

掺 Si 对 AlGaInP/ GaInP 多量子阱发光性能的影响*

李述体 范广涵 周天明 郑树文 王 浩 郭志友 孙慧卿

(华南师范大学光电子材料与技术研究所, 广州 510631)

摘要: 研究了 Si 掺杂对 MOCVD 生长的 $(Al_{0.3}Ga_{0.7})In_{0.5}P/Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 多量子阱发光性能的影响. 样品分为两类: 一类只生长了 $(Al_{0.3}Ga_{0.7})In_{0.5}P/Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 多量子阱结构; 另一类为完整的多量子阱 LED 结构. 对于只生长了 $(Al_{0.3}Ga_{0.7})In_{0.5}P/Ga_{0.5}In_{0.5}P$ 多量子阱结构的样品, 掺 Si 没有改变量子阱发光波长, 但使得量子阱发光强度略有下降, 发光峰半高宽明显增大. 这应是掺 Si 使量子阱界面质量变差导致的. 而在完整 LED 结构的情况下, 掺 Si 却大大提高了量子阱的发光强度. 相对于未掺杂多量子阱 LED 结构, 垒层掺 Si 使多量子阱的发光强度提高了 13 倍, 阱层和垒层均掺 Si 使多量子阱的发光强度提高了 28 倍, 并对这一现象进行了讨论.

关键词: 多量子阱; AlGaInP; MOCVD; Si 掺杂; 光致发光

PACC: 4255P; 6865; 8115H

中图分类号: O472.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-4177(2005)06-1159-05

1 引言

可与 GaAs 衬底晶格匹配的 III 族 AlGaInP 系半导体材料具有宽的直接带隙 (1.9 ~ 2.3 eV), 发光波长覆盖范围宽、发光效率高, 是制备高亮度红、橙、黄波段发光二极管 (LED) 和激光器的最佳材料^[1-4]. 二十世纪九十年代中期, 采用 MOCVD 技术研制出了超高亮度的从红色到绿色的 AlGaInP-LED 并实现了 LED 和激光器 (LD) 的产业化^[5]. 尽管 AlGaInP 系 LED 和 LD 研制进展迅猛, 但对于 AlGaInP 系材料生长与性能的研究还很不充分. 有关文献报道的 AlGaInP-LED 的有源区一般采用双异质结结构或多量子阱结构, LED 有源区均采用非故意掺杂层, 目的是减少有源区的杂质和缺陷, 从而减少非辐射复合中心的数目^[1-8]. 然而, 对于同为 III 族的 GaN 基材料, 研究表明 Si 掺杂能明显改善 InGaIn 和 InGaIn 多量子阱的性能^[9-14]. InGaIn/GaN 多量子阱的阱层和垒层掺入 Si, 能大大提高 InGaIn 多量子阱的发光强度, 并提高载流子迁移率^[9]. 在多量子阱垒层中掺入 Si, 能使量子阱的发光强度提高 2500 倍^[12], 并能改善量子阱的界面质

量^[13]. 而且, 几乎所有成功的 GaN 基激光器结构中都对多量子阱有源区的阱层和垒层进行了 Si 掺杂或至少对垒层进行了 Si 掺杂^[10,14]. 鉴于 Si 掺杂对 InGaIn/GaN 多量子阱性能的重要影响, 本文研究了 Si 掺杂对 III 族 AlGaInP/GaInP 多量子阱性能的影响.

2 实验

红光 AlGaInP/GaInP 多量子阱外延片是在 EMCORE 公司的 GS/3200 涡轮 LP-MOCVD 上生长的. 采用的金属有机源为三甲基镓 (TMGa)、三甲基铟 (TMIn)、三甲基铝 (TMAI). 以 AsH_3 和 PH_3 分别作为 As 源和 P 源. p 型和 n 型掺杂剂分别为 CP_2Mg 和 SiH_4 . 衬底为 50mm n-GaAs, 晶向 (100) 偏 [011]15°. 外延生长温度为 620 ~ 720 °C, 生长气压为 $(5.33 \sim 8) \times 10^3$ Pa.

图 1 和图 2 是实验所用两类多量子阱样品的结构示意图. 图 1 为多量子阱结构, 自下而上依次为: 在掺 Si 浓度约 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 的 n-GaAs 衬底上生长 0.5 μm 载流子浓度约 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 的 n-GaAs 缓冲层, 0.5 μm 载流子浓度约 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 的 n- $(Al_{0.7}$

* 国家高技术研究发展计划资助项目 (批准号: 00-068)

李述体 男, 1975 年出生, 博士, 从事光电材料与器件研究.

2004-08-12 收到, 2004-11-17 定稿

$\text{Ga}_{0.3}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 下限制层; $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱有源区; 20nm 载流子浓度约 $3 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 的 $n(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上限制层. 图 2 为完整的多量子阱 LED 结构. 图 2 结构与图 1 不同的是: 在 $n\text{-GaAs}$ 缓冲层和 $n(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})\text{In}_{0.5}\text{P}$ 下限制层之间加了 15 周期的 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}/\text{Si}/\text{AlAs}/\text{Si}$ 布拉格反射层 (DBR); 在多量子阱生长完成后, 生长 $0.5\mu\text{m}$ 载流子浓度约 $6 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 的 $p(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上限制层和厚度为 $5\mu\text{m}$ 的载流子浓度约 $5 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 的 $p\text{-GaP}$ 电流扩展层, 构成完整的 LED 结构.

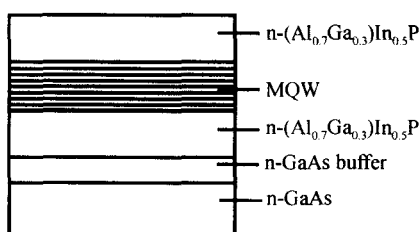


图 1 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱结构示意图

Fig. 1 Schematic structure of $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ MQWs

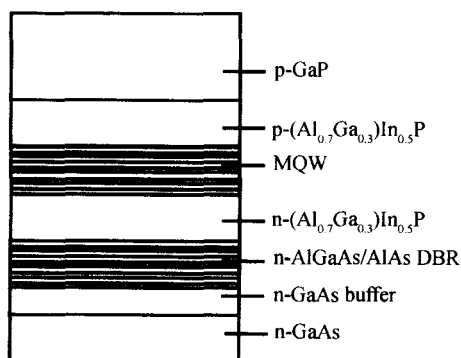


图 2 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱 LED 外延片结构示意图

Fig. 2 Schematic structure of $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ MQWs LED wafer

对应于图 1 和图 2 结构, 我们分别生长了 3 组掺 Si 情况不同的 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱样品, 量子阱的周期数均为 10, 阱层和垒层的厚度约为 5nm 和 10nm . 6 个样品分别记为 a, b, c (图 1 结构) 和 A, B, C (图 2 结构). 其中, 样品 a 和 A 为非故意掺杂样品; 样品 b 和 B 为多量子阱垒层掺 Si 样品; 样品 c 和 C 为阱层和垒层均掺 Si 样品. 量子阱所用的 Si 掺杂剂量与 $n(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})\text{In}_{0.5}\text{P}$ 的

掺 Si 量一样, 预计其载流子浓度在 $3 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 左右. 除掺 Si 情况不同外, 6 个样品的多量子阱其他生长参数均相同.

样品的光致发光光谱是在 PHILIPS 公司的 PL mapping 仪上进行的. 以 Double YAG 作为激光源, 激发波长为 532nm , 功率约 15mW .

3 结果与讨论

图 3 是三个掺 Si 情况不同的 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱外延片的室温光致发光光谱. 样品结构如图 1 所示. 其中, 样品 a 为未故意掺杂样品; 样品 b 为垒层掺 Si 样品; 样品 c 为垒层和阱层均掺 Si 样品. 三样品的发光特性列于表 1. 从表 1 可看出, 三样品的发光波长均在 641nm , 掺 Si 并没有使量子阱的发光波长发生改变. 样品 a, b, c 的归一化发光强度分别为 1.0, 0.88 和 0.92, 表明掺 Si 使量子阱的发光强度略有下降. 这一现象与掺 Si 对 GaN/InGaN 多量子阱的影响不同. 研究表明, GaN/InGaN 量子阱阱层或垒层掺 Si, 能大大提高量子阱的发光强度^[11-14], InGaN/GaN 多量子阱的垒层掺入 Si, 能使量子阱的发光强度提高 2500 倍^[12]. 从表 1 还可看出, 未掺杂样品 a、垒层掺 Si 样品 b、垒层和阱层均掺 Si 样品 c 的发光峰半高宽分别为 $11.6, 14.2$ 和 15.8nm . 掺 Si 使量子阱的发光峰半高宽明显增大.

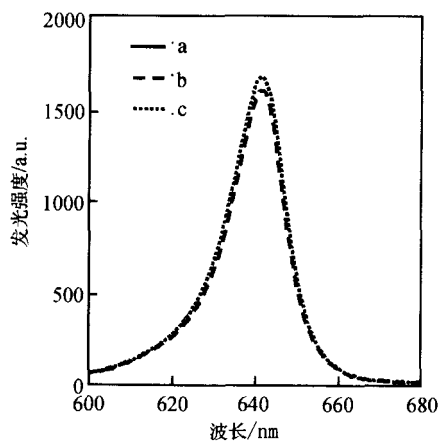


图 3 三个掺 Si 情况不同的 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱的室温光致发光光谱

Fig. 3 Room temperature PL spectra of three $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ MQW structure with different Si doping

表 1 三个掺 Si 情况不同的 (Al_{0.3} Ga_{0.7}) In_{0.5} P/ Ga_{0.5} In_{0.5} P 多量子阱的室温光致发光性能参数

Table 1 Characteristics of PL of three (Al_{0.3} Ga_{0.7}) In_{0.5} P/ Ga_{0.5} In_{0.5} P MQW structures with different Si doping

样品	a	b	c
发光波长/ nm	641	641	641
发光强度/ a. u.	1820	1610	1680
归一化发光强度	1.0	0.88	0.92
发光峰半高宽/ nm	11.6	14.2	15.8

上面实验结果表明,掺 Si 并没有改善 (Al_{0.3}-Ga_{0.7}) In_{0.5} P/ Ga_{0.5} In_{0.5} P 多量子阱的发光性能,反而使量子阱的发光强度有所下降,发光峰半高宽明显增大.多量子阱发光峰的半高宽增大主要有两方面原因:一方面可能是由于 Si 掺杂导致的能带填充效应^[12],由于施主杂质和自由电子浓度较高,使得电子填充到导带的更高能级,甚至发生简并情况,导致发光峰半高宽增大;另一方面,量子阱质量,如界面平整性、杂质等对发光峰半高宽的影响很大.对于掺杂引起的能带填充效应,由于电子填充到导带的更高能级,除发光峰半高宽增大外,还会导致发光峰向高能方移动.杂质引起的发光峰半高宽增大一般也伴随着量子阱发光峰位置的改变.从实验结果可看出,掺 Si 并没有使量子阱的发光峰位发生变化,而且,实验所用的 Si 掺杂剂量并不大,量子阱的自由电子浓度预计在 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 左右,还不足导致量子阱导带发生简并.这表明,能带填充效应和杂质并不是使 (Al_{0.3} Ga_{0.7}) In_{0.5} P/ Ga_{0.5} In_{0.5} P 多量子阱发光峰半高宽增大的主要原因. (Al_{0.3} Ga_{0.7}) In_{0.5} P/ Ga_{0.5} In_{0.5} P 多量子阱发光峰的半高宽增大主要是由于掺杂使量子阱界面质量变差导致的.这也能很好地解释 Si 掺杂导致 (Al_{0.3} Ga_{0.7}) In_{0.5} P/ Ga_{0.5} In_{0.5} P 多量子阱发光强度下降的现象.量子阱的发光强度受量子阱界面质量影响很大,量子阱界面质量变差导致量子阱的发光强度下降^[12].研究表明对于 GaN/ InGa_xN 量子阱,掺 Si 能明显提高量子阱的发光强度,改善量子阱的界面质量^[13,14].掺 Si 对 (Al_{0.3} Ga_{0.7}) In_{0.5} P/ Ga_{0.5} In_{0.5} P 多量子阱和 InGa_xN/ GaN 多量子阱产生不同影响的原因可能是由于这两类材料的晶格匹配度不同.由于 GaN 和 InGa_xN 之间的晶格常数相差较大,量子阱存在很大的应力,会导致 InGa_xN/ GaN 界面起伏或发生微区相分离现象,并有很强的压电效应^[11,12,15,16].掺 Si 能改变生

长过程中 GaN/ InGa_xN 量子阱界面的表面能,从而改善量子阱界面质量,大大增强量子阱发光强度^[12,13].而 (Al_{0.3} Ga_{0.7}) In_{0.5} P/ Ga_{0.5} In_{0.5} P 多量子阱的晶格常数相差很小,在这种情况下,掺 Si 导致的量子阱界面能的变化反而会影响量子阱界面的平整性,使量子阱界面发生起伏,从而导致量子阱界面质量下降.

图 4 是三个具有完整 LED 结构外延片的 (Al_{0.3} Ga_{0.7}) In_{0.5} P/ Ga_{0.5} In_{0.5} P 多量子阱的室温光致发光光谱.外延片的结构如图 2 所示.三样品除 (Al_{0.3} Ga_{0.7}) In_{0.5} P/ Ga_{0.5} In_{0.5} P 多量子阱掺 Si 情况不同外,其他生长条件一样.其中,样品 A 为未掺杂多量子阱结构,样品 B 为垒层掺 Si 量子阱结构,样品 C 为阱层和垒层均掺 Si 量子阱结构.样品 B 和 C 的发光光谱可观察到明显的干涉峰.这是由于 Al_{0.5} Ga_{0.5} As Si/ AlAs Si 布拉格反射层的反射和

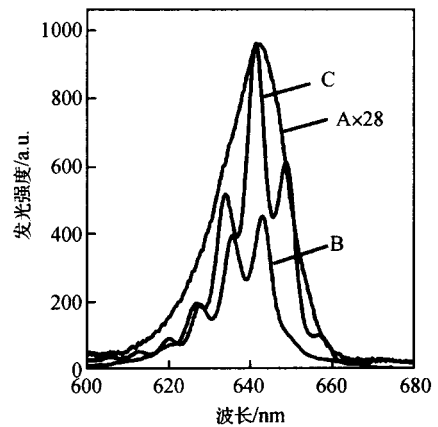


图 4 三个掺 Si 情况不同的 (Al_{0.3} Ga_{0.7}) In_{0.5} P/ Ga_{0.5} In_{0.5} P 多量子阱 LED 外延片的室温光致发光光谱

Fig. 4 Room temperature PL spectra of three (Al_{0.3}-Ga_{0.7}) In_{0.5} P/ Ga_{0.5} In_{0.5} P MQW LED wafers with different Si doping in MQW

干涉作用导致的.从图中可看出,相对于未故意掺杂的样品 A,多量子阱垒层掺 Si 的样品 B 的发光强度提高了 13 倍,超过一个数量级;阱层和垒层均掺 Si 的样品 C 的发光强度比样品 A 提高了 28 倍.图 5 显示了这三个样品的反射谱.可看出,三个样品的反射图谱相差不大.由于布拉格反射层的作用,三样品对波长约为 640nm 光的反射率达到近 90%.在波长范围为 630nm 到 650nm 时,三个样品的反射率均在 80% 以上.因此,三个样品发光强度的差异并不是由于样品的布拉格反射层的反射率不同导致的.

这表明对于完整 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱 LED 结构外延片, 掺 Si 能明显增强量子阱的发光强度.

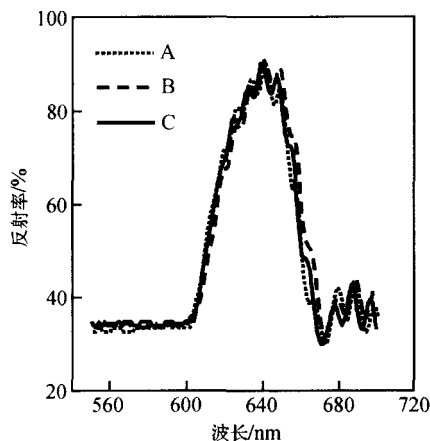


图 5 三个掺 Si 情况不同的 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱 LED 外延片的反射谱

Fig. 5 Reflection spectra of three $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ MQW LED wafers with AlAs/ $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ DBR

从上面的实验结果可看出, 对于只生长 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱的样品, 掺 Si 会导致量子阱的发光性能变差, 发光强度有所下降, 发光峰半高宽增大. 但对于完整 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱 LED 结构外延片, 掺 Si 能大大增强量子阱的发光强度. 实际上, Si 的引入对材料性能的影响是很复杂的. 就我们实验结果来看, 掺 Si 对两类量子阱发光性能影响不同的可能原因是: 一方面, 对于完整 LED 结构的 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱, 其 p-n 结位于量子阱和 p- $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上限制层的交界面附近. 对量子阱进行 Si 掺杂, 将使量子阱的自由电子浓度大大提高, 导致 p-n 结附近的情况发生改变, 如耗尽层的厚度减小等, 可能导致量子阱的发光峰强度增大. 另一方面, 由于 Si 的掺入, 可能改变生长 p- $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上限制层和 p-GaP 电流扩展层时 Si 或 Mg 的扩散情况, 如促使 Mg 向多量子阱的扩散, 从而增强量子阱的发光强度. 根据以上实验结果和分析, 对于晶格匹配的 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱, 通过调整量子阱掺杂工艺, 如在生长量子阱过程中, 对量子阱垒层采用调制掺杂方式, 一方面可减小 Si 掺入对量子阱界面质量的影响, 另一方面可增强

量子阱的发光强度, 从而改善 AlGaInP 系光电器件的性能.

4 结论

本文研究了 Si 掺杂对 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱发光性能的影响. 对于只生长了 $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 多量子阱结构的样品, 掺 Si 没有改变量子阱发光波长, 但发光强度略有下降, 发光峰半高宽明显增大. 这可能是由于掺 Si 使量子阱界面质量变差导致的. 而对于完整 LED 结构, 掺 Si 却大大提高了量子阱的发光强度. 相对于未故意掺杂多量子阱 LED 结构, 垒层掺 Si 使多量子阱的发光强度提高了 13 倍, 阱层和垒层均掺 Si 使多量子阱的发光强度提高了 28 倍.

参考文献

- [1] Huang K H, Yu J G, Kuo C P, et al. Twofold efficiency improvement in high performance AlGaInP light-emitting diodes in the 555-620 nm spectral region using a thick GaP window layer. *Appl Phys Lett*, 1992, 61: 1045
- [2] Kish F A, Steranka F M, Defever D C, et al. Very high-efficiency semiconductor wafer-bonded transparent-substrate $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})\text{In}_y\text{P}/\text{GaP}$ light-emitting diodes. *Appl Phys Lett*, 1994, 64: 2839
- [3] Lee C Y, Wu M C, Lin W. The influence of window layers on the performance of 650nm AlGaInP/GaInP multi-quantum well light-emitting diodes. *J Cryst Growth*, 1999, 200: 382
- [4] Shao Jun. Absorption and reflectivity of GaInP/AlGaInP multiple quantum wells: influence and reduction of multi-beam interference. *Chinese Journal of Semiconductors*, 2004, 25(6): 651 (in Chinese) [邵军. $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}/\text{AlGaInP}$ 多量子阱的吸收/反射光谱: 多光束干涉的影响与消减. *半导体学报*, 2004, 25(6): 651]
- [5] Sugawara H, Ishikawa M. Compensated-strain multi-quantum well active layer for InGaAlP-based visible light-emitting diodes. *Jpn J Appl Phys*, 1995, 34: 1458
- [6] Sugawara H, Itaya K. High-brightness InGaAlP green light-emitting diodes. *Appl Phys Lett*, 1992, 61: 1775
- [7] Dong Jianrong, Zhang Xinhai, Chua Soo-Jin, et al. Photoluminescence of compressively strained AlGaInP/GaInP quantum well structures grown by MOCVD. *J Cryst Growth*, 2004, 266: 449
- [8] Xiong Feike, Guo Liang, Ma Xiaoyu, et al. GaInP-AlGaInP quantum well visible laser. *Chinese Journal of Semiconductors*, 1997, 18(6): 424 (in Chinese) [熊飞克, 郭良, 马晓宇, 等. 高性能实用化 GaInP-AlGaInP 半导体量子阱可见光激光器.

- 半导体学报,1997,18(6):424]
- [9] Yamada Y, Taguchi T, Sasaki F, et al. Effect of Si-doping on luminescence of $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ epitaxial layers. *J Cryst Growth*, 1998, 189/190:611
- [10] Tong Y Z, Li F, Zhang G Y, et al. Growth and doping characteristics of InGaN films grown by low pressure MOCVD. *Solid State Commun*, 1999, 109:173
- [11] Wang T, Saeki H, Bai J, et al. Effect of silicon doping on the optical and transport properties of InGaN/ GaN multiple-quantum-well structures. *Appl Phys Lett*, 2000, 76:1737
- [12] Uchida K, Tang T, Goto S, et al. Spiral growth of InGaN/ InGaN quantum wells due to Si doping in the barrier layers. *Appl Phys Lett*, 1999, 74:1153
- [13] Cho Y H, Song J J. Influence of Si doping on characteristics of InGaN/ GaN multiple quantum wells. *Appl Phys Lett*, 1998, 73:1128
- [14] Chichibu S, Cohen D A, Mack M P, et al. Effects of Si-doping in the barriers of InGaN multi-quantum well purple-blue laser diodes. *Appl Phys Lett*, 1998, 73:496
- [15] Gotoh H, Tawara T, Kobayashi Y, et al. Piezoelectric effects on photoluminescence properties in 10-nm-thick InGaN quantum wells. *Appl Phys Lett*, 2003, 83:4791
- [16] Takeguchi M, McCartney M R, Smith D J. Mapping In-concentration, strain, and internal electric field in InGaN/ GaN quantum well structure. *Appl Phys Lett*, 2004, 84:2103

Influence of Si-Doping on Luminescence Properties of AlGaInP/ GaInP Multiple Quantum Wells *

Li Shuti, Fan Guanghan, Zhou Tianming, Zheng Shuwen, Wang Hao, Guo Zhiyou, and Sun Huiqing

(Institute of Opto-Electronic Materials and Technology, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ multiple quantum wells (MQWs) are grown by LP-MOCVD. The influence of Si-doping on the luminescence properties of $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ MQWs is studied. For the samples without p-type layers above it, the PL peak wavelength from the MQWs does not vary when Si is doped in MQWs, but the peak intensity slightly decreases and the FWHM is obviously broadened. These phenomena indicate that Si-doping results in worse interface quality of MQWs. However, for the full LED structure samples, the PL intensity of MQWs obviously increases when Si is doped in MQWs. The PL intensity from MQWs with Si-doped barriers is about 13 times stronger than that of undoped MQWs. The PL intensity from MQWs with Si-doped barriers and wells is 28 times as strong as that of undoped MQWs. The reasons are discussed.

Key words: AlGaInP; MQWs; MOCVD; photoluminescence

PACC: 4255P; 6865; 8115H

Article ID: 0253-4177(2005)06-1159-05

* Project supported by the National High Technology Research and Development Program of China (No. 00-068)

Li Shuti male, was born in 1975, PhD. He is interested in study on opto-electronic materials and devices.

Received 12 August 2004, revised manuscript received 17 November 2004

©2005 Chinese Institute of Electronics