

铜蒸气激光器脉冲加宽技术及加宽脉冲对放大器效率的影响

王小伟 符春保 张降元 梁爽 吴学圃 张志忠

(核工业理化工程研究院, 天津 300180)

摘要 本文给出一套实用的铜蒸气激光器(CVL)激光脉冲展宽系统,展宽效率为60%。展宽的光脉冲注入放大器后,放大器效率提高10~12%,同时给出不同延时下,CVL放大光输出脉冲波形,并分析了其变化规律。

关键词 铜蒸气激光器,脉冲加宽,放大效率,延时

Technique of CVL pulse broadening and influence of broadened pulse on amplification efficiency

WANG Xiaowei, FU Chumbao, ZHANG Jiangyuan, LIANG Shuang
WU Xuepu, ZHANG Zhizhong

(Tianjin Institute of Physical and Chemical Engineering, CNNC, 300180)

Abstract A set of practical pulse broadening system with the total broadening efficiency of 60% is given in the paper. When broadened pulse injects the amplifier of CVL, its amplification efficiency increases 10~20%. The waveforms of amplified laser are also given at the different delays and their variation principle is analysed.

Key words CVL, pulse broadening, amplification efficiency, delay

1 引言

由于铜蒸气激光器具有趋肤效应,即在放电管的径向,放电电场首先出现于管壁附近,然后逐渐向管心方向过渡,使得管壁附近出光先于管心,大口径激光器($D > 6$ cm)尤为明显。因此在铜蒸气激光器振荡—放大链中,当振荡器输出光脉冲较窄时,放大器的趋肤效应致使在输入光脉冲期间不能完全将放大器的能量取出。本实验设计了一套用于激光振荡—放大链中的激光脉冲展宽系统,用于增加放大器的能量提取效率,同时将展宽脉冲送入放大器,观察并研究了振荡—放大系统延时对激光放大脉冲波形的影响。

2 方案设计

脉冲展宽大小的依据是展宽后的脉冲能与放大器增益宽度相适应,使之达到最大的能量输出。图 1 为铜蒸气脉冲展宽装置图。

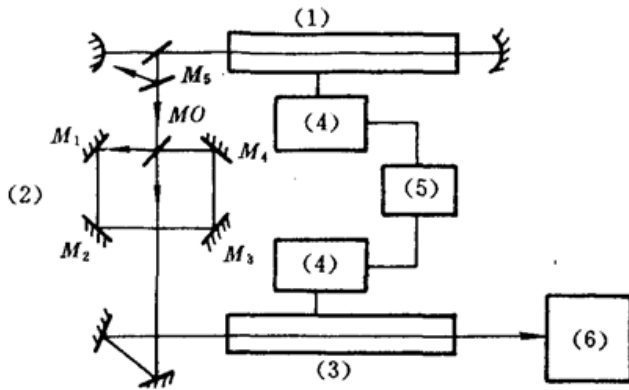


Fig. 1 Experimental setup

(1) Oscillator; (2) CVL pulse broadening system; (3) Amplifier
(4) CVL power supply; (5) Controlling system; (6) Boxcar

m。这样合成后的脉冲宽度可望增加一倍。

本实验使用的铜蒸气激光器是上海光机所研制的 CVL-20 型。振荡级采用 $M = 10$ 虚共焦正支非稳腔,输出发散角约 1.2 mrad 。振荡器和放大器结构相同,工作电压为 $6.5 \sim 7 \text{ kV}$,工作电流为 $0.5 \sim 0.6 \text{ A}$,气压约为 5 kPa ,重复频率为 6 kHz 。四面反射镜 $M_1 \sim M_4$ 均为绿光全反射镜, M_5 为黄光全反绿光全透。实际 $M_1 \sim M_4$ 反射率约 90% 。两激光器间延时由同步控制系统控制。展宽后的光脉冲送入 CVL 放大器中进行放大,调节延时,可由 4402 型 Boxcar 记录放大器输出的光脉冲波形。

本实验展宽系统由一个部分反射镜 MO (反射率为 R) 和四个 45° 全反射镜构成。部分反射镜反射的光经过约 12 ns 的延时与透过 MO 的光合成后,送至放大器。为使合成系统中两束光的功率相等, MO 的反射率 R 必须满足下列关系式:

$$P \cdot (1 - R) = R \cdot r^4 \cdot R \cdot P \quad (1)$$

$$\text{可得 } R = \frac{1}{2r^4} (\sqrt{4r^4 + 1} - 1) \quad (2)$$

式中, P 为输入系统总功率, r 为全反镜损失。等式(1)左侧为透过 MO 的总功率,右侧为经四个全反镜和 MO 后的输出光能量。

取 $r = 93\%$,则 $R = 66\%$ 。实际装置中,我们取 $R = 70\%$,分出光束选择延时光程 $L = 4$

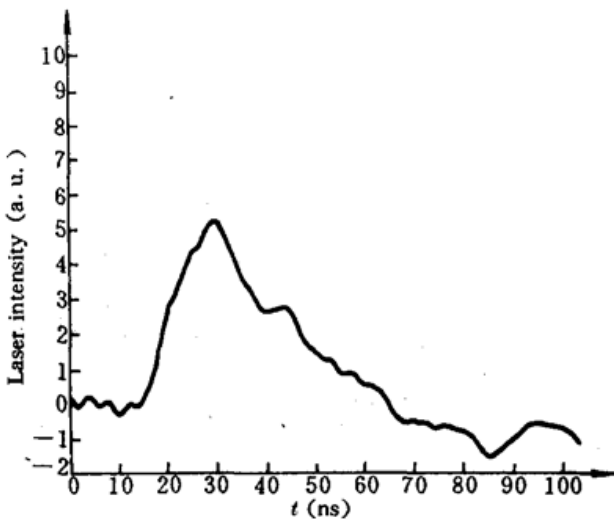


Fig. 2 Waveform of CVL laser pulse before broadening

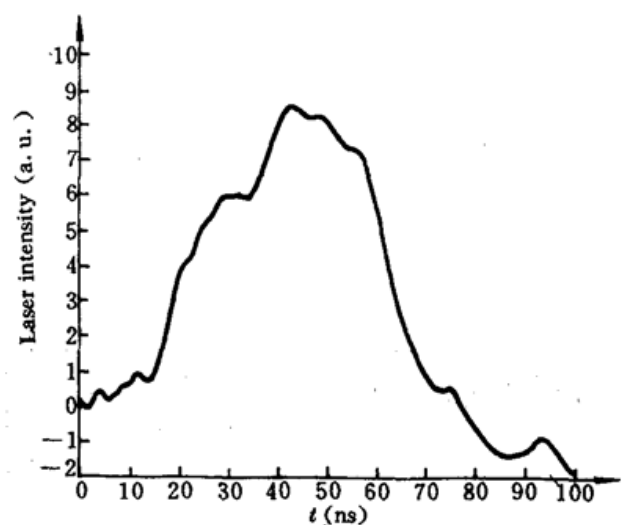


Fig. 3 Waveform of CVL laser pulse after broadening

3 实验结果

3.1 铜蒸气激光器脉冲展宽系统

图 2、图 3 分别给出了展宽前和展宽后的铜蒸气激光脉冲波形图。

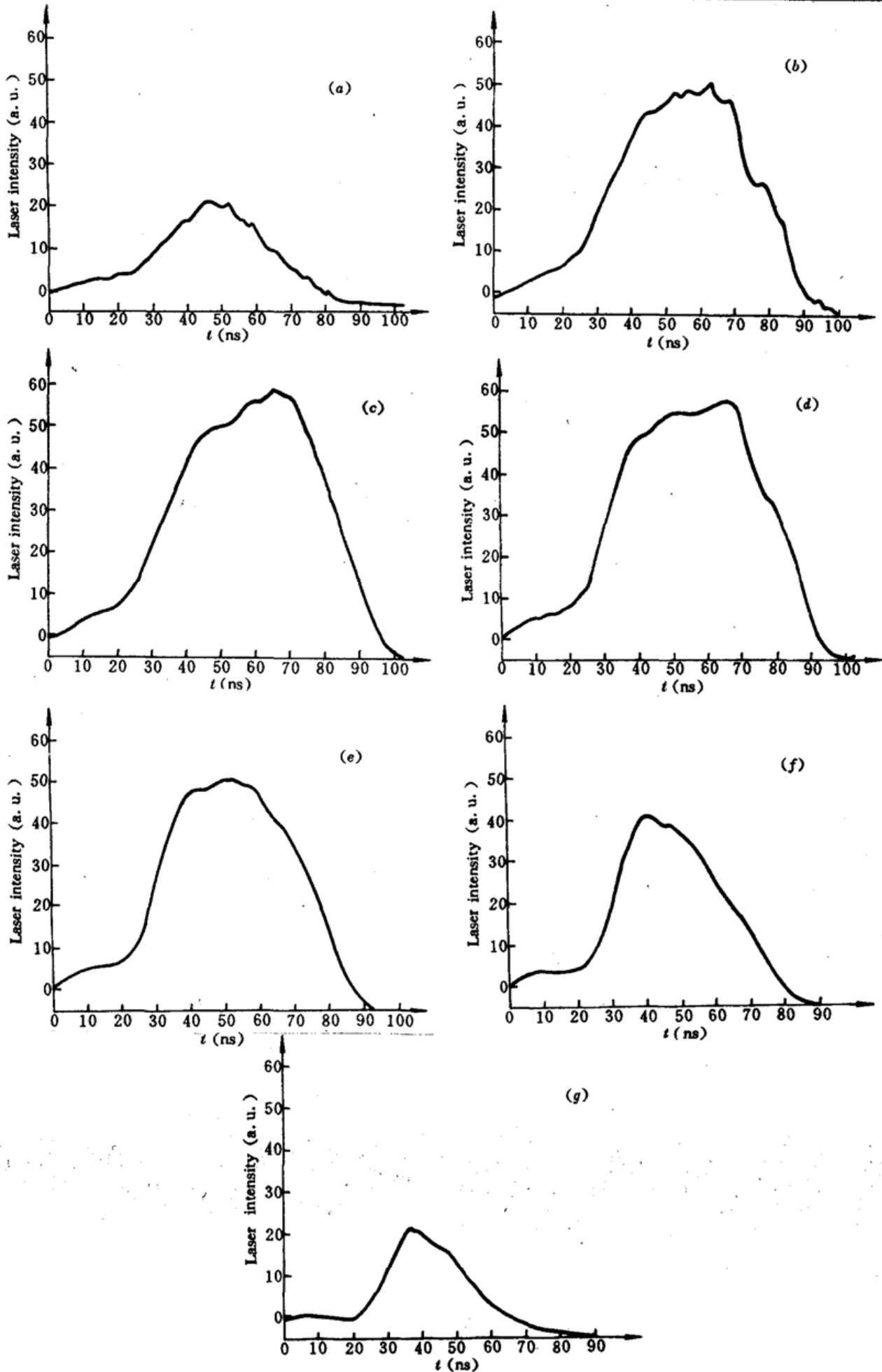


Fig. 4 Waveform of CVL amplified laser pulse at the different delay

(a) $T_d = 60$ ns; (b) $T_d = 40$ ns; (c) $T_d = 20$ ns; (d) $T_d = 0$ ns; (e) $T_d = -20$ ns; (f) $T_d = -40$ ns; (g) $T_d = -60$ ns

由图中可以看出,展宽前激光脉宽约 21 ns,展宽后脉宽为 40 ns。在输入展宽系统绿光总功率为 8.5 W 时,展宽系统总输出为 5.1 W,合成效率为 60%。合成效率低是由于四片全反镜能量损失(每面约 10%)较大所致。

当展宽的脉冲输入放大器后,其输出效率比未展宽时的提取效率提高约 10~12%。

3.2 CVL 振荡—放大链中延时对放大器输出脉冲波形的影响

将展宽以后的激光脉冲输入激光放大器,改变延时,得到不同延时条件下放大器输出的脉冲波形,如图 4 所示。正延时表示输入光超前于放大器最佳放大时刻,负延时表示输入光滞后于放大器最佳放大时刻。

图 4(a) 为输入光透过放大器未被吸收的激光脉冲波形图,其脉宽与输入光相同。随着超前时间变短,激光脉冲峰值后移,脉冲宽度变宽,功率幅度增加。这是因为随着超前时间的变短,后沿首先被放大,导致放大脉冲后移,同时参与放大的粒子数的逐渐增加,使放大幅度增加,在低功率输入时,输入光由于前沿(或后沿)被强烈放大,大量反转粒子的消耗使输入光后沿(或前沿)得不到放大,形成放大光的脉冲压窄^[1]。在本实验条件下输入属强光(5.1 W),强烈的饱和作用使得放大的光脉冲不但没被压窄,反而有所增加。最佳延时状态时,脉宽增加了约 20%(输入脉冲宽度 40 ns,放大后输出脉冲宽度 48 ns)。超过最佳延时区,随着滞后时间的增加,其脉冲峰值前移,脉冲宽度变小,幅值下降。此过程是由于滞后使输入脉冲前沿首先被放大所致。

本文是在徐品方教授和俞沛增教授的关怀和指导下完成的,同时与中科院上海光机所的同志进行了有益的讨论,在此表示诚挚的感谢。

参 考 文 献

- 1 兰信钜 *et al.*, 激光技术, 湖南技术出版社, 1983, 第四章