

## GaAs 中 C 的局域模振动吸收研究

江德生 宋春英 郑捷飞 许振嘉

(中国科学院半导体研究所)

碳是未故意掺杂的高阻 CZ-GaAs 中主要的残余杂质之一。Newman 等人研究了 GaAs 中 C 所引起的红外局域模振动吸收; Theis 报道了液氮温度下 C 局域模的高分辨光谱, 并根据同位素效应提出  $\nu = 582 \text{ cm}^{-1}$  处的精细结构是  $\text{C}_{\text{As}}$  所引起的。我们研究了直拉液封法生长的高阻 GaAs 单晶中 C 所引起的局域模吸收。首次报道了吸收峰的频率和半高宽随温度的变化 ( $T = 25 \sim 300 \text{ K}$ ) 并对 GaAs 中出现这种半高宽极小 ( $< 0.1 \text{ cm}^{-1}$ ) 的局域模锐峰的机制进行了讨论。

样品有两种: U1 是未故意掺杂的直拉 GaAs 样品, 高阻弱 N 型, 电阻率为  $(1.31 \times 10^8) \Omega\text{-cm}$ , 用红外光吸收法测出  $\text{EL}_2$  中心浓度为  $1.2 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ ; CR1 是掺铬的直拉 GaAs 高阻样品, 电阻率大于  $10^7 \Omega\text{-cm}$ , 两块样品在液氮温度下都显示出清晰的局域模吸收, 具有类似的精细结构。考虑到  $\text{C}_{\text{As}}$  周围存在  $\text{Ga}^{69}$  (丰度 60.1%) 和  $\text{Ga}^{71}$  (丰度 39.9%) 这两种同位素最近邻, 则不同 GaAs 样品中 C 所引起的吸收的精细结构可看成是由于  $\text{C}_{\text{As}}$  的最近邻不同组态引起的, 结构中两侧的吸收锐峰频率之比应为约 1.0013, 与实验测量值 1.0009 基本一致。值得注意的是, C 代 As 位的局域模振动与红外光的耦合是很强的, 吸收截面比 GaAs 中 Si 要强得多, 因此低浓度的 C (U1 和 CR1 中 C 浓度按计算分别为  $8.2 \times 10^{14}/\text{cm}^3$  和  $1.4 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ ) 就导致明显的吸收, 它所引起的杂质非均匀展宽效应也很小。

我们在  $25 \sim 300 \text{ K}$  温度范围内测量了  $582 \text{ cm}^{-1}$  附近  $\text{C}_{\text{As}}$  引起的吸收的温度依赖关系。一般认为在室温下 C 的吸收正好落在 GaAs 晶格双声子吸收引起的陡坡上, 因而无法检测出来。我们测量了室温高分辨的吸收谱, 清楚地看到 C 所引起的锐吸收峰。样品 U1 中 C 吸收峰的半高宽 (整个精细结构的总宽度)  $\Delta\omega$  随温度变化不明显, 而  $\omega_4$  峰的半高宽  $\Delta\omega_4$  随温度升高而变, 这表明决定半高宽的主要因素是寿命展宽。 $\omega_1$  和  $\omega_4$  随温度的漂移, 比卤碱化合物中代位 D 或  $\text{H}^-$  所引起的局域模吸收的频移数值要小得多。可以认为, 局域模频率随温度的移动可能跟晶格的热膨胀和局域模振动的非简谐性有关。GaAs 中 C 局域模振动与某些卤碱化合物 (如 NaF) 中 U 中心 (如代替 Na 位的  $\text{H}^-$ ) 局域模振动具有相似性, 杂质原子具有较大的质量欠缺 (Mass defect), 局域程度很高, 激发态具有较长的寿命, 其衰减必须通过二声子或三声子的分解或散射过程进行, 我们对与此有关的温度效应进行了讨论。