光子力学研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/24492.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！

近期，中国科学院西安光学精密机械研究所瞬态光学与光子技术国家重点实验室姚保利团队，与国内外的科研单位合作，在横向光动量和角动量调控及微粒操纵应用方面取得系列进展。其中，关于横向光动量的研究论文相继发表在《激光与光子学评论》《光学与光子学进展》上；关于横向光学角动量的研究成果发表在《自然-通讯》上。

在题为*Optical Forces on Multipoles Induced by the Belinfante Spin Momentum*的研究中，该团队与合作者提出了自旋动量诱导光力的基本理论，建立了光与任意阶多极子相互作用自旋动量力的标准模型；利用光场调控技术产生特殊圆偏振光束，将其应用于非局域光学微操纵实验，验证了理论的正确性。

课题组采用特殊调控的圆偏振光束作为激发场。该结构光场能够消除微粒的偶极子辐射，并抑制光束在聚焦过程中产生的轨道角动量，获得高纯度的方位角自旋动量（轨道/自旋比<3%），从而降低偶极子响应和轨道动量对光力的影响。研究使用金米氏微粒作为探针观测到高阶多极子诱导自旋动量力的非局域作用及其驱动的微粒轨道旋转运动（图1）。这类BSM诱导的光力有望引领下一代光学微操纵技术革新，为研发新型光场探测器及悬浮光力学系统提供了新思路。

除横向动量，横向角动量同样代表着一类奇特的光场动力学属性。在题为*Structured transverse orbital angular momentum probed by a levitated optomechanical sensor*的成果中，该团队与英国伦敦国王学院James Millen课题组合作，构建了可携带横向内禀轨道角动量的单色涡旋光场，并实现了横向涡旋驱动的悬浮光机转子。

本工作采用两列相向传播的相干线偏振聚焦光束构建横向角动量，并通过对它们的光轴引入横向间距打破全局角动量平衡，产生沿横向延伸的相位奇异点线（即横向轨道角动量），从而在轴截面形成涡旋阵列。这类结构光继承了聚焦驻波光场的三维捕获能力，可将微粒束缚于奇点位置，从而在诱导微粒自转的同时抑制轨道旋转行为。实验采用在真空中捕获的棒状Si纳米颗粒探测横向涡旋，并观察到颗粒的三维束缚及横向旋转行为（图2）。研究在1mbar气压下实现了10MHz的转动频率，为在该真空度条件下报道的最高转频。横向转子可为转子-微腔的耦合提供新维度，并为短距作用力的探测提供新平台。

基于近年来对光学自旋动量（BSM）、虚动量（IPM）、自旋角动量（SAM
）、轨道角动量（OAM）、多极子光力（MOF
）的理论和实验研究积累，该团队联合同济大学、清华大学、西班牙国家研究委员会、新加坡国立大学、新加坡南洋理工大学等，在*Advances in Optics and Photonics*上，发表了题为*Advances in light transverse momenta and optical lateral forces*的长篇综述论文。该
论文阐述了横向光动量和横向光力的研究进展，并展望了其在量子物理、自旋电子学、生物物理，光学微操纵及材料科学等领域的应用前景（图3）。

自2003年，瞬态光学与光子技术国家重点实验室姚保利团队在光场调控、光子力学及光学微操纵方面开展了长期的理论和实验研究工作，在特殊光场全息光镊研发方面积累了丰富经验。

论文链接：1、2、3

图1.　高阶多极子自旋动量力的非局域作用及其驱动的微粒旋转轨迹

图2.
（a）悬浮光力学系统实验装置图，（b）纳米棒的转动坐标系和
（c）样品电镜图。（
d）纳米棒运动状态的功率谱密度；其中，
fx、fy、fz为三维平动频率，frot为侧向转动频率。

fa、fb。扭矩随光束（f）横向间距和（h）纵向间距的变化情况。
（g）散射信号随时间变化趋势。（i）不同气压条件下的旋转频率。

图3.　基于光场调控的横向光动量及横向光力分类

研究团队单位：西安光学精密机械研究所

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转发