

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号



团 体 标 准

T/CIE 350—2024

# 电磁超表面和信息超表面通用规范

General specifications for electromagnetic metasurfaces and information  
metasurfaces

征求意见稿

(完成时间：2024.9.29)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国电子学会 发布

## 目 次

前 言 .....	IV
引 言 .....	V
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
3.1 类别 .....	1
3.1.1 电磁超表面 electromagnetic metasurface .....	1
3.1.2 反射式超表面 reflective metasurface .....	1
3.1.3 透射式超表面 transmissive metasurface .....	2
3.1.4 数字超表面 digital metasurface .....	2
3.1.5 数字编码超表面 digital coding metasurface .....	2
3.1.6 超表面比特位数 bit number of metasurface .....	2
3.1.7 可重构超表面 reconfigurable metasurface .....	2
3.1.8 可编程超表面 programmable metasurface .....	2
3.1.9 可重构智能表面 reconfigurable intelligent surface .....	2
3.1.10 信息超表面 information metasurface .....	2
3.1.11 空间编码超表面 space-coding metasurface .....	2
3.1.12 时间编码超表面 time-coding metasurface .....	2
3.1.13 空时编码超表面 space-time-coding metasurface .....	2
3.1.14 空时联合编码超表面 space-time-joint-coding metasurface .....	2
3.1.15 超表面的空间编码 space coding of metasurface .....	2
3.1.16 超表面的时间编码 time coding of metasurface .....	2
3.2 功能 .....	2
3.2.1 幅度调制 magnitude modulation .....	2
3.2.2 相位调制 phase modulation .....	2
3.2.3 极化调制 polarization modulation .....	3
3.2.4 波束调制 beam modulation .....	3
3.2.5 时间调制 time modulation .....	3
3.2.6 频率调制 frequency modulation .....	3
3.2.7 频谱调制 frequency-spectrum modulation .....	3
4 技术要求 .....	3
4.1 一般结构要求 .....	3
4.2 电性能技术要求 .....	3
4.2.1 幅度调整范围和精度 .....	3
4.2.2 相位调整范围和精度 .....	3
4.2.3 响应切换时间 .....	3
4.2.4 频带宽度 .....	3
4.2.5 口面效率 .....	3

4.2.6 功率容量 .....	3
4.3 环境适应性要求 .....	3
5 试验方法 .....	3
5.1 试验条件 .....	4
5.2 一般结构要求检测方法 .....	4
5.3 电性能测量方法 .....	4
5.3.1 透射和反射系数的测量（透镜法） .....	4
5.3.1.1 测量条件 .....	4
5.3.1.2 测量要求 .....	4
5.3.1.3 测量步骤 .....	4
5.3.1.4 对结果的表示 .....	4
5.3.2 反射系数的测量（弓形架法） .....	4
5.3.2.1 测量条件 .....	4
5.3.2.2 测量要求 .....	5
5.3.2.3 测量步骤 .....	5
5.3.2.4 对结果的表示 .....	5
5.3.3 散射方向图的测量（弓形架法） .....	5
5.3.3.1 测量条件 .....	5
5.3.3.2 测量步骤 .....	5
5.3.3.3 对结果的表示 .....	6
5.3.4 散射方向图的测量（转台法） .....	6
5.3.4.1 测量条件 .....	6
5.3.4.2 测量要求 .....	6
5.3.4.3 测量步骤 .....	6
5.3.4.4 对结果的表示 .....	6
5.3.5 响应切换时间的测量 .....	6
5.3.5.1 测量条件 .....	7
5.3.5.2 测量要求 .....	7
5.3.5.3 测量步骤 .....	7
5.3.5.4 对结果的表示 .....	7
5.4 环境试验要求及方法 .....	7
6 检验规则 .....	8
6.1 鉴定检验 .....	8
6.1.1 检验样品数 .....	8
6.1.2 检验步骤 .....	8
6.1.3 失效数 .....	8
6.2 质量一致性检验 .....	9
6.2.1 逐批检验（交收试验） .....	9
6.2.1.1 检验批 .....	9
6.2.1.2 抽样方案 .....	9
6.2.1.3 检验步骤 .....	9
6.2.1.4 检验处理 .....	9
6.2.2 周期检验（例行试验） .....	9
6.2.2.1 抽样方案 .....	9

6.2.2.2 检验步骤 .....	9
6.2.2.3 检验处理 .....	10
7 标志、包装、运输和贮存 .....	10
7.1 标志 .....	10
7.2 包装 .....	10
7.3 运输 .....	10
7.4 贮存 .....	10
附录 A (规范性) 透镜法测试超表面透反射系数的配置 .....	11
附录 B (规范性) 弓形架法测试超表面反射系数、散射方向图的配置 .....	12
附录 C (规范性) 转台法测试超表面散射方向图的配置 .....	13
附录 D (规范性) 测试超表面响应切换时间的配置 .....	14
参考文献 .....	15

## 前 言

本文件按照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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由电子学会提出并归口。

本文件起草单位：东南大学、南京大学、北京大学、西安电子科技大学、杭州钱塘信息有限公司、江苏赛博空间科学技术有限公司、苏州实验室空天信息超材料中心、琶洲实验室（黄埔）等。

本文件主要起草人：武军伟、陈克、韩家奇、汪正兴、吕杰明、王思然、戴俊彦、唐万恺、程强、金石、李龙、李廉林、崔铁军。

## 引 言

电磁超表面 (Electromagnetic Metasurface) 是电磁超材料的二维形式, 由亚波长单元按照周期或者非周期方式排列而成, 通过设计电磁超表面的单元结构和阵列排布方式, 可操控电磁波的各种物理特性。可编程超表面 (Programmable Metasurface) 和信息超表面 (Information Metasurface) 是近年来提出的可动态调控电磁波的新型超表面, 通过设计超表面的空间和时间数字编码序列或图案, 可编程超表面能实时可编程地控制电磁波的空间特性和频谱特征, 对于通信、雷达、隐身、无人驾驶、电子对抗等领域具有重要意义。特别地, 信息超表面可同时调控电磁波和调制数字信息, 实现了电磁物理空间和数字空间一体化、射频数字一体化, 因此可完成数字基带信息对射频载波的直接调制, 为实现低算法复杂度和低硬件复杂度的新型电子信息系统提供了新途径。智能可重构表面 (Reconfigurable Intelligent Surfaces, RIS) 是可编程超表面在无线通信领域的具体应用, 具有低剖面、易部署、灵活度高等优点, 可有效增强无线通信网络的信号覆盖和网络容量。

目前, 我国尚未有一项针对电磁超表面的标准, 特别是可编程超表面、信息超表面和智能可重构表面等新型超表面, 不同学科背景的研究者对其定义、分类、特征、评价标准与方法有着不同表征, 不利于组织化和体系化的研究与应用。

本标准旨在促进电磁超表面和信息超表面的进步, 规范该领域的发展, 为有关研究和管理工作人员提供参考, 以满足技术创新、市场发展的实际需要。

# 电磁信息与智能超表面通用规范

## 1 范围

本标准给出了电磁超表面的常用术语和定义，规定了它的技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存要求。

本标准适用于毫米波及以下频段电磁超表面。

本标准是制定电磁超表面产品规范必须遵循的基本原则和最低要求。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 32005—2015 电磁超材料术语

GB-T 37766-2019 机载超材料天线罩通用规范

GB/T 37657—2019 机载吸波超材料通用规范

GB/T 9410-2008 移动通信天线通用技术规范

GB/T 21039.1-2007 半导体器件 分立器件 第4-1部分：微波二极管和晶体管 微波场效应晶体管空白详细规范

GB/T 191 包装储运图示标志（GB/T 191-2000，eqv ISO 780:1997）

GB/T 2423.1—2001 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温（idt IEC 60068-2-1:1990）

GB/T 2423.2—2001 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温（idt IEC60068-2-2:1974）

GB/T 2423.3—1993 电工电子产品基本环境试验规程 试验Ca：恒定湿热试验方法（eqv IEC60068-2-3:1984）

GB/T 2423.5—1995 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea 和导则：冲击（idt IEC60068-2-27:1987）

GB/T 2423.6—1995 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Eb 和导则：碰撞（idt IEC60068-2-29:1987）

GB/T 2423.10—1995 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc和导则：振动（正弦）（idt IEC 60068-2-6:1982）

GB/T 2828.1—2003 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划（ISO28591:1999，IDT）

GB/T 2829—2002 周期检查计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1 类别

#### 3.1.1 电磁超表面 electromagnetic metasurface

电磁超表面是由亚波长单元按照一定的排列方式组成的二维平面结构，可实现对电磁波的幅度、相位、极化、传播方向、空间分布、频谱分布等特性的调控。

#### 3.1.2 反射式超表面 reflective metasurface

对反射波进行调控的电磁超表面。

### 3.1.3 透射式超表面 transmissive metasurface

对透射波进行调控的电磁超表面。

### 3.1.4 数字超表面 digital metasurface

由有限种类型单元组成的电磁超表面，其单元类型量可以表示成数字量。

### 3.1.5 数字编码超表面 digital coding metasurface

由数字编码序列或数字编码图案控制电磁波的数字超表面。

### 3.1.6 超表面比特位数 bit number of metasurface

数字超表面单元类型数量以2为底的对数。

### 3.1.7 可重构超表面 reconfigurable metasurface

功能可以重构的电磁超表面。

### 3.1.8 可编程超表面 programmable metasurface

功能通过数字编码序列或编码图案以可编程形式实时控制的电磁超表面。

### 3.1.9 可重构智能表面 reconfigurable intelligent surface

功能可以动态调整的电磁超表面，是可编程超表面在无线通信中的应用。

### 3.1.10 信息超表面 information metasurface

能够同时调控电磁波和调制数字信息的可编程超表面。

### 3.1.11 空间编码超表面 space-coding metasurface

通过改变空间数字编码序列或图案来调控电磁波的可编程超表面。

### 3.1.12 时间编码超表面 time-coding metasurface

通过改变单元时间编码序列来调控电磁波的可编程超表面。

### 3.1.13 空时编码超表面 space-time-coding metasurface

同时改变空间编码和时间编码来调控电磁波空间和频谱特性的可编程超表面。

### 3.1.14 空时联合编码超表面 space-time-joint-coding metasurface

同空时编码超表面。

### 3.1.15 超表面的空间编码 space coding of metasurface

数字编码超表面单元的空间排布序列或图案。

### 3.1.16 超表面的时间编码 time coding of metasurface

数字编码超表面单元工作状态随时间变化的编码方式。

## 3.2 功能

### 3.2.1 幅度调制 magnitude modulation

使用超表面对电磁波的幅度进行调节。

### 3.2.2 相位调制 phase modulation

使用超表面对电磁波的相位进行调节。



### 3.2.3 极化调制 polarization modulation

使用超表面对电磁波的极化状态进行调节。

### 3.2.4 波束调制 beam modulation

使用超表面对电磁波束的形状和传播方向进行调节。

### 3.2.5 时间调制 time modulation

使用超表面对电磁波的时域属性进行调节。

### 3.2.6 频率调制 frequency modulation

使用超表面对电磁波的频域属性进行调节。

### 3.2.7 频谱调制 frequency-spectrum modulation

使用时间编码超表面对电磁波的非线性频谱进行调控。

## 4 技术要求

### 4.1 一般结构要求

超表面的结构应牢固可靠，便于安装、使用和运输。超表面有控制或馈电接口部分时，应优选通用连接器，并具有防水、抗潮功能。

选用超表面的组成材料时，应考虑防电化学腐蚀，具体要求由产品规范规定。超表面设计应有利于防雷。

### 4.2 电性能技术要求

#### 4.2.1 幅度调整范围和精度

由产品规范规定。

#### 4.2.2 相位调整范围和精度

由产品规范规定。

#### 4.2.3 响应切换时间

可编程和可重构超表面的响应切换时间是指超表面由一个工作状态切换到另一个工作状态所需的时间量，具体要求由产品规范规定。

#### 4.2.4 频带宽度

超表面的频带宽度称为带宽，在此范围内，超表面的电性能应符合产品规范的规定。

#### 4.2.5 口面效率

超表面的口面效率指超表面将入射波转化为透射或辐射波发的能力，在工作频率范围内一般在0.5-0.8之间，具体要求由产品规范规定。

#### 4.2.6 功率容量

超表面的功率容量指超表面保持正常工作时所能接受的最大入射电磁波功率，具体要求由产品规范规定。

### 4.3 环境适应性要求

环境适应性要求见5.4的表1。超表面经环境适应性试验后不应有形变、松动和损坏，焊接和紧固处不应有脱落。

## 5 试验方法

## 5.1 试验条件

5.1.1 除非另有规定，超表面各项技术要求的试验应在不影响测量精度的自然大气条件下进行，并记录大气条件。

5.1.2 超表面透射或反射系数的测量可以采用波导法、透镜法、或弓形架法。本规范仅叙述了最常用的透镜法和弓形架法。

5.1.3 超表面散射或辐射方向图的测量可以采用近场或远场测试方法。本规范仅叙述了最常用的远场测试方法，具体包括转台法和弓形架法。

5.1.4 所用试验设备和测量仪表的精度应按有关计量规定进行校验，其精度应满足被测超表面的测量要求。

## 5.2 一般结构要求检测方法

用观察和机械的方法对超表面结构进行检测，以验证材料、外形尺寸和结构设计、加工是否符合要求。

## 5.3 电性能测量方法

### 5.3.1 透射和反射系数的测量（透镜法）

#### 5.3.1.1 测量条件

试验场的配置按照附录A和5.1的规定。

#### 5.3.1.2 测量要求

- a) 测量所用发射天线和接收天线应为同型号的点聚焦透镜喇叭天线。
- b) 被测超表面尺寸应大于点聚焦透镜喇叭天线的焦斑，且位于天线的焦径处，中心与焦点对齐。
- c) 超表面测试托盘的中心孔应大于焦斑大小。
- d) 测试过程中，所有测量设备和仪表应具有良好的稳定性、动态范围和测量精度，其综合测量稳定度应保持在 $\pm 0.2\text{dB}$ 以内，频率稳定度保持在 $\pm 0.01\%$ 以内。

#### 5.3.1.3 测量步骤

- a) 选择能覆盖被测超表面工作频率的点聚焦透镜喇叭天线；
- b) 将同轴线缆、矢量网络分析仪、点聚焦透镜喇叭天线稳定连接；
- c) 在矢量网络分析仪上，设置起始频率、终止频率、扫描点数、中频带宽；
- d) 点击矢量网络分析仪上的分析按钮，转换到时域测试模式，设置起始时间和终止时间，并使终止时间尽可能大，然后存储测试结果；
- e) 将与被测超表面同等大小的标准金属板放置在测试托盘上，使两者中心对齐，然后将此时的测试结果与先前的结果进行比较，观察二者变化最明显的位置，即为金属板在时域中的位置；
- f) 点击矢量网络分析仪上的分析按钮，选择时域门设置，将上述金属板在时域中的位置设为时域门的中心，时域门的宽度设置为1纳秒；
- g) 完成时域门设置后，将时域测试模式转换到频域测试模式，完成测试的校准步骤；
- h) 记录下此时金属板的反射系数，随后将金属板移开并记录此时空气的透射系数，将二者分别作为超表面反射系数和透射系数的参考；
- i) 将被测超表面放置在测试托盘上，使二者中心对齐，记录此时超表面的透射和反射系数结果；
- j) 以步骤h得到的参考值为基准对超表面的透射和反射系数进行归一化处理，得到实际测量结果。

#### 5.3.1.4 对结果的表示

对于每一个测量频率的测试结果，最大电平规定为 $0\text{dB}$ ，其他电平值以对应的负分贝表示；将测量结果绘制在直角坐标轴中，注意所有测量值都应当在图中表示出来，并在图中注明测量的频率、极化、透射和反射系数。

### 5.3.2 反射系数的测量（弓形架法）

#### 5.3.2.1 测量条件

- a) 试验场、超表面及其支撑结构的安装参考附录B和5.1的规定。

### 5.3.2.2 测量要求

- a) 弓形滑轨无机械碰撞等导致的结构变形，射频线缆电性能良好，各组件连接牢固、无松动；  
b) 待测超表面可在收、发天线的近场区，但两天线应在彼此镜像的远场区，最小测试距离 $D_{min}$ 按下式计算：

$$D_{min} = L^2/\lambda$$

式中 $L$ 为待测超表面与喇叭天线最大孔径的较大者； $\lambda$ 为测试频率所对应的波长；

- c) 待测超表面平放于样品支架上，且超表面的平板中心与弓形滑轨的圆心重合，样品支架周围铺设高性能吸波材料降低背景反射；  
d) 测试过程中，所有测量设备和仪表应具有良好的稳定性、动态范围和测量精度，其综合测量稳定度应保持在 $\pm 0.2$ dB以内，频率稳定度保持在 $\pm 0.01\%$ 以内；  
e) 测试所用参照物应选取与待测超表面具有同等面积的标准金属板(如铝板、铜板)，厚度推荐4mm以上。

### 5.3.2.3 测量步骤

镜面反射系数测量步骤如下：

- a) 按5.3.2.1和5.3.2.2安装测试系统，选择覆盖测试频段的的天线，连接各射频组件，打开测试系统预热；  
b) 设置仪器基本参数，包括起始频率、终止频率、扫描点数、中频带宽、发射功率大小、采样点数目等；  
c) 控制发射、接收天线移动至弓形滑轨法线两侧相同角度位置，使入射角度等于出射角度；  
d) 将与待测超表面具有同等面积的金属板参照物平放在样品支架上并保证两者中心对齐，金属板参照物与待测超表面应完全覆盖样品支架；  
e) 将矢量网络分析仪切换到时域测试模式，设置时域门(起始时间、终止时间)，将金属板参照物在时域中的位置设为时域门的中心，推荐时域门的宽度应覆盖主要信号；  
f) 完成时域门设置后，将时域测试模式切换回频域测试模式并记录金属板参照物此时的反射系数测试结果，完成反射系数测试的校准步骤；  
g) 将金属板参照物替换为待测超表面，记录此时超表面的反射系数测试结果；  
h) 以步骤e得到的测试电平值为参考基准进行归一化处理，得到超表面的镜面反射系数实际测量结果；  
i) 重复测量步骤d~g至少3次，取多次测量结果的算术平均值作为被测超表面的反射率最终测试结果。

### 5.3.2.4 对结果的表示

可以数据、表格或图形表示被测超表面的反射系数与频率的关系，并注明响应的具体类型。如将测量结果以图形的方式绘制在直角坐标轴中，应在图中注明测量的频率、极化、入射/出射角度所对应的反射系数实测数值。

## 5.3.3 散射方向图的测量（弓形架法）

### 5.3.3.1 测量条件

- a) 试验场的配置按照 5.3.2.1 的规定；  
b) 测量要求按照5.3.2.2的规定；  
c) 测试环境符合测量要求,包括频率范围、远场条件、极化、背景噪声等；

### 5.3.3.2 测量步骤

- a) 按5.3.3.1安装测试系统，选择覆盖测试频段的喇叭天线、连接各射频组件，打开测试系统预热；

- b) 将待测超表面平放在样品支架中心；
- c) 设置仪器基本参数，包括起始频率、终止频率、扫描点数、中频带宽、发射功率大小、采样点数目等；在工作频段内一般至少应测量中心频率、上边频和下边频三个频率的散射方向图；
- d) 控制发射天线移动至弓形滑轨入射角度位置，记录其他各角度位置的接收信号电平；在测试过程中，推荐使用时域门功能，以提升测试准确性和精度；
- e) 对各测量频率，重复测量步骤d至少3次，取多次测量结果的算术平均值作为被测超表面的散射方向图最终测试结果。

### 5.3.3.3 对结果的表示

应以图形的方式直观地表示被测超表面的散射方向图与频率的关系，对于每一个测量频率的测试结果，以测试转角范围内的最大电平值为参考基准(规定为0dB)进行归一化处理，其他电平值以相应的负分贝表示。

将测量结果画在直角坐标图或极坐标图上，0dB至-20dB以内的所有测量值都应在图中表示出来，图中应注明测量的平面、频率和极化，还应标注或用数字记录半功率波束宽度和旁瓣电平(以dB为单位)。

### 5.3.4 散射方向图的测量(转台法)

#### 5.3.4.1 测量条件

试验场的配置按照附录C和5.1的规定。

#### 5.3.4.2 测量要求

- a) 天线与被测超表面之间的最小测量距离应为 $10\lambda$ 和按下式计算的 $D_{min}$ 之间的最大者。

$$D_{min} = 2L^2/\lambda$$

式中 $L$ 为被测超表面的最大孔径； $\lambda$ 为测试频率下的波长。

b) 被测超表面应该放置在激励天线辐射电场的均匀区域内，其检验方法如下：用场强仪或其他接收系统在被测超表面有效体积范围内检测电场强度，如果强度的变化不超过1.5dB，则认为测试配置是合格的。否则，需要重新调整超表面的高度及其与激励天线之间的距离，并采用其他减弱环境干扰的措施，以使测试配置满足要求。在检测过程中，应注意使场强仪或其他接收系统的天线与激励天线同极化，并使电缆和测试设备对测量影响最小。

- c) 被测超表面的中心轴应置于或靠近转台的旋转轴；
- d) 超表面被测量在 $0^\circ$ 和 $360^\circ$ 方向的读数差值一般不超过0.5dB。
- e) 测试过程中，所有的测量设备和仪表应具有良好的稳定性、动态范围和测量精度，其综合测量稳定度应保持在 $\pm 0.2\text{dB}$ 以内，频率稳定度保持在 $\pm 0.01\%$ 以内。

#### 5.3.4.3 测量步骤

- a) 根据需要选择被测超表面的E面或H面，并按5.3.4.1和5.3.4.2安装测试系统；
- b) 将激励天线与射频信号源连接并调整射频信号源的频率；在工作频带范围内一般应测量中心频率、上边频和下边频三个频率。
- c) 绕轴旋转被测超表面与激励天线，并记录对应各旋转角的接收信号电平；
- d) 对各测量频率，重复测量步骤c至少3次，取多次测量结果的算术平均值作为被测超表面的散射方向图最终测试结果。

#### 5.3.4.4 对结果的表示

每个测量频率下，以所有旋转角上的最大电平值作为参考，对测量结果进行归一化，最大电平规定为0dB，其他电平值以对应的负分贝表示。

将测量结果画在直角坐标图或极坐标图上，0dB至-20dB以内的所有测量值都应在图中表示出来。图中应注明测量的平面、频率和极化方向，还应标注或用数字记录半功率波束宽度和旁瓣电平(以dB为单位)，必要时注明天线在测量时的取向。

### 5.3.5 响应切换时间的测量

### 5.3.5.1 测量条件

- a) 试验场的配置按照附录D;

### 5.3.5.2 测量要求

- a) 被测超表面上应集成有源器件，其电磁响应特性可随外加偏置电压实时切换；  
b) 激励天线、被测超表面和接收天线之间应具相同的极化方式；  
c) 信号发生器、FPGA、矢量信号接收器三者之间应实现同步相参。

### 5.3.5.3 测量步骤

- a) 信号发生器、FPGA、矢量信号接收器三者通过10MHz时钟实现同步；  
b) 信号发生器发出单音射频信号，频率为被测超表面的中心工作频率；  
c) FPGA输出具有一定周期的时变控制信号至被测超表面。在一个周期内，控制信号的波形可根据被测超表面的功能特性确定。比如，1-bit相位编码超表面的控制信号波形可定制为方波；控制信号周期( $T$ )、采样率( $f_s$ )以及采样点数( $N$ )的关系为： $N = Tf_s$ ；  
d) 矢量信号接收器通过接收天线获得被测超表面散射信号的IQ数据，并提取出散射信号相位（或幅度）随时间变化的曲线。

### 5.3.5.4 对结果的表示

应以数据、表格或图形表示被测超表面的响应与时间的关系，并注明响应的具体类型。

## 5.4 环境试验要求及方法

环境试验的目的是检查超表面的结构、设计是否符合4.3的要求。

小型超表面装入环境试验设备中，较大的超表面可取其含有移相或其他耦合装置的部件装入环境试验设备中进行试验。某一具体产品的环境试验方法，应在产品规范中规定。

本规范规定的为一般情况，供拟定具体产品规范时参考。

环境试验的项目、要求和方法见表1。

表1

试验项目	试验要求		试验方法
低温贮存	温度/ $^{\circ}\text{C}$	$-40 \pm 3$	GB/T 2423.1-2001
	试验样品温度稳定时间/h	1(2,4)	
	持续试验时间/h	2(16)	
	恢复时间/h	1(2,4)	
高温贮存	温度/ $^{\circ}\text{C}$	$55 \pm 2$	GB/T 2423.2-2001
	试验样品温度稳定时间/b	1(2,4)	
	持续试验时间/h	2(16)	
	恢复时间/b	1(2,4)	
冲击	加速度/ $(\text{m}/\text{s}^2)$	300(150)	GB/T 2423.5-1995
	冲击脉冲持续时间/ms	18(11)	
	冲击次数/次	18	
碰撞	加速度/ $(\text{m}/\text{s}^2)$	200(100.50)	GB/T 2423.6-1995
	碰撞脉冲持续时间/ms	6(16)	
	每分钟碰撞次数	40~80	
	总碰撞次数	垂直方向 400 次 前后、左右水平 方向各 300 次， 共 1000 次	
振动(正弦)	频率/Hz	$10 \sim 30$ ; $30 \sim 55$	GB/T 2423.10-1995
	单振幅/mm	0.75; 0.25	
	三个互相垂直轴上各振动	0.5	

	时间/h 谐振点振幅/mm 试验时间/min	0.35 1	
汽车运输	公路路程/km	三级 200	包装好的产品或对运输敏感的电气部件，按标志“向上”或任意位置放置，汽车装有三分之一的额定载重负荷，以20km/h~40km/h的速度行驶
模拟运输	模拟运输试验台 时间/h	宽带随机振动 6	产品规范规定
恒定湿热	温度/°C 相对湿度/% 试验时间/h 恢复时间/h	40±2 90~95 24(48) 1(2,4)	GB/T 2423.3-1993
风载	风速/m/s	36.9	产品规范规定
冰负荷	冰厚度/cm	1	产品规范规定
淋雨	淋雨量/(mm/min) 喷射方式  时间/h	1~2 天线处于实际使用状态，从与垂直线成45°方向的两个相对侧面同时喷射。 2	产品规范规定
注：表1试验要求中是否采用括号内的数值由产品规范规定。			

环境试验一般要求做低温、高温、冲击、振动（正弦）和恒定湿热五个项目。其他项目可根据产品的实际使用情况选择，或增加表1中没有的项目。若产品需增加试验项目，在表2、表4中也应考虑相应地增加这些项目。

## 6 检验规则

产品检验分为两类：鉴定检验和质量一致性检验。

### 6.1 鉴定检验

鉴定检验是用同一型号的若干样品进行一系列完整的检验，其目的在于确定制造者是否有能力生产符合该产品规范要求的产品。

当产品进行设计定型、生产定型或主要的设计、工艺、材料及零部件变更后恢复生产时，均应进行鉴定检验。

#### 6.1.1 检验样品数

检验样品数一般不少于4个，特殊产品检验样品数允许为2个。

#### 6.1.2 检验步骤

检验一般按表2规定的项目和顺序进行。

#### 6.1.3 失效数

失效数按表2规定，若超过表2允许的数量规定时，则本次鉴定不通过。

表2

序号	检验醒目	要求章条号	检验章条号	检验样品数	失效数
1	一般结构			2或4	0
8	低温贮存试验				
9	高温贮存试验				
10	冲击试验				
11	振动（正弦）试验				
12	恒定湿热试验				
13					

## 6.2 质量一致性检验

### 6.2.1 逐批检验（交收试验）

#### 6.2.1.1 检验批

一个检验批应从一条或几条生产线上，在基本相同的条件下连续生产的同一型号的产品中抽样组成。

#### 6.2.1.2 抽样方案

抽样方案按GB/T2828.1—2003进行统计抽样检验。检验水平为Ⅱ级，接收质量限推荐表3优选值，可采用一次或二次抽样方案类型。

表3

缺陷类型	接收质量限（AQL）			
	重缺陷不合格	1.5	2.5	4
轻缺陷不合格	4	6.5	10	15

#### 6.2.1.3 检验步骤

逐批检验一般按表4规定的项目和顺序进行。

#### 6.2.1.4 检验处理

如果一个检验批不通过，应返工修理或筛选出有缺陷的产品，然后重新提交检验。重新提交检验批应按GB/T2828.1—2003中转移规则规定进行处理。

### 6.2.2 周期检验（例行试验）

#### 6.2.2.1 抽样方案

抽样方案按GB/T2829—2002进行统计抽样。一般情况下，采用判别水平Ⅲ级，周期不合格质量水平（RQL）优选值用65或80，可采用一次或二次抽样方案类型，判定数组或样品大小由产品规范规定。

#### 6.2.2.2 检验步骤

周期检验样品一般应按表4规定的项目和顺序，且在已通过逐批检验的产品上进行。

表4

序号	检验醒目	要求章条号	检验章条号
1	低温贮存试验		
2	高温贮存试验		
3	冲击试验		
4	振动（正弦）试验		
5	恒定湿热试验		

### 6.2.2.3 检验处理

如果周期检验不通过，产品的交货应暂时停止。直到产品设计采取改进措施，经周期检验合格后产品才可交货。对于检验不合格的原因应进行分析，并写入检验报告，只要最终通过了周期检验，检验不合格的原因可不作为鉴定依据。

## 7 标志、包装、运输和贮存

### 7.1 标志

产品包装上应有清晰的标志，其标志应包括以下内容：

- a) 产品型号；
- b) 公司名称或注册商标；
- c) 出厂编号；
- d) 生产日期；
- e) 产品数量；
- f) 执行标准编号。

### 7.2 包装

产品包装应根据产品的尺寸、质量，选用合适的材料和结构，必要时应有防震、防潮和其他保护措施，以保证运输过程中不受损坏。包装箱上应有满足GB/T 191的“小心轻放”、“防潮”等标志，标记应整齐、清楚、耐久。包装箱内应有设备合格证明、使用说明文件、保修证明等。

### 7.3 运输

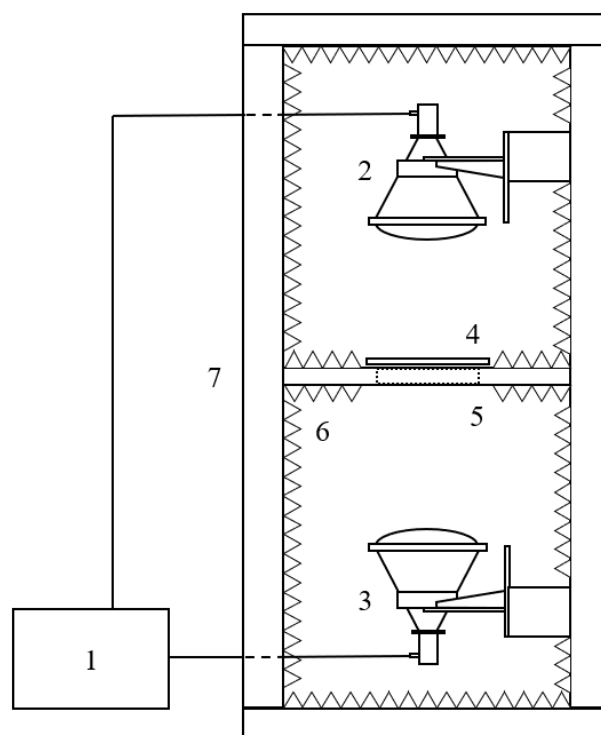
装有产品的包装箱允许用一般运输工具运输，但要避免水浸、暴晒，严禁剧烈振动和跌落，并尽量避免雨淋、沙尘，严禁违章装载。

### 7.4 贮存

存放产品的仓库环境温度为-20℃~60℃，相对湿度不大于80%，室内无酸、碱及腐蚀性气体，无强烈的机械振动、冲击、强磁场作用。贮存期由产品规范规定。



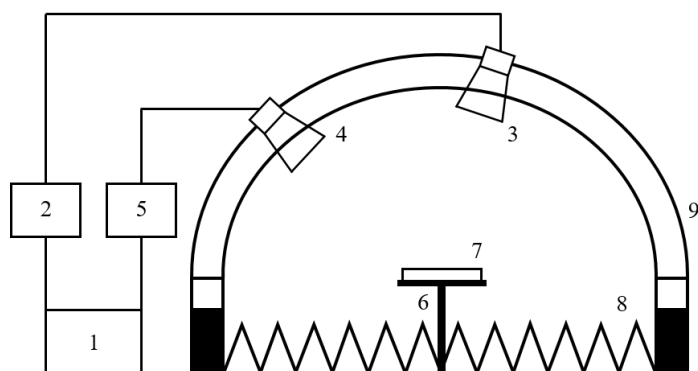
附录 A  
(规范性)  
透镜法测试超表面透反射系数的配置



注：

- 1——矢量网络分析仪
- 2——发射点聚焦透镜喇叭天线
- 3——接收点聚焦透镜喇叭天线
- 4——待测超表面
- 5——托盘中心孔
- 6——吸波材料
- 7——测试平台外部支撑结构

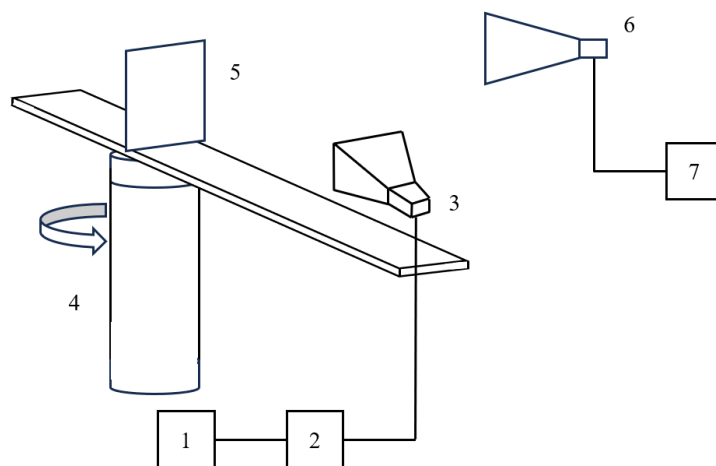
附录 B  
(规范性)  
弓形架法测试超表面反射系数、散射方向图的配置



注：

- 1——矢量网络分析仪
- 2——功率放大器
- 3——发射天线
- 4——接收天线
- 5——低噪声放大器
- 6——样品支架
- 7——待测超表面/金属板
- 8——背景吸波材料
- 9——外部弓形支撑滑轨

附录 C  
(规范性)  
转台法测试超表面散射方向图的配置



注：

1——信号发生器

2——隔离器

3——标准增益天线

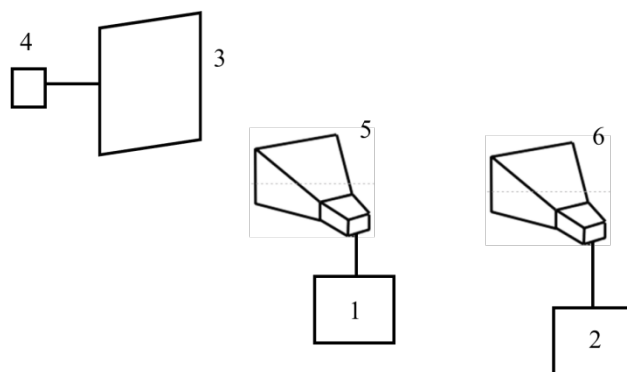
4——转台

5——待测超表面/金属板

6——接收天线

7——接收设备

附录 D  
(规范性)  
测试超表面响应切换时间的配置



注：

- 1——信号发生器
- 2——矢量信号接收器
- 3——待测超表面
- 4——FPGA
- 5——激励天线
- 6——接收天线

参 考 文 献