
多重散射环境下光轨道角动量的相位守恒

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/30939.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！

多重散射环境下光轨道角动量的相位守恒。 导读

在光束传播和生物医学应用领域，光的轨道角动量（Orbital Angular Momentum, OAM）已成为热点研究主题。近日，来自英国阿斯顿大学Igor Meglinski教授团队和芬兰奥卢大学Alexander Bykov等研究人员合作，在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》上发表了他们的最新研究成果，题为Phase Preservation of Orbital Angular Momentum of Light in Multiple Scattering Environment。Igor Meglinski教授为论文的第一兼通讯作者。

该研究深入探讨了在多重散射环境中，光的OAM如何保持其相位结构。通过使用螺旋相位调制技术，研究者们观察到，即使在通过具有负梯度折射率变化的介质时，OAM光束也能够保持其初始的螺旋相位，这一现象在生物组织等散射介质中尤为显著。

这项工作不仅揭示了OAM光在生物医学成像和光学传感中的潜在应用（例如无创经皮葡萄糖监测和生物组织中的光学通信），而且还为利用OAM光进行复杂介质探测提供了新的范例。

研究背景

在生物医学成像和光学通信领域，光的轨道角动量（Orbital Angular Momentum, OAM）因其独特的螺旋相位特性而备受关注。OAM光束携带的拓扑荷为光学操控和信息编码提供了新的自由度。然而，OAM光束在通过生物组织等多重散射介质时，其相位结构的保持一直是一个挑战。生物组织中的散射和吸收会导致光束的波前扭曲和相位随机化，从而影响OAM的保持和应用。

近年来，波阵面整形技术的发展为复杂结构光的传播研究提供了新的工具。特别是，通过在Laguerre-Gaussian（LG）光束中引入螺旋相位调制，可以实现对OAM光束在傍轴传播中的相位扭曲率的有效调控。这种技术利用了介质折射率随时间变化的负梯度，显著增加了相位扭曲率，从而提高了对介质折射率微小变化的敏感性。

尽管已有研究探索了OAM光束在不同介质中的传播特性，但在多重散射环境中OAM的相位保持机制尚不完全清楚。此外，如何有效利用OAM光束进行生物组织诊断和光学通信，仍然是一个技术难题。在多重散射介质中，光束的传播受到散射事件的影响，导致光束强度和相位分布的不均匀性，这为OAM光束的探测和成像带来了额外的复杂性。

创新研究

在本研究中，研究人员开创性地探索了轨道角动量（OAM）光束在多重散射环境中的相位保持特性，这一发现对于生物医学成像和光学通信领域具有重大意义。

研究团队首先利用温度依赖的乙醇-水溶液模拟了生物组织中折射率的微小变化，并通过精确控制折射率的变化，展示了OAM光束对这些变化的高灵敏度响应（见图1）。在低散射介质中，LG光束能够维持其初始的OAM状态和特征性的螺旋波阵面。在多重散射介质中，尽管光束强度分布发生扩散导致复杂斑点图案的形成，但该图案的相位记忆仍然保持了LG光束的初始相位调制，如图2所示。

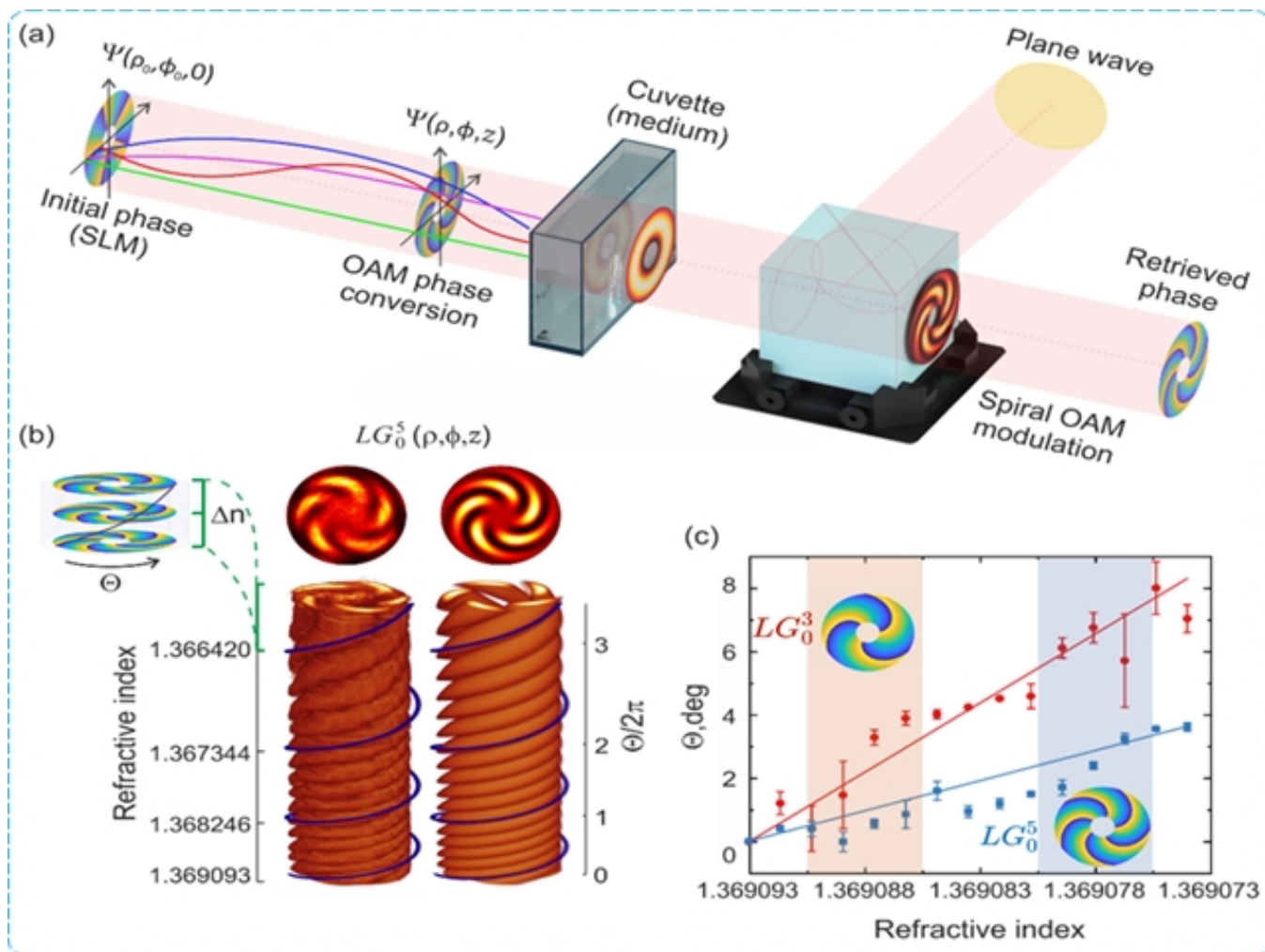


图1. 展示了由于介质折射率逐渐变化引起的OAM的扭转效应

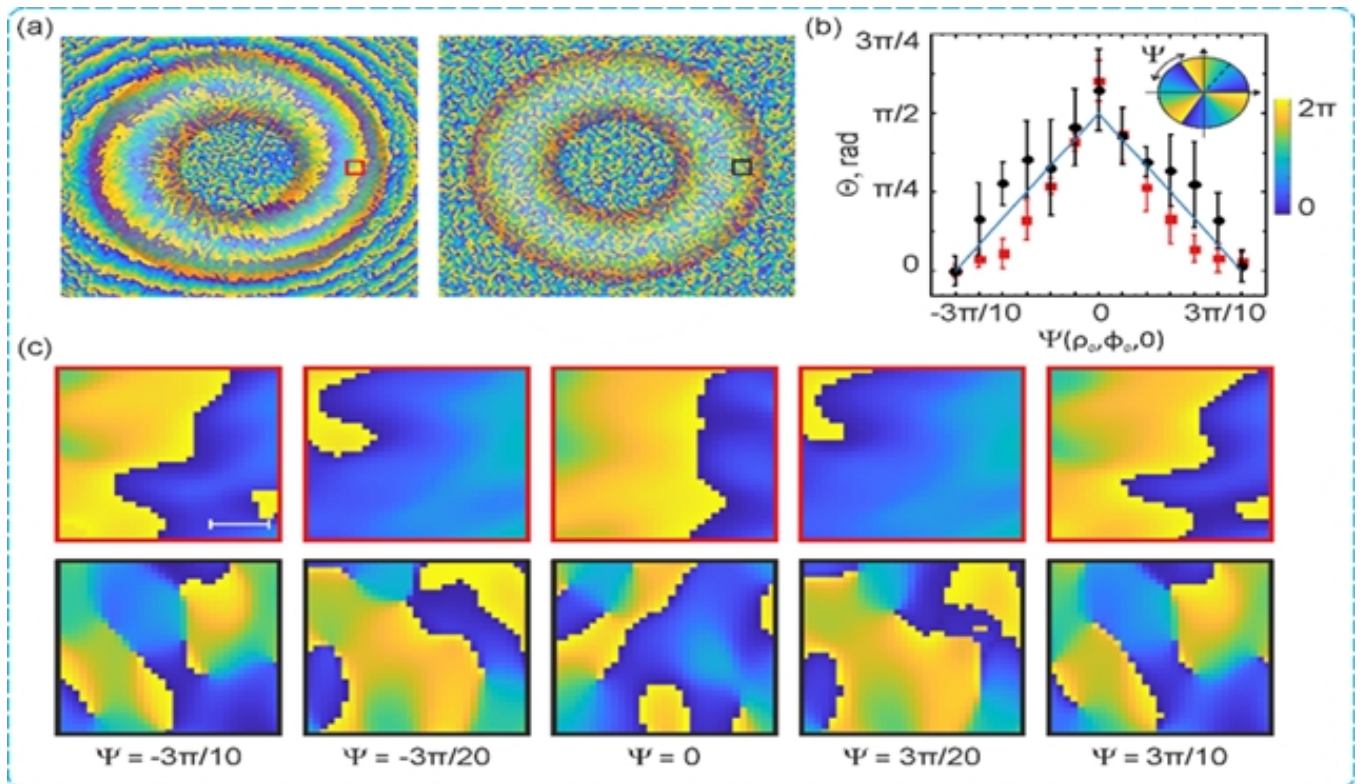


图2. 在多重散射环境中光的OAM的相位记忆

团队进一步深入研究了OAM光束在通过散射介质时的偏振和相位演化，如图3所示。研究发现，在多重散射介质中，尽管光束的偏振状态会发生混乱，但OAM光束的相位记忆效应在轴向环状区域内仍然显著，这一发现为非侵入性诊断和材料表征提供了新的技术途径。

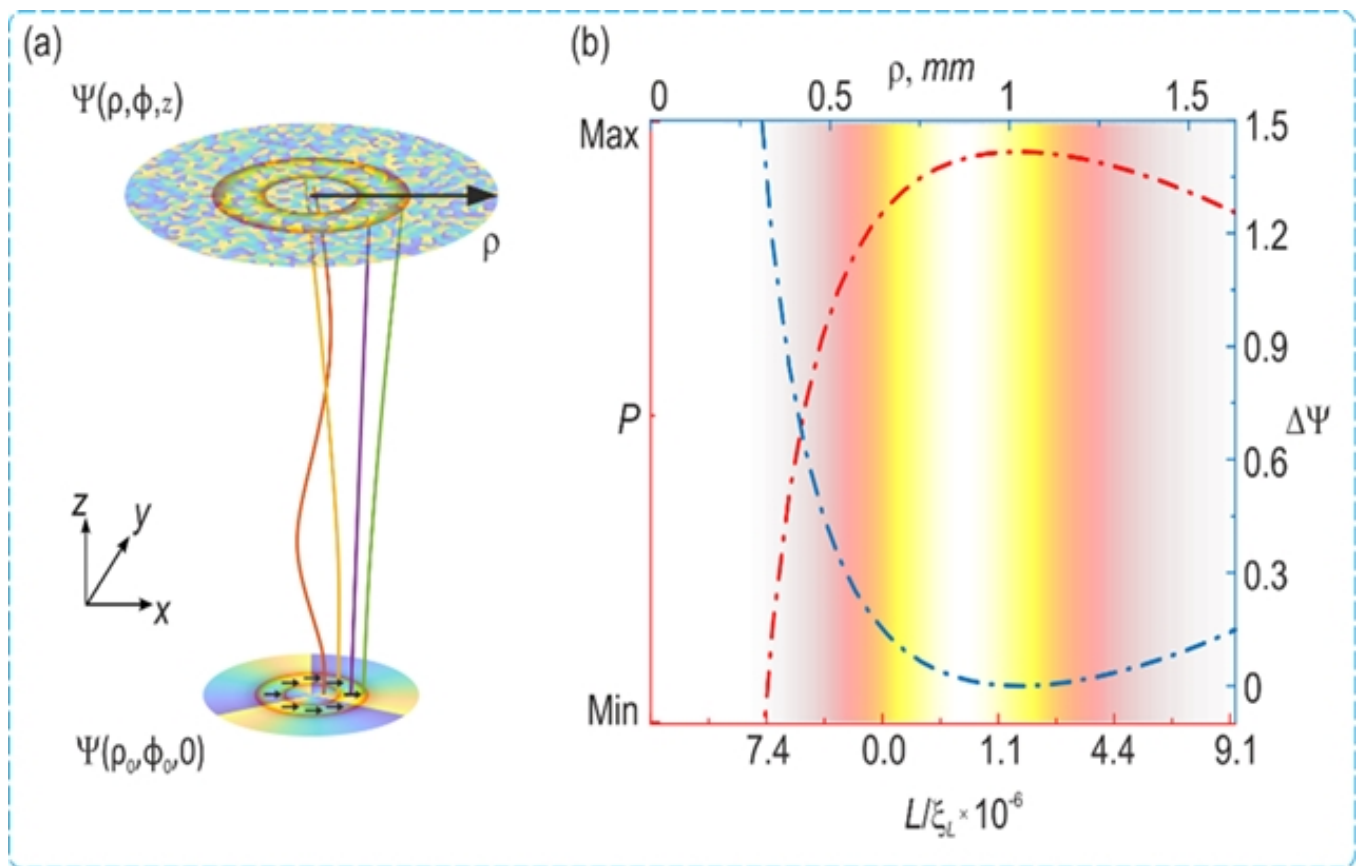


图3. LG光束通过多重散射环境时的偏振和相位演化（图源fig.3）

为了更深入地理解OAM光束在散射介质中的传播特性，团队采用了一种创新的计算模型，该模型结合了蒙特卡洛模拟和矢量辐射传输方程，有效模拟了OAM光束与散射和吸收介质的相互作用。如图4所示，团队的计算方法不仅能够预测OAM光束的传播路径，还能够评估介质对光束相位的影响，从而为光学探测技术的发展提供了新的理论基础和实验方法。

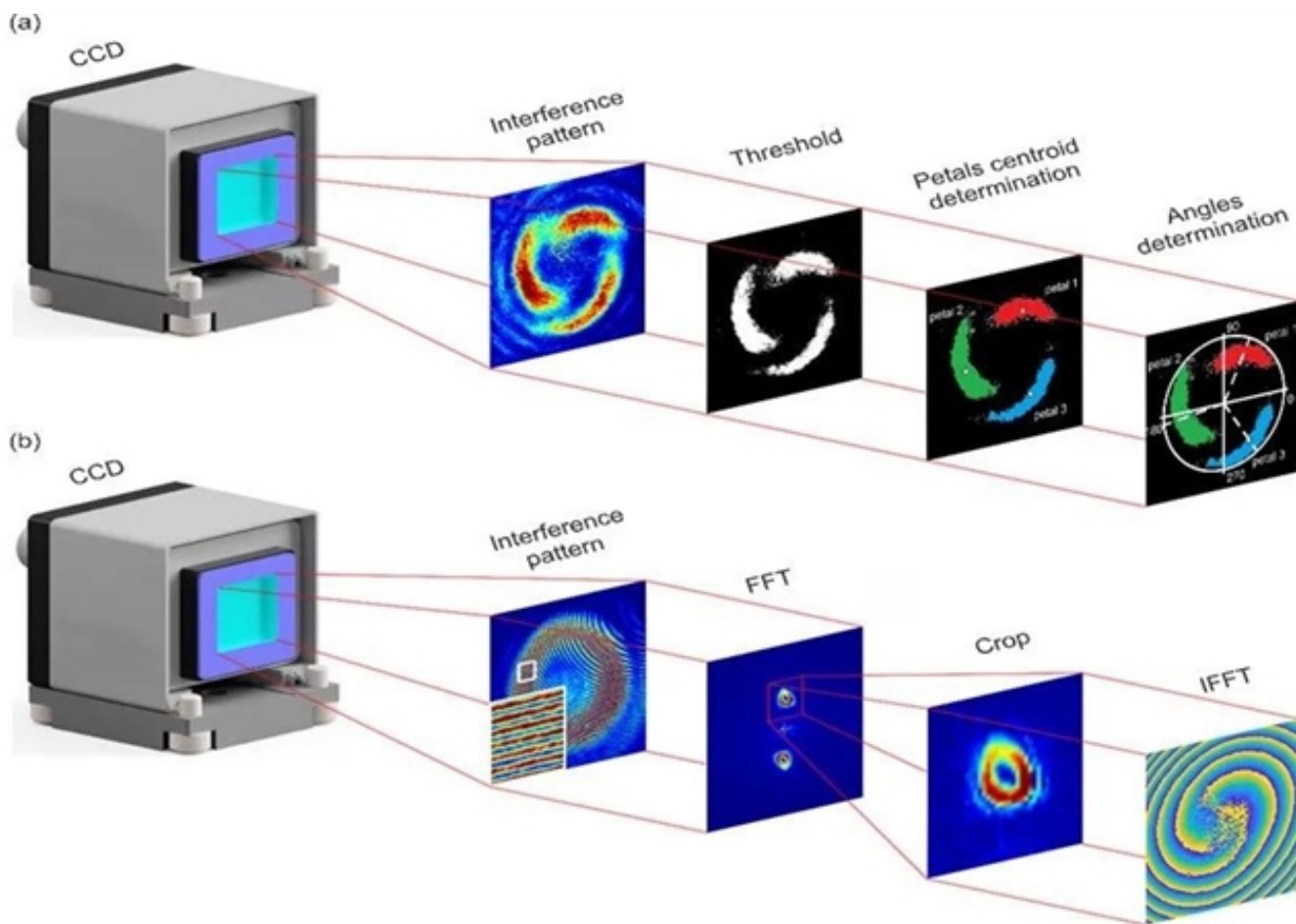


图4. LG光束干涉图样的分析

总结与展望

在本研究中，研究团队深入探讨了轨道角动量（OAM）光束在多重散射环境中的相位保持特性，并取得了一系列创新性成果。通过实验与理论模拟相结合的方法，揭示了OAM光束在通过具有时间变化折射率的介质时，能够保持其螺旋相位结构的能力。这一发现对于发展新型的非侵入性生物医学成像和光学通信技术具有重要意义。

团队研究不仅证明了OAM光束在多重散射介质中的相位保持能力，而且还展示了其在折射率变化检测方面的高灵敏度，这对于生物医学诊断尤其关键。此外，开发的三维模拟方法为理解和预测OAM光束在复杂介质中的传播行为提供了强有力的工具，这对于实验设计和结果解释具有重要的指导作用。

该研究的成果预计将推动OAM光束技术在多个领域的进一步发展。随着技术的不断优化和成本效益的提高，OAM光束有望在便携式电子设备、建筑一体化光伏系统以及太空探索等应用中发挥重要作用。此外，预计这些技术将与人工智能和机器学习算法相结合，实现更高效、智能的能源管理和光电转换，为全球能源转型和可持续发展做出贡献。团队还预见，OAM光束技术将与新型光学材料和纳米光子学结构相结合，开拓出更多创新应用。（来源：LightScienceApplications 微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-024-01562-7>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：Igor Meglinski 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