
我国学者新成果为探索光学领域提供全新视角

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/32065.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！

我国学者新成果为探索光学领域提供全新视角。近日，清华大学深圳国际研究生院副教授宋清华、研究员李勃，中国工程院院士、清华大学材料学院教授周济与合作者在拓扑光学领域取得突破性进展。

该团队首次提出一种实动量拓扑光子晶体的概念，揭示了无序中稳定拓扑的形成机制，并实现了光子晶体的有效信息编码，为进一步探索光学领域提供了全新的研究视角。

相关研究成果目前已经在线发表于《自然》。

在光学领域中，连续域束缚态（BIC）是一种特殊的光学奇点。其能量被局域化，无法向外传播。从而在动量空间中形成一个不辐射、Q值无穷大的偏振奇点。围绕该奇点的偏振分布具有非平庸的拓扑荷。因此，BIC在涡旋光产生、场增强和高Q值等特征，在光学应用中具有广阔的前景，对拓扑光学领域具有深远影响。

传统利用超表面和光子晶体实现的BIC，通常依赖于严格的周期性结构。结构的无序会破坏周期性，导致BIC退化成准BIC（即QBIC），其拓扑性质也会随之消失。因此，过去关于BIC的研究通常会尽量减轻无序的影响。

然而，无序性为结构控制提供了额外的自由度。这在波前调控应用中至关重要。因此，如何在BIC中引入有效的无序信息而不破坏BIC的拓扑特性，成为了拓扑光学领域中的一个重要挑战。

为了解决这一问题，宋清华团队联合新加坡国立大学教授仇成伟、瑞士洛桑联邦理工大学教授罗曼·弗勒里，首次提出了一种实动量拓扑光子晶体的概念。该研究提出了无序辅助的实动量拓扑光子晶体，为拓扑光学领域的应用，开辟了新的方向。

这一创新性研究有望推动光子芯片等微纳光学器件的发展，并可应用于高稳定性高容量的光通信技术、复杂结构光的生成、高维量子纠缠技术、生物粒子的精细光学操控、AR/VR显示器件等多个领域。

研究发现，光子晶体中存在一种特殊的BIC共振模式。该模式的场分布中也包含一个拓扑奇点，且围绕该奇点的相位具有非平庸的拓扑荷。这种拓扑共振模式对结构微扰具有免疫性。当结构发生微小变化时，由于奇点的拓扑保护作用，该共振模式不会受到影响，从而显著地提高了BIC的稳定性。

该拓扑光子晶体的BIC动量空间拓扑奇点与实空间中的几何相位分布共存，后者可用来引入无序状态，从而编码额外的波前调控信息。作为概念验证，研究团队通过在实空间中旋转超表面结引入几何相位。利用两个空间中的双重拓扑荷，成功实现了具有嵌套图案和高维拓扑荷的实-动量双涡旋。

此外，该研究还将全息图像编码到几何相位中，并通过实验验证，成功恢复了高质量的超构全息图和动量涡旋光束。动量奇点的色散特性以及几何相位的宽带工作特性，使得两个空间能实现波长控制的分离和重组，从而提供更高的可调性和信息容量。

宋清华、仇成伟、罗曼·弗勒里为论文的通讯作者，深圳国际研究生院科研助理秦昊烨（现为洛桑联邦理工大学博士生）为论文第一作者，深圳国际研究生院2022级博士生苏增平和洛桑联邦理工大学博士后张哲为论文共同第一作者。（来源：中国科学报 陈彬）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-025-08632-9>

作者：宋清华等 来源：《自然》

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