

同步泵浦可调谐超短脉冲双路激光器

崔俊文 立群 惠令凯 刘颂豪
(中国科学院上海光学精密机械研究所)

提 要

本文报导了用主动-被动锁模磷酸盐钽玻璃激光器的二次谐波泵浦两路染料激光器,获得超短脉冲的实验结果。

获得超短脉冲激光束,主要有两种方法。其一是在激光振荡器中插入锁模元件^[1];其二是在用已获得的超短脉冲,以同步泵浦的方法泵浦另一激光器,获得另一种超短脉冲^[2,3]。超短脉冲激光的调谐方法可采用棱镜、光栅、标准具、双折射滤光片等^[4]。调谐范围、调谐激光的线宽随激光器工作介质和调谐元件的不同而不同。超短脉冲激光束的线宽不可能很窄,它受脉宽和频宽的变换极限的限制。

考虑到超短脉冲激光束在基础研究中是一种重要的实验手段,所以我们研制了一台用一个泵浦源的可调谐超短脉冲双路激光器。

我们采用磷酸盐钽玻璃主-被动锁模作振荡器,通过两级放大,经KDP倍频后的0.53 μ 超短脉冲激光束通过透镜聚焦后,近纵向地泵浦染料激光器,得到了双路单独调谐的超短脉冲染料激光输出。它的装置如图1所示。

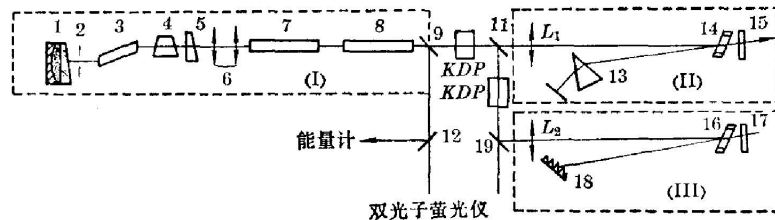


图1 双路调谐超短脉冲激光器示意图

(I) 主-被动锁模钽玻璃激光器, (II) 棱镜调谐染料激光器, (III) 光栅调谐染料激光器
1—锁模染料盒和全反射凹面镜; 2—选模小孔; 3—振荡器介质磷酸盐钽玻璃; 4—声光调制器;
5—振荡器50%反射率的平板输出腔片; 6—扩束器; 7, 8—放大器; 9, 12—分束器; 10—宽带全
反射镜; 11—双色片(1.06 μ 全反、0.53 μ 全透); 13—色散棱镜; 14—染料盒(Rh6G); 15, 17—宽带
50%透过率的反射镜; 16—染料盒(RhB); 18—光栅; 19—双色镜(0.53 μ 全反、1.06 μ 全透);
 L_1, L_2 —透镜; KDP—倍频晶体

图1中的(I)是主-被动锁模钽玻璃激光系统,用49.823 MHz的声光调制器作为主动锁模元件;用与全反射腔片一体的五甲川溶液的染料盒作为被动锁模元件,得到主-被动锁模的激光输出。当只用主动锁模时,可以得到脉宽大于200 ps的脉冲系列稳定输出,如图2所示。主-被动锁模可以得到脉宽小于30 ps的输出,这比只有被动锁模的稳定性有较

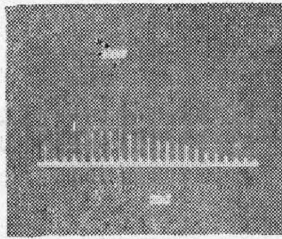


图2 主动锁模 1.06μ 输出波形
水平: 20 ns/div, 垂直: 100 mV/div

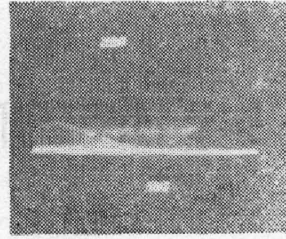


图3 主-被动锁模 1.06μ 输出波形
水平: 50 ns/div, 垂直: 100 mV/div

大的提高。为了获得主-被动锁模脉冲系列的稳定输出,必须把振荡器的腔长与声光调制器的声频相匹配。结果表明,对应于 49.823 MHz 的频率,腔长的允许失配范围为 ± 9 毫米,这是指输出下降到最大值的 $1/10$ 时的值。调整腔长失配量是用快响应二极管和 7904 示波器监视锁模脉冲的变化,选定一定的范围之后再用微能量卡计测量其强度。结果表明,在最佳腔长匹配情况下,振荡器的光泵阈值最低,此时振荡器的输出能量为 2 mJ 。经扩束放大后,达 330 mJ ,脉冲系列的脉冲个数约为 40 个,时间间隔 10 ns ,如图 3 所示。用双光子荧光法测得其单个脉冲宽度为 $\sim 30\text{ ps}$ 。主-被动锁模比单纯主动锁模时阈值稍有提高,脉宽变短,但输出能量不变,仍为 2 mJ 。当振荡器腔内插入选模小孔时,可以得到 TEM_{00} 模振荡。

同步泵浦的两路单独调谐染料激光器,如图 1 中的(II)、(III)所示。II: 染料用 Rh6G 的酒精溶液,浓度为 $2 \times 10^{-4}\text{ mol/l}$,后腔片是宽带全反射平面镜,用重火石玻璃制成的 60° 棱镜作为色散元件,染料盒厚 1 厘米,以布儒斯特角放置在靠近 50% 透过率的宽带反射镜 L_5 之前,它正好在聚焦泵浦光束的透镜 L_1 的焦点上, L_1 的焦距为 1 m ,输出腔片 5 可以精密调整,以便达到腔长与泵浦振荡器的腔长相匹配。III 与 II 是非常相似的,它用光栅代替了 II 中的平面全反射镜和棱镜。光栅的闪耀波长为 5400 \AA ,刻线为 1200 line/mm ,采用一级衍射作为振荡光束,染料盒内装入 RhB,浓度为 $2 \times 10^{-4}\text{ mol/l}$ 的酒精溶液,置于平面输出腔片处,并且在聚焦透镜 L_2 的焦点上, L_2 的焦距为 0.7 m 。

经过两块 KDP 晶体分别把 1.06μ 主光束和剩余光束倍频后,分别泵浦两路染料激光器,倍频后的绿光能量分别为 20 mJ 和 15 mJ 。

同步泵浦的两路染料激光器的实验结果如下:

染料激光器的腔长与泵浦激光器的腔长相匹配,调整方式与调整钕玻璃振荡器的腔长与声光调制器频率的匹配相类似。不过在调试染料激光器腔长的匹配时,是通过观测输出强度和腔长的关系得到的。我们得到两路腔长的失配量是 Rh6G 一路为 $\pm 3\text{ mm}$,如图 4 所示;RhB 一路的失配量是 $\pm 3.5\text{ mm}$ 。

两路染料激光器的调谐范围,用两米平面光栅光谱仪进行测量,其强度用 7.9 div/mJ 的高灵敏微能量卡计测量,结果如图 5 所示。

Rh6G 的调谐范围为 $5645\text{ \AA} \sim 5950\text{ \AA}$; RhB 为 $5850\text{ \AA} \sim 6150\text{ \AA}$ 。最大输出能量分别为 2 mJ 和 1.5 mJ 。通过改变染料浓度可以使调谐范围移动。例如把 Rh6G 的浓度从 $2 \times 10^{-4}\text{ mol/l}$ 改成 $5 \times 10^{-5}\text{ mol/l}$,调谐范围向短波方向移动 80 \AA ,若加大浓度可以向长波端移动。若需要更大范围的调谐,可采用 1.06μ 三次谐波泵浦香豆素染料等得到

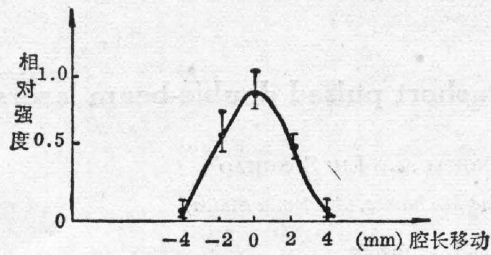


图4 同步泵浦输出与腔长变化的关系

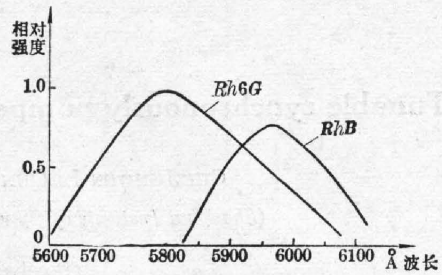


图5 同步泵浦激光器输出调谐范围

5000 Å 左右的可调谐超短脉冲,也可采用甲酚紫溶液向长波端调谐至 ~ 6500 Å。

染料激光器腔内插入标准具时,输出线宽明显地变窄,但输出强度下降得很多。在光谱线宽测试中,插入标准具之后观察到在原来的连续光谱上,形成了一些分立的谱线,这是由于振荡器的多模式所形成的。把振荡器做成单模,再适当选择标准具作为参数,做到变换极限线宽是有可能的。

染料激光器的输出时间特性如图6所示,脉冲间隔为 10 ns,与铍玻璃振荡器输出相符。每个脉冲的脉宽可用相关技术测量。

由于测试设备的限制,我们没有仔细地测量染料激光器的输出脉冲宽度。但把图3和图6进行了比较,可以看出染料激光与泵浦激光是同步的。只是由于染料激光器腔太长和损耗较大,使得泵浦脉冲列的开始和末尾部分的强度不足以激励振荡,故染料激光的输出脉冲个数(25个)少于泵浦脉冲个数(约为40个)。

我们用这台激光器进行了苯的微微秒 CARS 光谱实验,结果表明激光器的稳定性是良好的。

研究生栾绍金、何克祥同志参加了本工作,仅表感谢。

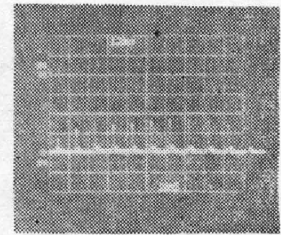


图6 Rh6G 染料激光输出波形

水平: 10 ns/div,
垂直: 100 mV/div

参 考 文 献

- [1] W. Seka, J. Bunkenburg; *J. A. P.*, 1978, **49**, No. 4(Apr), 2277.
- [2] T. R. Royt, W. L. Faust *et al.*; *A. P. L.*, 1974, **25**, No.9(1 Nov), 514.
- [3] L. S. Goldberg, G. A. Moore; *A. P. L.*, 1975, **27**, No. 4(15 Aug), 217.
- [4] 冈田正雄, 家人胜吾; *NHK 技研月报* 1975, **18**, No. 7(Jul). 260—266

Tunable synchronously pumped ultrashort pulsed double-beam lasers

CUI JUNWEN LI QUN HUI LINGKAI AND LIU SONGHAO

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

(Received 12 December, 1980)

Abstract

This paper reports the experimental results about the ultrashort pulses from two tunable dye lasers, which are synchronously pumped by the second harmonic of an active-passive mode-locked Nd:phosphate glass laser.