

---

# 级联可调谐谐振器可对光的轨道角动量状态进行主动分选

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/8439.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！*

**级联可调谐谐振器可对光的轨道角动量状态进行主动分选。**

近日，来自中国、和澳大利亚的科学家们Shibiao Wei, Stuart K. Earl等人发表了题为Active sorting of orbital angular momentum states of light with a cascaded tunable resonator的高水平论文。光的轨道角动量（OAM）在各个领域都有应用前景。但是，缺乏一种简单，动态的方法来对OAM状态进行分选而不改变其状态。该文章提出了一种可以动态过滤单个OAM状态并保留OAM状态以进行后续处理的技术。具有不同波长的OAM状态可以在谐振器中谐振，除了更改腔体的长度外，无需进行任何其他调制。该文章于今日发表在国际顶尖光学期刊《Light: Science Applications》上。

光的轨道角动量（OAM）有广泛的应用，如量子光学，高密度数据存储，光学陷阱，天体物理学，高分辨率显微镜、用于探测引力波的光学干涉术，以及通过OAM纠缠的光子也被用来证明违反了广义贝尔不等式和量子密码等。尽管应用范围很广，但在保持初始状态的情况下，动态区分特定OAM状态的光束与其他光束的方法尚未见文献报道。

通过螺旋相位的转换在空间上分散涡旋光束是一种巧妙的方法，但它会破坏入射的OAM状态，因此更适用于检测光学系统端点处的拓扑电荷。此外，一种更通用的分类机制是将不同的OAM状态发送到不同的输出端口而不更改原始状态的机制。一种改进的Mach-Zehnder干涉仪---由Dove棱镜和螺旋相位板组成，已被用于构建分选设备，但是，由于使用螺旋相位板，该方法仍会更改入射OAM状态（恢复原始状态相对容易）。理论上，干涉测量法可以对许多OAM状态进行分选。然而，使用这种方法的复杂度和损耗会随着要分选的OAM状态的数量迅速增加。此外，对于每个给定的OAM状态集，必须找到所有干涉仪臂配置的唯一组合。在这种形式的干涉仪网络的每个阶段的配置也可能需要完全修改，包括每个新的OAM状态。而该文章用级联可调谐谐振器演示了OAM状态的动态分选。通过改变谐振器的谐振状态，可以分离单个的OAM状态。

该文章展示了一种可重新-配置的OAM分选器，该分选器可以同时处理多个OAM状态，同时保留原始状态。另外，通过这种模块化设计，可以通过增加数量的OAM状态轻松扩展系统。该OAM分选器的基本构建元素是光学腔。因此，分选器通过使用基于共振的方法继承了许多优点，例如高选择性和高效率。由于这种方法的共振特性，可以抑制各种OAM状态之间的串扰。此外，利用古伊相位积累原理，该分类器不仅对方位模式指数 $l$ 的值敏感，而且对径向模式指数 $p$ 也敏感。与先前提出的用于对LG光束的径向模式进行分选的干涉仪相比，此处提出的分选器更加紧凑，这在考虑实际应用时非常重要。

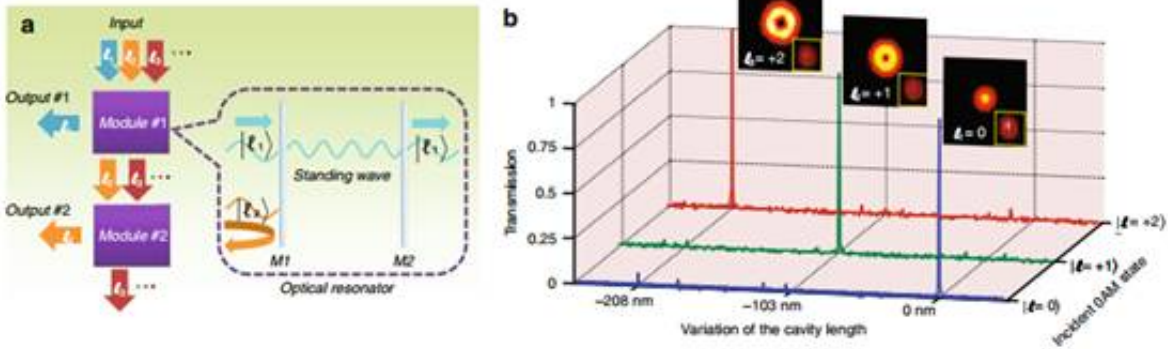


图1 OAM分选原理(a)基于级联模块化设计的所需OAM分选系统的概念图。例如，三个不同的OAM状态 ( $l_1$ ,  $l_2$ 和 $l_3$ ) 进入系统。第一模块输出一个状态 ( $l_1$ )，同时拒绝其他状态 ( $l_2$ 和 $l_3$ ) 并将其重定向到下一个模块，其中状态 $l_2$ 与另一个状态 $l_3$ 分离并退出分类器。每个模块的主要组件是一个调谐到特定入射OAM状态的光腔/谐振器。M1和M2是形成Fabry-Pérot腔的高反射镜。由于共振隧穿，共振OAM状态经历了通过腔的高传输，而非共振状态在腔内经历了破坏性干扰，因此被完全反射。(b)根据Fabry-Pérot腔的长度变化，测得的各种OAM状态的透射率。插图显示了参考平面波的透射强度分布和相应的前叉干涉图。

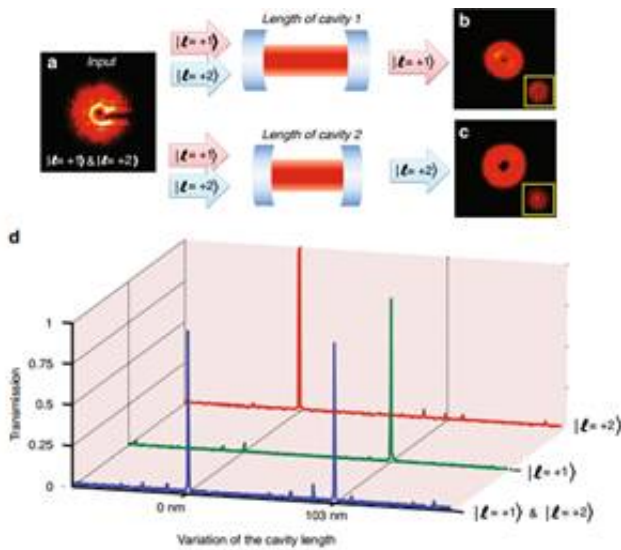


图2 相互传播的OAM状态的分离。(a) 具有两个OAM状态 ( $l=+1$  和  $l=+2$ ) 叠加的入射光束的强度分布。(b) 和 (c) FP谐振腔调谐后的透射强度分布。传输的OAM状态的拓扑电荷通过叉状干涉模式进行量化。(d) ~ (f) 叠加的OAM状态的传输是腔长度的函数 (蓝线)，并伴随着两个单独的OAM状态的参考光谱 (绿色： $l=+1$ ；红色： $l=+2$ )。数据中的小得多的峰主要来自用于生成叠加状态的迭代算法中固有的误差。

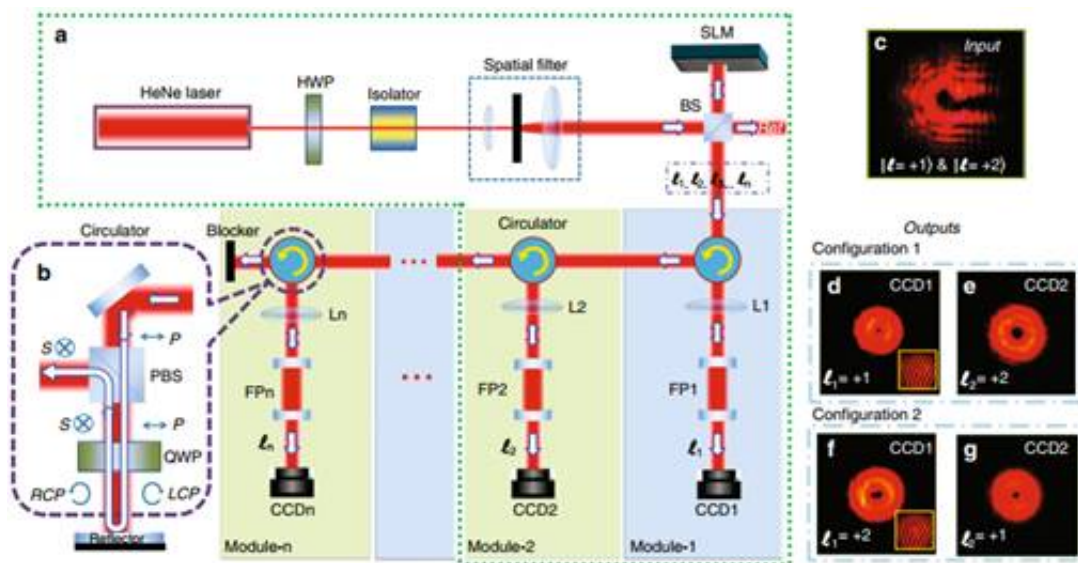


图3 OAM分选机的模块化设计 (a) OAM分选器的实验设置。半波片 (HWP) 用于在空间滤波之前旋转激光束的线性偏振轴, 以利于与SLM的光轴对齐。隔离器用于防止不需要的反射光进入频率稳定的激光腔。叠加的OAM状态是由装有特殊设计模式的SLM准备的。从非偏振分束器 (BS) 的端口之一生成参考光束, 以干扰实验后期的输出OAM状态。透镜 (L1) 用于将入射光束聚焦到第一腔 (FP1), 焦点的大小与腔模式匹配。来自每个FP腔的传输信号使用光电二极管或CCD摄像机进行监控。虽然在此实验中仅使用两个FP腔体 (用虚线框括起来), 但这些腔体的高灵敏度和信噪比允许将多个腔体级联以最大化要分类的OAM状态数。(b) 光学环行器, 由偏振分束器 (PBS) 和四分之一波片 (QWP) 组成。入射光为p偏振 (线性偏振)。从FP腔反射的光两次通过QWP, 转换为正交s偏振状态, 因此从另一个端口离开PBS。RCP: 右旋圆极化; LCP: 左旋圆极化 (c) ~ (g) 当一对FP腔分别传输不同的OAM状态时, 强度分布和类似叉子的干涉图样。这些图像是在两个谐振腔针对两个OAM状态之一进行共振调谐时在两个输出端口拍摄的。为了捕获这些图像, 对第一腔进行共振调谐以传输  $l = +1$ , 对第二腔进行调谐以传输  $l = +2$  (反之亦然)。还可以通过更改腔体长度 (配置1与配置2) 在两个端口之间动态交换输出OAM状态。

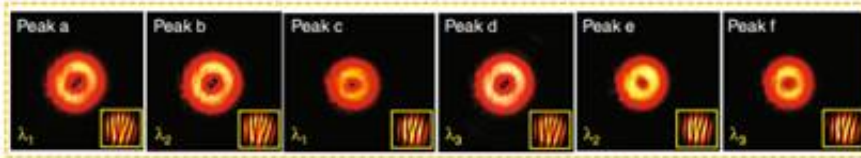
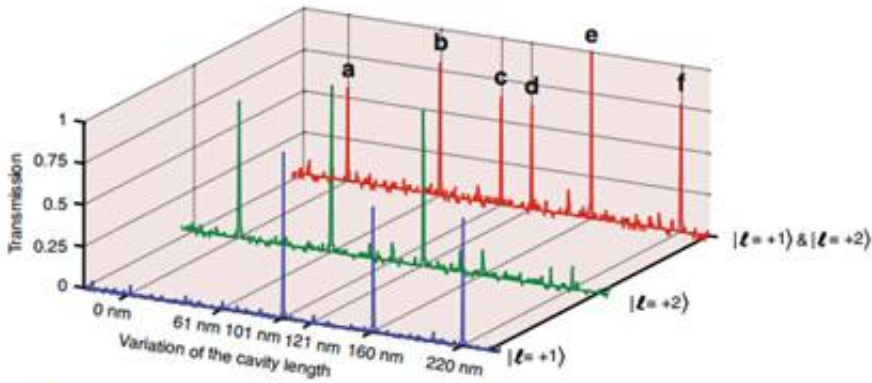


图4同时分类OAM和波长。在入射光束中同时进行OAM和波长复用/解复用。蓝线和绿线表示同一条激光器通过三根激光线产生的单个OAM状态（空气中的中心波长为632.816 nm，每条激光线的间隔为0.000584 nm），而红线表示入射光束具有这三个OAM状态在三个激光线上都存在，混合OAM状态的峰值与单个OAM状态的峰值匹配。插图：六个共振传输中每一个的CCD图像

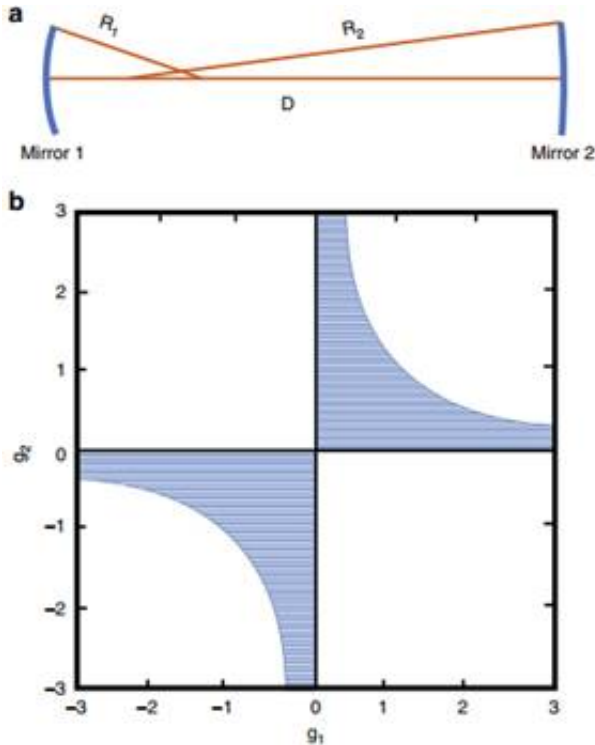


图5是包括两个凹面镜的普通两面镜法布里-珀罗腔的示意图，曲率半径在图中标出。b光学腔的稳定性图。阴影区域表示稳定的空腔区域，包围阴影区域的双曲线表示 $g_1 g_2 = 1$ 。

---

(来源：科学网 周倩苇)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-020-0243-x>

作者：Xiao-Cong Yuan 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](http://www.iikx.com)转发