光学 精密工程
OPTICS AND PRECISION ENGINEERING
核心期刊
主管：中国科学院
主办：中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
中国仪器仪表学会
主编：曹健林

光学精密工程 2013, 21(2) 308-315 ISSN: 1004-924X CN: 22-1198/TH

现代应用光学

硅拉曼激光器的设计与典型应用

李文超[1],张景茹[2],孙宇超[3],朱丹丹[3],李志全[3]

1. 东北大学 秦皇岛分校 控制工程学院
2. 河北山海关电站辅机厂技术部
3. 燕山大学 电气工程学院

摘要： 针对用光腔衰荡法测量气体浓度时存在严重非线性光学损耗，输出功率密度偏低，光源输出不平坦等问题,利用受激拉曼散射（SRS）非线性频移机制，设计了以Si元素作为拉曼主要增益介质的拉曼激光器。在硅波导结构中设置了p-i-n反向偏置电压，通过控制调节该电压值来降低由双光子吸收（TPA）引起的自由载流子吸收（FCA）以及由FCA引起的非线性光学损耗，从而提高拉曼激光器的输出功率。在实验分析处理过程中，将反向电压分别设置为开路、短路、5 V以及25 V4种状态，分析比较了不同电压值下激光器输出功率的变化规律。实验结果显示：粒子自由迁移时间从16 ns降低到1 ns，表明输出功率在同等标准下得以显著提高，进而改善了气体浓度测量的稳定性。

关键词： Si 气体浓度测量 拉曼激光器 TPA FCA

Design and typical application of silicon Raman laser

LI Wen-chao[1],ZHANG Jing-ru[2],SUN Yu-chao[3],ZHU Dan-dan[3],LI Zhi-quan[3]

1. Institute of Control Engineering， Northeastern University at Qinhuangdao
2. Technological Department,Hebei Shanhaiguan Electric Power
3. Institute of Measurement Technology and Automatic Instrument, Yanshan University

Abstract: For the serious nonlinear optical loss, low output power density and non-flat light source in gas concentration measurement by a Cavity Ring-down Spectroscope(CRDS), a Raman laser by using Si as gain media was designed based on the nonlinear frequency shift mechanism of stimulated Raman scattering. To reduce the Two-photon Absorption (TPA) induced Free-carrier Absorption (FCA) and the FCA induced nonlinear optical loss in the silicon, a reversed p-i-n diode was designed to embed in a silicon waveguide.Then, the output power of Raman laser could be enhanced by controlling the voltage. In the experimental analysis, the reversed voltage was set to open, short, 5V and 25V, respectively, to observe the output power under the different voltages. The result indicates that the free carrier mobility time decreases from 16 ns to 1 ns and the output power increases outstandingly at the same condition, which enhances the reliability of gas concentration measurement.

Keywords: Si gas concentration measurement raman laser TPA FCA

收稿日期 2012-07-17 修回日期 2012-10-29 网络版发布日期 2013-02-23

基金项目:

教育部高等学校博士学科点专项科研基金资助项目;教育部高等学校博士学科点专项科研基金资助项目

通讯作者: 李文超

作者简介: 李文超(1981-)，男，黑龙江肇东人，博士，讲师，2004年、2007年于燕山大学分别获得学士、硕士学位，2011年于河北工业大学获得博士学位，主要从事非线性光电方面的研究。
作者Email: chao121328@sohu.com

参考文献：

[1]MICHAEL K, SVEN C, HAGEN R,et al.. Pump-to-stokes RIN transfer in Raman fiber lasers and its impact on the performance of co-pumped Raman amplifiers[J]. Optics Communication, 2006, 260(2):656-661. [2]REED G T,KNIGHTS A P. Silicon Photonics: An Introduction[M]. West Sussex:Wiley Press, 2004. [3]VODCHITS A I,BUSKO D N,ORLOVICH V A, et al.. Multi-frequency quasi-continuous wave solid-state Raman laser for the ultraviolet, visible, and near infrared[J]. Optics Communications, 2007, 272(2):467-475. [4]钱世雄，王恭明. 非线性光学-原理与进展[M]. 上海：复旦大学出版社, 2001. QIAN SH X, WANG G M. Nonlinear optics-principle and Progress[M]. Shanghai: Fudan university Press, 2001.(in Chinese) [5]金峰. 人眼安全拉曼激光技术的发展[J]. 激光与电子学进展, 2003,40(6):40-42. JIN F. Development of eye-safe Raman lasers [J]. Laser and Optoelectronics Progress, 2003,40(6):40-42.(in Chinese) [6]PAVEL C,HELENA J,ZVEREV P G,et al.. Solid state lasers with Raman frequency conversion [J]. Progress in Quantum Electronics, 2004, 28(2):113-143. [7]RONG H S, LIU A S, NICOLAESCU R, et al.. Raman gain and nonlinear optical absorption measurement in a low loss silicon waveguide [J]. Appl. Phys. Lett., 2004, 85(12):2196-2198. [8]TSANG H K,WONG C S,LIANG T K, et al.. Optical dispersion, two photon absorption and self-phase modulation in silicon waveguides at 1.5 μm wavelength [J]. Appl. Phys. Lett., 2002, 80(3):416-418. [9]CLAPS R, RAGHUNATHAN V,DIMITROPOULOS D,et al.. Influence of nonlinear absorption on Raman amplification in Silicon waveguides [J]. Opt. Express., 2004,12(12):2774-2780. [10]LIANG T K,TSANG H K. Efficient Raman amplification in silicon-on-insulator waveguides[J]. Appl. Phys. Lett., 2004, 85(16):3343-3345. [11]BOYRAZ O,JALALI B. Demonstration of a silicon Raman laser[J]. Opt. Express., 2004, 12(21): 5269-5273. [12] SPENCE D J, LI X L, LEE A J,et al.. Modeling of wavelength-selectable visible Raman lasers [J]. Optics Communications, 2012,285(18):3849-3854. [13]PENZKOFER A,LAUBEREAU A, KAISER W. High intensity Raman interactions [J]. Progress in Quantum Electronics, 1979,6(2):55-140. [14]HUANG Y,SHUM P,LIU C. Proposal for loss reduction and output enhancement of silicon Raman laser using bi-directional pumping scheme [J]. Optics Communications, 2010, 283 (7):1389-1393. [15]ZHU F H,GONG K,HUO Y J. Optimization of an AO Q-switched solid-state Raman laser[J]. Optics

Communication, 2012, 285(8):2128-2133.

本刊中的类似文章

1．刘华松 王利栓 姜玉刚 季一勤.离子束溅射制备SiO2薄膜折射率与应力调整[J]. 光学精密工程, 2013,21(9): 2238-2243

2．刘志文 刘定生 刘鹏.应用尺度不变特征变换的多源遥感影像特征点匹配[J]. 光学精密工程, 2013,21(8): 2146-2153

3．杨亮 苏岩 裘安萍 夏国明.脉冲密度反馈对力平衡微机械陀螺的影响[J]. 光学精密工程, 2013,21(8): 2087-2094

4．刘震 尚砚娜.多尺度光点图像中心的高精度定位[J]. 光学精密工程, 2013,21(6): 1586-1591

5．王加贤 林正怀 张培 吴志军.纳米半导体复合薄膜的非线性光学性质及其在激光器中的应用[J]. 光学精密工程, 2013,21(1): 20-25

6．聂瑞杰, 徐智勇, 张启衡, 王华闯, 程华.SiPM阵列电子特性建模和三维测深仪前端电子学优化[J]. 光学精密工程, 2012,(8): 1661-1668

7．吴东江, 杨策, 吴楠, 郭玉泉, 马广义, 郭东明.SiC颗粒掺杂对激光直接成形Al_2O_3陶瓷裂纹敏感性的影响[J]. 光学精密工程, 2012,20(7): 1551-1558

8．吴小霞, 王鸣浩, 明名, 王富国.大口径SiC轻量化主镜热变形的定标[J]. 光学精密工程, 2012,20(6): 1243-1249

9．张斌智, 张舸, 董德义.反应连接230 mm口径RB-SiC反射镜[J]. 光学精密工程, 2012,20(11): 2360-2364

10．王新, 穆宝忠, 黄怡, 朱京涛, 王占山, 贺鹏飞.13.5 nm Schwarzschild显微镜系统及成像实验[J]. 光学精密工程, 2011,19(8): 1709-1715

11．闫勇, 金光.RB-SiC反射镜的材料制备、表面改性及非球面加工[J]. 光学精密工程, 2011,19(8): 1750-1756

12．韩冰, 王永明, 孙继银.加速的Fast Hessian多尺度斑点特征检测[J]. 光学精密工程, 2011,19(7): 1686-1694

13．刘兆栋, 陈磊, 韩志刚, 严庆伟, 朱日宏.斜入射干涉检测大口径碳化硅平面反射镜[J]. 光学精密工程, 2011,19(7): 1437-1443

14．曾峦, 王元钦, 谭久彬.改进的SIFT特征提取和匹配算法[J]. 光学精密工程, 2011,19(6): 1391-1397

15．蔡跃, 叶锡生, 马志亮, 王立君, 冯国斌, 陈林柱.170ps激光脉冲辐照可见光面阵Si-CCD的实验[J]. 光学精密工程, 2011,19(2): 457-462