



铁道信号自动控制专业教学资源库

# 半导体二极管

哈尔滨铁道职业技术学院





## 一. 基本结构

将 PN 结加上相应的电极引线和管壳，就成为半导体二极管。按结构分，二极管有点接触型和面接触型两类。点接触型二极管（一般为锗管）如图 15-19(a) 所示。它的 PN 结结面积很小（结电容小），因此不能通过较大电流，但其高频性能好，故一般适用于高频和小功率的工作，也用作数字电路中的开关元件。面接触型二极管（一般为硅管）如图 15-19(b) 所示。它的 PN 结结面积较大（结电容大），故可通过较大电流（可达上千安培），但其工作频率较低，一般用作整流。图 15-19(c) 是二极管的表示符号。



## 二. 伏安特性

二极管既然是一个 PN 结，它当然具有单向导电性，其伏安特性曲线如图 15-20 所示。

可以证明，二极管的理想伏安特性可由下式表示：

$$\begin{aligned}
 I &= I_S \left( e^{qU/kT} - 1 \right) \\
 &= I_S \left( e^{U/V_T} - 1 \right)
 \end{aligned}$$

根据式（15-11），当  $U \gg V_T = 26mV$  时，

$$I \approx I_S e^{qU/kT}$$

这是流过二极管的正向电流，由多数载流子的扩散电流构成。

当  $U \ll 0$

$$I \approx -I_S$$

这是反向饱和电流，由少数载流子的漂移电流构成。

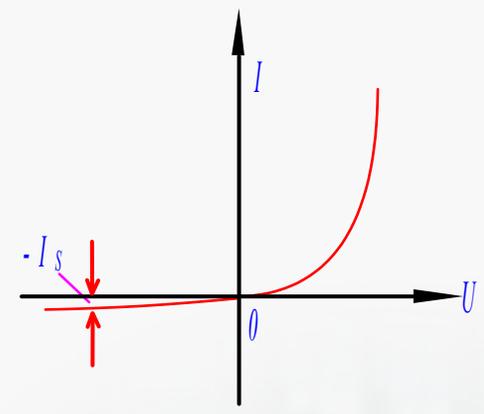


图 15-20  
二极管伏安特性



# 半导体二极管

而当  $U = 0$ ， $I = 0$ ， $I_{扩} = I_{漂}$  时，是动态平衡状态。

## 三. 实际二极管的伏安特性

图 15-21 是一个实例。

实际二极管伏安特性，有如下特点：

1. 正向电压较小时，存在死区电压  
(又称 阈值电压，导通电压)

由图可见，当外加正向电压很小时，由于外电场还不能克服 PN 结内电场对多数载流子（除少量能量较大者外）扩散运动的阻力，故正向电流很小，几乎为零。当正向电压超过一定数值后，内电场被大大削弱，电流增长很快。这个一定数值的正向电压就是死区电压，其大小与材料及环境温度有关。通常，硅管的死区电压约为 0.6V，锗管约为 0.2V。

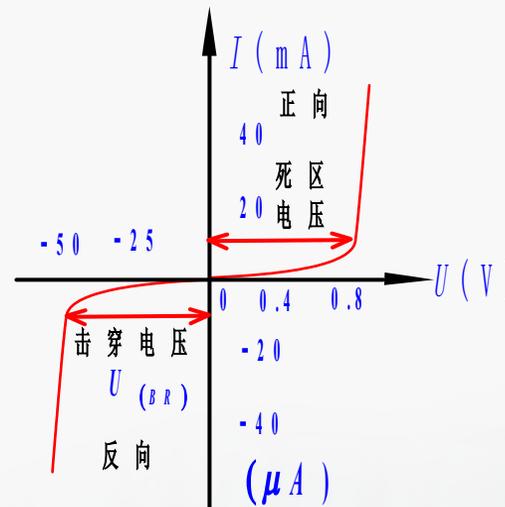


图 15-21

2CP10 硅二极管的伏安特性曲线



# 半导体二极管

## 2. PN 结的反向击穿

当反向电压增大到一定值时，PN 结的反向电流将随反向电压的增加而急剧增大，这种现象称为 PN 结的击穿。击穿电压用  $U_{(BR)}$  表示。

我们注意到，击穿时，虽然反向电流急剧增加，但管压降几乎不变。利用反向击穿时二极管的恒压特性，可以作为稳压管，它的表示符号如图 15-22 (a) 所示。

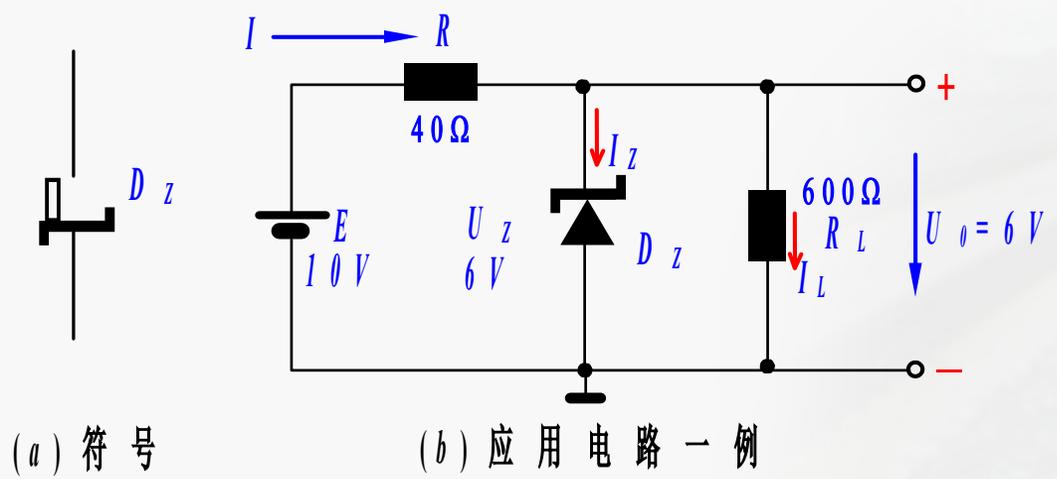


图 15-22 稳压二极管



例 15-3 已知图 15-22 (b) 稳压管应用电路中, 稳压管击穿电压 (即稳定电压)  $U_Z = 6V$ , 负载电阻  $R_L = 600\Omega$ , 电源电压  $E = 10V$ , 限流电阻  $R = 40\Omega$

解: (1)  $I_L = \frac{6V}{600\Omega} = 10mA$

(2)  $\because IR = E - U_Z$

$$\therefore I = \frac{E - U_Z}{R} = \frac{(10 - 6)V}{40\Omega} = 100mA$$
$$I_Z = I - I_L = 90mA$$

## 四. 二极管的电容特性

PN 结不仅具有非线性电阻特性, 而且具有非线性电容特性。在正向偏压下, PN 结呈现的电容称为扩散电容, 而在反向偏压下, PN 结呈现的电容称为势垒电容。



# 半导体二极管

这里，我们讨论势垒电容。

前已论述，在反向偏压时，反向电流几乎为零，PN结可以认为几乎截止，PN结反向电阻近似无穷大。从宏观看，PN结边界两边的基本结构类似于平板电容，这一电容称为势垒电容  $C_j$ 。

势垒电容与反向偏压大小有关，反向偏压越高，空间电荷越多，空间电荷区宽度  $l$  越大，势垒电容越小。可以证明，PN结势垒电容的表达式为

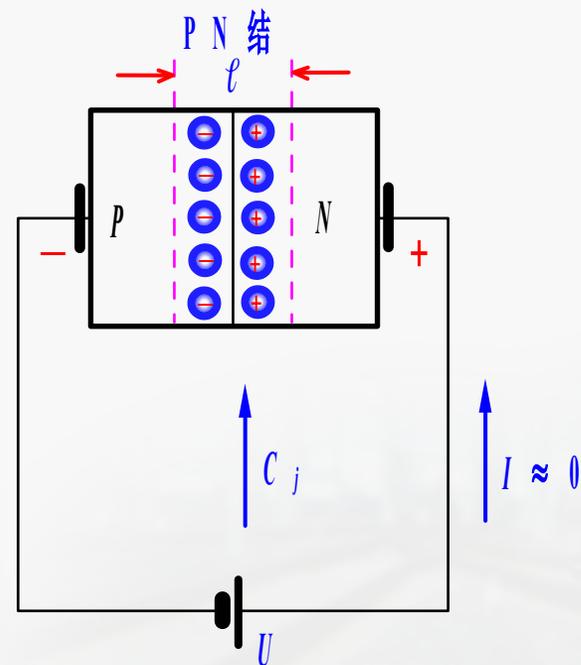


图 15-23 势垒电容



# 半导体二极管

$$C_j = \frac{C_j(0)}{\left(1 - \frac{U}{U_B}\right)^\gamma} \quad (15-12)$$

式中，  $U$  — 外加偏压

$U_B$  — PN 结内建电位差

对于硅二极管，  $U_B = 0.6 \sim 0.7 \text{ V}$

$C_j(0)$  — 零偏压下的势垒电容。

$\gamma$  — 电容指数，它反映了不同类型 PN 结电容特性的差别。

图 15-24 是式 (15-12) 的曲线。

利用势垒电容可以制成变容二极管，它的电路符号为图 15-25 所示。

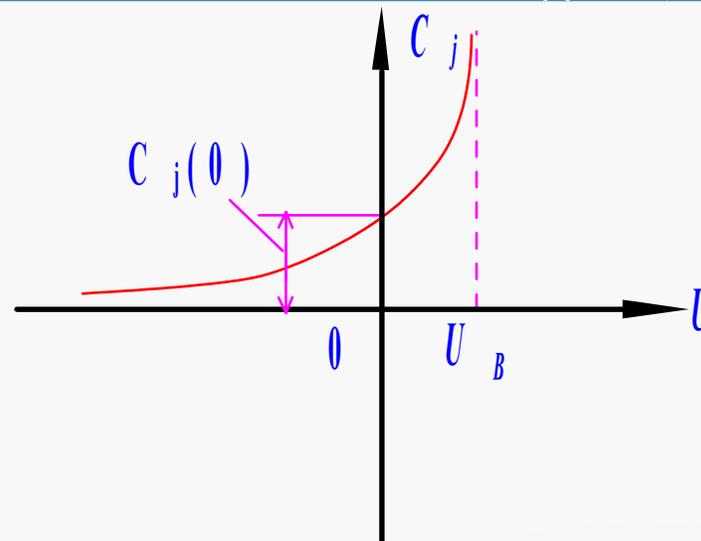


图 15-24 PN 结势垒电容特性



图 15-25 变容二极管符号



谢谢

---

Thank you!