

文章编号: 0253-2239(2001)02-253-02

# 腔内反射镜色散控制的、自启动的钛宝石 飞秒脉冲激光器\*

张志刚<sup>1)</sup> 柴路<sup>1)</sup> 孙虹<sup>2)</sup> 赵江山<sup>1)</sup> 戴建明<sup>1)</sup> 邢歧荣<sup>1)</sup> 王清月<sup>1)</sup>

1), 天津大学精仪学院超快激光研究室, 教育部光电信息技术科学重点实验室, 天津 300072  
2), 天津大学理学院应用物理系, 天津 300072

**摘要:** 报道了自行研制的色散补偿镜; 并用此取代传统的腔内棱镜对, 结合半导体可饱和吸收镜实现了腔内反射镜色散控制的、自启动的掺钛蓝宝石激光器的飞秒激光运转。

**关键词:** 负色散反射镜; 吉莱-科努瓦干涉仪; 飞秒激光器

中图分类号: TN248.1 文献标识码: A

飞秒脉冲产生技术归根到底是色散补偿技术。由于常规的棱镜对间隔不能随意选择和剩余高阶色散的存在, 激光器的体积和脉宽受到了限制。吉莱-图努瓦(Gires-Tounois, 简称 G-T) 反射镜<sup>[1]</sup> (或称吉莱-图努瓦干涉仪) 和啁啾反射镜<sup>[2]</sup> 都可以取代棱镜补偿激光腔内的色散。研制我国自己的啁啾反射镜一直是我国科技工作者追求的目标<sup>[3]</sup>。最近国外研究资料表明, 运用所谓双吉莱-图努瓦干涉仪的概念, 加上优化设计, 可以使吉莱-图努瓦反射镜的带宽增加和群延迟色散(GDD) 的曲线平坦化<sup>[4]</sup>。本文报道运用自行研制的优化吉莱-图努瓦色散补偿镜取代传统的腔内棱镜和半导体可饱和吸收镜 (SESAM)<sup>[5]</sup> 实现的自启动钛宝石激光器。

我们设计的优化吉莱-图努瓦反射镜是 40 层 SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> 介质膜系。最初 30 层是标准的四分之一膜系, 上面 10 层包含优化的双吉莱-图努瓦干涉仪结构。图 1 是负色散镜的群延迟色散设计值和测量值的比较。设计值在 750 至 850 nm 区间内有约 -60 fs<sup>2</sup> 的群延迟色散。而测量值显示负群延迟色散主要集中在 770 nm 中心的短波带。在大于 800 nm 的波长范围, 色散镜所提供的群延迟色散很小。此外, 测量值也显示出在设计带宽内群延迟色散呈现振荡走势。经数学模拟证明, 这些是由于镀

膜过程中的膜层厚度控制精度较差的缘故。

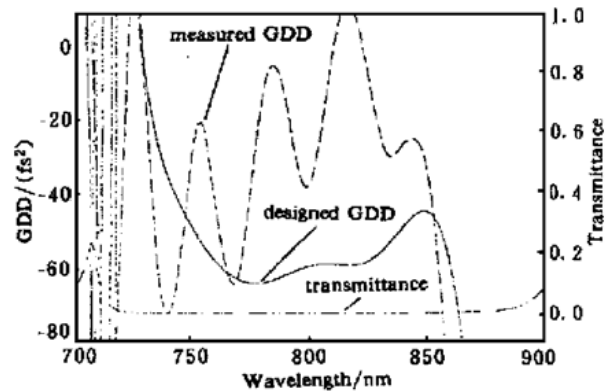


Fig. 1 Designed (solid line), measured (dashed line) GDD spectrum per round-trip and the measured transmittance (dash-dot line) of a G-T mirror

为了实现无棱镜锁模, 我们把此镜应于钛宝石激光器。图 2 是腔内负色散镜补偿的、自启动的钛宝石飞秒激光器的结构图。该激光器采用 X 型四镜折叠腔。钛宝石切割成布儒斯特角, 通光长度为 2.3 mm; 采用输出功率为 5 W、波长为 532 nm 的钷酸钷激光器作为抽运源。钛宝石两端放置曲率半径为  $R=75\text{mm}$  的双色镜 ( $M_1, M_2$ ), 对 750nm~850 nm 波长具有高反射率, 对 532 nm 抽运光的透过率大于 95%。OC 为 3.5% 的输出耦合镜; 球面反射镜  $M_3$  与半导体可饱和吸收镜构成了锁模的自启动装置<sup>[6]</sup>;  $GTM_1, GTM_2$  为负色散补偿镜 (吉莱-图努瓦镜) 替代传统的棱镜对, 用于对腔内正色散的补偿; 根据测量的群延迟色散并经实验已证明: 单程 7~8 次通过负色散补偿镜可以获得最窄 56 fs 的光脉冲。图 3 是激光器输出的飞秒脉冲的光谱曲线和对应的

\* 教育部高等学校骨干教师资助计划、天津市自然科学基金(020-413188)、国家重点基础研究专项经费、国家“九五”攀登计划、教育部重点科学基金资助课题。

自相关曲线。负色散镜在长波长一侧的低色散可以认为是该激光器不能够获得更窄光脉冲且仅能在 770 nm 左右实现锁模运转的原因。

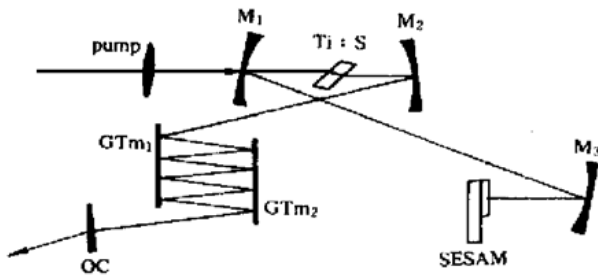


Fig. 2 Schematic of the Ti sapphire laser with the G-T mirrors and a SESAM

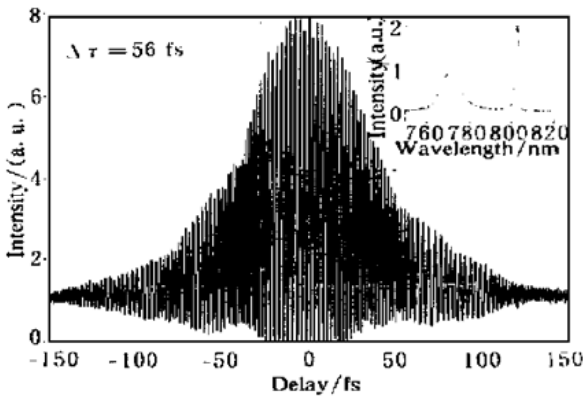


Fig. 3 Interferometric autocorrelation trace and spectrum from a Ti sapphire laser using the G-T mirrors

总之,我们已经设计并制作出了负色散反射镜,并用其取代钛宝石激光器腔内棱镜对,获得了 56 fs 的锁模脉冲。相信随着国内镀膜工艺水平的提高,

制造出宽带负色散补偿镜是完全可能的,这必将推动飞秒脉冲激光光源的小型化、实用化和国产化。

**致谢** 感谢中国科学院上海光学精密机械研究所邓佩珍、徐军教授提供了钛宝石晶体;感谢日本国通商产业省电子技术综合研究所高田英行和天津大学周定文副教授在色散反射镜测量方面给予的协助。

### 参 考 文 献

- [1] French P M W, Chen G F, Sibbett W. Tunable group velocity dispersion interferometer for intercavity and extracavity applications. *Opt. Commun.*, 1986, **57**(4): 263~ 268
- [2] Szpöcs R, Ferencz K, Spielmann C *et al.*. Chirped multilayer coatings for broadband dispersion control in femtosecond lasers. *Opt. Lett.*, 1994, **19**(3): 201~ 203
- [3] 张志刚, 徐 敏. 啁啾反射镜及其在 fs 脉冲固体激光器中的应用. *光电子·激光*, 1999, **10**(3): 287~ 290
- [4] Golubovic B, Austin R R, Steiner-Shepard M K *et al.*. Double gires-tounois interferometer negative dispersion mirrors for use in tunable mode-locked lasers. *Opt. Lett.*, 2000, **25**(3): 275~ 277
- [5] Zhang Zhigang, Nakagawa T, Takada H *et al.*. Low-loss broadband semiconductor saturable-absorber mirror for mode-locked Ti sapphire lasers. *Opt. Commun.*, 2000, **176**(18): 171~ 175
- [6] 柴 路, 王清月, 张志刚 等. 采用半导体可饱和吸收体镜 (SESAM) 的自启动自锁模掺钛蓝宝石激光器. *光学学报*, 2000, **20**(3): 431~ 432

## A Mirror-Dispersion-Controlled and Self-Started Femtosecond Ti: Sapphire Laser

Zhang Zhigang<sup>1)</sup> Chai Lu<sup>1)</sup> Sun Hong<sup>2)</sup> Zhao Jiangshan<sup>1)</sup>  
Dai Jianming<sup>1)</sup> Xing Qirong<sup>1)</sup> Wang Qingyue<sup>1)</sup>

1), *Ultrafast Laser Laboratory, School of Precision Instruments & Optoelectronics Engineering, The Key Laboratory of Optoelectronic Information Technical Science, EMC, Tianjin University, 300072*

2), *School of Science, Tianjing University, Tianjing 300072*

(Received 21 July 2000; revised 29 August 2000)

**Abstract:** A Gires-Tounois negative dispersion mirrors is designed and optimized. A mirror-dispersion controlled self-started femtosecond intercavity Ti: sapphire laser is operated by using this mirror together with a semiconductor saturable-absorber mirror.

**Key words:** negative dispersion mirror; Gires-Tounois interferometer; femtosecond laser