

光纤传感器及其研究现状

王 立 新

(山东聊城师范学院 252059)

随着现代科学技术的发展,信息的获得显得越来越重要.传感器正是感知、检测、监控和转换信息的重要手段.光纤传感器是继光纤通信技术之后在本世纪 70 年代出现的集光学、电子学为一体的新型传感器,与以往的传感器不同,它将被测信号的状态以光信号的形式取出.光信号不仅能被人所直接感知,利用半导体二极管如光电二极管等小型简单元件还可进行光电、电光转换,极易与一些电子装置相匹配,这是光纤传感器的优点之一;另外光纤不仅是一种敏感元件,而且是一种优良的低损耗传输线;因此,光纤传感器还可用于传统的传感器所不适用的远距离测量.近年来光纤传感器得到了越来越广泛的应用.

1. 光纤传感器的基本构成及原理

光纤传感器由光源、入射光纤、出射光纤、光调制器、光探测器及解调器组成.其基本原理是将光源的光经入射光纤送入调制区,光在调制区内与外界被测参数相互作用,使光的光学性质(如强度、波长、频率、相位、偏振态等)发生变化而成为被调制的信号光,再经出射光纤送入光探测器、解调器而获得被测参数.光纤传感器按传感原理可分为两类,一类是传光型(或称非功能型)传感器,另一类是传感型(或称功能型)传感器.在传光型光纤传感器中,光纤仅作为光的传输媒质,对被测信号的感觉是靠其它敏感元件来完成的,这种传感器中出射光纤和入射光纤是不连续的,两者之间的调制器



条件下更换 AFM 悬臂及调整光路是 UHV-AFM 发展的主要障碍,虽然这些工作在大气中并不困难.近年来 STM 与 AFM 已可安装在同一个法兰盘上,使得我们可以在 UHV 下研究导体与绝缘体.

2. 普通环境下的 SPM 最简单的、最经济的因而也是最普及的是普通环境下的 SPM,包括大气中及溶液中的.在大气下做 STM 是困难的,这是由于几乎所有的表面在大气中都会发生氧化或被污染,而表面氧化层或污染物会影响隧穿电流.一类在普通环境下 STM 中工作很好的材料是层状化合物,如:石墨、 MoS_2 、 Nb_3Se 等.对这些材料只要将旧的表层揭开即可获得新鲜的清洁表面.由于 AFM 对

表面电导不敏感,因此可在大气下对任何固体(包括污染物)成象.

SPM 中的液体盒使针尖与样品全部浸在液体中,这样便可对水化物成象;由于在液体中毛细张力是各向同性的,针尖对样品施加的压力在液体中会减小.

3. 电化学环境下的 SPM 类似于 UHV,电化学盒为 SPM 提供了一个可控的工作环境.通常作为普通环境下 SPM 的一个备件,电化学(EC)SPM 包括一个电化学盒、恒电势器及软件. EC-SPM 的应用包括对电极的电子态及结构实空间成象、由化学及电化学反应引起的表面变化、新相的形成、吸附、腐蚀及有机或生物分子在电解液中的沉积等.

是光谱变化的敏感元件或其它性质的敏感元件。在传感型光纤传感器中光纤兼有对被测信号的敏感及光信号的传输作用,将信号的“感”和“传”合而为一,因此这类传感器中光纤是连续的。

由于这两种传感器中光纤所起的作用不同,对光纤的要求也不同。在传光型传感器中光纤只起传光的作用,采用通信光纤甚至普通的多模光纤就能满足要求,而敏感元件可以很灵活地选用优质的材料来实现,因此这类传感器的灵敏度可以做得很高,但需要较多的光耦合器件,结构较复杂;传感型光纤传感器的结构相对来说比较简单,可少用一些耦合器件,但对光纤的要求较高,往往需采用对被测信号敏感、传输特性又好的特殊光纤。到目前为止,实际中大多数采用前者,但随着光纤制造工艺的改进,传感型光纤传感器也必将得到广泛的应用。

按光在光纤中被调制的原理不同,光纤传感器可分为:强度调制型、相位调制型、偏振态调制型、频率调制型、波长调制型等。迄今为止,光纤传感器能够测定的物理量已达七十多种。

2. 光纤传感器的特点

灵敏度高 由于光是一种波长极短的电磁波,通过光的相位便得到其光学长度。以光纤干涉仪为例,由于所使用的光纤直径很小,受到微小的机械外力的作用或温度变化时其光学长度就要发生变化,从而引起较大的相位变化。假设用 10 米的光纤,1℃的变化引起 1000rad 的相位变化,若能够检测出的最小相位变化为 0.01rad,那么所能测出的最小温度变化为 10^{-6} ℃,可见其灵敏度之高。

测量速度快 光的传播速度最快且能传送二维信息,因此可用于高速测量。对雷达等信号的分析要求具有极高的检测速率,应用电子学的方法难以实现,利用光的衍射现象的高速频谱分析便可解决。

信息容量大 被测信号以光波为载体,而光的频率极高,所容纳的频带很宽,同一根光纤可以传输多路信号。

适用于恶劣环境 光纤是一种电介质,耐

高压、耐腐蚀、抗电磁干扰,可用于其它传感器所不适应的恶劣环境中。

另外,利用光纤的柔韧性可将光纤传感器做成各种形状的传感器及传感器阵列,用于多参数测量。

3. 光纤传感器的研究现状及发展方向

光纤传感器的研究始于本世纪 70 年代。自 1977 年美国海军研究所(NRL)开始执行光纤传感系统(FOSS)计划以来,世界上许多实验室都相继开展了光纤传感技术的研究工作,随着光纤传感器研究的不断深入,许多国际间的学术交流也日渐增多。从 1983 年起国际光纤传感器会议定期召开。从事光纤传感器研究最早的美国海军研究所研制出了水听器、磁强计等水下检测设备、现代数字光纤控制系统(ADSS)、光纤译码的光纤传感器系统以及光纤陀螺(FOG)、核辐射监控(NRM)、飞机发动机监控等,参加该项研究的还有宇航局(NASA)、西屋电气公司、斯坦福大学等。1982 年英国成立了以贸易工业部为首的传感器合作协会,到 1985 年发展到 26 个成员,相继研制出高压光纤电流测量装置(中央电气研究所)、光纤陀螺及水听器(伦敦大学)、光纤传感器及无源多路测试系统(曼彻斯特大学)、低双折射光纤、高双折射光纤及光纤无源器件等。在 1983 年欧洲的传感器展示会上,英国展出了用于压力、温度、速度测量的光纤传感器、全光纤干涉仪及适用于危险地区、电磁噪声恶劣环境的用作过程控制的高分辨率长冲程位移传感器。德国西门子公司在 1980 年就研制出了高压光纤电流互感器的实验样机。日本从 1979 年到 1986 年的“光应用计划控制系统”的七年计划投资达 70 亿美元,已应用光纤传感器进行强电磁干扰和易燃易爆危险环境中的信息测量、传输以及生产过程的控制。24 家著名的公司和大学如松下、三菱、东京大学等都较早从事了光纤传感器的研究工作。松下公司生产的光纤电流表、光纤电压表及光纤温度计已经投入市场,磁场测量上限达 4700A/m,电压上限为 220V,精度均为 $\pm 1\%$,温度测量范围 $-10\sim+40$ ℃,精

混沌的同步与保密通信

刘建东

(张家口师专 075028)

刘建猷

(天津大学 300072)

混沌现象的最本质特征在于它对初始条件的灵敏依赖性.它是可确定的,但又是不可预测的.因为这个原因,过去人们对混沌现象总是采取回避的态度,提起混沌就有一种神秘感.现在人们已经发现混沌是易于操纵的,可以开发利用的,甚至是无价的.混沌已被用来增强激光器的功率;调整电子电路的输出,使之同步;控制化学反应的波动;稳定动物有病的心脏;编码电子信息以保证通讯安全等.可以预期,在混沌理论深入研究的同时,混沌应用研究将会有广阔前景.

近年来,人们在考虑如何利用混沌这一问题时,最感兴趣的当属混沌的同步化.混沌同步化问题的提法,其涵义是由一个自治的混沌系统出发,如何构造新的混沌系统,使它们具有共同的同步的混沌轨道.我们知道,使两个相互独立的混沌系统实现同步是不可能的,若使两个混沌系统级联,用一个系统去激励另一个

度为 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$. 80年代国外研制出的利用紧贴膜片的叶片或光栏的运动来调制光信号的光纤压力传感器和靠膜片挤压光纤使其输出特性发生变化的光纤压力传感器的精度可达3.0%,线性度可达 $\pm 1.5\%$.

相比之下,我国的光纤传感器研究工作起步较晚.1983年国家科委新技术局在杭州召开了第一次关于光纤传感器的全国性会议,光纤传感器的研究也只在一些高等院校及研究所里进行.目前,对全国近400家从事传感器开发和生产的单位的调查表明,从事光纤传感器的有16家.其中起步较早的单位有电子工业部、航天工业总公司、中科院等一些研究所和清华大学、浙江大学、国防科大、上海科大、华中理工大学等高等院校.燕山大学自动化系研制的、

系统,或者反过来说,从一个“复合”的混沌系统着手,将其划分成若干个子系统,则在一定条件下,某些子系统可能出现相同的混沌行为.其中一种特殊的情况就是在一个混沌系统中选取一个“稳定”的子系统,所谓稳定是指不受初始扰动影响,或者“条件”李雅普诺夫指数全部小于零,将这个子系统复制得到一个响应系统,原混沌系统作为驱动系统,这样就能达到获得混沌同步的轨道的目的.

混沌同步这一问题在非线性电路中已取得非常好的实验结果.非线性电路实验是认识混沌现象的极好途径,在过去的研究中,人们通过电路实验观测到一个稳定的系统如何随着参数的变化通过周期分岔、阵发混沌、周期递增或魔鬼阶梯等道路进行混沌状态;观测到混沌岛域、周期窗口等混沌行为的精细结构.应该说,迄今关于混沌研究的最好的实验结果是在非线性电路中得到的.在开始混沌应用研究的今天,

已通过机械电子工业部专家鉴定的光纤温度传感器可在 $800\sim 2000^{\circ}\text{C}$ 的范围内进行精确测量.其它功能的光纤传感器也在积极的研究当中.

从光纤传感器的发展现状及文献报道情况来看,它具有广阔的应用前景,其进一步的研究方向应是:①解决光纤传感器的实用化问题,主要是长时间的漂移问题.②开展对采用多路复用技术的光纤传感器系统的研究,特别是将其与微机相结合组成光纤遥测系统以进行多参数测量与控制.③开展基础技术及元器件的进一步研究.光纤传感器的性能与其中的有源及无源器件的稳定性和可靠性密切相关,随着基础技术的进步、元器件性能的更加完善,光纤传感器将得到更广泛的应用.