

---

# 中国科大实现千赫兹级谱线分辨率的单自旋顺磁共振

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/10004.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！**

中国科学院院士、中国科学技术大学教授杜江峰领导的中科院微观磁共振重点实验室提出并实验实现了一种基于金刚石氮-空位（NV）色心量子传感器的高分辨顺磁共振探测方法，获得了千赫兹（kHz）谱线分辨率的单自旋顺磁共振谱。该研究成果以Kilohertz electron paramagnetic resonance spectroscopy of single nitrogen centers at zero magnetic field 为题，发表在《科学进展》上[Science Advances 6:eaz8244 (2020)]。

电子顺磁共振谱学技术是当代重要的物质科学研究手段，常用来获取分子的动力学、结构等信息。该技术一个主要的发展方向是从尽可能少的样品中获取尽可能精确的信息，这需要同步提升空间分辨率和谱线分辨率。近几十年来，得益于新的探测技术的出现，空间分辨率不断提升，甚至实现了纳米尺度下单个自旋的顺磁共振检测。然而受制于不可控的外界噪声的干扰，其谱线分辨率却停留在兆赫兹（MHz）量级，这阻碍了进一步在单分子层面解析结构、局域环境等信息。要想突破当前的谱线分辨率限制，需寻求克服环境噪声的新方法。

除了主动抑制噪声，另一种更为直接有效的方式是让被测自旋天然地对噪声免疫。在特定磁场等条件下存在着一类特殊自旋态，这些自旋态能够抵抗外界磁场噪声的扰动，电子在这些自旋态之间跃迁产生的谱线就会窄化。这种物理现象广泛存在于离子阱、核磁共振以及磷硅等体系中。之前有文献报道，对于一类顺磁性物质，在零磁场下也存在这种现象。但是传统顺磁共振技术的检测灵敏度与磁场大小相关，零场下探测效率极低，限制了实际应用。为此研究团队使用金刚石中NV色心量子传感器进行顺磁共振检测。之前的工作已经证明了，NV色心即使在零场下依然具有单自旋级别的检测灵敏度[Fei Kong, et al., Nature Communications 9, 1563 (2018)]。

为了观测到谱线窄化，实现高分辨率谱学探测，还需要消除NV传感器自身带来的谱线展宽。在本工作中，杜江峰团队受到核磁共振中关联探测的启发，设计了一种适用于零场的顺磁共振关联序列，极大地压制了NV传感器的本征展宽。用此新方法，研究人员在实验中成功实现金刚石中单个氮原子电子自旋的窄化跃迁探测，相较传统方法谱线分辨率提升了27倍，达到8.6 kHz，这是目前基于金刚石量子传感器微观顺磁共振谱学的最高指标。

该实验结果证明了基于NV量子传感的顺磁共振技术可以兼顾空间和谱线分辨率，同时这种测量手段没有苛刻的环境条件（真空，低温）限制，可在室温大气溶液等条件下工作，在生物应用方面具有独特的竞争优势。这种新型方法能够应用于单个生物分子的探测，得益于谱线分辨率的提升，可以更加精细地分析单分子的结构信息、动力学变化以及局部环境特征等。

---

中科院微观磁共振重点实验室博士后孔飞、博士生赵鹏举和余佩为该文共同第一作者，杜江峰和特任教授石发展为该文共同通讯作者。该研究得到科技部、国家自然科学基金委、中科院和安徽省的资助。

[论文链接](#)

传统方法（上）和噪声抵抗新方法（下）顺磁共振谱的对比图。可以看出谱线分辨率有显著提升，并且观测到了更加精细的耦合信息。

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](http://www.iikx.com)转发