
精密测量院研制出相位锁定的涡旋物质波干涉仪

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/19437.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，中国科学院精密测量科学与技术创新研究院江开军研究团队研制出基于超冷原子气体的涡旋物质波干涉仪，并观察到两自旋分量上干涉条纹的相位锁定现象。

干涉是经典波动力学和量子力学中的基本现象，以此为基础的干涉仪可以通过测量不同路径或通道间的相位移对物理量进行精确测量。超冷原子气体具有组分纯净、相干性好且内外态精确可控的特点，基于该体系的物质波干涉仪近年来成为精密测量和基础物理研究的重要工具。目前在超冷原子气体中实现的物质波干涉主要是通过操控物质波的平动自由度实现分束，观测具有不同线动量的物质波干涉条纹进行相位测量。而另一方面，由角动量表征的转动是体系另一个重要自由度，并且超冷量子气体中的角动量与体系的涡旋、超流等量子现象具有密切的联系。在超冷原子气体中可以基于不同的角动量态实现一类新型的涡旋物质波干涉，有望用于测量体系的外部磁场、转动、粒子间相互作用和几何相位等物理量。实现涡旋物质波干涉的前提是在超冷原子气体中可控的制备和操控涡旋态。近年来，携带角动量的拉盖尔-高斯光与冷原子相互作用研究的进展，为建立涡旋物质波干涉仪奠定了基础。

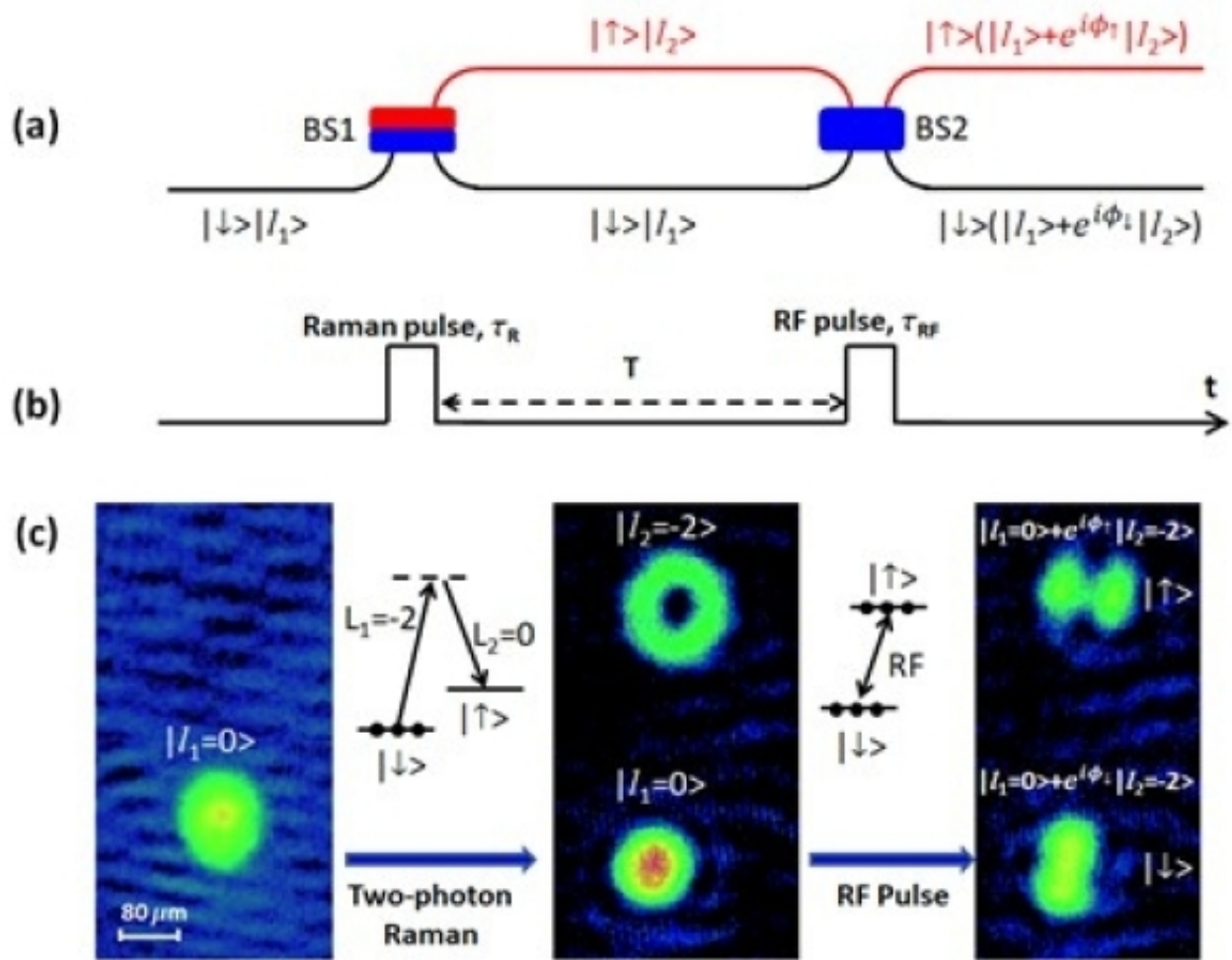
研究团队近年来对超冷原子气体的涡旋光场调控开展了研究，掌握了利用涡旋光场驱动双光子拉曼跃迁实现超冷原子涡旋态的制备、操控与测量方法，测量了自旋-角动量耦合超冷原子气体的量子相变【*Physical Review Letters* 122, 110402 (2019)】。

在前期工作基础上，研究团队利用偏置磁场在铷87原子 $F=1$ 超精细能级的三个磁子能级间产生较大的二阶塞曼频移。他们利用一对具有不同角动量的拉曼光束诱导双光子跃迁，获得干涉仪的第一个分束器，干涉仪的两臂具有不同的自旋和角动量（涡旋态）；利用射频脉冲作为第二个分束器，在两个自旋态（对应分束器的两个输出端口）上都实现涡旋物质波的干涉。通过选择合适的拉曼光和射频脉冲的失谐量，确保原子只布居在两个磁子能级，产生无损耗的分束器。不同于线动量干涉产生的线向干涉条纹，实验上观察到角向干涉条纹。通过对干涉图样的分析，研究发现两自旋态上的干涉条纹具有反相位关系（ π 相位差），该相位关系不受两涡旋态的角动量差、拉曼光的组成和超冷原子自由膨胀时间等实验参数的影响。研究人员提出了利用涡旋物质波干涉仪测量磁场的方案，并对磁场测量的灵敏度进行了评估，指出该方案可以测量有限大小的磁场，并且测量灵敏度不受原子数波动的影响。该工作为构建基于涡旋物质波干涉的新型量子传感器提供了实验基础。

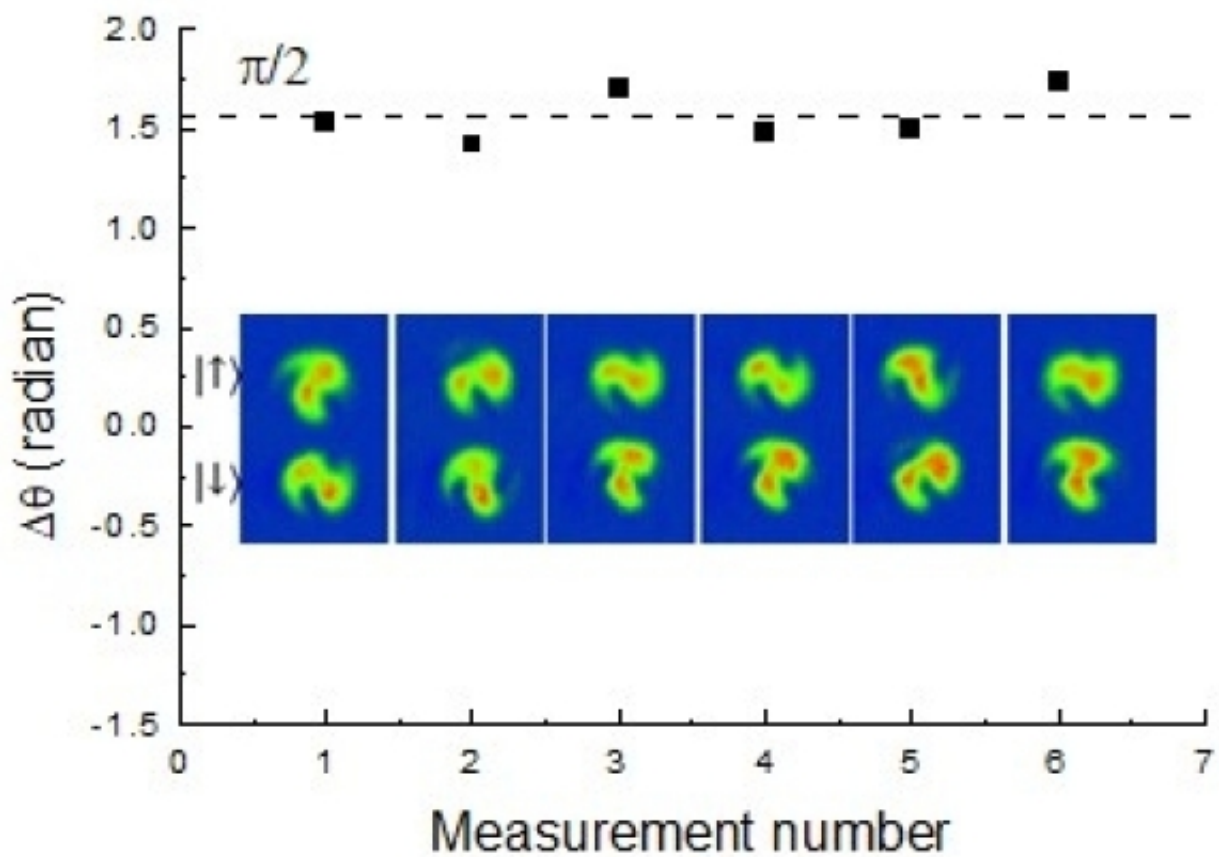
相关研究成果以 *Phase-locking matter-wave interferometer of vortex states* 为题发表在 *npj Quantum Information*

上。研究工作得到科学技术部重点研发计划、国家自然科学基金、中科院国际团队以及湖北省创新群体项目等的资助。

[论文链接](#)



涡旋物质波干涉仪的实验构型



两自旋态干涉条纹相位关系的实验测量

研究团队单位：精密测量科学与技术创新研究院

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