
新型拓扑狄拉克涡旋微腔激光器

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25513.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！

新型拓扑狄拉克涡旋微腔激光器。近日，香港中文大学孙贤开教授团队、香港中文大学（深圳）张昭宇教授团队以及英国伦敦大学学院陈思铭博士团队合作，在国际顶尖学术期刊Light: Science Applications 上发表了题为Room-temperature continuous-wave topological Dirac-vortex microcavity lasers on silicon的文章。研究团队利用拓扑绝缘体中的辅助轨道自由度设计和制造了首个室温连续工作的拓扑狄拉克涡旋微腔激光器。该激光器具有拓扑稳健性从而不受外来缺陷和腔体尺寸变化的影响，这有望革新芯片上CMOS兼容的光子和光电子系统的技术。这一突破为下一代具备更高稳健性和多功能性的硅光子集成回路铺平了道路。

研究背景

为了应对网络数据流量的爆炸式增长，人们发现有必要开发芯片上的集成光子回路，将各种光学元件混合集成在一起。硅是实现集成光子回路的优秀材料，但在硅上实现高性能的激光器仍然具有挑战性。硅上单片集成III-V族量子点（QD）激光器被认为是解决这一问题的一种有前途的策略。然而，大多数现有的QD微腔激光器对腔体变化非常敏感，这从根本上限制了QD微腔激光器的性能。

研究创新

狄拉克涡旋态是凝聚态物理中的重要概念，在拓扑超导系统中人们有望利用它实现著名的天使粒子马若约拉费米子。此前，孙贤开教授团队于2021年发现声学、光学等系统中的拓扑晶体可以具有一种额外的轨道自由度，从而可以在经典的波动系统中实现狄拉克涡旋态(<https://doi.org/10.1038/s41565-021-00868-6>)。在此次研究中，孙贤开教授团队、张昭宇教授团队和陈思铭博士团队合作，进一步将这一新奇的物理现象推向实用，利用轴向硅衬底上单片生长的InAs/InGaAs QD材料，实现了首个室温连续波狄拉克涡旋拓扑激光器（如图1所示）。这一突破有望为具备拓扑稳健性的下一代硅光子集成回路铺平道路。

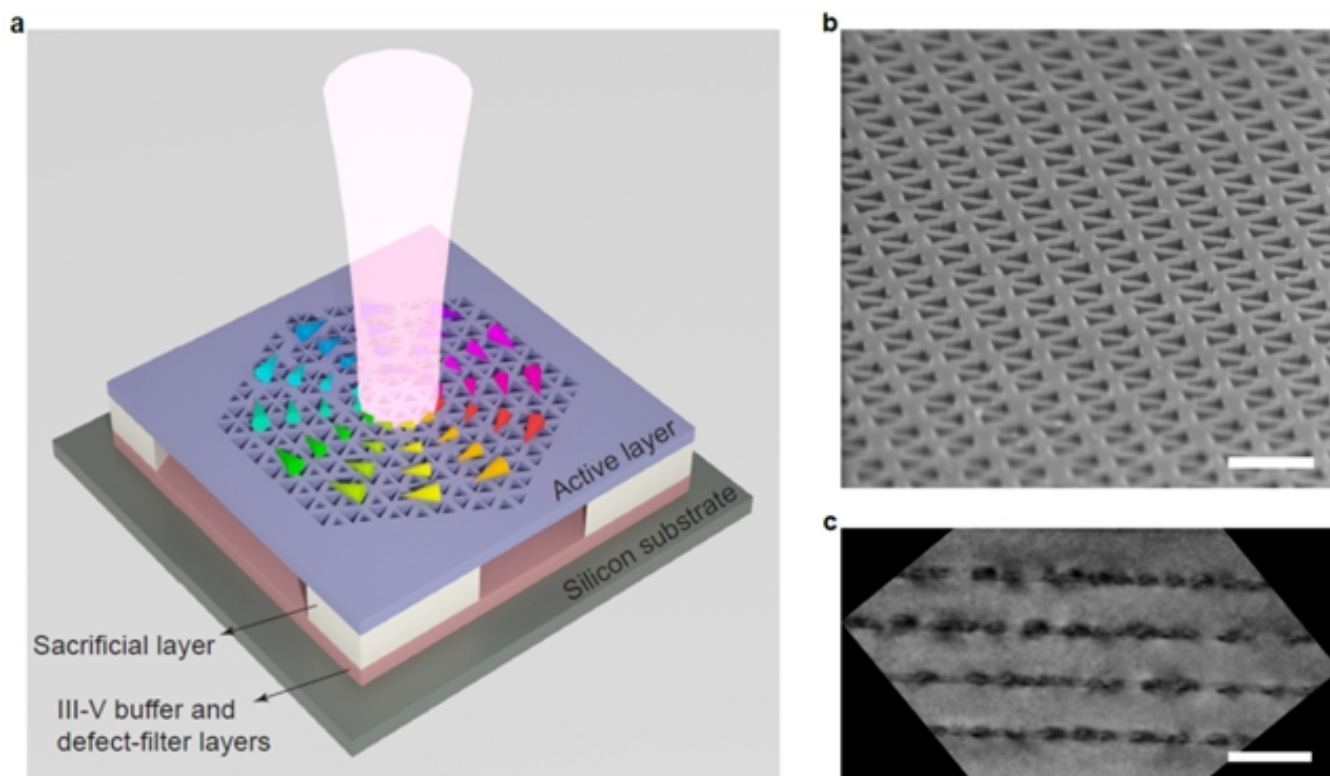


图1 硅基单片生长的狄拉克涡旋拓扑激光器。a，硅基底上外延生长的狄拉克涡旋拓扑激光器的示意图。b，实验实现的拓扑狄拉克涡旋光子晶体腔的扫描电子显微镜图像。比例尺，500 nm。c，量子点亮场透射电子显微镜图像，包含四层InAs/InGaAs QD层。比例尺，100 nm。

研究结果表明，狄拉克涡旋态非常适合应用于激光器领域，相比传统激光器的设计，在相同体积下它具有更大的自由光谱区，因此非常适合实现大面积单模发射的激光器。团队通过利用拓扑绝缘体中的辅助轨道自由度设计和制造了狄拉克涡旋光子晶体激光器，从而能够精确控制狄拉克涡旋腔的近场，以获得线偏振的远场发射。如图2所示，在室温条件下进行连续波光学泵浦时，他们观察到了垂直器件表面的激光发射。此外，由于此类狄拉克涡旋激光器是直接生长在硅衬底上的，利于与传统的光电子芯片技术集成，对下一代具有稳健性和多功能性的硅基光电集成芯片具有重要的意义。

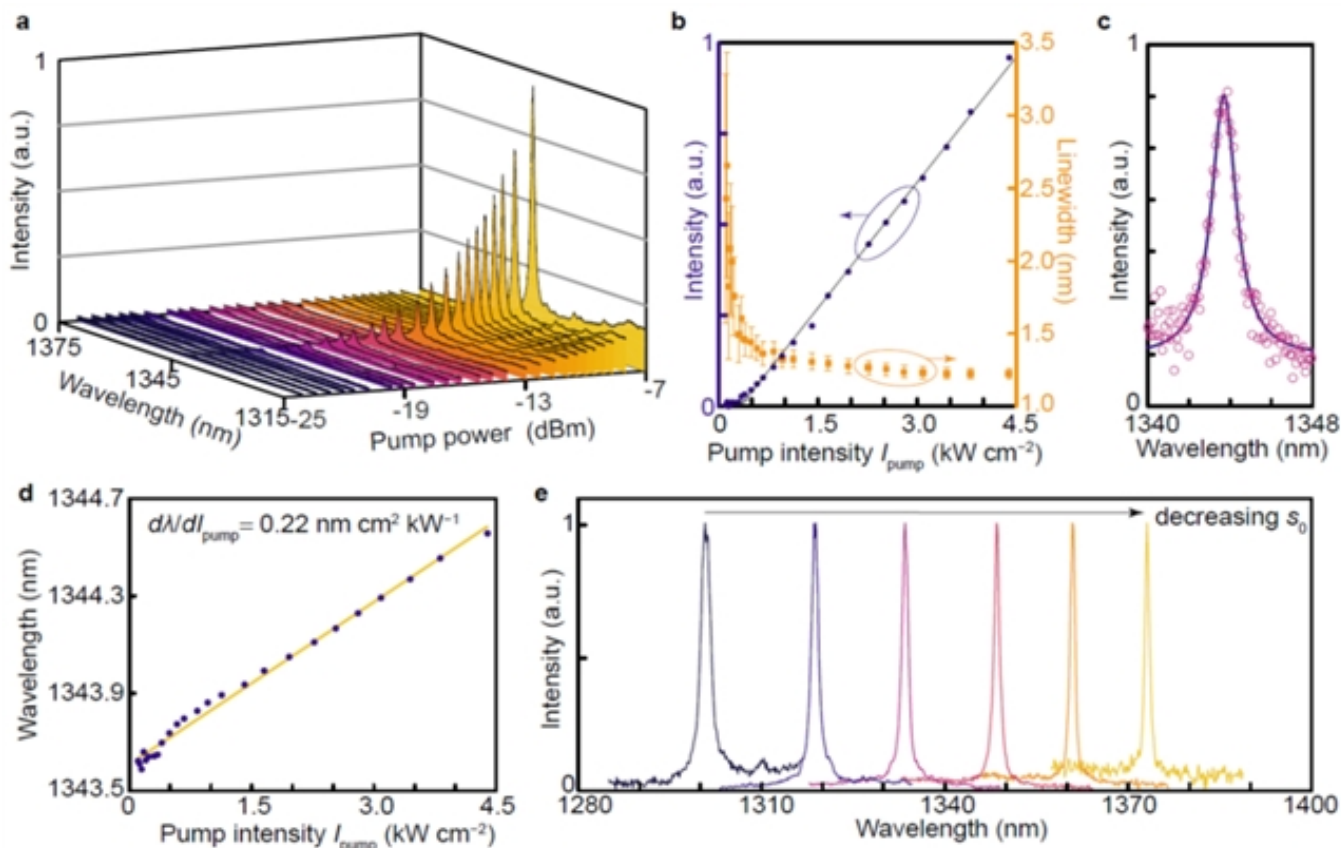


图2 狄拉克涡旋拓扑激光器的实验表征。a，狄拉克涡旋激光器的微区荧光光谱随泵浦功率的变化。b，微区荧光光谱强度（紫色点）和线宽（橙色方块）随泵浦强度的变化。c，当泵浦强度为 0.395 kW cm^{-2} 时测得的微区荧光光谱。d，激光波长（紫色点）随泵浦强度的变化。e，不同狄拉克涡旋激光器的激光光谱，表明可以实现 $1300 - 1370 \text{ nm}$ 波长范围内的精确调控。

展望

本工作开创的狄拉克涡旋微腔激光器不仅有望成为下一代硅光子集成回路的光源，而且还为探索非厄密、玻色子非线性和拓扑态量子电动力学等新奇物理现象打开了大门。该激光器为光电子学领域的持续发展铺平了道路，并为更高效、更稳健的通信技术奠定了基础。

该研究以 Room-temperature continuous-wave topological Dirac-vortex microcavity lasers on silicon 为题在线发表在 Light: Science Applications 上。马静文为本文的第一作者，孙贤开、张昭宇、陈思铭为本文的通讯作者。本研究受香港研究资助局、中国国家自然科学基金、深圳市基础研究基金、深圳市重点实验室计划、英国工程与物理科学研究委员会、英国皇家工程院、法国国家研究机构的资助。（来源：LightScienceApplications 微信公众号）

相关论文信息：<https://www.nature.com/articles/s41377-023-01290-4>

作者：孙贤开等 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](https://www.iikx.com)转发