

物理所等在二维拓扑光子晶体微腔研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/10228.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！

近年来，拓扑光子学得到广泛关注及研究，尤其在拓扑边界态的应用研究上取得了进展，如单向传输、拓扑激光等。除了边界态外，国内外很多课题组提出在高阶拓扑绝缘体中存在零维拓扑角态，并已在多种体系中实现，包括二维的光子晶体结构。这种零维的高阶拓扑态为设计具有高品质因子的拓扑光学微腔提供了新的平台。拓扑光学微腔具有高品质因子、低模式体积，其模式受拓扑保护，因此对它的研究将促进拓扑光学在腔量子电动力学、量子信息处理及新型光学器件等方面的应用。

近日，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心光物理重点实验室研究员许秀来课题组、研究员金奎娟、王灿，与北京理工大学教授张向东，中科院半导体研究所研究员牛智川、倪海桥合作，设计并制备了基于二阶拓扑角态的二维拓扑光子晶体微腔，通过与量子点集成，在二维拓扑光子晶体微腔中实现了低阈值激光及其与量子点弱耦合的Purcell效应。

在二维光学体系中，Wannier类型的零维拓扑角态可以由非平庸的边界偶极子极化引入，可以通过结合两种具有相同能带和不同拓扑相位的光子晶体实现。研究人员基于Wannier类型的零维拓扑角态设计了一种二维拓扑光子晶体微腔，并优化了这种微腔的品质因子，如图1所示。这种二维拓扑光子晶体微腔具有高品质因子和低模式体积，能提供很强的光束束缚能力，可以提高光与物质的相互作用，可用来研究腔量子电动力学及实现低阈值激光等光学器件。科研人员在含有不同密度的InGaAs量子点样品上制备了不同参数的拓扑微腔，并研究其光学特性，如图2所示。在高点密度

的样品上，观

测到基于拓扑角态的低阈值

激光，如图3（a）（b）所示，阈值约为 $1\mu\text{W}$

，这比目前利用拓扑边界态实现的拓扑激光要小三个数量级左右。这种拓扑激光的高性能来源于拓扑角态的高品质因子和低模式体积，将拓扑光学的应用缩小到纳米尺度，证明了这种拓扑光子晶体微腔在拓扑纳米光学器件上的应用前景。另一方面，在低点密度的样品上，通过调节温度使单个量子点与拓扑角态共振，观测到量子点荧光强度约4倍的增强，进一步测量共振与非共振状态下量子点的荧光寿命，观测到共振状态下自发辐射速率的增强，证实了单量子点与拓扑微腔弱耦合的Purcell效应，如图3（c）（d）所示。这是首次利用拓扑微腔研究腔量子电动力学，为拓扑量子光学界面的研究打下基础。同时，由于这种拓扑光子晶体微腔易于集成，对未来拓扑光学在量子信息处理及拓扑光学器件等领域的发展具有重要意义。

相关研究成果分别发表在Light: Science Applications及Laser Photonics Reviews

上。物理所谢昕和北京理工大学张蔚暄为论文共同第一作者。研究工作得到国家自然科学基金、

国家重点研发计划、广东省重点研发项目、中科院战略性先导科技专项（B类）、中科院科研仪器设备研制项目和中科院创新交叉团队的支持。

论文链接：[1](#)、[2](#)

图1. (a) 拓扑光子晶体微腔示意图。(b) 拓扑光子晶体的能带结构图。(c) 零维拓扑角态的电场分布。(d) 拓扑角态品质因子及频率随 g （两种光子晶体结构之间的距离，如插图所示）的变化。

图2. (a) 共聚焦实验装置图。(b) 不同位置的荧光光谱。(c) 来自于不同 g 的微腔的光谱。(d) 含有不同数量的缺陷的微腔的荧光光谱。

图3. (a,b) 拓扑激光。拓扑角态荧光强度(a)和线宽(b)随激发功率的变化。阈值约为 $1\ \mu\text{W}$ 。(c,d) 单个量子点与拓扑角态的弱耦合。(c)不同温度下的荧光光谱。当量子点(QD)与腔共振时, 荧光强度增强约4倍。(d) 共振(红色)与非共振(黑色)状态下的荧光衰减曲线。共振时的衰减速率约为非共振时的1.3倍。

研究团队单位: 物理研究所

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