

半导体纳米线和氧化硅微光纤环型复合结构激光器

杨青 丁晔 戴威 姜校顺 郭欣 童利民

激光器

(浙江大学光电信息工程学系现代光学仪器国家重点实验室, 杭州 310027)

基于 ZnO, CdS, GaN 等半导体纳米线的微纳激光器近年来引起了研究者的广泛关注^[1-4]。目前用来实现微激光器的激光振荡的谐振腔主要有法布里-珀罗(F-P)腔^[1-3]、环形腔等^[4]。在这些研究中, 半导体纳米线不仅作为增益介质, 而且是激光谐振腔的主体。由于纳米线直径较小且存在衬底, 在纳米线结构外面的倏逝波会从纳米线的边缘扩散出去或扩散到衬底中, 从而引起较强的损耗, 限制谐振腔的品质因子(Q值), 增加激光器的阈值。对于半导体纳米线激光器, 还有一个难题就是难以获得高效的光输入输出耦合^[5]。由低损耗的氧化硅微光纤构成的光学微腔的品质因子比半导体纳米线谐振腔品质因子高 1~2 个数量级^[6]。然而由于稀土掺杂的微光纤的吸收和增益不够高, 难以获得尺寸小于 1 mm 的激光器^[7]。

我们希望设计一种复合结构激光器, 这种结构可结合半导体纳米线的高增益和氧化硅微光纤环的优良谐振特性, 且容易实现光的高效输入输出耦合。采用半导体纳米线和玻璃微纳光纤环形结谐振腔的复合结构, 实现了高品质因子、高增益、低阈值和易与商用光纤集成的尺寸小于 1 mm 的复合结构激光器^[8]。激光器的结构原理如图 1 所示。首先在显微镜下操纵微光纤形成环型结, 然后将热蒸方法形成的半导体纳米线靠近环型结, 两者由于范德瓦尔斯力和静电力而贴牢, 通过在显微镜下的精密操纵可使整个半导体纳米线都紧密贴牢微光纤。微光纤由商用光纤高温拉伸制备, 一端和商用光纤直接相连实现光的输入, 另一端和另外一根光纤相连实现光的输出。

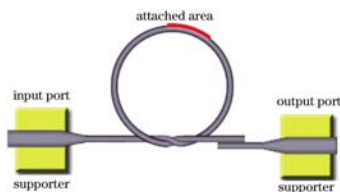


图 1 复合结构激光器的结构原理示意图

将一根直径 350 nm 的 ZnO 纳米线贴在一个直径 780 μm 氧化硅微光纤结型腔上, 在 355 nm 的纳秒激光脉冲抽运下, 得到了阈值为 0.13 μJ/pulse, 激光线宽为 0.04 nm 的复合结构微激光器。激光峰线宽 0.04 nm 意味着激光器的 Q 值接近 10⁴, 远大于报道的单纳米线谐振腔的数值^[1-4]。

需要指出的是, 这种复合结构除了可实现单根半导体纳

米线和微光纤环型结的复合外, 还可实现多根半导体纳米线或多种不同材料的半导体纳米线和一根微光纤的同时复合, 从而降低激光器阈值或实现多个波长的同时输出。图 2 为 3 根 ZnO 纳米线和微光纤环型结形成的复合结构微激光器的阈值曲线, 复合结构激光器的阈值为 0.026 μJ/pulse。将 ZnO, CdS 和 CdSe 半导体纳米线依次贴在微光纤上, 可实现紫外-绿-红三色激光同时输出的复合结构微激光器^[9]。

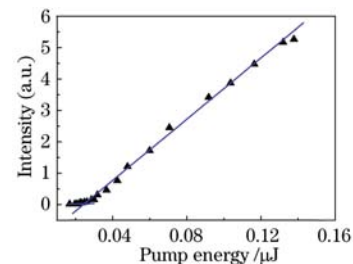


图 2 由 3 根 ZnO 纳米线和微光纤环型结形成的复合结构激光器的输出光强度随抽运光强度的变化曲线

基于半导体纳米线和玻璃微光纤的复合结构激光器可以消除衬底的影响, 结合半导体纳米线的高增益和氧化硅微光纤环的优良谐振特性, 容易获得高效而方便的光输入输出耦合, 可使基于半导体纳米线的激光器获得更广泛的应用。将不同半导体纳米线依次贴在同一根微纳光纤上, 可以实现从紫外到近红外宽谱范围的多波长同时输出。

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2007CB307003)和国家自然科学基金(60706020)资助课题。

通信作者: 杨青, 童利民, E-mail: phytong@zju.edu.cn

参考文献

- 1 M. Huang *et al.*, *Science*, 2001, **292**(5523): 1897~1899
- 2 M. Zimmler *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 2008, **93**(5): 051101
- 3 X. Duan *et al.*, *Nature*, 2003, **421**(4): 241~245
- 4 P. Pauzauskie *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, 2006, **96**(14): 143903
- 5 C. Barrelet *et al.*, *Nano Lett.*, 2006, **6**(1): 11~15
- 6 X. Jiang *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 2006, **88**(22): 223501
- 7 X. Jiang *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 2006, **89**(14): 143513
- 8 Q. Yang *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 2009, **94**(10): 101108
- 9 Y. Ding *et al.*, *Opt. Express*, 2009, **17**(24): 21813~21818