LAM 告别曲面打印：隐形眼镜“ 贴上眼球才成形 ”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/43026.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！

LAM 告别曲面打印：隐形眼镜“ 贴上眼球才成形 ”。

导读

隐形眼镜是一种直接贴附在角膜表面的具有曲率的三维柔软光学器件，主要用于视力矫正和美容用途。相比于传统的制造方法，3D打印具有结构可设计、加工灵活和易于个性化定制等优点，因此被认为是制造下一代智能隐形眼镜的重要技术之一。然而，隐形眼镜本身具有光滑的半球形曲面，而3D打印通常采用逐层制造方式。但越是光滑的曲面，反而越难打印，因为当曲面模型被切分为一层层平面结构后，镜片表面容易形成细小的台阶和条纹，即所谓的"台阶效应"。这些打印缺陷可能增加镜片表面粗糙度，引起光线散射，并影响镜片的光学性能和佩戴舒适性。

为解决这一问题，哈利法科技大学Haider Butt团队提出了一种不同的设计思路：不再直接打印弯曲的隐形眼镜，而是先打印一片平整的水凝胶圆片，再利用外围可变形结构，使其在压覆到眼球表面后随之贴合角膜曲率。由于这种变形能力主要来自人工设计的几何结构，而不是单纯依赖水凝胶材料的柔软性，因此该眼用圆片可以被视为一种受拉胀结构启发的机械超材料。需要说明的是，该圆片目前尚未引入屈光度，是一个用于验证制造思路与材料性能的平台。

该圆片采用数字光处理（DLP）技术打印制备。与传统3D打印半球形镜片相比，其均方根表面粗糙度降低近98%，打印时间由约5小时40分钟缩短至约40分钟；其水合状态下的力学模量落在商业软性隐形眼镜的常见区间内，水合后的可见光透过率约83%，虽略低于商业镜片，但仍处于可接受范围。此外，平面打印无需添加支撑结构，打印完成后除紫外固化外也不需要抛光等额外后处理。相关成果以Conformal metamaterial inspired contact lenses – designing, 3d printing and characterization for ocular applications为题发表于Light: Advanced Manufacturing。

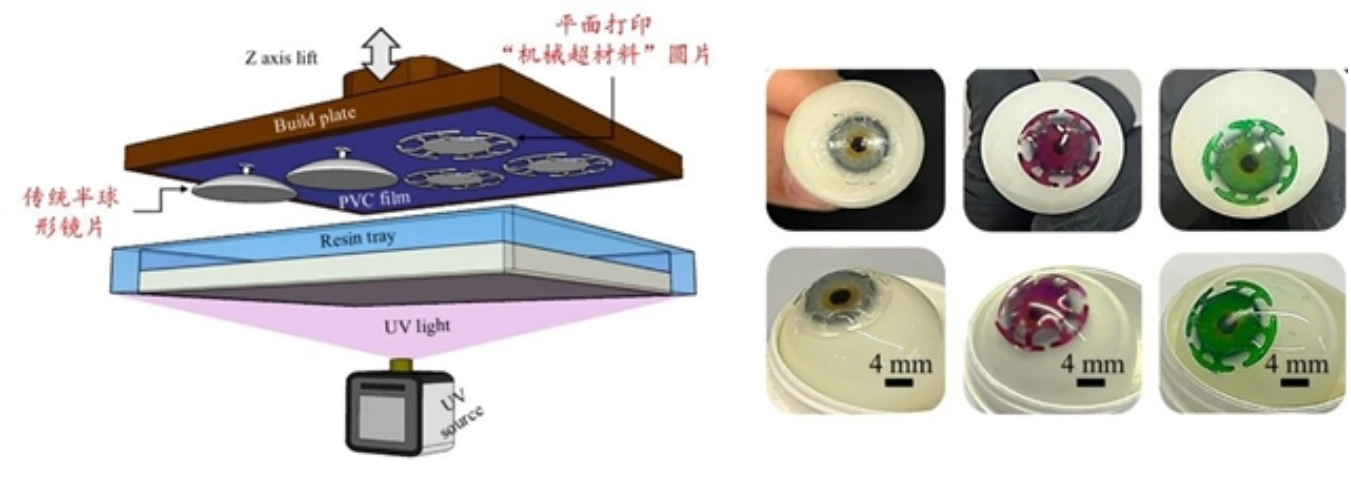


图1：超材料启发的水凝胶眼用圆片设计及3D打印过程

小百科：什么是机械超材料？

机械超材料是一类主要依靠人工设计的几何结构获得特殊力学性能的材料。与传统材料主要依赖化学组成不同，机械超材料的变形方式、刚度和力学响应在很大程度上由内部结构决定。例如，通过设计可旋转单元、柔性铰链或镂空网络，可以使材料实现折叠、展开、局部旋转或曲面适应。在本研究中，圆片外围的连接梁能够发生旋转和几何展开，使平面结构在不预先打印成曲面的情况下贴合球形眼表面。

关键的机械超材料是如何工作的？

具体而言，超材料启发的水凝胶圆片其中央为透明圆形区域，外围则分布着一圈经过设计的柔性连接梁（图2）。当圆片被放置在弯曲的眼球表面时，外围连接梁可以发生旋转、展开和弯曲，从而释放局部应力，并增加圆周方向的有效长度。原本平整的圆片因此可以逐渐转变为与眼球曲面相匹配的三维形态。与完整的水凝胶薄片相比，这些连接梁相当于在圆片周围设置了一系列可以活动的柔性关节，从而使得这种保形接触得以实现。

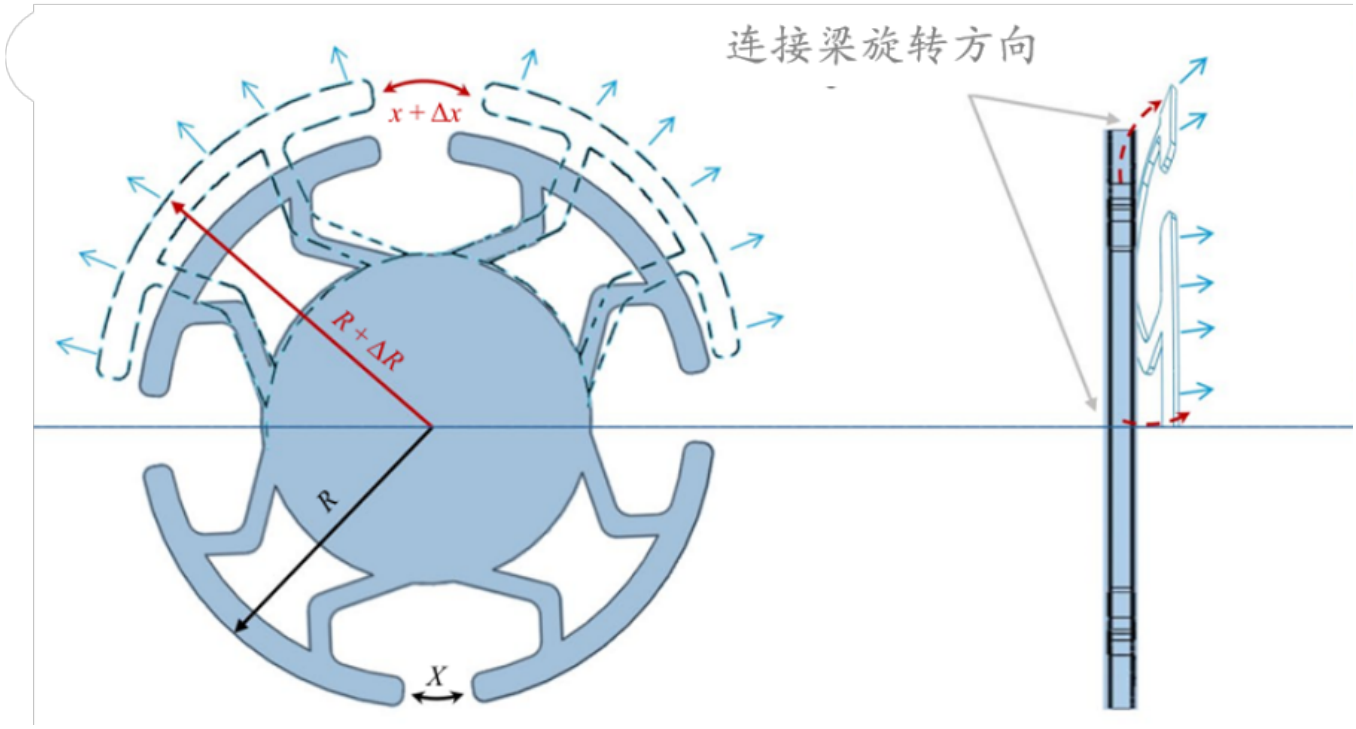


图2：外围连接梁通过旋转和展开，使平面圆片适应半球形表面

为进一步比较两种结构的光学表现，研究人员使用激光分别照射传统3D打印半球形镜片和新型平面眼用圆片。传统半球形镜片表面的打印层纹会造成明显的光散射，形成多个分散且不规则的光斑。相比之下，光线穿过平面打印圆片后形成了更加集中、清晰的光斑，说明减少打印台阶有助于改善光传播质量（图3），发挥更好地光学性能。同时，研究人员还对这种水凝胶材料本身进行了系统的力学表征，在拉伸、压缩、弯曲和撕裂测试中均表现出良好的力学性能。这表明该水凝胶在镜片摘戴等操作中具备足够的机械强度。

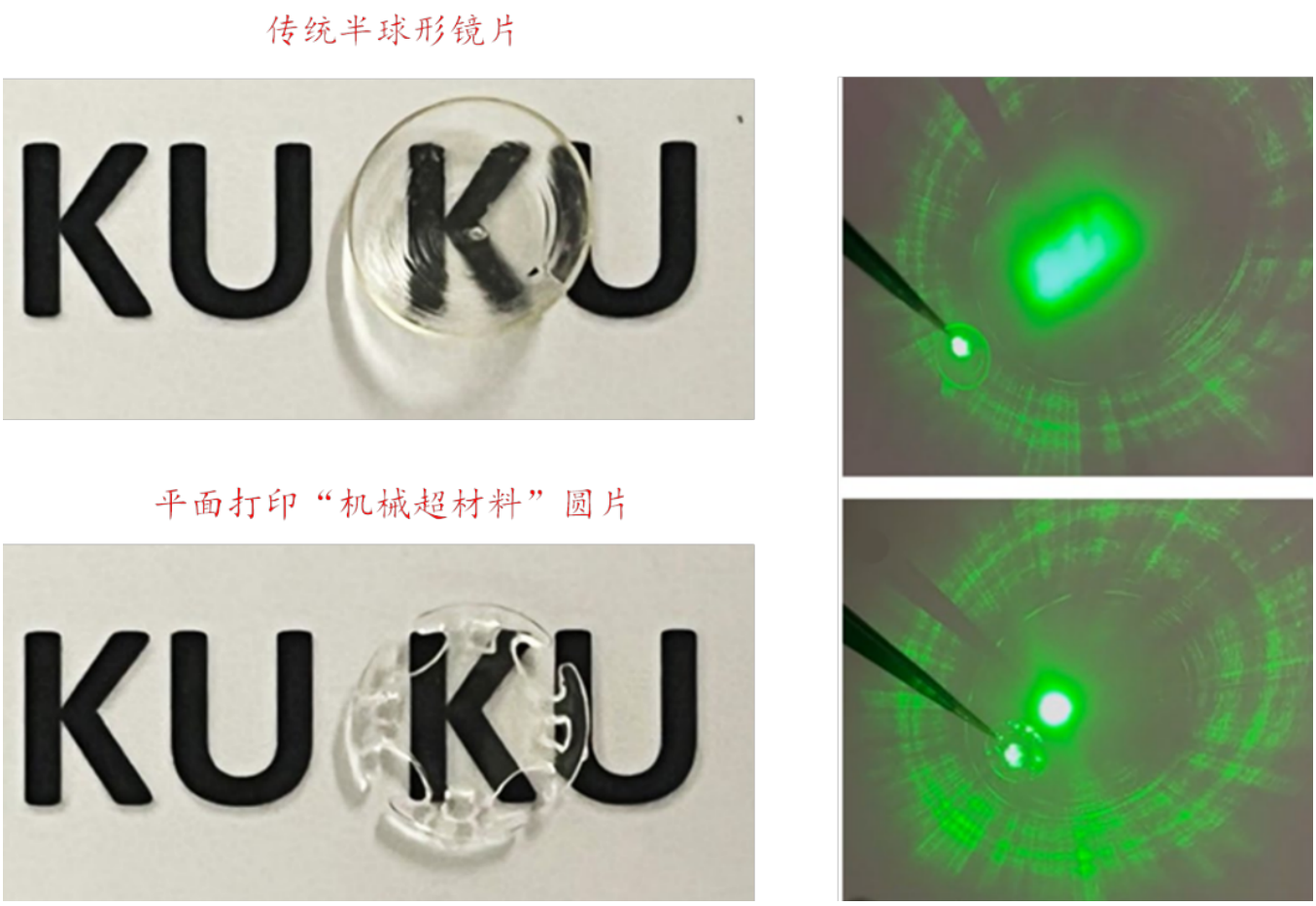


图3：传统半球形镜片与平面打印圆片的激光传播效果对比

总结与展望

这项研究利用巧妙的思路，将直接打印曲面转变为先平面制造、再主动贴合，为3D打印隐形眼镜提供了新的解决方案。作者指出，未来可在圆片外围韧带中引入响应性功能材料，进一步拓展至药物递送、眼表环境监测与生物传感等智能隐形眼镜应用；同时也计划在树脂中引入硅基单体，以提升镜片的透氧性能。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.37188/lam.2026.039

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：Haider Butt等 来源：《光：先进制造》

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