

## 高性能光致动微执行器的超快激光微纳 4D 打印

邓春三<sup>1</sup>, 刘耘呈<sup>1</sup>, 范旭浩<sup>1</sup>, 张泽旭<sup>1</sup>, 张铭铎<sup>1</sup>, 高辉<sup>1,2</sup>, 邓磊敏<sup>1,2</sup>,

熊伟<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> 华中科技大学武汉光电国家研究中心和光学与电子信息学院, 武汉, 430074

<sup>2</sup> 湖北光谷实验室, 武汉, 430074

\*Email: weixiong@hust.edu.cn

### 摘要:

光致动智能微执行器在生物医学、微机器人和光学领域具有广阔的应用前景。目前, 智能微执行器的制造还依赖于多步骤和多材料的集成设计和分体式参数化成形工艺, 其制造能力局限性和工艺复杂度严重限制了光致动智能微执行器的发展。我们提出了一种高效率低成本的一步单材料飞秒激光4D打印策略, 用于构建高灵敏度光致动微执行器。内容包括光响应性复合纳米智能前驱体的开发和刚柔并济的单元结构设计与组装。其中掺杂碳纳米管的温敏复合前驱体提高了光交联聚合网络的光吸收率, 热导率以及机械模量, 显著提高了微结构的光响应灵敏性和响应速度; 基于超材料的单元结构设计有效提升了结构成形精度和各项异性光致动性能。利用该策略成形制造的微纳结构器件可轻松实现连续可编程复杂结构形变和精确的时空形态调控性能。我们成功打印出了世界上最小的光致动仿生心脏。该4D打印方法有望为多功能微机器人、靶向药物释放、组织工程和光电微机械系统的应用提供有效解决方案。

**关键词:** 4D微纳打印, 飞秒激光直写, 光响应, 智能微纳软执行器