增益损耗诱导的光学反手性流

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/31932.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！

增益损耗诱导的光学反手性流。 导读

近日，上海交通大学物理与天文学院陈险峰课题组、袁璐琦课题组及合作者利用合成频率维度构造一种具有增益损耗和等效磁场的梯子型霍尔晶格，验证了增益损耗调控能够破坏体系中存在的手性流，从而导致反手性流的出现。该成果发表于《Light: Science Applications》，题为"Observing non-Hermiticity induced chirality breaking in a synthetic Hall ladder"。上海交通大学博士研究生叶睿、博士后贺炎炎、助理研究员李广珍为论文的共同第一作者。

研究背景

近一二十年，拓扑物态的研究逐步从凝聚态领域拓展到光子学领域，由此催生的拓扑光子学已成为当今物理学领域一个重要的研究方向。光学拓扑体系中存在拓扑保护的边缘态，能够对杂质和缺陷免疫，因此提供另一种新颖的光场调控机制和丰富的输运特性。边缘态具有手性特征，即两个相反边界上的边缘态通常沿着相反方向传输，即手性边缘流。最近，人们在某种特殊拓扑材料中通过破坏边缘流的手性，观测并证实了反手性边缘流的存在，即两个相反边界上的边缘态会沿着同一方向传输。反手性边缘流的发现不仅丰富了拓扑物态的研究，也为光场操控提供了新的手段。目前，反手性边缘流仅在微波段中实现，难以扩展到光学波段。

创新研究

研究团队在一种具有等效磁场和增益损耗的梯子型霍尔晶格模型中，揭示了非厄米机制能够导致边缘态手性特征的破坏，从而在光学波段观测到了反手性流。晶格模型如图1所示，图中红色和蓝色箭头分别标记了每条链上的边缘流传输方向。当不存在增益/损耗时，系统存在手性流，即a链和b链上的边缘流沿着相反方向传播（图1 a）。然而当给a链和b链分别施加额外的增益和损耗后，a链上的边缘流不会改变传输方向，继续向右传输；b链上的边缘流会逐渐衰减，同时受到a链上的边缘流的影响最终会和a链上的流一起向右侧传输，即反手性边缘流（图1 b）。

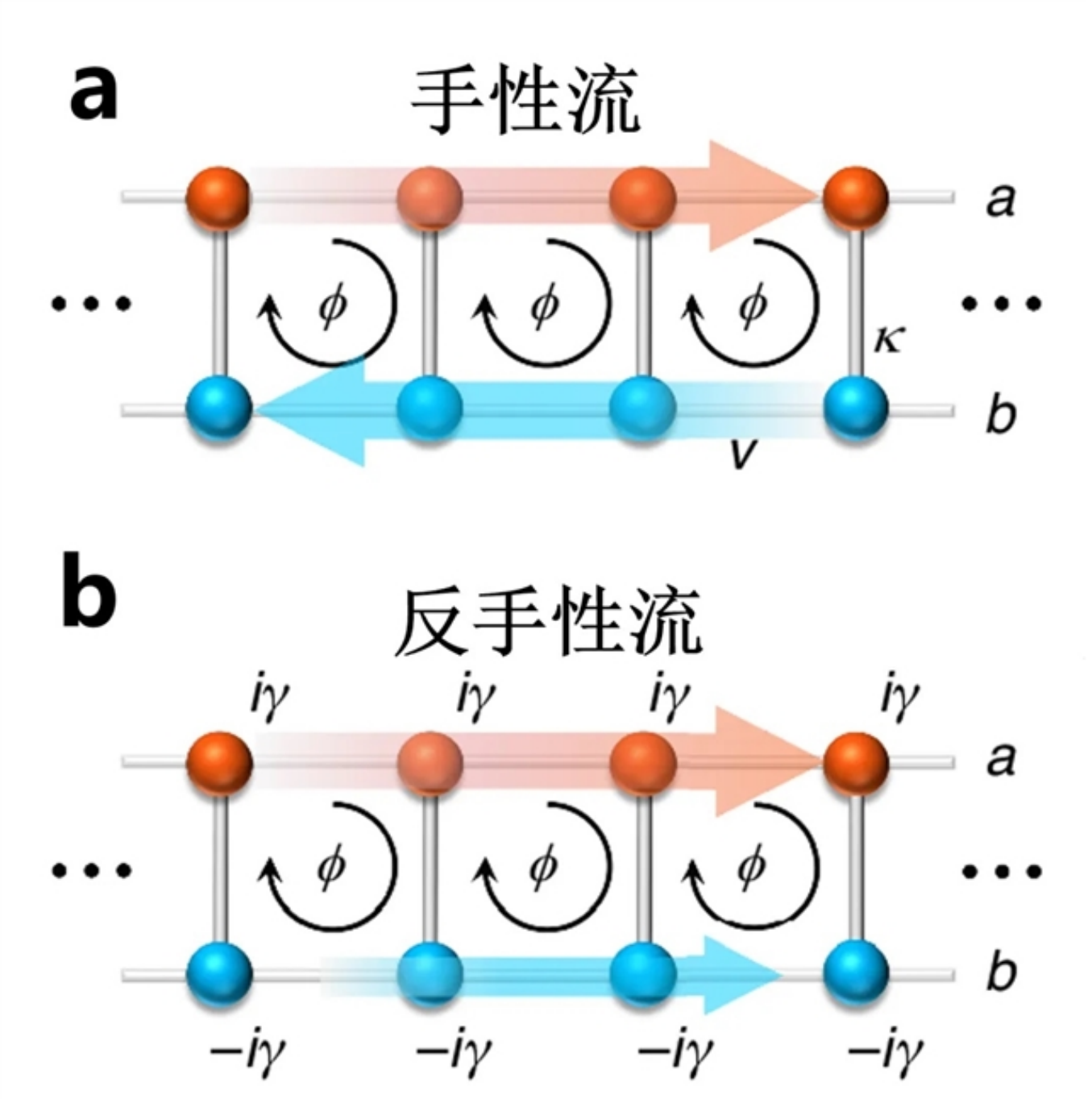


图1. (a) 具有等效磁场的梯子型霍尔晶格中的手性流；(b)
增益损耗诱导的梯子型霍尔晶格中的反手性流。

实验上，研究团队利用如图2a所示的两个等长度的光纤环形谐振腔A和B，给每个环施加共振的电光相位调制，使环形谐振腔中的频率模式发生耦合从而在频率维度上构造合成梯子型霍尔晶格，电光调制器引入的相位差为晶格提供等效的磁场。同时，在B环上加入额外的损耗器件，使合成霍尔晶格的两条链产生损耗差，损耗较小的a链具有等效的增益，而损耗较大的b链则具有等效的损耗，从而在合成频率空间中构建了一个具有等效增益和损耗的非厄米梯子型霍尔晶格，如图2b所示。实验上通过激发a链来测量两条链上的稳态模式分布，进而得到两条链上的边缘流的大小。实验测得的某一个频率处的稳态模式分布如图2c所示。从图中可以看到，两条链上的边缘流传输方向相同，即证明了该系统中反手性流的存在。整个能带范围对应的边缘流如图2d所示。

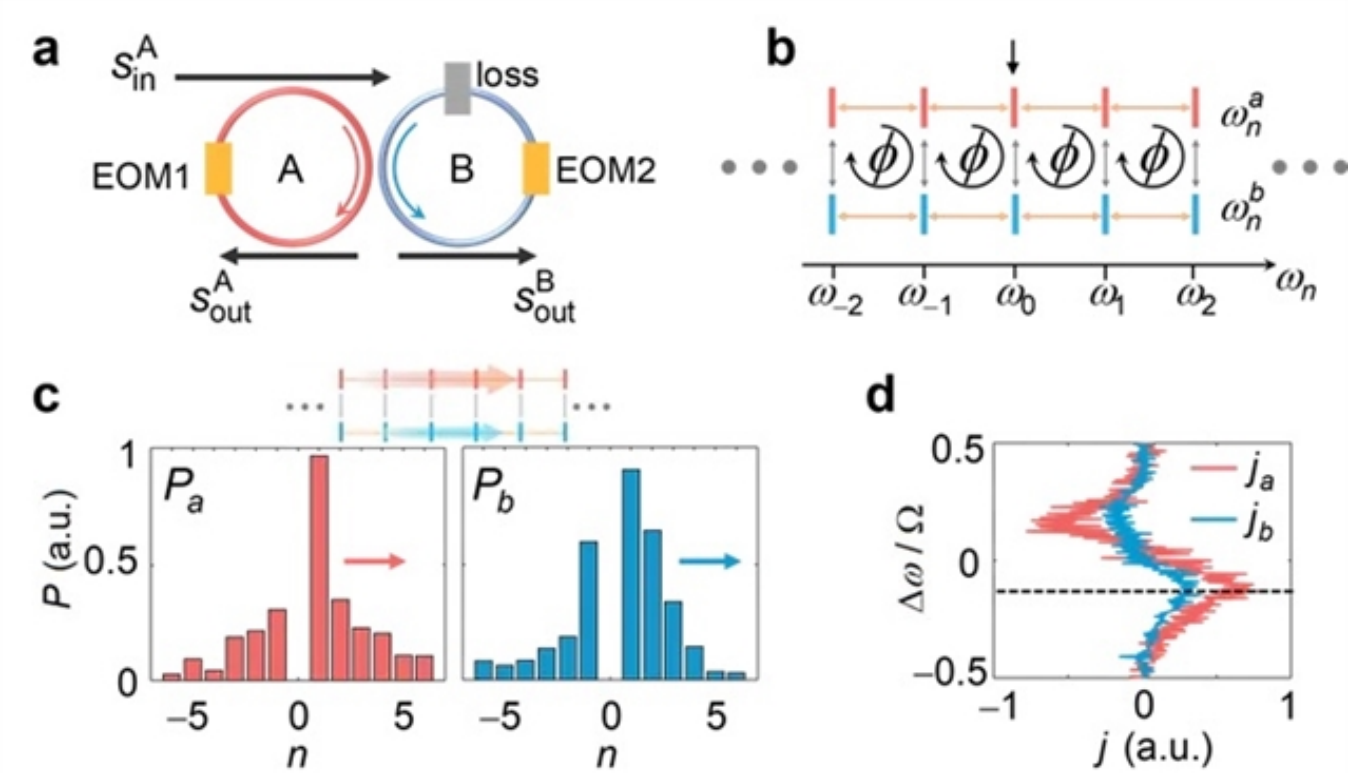


图2. (a) 电光相位调制下的两个等长度的光纤环形谐振腔系统；(b) 合成频率空间中构造的具有等效磁场和增益损耗的非厄米梯子型霍尔晶格模型；(c) 某个频率失谐处（图d黑色虚线）的两条链上的稳态模式分布；(d)实验测量的不同频率失谐处两条链上的边缘流。

此外，研究团队进一步分析了反手性流和体系中存在的非厄米趋肤效应之间的潜在联系，并进一步通过测量能带在复平面中的缠绕验证了趋肤效应能够在此体系中存在。最后，研究团队通过引入长程耦合进一步实现了具有大缠绕数的非厄米晶格，测量了体系中存在的反手性流。

总结与展望

该工作首次利用非厄米手段实现光学反手性流，证实了反手性流和趋肤效应的对应关系，提供了一种不需要开边界来判断体系中是否存在趋肤效应的实验方法。该合成频率晶格中的反手性流具有拓扑鲁棒特性，因此在拓扑保护的单向频率转换器件研究方面具有重要意义。此研究成果不仅拓展了反手性拓扑相的研究，同时为基于合成频率维度研究高纬度非厄米物理的研究奠定基础。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-024-01700-1

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等事宜，请与我们接洽。
作者：陈险峰等 来源：《光：科学与应用》

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

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发