

实用电子技术丛书

光电器件基础与应用

彭 军 编著



科学出版社
www.sciencep.com

实用电子技术丛书

光电器件基础与应用

彭 军 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书介绍半导体光电器件的基本知识及最新应用。内容分为两大部分,第一部分介绍各种半导体发光、受光器件的基本知识,以及在传感技术、测量技术中的应用;第二部分主要介绍以 OPIC 为代表的、发光器件与受光器件的组合应用,例如光耦合器、光断续器、固体继电器、IrDA 器等。

本书内容与时俱进,实用性强,可以作为半导体器件、光电子、传感技术等专业本科生、研究生的教学参考书,也可供相关领域工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

光电器件基础与应用/彭军编著. —北京:科学出版社,2009

(实用电子技术丛书)

ISBN 978-7-03-024508-3

I. 光… II. 彭… III. 半导体器件:光电器件 IV. TN36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 065277 号

责任编辑:杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:李 力

北京东方科龙图文有限公司 制作

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

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 6 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2009 年 6 月第一次印刷 印张: 20 1/2

印数: 1—5 000 字数: 398 000

定 价: 39.80 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

半导体光电器件的发展不但促进了传感技术的飞速发展,而且在光电子技术中展现出了无限的应用潜力。在电子技术突飞猛进的同时,光电子技术已经在AV设备、计算机周边设备以至于信息通信、自动控制等领域得到了广泛的应用。最近,作为信息大容量化、高速化、网络化及节能化的关键器件,光电子器件的应用领域不断地在扩展。进入21世纪以来,光电子技术的应用进一步拓展,在数字家电、高密度磁盘、移动/信息通信,甚至于在车载电子器件等许多领域内引起巨大的变革。

本书内容分为两大部分,第一部分介绍各种半导体发光、受光器件的基本知识,以及在传感技术、测量技术中的应用。第二部分主要介绍以OPIC为代表的、发光器件与受光器件的组合应用,例如光耦合器、光断续器、固体继电器、IrDA器等。

本书在介绍光电器件的原理、基本特性的同时,列举了大量具体的应用电路实例,重点介绍部件的选择、制作上的要点等临场技术技巧。通过大量光电器件的应用实例,向读者揭示光电器件最先进的使用方法,以使读者能够活学活用。

本书内容与时俱进,实用性强,可以作为半导体器件、光电子、传感技术等专业本科生、研究生的教学参考书,也可供相关领域工程技术人员参考。真诚希望创造新世纪的技术开发者和设计者,能够从本书中受益。

最后,谨向在编写本书过程中所参考、引用的文献、书籍的著译者表示谢意,同时对在本书的策划、编辑、出版过程中给予大力支持和指导的科学出版社东方科龙电子电工编辑部杨凯先生,以及各位工作人员表示诚挚的感谢。

编著者

目 录

第 1 章 可见光发光二极管	1
1.1 可见光发光二极管的工作原理	2
1.2 可见光发光二极管使用的半导体材料及结构	3
1.3 可见光发光二极管的特性	5
1.3.1 绝对最大额定值	5
1.3.2 电流-电压特性	6
1.3.3 环境温度与容许工作电流	6
1.3.4 发光强度-正向电流特性	7
1.3.5 发光强度-环境温度特性	8
1.3.6 发光谱	8
1.3.7 方向性	9
1.3.8 响应特性	9
1.4 可见光发光二极管的基本使用方法	9
1.4.1 如何使可见光发光二极管发光	9
1.4.2 基本驱动电路	10
1.4.3 调光方法	10
1.5 可见光发光二极管的应用例	12
1.5.1 LED 在便携式电话中的应用	12
1.5.2 在娱乐设备上的应用	16
1.5.3 在车载设备中的应用	17
1.5.4 在交通信号机中的应用	17
1.5.5 LED 用作自动识别装置的光源	18
1.5.6 在照明设备方面的应用	18
1.5.7 在复印机/打印机上的应用	20
1.5.8 在投影机光源中的应用	22
1.5.9 数字显示	23
1.5.10 点矩阵	24
1.5.11 LED 显示板	27
第 2 章 红外发光二极管	29
2.1 红外发光二极管的工作原理与结构	29

2.2	红外发光二极管的特性	30
2.2.1	电流-电压特性	30
2.2.2	功 耗	31
2.2.3	辐射束-电流特性	31
2.2.4	电流的最大额定值与脉冲驱动	32
2.2.5	发光谱	32
2.2.6	方向性	33
2.3	红外发光二极管的基本使用方法	34
2.3.1	驱动点	34
2.3.2	基本驱动电路	34
2.4	红外发光二极管的应用例	35
2.4.1	串联、并联驱动多个发光二极管	35
2.4.2	使用晶体管的恒流驱动电路	36
2.4.3	由逻辑 IC 驱动	38
2.4.4	正弦波调制电路	39
2.4.5	脉冲调制电路	41
2.4.6	与光敏三极管组合的应用例	45
第3章	半导体激光器	47
3.1	半导体激光器的工作原理	47
3.1.1	自发辐射与受激辐射	47
3.1.2	直接跃迁与间接跃迁	48
3.1.3	产生激光的基本条件	49
3.2	半导体激光器的结构	50
3.2.1	分布反转	50
3.2.2	双异质结构激光器	51
3.2.3	双异质结构激光器的实用化	52
3.2.4	量子阱半导体激光器	52
3.2.5	F-P 腔半导体激光器的基本结构	53
3.3	半导体激光器的特性	55
3.3.1	正向电压-正向电流特性	55
3.3.2	正向电流-光功率特性	55
3.3.3	振荡波长	56
3.3.4	辐射特性	56
3.3.5	散 光	56
3.3.6	噪声特性	56
3.3.7	COD	57
3.3.8	光功率的时间特性	58

3.4	半导体激光器的基本使用方法	58
3.5	单体激光器与全息照相激光器	59
3.6	全息照相激光器的工作原理	63
3.7	半导体激光器光功率的测定方法	65
3.7.1	利用光敏二极管的简易测定方法	65
3.7.2	脉冲驱动场合测定光功率的方法	65
3.8	半导体激光器的使用方法	66
3.8.1	电学方面的注意事项	66
3.8.2	光学方面的注意事项	68
3.8.3	作业中的注意事项	69
3.9	半导体激光器的应用例	69
3.9.1	APC 驱动电路	70
3.9.2	在光盘读写中的应用	72
3.9.3	在激光打印机上的应用例	76
3.9.4	其他应用例	77
第4章	受光器件	79
4.1	受光器件的工作原理	79
4.1.1	光敏二极管	79
4.1.2	光敏三极管	82
4.1.3	OPIC	83
4.2	受光器件的结构	84
4.2.1	光敏二极管	84
4.2.2	光敏三极管	85
4.2.3	OPIC	85
4.3	受光器件的特性	87
4.3.1	分光灵敏度特性与方向性	87
4.3.2	光敏二极管的电学特性	92
4.3.3	光敏三极管	93
4.3.4	OPIC	95
4.4	受光器件的基本使用方法	97
4.4.1	光敏二极管	97
4.4.2	光敏三极管	98
4.4.3	OPIC	99
4.5	受光器件的应用例	100
4.5.1	光敏二极管	100
4.5.2	光敏三极管	104
4.5.3	OPIC	106

第5章 红外传感器	117
5.1 热释电型红外传感器	117
5.1.1 热释电型红外传感器的工作原理	118
5.1.2 热释电型红外传感器的结构特点	120
5.1.3 热释电型红外传感电路的特点	122
5.2 热电堆红外传感器	124
5.2.1 热电堆的原理	124
5.2.2 热电堆非接触式温度计电路	125
5.2.3 4次方根运算电路的制作方法	127
第6章 光敏器件的应用	131
6.1 基本应用电路	131
6.1.1 光敏二极管的基本应用是照度测量	131
6.1.2 分光灵敏度与比视觉灵敏度	131
6.1.3 简单的照度计电路及使用器件	132
6.1.4 用光敏传感器制作便携式照度计	135
6.2 转换电路与保护电路	137
6.2.1 使用电阻器的电流-电压变换电路	137
6.2.2 使用运算放大器的电流-电压变换电路	139
6.2.3 电流-电压变换电路的保护电路	141
6.2.4 低噪声的电荷-电压变换电路	143
6.3 偏置电压电路	145
6.3.1 偏置电压电路的制作方法	145
6.3.2 偏置电压的稳压电路	145
6.4 微弱信号的电路技巧	148
6.4.1 利用屏蔽技术或者特氟隆绝缘端子	148
6.4.2 使用低噪声电缆	148
6.5 跨阻抗电路	150
6.5.1 信噪比与高频响应	150
6.5.2 跨阻抗电路	151
6.5.3 跨阻抗电路专用集成电路	153
6.5.4 跨阻抗电路的噪声	154
第7章 应用光电器件的光传感器单元	159
7.1 测距传感器	159
7.1.1 测距传感器的工作原理	159
7.1.2 内部电路构成	160

7.1.3	测距传感器的形状与特性	161
7.1.4	测距传感器的基本使用方法	162
7.1.5	测距传感器使用上的注意事项	162
7.1.6	应用测距传感器的宽角度传感器	164
7.2	微尘传感器	166
7.2.1	微尘传感器的工作及识别原理	166
7.2.2	微尘传感器的形状与特性	168
7.2.3	微尘传感器的基本使用方法	169
7.2.4	使用微尘传感器时的注意事项	169
7.3	色粉浓度传感器	171
7.3.1	色粉浓度传感器的工作原理	171
7.3.2	色粉浓度传感器的形状和特性	173
7.3.3	色粉浓度传感器的基本使用方法	173
7.3.4	使用色粉浓度传感器时的注意事项	175
第8章	光断续器	177
8.1	光断续器的工作原理	177
8.2	光断续器的结构与特性	178
8.2.1	光断续器的结构	178
8.2.2	光断续器的特性	180
8.3	光断续器的基本使用方法	183
8.3.1	使用光断续器时的注意事项	183
8.3.2	使用透射型光断续器的电路例	185
8.3.3	使用反射型光断续器的电路例	192
8.4	光断续器的应用	194
8.4.1	应用电路	194
8.4.2	OPIC	202
第9章	光耦合器	215
9.1	光耦合器的工作原理	215
9.2	光耦合器的结构与特性	216
9.2.1	光耦合器的结构	216
9.2.2	光耦合器的特性	218
9.3	光耦合器的基本使用方法	220
9.4	光耦合器的应用例	221
9.4.1	光耦合器的种类	221
9.4.2	光耦合器的应用电路例	225
9.4.3	作为高速光耦合器使用的发射极接地型的电路结构	227

9.4.4	与 CMOS 的接口	227
9.4.5	电压监视电路	228
9.4.6	带有监视器的蓄电池充电电路	228
9.4.7	电话机来电检测电路与回线连接电路	229
9.4.8	AC 电源线监视电路	229
9.4.9	开关调节器中的电压检测电路	230
9.4.10	变频器电路	230
9.4.11	在 SSR 中的应用	231
9.4.12	在附有零交叉功能的 SSR 中的应用	235
第 10 章	固态继电器	237
10.1	SSR 的工作原理	237
10.1.1	零交叉型和非零交叉型 SSR 的不同之处	238
10.1.2	SSR 的转向关断	239
10.1.3	相位控制	239
10.2	SSR 的结构与特性	240
10.2.1	SSR 的结构	240
10.2.2	SSR 的特性	240
10.3	SSR 的基本使用方法	244
10.3.1	输入电路	244
10.3.2	选定限流电阻 R_1 (例)	245
10.3.3	输出电路	245
10.3.4	缓冲电路	246
10.3.5	发热的问题	247
10.3.6	开路时的漏电流	248
10.3.7	噪声误动作的问题	248
10.3.8	涌入电流	248
10.3.9	过电流	248
10.3.10	转换特性	248
10.3.11	di/dt	249
10.3.12	闭锁电流	249
10.4	固态继电器的应用例	249
10.4.1	开关驱动 SSR 的例子	249
10.4.2	晶体管、IC 驱动的例子	250
10.4.3	交流驱动例(电桥整流型)	253
10.4.4	白炽灯泡的 ON/OFF 控制电路	253
10.4.5	燃气点火装置	253
10.4.6	基于计时器的 SSR 控制	254

10.4.7	双向马达的正/逆转电路	254
10.4.8	保持输入型开关与 SSR	255
10.4.9	空调的风叶控制	256
10.4.10	洗衣机的电磁阀控制	256
10.4.11	冰箱的温度调节用加热器控制	257
第 11 章	IR 通信用器件	259
11.1	IrDA 的工作原理	260
11.1.1	发信端	260
11.1.2	接收端	260
11.1.3	IrDA 器件内部电路的工作	260
11.2	IrDA 的结构及基本使用方法	262
11.2.1	IrDA 的结构	262
11.2.2	IrDA 的基本使用方法	262
11.3	IrDA 数据用光空间传送器件的应用例	266
11.3.1	IrDA 数据的应用电路例	266
11.3.2	IrDA1.2 小功率器件	267
11.3.3	IrDA 控制器用光空间传送器件	269
第 12 章	遥控器受光单元	279
12.1	遥控受光单元的工作原理	279
12.1.1	发信信号	279
12.1.2	内部电路的工作	280
12.2	遥控受光单元的结构与特性	282
12.2.1	遥控受光单元的结构	282
12.2.2	遥控受光单元的特性	283
12.3	遥控受光单元基本的使用方法	293
12.4	遥控受光单元的应用例	294
第 13 章	光纤环	297
13.1	光纤环的工作原理	297
13.2	光纤环用连接器的结构	298
13.3	光纤环的基本使用方法与应用例	310
13.3.1	光纤环的基本使用方法	310
13.3.2	光纤环在车载网络中的应用	310
13.4	MOST 环的应用例	314

第1章

可见光发光二极管

20 世纪 60 年代后期,首先实用化的红光可见光发光二极管(可见光 LED)由于长寿命、低功耗、体积小、驱动电压低等特点,开始取代小型灯泡并且迅速得到广泛应用。由于上述特点,使发光二极管容易利用晶体管或者 IC 直接驱动,因而在各种电子设备发展的同时,作为 LED 指示灯、数字显示等以显示为目的的人机接触器件,已经是不可缺少的了。

大约经过了 30 年,开发出了蓝色 LED,使得利用固态半导体实现 RGB 三元色全彩色显示,在整个可见光范围表现各种光成为可能,这也促进固态光源的进一步开发研究。使用蓝光和荧光体的白色 LED 已经实用化。这个技术的产生不仅对半导体产业界,对处理荧光体的化学药品业界也是很强的刺激。现在已经扩展到全彩色电光显示板、手机照相用的闪光灯光源、彩色液晶的背光等要求具有良好重复性的领域。对于普通照明 LED 的高辉度化、高效化的开发研究也在进行中。人们可以期待今后将会开发出各种用途的新型的发光器件取代以往的光源。

红外光 LED 在遥控器等应用方面有很长的历史。近年来,由于紫外光域 LED 的开发,使得 LED 的应用从单纯的认识光源迅速地向功能器件扩展。在许多方面呈现出应用潜力:

- (1) 紫外 LED 与氧化钛催化剂结合连续脱臭装置。
- (2) 使用任意波长的 LED 光源抑制或促进植物的生长。
- (3) 使用任意波长的 LED 的光源促进鱼介类生长或选择性捕鱼。
- (4) 抑制昆虫飞散的可见光照明。
- (5) 控制 R、G、B 的 LED 发光的演出照明装置。
- (6) 利用分别驱动 R、G、B 的颜色变化的模糊指示器。
- (7) 液晶光闸与 R、G、B 分别驱动的 LED 背光组合构成的全色显示 TV。
- (8) 医疗用照明光源(UV+荧光体)内视镜、腹腔镜、光治疗器、手术用照明光源等。
- (9) 使用紫外 LED 的冷藏库内制冰机防霉装置。

这些用途巧妙地利用了与自然界的光和色不同的波长分布特性的 LED 的特点。

1.1 可见光发光二极管的工作原理

发光二极管(LED;Light Emitting Diode)是一种 PN 结半导体器件,通过电流从 p 型一侧流向 n 型一侧,产生高效率的发光。

发光波长(颜色)由半导体的材料、结构,以及掺入的杂质等因素决定,一般来说发光的输出与流过 pn 结的电流成比例。如图 1.1 所示,当 pn 结加正向电压,即阳极(p 型区一侧)加正电压,阴极(n 型区一侧)加负电压时,p 型区的空穴会穿过 pn 结向 n 型区移动,而 n 型区的自由电子会穿过 pn 结向 p 型区移动。在这个过程中,自由电子与空穴的一部分会因复合而消失,自由电子和空穴所具有的能量将以光的形式自然放出。这种光的波长大体上由 pn 结处的禁带宽度来决定。禁带宽度越大波长越短,禁带宽度越小波长越长。就是说发光的波长,即“色”取决于材料的性质。而 p 区与 n 区发光的比例则由发光二极管的材料、结构以及掺入的杂质等因素决定。

发光二极管与电灯之类相比,具有以下优点:

- (1) 能够连续发光 5 万小时以上。
- (2) 消耗功率低。
- (3) 发热量微小。
- (4) 发光范围可以从红外到紫外。

近年来,随着蓝光 LED 的实用化,所谓光的三元色[红(R)、绿(G)、蓝(B)]业已齐全,因而发光二极管的用途已经急速地扩展到全彩色显示、交通信号等领域。而且正在取代传统的白炽灯向照明领域扩展。照片 1.1 示出了实际的发光二极管照明灯,图 1.2 示出它的结构。

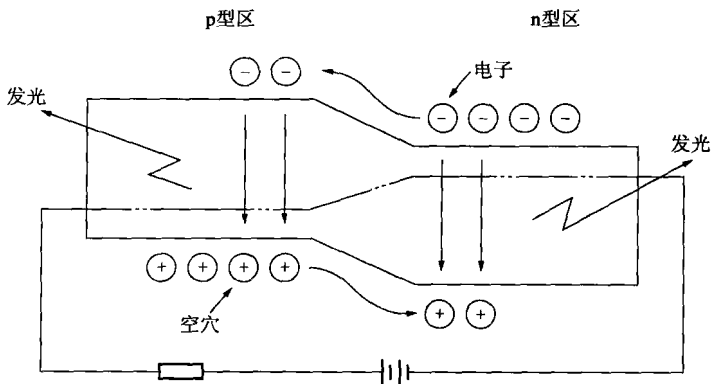
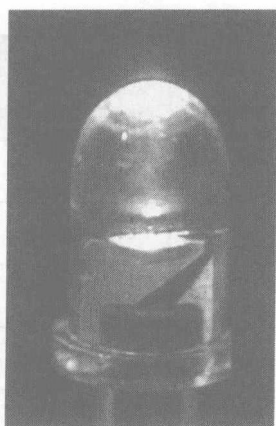


图 1.1 发光二极管的发光原理



照片 1.1 红色发光二极管

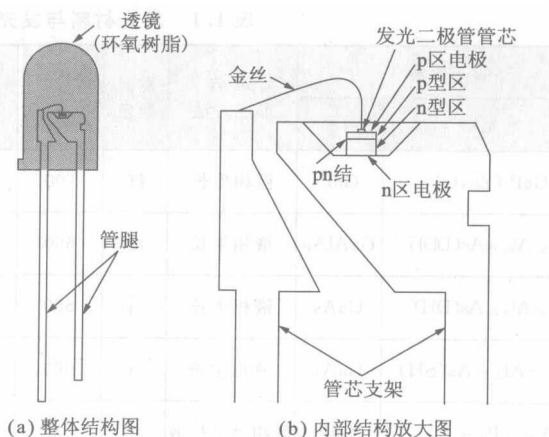


图 1.2 发光二极管的结构

1.2 可见光发光二极管使用的半导体材料及结构

实用上最重要的半导体发光器件的材料主要是位于化学元素周期表的Ⅲ族和V族元素的化合物。下面介绍主要的化合物半导体。

(1) GaAs: GaAs 是Ⅲ-V族化合物中研究最多、最深入的半导体材料。而且也是能够得到的结晶性能最良好的单晶材料。它用作红外线发光器件材料。

(2) GaP: GaP 是间接带隙型半导体, 不过它能够以低电流/高效率发光, 而且是一种能够发出从红色到黄绿色光的材料。

(3) GaAsP: $\text{GaAs}_{1-x}\text{Px}$ (x 是混晶比, 表示材料中 As 与 P 的比例, 两者之和为 1) 是 GaAs 与 GaP 的混晶体。用气相外延法可以比较容易地批量生产出质量优良的单晶体。发光颜色有黄色、橙色。

(4) AlGaAs: 是一种能够发出高辉度红光的材料。是 GaAs 与 AlAs 的混晶体, 也能够作为半导体激光器材料使用。

(5) AlGaInP: 近年来, 由于气相生长技术的成熟提高了发光强度, 因而这种材料的使用量迅速增加。通过改变 Al 与 Ga 的混晶比, 可以发出从红色到绿色的光。

(6) InGaN: 由于 InGaN 也能得到高的发光强度, 因而近年来的使用量迅速增加。通过改变 In 与 Ga 的混晶比, 可以发出从黄色到紫色的光。

表 1.1 列出使用各种材料制作的典型的发光二极管的光学、电学特性。图 1.3 示出 AlGaInP 系 LED 的结构示意图。图 1.3(a) 是普通结构; 图 1.3(b) 是在电极下方设置有电流阻挡层, 目的是阻挡无效电流流过; 图 1.3(c) 是限制发光部分、增加电流密度, 以获得高辉度的结构。图 1.3(b)、(c) 所示结构的制造过程是在中断外延结晶生长后, 从反应器中取出衬底, 经加工后再次将衬底放入反应器中进行外延生长获得的。

表 1.1 发光材料与发光颜色

管芯材料		pn 结 形成方法	发光 颜色	峰值发 光波长 (nm)	外部发 光效率 (%)	发光 强度 (mcd)	驱动 电流 (mA)	驱动 电压 (V)	禁带 宽度 (eV)
发光层	衬底								
GaP (Zn,O)	GaP	液相生长	红	700	~4	40	5	2	2.26
Ga _{0.65} Al _{0.35} As(DDH)	GaAlAs	液相生长	红	660	~15	5000	20	1.9	1.9
Ga _{0.65} Al _{0.35} As(DH)	GaAs	液相生长	红	660	~7	2500	20	1.9	1.9
Ga _{0.65} Al _{0.35} As(SH)	GaAs	液相生长	红	660	~3	1200	20	1.8	1.9
GaAs _{0.35} P _{0.65}	GaP	气相外延扩散	红	635	0.6	600	20	2	1.95
GaAs _{0.15} P _{0.85}	GaP	气相外延扩散	黄	585	0.2	600	20	2	2.1
(Al _{0.05} Ga _{0.95}) _{0.5} In _{0.5} P	GaAs	MOCVD*	红	647	~8	6000	20	2.1	1.92
(Al _{0.20} Ga _{0.80}) _{0.5} In _{0.5} P	GaAs	MOCVD*	橘黄	609	~4.5	10000	20	2.1	2.04
(Al _{0.30} Ga _{0.70}) _{0.5} In _{0.5} P	GaAs	MOCVD*	黄	591	~3	8000	20	2.1	2.1
(Al _{0.45} Ga _{0.55}) _{0.5} In _{0.5} P	GaAs	MOCVD*	绿	560	~0.2	1000	20	2.1	2.2
GaP(N)	GaP	液相生长	绿	565	0.2	1000	20	2	2.26
In _{0.45} Ga _{0.55} N	蓝宝石 SiC	MOCVD*	绿	520	~3	10000	20	3.5	2.38
In _{0.2} Ga _{0.8} N	蓝宝石 SiC	MOCVD*	蓝	465	~4	3000	20	3.6	2.67
In _{0.10} Ga _{0.90} N	蓝宝石 SiC	MOCVD*	蓝紫	405	~8	—	20	3.7	3.06

* MOCVD:金属有机物化学气相淀积法。

图 1.4 是能够得到蓝色、绿色的高辉度发光的 InGa_N 系 LED 的结构示意图。图 1.4(a)是使用蓝宝石衬底的结构,图 1.4(b)是使用 SiC 衬底的结构。为了提高光的取出效率,也有提出在各自的衬底中,将发光层与衬底倒置的结构方案。由于蓝宝石衬底和 SiC 衬底与 InGa_N/Ga_N 的晶格不匹配,所以为了生长出发光特性优良的高质量结晶材料,还需要进一步采用缓冲层等的结晶生长方法。

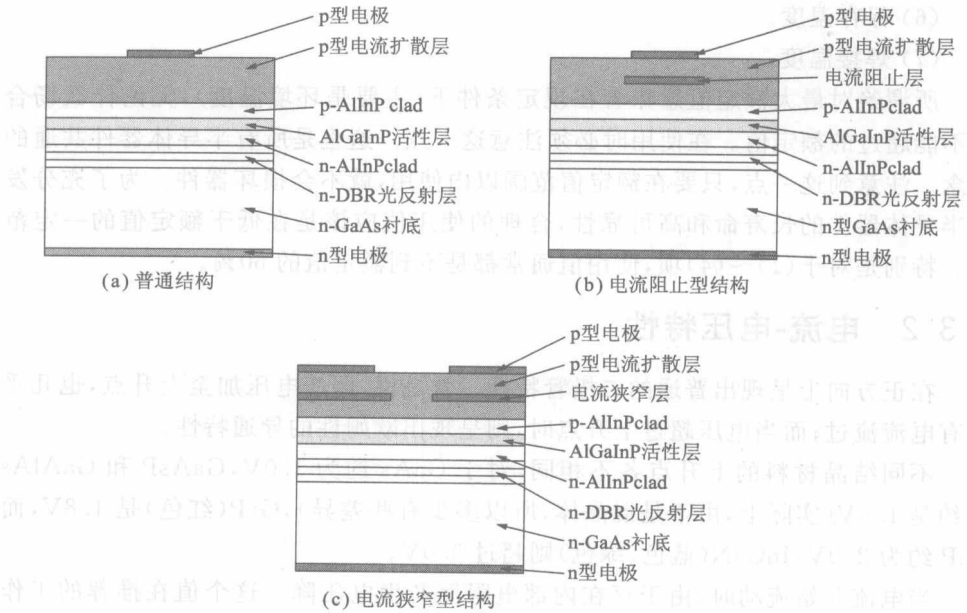


图 1.3 AlGaInP 系高辉度 LED 的结构示意图

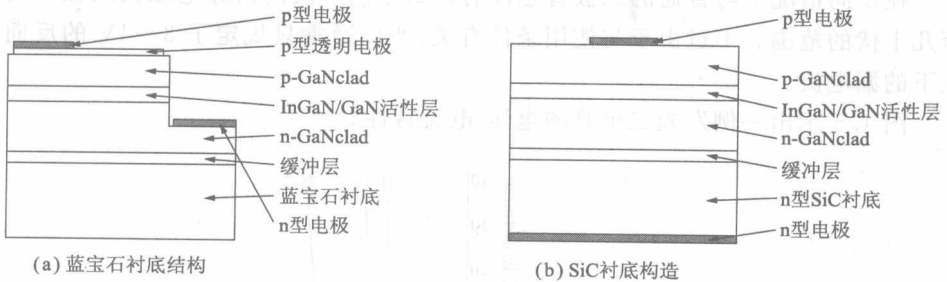


图 1.4 InGaN 系高辉度 LED 的结构示意图

1.3 可见光发光二极管的特性

1.3.1 绝对最大额定值

绝对最大额定值一般来说有如下各项规定：

- (1) 容许损耗：附有与环境温度相关的降低曲线。
- (2) 正向电流：附有与环境温度相关的降低曲线。
- (3) 正向峰值电流：规定有脉冲宽度、占空比，另外，还规定有以占空比为参数的相关曲线。
- (4) 反向电压。
- (5) 工作温度。

(6) 保存温度。

(7) 焊接温度。

所谓绝对最大额定值意味着在规定条件下(主要是环境温度),无论什么场合都不能超过的额定值。在使用时必须注意这一点。这也是所有半导体器件共通的概念。注意到这一点,只要在额定值范围以内使用,就不会损坏器件。为了充分发挥半导体器件的长寿命和高可靠性,合理的使用值应该是在低于额定值的一定范围。特别是对于(1)~(4)项,使用值通常都是不到额定值的 60%。

1.3.2 电流-电压特性

在正方向上呈现出普通的二极管特性。就是说,即使电压加至上升点,也几乎没有电流流过;而当电压超过上升点时,则呈现出欧姆性的导通特性。

不同结晶材料的上升点各不相同,对于 GaAs 约为 1.0V, GaAsP 和 GaAlAs 大约是 1.5V(实际上,由于是混晶体,所以多少有些差异),GaP(红色)是 1.8V,而 GaP 约为 2.0V, InGaN(蓝色、绿色)则超过 3.0V。

当电流开始流动时,由于存在内部电阻而产生电压降。这个值在推荐的工作电流范围内,大约是 0.3~0.5V。

在反向情况下与普通的二极管也没有什么不同。反向击穿电压大约在十几伏至几十伏的范围。不过由于与使用条件有关,所以通常只规定了 3~4V 的反向电压下的漏电流。

图 1.5 示出一例发光二极管的电压-电流特性。

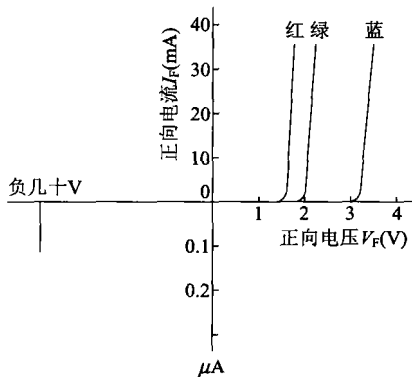


图 1.5 发光二极管的电压-电流特性

1.3.3 环境温度与容许工作电流

当正向电流流过二极管的 pn 结时,由于损耗,结区会发热。如果 LED 芯片的周围覆盖有树脂,那么这些热量将沿 LED 芯片→黏合剂→引线的路径散发出去。但是在各个部分以及接触部分会妨碍这些热量的散发,就是说具有热阻。热阻由