

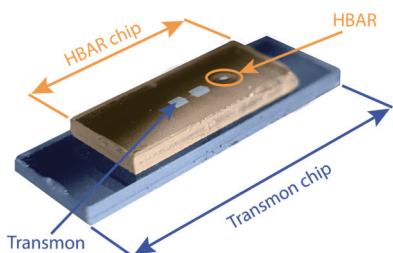
科技新闻

·前沿动态·

让量子计算机听见声音

在固态量子信息处理领域,单一硬件平台的性能瓶颈正在逐渐显现。基于电路量子电动力学(cQED)的超导量子电路,是目前执行快速量子逻辑门和构建可纠错量子处理器的前沿平台之一。然而,超导量子比特如 transmon 容易受到电介质损耗、辐射和材料缺陷等电磁噪声影响,量子相干寿命通常被限制在几十到几百 μs 量级,难以承担长期稳定的量子信息存储任务。

瑞士苏黎世联邦理工学院 Yiwen Chu 等团队,提出并实验验证了一种基于机械谐振器的量子计算架构。该系统将超导 transmon 量子比特与高次谐波体声波谐振器(HBAR)组合在一起:前者负责快速运算,类似量子计算机中的“CPU”;后者拥有多个相干性较高的声子模式,可用于存储量子信息,类似一块“会振动的量子内存”。2026年5月28日,该研究成果发表于《Science》。



机械谐振器量子计算架构的混合系统特写,底部芯片上有 transmon 量子比特,顶部芯片上有 HBAR
(图片来源:苏黎世联邦理工学院)

超导量子比特基于约瑟夫森结构建,可在约 5 GHz 微波频率下工作,操控速度快;HBAR 则像一块微型“三维声学腔”,由蓝宝石或硅等晶体材料构成,能够约束并反射晶体内部传播的高频机械声波,也就是声子。问题在于,超导量子比特产生的是微波电信号,如何才能把这种电信号“写入”晶体,转化为可存储的机械振动?

研究团队在晶体表面沉积了一层圆顶状压电氮化铝(AIN)超薄膜。压电材料具有电-机械转换能力:当外加电场作用于材料时,它会发生微小形变;反过来,当材料受力形变时,也会产生电信号。借助这个“物理翻译官”,超导量子比特产生的局域微波电场被转化为蓝宝石晶体内部一涨一缩的纵向体声波。由于蓝宝石晶格纯净、损耗低,这些极其微弱的晶格振动能够维持较长时间,从而成为一张高质量的“声学便签”。

在微观世界中,粒子可以处于不同能级、位置或振动状态的量子叠加;但对质量更大的宏观机械系统而言,量子叠加态极易受到环境扰动而崩溃。2023年,该团队曾利用 HBAR 谐振器,使一块质量达 16.2 μg 、约含 10^{17} 个原子的晶体产生机械振动,并让其处于“向左振动”与“向右振动”的宏观量子叠加态。这一实验刷新了处于空间位置叠加态物体的质量纪录,也证明宏观晶体振动可以保留量子特征。

有了长寿命存储介质,下一步就是让存储在其中的量子信息真正参与逻辑运算。在实验

中,研究人员将 transmon 芯片与 HBAR 芯片倒装键合,并置于低温铝腔中进行读取和控制。量子信息首先存储在 HBAR 的声子模式中;当需要执行操作时,系统通过 iSWAP 门——一种可在 2 个量子系统之间交换量子态并附加相位的量子逻辑门——将声子模式中的量子态交换到 transmon 上;完成运算后,再通过 iSWAP 门将结果转回声子模式中存储。

研究团队进一步实现了单量子比特门和受控任意相位门,构成通用量子门集合,并成功运行了量子傅里叶变换(QFT)和量子周期寻找(QPF)算法。

(综合:《Science》、苏黎世联邦理工学院官网、北京量子信息科学研究院)

糟糕的记忆为何让人睡不安稳

很多人都有这样的体验:白天受了惊吓,或经历了压力事件,夜里就容易睡得浅、频繁醒来。过去,科学家更多从“睡眠如何帮助记忆”的角度理解这一现象:睡眠像一位夜间编辑,把白天经历重新整理、归档,并将重要信息写入更稳定的神经网络。如果把问题反过来问:既然睡眠能够整理记忆,那么记忆是否也会反过来调控睡眠?

北京智源人工智能研究院雷博团队与清华大学生命科学学院钟毅团队合作提出,睡眠并非只是被动恢复过程,也会受到既往经历及其记忆内容的动态塑造。研究人员在小鼠中追踪并操控与正面或负面经历相关的记忆印迹