

GaAlAs 混晶余辉带红外反射谱 的分析研究

江德生 刘江夏

(中国科学院半导体研究所)

Ga_{1-x}Al_xAs 三元混晶的晶格振动具有“双模”行为, 此类混晶的长波光学模有类 GaAs 和类 AlAs 两支, 用 Chang 和 Mitra 的“等位移模型”可对某些混晶中晶格振动频率随组份 x 的变化作出较好的解释。一些作者对该模型中坐标和宏观参数的选择提出了不同的修正。由于样品制备条件的不同, 已发表的实验数据存在一些偏离。我们研究了 GaAlAs 厚外延层的中红外反射谱(200~600 cm⁻¹), 按照阻尼振子模型, 从相加形式的复介电函数出发对余辉带反射曲线进行了拟合分析。所用 FORTRAN 程序原则上可用于解两个以上振子的晶体反射谱, 并计算出有关自由载流子的参数。我们研究了 GaAlAs 混晶的长波长 TO 和 LO 声子的频率、振子强度和阻尼常数等参量与组份的关系, 并分析了余辉带区光学常数的色散关系。红外测量所得到的结果与同一样品的喇曼散射谱的测量结果进行了对比。

实验研究的 Ga_{1-x}Al_xAs 样品是 [100] 取向的厚液相外延层, 用电子探针测量组份。样品 8313 是用温度梯度外延法生长的, 其纵向和横向组份分布均匀。下表列出了两个 GaAlAs 样品的反射光谱通过曲线拟合求出的参量值。表中参量下标 1 和 2 分别表示类 GaAs 和类 AlAs 振子, S 表示残差均方和。

样品号	x	ν_{T1}	ν_{L1}	$4\pi\rho_1$	γ_1	ν_{T2}	ν_{L2}	$4\pi\rho_2$	γ_2	ϵ_∞	S
761222	0.12	266	291	2.40	4.5	360	372	0.59	11.1	10.61	0.082
8313	0.58	259	270	1.18	14.5	360	396	1.77	6.8	9.51	0.026

曲线拟合结果表明, 采用两个阻尼振子的模型来描述 GaAlAs 混晶的余辉带反射谱是令人满意的。振子频率与组份的依赖关系与用三坐标的“等位移模型”(计入有效电荷随组份的变化)计算的结果基本符合。在“等位移模型”中, 同种原子的振动服从相同的运动方程, 三种离子都受到其近邻原子的统计平均力的作用, 未考虑 Ga 原子和 Al 原子在子晶格中无序分布的影响。表中阻尼常数 γ 比 GaAs 和 AlAs TO 声子的 γ 值(2.6 cm⁻¹ 和 1.0 cm⁻¹) 大得多, 表明混晶光谱中存在无序引起的效应。混晶中类 GaAs 和类 AlAs 振子强度随混晶中 GaAs 和 AlAs 克分子浓度的改变而相应地改变, 但两者不存在严格的正比关系。分析表明, 在“等位移模型”中, 即使可对次近邻力常数 k_2 赋予一定的物理意义, 但 k_2 值应认为仅是一个有效常数, 很难与微观参量建立合理的对应关系。