

光纤光栅加速度传感器的研究进展

王玺

(厦门大学光波技术研究所 福建厦门 361005)

摘要: 基于光纤布拉格光栅(FBG)的加速度传感器近年来受到较大的关注,这种基于波长检测的传感器在诸多领域都有良好的应用前景。该文重点对各种不同结构设计的光纤光栅加速度传感器的技术和特点做了分析,对光纤光栅加速度传感器的未来作了展望。

关键词: 光纤布拉格光栅 加速度传感器 振动测量

中图分类号: TP212

文献标识码: A

文章编号: 1672-3791(2015)01(b)-0098-01

对加速度的精确测量在工业生产、交通运输、安全监控等领域有着重要的意义,近年来光纤加速度传感器受到了越来越广泛的关注与研究。其中基于光纤布拉格光栅(Fiber Bragg Grating, FBG)的加速度传感器因其光路更简单、波长调制不受光源强度波动影响、便于分布式测量等特性成为光纤加速度传感领域中最具发展前景的研究方向之一。该文综合介绍了近年来光纤光栅加速度传感器的几种常见分类和最新研究成果,对该领域的发展前景做出了展望。

1 梁式结构

悬臂梁以其结构简单、性能稳定、适合测量低频振动等特点成为光纤光栅传感器的经典弹性元件。2009年Antunes等将光纤光栅作为等效弹簧连接在L形悬臂梁与弹簧钢板之间,制成的传感器谐振频率在45 Hz,与电子式传感器相比均方根误差仅为 $2.53 \times 10^{-5}G$,适用于微小振动的测量。2013年徐刚等设计了一种双FBG对称式的高频光纤光栅加速度传感器,并提出一种基于比值法的匹配FBG解调方法。实验结果表明该传感器谐振频率为900 Hz,工作频段在0~500 Hz左右,灵敏度为88 mv/g,加速度测量范围大于8 g。2014年Zhang Xiaolei等提出了一种新颖的双半孔梁结构的加速度传感器。光栅只有两端固定,可以有效避免因非均匀应变而产生的啁啾现象。并且可以消除温度变化的影响,抑制横向加速度的干扰并使灵敏度加倍。该传感器在0~25 Hz的工作频率下可以达到1296 pm/g的灵敏度,在低频振动下的结构健康监测中有着较好的应用前景。

2 竖直式结构

由于悬臂梁式结构特性将其测量范围限制在低频区域,其频率响应范围和灵敏度等指标一直无法高频振动测量要求。而竖直式结构的研究和发展,使光纤光栅加速度传感器逐渐向高频领域迈进。2009年

Zhang Wentao等设计了一种单柱体结构加速度传感器,主要特点是采用了两个弹性隔板来增加变形量,减小横向干扰,该设计可达到30 pm/g的灵敏度和5~200 Hz的工作频率。2012年Liu等设计了一种单膜片式的加速度传感器,工作频率在10~200 Hz,灵敏度可达36.6 pm/g。2014年他们又提出了改进的方案,通过将膜片增加为两层,把工作频率范围扩展至50~800 Hz,同时灵敏度也提升至45.9 pm/g。

3 扭转式结构

2013年张毅翔等提出了一种新型的加速度传感器,针对梁式结构测量精确度不高,线性度不好的缺点,选择了扭转轴作为弹性元件,并用差动式结构解决传感器的温度补偿问题,提高了光纤光栅传感器的线性度和稳定性,经实验测试在80 Hz的频率下可以达到33 pm/g的灵敏度。其独特的结构设计为FBG加速度传感器的发展研究提供了一种新颖的思路。

4 多维测量传感器

在航空航天、水下目标监测、地震波监测等诸多应用领域都需要测量多维的振动加速度信息,因此对于能够实现多维加速度测量的光纤光栅加速度传感器是今后的一大重点研究方向。2002年Morikawa等设计了一种中心悬挂型三分量加速度传感器,将6根FBG直接作为弹性元件正交放置,质量块悬挂于元件几何中心,该结构可以测量50~100 Hz的三维振动。2012年郭永兴等提出一种基于“钢管-质量块”弹性结构体的FBG二维加速度传感器。该设计通过处于钢管表面圆周方向呈90°分布的四根光栅的波长变化来测量加速度,该传感器的灵敏度为8.6 pm/g,加速度测量范围为1.5~7.6 g,具有较强的抗干扰能力。

5 结语

随着振动测试领域的不断发展,国内外对光纤光栅加速度传感器的研究也日渐

深入,各种新结构,新材料的开发使得光纤光栅加速度传感器在更多的场合得到应用。该文介绍了光纤光栅加速度传感器的基本分类以及国内外最新的研究成果,可以看到在光纤光栅加速度传感技术从实验研究走向实际应用的过程中,与传统的加速度传感器相比仍有不足,许多技术问题仍有待克服。因此还需要科研工作者继续努力,使光纤光栅加速度传感器更加实用,推向更广阔的应用领域。

参考文献

- [1] Kersey A, Davis M A, Patrick H J, et al. Fiber grating sensors[J]. Journal of Lightwave Technology, 1997, 15(8): 1442-1463.
- [2] Antunes P F D, Lima H F T, Alberto N J, et al. Optical Fiber Accelerometer System for Structural Dynamic Monitoring[J]. IEEE Sensors Journal, 2009, 9(11): 1347-1354.
- [3] 徐刚, 戴玉堂, 金晓龙, 等. 一种高频双FBG加速度传感器及其解调方法[J]. 光子学报, 2013(8): 003.
- [4] Zhang X, Rong Q, Sun H, et al. Low-frequency fiber Bragg grating accelerometer based on a double-semi-circle cantilever[J]. Optical Fiber Technology, 2014, 20(3): 190-193.

作者简介: 王玺(1988, 7—), 男, 福建福州人, 硕士研究生, 研究方向: 光纤光栅传感技术。