

文章编号: 1001-5078 (2006) 03-0181-03

1. $3\mu\text{m}$ 波段掺钕晶体激光治疗机

魏 勇, 张 戈, 黄呈辉, 黄凌雄, 位 民, 沈鸿元

(中国科学院福建物质结构研究所, 福建 福州 350002)

摘 要:通过控制介质膜系对不同激光波长的透过率, 分别研制了 1341.4nm Nd:YAP 激光治疗机和 1319nm 、 1338nm 单一谱线以及 $1319\text{nm}/1338\text{nm}$ 同时双波长 Nd:YAG 激光治疗机, 实现了光纤终端平均功率均超过 100W 的激光输出, 电光转换效率大于 4.8% 。

关键词: $1.3\mu\text{m}$ 波段; 高功率; 激光治疗机

中图分类号: TN248.1 **文献标识码:** A

Development of Nd:YAG and Nd:YAP Laser Therapy Apparatus Operating around $1.3\mu\text{m}$ Wavelength Range

WEI Yong, ZHANG Ge, HUANG Cheng-hui, HUANG Ling-xiong, WEI Min, SHEN Hong-yuan
(Fujian Institute of Research on the Structure of Matter, Chinese Academy of Sciences, Fuzhou 350002, China)

Abstract: By controlling the transmissivity at the different laser wavelengths, we developed a series of laser therapy apparatus operating around $1.3\mu\text{m}$ wavelength range. These apparatus achieved an average output power of more than 100W at the output end of the fiber, and the conversion efficiency of more than 4.8% .

Key words: $1.3\mu\text{m}$ wavelength range; high power; laser therapy apparatus

1 引 言

由于 $1.3\mu\text{m}$ 波段激光易被水分子吸收并具有非常好的止血能力, 在科研、医学和牙科应用中引起了人们广泛兴趣。国内外研究发现, 虽然 $1.3\mu\text{m}$ 波段激光的水吸收系数较 $10.6\mu\text{m}$ CO_2 激光、 $2.94\mu\text{m}$ Er:YAG 和 $2.1\mu\text{m}$ Ho:YAG 激光小, 但却是 $1.064\mu\text{m}$ 激光水吸收系数的 $10 \sim 20$ 倍。由于人体组织 $60\% \sim 70\%$ 是水, 所以 $1.3\mu\text{m}$ 波段激光在人体组织的穿透能力较 $1.064\mu\text{m}$ Nd:YAG 激光浅得多, 但较 $10.6\mu\text{m}$ CO_2 激光稍深, 在人体组织中的穿

透能力适中^[1,2]。 $1.3\mu\text{m}$ 波段激光还可利用普通医用光纤传输, 为医生在多种内窥镜的配合下实施人体多种病灶的激光内窥手术提供了方便。我们前期开发的 $1.341\mu\text{m}$ Nd:YAP 激光治疗机已在耳鼻喉科、皮肤科、消化道疾病的临床应用获得较为理想的疗效, 特别是对血管瘤等血管富集病灶的治疗, 相对于其他波长激光尤其具有优势。该波长激光兼具

作者简介: 魏 勇 (1977 -), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事激光器件和激光电源研究。E-mail: weiyong@fjirsm.ac.cn
收稿日期: 2005-08-09; 修订日期: 2005-09-22

1.064 μm 激光良好的凝固、止血作用和 10.6 μm CO_2 激光优越的气化、切割功能^[2,3]。我们也用 1.338 μm Nd YAG激光进行切割生物组织试验,结果表明它的切割效果与 1.341 μm 激光相当,这与二者的波长相近、其水吸收系数相差不大相吻合。此外,我们也进行了 1.3414 μm Nd YAP和 1.338 μm Nd YAG脉冲激光的实验,分别获得了大于 5J和 3.5J的长脉冲激光输出以及 300mJ的调 Q激光输出,这有望在牙科、皮肤科和激光美容等领域开展临床应用。

2 理论分析和装置设计

获得 1.3 μm 波段激光的主要途径是利用掺入激光晶体中钕离子的 $^4\text{F}_{3/2} - ^4\text{F}_{13/2}$ 能级跃迁产生的受激发射。Nd YAP晶体 $^4\text{F}_{3/2} - ^4\text{F}_{13/2}$ 能级跃迁发射的激光波长为 1341.4nm,为了获得这一波长激光输出,必须抑制 1079.5nm 强谱线的振荡。而 Nd YAG晶体的 $^4\text{F}_{3/2} - ^4\text{I}_{3/2}$ 能级跃迁发射的激光波长主要有 1319nm和 1338nm 两条激光谱线,二者的跃迁截面相差很小,分别为 $9.2 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$ 和 $9.0 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$,比强线 1064nm的跃迁截面小得多^[4,5],因此要获得 1.3 μm 的相干辐射,必须抑制 1064nm 强谱线的激光振荡,而要获得 1319nm 或 1338nm 的单一谱线激光输出,除了必须抑制 1064nm 强谱线激光振荡的同时,还必须抑制另一条跃迁产生的同波段较强谱线的激光振荡。

我们研制的 1338nm 单一谱线以及 1319nm 和 1338nm 同时双波长 Nd YAG激光,国内外尚未见到有具体功率及相关应用的报道;文献 [6]所报道的 1319nm 波长激光的最大输出功率为日本 Yoko报道的 122W,他们采用的是双棒串接、32个 20W 输出的 LD 侧面泵浦。在我们前面的研究中^[7,8],我们通过对双波长激光竞争的理论分析和计算,确定了获得 1.3 μm 波段单一谱线以及同时双波长激光的耦合率条件,并通过实验验证得到了一致性较好的结果。在此基础上,我们通过改善振荡腔型、改进泵浦匹配技术以及输出耦合率的优化设计、采用 1.2at%

高掺 Nd^{3+} 的 YAG棒,有效提高了激光效率和激光平均输出功率;采用优化的光纤耦合技术,上述各波长激光的光纤耦合效率均超过 80%,最终研制了 1319nm、1338nm 单一谱线以及 1319nm 和 1338nm 同时双波长三种 Nd YAG激光治疗机,在单灯单棒的条件下,激光光纤耦合输出平均功率均超过 100W。我们研制的 1341.4nm Nd YAP连续激光输出功率则达到 195W^[9]。

1.3 μm 波段激光治疗机装置设计如图 1 所示。激光谐振腔由全反射镜 M1 和输出镜 M2 构成腔长为 30cm 的平面平行腔。Nd YAG激光棒尺寸为 $\phi 6\text{mm} \times 110\text{mm}$,两端面镀上 1319nm、1338nm 的抗反射膜。M2 的膜层根据透过率的要求而设计。各治疗机采用单支氪灯泵浦,氪灯的驱动电源为重复率 100Hz 的调宽电源。用 LD 红光作为指示光,经光纤耦合后的激光平均输出功率用型号为 PM-100 激光功率计测量。光纤输出端的激光束经分束镜 M3 分光入射到 44W 型平面光栅单色仪的入射狭缝,在出射狭缝处由锗光敏二极管接收,用微安表检测确定输出激光谱线的波长以及双波长激光中各波长的相对强度。

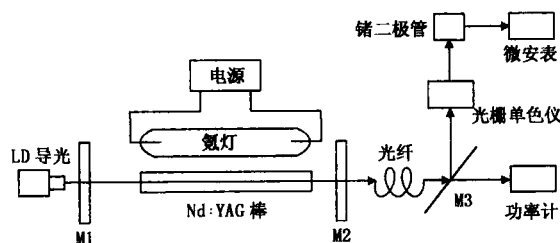


图 1 氪灯泵浦 1.3 μm 波段 Nd YAG 激光治疗机装置图

3 技术指标

根据双波长激光竞争的理论分析和计算,对全反射镜 M1 镀制 1.3 μm 的全反膜,反射率大于 99.6%,控制 1064nm 反射率小于 40%;对输出镜 M2 分别镀制不同的介质膜系,调整其对 1319nm、1338nm 谱线的透过率以有效抑制 1064nm 谱线的振荡,从而获得 1319nm 或 1338nm 单波长以及 1319nm/1338nm 双波长激光。图 2 至图 4 给出了 1319nm、1338nm 和 1319nm/1338nm 同时双波长三

台激光治疗机激光输出平均功率随泵浦功率变化的曲线。其中,1319nm/1338nm同时双波长激光输出的两个波长之间功率分配比例为1.6左右。表1列出了三台1.34μm波段Nd:YAG激光治疗机技术指标。

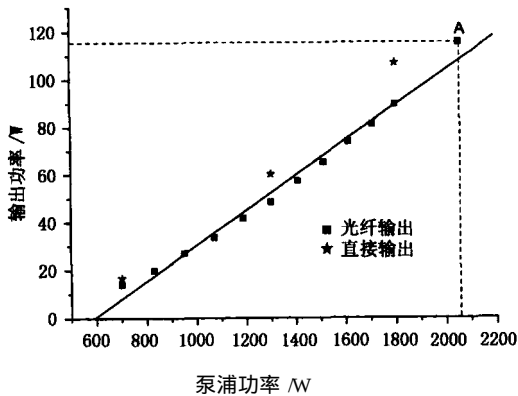


图2 1319nm激光治疗机激光输出功率与泵浦功率关系

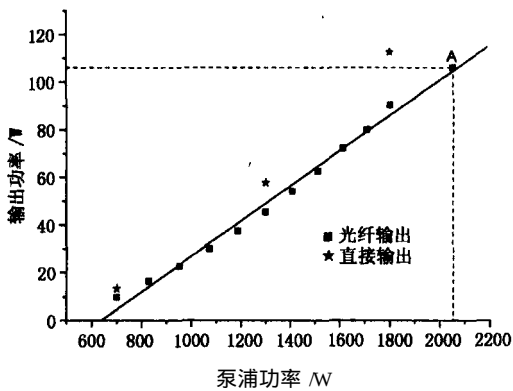


图3 1338nm激光治疗机激光输出功率与泵浦功率关系

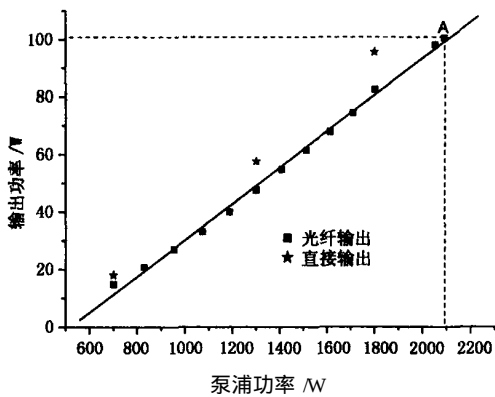


图2 1318.8/1338nm同时双波长激光治疗机激光输出功率与泵浦功率关系

4 结 论

通过控制介质膜系在不同波长的透过率,分别研制了1319nm、1338nm单一谱线和1319nm/

1338nm同时双波长三台Nd:YAG激光治疗机,并实现了在泵浦功率为2000多瓦时,光纤耦合后的平均功率均超过100W的激光输出。三种激光治疗机所输出的激光处于1.34μm波段,具有良好的凝固、止血和汽化、切割功能,且可通过普通医用石英光纤导光,在皮肤科、妇科、消化系统、泌尿系统等激光手术治疗中有着广泛的应用前景。

表1 1.34μm波段Nd:YAG激光治疗机技术指标

波长	输出镜 M2 反射率		光纤端最高功率	光纤端电光效率	光纤端斜率效率	光纤耦合率	输出功率不稳定性
	对1319nm	对1338nm					
1319nm	90%	≤85%	115.5W	5.63%	7.38%	83.8%	≤5%
1338nm	≤85%	92%	106.1W	5.03%	7.40%	80.2%	≤5%
1319nm/1338nm双波长	93.3%	93.1%	100.5W	4.81%	6.32%	83.6%	≤5%

参考文献:

[1] Roland Roux Nd:YAG Laser promises improved action at 1.34μm[J]. Laser Focus World, 1997(9): 24 - 30

[2] 贾方,王修齐,马军忠. 1341.4nm Nd:YAP激光内镜下治疗消化道疾病45例报告[J]. 中国激光, 2001, A28(11): 1054 - 1056

[3] 陈明,沈鸿元,肖志勇,等. 1.3414μm掺钕铝酸钇激光对兔颈总动脉组织结构影响的探讨[J]. 生物医学工程与临床, 2003, 7(1): 10 - 13

[4] A A Kaminskii Laser Crystals[M], 2nd ed Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1990: 332

[5] [美] W. 克希耐尔著. 固体激光工程[M]. 北京: 科学出版社, 2002, 39 - 46

[6] Yoko Inoue, Shuichi Fujikawa Diode-pumped Nd:YAG laser producing 122W CW power at 1.319μm[J]. IEEE J. Quantum Electron. 2000, 36: 751 - 756

[7] 魏勇,张戈,黄呈辉,等. 1338nm单一谱线Nd:YAG激光器[J]. 激光杂志, 2005, 26(2): 11 - 12

[8] 魏勇,张戈,黄呈辉,等. 1318.8nm/1338nm同时振荡双波长Nd:YAG激光器[J]. 激光与红外, 2005, 35(3): 164 - 165

[9] H Y Shen, Y P Zhou, et al High power 1341.4nm Nd:YAP CW laser[J]. Opt Laser Technol, 1986, 18: 193 - 197