布洛赫定理决定的微腔晶体中的混沌波

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/23815.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！

布洛赫定理决定的微腔晶体中的混沌波。

近日，韩国大田市基础科学研究所Moon Jip Park教授团队，联合韩国釜山浦京国立大学物理系Hee Chul Park教授团队，成功将波动混沌理论推广到微腔晶体中，并发现了晶体动量与内部腔体动力学的锁定效应。这项技术有助于更好地理解微腔晶体内的光学行为，并为未来的微结构光调控技术提供了基础。

研究背景

光学微腔是一种具有高品质因子的光学谐振腔，在量子光学、量子信息处理、传感器等领域发挥着基础、极端重要的作用。在光学微腔中，光子会在微腔内部中反腐反射，并且会受到微腔边界形状等因素的影响。这种影响可以导致波动系统中的能量传输和相干性发生变化，并引起混沌现象。

传统的光学微腔混沌理论主要关注单个微腔或具有非周期性结构的微腔阵列中的混沌现象，并通过改变微腔回声边界形状等方式来调节光学行为，例如相干性，偏振和透射等。实验人员通常通过测量光子在不同位置和时间上的强度分布、频率分布等参数来研究混沌现象。

然而，在实际应用中，光学微腔一旦被制造完成，其边界形状就不能再任意改变，因此很难在实验中获得便捷的、高精度的光学调控。

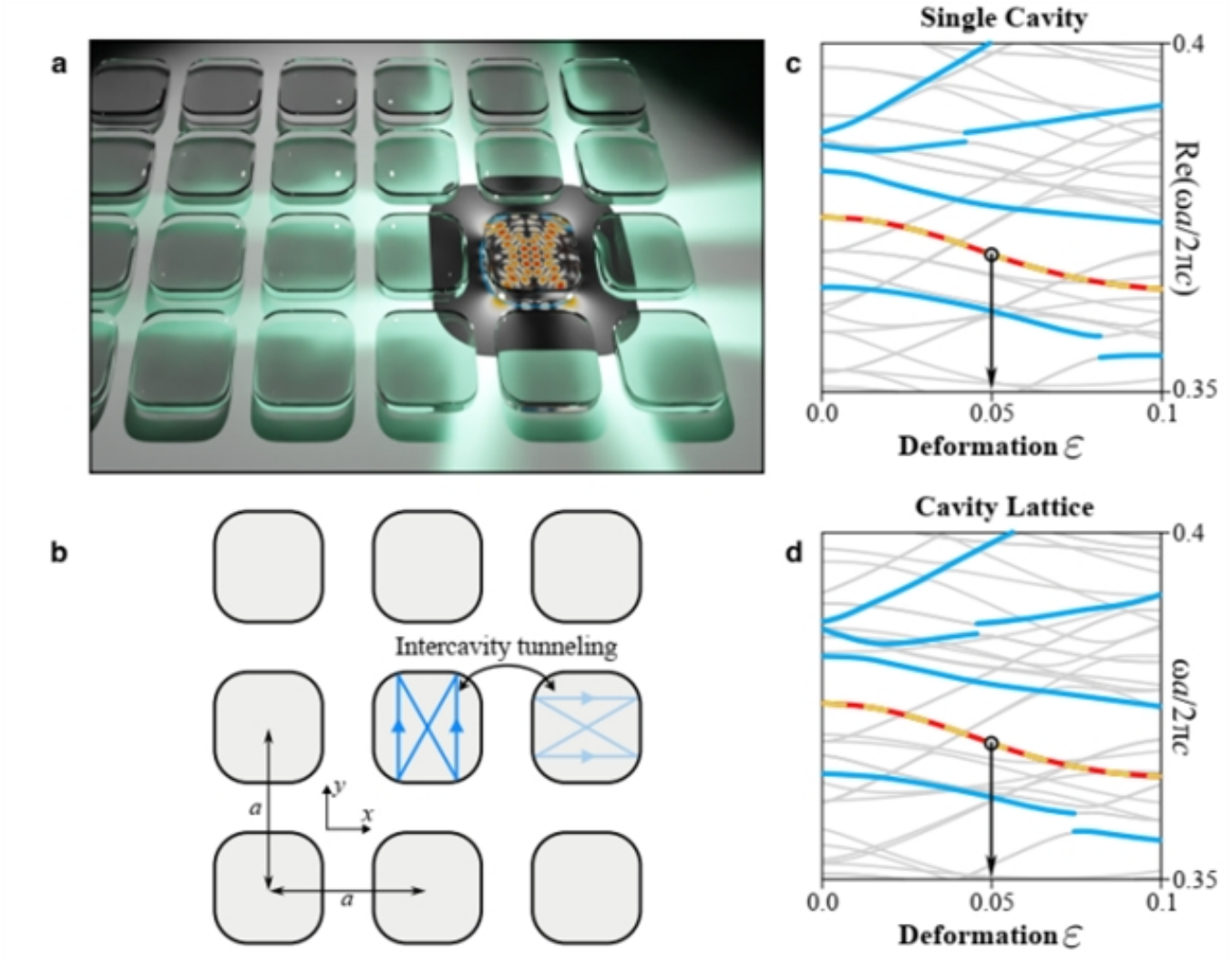
创新研究

本文创新性地利用腔-动量锁定效应来克服上述困难。通过调控光的入射振幅和方向即可控制光在腔和晶格中的传播，而不需要改变腔的形状。具体而言，文章作者设计了具有变形结构的腔，并将这些腔组成一个四方结构的二维腔阵列(见图1)。其中，作者着重分析了两种腔模式：疤痕模式(scar mode)和领结模式(bow tie mode)。他们发现，由于微腔晶体的存在，布洛赫波会表现出混沌行为。这种混沌现象是由于晶体的布洛赫波矢和腔内动力学的耦合导致的。这种腔-波矢锁定现象替代了原先的边界形变理论，成为光波在腔中混沌的主要原因。此外，通过研究疤痕态在相空间的Q-function，作者发现周期性晶格结构的存在也会导致相空间重新配置，从而诱导出一种动态局域化转变(见图2)。

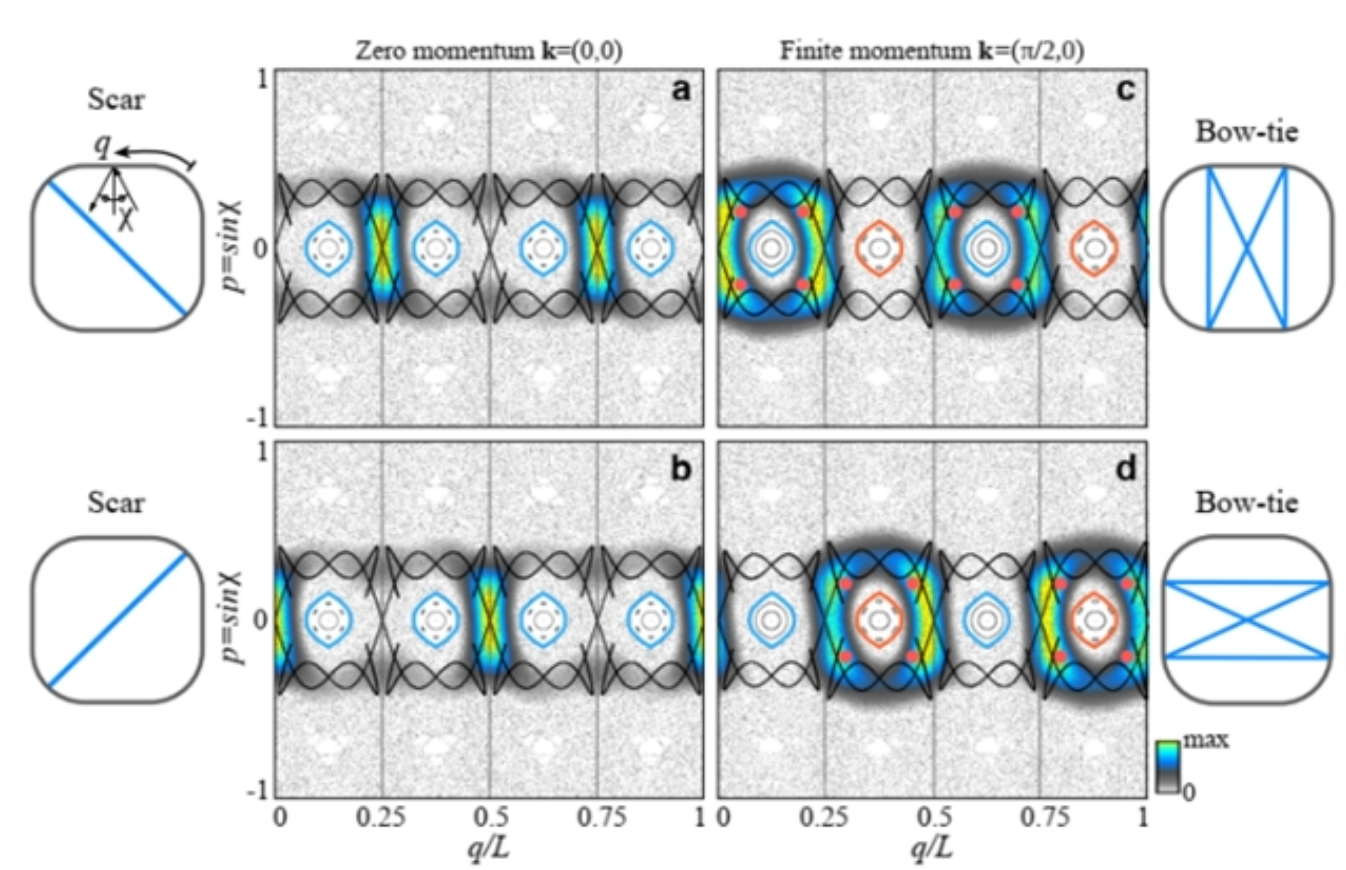
此外，文章还详细讨论了最大耦合的条件。当腔内模式密度高，动量匹配条件满足时，可以获得最大动量耦合。正因为上述性质，使得晶格混沌波成为一个全新的实验平台，来研究各种波的混

沌现象。此外，如果涉及到高能或低能态，这一状态会触发动量诱导的动态隧穿现象。这将是一个未来的研究主题。

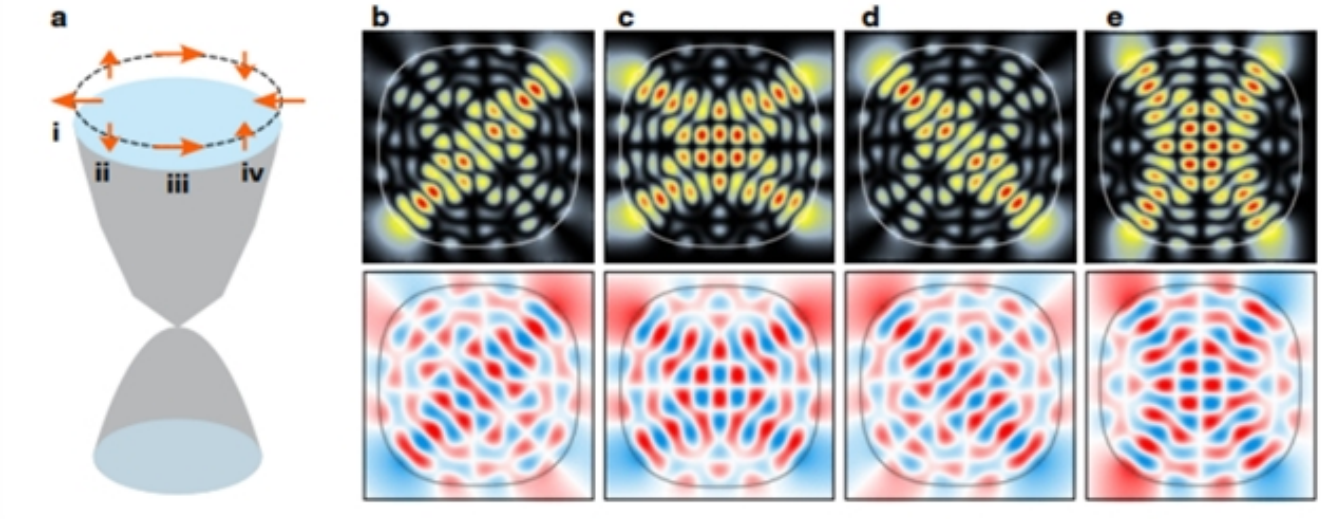
另一方面，文章作者注意到，该体系存在拓扑效应，而这一拓扑效应与传统的拓扑光子学的范式并不完全相同。拓扑光子学主要是瑞利散射，而主导混沌的散射主要是米氏散射。而米氏散射主要由半经典理论描述。文章首次提出米氏散射也将积累贝利相位。并利用此贝利曲率实现输运的可能。该工作还可拓展至其他不同晶格平台，例如Lieb晶格，kagome晶格等。



图一：(a)腔阵列光子晶体示意图。该阵列由设计过的变形腔组成。(b)晶格常数为a的四方晶格示意图。(c)单个空腔中的本征频率实部是空腔形变的函数。(d)空腔阵列晶格中的能量特征值是晶格动量为0时，形变的函数。



图二：腔晶格中模式的Husimi函数叠加在Birkhoff坐标下的射线动力学相空间中。其中q/L是由腔体周长L归一化的长度，是射线的入射角。左右两侧的小图分别代表腔内两种简并模式。



图三：(a)赝自旋围绕晶体零动量空间一周的示意图。(b)-(e)上下两幅图分别代表图(a)中i-iv对应的波函数的模平方ψ2和实部Re(ψ)。

该文章近日发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》，题为Bloch Theorem Dictated Wave Chaos in Microcavity Crystals。Chang-Hwan Yi为论文的第一作者，Hee Chul Park和Moon Jip Park为论文通讯作者。(来源：LightScienceApplications微信公众号)

相关论文信息：https://www.nature.com/articles/s41377-023-01156-9

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：Moon Jip Park 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