
光纤微探头式激光干涉仪的动态位移畸变与重构

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/31945.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！

光纤微探头式激光干涉仪的动态位移畸变与重构。光纤微探头传感器式激光干涉仪是新一代的超精密激光干涉测量仪器，与传统激光干涉仪相比，具有探头尺寸小，装调方便，可隔离热污染与嵌入式测量的优势，适用于狭小空间内的超精密位移测量。然而，此类仪器测量原理上决定，随着测量范围与测量速度的提高，激光波长需要进行大幅度高带宽调制以响应需求。同时作为仪器测量基准，激光波长要满足中心频率的稳定，实现测量的溯源性。但光源调谐与稳定的机理尚不明确，导致动态位移测量存在畸变和误差，严重制约精密工程领域的应用。

针对上述问题，哈尔滨工业大学的胡鹏程教授团队首次构建微探头传感器式干涉仪激光光源特性与测量特性映射模型，建立大幅度高带宽波长调制激光中心频率稳定方法，用于鉴频曲线的重建和基准点的锁定，将测量结果溯源至米的定义的同时，将测量分辨力提升到亚纳米级。该工作为精密位移测量提供了稳定的测量基准，为小尺寸测头嵌入式测量提供重要支撑。

该成果以Focus on sub-nanometer measurement accuracy: distortion and reconstruction of dynamic displacement in a fiber-optic microprobe sensor为题发表在Light: Advanced Manufacturing。哈工大胡鹏程教授为通讯作者，哈工大董永康教授和谭久彬院士为论文共同作者。

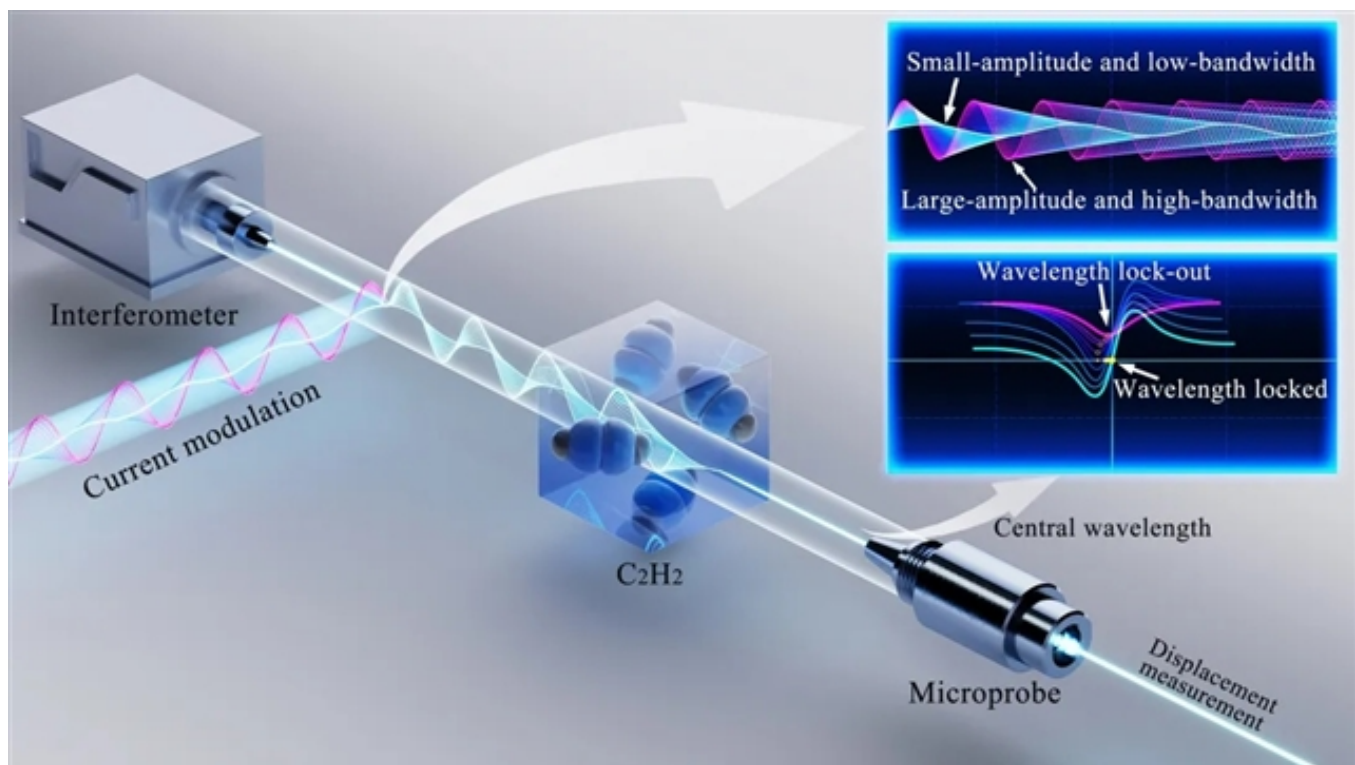


图1：激光调频下的超精密光纤微探头式位移传感器

光纤微探头式激光干涉仪的独特优势

相较于传统激光干涉仪，新一代光纤微探头激光干涉仪是在测量方法和关键技术的跨越式发展，将光纤传感的小型化、智能化和激光干涉的高速高精度优势特性相结合，实现优势互补，传感头体积缩小近百倍，但仍能保持亚纳米测量分辨力。但伴随优势的同时，是更大的实现难度和更复杂的技术挑战。

测量原理中的矛盾制约

光纤微探头激光干涉仪从原理上需要对激光光源进行波长调制，波长调制的调谐特性(深度、带宽)决定着位移测量的精度和速度。同时调谐光源的中心波长的稳定性和准确性决定着位移测量的稳定和准确性。这就要求激光光源需要在大幅度高带宽的波长调制下实现中心波长的稳定，但这与传统干涉仪是完全不同的，传统干涉仪光源仅要求中心波长的高稳定。因此，调谐和稳定，本就容易相悖的概念，在光纤微探头激光干涉仪的测量原理中产生了矛盾制约。

动态位移畸变与重构

针对激光光源进行大范围高带宽调谐时，参考特征发生畸变或参考点消隐，导致中心频率锁定错误或无法锁定。使得测量基准(波长)失锁进而导致干涉仪动态测量位移畸变的问题。提出一种基于鉴频曲线重构的大幅度高带宽调频下高精度激光稳频方法。在大幅度高带宽调制条件下，建立鉴频特征曲线畸变模型和畸变矫正模型，利用矫正模型反馈调节相位补偿并重构鉴频曲线，明确锁定与稳频基准点的对应关系，实现基准点锁定跟踪，精准控制大范围高带宽调谐中心频率，实现动态位移重构和亚纳米分辨力测量。

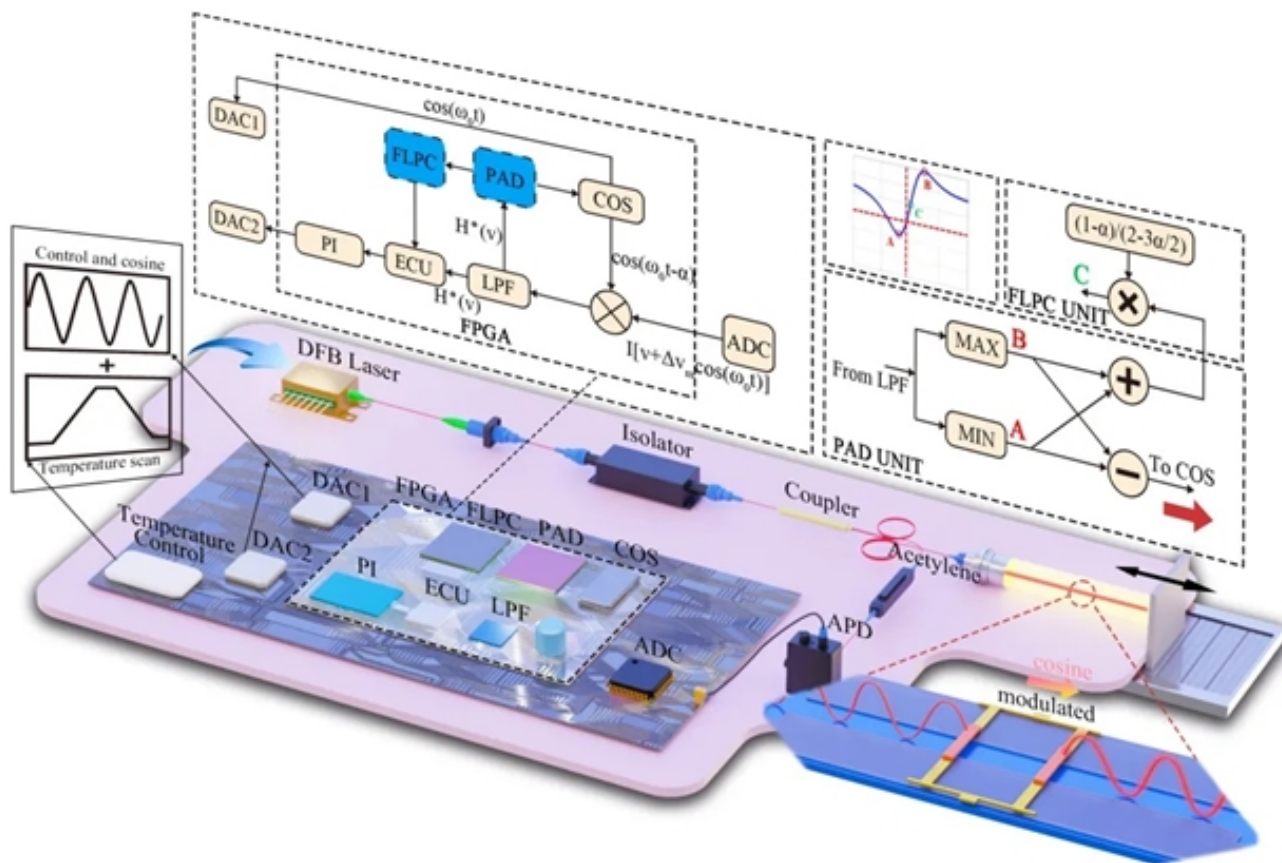


图2：光纤微探头式干涉仪的动态位移畸变与重构

总结与未来展望

该工作明确了光纤微探头式干涉仪中光源调谐和稳定特性机理，将测量结果溯源至米的定义。该工作为新一代干涉仪精密位移测量提供了稳定的测量基准，为小尺寸测头嵌入式测量提供重要支撑，未来将推动解决精密制造中的传感式超精密测量需求，为纳米计量测试提供核心仪器。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.37188/lam.2024.051>

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事宜，请与我们联系。

作者：胡鹏程等 来源：《光：先进制造》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发