中国科大制备出高性能可集成固态量子存储器

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/8582.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郭光灿团队在量子存储领域取得新进展。该团队李传锋、周宗权等人采用飞秒激光微加工技术制备出高保真度的可集成固态量子存储器，并基于自主研制设备首次实现稀土离子的电子自旋及核自旋相干寿命的全面提升。相关成果分别于2月20日和28日发表在物理学期刊*Optica*和*Physical Review Applied*上。

量子存储器是构建量子网络的核心器件，它可以有效地克服信道损耗从而拓展量子通信的工作距离并且可以整合分处异地的量子计算及量子传感资源。当前固态量子存储器研究面临两方面的挑战，一方面，已有的固态量子存储实验使用的存储介质大多是块状晶体，这种材料不能直接对接光纤网络或集成光学芯片，难以实现大规模扩展性应用。另一方面，稀土离子的电子自旋及核自旋与晶体内声子相互作用，导致量子存储器的相干寿命严重受限。为了推进量子存储器的实用化，研究组从材料加工与测试装备着手对以上问题展开系统性研究。

为解决扩展性问题，研究组采用飞秒激光微加工技术首次在掺铕硅酸钇晶体中刻蚀出光波导，研制出可集成的固态量子存储器。波导区域距晶体表面150微米，波导宽度为20微米，可以与其他微纳电子学及微纳光学器件进行集成加工。由于波导区域内的光场功率密度高，实验所需的控制激光功率相比块状晶体所需功率下降了约30倍。实验中演示了原子频率梳（AFC）以及低噪声回波恢复（ROSE）两种光量子存储方案，并通过参考光信号与存储器读出光信号之间的干涉，测定了存储保真度。两种方案对应的保真度分别超过99%和97%，表明这种可集成量子存储器具有很高的可靠性。

针对相干寿命受限的问题，一个有效解决方案是构造深低温(<0.5K)的脉冲式电子与核自旋双共振谱仪(ENDOR)，从而减少声子并极化电子自旋。由于传统的商用ENDOR系统内热负载很高，其工
作温度一般无法低于4K，此前国际学术界普遍认为深低温ENDOR是个无法实现的任务[*Nature Nanotechnology* 12, 958 (2017)]。研究组在解决了系列技术难题后，成功搭建出国际首个深低温脉冲式电子与核自旋双共振谱仪，并严格标定其最低工作温度为0.1K。在0.1K温度下，测得掺钕硅酸钇晶体的自旋回波信号的信噪比相比4K温度下提升了20倍，电子自旋的布居数寿命和相干寿命分别达到15秒和2毫秒，同时核自旋的布居数寿命和相干寿命则分别达到10分钟和40毫秒，这四项寿命指标相比4K温度下均实现超过一个数量级的提升。

Optica
审稿人评价：“ 这个工作非常重要，它演示了实验技术以及方案的多样性，证明稀土掺杂晶体中刻蚀的光波导在量子信息领域中是一个非常有前景的平台。 ”

Physical Review Applied
审稿人评价：“ 这些测量是基于作者研制的一个mK级别温度的ENDOR谱仪实现的，这是一个国际上稀有的装备……这一设备使得一些物理系统可以实现更精确的谱分析，进入一个前人难以达到的温度区间。 ”“ 从4K到100mK，电子自旋及核自旋的相干寿命都实现超过一个数量级的提升。这是首次在稀土离子中通过深低温观察到自旋相干寿命的显著增强。 ”

两篇论文的第一作者分别为中科院量子信息重点实验室博士研究生刘超和李佩耘。该工作得到科技部、国家自然科学基金委、中科院、安徽省的资助。

文章链接：12

可集成固态量子存储实验示意图

(a)深低温电子与核自旋双共振谱仪的样品局部图(b)自旋回波信号强度与工作温度的关系

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