2.

光纤加速度传感器与传统加速度传感器相比 ,不但能抗电磁干扰 ,而且体小、质轻、动态范 围宽、精度高、能在恶劣环境下工作 ,因此受到各先进国家军事与商业领域的极大重视 ,各种实用的光纤 加速度传感器不断涌现。

相位调制型加速度传感器是指通过调制光纤中传输光的相位从而达到测量加速 度的目的,主要包含有Michelson干涉式、 Mach-Zehnder干涉式、F-P干涉式等,其优 点是几何结构灵活多样,分辨率、灵敏度等 性能指标都非常高,研究较为广泛。

强度调制型加速度传感器是指通过调 制光纤中传输光的强度从而达到测量加速 度的目的,主要包含有透射式、反射式、偏 振式等,其优点是结构较为简单、信号易于 解调、成本相对低廉,缺点是精度不高。

宽带调制型的加速度传感器实际上也 是对光栅波长的调制,不同的是对光栅进 行啁啾调谐,通过检测带宽的变化以实现 温度不敏感型加速度传感的目的。

光纤Bragg光栅技术是近年来发展的最迅速的光纤传感技术之一,因其制作成本 相对低廉、抗电磁干扰能力强、解调方便、 易于集成和实现远距离信号传输等优势成 为了研究的热点。波长调制型的光纤加速 度传感器,从结构上来说还可以分为弹性 梁式、两点固定式、环式等

3.

研究结果表明,设计的光纤加速度传感器在矩形梁中间位置的挠度变化范围为0~10 μm时,相应的加速度测量范围为0~120 m·s-2,最大加速度检测值高达12 g( g为重力加速度)

设计的MEMS光纤加速度传感器包括硅质矩形梁、遮光板、发射光纤和接收光纤, 发射光纤、接收光纤、遮光板固定于系统的硅质矩形梁上

4.

系统产生加速度时, 硅质矩形梁将发生微量弯曲, 矩形梁中间位置的挠度最大。此时, 遮光板随梁的弯曲而产生位移, 从而导致遮光面积变化, 接收光纤接收的光功率也随之发生改变。理想情况下, 硅质矩形梁的弯曲程度主要取决于系统的加速度。

初始条件下, 两接收光纤被遮光面积Scomm皆为端面的一半, 与发射光斑重叠面积相等, 如图2(a)所示。产生加速度时, 上下梁向同一方向微量弯曲, 遮光板的位移量为Δd, 两接收光纤与发射光斑重叠面积变为Scomm1与Scomm2, 如图2(b)和(c)所示。

5.

式中:λ, ω0分别为光的波长与高斯光束的腰束半径, k为真空中的波数。当z=C(C为常数)时, 轴向距离C处截面上的光强分布为

6.

设定发射光纤与接收光纤的芯径r皆为20 μm, 轴向间距z为130 μm。如图4所示

结果显示, 矩形梁微弯曲量在0~10 μm范围变化时, 两接收光纤光功率差由0变化到0.4458 mW。接收光纤接收的光功率与遮光板位移的关系曲线如图6所示, fit 1和fit 2分别为接收光纤1和2接收的光功率曲线, fit 3为两接收光纤接收的光功率差与遮光板位移的关系曲线。两接收光纤接收的光功率差P与遮光板位移x关系曲线的拟合关系式为

7.

处于载荷或加速状态时, 硅质矩形梁将发生弯曲。矩形梁的长L为140 μm, 宽B为40 μm, 高H为40 μm, 弹性模量为1.9×105 MPa, 泊松比为0.27, 密度为2.32 g·cm-3。当加速度a分别为40, 80, 120 m·s-2时, 利用ANSYS对硅质矩形梁形变进行分析, 得到矩形梁中间位置的挠度(即遮光板的位移量)的仿真分析结果, 如图7所示。图8为硅质梁挠度随系统加速度变化的关系曲线。

8.

光功率差P与系统加速度a的关系曲线如图9所示, 具有良好的线性。

10.

将所设计的光纤加速度传感器和标准加速度计同时固定于振动平台, 进行对比实验。振动平台频率变化范围为375~425 Hz, 得到光纤加速度传感器检测值为12~116 m·s-2, 将检测值与标准加速度值进行对比, 得到的拟合曲线如图12所示, 线性拟合度达0.99

11.

将所设计的光纤加速度传感器和标准加速度计同时固定于振动平台, 进行对比实验。振动平台频率变化范围为375~425 Hz, 得到光纤加速度传感器检测值为12~116 m·s-2, 将检测值与标准加速度值进行对比, 得到的拟合曲线如图12所示, 线性拟合度达0.99

结果表明, 所设计的光纤加速度传感器与标准加速度计检测值基本一致, 具有可靠的实用性。

通常情况下, 光纤的特性受温度影响不大, 但是在温度低于-55 ℃左右时, 损耗会急剧增加, 因此, 加速度传感器可在-50~50 ℃范围内稳定可靠地工作。