

2025 年度中国光学学会科技创新奖简介

项目名称：空间用铟镓砷焦平面关键技术

获奖类别：技术发明奖

获奖等级：一等奖

主要完成单位：中国科学院上海技术物理研究所

主要完成人：李雪，邵秀梅，马英杰，李淘，顾溢，徐勤飞，龚海梅，方家熊

学科分类：光电信息材料与器件

推荐单位：中国科学院上海技术物理研究所

项目简介：

航天对地遥感、月球与深空探测是战略性尖端技术，列入国家中长期发展规划重大专项。器件是获取光谱信息的关键，室温工作的短波红外探测器是小型化低功耗航天仪器的瓶颈，铟镓砷（InGaAs）焦平面是短波红外波段航天应用最优选择。围绕航天应用探测信号微弱的特点，本项目在新机理、新结构、新方法上有三项核心发明点：

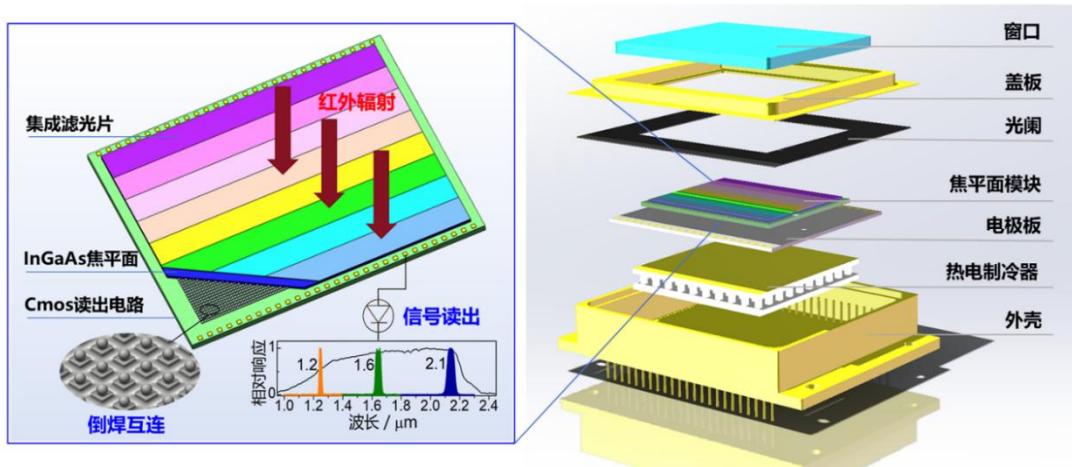


图 1：铟镓砷焦平面组件结构示意图

（1）宽谱大尺寸铟镓砷材料新结构

发明组分与厚度周期变化的 InAlAs 薄层缓冲层新结构，阻止位错向 InGaAs 层扩展；发明低能量/高能量复合生长方法，通过原子壁垒效应消除界面缺陷，解决了宽光谱和缺陷敏感的矛盾；发明大尺寸晶圆动态应变调控方法，解决晶圆翘曲和位错同步抑制的难题；有效突破高铟组分铟镓砷探测器材料新结构和生长

新方法，波长延伸到 2.5 微米，位错缺陷密度降低 2 个数量级，国际上首次将宽谱铟镓砷晶圆尺寸从 2 英寸跃升到 4 英寸，晶圆翘曲 $\leq 10\mu\text{m}$ ，组分非均匀性 $\pm 0.1\%$ 。

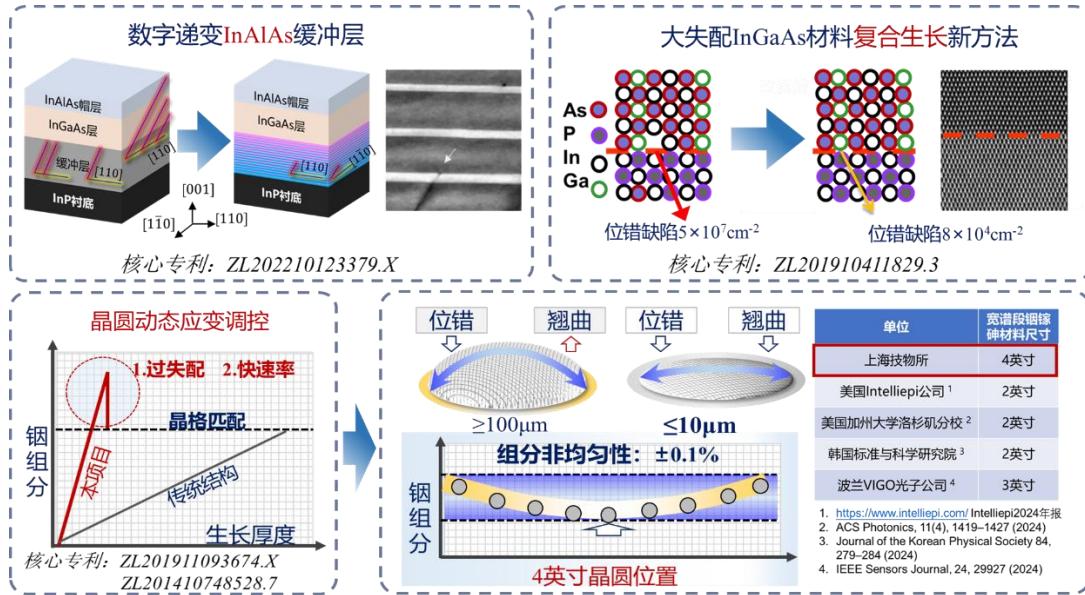


图 2：宽谱大尺寸铟镓砷材料新结构主要发明点

(2) 大阵列高灵敏铟镓砷焦平面新方法

发明了宽谱铟镓砷焦平面保护环新结构，提高感光区占比，解决量子效率与信号串扰矛盾；发明氟硫等离子钝化悬挂键新方法，降低暗电流；发明应力平衡膜调控芯片形变，提高有效像元率；构建 InGaAs 焦平面全链路网络噪声模型，解决耦合噪声与响应信号的矛盾；攻克了焦平面高灵敏度难题，峰值量子效率 $\geq 90\%$ ，暗电流密度 $\leq 0.3\text{nA/cm}^2$ ，国内首发中心距 5 微米 1600 万像素面阵芯片，有效像元率达到 99.9%，噪声电子数 $\leq 50\text{e}^-$ 。

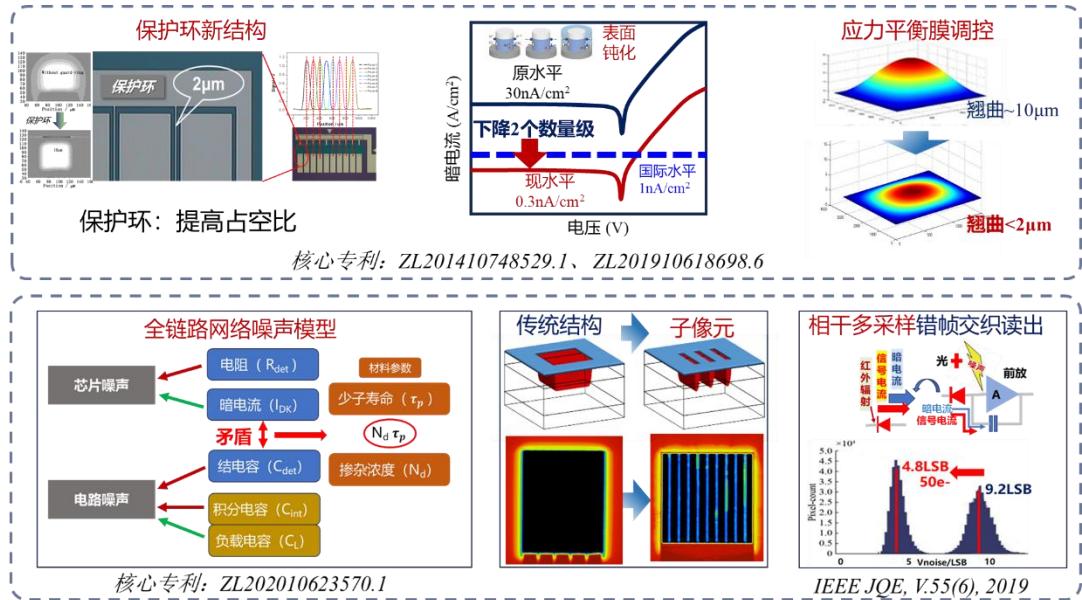


图 3: 大阵列高灵敏铟镓砷焦平面新方法主要发明点

(3) 铟镓砷组件精细谱型集成技术

发明了焦平面片上集成多谐振腔滤光微结构, 实现纳米级光谱定位与高通量带通滤波; 发明多级消光结构, 解决了杂光串扰, 支撑目标特征光谱精细获取; 发明室温封装新结构, 创建三维实时微位移调节系统, 发明盖板-窗口-管壳异种焊接方法; 实现了纳米级精细光谱谱型控制和串扰抑制, 光谱精度 $\pm 1\text{nm}$, 通道间串扰 $\leq 0.1\%$, 调制传递函数达到 0.6, 基准传递精度 $\leq 5\text{ }\mu\text{m}$, 重量百克量级, 力学冲击提升到 1600g, 具有高工作温度、低功耗、微型化特点。

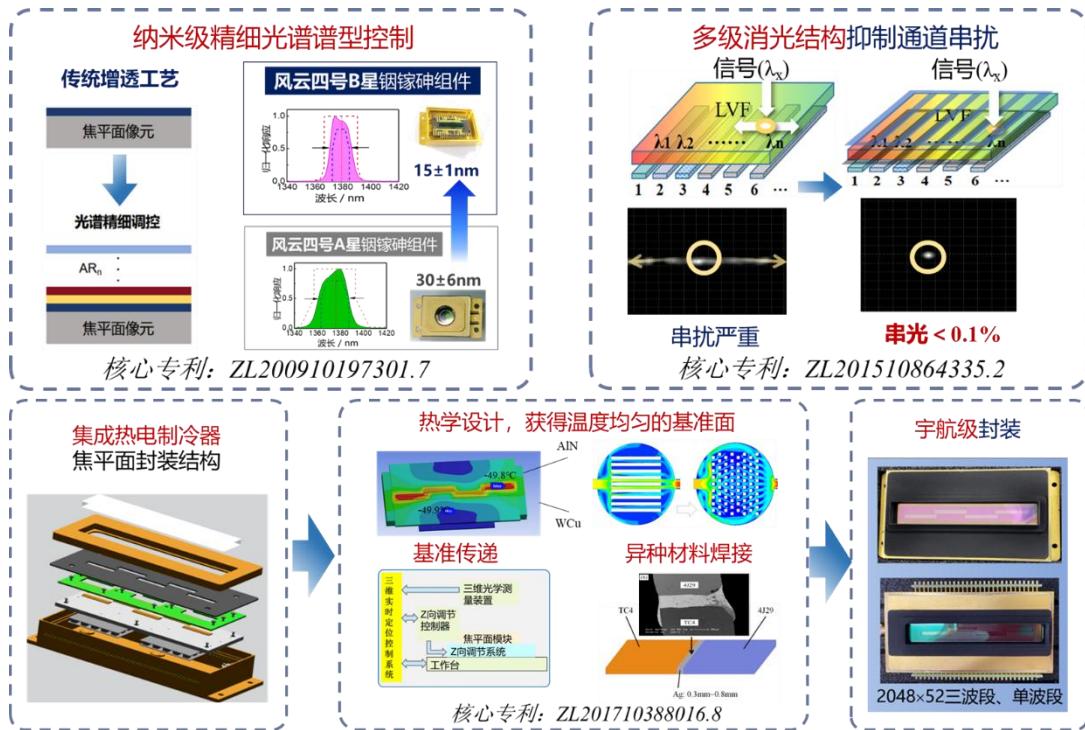


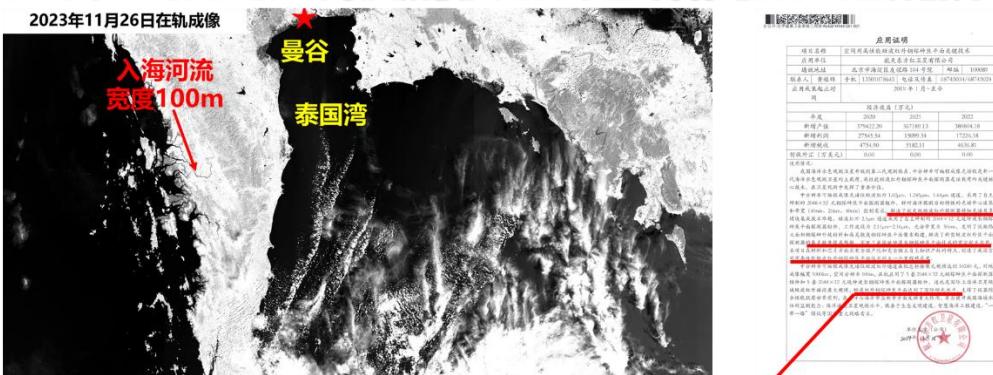
图 4：铟镓砷组件精细谱型集成技术主要发明点

该项目首次成功应用于高时效定量化气象监测、高分辨率精细化海洋监测、地外天体资源原位探测等，研制的 14 款铟镓砷核心芯片成功应用于 8 大系列 12 次空天任务，取得了显著的经济和社会效益。鉴定委员会评价：**该项目拥有完全自主知识产权，属国内首创，填补了我国铟镓砷探测器技术与航天应用的空白，综合技术达到国际领先水平。**科技咨询报告结论：**综合技术达到国际领先水平。**



图 5：本项目主要应用情况

国际上海洋卫星领域短波红外最大规模，支撑了仪器综合性能跃升到世界前列



航天东方红卫星有限公司（海洋水色观测卫星总体）：“解决了精细光谱和多模块集成技术难题，……解决了高灵敏度难题，实现我国延伸波长铟镓砷焦平面的首次航天应用，创造了铟镓砷技术又一个里程碑，达到了国际领先水平。

图 6：典型应用案例-海洋水色观测卫星