

金刚石拉曼振荡器实现级联布里渊激光输出

白振旭^{1,2}, 陈 晖^{1,2}, 蔡云鹏^{1,2}, 丁 洁^{1,2}, 齐瑶瑶^{1,2}, 颜秉政^{1,2}, 崔 璨^{1,2}, 王雨雷^{1,2}, 吕志伟^{1,2*}

(1. 河北工业大学 先进激光技术研究中心, 天津 300401;
2. 河北省先进激光技术与装备重点实验室, 天津 300401)

中图分类号: TN248 文献标志码: A DOI: 10.3788/IRLA20220660

级联布里渊激光器在光通信、微波光子学以及传感学等领域有着重要的应用。在过去的几十年中, 布里渊激光器主要是以光纤、片上和微腔等具有高 Q 值的波导型谐振腔结构为主, 虽然基于波导结构已经获得了低阈值、宽波段的布里渊激光输出, 但同时也面临着输出功率低、频率间隔小及输出级联难以控制等问题。通常, 大多数晶体材料的布里渊介质的频移量在 GHz 量级, 例如, 在 1.5 μm 波段中, 石英光纤和 BaF₂ 晶体的布里渊频移量分别仅为 11 GHz 和 8.3 GHz, 这对光谱仪的分辨率提出了更高的要求, 因此在一定程度上限制了此类布里渊器件的应

用。相较于上述布里渊介质, 金刚石晶体不但拥有大的布里渊频移 (~ 70 GHz), 而且具有超高热导率 ($>2000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) 和极宽光谱透过范围 ($>0.23 \mu\text{m}$), 因此将其应用在布里渊器件中, 对于突破现阶段布里渊激光器面临的功率难以拓展和频率间隔过小的固有瓶颈具有重要意义。

近日, 笔者课题组以金刚石拉曼转换作为中间过程, 通过腔长调节的方法获得了阶次可控的级联布里渊激光输出。采用的实验结构如图 1(a) 所示, 利用准连续 1 μm 激光器作为泵浦源, 金刚石拉曼振荡器采用近共心型腔结构, 尺寸为 2 mm \times 2 mm \times 7 mm 的金

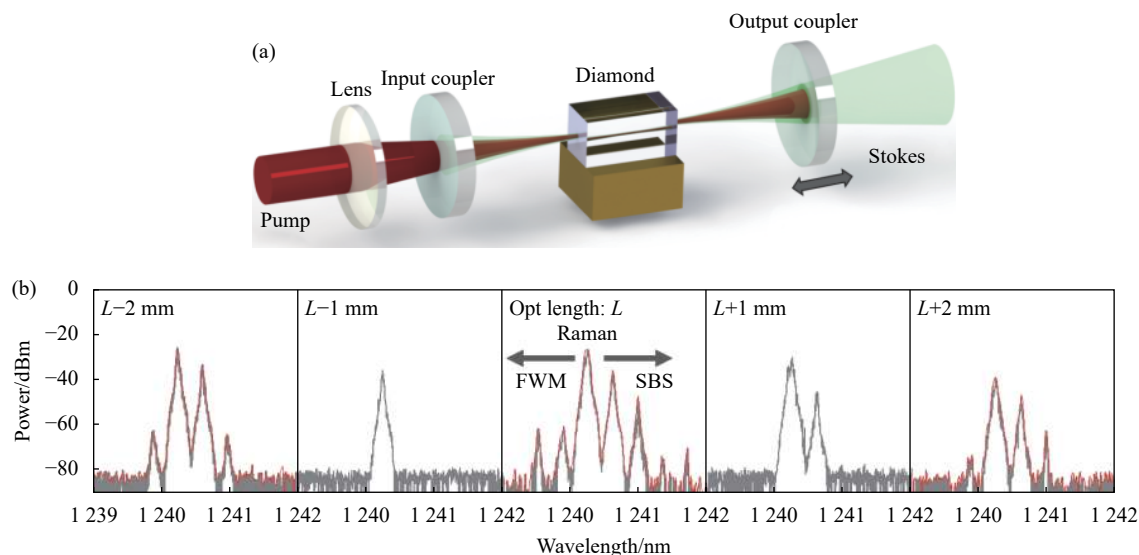


图 1 (a) 金刚石拉曼布里渊激光器结构示意图; (b) 不同腔长下的级联布里渊输出光谱

Fig.1 (a) Diagram of diamond Raman Brillouin laser structure; (b) Cascaded Brillouin output spectra at different cavity lengths

收稿日期: 2022-09-14; 修订日期: 2022-10-09

基金项目: 国家自然科学基金 (61905061, 61927815); 河北工业大学基本科研业务费资助 (JBKYTD2201); 河北省教育厅在读研究生创新能力培养资助项目 (CXZZSS2021039)

作者简介: 白振旭, 男, 教授, 博士生导师, 博士, 主要从事新型全固态激光技术方面的研究。

通讯作者: 吕志伟, 男, 教授, 博士生导师, 博士, 主要从事高功率激光技术与非线性光学方面的研究。

石晶体置于谐振腔束腰处, 谐振腔长度约为 150 mm。

理论上, 根据拉曼和布里渊双谐振条件, 得出当谐振腔的光学长度在实验条件范围时, 谐振腔每间隔 2 mm 对应一个最佳匹配频率, 实现拉曼泵浦光到布里渊激光的最大能量转换。即理论上通过控制谐振腔长度能够实现拉曼振荡器内布里渊信号的增强或者抑制, 进而以达到对布里渊输出阶次控制的作用。实验中, 当泵浦功率为 230 W 时, 通过调节腔长得到了最高正向 4 阶反向 2 阶的中心波长为 1.2 μm 的布里渊激光输出, 总输出功率 84 W。通过对谐振腔长度进行线性增加和减少的调节实验, 观察到输出布里渊阶次均经历了先减小后增加的现象。当谐振腔长

度变化 2 mm 后, 又获得了一个高阶的级联布里渊激光输出, 即达到第二个最佳谐振腔长, 此结果验证了上述最佳谐振腔长变化周期为 2 mm 的理论计算。如图 1(b) 展示了腔长在最佳长度状态下及 ± 2 mm 的调节范围所测量的光谱图。

笔者课题组首次报道了一种基于腔长调节在空间光传输结构中实现阶次可控的级联布里渊激光输出的方法。该研究为获得自由空间结构的高功率、大频率间隔级联布里渊激光及频率梳提供了一种可行的技术方案, 对于推动空间探测等领域的发展具有重要意义。