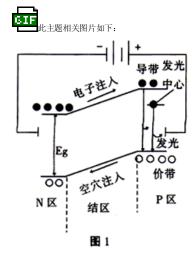
LED基本理论知识

半导体发光器件包括半导体发光二极管(简称 LED)、数码管、符号管、米字管及点阵式显示屏(简称矩阵管)等。事实上,数码管、符号管、米字管及矩阵管中的每个发光单元都是一个发光二极管。

一、半导体发光二极管工作原理、特性及应用

(一) LED 发光原理

发光二极管是由III-IV族化合物,如 GaAs(砷化镓)、GaP(磷化镓)、GaAsP(磷砷化镓)等半导体制成的,其核心是 PN 结。因此它具有一般 P-N 结的 I-N 特性,即正向导通,反向截止、击穿特性。此外,在一定条件下,它还具有发光特性。在正向电压下,电子由 N 区注入 P 区,空穴由 P 区注入 N 区。进入对方区域的少数载流子(少子)一部分与多数载流子(多子)复合而发光,如图 1 所示。



假设发光是在 P 区中发生的,那么注入的电子与价带空穴直接复合而发光,或者先被发光中心捕获后,再与空穴复合发光。除了这种发光复合外,还有些电子被非发光中心(这个中心介于导带、介带中间附近)捕获,而后再与空穴复合,每次释放的能量不大不能形成可见光。发光的复合量相对于非发光复合量的比例越大,光量子效率越高。由于复合是在少子扩散区内发光的,所以光仅在*近 PN 结面数 μ m 以内产生。

理论和实践证明,光的峰值波长 λ 与发光区域的半导体材料禁带宽度 E_g 有关,即 $\lambda \approx 1240/E_g$ (mm)

式中 Eg 的单位为电子伏特(eV)。若能产生可见光(波长在 380nm 紫光~780nm 红光),半导体材料的 Eg 应在 3.26~1.63eV之间。比红光波长长的光为红外光。现在已有红外、红、黄、绿及蓝光发光二极管,但其中蓝光二极管成本、价格很高,使用不普遍

(二) LED 的特性

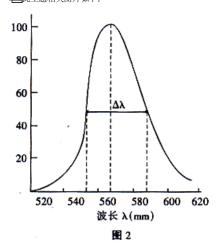
1. 极限参数的意义

- (1) 允许功耗 Pm:允许加于 LED 两端正向直流电压与流过它的电流之积的最大值。超过此值,LED 发热、损坏。
- (2) 最大正向直流电流 IFm: 允许加的最大的正向直流电流。超过此值可损坏二极管。
- (3)最大反向电压 VRm: 所允许加的最大反向电压。超过此值,发光二极管可能被击穿损坏。
- (4) 工作环境 topm:发光二极管可正常工作的环境温度范围。低于或高于此温度范围,发光二极管将不能正常工作,效率大大降低。

2. 电参数的意义

(1) 光谱分布和峰值波长:某一个发光二极管所发之光并非单一波长,其波长大体按图2所示。

起此主题相关图片如下:



由图可见,该发光管所发之光中某一波长 \(\lambda \(0 \) 的光强最大,该波长为峰值波长。

(2) 发光强度 IV: 发光二极管的发光强度通常是指法线(对圆柱形发光管是指其轴线)方向上的发光强度。若在该方向上辐射强度为(1/683) \mathbb{W}/sr 时,则发光 1 坎德拉(符号为 cd)。由于一般 LED 的发光二强度小,所以发光强度常用坎德拉(mcd)作单位。

- (3) 光谱半宽度 Δ λ:它表示发光管的光谱纯度. 是指图 3 中 1/2 峰值光强所对应两波长之间隔.
- (4) 半值角 θ 1/2 和视角: θ 1/2 是指发光强度值为轴向强度值一半的方向与发光轴向(法向)的夹角。

半值角的2倍为视角(或称半功率角)。

此主题相关图片如下:

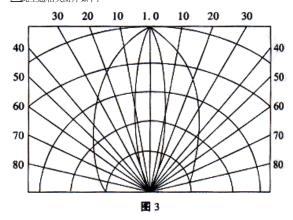
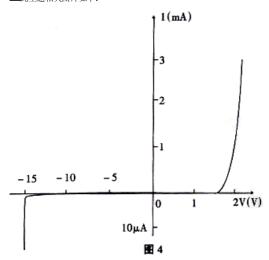


图 3 给出的二只不同型号发光二极管发光强度角分布的情况。中垂线(法线)A0 的坐标为相对发光强度(即发光强度与最大发光强度的之比)。显然,法线方向上的相对发光强度为 1,离开法线方向的角度越大,相对发光强度越小。由此图可以得到半值角或视角值。

- (5) 正向工作电流 If: 它是指发光二极管正常发光时的正向电流值。在实际使用中应根据需要选择 IF 在 0.6 IFm 以下。
- (6) 正向工作电压 VF:参数表中给出的工作电压是在给定的正向电流下得到的。一般是在 IF= $20\,\mathrm{mA}$ 时测得的。发光二极管正向工作电压 VF 在 $1.4\,\mathrm{^{\sim}}3V$ 。在外界温度升高时,VF 将下降。
- (7) V-I 特性: 发光二极管的电压与电流的关系可用图 4表示。

此主题相关图片如下:



在正向电压正小于某一值(叫阈值)时,电流极小,不发光。当电压超过某一值后,正向电流随电压迅速增加,发光。由V-I 曲线可以得出发光管的正向电压,反向电流及反向电压等参数。正向的发光管反向漏电流 $IR\langle 10 \mu A \ U \rangle$ 。

(三) LED 的分类

1. 按发光管发光颜色分

按发光管发光颜色分,可分成红色、橙色、绿色(又细分黄绿、标准绿和纯绿)、蓝光等。另外,有的发光二极管中包含二种或三 种颜色的芯片。

根据发光二极管出光处掺或不掺散射剂、有色还是无色,上述各种颜色的发光二极管还可分成有色透明、无色透明、有色散射和无色散射四种类型。散射型发光二极管和达于做指示灯用。

2. 按发光管出光面特征分

按发光管出光面特征分圆灯、方灯、矩形、面发光管、侧向管、表面安装用微型管等。圆形灯按直径分为 ϕ 2mm、 ϕ 4.4mm、 ϕ 5mm ϕ 8mm、 ϕ 10mm χ ϕ 00mm 等。国外通常把 ϕ 3mm 的发光二极管记作 χ 1-1,把 ϕ 5mm 的记作 χ 1-1 (1/4)。

由半值角大小可以估计圆形发光强度角分布情况。从发光强度角分布图来分有三类:

(1) 高指向性。一般为尖头环氧封装,或是带金属反射腔封装,且不加散射剂。半值角为 $5^\circ \sim 20^\circ$ 或更小,具有很高的指向性。可作局部照明光源用,或与光检出器联用以组成自动检测系统。

- (2)标准型。通常作指示灯用,其半值角为20°~45°。
- (3) 散射型。这是视角较大的指示灯,半值角为45°~90°或更大,散射剂的量较大。
- 3. 按发光二极管的结构分

按发光二极管的结构分有全环氧包封、金属底座环氧封装、陶瓷底座环氧封装及玻璃封装等结构。

4. 按发光强度和工作电流分

按发光强度和工作电流分有普通亮度的 LED(发光强度〈10mcd);超高亮度的 LED(发光强度〉100mcd);把发光强度在 $10\sim100$ mc d 间的叫高亮度发光二极管。

一般 LED 的工作电流在十几 mA 至几十 mA,而低电流 LED 的工作电流在 2mA 以下(亮度与普通发光管相同)。

除上述分类方法外,还有按芯片材料分类及按功能分类的方法。

(四) LED 的应用

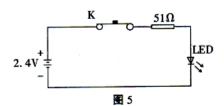
由于发光二极管的颜色、尺寸、形状、发光强度及透明情况等不同,所以使用发光二极管时应根据实际需要进行恰当选择。

由于发光二极管具有最大正向电流 IFm、最大反向电压 VRm 的限制,使用时,应保证不超过此值。为安全起见,实际电流 IF 应在 0. 6 IFm 以下;应让可能出现的反向电压 VR<0。6 VRm。

LED 被广泛用于种电子仪器和电子设备中,可作为电源指示灯、电平指示或微光源之用。红外发光管常被用于电视机、录像机等的遥控器中。

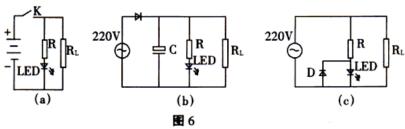
(1) 利用高亮度或超高亮度发光二极管制作微型手电的电路如图 5 所示。图中电阻 R 限流电阻,其值应保证电源电压最高时应使 LED 的电流小于最大允许电流 IFm。

此主题相关图片如下:



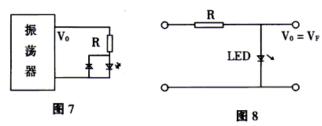
(2) 图 6(a)、(b)、(c)分别为直流电源、整流电源及交流电源指示电路。 图 (a)中的电阻 \approx (E-VF) / IF; 图 (b) 中的 R≈ (1.4Vi–VF) /IF; 图 (c) 中的 R≈Vi/IF 式中, Vi——交流电压有效值。





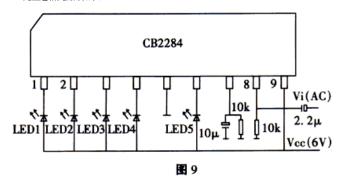
(3)单 LED 电平指示电路。在放大器、振荡器或脉冲数字电路的输出端,可用 LED 表示输出信号是否正常,如图 7 所示。R 为限流电阻。只有当输出电压大于 LED 的阈值电压时,LED 才可能发光。

■此主题相关图片如下:



- (4) 单 LED 可充作低压稳压管用。由于 LED 正向导通后,电流随电压变化非常快,具有普通稳压管稳压特性。发光二极管的稳定电压在 $1.4\sim3V$ 间,应根据需要进行选择 VF,如图 8 所示。
- (5) 电平表。目前,在音响设备中大量使用 LED 电平表。它是利用多只发光管指示输出信号电平的,即发光的 LED 数目不同,则表示输出电平的变化。图 9 是由 5 只发光二极管构成的电平表。当输入信号电平很低时,全不发光。输入信号电平增大时,首先 LED1 亮,再增大 LED2 亮……。

此主题相关图片如下:



五)发光二极管的检测

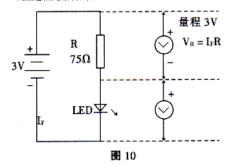
1. 普通发光二极管的检测

(1) 用万用表检测。利用具有×10k Ω挡的指针式万用表可以大致判断发光二极管的好坏。正常时,二极管正向电阻阻值为几十至 200k Ω,反向电阻的值为α。如果正向电阻值为 0 或为α,反向电阻值很小或为 0,则易损坏。这种检测方法,不能实地看到发光管的发光情况,因为×10k Ω 挡不能向 LED 提供较大正向电流。

如果有两块指针万用表(最好同型号)可以较好地检查发光二极管的发光情况。用一根导线将其中一块万用表的"+"接线柱与另一块表的"-"接线柱连接。余下的"-"笔接被测发光管的正极(P 区),余下的"+"笔接被测发光管的负极(N 区)。两块万用表均置×10 Ω 挡。正常情况下,接通后就能正常发光。若亮度很低,甚至不发光,可将两块万用表均拨至×1 Ω 若,若仍很暗,甚至不发光,则说明该发光二极管性能不良或损坏。应注意,不能一开始测量就将两块万用表置于×1 Ω ,以免电流过大,损坏发光二极管。

(2) 外接电源测量。用 3V 稳压源或两节串联的干电池及万用表(指针式或数字式皆可)可以较准确测量发光二极管的光、电特性。为此可按图 10 所示连接电路即可。如果测得 VF 在 1. 4~3V 之间,且发光亮度正常,可以说明发光正常。如果测得 VF=0 或 VF≈3V,且不发光,说明发光管已坏。

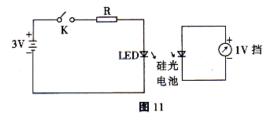
配此主题相关图片如下:



2. 红外发光二极管的检测

由于红外发光二极管,它发射 $1\sim3$ μ m 的红外光,人眼看不到。通常单只红外发光二极管发射功率只有数 μ m,不同型号的红外 LE D 发光强度角分布也不相同。红外 LED 的正向压降一般为 $1.3\sim2.5$ V。正是由于其发射的红外光人眼看不见,所以利用上述可见光 LED 的检测法只能判定其 PN 结正、反向电学特性是否正常,而无法判定其发光情况正常否。为此,最好准备一只光敏器件(如 2C R、2DR型硅光电池)作接收器。用万用表测光电池两端电压的变化情况。来判断红外 LED 加上适当正向电流后是否发射红外光。 其测量电路如图 11 所示。

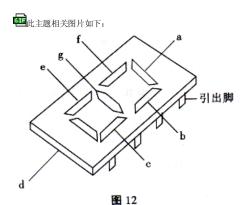
些此主题相关图片如下:



二、LED 显示器结构及分类

通过发光二极管芯片的适当连接(包括串联和并联)和适当的光学结构。可构成发光显示器的发光段或发光点。由这些发光段或发光点可以组成数码管、符号管、米字管、矩阵管、电平显示器管等等。通常把数码管、符号管、米字管共称笔画显示器,而把笔画显示器和矩阵管统称为字符显示器。

基本的半导体数码管是由七个条状发光二极管芯片按图 12 排列而成的。可实现 0~9 的显示。其具体结构有"反射罩式"、"条形七段式"及"单片集成式多位数字式"等。



1)反射罩式数码管一般用白色塑料做成带反射腔的七段式外壳,将单个 LED 贴在与反射罩的七个反射腔互相对位的印刷电路板上每个反射腔底部的中心位置就是 LED 芯片。在装反射罩前,用压焊方法在芯片和印刷电路上相应金属条之间连好 ϕ 30 μ m 的硅铝丝或金属引线,在反射罩内滴入环氧树脂,再把带有芯片的印刷电路板与反射罩对位粘合,然后固化。

反射罩式数码管的封装方式有空封和实封两种。实封方式采用散射剂和染料的环氧树脂,较多地用于一位或双位器件。空封方式是在上方盖上滤波片和匀光膜,为提高器件的可*性,必须在芯片和底板上涂以透明绝缘胶,这还可以提高光效率。这种方式一般用于四位以上的数字显示(或符号显示)。

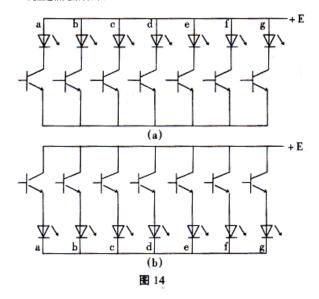
- (2)条形七段式数码管属于混合封装形式。它是把做好管芯的磷化镓或磷化镓圆片,划成内含一只或数只LED发光条,然后把同样的七条粘在日字形"可伐"框上,用压焊工艺连好内引线,再用环氧树脂包封起来。
- (3)单片集成式多位数字显示器是在发光材料基片上(大圆片),利用集成电路工艺制作出大量七段数字显示图形,通过划片把合格芯片选出,对位贴在印刷电路板上,用压焊工艺引出引线,再在上面盖上"鱼眼透镜"外壳。它们适用于小型数字仪表中。

(4) 符号管、米字管的制作方式与数码管类似。
(5) 矩阵管(发光二极管点阵)也可采用类似于单片集成式多位数字显示器工艺方法制作。
(二) LED 显示器分类
(1) 按字高分:笔画显示器字高最小有 1mm(单片集成式多位数码管字高一般在 2~3mm)。其他类型笔画 显示器最高可达 12.7mm(0.5 英寸)甚至达数百 mm。
(2) 按颜色分有红、橙、黄、绿等数种。
(3) 按结构分,有反射罩式、单条七段式及单片集成式。
(4) 从各发光段电极连接方式分有共阳极和共阴极两种。
所谓共阳方式是指笔画显示器各段发光管的阳极(即 P 区)是公共的,而阴极互相隔离。
所谓共阴方式是笔画显示器各段发光管的阴极(即 N 区)是公共的,而阳极是互相隔离的。如图 13 所示。
(三)LED 显示器的参数
由于 LED 显示器是以 LED 为基础的,所以它的光、电特性及极限参数意义大部分与发光二极管的相同。但由于 LED 显示器内含多个 发光二极管,所以需有如下特殊参数:

由于数码管各段在同样的驱动电压时,各段正向电流不相同,所以各段发光强度不同。所有段的发光强度值中最大值与最小值之比为发光强度比。比值可以在 1.5~2.3 间,最大不能超过 2.5。
2. 脉冲正向电流
若笔画显示器每段典型正向直流工作电流为 IF,则在脉冲下,正向电流可以远大于 IF。脉冲占空比越小,脉冲正向电流可以越大。
(四)LED显示器的应用指南
1. 七段数码显示器
(1)如果数码字航局为共阳极形式,那么它的驱动级应为集电极开路(0C)结构,如图 14(a)所示。
如果数码管为共阴极形式,它的驱动级应为射极输出或源极输出电路,如图 14(b)所示。

1. 发光强度比

此主题相关图片如下:



例如国产 TTL 集成电路 CT1049、CT4049 为集电极开路形式七段字形译码驱动电路;而 CMOS 集成电路 CC4511 为源极输出七段锁存、译码驱动电路。

(2) 控制数码管驱动级的控制电路(也称驱动电路)有静态式和动态式两类。

① 静态驱动: 静态驱动也称直流驱动。静态驱动是指每个数码管各用一个笔画译码器(如 BCD 码二-十进制译码器)译码驱动。图 15 是一位数码管的静态驱动之例。图集成电路 TC5002BP 内含有射极输出驱动级,所以采用共阴极数码管。A、B、C、D 端为 BCD 码(二-十进制的 8421 码)输入端,BL 为数码管熄灭及显示状态控制端,R 为外接电阻。

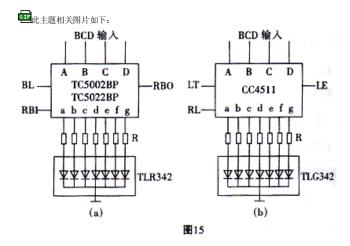
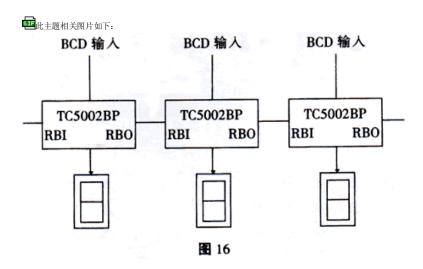
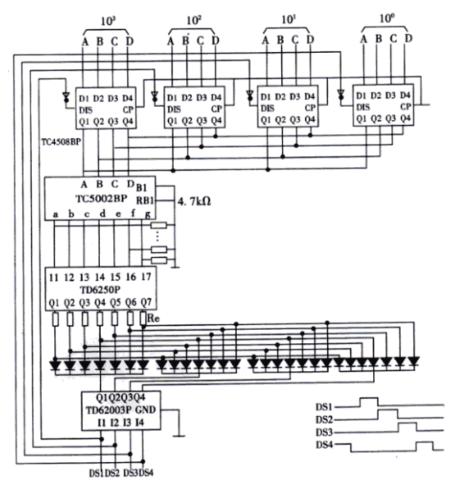


图 16 为 N 位数字静态驱动显示电路。



② 动态驱动: 动态驱动是将所有数码管使用一个专门的译码驱动器, 使各位数码管逐个轮流受控显示, 这就是动态驱动。由于扫描速度极快。显示效果与静态驱动相同。图 17 是一种四位数字动态驱动(脉搏冲驱动)方法的线路。图中只用了一个译码驱动电路 TC5002BP。



TC4508BP 內含两个锁存器,每个锁存器可锁存四位二进 BCD 码,对应于四位十进制数的四组 BCD 码分别输入到四个锁存器,四个锁存器,四组 BCD 码由四个锁存器分时轮流输出进入译码器,译码后进入数码管驱动级集成电路 TD62505P(输入端 I1~I7 与输出端 Q1~Q7 一一对应)。Q1~Q7 分别加到四个数码管的 a~g 七个阳极上。数字驱动电路 TD62003P 是由达林顿构成的阵列电路,Q1~Q4 中哪一端接地,由输入端 I1~I4 的四师长"使能"信号 DS1~DS4 控制。由于四个锁存器的轮换输出也是受"使能"信号 DS1~DS4 控制。所以四个数码管轮流通电显示。由于轮流显示频率较高,故显示的数字不呈闪烁现象。

2. 米字管、符号管显示器

米字管和符号管的结构原理相机,所以其驱动方式也基本相同,只是译码电路的译码过程与七段译码器不同。

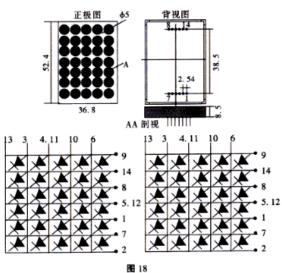
米字管可以显示包括英文字母在内的多种符号。符号管主要是用来显示+、-或士号等。

3. LED 点阵式显示器

LED点阵式显示器与由单个发光二极管连成的显示器相比,具有焊点少、连线少,所有亮点在同平面、亮度均匀、外形美观等优点。

点阵管根据其内部 LED 尺寸的大小、数量的多少及发光强度、颜色等可分为多种规格。图 18 所示是具有代表性的 P2057A 和 P2157 A 两种 ϕ 5 高亮度橙红色 5×7 点阵组件。采用双列直插 14 脚封装,两种显示器的差别是 LED 极性不同,如图 18 所示。

此主题相关图片如下:



该显示器用扫描驱动方式,选择较大峰值电流和窄脉冲作驱动源,每个LED的平均电流不应超过20mA。

LED 点阵管可以代替数码管、符号管和来字管。不仅可以显示数字,也可显示所有西文字母和符号。如果将多块组合,可以构成大屏幕显示屏,用于汉字、图形、图表等等的显示。被广泛用于机场、车站、码头、银行及许多公共场所的指示、说明、广告等场合。

图 19 是一个 LED 点阵显示器驱动电路之例。



