第18卷 第8期
1991年8月

中 国 激 光
CHINESE JOURNAL OF LASERS

Vol. 18 No. 8
August, 1991

增益导引 GaAlAs/GaAs 锁相列阵激光器

屠玉珍 金志良 顾德英 封伟忠 林岳明 刘 斌 方祖捷
(中国科学院上海光机所, 201800)

提要: 本文报道采用氧化物掩蔽 Zn 扩散平面条形结构的增益导引 GaAlAs/GaAs 锁相列阵激光器的工艺和特性。获得了阈值电流小于 200 mA，输出功率大于 240 mW 的实验结果。远场测试表明其具有良好的锁相特性。

关键词: 半导体激光, 锁相列阵

A gain-guided GaAlAs/GaAs phase-locked laser array

Tu Yuzhen, Jin Zhiliang, Gu Deying, Feng Weizhong, Lin Yueming, Liu Bin, Fang Zujie
(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

Abstract: A gain-guided GaAlAs/GaAs phase-locked laser array is described, which consists of multi-stripes made by Zn diffusion with oxide mask. A typical threshold current of less than 200mA and an output power of more than 240mW were obtained, and the phase-locking is shown in the far field patterns.

Key words: semiconductor laser, phase-locked array

一、引 言

半导体激光器具有体积小、率效高、使用方便等许多优点。但与气体和固体激光器相比，功率较小，发散角较大。锁相列阵半导体激光器的出现为克服这些弱点开辟了一条道路，它已在固体激光器、空间光通信、高速光记录和激光医疗等领域展现了令人鼓舞的应用前景[1,2]。

由平面条形激光器平列组成的列阵是最早采用的锁相列阵结构[3]。由于条形激光器之间光场(消逝波)的交叠耦合，实现了激光器之间的相位锁定。这种结构工艺简单、效率较高。因此，尽管以后发展了多种不同的锁相机理和结构，如Y型交叉耦合、衍射耦合等[4,5]但消逝波耦合的机构仍然是目前性能较好、在批量生产中广泛采用的方法。本文报道采用氧化物掩蔽 Zn 扩散平面条形结构的增益导引 GaAlAs/GaAs 锁相列阵激光器的实验研究结果。

二、器件结构和工艺

图1是器件结构示意图。这是采用通常的液相外延技术，在 n-GaAs 衬底上生长的平面

收稿日期: 1990年12月13日。

双异质结构(DH)。外延片上用 CVD 技术生长 SiO_2 薄膜。光刻多条窗口后，Zn 扩散穿透 n-GaAs 顶层，形成条形 p^+-p-n 结，而在条间区为 n-p-n 结起电流限制作用。器件由 10 个激光器组成，条宽 5 μm，中心距 8 μm。通过改变作用区的铝含量(y)，可以调节发光波长。要获得良好的锁相列阵激光器，必须注意两点：一是生长尽可能薄的作用区，同时保证作用区和限制区之间足够高的突变的势垒，以得到尽可能低的阈值；二是尽可能提高各层的均匀性，尤其是组份和层厚的均匀性。

扩 Zn 后的片子经减薄、欧姆接触等工艺，解理成腔长约为 250 μm 的芯片，即可键合到铜热沉上进行测试。

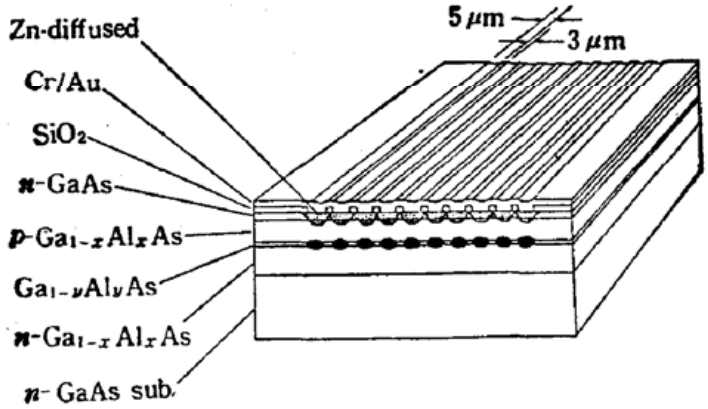

Fig. 1 Schematic diagram of the array

三、器 件 特 性

3.1 功率/电流特性

图 2 为室温下直流测量的典型的功率/电流曲线。由图可见其阈值电流为 170 mA，在输出功率 200 mW 下仍保持良好的线性。图 3 为一组被测器件的线性输出功率和功率转换效率的特性。其中 *B-7 器件的功率是在电源最大输出电流 1A 下测得的(估计如电源许可，输出功率可大于 250 mW)。这些器件的单面微分量子效率在 25～30% 范围。

3.2 远场分布

图 4 为典型的平行于结平面的远场分布测试结果。可以看到，这是一个双瓣光束，每瓣束宽为 1.7～1.8°；两瓣间角距为 7.9°。少数器件显示出单瓣光束，束宽 5～8°。在垂直于结平面的方向上，远场分布与普通的半导体激光器类似，发散角约在 35° 左右。

3.3 光谱特性

GaAlAs/GaAs 锁相列阵激光器的发光波长控制在 800～880 nm 范围。图 5 为一个典型的光谱曲线，为多纵模振荡，这是采用增益导引结构的必然结果。随着注入电流的增加，每个纵模还出现复杂的精细结构，这与列阵模式之间的竞争有关。

3.4 温度特性

在不同环境温度下测量了器件的功率/电流曲线，如图 6 所示。可以看到在 80°C 温度下仍可获得大于 100 mW 的输出功率。由图 6 数据还可以得出，阈值电流随温度的变化基本上满足 $I_{th} \propto \exp(T/T_0)$ 的关系。其中特征温度 $T_0=167$K。考虑到结温升，实际的特征温度还高于此值。

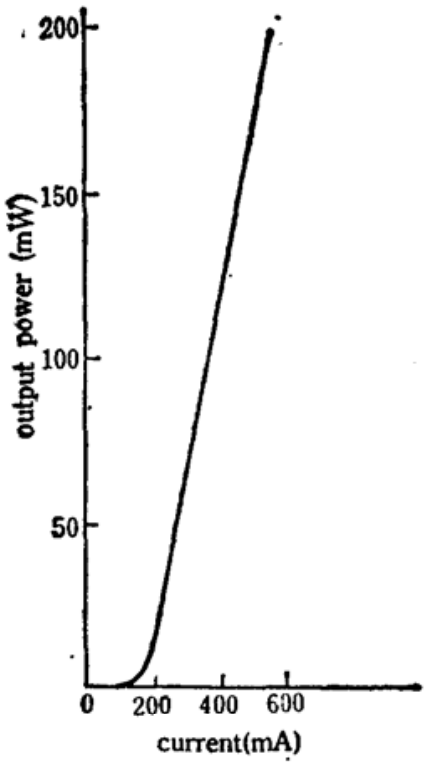

Fig. 2　Typical light-current characteristics of the device

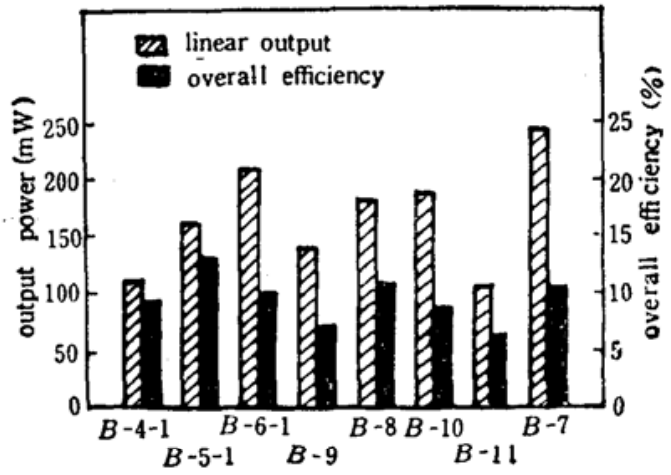

Fig. 3　Linear output and overall efficiecies of eight devices

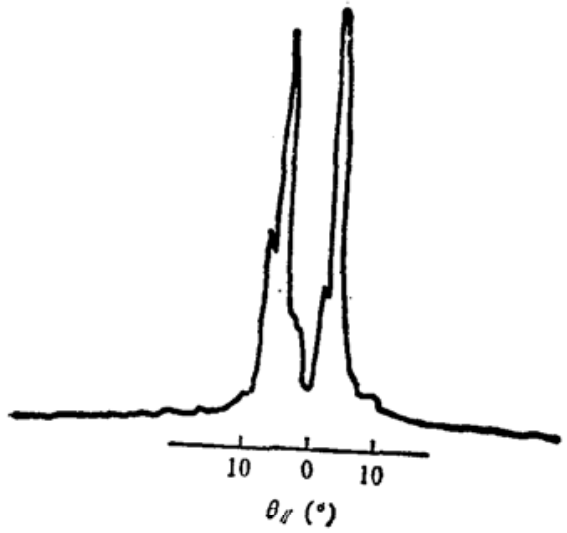

Fig. 4　Typical far-field pattern of the array

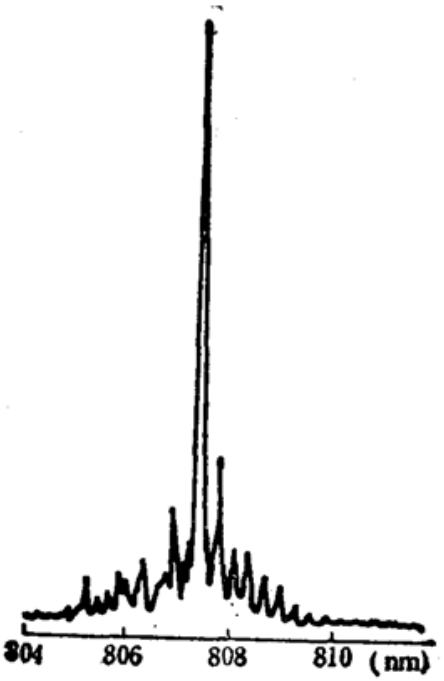

Fig. 5　Typical spectrum of the array

用光谱法测量了器件的热阻，得到典型值为 20 K/W。这一数据对于多条器件来说还偏高一些，进一步改进的工作正在进行之中。

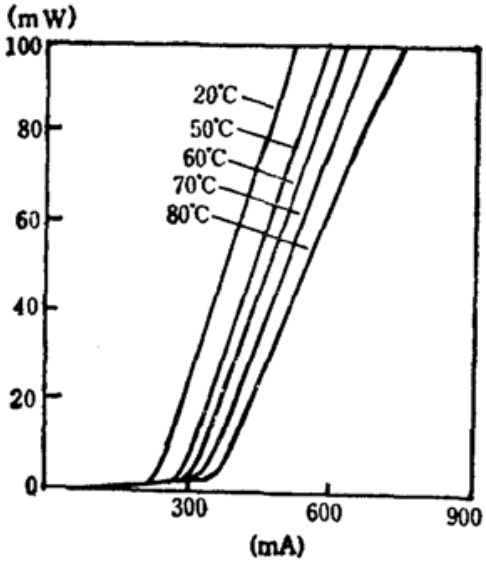

Fig. 6 *L-I* curves of a typical device at temperature ranging from 20°C to 80°C

四、讨 论

列阵器件的远场特性是相位锁定状况的一个最明显也是最重要的反映。本工作获得的锁相列阵激光器，其远场分布为双瓣光束。根据列阵激光器的耦合模理论，这是典型的第 N 阶超模。说明列阵各单元之间已经实现了良好的相位锁定。

根据耦合模理论，第 N 阶超模双瓣的角间距 $\Delta\theta\propto\lambda/w$，式中 w 为单个器件的条宽，与单个激光器的发散角相当。本工作测得 $\Delta\theta\approx8°$，略小于通常单条激光器的发散角(10～12°)。说明每个条形激光器的侧模较宽。这有利于提高输出功率。超模理论还指出，每个单瓣的束宽 $\delta\theta\propto\lambda/W$，式中 W 为 N 条列阵器件的总条宽。本工作测得 $\delta\theta\simeq1.7°$，说明虽然与衍射极限尚有差距，但已有相位锁定引起的明显的压缩，反映了器件各单元之间的均匀性是良好的

本工作研制的列阵器件已用于 Nd-YAG 和 Nd 玻璃激光器的泵浦，获得了 1.06 μm 脉冲激光输出，相应的阈值泵浦功率分别为 4 mW 和 9 mW。列阵器件的发光波段分别为 808 nm 和 800 nm。并采用增益开关方法使激光脉宽压缩 8 倍，获得了脉宽 150 ns、峰功 200 mW 的激光输出[7]。

本文报道的部分测试数据是由北京半导体所光电子联合实验室提供的，谨向庄婉如、潘贵生等同志致谢。有关泵浦固体激光器的工作是在上海光机所高功率激光联合实验室进行的，谨向周复正、沈丽青、范滇元、郑桂珍同志致谢。！

参 考 文 献

1 W. Streifer *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-24**(6), 883～894(1988)
2 G. Forrest, *Laser Focus/Electro-Optics Laser Review*, (2), 4(1988)
3 D. Scifres *et al.*, *IEDM*, **82**, 354～356(1982)
4 W. Streifer *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-23**(6), 744～756(1987)
5 T. Chen *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **43**(2), 136(1983)
6 林岳明 *et al.*,吉林大学自然科学学报,1990 年特刊,148(1990)
7 Zhou Fazheng *et al.*, *The Review of Laser Engineering*, **18**, 16(1990)