

本期亮点

硬件前沿

算法与软件

产业与生态

学术前沿

本周影响

编辑点评

收录报道	51
信息来源	11
阅读时长	约 10 分钟

当前 S O T A

物理比特	1,180
------	-------

2Q 保真度 99.99%

逻辑比特 96 LQ

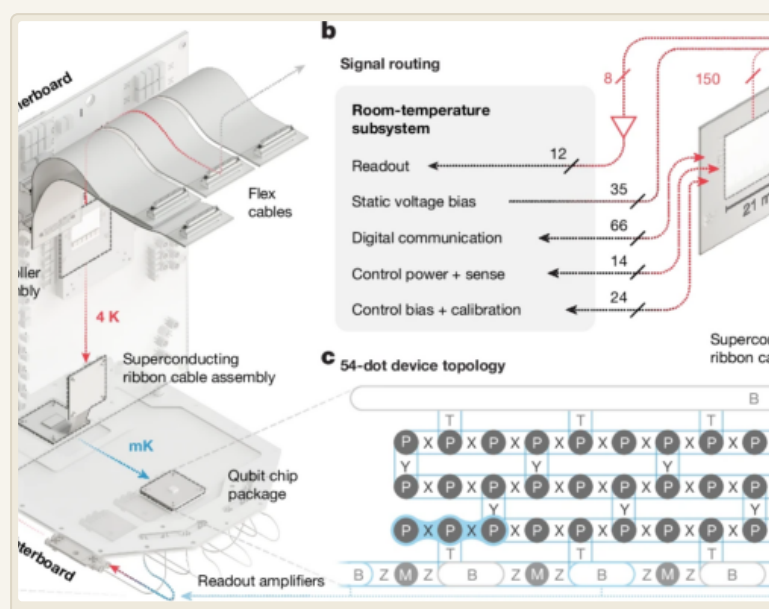
量子硬件 SOTA 对照表 →

HRL实验室实现硅自旋量子处理器自主运行并演示纠错

51 篇 · 11 个来源 | PDF | 本期汇总免费阅读

01 亮点

本期亮点



HRL实验室在《自然》发文展示了一个18量子比特硅自旋量子处理器，可在无室温电子设备实时控制下自主运行，并执行了纠错操作^[11]。这一进展首次在硅基平台上实现了集成低温CMOS控制的自主量子计算，为硅自旋量子比特的大规模扩展提供了新路径^[11]。

硬件前沿



硅自旋量子比特

- HRL实验室展示了一个18量子比特硅自旋量子处理器，通过集成定制低温CMOS芯片，实现了无室温电子设备实时控制的自主运行，并执行了纠错操作^[11]。这是硅自旋量子比特首次在集成低温控制下实现自主纠错，相比此前依赖外部控制设备的方案，大幅降低了互连复杂度，或为扩展至数千量子比特铺平道路^[11]。该结果处于本路线SOTA前沿，但距离容错计算仍需在保真度（当前双比特门保真度未披露，SOTA为99.99% [SQC]）和规模上继续提升^[11]。
- 加州大学研究团队优化了Si/SiGe异质结设计，实现了5 meV的谷分裂，超过了先前报道的值^[27]。谷分裂是硅自旋量子比特扩展的关键挑战，更高的谷分裂有助于实现一致的初始化、操作和读出，该进展解决了这一瓶颈^[27]。

超导量子比特

- IBM在重六边形超导处理器上演示了表面码的亚阈值标度，通过协同设计编码嵌入和控制，解决了硬件连接性不匹配表面码的难题^[6]。这是首次在非方格连接的超导硬件上实现表面码亚阈值标度，意味着IBM的固定耦合器架构也能支持容错计算，但距离实用化仍需提高保真度和降低错误率（当前 Λ 值未披露，SOTA为Google Willow的 $\Lambda \approx 2.1$ ）^[6]。

离子阱量子比特

- ZuriQ获得2550万美元种子轮融资，推进其2D离子阱量子计算架构，并与英飞凌合作制造^[14]。2D离子阱有望克服传统一维链的扩展瓶颈，若成功将提升离子阱的比特密度和连接性，但尚处于早期阶段，需验证保真度和可制造性^[14]。

拓扑量子材料

- 研究人员合成了TaSiAs纳米线，电导率比块状材料提升4至11倍，并在二氧化硅壳封装下保持稳定，展现出相干电子输运^[26]。这种新材料可能用于下一代量子计算，但距离器件集成仍有很长的路^[26]。

算法与软件



- Horizon Quantum与Quantum Machines合作开发嵌入式校准技术，旨在将校准软件直接部署在量子硬件控制系统中，以实现实时、轻量级的校准^[12]。这有望减少量子计算机的停机时间，提高可用性，对云量子服务提供商尤为重要^[12]。
- 印度科学研究所的研究人员提出了一种噪声感知的量子资源分配框架，将可靠量子计算所需的测量次数减少了58%，总误差降低了73%，同时能耗降低了62%^[21]。这直接解决了NISQ时代算法执行成本高的问题，使更复杂的算法在近期硬件上可行^[21]。
- 牛津大学团队设计了堆叠线性酉矩阵组合（stacked LCUs），在量子门复杂度与经典模拟成本之间提供了可调平衡，可能缓解变分量子电路的贫瘠高原问题^[22]。该构造为量子优势的展示提供了一个新工具，但实际优势仍需在具体问题上验证^[22]。

- SQMS中心的研究人员将Grover搜索推广到多能级量子系统（qudits），突破了此前仅适用于2的幂次维度的限制^[23]。这能减少电路深度和资源需求，对新兴的qudit硬件平台具有重要意义^[23]。
- IET研究团队开发了量子软件开发的实验跟踪协议，识别了量子程序特有的维度、电路参数、测量结果和噪声特征^[24]。这有助于提高量子软件研究的可重复性，填补了量子软件工程中的空白^[24]。
- 研究人员开发了MPStab模拟器，结合稳定子技术和张量网络，扩展了经典模拟量子系统的范围^[25]。这有助于界定量子优势的边界，并可用于验证近期量子设备^[25]。
- 开源软件atommovr发布，用于模拟中性原子阵列中的原子重排过程^[30]。随着中性原子处理器规模扩大，高效重排成为关键，该工具可帮助优化实验设计^[30]。
- 一篇量子期刊论文研究了动态码在噪声读出下的性能，提出了针对有噪声读出硬件的动态码设计方法^[31]。读出错误是量子纠错的关键瓶颈，该研究为实际硬件上的码设计提供了指导^[31]。

产业与生态

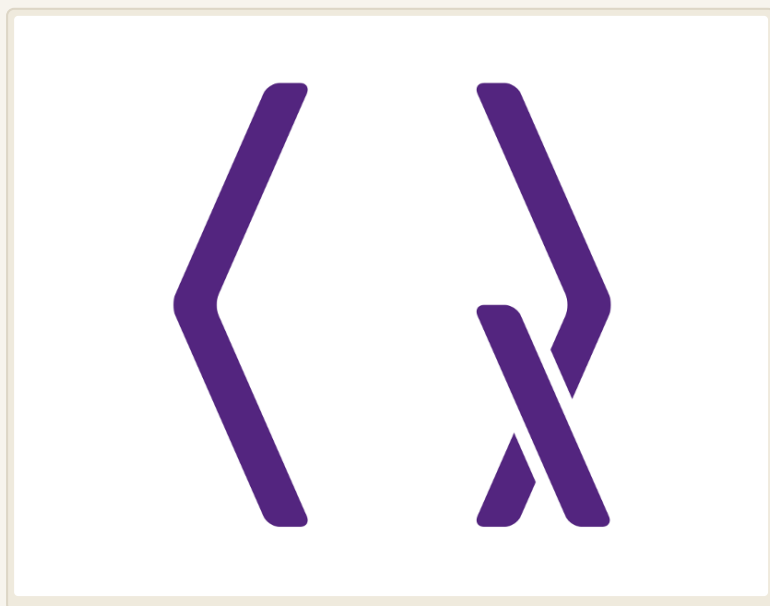


- IonQ完成了对SkyWater Technology的收购，获得了美国本土最大的半导体代工厂，交易价值18亿美元^[15]。这使IonQ能够垂直整合离子阱量子处理器的制造，加速规模化生产，并可能改变量子计算制造格局^[15]。
- 四家量子公司（Infleqtion, Aliro Technologies, Tensora, Bandelier Technologies）加入ABQ-Net量子网络测试平台，以验证国防和安全技术^[16]。这标志着美国首个开放访问的纠缠量子网络开始向商业用户开放，可能加速量子网络应用的发展^[16]。
- Riverlane与Unitary Foundation启动Deltakit社区基金，资助开源量子纠错软件开发^[17]。这将促进QEC软件生态的繁荣，降低进入门槛，加速纠错技术的进步^[17]。
- QED-C与CQN联合发布了量子网络应用路线图，汇集了50多位专家的意见^[13]。该路线图为

量子互联网的发展提供了技术指引，有助于协调产业界和学术界的研究方向^[13]。

- 安永（EY）宣布在其场所内部署现场量子计算机^[43]。这反映了专业服务公司对量子计算潜力的早期押注，可能推动量子计算在金融和商业领域的应用探索^[43]。
- GlobalFoundries获得3亿美元CHIPS法案资助，用于硅光子学研究^[47]。硅光子学是光量子计算的关键使能技术，该投资将增强美国在光量子计算制造领域的竞争力^[47]。
- 以色列推动建立国家量子研发中心，以联合产业界^[49]。这显示了以色列对量子技术战略价值的认可，可能加速该国量子技术的商业化^[49]。
- IQM量子计算机注册了183,619股新股，来自员工持股计划^[44]。这反映了IQM对人才的激励，但无直接技术影响^[44]。

学术前沿



- 芝加哥大学的研究人员通过纠缠定义了二维对称保护拓扑（SPT）相的非局域序参量^[19]。这为理解SPT相提供了新视角，可能有助于开发拓扑量子计算方案^[19]。
- 北京大学团队研究了周期驱动自旋系统中的多体周期轨道，发现准粒子能带结构主导了长寿命预热化阶段，其寿命可通过能带色散工程调控^[20]。这为控制驱动量子系统的热化提供了新方法，可能应用于量子模拟^[20]。
- 一篇量子期刊论文研究了稳定子秩、Barnes Wall格和魔态单调之间的关系^[28]。这有助于更深入地理解量子资源理论，可能用于优化量子电路编译^[28]。
- 另一篇量子期刊论文提出了调制器辅助的Zeno控制，用于量子电池中的能量传输^[29]。这为量子电池的高效充电提供了新方案，但实际应用尚早^[29]。

- 一篇哲学论文《Tractatus Quanticus》试图从量子力学的视角修正维特根斯坦的世界观^[18]。这属于量子基础研究，对技术发展影响有限^[18]。

06 影响

本周影响



- 硅自旋量子比特社区：HRL的自主运行处理器验证了低温CMOS集成路线，可能促使更多机构投入该方向，但需关注其保真度能否达到容错阈值^[11]。
- 量子纠错软件开发者：Deltakit基金的启动将直接资助开源QEC工具，开发者可关注项目征集公告^[17]。
- 离子阱制造商：IonQ收购SkyWater可能引发制造垂直整合的浪潮，其他离子阱公司或需考虑类似策略以保持竞争力^[15]。

- 量子网络初创公司：QED-C路线图的发布和ABQ-Net的开放为量子网络应用提供了技术验证平台，相关企业可借此加速产品开发^{[13] [16]}。
- 量子算法研究者：噪声感知资源分配框架和stacked LCUs为NISQ算法提供了新工具，近期硬件上的算法演示可能受益于这些方法^{[21] [22]}。

07 编辑

编辑点评

本周最引人注目的是HRL实验室在硅自旋量子比特上的进展，它首次将低温CMOS控制与硅量子点集成，实现了自主量子运算和纠错。这标志着硅基量子计算从实验室演示向工程化迈出了重要一步，因为硅自旋量子比特一直以与半导体工艺兼容著称，但控制电子设备的复杂性是其扩展的主要障碍。HRL的方案若能证明保真度足够高，将可能改变硅自旋路线在量子计算竞赛中的地位。

同时，产业界的整合与投资依然活跃：IonQ收购SkyWater、ZuriQ获得大额融资、GlobalFoundries获得政府资助，这些都表明量子计算正从纯研究转向制造和供应链的构建。然而，硬件指标的突破仍需谨慎看待——许多进展仍处于早期阶段，距离实用化还有数年之遥。

参考资料

- [1] Quantum in the Palm of Your Hand: The Evolution of Superconducting Qubits

- [2] Physicists Solve a Big Quantum Mystery. Now, Old Results Don't Add Up.

- [3] Chemical and Pharmaceutical Giants Partnering with Quantum Technology Companies for Product Development

- [4] IQT The Quantum Dragon Podcast Episode 87 – Your entropy isn't random enough.

- [5] Intel's U.S. Advanced Packaging Enables Next-Generation AI Semiconductors

- [6] Surface code scaling on heavy-hex superconducting quantum processors

- [7] Artificial intelligence for representing and characterizing quantum systems

- [8] Weight-four parity checks in a spin-shuttling architecture

- [9] A digitally controlled silicon quantum processing unit

- [10] The quantum bus goes round and round

- [11] HRL Laboratories Demonstrates Self-Running Silicon QPU in Nature Benchmark

- [12] Horizon Quantum and Quantum Machines Partner to Advance Real-Time Quantum Calibration

- [13] QED-C and Center for Quantum Networks Release Quantum Networking Roadmap

- [14] ZuriQ Secures \$25.5M Seed Round and Advances 2D Trapped-Ion Fabrication with Infineon

- [15] IonQ Clears Final Regulatory Hurdle to Complete Acquisition of SkyWater Technology

- [16] Four Quantum Firms Join ABQ-Net to Validate Defense and Security Technologies

- [17] Riverlane and Unitary Foundation Launch Deltakit Community Fund for Open-Source QEC

- [18] European Union's Tractatus Quanticus Revises World as Facts, From Some Viewpoint

- [19] University of Chicago Team Defines SPT Phases Via Entanglement

- [20] How Peking University Engineers Control Prethermalization via Band Structure

- [21] Mandal Indian Institute of Science: Researchers Halve Quantum Algorithm Shots and Cut Energy Use by 62%

- [22] University of Oxford Team Designs Stacked LCUs for Tunable Quantum Trainability

- [23] Superconducting Quantum Materials and Systems (SQMS) Center: Researchers Extend Grover's Search to More Efficient Multilevel Quantum Systems

- [24] Jet Research Develops Experiment Tracking Protocol for Quantum Software Development

- [25] Researchers Present MPStab Simulator for Exploring Limits of Classical Quantum Computation

- [26] Researchers Synthesise TaSiAs Nanowires for Next-Generation Quantum Computing

- [27]

University of California Si/SiGe Qubits Hit 5 meV Valley Splitting

[28] Stabilizer Ranks, Barnes Wall Lattices and Magic Monotones

[29] Modulator-Assisted Zeno Control of Energy Transfer in Quantum Batteries

[30] atommovr: An open-source simulation framework for rearrangement in atomic arrays

[31] Dynamical codes for hardware with noisy readouts

[32] Bizarre new material discovered in Hiroshima bombing debris

[33] Hundreds of ancient, never-before-seen ‘earthworks’ discovered in the Amazon

[34] A unique cellular trick may explain octopus intelligence

[35] Astronomers spot best-yet example of a wandering supermassive black hole

[36] Rescue mission to save NASA’s Swift space telescope is imperiled in orbit

[37] Neuroscientists pinpoint how smells bring back childhood memories

[38] Avocado flowers switch sex daily—now we know why

[39] The ultimate science summer reading list

[40] Math’s acclaimed ‘einstein tile’ finds a new home among physicists

[41] HRL Shows Self-Operating Silicon Quantum Processor That Performs Error Correction

[42]

The Growing Quantum Security Challenge Facing Bitcoin and Digital Assets

- [43] EY Announces On-Site Quantum Computing
- [44] IQM Quantum Computers Registers 183,619 New Shares Following ESOP 1 Subscriptions
- [45] QED-C Roadmap Outlines Technology Requirements for Future Quantum Networks
- [46] Horizon Quantum Partners With Quantum Machines to Improve Quantum Computer Operations
- [47] GlobalFoundries Secures \$300 Million CHIPS Award for Silicon Photonics Research
- [48] Scientists Say New Chip Architecture Could Tackle a Barrier to Scaling Quantum Computers Towards 1 Million Qubits
- [49] Israel Pushes For National Quantum R&D Center to Unite Industry
- [50] AI Finds New Weaknesses in Cryptographic Algorithms, Anthropic Says
- [51] Behind the scenes at the Ontario Summer Games

量子研究内参

全部期数 · 周刊深度解析 · 每日快报 → qbitbrief.com

FOR RESEARCH REFERENCE ONLY