

连续自锁模钛宝石激光器

张影华 刘玉璞 赵永华 肖纲要

(中国科学院上海光学精密机械研究所激光技术开放实验室, 上海 201800)

锁模的钛宝石激光器是近红外波段比较可靠的飞秒(fs)超短脉冲光源. 用氩离子激光器, 实现了连续钛宝石激光器自锁模运转, 输出脉宽 92 fs、谱宽 8.5 nm、平均功率大于 200 mW、调谐范围 750~850 nm. 实验中 Ti: Al₂O₃ 自锁模激光器结构如图 1 所示, 谐振腔采用了“Z”形折迭四镜象散补偿腔, M₁ 和 M₂ 为曲率半径 150 mm 高反镜, M₃ 为耦合输出镜, 透过率 5%, M₄ 为平面高反端腔镜, 总腔长为 1.6 m 左右, 非对称排布 M₂M₃<M₁M₄. P₁ 和 P₂ 为一对色散补偿棱镜, 用 4~6 W 氩离子激光全谱泵浦, 聚焦透镜 f=100 mm. 在 M₄ 前放一可调狭缝作调谐和带宽控制. M₄ 被固定在周期运动的低频扬声器上, 使自锁模容易启动和长时间维持. 实验中采用了多种尺寸和不同参数(吸收参数和 FOM 值)的 Ti: Al₂O₃ 棒.

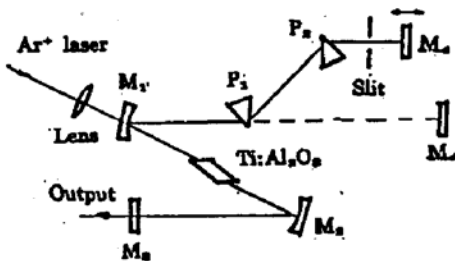


Fig. 1 Schematic diagram of the cavity configuration for self-mode-locked Ti: Al₂O₃ laser

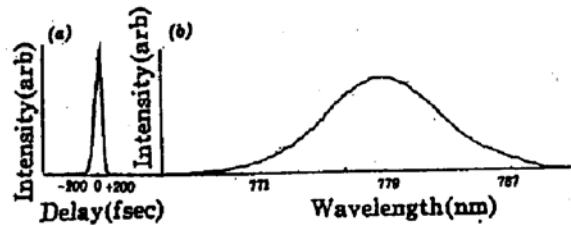


Fig. 2 (a) Intensity autocorrelation and (b) the associated spectrum for the self-mode-locked Ti: Al₂O₃

根据不同腔结构和腔参数的数值模拟计算, 以及不同长度和参数的钛宝石棒, 进行了大量实验. 用一根长 20 mm、吸收系数 $\alpha_{490} = 2 \text{ cm}^{-1}$ 、 $FOM \geq 100$ 的棒, P₁ 和 P₂ 距离为 45 cm, 获得了好结果, 脉宽 $\leq 100 \text{ fs}$, 平均功率 $P \approx 200 \sim 300 \text{ mW}$, 调谐范围 750~850 nm. 用一根长 17.5 mm, $\alpha_{490} = 1.34 \text{ cm}^{-1}$ 、 $FOM \geq 150$ 的钛宝石棒, P₁ 和 P₂ 距离为 35 cm, 获得了较好结果, 如图 2 所示, 测出中心波长在 779 nm 的 FWHM 谱宽 $\Delta\lambda = 8.5 \text{ nm}$, 脉宽 $\Delta t = 92 \text{ fs}$, 时间和带宽的乘积 $\Delta t \cdot \Delta\nu = 0.39$, 接近于 Sech² 的脉冲变换极限(0.315), 输出平均功率 $\approx 200 \text{ mW}$, 激光器运转比较稳定. 通过调整色散棱镜的色散量, 还观测到 $\Delta t \approx 69 \text{ fs}$, 谱宽 $\Delta\lambda \geq 10 \text{ nm}$, 但不稳定, 自锁模会中断, 通过再调整, 自锁模仍可重现. 实验选用光学性能好、增益高的钛宝石棒, 安放在小腔 M₁M₂ 内但不在共焦中心, 对于不对称腔, 棒靠近短臂. 自锁模运转在 CW 钛宝石激光器腔稳定区域的边缘, 其输出脉宽和稳定性与色散补偿棱镜的色散量的调节有极为敏感的关系. 感谢邓佩珍、乔景文和张强等同志提供钛宝石棒, 李庆国等同志解决了所用腔片的镀膜.