第9章 光纤传感器

- 9.1 光纤传感器基础
- 9.2 光调制与解调技术
- 9.3 光纤传感器实例
- 9.4 光纤光栅传感器

第9章 光纤传感器



www.seu.edu.cn



抗电磁干扰能力强、高灵敏度、耐腐蚀、可挠曲、体积小、结构简单、与光纤传输线路相容等。



光纤传感器可应用于位移、振动、转动、 压力、弯曲、应变、速度、加速度、电 流、磁场、电压、湿度、温度、声场、 流量、浓度、pH值等各种物理量的测量, 且具有十分广泛的应用潜力和发展前景。

光纤传感器



www.seu.edu.cn

❖ 光纤光栅温度传感器

用于对被测物进行长期的 温度监测,广泛应用在桥梁、大坝、输油输气管道 等大型结构或设备的分布 式温度测量。



❖ 光纤光栅高温高压传感器 用于油气管道及井下温度、 压强的长期测量。



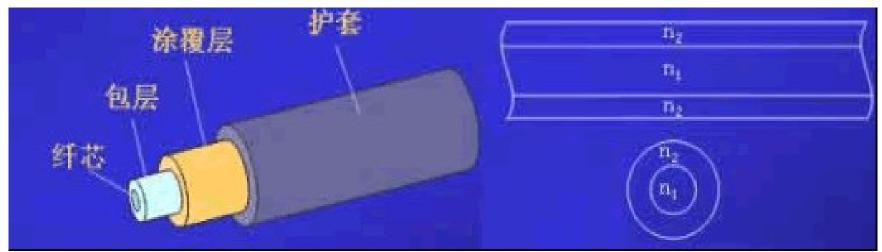


www.seu.edu.cn

9.1.1 光纤波导原理



光纤的结构



光纤是用光透射率高的电介质(如石英、玻璃、塑料等)构成的光通路。光纤的结构比较简单,通常由纤芯、包层、涂覆层、护套组成(如上图所示)。其核心是由折射率n1较大(光密介质)的纤芯,和折射率n2较小(光疏介质)的包层构成的双层同心圆柱结构。纤芯直径约为5~150微米。



www.seu.edu.cn



传光原理

* 光的全反射 现象是光纤 传光原理的 基础。

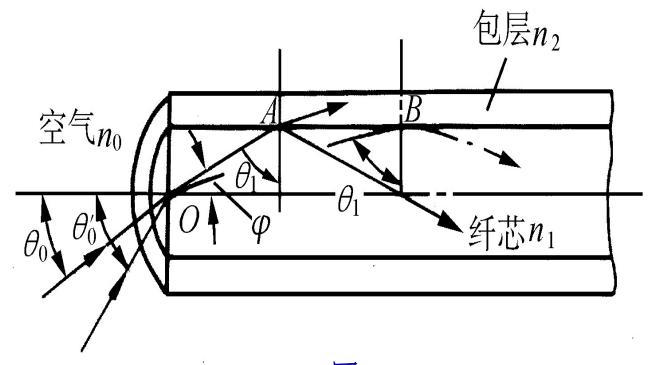
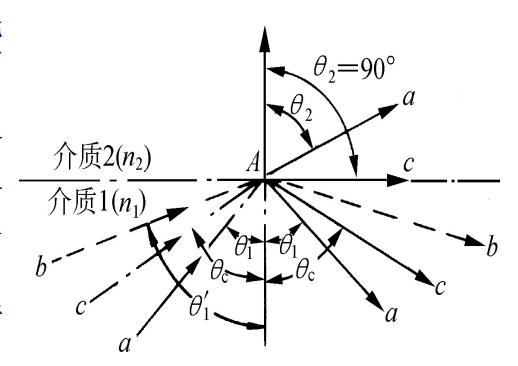


图9.1



www.seu.edu.cn

- *根据几何光学原理,当光 线以较小入射角 θ₁由光密 介质1射向光疏介质2(n₁> n₂)时(见图9.2),一部分 入射光以折射角 θ₂折射入 介质2,其余部分仍以 θ₁ 反射回介质1。
- ❖ 依据光折射和反射的斯涅 尔(Snell)定律,有:



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

图9.2



www.seu.edu.cn

当 θ_1 角逐渐增大直至 θ_1 = θ c时,透射入介质2的 折射光也逐渐折向界面,直至沿界面传播(θ_2 =90°)。对应于 θ_2 =90°时的入射角 θ_1 称为临界角 θ c;由式 (9-1)有

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

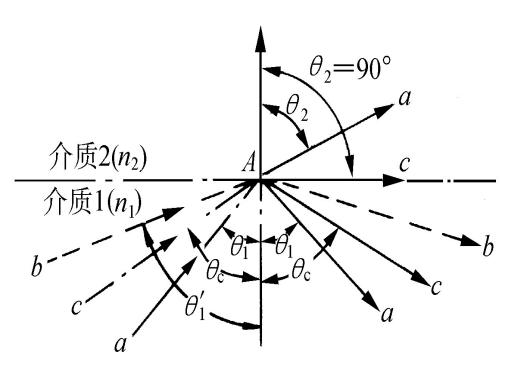
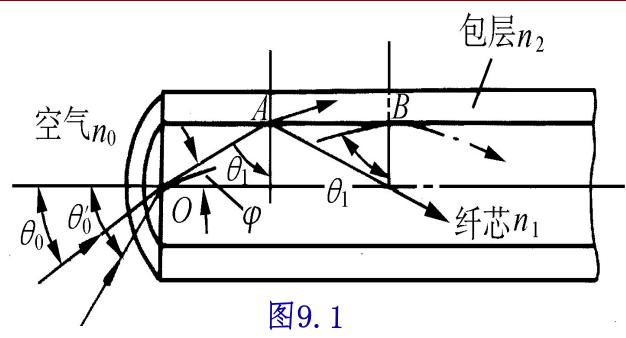


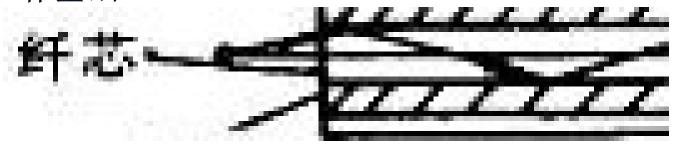
图9.2



www.seu.edu.cn

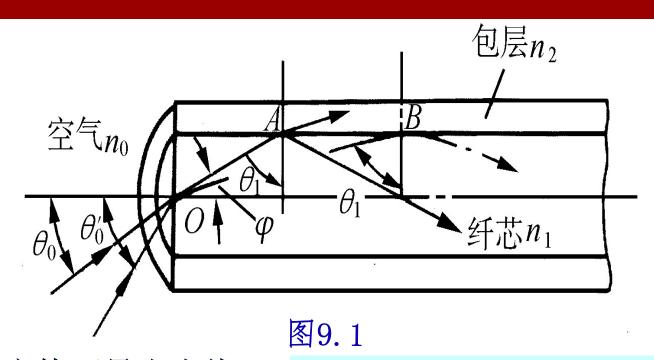


因此,当 $\theta_1 > \theta$ c时,光线将不再折射入介质2,而在介质(纤芯)内产生连续向前的全反射,直至由终端面射出。这就是光纤传光的工作基础。





www.seu.edu.cn



由Snell定律可导出光线 由折射率为n₀的外界介质 (空气n₀=1)射入纤芯时实 现全反射的临界角(始端 最大入射角)。

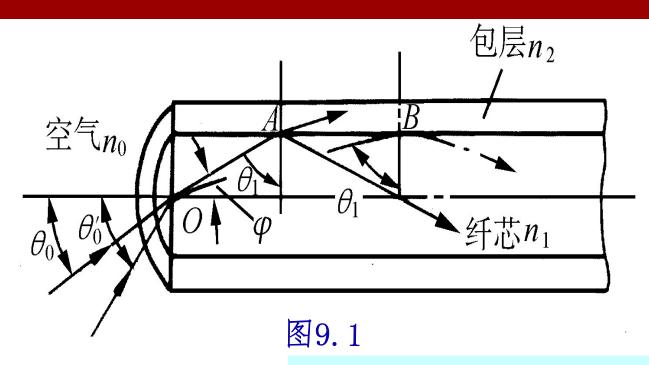
$$n_0 \sin \theta_0 = n_1 \sin \varphi = n_1 \cos \theta_1$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_1 \ge \sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$



www.seu.edu.cn



$$n_0 \sin \theta_0 = n_1 \sin \varphi = n_1 \cos \theta_1$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_1 \ge \sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

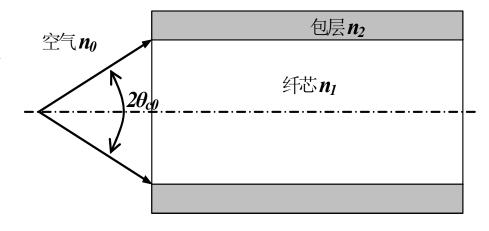


www.seu.edu.cn

因此,光线由折射率为 n_0 的外界介质(空气 n_0 =1)射入纤芯时实现全反射的临界角(始端最大入射角)

$$\sin \theta_{c0} = \frac{1}{n_0} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = NA$$
 (9-3)

NA定义为"数值孔径",是 衡量光纤集光性能的主要参 数。它表示:无论光源发射 功率多大,只有2 θ co张角内 的光,才能被光纤接收、传 播(全反射); NA愈大,光纤 集光能力愈强。

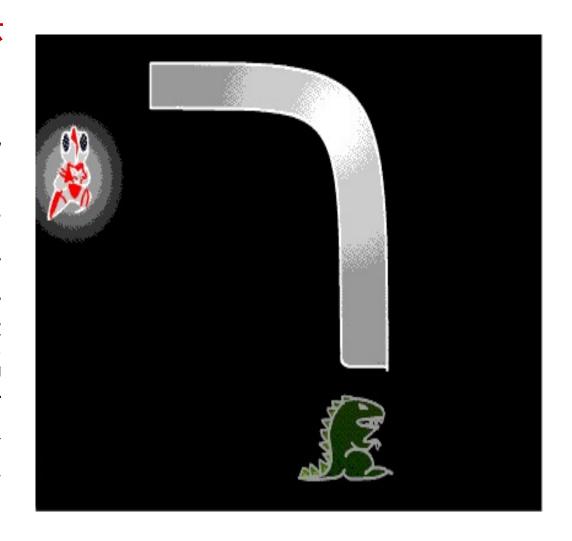




www.seu.edu.cn

光纤的全反射演示

为了看清光的全反射 ,我们取一根无色有机 玻璃圆棒,加热后弯曲 成约90°圆弧形,将其 一头朝向地板、用手电 筒照射有机玻璃棒的上 端,我们可以看到,光 线顺着弯曲的有机玻璃 棒传导, 从棒的下端射 出, 在地板上出现一个 圆光斑, 这就是光的全 反射实验。





www.seu.edu.cn



光纤的种类

按材料 性质分 1、玻璃光纤

2、塑料光纤



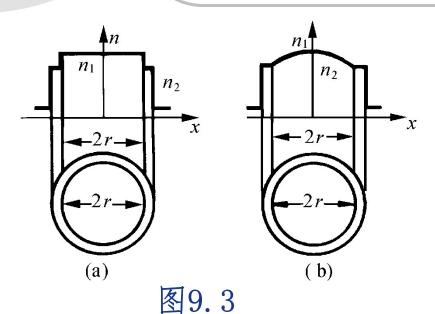
www.seu.edu.cn

阶跃型

阶跃型纤芯的折射率不随半径而变, 但在纤芯与包层界面处有突变。

按折射 率分

渐变型 折射率沿径向由中心向外由大渐小,至界 面处与包层折射率一致。因此,这类光纤 有聚焦作用;光线传播轨迹近似于正弦波。



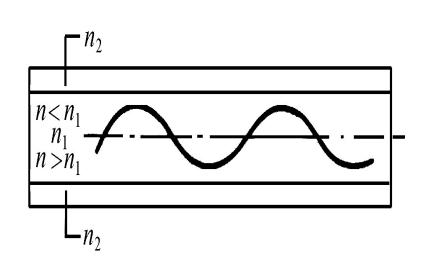


图9.4



www.seu.edu.cn

1、多模光纤

按传播模式分

2、单模光纤

根据麦克斯韦方程导出的归一化频率 γ作为确定光纤传输模数的参数。 γ的值由纤芯半径r,光波长λ,材 料折射率n(或数值孔径NA)确定:

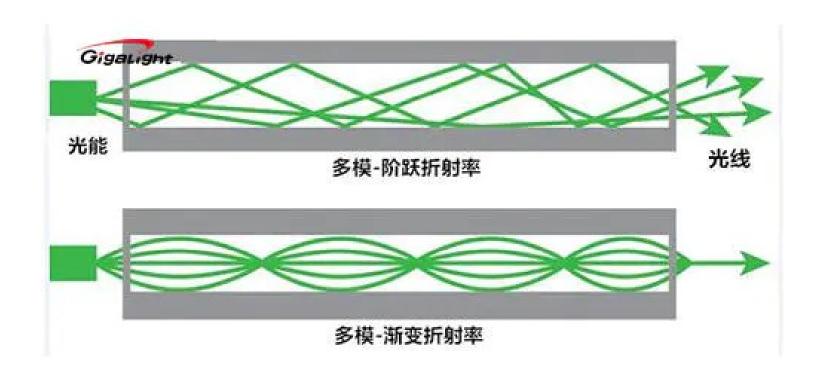
$$\gamma = 2 \pi r \cdot NA / \lambda$$

此时,光纤传输模的总数N为:

$$N = \gamma^2 / 2$$
 阶跃型 $N = \gamma^2 / 4$ 渐变型

γ大的光纤传输的模数多,称为<mark>多模光纤</mark>,常用于非功能型光 纤传感器。

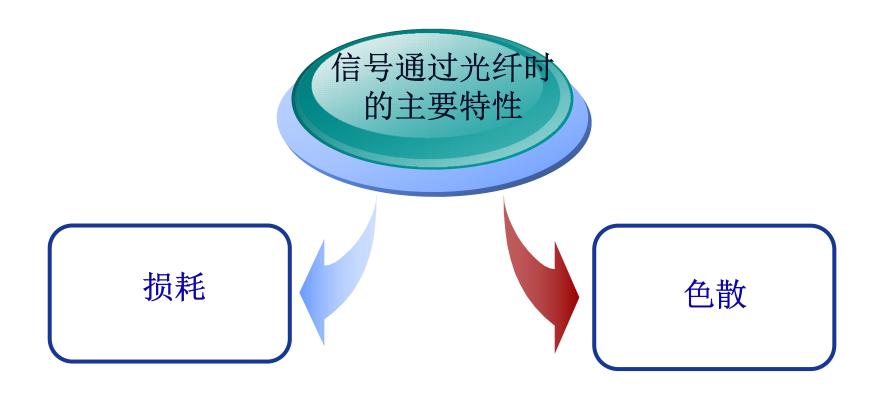
γ小的光纤传输的模数少,当少到只能传输基模时,称为<mark>单模</mark> 光纤,常用于功能型光纤传感器。





www.seu.edu.cn

9.1.2 光纤的特性





www.seu.edu.cn



损耗

* 设光纤入射端与出射端的光功率分别为 P_i 和 P_o ,光纤长度为L(km)。则光纤的损耗 a(dB/km)可用下式计算:

$$a = \frac{10}{L} \lg \frac{P_i}{P_o}$$

- ❖ 引起光纤损耗的因素可归结为吸收损耗和散射损耗 两类。
- ◆ 物质的吸收作用使传输的光能变成热能,造成光功能的损失。
- ▶ 散射损耗是由于光纤的材料及其不均匀性或其几何尺寸的缺陷引起的。如瑞利散射就是由于材料的缺陷引起折射率随机性变化所致。
- ◆ 光导纤维的弯曲也会造成散射损耗。



www.seu.edu.cn



色散

- ※ 光纤的色散是表征光纤传输特征的一个重要参数,它反映传输带宽,关系到通讯信息的容量和品质。
- 光纤的色散就是输入脉冲在光纤传输过程中,由于光波的群速度不同而出现的脉冲展宽现象。光纤色散使传输的信号脉冲发生畸变,从而限制了光纤的传输带宽。
- ※ 光纤色散分三种: 材料色散、波导色散、多模色散



www.seu.edu.cn

- 材料色散 材料的折射率随光波长λ的变化而变化,这 使光信号中各波长分量的光的群速度cg不同,故又称折射 率色散。
- ▶ 波导色散 由于波导结构不同,某一波导模式的传播常数β随着信号角频率ω变化而引起色散,有时也称为结构色散。
- ▶ 多模色散 在多模光纤中,由于各个模式在同一角频率 下的传播常数不同、群速度不同而产生的色散。



www.seu.edu.cn

9.1.3 光纤传感器分类

1、功能型传感器

光纤传 感器一 般分为 两大类 又称FF型光纤传感器,利用光纤本身特性,把光纤作为敏感元件,所以又称传感型光纤传感器。

2、非功能传感器

又称NF型光纤传感器,利用其他 敏感元件感受被测量的变化,光 纤仅作为光的传输介质,用以传 输来自远处或难以接近场所的光 信号,所以也称传光型光纤传感 器。



www.seu.edu.cn

问题: 哪是功能型光纤传感器?哪是非功能型光纤传感器?

表 9-1 光纤传感器分类

)m: 51				T
被测物理量		測量 类型	光的调制	物理效应	材料	主要性能
电磁	流场	FF	偏振	法拉第效应	石英系玻璃	电流 50~1200 A (精度 0.24%) 磁场强度 0.8~4800 A/m (精度 2%)
			相位	磁致伸缩效应	镍 68 碳莫合金	最小检测磁场强度 8×10 ⁻⁵ A/m(1~10 kHz)
		NF	偏振	法拉第效应	YIG 系强磁体 FR-5 铅玻璃	磁场强度 0.08~160 A/m (精度 0.5%)
	压场	FF	偏振	Pockels 效应	亚硝基苯胺	
电电			相位	电致伸缩效应	陶瓷振子 压电元件	
		NF	偏振	Pockels 效应	LiNbO ₃ , LiTaO ₃ Bi ₁₂ SiO ₂₀	电压 1~1000 V 电场强度 0.1~1 kV/cm (精度 1%)
温	度	FF	相位	干涉现象	石英系玻璃	温度变化量 17 条/(℃・m)
			光强	红外线透过	SiO_2 , CaF_2 , ZrF_2	温度 250~1200℃(精度 1%)
		FF	偏振	双折射变化	石英系玻璃	温度 30~1200℃
			开口数	折射率变化	石英系玻璃	_
		NF	断路	双金属片弯曲	双金属片	温度 10~50℃(精度 0.5℃)

被测物理量		测量 类型	光的 调制	物理效应	材料	特性性能
温	度	NF	断路	磁性变化	铁氧体	开(57℃)~关(53℃)
				水银的上升	水银	40℃时精度 0.5℃
			透射率	禁带宽度变化	GaAs、CdTe 半导体	温度 0~80℃
				透射率变化	有 蜡	开(63℃)~美(52℃)
			光强	荧光辐射	(Gd _{0,99} Eu _{0,01}) ₂ O ₂ S	-50~300℃(精度 0.1℃)
速	度	FF	相位	Sagnac 效应	石英系玻璃	角速度 3×10 ⁻³ rad/s 以上
			频率	多普勒效应	石英系玻璃	流速 10 ⁻⁴ ~10 ³ m/s
		NF	断路	风标的旋转	旋转圆盘	风速 60 m/s
振	회	FF	频率	多普勒效应	石英系玻璃	最小振辐 0.4 μm/(120 Hz
			相位	干涉现象	石英系玻璃	压力 154 kPa·m/条
			光强	微小弯曲损失	薄膜+膜条	压力 0.9×10-2 Pa 以上
压	カ		光强	散射损失	$C_{45}H_{78}O_2 + VL \cdot 2255N$	压力 0~40 kPa
音	пы	NF	断路	双波长透射率变化	振 子	振幅 0.05~500 μm (精度 1%)
			光强	反射角变化	薄 膜	血压测量误差 2.6×10 ³ Pa
射	线	FF	光强	生成着色中心	石英系玻璃 铅系玻璃	辐照量 0, 01∼1 Mrad
[冬]	像	FF	光强	光纤束成像	石英系玻璃	长数米
				多波长传输	石英系玻璃	长数米
				非线性光学	非线性光学元件	长数米
				光的聚焦	多成分玻璃	长数米

§9.2 光调制与解调技术



www.seu.edu.cn

光纤传感器是通过被测量对光纤内传输光进行调制,使传输光的强度、振幅、相位、频率或偏振等特性发生变化,再通过对被调制过的光信号进行检测,从而得出相应被测量的传感器。

- ❖ 光的调制和解调可分为:强度、相位、偏振、频率和波长等方式。
- ❖ 光的调制过程就是将一携带信息的信号叠加到载波光波上; 完成这一过程的器件叫做调制器。
- ❖ 在光纤传感器中,光的解调过程通常是将载波光携带的信号转换成光的强度变化,然后由光电探测器进行检测。

§ 9.2 光调制与解调技术



www.seu.edu.cn

9.2.1 强度调制与解调

- ❖ 光纤传感器中光强度调制是被测对象引起载波光强度变化,从而实现对被测对象进行检测的方式。光强度变化可以直接用光电探测器进行检测。
- ❖ 解调过程主要考虑的是信噪比是否能满足测量精度的要求。

§ 9.2 光调制与解调技术



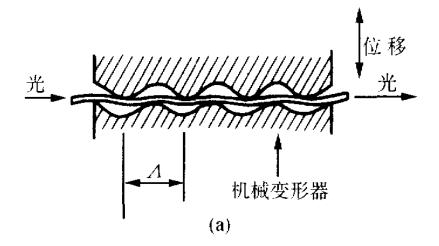
www.seu.edu.cn

几种常用的光强调制技术

1

微弯效应

微弯损耗强度调制器的原理如图。当垂直于光纤轴 线的应力使光纤发生弯曲 时,传输光有一部分会泄 漏到包层中去。



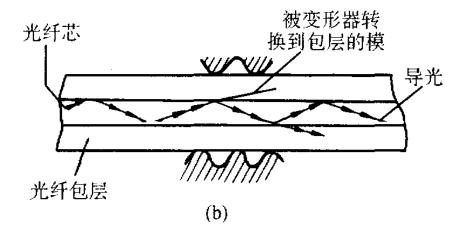


图 9-5 微弯调制器原理图

§9.2 光调制与解调技术

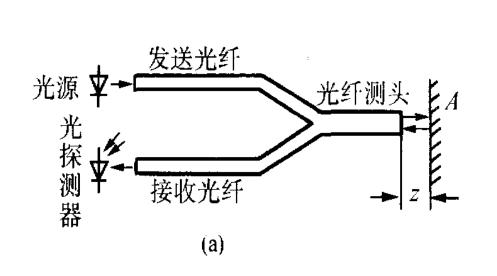


www.seu.edu.cn

2

光强度的外调制

外调制技术的调制环节通常在光纤外部,因而光纤本身只起传光作用。这里光纤分为两部分:发送光纤和接收光纤。两种常用的调制器是反射器和遮光屏。



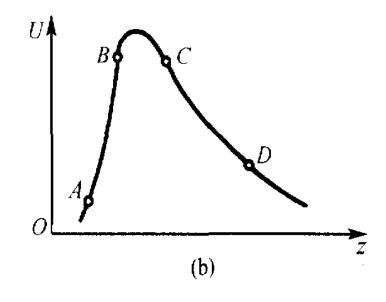


图 9-6 反射式光强调制器的原理结构(a)和输出电压与位移关系(b)

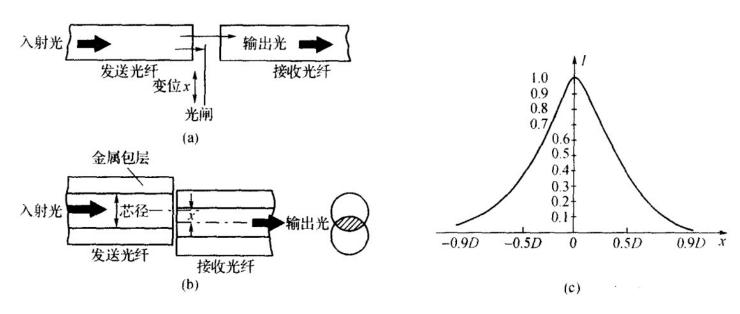


图 9-7 遮光式调制器

(a)动光闸式;(b)动光纤式;(c)光强度-位移变化曲线

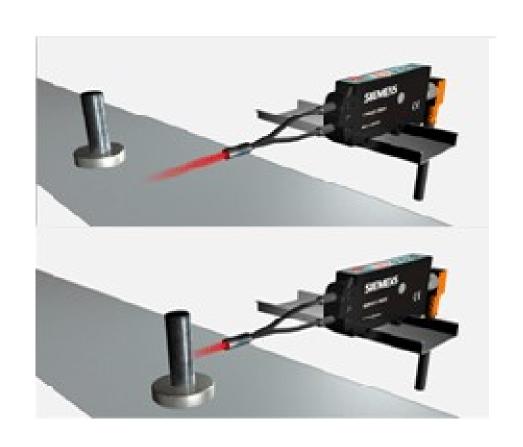
§ 9.2 光调制与解调技术



www.seu.edu.cn



光强度的外调制





西门子LV70光纤传感器

§9.2 光调制与解调技术



www.seu.edu.cn

3

折射率光强度调制

利用折射不同进行光强度调制的原理包括:①利用被利用被利用被利用被利用被引起传感到起传感到起传感到,②利用的变化;③利用资源。③利用的折射等反射。

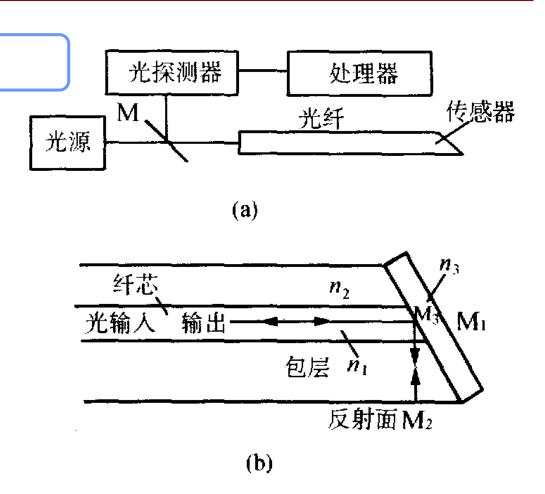


图 9-9 反射式物性传感器

(a)原理框图; (b)临界角强度调制

§ 9.2 光调制与解调技术



www.seu.edu.cn

强度调制的解调

❖ 强度调制型光纤传感器的关键是信号功率与噪声功率之比 要足够大,其功率信噪比R_{SN}可用下列公式计算:

$$R_{SN} = \frac{(i_s)^2}{(i_{phN})^2 + (i_{RN})^2 + (i_{dN})^2}$$

❖ 若采用硅PIN二极管光电探测器,则可略去暗电流噪声效应;进一步假设调制频率远离1/ƒ噪声效应区域,则可略去探测器噪声,上式可简化为:

東南大學

§9.2 光调制与解调技术

www.seu.edu.cn

$$R_{SN} = \frac{(i_s)^2}{(i_{phN})^2 + (i_{RN})^2}$$

- ❖ 利用上式计算的信噪比,对大部分信号处理和传感器应用已绰绰有余。
- ❖ 但是,光源与光纤、光纤和转换器之间的机械部分引起的 光耦合随外界影响的变化;调制器本身随温度和时间老化 出现的漂移;光源老化引起的强度变化以及探测器的响应 随温度的变化等,比信号噪声和热噪声对测量精度的影响 要大得多。应在传感器结构设计中和制造工艺中设法减小 这些影响。

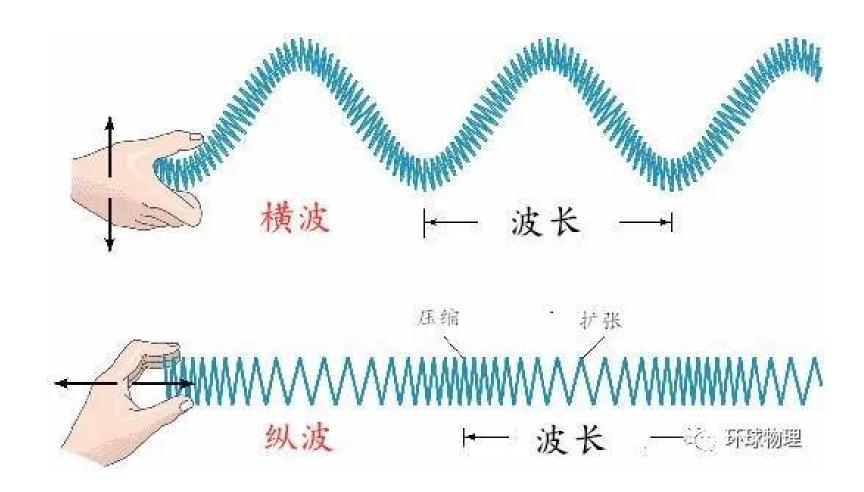
§ 9.2 光调制与解调技术

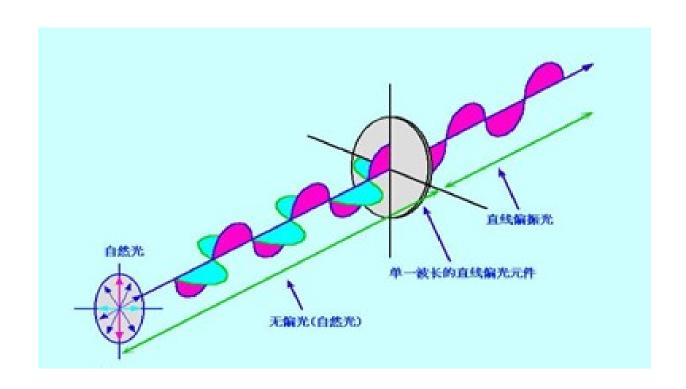


www.seu.edu.cn

9.2.2 偏振调制与解调

- 光波是横波。光振动的电场矢量E和磁场矢量H和光线传播方向s正交。按照光的振动矢量E、H在垂直于光线平面内矢端轨迹的不同,又可分为线偏振光(又称平面偏振光)、圆偏振光、椭圆偏振光和部分偏振光。利用光波的这种偏振性质可以制成光纤的偏振调制传感器。
- ❖ 光纤传感器中的偏振调制器常利用电光、磁光、光弹等物理效应。在解调过程中应用检偏器。







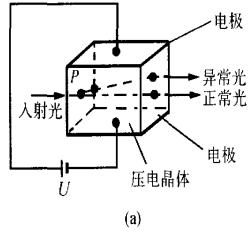
www.seu.edu.cn

调制原理

1

普克耳 (Pockels) 效应

$$\varphi = \frac{\pi n_0^3 r_e U}{\lambda_o} \cdot \frac{l}{d}$$



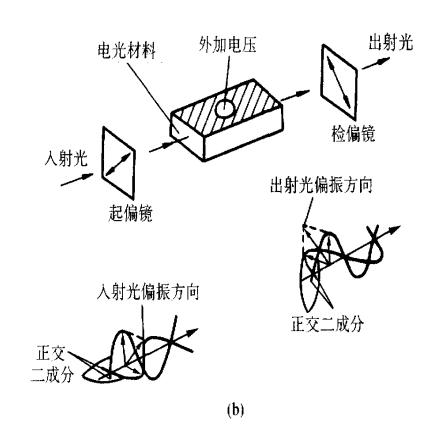


图 9-10 普克耳(Pockels)效应(a)及其应用(b)



www.seu.edu.cn



法拉第磁光效应光纤



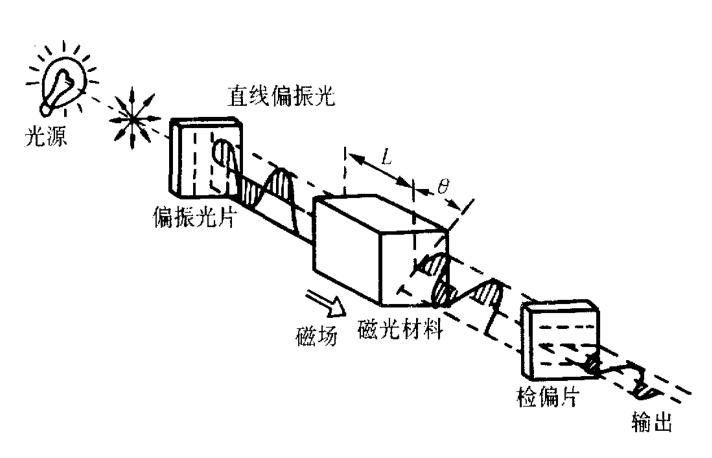


图 9-11 利用法拉第效应测量磁场



www.seu.edu.cn

3

光弹效应

$$\varphi = 2\pi kpl/\lambda_{\rm o}$$

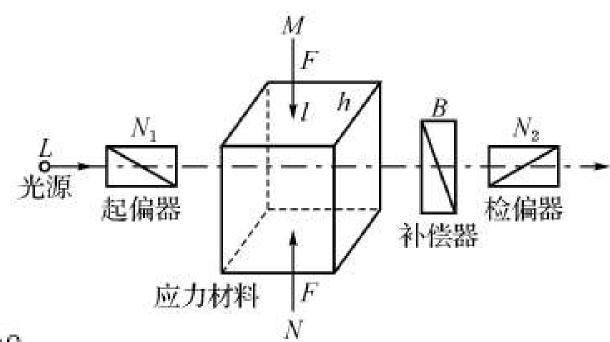


图 9-12 光弹效应实验装置

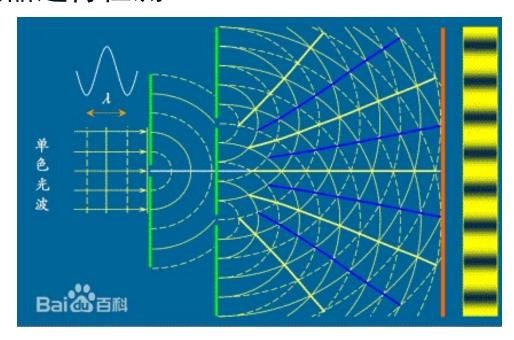
式中, k——物质光弹性常数; p——施加在物体上的压强; l——光波通过的材料长度。



www.seu.edu.cn

9.2.3 相位调制与解调

相位调制的基本原理是:通过被测能量场的作用,使能量场中的一段敏感单模光纤内传播的光波发生相位变化,利用干涉测量技术把相位变化变换为振幅变化,再通过光电探测器进行检测。





www.seu.edu.cn

实现相位调制的物理效应

1

应力应变效应

光纤受到纵向(轴向)的机械应力作用时,将产生三个主要的物理效应,导致光纤中光相位的变化:

- ① 光纤的长度变化——应变效应
- ② 光纤芯的直径变化——泊松效应
- ③ 光纤芯的折射率变化——光弹效应



www.seu.edu.cn

2

热胀冷缩效应

在所有干涉型光纤传感器中,光纤中传播光的相位响应Φ都是与待测场中光纤的长度L成正比。这个待测场可以是变化的温度T。

由于干涉型光纤传感器中的信号臂光纤可以足够长,因此信号光纤对温度变化有很高的灵敏度。

www.seu.edu.cn

§ 9.2 光调制与解调技术



相位解调原理

两束相干光(信号光束和参考光束)同时照射在一光电探测器上,光电流的幅值将与两光束的相位差成函数关系。两光束的光场相叠加,合成光场的电场分量为:

$$E(t) = E_1 \sin \omega t + E_2 \sin(\omega t + \varphi)$$

光电探测器对合成光束的强度发生响应。设自由空间阻抗为Zo,则入射到光电探测器光敏面Ad的功率为

$$p(t) = E^2(t) \cdot A_{\rm d}/Z_{\rm o}$$



www.seu.edu.cn

最终探测信号电流为

$$i(t) = \frac{qp(t)\eta}{h\nu} = \frac{q\eta}{h\nu} \cdot \frac{A_{d}}{Z_{o}} \cdot E^{2}(t) = \sigma E^{2}(t) =$$

$$\sigma(\frac{1}{2}(E_{1}^{2} + E_{2}^{2})E_{1}E_{2}\cos\varphi - \frac{1}{2}E_{1}^{2}\cos 2\omega t -$$

$$\frac{1}{2}E_{2}^{2}\cos(2\omega t + 2\varphi) - E_{1}E_{2}\cos(2\omega t + \varphi))$$

其中

$$\sigma = (q\eta/h\nu)(A_{\rm d}/Z_{\rm o})$$



www.seu.edu.cn

探测器响应的是光波在许多周期内测得的平均功率。上式括号中的后三项相当于光频(2ω)的电流变化,光电探测器不能响应如此高频率的变化,可以忽略。因此上式可以简化为:

$$i(t) = \sigma \left(\frac{1}{2}(E_1^2 + E_2^2) + E_1 E_2 \cos \varphi(t)\right)$$

$$di(t) = -\sigma E_1 E_2 \sin \varphi_0 d\varphi$$

上式表明,探测器输出电流的变化取决于两光束的初始相位和相位变化。可见,通过干涉现象能将两光束之间的相位差转化为电流变化。如果 $\sin \varphi_0 = 1$,即干涉光束初相位正交,相差 $\varphi_0 = \pi/2$ 那可较容易地把这种相位变化提取出来,这种探测方式称为零差检测。



www.seu.edu.cn

干涉测量仪与光纤干涉传感器原理

1 迈克尔逊干涉仪

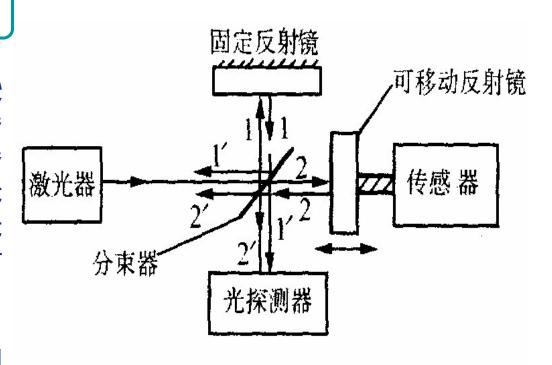


图 9-15 迈克尔逊干涉仪原理图



www.seu.edu.cn

由激光器输出,经分束器透射的另一束光2入射到可移动反射镜上,也反射回分束器上,经分束器反射的一部分光传至光探测器上,而另一部分光则经由分束器透射,也返回到激光器。当两反射镜到分束器间的光程差小于激光的相干长度时,射到光探测器上的两相干光束即产生干涉。两相干光的相位差为:

$$\Delta \varphi = 2K_0 \Delta l$$

式中 Ko——光在空气中的传播常数 2 \(\Delta 1 \) ——两相干光的光程差



www.seu.edu.cn

2

马赫一泽德尔(Mach-Zehnder)干涉仪

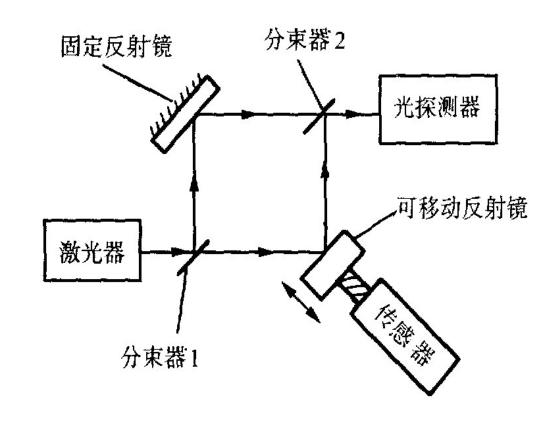


图 9-16 马赫-泽德尔干涉仪原理图



www.seu.edu.cn

3

塞格纳克(Sagnac)干涉仪

它是利用塞格纳克效应构成 的。激光经分束器分为反射 和透射两部分。这两束光均 由反射镜反射形成传播方向 相反的闭合光路,并在分束 器上会合,送入光探测器, 同时也有一部分返回到激光 器。在这种干涉仪中,两光 束的光程长度相等。根据双 束光干涉原理, 在光电探测 器上探测不到干涉光强的变 化。

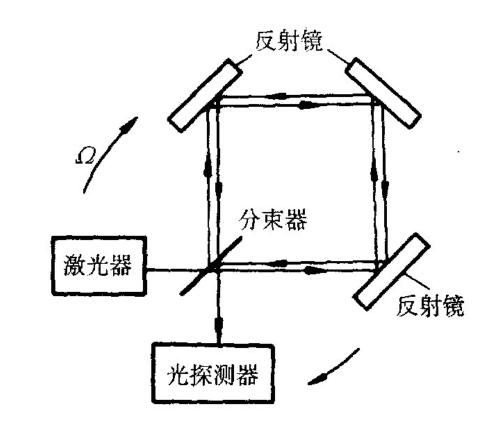


图 9-17 塞格纳克干涉仪原理



www.seu.edu.cn

但当把这种干涉仪装在一个可绕垂直于光束平面轴旋转的平台上时,两束传播方向相反的光束到达光电探测器就有不同的延迟。若平台以角速度 Ω 顺时针旋转,则在顺时针方向传播的光较逆时针方向传播的光延迟大。这个相位延迟量可表示为:

$$2\varphi = \frac{8\pi A}{\lambda_o c} \Omega$$

式中 Ω为旋转率; A为光路围成的面积; c为真空中光速; λ o为真空中的光波长。通过检测干涉光强的变化, 就能知道旋转速度。



www.seu.edu.cn

4

法布里—帕罗(Fabry-Perot)干涉仪

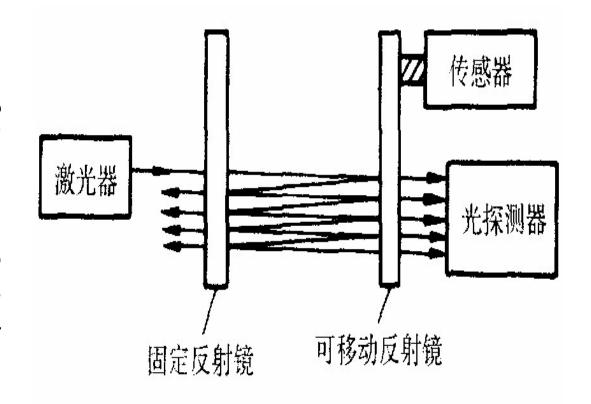


图 9-18 法布里 - 珀罗干涉仪原理



www.seu.edu.cn

与前几种双光束干涉仪不同,这种干涉仪是多光束干涉。根据多光束干涉原理,探测器探测到干涉光强度的变化为

$$I = I_0 / \left[1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \cdot \sin^2(\frac{\varphi}{2}) \right]$$

式中 R——反射镜的反射率; Φ——相邻光束间的相位差。

四种类型光纤干涉仪结构



www.seu.edu.cn

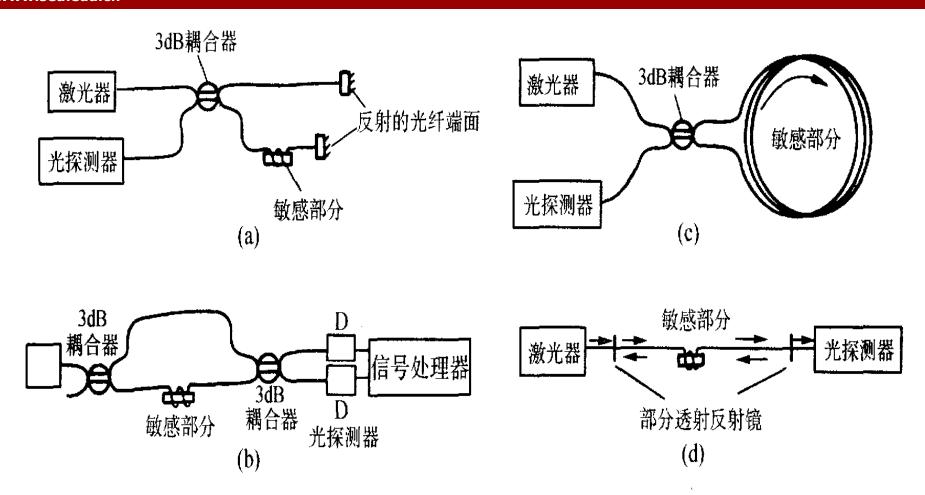


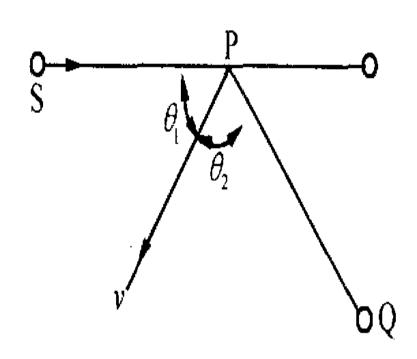
图 9-19 四种类型光纤干涉仪结构

(a)迈克尔逊干涉仪;(b)马赫-泽德尔干涉仪;(c)塞格纳克干涉仪;(d)法布里-珀罗干涉仪



www.seu.edu.cn

9.2.4 频率调制与解调



频率调制时光纤往往只起传输 光信号的作用,而不作为敏感元 件。

目前主要是利用光学多普勒效应实现频率调制。图中,S为光源,P为运动物体,Q是观察者所处的位置。若物体P的运动速度为 ν ,方向与PS及PQ的夹角分别为 θ_1 和 θ_2 ,则从S发出的频率为 f_1 的光经过运动物体P散射,观察者在Q处观察到的频率为 f_2 。

图 9-20 多普勒效应示意图



www.seu.edu.cn

根据多普勒原理可得:

$$f_2 = f_1 \left[1 + \frac{v}{c} (\cos \theta_1 + \cos \theta_2) \right]$$

光频率调制的解调原理与相位调制的解调相同,需要两束光干涉。探测器的信号电流公式的推导亦与相位调制的解调相同;只要用 $2\pi \Delta ft$ 代替式(9-26)中的 ϕ (t),即可得:

$$i(t) = I[1 + \cos(2\pi\Delta ft)]$$

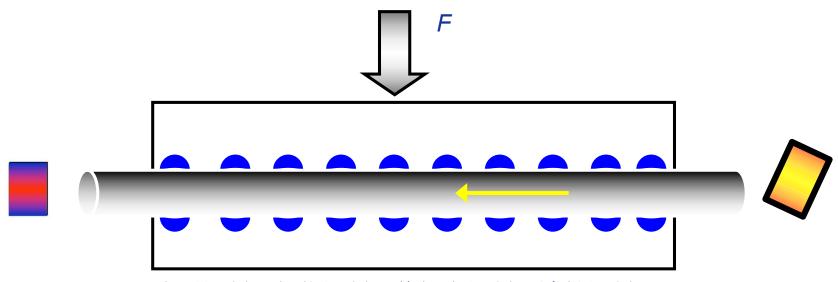
§ 9.3 光纤传感器实例

	传感器	光学现象	被測量	光纤	分类
干涉型	相位调制光线传感器	干涉(磁致伸缩) 干涉(电致伸缩) Sagnac效应 光弹效应 干涉	电流、磁场 电场、电压 角速度 振动、压力、加速度、位移 温度	SM、PM SM、PM SM、PM SM、PM SM、PM	a a a a a
非	强度调制 光纤温度 传感器	遮光板遮断光路 半导体透射率的变化 荧光辐射、黑体辐射 光纤微弯损耗 振动膜或液晶的反射 气体分子吸收 光纤漏泄膜	温度 振动、压力、加速度、位移	MM MM MM SM MM MM	b b b b
涉	偏振调 制光纤 温度传 感器	法拉第效应 泡克尔斯效应 双折射变化 光弹效应	电流、磁场 电场、电压、 温度 振动、压力、加速度、位移	SM MM SM MM	b,a b b
型	频率调制 光纤温度 传感器	多普勒效应 受激喇曼散射 光致发光	速度、流速、振动、加速度 气体浓度 温度	MM MM MM	c b b

注: MM多模; SM单模; PM偏振保持; a,b,c功能型、非功能型、拾光型

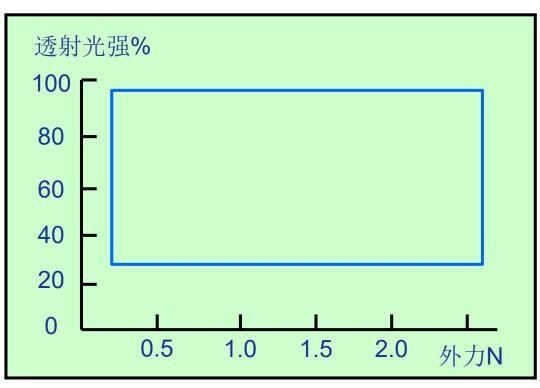
基于微弯效应测压力

微弯效应: 光纤在微弯时引起纤芯中传输的光部分投入包层 (全反射条件受到一定破坏),造成传输损耗,微弯程度不同,泄漏光波的强度也不同,从而达到光强度调制的目的。

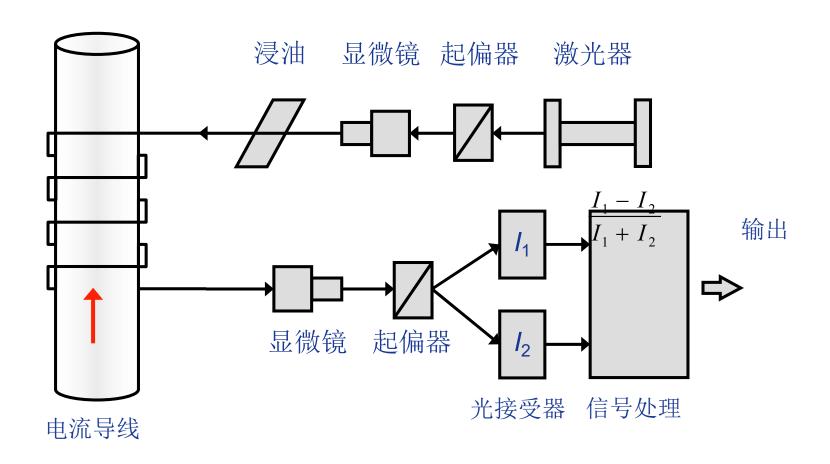


光强调制;相位调制;偏振态调制;波长调制

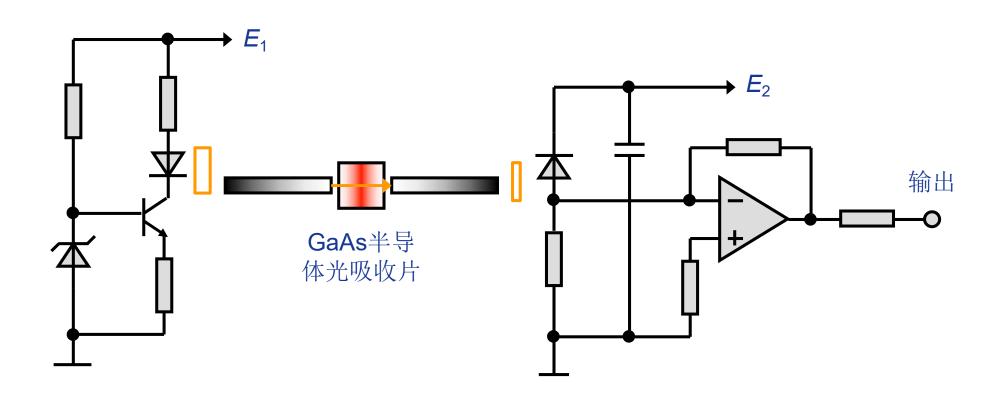




偏振态调制型光纤电流传感器

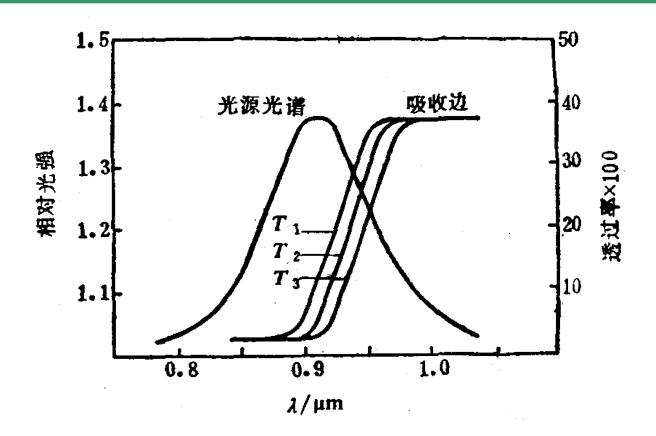


非功能型光纤传感器测温应用



温度测量范围: -20~300°C; 误差±3°C

测量原理: 利用多数半导体的能带随温度的升高而减小的特性。材料吸收波长随温度增加而向长波方向移动,可以使透射过半导体材料的光强随温度而改变,达到测温的目的。



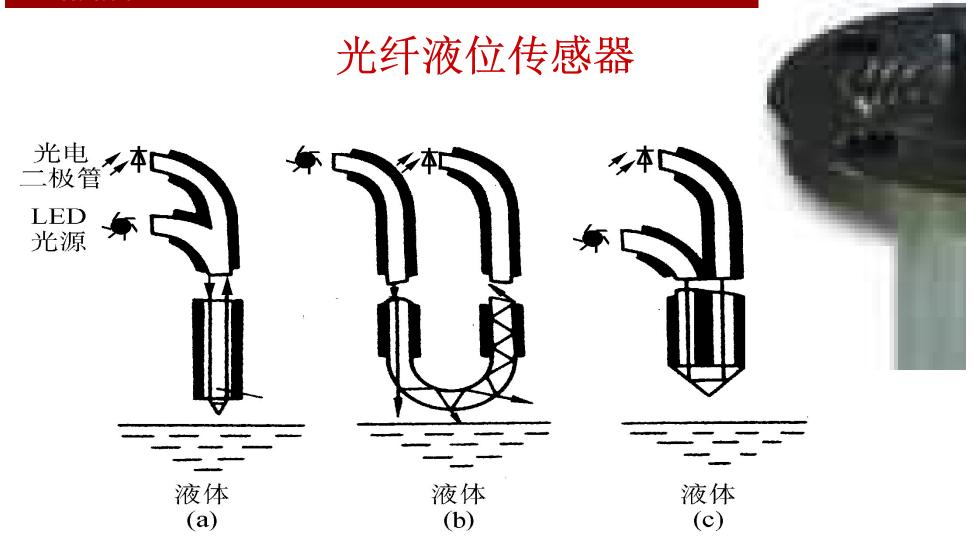




§ 9.3 光纤传感器实例



www.seu.edu.cn



§ 9.3 光纤传感器实例



www.seu.edu.cn

- ❖ 结构特点:光纤测头端有一个圆锥体反射器。当测头置于空气中没接触液面时,光线在圆锥体内发生全内反射而回到光电二极管。当测头接触液面时,由于液体折射率与空气不同,全内反射被破坏,有部分光线透入液体内,使返回到光电二极管的光强变弱;返回光强是液体折射率的线性函数。返回光强发生突变时,表明测头已接触到液位。
- ❖ 光电接收器的要求不高。由于同种溶液在不同浓度时的折射率不同,经标定,这种液位传感器也可作浓度计。光纤液位计可用于易燃、易爆场合,但不能探测污浊液体及会粘附在测头表面的粘稠物质。

光纤速度、加速度传感器

原理:一定质量的物体在加速度作用下产生惯性力,这种惯性力可以转变为位移、转角或形变等变量。通过对这些变量的测量,就可以得到加速度数值。

