

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0125-03

单脉冲皮秒 Nd:YAG 倍频激光器

高宏文, 孙传东, 陈智, 王国志, 丰善

(中国科学院西安光学精密机械研究所瞬态光学技术国家重点实验室, 陕西 西安 710068)

摘要 介绍一种氙灯抽运的单脉冲皮秒 Nd:YAG 倍频激光器, 该激光器由振荡级、单脉冲选取、放大级、倍频和扩束准直等部分组成, 激光器的振荡级利用被动锁模染料产生的锁模序列脉冲激光, 经过单脉冲选择部分选取取出其中的一个单脉冲, 此单脉冲经过激光器放大部分的放大和倍频晶体的倍频后, 激光器最终可输出能量达到 120 mJ、波长为 532 nm 的单脉冲激光。该激光器的振荡级采用自行研制的光漂移控制仪, 使激光器输出激光的外触发同步精度优于 2 μ s。

关键词 激光技术; 单脉冲选取; 被动锁模; 激光漂移; 同步精度; 倍频; Nd:YAG

中图分类号 TN248.1

文献标识码 A

A Single Pulse Picosecond Nd:YAG Frequency-Doubled Laser

GAO Hong-wen, SUN Chuan-dong, CHEN Zhi, WANG Guo-zhi, FENG Shan

(State Key Laboratory of Transient Optics Technology, Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Xi'an, Shaanxi 710068, China)

Abstract A single pulse picosecond Nd:YAG frequency-doubled laser is made up of a resonator, single pulse-selector, amplifier, double frequency crystal, light beam expander and collimator and so on. In order to generate a series of mode-locked pulse laser lights, a passive mode-locked dye cell is used in the resonator. A single pulse laser light is obtained from the series of mode-locked pulse laser lights after they have passed the single pulse-selector. Finally, output of a laser light beam with energy of 120 mJ and wavelength of 532 nm is realized after the single pulse laser light is amplified and doubled in frequency. Because a laser light drift controller, which is researched and developed by ourselves, is used in the resonator of the laser, a out-triggering synchro-precision of better than 2 μ s is obtained from the laser.

Key words laser technique; single pulse-selecting; passive mode-locking; drift of laser light; synchro-precision; double frequency; Nd:YAG

1 引言

近年来,随着微电子机械技术、精密机械加工与制造技术等现代科学技术^[1,2]的飞速发展,使激光器的使用越来越普遍,尤其是在精密测量中。本文介绍一种用于精密全息干涉计量、而且具有高的外触发同步精度的单脉冲皮秒 Nd:YAG 倍频激光器。

2 激光器的结构与工作原理

单脉冲皮秒 Nd:YAG 倍频激光器是由气体放电氙灯提供抽运激励能源,工作物质采用 Nd:YAG 晶体的激光器系统^[3-5],它包括锁模序列脉冲激光的产生、单脉冲激光的选取、单脉冲激光的放大、倍频和扩束准直等,其结构框图如图 1 所示。激光器由振荡级产生稳定的锁模序列脉冲激光,然后

从此序列脉冲激光中选取取出其中的一个单脉冲激光,再经过二级放大、倍频、滤光、扩束准直,最后输出脉冲激光。

2.1 振荡级

单脉冲皮秒 Nd:YAG 倍频激光器的振荡级采用平凹直线腔结构,振荡级包括 Nd:YAG 晶体,聚光腔和脉冲氙灯,饱和吸收染料盒,光漂移控制仪 GPKZY,选模小孔等部分。未经锁模的激光器是多纵模,这些纵模的初始相位在激光器内呈无规则分布,饱和吸收染料能够使各个纵模的相位协调起来,具有确定的相位关系,振荡频率保持一定的间隔。为了产生 100 ps 左右的单横模脉冲激光,我们采用的饱和吸收染料是五甲川溶于二氯乙烷的溶液,光通过它的弛豫时间 τ_0 随其浓度的变化而变化,一般饱

作者简介: 高宏文(1964.01-),男,中国科学院西安光学精密机械研究所,副研究员,主要从事瞬态过程多维信息获取技术的研究及其科研技术装备的研究与开发。E-mail: gaohw@opt.ac.cn hwgao99@yahoo.com.cn

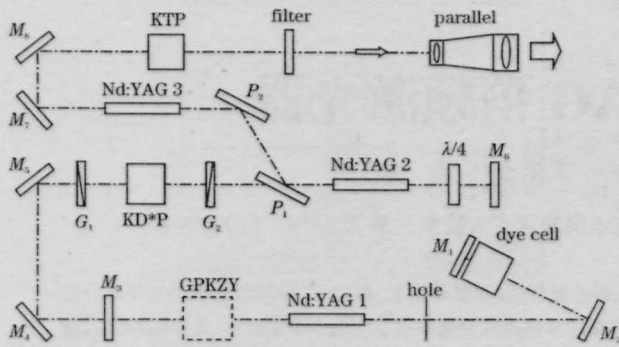


图1 激光器的结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of the laser

和吸收染料的弛豫时间 τ_b 远小于锁模脉冲激光的宽度 τ_p 。激光器工作前,调整好小孔的位置、选好染料溶液浓度,染料的浓度以 0.6~0.8 的静态透过率为宜,以保证其单横模输出。振荡级输出的锁模序列脉冲激光波形如图 2 所示。

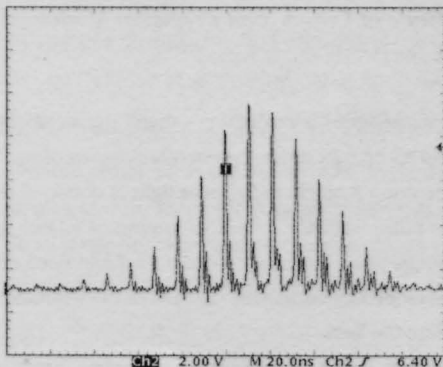


图2 锁模激光波形

Fig.2 Waveform of mode-locked laser light

2.2 单脉冲激光的选取

为了从锁模序列脉冲激光中选取出一个单脉冲激光,激光器振荡级谐振腔的长度设计为 1.5 m,这样,锁模序列脉冲激光之间的间隔就是 10 ns,为了使其稳定,振荡级内的主要元器件都放在殷钢导轨上。单脉冲激光的选取由三部分组成:1)格兰棱镜和普克尔盒组成的选单脉冲光路;2)脉宽为 3 ns 的高压脉冲形成电路和同轴电缆组成的 Blumleia 电路;3)光导纤维传光束和光电接收器组成的高压触发系统。锁模序列脉冲激光通过格兰棱镜 G_1 ,KD*P 普克尔盒,用光导纤维从格兰棱镜 G_2 上取出激光信号分别送到光电触发同步电路,光电触发同步电路将光信号转换成两路电信号分别经过电缆延时转换成两路没有时间差和幅度差的电信号,如图 3 所示。

经过电缆送来的两个电信号分别触发高压脉冲电路产生宽度为 6 ns 的高压脉冲,加在普克尔盒上,选出的单脉冲激光如图 4 所示。

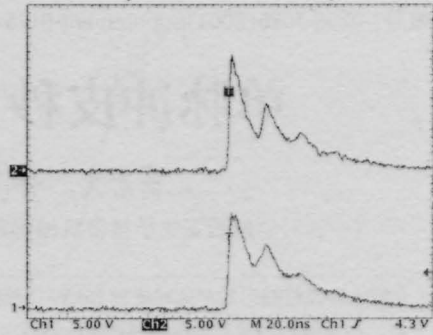


图3 两路同步的电信号

Fig.3 Two channels of synchro electric signal

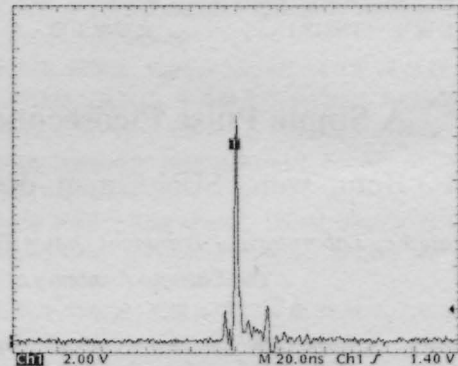


图4 单脉冲激光

Fig.4 Single pulse laser light

单脉冲激光的选取由雪崩晶体管堆电路作为高压脉冲电路驱动普克尔盒来实现,高压脉冲触发电路由光导纤维传光束、光电转换器件等组成的双路触发电路,触发高压脉冲电路,调节光导传光束与光信号的位置,使光电转换器件获得适当的能量,触发信号相对于锁模脉冲序列激光必须要有一定的时间间隔,才能选出比较理想的单脉冲激光。

2.3 单脉冲激光的放大

激光器的放大部分采用了一级同轴双程放大和一级行波放大。单脉冲激光透过第一个偏光反射镜 P_1 ,进行一次放大,放大后的激光束通过 $\lambda/4$ 波片,其偏振面旋转 45° ,经全反射镜全反,再次通过 $\lambda/4$ 波片,其偏振面再次旋转 45° ,激光束的偏振面共旋转了 90° ,再一次经过放大,然后被偏光反射镜 P_1 全部反射到偏光反射镜 P_2 ,再由偏光反射镜 P_2 反射进入行波放大部分进行放大,放大后的单脉冲激光经过全反射镜 M_7, M_8 的反射输出,然后进入倍频晶体。

放大系统的工作物质均采用 $\phi 8 \text{ mm} \times 90 \text{ mm}$ 的 Nd:YAG 激光棒。在调试放大系统时,必须消除系统的寄生振荡,系统的寄生振荡主要来源于选单器件的两个格兰棱镜端面、普克尔盒的端面、激光棒的端面和 $\lambda/4$ 波片的端面。偏光反射镜 P_1, P_2 按

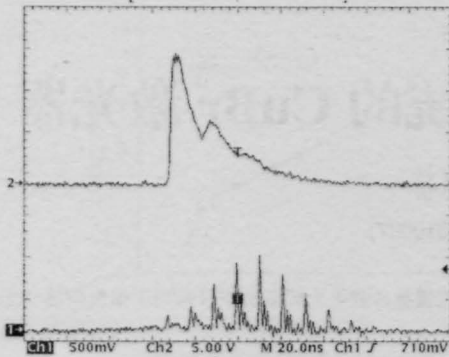


图5 触发信号与锁模序列脉冲激光的时间关系

Fig.5 Temporal relations of trigger signal and a series of mode-locked laser pulse

布氏角的位置放置,行波放大部分的寄生振荡通过将放大棒偏置 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 来消除。经过激光器放大部分放大后 1064 nm 的单脉冲激光,其能量可达 230 mJ 左右。

2.4 倍频

经过放大部分放大的单脉冲激光的波长为 1064 nm ,通过KTP倍频晶体后,波长变成 532 nm 的可见绿光。KTP倍频晶体倍频效率可达 60% 。由于经过放大后激光的功率较高,所以,倍频部分设计在激光放大部分的输出端。

2.5 滤光

为了得到高质量的 532 nm 绿光,滤掉其他波长的光,设计了滤光部分,它由滤光镜实现。由于KTP倍频晶体的倍频效率是 50% 左右,因此,通过KTP倍频晶体的光不但含有波长为 532 nm 的绿光,而且含有 1064 nm 的光。滤光镜将 532 nm 的光提取出来,而将剩余的 1064 nm 波长和其他杂散光全部去掉,使激光器最后仅输出波长为 532 nm

的绿光。

2.6 扩束准直

532 nm 绿光经过扩束准直系统的扩束准直后,输出直径约为 $\phi 40\text{ mm}$ 的平行光,以便满足应用的需要,扩束准直部分的放大倍数约为 5 倍。

3 激光器的主要技术参数

工作方式:单次;工作波长: 532 nm ;脉冲宽度: $\leq 100\text{ ps}$;单脉冲能量: $\geq 100\text{ mJ}$;固有延迟出光漂移: $\leq 2\text{ ms}$;输出激光模式: TEM_{00} ;输出能量不稳定性: $\leq \pm 10\%$;光束发散角: $\leq 1.0\text{ mrad}$; 532 nm 与 1064 nm 的输出能量比: $\geq 200:1$

参考文献

- 1 Yang Li. Advanced Optical Manufacture Technology[M]. Beijing: Science Press, 2001.5-25
杨力主编. 先进光学制造技术[M]. 北京: 科学出版社, 2001.5-25
- 2 National Research Council. Harnessing Light—Optical Science and Engineering for the 21st Century [M]. Washington D.C.: National Academy Press, 2001.179-250
- 美国国家研究理事会编, 上海应用物理研究中心译. 驾驭光—21世纪光科学与工程学 [M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2001.179-250
- 3 W. Koechner. Transl. Sun Wen *et al.* Solid-State Laser Engineering[M]. Beijing: Science Press, 2002.39-45
W. 克希耐尔著. 孙文等译. 固体激光工程[M]. 北京: 科学出版社, 2002.39-45
- 4 Lan Xingju *et al.* Laser Technology[M]. Beijing: Science Press, 2000.115-118
蓝信钜等编著. 激光技术[M]. 北京: 科学出版社, 2000.115-118
- 5 Zhou Bingkun, Gao Yizhi, Chen Tirong *et al.* Laser Principle[M]. Fourth Edition, Beijing National Defense Press, 2000.278-278
周炳琨, 高以智, 陈侗嵘等编著. 激光原理[M]. 第4版, 北京: 国防工业出版社, 2000. 272-278