

YAG 激光同步泵浦染料激光器 产生 38fs 光脉冲

刘 玉 璞

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海, 201800)

S. De Silvestri V. Magni P. Laporta O. Svelto

(意大利米兰工业大学物理所, 量子电子学中心)

提 要

研究表明,不用碰撞脉冲锁模技术,而由一台简单的线型腔染料激光器,就可成功地产生短达 38 飞秒的光脉冲。这种激光器用六镜折叠腔,其中有 Rh6G 和 DOPCI 两个喷流和一个棱镜对色散补偿器,用连续锁模 Nd:YAG 激光器的倍频输出同步泵浦。染料激光脉冲的平均功率为 20 mW, 脉冲重复频率近 100 MHz。

关键词: 同步泵浦, 线型腔、混合锁模、飞脉冲秒。

一、引 言

自从采用碰撞脉冲锁模(CPM)和群速度色散(GVD)补偿技术以来,染料激光器的脉冲宽度已缩短到飞秒(fs)量级^[1]。用这种技术可产生脉宽为 30 fs 左右的脉冲。但通常采用有四个棱镜作色散补偿的环形腔,光路比较复杂,不易调整到最佳状态。曾报道用同步泵浦线型腔 Rh6G/DODCI 染料激光器,腔内用四个布鲁斯特角棱镜作色散补偿,得到 65 fs 脉冲,并提到可能产生脉宽小于 50 fs 的光脉冲^[2]。作者分析表明,用更简单腔型的同步泵浦混合锁模染料激光器,只用一对棱镜放在腔内全反射端,等效于四个棱镜,使系统简化紧凑,既减少腔内损耗,又便于调整,有可能获得更短、更稳定的飞秒脉冲,我们的实验取得了预期的结果。

二、实验、结果和讨论

1. 激光装置描述

在本工作中我们仍用最普通的 Rh6G 和 DODCI 的乙二醇溶液作为增益介质和可饱和吸收体。谐振腔结构如图 1 所示。这是一个很简单的六镜线型腔,其中只有一对棱镜。镜 6 和镜 7 的曲率半径为 100 mm, 镜 8 和镜 9 的曲率半径为 50 mm, 端镜 10 是平面反射镜, 输出耦合镜的透过率为 3% (在 620 nm), 安装在调整精度为 0.1 μm 的滑动平台上, 以保证染料激光腔长与泵浦激光腔长的精确匹配。泵浦源是一台连续锁模 Nd:YAG 激光器, 用

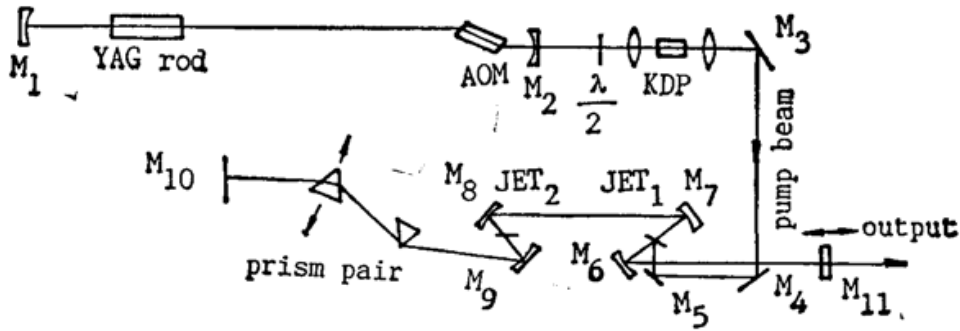


Fig. 1 Configuration of linear-cavity, synchronously pumped femtosecond dye laser. Jet for gain medium, Rh 6G: EG= 1×10^{-3} mol/l. Thickness $b=200 \mu\text{m}$. Pressure $P=40$ PSI. Jet₂ for saturable absorber, DODCI: EG= 6.4×10^{-4} mol/l, $b=70 \mu\text{m}$, $P=5 \text{ kg/cm}^2$

KDP 晶体倍频, 产生脉宽为 90 ps 的 $0.53 \mu\text{m}$ 泵浦光束。

2. 实验结果与讨论

众所周知, 在飞秒激光器中, 当脉宽小于 100 fs 时, 腔内 GVD 和自相位调制 (SPM) 的影响变得越来越重要。为了引入有效的类孤子整形机制, 使脉冲进一步缩短, 需仔细控制这些量的大小和符号, 达到它们之间适度的平衡匹配。为此, 我们通过改变 DODCI 浓度和可饱和吸收体喷流相对于束腰的位置, 以调整 DODCI 和它的光生异构体的相对饱和参数, 使波长向红端移动, 产生适当的正自相位调制; 用改变棱镜间距离和光束在棱镜中的光程长度, 以产生所需的负群速色散。在实验过程中, 用一个 Reticon 光二极管阵列观测激光光谱, 用一台无背景实时扭描自相关器显示锁模脉冲。实验发现, 对于我们的激光器, 棱镜间的最佳距离是 33 cm 左右, DODCI 的最佳浓度为 6.4×10^{-4} mol/l。当达到最佳状态时, 输出光谱扩展很宽而且稳定, 极大值在 634 nm 左右, 此时的脉冲最短也最稳定。图 2 给出一组典型的脉冲自相关曲线和对应的光谱分布。假定脉冲为 sech^2 型, 则脉宽为 38 fs, 谱宽为 13 nm,

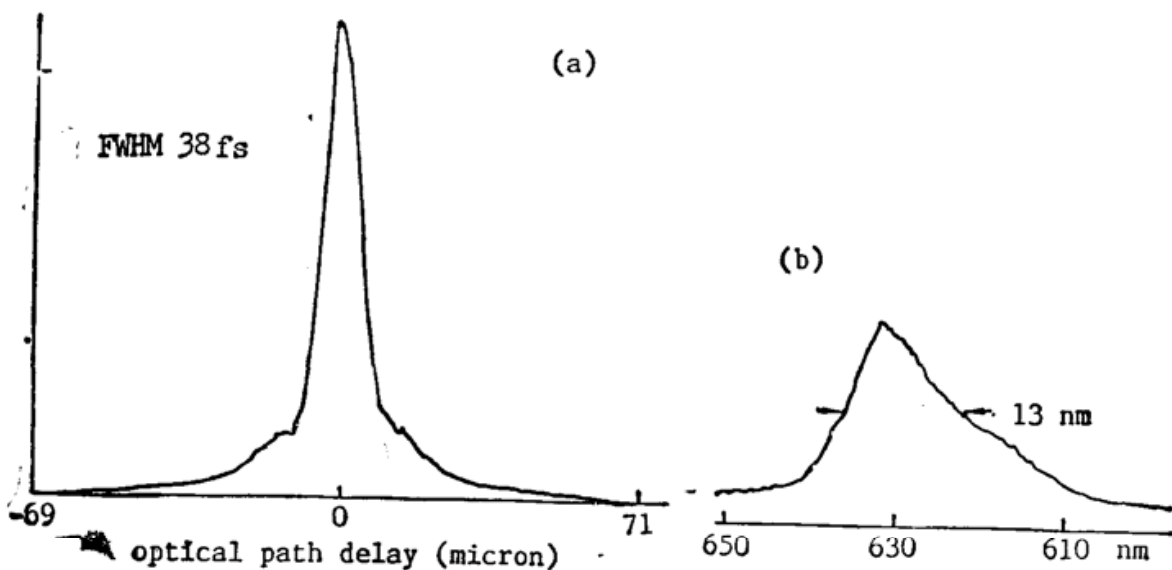


Fig. 2 Autocorrelation trace (a) and corresponding spectrum (b) of pulses generated by the six-mirror linear cavity. Time scale is calibrated for sech^2 shaped pulses and yields a pulsewidth of 38 fs. Spectral bandwidth is approximately 13 nm

时间-带宽乘积为 0.37。我们还发现,为了维持激光稳定运转并产生最短的脉冲,不仅需要保持 GVD 和 SPM 之间恰当的平衡,同时还必须保持染料激光器腔长与 Nd:YAG 激光器腔长精确的(0.1~0.2 μm)匹配。随着增加负群速色散量或拉长染料激光腔,脉冲逐步展宽,光谱宽度变窄;而当减少负色散量或缩短染料激光腔长时,我们看到光谱变化非常快,脉冲会突然变得极不稳定,以至锁模消失。

根据所用染料的反常色散^[3]和吸收光谱,在波长 634 nm 附近, DODCI 的光生异构体对 Rh6G/DODCI 激光器中飞秒光脉冲的形成,可能起重要作用,尽管产生光生异构体的量,对于给定的脉冲能量,在这个波长比在短波长处小些^[4]。到目前为止, DODCI 的光生异构过程在飞秒激光器中作用的细节还不完全清楚。定量分析研究正在进行中。

三、结 论

用简单的线形腔同步泵浦 Rh6G/DODCI 激光器的混合锁模可以产生短达 38 fs 的光脉冲。实验成功的关键是保持 GVD 和 SPM 间恰当的平衡, DODCI 的光生异构体对中心波长在 634 nm 的飞秒光脉冲的形成和稳定可能起重要作用。这种激光器结构简单,易于调整到最佳状态。我们希望它能成为研究超快现象的一个方便而有用的飞秒光源。

本工作是 1988 年 9 月在米兰工业大学物理所完成的,得到意大利国家研究委员会(CNR)“光电子计划”的部分资助。作者之一刘玉璞作为访问学者得到国际理论物理中心(ICTP)资助。

参 考 文 献

- [1] J. A. Valdmanis, R. L. Fork *et al.*; *Opt. Lett.*, 1985, **10**, No. 3 (Mar), 131.
- [2] M. Nakazawa, T. Nakashima *et al.*; *Opt. Lett.*, 1987, **12**, No. 9 (Sep), 681.
- [3] S. De Silvestri, P. Laporta *et al.*; *IEEE J. Q. E.*, 1984, **QE-20**, No. 4 (Aug), 533.
- [4] S. Rentsch, E. Dopel *et al.*; *Appl. Phys.*, 1988, **B46**, No. 5 (May), 357.

38fs light pulses generated from a synchronously pumped dye laser

LIU YUPU

(*Shanghai Institute of Optics & Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800*)

S. DE SILVESTRI, V. MAGNI, P. LAPORTA AND O. SVEXTO

(*Centro di Elettronica Quantistica e Strumentazione Elettronica del C. N. R.*

Istituto di Fisica del Politecnico di Milano, Italy)

(Received 2 May 1990; revised 17 July 1990)

Abstract

We have demonstrated that optical pulses as short as 38 fs can be successfully generated from a simple linear-cavity dye laser. The laser consists of a six-mirror cavity with two dye jets (a gain jet with Rh 6G and a saturable absorber jet with DODCI) and a pair of prism as group-velocity dispersion compensator, and is synchronously pumped by the frequency-doubled output of a CW mode-locked Nd:YAG laser. The average output power is 20 mW at a repetition rate of 100 MHz.

Key words: synchronously pumped; linear-cavity; conjunctive mode-locked; fs pulses.