

掺铬硅酸镁晶体实现全固化自启动 1.3 μm 波长自锁模激光运转

李红军 陈伟 钱列加 徐军 邓佩珍
(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

掺铬硅酸镁晶体(Cr·Forsterite)锁模激光器发射的 1.3 μm 激光在生物图像及非线性激光显微学上的应用前景已得到充分证明, 因此促进了实用化掺铬硅酸镁锁模激光器的研究。最近国际上有报道: 将半导体可饱和布拉格反射镜(SBR)或可饱和吸收体镜(SESAM)应用于克尔棱镜锁模激光器, 成功实现其自启动过程。这一技术大大推动了掺铬硅酸镁锁模激光器向全固化、小型化发展。

本文报道了中国科学院上海光学精密机械研究所生长的优质 Cr·Forsterite 晶体, 运用半导体可饱和反射镜技术, 在国内首次实现全固化自启动 1.3 μm 波长自锁模激光运转。激光腔中 Cr·Forsterite 晶体为中频感应提拉法 a 向籽晶生长, 并经过长时间(48 h)高温氧化退火, 然后缓慢降温从而消除晶体中应力和增大 Cr^{4+} 的浓度。经过激光抛光处理后的 Cr·Forsterite 激光晶体, 沿 b 向切割布儒斯特角, 而激光方向则为 a 向。实验中所用的掺铬硅酸镁晶体掺杂原子分数为 0.003。当测试光的偏振方向分别与晶体的 b 轴和 c 轴平行时, 1112 nm 波长下晶体的吸收系数分别为 1.8 cm^{-1} 和 0.6 cm^{-1} 。激光腔中晶体通光长度为 8 mm, 按照布儒斯特方向安装在热电冷却的铜块上, 使温度维持在 -5°C 。实验中首先按照实现连续激光运转建立的 X 型四镜折迭补偿腔系统调整光路, 折迭像散补偿角约为 6° , 折迭镜的曲率半径为 10 cm, 镀有对 1200~1350 nm 波长的高反膜($R > 99.5\%$)和对 1112 nm 的增透膜($T \approx 82\%$)。抽运源为 InGaAs 二极管(915 nm, 13.8 W)抽运的双包层光纤激光器(DCFL), 能够在 1112 nm 波长产生 9 W 的 TEM₀₀ 模激光, 经扩束聚焦后抽运 Cr·Forsterite 晶体。此抽运光为随机偏振光, 经测试实验中有 55% 的能量被掺铬硅酸镁吸收。当采用透过率分别为 $T = 1\%$ 、 5% 的耦合镜, 相应的抽运阈值分别为 1.0 W、1.7 W, 斜率效率分别为 3%、9%。为实现掺铬硅酸镁激光的自锁模运转, 在输出端加入半导体可饱和布拉格反射镜, 仔细调整反射镜位置后, 获得重复率为 90 MHz 的飞秒输出, 假设脉冲形状为 sech^2 曲线, 则脉冲宽度约为 83 fs, 相应光谱宽度为 21 nm, 输出平均功率为 40 mW。