

2023 年度中国光学学会科技创新奖简介

项目名称：超灵敏快速石英增强光声传感关键技术及应用

获奖类别：技术发明奖

获奖等级：一等奖

主要完成单位：山西大学

主要完成人：董磊，武红鹏，尹王保，贾锁堂

学科分类：光学

推荐单位：山西省光学学会

项目简介：

超高灵敏气体检测技术在核电装备、国家电网、环境监测等领域具有重大需求和应用，是我国亟需发展的高端科学技术。本项目针对传统光声传感技术存在灵敏度差、响应慢、校准复杂、无法多气体同时检测等关键科学技术问题，攻克了基于快速石英增强超高灵敏光声传感的重要技术瓶颈，研制了新型腔增强石英谐振测声模块，形成了从原理创新—技术发明—器件研制—产业化的全链条创新，主要创新点和技术指标如下：

1. 发展了微型声腔谐振增强新技术，研制了腔增强石英谐振测声模块，见图 1 (a) - (d)，较传统光声传感探测灵敏度提高两个数量级，见图 1 (e)；
2. 通过微型声腔与石英谐振器的强耦合，发展了高阶泛频谐振显著增强的新技术，首次在一套石英谐振光声传感器中实现了气体多组分的同步检测；
3. 发明了外场瞬态激励快速响应测量新技术，首次实现了痕量气体的快速在线检测，比传统光声传感响应时间（10s）提高了三个数量级（70ms）；

4. 研制了基于新型腔增强石英谐振测声模块的超高灵敏系列检测设备，解决了传统检测设备灵敏度差、响应慢、校准繁锁、无法多气体同时检测的问题，经中科合创（北京）科技成果鉴定中心组织的专家组评定为“腔增强石英音叉探测灵敏度和响应时间等技术达到国际领先水平”，并受诺贝尔奖得主 Curl 教授邀请共同撰写了光声传感专著。

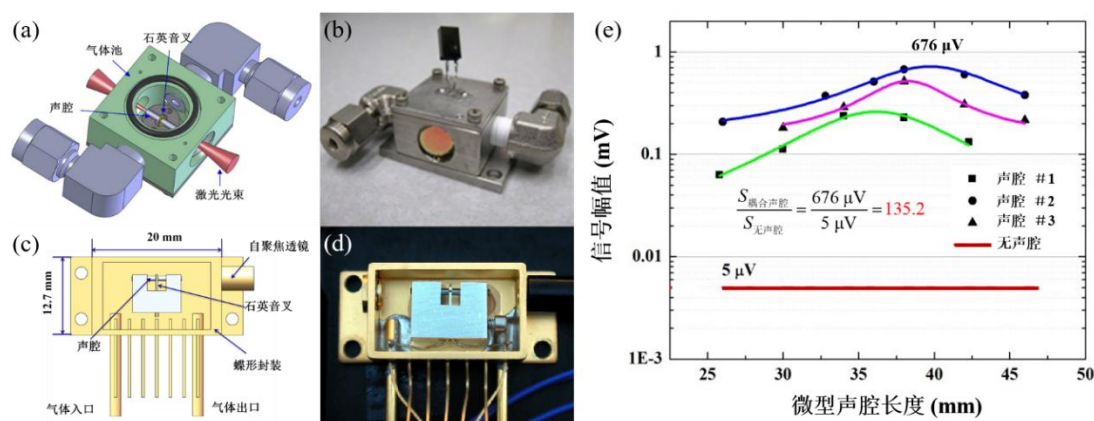


图 1. (a) - (d) 腔增强石英谐振测声模块示意图及实物图；

(e) 腔增强石英谐振测声模块与传统光声传感探测模块灵敏度对比

本项目获授权美国发明专利 1 项、中国发明专利 19 项，相关技术成果已在杭州聚光科技、深圳昂为、山西迪奥普等 5 家公司实现了转化，在核电装备、国家电网、环境监测领域实现了重要应用。如超高灵敏卤素气体检测设备应用于秦山核电站、福建宁德核电站、中国辐射防护研究院等多家单位，实现了对核设施通风系统中碘吸附器有效性的高效检测，消除了潜在的国际禁运风险；无人机气体监测系统被国家环境监测总站成功应用于 2022 北京冬奥会空气质量检测的应急保障。

该项目不仅在科学研究和技术发明方面取得进展，在人才培养方面也具有突出贡献。在项目执行期，成员和研究生获多项奖励或荣誉，包括国家优秀青年科

学基金、山西省杰出青年科学基金、山西省优秀毕业生、中国大学生自强之星等，以及荣获中国光学优秀博士论文等奖励。