

---

# 科学家研制出拓扑腔面发射激光器

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/17877.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！**

科学家研制出拓扑腔面发射激光器。半导体激光器体积最小、效率最高、波长最广，价格最低，是各类应用场景之首选，但出射功率低和光束质量差是瓶颈，难点更在于这两个指标一般无法同时提高，即虽然增大器件尺寸可以提高激光功率，但是大器件中的多模激射会降低光束质量。之前，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L01组陆凌团队提出了狄拉克涡旋拓扑光腔，是目前已知大面积单模性最好的光腔设计，可从原理上突破现有瓶颈，并提高出射功率和光束质量。近日，科研人员将原创的拓扑光腔应用于面发射半导体激光器中，研制出拓扑腔面发射激光器（topological-cavity surface-emitting laser: TCSEL），得到远超同类商用产品的指标和性能（图1）。在1550nm这一最重要的通信和人眼安全波段，同时实现了单个器件10W峰值功率、小于1°的远场发散角、60dB边模抑制比，以及二维多波长阵列的集成能力。相关研究成果以Topological-cavity surface-emitting laser为题，在线发表在Nature Photonics上。TCSEL的发明对于人脸识别、自动驾驶、虚拟现实所需的三维感知和激光雷达等新兴技术有重要意义。

研究分析主流单模半导体激光器的设计发现（图1），用于互联网通信的分布式反馈边发射激光器（distributed Feedback, DFB）和用于手机人脸识别的垂直腔面发射激光器（vertical-cavity surface-emitting lasers, VCSEL），在其最优化的谐振腔设计中均采用了一维周期结构中带间拓扑缺陷模式来实现稳定单模工作。而TCSEL正是延续和推广了这样的成功路线，实现了与半导体芯片平面工艺最匹配的二维版本。

大面积单模是TCSEL的优势，同时提高了出射功率和光束质量——面发射峰值功率大于10 W，光束发散角小于1°（图2左）。相比之下，商用DFB的输出一般为数十mW的量级，单个VCSEL的输出为几mW，面发射的典型发散角为20°，边发射器件的光束质量通常更差。图2左插图为直径500 μm器件的显微镜照片和扫描电子显微镜照片，可清楚看到器件标志性的涡旋结构，TCSEL的远场为径向偏振分布的矢量光束。TCSEL的高功率和低发散角优势可以增加三维传感的距离，减少光学系统的尺寸、复杂性和成本。

波长灵活性是TCSEL的另一个优势，如可以实现二维多波长面阵。VCSEL的垂直腔是在外延生长过程中形成的，不但激光波长受到材料生长的严重制约，而且其阵列在同片晶元上缺乏波长可调性。DFB可以调节波长，但由于边发射的裂片制造工艺约束，只能实现一维多波长阵列。相比之下，TCSEL的波长可以在平面加工过程中任意调节，图2（右）中通过改变晶格常数，相应的激光波长从1512nm到1616nm线性变化，二维阵列都稳定单模工作，边模抑制比均大于50dB。这种多波长TCSEL二维阵列可以潜在地提高波分复用技术的功率、带宽和集成度，可应用于大容量信号传输和多光谱激光传感等应用领域。

---

图1.TCSEL与现有商用单模激光器的对比：一维中，边发射的相移分布反馈激光器（DFB）和垂直腔面发射激光器（VCSEL）均采用带间模式稳定激射；二维中，拓扑光腔面发射激光器（TCSEL）可以大面积单模工作，与一维相比可以提供更高的发射功率，更窄的光束发散角，和多波长二维阵列等优势。

图2.TCSEL性能：左侧图为激光器输入输出的功率，插图为激光器的远场照片、显微镜图、扫描电子显微镜图；右侧图为多波长阵列特性。

拓扑物理自量子霍尔效应发现以来，一直是基础研究领域的焦点。虽然拓扑鲁棒性在理论上可以显著提高器件的稳定性和指标，但至今没有明确的应用出口，TCSEL的发明有望解决拓扑物理应用的瓶颈。

---

TCSEL的器件制备在物理所微加工实验室完成。研究工作得到中科院、科技部、国家自然科学基金和北京市自然科学基金的支持。（来源：中国科学院物理研究所）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41566-022-00972-6>

作者：陆凌等 来源：《自然—光子学》

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