

LED 基本理论知识

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。

图 1

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、价带中间附近）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，所以光仅在靠近 PN 结面数 μm 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

$$\lambda \approx 1240/E_g \text{ (nm)}$$

式中 E_g 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 E_g 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 P_m : 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 I_{Fm} : 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 V_{Rm} : 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 T_{opm} : 发光二极管可正常工作环境温度范围。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。

图 2

由图可见, 该发光管所发之光中某一波长 λ_0 的光强最大, 该波长为峰值波长。

(2) 发光强度 I_V : 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 $(1/683) \text{ W/sr}$ 时, 则发光 1 坎德拉 (符号为 cd)。由于一般 LED 的发光强度小, 所以发光强度常用坎德拉 (mcd) 作单位。

(3) 光谱半宽度 $\Delta \lambda$: 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 $\theta_{1/2}$ 和视角: $\theta_{1/2}$ 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)。

图 3

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) AO 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 I_F : 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 I_F 在 $0.6 \cdot I_{Fm}$ 以下。

(6) 正向工作电压 V_F : 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 $I_F=20\text{mA}$ 时测得的。发光二极管正向工作电压 V_F 在 $1.4\sim 3\text{V}$ 。在外界温度升高时, V_F 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。

图 4

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 I_R