
科学家实现超越标准量子极限的微波测量

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/37977.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！

科学家实现超越标准量子极限的微波测量。 中国科学技术大学郭光灿院士团队史保森、丁冬生研究组在冷里德堡原子气体中利用迟滞轨迹的翻转对微波场的敏感响应，实现了超越标准量子极限的微波测量。1月12日，相关成果发表于《自然-通讯》。

由于里德堡原子具有较大的电偶极矩，可以对微弱的电场产生很强的响应，因此作为一个非常有前景的微波测量体系备受人们的青睐，在学术界和产业界取得了飞速发展。但基于里德堡原子的微波测量领域还存在很多科学问题有待解决，其中如何实现超高灵敏度的微波探测成为人们研究的热点。

近年来，史保森、丁冬生研究组利用冷里德堡原子体系，聚焦量子模拟和量子精密测量科学研究，已取得了系列重要进展。此次工作中，团队基于冷原子体系，利用里德堡多体系统中交叠的迟滞轨迹实现了量子增强传感。在先前工作的基础上，研究人员进一步在该系统中引入微波场，发现微波场的变化会使迟滞轨迹发生明显的交叠和翻转。其中迟滞轨迹由于能隙闭合点的出现而发生交叠，且能隙闭合点（奇异点）随微波场的变化产生非线性的相边界，因此追踪奇异点随微波场的变化可实现微波测量。实验中通过调控里德堡多体系统的相互作用改变相边界的陡峭程度，实现了高灵敏度，超越了标准量子极限。

理论上，研究团队发现四能级里德堡原子系统存在粒子-空穴对称性，能隙闭合点(奇异点)的出现打破了对称性，将相图划分为对称和对称破缺相，其中由奇异点形成的相边界展现出对外场的非线性响应。实验中原子间的相互作用引起的耗散随探测光强度和微波场的变化导致系列迟滞回线的出现。迟滞轨迹随微波场的变化经历了顺时针-折叠-逆时针的三个过程。在轨迹交叠区域，迟滞轨迹交点处的透射谱完全分离，可以实现高灵敏度的微波探测。通过测量相边界随微波场幅度的变化，可获得系统的灵敏度。这项工作从多体非厄米理论到量子增强实验的实现，为量子领域的精密测量提供了新途径。

该工作得到审稿人高度评价：这项极具价值且极具时效性的实验，其影响可从两个维度考量：展现量子系统在计量应用中的强大效能；实验观测到能隙闭合点与灵敏度提升之间的关联。（来源：中国科学报 王敏）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-025-67921-z>

作者：郭光灿等 来源：《自然—通讯》

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](http://www.iikx.com)转发