
“庄子”超导量子芯片演绎“庄周梦蝶”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/24260.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！

“庄子”超导量子芯片演绎“庄周梦蝶”。量子计算的前景令人期待，它在基础科学研究、新材料和药物研发，类脑人工智能技术开发等领域均具有潜在应用价值。然而，超导量子芯片的长退相干时间和高控制精度等方面的缺陷仍是科学家关注的重点。

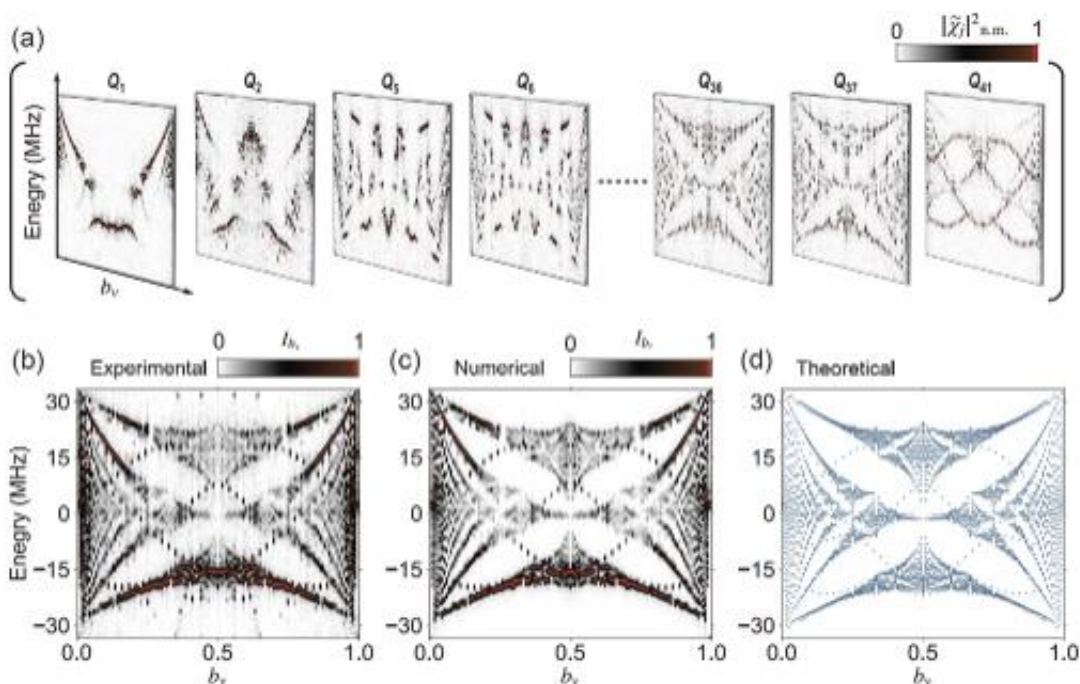
近日，中国科学院物理研究所固态量子信息与计算实验室研究员范桁、副研究员许凯，与中国科学院物理研究所量子计算研究中心研究员郑东宁、副主任工程师相忠诚等通力合作开发了超40比特的一维超导量子芯片，以战国时期思想家和哲学家庄子命名，并利用其成功模拟了侯世达蝴蝶能谱以及各种新奇拓扑零模式。相关研究成果发表于《物理评论快报》杂志。

庄子芯片诞生记

在科学家看来，大规模的量子计算正在朝着实用化的方向发展，要想实现实用化，需要操纵精确、比特数多、相干时间长、效率足够高。在这个过程中，量子芯片的设计、制备和测控至关重要。

相忠诚长期从事超导量子芯片制备，他告诉《中国科学报》，与传统的芯片相比，量子芯片对外界环境的扰动非常敏感，量子芯片是一种非常脆弱的系统，稳定时间非常短，在芯片上运行量子算法就好像是在夏日里堆雪人，需要足够的速度能赶在雪融化之前把雪人造出来。通常超导量子芯片的相干时间大约在几十微秒量级，这意味着量子效应维持的时间只在短短一瞬间，所以我们要在很短的相干时间尺度内精确执行完量子算法是比较困难的。

借助中国科学院物理研究所位于怀柔的综合极端条件实验室的超导量子计算实验平台，郑东宁与相忠诚经过在器件设计和制备的实践中反复摸索思考，不断改进和优化器件的设计方法和制备工艺，完成了43比特一维超导量子芯片设计和制备，芯片中整体比特参数与设计值的一致性，总体退相干时间、制备良品率、测控信号的串扰、寄生模式的消除和量子状态的易读性等都获得了大幅度提高。部分比特退相干时间可达到百微秒量级。



观测侯世达蝴蝶(Hofstadter butterfly)能谱（受访者提供）

该工作设计并构建了多达41个量子比特的对角AAH模型的各种实例，并应用动态光谱技术实验测量了著名的侯世达蝴蝶能谱。由于对角AAH模型的拓扑特性，出现了翅膀形状的能隙，整个能谱图看起来就像一只翩翩起舞的蝴蝶，让人不禁联想到战国时期庄周梦蝶的故事，这也是该量子处理器命名的由来。

因为庄子处理器拥有足够多的量子比特，有限尺寸效应的影响被极大地抑制，蝴蝶身体细节中的分形结构和能带的分裂也被清晰地展示出来。

零下200余度的实验

量子芯片是第一步，利用多个超导量子比特模拟各种量子效应也是当前人们关注的前沿研究。

这枚芯片如指甲盖大小。拿到芯片后，许凯和团队成员立刻开始进行量子芯片测控，开展量子模拟实验。许凯告诉《中国科学报》，量子模拟，就是通过调控量子芯片构建一些重要的多体模型，从而实现对真实物质或材料体系的各种新奇物理和特性进行仿真和计算，以解决在能源，材料等领域的一系列重要问题。

超导量子计算芯片在常温下无法工作，需要在极低温环境中，避免热量（噪音）对量子态进行干扰。

研究人员将芯片封装进盒子中，并放入稀释制冷机中降温至10mK，制冷机的温度比绝对零度（零下273.15℃）仅高了0.01℃，这种极低的温度可以使芯片转变为无损的超导态并有效抑制芯片周围的环境噪声和热噪声，从而呈现量子效应，科研人员也才能更好操控量子效应。

操控芯片的过程并不轻松。在实验室，数十台仪器微波脉冲信号与芯片相连，研究人员在自己开发的软件平台上编写程序控制仪器，给芯片发出指令，从而操纵芯片。指令发出的时间达到了纳

秒级别。

我们需要经过非常精细地优化每个量子比特的调控参数和它们之间的相互作用，这个过程就需要准备两个月，许凯说，通过促使程序实现自动化的参数搜索，做自动化的操控，未来的研究会更加高效。

由于庄子量子处理器中有超过40个量子比特，这足以让研究人员能够在这个重要的一维量子多体系统复杂的能带结构中捕捉到它的大量拓扑特征。使用由高度可控的Floquet（周期驱动）调控技术辅助的超导量子处理器，该工作建立了一种通用的混合量子模拟方法来探索含噪声中等规模量子时代的量子拓扑系统。

前景广阔 需要人才

许凯和相忠诚及其所在团队长期致力于超导量子计算、量子模拟和量子器件等方面的实验研究，取得了诸多领先的成果。

但在他们看来，前景广阔，未来还有很长的要走。

虽然目前量子芯片只能完成一些特定的任务，并且还未达到超越经典计算的量子优势，但是通过量子模拟的实验可以积累各种操控技术，并探索和展示出量子计算的各种应用场景，这对于未来量子计算机的实现和应用都是非常有价值的。许凯说。

在科研人员看来，与国际上最好的团队相比，我国在量子计算方面目前还存在一定的差距。在许凯看来，量子计算是一个交叉学科，需要各方面的人才，他们迫切地期待新鲜血液加入量子团队。需要建立全方位的生态。但还是得尊重科学发展的自然规律，一方面要加快实验的节奏，另一方面也不能太急。许凯说。（来源：中国科学报 韩扬眉）

相关论文信息：<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.131.080401>

作者：范桁等 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