

中国激光

量子态调控极窄线宽大气弱吸收单谱线氟化氢化学激光器

中国科学院大连化学物理研究所首次提出了量子态调控的极窄线宽大气弱吸收单谱线氟化氢(HF)化学激光器的概念,并且实现了连续波千瓦级激光输出,创造了大气弱吸收单谱线 HF 化学激光连续波输出功率国际报道的最高纪录,这也大大高于同波段窄线宽固态激光器的功率水平,该研究为中红外激光应用提供良好的高能激光光源。

该激光器采用 NF_3 和 D_2 燃烧高温热解过量的 NF_3 产生 F 原子,通过拉法尔喷管,将燃烧室的高温气体膨胀加速并降温,在超音速低温气流中注入 H_2 ,F 原子与 H_2 反应产生振动激发态的 $\text{HF}(\nu)$, $\text{HF}(\nu)$ 受激辐射发出激光,传统 HF 化学激光器输出 $2.5\sim 3.0\ \mu\text{m}$ 的多谱线激光。对于量子态调控极窄线宽大气弱吸收单谱线 HF 化学激光器,根据分子反应动力学理论计算结果,通过控制调整泵浦反应 $\text{F}+\text{H}_2$ 的反应相对碰撞动能,可以调整反应产

物 $\text{HF}(\nu)$ 量子态的最概然分布。为此,设计了新型量子态调控增益发生器,通过调整主副气流的喷射角度和碰撞动能,使激光输出能量集中在大气弱吸收相邻的三条谱线上,其中 80% 的激光输出能量集中在目标谱线上,加之调控谱线光学谐振腔,实现了 HF 激光大气弱吸收单谱线纯净输出。

量子态调控极窄线宽大气弱吸收单谱线 HF 化学激光器的输出功率达到 1260 W,单次出光时间为 5 s,如图 1 所示。激光输出光谱如图 2 所示,传统光学选线的 HF 激光器在 $0.5\ \text{cm}^{-1}$ 低分辨率时通常分辨不出相邻的两条谱线,如 $\text{P}_2(8)$ 和 $\text{P}_1(11)$,因为这两条谱线的中心波长相差不到 1 nm,然而它们的大气透过率相差较大,其中图 2 插图以高分辨率显示只有一条大气弱吸收激光单谱线。本课题组使用激光外差法测量激光线宽,半峰全宽为 4.7 pm,见图 3。该项工作为中红外高能激光的应用提供了良好的基础。

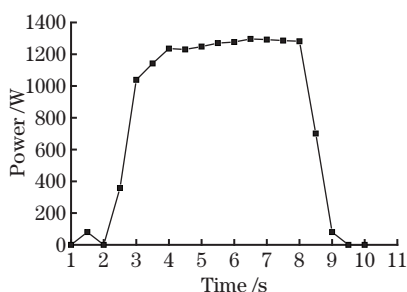


图 1 激光器输出功率曲线

Fig. 1 Outout power of laser

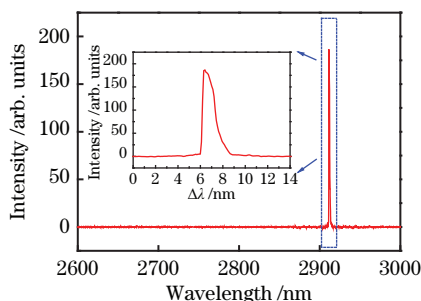


图 2 激光器输出光谱

(光谱仪分辨率 $0.5\ \text{cm}^{-1}$)

Fig. 2 Output spectrum of laser

(spectrograph resolution of

$0.5\ \text{cm}^{-1}$)

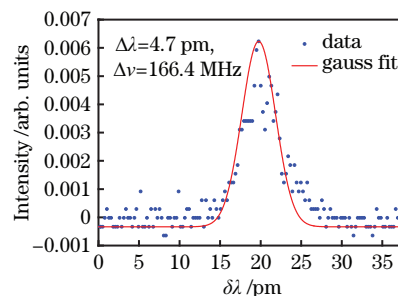


图 3 外差测量输出激光线宽

Fig. 3 Line-width of output laser

measured by opto-heterodyne

technique

王元虎, 李留成, 唐书凯, 李国富, 于海军, 曹靖, 汪健, 王增强, 周冬建, 多丽萍*,
怀英, 李刚, 金玉奇, 张东辉, 杨学明

中国科学院大连化学物理研究所, 辽宁 大连 116023

通信作者: *dlp@dicp.ac.cn

收稿日期: 2021-04-14; 修回日期: 2021-04-22; 录用日期: 2021-05-06