《光电技术基础》

实验指导书

北京工商大学计算机与信息工程学院

2011.3

前　　言

CSY2000G 光电技术基础实验台是为适合光电子技术、信息工程、光电检测等专业教学内容的需要而开发的教学实验装置，是光电技术基础课程的基础实验。

激光器的出现，解释了光频载波的产生问题，从此电子技术的各种基本概念（如放大与振荡、调制与解调、直接探测与外差探测、信频、和频与差频等）几乎都移植到了光频段。电子学与光学之间的鸿沟在概念上消失了，产生了光频段的电子技术，称为光电子技术。

本实验指导书特点在于：

1、 实验所选用的实验内容，大部份是光电基础实验。重点分析光敏器件和光电传感器的特性和应用场合。学生通过实验应该学会合理地选择传感器，掌握光电检测的基本原理和方法。为培养学生的动手能力，还安排了一部分仪器的装拆实验。

2、 该实验台集中了目前常用的光敏元件和传感器，采用了模块式组合，不同学生可以根据自己特点选择各类模块。为适应光电子技术的最新发展，本实验台可以根据学生要求，补充了部分新型传感器和模块。

3、 主机箱备有常用的稳压电源和电压、电流显示单元。备有光功率计和光照度计，可便于学生进行毕业设计和综合性、设计性课程设计及课外课题制作。

*本实验指南尽力举一些实际工程项目实例，便于扩大学生的知识领域，学生也可通过主机箱提供的各种单元模块开发做其它实验。

目　录

目录 ……3
第一章　说明书……4
第二章　实验指南 …… 6
实验一　光电基础知识实验……6
实验二　光敏电阻实验 ……12
实验三　光敏二极管特性实验 ……16
实验四　光敏三极管特性实验 ……20
实验五　透射式光开关设计性实验 ……24
实验六　红外线反射式光电开关实验…… ……26
实验七　光电池实验 ……28
实验八　热释电红外传感器设计性实验…… ……31
实验九　光源及光调制解调实验 …… 34
实验十　PSD 位置传感器实验 …… 37
实验十一　光纤位移传感器综合性实验 … ……40
实验十二　光纤温度传感系统实验 … ……42
实验十三　光纤压力传感系统实验 ……47
实验十四　光电转速传感器转速测量实验 ……49
实验十五　CCD 电荷耦荷器件综合性测定实验……50
实验十六　光栅位移传感器综合性实验 ……55

第一章 CSY2000G 光电传感器实验台说明书

CSY2000G 光电传感器实验仪主要有主机箱、传感器装置、实验模板、实验桌四大部分组成。

（一）主机箱

供电电源 AC220V，50HZ。额定功率 200W。

1、有实验所需的电源、压力源

0-12V 连续可调直流稳压电源。

0-5V 连续可调直流稳压电源。

±15V、+12V、+5V 稳压电源。

2、显示压力源：气压量程 4-20KPa（通过调节玻璃转子流量计、旋钮、气压输出大小可调）

电流表：DC20μA-20mA(量程三档切换)

电压表：DC200mV-20V（量程三档切换)

光功率计：1999mW

光照度计：1999Lx

频率/转速表：f： 0-9999Hz、 n：0-9999 r/min

计时器（秒表）：9999S

气压表:4-40 KPa

3、温控仪：

PID 位式调节仪：0-200^{0}C

（二）传感器装置

光学传感器由底座，升降支架、遮光筒、滑轨等组成，可卸式活动安装各种光电器件探头，光源等。

1、 光敏器件及传感器

光敏电阻

光敏二极管

光敏三极管

红外光敏二极管（光接受）

硅光电池

反射式光耦（红外发射与红外光敏三极管组合）

红外线热释电探头

光照度计探头

光功率计探头

2、传感器

光纤传感器、（位移、压力、温度）

PSD 位置传感器

线阵 CCD 测径系统（可选）

光栅位移传感器（可选）

3、光源

普通白炽灯、普通发光二极管、红外发射管、半导体激光管、各种滤色镜。

（三）实验模板

光电器件实验（一）模板

光电器件实验（二）模板

光电器件实验（光开关）模板

光电器件实验（光调制）模板

光电传感器转速测量实验模板

光纤传感器实验模板

PSD 传感器实验模板

温度传感器

（四）实验桌

放置主机箱、实验模板、各种实验器件实验台尺寸为：1600×800×740（mm）

第二章 实验指南

实验一 光电基础知识实验

实验目的

通过实验使学生对光源分光原理，辐射量与光度量、光的不同波长等基本概念有具体的认识。

第一部分 光源和光波长实验

一、实验原理

以电磁波形式或粒子（光子）形成传输的能量，它们可以用光学条件反射、成像或色散，这样能量传输及其传播过程称为光辐射。

为了对光辐射进行定量描述，存在着辐射单位和光度单位两套不同的体系，下表是常用的辐射度量和光度量之间的对应关系。

表（一）、常用辐射度量和光度量之间的对应关系

辐射度量物理量				光度量			
物理量名称	符号	定义成定义式	单位	物理量名称	符号	定义成定义式	单位
辐射能	Q_e		J	光量	Qv	Qv=∫Qvdt	lm s
辐射通量	Φ_e	$\Phi_e=d\Phi_e/dt$	W	光通量	Φv	Φv=∫IvdΩ	lm
辐射出射度	M_e	$M_e=d\Phi_e/ds$	W/m^2	光出射度	Mv	Mv=dΦv/ds	lm/m^2
辐射强度	I_e	$I_e=d\Phi_e/ds$	w/sr	发光强度	Iv	基本量	cd
辐射亮度	L_e	$L_e=dI_e/(ds\cos\theta)$	$w/(m^2\ sr)$	（光）亮度	Lv	Iv=dIv/ds cosθ	cd/m^2
辐射照度	E_e	$E_e=d\Phi_e/dA$	w/m^2	（光）照度	Ev	Ev=dΦv/dA	LX

在光度单位中，发光强度是基本单位，定义为一个光源发出频率为 540×10^{12} HZ 的单色辐射。若在一给定方向上的辐射光度为 1/683 （W/Sr），则该光源在该方向上的的发光强度为 1 cd（坎德拉）。

本实验中备有普通光源和激光光源两种，普通光源（探炽灯）的光谱为连续光谱。利

用滤色片或色片或通过分光镜后，可以提供红橙黄绿青蓝紫多种波长的光辐射。激光光源是半导体激光器，发射的激光波长 630-680 纳米。激光颜色为红色。

三棱镜的分光原理:

三棱镜的分光作用原理基于以下几点：

（1）、三棱镜表面对光线的折射作用。

三棱镜对不同波长的各色光具有不同的折射率。因此当三棱镜中入射的光（白光为各种不同波长的复合光，从波长为 400 纳米（m m）紫光至 760 纳米的红光）则三棱镜对不同色光具有不同折射率。各色光经折射后的折射角将不同。因此通过三棱镜出射时，各色光的偏角也随之不同。所以，白光经过三棱镜折射以后将分解成各种色光并呈现出一片按序排列的颜色。这种现象称为光的色散。

（2）、图 1-1 画出了三棱镜表面产生折射的情况。

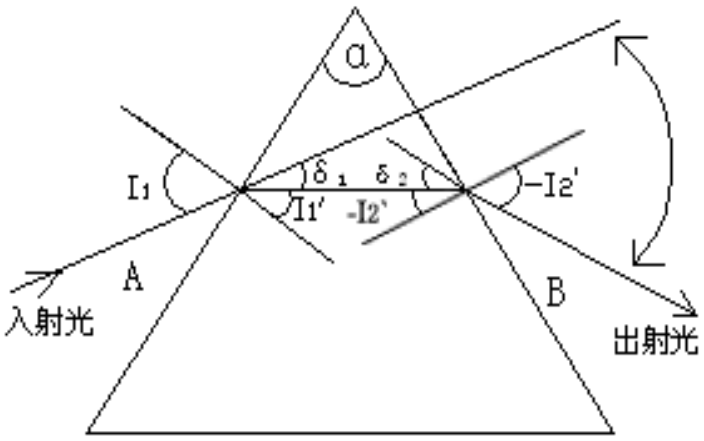


图1-1 三棱镜其表面对光线的折射作用

如入射光（某一单色光）经三棱镜 AB 进入玻璃介质后，光线产生一偏角 δ_1 该光束在 B 面出射时，又产生一偏角 δ_2 光线经二次折射后入射光与出射光产生的偏角 $\delta_0 = \delta_1 + \delta_2$

对三棱镜两个折射面 AB 导出折射定律为:

$$SinI_1 = nSinI_1' \qquad SinI_2' = nSinI_2$$

利用两式相减，并根据 $\alpha = I_1' - I_2$， $\delta = \delta_1 + \delta_2 = I_1 - I_2' + I_2 - I_2'$

经过具体运算得 $Sin1/2(\alpha + \delta) = n\text{-}Sin\ \alpha/2 * Cos(I_1' + I_2)/Cos1/2(I_1 + I_2')$

由式可见，光线经棱镜折射后，产生的偏角 是光线入射角 I_1 。棱镜折射角 α 和折射率 n 的函数，对于给定的三棱镜 α 和 n 为定值，因此 随 I_1 而变。

图 1-2 表示的光通过三棱镜时的色散现象，由于介质的折射率随波长的的变短而增大，尤其是短波部分，折射率增加的更快。

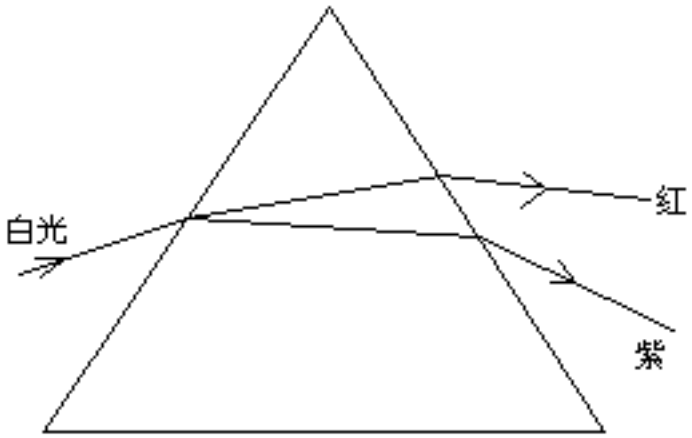


图1-2 光的色散示意图

由图 1-2 可知红色的波长长，折射率小，产生较小的偏角，而紫色的波长短，折射率大，产生的偏角也大，这样的光经三棱镜折射后，形成一条按红、橙、黄、绿、青、蓝、紫顺序的连续光谱，本实验用于演示这一现象。

利用滤色片也可以从白光中获取单色光，常用滤色片有二类，一类是塑料片，它只能透射某一波长的光，而对其它波长具有吸收作用，对玻璃滤光片，玻璃片上镀某种颜色（例如红色）的薄膜，它利用光的频率效应。则它对红色的光是干涉相长。对其它颜色的光则干涉相消。衡量滤色质量优劣的是色纯度。

二、实验器材

CSY—2000G 主机箱、普通光源、分光装置（三棱镜）、半导体激光器、滤色片、光照度计及探头。

三、 实验步骤

（1） 根据图 1-3 将普通光源插进安装架上，把光源的两个插孔分别连接到主机箱的“0~12V”可调电压源上，调节“0~12V”的可调旋钮，可改变光源的亮度（调节电源 0~12V 必须从最低电压起始慢慢调到 12V，否则冲击电流大，电源自动截止保护，要正常工作必须重新开机）。

（2） 将光源升降杆的固定螺钉旋松，旋转光源 180° 后拧紧固定螺钉。在光源

的前方适当的位置安放分光三棱镜，旋转棱镜，观察投射出的连续的带状分光光谱（红~紫七色，如图 1-3）。

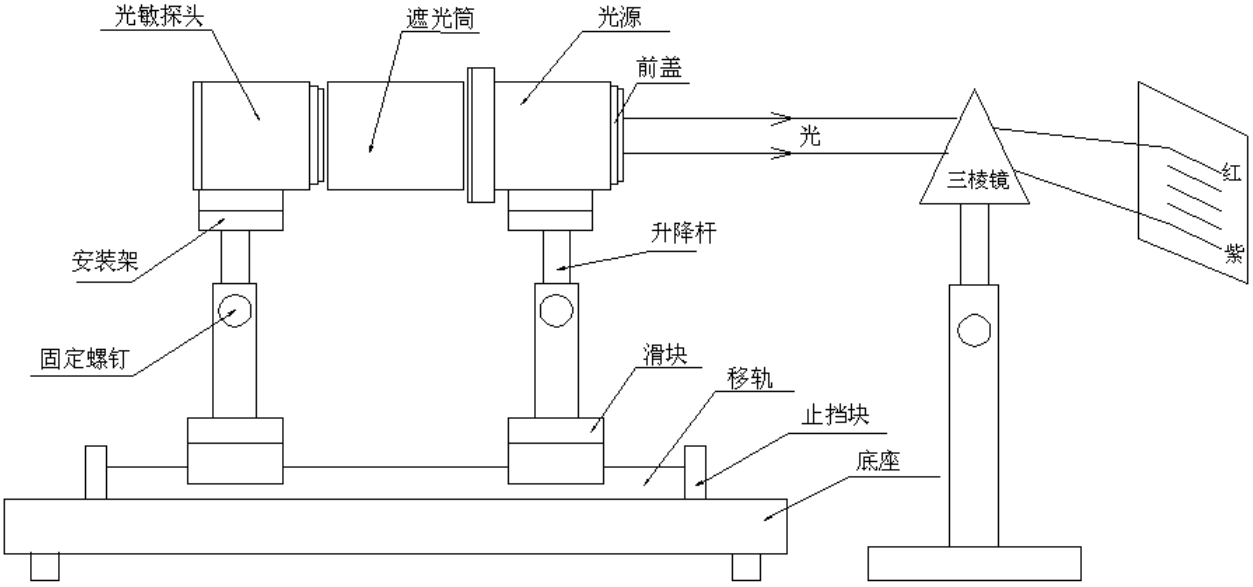


图 1-3 光电实验装置示意图（白色光的光色散）

（3） 关闭电源，旋下光源前盖，装上不同颜色的滤色片，观察不同波长（颜色）的光。

（4） 把普通光源取下，换上半导体激光光源，连接 5v 电源（注意 1.二极管保护；2 光源注意极性），重复（2）。

（5） 把分光装置对太阳观察太阳光，用一白纸作受光面。从出射的受光面上观测带状光谱（如图 1-4）。

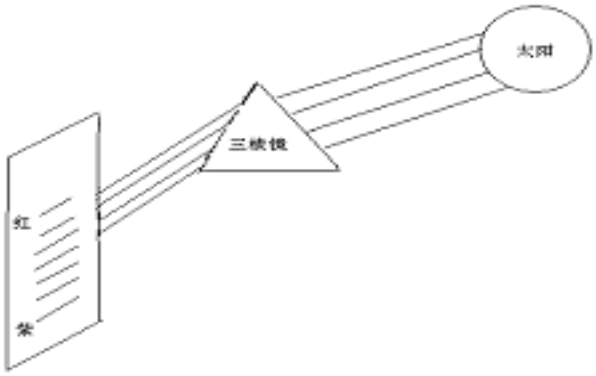


图 1-4 太阳光的光色散

第二部分　辐射度与光度学

一、 基本原理

光辐射的探测和计量,在辐射度单位和光度单位两套不同的体系。辐射度单位适用于整个电磁波段。光度学只适用于可见光波段。本实验帮助学生理解两种概念体系的区别和联系。

二、实验器材

CSY—2000G 主机箱、普通光源（含遮光筒）、半导体激光光源、各种滤色片，光照度计探头

三、 实验步骤

（1）根据图 1-5 装置图将照度计探头代替光敏探头，把照度计探头的两个插孔与主机箱的光照度计两个插孔正负对应相连，再按下主机箱照度计的按纽（×1）。打开主控箱电源，测量当前环境下的照度。

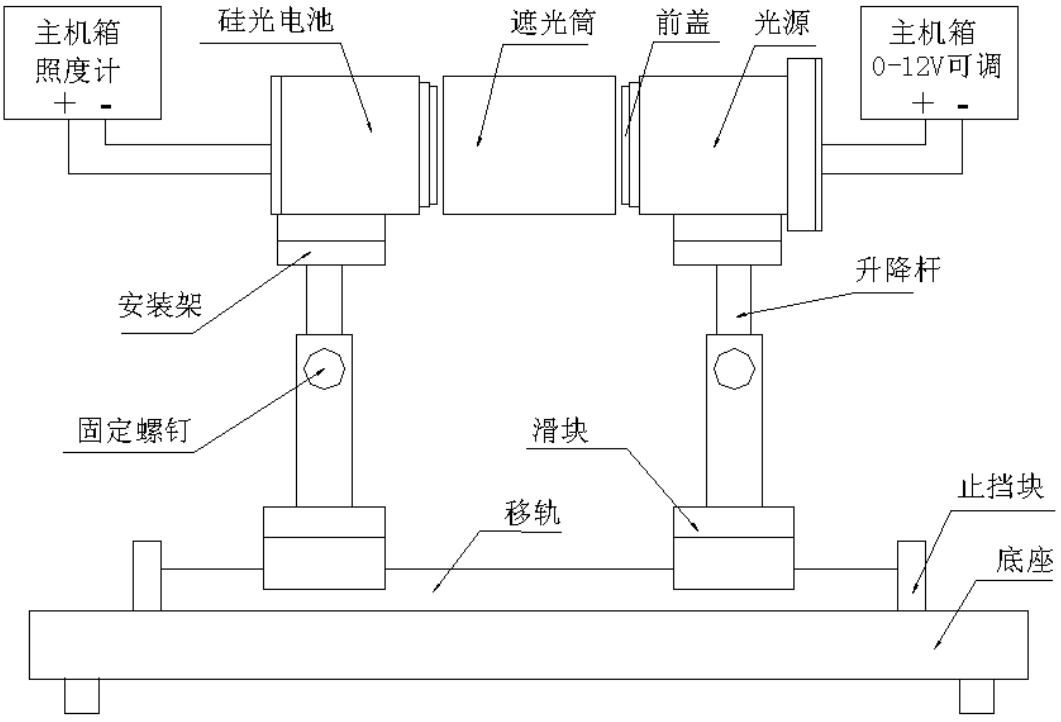


图 1-5　辐射度与光度学的接线示意图

（2）关闭主控箱电源,把普通光源的两个插孔与主控箱的 0~12V 的可调电源的两个插孔相连，逆时针调节可调电源旋钮到底。把主机箱的电压表输入端（+、−）分别

与 0~12V 的可调电源的+、－ 相连，监测可调电源的输出大小。按表 1-1 慢慢旋转可调电源旋钮，按表 1-1 记录数据。

表 1—1

输入电压（v）	2	3	4	5	6	7
光照度（Lx）						

（3）关闭主机箱电源，取下实验装置的遮光筒，旋下普通光源的前盖，分别旋上不同颜色的滤光片，装上遮光筒，按上面的方法分别测量不同滤色片下的照度。并作记录，把数据填入表 1-2。

表 1—2

滤色片颜色(λ)	红	橙	黄	绿	青	蓝	紫
光照度（Lx）							

（4）在（3）中，用眼睛观察不同颜色光的亮度情况，感觉同一照度下不同颜色的光，感受一下眼睛对光颜色的敏感度。

（5）关闭主机箱电源，将普通光源撤下换上半导体激光器，将半导体激光器的两个插孔（+、－）分别与主机箱 0~5V 的可调电源的+、－ 相连。开主机箱电源，同上面方法用照度计测量激光器发出的光的照度，作记录把数据填入表 1-3。

表 1—3

输入电压（v）	2.5V	3V	3.5V	4V	4.5V	5V
光照度（Lx）						

（6） 关闭主机箱电源，用光功率探头代替照度计探头，将光功率探头的两个插孔（+、－）分别与主机箱的光功率计输入端的+、－ 相连，打开主机箱电源，方法同上用光功率计测量激光器的光功率，并作记录，把数据填入表 1-4。

表 1—4

输入电压（v）	3	3.5	4	4.5	5
光功率(mw)					

实验二　光敏电阻实验

一、 实验目的

了解光敏电阻的光谱响应特征、光照特性和伏安特性等基本特性

二、 基本原理

在光线的作用下，电子吸收光子的能量从键合状态过渡到自由状态。引起电导率的变化，这种现象称为光电导效应。光电导效应是半导体材料的一种体效应。光照愈强，器件自身的电阻愈小。基于这种效应的光电器件称光敏电阻。光敏电阻无极性，其工作特性与入射光光强、波长和外加电压有关。

三、 需用器件与单元

CSY—2000G 主机箱、光源、滤色片、 光电器件实验（一）模板 、cds 光敏电阻、光照度探头。

四、 实验步骤

1、亮电阻和暗电阻测量

（1） 图 2-1 是光敏电阻实验原理图

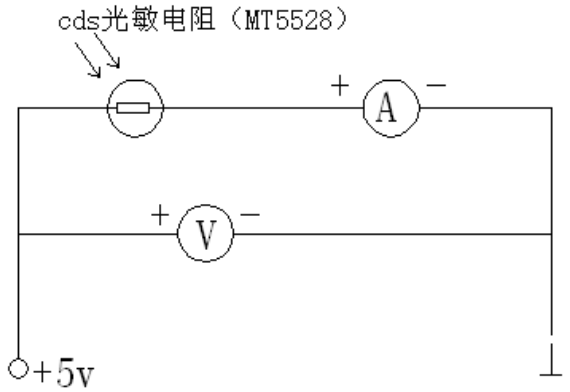


图 2-1 光敏电阻实验原理图

（2） 按图 2-1 的光学系统装置图，安装好普通光源和光照度计探头及遮光筒，将主机箱的 0~12V 的可调电源与普通光源的两个插孔相连，将可调电源的调节旋钮逆时针方向慢慢调到底。将照度计探头的两个插孔与主机箱照度计输入端“+”、“—”相应连接。打开主机箱电源，顺时针方向慢慢增加 0~12V 可调电源，使主机箱照度计显示 100L_X（按下按钮×1）。

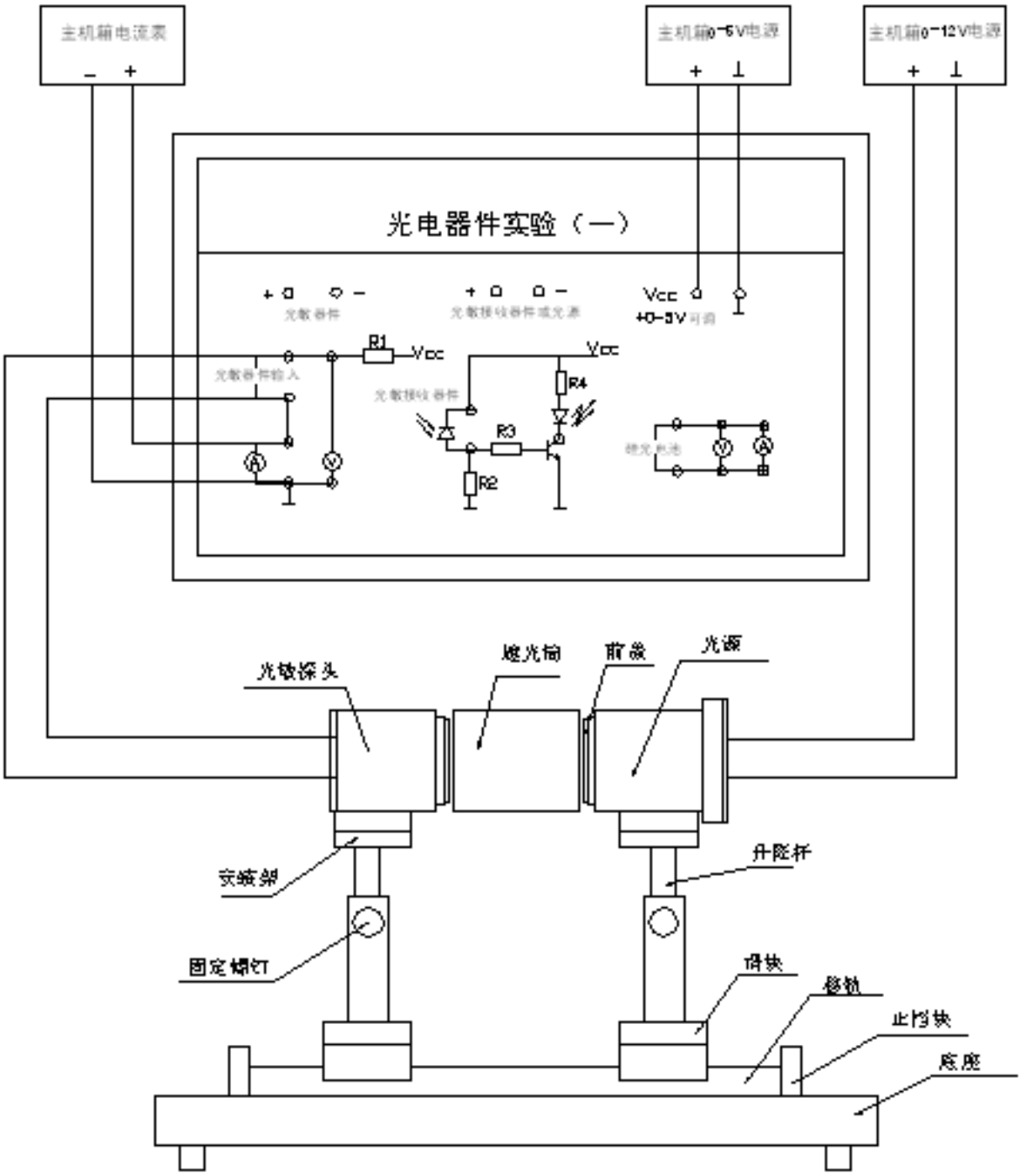


图 2-2 光敏电阻实验接线图

（3） 撤下照度计连线及探头，换上光敏电阻。将光敏电阻的一个插孔连到主机箱固定稳压电源+5V 的“+”插孔上。光敏电阻的另一个插孔连到主机箱电流表输入端的“+”插孔上，电流表输入端“—”插孔与+5V 稳压电源的“⊥”相连。

（4） 在光敏电阻与光源之间用遮光筒连接后，10 秒钟左右（可观察主机箱上的定时器）

读取电流表（可选择电流表合适的档位 20mA 档）的值为亮电流 $I_{亮}$。

（5） 将 0~12V 可调电源的调节旋钮逆时针方向慢慢旋到底后，10 秒钟左右读取电流表（20μA 档）的值为暗电流 $I_{暗}$。

（6） 根据以下公式，计算亮阻和暗阻（照度 $100L_X$ 、$U_{测}$ 5V）

$R_{亮}=U_{测}/I_{亮}$ ； $R_{暗}=U_{测}/I_{暗}$

（7） 光敏电阻在不同的照度下有不同的亮阻和暗阻；在不同的测量电压（$U_{测}$）下有不同的亮阻和暗阻。如有兴趣可重复以上实验步骤做实验。

2、光照特性测量

光敏电阻的测量电压（$U_{测}$）为+5V 时，光敏电阻的光电流随光照强度变化而变化，它们之间的关系是非线性的。调节光源 0~12V 电压得到不同的光照度(测量方法同以上实验)，测得数据填入表 2—1，并作曲线图。

表 2—1

强度（L_X）	100	300	500	700	900	1100	1300	1500
电流 mA								



图 2—3 光敏电阻光照特性实验曲线

3、伏安特性测量

在一定的光照强度下，光电流随外加电压的变化而变化，测量时，在给定光照强度 $100L_X$ 时，光敏电阻输入 0-5V 可调电压，调节 0-5V 电压（由电压表监测），测得流过光敏电阻的电流,测得数据填入表 2-2，并作不同照度的三条伏安特性曲线。

表 2-2

型号：MT5528		电压（U）	1.25	2	3	4	5
照度 L_x	100	电流（mA）					
	300	电流（mA）					
	500	电流（mA）					



图 2—4 光敏电阻伏安特性

4 、光谱特性测量

（1）光敏电阻对不同波长的光，接收的光灵敏度是不一样的，这就是光敏电阻的光谱特性。实验时线路接法同图 2-2，在光路装置中先用照度计窗口对准遮光筒，然后撤下光源前盖,更换不同的滤光片，得到对应各种颜色的光。作光谱特性时，需调节光源强度（调 0—12V 电压），得到相同的照度。光敏电阻在某一固定工作电压下（+5V），在同一照度下（例如 $100L_x$），在不同波长（颜色）时测量流过光敏电阻的电流值，就可作出其光源特性曲线。实验数据如下表所示：

表 2-3

颜色	波长 (nm)	型号 MT5528
		$100L_x$照度下的电流
红	650	
橙	610	
黄	570	
绿	530	
青	480	
蓝	450	
紫	400	

实验三　光敏二极管特性实验

一、　实验目的

了解光敏二极管工作原理及光生伏特效应。

二、　基本原理

光敏二极管和光电池均是一种光伏探测器。利用了 Pn 结的光伏效应，对光伏探测器总的伏安特性可表达为

$$i=i_D-i_\varphi=i_{so}[\exp(eu/k_BT)-1]-i_\varphi$$

式中 i 中是流过探测器总电流，i_{so}二极管反向电流，e 是电子电荷，u 是探测器两端电压，k_B为玻耳兹曼常数，T 器件绝对温度。

光敏二极管的具有光生伏特效应，当入射光的强度发生变化，通过光敏二极管的电流随之变化，于是在光敏二极管的二端电压也发生变化。光照时导通，光不照时，处于截止状态，并且光电流和照度成线性关系。

三、　需用单元器件

光敏器件实验（一）模板、主机箱、光敏二极管、光源、光照度计探头、滤色片

四、　实验步骤

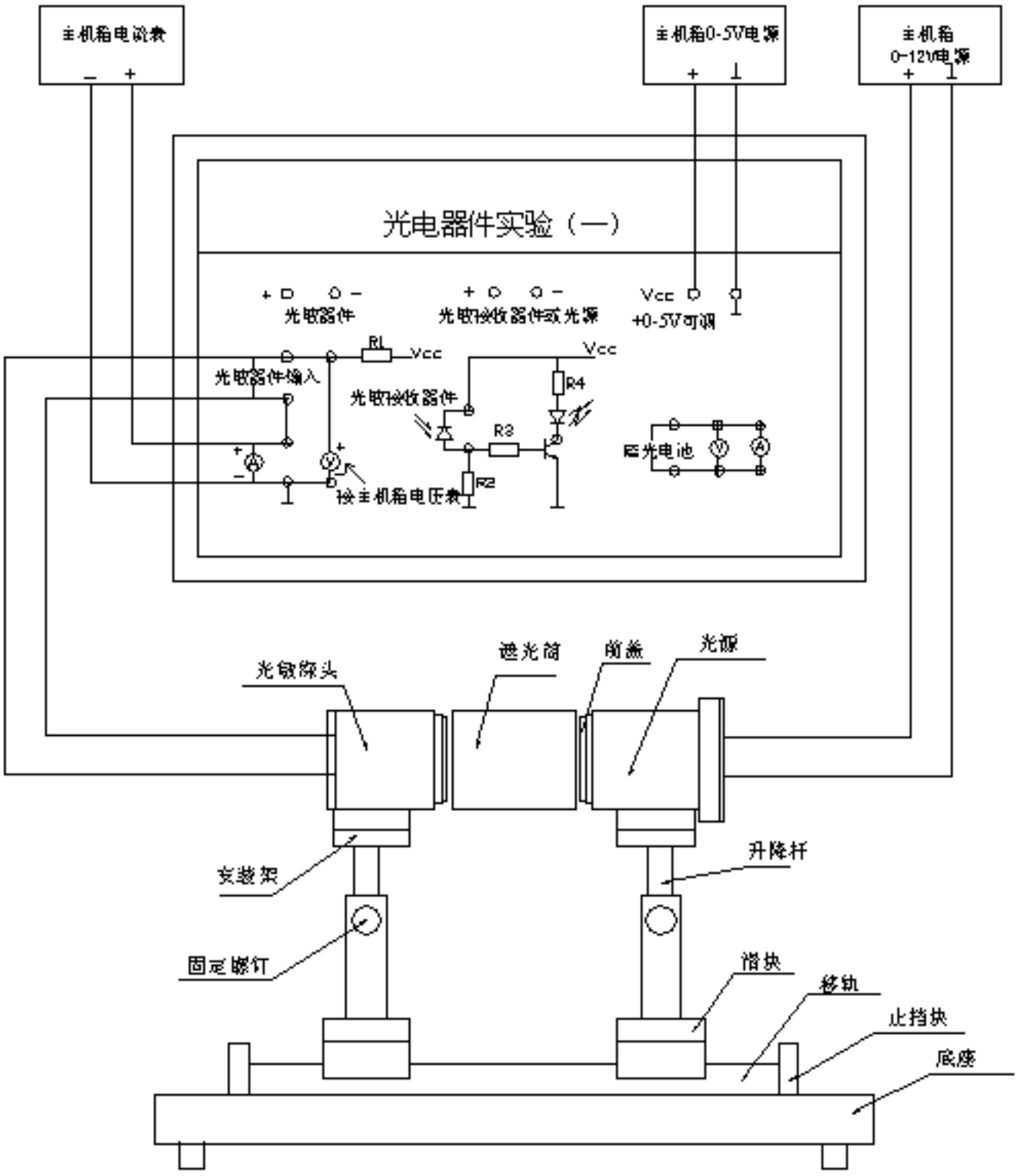


图 3-2 光敏二极管特性实验接线图

1、光照特性的测量

根据图 3—2 接线，测量光敏二极管的暗电流和亮电流。

（1） 暗电流测试：将主机箱中的 0～12V 可调稳压电源的调节旋钮逆时针方向慢慢旋到底，打开主机箱电源，读取主机箱上电流表（20uA 档）的值即为光

敏二极管的暗电流。

（2） 亮电流测试：

a. 关闭主机箱电源，撤下光敏二极管，换上光照度计探头。用连接线将照度计探头的两个插孔与主机箱上的照度计输入的两个插孔“＋”、“－”分别相应连接；照度计探头与光源之间用遮光筒连接。

b. 打开主机箱电源，顺时针方向慢慢地调节 0～12V 可调电源（光源电压），使主机箱上照度计的读书为 100L_X。

c. 撤下照度计探头，换上光敏二极管，读取电流表值，即为 100L_X，$U_{测}$5V（光敏二极管工作电压）时的亮电流。

重复 a、b、c 实验步骤，把测量值填入表 3-1，并作出曲线。

表 3-1

照度 L_X	100	200	300	400	500	600	700	800
I 亮(mA)								



图 3-3 光敏二极管光照实验特性

2、光谱特性测试

光谱特性测试用七种颜色的滤光片代替不同波长的光。

实验方法与亮电流测试方法基本一样，不同点就是拧下光源前盖，更换不同颜色的滤色镜，调节光源电压，在不同照度下，测得光电流，填入表 3-2，并作出曲线。

表 3—2

颜色(nm) / 光电流 I / 照度 L_X	红 (650)	橙 (610)	黄 (570)	绿 (530)	青 (480)	蓝 (450)	紫 (400)
10							
100							



图 3-4 光敏二极管光谱实验特性

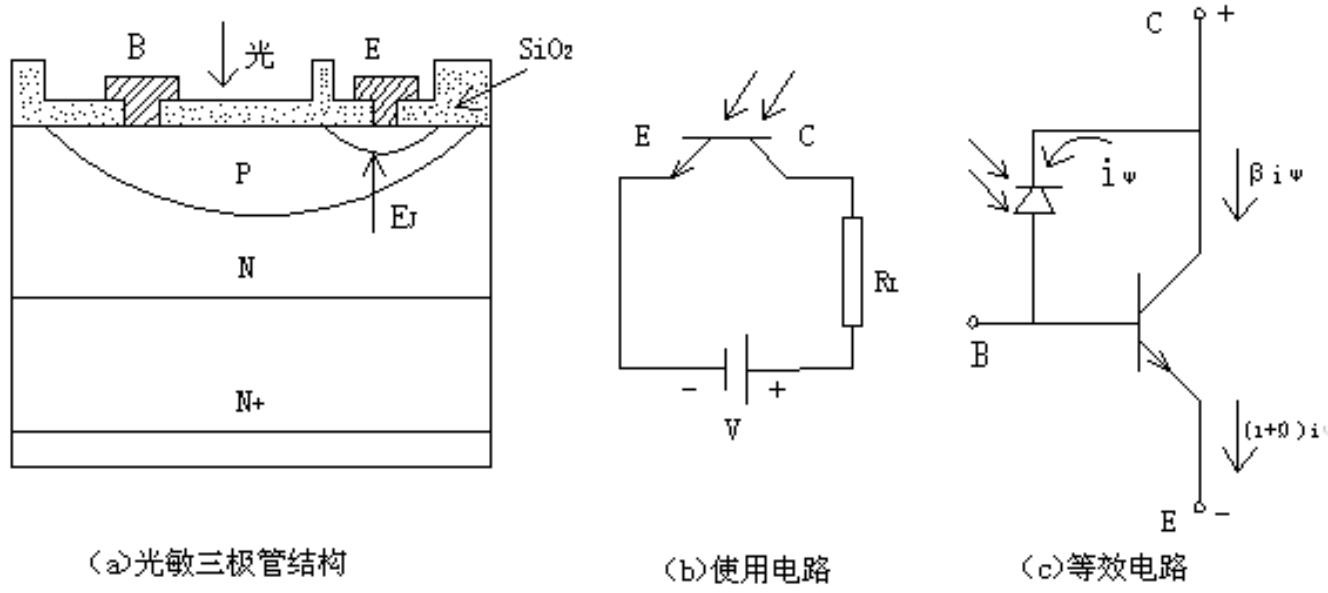
实验四　光敏三极管特性实验

一 、实验目的

了解光敏三极管结构、性能和 V-I 特性。

二、 基本原理

在光敏二极管的基础上，为了获得内增益，就利用晶体三极管的电流放大作应，用 Ge 或 Si 单晶体制造 NPN 或 PNP 型光敏三极管。其结构使用电路及等效电路如图 4-1 所示。



(a)光敏三极管结构　(b)使用电路　(c)等效电路

图5-1 光敏三极管结构及等效电路

光敏三极管可以等效一个光电二极管与另一个一般晶体管基极集电极并联 ：集电极-基极产生的电流，输入到共发三极管的基极在放大。不同之处是，集电极电流（光电流）有集电结上产生的 i_φ 控制。集电极起双重作用；把光信号变成电信号起光电二极管作用；使光电流再放大起一般三极管的集电结作用。一般光敏三极管只引出 E、C 两个电极，体积小，光电特性是非线性的，广泛应用于光电自动控制作光电开关应用。

三、 需用单元与器件

光电器件实验（一）模板、主机箱、光敏三极管、光源、光照度计探头

四、 实验步骤

1、光敏三极管伏安特性

光敏三极管在不同的照度下的伏安特性就象一般晶体管在不同的基极电流输出特性一样。光敏三极管把光信号变成电信号。

（1） 根据图 3-2 把光敏二极管换成光敏三极管，按图接线，将光敏三极管的两个插孔接到实验模板的光敏器件输入的插孔中，实验模板的电流表和电压表插孔分别与主机箱的电流表输入和电压表输入插孔分别相连接。将实验模板上的 Vcc 插孔与主机箱的+5V 电源相连。

（2） 首先慢慢调节 0～12V 光源电压,使光源的光照度到某一照度(用照度计测量),再调节光敏三极管的工作电压,测量光敏三极管的输出电流和电压。填入表 4-1～表 4-4，并作出一定光照度下的光敏三极管的伏安特性曲线

表 4—1 在 100lx 照度下

U_1(V)	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
I_1(mA)						

表 4—2 在 500lx 照度下

U_1(V)	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
I_1(mA)						

表 4—3 在 1000lx 照度下

U_1(V)	1.5`	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
I_1(mA)						

表 4—4　　在 1500lx 照度下

U_1(V)	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
I_1(mA)						



图 4-2 光敏三极管伏安特性实验曲线

2、光敏三极管的光照特性测量

暗电流与亮电流测试实验方法同实验三（参照实验三）。将实验数据填入表 4-5，并作出光照特性曲线。

表 4-5

照度 L_X	100	200	300	400	500	600	700	800
I 亮(mA)								



图 4-3 光敏三极管光照特性实验曲线

3、 光敏三极管的响应波长（光谱特性）

光敏三极管对不同波长的光，接收灵敏度光不一样的，它有一个峰值响应波长。当入射光的波长大于峰值响应波长时，相对灵敏度要下降。光子能量太小，不足以激发电子空

穴对。当入射光的波长小于峰值响应波长时，相对灵敏度也要下降，这是由于光子在半导体表面附近就被吸收，并且在表面激发的电子空穴对不能到达 PN 结，因而使相对灵敏度下降。

实验时通过滤色片的得到不同波长的光，不同波长的光在相同的照度下，检测出对应的光敏三极管的电流大小，则得到不同波长的灵敏度。

光敏三极管响应波长（光谱特性）的实验方法同实验三光谱特性测量，参照实验三做实验。将实验数据列入表 4-6，并作出光谱特性曲线。

表 4—6

颜色(nm) / 光电流 I / 照度 L_x	红 (650)	橙 (610)	黄 (570)	绿 (530)	青 (480)	蓝 (450)	紫 (400)
10							
100							



图 4-4 光敏三极管光谱实验特性

实验五　透射式光开关设计性实验

一、 实验目的

了解透射式光电开关组成原理及应用。

二、 基本原理

光电开关可以由一个光发射管和一个接收管组成（光耦、光断续器）。当发射管和接收管之间无遮挡时，接收管有光电流产生，一旦此光路中有物体阻挡时光电流中断，利用这种特性可制成光电开关用来工业零件计数、控制等。

三、需用器件与单元

光电实验装置、光电器件实验模块（一）、普通发光二极管、光敏二极管、主机箱　见图 5-1 光敏器件实验装置图 。

四、实验步骤

（1） 根据图 5-1 接线：将发光二极管两端接入实验模板光敏器件输入两端（注意极性），将实验模板上的电流表的两个插孔用线短接，再将光敏二极管（接收管）两端引入实验模块的光敏接收器件两端，再将实验模块上的 V_{CC} 插孔与“⊥”插孔接到主机箱的+5V 电源的相应插孔上。

（2） 开启主机箱电源，用手或者其他物体挡住发光二极管与光敏二极管之间的光路，接收管接收不到光，实验模板上的发光二极管不点亮，当光路中无物体阻隔畅通时，实验模板上的发光二极管亮，由此形成了开关功能。

*利用这个开关功能，学生们可以自己组建计数系统实验。

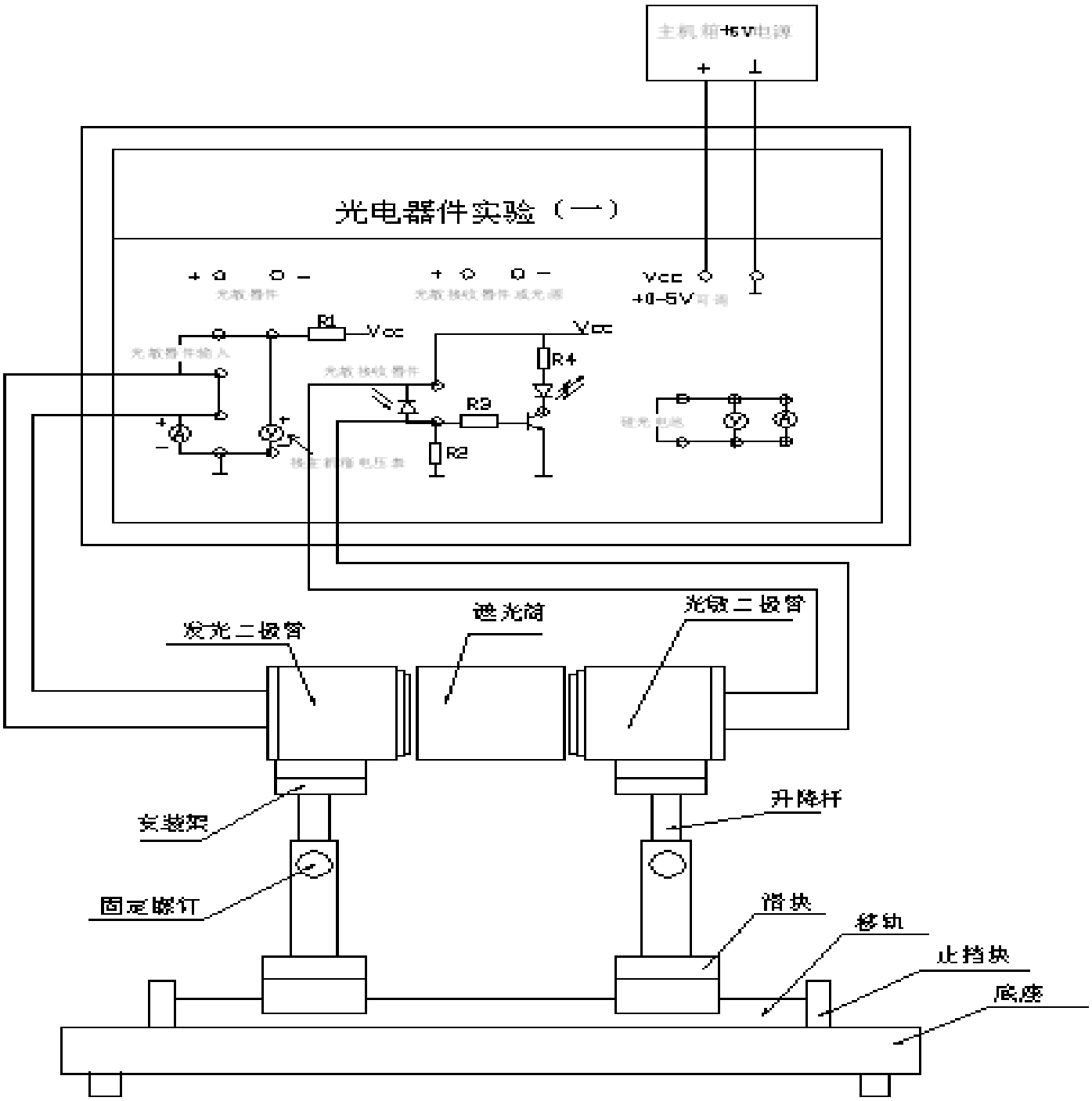


图 5-1 光开关实验连接图

实验六　红外线反射式光电开关（光耦合）

一、实验目的

了解红外线光耦开关的组成及基本原理。

二、基本原理

红外线开关模块（OW2152 反射式光耦）中有一个红外发射二极管和红外三极管组成。当物体接近时，发射管发射的红外线被物体反射回来接收管上，被接收管接收。接上放大和控制电路，常用做楼道口等处作电灯自动开关。当有人经过时，控制楼道灯亮。通过延时电路控制，经过若干秒后，楼道灯自动熄灭。

三、需用器件和单元

光电器件实验（光开关）模板、主机箱、反射光耦

四、实验步骤

（1）按照图 6—1 接线：反射光耦（反射式光电开光）有四个插孔，红、黑色插孔接实验模板的红外发射二极管的正端和“⊥”端，黄、蓝色插孔接实验模板的红外线接收三极管集电极和发射极插孔。再将实验模板的 V_{cc} 插孔和“⊥”插孔接到主机箱的+5V 电源和“⊥”插孔。

（2）打开主机箱电源，用手接近或离开光耦探头，观察实验模板上的开关指示灯工作现象。

（3）发射式光电器件（光发射、光接受）作开发实验。

将光发射管和光接收管分别引入实验模板中的红外发射二极管和红外发射三极管处（注意极性）。调整发射和接收之间的相对位置，观察光路遮挡与畅通时的现象。

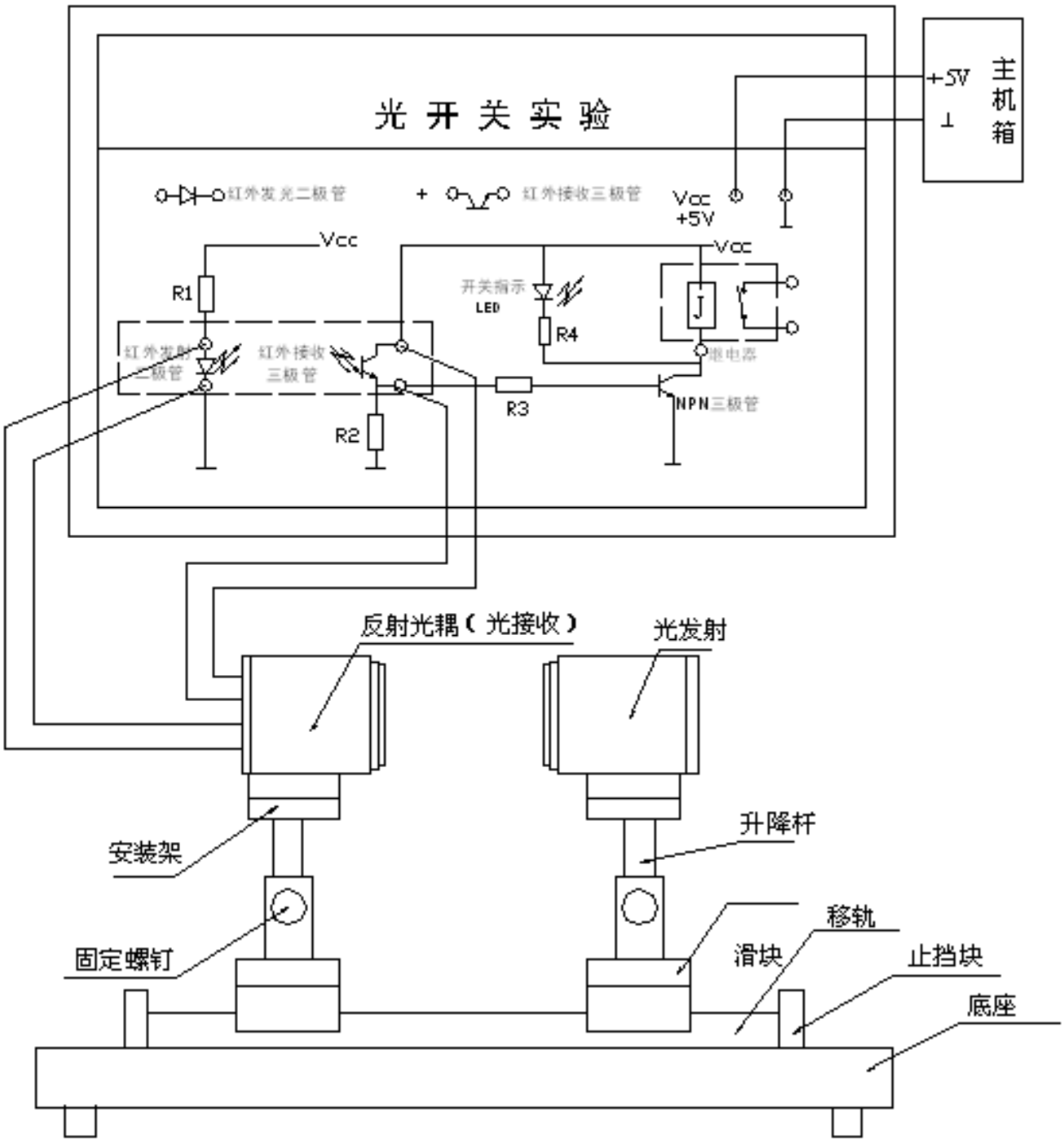


图 6—1 光电器件实验（光开关）实验接线图

实验七　光电池实验

一 、 实验目的

了解光电池的光照、光谱特性，熟悉其应用。

二 、 基本原理

当光照射到光电池 P-N 结上时，便在 P-N 结两端产生电动势。这种现象叫“光生伏特效应”，将光能转化为电能。该效应与材料、光的强度、波长等有关。

三　需用器件与单元

光电器件实验（一）模板、主机箱、滤色片、普通光源、照度计、硅光电池、光照度计探头

四、实验内容

1 光照特性

光电池在不同的照度下，产生不同的光电流和光生电动势。它们之间的关系就是光照特性。

（1） 按图 7-1 接线:将光源两个插孔接入主机箱 0~12V 可调电源的相应插孔上(逆时针方向调节可调电源的旋钮到底),将光电池的两个插孔接到实验模板的硅光电池上（注意极性)。

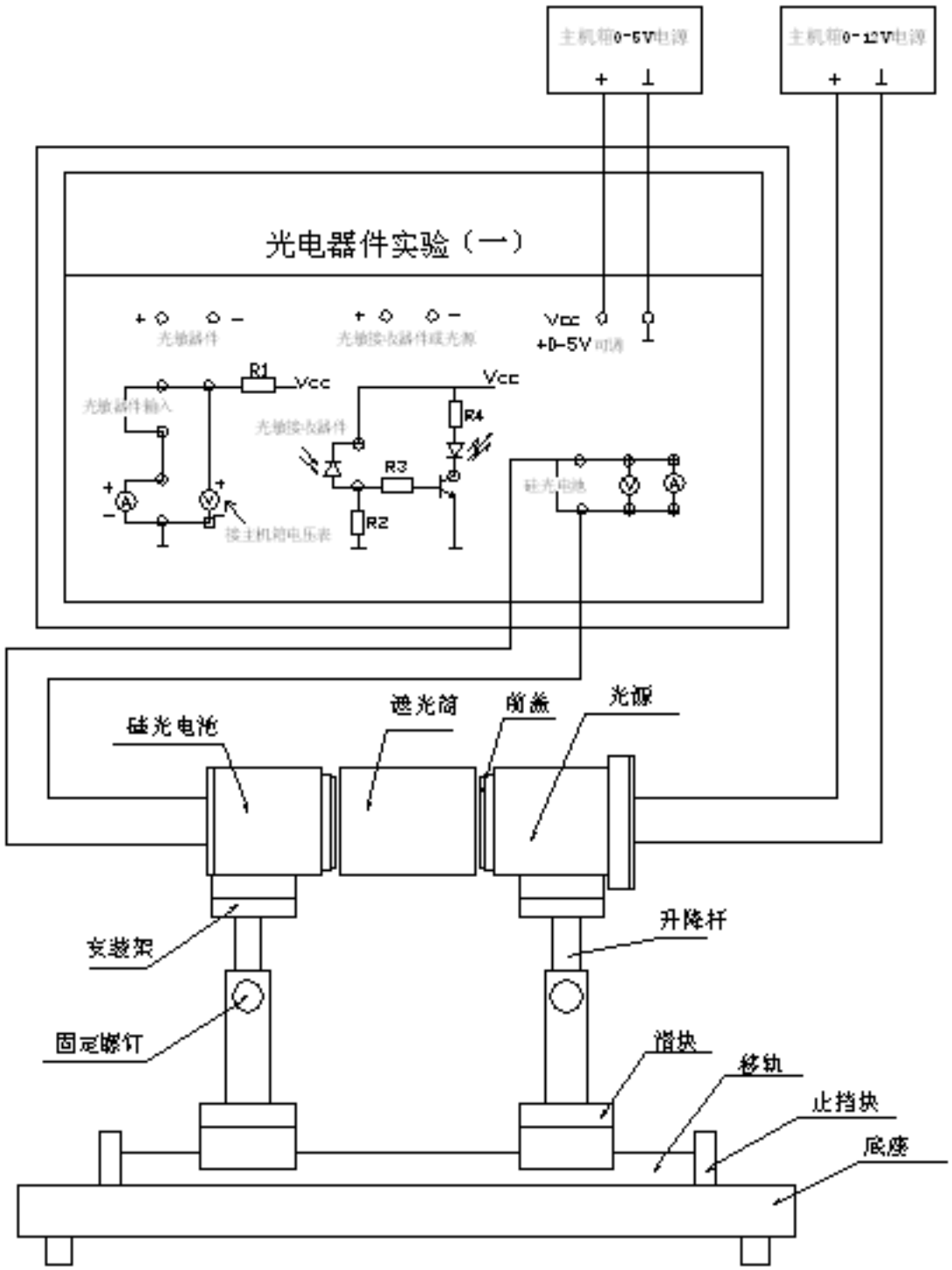


图 7-1 光电池实验接线图

（2） 将照度计探头两个插孔接到主机箱的照度计输入端的相应插孔上，打开主机箱电源，将照度计探头用遮光筒与光源连接起来，调节接入光源的 0～12V 可调电源,使照度计显示 100L_X。拿去照度计探头，把硅光电池连到遮光筒上，将主机箱的电压表接到光电实验器件模板的硅光电池的电压表接口上，测出

100L_x照度下的开路电压。把电压表的引线断开后，将主机箱的电流表串接到实验模板上、硅光电池的电流表接口上，测出 100L_x照度下的短路电流。重复以上方法，测出照度为 200L_x…….600L_x 时的硅光电池的开路电压和短路电流，将数据填入表 7-1，并作出曲线图。

表 7—1

强度（1x）						
电流（mA）						
电压（mV）						



图 7-2 硅光电池开路电压 短路电流实验特性

2 光谱特性

光电池在不同波长的光照下，产生不同的光电流和光生电动势。用不同颜色的滤色片得到不同波长的光。滤色片更换：拧下光源前盖，分别拧上红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种滤色片。在相同的照度之下，将测量结果填入表 7-2，并在图 7-3 作出曲线图。

表 7-2

波长（nm）	红	橙	黄	绿	青	蓝	紫
电动势（mv）							
电流（mA）							



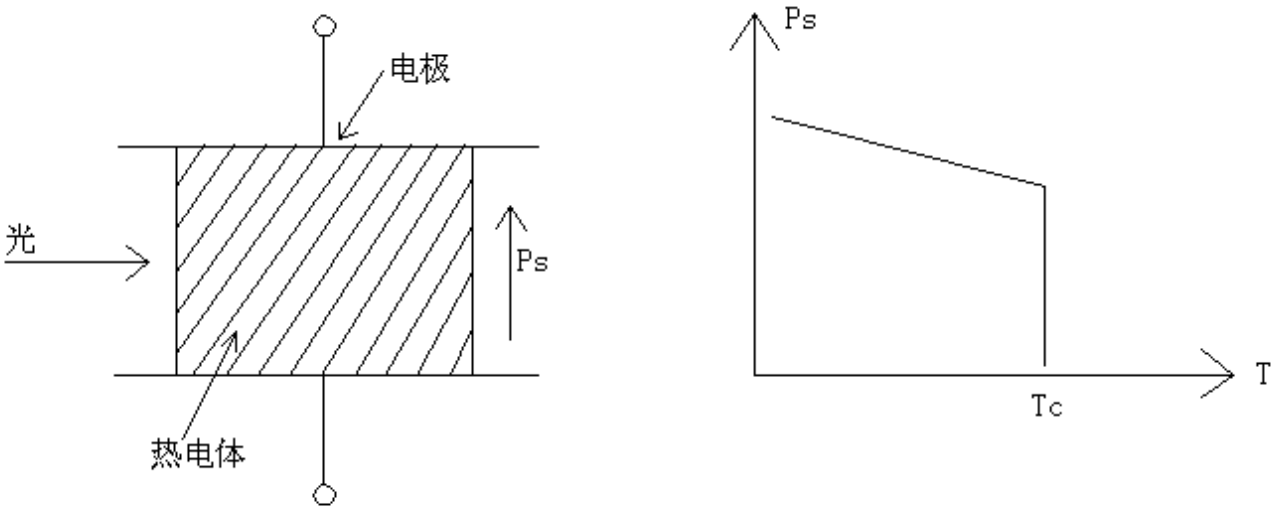
实验八　　热释电红外传感器设计性实验

一 、 实验目的

了解热释电红外传感器基本原理和在实际中的应用

二 、 基本原理

当已极化的热电晶体薄片受到辐射热时候，薄片温度升高，极化强度 p_s 下降，表面电荷减少，相当于”释放”一部分电荷，故名热释电。释放的电荷通过一系列的放大，转化成输出电压。如果继续照射，晶体薄片的温度升高到 Tc(居里温度)值时，自发极化突然消失。不再释放电荷，输出信号为零,见图 8-1。



8-1 热释电效应

因此，热释电探测器只能探测交流的斩波式的辐射（红外光辐射要有变化量）。当面积为 A 的热释电晶体受到调制加热，而使其温度 T 发生微小变化时，就有热释电电流。$i = AP\dfrac{dT}{dt}$，A 为面积，P 为热电体材料热释电系数，$\dfrac{dT}{dt}$ 是温度的变化率。

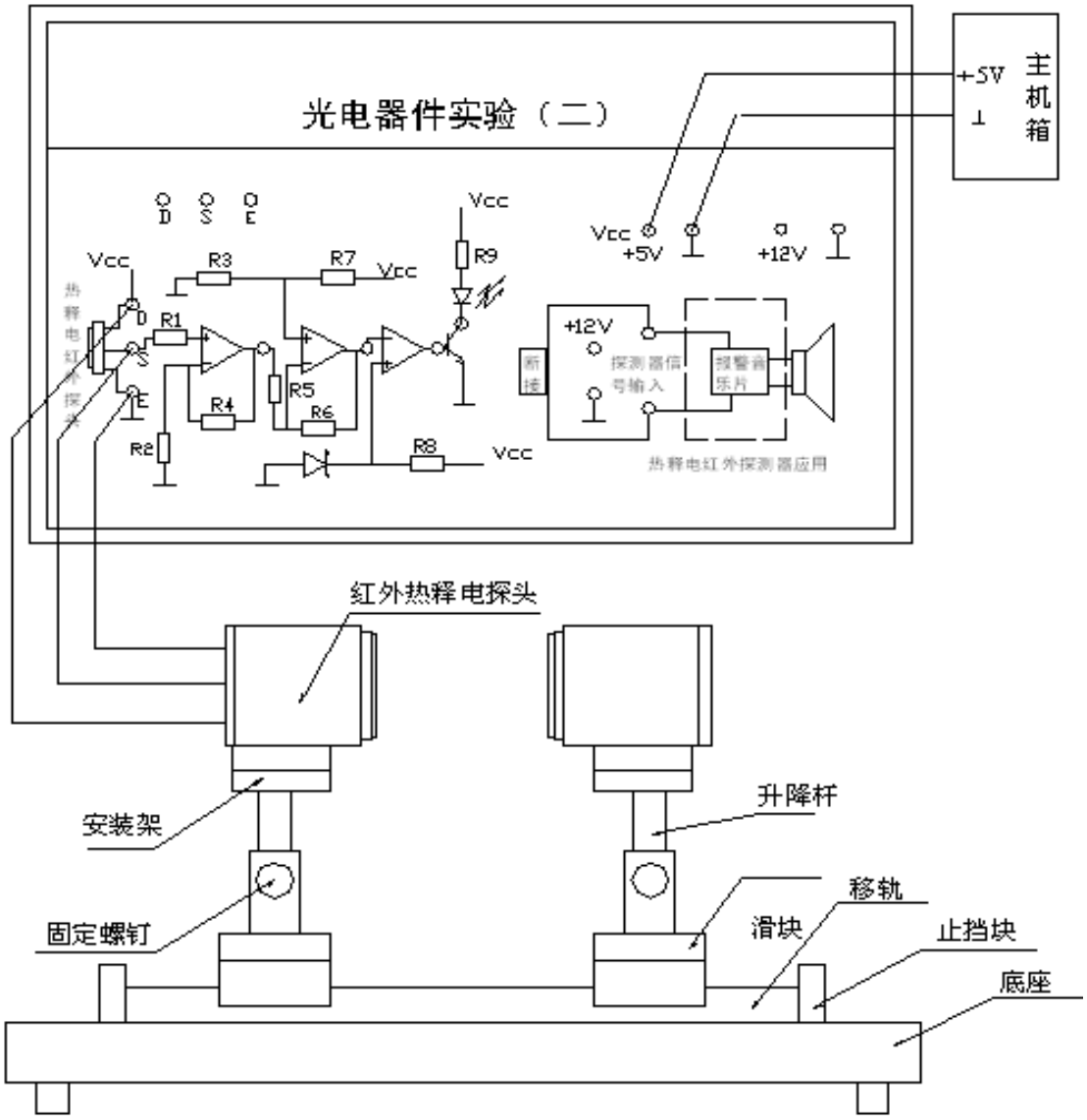


图 8-2 热释电实验接线图

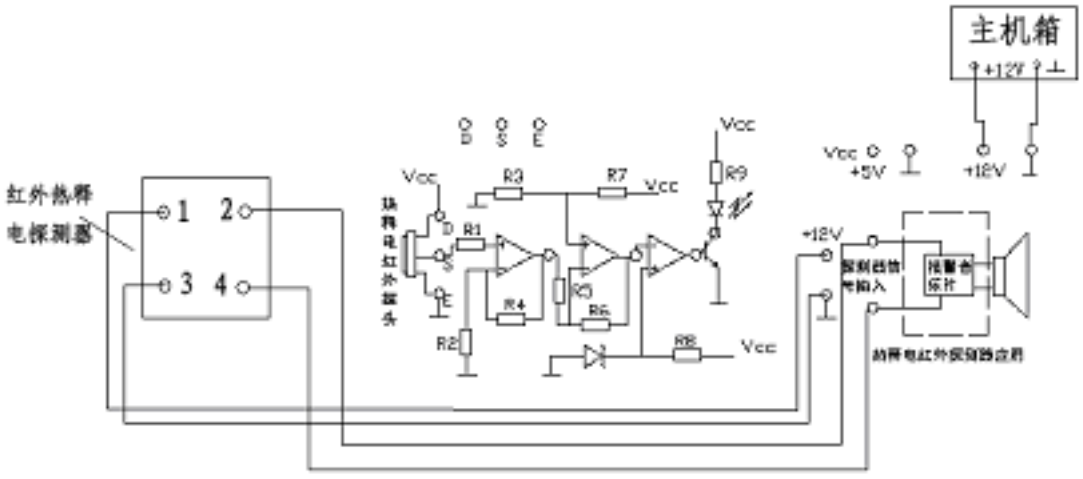


图 8-3 成品实验接线图

三 、需用器件与单元

光电器件实验（二）模板、主机箱、红外热释电探头、红外热释电探测器。

四、实验内容

光电器件实验（二）模板分两部分，分为器件原理实验图（左），传感器实验图（右）

1 原理实验

（1） 按图 8-2 接线：将红外热释电探头的三个插孔相应地连到实验模板热释电红外探头的输入端口上（红色插孔接 D；蓝色接 S；黑色接 E），再将实验模板上的 V_{CC}+5V 和“⊥”相应的连接到主控箱的电源上，再将实验模板的右边部分的探测器信号输入短接。

（2） 打开主机箱电源，手在红外热释电探头端面晃动时，探头有微弱的电压变化信号输出，经两级电压放大后，可以检测出较大的电压变化，再经电压比较器构成的开关电路，使指示灯点亮。观察这个现象过程。

2 传感器实验

（1） 红外热释电探测器有四个接线，按图 8-3 接线：将探头的 1、3 号线相应的连接到实验模板的+12V 与“⊥”上，再将红外热释电探测器 2、4 号线分别接到实验模板的探测器信号输入端口上，再将实验模板的+12V 和“⊥”接到主机箱+12V 电源和“⊥”上。

（2） 打开主机箱电源，需延时几分钟模板才能正常工作。当人体或动物移动后，蜂鸣器报警。逐点移远人与传感器的距离，估计观察能检测到的红外物体的探测距离。

*利用红外探测原理，学生可以自行设计检测不同物质材料探测系统。

实验九　光源及光调制解调实验

一、实验目的

了解光调制解调的原理

二、基本原理

光束是一种电磁波，具有振幅、相位、强度和偏振等参量和良好的相干性。

如果能够应用某种物理方法改变光波的这些参量之一，使其按照调制信号（如声音信号）的规律变化，那么该光束就受到了调制，达到“运载”信息的目的。

实现光束调制的原理有振幅调制、频率调制、相位调制、强度调制、脉冲调制、脉冲编码调制。从方法来说，即有电光调制、声光调制、磁光调制、直接调制等。本实验用的是电光调制和声光调制。

三、需用器件与单元

光调制解调实验模板、主机箱、光发射管、光接收管

四、实验步骤

1 红外光的脉冲调制

（1） 按照图 9—1 接线：在光脉冲调制实验部分，将光发射管探头的两个插孔与光电器件实验模板的光发射的输入插孔相连，光接收探头的两个插孔与实验模板的光接收输入口相连。再将实验模板的 Vcc+5V 电源和“⊥”插孔与主机箱的+5V 电源和“⊥”的插孔相连。

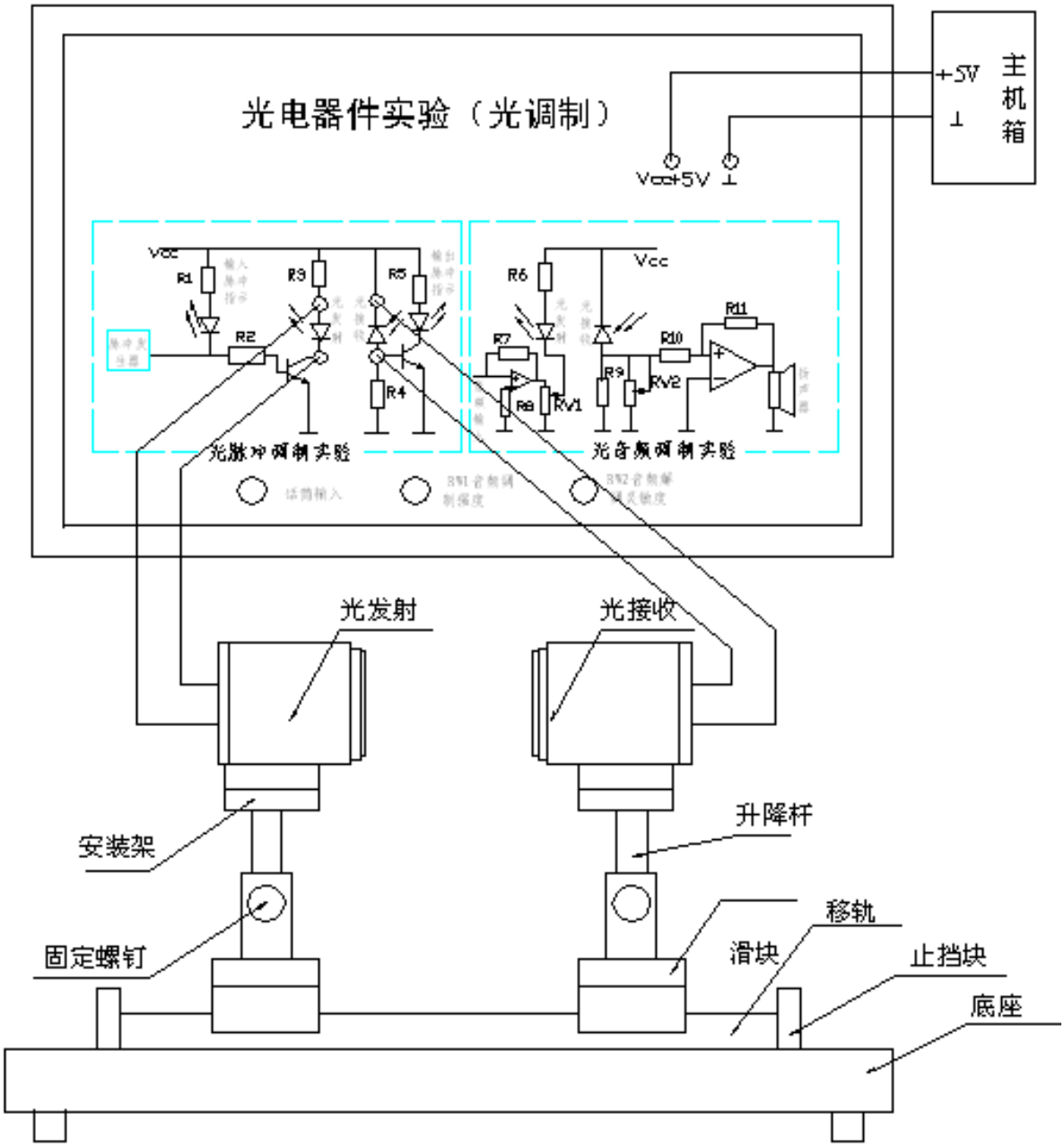


图 9-1 光脉冲调制

（2） 打开主机箱电源，将两个探头（发射和接收探头）对准，可以看到实验模板上的输入脉冲指示和输出脉冲指示一起发亮。如果两个探头中间被挡住或没有对准，不同时发光。

2 用声音调制红外光

按图 9—2 接线：将光脉冲实验的接线相应的移到光音频调制实验上，对准发射管和接收管的光路，对准实验模板上的话筒讲话，调节音频调制强度和灵敏度电位器旋扭，使模

板上的扬声器发出说话声实现了光调制，灯干扰或其它光线干扰时，需要加上遮光筒挡住外界的杂散光的干扰。若用纸或手挡住光路，再对着话筒讲话时，模板上的扬声器不发出声音，调制中止。

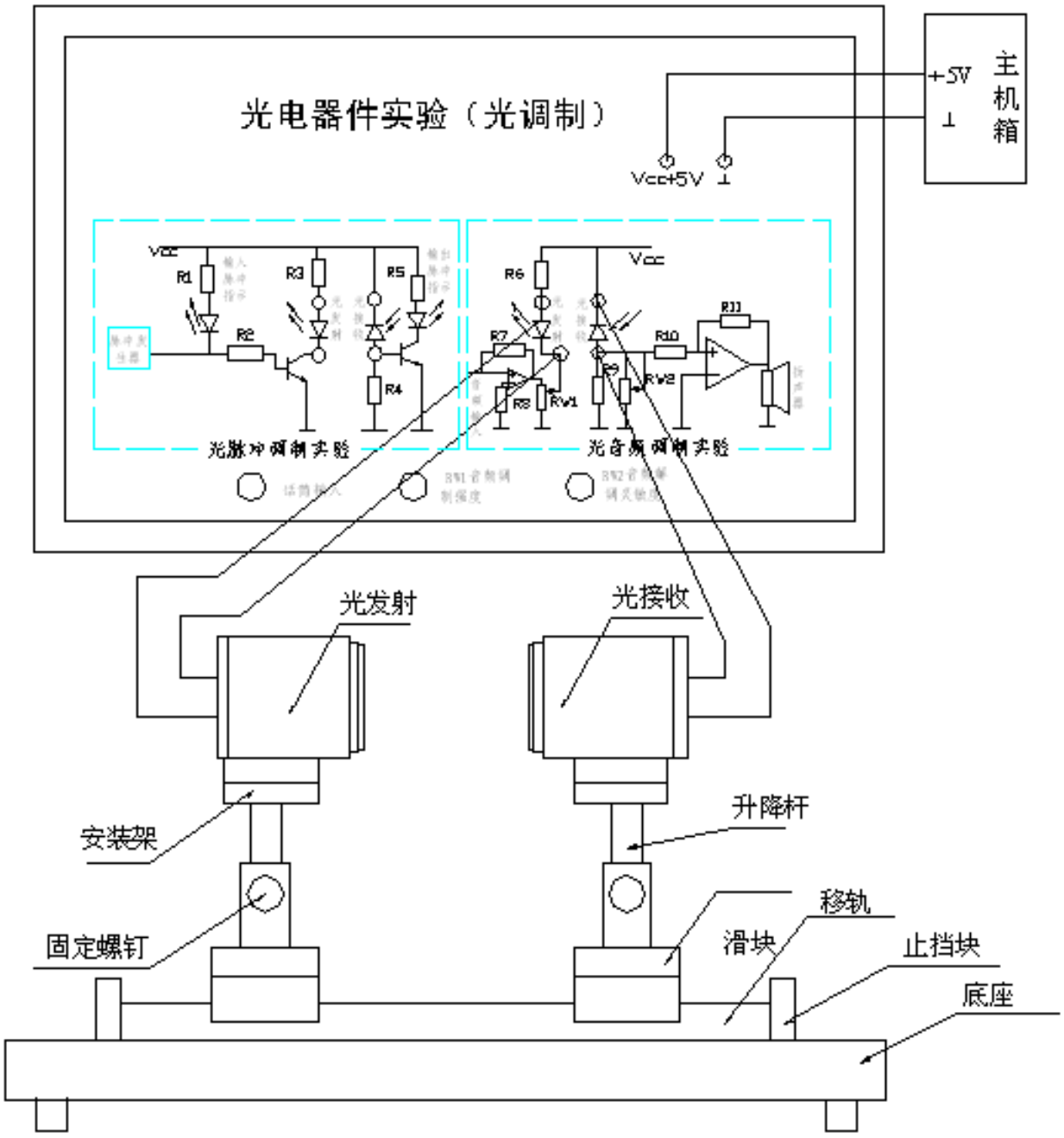


图 9-2 声音调制

*试分析红外光的脉冲调制和声调制改变光波电场强度什么参数？

实验十　PSD 位置传感器实验

一、实验目的

了解 PSD 光电位置敏感器件的原理与应用

二、基本原理

PSD 为一具有 PIN 三层结构的平板半导体硅片。其断面结构如图 10—1 所示，表面层 P 为感光面，在其两边各有一信号输入电极，底层的公共电极是用与加反偏电压。当光点入射到 PSD 表面时，由于横向电势的存在，产生光生电流 I_0，光生电流就流向两个输出电极，从而在两个输出电极上分别得到光电流 I_1 和 I_2，显然 $I_0 = I_1 + I_2$。而 I_1 和 I_2 的分流关系则取决于入射光点到两个输出电极间的等效电阻。假设 PSD 表面分流层的阻挡是均匀的，则 PSD 可简化为图 10—2 所示的电位器模型，其中 R_1、R_2 为入射光点位置到两个输出电极间的等效电阻，显然 R_1、R_2 正比于光点到两个输出电极间的距离。

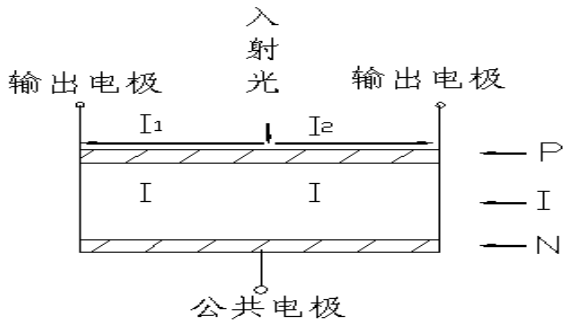


图 10-1

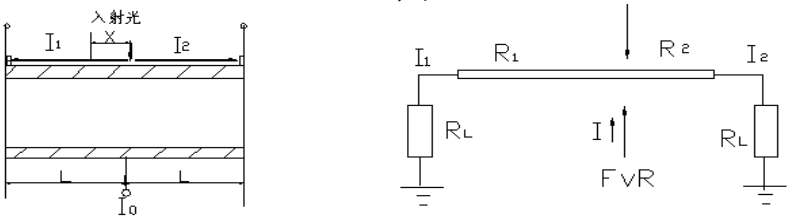


图 10-2

因为 $I_1 / I_2 = R_2 / R_1 = (L - X)/(L + X)$

$I_0 = I_1 + I_2$

所以可得 $I_1 = I_0(L - X / 2L)$

$I_2 = I_0(L + X / 2L)$

$X = (I_2 - I_1 / I_0)L$

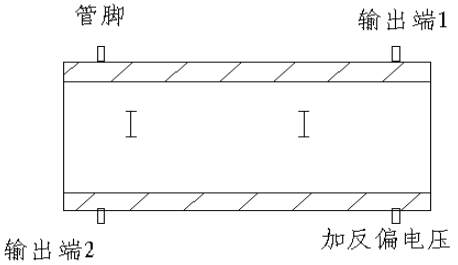
当入射光恒定时，I_0 恒定，则入射光点与 PSD 中间零位点距离 X 与 $I_2 - I_1$ 成线性关系，与入射光点强度无关。通过适当的处理电路，就可以获得光点位置的输出信号。

三、需用器件与单元

PSD 传感器及位移装置、PSD 传感器实验模板、主机箱

四 、实验步骤

1 观察 PSD 结构，它有四只管脚，其中有一边为园弧状附近的管脚加反偏电压 V_f，其对角线部位管脚为空脚（如图 10—3）。PSD 接线中黑线接 V_f 端，其中两个为输出端可随意接入。



PSD外形及管脚

图 10—3

2 按图 10-4 接线，将实验模块的±15V 和“⊥”插孔与主机箱中的±15V 稳压电源和“⊥”分别相连，再将实验 PSD 传感器装置中的半导体激光器的两个插孔与实验模板的激光电源的插孔相应连接。实验模板的 PSD I2 接 PSD 传感器的蓝色插孔，vref 基准源接 PSD 传感器的白色插孔，PSD I1 接 PSD 传感器的红色插孔。

3 将 PSD 传感器实验模板单元电路连接起来，即 V_{o1} 与 V_{i1} 接，V_{o2} 与 V_{i2} 接（注：V_{03}、V_{i3}、V_{i4}、V_{05} 不用接线）V_{o4} 与 V_{i5} 接，V_{o6} 与 V_{i6} 接，将实验模板上激光电源的“⊥”

与±15V 的“⊥”及V_{i7}输出的“⊥”连接起来。将主机箱的电压表接到实验模板的V_{07}或“⊥”上。

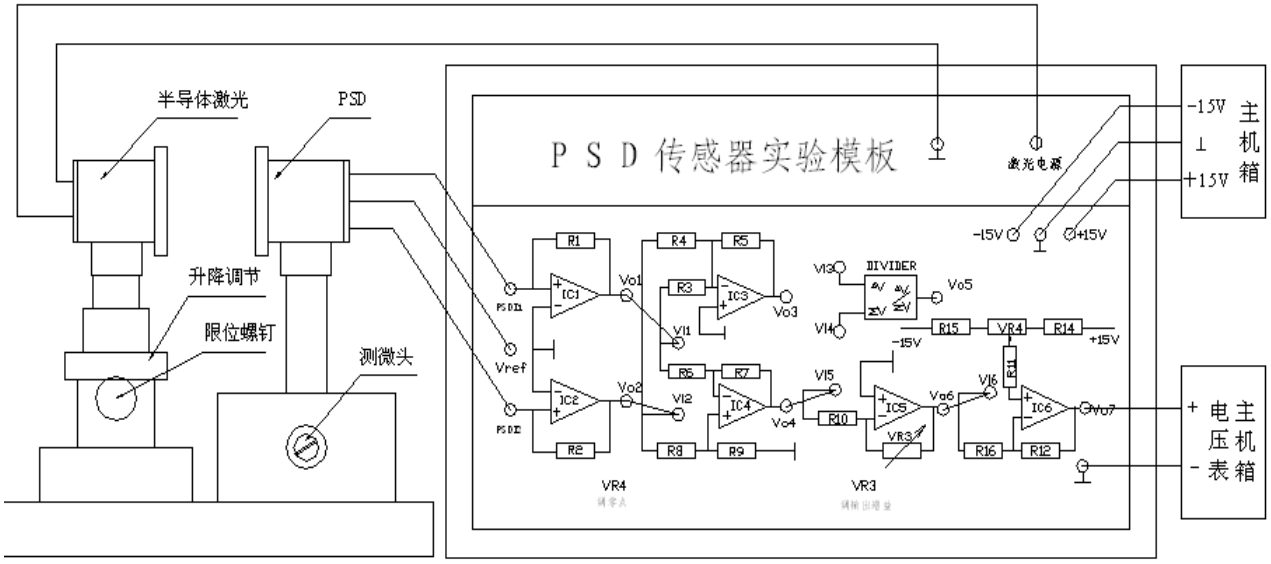


图 10—4

4. 打开主机箱电源，实验模板开始工作。转动测微头使激光光点在 PSD 上的位置从一端移向另一端。此时电压变化可在$\pm 4V$之间，若未达到此值，可调输出增量旋纽V_{R3}。

5. 从 PSD 一端开始旋转测微头，使光点移动，取$\Delta X = 0.5mm$，即转动测微头一转，读取数显表示值。填入表 10—1

表 10—1　PSD 传感器位移值与输出电压值

位移量（mm）										
输出电压（V）										

五、思考题

入射光点大小对测量有什么影响？

实验十一　光纤位移传感器综合性实验

一 、 实验目的

了解光纤位移传感器的工作原理和性能

二 、基本原理

本实验采用的传光型光纤，它由两束光纤混合后组成 Y 型光纤，半圆分布即双 D 型一束光纤端部与光源相接发射光束，另一束端部与光电转换器相接接收光束。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。

三 、需用器件与单元

光纤传感器、光纤传感器实验模板、主机箱、测微头、反射面

四 、实验步骤

1 根据图 11—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。

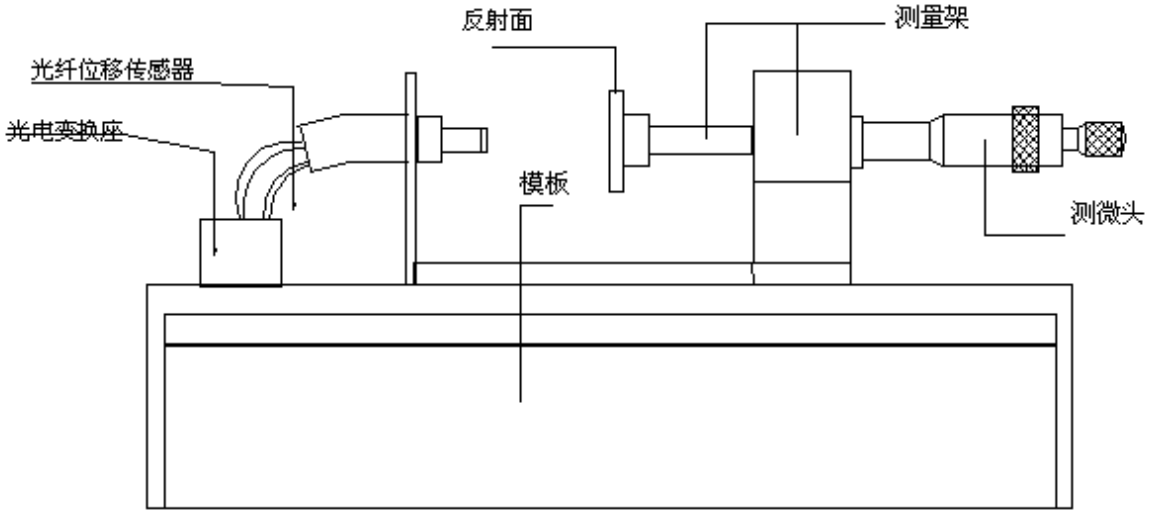


图 11—1 光纤位移传感器

2.将光纤实验模板输出端V_{O1}与主机箱的电压表相连，见图 11—2

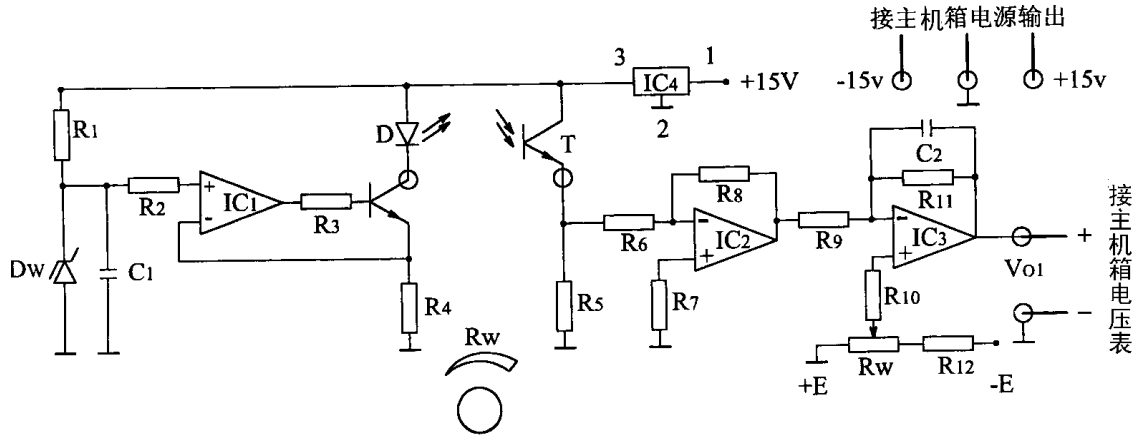


图 11—2

3 调节测微头，使探头与发射面圆平板接触

4 实验模板接入±15V 电源，合上主控箱电源开关，调R_W使数显表显示为零

5 旋转测微头，被测体离开探头，每隔 0.1mm 读出数显表值，将其填入表 11—1

表 11—1 光纤位移传感器输出电压与位移数据

X（mm）										
V（v）										

测量的时候注意回程差，即不要小范围来回调节位移，最好顺着单方向调节位移。

6 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。

五、 思考题

光纤位移传感器测位移时对被测物体的表面有些什么要求？

实验十二　光纤温度传感系统实验

一、 实验目的

了解光纤温度传感的原理和性能

二、基本原理

光纤温度传感器有功能型和传导型两种。功能型光纤温度传感器是利用光纤本身的特性把光纤直接作为敏感元件，即感知信息又传输信息。例如利用光的构位变化，使温度变化时，单模光纤的纤维长度折射率与路径均发生变化。使传输光的构位也发生变化，此时可利用干涉仪将相位变化换为振幅变化，当相位满足谐振条件时，输出光出现峰值。

本实验提供的是传导型温度传感器，它由两部分组成，一部分是温度位移敏感元件（双金属片），通过它将温度转变成位移量。另一部分是光纤位移传感器，它测量出温度变化产生的位移变量。通过系统的温度和位移关系标定就可以测量相应的温度量。

三、　使用器件与单元

光纤探头、光纤传感器实验模板、温度传感模板（加热器模板）、主机箱

四、 温度控制仪（PID 位式控制）说明

仪表面板说明：

1 设定键

3 设定值减少键

4 设定值增加值

5 设定值显示器

6 测量值显示器

7 控制输出指示灯

8 自整定指示灯

9 第一报警指示灯

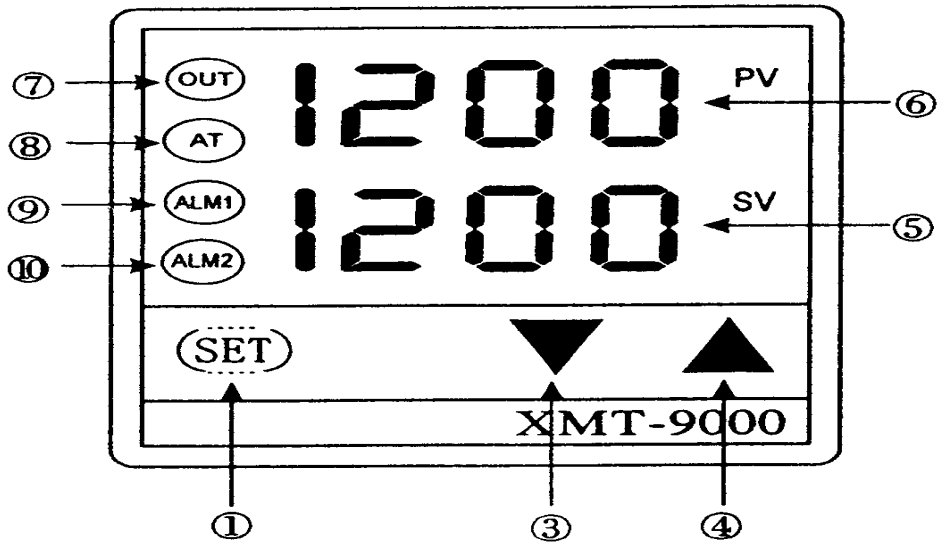


图 12-1 温控仪面板图

10 第二报警指示灯

参数设定表：

序号	提示符	名称	设定范围	说明	出厂值
1	SP	控制点设定	全范围	系统预大达到值	随机
2	AL-1	上限报警	全范围	测量值大于上限报警时有触点输出同时报警灯亮	随机
3	AL-2	下限报警	全范围	测量值小于下限报警灯亮，同时无触点输出（XMT 例外）	随机
4	P	比例带	0-200%	0 时位式控制	4
5	Ti	积分时间	1-3600S	Ti=0 时切除积分作用	250
6	Td	微分时间	1-3600S	Td=0 时切除微分作用	50
7	t	控制周期	1-200S	用继电器时应大于等于 20S，用固态继电器说应等于 2S	20
8	Lock	电子锁	0-2	0-所有参数均可以修改；1-所有参数均不可修改； 2-只有设定值可以修改	0
9	A	自动整定参数	ON-OFF	ON-开启自整定功能　OFF-关闭自整定功能	OFF

仪表操作

1、将 K 型热电偶接入主机箱面板温度控制中的 Ei（+、—）标准值插孔中，合上热源开关。

仪表将首先开始按 A、B、C 程序自检：

A、所有数码管笔画及所有指示灯全部点亮，用来检测发光系统是否正常，此时如发现有不能点亮的发光件，请停止使用该仪表送修（此过程只持续 0.2S）。

B、PV 窗口（即上排显示窗口）显示“TYPE”，SV 窗口（即下排显示窗口）显示仪表目前所应配输入类型（此过程持续 2S）

C、显示仪表的控制范围，SV 窗口显示下限测量控制值，PV 窗口显示上限控制值，设定比例带时就是根据此范围来取得比例系数的。例如：PV 窗口显示 100℃，SV 窗口显示-50℃，则范围为 150℃。（此过程持续 2S）

2、仪表进行完以上三步自检后，即投入正常测控状态，上排 PV 窗口显示测量值，下排 SV 窗口显示设定值；

3、要想修改设定值时,请在正常的显示方式下,按一下 SET 键,PV 窗口显示”SP”,SV 窗口显示已设置的值,此时按▲键向上调节设定值,按▼键向下调节设定值,(长时间按住▲键或▼键可实现连续快加或快减)按 SET 键来完成确认修改,在不按任何键的状态下自动退回到正常显示状态,仪表承认修改。

4、要想修改”SP”以外的参数值,请在正常显示方式下,按住 SET 键 3 秒以上,即可进入内部参数设定,根据应用系统需要设置不同的参数值,特别是”Pb”、”Ti”、“Td “ ”t “四项,应请有经验的操作人员设定。当然也可以通过打开自整定参数功能来实现 PID 参数和自动整定。

5、“AT”值的默认值为 OFF,将其设置成 ON 后,面板上的 AT 指示灯亮,仪表按照普通的二位式调节仪表来控制系统,经过上下 3 个振荡周期后,将会得出系统设定点的最佳 PID 参数值,并永久保存,除非用户自行更改,或重新启动自整定功能而使其改变。启用自整定时,应尽量避免引入任何的干扰信号,否则将可能导致得出不正确的参数,破坏系统的正常运行。(注意:开启自整定功能前请先确定设定值,自整定的参数只对应设定点在该系统的相对参数)

五、实验步骤

1、 根据图 12—1 接线:将光纤探头安装在温度传感器光纤支架上,调节反射面(松开反射面上的固定螺钉)与光纤探头端面相距 1mm 左右(目测),把光纤的两个头插入光纤传感器实验模板中的光电变换座的两个园孔中,在加热器外罩顶部小园孔中安装好 K 型热电偶,将温度传感实验模板中的三芯插座与主机箱温控仪中的加热~220V 二芯插座,用专用电源线连接,将温度传感实验模板中的加热三芯插座边上的红色和黑色插孔分别与主机箱温控仪中的冷却风扇+12V 的“+”、“—”插孔相应连接。将光纤实验模板±15V、“⊥”(红、蓝、黑)与主机箱稳压电源±15V、“⊥”相连接。光纤传感器实验模板的 V_{01} 和“⊥”插孔与主机箱电压表(2V 档)的输入

“+”、“—”插孔相连。

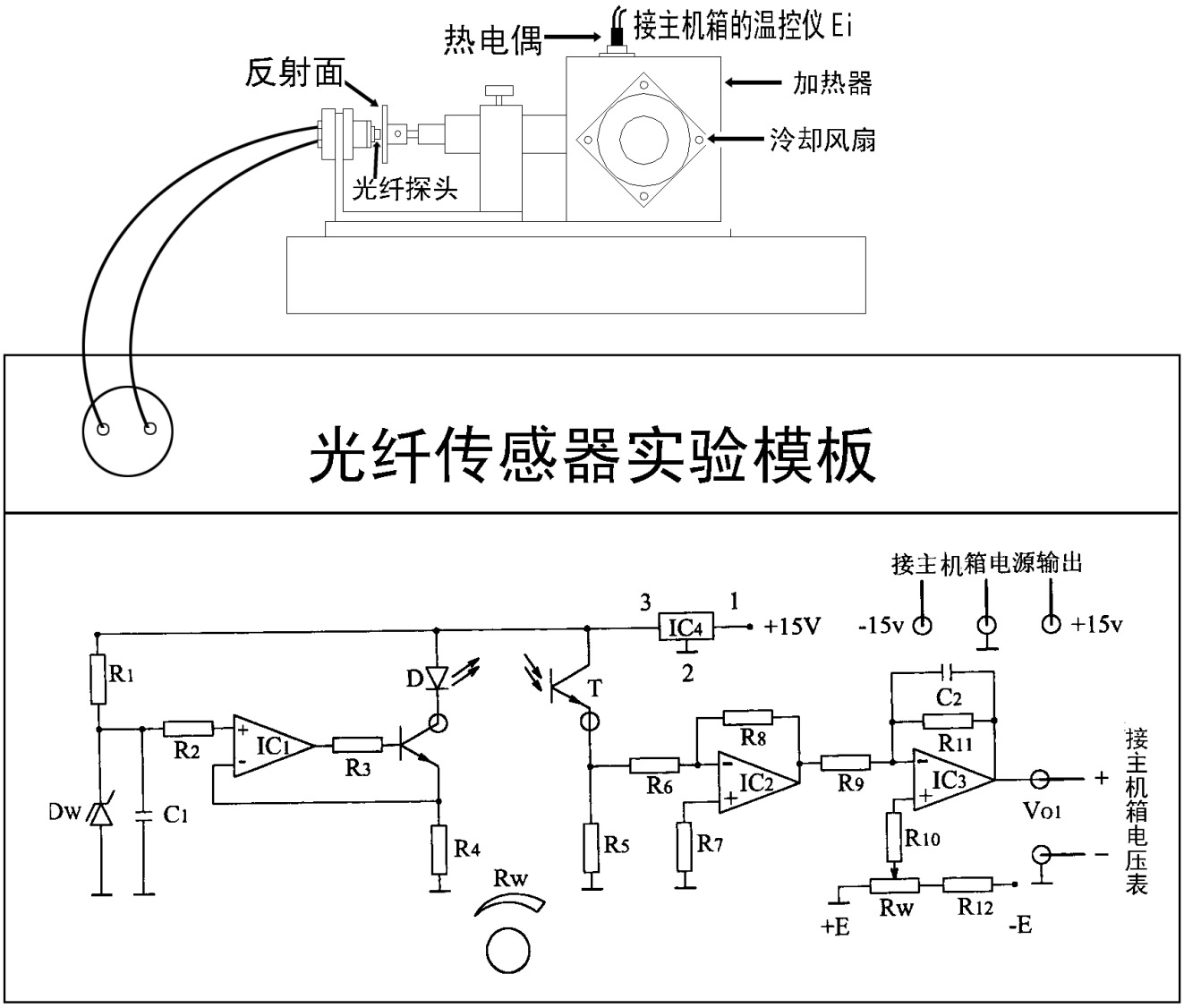


图 12-1 光纤温度接线图

2、 打开主机箱电源，调节光纤传感器实验模板中 R_W 的电位器，使主机箱上的电压表显示为 0（室温时，显示 0V），关闭主机箱电源。

3、 将温度传感器实验模板上加热器顶部的热电偶引线（注意极性）引入温控仪 Ei 传感器输入端（黄“+”、蓝“—”），打开主机箱电源，再打开温控仪电源开关，参照以上温度控制仪说明，设置温控仪的控制温度（即起始实验温度点：室温≤实验温度≤80℃），温度从 40℃开始，仪表每隔 5℃（重复设置温控仪 Δt5℃），

当温度加热与冷却平衡时，即温控仪的显示的温度稳定不变时，记下主机箱电压表的读数,填入下表 12-1，并根据实验数据在图 12-2 上作实验曲线。

表 12-1

温控仪(℃)	常温	40℃	45℃	50℃	…….	70℃	75℃	80℃
电压表(V)	0				……			



图 12-2 光纤传感器温度实验特性

实验十三　光纤压力传感系统实验

一、　实验目的

了解光纤压力传感的原理和性能

二、基本原理

测试原理为光纤传感器的位移特性与膜盒压力位移特性相结合，当膜盒在压力作用下，膜中心的挡片随之发生位移，通过光纤位移传感器的光纤探头测量膜盒中心的位移变化，该位移变化则反映了压力的变化，达到测量压力的目的。这也是一种传光型的复合传感器。

三、　需用器件与单元

压力膜盒与光纤传感器、光纤传感器实验模板、主机箱、血压表、三通胶管

四、　实验步骤

1、　根据 13-1 的示意图将三通胶管的一端硬管插入主机箱气压源的插孔（注意：拔除胶管时必须用双指将气压源插孔边缘往内压，则胶管可轻松拉出），一端接气压表，另一端接压力膜盒的气压引入口，把 y 型接头插入膜盒中心的子安装孔中。光纤的两个头分别插入光纤传感器实验模板中光电变换座的园孔中。注意需调节光纤探头与膜盒中心挡片的间隙，使气源在 20^0C 时，光纤探头 R 与挡片相碰，实验时可先不固定光纤探头位置，使气压达到 20KPa 时再装入光纤探头，使其两者不碰。

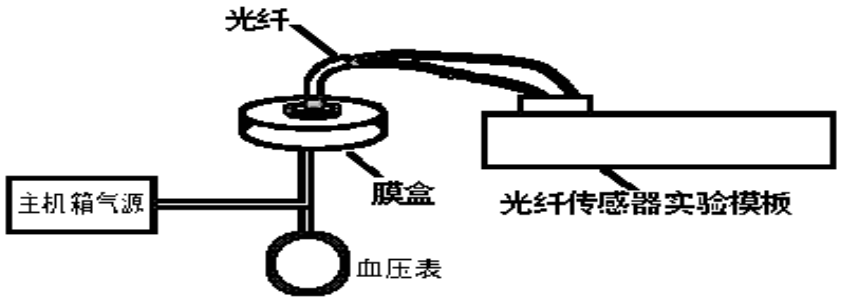


图 13-1 光纤压力连接图

2、 将光纤传感器实验模板的±15V、“⊥”与主机箱中的±15V、“⊥”相连，再将光纤传感器实验模板的输出 V_{01}、“⊥”与主机箱电压表（20V 档）输入“+”、“—”相连。

3、 打开主机箱电源，再打开气压电源开关，调节转置流量计旋钮使气压 4-20KPa 之间变化（血压表监测气压大小），读取电压表的指示值。将相应的值填入表 13-1。

表 13—1

压力 KPa	4	6	8	10	12	14	16	18
V(v)								

实验十四　光电转速传感器转速测量

一 、实验目的

了解光电转速传感器测量转速的原理和方法

二 、基本原理

光电式转速传感器有反射型和透射型两种，本实验装置是透射型的，传感器发光管发出的光源通过转盘上开孔透射后由光电管接收转化成电信号，由于转盘上有相间的六个孔，转动时获得与转速及孔数有关的脉冲，将电脉冲记数处理即可得到转速值。

三 、需用器件与单元

光电传感器转速测量实验模板、主机箱

四 、实验步骤

1、 据图 14-1 接线：光电转速传感器已经安装在实验模板上，把模板上光电器件电源+5V、“⊥”接到主机箱的+5V、“⊥”插孔中，再将实验模板的计数器输出插孔、“⊥”插孔与主机箱的频率/转速表输入“+”、“—”相连，把转速表的按钮按到转速档。

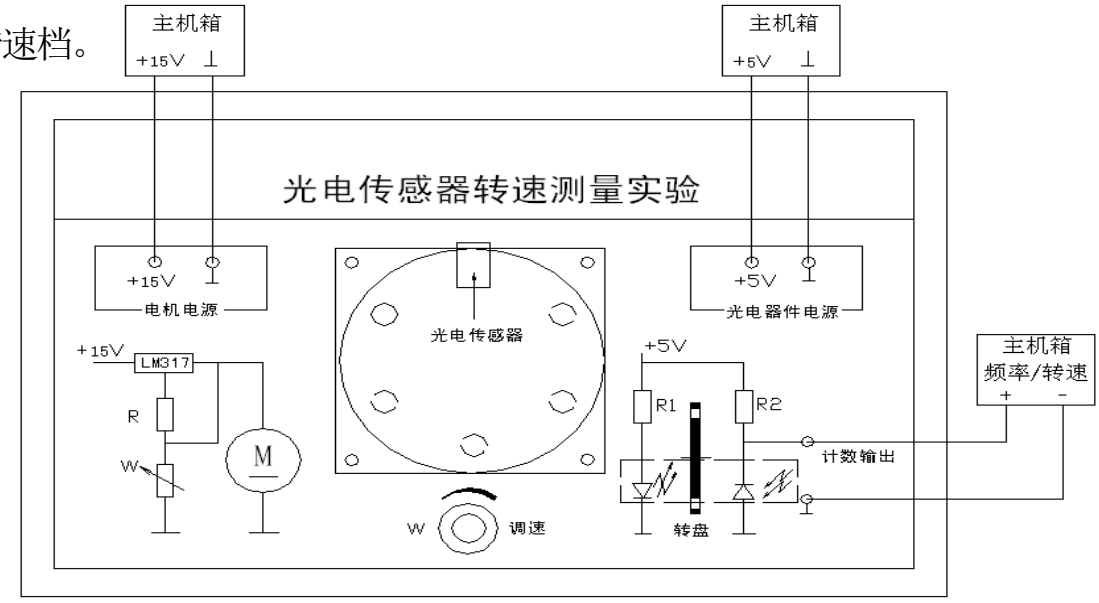


图 14—1 光电转速测量实验模板

2、 将实验模板上的电机电源+15V、“⊥”接入主机箱的+15V、“⊥”上，打开主机箱电源，调节实验模板上的 W 调速旋钮，使电机转动，并从转速表上观察电机的转速。

实验十五 CCD 电荷耦合器件综合性测定实验

非接触式测径仪在工业生产中有重要应用。利用它可以方便对动态尺寸实现在线检测，通过反馈控制以获得稳定合格的产品质量。例如：在卷烟生产中控制烟支直径的均匀性，在线材的拉伸过程中控制线径的粗细，在轧制圆钢板和钢元生产中对尺寸进行实时检测和控制等。

一、 实验目的

了解 CCD 测径仪进行尺寸检测的原理和方法。

二、 实验原理

由点光源 O_1 发出的光束（见图 15－1），经 f_1 透镜准直成为平行光束，该平行光束经 f_2 透镜聚焦在 O_2 上。线阵 CCD 器件置于距 f_2` 之后 S 处，被聚焦后再发散的光束均匀照明，当被测物 A 插入平行光路中由于被测物档住了部分光束，因此获得 CCD 的输出信号，有如图右形状的波形。图 16－2 为利用线陈 CCD 进行物体尺寸测量的实验装置示意图。设被测物直径为 da，CCD 上无光照信号的区域为 dc，对应的像素个数为 m，b 为 CCD 像素的单元宽度（本实验为 0.014μm），则 dc=mb，式中由三角形相似关系：

$$\frac{da}{f_2'}=\frac{dc}{S-f_2'}$$

$$da=\frac{dcf_2'}{S-f_2'}=\frac{mbf_2'}{S-f_2'} \qquad dc=\frac{S-f_2'}{f_2'}da \qquad 记\beta=\frac{S-f_2'}{bf_2'}$$

得 $$m=\frac{S-f_2'}{bf_2'}da$$

所以测得被遮光的象素数，即可求出 da。

由分析可知，当被测轴沿光轴方向或横向移动时，上述公式仍然成立。m 为常数，即测量值与被测体在平行光路中的位置无关。这是该测量系统采用平行光路的最大优点。也是在线检测的基本条件，因为在线测量中被测件是有波动的。为了装调方便和获得足够的光能，实际测量系统中采用卤钨灯面光源，通过 f_o 透镜聚焦，并在 O_1 焦面上置一小孔光阑，以获得点光源。

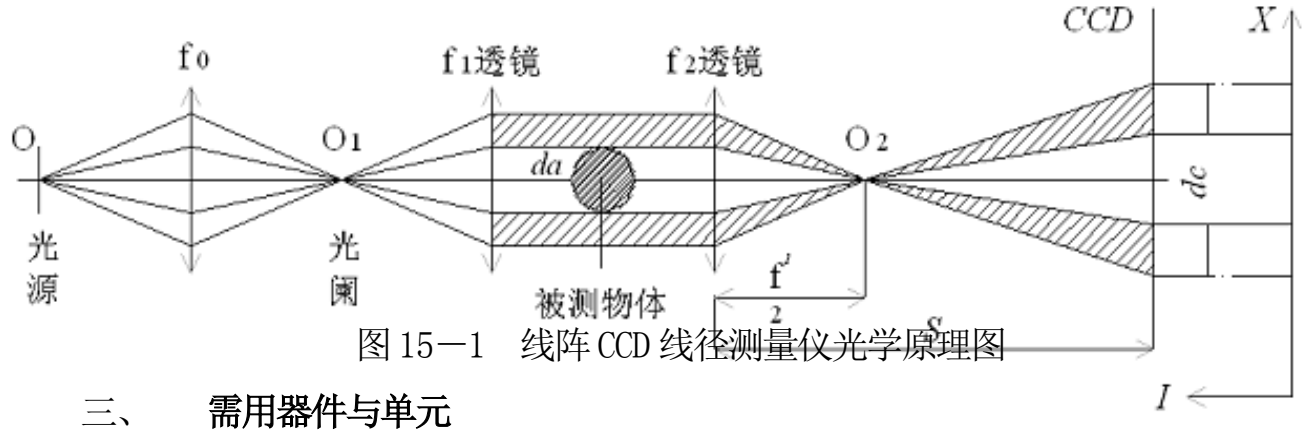


图 15—1　线阵 CCD 线径测量仪光学原理图

三、　需用器件与单元

CCD 线径测量仪、电源、计算机、测量杆。

四、　实验步骤

1、 CCD 测径仪已根据图 15—2 安装。

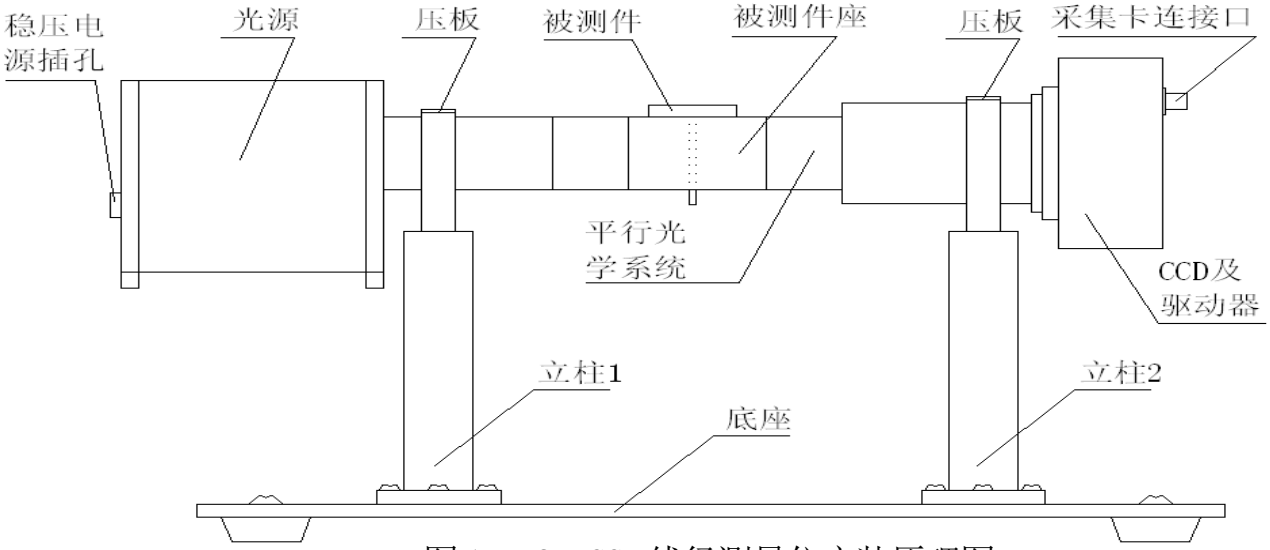


图 15—2　CCD 线径测量仪安装原理图

2、 用 259 芯通讯电缆将 CCD 数据采集板与计算机相连。

3、 用 9 芯通讯接口线把采集卡与 CCD 采集卡连接口相连。

4、 将二组 12V 稳压源插头插入光源插座，和采集卡插座相连(见图 15-3)。

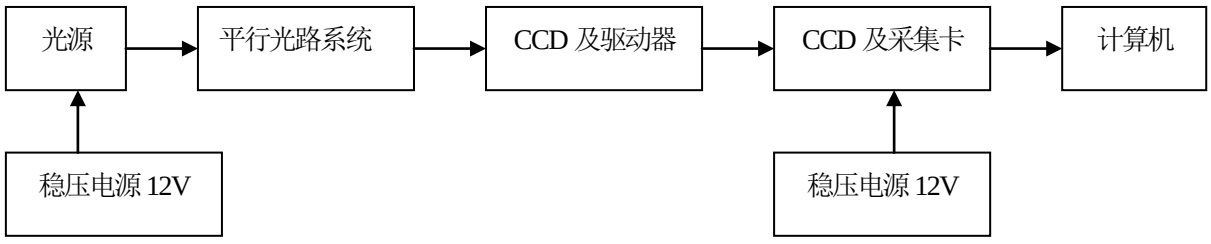


图 15-3 CCD 测经系统接线图

5、 连通 220 伏电源,开启电脑，插入软盘，将 A 盘上的所有文件拷贝到硬盘上。

6、 打开文件，启动 CCD_LPT.exe 执行文件，此时显示屏上出现主界面如图 15—4。(请采用 WIN98 系统)

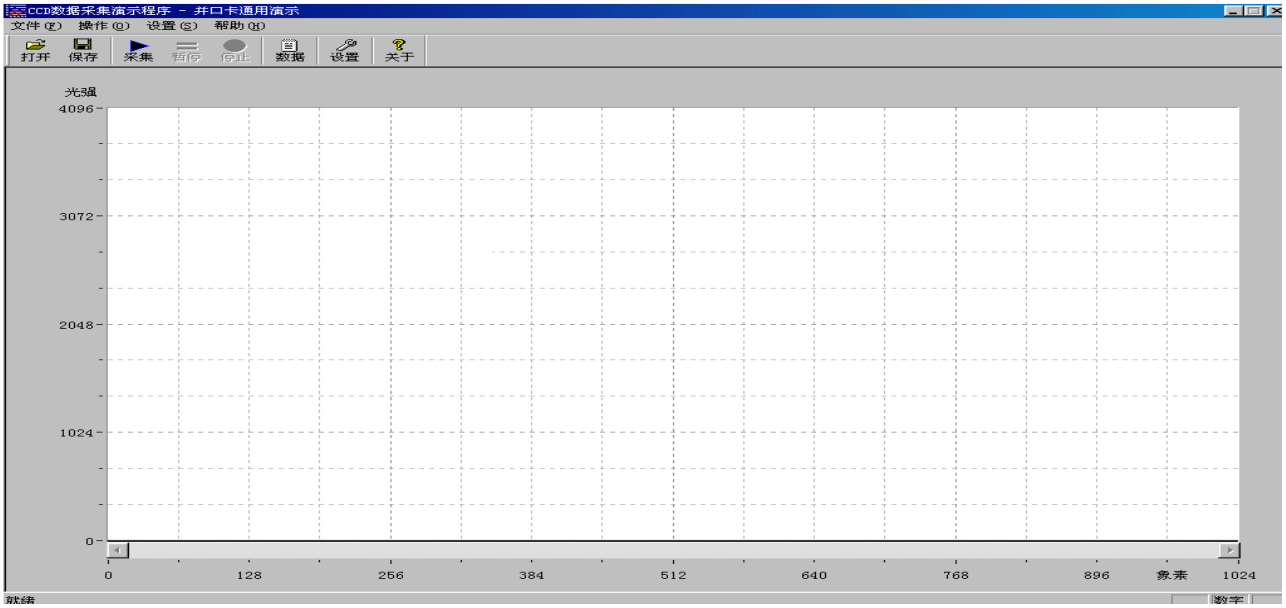


图 15—4 程序启动后主界面

7、 点击[设置]栏，设定线阵 CCD 像元数为 1024,积分时间为 10 档。

8、 点击采集,屏幕上产生较高光强量化值的一根红线，这是由光全部照到 CCD 象素上产生的。

9、 将直径为Φ3mm 被测杆插入光学系统中的槽形孔的中间位置，使画面上被测物体遮光产生的凹槽部分处在象素中间，估计遮光部分 X1 和 X2 大致数值，见图 15—5。

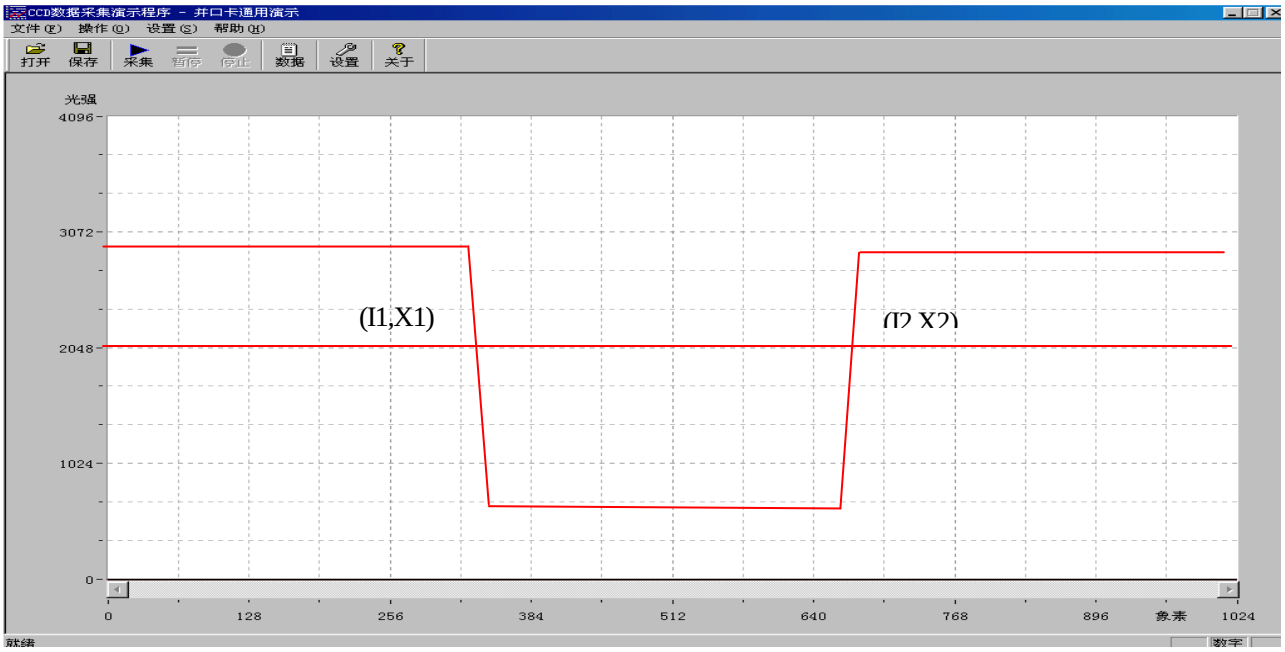


图 15—5 有被测体时 CCD 显示画面

10、 点击停止采集、再点击数据显示，画面上出现一系列光强量化值 I 和象素数 Data 数据显示值。

11、 为了准确读取遮光部分象素数，避开杂散光的影响，在较高的光强量化值列如 2048,横线上取 X_1 和 X_2 值，

12、 记下读数，计算 $\Delta X = X_2 - X_1$。

13、 例:以 d＝3mm 的象素数为标准值，计算灵敏度 S,被测直径 d＝3mm 时，在光强量化值为 2048 上连续测三次的象数差值，取平均值，其灵敏度 S＝象数差值/直经值＝ΔX／D(象素数／mm)。

14、 用直径 D =2.5 和直径为 3.5 被测杆进行同样实验,根据上面计算得到的灵敏度 S 和测得的象素数 ΔXi 可以计算得到二个直经值，即可分别计算其测量相对误差。

15、 平行光路性能实验，将直径为 6mm 的被测体置于槽孔中间位置，读取 X_1 和 X_2 数据，然后再将被测体沿光路轴线方向前后移动 5mm 左右，再读取数据，分析变化情况。这种移动代表了在线检测时工件抖动状态，应该使工件抖动不影响测量值，这是设计平行光路之目的。

16、 退出系统，关闭计算机和电源。

＊实际测试时可以用实际尺寸消除误差，即使不改进平行光路也可以分别作出被测体在不同尺寸时的遮光象素数，然后用软件形式修正，同样可以达到很高测量精度。

五、 误差分析

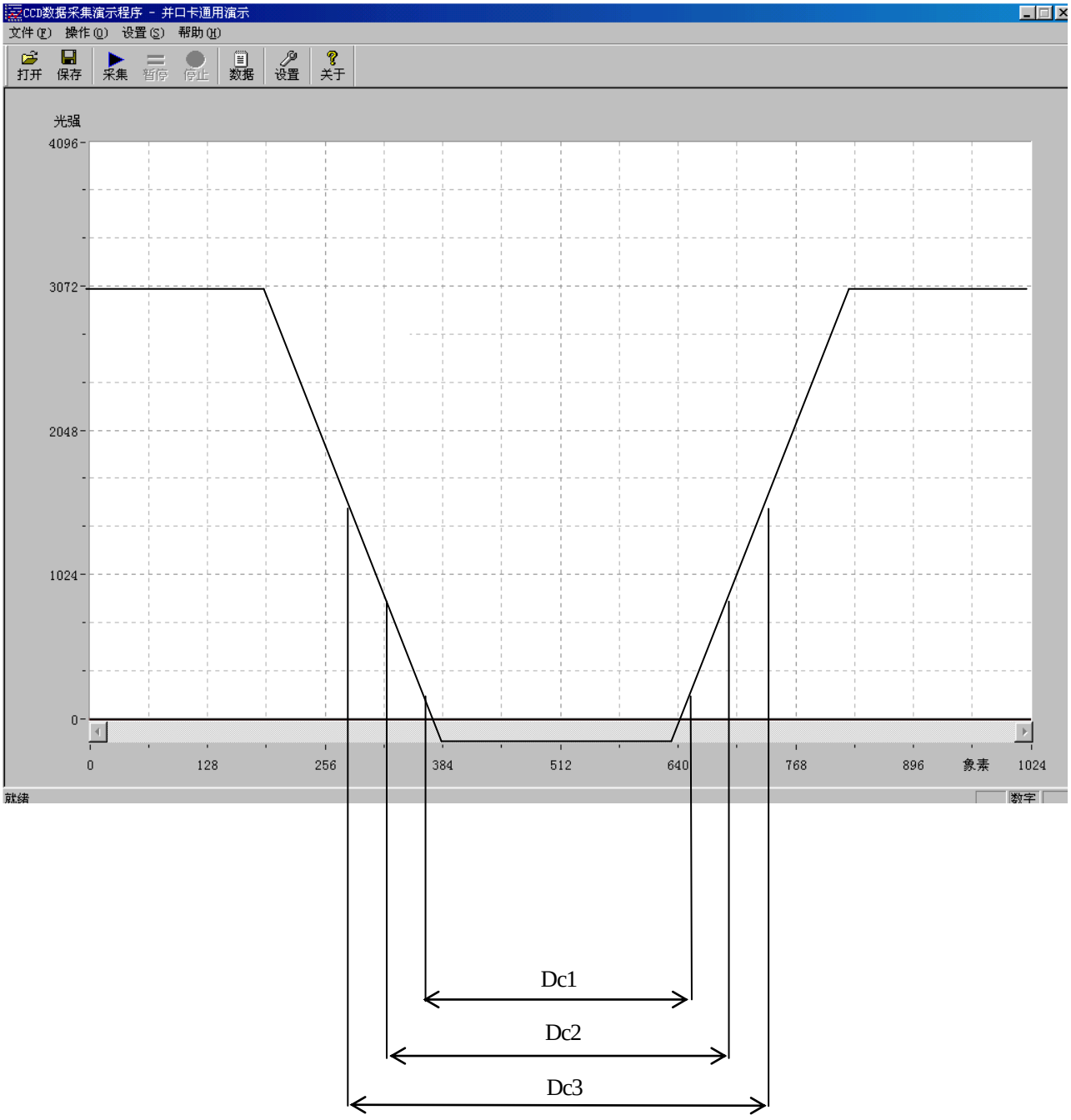
误差来源:

实际光学系统，总存在球差；由于 f_1 的球差，而不可能获得理想的平行光束；f_2 的球差又使聚焦后在 O_2 点附近呈弥散状态，同时，发光点有一定大小，其外光线经 f_1 之后，不再平行光轴，经 f_2 之后也不再聚焦的在 O_2 点，此外还有色差的影响。它们均破坏了原理图中的相似关系，使得阴影边界不清晰，因此，在 CCD 上实际看到的是图 17－6 形状的输出波形。它也与被测体在光路中的位置有关。

dc_1、dc、dc_2 的不等揭示了光学系统像差导致的测量系统误差范围，属系统误差。图 16－6 的输出波形还与被测体在光路中的位置有关。

六、 思考题

改变 CCD 位置 S 会出现什么情况？CCD 与被测体轴线不垂直时对测量精度的影响如何？



16-6　测量时 CCD 波形

实验十六　光栅位移传感器综合性实验

一、实验目的

了解光栅传感器基本原理及其应用。

二、基本原理

光栅的基本元件是主光栅（标尺光栅）和指示光栅，它们是在一块条形光学玻璃板上，均匀地光刻上许多明暗相同、宽度相同的刻度。一般 10-100 线/毫米（本实验装置为 50 线/毫米），见图 16-1。

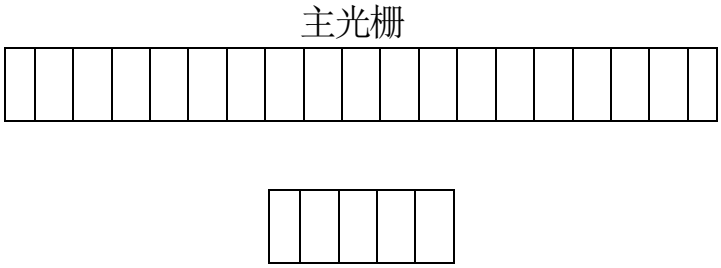


图 18-1 主光栅与指示光栅

当将指示光栅置于主光栅上面，并且使指示光栅和主光栅的刻度之间有一很小的偏角 0。在光线照过光栅时，由于遮光效应，在指示光栅上就会产生若干条明暗条纹，这条纹就称莫尔条纹。

当主光栅和指示光栅相对做左右移动时，莫尔条纹也相应地等量做上下移动。通过光敏元件测量莫尔条纹移动数，就能测量指示光栅的微小移动量。

为了提高光栅传感器分辨率，通常对光栅传感器输出方波进行四倍频细分，使光栅计数分辨率提高四倍。本实验用传感器栅距为 0.02mm。

三、需用器件与单元

光栅传感器位移演示装置、数显表。

四、实验步骤

1、 光栅位移传感器已装于机架上，将光栅传感器电缆插头插入数显表背面六芯航空插座上。转动摇手柄移动光学头使光栅尺与移动的光学头上标识的箭头上下基本对准，并使摇手柄刻度盘 0 刻度对准基准线。

2、 接通数显表 AC220V 电源，打开数显表前面的电源开关，此时数显表显示光栅的某一读数，长按 ◀ 薄膜键使数显表显示为 0。

3、 转动丝杆摇手柄，手柄每转一周为 1mm，旋转 10 圈，停止时仍使刻度盘 0 刻线对准基准线，读出丝杆移动 10mm 时的光栅数显表的示值，对照数显表读数进行非线性误差计算（实际上由于光栅传感器精度高于丝杆刻度盘，所以刻度盘读数只能作为一个参考值）。

表 16-1 丝杆位移值与光栅传感器位移值数据

丝杆位移（mm）	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
光栅传感器示值（mm）											

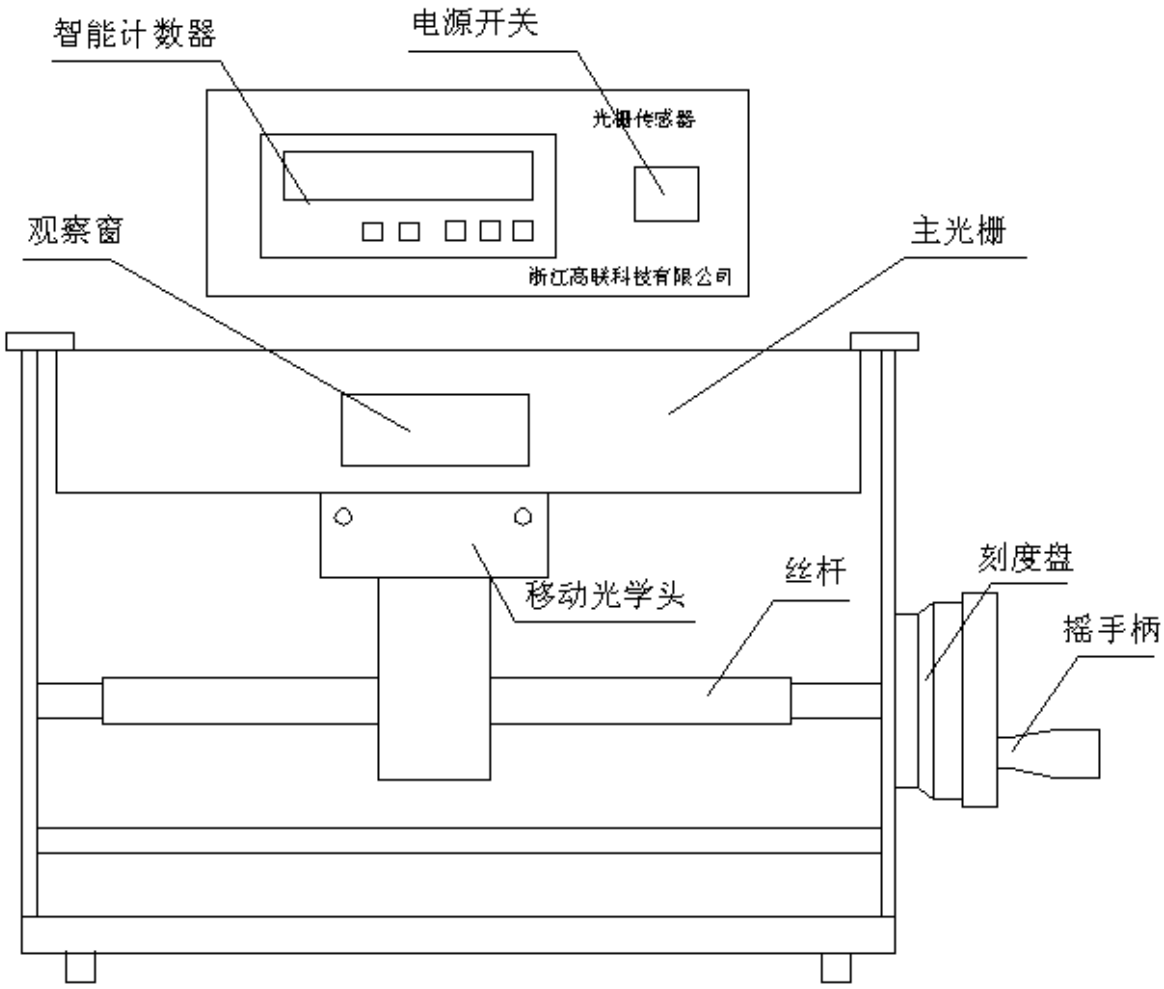


图 16-2 光栅位移传感器实验装置

4、分辨率测定、长按数显表◀薄膜键使数显表显示 0，轻微摇动手柄，偏转一微角度使数显表显示最小变化值时的读数为分辨率。