新成果使量子传感增益再攀新高

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/43443.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！

新成果使量子传感增益再攀新高。日前，记者从清华大学获悉，该校交叉信息院孙麓岩教授研究团队联合中国科学技术大学邹长铃和李明团队、浙江大学王浩华团队，在超导电路量子电动力学平台上提出并实现了Fock空间量子共焦显微方案，确定性地实现平均光子数最高达500的福克（Fock）空间聚焦态的制备和探测，将光子数方差降低到相干态的0.71%，并在位移测量中获得超越标准量子极限19.20±0.20 dB的测量精度提升。相关成果发表于《自然》。

长期以来，人类对世界的认识总是以测量精度的突破为先导，但经典测量工具存在一道精度天花板——热噪声、散粒噪声等经典极限，使微弱信号的探测长期受限。

量子增强精密测量利用量子叠加、纠缠等特性打破了这道天花板，使测量工具不再受热噪声、散粒噪声等经典极限的制约，对灾害预警、新物理探索、精密传感和国际计量标准研究具有重要意义。

然而，要获得实际量子优势必须同时解决两个共性问题：一是大规模非经典量子探针的确定性制备。二是高维量子态中微弱信号的高效提取。前者意味着要让成百上千个粒子步调一致地协同运动，后者则意味着测量过程中的微小误差都会极大影响信息提取效率。

随着粒子数或激发数增加，传统非经典态制备方案的操控复杂度上升、成功率下降，而高维量子态的直接读取又容易丢失关键信息。因此，玻色谐振子系统中的大规模非经典态的可扩展制备与高效测量，成为玻色模式量子计量走向实用化的核心瓶颈。

今年7月，该团队与校外科研团队合作，实现了福克空间光学控制新框架的构建。在此基础上，团队将经典共焦光学的聚焦与共轭成像思想引入福克空间，构建了由两个福克空间透镜组成的量子共焦系统。第一片透镜将容易制备的宽分布相干态聚焦为光子数高度集中的非经典福克空间聚焦态，第二片透镜再将其重新映射回近相干态，从而在无需反转哈密顿量的情况下实现近似时间反演。

该方案的操作步骤不随光子数增加而增加，为大规模量子态的紧凑操控和读出提供了新路径。

在实验中，研究团队成功实现了上述方案，成功制备了平均光子数高达500的福克空间聚焦态，中心福克态布居超过20%，拟合光子数涨落为1.9±0.3个光子，相对于相干态实现了21.5±1.1 dB的光子数方差压缩，相当于将玻色子个数方差降低到原来的约0.71%。

团队进一步发展福克空间扫描层析方法，即以光子数不确定度极小的探针扫描光子数分布有一定

宽度的量子态，获取未知量子态在福克空间中的分布信息。

利用该方法，团队表征了大光子数玻色模式态的福克空间分布，信息提取效率超过90%。团队将该制备—读出闭环用于位移传感，在平均光子数为400时获得超越标准量子极限19.20±0.20 dB的量子计量增益，相当于最小可分辨位移降至标准量子极限的约1/9，刷新了非高斯态光子数和量子计量增益两项纪录。

该成果同时解决了高光子数非高斯量子探针的确定性制备与高效信息提取两大难题，为量子增强精密测量提供了紧凑的实验框架。（来源：中国科学报 陈彬）

相关论文链接：https://doi.org/10.1038/s41586-026-11353-2。

作者：孙麓岩等 来源：《自然》

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转发