
研究提出并实现多功能片上合成频率维度模拟器

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/35259.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！

研究提出并实现多功能片上合成频率维度模拟器。中国科学技术大学郭光灿院士团队李传锋、唐建顺等人提出，在基于谐振器耦合阵列的合成频率维度模拟器中，采用马赫-曾德尔干涉仪（MZI）替代传统的固定分束器进行耦合链接，从而在频率格点之间引入更丰富的耦合类型。并在实验上以双谐振环结构作为示例，实现了对一维紧束缚晶格、霍尔梯子、克鲁兹梯子等模型的模拟，验证了该方法的多功能性。8月20日，该成果发表于《自然-通讯》。

使用可控的光学系统对复杂的物理模型进行模拟，可以研究难以直接得到的材料和体系的性质，这对于验证物理理论以及预测物理现象具有重要意义。合成频率维度模拟器是其中重要研究方向。在以往的合成频率维度工作中，人们常采用固定分束器来耦合环形谐振器，这引入了不同环形谐振器的频率格点之间的耦合，但是这种耦合通常是固定的，限制了合成频率维度模拟器的灵活性和丰富性。因此，实现一种扩展性和重构性更好的耦合架构，是利用合成频率维度来实现更丰富的模型模拟能力的关键。同时，得益于高的电光系数和光子器件制备技术的发展，片上薄膜铌酸锂平台天然地适合用于构建光子的合成频率维度模拟器。

在此次工作中，研究组为了解决这一领域长期存在的困难，提出采用MZI干涉仪辅助环形谐振器进行耦合的方案，从而可以任意调控环形谐振器的耦合强度。更进一步，通过在MZI上施加射频调制信号可以在不同空间维度上的频率格点之间引入交叉耦合。在实验上，研究组以双谐振器模型为例，制备了相应的薄膜铌酸锂光子芯片。通过控制器件的直流和射频参数实现了诸如一维紧束缚模型、霍尔梯子模型，并首次在光子合成频率维度领域中实现了克鲁兹梯子模型的模拟。模拟观察到自旋动量锁定、拓扑平带、阿哈罗诺夫-玻姆效应等现象。研究组提出的耦合配置架构极大地丰富了频率维度格点的可控耦合类型，实验结果展示了这种配置模拟复杂模型的强大潜力。

研究人员介绍，该工作解决了光子合成频率领域长期存在的一个开放性问题，同时在实验上进行了验证。工作中提出的配置丰富了可控耦合的类型，对于实现大规模可编程晶格模型的模拟至关重要，并显著提高了模拟器的多功能性。

审稿人高度评价该成果，这篇论文是合理且论证充分的，它解决了频率维度中至今仍未解决的难题之一。这是在合成维度演示克鲁兹梯子模型的早期工作之一，可能是第一个在光子频率维度中实现的。（来源：中国科学报 王敏）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-025-63114-w>

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](https://www.iikx.com)转发