

GaAs-Al_{0.3}Ga_{0.7}As DH 共腔 双二极管激光器

黄 熙 赵礼庆

(中国科学院半导体研究所)

提要: 本文报道了 GaAs-Al_{0.3}Ga_{0.7}As DH 共腔双二极管激光器的实验制备。对这种激光器的稳态输出特性和瞬态输出特性作了实验观测。

A GaAs-Al_{0.3}Ga_{0.7}As DH laser with two-sections in a common cavity

Huang Xi, Zhao Liqing

(Institute of Semiconductors, Academia Sinica)

Abstract: In this paper, the experimental fabrication of a GaAs-Al_{0.3}Ga_{0.7}As DH laser with two-sections in a common cavity is reported. The stable output and transient output characteristics of the laser were measured.

一、引 言

近年来,随着高速光信息处理和集成光学的迅速发展,对双区激光二极管的研究日益受到重视,并利用它作某种特殊应用^[1~4]。例如:利用双二极管激光器产生微微秒级超短光脉冲,进行光耦合以控制激光输出模式等。本文报道了 GaAs-Al_{0.3}Ga_{0.7}As DH 共腔双二极管激光器的实验制备,稳态输出特性和瞬态输出特性的实验观测。

二、样品制备

图1表示 GaAs-Al_{0.3}Ga_{0.7}As DH 共腔

双二极管激光器的结构。它是在同一衬底上制作的两个 DH 条形激光器。两个二极管之间由电隔离槽分开,电隔离槽的深度 $h \approx 3$ 微米,宽度为 5 微米,它们是在电学上互为

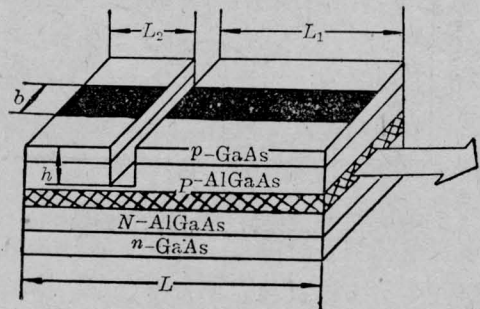


图1 共腔双二极管激光器结构示意图

收稿日期: 1983年10月12日。

隔离, 光学上共用一个谐振腔。 L_1 、 L_2 分别表示两个二极管的腔长, 且 $r = \frac{L_2}{L_1} \ll 1$, 总腔长约为 500 微米, 有源层厚度 $d \approx 0.5$ 微米, 条宽 $b \approx 10 \sim 15$ 微米。

图 2 是该器件的等效电路图。 R_1 、 R_2 分别表示二极管 D_1 、 D_2 的串联电阻, R^* 为隔离电阻。该器件的制备工艺与通常的 GaAs-Al_{0.3}Ga_{0.7}As DH 质子轰击条形激光器的制备工艺相近^[5]。衬底采用掺 Te 或掺 Si 的 N 型 GaAs, 晶向严格取 $\langle 100 \rangle$ 面。采用液相外延工艺在衬底上生长五层结构, 条形限制是采用浅质子轰击工艺。在将外延片解理成管芯之前, 先制作电隔离槽。它是采用光刻工艺先去除蒸发在 P 电极上的 Au-Cr 合金层, 再将外延片置于 H₂SO₄ 与 H₂O₂ 的混合溶液中腐蚀 50~60 秒, 则得到深度为 3 微米左右的电隔离槽。接着将外延片按规定的 r 值进行解理。为避免两个二极管的 P 电极引出线发生短路, 管芯装架采用正装工艺(让 N 电极与热沉焊接), 引线采用超声压焊工艺焊接。

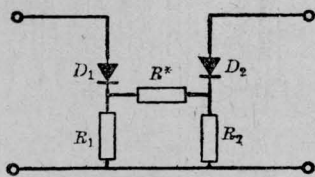


图 2 双二极管激光器的等效电路

采用这种结构和制作工艺, 隔离电阻 R^* 一般为几百至几千欧姆, 而串联电阻 R_1 、 R_2 只有几欧姆, 故可认为 D_1 、 D_2 在电学上得到很好的隔离。

三、器件特性

双二极管激光器的功率-电流曲线是在室温下测量的(见图 3)。注入到二极管 D_1 、 D_2 的电流由双路同步脉冲信号发生器提供, 脉冲宽度为 500 毫微秒, 重复频率为 2 千周。

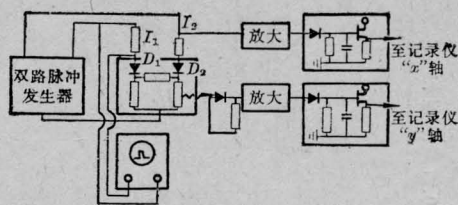


图 3 稳态功率输出测试原理图

图 4 是该器件的典型样品的功率-电流曲线。曲线上的参数为注入电流 I_2 (毫安)。虚线为双区并联注入的功率-电流曲线, 没有“Kink”出现, 可以认为属均匀激励。当注入电流 I_2 小于某定值, 激光器的外量子效率 η_D 随注入电流 I_2 而增加; 当注入电流 I_2 大于该定值, 激光器的外量子效率 η_D 基本保持不变, 且接近于均匀注入条件之外量子效率。与此同时, 随着注入电流 I_2 的增加, D_1 的阈值电流 I_{th1} 随着下降。图 5 表示该器件之外量子效率与注入电流 I_2 变化的曲线。

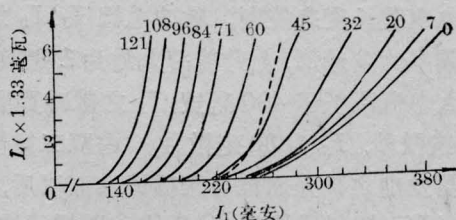


图 4 典型样品(43*管)的功率-电流曲线

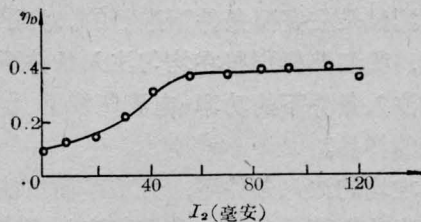


图 5 外量子效率 η_D 与注入电流 I_2 的关系曲线

图 6 是另一类典型样品的功率-电流曲线。由图 6 可见, 在并联均匀注入时, 激光输出在 2.4 毫瓦处出现“Kink”。在非均匀注入时, “Kink”移向更高功率输出部位; 并且随着注入电流 I_2 的增加, “Kink”出现之功率输出部位逐渐下降。

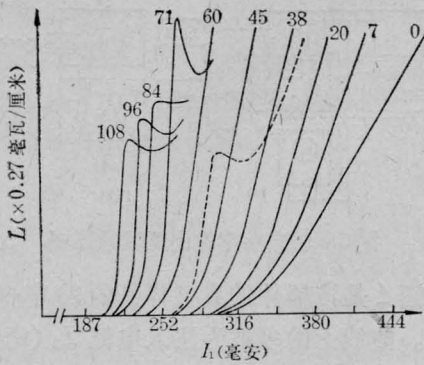


图6 22#管的功率-电流曲线
(虚线表示双区并联的功率-电流曲线, 曲线上参数为注入电流 I_2 (毫安))

图7是双二极管激光器的瞬态输出特性测试原理图。由双脉冲同步发生器产生的两个同步脉冲信号分别加到两个触发器上, 由触发器产生大电流同步脉冲电流 I_1 、 I_2 供给双二极管。 I_1 、 I_2 脉冲信号的重复频率由双脉冲同步信号发生器决定, 脉冲幅度由触发器的直流电源调整, 脉冲宽度由改变触发器的放电电缆长度来控制。脉冲电流 I_1 、 I_2 之重复频率为3千周, 上升前沿大约为1毫微秒, 最大电流不低于400毫安; I_1 之脉冲宽度为50毫微秒, I_2 为30毫微秒。由双二极管激光器发出之激光通过会聚透镜准直以后, 由Si-APD探测器接收, 然后输入取样示波器, 得到光信号波形, 并由 $x-y$ 函数记录仪记录。

测试是在室温条件下进行的。为了便于观测, 我们选择那些在均匀注入条件下和非均匀注入条件下的功率-电流曲线都无扭曲现象的样品。

在均匀注入条件下, 光功率输出波形只呈现张弛振荡。然而在非均匀注入条件下, 当注入电流 I_1 、 I_2 满足某一范围的值时, 光功率输出波形出现大幅度持续振荡, 光脉冲的重复速率为几百至数千兆赫。随着注入电流继续增大或减少, 振荡幅度将逐渐下降, 继而持续振荡消失。图8给出了42#管当 $I_1=160$ 毫安、 $I_2=100$ 毫安时的光功率输出波形。图9给出了25#管当注入电流 $I_1=195$

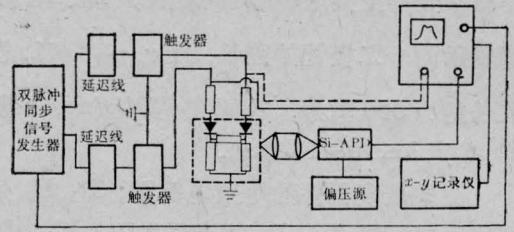


图7 双二极管激光器瞬态输出特性测试原理图



图8 42#管持续振荡的光功率输出波形
(a) 上方为注入电流 I_2 波形, 下方为光输出波形(5毫微秒/格)
(b) 光输出波形(2毫微秒/格)

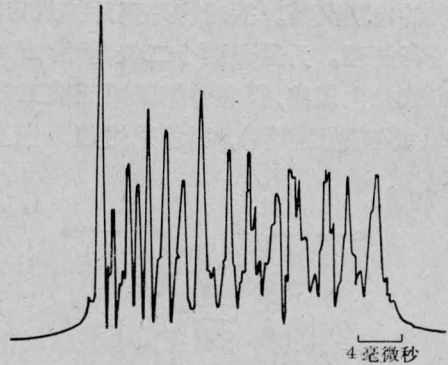


图9 25#管光输出波形

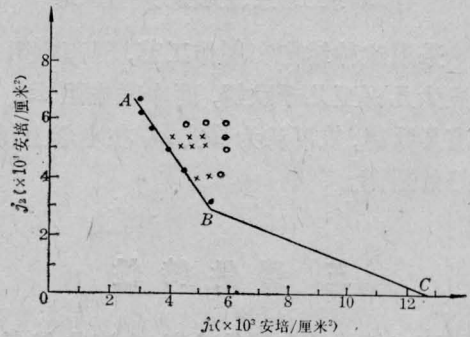


图10 55#管的光输出波形和注入电流密度 j_1 、 j_2 的关系
折线ABC为阈值电流线; ●—测量阈值;
×—大幅度持续振荡; ○—衰减振荡

毫安、 $I_2=100$ 毫安时的光功率输出波形。图 10 给出了典型样品的光输出波形和注入电流密度 j_1, j_2 的关系。

我们制作的 GaAs-Al_{0.3}Ga_{0.7}As DH 共腔双二极管激光器, 由于采用正装装架结构, 热阻较大, 未能实现室温下连续工作。如工艺上解决引出线的短路问题, 采用倒装装架结构(p 电极与热沉焊接), 实现室温下的连续工作是完全可能的。

本工作得到王启明副教授的指导, 杜宝勋同志以及北京大学郭长志副教授对本工作提出了很多指导性的意见。在样品制备中得

到了余金中、李静然等同志的大力支持, 在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] M. B. Clang, E. Granire; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1980, **QE-16**, 997.
- [2] L. A. Coldern *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1980, **37**, 681.
- [3] H. Ito, N. Onodern *et al.*; *Electr. Lett.*, 1981, **17**, 15.
- [4] L. A. Coldern *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1981, **38**, 315.
- [5] 中国科学院半导体所 DH 激光组; 《激光》, 1981, **8**, No. 10, 16.

(上接第 560 页)

态相互转化, 伴随着声子的吸收和发射发生了能量的转化。在各类无机玻璃中, 离子-离子或离子-声子耦合强度不同, 一般有较广的展开分布^[4, 9]。在氧化物玻璃中, 可以通过 $Ti^{4+}-O-Ti^{3+}$ 形式的交换耦合^[10], 伴随着整个玻璃网络的振动发生激发的湮灭。在氟磷酸盐玻璃中, $Ti^{4+}-F-Ti^{3+}$ 的耦合较弱, 激发相对而言比较容易定域。通过高阶声子的吸收和发射, 使各个局部格位邻近都有被激活的 Ti^{3+} 。所以即使在比吸收谱可见区主峰更短波长处也能检测到荧光信号的存在。

如上所述, 荧光发射属 ${}^2B_{1g} \rightarrow {}^2B_{2g}$ 跃迁, 电子构型为 $t_{2g}^1 \rightarrow e_g^1$ 的单电子跃迁。这种跃迁是 Laport 禁戒的, 但是自旋允许的。荧光寿命为 2 微秒, 与玻璃中 Cr^{3+} 的单电子跃迁 $t_{2g}^2 e_g^1 \rightarrow t_{2g}^3$ 荧光发射相比, 其跃迁几率

大得多, 因此荧光寿命约为后者的十分之一。

参 考 文 献

- [1] 干福熹, 刘慧民; *Journal de Physique*, 1982, **43**, C9-303.
- [2] 刘慧民, 陈述春, 干福熹; 《光学学报》, 1982, **2**, 393.
- [3] 刘慧民, 干福熹; 《光学学报》, 1982, **2**, 541.
- [4] 干福熹, 刘慧民; 《硅酸盐学报》, 1983, **11**, 49.
- [5] 干福熹, 邓和, 刘慧民; *J. Non-Cryst. Solids*, 1982, **52**, 135.
- [6] 干福熹, 邓和, 刘慧民; *J. Non-Cryst. Solids*, 1982, **52**, 143.
- [7] B. S. Rawal, R. K. MaoCrone; *J. Non-Cryst. Solids*, 1978, **28**, 337.
- [8] B. M. Loeffler *et al.*; Proc. 6th Lunar. Soc. Conf., Pergamon, New York (1975), p. 2663.
- [9] 干福熹, 刘慧民; (待发表)
- [10] N. F. Mott, E. A. Davis; "Electronics Process in Non-Crystal-Line Solids", Oxford, London (1971).