

国家标准

《热电型太赫兹探测器参数测试方法》

试验报告

（征求意见稿）

标准编制组

2021 年 3 月

目 次

1 试验目的.....	1
2 试验条件.....	1
2.1 环境条件.....	1
2.2 试验装置.....	1
2.3 测试仪器.....	2
3 试验对象.....	4
4 试验结果.....	5
4.1 响应度.....	5
4.2 噪声等效功率.....	6
4.3 探测率.....	6
4.4 响应时间.....	7
4.5 非线性度.....	8
4.6 重复性.....	9
5 试验结论.....	10

1 试验目的

根据国家标准《热电型太赫兹探测器参数测试方法(征求意见稿)》规定的环境条件、测试装置、测试要求、测试项目与测试方法,对热电型太赫兹探测器的技术指标进行测试,验证本标准规定的环境条件、测试装置、测试要求、测试方法的合理性与可操作性。

2 试验条件

2.1 环境条件

a) 环境温度: 22.8℃;

b) 相对湿度: 45%;

c) 测试区域内无影响测量数据的振动、气流、背景辐射与电磁干扰等。

2.2 试验装置

标准编写工作组根据国家标准《热电型太赫兹探测器参数测试方法(征求意见稿)》,建立了热电型太赫兹探测器参数测试装置,实物如图1所示。



图1 热电型太赫兹探测器参数测试装置

2.3 测试仪器

试验所用测试仪器均经过计量技术机构校准或检定，满足测试使用要求，并在有效期内。

(1) 太赫兹激光器

型号：FIRL 100；

工作频率：2.52THz；

输出功率： $\geq 20\text{mW}@2.52\text{THz}$ ；

功率稳定度： $\leq \pm 2\%/10\text{min}$ 。

(2) 斩光器

型号：SR540；

斩光频率：4Hz~400Hz；

频率稳定性：250ppm/°C。

(3) 跨阻放大器

型号：5182；

增益： 10^{-5}A/V 、 10^{-6}A/V 、 10^{-7}A/V 、 10^{-8}A/V ；

频率响应：DC~1MHz。

(4) 电压放大器

型号：5186；

增益：10、100、1000；

频率响应：0.5Hz~1MHz。

(5) 太赫兹衰减器

型号：ATS5-25.4；

频率范围：0.3THz~7.5THz；

透过率：1%、3%、10%、30%。

(6) 太赫兹分束镜

型号：BS-HRFZ-SI-D50.8-T3.5；

频率范围：0.3THz~7.5THz；

透射率/反射率：54%/46%。

(7) 太赫兹会聚透镜

型号：LPX-TPX-D50.8-F100；

工作频率：0.1THz~10THz；

有效焦距：100mm。

(8) 太赫兹功率计

型号：3A-P-THz；

工作频率：0.3THz~10THz；

功率范围：15 μ W~3W；

响应时间：2.5s；

准确度： $\pm 8\%$ 。

(9) 太赫兹功率计

型号：THz-P；

工作频率：0.3THz~10THz；

功率范围：20 μ W~30mW；

响应时间：2.8s（加速模式）；

测量不确定度：4%（ $k=2$ ）。

(10) 万用表

型号：34470A；

数字分辨率：7½；

测量准确度：0.0016%。

(11) 示波器

型号：4104B；

带宽：1GHz；

采样率：5GS/s；

输入灵敏度范围：1mV/div~10V/div@1MΩ。

(12) 频谱分析仪

型号：4051A；

频率范围：3Hz~4GHz；

通道带宽：0Hz、10Hz~4GHz；

分辨率带宽：1Hz~3MHz；

视频带宽：1Hz~3MHz；

显示平均噪声电平：-156dBm@10MHz~1GHz。

3 试验对象

根据国家标准《热电型太赫兹探测器参数测试方法(征求意见稿)》规定的试验项目和试验方法，对中国电科 41 所研制的太赫兹热电堆探测器、电科思仪研制的太赫兹热释电探测器、美国 Microtech 公司研制的太赫兹高莱探测器的参数进行测试。

4 试验结果

4.1 响应度

表 1 太赫兹热电堆探测器测试结果

序号	参考太赫兹功率计的测量值	参考太赫兹功率计测量时的功率监测值	待测太赫兹探测器的噪声电压/电流	待测太赫兹探测器的信号电压/电流	待测太赫兹探测器测量时的功率监测值
1	12.2mW	13.6mW	0.023mV	3.84mV	12.8mW
2	12.6mW	14.3mW	0.018mV	4.02mV	13.8mW
3	11.6mW	13.0mW	0.029mV	3.65mV	12.3mW
测试波长	2.52THz	斩光频率	0Hz	响应度	330.77mV/W

表 2 太赫兹热释电探测器测试结果

序号	参考太赫兹功率计的测量值	参考太赫兹功率计测量时的功率监测值	待测太赫兹探测器的噪声电压/电流	待测太赫兹探测器的信号电压/电流	待测太赫兹探测器测量时的功率监测值
1	5.9mW	7.8mW	0.057mV	14.46mV	8.3mW
2	6.2mW	8.4mW	0.066mV	13.43mV	7.6mW
3	5.6mW	7.6mW	0.048mV	13.82mV	8.0mW
测试波长	2.52THz	斩光频率	20Hz	响应度	2.34V/W

表 3 太赫兹高莱探测器测试结果

序号	参考太赫兹功率计的测量值	参考太赫兹功率计测量时的功率监测值	待测太赫兹探测器的噪声电压/电流	待测太赫兹探测器的信号电压/电流	待测太赫兹探测器测量时的功率监测值
1	191.7 μ W	210.8 μ W	12.8 μ V	826.3mV	232.5 μ W
2	208.3 μ W	238.5 μ W	19.2 μ V	829.6mV	246.4 μ W
3	203.8 μ W	221.6 μ W	16.8 μ V	822.6mV	226.3 μ W
测试波长	2.52THz	斩光频率	20Hz	响应度	3905.1V/W

4.2 噪声等效功率

表 4 太赫兹热电堆探测器测试结果

测试波长	2.52THz	斩光频率	0Hz
待测太赫兹探测器在测试波长处的响应度	330.77mV/W	频谱分析仪中心频率	1kHz
频谱分析仪扫宽	200Hz	频谱分析仪通道带宽	100Hz
频谱分析仪分辨率带宽	1Hz	频谱分析仪视频带宽	1Hz
频谱分析仪输入电阻	50Ω	测试系统总噪声功率	4.23nW
前置放大器噪声功率	1.08nW	前置放大器增益	1000
噪声等效功率		0.12μW/Hz ^{1/2}	

表 5 太赫兹热释电探测器测试结果

测试波长	2.52THz	斩光频率	20Hz
待测太赫兹探测器在测试波长处的响应度	2.34V/W	频谱分析仪中心频率	20Hz
频谱分析仪扫宽	20Hz	频谱分析仪通道带宽	10Hz
频谱分析仪分辨率带宽	1Hz	频谱分析仪视频带宽	1Hz
频谱分析仪输入电阻	50Ω	测试系统总噪声功率	0.95nW
前置放大器噪声功率	0.94nW	前置放大器增益	1000
噪声等效功率		3.02nW/Hz ^{1/2}	

表 6 太赫兹高莱探测器测试结果

测试波长	2.52THz	斩光频率	20Hz
待测太赫兹探测器在测试波长处的响应度	3905.1V/W	频谱分析仪中心频率	20Hz
频谱分析仪扫宽	20Hz	频谱分析仪通道带宽	10Hz
频谱分析仪分辨率带宽	1Hz	频谱分析仪视频带宽	1Hz
频谱分析仪输入电阻	50Ω	测试系统总噪声功率	0.78μW
前置放大器噪声功率	5.25pW	前置放大器增益	1000
噪声等效功率		0.51nW/Hz ^{1/2}	

4.3 探测率

表 7 太赫兹热电堆探测器测试结果

测试波长	2.52THz	待测太赫兹探测器在测试波长处的响应度	330.77mV/W
待测太赫兹探测器的噪声	396.9nV	待测太赫兹探测器的光敏面面积	1.13cm ²
频谱分析仪通道带宽	100Hz	探测率	8.86 × 10 ⁶ cm·Hz ^{1/2} /W

表 8 太赫兹热释电探测器测试结果

测试波长	2.52THz	待测太赫兹探测器在测试波长处的响应度	2.34V/W
待测太赫兹探测器的噪声	22.4nV	待测太赫兹探测器的光敏面面积	0.79cm ²
频谱分析仪通道带宽	10Hz	探测率	0.29 × 10 ⁹ cm·Hz ^{1/2} /W

表 9 太赫兹高莱探测器测试结果

测试波长	2.52THz	待测太赫兹探测器在测试波长处的响应度	3905.1V/W
待测太赫兹探测器的噪声	6.25μV	待测太赫兹探测器的光敏面面积	0.28cm ²
频谱分析仪通道带宽	10Hz	探测率	1.05 × 10 ⁹ cm·Hz ^{1/2} /W

4.4 响应时间

表 10 太赫兹热电堆探测器测试结果

待测太赫兹探测器输出有效信号最大值 90%对应时间	14.0s
待测太赫兹探测器输出有效信号最大值 10%对应时间	11.2s
上升时间	2.8s

表 11 太赫兹热释电探测器测试结果

待测太赫兹探测器输出有效信号最大值 90%对应时间	172ms
待测太赫兹探测器输出有效信号最大值 10%对应时间	126ms
上升时间	46ms

表 12 太赫兹高莱探测器测试结果

待测太赫兹探测器输出有效信号最大值 90%对应时间	289ms
待测太赫兹探测器输出有效信号最大值 10%对应时间	252ms
上升时间	37ms

4.5 非线性度

表 13 太赫兹热电堆探测器测试结果

序号	参考太赫兹功率计的测量值	参考太赫兹功率计测量时的功率监测值	待测太赫兹探测器的噪声电压/电流	待测太赫兹探测器的信号电压/电流	待测太赫兹探测器测量时的功率监测值
1	155.09 μ W	122.5 μ W	18.3 μ V	85.6 μ V	136.2 μ W
2	451.70 μ W	356.3 μ W	22.5 μ V	168.2 μ V	398.6 μ W
3	1.65mW	1.29mW	16.8 μ V	638.6 μ V	1.42mW
4	4.75mW	3.72mW	20.2 μ V	1.76mV	4.12mW
测试波长	2.52THz		非线性度	$\pm 1.96\%$	

表 14 太赫兹热释电探测器测试结果

序号	参考太赫兹功率计的测量值	参考太赫兹功率计测量时的功率监测值	待测太赫兹探测器的噪声电压/电流	待测太赫兹探测器的信号电压/电流	待测太赫兹探测器测量时的功率监测值
1	53.21 μ W	59.1 μ W	34.2 μ V	176.5 μ V	63.4 μ W
2	160.38 μ W	183.6 μ W	31.8 μ V	315.2 μ V	178.6 μ W
3	562.26 μ W	610.0 μ W	32.6 μ V	1485.8 μ V	656.2 μ W
4	1.61mW	1.81mW	35.2 μ V	3872.6 μ V	1.85mW
测试波长	2.52THz		非线性度	$\pm 1.52\%$	

4.6 重复性

表 15 太赫兹热电堆探测器测试结果

序号	待测太赫兹探测器的信号电压/电流	监测太赫兹功率计测量值	待测太赫兹探测器的信号电压/电流修正值
1	3.98mV	13.6mW	3.98mV
2	3.87mV	13.2mW	3.99mV
3	3.75mV	12.9mW	3.95mV
4	3.92mV	13.5mW	3.95mV
5	4.12mV	14.1mW	3.97mV
6	3.90mV	13.4mW	3.96mV
7	3.82mV	13.0mW	4.00mV
8	4.02mV	13.7mW	3.99mV
9	3.85mV	13.2mW	3.97mV
10	3.72mV	12.8mW	3.95mV
重复性		0.47%	

表 16 太赫兹热释电探测器测试结果

序号	待测太赫兹探测器的信号电压/电流	监测太赫兹功率计测量值	待测太赫兹探测器的信号电压/电流修正值
1	13.86mV	7.80mW	13.86mV
2	13.94mV	7.95mW	13.68mV
3	13.72mV	7.65mW	13.99mV
4	13.92mV	7.90mW	13.74mV
5	13.80mV	7.70mW	13.98mV
6	13.95mV	7.95mW	13.69mV
7	14.22mV	8.10mW	13.69mV
8	13.82mV	7.75mW	13.91mV
9	13.90mV	7.95mW	13.64mV
10	13.90mV	7.85mW	13.81mV
重复性		0.94%	

表 17 太赫兹高莱探测器测试结果

序号	待测太赫兹探测器的信号电压/电流	监测太赫兹功率计测量值	待测太赫兹探测器的信号电压/电流修正值
1	416.0mV	126.2 μ W	416.0mV
2	417.5mV	133.0 μ W	396.2mV
3	416.5mV	128.6 μ W	408.7mV
4	417.0mV	131.2 μ W	401.1mV
5	416.5mV	129.0 μ W	407.5mV
6	415.0mV	125.6 μ W	417.0mV
7	416.5mV	128.8 μ W	408.1mV
8	417.0mV	130.5 μ W	403.3mV
9	416.5mV	127.5 μ W	412.3mV
10	415.5mV	125.9 μ W	416.5mV
待测太赫兹探测器的重复性		1.71%	

5 试验结论

试验结果表明,《热电型太赫兹探测器参数测试方法(征求意见稿)》具有较好的实用性和可操作性,测试项目与测试方法切实可行,可以满足热电型太赫兹探测器的指标测试,能够为热电型太赫兹探测器的性能评价提供测试依据。