

光抽运垂直外腔面发射半导体倍频绿光激光器*

光抽运垂直外腔面发射半导体激光器(VECSELs)综合了传统面发射半导体激光器和光抽运固体激光器的优点,既能获得近衍射极限的圆形 TEM₀₀ 模,又能产生数瓦量级甚至更高的功率,实现了高光束质量和高输出功率的完美统一。此外,垂直外腔面发射半导体激光器可利用成熟的量子阱能带工程来设计所需波长,并且类似固体激光器的外腔结构还可方便地进行腔内倍频和锁模运行,因而是一种新型实用的激光光源。

1 μm 附近垂直外腔面发射半导体倍频激光器的输出波长在蓝绿光波段,是光学存储、激光显示和生物荧光蛋白质检测等领域不可缺少的光源,因此倍频垂直外腔面发射半导体激光器有重要的应用前景。近年来,包括相干公司在内的国际上多家研究机构开展了此方面的研究工作,并取得了一些接近实用化的成果,但国内相关方面的研究仍处于起步阶段。

本实验用的半导体增益片结构如图 1 中下半部分的示意图(gain chip 部分)所示,其中包含 6 个 In_{0.19}Ga_{0.81}As 应变量子阱(QWs),使每个量子阱都置于激光驻波场的波峰处,形成周期谐振增益(periodic resonant gain, PRG)结构,以获得最大的增益。量子阱下面是高反的(反射率大于 99%)分布式布拉格反射镜(DBR),生长在 GaAs 衬底上。量子阱的上面是高势垒 AlAs 窗口层,用以阻止载流子扩散到表面产生非辐射复合;窗口层之外是防止 Al 氧化的 GaAs 帽层。工作中,势垒层吸收抽运光子能量,产生光生载流子,即电子-空穴对。载流子在势垒层中扩散,被量子阱俘获,量子阱中的电子-空穴对复合,产生设计波长的受激辐射光子,形成激光。

激光器结构如图 1 上半部分所示,激光器的光腔由半导体增益片的分布式布拉格反射镜和外腔输出镜(OC 镜)共同组成。通过调节抽运光斑的大小及外腔镜的位置可控制垂直外腔面发射半导体激光器的横模模式。808 nm 的抽运光经准直、聚焦后以约 45°角方向斜入射到半导体增益片上,聚焦光斑直径约 100 μm。由于半导体增益片的基质导热性较差,因此需将增益芯片冷却到 16 °C 以下。用曲率半

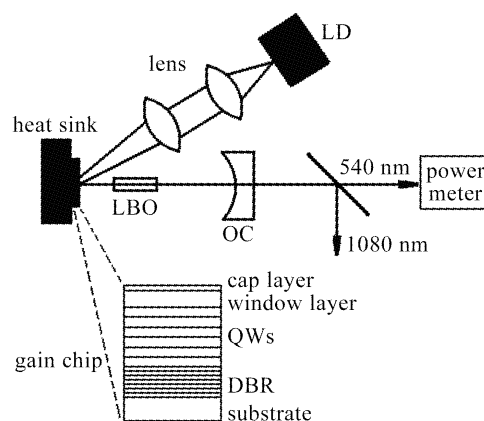


图 1 实验装置图

Fig. 1 Experimental setup

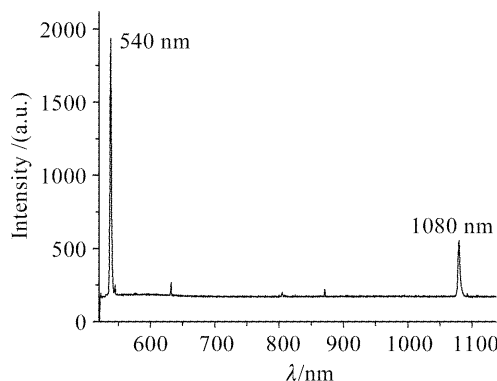


图 2 基频及倍频光谱图

Fig. 2 Spectra of fundamental and second harmonic signal

径 50 mm, 1080 nm 处高反, 540 nm 增透的平凹镜做输出镜。在抽运光功率为 600 mW 时, 获得 28 mW 的基模连续激光输出, 输出波长 1080 nm。在近腔内腰斑处放入 2 mm × 2 mm × 5 mm 的倍频晶体 LBO (两端面镀 1080 nm 和 540 nm 增透膜), 通过腔内倍频, 得到 8 mW 的倍频光输出, 输出波长 540 nm, 倍频转换效率约 30%。图 2 是基频光和倍频光的光谱图。

¹ 北京工业大学应用数理学院, 北京 100022
² 中国科学院光电研究院光电系统工程研究部, 北京 100085
³ 北京大学信息学院量子电子研究所, 北京 100871
宋晏蓉¹, 张 鹏¹, 颜博霞²,
周 翊², 毕 勇², 张志刚³
收稿日期: 2007-10-12; 收到修改稿日期: 2007-11-08

* 国家自然科学基金(60678010)和北京市自然科学基金(4063036)资助项目。