
科学家实现新型微波激射器

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/12854.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！

中国科学技术大学中科院微观磁共振重点实验室在量子精密测量研究领域取得重要进展，该实验室教授彭新华研究组及合作者，首次在弗罗凯量子体系上实现微波激射器，为超高精度超低频磁场测量及暗物质搜寻等研究提供了全新的途径。近日，相关研究成果以Floquet maser为题，在线发表在Science Advances上。同期Science“展望”栏目和学术网站Phys.org分别以A masing ladder、Extending maser techniques to Floquet systems为题，专文报道该工作。

微波激射器（maser）是利用电磁波与原子或分子等量子系统的共振相互作用，在微波波段获得放大或振荡的量子器件。自1954年，第一台微波激射器被实现后，催生出若干革命性技术，如激光器、原子钟和量子放大器。然而，尽管微波激射器的研究历史已有60多年，但迄今只有少数的物质可实现微波激射器，仅在静态体系上实现过。对于含时周期变化的体系（即弗罗凯体系，Floquet system），此前未有任何的理论和实验报道。

左图：弗罗凯微波激射器装置；中图：弗罗凯量子态和能级；右图：弗罗凯微波激射器的频谱

该研究首次从理论上提出这种新型微波激射器的可行性，并在核自旋体系上实验实现。为实现这一目标需要克服诸多挑战：（1）通常情况下，原子核自旋的布居度只有百万分之一，远达不到微波激射器的阈值条件。为

此，研究人员采用同位素惰性气体氙气（ ^{129}Xe ）作为微波激射器介质，利用自旋交换碰撞方法，将 ^{129}Xe

核自旋的布居度提高5个数量级。（2）以往微波激射器需要实现布居度的反转，已致许多体系无法用于建造微波激射器。研究人员设计了一套精巧的外腔反馈控制系统（左图），消除了传统微波激射器对反转布居度的苛刻要求，扩大了微波激射器的适用范围。在解决上述两个挑战的基础上，进一步利用射频磁场周期调制氙自旋体系的能级分裂，从而形成弗罗凯量子态（Floquet state）（中图）。经过两年多的努力，研究团队首次观测到弗罗凯量子态之间的受激辐射，标志着在周期变化的量子体系上实现了微波激射器。这种新型微波激射器不同于以往，它呈现多个相位锁定的多频振荡，它们的频率值等于弗罗凯能级间距，该现象类似于“频率梳”结构（右图）。研究中，科研人员还利用该微波激射器攻克了低频磁场噪声难题，实现了迄今为止超低频段（1-100 mHz）最高的磁场测量灵敏度。

研究人员将这种全新的量子器件命名为“弗罗凯微波激射器”（Floquet maser）。该研究建立起一座连接弗罗凯物理（Floquet physics）和微波激射器的桥梁，有望在广泛的量子体系上实现微波激射器，为精密测量研究提供全新的技术手段。Science

以专文报道了这一研究工作，“展示了全新的微波激射器”，“能够有效克服以往精密测量的低频噪声难题”，“为实现伽马激光提供了新可能性”，“该工作有望应用于高精度时钟以及探测超轻暗物质”。微观磁共振重点实验室博士后江敏为论文第一作者，彭新华为论文通讯作者。研究工作得到科技部、国家自然科学基金委员会和安徽省的资助。

[论文链接](#)

研究团队单位：中国科学技术大学

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