可以做成 N 型衬底。采用湿法工艺进行光刻，最后用金刚砂轮刀片切割成芯片。GaN 材料的蓝绿芯片是用的蓝宝石衬底，由于蓝宝石衬底是绝缘的，所以不能作为 LED 的一个极，必须通过干法刻蚀的工艺在外延面上同时制作 P/N 两个电极，并且还要通过一些钝化工艺。由于蓝宝石很硬，用金刚砂轮刀片很难划成芯片。它的工艺过程一般要比 GaP、GaAs 材料的 LED 多而复杂。

44. 什么是“激光剥离技术”？它在 LED 芯片制造中起什么作用？它主要用在哪类芯片制造中？

长期以来，由于缺乏理想的 GaN 衬底材料，蓝光 LED 通常采用 Al_2O_3 衬底。 Al_2O_3 衬底硬度高、热导率和电导率低、解离困难、与 GaN 材料晶格不匹配等缺点制约了 GaN 基电子器件的性能。剥离 Al_2O_3 衬底可以消除以上缺点，利用薄膜剥离技术结合芯片粘结技术，可将 GaN 材料与其他材料结合在一起。当一束脉冲激光通过透明的 Al_2O_3 衬底照射在 GaN 薄膜上时被界面层的 GaN 吸收导致界面层温度升高，当温度达到 900°C 时 GaN 就会分解，使得 GaN 外延层与 Al_2O_3 衬底分离，这就是“激光剥离技术”的基本原理，主要用于去掉 Al_2O_3 衬底，它可以在 GaN 蓝绿光 LED 芯片制造中使用。

45. “透明电极”芯片的结构与它的特点是什么？

所谓透明电极一是要能够导电，二是要能够透光。这种材料现在最广泛应用在液晶生产工艺中，其名称叫氧化铟锡，英文缩写 ITO，但它不能作为焊垫使用，一般结构如图 2-7 所示。制作

时先要在芯片外延表面做好欧姆接触电极，然后在表面覆盖一层 ITO，再在 ITO 表面镀一层焊垫。这样从引线上下来的电流通过 ITO 层均匀分布到各个欧姆接触电极上，同时 ITO 由于折射率处于空气与外延材料折射率之间，可提高出光角度，光通量也可增加。

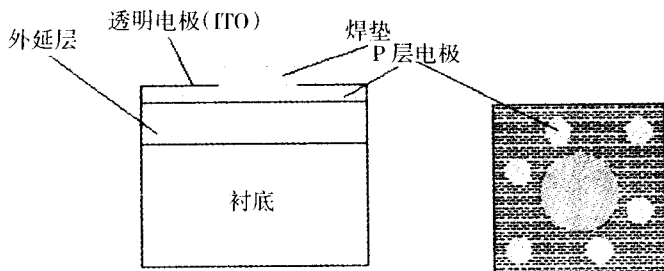


图 2-7 透明电极一般结构

46. 什么是“倒装芯片（Flip-Chip）”？它的结构如何？它有哪些优点？

蓝光 LED 通常采用 Al_2O_3 衬底，其通常的芯片结构如图 2-8 所示。 Al_2O_3 衬底硬度高、热导率和电导率低，如果采用正装结构，一方面会带来防静电的问题，另一方面，在大电流情况下散热也会成为最主要的问题。同时由于正面电极朝上，会遮掉一部分光，发光效率会降低。大功率蓝光 LED（如图 2-9）通过芯片倒装技术可以比传统的封装技术得到更多的有效出光。

现在主流的倒装结构做法是：首先制备出具有适合共晶焊接电极的大尺寸蓝光 LED 芯片，同时制备出比蓝光 LED 芯片略大的硅衬底，并在上面制作出供共晶焊的金导电层及引出导线层（超声金丝球焊点）。然后，利用共晶焊接设备将大功率蓝色 LED 芯片与硅衬底焊接在一起。这种结构的特点是外延层直接与硅衬

底接触，硅衬底的热阻又远远低于蓝宝石衬底，所以散热的问题很好地解决了。由于倒装后蓝宝石衬底朝上，成为出光面，蓝宝石是透明的，因此出光问题也得到解决。如果在外延表面做一层金属反光层，那么有源层向下发的光通过金属镜面反射层反射向上，通过 Al_2O_3 衬底向外发射，提高了出光效率。

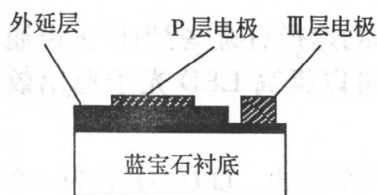


图 2-8 普通蓝光 LED 芯片

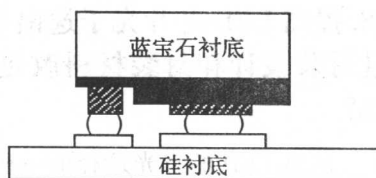


图 2-9 倒装蓝光 LED 芯片

47. 用于半导体照明的芯片技术的发展主流是什么？

随着半导体 LED 技术的发展，其在照明领域的应用也越来越多，特别是白光 LED 的出现，更是成为半导体照明的热点。但是关键的芯片、封装技术还有待提高，在芯片方面要朝大功率、高光效和降低热阻方面发展。提高功率意味着芯片的使用电流加大，最直接的解决方法是加大芯片尺寸，现在普遍出现的大功率芯片都在 $1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 左右，使用电流在 350mA 。由于使用电流的加大，散热问题成为突出问题，现在通过芯片倒装的方法基本解决了这一问题。随着 LED 技术的发展，其在照明领域的应用会面临一个前所未有的机遇和挑战。

三、封装篇

48. 提高 LED 芯片光子逸出率的途径有哪些?为什么说通过封装设计和封装材料改进可以提高 LED 光子逸出效率?

从对 LED 的出光途径的分析可以看出, LED 芯片作为一个六面体,理论上可以有六个出光面,但是由于 LED 芯片为了使用和施加工作电流和电压,必须固定在引线支架上,同时还需制作便于馈送电流的 P 型和 N 型两个电极,而这种能引出导线的电极一般由不透光的金属构成,这就使芯片原来就出光效率不高的出光面变得更加不足。

对于普通做指示灯用的 LED,通常用一个面(例如 N 面)上蒸金后与 LED 的银线支架粘结固定,形成 LED 的负电极。这样就使整个 N 型的一个面无法出光,降低了出光效率。其次,在 P 型出光面还必须制作便于引入正电流的电流电极,也即必须制作一定面积便于焊线的正电极。由于也是金属层,因此也使 P 型面的一个出光面区域减小,影响出光效率。

提高芯片出光效率,就是尽量增大有效出光面,使上述由于电极引起的出光面减少的影响降到最低。这要从芯片的结构与电极的制造方法上加以解决。

图 3-1 示出常规的 LED 芯片的几何形状,即是一种扁平立方体——六面体。如上所述,光只有在临界角 θ_c 构成的锥体内才能逸出芯片,其他方向上的光子虽经多次反射,也无法逸出芯片以外,此时,芯片类似一个全反射的直角棱镜。

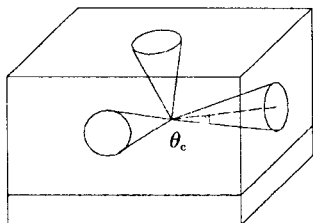


图 3-1 常规 LED 芯片光子逸出示意图

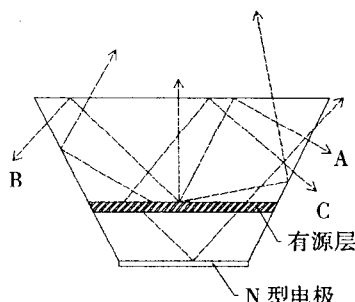


图 3-2 芯片倒梯形几何结构光子逸出示意图

可以从几何结构上来改善出光效率，例如芯片采用倒梯形几何结构，则芯片内有相当一部分全反射到芯片的光子可以从侧面逸出如图 3-2 中 A、B、C 等光线。这样可以使光子逸出率从长方形的不到 20% 提高到 50% ~ 60%，即提高 2 ~ 3 倍。

从芯片结构上提高出光率，还可以在有源层的一面（即芯片需与引线支架粘结的一面）加置金属镜面反光层，使有源层原本向底部发射的光，经镜面反射到芯片的出光面方向，从而提高出光效率，这一点在功率 LED 的芯片结构中将有详述。

为减少金属电极的遮光问题，近年来也利用电子束蒸镀工艺在 LED 芯片上用 ITO 制造透明电极。ITO 作透明电极在于控制好配比和厚度，可以获得透光率大于 95%、方块电阻低于 10 Ω 的电极，这种电极也可以提高光子逸出率。

除了从芯片几何形状、结构、电极制作工艺与芯片层间结构等方面改进可以提高光子逸出率外，还可以通过对封装结构，光学设计以及封装材料折射系数等方面进行改进，同样可以提高出光效率。

例如，通过芯片粘结的引线支架底座的碗腔设计改进，可以使芯片侧面射出的光子反射到空气中，提高出光效率。通过适用

于芯片折射系数接近的透光材料与芯片作界面，可以提高光子全反射的临界角。

例如，用折射系数为 $n_1=1.5$ 的环氧树脂镀于芯片的界面，则芯片与环氧树脂界面上的垂直入射光的反射率为：

$$R=[(n_2-n_1)/(n_2+n_1)]^2=[(3.9-1.5)/(3.9+1.5)]^2\approx 0.2$$

全反射临界角半角： $\theta_c=\arcsin(n_1/n_2)=22.60^\circ$ ，大于 GaAs 与空气全反射临界角半角 14.9° 约 52%，若再用半圆形球面的结构使环氧树脂与空气作界面，则其反射率 R 仅为 4% 以下，几乎不存在全反射。只要对芯片在封装上采用一次光学设计，可以提高芯片的出光效率。目前有报道称，利用光子晶体的导光原理，如果将 LED 芯片放入一块特制的光子晶体中，并设计使 LED 芯片发光的波长（或辐射频率）与该光子晶体的光子基带重合，此时，LED 芯片发射出的光不会进入包围它的光子晶体中，而会沿着特定设计的方向辐射出去，使 LED 芯片光子逸出效率从目前的 20% 左右提高到 90% 以上。我们深信，随着新材料、新的封装技术的进步，通过封装材料与工艺的改进，LED 的光子逸出率会迅速提高。

49. 简述提高 LED 芯片电—光转换效率的重要意义。

通过上述几个问题的回答，我们已基本了解目前 LED 芯片的电—光转换效率不是很高，其内量子效率和外量子效率都有很大的提高空间，需要 LED 科技、产业界去努力改进。

内量子效率的改进，可从改进半导体材料的杂质、位错和缺陷着手，另外，从 PN 结生长工艺上加以改善，在芯片结构和形状设计上也有提高的余地，要做较多的工作，并要充分开拓新材料、新工艺以取得效率提高上的突破。

特别是要在芯片电极设计和电极引出上采用新的构思和工艺方法，在这方面近年已有较大提高与突破。另外，在材料、光学

设计方面均要加以改进，总之，要做的工作很多，电—光转换效率达到一定值后，LED 可以成为传统光源的取代者。

LED 电—光转换效率不高引起的另一个问题在于 PN 结内部电能损耗变为热能，引起 LED 芯片发热，过高的热量会引起 LED PN 结的退化，具体表现为光电参数的变劣，因此提高 LED 芯片的电—光转换效率是从根本上解决 LED 热退化的关键所在，也是 LED 能否真正取代传统光源的技术关键所在。

50. 衡量 LED 器件电—光转换优劣的参数主要有哪些？

LED 作为电—光转换的发光器件，衡量其性能优劣的参数很多，有电学的、光学的，还有热学方面的，但最基本的，可以用它的电—光转换方面的参数来衡量。

对于普通用作指示灯的 LED 器件，常用它在规定电流 I_F 下的发光强度——烛光（烛光用符号 cd 或 mcd 表示）来反映它的电—光转换能力。LED 的发光强度是指其法向方向发出的光的强度，它与观察的角度相关，不同角度光强不同，这是必须弄清的。光强这一参数对于用作“看灯”的 LED 比较合适。

对于将 LED 用作“照亮被照物”的照明光源来说，发光强度这一参数似乎不太适用于 LED 在照明上的评估。但不论 LED 作什么用途，评价它的电—光转换优劣，可以用两个参数，即发光效率和辐射光通量来评价。

发光效率是指 LED 在规定的电功率下（也可以在规定的 I_F 下）所发射出的光的功率的大小。知道了 LED 发射的光功率和施加在 PN 结上的电功率，则它们两者的比就是电—光转换效率 η_{e-l} ，即： $\eta_{e-l} = P_{\text{light}}/P_e \times 100\%$ 。

目前，LED 最好的 η_{e-l} 约在 17%，即当 P_e 为 1W 时， $P_{\text{light}} \leq 170\text{mW}$ ，显然它的电光转换效率不是很高。

LED 输出的光功率 P_{light} 都可以客观反映 LED 的发光能力，对于可见光或不可见光都一样。然而，不同波长的可见光，尽管

其发出一样的光功率，但人眼对其视觉效果却都不一样，特别是照亮被照物时的灰度感觉可以有较大差异，不直观。为此，人们又用另一参数——辐射光通量（单位为流明）来评估，它用符号 Φ 表示。辐射光通量对于人的视觉效果相对比较一致，不同波长但相同的光通量对于人眼视觉感觉是相同的，较适用于评价照明光源。它的定义是：在一个所有方向上光强 $I_v=1\text{cd}$ 的电光源，其辐射的光通量为 4π 流明（流明符号为 lm ），用公式表示为式 (3-1)：

$$\Phi = I_v \cdot d\Omega \quad (3-1)$$

式中 $d\Omega$ 为单位辐射立体角。

由式 (3-1) 可知 LED 发光强度 $I_v = \Phi/d\Omega$ ，即 LED 的发光强度是单位立体角的光通量。利用式 (3-1) 可对 Φ 和 I_v 进行互换，条件是要知道 $d\Omega$ 。

由于辐射光通量对于不同发光波长的 LED 发出的光对人眼的感觉相对上比较统一，因此被用作 LED 光电参数的衡量依据之一，它与发射角也无关。于是在规定的电功率下，LED 辐射的光通量 Φ 与电功率 P_e 的比被定义作 LED 的流明效率，它由式 (3-2) 表示，单位为 lm/W 。

$$\eta_{lm-\Phi} = (\Phi/P_e) \quad (3-2)$$

流明效率是又一个衡量 LED 电—光转换效率的参数，也是在照明领域用来表示单位电功率下光辐射的强弱的常用参数之一。

51. LED 芯片封装成发光二极管一般可以分成哪几种形式？它们在结构上各有什么不同？

LED 芯片的封装形式很多，针对不同使用要求和不同的光电特性要求，有各种不同的封装形式，归纳起来有如下几种常见的形式：

①软封装——芯片直接粘结在特定的 PCB 印刷版上，通过焊接线连接成特定的字符或阵列形式，并将 LED 芯片和焊线用透明树脂保护，组装在特定的外壳中。这种软封装常用于数码显示、字符显示或点阵显示的产品中。

②引脚式封装——常见的有将 LED 芯片固定在 2000 系列引线框架上，焊好电极引线后，用环氧树脂包封成一定的透明形状，成为单个 LED 器件。这种引脚式封装按外形尺寸的不同可以分成 $\Phi 3$ 、 $\Phi 5$ 直径的封装。这类封装的特点是控制芯片到出光面的距离，可获得各种不同的出光角度： 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 90° 、 120° 等，也可以获得侧发光的要求，比较易于自动化生产。

③微型封装即贴片封装——将 LED 芯片粘结在微型型的引线框架上，焊好电极引线后，经注塑成型，出光面一般用环氧树脂包封。贴片式封装便于规模化生产，但加工设备投入较引脚式昂贵。

④双列直插式封装——用类似 IC 封装的铜质引线框架固定芯片，并在焊接电极引线后用透明环氧材料包封，常见的有各种不同底腔的“食人鱼”式封装，这种封装芯片热散失较好，热阻低，LED 的输入功率可达 $0.1 \sim 0.5\text{W}$ ，大于引脚式器件，但成本较高。

⑤功率型封装——功率 LED 的封装形式也很多，它的特点是粘结芯片的底腔较大，且具有镜面反射能力，导热系数高，并且有足够低的热阻，以使芯片中的热量被快速地引到器件外，使芯片与环境温度保持较低的温差。具体见 57 题。

52. 何谓功率型 LED？请介绍一下它的发展概况。

LED 是一种电发光器件，其基本的物理过程是电能向光能的转换。所谓电功率型 LED，即是这种器件具有较高的输入能量，同时又能发出较大的光功率输出。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 InGaAlP 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 公司通过采用将 GaP 晶片直接键合于 InGaAlP 红黄光 LED 芯片的方法,制成透明衬底(TS)的“食人鱼”型大功率器件,其正向工作电流达 70mA,耗散功率大于 150mW,最高量子效率超过 50%,波长 611nm 的 LED 器件的流明效率可达 102 lm/W。与吸收衬底相比,其发光通量获得了大幅度提高。20 世纪初,HP 公司又推出了 TS 倒梯形结构的功率型大面积芯片,工作电流可进一步增大至 500mA,发光通量大于 60 lm。以脉冲方式工作时,则可达 140 lm。德国 Osram 公司通过在器件表面制作纹理结构,于 2001 年研制出新一代功率型 LED 芯片,获得了大于 50%的外量子效率,其基本性能与 TS 结构的 LED 相当,但该器件的制作工艺已大为简化,适合于批量生产。对于 GaN 基蓝绿光器件,美国 Lumileds 公司于 2001 年研制成功了倒装芯片结构的 AlGaInN 功率型器件。该器件的正向电流为 1A,正向电压为 3.3V 时,光输出功率达 400mW。可靠性试验表明该器件性能极为稳定。同时,美国 Cree 公司开发了背面出光功率型的 AlGaInN/SiC LED 芯片结构,该器件的芯片尺寸达 $0.9\text{mm} \times 0.9\text{mm}$,采用米字型电极,其工作电流为 400mA 时输出光功率达到 250mW。

我国台湾是世界上开发与生产各类 LED 器件的主要地区。功率型器件的开发也是紧锣密鼓,不甘人后。继国联光电研制成 GB 型大功率 InGaAlP 之后,光鼎电子经过两年的努力,也开发成功了白光与各种色光的功率型 LED 器件,并投入了批量生产。这类器件在不附加额外热沉时,通 150mA 的工作电流,红黄与蓝绿光的光通量分别为 4~6 lm 和 2~4 lm。我国大陆较晚开展超高亮红黄与蓝绿光器件的研制工作,功率型器件还未投入大批量生产。

功率型 LED 器件的主要应用方向为通用照明,为此,目前一种型号为 luxeon 的功率高至 5W,具有更高发光效率、经济实

用的固态 LED 照明光源在美国开发成功。数年后，光效达 200 lm/W 的高效功率型白色 LED 光源将会面世，此时，世界将会变得更为多彩、透明。

53. LED 芯片封装成器件一般的制造流程是什么？

LED 芯片的封装流程视不同封装结构略有不同，但原则上为如图 3-3 所示的通常使用的封装流程图。

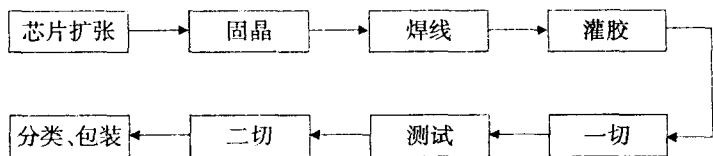


图 3-3 LED 芯片的封装流程

54. 为什么要将芯片进行封装？封装后的器件比裸芯在性能上有什么不同？

(1) 通过封装保护芯片不受外界环境影响和震动、冲击性损害

由于 LED 芯片无法直接使用，必须固定在支架等便于使用的装置中，因此，芯片与支架必须通过“打线”引出加注电流的导线，即引线。这些连线很细，直径仅 0.1mm 以下，这样的金或铝线不能耐受冲击，另外，芯片表面必须不受水、气等物质侵蚀，同样要加以固封保护。这就要用透光率极高的材料加以灌封。一般常用透明环氧树脂或透明硅胶类材料将芯片保护起来。

(2) 可以提高 LED 的出光效率

我们知道，如果芯片与空气直接做界面，由于芯片材料与空气的光折射系数相差较大，导致芯片内发出的光大部分被反射回芯片，不能逸出到空气中去。以 GaAs 材料与空气为例，在界面

处，芯片的全反射临界角 θ_c 约为 14° ，仅 4% ~ 12% 的光子能逸出到空气中，如果用折射系数为 1.5 的环氧树脂与芯片作界面，则其 θ_c 约为 22.6° ，明显提高了光的逸出率，再用球型环氧树脂与空气作为界面，则其内部的光子几乎绝大部分可以逸出到空气中，仅不到 4% 被反射，因此，通过选择具有合适折射系数的封装材料与芯片作界面进行封装，可以提高 LED 的出光效率。

(3) 增大芯片上热量耗散的能力

芯片通过引线支架，可以将芯片由于施加功率而引起温度升高的热量导出，并耗散到空气中去，也就可以提高芯片 PN 结上施加的电功率，提高芯片使用的可靠性，改善因结温升高而引起的光电参数的退化。

(4) 方便 LED 的组装与使用

由于 LED 封装的形式较多，对于不同的使用场合和安装上的要求，可以选择最有利于组装的封装形式，这就使 LED 器件的应用范围得以拓展。

55. 大面积功率 LED 芯片与常规小功率芯片相比对封装材料与工艺有什么特殊要求？

大功率 LED 芯片在封装过程中，对封装材料与工艺的要求与常规小功率器件的不同主要有以下几个方面：

(1) 大功率 LED 芯片封装必须选用高导热系数的材料

众所周知，功率 LED 芯片封装成器件后，一般要在使用时加注 0.5W 以上甚至更高的电功率。由于目前 LED 的量子效率还不是很低，因而，加于 LED 的绝大部分电能并不能转换成光能发射出去，而是转换成热能，使芯片 PN 结上温度远较小功率 LED 要高。为此，必须提高它的热耗散能力，即用高导热系数的材料作支架和芯片与支架之间的粘接材料，必要时，在功率 LED 工作时，加置散热用的大面积散热器。这是一个主要的区别。

(2) 芯片与支架粘结工艺的不同

常规小功率 LED 芯片在封装时，芯片与引线支架通常用导热系数为 $20\text{W/m}\cdot\text{K}$ 的银胶作粘结料，对功率在 1W 以上的 LED，粘结料的热阻在功率器件总体热阻中所占的比重很大，因此，需要用导热系数比银胶高十多倍的合金材料（如金锡合金、铅锡合金、金锑合金）来取代银胶，这样，芯片粘结工艺就要用共晶焊的工艺来完成，这也是两者的一大区别所在。

(3) 芯片与空气界面透镜材料的不同

小功率 LED 芯片封装时，通常用透明环氧树脂作与芯片的界面，如前所述可提高出光效率。功率 LED 由于芯片上温度较高，而环氧树脂的高温特性比较差，其玻璃点温度仅 125°C ，在温度较高的环境下，长期使用透光率会变差，影响器件光电性能，因此，功率 LED 芯片的保护通常采用比环氧树脂有更好高温性能的透明硅胶。此外，功率 LED 的出光透镜用透光率较环氧树脂更好的 PC 树脂来取代环氧树脂，因此，透镜安装工艺就相对简单，可直接插入在功率 LED 底板上。

由于功率 LED 与常规小功率 LED 工作电流相差十多倍，因此，芯片电极与支架连线的材料的电流容量也不同，“打线”接触的要求也更高。

56. 何谓“一次光学设计”？LED 封装中有哪几种出光透镜？它们有何特点？

在 LED 封装过程中，一个很重要的方面是如何达到高的出光效率和符合不同出光要求的配光曲线，这就是 LED “一次光学”设计要解决的问题。

LED 裸芯片是无法直接使用的，必须加以封装。与其他半导体器件不同，它要通过封装将芯片发出的光尽可能多地取出来，不仅如此，还要达到不同的出光角度及配光要求。由于这比较专业，这里仅举例加以简单说明。

图 3-4 示出芯片与某一材料的光线传输路径的示意图。其中： n_2 是 LED 芯片的折射系数，例如 InGaN，其折射系数为 2.3。 n_1 是环氧树脂的折射系数，其值为 1.5。显然这是一种平面结构，芯片射出的光会发生全反射到芯片内部的临界角 $\theta_c = \arcsin(1.5/2.3) \approx 40.7^\circ$ ，它较之芯片与空气直接作界面时的临界角大出 14.3° ，明显提高出光率。如果把环氧树脂的几何形状设计成一定的透镜形状，就可以使环氧树脂中的光向空气中射出的路径发生变化，形成不同的出光角度，如 15° 、 30° 、 60° 、 120° 等。也可以通过使用 PC 材料作临界面，将芯片的光通过折射形成平行光发射出去（聚光）或从透镜的四个侧面射出（侧发光），通常就把这种配光方式称为 LED 封装中的一次光学设计。

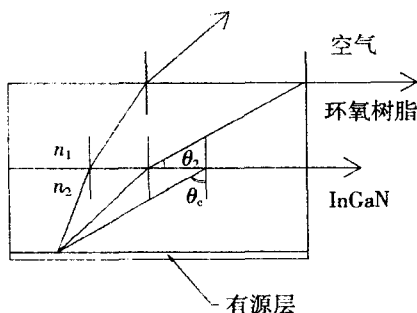


图 3-4 芯片与某一材料的光线传输路径示意图

57. 大功率 LED 的封装形式目前常见的有哪几种？它们有哪些异同？

常见的功率 LED 的封装结构如图 3-5 所示。在这种封装结构中将 LED 功率芯片用合金法“烧结”在铜质碗腔内加以固定，引线经焊接将 LED 正、负电极与覆铜铝基板上的焊点连接起来，再用透明硅胶（白光则用荧光粉）覆盖芯片和引线，最后将符合

要求的出光角度的透镜安装在铝基板上，构成一个功率 LED 器件。铝热沉的厚度与面积视 LED 功率大小来确定，可以有各种不同的尺寸和形式。

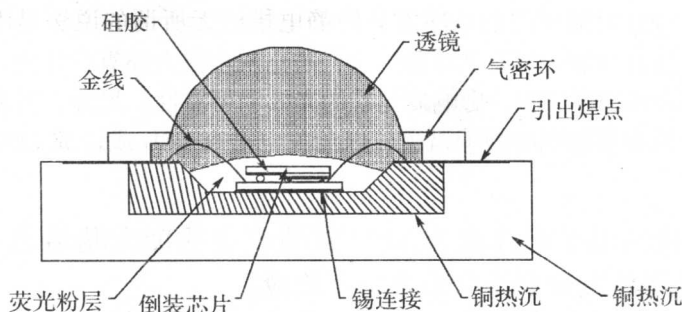


图 3-5 大功率 LED 的封装结构

由于用 PC 树脂作透镜，可以根据发光要求的不同，设计出聚光型、发散型、侧光型等透镜。

集成多芯片封装——这种封装形式就是将多个常规小功率 LED 芯片组装在同一个基板上，根据使用要求用印刷技术使各个芯片连接成一定的串 / 并结构，可以用多个使每个芯片出光角度为一定的小透镜，组成一个大尺寸的出光面，图 3-6 示出这种结构的实样示意图。

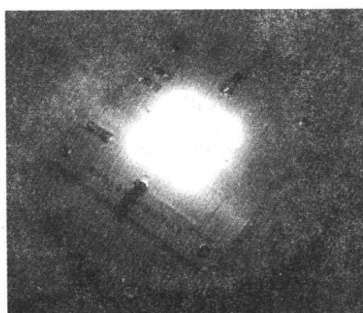


图 3-6 集成多芯片封装实样示意图

随着 LED 应用的拓展和封装技术的提高，各种性能好，成本低，便于大生产的封装方式会层出不穷，越来越多。

58. 对于 LED 封装的环境条件要求是什么？有人说：车间的洁净度、防静电措施等对 LED 封装无所谓，这种说法对吗？

LED 封装车间的洁净度和防静电措施无所适的说法是不对的。LED 封装必须有洁净的厂房，防止灰尘侵入环氧胶体内，造成污点和静电累积，影响发光管的光效和可靠性。另外，封装场地和设备须加强防静电措施，以免静电击穿 LED 或造成 LED 漏电。

59. 我国似乎正在成为 LED 封装产业的庞大基地之一，如此迅速发展会不会带来负面效应？

首先，由于我国在 LED 产业的发展中走的是一条逆向发展路径，即从下游产业开始，逐步向中游、上游过渡的模式，原因在于下游产业抑或中游的封装产业投资相对不高，上马迅速，且劳动密集程度高，由于我国劳动力成本较低，因此，发展十分迅猛。

其次，据观察，我国不少封装企业大部分都处于手工操作，自动化程度极低，产品层次较低，附加值不高，不少企业缺乏必要的对封装用芯片、原辅材料的检测筛选和分选设备与手段。还有不少企业芯片封装车间的场地环境简陋，洁净度极差，对芯片的玷污不加防范，导致质量控制无法保障，因此，产品质量与可靠性潜在问题较多。

第三，目前不少封装企业在封装工艺技术开发、设备保证、自动化生产程度等方面缺乏必要的投入，短期行为较多，造成产业化水平低下，一旦遇到外来竞争与冲击，就会无法竞争与发展。

第四，我国在 LED 封装产业的相关产业的配套上也不够完善，不少必要的模具开发、制造以及包封材料的开发等方面的创

意不多，尤其是在大功率 LED 封装材料方面，基础薄弱，产业发展中瓶颈较多，影响进一步的发展速度。

以上都是可能在不远将来造成负面影响的不足之处，需要在 LED 产业的发展规划中加以注意和纠正的方面。

60. 目前国内不少封装企业普遍存在的不足是什么？进一步发展中，应当注意哪些方面的问题？

国内部分封装企业存在的不足已在上面简单介绍。正因存在这样那样的不足，目前我们在封装产业的发展中应当注意的是：

①制定相应的 LED 器件的国家、企业技术标准，建立统一对产品质量、水平的评价标准体系，形成符合 LED 进一步发展的标准体系。

②提高 LED 封装企业进入“门槛”，加大封装产业及其产业链的投入，在封装材料、封装配件、模具等方面提高自己设计和开发能力。

③加速建立 LED 封装企业产品质量控制体系，开展产品可靠性、环境试验等一系列的研究和试验，积累数据，使 LED 器件上升一个台阶。

④加快具有自主知识产权和专利保护的产品开发，在器件封装结构、封装工艺以及材料研究上进行创新，提高产品的档次与竞争力。

⑤提高 LED 封装企业规模化、自动化生产能力，改进生产环境，使我国 LED 封装产业达到国际先进水平。

61. 芯片固晶工艺中的“合金固晶”工艺是什么？

在功率 LED 芯片封装过程中，需要芯片与支架底腔的固晶，为了降低粘结层的热阻，可以采用“合金固晶”的方法。这种方法是将 LED 芯片与支架底腔间放置一种合金材料，通过加温加压的方法使之共熔粘合固化，使芯片牢固地定位在支架（或热

沉) 上。

合金粘结的关键是找到芯片衬底蒸镀的金属材料 (例如 AuBe) 与支架碗腔放置芯片处的金属镀层 (例如金或铅锡等) 合金材料的共晶温度, 从而使这三者共熔固化。一般这一共晶温度可以从合金材料的相图上寻找到。为说明方便, 我们举一个铅锡合金 (PbSn) 为例对合金工艺作一介绍。

图 3-7 示出 Pb—Sn 的相图。由图知: x 轴是 Pb 和 Sn 的配比百分率, y 轴则是温度。显然, ①点是铅的熔点 327℃, ⑤点是 Sn 的熔点 232℃, 曲线 ①③⑤ 为表示 Pb 和 Sn 在不同配比时的熔点曲线, 其上部是熔化区, 即液态区, 因此称这条曲线为 Pb—Sn 液相曲线, 同样, 曲线 ①②③④⑤ 为 Pb—Sn

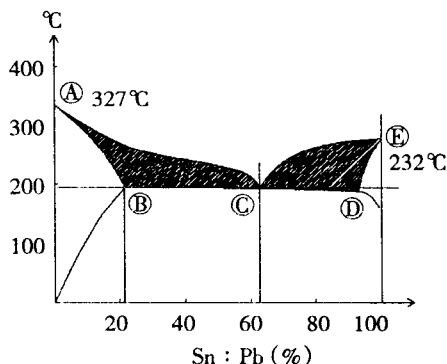


图 3-7 Pb—Sn 的相图

的固相曲线, 即其下部为固体。这两条曲线之间的阴影区域为 Pb—Sn 非液非固的塑性区, 称为可塑区。仅③点处于液相与固相的交点, 周边无可塑区, 这一点的温度 183℃, 称为共晶温度。假设芯片衬底有一个 Sn 层, 支架底腔有一层 Pb 层 (或为锡层), 中间放一 Pb—Sn 薄层 (如 0.1mm) 在 183℃下即可进行合金粘结, 这就是所谓的合金法。一般在 LED 封装中用金锡合金作粘结层较多, 只要利用金锡的相图就可以找到一定配比的共晶温度。

由于合金材料导热系数较之银胶等高一个数量级, 因此, 可以大幅度降低这一层面的热阻, 有利于将芯片内的热量导出到芯片外, 增大 LED 功率容量。

62. 当前国内 LED 企业对产品可靠性工作还有哪些可以改进和提高的方面?

这个问题涉及面较广,不能全面回答,这里只能就比较突出的一些问题,作一简述。

我们认为,由于 LED 产业在国内主要集中在下游,中、上游企业的比率相对较低。这一方面与构建企业的投资、技术的各方面力度要求不同有关,因此,往往先从简入手,而从另一角度看,必然会出现如下一些问题。

首先,企业对 LED 产品的关键原材料缺乏检验手段。例如芯片制造(中游)企业对购入的外延材料往往无法从材料的光、电、热特性上加以有效检测判定优劣,往往只有在产出芯片后才能了解材料的好坏,生产处于“靠天吃饭”的状态,还没有进入“自由王国”。延伸下去,芯片到封装也是如此。

其次,无论上、中、下游企业,由于检测手段匮乏或检测成本高,往往无法对最终的产品——LED 器件(或芯片)进行质量摸底试验或常规例行试验,甚至筛选早期失效的电老化也很少有企业认真进行,这就使出厂的产品的可靠性大打折扣。

第三,到目前为止,以封装企业为例,除少数几家企业外,大多数可以说拿不出一份对某一常规生产的品种的寿命试验报告(或记录),也没有一套完整的例行试验资料,这与其他半导体器件相比,在质量分析上空缺太多。

综上所述,要提高 LED 产品的可靠性,首先要建立 LED 的国家标准,企业要建立相应的企业标准,使企业的生产、质检按标准执行,企业要有应有的质量成本,加大品质控制方面和可靠性试验方面的投入。LED 产业基地要建立为产业服务的产品检验、商检和可靠性试验的公共平台,为企业服务,使 LED 产品的质量上一更高的台阶。

63. 白光 LED 是通过哪些方法来实现的？

目前，LED 实现白光的方法主要有三种：

①通过 LED 红、蓝、绿的三基色多芯片组合发光合成白光。

优点：效率高、色温可控、显色性较好。

缺点：三基色光衰不同导致色温不稳定、控制电路较复杂、成本较高。

②蓝光 LED 芯片激发黄色荧光粉，由 LED 蓝光和荧光粉发出的黄绿光合成白光，为改善显色性能还可在其中加少量红色荧光粉或同时加适量绿色、红色荧光粉。

优点：效率高、制备简单、温度稳定性较好、显色性较好。

缺点：一致性差、色温随角度变化。

③紫外光 LED 芯片激发荧光粉发出三基色合成白光。

优点：显色性好、制备简单。

缺点：目前，LED 芯片效率较低，有紫外光泄漏问题，荧光粉温度稳定性问题有待解决。

64. 当前，制造白光 LED 的主流方法是什么？

基于三基色原理，目前，LED 实现白光的方法有多种，其中技术相对简单的主流方法是在 GaN 基蓝光 LED 芯片上涂一层黄色荧光粉，一部分蓝光激发荧光粉产生黄绿光，与直接透过荧光粉的蓝光混合产生白光，目前已实现批量生产。

65. 白光 LED 当前具有代表性的产品的水平如何？

白光 LED 当前具有代表性的产品是美国 Lumileds 公司生产的功率 LED 光源，这种光源称之为“Luxeon Emitter”，它是 Luxeon 系列产品的的基本形式（1W），现将其网站上公布的产品性能水平归纳于表 3-1：

表 3-1 工作电流 $I_F=350\text{mA}$, 结温 $T_J=25^\circ\text{C}$

Luxcon Emitter 型号	颜 色	色 温 (K)	光通量典型值 Φ_V (lm)	正向电压典型值 V_F (V)	光束空间 分布类型
LXHL-BW02	白 色	5500	25	3.42	蝙蝠翼型
LXHL-BW03	暖白色	3300	20	3.42	蝙蝠翼型
LXHL-P01	白 色	5500	25	3.42	朗 伯 型
LXHL-DW01	白 色	5500	22	3.42	侧 射 型

四、应用篇

66. 单个 LED 的流明效率与用 LED 作光源构成的灯具的流明效率有什么异同？

针对某一个特定的 LED，加上规定的正向偏置，例如加上 $I_F=20\text{mA}$ 正向电流后（对应的 $V_F\approx 3.4\text{V}$ ），测得的辐射光通量 $\Phi=1.2\text{lm}$ ，则这个 LED 的流明效率为：

$$\eta_{\omega-\phi}=1.2\text{lm}\times 1000/3.4\text{V}\times 20\text{mA}=1200/68\approx 17.6\text{lm/W}$$

显然，对于单个 LED，如施加的电功率 $P_e=V_F\times I_F$ ，那么在这个功率下测得的辐射光通量折算为每瓦的流明值即为单个 LED 的流明效率。

但是，作为一个灯具，不论 LED PN 结上实际加上的功率 $V_F\times I_F$ 是多少，灯具的电功率总是灯具输入端口送入的电功率，它包括了电源部分（如稳压源、稳流源、交流整流成直流电源部分等）所消耗的功率。如图 4-1 所示，以一个 MR-16 灯具为例，其工作电压为 AC12V，用一只 1W LED 作光源，其工作电流 $I_F=300\text{mA}$ ，此时 $V_F=3.2\text{V}$ ，在 LED PN 结上的电功率为 0.96W，单管的光通量为 17 lm，但由于灯具内部存在 AC/DC 变换以及恒流源驱动电路，因此实际输入电功率 P_e 要大于 LED 上得到的电功率，使总体

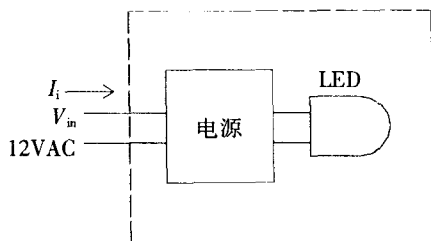


图 4-1 LED 灯具的流明效率

的流明效率下降。假定这个灯的输入功率为 1.2W，则灯具的流明效率应为：

$$\eta_{\text{总}}(\text{灯}) = 17 \text{ lm}/1.2\text{W} = 14.17 \text{ lm/W}$$

可见，灯具中，驱动电路的存在使它的流明效率比测试单个 LED 的流明效率要下降。电路损耗越大，流明效率越低，因此，寻找一种高效率的 LED 驱动电路就显得极为重要。

67. 为什么一只蓝光 LED 在涂上特殊的荧光粉构成白光 LED 后，其辐射光通量会比蓝光高出几倍甚至十几倍？

从前面我们已经知道白光 LED 是用什么方法制造出来的，其中一种方法是在发蓝色光的 LED 芯片上涂上一层 YAG 荧光粉，部分蓝光光子激发 YAG 荧光粉，形成光—光转换，荧光粉被激发产生黄光光子，蓝色光与黄色光混合变成白色光，成为白光 LED。这种通过光—光转换后不同波长光的混合，会使它的波谱变宽，白光 LED 一般具有比图 4-2 所示的 LED 蓝光波谱宽得多的波谱。

对于用蓝光芯片加 YAG 荧光粉制成的白光 LED，与单色 LED 相比，人眼对它的视觉函数应当是图 4-3 所示的各种波长成分视觉函数的积分平均值，此值可以通过计算得到约为 296 lm/W，即这种白光 LED，当发射出光功率 1W 的白光时，其辐射光通量约为 296 lm，这个数值比发射光功率 1W 的蓝色 LED 的辐射光通量 41 lm 增大了 7.2 倍。

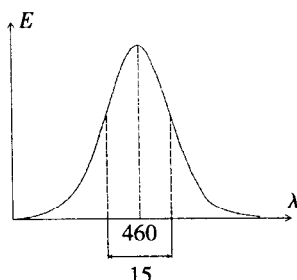


图 4-2 蓝光 LED 波谱

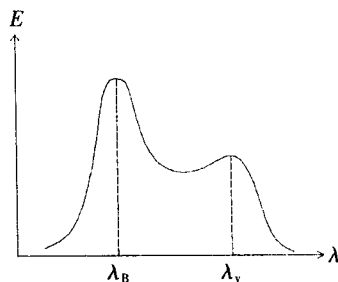


图 4-3 白光 LED 波谱

我们举一个例子说明，若制作白光的蓝光芯片的光通量为 2 lm，当涂上 YAG 荧光粉后制成白光 LED，则它的光通量可以达到 15 ~ 20 lm，只要荧光粉的受激波长与蓝光的激发波长相匹配，并控制涂布制程，是可以获得良好效果的。

68. 照度的定义是什么？知道某个 LED 的辐射光通量，能否求出它的照度？

在照明应用中，往往要知道被 LED 照明光源照射的某一个接收面元上的光通量 Φ 。很显然，不同面元的面积，其照射效果不一样，于是人们用一个光照度来规范这一情况下光源的性能。

照度又称光照度，它定义为：照射在光接收面上一点处的面元上的光通量 $d\Phi$ 与该一点处面元的面积 dS 之比，照度单位为勒克斯，用 lx 来表示，并可写作：

$$E = d\Phi / dS \quad (4-1)$$

从式 (4-1) 可以知道，只要了解了 LED 光源的光通量 Φ 和被照射的面积 S ，则在这个面积 S 的面上的照度 E 即可用式 (4-1) 求得。因此，从式 (4-1) 可知，照度又可称为单位面积的光通量。

根据照度的定义，我们可以得到 Φ 与 E 的相互换算关系，由式 (4-1) 式可知，知道了照度 E 和被照单元面积即可计算出光通量 Φ ：

$$\Phi = E \cdot S \quad (4-2)$$

这些关系式在 LED 实际应用中十分重要，是经常要用到的基本设计公式。

例如图 4-4，用 LED 光源作路灯，已知路灯高 10m，灯距为 16m，要使两盏灯间路面范围内照度为 20 lx，每盏灯的 LED 光源要用多大的光通量？

这里 $r=16/2=8\text{m}$

因此 $S=3.14 \times 8^2 \approx 200\text{m}^2$

于是有: $\Phi=E \cdot S=20\text{lux} \times 200\text{m}^2=4000\text{lm}$

假设用每个 Φ 为 20lm 的功率 LED 来作这个灯的光源, 需要 200 个才能满足要求。

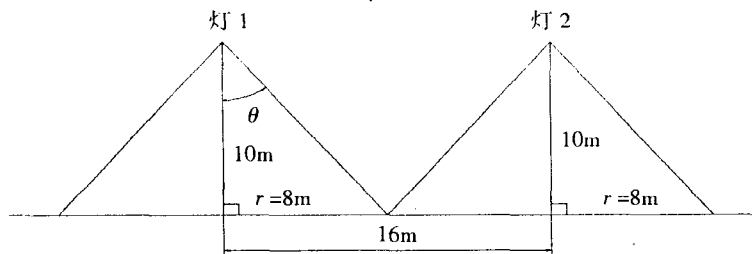


图 4-4 LED 路灯照度计算示意图

69. 当用发光角为 60° 的 LED 作数码相机闪光灯的白光光源时, 要求在照射距离 0.5m 的照射面上照度为 10lx , 试问这个 LED 的光通量应为多少?

这是一个知道照度 E 后要求换算为光通量的例子。从式 (4-1) 可知, 这个 LED 的光通量应为 $\Phi=E \cdot S$, 这里没有直接告知 S 的数值, 所以首先要求出它的照射面的面积。已经知道 LED 发光角为 60° , 照射距离为 0.5m , 于是可将 LED 当作一个点光源处理, 可以从图 4-5 求出面积 S 。

显然有: $r=d \cdot \tan(\theta/2)=0.5\text{m} \times \tan 30^\circ \approx 0.29\text{m}$

$$S=\pi r^2=3.14 \times (0.29)^2 \approx 0.261\text{m}^2$$

$$E=\Phi/S$$

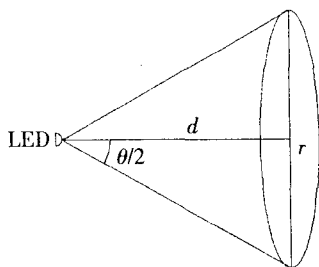


图 4-5 照射面积计算示意

$$\Phi = E \times S = 10 \text{ lx} \times 0.26 = 2.6 \text{ lm}$$

即只要这个 LED 的光通量大于 2.6 lm 即可符合题意的要求。如果要求照射距离为 3m 时，则照射面积就为 9.4m^2 ，此时要求这个 LED 的光通量为 94 lm，在目前情况下，就有困难，需用两个或两个以上的 LED 才能实现。

70. 请问 LED 的光通量 Φ 与发光强度即光强是否能相互转换？

首先我们来了解一下光通量的定义：一个在所有方向上光强为 1cd 的点光源，其辐射出的光通量为 $4\pi \text{ lm}$ 。这就是说，一个点光源假设它处在球心上时，若它的辐射光通量为 $4\pi \text{ lm}$ ($\approx 12.56 \text{ lm}$) 时，球面上任一点的光强为 1cd，从这一点出发，我们可以在有条件的情况下，进行两者间的转换。

我们举个例子来说明，假如已知一个 LED 的发光强度 $I_v = 5\text{cd}$ ，其射出角为 60° ，问它的等效光通量是多少？由于 LED 制成器件后并不是一个真正含义上的点光源，它射出的光有一定的配光范围，这里是 60° 即出光圆锥角为 60° ，仅为球面的 $1/6$ ，此时其等效光通量可表示为： $\Phi = (4\pi \times 60^\circ / 360^\circ) \text{ lm} \times 5\text{cd} = 10 \text{ lm}$ ，在同样发光强度下，LED 射出角越大，其等效光通量也越大，不同的射出角在 I_v 相同时， Φ 随 θ 增大而增大。

71. LED 的发光强度 I_v 与照度 E 之间如何进行换算？

由 68 题照度定义可知： $E = d\Phi/dS$ 。显然，在同等光通量下，照射面元的面积越大，照度越小，反之亦然。

如果知道了 LED 的光通量 Φ 和需照射的面积，就可换算出照度 E ；如果知道了 LED 的发光强度 I_v 和射出角 θ ，则同样可换算出照射在面元面积为 S 的面上的照度。

例如，一个发射角为 60° ，光强 $I_v = 1\text{cd}$ 的 LED，在向其法向距离为 0.1m 的平面上照射时，它的照度可以从下述步骤求得：

由上述 I_v 与 Φ 的换算可以知道, 发射角为 60° , 发光强度为 1cd 的 LED 光源的等效光通量 $\Phi = 4\pi \times (60^\circ/360^\circ) \approx 2\text{lm}$, 而在照射到 0.1m 距离的面元时, 该被照面元的面积 S 为:

$$S = \pi (d \times \tan 30^\circ)^2 \approx 3.14 \times (0.1 \times 0.58)^2 \approx 0.0105\text{m}^2$$

于是有: $E = \Phi/S = 2\text{lm}/0.0105 \approx 190\text{lx}$ 。如果距离为 1m 时, 则照射角上的照度仅为 1.92lx 。

从上面这些参数之间的互换来看, 均是有条件的, 比较与使用条件相对关系不大的是光通量 Φ , 因此在 LED 用于照明领域时, 往往用光通量来表示它的光学参数就可以理解了。

72. 为什么说用积分球来测量 LED 的光通量时, 可以认为: 在积分球内表面任一点位置上得到的由另一部分反射出的照度, 不受点的位置的影响?

这个问题实际上是利用积分球测光源光通量的原理基础。可以证明: 球体表面上任一点的照度与它的位置无关, 整个球内表面的照度 E 是常数。下面来简单加以说明。

参看图 4-6, 假定球的半径为 r , 光源位于球心 L 处, 球内表面涂有反射率为 ρ 的漫散射材料, 光源 L 到 P 点间有挡板 Q 遮挡, 光线不能直接射到球内表面 P 的位置上, 但 P 点处能接收来自内表面的反射光, 于是从图 4-6 可看出, 由到 P 点距离为 d 的面元 ΔS 在 P 点产生的照度 ΔE 可写作:

$$\Delta E = \Delta I_v \cos \varphi / r^2 \quad (4-3)$$

式中 ΔI_v 为 ΔS 面元的光强, 它由 L 光源照射产生, 式 (4-3) 又可写作:

$$\Delta E = L \Delta S \cos \varphi \cos \theta / d^2 \quad (4-4)$$

式 (4-4) 为照度平方反比定律, 即余弦定律。 L 是光源的光强, 于是面元 ΔS 上的光强由式 (4-3) 和式 (4-4) 可得到:

$$\Delta I_V = L \Delta S \cos \varphi \quad (4-5)$$

对于一个球体来说, 图 4-6 中, $\theta = \varphi$, 而 P 到 ΔS 的距离为 $d = 2r \cos \varphi$, 将该关系式代入式 (4-5) 中即可得:

$$\Delta E = L \Delta S / 4r^2 \quad (4-6)$$

ΔE 是球内表面 P 点处的照度, 由式 (4-6) 可知, 当光源 L 的光强不变, 球的半径也不变时, ΔE 是一个常数, 与 P 点处的位置无关, 即与 θ 角的大小无关, 这就是积分球被用作 Φ 测量的依据所在。

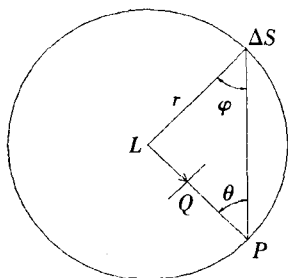


图 4-6 利用积分球测光源光通量示意图

73. 为什么 LED PN 结上温度升高会引起它的光电参数退化?

这个问题要从半导体 PN 结的机理上去了解, PN 结作为杂质半导体, 在其工作过程中, 同样存在杂质电离、本征激发、杂质散射和晶格散射等问题, 从而使复合载流子转换成光子的数量和效能发生变化。当 PN 结上的温度 (例如环境温度) 升高时, PN 结内部杂质电离加快, 本征激发加速。当本征激发产生的复合载流子的浓度远远超过杂质浓度时, 本征载流子的数量增大的影响较之迁移率减小的半导体电阻率变化的影响更为严重, 导致内量子效率下降, 温度升高又导致电阻率下降, 使同样 I_F 下, V_F 降低。如果不用恒流源驱动 LED, 则 V_F 下降将促使 I_F 指数式增加, 这个过程将使 LED PN 结上温升更加快, 最终温升超过最大结温, 导致 LED PN 结失效, 这是一个正反馈的恶性过程。

PN 结上温度升高, 使半导体 PN 结中处于激发态的电子—

空穴复合时从高能级向低能级跃迁时发射出光子的过程发生退化。这是由于 PN 结上温度升高时，半导体晶格的振幅增大，使振动的能量也发生增加，当它超过一定值时，电子—空穴从激发态跃迁到基态时会与晶格原子（或离子）交换能量，于是成为无光子辐射的跃迁，LED 的光学性能退化。理论证明，辐射跃迁的数量是随温升呈指数上升的规律变化，并可以用式（4-7）来表示：

$$I_V = \frac{I_{V0}}{1 + e^{-\Delta E/KT}} \quad (4-7)$$

式中 I_{V0} ——PN 结发生温升前的发光强度；

ΔE ——LED PN 结的激活能；

K ——玻尔兹曼常数；

T ——绝对温度。

由式（4-7）， $I_V(T)$ 与 T 呈指数关系。

另外，PN 结上温度升高还会引起杂质半导体中电离杂质离子所形成的晶格场使离子能级裂变，能级分裂受 PN 结温度影响，这就意味着由于温度影响晶格振动，使其晶格场的对称性发生变化，从而引起能级分裂，导致电子跃迁产生的光谱发生变化，这就是 LED 发光波长随 PN 结温升而变化的原因。

综合上述，LED PN 结上温升会引起它的电学、光学和热学性能的变化，过高的温升还会引起 LED 封装材料（例如环氧、荧光粉等）物理性能的变化，严重时导致 LED 失效，所以降低 PN 结温升，是应用 LED 的重要关键所在。

74. LED 的哪些参数与 PN 结温度相关？它们是何种关系？

上面已解释了 LED PN 结上温升引起的发光性能的变化以及对 LED 一些特性的影响，概括起来，可以归纳为以下几个方面，并可以用与温度相关的关系曲线表示。

(1) T 与 V_F 的关系

LED 在 I_F 为常数时（即恒流源偏置时），LED PN 结上的正向电压 V_F 具有负温度系数特性，如图 4-7 所示。即随着结上温度升高， V_F 下降。

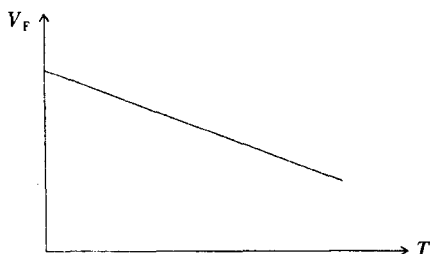


图 4-7 电压与温度关系曲线

$$\Delta V_F / \Delta T | I_{F=const} \approx -2\text{mV}/^\circ\text{C} \quad (4-8)$$

(2) T 与 λ_D 关系

LED 发射出的光的波长与结温相关，称为波长温度系数，如式 (4-9) 所示：

$$\Delta \lambda_D / \Delta T = K \quad (4-9)$$

不同波长器件的温度系数 K （单位： $\text{nm}/^\circ\text{C}$ ）也不同，处于 $0.3 \sim 0.9\text{nm}/^\circ\text{C}$ 范围内，具体可参阅表 4-1。知道了 K 可以计算 λ_D 的变化。

例如，一个在 $T_{a1}=25^\circ\text{C}$ 时，发光波长 $\lambda_D=590\text{nm}$ 的 LED，当环境温度 T_a 升高到 $T_{a2}=65^\circ\text{C}$ 时，它的 λ_D 为多少？

从表 4-1 求得 $K_{590\text{nm}}=0.09\text{nm}/^\circ\text{C}$ ，

得 $\Delta \lambda_D = K \cdot (T_{a2} - T_{a1}) = (0.09\text{nm}/^\circ\text{C}) \times (65^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 3.6\text{nm}$ ，
即该 LED 波长漂移了 3.6nm ；当 $T_a=65^\circ\text{C}$ 时， $\lambda_D=590+3.6=593.6\text{nm}$ 。

表 4-1 各种 LED 的波长温度系数

LED 色彩	温度系数 K (nm/°C)
琥珀黄	0.09
红	0.03
蓝	0.04
绿	0.54
紫	0.04

(3) Φ 与 T 的关系

LED 随着 T 的升高, 发光性能也会随之变差, 我们以光通量与 T 的关系来表示这一变化, 图 4-8 示出 $\Phi-T$ 的变化趋势。随着温度上升, Φ 下降; 当温度升到接近 PN 结最大结温 125°C 时, Φ 就会急剧下降。

不同发光波长的 LED, Φ 随 T 的变化速率不同, 黄色 LED 的变化速率最快, 白色次之, 绿色第三, 蓝色最缓慢。

除此之外, LED PN 结上能施加的电功率, 随温度升高而下降, 这一点在下面有详述, 本题从略。

75. 衡量 LED 长期使用性能退化的主要指标是什么?

当前, 比较通用的衡量 LED 长期使用性能退化的指标是它的发光强度 (或光通量) 随工作时间增加而下降的特性。通常把随使用时间 T 的增加, LED 从初始使用时的光强 I_{v0} 下降到 $I_v=1/2I_{v0}$ 的时间 (即使 LED 初始光强随使用时间增加下降到 50% 时), 定义为是它的工作寿命的半衰期, 这个时间越长, LED 越优秀。

应当注意, 在被测 LED 工作时间内, 它的 I_f 和 V_f 应当基

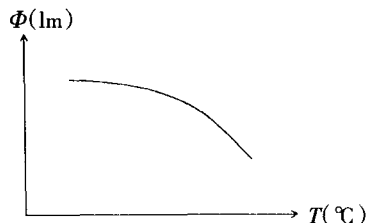


图 4-8 光通量与时间关系曲线

本上符合规定条件，一般是在 I_f 恒定状态下每隔一段时间测一次 I_v ，所有试验的环境温度也应当在规定的范围内，例如 $T_a=25 \pm 2^\circ\text{C}$ ，否则就会缺乏测量依据。

也可以用确定 LED 的光强 I_v 下降 20% 的工作时间来衡量它的优劣，检测条件与上面提到的一样。无论何种实验方法，目的均是从 LED I_v 的变化趋势来预期它长期工作的性能，即所谓“LED 的寿命”。当然，不同发光特性，不同材料的 LED 是有差异的，这要通过大量试验来统计分析才能得到相应的结论。

图 4-9 示出发光二极管发光强度 I_v 与工作时间 T 的关系示意图。随着时间的延长， I_v 呈下降趋势，一般讲功率 LED 较普通 LED 下降趋势要缓慢，其前提是散热情况要良好。

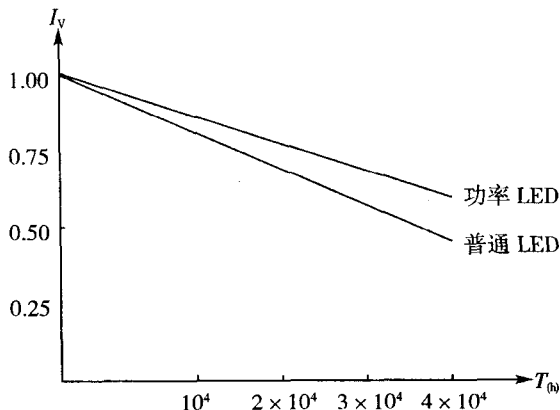


图 4-9 LED 光强与工作时间关系示意图

76. 什么是 LED 的结温，它是如何产生的？

LED 的基本结构是一个半导体的 PN 结。实验指出，当电流流过 LED 器件时，PN 结的温度将上升，严格意义上说，就把 PN 结区的温度定义为 LED 的结温。通常由于器件芯片均具有很

小的尺寸，因此我们也可把 LED 芯片的温度视之为结温。在 LED 工作时，可存在以下四种情况促使结温不同程度的上升：

①器件不良的电极结构，窗口层衬底或结区的材料以及导电银胶等均存在一定的电阻值，这些电阻相互叠加，构成 LED 器件的串联电阻。当电流流过 PN 结时，同时也会流过这些电阻，从而产生焦耳热，引致芯片温度或结温的升高。

②由于 PN 结不可能极端完美，器件的注入效率不会达到 100%，也即是说，在 LED 工作时除 P 区向 N 区注入电荷（空穴）外，N 区也会向 P 区注入电荷（电子），一般情况下，后一类的电荷注入不会产生光电效应，而以发热的形式消耗掉了。即使有用的那部分注入电荷，也不会全部变成光，有一部分与结区的杂质或缺陷相结合，最终也会变成热。

③实践证明，出光效率的限制是导致 LED 结温升高的主要原因。目前，先进的材料生长与器件制造工艺已能使 LED 绝大多数输入电能转换成光辐射能，然而由于 LED 芯片材料与周围介质相比，具有大得多的折射系数，致使芯片内部产生的大部分光子无法顺利地溢出界面，而在芯片与介质界面产生全反射，返回芯片内部并通过多次内部反射最终被芯片材料或衬底吸收，并以晶格振动的形式变成热，促使结温升高。

④显然，LED 器件的热散失能力是决定结温高低的又一个关键条件。散热能力强时，结温下降；反之，散热能力差时，结温将上升。由于环氧胶是低热导材料，因此，PN 结处产生的热量很难通过透明环氧胶向上散发到环境中去，大部分热量通过衬底、银浆、管壳、环氧粘结层、PCB 与热沉向下发散。显然，相关材料的导热能力将直接影响器件的热散失效率。一个普通型的 LED，从 PN 结区到环境温度的总热阻在 $300 \sim 600^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 之间，对于一个具有良好结构的功率型 LED 器件，其总热阻约为 $15 \sim 30^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。巨大的热阻差异表明普通型器件只能在很小的输入功率条件下才能正常地工作，而功率型器件的耗散功率可大到瓦级

甚至更高。

77. 简述结温对 LED 光输出的影响。

实验指出, LED 的光输出均明显依赖于器件的结温。当 LED 的结温升高时, 器件的输出光强度将逐渐减小, 而当结温下降时, 光输出强度将增大。

表 4-2 列出了相对于 25℃ 而言, 100℃ 结温时不同波长响应的 InGaAlP 与 InGaN LED 的光输出通量的相对变化值。

表 4-2 100℃ 结温时相对于 25℃ 结温 LED 光通量的相对变化

LED 材料		$\Phi_{100^\circ\text{C}}/\Phi_{25^\circ\text{C}}$
InGaAlP	590nm	20%
	620nm	30%
	640nm	42%
InGaN	绿	70%
	青	80%
	蓝或白	90%

这种变化的数学表达式如式 (4-10) 所示:

$$\Phi_V(T_2) = \Phi_V(T_1)e^{-K\Delta T} \quad (4-10)$$

式中, $\Phi_V(T_2)$ 与 $\Phi_V(T_1)$ 分别表示结温 T_2 与 T_1 时光通量输出, K 为温度系数, $\Delta T = T_2 - T_1$ 。一般情况下, K 值可由实验测定, 对于 InGaAlP LED, K 值约为 1×10^{-2} , 随发光波长的变短略有增加。式 (4-11) 指出了光输出通量随结温变化的另一种表示形式:

$$\Phi_V(T_2) = \Phi_V(T_1)e^{-(T_2 - T_0)/T_0} \quad (4-11)$$

这里 T_0 表示一种特征温度, T_0 值与材料有关。实验指出,

对于红色的 InGaAlP LED, $T_0=85^{\circ}\text{C}$; 对于琥珀色 InGaAlP LED, $T_0\approx 55^{\circ}\text{C}$ 。而对于 InGaN LED, T_0 值约为 840°C , 表明 InGaN 器件的温度系数远小于发红、黄光的 InGaAlP 器件, 也即光通量随温度增加而减小的速率要比 InGaAlP LED 小得多。

一般情况下, 光输出通量随结温的增加而减小的效应是可逆的, 也即当温度恢复到初始温度时, 光输出通量会有一个恢复性的增长。这种效应的发生机理显然是由于材料的一些相关参数会随温度发生变化, 从而导致器件参数的变化。如随温度的增加, 电子与空穴的浓度会增加, 禁带宽度会变小, 电子迁移率也将减小。这些参量的变化必定引致器件输出光通量的改变。然而当温度恢复至初态时, 器件参数的变化也将随之消失, 输出光通量也会回复至初态值。

78. LED 的正向电压与结温之间存在什么关系?

正向电压是判定 LED 性能的一个重要参量, 它的数值取决于半导体材料的特性、芯片尺寸以及器件的成结与电极制作工艺。相对于 20mA 的正向电流, 通常 InGaAlP LED 的正向电压在 1.8 ~ 2.2V 之间, 而发蓝、绿光的 InGaN LED 的正向电压在 3.0 ~ 3.5V 之间。在小电流近似下, LED 器件的正向压降由式 (4-12) 表示:

$$V_F = (nKT/q) \ln(I_F/I_0) + R_s I_F \quad (4-12)$$

式中, V_F 为正向电压, I_F 为正向电流, I_0 为反向饱和电流, q 为电子电荷, K 是玻尔兹曼常数, R_s 是串联电阻, n 是表征 PN 结完美性的一个参量, 处在 1 ~ 2 之间。

分析式 (4-12) 的右边发现, 只是反向饱和电流 I_0 与温度密切相关, I_0 值随结温的升高而增大, 导致正向电压 V_F 值下降, 实验指出, 在输入电流恒定的情况下, 对于一个确定的 LED 器件, 两端的正向压降与温度的关系可由式 (4-13) 表示:

$$V_{\pi}=V_{\pi 0}+K(T-T_0) \quad (4-13)$$

式中, V_{π} 与 $V_{\pi 0}$ 分别表示结温为 T 与 T_0 时的正向压降, K 是压降随温度变化的系数, 对于 InGaAlP 与 InGaN LED, 其 K 值大致可由表 4-3 所示。

表 4-3 InGaAlP 与 InGaN LED 的电压温度系数

器 件	颜 色	K	单 位
InGaAlP	红	-2	mV/℃
	琥珀		
InGaN	绿	-2	mV/℃
	蓝绿		
	蓝		
	深蓝		
	白		

电压随温度的变化是可恢复的, 但在高温情况下, 由于结区缺陷与杂质的大量增殖与集聚, 也将造成额外复合电流的增加, 而使正向电压下降, 甚至出现恶性循环。通常, 恒流是 LED 工作的较好的模式, 如在恒压条件下, 由于温升效应使正向电压下降与正向电流增加, 并形成恶性循环, 最终导致器件损坏。

79. 当结温上升时, LED 的发光波长与颜色如何变化?

LED 的发光波长一般可分成峰值波长与主波长两类, 前者表示光强最大的波长, 而主波长可由 X 、 Y 色度坐标决定, 反映了人眼可感知的颜色。显然, 结温所引致的 LED 发光波长的变化将直接造成人眼对 LED 发光颜色的不同感受。对于一个 LED 器件, 发光区材料的禁带宽度值直接决定了器件发光的波长或颜色。InGaAlP 与 InGaN 材料属 III—V 族化合物半导体, 它们的性质与 GaAs 相仿, 当温度升高时, 材料的禁带宽度将减小, 导致

器件发光波长变长，颜色发生红移。通常可将波长随结温的变化表示如下：

$$\lambda(T_2) = \lambda(T_1) + \Delta T \cdot K$$

式中 $\lambda(T_2)$ ——结温 T_2 时的波长；

$\lambda(T_1)$ ——结温 T_1 时的波长；

K ——波长随温度的变化系数。

表 4-4 LED 波长偏移系数

器 件	颜 色	K_d	K_p	单位
InGaAlP	红	+0.03	+0.2	nm/°C
	琥珀	+0.04	+0.15	nm/°C
InGaN	绿	± 0.04	± 0.05	nm/°C
	青			
	蓝			
	深蓝			

表 4-4 指出了 InGaAlP 与 InGaN 器件主波长与峰值波长的 K 值，由表可知，对于 InGaN 与 InGaAlP LED，峰值波长随温度的变化要大于主波长随温度的变化，其中 InGaAlP LED 尤甚。

人眼对不同波长的颜色感知灵敏度是存在着很大差异的，在蓝、绿、黄区域，很小的波长变化就将引致人眼感觉上的变化，从而对蓝、绿、黄器件的温升效应提出了更高的要求。一般来说，2~5nm 的波长变化人眼就可以感觉到，而对红光波长的变化，人眼的感觉就要相对迟钝一些，但也能感觉到 15nm 的波长差异。为定量地表明人眼对不同波长颜色的感知程度，有些公司的产品将颜色与波长的关系列出了主波长的颜色仓。对于琥珀颜色，由于人眼最为灵敏，因此颜色仓的波长间隔分得很细，仅为 2~3nm，但对于红色区域，其间隔扩大到 15nm。这就是说，为什么对黄色交通信号灯的颜色标定与均匀度的要求较高，而红色

交通信号灯的颜色要求相对要低得多。

80. 简述什么是热阻？它的定义和单位是什么？

通常将两个节点间单位热功率输运所产生的温度差定义为该两个节点间的热阻。其数学表达式为：

$$R_{\theta} = \Delta T / P_D \quad (4-14)$$

其中， R_{θ} 为节点 1 与 2 之间的热阻， ΔT 为节点 1 与 2 之间的温差， P_D 为两点间的热功率流，热阻的单位为 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，即两点间流过单位热功率流（W）所产生的温度差。显然，热阻 R_{θ} 越大，散热能力越差；反之， R_{θ} 越小，散热能力越强。当电功率 $W = V_F I_F$ 施加到 LED 上后，在器件的 PN 结处将会产生大量的热，致使芯片温度迅速升高。由于器件良好的热特性，大部分热量将通过银浆、管壳、散热基板、PCB 散发到周围环境中去，从而抑制了器件芯片的升温。

类同于电学中的电阻特性，热阻也存在着相同的运算法则。当 n 个热阻 $R_{\theta 1}$ ， $R_{\theta 2}$ ， $\dots$ ， $R_{\theta n}$ 相串联时，系统的总热阻为所有热阻值的相加，即

$$R_{\theta \text{ 总}} = R_{\theta 1} + R_{\theta 2} + R_{\theta 3} + \dots + R_{\theta n} \quad (4-15)$$

当 n 个热阻 $R_{\theta 1}$ ， $R_{\theta 2}$ ， $R_{\theta 3}$ ， $\dots$ ， $R_{\theta n}$ 相并联时，系统总热阻的倒数等于各个热阻的倒数之和，即

$$1/R_{\theta \text{ 总}} = 1/R_{\theta 1} + 1/R_{\theta 2} + 1/R_{\theta 3} + \dots + 1/R_{\theta n} \quad (4-16)$$

显然，热阻是热学中的一个重要参量。实验中，只要我们测得两节点间的热功率流以及两个节点处的温度，我们就可根据式（4-15）求得该两个节点间的热阻。同样，只要知道某系统两个节点间的热阻与热功率流数值，我们就可求得两点间的温差，并且可以根据某点处的温度，求得另一个节点的温度值。

81. LED PN 结上最高结温的含义是什么？

在高温下，LED 的光输出特性除会发生可恢复性的变化外，还将随时间产生一种不可恢复的永久性的衰变。所谓最高结温是指确保一个 LED 器件在正常工作条件下，器件所能承受的最高温度。为此，当环境温度升高时，应适当减小工作电流，直至当环境温度升至临界温度 T_j 时，将工作电流减至零，此时结温将等于环境温度。

通常有两种原因促使高温下 LED 输出性能的永久性衰减，一个原因是材料内缺陷的增殖。众所周知，现代的高亮 LED 器件通常都采用 MOCVD 技术在 GaAs、蓝宝石等异质衬底上外延生长 InGaAlP 或 InGaN 等材料制成，为提高发光效率，外延材料均含有多层结构，由于各外延层之间存在着或多或少的晶格失配，从而在界面上形成大量的诸如位错等结构缺陷。在较高温度时，这些缺陷会快速增殖、繁衍，直至侵入发光区，形成大量的非辐射复合中心，严重降低器件的注入效率与发光效率。另外，在高温条件下，材料内的微缺陷及来自界面与电极的快扩散杂质也会引入发光区，形成大量的深能级，同样会加速 LED 器件性能的衰变。高温时，LED 封装环氧的变性，是 LED 性能衰变乃至失效的又一个主要原因。通常，LED 用的封装环氧存在着一个重要特性，即当环氧温度超过一个特定温度 $T_g=125^{\circ}\text{C}$ 时，封装环氧的特性将从一种刚性的类玻璃状态转变成一种柔软的似橡胶态的物质。此时材料的膨胀系数急剧增加，形成一个明显的拐点，这个拐点对应的温度即为环氧树脂的玻璃状转化温度，其值通常为 125°C 。当器件在此温度附近或高于此温度工作时，将发生明显的膨胀或收缩，致使芯片电极与引线受到额外的应力而发生过度疲劳乃至脱落损坏。此外，当环氧处于较高温度时（即使未超过转变温度 T_g ），特别是与芯片临近部分的封装环氧会逐渐变性，发黄，影响封装环氧的透光性能。这是一个潜移默化的

过程，随着工作时间的延长，LED 将逐渐失去光泽。显然工作温度越高，这种过程将进行得越快。为解决这一困难，特别在大功率器件的制作过程中，一些先进的封装结构已摒弃了环氧材料而改用一些性能更为稳定的诸如玻璃、PC 等材料制作透镜；另一个重要方法是让环氧不直接接触芯片表面，中间填充一种胶状的性能稳定的透明硅胶。实践证明，通过如此改进，器件性能与稳定度获得了明显改善。

82. 试述 LED 器件的热阻模型，它由哪些部分构成？各有什么特点？

从 LED 器件的结构，可以建立它的热阻构成的模型。图 4-10 是一个典型的 LED 器件结构示意图。由图知，暂不计 LED 芯片有源层到衬底间的热阻，则芯片内部主要是衬底的热阻，我们用 $R_{\theta s}$ 来表示；衬底与引线支架间由于存在粘结层，因此衬底到支架有一个粘结材料引入的热阻，用 $R_{\theta x}$ 来表示；安放芯片的支架到自由空间的热阻 $R_{\theta f}$ ，这三个热阻构成 LED 芯片 PN 结到空气之间的总热阻 R_{θ} ，于是：

$$R_{\theta} = R_{\theta s} + R_{\theta x} + R_{\theta f} \quad (4-17)$$

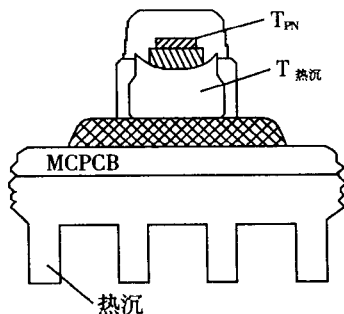


图 4-10 功率型 LED 结构

(1) 衬底到支架的热阻

假定芯片衬底是一个 $200\text{ }\mu\text{m}$ 的正方形，银胶的厚度为 $100\text{ }\mu\text{m}$ ，已知银胶的导热系数为 $20\text{W/m}\cdot\text{K}$ ，可求得芯片衬底到支架的热阻为：

$$R_{\theta_{s-a}}=h/(\rho_{\text{银胶}}\cdot S)\approx 125^{\circ}\text{C/W}$$

(2) LED 衬底的热阻

若 LED 衬底是 GaAs，则 $\rho_{\text{GaAs}}\approx 18\text{W/m}\cdot\text{K}$ ，当厚度为 0.2mm 时，衬底的热阻：

$$R_{\theta_s}\approx 138^{\circ}\text{C/W}$$

(3) 支架的热阻

铁支架到空气的热阻可求得为 4.2°C/W ，这个 LED 的总热阻 $R_{\theta}=R_{\theta_s}+R_{\theta_{s-a}}+R_{\theta_{a-f}}=267^{\circ}\text{C/W}$ 。这个 LED 当使用环境温度为 65°C 时，它最多能承受的电功率小于 0.2W 。

上面讨论中，还未计入芯片有源层本身的热阻，只是这一层比较薄，尽管也是 GaAs 材料，由于厚度仅几十微米，其热阻较衬底低 4~5 倍，约为 30°C/W 。可以看出，普通封装的 LED 其总热阻在 300°C/W 左右，只适用于小功率使用。

根据上述的热阻模型，LED 的热阻的主要贡献在于衬底和衬底到支架间的粘合材料引起的热阻，对于功率 LED 要降低热阻除加大衬底面积（即芯片面积）外，用高导热系数材料作衬底及用高导热系数的合金材料作粘结材料是降低 LED 热阻的主要途径。例如，用导热系数为 $75\text{W/m}\cdot\text{K}$ 的硅材料作衬底，在芯片面积为 1mm^2 ，硅衬底厚度为 0.3mm 时，衬底的热阻 R_{θ_s} 为：

$$R_{\theta_s}=h/\rho_{\text{si}}\cdot S\approx 4^{\circ}\text{C/W}$$

这就比常规 $0.2\text{mm}\times 0.2\text{mm}$ 面积的 GaAs 衬底热阻低得多。若再用导热系数为 $76\text{W/m}\cdot\text{K}$ 的纯锡 (Sn) 作衬底与支架的焊料

时，粘结层热阻 $R_{\theta x}$ 就为：

$$R_{\theta x} = h / \rho_s \cdot S \approx 2.6^{\circ}\text{C/W}$$

这样，功率 LED 的总热阻有望可以控制在 $4 \sim 6^{\circ}\text{C/W}$ ，此时热阻主要贡献在于芯片材料本身。目前已有热阻低于 15°C/W 的封装。但这要求 LED 芯片在衬底材料和粘合材料上改进，前者用硅作衬底，后者用 AuSn 或铅锡 (PbSn) 等合金材料用合金工艺将芯片粘结在引线支架上，取代常规的银胶。

83. 为什么说提高光效可降低结温？提高 LED 光效的主要途径有哪些？

通常将单位输入电功率所产生的光能称之为光电转换效率，简称光效。根据能量守恒定律，LED 的输入功率最终将通过光与热两种形式释放出来，光效越高放出的热量越少，LED 芯片的温升就越小，这就是提高光效可降低结温的基本原理。

实验指出，对于高亮 LED，改进出光效率是提高 LED 光效的主要途径。InGaAlP 通常是由 GaAs 衬底上外延生长 InGaAlP 发光区及 GaP 窗口区制备而成，与 InGaAlP 相比，GaAs 材料具有较小的禁带宽度，因此，当短波长的光从发光区与窗口表面反射进 GaAs 衬底时将被悉数吸收，成为器件发光效率不高的主要原因。一个有效的改进方法是先除去 GaAs 衬底，代之以透明的 GaP 晶体，由于芯片内除去了衬底吸收区，从而大幅度提升了器件的出光效率。近年来，日本、中国台湾的一些公司经过大量的研究，成功开发了一种谓之 MB（金属键合）的工艺技术，获得了与透明衬底法相似的良好效果。MB 工艺的基本要点是：先去除 GaAs 衬底，然后在其表面与 Si 基底表面同时蒸镀 Al 质金属膜，然后在一定的温度与压力下熔接在一起。因此，从发光层照射到基板的光线被 Al 质金属膜层反射至芯片表面，从而使器件的发光效率提高 2.5 倍以上。除 MB 结构的器件外，中国台湾国

联公司还开发了一种谓之 GB 型的高亮度 InGaAlP LED 的新一代器件,该工艺是采用一种新型的透明胶,将具有 GaAs 吸收衬底的外延片与蓝宝石基板粘合在一起,随后再将 GaAs 吸收衬底除去,并在外延层上制作电极从而获得了很高的发光效率。德国欧司朗公司开发的表面微结构工艺是提高器件出光效率的又一个有效技术,该技术的基本要点是在芯片表面刻制大量尺寸为光波长的小结构,从而使透光效率明显提高。实验表明,大量纹理结构的存在,在出光机理上等同于大幅度增加了窗口层的厚度,窗口层的厚度越薄,纹理腐蚀得越深,则出光率的增加将越明显。测量指出,对于窗口层厚度为 $20\mu\text{m}$ 的器件,出光效率可增长 30%,当窗口层厚度减至 $10\mu\text{m}$ 时,出光效率将有 60% 的改进。对于 585 ~ 625nm 波长的 LED 器件,制作纹理结构后,发光效率可达 30 lm/W ,其值已接近透明衬底器件的水平。

对于一般结构的 GaN 基蓝绿光器件,P 型表面的 Ni-Au 金属电极层限制了光的输出效率,采用 GaN LED 倒装芯片结构后,由于芯片倒装于 Si 基垫上,LED 发出的光直接透过蓝宝石射出,出射的光强损失较小,从而提升了它的出光效率。实验指出,在 450 ~ 530nm 的峰值波长区域,倒装功率型 LED 器件的最低效率要比普通型器件高出 1.6 倍。

84. 试述热阻在功率 LED 光源应用中的作用。

大量实践表明,LED 不能加大输入功率的基本原因是由于 LED 在工作过程中会放出大量的热,使管芯结温迅速上升,输入功率越高,发热效应越大,温度的升高将导致器件性能的变化与衰减,直至失效。减小 LED 温升效应的主要方法:一是设法提高器件的电光转换效率,使尽可能多的输入功率转变成光能;另一个重要途径是设法提高器件的热散失能力,使结温产生的热通过各种途径散发到周围环境中去。显然,对于一个确定的 LED,设法降低热阻是降低结温的主要途径。

实践指出, LED 的热阻将严重影响器件的使用条件与性能。图 4-11 指出了具有不同热阻值的 LED, 极大正向电流随环境温度的变化。由此可见, 对于确定的环境温度, 热阻越小, 所对应的极大正向电流就越大。这显然是由于, 当热阻较小时, 器件的散热能力较强, 因此为达到器件的最大结温, 器件工作在较大的正向电流。反之, 如器件的热阻较大, 器件散热不易, 故在较小的正向电流下, LED 即可达到最大结温。

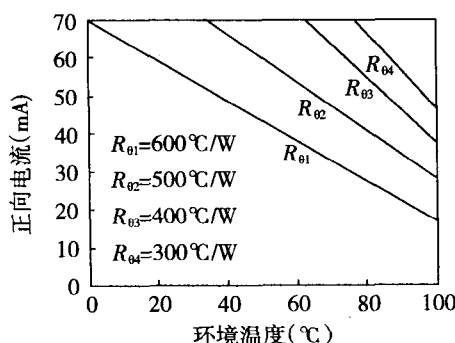


图 4-11 极大正向电流随环境温度的变化

图 4-12 指出了不同热阻的器件的光通量与正向电流的关系, 由此可见, 当热阻较小时, 光通量几乎与正向电流成正比例增加, 当热阻较大时, 由于 PN 结温的上升, 当正向电流加大到某值时, 光通量将趋于饱和, 并随之逐渐下降。相应于确定的正向工作电流, 热阻越小, 器件对应的光通量就越大, 这显然与较小的热阻使器件保持在一个较低的芯片温度有关。

根据以上分析可知, 较低的热阻值是制作功率型 LED 的重要前提, 因为较小的热阻才能使器件在较大的输入功率下工作, 同时又能获得较大的光功率输出。一般说来, 一个普通型的器件从 PN 结区到环境的总热阻值约在 300~600℃/W 之间, 而一个性能良好的功率 LED, 其总热阻值应可保持在 30℃/W 以下。巨大

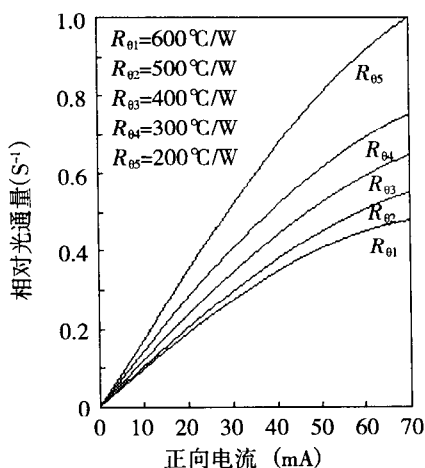


图 4-12 相对光通量随正向电流的变化

的热阻差异表明普通型器件只能在很小的输入功率条件下，才能正常地工作；而功率型器件的耗散功率可大到瓦级甚至更高。

85. 如何减小 LED 的热阻值？

对于一个 LED 管，设法降低 PN 结与应用环境的热阻是提高器件散热能力的根本途径。由于环氧胶是低热导材料，因此 PN 结处产生的热量很难通过透明环氧向上散热到环境中去，大部分热量通过衬底、银浆、管壳、环氧粘结层、PCB 与热沉向下散发。显然，相关材料的导热能力将直接影响器件的热阻与散热性能。

表 4-5 LED 衬底材料的热导系数

材 料	Si	Al ₂ O ₃	GaAs	SiC
热导系数 (W/m·K)	75	25	18	49

表 4-6 常用热沉材料的热导系数

材料	碳钢	黄铜	铝合金	金	银	锡	锌	纯铜	纯铝	纯铁
热导系数 (W/m·K)	36.7 ~ 39.2	109	162	315	427	67	121	398	236	81.1

表 4-5、表 4-6 指出了若干常用的衬底与热沉材料的热导系数值。银浆与环氧的数据未在表中列出，他们的热导系数值分别为 20 ~ 30W/m·K 与 15 ~ 25W/m·K。知道了材料的热导系数，即可根据下式计算热阻值：

$$R_{\theta} = h / \rho \cdot S \quad (4-18)$$

式中， ρ 为物体的热导系数，单位为 W/m·K [瓦 / (米×度)]； S 为物体截面积，单位为 m² (平方米)； h 为导热路径上两个节点间的距离，单位为 m (米)。显然为减小 LED 的总热阻，应设法减小芯片 PN 结到环境之间的距离，增大散热通道面积及采用高热导的材料。由于 LED 的衬底材料 GaAs、蓝宝石以及环氧、银浆与粘结剂均是一些低热导的材料，为减小热阻，近年来相继开发了去除 GaAs 衬底、采用倒装结构以及改用金属直接替代胶粘结等新技术。目前这些技术逐渐成熟，并大量投入生产。

由表 4-6 可知，纯铜与纯铝是两种具有极高热导的适于制造 LED 支架与热沉的材料。材料确定后，散热通道的截面积与散热片表面积的大小决定了器件的总热阻。实验指出，散热面积越大，热阻越低。另外，通过风扇使环境气氛产生了强制交换，也是减小热阻的有效途径。

86. 请简单介绍一下目前常用的热阻测试方法。

根据 LED 的热阻公式：

$$R_{\theta} = \Delta T / W \quad (4-19)$$

式中, $\Delta T = T_{\text{结}} - T_{\text{环境}}$, W 为输入电功率, 一般情况下, $W = V \cdot I$, 其中 V 是外加电压, I 为正向电流。由于式 (4-19) 中, $T_{\text{环境}}$ 是可以测得的, W 也可通过计算求得。因此我们只要测出 PN 结 $T_{\text{结}}$, 就可以求得 LED 的总热阻值 R_{θ} 。一个简单而直接的办法是采用微型热偶或红外测温显微镜, 直接测得 LED 芯片表面的温度, 并将此温度视为芯片结温。然而, 此方法显然有些粗糙, 并且对于一个现成的 LED 管难于直接测量芯片表面的温度。通常可利用确定电流下的正向偏压与结温之间反比变化的关系来判定 LED 的结温。

根据 PN 结的电流公式, LED 的 V_F 可以表示为:

$$V_F = (KT/q) \times \ln I_F / I_{F(0)} = (KT/q) \cdot C \quad (4-20)$$

式中用 $C = \ln I_F / I_{F(0)}$, 当 I_F 为常数 (即恒流情况下) 时, C 为常数。对式 (4-20) 求温度 T 的导数可得:

$$dV_F / dT = K/q \cdot C \quad (4-21)$$

对一个 LED 来讲, 式 (4-21) 是线性关系, 大量测试证明, LED 的 V_F 温度系数 dV_F / dT 处于 $-1.8 \sim -2\text{mV}/^\circ\text{C}$ 范围内, 基本上是一个可预知的数。一般可取 $dV_F / dT = -2\text{mV}/^\circ\text{C}$, 作工程近似计算数值。

我们在被测 LED 上施加不足以引起 PN 结温升的恒定较小的电流 (例如 $I_F = 1\text{mA}$), 并将被测 LED 放置在温度可调节的恒温槽 (或箱) 内, 测出不同 T_j 下的 V_F 值, 可以发现它符合式 (4-21) 的规律, 并可作出斜率为 $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$ 的 $V_F - T_j$ 的关系曲线:

假设被测 LED 在 $T_j = 100^\circ\text{C}$ 时, 其 $V_F = 1.7\text{V}$, 则在 $T_j = 20^\circ\text{C}$ 时, 其 $V_F = 1.7\text{V} + 80^\circ\text{C} \times 2\text{mV}/^\circ\text{C} = 1.86\text{V}$ 。

第二步可以对被测 LED 在常温下施加足够大的电功率 P_0 , 使其温升提高, 当达到温度平衡时, 此时快速切断这一电功率, 并转换成 I_F 在小电流状态, 迅速测出其 V_F , 例如测得 $V_F = 1.70\text{V}$,

则可以知道,在功率 P_0 作用下,LED PN 结温从常温 25°C 上升到 $T_j=100^{\circ}\text{C}$ 。于是就可以计算出这个 LED PN 结到空气间的热阻(总热阻),假设 $P_0=1\text{W}$ 时,有:

$$R_{\theta} = \Delta T / P_0 = (100^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) / 1\text{W} = 75^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

以上就是测量热阻的一个较为常用的方法。

87. 芯片局部过热的原因是什么,对 LED 的可靠使用有何隐患,如何测量芯片表面的温度分布?

一般来说,传统的 LED 芯片由于面积较小,并具有很厚的窗口层,因此流过芯片的电流较为均匀。对于由 MOCVD 生长的 InGaAlP 四元系高亮度芯片, GaP 窗口层较薄,材料的电导率也较低,考虑到金属的遮光效应,电极也不能做得很大,从而使注入电流不能扩展到整个有源层。电极注入电流密度较大,造成样品的局部过热,引致芯片发热不均匀。根据薄层电流的扩展公式,其扩展电流的范围由其 $L_0=2(KTd/q\rho_x J_e)^{1/2}$ 决定,式中, K 为玻尔常数, q 为电子电荷, J_e 为总电流, d 为窗口层厚度, ρ_x 为薄层电阻率。由式可见,特征长度与窗口层厚度 d 成正比,与窗口层的电阻率及总电流成反比。因此,为增大电流扩展效应有必要适当增大窗口层的厚度与电导率。对于大功率 LED,由于芯片面积较大,这种局部过热的现象更为突出,此时,采用布及整个芯片表面的网状或梳状的电极结构显得十分重要。

芯片的局部过热将严重影响 LED 的性能与可靠性。由于结温的升高会降低器件的发光效率,并使波长发生红移,从而使 LED 不仅光效降低,而且使器件的单色性变差,光波的半峰宽增大。特别对于大功率 LED,由于工作电流的加大,芯片已处于很高的温度,局部的过热有可能造成芯片的局部温度超过临界温度,产生不可逆转的性能衰变,从而降低了器件的使用寿命。

显然,准确测量芯片表面的温度分布对于掌握芯片局部过热

情况,指导合理的芯片版面的结构设计是十分重要的。由于芯片很小,采用热电偶等直接接触技术来进行芯片温度分布的测量是十分困难的。采用红外测温仪对芯片表面温度进行非接触测量是较为通行的方法。被测的芯片表面射出红外能量通过红外测温仪的光学系统在探测器上转换为电信号,再变换成温度的数据。红外测温仪重量轻、体积小,使用方便,不会污染或损坏被测物体,并且具有较快的测量速度与很高的测试精度。通过扫描还可实现红外成像,从而能更生动地显示芯片表面的温度分布。

88. 请介绍一下 LED 的光电参数中哪些参数与电流 I_F 相关?

从前面介绍的 LED 电流电压特性知道,LED 的电学参数中,主要有 LED 的正向压降 V_F 和 LED 上的电功率 P_e ,这两个电学参数均与电流 I_F 相关。

$$\text{由式 (1-6) 知: } V_F = V_{F(0)} + I_F \cdot R_S + (\Delta V_F / \Delta T) \cdot \Delta T_j \quad (4-22)$$

对上式求 I_F 的导数可得:

$$\Delta V_F \approx \Delta I_F \cdot R_S \quad (4-23)$$

式中, R_S 是 LED 正向 $V-I$ 特性曲线的斜率或称动态电阻,从式 (4-23) 知, ΔI_F 引起 ΔV_F 的变化近似于 $\Delta I_F \cdot R_S$, R_S 越大, ΔV_F 变化也越大。

其次, I_F 的变化会引起 LED PN 结上电功率的变化,由式 (1-7) 知, $P_e = V_F \cdot I_F$

$$\text{可求得 } \Delta P_e \approx \Delta I_F (V_F + I_F R_S) \quad (4-24)$$

另外,LED 的 I_F 的变化还会引起 LED 光学特性的变化,随着 LED 的 I_F 的增大,其发光强度也随之增加,直到 I_F 增大到一定范围, I_V 不再随之增加,甚至因 PN 结温升过高反而使 I_V 下降,如图 4-13 所示。这是一个变化趋势示意图,不同材料与结构的 LED 其变化趋势也不同,可以从实验上统计出它的规律。

显然，LED 的 I_F 的变化还会引起发光波长的漂移， I_F 的变化会引起 LED PN 结内迁移率的变化，导致 λ 的变化。另外， I_F 的增加又会引起 PN 结上结温的升高，引起 λ 的变化，使其发光特性变化，也就是所谓颜色的偏移。

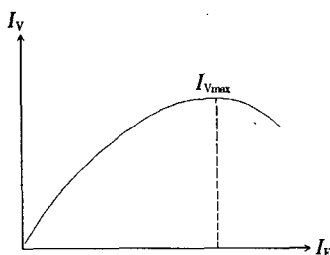


图 4-13 $I_V—I_F$ 关系曲线

从上面的简述可以知道，LED 的 I_F 的变化会引起 LED 电学、光学甚至热学特性的相应变化。当 I_F 变到一定范围值时，会引起 LED 的退化甚至失效，因此，LED 在工作时，希望其 I_F 保持恒定，不受电压、温度等外部影响，使 LED 保持正向电流恒定，以保持 LED 性能的基本恒定。

89. LED 工作时，较好的驱动方法是什么？

上面已经简单分析了 LED 的正向电流 I_F 对 LED 电、光、热参数的影响，从中可以看出，LED 是一种电流型控制的半导体发光器件，控制好它的 I_F ，也就是控制好了它的电学、光学、热学等参数。

对于电流型控制的半导体器件，常用的驱动（又称偏置）方法是用恒流偏置，即用恒流电源作 LED 的 I_F 供电。恒流电源是什么？恒流电源是一种内阻为无限大的电源，为说明它的恒流特性，我们先从图 4-14 的原理图谈起。

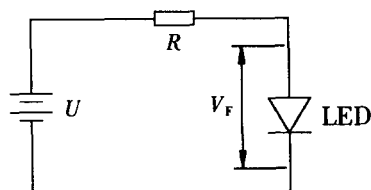


图 4-14 电流型控制的半导体器件原理图

图中, 当 LED 的 V_F 已知时, 在电源 U 确定时, 流过 LED 的正向电流

$$I_F = (U - V_F) / R \quad (4-25)$$

对式 (4-25) 求 ΔU 的导数: $\Delta I_F / \Delta U = 1/R$

$$\Delta I_F = \Delta U / R \quad (4-26)$$

一个电路在电源电压 U 发生 ΔU 变化时, 则从式 (4-26) 知, 仅当 $R \rightarrow \infty$ 时, $\Delta I_F \rightarrow 0$, 这可用图 4-15 的等效电路和图 4-16 的恒流电源 $V-I$ 特性来表示。

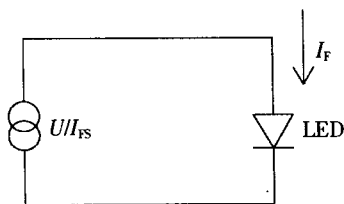


图 4-15 等效电路图

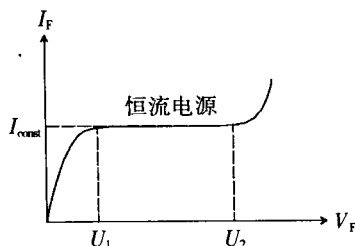


图 4-16 恒流电源 $V-I$ 特性

从图 4-16 可看出, 在 $> U_1$, $< U_2$ 的区间中, 电流 I_{const} 保持恒定, 图中, U_1 为起始电压, U_2 为最高工作电压。在 $U_2 - U_1$ 范围内, 为恒流工作区, 当然这是理想的情况。实际上, 任何实际电源, 在有限范围内, 内阻不可能为无限大, 只要电源内阻远大于 LED 的动态电阻, 就可以近似地认为 I_F 恒定。

图 4-17 示出一个实际的恒流电源电路原理图。图中 A 为运算放大器, 其电压增益在 $10^5 \sim 10^6$ 之间, 利用其两个输入端间电位差近似为零的“虚地”特性, 可以认为流过 LED 的电流 I_F 可以表示为: $V_i = I_F \cdot R_s$

$$I_F = V_i / R_s \quad (4-27)$$

例如，当 $V_i=1\text{V}$ 时，欲使 $I_F=20\text{mA}$ ，只要在图 4-17 中满足： $R_S=V_i/I_F=1\text{V}/20\text{mA}=50\Omega$ 即可。

显然，只要 V_i 和 R_S 恒定，流过 LED 的电流就不会变化。假定运放电压增益 $A_0=10^6$ ，LED 的 $V_F\approx 3\text{V}$ ，则图 4-17 中 C 和 D 两个输入端间的电压差 V_Σ 可以由下式求得：

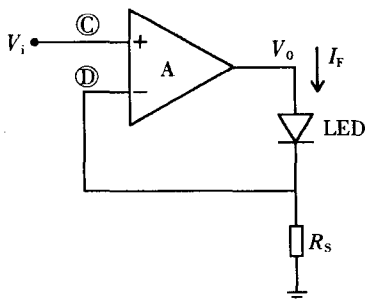


图 4-17 恒流电源电路原理图

$$V_\Sigma=V_o/A_0=(V_F+I_F\cdot R_S)/A_0=(V_F+V_S)/A_0=(3+1)/10^6\approx 5\mu\text{V}$$

I_F 恒流的精度为： $\Delta I_F=5\mu\text{V}/R_S=5\mu\text{V}/50\Omega=0.5\mu\text{A}$

误差为 $0.5\mu\text{A}/20\text{mA}\times 100\%=0.000025\%$ ，几乎可以忽略不计。

90. 有哪些常用的恒流驱动 LED 的方法？请作简单介绍。

用电子技术来设计驱动 LED 的恒流电源方法很多，具体要视 LED 在什么场合和什么工作电源的条件来决定选用何种方法。最重要的是，驱动 LED 的电流源的设计要点在于：效率要高、工作电压的范围要宽、电路占的体积要尽可能小以及恒流精度要高，同时成本要低。

下面简单介绍几种常用的 LED 驱动电流源电路的工作原理。

(1) 双管电流源（图 4-18 所示）

利用半导体三极管在较大电流范围内其基极—发射极电压 V_{be} 近似为常数这一特性，可以组成低成本的简易驱动 LED 的电流源，这种电路示于图 4-18。

图中晶体管 Q_1 的基极、发射极接在电阻 R_s 两端，于是流过电阻 R_s 的电流 $I_{e2}=V_{be}/R_s+I_{b1}\approx V_{be}/R_s$ ，在 Q_2 的电流增益 h_{FE2} 较大时， $I_{e2}\approx I_{c2}=I_F$ ，于是得：

$$I_F \approx V_{be1}/R_S \quad (4-28)$$

图 4-18 的电路的恒流精度在 1% 左右, 成本较低, 缺点是为提高效率, V_{CC} 必须设计成: $V_{CC} \approx V_F + V_{CE2min} + V_{be1}$, 在仅驱动图中一个 LED 时, 由于 $V_{CE2min} + V_{be1} \approx 1V$, 而 LED 的 V_F 在 2~3V 间, 因此, 电路效率 $\eta = (V_{CE2min} + V_{be1})/V_F \times 100\%$, 约在 50%~70% 之间, 在驱动 LED 串接回路时, 效率会相应提高。

(2) 用三端可调稳压 IC 作 LED 恒流驱动电路

图 4-19 示出用一个三端可调稳压器 IC 改变接法可以构成恒流电源, 驱动 LED。

由图 4-19 (a) 知, 一个三端可调式稳压器, 其输出电压 V_{out} 由下式确定:

$$V_{out} = V_{FB}(1 + R_1/R_2) \quad (4-29)$$

式中, V_{FB} 为内部基准电压, 一般为一个带隙电压: $V_{FB} \approx 1.25V$ 。

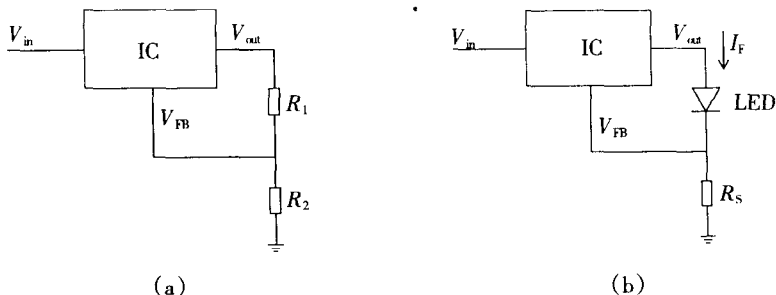


图 4-19 IC 恒流驱动电路

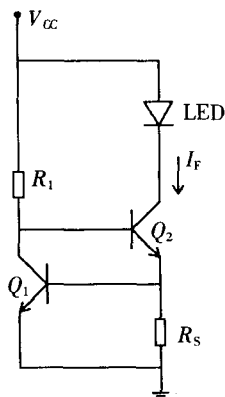


图 4-18 双管电流源

将图 4-19 (a) 改成图 4-19 (b)，并用一个或数个 LED 串接回路取代 R_1 ，用取样电阻 R_s 取代 R_2 ，则从图中可知： $V_{FB}=I_F \times R_s$

$$I_F=V_{FB}/R_s \quad (4-30)$$

显然，由于 V_{FB} 是基准电源，只要 R_s 不变，流过 LED 的电流也不会变化，达到恒流驱动的目的，一般只要选择合适的 IC，可以构成驱动 0.1 ~ 1A 的负载。

(3) 用开关电路（电源）实现恒定驱动 LED

上述两种方法效率决定于工作电压和电路的取样电压，一般来说，使用时，电源有一定限制。提高效率的一种行之有效的办法是用脉冲调制的开关电源方式，其基本原理如图 4-20，从图中可以看出，当晶体管 Q 截止时，加在 LED 回路两端的电压是电源 V_{CC} 和电感 L 在 Q 截止时的反电势电压之和。因此，LED 串接电路的电压可以高于电源电压 V_{CC} ，是一种能升压的电路。

Q 基极的输入电压 V_i 是占空比可调节的脉冲信号电压。当 V_i 高电平时，Q 导通，流过电感 L 的电流 i_L 可以表示：

$$i_L=V_{CC}/R[1-e^{-(R/L)t}] \quad (4-31)$$

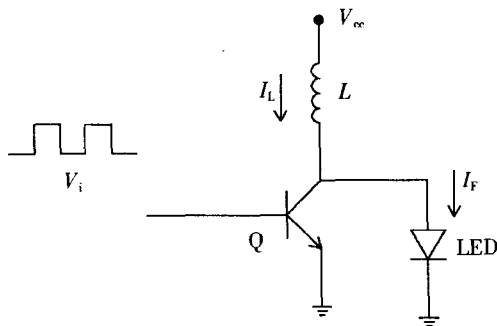


图 4-20 开关电源驱动电路

式中, L 为电感量, R 为 L 和 Q 的等效电阻, t 为导通时间, 显然当 $t \rightarrow \infty$ 时, $i_L = V_{cc}/R$ 。 R 越大, 最大电流越小; 反之 L 越大, 电流上升越慢, 导通时间内电流增加就慢。

当 V_i 处于低电平时, Q 截止, 电感 L 中储存的能量向 LED 释放, 使 LED 瞬间流过较大的电流, 点亮 LED。只要 L 、 R 和导通时间 t 选择适当, LED 的电流可控制在所预定的电平上, 达到恒流驱动的目的。这里, 电源功率的损耗仅表现在 Q 在导通时其饱和压降 $V_{ce(sat)}$ 电感电流 i_L 和 I_Q 的引起的功率和 L 的直流电阻上引起的功率, 一般是比较小的, 因此效率较高, 且和 V_{cc} 相关不太大。

图 4-21 是另一种形式的开关电源驱动电路, 显然当 Q 导通时, 有:

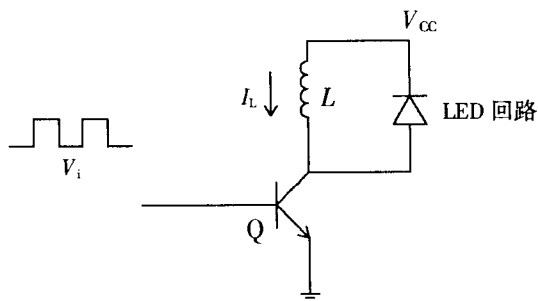


图 4-21 开关电源驱动电路

$$i_L(t) = I_0 e^{-(R/L)t} \quad (4-32)$$

式中, I_0 是 Q 从导通瞬间转为截止时的电流。当 V_i 高电平时, Q 导通。

电感 L 上的电流随时间线性上升到 I_0 , 此时 LED 中无电流流过, 当 V_i 从高电平跳变到低电平时, Q 截止, 电感上储存电能按式 (4-32) 向 LED 释放, 显然, 电感电阻 R 过大时, 转换效率就低。

图 4-20 与图 4-21 的两种电路通过 U_i 信号占空比的控制可以达到流过 LED 平均电流恒定的目标。当然，这要通过反馈控制来实现。

随着 LED 应用范围的扩大，一些 IC 公司相继推出了各式各样的专用 LED 恒定电流（或可调电流）驱动电路，驱动输出的功率从几十毫瓦到数十瓦，供用户按不同需要选用。

91. 能否推荐一些专用于 LED 的 IC 驱动芯片？

专用于 LED 的 IC 驱动芯片种类十分多，生产厂也不下数十家之多，限于篇幅只能从应用要求出发，从工作电压范围、驱动功率大小的角度出发选择一些典型和专用 IC 作一些简单的介绍。

(1) 电池供电，小功率背光源用 LED 驱动 IC

表 4-7 列出用于低电源电压供电，例如电池供电的情况下，驱动 LED 的升压 IC 驱动器，这些 IC 大多是用电荷泵技术，用 CMOS 工艺制作的开关式电源芯片，输出电流适用于小功率 LED，在 15 ~ 20mA 范围内，大多用在手机背光源中。详见表 4-7，这些 IC 除能提供恒流驱动外，还具有输出电流可调的调光功能。

表 4-7 LED 背光源驱动 IC

序号	产品型号	主要技术规范	封装	制造商
1	LM2733	Vin: 2.7 ~ 14V Vout: 38V/20mA	SOT-23	NSC (半导体)
2	NJU6050	Vin: 3 ~ 6V Vout: 30V/20mA	ASOT-23	新日本无线电公司
3	NJU6051	双通路 Vout: 16V/50mA	ASOT-23	新日本无线电公司
4	LT1615	Vin: 1.2 ~ 15V Vout: 36V/20mA	ASOT-23 微型封装	Linear Technolog
5	TK11851L	Vin: 2.3 ~ 10V Vout: 14V/25mA	ASOT-23	ToKo

(2) 低压 LED 驱动 IC

表 4-8 示出用于驱动功率 LED 的专用 IC，但输入电压仅在 4.5 ~ 12V 范围内，有些 IC 具有多路驱动功能，驱动电流在 100 ~ 400mA 范围内，同样用 SOT-23 封装，可用于 LED 灯具供电中。

表 4-8 低压功率 LED 驱动 IC

序号	产品型号	驱动回路	每路驱动电流	输入电压	输出电压	制造商
1	VT8362	1 ~ 24 粒 LED8 路	每个回路 100mA	4.5 ~ 12V	≤18V	达伟科技
2	VT8363	1 ~ 6 粒 LED2 路	每路 400mA	4.5 ~ 12V	≤18V	达伟科技
3	LM2734	单回路	1A	3 ~ 20V	≤18V	NSC
4	MBI1804	四回路	360mA	5 ~ 8V	≤17V	Macroblock 台湾聚积
5	BL8501	单回路	外加 MOS 管	3.5 ~ 12V	≤5V	上海贝林公司

(3) AC/DC 驱动 IC

表 4-9 列出用作 AC/DC 变换与恒流驱动功率 LED 的所谓 Off-Line Smmps Current Mode Controller（离线式电流控制型 IC）。这些 IC 均具有 650 ~ 700V 耐压的高压大电流 MOS 晶体管作输出，内置可控制的开关型稳压器。它原是专用于电动剃须刀、电池充电器等适配器，只要适当改变它的外围电路接法，可以构成专用于驱动功率 LED 的电源，并且可以直接用于 85 ~ 264V 的输入电压，即直接用 120V 或 220V AC 电网供电（加桥式整流）。

表 4-9 off Line 电源专用 IC

序号	型号	主要技术指标	输出功率	制造商
1	ICE2A0565	输入电压:85~265V AC 输出电流: 12V	13 ~ 130W	Infineon
2	Viper12A	Vin: 85 ~ 265V AC	8 ~ 13W	S.T

续表

序号	型号	主要技术指标	输出功率	制造商
3	Top221~227	Vin: 85 ~ 265V AC	9 ~ 20W	Power Intergvations
4	FSD210/200	Vin: 85 ~ 265V AC	4 ~ 5W	Fairchild
5	HV9910	Vin: 8 ~ 450V DC	外加功率 MOS:5W	Supertex

以上介绍了几种类别的用于 LED 恒流驱动的专用 IC，这些电路各有特色，但大多具备外围元件少、电流控制方便且可调节等优点，在上述开关型驱动电路中，它们都具有转换效率高（75%以上，好的达 85%以上）的特点，因此是 LED 光源必须配置的配套件，成本也不很高，功率因数在 0.4 ~ 0.7 范围内，指标均可。

92. 如何实现 LED 的调光、调色？请举一简单例子说明。

由于 LED 的发光强度 I_v （或光辐射通量）与它的工作电流 I_F 在一定电流范围内呈线性关系，即随着电流 I_F 增大， I_v 也随之增大，因此，改变 LED 的 I_F ，就可以改变它的发光强度，实现调光。

图 4-22 示出单个 LED 调光的原理示意图。图中，DAC 是一块数字到模拟的转换 IC，为简化，可选用 8bit 的 DAC，它有 256 级模拟电平输出，我们设 20mV/级，则 DAC 输出电压在数字信号控制下可在 0 ~ 5.12V 范围内按每级 20mV 变化，共有 256 级。

假定每级 20mV 产生 1mA 电流，则图 4-22 中取 $R_S=20\Omega$ 即可使 LED 的 I_F 在 0 ~ 256mA 间变化。这样，LED 的发光强度也随 I_F 的变化发生相当于 256 级的亮度变化。图中 A 是一个能输出不少于 300mA 的运算放大器或其他类似驱动电路，实际上图 4-22 是数字调光电路的一个基本单元。

由色度学原理可以知道，如果将红、绿、蓝三原色作混合，

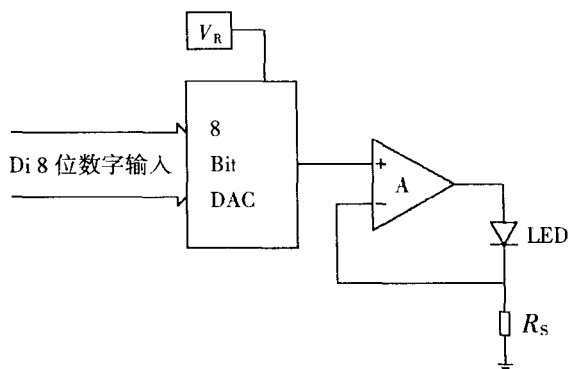


图 4-22 单个 LED 调光原理示意图

在适当的三原色亮度比的组合下，理论上可以获得无数种色彩，这就可以用三种发光波长的 LED，只要具有例如：470nm（蓝色）、525nm（绿色）和 620nm（红色）的三种波长的 LED 通过点亮和 I_F 控制，就可以实现色彩的调控，即调色。

图 4-23 示出一种所谓呈现七彩的 LED 调色电路原理示意图。表 4-10 则是这一电路的逻辑真值表。

表 4-10 真值表

B	G	R	色彩显示
2^0	2^1	2^2	
0	0	0	复位
0	0	1	红色
0	1	0	绿色
0	1	1	青色
1	0	0	蓝色
1	0	1	紫色
1	1	0	黄色
1	1	1	白色

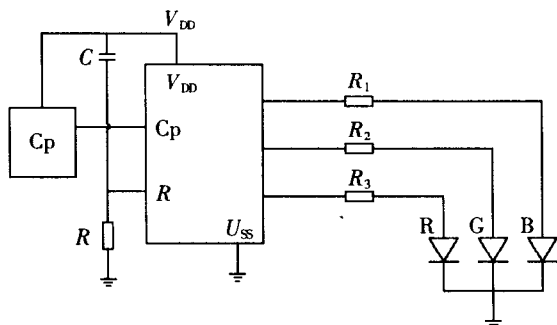


图 4-23 LED 调色电路原理示意图

图 4-23 中，IC 是一块二进制三位计数电路，Cp 是时钟发生器，R、G、B 三种发光波长的 LED 分别由 2^0 、 2^1 、 2^2 输出驱动，当计数器输出为高电平（“1”电平）时，相应的 LED 点亮，反之则不亮。

由图可知，当第一个时钟脉冲进入计数器 Cp 端时， 2^0 位输出口变高电平，红色二极管点亮，发出红光，随着计数时钟的不断输入，三个 LED 按表 4-10 的所示真值表进行变化，发出的光色依次按红→绿→青→蓝→紫→黄→白不断循环的七彩变化，如果在微处理器中预编 R、G、B 的各种变化状态；用它的输出数据去控制 R、G、B 三种 LED 的驱动电路，则可实现比较上述七彩变化复杂的调色和调光，形成色彩多姿的各种图案和文字变化，但原理就在于调光与混色两种。

目前，已有 IC 工厂专门制作了 LED 色彩的专用 IC，使 LED 的调光、调色使用简化，更好的方案已由专门厂商开发了各种软件，来用于控制 LED 的光与色彩，因此已接近积木配装。

93. LED 的“寿命”是什么样一种概念？什么是“浴盆”曲线？

“寿命”是事物从诞生到死亡的生存时间。对于电子元器件

来讲，它的“寿命”是指它内部的物理机能从形成到消失的延续时间，LED 作为一种电—光转换的器件，电子—空穴对的能带跃迁产生光子这一物理机能，理论上是无限长的过程，是长寿命的“永久”牌，但任何材料，即使是构成 LED 的半导体材料，包括它的电极等材料，在长时间的电能、热能加载下，终究会衰变、老化，最终会丧失原有的机能，导致“死亡”——失效。因此，尽管 LED 是固体发光，也有它的生存期。一般讲，这种器件与其他半导体器件一样，在理论上讲“寿命”很长，所谓 LED 的寿命有 10 万小时，大概也源于此。

但是，LED 其发光机能的寿命与实际制成可实用的 LED 器件(指 LED Lamp) 的寿命是两个概念。它必然如同其他电子元器件一样，遵循事物从诞生到消亡的一般规律——浴盆曲线。图 4-24 示出自然界的物件与时间的消亡(或失效)规律。

从图中可以看出，这个曲线可以分为三个时段：

(1) t_0 — t_1 时段

这是器件的诞生初期的一段时间，它一开始呈现高失效率，随着时间的增长，失效率逐渐下降达到 t_1 时间时，失效率保持在比较低的水平，称 t_0 — t_1 时段为早期失效时段。可以以人为例，婴儿从出生到少年期，由于先天不足，抵抗力、免疫力等不足造成其死亡率比青年、中年要高。LED 同样，由于器件在制造过程中形成的缺陷以及漏检、漏测等因素，一些“先天不足”的器件“混出”到用户处，一经使用，便暴露出来，导致使用初期失效率较高。

(2) t_1 — t_2 时段

这段时间往往很长，是所谓的“寿命期”，即指这段时段，

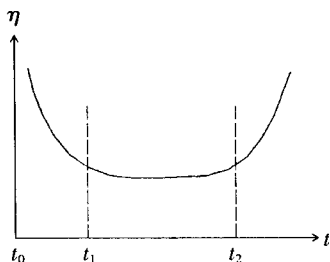


图 4-24 器件失效率随时间变化(浴盆曲线)

由于“先天不足”或质控不严的器件在 t_0-t_1 时段被暴露，因此，大多数“正常”的器件能可靠地工作，执行它们的使命。当然也会有非常低比率的器件失效，如同人在青壮年时期也会因突发原因死亡一样，这种失效十分随机，因此称这一时段为随机失效时段。

(3) $\geq t_2$ 时段

这是器件经长时期工作后，由于风化、老化、自然磨损等种种疲劳性因素，使器件进入衰老期，逐步丧失机能，失效率增长较快，因此这时段也称疲损失效时段，进入这一时段的器件，失效比率直线上升。

很显然，浴盆曲线适用于包括 LED 的各种物件。对于不同的物件，需要定义它们各自的“失效”含义，例如对人和动物而言是死亡，对于 LED 之类的电子元器件则需另外定义。

注意，上面的叙述是对物件的总体，并不针对某一个物件的单体，实际上，这是一种统计上的概念。因此，“寿命”也是一种统计平均，不能用单体来估测。例如，我们说人的寿命平均为八十岁，是指特定范围内的人群，对这群人中某一位有可能活到一百岁，也有可能三岁就夭折。不能以单体寿命去“考核”人群的寿命。LED 同样如此，不能用整体的所谓 10 万小时、5 万小时来作为检验某一个或某一批 LED 的产品。一般讲“寿命”不能作为一个参数来检测 LED 合格与否，道理也在于此。

94. LED 失效的判断标准是什么？什么是失效率？

与其他电子元器件类似，LED 的失效是指：在规定的时间内，器件不能完成规定的功能，称该器件失效。即所谓功能丧失称失效。

对于 LED 可以用它某一个或几个参数的变化来作为是否失效的判断依据。例如常用 LED 发光强度与起始值的比值作判断，定义为：随着 LED 工作时间的增长，其发光强度 I_v 下降到其起

始值某一个百分比时，认为该 LED 失效。这个百分比可以是 50%也可定为 20%，作为判断依据。

显然，对于单个 LED，评估它的失效水平意义不大，通常失效评价是对某一类具有相同属性的物件的群体才有实用意义。这就是说，从一个 LED 群体中，用某一时间内器件失效的数量与整个群体总数的百分比来评价更有意义，这就是用所谓的失效率来评价器件失效的水平。

失效率的定义是指：在单位时间内某类物件失效（规定功能丧失）的百分数，用符号 λ 来表示，单位为 %。

例如，在某一系统中，共使用 10 万个 LED，在单位时间内失效数为 1 个，则这个系统的 LED 的失效率为十万分之一。

95. 平均无故障时间的含义是什么？可靠度又如何理解？

从对 LED 的失效含义和失效率的叙述可以看到，这些术语均与器件的工作时间相关。为此，人们往往对一个被分析的器件的一个群体或某一个系统来分析它的失效水平，并用一个“平均无故障时间”这一术语来作系统失效水准的衡量参数。

平均无故障时间简称 MTBF，它定义为：一个总数为 n 个物件的系统中，当出现一个器件失效时的时间。

举例来说，某一系统中用了 10 万只 LED（假设无其他元器件），当使用到 100 小时时出现 1 只 LED 失效，则可以认为这个系统的平均无故障时间 MTBF 为 100 小时 / 只或 1000 万小时 / 只，它的失效率： λ 为 1/1000 万，即失效率为千万分之一。

将这一失效率水平的 LED 构成 100 万只，当工作 10 小时，可能会出现 1 只 LED 失效。它的失效率仍为 10^{-7} 。而平均无故障时间为 10 小时，当这个系统使用 1000 万只时，平均无故障时间仅为 1 小时，即每个小时内可能会出现 1 只 LED 失效。注意这里都用“可能”，即仍是一个概率的概念。

正因如此，有时又用“可靠度”这个术语来表征一个系统的

失效水平。LED 的可靠度用 $R_{(t)}$ 表示，它定义为：

$$R_{(t)} = [N - n_{(t)}] / N_{\text{附}} \quad (4-33)$$

式中 N ——系统中 LED 的总数；

$n_{(t)}$ ——在规定时间内 LED 失效数。

显然， $n_{(t)}$ 越小， $R_{(t)}$ 越接近 1，系统绝对可靠，反之，则不可靠或可靠度低。

96. LED 器件的失效模型如何建立？

分析造成 LED 早期失效或使用过程中可能的失效的因素，有助于降低 LED 器件的失效率，提高可靠度。因此，必须从 LED 的整个制造过程和应用环境条件作详细的分析，建立每个工序每个环节可能导致 LED 失效或预埋失效隐患的因素的防范措施，建立它的失效模型，有助于对症下药，消除隐患，提高可靠性。

LED 失效模型可以从以下几个方面进行分析：

①芯片失效——由材料缺陷和 PN 结结构机理上引起的失效，芯片电极设计不良与制造缺陷引起电流分配失衡，电极欧姆接触不良等引起的失效以及芯片表面玷污等的失效。

②封装引起的失效——引线支架锈蚀缺陷、芯片粘结不良、打线牢固度缺陷、灌封不良等因素引起的失效或者由于电、热应力失配引起的失效以及静电积累引起器件失效。

③应力失效：

a. 电应力失效——指过电压或过电流冲击引起失效。

b. 热应力失效——热阻过大，散热不良导致结温过高。

c. 组装失效——焊接不良，装配不当引起失效。

d. 环境不良造成失效——防水、防潮、防盐雾不当以及环境过度恶劣引起的失效。

以上是从材料、外延结构、芯片结构、封装、包装、应用等角度出发分析可能导致 LED 的失效的因素，有了从机理上引起

失效的模型,就可以有针对性地采取防护办法,消除潜在的失效因素,为此,应当从生产、制造和应用的各个过程中加以控制与改善,提高 LED 的可靠度。

与此同时,在与 LED 共同组成的应用系统中的其他元器件的可靠度同样会影响 LED 的失效率,这在 LED 的应用中需加考虑。

97. 是否可以通过试验来剔除早期失效的 LED?

与其他半导体器件一样,LED 可以借鉴半导体二极管、三极管和集成电路的筛选方法来剔除产品中容易早期失效的器件,从而减少进入客户应用领域中的产品的失效率。

已经针对各种失效模型制定出筛选试验办法,常用的有如下一些方法:

(1) 电热加速疲劳试验

在每一生产批次的 LED 产品中,按规定的抽样比率随机抽取一定数量的样本进行高温下的电老化试验,通过电应力和热应力试验,加快 LED 疲劳度,使由于加工不善而有缺陷的产品在较大强度的电、热应力下暴露出来,从而达到剔除的目的。例如对常规小功率 LED,在 $I_F=30\text{mA}$ 、温度 85°C 下老化 240 小时以上再进行测试统计失效率,看是否超过规定的比率,如超过,则整批进行筛选,剔除早期失效产品。

(2) 环境试验

环境试验是模拟 LED 在应用中遇到的各类自然现象的侵袭,考验 LED 的承受能力。例如若将 LED 应用在火箭装置中,当火箭发射升空时,LED 将受到重力加速度、冲击振动、温度巨变等各种侵袭,构成 LED 的材料会发生各种应力冲击。如果加工过程没有充分预防,则很可能导致 LED 失败。

一般来说,环境试验并不是对所生产的 LED 全部试验,因为有些试验属破坏性试验,被试样品会产生外观性能的变化。不能再作产品出厂。因此,环境试验采用定期抽样方法。这类试验

一般有：

- a. 高低温冲击试验——从高温突变到低温多次冲击。
- b. 温度循环试验——高温→低温→高温→低温循环。
- c. 潮湿试验——在规定温度、湿度下，将 LED 进行存放规定时间。
- d. 盐雾试验——在规定盐度气氛下，存放规定时间。
- e. 沙尘试验——模拟在沙漠环境下，存放或工作。
- f. 辐照试验——各种射线辐照观察 LED 光电性能。
- g. 振动、冲击试验——在规定振幅和频率下，对 LED 进行模拟运输过程的试验。
- h. 跌落试验——在一定高度下跌落数次。
- i. 引线拉力和弯折试验——对 LED 的引出线进行拉伸强度试验和折弯试验。
- j. 离心加速度试验——模拟 LED 旋转状态承受能力。

通过这些试验，模拟 LED 可能遇到的各种自然现象和使用环境，检验它的承受能力和各种构件的应力匹配状况。

(3) 寿命实验

为了观察 LED 在长期连续使用的情况下，其光性能的变化规律，LED 制造商必须对每一类品种抽样进行长期通电老化，以考查这一特定类型的产品的“寿命”时间。通过对不同工艺、材料的每类产品数千甚至数万小时的跟踪观察，积累数据，从而作出它们的预期工作的“平均寿命”的统计数据。

寿命实验一般在规定的环境条件下，对 LED 加置额定电功率，长期进行通电老化，并定期测试它的有关光电参数记录对比，得出相关数值。

98. 什么是静电破坏？哪些类型的 LED 容易受静电破坏导致失效？

静电实际是由电荷累积构成。人们在日常生活中，特别是在

干燥天气环境中，当用手去触摸门窗类物品时会感觉“触电”，这就是门窗物品静电积累到一定程度时对人的“放电”。对于羊毛织品、尼龙化纤物品，静电积累的电压可高达一万多伏特，电压十分高，但静电功率不大，不会威胁生命，然而对于某些电子器件却可以致命，造成器件失效。

LED 中用 GaN 基构成的器件，由于是宽禁带半导体材料，它的电阻率较高，对于 InGaN/AlGaIn/GaN 的双异质结蓝色光 LED，其 InGaIn 的有源层的厚度一般只有几十纳米，再由于这种 LED 的两个正、负电极在芯片同一面上，之间距离很小，若两端的静电电荷累积到一定值时，这一静电电压会将 PN 结击穿，使其漏电增大，严重时 PN 结击穿短路，LED 失效。

正因为存在静电威胁，对于上述结构的 LED 芯片和器件在加工过程中对加工场地、机器、工具、仪器，包括员工服装均要采取防静电措施，确保不损伤 LED。另外，在芯片和器件的包装上也要用防静电的材料。

也有人从衬底材料、外延结构和芯片结构上改进，在很大程度上解决防静电击穿的问题。例如用 SiC 做衬底，使 P 和 N 的两个电极从两个面引出，可以较大程度上解决这一问题，再如用 Flip-Chip，在 LED PN 结两端的硅片上制作两个背对背稳压管箝位，达到保护 LED PN 结不受静电威胁。当然，从应用角度讲，在使用 LED 时，也可以加装保护电路。

99. LED 与 LED 应用部件或系统的可靠性是否一样？应当如何正确理解？

这个问题要从 LED 和 LED 应用部件或系统的失效机理和失效模型上去分析才能作出相应的评价。单纯 LED 有其失效模型，而应用部件或应用系统因为涉及组成部件或系统除 LED 外还有许多电子元器件和结构件，它们各自有失效模型，有些类似，有些则不同，因此，最容易失效的部分会影响部件或系统，例如有

A、B 两种类型元件构成的系统，其中 A 的 MTBF 为 10^4 ，B 的 MTBF 为 10^6 ，那么系统的 MTBF 只能是 10^4 ，甚至更差一些。

另外，如何对 LED 进行分析，其热阻可以保证在某一环境温度下正常工作，但由于组装成部件或系统时，部件或系统的热阻如果很大，则致使 LED 不能在这一环境温度下正常工作，必须降低加置在 LED 上的电功率才能适应。

通常由于 LED 应用系统中所使用的元器件较多，会产生相互影响，一些元器件的劣化会导致整个系统的劣化，严重时会产生连锁反应，因此，要在综合分析的前提下去评价部件或系统的可靠性。它与单纯对 LED 的评价是不同的。

100. 从哪些方面着手改进，可以提高 LED 在应用中的可靠性，降低失效率？

要提高 LED 在应用中的可靠性，降低失效率，首先要从前面提到的失效模型上着手加以防范与改进。

首先，应预防电应力失效。即在 LED 使用过程中防止过电压和过电流情况出现，哪怕是瞬间也不允许发生。这里举个经常见到的所谓电容降压恒流驱动 LED 的电路，来说明它的问题所在，图 4-25 示出它的电原理图。这是一个用电容器的容抗作一个大电阻，来限制流过 LED 的正向电流，从而直接可用市电供电，构成 LED 灯具的低成本，不用变压器的驱动电路。在这个电路中电容 C 的容量可从式 (4-34) 算出：

$$C = (I_F) \pi + (V_m - V_F) \quad (4-34)$$

式中 I_F ——LED 的正向电流，例如 $I_F=20\text{mA}$ ；

V_F ——LED 的正向电压；

f ——市电的频率， $f=50\text{Hz}$ ；

V_m ——市电全波整流后的直流电压。

显然，在 $I_F=20\text{mA}$ 时， $C=(0.02\text{A}/2) \times 3.14 \times 50 \times (220-3) \approx$

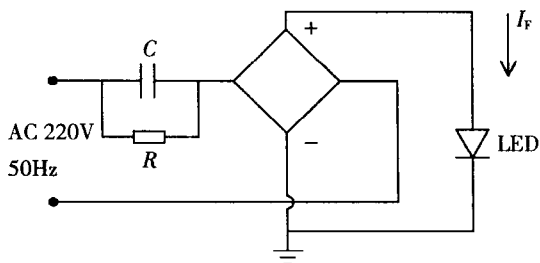


图 4-25 电容降压恒流驱动 LED 的电原理图

$0.289\mu\text{F}$ ，通常取 $0.3\mu\text{F}/400\text{V}$ 即可。

在市电供电稳定的情况下，电容 C 的容抗相当于一个 $106\text{k}\Omega$ 电阻，流过 LED 的电流约为 22mA ，且 C 上不消耗实功，不存在功率的损耗。

但对图 4-25 进行瞬态分析就可知道，当电源接通瞬间， C 相当于短路，形成市电电源几乎直接加到 LED 上，形成一种浪涌电流，尽管时间极短，但如果多次开、关电源，LED 就会逐步退化直至失效。另外，图 4-25 的电路的功率因数很低，仅 $0.16 \sim 0.18$ ，严格讲对电网影响很大，是不能大量使用的。

因此，设计一个良好的 LED 驱动电路可以保证 LED 不会受到过电压、过电流的电应力冲击，防止造成失效。

其次，要防止热应力失效，即 LED 使用的环境温度，LED 使用时的热路设计十分重要。要防止 LED 上的温度不会过高，其他电子元件的热量不影响 LED 的温升，电路部件或系统中的热源要远离 LED 等，对于功率 LED 的应用，必须要有散热考虑，必要时用铝基印制版散热，而不能用常规 PCB 印制版。

第三，要防止组装失效，在焊接 LED 时，温度和时间要严格控制，对于 GaN 基 LED 还要考虑焊接组装时防静电以及组装结构的防潮、防水等处理。防止因装配焊接等过程造成对 LED 的损害。只有对引起失效的因素都加以考虑并采取改进对策，才

能提高 LED 系统的可靠度，降低失效率。

101. 为什么用太阳能电池与白光 LED 组合的照明系统被称为是“真正的绿色照明”系统？

所谓“绿色照明系统”就是使用高效率、长寿命、高可靠、无有害物质污染环境的照明光源和再生能源的照明系统。因为：

①白光 LED 具有体积小、重量轻、工作电压低、长寿命、高可靠等优点，而且它将比普通光源效率更高、更省电，并且它不含有汞、铅等对环境有害的物质。

②太阳能是最典型的“绿色”能源之一，它是人类取之不尽、用之不竭的清洁能源。根据半导体光生伏特效应制成的太阳能电池即光生伏特电池，由这种太阳能电池组件与储能装置、控制装置配套构成太阳能供电系统。它具有不消耗常规能源、寿命长、维护简单、使用方便、无污染等优点。白天阳光照射到太阳能电池板组件上产生电流，经由充电控制器流入蓄电池，夜间充电器自动切断，接通蓄电池提供电能给白光 LED 使其发光实现照明。

因此，用太阳能电池与白光 LED 组合的照明系统属于“真正的绿色照明”系统。

102. LED 要进入照明领域还存在哪些问题，还要做哪些工作？

到目前为止，LED 进入的照明领域还只是所谓的特种照明领域，例如汽车照明、城市景观照明、博物馆文物艺术品照明以及背光照明等，也就是说，对于被照物上照度要求不太高，属方向指示性以及“看”的光源，而且是成本承受力比较高的领域，即能比较突出 LED 较其他照明光源优越的性能的应用场合。

LED 要真正进入到家庭照明以及商业场所照明，还要克服两大障碍，需要建立一些相关的技术标准，开展一系列应用方面的

技术工作。

两大障碍之一是必须进一步提高 LED 的流明效率。从目前已成为商品（不是指实验室水平）的功率白光 LED 来看，高端水平的为 50 lm/W。大量的白光 LED 水平在 30 ~ 40 lm/W，是白炽灯光效的 2 ~ 3 倍，与荧光灯的 80 lm/W 还有一段距离，需要从提高 LED 的内量子和外量子效率着手，从根本上解决这一问题。

第二障碍是 LED 光源的成本或所谓单位流明的价格。目前，国内外功率白光 LED 约为每流明 1 元（人民币），几乎是普通荧光灯电价的 100 倍。显然这是一般普通家庭照明或商业照明难以接受的。因此，降低成本是 LED 进入照明领域的又一关键问题，这要通过功率 LED 的规模化生产着手才能解决。

另外，LED 光源要替代传统的照明光源，在技术上还必须解决一系列问题。例如，LED 和白炽灯、荧光灯等传统光源的发光特征和配光曲线都不同，因此，其构成灯具的形式及配光方式均不同，需要设计出与之相适应的灯具配光结构和造型。这要做大量的试验和设计工作，特别是光学设计。

LED 用于照明，由于传统的各种灯具的工作电压都直接用市电（我国为 220V）或者用标准的安全电压（低压）如 AC12V、AC24V、AC36V 等。因此，如同每个荧光灯配一个镇流器一样，LED 灯具必须配套 AC—DC 转换且恒流驱动电源，这就要制定一个适应不同功率和电流的 LED 光源驱动器的系列，并设计出各种规格的接插件，方便使用与互换。

其次，必须制定 LED 照明光源的技术标准和光源产品标准，使国内生产逐步走上标准化、规范化的道路，也便于统一评估产品等级。

另外，要加快 LED 光源与太阳能电池相互间的配合，尽快推出低成本的资源可再生的真正意义上的绿色照明系统。

附录：LED 相关专利 100 例

(一) 国外专利摘要

1. 用于照明的基于发光二极管阵列的点阵结构

发明名称：用于照明的基于发光二极管阵列的点阵结构

申请号：00802488.X

申请人：皇家飞利浦电子有限公司

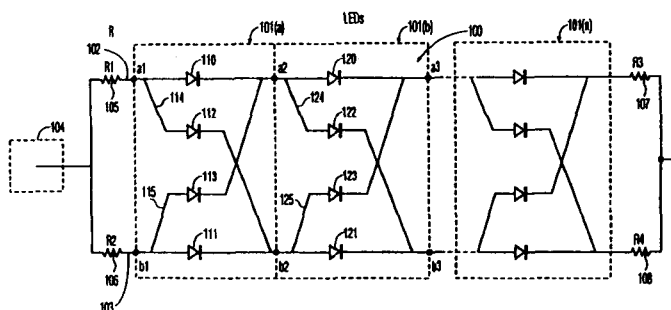
发明人：张劲

公开日：2002 年 2 月 13 日

公开号：CN1336092A

摘要：

一种照明系统，包括大量的发光二极管和电流驱动器，这些驱动器驱动电流穿过大量平行布置的导电支路，这些支路中包括至少一个单元。在每一个单元中，每个支路都有一个带有正极和



图附 1-1

负极的发光二极管。每一个发光二极管的正极通过一个旁路连接到邻近的发光二极管的负极。旁路进一步包括一个发光二极管。在每一个单元，每一个发光二极管可以有不同的正向电压特性。但仍可保证排列中的发光二极管具有相同的亮度。当一个发光二极管出故障时，照明系统中剩下的发光二极管不会因此而失效。

2. 包括发光二极管和荧光发光二极管的混合白光源

发明名称：包括发光二极管和荧光发光二极管的混合白光源

申请号：00803336.6

申请人：皇家飞利浦电子有限公司

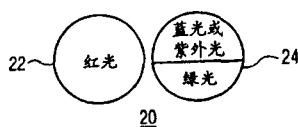
发明人：T·M·马沙 M·D·帕斯利 S·赫尔曼

公开日：2002 年 6 月 26 日

公开号：CN1355936A

摘要：

一种用于产生白光的混合发光系统，包括至少一个发光二极管和一个荧光发光二极管。该混合发光系统比使用发光二极管或荧光发光二极管产生白光的传统发光系统具有改善的性能。特别是，本发明的混合发光系统通过改变发光二极管的颜色和数目和/或荧光发光二极管的荧光材料，可设置和优化不同发光系统的重要性能参数。



图附 1-2

3. 采用特定网格关系的发光二极管阵列

发明名称：采用特定网格关系的发光二极管阵列

申请号：00804516.X

申请人：皇家飞利浦电子有限公司

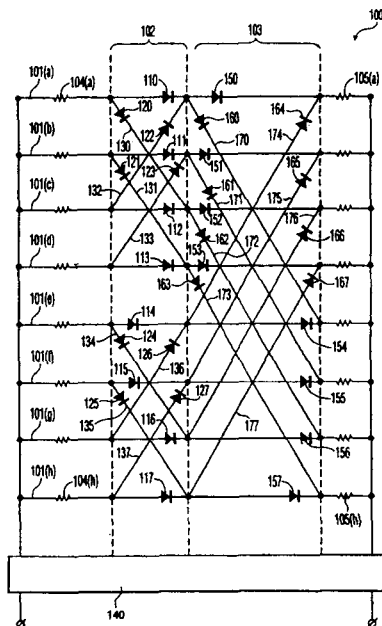
发明人：张劲 彭少敏

公开日：2002 年 3 月 27 日

公开号：CN1342388A

摘要：

一种照明系统，它含有多个发光二极管和一个用于驱动电流以流经多个并联导电支路的电流驱动器，其中这些支路包含有至少一个单元。在每个单元中，每个支路都具有带有阳极端和阴极端的发光二极管。每个发光二极管的阳极端通过分流器与相邻支路的发光二极管的阴极端相连接。所述分流器还包含有发光二极管。一组相应的发光二极管连同所述的分流器耦合连接一起定义了一个单元。所述的支路 and 分流器在连接时呈特定的网格状布置。



附图 1-3

4. 基于三维网格结构的照明发光二极管阵列

发明名称：基于三维网格结构的照明发光二极管阵列

申请号：00804517.8

申请人：皇家飞利浦电子有限公司

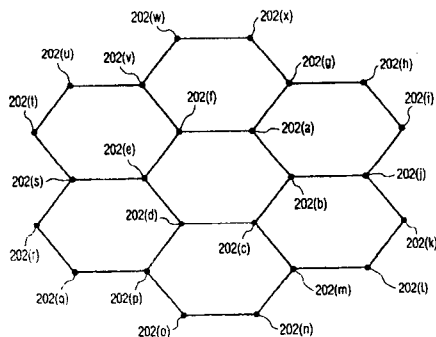
发明人：张劲

公开日：2002 年 3 月 27 日

公开号：CN1342387A

摘要：

一种照明系统，它含有多个发光二极管和一个用于驱动电流以流经多个并联导电支路的供电电源，其中这些支路包含有至少一个单元。所述的支路被配置成按照三维布置来显示发光二极管。在每个单元中，每个支路都具有带有阳极端和阴极端发光二极管。每个发光二极管的阳极端通过分流器与相邻支路的发光二极管的阴极端相连接。在每个单元中，每个发光二极管可以具有不同的正向电压特性，同时仍然可以保证该布置中的所有发光二极管具有相同的亮度。当一个单元内的发光二极管出现故障时，该单元内的其余发光二极管不会熄灭，而在多单元的实施方案中，位于连续的单元内的发光二极管不会熄灭。



图附 1-4

5. 用于信号设备的发光二极管组件

发明名称：用于信号设备的发光二极管组件

申请号：00807500.X

申请人：奥斯兰姆奥普托半导体有限责任公司

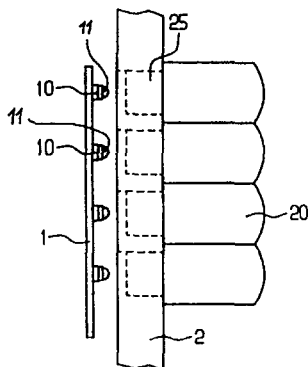
发明人：G·怀特爾 S·布呂梅爾

公开日：2002 年 5 月 22 日

公开号：CN1437770A

摘要：

本发明涉及有规定的 LED 矩阵的 LED 组件，其中，每个 LED “10” 设有透镜 “20”，LED “10” 安装在薄板 “1” 上。设置有光基板 “2”，它有与 LED 矩阵对应的聚光器件 “20”、“30” 矩阵。聚光器件可以是透镜 “20”，或者是集成在光学基板 “2” 中的有反射侧壁的光通道。



图附 1-5

6. 可表面装配的发光二极管光源和制造发光二极管光源的方法

发明名称：可表面装配的发光二极管光源和制造发光二极管光源的方法

申请号：00818090.3

申请人：奥斯兰姆奥普托半导体有限责任公司

发明人：H·耶格尔 K·赫恩 R·布伦纳

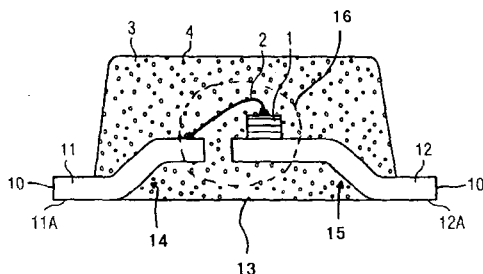
公开日：2003 年 5 月 28 日

公开号：CN1421048A

摘要：

本发明叙述了可表面装配的发光二极管光源，其中对于表面

装配所要求的引导结构弯曲是位于透明的塑料压制材料内部向着壳体反面。此外，本发明叙述了在发射紫外和蓝色的半导体 LED “1” 基础上制造混合光源有益的是白光光源的方法，其中将 LED “1” 装配在引导结构 “10” 上，将透明的塑料压制材料 “3” 与转换材料 “4” 和必要时其他的填充材料混合成压制材料，和引导结构 “10” 有益的是用压铸方法这样用压制材料成形，LED “1” 在其出光边被压制材料包围。



图附 1-6

7. 具有改良电流分散结构的可扩展发光二极管

发明名称：具有改良电流分散结构的可扩展发光二极管

申请号：00818711.8

申请人：美商克立光学公司

发明人：H·J·塔沙 B·希贝欧特 J·艾贝森 M·马克

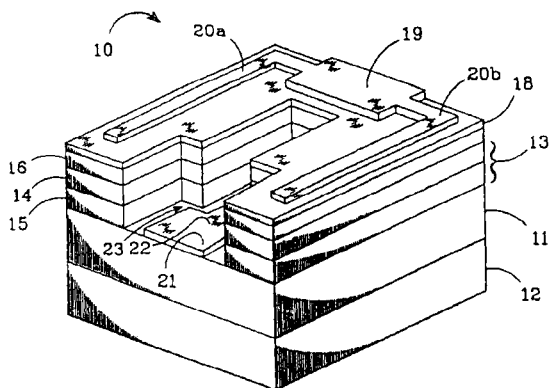
公开日：2003 年 7 月 30 日

公开号：CN1433578A

摘要：

一种具有改良电流分散的发光二极管提供增强注入发光二极管的活化层 “14” 的电流，改良其功率和光通量。该电流分散结构可用于比传统发光二极管大的发光二极管，而维持增强电流注入。本发明特别适用于具有绝缘基板 “12” 的发光二极管，但也可减少具有导电基板的发光二极管的串联电阻。这种改良结构包

括形成协同导电路径的导电指形件“20a”、“20b”、“22”，该路径可确保电流从接触点“19”、“21”分散到指形件“20a”、“20b”、“22”，并通过反向掺杂层“15”、“16”均匀分散。电流接着分散到活化层“14”以将电子和电洞均匀注入整层活化层“14”，重新组合发光。



图附 1-7

8. 发光二极管的散热结构

发明名称：发光二极管的散热结构

申请号：01103809.8

申请人：施克文

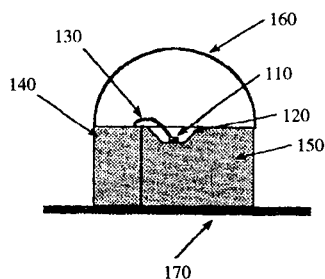
发明人：施克文

公开日：2002 年 9 月 18 日

公开号：CN1369909A

摘要：

本发明公开了一种发光二极管的散热结构，该散热结构包括由导热材料制成的阳极区和阴极区，同时在阳极区和阴极区上结合有一散热片。因此，阳极区和阴极区具有相对较大的面积，从而使得该发光二极管可进行有效的散热。在阴极区上设有一反射



图附 1-8

凹槽，该反射凹槽内用于设置发光二极晶片。该发光二极管的散热结构可使该发光二极管在高驱动电流下仍能维持较低的接面温度，以至于该发光二极管在较高温度下仍能产生较高的亮度。

9. 片式发光二极管及其制造方法

发明名称：片式发光二极管及其制造方法

申请号：01131330.7

申请人：西铁城电子股份有限公司

发明人：深泽孝一

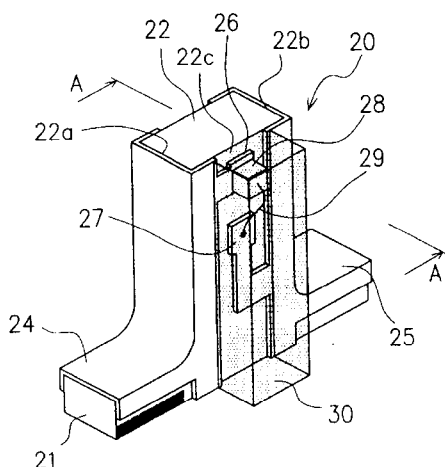
公开日：2002 年 4 月 10 日

公开号：CN1344036A

摘要：

片式发光二极管具备安装在主印刷电路板的一个面一侧的底座，从上述底座延伸并且贯通设置在主印刷电路板上的孔而配置的本体部分，设置在该本体部分上而且在主印刷电路板的另一个面一侧发光的发光部分。

在底座上设置与发光部分电连接的一对外部连接用电极。发光部分用树脂密封块密封。作为一个例子，在把底座安装到主印刷电路板的背面一侧时，配置发光部分使得与配置在主印刷电路板上的液晶背照光的导光方向一致。片式发光二极管的制造方法是在一片集成电路基板上经过多个工序形成多



图附 1-9

个片式发光二极管,在最终的工序中分割集合电路基板使得制作一个个片式发光二极管。

10. 自备散热器的发光二极管

发明名称: 自备散热器的发光二极管

申请号: 01131396.X

申请人: 施克文

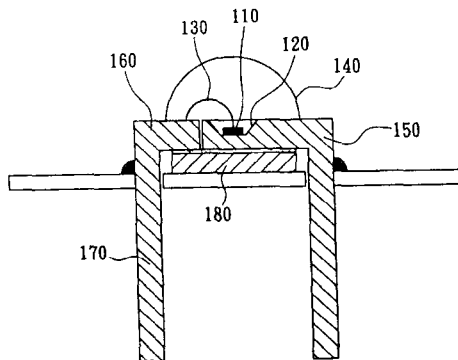
发明人: 施克文

公开日: 2003 年 5 月 7 日

公开号: CN1416180A

摘要:

本发明公开了一种自备散热器的发光二极管,该发光二极管主要包括有一设有用于放置发光二极管晶片反射器的阴极、一通过导线与发光二极管晶片相连的阳极、一包覆在发光二极管晶片外侧的透镜和一个由良好导热材料制成、并具有较大表面积的散热器。在阳极和阴极之间通过非导电、导热黏结剂进行区隔,而散热器的一端与阴极相连,使阴极产生的热通过该散热器迅速地散发掉,并有效地增进发光二极管的亮度,降低接点温度,增长发光二极管的使用寿命。



图附 1-10

11. 以发光二极管的发光为基础的发光设备

发明名称: 以发光二极管的发光为基础的发光设备

申请号：01135741.X

申请人：皇家飞利浦电子有限公司

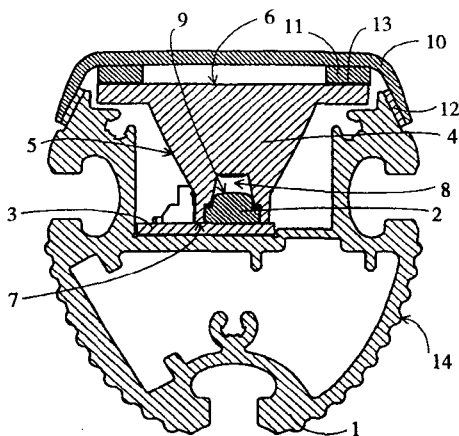
发明人：C·巴莱斯特里罗 M·O·弗莱西耶

公开日：2002 年 3 月 13 日

公开号：CN1339664A

摘要：

本发明涉及一种发光设备，它包括：外壳“1”，外壳限定一个内部空间，内部空间中包含由 LED “2” 构成的光源和光学装置 “4”，用于把 LED “2” 发射的光导引至外壳之外。LED “2” 安装在连接到外壳的支架 “3” 上，光学装置 “4” 固定在连接外壳 “1” 的紧固件 “10” 与 LED “2” 的支架 “3” 之间。由此实现的安装包括光学装置 “4” 放置在 LED “2” 的支架 “3” 上和连接连接到外壳 “1” 的紧固件 “10” 将其固定。这种安装的优点是不需要精确操作 LED “2”，因为 LED “2” 已预先安装在它的支架 “3” 上，因此安装很快并且容易实现自动化安装。



图附 1-11

12. 发光二极管驱动电路和用它的光传输模块

发明名称：发光二极管驱动电路和用它的光传输模块

申请号：01140631.3

申请人：株式会社东芝

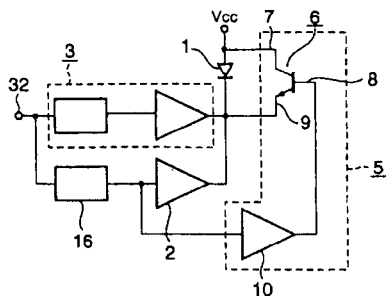
发明人：佐仓成之 上西克二

公开日：2002年5月1日

公开号：CN1347161A

摘要：

本发明提供可以高速工作的发光二极管驱动电路和用它的光传输模块。发光二极管驱动电路具备 LED “1”，与该 LED “1” 串联连接的，由从输入端子 “32” 输入的外部输入信号使电流接通 / 断开的第 1 电流开关电路 “2”，与该第 1 电流开关电路 “2” 并联连接的，为了使从上述 LED “1” 输出的光波形前沿部分形成所需要的光波形，施加具有比上述外部输入信号的脉冲宽度窄的脉冲宽度的脉冲电流的脉冲电流发生电路 “3” 和当与上述 LED “1” 并联连接的，上述第 1 电流开关电路 “2” 的电流断开时使积蓄在上述 LED “1” 中的电荷急速放电的放电电路 “5”。



图附 1-12

13. GaN 基Ⅲ—V族氮化物发光二极管及其制造方法

发明名称：GaN 基Ⅲ—V族氮化物发光二极管及其制造方法

申请号：01143304.3

申请人：三星电机株式会社

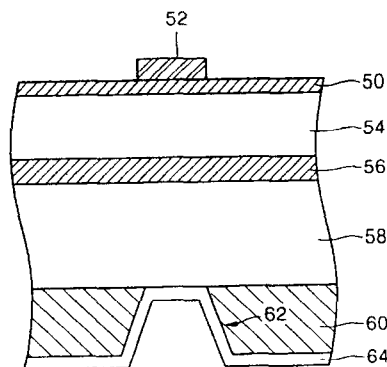
发明人：郭准燮 李教烈 赵济熙 蔡秀熙

公开日：2002 年 9 月 4 日

公开号：CN1367540A

摘要：

在此提供一种 GaN 基 III—V 族氮化物半导体发光器件及其制造方法。在该 GaN 基 III—V 族氮化物半导体发光器件中，包括面对相反方向或面对相同方向的第一和第二电极，在它们之间夹着高阻蚀基片以及用于产生激光或发光的材料层，第二电极与通过高阻蚀性基片的被蚀刻区域暴露的最外材料层的一个区域直接接触。导热层可以形成在高阻蚀性基片的底部，以覆盖最外材料层的暴露区域。



图附 1-13

14. 发光二极管电源

发明名称：发光二极管电源

申请号：01143866.5

申请人：通用电气公司

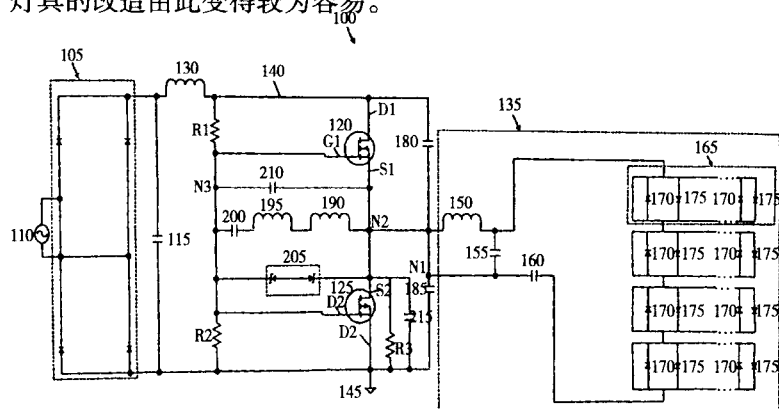
发明人：L·R·纳罗尼

公开日：2002 年 7 月 31 日

公开号：CN1361651A

摘要：

一种用以给 LED 阵列供电的节省空间的发光二极管的电源电路装置，该电源电路“100”设有：整流器“105”、与整流器“105”连接的启动电路、与上述启动电路连接的栅驱动装置以及连接于整流器“105”与谐振负载电路“135”之间的谐振变换器电路“120”、“125”。所述谐振负载电路包括：谐振电感“150”、跟谐振电感“150”连接的谐振电容“155”以及跟谐振电容“155”并联的负载。所述负载，至少其一部分，由多个发光元件“170”、“175”与一个电容器“160”确定。所有电路部件可跟发光元件“170”、“175”设置于同一块电路板上，只需占用交通信号灯壳体内较小的空间，对传统的白炽灯、交通信号灯具的改造由此变得较为容易。



图附 1-14

15. 白色发光二极管的制造方法

发明名称：白色发光二极管的制造方法

申请号：01141509.6

申请人：李贞勋

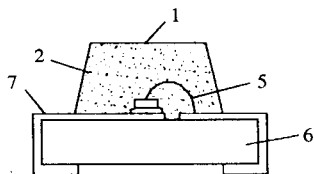
发明人：李贞勋 金清乘福 金光中

公开日：2003 年 4 月 9 日

公开号：CN1409411A

摘要：

本发明的目的是提供能够薄型化制造的、通过简化工艺减少所需要的费用和时间、并可显著提高和改善具有一定标准品质的制品的成品率的白色发光二极管。在将蓝色发光二极管和荧光剂组合制备白色发光二极管的制造方法中，包括向模塑复合树脂中混合荧光染料形成混合物的准备阶段；对上述混合物施加一定温度和压力，形成预定形状的阶段；将形成的混合物向上述蓝色发光二极管芯体部分转移模塑的阶段和切割为单独的白色发光二极管的切割阶段。不使用目前所用的封装操作，可以进行薄型化制造；通过简化工艺减少所需要的费用和时间，且能够显著提高和改善具有一定标准品质制品的成品率。



图附 1-15

16. 发光二极管灯串的优选实施例

发明名称：发光二极管灯串的优选实施例

申请号：99811518.5

申请人：光纤设计公司

发明人：马克·R·艾伦

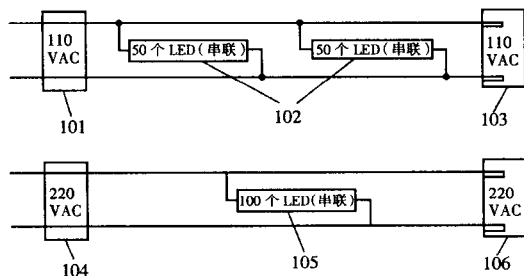
公开日：2003 年 7 月 16 日

公开号：CN1430864A

摘要：

一种 LED 灯串采用在段串并联中连线的多个 LED，其中一个或多个串联段并联连接，每个串联段用相同的输入电压作为源电压（110V AC 或 220V AC）。使用普通家用插头使 LED 灯串与电源电压相连接；并且还包括一个电并联连接的相应普通家用插座，以使得多条灯串从端到端相互连接；并且还包括交流一直流

电能转换电路。该灯串的 LED 可以包括单色 LED 或者包含分别具有不同颜色的多个子管芯的 LED。



图附 1-16

17. 发光二极管、照明装置以及制造这种发光二极管的方法

发明名称：发光二极管、照明装置以及制造这种发光二极管的方法

申请号：01800504.7

申请人：拉米尔德斯照明设备有限公司

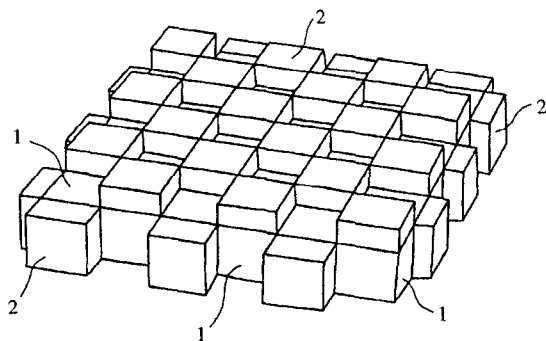
发明人：M·H·凯伊珀

公开日：2002 年 8 月 14 日

公开号：CN1364318A

摘要：

一种发光二极管，包括能够发射第一波长可见光的芯片“1”、发光表面以及提供在发光表面上的荧光层。所述荧光层能够将第一波长的光转变为第二波长的可见光。根据本发明，一部分发光表面没有用荧光层覆盖。优选地，所述表面的尺寸是这样选择的：通过将第一和第二波长的发射光混合从而获得基本上为白色的光。优选地，没有用荧光层覆盖的表面包括多个子表面，最好以图形的形式排列。



图附 1-17

18. 发光二极管光源

发明名称：发光二极管光源

申请号：01802758.X

申请人：皇家飞利浦电子有限公司

发明人：T·M·马沙尔 M·D·帕斯利

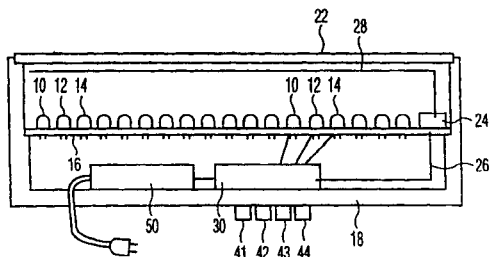
公开日：2003 年 1 月 22 日

公开号：CN1393118A

摘要：

一种光源包括一 LED 阵列，该 LED 阵列包括多种颜色中的每种颜色的 LED“10”、“12”、“14”。用于将电流提供给每种颜色的 LED 的装置“50”、“30”提供电流，该电流具有包括测量驱动脉冲的测量周期，该测量驱动脉冲具有至少一个第一提高部分和一个“断开”部分。涉及每种颜色的 LED“10”、“12”、“14”具有一光输出，使得该光输出在正常工作期间具有标称连续值，并在所述提高部分期间增加，并在所述“断开”部分期间被中断。此外，当电流提供给阵列中的所有 LED“10”、“12”、“14”时，该阵列具有组合的光输出。光电二极管“24”被安排测量阵列中所有 LED“10”、“12”、“14”的光输出。提供装置用于选择地断开流到 LED

“10”、“12”、“14”的电流，使得光电二极管“24”响应测量驱动脉冲独立测量每种颜色的光输出。测量周期期间的平均光输出基本上等于正常工作期间的标称连续光输出，以便避免可见的闪烁。



图附 1-18

19. 发光二极管电源

发明名称：发光二极管电源

申请号：01803277.X

申请人：通用电气公司

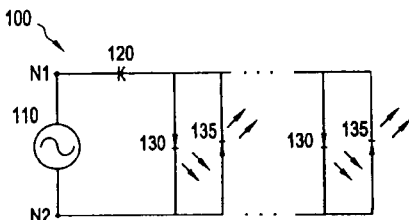
，发明人：L·R·内罗尼

公开日：2003 年 1 月 29 日

公开号：CN1394460A

摘要：

一种便宜又省空间的二极管电路装置，用于限制来自交流电源的电流，仅使用少数几个元件。该电路包括一个连接到交流电源“110”的电容器“120”和至少两个反极性并联的二极管“130”。这种电路可以得到广泛应用。例如，该电路尤其多用于家



图附 1-19

用器具和电子工业，譬如真空吸尘器，在那里，容纳发光二极管的电隔室空间有限。

20. 用于发白光二极管的磷光体和发白光二极管

发明名称：用于发白光二极管的磷光体和发白光二极管

申请号：03110107.0

申请人：住友化学工业株式会社

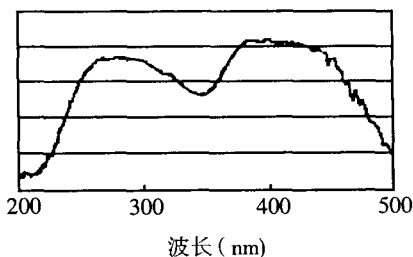
发明人：槐原隆义 宫崎进 户田健司

公开日：2003 年 10 月 29 日

公开号：CN1452253A

摘要：

本发明的目的是提供一种激发光谱的最高峰波长在 350 ~ 500nm 范围内和适用于发白光二极管的发射黄光的荧光材料和包含该荧光材料的发白光二极管。通过包含硅酸盐荧光材料和硼酸盐荧光材料的用于发白光二极管的磷光体达到了该目的。



图附 1-20

21. 发光二极管及半导体激光

发明名称：发光二极管及半导体激光

申请号：01804240.6

申请人：科学技术振兴事业团

部件“10”、“20”、“30”组成的阵列“40”，LED 部件包括多种颜色如红、绿、蓝色的每种颜色至少一个部件，阵列“40”位于管状反射器“1”的入口孔“5”处，管状反射器有出口孔“6”以及在入口孔和出口孔之间延伸的光轴，在入口孔和出口孔之间有反射壁来反射和混合从 LED 部件阵列发出的光。反射体的四壁至少一部分有一个和光轴垂直的多边形截面，和光轴平行的截面至少一部分包括分段的曲线，这些段彼此相连形成多个平面“50”来反射从该 LED 部件发出的光到该出口孔“6”。优选地，和光轴平行的反射体的截面的曲线的段是连续的线性梯形面“50”。

23. 具有多色发光二极管阵列的光源

发明名称：具有多色发光二极管阵列的光源

申请号：01805636.9

申请人：皇家飞利浦电子有限公司

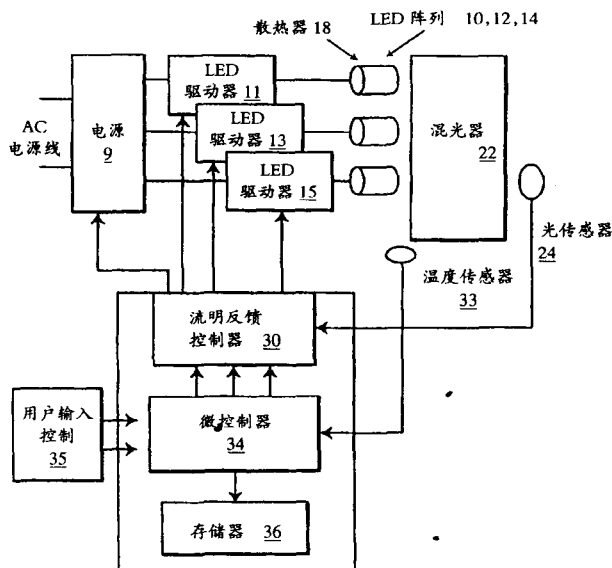
发明人：S·穆图

公开日：2003 年 9 月 17 日

公开号：CN1443304A

摘要：

本发明描述了一种用于驱动 LED 阵列的方法及光源，该 LED 阵列具有光源的多种颜色中的每种的至少一个 LED。该方法通过下列步骤控制 LED 的光输出和颜色，测量每个 LED 光源在不同温度下的颜色坐标，存储作为温度的函数的颜色坐标的表达式，推导作为温度函数的颜色坐标的方程式，即时地计算颜色坐标和相对光通量输出，并基于计算的色度坐标和相对光通量输出来控制所述 LED 的光输出和颜色。



图附 1-22

24. 发光二极管驱动电路

发明名称：发光二极管驱动电路

申请号：01806744.1

申请人：皇家飞利浦电子有限公司

发明人：张劲 S·穆图 G·W·布伦林

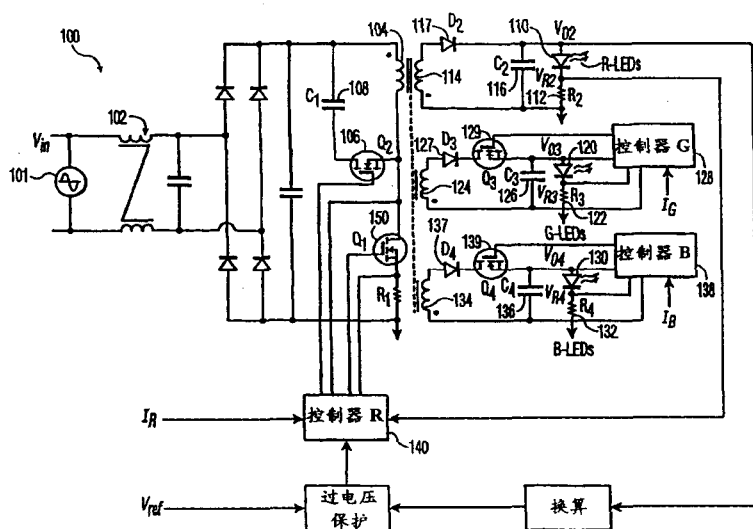
公开日：2003 年 5 月 14 日

公开号：CN1418452A

摘要：

一种具有多个输出的逆向或正向变换器并具有输出电流模式控制的白色发光二极管阵列驱动电路。电路包括电源和变压器。该变压器具有被连接到电源并配置成从电源接收电流的初级绕组

“104”以及多个耦合到所述初级绕组的次级绕组。电路还包括多个发光二极管阵列，其中每个发光二极管阵列被连接到所述多个次级绕组之一。主控制器被配置成控制流向所述变压器初级绕组的电流。电路还包括多个次级控制器，每个所述次级控制器被连接到所述多个发光二极管阵列中相应的那个阵列。另外，每个次级控制器被配置成控制流向其相应的发光二极管阵列的电流。



图附 1-23

25. GaInN 半导体层及其制备方法，包括该层的发光二极管和包括该发光二极管的发光器件

发明名称：GaInN 半导体层及其制备方法，包括该层的发光二极管和包括该发光二极管的发光器件

申请号：01807936.9

申请人：法国国家科学研究中心

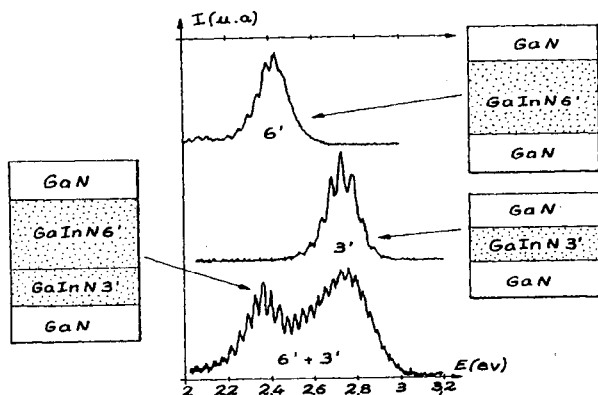
发明人：J·C·马西斯 N·P·格兰简 B·G·P·达米拉诺

公开日：2003 年 6 月 4 日

公开号：CN1422444A

摘要：

本发明涉及单一的半导体 GaInN 薄层，它含有任选的低百分比的砷、磷或锑。该层发射至少两种有特定颜色的可见光，它们相加能得到白光。本发明还涉及制备该层和发光二极管（LED）的方法，特别是一种包括有源区：诸如薄层的发射白光的 LED 和含有这种二极管的发光器件。



图附 1-24

26. 在 GaN 基板上的发光二极管芯片和用 GaN 基板上的发光二极管芯片制造发光二极管元件的方法

发明名称：在 GaN 基板上的发光二极管芯片和用 GaN 基板上的发光二极管芯片制造发光二极管元件的方法

申请号：01808734.5

申请人：奥斯兰姆奥普托半导体有限责任公司

发明人：S·巴德·B·哈赫恩 V·赫尔勒 H·J·卢高尔

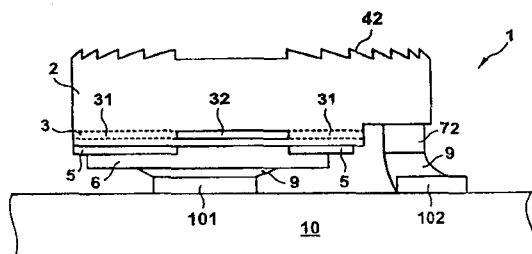
K·-H·施勒雷斯 O·舍恩费尔德 N·施塔斯

公开日：2003 年 8 月 20 日

公开号：CN1437770A

摘要：

本发明涉及一种具有一个光发射活性区“32”和一个窗口层“2”的发光二极管芯片。为了增加辐射效率，光发射活性区“32”的横截面面积小于窗口层的光输出用的横截面面积。此外，本发明涉及一种在发光元件的表面上制造透镜结构的方法。



图附 1-26

28. 具有基于氮化镓的辐射外延层序列的发光二极管芯片及其制造方法

发明名称：具有基于氮化镓的辐射外延层序列的发光二极管芯片及其制造方法

申请号：01812915.3

申请人：奥斯兰姆奥普托半导体有限责任公司

发明人：B·哈恩 U·雅各布 H·-J·卢高尔 M·蒙布罗德 - 范格罗

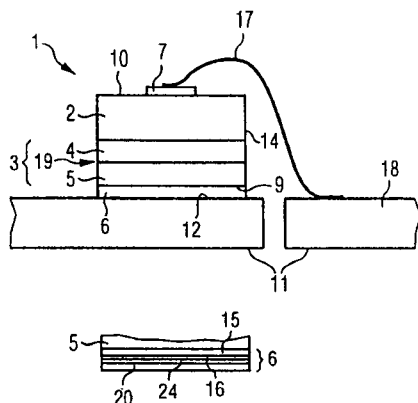
公开日：2003 年 9 月 17 日

公开号：CN1443374A

摘要：

发光二极管芯片“1”，具有一个基于 GaN 的进行辐射的外

延层序列“3”，该外延层序列具有一个有源区“19”、一个N掺杂层“4”和一个P掺杂层“5”。所述P掺杂层“5”在其背向有源区“19”的主面“9”上设有进行反射的接触金属敷层“6”，该接触金属敷层具有一个能穿透辐射的接触层“15”和一个进行反射的层“16”。另外，还给出了一种具有这种发光二极管芯片的发光二极管。



图附 1-27

29. 尤其与发光二极管组合使用的被动辐射光模

发明名称：尤其与发光二极管组合使用的被动辐射光模

申请号：01813080.1

申请人：奥斯兰姆奥普托半导体有限责任公司

发明人：B·巴赫尔 S·布吕梅尔 G·基尔希博格 H·施托

彦

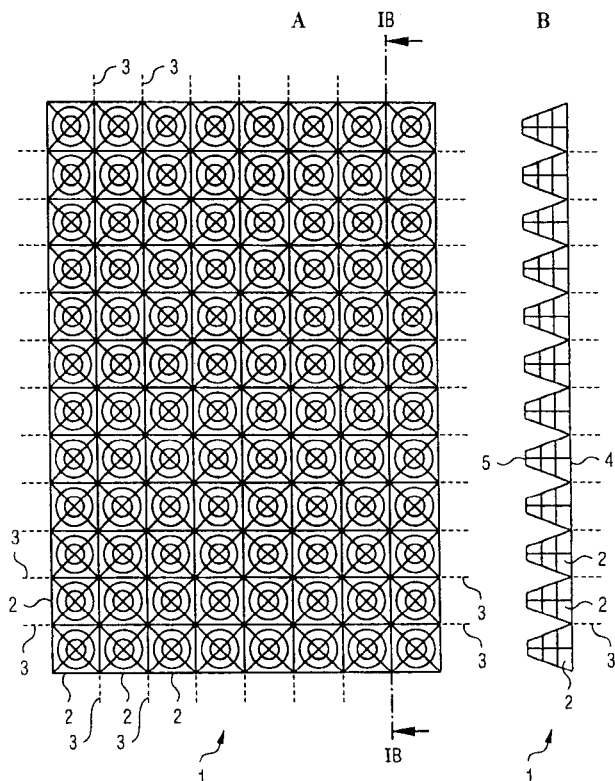
公开日：2003 年 9 月 17 日

公开号：CN1443348A

摘要：

本文介绍了尤其与发光二极管“23”组合使用的被动辐射光模“1”，它有多个光学独立元件“2”，这些元件是透光的或反光的，它们最好通过理论断裂点“3”相互连接而成辐射光模“1”，而且它们可以相互分开并形成包含一个或多个光学独立元件“2”的光学组件“11”。被动辐射光模“1”适于大批量生产，而且由于其模块化的原理而可以灵活地适应于所需照明装置，例如灯光

广告或安全照明形状和尺寸大小。



图附 1-28

30. 具有至少一只发光二极管作为光源的照明单元

发明名称：具有至少一只发光二极管作为光源的照明单元

申请号：01813552.8

申请人：奥斯兰姆奥普托半导体有限责任公司

发明人：D·波科尔 A·埃尔伦斯 G·胡伯 F·茨瓦施卡
F·耶尔曼 M·科布施 M·奥斯特塔 W·罗斯纳

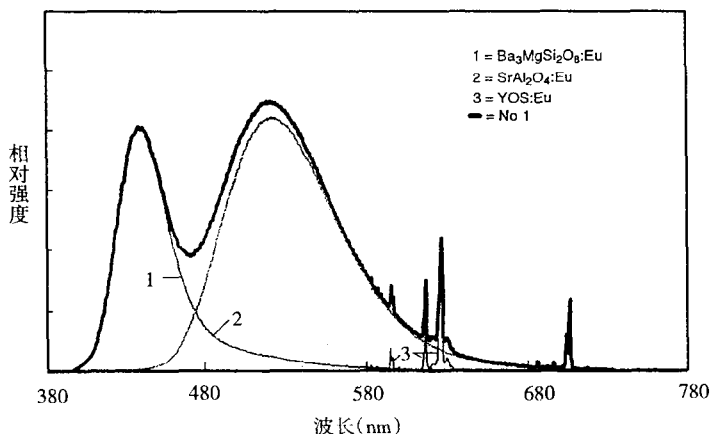
公开日：2003 年 9 月 24 日

公开号：CN1444775A

摘要：

基于亮度转换 LED 的照明单元，发射的主辐射处于光谱 370~430nm 的范围内（峰值波长），其中，该辐射借助在红、绿、蓝光内发射的三种荧光物质转换为具有更长波长的辐射。

实施例 1



图附 1-29

31. 带有多个发光二极管芯片的元件

发明名称：带有多个发光二极管芯片的元件

申请号：01814562.0

申请人：奥斯兰姆奥普托半导体有限责任公司

发明人：K·阿恩特 G·博格勒 H·布吕纳 G·书特尔

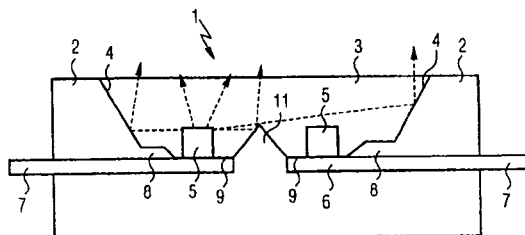
公开日：2003 年 10 月 8 日

公开号：CN1447984A

摘要：

一种带有多个布置在一反射器“3”中的发光二极管芯片的

元件，其中，通过一个中间壁“11”中断发光二极管芯片之间的直接照准线。由此大大改善了元件“1”的效率。



图附 1-30

32. 用于表面安装型发光二极管的引线框及其制造方法

发明名称：用于表面安装型发光二极管的引线框及其制造方法

申请号：02122175.8

申请人：榎本股份有限公司

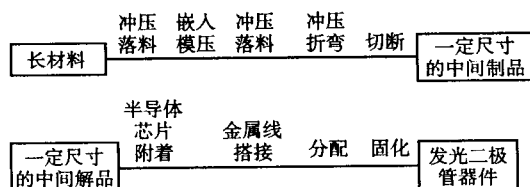
发明人：梶原正广 大森隆之 小川秀雄

公开日：2003 年 1 月 29 日

公开号：CN1393941A

摘要：

一种表面安装型发光二极管引线框及其制造方法，对金属带材作冲压落料加工，在树脂嵌入模压加工之后，并且再在嵌入模压加工的树脂上安装半导体芯片之前，对外引线部作弯曲加工。由于这种制造方法是在使外引线部作 J 弯曲加工之后嵌入安装半



图附 1-31

导体芯片，所以难于引起树脂与引线框的粘结性不良、剥离，和半导体芯片与引线框的粘结性不良、剥离，和半导体芯片 3 的裂纹发生，和金属线的接触不良、断线等的故障。

33. 发光二极管器件

发明名称：发光二极管器件

申请号：02127117.8

申请人：西铁城电子股份有限公司

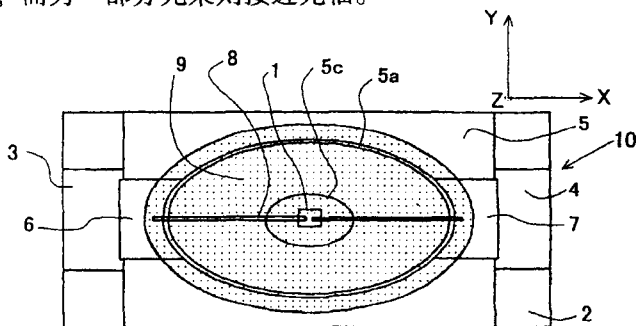
发明人：堀内惠 中村忍

公开日：2003 年 2 月 26 日

公开号：CN1399355A

摘要：

发光二极管器件包括具有近似半球形凹面的反射器构件。在凹面的内表面设置反射器表面并且在凹面中设置发光二极管。发光二极管所设置的位置使得发光二极管发出的一部分光束能远离光轴，而另一部分光束则接近光轴。



图附 1-32

34. 发光二极管器件

发明名称：发光二极管器件

申请号: 02152636.2

申请人: 西铁城电子股份有限公司

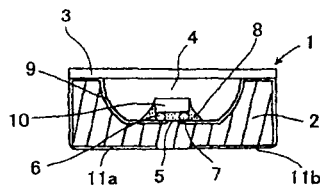
发明人: 堀内惠 中村忍

公开日: 2003 年 6 月 18 日

公开号: CN1424774A

摘要:

在本发明的发光二极管器件中, 在衬底上形成凹槽, 一对电极设置在包含有该凹槽的外表面的、所述衬底的外表面上。将 LED 设置在凹槽的底部。采用透明密封板半闭合该凹槽。



图附 1-33

35. 发光二极管装置

发明名称: 发光二极管装置

申请号: 02150692.2

申请人: 西铁城电子股份有限公司

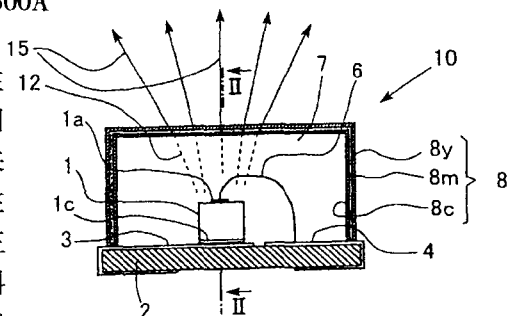
发明人: 石井广彦 深泽孝一

公开日: 2003 年 5 月 21 日

公开号: CN1419300A

摘要:

一种 LED 安装在基底上, 并且由透明材料制成的保护体来保证密封该 LED。在保护体上形成色修正滤波器。色修正材料具有把 LED 所发射出的光的色度修改为要从 LED 装置射出的照明光的期望色度的作用。



图附 1-34

36. 垂直结构 InGaN 发光二极管

发明名称: 垂直结构 InGaN 发光二极管

申请号: 99812273.4

申请人: 克里公司

发明人: K·M·多佛斯派克 J·A·埃德蒙 H·S·孔 H·M·迪尔林格 D·B·小斯拉特

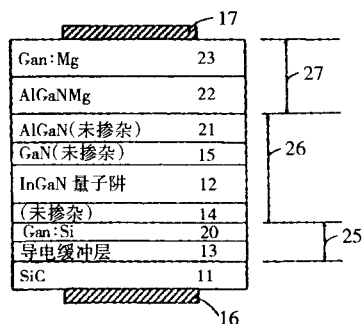
公开日: 2003 年 4 月 23 日

公开号: CN1413362A

摘要:

公开了一种能发射电磁波谱中红光、绿光、蓝光、紫光 and 紫外光部分的垂直结构发光二极管。所述发光二极管包括导电的碳化硅衬底、氮化镓量子阱、在衬底和量子阱之间的

导电缓冲层以及在量子阱每个表面上的各自未掺杂氮化镓层和在垂直结构方向上的欧姆性触点。



图附 1-35

37. 一种旋转发光二极管全色显示设备

实用新型名称: 一种旋转发光二极管全色显示设备

专利号: 02237035.8

申请人: 朴大源

发明人: 吴苍根

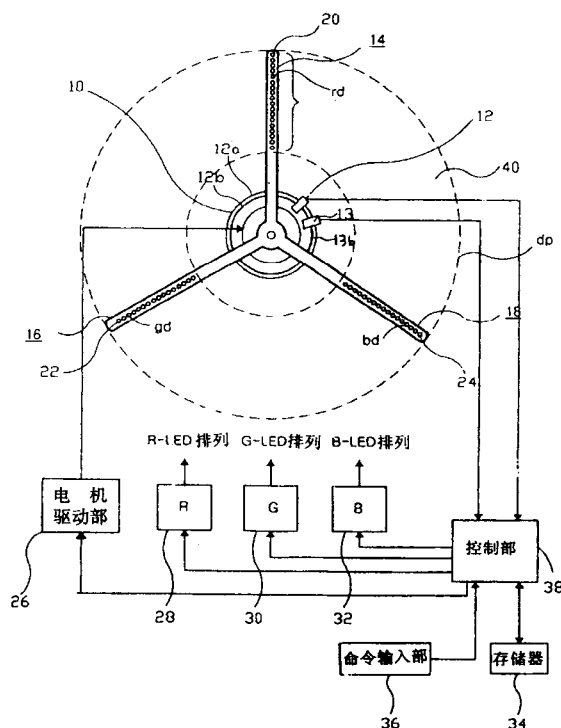
公开日: 2003 年 6 月 18 日

公开号: CN2556746Y

摘要:

一种旋转发光二极管全色显示设备, 包括在电机的旋转轴中安装可扫描磁盘形或圆筒形二维虚拟帧的旋转体, 在旋转体中装

有可扫描二维虚拟帧的一维红、绿、蓝发光二极管排列，并配置有查出发光二极管排列的位置角的查询传感器，由控制部通过传感器查出发光二极管的位置角，控制形成在虚拟二维帧上的图样，当旋转时，根据虚拟帧中要求显示的图样，由控制部在虚拟帧中按顺序来通断所述的红、绿、蓝发光二极管，使在虚拟帧中显示以二维排列的像素单位，并在虚拟帧中形成以二维排列的各该像素单位的混合颜色的余像。本实用新型具有可显示多种颜色的全色图像、发光二极管数量大为减少、控制电路简化、造价低、耗电少的优点，适于宣传广告用。



附图 1-36

38. 发光二极管、光学半导体元件及适用的环氧树脂组合物及其制造方法

发明名称：发光二极管、光学半导体元件及适用的环氧树脂组合物及其制造方法

申请号：02800161.3

申请人：日亚化学株式会社

发明人：阪野显正 阪井一彦 冈田雄志 梅津利彦

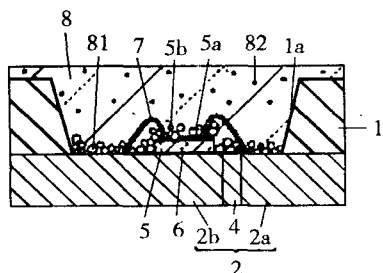
公开日：2003 年 11 月 12 日

公开号：CN1455960A

摘要：

一种含有 LED 晶片的发光二极管，所述 LED 晶片具有由氮化物化合物半导体制成的发光层以及含有荧光物质的透光性树脂，所述荧光物质可吸收 LED 晶片发出的光的至少一部分而发出不同

波长的光，其中，荧光物质包括小粒径荧光物质与大粒径荧光物质，大粒径荧光物质在透光性树脂中分布于 LED 晶片附近而形成波长转换层，小粒径荧光物质在透光性树脂中分布于波长转换层的外面。



图附 1-37

39. 基于红绿蓝的发光二极管发光体系统

发明名称：基于红绿蓝的发光二极管发光体系统

申请号：02800893.6

申请人：皇家飞利浦电子有限公司

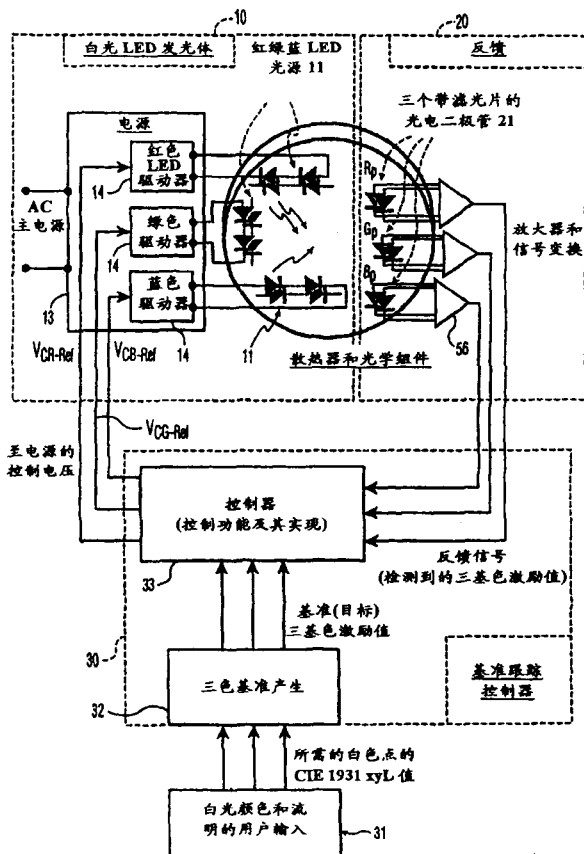
发明人：S·穆图

公开日：2003 年 12 月 3 日

公开号: CN1460393A

摘要:

用于控制基于 RGB 的 LED 发光体的系统, 它同时跟踪反馈和基准的三基色激励值, 根据馈送的三基色激励值和基准三基色激励值之间的误差来调整驱动 LED 发光体的正向电流, 直到误差为零。



图附 1-38

40. 包括多个发光二极管的显示装置

发明名称：包括多个发光二极管的显示装置

申请号：02801648.3

申请人：皇家飞利浦电子有限公司

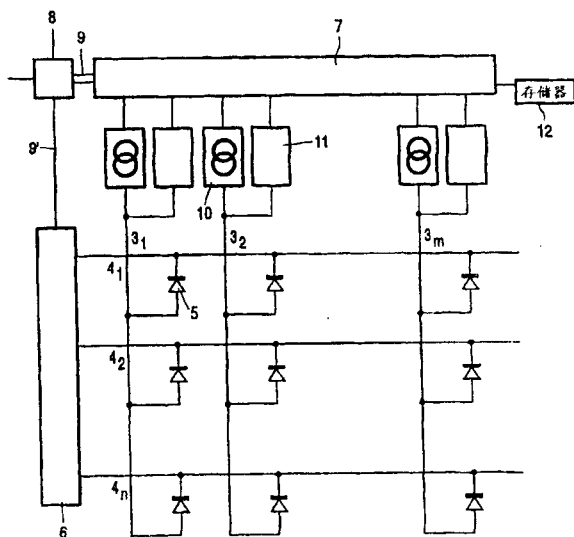
发明人：M·T·约翰逊 J·N·惠伯茨 A·吉拉尔多

公开日：2003 年 12 月 17 日

公开号：CN1462371A

摘要：

本发明涉及一种包括多个发光二极管（LEDs）的显示装置以及用于驱动所述二极管的驱动装置，所述二极管包括夹在两个电极之间的至少一层电致发光（EL）材料。该装置还包括用于向一个或多个独立二极管或二极管组提供反向电压的装置以及用



图附 1-39

于测定由该反向电压产生的泄漏电流的装置。本发明还涉及一种生产所述显示装置的方法，并且涉及包括所述显示装置的诸如移动电话或系统的电子装置。

41. 发光二极管阵列

发明名称：发光二极管阵列

申请号：03100373.7

申请人：日立电线株式会社

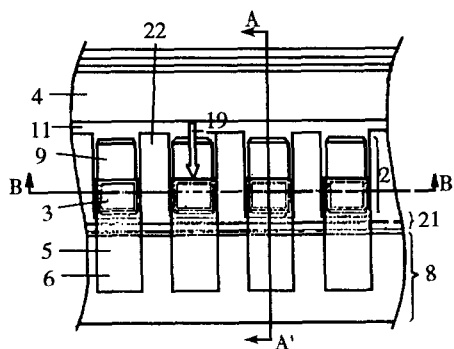
发明人：行本富久

公开日：2003 年 7 月 23 日

公开号：CN1431563A

摘要：

本发明涉及发光输出大的发光二极管阵列，特别是涉及能够适用于电子照片方式的打印机光源的发光二极管阵列。本发明的发光二极管阵列具有在基板上形成的导电层、在导电层上形成的各自独立的多个的发光部、在各发光部上面的至少一部分上形成的第一电极和接近发光部在导电层上形成的第二电极；其特征在于第二电极是启动多个发光部的通用电极，导电层中相邻接的发光部之间的区域被除去。



图附 1-40

42. 发光二极管的运行设备

发明名称：发光二极管的运行设备

申请号：03100797.X

申请人：电灯专利信托有限公司

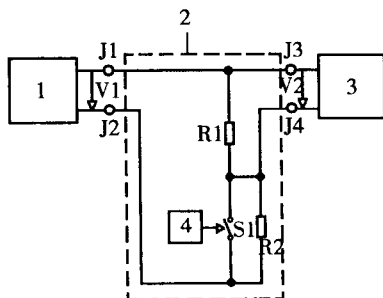
发明人：U·弗兰切斯库蒂 G·希拉

公开日：2003 年 9 月 10 日

公开号：CN1441631A

摘要：

用于运行具有基本上流过一个电子开关的工作电流的发光二极管的电路装置。其特征在于，平行于所述电子开关连接了一个下拉装置，该下拉装置的电阻具有一个如此设计的值，使得通过一个采取至少值 10 的降低系数来描述在闭合电子开关情况下的工作电流对在开启电子开关情况下的工作电流之比。因此，可以降低电路装置的电磁干扰。



图附 1-41

43. 用于发光二极管的基片

发明名称：用于发光二极管的基片

申请号：03110492.4

申请人：西铁城电子股份有限公司

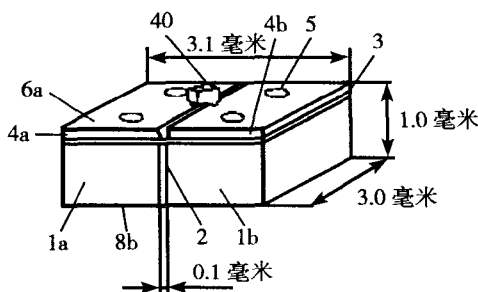
发明人：矶田宽人

公开日：2003 年 10 月 29 日

公开号：CN1452255A

摘要：

一种基片，包括一对金属基底和一设置于两金属基底之间的第一绝热层。一第二绝热层牢固地装在金属基底上，并且一对电路图案牢固地装在第二绝热层上以用来安装一发光二极管。



图附 1-42

44. 发光二极管

发明名称：发光二极管

申请号：03123081.4

申请人：丰田合成株式会社

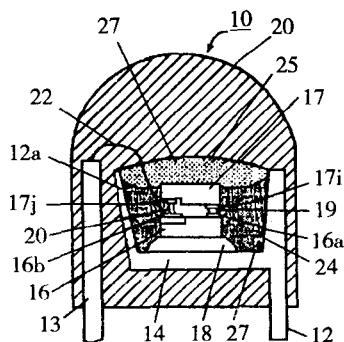
发明人：高桥佑次 福本滋 平野敦雄等

公开日：2003 年 11 月 12 日

公开号：CN1455462A

摘要：

在发光二极管中，设有包含散射材料的光导引 / 散射层，直接接收从发光元件发出的光。光传导 / 散射层内的散射材料不规则反射和散射入射光。散射光传向具有荧光材料的透明的粘合剂形成的荧光发射层。从发光元件



图附 1-43

发出的具有高光密度的光，直接入射到荧光发射层的荧光材料的概率被减小，光能从整个荧光发射层发射。因此理想颜色的均匀的光从发光二极管中以高效率发射。

45. 全色发光二极管（LED）显示系统

发明名称：全色发光二极管（LED）显示系统

申请号：00806668.X

申请人：埃维克斯公司

发明人：时本丰太郎 大石昌利

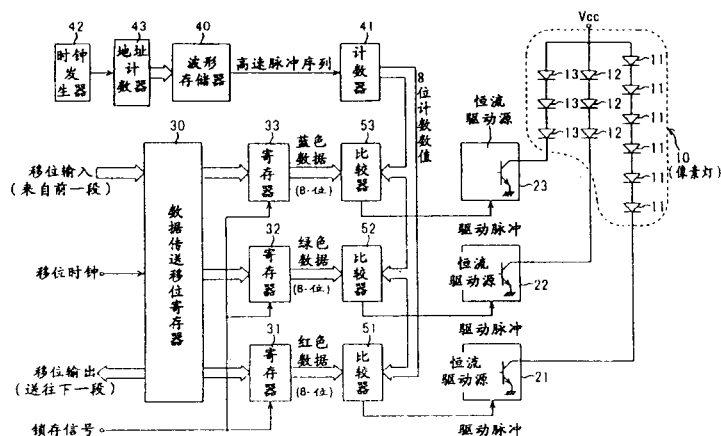
公开日：2002 年 5 月 8 日

公开号：CN1348579A

摘要：

所采纳的是一种系统配置，在其中，一个屏幕模块，用于在一个屏幕上显示一幅多色图像，在其中，多个第 1 颜色各 LED、第 2 颜色各 LED 和第 3 颜色各 LED 被顺序地排列以及一个数据发送模块，它给出一组控制信号和准在屏幕模块中，为屏幕上的每一个像素安装了第 1 颜色灰度控制电路，第 2 颜色灰度控制电路以及第 3 颜色灰度控制电路，以便对各 LED 进行脉冲式点亮。数据发送模块包括：一个帧存储器，用于暂时地存储准备在屏幕模块上显示的图像数据；一个图像数据传送控制装置，用于从帧存储器读出图像数据以及按照预定的像素顺序，连同预定的数据传送时钟一起，向数据发送装置输出图像数据；第 1 颜色高速脉冲序列产生装置，第 2 颜色高速脉冲序列产生装置以及第 3 颜色高速脉冲序列产生装置，用于产生高速脉冲序列，以便送往各第 1 颜色灰度控制电路，第 2 颜色灰度控制电路、第 3 颜色灰度控制电路以及一个高速脉冲序列输出装置，用于向数据发送装置输出针对各自的第 1 颜色、第 2 颜色和第 3 颜色的各高速脉冲序列。高速脉冲序列产生装置，以恒定的周期为每一种颜色重复地产生 $2n$ 个（或者一个稍为低于它的数目）高速脉冲序列，其脉

冲间隔根据一种已经设定的变化特性随时间而发生变化。



图附 1-44

46. 带有耦合输出结构的发光二极管

发明名称: 带有耦合输出结构的发光二极管

申请号: 01811993.X

申请人: 奥斯兰姆奥普托半导体有限责任公司

发明人: N·林德 R·维

尔斯 H·楚尔

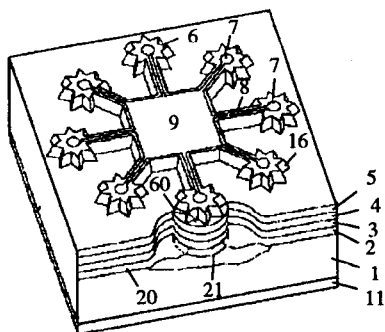
公开日: 2003 年 8 月 27

日

公开号: CN1439177A

摘要:

在一个上表面上有一个结构化的耦合输出层“6”，其带有侧面“16”，这些侧面与层平面构成一个 60° 和



图附 1-45

88° 之间的角，并形成了对相互错置的、为辐射射出而设置的耦合输出部位的限制。耦合输出层在耦合输出部位的部分可以是扁平载体并在侧面形成凿沟或者锯齿，以增加以下可能性，即所产生的辐射以比全反射临界角更陡的角度入射到耦合输出层的外界面上。

47. 具有改进发光效率的有机发光二极管器件

发明名称：具有改进发光效率的有机发光二极管器件

申请号：01145100.9

申请人：伊斯曼柯达公司

发明人：R·H·杨 J·史 C·W·汤

公开日：2002 年 8 月 14 日

公开号：CN1363960A

摘要：

有机发光器件，包括衬底；置于衬底之上的阳极和一个阴极；置于阳极和阴极之间的发光层，其中发光层包括基质和至少一种掺杂剂；所选的发光层基质包括固体有机材料，该固体有机材料包含至少两种组分的混合物，其中该混合物的第一组分是能够传输电子和空穴并且基本上是非极性的有机化合物，该混合物的第二组分是比第一组极性更大的有机化合物；所选的发光层掺杂剂用于从发光器件发出光。

48. 大功率半导体激光二极管

发明名称：大功率半导体激光二极管

申请号：01812431.3

申请人：朴钟润

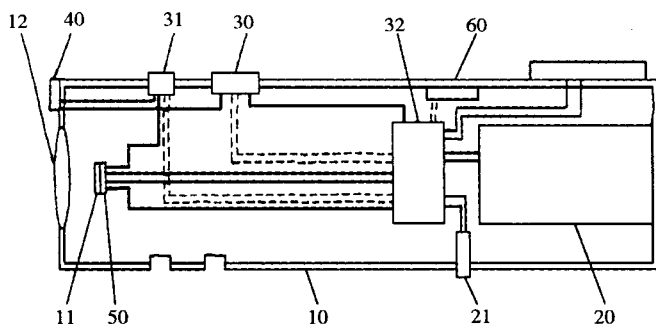
发明人：朴钟润

公开日：2003 年 9 月 3 日

公开号：CN1440259A

摘要：

本发明涉及一种便携式激光治疗装置，包括盒子“10”；半导体激光二极管“11”，置于所述盒子“10”内部并辐射激光；在所述半导体激光二极管“11”的前部安装有聚光镜“12”；电源；安装在所述盒子“10”外部的电源开关“30”，以控制供电；控制激光辐射的辐射开关“31”；控制器“32”，根据所述开关的操作控制所述装置的操作，其中所述装置包括安装在所述盒子“10”中的距离感测传感器“40”，以测量从聚光镜“12”到要被辐射的表面的距离；和所述控制器“32”，用于从所述距离感测传感器“40”接收信号，并当聚光镜“12”和要被辐射的组织之间的距离大于所述聚光镜“12”的焦距，则切断激光的辐射。



图附 1-46

49. 半导体激光二极管及其制造方法

发明名称：半导体激光二极管及其制造方法

申请号：02140960.9

申请人：三星电子株式会社

发明人：金泰根 南玉铉

公开日：2003 年 4 月 23 日

公开号：CN1412900A

摘要:

本发明涉及一种半导体激光二极管及其制造方法。该半导体激光二极管包括基材、形成于基材两侧的掩膜、形成于掩膜之间的基材上的发光层、分别形成于掩膜上的阻流层、分别形成于基材底表面和发光层顶表面的第一和第二电极。发光层和阻流层通过单次生长同时形成,并且阻流层将电流和光限制在发光层的横向上。由此,可以简化半导体激光二极管的制造方法,并且可以降低激光振荡的阈值电流。

50. 第 3~5 族化合物半导体和发光二极管

发明名称: 第 3~5 族化合物半导体和发光二极管

申请号: 02122445.5

申请人: 住友化学工业株式会社

发明人: 家近泰 土田良彦

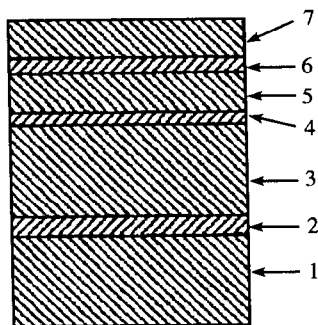
小野善伸 清水诚也

公开日: 2003 年 1 月 15 日

公开号: CN1391292A

摘要:

一种第 3~5 族化合物半导体,按顺序包括两个晶格失配层的一个界面,薄膜厚度为 25nm 或者更厚的一个中间层以及一个量子阱层。这种化合物半导体具有很高的结晶度和很高的质量,适合用于发光二极管。



图附 1-47

(二) 国内专利摘要

1. 透明电极基板及其制造方法和有机发光二极管

发明名称: 透明电极基板及其制造方法和有机发光二极管

申请号: 01117551.6

申请人: 精碟科技股份有限公司

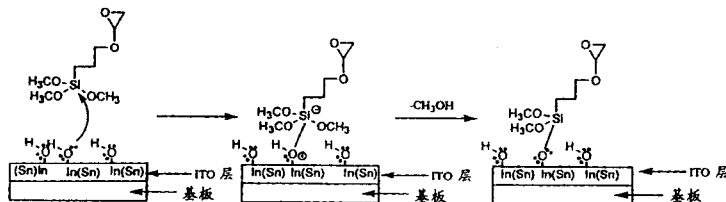
发明人: 黄明义 刘如熹 许良荣 林明发

公开日: 2003 年 1 月 29 日

公开号: CN1393938A

摘要:

一种表面具有锡锡—氧—硅—有机官能基的透明电极基板及其制造方法。该方法是将含硅的烷氧型化合物溶于水中以形成一定浓度的含硅的烷氧型化合物水溶液, 之后, 再将一表面具有氢氧基的锡锡氧透明基板浸于该含硅的烷氧型化合物水溶液中, 经一定时间后形成一表面具有锡锡—氧—硅—有机官能基的透明电极基板。本发明还提供含有该透明电极基板的有机发光二极管。



图附 2-1

2. 发光二极管的封装

发明名称: 发光二极管的封装

申请号: 01120616.0

申请人: 詮兴开发科技股份有限公司

发明人: 陈兴

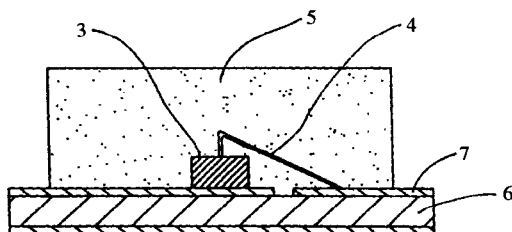
公开日: 2003 年 2 月 12 日

公开号: CN1396667A

摘要:

本发明以硅晶片为基板, 利用其晶面具有特定方向做湿蚀

刻,使之形成凹槽,在硅基板的背面,利用干蚀刻制作贯孔电极,同时利用硅表面形成绝缘的汽化膜层或氮化膜层后再镀反射层与电极层,将发光二极管晶粒放于硅基板凹槽内并做固晶、打线、封胶、切割等步骤,即可形成 SMD 发光二极管成品。本发明优点是散热佳、耐高温、小型化等。



图附 2-2

3. 一种高亮度粉红色发光二极管的制备方法

发明名称: 一种高亮度粉红色发光二极管的制备方法

申请号: 01120644.6

申请人: 南帝化学工业股份有限公司

发明人: 王健源 刘如熹 吴瑞孔 郑为太

公开日: 2003 年 2 月 26 日

公开号: CN1398948A

摘要:

本发明涉及一种钇铝石榴石型荧光粉, 它的分子式为 $(Y_{3-x}Z_xEu_y)Al_5O_{12}$ 或 $(Y_3Z_xEu_y)Al_5O_{12}$, 其中 $0 < x \leq 0.8$, $0 < y \leq 1.5$, Z 选自钨 (Eu) 以外的稀土金属元素所组成的群组。本发明也涉及一种高亮度粉红色发光装置, 包括作为发光元件的可见光或紫外光发光二极管及含钇铝石榴石型荧光粉的荧光体, 它以可发出波长 370~410nm 的可见光或紫外光发光二极管作为激发光源的发光元件, 配合可接受该波段光源激发而发出波长为 585~700nm

的橙黄光至红光的钇铝石榴石型荧光粉，二者的光经混合后产生粉红色光。本发明还涉及钇铝石榴石型荧光粉的制备方法。

4. 具有对边电极的发光二极管元件及其制造方法

发明名称：具有对边电极的发光二极管元件及其制造方法

申请号：01121108.3

申请人：佳大世界股份有限公司

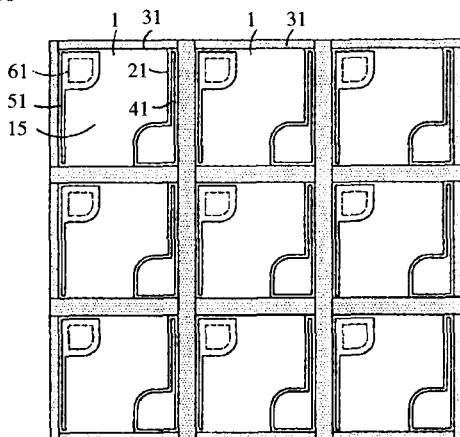
发明人：李明达

公开日：2003 年 1 月 1 日

公开号：CN1388595A

摘要：

一种具有对边电极的发光二极管元件及其制造方法，其特点是一晶片上规划数个晶粒区域，且于各晶粒区域中规划一第一欧姆金属接触电极及一第二欧姆金属接触电极，并使第一欧姆金属接触电极与第二欧姆金属接触电极分设于晶粒区域的相对边，形成对边电极，这样可达到电流均匀分布、增加发光面积及发光效率等功效。



图附 2-3

5. 半导体发光器件双异质结构及发光二极管

发明名称：半导体发光器件双异质结构及发光二极管

申请号：011222726.X

申请人：江西方大福科信息材料有限公司

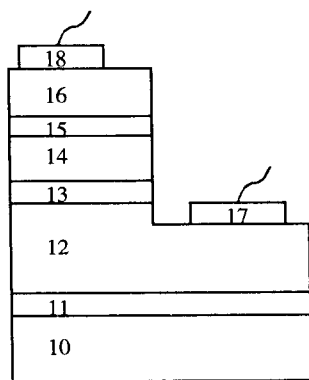
发明人：江风益 王立 莫春兰 李述体 熊传兵 彭学新
李鹏

公开日：2003 年 2 月 5 日

公开号：CN1395320A

摘要：

半导体发光器件双异质结构及发光二极管，双异质结构依次由 N 型铝镓氮层、铟镓氮有源层、N 型铝镓氮层组成，发光二极管由衬底、缓冲层、N 型氮化镓层、双异质结构、P 型氮化镓层组成，本发明具有方法较为简单，生产的发光二极管发光效率高等特点。



图附 2-4

6. 具有分散电流与提高发光面积利用率的发光二极管

发明名称：具有分散电流与提高发光面积利用率的发光二极管

申请号：01124982.X

申请人：洲磊科技股份有限公司

发明人：郭立信 吴伯仁 易乃冠 陈建安 陈乃权

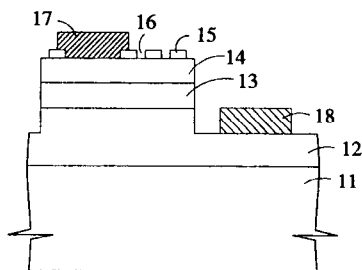
公开日：2003 年 3 月 5 日

公开号：CN1400675A

摘要：

一种发光半导体元件至少包括：一基板；一第一半导体结构

位于基板上；一发光结构位于第一半导体结构的第一部分上，一第一接触结构位于第一半导体结构的第二部分上，第一半导体结构的第二部分与第一部分相分离，第一接触结构具有一第一形状；一第二半导体结构位于发光结构上；一透明接触层位于第二半导体结构



图附 2-5

上，透明接触层具有一切断的部分以暴露出部分的第二半导体结构，并且具有一第二形状及一第二接触结构位于透明接触层的切断的部分上，接触到第二半导体结构，并具有一第三形状，第二接触结构的第三形状与具有第二形状的透明接触层及具有第一形状的第一接触结构相配合，借以提供从第一接触结构至第二接触结构的数个电流路径相近的路径。

7. 在蓝宝石衬底上形成半导体发光二极管管芯的方法

发明名称：在蓝宝石衬底上形成半导体发光二极管管芯的方法

申请号：01129516.3

申请人：方大集团股份有限公司

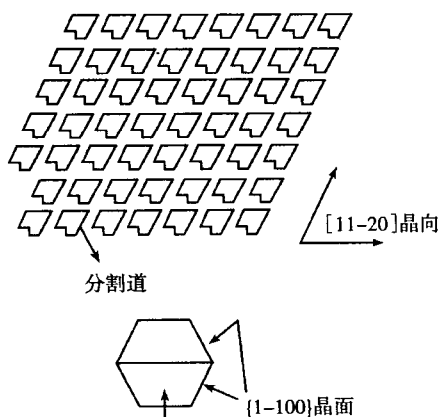
发明人：杨辉 张书明

公开日：2003 年 1 月 29 日

公开号：CN1393939A

摘要：

本发明提出了一种在蓝宝石衬底上形成半导体发光二极管管芯的方法，将Ⅲ—V族氮化镓基化合物半导体及其量子阱结构发光二极管管芯图形设计成相邻两边沿蓝宝石衬底解理面，夹角为120°或60°的平行四边形或菱形结构，管芯分割道沿蓝宝石衬底的解理方向，并将蓝宝石衬底磨薄，沿分割道切割，形成管芯。



图附 2-6

8. 发光二极管及其制造方法

发明名称：发光二极管及其制造方法

申请号：01129668.2

申请人：台湾光宝电子股份有限公司

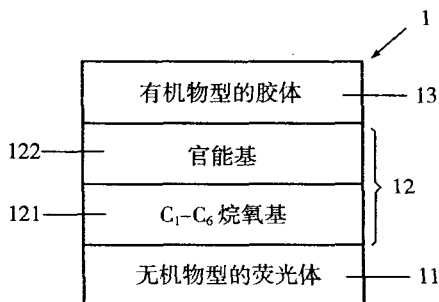
发明人：刘如熹 王健源 詹丁山 苏宏元 邢陈震崙

公开日：2003 年 1 月 29 日

公开号：CN1393940A

摘要：

本发明是提供一种发光二极管及其制造方法，该发光二极管包括无机物型的荧光体、含硅化合物及有机物型的胶体，其中该含硅化合物的一端可全部或部分为 C_1-C_6 烷氧基与该荧光体结合，使该荧光体表面进行改质，而该含硅化物的另一端则为环氧基、 C_1-C_6 烷基、苯基或氨基的官能基与该胶体结合。借此，经表面改质后的荧光体可均匀分散于该胶体中，不易产生沉淀，使制程稳定，并提高优良率及密着性。



图附 2-7

9. 叠置晶片全彩色发光二极管的封装结构及方法

发明名称：叠置晶片全彩色发光二极管的封装结构及方法

申请号：01139691.1

申请人：张修恒

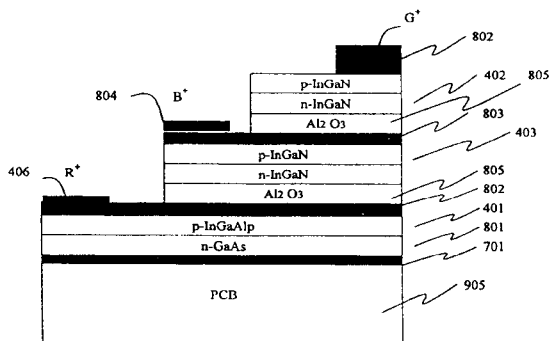
发明人：张修恒

公开日：2003 年 6 月 11 日

公开号：CN1423345A

摘要：

本发明公开了一种叠置晶片全彩色发光二极管 (light emitted diode, LED) 的封装结构及方法，主要利用封装技术，将不同颜色的 LED 经金属氧化物透明导电层及金属反射层将两种以上的单色 LED 以热或超声波使之叠置而作晶片接合 (die bond)，使下层的单色光通过透明导电层与其上的另一单色光混波而产生另一种颜色的光源。为使各色光能充分利用，最下一层以金属反射层接合，以向上反射各色光而增强光强度。在近距离的显示为得白色光及全彩色光，利用三原色叠置而得一全彩色 LED。在远距离时则使用分开的两颗 LED，其一例如为黄、蓝；另一为红、绿



图附 2-8

的光源。

10. 发光二极管及其制造方法

发明名称：发光二极管及其制造方法

申请号：01131400.1

申请人：国联光电科技股份有限公司

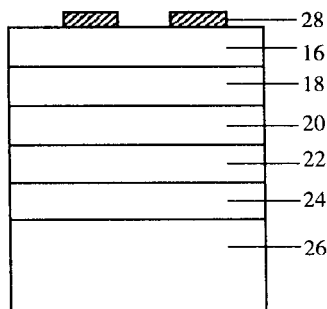
发明人：林锦源 杨光能

公开日：2003 年 5 月 14 日

公开号：CN1416181A

摘要：

本发明是采用一种不吸光的透明粘结层，来粘结具有吸光基板（Absorption Substrate, AS）的发光二极管磊芯片及透明基板（Transparent Substrate, TS）。接着将吸光的基板除去，形成具有透明基板的发光二极管；由于采用透明



图附 2-9

基板不会吸光，因此可大幅提高发光二极管的发光效率；同时由信道连接欧姆接点与钉线电极层，在固定电流下可降低电压及提高电流分布，以提升发光二极管的发光效益。

11. 发光二极管芯片的多芯片封装结构

发明名称：发光二极管芯片的多芯片封装结构

申请号：01131389.7

申请人：银河光电股份有限公司

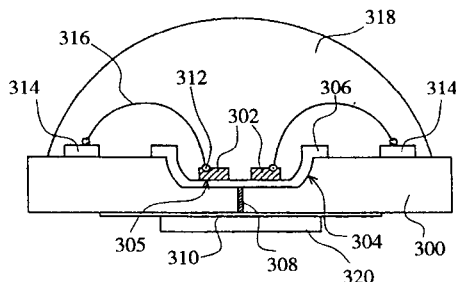
发明人：蔡政宏

公开日：2003 年 5 月 14 日

公开号：CN1417868A

摘要：

一种发光二极管芯片的多芯片封装结构，是将多个发光二极管芯片配置于一印刷电路板中，再以一胶体将发光二极管芯片固定于印刷电路板上。其中，印刷电路板的一面具有多个平底凹杯，平底凹杯的底部为一平面，平底凹杯上具有一导体层，且平底凹杯的底部下方还具有一导体插塞贯穿印刷电路板，而印刷电路板的另一面则具有一导热层与导体插塞连接。将多个发光二极管芯片配置于一平底凹杯的平面底部上，并以胶体将多个发光二极管芯片固定于平底凹杯中。封装后的结构可以有效提高封装的集成度，且可有效地改善封装后的散热问题。



图附 2-10

12. 中空 LED 发光二极管

发明名称：中空 LED 发光二极管

申请号：01134160.2

申请人：龚英武

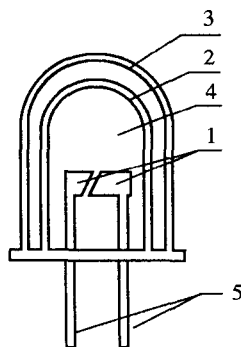
发明人：龚英武

公开日：2003 年 5 月 14 日

公开号：CN1417869A

摘要：

中空 LED 发光二极管属于电子发光元件，由 LED 发光芯片、内透明罩、外透明罩、透明树脂、LED 发光芯片引脚构成。本发明在原有的 LED 发光二极管透明罩的外面再加上一层透明罩，使 LED 发光芯片发出的光波在两层透明罩之间经过反复折射后再对外散射，增大了发光二极管的发光角度，为原先发光角度的 2~4 倍。内、外透明罩之间可为真空或充填任何气体，并可通过改变充填的气体介质成分来改变发光颜色。



图附 2-11

13. 具有微小透镜的表面黏着型发光二极管

发明名称：具有微小透镜的表面黏着型发光二极管

申请号：01144154.2

申请人：诠兴开发科技股份有限公司

发明人：陈兴

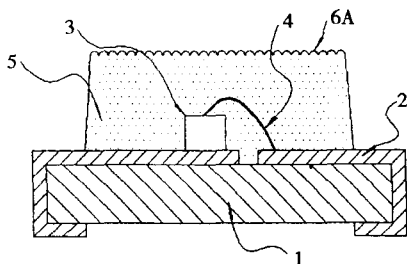
公开日：2003 年 6 月 25 日

公开号：CN1426117A

摘要：

本发明“具有微小透镜表面黏着型发光二极管”是将复数个微小透镜或绕射透镜制作于平面型 SMD LED 表面上，利用这些

复数个透镜来增加光直接自发光晶片射出的机会，增加 LED 亮度，而且肉眼上来看元件表面仍为平面，不会影响元件固定作业品质，也不会增加元件体积。



图附 2-12

14. 发光二极管灯具

发明名称：发光二极管灯具

申请号：01144158.5

申请人：诠兴开发科技股份有限公司

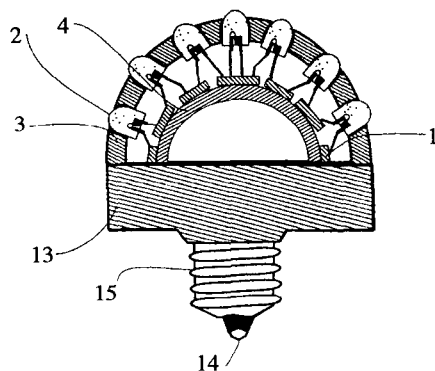
发明人：陈兴 周宗贤

公开日：2003 年 6 月 25 日

公开号：CN1425869A

摘要：

一种发光二极管灯具，包含复数个发光二极管（LED）元件，一平面电路板，一 LED 固定盖以及电路板安置座和附有灯泡铜头的 LED 灯基座；其中平面电路板先切割或冲压出多层环形状（如螺旋形、同心圆形、同心圆连接斜边形），将 LED 元件以圆形排列安置于电路板上，再以电路板安置座固定电路板并撑起形成圆弧面形状，LED 固定盖用以固定对位 LED 元件位置及照射角度；如此组合形成的 LED 灯具，具有发射角度广，光强度均匀，适用照明场所，此灯具制作组装方便，有别于其他制作立体 LED 元件排列的不易。



图附 2-13

15. 发光二极管照明光源装置

发明名称：发光二极管照明光源装置

申请号：01144459.2

申请人：财团法人工业技术研究院

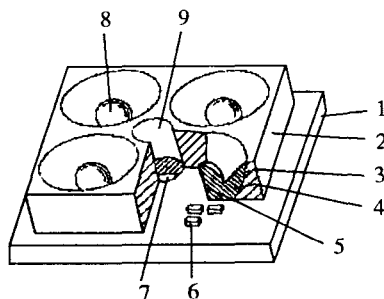
发明人：韩伟国 陈秋伶 许荣宗

公开日：2003 年 7 月 2 日

公开号：CN1427198A

摘要：

本发明涉及一种发光二极管照明光源装置，将基板上发光二极管四射的光源，借由透镜中央部分的凸透镜折射及周围部分凹盆反射镜反射向上，再经透镜四周的圆锥体折射后，光束即可朝同一方向行进，实现均匀高效率的集光功能；其中，该透镜以高分子成



图附 2-14

形于全反射膜上，可防止反射膜脱落，利用大底面反射镜平台，降低现有技术中光轴对正难度，并配合光轴定位孔作自动化组装的精准定位。

16. 发光二极管字形、图形灯

发明名称：发光二极管字形、图形灯

申请号：01276765.4

申请人：孟详厚

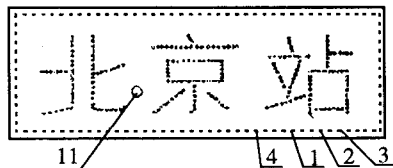
发明人：孟详厚

公开日：2003 年 3 月 12 日

公开号：CN2540005Y

摘要：

一种发光二极管字形、图形灯，属发光二极管的使用技术。用于招牌、广告牌、标识牌、汽车和摩托车车牌、饰物等的制作，是在平面固定板“1”上按字形或图形固定发光二极管“2”，并可以配有饰边发光二极管“3”和背景发光二极管“4”、“11”是高亮度强光灯，用来辅助吸引人们的目光，平面固定板“1”既是固定板，又是面板，字形或图形发光二极管“2”可以变字或变图排列、变色排列、运动排列等。



图附 2-15

17. 白色发光二极管的制造方法

发明名称：白色发光二极管的制造方法

劣化现象，且更提高产品亮度及产品寿命。其具有复数颗 LED 晶粒的单一灯型 LED 封装元件，更适于高功率、高亮度的照明灯具应用上。

19. 发光二极管面光源的改良方法

发明名称：发光二极管面光源的改良方法

申请号：02102476.6

申请人：詮兴开发科技股份有限公司

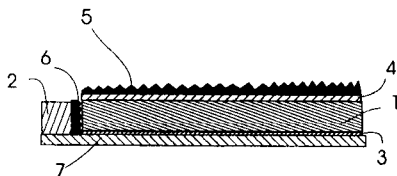
发明人：陈兴

公开日：2003 年 8 月 6 日

公开号：CN1434335A

摘要：

一种发光二极管 (LED) 面光源的改良方法，其主要由扩散片、菱镜片、导光板、反射层、发光二极管、基板及侧边菱镜片所组成，其中，菱镜片置于发光二极管和导光板中间，利用发光二极管产生的光，经侧边菱镜片集中光线后再从导光板的侧面射入，交经导光板表面的均光处理及反射层的光反射，最后透过扩散片和菱镜片产生平面光源。本发明的侧边菱镜片置于发光二极管与导光板之间，使发光二极管产生的光线皆能射入导光板，以增加发光效率，此设计结构可用于液晶 (LCD) 显示器的背光源。



图附 2-18

20. 发光二极管

发明名称：发光二极管

申请号：02103193.2

申请人：联沚科技股份有限公司

发明人：陈锡铭 汪信全

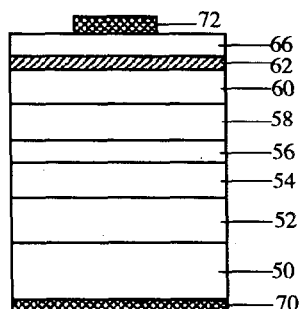
公开日：2003 年 8 月 20 日

公开号：CN1437271A

摘要：

一种高亮度发光二极管，本发明是揭露利用 P 型磷化镓铟欧姆接触层，或具有 10^{18}cm^{-3} 以上的 N 型，或 P 型高掺杂浓度的短周期超晶格薄层

作为氧化电极接触层；利用上述以特殊材料构成的氧化电极接触层，经适当调整其中铟成分的组成，可使吸光量减小且 P 型浓度大幅提高，而提高发光二极管的亮度并减小其顺向电压降；另外，本发明更揭露具有网状或柱状图案的氧化电极接触层，以暴露出部分的电流分散层，在不影响接触电阻及顺向电压的情况下，使吸光的面积减少，进而提高发光二极管的光输出强度。



图附 2-19

21. 一种二极管结构及其静电放电防护电路

发明名称：一种二极管结构及其静电放电防护电路

申请号：02105023.6

申请人：台湾积体电路制造股份有限公司

发明人：柯明道 张恒祥 王文泰

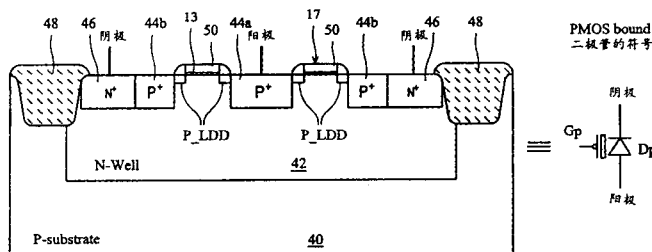
公开日：2003 年 8 月 27 日

公开号：CN1438705A

摘要：

本发明公开了一种二极管以及相关的静电放电防护电路，该二极管包含有一第一导电型的第一半导体层以及一第二导电型的 MOS 晶体管，该第一半导体层作为该二极管之一第一电极，该 MOS 晶体管，包含有一环型闸、一第二导电型的第一源 / 汲

掺杂区以及一第二导电型的第二源 / 汲掺杂区, 该环型闸绝缘地设于该第一半导体层上, 以阻隔 STI 厚氧化层的生成, 该第一源 / 汲掺杂区形成于该环型闸极所围绕的该第一半导体层的表面, 作为该二极管之一第二电极, 该第二导电型的第二源 / 汲掺杂区形成于该第一半导体层的表面, 且围绕该环型闸, 该第一电极与该第二电极其中之一为该二极管之一阴极, 耦合至一第一接合垫, 该第一电极与该第二电极其中的另一为该二极管之一阳极, 耦合至一第二接合垫。



图附 2-20

22. 发光二极管的结构及其制造方法

发明名称: 发光二极管的结构及其制造方法

申请号: 02106132.7

申请人: 国联光电科技股份有限公司

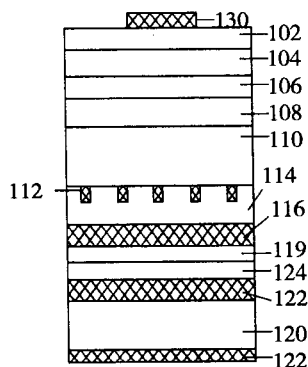
发明人: 陈泽澎

公开日: 2003 年 10 月 15 日

公开号: CN1449060A

摘要:

本发明提供一种发光二极管的结



图附 2-21

构及其制造方法, 该发光二极管具有镜面反射层, 其镜面反射层为由一透明导体氧化层和一高反射金属层所构成的复合反射层, 透明导电型氧化层可允许绝大多数的光通过, 然后再被反射金属层反射回来。透明导电型氧化层可以选取和高反射金属层不会反应或几乎不反应的材料, 这样即使是在高温环境下, 也可避免在进行欧姆接触退火步骤时反射金属层和Ⅲ—V族化合物半导体的反应所导致反光性退化的问题。因此, 具有上述的镜面反射层的发光二极管可以使得产品具有高良率, 进而降低制造成本。

23. 液冷式发光二极管及其封装方法

发明名称: 液冷式发光二极管及其封装方法

申请号: 02106761.9

申请人: 徐继兴

发明人: 徐继兴

公开日: 2003 年 9 月 17 日

公开号: CN1442910A

摘要:

一种液冷式发光二极管及其封装方法, 以充填冷却液取代部分用以包覆热源的常用发光二极管晶粒的环氧树脂, 使发光二极管在工作时产生的热量, 由使冷却液与晶粒直接接触且吸收由发光二极管晶粒产生的热量, 再将热量传导至发光体器件外部, 直接排放至空气中, 以降低发光二极管晶粒的温度, 使发光二极管可达到高电流驱动而发挥更高的功率。依据液冷式发光二极管封装装置的原理, 本发明亦可应用于面射型或边射型激光二极管封装装置及高分子或小分子发光二极管封装装置。

24. Ⅲ族氮化物发光二极管及其制造方法

发明名称: Ⅲ族氮化物发光二极管及其制造方法

申请号: 02108524.2

申请人：联铨科技股份有限公司

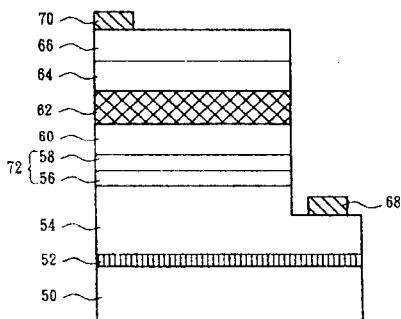
发明人：汪信全 陈锡铭

公开日：2003 年 10 月 8 日

公开号：CN1447447A

摘要：

一种Ⅲ族（化学元素周期表中）氮化物发光二极管，是在活性层与基板之间加入一层退化界面，此退化界面是由一层 N+ 型层与其上的一层 P+ 型层所构成。借助此退化界面，可使Ⅲ族氮化物发光二极管形成上 N 下 P 的形式，而发光二极管上的导电电极也皆为 N 型。应用本发明Ⅲ族氮化物发光二极管，由于 N 型氮化物的可掺杂浓度较 P 型氮化物材料高，所以有较好的电流分散能力。另外，还由于 P 型氮化物的暴露部分减少，因此较不易受到氢钝化的影响。



图附 2-22

25. 使用发光二极管的水管灯制造方法

发明名称：使用发光二极管的水管灯制造方法

申请号：02111737.3

申请人：傅大豪 任志伟

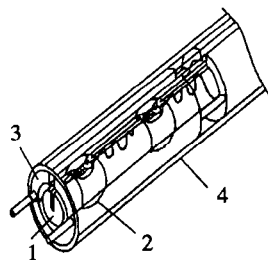
发明人：傅大豪 任志伟

公开日：2003 年 11 月 26 日

公开号：CN1458443A

摘要：

一种使用发光二极管的水管灯制造方法，是直接一条芯管制造数组串联



图附 2-23

的 LED 灯，再以一可供电给 LED 灯电源外管包覆芯管，最后再将电源外管抽入一透明的外管内；借此，使芯管与 LED 灯合为一体，达到大幅降低成本，且易于弯曲变形又具省电的效果。

26. 紫红光发光二极管

发明名称：紫红光发光二极管

申请号：02119348.7

申请人：詮兴开发科技股份有限公司

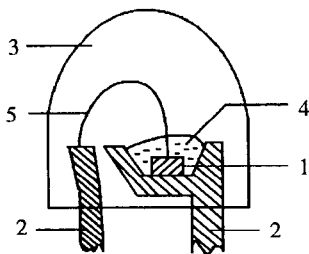
发明人：陈兴

公开日：2003 年 11 月 26 日

公开号：CN1458700A

摘要：

紫红光发光二极管是将波长在 405 ~ 430nm 之间的紫光发光二极管晶粒，照射涂覆在其表面的红色荧光粉，以紫光激发此荧光粉产生波长约为 650nm 的红色光，利用所激发出来的红色光与原来紫色发光二极管所发出的紫光，两种颜色混色产生紫红色（或粉红色）的发光二极管。紫红光发光二极管，为一种新色系的发光二极管，应用范围广泛，由于颜色新颖特殊（类似凯蒂猫颜色），使用在手机等液晶电子商品的背光源或指示照明用途上，将是一项吸引年轻人的新产品。



图附 2-24

27. 提高发光二极管亮度的封装方法

发明名称：提高发光二极管亮度的封装方法

申请号：02122101.4

申请人：光颢科技股份有限公司

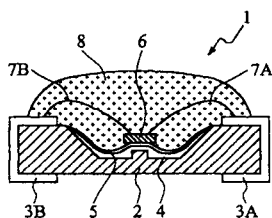
发明人：汪德南 陈隆欣

公开日：2003 年 12 月 24 日

公开号：CN1463047A

摘要：

本发明提供一种提高发光二极管亮度的封装方法，该方法包含如下步骤：提供一具有凹槽的载体，再对载体的凹槽表面进行平坦化处理；接着于凹槽表面上形成一反射面后，将发光二极管贴附于该载体的凹槽内。本发明于封装发光二极管时，先对载体进行平坦化处理以形成平滑载体表面的步骤，可使于其上接续沉积的反射面能均匀形成平滑表面，而大幅提高该反射面的反射率。



图附 2-25

28. 发光二极管光源控制方法

发明名称：发光二极管光源控制方法

申请号：02122612.1

申请人：力捷电脑股份有限公司

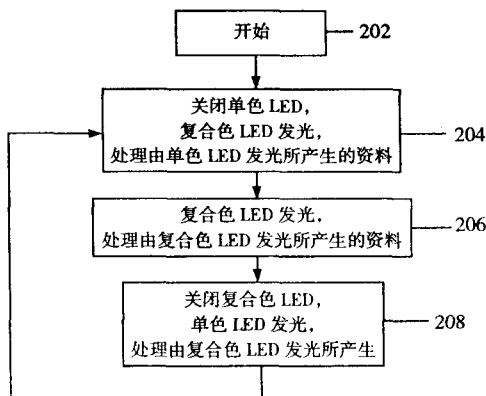
发明人：李镇河 张庆琳 杨尚谕 李官祐

公开日：2003 年 12 月 31 日

公开号：CN1464738A

摘要：

本发明涉及一种发光二极管光源控制方法，此方法用以控制一复合色发光二极管光源与一单色发光二极管光源，复合色发光二极管光源可提供红、绿、蓝三原色中两种颜色光源，而单色发光二极管光源则提供第三种颜色光源，复合色发光二极管与单色发光二极管光源依序提供照明，因此上述光源无需持续开启，且由复合色发光二极管与单色发光二极管光源照射于影像传感器之红、绿、蓝信道（Channel）所产生的信号亦依序处理。



图附 2-26

29. 一种白光发光二极管的制造方法

发明名称：一种白光发光二极管的制造方法

申请号：02123082.X

申请人：光宝科技股份有限公司

发明人：王健源 刘如熹 纪晓胜 苏宏元

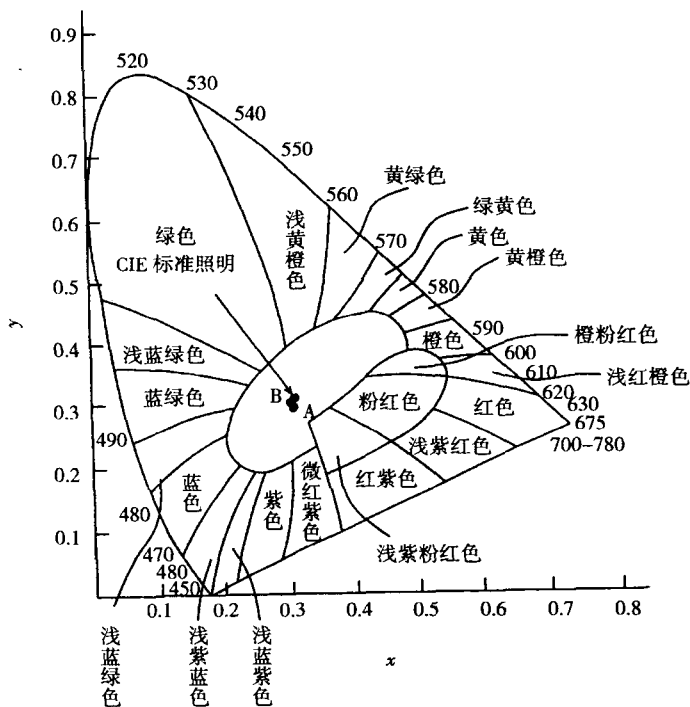
公开日：2003 年 12 月 31 日

公开号：CN1464568A

摘要：

本发明是关于应用发光二极管配合多种具荧光特性的粉体制作白光发光二极管的方法，其是利用可发出紫外光的发光二极管作为激发光源，激发可分别产生红光、绿光与蓝光的荧光体。同时，再针对此三波段荧光的特性，利用其他一种或一种以上荧光粉的荧光特性予以补强或修饰，而此四个含以上波段的荧光经混合后可产生白色光，与已知仅以红、绿与蓝三种荧光体相比较，本发明的荧光补强与修饰技术所得的白光具有亮度高与演色性高的优点。本发明也可利用具磷光特性的发光体作为上述多种荧光体中

的一种或以上,使其光色随着时间的改变呈现出不同颜色的变化。



图附 2-27

30. 一种发光二极管装饰灯泡及其制造方法

发明名称：一种发光二极管装饰灯泡及其制造方法

申请号: 02123261.X

申请人：徐继兴

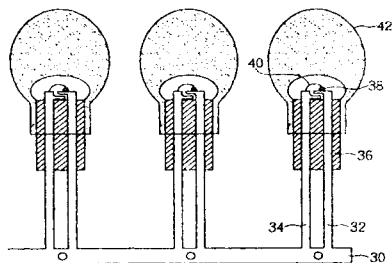
发明人：徐继兴

公开日：2003 年 12 月 31 日

公开号: CN1464555A

摘要:

本发明提供一种发光二极管装饰灯泡及其制作方法。首先提供一预铸式支架,该预铸式支架包含有至少一第一电极接脚,一与该第一电极接脚互相平行的第二电极接脚以及一预铸体环绕于该第一电极接脚与该第二电极接脚外侧。接着进行一管芯粘结工艺,以使一管芯连接至该第一电极接脚上方,且该管芯包含有至少一发光二极管。随后进行一引线键合工艺,以与该管芯上方形成一导线,用来连接该第一电极接脚与该第二电极接脚。最后于该预铸式支架上形成至少一装饰灯壳,用来包封住该管芯。由于该预铸体可以有效隔离工艺中的外部应力作用在发光二极管装饰灯泡的电极接脚上,因此可以有效避免电极接脚因扭曲导致导线被扯断的现象。



图附 2-28

31. 发光二极管外延片电致发光无损检测方法

发明名称: 发光二极管外延片电致发光无损检测方法

申请号: 02123646.1

申请人: 清华大学

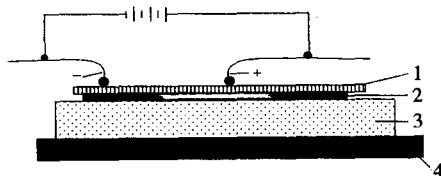
发明人: 韩立 董占民 苏哲 陈皓明

公开日: 2003 年 2 月 5 日

公开号: CN1395305A

摘要:

一种发光二极管外延片的检测方法,属检测仪器领域。本发明是在发光二极管外延片的表面安置正负两个电极,将一个高压恒流源接在正负两极,使发光二极管外延片中的P型层、N型层组成的反向二极管被击穿。使整个电路导通,引发发光二极管外延片的发光层发光,从而达到检测的目的。这种测量方法直接、无损、便捷,相对于光致荧光而言,还可以得到正向导通电压、反向漏电流等;对于LED外延片而言,还可以得到非常重要的电学参数。



图附 2-29

32. 三波长白光发光二极管的制造方法

发明名称: 三波长白光发光二极管的制造方法

申请号: 02124450.2

申请人: 诠兴开发科技股份有限公司

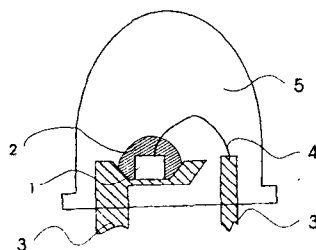
发明人: 陈兴

公开日: 2003 年 12 月 31 日

公开号: CN1464569A

摘要:

一般白光 LED 制造方法,其
一为蓝光 LED 晶粒加 YAG 黄色
荧光粉,白光波长只有两波长,
故仅适用于指示之用,无法用于
真正照明;另一种制造方式以紫



图附 2-30

外光激发三基色荧光粉，产生三波长的白光，目前因紫外光 LED 晶粒的衰减时间快，并且尚无紫外光封装专用的透明树脂，使其寿命与品质都降低不少。今本发明“三波长白光 LED 的制造方法”是选择波长 430~480nm 波段蓝光 LED 晶粒，于晶粒上涂覆红、绿荧光体，经蓝色光激发红、绿荧光体，而产生红、蓝、绿三波长的白色光，是目前制作白光 LED 以单颗晶粒产生高亮度三波长的最佳选择。

33. 紫光发光二极管激发的三基色荧光粉和合成方法

发明名称：紫光发光二极管激发的三基色荧光粉和合成方法

申请号：02126097.4

申请人：北京大学

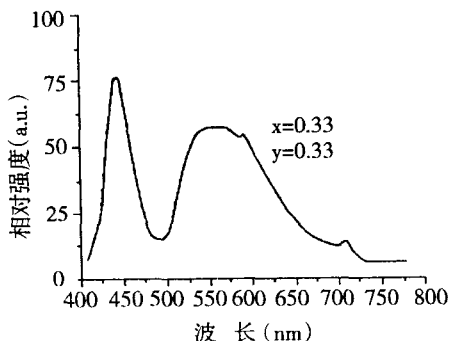
发明人：姚光庆 段洁菲 施建新 林建华

公开日：2003 年 2 月 19 日

公开号：CN1397625A

摘要：

本发明涉及一种紫光发光二极管激发的三基色荧光粉，由主要发射峰在红光区的红粉、主要发射峰在蓝光区的蓝粉和主要发射峰在绿光区的绿粉组成。红粉为三价铕激活的钇铝石榴石，蓝粉为二价铕激活的氯磷酸锶 / 钙，绿粉为铈激活的钇铝石榴石。采用高温固相反应制备三种荧光粉，将红、蓝、绿三种荧光粉按重量比 $(0.5 \sim 2) : (0.7 \sim 2.3) : (2 \sim 5)$ 混合。要紫光 LED 激发与发白光，解决了吸收紫光而发出白光的



图附 2-31

单一荧光粉很难实现的技术问题，可作为紫光 LED 发光材料广泛应用于发光领域。

34. 大功率照明发光二极管

发明名称：大功率照明发光二极管

申请号：02129029.6

申请人：苗延国

发明人：李一 汪华

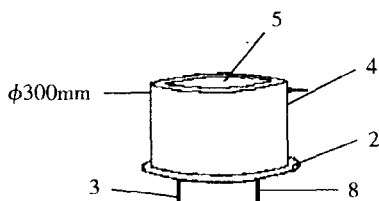
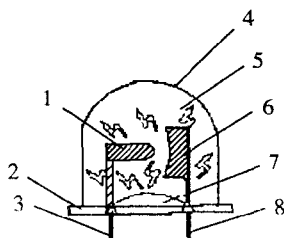
公开日：2003 年 2 月 19 日

公开号：CN1398006A

摘要：

本发明公开了一种大功率照明二极管，包括底座、透光罩、正负电极芯片、引脚，所述透光罩与底座围成一个空间，在所述空间内的底座上置有正负电极芯片；在所述空间外的底座上置有正负电极芯片的引脚，其特征在于：在所述正负

电极之间的底座上置有一弧形反光罩。本发明正负电极芯片的两端都制成弧形结构，增加了发光面积，同时，弧形反光罩不但增加了反光面积，而且增强了二极管光照亮度。



图附 2-32

35. 集合二极管新型光源

发明名称：集合二极管新型光源

申请号：02132646.0

申请人：吉林省超宇科工贸有限公司

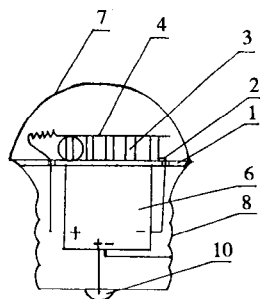
发明人：于深 李超 范黎

公开日：2003 年 1 月 15 日

公开号：CN1391061A

摘要：

本发明涉及一种集合二极管新型光源，属于照明灯具。金属板“1”上固定连接导线“2”，该导线“2”上焊接发光二极管芯片“3”的负极，该发光二极管芯片的正极焊接在另一根导线“4”上，该发光二极管芯片外面涂有发光二极管白色专用涂粉层“9”，该导线“4”上连接散热片“5”，散热片“5”连接到使用交流电的发光二极管显示器“6”正极，导线“2”连接到其负极，在金属板“1”的外面封装树脂“7”，大金属板的下方，发光二极管显示器“6”的外部罩有金属罩“8”，其内部有导线与发光二极管显示器“6”的正负输入端连接。优点在于：结构新颖，用途广泛，可用于室内外照明和汽车照明等，使用中微电，节能。



图附 2-33

36. ZnO 基同质结发光二极管

发明名称：ZnO 基同质结发光二极管

申请号：02136640.3

申请人：浙江大学

发明人：叶志镇 吕建国

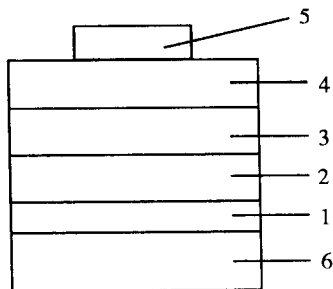
黄靖云 张银珠 邹璐

公开日：2003 年 2 月 26 日

公开号：CN1399356A

摘要：

本发明的 ZnO 基同质结发光二极管是以 ZnO 为基，在衬底上自下而上依次由第一电极层、P-Mg_{0.2}Zn_{0.8}O 薄膜层、ZnO



图附 2-34

基层、 $n\text{-Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ 薄膜层、第二电极层沉积而成。ZnO 基同质结发光二极管的优点是：①器件制作工艺相对异质结器件较为简单。②ZnO 基同质结结构，界面晶格匹配性好，有利于提高器件的性能。③利用 Mg 掺杂对禁带的调节作用，可以得到 3.3 ~ 4.2eV 的可调带隙，制得紫外光、紫光、绿光、蓝光等多种发光器件。

37. ZnO 基发光二极管

发明名称：ZnO 基发光二极管

申请号：02136641.1

申请人：浙江大学

发明人：叶志镇 黄靖云

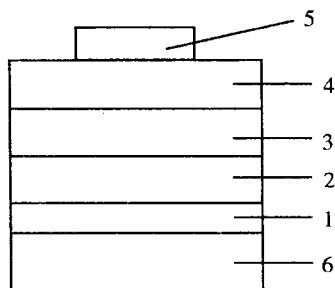
马德伟 赵炳辉

公开日：2003 年 2 月 26 日

公开号：CN1399357A

摘要：

本发明的 ZnO 基发光二极



图附 2-35

管在衬底上自下而上依次由第一电极层、N-ZnO 薄膜层、 $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ 基层、P-ZnO 薄膜层、第二电极层沉积而成。ZnO 基发光二极管的优点是：①利用 Cd 掺杂对发光层禁带的调节作用，可以得到 2.8 ~ 3.3eV 的可调带隙，制得紫外光、紫光、绿光、蓝光等多种发光器件。②ZnO 基异质结构，界面晶格匹配性好，有利于提高器件的性能。

38. GaN 基发光二极管用的荧光粉及其制备方法

发明名称：GaN 基发光二极管用的荧光粉及其制备方法

申请号：02152035.6

申请人：中山大学

发明人：苏锵 徐剑 约剑辉

公开日: 2003 年 4 月 23 日

公开号: CN1412271A

摘要:

本发明涉及一种 GaN 基发光二极管 (LED) 用的荧光粉及其制备方法, 该荧光粉是一种复合硫化物, 通式为 $(A_xR_{1-x}S)(B_2S_3)_y$ 或 $(A_xR_{1-x}S)(B_2S_3)_{y-z}(C_2S_3)_z$, 其中, A 代表一种或多种二价金属离子的组合; B 代表至少一种或多种选自铝、镓或铟的元素; C 代表一种或多种选自 Gd、Y 和 La 的元素; R 代表 Eu 或 Eu 和其他激活剂离子的组合; $0.001 \leq x \leq 1$ 、 $1 \leq y \leq 5$ 、 $0.01 \leq z \leq 1$ 。该荧光粉按通式表达要求的摩尔配比, 使用所表达元素的单质或化合物或盐, 经配料, 研细混匀后, 在保护气氛中经一次或多次煅烧而成。该荧光粉可在 300 ~ 500nm 光线 (特别是 400nm 和 470nm) 激发下发出 510 ~ 650nm 光线, 适用于制备高亮度的绿色或白色 GaN 基 LED 发光二极管。

39. 发光二极管支架

实用新型名称: 发光二极管支架

申请号: 02201534.5

申请人: 李进发

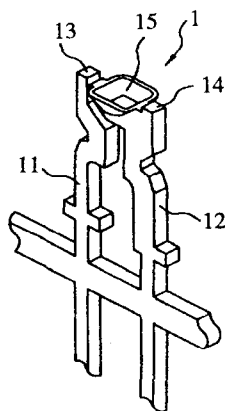
发明人: 李进发

公开日: 2003 年 2 月 26 日

公开号: CN2538070Y

摘要:

本实用新型公开了一种发光二极管支架, 在适于导电的金属片上连续冲出多个等距相连的支架单元, 每一支架单元包括有对立的第一接脚和第二接脚, 其中第一接脚上端形成供连接第一导线的第一接点, 第二接脚上端包括一固着晶片的凹槽; 该凹槽外侧



图附 2-36

进一步向上延伸形成一供连接第二导线的第二接点，第一和第二导线的另一端分别连接至晶片。其中的改良能提高发光二极管的亮度及消除光圈（黑影）。

40. 发光二极管封装结构

实用新型名称：发光二极管封装结构

申请号：02203015.8

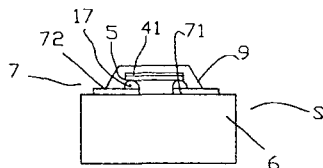
申请人：陈巧 吕奕良

发明人：陈巧 吕奕良

公开日：2003年2月12日

公开号：CN2535926Y

摘要：



图附 2-37

本实用新型公开了一种发光二极管封装结构，其是由具有单位光电元件“5”的晶粒“41”和玻璃基板“6”构成，其中，玻璃基板“6”一端面上设有一对金属焊片“7”，该金属焊片“7”具有内引金属焊片部“71”和外引金属焊片部“72”，两金属焊片是以内引金属焊片部 71 相对设置的，内引金属焊片部“71”上焊接的金属凸块“17”，晶粒“41”覆设在金属凸块“17”上，金属焊片“7”、金属凸块“17”及晶粒“41”的组合结构外部用绝缘体“9”包覆，而外引金属焊片部“72”裸露在外，本实用新型的晶粒“41”厚度为 0.05 ~ 0.1mm，而玻璃基板“6”的厚度为 0.3mm 左右或更薄，所以，整个封装结构体积小，在粘贴于母板上时，发光二极管 S 间的间距很小，约为 0.5mm，所以，单位面积母板上的发光二极管 S 数量相对增加，使其显像的解析度提高。

41. 高亮度白光的二极管白光光源

实用新型名称：高亮度白光的二极管白光光源

申请号：02205967.9

申请人：常耀辉

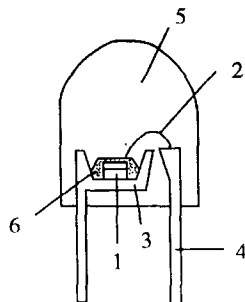
发明人：常耀辉

公开日：2003 年 8 月 20 日

公开号：CN2567782Y

摘要：

一种高亮度白光的二极管白光光源，包括有芯片、导线、支撑座反光碗、荧光层、端子和无色树脂磨头，其特征是：支撑座反光碗内设有作为蓝光光源的波长为 430~475nm 的蓝光芯片，其与端子导接，且芯片上覆盖有一层黄色荧光层，在由此构成的白色光源用透明的树脂包容在磨头内。



图附 2-38

42. 大功率发光二极管灯

实用新型名称：大功率发光二极管灯

申请号：02206241.6

申请人：葛世潮

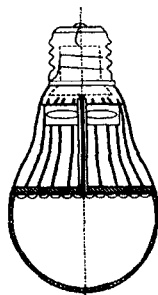
发明人：邝活豪 葛世潮

公开日：2003 年 6 月 25 日

公开号：CN2557805Y

摘要：

一种大功率发光二极管灯，它包括一个有至少一个发光二极管管芯的发光装置、一个透光泡壳、一个驱动器及其外壳、一个电连接器，所述发光二极管管芯被安装在一个高导热率基板上，所述基板与一个散热装置紧密热接触，所述散热装置还包括有至少一个小电扇，所述



图附 2-39

散热装置和小电扇可有效地把发光装置和驱动器产生的热散发掉,使发光装置工作在较低温度,从而可制成大功率、高效率、长寿命的发光二极管灯。

43. 发光二极管的改良

实用新型名称：发光二极管的改良

申请号：02206658.6

申请人：东贝光电科技股份有限公司

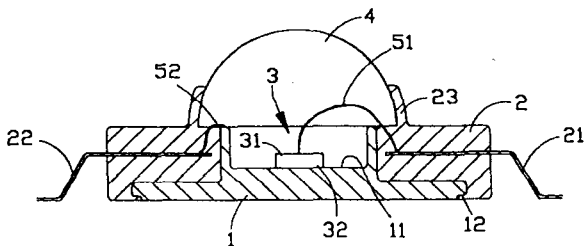
发明人：秦元正

公开日：2003 年 1 月 1 日

公开号: CN2529387Y

摘要:

本实用新型提供一种发光二极管的改良，该发光二极管包括：一个以上的发光晶片、一个第一散热导件及一个第二散热架体，借由第一散热导件、第二散热架体的设置，可将发光晶片发光时伴随产生的热量传递至外界，且更以第一散热导件外侧面的阶梯面增加散热的面积并强化接合结构，并避免发光二极管内局部温度过度升高所产生的问题，以整体具有较佳的散热效果，使得可持续增加电流以提高发光效率。



图附 2-40

44. 连结式表面粘着型发光二极管

实用新型名称：连结式表面粘着型发光二极管

申请号：02231267.6

申请人：诠兴开发科技股份有限公司

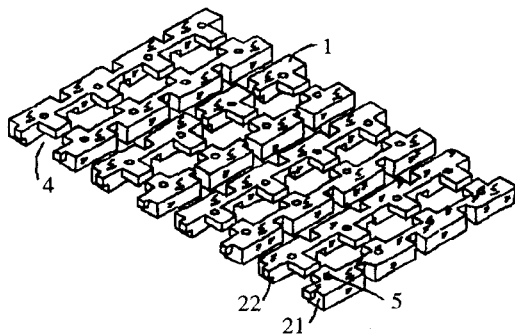
发明人：陈兴

公开日：2003 年 6 月 18 日

公开号：CN2556791Y

摘要：

本实用新型连结式表面粘着型发光二极管是一种表面粘着型发光二极管（SMD LED）的新型结构。制作方法是：以金属支架为基板，利用机械加工或化学蚀刻方式，使其中一面具有凹槽及基板电极与穿透孔的结构，后经射出成型方法，利用金属基板凹槽结构作为射出成型底座，使用射出塑料将凹槽填满并使 SMD 两侧表面粘着电极成一平面，同时塑料经射出成型形成连结型碗杯结构，并将两侧穿透孔结构填满，后将 LED 固晶、焊线、封胶制程后再将连结型金属基板结构以不同切割方法，形成单体结构成品或多连结单体结构 LED 模组成品。



图附 2-41

45. 大功率发光二极管

实用新型名称：大功率发光二极管

申请号：02233633.8

申请人：葛世潮

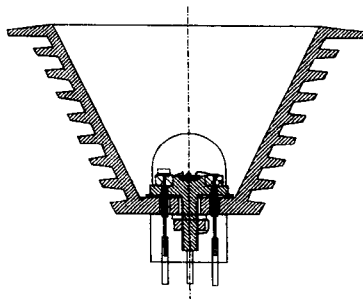
发明人：葛世潮 黄晞

公开日：2003 年 4 月 9 日

公开号：CN2544416Y

摘要：

一种大功率发光二极管，它包括有至少一个安装在高热导率金属基体的光反射面上的发光二极管芯片，所述金属基



图附 2-42

体有至少一个螺丝或至少一个螺丝孔，用于和散热装置紧密热接触；金属基体上有绝缘层和绝缘装置，用于连接引出线，从而可制成大功率、高效率的发光二极管和灯，用于照明、交通灯、汽车灯、飞机阅读灯、射灯和信息显示等，与现有技术相比，具有功率大、效率高、寿命长等特点。

46. 发光二极管晶片的串联结构

实用新型名称：发光二极管晶片的串联结构

申请号：02233777.6

申请人：光鼎电子股份有限公司

发明人：林明德

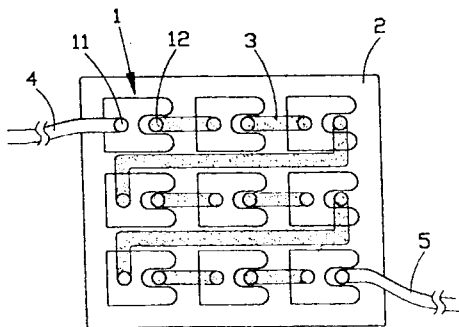
公开日：2003 年 5 月 14 日

公开号：CN2550905Y

摘要：

本实用新型提供一种发光二极管晶片的串联结构，该发光二极管以二维矩阵的方式配置复数个于基板上；且该复数个发光二

极管的 P 型半导体层与 N 型半导体层以一导体电性连接，使该复数个发光二极管的 P、N 型半导体层呈一串联连接的状态，并于该未与导体电性连接的 P、N 型半导体层分别电性连接有导电部，该导电部可供连接外部电源使用；如此，可使发光二极管增加晶片尺寸（CHIPSIZE）时提高亮度以及提高操作电压，并以降低操作电流的方式提高单一发光二极管的亮度，进而改善外部供电设备与发光二极管的操作条件与其所附加的电器设备。



图附 2-43

47. 功率型发光二极管

实用新型名称：功率型发光二极管

申请号：02272450.8

申请人：佛山市光电器材公司

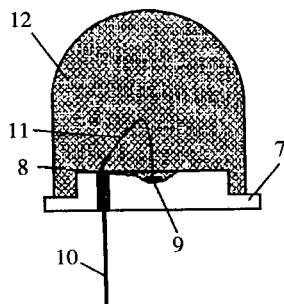
发明人：李炳乾 布良基

公开日：2003 年 7 月 30 日

公开号：CN2563753Y

摘要：

本实用新型公开了一种功率型发光二极管，其特点是在热沉上至少固定有一根贯穿热沉绝缘的引脚，该引脚与半



图附 2-44

导体芯片电连接，在热沉上固定有透明的包封树脂，包封树脂将热沉的反光腔连同半导体芯片以及芯片与引脚电连接的部分一起封于其内。本实用新型简化了功率型发光二极管的结构和制造工艺，并且在制造过程中可充分利用小功率发光二极管的成熟技术，从而使产品质量稳定性大大提高，并使得原来生产小功率发光二极管的企业很容易发展生产功率型发光二极管。

48. 高效率大功率发光二极管

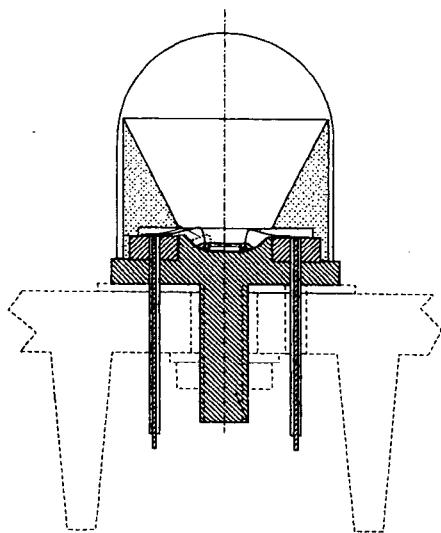
实用新型名称：高效率大功率发光二极管

申请号：02236692.X

申请人：葛世潮

发明人：葛世潮

公开日：2003 年 3 月 19 日



图附 2-45

公开号: CN2540685Y

摘要:

一种高效率大功率发光二极管, 它包括有至少一个发光二极管芯片, 它们被安装在一个金属基体上, 芯片上方有一光反射装置和一定形状的透光介质; 金属基体有至少一个螺丝或至少一个螺丝孔, 用于与散热装置相连; 芯片的电极经与金属基体绝缘的引线或金属基体引出, 从而可制成大功率、高效率的发光二极管, 用于照明、交通灯、汽车灯、飞机阅读灯、射灯和信息显示等, 与现有技术相比, 具有效率高、功率大、寿命长等特点。

49. 功率型发光二极管框架

实用新型名称: 功率型发光二极管框架

申请号: 02270626.7

申请人: 潍坊华光新能电器有限公司

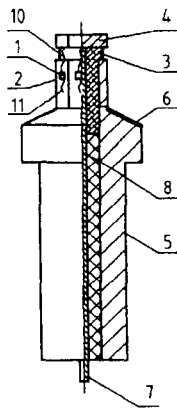
发明人: 王新华 安建春

公开日: 2003 年 10 月 15 日

公开号: CN2580606Y

摘要:

本实用新型涉及一种功率型发光二极管框架, 包括发光二极管芯片, 发光二极管芯片装在散热性能优良的多棱柱体的每一个侧面上, 发光二极管芯片的负极与多棱柱体构成电连接, 多棱柱体有一内腔, 该内腔中插接有上伸的绝缘体, 绝缘体顶面上固接一与发光二极管芯片正极构成电连接的正极板体, 多棱柱体的底面固接有下伸、散热性能优良的负极框架体, 负极框架体靠近多棱柱体的一段呈圆台形, 该圆台形的侧面上固接有反射面层, 正极引线脚穿过负极框架体的内腔、绝缘体与正极板体连接。这种功率型发光二极管框架能用于照明。



图附 2-46

50. 一种 GaN 基多量子阱蓝光发光二极管

实用新型名称：一种 GaN 基多量子阱蓝光发光二极管

申请号：02289265.6

申请人：中国科学院物理研究所

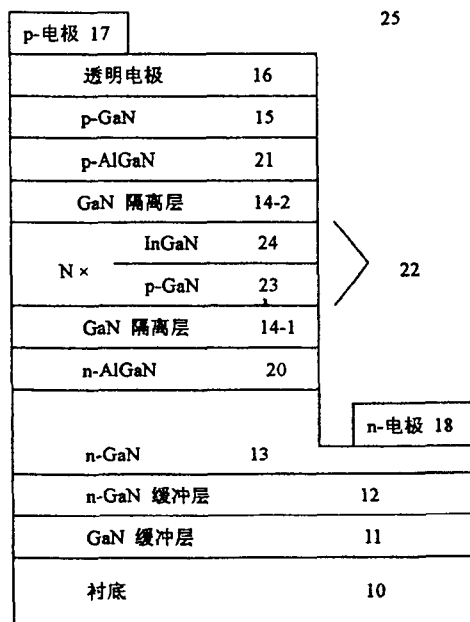
发明人：陈弘 于洪波 周均铭 贾海强 韩英军 黄绮

公开日：2003 年 12 月 31 日

公开号：CN2596556Y

摘要：

本实用新型公开一种 GaN 基多量子阱蓝光发光二极管，该二极管的多量子阱结构包括：P 型掺杂的 AlGa N 层；N 型掺杂的 AlGa N 层；在 AlGa N 层之间的由 P 型掺杂的 GaN 层与不掺杂的 InGa N 层组成的 n 个量子阱；还包括在 P 型掺杂的 AlGa N 层与 n 个量子阱之间的不掺杂的 GaN 隔离层及在 N 型掺杂的 AlGa N 层与 n 个量子阱之间的不掺杂的 GaN 隔离层，通过合理调整 GaN 隔离层的厚度，可以有效地调整 PN 结的位置，使之位于多量子阱区域，有效增强发光二极管的发光强度。



图附 2-47

编者按语

当今发光二极管技术领域发展迅猛，国内外许多公司投入巨大的科研经费和人力参与科技水平顶级的竞争，及时了解和掌握这些资料，对于提高我们的产业水平显得极其重要。

为了让 LED 行业企业及时掌握最新技术工艺资料，我们精选了国内外 LED 最新专利各 50 项专利摘要，供大家研究和借鉴。我处备有更多的国内外 LED 发明专利的详细的资料，阐述每个项目的技术领域、现有市场产品技术分析、新产品发明的市场背景、新产品制作主要技术原理、实现该产品生产工艺过程、具体实施方案。

如欲了解国内外专利发明的详细资料情况请与上海市光电子行业协会联系，我们将竭诚为您服务。

地址：上海市张江高科技园区碧波路 518 号 B205 室

电话：021-50805487 021-50205489

传真：021-50805486

http: // www.chinasoi.org

E-mail: sota@chinasoia.org

责任编辑：郭 健

封面设计：郑 红

ISBN 7-5381-4650-4



9 787538 146509 >

ISBN 7-5381-4650-4

定价：38.00 元