香港理工大学张阿平团队研制一种3D微打印光纤干涉式加速度计

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/33437.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！

香港理工大学张阿平团队研制一种3D微打印光纤干涉式加速度计。 导读

加速度计是一种测量物体运动加速度的惯性传感器。与微机电系统（MEMS）加速度计相比，光学加速度计具有灵敏度高、稳定性好、抗电磁干扰能力强等优点，从而在高精度测量领域具有更广泛的应用前景。然而，如何高效制造用于加速度传感的微型光机电微系统仍是一项挑战。

近日，香港理工大学电机及电子工程学系张阿平教授团队展示了一种微型光纤干涉式加速度计的设计及制造方法。该团队提出了在光纤陶瓷插芯端面上构造集成有惯性质量块的亚毫米级法布里-珀罗（FP）微型干涉仪，并通过一种光学3D微打印技术实现了光纤陶瓷插芯端面上传感器的原位打印制造。实验测试结果表明，该微型光纤加速度计不但体积小而且灵敏度高，平坦区域带宽可以达到2 ~ 3 kHz。

研究成果以Miniature optical fiber accelerometer based on an in-situ 3D micro-printed ferrule-top Fabry-P é rot microinterferometer为题发表在Light: Advanced Manufacturing。香港理工大学博士生汪鹏为论文第一作者，张阿平教授为论文通讯作者。

传感器设计与制备

该研究小组为微型光纤加速度计设计了两层结构：底层是一个三瓣底座，上层是一个3D微机械结构，如图1所示。三瓣底座使微型FP干涉仪具有一个相对较长的腔体，使其反射光谱的自由光谱范围（FSR）相对较窄，从而提高该干涉式传感器的光学灵敏度。同时它也为上层惯性质量块提供了在惯性力作用下往下位移空间。而上层结构中具有一个惯性质量块和薄膜反射器，它们通过三根支柱和微梁悬挂在三瓣底座上方。为提高微机械结构对加速度的灵敏度，质量块部分比微梁厚很多；而薄膜反射器则相对非常薄，用于反射探测激光，同时可有效抑制复合腔效应。三根支柱能有效地阻止惯性质量块在水平（X和Y）方向上的位移，降低交叉耦合。此外，微梁被设计成了折叠形或弧线形，不但可增加加速度计的机械灵敏度，还可用于调整3D微机械结构的共振频率。

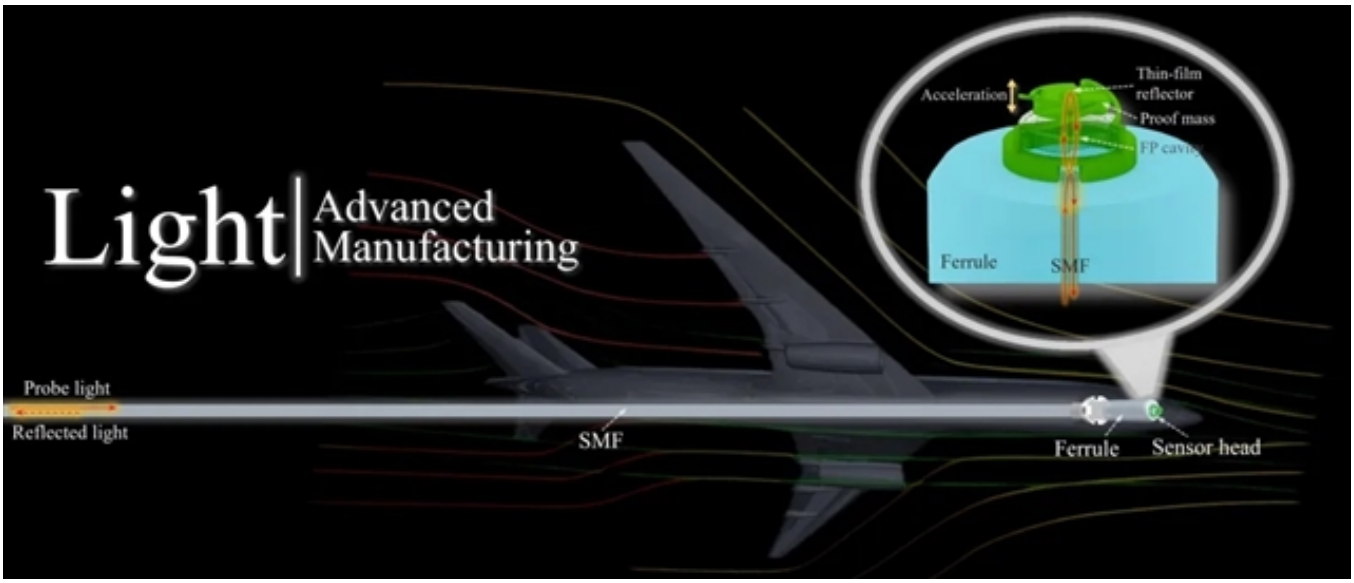


图1：微型光纤干涉式加速度计结构示意图

在完成对传感器上层结构的数值模拟计算和优化分析后，研究小组采用自建的数字化紫外光（UV）曝光平台，运用光学3D微打印技术制备该光纤加速度计。如图2a所示，该光学3D微打印系统主要包括：一个高功率紫外光源（波长为365 nm）、一个用于动态生成曝光图案的紫外级数字微反射镜（DMD）、一套用于投影的光学组件、一个用于机器视觉定位的数字相机，以及一组高精密电动XY位移平台及用于光学对准的高精度垂直位移平台等。由于SU-8树脂具有很好光学性能，包括在可见光和近红外范围内的高透明度，以及出色的机械强度和耐化学性，研究小组选用SU-8树脂来3D微打印制造该微型光纤加速度计。通过对打印工艺技术的进一步改进和优化，研究小组成功在光纤陶瓷插芯端面上原位3D微打印出了集成有惯性质量块的微型FP干涉式传感头，制造出直径约为400微米的微型光纤加速度计。图2b展示了所制备的加速度计传感头扫描电子显微镜（SEM）图像。从图中可以看出，所制造出的加速度计传感头结构几何形态完整，表面光滑，上层3D微机械结构垂直悬挂在三瓣底座之上。

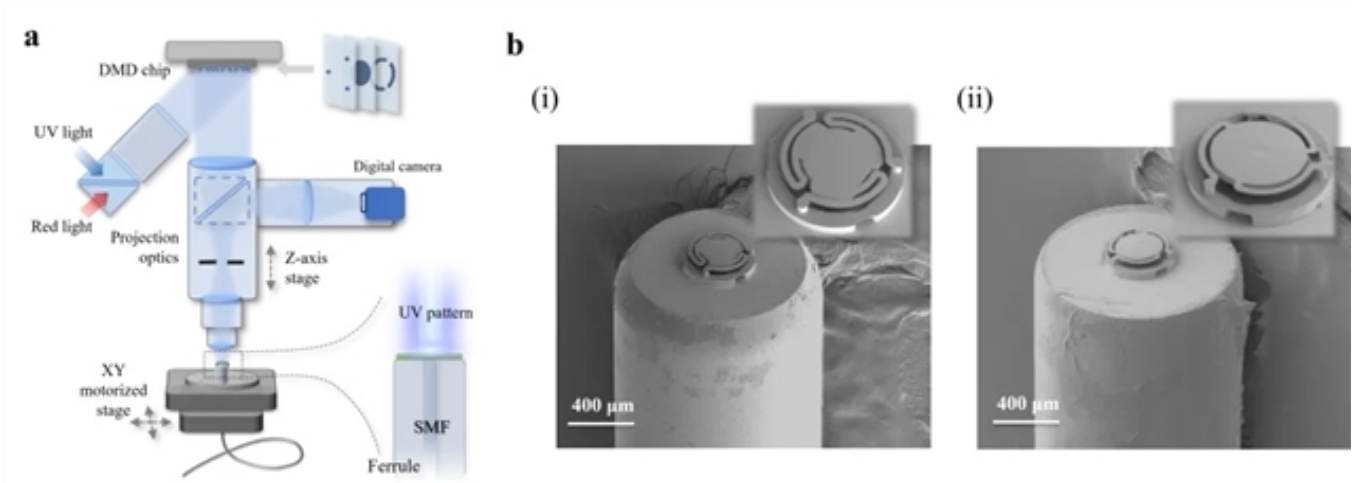


图2：光学3D微打印系统示意图及所制备出的微型光纤加速度计传感头SEM图片

传感器测试

研究小组对制造出的具有三种微梁长度的微型光纤加速度计进行了振动测试。图3a为测试得到频率响应曲线。从结果中可以看出，三种加速度计的振动基模频率分别在12 kHz、14 kHz和16 kHz附近，与数值仿真值较为吻合。图3b和3c为三个加速度计的灵敏度测试结果。其中，设计为折叠式微梁的加速度计1的灵敏度约为148.61 mv/g，平坦区域带宽可以达到2 kHz。

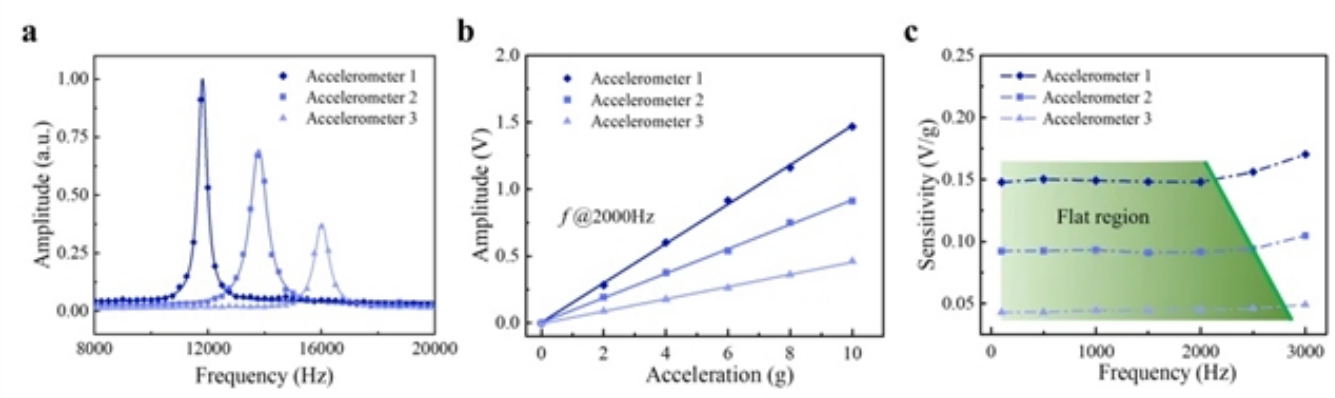


图3：微型光纤加速度计实验测试结果

总结与展望

本研究所展示的微型光纤干涉式加速度计兼具微型化、集成化和设计灵活等优点，可以通过原位3D微打印技术在光纤陶瓷插芯端面上直接快速制造。同时，它可以根据不同应用场景定制化带宽与灵敏度，适合在复杂环境和狭小空间的应用中的加速度监测和测试。

加速度传感在自动驾驶、消费电子、航空航天和地震监测等众多领域有着关键作用。尽管MEMS加速度计目前在消费电子和工业控制应用中占主导地位，但它们易受电路噪声、温度变化和环境低频振动的影响。研究团队将在未来工作中进一步优化传感器设计和3D微打印工艺，探索更多样化的微光机械结构，研制能满足不同高精度测量应用要求的微型光纤加速度计。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.37188/lam.2025.018

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：张阿平等 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