
科学家首次在固态体系实现保真度99.92%量子受控非门

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/21791.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！

科学家首次在固态体系实现保真度99.92%量子受控非门。

中国科学技术大学中科院微观磁共振重点实验室杜江峰院士、石发展教授等在量子操控领域取得重要进展，基于金刚石氮-空位(NV)色心量子比特实现了保真度99.92%的量子CNOT门(量子受控非门)。相关研究成果发表于《物理评论快报》。

金刚石氮-空位色心及其周围的核自旋示意图，形状脉冲用来抵抗核自旋产生的噪声
中国科大供图

高保真两比特量子门在量子信息处理，特别是容错量子计算中起着至关重要的作用。然而，量子比特会不可避免地与环境发生相互作用，这极大地降低了逻辑门的保真度，对于固态量子系统更是如此。经过几十年的努力，超导、离子阱、固态缺陷和量子点等量子系统，已经实现了保真度超过容错阈值(约99%)的两比特门。然而，可实用的大规模量子计算要求门保真度至少达到99.9%，此前仅离子阱体系实现了保真度约为99.9%的两比特门。固态体系由于受到更为嘈杂的固态环境的干扰，实现超过99.9%保真度的两比特门是一项艰巨的挑战。

理论上，通过量子纠错过程，只要在物理比特上实现错误低于容错阈值的量子门，就可以在逻辑比特上获得错误更小的量子门。类似地，通过动力学纠错，如果环境噪声的非马尔科夫性能被充分利用，物理比特上的门错误可以在多个操控脉冲之间相互抵消。因此，通过结合上述两个层次的纠错，对初始的门保真度要求可以大大降低，这为基于现实中不完美的设备实现通用量子计算提供了一条可行的路径。然而，由于量子纠错过程本身会产生额外的复杂度，往往很难在实验上获得更高保真度的量子门。当动力学纠错的方法应用于两比特量子门时，也会遇到类似的问题，往往会因为没有精确地掌握噪声特性，使用更复杂的脉冲和更长的操控时间反而会造成更大的错误。

此次工作中，研究团队通过对噪声的细致测量，建立了一个准确且完整的噪声模型，其中包括静态噪声、含时噪声以及量子噪声。基于动力学纠错的思想，研究人员对形状脉冲进行了精巧的设计，使其能抵抗噪声模型中的各种磁噪声，最终将磁噪声对CNOT门的影响降低了两个数量级，降至 10^{-4} 以下。经过实验，研究人员测得形状脉冲实现的CNOT门保真度为99.920(7)%，并分析得知，剩余错误主要来自于形状脉冲的失真以及电子自旋的纵向弛豫。这二者皆可在技术上被进一步消除，因此未来有望将CNOT门保真度进一步提高到99.99%以上。

研究人员认为，该工作的方法是通用的，可进一步推广至其它固态体系，如硅量子点、金刚石和碳化硅中的其它缺陷、稀土掺杂系统等。(来源：中国科学报 王敏)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.130.030601>

作者：杜江峰等 来源：《物理评论快报》

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](https://www.iikx.com)转发