浙江激光应用

【C3】155期

2022 年 11 月 15 日

专栏 (11) [总122期]

出版机构 Publisher
星球国际资讯集团
(Global Star International Information Group)

中国执行机构 China Operator
广东星之球激光科技有限公司
(Guangdong XZQ Laser Technology Co., Ltd.)

激光制造网 laserfair.com
激光行业一站式综合门户
One-Stop Service in Laser Industry

官方网站 Official Web
www.laserfair.com

主办单位 Host
浙江工业大学激光先进制造研究院
浙江省高端激光制造装备协同创新中心
广东省光学学会激光加工专业委员会

交流单位 Supporting Group
杭州博华激光技术有限公司
瑞安市博业激光应用技术有限公司
浙江华镭激光科技有限公司

欢迎免费索阅
扫描关注
激光制造网 LaserfairCom
更多详情等您来了解

前沿进展

金刚石拉曼激光器：20W 单频连续波 1178nm 激光输出

当提到金刚石您会想起什么呢？大家通常会联想到它作为钻石原石所承载的永恒的含义。然而，在物理学研究人员的眼中，单晶金刚石是一种性能优异的拉曼增益介质，金刚石拉曼激光是获得高功率、特殊波段连续波单频激光的重要技术手段。

中国科学院大学杭州高等研究院冯衍研究员、杨学宗副研究员团队及其他合作者，在线型驻波金刚石拉曼谐振腔中，通过引入二阶非线性晶体（LiB305，LBO）并调控其相位匹配，大幅提高单频金刚石拉曼激光的输出功率，实现连续波功率为 20 W 的单频 1178 nm 拉曼激光输出。该工作结合金刚石拉曼激光技术与光纤激光技术各自优势，为获得特殊波段高功率单频激光提供一种全新的可行方案。

相关研究内容以“High-power continuous-wave single-frequency diamond Raman laser at 1178 nm”为题发表在 Applied Physics Letters 上，并被选为当期的 Editor’s Pick。

单金刚石助力单频激光

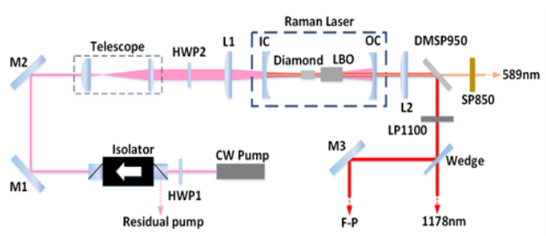
1.2μm 单频激光光源在诸多领域具有重要的研究和应用价值，包括生物医疗、遥感和通信等。这些应用要求单频激光的波长和线宽与特定原子或分子能级跃迁相耦合，或单频激光满足干涉传感器的相干性要求。

由于 1.2 μm 波段缺乏高效增益介质，获得该波段高功率激光输出极具挑战性。受激拉曼散射（SRS）是一种拓展激光波长的高效手段，相比其他非线性频率转换技术［如光学参量振荡器（OPO）、四波混频（FWM）等］，有着输出波长灵活和自相位匹配等优点。以石英光纤为增益物质的光纤拉曼激光器占有主导地位，目前已经实现了百瓦量级单频连续激光输出，但受限于光纤中的受激布里渊散射效应，功率提高较为困难。尽管离子键聚合拉曼晶体（如钨酸钙、钒酸钇、硝酸钡等）相比石英光纤有着更大的频移量和更高的拉曼增益系数，但严重的晶体热效应阻碍了其在高功率连续激光方向的发展。

单晶金刚石作为拉曼增益介质，具有拉曼增益系数大、拉曼频移宽、热导率高、通光范围广等优势，在高功率单频连续波拉曼激光方面已取得重要突破，例如，金刚石拉曼激光器结合腔内倍频技术，实现 38 W 的单频 620 nm 红光、22 W 的 589 nm 单频钠导星激光以及 8 W 的 590~625 nm 黄－红光波段可调谐的单频激光输出。因此金刚石拉曼激光是获得高功率、特殊波段连续波单频激光的重要技术手段。

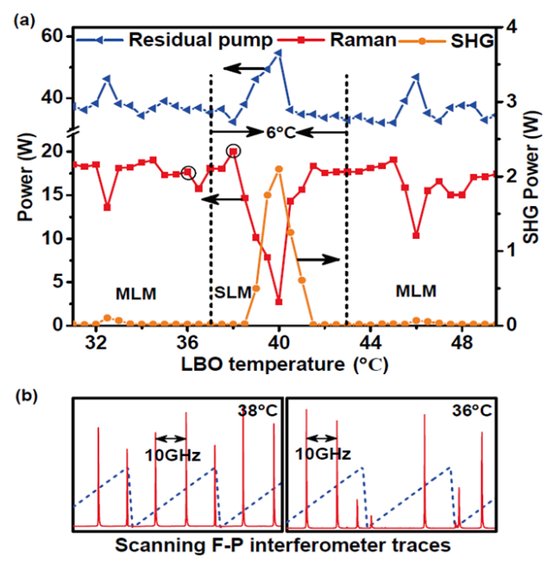
研究简介

研究团队基于单频金刚石拉曼激光技术及非线性纵模抑制技术，采用 1018 nm 宽光谱的掺镱光纤激光器作为泵浦源，在简单的驻波谐振腔中实现单频 1178 nm 近红外光波段激光输出，最高连续波输出功率为 20 W，图 1 为单频金刚石拉曼激光装置示意图。

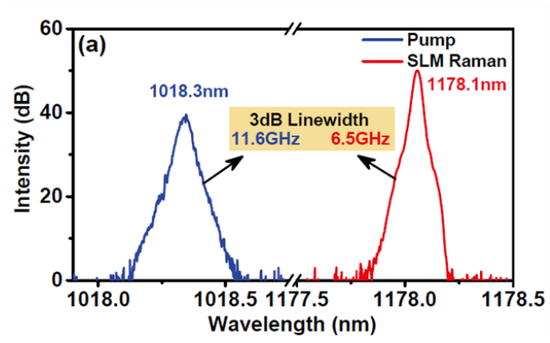


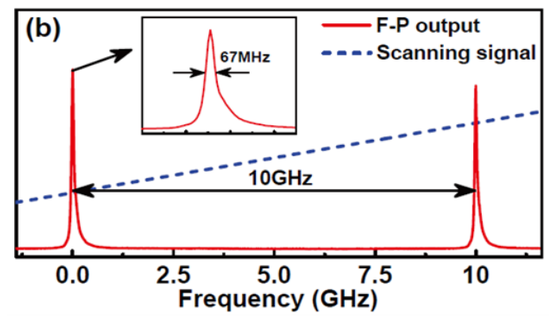
拉曼增益谱线具有类似均匀加宽特性，当泵浦光光谱宽度小于金刚石拉曼增益线宽（45 GHz）时，拉曼光达到阈值后，增益峰值处的纵模优先振荡。在驻波谐振腔中，拉曼增益具有空间谐振增强效应，优先振荡纵模具有更高的拉曼增益，而且拉曼增益无空间烧孔效应，因此在驻波腔中可以实现单纵模拉曼激光输出。但是，随着功率提高，由于热致腔长浮动、泵浦弱谐振等因素的影响，拉曼激光的单纵模稳定性下降，易激发多纵模振荡。当拉曼谐振腔中插入二阶非线性晶体并满足一定的相位匹配时，晶体可以引入非线性纵模间增益竞争，大幅提高单纵模拉曼光的稳定性。

通过主动调控二次谐波晶体的相位匹配，在保证多纵模被有效抑制的情况下，减少二次谐波转化对基频光的损耗，可以实现高功率、单纵模基频拉曼光输出。在最高泵浦光功率为 82W 时，获得输出功率为 20W 的 1178nm 单纵模拉曼激光输出，转化效率为 24%，斜率效率为 38%。图 2 为拉曼光、倍频光、残余泵浦光功率随二次谐波晶体温度的变化及拉曼光的纵模特性。



最高 82W 输出功率时的 1018 nm 泵浦光线宽为 11.6 GHz，20W 拉曼光的中心波长为 1178.1 nm，单纵模拉曼光线宽为 67 MHz（F-P 扫描干涉仪分辨率极限）。因此，多纵模泵浦光到单纵模拉曼光的功率光谱密度增强因子超过 173。图 3 为泵浦光和拉曼光的光谱测试结果。





结论与展望

该研究基于驻波腔金刚石拉曼方案，通过引入非线性纵模增益竞争，以技术成熟的掺镱光纤激光器作为泵浦源，获得了功率高达 20 W 的 1178 nm 单频激光输出。这种全光纤的泵浦激光结合简单的驻波拉曼谐振腔结构，使得激光系统体积紧凑、稳定性高。

金刚石晶体拉曼频移大，相比于石英光纤拉曼，更易实现较长波段的激光输出。而且，单频金刚石拉曼激光器中受激布里渊散射可以通过优化谐振腔参数得到有效抑制。金刚石晶体具有超高的热导率和低热膨胀系数，高功率运行时，晶体热透镜效应较弱，因此金刚石拉曼激光技术为百瓦、千瓦级功率的单频激光器提供一种极具潜力的技术方案。

再获殊荣！奔腾激光被认定为第四批国家级专精特新“小巨人”企业

根据近日发布的《工业和信息化部关于公布第四批专精特新“小巨人”企业和通过复核的第一批专精特新“小巨人”企业名单的通告》（工信部企业函[2022]191 号），奔腾激光（浙江）股份有限公司【申报时名称“奔腾激光（温州）有限公司”】被认定为第四批国家级专精特新“小巨人”企业。

近年来，奔腾激光持续加大在高功率激光切割机床关键技术领域研发投入，加强应用基础研究，突破卡脖子技术，用创新设计和突破性技术优化产品结构，持续引领行业向高端化、智能化、绿色化方向发展，开发出一系列高精尖产品，包括超高功率智能激光切割机床、超高功率直线电机驱动激光切割机床及高功率激光管切机床、激光焊接机床、三维五轴激光切割机床等市场主流产品，其中“3 万瓦高速高精超厚板智能激光切割成套装备”获国际首台（套）产品认定。

目前奔腾激光的超高功率激光加工智能机床产品已远销全球 30 多个国家和地区，装机量稳居行业前列，奠定了公司在高功率激光加工机床细分领域的行业领先地位，领跑超高功率激光切割机床关键技术发展。

此次被认定为专精特新“小巨人”企业，是对公司创新能力、技术实力、产品质量、服务水平、专业化程度等综合发展实力的充分认可，有利于提升公司的品牌形象，是公司发展迈上了新台阶的又一重要标志。

公司将继续秉承专精特新“小巨人”企业的专业化、精细化、特色化、新颖化精神，围绕行业与市场需要，聚焦主业，深耕细分领域，加大关键技术攻关与研发投入，不断提升公司在高功率激光加工装备领域的创新能力和核心竞争力，充分发挥引领示范作用，为服务制造强国提供“新工具革命”的技术装备支撑。

浙江法拉第激光科技有限公司入选产品工程化攻关项目

近日，浙江省经信厅公布 2022 年度浙江省首台（套）产品工程化攻关项目，浙江法拉第激光科技有限公司商用全自动稳频 852nm 激光器项目成功入选。下步，区经信局将持续开展走访服务，引导企业申报首台（套）产品工程化攻关项目和省级首台（套）项目，推动产业基础再造和产业链提升，为企业高质量发展提供坚强支撑。

浙江法拉第激光科技有限公司商用全自动稳频 852nm 激光器项目，主要围绕半导体激光技术最新发展趋势和国家重大战略需求，针对光路结构设计，参数优化，性能稳定性和相关智能控制系统设计，重点从高稳定度低噪声恒流源技术、激光专用精密控温技术，激光稳频智能化算法、激光功率稳定技术等层面上开展创新性技术研发，将半导体激光和智能算法、一体化设计等方面的研究工作有机结合起来，利用铯原子谱线作为量子频率参考，基于以上 4 种核心关键技术，实现新型的、可全自动稳频的、工作在原子共振波段的智能化高性能稳频的法拉第激光器。