

石墨烯被动调 Q 1064 nm 小功率 Nd : YAG 激光器

王逸平, 潘 玺, 唐琪博, 林洪沂
(厦门理工学院光电与通信工程学院, 福建 厦门 361024)

摘 要: 设计了以石墨烯为饱和吸收体的被动调 Q Nd : YAG 激光器。该饱和吸收体是通过简易的蒸发沉积法, 将石墨烯沉积在 Nd : YAG 激光晶体上制备的。在泵浦功率为 1.1 W 时实现了调 Q 激光输出, 重复频率 146 ~ 295 kHz 可调, 平均输出功率 82 mW, 最窄脉冲宽度 1.127 μ s。

关键词: Nd : YAG 激光器; 石墨烯; 饱和吸收体; 被动调 Q

中图分类号: TN 248.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-5078.2016.04.008

Graphene passively Q-switched 1064 nm low-power Nd : YAG laser

WANG Yi-ping, PAN Xi, TANG Qi-bo, LIN Hong-yi

(School of Optoelectronic and Communication Engineering, Xiamen University of Technology, Xiamen 361024, China)

Abstract: A passively Q-switched Nd : YAG lasers based on graphene is presented. A thin layer of graphene is deposited in the Nd : YAG crystal by a simple and easy evaporation technology. The pulsed laser is realized at the pump power threshold of 1.1 W. The repetition rate is tunable from 146 ~ 295 kHz. The maximum average output power and the minimum pulse width are 82 mW and 1.127 μ s respectively.

Key words: Nd : YAG laser; graphene; saturable absorber; passively Q-switched

1 引 言

调 Q 与锁模是全固态激光器产生脉冲激光的两种基本技术^[1-3]。与锁模技术不同, 调 Q 技术有较宽的脉冲宽度和较低的重复频率, 能够产生更高的单脉冲能量, 具有更高的运行效率, 因而被广泛应用于环境遥感、测距、医学、材料处理以及激光显示等多个领域。调 Q 分为被动和主动两种, 被动调 Q 是利用材料本身的饱和吸收特性来实现调 Q, 结构简单紧凑^[4-6]。半导体饱和吸收镜和碳纳米管具有非常好的饱和吸收特性。然而, 半导体饱和吸收镜制造封装工艺复杂, 工作波长范围较窄, 损伤阈

值低; 碳纳米管是一种相对简单和便宜材料, 但可饱和吸收特性与其管径和手性有关, 工作带宽有限^[7-8]。

石墨烯是由单层碳原子紧密堆积而成的二维纳米材料, 具有优良的光学、电学和热学特性。其能带为独特的双锥形, 具有零带隙特点^[7-8], 这决定了其吸收特性与单光子能量无关, 可以实现可见光、红外、甚至太赫兹波段的调 Q 输出^[7]。2013 年, Shaojie Men 等采用外延生长 SiC 基石墨烯饱和吸收体, 获得 1123 nm Nd : YAG 陶瓷脉冲激光器。输出功率 332 mW、脉冲宽度 875.7 ns、重复频率 46.8 kHz^[7]。

作者简介: 王逸平 (1981 -), 硕士, 实验师, 主要从事光电子器件及材料, 物理实验的研究。

通讯作者: 林洪沂 (1982 -), 博士, 副教授, 主要从事全固态激光与光学频率变换技术的研究。E-mail: linyi0714@163.com

收稿日期: 2015-07-28

2014 年, QiaoWen 等首次采用重水氧化石墨烯分散液, 获得了脉冲激光 Nd:YAG 激光器。脉冲宽度 523 ns、重复频率 92.9 kHz、峰值功率 6.6 W^[8]。

本文采用非常简易的水平蒸发法, 将石墨烯沉积在 Nd:YAG 晶体面上, 制备了透射式饱和吸收体; 获得了 1064 nm Nd:YAG 激光器, 验证了石墨烯的可饱和吸收特性, 实现了脉冲稳定输出。

2 实验装置

实验采用简单紧凑的直线型端泵结构, 如图 1 所示。泵浦源为 2 W 国产半导体激光器, 输出波长 808 nm。泵浦光经耦合透镜聚焦, 激励 Nd:YAG 激光工作介质。Nd:YAG 尺寸为 $\Phi 3 \times 5$ mm, Nd³⁺ 掺杂浓度为 1%, 晶体左端(M₁)镀有 1064 nm 高反膜与 808 nm 增透膜, 右端镀有 1064 nm 增透膜。输出耦合镜 M₂ 为平凹镜, 曲率半径为 200 mm, 1064 nm 透过率为 3%。

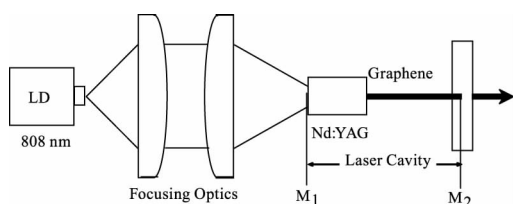


图1 石墨烯被动调 Q Nd:YAG 激光器实验装置图

Fig. 1 Setup of the passively Q-switched Nd:YAG laser based on graphene oxide

将制备好的石墨烯酒精分散液涂在水平放置的 Nd:YAG 晶体上, 再将晶体放置在 45℃ 的干燥柜中放置 4 h, 即可制备好透射式饱和吸收体。此饱和吸收体靠近谐振腔束腰放置, 有利于调 Q 运转。

3 实验结果与讨论

首先测量了连续 1064 nm 激光器的输出特性, 如图 2 所示, 连续输出功率随着泵浦功率的增加而增加, 基本呈线性关系。出光阈值约为 0.5 W, 当泵浦功率为 2.0 W 时, 获得了 650 mW 连续激光, 光光转换效率为 32.5%。Nd:YAG 沉积上石墨烯后, 可以实现脉冲运转。在调 Q 状态下, 平均输出功率随着泵浦功率的提高近似地呈线性增加。阈值约为 1.1 W, 在泵浦功率为 2.0 W 时, 获得最大平均输出功率为 82 mW 脉冲激光, 光光转换效率为 4.1%。阈值的增加和光光转换效率的降低, 主要是由透射式饱和吸收体的插入损耗造成的。

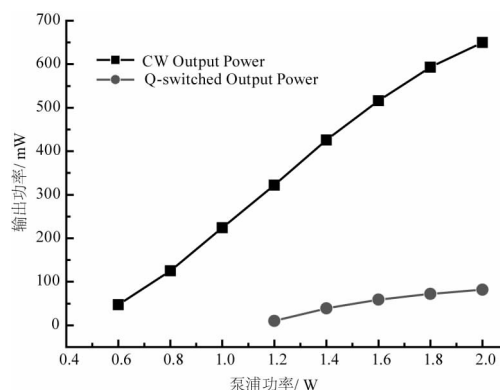


图2 连续、调 Q 输出功率与泵浦功率的对应关系

Fig. 2 Relation between output power and pump power for CW and Q-switched operation

采用 Tektronix (MDO4054-3) 示波器和快速 InGaAs 光电二极管测量了激光脉冲宽度和重复频率, 如图 3 所示。泵浦功率为 1.2 W 时, 脉冲宽度为 1.328 μ s; 当泵浦功率增加到 2.0 W 时, 脉宽减小到 1.127 μ s。相应的脉冲重复频率, 随着泵浦功率的增加, 最大可以达到 295 kHz。

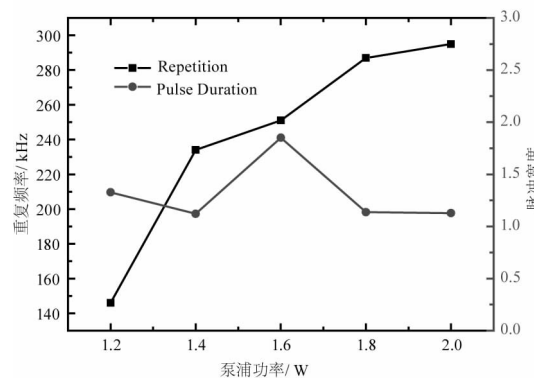


图3 重复频率、脉冲宽度与泵浦功率的对应关系

Fig. 3 Repetition rate and pulsed width versus the pump power for the Q-switched operation

4 结论

采用非常简易的水平蒸发技术, 制备了透射式石墨烯饱和吸收体, 实现 Nd:YAG 脉冲激光器, 输出功率为 82 mW, 重复频率达到 295 kHz, 脉冲宽度 1.127 μ s。实验表明石墨烯饱和吸收材料具有良好的调 Q 性能, 在这基础上进一步改善谐振腔结构和输出镜的透过率, 有望有效地减小脉冲宽度, 优化该激光器的输出参数。

参考文献:

- [1] LIN Hongyi, LI Linqin, XU Yingchao. Influence of output

- mirror transmissivity on the output characteristics of Cr : YAG passively Q-switched laser [J]. *Laser & Infrared*, 2015, 45(1) : 37 - 40. (in Chinese)
- 林洪沂, 李霖钦, 许英朝. 输出镜透过率对 Cr : YAG 被动调 Q 激光器的影响 [J]. *激光与红外*, 2015, 45(1) : 37 - 40.
- [2] LIN Hongyi, HUANG Xiaohua, XU Yingchao, et al. Mid-infrared tunable pulsed optical parametric oscillator based on PPMgLN [J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2015, 52(2) : 021402. (in Chinese)
- 林洪沂, 黄晓桦, 许英朝, 等. PPMgLN 中红外宽调谐脉冲光参变振荡器 [J]. *激光与光电子学进展*, 2015, 52(2) : 021402.
- [3] ZHANG Huanian, LI Ming, CHEN Xiaohan, et al. Graphene based passively Q-switched Nd : YAG eye-safe laser [J]. *Chin Phys Lett*, 2014, 31(7) : 074201.
- [4] Shilian Yana, Ling Zhanga, Haijuan Yua, et al. Watt-level Q-switched Nd : LuVO₄ laser based on a graphene oxide saturable absorber [J]. *J Mod Optic*, 2014, 61(3) : 234 - 238.
- [5] Shuo Han, Xianlei Li, Honghao Xu, et al. Graphene Q-switched 0.9 μm Nd : La_{0.11}Y_{0.89}VO₄ laser [J]. *Chin Opt Lett*, 2014, 12(1) : 011401.
- [6] Yonggang Wang, Houren Chen, Xiaoming Wen, et al. A highly efficient graphene oxide absorber for Q-switched Nd : GdVO₄ lasers [J]. *Nanotechnology*, 2011, 22(45) : 455203.
- [7] Shaojie Men, Zhaojun Liu, Xingyu Zhang, et al. A graphene passively Q-switched Nd : YAG ceramic laser at 1123 nm [J]. *Laser Phys Lett*, 2013, 10(3) : 035803.
- [8] Qiao Wen, Xiaojun Zhang, Yonggang Wang, et al. Passively Q-switched Nd : YAG laser with graphene oxide in heavy water [J]. *IEEE Photonics J*, 2014, 6(2) : 1500706.