

---

# 中国科大实现多自由度复用的多功能固态量子存储器

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/1767.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、周宗权等人成功研制出多自由度并行复用的固态量子存储器，在国际上首次实现跨越三个自由度的复用量子存储，并展示了时间和频率自由度的任意光子脉冲操作功能。该成果于8月24日发表在国际期刊《自然-通讯》上。

由于不可克服的光纤信道损耗，目前地面安全量子通信距离被限制在百公里量级。基于量子存储器的量子中继方案可以有效克服信道损耗从而拓展量子通信的工作距离，所以量子存储器是未来长程量子通信和量子网络的核心器件。量子网络实用化的关键指标是通信速率，而多模式复用量子存储器可以极大地提升量子网络的通信速率。对于经典的存储器，如硬盘或者优盘等，其一个存储单元一次只能存储一个比特。而对量子存储器，由于具有量子相干性，其一个存储单元可以一次性存储大量的量子比特，这就是复用的概念。原则上对量子存储器的各个自由度都可以进行复用。

近年来，李传锋研究组一直致力于基于稀土掺杂晶体的复用量子存储的实验研究。2015年首次利用光子的空间自由度实现复用量子存储，存储维度数达到51维，至今保持固态量子存储维度数最高水平[Physical Review Letters 115, 070502 (2015)]，复用时，可以把每一维作为一个模式，那么空间自由度就有51个模式。同年，利用光子的时间自由度，实现了100个模式的确定性单光子量子存储，至今保持复用固态量子存储的模式数最高水平[Nature Communications 6, 8652 (2015)]。

为了进一步提升量子存储器的复用能力，研究组创新性地采用多自由度并行复用的存储方案。比如在第一个自由度有M个存储模式，第二个自由度有N个模式，第三个自由度有P个模式，则量子存储器的总复用模式数为各个自由度模式数的乘积，即 $M*N*P$ 。研究组选择光子的时间、空间和频率自由度进行并行复用，在国际上率先实现了跨越这三个自由度的复用量子存储。实验中采用了2个时间模式、2个频率模式、3个空间模式，总模式数达到 $2*2*3=12$ 个，实验结果展示了多自由度并行复用量子存储的可行性。这种提升量子存储模式数的新方法，将在量子网络和量子优盘的研究中具有重要应用。

在多模式复用的长程量子通信中，两个中继节点的工作模式可能各不相同，为了能够执行进一步的纠缠交换，不同的中继节点必须把工作模式变换到同一模式，这就需要模式变换功能。研究组巧妙地设计存储方案和存储装置，展现他们的多自由度复用量子存储器在时间及频率自由度具备任意模式变换功能。

---

研究组还进一步证明他们的存储器可以在时间和频率自由度实现任意脉冲操作，代表性的操作包括脉冲排序、分束、分频、异频光子合束和窄带滤波等。实验结果表明，在所有这些操作过程中，光子携带的三维空间量子态都保持了约89%的保真度。该存储装置可以实现Knill—Laflamme-Milburn型量子计算所需的所有操作，所以该成果还有望在线性光学量子计算等领域取得更多的应用。

论文第一作者为博士研究生杨天书。该工作得到科技部、国家自然科学基金委、中科院量子信息与量子科技前沿协同创新中心的资助。

文章链接

图1 多自由度复用量子存储示意图

---

图2 多自由度复用量子存储实验装置图

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