

可调谐脉冲钛宝石光纤激光器*

吴路生 王爱华 韦 丽 朱桂霞 殷绍唐

(中国科学院安徽光机所, 合肥 230031)

提要 报道了用脉冲调 Q -Nd:YAG 激光器倍频泵浦的掺钛宝石光纤激光器。在一根 $\phi 350 \mu\text{m} \times 11.2 \text{ mm}$ 的光纤中获得了 0.5 mJ 的泵浦阈值、15 μJ 的输出能量以及 56.5 nm 的调谐范围。

关键词 钛宝石光纤, 光纤激光器

1 引 言

钛宝石单晶光纤既具有钛宝石晶体的宽调谐、高增益等优点, 又具有光学纤维的传输特性, 为人们所普遍重视。

80 年代中叶以来, 国内外相继出现了钛宝石单晶光纤生长方面的报道^[1~3]。本文报道了用脉冲调 Q -Nd:YAG 激光器倍频泵浦一根 $\phi 350 \mu\text{m} \times 11.2 \text{ mm}$ 的钛宝石光纤, 实现了 56.5 nm 调谐范围的激光振荡, 就我们所知, 这也是迄今调谐范围最宽的光纤激光器^[4]。

2 实验装置

2.1 钛宝石光纤的生长

钛宝石光纤是用激光加热基座法生长的。源棒是用本所生长的优质钛宝石晶体切割成 $0.6 \times 0.6 \text{ mm}^2$ 的方棒, 用一台 60 W CO_2 激光器对称给棒加热, 在其顶端形成熔珠, 而后馈入籽晶进行定向提拉, 调节拉速、送速和激光功率便可获得单晶光纤。光纤的光学质量及等径度与拉速、缩径比及激光功率起伏等因素有关。当拉速为 1.4 mm/min, 缩径比约 2.5 时, 获得了内部无明显宏观缺陷的优质光纤, 最细的直径为 80 μm , 等径度达到 0.01 cm^{-1} 。就我们所知, 这也是目前最细的钛宝石光纤。

钛宝石光纤生长中最主要的困难是钛离子的变价问题, 即由三价变为四价, 而四价态的存在对激光输出是有害的。我们在生长过程中系统地研究了生长气氛对三价钛浓度的影响, 结果表明氧化气氛和强还原气氛都将导致三价钛的严重损失, 只有用合适的弱还原气氛才能生长出浓度较高的光纤。光纤生长出来后, 再在还原气氛下进行高温退火, 从而获得高质量钛宝石光纤。

* 本项目受中国科学院院长基金的支持。

收稿日期: 1994 年 3 月 21 日

2.2 光纤激光器

钛宝石光纤激光器的整个实验装置如图 1 所示。脉冲调 Q 的 Nd : YAG 激光器经 KTP 倍频产生 20 ns 宽的 0.53 μm 脉冲激光,用一块焦距为 100 mm 的透镜聚焦,入射到一根 $\phi 350 \mu\text{m} \times 11.2 \text{ mm}$ 的钛宝石光纤中。该光纤对绿光的吸收系数为 1.2 cm^{-1} ,激光波段的损耗为 0.2 cm^{-1} ,两端面镀有激光波段增透膜,为了防止端面损伤,光纤离透镜 60 mm,使得光斑均匀充满光纤端面。谐振腔为外腔式结构,腔长为 100 mm,全反镜紧贴光纤入射端面,输出镜与出射面之间放置一块焦距为 20 mm 的光束匹配透镜和一块 0.6 mm 的标准具作调谐元件。输出激光经红玻璃除去泵浦光,进入接收系统。



Fig. 1 Experimental setup

1; pulsed and Q : switched Nd : YAG laser; 2; KTP crystal; 3; focusing lens ($f = 100$); 4; full reflection mirror; 5; Ti : sapphire crystal fiber; 6; matching lens ($f = 20$); 7; F-P etalon (0.6 mm); 8; output mirror ($R = 75\%$); 9; red glass filter

3 实验结果

3.1 泵浦阈值

由于泵浦光部分逸出光纤,故先测量剩余绿光能量,再用连续绿光测量光纤透过率,然后换算,从而得出泵浦阈值的。当输出镜反射率为 75% 时,测得自由振荡时的泵浦阈值为 0.5 mJ。阈值强烈地依赖于腔长,在无匹配透镜的情况下,输出镜离开光纤大约 15 mm,便不能振荡。此外,光纤取向、泵浦光模式对阈值都有很大影响。

3.2 输出能量、效率及偏振

输出能量是用经过标定的能量计测量,在 3 倍阈值的泵浦能量下,自由振荡的最大输出为 15 μJ 。

图 2 表示输出能量与泵浦能量的关系曲线。从图中容易看出,斜率效率约为 2%。能量和效率低的原因之一是由于该光纤的等径度不高,只有 5%,据计算 1% 的直径波动会导致 25% 的损耗,其二是红外残余吸收较大。这些有待于在光纤生长过程中进一步克服。由偏振片检验,激光呈线偏振,偏振度优于 90%。

3.3 调谐范围和线宽

调谐范围和线宽均由 WDS-3 型光栅单色仪分光,光电倍增管接收,示波器进行观察,光栅单色仪的分辨率约为 0.1 nm。调谐是用一块 0.6 mm 厚的 F-P 标准具实现的,获得的调谐范围约为 56.5 nm,中心波长在 777 nm。当标准具转动到某一个角度时,将在 749.5 nm 和 806.0 nm 上出现双峰,由此可知,调谐范围受到标准具的自由光谱区限制,并且将会随着自由光谱区的增宽而增宽。

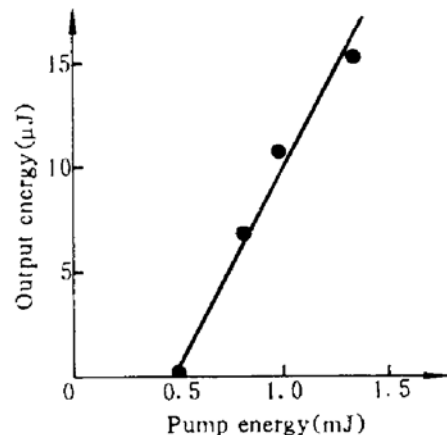


Fig. 2 Output energy of the Ti : sapphire fiber laser vs pump energy

腔内无标准具时,测得自由振荡的线宽为 35.5 nm。插入标准具后,在 790 nm 处线宽为 5.5 nm。

我们也在 200 μm 直径的光纤中获得了激光振荡。

输出能量和效率不高的原因是光纤的直径波动和红外残余吸收较大,进一步的研究工作还在进行之中。

致谢 吴金明、王纪光、杨春林同志参与了该项工作,本室晶体加工组对光纤加工给予了帮助,邬承就同志提出了宝贵意见,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- 1 R. S. Feigelson. The laser-heated pedestal growth method: A powerful tool in the search for new high performance laser crystals. in Springer Series in Optical Sciences, Tunable Solid State Lasers, ed. P. Hammerling, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, Tokyo, 1985. 129~142
- 2 B. M. Tissue, Li Zhulu, Li Ma *et al.*. Laser-heated pedestal growth of laser and IR-upconverting materials. *J. Crystal Grow.*, 1991, **109**: 323~328
- 3 余 泗, 陈继勤, 周斌和. $\text{Ti}^{3+} : \text{Al}_2\text{O}_3$ 单晶光纤生长. 浙江大学学报, 1992, **28**: 561~563
- 4 Chinese scientists make a tunable fiber laser from Ti : sapphire. in *Laser Focus World*. 1993, **28**(10): 9

A Tunable Pulsed Ti : sapphire Fiber Laser

Wu Lusheng Wang Aihua Wei Li Zhu Guixia Yin Shaotang
(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Hefei 230031)

Abstract A tunable Ti : sapphire fiber laser pumped by the second harmonic of a pulsed and Q-switched Nd : YAG laser is reported. Pumping threshold of 0.5 mJ, output energy of 15 μJ and tunable range of 56.5 nm have been obtained in a ϕ 350 $\mu\text{m} \times 11.2$ mm fiber.

Key words Ti : sapphire fiber, crystal fiber laser