

GaAs/GaAlAs 半导体淬灭型双稳 现象的实验研究

王守武 刘文旭 杨朴 吴荣汉

(北京中国科学院半导体研究所)

1990年4月5日收到

在研究 GaAs/GaAlAs 半导体激光器淬灭效应过程中, 我们发现其中一种结构的淬灭型半导体激光器的输出表现为一对共轭的双稳特性, 我们认为这种双稳现象是由共腔双波导模式淬灭效应引起的。

主题词 淬灭效应、淬灭型双稳, 共腔双波导

一、引言

自首次实现半导体激光器双稳运转以来, 基于可饱和吸收效应^[1-2]色散效应^[3-4]等不同的物理机制, 已经发展出多种类型的半导体有源光双稳器件。但上述类型的半导体光双稳激光器, 一方面受腔内载流子寿命的限制, 响应时间只能达到亚毫微秒量级^[1-3]。另一方面在技术上很难实现光负脉冲的限制, 无法用光直接完成双稳器件的关断操作, 难以实现全光逻辑功能。激光淬灭效应的研究^[5-7]提供了一种解决上述困难的方法, 淬灭型光器件的两个最突出的特点是: 器件的开、关时间与载流子寿命无关, 只取决于腔内光子寿命, 可达亚微微秒量级^[8]。而且此类器件可用光信号直接完成关断操作, 使全光逻辑功能易于实现。因此我们对 GaAs/GaAlAs 半导体激光的淬灭效应进行了研究^[9], 以期在现有的有源光双稳器件基础上引入淬灭机制, 实现淬灭型光双稳态运转。克服现有半导体有源光双稳激光器的弱点, 在对几种不同结构器件淬灭效应的研究过程中, 我们发现其中一种结构器件的输出具有典型的淬灭型光双稳激光器的特征。

二、器件结构

为研究半导体激光淬灭效应, 我们设计了几种不同结构的 GaAs/GaAlAs 淬灭型激光器^[9]。在图 1 所示结构的器件中观测到具有淬灭效应特征的光双稳现象。

采用常规液相外延生长的 GaAs/GaAlAs 五层双异质结构材料, 均匀注入宽接触激射阈值电流密度为 $1500\text{A}/\text{cm}^2$ 。在外延层的蒸金表面光刻器件图形, 在图形上带胶电镀 $2-3\mu\text{m}$ 厚金层, 用 $3\times 10^{15}/\text{cm}^2$ 剂量的质子轰击, 形成增益波导^[9]。十字型波导激光器

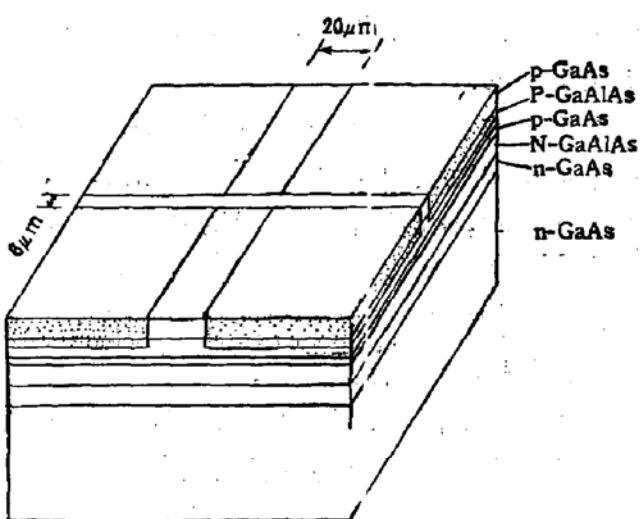


图 1 十字型器件结构

中的宽条形为 $20\mu\text{m}$, 窄条宽 $6\mu\text{m}$, 阈值电流为 150mA . 图 1 中阴影部分为质子轰击区.

三、实验结果

宽条形波导条形近场输出是对称的双瓣结构, 与其对应的远场输出, 在平行于结的方向上, 表现为偏离中心位置的两对称光斑。图 2 给出了对应两光斑的 $L-I$ 特性, 表现为两共轭的双稳滞曲线。其特性与普通有源半导体光双稳激光器有很大的差异: 1) 两个稳态均为激射态。所占谱区很窄; 2) 具有顺时针指向双稳线型, 表示可用正信号完成关断操作; 3) 单个器件同时具有顺时针指向和逆时针指向的双稳线型, 有利于单片集成; 4) 两双稳具有共轭特性, 开关动作时, 腔内总光子密度和总载流子浓度不变, 表征开关时间

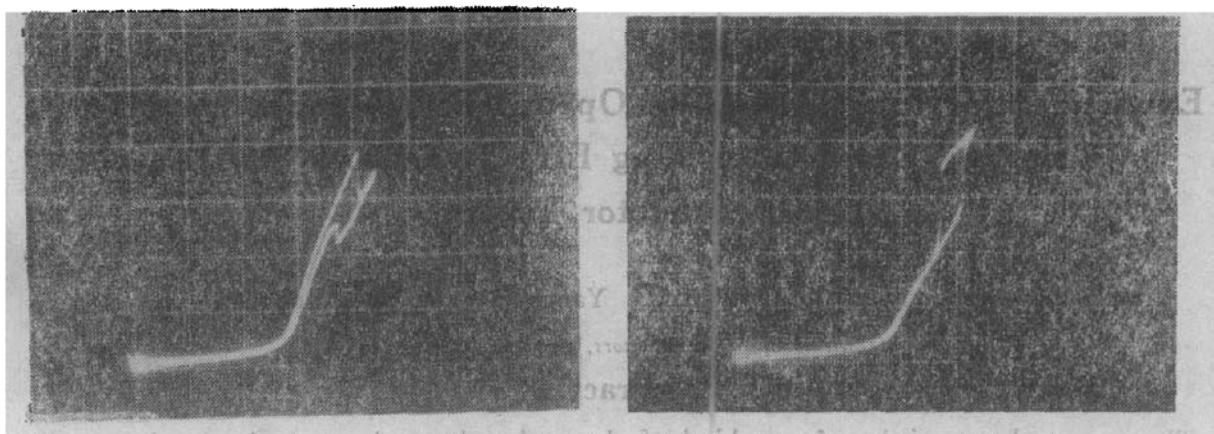


图 2 两光斑的 $L-I$ 特性横坐标为注入电流 ($10\text{mA}/\text{格}$), 纵坐标为光输出(相对单位)

与载流子寿命无关, 仅取决于腔内光子寿命。上述特点均为淬灭型双稳器件的特征。

四、讨 论

上述结果是在研究 GaAs/GaAlAs 半导体激光淬灭效应过程中发现的, 由于大量同

一种结构的器件中均出现同种双稳现象，不易认为是偶然的，我们倾向于认为这是一种共腔双波导结构淬灭效应引起的。

同一光腔中两激射模式的非线性相互作用，可用半经典激光振荡理论加以解释^[10,11]。每一激射模式均受自增益饱和效应和互增益饱和效应的影响。当器件的结构设计参数使互饱和作用大于自饱和作用时，两激射模式将产生强非线性耦合作用，输出可表现为可控的双稳特性。共腔双波导的器件结构，使两激射模式具有平行分离的增益区。两波导区互为波导模式的吸收区，这种带有吸收区的器件结构可增大互饱和相互作用，抑制自饱和效应，有利于实现两激光模式的相互淬灭运转。

近场、远场的测量结果符合于两并行相互耦合作用很强的波导模式的输出特性。镀金掩蔽层的不均匀造成两并行增益波导的可能性是存在的，但不清楚为什么大量的双条形波导^[8]器件的工作，未能得到共轭对称的双稳输出，因此垂直于宽条形波导的窄条形波导的作用更引人注意，进一步的研究工作正在进行中。

参 考 文 献

- [1] H. Kawaguchi, *IEE Proc. I. Solid-State and Electron Dev.*, **129**, 141(1982).
- [2] K. Y. Lau, *Appl. Phys. Lett.*, **40**, 198(1982).
- [3] H. J. Westlake, *Electron Lett.*, **22**, 541(1986).
- [4] P. Glas, *Opt. & Quantum Electron.*, **14**, 375(1982).
- [5] C. H. Kelly, *IEEE Trans. Electron Devices*, **36**, 1(1965).
- [6] Y. C. Chen, *ibid.*, **19**, S93(1987).
- [7] W. J. Grand, *Appl. Phys. Lett.*, **51**(22), 1780(1987).
- [8] D. Maclean, *Opt. & Quantum Electron.*, **19**, S103(1987).
- [9] 杨朴,硕士论文。
- [10] C. L. Tang, *Appl. Phys. Lett.*, **51**(18), 1392(1987).
- [11] K. Shimoda, *Introduction to Laser Physics*, (Springer, Berlin, 1984), p. 187.

Experimental Investigation on Optical Bistable Phenomena Caused by Laser Quenching Effect in GaAs/GaAlAs Semiconductor Lasers

Wang Shouwu, Liu Wenxu, Yang Pu and Wu Ronghan

(Institute of Semiconductors, Academia Sinica)

Abstract

The output characteristics of one kind of the semiconductor lasers used to study quenching effect show a pair of conjugate bistable Curves. This phenomenon may be caused by a laser quenching effect between the two modes of the co-cavity two waveguides.

Keywords Quenching effect, Bistable phenomena, Laser quenching effect, co-cavity two waveguides