

---

# 科学家在集成光子芯片上实现人工合成非线性效应

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/20585.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！*

## 科学家在集成光子芯片上实现人工合成非线性效应

。中国科学技术大学郭光灿院士团队在集成光子芯片量子器件的研究中取得新进展。该团队邹长铃、李明研究组提出人工合成光学非线性过程的通用方法，在集成芯片微腔中实验观测到高效率的合成高阶非线性过程，并展示了其在跨波段量子纠缠光源中的应用潜力。相关成果10月20日在线发表于《自然—通讯》。

---

## 人工合成非线性五波混频示意图 中国科大供图

自激光问世以来，非线性光学效应已经被广泛应用于光学成像、光学传感、频率转换和精密光谱等领域中。对于新兴的量子信息处理来说，它也是实现量子纠缠光源以及量子逻辑门操作的核心元素。然而受限于材料非线性极化率随阶数呈指数衰减这一本征属性，人们对光学非线性的应用主要局限于二阶和三阶过程，多个光子同时参与的高阶过程很少被研究。一方面，低阶过程限制了传统非线性与光量子器件的性能，比如量子光源的可扩展性；另一方面，人们也好奇高阶非线性过程所蕴含的新颖非线性与量子物理现象。

利用集成光子芯片上的微纳光学结构可以增强光子间的非线性相互作用，这已经成为目前国际上集成光学与非线性光学方向的研究热点。邹长铃研究组李明等人长期致力于集成光子芯片量子器件的研究，开拓微腔增强的非线性光子学，提出并证实了微腔内多种非线性过程的协同效应，开辟了室温下少光子、甚至单光子级的量子器件的新途径。现阶段，该研究组已经能够将非线性相互作用强度随阶次的衰减速率从 $10^{-10}$ 提升到 $10^{-5}$ 。即使如此，在集成光子芯片上实验观测到阶次大于三的高效率非线性效应依然极具挑战。

针对该难题，李明等人另辟蹊径，提出一种新颖的非线性过程人工合成理论，即利用材料固有的较强的二阶、三阶等低阶效应，通过人工调控多个低阶过程级联形成的非线性光学网络来实现任意形式、任意阶次的光子非线性相互作用。这种方法避免了在原子尺度去修饰材料的非线性响应，而仅需要控制微纳器件的几何结构就可实现高效率、可重构的高阶非线性过程。

利用集成的氮化铝光学微腔，该团队在实验上同时操控二阶的和频过程和三阶的四波混频过程，合成了更高阶的四阶非线性过程。实验证明，该人工合成的过程比材料固有的四阶非线性效应强500倍以上。如果进一步提升微腔的品质因子，该增强倍数可达1000万以上。

该团队将人工合成的四阶非线性应用于产生跨可见-通信波段的量子纠缠光源。通过测量跨波段光子间的时间-能量纠缠验证了人工合成过程的相干性。相比于传统跨波段量子纠缠光源的产生方法，该工作极大降低了相位匹配的难度，并且仅需要通信波段单一泵浦激光，展现了人工合成非线性过程的优势和应用潜力。审稿人高度肯定了该工作的创新性。

中科院量子信息重点实验室博士研究生王家齐、杨元昊为论文共同第一作者，李明副研究员、邹长铃教授为论文通讯作者。(来源：中国科学报王敏)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-022-33914-5>

作者：邹长铃等 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](https://www.iikx.com)转发