

③ 189-194

# GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 和 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As/AlAs 超晶格的喇曼散射对比研究

张旺 韩和相 陈 晔 李国华 汪兆平

(半导体超晶格国家重点实验室, 中国科学院半导体研究所, 北京, 100083)

TN304.23  
0471.4

**摘要** 报道不同层厚的 AlAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 及 GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 短周期超晶格的纵光学声子模的室温喇曼散射测量结果. 在非共振条件下, 观察到 AlAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 中限制在 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 混晶层中的类 GaAs LO 限制模和限制在 AlAs 层中的 AlAs LO 限制模, 还观察到 GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 中限制在 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 混晶层中的类 AlAs LO 限制模和限制在 GaAs 层中的 GaAs LO 限制模. 在近共振条件下, 还观察到了 AlAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 中 AlAs 的界面模. 根据线性链模型, 把测量的 LO 限制模的频率按照  $\omega = \frac{m}{n+1} \left( \frac{2\pi}{a_0} \right)$  展开, 给出了 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 混晶的类 AlAs 支和类 GaAs 支光学声子色散曲线.

**关键词** 超晶格, 纵光学声子模, 喇曼散射.

砷化镓 混晶 半导体

## 引言

近几年来, 半导体超晶格的喇曼散射问题吸引了广泛的关注, 通过许多实验和理论上的研究, 已基本了解其晶格振动的特征. 对于象 GaAs/AlAs 这样已有大量研究的超晶格结构, 由于 GaAs 和 AlAs 体材料的光学声子色散曲线分布在不同的能量范围, 当它们构成 GaAs/AlAs 超晶格后, 光学声子模不能在整个超晶格中传播, 类 GaAs 和类 AlAs 光学声子模被分别限制在 GaAs 和 AlAs 层中, 是限制模<sup>[1,2]</sup>. 但是对于 GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 和 AlAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 这样的混晶超晶格结构, 光学声子的情况比较复杂, 主要是因为 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 混晶的长波长光学声子谱呈现双模行为, 分为类 GaAs 和类 AlAs 两支光学支<sup>[3]</sup>. 以 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 为例, 由于体 AlAs 和 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 混晶中的类 GaAs 支的光学声子在能量分布范围上是分开的, 因此, 当它们构成超晶格后, Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 中类 GaAs 支的光学声子就限制在该混晶层中, 是限制模. 但是对于 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 中类 AlAs 支光学声子, 由于其光学声子能量与体 AlAs 的光学声子能量在分布范围上是重叠的, 构成超晶格后, 该类 AlAs 支光学声子就会出现可传播的非局域模. 另外, 超晶格结构的喇曼散射测量还可以提供一种确定晶体色散曲线的新方法, 并且提供了 AlAs 晶体的光学声子色散曲线的第一套实验数据<sup>[2,4]</sup>. Jusserand 等<sup>[5]</sup>指出, 这一方法同样适用于确定具有双模行为的 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 混晶的类 GaAs 和 AlAs 支的光学声子色散曲线. 我们曾用这方法首次给出了 Al<sub>0.33</sub>Ga<sub>0.67</sub>As 混晶的类 AlAs LO 声子色散曲线<sup>[6]</sup>. 本文报道室温下, 不同层厚的 AlAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 及 GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 超晶格中 LO 声子的喇曼散射结果.

稿件收到日期 1998-10-19, 修改稿收到日期 1998-12-09

## 1 样品和实验

实验所用的  $\text{AlAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  及  $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  超晶格样品是由 VG-V80H 型 MBE 设备生长的. 在(001)晶向的半绝缘 GaAs 衬底上先生长一层 GaAs 缓冲层, 然后交替生长  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  层和 AlAs 或 GaAs 层.  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  混晶组分的  $x$  值是用 X 射线双晶衍射实验确定的. 对短周期超晶格的层厚, 习惯上用单层数  $n$  来表示, 一个单层是  $2.83 \text{ \AA}$ . 超晶格结构记为  $(\text{AlAs})_n(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As})_n$  和  $(\text{GaAs})_n(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As})_n$ . 样品结构参数见表 1.

表 1  $\text{AlAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  及  $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  超晶格样品的结构参数

Table 1 The structure parameters of  $\text{AlAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  and  $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  superlattices samples

样品序号	样品名称	$(n, \pi)$	组分 $x$	周期数	GaAs 盖层厚度
1	$(\text{AlAs})_n(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As})_n$	(7, 7)	0.3	70	100 Å
2	$(\text{AlAs})_n(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As})_n$	(5, 5)	0.3	90	无
3	$(\text{GaAs})_n(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As})_n$	(6, 6)	0.3	84	无

喇曼散射光谱用 JY-T64000 型三光栅喇曼光谱仪测量, 采用背散射测量配置, 激发光源用 SP-165-09 型氩离子激光器的 514.5nm 线, 加在样品上的激光功率小于 30mW. 激光器的输出端加在配套的偏振旋转器, 用来微调输出激光的偏振方向, 使其在严格的  $x'$  方向. 散射光收集透镜后加在半波片和检偏器. 检偏器固定在  $x'$  方向以保证单色仪在偏振谱和退偏偏振谱中有同样高的效率. 加或不加半波片以改变散射光的偏振方向分别在  $y'$  或  $x'$  方向. 所有测量都是在室温下进行的.

## 2 结果和讨论

图 1 和图 2 分别表示室温下氩离子激光器 514.5nm 线激发下 1 号和 2 号样品的喇曼散射光谱图. 图中虚线表示在  $z(x'y')\bar{z}$  散射配置下的喇曼光谱, 即退偏偏振谱; 实线表示在  $z(x'x')\bar{z}$  散射配置下的喇曼光谱, 即偏振谱. 其中  $x' \parallel (100)$ ,  $y' \parallel (010)$ ,  $z' \parallel (001)$ .  $\text{AlAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  及  $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  超晶格均具有  $D_{2d}$  点群对称性, 它们的纵光学声子限制模  $\text{LO}_m$  ( $m$  是限制模的阶数) 分别具有  $B_2$  ( $m$  是奇数) 和  $A_1$  ( $m$  是偶数) 对称性. 当我们取  $z(x'x')\bar{z}$  这种散射配置, 仅仅具有  $A_1$  对称性的偶模是喇曼活性的, 而在  $z(x'y')\bar{z}$  散射配置下, 只有  $B_2$  对称性的奇模是喇曼活性的<sup>[2]</sup>, 结果列于表 2.

表 2  $\text{AlAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  及  $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  超晶格的 LO 限制模的喇曼选择定则

Table 2 Raman selection rules for confined LO modes in  $\text{AlAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  and  $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  superlattices

散射面	入射光偏振方向	散射光偏振方向	散射配置	喇曼模截面	喇曼活性模
(001)	[100]	[100]	$z(x'x')\bar{z}$	$e^2$	偶模
(001)	[100]	[100]	$z(x'y')\bar{z}$	$e^2$	奇模

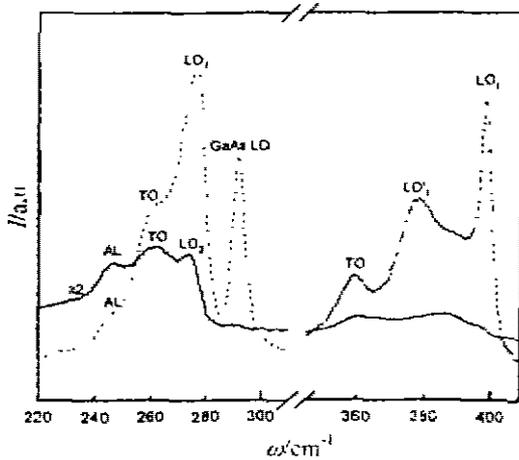


图1 (AlAs)<sub>7</sub>/(Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As)<sub>7</sub> 超晶格的室温喇曼散射光谱

Fig. 1 The room-temperature Raman spectra of (AlAs)<sub>7</sub>/(Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As)<sub>7</sub> superlattices

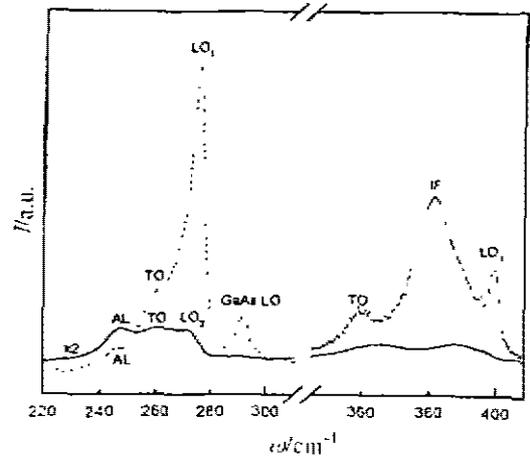


图2 (AlAs)<sub>5</sub>/(Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As)<sub>5</sub> 超晶格的室温喇曼散射光谱

Fig. 2 The room-temperature Raman spectra of (AlAs)<sub>5</sub>/(Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As)<sub>5</sub> superlattices

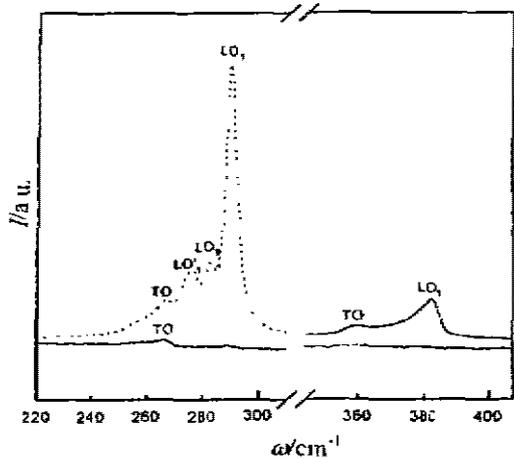


图3 (AlAs)<sub>6</sub>/(Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As)<sub>6</sub> 超晶格的室温喇曼散射光谱

Fig. 3 The room-temperature Raman spectra of (AlAs)<sub>6</sub>/(Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As)<sub>6</sub> superlattices

图1与图2的左半图是GaAs LO声子的能量范围(240~300cm<sup>-1</sup>)的喇曼光谱. 因为对于Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As层中的类GaAs LO模, 其声子色散曲线同AlAs的LO声子色散曲线, 在能量分布范围上是分开的, 因此类GaAs的LO模是局域化在Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As层中的限制模. 如图1与图2所示, 我们在z(x'x')z̄散射配置下观测到1号及2号样品中Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As层中的类GaAs的LO声子基频模LO<sub>1</sub>, 其峰值位置略小于x=0.3的Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As混晶体材料中的类GaAs LO(Γ)值(277cm<sup>-1</sup>), 同时在z(x'x')z̄散射配置下观察到了类GaAs的LO声子偶模LO<sub>2</sub>. 另外, 我们看到图1和2中, 在两种散射配置下, 于261cm<sup>-1</sup>附近均出现一个弱的

宽峰. 根据峰型、峰位及其偏振特征, 我们把它指认为Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As层中的类GaAs的TO声子模. 本来对于(100)晶向的闪锌矿结构的材料而言, 在背散射配置下, LO模是喇曼活性的, TO模是喇曼禁戒的. 这里弱的TO峰的出现, 可能是界面粗糙、晶向的微小偏离或混晶无序引起的动量选择定则弛豫的缘故. 从图中还可以看到, 在两种散射配置下, 在类GaAs的TO声子模的低频一侧, 在245~250cm<sup>-1</sup>附近有一肩峰结构, Kawanwra等<sup>[7]</sup>识别这一结构为Ga原子在AlAs晶格中的声学局域模(AL), 对它的识别还有待进一步研究. 此外, 在退偏偏振谱中, 在291cm<sup>-1</sup>处的喇曼峰来自GaAs缓冲层或覆盖层的体GaAs的LO声子

模,它在  $z(x'y')z$  散射配置下是喇曼活性的,在  $z(x'x')z$  散射配置下是禁戒的.

图 1 和 2 的右半图是 AlAs 的 LO 声子的能量范围 ( $350 \sim 400\text{cm}^{-1}$ ). 图 1 的右半图中的退偏偏振谱所示的  $\text{LO}'_1$  是  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  层中的类 AlAs LO 声子的基频模,其峰值位置略小于  $x=0.3$  的  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  混晶的 AlAs 的  $\text{LO}(\Gamma)$  值 ( $381\text{cm}^{-1}$ ). 在喇曼频移大于  $\text{LO}'_1$  的能量范围内,体 AlAs 的 LO 声子色散曲线的能量范围与  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  混晶中的类 AlAs 支不同,因此 AlAs 层中的 LO 模  $\text{LO}_1$  和  $\text{LO}_2$  是限制在 AlAs 层中的限制模. 另外可以看到,当喇曼频移小于  $\text{LO}_1$  的声子能量范围时,在  $360\text{cm}^{-1}$  附近出现一宽峰. 我们认为它来源于 AlAs 的 TO 声子模,理由与左半图中出现类 GaAs 的 TO 声子模一样. 图 2 的右半图显示的 2 号样品在 AlAs LO 声子能量范围的喇曼散射结果与图 1 所示 1 号样品相比有一些新的特点. 它不仅出现了 AlAs 的限制模  $\text{LO}_1$  及 AlAs 的 TO 声子模 ( $359\text{cm}^{-1}$ ), 在  $382\text{cm}^{-1}$  处还有一个强的宽峰,我们认为它是 AlAs 的界面模 IF, 而不是 AlAs 的 LO 声子限制模. 这可以从它的位置、强度、峰型看出: 首先它不可能属于  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  层中的类 AlAs 模,因为根据超晶格的量子限制效应,单层数小的样品量子限制效应强,故 2 号样品的类 AlAs 基频模应小于 1 号样品的类 AlAs 基频模 ( $378\text{cm}^{-1}$ ); 其次它也不可能属于 AlAs 层中的高阶 LO 声子限制模,因为高阶 LO 声子限制模的强度应小于低阶的限制模,而这里它的峰值强度明显大于 AlAs 的  $\text{LO}_1$  模; 而且从峰型上看,一般限制模的半宽较小,而这里半宽却很大,本来按照黄昆等的分析表明<sup>[8,9]</sup>,在严格背散射条件下,界面模与类体光学模不再能从频率上区分,因此不宜在背散射条件下研究界面模. 然而由于杂质或界面缺陷引起的无序,具有不同波矢的声子的喇曼散射都是允许的,因而在近共振散射条件下,界面模就可能以宽峰的结构出现,反映界面模的声子态密度谱. 另外可以看到在图 1 和 2 所示的偏振谱中,由于信号太弱尚不能分辨其细致结构,对此我们正在进一步研究.

图 3 给出了 3 号样品的偏振和退偏振条件下的室温喇曼散射光谱,其中虚线和实线所表示的配置与图 1 和 2 相同. 从右半图中退偏偏振谱可以看到,  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  层中的类 AlAs

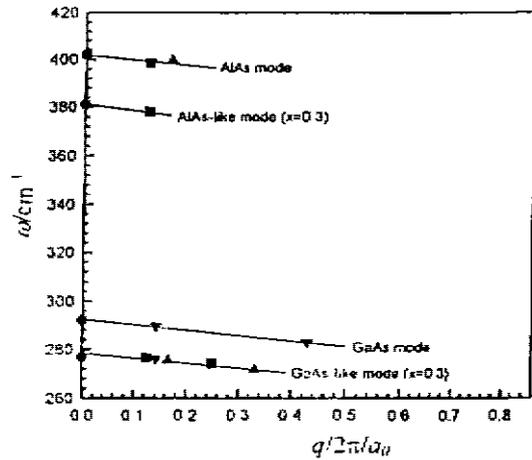


图 4 测量的 AlAs/ $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$  和  $\text{GaAs}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$  超晶格样品的 LO 模频率对  $q = \frac{m}{n+1} \left( \frac{2\pi}{a_0} \right)$  的关系曲线

(● GaAs, AlAs 及  $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$  混晶体材料的类 GaAs 和类 AlAs  $\text{LO}(\Gamma)$  喇曼散射测量值, ■, ▲, ▼ 分别代表 1, 2, 3 号样品的喇曼散射测量数据)

Fig. 4 The frequencies  $\omega$  of LO modes in AlAs/ $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$  and GaAs/ $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$  superlattices structures measured by Raman

$$\text{scattering vs } q = \frac{m}{n+1} \left( \frac{2\pi}{a_0} \right)$$

(● the like  $\text{LO}(\Gamma)$  phonon modes of pure GaAs and AlAs and  $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$  mixed crystals measured by Raman scattering, ■, ▲, ▼ represent the Raman scattering data of samples 1, 2, 3, respectively)

的 LO<sub>1</sub> 模被观察到, 同时在 350~375cm<sup>-1</sup> 范围内, 有一个宽而弱的峰, 同前, 我们指认它为泄漏的类 AlAs TO 模. 而在偏振谱中由于信号太弱, 没有观察到类 AlAs 的 A<sub>1</sub> 偶模. 图 3 的左半图是 GaAs LO 声子能量范围 (240~300cm<sup>-1</sup>) 的喇曼散射光谱. 退偏偏振谱中的 LO<sub>1</sub> 是 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 层中的类 GaAs LO 声子的基频模, 其峰值位置亦略小于  $x=0.3$  的 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 混晶的类 GaAs LO( $\Gamma$ ) 值 (277cm<sup>-1</sup>). 在喇曼频移大于 LO<sub>1</sub> 的能量范围内, 体 GaAs 的 LO 声子色散曲线的能量范围与 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 混晶中的类 GaAs 支不同, 因此 GaAs 层中的 LO 模 LO<sub>1</sub> 和 LO<sub>2</sub> 是限制模. 同 AlAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 的情况一样, 我们将这里出现的一个小峰 (266cm<sup>-1</sup>) 指认为 GaAs 的 TO 声子模. 但是, 在偏振谱中我们只观测到泄漏的 GaAs TO 模, 没有观测到具有 A<sub>1</sub> 对称性的偶模. 这同 Jusserand 等<sup>[10]</sup> 的观测结果是一致的. 他们指出, 如果考虑 GaAs 和 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 的电极化率分量  $\alpha_{xx}$  近似相等, 则具有 A<sub>1</sub> 对称性的偶模的喇曼效率  $R_{xx}$  趋于零.

我们曾经指出, 超晶格结构的喇曼散射测量可以提供一种确定晶体声子色散曲线的新方法<sup>[2,4]</sup>, 据此我们从线性链模型出发, 假设光学声子限制模被严格地限制在相应的层内, 则光学声子限制模的频率对应于在波矢  $q = \frac{m}{n+1} \left( \frac{2\pi}{a_0} \right)$  处相应体材料的光学声子频率<sup>[11,12]</sup>, 这里  $n$  是指超晶格的单层数,  $m$  是指限制模的阶数. 由此我们得到了具有双模行为的 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 混晶的类 GaAs 支和类 AlAs 支光学声子色散曲线. 图 4 给出了结果.

### 3 结论

我们用喇曼散射方法研究了不同层厚的 GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 和 AlAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 短周期超晶格的纵光学声子模. 在室温和非共振条件下, 我们观察到了 AlAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 中限制在 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 混晶层中的类 GaAs LO 限制模和限制在 AlAs 层中的 AlAs LO 限制模以及 GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 中限制在 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 混晶层中的类 AlAs LO 限制模和限制在 GaAs 层中的 GaAs LO 限制模. 另外, 在近共振条件下, 我们还观察到了 AlAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 中 AlAs 的界面模. 根据线性链模型, 我们把测量的 LO 限制模的频率按照  $q = \frac{m}{n+1} \left( \frac{2\pi}{a_0} \right)$  展开, 给出了 Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 混晶的类 AlAs 支和类 GaAs 支光学声子色散曲线.

### REFERENCES

- 1 Sood A K, Menendez J, Cardona M, *et al.* Resonance Raman scattering by confined LO and TO phonons in GaAs-AlAs superlattices, *Phys. Rev. Lett.*, 1985, **54**:2111
- 2 WANG Zhao-Ping, JIANG De-Sheng. confined longitudinal optical phonon modes in GaAs/AlAs short period superlattices, *Chinese Journal of Semiconductors* (汪兆平, 江德生. GaAs/AlAs 短周期超晶格中的纵光学声子限制模, *半导体学报*), 1987, **8**:558
- 3 WANG Zhao-Ping, HAN He-Xiang, ZHAO Xue-Shu, *et al.* Long-wavelength optical phonon spectra of Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As and GaAs<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub> mixed crystals, *Chinese Journal of Semiconductors* (汪兆平, 韩和相, 赵学恕, 等. Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As and GaAs<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub> 混晶的长波长光学声子谱, *半导体学报*), 1985, **6**:634
- 4 WANG Zhao-Ping, HAN He-Xiang, LI Guo-Hua, *et al.* Confined TO phonon modes in GaAs/AlAs superlattices. *Chinese Journal of Semiconductors* (汪兆平, 韩和相, 李国华, 等. GaAs/AlAs 超晶格中的 TO 声子限制模, *半导体学报*), 1988, **9**:559

- 5 Jusserand B, Paquet D, Mollet F. Dispersive character of optical phonons in GaAl/As alloys from Raman scattering in superlattices, *Phys. Rev. Lett.*, 1989, **63**:2397
- 6 WANG Zhao-Ping, HAN He-Xiang, LI Guo-Hua. Longitudinal optical phonon modes in GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As superlattices, *Chinese Journal of Semiconductors*(汪兆平, 韩和相, 李国华. GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As 超晶格中的纵光学声子模. *半导体学报*), 1990, **11**:73
- 7 Kawamura H, Tsu R, Esaki L. Disorder-activated acoustic mode in Raman spectrum of Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As, *Phys. Rev. Lett.*, 1972, **29**:1397
- 8 Huang K, Zhu D F, Tang H. Microscopic theory of optical phonon Raman scattering in quantum-well systems, *Phys. Rev. B*, 1990, **41**:5825
- 9 Huang K, Zhu B. F. Dielectric continuum model frohlich interaction in superlattices, *Phys. Rev. B*, 1988, **38**:13377
- 10 Jusserand B, Paquet D, Regreny A. "Folded" optical phonon in GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As superlattices, *Phys. Rev. B*, 1984, **30**:6245
- 11 Jusserand B, Paquet D. Resonance Raman scattering by confined LO and TO phonons in GaAs-AlAs superlattices, *Phys. Rev. Lett.*, 1986, **56**:1752
- 12 Sood A K, Menendez J, Cardona M, et al. Resonance Raman scattering by confined LO and TO phonons in GaAs-AlAs superlattices, *Phys. Rev. Lett.*, 1986, **56**:1753

## COMPARATIVE RAMAN SCATTERING STUDIES OF GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As and Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As/AlAs SUPERLATTICES

ZHANG Wang HAN He-Xiang CHEN Ye LI Guo-Hua WANG Zhao-Ping

(National Laboratory for Superlattices and Microstructures, Institute of Semiconductors,

Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China)

**Abstract** The room-temperature Raman scattering studies of longitudinal optic phonons in AlAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As and GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As short-period superlattices with different layer thicknesses were reported. The AlAs LO modes confined in AlAs layers and GaAs-like LO modes confined in Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As layers were observed in AlAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As superlattices under off-resonance conditions. And the GaAs LO modes confined in GaAs layers and AlAs-like LO modes confined in Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As layers were observed in GaAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As superlattices. In addition, the AlAs interface mode in AlAs/Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As was also observed under near-resonance conditions. Based on the linear chain mode, the frequencies of confined LO modes measured by Raman scattering were unfolded according to  $\omega = \frac{m}{n+1} \left( \frac{2\pi}{a_0} \right)$ , by which the dispersion curves of AlAs-like and GaAs-like LO phonons in Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As mixed crystal were obtained.

**Key words** superlattices, LO modes, Raman scattering.