

简讯

相位敏感光时域反射计实现兆赫兹分布式振动检测

相位敏感光时域反射计技术在周界安防、铁路安全检测等领域发挥着非常重要的作用。1993年, Taylor 提出了这一技术, 实现了高灵敏度的分布式光纤振动实时检测。直至2010年, 该技术的响应带宽才受到研究人员的关注。Bao 课题组采用相干探测技术和滑动平均技术提升信噪比, 最大频率响应达到1 kHz, 传感光纤长度约为1.2 km。2013年 Martins 等利用半导体光放大技术在1.25 km 传感光纤长度下实现了39.5 kHz 超声波检测。这些技术虽然取得了一定的成效, 但其响应带宽仍然受到传感范围的限制。基于此, 本课题组提出了时间序列多频率源技术, 在常规系统的受限重复周期内复用多个不同光波频率的脉冲, 利用不同频率光波的探测信息综合重建高频扰动信号, 一定程度上突破了传感范围对响应带宽的限制, 并实现了 MHz 振动信号的分布式检测。

图1为9.6 km 传感光纤的实验结果。所施加的振动信号为频率范围为0~484 kHz 的啁啾信号, 频率调制周期为20 ms。对解调数据进行短时傅里叶分析, 获取其语谱图。从图中可以看出, 所施加的振动信号被有效解调, 系统的响应带宽达到0.5 MHz, 约为相同传感长度下常规系统的100倍。

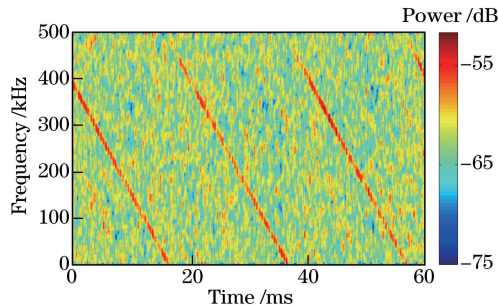


图1 解调信号的语谱图(L=9.6 km)

Fig. 1 Spectrogram of demodulated signal when $L=9.6$ km

图2为2.0 km 传感光纤的实验结果。实验中采用频率为970 kHz 的正弦振动信号作为扰动信号, 对其进行检测和解调, 获取的语谱图如图2(a)所示。对解调数据进行傅里叶变换, 得到的频谱如图2(b)所示。可以看出, 系统的有效响应带宽达到1 MHz, 约为相同传感长度下常规系统的40倍。

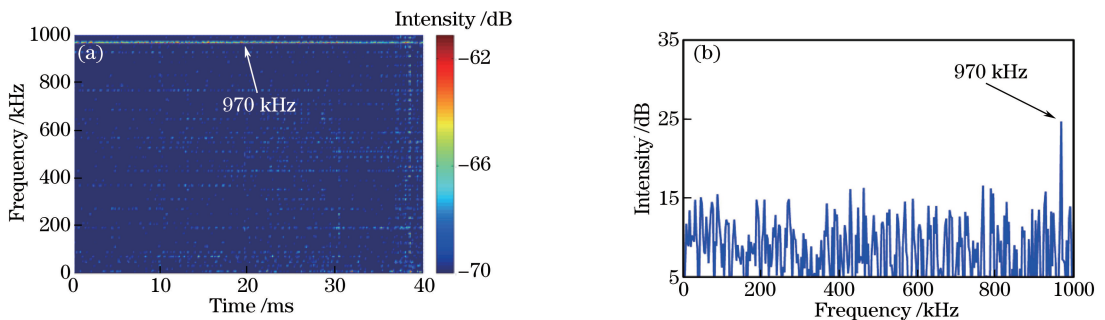


图2 解调信号的(a)语谱图和(b)频谱图(L=2.0 km)

Fig. 2 (a) Spectrogram and (b) frequency spectrum of demodulated signal when $L=2.0$ km

进一步优化光源特性, 实现更长检测范围、更佳空间分辨率的大带宽分布式传感技术是本课题组下一步工作的一项重要研究内容。

王照勇, 叶青, 卢斌, 郑汉荣, 王校, 梁嘉靖, 李鲁川, 蔡海文*, 瞿荣辉, 方祖捷

中国科学院上海光学精密机械研究所空间激光信息技术研究中心, 上海 201800

E-mail: hwcai@siom.ac.cn

收稿日期: 2017-08-23; 收到修改稿日期: 2017-09-18