

由自锁模钛宝石激光器产生 19 fs 脉冲

林位株 赖天树 陈毓川 郑向阳 徐杏绍 莫党

(中山大学物理系, 广州 510275)

自锁模钛宝石激光器是90年代发展起来的新型固体可调谐激光器,它以其激光频谱调谐范围宽、能够产生飞秒级短脉冲、输出功率高、装置简单和工作稳定等优点受到人们的重视而被广泛研究和应用^[1]。目前国际上由自锁模钛宝石激光器产生的最短激光脉冲为8.5 fs^[2]。作者在去年由自行研制的自锁模钛宝石激光器获得50 fs的基础上,经过改进,由此激光器获得了19 fs的激光脉冲。

钛宝石激光器能够自锁模产生超短脉冲的原理是利用钛宝石激光晶体中的光克尔(Kerr)效应,产生自相位调制,使激光工作频谱展宽。由激光锁模原理可知,工作频谱 $\Delta\nu$ 越宽,能得到的锁模脉冲宽度 Δt 便越窄,其关系可用带宽时间积表示(假定由激光器产生的脉冲形状为双曲正割型)为 $\Delta\nu \cdot \Delta t = 0.315$ 。然而,工作频带越宽,激光器腔内元件的群速度色散会使脉冲变得越宽,限制了脉冲的进一步压缩。为此,人们在腔内设置了群速度补偿棱镜对,使其能产生短的脉冲。由上述可知,要使钛宝石激光器产生短脉冲,关键是如何增大腔内的自相位调制量,即增宽工作频谱,同时又恰当地补偿群速度色散增宽效应。作者正是在此两方面进行独特的设计,采用了若干新的技术和元件,因而能够获得的脉冲。其中之一是采用高掺杂、长度较短的钛宝石激光晶体,其优点是能获得大的自相位调制和较小的群速度色散;其二是采用三阶群速度色散小的石英棱镜对作为群速度补偿元件,有利于获得短的脉冲^[3];其三是采用折叠角较小的非对称X型腔设计,减少腔内像差和群速度色散影响,使激光器具有最佳模式(TEM₀₀),易于起动和工作稳定。

实验所用的激光器中钛宝石晶体长5 mm,掺杂浓度为0.15%,置于由两个曲率半径为10 cm的凹面镜组成的亚腔中间。亚腔的折叠角按照像散和慧差的补偿条件选择为16°,这比通常采用较长钛宝石晶体的折叠角要小得多,因而各种离轴像差大大减小。谐振腔的两个端镜是平面反射镜,其中输出耦合镜在800 nm波长处的透射率为3.5%。作者所设计的全反射镜在700~900 nm范围的反射率在99.8%以上,其中凹面反射镜是双介质膜,它对泵浦光的透射率大于90%。

自锁模钛宝石激光器输出激光脉冲的功率频谱示于图1,其中心波长为784 nm,频带全半宽度(FWHM) $\Delta\lambda = 42$ nm。图2是测量到的最短激光脉冲的强度自相关曲线,由此可计算

* 国家自然科学基金高技术资助项目。

收稿日期:1995年4月5日

激光脉冲的全半宽度为 $\Delta t = 19$ fs, 测量自相关器的分辨率优于 1 fs。输出脉冲列的重复频率为 90 MHz, 平均功率 320 mW, 5 W 全线泵浦。

由于激光脉冲到达自相关器测试系统时需要通过输出镜, 分光镜, 透镜和反射镜等色散元件, 脉冲会因这些腔外的群速度色散而被展宽。为了能正确地测量输出脉冲原来的宽度, 在自相关测量中须对这一群速度色散进行补偿, 当这一群速度色散被完全补偿时, 即激光脉冲为时间带宽转换极限脉冲时, 频带宽度 $\Delta\lambda = 42$ nm 对应的脉宽应为 15 fs。作者所测得的结果比理论预期值略大, 这表明腔外群速度色散尚未被完全地补偿, 由此激光器产生和测得比 19 fs 更短脉冲的可能性是完全存在的。

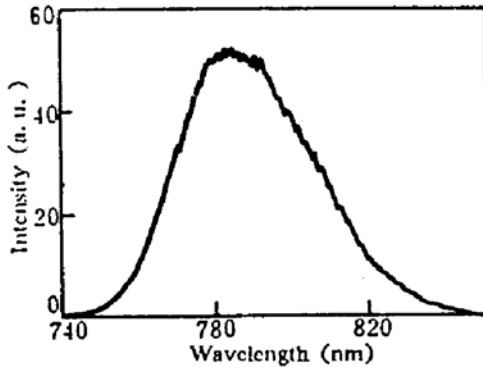


Fig. 1 Wavelength spectrum of the laser output from the KLM-Ti : sapphire laser

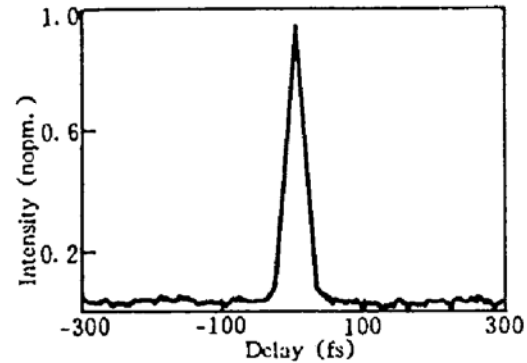


Fig. 2 Autocorrelation trace of the 19 fs pulse from the KLM-Ti : sapphire laser

参 考 文 献

- [1] D. E. Spence, P. N. Kean, W. Sibbett, 60 fs pulse generation from a self-mode-locked Ti : sapphire laser. *Opt. Lett.*, 1991, 16(1) : 42~44
- [2] J. Zhou, G. Taft, C. P. Huang *et al.*, *Sub-10 fs pulse generation in Ti : sapphire; Capabilities and Ultimate Limits*, Springer Series in Chemical Phys., 1994, 60, Ultrafast Phenomena IX : 39~40
- [3] M. T. Asaki, C. P. Huang, D. Garvey *et al.*, Generation of 11-fs pulses from a self-mode-locked Ti : sapphire laser. *Opt. Lett.*, 1993, 18(22) : 977~979

19fs-Pulse Generation from a Self Mode-Locked Ti : Sapphire Laser

Lin Weizhu Lai Tenshu Cheng Yuchuan Zheng Xiangyang
Xu Xingshao Mo Dang

(Department of Physics, Zhongshan University, Guangzhou, 510275)

(Received 5 April 1995)

Abstract As short as 19 fs pulses are generated from a self mode-locked Ti : sapphire laser which consists of a Ti : sapphire rod of 5 mm long, two quartz prisms and a X-cavity configuration. The intracavity third-order dispersion is compensated properly and the shorter pulses are thus generated favorably.

Key words self mode-locking, Ti : sapphire laser, femtosecond pulses