
高性能静动态感知复眼相机

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/30993.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！

高性能静动态感知复眼相机。 导读

自然选择促使节肢动物进化出奇妙的自然复眼，其独特的解剖结构为人工复眼提供了极具前景的蓝图，使其有望在复杂环境中实现静动态感知。

小眼作为自然复眼的基本成像单元，通常分布在曲面上，因此使得自然复眼具有诸如大视场角，动态运动捕捉灵敏等优点。这启发了人工复眼基于曲面微透镜及光导阵列的研究。

但是，很少有人工复眼能够像自然复眼一样，同时实现实时全景直接成像和动态运动检测。主要症结在于，人工复眼如何将由曲面上众多微透镜收集的光线传输到平面的成像传感器（例如CMOS芯片）上，同时保持它们的空间关系。

近日，香港理工大学的张需明教授（通讯）及姜衡（第一作者）等人模仿自然复眼结构，搭建了高性能人工复眼全景相机（Artificial Compound Eye Panoramic Camera, 简称ACEcam，如图12）。该团队自主设计并加工了端面带有圆锥形微透镜的塑料光纤（简称透镜光纤），并将180°视场范围内的光信息有序传导到平面成像传感器上，最终实现了180°视场角的静动态感知。

该成果发表在Light: Science Applications上，题为"Optical Fibre based Artificial Compound Eyes for Direct Static Imaging and Ultrafast Motion Detection"。

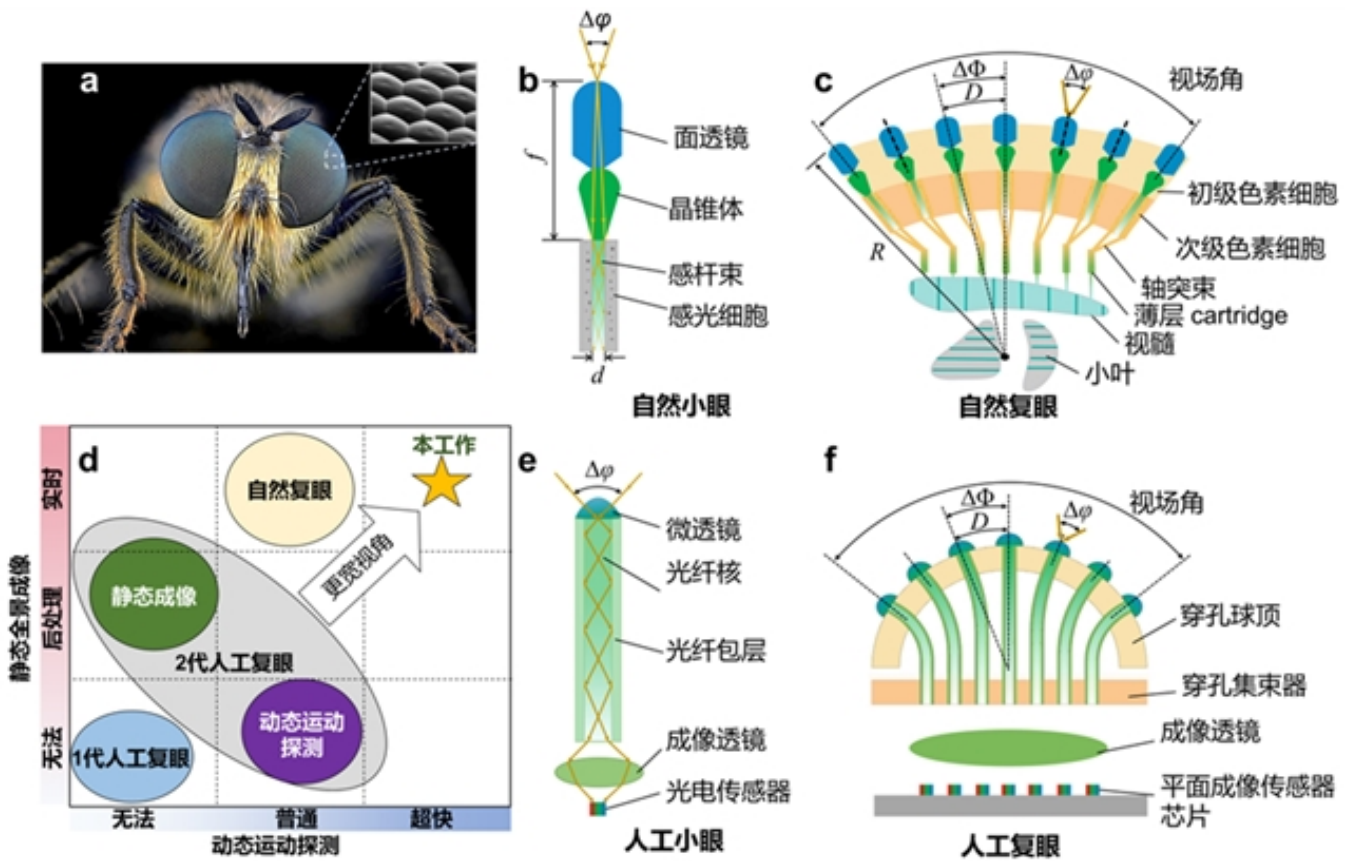


图1：人工复眼全景相机概念图。a, 具有自然复眼的*Chorades fimbriata*，照片由Sagaoptics的Thorben Danke先生提供。b, 自然小眼示意图。c, 自然复眼示意图。d, 不同复眼比较图。e, 人工小眼示意图。f, 人工复眼示意图。

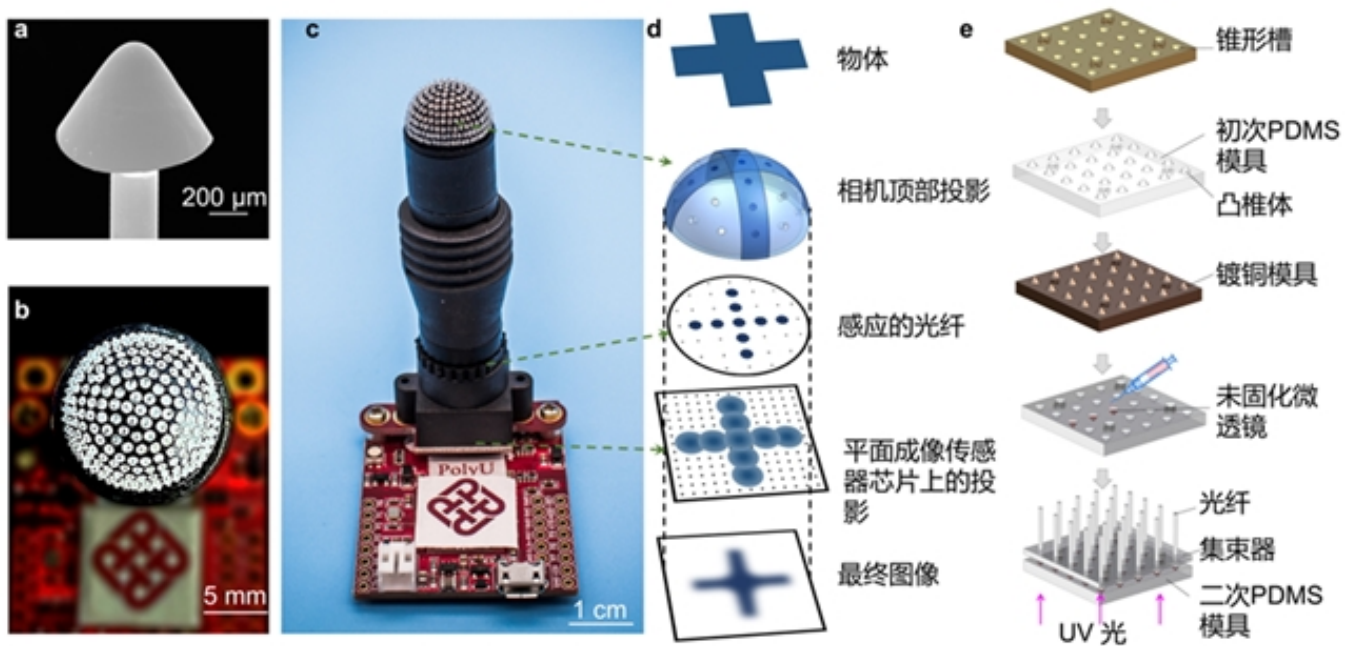


图2：人工复眼全景相机工作原理和加工示意图。a, 端面带有圆锥形微透镜的塑料光纤扫描电子透镜图。b, 人工复眼全景相机顶视图。c,

人工复眼全景相机照片。d, 成像原理图。e, 端面带有圆锥形微透镜的塑料光纤加工流程图。

研究亮点

(1) 在塑料光纤端面研究了不同形状及尺寸的微透镜对接受角的影响。通过理论分析和数值模拟选择了35度半顶角的圆锥形微透镜，以减少塑料光纤的光接收角，从而提高角分辨率。圆锥形微透镜顶部被钝化为球形以确保中央角度范围内的光信息不会丢失；

(2) 通过超高精度3D打印、电镀和两次翻模工艺批量制造了透镜光纤。这是在光纤端面添加微透镜的一种新颖方法。每批次大约可获得200根透镜光纤，每个圆锥形微透镜表面光滑，并自然带有球形顶部；

(3) 271根透镜光纤依次穿过带有271个小孔的球顶结构，使得所有光纤透镜端都位于球顶表面的特定位置，而光纤的裸端则通过具有271个小孔的平面集束器分布。从裸光纤端射出的光线通过成像透镜投影到一个平面成像传感器上。其中，光纤端面微透镜模拟了自然复眼的面透镜和晶锥体，以接受特定角度的光；光纤核模拟了感杆束，以实现光的传导；光纤包层和3D打印的黑色球顶模拟了色素细胞，通过吸收泄漏或散射的光以防止光串扰；成像透镜模拟了轴突束，将每根光纤聚焦到单个光电探测器芯片上；平面成像传感器芯片上的光电探测器模拟了光感受细胞，平面成像传感器芯片模拟了更深层的神经中心（视髓和小叶），以实现信号的初步处理。对自然复眼的精准模仿，使得ACEcam可用于高性能静态测量（如图3）；

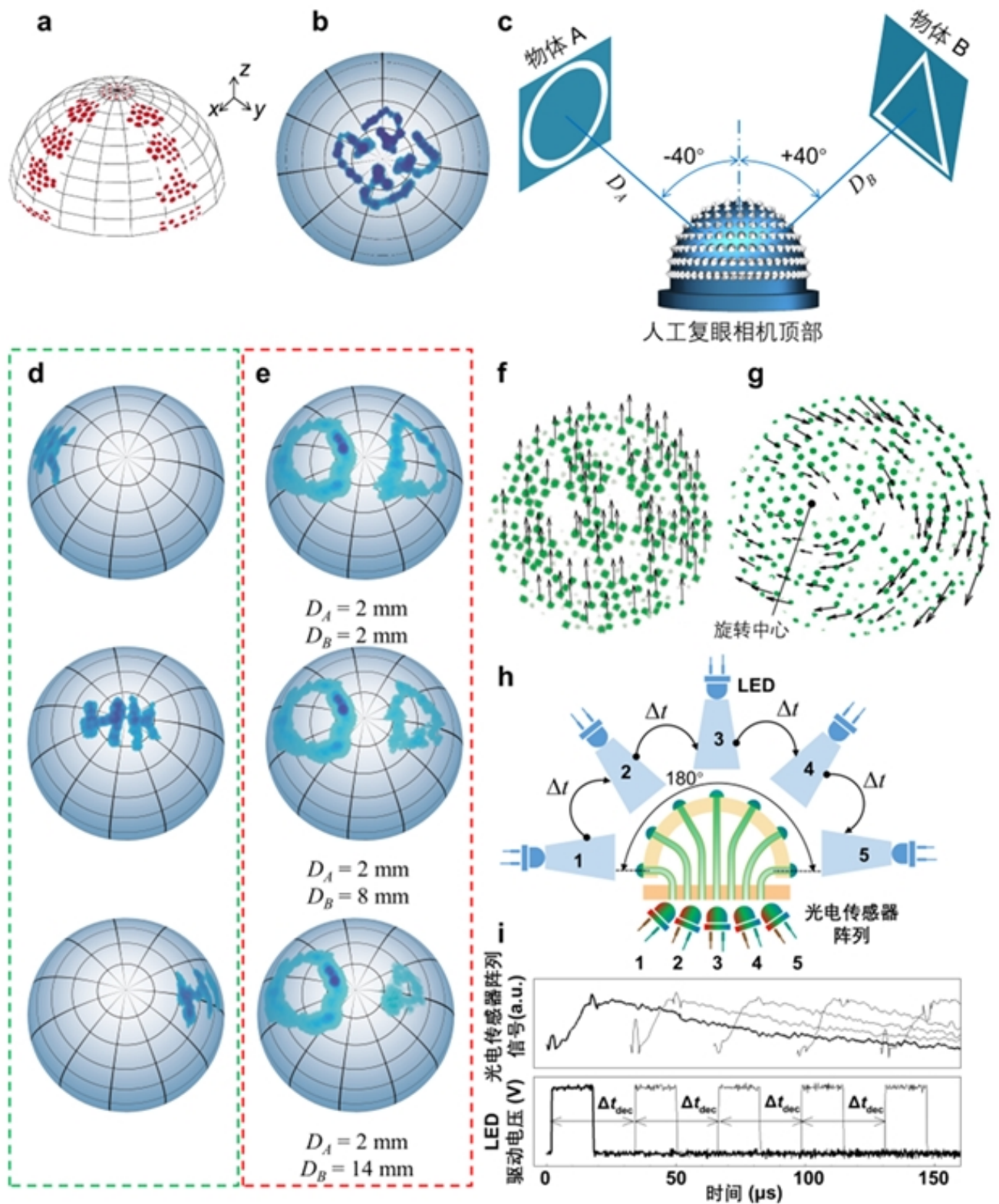


图3：人工复眼全景相机静态成像和动态运动感知。a, 180° 视场角。b, 香港理工大学logo拍摄图片。c, 对不同景深物体成像示意图。d, 'HK' 字符在不同角度下的成像结果。e, 圆和三角在不同角度及距离下的成像结果。f,

平移运动光流检测结果。g, 旋转运动光流监测结果。h, 动态角速度测量示意图。i, 光电传感器在31.3 kHz下的响应结果。

前景与展望

ACEcam的卓越性能使其可被广泛应用。如：180°的视场角使其适用于监控等领域；实时全景无失真直接成像，使其适用于运动物体的成像和距离测量；几乎无限的景深可以提升虚拟现实体验的真实感；平移和旋转运动感知能力以及超快角速度检测（最高 5.6×10^6 度/秒）能力为其提供了跨各种机器（从普通汽车到高速飞机甚至航天器）的运动状态跟踪和控制潜力。这些优点的结合也使ACEcam在特定应用中具有优势。例如，180°视场角和超快速角速度检测使ACEcam适合集成到高速无人机的避障系统中，减少了对多个避障镜头的需求，从而减小了重量和体积。180°视场角和小尺寸也使ACEcam适合用于内窥镜检查。（来源：中国光学微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-024-01580-5>

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：张需明等 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