

实验一 光纤位移传感器实验

一、实验目的

了解光纤位移传感器工作原理及其性能。

二、实验内容

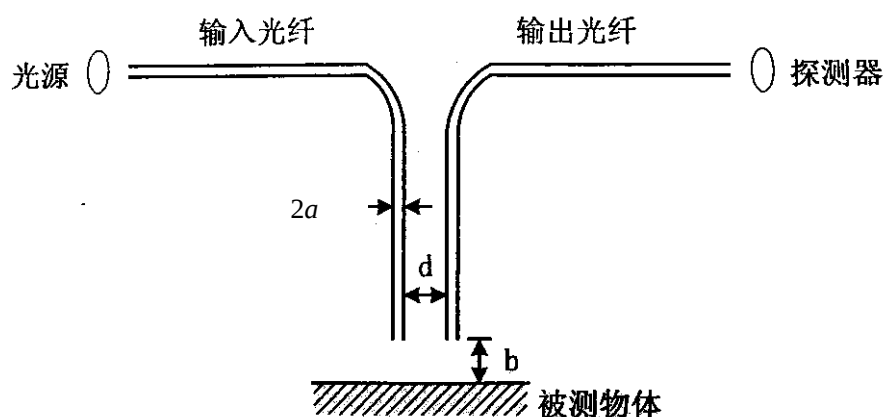
光纤位移传感器输出电压与位移的关系实验。

三、实验仪器

ZY130Fsens12SB（光电传感器实验台）主机箱	一台
光纤位移传感器实验模板	一个
PSD 传感器及位移装置	一套
螺旋测微头	一个
反射面	一个
反射式光纤	一根
导线	若干

四、实验原理

如图是线性位移测量装置，



光从光源耦合到输入光纤射向被测物体，再被反射回另一光纤，由探测器接收。设两根光纤的距离为 d ，每根光纤的直径为 $2a$ ，数值孔径为 N ，如图所示，这时

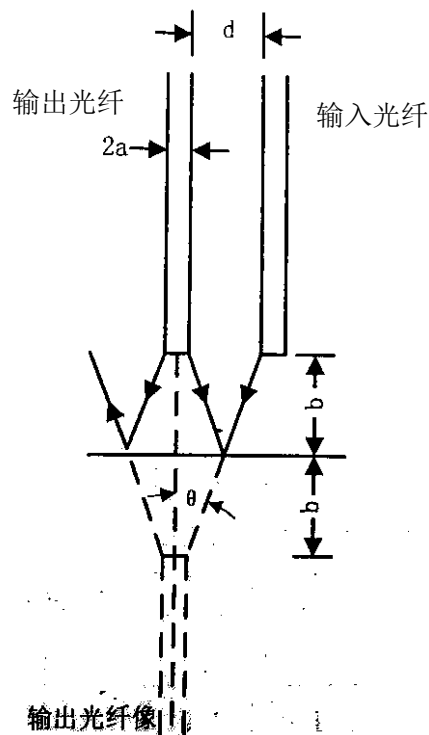
$$\tan \theta = \frac{d}{2b}$$

由于 $\theta = \sin^{-1} N$ ，所以式可以写为

$$b = \frac{d}{2 \tan(\sin^{-1} N)}$$

很显然，当 $b < \left[\frac{d}{2 \tan(\sin^{-1} N)} \right]$ 时，即接收光纤位于光纤像的光锥之外。两光纤的耦合为零，无反射进入接收光纤：当 $b \geq \left[\frac{d}{2 \tan(\sin^{-1} N)} \right]$ 时，即接收光纤位于光锥之内，两

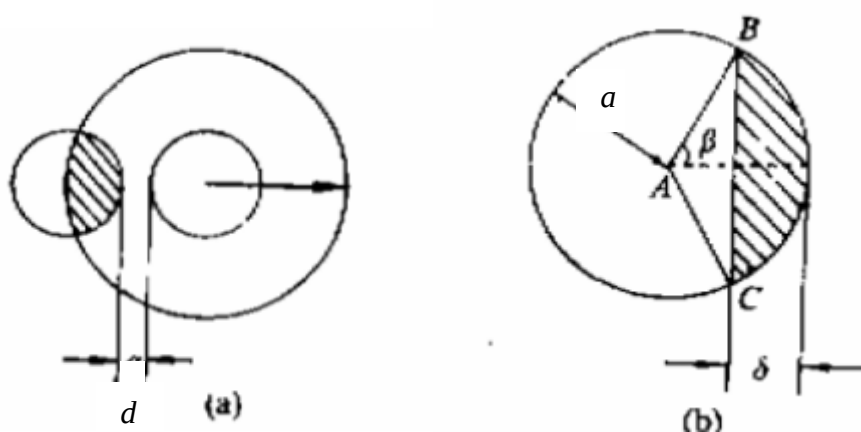
光纤耦合最强，接收光纤达到最大值。 d 的最大检测范围为 $a/\operatorname{tg}(\sin^{-1} N)$ 。



如果要定量的计算光耦合系数，就必须计算出输入光纤像的发光锥体与接收锥体与接收光纤端面的交叠面积，如图所示，由于接收光纤芯径很小，常常把光锥边缘与接收光纤芯交界弧线看成是直线。通过对交叠面简单的几何分析，不难得到交叠面积与光纤端面面积之比 α 。即

$$\alpha = \frac{1}{\pi} \left[\cos^{-1} \left(1 - \frac{\delta}{a} \right) - \left(1 - \frac{\delta}{a} \right) \sin \left(1 - \frac{\delta}{a} \right) \right]$$

δ —— 光锥底与输入光纤芯端面交叠扇面的宽



光纤发射锥与接收端面重叠面积计算示意图

$$\delta = 2b \times \operatorname{tg} \theta - d$$

三角形 $\triangle ABC$ 面积 $S = a \sin \beta \times a \cos \beta$

$$\text{扇形面积} = \beta \times a^2$$

$$\text{其中: } \cos \beta = (a - \delta) / a = 1 - \delta / a$$

$$\sin \beta = \sin \left[\cos^{-1} \left(1 - \delta / a \right) \right]$$

输入光纤的光与光纤芯交叠面积之比

$$\alpha = (\beta a^2 - S) / \pi a^2$$

$$= \frac{1}{\pi} (\beta - S / a^2)$$

$$= \frac{1}{\pi} \left\{ \cos^{-1} \left(1 - \frac{\delta}{a} \right) - \left(1 - \frac{\delta}{a} \right) \sin \left[\cos^{-1} \left(1 - \frac{\delta}{a} \right) \right] \right\}$$

本实验采用的传光型光纤，它由两束光纤混合后组成，两光束混合后的端部是工作端亦称探头，它与被测体相距 X ，由光源发出的光传到端部出射后再经被测体反射回来，由另一束光纤接收光信号经光电转换器转换成电量，而光电转换器的电量大小与间距 X 有关，因此可用于测量位移。

五、实验步骤

1、根据图 1-1 安装光纤位移传感器，光纤二束插入实验板上的座孔上。其内部已和发光管 D 及光电转换管 T 相接。

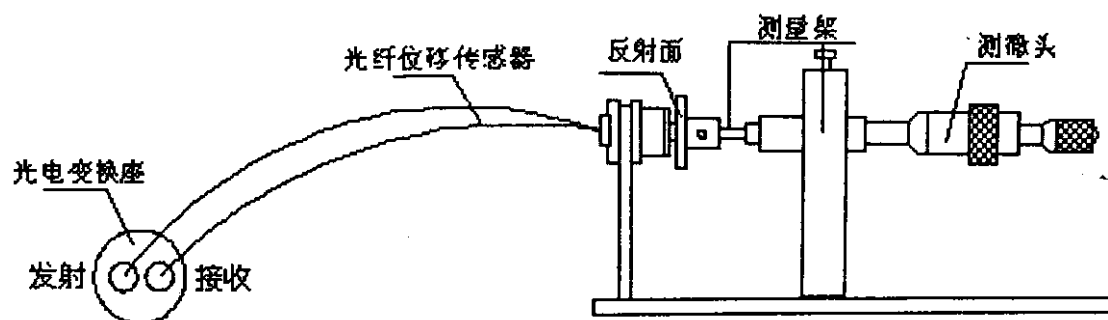


图 1-1 光纤位移传感器

2、将主机箱的电压表接到实验模块 V_0 和 “ $\perp$ ”，将实验模块的 “ $\pm 15V$ ” 和 “GND” 插孔与主机箱中的稳压电源 “ $\pm 15V$ ” 极其 “ $\perp$ ” 分别对应相连，见图 1-2。

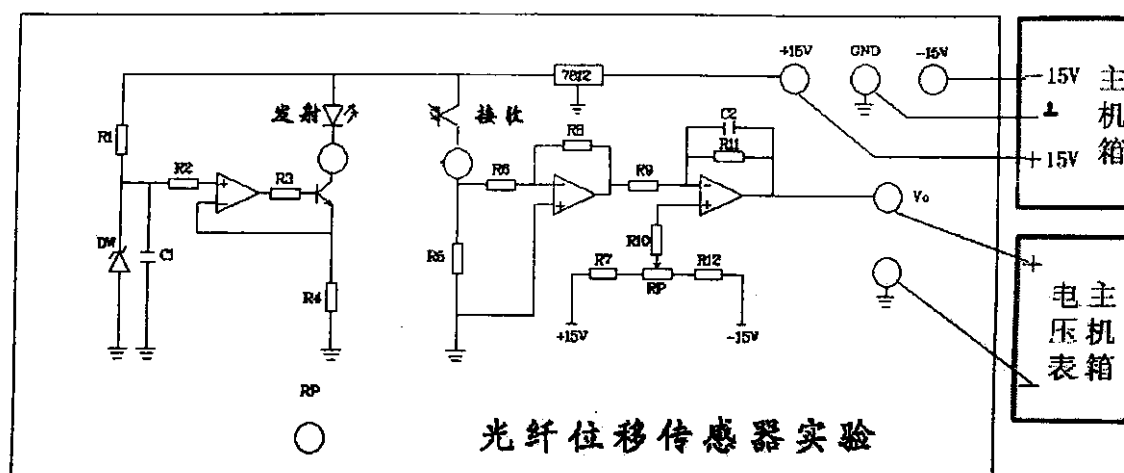


图 1-2

调节测微头，使探头与发射面圆平板接触。

打开电源开关，调 RP 使数显表显示为零。

旋转测微头，使被测体郭开探头，每隔 0.1mm 读出数显表值，将其填入表 1-1。

表 1-1 光纤位移传感器输出电压与位移数据

X (mm)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
U (V)										
X (mm)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
U (V)										

3、根据上表，作光纤位移传感器的位移特性曲线，计算在量程 1mm 时灵敏度和非线性误差。

六、实验报告

测量光纤位移传感器输出电压与位移的关系，填入表中，并做出特性曲线。

七、实验思考题

根据特性曲线，试想一下光纤位移传感可做哪些测量？

八、实验测试点说明

“+15V”、“GND”、“-15V”为电源引入口，接主机的“+15V”、“⊥”、“-15V”；“V_o”及其下方插孔为输出电压检测点，分别接主机箱电压表“+”、“-”。

实验二 Mach-Zehnder 光纤干涉实验

一. 实验目的

1. 掌握光纤 Mach-Zehnder 干涉仪的基本原理；
2. 实验操作调试 Mach-Zehnder 干涉仪并进行性能测试。

二. 实验原理

以光纤取代传统 Mach-Zehnder 干涉仪的空气隙，就构成了光纤型 Mach-Zehnder 干涉仪。这种干涉仪可用于制作光纤型光滤波器、光开关等多种光无源器件和传感器，在光通信、光传感领域有广泛应用，其应用前景非常好。

光纤型 Mach-Zehnder 干涉仪实际上是由分束器构成。当相干光从光纤型分束器的输入端输入后，在分束器输出端的两根基本长度相同的单模光纤汇合处产生干涉，形成干涉场。干涉场的光强分布（干涉条纹）与输出端两光纤的夹角即光程差相关。令夹角固定，那么外界因素改变的光程差直接和干涉场的光强分布（干涉条纹）相对应。

三. 实验装置：

主机、光纤跳线 1 根。

四. 实验内容及步骤

1. 将主机中的“650 光源”端口与“光源输入”端口用 1 根光纤跳线连接起来。
2. 打开光源，观察毛玻璃窗上的干涉条纹。
3. 打开上盖，观察内部光路结构，分析观察到的现象。

五. 实验报告

根据观察现象，画出观察毛玻璃窗上的干涉条纹图像草图。

实验三 光纤压力传感原理实验

一.实验目的

1. 了解光纤传感的原理及意义。
2. 实际操作观察光纤压力传感的现象。

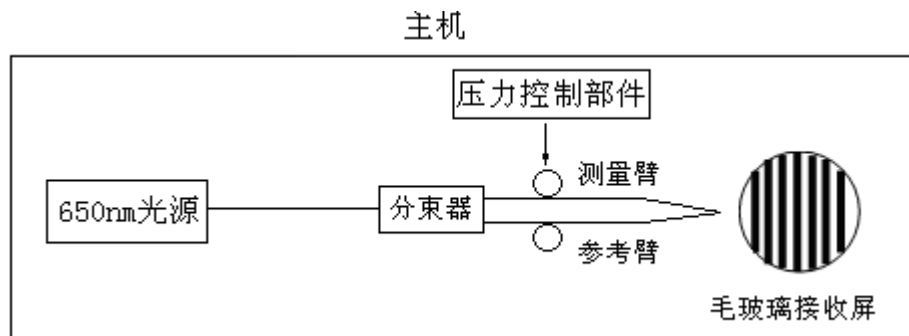
二.实验原理

光纤传感的工作原理是，被测量的量改变了光纤的传输参数或载波参数，这些参数随待测信号的变化而变化。光信号的变化反映了待测物理量的变化。

本实验系统所进行的传感原理是 Mach-Zehnder 光纤干涉原理。Mach-Zehnder 干涉属于双光束干涉原理，由双光束干涉仪里面可知，干涉场的干涉光强为：

$$I \propto (1 + \cos \delta)$$

δ 为干涉仪两臂的光程差对应的相位差， δ 等于 2π 整数倍时为干涉场的极大值。压力改变了干涉仪其中一臂的光程，于是改变了干涉仪两臂的光程差，即位相差，位相差的变化由按上式规律变化的光强反映出来。



附图 12 光纤压力传感原理图

三.实验装置：

主机、光纤跳线 1 根。

四.实验内容及步骤

本实验中传感量是压力，压力改变了光波的位相，通过对位相的测量来实现对压力的测量。具体的测量技术是运用干涉测量技术把光波的相位变化转换为（振幅）变化，实现对压力的检测。操作方案采用光纤干涉仪进行对压力传感的测量，利用干涉仪的一臂作参考臂，另一臂作为测量臂（改变应力），配以检测显示系统就可以实现对压力传感的观测。本实验只对压力引起光波参数改变作定性的观测，即观察压力的改变引起观测屏上干涉条纹的移动。

五. 实验报告

根据观察到的现象，画出毛玻璃上干涉条纹草图，并标出条纹移动方向与施加压力关系。

实验四 光纤熔接实验

一、实验目的

1. 熟悉光纤熔接工具的功能和使用方法
2. 掌握光纤熔接技术
3. 学会使用光纤熔接机熔接光纤

二、实验装置

1. 光纤熔接机、光纤工具箱（光纤切割刀、光纤剥离钳、酒精棉、酒精泵等）
2. 单模光纤

三、实验内容

1. 使用光纤剥线钳剥开光纤外包皮
2. 切割光纤
3. 使用熔接机熔接光纤

四、实验步骤

1. 光纤端面处理

（1）去除套塑层

用光纤套塑剥离钳，按要求去除 4 公分尼龙层，剥除后根部应平整，并把尼龙残留物去除。

（2）去除一次涂层

一次涂层又叫预涂敷层。用光纤涂敷层剥离器去除一次涂层，应该干净，不留残余物。

用光纤涂敷层剥离器按规定长度夹住光纤，均匀用力，向外拉动。用酒精清洗掉残留物。

（3）切割、制备端面

要求：制作好的端面应该为平整镜面，并且端面垂直于光纤轴，同时要求边缘整齐，无缺损和毛刺。

端面制作好以后的裸光纤长度为 2 公分。

方法：利用光纤切割刀将去掉涂敷层的光纤按照切割装置上的标记放置好光纤，固定好以后，按照正确的使用方法，制备光纤端面。

2. 光纤的对准和熔接

将两根处理好端头的光纤放入光纤熔接机的 V 型槽内，盖紧夹盖，按动熔接按钮，光纤自动熔接完毕。

3. 熔接质量评价

（1）外观目测检查

在显示器上观察光纤熔接部位是否良好。若有以下情况，应该重新连接：

- a、有连接痕迹
- b、连接成球状
- c、接头部位变粗
- d、轴向偏移
- e、有气泡

f、接头部位变细

(2) 连接损耗估计

从熔接指示上看损耗读数是否答标准规定

(3) 张力测定

熔接机上有张力测定装置，即已经加上了 240g 的张力。若没有此装置必要时可用手轻拉，不断则为合格。

(4) 连接损耗测量

连接损耗估计只是一个经验公式值，若施工中接续，则必须准确测量接头损耗。

4. 接头的增强保护

光纤接续完成后，有 2~4mm 长度的裸纤的一次涂敷层已经不存在了，强度大降低，并且熔接部位经过电弧灼烧后变的更脆，所以需要进行接头保护。

方法：轻轻从熔接机上取下光纤，注意用力平稳，避免倾斜方向硬拉。将热缩套管轻轻拉到拉头部位，打开加热器盖板，将套有热缩套管的光纤接头放入熔接机加热器内，合上盖板。加热到一定时间（视具体设置而定），取出，放到熔接机的散热片上，冷却即可。

五、实验报告

将熔接光纤的测量损耗记录下来。