

# 自锁模钛宝石激光器的研究

阮双琛 侯洵

(中国科学院西安光学精密机械研究所, 710068)

**摘要** 本文从实验上研究了 Ti:Sapphire 激光器中自锁模存在的腔长最大限度。当腔长大于 2.7m 时, 未能观察到自锁模运转, 但此时, 用四棱镜系统进行色散补偿, 得到了 89fs 的最短光脉冲。

**关键词** 自锁模; 钛宝石激光器

## 0 引言

自从自锁模(Self-mode locking)或者称为克尔透镜锁模(Kerr lens mode locking)在 Ti:Sapphire 激光器中得到实现以来<sup>1</sup>, 锁模 Ti:Sapphire 激光器的研究取得了很大的进展。目前, 在 Ti:Sapphire 激光器中, 运用自锁模技术直接得到了 11fs 的光脉冲<sup>2,3</sup>, 腔内倍频自锁模 Ti:Sapphire 激光器也得到了 14fs 的光脉冲<sup>4</sup>。在实验上, 由于自锁模技术比较简单, 因而引起许多研究者的兴趣, 并将这种方法运用到其它固体材料上, 相继在  $\text{C}_r^{3+}$ :LiSAF<sup>5</sup>、 $\text{C}_r^{4+}$ :Forsterite<sup>6</sup>、 $\text{C}_r^{4+}$ :YAG<sup>7,8</sup> 等固体激光器中实现了自锁模, 得到了飞秒光脉冲, 在理论上, 文献 9 分析讨论了腔内含有狭缝的自锁模激光系统, 得到了如下结论: 自锁模的实现主要依赖于三个参数。①克尔介质(增益介质)的位置; ②共焦参数; ③稳定区中的位置。继而, 文 10 分析了腔内无狭缝的自锁模激光系统, 得到了自聚焦和增益饱和效应的结合可产生自锁模。本文我们研究了 Ti:Sapphire 激光器中自锁模存在时的腔长最大限度, 研究发现, 当腔长大于 2.7m 时, 未能实现自锁模运转, 而在引入四棱镜系统进行色散补偿后, 得到了 89fs 的最短光脉冲。

## 1 腔的结构

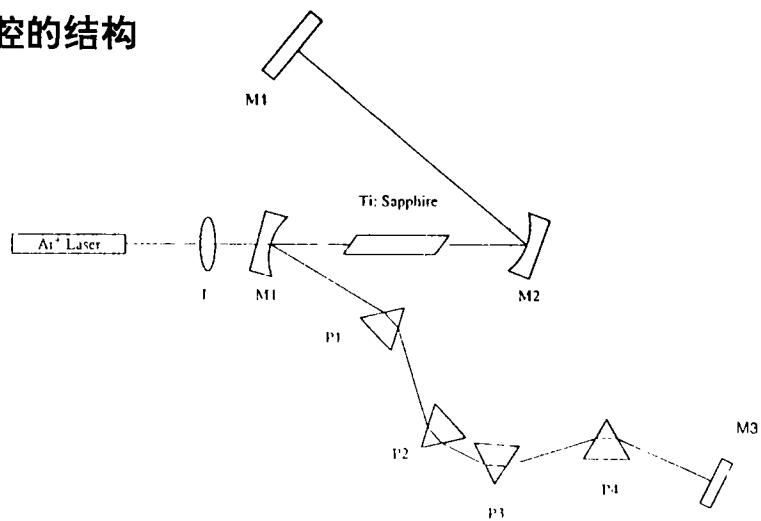


图 1 钛宝石激光器结构简图

Fig. 1 Schematic diagram of Ti:sapphire laser

收稿日期: 1994—06—28

腔的基本结构如图1所示,由标准的、象散补偿的四镜腔组成。Ti:Sapphire棒为 $\Phi 6 \times 20\text{mm}$ , Ti<sup>3+</sup>的标定浓度为0.1% (重量比), 棒的两端加工成布儒斯特角。 $M_1, M_2$ 是曲率半径为100mm的全反镜, $M_4$ 为平面全反射镜, $M_3$ 为输出平面镜,透过率为1%。在腔内靠近 $M_4$ 附近放置一狭缝,狭缝宽度为(1.5~2mm) (图中未画出),  $P_1, P_2, P_3, P_4$ 为相同的SF<sub>10</sub>棱镜,作为色散补偿系统,其中, $P_1P_2, P_3P_4$ 之距离为45cm,  $P_2P_3$ 之距离为20cm,  $M_4M_2$ 之距离为100cm,  $P_4M_3$ 为20cm,  $P_1M_1$ 之距离为30cm,透镜L的焦距为100mm,用A<sup>+</sup>激光器的全谱线泵浦。

## 2 实验方法及结果

实验的基本步骤是建立起基本腔结构后,调节聚焦系统L、 $M_1, M_2$ 、棒的位置、狭缝的宽度与位置以及泵浦功率,使其实现自锁模运转;在此基础上进一步增加腔长,重复以上调节方法,最后我们得到的自锁模运转的最大腔长为2.7m左右,当腔长再增大时,没有得到自锁模运转。在这个腔长的条件下,调节四棱镜系统的位置,(如上述所述),其中腔的阈值为1.8W,在5.5W~7W时,可得到稳定的自锁模运转。其中光脉冲宽度用二次谐波自相关仪来测量,光谱用光谱分析显示仪(MS9030A)来测量。我们测量了光脉冲宽度与光通过玻璃长度的关系,如图2所示。得到的最短光脉冲为89fs,其中光脉冲的自相关曲线相关的光谱如图3所示,时间与带宽之积 $\Delta t \cdot \Delta V = 0.409$ (假设光脉冲形状为双曲正割型)。

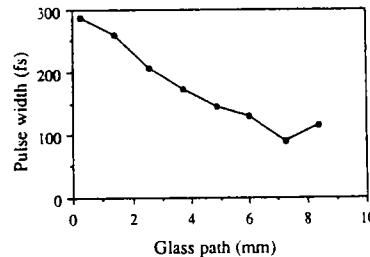


图2 脉冲宽度随腔内玻璃长度的变化曲线  
Fig. 2 Pulse width variation with the intracavity glass path

图3所示。得到的最短光脉冲为89fs,其中光脉冲的自相关曲线相关的光谱如图3所示,时间与带宽之积 $\Delta t \cdot \Delta V = 0.409$ (假设光脉冲形状为双曲正割型)。

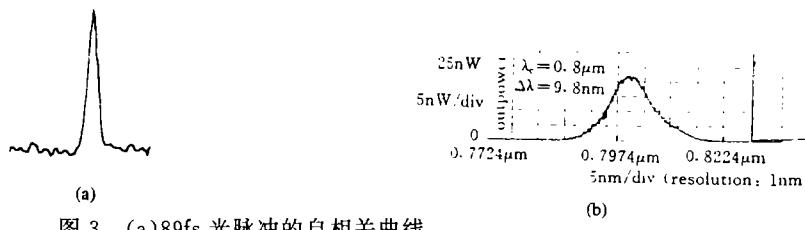


图3 (a)89fs光脉冲的自相关曲线  
(b)89fs光脉冲的光谱

Fig. 3 (a)Autocorrelation trace of the 89fs pulse  
(b)associated spectrum

## 3 结论

从实验上研究了自锁模Ti:Sapphire激光系统的自锁模运转的最大腔长问题,得到了最大腔长限度为2.7m左右,并在此腔长下引入四棱镜补偿系统得到了89fs的最短光脉冲,同时,还研究了光脉冲宽度与光通过玻璃长度的关系。

## 参考文献

- Spence D E, Kean P N, Sibbett W. Opt Lett, 1991, 16(1): 42~44
- Asaki M T, Huang C P, Garvey D, Zhou J, Kapteyn H C, Murnane M M. Opt Lett, 1993, 18(12): 977~979
- Stingl A, Spielmann C, Krausz F, Szipocs R. Opt Lett, 1994, 19(3): 204~206
- Backus S, Asaki M T, Shi C, Kapteyn H C, Murnane M M. Opt Lett, 1994, 19(5): 399~401
- Rizvi N H, French P M W, Taylor J R. Opt Lett, 1992, 17(20): 1605~1607
- Seas A, Petricevic V, Alfano R R. Opt Lett, 1993, 18(11): 891~893
- Sennaroglu A, Pollock C R, Nathel H. Opt Lett, 1994, 19(6): 390~392
- Conlon P J, Tong Y P, French P M W, Taylor J R. Elec Lett, 1994, 30(9): 709~710
- Brabec T, Spielmann C, Curley P F, Krausz F. Opt Lett, 1992, 17(15): 1292~1294
- Piche M, Salin F. Opt Lett, 1993, 18(13): 1041~1043

