

采用半导体可饱和吸收镜的自启动、 自锁模掺钛蓝宝石激光器*

柴 路 王清月 张志刚 赵江山 王明伟 张伟力 邢歧荣
(天津大学精密仪器与光电子工程学院超快激光研究室,
国家教育部光电子信息技术科学重点实验室, 天津 300072)

摘 要 采用一种新型的宽带可饱和吸收体镜(SESAM), 在国内首次实现了自锁模掺钛蓝宝石激光器的自启动运转, 锁模脉冲宽度小于 18 fs, 并对其动力学过程进行了研究。
关键词 可饱和吸收体镜, 自启动, 掺钛蓝宝石激光器。

克尔透镜锁模(KLM)钛宝石激光器自 1991 年问世以来^[1]得到了飞速的发展和广泛的应用。然而, 在通常情况下, 由于克尔透镜锁模的自启动困难, 钛宝石激光器的自锁模主要靠外界微扰来启动。这一缺陷大大限制了这种激光器向小型化、实用化发展。1992 年开始, 瑞士的 Keller 等人^[2]将反共振的法布里-珀罗标准具可饱和吸收体(A-FPSA)用于 Nd:YLF 和 Nd:YAG 激光器的腔内, 实现了该类激光器的锁模运转。1995 年, 他们将此项技术用于解决克尔透镜锁模的自启动问题^[3]。最近, 国际上出现一种将半导体可饱和吸收体直接附于金属膜反射镜之上, 构成了新型的半导体可饱和吸收体镜(称为 SESAM)^[4, 5]。本文报道采用一种新型宽带半导体可饱和吸收体镜, 在国内首次实现了飞秒掺钛蓝宝石激光器的自启动运转。

采用半导体可饱和吸收体镜的掺钛蓝宝石激光器是用标准四镜 Z 形腔改型, 将非棱镜端的平面镜由一球面反射镜和平面半导体可饱和吸收体镜组合代替。抽运源为 Ar⁺ 离子激光器, 抽运功率 5 W。钛宝石棒长为 7 mm。一对熔石英棱镜用于腔内的色散补偿。输出镜的透过率为 6%。当棱镜对间隔为 60 cm 时, 整个腔长为 3.9 m。脉冲的重复频率为 77 MHz。半导体可饱和吸收体镜采用由金属银反射衬底的 InGaAs 和 GaAs 单量子阱构成可饱和吸收

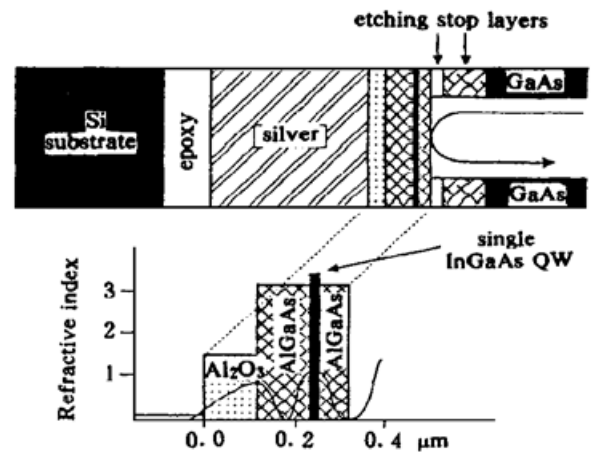


Fig. 1 The structure of low loss metal coated SESAM

* 国家教育部重点科学基金和天津大学特聘教授配套经费资助课题。
收稿日期: 1999-11-26; 收到修改稿日期: 1999-12-21

体镜,其结构如图 1 所示。

与传统的克尔透镜锁模掺钛蓝宝石激光器相比,半导体可饱和吸收体镜有两个明显的作用:第一是实现锁模的自启动。这种激光器当受到外界干扰而中断锁模后,能在平均小于 $200\ \mu\text{s}$ 的时间内自动恢复自锁模运转。我们利用在腔内插入一斩波器的方法来观察这一动力学过程,见图 2(其中,图中锁模区域中出现的振幅调制是由于所用 Tektronix TDS-380 型数字存储示波器的采样间隔远远大于锁模脉冲序列的周期,因此带来的显示波形失真,造成脉冲序列的调制现象。直观锁模区域是等幅的亮带)。第二是扩大了克尔透镜锁模的范围,从而使克尔透镜锁模更加稳定。通过与不加半导体可饱和吸收体镜时的激光器相比较,克尔透镜锁模的范围增大了数倍。图 3 为从该激光器中获得的锁模脉冲序列的干涉自相关曲线,脉冲宽度约为 $17.5\ \text{fs}$ (假设脉冲形状是 sech^2 函数)。实验中还发现,采用半导体可饱和吸收体镜的掺钛蓝宝石激光器中,能够稳定地存在三种锁模状态,把它们归类于:可饱和吸收体被动锁模、孤子锁模加被动锁模和克尔透镜锁模。它们的脉冲宽度分别对应皮秒、百飞秒和几十飞秒量级。

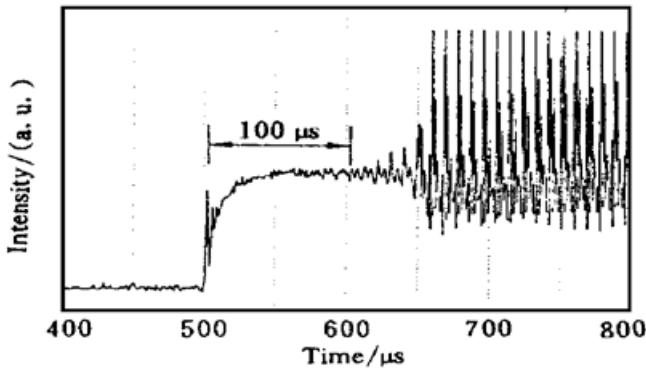


Fig. 2 The dynamics of mode-locking with a SESAM

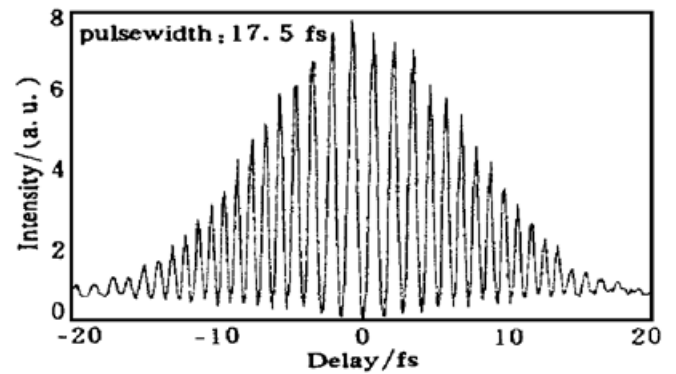


Fig. 3 Measured interferometric autocorrelation trace

总之,我们首次在国内采用可饱和吸收体镜(SESAM)实现了钛宝石激光器的自启动、自锁模的稳定运转,并获得了小于 $18\ \text{fs}$ 的锁模脉冲。在不同的谐振腔参数下,该激光器能够稳定运转在三种不同的锁模状态,即可饱和吸收体被动锁模、孤子锁模加被动锁模和克尔透镜锁模。

参 考 文 献

- [1] Spence D E, Kean P N, Sibbett W. 60-fsec pulse generation from a self-mode-locked Ti:sapphire laser. *Opt. Lett.*, 1991, **16**(1): 42~ 44
- [2] Keller U. Ultrafast all-solid-state laser technology. *Appl. Phys. (B)*, 1994, **58**(3): 347~ 363
- [3] Brovelli L R, Jung I D, Kopf D *et al.*. Self-starting soliton modelocked Ti:sapphire laser using a thin semiconductor saturable absorber. *Electron. Lett.*, 1995, **31**(4): 287~ 288
- [4] Flouck R, Jung I D, Zhang G *et al.*. Broadband saturable absorber for 10-fs pulse generation. *Opt. Lett.*, 1996, **21**(10): 743~ 745
- [5] Zhang Zhigang, Torizuka K, Itatani T *et al.*. Broadband semiconductor saturable-absorber mirror for a self-starting mode-locked Cr:forsterite laser. *Opt. Lett.*, 1998, **23**(18): 1465~ 1467