



北京市地方计量技术规范

JJF (京) XX—2024

太赫兹法非电导涂层厚度测量仪 校准规范

Terahertz non-conductive coating thickness measuring
instrument calibration specification

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

太赫兹法非电导涂层厚度 测量仪校准规范

JJF (京) XX—2024

Terahertz non-conductive coating thickness
measuring instrument calibration
specification

归口单位：北京市市场监督管理局

起草单位：北京优量云产业计量技术创新研究院有限公司

北京远大恒通科技发展有限公司

首都师范大学

中国计量院

参加起草单位：北京市大兴区计量检测所

本规范委托 XXXXXXXX 负责解释

目 录

目 录	II
引 言	III
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和计量单位	1
4 概述	3
5 计量特性	5
6 校准条件	5
7 校准项目和校准方法	6
8 校准结果表达	8
9 复检时间间隔	8
附录 A 校准原始记录	10
附录 B 标准厚度块的技术要求	12
附录 C 不确定度评定	13
附录 D 基于太赫兹时域法的涂层测厚仪的基本性能要求	16
附录 E 修正因子表	18
附录 F 校准证书	19

引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本规范制定的基础性规范。

本规范主要参考了 JJF_1603-2016_(0.1~2.5)THz 太赫兹光谱仪校准规范、DIN 50996 《Non-conductive Coatings - Non-destructive Measurement of Coating Thickness-Terahertz Measurement Method》、《汽车涂层厚度测量的技术要求》(QCT 1081-2012)、《电子产品涂层厚度测量的技术要求》(SJ/T 11328-2010)、美国的《涂层厚度测量的标准试验方法》(ASTM B487-2019)、日本的《涂层厚度测量的标准方法》(JIS Z 2371-2016)。

本规范为首次发布。

太赫兹法非电导涂层厚度测量仪校准规范

1 范围

本文件规定了应用于非导电涂层厚度的无损测量采用的基于飞行时间太赫兹光谱仪（测厚仪）的校准方法和相应规范。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

GB/T 29252-2012 实验室仪器和设备质量检验规则

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义

GB 12085-2010 光学和光学仪器环境试验方法

GB 7247.1-2012 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求

JJF_1603-2016_ (0.1~2.5) 《THz 太赫兹光谱仪校准规范》

DIN 50996 《Non-conductive Coatings - Non-destructive Measurement of Coating Thickness-Terahertz Measurement Method》Mia 2020

JJF 1126-2016 《超声波测厚仪校准规范》

JJF(闽) 201125-2022 土工布测厚仪校准规范

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 术语

下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1 太赫兹辐射

频率在 0.1THz - 10THz 之间，波长在 30 微米到 3mm 范围的电磁辐射。处于微波和红外之间的过渡区域，也成为太赫兹波或者太赫兹。

3.1.2 太赫兹飞行时间技术

太赫兹飞行时间技术采用脉冲反射原理进行检测，通过分析从材料不同界面的太赫兹回波脉冲时间实现对材料厚度的检测。

3.1.3 太赫兹时域光谱仪

通过时间扫描的相干探测获得太赫兹脉冲电场时域波形，并利用傅里叶变换算法，得到太赫兹脉冲在频域的光谱强度和相位的太赫兹光谱检测技术。

太赫兹光谱仪是利用太赫兹时域光谱技术测量样品在太赫兹波段光谱特性的仪器，也叫太赫兹时域光谱仪或太赫兹时域光谱测量系统。

太赫兹光谱仪利用飞秒脉冲激光激发超快光电导天线瞬态发射相干太赫兹辐射或在电光晶体中利用光学整流效应产生超短相干太赫兹辐射，利用另一束飞秒脉冲激光探测太赫兹辐射电场，通过电光晶体和平衡探测器进行电光采样探测或利用超快光电导天线探测。

改变探测脉冲与泵浦脉冲之间的时间延迟获得太赫兹时域脉冲波形，利用太赫兹时域光谱技术获得频域光谱和相位。通过待测样品与太赫兹辐射相互作用而测量样品在太赫兹波段的透射光谱与反射光谱特性,从而得出折射率和吸收系数,掌握样品光学特性。

太赫兹光谱仪常用的光谱测量范围是 $0.1\text{THz}\sim 2.5\text{THz}$ ，可扩展到 10THz 。太赫兹光谱与从光路结构上分为透射式和反射式。透射式和反射式太赫兹光谱仪的结构示意图分别如图 1 和图 2 所示。

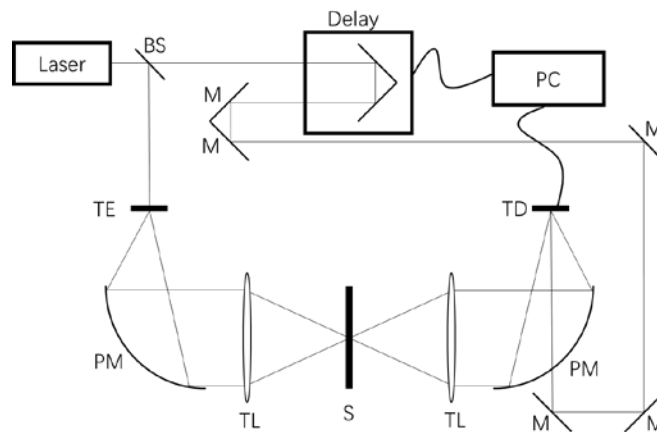


图 1 透射式太赫兹光谱仪结构示意图

Laser—飞秒激光器；BS—分束镜；Delay—光学延迟线；M—反射镜；TL—太赫兹发射器；

TD—太赫兹探测器；PM—抛物面镜；TL—太赫兹透镜；S—样品；PC—计算机

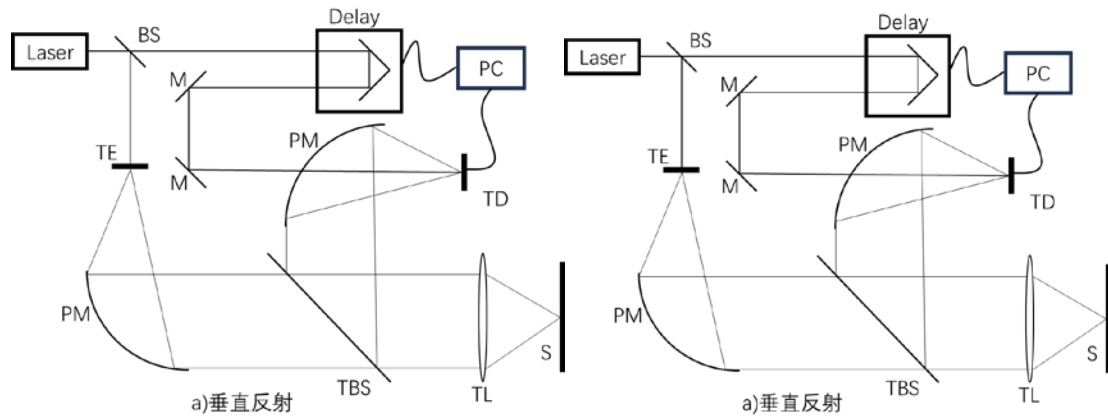


图 2 反射式太赫兹光谱仪结构示意图

Laser—飞秒激光器；BS—分束镜；TBS—太赫兹分束镜；Delay—光学延迟线；
M—反射镜；TE—太赫兹发射器；TD—太赫兹探测器；PM—抛物面镜；TL—太赫兹透镜；S
—样品；PC—计算机

3.1.4 复折射率（光纳） $N' = N - iK$

吸收性介质最主要的光学常数。它是一个复数，符号 N' 。其中实部 N 为吸收性介质的折射率，虚部 K 决定于光波在吸收性介质中传播时的衰减（光能的吸收），叫做吸收系数。

3.1.5 测量系统的校准

对测量系统进行一系列操作，使其提供与待测量值相对应的特定指示。

3.1.6 试件或样品

可以使用本方法测试的单层或多层涂层、漆层或复合材料等被检测物。

已知涂层厚度和光学参数的长期稳定并且无裂纹或其他损坏的涂层标准块。如氧化锆标准块、氮化铝、氧化铍、氧化铝或其他标准块，折射率应 <2.5 ，透过率 $>40\%$ 。

3.2 计量单位

厚度法定计量单位为厘米（cm）、毫米（mm）、微米（ μm ）。

4 概述

基于太赫兹光谱技术的太赫兹测厚仪主要用于已知折射率 n 或者消光系数 k 的情况下，对非导电涂层厚度进行测量。

组成部分包含但不限于飞秒激光器、太赫兹测量头（也叫发射及接收天线以及不同焦距的透镜）、延迟线、数据采集或锁相放大、上位机等组成，检测中还需配置运动扫查系统以及样品台，根据被测样品的尺寸和形状选择合适的样品扫描装置，可选装置包括平移台、旋转台、机械臂等。核心指标要求如下：

中心波长：780-1560nm

脉冲宽度：<100fs

重复频率：80MHz

平均功率：>150mW

频谱范围：不少于 0.1~2THz

动态范围：>70dB

信噪比要求：优于 1000:1

频谱分辨率要求：优于 5GHz

纵向分辨率不低于 0.01mm

工作模式：透射光谱、反射光谱，成像可选

扫查速率：1-1000Hz

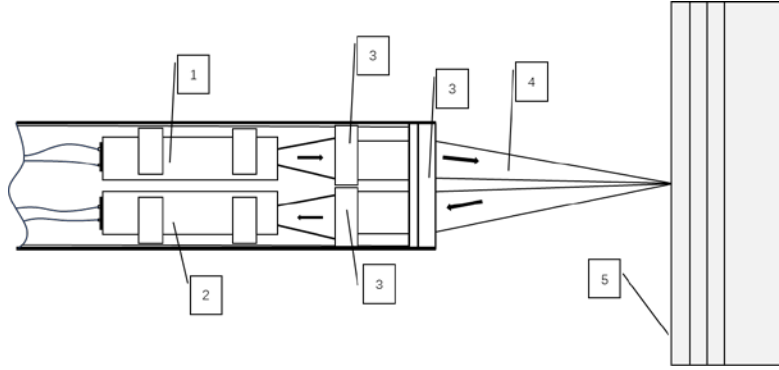
时间扫描范围：应大于目标测厚结构界面反射脉冲间的时间间隔，计算方法如下：

透射式：扫描时间范围 $> nd/C$ (n 为样件的平均折射率， C 为光速， d 为样件的物理厚度)，单位 ps

正反射式：扫描时间范围 $> 2nd/C$ (n 为样件的平均折射率， C 为光速， d 为样件的物理厚度)，单位 ps

基于太赫兹时域光谱技术太赫兹测厚仪的工作原理是：基于脉冲太赫兹辐射（在太赫兹发射器中产生），该辐射聚焦于样品上表面或下表面并穿透样品。要测量的涂层或材料必须能被太赫兹辐射穿透。太赫兹辐射通过时，会在样品每层界面上发生反射和透射。反射分量和透射分量的比例由相关材料的光学参数折射率 n 和消光系数 k 以及涂层厚度决定。所有反射波的脉冲分量的总和聚焦于太赫兹探测器上。根据检测到的电场强度信号，可以计算出样品每一层的厚度。对于

涂层厚度测量，尤其是需要分析多层样品时，最好在反射状态下进行测量，即测量头垂直于样品表面，由于结构原因，在测试过程中太赫兹波需要垂直或近乎垂直地射入样品表面。图 1 为后一种情况下测量头可能的结构的示意图。



说明：1 太赫兹发射器 2 太赫兹探测器 3 透镜 4 太赫兹波束路径 5 基底上的多层样件

图 1—正反射太赫兹测量头示意图示例

5 计量特性

5.1 示值误差

仪器涂层厚度测量的相对示值误差应不超过 $\pm 10\%$ 。

5.2 示值重复性

仪器涂层厚度测量的相对示值重复性应不超过 $\pm 5\%$ 。

5.3 标定装置

太赫兹测厚仪应该具有标定装置，并能够灵活可靠进行标定。

注：

1 允许手册校准时按照用户和制造商达成的技术协议进行校准，复校时按用户要求进行校准。

2 由于校准工作只给出测量结果，不判断合格与否，上述计量特性仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

a) 环境温度： $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ；

b) 环境湿度： $\leq 50\%RH$ ；

- c) 测量校准区域不应有影响校准读数的震动源或气体流动等干扰；
- d) 测量校准区域应避免电磁干扰和背景辐射，设备周围 1m 范围内不存在电磁干扰源；
- e) 测量校准区域环境洁净，避免灰尘等杂物对测量设备和样品造成影响。

6.2 校准所用测厚标准块

标准厚度块：可根据仪器测量范围和实际使用情况选用不同的标准厚度块。

太赫兹涂层测厚仪校准用标准厚度块为已知涂层厚度和光学系数合适的长期稳定的标准块（如氧化锆陶瓷量块），相对扩展不确定度： $U_{rel} = 2\%$ ($k=2$)，厚度均匀性不大于 2%，规则透射比标称值：50%，标准厚度块的技术要求见附录 B。

6.3 厚度标准块的放置

调整太赫兹测量头与待测样品之间的距离，保证待测样品结构区域处于镜头景深范围内；同时保证被测样品界面的反射峰包含在时域扫描范围内。当测试不同样品或者更换太赫兹装置时，需重新进行样品位置调整。

7 校准项目和校准方法

本标准采用太赫兹时域光谱仪技术作为非导电涂层厚度的无损测量太赫兹测厚仪器核心技术。因此在进行校准前必须先完成对于太赫兹测厚仪的校准，具体校准方法依据 JJF_1603-2016_ (0.1~2.5) 《THz 太赫兹光谱仪校准规范》。

7.1 校准前准备

在进行仪器校准前，首先对仪器外观检查，目测是否有影响计量性能的碰伤、划痕以及其他缺陷。

被校仪器应在以上规定的环境条件下至少静置 2h，激光器开启时间不少于 30 分钟，系统运行稳定，无告警，运动扫描系统运行平稳安静，获取信号稳定，并尽可能降低太赫兹传输光路中的湿度。

7.2 厚度测量示值误差

首先使用说明书对被校仪器进行参数设置，必要时进行性系统调校，见 6.2.2，再按照仪器测量范围，选取 1-3 种不同材料的涂层/基体类型，每种类型

再选择 1-2 个标准厚度值不同的标准厚度块, 通常情况下, 建议选择 ZrO_2 / Cu , ZrO_2 / Al , Al_2O_3 / Cu , Al_2O_3 / Al 类型的标准厚度块, 每种厚度选取一个厚度值进行校准, ZrO_2 、 Al_2O_3 一般厚度标准为 0.5-200 mm。允许根据仪器的实际使用情况和用户要求选择其他类型的标准厚度块和标准厚度值进行校准。

分别在每个标准厚度块的同一测量区域相邻位置处重复测量 3 次并记录仪器示值, 计算算术平均值 \bar{h}_i 作为第 i 个标准厚度块的测量结果, 根据公式 (7) 计算仪器厚度测量值示值误差:

$$\delta_i = \bar{h}_i - H_i \quad (7)$$

δ_i ——对第 i 个标准厚度片, 仪器的示值误差, μm ;

\bar{h}_i ——对第 i 个标准厚度片, 仪器示值的平均值, μm ;

H_i ——第 i 个标准厚度片的标准厚度值, μm 。

根据公式 (8) 计算一起厚度测量相对示值误差 $r(\delta_i)$:

$$r(\delta_i) = \frac{\bar{h}_i - H_i}{H_i} \times 100\% \quad (8)$$

7.3 厚度测量示值重复性

在仪器有效测量范围内, 选取一个仪器常用的涂层/基体类型的标准厚度块。建议选择氧化锆陶瓷/铝或铜, 氧化铝陶瓷/铝或铜中的一种, 标准厚度块的标准厚度值为 (0.5-200mm)。仪器测量程序与所选标准厚度块的涂层/基体类型保持已知, 在同一测量区域相邻位置处连续测量该标准厚度块 5 次, 记录仪器示值 h , 按照公式计算实验标准差 s :

$$s = \frac{h_{max} - h_{min}}{C}$$

式中:

h_{max} ——仪器示值最大值, mm ;

h_{min} ——测量示值最小值, mm ;

C ——极差系数, 5 次测量条件下, C 取 2.33。

试验标准差 s 除以仪器 5 次测量结果的算术平均值 \bar{h} 所得到的百分数即为仪器镀层厚度的相对示值重复性 s_{rel} , 按公式 (9) 计算:

$$s_{rel} = \frac{s}{\bar{h}} \times 100\% \quad (9)$$

式中:

s ——试验标准差, mm ;

\bar{h} ——仪器 5 次测量结果的算术平均值, mm ;

8 校准结果表达

经校准的太赫兹测厚仪出具校准证书, 校准证书应至少包含以下信息:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点 (如果与实验室地址不同);
- d) 校准证书或报告的唯一性标识 (如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 进行校准的日期, 如果与校准或检测结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- g) 如果与校准结果的有效性和应用有关, 应对被校样品的抽样程序进行说明。
- h) 参考文件编号、依据的标准、技术归档的标识, 包括名称及代号;
- i) 本次检测或校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- j) 校准所用标准块的基本信息; 包含但不限于材料类型、 n/k 值、数量、尺寸等;
- k) 对校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校准对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得复制证书或报告的声明;

9 复检时间间隔

由于复检时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的, 因此送检单位可以根据实际使用情况自主决定复检时间间隔。

建议复检时间间隔不超过 1 年。更换重要部件、维修、重新安装或对仪器性能有怀疑时，应随时送检。

附录 A 校准原始记录

校准原始记录推荐格式

原始记录编号：_____；证书编号：_____。								
仪器名称：_____；								
客户名称：_____；电话：_____；联系人：_____；								
客户地址：_____；邮编：_____；送检日期：____年__月__日；								
制造厂商：_____；型号规格：_____；出厂编号：_____；								
外观检查： <input type="checkbox"/> 正常， <input type="checkbox"/> 有缺陷， <input type="checkbox"/> 说明：_____；								
干燥方式： <input type="checkbox"/> 无， <input type="checkbox"/> 真空， <input type="checkbox"/> 氮气吹扫， <input type="checkbox"/> 干燥空气吹扫， <input type="checkbox"/> 其他：_____；								
所依据的技术文件：								
<input type="checkbox"/> JJF 非导电层-涂层厚度的太赫兹测量仪器校准规范， <input type="checkbox"/> 其他文件：_____；								
厚度测量模块校准使用的标准装置或主要标准器：								
校准结果：								
1. 太赫兹厚度测量不确定度								
标准块材料	标准厚度	太赫兹厚度测量示值				示值 误差	修正 因子	测量 不确定 度
		1	2	3	均值			
ZrO ₂ /Cu								
ZrO ₂ /Al								
Al ₂ O ₃ /Cu								
Al ₂ O ₃ / Al								
对校准规范偏离的说明：								

校准地点：_____；

环境条件：温度：____℃；湿度：____%RH；太赫兹光谱仪内部湿度：____%RH。

校准员：_____；核验员：_____；

校准日期：____年__月__日。

附录 B 标准厚度块的技术要求

B.1 标称值及允许偏差列于表 B.1

表 B.1 标准厚度块的技术要求

mm

标称值 H	0.5	1	1.5	2	2.5	5
允许偏差 δ	$\pm 0.1\%$					

B.2 标称值及允许偏差列于表 B.1 (单位为mm)。

B.3 材料: 氧化锆 ZrO_2 , 折射率 2.13-2.15; 氧化铝 Al_2O_3 , 折射率 1.76 等 (实际折射率以生产厂家为准)。

附录 C 不确定度评定

对测量涂层厚度的不确定度进行全面评估。涂层测厚结果的不确定度是由许多不同原因导致的的不确定性组合而成的。应考虑的重要原因如下：

- 测量设备校准的不确定度
- 影响测量的随机因素
- 折射率误差：材料折射率是进行太赫兹测量准确度的重要因素，折射率又是一个与频率相关不确定的值，通常采用某一频段范围内的平均折射率作为测厚的依据。现实中折射率通常计算到小数点后一位，平均折射率误差不应不超过 $\pm 1\%$ 。
- 环境因素，如湿度：太赫兹是对水非常敏感的电磁波，环境中水气的存在对测量结果存在一定的不确定性。为减少水气对太赫兹测量精度的影响，太赫兹测厚仪应具备充氮气条件，在氮气环境下，湿度控制在 10%RH 以下，多次测量误差不超过 $\pm 5\%RH$ 。
- 其他影响、漂移、数字化效应和其他效应

C.1 概述

涂层厚度通常是通过对涂层表面特定部分进行的多次单独测量的平均值确定的。

根据这些测量结果，为测量变量“层厚度”分配一个平均值。为这个平均值分配了一个不确定值，它说明了分配值的可靠性。

分析分阶段进行，首先绘制一个模型方程，描述指定输出值 σ 与所有相关影响变量 H_i 之间的函数关系：

$$\sigma = F(H_0, H_1, H_2 \dots H_i, H_n) \quad (C.1)$$

每个影响变量都有一个灵敏度系数 c_i ，它表示 ΔH_i 的变化对结果 σ 的影响程度。

如果函数 F 是作为分析规范给出的，则可以通过部分推导来计算灵敏度系数

$$c_i = \frac{\delta\sigma}{\delta H_i} \quad (C.2)$$

如果函数关系未知，建议使用多项式函数进行近似。在许多实际情况中，这

种表述方式表现为线性依赖关系，即灵敏度系数变为 1。

为了恰当地概括各种影响因素或误差的不确定度，所有单个不确定度分量都与 68.27% 的置信度相关，即所谓的 "标准不确定度"。

有两种不确定度，A 类（见 C.2）和 B 类（见 .3），用于计算待执行测量的不确定度。

C.2 A 类

A 类标准不确定度是对影响变量在时间和空间上的不可预测或随机偏差所产生的所有随机误差的度量。

标准不确定度相当于平均值的置信点。

$$u_{sto} = t(68.27\%, n - 1) \cdot \frac{s(\sigma)}{\sqrt{n}} \quad (C.3)$$

其中：s 为重复测量的经验标准偏差 n

t (68.27%， n-1) 修正因子（自由度 f=n-1 且置信水平 p=68.27%）

附录 E 汇总了修正因子的相关数值。

C.3 B 类

许多影响因素或错误不能用 A 类来描述，如第 6 节所述的影响因素。

为了实现这些影响因素与 A 类不确定度的平衡组合，对它们分配了特设概率因子。在许多实际情况下，这里涉及的影响因素可以用均匀分布（矩形分布）来描述。

如果影响变量可在一定范围 ΔH_i 内波动，则由此产生的不确定性可按下列式计算：

$$u_b = \frac{|\sigma_{mix} - \sigma_{min}|}{\sqrt{12}} \quad (C.5)$$

这些波动范围通常是通过估计或实验确定的。

在许多应用中，已知不确定度可用于确定所需的测量不确定度。一个典型的例子就是用于校准的涂层厚度标准的不确定度。要将这种不确定度考虑在内，必须将其转换为标准不确定度。例如，根据公式 C.6，不确定度 $U(k=2)$ 可转换为标准不确定度 $u(k=1)$ 。

$$u(68.27\%) = \frac{U(95.45\%)}{2}$$

(C.6)

为了总结所研究的所有不确定度，必须计算所谓的综合不确定度。计算方法是将标准不确定度的各组成部分乘以其灵敏度系数，再加上它们的平方。在最简单的情况下，灵敏度系数都等于 1。

$$u = \sqrt{\sum_i (e_i \cdot u_i)^2} \quad (\text{C.7})$$

乘以必须指定的扩展系数 $k=2$ ，就得到了计算得出的扩展不确定度，实际结果中应指定该不确定度。

$$u = k \cdot u \quad (\text{C.8})$$

附录 D 基于太赫兹时域法的涂层测厚仪的基本性能要求

D.1 制造商说明

对于测量设备和测量头，制造商的说明书至少应包含以下技术信息：

a) 测量原理

b) 测量范围

c) 在制造商规定的条件下进行测量时，测量不确定度或允许测量误差的基本信息；

d) 关于测量结果如何受曲率、层厚度和边缘效应（靠近边缘的测量）等因素影响的信息；

e) 允许的工作温度；

f) 允许的储存温度

g) 可用的校准和调整程序；

h) 测量速度；

i) 数据存储（布局、容量、数据传输）；

j) 测量设备和测量头的尺寸和重量。

D.2 在运输、维修之后及在使用过程中定期检查测量仪和测量头

在按照制造商的说明对测量设备和测量头进行调整后，必须使用具有代表性的涂层厚度标准件（量块）对测量不确定度进行检查和验证，这些标准件的涂层厚度应均匀分布在相应测量头的测量范围内。

检查/验证设备的目的是确保涂层厚度的偏差在制造商的技术规范范围之内。

D.3 在现场对测量仪和测量头进行检查/验证

每天校验测量设备和测量头的误差极限。按照制造商的说明调整测量设备后，应使用足够数量的涂层厚度标准样件进行验证。其涂层厚度应覆盖所关注的涂层厚度范围。如果要测量曲面物体，则必须在几何形状和曲率与待测物体相同的物体上进行验证。

设备控制/验证的目的是确保涂层厚度的极限偏差在制造商的技术规范范围内。

附录 E 修正因子表

测量次数 n	置信水平 p	
	68.27%	95.45
2	184	1397
3	132	453
4	120	331
5	114	287
6	111	265
7	109	252
8	108	243
9	107	237
10	106	232
11	105	228
12	105	225
13	104	223
14	104	221
15	104	220
16	103	218
17	103	217
18	103	216
19	103	215
20	103	214
∞	100	200

附录 F 校准证书

非导电层—涂层厚度的太赫兹测量仪器校准报告

证书编号: _____

共____页/第____页

1. 依据的技术文件

JJF 非导电层—涂层厚度的太赫兹测量仪器校准规范

2. 太赫兹光谱仪校准

环境条件: 温度: _____℃;

湿度: _____%RH; 太赫兹光谱仪内湿度: _____%RH。

标准器校准条件:

频率标准器: 主脉冲峰值位置: _____ps; 时域测量长度: _____ps。

规则透射比标准器: 主脉冲峰值位置: _____ps; 时域测量长度: _____ps。

规则反射比标准器: 主脉冲峰值位置: _____ps; 时域测量长度: _____ps;

太赫兹光束反射角: _____ps。

2.1 频率示值误差和修正因子

标准频率/THz	频率示值误差	频率修正因子	相对扩展测量不确定度

--	--	--	--

2.2 规则透射比示值误差和修正因子

频率/THz	规则透射比 标准值	规则透射比 示值误差	规则透射比 修正因子	相对扩展 测量不确定度
0.5				
1.0				
1.5				
2.0				

2.3 规则反射比示值误差和修正因子

频率/THz	规则反射比 标准值	规则反射比 示值误差	规则反射比 修正因子	相对扩展 测量不确定度
0.5				
1.0				
1.5				
2.0				

3.测厚示值校准

3.1 外观:

3.2 校准结果:

3.2.1 仪器厚度测量示值误差:

标准厚度片类型 (镀层/基体)					
标准厚度值/mm					
示值误差/mm					
示值相对误差/%					

3.2.2 仪器厚度测量示值重复性:

(标准厚度片类型: _____, 标准厚度值: _____ mm)

3.仪器厚度测量示值误差的扩展不确定度:

4.对校准规范偏离的说明: _____

校准地点: _____ 校准日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

校准员: _____ 核验员: _____