

面向空间应用的超导单光子探测技术研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/14048.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

近日，中国科学院理化技术研究所梁惊涛团队与中科院上海微系统与信息技术研究所尤立星团队合作，在面向空间应用的超导单光子探测器（SNSPD）技术领域取得进展，实现了通信波段最大探测效率93%的新纪录，为我国开展基于超导单光子探测器的深空通信、空间量子信息等应用奠定了基础。5月20日（北京时间），相关研究成果以《系统探测效率达到93%的基于可空间应用制冷机的超导单光子探测器（*Superconducting single-photon detector with a system efficiency of 93% operated in a 2.4 K space-application compatible cryocooler*）》为题，以快报（Letter）形式，在线发表在*Superconductor Science and Technology*上。

超导纳米线单光子探测器（SNSPD：Superconducting nanowire single-photon detector）作为高性能的单光子探测器，广泛地应用于量子信息、激光雷达、深空通信等领域，推动了相关领域的科技进步。迄今为止，所有的SNSPD均只在地面实现应用验证。如果能在空间应用中采用SNSPD，有望推动空间光学天文观测、深空光通信、空间量子信息等技术的跨越式发展。而制约SNSPD空间应用的主要因素是制冷技术。SNSPD通常需要在液氮（4.2K）以下温区工作，典型的解决方案是采用商用的G-M二级闭合循环制冷机。然而，这类制冷机采用油润滑压缩机，冷头有运动部件，且受到体积、重量功耗制约，无法实现空间应用。

瞄准空间应用对高性能单光子探测技术的迫切需求，科研人员发展面向空间应用的小型液氮温区制冷机技术，并期望将其和高性能SNSPD结合以实现可空间应用的高性能SNSPD系统。2017年1月，美国国家标准与技术研究院（NIST）首次报道基于三级脉管加JT节流技术的小型制冷机，其JT的压缩机尚未成功研制【*IEEE Trans on Appl Supercond* 27: 9500405 (2017)】。2017年9月，英国格拉斯哥大学报道了可空间应用的基于斯特林+JT节流技术的小型制冷机，最低温度只能达到4.2K。利用该制冷机实现了SNSPD系统，但性能有限（1310nm波长/暗计数KHz/探测效率仅20%），与半导体探测器性能相当【*Supercond Sci and Tech* 30: 111t01 (2017)】。理化所梁惊涛团队和上海微系统所尤立星团队合作开展面向空间应用的SNSPD系统研发。理化所研发出可实现空间应用的二级脉管+JT节流技术小型制冷机，最低无负载工作温度可达到2.6K，微系统所研发了出高性能的SNSPD。团队联合攻克一系列集成技术难题后，首次实现了1550nm工作波长探测效率超过50%的SNSPD系统【*Optics Express* 26: 2965 (2018)】，展示了SNSPD相对于传统半导体单光子探测器在空间应用中的性能优势及潜力。

2020年，理化所依托在空间制冷领域的持续技术创新，进一步优化制冷机，降低制冷机的体积和最低工作温度（图1）。同时，上海微系统所利用三明治结构超导纳米线实现SNSPD 98%的效率纪录【*Optics Express* 28: 36884 (2020)】。双方在此基础上再次合作，实现了最大探测效率93%的可空间应用的超导单光子探测系统（图2），刷新了我国保持了两年多的系统探测效

率纪录。该成果对于SNSPD的空间应用具有广泛而深远的意义。

上海微系统所博士研究生胡鹏和理化所助理研究员马跃学为论文第一作者，上海微系统所研究员李浩、尤立星以及理化所副研究员刘彦杰为论文通讯作者。研究工作获得国家重点研发计划、国家自然科学基金、上海市科学技术委员会、上海市启明星项目、上海市优秀学术带头人计划，以及中科院青年创新促进会等的资助。

[论文链接](#)

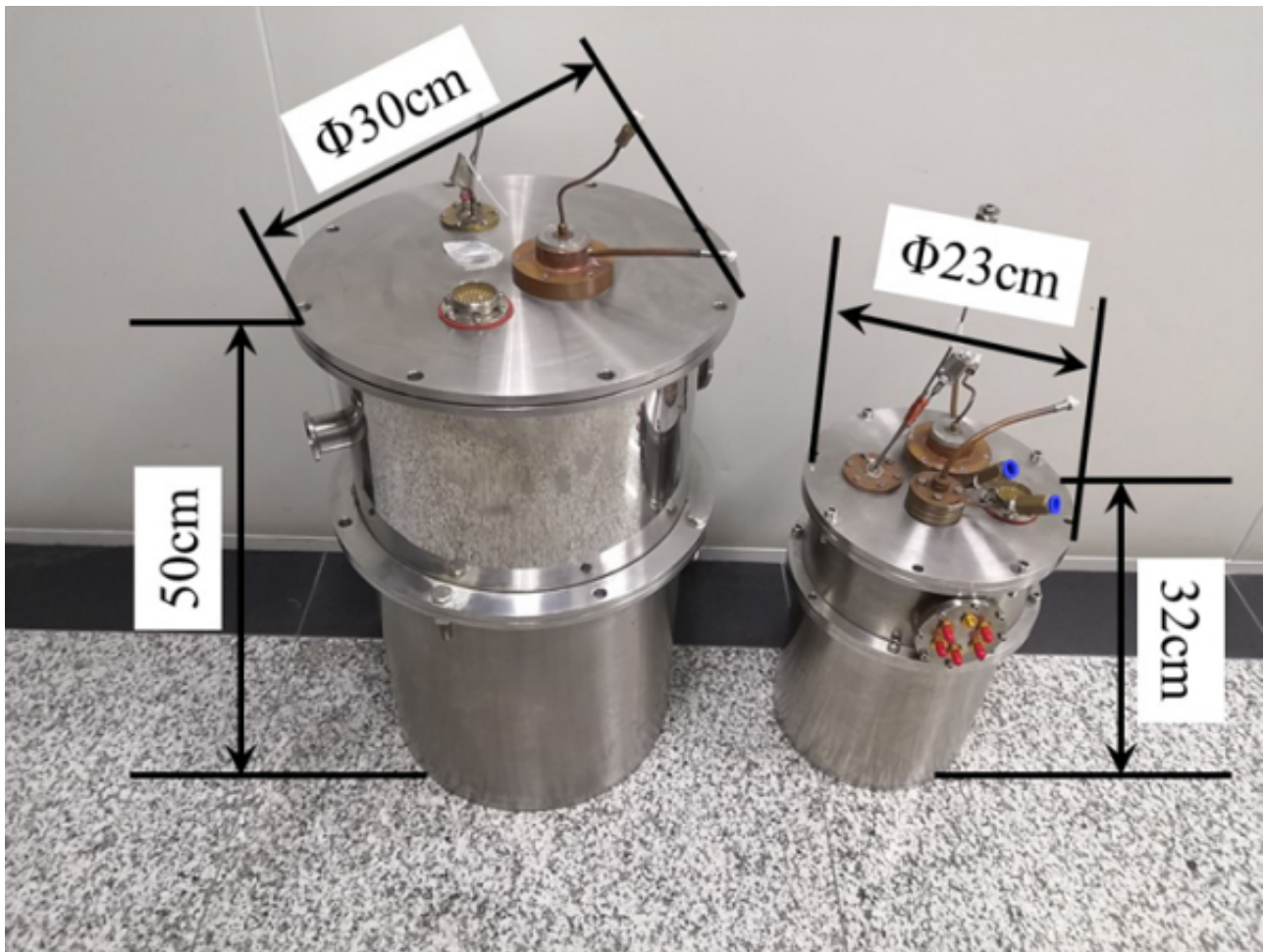


图1.第一代（左）与第二代（右）制冷机真空腔尺寸对比

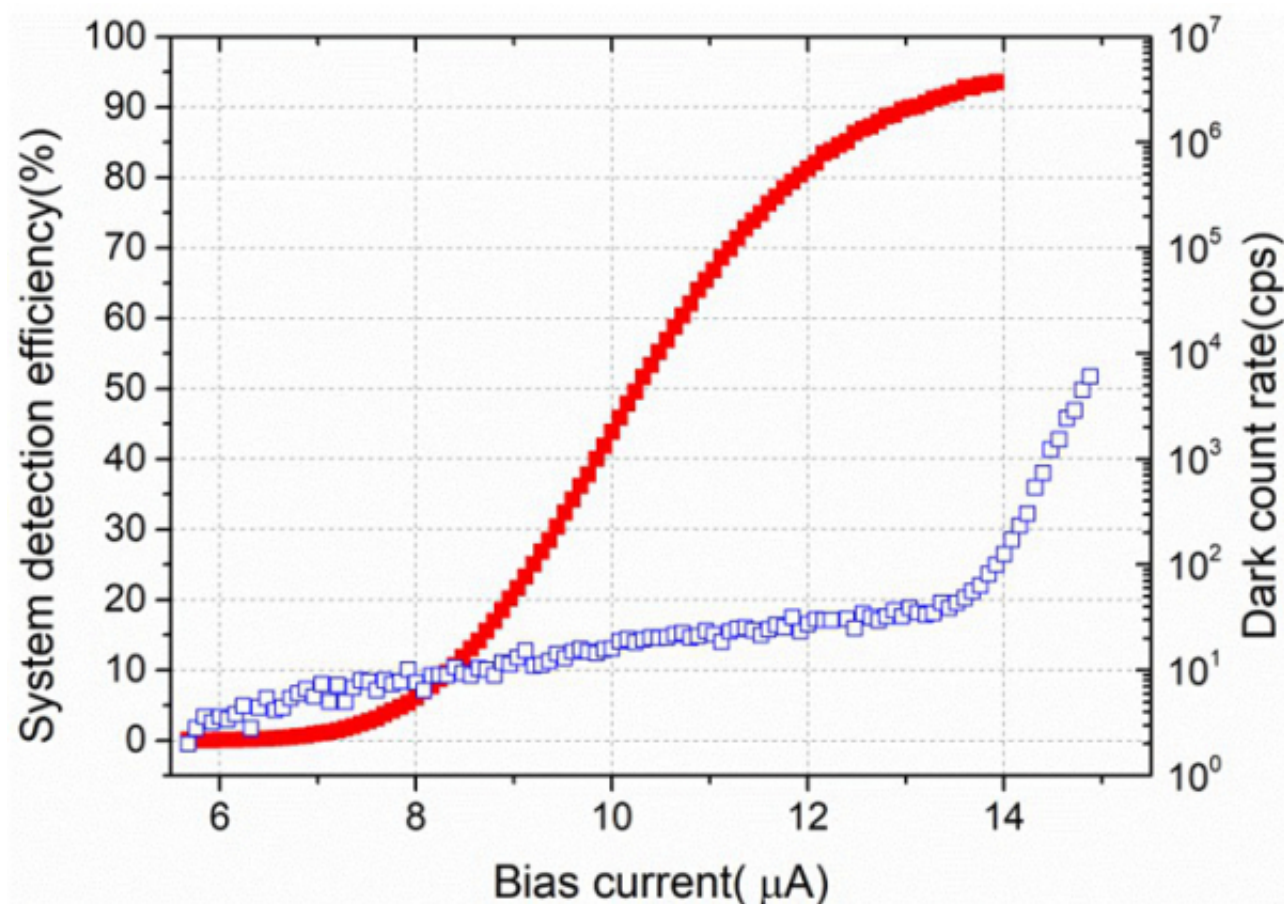


图2.SNSPD系统探测效率（红色曲线）和暗计数（蓝色曲线）随偏置电流变化曲线

研究团队单位：理化技术研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发