

无序 GaInP 光致发光谱的温度依赖关系*

俞容文 吕毅军 郑健生

(厦门大学物理系, 厦门 361005)

摘要 研究了无序 GaInP 样品的温度依赖关系. 在低温 PL 谱中, 谱线呈单峰结构. 随着温度从 15K 升高到 250K, 谱线半宽从 16m eV 增大到 31m eV, 并且发生红移 (52m eV), 同时强度减小了两个数量级. 对实验结果的拟合表明, 在两个温度区存在着两个不同的激活能. 温度小于 100K, 激活能为 4m eV; 温度大于 100K, 激活能变为 35m eV. 我们认为低温温度行为由带边载流子的热离化伴随的无辐射跃迁所控制, 而高温区的特征激活能和跃迁几率取决于子晶格的无序度.

关键词 光致发光, 有序度, III-V 半导体

1 引 言

三元有序合金 $Ga_{1-x}In_xP$ ($x=0.52$) 不断在可见光 630~700nm 波段的激光二极管中得到应用. 由于在光学和光电器件方面有广泛的应用前景, 在基础理论和技术应用方面也越来越引起人们的研究兴趣. 采用 MOVPE 生长的 $Ga_{1-x}In_xP$ 具有沿 [111] 方向的类 CuPt 的有序结构. 有序 $Ga_{1-x}In_xP$ 被认为是由有序区域和无序区域组成, 这种有序度被认为与 GaInP 中的反常温度行为有关. 对 $Ga_{1-x}In_xP$ 的光致发光谱的测量表明, 既存在单峰的情况, 也有双峰的情形, 对这两种不同的情况, 还未有明确的解释. 与通常具有多谱峰的有序 $Ga_{1-x}In_xP$ 样品比较, 无序 $Ga_{1-x}In_xP$ 样品在诸如带隙的降低, 谱型、光致发光谱峰随温度和激发密度变化均有明显不同的性质^[1-3]. 实验中, 我们把具有单峰谱型的样品称为无序样品, 并报道在晶格匹配的 GaInP 样品中, 发光强度随着温度变化与有序度的关系.

2 实验方法

样品为采用 MOVPE 生长的 $Ga_{0.52}In_{0.48}P$, 衬底为沿 [111]_B 方向倾斜 6° 的 GaAs 样品置于 CSA-202E 低温样品室. 控温范围在 14~300K. 采用氦离子激光器的 488nm 线激发, 测量系统由 GDM-1000 双光栅单色仪, 带冷却装置的 C31034 光电倍增管, PAR-124A 锁相放大器组成.

3 实验结果与分析

图 1 是无序 $Ga_{0.52}In_{0.48}P$ 样品的低温 PL 谱. 从图中看到, 谱线呈单峰结构. 不同的样品发光强度不一样, 这可能与样品的质量有关, 通过表面或缺陷态的无辐射跃迁对样品发光效率有一定的影响. 随着样品温度从 15K 升高到 250K, 谱线半宽从 16m eV 增大

* 国家自然科学基金和福建省自然科学基金资助项目

1998 年 5 月 3 日收到

到 31meV, 发生了红移(约 52meV), 同时强度减小了两个数量级。

图 2 是对编号为 56 样品的拟合结果, 在两个温度区存在着两个不同的激活能. 在温度小于 100K, 激活能为 4meV. 温度大于 100K, 激活能变为 35meV. 我们得到的这一初步结果与 Lamblin 等人的结果相似^[2]. 我们尝试作以下解释; 低于 10K, 杂质束缚激子或者载流子从有序带边势起伏的局域区域中热离化出来, 同时伴随着无辐射跃迁. 这样的一种带边势起伏首先为 Delong 等人^[4]为解释无序 Ga_{0.52}In_{0.48}P 样品中的 Stokes 位移而提出. 高于 100K 温度时, 深中心的存在起着主导作用, 这与体材料无序半导体类似. 在体材料中, 这些深中心可能来自深受主、中性杂质或者与空位有关的缺陷. 而在我们的实验中, 不同样品的激活能相差很大. 在基本相似的生长条件下, 样品的差异主要是有序度的差别. 因此, 我们猜测样品有序度对高温区不同的激活能可能起更主要的影响.

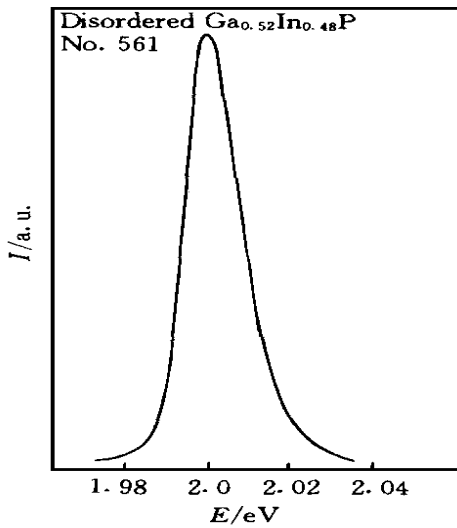


图 1 无序 Ga_{0.52}In_{0.48}P 样品的低温 PL 谱.

$T = 14\text{K}$

Fig. 1 PL spectrum of disorder Ga_{0.52}In_{0.48}P sample under low temperature at $T = 14\text{K}$.

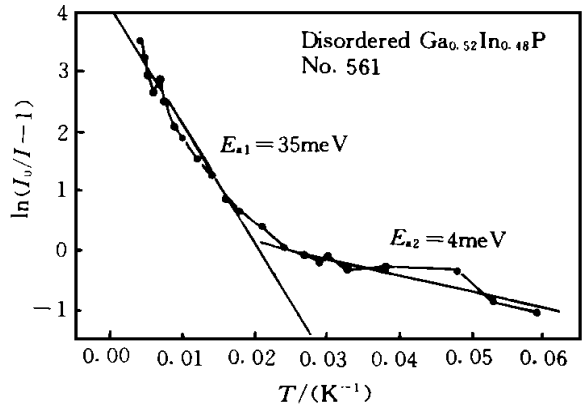


图 2 对无序 Ga_{0.52}In_{0.48}P 样品的拟合结果. 在 100K 以下温度区, 激活能为 4meV. 在 100K 以上温度区, 激活能为 35meV

Fig. 2 Fitted results for disorder Ga_{0.52}In_{0.48}P sample. Activation energy is of 4meV for temperature region below 100K and 35meV for temperature region above 100K.

4 结 论

研究了无序 GaInP 样品中发光强度随着温度的变化. 发现在两个温度区存在着不同的激活能. 温度小于 100K, 激活能为 4meV. 温度大于 100K, 激活能变为 35meV. 我们认为无序 GaInP 样品在低温温度区的行为由带边载流子的热离化伴随的无辐射跃迁所控制, 而高温区的特征激活能主要取决于子晶格的无序度.

参 考 文 献

- [1] Lee K H, Lee S G, Chang K J Phys Rev, 1995 B 52(22): 15862
 [2] Lambkin J D, Considine L *et al* Appl Phys Lett, 1994 65(1): 73
 [3] Dong J R, Wang Z G *et al* Appl Phys Lett, 1995 67(11): 1573
 [4] DeLong M C *et al* J Appl Phys, 1993 73 5163

TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE DISORDERED $\text{Ga}_{52}\text{In}_{48}\text{P}$ PHOTOLUMINESCENCE SPECTRUM

Yu Rongwen Lu Yijun Zheng Jiansheng

Department of Physics, Xiamen University, Xiamen 361005

Abstract

The integrated photoluminescence (PL) intensity of disordered $\text{Ga}_{52}\text{In}_{48}\text{P}$ samples grown by metalorganic vapor phase epitaxy (MOVPE) have been measured as a function of temperature. The fitting to the integrated intensity shows two activation energies in two different temperature regions. Below 100K, the activation energy is about 4meV; above 100K, the activation energy is 35meV. We conclude that the low temperature PL behaviour is likely controlled by carriers thermalization from spatial fluctuations of the band edges followed by non-radiative recombination. The high temperature PL behaviour is suspected to be dominated by a nonradiative path whose characteristic activation energy and transition probability depends upon the degree of sublattice ordering.

Key words photoluminescence ordering degree III-V semiconductors