

光电定向实验

[实验目的]

- 1、了解单脉冲定向原理。
- 2、了解四象限探测器的性能。
- 3、通过该系统直接、间接地测定目标的方向，观测可见光辐射到四象限探测器上的位置和强度变化。

[实验内容]

- 1、测量激光器脉冲驱动信号。
- 2、测量以四象限探测器做接收器，脉冲光信号的放大信号。
- 3、通过上位机显示每个象限的光强以及光斑的光心坐标，通过观察光斑在四个象限的显示情况验证四象限探测器原理。

[实验仪器]

- | | |
|---------------|-----|
| 1、光电定向实验系统实验箱 | 1 套 |
| 2、20M 双踪示波器 | 1 台 |
| 3、PC 机 | 1 台 |

[实验原理]

(一)、光电定向及四象限探测器原理

光电定向是指用四象限探测器组成的光学系统来测定二维方向上目标的方向，其关键器件是四象限探测器。

我们所用四象限光电探测器是将四个性能相同的光电探测器按照直角坐标排列成四个象限做在同一芯片上，通常称四象限管，如图 1 所示。四个象限之间的间隔称为“死区”。在可

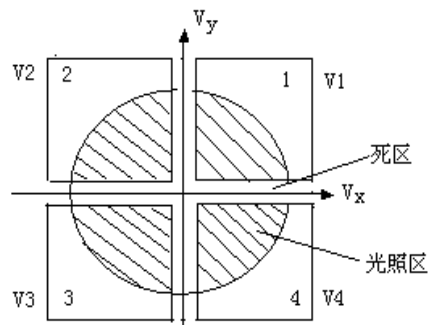


图 1 四象限探测器示意图

见光和近红外波段，光电探测器目前广泛采用硅光电池和硅光电二极管。光电探测器在有光照射时产生电信号。

用四象限光电探测器作为二维方向上目标的方位定向原理如图 2 所示。

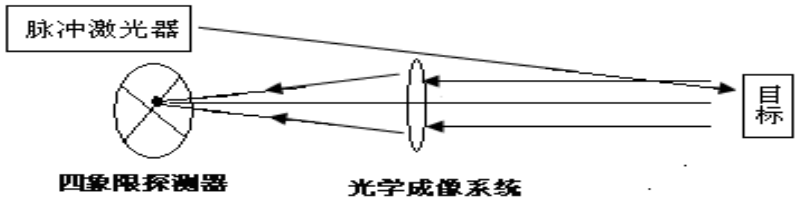


图 2 定向原理示意图

脉冲激光器发出脉冲宽度极窄而功率很高的激光脉冲，照射远处目标，目标对光脉冲发生漫反射，反射回来的光由光电接收系统接收。

光电接收系统由光学成像系统和四象限探测器组成，如图 3 所示，

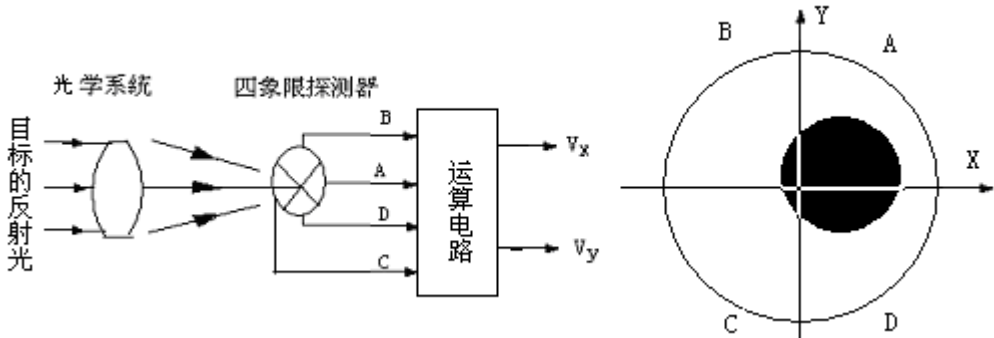


图 3 光学成像系统和四象限探测器示意图

目标光信号经光学成像系统后在四象限光电探测器上成像。四象限探测器放在光学系统后焦面附近，光轴通过四象限探测器的十字沟道中心，因四象限探测器的位置略有离焦，于是接收目标的像为一圆形光斑。当目标成像在光轴上时，圆形光斑中心与四象限探测器中心重合。因四象限探测器中四个探测器件受照的光斑面积相同，输出相等的脉冲电压。当目标成像不在光轴上时，目标像的圆形光斑的位置在四象限探测器上相应的有偏移，四个探测器件受照的光斑面积不同，输出不相等的脉冲电压。对四个探测器输出的信号进行运算处理，就可以知道目标在直角坐标系X—Y中用电压 V_x 和 V_y 表示的方位。

运算电路实现方式有和差式、和差比幅式、对差式和对数相减式。

所谓和差式就是如图 4 所示先计算探测器件输出信号的和，再计算和的差，原理如图 4 所示。

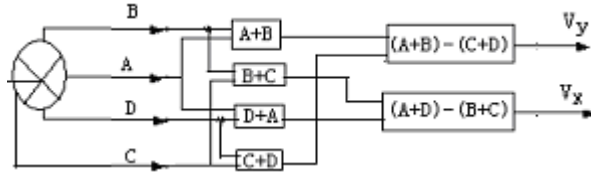


图 4 和差式原理示意图

假设光斑得到的辐射是均匀的，每个光电探测器件收到的光功率，从而输出信号一定与每个探测器件接收到的光斑面积成正比。这里以 A、B、C、D 表示光电探测器接收到的光斑面积占总光斑面积的百分比，若探测器件的材料是均匀的，则各象限的光功率信号与各象限的光斑面积成正比，各象限的输出信号也与各象限的光斑面积成正比，对和差运算，系统输出电压信号为：

$$V_x = KP[(A + D) - (B + C)]$$

$$V_y = KP[(A + B) - (C + D)]$$

对应于光斑圆心坐标：

$$X = KP[(A + D) - (B + C)]$$

$$Y = KP[(A + B) - (C + D)]$$

其中，K 为电路放大系数，P 为探测器接收的总功率。显见，只要系统确定，则 K、P 均是常数，偏离值只与光斑面积的百分比有关；但在实际系统中，P 要随目标距离远近而变化， V_x 、 V_y 并不能代表目标的实际坐标，若采用和差比幅式就可以解决这个问题，和差比幅式原理如图 5 所示。

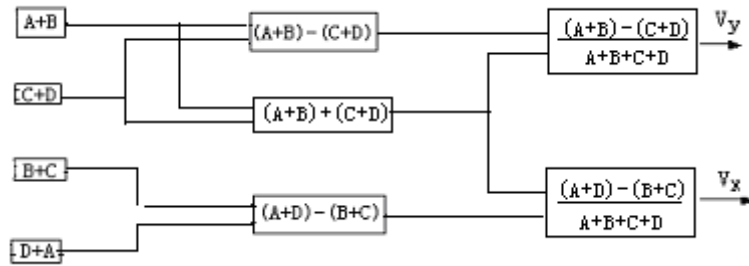


图 5 和差比幅式原理示意图

系统输出电压信号为：

$$V_x = k \frac{(A + D) - (B + C)}{A + B + C + D}$$

$$V_y = k \frac{(A + B) - (C + D)}{A + B + C + D}$$

对应于光斑圆心坐标：

$$X = k \frac{(A + D) - (B + C)}{A + B + C + D}$$

$$Y = k \frac{(A + B) - (C + D)}{A + B + C + D}$$

可见上式中就不包含了总功率 P。

本实验系统采用激光脉冲模拟成像信号直接照射四象限探测器。

(二)、光电定向实验系统实现原理

光电定向是指用光学系统来测定目标的方位，在实际应用中具有精度高、价格低、便于自动控制和操作方便的特点，因此在光电准直、光电自动跟踪、光电制导和光电测距等各个技术领域得到了广泛的应用。本实验系统采用 650nm 半导体激光器作为光源，四象限探测器作为光电探测接收器，实现可以直观、快速观测定位跟踪目标方位的光电定向装置。

该系统主要由发射部分、光电探测器、信号处理电路、数据采集和软件显示部分组成。该系统结构框图如图 6 所示。

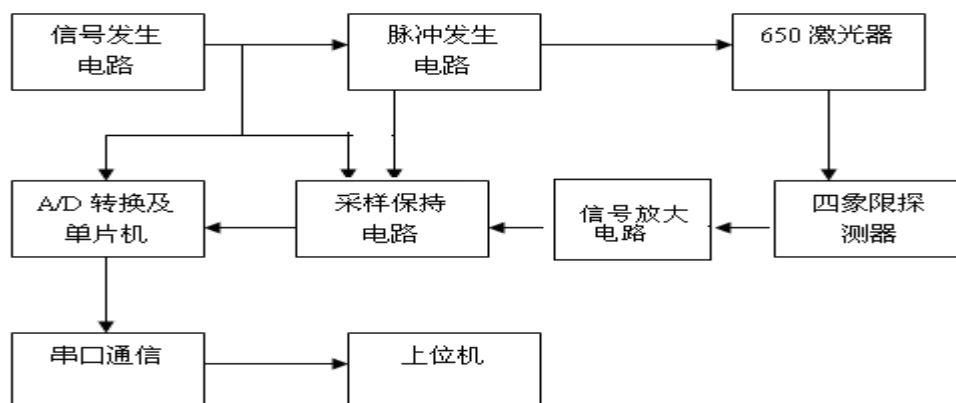


图 6 系统结构图

1、激光器发射部分

发射部分主要由信号发生器电路，脉冲发生电路和 650nm 半导体激光器等部分组成。

信号发生电路：由 NE555 构成，产生频率和占空比均可调的方波信号，电路如图 7 所示。

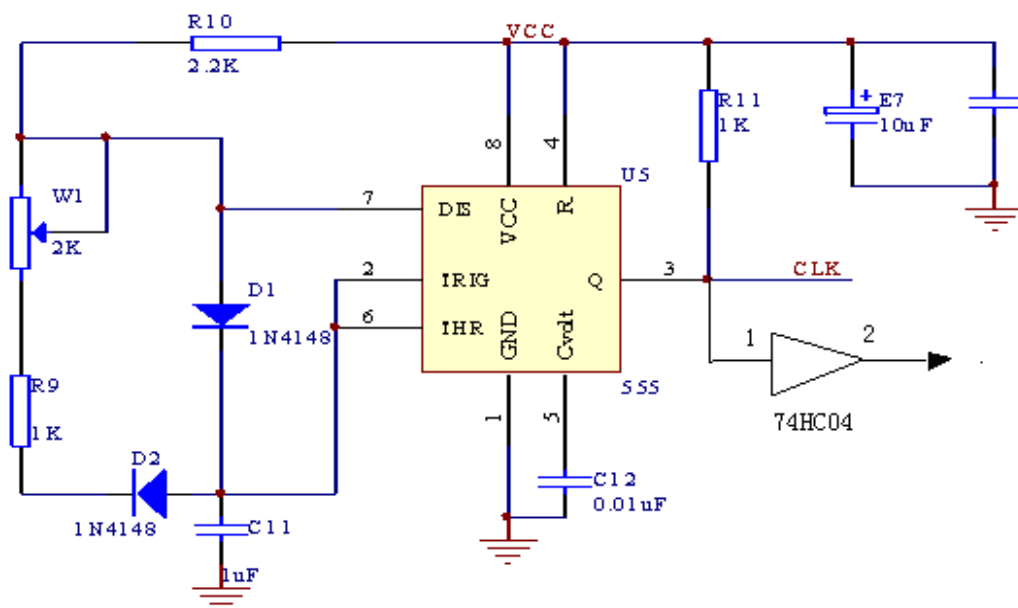


图 7 信号发生电路

其中 D1、D2 使电容 C11 的充放电回路分开，充电回路为 R10、D1、C11，放电回路为 D2、R9、W1，内部三极管 T 及电容 C11，调节电位器 W1 可以改变输出脉冲的占空比和频率，当 $R10=W1+R9$ 时，则可获得占空比为 50% 的方波。

脉冲发生电路：由可重触发的单稳态触发器 74HC123 构成并连接成上升沿触发方式，其简化电路如图 8 所示，74HC123 芯片功能真值表如表 1 所示。

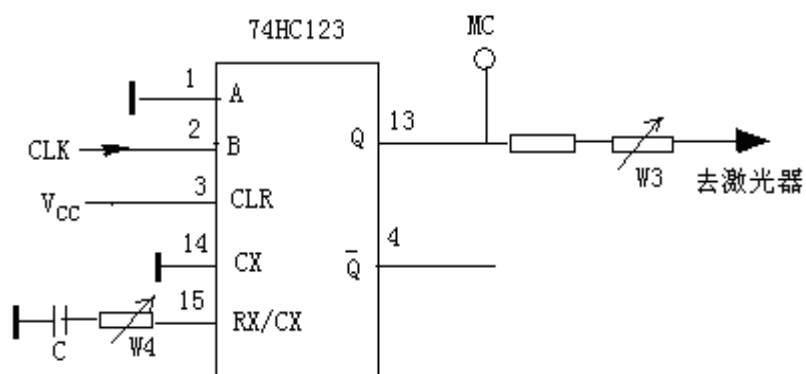


图 8 脉冲发生电路简化图

实际电路中 CLR 接高电平，A 接低电平，B 接信号发生电路产生的方波信号，单稳态触发器正向输出为正脉冲，反相输出与正向输出相反。利用正向输出的正脉冲驱动激光器，MC 为引出的测试点，在试验箱中引接测试勾 MC。其中输出脉冲的宽度由微分电路 W4 和 C 的时间常数决定。

表 1 74HC123 芯片功能真值表

输入			输出	
CLR	A	B	Q	$\overline{Q}$
0	×	×	0	1
×	1	×	0	1
×	×	0	0	1
1	0	↑		
1	↓	1		
↑	0	1		

2、接收部分

接收部分主要由四象限探测器组成，其原理如前面所介绍。

3、信号处理电路

信号处理电路包括四象限探测器的偏置与放大电路和采集保持电路两部分。

偏置与放大电路：为提高四象限探测器灵敏度，对光电二极管输出处理加偏置电路，同时光电二极管输出信号幅度通常比较小，这种信号要用来指示与控制必须经过放大。另外，由于光电二极管的性能不可能完全一致，放大器还可以起补偿和均衡作用。由单运放 AD8550 构成放大电路，电路框图如图 9 所示。

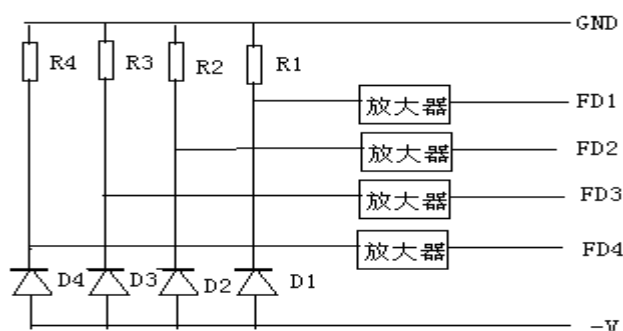


图 9 偏置及放大电路框图

此电路与四象限探测器管集成在一起。四个探测器的输出信号经放大后可由 FD1、FD2、FD3、FD4 测试点测量。

采集保持电路（展宽电路）：单脉冲定向系统中，探测器输出的脉冲其宽度一般为几十纳秒级也可能更窄，而且重复频率比较低，一般为几十赫兹。对于这种

信号要对脉冲幅度进行模—数转换为数字信号时,完成一次模—数转换所需时间要比脉冲宽度保持时间长得多,又由于要用这种信号来指示与控制时,也需要有足够的脉冲宽度,所以必须对脉冲进行采样保持,即展宽。展宽电路的实质就是峰值保持,将高电平持续的时间延长,通常由模拟开关、模拟信号存储电容和缓冲放大器组成。本实验系统采用的电路,如图 10 所示。它由两个四双向开关 74HC4066、1/2 个可重触发的单稳态触发器 74HC123、六反向器 74HC74 和两个双运算放大器 LF353 组成。图 10 中运算放大器部分只画出了对 FD1 的展宽电路,其它三路于此电路相同。

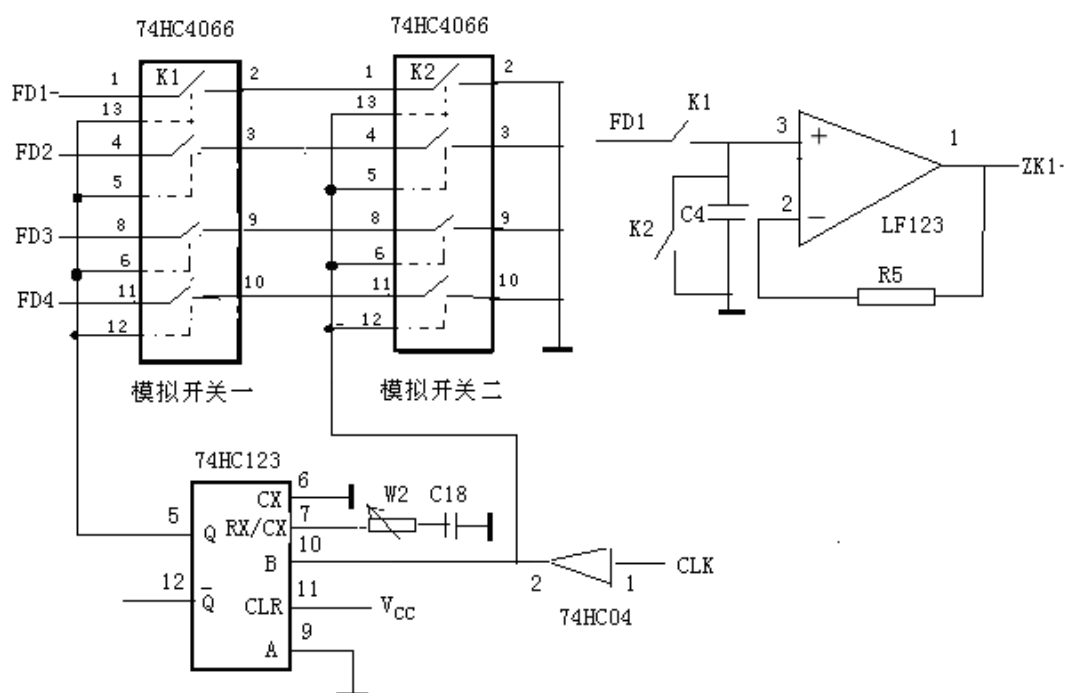


图 10 采集保持电路

前置放大器的输出信号 FD1 输入到模拟开关一,单稳态触发器接成下降沿触发方式,来自信号发生器信号 CLK 经 74HC74 反向触发单稳态触发器 74HC123,其输出信号是与 FD1 同相的窄脉冲,控制模拟开关一的通断,即 K1 的控制信号。控制 FD1 信号能否输入运算放大器, C4 为模拟信号存储电容。

来自信号发生器 CLK 的信号经 74HC04 反向,控制模拟开关二的通断,即 K2 的控制信号且为占空比可调的方波。

FD1 信号,模拟开关 K1, K2 的控制信号和展宽电路的输出波形如图 11 所示,模拟开关 K1, K2 在控制信号为高电平时闭合,低电平时断开。

FD1 信号为高电平时, K1 的控制信号为高电平, K2 的控制信号为低电平, K1 闭合、K2 断开,输入信号给电容充电,此时电容上的电压按指数规律上升,

很快充电到 FD1 的峰值，并作为 LF353 的同向输入信号，LF353 输出为高电平；FD1 变为低电平时，K1 的控制信号也为低电平，K1 断开，但 K2 的控制信号还是低电平，K2 断开，电容通过 LF353 的同向输入端的输入阻抗放电，由于放电较慢，在一定时间内仍保持高电平输入 LF353，输出为高电平。当 K2 的控制信号变为高电平时，K2 闭合，电容直接对地形成放电回路，将充电电量很快放完。LF353 的同向输入信号为低电平，输出为低电平。下一个 FD1 脉冲信号高电平来到，重复上述过程，即得到展宽后的输出。它与信号发生器的输出信号一样，为占空比可调的方波，调节信号发生器电路中的 W1，可改变展宽后的脉冲宽度。四个探测器的输出信号经放大展宽后可由 ZK1、ZK2、ZK3、ZK4 测试点测量。

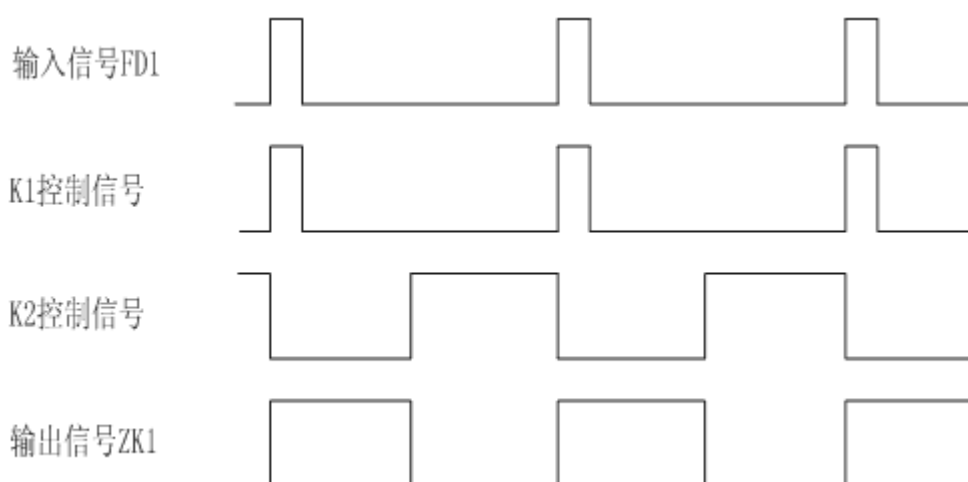


图 11 FD1 信号，模拟开关 K1、K2 的控制信号和展宽电路的输出波形

4、数据采集和显示电路

模数转换电路将展宽的四路模拟信号 ZK1、ZK2、ZK3、ZK4 输入单片机的 P0 口，通过串口电路输入上位机，同时由单片机的 P2 口指示 ZK1、ZK2、ZK3、ZK4 的电位，若某一路为高电位，P2 口相应位输出低电位，由发光二极管 D1~D4 显示，二极管亮表示光斑在此象限的面积最大，即光斑在此象限。同时上位机通过软件在屏幕上显示 ZK1、ZK2、ZK3、ZK4 的电压值，并将 ZK1、ZK2、ZK3、ZK4 的电压进行用和差比幅式计算，显示光斑的位置和光斑中心的 X—Y 坐标值。数据采集和显示简化电路，如图 12 所示。

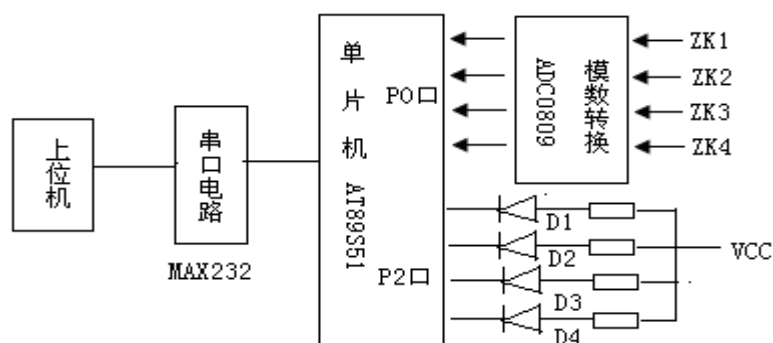


图 12 数据采集和显示简化电路

[实验注意事项]

1、探测器象限定义：

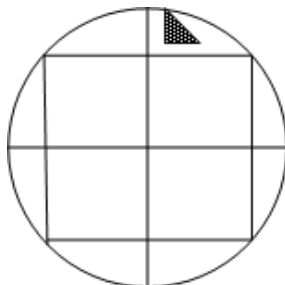


图 13 四象限探测器正视图

四象限探测器如图 13 所示有一三角形标示的为第一象限，依次按逆时针排列为第二、第三、第四象限。

- 2、激光器前自带有准直透镜，可以调节光斑的大小。当需要调节准直透镜时，调节准直透镜螺纹，使光斑达到满意大小即可。
- 3、插拔 RS232 接口前，必须切断电源开关。
- 4、勿随意触摸，改动 PCB 上的器件。
- 5、不要用眼睛直接看激光，以免损伤眼睛。
- 6、四象限 Si PIN 光电探测器在使用中应防止剧烈震动、冲击，以免光窗损坏。
- 7、在贮运、使用过程中必须采取静电防护措施，以免器件失效。

[实验步骤]

- 1、将软件安装在电脑上。软件安装说明见后。
- 2、进行实验箱安装搭建，安装搭建后的整体效果图如图 14 所示。

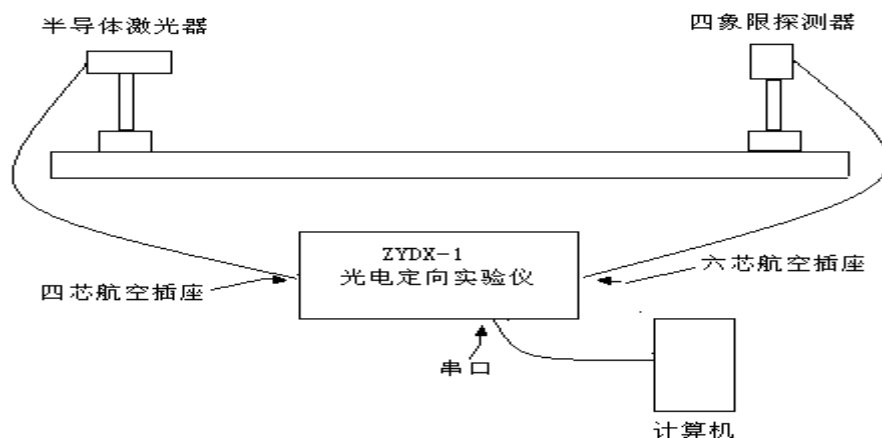


图 14 整体效果图

先将滑动块套筒安装在导轨的滑动块上面。然后通过激光器固定螺钉将激光器固定在两维手动平移台上，接着用两个支杆分别将激光器发射部分和探测器接收部分安装在套筒上面。为了便于实验,激光器发射部分安装在右边，探测器接收部分安装在左边。

安装时要轻拿轻放，避免结构件弯曲变形，影响实验精度。安装好的示意图如图 14 所示。

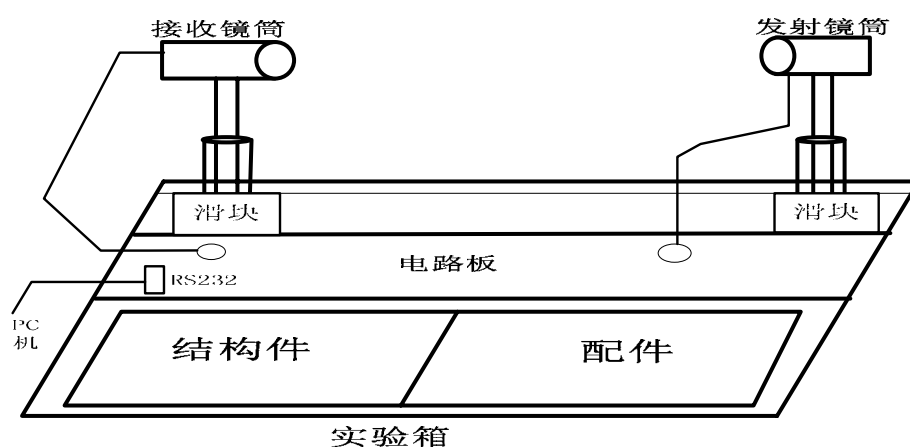


图 15 安装示意图

- 3、激光器发射部分用连接线与电路板右边的航空插座相连，向激光器提供脉冲驱动电源，四象限探测器用连接线与光电定向实验仪左边的航空插座相连。
- 4、打开实验箱右边的电源开关。激光器驱动部分指示灯亮，证明电源接通。
- 5、将激光器发射部分和探测器接收部分在水平方向对准，调节激光器发射部分前端的旋钮，使激光器的光斑到满意程度后，对准接收部分的四象限探测器的光敏面中心，其中指示四个象限光强指示灯有一个发亮，表明此象限光强最强，证明电路正常工作。

- 6、用示波器观测 MC 测试点激光器的驱动信号应为脉冲信号，记录下其频率，幅度，脉宽，波形。
- 7、用示波器观测指示灯亮的一路的 FD 信号、ZK 信号、模拟开关一的控制信号（从 U2 的 5 脚）和模拟开关二的控制信号（从 U1 的 5 脚）。
- 8、根据指示灯测量对应象限的脉冲信号的放大信号和展宽信号，记录下频率、脉冲和幅度，描绘出波形。

测试点	频率	幅度	波形
FD1			
ZK1			
FD2			
ZK2			
FD3			
ZK3			
FD4			
ZK4			

- 9、转动接收部分，观察光斑在四个象限内进行移动，对应象限的指示灯亮。
- 10、关闭电源开关，用串口线将实验箱和计算机连好，然后再打开电源并运行上位机软件，

显示界面如图 16 所示：

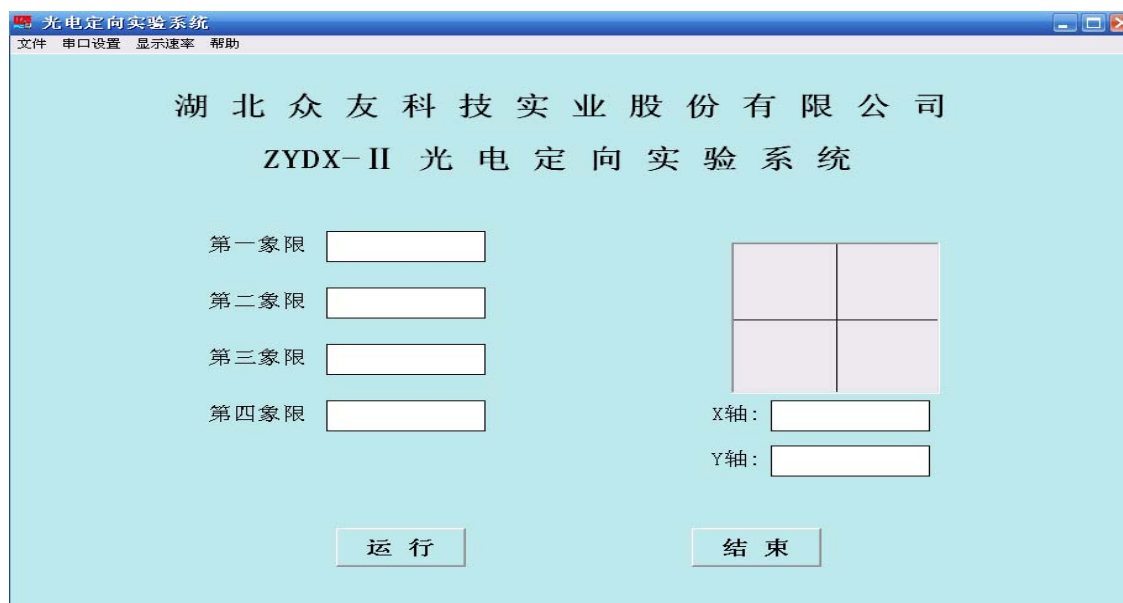


图 16 软件显示界面

点击“运行”按钮，屏幕左侧四个窗口分别显示四个象限接收光的强度转换的

电信号的值（单位：V）和变化，右面的屏幕可以直观的显示出光辐射到探测器上的位置（为一圆斑），以及利用和差比幅式计算的光斑中心的坐标值。转动接收部分（模拟目标位置的变化），可观察上述显示均发生的变化。

11、点击“停止”按钮可停止采集数据，如再点击“运行”按钮又开始采集数据，同时“运行”按钮也会变成“停止”。点击“停止”可以暂时中断接收数据，“结束”按钮直接退出系统。

12、实验结束后，关闭电源开关并将连接线都放入实验箱中,将发射部分和接收部分拆卸下来放入实验箱相应部位。

[实验报告]

1、记录激光器脉冲驱动信号。

2、记录并画出四象限探测器出来的放大信号 FD、展宽信号 ZK、K1 和 K2 的控制信号。

3、通过上位机显示的数字信号得到的坐标值验证四象限探测原理。

[实验思考题]

根据实验中的体会试分析影响定向精度的因素有哪些？

[测试点说明]

实验测试点说明如表 2 所示：

表 2 实验测试点说明

缩写	定义
GND(1、2、3)	地
FD1	探测器一象限输出并放大后的信号
FD2	探测器二象限输出并放大后的信号
FD3	探测器三象限输出并放大后的信号
FD4	探测器四象限输出并放大后的信号
ZK1	探测器一象限的信号被展宽后的信号
ZK2	探测器二象限的信号被展宽后的信号
ZK3	探测器三象限的信号被展宽后的信号
ZK4	探测器四象限的信号被展宽后的信号
MC	激光器的脉冲驱动信号