

-

实用



SHIYONG GUANGDIANZI XIANLU

封面设计 张瑞邦

ISBN 7-5323-3486-4



9 787532 334865 >

定 价：20.70 元

实用光电子线路

张远程 宋 骞 张 颖 编著

上海科学技术出版社

实用光电子线路

张远程 宋 翥 张 颖 编著

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 常熟第七印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 15.75 字数 370,000

1997年7月第1版 1997年7月第1次印刷

印数 1—2,000

ISBN 7-5323-3486-4/TN·67

定价: 20.70 元

内 容 提 要

本书从人们日常生活范围、工业生产控制、科学研究领域,以及国防建设应用诸方面密切相关的光电子技术出发,全面而系统地介绍了各种实用光电子线路 200 例。内容涉及传统的和新兴的光电子技术领域,后者包括各种集成光电子线路及其在空间、军事科学上的应用,以及近年来人们在光信息处理和光计算机方面的探求。全书共分十二章,在对光电子线路元器件及其基本电路作了简明必要的介绍之后,逐章讨论了光电耦合器电路、光电开关电路,工业控制光电子线路、光电游戏电路、光电测量电路、光电显示电路、光电遥控电路、光电信息传输和处理电路和集成光电子电路。

本书内容新颖、通俗易懂、由浅及深,适于有关领域的工人、技术人员、解放军官兵,公安干警,大专院校师生阅读,亦可作大专院校教学参考书。

前 言

光电子技术的起源可追溯到一个多世纪以前发现的光电效应。百余年的探索和积累在最近的海湾战争中受到了一次大检阅,使世界为之一震。“爱国者”导弹成功拦截“飞毛腿”导弹之谜现已揭开:由于动用了两颗配备有先进的红外光电夜视设备,能每 12 秒就对伊拉克全境扫描一次的预警卫星,使后者被发射瞬间的强大热流,作为使其光电元件响应的红外光源,立即被这两颗卫星传送到澳大利亚的一个地面站,旋即由美国防御卫星通讯终端传至其海湾作战部队。虽有长达 145000 km(9 万英里)的通讯距离,但所用时间比“飞毛腿”飞行全程时间还短,且给“爱国者”留下足够的拦截时间。海湾战争中另一例子也使光电子技术给人们留下了深刻的印象:美国海军 A6E 飞机携带的“斯拉姆”导弹上备有光电元件做成的红外照相机,所以, A6E 可安全地在远离目标 80 km(50 多英里)的地方投下此弹,让其在飞行过程中将所拍景物发回 A6E,并通过它接受海湾上空卫星提供的数据,从而精确调整自己的飞行方向,获得了极高命中率。

以海湾战争为契机,我国及世界的光电子工业又受到了巨大推动,形成了新的发展势头。现今,无论是上述战争画面,还是科学研究领域、民用工业生产,乃至人们的日常生活,都离不开提供光电子技术的各种光电子线路,这就是本书的写作背景。

在本世纪 50 年代,紧接着晶体管和半导体光电器件的诞生,光电子技术获得了蓬勃的生机。几乎是与固体微电子技术并驾齐驱地发展起集成光电子技术,就已使光达林顿电路、光激可控硅、光电耦合器、光控开关商品化。紧接着,各种运算放大器、触发器、计数器、栓锁译码器,寄存器又与光电器件及其阵列集成,形成固体显示、固体摄象器件等。后者又因可工作于红外光波段而具有夜视功能,使夜空对自己单向透明。光信息处理和光计算机是传统光电子技术的又一崭新生长点,据此,人们正在创造比现有电脑速度、容量均大几个数量级的“光脑”。

本书将介绍传统的和新兴的光电子线路及其实际运用。全书分十二章。前三章作为光电技术的基础,随后分别介绍光电耦合、开关、控制、游戏、测量、显示、遥控、信息处理和集成光电子线路。

本书第一、二、六、八、九、十一、十二章由张远程编写;第三、七章由张颖编写;第四、五、十章由宋骞编写,最后由张远程统稿。由于作者水平有限,不到之处恳请批评指正。

编者 1992 年 12 月

目 录

前 言

第一章 光源及其产生和驱动电路.....	1
第一节 光的本性和量度.....	1
第二节 半导体发光二极管.....	4
第三节 发光二极管驱动电路.....	12
第四节 半导体激光二极管和驱动电路.....	18
第二章 光电探测器及其电路.....	22
第一节 光电效应.....	22
第二节 光电二极管和应用电路.....	24
第三节 光电晶体管及其特性.....	31
第四节 光电晶体管的电路设计.....	35
第五节 光晶闸管(光激可控硅)及其电路.....	40
第六节 其他光电探测器及其电路.....	42
第三章 脉冲与数字电路基础.....	51
第一节 光电脉冲的产生和整形.....	51
第二节 门电路和组合逻辑电路.....	56
第三节 时序逻辑电路.....	60
第四章 光电耦合器及其电路.....	64
第一节 光电耦合器的结构和特性.....	64
第二节 特种光电耦合器.....	68
第三节 光电耦合器电路.....	72
第五章 光电开关电路.....	82
第一节 基本光电开关电路.....	82
第二节 照明灯光电开关电路.....	88
第三节 信号灯光电开关电路.....	95
第四节 门窗光电开关电路.....	100
第六章 工业光电控制电路.....	106

第一节	产品计数光电子线路	106
第二节	光电限量控制电路	110
第三节	光电保安和报警电路	114
第四节	专用工业光电控制电路	120
第七章	光电游戏电路	127
第一节	彩灯控制电路	127
第二节	随机控制模拟电子游戏电路	131
第三节	光电玩具控制电路	133
第四节	电视游戏机控制电路	136
第八章	光电测量电路	141
第一节	开关型光电测量电路	141
第二节	光电编码器	147
第三节	模拟放大型光电测量电路	150
第四节	光纤数字遥控测量系统	156
第九章	光电状态指示和显示电路	162
第一节	光电状态指示电路	162
第二节	光电显示器件及其驱动电路	165
第三节	光电显示电路	169
第十章	光电遥控电路	177
第一节	电风扇光电遥控电路	177
第二节	彩色电视机遥控原理	179
第三节	金星 C471-1 机半自动遥控系统	185
第四节	快乐 HC2103R 机全自动遥控系统	192
第十一章	光电信息传输和处理电路	198
第一节	模拟光纤通信系统和电路	198
第二节	数字光纤通信系统和电路	201
第三节	光电信息处理电路	207
第四节	光电逻辑和计算电路	210
第十二章	集成光电子电路	213
第一节	集成光电传感和通信电路	213
第二节	集成光电耦合器	218
第三节	集成光控开关电路	220
第四节	集成光电显示电路	222

第五节	自扫描光电二极管阵列.....	225
第六节	电荷耦合器件光电象传感器.....	230
第七节	宇宙飞船用太阳方位读出器.....	232
附录	常用英文缩写汇集.....	239
参考文献		241

第一章 玻璃池窑

第一节 玻璃的熔制过程

按照料方混合好的配合料，经过高温加热形成玻璃液的过程，叫做玻璃的熔制。熔制过程的目的是要获得均匀、纯净、透明，并适合于成形的玻璃液。

玻璃熔制是玻璃制造中的主要过程之一。熔制速度和熔制的合理性对产品的质量、产量和成本的影响很大。

玻璃熔制过程可分为依次进行的五个阶段：

一、硅酸盐形成阶段

配合料入窑后，在高温（约 $800\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ）作用下迅速发生一系列物理的、化学的和物理-化学的变化，如粉料受热、水分蒸发、盐类分解、多晶转变、组分熔化以及石英砂与其它组分之间进行的固相反应。这个阶段结束时，配合料变成了由硅酸盐和游离二氧化硅组成的不透明的烧结物。硅酸盐形成速度决定于配合料性质和加料方式。

二、玻璃液形成阶段

配合料加热到 1200°C 时，形成了各种硅酸盐，出现一些熔融体，还剩一些未起变化的石英砂粒。继续升高温度时，硅酸盐和石英砂粒完全熔解于熔融体中，成为含大量可见气泡的，在温度上和化学成分上不够均匀的透明的玻璃液。

硅酸盐形成阶段与玻璃液形成阶段之间没有明显的界限。硅酸盐形成阶段尚未结束时玻璃液形成阶段已开始。两个阶段所需时间相差很大，硅酸盐形成进行得极为迅速，而玻璃液形成却很缓慢。实际熔制时配合料直接加热到 1300°C 左右，硅酸盐形成极快（约 $3\sim 5$ 分钟），要划分这两个阶段很困难。所以生产上把这两个阶段视为一个阶段，称为配合料熔化阶段。

三、玻璃液澄清阶段

玻璃液形成阶段结束时，整个熔融体包含许多气泡和灰泡（小气泡）。从玻璃液中除去肉眼可见的气体夹杂物，消除玻璃中的气孔组织的阶段称为澄清阶段。因为气泡在玻璃液中排出的速度符合斯托克斯定律。当温度升高，玻璃液的粘度迅速降低，使气泡大量逸出。因此，澄清过程必须在较高的温度下进行。

四、玻璃液均化阶段

玻璃形成后，各部分玻璃液的化学成分和温度都不相同，还夹杂一些不均体。为消除这个不均性，获得均匀一致的玻璃液，必须进行均化。

玻璃液的均化过程早在玻璃形成时已开始，然而主要的还是在澄清后期进行。它与澄清过程混在一起，没有明显的界限，可以看作一面澄清，一面均化，而均化的结束往往在澄清之后。

玻璃液均化的达到主要依靠扩散和对流作用。高温是一个主要的条件，因为它可以减

如上所述,光既具有波动性,又具有粒子性。光子的能量常以 eV 为单位。1 eV 相当于一个电子被具有 1 V 电位差的电场加速得到的能量,其值为 $1.602 \times 10^{-19} \text{J}$ 。根据速度、波长和频率的关系

$$c = \lambda \nu \tag{1-1}$$

和光子能量

$$w = h\nu \tag{1-2}$$

我们有

$$\lambda = 1.24/w \tag{1-3}$$

式中 λ 以 μm 为单位, w 以 eV 为单位。于是我们知道,光子的波长愈短(频率愈高),其所具有的能量愈大。即紫外光光子的能量比可见光光子的能量大,后者又比红外光光子的能量大。不同颜色的光具有不同频率、波长和光子能量,如表 1-1 所示。

表 1-1 光辐射的频率、波长和光子能量

波段名	(单位)	极远紫外	远紫外	近紫外	紫	蓝	青	绿
波长	nm	10~200	200~300	300~380	380~430	430~450	450~500	500~570
频率	10^{14}Hz	300~15	10~15	7.9~10	7.0~7.0	6.7~7.0	6.0~6.7	5.3~6.0
光子能量	eV	6.2~124	4.13~6.2	3.2~4.13	2.9~3.2	2.75~2.9	2.48~2.75	2.13~2.48

波段名	(单位)	黄	橙	红	近红外	中红外	远红外	极远红外
波长	nm	570~600	600~630	630~770	770~1500	1500~6000	6000~40000	$40000 \sim 1 \times 10^6$
频率	10^{14}Hz	5.0~5.3	4.8~5.0	3.9~4.8	2.0~3.9	0.5~2.0	0.07~0.5	$3 \times 10^{-5} \sim 0.07$
光子能量	eV	2.07~2.18	1.97~2.07	1.61~1.97	0.83~1.61	0.21~0.83	0.03~0.21	$1.24 \times 10^{-5} \sim 0.03$

二、光的发射

物体发射光能有热辐射和发光两种形式。前者一般说来在任何温度下都可进行,温度低时(如室温下),辐射红外光,加热到 500℃ 左右,开始辐射暗红色的可见光,温度越高,越是白热化,其中还有相当多的紫外光,总的来说,光谱是连续变化的;后者要依靠一些激发过程来维持,且光谱是线状或带状的。这些激发过程可举例为:

1. 电致发光

物体中的原子或离子受到被电场加速的电子碰撞,使原子中的电子被激发,当它由激发态返回基态时就会发出一定波长的辐射光。半导体材料的注入发光就是一种电致发光,这种利用少数载流子在结区的注入和复合而发光的形式,是本章下面讨论的半导体发光二极管的基本物理过程。

2. 热发光

物体加热到一定的温度,火焰中的质点以一定的动能发生碰撞,使原子被激发到高能

态,当它回复到低能态时就发出一定波长的光,如各种火焰的光。

3. 光致发光

物体被光照引起其自身辐射称为光致发光,如日光灯管壁和荧光数码管的发光就属这一类。受激辐射也是一种光致发光,各种激光器,包括半导体激光二极管也属光致发光。

4. 场致发光

由材料内的局部强电场导致的发光称为场致发光,通常是平面发光器件。

三、光的量度

这里介绍几个与本书有关的光度学量,它们被用来衡量发光器件的特性。

1. 辐射通量(功率)

光源的辐射通量即其辐射功率 P ,是它在单位时间内辐射出来的能量,对于平稳光源,它等于其辐射能 w 与辐射时间 t 的比值:

$$P = w/t \quad (1-4)$$

辐射能的单位为 J,辐射通量的单位为 W。光源的辐射功率可用功率计来测量,其主体是某种光电器件(光电二极管等)。

2. 光通量

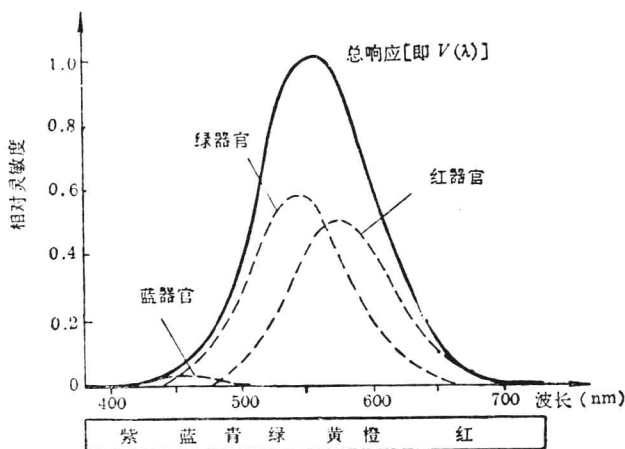


图 1-2 视见函数

对于可见光而言,常计算对人眼敏感的辐射通量,称为光通量。原来,人眼对不同颜色(波长)的光,敏感程度是不同的,如图 1-2 所示。由图可以看出,人眼对波长为 555 nm 的黄绿光灵敏度最高,对红光和紫光较不敏感,而对红外光和紫外光毫无视觉反映。这种敏感程度称为视见函数 $v(\lambda)$ 。光通量 ϕ 定义为:

$$\phi = v(\lambda)P \quad (1-5)$$

光通量的单位是 lm,它是一个诱导单位,而下面要讲的发光强度单位(cd)是一个基本单位。某方向发光强度为 1cd 的点光源,在该方向单位立体角*内传出的光通量为 1lm。

* 立体角指的是由球心射向球面上一个元面积 ds 上的锥体角。设球半径为 r ,则立体角的定义是:

$$d\Omega = \frac{ds}{r^2} \text{ (立体弧度)}$$

3. 发光强度

光源在给定方向上单位立体角内的光通量称为其发光强度。辐射均匀时,它等于光通量 ϕ 与该立体角 Ω 之比:

$$I = \phi / \Omega \quad (1-6)$$

国际上规定,当气压为 101325 Pa 时,面积为 $1/60 \text{ cm}^2$ 的绝对黑体*在铂的凝固点(约 2042 K)法线方向的发光强度为 1 cd。有时这个单位嫌太大,就用其 $1/1000$,称为 mcd 计量。

4. 照度

投射到某元面积的光通量与该元面积的比值,称为该元面积上的照度。如果照度均匀,它等于光通量 ϕ 与该面积 S 之比:

$$E = \phi / S \quad (1-7)$$

照度的单位是 lx。1 lm 的光通量均匀照在 1 m^2 的面积上所产生的照度为 1 lx, 即 $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$ 。

5. 亮度

发光表面上某元面积在指定方向之发光强度, 与该面积在垂直于指定方向上的投影面积之比, 称为该面积在该指定方向上的亮度。通常将发光表面 S 在与其法线成 φ 角的方向的垂直方向上的投影面积 $S \cos \varphi$, 称为 S 面在 φ 方向的视在面积(图 1-3)。故亮度在数值上等于单位视在面积的发光强度:

$$B = I / (S \cos \varphi) \quad (1-8)$$

亮度的单位是 cd/m^2 。 1 m^2 的发光表面, 其传播方向的发光强度为 1 cd, 则该发光表面法线方向的亮度为 $1 \text{ cd}/\text{m}^2$ 。

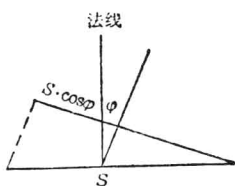


图 1-3 视在面积

四、辐射定律

光辐射的基本定律是其传播中的平方反比定律: 点光源在相互平行的两个表面上的照度与这两个表面到该点光源的距离的平方成反比:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad (1-9)$$

一些面发光体, 如电视显象管和液晶显示器是所谓余弦发射体, 其发光强度在不同方向的分布遵守朗伯余弦定律:

$$I_\varphi = I_n \cos \varphi \quad (1-10)$$

式中 I_n 为法向发光强度。所以, 面发光体的亮度常与方向无关:

$$B = I_n \cos \varphi / (S \cos \varphi) = I_n / S \quad (1-11)$$

于是, 我们从不同方向观看会感到亮度是一样的。

第二节 半导体发光二极管

光电子线路离不开光源, 其中大多数场合是采用发光二极管 (V_{LED})。本节主要对各种发光二极管作一简介。

* 在任何温度下, 对任何频率的光都全部吸收的理想物体, 称为绝对黑体。

一、半导体发光二极管的结构和原理

发光二极管是一种注入式电致发光器件，由 P 型半导体和 N 型半导体组合成结型结构，如图 1-4(a)所示。工作时，在正向偏压作用下，向结区注入少数载流子，当非平衡载流子复合时，就发射光子。在带间复合的情况下，电子直接从导带跃迁到价带，同那里的空穴复合，因此光子能量大致等于带隙能量 E_g ，即导带底和价带顶的能量差。

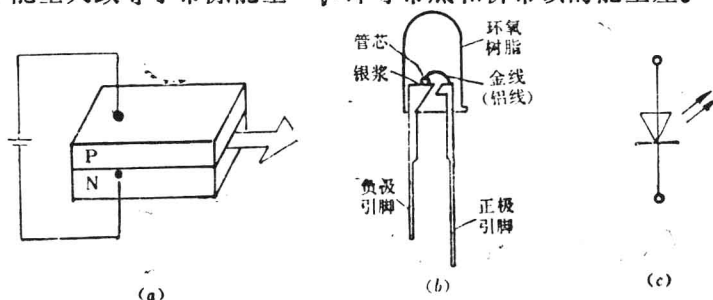


图 1-4 半导体发光二极管

(a) 原理；(b) 结构及外形；(c) 符号

表 1-2 半导体发光二极管的峰值波长

材 料	GaAs	GaAsP	GaAsP	GaAsP	GaP	SiC	GaN
带隙能量(eV)	1.32	1.90	2.03	2.10	2.21	2.5	3.1
峰值波长(nm)	940	650	610	590	560	496	400
颜 色	红 外	红	橙	黄	绿	蓝	紫
工作电压(V)	1.4	1.6	2	3	3		

目前最常用的发光二极管材料是 III-V 族化合物，如砷化镓和磷化镓。可见光波段常用三元的 III-V 族化合物固溶体。表 1-2 列出了几种发光二极管材料及其带隙能量。

图 1-4(b)是 GaAsP 发光二极管的结构，其工艺与普通半导体相似。管芯中，N 型 GaAsP 靠外延法生长在 GaAs 基底上。P 型层用扩散法制造：将锌扩散进入 GaAsP 层而形成。最后再做上电极（纯铝或金丝），下电极用银浆粘牢。发光二极管外型与普通二极管相似，一般采用全环氧树脂封装。在电路中用带有两个向外指的箭头的普通二极管符号表示发光二极管，如图 1-4(c)。

二、发光二极管特性

发光二极管最重要的特性是其光谱特性和伏安特性。

1. 光谱特性

发光二极管的发射光谱是连续谱带，其发射光谱由材料的种类、性质等决定。图 1-5 是两种典型的发光二极管的相对光谱曲线。描述光谱分布有两个主要参量，即峰值波长和半强度谱宽，简称半宽度。由于复合跃迁前后的能量差大体就是材料的禁带宽度（带隙能量） E_g ，因此发光二极管的峰值波长由材料的带隙能量决定：

$$\lambda = 1.24/E_g \mu\text{m}$$

(1-12)

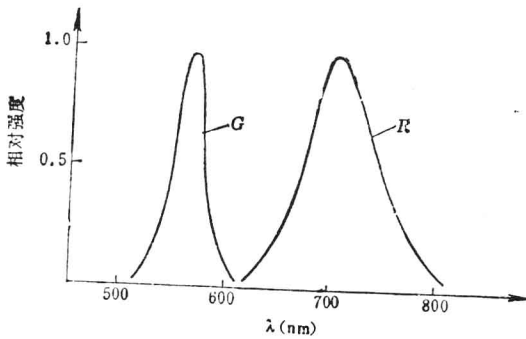


图 1-5 GaP 光谱曲线



图 1-6 发光二极管伏安特性

其中 E_g 以 eV 为单位。表 1-2 也列出了相应的峰值波长和颜色。大多数发光二极管的光谱半宽度约为 20~30nm，有的达 100nm。辐射的空间发射角约为 15°(半角)。

2. 伏安特性

发光二极管的伏安特性与普通半导体二极管伏安特性相似，一个典型曲线如图 1-6 所示。该特性有两个重要参量，即开启电压 E_F 和击穿电压 E_R (反向电压)。从伏安特性看，在开启电压以下几乎没有电流流过，当外加正向电压超过 E_F 后，就显出欧姆导通特性，电流直线上升。通常的发光二极管是一种电流控制元件，器件参数常给出其正向电流 I_F ，工作时需有一限流电阻来维持，其对应电压称正向电压，略大于开启电压，以后不计这一差别。如果长期超过极限工作电流 I_{FM} ，管子寿命将大大缩短。 E_F 通常约 1~2V。在反向电压小于 E_R 时，发光二极管只有 μA 级的反向漏电流，发光二极管的 V_F 较低，所以不要将管子接反，否则会击穿。

半导体发光二极管的其他特性有发光强度(红外发光二极管为输出功率)、功耗等，这些都易于理解。用于高速调制或显示时，还有一个响应速度问题，通常，上升时间随工作电流的增加而指数衰减。在用脉冲电流驱动二极管时，脉冲间隔必须在器件响应时间的允许范围内。例如，GaAsP 器件的响应时间约几个 ns；而 GaP 器件约为 100ns。发光二极管的发光强度或输出功率随正向电流的增加而增加，有的器件会趋向饱和。发光二极管的光强还与温度有关，温度升高时发光强度(红外管的输出功率)明显下降。当温度上升时，最大正向电流 I_{Fm} 也减少，不利于其工作。所以，设计时应根据工作环境温度的高低来决定最大允许电流。工作电流越低，其使用寿命也越长。发光二极管的管极引线是靠环氧树脂固定的。使用时应注意不要因焊接温度过高而使其变形甚至毁坏。

红外发光二极管用镓铝砷或镓镓磷砷等材料制造，其光功率有小功率(100mW 以下)，中功率(数 100mW)和大功率(数 W)三种。小功率管主要是全塑封装，也有部分是金属或陶瓷底座，顶端或窗口用玻璃或树脂封装；中、大功率的管子一般带螺纹金属底座，以便安装散热片。

由于发光二极管必须加限流电阻才能正常发光，为了使用安全和方便，最近研制出电压型发光二极管(BTV)，其管壳内除发光二极管外，还用集成工艺制造了一个串联限流电阻，并已设计其阻值为最佳值。这样，只要加以额定电压，即可正常发光。

表 1-3、1-4 和 1-5 列出了部分国产发光二极管、红外发光二极管和电压型发光二极管的参数。

表 1-3 国产发光二极管特性参数

型 号	极 限 参 数			电 参 数				光 参 数				颜 色	结 构 形 式
	最大正 向电流	功耗	反向击 穿电压	正向 电流	正向 电压	反向 电流	输出 电容	发光强度	发散 角	峰值 波长	半宽		
	I_{FM} (mA)	P_M (mW)	E_{BR} (V)	I_F (mA)	E_F (V)	I_R (μ A)	C_0 (pF)	I (mcd)	θ (deg)	λ_P (nm)	$\Delta\lambda$ (nm)		
FG111001	20	30	≥ 5	5	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 0.6		650	20	红	GaAsP, $\phi 3.0$
FG111002	50	100	≥ 5	10	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 1.0		650	20	红	GaAsP, $\phi 4.4$
FG111003	50	100	≥ 5	20	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 1.0	15	650	20	红	GaAsP, $\phi 5.0$
FG111004	20	30	≥ 5	5	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 0.6		650	20	红	GaAsP, $\phi 3.0$
FG112001	20	30	≥ 5	20	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 0.3	15	650	20	红	GaAsP, $\phi 5.0$
FG112002	50	100	≥ 5	20	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 0.5	15	650	20	红	GaAsP, $\phi 4.4$
FG112004	20	30	≥ 5	5	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 0.3	15	650	20	红	GaAsP, $\phi 3.0$
FG112005	70	100	≥ 5	10	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 0.5	15	650	20	红	GaAsP, $\phi 4.4$
FG113001	20	30	≥ 5	5	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 0.6		650	20	红	GaAsP, $\phi 3.0$
FG113002	50	100	≥ 5	10	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 1.0		650	20	红	GaAsP, $\phi 4.4$
FG113003	50	100	≥ 5	20	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 1.0		650	20	红	GaAsP, $\phi 5.0$
FG113004	20	30	≥ 5	5	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 0.6		650	20	红	GaAsP, $\phi 3.0$
FG114001	20	30	≥ 5	5	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 0.3	15	650	20	红	GaAsP, $\phi 3.0$
FG114002	50	100	≥ 5	10	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 0.5	15	650	20	红	GaAsP, $\phi 4.4$
FG114003	50	100	≥ 5	20	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 0.5	15	650	20	红	GaAsP, $\phi 5.0$
FG114004	20	30	≥ 5	5	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 0.3	15	650	20	红	GaAsP, $\phi 3.0$
FG114005	70	100	≥ 5	10	≤ 2	≤ 100	≤ 100	≥ 0.5	15	650	20	红	GaAsP, $\phi 4.4$
BT—101	30	90			≤ 2.5	< 100	≤ 100	≥ 0.6		565	30	黄绿	GaP, $\phi 4.4$
BT—102	20	50			≤ 2.5	< 100	≤ 100	≥ 0.8		565	30	黄绿	GaP, $\phi 3.0$
BT—104	30	90			≤ 2.5	< 100	≤ 100	≥ 0.6		565	30	黄绿	GaP, $\phi 5.0$
BT—201	30	90			≤ 2.5	< 100	≤ 100	≥ 0.5		700	100	红	GaP, $\phi 4.4$

(续表)

型 号	极 限 参 数			电 参 数				光 参 数				颜 色	结 构 形 式
	最大正向电流	功耗	反向击穿电压	正向电流	正向电压	反向电流	输出电容	发光强度	发散角	峰值波长	半宽		
	I_{FM} (mA)	P_M (mW)	E_{BR} (V)	I_F (mA)	E_F (V)	I_R (μ A)	C_0 (pF)	I (mcd)	(θ) (deg)	λ_P (nm)	$\Delta\lambda$ (nm)		
BT-202	20	50			≤ 2.5	< 100	≤ 100	≥ 0.4		700	100	红	GaP, $\phi 3.0$
BT-204	30	90			≤ 2.5	< 100	≤ 100	≥ 0.5		700	100	红	GaP, $\phi 5.0$
2EF102	50				2.0	≤ 50		0.5				红	GaAsP/GaP, $\phi 5.0$
2EF165	20				2.5	≤ 50		0.4				红	GaP/GaP, 2.8×4.5
2EF185	40				2.5	≤ 50		0.4				红	GaP/GaP, 方形
2EF205	40				2.5	≤ 50		0.5				绿	GaP/GaP, $\phi 5.0$
2EF215	20				2.5	≤ 50		0.4				绿	GaP/GaP, $\phi 3.0$
2EF225	40				2.5	≤ 50		0.5				绿	GaP/GaP, $2 \times 5 \times 8.5$
2EF235	40				2.5	≤ 50		0.4				绿	GaP/GaP, $2-2 \times 2$
2EF265	20				2.5	≤ 50		0.4				绿	GaP/GaP, 2.8×4.5
2EF285	40				2.5	≤ 50		0.4				绿	GaP/GaP, $\phi 5.0$
2EF405	40				2.5	≤ 50		0.5				黄	GaP/GaP, $\phi 5.0$
2EF415	20				2.5	≤ 50		0.3				黄	GaP/GaP, $\phi 3.0$
2EF425	20				2.5	≤ 50		0.3				黄	GaP/GaP, $2 \times 5 \times 8.5$

表 1-4 部分国产红外发光二极管参数

型 号	正向工作电流	峰值电流	反向击穿电压	管压降	反向漏电流	功 耗	光 功 率			峰值波长
	I_F (mA)	I_{FP} (mA)	E_R (V)	E_F (V)	I_R (μ A)	P_m (mW)	P_0 (mW)			λ_P (nm)
							A	B	C	
TLN 107	50	600	> 5	< 1.5	< 10		> 1.5			940
TLN 104	60	600	> 5	< 1.5	< 10		> 2.5			940
HG 310	50		> 5	< 1.5	< 50	75	$1 \sim 2$			940
HG 450	200		> 5	< 1.8	< 100	360	$5 \sim 20$			930
HG 520	3000			< 2.0		6000	$100 \sim 550$			930
BT 401	40		> 5	< 1.3	< 100	100	$1 \sim 2$			940
GL-2			≥ 6	≤ 1.3			≥ 0.5	≥ 0.8	≥ 1.0	940
GL-5			≥ 6	≤ 1.3			≥ 0.5	≥ 1.0	≥ 1.2	940
GL-5S			≥ 6	≤ 1.3			≥ 1.0	≥ 2.0	≥ 3.0	940
GL-8			≥ 6	≤ 2.0			≥ 2.5			940