

通过非厄米拓扑增强灵敏度

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/31909.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！

通过非厄米拓扑增强灵敏度。导读

近年来，量子纠缠态的引入为传感器的灵敏度提升带来了新的希望。非厄米系统的引入为传感器技术的发展提供了新的思路。该系统能够在特定的条件下，对扰动产生更强烈的响应，从而实现更高的灵敏度。

非厄米拓扑传感器（NTOS）是一种基于非厄米性和拓扑性协同作用的新型传感器。与传统的非厄米传感器不同，NTOS能够在不增加噪声的情况下，实现灵敏度提升。这一特性使得NTOS在面对复杂环境中的微小扰动时，能够保持极高的测量精度和稳定性。

近日，美国加州理工学院的Alireza Marandi研究团队构建了一个由光子时间复用谐振器组成的网络，并通过精确编程延迟线，实现了Hatano-Nelson模型的非厄米拓扑传感方案，成功实验演示了一种新型的非厄米拓扑传感器（NTOS），该传感器能够在光子网络中实现灵敏度的指数级提升。这一成果不仅为传感器技术的发展带来了革命性的进展，还为高精度测量在化学、生物学、光探测与测距（LiDAR）以及引力波观测等领域的应用提供了新的可能。该成果发表在国际光学顶尖期刊《Light: Science Applications》，题为Enhanced sensitivity via non-Hermitian topology。Midya Parto为论文第一作者，Alireza Marandi为论文通讯作者。

创新研究

研究团队首次通过实验成功演示了NTOS。如图1所示，NTOS的示意图展示了基于Hatano-Nelson模型NTOS的原理和特性，通过对比不同边界条件下的系统行为，直观地展示了NTOS的灵敏度增强机制，揭示了非厄米拓扑传感器在高精度测量方面的巨大潜力。

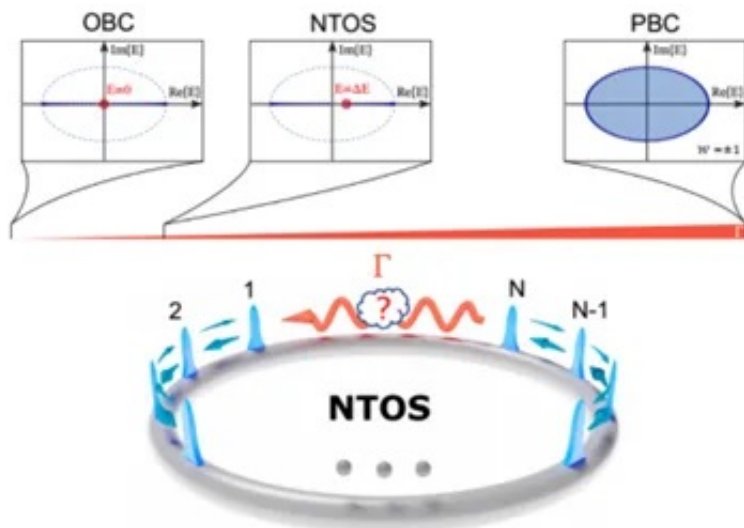


图1. 非厄米拓扑传感器原理图。

在非厄米拓扑模型的实现方面，团队展示了非厄米拓扑传感器（NTOS）的时间复用光子谐振器网络的实验装置（如图2）。该实验装置能够准确测量不同边界扰动下特征值的变化，验证NTOS的灵敏度特性，观察其对抗扰动的响应能力，从而评估其性能。

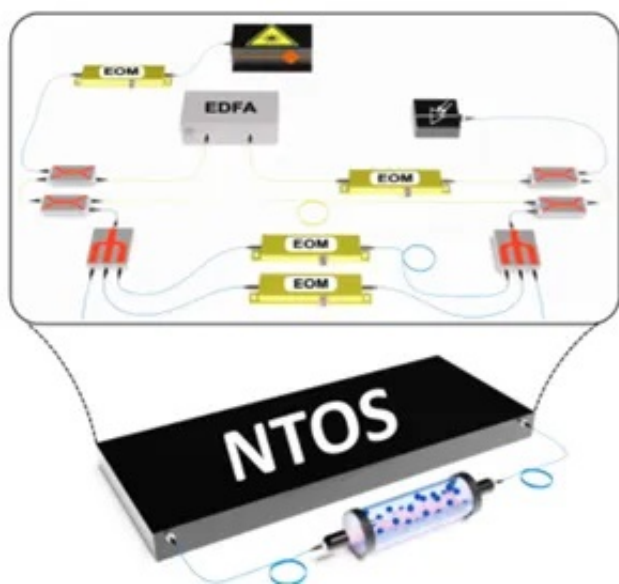


图2. 用于演示 NTOS 的时间复用谐振器网络。

团队进一步展示了非厄米拓扑传感器（NTOS）的时间复用测量过程，这一过程是实验演示的关键步骤，详细展示了如何通过脉冲的演化和状态投影来测量特征值的变化。通过引入控制脉冲，能够准确测量腔的固有衰减率和延迟线的传输特性，为特征值变化的准确测量提供了保障，提高了实验数据的可靠性。

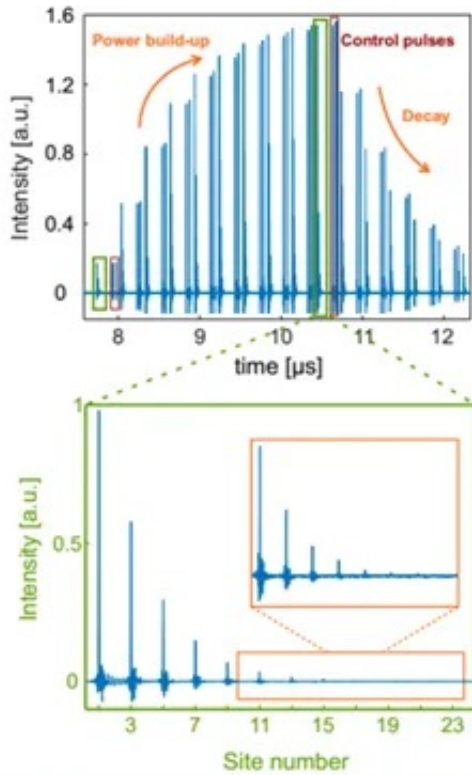


图3. 时间复用 NTOS 的测量程序。

为验证该系统特性，的团队通过研究不同晶格尺寸和不同边界耦合强度下，NTOS特征值的变化情况（如图4），验证了NTOS的灵敏度特性，与理论预测相吻合。并通过NTOS在小扰动下的线性响应和大扰动下的非线性响应过渡，证明了其在实际应用中能够有效检测微小的边界扰动，明确了NTOS的动态范围，为实际应用中的参数选择提供了依据。

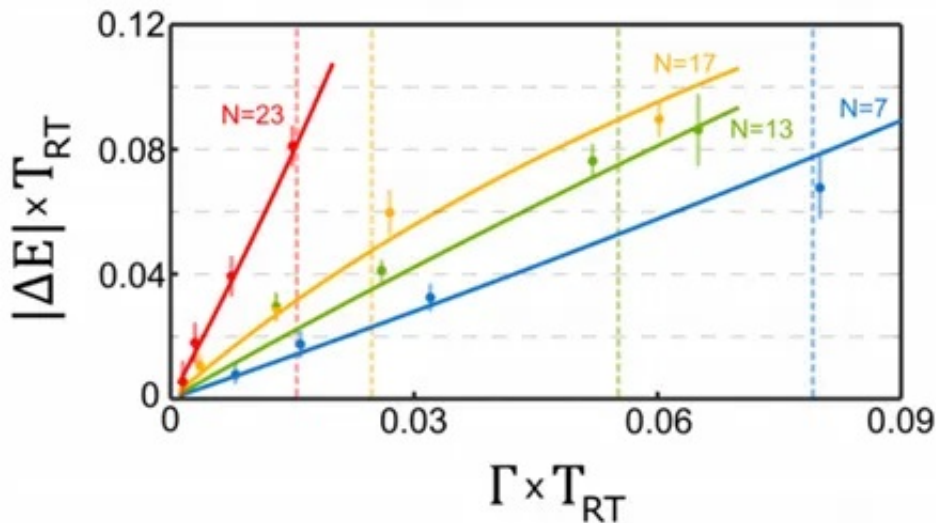


图4. NTOS的实验演示结果。

最后，团队展示了NTOS灵敏度的指数增强结果（如图5），揭示了灵敏度与晶格尺寸关系：NT

OS的灵敏度随晶格尺寸增加而指数增长，与理论预测一致，进一步证实了NTOS的优越性能。此外，还对比了NTOS与其他类型晶格的灵敏度变化情况，突出了NTOS在灵敏度提升方面的独特优势，强调了非厄米性和拓扑性协同作用的重要性。

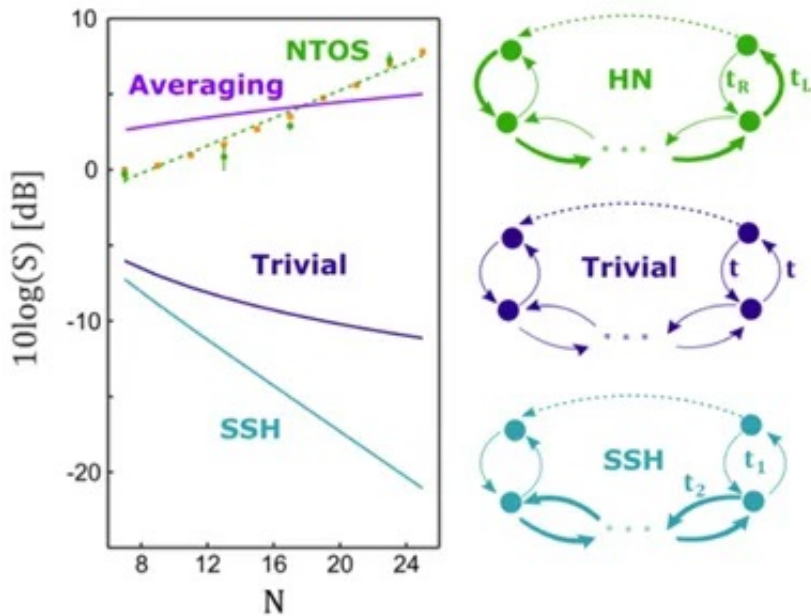


图5. NTOS 的灵敏度呈指数增强结果。

总结展望

研究人员构建的NTOS为传感器技术的发展提供了新的思路。另外，在化学和生物学领域，NTOS可以用于检测分子浓度的微小变化，从而实现更精准的分子传感。在光探测与测距（LiDAR）领域，NTOS能够提高对目标物体的探测精度和距离测量的准确性。此外，在引力波观测等高精度测量领域，NTOS也有望发挥重要作用，帮助研究人员更好地探测和研究宇宙中的引力波信号。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-024-01667-z>

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：Alireza Marandi 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发