

国家标准  
《热电型太赫兹探测器参数测试方法》  
编制说明  
(征求意见稿)

标准编制组

2021 年 3 月

## 目 次

第一章 工作简况.....	1
一、任务来源.....	1
二、协作单位.....	1
三、主要工作过程.....	1
四、国家标准主要起草人及其所作的工作.....	5
第二章 国家标准编制原则和确定国家标准主要内容的论据.....	6
一、国家标准编制原则.....	6
二、确定国家标准主要内容论据.....	6
第三章 主要试验（或验证）的分析、预期的经济效果.....	12
一、主要试验分析.....	12
二、预期的经济效果.....	12
第四章 采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况.....	13
第五章 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系.....	13
第六章 重大分歧意见的处理经过和依据.....	13
第七章 国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议.....	14
第八章 贯彻国家标准的要求和措施建议.....	14
一、组织措施.....	14
二、技术措施.....	14

三、过渡办法.....	14
第九章 废止现行有关标准的建议.....	14
第十章 其他应予说明的事项.....	14
参考文献.....	15
附件一.....	19

## 第一章 工作简况

### 一、任务来源

本标准编制任务来源于2020年8月7日国标委发〔2020〕37号“国家标准化管理委员会关于下达2020年第二批推荐性国家标准计划的通知”，属于国家标准制定，计划号为20202922-T-491，归口单位为全国光电测量标准化技术委员会（SAC/TC487），项目周期为24月。

### 二、协作单位

牵头起草单位：中电科思仪科技股份有限公司（简称“电科思仪”）。

参与起草单位：中国电子科技集团公司第四十一研究所（简称“中国电科41所”）、中国科学院空天信息创新研究院（简称“空天院”）、南京大学、中国计量科学研究院（简称“中国计量院”）、青岛大学附属医院（简称“青大附院”）。

关于牵头起草单位名称变更的说明：该标准的原计划下达单位名称是“中电科仪器仪表有限公司”，因公司改革发展需要，根据《中国电子科技集团有限公司关于中电科仪器仪表有限公司股份制改制的批复》（电科资〔2020〕530号），中电科仪器仪表有限公司股份制改制及名称变更已完成工商登记变更，自2020年12月31日起，公司名称由“中电科仪器仪表有限公司”变更为“中电科思仪科技股份有限公司”，正式公函详见附件一。

### 三、主要工作过程

本标准已经完成了调研、立项论证、工作组讨论稿起草、征求意见稿起草，下面详细对每个阶段的工作过程进行概述。

#### （一）预阶段

热电型太赫兹探测器作为太赫兹领域的核心元器件，具有工作频率范围宽的特点，在太赫兹激光功率测试与标定、太赫兹激光能量测试与标定、太赫兹探测器参数测试、太赫兹光谱测试、太赫兹成像探测、太赫兹激光通信等领域具有重要的应用价值，如何对热电型太赫兹探测器的性能进行评价，决定了太赫兹技术的应用效果。

为了采用合理、先进手段检验热电型太赫兹探测器的性能，项目组通过在国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）、美国国家标准学会（ANSI）、英国标准学会（BSI）、德国标准化学会（DIN）、法国标准化协会（AFNOR）、西班牙标准认证协会（AENOR）、日本工业标准调查会（JISC）、全国标准信息公共服务平台等国内外知名标准机构检索，只检索到了与太赫兹探测器相关的国家计量技术规范JJF 1600-2016《辐射型太赫兹探测器校准规范》、国防军工计量技术规范JJF（军工）145-2017《太赫兹光电探测器校准规范》，未检索到与太赫兹探测器性能测试方法相关的标准。JJF 1600-2016计量技术规范对辐射型太赫兹探测器的校准条件、校准装置、示值修正因子校准方法、线性度校准方法、复校时间间隔等做了规定，主要用于辐射型太赫兹探测器示值修正因子与线性度的校准。JJF 145-2017计量技术规范对太赫兹光电探测器的校准条件、校准设备、绝对光谱响应率校准方法、线性度校准方法、复校时间间隔等做了规定，主要对太赫兹光电探测器在0.84THz~4.25THz的绝对光谱响应率、线性度进行校准。因此，国内外未发现与太赫兹探测器性能评价相关的标准，无法全面、客观评价太赫兹探测器的性能，束缚了热电型太赫兹探测器的发展需求，从而影响太赫兹技术的发展。

为了促进太赫兹产业的健康发展，实现太赫兹技术的弯道超车，占领技术制高点，我们于2017年8月成立了国家标准《热电型太赫兹探测器参数测试方法》

预研工作组，开展国家标准预研工作。国家标准预研工作组通过专家交流、文献检索、专利检索等方式，开展了国内外相关技术调研。

国外开展热电型太赫兹探测器参数测试方法研究的单位主要是美国国家标准与技术研究院、德国联邦物理技术研究院、英国国家物理实验室、日本产业技术综合研究所。其中，美国国家标准与技术研究院、德国联邦物理技术研究院开展了太赫兹热电堆探测器、太赫兹热释电探测器的响应度测试研究；英国国家物理实验室开展了太赫兹热释电探测器与高莱探测器的非线性度测试研究；日本产业技术综合研究所开展了太赫兹热电堆探测器的重复性测试研究。

国内开展热电型太赫兹探测器参数测试方法研究的单位主要是电科思仪、中国电科41所、南京大学、中国计量科学研究院、电子科技大学。其中，电科思仪开展了太赫兹热释电探测器的噪声等效功率、响应度、重复性等参数的测试研究；中国电科41所开展了太赫兹热电堆探测器的响应度、非线性度与重复性测试研究；中国计量科学研究院开展了太赫兹热电堆探测器的非线性度测试研究；南京大学开展了太赫兹微测热辐射计的响应度与噪声等效功率测试研究；电子科技大学开展了太赫兹热释电探测器的响应度测试研究。

国家标准预研工作组经过调研，国内外许多单位已经开展了热电型太赫兹探测器的性能测试研究，具备制定国家标准《热电型太赫兹探测器参数测试方法》的条件。另外，国内也有一些单位开展了热电型太赫兹探测器的研制和生产，已经在生物医学、气象监测、危险品检测等领域获得了广泛应用，对于制定统一的热电型太赫兹探测器参数测试方法具有迫切需求。

## （二）立项阶段

根据预阶段的调研情况，满足太赫兹产业的发展需求，我们于2018年8月成立了国家标准《热电型太赫兹探测器参数测试方法》申报工作组，起草了《热

电型太赫兹探测器参数测试方法推荐性国家标准项目建议书》和国家标准《热电型太赫兹探测器参数测试方法》草案，并于2018年10月在北京参加全国光电测量标准化技术委员会组织的国家标准立项评审。根据评审意见，修改完善了推荐性国家标准项目建议书和草案，并于2019年4月在北京参加国家标准技术审评中心组织的国家标准立项评估会，经专家质询，通过国家标准立项评估。2020年8月7日，国家标准化管理委员会下达推荐性国家标准计划，项目周期为24月。

### （三）起草阶段

#### （1）起草工作组讨论稿

2020年8月：为了顺利完成国家标准项目，由电科思仪牵头成立了“热电型太赫兹探测器参数测试方法”标准编写工作组。

2020年8月~9月：标准编写工作组根据前期调研的热电型太赫兹探测器的国内外先进测试方法，经过多次修改与完善，完成了国家标准《热电型太赫兹探测器参数测试方法》工作组讨论稿和编制说明（工作组讨论稿）的起草。

2020年9月~10月：标准编写工作组召开了两次工作组讨论稿评审会，根据评审意见修改完善，形成了提交全国光电测量标准化技术委员会评审的工作组讨论稿和编制说明（工作组讨论稿）。

2020年10月30日：全国光电测量标准化技术委员会在北京组织召开了标准编写工作组和专家组的研讨会，对标准结构、适用范围、编制说明等进行了深入研讨，并对标准文本和内容进行了审议，提出了建议和修改意见。

2020年10月31日：全国光电测量标准化技术委员会在北京组织召开了全体委员会，审议了标准工作组讨论稿和编制说明（工作组讨论稿），肯定了标准的编写原则和文本结构。

#### （2）起草征求意见稿

2020年11月：根据全国光电测量标准化技术委员会委员和专家组的评审意见，修改完善工作组讨论稿和编制说明（工作组讨论稿），形成征求意见稿和编制说明（征求意见稿）。

2020年12月~2021年2月：标准编写工作组召开了多次工作组研讨会，根据参会人员提出的建议和意见，对征求意见稿和编制说明（征求意见稿）进一步修改和完善，形成可以公开征求意见的征求意见稿和编制说明（征求意见稿）。

2021年3月：根据征求意见稿，开展热电型太赫兹探测器参数测试方法的试验验证工作。

#### （四）征求意见阶段

待定。

#### （五）审查阶段

待定。

#### （六）批准阶段

待定。

### 四、国家标准主要起草人及其所作的工作

主要起草人员组成及工作分配详见表1所示。

表1 主要起草人及工作分配

序号	起草人	工作单位	工作任务
1	张 鹏	电科思仪	标准总体负责人
2	刘志明	电科思仪	负责制定标准起草计划和实施方案
3	卢永红	空天院	负责标准工作指导
4	涂学湊	南京大学	负责起草标准专业技术内容
5	孙 青	中国计量院	负责起草标准专业技术内容
6	吕子敬	电科思仪	负责起草编制说明
7	谭景甲	电科思仪	负责试验验证

## 第二章 国家标准编制原则和确定国家标准主要内容的论据

### 一、国家标准编制原则

统一性——标准各部分的文体和术语应保持一致，相同条款应使用相同措辞表述。

协调性——标准各部分的内容应相辅相成，自成体系。

适用性——标准的内容应便于实施，具有可操作性。

一致性——标准的内容应与有关的现行法律、法规和强制性国家标准保持一致。

规范性——标准的编写规则应遵循GB/T 1.1-2020的规定。

### 二、确定国家标准主要内容论据

本标准根据热电型太赫兹探测器在研制、使用、计量等方面需求，以及测试太赫兹探测器参数所需仪器现状，确定了太赫兹探测器的响应度、噪声等效功率、探测率、响应时间、非线性度和重复性测试方法作为本标准的主要内容。

#### （一）测试装置

本标准参考JJF 1600-2016《辐射型太赫兹功率计校准规范》建立了太赫兹探测器参数测试装置<sup>[1]</sup>。太赫兹源输出不稳定会引入较大测试误差，为了降低该误差，测试装置加入了监测太赫兹源输出稳定性的太赫兹功率计，可以用于对待测太赫兹探测器的输出值进行修正，降低测量误差。在测试只能响应脉冲激光的太赫兹热释电探测器、太赫兹微测热辐射计、太赫兹高莱探测器时，如果太赫兹源输出是连续或准连续激光，需要在光路中加入斩光器，把连续激光调制为满足测试需求的脉冲激光。若太赫兹探测器输出信号无法满足示波器或万用表的最小测试灵敏度时，需要把太赫兹探测器接入电压/跨阻放大器，示波器或万用表测量值除以放大器增益即为太赫兹探测器输出信号。

本标准参考GB/T 13584-2011《红外探测器参数测试方法》、JJG 30904-2008《红外探测器黑体探测率及测试系统》和电子科技大学建立的热释电探测器噪声测试装置<sup>[2~4]</sup>，建立了太赫兹探测器噪声测试装置。目前，常用的测试太赫兹探测器噪声的仪器主要是示波器、锁相放大器、频谱分析仪。示波器的最小灵敏度一般是1mV，远大于太赫兹探测器的噪声，难以实现太赫兹探测器的噪声测试；锁相放大器主要用于测试单一频率点的信号，然而噪声一般与带宽具有一定的关系，使用锁相放大器测试时无法对噪声进行带宽归一化处理；频谱分析仪能够用于宽带范围的噪声测试，并且频谱分析仪的噪声电平一般能够达到-150dBm（50Ω负载），对应的噪声电压约为7nV，能够实现微弱信号的测试。综上所述，本标准选择使用频谱分析仪测试太赫兹探测器的噪声。

在测试太赫兹探测器噪声时，为了降低背景对太赫兹探测器噪声测试影响，把太赫兹探测器放入光屏蔽盒。若太赫兹探测器的噪声小于等于频谱分析仪的最小噪声电平时，需要把太赫兹探测器接入电压/跨阻放大器，经放大后使其大于频谱分析仪的最小噪声电平。

## （二）响应度

根据德国PTB、英国NPL、美国NIST、中国计量科学研究院、电子科技大学、中国电子科技集团公司第四十一研究所、中山大学给出的响应度测试方法<sup>[4~11]</sup>，以及法国巴黎大学、清华大学、天津大学给出的响应度计算公式<sup>[12~14]</sup>，结合JJF 145-2017《太赫兹光电探测器校准规范》规定的绝对光谱响应率定义、GB/T 13584-2011《红外探测器参数测试方法》规定的黑体响应率定义和GB/T 11153-2012《激光小功率计性能检测方法》规定的响应度定义<sup>[2, 15~16]</sup>，考虑探测器不仅可以测试激光功率，而且可以测试激光能量。因此，在引用JJG 30904-2008

《红外探测器黑体探测率及测试系统》规定的响应度定义时进行了修改<sup>[3]</sup>，使其更能准确表达响应度的含义。

太赫兹源输出稳定性对探测器响应度测试具有较大影响，为了降低太赫兹源输出稳定性引入的响应度测试误差，本标准参考JJF 1600-2016《辐射型太赫兹功率计校准规范》对探测器输出信号进行修正<sup>[1]</sup>。根据响应度定义，利用探测器输出信号修正值计算探测器的响应度，提高了探测器响应度的测试准确性。

### （三）噪声等效功率

根据美国加利福尼亚大学、美国NIST、芬兰阿尔托大学、法国巴黎大学、电子科技大学给出的噪声等效功率定义<sup>[8, 12, 17~19]</sup>，以及中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所、南京理工大学、中山大学、电子科技大学、北京大学给出的噪声等效功率计算公式<sup>[11, 20~23]</sup>，结合SJ/T 2354-2015《PIN、雪崩光电二极管测试方法》规定的噪声等效功率定义<sup>[24]</sup>，在引用GB/T 13584-2011《红外探测器参数测试方法》规定的噪声等效功率定义时进行了修改<sup>[2]</sup>，使其更能准确表达噪声等效功率的含义。

根据噪声等效功率定义，太赫兹探测器的噪声等效功率计算公式为：

$$\begin{aligned} NEP(\lambda) &= \frac{P}{SNR \cdot \sqrt{\Delta f}} \\ &= \frac{V_n}{S(\lambda) \cdot \sqrt{\Delta f}} \end{aligned}$$

式中：P是入射到太赫兹探测器的功率，SNR是太赫兹探测器的信噪比， $\Delta f$ 是测量带宽， $V_n$ 是太赫兹探测器的噪声， $S(\lambda)$ 是太赫兹探测器在波长 $\lambda$ 处的响应度。

因此，在测试太赫兹探测器的噪声等效功率时，需要测试太赫兹探测器的响应度与噪声。根据本标准规定的响应度测试方法开展太赫兹探测器响应度测试，使用频谱分析仪测试太赫兹探测器的噪声。若测试过程中使用了斩光器，

为了在相同频率下测试太赫兹探测器的信号与噪声，斩光器的斩光频率应与频谱分析仪的中心频率保持一致。

#### （四）探测率

根据电子科技大学、法国巴黎大学、清华大学给出的探测率定义和计算公式<sup>[12~13, 19, 25]</sup>，结合JJG 30904-2008《红外探测器黑体探测率及测试系统》规定的探测率定义<sup>[3]</sup>，在引用GB/T 13584-2011《红外探测器参数测试方法》规定的探测率定义时进行了修改<sup>[2]</sup>，使其更能准确表达探测率的含义。

根据探测率定义，太赫兹探测器的探测率计算公式为：

$$D(\lambda) = \frac{S(\lambda)}{V_n} \sqrt{A \cdot \Delta f}$$

式中：S(λ)是太赫兹探测器在波长λ处的响应度、A是太赫兹探测器的光敏面面积、△f是测量带宽，V<sub>n</sub>是太赫兹探测器的噪声。

因此，在测试太赫兹探测器的探测率时，需要测试太赫兹探测器的响应度与噪声。根据本标准规定的响应度测试方法开展太赫兹探测器响应度测试，使用频谱分析仪测试太赫兹探测器的噪声。若测试过程中使用了斩光器，为了在相同频率下测试太赫兹探测器的信号与噪声，斩光器的斩光频率应与频谱分析仪的中心频率保持一致。

#### （五）响应时间

根据中山大学、北京大学、天津大学、中国科学院大连化学物理研究所给出的上升时间与下降时间的定义<sup>[11, 14, 23, 26]</sup>，清华大学、德国PTB提供的响应时间测试方法<sup>[13, 27~28]</sup>，以及在实际测试时，很难判断脉冲的上升与下降是否遵从指数规律。因此，在引用GB/T 13584-2011《红外探测器参数测试方法》规定的响应时间定义时进行了修改<sup>[2]</sup>，使其更加方便开展响应时间的测试。

在测试太赫兹探测器的响应时间过程中，使用挡光板或斩光器实现入射到探测器激光的开与关，利用示波器测试太赫兹探测器的输出波形，根据响应时间定义计算上升时间与下降时间。

### （六）非线性度

目前，国内外许多单位开展了探测器的非线性度测试研究，比如英国NPL的Mira Naftaly等研究人员使用一组硅片测试了太赫兹热释电探测器和太赫兹高莱探测器的线性关系<sup>[29]</sup>，利用拟合直线表征探测器的线性关系，Evangelos Theocharous等人使用两个近似相等的激光功率测试热释电探测器的线性因子<sup>[30]</sup>；美国密歇根大学使用太赫兹偏振片改变太赫兹脉冲激光能量测试光声探测器的线性关系<sup>[31]</sup>，利用拟合直线表征探测器的线性关系；中国科学院大连化学物理研究所开展了探测器输入激光功率与输出电信号之间线性关系研究，并使用拟合直线的拟合优度表征探测器的线性关系<sup>[26]</sup>；中山大学开展了探测器输入激光功率密度与输出电信号之间线性关系研究，并使用拟合直线的拟合系数表征探测器的线性关系<sup>[11, 32]</sup>；清华大学开展了探测器输入激光功率与输出电信号之间线性关系研究<sup>[13, 27]</sup>，利用拟合直线表征探测器的线性关系。除了英国NPL的Evangelos Theocharous等人使用两个不同激光功率值测试探测器的线性关系，其余科研人员均使用了多个不同激光功率值测试探测器的线性关系，但是采用的线性关系计算方法各有不同。

另外，JJF 1600-2016《辐射型太赫兹功率计校准规范》使用两个激光功率值下的校准因子计算非线性度<sup>[1]</sup>，GB/T 11153-2012《激光小功率计性能检测方法》根据量程的两个激光功率值的测试值计算非线性度<sup>[16]</sup>，GB/T 6360-1995《激光功率能量测试仪器规范》根据两个激光功率值下的响应度计算非线性度<sup>[33]</sup>。上述国内标准基本都是采用两个不同的激光功率值测试产品的线性关系，并且

采用的线性关系计算方法各有不同，采取这种方式测试的探测器非线性度与选取的两个激光功率值息息相关，不能客观反映探测器的线性关系。GB/T 18459-2001《传感器主要静态性能指标计算方法》采用多个不同的输入信号测试探测器的线性关系，并且采取了多种方法计算探测器的线性关系<sup>[34]</sup>，其中最小二乘直线法与国内外常用的采取多个点测试探测器线性关系具有较好的符合性。因此，本标准采用GB/T 18459-2001规定的最小二乘直线法测试探测器的非线性度。

### （七）重复性

目前，国内外许多单位开展了探测器的重复性测试研究，比如日本AIST通过机械开关控制入射到热电堆探测器太赫兹光束的开与关，开展了太赫兹探测器的测试重复性研究<sup>[35]</sup>；美国NIST通过斩光器控制入射到热电堆探测器、热释电探测器太赫兹光束的开与关，开展了太赫兹探测器的测试重复性研究<sup>[36]</sup>；德国PTB通过斩光器控制入射到热释电探测器太赫兹光束的开与关，开展了太赫兹探测器的测试重复性研究<sup>[37]</sup>；中山大学通过斩光器控制入射到EuSbTe<sub>3</sub>探测器太赫兹光束的开与关，开展了太赫兹探测器的测试重复性研究<sup>[11]</sup>；清华大学通过斩光器控制入射到探测器太赫兹光束的开与关，开展了太赫兹探测器的测试重复性研究<sup>[25]</sup>；中国科学院大连化学物理研究所开展了基于SrTiO<sub>3</sub>材料的探测器测试重复性研究<sup>[26]</sup>；天津大学开展了基于CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub>材料的太赫兹探测器测试重复性研究<sup>[14]</sup>。

综上所述，国内外在探测器重复性测试过程中，基本都是使用机械开关控制入射到探测器光束的开与关，在相同条件下对同一光束的测量值进行比较，但是均未给出重复性的定量计算方法。因此，在引用GB/T 18459-2001《传感器主要静态性能指标计算方法》规定的重复性定义时进行了修改<sup>[34]</sup>，使其更能准

确表达重复性的含义。为了定量评价探测器的重复性，本标准根据JJG 813-2013《光纤光功率计》规定的相对标准差计算探测器重复性<sup>[38]</sup>。

在探测器重复性测试过程中，太赫兹源输出稳定性对探测器测量值具有较大影响，为了降低太赫兹源输出稳定性引入的重复性测试误差，本标准参考JJF 1600-2016《辐射型太赫兹功率计校准规范》对探测器输出信号进行修正<sup>[1]</sup>，利用探测器输出信号修正值计算探测器的重复性，提高了探测器重复性的测试准确性。

### 第三章 主要试验（或验证）的分析、预期的经济效果

#### 一、主要试验分析

根据本标准制定的太赫兹探测器参数测试方法，起草单位建立了相关测试装置。为了检验本标准制定的热电型太赫兹探测器参数测试方法的可行性，全国光电测量标准化技术委员会秘书处组织起草单位，选取具有代表性的三种太赫兹探测器产品，开展了试验验证工作，详细记录了测试设备、测试条件、测试流程和测试结果，具体数据参见国家标准《热电型太赫兹探测器参数测试方法》试验报告，被测太赫兹探测器信息如表2所示。试验结果表明，本标准制定的热电型太赫兹探测器参数测试方法具有较好的可操作性。

表2 被测太赫兹探测器

序号	类型	研制单位	型号
1	热释电探测器	电科思仪	Ceyear-P
2	热电堆探测器	中国电科41所	AV-T
3	高莱探测器	美国Microtech	Golay Cell

#### 二、预期的经济效果

太赫兹具有指纹谱、大带宽、高穿透等特性，在生物医学、6G通信、安检等领域具有广泛的应用前景，目前太赫兹市场已经达到几十亿规模，并且每年

的增长率高于20%。太赫兹探测器作为太赫兹光谱仪、太赫兹激光通信系统等仪器的核心元器件，其性能对太赫兹仪器发展具有决定性作用。

本标准制定的热电型太赫兹探测器参数测试方法，以及建立的相关测试装置，解决了测试条件与测试方法不同导致的测试结果不一致问题，为客观评价太赫兹探测器性能提供了标准，从而为太赫兹探测器高质量发展指引方向，必将大大促进我国太赫兹事业的发展。通过制定太赫兹探测器参数测试方法标准，可以有效指导太赫兹探测器的研制、生产、使用、计量等单位科学规范开展相关评价工作，从而提高太赫兹信号的检测能力，促进太赫兹在生物医学、无损检测、通信等领域的应用发展，提高经济效益生产能力。

#### **第四章 采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况**

本标准编制工作组在国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）、美国国家标准学会（ANSI）、英国标准学会（BSI）、德国标准化学会（DIN）、法国标准化协会（AFNOR）、西班牙标准认证协会（AENOR）、日本工业标准调查会（JISC）等国际知名标准机构检索，未发现与太赫兹探测器相关的国际标准和国外标准。因此，本标准没有可以采用的国际标准和国外先进标准。

#### **第五章 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系**

本标准的编写符合《中华人民共和国标准法》、《中华人民共和国标准法实施条例》、《中华人民共和国国家标准管理办法》等法律、法规的规定。

本标准的编写符合GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》和国内其它相关标准规定，作为推荐性国家标准，与强制性国家标准无冲突。

#### **第六章 重大分歧意见的处理经过和依据**

本标准在编制过程中无重大分歧意见。

## 第七章 国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

建议本标准为推荐性国家标准。

## 第八章 贯彻国家标准的要求和措施建议

### 一、组织措施

为了贯彻国家标准执行，建议本标准发布后，开展宣传和培训工作，推动相关产业方对标准的认识与理解，提高国家标准为社会经济发展创造价值的驱动能力，扩展贯彻国家标准执行的范围。

### 二、技术措施

本标准实施后，建议作为检验热电型太赫兹探测器性能的依据，其它类型太赫兹探测器性能检验可参照执行，主要面向研发、生产、使用、计量等相关单位使用。

### 三、过渡办法

本标准的实施能够填补国内外太赫兹探测器性能检验标准的空白，提升太赫兹探测器在生物医学、高速通信、无损检测等领域的应用能力，促进国民经济质的提升，建议尽快将本标准发布、实施，在相关领域进行推广应用。

在本标准发布、实施之前，为了弥补标准缺失可能引发的贸易壁垒，建议采用本标准的征求意见稿开展太赫兹探测器的性能测试，为太赫兹探测器的客观评价提供依据。

## 第九章 废止现行有关标准的建议

无。

## 第十章 其他应予说明的事项

无。

## 参考文献

- [1] JJF 1600-2016 《辐射型太赫兹功率计校准规范》 .
- [2] GB/T 13584-2011 《红外探测器参数测试方法》 .
- [3] JJG 30904-2008 《红外探测器黑体探测率及测试系统》 .
- [4] 严荣. 基于 LiTaO<sub>3</sub> 晶体的热释电系数与探测器测试研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2014:54.
- [5] A. Steiger, B. Gutschwager, M. Kehrt, et al. Optical methods for power measurement of terahertz radiation[J]. Optics Express, 2010, 18: 21804~21814.
- [6] Andreas Steiger, Mathias Kehrt, Christian Monte, et al. Traceable terahertz power measurement from 1THz to 5 THz[J]. Optics Express, 2013, 21(12): 14466~14473.
- [7] Evangelos Theocharous, John Lehman. The evaluation of a pyroelectric detector with and without a sprayed multi-walled carbon nanotube coating[J]. Infrared Physics & Technology, 2021, 55:161~165.
- [8] John H. Lehman, Bob Lee, Erich N. Grossman. Far infrared thermal detectors for laser radiometry using a carbon nanotube array[J]. Applied Optics, 2011, 50(21): 4099~4104.
- [9] Qing Sun, Yuqiang Deng, Jing Yu. Broadband black coating for terahertz radiometry[J]. IEEE, 2013.
- [10] 张鹏, 董杰, 韩顺利等. 基于赛贝克效应的高响应度太赫兹探测器的研究[J]. 红外技术, 2017, 39(8): 761~765.
- [11] Ying Y Niu, Dong Wu, Yu Q Su, et al. Uncooled EuSbTe<sub>3</sub> photodetector highly sensitive from ultraviolet to terahertz frequencies[J]. 2D Mater, 2018,

5(011008): 1~6.

- [12] Alain J Kreisler, Alain Gaugue. Recent progress in high temperature superconductor bolometric detectors: from the mid-infrared to the far-infrared (THz) range[J]. *Supercond Sci Technol*, 2000, 13: 1235~1245.
- [13] Yingxin Wang, Yingying Niu, Meng Chen, et al. Ultrabroadband sensitive and fast photodetection with needle like EuBiSe<sub>3</sub> single crystal[J]. *ACS Photonics*, 2019: A~I.
- [14] Yifan Li, Yating Zhang, Tengteng Li, et al. Ultrabroadband ultraviolet to terahertz and high sensitivity CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub> perovskite photodetectors[J]. *Nano Letters*, 2020, A~I.
- [15] JJF 145-2017 《太赫兹光电探测器校准规范》 .
- [16] GB/T 11153-2012 《激光小功率计性能检测方法》 .
- [17] P. L. Richards. Bolometers for infrared and millimeter waves[J]. *Journal of Applied Physics*, 1994, 76(1): 1~24.
- [18] R. Kokkoniemi, J. Govenius, V. Vesterinen, et al. Nanobolometer with ultralow noise equivalent power[J]. *Communications Physics*, 2019, 2(124): 1~8.
- [19] 张德银. 热释电钽酸锂薄膜红外探测器原理和制备研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2008: 18.
- [20] 杨昕昕, 孙建东, 秦华. HEMT 太赫兹探测器响应度和 NEP 的检测与分析 [J]. 微纳电子技术, 2013, 50(2): 69~73.
- [21] 居峰. 带前放 Si-APD 探测器的动态特性研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2011: 20.
- [22] Liang Zhiqing, Liu Ziji, Jiang Yadong, et al. High responsivity of terahertz

detector based on ultra-thin LiTaO<sub>3</sub> crystal material[J]. *J. Infrared Millim . Waves*, 2013, 35(5): 520~524.

[23] Dong Wu, Y. C. Ma, Y. Y Niu, et al. Ultrabroadband photosensitivity from visible to terahertz at room temperature in 1T-TaS<sub>2</sub>[J].

[24] SJ/T 2354-2015 《PIN、雪崩光电二极管测试方法》 .

[25] Meng Chen, Yinxin Wang, Jianguo Wen, et al. Annealing temperature dependent terahertz thermal electrical conversion characteristics of three dimensional microporous grapheme[J]. *Applied Materials & Interfaces*, 2019: A~J.

[26] Xiaowei Lu, Peng Jiang, Xinhe Bao. Phonon enhanced photothermoelectric effect in SrTiO<sub>3</sub> ultra-broadband photodetector[J]. *Nature Communications*, 2019, 10(138): 1~7.

[27] Xiangquan Deng, Yingxin Wang, Ziran Zhao, et al. Terahertz induced photothermoelectric response in grapheme metal contact structures[J]. *J. Phys. D: Appl. Phys*, 2016, 49: 1~7.

[28] Ralf Muller, Werner Bohmeyer, Mathias Kehrt, et al. Noval detectors for traceable THz power measurements[J]. *J Infrared Milli Terahz Waves*, 2014, 35:659~670.

[29] Mira Naftaly, Richard Dudley. Linearity calibration of amplitude and power measurements in terahertz systems and detectors[J]. *Optics Letters*, 2009, 34(5): 674~676.

[30] Evangelos Theocharous, John Lehman. The evaluation of a pyroelectric detector with and without a sprayed multi-walled carbon nanotube coating[J].

Infrared Physics & Technology, 2012, 55: 161~165.

- [31] Sungliang Chen, Youchia Chang, Cheng Zhang, et al. Efficient real time detection of terahertz pulse radiation based on photoacoustic conversion by carbon nanotube nanocomposite[J]. Nature Photonics, 2014, 8: 537~542.
- [32] Yingying Niu, Biao Wang, Jiapeng Chen, et al. Ultra-broadband and highly responsive photodetectors based on a novel EuBiTe<sub>3</sub> flake material at room temperature[J]. Journal of Materials Chemistry C, 2018, 6: 713~716.
- [33] GB/T 6360-1995 《激光功率能量测试仪器规范》 .
- [34] GB/T 18459-2001 《传感器主要静态性能指标计算方法》 .
- [35] Hitoshi Iida, Moto Kinoshita, Kuniaki Amemiya, et al. Repeatability of absolute terahertz power measurement using a sensitive calorimeter[J].
- [36] John Lehman, Marla Dowell, Nina Basta Popovic, et al. Laser power meter comparison at far-infrared wavelengths and terahertz frequencies[J]. Metrologia, 2012, 49: 583~587.
- [37] Ralf Muller, Berndt Gutschwager, Jorg Hollandt, et al. Characterization of a large area pyroelectric detector from 300GHz to 30THz[J]. J. Infrared Milli Terahz Waves, 2015, 36: 654~661.
- [38] JJG 813-2013 《光纤光功率计》 .

附件一

关于公司改制并变更名称的通知函

中 电 科 思 仪 科 技 股 份 有 限 公 司

关于公司改制并变更名称的通知函

因公司改革发展需要，根据《中国电子科技集团有限公司关于中电科仪器仪表有限公司股份制改制的批复》（电科资〔2020〕530号），中电科仪器仪表有限公司股份制改制及名称变更已完成工商登记变更，自2020年12月31日起，公司名称由“中电科仪器仪表有限公司”变更为“中电科思仪科技股份有限公司”，公司类型变更为股份有限公司（非上市、国有控股），公司住所、法定代表人、注册资本、股权结构、经营范围、主营业务、统一社会信用代码、开票税号、银行账号等均不变。

根据《中华人民共和国公司法》第九条规定：有限责任公司变更为股份有限公司的，公司变更前的债权债务均由变更后的公司承继。因此，此前由中电科仪器仪表有限公司对外做出的招投标行为和已经签订的合同继续有效，并依法由“中电科思仪科技股份有限公司”承继履行，公司债权债务亦由变更名称后的公司承继履行。本公司将以“中电科思仪科技股份有限公司”名称，

继续对外开展各项业务，包括但不限于开展招投标活动、签订和履行各类合同等。

因公司改制及变更名称给贵单位带来的不便，敬请谅解。本公司也将一如既往地为贵单位提供优质的产品和服务。

特此函告。

中电科思仪科技股份有限公司

2021年1月5日