

光吸收测定 $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ 材料的空穴浓度

黄长河 俞振中 汤定元

(中国科学院上海技术物理研究所)

采用离子注入法做光伏器件, 需要空穴浓度在 $2\sim 6\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 甚至更低的 P 型 $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ 材料, 所以要求准确测定弱 P 型材料的空穴浓度。由于 $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ 中电子的迁移率比空穴的迁移率高得多, 对空穴浓度低于 $4\times 10^{16}\text{cm}^{-3}$ 的样品, 温度接近 77 K 时出现明显的混合导电, 给空穴浓度的确定带来了困难。近年来对 $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ 吸收边以下的自由载流子吸收光谱的研究表明: 在低温下, 空穴产生的光吸收比电子产生的吸收大得多。光吸收对空穴的浓度很敏感, 这一点与简单的霍尔测量正相反。

通过 P-N 转换区附近的热处理(温度为 $200\sim 400^\circ\text{C}$), 得到了各种浓度的 P 型样品, 并在 $77\sim 300\text{K}$ 温区测量样品的霍尔系数和吸收光谱, 波长从吸收边至 $33\mu\text{m}$ 。结果表明, 经过 N 型区处理的样品, 低温下的霍尔曲线平坦, 自由载流子吸收随温度下降很快减弱。经过 P 型区处理的样品, 低温时的霍尔曲线出现正支, 由霍尔系数可求出空穴浓度, 温度下降后, 自由载流子吸收迅速增加。经过 P-N 区转换区处理的样品, 霍尔曲线在低温时下跌, 下跌程度与磁场有关, 但没有出现正支, 这是混合导电引起的。随着温度下降, 自由载流子吸收先减小, 后增加。

根据 HgCdTe 晶体的能带模型, 不难对上述实验现象进行解释。对于 N 型材料, 导带带内跃迁起主要作用, 吸收随温度下降而减小; 对 P 型材料, 必须考虑价带带间跃迁的贡献, 它随温度降低而迅速增加。根据有关理论计算得到, 低温时 $17\mu\text{m}$ 处(吸收系数极小值附近)的价带带间吸收截面 σ_{v2v1} 的值为 $2.2\times 10^{-15}\text{cm}^2$ 。由实验测得的吸收截面 σ_0 与理论值吻合得较好, 表明低温时 P 型 HgCdTe 晶体主要的吸收机构为价带带间跃迁。由 77 K 时吸收系数的极小值 α_{\min} 与 σ_{v2v1} 的计算值, 可确定空穴浓度: $p = \alpha_{\min} / \sigma_{v2v1}$ 。作者对一系列弱 P 型 $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ 晶体进行了测量。实验指出, 在 P-N 转换区, $\text{Hg}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{Te}$ 的空穴浓度与热处理条件(汞压、温度)的关系, 仍可用高温条件下得到的二次电离汞空位模型进行解释, 从而为弱 P 型材料的制备提供了可靠的实验依据。