

文章编号: 1001-5078 (2006) 10-0925-02

# 多路高功率 Cr, Tm, Ho YAG 激光器技术

陈慧敏<sup>1</sup>, 栗 苹<sup>1</sup>, 闫晓鹏<sup>1</sup>, 李家泽<sup>2</sup>

(1. 北京理工大学机电工程学院; 2. 北京理工大学光电工程系, 北京 100081)

**摘要:**文中介绍了四路 Cr, Tm, Ho YAG 激光器在设定时序下轮流工作, 顺序耦合进一根 320 $\mu\text{m}$  的低 OH<sup>-</sup> 石英光纤输出, 可以成倍地提高 Cr, Tm, Ho YAG 激光治疗机的输出功率, 从而能够适应不同的治疗目的和需要。在三路情况下, 当单脉冲最大注入能量为 100J, 重频 30Hz 时, 激光器直接输出功率 50.17W, 光纤末端输出功率 35.65W, 耦合效率为 71%。

**关键词:** Cr, Tm, Ho YAG 激光器; 高功率; 合光路

**中图分类号:** TN248.1      **文献标识码:** A

## High Power Cr, Tm, Ho YAG Laser Using Multi-route Technique

CHEN Huimin<sup>1</sup>, LI Ping<sup>1</sup>, YAN Xiao-peng<sup>1</sup>, LI Jia-ze<sup>2</sup>

(1. School of Mechatronics Engineering; 2. Department of Optical Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** In the paper a method was proposed which enabled several Cr, Tm, Ho YAG lasers working in a controlled sequence. High average power Cr, Tm, Ho YAG lasers were obtained and coupled into a low OH<sup>-</sup> quartz fiber with a core diameter of 320 $\mu\text{m}$ . The output power could meet various requirements in different applications. For the three-route Cr, Tm, Ho YAG lasers, the output power was 50.17W under the condition of single pulse input energy of 100J and repetition rate of 30Hz. After the fiber coupling, the output power was 35.65W with a coupling efficiency of 71%.

**Key words:** Cr, Tm, Ho YAG lasers; high power; beam combination

### 1 引言

Cr, Tm, Ho YAG 激光器是一种准三能级固体激光器, 阈值高, 同时该晶体热导率低, 使得在高重频下工作时输出功率低<sup>[1]</sup>。国外 Coherent 公司和 Trimedyne 公司均采用多路 Cr, Tm, Ho YAG 激光器, 利用轮流出光经过合光路并耦合进一根光纤的方法来提高输出功率, 其产品已在国内医院广泛使用。遗憾的是, 国产的 Cr, Tm, Ho YAG 治疗机均为单路 Cr, Tm, Ho YAG 激光器工作, 输出功率低, 大大限制了其应用范围<sup>[2-3]</sup>。本文提出了基于平面四路 Cr, Tm, Ho YAG 激光器合光路经过光纤输出的方案, 并最终通过实验验证了三路 Cr, Tm, Ho YAG 激光器的输出。

### 2 平面四路 Cr, Tm, Ho YAG 激光器合光路设计方案

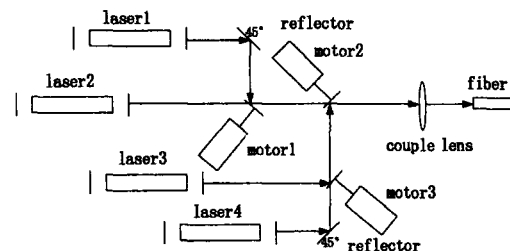


图 1 平面四路 Cr, Tm, Ho YAG 激光器合光路示意图

Fig 1 the diagram of the four-route Cr, Tm, Ho YAG lasers in one plane

作者简介: 陈慧敏 (1973 - ), 男, 博士, 讲师, 主要从事激光方面的科研工作。

收稿日期: 2006-04-30

图 1 为平面四路 Cr, Tm, Ho YAG 激光器合光路示意图。整个实验装置放在尺寸为 480mm × 590mm 的平面底板上。谐振腔 1、2、3、4 平行放置, 其中激光器 1 和激光器 2 采用陶瓷紧包腔, 激光器 3 和激光器 4 采用聚四氟乙烯腔。每路激光到耦合透镜的光程大致相等, 而且必须保证四条光路的激光输出全部进入耦合透镜, 并能够最大限度地耦合进光纤。步进电机 1、2、3 的转轴上各装有转盘, 每个转盘在 0°、90°、180°、270° 的不同位置上分别装有一片或两片 45° 平面全反镜, 其中转盘 1 和转盘 3 装有一片 45° 平面全反镜, 转盘 2 装有两片 45° 平面全反镜, 而且每个转盘的起始位置不同, 这样便于每路激光器产生的激光能够通过耦合透镜进入数值孔径 0.22、芯径 320μm 低 OH<sup>-</sup> 石英光纤。步进电机 1、2、3 固定在一个底座上, 然后通过底座固定在底板上, 目的是底座可以有小的平动, 增加调整自由度。转盘固定到电机转轴上时, 尽量保持转盘上镜片与电机转轴垂直, 确保电机转轴与所在的光路成 45°; 另外两个 45° 全反镜镜片固定在一个 45° 套筒上, 套筒固定在二维调整架上, 套筒相对于调整架可以转动, 同时二维调整架相对于底板也可以前后移动, 相当于增加了调整自由度。

### 3 平面四路 Cr, Tm, Ho YAG 激光器合光路控制系统设计

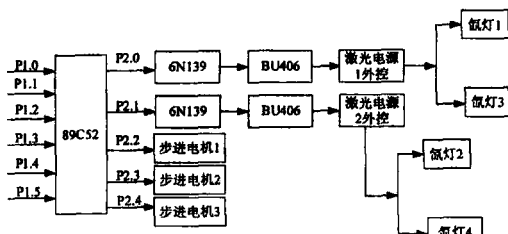


图 2 四路 Cr, Tm, Ho YAG 激光器合光路控制系统的示意图

Fig 2 the controlling system of the four-route Cr, Tm, Ho YAG lasers

四路 Cr, Tm, Ho YAG 激光器合光路控制系统的示意图如图 2 所示。其中 P1.0 表示电源放电信号键, 只有该键按下, 才给电源送外触发信号。P1.1、P1.2、P1.3、P1.4 分别代表不同的频率按键, 按下相应的按键后, 电源和电机就以相应的频率工作。P1.5 表示停止键, 按下该键后, 程序就判断电机所处的位置, 最终使转盘停止在启动位置, 确保电机起停位置一致。P2.0、P2.1 分别经过光耦和三极管后给不同电源送外控驱动信号。P2.2、P2.3、P2.4 分别表示给不同步进电机驱动器的驱动信号。在此说明, 由于改造后的单电源内部增加了分频电路, 硬件上成为具有两套放电回路的双路电源, 激光

电源 1 (或 2) 的外控信号在改造后的激光电源内部经过分频电路后再次分频, 分别作为不同氙灯的触发信号<sup>[4]</sup>。此外, 还要注意两个激光电源之间的相互电磁干扰, 以及电源内部对外控板的信号干扰。其中上面两个小电源为自行改造的激光电源。

### 4 实验结果

通过对激光电源的改造, 在调试过程中实现了四路激光轮流输出光。在实验过程中, 损坏了一根 Cr, Tm, Ho YAG 晶体, 最终实现平面三路 Cr, Tm, Ho YAG 激光器合光路耦合输出。在步进电机 3 的位置处加以修改, 换成 45° 全反镜, 而激光器 4 的聚光腔不装晶体, 只是空点氙灯。功率计采用计量院 LP-103A 光功率计, 使用自行改造后的双路仿真线激光电源, 水泵使用扬程 35m 的 DAB 水泵。在水温 4℃, 单脉冲最大注入能量为 100J, 重频 30Hz 时, 激光器直接输出功率 50.17W, 光纤末端输出功率 35.65W, 耦合效率为 71%。在测量过程中, 保持冷却水在水温设定的 ±2 范围内, 三路合光路后光纤末端输出功率值都是测量了三次后取平均值。图 3 为三路激光合光路后光纤末端输出功率图。预计四路 Cr, Tm, Ho YAG 激光器合光路后光纤末端输出功率可达到 50W, 此输出功率水平下可完成大部分的医学适应症的治疗, 相当于国外中等水平的 Cr, Tm, Ho YAG 激光治疗机。

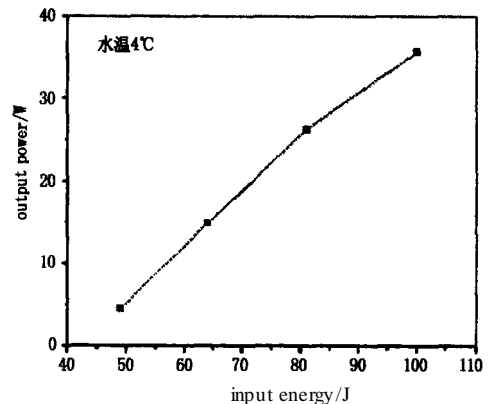


图 3 三路激光合光路光纤末端输出功率图

Fig 3 the final output power of three-route lasers

### 参考文献:

- [1] Gregory J. Quarles, Annette Rosenbaum, Charles L Marquardt, et al High-efficiency 2.09μm flash lamp-pumped laser Applied Physics Letters, 1989, 55 (11): 1062 - 1064.
- [2] 毛永平, 黄英才. 小儿胃石症的胃镜下钬激光碎石治疗 [J]. 中华儿科杂志, 1998, 36 (5): 290 - 291.
- [3] 郭启霞, 周晨冈. Ho YAG 激光治疗仪及其医学应用 [J]. 激光生物学报, 1997, 6 (2): 1090 - 1092.
- [4] 陈慧敏, 刘磊, 李家泽. 用单片机实现脉冲固体激光电源双路输出 [J]. 激光杂志, 2005, 26 (1): 33 - 34.