
拥有“透视眼”不再是科幻？解锁高分辨率“隔墙观物”黑科技！

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/40184.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！

拥有“透视眼”不再是科幻？解锁高分辨率“隔墙观物”黑科技！。

中国科学院光电技术研究所罗先刚教授团队在中国工程院院刊Engineering发表题为Vectorial Digitelligent Optics for High-Resolution Non-Line-of-Sight Imaging（面向高分辨率非视域成像的矢量数智光学）的研究文章。

该文章提出了矢量数智光学概念，用于解决非视域成像中散射引起的分辨率与对比度劣化问题。文章阐述了通过智能反馈算法同步调控光波的偏振态与波前，以补偿墙体散射畸变、实现接近衍射极限聚焦的理论框架，并介绍了基于空间光调制器生成矢量光场的实验系统。文章展示了在0.35m距离上实现0.40mm分辨率的多场景成像结果，验证了该方法在单目标、多目标三维重建及偏振选择成像中的性能提升。此外，文章还探讨了矢量数智光学与超表面技术融合潜力，展望了其在主动成像、通信和激光无线能量传输等领域的应用前景。

非视域成像，难在哪？

非视域成像，简单说就是对视线外的目标进行拍照成像，比如借助墙壁反射、观察拐角或障碍物后方的隐藏物体。这个过程看似神奇，实则是个复杂的技术难题。

当光线照射到墙壁等中继表面时，会发生多次散射，原本的光信号会变得杂乱无章，回波信号的强度和分布被严重破坏，就像把一幅清晰的画揉成了纸团。传统的成像方式要么需要皮秒级超高时间分辨率的昂贵探测器，要么只能优化光的相位，忽略了偏振态的影响，导致成像分辨率低、对比度差，还容易受背景噪声干扰，很难看清隐藏目标的细节。

更关键的是，光线经目标和墙壁多次反射后，偏振态会变得紊乱，形成退偏激光散斑，进一步降低信号的信噪比，让精细成像难上加难。

矢量数智光学，破解难题的核心思路

本文的研究团队提出的矢量数智光学（VDO），简单来说就是给光线做整形+调偏振，让散射的光重新精准聚焦到隐藏目标上，从杂乱的散射光中提取出清晰的目标信息。

这一技术的核心创新，是打破了传统波前整形只优化光的相位的局限，实现了光的波前和偏振态的双重智能调控。就像给光线装了一个智能导航系统，通过反馈算法，实时优化激光光斑的偏振

角度和波前形态，抵消墙壁散射带来的光场畸变，让原本被墙壁散射的光经调制后，重新在隐藏目标上形成接近理想的聚焦光斑，就好像墙壁消失了一样，光可以直接精准照射到隐藏目标上。

同时，在光学记忆效应的范围内，研究团队通过对目标表面的聚焦光斑进行光栅扫描，把一个个精细的光斑信息拼接起来，就能还原出隐藏目标的清晰图像，还能显著提升信号的信噪比，让图像细节更清楚。

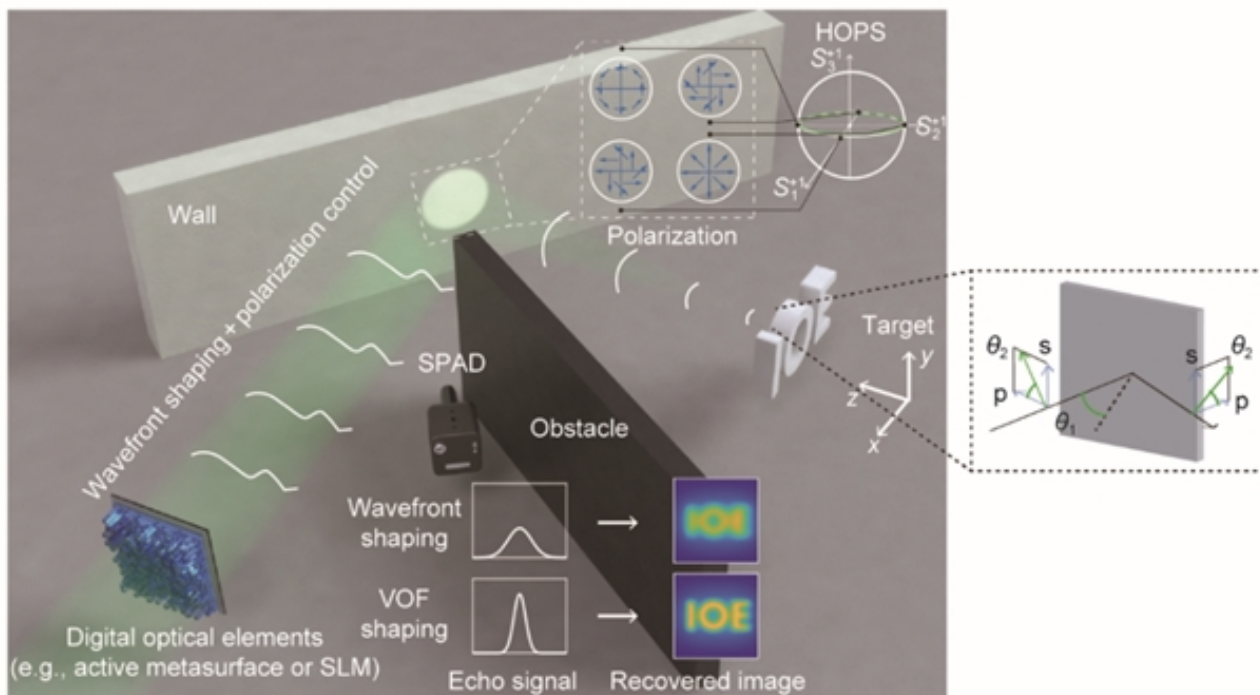


图1. VDO赋能的NLOS成像系统示意图

实验验证，精度超预期，复杂场景也适用

为了验证矢量数智光学的效果，研究团队搭建了专门的实验装置，用532nm皮秒光纤激光器作为光源，结合空间光调制器、单光子雪崩二极管等设备，开展了一系列非视域成像实验。

在单目标成像实验中，经过矢量数智光学技术优化后，目标上聚焦光斑的半峰全宽达到0.42mm，和系统理论衍射极限的0.36mm非常接近，实现了接近衍射极限的超高精度聚焦。对平行四边形、梯形、字母L等目标的成像结果显示，成像的峰值信噪比平均提升了6.9倍，原本模糊的轮廓变得清晰可辨。

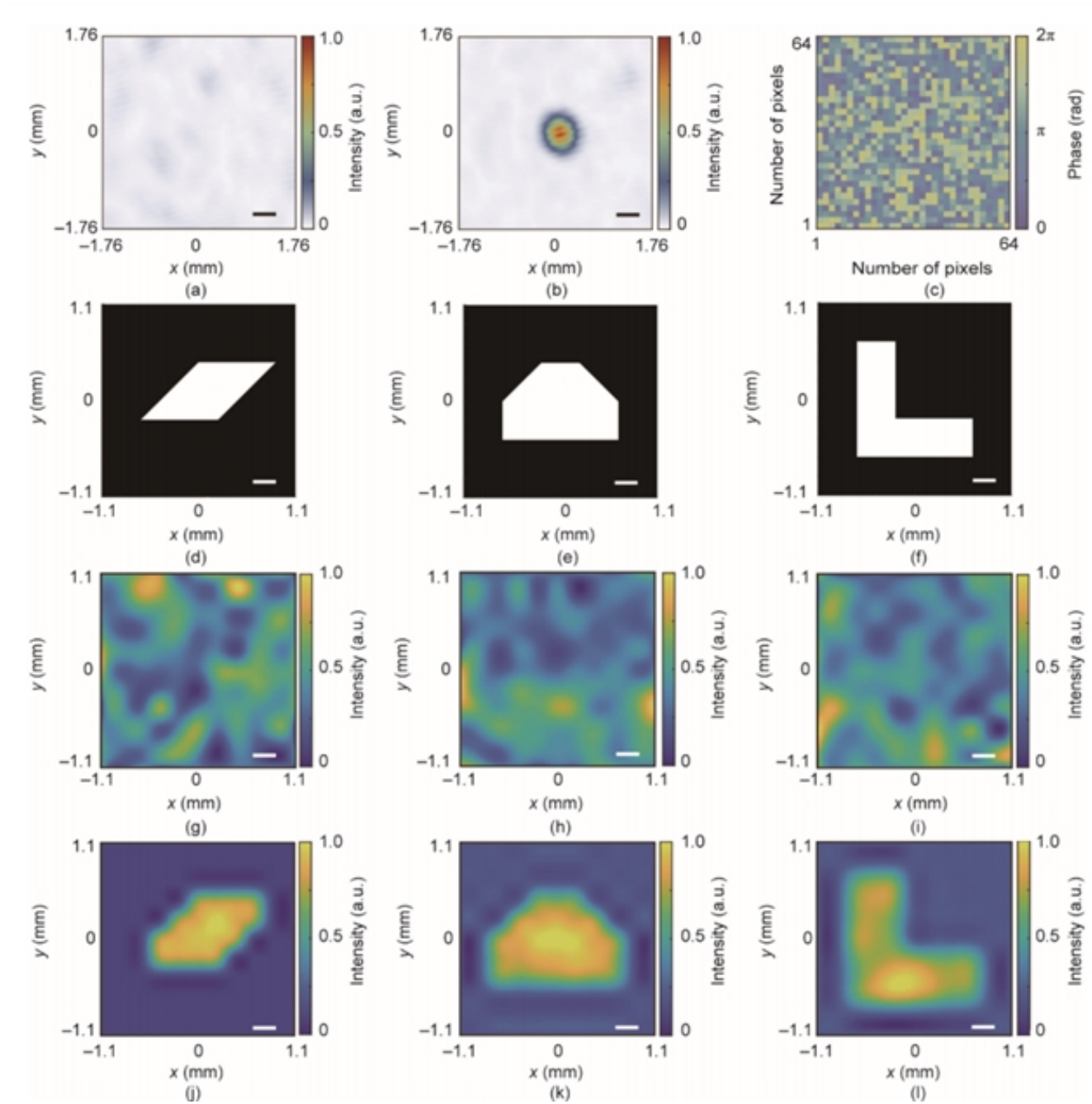


图2.单目标NLOS实验结果

在多目标成像实验中，技术还能基于光子的飞行时间，重建出不同位置目标的三维信息，即使两个目标前后排列，也能准确还原其空间分布，仅轴向距离的相对误差约16.8%，这一误差主要受仪器时序抖动限制，未来还有优化空间。

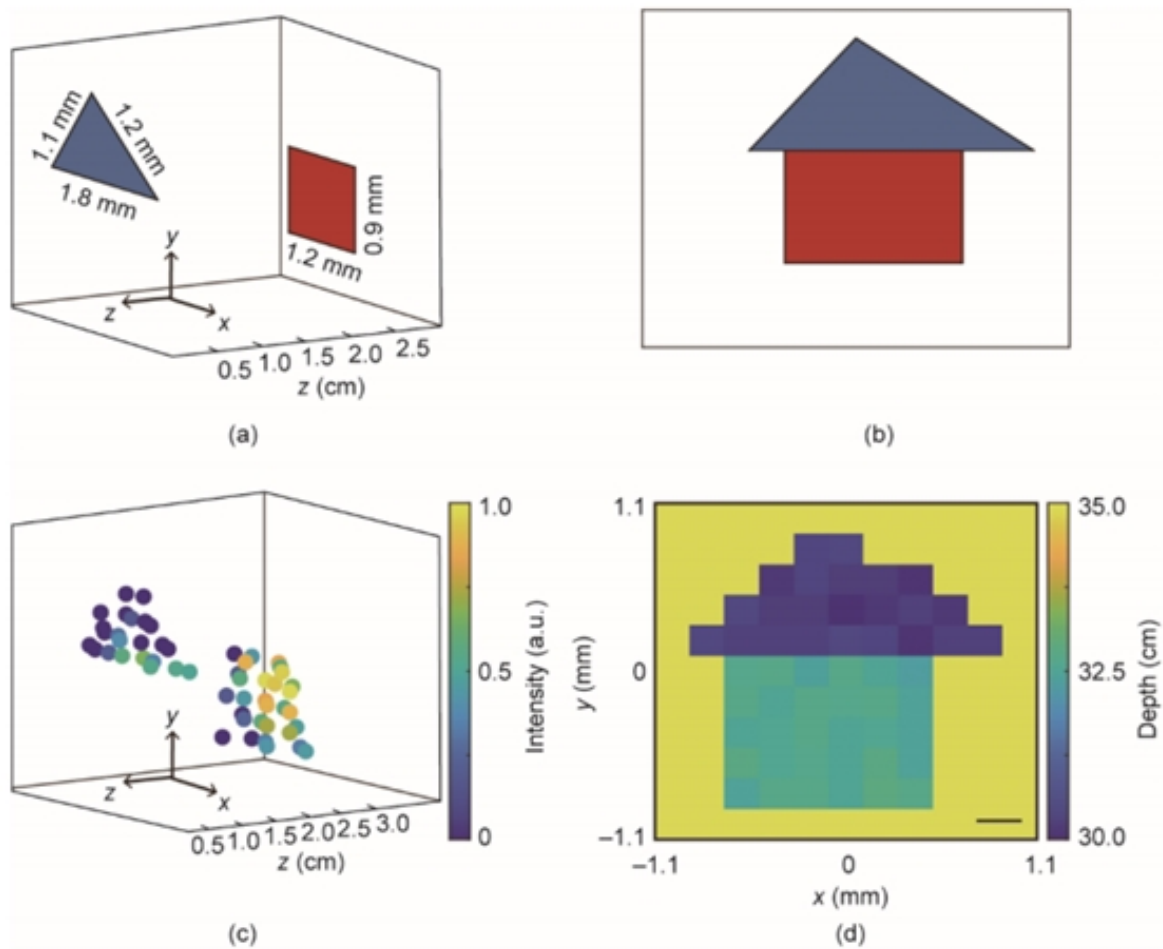


图3.多目标NLOS成像实验结果

而在偏振选择成像实验中，通过主动调控入射光的偏振态，回波信号的光子数量显著增加，信噪比提升了11.38%，成像的峰值信噪比和相关系数也大幅提升，原本丢失的目标边缘细节被清晰还原，即使在复杂的散射场景中，也能有效区分目标和背景。

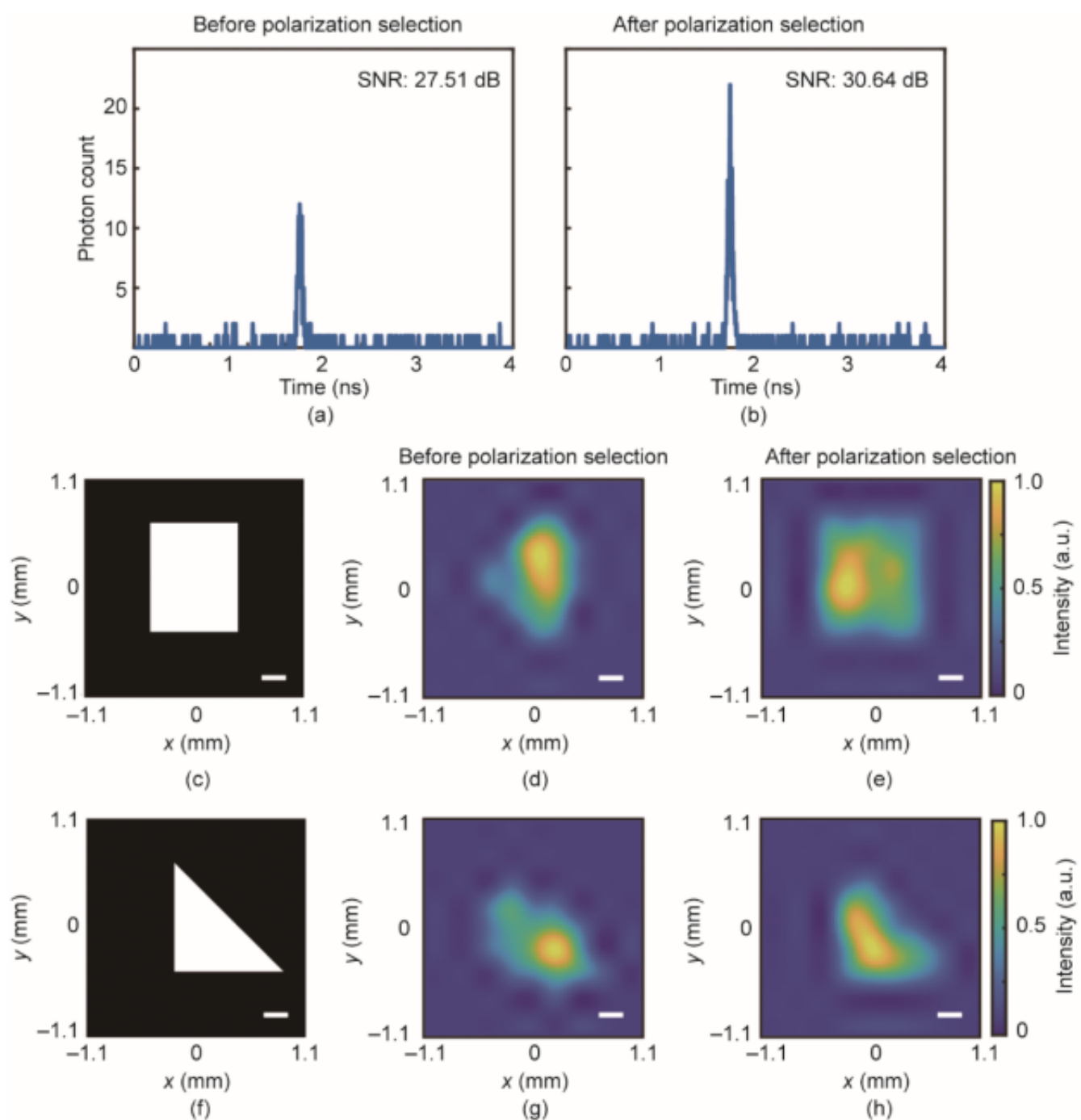


图4.偏振选择NLOS成像实验结果

最亮眼的是，在0.35m的距离下，这项技术的成像分辨率达到了0.40mm，这意味着即使是隐藏目标的微小细节，也能被精准捕捉。

未来已来，应用前景超广阔

这项矢量数智光学技术解决了非视域成像的分辨率和信噪比难题，为多个领域的技术发展开辟了新途径：在自动驾驶和机器人视觉领域，它能让自动驾驶汽车、服务机器人看见拐角、障碍物后方的行人或物体，大幅提升行驶和作业的安全性；在应急救援中，救援人员可以通过这一技术，

快速探测到坍塌建筑、烟雾后方的被困人员，为救援争取时间；在遥感探测中，能穿透植被、薄云等遮挡，获得更精准的地面目标信息。

除此之外，研究团队表示，这一技术还能激光无线能量传输、光学通信、生物医学成像提供新的思路。比如结合超表面技术，可实现更紧凑的光学系统设计，让激光无线充电能更精准地聚焦能量；在生物医学领域，偏振控制特性能提升生物成像的精度，助力微观生物结构的研究。

人类对未知的探索从未停止。从隔墙有耳到隔墙有眼，矢量数智光学让光学成像突破了视线的限制，这不仅是光学技术的一次重要突破，也让我们离无死角感知世界的未来更近了一步。或许在不久的将来，我们的汽车或者手机里，就会装上一个微型的矢量数智光学芯片，让你我都能真正拥有隔墙视物的超能力！（来源：EngineeringJournals微信公众号）

相关论文信息：<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809924006623>

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：罗先刚等 来源：《工程》

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