

◆学术前沿◆

中山大学光电材料与技术国家重点实验室在鲁棒性拓扑角态微腔中的半导体量子点单光子发射方面取得重大进展

中山大学电子与信息学院喻颖、余思远教授团队联合中山大学物理学院陈晓东、董建文教授团队设计实现了与单个InAs/GaAs量子点的确定性耦合、单量子点的Purcell增强以及偏振的单光子发射，克服了量子拓扑光子学领域中拓扑角态与单个量子点的确定性耦合的难题。相关成果以“Single photon emitter deterministically coupled to a topological corner state”为题，于2024年1月发表在*Light: Science & Application*。中山大学博士研究生饶沐杰与石福隆为共同第一作者，中山大学光电材料与技术国家重点实验室喻颖副教授和董建文教授为共同通讯作者。

微纳加工过程中，不可避免的缺陷如刻蚀引起的表面、形状缺陷等会影响单个量子点与微腔的耦合，拓扑光子学是一种极具前景的解决方案。作为高阶拓扑相以及高度局域化的腔模，拓扑角态还具有超低的模式体积以及高 Q 值。然而，拓扑角态与单个量子点的确定性耦合仍然存在以下困难：(1) 模式体积过小难以耦合。(2) 量子点靠近模式的刻蚀界面易于发光猝灭。这些局限性限制了其在量子层面定制光与物质相互作用的潜在应用。

针对以上难题，研究团队利用拓扑角态的鲁棒性，引入结构缺陷却不破坏拓扑角态，成功使得模式中心的量子点远离刻蚀界面。如图1(d)所示，移除小孔之后拓扑角态仍具有13 192的品质因子，模式体积为 $0.311(\lambda/n)^3$ ；而量子点距离刻蚀表面超过100 nm，Purcell因子为434。同时，结合高精度量子点荧光定位技术，将以上结构制备在单个量子点周围，实现了量子点发光与角态模式的空间对准，保留了更多材料区域用于单量子点的荧光辐射。这是首次实现二阶拓扑角态与单个量子点的确定性耦合，且Purcell因子优于其他拓扑光子晶体微腔。研究成果推动了拓扑非平庸环境中的光与单个偶极子的确定性相互作用的发展，为量子拓扑光子学开辟了新的应用场景。

论文链接：<https://doi.org/10.1038/s41377-024-01377-6>

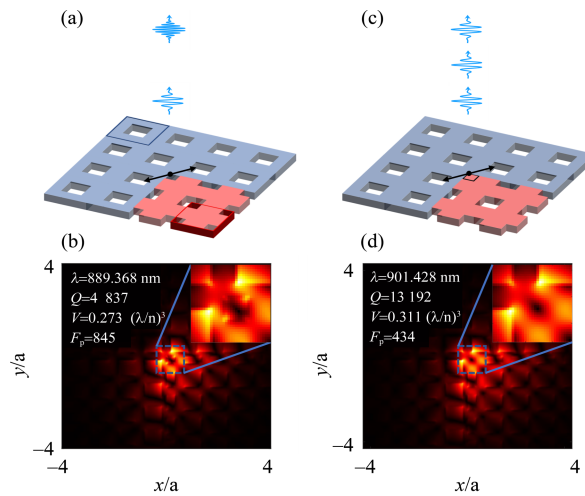


图1 单量子点与拓扑角态的确定性耦合

◆团队简介◆

董建文，教授；中山大学物理学院、光电材料与技术国家重点实验室博士生导师，国家优秀青年科学基金获得者、教育部青年长江学者。曾获中国光学十大进展、教育部青年科学奖等奖项。从事微纳亚波长结构光传输与应用的研究，形成了微纳拓扑光学物理、微纳超表面计算显示/成像等方向。发表论文140篇，包括*Nature*子刊论文5篇、*Physical Review Letters* 期刊论文7篇、*Light/eLight* 期刊论文6篇、*Laser Photon Rev*等的综述论文7篇，7篇论文入选ESI高被引论文。获授权的发明专利7项（含美国专利）。在中国光学学会、中国光学工程学会、全国超材料学会等担任理事。

喻颖，副教授；中山大学电子与信息学院、光电材料与技术国家重点实验室博士生导师。从事半导体量子限制材料分子束外延生长及新型光电器件的研究，形成了半导体量子点量子光源、半导体量子点激光器等方向。发表论文50余篇，包括*Nature Nanotechnology*的邀请综述1篇、*Light: Science & Application*的期刊论文4篇。担任*Advanced Photonics*的青年编委等。



团队合影

(撰稿:喻颖 编辑:王海蓉)