
多通道无串扰波导超构全息术

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/28466.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！

ISSN 2662-8643(online)

CN 22-1427 / 04

ISSN 2097-1710(print)

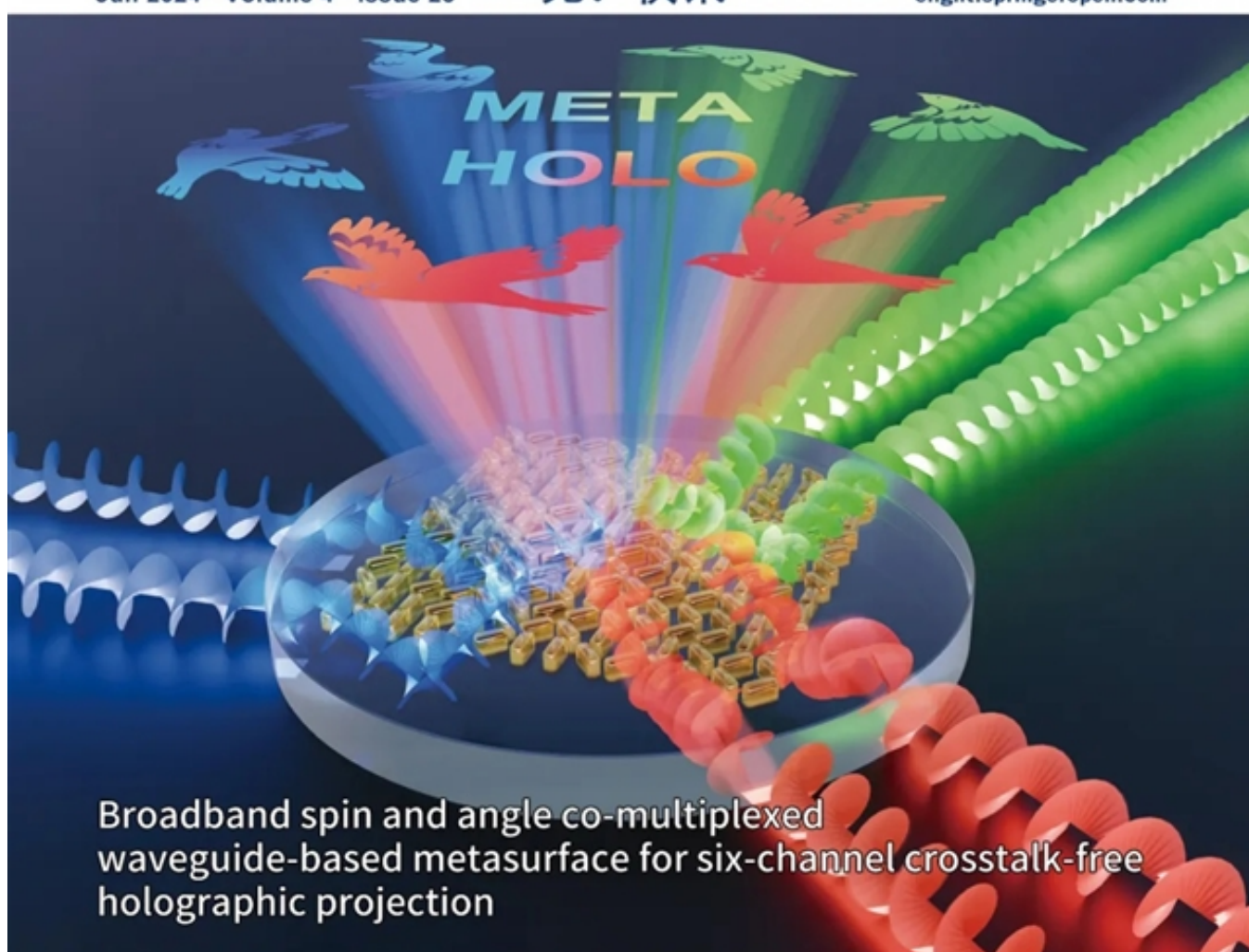
eLight



Jun 2024 · Volume 4 · Issue 23

光：快讯

elicht.springeropen.com



Broadband spin and angle co-multiplexed waveguide-based metasurface for six-channel crosstalk-free holographic projection

ISSN 2097-1710



SPRINGER NATURE

近日，华中科技大学张诚教授团队和密歇根大学L. Jay Guo教授团队联合提出了一种基于平板波

导的多通道无串扰波导超构全息术。该技术利用k空间平移的设计策略，通过将平板波导内全反射光携带的相位梯度与超构表面的相位调控叠加，实现了多个编码图像在k空间的传播波区域和倏逝波区域自由切换，展示了由全反射光偏振态和方位角共同复用的六通道无串扰全息成像。依托通道数量的优势，研究团队又进一步展示了三通道偏振无关的全息成像以及两通道偏振复用的彩色全息成像。该类基于平板波导的全息器件在系统尺寸、工作带宽、通道数量以及串扰消除等方面具有显著优势，有助于推动超构全息技术在信息存储、图像加密、AR/VR显示等领域的实际应用。

该成果在卓越计划高起点新刊*Light*上发表，题为Broadband spin and angle co-multiplexed waveguide-based metasurface for six-channel crosstalk-free holographic projection。华中科技大学光学与电子信息学院博士后刘泽阳为本文的第一作者，华中科技大学张诚教授和密歇根大学L. Jay Guo教授为文章的通讯作者，华中科技大学张新亮教授给予了本工作重要的指导。华中科技大学博士研究生高豪、刘妞，以及密歇根大学博士生马太高、工程师Vishva Ray对本工作做出重要贡献。本工作受到国家自然科学基金、博士后科学基金以及武汉市知识创新专项等项目的支持。

全息术通过恢复物光波的信息（振幅、相位等），能够实现对目标物体的重构，因此被广泛视为下一代的显示技术之一。传统全息术利用感光介质记录和复现物光波的振幅和相位信息，因而受到实验系统庞大、成像效率和质量较低且只能重现真实物体等缺点制约。随着计算机技术的进步和信息光学的发展，20世纪60年代兴起的计算全息（Computer Generated Hologram, CGH）为全息术提供了许多新的可能。依托空间光调制器等设备，计算全息能够创建虚拟物体以及实现动态图像显示，但由于单元尺寸限制，也面临着成像分辨率低、视场角较小、以及高阶衍射产生的杂散光等问题。

超构表面是一类由亚波长结构组成的平面光学元件，能够对局部光场的振幅、相位、偏振态等物理量进行定制化的精准调控。相较于传统全息器件，基于超构表面的全息器件，即超构全息器件在系统尺寸、成像质量、工作带宽以及工作效率等方面展现出独特优势，因此获得了广泛关注。多通道超构全息器件能够通过调控入射光的参量，包括偏振态、波长、入射角以及轨道角动量等，实现不同投影图像的切换，因此具有更大的信息编码容量和更广阔的应用前景。然而，当前的多通道超构全息通常基于光学响应对光参量变化敏感的复杂结构单元组成，因而在通道数量、通道间串扰抑制以及工作带宽等方面受到制约，这些缺点也限制了其在实际中的应用。

多通道无串扰波导超构全息

针对上述问题，研究团队利用k空间平移的设计策略，通过将波导内全反射光携带的相位梯度与超构表面的相位调控叠加，将编码的多个目标图像在k空间的传播波区域和倏逝波区域自由切换，展示了一种由波导全反射光偏振态和方位角共同复用的多通道无串扰的超构全息术（图1）。该器件基于几何相位的编码方式，具有宽带调控特性，因此也可以实现全彩图像的投影。



图1：多通道无串扰的波导超构全息示意图

在夫琅禾费衍射区的全息成像中，空间域的相移会引起频率域的位移，即当入射光的角度发生变化时，其自身相位梯度的改变会影响全息器件的调制光场，引起投影图像在成像面，即k空间发生平移。平移的距离和方向由入射光的角度决定。研究团队利用这一基本性质，提出k空间平移的多通道全息设计策略。通过优化超构原子的周期和入射光波长的关系，扩大k空间的倏逝波区域范围，将六个目标图像编码在k空间的倏逝波区域（图2）。通过合理排布目标图像的位置和大小，保证在每一次图像平移时，只有一个目标图像能够被移动至传播波区域的中心，实现沿器件法线方向的全息投影，其它编码图像仍处于倏逝波区域，不会被投影至自由空间形成串扰。

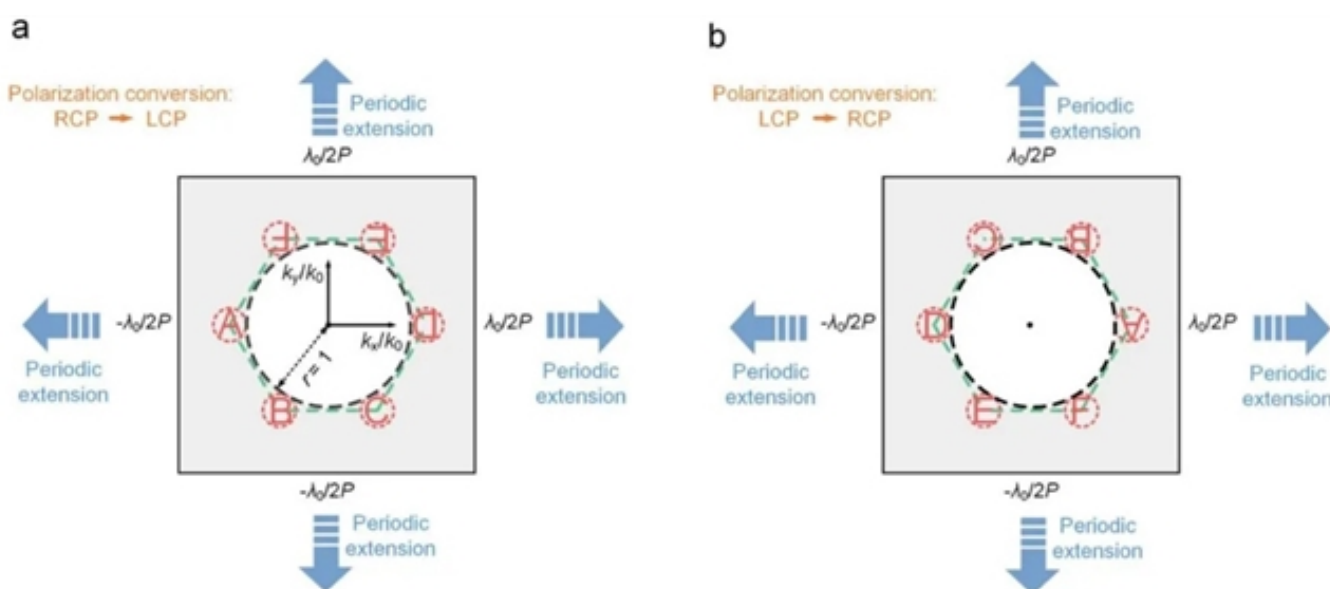


图2：正入射条件下，k空间的编码图像。左图和右图分别对应入射光为右旋圆偏振态和左旋圆偏振态。灰色区域表示倏逝波区域，白色区域表示传播波区域。黑色虚线表示倏逝波区域和传播波区域的边界。

研究团队采用全反射光照射超构表面，利用全反射入射光携带的大于自由空间波矢的相位梯度与超构表面的相位调控叠加，将编码的目标图像从倏逝波区域平移至传播波区域的中心，通过改变

全反射光的方位角实现全息投影图像的切换。同时，在器件的结构设计中，采用几何相位的编码方式，能够进一步引入偏振态复用。因此，这种基于平板波导的多通道全息器件可以同时根据全反射光的方位角和偏振态选择性地投影六个不同的图像（图3）。

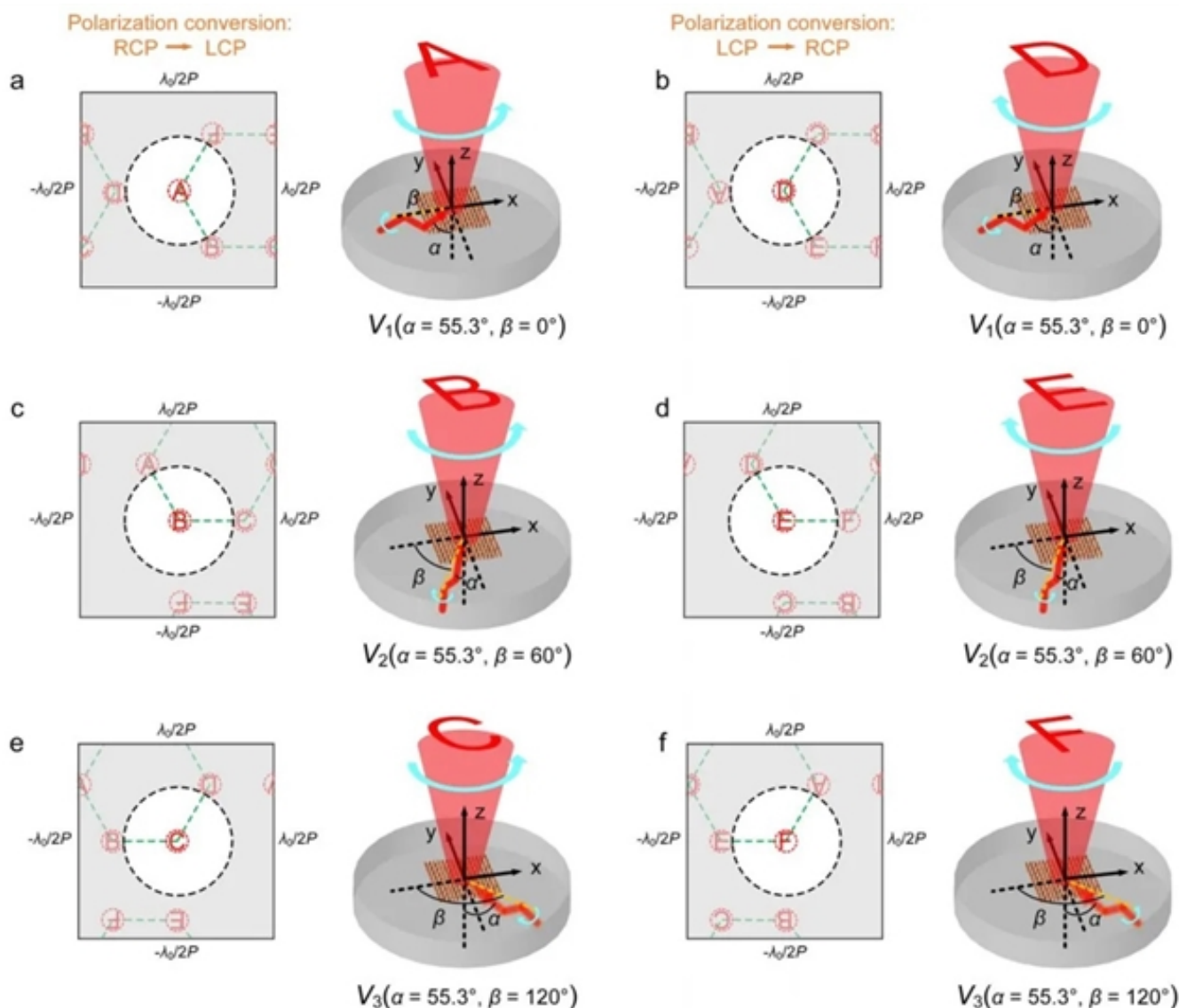


图3：角度和偏振态共同复用的六通道无串扰波导全息显示。（a-f）在具有不同入射方位角和偏振态的全反射光照射下，k空间的图像分布和对应的器件投影示意图。

在实验中，超构全息样品被加工在一片六边形石英玻璃波导上，玻璃的每一个侧面被倾斜打磨抛光，以方便入射光的耦合输入。通过调整耦合输入光的偏振态和传播方位角，实验展示了六通道无串扰的全息成像（图4）

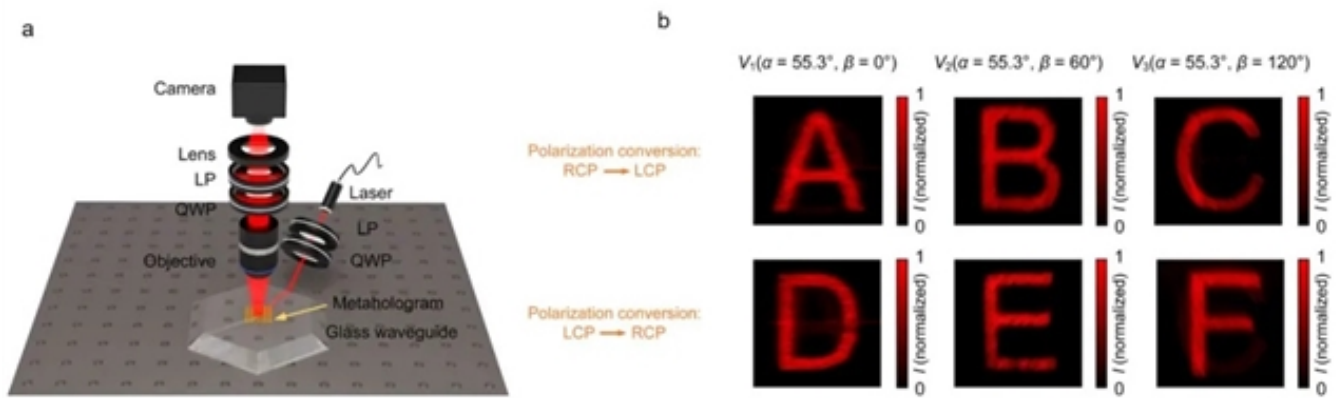


图4：波导超构全息实验。（a）实验系统示意图。（b）角度和偏振态共同复用的六通道无串扰全息成像结果。

拓展功能

文中展示的设计策略和超构全息器件具备功能多样和可拓展性强的优势。研究团队利用该类超构全息器件通道数量较多的特点，通过调整显示通道中编码的全息图像，展示了更多的拓展功能。例如，在偏振复用的三对方位角通道中编码相同的图案，可实现三通道偏振无关的全息成像（图5a、b）；在角度复用的两对偏振态通道中分别编码两幅彩色图像的红绿蓝分量，可实现两通道偏振复用的彩色全息成像（图5c、d）。此外，文中也通过数值仿真验证了，通过进一步扩大k空间倏逝波区域的范围，或与其他复用方法（如轨道角动量复用）相结合，该类器件可以提供更多的显示通道数量。

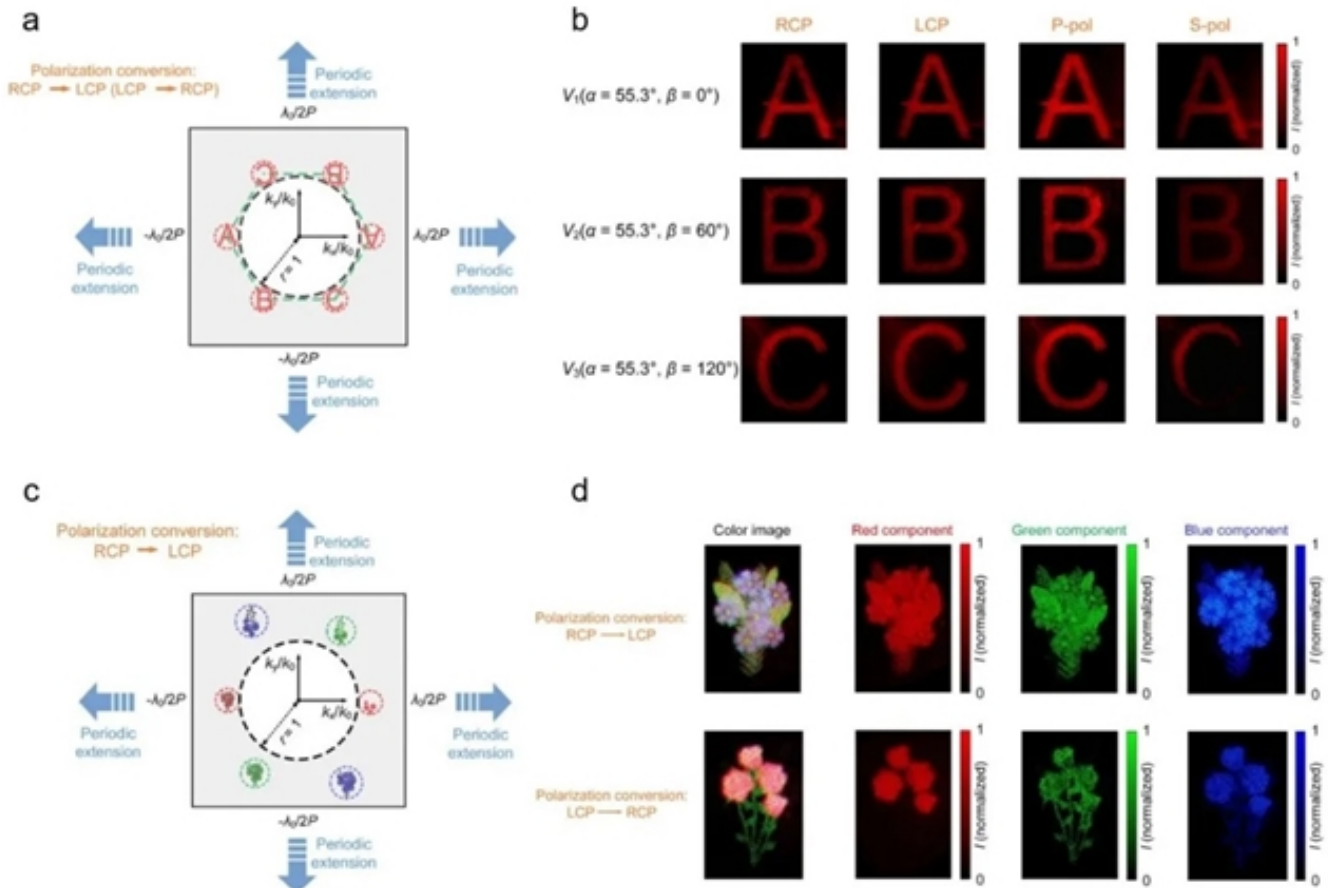


图5：多通道波导全息拓展应用。（a）三通道偏振无关波导全息的k空间编码图像。（b）三通道偏振无关波导全息的实验结果。器件投影的图像在四种典型偏振态（右旋圆偏振、左旋圆偏振态、P偏振和S偏振）全反射光照射下能够保持不变，仅可以通过改变全反射光方位角进行切换。（c）两通道偏振复用彩色波导全息的k空间编码图像。（d）两通道偏振复用彩色波导全息的实验结果。在红绿蓝三色光同时照射下，该器件可以投影由全反射光圆偏振态决定的两幅彩色全息图像。

展望

利用k空间平移的设计策略，将多个目标图像在传播波区域和倏逝波区域自由切换，为实现多通道、多功能的超构全息提供了一种新思路。文中展示的波导超构全息在结构尺寸、通道数量、消除串扰以及工作带宽等方面展示出显著优势。同时，这种基于平板波导的图像投影形式能够完全避免零级透射光的干扰，并且与当前波导AR显示器件相兼容，因此在AR/VR显示领域具有广阔的应用前景，同时也为信息存储、图像加密、动态显示等应用的发展创造了新的机会。（来源：中国光学微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1186/s43593-024-00063-9>

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：张诚等 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](http://www.iikx.com)转发