超透镜实现多维度光量子操控

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/24298.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！

超透镜实现多维度光量子操控。 澳大利亚莫纳什大学的Haoran Ren博士、Chi Li博士和悉尼科技大学的Igor Aharonovich教授、韩国浦项工业大学Junsuk Rho教授等合作，报道了一种新型多功能超透镜，用于多维度光量子的操控。该新型超透镜可在室温下同时调制光量子的方向性、偏振态和轨道角动量自由度。

该成果发表在期刊eLight，题为Arbitrarily structured quantum emission with a multifunctional metalens。

量子光源

光子又称光量子，最早于1905年由爱因斯坦提出并证实，是光在其电磁波频率下的最小能量单元。光子可以携带信息、能量和动量，从而实现光与物质的交互。量子光源（单光子源）区别于传统的白炽灯，荧光灯，以及激光，脉冲激光等光源，前者在时间上每次仅发射一个光子，先后出发的光子在空间上形成一束光子流（如图1所示）。这类特殊的光源是量子信息，量子通讯和量子计算等技术的核心。光量子技术的大规模推广和应用离不开器件的微型化和多功能化。例如我们熟知的电子设备，近几十年来在体积变小的同时，实现了更强大和更丰富的功能。相较之下，量子光源的操控仍依赖于传统光学器件，如透镜、分束器、偏振器等，不但体积巨大，往往只能对光量子的某一属性进行单一的操作，难以满足复杂光量子调控的需求。

图1：固态单光子发射器示意图。

固态单光子发射器（SPE），例如二维材料六方氮化硼（hBN）中的色心，可在室温下运行，并且由于其稳健性和亮度而备受推崇。从SPE收集光子的传统方式依赖于高数值孔径（NA）的透镜。虽然这种方式的光子收集效率很高，但缺乏多维度操纵的能力。例如为了实现光量子的任意相位调控，需要级联多个厚重的光学元件，如偏振器和相位板等。

近年来，超透镜（metalens）作为一种新型的超薄平面光学器件，引起了广泛的关注和研究。超透镜是利用亚波长尺度的人工结构（超表面）来实现对入射光的相位、振幅和偏振等属性的精确控制，从而实现聚焦、成像、调制等功能。超透镜具有体积小、重量轻、成本低、集成度高等优点，为紧凑化和多功能化的光学系统提供了新的可能。

微型光量子操控平台

针对上述问题，澳大利亚莫纳什大学的Haoran Ren博士、Chi LI博士领衔的国际科学家团队开发

出一种全新的多功能超透镜，实现了室温下对hBN中SPEs的多维度量子操控。这个新超透镜可以同时调节单光子的方向性、偏振态和轨道角动量等自由度（如图2A 所示）。超透镜的多功能性是通过对超透镜中每一个纳米结构赋予多个独立功能并最终叠加实现的，即赋予所有空间位置的纳米结构以独立的相位调节能力（图2 B,C）。通过引入不同的螺旋波前，可在不同的正交偏振中产生独特的轨道角动量模式（图2C，甜甜圈形状）。

图2：超透镜单光子调控示意图。A：调控维度展示。超透镜多功能实现方案，B、C：方向性。

前景展望

该团队展示了量子发射在多个自由度上任意波前塑形的能力，可以释放固态单光子发射器作为高维量子源用于先进量子光学应用的全部潜力。该团队认为，偏振分离对于将来使用hBN SPEs进行偏振纠缠至关重要。操控光子偏振态可显著影响量子密码学和纠缠态分发。超透镜未来可实现高维单光子混合量子态的生成。将基于结构光的量子光源与可靠的传输环境（例如光纤）进行集成，可以实现具有更高信息容量、噪声鲁棒性和更好安全性的量子网络。（来源：中国光学）

相关论文信息：https://doi.org/10.1186/s43593-023-00052-4

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等事宜，请与我们接洽。
作者：Haoran Ren 来源：eLight

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