

# 半导体 DH 条形激光器的瞬态 稳定性与稳态稳定性的关系

陈妮兮 钮金真 郭长志

(北京大学物理系)

**提要:** 从实验上研究了 GaAs-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As DH 条形激光器的稳态束腰、束宽和激光功率随电流变化的规律与瞬态自脉动的关系。随着稳态注入电流的变化, 激光器的垂直束腰位置都在镜面上, 其束宽不变; 不管水平束腰位置是否有变化, 水平束腰宽有明显变化时, 其瞬态往往出现自脉动, 而出现自脉动的电流范围往往在光功率特性的 A、B 曲折之间。

## Relationship between transient and stationary stability in semiconductor stripe-geometry DH lasers

Chen Weixi, Niu Jinzhen, Guo Changzhi

(Department of Physics, Beijing University)

**Abstract:** The variation of beam waist position, beam width and light power with injection current in GaAs-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As DH stripe-geometry lasers, and the relationship between the stationary stability and transient self-sustained pulsation have been studied experimentally. When the injection current varies, the position of the vertical beam waist for all types of lasers is always at the laser facet, the vertical beam width remains unchanged. No matter whether or not there are changes in the horizontal beam waist position, the transient self-sustained pulsation usually appears when the horizontal width of the beam waist varies considerably, and the current range for which self-sustained pulsation occurs usually lies between A, B kinks in the light power characteristics.

表征波导机理的关键物理量是光束最窄截面(束腰)的位置。它在镜面上时表明是纯折射率波导<sup>[1]</sup>, 在镜面之后(腔内)时表明是增益波导<sup>[2]</sup>, 在镜面之前(腔外)时表明是自聚焦波导<sup>[3]</sup>, 有的波导在未注入以前就存在(自建波导), 当它起主要作用时波导性质将

不随注入改变, 这样的激光器如无其它非本征(即工艺不完善)的原因, 其稳态特性和瞬态特性将是稳定的, 例如工艺上完善的掩埋条形激光器。但如波导在未注入前不存在(如轰击和氧化条形激光器平行结面方向), 或自

收稿日期: 1982年3月9日。

建波导(材料差别或应力分布等)只起部分作用(如沟道衬底条形激光器平行结面方向),则由于注入电流后所产生的载流子分布和温度分布等所形成的波导,其波导性质将可能随注入改变。这在稳态中将表现为光束腰部位置和光束宽度的变化,同时其光功率也可能出现扭折;这时随着注入的增加激射光强增加。如果束宽随之减小,则可能使模式增益随光强增加而增加,从而满足瞬态不稳定的必要条件,而加剧瞬态振荡,甚至产生对调制特性危害最大的自脉动现象<sup>[4]</sup>。因此半导体激光器的稳态束腰位置和束宽及输出光功率随注入电流的变化规律可能与其瞬态稳定性之间有内在联系。

一般条形激光器垂直结面方向和平行结面方向的波导机理可能不同,故其随电流变化的规律可能不同,必须分别测出。同时,束腰位置的变化或束腰截面(束腰宽)的变化各自会引起镜面处(近场)束宽的变化。

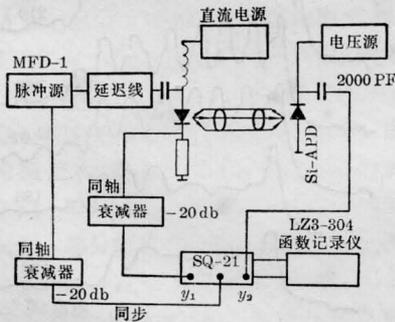


图1 瞬态特性实验

测量瞬态特性实验方框图如图1所示。MFD-1型水银开关脉冲源给激光器提供注入电流脉冲,其重复频率约100赫,脉宽约12毫微秒,上升前沿约0.8毫微秒,幅度连续可调。用拉通型Si-APD作光探测器,雪崩电压约85伏,响应时间小于1毫微秒。激光器的激光输出经透镜组会聚后由光探测器接收。在SQ-21型取样示波器上显示,用LZ3-304型函数记录仪记录注入电流和光脉冲波形。测量光束结构的实验装置如图2

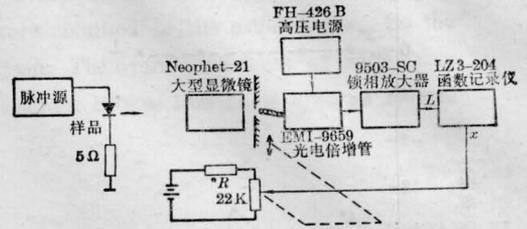


图2 测量近场、远场分布的实验装置图

所示。用Neophet-21金相显微镜的光路系统,通过光学纤维束探头,用光电倍增管配以锁相放大器接收。用可逆电动机带动狭缝往返平移运动,同时带动十圈电位器给出空间坐标电信号实现自动扫描记录。系统空间分辨率小于0.4微米。调节显微镜成像位置,同时测量光强分布,可分别确定沿垂直于结平面及平行于结平面两方向上激光输出光束的腰部位置。用可控硅脉冲源给样品注入电流,脉冲重复频率2千赫,脉宽200毫微秒。光功率与电流的关系曲线是用直流或脉冲稳态法测出的。

图3(a)给出3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>激光器光束腰位置与电流的关系。激光器为质子轰击条形结构,条宽~15微米。测量电流变化直至2.3I<sub>th</sub>时,垂直束腰位置一直在镜面上不随电流变化。而3<sup>#</sup>激光器平行束腰位置则在镜面内约22微米处,随电流变化不大。但图中给出的4<sup>#</sup>激光器的水平束腰则随电流变化较显著,在镜面内约20微米处有±4微米以上的变化。图3(b)为上述激光器光束腰的束宽与电流的关系,同样可以看到腰束宽在垂直方向不随电流变化,而水平方向则有±2微米的变化。它们的光功率随电流变化的曲线上都出现明显的扭折,如图4所示。具有上述稳态特性的这类激光器都有一定的自脉动,出现自脉动的电流范围往往出现在直流光功率特性A、B扭折之间。例如图4中3<sup>#</sup>激光器的A扭折出现在170毫安,B扭折出现在215毫安。而其瞬态响应(图5)在注入阶跃电流为172毫安时开始出现自脉动,在

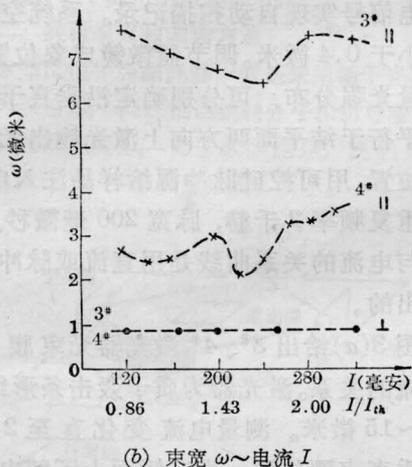
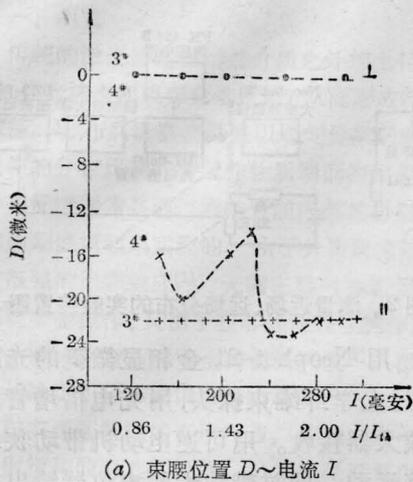


图3 GaAs-GaAlAs 质子轰击条形激光器  
(3\*, 4\*)束腰位置及束腰宽度随激励  
电流的变化( $I_{th}=140$  毫安)

192 毫安开始明显, 到 210 毫安开始消失, 刚好在图 4 的 A、B 转折之间。

2# 激光器也是质子轰击条形结构, 平行和垂直束腰位置和束宽不随电流变化, 各如图 6(a)、(b) 所示。其光功率特性不出现转折。我们也测量了大量的窄条热氧化条形激光器。它们除平行束腰位置不一定不随电流变化外, 其它特性同上。具有这类稳态特性的激光器, 其瞬态特性不出现自脉动, 张弛振荡也很弱。

上述结果表明, GaAs-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>AsDH 条形激光器垂直结平面的主要波导机理是异质

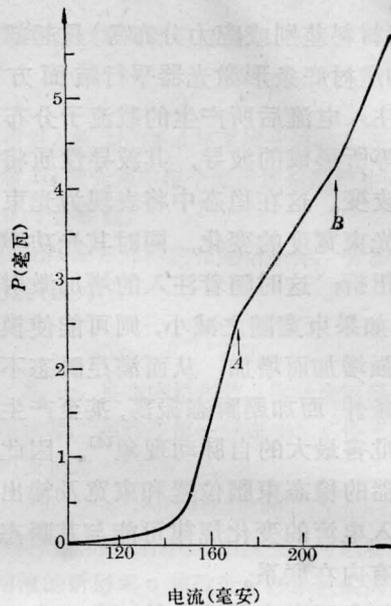


图4 3# 激光器的直流光功率  
-电流特性曲线

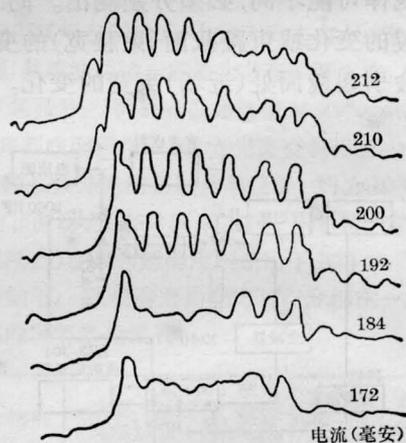
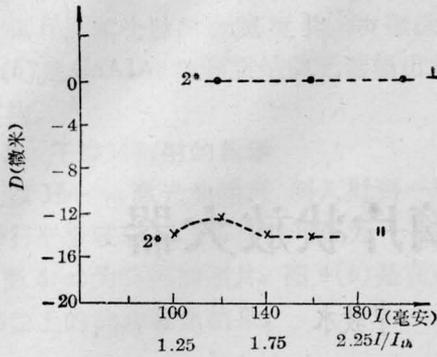
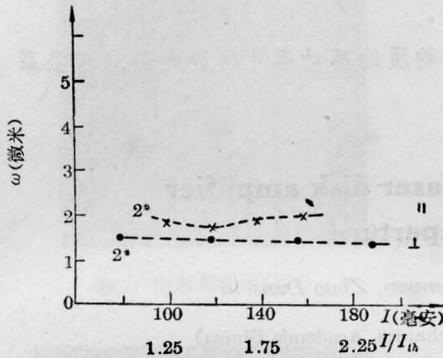


图5 3# 激光器瞬态响应

结材料的自建折射率波导, 它不随电流变化, 并与瞬态稳定性无关。水平方向的波导性能在整个电流变化范围内虽有变化, 但其机理都仍是增益波导性质, 并未出现自聚焦波导。而与瞬态稳定性有明显联系的是束腰宽的变化, 即不管电流变化时束腰位置有无变化, 只要束腰宽有明显变化, 其瞬态就有一定的自脉动。这可能是由于束腰宽有明显变化表明整个束宽(当然包括近场束宽)随电流大小, 因而随光强的大小有更大的变化, 使其腔内



(a) 束腰位置  $D \sim$  电流  $I$



(b) 束宽  $\omega \sim$  电流  $I$

图6 质子轰击条形激光器(2<sup>#</sup>)束腰位置及束腰宽度随电流的变化( $I_{th}=80$ 毫安)

或模式增益( $G$ )有可能随光子密度( $N$ )增加而增加( $\frac{\partial G}{\partial N} > 0$ ),而满足了自脉动的必要条件。在这意义上,有可能从激光器的稳态束腰宽随注入电流的变化规律判断其瞬态稳定性或高速调制特性,并为进一步深入研究自脉动机理提供一些重要依据。这些象散光束的位置和束宽随电流变化规律的测量结果,对为改善激光器与光纤耦合特性设计消象散透镜系统是必需的<sup>[5]</sup>。

### 参 考 文 献

- [1] T. H. Zachos, J. C. Dymont; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1970, **QE-6**, 317-324.
- [2] D. D. Cook, F. R. Nash; *J. Appl. Phys.*, 1975, **46**, No. 4, 1660-1672.
- [3] P. A. Kirrby *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1977, **QE-13**, No. 8, 705-719.
- [4] N. G. Basov; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1968, **QE-4**, No.4, 855-864.
- [5] C. Y. Chen, S. Wany; *Appl. Phys. Lett.*, 1980, **37**, No. 3, 253-260.

(上接第76页)

的结果  $K=0.0013$  厘米<sup>2</sup>/焦耳,  $A \approx 1$ , 即可作近似的直线关系, 这与设计的考虑基本一致。

片状放大器的光泵效率系数, 只有棒状放大器的 70% 左右。

此外, 我们还用阈值法测量了片状放大器径向增益的不均匀性, 约为 13%。这比通光口径为  $\phi 70$  毫米的棒状放大器还要好得多。

### 参 考 文 献

- [1] Laser-Fusion Program Semiannual Report. January-July, University of California/Livermore, 1973.
- [2] Laser-Fusion Program Semiannual Report, University of California/Livermore, 1976.
- [3] 卓敦水等; “片状放大器消寄生振荡的包边涂层”, (待发表)。
- [4] 余文炎等; 《激光》, 1978, **7**, No. 5~6, 5.