
三维光子芯片中的多光子量子行走

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/31981.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！

三维光子芯片中的多光子量子行走。 导读

Light: Science Applications以Multi-particle quantum walks on 3D integrated photonic chip为题发表了上海交通大学金贤敏教授团队的最新研究成果：实验上展示了三个全同光子在三维光子芯片中的量子行走，并将其与复杂的图形表示相对应。

研究团队感谢上海市科委重大项目和国家自然科学基金重点项目的大力支持，感谢国家重点研发计划、上海市教委的大力支持。上海交通大学集成量子信息技术研究中心博士生周文豪，王潇卫，付宇轩为论文的主要作者，金贤敏教授为论文通讯作者。

随机行走和量子行走

随机行走（random walk）和马尔可夫链常被用来描述状态空间中粒子从一个状态到另一个状态的随机变化过程。随机行走在数学，物理，金融等领域都有广泛的应用，可以用来模拟股票价格的波动，动物的活动规律，分子在气体或液体中的传播等具体问题。

在经典随机行走中，粒子每次状态的变化只能选择单一的路径。而作为经典随机行走的量子对应物，量子行走（quantum walks）得益于量子叠加（quantum superposition）效应，可以使粒子以一定的概率出现在不同的状态中，展现出向外扩散的弹道输运性质。得益于这种特性，量子行走在通用量子计算，量子随机数，图连通性问题等领域表现出了计算时间上的加速。

量子行走的图形表示

量子行走可以对应为复杂的图形表示（graph represent），其中图形的复杂程度取决于图中的节点数量和边的数量。具有高度连接性的复杂图同构问题，多体量子通信等领域提供了潜在的应用。实验上，图形的复杂度可以通过增加实验中的光子数和模式数来扩展。研究团队在2018年利用飞秒激光直写技术三维加工的优势扩展了实验模式数，展示了单个光子在二维晶格中的量子行走(Sci. Adv. 4, eaat3174, 2018)，随后团队在2021年进一步通过点对点耦合技术实现了二维晶格中的双光子量子行走（Optica 8, 1129, 2021）。但这些实验并未真正涉及多体领域，无法反应多光子干涉效应。

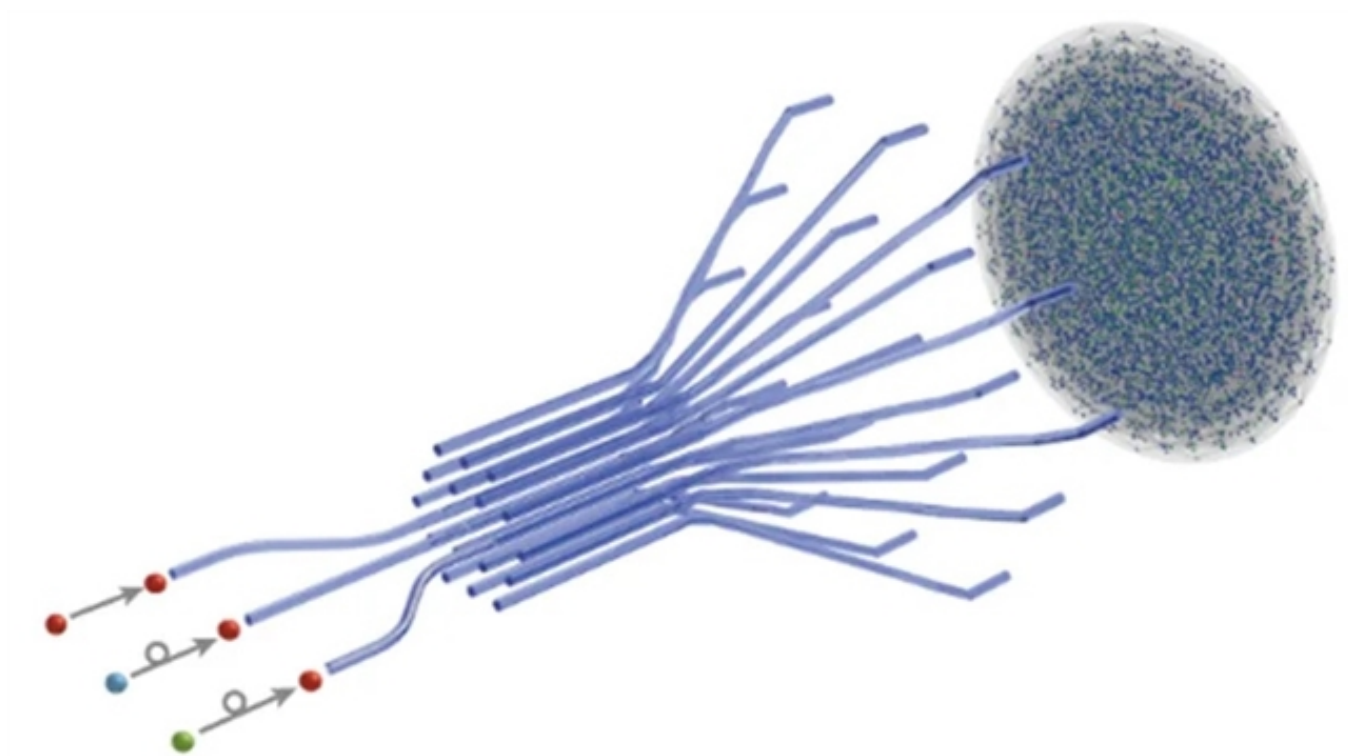


图1：多光子量子行走构建复杂图形表示

本实验中，研究团队将量子行走拓展至多光子领域，实现了三个全同光子在三维光子芯片（二维晶格和一维时间演化）中的量子行走。如图一所示，实验可以被映射到一个具有6859个节点和45486条边的复杂图形表示上，无法通过经典实验模拟。研究团队测量了全部的非碰撞事件以及部分的双光子以及三光子聚束事件，并在子空间重构了出射组合的概率分布，如图二所示。通过测量出射组合的概率分布，研究团队在非相邻模式间观察到了明显的非经典关联和多光子聚束效应。

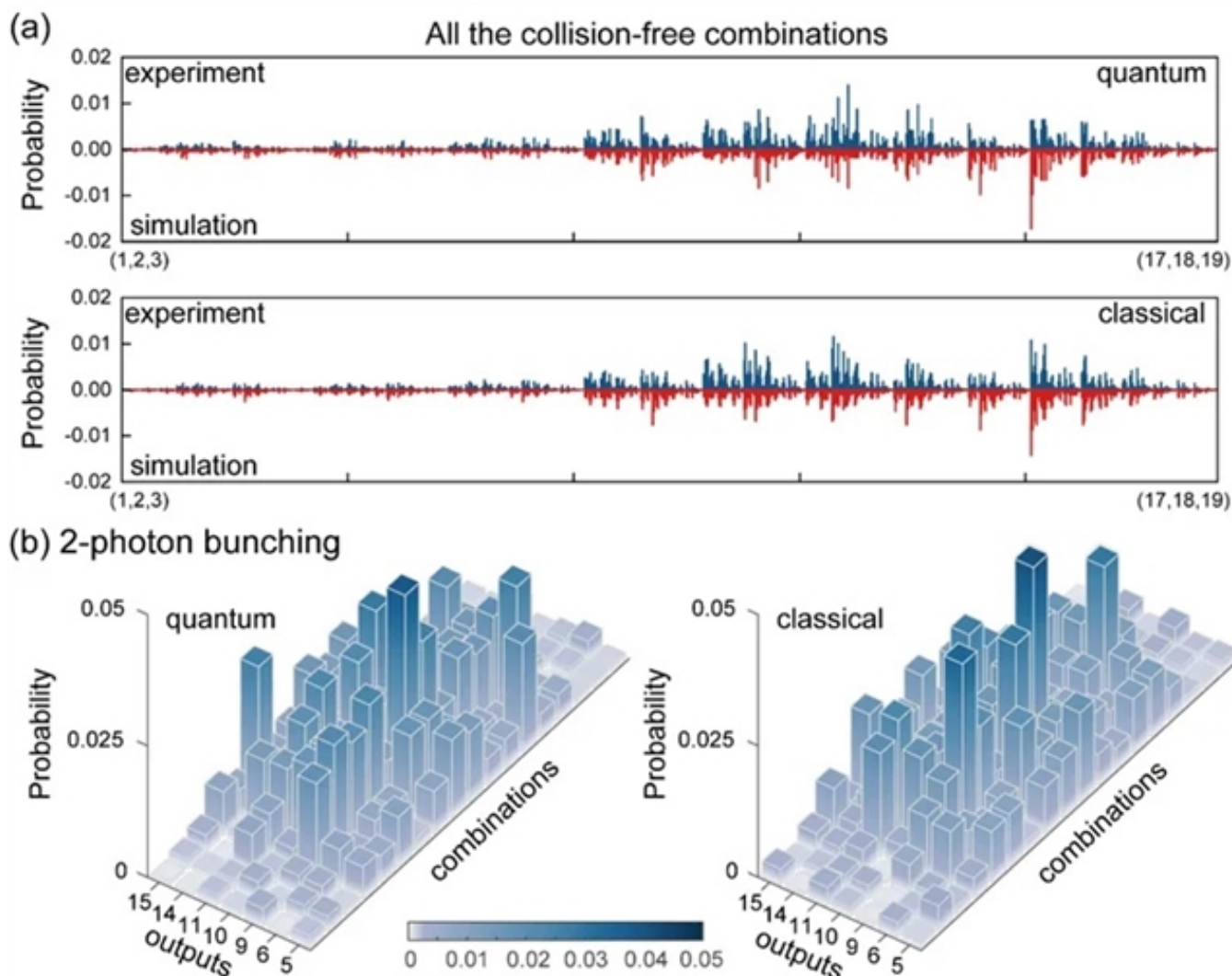


图2：多光子量子关联和经典关联测量

此外，通过分析概率分布的统计特征，并结合机器学习技术，研究团队成功将经典关联和量子关联分为了两个区域，从而验证了实验的量子特征，如图三所示。这种检验方法只需要部分的概率分布即可实现，并且不拘泥于概率分布中的具体值，而是反应了关联测量的整体量子特征。

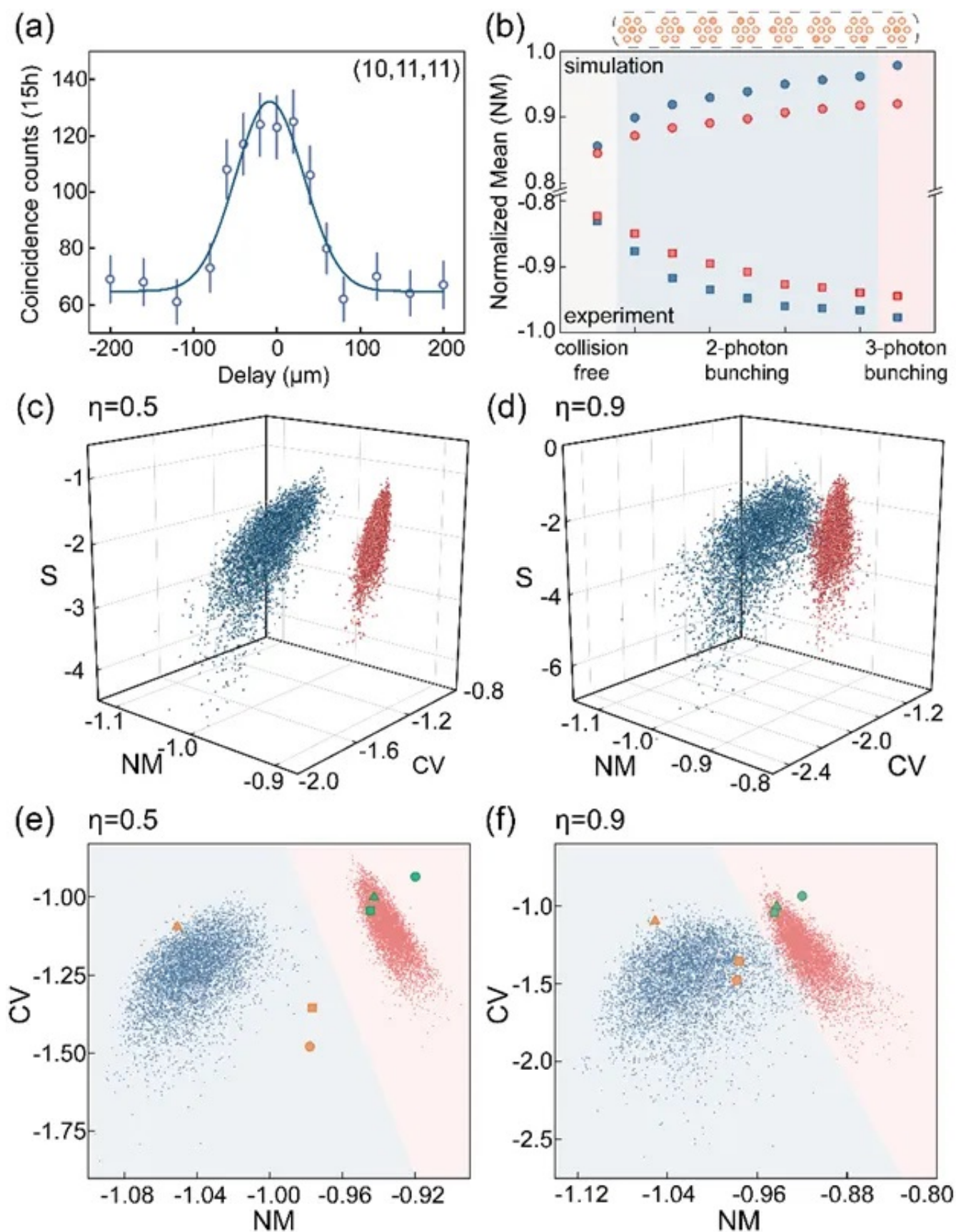


图3：实验量子特征的检验

前景与展望

多光子量子行走和图形表示在量子模拟和量子计算中起到了重要的作用。多光子干涉和多光子聚束效应为量子空间搜索，指数快速击中等算法提供了潜在的应用前景。本实验将量子行走实验扩展至多光子领域，研究者为使用集成光子芯片模拟复杂的多光子物理现象提供了一条可行的路径。（来源：中国光学微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-024-01627-7>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：金贤敏等 来源：《光：科学与应用》

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