

自动变光焊接护目镜响应特性测试系统

研究技术报告

一、技术方案

1. 总体技术要求

自动变光焊接护目镜响应特性测试系统是作为计量液晶焊接护目镜产品响应时间的专用设备，因此仪器有较高的测量精度和稳定性。主要技术指标要求如下：

- 1) 测量精度 0.5ms，量程 0-1000ms
- 2) 被测眼护具遮光号 4—15 号
- 3) 仪器采用计算机控制和测量
- 4) 在 1 分钟内完成样品不同部位处三次响应时间和保持时间的测量
- 5) 要求计算机进行曲线和数据显示、打印
- 6) 符合《变光焊接眼护具》行业标准报批稿。
- 7) 要求测试仪器的商品化

要求测量的内容包括：

1) 响应时间：

眼护具由透明到暗态所需要的时间，用公式表示为：

$$t_S = \frac{1}{\tau_l} \int_{t=0}^{t=t(\tau=3\tau_d)} \tau(t) dt$$

其中 τ_l 为眼护具亮态时的透过率， τ_d 为暗态时的透过率。

2) 保持时间：

眼护具由暗态转变明态所需的时间，其值为停止触发信号到眼护具透过率达到明态时 90%的时间。

2. 总体设计方案

根据以上的技术要求，测试系统采取的总体构架如下：

由白光光源通过准直透镜准直为准平行光，通过被测样品，入射到光电倍增管。由半导体激光器作为触发光源照射到眼护具的光电探测器上。由单片机控制半导体激光器发射矩形光脉冲，同时触发采集电路对光电倍增管的光电信号进行高速采集。测量完毕后把采集的数据发送到计算机进行数据处理和计算。其总体结构示意图如图 1 所示。

根据响应时间的定义，设入射到眼护具的光强为 I_0 ，从眼护出射的光强为 I ，则

$$t_S = \frac{1}{\tau_l} \int_{t=0}^{t=t(\tau=3\tau_d)} \tau(t) dt = \frac{I_0}{I_l} \int_{t=0}^{t=t(\tau=3\tau_d)} \frac{I(t)}{I_0} dt$$

$$= \frac{1}{I_l} \int_{t=0}^{t=t(I=3I_d)} I(t) dt$$

其中 I_l 和 I_d 分别为眼护具在明态和暗态是倍增管所测到的光强。因此我们只要直接测量透过眼护具的光强的变化，即可计算出它的响应时间来。同样的原理也可测量保持时间。

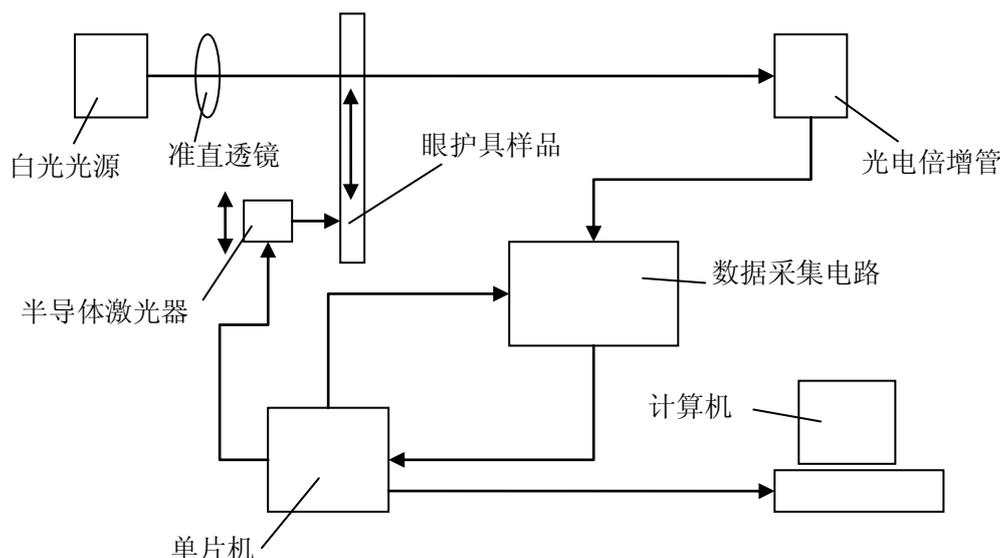


图 1-1

根据测量精度的要求，测试系统中采用滨松公司的光电倍增管，信号增益范围为 10^5 倍，具有较好的线性。由于液晶板的光强调制亮暗变化较大，普通单路放大器无法满足大线性范围的放大，因此系统采用二路放大器同时放大采集的方法，一路实现 $250\text{nA} - 50\mu\text{A}$ 区间的探测，其增益系数为 2×10^5 倍；另一路实现 $0.5\text{nA} - 250\text{nA}$ 区间的探测，其增益系数为 4×10^7 倍。二路信号的数据同时传入计算机，再进行数据的拟和，以实现 $1-10^5$ 倍范围内的线性放大。

为了达到 0.5ms 的测量精度，要求触发光源的触发时间要远小于 0.5ms，这对一般的传统光源较难实现电控触发。而采用机械式快门触发会涉及触发光束的口径、快门触发和测量的同步以及机械快门的操作困难等问题。为此我们采用了调制型半导体激光器作为触发光源，其最大调制频率为 100K，总触发时间 $\leq 50\mu\text{s}$ ，这就保证了时间测量精度。

同样，对于数据采集电路来说，其数据采集周期必须远小于 0.5ms。在这里我们选用了最大采样频率为 200K 的 AD 采集芯片。对于一个上升沿为 0.5ms 的脉冲，其上升沿的数据采样点数最大可以达到 100 个，因此能够较平滑的再现光强上升的曲线，以保证求取响应时间时的积分精度。整条曲线的最长测量时间不超过 1 秒钟。

由于不同厂家眼护具的探测器位置各不相同，因此无法固定触发用的半导体激光器光源。在设计中采用磁铁吸附的方法，可以把触发光源在眼护具上任意安放，以适应不同型号的眼护具。在眼护具的下方设置了移动平台，其移动范围大于 90mm。测量时移动平台平移至第一个测量位置，经过数据测量及保存后，自动平移至下一个测量点进行测量。由于每个测量点的测量时间较短，一般只有 1 秒钟的时间，加上几秒钟的自动平移时间，因此整个测量时间和样品移动时间加起来可以控制在 1 分钟之内。

仪器的结构设计采用铝合金结构，样品池独立，和仪器的其他部分隔离，以避免样品放取过程对仪器其他部分的影响。样品架采用分离的方式，可以单独取出进行样品装夹，方便操作。光学系统采用全封闭方式，防止杂散光对光电倍增管的影响。仪器的电源开关设置在仪器前端。数据通讯采用 USB 接口方式，设置在仪器的背面。测量仪器的总体效果图如图 2 所示。

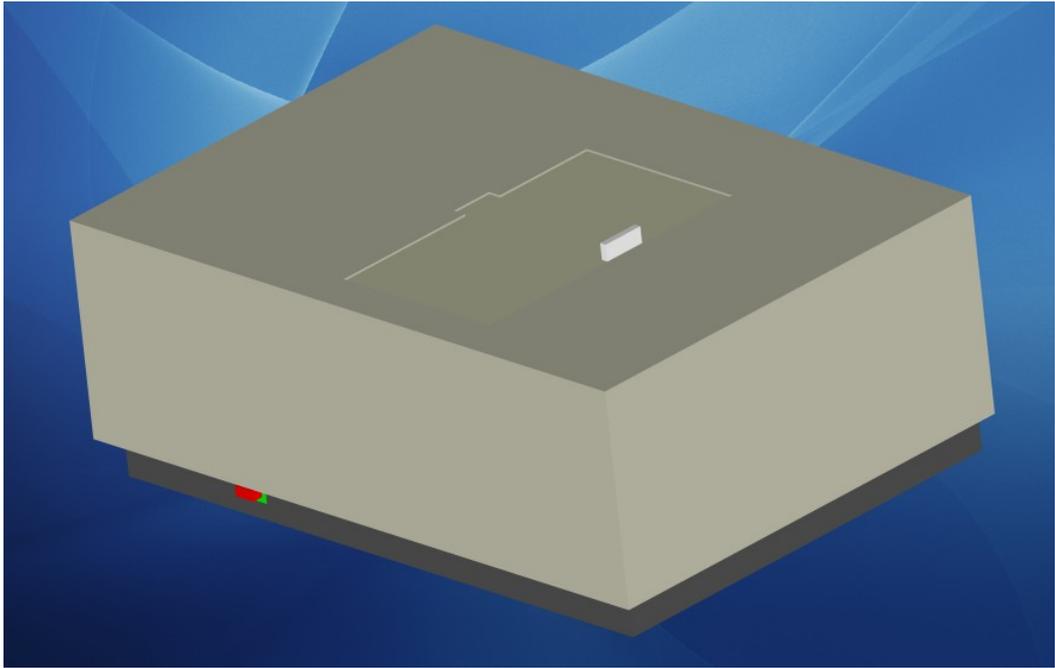


图 1-2 测量仪器的效果图

二、测试光学系统

测试系统中光源采用 50W 卤钨灯，其可见光光谱内的能量较均匀，颜色呈白色。设计的光学系统主要保证测量光束的平行性以及适当的光斑大小。激光器采用波长为 650nm 的红光激光器，功率为 10 毫瓦。由于激光器输出的光线为平行光，光斑较小，因此不再采用其它额外的光学元部件，采用直接照射光电探测器的方法。

系统的测量光路如图 2-1 所示。其中卤钨灯处于准直透镜的焦点位置，准直成平行光。在准直透镜及样品池窗口分别加上光阑，以提高准直度及缩小测量光斑的口径。

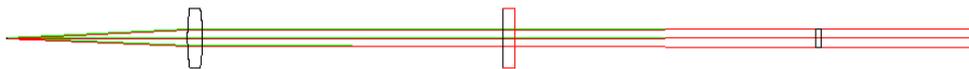


图 2-1 测量系统光路图

通过准直透镜及光阑的限制，测量光束的发散角得到了有效的控制，其实际发散角在 2 度左右。光束的平行性保证了液晶响应曲线的一致性。

在护目镜响应时间测量过程中，对光的开关均是对应于可见光而言。由于卤钨灯的发光波长在 300nm — $2\mu\text{m}$ 之间，为了获得可见光的测量范围，一是选择合适波段的光电倍增管，二是在光路中添加滤光片。

三、测试系统机械机构

测试系统的机械系统结构如图 3-1 所示。整个机构设计分成以下几个部分：
1. 光路固定件；2. 电路固定件；3. 样品台；4. 机壳。整个仪器在空间上分成三个部分，分别为光学部分、电气部分以及样品池，各部分之间相对隔离，减少了相互之间的干扰，也有利于以后的维修和保养。其中光路部分灯源采用了一个独立的灯源箱，可以独立开启灯箱门进行换灯操作。整个光路采用全封闭方式，减少了外部杂散光的影响。

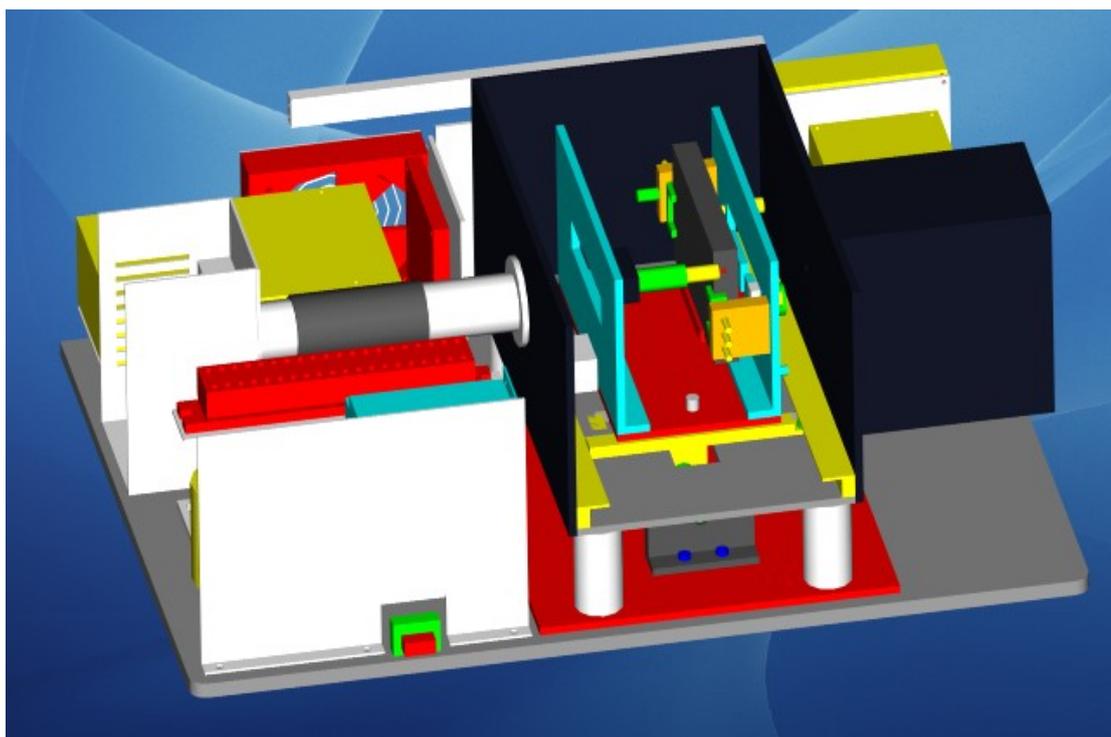


图 3-1

系统设计中的主要难点在于样品池，由于不同厂家的护目镜尺寸不同，护目镜上的探测器位置也不相同，这对样品池的样品台设计带来了较大的困难。为此我们采用了以下几个较新颖的设计方法：

一、触发光源的定位

触发光源（半导体激光器）的安装上我们采取了以下措施：首先，是激光器的定位。由于各个厂家的护目镜探测器的位置不固定，所以用来触发探测器的激光器也要随着探测器的位置变化而变动，所以普通的机械结构实现起来可能比较困难，为此，我们经过一些实验，最后确定使用强磁吸附的方式来定位激光器。这样设计的优点有：1. 定位方便 2. 简单可靠。其次考虑到激光器发出的光可能会到达光电倍增管，影响测量的准确性，所以在激光器外部增加了一个套筒，在套筒内部装置了弹簧，可以将激光器紧密地压在探测器上，使激光器不会漏光。其结构如图 3-2 所示。其次，是激光器的控制，由于激光器和样品架会随着移动平台运动，而激光器的信号需要外部的触发，所以我们在定位基板和移动平台上增加了一组接口用来提供激光器的驱动信号，接口则是选择了 9 针的串口座。

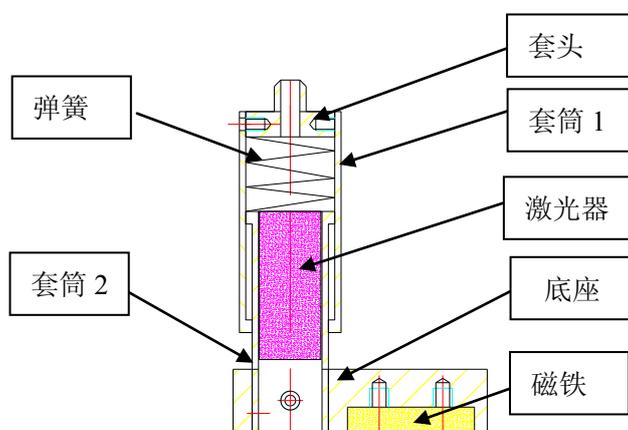


图 3-2

二、样品架的设计

在设计样品架时，由于各厂家样品的规格都不一样，所以需要设计一个可以调节的样品架，而且在装夹样品时要方便观察激光器的定位是否准确。我们的设计是：在样品的两侧和底部用几个夹具固定，两侧的夹具可以调节左右宽度以适应不同样品的需求，底部的夹具可以上下调节，使样品中心居于实际使用的位置，同时这些夹具提供了三个定位面，利用位于样品后面的螺杆可以将样品紧密地定位在最佳位置。所有这些夹具和用来定位激光器的基板装在一个底座上，底座上有两个定位销孔，可以很方便地和滑动底座连接，这样样品就可以在样品池外装夹，并且能保证定位精度。滑动底座由丝杆和步进电机组成的驱动模块驱动。同时，整个样品池也是固定在一块基板上，可以单独取出进行维护。

样品架模块和移动平台通过两个定位销相配合，激光器定位基板上的接口就可以很准确的和移动平台上的接口连接。移动平台通过滑杆和丝杆滑块连接，保证平台在运动的时候不会受到太大扭矩，所有这些配合都需要很高的机械加工精

度和装配精度。为了控制步进电机的行程，我们在样品池底板上设置了两个光偶，用来限制丝杆滑块的行程，由于光偶的开口较小，而光偶挡片的径向跳动比较大，可能会出现挡片跳出光偶有效区域的情况。为了避免这种情况，我们设计了一个挡片的限位槽，使挡片只能在槽内运动。由于以上难点都得以比较完善的解决，所以样品池的设计也得以完成。

样品架的结构图见图 3-3。

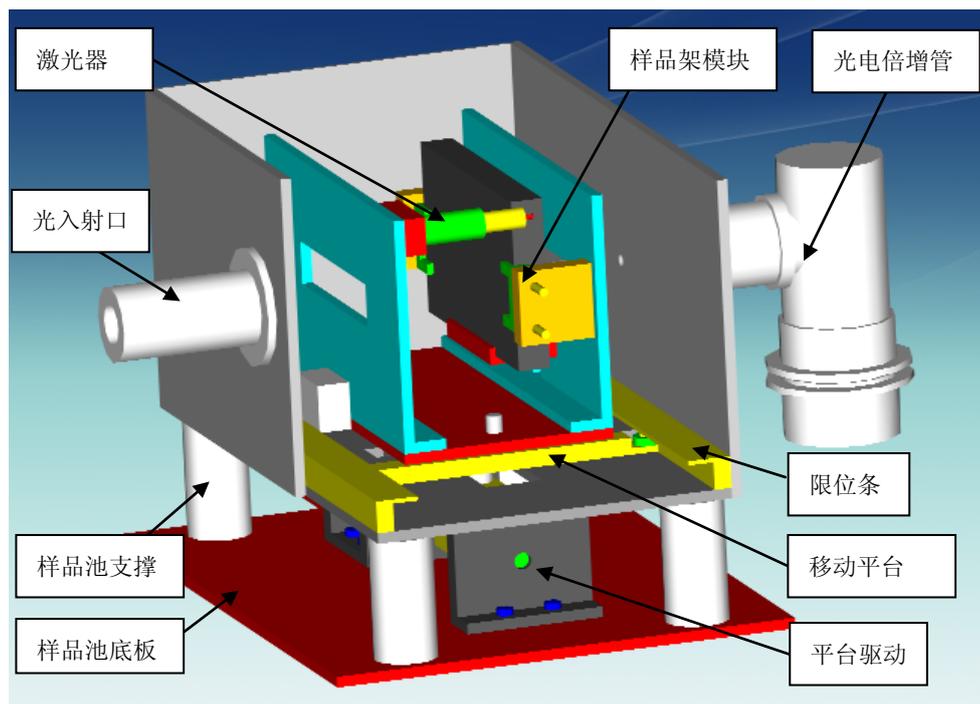


图 3-3

四、测试系统电路

电路总体框图如图 4-1 所示。其中卤钨灯为测量光源，U_卤钨灯驱动板为卤钨灯提供一个稳定的恒流电压。卤钨灯发出的光通过样品被光电倍增管接收。光电倍增管信号通过 U_AD 采集&微处理器模块板进行模数转换，并把最终采集的数据通过 USB 口传送到外部计算机中。U_AD 采集&微处理器模块板通过光电隔离板，控制三个主要的模块。第一是 U_数控高压板，它是用于调整加在光电倍增管上的高压。第二是 U_步进电机驱动板，用于控制样品台步进电机的转动和停止。第三是触发用半导体激光器，使之产生快速跃变的激光方波信号，触发开启护目镜。图中的二个光电开关用于控制样品台移动的位置，U_AD 采集&微

处理器模块板通过探测光电开关的状态，来决定步进电机的转动。

电路系统总体设计的特点有以下几个方面：接口的高速便携性、数据采集的宽动态范围性、数据采集的高稳定性、机构操作的简易性。下面就这四方面简述如下：

1) 接口的高速便携性。采用了 USB2.0 接口的设计方案，传输速度达到 12M/Sbit，按照最高 200K 的采集速度算，三次测量的采集时间为 $16250 \times 5\mu\text{s} \times 2 \times 3 = 487.5\text{ms}$ ，加上 USB 传输时间为 $65000 \times 8 \times 2 \times 3 \div 12\mu\text{s} = 260\text{ms}$ ，总的采集时间仅为 750ms，完全满足速度设计要求。由于采用了 USB 总线传输方式，这对于上位机的选择提供了很好的兼容性，不管是台式电脑还是手提电脑只要有 USB 接口的都能兼容，本电路接口的硬件连接很简洁：移动 PC 通过一根 USB 线缆连接至 U_USB 接口板，再通过接口板转接至 U_AD 采集&微处理器模块板，达到系统控制与数据传输的硬件功能。

2) 数据采集的宽动态范围。根据设计要求，变光焊接护目镜亮态与暗态之间的信号动态范围为 10^5 倍，根据光电倍增管 (PMT) 的线性度及增益范围，将 PMT 工作范围设计在 0.5nA—50uA 区间，为了有效地提高信噪比及 AD 采集器的宽动态输入范围，我们特别设计使用了 2 个独立通道的放大采集电路：在 250nA—50uA 区间由 D 通道采集放大，其增益系数为 2×10^5 倍；在 0.5nA—250nA 区间由 B 通道采集放大，其增益系数为 4×10^7 倍。同时通过 U_数控高压板输出高压的增减，实现对 PMT 工作高压的在线调整，从而有效地保证了不同样品时 PMT 信号的工作范围始终在 0.5nA—50uA 区间。两路采集数据通过 USB 总线传入上位 PC，再由 PC 程序进行两条数据曲线的拟和及校准，最终实现 10^5 倍宽动态范围的线性放大采集功能。电路的硬件连接为：U_AD 采集&微处理器模块板的高压控制数字信号首先连接至 U_光电隔离板进行模数隔离，隔离后的数字信号连接至 U_数控高压板，U_数控高压板输出负高压至 PMT 的供电输入端，PMT 的光电流信号输出连接至 U_AD 采集&微处理器模块板的 AD 输入端，模数转化后的 AD 采集数字信号由 USB 总线传入上位 PC。

3) 数据采集的高稳定性。根据设计要求，变光焊接护目镜响应时间及恢复时间的测试精度 $\leq 0.5\text{ms}$ ，影响测试精度的主要因素有测试光路的稳定性能、光电检测的稳定性能、触发光开关的延时时间精度。前两项的稳定性能主要会影响 τ_l （即亮态时的透过率）和 τ_d （即暗态时的透过率）的测试精度，而后一项的不稳定因素则直接造成时间测试的误差。为了保证测试光路的高稳定度，设计选用了欧司朗 50W 卤钨灯光源，其发光谱为 300nm—2um 区间，在光源驱动板的设计上，选用了高精基准电压源 LM399 和极低温度系数锰铜丝电阻采样等关键器件，使整个测量光路的稳定度优于万分之一；在提高光电检测稳定性能方面，

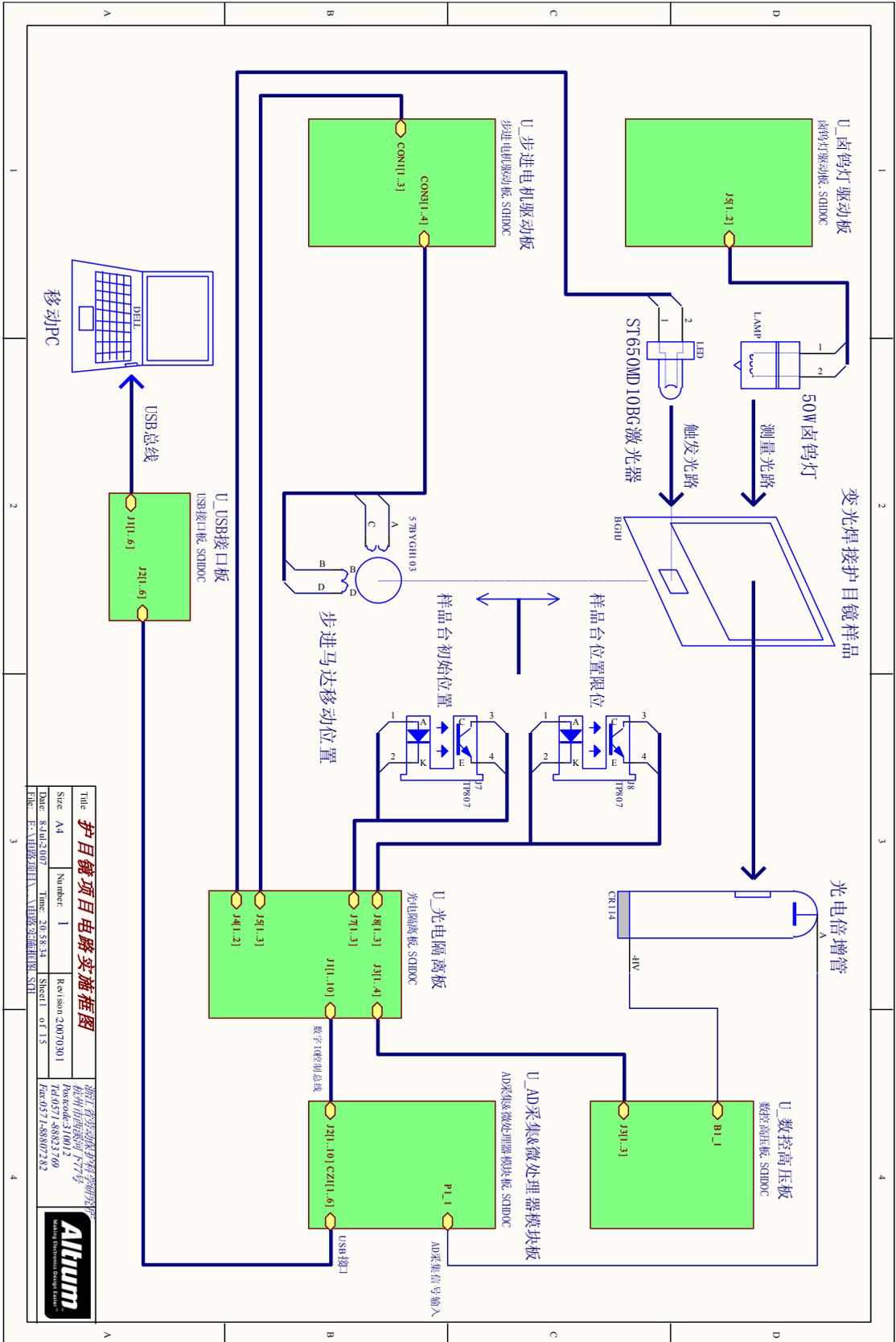
设计采用了 2 个有效的措施：其一，通过 U_光电隔离板的模数隔离措施，极大地改善了数字信号对模拟信号的干扰，其二，设计选用了两通道 16 位高速高精度 AD 采集器，使得实际 AD 采集精度可达 24 位；在触发光开关的设计上，我们选用了 100K 频率的调制型激光器，传输电路均按 10M 的速度设计，使得触发光开关的延时时间数据 $\leq 50\mu\text{s}$ 。通过以上几方面的有效措施，对数据采集的高稳定性提供了有效的保证。电路的硬件连接为：U_卤钨灯驱动板输出高稳定度的恒流源供给 50W 卤钨灯，使其发出恒定的测量光束，U_AD 采集&微处理器模块板的触发光开关数字信号首先连接至 U_光电隔离板进行模数隔离，隔离后的模拟驱动信号直接连接至触发激光器，变光焊接护目镜样品受控于触发光开关，透射后的测量光束通过 PMT 的光电转换，最后输入 U_AD 采集&微处理器模块板进行信号处理。

4) 测试机构操作的简易性。根据设计要求，在 1 分钟内完成样品不同部位处三次响应时间和保持时间的测量，为此设计了步进电机自动位移样品台的测试方案，同时在 U_步进电机驱动板的设计上采用了最大 64 细分驱动电路，从而保证了每次测试点位置的精度，每次开机初始化过程中，步进电机按照样品台初始位置光藕来确定每次初始化的原始位置，仪器初始化完成后，操作人员只需一次装上护目镜即可完成三次自动测量的硬件安装。电路的硬件连接为：U_AD 采集&微处理器模块板的电机驱动数字信号首先连接至 U_光电隔离板进行模数隔离，隔离后的数字信号连接至 U_步进电机驱动板，驱动板输出两相驱动脉冲至步进电机，样品台初始位置光藕和样品台位置限位光藕分别通过 U_光电隔离板进行模数隔离，隔离后的数字信号输入 U_AD 采集&微处理器模块板，进而控制步进电机的运转。

在仪器的测试电路中，触发控制系统是非常重要的，它关系到测量时间的精度。护目镜在实际工作时由焊接弧光触发，经过响应时间的延时，透光率急剧下降到某一安全值，从而有效地保护了焊接工人的眼睛。在测试系统中如何选择模拟焊接弧光，国外一些实验室使用了氙灯触发方式，该触发光虽然比较接近焊接弧光，但也有一些不利的因素：高压驱动电路复杂、体积较大不能便携式地装配在测试样品架上、触发时间较慢、不能实现交流触发、灯的使用寿命短等等。变光焊接护目镜的触发光电传感器件一般有硅光电池和红外接收二极管两种类型，硅光电池的光谱响应范围一般为 320nm—1100nm，红外接收二极管的光谱响应范围为 940nm \pm 40nm，为此我们选择了两种类型的小型触发光源：ST650MD10BG 红色点状激光器、940nm 红外发射管。前者为可见光源，校对触发光路比较直观且准直性较好，单位面积触发光强较大，缺点是对于红外敏感的护目镜不能触发；后者为带发散角的不可见光源，其发散角一般为 30 度，单位面积触发光强相对

较小，故不方便校对光路，优点是对于两种类型的护目镜都能触发。在测试过程中只要这两种触发光源有足够的光强使护目镜的光电传感器饱和，就能达到较好地模拟焊接弧光的效果。其它优点：触发频率可高达 100Khz、驱动电路简单、体积小、光开关使用寿命长等等。由于护目镜有交流触发与直流触发两种类型，我们在软硬件的设计上也增加了交直流测试的选项，交流触发的频率选为 200HZ。

由于护目镜的硅光电池或红外接收二极管是一种光伏器件，它的作用是把输入的光能量转化为电压信号，从而控制液晶面板的开关。光电池或红外接收二极管本身是无法分辨照射光波长的，只是不同波长它的光电转换效率不同。对于某一波长的触发光，当光强达到一较大值以后，再增加触发光强，光电池从低电压转换到高电压的时间已不再发生变化，此时用单色波长触发或用某一带宽的波段触发对光电池来说是一样的。因此我们采用半导体激光器产生的快速光脉冲进行触发，可以获得极快的触发速度，消除由于触发时间而引起的对护目镜响应时间测量精度的影响。



Title		护目镜项目电路实施框图	
Size	A4	Number	1
Date	83.01.2007	Time	20:58:34
Revision	2.0070301	Sheet	1 of 15
File		E:\护目镜项目\电路实施框图.SCH	
浙江宇恒自动化科技有限公司 杭州滨江区滨盛路777号 Postcode: 310012 Tel: 0571-88823769 Fax: 0571-88807282			
Altium		Making Electronic Design Easy™ Altium Designer 10.0.0.100	

五、测试系统软件

软件的编制环境

本测试系统软件采用 C#编程语言及 Microsoft Visual Studio 2005 编译环境，并在 Windows XP 操作系统下测试通过。

具有的功能介绍

系统可自动对样品三个不同位置进行响应时间和保持时间的测量，并显示相应的曲线和数据，此外系统还设置了数据处理、保存读取、打印输出等功能。图 5-1 为软件系统的测量界面图。

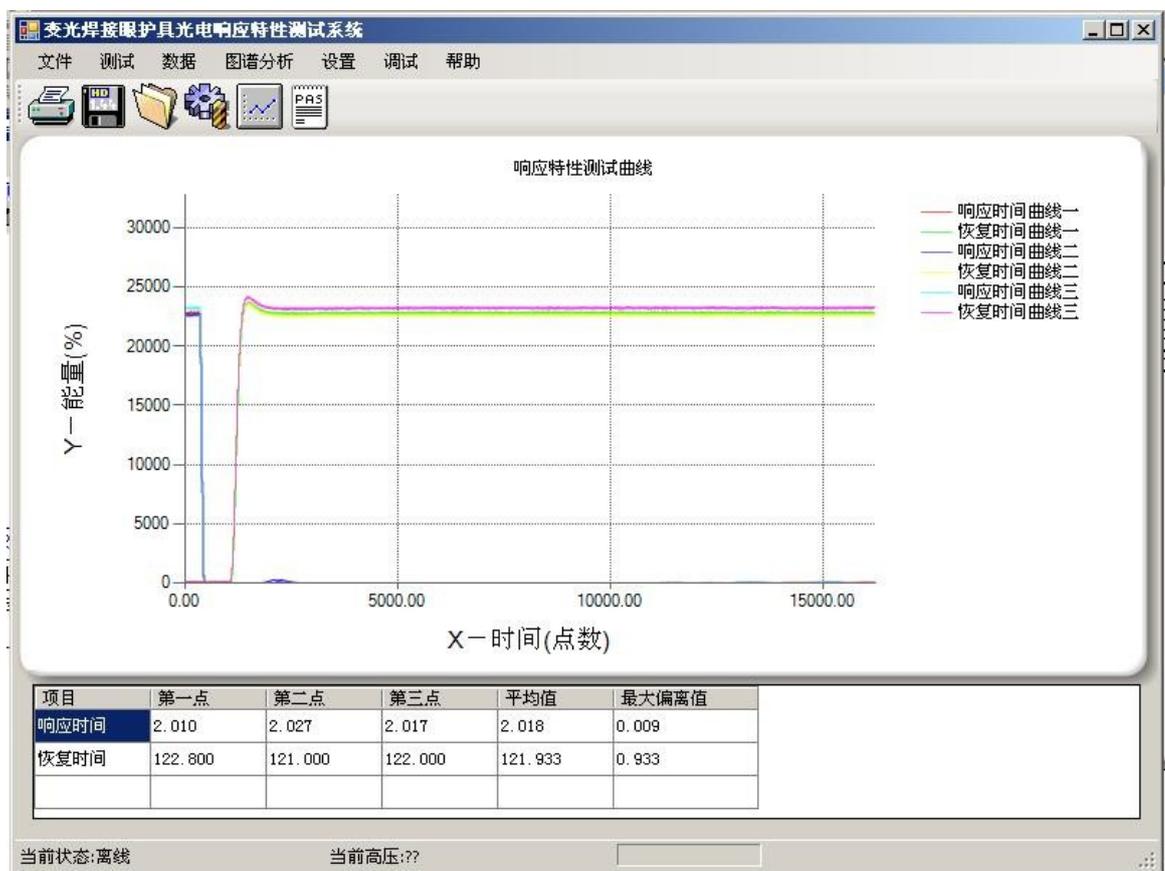


图 5-1 软件的测量界面图

框架、流程介绍

程序框架主要包括主界面、参数设置模块、高压设置模块、电机运动模块、数据采集模块、数据处理模块、及文件操作等功能。

主界面：包括各种菜单，提供交互操作以及显示曲线。

参数设置模块：用于设置触发方式（直流或交流）、采集频率（10KHz～

200KHz)、采样点数(0~16250)等。

高压设置模块：由于不同的液晶护目镜的透光比不同，所以针对各种情况应该设置不同高压。

电机运动模块：设置测试样品的位置，驱动电机使样品台依次到达三个不同位置进行测试。

数据采集模块：计算机通过 USB 高速采集单片机传送的数据，最多可采集 5 组 16250 个数据，保证测试精度。

数据处理模块：主要包括数字滤波、曲线拟合以及响应时间和保持时间的计算等功能。

文件操作：主要包括测试曲线的保存、读取及打印输出等功能。

测试系统的软件总流程图如图 5-2 所示。

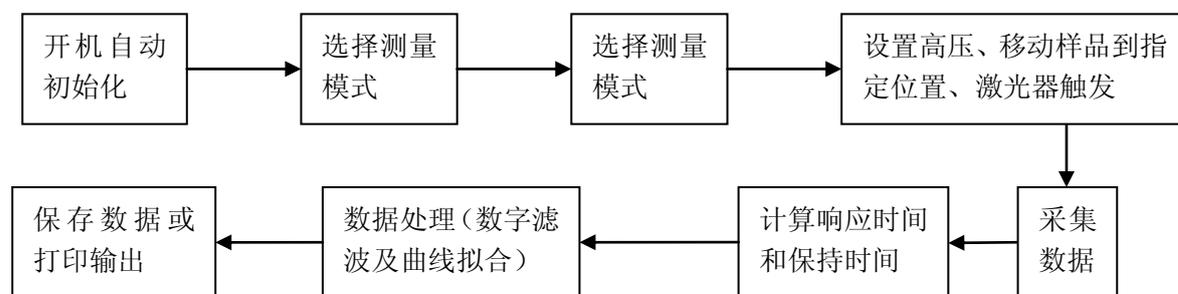


图 5-2 测试系统软件总流程图

数据处理计算方法、数据拟和方法

(1) 大动态范围的实现：

由于液晶板的光强调制亮暗变化较大，其信号增益范围为 10^5 倍，普通单路放大器无法满足大线性范围的放大，因此系统采用二路放大器同时放大的方法，一路实现 $250\text{nA} - 50\mu\text{A}$ 区间的探测，其增益系数为 2×10^5 倍；另一路实现 $0.5\text{nA} - 250\text{nA}$ 区间的探测，其增益系数为 4×10^7 倍。二路信号的数据同时传入计算机，进行数据的拟合，以实现 $1-10^5$ 倍范围内的线性放大。图 5-3 为二路放大器测量和数据拟合的程序流程图。

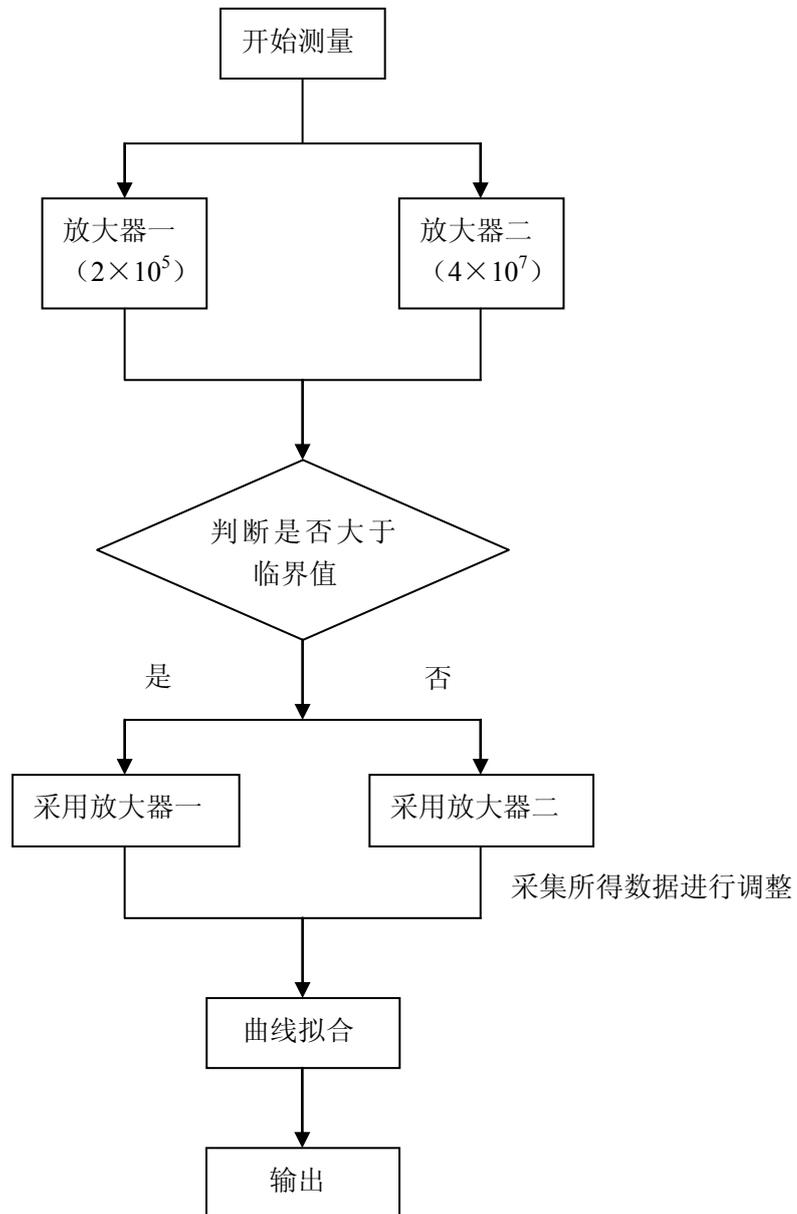


图 5-3 二路放大器测量和拟合程序流程图

(2) 响应时间和保持时间计算

响应时间：首先测量眼护具触发之前的液晶透过光强，然后触发激光器，同时测量记录透过液晶的光强变化。保持一定时间后，计算透过液晶的暗态光强，

然后搜索得到 3 倍暗态光强的时间点，对透过光强进行积分。图 5-4 为响应时间测量计算的流程图。

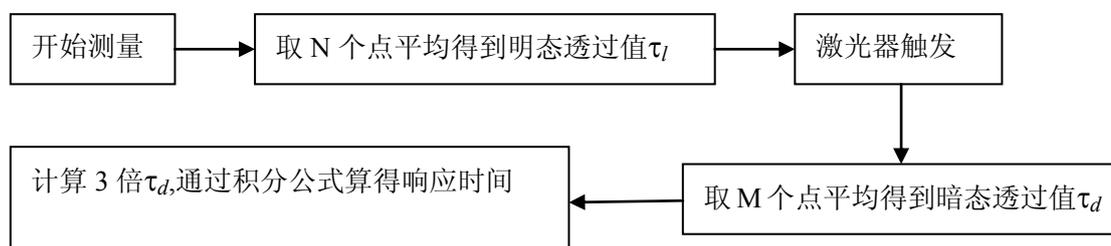


图 5-4 响应时间测量计算的流程图

保持时间：在眼护具已被触发的情况下，测量透过液晶的暗态光强，然后关掉触发光，同时测量记录透过液晶的光强变化。搜索得到光强上升变为 0.9 倍亮态光强的时间点，得到保持时间。图 5-4 为保持时间的测量计算流程图。

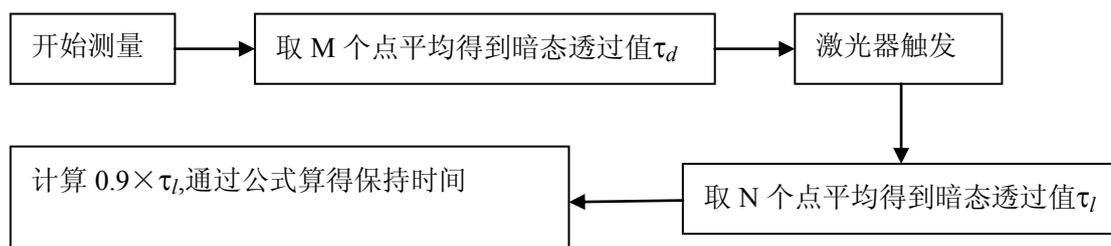


图 5-4 保持时间的测量计算流程图

(3) 滑动均值滤波消除高频噪音：

测试过程中不可避免的混入高频周期噪声信号（例如 50Hz 工频信号），因此采用滑动均值滤波器作为低通滤波器进行消噪处理。

方法：把连续取 N 个采样值看成一个队列，队列的长度固定为 N，每次采样到一个新数据放入队尾，并扔掉原来队首的一个数据。把队列中的 N 个数据进行算术平均运算，就可获得新的滤波结果。流程图如 5-5 所示。

工业上 N 值的选取一般为：流量，N=12；压力：N=4；液面，N=4~12；温度，N=1~4。经过实验，在本系统中采用 N=8 恰当。

优点：对周期性干扰有良好的抑制作用，平滑度高；

缺点：灵敏度低，对偶然出现的脉冲性干扰的抑制作用较差，易消除由于脉冲干扰所引起的采样值偏差，不适用于脉冲干扰比较严重的场合，比较浪费 RAM。

图 5-5 为滑动均值滤波的流程图。

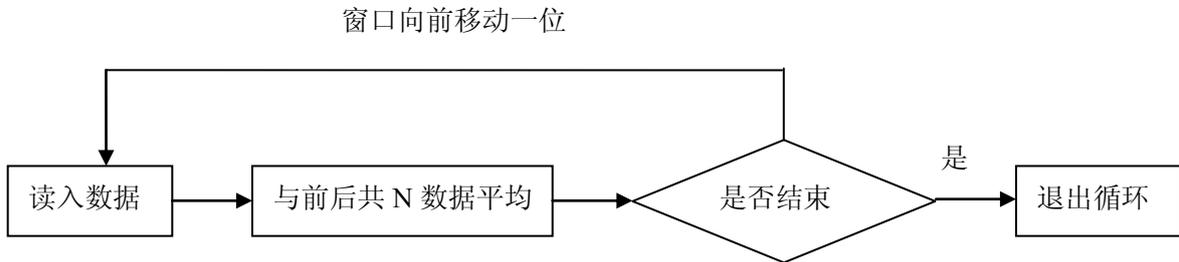


图 5-5 滑动均值滤波流程图

(4) 限幅滤波法(又称程序判断滤波法)

对于测试过程中偶然出现的脉冲性干扰,采用滑动均值滤波器无法很好的消除,因此采用限幅滤波法。

方法:根据经验确定一个最大偏差值 a ,每次检测到的本次值与上次值之差 $\leq a$,则本次值有效;如果本次值与上次值之差 $> a$,则本次值无效,放弃本次值,用上次值代替本次值。

根据多次实验测量及数据分析,发现相邻采样输入信号可能的最大偏差 Δ 为 100,即若超过此偏差值 $\Delta = 100$,则表明该输入信号是经后干扰信号,应该去掉,同时补充前后数据的平均值,以填充删掉干扰信号后的空缺;若小于偏差值则作为此次采样值。

在此数据处理过程中应该注意的是当护目镜透过率发生变化,使相邻数据变化量差异明显时,其变化量十分巨大,大于上述判定标准,即远大于 $\Delta = 100$,所以此时应在处理函数中加入判定代码,即当前后数据相差量连续大于临界判定值 Δ 时,应认为护目镜透过率变化过程已经开始,使程序跳过判断滤波代码,而只对数据进行滑动均值滤波。流程图如图5-6所示。

优点:能有效克服因偶然因素引起的脉冲干扰;

缺点:无法抑制那种周期性的干扰,平滑度差,实际应用中与滑动滤波配合使用。

图5-6为限幅滤波法流程图。

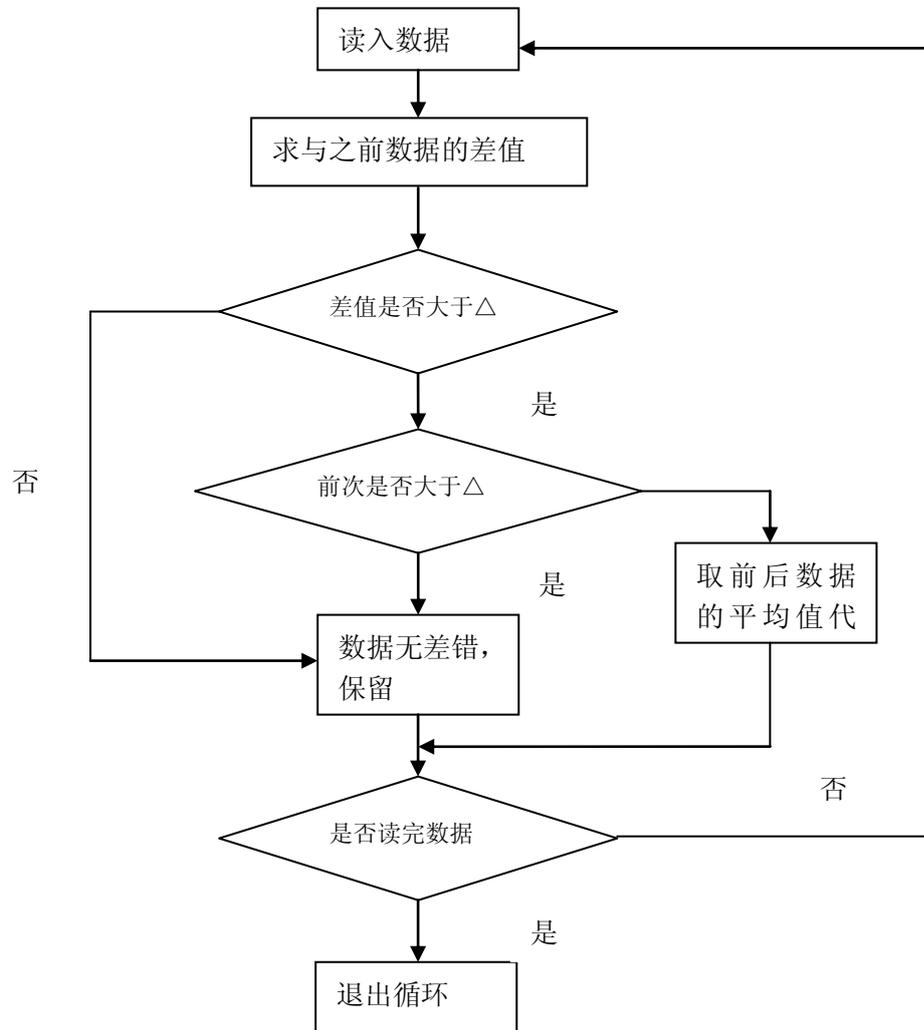


图 5-6 限幅滤波法流程图

六、实际测试结果

1. 实测样品的实验数据（曲线）

图 6-1 为实测样品的响应时间测量中透过眼护具的光强变化曲线，图 6-2 为实测样品在保持时间测量中透过眼护具光强的变化曲线。通过这两条曲线的数据可以求出眼护具的响应时间和保持时间。

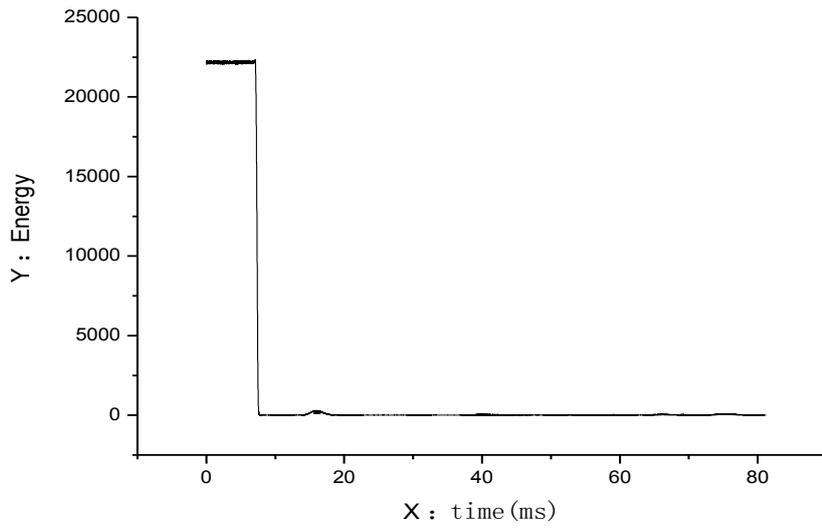


图 6-1 响应时间测量曲线

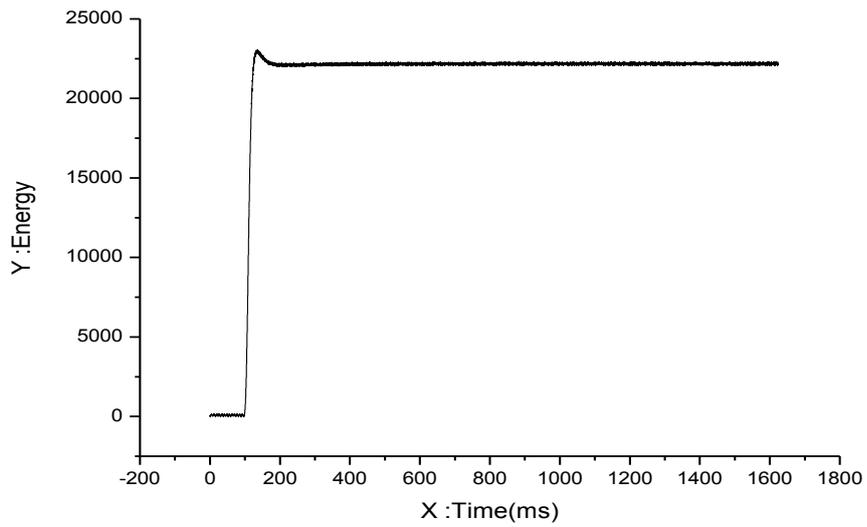


图 6-2 保持时间测量曲线

2. 重复性测量实验

仪器放置在温度10-30℃，湿度（20-70）%环境下，在正常电源条件下进行试验。总共测试响应时间和保持时间三次，每次测试间隔为6小时。结果如表6-1所示。

表 6-1 响应时间和保持时间的重复性测量实验结果

测量种类	第一次测量	6 小时后测量	12 小时后测量
响应时间	1.907	1.916	1.909
保持时间	111.8	110.1	111.1

由上表可得出响应时间的重复性偏差小于 1%；保持时间的重复性偏差小于 1%，达到预期要求。

3. 透过率测量实验

仪器放置在温度 10-30℃，湿度（20-70）%环境下，在正常电源条件下进行试验。在探测器前放置中心波长为 650nm、带宽小于 8nm 的窄带滤光片，分别测量放置样品前后探测器接收到的能量，进而求出透过率。考虑实际情况，我们分别用白玻璃（透过率约 92%）模拟处于明态时的样品，用低透过滤（透过率小于 2%）的镀膜片模拟暗态时的样品。并用分光光度计进行了对照测量，测试结果如表 6-2 和表 6-3 所示。

表 6-2 白玻璃测量数据

名称	理论计算值	岛津(UV310)测量值	仪器测量值
一块白玻璃	91.7%	91.7%	91.6%
两块白玻璃	84.1%	84.2%	83.6%
三块白玻璃	77.1%	76.7%	77.9%
四块白玻璃	70.7%	71.4%	70.8%

表 6-3 低透镀膜片测量数据

名称	岛津(UV310)测量值	仪器测量值
镀膜片一	1.56%	1.53%
镀膜片二	7.97%	8.11%

七、精度分析:

1. 光源的稳定性

光源的稳定性是影响测量精度的因素之一。光源的瞬间变化对测量的精度影响最大，而光强长时间的缓慢变化对测量精度的影响相对较小。测试系统中由于采用稳定性较好的卤钨灯作为光源，其光强的瞬间变化很小。此外采用了恒流恒压控制，卤钨灯的供电电源电压稳定性优于 0.01%，使得卤钨灯光强在长时间内都保持了较高的稳定性，满足测试的系统要求。图 7-1 为实测的卤钨灯光强随时间的变化曲线。

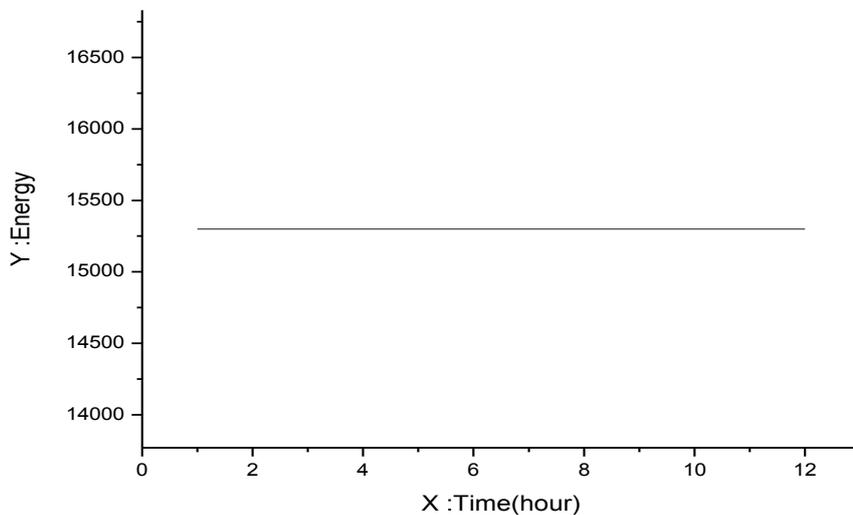


图 7-1 光源光强随时间的变化曲线

2. 数据采集

采样频率最大可达 200KHz，整个测量周期最多可测量 16250 个数据，同时配合 16 位高精度 A/D、USB 高速传输以及各种数字滤波技术，保证了采集精度。测试系统要求测量精度为 0.5ms，而实际最大采样时间为 0.005ms，即在要求的时间内可以有 100 个点，足以满足测试要求。

3. 激光器的脉冲曲线对测量的影响

主要指激光器触发时脉冲上升(下降)沿的所用的时间。为测量此时间，将仪器放置在温度 10-30℃，湿度 (20-70) % 环境下，将激光器的光斑打到探测器上，记录激光器触发时的波形曲线如图 7-2 所示。

分析数据发现激光器触发时脉冲上升沿所花时间小于 0.05ms，即小于所要求的测量精度的 1/10，故激光器触发脉冲对测量结果的影响可以忽略不

计。

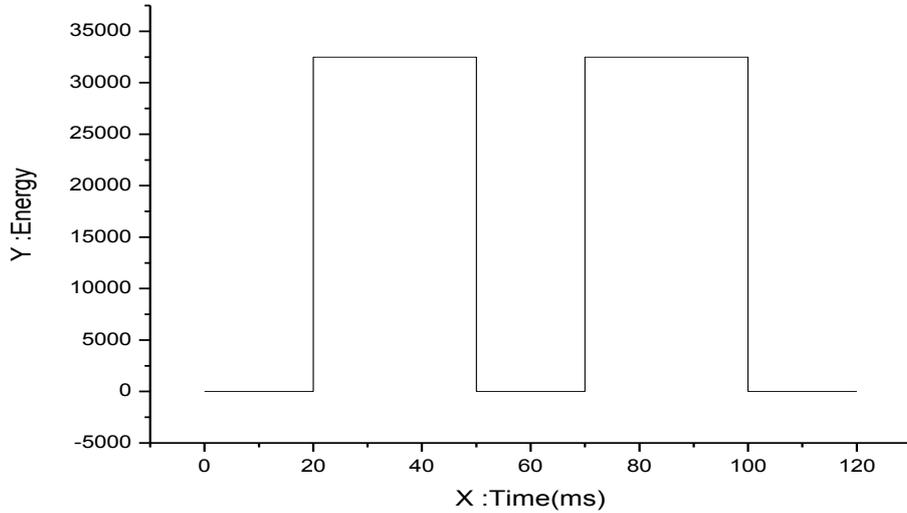


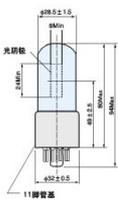
图 7-2 激光器触发波形

4. 倍增管的线性度

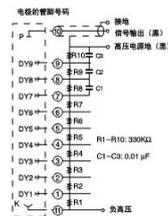
侧窗型光电倍增管

产品型号	光谱响应		结构		阴极特性				阳极特性				最大值				对应的国内产品型号/备注	产品型号										
	光谱响应范围(nm)	峰值波长(nm)	阴极最小有效面积(mm ²)	光阴极材料	玻璃材料	倍增系数/级数	SK (μA/Lm)	SKB (μA/Lm)	R/W	SP (A/Lm)	典型增益	阳极脉冲上升时间(ns)	管座型号	推荐电压分配代号	阳极到阴极电压(V DC)	平均阳极电流(mA)			工作环境温度(°C)	电子渡越时间(ns)	IDB(nA)	极间电容(参考值)(pF)						
R212	185-650	340	8×24	双碱	透紫玻璃	球形	25	40	—	5	—	—	50	300	7.50×10^6	2.2	E678-11A	①	1250	0.1	-30~+50	22	1	10	4	6		R212
1P28	185-650	340	8×24	双碱	透紫玻璃	球形	25	40	—	5	—	—	20	400	1.0×10^7	2.2	E678-11A	①	1250	0.1	-30~+50	22	5	50	4	6		1P28
R212UH	185-650	340	8×24	双碱	透紫玻璃	球形	30	50	—	5	—	—	1000	1500	4.0×10^7	2.2	E678-11A	①	1250	0.1	-30~+50	22	1	10	4	6		R212UH

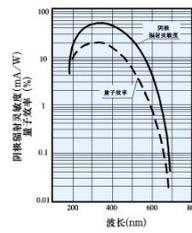
外形图 (单位: mm)
R212, 1P28, R212UH



推荐接线图
R212, 1P28, R212UH

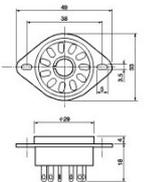


■ 典型光谱响应曲线



管座图

管座 E678-11A



■ 推荐电压分配比

① R212, 1P28, R212UH

K	Dy1	Dy2	Dy3	Dy4	Dy5	Dy6	Dy7	Dy8	Dy9	P
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

K: 阴极 Dy: 倍增极 P: 阳极

一般强流、高放大倍数光电倍增管的线性电流范围大约在 0.5nA—50uA 之间，可以满足系统测试要求。

5、杂散光影响：

测试系统样品池进行发黑处理，以减弱外界杂散光的影响。

杂散光实验：

仪器放置在温度 10-30℃，湿度（20-70）%环境下，在正常电源条件下进行试验。使用挡板遮住测试系统光源部分，在外界灯光照射条件下进行测试。测试结果发现杂光影响小于 0.1%

6. 最终达到的技术指标

响应时间重复性：偏差 1%以内。

保持时间重复性：偏差 1%以内。

高透过率（透过率大于 20%）精度：相对误差 5%以内。

低透过率（透过率小于 10%）精度：相对误差 10%以内。

三点自动测量，总测量时间：<3 秒

测量范围：0.5-1000 毫秒

附录：

一、产品图样：正面图、后视图、俯视图

二、产品使用说明书：

1. 安全操作重要事项

2. 系统构成

3. 开关机说明

4. 样品装夹

5. 测量软件

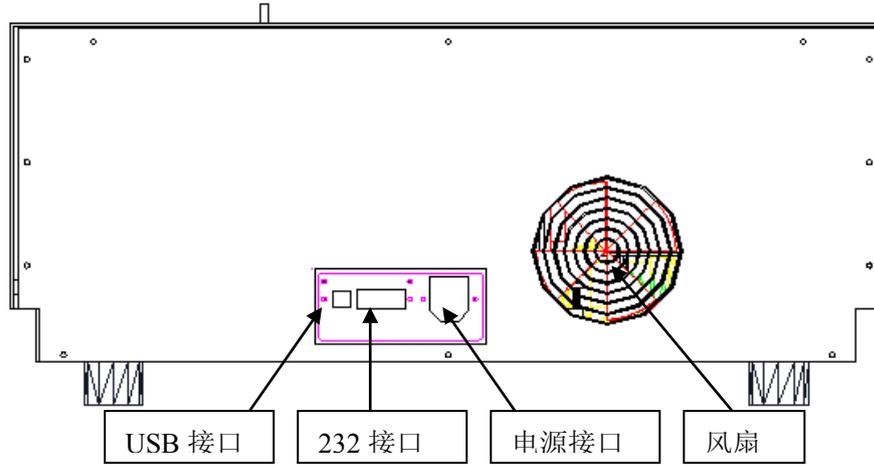
6. 灯的更换

7. 简单故障处理

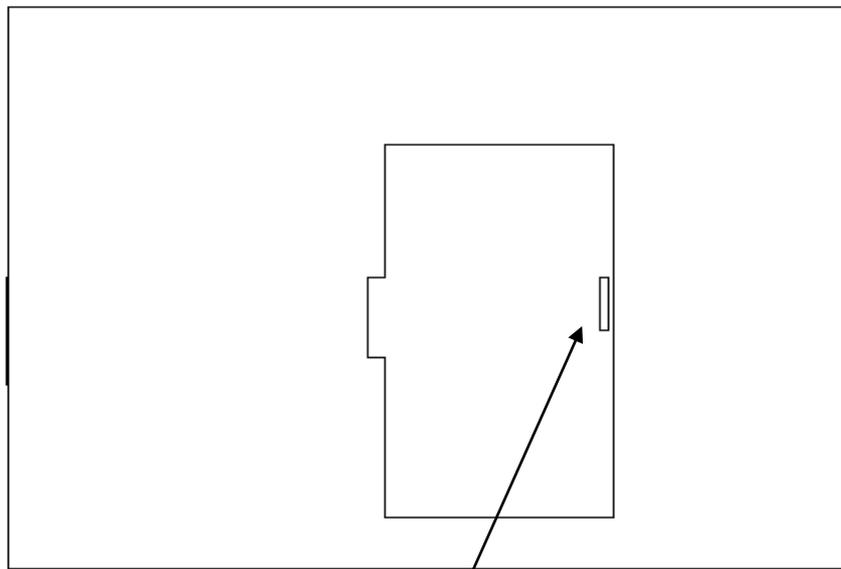
三、仪器元器件清单（数量与成本）

四、实测结果总汇

附录一、产品图样

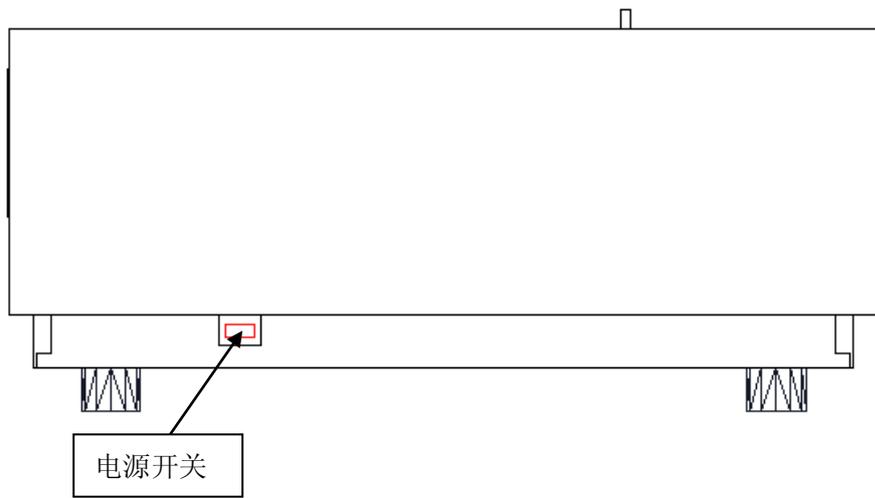


后视图

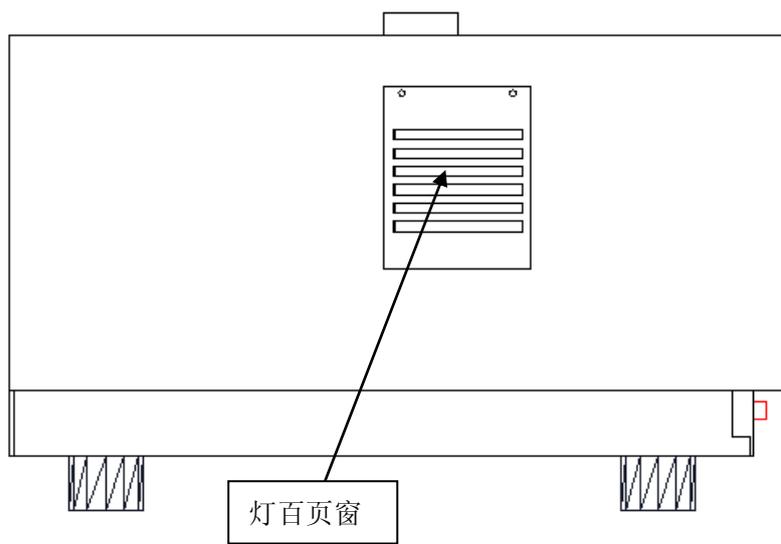


样品池门手柄

俯视图



正视图



左视图

附录二、产品使用说明书

!警告

- 本投影机需特殊安装以防危险发生。
- 有关安装事宜请咨询专业人员。
- 本机内存在未经绝缘的危险电压，它足以构成触电危险。
- 未经授权请勿拆卸光学引擎或电路箱机盖。
- 本机仅可在 220 伏特交流电压下操作。
- 请勿使本机被雨淋或受潮。
- 本装置必须接地。
- 显示器通风口附近应保持通风顺畅，以防箱内温度偏高，影响正常使用。
- 请避免频繁热插拔电路箱的外接端口，尽量在关机状态下插拔端口。

一、安全操作重要事项

为了确保安全使用本机，请务必遵守以下指示及预防事项：

- 本机正常工作电压为 220V/50-60Hz 交流电源，当长期不用时，应关闭本机主电源开关，并将电源插头拔离电源插座。
- 请勿损坏电源线。电源线应布置在不易被挤压和踩踏之处。
- 本机不可近水，更不可进水。
- 不要将本机放在潮湿、多尘、多烟、震动频繁和有腐蚀性气体的地方；不要放在加热器附近；不要放在封闭的高温环境中。
- 为保证系统的正常工作，请勿堵塞机箱上的槽口和开孔，并确保通风良好，避免过热。
- 请不要将本机安装在不稳定的地方。有关本机的安装应按本说明书中的说明进行。
- 若有任何液体流入或固体落入本机内，请勿操作本机。应立即请合格的专业人员检查，以防异物及液体触及高压点或机内器件短路而造成火灾或触电事故。
- 在清洁本机前先从插座上拔下电源插头。请勿使用液态清洁喷剂。请用微湿布清洁。
- 本机内有危险性电压，非指定的专业维修人员请不要打开机壳，否则有电击危险。
- 如果发生故障或异常情况，请立即切断本机电源停止使用，拔下电源线，送专业人员维修，切不可自行拆装。
- 未经制造商同意请勿随意加接附加装置或设备。否则可能会引起火灾或触电事故。
- 除灯外请勿随意更换部件，专业人员维修时请使用制造商制定的或性能与原件相同的备件。否则会导致触电、火灾或其它危险。
- 本机每次维修完毕后，应要求专业维修人员作安全检查，确保系统能安全工作。
- 更换灯源时，需切断主电源，从电源插座上拔下电源线后，等待半小时使光源冷却到可以触摸。

二、系统构成

本测试系统由硬件系统和软件系统构成：

硬件系统包括光学系统、机械系统、电路系统。

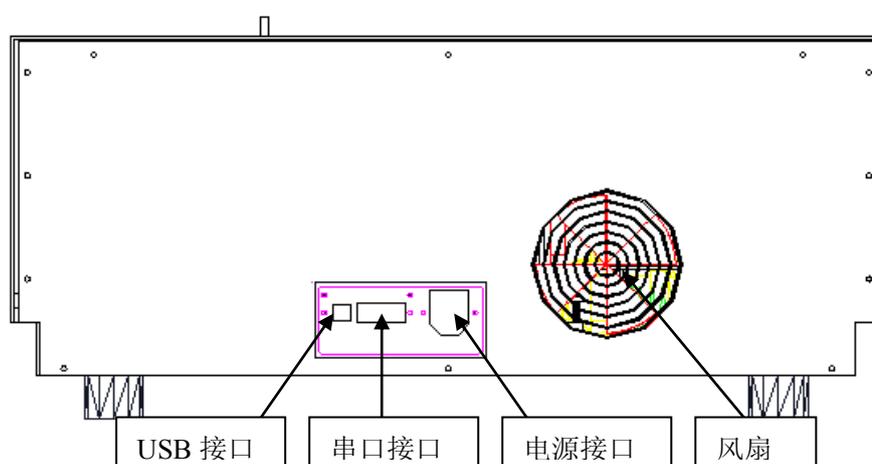
光路系统：光源、透镜、半导体激光器、光电倍增管等。

机械系统：测试仪外壳、样品池、测试夹具等。

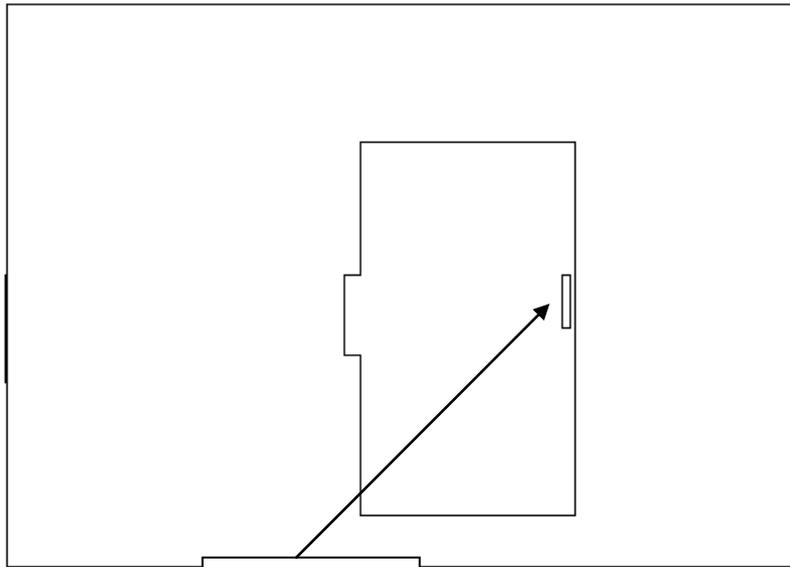
电路结构：驱动电路、放大电路和采集电路等。

软件系统包括驱动和测试软件。

测试系统外观图如下：

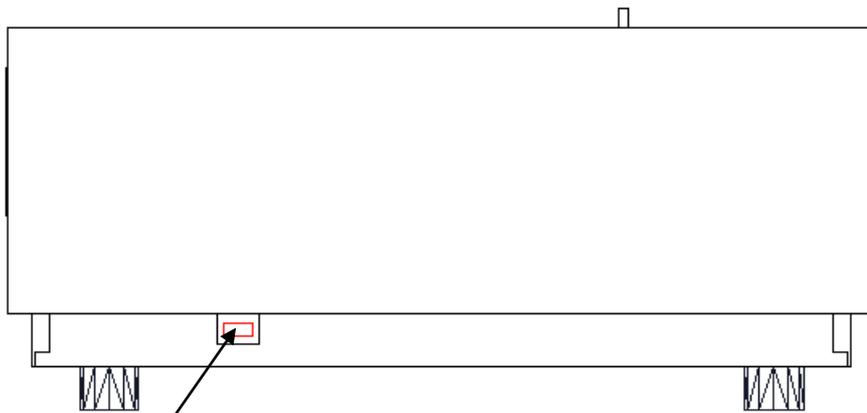


后视图



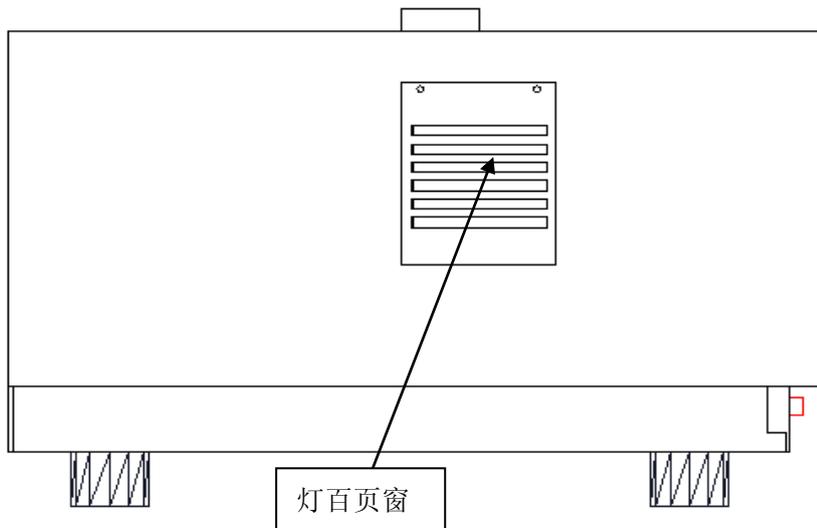
样品池门手柄

俯视图



电源开关

前视图



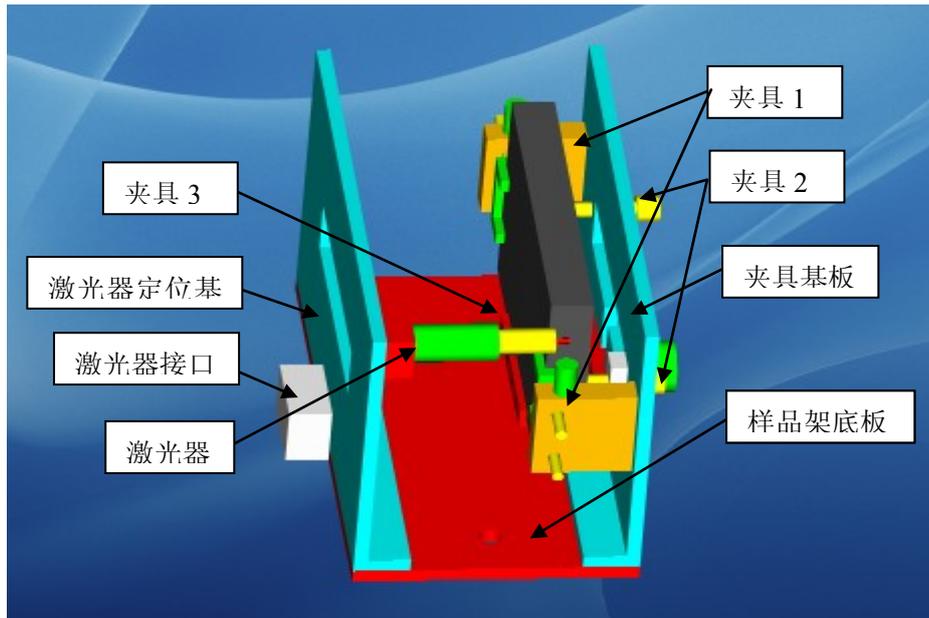
左视图

三、开关机说明

- 本机正常工作电压为 220V/50-60Hz 交流电源，当长期不用时，应关闭本机主电源开关，并将电源插头拔离电源插座。
- 如对测量精度要求较高，请开机预热半小时后再进行使用。
- 开机时，请先开启计算机，再开启测试仪；关机时顺序相反。

四、样品装夹

- 样品架采用分离方式，可以单独取出进行装夹，具体操作如下：



- (1) 将样品架从样品池中取出。
- (2) 将激光器移至激光器定位基的左(右)上角, 保证在装夹过程中激光器与样品不会接触。
- (3) 调整夹具 3 至合适的高度, 使得入射光可以透过样品。
- (4) 调整夹具 1, 从两侧卡紧样品。
- (5) 调整夹具 2, 从后方卡紧样品。
- (6) 将激光器移至样品的触发光探测口处, 移动过程中注意挤压激光器套筒内的弹簧, 避免激光器划伤样品。
- (7) 将样品架放回到样品池当中, 接通样品架与样品池中的串口。

五、测量软件

测试系统简介

本系统由驱动及测试软件组成。只有依次安装驱动和测试系统才能启动并使用本测试系统。测试系统可以测量液晶护具不同位置处的响应时间与恢复时间, 并将结果显示在 X 轴为时间、Y 轴为强度(相对)的坐标系统上。

测试系统运行环境

(a) 硬件要求

Pentium 700M 或以上 CPU

至少 128M 内存

30M 以上剩余硬盘空间

CD-ROM 光驱

(b) 操作系统

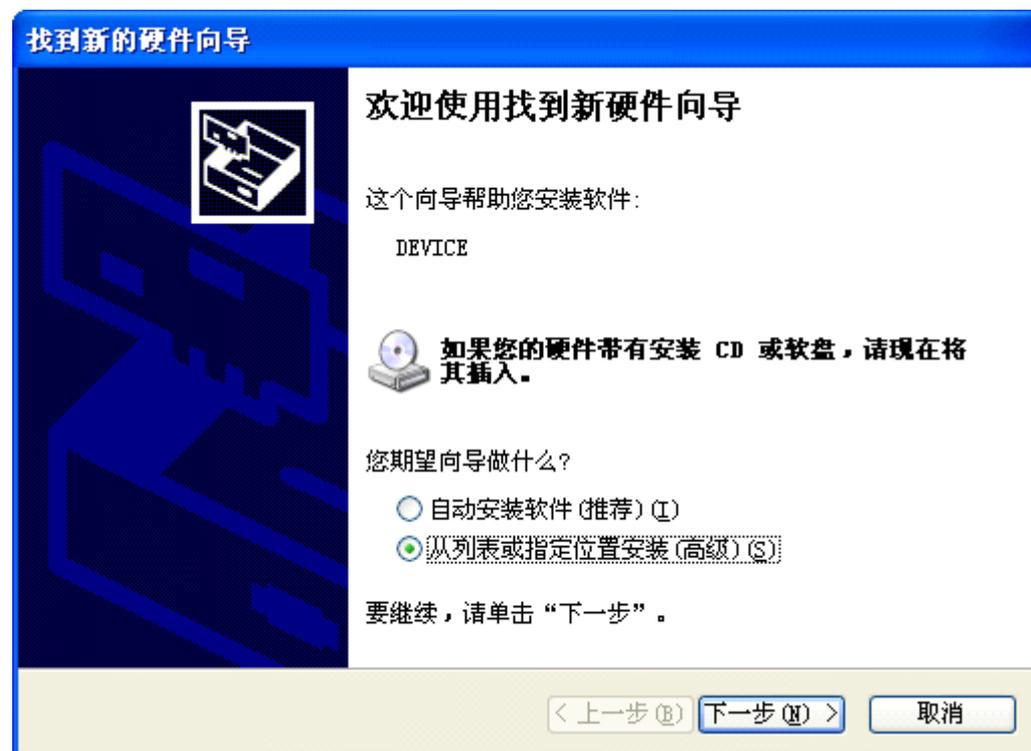
Windows XP 操作系统

系统安装

(a) 驱动安装

如果是首次安装该程序, 那么就要进行驱动安装。

将光盘中的驱动文件 (*LPC214x PC 驱动程序*) 复制到计算机硬盘上, 把测试仪的 USB 接口跟电脑的 USB 接口相连, 这时系统会提示发现新硬件并出现一个对话框如下。

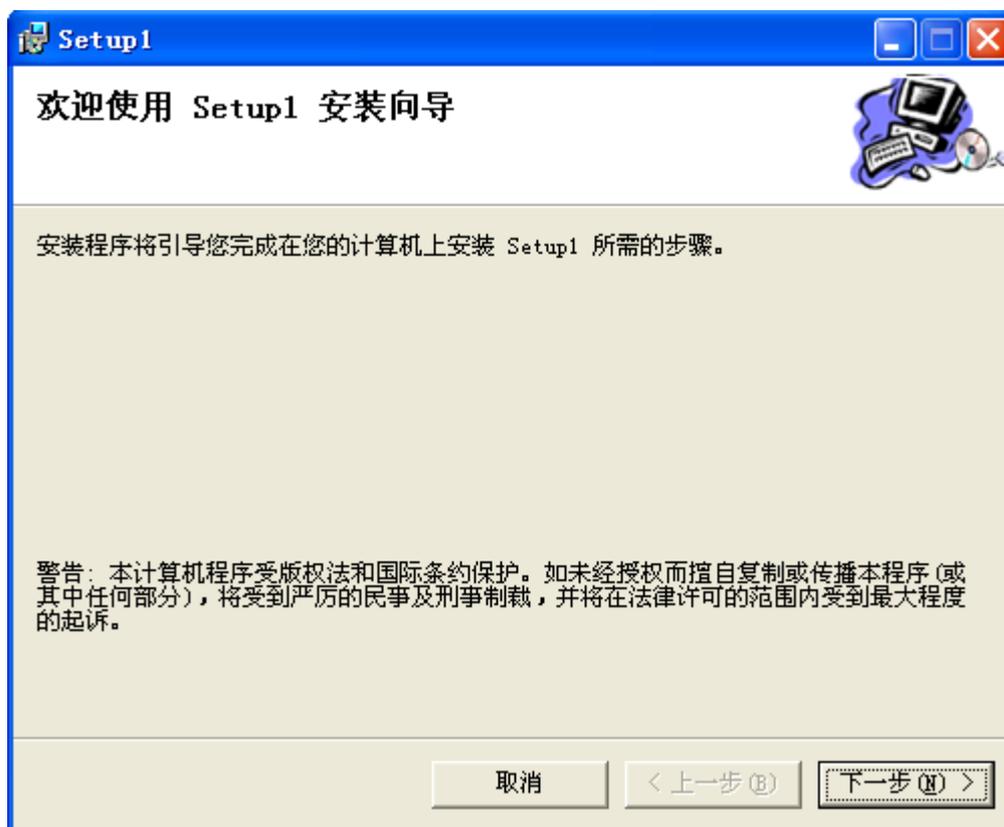


我们不采用系统默认而选择第二个选项即“从列表或指定位置安装（高级）（S）”，从‘浏览’中选中驱动所在文件夹的路径并点击[下一步]按钮即可完成驱动安装。

(b) 测试软件安装

将安装光盘放入 CD-ROM, Windows 将自动开始执行安装程序。如果 Windows 没有自动执行安装程序, 用鼠标左键单击[开始]按钮, 再单击上拉菜单中的[运行]项, 在运行窗口中, 输入“F:\Setup”, (假设光驱为 F, 若为其他, 将键入相

应的盘符), 按 Enter 键, 系统安装程序运行。也可以直接打开光盘并运行 setup.exe 程序, 出现如下界面:



点击下一步, 选取要安装的位置, 结束安装。

(注: 如果当前计算机没有安装 .NET Framework, 本安装程序将会自动安装。)

系统安装完成后, 将在选中安装的路径文件中生成一个测试仪软件的程序组, 并在桌面和开始菜单上创建一个可执行程序的快捷按钮。

(c) 软件删除

从[开始]菜单中选中[控制面板], 并打开在[控制面板]中[添加或删除程序]选项。



选中程序并点击[更改/删除]按钮，即可根据提示完成程序删除。

系统启动

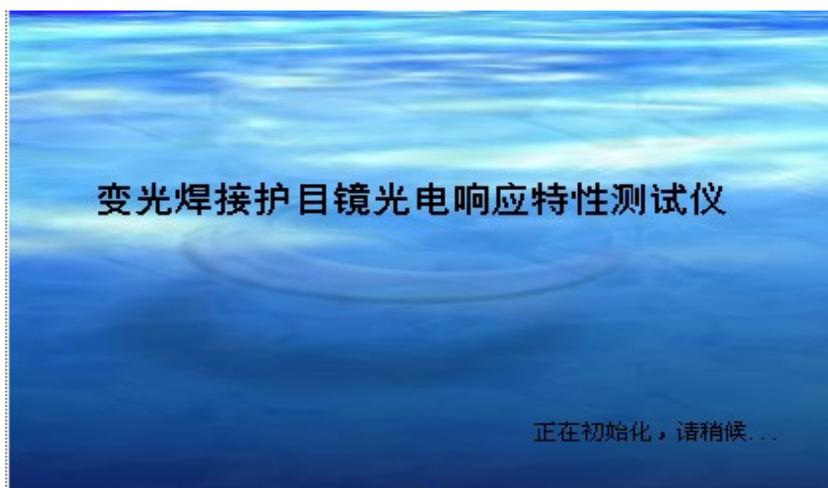
打开测试仪电源后启动测试软件。

有三种方式可以启动软件：

从桌面启动：鼠标左键双击桌面上“Measure”图标，即光谱仪系统。

从程序启动：鼠标左键单击[开始]按钮，请选择[所有程序]再运行[Measure]也可以启动程序。

从安装路径启动：在安装路径下直接运行 Measure.exe 程序也可以启动程序。之后就会进入下面的启动画面：



程序主界面



菜单功能简介

[文件]菜单：主要提供保存及读取曲线功能。

[测试]菜单：主要提供测试操作，包括响应时间测量、恢复时间测量、全程测量等等。

[数据]菜单：主要提供浏览数据的功能。

[图谱]菜单：主要提供显示特定曲线等功能。

[设置]菜单：主要用于设置测试参数，包括采样频率、采样时间、直流/交流、高压及电机位置等设置。

[调试]菜单：主要用于仪器基本参数的设置及精度测试，包括高压面板与示波器面板。

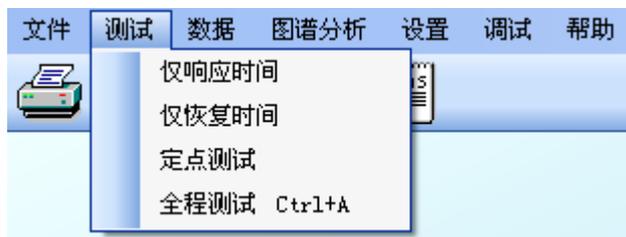
[帮助]菜单：主要用于调出帮助文件。

参数设置

在开始测量前首先要进行参数设置，包括三个部分：

- (1) 测试参数设置：设置测试模式、采样频率、采样点数。一般采用默认设置即可，无需更改。
- (2) 电机定位设置：设置样品测试的三个位置。一般采用默认设置即可，无需更改。
- (3) 高压设置：设置探测器的高压。更换测试样品需要重新设置高压，使样品明态时透过的能量在 15000~30000 之间。

测试菜单简介



[仅响应时间]仅测量样品某点的响应时间

[仅恢复时间]仅测量样品某点的恢复时间

[定点测试]测量样品某点的响应时间及恢复时间

[全程测试]测量样品指定三点的响应时间及恢复时间

测试步骤

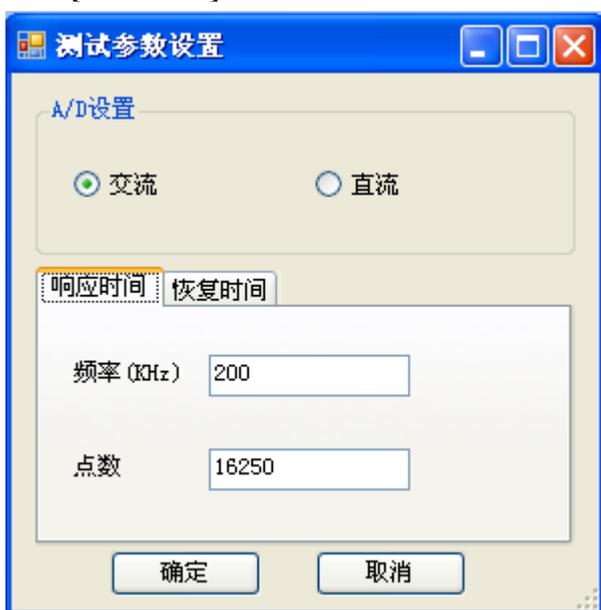
- 1、打开仪器电源，启动软件，等待软件初始化完成。
- 2、将样品放入仪器夹具中，将激光器对准样品的接收口。（样品装夹方法可参考【样品装夹】部分）
- 3、每次更换样品都需重新设置高压。点击菜单中的[高压设置] 菜单，出现下面画面：



输入合适的高压值（40~140），点击[设定高压]。重复上述操作直到当前能量值位于 15000~30000 之间。

4、测试参数设置。（一般采用默认设置，如无特殊要求，可略过此步）

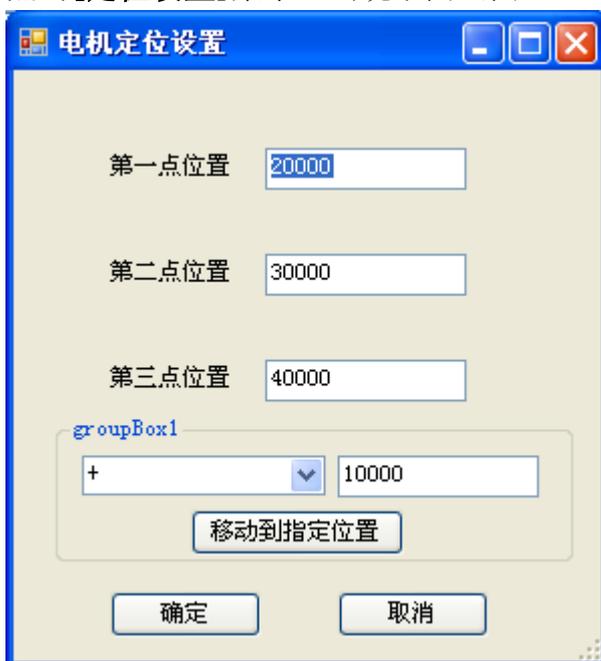
点击[参数设置]菜单，出现下面画面：



根据不同需要设置测试参数（A/D、采样频率、采样点数）。

5、电机定位设置（一般采用默认设置，如无特殊要求，可略过此步）

点击[定位设置]菜单，出现下面画面：



该菜单主要包括待测样品三点的位置，后面的数字代表电机的步数，可根据自己需求输入。

6、点击[全程测试]菜单，仪器就会自动进行指定三点的响应时间及恢复时间测量并画出曲线。

精度测试步骤

(1) 透过率精度测试步骤

- 1、打开仪器电源，启动软件，等待软件初始化。
- 2、如果仪器内有样品，请抽出样品。
- 3、在样品池探测器前放置中心波长为 λ 的窄带滤光片。
- 4、盖上样品池，点击[高压设置]菜单，出现下面画面：

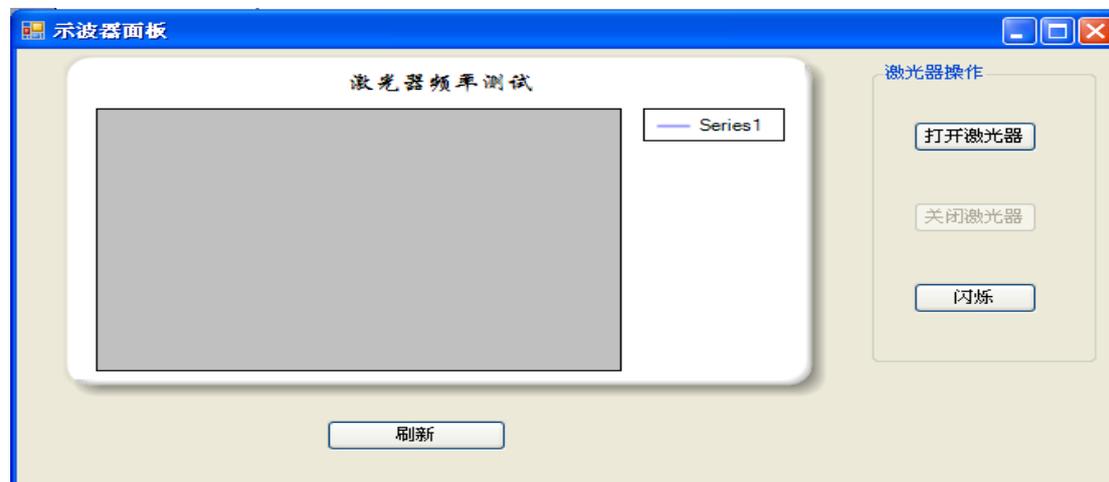


设置高压至合适值，点击【基线测量】。

- 5、将样品放入样品池中，点击[透射测量]按钮，从透过率文本框中可读出样品波长 λ 处的透过率。

(2) 时间精度测试步骤

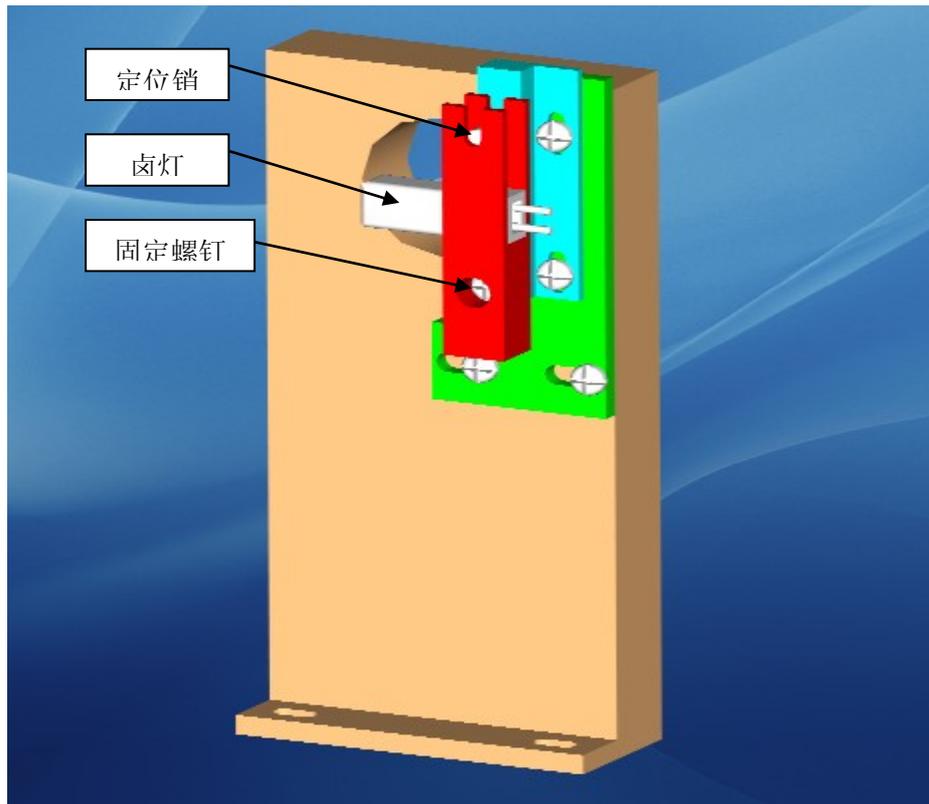
- 1、打开仪器电源，启动软件，等待软件初始化。
- 2、如果仪器内有样品，请抽出样品。
- 3、点击[示波器面板]，出现下面画面：



- 4、点击【**打开激光器**】，将激光器的光斑对准探测器。
- 5、点击【**关闭激光器**】。
- 6、点击【**刷新**】按钮，从图中读出激光器频率。

六、换灯步骤

本测试系统采用专用光源灯座，结构图如下：



换灯步骤如下：

- (1) 打开测试仪面板。
- (2) 用螺丝刀拧开固定螺丝，取下需更换的灯座。
- (3) 将新灯座的 U 型槽对准定位销，拧上固定螺丝。

七、常见故障

故障现象	排除方法
仪器联络失败	关闭测试仪，拔下 USB 线重插；如果还是不行请重新启动计算机。
能量为零或不稳定	先检查钨灯工作是否正常；再观察光斑是否对准探测器。
计算机无法控制样品架运动	检查样品架与仪器内部的串口接触是否正常。
测试曲线呈一条直线	先检查激光器是否对准样品的光触发口；再检查激光器工作是否正常

附录三、仪器元件清单

序号	零件名称	数量	单价	金额
1	机械加工(详见图纸)	1	8000	8000
2	光电倍增管	1	1600	1600
3	数控高压模块	1	1500	1500
4	触发控制模块	1	1000	1000
5	电机控制模块	1	800	800
6	50W 光源模块	1	2400	2400
7	数据采集模块	1	3000	3000
8	信号隔离模块	1	500	500
9	电源模块	1	1200	1200
合计				20000

附录四、实测结果总汇

(1) 光源稳定性测试

图 8-1 是使用 KOTI-1000 分光光度计测试光源（卤钨灯）能量随时间变化的曲线：

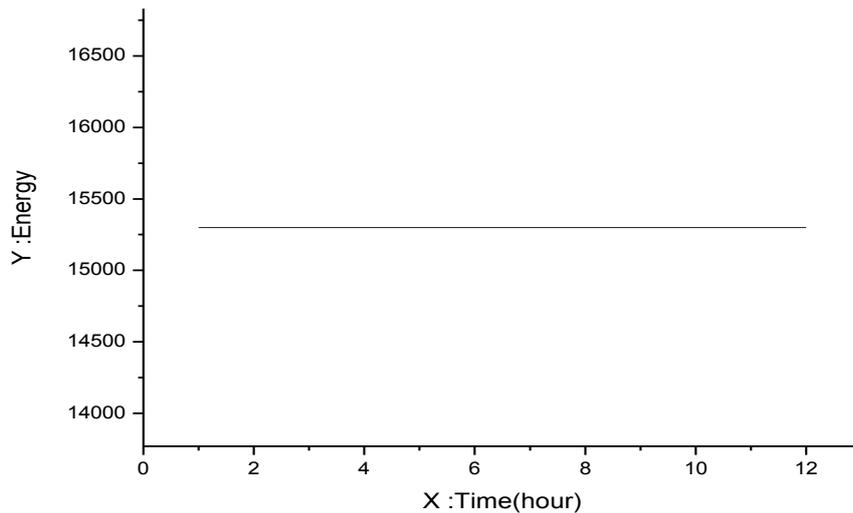


图 8-1 光源光强随时间的变化曲线

在规定时间（6 小时）内，光源波动小于 0.1%，可以满足系统的要求。

(2) 重复性测量实验

仪器放置在温度 10-30℃，湿度（20-70）% 环境下，在正常电源条件下进行试验。总共测试响应时间和保持时间三次，每次测试间隔为 6 小时。结果如下

测量种类	第一次测量	6 小时后测量	12 小时后测量
响应时间	1.907	1.916	1.909
保持时间	111.8	110.1	111.1

由上表可得出响应时间的重复性偏差小于 1%；保持时间的重复性偏差小于 1%，达到预期要求。

(3) 透过率测量实验

仪器放置在温度 10-30℃，湿度（20-70）% 环境下，在正常电源条件下进行试验。在探测器前放置中心波长为 650nm、带宽小于 8nm 的窄带滤光片，分别测量放置样品前后探测器接受到的能量，进而求出透过率。考虑实际情况，我们分用多块白玻璃（每块透过率约 90%）模拟处于明态时的样品，用低透过滤（透过率小于 2%）的镀膜片模拟暗态时的样品。测试结果如下：

白玻璃测量数据:

名称	理论计算值	岛津(UV310)测量值	仪器测量值
一块白玻璃	91.7%	91.7%	91.6%
两块白玻璃	84.1%	84.2%	83.6%
三块白玻璃	77.1%	76.7%	77.9%
四块白玻璃	70.7%	71.4%	70.8%

低透镀膜片测量数据:

名称	岛津(UV310)测量值	仪器测量值
镀膜片一	1.56%	1.53%
镀膜片二	7.97%	8.11%

(4) 激光器脉冲上升时间测量实验

为测量此时间, 将仪器放置在温度 10-30℃, 湿度 (20-70) % 环境下, 将激光器的光斑打到探测器上, 记录激光器触发时的波形曲线如图 8-2:

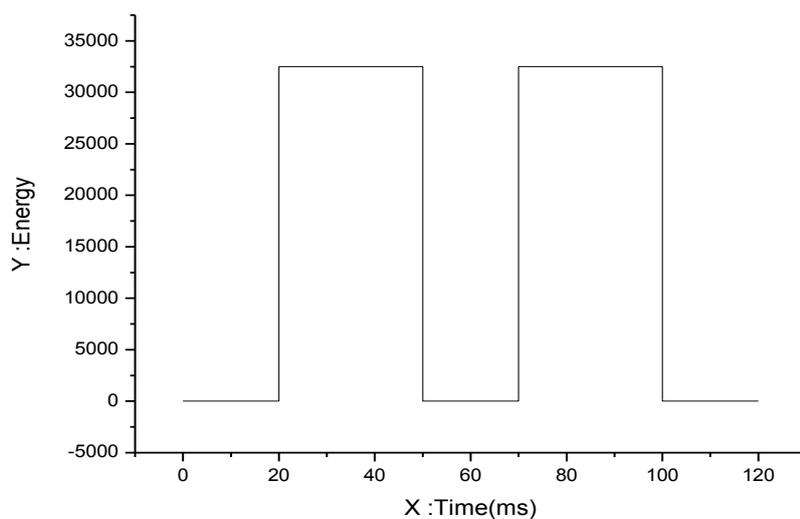


图 8-2 激光器触发波形

分析数据发现激光器触发时脉冲上升沿所花时间小于 0.05ms，即小于所要求的测量精度的 1/10，故激光器触发脉冲对测量结果的影响可以忽略不计。

(5) 杂散光测试实验

仪器放置在温度 10-30℃，湿度（20-70）%环境下，在正常电源条件下进行试验。使用挡板遮住测试系统光源部分，在外界灯光照射条件下进行测试。测试结果发现杂光影响小于 0.1%