

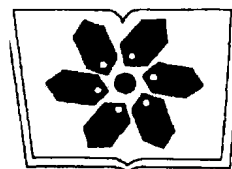


全分布式 光纤传感技术

张旭苹 著



科学出版社

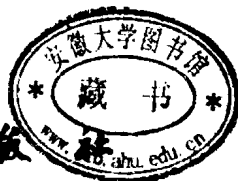


中国科学院科学出版基金资助出版

全分布式光纤传感技术

张旭莘 著

科学出版社



北京

内 容 简 介

本书以全分布式光纤传感器为核心,详细介绍了光纤中的瑞利散射、拉曼散射、布里渊散射等散射效应;结合作者多年来在传感器领域的研究成果和经验,对全分布式光纤传感器的原理、结构和技术等方面进行了深入细致的阐述,并列举了大量应用实例。

本书可供理工科院校电子、信息、光电和自动化等专业从事传感器研究的高年级本科生、研究生以及相关领域的研究人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

全分布式光纤传感技术/张旭莘著. —北京:科学出版社, 2013

ISBN 978-7-03-036381-7

I. ①全… II. ①张… III. ①光纤传感器 IV. ①TP212.14

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第319043号

责任编辑:杨 锐/责任校对:包志虹

责任印制:赵德静/封面设计:许 瑞

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年1月第一版 开本:B5(720×1000)

2013年1月第一次印刷 印张:20 1/4

字数:400 000

定价:79.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

传感器作为信息获取的首要 and 关键部件，在信息科学技术中占有十分重要的地位。随着信息技术和自动化技术的发展，传感器技术已成为重要的基础性技术，掌握并合理应用传感器技术已经成为工程技术人员的基本素养要求。

与机电等传统型传感器相比，全分布式光纤传感器具有光纤传感器绝缘、抗电磁场干扰、损耗低、抗腐蚀、体小易埋入等独特的优势；而与传统点式或分立式光纤传感器相比，全分布式光纤传感因不需制作传感器（只需采用裸光纤）并可同时测量获得沿光纤路径上的时间和空间连续分布信息，完全克服了点式传感器（如光纤光栅传感器）难以对被测场进行全方位连续监测的缺陷，且具有损耗低、信号数据可多路传输等传统传感器所不具备的优越性能，因而在能源、电力、航空航天、建筑、通信、交通、安防、军事等诸多领域的故障诊断及事故预警中显示出十分诱人的应用前景。

虽然目前国内各高校相关专业均已开设了传感器技术课程，但光纤传感技术还只是其中的一个章节，而全分布式光纤传感器更是一带而过，这与缺乏系统专业的相关教材有关。随着物联网技术的推进，特别是国防和民生大型工程建设的飞速发展，从事光纤传感研究的队伍不断壮大，研究人员和研究生迫切需要一本系统介绍全分布式光纤传感技术的书籍。

基于此现状，本书着重介绍光纤中各种散射效应的物理机制，省略了光纤光学和波导光学等内容。对基于光纤中各种散射效应的全分布式光纤传感技术 [包括基于光纤中瑞利散射的光时域反射 (OTDR) 技术、相干光时域反射 (COTDR) 技术、偏振光时域反射 (POTDR) 技术等，基于拉曼散射的拉曼光时域反射 (ROTDR) 技术、拉曼光频域反射 (ROFDR) 技术，基于布里渊散射的布里渊光时域反射 (BOTDR) 技术、光时域分析 (BOTDA) 技术，等] 的研究现状和发展趋势、传感器设计方法以及应用领域进行了详尽的阐述。

本书第 1、3、5 章由南京大学张旭萃教授负责组稿撰写，其中南京大学王如刚、王峰、胡君辉分别参与了第 1、3、5 章的撰写，加拿大渥太华大学鲍晓毅教授撰写了 5.2 节和 5.5 节的部分内容；第 2 章由加拿大渥太华大学陈亮教授撰写；第 4 章由中国计量学院张在宣教授组稿撰写。南京大学光通信工程研究中心的全体同仁及研究生为本书的创作提供了许多资料和实验数据等，特别是路元刚、宋跃江、梁浩、吕立冬、王祥传、杨刚等为本书的整理、图表制作提供了很

多的帮助。本书还大量引用了国内外同行的研究成果。在此，一并表示衷心的感谢。若参考文献有漏标之处，敬请海涵。

在书稿撰写过程中还得到了中国工程院院士、中国仪器仪表学会理事长庄松林教授以及中国科学院院士姚建铨教授的指导与支持。

传感器技术已经由零散研究转为集中研究、由军用走向军民两用并举、由少量应用进入大面积开发、由单点传感步入全分布式网络化传感。可以预见，传感技术特别是全分布式光纤传感技术的发展将会像光网络的发展一样迅猛。本书结合了作者多年来在该领域的研究成果和经验，并列举了大量的应用实例。希望本书的出版，对相关领域的工作者了解光纤传感领域的前沿动态、启发创新思维有较高的参考价值。

本书得到了国家自然科学基金项目“新型连续分布式光纤应变/温度实时监测仪”(61027017)、“光栅阵列与 POTDR 融合传感系统的机理与技术研究”(61107074)，国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目“新一代光纤智能传感网与关键器件基础研究”的第三课题“基于布里渊效应的光纤传感网基础研究”(2010CB327803)和第四课题“基于非线性效应融合原理的光纤拉曼光子传感网基础研究”(2010CB327804)的资助。此外，本书的出版得到了中国科学院科学出版基金的资助。

由于作者水平有限，时间仓促，错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

作者

2012年8月

目 录

前言

第 1 章 光纤传感技术	1
1.1 光纤传感技术概述.....	1
1.1.1 光纤传感技术原理与特点	1
1.1.2 光纤传感技术的分类	4
1.2 国内外光纤传感技术的发展历史和现状	11
1.2.1 国际光纤传感技术的发展历史和现状.....	11
1.2.2 我国光纤传感技术的发展历史和现状.....	13
1.3 全分布式光纤传感技术	15
1.3.1 全分布式光纤传感技术的特点.....	15
1.3.2 全分布式光纤传感技术的主要参数.....	16
1.3.3 全分布式光纤传感技术的应用.....	18
1.3.4 全分布式光纤传感技术的发展方向.....	23
参考文献.....	25
第 2 章 光纤中的光散射	27
2.1 光纤中的自发散射谱	27
2.2 宏观麦克斯韦方程组	28
2.3 电荷对电磁场的响应	35
2.4 瑞利散射	36
2.5 自发拉曼散射	38
2.6 自发布里渊散射	48
2.7 受激布里渊散射	51
2.8 总结	60
参考文献.....	60
第 3 章 基于瑞利散射的全分布式光纤传感技术	62
3.1 基于瑞利散射的光纤传感技术原理	62
3.2 光时域反射 (OTDR) 技术	63
3.2.1 OTDR 原理	63
3.2.2 OTDR 系统	64

3.2.3	OTDR 的性能指标	65
3.2.4	OTDR 的应用	67
3.3	相干光时域反射 (COTDR) 技术	68
3.3.1	COTDR 原理	69
3.3.2	COTDR 系统	72
3.3.3	超长距离 COTDR 系统中的非线性效应	73
3.3.4	COTDR 的关键技术	77
3.3.5	COTDR 的应用	89
3.4	偏振光时域反射 (POTDR) 技术	92
3.4.1	单模光纤中的偏振态	92
3.4.2	POTDR 传感技术	101
3.4.3	POTDR 的应用	107
3.5	光频域反射 (OFDR) 技术	111
3.5.1	OFDR 原理	111
3.5.2	OFDR 系统	112
3.5.3	OFDR 的应用	116
	参考文献	116
第 4 章	基于拉曼散射的全分布式光纤传感技术	120
4.1	基于拉曼散射的光纤传感技术原理	120
4.1.1	自发拉曼散射效应	120
4.1.2	基于拉曼散射的光纤温度传感器原理	121
4.2	拉曼光时域反射 (ROTDR) 技术	125
4.2.1	ROTDR 原理	125
4.2.2	光纤拉曼传感解调原理与技术	126
4.2.3	光纤拉曼温度传感器的结构、参数与优化设计	129
4.2.4	光纤拉曼温度传感器的研究现状和发展趋势	136
4.2.5	拉曼相关双光源自校正光纤拉曼温度传感器	141
4.2.6	脉冲编码光源光纤拉曼温度传感器	144
4.2.7	基于非线性散射效应融合原理的光纤传感器	147
4.2.8	拉曼散射传感信号的采集和处理技术	156
4.3	拉曼光频域反射 (ROFDR) 技术	170
4.3.1	ROFDR 原理	171
4.3.2	ROFDR 的空间分辨率和传感距离	174
4.3.3	ROTDR 和 ROFDR 的对比	175
4.3.4	ROFDR 的研究现状	177

4.4	全分布式光纤拉曼温度传感器的应用	178
4.4.1	在智能电网中的应用	178
4.4.2	在地铁中的应用	188
4.4.3	在油井和石油管道监测中的应用	195
4.5	总结	206
	参考文献	208
第5章	基于布里渊散射的全分布式光纤传感技术	217
5.1	研究概况	217
5.2	技术原理	219
5.2.1	光纤中的布里渊散射	219
5.2.2	基于布里渊散射的传感机制	224
5.3	布里渊光时域反射 (BOTDR) 技术	227
5.3.1	BOTDR 原理	227
5.3.2	直接探测型 BOTDR	230
5.3.3	相干探测型 BOTDR	236
5.3.4	BOTDR 中的交叉敏感问题	243
5.3.5	BOTDR 系统性能改善方案	245
5.4	布里渊光时域分析 (BOTDA) 技术	263
5.4.1	BOTDA 原理	263
5.4.2	基于差分脉冲对的 BOTDA	264
5.4.3	基于序列脉冲光的 BOTDA	272
5.4.4	其他一些 BOTDA	275
5.5	布里渊光频域分析 (BOFDA) 技术	277
5.6	布里渊光栅的产生及传感应用	281
5.6.1	布里渊光栅的特性	281
5.6.2	布里渊光栅的产生和读取	282
5.6.3	基于布里渊光栅的温度和应变传感器	284
5.7	布里渊光纤传感技术的应用	289
5.7.1	在结构健康监测中的应用	291
5.7.2	在通信领域中的应用	294
5.7.3	在智能电网中的应用	304
	参考文献	307

第 1 章 光纤传感技术

1.1 光纤传感技术概述

光纤传感技术是 20 世纪 70 年代伴随着光纤技术和光纤通信技术的发展而兴起的一种新型传感技术。它以光波为传感信号,以光纤为传输介质,感知和探测外界被测信号,在传感方式、传感原理以及信号的探测与处理等方面都与传统的电学传感器有很大差异。

光纤本身不带电、体积小、质量轻、易弯曲、抗电磁干扰、抗辐射性能好,特别适合在易燃、易爆、空间受严格限制及强电磁干扰等恶劣环境下使用。因此,光纤传感技术一经问世就受到了极大重视,在各个重要领域得到了研究与应用。

1.1.1 光纤传感技术原理与特点

1. 光纤传感器的工作原理

光纤传感器的基本工作原理可以用图 1-1 表示。在受到应力、温度、电场、磁场等外界环境因素的影响时,光纤中传输的光波容易受到这些外在场或量的调制,因而光波的特征参量如强度、相位、频率、偏振态等会发生相应改变,通过检测这些参量的变化,就可以获得外界被测参量的信息,实现对外界被测参量的“传”和“感”

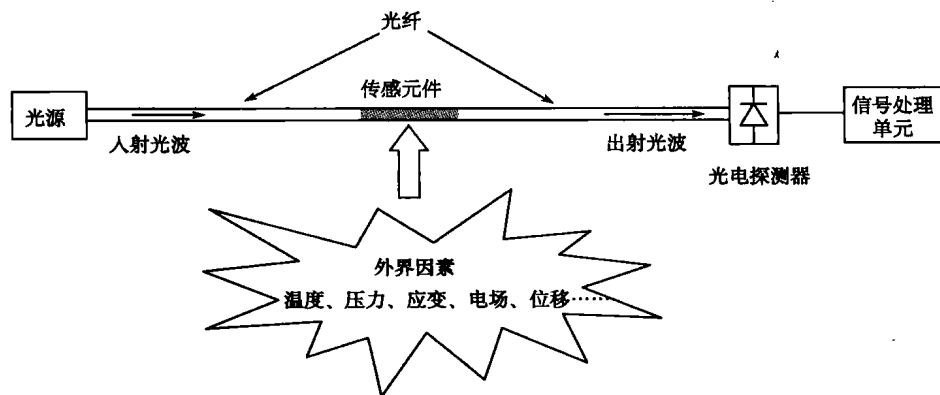


图 1-1 光纤传感器的基本工作原理

的功能。

光纤传感系统的工作原理简单描述如下：

由光源发出光波，通过置于光路中的传感元件，将待测外界信息如温度、压力、应变、电场等叠加到载波光波上；承载信息的调制光波通过光纤传输到探测单元，由信号探测系统探测，并经信号处理后检测出随待测外界信息变化的感知信号，从而实现传感功能。

2. 光纤传感器的基本结构组成

根据光纤传感器的工作原理，光纤传感系统主要包括光源、传输光纤、传感元件、光电探测器和信号处理单元等。

1) 光源

光源就是信号源，用以产生光的载波信号。光纤传感器常用的光源是光纤激光器和半导体激光器等。一般要求其体积小，以便减小与光纤的耦合损失；输出波长与光纤相匹配，减小在光纤中的传输损耗；在室温下可以连续工作以及寿命长和功率稳定；输出模式与传感光纤匹配等。其主要技术参数包括激光线宽、中心波长、最大输出功率、暗电流和相位噪声等。

2) 传输光纤

光纤作为传输介质担负信号的传输。光纤的分类方式有很多种，主要是按照材料、折射率分布和传输模式进行分类。按照制作光纤的材料分为石英光纤、塑料光纤和液芯光纤等；按照光纤折射率分布分为阶跃折射率光纤和渐变折射率光纤等；按照传输模式分为单模和多模光纤。光纤通信系统及光纤传感系统用的传输光纤主要是石英制作的阶跃折射率单模光纤。

3) 传感元件

传感元件是感知外界信息的器件，相当于调制器。传感元件可以是光纤本身，这种光纤传感器被称为功能型光纤传感器，这里光纤不仅起传光作用，它还是敏感元件，即光纤本身同时具有“传”和“感”两种功能；传感元件也可以是其他类型的可以感知被测参量并将被测参量转为光信号的敏感元件，这种光纤传感器被称为非功能型或传光型光纤传感器，其中光纤仅作为光的传输介质。

4) 光电探测器

光电探测器是把传送到接收端的探测光信号转换成电信号，将电信号“解调”出来，然后进行处理，获得传感信息。常用的光探测器有光敏二极管、光敏三极管

和光电倍增管等。其主要技术参数包括灵敏度、量子效率、等效噪声功率、放大倍数和带宽等。

5) 信号处理单元

信号处理单元用以还原外界信息,与光电探测器一起构成解调器。

3. 光纤传感器的特点

与传统的电类或机械类传感器相比,它具有以下诸多优点。

1) 抗电磁干扰、绝缘性能好、耐腐蚀

作为传感介质的光纤或光纤器件,其材料主要成分为二氧化硅,是本质安全的。因此光纤传感器具有抗电磁干扰、防雷击、防水防潮、耐高温、耐腐蚀等特点,可在条件比较恶劣的环境中(如强辐射、高腐蚀、易燃易爆等场所)使用。

2) 体积小、质量轻、可塑性强

光纤作为传感器的主要组成部分,其体积小、质量轻,而且可以进行一定程度的弯曲,因此可以随被测物体形状改变走向,能最大限度地适应被测环境,既可以埋入复合材料内,也可以粘贴在材料的表面,与待测材料有着良好的相容性。

3) 带宽大、损耗低、易于长距离传输

光纤的工作频带宽且光波在光纤中的传输损耗小(如 1550nm 光波在标准单模光纤中损耗只有 0.2dB/km),适合长距离传感和远程监控。

4) 可测参量多、对象广

通过不同的调制和解调技术,光纤传感器可以实现多种参量的传感。除了应力、温度、振动、电流、电压等传统传感领域,还被应用在测量速度、加速度、转速、转角、振动、弯曲、扭绞、位移、折射率、湿度、pH、溶液浓度、液体泄漏等新型传感领域^[1]。因此,光纤传感器的测量对象十分广泛,可感知的参量已经达到了 100 多种,包括但不限于图 1-2 所示的传感参量。

5) 灵敏度高

有效设计的光纤传感器(如利用光纤干涉技术)可以使光纤传感器实现非常高的灵敏度。

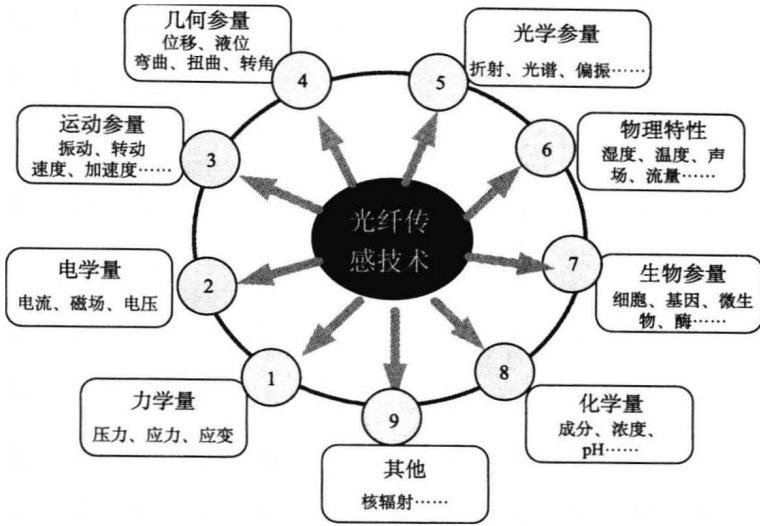


图 1-2 光纤传感技术传感参量示意图

6) 便于复用、成网

由于光波间不会相互干扰,可利用通信中的波分复用技术在同一根光纤中同时传输很多波长的光信号,而且光纤本身组网便利,有利于与现有光通信设备组成遥测网和光纤传感网络。

基于以上原因,光纤传感器受到了人们广泛的关注,并得到了飞速的发展。同时,具有新的机制和面向新的应用对象的光纤传感器也在不断涌现。

1.1.2 光纤传感技术的分类

光纤传感器的种类繁多,有多种分类方法。往往同一种被测参量可以用不同类型的传感器来测量,而同一原理的传感器又可以测量多种物理量。因此,了解光纤传感器的分类可以加深对传感器的理解,便于合理选用光纤传感器。常用的分类方法如下。

1. 按照光在光纤中被调制的原理分类

光纤传感器的关键技术就是检测光受到外界参数的调制,按照光在光纤中被调制的原理可以分为强度调制型、相位调制型、频率调制型、波长调制型和偏振态调制型五种类型光纤传感器。

1) 强度调制型光纤传感器

强度调制型光纤传感器通过测量光纤中发光强度受外界因素影响导致的变化来感知外界被测参量,主要有反射式强度调制型光纤传感器、透射式强度调制型光纤传感器、消逝场耦合型强度调制型光纤传感器和物理效应型强度调制型光纤传感器等。

2) 相位调制型光纤传感器

相位调制型光纤传感器通过被测能量场的作用,使光纤内传播的光波相位发生变化,再利用干涉测量技术把相位变化转换为发光强度变化,从而检测出待测的参量。

目前各类光探测器都不能直接感知光波相位的变化,必须采用光的干涉技术将相位变化转换为发光强度的变化,才能实现对外界参量的感知。常用的光纤干涉仪有迈克耳孙(Michelson)光纤干涉仪、马赫-曾德尔(Mach-Zehnder)光纤干涉仪、萨奈克(Sagnac)光纤干涉仪和法布里-珀罗(Fabry-Perot)光纤干涉仪等。

3) 频率调制型光纤传感器

频率调制型光纤传感器利用多普勒效应,通过测量光受外界因素影响而发生频率变化来感知外界被测参量。

4) 波长调制型光纤传感器

光纤中光能量的波长分布或光谱分布受外界因素影响而改变,波长调制型光纤传感器通过检测光谱分布来测量被测参量。由于波长与颜色直接相关,因此波长调制也叫颜色调制。

5) 偏振态调制型光纤传感器

偏振态调制型光纤传感器利用外界因素引起光偏振态的变化来检测各种物理量。在光纤传感器中,偏振态调制主要基于人为旋光现象和人为双折射,如法拉第旋光效应、克尔电光效应和弹光效应等。

2. 按照光纤在传感器中的作用分类

按照光纤在传感器中的作用,光纤传感器分为功能型和非功能型传感器两种。

功能型光纤传感器也称为传感型或探测型传感器,光纤不仅起传光作用,它还是敏感元件,即光纤本身同时具有“传”和“感”两种功能。但是这类传感器的缺点是技术难度大、结构复杂、调整较困难,典型的例子有光纤电压/电流传感器、光纤液位传感器等。

非功能型光纤传感器也称为传光型传感器。非功能型光纤传感器中,光纤不是敏感元件,而是在光纤的端面或者在两根光纤中间放置光学材料、机械式或光学式的敏感元件等来感受被测参量的变化,从而使敏感元件的光学特性随之发生变化。在此过程中,光纤只是作为光的传输回路。为了得到较大的受光量和传输的光功率,使用的光纤主要是数值孔径和纤芯大的多模光纤。这类传感器的特点是结构简单、可靠、技术上易于实现,但是其灵敏度、测量精度一般低于功能型光纤传感器。典型的例子有光纤速度传感器、光纤辐射温度传感器等。

3. 按照测量对象分类

按照被测量的对象可以分为光纤压力传感器、光纤温度传感器、光纤图像传感器、光纤液位传感器等。

光纤压力传感器利用压力使光纤变形,进而影响光纤中传输光的强度,构成强度调制型光纤压力传感器。

光纤温度传感器的原理是当传感光纤的温度变化时,光纤的折射率会发生变化,而且因光纤的热胀冷缩其长度发生改变等。

光纤图像传感器是采用光纤传像束来完成的。

光纤液位传感器是基于全内反射原理制成的,其结构特点是在光纤的检测头端有一个反射器;当检测头置于空气中没有接触到液面时,由于液体的折射率与空气的折射率不同;全内反射被破坏,将部分光投射入液体内部,使返回到探测器的发光强度变弱,返回发光强度是液体折射率的线性函数,就可以获得待测液面的情况。

4. 按照传感机制分类

按照传感机制可分为光纤光栅传感器、干涉型光纤传感器、偏振态调制型光纤传感器、光纤瑞利传感器、光纤布里渊传感器、光纤拉曼传感器等。对后面三种传感器本书将作重点介绍,这里不再赘述。

1) 光纤光栅传感器

光纤光栅是利用掺有铈等离子体的光纤纤芯材料的光敏性,通过紫外光等照射光纤,在纤芯内形成的折射率周期性变化的空间相位光栅。

当一定谱宽的光束进入光栅时,由于光纤光栅只反射入射光中满足布拉格衍射的光,其余光将被透射出去。如图 1-3 所示。

光纤光栅反射波的中心波长受光栅周期 Δ 和折射率 n 变化的影响。当光纤受外界应变和温度影响时,通过弹光效应和热光效应影响光纤折射率 n ,通过光纤长度变化和热膨胀影响光栅周期 Δ ,因此光栅对光纤轴向应变和温度变化非常敏感。所以光纤光栅传感器的基本原理就是利用光纤光栅有效折射率 n 和周期 Δ

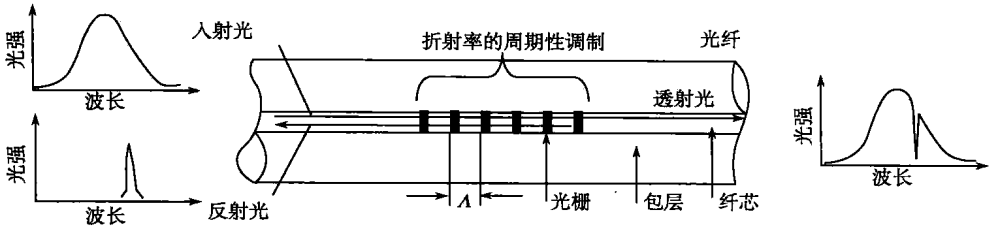


图 1-3 光纤光栅的工作原理

的空间变化对外界参量的敏感特性,将被测参量的变化转化为中心波长的移动,再通过检测该中心波长的移动来实现传感。

光纤光栅具有高的反射特性、选频特性和色散特性,波长移动响应快,线性输出动态范围宽,能够实现被测参量的绝对测量,不受发光强度影响,对于背景光干扰不敏感、小巧紧凑、易于埋入材料内部,并能直接与光纤系统耦合,它的出现极大地推动了光纤传感技术的进步。典型的光纤光栅传感器的结构如图 1-4 所示。

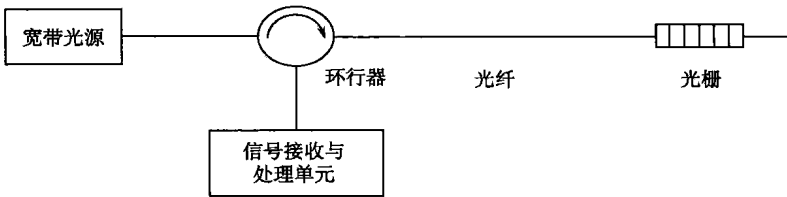


图 1-4 光纤光栅传感器结构

2) 干涉型光纤传感器

干涉型光纤传感器即相位调制型光纤传感器,基本传感机制是在待测场能量的作用下,光纤中传播的光波发生相位变化,再以干涉测量技术把相位变化转化为振幅变化,实现对待测参量的检测。

根据传感器的光学干涉原理,目前已研制成有迈克耳孙(Michelson)光纤干涉仪、马赫-曾德尔(Mach-Zehnder)光纤干涉仪、法布里-珀罗(Fabry-Perot)光纤干涉仪以及萨奈克(Sagnac)光纤干涉仪等光纤传感器。图 1-5 为马赫-曾德尔光纤干涉仪传感器的简要示意图。

由于光纤中光波相位对外界参量极其敏感,相位调制型光纤传感器通常具有极高的检测灵敏度。但另一方面,也因为光波相位的极端敏感特性,外界干扰的影响也很容易被引入系统,从而增大了系统的随机噪声并降低其稳定性。

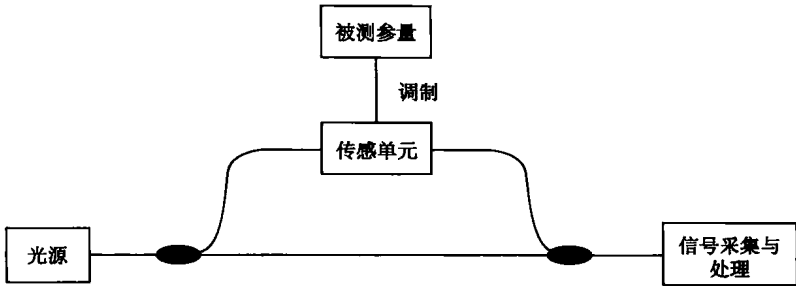


图 1-5 马赫-曾德尔光纤干涉仪传感器示意图

3) 偏振态调制型光纤传感器

在许多光学系统中,光波的偏振特性起着重要的作用,许多物理效应都会影响或改变光的偏振状态。在偏振态调制型光纤传感器中普遍采用的物理效应有旋光效应、磁光效应、泡克尔斯效应、克尔效应及弹光效应等。

典型的例子有光纤电流传感器、单模光纤偏振态调制型温度传感器。基本的光纤电流传感器结构如图 1-6 所示。

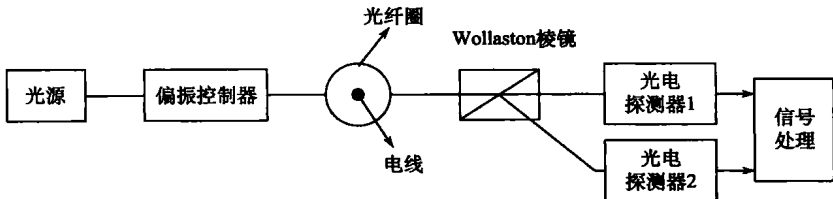


图 1-6 偏振态调制型光纤电流传感器示意图

光纤电流传感器的优点:没有磁饱和现象,也没有磁共振和磁滞效应;频率响应宽,动态范围大;体积小,能适应电力系统数字化、智能化和网络化的需求等。

5. 按照测量范围分类

按照传感的感知范围,光纤传感可以分为点式光纤传感器和全分布式光纤传感器两大类,如图 1-7 所示。

1) 点式光纤传感器^[2~5]

点式光纤传感器也称为分立式光纤传感器。按所使用传感单元数量的不同,

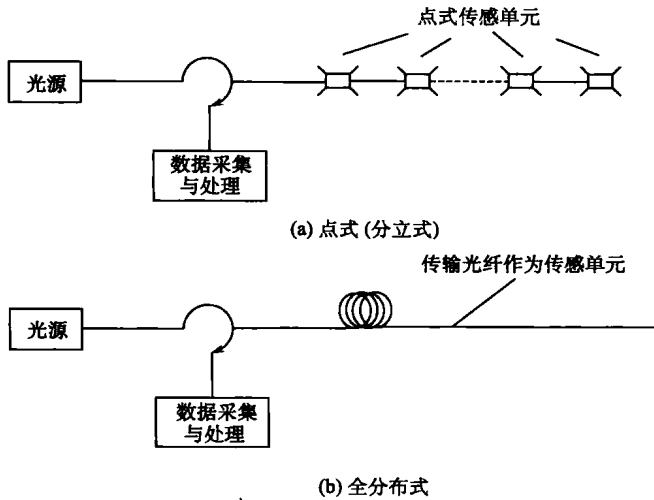


图 1-7 两种类型的光纤传感系统

点式光纤传感技术又可分为单点式和多点式光纤传感技术。单点式光纤传感技术通过单个传感单元来进行传感,可以用来感知和测量预先确定的某一点附近很小范围内的参量变化。通常使用的点式传感单元有光纤布拉格光栅、各种干涉仪等为测量某一特征物理量专门设计的传感器。如果是需要测量特定的某个位置,点式传感器可以出色地完成任任务。

多点式光纤传感技术通过布置多个传感单元,组成传感单元阵列^[4,5],可以实现多点传感。这类光纤传感系统是将多个点式传感单元按照一定的顺序连接起来,使之组成传感单元阵列或多个复用的传感单元,利用时分复用、频分复用和波分复用等技术共用一个或多个信息传输通道构成分布式系统。该系统既可以认为是点式传感器,也可以认为是分布式传感器,所以称之为准分布式光纤传感器。

尽管准分布式的光纤传感技术可以同时测量多个位置处的信息,但它也只能够测量预先布设的传感器所在位置处的信息,其余光纤与点式传感器一样不参与传感,仅用于传输光波。而且当传感单元较多时,不但使施工复杂化,也使信号的解调更加困难。对点式光纤传感技术来说,光纤只作为信号的传输介质,大多数情况下不是传感介质。

传感器的复用是光纤传感器所独有的技术,其典型代表是复用光纤光栅传感器。光纤光栅通过波长编码等技术易于实现复用,复用光纤光栅的关键技术是多波长探测解调,常用解调的方法包括:扫描光纤 F-P 滤波器法、基于线阵列 CCD 探测的波分复用技术、基于锁模激光的频分复用技术和时分复用与波分复用技术等。