



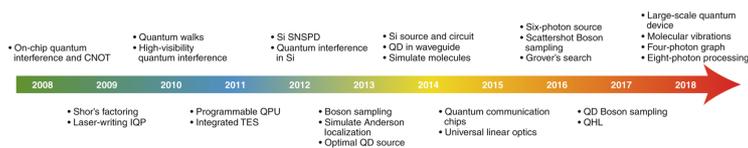
物理学院王剑威在Nature Photonics发表综述：集成光量子技术

最新

2019/11/01 信息来源：物理学院
编辑：白杨 | 责编：凌薇

近日，北京大学物理学院现代光学所王剑威研究员与意大利罗马大学Fabio Sciarrino教授、英国布里斯托尔大学Anthony Laing和Mark Thompson教授，受邀在国际著名刊物《自然-光子学》（*Nature Photonics*）上撰写综述文章，介绍“集成光量子技术”这一新兴领域的基本科学原理和前沿进展。

量子技术利用量子物理基本原理，通过操控光或物质的量子叠加和量子纠缠等内禀属性，其信息处理能力有望从根本上超越经典范畴的信息技术。集成光量子芯片技术是一门结合了量子物理、量子信息、集成光子学和微纳制造等学科的前沿交叉技术，通过半导体微纳加工制造，有望实现高性能且大规模集成的光量子器件和系统，达到对作为量子信息载体的单光子进行高效处理、计算和传输等功能。



国内外对集成光量子芯片技术的研究取得许多重要进展

2008年，国际上首次实现了基于二氧化硅平面光波导体系的量子受控纠缠门和量子干涉，开创了集成光量子芯片领域的先河。在过去十年间，国内外对集成光量子芯片技术的研究取得了许多重要进展，目前已实现了片上光量子态的制备、量子操控以及单光子探测等核心功能，并且器件集成度和功能复杂度也都得到了大幅度提高。综述总结了集成光量子芯片的主流材料体系、核心量子光学元器件，及其量子信息的前沿应用，包括量子密钥分发和通信、物理和化学系统的量子模拟、量子玻色取样、光子量子信息处理和计算等。

集成光量子芯片的材料体系目前主要采用硅基绝缘体上、铌酸锂、激光直写二氧化硅、氮化硅、氮化镓、磷化铟等光波导材料。核心器件主要包括集成单光子源与纠缠光子源、可编程大规模集成光路、集成单光子探测器等，其中量子光源主要有非线性参量型量子光源和固态量子点型量子光源，而单光子探测主要通过超导纳米线探测和过度边缘感应传感来实现。这些核心光量子集成器件的性能均取得了很大程度的提升。与此同时，集成光芯片平台上也已经逐渐发展出一套可以将量子信息精确加载在单光子的路径、偏振、时间、空间、频率等不同自由度的方法，为该技术的发展提供了广阔的便利性和多样化。

集成光电子器件在经典通信系统中一直起着举足轻重的作用，可以预期其也将在量子密钥分发和量子通信中起到重要作用，特别是微小型、低成本、高性能的量子通信收发芯片的发展，将有助于进一步降低成本、提高可靠性，推进其实用化进程。目前，量子通信的几种主要协议，包括制备-测量类的通信协议以及基于纠缠分布和量子隐形传态类的协议等，已先后在硅基、磷化铟、氮化硅等光子芯片上得到实验验证。另外，全集成量子真随机数发生器也有很多实验实现，并有望在不远的将来提供微小型、高速和低成本的真随机数发生器。

量子线路模型和基于测量的单向量子计算模型是实现通用量子计算的主流模型。光学量子计算的线路模型实现方案存在扩展性困难，但基于测量的光子量子计算可以大大降低需要的物理资源，并可实现通用量子计算。在可编程的光量子芯片平台上，目前已成功实验验证了Shor因数分解算法、Grover搜寻算法、优化算法等重要算法，并可在单一芯片实现多种复杂量子信息处理功能。近年来，片上制备并操控复杂量子态，包括高维量子态、多光子纠缠

12
2019.12 北大9位专家获第
科技奖

12
2019.12 第五届北京大学
国际青年论坛举行

12
2019.12 【纪念一二九 共
九” 歌会展风采

12
2019.12 基建工程部组织参
学”——李大钊

11
2019.12 奋进新时代，城
举办第五届铁汉

专题



态、图纠缠态等，均已在硅基和二氧化硅等平台实现。值得一提的是，集成光量子芯片的高可编程性、高稳定性、



北京大学 新闻网
PEKING UNIVERSITY

源的玻色取样，被认为是实现具有“量子优势”的玻色取样量子计算的有效及可行方案，有望超越经典计算机的计算能力，其中前者已实现芯片上量子光源和线性网络的全集成，而后者最近在中科大发布的一个论文预印本中报道了20光子60模式玻色取样的重要突破。集成光量子芯片体系已实验验证了离散型和连续型的量子漫步功能，并可用于模拟复杂的物理和生物过程。同时，集成光量子模拟器也成功验证了多种典型的量子模拟算法，有望有效地模拟化学分子动力学过程。

该综述文章于2019年10月21日在线发表在*Nature Photonics* (DOI: <https://doi.org/10.1038/s41566-019-0532-1>)。这项工作得到了国家自然科学基金、科技部重点研发计划、北京市自然科学基金、北京市量子信息科学研究院和广东省重点领域研发计划项目的资助。

转载本网文章请注明出处

学部 | 深研院 | 招生网

校报

电视台

广播台

官方微信

官方微博

版权所有 ©北京大学党委宣传部 | 地址：北京市海淀区颐和园路5号 | 邮编：100871

投稿须知 | 新闻热线：010-62756381 |