



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 13584—2011  
代替 GB/T 13584—1992

## 红外探测器参数测试方法

Measuring methods for paramaters of infrared detectors

2011-12-30 发布

2012-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号和单位 .....	3
5 总则 .....	4
6 测试方法 .....	5
附录 A (规范性附录) 黑体光谱能量因子 $F$ .....	28

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 13584—1992《红外探测器参数测试方法》。

本标准与 GB/T 13584—1992《红外探测器参数测试方法》相比主要变化如下：

- 增加了采用傅立叶红外光谱仪测试光谱响应的方法(见 6.3.3)；
- 修改了部分参数的测试方法,如:黑体响应率、噪声、光谱响应、响应元面积等。

本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本标准由中国科技集团公司第十一研究所归口。

本标准起草单位:中国科技集团公司第十一研究所。

本标准主要起草人:赵建忠、刘建伟、李进武、张剑薇、罗宏、申晓萍。

本标准所代替的历次版本发布情况为:

- GB/T 13584—1992。

# 红外探测器参数测试方法

## 1 范围

本标准规定了红外探测器(以下简称探测器)的参数测试方法及其检测设备和仪器的要求。  
本标准适用于各类单元红外探测器的参数测试,也适用于多元红外探测器相应的参数测试。

## 2 规范性引用文件

本章无条文。

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**多元红外探测器 multi-element infrared detector**

对红外辐射敏感,元数不小于2元且不具有读出电路的探测器。

### 3.2

**黑体响应率 black body responsivity**

探测器输出的电信号的基频电压的均方根值(开路)或基频电流的均方根值(短路)与入射辐射功率的基频分量的均方根值之比。用  $R_{bb}$  表示。

### 3.3

**探测器噪声 noise**

探测器在无穷大负载时,扣除前置放大器的噪声后,探测器两端的噪声。用  $V_n$  表示。

### 3.4

**探测器的光谱响应 spectral response**

探测器的相对响应与入射辐射波长的函数关系,用  $R_\lambda$  表示。

### 3.5

**探测率 detectivity**

响应率除以均方根噪声,折算到放大器的单位带宽,并按平方根面积关系折算到探测器的单位面积的值。用黑体辐射源测得的探测率称为黑体探测率,以  $D_{bb}$  表示。用单色辐射源测得的探测率称为光谱探测率,以  $D$  表示。

### 3.6

**响应率不均匀性 responsivity non-uniformity**

对多元探测器各有效像元之间响应率差异。用各像元响应率与平均响应率的差值的均方根值与平均响应率的比值来表征。用  $UR$  表示。

### 3.7

**有效像元率 operable pixel factor**

针对多元探测器,当像元响应率低于某个规定值和噪声大于某个规定值的像元数与探测器像元总数的比值。用  $N_{ef}$  表示。

3.8

**噪声等效功率 noise equivalent irradiation power**

使探测器的输出信噪比为 1 时所需入射到探测器上的入射功率,用  $NEP$  表示。

3.9

**脉冲响应时间 pulsed responsive time**

探测器对光脉冲响应的延迟时间,用  $\tau_r$  表示上升时间,用  $\tau_f$  表示下降时间。如果辐射脉冲的上升和下降时间与测量的时间常数相比很短,而且脉冲的上升和下降都遵从指数规律,则上升时间常数等于信号电压(或电流)上升到最大值的 0.63 时所需的时间,下降时间常数等于信号电压(或电流)下值的 0.37 时所需的时间,如图 1a)所示。如果脉冲的上升和下降不遵从指数规律,则上升时间常数是指信号电压(或电流)从最大值的 10% 上升到 90% 时所需的时间,下降时间常数是指信号电压(或电流)从最大值的 90% 下降到 10% 时所需的时间,如图 1b)所示。

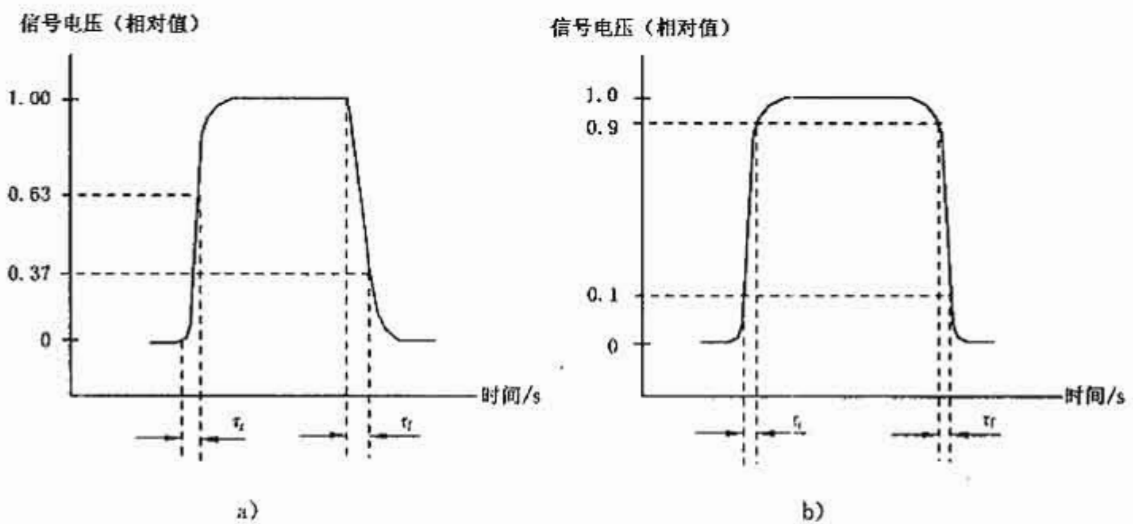


图 1 脉冲响应时间

3.10

**频率响应 frequency response**

探测器的响应率随调制频率的变化关系。

3.11

**标称面积 nominal area**

设计者设计的探测器信号响应区域,它表示探测器的真实响应面积的近似值。用  $A$  表示。

3.12

**有效面积 effective area**

探测器的有效响应区域,用  $A_e$  表示。

3.13

**零偏压结电容 junction capacitance with non-biasing**

探测器两端的电压变化接近于零时所测得的电容。

3.14

**零偏压结电阻 junction resistance with non-biasing**

探测器两端的电压变化接近于零时所测得的电阻。

3.15

**热释电探测器的电容 pyroelectric detector capacitor**

热释电探测器两电极间的电容。

## 3.16

直流电阻 **direct current resistance**

探测器两端的直流电压与直流电流之比。

## 3.17

高电阻 **high detector resistance**

电阻值等于或大于  $10^{10} \Omega$  的热释电探测器的电阻。

## 4 符号和单位

红外探测器的参数符号、名称和单位见表 1。

表 1

符 号	名 称	单 位
$A_e$	探测器有效面积	$\text{cm}^2$
$A_n$	探测器标称面积	$\text{cm}^2$
$C_0$	零偏压结电容	pF
$C_n$	热释电探测器的电容	pF
$D_{bb}^*$	黑体探测率	$\text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} / \text{W}$
$D_i^*$	光谱探测率	$\text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} / \text{W}$
$f$	调制频率	Hz
$\Delta f$	频谱分析仪带宽	Hz
$F_s$	黑体光谱能量因子	
$G$	增益	dB
$E$	黑体辐照度	$\text{W}/\text{cm}^2$
$NEP$	噪声等效功率	W
$P$	辐射功率	W
$R_{bb}$	黑体响应率	$\text{V}/\text{W}; \text{A}/\text{W}$
$R_s$	探测器相对光谱响应率	$\text{V}/\text{W}$
$R_{e0}$	标准电阻	$\Omega$
$R_d$	探测器电阻	$\Omega$
$R_L$	负载电阻	$\Omega$
$R_0$	零偏压结电阻	$\Omega$
$T$	黑体温度	K
$S(\lambda)$	参考探测器的相对光谱响应率	$\text{V}/\text{W}$
$V_n$	探测器噪声电压	V
$V_s$	信号电压	V
$Z_d$	探测器阻抗	$\Omega$
$\tau$	时间常数	s
$\lambda$	辐射波长	$\mu\text{m}$
$UR$	响应率不均匀性	
$N_{ef}$	有效像元率	

## 5 总则

### 5.1 概述

本标准只给出了测试红外探测器参数的工作原理及方法,在引用本标准时,有关的具体要求应在详细规范中加以说明。

本标准仅规定了一套基本的测试方法,它并不意味着不能采用其他的测试方法,采用其他的测试方法时,采用者必须确保测试具有相同的精度,而且必须在检测报告中予以说明。

### 5.2 一般注意事项

#### 5.2.1 对探测器和测试仪表的预防措施

##### 5.2.1.1 极限值

对所有的测试,测试条件都不能超过探测器的极限值,例如,不能使用最大偏置。如果要在最大偏置值附近工作,应十分小心地监视探测器的噪声,而且偏置值的增加应十分缓慢。当用激光光源照射探测器时,应将其功率衰减到小于探测器所允许的最大功率。

##### 5.2.1.2 测试用仪表

对以变压器为输入电路的前置放大器,应避免用万用表测量前置放大器的初级阻抗,以免损坏前置放大器,前置放大器应工作在线性范围内。

#### 5.2.2 热平衡条件

用于各测试系统中的电子仪器,都应预热到一定时间后,方可进行测量,预热时间对不同的测试系统应有明确的规定。

#### 5.2.3 温度

对所有的测试,都应在探测器所需的工作温度下进行,探测器工作温度的波动应不影响测试精度。

#### 5.2.4 黑体辐射源

黑体辐射源的温度为 500 K,若选用其他温度的黑体辐射源,应在测试条件中注明。

在计算黑体辐射源辐射到探测器的辐射功率时,按净辐射计算。

黑体辐射源至探测器的距离应远大于探测器面积的平方根,即满足微面元条件。

#### 5.2.5 激光的安全防护

对使用激光器的各测试系统,要备有漫反射挡光板和激光防护镜。

#### 5.2.6 环境条件

##### 5.2.6.1 电磁屏蔽

所有的测试均应在具有良好电磁屏蔽的条件下进行,测试系统的接地电阻应小于  $0.1 \Omega$ 。

##### 5.2.6.2 振动

在测试过程中,应避免强的机械冲击和振动。

### 5.2.6.3 洁净度

所有测试均在洁净的房间内进行,特殊要求者应在详细规范中规定。

### 5.2.6.4 气候环境条件

所有测试均在正常大气条件下进行,特殊要求者应在详细规范中规定。

正常大气条件:

- 温度为  $15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- 相对湿度为  $10\%\sim 80\%$ ;
- 大气压力为  $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ 。

仲裁条件:

- 温度为  $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- 相对湿度为  $15\%\sim 75\%$ ;
- 大气压力为  $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ 。

### 5.2.7 光学路程

在测试探测器的光谱响应时,被测探测器的光学路程应与参考探测器相等。

## 6 测试方法

### 6.1 方法 1010:黑体响应率

#### 6.1.1 测试目的

通过对探测器在某一入射功率条件下检测其信号输出,获得探测器在单位入射功率时的信号,进而判断探测器对入射能量的响应能力。

#### 6.1.2 测试方框图

测试系统框图如图 2 所示。

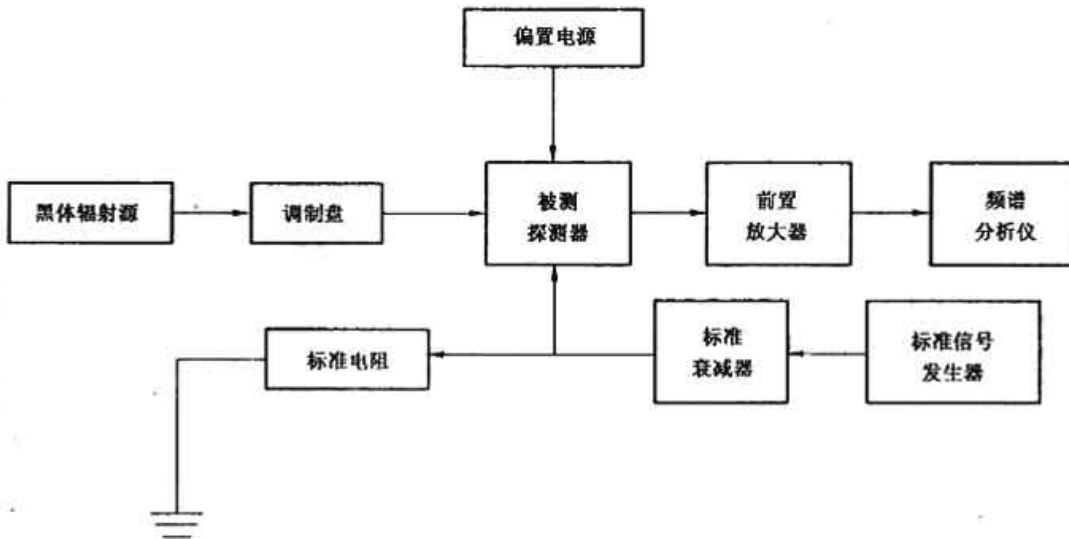


图 2 黑体响应率测试方框图



### 6.1.3 测量仪表

#### 6.1.3.1 黑体辐射源

黑体温度为 500 K,从腔底到腔长的 2/3 处的温差小于 1 K,在 2 h 内,温度的稳定度优于  $\pm 0.5$  K;黑体辐射源的有效发射率优于 0.95;带有调制盘并给出调制转换因子;优选下列各频率为调制频率:1.10 Hz,12.5 Hz,60 Hz,300 Hz,400 Hz,600 Hz,800 Hz,1 000 Hz,1 250 Hz,2 500 Hz 和 20 000 Hz;优选下列各孔径为黑体辐射孔径:0.5 mm,1 mm,2 mm,3 mm,4 mm,5 mm,6 mm,7 mm,8 mm,10 mm。被测探测器与黑体辐射孔径之间的距离可调,入射到被测探测器整个灵敏面上的黑体辐照应是均匀的。黑体辐射源应定期送计量部门检定。

#### 6.1.3.2 前置放大器

前置放大器与被测探测器实现最佳源阻抗匹配,其噪声系数应小于 3 dB,前置放大器应工作在线性范围,并具有平坦的幅频特性,其带宽和增益应满足测试要求,增益的稳定度应优于  $\pm 0.1\%$ 。

#### 6.1.3.3 标准信号发生器

标准信号发生器输出均方根值已知的正弦波电压,其精度应优于  $\pm 1\%$ ,输出电压可调,对 50  $\Omega$  负载能输出不小于 1 V 的均方根值,频率可调,其可调范围应满足测试要求。

#### 6.1.3.4 标准衰减器

标准衰减器的频率范围应满足测试要求,其精度应优于  $\pm 1\%$ 。

#### 6.1.3.5 偏置电源

偏置电源采用电池,其内阻与负载电阻相比可忽略不计,偏置电源应装有一只高阻电压表或一只低阻电流表,当这些仪表装在偏置电路中时,它的内阻应不影响测量准确度。

#### 6.1.3.6 探测器电路

探测器电路包括探测器、探测器的负载电阻、联结偏置电源和联结探测器——前置放大器的电路,该电路还包括一只注入信号的标准电阻  $R_{\text{in}}$  被测探测器通过它接地, $R_{\text{in}}$  的阻值与电路的阻值相比是很小的,通常用 1  $\Omega$  电阻。

#### 6.1.3.7 锁相放大器

相位锁定应小于  $30^\circ$ ,相位漂移应小于 5%。

#### 6.1.3.8 频谱分析仪

频谱分析仪的频率范围应满足测试要求,其带宽应小于中心频率的 1/10,电压读数精度应优于  $\pm 1\%$ ;积分时间在 0.1 s~100 s 范围内可调,峰值因子不小于 4。当调制频率小于等于 12.5 Hz 时,应采用锁相放大器,锁相放大器应符合 6.1.3.7 的要求。

### 6.1.4 测量步骤

#### 6.1.4.1 准直

将被测探测器置于黑体辐射源的光轴上,使辐射信号垂直入射到被测探测器上,被测探测器灵敏面的法线与辐射信号的入射方向的夹角应小于  $10^\circ$ ,调节黑体辐射孔径与被测探测器之间的距离,使被测

探测器输出足够大的信号。

#### 6.1.4.2 确定偏置范围

调节偏置电源,确定出被测探测器的偏置范围,但不得超过被测探测器连续工作时的最大偏置值。

#### 6.1.4.3 测量信号电压 $V_s$

调节频谱分析仪的中心频率与调制频率  $f$  相同,将标准信号发生器的输出信号调到零,探测器与前置放大器连接好,用频谱分析仪读出前放输出信号  $V_i$ ;再根据不同测试放大器,确定系统的增益  $G$ , $V_i$  与  $G$  相除,得出信号电压  $V_s$ 。

#### 6.1.5 计算

##### 6.1.5.1 黑体辐照度

黑体辐照度  $E$  按式(1)计算:

$$E = \alpha \frac{\varepsilon \sigma (T^4 - T_0^4) A}{\pi L^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$E$  —— 黑体辐照度,  $W/cm^2$ ;

$\alpha$  —— 调制因子;

$\varepsilon$  —— 黑体辐射源的有效发射率;

$\sigma$  —— 斯忒藩-玻尔兹曼常数;

$T$  —— 黑体温度,  $K$ ;

$T_0$  —— 环境温度,  $K$ ;

$A$  —— 黑体辐射源的光栏面积,  $cm^2$ ;

$L$  —— 黑体辐射源的光栏至被测探测器之间的距离,  $cm$ 。

##### 6.1.5.2 计算入射到探测器上的辐射功率

入射到探测器上的辐射功率  $P$  按式(2)计算:

$$P = A_d E \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$P$  —— 辐射功率,  $W$ ;

$A_d$  —— 探测器标称面积,  $cm^2$ 。

##### 6.1.5.3 计算黑体响应率

黑体响应率  $R_{bb}$  按式(3)计算:

$$R_{bb} = \frac{V_s}{P} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$R_{bb}$  —— 黑体响应率,  $V/W$ ;

$V_s$  —— 信号电压,  $V$ 。

#### 6.1.6 规定条件

规定条件如下:

a) 环境温度,  $K$ ;

- b) 探测器工作温度, K;
- c) 探测器面积,  $\text{cm}^2$ ;
- d) 黑体温度, K;
- e) 黑体辐射源的辐射孔径, mm;
- f) 调制频率, Hz;
- g) 黑体辐射源的有效发射率;
- h) 探测器与黑体辐射孔径之间的距离, cm;
- i) 频谱分析仪带宽, Hz;
- j) 偏置值, V;
- k) 标准电阻  $R_{\text{cal}}$ ,  $\Omega$ 。

## 6.2 方法 1020: 噪声

### 6.2.1 测试目的

该测试主要为了获得探测器在特定测试条件下的噪声输出, 以进行探测器灵敏度的计算。

### 6.2.2 测试方框图

测试系统框图如图 3 所示。

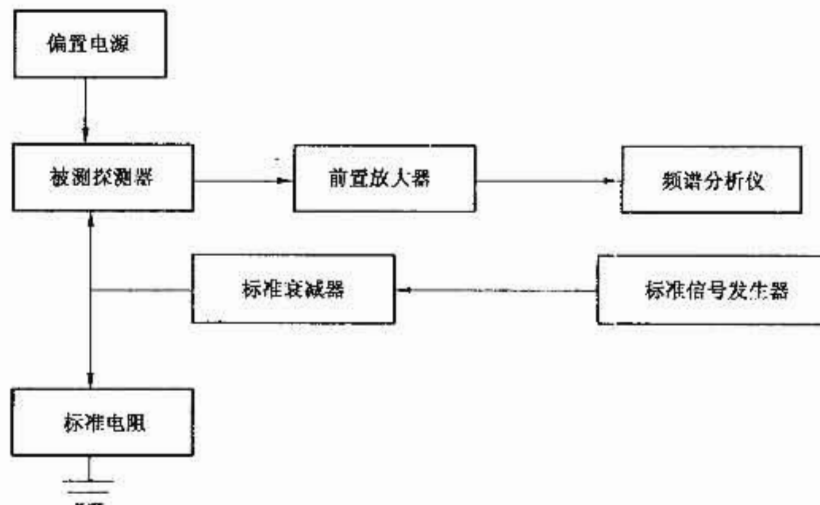


图 3 噪声测试方框图

### 6.2.3 测量仪表

测量仪表应符合 6.1.3.2~6.1.3.8 的要求。

### 6.2.4 测量步骤

#### 6.2.4.1 测量包括被测探测器在内的测试系统的噪声 $v_N$

偏置加在探测器上, 将标准信号发生器的输出信号调到零, 设定测试用带宽  $\Delta f$ , 用频谱分析仪测量噪声  $v_N$ 。

#### 6.2.4.2 测量除去被测探测器后的测试系统的噪声 $v_n$

用阻值约等于被测探测器阻值的精密线绕电阻代替被测探测器, 该线绕电阻器的温度应保持在使

其产生的热噪声远小于放大器的噪声,对于很高阻抗的探测器(例如热释电探测器),应将被测探测器连同它的阻抗变换器作为探测器的一个整体,用频谱分析仪测量噪声  $v_N$ ,改变频谱分析仪的中心频率,记录不同频率下的噪声  $v_n$ 。

#### 6.2.4.3 测量测试系统的增益 G

根据不同测试放大器,确定系统的增益 G。

#### 6.2.5 计算

探测器噪声  $V_n$  按式(4)计算:

$$V_n = \frac{(v_N^2 - v_n^2 - v_{i_n}^2 \cdot R_d^2 / R_l^2)^{\frac{1}{2}}}{G(\Delta f)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- $v_{i_n}$  ——负载电阻的热噪声, V;
- $R_l$  ——负载电阻,  $\Omega$ ;
- $R_d$  ——探测器电阻,  $\Omega$ ;
- $\Delta f$  ——频谱分析仪带宽, Hz。

#### 6.2.6 规定条件

规定条件如下:

- a) 环境温度, K;
- b) 探测器工作温度, K;
- c) 频谱分析仪带宽, Hz;
- d) 偏置值, V;
- e) 探测器电阻,  $\Omega$ ;
- f) 负载电阻,  $\Omega$ 。

### 6.3 方法 1030: 光谱响应

#### 6.3.1 测试目的

该项测试为了获得探测器的相对光谱响应,以此判断探测器的光谱响应范围。推荐两种光谱测试方法,一种是采用分光光谱仪进行光谱响应测试方法,另外一种方法是采用傅立叶红外光谱仪来进行测试。上述两种测试方法以分光光谱仪测试方法为仲裁方法。相对光谱响应曲线如图 4 所示。

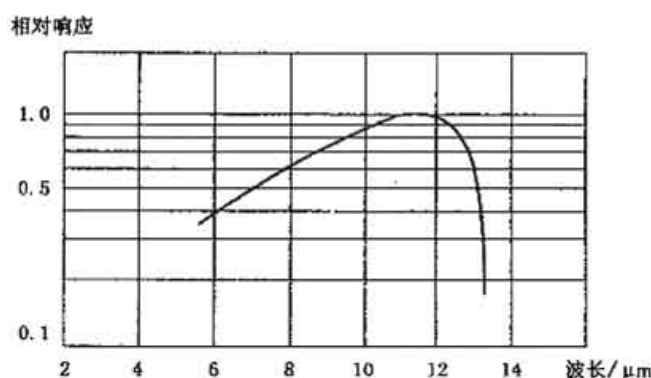


图 4 相对光谱响应

6.3.2 方法 1 用分光光谱仪进行光谱响应测试

6.3.2.1 测试方框图

见图 5。

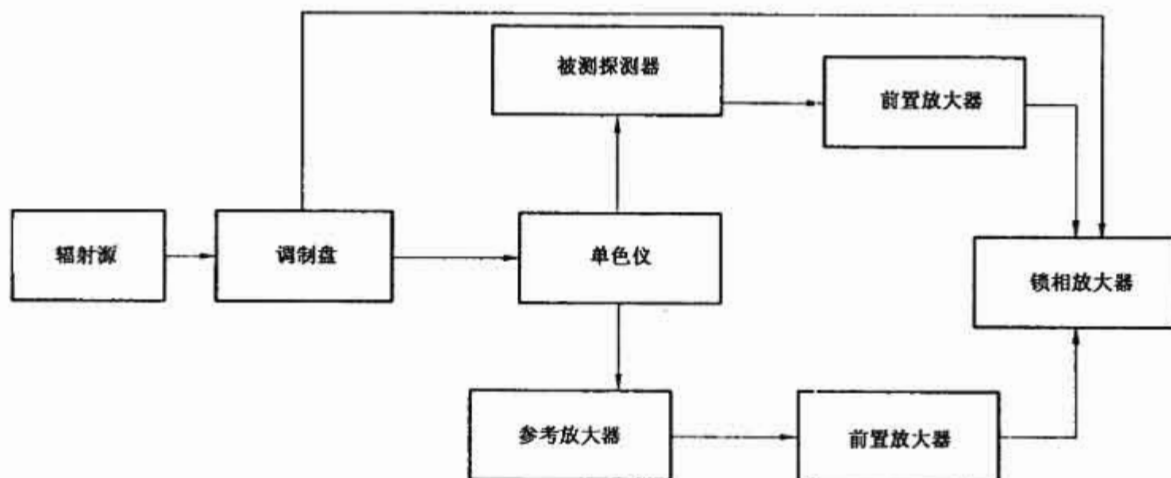


图 5 分光光谱仪测试方框图

6.3.2.2 测量仪表

6.3.2.2.1 辐射源

用灼热的能斯特灯或硅碳棒作辐射源,电源的电压稳定度应优于 $\pm 1\%$ 。电流稳定度应优于 $\pm 0.5\%$ ,硅碳棒或能斯特灯应放在适宜的罩子或套筒内。

6.3.2.2.2 调制盘

在辐射源与单色仪之间紧靠单色仪入射狭缝处放置两个调制盘,即在参考探测器的光路中放置一调制盘,其调制频率为 10 Hz 或 12.5 Hz,在被测探测器的光路中放置一调制盘,其调制频率可在下列频率点中选取:10 Hz,12.5 Hz,60 Hz,800 Hz,1 000 Hz。

6.3.2.2.3 单色仪

单色仪波长的可调范围应能覆盖被测探测器的光谱响应,其单色辐射束的波长宽度应不大于中心波长的 1/30,单色辐射源入射到被测探测器灵敏面上的辐照应是均匀的。

6.3.2.2.4 参考探测器

用辐射热电偶或热释电探测器作参考探测器,它的光谱响应应是已知的,响应随波长的变化曲线应平坦。参考探测器应定期送计量部门校准。

6.3.2.2.5 前置放大器

参考探测器和被测探测器后面所连接的前置放大器,均应满足光谱响应测试的要求。

6.3.2.2.6 偏置电源

偏置电源应符合 6.1.3.5 的要求。

6.3.2.2.7 锁相放大器

锁相放大器应符合 6.1.3.7 的要求。

6.3.2.3 测量步骤

6.3.2.3.1 测量参考探测器的输出信号  $V_r$

将单色仪的出射狭缝对准参考探测器；改变单色仪的波长，用锁相放大器测量参考探测器的输出信号  $V_r$ 。

6.3.2.3.2 测量被测探测器的输出信号  $V_d$

将单色仪的出射狭缝对准被测探测器。改变单色仪的波长，用锁相放大器测量被测探测器的输出信号  $V_d$ 。

6.3.2.4 计算

探测器的相对光谱响应  $R_\lambda$  按式(5)计算：

$$R_\lambda = \frac{V_d \cdot S(\lambda)}{V_r} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$S(\lambda)$ ——参考探测器的相对光谱响应。

6.3.3 方法 2 用傅立叶红外光谱仪进行光谱响应测试

6.3.3.1 测试方框图

傅立叶红外光谱仪，英文简称 FTIR，不分离红外光束，探测器所采集的信号就是干涉图，即所有波长的信号强度与时间的函数关系。在干涉图采集之后，利用计算机通过快速傅立叶变换将干涉图转换为光谱图，测试方框图见图 6。

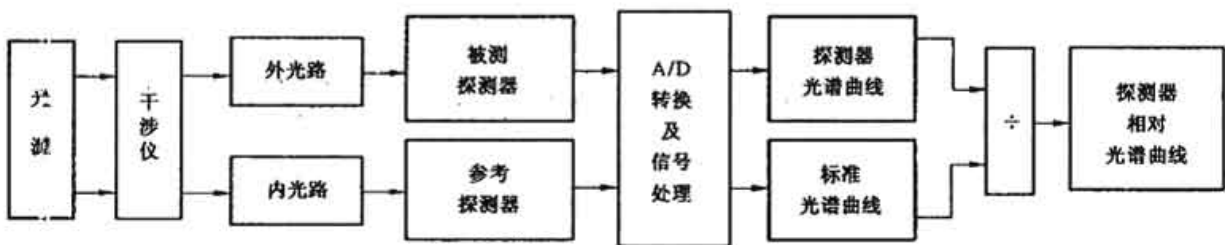


图 6 傅立叶红外光谱仪测试方框图

6.3.3.2 测量仪器

测量仪器如下：

- a) WQF-400 系列傅立叶变换红外光谱仪；
- b) 计算机；
- c) 打印机；
- d) 前置放大器；
- e) 数字多用表。

### 6.3.3.3 测量步骤

测量步骤如下:

- a) 首先测出傅立叶光谱仪自带的参考探测器光谱分布曲线。
- b) 将被测红外探测器装在专用测试夹具中放置在样品仓内,接好相应前置放大器及相关输入、输出引线。
- c) 给探测器通气通电使其正常工作。
- d) 采集被测探测器光谱曲线。
- e) 处理并归一化得到被测探测器的相对光谱曲线。
- f) 在相对光谱曲线中确定起始波长和截止波长。

### 6.3.4 光谱截止波长取值

对于截止波长点的取值推荐为对应光谱响应值的 50% 处。

### 6.3.5 规定条件

规定条件如下:

- a) 环境温度, K;
- b) 相对湿度, %;
- c) 探测器工作温度, K;
- d) 参考探测器;
- e) 参考探测器调制频率, Hz;
- f) 被测探测器调制频率, Hz;
- g) 入射狭缝, mm;
- h) 波长范围,  $\mu\text{m}$ ;
- i) 偏置值, V;
- j) 窗口材料。

## 6.4 方法 1040: 黑体探测率、响应率不均匀性和盲元率

### 6.4.1 测试目的

通过对探测器在某一入射功率和某一带宽的条件下信号和噪声的检测,获得探测器在单位入射功率单位带宽时的信号噪声比,从而获得探测器灵敏度。

### 6.4.2 测试方框图

测量黑体响应率的测试方框图见图 2。测量噪声电压的测试方框图见图 3。

### 6.4.3 测量仪表

测试黑体响应率的仪表应符合 6.1.3 的要求;测试噪声电压的仪表应符合 6.1.3.2~6.1.3.8 的要求。

### 6.4.4 测量步骤

黑体响应率  $R_{bb}$  的测量按 6.1.4 的规定进行。

噪声电压  $V_n$  的测量按 6.2.4 的规定进行。

## 6.4.5 计算

## 6.4.5.1 黑体探测率

探测器的黑体探测率  $D_{bb}^*$  按式(5)计算:

$$D_{bb}^* = \frac{R_{bb}}{V_n} \sqrt{A_n \cdot \Delta f} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

$A_n$  ——探测器标称面积,  $\text{cm}^2$ ;

$\Delta f$  ——频谱分析仪带宽。

## 6.4.5.2 光谱探测率

光谱探测率  $D_\lambda^*$  按式(7)计算:

$$D_\lambda^* = \frac{D_{bb}^*}{\sum_\lambda F_\lambda \cdot R_\lambda} \cdot R_\lambda \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

$F_\lambda$  ——黑体光谱能量因子;

$R_\lambda$  ——探测器的相对光谱响应。

注:附录 A 给出了黑体温度为 500 K, 背景温度为 300 K 时, 辐射波长在  $1 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$  (波长间隔为  $0.5 \mu\text{m}$ ) 的  $F_\lambda$  值。

## 6.4.5.3 响应率不均匀性

探测器的像元不均匀性  $UR$  按式(8)计算:

$$UR = \frac{1}{\bar{R}_{bb}} \sqrt{\frac{1}{N - (a + b)} \sum_{i=1}^N (R_{bbi} - \bar{R}_{bb})^2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

$R_{bbi}$  ——探测器像元响应率;

$\bar{R}_{bb}$  ——探测器像元平均响应率;

$N$  ——探测器总像元数。

## 6.4.5.4 有效像元率

探测器的有效像元率  $N_{ef}$  按式(9)计算:

$$N_{ef} = 1 - \frac{1}{N - (a + b)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

$a$  ——探测器像元响应率小于平均响应率  $K$  分之一的像元数 ( $K$  一般为 50%);

$b$  ——探测器像元噪声大于平均噪声  $G$  倍的像元数 ( $G$  一般为 5);

$N$  ——探测器总像元数。

## 6.4.6 规定条件

规定条件如下:

a) 环境温度, K;

b) 探测器工作温度, K;

c) 黑体温度, K;



- d) 调制频率, Hz;
- e) 频谱分析仪带宽, Hz;
- f) 探测器面积, cm<sup>2</sup>;
- g) 偏置值, V。

## 6.5 方法 1050: 噪声等效功率

### 6.5.1 测试目的

该项测试是为了获得探测器的最小探测器功率。

### 6.5.2 测试方框图

测量信号  $V_s$  的测试方框图见图 2。测量噪声  $V_n$  的测试方框图见图 3。

### 6.5.3 测量仪表

测试信号  $V_s$  的测量仪表应符合 6.1.3 的要求; 测试噪声  $V_n$  的测量仪表应符合 6.1.3.2~6.1.3.8 的要求。

### 6.5.4 测量步骤

#### 6.5.4.1 测量信号电压 $V_s$

测量方法:

- a) 准直  
被测探测器的准直按 6.1.4.1 的规定进行。
- b) 确定偏置范围  
偏置的确定按 6.1.4.2 的规定进行。
- c) 测量信号电压  $V_s$   
信号电压  $V_s$  的测量按 6.1.4.3 的规定进行。

#### 6.5.4.2 测量噪声电压 $V_n$

噪声电压  $V_n$  的测量按 6.2.4 的规定进行。

### 6.5.5 计算

#### 6.5.5.1 计算入射到探测器上的辐射功率

入射到探测器上的辐射功率  $P$  按 6.1.5.1 和 6.1.5.2 规定的方法计算。

#### 6.5.5.2 计算探测器的噪声等效功率

探测器的噪声等效功率  $NEP$  按式(10)计算:

$$NEP = \frac{P}{V_s/V_n} \dots\dots\dots(10)$$

式中:

- $P$  ——入射到探测器上的辐射功率, W;
- $V_s$  ——信号电压, V;
- $V_n$  ——噪声电压, V。

### 6.5.6 规定条件

规定条件如下：

- a) 环境温度, K;
- b) 探测器的工作温度, K;
- c) 黑体温度, K;
- d) 调制频率, Hz;
- e) 频谱分析仪的带宽, Hz。

### 6.6 方法 1060: 时间常数

时间常数用  $\tau$  表示, 通常采用下面两种表达方法。

#### 6.6.1 脉冲响应时间

##### 6.6.1.1 测试目的

该项测试是为了获得探测器时间响应常数, 以此判断探测器对突变信号的响应速度。

##### 6.6.1.2 测试方框图

测试系统框图如图 7 所示。

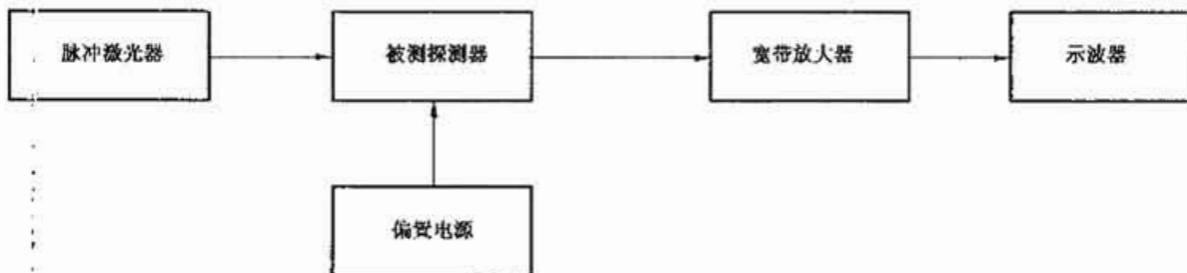


图 7 脉冲响应时间测试方框图

##### 6.6.1.3 测量仪表

测量仪表如下：

###### a) 脉冲激光器

脉冲激光器的波长应在被测探测器的工作波段范围内。矩形脉冲的前、后沿均应小于 1 ns。应使探测器工作在线性范围。

###### b) 宽带放大器

宽带放大器的带宽应满足测试要求, 增益大于 30 dB。增益的稳定度应优于  $\pm 0.1\%$ , 有足够的动态范围和平坦的幅频特性。

###### c) 示波器

示波器的带宽应满足测试要求。

##### 6.6.1.4 测量步骤

测量步骤如下：

###### a) 准直

调节脉冲激光器的微调机构, 使激光束垂直入射到被测探测器的灵敏面上。

b) 直线性验证

调节激光光路中的衰减片的衰减量,使被测探测器工作在线性范围。

c) 测量脉冲响应时间

在示波器上直接读出上升或下降时间,按定义确定出被测探测器的脉冲响应时间  $\tau$ 。

6.6.1.5 规定条件

规定条件如下:

- a) 探测器工作温度, K;
- b) 激光脉冲的前沿和后沿, s;
- c) 脉宽, s;
- d) 激光功率, W;
- e) 激光器的工作波长,  $\mu\text{m}$ 。

6.6.2 频率响应

6.6.2.1 测试目的

该测试是为了获得探测器响应率对交变信号的响应特性。

如果探测器的响应率与调制频率的关系满足式(11)和式(12):

$$R(f) = \frac{R(0)}{\sqrt{1 + 4\pi^2 f^2 \tau^2}} \dots\dots\dots(11)$$

$$\tau = \frac{1}{2\pi f} = \frac{1}{\omega} \dots\dots\dots(12)$$

式中:

$\omega$ ——角频率, rad/s。

则时间常数是指响应率下降到最大值的 0.707 时的角频率  $\omega$  的倒数值,与该角频率对应的频率  $f$  就是探测器的响应率下降到最大值的 0.707 时的调制频率(即截止频率),如图 8 所示。

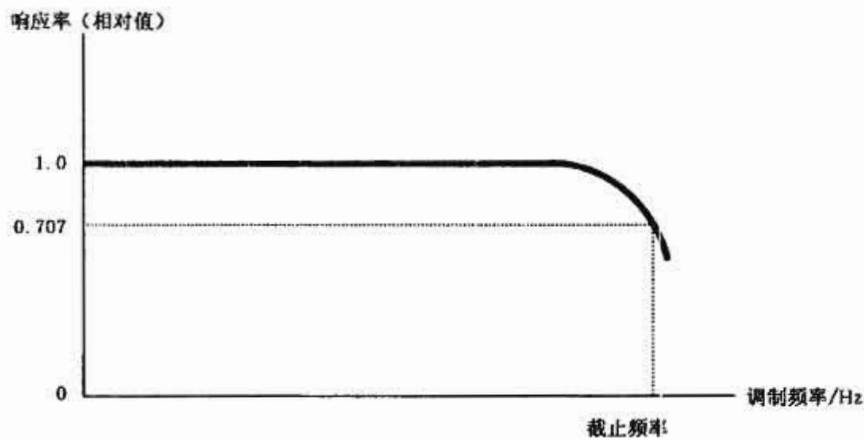


图 8 频率响应

6.6.2.2 测试方框图

测试系统框图如图 9 所示。

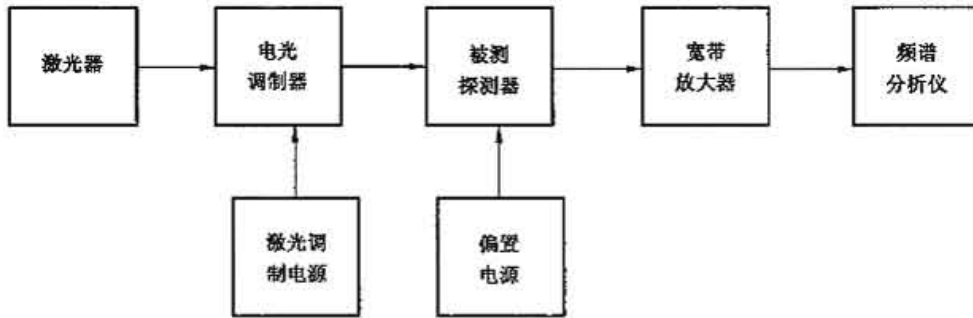


图9 频率响应测试框图

### 6.6.2.3 测量仪表

测量仪表如下：

#### a) 激光器

激光器应选用单模、偏振的连续波激光器，其波长应在被测探测器的工作波段范围内，功率稳定度应优于 $\pm 4\%$ 。

#### b) 激光调制电源

激光调制电源应能输出电压确知的正弦波信号，输出电压的大小应能满足测量要求，电压稳定度应优于 $\pm 1\%$ 。频率稳定度应优于 $10^{-4}$ 。输出阻抗应与调制器阻抗相匹配。

#### c) 电光调制器

电光调制器的带宽应满足测试要求。

#### d) 宽带放大器

宽带放大器应符合 6.6.1.3b) 的要求。

#### e) 频谱分析仪

频谱分析仪的频率范围应满足测试要求。

### 6.6.2.4 测量步骤

测量步骤如下：

#### a) 准直

调节激光器的微调机构，使激光束垂直投射到被测探测器的灵敏面上。

#### b) 直线性验证

直线性验证按 6.6.1.4b) 的规定进行。

#### c) 测量响应频率

加上偏置，改变激光调制电源的频率，用频谱分析仪测量探测器的响应，记录响应率下降到最大值的 0.707 时的调制频率。对各种偏置值重复上述测量，得出频率响应曲线族。

### 6.6.2.5 规定条件

规定条件如下：

a) 电光调制器的调制度，%；

b) 调制电压，V；

c) 探测器工作温度，K；

d) 频谱分析仪带宽，Hz；

e) 激光功率，W；

f) 激光器的工作波长,  $\mu\text{m}$ 。

## 6.7 方法 1070: 面积

### 6.7.1 标称面积

#### 6.7.1.1 测试目的

该项测试是为了获得探测器光敏感单元的设计尺寸。

#### 6.7.1.2 测试方框图

测试系统框图如图 10 所示。

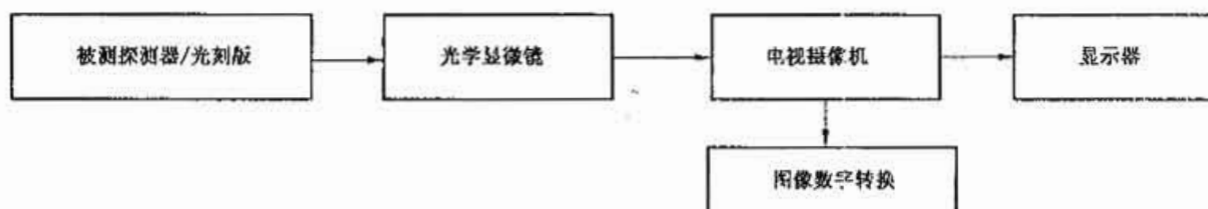


图 10 标称面积测试方框图

#### 6.7.1.3 测量仪表

测量仪表要求如下:

##### a) 光学显微镜

光学显微镜的放大倍数为 40 倍~1 500 倍, X、Y 方向可调, 调节精度为  $\pm 1/\mu\text{m}$ , 测微目镜分度值为  $0.5 \mu\text{m}$ 。标准分划板分度值为  $0.5 \mu\text{m}$ , 内置可转棱镜自由选择方向。

##### b) 电视摄像机

电视摄像机的放大倍数大于或等于 10 倍。图像畸变不大于 1%。

##### c) 显示器

显示器的屏幕大于 31 cm。

##### d) 图像数字转换

图像数字转换采用 8 位~16 位 A/D 变换。  $3 \frac{1}{2}$  位~  $4 \frac{1}{2}$  位数码显示, 数字转换的不确定度优于 1%。

#### 6.7.1.4 测量步骤

测量步骤如下:

##### a) 系统校正

分别选定物镜和目镜放大倍数, 把被测探测器的芯片放入视场, 调节图像大小与分划板吻合。

##### b) 测量

以被测探测器边界作标记, 分别在 X、Y 方向上调节, 从图像数字转换器上读出被测探测器在 X 方向上的尺寸  $a$  和在 Y 方向上的尺寸  $b$ , 上述测量至少重复三次, 求其平均值。

#### 6.7.1.5 计算

当被测探测器为圆形时, 探测器的标称面积  $A_0$  按式(13)计算:

$$A_n = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

$d = \frac{1}{2}(a+b)$ 。表示探测器的直径,cm;

$a$  ——X 方向上的探测器尺寸,cm;

$b$  ——Y 方向上的探测器尺寸,cm。

当被测探测器为方形时,探测器的标称面积  $A_n$  按式(14)计算:

$$A_n = a \times b \quad \dots\dots\dots(14)$$

6.7.1.6 规定条件

规定条件如下:

- a) 洁净度,级;
- b) 相对湿度,%;
- c) 环境温度,K;
- d) 探测器标称尺寸,cm。

6.7.2 有效面积

6.7.2.1 测试目的

该项测试是为了获得探测器的实际光敏元尺寸。

6.7.2.2 测试方框图

测试系统框图如图 11 所示。

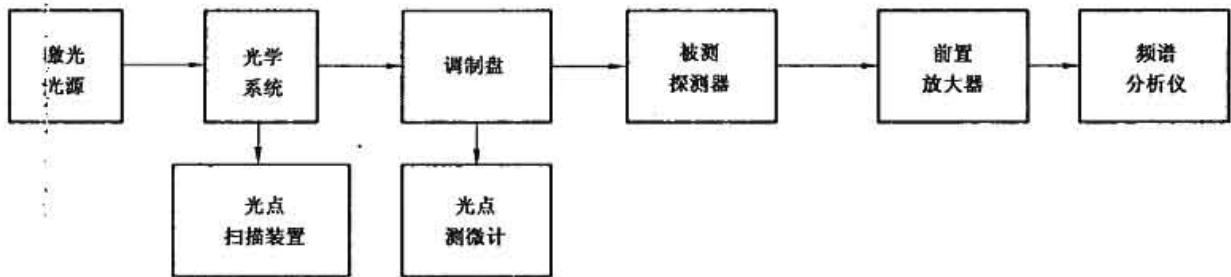


图 11 有效面积测试方框图

6.7.2.3 测量仪表

测量仪表要求如下:

a) 光源

用激光器或黑体辐射源作光源,激光器的工作波长应在被测探测器的工作波段范围。激光功率的稳定度优于±4%,黑体辐射源应符合 6.1.3.1 的要求。

b) 光学系统

光学系统的会聚光斑直径:对 1 μm~3 μm 波段小于等于 10 μm;对 3 μm~5 μm 波段小于等于 30 μm;对 8 μm~14 μm 波段小于等于 75 μm。会聚光斑能透过窗口、介质膜等,到达探测器光敏面。

c) 光点扫描装置

光点扫描装置的工作方式分手动和自动;且在 X、Y 方向均可调节。

d) 光点测微计

光点测微计采用电视测微,仪器精度优于±2%。

e) 前置放大器

前置放大器应符合 6.1.3.2 的要求。

f) 调制盘

调制盘应符合 6.3.2.2.2 的要求。

g) 频谱分析仪

频谱分析仪应符合 6.1.3.8 的要求。

6.7.2.4 测量步骤

测量步骤如下:

a) 系统校正

把几何尺寸已知的光电导样品装进测试台,调节光点扫描装置,插入衰减片,使被测探测器工作在线性范围,得出标准图样。

b) 测量

用被测探测器替换光电导样品,调节扫描装置,记录相对应的信号电压及其信号电压分布图样。上述测量至少重复 3 次,求其平均值。

6.7.2.5 计算

探测器的有效面积  $A_e$  按式(15)计算:

$$A_e = \iint_S R(x, y) dx dy / R_{max} \dots\dots\dots (15)$$

式中:

$R_{max}$  ——  $R(x, y)$  的最大值;

$S$  —— 探测器基片面积,  $cm^2$ 。

6.7.2.6 规定条件

规定条件如下:

a) 光源;

b) 光斑大小,  $\mu m$ ;

c) 激光器波长,  $\mu m$ ;

d) 相对湿度, %;

e) 环境温度, K;

f) 探测器标称面积,  $cm^2$ 。

6.8 方法 1080: 阻抗

6.8.1 定义

探测器的阻抗是指探测器两端的电压变化与通过探测器的瞬时电流之比。表达式为式(16):

$$Z_d = R_d + jX_d \dots\dots\dots (16)$$

式中:

$R_d$  —— 阻抗实部;

$X_d$  —— 阻抗虚部。

## 6.8.2 零偏压结电容

### 6.8.2.1 测试目的

该测试是为了获得光伏探测器在零偏条件下,PN 结的结电容。

### 6.8.2.2 测试方框图

测试系统框图如图 12 所示。



图 12 零偏压电容测试方框图

### 6.8.2.3 测量仪表

测量仪表要求如下:

#### a) 信号发生器

信号发生器的频率稳定度优于 $\pm 0.1\%$ ,输出电压稳定度优于 $\pm 0.2\%$ 。

#### b) 频谱分析仪

频谱分析仪应符合 6.1.3.8 的要求。

#### c) 数字电压表

数字电压表的输入阻抗应远大于被测探测器的阻抗,电压灵敏度优于 $1\ \mu\text{V}$ ,电压不确定度优于 $0.2\%$ 。

#### d) 标准电阻箱

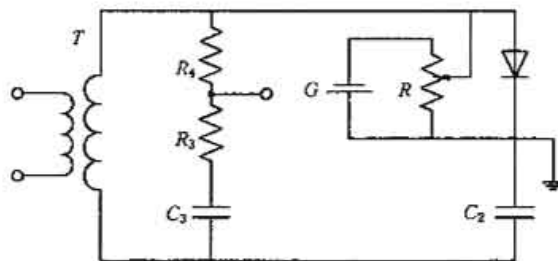
标准电阻箱的阻值范围应满足测试要求,阻值的不确定度优于 $\pm 0.1\%$ 。

### 6.8.2.4 测量步骤

测量步骤如下:

#### a) 电路连接

光照面为 P 型时,按图 13 的测试电路连接被测探测器,放入屏蔽盒。



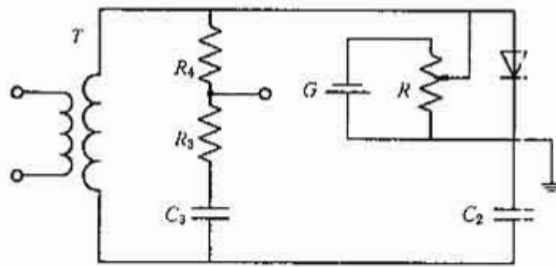
说明:

T——高频变压器。

图 13 光照面为 P 型的零偏压结电容测试电路图



光照面为 N 型时,按图 14 的测试电路连接被测探测器,放入屏蔽盒。



说明:

T——高频变压器。

图 14 光照面为 N 型的零偏压结电容测试电路图

b) 选择标准电容

选择标准电容  $C_2$ , 确定合适的量程。

c) 调节电桥的平衡

信号发生器的频率置于 250 000 Hz, 调节直流电压, 使被测探测器两端的电压小于 0.2 mV。反复调节信号发生器的输出和标准电阻箱的电阻  $R_3$ 、 $R_4$ , 直至满足频谱分析仪的指示小于或等于  $2 \mu\text{V}$  和被测探测器两端的交流电压小于或等于 3 mV, 记下  $C_2$ 、 $R_3$  和  $R_4$ 。

6.8.2.5 计算

探测器的零偏压结电容  $C_0$  按式(17)计算:

$$C_0 = C_2 = \frac{R_3}{R_4} \dots\dots\dots(17)$$

式中:

$C_2$  ——桥路标准电容, pF;

$R_3$ 、 $R_4$  ——桥路电阻,  $\Omega$ 。

6.8.2.6 规定条件

规定条件如下:

- a) 测试频率, Hz;
- b) 探测器两端的直流电压, V;
- c) 探测器两端的交流电压, V;
- d) 相对湿度, %;
- e) 环境温度, K。

6.8.3 零偏压结电阻

6.8.3.1 测试目的

该测试是为了获得光伏探测器在零偏条件下, PN 结的结电阻。

6.8.3.2 测试方框图

测试系统框图如图 12 所示。

6.8.3.3 测量仪表

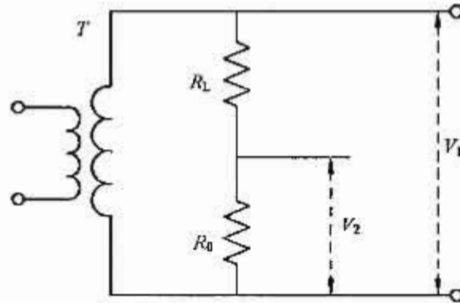
测量仪表应符合 6.8.2.3 的要求。

## 6.8.3.4 测量步骤

测量步骤如下:

## a) 电路连接

按图 15 的测试电路连接被测探测器,放入屏蔽盒。



说明:

T——玻莫合金变压器。次级输出阻抗远小于  $R_0$ , 虚部远大于  $R_0$ ,  $R_L$  远小于  $R_0$ 。

图 15 零偏压结电阻测试电路图

## b) 选择标准电阻值

将信号发生器的输出置于零,选择标准电阻箱的电阻值,使被测探测器两端的直流电压小于或等于  $0.2 \text{ mV}$ ,记下  $R_L$  的阻值。

## c) 测量

将信号发生器的频率置于  $1\,000 \text{ Hz}$ ,调节输出电压,使被测探测器两端的电压小于或等于  $2 \text{ mV}$ ,从频谱分析仪上记下  $V_1$ 、 $V_2$  的数值。

## 6.8.3.5 计算

探测器的零偏压结电阻  $R_0$  按式(18)计算:

$$R_0 = \frac{V_2}{V_1 - V_2} R_L \quad \text{.....(18)}$$

式中:

$V_1$ ——负载电阻和探测器结电阻上的交流电压, V;

$V_2$ ——探测器两端的交流电压, V。

## 6.8.3.6 规定条件

规定条件应符合 6.8.2.6 的规定。

## 6.8.4 热释电探测器的电容

## 6.8.4.1 测试目的

该测试是为了获得热释电探测器的电容。

## 6.8.4.2 测试方框图

测试系统框图如图 12 所示。

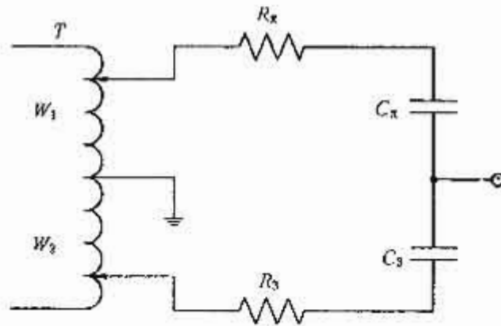
## 6.8.4.3 测量仪表

测量仪表应符合 6.8.2.3 的要求。

6.8.4.4 测量步骤

a) 电路连接

按图 16 的测试电路连接被测探测器,放入屏蔽盒。



说明:

T——自耦变压器。

图 16 热释电探测器的电容测试电路图

b) 调节电桥的平衡

将信号发生器的频率置于 1 000 Hz,输出电压为 1 V,确定自耦变压器两个绕组之比,调节 C、R<sub>3</sub>,使频谱分析仪的指示小于等于 0.1 mV,记下两个绕组的比值和 C<sub>3</sub> 的数值。

6.8.4.5 计算

热释电探测器的电容 C<sub>x</sub> 按式(19)计算:

$$C_x = \frac{W_2}{W_1} C_3 \quad \dots\dots\dots(19)$$

式中:

W<sub>1</sub>、W<sub>2</sub>——自耦变压器绕组,匝;

C<sub>2</sub> ——标准电容,pF。

6.8.4.6 规定条件

规定条件应符合 6.8.2.6 的规定。

6.8.5 直流电阻

6.8.5.1 测试目的

该测试是为了获得热释电探测器的电阻。

6.8.5.2 测试方框图

测试系统框图如图 17 所示。

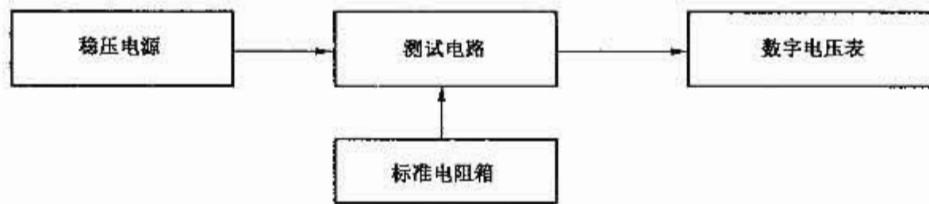


图 17 直流电阻测试方框图

6.8.5.3 测量仪表

测量仪表要求如下：

a) 稳压电源

稳压电源的输出电压应满足测试要求，电压稳定度优于±0.1%，纹波因子小于或等于 1 mV。

b) 标准电阻箱

标准电阻箱应符合 6.8.2.3d) 的要求。

c) 数字电压表

数字电压表应符合 6.8.2.3c) 的要求。

6.8.5.4 测量步骤

测量步骤如下：

a) 电路连接

按图 18 的测试电路连接被测探测器，放入屏蔽盒。

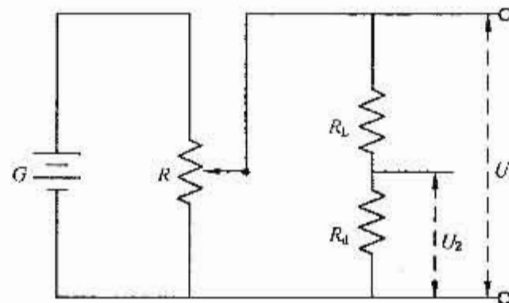


图 18 直流电阻测试电路图

b) 测量

在标准电阻箱上选择与被测探测器的阻值同数量级的电阻，调节直流电压，从数字电压表上记下  $U_1$ 、 $U_2$ 、 $R_L$  的数值。

6.8.5.5 计算

探测器的直流电阻  $R_d$  按式(20)计算：

$$R_d = \frac{U_2}{U_1 - U_2} R_L \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中：

$U_1$ ——总电压，V；

$U_2$ ——探测器两端的直流电压，V；

$R_L$ ——负载电阻， $\Omega$ 。

#### 6.8.5.6 规定条件

规定条件如下：

- a) 探测器两端的直流电压, V;
- b) 相对湿度, %;
- c) 环境温度, K。

#### 6.8.6 高电阻

##### 6.8.6.1 测试目的

该测试是为了获得热释电探测器的阻抗。

##### 6.8.6.2 测试方框图

测试方框图如图 19 所示。



图 19 高电阻测试方框图

##### 6.8.6.3 测量仪表

测量仪表要求如下：

###### a) 稳压电源

稳压电源应符合 6.8.5.3a) 的要求。

###### b) 微电流放大器

微电流放大器用静电管作第一级, 漏电流小于或等于  $10^{-15}$  A, 总值益大于或等于 100 倍, 增益稳定度  $\pm 0.2\%$ , 反馈系数  $\beta$  取  $-1$ , 微电流放大器的等效输入阻抗  $R_i$  应远小于被测探测器的阻抗。

###### c) 数字电压表

数字电压应符合 6.8.2.3c) 的要求。

##### 6.8.6.4 测量步骤

测量步骤如下：

###### a) 系统校正

将微电流放大器输入端的保护开关短路。选择微电流放大器的负载电阻  $R_L$ , 使数字电压表指示为零。

###### b) 电路连接

按图 20 的测试电路连接被测探测器, 放入屏蔽盒。

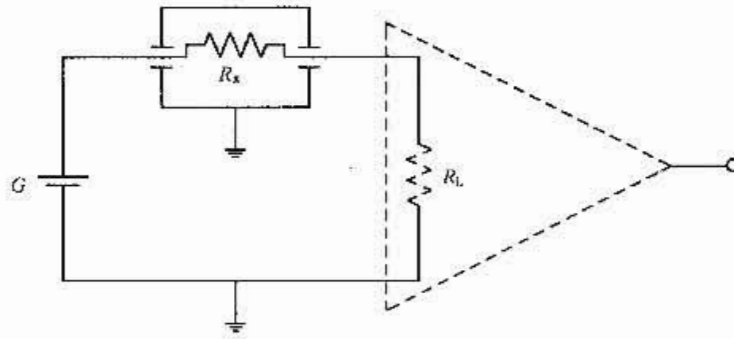


图 20 高电阻测试电路图

c) 测量  $R_{L1}$  和  $R_{L2}$

调节稳压电源的输出电压至  $U_0$ ，使被测探测器工作在线性区，打开静电管保护开关，调节微电流放大器的负载电阻  $R_{L1}$ ，使其两端的电压仍为  $U_0$ ，记下  $R_{L1}$ 。

短路静电管保护开关，用约等于被测探测器阻值的电阻  $R_N$  替代被测探测器，重复  $R_{L1}$  的测量步骤，记下  $R_{L2}$  和  $R_N$ 。

6.8.6.5 计算

探测器的直流高电阻  $R_x$  按式(21)计算：

$$R_x = \frac{R_{L1}}{R_{L2}} R_N \quad \dots\dots\dots(21)$$

式中：

$R_{L1}$ 、 $R_{L2}$ ——微电流放大器的负载电阻， $\Omega$ ；

$R_N$  ——替代电阻， $\Omega$ 。

6.8.6.6 规定条件

规定条件应符合 6.8.2.6 的规定。

附录 A  
(规范性附录)  
黑体光谱能量因子  $F_{\lambda}$

表 A.1 给出了黑体温度为 500 K, 背景温度为 300 K 时, 辐射波长在  $1 \mu\text{m} \sim 30 \mu\text{m}$  (波长间隔为  $0.5 \mu\text{m}$ ) 的  $F_{\lambda}$  值。

表 A.1

波长间隔 $\mu\text{m}$	黑体光谱能量因子 $F_{\lambda}$ (500 K 黑体)	波长间隔 $\mu\text{m}$	黑体光谱能量因子 $F_{\lambda}$ (500 K 黑体)
1.0~1.5	$7.0 \times 10^{-5}$	9.5~10.0	0.033
1.5~2.0	$3.7 \times 10^{-4}$	10.0~10.5	0.029
2.0~2.5	0.003 2	10.5~11.0	0.027
2.5~3.0	0.012	11~12	0.045
3.0~3.5	0.024	12~13	0.035
3.5~4.0	0.038	13~14	0.029
4.0~4.5	0.050	14~15	0.022
4.5~5.0	0.058	15~16	0.019
5.0~5.5	0.062	16~17	0.015
5.5~6.0	0.063	17~18	0.013
6.0~6.5	0.061	18~19	0.011
6.5~7.0	0.058	19~20	0.008 4
7.0~7.5	0.054	20~22	0.015
7.5~8.0	0.050	22~24	0.009 3
8.0~8.5	0.045	24~26	0.007 2
8.5~9.0	0.041	26~28	0.005 8
9.0~9.5	0.037	28~30	0.002 9

中华人民共和国  
国家标准  
红外探测器参数测试方法  
GB/T 13584—2011

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 56 千字  
2012年6月第一版 2012年6月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-45095 定价 33.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 13584—2011