

218-220

# InGaAs 量子阱垂直腔面发射激光器

刘颖 杜国同 姜秀英 刘素平 张晓波 赵永生 高鼎三

(吉林大学电子工程系集成光电子学国家重点联合实验室吉林大学实验区, 吉林, 长春, 130023)

林世鸣 高洪海 高俊华 王洪杰 康学军

(中国科学院半导体研究所, 北京, 100083)

TN248.4

**A** 摘要 报道了一种新型的具有 InGaAs 量子阱结构有源区的垂直腔面发射激光器. 采用钨丝作为掩膜, 通过两次垂直交叉 H<sup>+</sup> 质子轰击工艺制备器件, 初步实现了室温脉冲工作, 最低阈值电流达 20mA, 激光波长为 915nm, 器件的串联电阻最低达 120Ω.

关键词 InGaAs 量子阱, 垂直腔, 面发射激光器.

## 引言

垂直腔面发射激光器作为一种光源, 无论是分离器件, 还是二维列阵或光电集成电路, 在激光扫描、激光印刷、医疗图像、图像显示、光纤通信、光计算和光互联等许多领域具有重要作用. 这种激光器和边发射激光器相比具有许多优良特性, 如短的光学谐振腔, 可动态单膜工作, 有窄的圆形光束, 便于光纤耦合, 可制成高密度一维列阵等等. 因此近几年来它成为人们研究的热点, 已研制出不同激光波长, 多种结构的垂直腔面发射激光器<sup>[1~5]</sup>, 这些结构的激光器, 其制作工艺相当复杂, 难度极大. 本文报道一种制作工艺简单, 具有 InGaAs/GaAs 量子阱结构, 作为有源区垂直腔面发射激光器新结构的研究结果.

## 1 实验

器件所用的外延片是由分子束外延(MBE)生长的, 外延片结构及 Al 组分如图 1 所示. 衬底选用 n 型( $\text{Si}; 3 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ )GaAs 单晶片; 有源区采用  $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}/\text{GaAs}$  量子阱, 阱宽为 10nm, 垒宽为 8nm; 上、下限制层分别为厚度 105nm 的 p 型( $\text{Be}; 5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )和 n 型( $\text{Si}; 5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )GaAs; 上、下分布布拉格反射镜(DBR)分别由 22 对 p 型、32.5 对 n 型 1/4 波长 AlAs/ $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$  多层异质外延层构成, 为了降低串联电阻, 在 AlAs 和  $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$  层之间生长了厚 25nm, 组分  $x$  从 0.2 到 1 渐变的  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  层; 另外, 为了便于生长, 首先在衬底上生长一层 0.1 $\mu\text{m}$  厚的 n 型( $\text{Si}; 3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )GaAs 缓冲层; 为了降低器件的电阻, 最后一层为厚 12.5nm 的 p 型( $\text{Be}; 2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ )重掺杂的  $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$  欧姆接触层. 这种结构的垂直腔面发射激光器, 32.5 对 n 型下 DBR 的反射率近似为 100%, p 型上 DBR 设计为 22 个周期, 保证其反射率在达到 99% 的情况下, 还能有一定量的光输出. 器件的制备过程如下: 首先将外延片用间距 300 $\mu\text{m}$ , 直径为 15 $\mu\text{m}$  的钨丝掩膜架掩膜, 用能量为

本文 1995 年 7 月 11 日收到, 修改稿 1996 年 2 月 14 日收到

350keV、剂量为  $8 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$  的  $\text{H}^+$  离子注入,然后蒸镀 Au-Zn-Au 150nm,再将掩膜架转动  $90^\circ$ ,再用能量为 350keV,剂量为  $8 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$  的  $\text{H}^+$  离子注入,再蒸镀 Au-Zn-Au 150nm,最后去掉掩膜架,将背面减薄蒸镀 Au-Ge-Ni,在  $450^\circ\text{C}$  下微合金 30s. 器件的结构如图 2 所示.

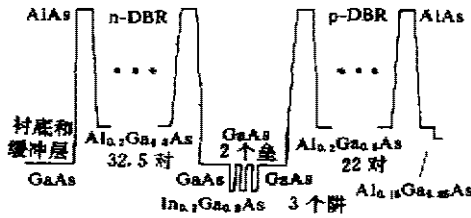


图 1 外延片的结构及 Al 组分  
Fig. 1 Schematic diagram of the epitaxial wafer and Al composition

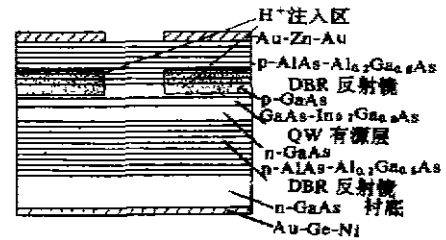


图 2 器件的结构  
Fig. 2 Schematic diagram of the device structure

## 2 实验结果与讨论

器件的正向导通电压为 1.2V,反向击穿电压大于 6V. 由伏安特性计算出器件的串联电阻在  $120 \sim 200 \Omega$  之间,初步实验已实现了室温脉冲激射,测量是在脉宽 200ns,占空比为 1:3000 脉冲电流条件下进行的. 器件阈值电流一般在  $25 \sim 50 \text{mA}$ ,最低可达  $20 \text{mA}$ ,图 3 给出了器件的光功率(平均值)-电流关系曲线.

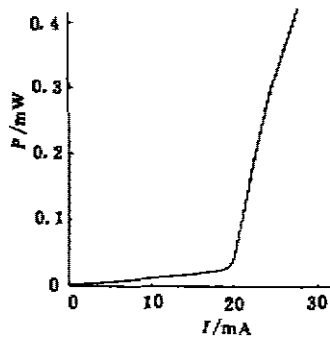


图 3 器件的光功率-电流曲线  
Fig. 3 Light output power versus current

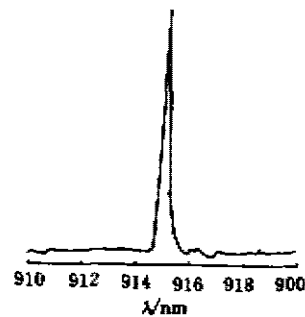


图 4 器件的光谱图  
Fig. 4 Spectrum of the device

由于钨丝直径为  $15 \mu\text{m}$ ,出光窗口为  $15 \times 15 \mu\text{m}^2$ ,这样的出光窗口比较大,如减小钨丝直径可以降低阈值电流. 我们还测量了器件的光谱图(见图 4),光谱半宽为  $0.3 \text{nm}$ ,激射波长为  $915 \text{nm}$ . 用红外变像管观察了器件远场光强分布图样,发现有的器件呈多横模激射状态,这主要是由于钨丝直径比较粗,以及二次质子轰击的深度不一致所造成的.

### 3 结语

采用钨丝掩膜质子轰击的新的简单工艺,制备了有源区具有 InGaAs 量子阱结构的垂直腔面发射激光器,初步实现了室温脉冲激励.如果减小钨丝直径,准确控制轰击能量和剂量,将会获得更好的结果.

#### 参考文献

- 1 Iga K, Koyama F, Kinoshita S. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1988, **24**:1845~1855
- 2 Tu L W, Wang Y H, Schubert E F, et al. *Electron. Lett.*, 1991, **27**:457~458
- 3 Sale T E, Woodhead J, et al. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1992, **4**:1192~1194
- 4 Jiang X Y, Du G Y, et al. *Chinese Journal of Lasers* 1994, **B3**(1):1~4
- 5 Yang Y J, Dziura T G, et al. *Appl. Phys. Lett.* 1991, **58**(16):1780~1782

### InGaAs QUANTUM WELL VERTICAL-CAVITY SURFACE-EMITTING LASER

Liu Ying Du Guotong Jiang Xiuying Liu Suping Zhang Xiaobo  
Zhao Yongsheng Gao Dingsan

(Department of Electronic Engineering and State Key Laboratory  
on Integrated Optoelectronics, Jilin University, Changchun, Jilin 130023, China)

Lin Shiming Gao Honghai Gao Junhua Wang Hongjie Kang Xuejun  
(Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China)

**Abstract** A novel vertical-cavity surface-emitting laser with InGaAs quantum wells active region was reported. The structure was obtained by deep implantation of H<sup>+</sup> twice, with the crossed tungsten wire as the implantation mask. The lasing wavelength is about 915nm and the lowest threshold current is 20mA under a pulsed condition. The minimum series resistance of the device is 120Ω.

**Key words** InGaAs quantum wells, vertical-cavity, surface emitting laser.