



《传感器技术》

主讲人：李刚

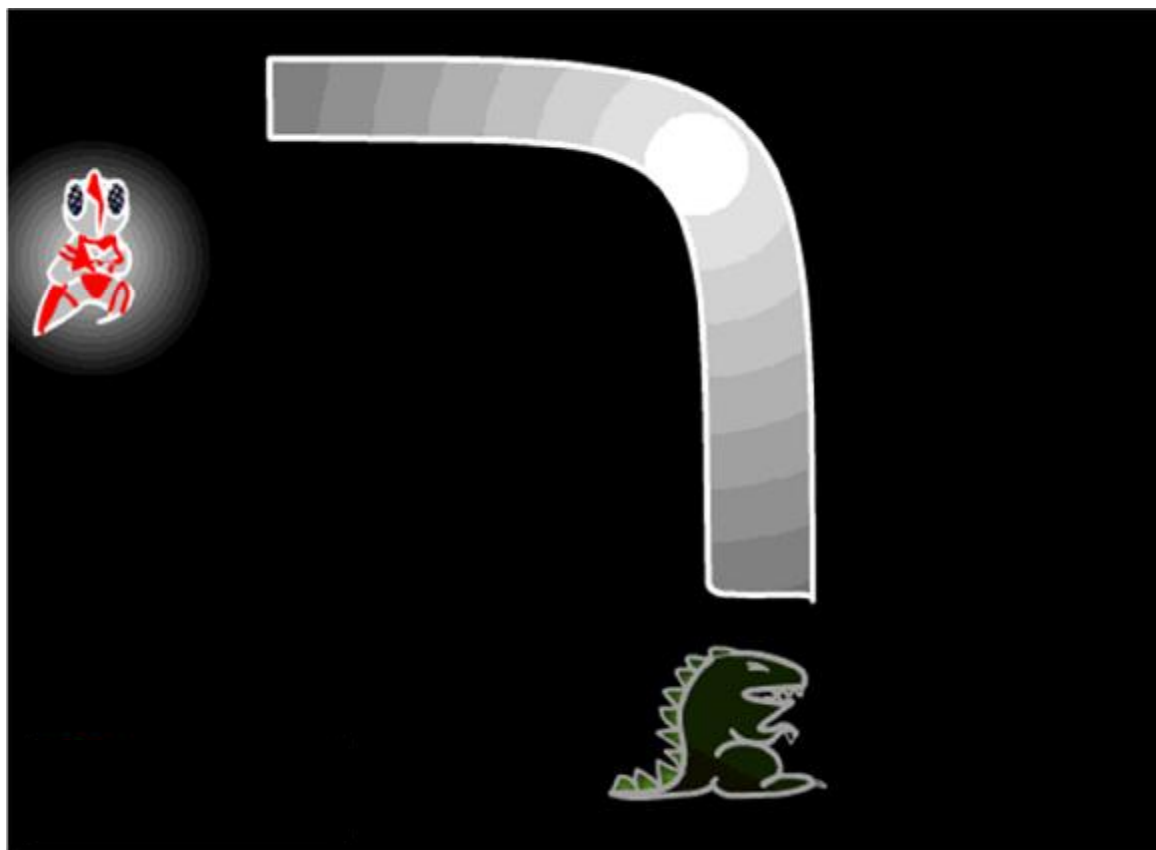


11

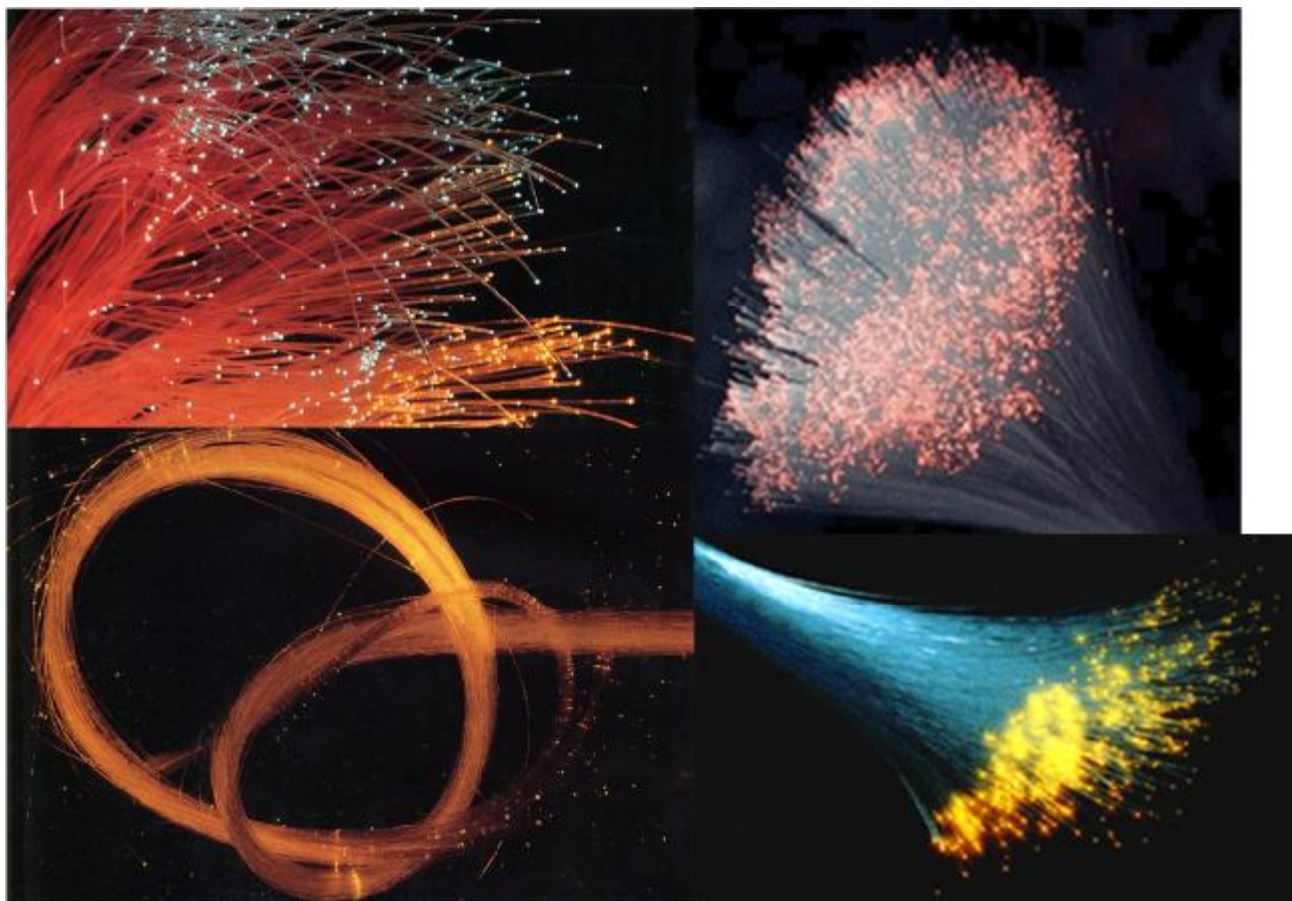
光纤传感器 原理与应用

本章介绍光纤传感器的原理以及光纤传感器的应用实例。

光的全反射演示



各种装饰性光导纤维

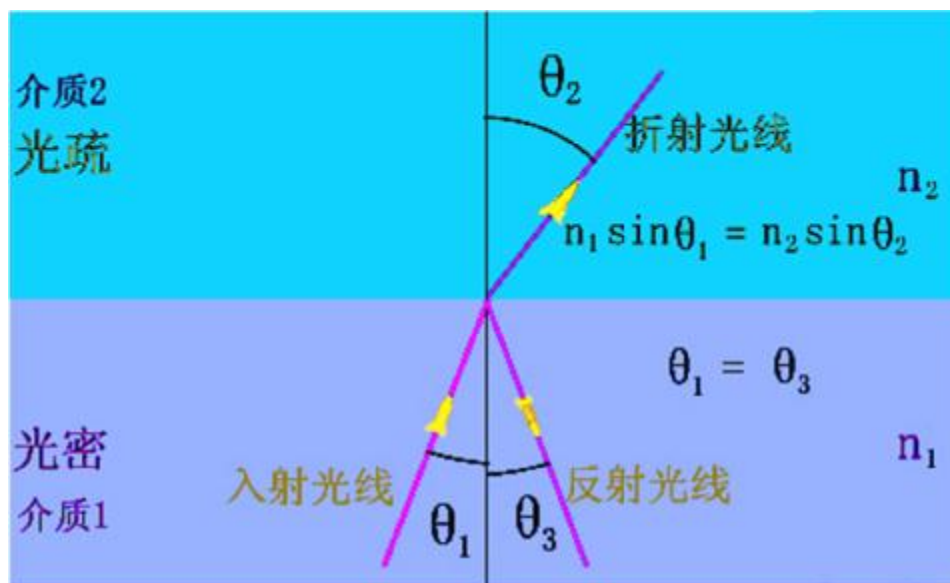


发光二极管产生多种颜色的光线，通过光导纤维传导到塔的表面。在计算机控制下，可产生动态图案。

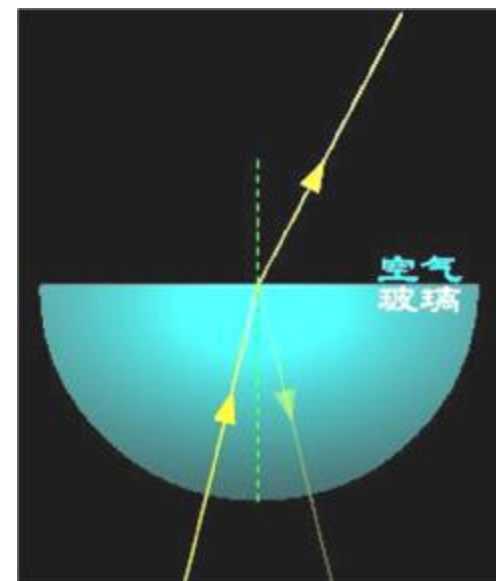


光的反射、折射

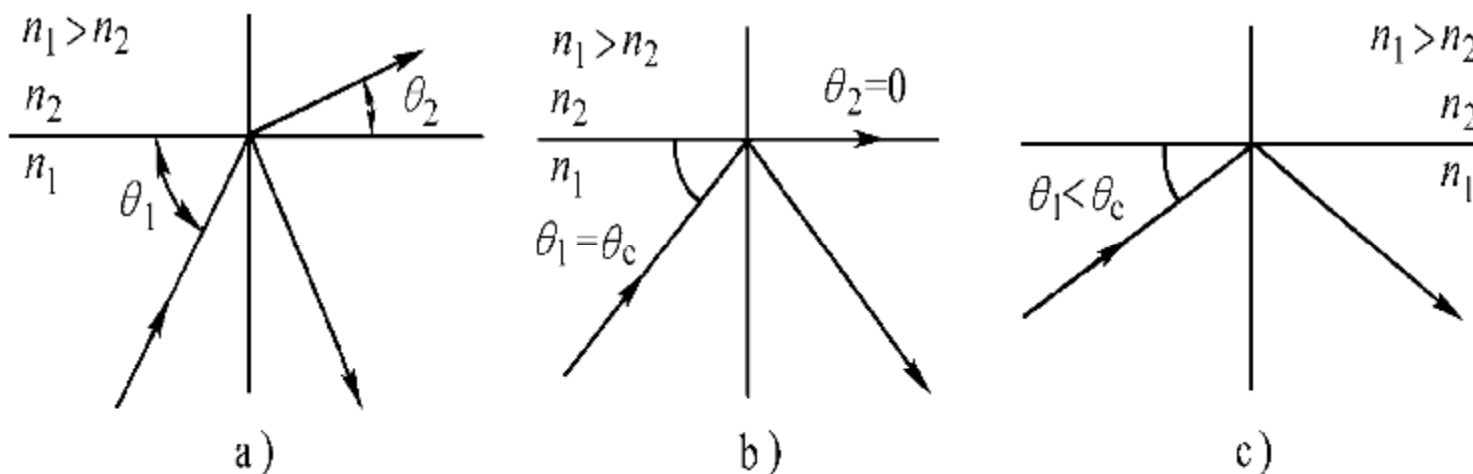
当一束光线以一定的入射角 θ_1 从介质1射到介质2的分界面上时, 一部分能量反射回原介质; 另一部分能量则透过分界面, 在另一个介质内继续传播。



光的折射与反射

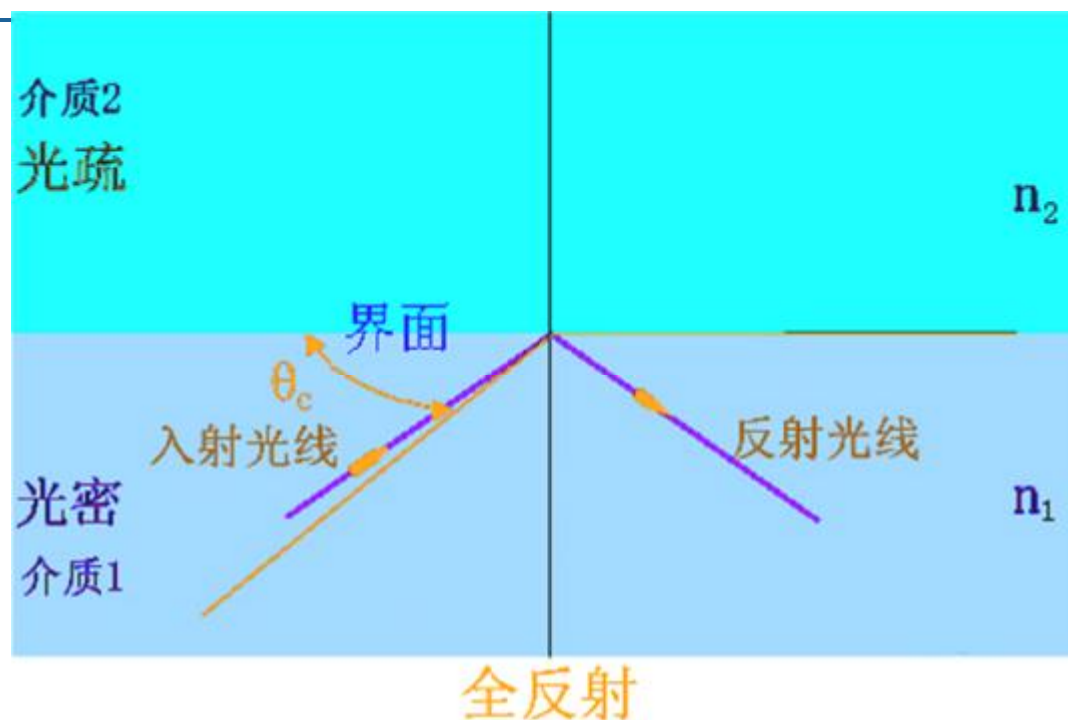


光线的在两种介质界面的反射与折射



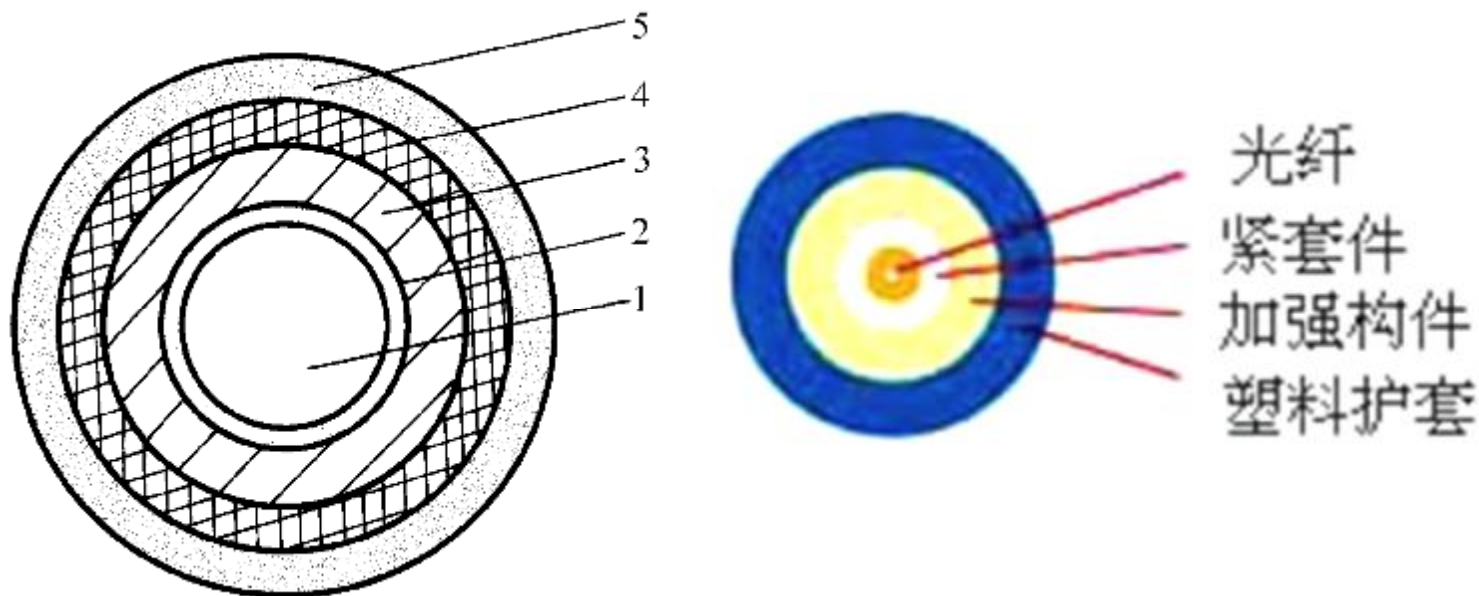
- a) $\theta_1 > \theta_c$ 时的情况
- b) $\theta_1 = \theta_c$ 时的情况
- c) $\theta_1 < \theta_c$ 时的情况

光的全反射

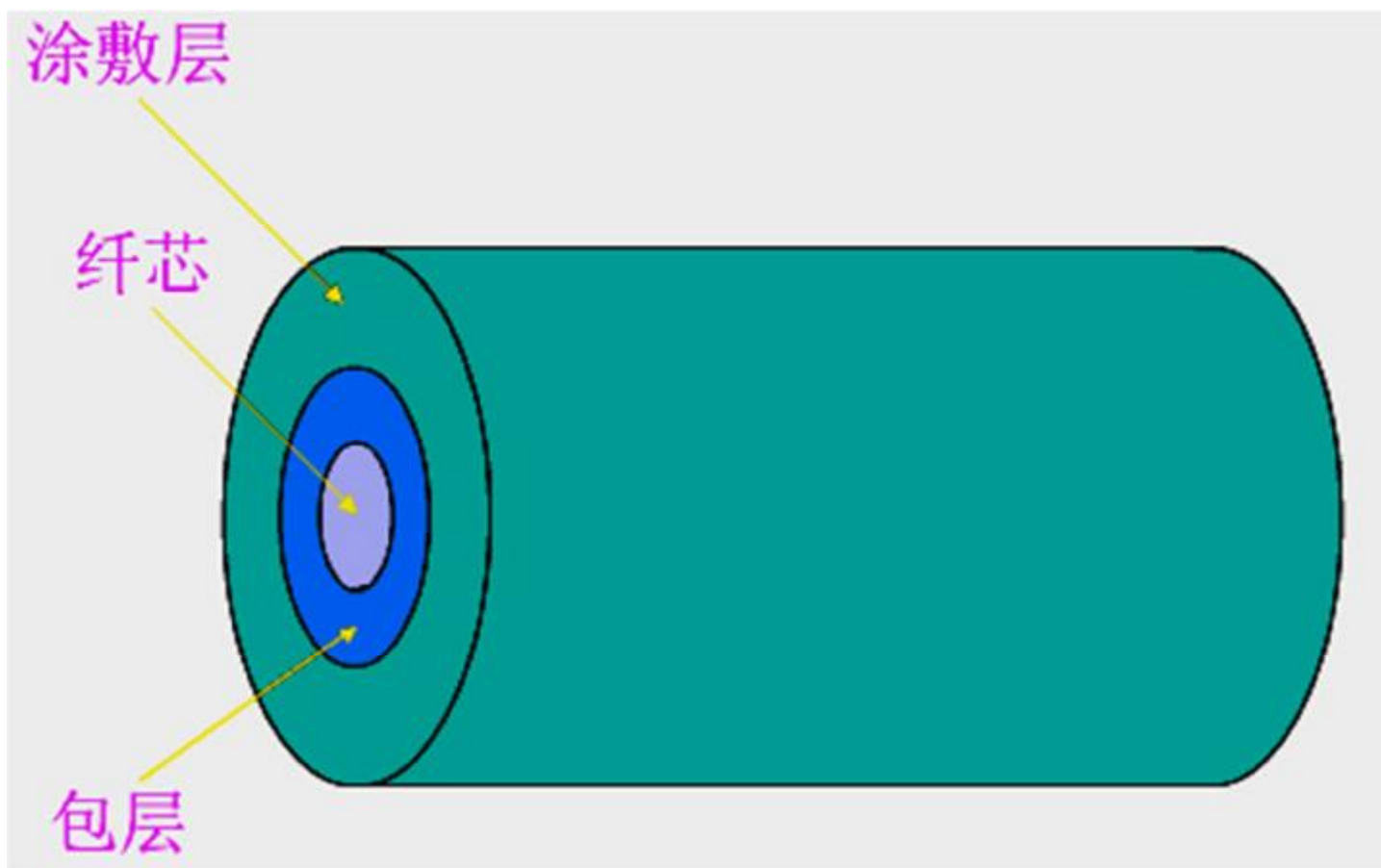


当减小入射角时，进入介质2的折射光与分界面的夹角将相应减小，将导致折射波只能在介质分界面上传播。对这个极限值时的入射角，定义为临界角 θ_c 。当入射角小于 θ_c 时，入射光线将发生全反射。

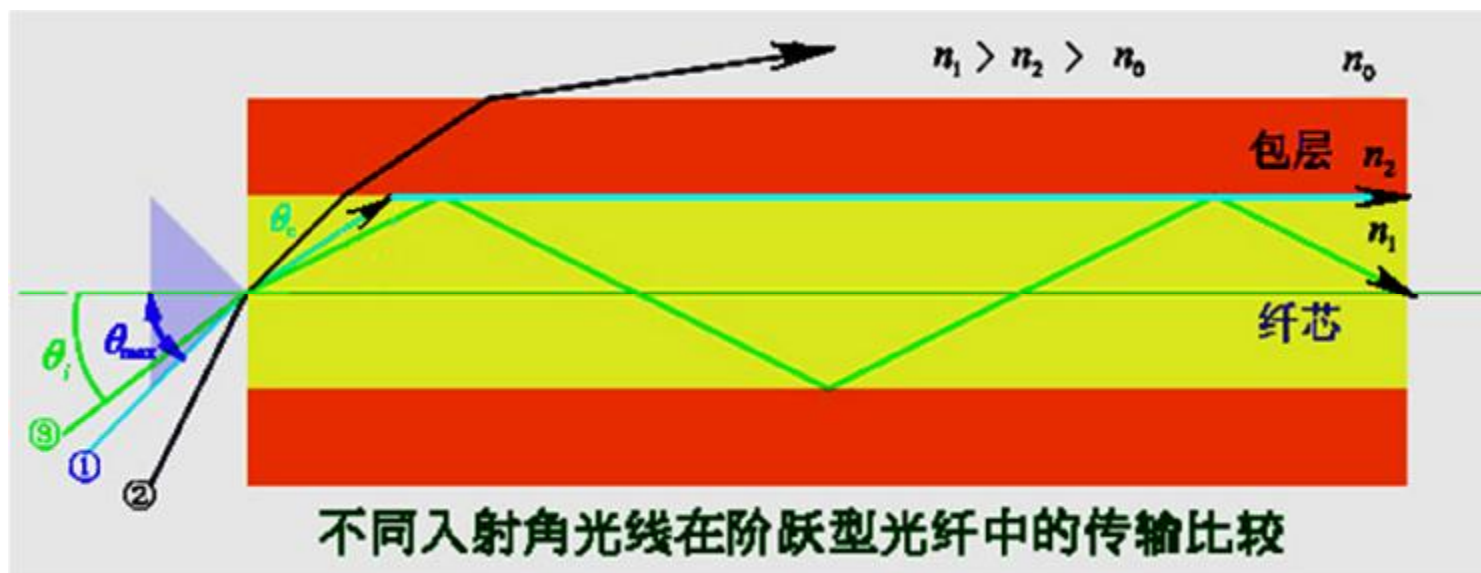
光纤的结构



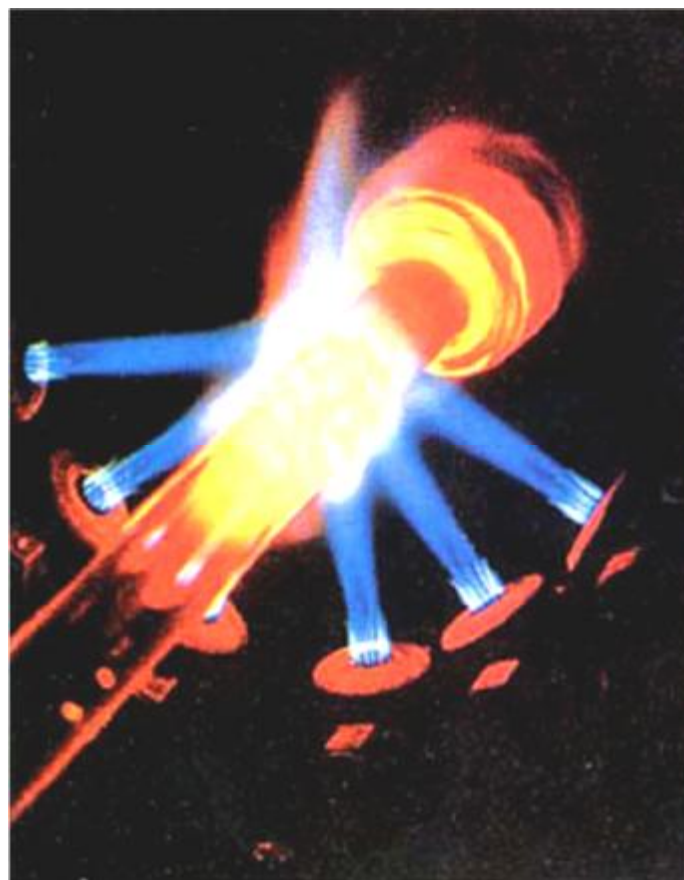
光纤的结构（续）



光在光纤中的全反射

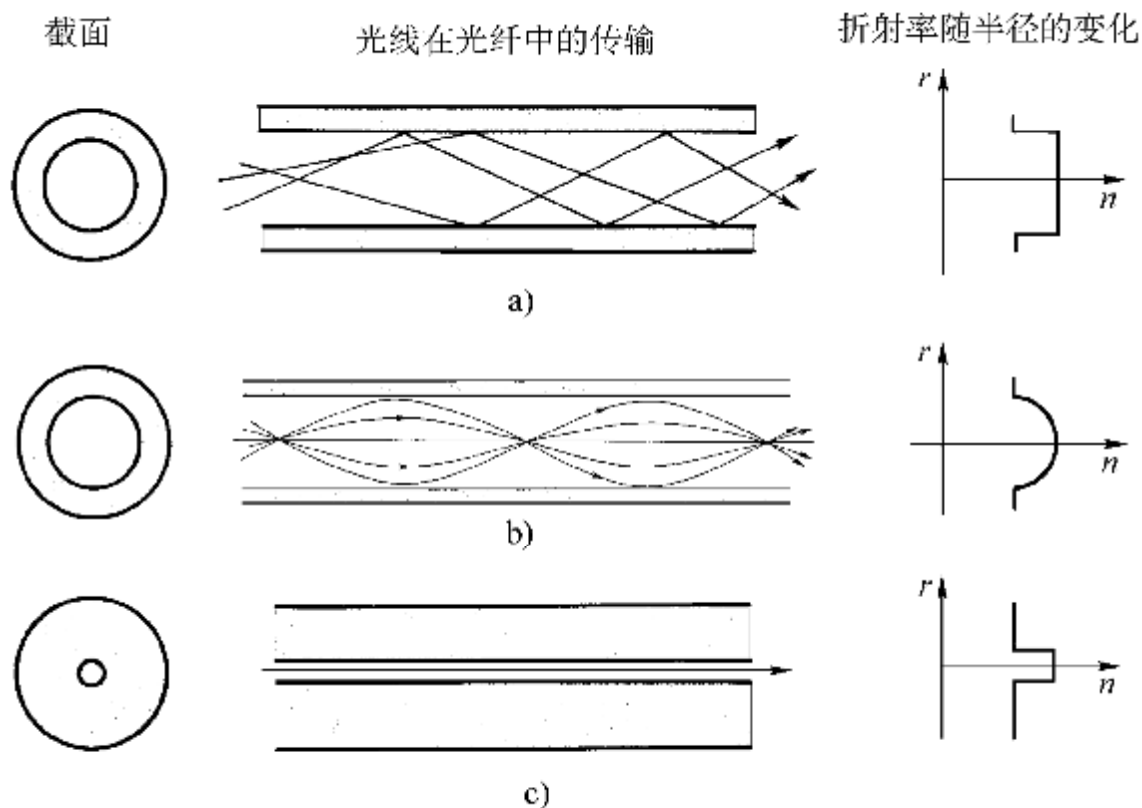


光缆的外形及光纤的拉制



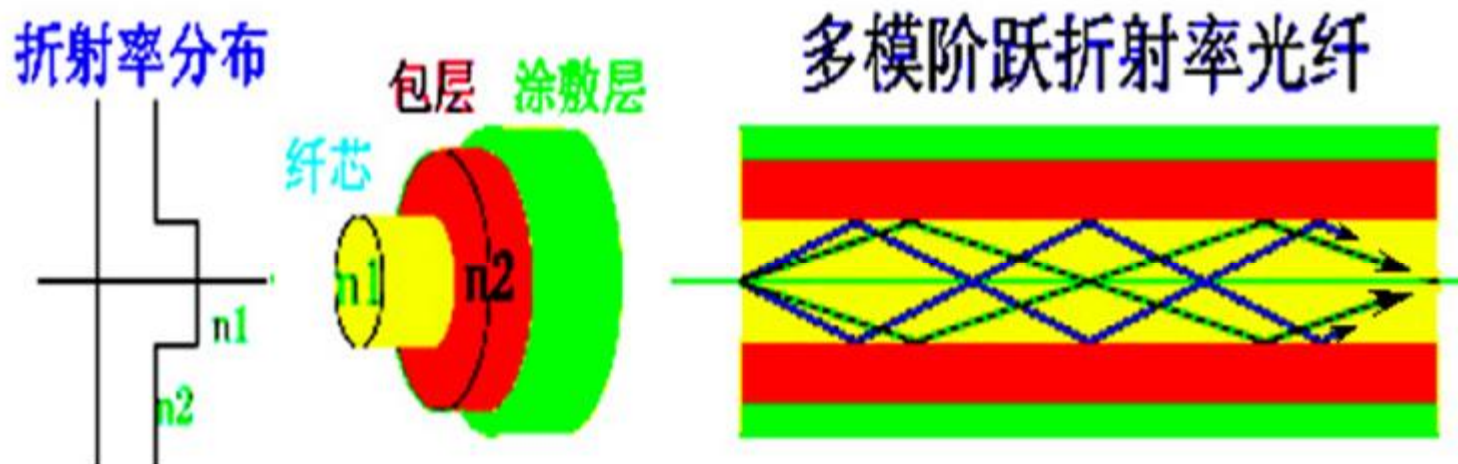
光纤生产工艺：
原料提纯、
预制棒气相沉积、
拉丝、
套塑、
余长形成、
松套水冷、
绞合、
层绞工艺。

光纤的类型



a) 阶跃型 b) 梯度型 c) 单孔型

光纤的类型

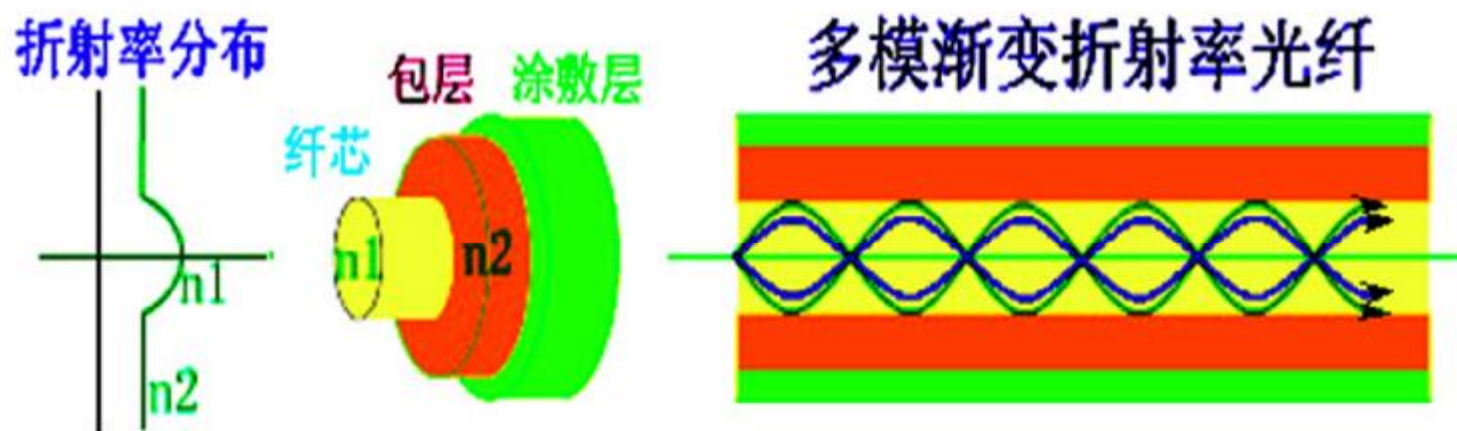


阶跃型：光纤纤芯的折射率分布各点均匀一致，称为多模光纤。

典型多模光纤：50/125 μm 、62.5/125 μm （前者为纤芯直径，后者为纤芯+包层直径）

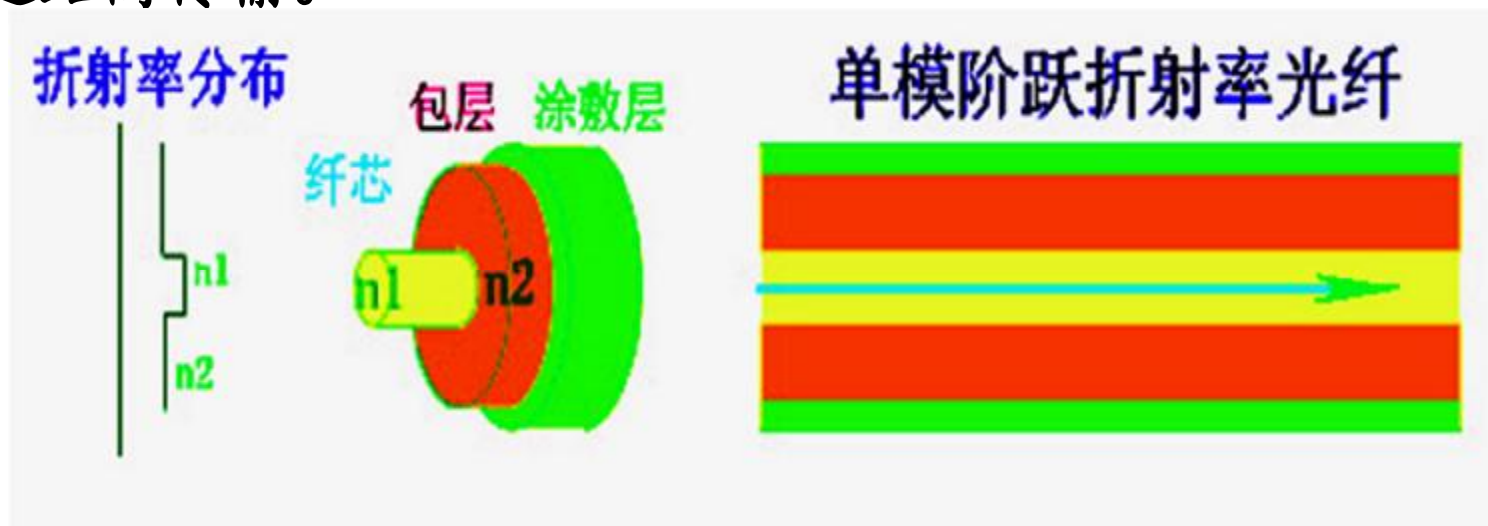
梯度型光纤

梯度型光纤的的折射率呈聚焦型，即在轴线上折射率最大，离开轴线则逐步降低，至纤芯区的边沿时，降低到与包层区一样。



单孔型光纤

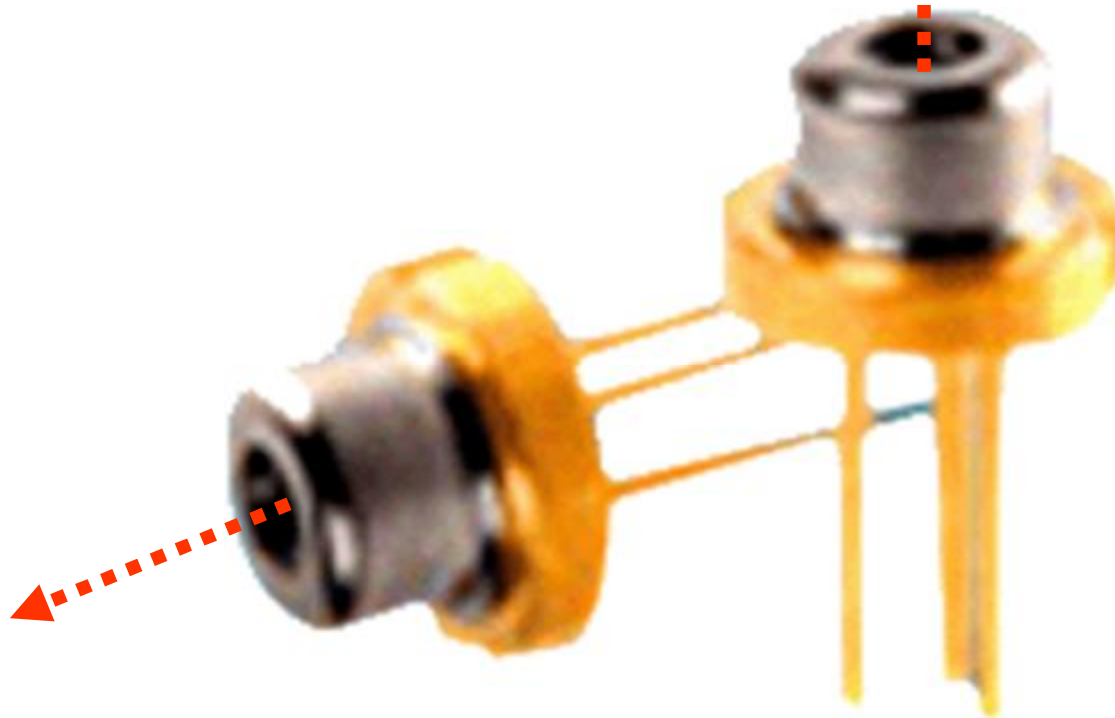
单孔型光纤的纤芯直径较小（数微米）接近于被传输光波的波长，光以电磁场“模”的原理（HE₁₁模式）在纤芯中传导，能量损失很小，适宜于远距离传输。



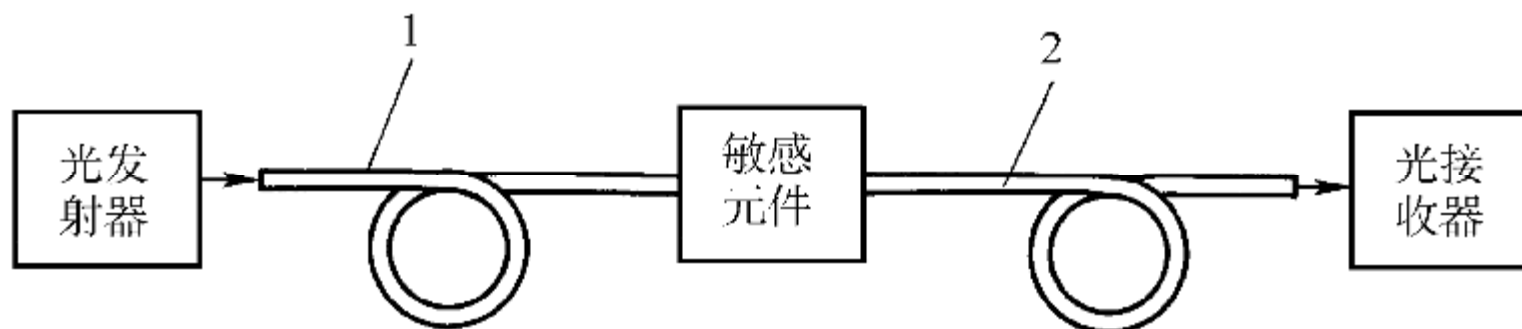
典型单模光纤直径：9/125 μm
(前者为纤芯直径，后者为纤芯+包层直径)

与光纤耦合的电光与光电转换器件

实现电光转换的元件通常是发光二极管或激光二极管。



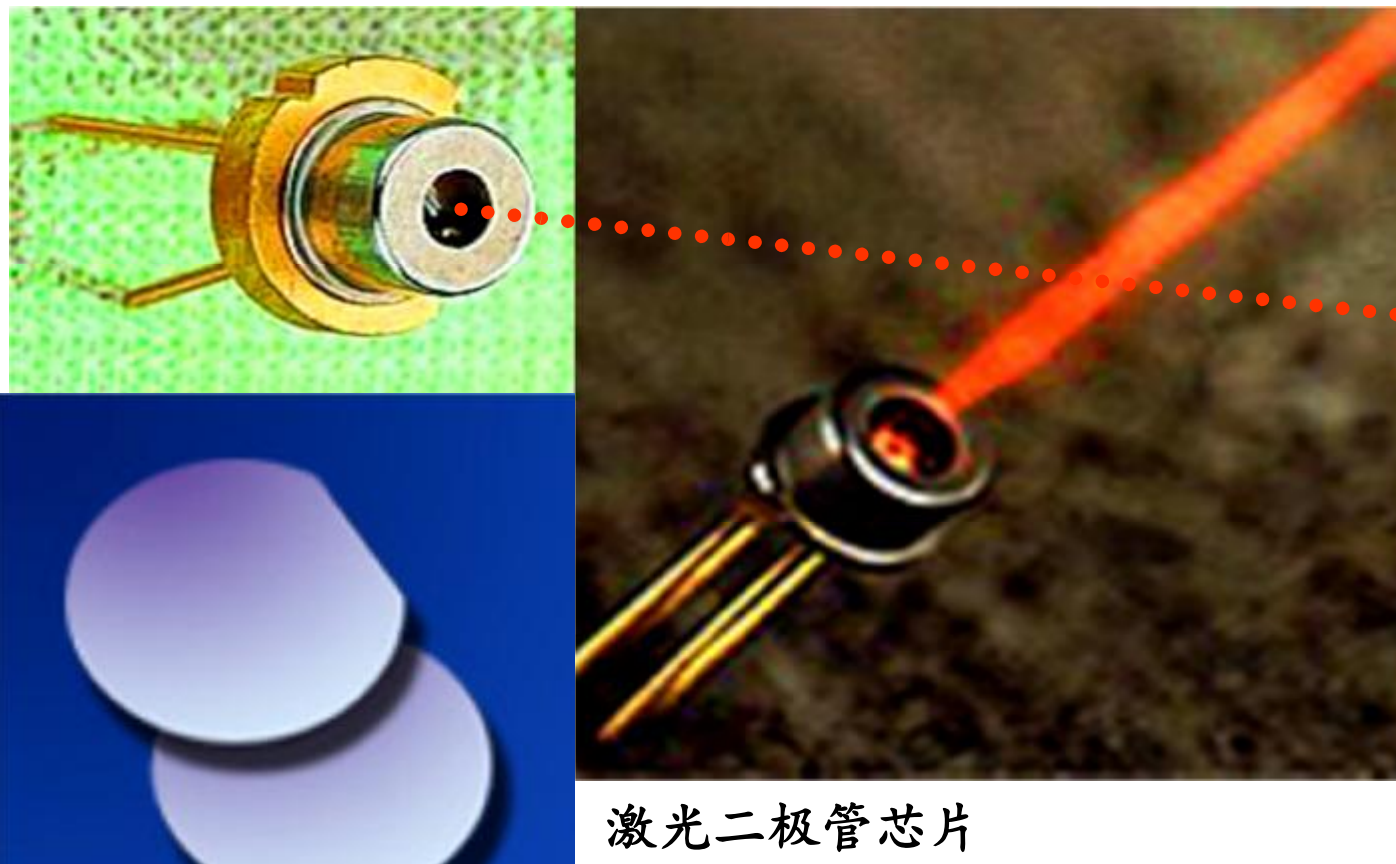
与光纤耦合的电光与光电转换器件



1—发射光纤 2—接收光纤

光纤耦合器(Coupler)又称分歧器、连接器、适配器、法兰盘,用于实现光信号分路/合路,或用于延长光纤链路的元件。是光纤与光纤,或光纤与光源、接收器之间,进行可拆卸(活动)连接的器件,能将光路的两个端面精密对接起来,以使发射光纤输出的光能量能最大限度地耦合到接收光纤中去,并使其介入光链路从而对系统造成的影响减到最小。

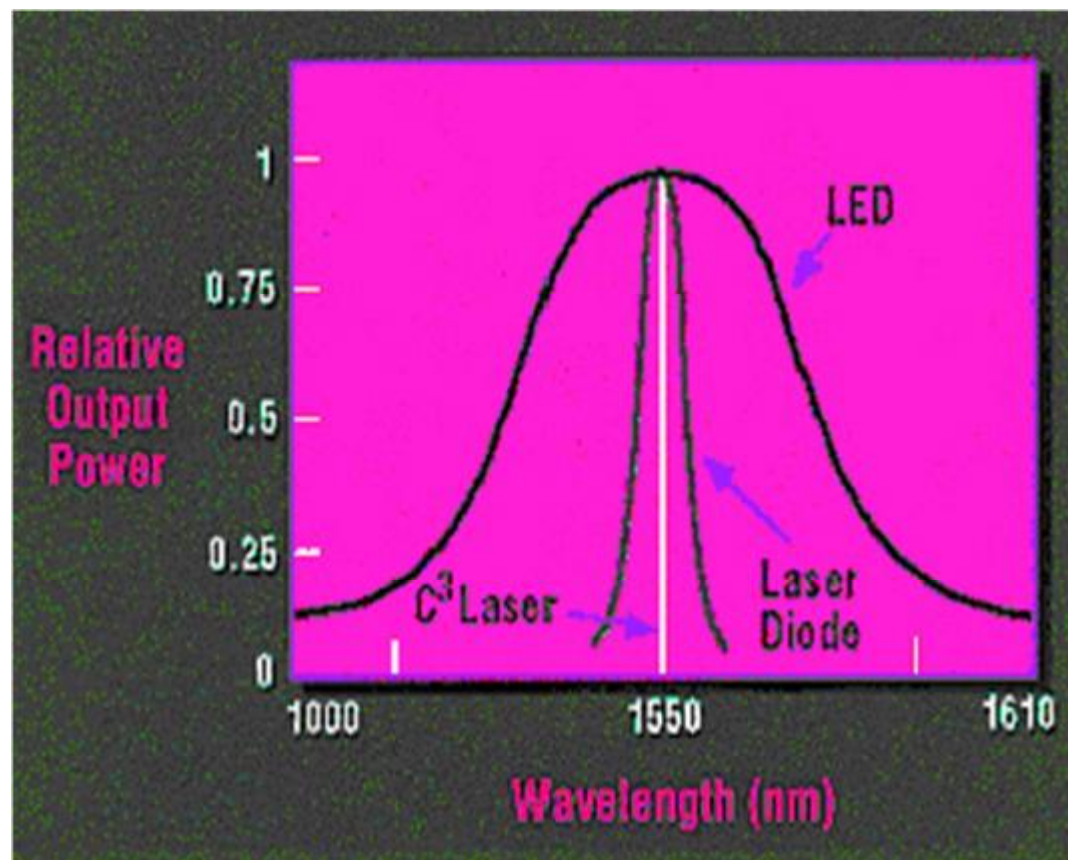
激光二极管的外形



激光二极管芯片

激光二极管与发光二极管的带宽及效率的重叠区

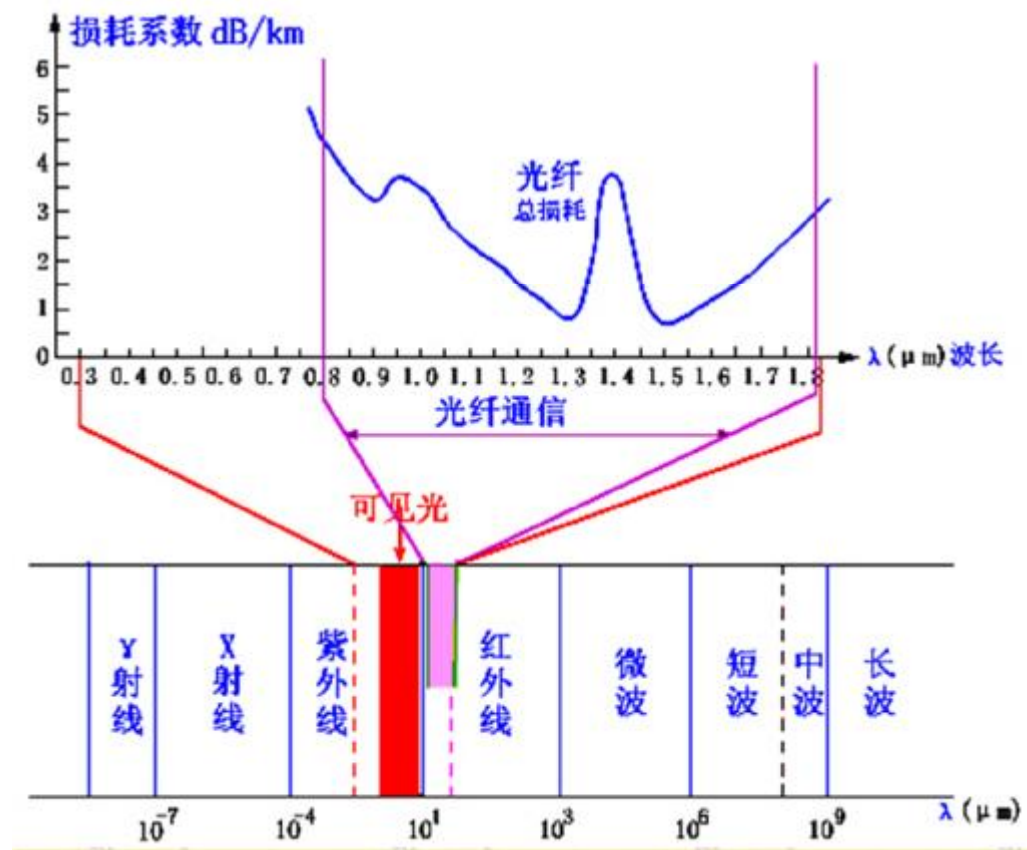
单模光纤必须采用能发射单一光谱的激光二极管，在传导过程中的发散损耗可以较小，稳定性较高。



光纤的损耗

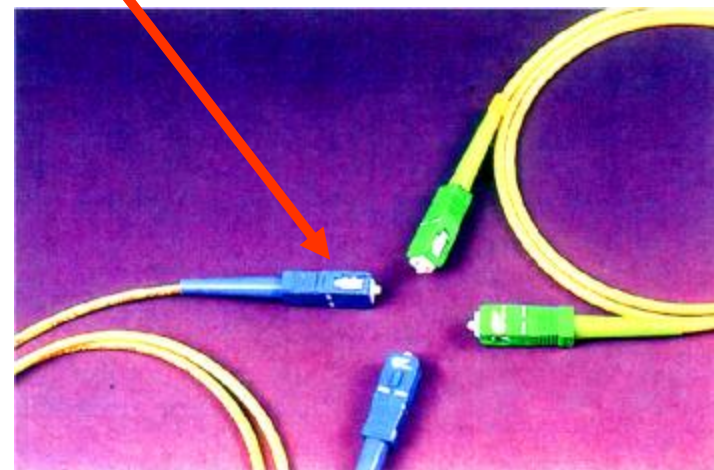
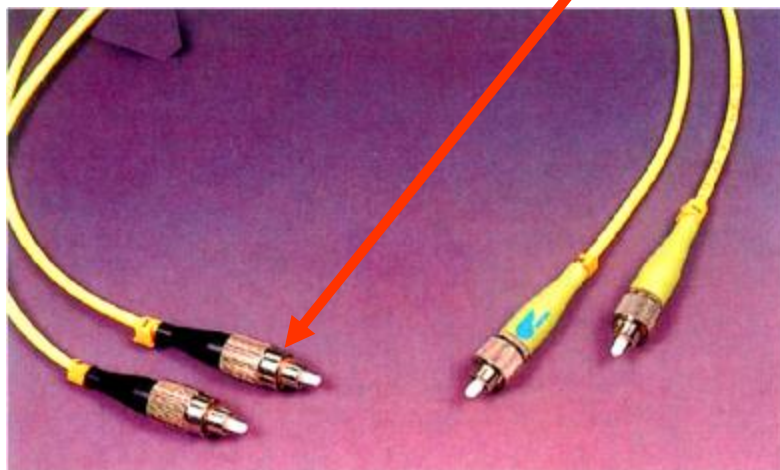
光纤在传输信号的过程中损耗应尽量小且稳定。在某些波长上，光纤的损耗非常小。可选择适当波长的激光管、光电转换元件(PIN)与光纤匹配。

一般价格的标准单模光纤在1550nm波长的损耗系数为0.2dB/km。



专用的光纤连接头及光纤插座

光纤与电光转换元件耦合时，两者的轴心必须严格对准并固定，可使用专用的连接头及光纤插座来完成。



光纤的终端放大器（光/电信号转换器）



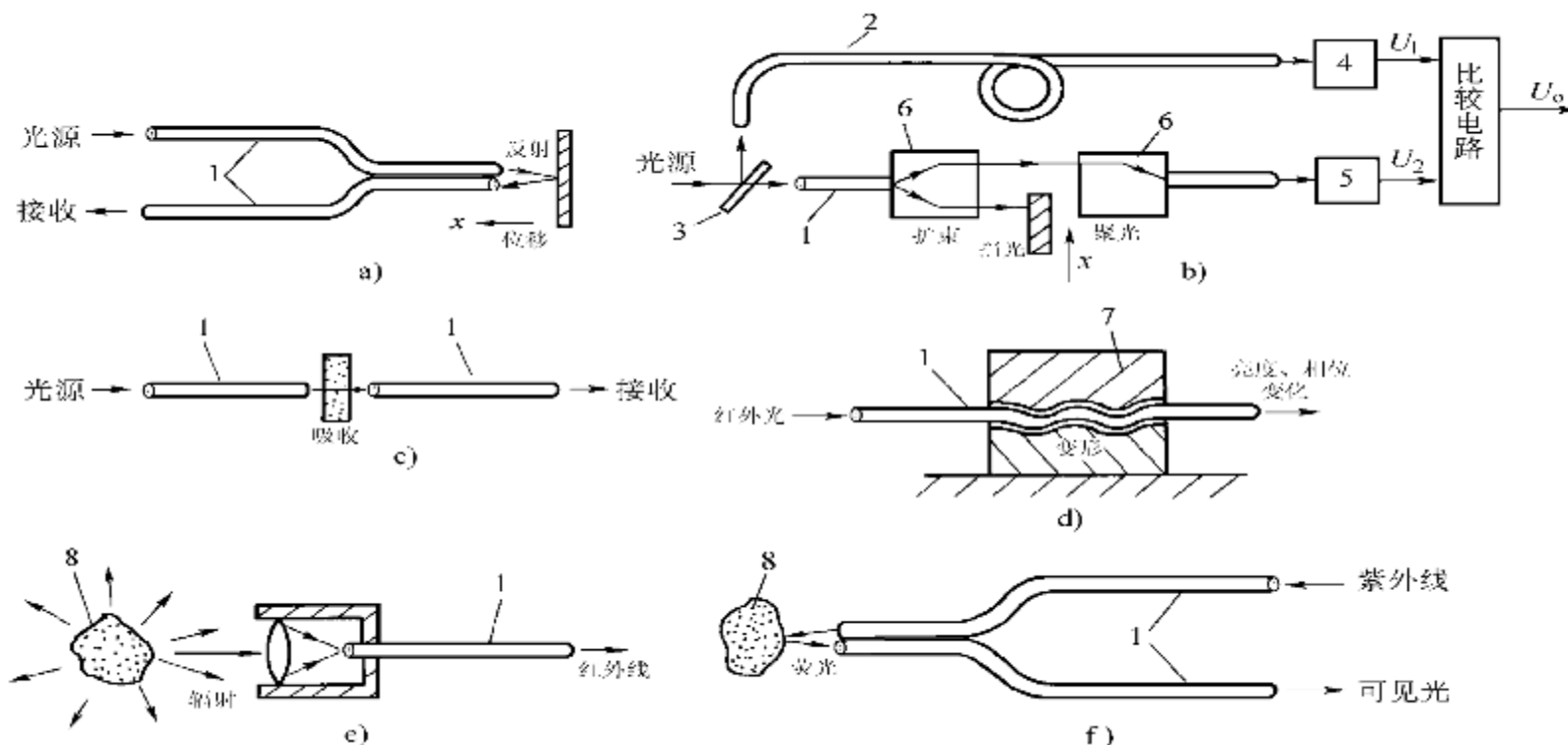
光纤传感器

光纤传感器就是将光纤自身作为敏感元件（也称作测量臂，或敏感元件），直接接收外界的被测量。

被测量可引起光纤的长度、折射率、直径等方面的变化，从而使得在光纤内传输的光被调制。若将光看成简谐振动的电磁波，则光可以被调制的参数有四个，即振幅（强度）、相位、波长和偏振方向。

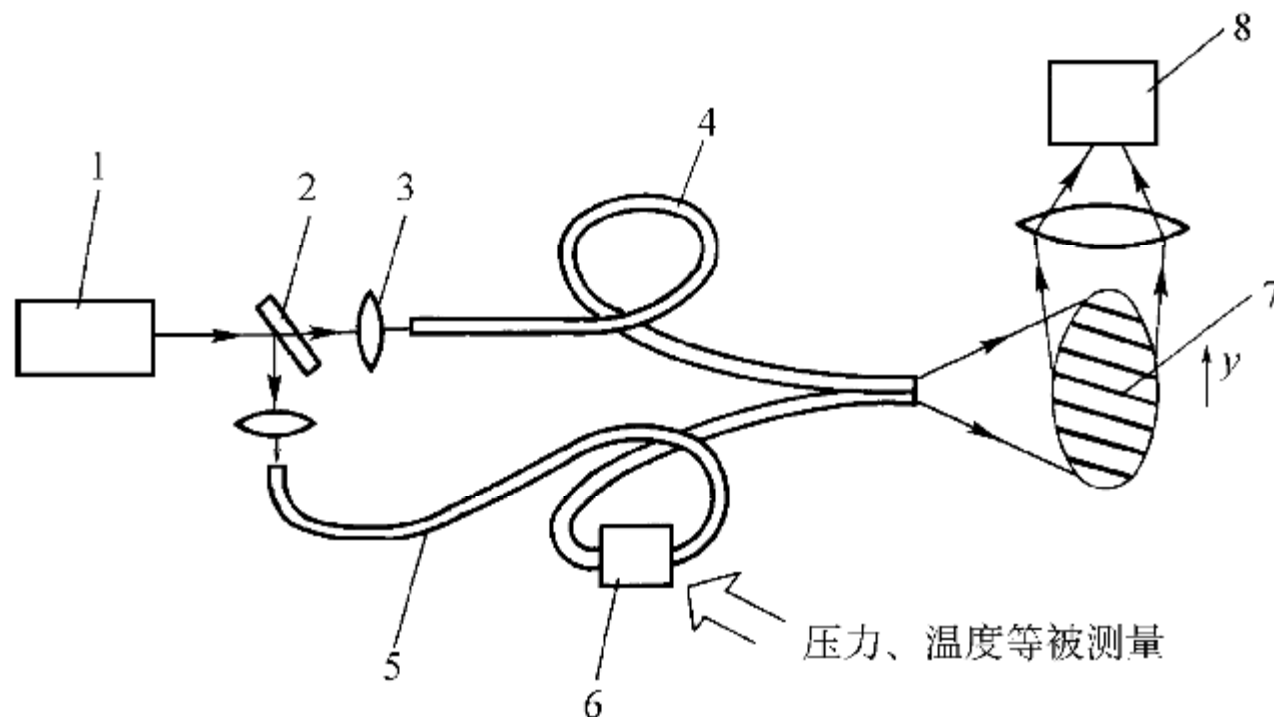
光纤传感器多用于高电压、易爆等场合，不易产生电火花。

强度调制型光纤传感器的几种形式



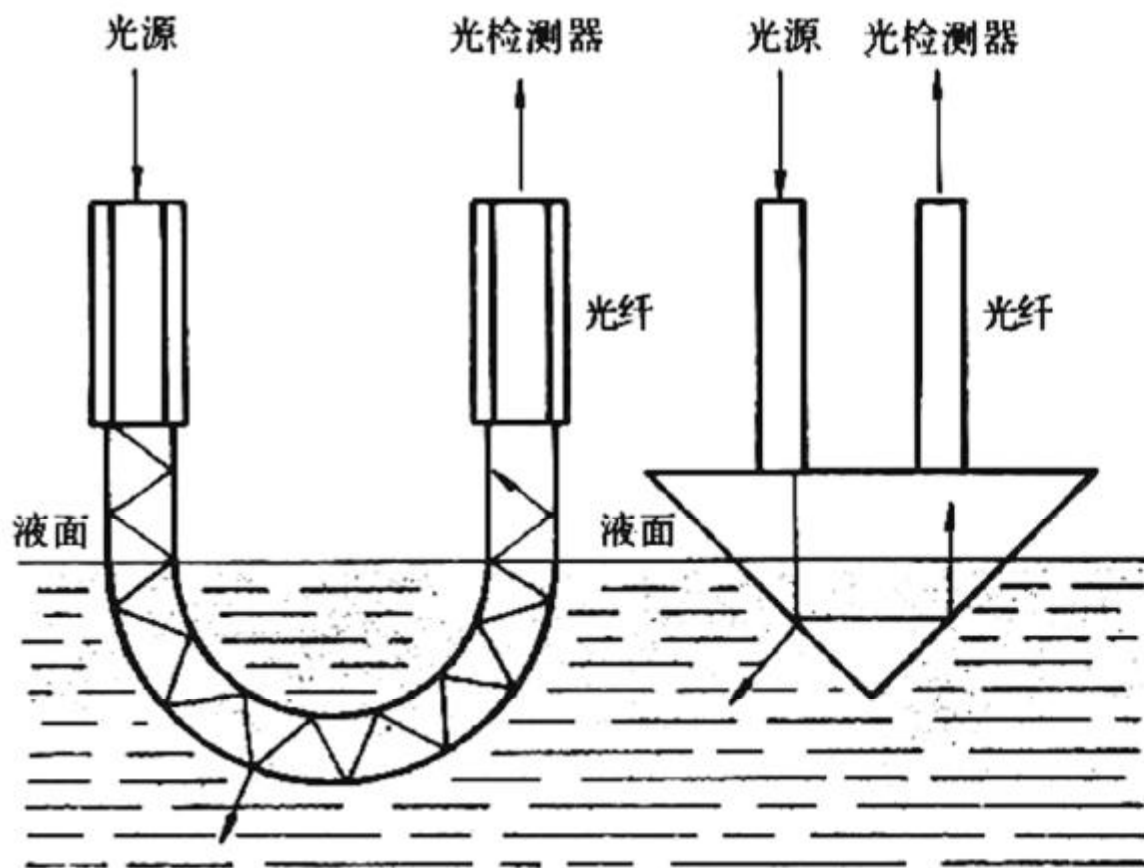
a) 反射式 b) 遮光式 c) 吸收式 d) 微弯式 e) 接收光辐射式 f) 荧光激励式
 1—传感臂光纤 2—参考臂光纤 3—半反半透镜 (分束镜) 4—光电探测器A
 5—光电探测器B 6—透镜 7—变形器 8—辐射体 9—荧光体

双路光纤干涉仪



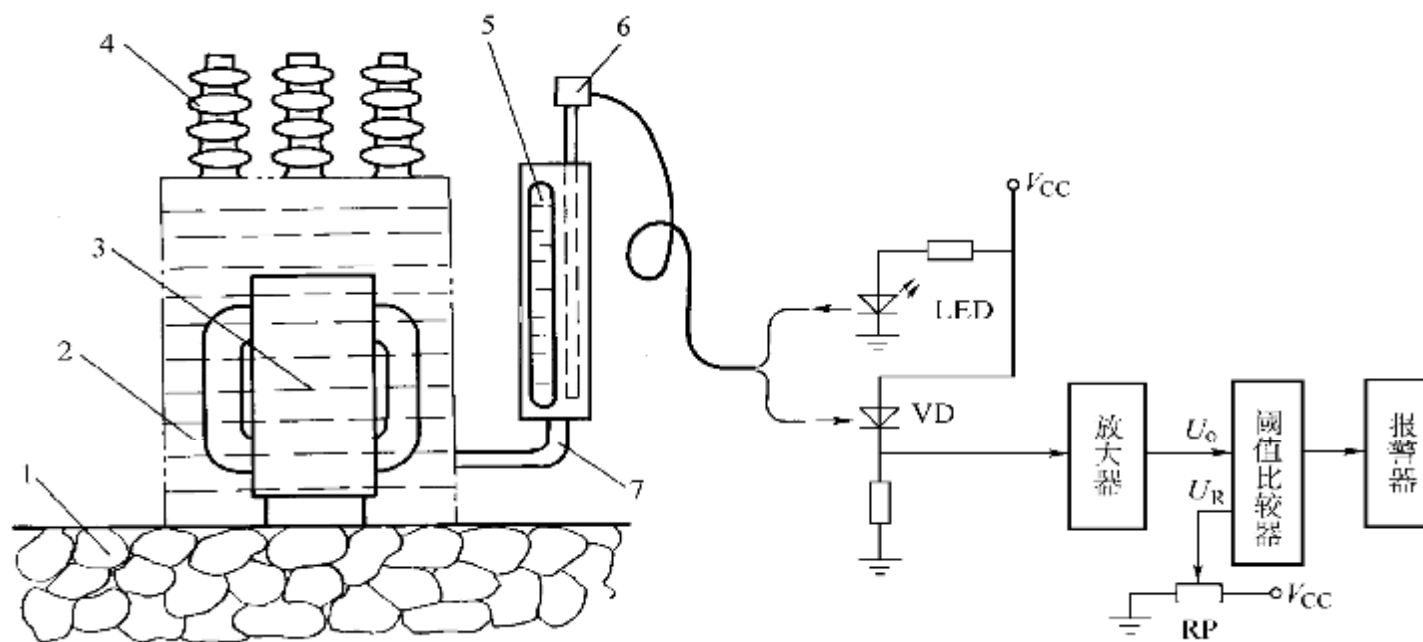
1—ILD (激光发生器) 2—分束镜 3—透镜 4—参考光纤 (参考臂)
5—传感光纤 (测量臂) 6—敏感头 7—干涉条纹 8—光电读出器

光纤液位测量



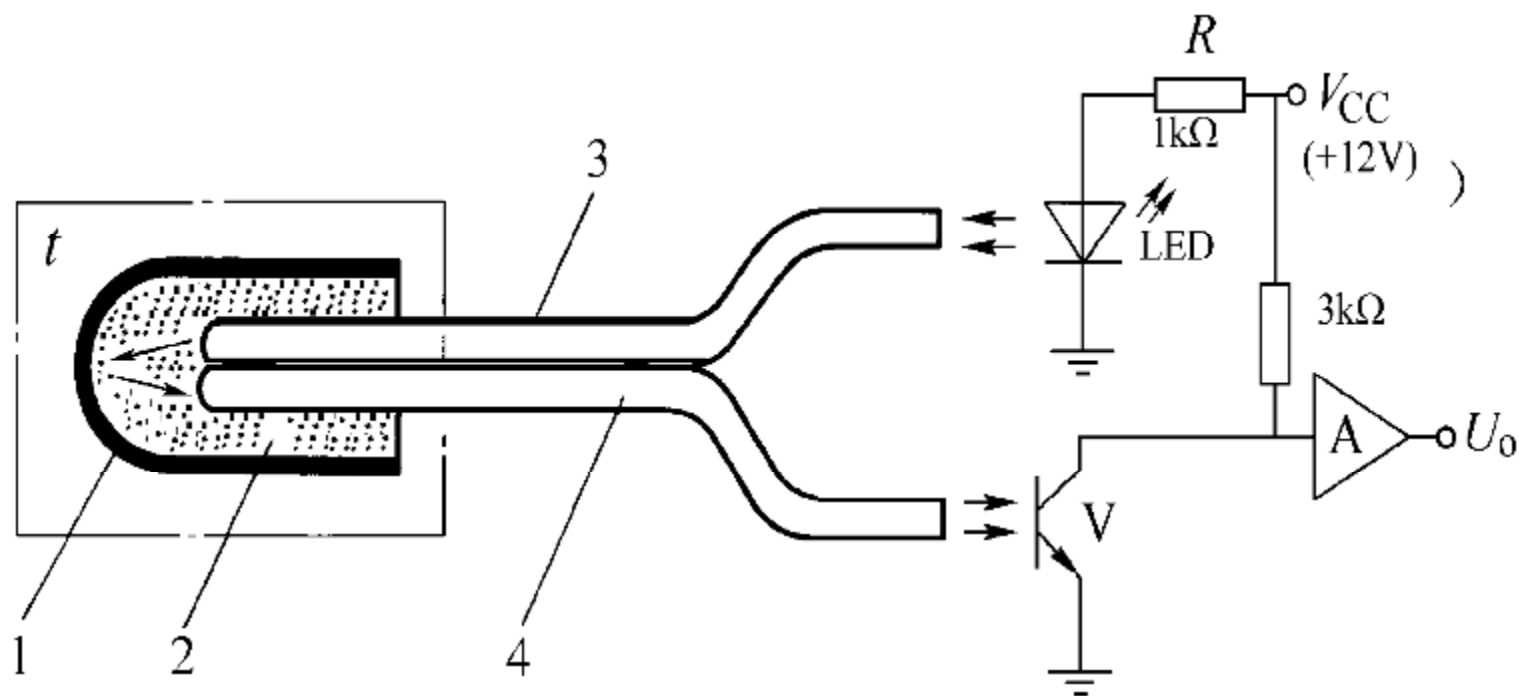


光纤液位传感器用于高压变压器 冷却油的液位检测



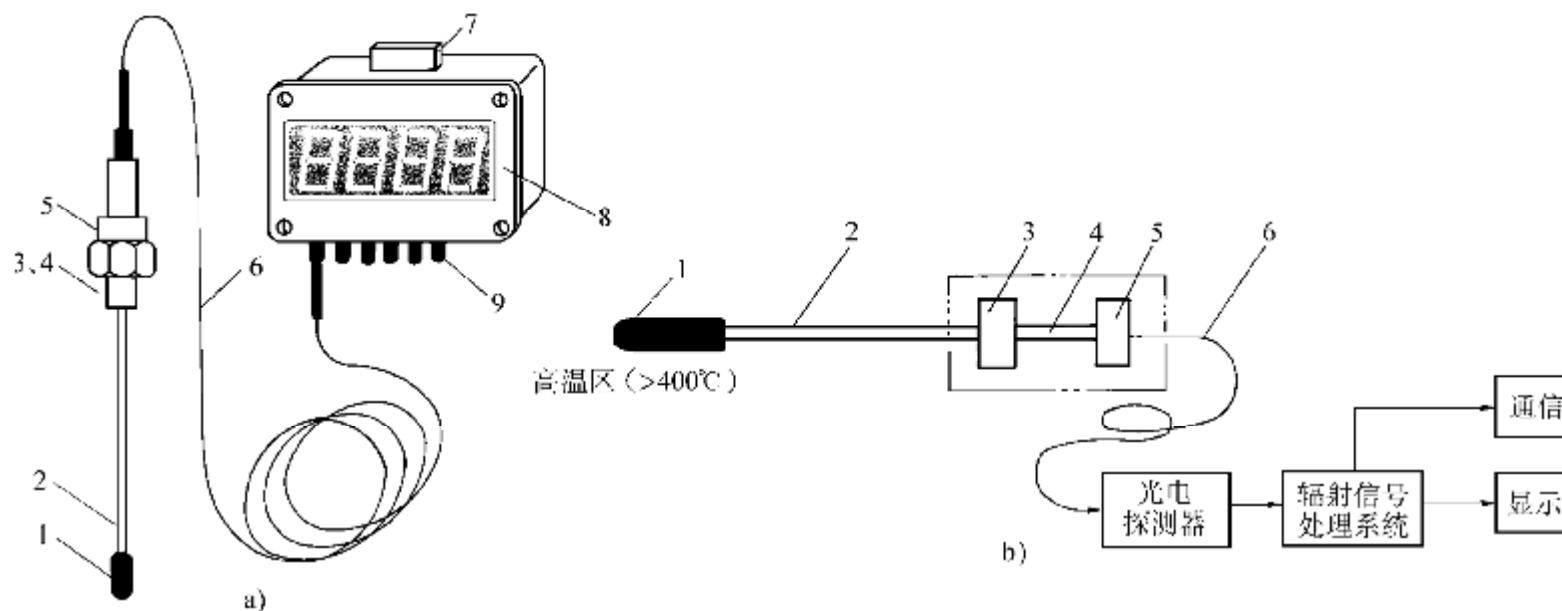
1—鹅卵石 2—冷却油 3—高压变压器 4—高压绝缘子
5—冷却油液位指示窗口 6—光纤液位传感器 7—连通器

光纤温度传感器



1—感温黑色壳体 2—液晶 3—入射光纤 4—出射光纤

光纤高温传感器



1—黑体腔 2—蓝宝石高温光纤 3—光纤耦合器 4—低温耦合光纤 5—滤光器
6—传导光纤 7—通信接口 8—辐射信号处理系统及显示器 9—多路输入端子

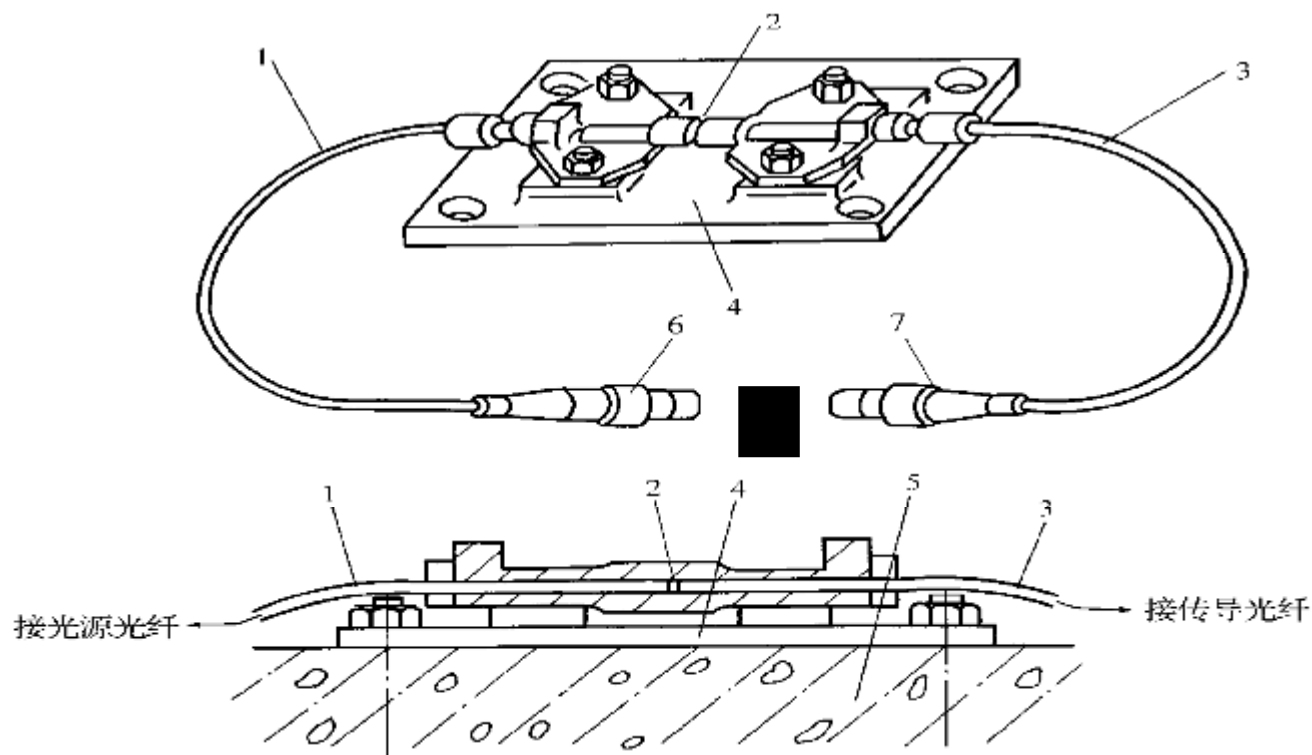
光纤温度传感器

低温传导光纤

保护管内为作
为敏感元件的高
温光纤



光纤混凝土应变传感器



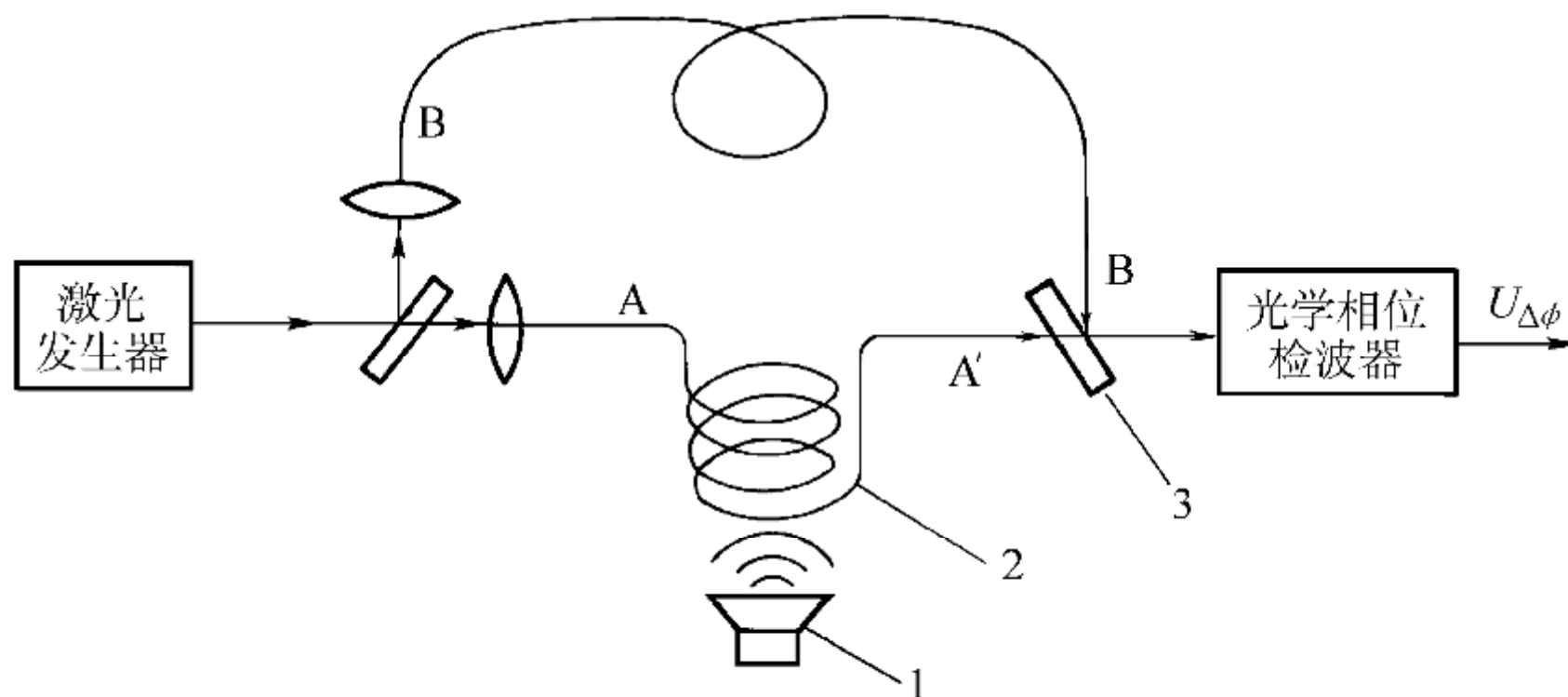
1—入射光纤 2—气隙 3—出射光纤 4—钢板 5—混凝土
6—光源光纤接头 7—传导光纤接头

埋入式光纤光栅应变传感器



埋入式光纤光栅应变传感器是针对桥梁混凝土箱梁、大坝坝体、高层建筑及其他混凝土构件或预制件内部应力变形测量需求开发的高性能应变计。

光纤声压传感器



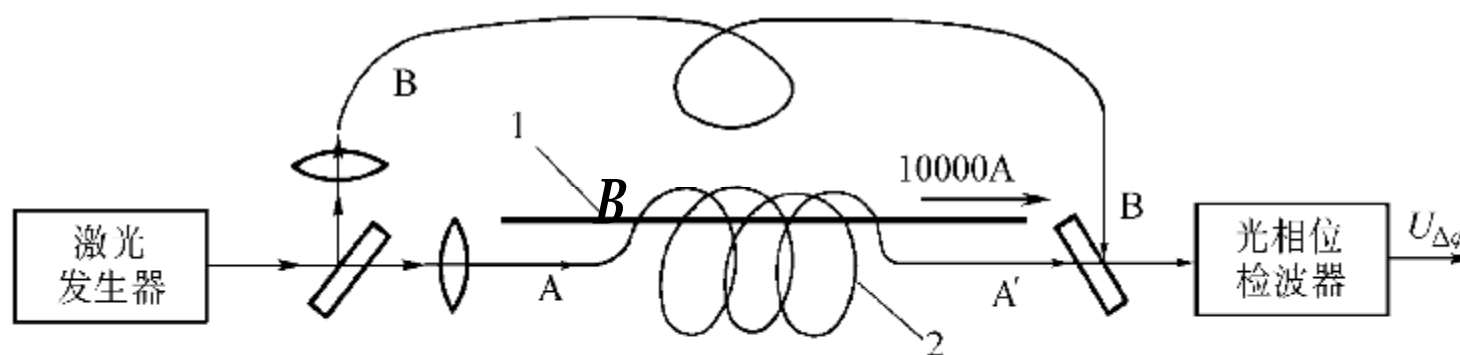
1—声源 2—光纤线圈 3—干涉镜

光纤声压传感器



拖曳线列阵声呐的监听

光纤大电流传感器

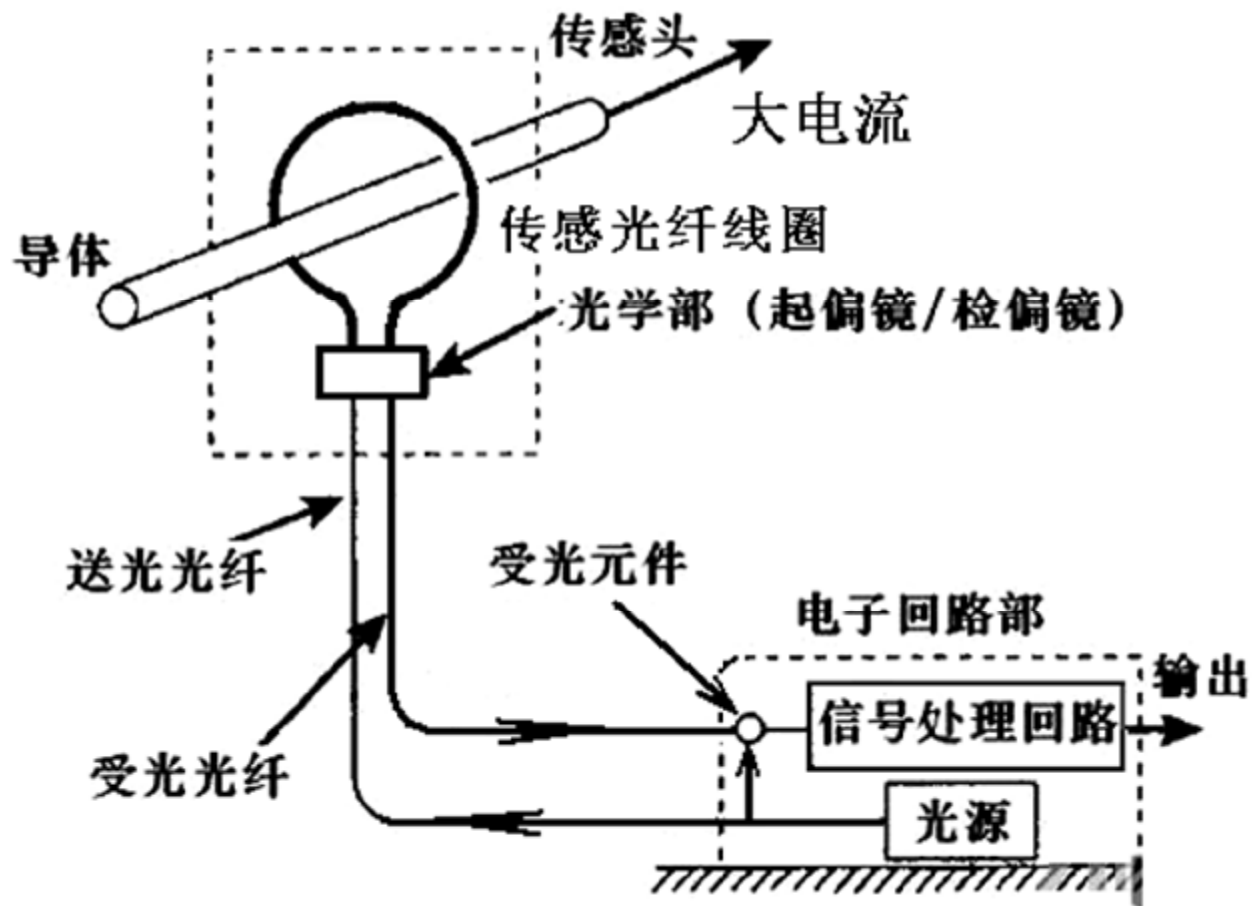


1—大电流导线

2—光纤线圈

当线偏振光（见光的偏振）在光纤中传播时，若在平行于光的传播方向上加一强磁场，则光振动方向将发生偏转，偏转角度 ψ 与磁感应强度 B 和光穿越介质的长度 l 的乘积成正比，即 $\psi = VBl$ ，比例系数 V 称为费尔德常数，与介质性质及光波频率有关。偏转方向取决于介质性质和磁场方向，上述现象称为法拉第效应。

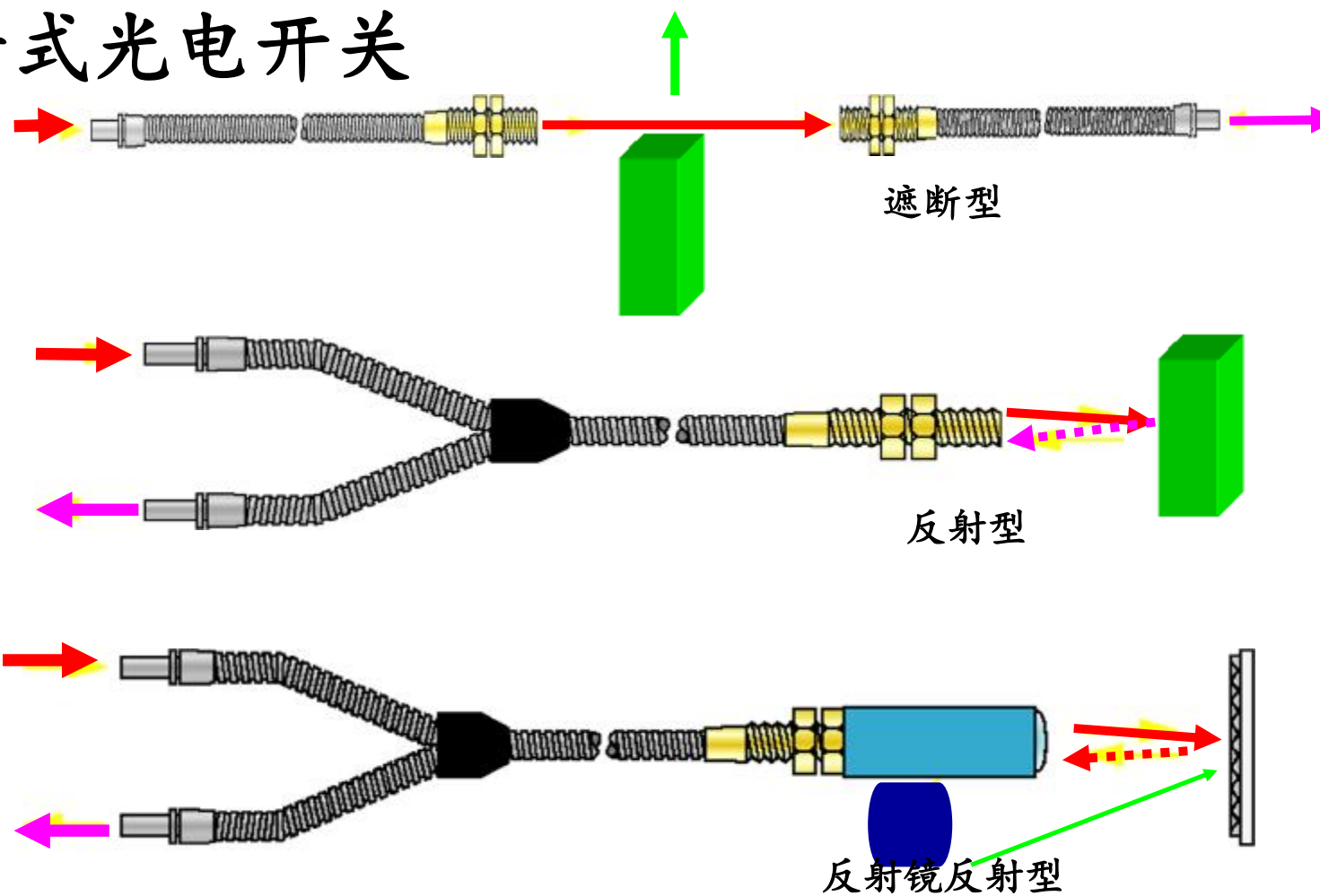
光纤大电流传感器（续）



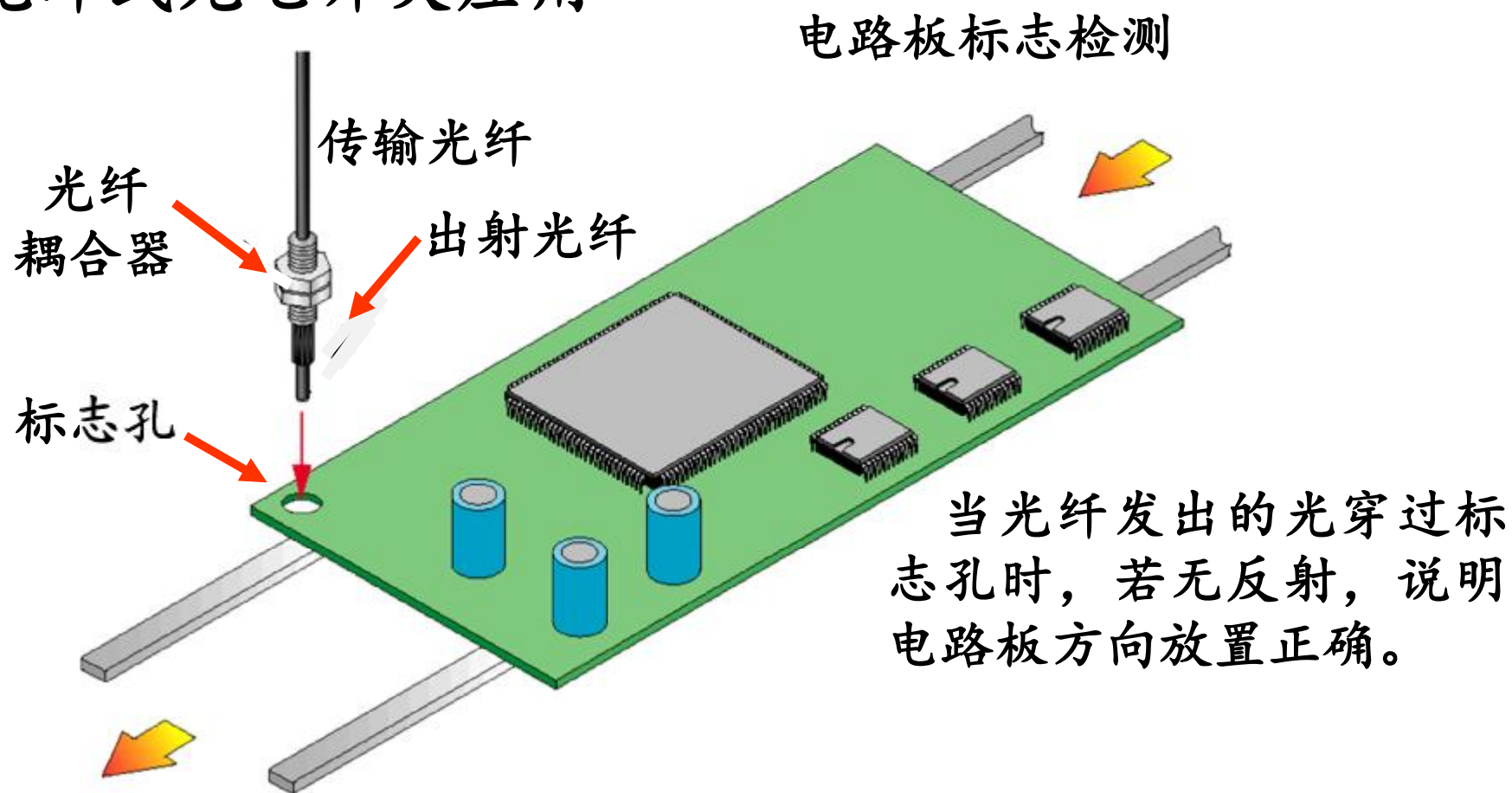
基于法拉第电磁效应的光纤电流传感器 应用于架空电缆线路的电流测量和记录



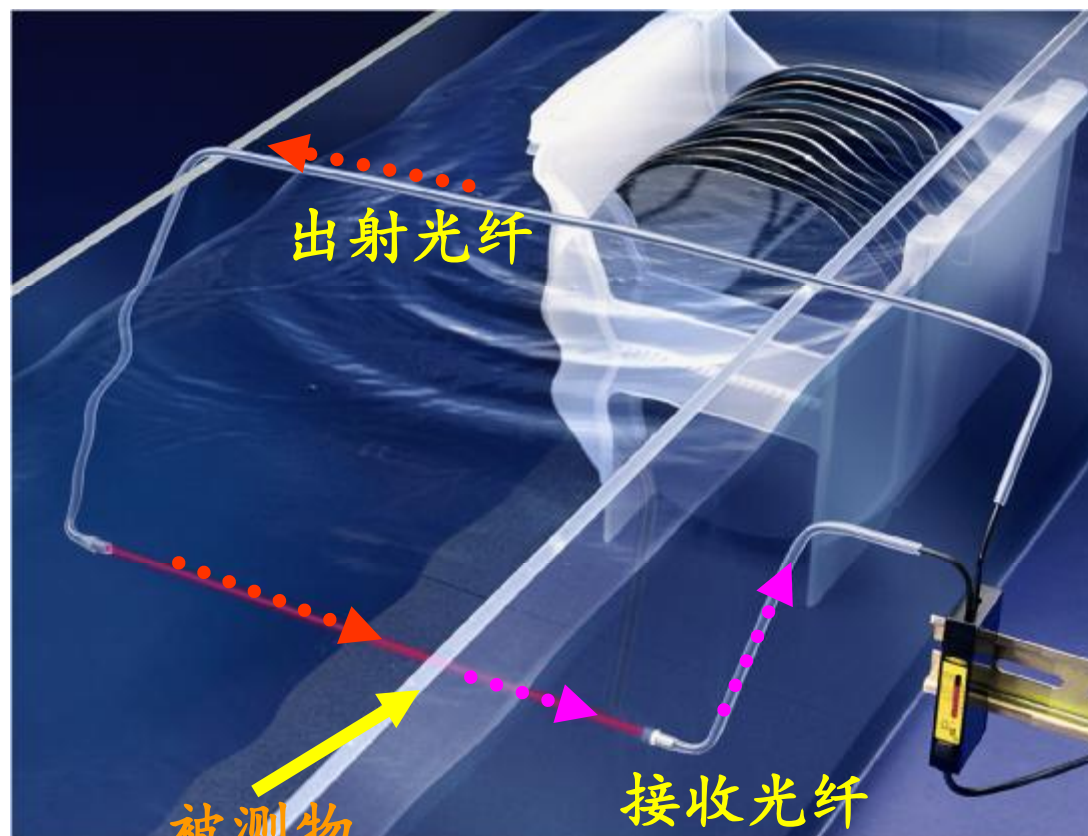
光纤式光电开关



光纤式光电开关应用



光纤式光电开关应用

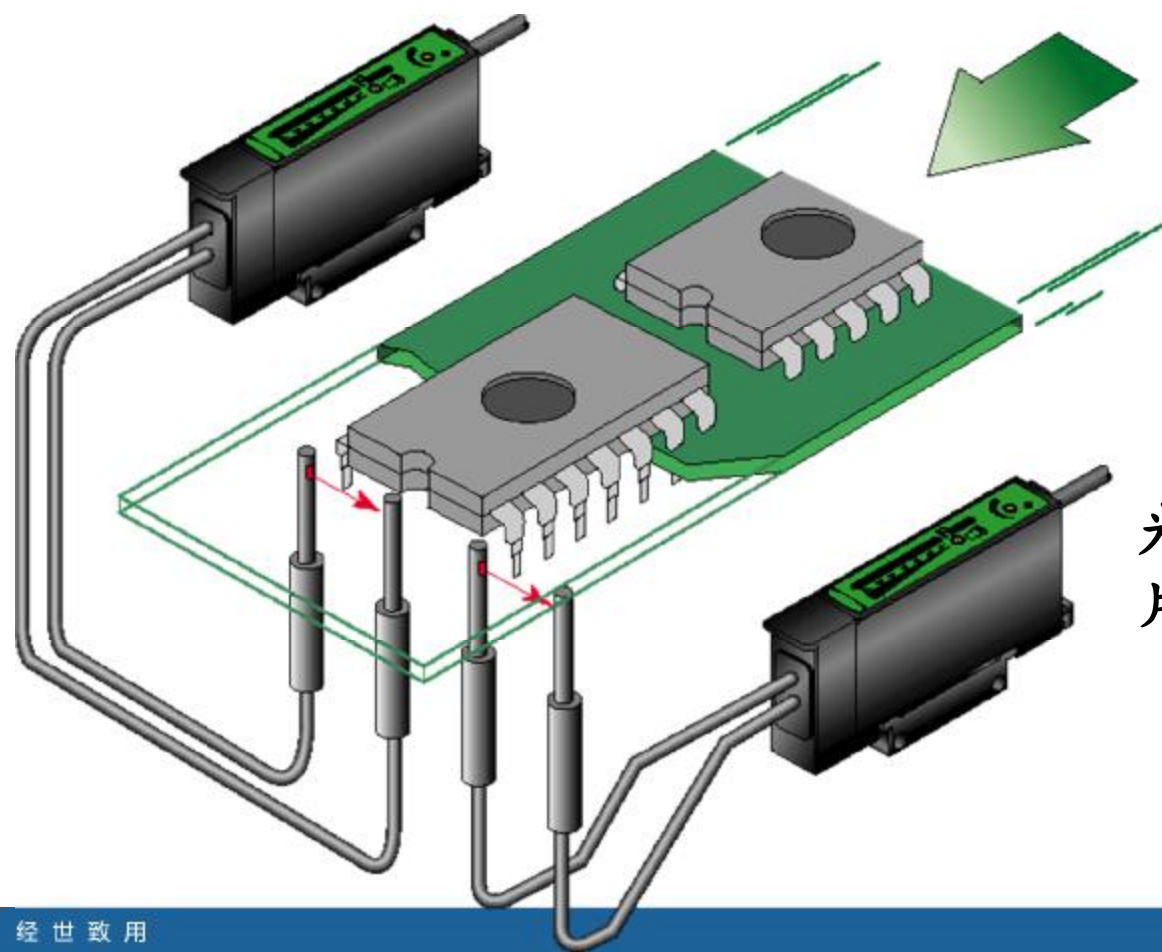


遮断型光纤光电开关

光/电耦合器

被测物
(有机玻璃)

遮断式光纤式光电开关应用



采用遮断型光纤
光电开关对IC 芯
片引脚进行检测

光纤陀螺仪

陀螺仪(gyroscope)意即“旋转指示器”，是指对角速率和角偏差敏感的一种传感器。光纤陀螺仪无活动部件(高速转子)，故称为固态陀螺仪。

光纤陀螺的工作原理是基于萨格纳克(Sagnac)效应。

在同一闭合光路中，从同一光源发出的两束特征相等的激光，以相反的方向在光纤中传播，最后出射并汇合到同一探测点（光电元件）。

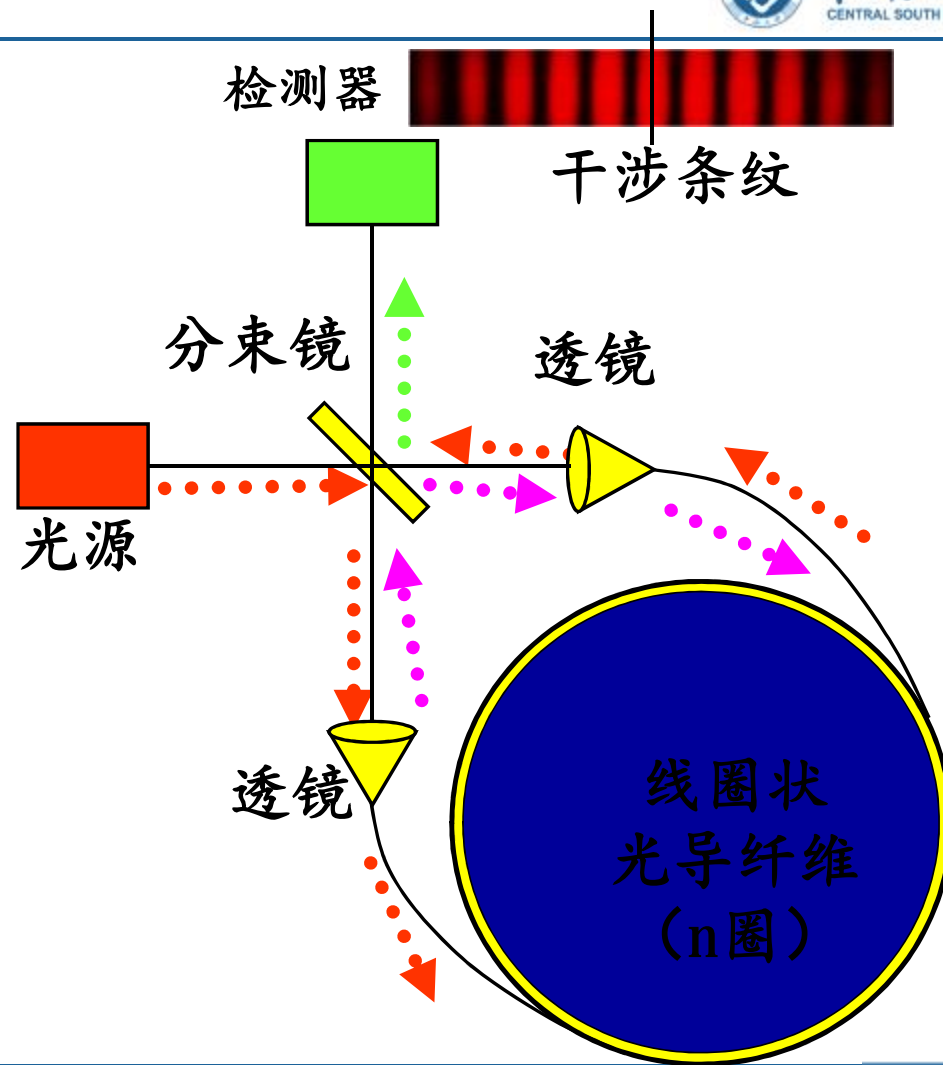
若在垂直于闭合光路所在平面的轴线方向，存在着相对于惯性空间的转动角速度，则正、反方向传播的光束走过的光程不同，就产生光程差。光程差与旋转的角速度成正比。因而只要知道了光程差，及与之相应的两束光的相位差信息，即可得到旋转角速度。

光纤陀螺的光路(开环)

当光导纤维线圈转动, 两束相反方向的激光束在检测器出口就会出现相位差, 导致干涉条纹有所移动。

利用光敏元件测量干涉条纹的变化, 即可换算出光导纤维线圈的角速度和其他参数。

如果设计两个相互垂直的线圈, 就可以测量空间加速度等一系列的运动参数。



光纤陀螺的特点及用途

光纤陀螺仪无机械磨擦力和磨损问题，因而具有较长的使用寿命；具有较强的抗冲击和抗加速运动的能力；灵敏度和分辨率比普通陀螺仪提高了好几个数量级；易于采用集成光路技术，信号稳定，且可直接用数字输出，与计算机接口方便；原理上可瞬间启动，无需预热；可以构成各种惯导系统的传感器。



光纤陀螺仪的演示



光纤陀螺仪用于
飞行器的姿势控制

光纤陀螺仪 用于警察单人车

电力驱动单人车的运行原理主要是建立在“动态稳定”的基本原理上，也就是车辆本身的自动平衡能力。



以内置的精密固态光纤陀螺仪来判断车身所处的姿势状态，透过精密且高速的计算，发出适当的指令，驱动电动机自动平衡单人车的状态。



11

END



THANKS



《传感器技术》

主讲人：李刚