

1.3.3.1 导通和截止特性

在导通方向, 电流需克服 pn 结的扩散势垒以及紧邻之后的 n 区电阻。总的电压降可以由下式计算:

$$V_f = V_{\text{diff}} + V_{\text{ohm}} \quad (1.6)$$

pn 结的扩散势垒取决于 pn 结两端的扩散浓度, 其典型值为 0.6—0.8V。对于截止电压大于 600V 的快速二极管来说, 电阻引起的压降占据了主要部分。续流二极管的载流子寿命必须选取得足够小, 这样通态压降与基极宽度 w_B 和载流子寿命将呈指数关系 [283]:

$$V_{\text{ohm}} = \frac{3\pi kT}{8q} e^{\frac{w_B}{2L_A}} \quad (1.7)$$

在这里, L_A 是双极扩散长度

$$L_A = \sqrt{D_A \tau}$$

D_A 为双极扩散常数

$$D_A = 2 \frac{\mu_n \mu_p}{\mu_n + \mu_p} \frac{kT}{q}$$

k 为玻兹曼常数 ($k = 1.38066 \times 10^{-23} \text{ J/K}$), q 为基本电量 ($q = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ C}$), 而 μ_n 和 μ_p 是电子和空穴在 n^- 区过盈条件下的活动度 [284]。由于上述指数关系的存在, w_B 必须被选取得尽可能低。

不仅如此, 基极宽度 w_B 还在一定程度上影响了截止电压。这时有两种情况需加以区分 (图 1.29):

如果选择 w_B 使得空间电荷区不能够进入 n^+ 区 (三角形电场), 则我们称之为非穿通 (NPT) 结构 [285]。反之, 如果选择 w_B 使得空间电荷区延伸进 n^+ 区, 则电场呈梯形状, 该类二极管被称为穿通式 (PT) 二极管。当然, 一个真正的穿通, 即空间电荷区延伸到另一种导通机制的区域内, 实际上是不存在的。但上述分类方法还是得到了广泛的承认。

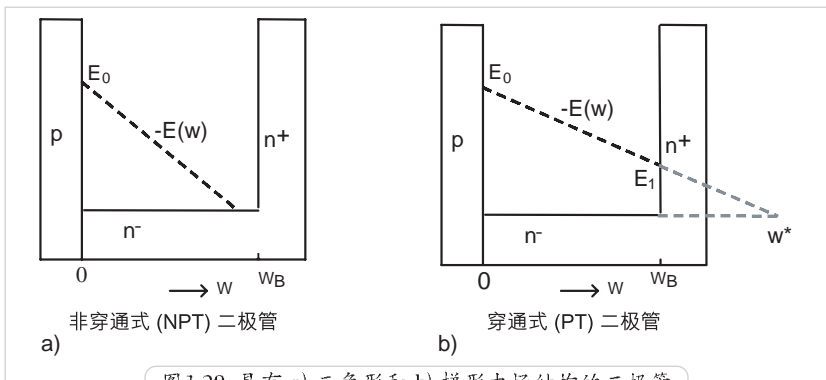


图 1.29 具有 a) 三角形和 b) 梯形电场结构的二极管

对于一个理想的 NPT 来说, 在设计中应选择 w_B 使其正好位于三角形场强接近结束处。在扩散浓度为最佳时, 最小的宽度为

$$w_B = 2^{\frac{2}{3}} C^{\frac{1}{6}} V_R^{\frac{7}{6}} \quad (1.8)$$

其中 $C = 1.8 \cdot 10^{-35} \text{ cm}^6 \text{ V}^{-7}$

同理可计算出 PT 二极管的最低浓度。在极限情况下, 场强呈四方形, $E_1 = E_0$ (请参阅图 1.29)。我们可以得到

$$w_B(\text{PT, 极限情况}) = C^{\frac{1}{6}} V_{BD}^{\frac{7}{6}} \quad (1.9)$$

套用 NPT 设计中的 $w_B(1.8)$:

$$w_B(\text{PT, 极限情况}) = 2^{\frac{2}{3}} w_B(\text{NPT}) \cong 0,63 w_B(\text{NPT}) \quad (1.10)$$

虽然这个极限情况还不能被真正实现, 但在当前的技术条件下可采用下列公式来近似:

$$w_B(\text{PT}) \cong 0,66 \cdot w_B(\text{NPT}) \quad (1.11)$$

在根据 (1.11) 的 PT 设计和根据 (1.8) 的 NPT 设计之间, 存在约 0.8V 的导通电压的差异。因此, PT 设计更为常用一些。