

列阵半导体激光器的噪声

钟景昌 黎荣晖 朱宝仁 赵英杰

(长春光学精密机械学院近代光学技术研究所, 长春 130022)

提 要

重点报道列阵 GaAs-AlGaAs 激光器相对强度噪声的测量结果, 并和单元器件作了比较. 实验测量包括相对强度噪声和驱动电流、调制频率以及温度的关系, 并验证了在这些情况下相对强度噪声在激光器处于阈值时具有最大值的理论预言.

关键词 半导体激光器, 列阵, 相对强度噪声.

1 引 言

半导体激光器诞生不久就有人对它的噪声问题进行了研究^[1], 但未曾引起人们的广泛注意. 直到这种器件被用于自由空间或光纤通信系统以及用高功率半导体激光器泵浦固体激光器和放大器时, 其噪声特性就日益被人们高度重视起来^[2], 并在单元条型激光器噪声的研究中取得了相当的进展^[3].

列阵半导体激光器较单元器件具有更高的效率, 从而具有更大的适用性, 并且在调制的情況下也具有稳定的横向场分布^[4], 在单元激光器中由于横向空间烧孔效应而不可能实现. 然而用多元激光器代替单元激光器并不能解决多横模运转以及模式不稳定的问题. 为此人们提出了几种改进结构以求获得列阵器件的单横模运转, 例如匹配于一个特定横模的分布反馈反射器^[5]等, 但目前商品的列阵激光器多为增益导引窄条型的非补偿列阵器件, 它们一般工作于多横模的运转状态, 横向空间烧孔和模式竞争问题依然存在. 本文报道列阵半导体激光器相对强度噪声的实验测量结果, 实验结果说明它与 Yamada 的强度噪声理论^[6]相符合.

2 相对强度噪声的实验测量及结果

2.1 实验装置

为了测量半导体激光器的相对强度噪声, 我们采用如图 1 所示的实验装置. 待测噪声特性的激光器是光谱二极管实验室 (SDL) 提供的商品增益导引激光器. 其中两只为列阵器件, 另一只是单元条型激光器 (见表 1). 列阵器件都是工作于多纵模式的 10 单元 GaAs-AlGaAs 多量子阱结构. 单元条宽为 $5\ \mu\text{m}$, 中心-中心的间距为 $10\ \mu\text{m}$, 背面和前面的反射率分别为 95% 和 10% 左右. 激光器由一个低噪声电源驱动. 激光束通过一个物镜把其中的一部分经过一个中性密度滤光片聚焦在 P-i-n 硅光电二极管的表面上, 产生正比于入射光功率的光电流. 所得射流信号由一个带宽为 1 GHz, 噪声为 2 dB 的低噪声放大器放大 (40 dB) 后, 用频谱分析仪进行分析^[9]. 我们考虑了对噪声有贡献的各种可能的噪声源, 包括用于实验的各种电子元件的噪声,

收稿日期: 1992 年 5 月 8 日; 收到修改稿日期: 1992 年 7 月 27 日

探测器产生的量子散粒噪声等等. 背景噪声的贡献可以在激光束被全部遮挡时由频谱分析仪直接测得并加以修正.

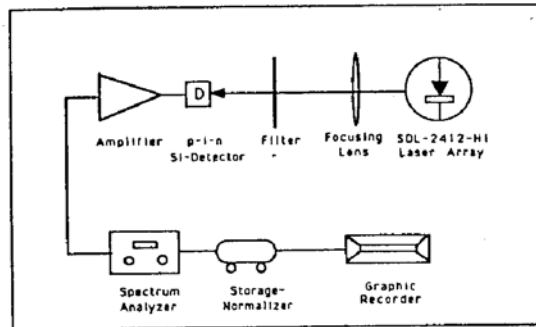


Fig. 1 Schematic diagram of measuring relative intensity noise of gain-guided array and single lasers

Table 1 The characteristics of the lasers used in the measurements

Laser Model	Type	Wavelength (nm)	Threshold (mA)	Diff. Q. E. (%)	Slope Eff. (W/A)	Resistance (Ohms)	I/mW (mA)	Heatsink
SDL-2412-H1	Array	808	221	51	0.78	0.97	350/100	Window
SDL-2410-C	Array	807	280	58	0.89	1.94	392/100	Open
SDL-1400-C	Single	803	67	41	0.63	6.88	98/20	Open

2.2 测量结果

在恒定温度(25 °C), 相同调制频率(100 MHz)下, 测量了相对强度噪声和驱动电流的关系. 其结果如图 2 所示. 由图可见, 激光器处于阈值时相对强度噪声最大, 符合于模式竞争引起噪声的理论^[6~8]. 另一方面, 与单元条形激光器相比, 列阵器件的相对强度噪声较低. 这可以解释为多横模的存在, 其次是因为腔长较长^[10]引起较小的纵模间距而产生.

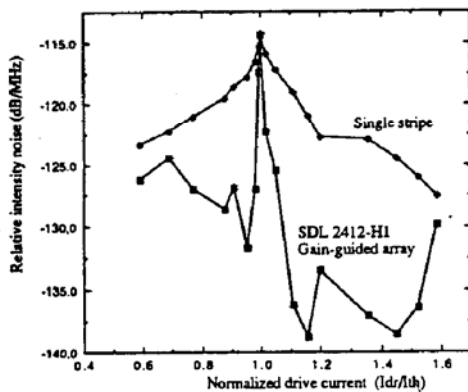


Fig. 2 Relative intensity noise of the gain-guided array and single stripe as a function of drive current at 25 °C. Threshold current of the array was about 230 mA. The measurement was made at a modulation frequency of 100 MHz

在恒定温度(25 °C), 不同调制频率条件下测量了列阵激光器的相对强度噪声和驱动电流的关系. 其结果如图 3 所示. 表明在测量的参数内相对强度噪声随调制频率的增大而减小.

在相同的调制频率, 不同的驱动电流下, 测量了相对强度噪声随温度的变化. 结果如图 4 所示. 不论在阈值或阈值驱动电流以上, 列阵激光器的相对强度噪声随温度的降低而降低.

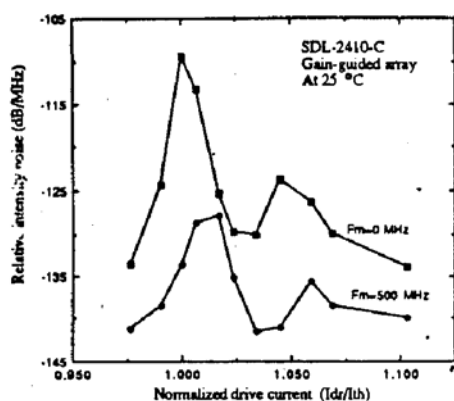


Fig. 3 Relative intensity noise of the gain-guided array as a function of normalized drive current at different modulation frequencies

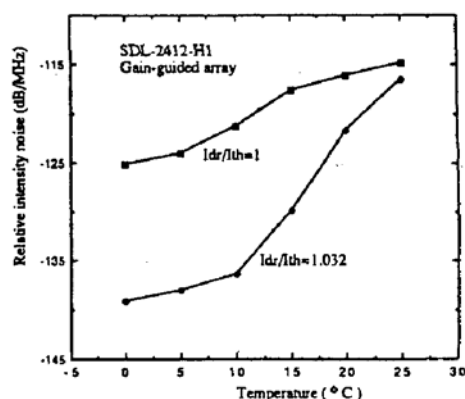


Fig. 4 Relative intensity noise of the gain-guided array as a function of temperature at and above threshold current. Threshold current of the array was about 222 mA. The measurement was made at a modulation frequency of 100 MHz

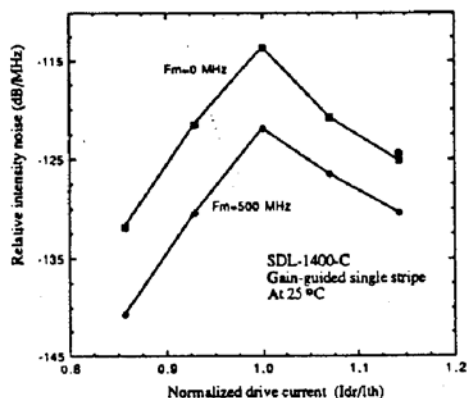


Fig. 5 Relative intensity noise of the gain-guided single stripe as a function of normalized drive current at different modulation frequencies

在恒定温度(25 °C),不同调制频率条件下,测量了增益导引单元条型激光器的相对强度噪声随驱动电流的变化.单元条型器件的条宽为 5 μm ,即和列阵器件条宽相同.测量结果如图 5 所示.可见单激光器的相对强度噪声特性和列阵器件相似.在阈值处出现最大值,但没有列阵器件那样呈现突出的尖峰.这表明增益导引列阵激光器单元间的强耦合作用,以致影响到非相邻的单元.因此,不能把列阵器件的电磁场看做是各单元模式的线性组合.这也是在研究半导体激光器噪声时,列阵器件和单元器件的主要理论差别.

3 结 论

我们实测并讨论了增益导引列阵激光器的相对强度噪声随驱动电流、调制频率以及温度的变化,并和单元条型激光器作了某些比较.在实验所用的低驱动电流范围内,实测结果和理论预言具有良好的一致性.

由于增益导引列阵激光器的高功率输出,在一定的条件下,例如在接收器或散粒噪声限制的范围内,可以补偿这个附加的噪声而实现更理想的信噪比.由于增益导引列阵激光器在噪声和输出功率两方面性能都优于通常的多模单元条型器件,因而具有明显的优势而被应用于各种低相干的激光技术中^[11].

参 考 文 献

- [1] J. A. Armstrong, A. W. Smith, Experimental studies of intensity fluctuations in lasers. *Progress in Optics*, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1967: 211~257
- [2] K. Petermann, *Laser Diode Modulation and Noise*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1988: 152~213
- [3] T. L. Paoli, Noise characteristics of stripe-geometry double heterostructure junction lasers operating continuously- I. Intensity noise at room temperature. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1975, **QE-11**(6): 276~283
- [4] S. R. Chinn, R. J. Spiers, Modal gain in coupled-stripe lasers. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1984, **QE-20**(4): 358~363
- [5] R. R. Syms, Multiple-waveguide distributed feedback lasers. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1986, **QE-22**(3): 411~418
- [6] M. Yamada, Theory of mode competition noise in semiconductor injection lasers. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1986, **QE-22**(7): 1052~1059
- [7] B. Hermansson, D. Yevick, Analysis of Y-junction and coupled laser arrays. *Appl. Opt.*, 1989, **28**(1): 66~73
- [8] M. Yamada, Transverse and longitudinal mode control in semiconductor injection lasers. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1983, **QE-19**(9): 1365~1380
- [9] *HP Spectrum Analyzer Series Application Note 15D-4*, April, 1974
- [10] Spectra Diode Lab., *Laser Diode Operator's Manual & Technical Notes*. California: San Jose, July, 1989: 9~10
- [11] A. K. Laughton, Mode partition noise in gain-guided lasers and its effect on a multimode fiber-optic system. *Proc. IEE*, 1985, **132**(6): 359~363

Noise of semiconductor laser arrays

ZHONG Jingchang LI Ronghui ZHU Baoren ZHAO Yingjie

(Changchun College of Optics and Fine Mechanics, Institute of Modern Optical Technology, Changchun 130022)

(Received 8 May 1992; revised 27 July 1992)

Abstract

We report in this paper the measurement results of the relative intensity noise (RIN) in GaAs-AlGaAs laser arrays and the comparison with that of single stripe lasers. The results are in agreement with the noise theory based on the rate equation. The experimental measurements include relative intensity noise versus drive current, modulation frequency and temperature. And in these circumstances the theoretical prediction that the maximum of the relative intensity noise occurs when the lasers run exactly at their threshold current level is examined.

Key words semiconductor laser, array relative intensity noise