

# 在 $Ga_xAl_{1-x}As$ 和 $Ga_xAl_{1-x}P$ 混合 晶体中长波长光学声子谱

汪兆平 韩和相 李国华 赵学恕 涂相征

(中国科学院半导体研究所)

实验上一般用喇曼光谱和红外反射谱两种方法研究混合晶体材料的长波长光学声子谱, 但红外反射谱的结果分析在一定程度上依赖于分析方法并利用调节参数。而喇曼光谱的结果直接给出了长波长光学声子模的频率, 带宽和强度。

我们测量了不同组份的  $Ga_xAl_{1-x}P$  和  $Ga_xAl_{1-x}As$  混合晶体材料的喇曼光谱。对  $Ga_xAl_{1-x}As$ , 我们着重补充富 AlAs ( $x \leq 0.5$ ) 材料的测量结果; 对  $Ga_xAl_{1-x}P$ , 我们着重讨论了 LO 模与组份值的依赖关系。

$Ga_xAl_{1-x}As$  材料是用液相外延方法在 [100] 晶向 GaAs 单晶衬底上生长的; 而  $Ga_xAl_{1-x}P$  材料是用液相外延方法在 [110] GaP 单晶衬底上生长的。

$Ga_xAl_{1-x}As$  材料的喇曼光谱中观测到了两类振动模。在  $250 \sim 290 \text{ cm}^{-1}$  是 GaAs 类的光学声子模, 在  $350 \sim 400 \text{ cm}^{-1}$  是 AlAs 类的光学声子模。此外, 在  $200 \text{ cm}^{-1}$  附近观测到无序激活的纵声学声子模。 $Ga_xAl_{1-x}P$  的喇曼光谱也有两类振动模:  $350 \sim 400 \text{ cm}^{-1}$  范围内的 GaP 类光学声子模,  $440 \sim 490 \text{ cm}^{-1}$  范围内的 AlP 类光学声子模。其中 TO 峰随组份的变化不大, 但 LO 峰的变化却较明显。模频和强度变化随组份值的依赖关系较明显, 显示出典型的“双模”行为。

在 [100] 晶向  $Ga_xAl_{1-x}As$  中 TO 模的出现及 [110] 晶向  $Ga_{1-x}Al_xP$  中 LO 模的出现可能与无序有关, 即无序激活的禁戒模, 另外衬底晶向偏离也可能是出现禁戒模的一个原因。

最近, 吴汲安在等位移模型的基础上, 利用 Born-Huang (黄昆) 方程考虑了极化场的影响, 不用任何调节参数计算了这类混晶材料的长波长光学声子谱。我们基本上利用他的方法, 计算了  $Ga_xAl_{1-x}P$  和  $Ga_xAl_{1-x}As$  的长波长光学声子谱, 计算结果与实验符合较好。计算中所利用的参数列于表 1 中。

表 1 模型计算所使用的参数

	$Ga_xAl_{1-x}As$		$Ga_xAl_{1-x}P$	
	AlAs	GaAs	AlP	GaP
$\omega_{TO} (\text{cm}^{-1})$	362	269	440	365
$\omega_{LO} (\text{cm}^{-1})$	400	292	500	404
$\omega_{gap}, \omega_{loc} (\text{cm}^{-1})$	252	356	350	438
$\theta_{AB}, \theta_{AO}$	-0.0062	+0.0062	-0.0114	+0.0114
$F_{AB}(0), F_{AO}(1)$ (kg/sec <sup>2</sup> )	180.5	175.4	202.3	199.0
$F_{BO}(0)$ (kg/sec <sup>2</sup> )	86.6		306.4	
$\theta_{BO}$	0.77		0.67	