

---

# 超透镜阵列助力视频级真3D近眼显示

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25879.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！*

超透镜阵列助力视频级真3D近眼显示。中山大学的董建文教授和秦宗副教授团队报道了一种基于超透镜阵列的集成成像近眼3D显示模组，该模组首次采用纳米压印超透镜阵列、高像素密度微显示屏和低算力实时片源算法结合的全新架构，展示了视频级真3D近眼显示的透视AR效果，具有单目聚焦深度线索，消除了人眼辐辏调节冲突，将助力于超构光学技术在下一代VR/AR领域的应用发展。

该成果发表在期刊*Light*，题为Integral Imaging Near-eye 3D Display Using a Nanoimprint Metalens Array。

## 集成成像近眼3D显示

集成成像3D显示 (Integral imaging, II) 具有全彩色、全视差、准连续光场、硬件可行等特点，更重要的是，能通过消除人眼辐辏调节冲突 (Vergence-accommodation conflict, VAC)，实现真正的3D显示和更真实的深度感知，是最有前景的真3D显示技术之一。集成成像技术包含记录过程和图像再现过程：记录过程通常通过微透镜阵列对物体发出的光的空间和角度信息同时采样，记录的图像被称为元素图像阵列 (elemental image array, EIA)。目前，元素图像阵列多通过计算机光线追迹由特定的片源算法生成。将元素图像阵列加载至微显示屏中显示，依据光路可逆原理，借由微透镜阵列可以重建出3D物体发出的光，真实的3D图像得以再现。

图1：集成成像原理示意图

集成成像近眼3D显示的传统光学架构通常采用微透镜阵列作为核心控光元件，在分辨率、视场角、景深等方面受到限制。特别是，随着现有商业微显示屏的发展，屏像素密度越来越高，也要求控光元件具有更精准的控光能力，而基于微透镜阵列的传统光学架构在像素级光场调控中面临重大技术瓶颈。超构光学将有潜力突破这些瓶颈。超透镜阵列作为一种新型超薄平面光学元件，是由许多亚波长微纳结构按照特定的功能需要以特定的人工排列组合成的一种二维平面纳米阵列，具有前所未有的灵活性设计自由度，能在振幅、相位、偏振多个维度进行像素级的光场操控。基于超透镜阵列的新型集成成像近眼3D显示架构（简称Meta-II近眼显示架构），将有望通过创造更身临其境的体验，向下一代虚拟现实（VR）和增强现实（AR）迈进。

然而，若要实现上述的新型Meta-II近眼显示架构，打破传统光学造成的诸多限制，一些关键技术问题还需要克服。首先，超透镜阵列作为Meta-II近眼显示器的关键控光器件，除了聚焦分辨率要匹配现有商业微显示屏的高像素密度外，其控光面积也需匹配商用微显示屏的尺寸及光学扩展量（etendue）。目前的超透镜阵列因尺寸太小，无法与现有商业微显示屏结合。大面积超透镜阵列的实现，需要结合大面积高精度的纳米制备技术，根据其工艺材料、工艺线宽进行针对性设计，而纳米压印技术的发展，提供了一个很好的候选。其次，集成成像显示的元素图像渲染算法需针对每个视点进行光线追迹计算，计算复杂度较高，目前通常采用基于GPU的并行计算进行加速以实现实时渲染。然而，近眼显示对便捷式的需求非常高，特别是对于高分辨率可穿戴近眼显示器而言，较难应用基于GPU的计算平台。因而，要实现视频级Meta-II近眼显示器，集成成像算法的优化也必不可少。幸运的是，纳米制造和集成成像算法的最新进展都为Meta-II近眼显示的实现提供了可能性。随着这些基本问题的克服，Meta-II近眼显示将有望获得快速发展，提供更真实的虚拟现实体验，推动VR/AR显示领域的发展。

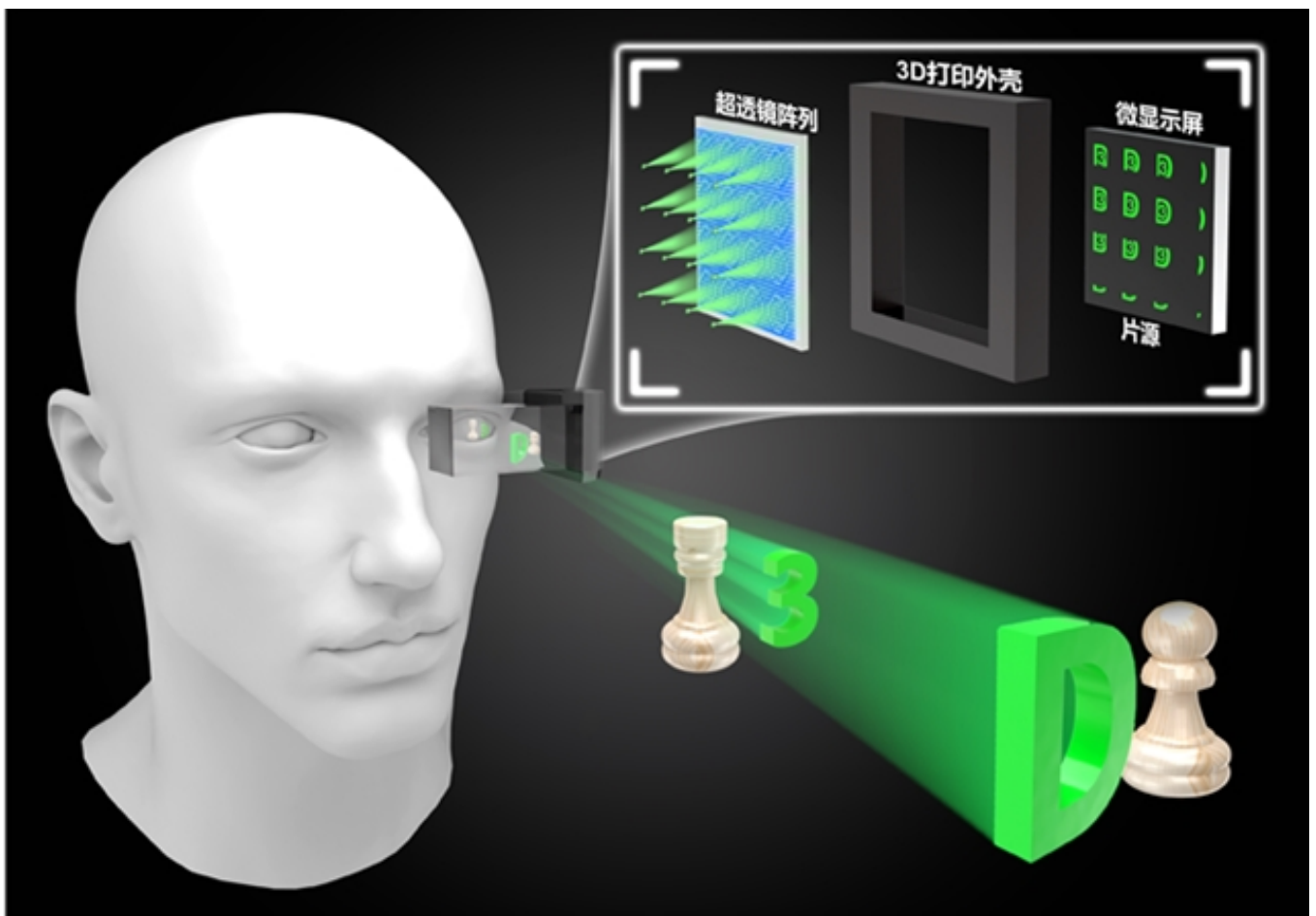
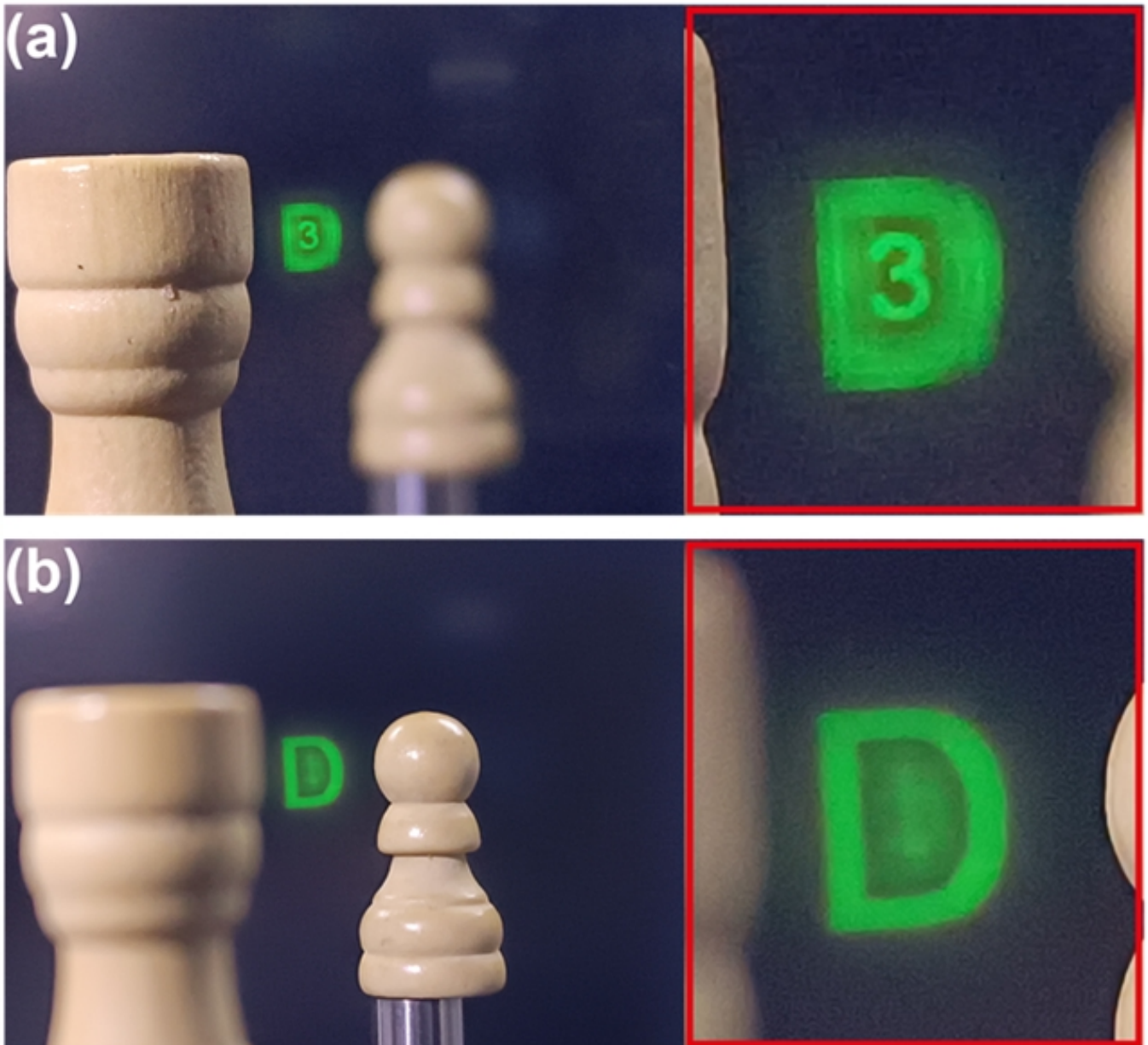


图2：基于超透镜阵列的集成成像近眼3D显示示意图

## 基于超透镜阵列的集成成像近眼3D显示

针对上述问题，中山大学的董建文教授、秦宗副教授领衔的超构光学近眼显示团队实现了一种新型的Meta-II近眼3D显示架构，首次将超构光学和集成成像显示器结合，开发出Meta-II近眼显示模组并应用于近眼显示领域。该Meta-II近眼显示模组主要包含了一个高像素密度的商用微显示屏和面积超透镜阵列。超透镜阵列由高精度大面积的纳米压印技术制备而成，采用了高折射率压印胶材料，具有100nm以下最小线宽和约500nm的结构厚度。与电子束光刻技术相比，纳米压印技术可以快速批量复制超透镜阵列样品，特别是大面积样品。这种低成本的大面积纳米压印制造工艺也使得超构透镜阵列的量产成为可能。为了匹配这种Meta-II近眼显示架构，该团队开发了一种新的实时渲染算法，利用不变的体元-像素映射关系，能在不使用GPU等额外计算设备的情况下实现平均帧率为67 FPS的渲染速度。Meta-II近眼显示模块通过将3D图像与周围物体融合实现了透视深度调节效果，展示出其在AR领域的广泛潜力。



---

图3：Meta-II近眼显示模块3D效果图

### 前景展望

该研究团队率先结合超透镜阵列、微显示屏和集成成像算法开发了真3D显示的Meta-II近眼显示器。值得注意的是，超透镜阵列的设计灵活性将有望解决传统光学架构中几个长期存在的问题。例如，对于真3D近眼显示器，清晰的3D图像需要覆盖从距离用户数十厘米的个人空间至数米开外的远景空间，而传统微透镜阵列架构的光学景深非常有限。相比之下，超透镜阵列可利用其偏振复用的光场调控特性，对景深进行大范围扩展。此外，Meta-II架构可为近眼显示视角扩增提供可行方案，即通过超透镜阵列的自由相位设计对大视角成像的像差进行精确补偿。更重要的是，与本研究提出的Meta-II相比，景深扩展和视场角扩增在计算复杂性、系统体积和元件制备等方面都不会增加额外复杂性和成本。总而言之，超透镜阵列将助力于下一代真3D近眼显示。（中国光学微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1186/s43593-023-00055-1>

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：董建文等 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](https://www.iikx.com)转发