

碲镉汞 $p-n$ 结光电二极管稳态特性的计算机模拟

丁 兰 英

(山东大学光学系)

参考文献[1]和[2]曾用电中性近似作为迭代初值, 计算了 $p-n$ 型碲镉汞光伏探测器的稳态特性, 并讨论了计算中所采用的特别设计的差分方法的稳定性问题。本文改用 $n-p$ 型结构, 并采用耗尽层近似作为迭代初值, 除载流子分布、电势分布和伏安特性外, 还增加计算了零偏压电阻 R_0 和结电容 C , 及其随某些参量(底板厚度、载流子迁移率、结的陡缓)的变化。

在工艺上, 把 n 型层注入到 p 型碲镉汞比把 p 型层注入到 n 型碲镉汞要方便, 并可减少退火损伤; 在理论上, p 型碲镉汞的少数扩散长度比相同载流子浓度下的 n 型要长得多。因此, 本文改用 $n-p$ 型结构。迭代初值取耗尽层近似, 可大大减少计算机的计算时间。

图 1 示出在这种近似下简单 $n-p$ 型的 $p-n$ 结光电二极管的模型。计算中所用的条件和方法与参考文献[1]和[2]所列基本相同。唯耗尽层近似中所用计算 n 区和 p 区的空间电荷区厚度 y_{n0} 和 y_{p0} 分别用下式计算:

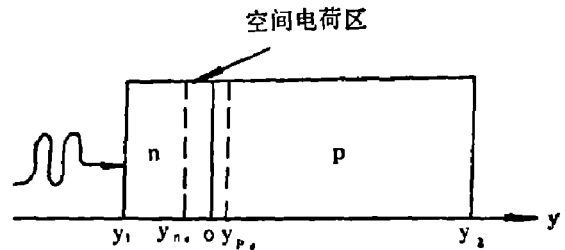


图 1 $p-n$ 结光电二极管横截面

$$y_{n0} = \left\{ \frac{2\epsilon V_0}{q} \left[\frac{N_a}{N_a(N_a + N_d)} \right] \right\}^{1/2};$$

$$y_{p0} = \left\{ \frac{2\epsilon V_0}{q} \left[\frac{N_d}{N_a(N_a + N_d)} \right] \right\}^{1/2}.$$

迭代初值 $n_0(y)$ 、 $p_0(y)$ 可由解下列方程求得:

$$n_0(y) - p_0(y) - NY(y) = 0, \quad y_{n0} > y > y_1, \quad y_2 > y > y_{p0};$$

$$n_0(y) - p_0(y) - NY(y) = -\frac{1}{4\pi} N_a, \quad 0 \geq y \geq y_{p0};$$

$$n_0(y) - p_0(y) - NY(y) = \frac{1}{4\pi} N_a, \quad 0 > y > y_{n0};$$

$$n_0(y) \cdot p_0(y) = 1, \quad y_2 > y > y_1.$$

利用参考文献[2]中所提到的差分方法计算了 $n-p$ 型碲镉汞结光电二极管在 77K 下的稳态特性。首先算得零偏压条件下的载流子分布、杂质分布和电势分布。然后计算各种偏

本文 1983 年 9 月 13 日收到。

置条件下以上分布的变化。由 n, p, ψ 可算得各种偏置条件下的电流密度, 从而得到相应的伏安特性, 以上计算所得的曲线及其变化规律与以前的计算基本相同。器件零偏压的电阻和结电容可由伏安特性根据下列公式求得:

$$R_0 = \left(\frac{\partial I}{\partial V} \right)^{-1} \Big|_{V_a=0}; \quad C_j = \left(\frac{\partial q}{\partial V} \right) \Big|_{V_a=0}$$

在采用参考文献[1]参数的情况下, 算得

$$R_0 = 3.54 \Omega; \quad C_j = 285 \text{ pF/cm}^2.$$

如果改变某些参数, 可算得这些参数变化时反向饱和电流 I_s 、零偏压电阻 R_0 和结电容 C_j 的变化。例如, 增加器件底板厚度, 取 $y_2 = 114 \mu\text{m}$, 则算得反向饱和电流 $I_s = 1.32 \text{ mA}$, 比原来减少近三分之一, $R_0 = 5.46 \Omega$ 比原来增加近三分之一, 而 C_j 基本不变。若取载流子迁移率为原来的一半, 即 $\mu_n = 3.55 \times 10^4 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ sec}^{-1}$; $\mu_p = 150 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ sec}^{-1}$, 则算得: $I_s = 1.11 \text{ mA}$, $R_0 = 6.34 \Omega$, C_j 基本不变。如在杂质分布 Ny 的表达式中取 L 为原来的一半, 即 $L = 2 \times 10^{-4} \text{ cm}$, 即使 $p-n$ 结变得更陡, 则得: $I_s = 1.11 \text{ mA}$, $R_0 = 3.14 \Omega$, $C_j = 429 \text{ pF/cm}^2$ 。通过以上计算可知, 适当加厚底板, 减小迁移率, 可提高 R_0 和减小 I_s 。在一定参数条件下, 缓变结的 R_0 较高, 增加底板厚度与减少迁移率对 C_j 的影响不大, 而结的陡缓对 C_j 都有明显的影响。

致谢——作者对美国威斯康辛大学电器和计算机工程系 J. D. Wiley 教授给予有益的讨论和提供使用计算机方便表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 陈继述、丁兰英等, 山东大学学报(自然科学版), (1981), 1: 80~88
 [2] Yang Yirang, Ding Lanying, Yang Hong, *Kezue Tongbao* (Ed. in Foreign Languages), 27 (1982), 7: 790~795.

COMPUTER SIMULATION OF THE STEADY STATE CHARACTERISTICS OF P-N JUNCTION PHOTODIODE FOR $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$

DING LANYING

(Department of Optics, Shandong University)

ABSTRACT

Carrier distribution, electrostatic potential distribuion and $V-I$ characteristics of $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ photodiode of n on p structure at 77 K in steady state are computed with the depletion approximation of p-n junction as the initial iterative values. The saturation current density j_s , the dynamic resistance at zero bias voltage R_0 , the dynamic capacitance C_j , and the effects of substrate thickness, carrier mobility and steepness of junction are obtained from $V-I$ characteristic.