

超导量子处理器上布洛赫振荡和瓦尼尔-斯塔克局域化模拟研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/13391.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！

20世纪30年代，著名物理学家Bloch研究电子在晶格中运动时发现：晶格周期性势场中的电子在恒定外场的作用下并不会无限制地自由传输：从动量空间看，当电子运行到布里渊区边界时，会

变为

，即从布里渊区一端穿出，从另外一端再穿入，该现象后来被称作Bloch振荡。与之对应，在实空间中电子被束缚在一定区域内振荡而发生局域化，称为Wannier-Stark局域化。这些现象显示了电子的量子波动性，但是由于在一般固体材料中，电子的相干时间很短，所以较难观测到电子在固体晶格中Bloch振荡和Wannier-Stark局域化。直到1990年左右，科学家在半导体超晶格中才观测到电子的Bloch振荡，但是半导体中电子本征的弛豫过程仍限制了对该现象的进一步研究。近年来，随着量子技术的发展，在“人造量子体系”中研究该现象成为可能，包括光晶格中的冷原子和光子波导阵列。

集成有多个量子比特的超导处理器是实现大规模量子计算的重要方案之一，由于其每个量子比特可独立程序化调控，不同量子比特可通过谐振腔产生纠缠，易于实现由单比特和多比特逻辑门构成的量子线路，从而实现通用量子计算。此外，超导量子处理器本身的哈密顿量可以直接对应特定的量子系统，可研究不同物理的量子模拟，利用此平台研究布洛赫振荡和瓦尼尔-斯塔克局域现象具有重要意义。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心超导实验室和固态量子实验室近年来在超导量子计算与量子模拟方向取得系列进展。近期，博士后郭学仪，博士生葛自勇及研究员郑东宁、范桁等，在超导量子处理器上开展对布洛赫振荡和Wannier-Stark局域化的模拟研究。科研人员使用了5比特超导量子芯片，并用这5个超导量子比特构建了一个一维晶格，通过调节格点上比特的能级间隔呈线性排布，等效构造了恒定外场作用。实验中观测微波光子在此一维晶格上的传输，通过将等效外场强度从小到大调节，微波光子从可以自由传输到局域在一端振荡，出现了明显的局域化现象。进一步，他们通过对所有量子比特的同时测量读出，测量了在一维晶格中热的传输。相似地，随着外场强度减小到零变化，热的传输也出现了局域化现象。

相关研究成果发表在npj Quantum Information上，合作者包括副研究员许凯和宋小会、研究员吕力、博士相忠诚，北京量子信息科学研究院研究员金贻荣，浙江大学博士李贺康（物理所2019年博士毕业生）等。

此外，许凯、郑东宁和范桁与福州大学副教授杨贞标、郑仕标团队合作，在超导量子计算平台实

现了通用量子克隆机。量子信息的非克隆原理表明，任意量子态不能被确定的量子线路准确克隆，但可达到一定的保真度。过去的量子克隆演示大多是几率型或不涉及量子纠缠大小的测量，此次实验补足了这两个重要元素，保真度接近理论上限（npj Quantum Information 7, 44 [2021]）。

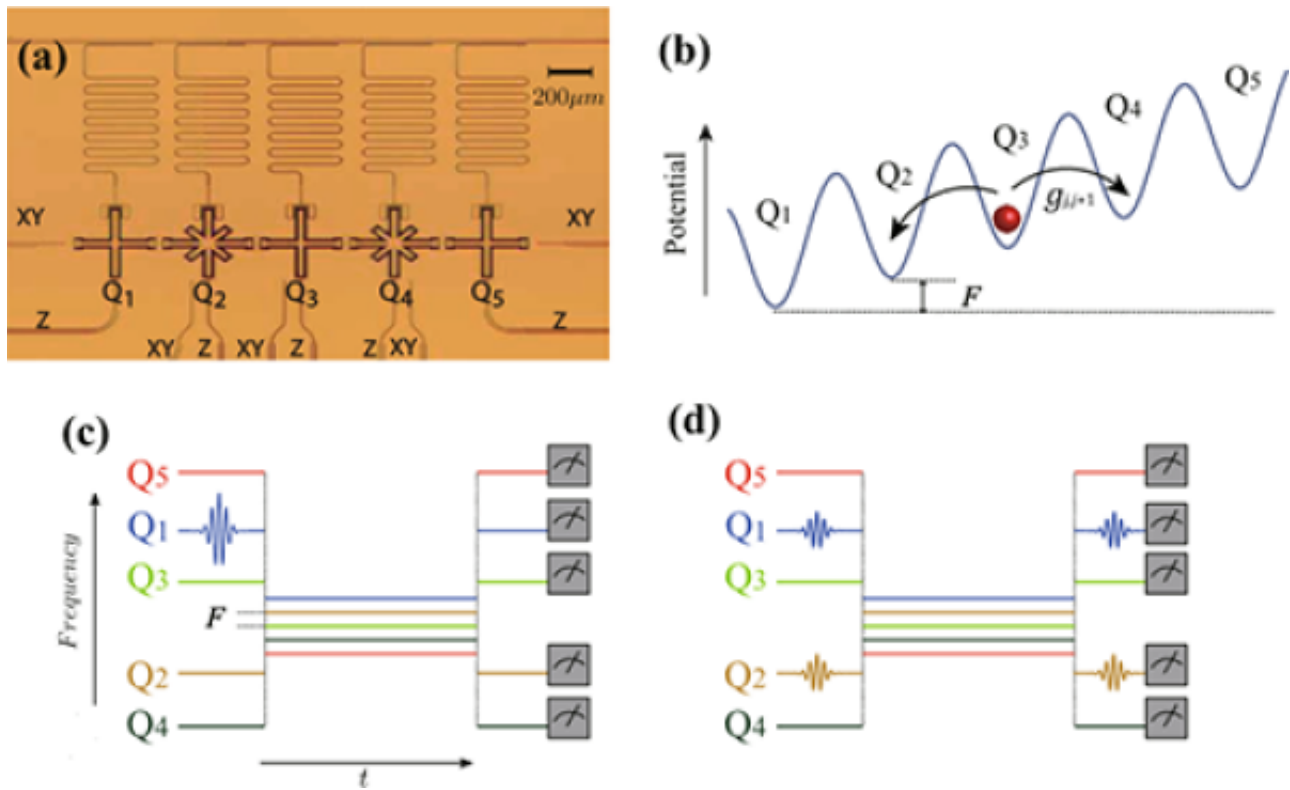


图1.实验所用的超导量子芯片光学显微镜照片和实验脉冲序列图

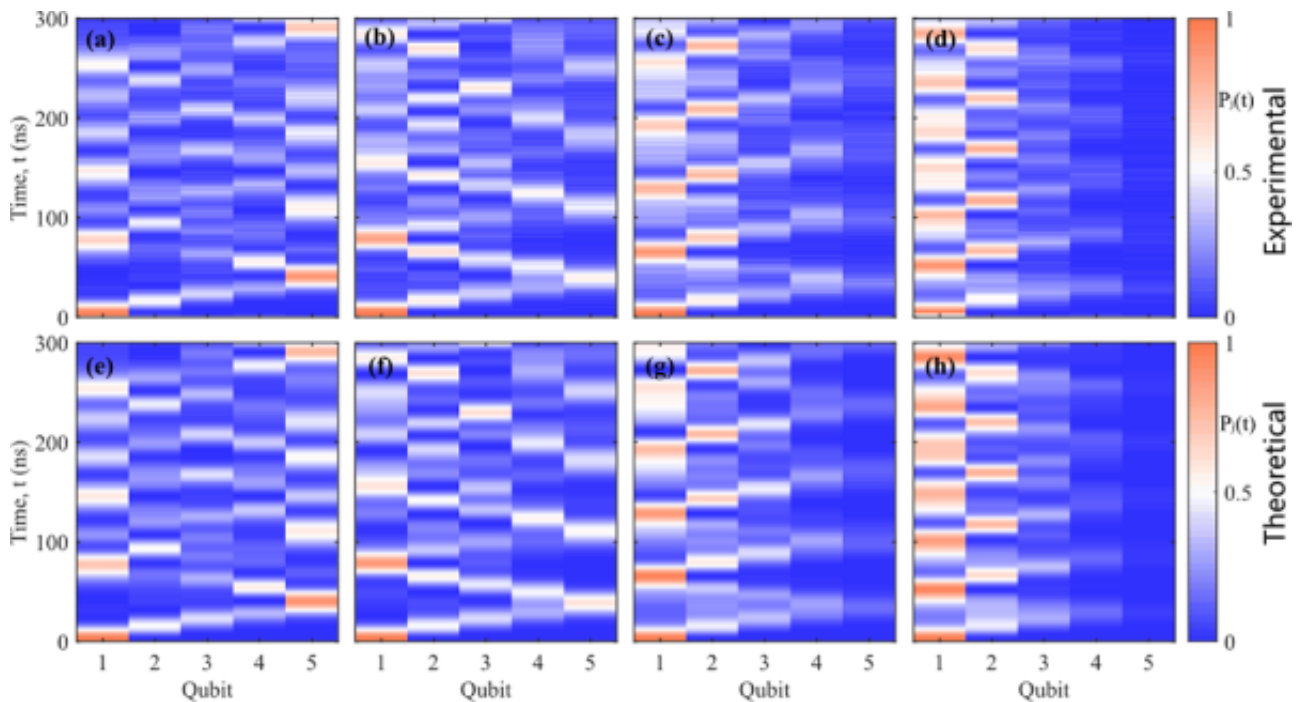


图2.微波光子在外场从小到大调节下（从左到右）传输受限，局域在最左端附近振荡

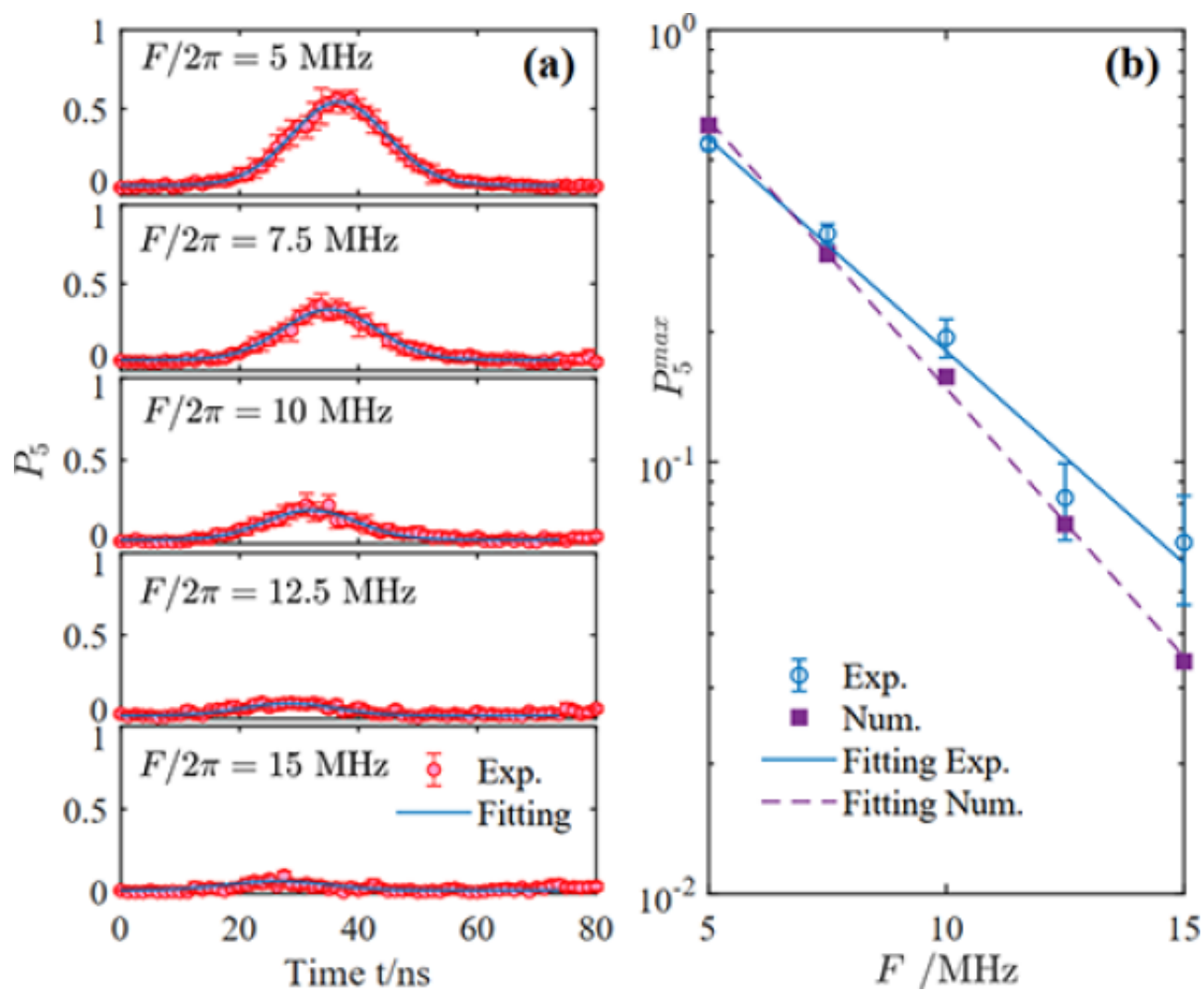


图3.局域长度和所加外场强度的关系

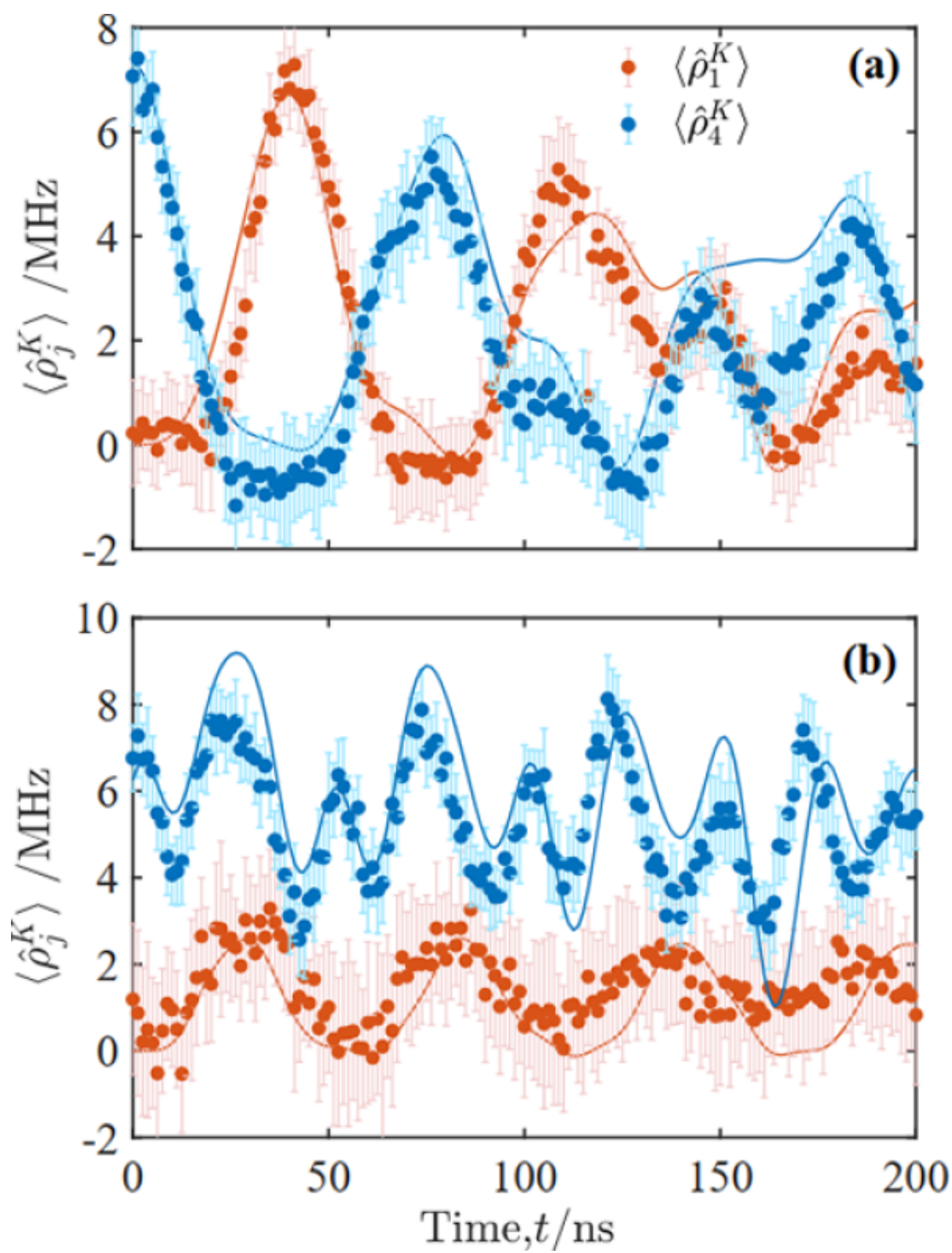


图4.热传输在不加外场 (a) 和加外场 (b) 时的实验结果

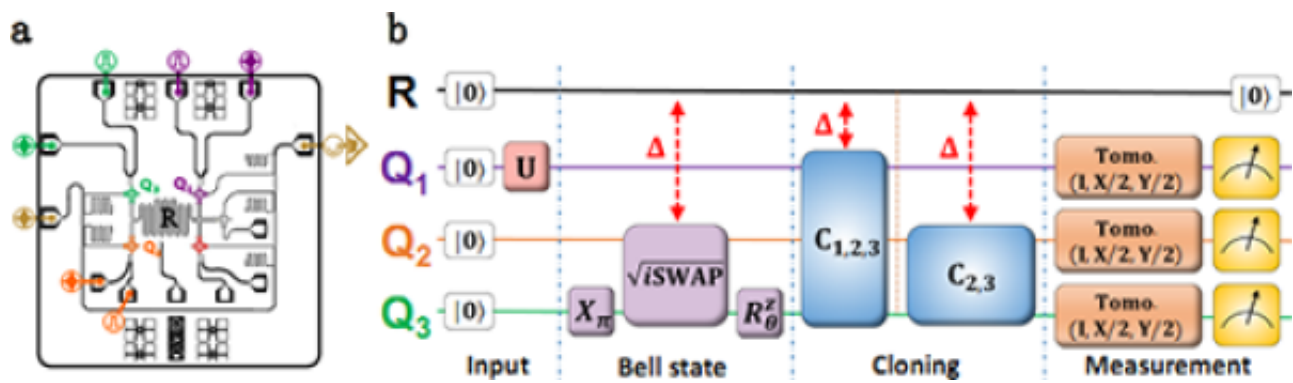


图5.通用量子克隆逻辑门线路

研究团队单位：物理研究所

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