

# InGaAsP/InP MQW 电流控制型 双稳/非线性增益开关激光器 \*

张权生 石志文 杜云 颜学进 赵军

(中国科学院半导体研究所 集成光电子学国家重点实验室 北京 100083)

**摘要** 一种电流控制型二端及三端 MQW(多量子阱) InGaAsP/InP 双区共腔双稳/非线性增益开关激光器业已研制成功, 文中报道了部分结果.

PACC: 4255P, 4265P

## 1 引言

双稳激光器是一种高速、高增益光数字放大、光存储、光逻辑器件, 具有小尺寸、低功耗、多功能、易集成及室温工作等特点, 而且结构简单, 使用方便, 在信息光电子学领域占有重要地位.

以往关于双稳激光器的研究基本上是在 LPE 体材料基础上进行的. 近年来, 随着 MBE、MOCVD 等技术的成熟, 对量子阱双稳激光器的研究引起了广泛重视<sup>[1~5]</sup>. 然而, 由于量子阱中子能带是分立的能级, 载流子填充过程中子带内的交换作用导致较体材料严重得多的带隙收缩, 造成了量子阱双稳激光器制备上的困难<sup>[6]</sup>. 迄今报道的量子阱双稳激光器基本上都是电压控制型的, 即在吸收区施加反向偏压, 利用量子限制 Stark 效应使吸收边“红移”, 以增加吸收区对增益区辐射的吸收几率.

事实上, 量子阱激子吸收的非线性效应也可用于产生双稳特性, 由此可制成电流控制型量子阱双稳激光器. 可惜这类工作并没引起重视. 迄今仅见一篇关于 GaAs/GaAlAs 多量子阱激光器实现非均匀泵浦双稳性的报道. 由于所采用的器件结构提供不了横向限制作用, 仅实现了脉冲激射, 且阈值高达 600mA<sup>[7]</sup>. 我们采用了较佳的掩埋异质结构, 首次实现了电流控制型 InGaAsP/InP MQW 双稳/非线性增益开关激光器室温下低阈值双稳态连续运转. 所获得的最低导通阈电流 22mA, 较文献[7]明显降低, 也比作者此前关于体材料所得最佳结果要好<sup>[8]</sup>.

\* 863 计划及国家自然科学基金资助项目

张权生 男, 1939 年生, 副研究员, 从事半导体光电子器件的研究

1995 年 8 月 14 日收到初稿, 1996 年 2 月 26 日收到修改稿

## 2 器件结构与制备

器件芯片由 MOCVD 及 LPE 技术制备, 具有 DC-PBH 条形结构(图 1), 条宽约

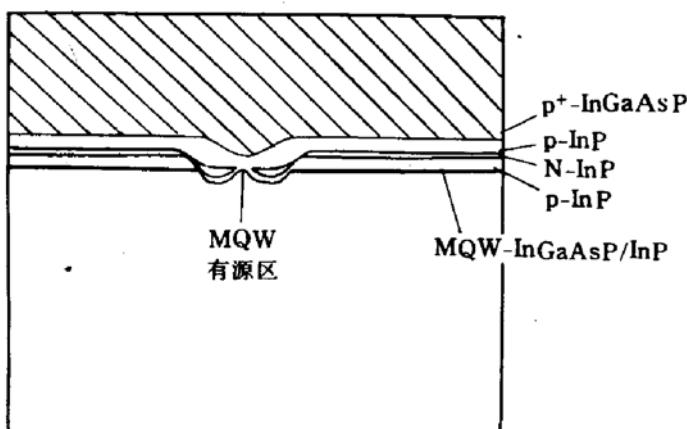


图 1 InGaAsP/InP MQW DC-PBH 芯片结构

用质子轰击、氧离子注入及湿法刻蚀技术制备.

1.5  $\mu\text{m}$ . 多量子阱有源区含 5 个 InGaAsP 阵 ( $\lambda_{PL} = 1.38 \mu\text{m}$ ), 6 个 InGaAsP 垒 ( $\lambda_{PL} = 1.15 \mu\text{m}$ ). 在它们的上下两侧设置更宽带隙的 InGaAsP ( $\lambda = 1.05 \mu\text{m}$ ) 及 InP 层, 构成了具有良好载流子限制和光场限制的 GRIN-SCH 结构.

器件设计成双区共腔结构. 吸收区电极被制成凹口形, 且 p 侧电极朝上键合, 以便于增益区和吸收区之间的电学隔离、外接引线及与单模光纤的双向耦合. 器件总长度 450  $\mu\text{m}$ . 宽约 40  $\mu\text{m}$  的隔离槽系采

## 3 器件特性

器件具有二端及三端两种结构形式. 两种结构的器件均实现了室温条件下的连续激射, 并显示出良好的波长变换及波长调谐特性. 这里仅就直流双稳特性做简要报道.

图 2 为二端 InGaAsP/InP MQW 电流控制型双稳/非线性增益开关激光器的  $P$ - $I$  特性. 该器件的主(增益区)、辅(吸收区)电极是相连的. 两区间的隔离槽区域起吸收区作用, 两区共处的 Fabry-Perot 腔提供光学正反馈作用, 赋予该器件以良好双稳特性. 导通阈电流 35mA, 导通点跳变功率 6.5mW, 双稳区电流跨度 6mA.

图 3 和图 4 给出了三端器件的  $P$ - $I$  特性. 对三端器件饱和吸收作用主要由独立设置的与辅电极相连的吸收区提供. 而且很容易通过调整增益区与吸收区的长度比以及两区间隔离电阻的相对大小, 使器件的阈电流及双稳跨度获得灵敏控制, 更便于实际应用.

图 3 所示为窄跨度三端 InGaAsP/InP MQW 电流控制型双稳/非线性增益开关激光器的  $P$ - $I$  特性. 测试时环境温度为 31°C. 图中

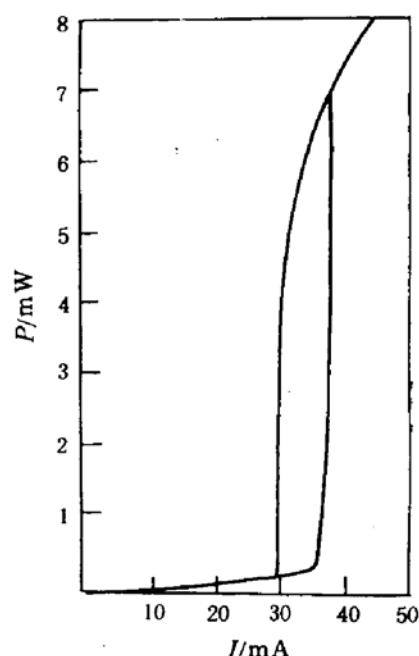


图 2 二端 InGaAsP/InP MQW 电流控制型双稳/非线性增益开关激光器的  $P$ - $I$  特性

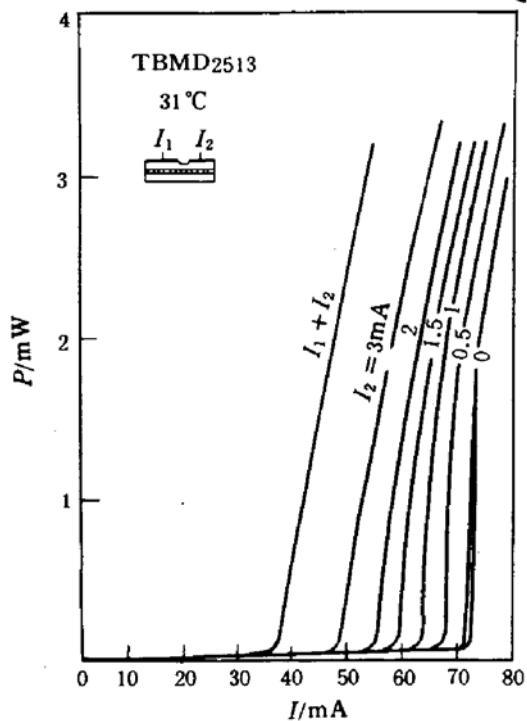


图3 窄跨度三端 InGaAsP /InP MQW 电流控制型双稳/非线性增益开关激光器的  $P$ - $I$  特性

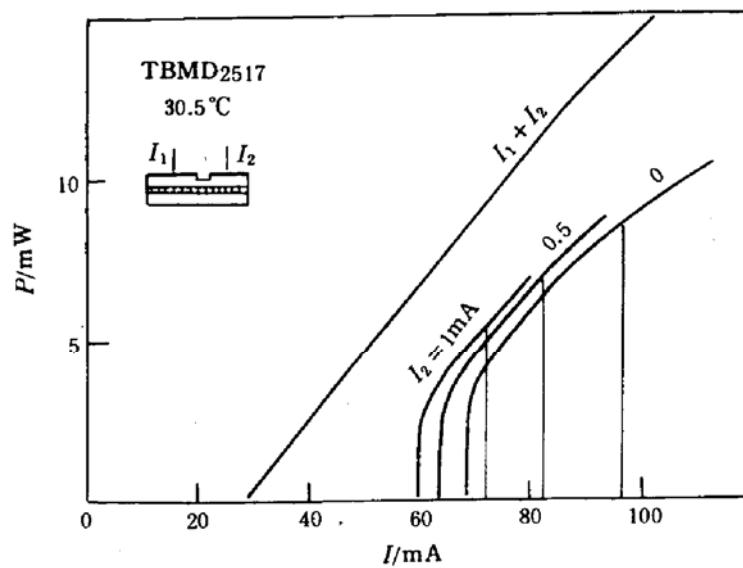


图4 宽跨度三端 InGaAsP/InP MQW 电流控制型双稳/非线性增益开关激光器的  $P$ - $I$  特性

标以  $I_1 + I_2$  的的曲线代表主、辅电极相连时的  $P$ - $I$  特性. 器件呈现普通激光器特性、阈电流为 37mA. 主电极  $I_1$  单独注入时具有明显的双稳特性, 导通阈电流 73mA, 关断阈电流 71mA, 即电流跨度为 2mA. 由于辅电极的注入电流起着降低损耗、增大增益的作用, 因此随辅电极电流  $I_2$  的增大, 导通阈电流及双稳跨度均明显降低. 例如, 当  $I_2$  为 0.5mA 时, 导通阈电流降至 68mA, 双稳跨度降至 1mA;  $I_2$  为 1mA 时, 导通阈电流降至 64mA, 双稳跨度降至 0.5mA;  $I_2$  为 1.5mA 时, 双稳跨度退化为零, 器件呈现非线性微分增益(开关)特性.  $I_2$  再增大后,  $P$ - $I$  特性演变为普通激光器特性, 阈电流也降得更低.

图 4 为宽跨度三端 InGaAsP/InP MQW 电流控制型双稳/非线性增益开关激光器的  $P$ - $I$  特性. 此器件双稳区电流跨度在  $I$  为零时达 28mA, 导通点跳变功率 8.7mW, 而且双稳环特性随辅电极电流变化十分灵敏. 例如, 当  $I_2$  仅为 0.5mA 时, 导通阈电流就降低了 14mA, 双稳跨度降低了 10mA.

## 4 结语

本文简要报道了二端及三端 InGaAsP/InP MQW 电流控制型双稳/非线性增益开关激光器室温下的直流  $P$ - $I$  特性. 结果表明, 对电流控制型量子阱双稳激光器而言, 由于吸收区正向偏置, 故对器件的反向耐压特性以及增益区与吸收区之间的隔离电阻的要求均较电压控制型器件低得多. 确实, 文中器件反向击穿电压均约 1.5 伏, 主、辅电极间的隔离电阻也仅在数十至数百欧姆范围. 这充分显示了电流控制型量子阱双稳激光器的优越性. 无疑, 这对提高昂贵的量子阱材料利用率, 增加器件成品率以及改善器件可靠性等均十分有利.

所研制的部分器件已进行双向单模光纤耦合封装, 在两个方向上导通点处的跳变出纤

功率均大于  $800\mu\text{W}$ 。它们正在国内的一台高速时分复用光子交换系统中使用。

**致谢** 对汪孝杰高级工程师、罗丽萍、高俊华、王红杰等同志在器件测试及制备中的帮助，作者表示衷心感谢。

### 参 考 文 献

- [1] Seigo Tarucha and Hiroshi Okamoto, *Appl. Phys. Lett.*, 1986, **49**(10):543.
- [2] Hiroyuki Uenohara, Hidetoshi Iwamura and Mitsuru Naganuma, *Jpn. Appl. Phys.*, 1990, **29**:L2442.
- [3] 李建蒙, 朱龙德, 王启明, *半导体学报*, 1990, **11**:481.
- [4] 熊飞克, 高文智, 吴荣汉, 王启明, *半导体学报*, 1995, **16**:354.
- [5] 张敬明, 徐遵图, 杨国文, 等, 1994 年光电子器件与集成技术年会论文集, 58~60(浙江、杭州).
- [6] K. M. S. V. Bandara, D. D. Coon *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 1988, **53**:1931.
- [7] A. I., Kucharska, P. Blodd, E. D., Fletcher *et al.*, *IEE Proc. J.*, 1988, **135**:31.
- [8] 张权生, 吴荣汉, 林世鸣, 等, *半导体学报*, 1992, **13**:103.

## InGaAsP/InP MQW Current-Controlled Bistable Lasers/ Nonlinear Switch Gates With Gain

Zhang Quansheng, Shi Zhiwen, Du Yun, Yan Xuejin and Zhao Jun

(*Institute of Semiconductors, The Chinese Academy of Sciences*

and

*National Integrated Optoelectronics Laboratory, Beijing 100083*)

Received 14 August 1995, revised manuscript received 26 February 1996

**Abstract** A kind of current-controlled InGaAsP/InP multiquantum well(MQW) two-section bistable laser/nonlinear switch gate with gain has been developed. Some of bistable hysteresis characteristics are given. The lowest value of the turn-on threshold current obtained was 22 mA at room temperature, which is the best value reported in the literature.

**PACC:** 4255P, 4265P