**附件2**

**奖种：上海市技术发明奖**

**项目名称：月球及行星表面光谱原位探测方法与关键技术**

**项目简介**

本发明属光学及光电子领域，涉及月球、行星等天体表面矿物的光谱原位高灵敏度探测方法与关键技术。通过声光电集成调控探测，解决目标成分原位探测与分析的光谱、图像的同步、实时、精准获取问题。

光谱原位探测，是指在目标场景位置现场进行的光谱实时探测，是月球及行星科学研究与应用追求的主要技术手段，对于天体起源和演化历史研究，资源勘查等均具有十分重要的意义，但是，受低光照、宽温度、粉尘等恶劣环境影响，以及重量、体积、功耗的严格限制，成为国内外深空探测领域亟待解决的难题。

本发明突破月球及行星表面目标光谱原位图谱高效探测与定标的技术瓶颈，发明并系统解决“高质量凝视型图谱同步探测及标定+高性能声光电集成调控探测+高水平核心分光组件设计与制备+高精度现场与地面协同定标及验证”的探测方法与关键技术，形成了独创的原位光谱探测系统解决方案。

发明点1：发明了月球及行星表面凝视型声光电调控图谱原位探测方法，在国际上首次研制了系列化高灵敏度、大动态范围的原位光谱探测系统。

发明点2：发明了单体多通道声光可调滤光器设计与制备方法，自主构建了声光器件设计、制备、试验、检测等研发及生产全流程的核心技术链，促进了新型高性能声光器件的国产化发展及应用。

发明点3：创建声光电复用的无运动高频调制锁相方法，发展射频频率、积分时间和增益可编程的凝视成像及信号处理技术体系，突破基于正交偏振结合信号光调制的杂散光抑制技术，实现原位光谱及图像的高灵敏度、大动态范围探测。

发明点4：发明月球、行星表面现场与地面协同的高精度定标方法，突破轻量化定标、防尘及隔热功能集成技术，研制系列化高可靠在轨定标组件及声光器件性能专用检测系统，实现一体化全链路的高精度定标。

本发明源自我国嫦娥工程创新成果，丰富了空间光谱成像技术体系，促进了国产化新型分光核心部件的发展及应用；获授权发明专利20项，申请发明专利8项，发表论文35篇，实现逾2亿元的直接及3亿元的间接经济产值；为我国嫦娥三、四、五、六号及首次火星探测工程提供了系列化高水平科学载荷设备；总体技术成果及声光技术已广泛转化应用于军民诸领域，经济与社会效益显著。

本发明首次应用的嫦娥三号红外成像光谱仪，搭载于"玉兔"巡视器，成功获取了月面目标可见至短波红外科学数据，是国际上声光成像光谱技术以及我国声光光谱与成像技术的首次空间应用。成果鉴定为："系统复杂、独创性强、研制难度很大，拥有多项自主知识产权，总体技术在深空探测领域居国际领先"。科学应用成果被Nature子刊及PNAS（美国科学院院刊）等知名刊物发表；相应论文入选为美国John Wiley & Sons出版的《Optical Payloads for Space Missions》第5章专章；中央电视台等主流媒体及SPIE（国际光学工程学会）进行专题报道，产生了很大国际影响力。

**知识产权情况**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **国别** | **知识产权类别** | **授 权 号** | **名称** |
| 1 | 中国 | 授权发明专利 | ZL201410401841.3 | 一种用于行星表面就位精细光谱分析系统 |
| 2 | 中国 | 授权发明专利 | ZL201510145520.6 | 提升凝视型红外光谱仪工作效率的变增益控制系统及方法 |
| 3 | 中国 | 授权发明专利 | ZL201010284500.4 | 一种成像光谱仪定标装置 |
| 4 | 中国 | 授权发明专利 | ZL201110158968.3 | 宽带声光可调滤光器 |
| 5 | 中国 | 授权发明专利 | ZL201510866388.8 | 一种通用型便携式地物光谱成像仪 |
| 6 | 中国 | 授权发明专利 | ZL201510146192.1 | 一种多孔径近距大视区光学系统及扫描镜的设计方法 |
| 7 | 中国 | 授权发明专利 | ZL201510607569.9 | 基于可变OSK射频调制的增益程控声光光谱探测系统 |
| 8 | 中国 | 授权发明专利 | ZL201510099509.0 | 宽光谱声光可调滤光器 |
| 9 | 中国 | 授权发明专利 | ZL200910226497.8 | 声光可调谐滤光器衍射效率测试系统及测试方法 |
| 10 | 中国 | 授权发明专利 | ZL201510028960.3 | 双光路切换互参考高精度AOTF性能测试方法及装置 |

**发表论文著作情况**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **论文、著作** | **他引次数** | **SCIEI收录** | **通讯作者** |
| 1 | He Zhiping, Wang Binyong, Lv Gang, etc., Visible and Near-infrared Imaging Spectrometer (VNIS) for Chang'E-3 (Invited paper)[C], Proc. Of SPIE Vol. 9263, 2014, 9263-13. | 1 | 是 | 王建宇 |
| 2 | Wang Jianyu, He Zhiping, Shu Rong, Visible and Near‐infrared Imaging Spectrometer aboard Chinese Chang'E 3 Spacecraft. In Optical Payloads for Space Missions[G], New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2015. | 0 | 否 | 王建宇 |
| 3 | He Zhiping, Wang Binyong, Lv Gang, etc., Operating principles and detection characteristics of Visible and Near-Infrared Imaging Spectrometer (VNIS) in Chang'e 3 Project[J], Research in Astronomy and Astrophysics, 2014, 14(12): 1567-1577 | 18 | 是 | 王建宇 |
| 4 | He Zhiping, Wang Binyong, Lv Gang, etc., Visible and Near-Infrared Imaging Spectrometer (VNIS) and Its Preliminary Results from the Chang'E 3 Project[J], Review of Scientific Instruments 2014, 85(8), 083104:1-3 | 14 | 是 | 王建宇 |
| 5 | Wang Jianyu, He Zhiping, Shu Rong, Design and application of space-borne imaging spectrometer based on Acoustic-Optic Tunable Filter (AOTF) [C], Proc. of SPIE Vol. 7857, 2010, 78570N | 1 | 是 | 王建宇 |
| 6 | Xu Rui, He Zhiping, Zhang Zehong, etc., The research on characteristics of acousto-optic tunable filter by space radiation experiment[C], Proc. of SPIE Vol. 8196, 2011, 819627 | 3 | 是 | 王建宇 |
| 7 | Xu Rui, Lv Gang, Ma Yanhua, etc.,Calibration of visible and near-infrared imaging spectrometer (VNIS) on lunar surface[C], Proc. of SPIE Vol. 9263, 2014, 9263-43 | 1 | 是 | 王建宇 |
| 8 | He Z, Xu R, Yuan L, et al. Visible and near-infrared imaging spectrometer (VNIS) for in-situ lunar surface measurements[C], Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites XIX. International Society for Optics and Photonics, 2015:96391S. | 1 | 是 | 王建宇 |
| 9 | 刘书勤, 王斌永, 徐睿,等. 基于多谱段集成检测的宽光谱AOTF性能测试系统[J]. 红外与激光工程, 2015, 44(4):1343-1348. | 3 | 是 | 何志平 |
| 10 | 何志平, 秦侠格, 徐映宇,等. 面阵凝视声光光谱成像技术及其轻小型无人机载应用探讨[J]. 红外与激光工程, 2016, 45(2):41-47. | 1 | 是 | 何志平 |
| 11 | 田咪, 何志平, 陈凯,等. 基于超声电机的轻型指向机构及其指向误差分析[J]. 红外与激光工程, 2015, 44(7):2200-2205. | 0 | 是 | 王建宇 |
| 12 | Xu Y, Xu R, Li F, et al. Verification of programmable, large-FOV spectral imaging technology based on a staring scanning area-array detector[C], SPIE Asia-Pacific Remote Sensing. International Society for Optics and Photonics, 2014. | 1 | 是 | 王建宇 |
| 13 | 刘济帆, 马艳华, 张雷,等. 基于AOTF的新型成像光谱系统[J]. 红外与激光工程, 2013, 42(11):3065-3069. | 8 | 是 | 舒嵘 |
| 14 | 刘济帆, 马艳华, 张雷,等. 基于AOTF的光谱响应可编程成像光谱系统关键技术[J]. 红外与毫米波学报, 2013, 32(3):237-241. | 2 | 是 | 舒嵘 |
| 15 | 刘济帆, 马艳华, 张雷,等. AOTF成像光谱仪及其在青藏高原多尺度遥感中的试验应用[J]. 红外与毫米波学报, 2013, 32(1):86-90. | 3 | 是 | 舒嵘 |
| 16 | 秦侠格, 姬忠鹏, 徐映宇,等. 双光路互参考高精度AOTF衍射效率测试方法及装置[J]. 红外与激光工程, 2017, 46(4):154-159. | 0 | 是 | 舒嵘 |
| 17 | Zhang Z, Wang L, He X, et al. Wide spectral range imaging acousto-optic turnable filter used in outer space probe[C], Conferences of the Photoelectronic Technology Committee of the Chinese Society of Astronautics: Optical Imaging, Remote Sensing, and Laser-Matter Interaction. International Society for Optics and Photonics, 2014:5545-5550. | 0 | 是 | 张泽红 |
| 18 | 张泽红, 赵治国, 雷波,等. 宽光谱声光可调滤光器[J]. 压电与声光, 2013, 35(1):19-23. | 9 | 是 | 张泽红 |
| 19 | 张泽红, 何志平. 低漂移成像声光可调滤光器[J]. 压电与声光, 2013, 35(2):170-173. | 1 | 是 | 张泽红 |
| 20 | 刘伟, 何晓亮, 王智林,等. 中红外声光可调滤光器[J]. 压电与声光, 2011, 33(2):178-181. | 4 | 是 | 刘伟 |

**主要完成单位**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **排名** | **单位名称** | **单位性质** |
| 1 | 中国科学院上海技术物理研究所 | 科研院所 |
| 2 | 中国电子科技集团公司第二十六研究所 | 科研院所 |

**主要完成人**

何志平,李春来,吕刚,王建宇,舒嵘,张泽红,袁立银,徐睿,王斌永,刘伟,李飞飞,沈渊婷,王晓新,徐晟,金健