

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¹, 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^{2,3}, 腔内倍频自锁模 Ti:Sapphire 激光器也得到了 14fs 的光脉冲⁴. 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 C^{3+} :LiSAF⁵、 C^{4+} :Forsterite⁶、 C^{4+} :YAG^{7,8}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

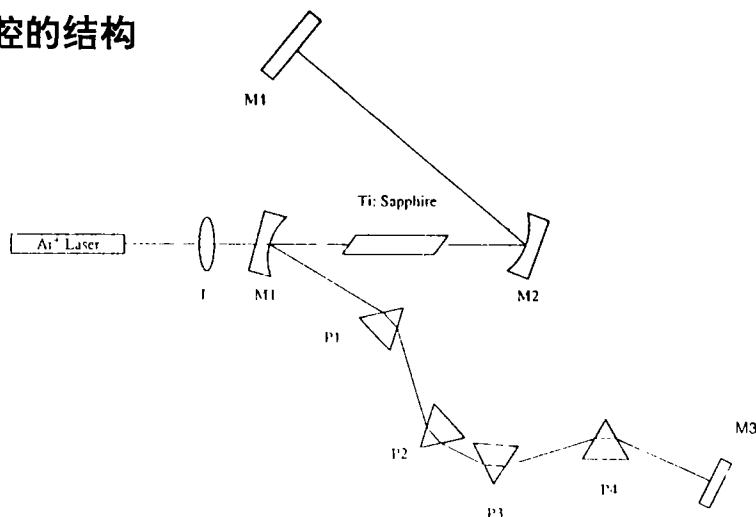


图 1 钛宝石激光器结构简图

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^{3+} 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_{10} 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 Ar^+ 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 $\Delta t \cdot \Delta \nu = 0.409$ (假设光脉冲形状为双曲正割型).

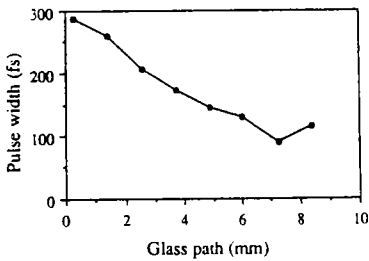


图 2 脉冲宽度随腔内玻璃长度的变化曲线
Fig. 2 Pulse width variation with the intracavity glass path

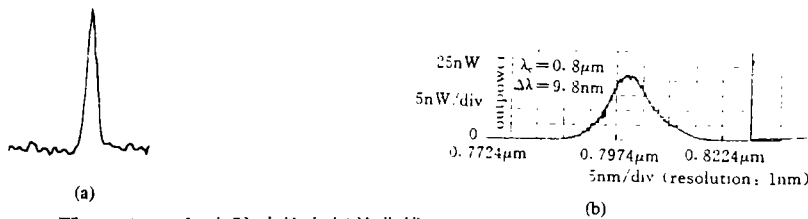


图 3 (a)89fs 光脉冲的自相关曲线
(b)89fs 光脉冲的光谱
Fig. 3 (a)Autocorrelation trace of the 89fs pulse
(b)associated spectrum

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

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

