

全密闭载气循环氧碘化学激光

化学激光体系需要大量的惰性气体实现对化学反应介质的运载并调节气动参数,这部分气体被称为“载气”。2001年,美国波音公司提出了载气循环的氧碘化学激光的概念,即将激光运行过程中的载气从尾气中分离,并重新输送回激光器进行循环利用。这样既能实现全体系密闭工作,对外界环境无干扰,还能大幅减少原料的需求量。

中国科学院大连化学物理研究所基于以往氧碘化学激光的研究经验,研制了载气循环的全密闭连续波氧碘化学激光装置,实现了连续波千瓦级输出。该项研究突破了气体激光器载气循环运行的各项关键技术,并首次通过实验验证了全密闭载气循环化学激光体系的可行性。

构建的全密闭载气循环氧碘化学激光装置主要包括氧碘化学激光光源、分离装置、循环增压装置和换热装置,其中分离装置采用低温吸附技术,循环增压装置

采用双螺杆泵技术。实验装置示意图如图 1 所示。研究中面临的最为关键的问题是载气的快速高效分离。研究团队从氧碘化学激光的工作机制出发,设计了以氦气为载气的激光器运行方案。同时,考虑到载气的连续循环利用以及循环增压装置的负荷,在激光器运行中采用不同稀释气的技术方案。氯气与氮载气通入碱性过氧化氢溶液产生单重态氧,单重态氧与碘蒸气、氦气的混合气体在超音速喷管内混合并发生反应,产生粒子数反转,经谐振腔振荡放大后实现激光输出。包含多种介质的尾气经管道传输到分离装置。为了确保载气可以快速有效分离,尾气与分离装置的传输通道采用 90°转角结构,并在通道内设计混合叶片,以提升吸附效率。通过分离装置的分离作用,除氦气外的其他介质均被低温分子筛吸附,剩余的氦气通过双螺杆泵返回到换热器,经换热器循环到碘腔与碘蒸气混合,进行循环利用。

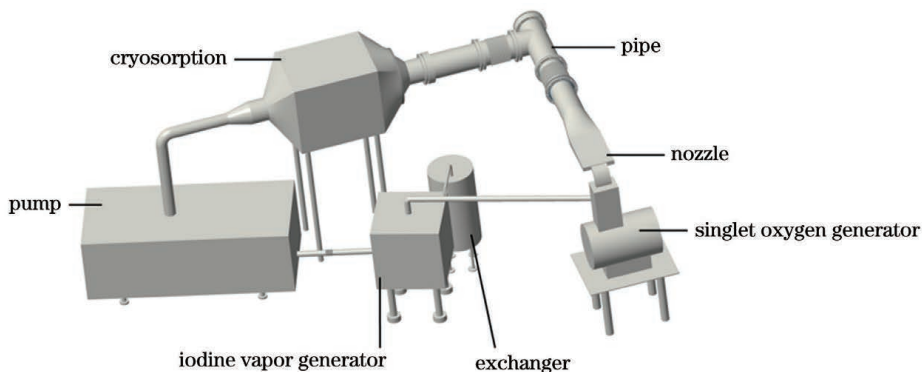


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Schematic of experimental setup

全密闭载气循环氧碘化学激光装置的工作过程包括两个阶段:循环建立阶段和平稳运行阶段。实验中通过时序控制氦气的通入时间为实验时间的前 1 s,其余时间关闭氦气输入阀门。这 1 s 输入的载气在整个全密闭载气循环化学激光体系中循环,循环建立后便

可实现平稳的出光状态。出光时间为 5 s 和 10 s 时的输出功率波形曲线如图 2(a)和图 2(b)所示,可以看出,最大峰值功率为 1300 W,平均功率约为 1030 W。本团队开展的该项研究为推动化学激光体系向紧凑、机动的实用化方向发展提供了关键技术。

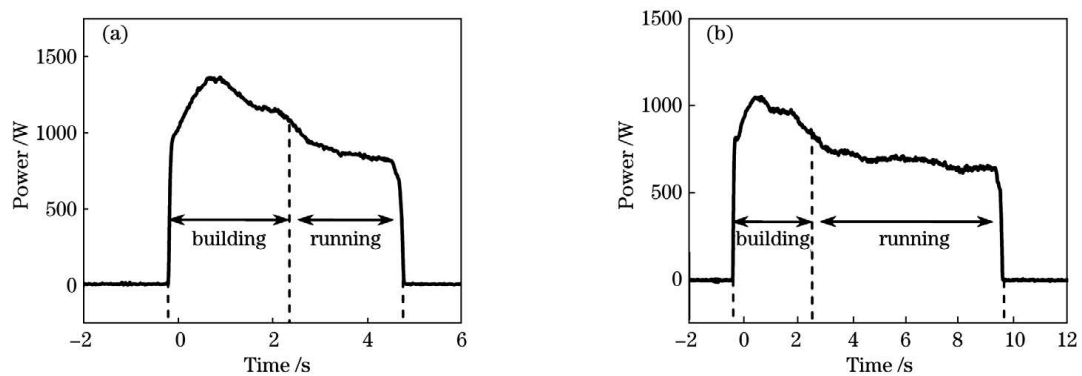


图 2 不同出光时间时的输出功率波形曲线。(a)5 s;(b)10 s
 Fig. 2 Output power curves at different experimental time. (a) 5 s; (b) 10 s

贾淑芹, 怀英*, 刘婷婷, 陈曦, 赵天亮, 石文波, 房本杰, 张岳龙, 金玉奇
 中国科学院大连化学物理研究所, 中国科学院化学激光重点实验室, 辽宁 大连 116023

通信作者: *huaiying@dicp.ac.cn

收稿日期: 2022-06-23; 修回日期: 2022-07-13; 录用日期: 2022-07-18