

简并 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 半导体的费密能级和 Burstein-Moss 效应

褚君浩

(中国科学院上海技术物理研究所)

当半导体的费密能级进入导带, 本征光吸收边就会向短波方向移动, 这就是 Burstein-Moss 效应。对 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 半导体尚未见到有关研究报告。

我们采用三个不同组份、高电子浓度的 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 薄样品: $x=0.165$, $N_D^*=4 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $d=10 \mu\text{m}$; $x=0.17$, $N_D^*=5.85 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$, $d=9 \mu\text{m}$; 以及 $x=0.194$, $N_D^*=2.2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $d=24 \mu\text{m}$ 。采用 PE983 红外分光光度计在 $5 \sim 33 \mu\text{m}$ 波长范围和 $77 \sim 300 \text{ K}$ 温度范围测量透过率, 并算出三个样品在不同温度下的吸收光谱。由光谱可见吸收边明显向高频端移动, 并且每条吸收光谱都呈现出斜率变小的转折区域, 该位置表示了简并情况下的光学禁带宽度 $E_{g, opt}$ 。实验所得简约费密能量为

$$\eta = (E_{g, opt} - E_g) / kT。$$

定量解释 Burstein-Moss 效应需要准确计算费密能级。根据计及非抛物型能带和简并效应的 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 本征载流子浓度公式和导带电子浓度公式, 采用自洽计算方法计算了三个样品在不同温度下的本征简约费密能量 η_i 和非本征情况下的简约费密能量 η 。计算结果与实验结果颇为一致。

在以上分析计算过程中, 采用了禁带宽度经验公式:

$$E_g(\text{eV}) = -0.295 + 1.87x - 0.28x^2 + (6 - 14x + 3x^2)(10^{-4})T + 0.35x^4,$$

该式适用于 $0.19 \leq x \leq 0.37$, $4.2 \text{ K} \leq T \leq 300 \text{ K}$ 范围, 以及 $0 \leq x \leq 0.30$, $4.2 \text{ K} \leq T \leq 77 \text{ K}$ 范围。由本文实验与计算结果的符合, 可知该公式亦适用于 $0.165 \leq x \leq 0.194$, $77 \leq T \leq 300 \text{ K}$ 范围。