研究实现高品质量子光源的制备与表征

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/37295.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！

研究实现高品质量子光源的制备与表征。中国科学技术大学郭光灿院士团队的史保森教授、周志远副教授课题组利用非相干光，在硅基光芯片上高效制备出高品质量子光源，为开发稳定、高效率且低成本的集成量子光源开辟了新的道路。12月11日，相关成果在线发表于《自然-通讯》。

作为核心器件的量子光源，其性能直接决定了整个量子系统的可扩展性和实用性。常用的基于非线性自发参量过程制备量子光源的方案一般采用具有高相干性的激光作为泵浦源，这导致光源品质对激光性能的依赖，增加了整个光学系统的复杂性和成本。另一方面，窄线宽的相干激光会诱导不必要的频谱关联，限制了生成量子态的频谱纯度。

此次工作中，课题组创新性地提出并验证了使用宽带的放大自发辐射光源作为泵浦源的量子光源制备方案，在硅波导内通过自发四波混频过程实现了高品质量子光源的制备。理论分析和数值模拟均表明，泵浦光的时域非相干性不仅不会降低量子态的质量，反而带来了诸多好处：首先，非相干光可以被视为大量独立单色光源的相位无关线性组合，这种特性打破了非线性相互作用的简并性，导致光子对的产生速率提升；其次，非相干光天然的频谱非关联特性可以被传递给生成的光子对，提高了量子态的频谱纯度。

实验结果则有力地证实了理论预测。与相干激光泵浦相比，采用非相干光泵浦方案的光子对产生速率提升了40%；同时，在衡量量子光源关联特性的关键指标——符合计数与偶然符合比和二阶自相关函数上，非相干光泵浦的方案也展现出明显优势，尤其是在低功率下，能够有效抑制背景噪声的干扰，获得更纯净的单光子源。更重要的是，研究团队还利用这种方法制备出了高质量的偏振纠缠量子态，纠缠态的保真度高达95.7%±0.1%，并且贝尔不等式的测量值达到了2.64±0.02。此外，非相干光的低时间相干性还消除了实验系统中由光纤端面反射等因素引入的干涉效应，进一步增强了整个系统的稳定性。

这项工作更新了人们对量子态制备中泵浦光相干性的传统认知，揭示了光学非相干性与量子特性之间的深刻联系。它不仅为量子光源的设计提供了新思路，也极大地放宽了对泵浦源的技术要求，证明了通常被视为光学噪声的放大自发辐射光源也可以被有效用于量子态的生成。未来这项技术有望应用于更多依赖自发四波混频效应的物理体系以及其它光与物质相互作用的过程，并推动单片集成量子光子学技术的进一步发展，为实现可扩展的量子信息处理和量子网络奠定坚实基础。（来源：中国科学报 王敏）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41467-025-66258-x

作者：郭光灿等 来源：《自然—通讯》

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转发