

P 型 HgCdTe 材料的电学参数的确定

萧继荣

(中国科学院上海技术物理研究所)

通常由饱和区的霍尔系数和电阻率计算 P 型 HgCdTe 样品的空穴浓度和迁移率,

$$R = \frac{3\pi}{8} \cdot \frac{1}{ep}, \quad (1)$$

$$\sigma = pe\mu_{h_0} \quad (2)$$

对在液氮温度下工作的元件来说, 77 K 的电学参数是很重要的。但是, 在这一温度, 有的样品还没有达到饱和, 而是处于混合导电区, 公式(1)、(2)不适用。弱场下的霍尔系数用 R_0 表示, 零磁场下的电导率用 σ 表示, 由一般的霍尔与电阻率测量, 有

$$R_0 = \frac{3\pi}{8} \cdot \frac{p - nb^2}{e(p + nb)^2}, \quad (3)$$

$$\sigma = (p + nb)e\mu_h, \quad (4)$$

仅用这两个方程还不能求出其中四个未知量。如果载流子服从玻耳兹曼分布, 动量空间的等能面为球形, 载流子的平均自由程与能量无关, 就可以使用 Beer 推导出的霍尔系数与磁场的关系:

$$R = \frac{3\sqrt{\pi}}{4ep} \cdot \frac{K_4(r_p) - \frac{nb^2}{P} K_4(r_n)}{\left[K_5(r_p) + \frac{nb}{P} K_5(r_n) \right]^2 + r_p \left[K_4(r_p) - \frac{nb^2}{P} K_4(r_n) \right]^2}, \quad (5)$$

式中

$$r_i = \sqrt{\pi} B^2 \mu_i^2, \quad K_\alpha(y) = \int_0^\infty \frac{x^\alpha e^{-x^2}}{x^2 + y} dx, \quad (6)$$

上面的假设对 P 型 HgCdTe 都是成立的。把式(3)、(4)的测量结果代入方程(5), (5)中只剩下两个未知数(μ_h 与 b)。赋予这两个未知数一系列适当的数值, 就得到一系列由这两组数决定的随磁场而变的霍尔曲线。把这些理论曲线与实测的霍尔-磁场数值对比, 凑合出 b 值, 再联立式(3)、(4)、(5)求解, 可以得到样品的四个参数值: p 、 n 、 μ_e 与 μ_{h_0} 。

霍尔系数与电阻率是用 Van·De·Pauw 法测量的。测量的温度范围是 77 K 至室温。77 K 时的磁场从 100 高斯逐步增强到 6000 高斯, 其余温度一般采用一固定不变的场强。整个测量过程用 Z80 型单板微处理机进行自动控制, 结果由打印机输出。根据方程(3)、(4)及(5)编制程序, 把样品实测的 R_0 与 σ 的数值输入电子计算机进行运算, 选取与实验数据一致的理论值作为样品的参数。结果表明, 理论计算值与实测的数据之间符合得很好。

任何温度下的电学参数都可以用上述方法确定。从所得数据分析中可以获得有关 P 型 HgCdTe 材料的许多其他信息。