

# 中华人民共和国国家标准

GB/TXXXX.9—XXXX/IEC TS 62132-9:2014

# 集成电路 电磁抗扰度测量 第9部分:辐射抗扰度测量 表面扫描法

Integrated circuits - Measurement of electromagnetic immunity

- Part 9: Measurement of radiated immunity-Surface scan method

(IEC/TS 62132-9: 2014, IDT)

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布 国家标准化管理委员会 发布

## GB/T XXXX. 9-XXXX/IEC TS 62132-9:2014

前言	IV
引言	V
1 范围	
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	
3.2 缩略语	2
4 概述	2
5 试验条件	2
5.1 概述	2
5.2 电源电压	2
5.3 频率范围	3
6 试验设备	3
6.1 概述	3
6.2 屏蔽	3
6.3 RF 骚扰发生器	
6.4 电缆	
6.5 近场探头	3
6.6 探头定位和数据采集系统	4
6.7 DUT 监测器	
7 试验布置	
7.1 概述	
7.2 试验布置	5
7.3 试验电路板	
7.4	b _
7.5 DUT 软件	
8 试验程序	
8.1 慨处	
6.2 运1 恒宜 9.2 结状度注应	
0.5 加九反 风迎	0
<ul> <li>7 以③21以□</li> <li>0 1 概法</li> </ul>	
7.1 例处	
93 挥斗设计和校准	
94 试验数据	۲ ۶
9.5 后处理	
9.6 数据交换	

# GB/T XXXX.9-XXXX/IEC TS 62132-9:2014

参考文献			18
附录 C	(资料性)	坐标系统	15
附录 B	(资料性)	电场探头和磁场探头	13
附录 A	(资料性)	近场探头校准	9

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。

GB/T XXXXX《集成电路 电磁抗扰度测量》为集成电路电磁抗扰度测量方法标准。

本文件是GB/T XXXXX的第9部分。GB/T XXXXX已经发布了以下部分:

- ——第1部分:通用条件和定义;
- ——第2部分:辐射抗扰度测量 TEM小室和宽带TEM小室法;
- 一一第3部分:大电流注入(BCI)法;
- 一一第4部分: 射频功率直接注入法;
- 一一第5部分:工作台法拉第笼法;
- 一一第8部分: 辐射抗扰度测量 带状线法;
- 一一第9部分:辐射抗扰度测量 表面扫描法。

本文件使用翻译法等同采用IEC TS 62132-9:2014《集成电路 电磁抗扰度测量 第9部分:辐射抗扰 度测量 表面扫描法》。

与本文件中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- ——GB/T 2900.74-2008 电工术语 电路理论(IEC 60050-131: 2002, MOD)
- ——GB/T 4365-2003 电工术语 电磁兼容(IEC 60050-161:1990, IDT)
- ---GB/T XXXXX.1-XXXX 集成电路 电磁抗扰度测量 第1部分:通用条件和定义(IEC 62132-1:2015, IDT)
- ---GB/T XXXXX.1-XXXX 集成电路 电磁发射测量 第3部分: 辐射发射测量 表面扫描法(IEC TS 61967-3:2014, IDT)
- 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。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国半导体器件标准化技术委员会(SAC/TC78)归口。

本文件起草单位:。

本文件主要起草人:。

```
引 言
```

为规范集成电路电磁抗扰度测量,以及为集成电路制造商和检测机构提供不同的电磁抗扰度测量方法,GB/T XXXX规定了集成电路电磁抗扰度测量的通用条件、定义和不同测量方法的试验程序和试验要求,拟由7个部分构成。

- 一一第1部分:通用条件和定义,目的在于规定集成电路电磁抗扰度测量的通用条件和定义。
- ——第2部分:辐射抗扰度测量 TEM小室和宽带TEM小室法,目的在于规定TEM小室和宽带TEM小室法 的试验程序和试验要求。
- 一一第3部分:大电流注入(BCI)法,目的在于规定大电流注入法的试验程序和试验要求。
- 一一第4部分:射频功率直接注入法,目的在于规定射频功率直接注入法的试验程序和试验要求。
- 一一第5部分:工作台法拉第笼法,目的在于规定工作台法拉第笼法的试验程序和试验要求。
- 一一第8部分:辐射抗扰度测量带状线法,目的在于规定带状线法的试验程序和试验要求。
- 一一第9部分:辐射抗扰度测量 表面扫描法,目的在于规定表面扫描法的试验程序和试验要求。

# 集成电路 电磁抗扰度测量 第9部分:辐射抗扰度测量 表面扫描法

#### 1 范围

本文件规定了评估近电场、近磁场或近电磁场分量对集成电路(IC)影响的测量方法。本测量方法 旨在用于IC的架构分析,例如平面规划和配电优化。本测量方法也可用于测量扫描探头能够靠近的、安 装在任何电路板上的IC。某些情况下,本测量方法不仅可以扫描IC,还可以扫描IC的环境。为了对比不 同IC的表面扫描抗扰度,宜使用IEC 62132-1规定的标准试验板。

本测量方法提供了IC对其上方的电场或磁场近场骚扰的敏感度(抗扰度)图。测量探头的性能和探 头定位系统的精度决定了测量的分辨率。本方法预期使用的最高频率为6 GHz。使用现有探头技术可以 扩展上限频率范围,但这超出了本文件的范围。本测量方法使用连续波(CW)、幅度调制(AM)或脉冲 调制(PM)信号在频域进行。

## 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。

IEC 60050-131 国际电工术语-第131章: 电路理论(International Electrotechnical Vocabulary (IEV) -Chapter 131: Circuit theory)

IEC 60050-161 国际电工术语-第161章: 电磁兼容 (International Electrotechnical Vocabulary (IEV) -Chapter 161: Electromagnetic compatibility)

IEC 62132-1 集成电路 电磁抗扰度测量(150 kHz~1 GHz) 第1部分:通用条件和定义(Integrated circuits – Measurement of Electromagnetic Immunity, 150 kHz to 1 GHz – Part 1:General conditions and definitions)

IEC TS 61967-3 集成电路 电磁发射测量 第3部分: 辐射发射测量 表面扫描法 (Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions - Part 3:Measurement of radiated emissions - Surface scan method)

## 3 术语、定义和缩略语

## 3.1 术语和定义

IEC 62132-1、IEC 60050-131和IEC 60050-161界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3. 1. 1

#### 高度 altitude

近场探头的顶端与扫描参考平面(例如PCB、封装的上表面)之间的距离。 注:术语"高度"在本文件中是指笛卡尔坐标系中垂直方向(Z轴)的高度。 [来源: GB/T XXXXX-XXXX, 3.1.1] 3. 1. 2

## 探头系数 probe factor

近场评估中规定位置的电场强度或磁场强度与在探头输出端测量的或施加给探头输入端的信号电平之比。

[来源: GB/T XXXXX-XXXX, 3.1.2]

3.1.3

**空间分辨率** spatial resolution 探头区分两点之间测量场的能力。

## 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DUT 受试器件(device under test)

- NFS 近场扫描 (near-field scan)
- PCB 印制电路板 (printed circuit board)

#### 4 概述

通过施加电场和磁场在IC表面进行扫描,可以得到IC封装内部块的相对敏感的信息。这可用于不同 架构之间的比较,以便于提高IC的RF抗扰度。定义默认判据以确定特定位置的抗扰度电平。

IC的表征包括在特定频率给探头施加功率获取一系列的测量值。根据扫描位置的数量以及在每个位 置测量的频率数量,芯片或封装的每次扫描都会收集大量数据。由于所需的精度和测量数据量,该试验 方法使用计算机控制的探头定位和测量系统以实现准确且可重复的探头数据。应准备或采用控制软件以 控制此类系统中的光学精密步进电机。该方法通常还需要专门的软件程序进行大量的数据分析和处理。 扫描时间取决于频率点的数量或扫描次数、测量位置的数量以及数据收集系统的能力。

由于IC工艺、封装技术及其物理尺寸的变化大,本文件对探头定位系统或近场探头的设计不作具体 规定。定位系统和探头的设计取决于待测的频率范围、空间分辨率、场的类型以及可用组件(例如步进 电机等)的性能。

空间分辨率取决于探头的物理尺寸和结构。如果空间分辨率已知,则应包括在试验报告中。

本测量方法没有规定IC表面上方探头的高度。探头的实际高度应包括在试验报告中。

应选择探头步长,以充分利用空间分辨率,同时尽量减少测量点的数量。在芯片或封装的特定区域, 步长可以更小,以获得更高的分辨率。通过对数据进行后处理以获得更高的分辨率,可以降低测量时的 空间分辨率,从而可以使用更大的步长。

#### 5 试验条件

## 5.1 概述

试验条件应满足IEC 62132-1的要求。此外,还应满足下列试验条件。

#### 5.2 电源电压

电源电压应满足IC制造商的规定。如果用户同意使用其他电压值,那么应在试验报告中予以说明。

#### 5.3 频率范围

本辐射抗扰度测量方法的有效频率范围为150 kHz~6 GHz。如果单个探头不能覆盖整个频率范围,则可以将整个频率范围分成多个子频率范围,以允许使用多个探头,每个探头适合单独的子频率范围。

#### 6 试验设备

#### 6.1 概述

试验设备应满足IEC 62123-1的要求。此外,还应满足下列试验设备要求。

## 6.2 屏蔽

探头和测量设备之间的连接宜采用双层屏蔽或半刚性同轴电缆。根据施加给近场探头的射频功率, 可能需要在屏蔽室内进行试验。

#### 6.3 RF 骚扰发生器

应使用具有足够功率的射频骚扰发生器。射频骚扰发生器由带有或不带有调制功能的射频信号源和 射频功率放大器(必要时)组成。功率放大器应能够处理所使用的骚扰信号类型(CW、AM或PM)而不 会产生过大的失真。在所测量的频率范围内,射频骚扰发生器输出端的VSWR(电压驻波比)应小于1.5。 当使用 50 Ω负载端接时,射频骚扰发生器的输出功率的准确度应满足+/-0.5 dB或更优。

注:近场探头通常具有非常差的回波损耗。如果探头不具有良好的阻抗匹配,则探头产生的电场强度或磁场强度将 随频率而变化。此外,为了避免损坏功率放大器,在选择功率放大器时要特别注意其稳定性和承受高反射功率 的能力。如果必要,可在射频骚扰发生器和探头之间增加可承受功率电平的衰减器。

#### 6.4 电缆

由于探头的扫描运动,需要在试验装置的某些部件之间使用柔性电缆进行连接。除了保持电缆的高频性能外,还应注意选择耐用电缆用于探头的扫描移动。作为频率函数的电缆损耗需包括在试验报告中。

由于试验过程中电缆的反复移动,会加速电缆的老化,应定期对电缆进行校准。当试验频率高于1 GHz 时,应在每次试验前对电缆进行校准。

#### 6.5 近场探头

#### 6.5.1 概述

根据用户的优选、被测场的类型、射频骚扰发生器的能力以及测量所需的空间分辨率,用于表面扫描的近场探头可选取不同的形式。附录A给出了探头校准的详细信息。探头的校准给出了探头轴上给定距离的场强。在实际中,探头用于给DUT施加骚扰,但由于DUT的存在,会改变关注点的场强和方向。可以使用后处理来修正场的失真<sup>[11]</sup>。有些探头仅在特定方向产生场。为了在多个方向产生场,需要在扫描过程中更换探头或旋转探头。测量探头的简要描述应包含在试验报告中。为了改善探头的回波损耗,好的作法是为探头串联一个阻值合适的电阻或在靠近探头端口插入一个衰减器。6.5.2和6.5.3中讨论各种类型的近场探头。

#### 6.5.2 磁场探头

对于磁场试验,通常使用单匝微型磁环探头。典型的磁场探头由导线、同轴电缆、PCB走线或其他适当的材料组成。附录B和IEC 61967-6<sup>[2]</sup>给出了磁场探头的示例。

## 6.5.3 电场探头

对于电场试验,通常使用微型电场探头。典型的电场探头由导线、同轴电缆、PCB走线或其他适当的材料组成。附录B给出了电场探头的示例。

#### 6.6 探头定位和数据采集系统

本测量方法需要精确的探头定位系统和数据采集系统。探头定位系统应能在至少两个轴(平行于DUT 表面)上移动探头,且至少应能以所需步长十分之一的机械步距定位探头。尽管本文件使用笛卡尔坐标 系扫描(X轴、Y轴和可选的Z轴),但极坐标系和柱坐标系扫描也是可能的。附录D定义了三个坐标系以 及如何在它们之间转换位置信息。当使用笛卡尔坐标系时,首选右手坐标系。如果使用左手坐标系,应 在试验报告中注明。在某些情况下,探头定位系统需具有旋转探头的机械结构以调整探头方向。它可以 由数据采集系统控制。

旋转后近场探头的 x、y 和 z 位置可能会出现对不准的情况。需注意通过对探头重新定位以补偿 由此产生的偏移。

图1给出了一个探头定位系统的示例。DUT要安装在PCB上,且PCB通常安装在试验夹具上以提高稳定性,然而这些细节未在图1中示出。

数据采集系统通常是安装了特定软件的计算机,该软件能实现所需的扫描参数,控制测量仪器和探头扫描系统,并采集数据。系统配置和控制软件都应在试验报告中进行描述。



图 1 探头定位系统示例

#### 6.7 DUT 监测器

试验过程中应监测DUT的性能,以确定DUT是否发生性能降级。监测设备不应受到注入的RF骚扰信号的影响。

## 7 试验布置

#### 7.1 概述

4

试验布置应满足IEC 62132-1的要求,此外,还应满足以下试验布置的要求。

## 7.2 试验布置

图2给出了一般试验布置。



图2 试验布置

## 7.3 试验电路板

在其上安装DUT并进行扫描的试验电路板,可以是扫描探头可达的任意电路板。如果为了进行比较评估多个IC,则这些IC应在相同的PCB上进行试验。该PCB可以是应用IC的电路板,也可以是根据IEC 61967-1设计的标准电路板。

试验电路板应牢固地安装在探头定位系统中以提高试验的复现性。这应通过使用一个对辐射场具有最小影响的试验夹具来实现。

## 7.4 探头定位系统软件设置

配置DUT及其试验PCB之后,需确认探头定位系统软件是否设置了所需的扫描参数,特别是与需扫描的要求区域有关的参数。应确保在要求的扫描区域内没有可能损坏探头的障碍物。一些扫描仪软件需要参考点来补偿对齐误差、原点偏移等,以及提高测量的复现性。摄像头、激光器和其他此类技术均可用于辅助对齐。DUT的图像也可被记录并用作场测量的背景(见9.4)。以上程序的简要描述也应包括在试验报告中。

## 7.5 DUT 软件

在测量期间,DUT应运行合适的软件,以满足IEC 62132-1的要求。试验报告中应包含软件的描述。

## 8 试验程序

#### 8.1 概述

除非本文件另有规定,否则试验程序应符合 IEC 62132-1 的要求。这些默认试验条件旨在确保一致的试验环境。应执行以下步骤:

a)运行检查(见8.2);

b)抗扰度测量(见8.3)。

如果此程序的用户同意其他试验条件,这些条件应记录在试验报告中。

#### 8.2 运行检查

在环境试验条件下给DUT通电并完成运行检查以确认其功能正常(例如运行DUT试验代码)。在运行 检查过程中,RF骚扰发生器和任何监测设备应加电;然而,RF骚扰发生器的输出应关闭,探头的位置应 远离DUT。DUT的性能不应因为环境条件而降低。

#### 8.3 抗扰度试验

## 8.3.1 概述

试验板通电,DUT工作在预期的试验模式下,在要求的频率范围内测量注入的 RF 骚扰信号电平,同时监测 DUT 的性能是否存在降低现象。

## 8.3.2 RF 骚扰信号

RF 骚扰信号可以是:

- CW 连续波;
- •调制频率1 kHz、调制深度 80%的幅度调制信号;
- •脉冲重复率1 kHz、占空比 50%的脉冲调制信号;
- •如果试验需要,也可以使用其他调制。

## 8.3.3 试验频率步长和范围

DUT的 RF 抗扰度通常在 150 kHz~6 GHz 频率范围内进行。试验频率按照表 1 的规定。

表1 频率步长与频率范围

频率范围	0.15~1	1~100	100~1000	$1000{\sim}6000$
MHz				
线性步长	≤0.1	≤1	≤10	≤20
MHz				
对数步长	≪5%增量			

宽频率范围内的抗扰度扫描是非常的耗时。为了缩短试验时间,可仅在关键频率及其频点附近评估 DUT的RF抗扰度。关键频率是对DUT非常重要的频率,即DUT的发射频率、接收频率或运行频率,包括晶 振频率、振荡器频率、时钟频率、数据频率。

#### 8.3.4 试验电平和驻留时间

应逐步增加试验信号电平,同时根据 8.3.6.2 对 DUT 进行监测。步长和试验电平应记录在试验报告中。

对于每个试验频点与试验电平, RF 骚扰信号应至少保持 1 s (或者不小于 DUT 的最短响应时间以及 监测系统判定性能降级所需的最短时间)。

## 8.3.5 DUT 的监测

根据 IEC 62132-1 的规定, 应使用合适的试验设备监测 DUT 的性能, 以确定 DUT 是否发生性能降级。

#### 8.3.6 详细程序

## 8.3.6.1 场强确定

在每个试验频点,应按照附录 A 所述的探头高度,使用合适的探头系数,调整信号发生器以达到预定的电场强度。

#### GB/T XXXX. 9-XXXX/IEC TS 62132-9:2014

小尺寸的探头通常会限制施加的功率电平。施加的功率过大可能会改变探头的输出性能,在最坏的 情况下可能会使探头永久的损坏。试验中需注意限制施加的功率,以免产生此类影响。

#### 8.3.6.2 抗扰度试验流程

试验过程如下所述。

试验程序取决于 DUT 的配置、试验设备、定位系统和数据采集系统以及用户的优选。例如,可以将 探头放置在特定位置,在整个频率范围内测量数据,然后移至下一个位置。然而,在改变试验频率并重 新扫描整个表面之前,最好在特定频率测完整个表面的数据。

在抗扰度试验前,应确定要施加给探头的最大信号电平。该最大信号电平取决于不同的方面,包括 探头的最大额定功率、RF 骚扰发生器的最大输出电平、对 DUT 有危害的场强(例如,可能会对 DUT 造 成永久性损坏的场强)。

在每个位置和频率,可以使用以下两种方法之一进行此试验:

- a)将RF骚扰发生器的输出设置在一个较低的值(例如比预定最大信号电平低20 dB),然后缓慢增加至预定最大信号电平,同时监测DUT的性能变化情况。应记录所有等于或低于预定最大信号电平时DUT出现的性能降级。
- b) 设置RF骚扰发生器输出值,使骚扰信号达到预定最大信号电平,同时监测DUT的性能。此时,DUT 的任何性能降级都应予以记录。然后降低信号发生器的输出值直到DUT恢复正常状态。记录此时 的输出电平。

如果上述两种测量方法 DUT 表现出不同的响应,则推荐使用 a)和 b)方法都进行试验。此外,在 某些情况下,可能需要复位或重启 DUT 以返回到正确运行。

对于在单方向上产生场的探头,探头可以在每个位置自动旋转以产生例如 X 方向场和 Y 方向场。如 果手动旋转,通常将探头固定在一个方向上,扫描整个表面,然后将其旋转 90°,,再重新扫描表面。 如果将探头从 XY 平面施加的场转换为从 Z 平面施加的场,也使用类似的程序。在所有情况下,都应注 意确保转换后探头相对于 DUT 的角度和位置是否正确。

扫描可以在平行或垂直于 IC 表面的平面中进行,也可在可形成三维图谱的一系列平面中进行。可 改变试验频率来评估频率对 IC 抗扰度图的影响。可改变多个试验平面与 IC 表面之间的距离,以得到 IC 抗扰度图的三维图。探头的扫描平面和步进可根据试验目的任意确定。尽管扫描通常是在 DUT 上方 的恒定高度进行,但它们也可以围绕 DUT 的轮廓和周围区域进行扫描。

数据采集系统存储每个位置,探头方向和不同频率时施加给探头的 RF 骚扰电平。后处理程序可以 对衰减器,电缆等引起的损耗进行修正。可以使用探头校准数据将施加的信号电平转换为磁场或电场强 度。

#### 9 试验报告

## 9.1 概述

试验报告应满足 IEC 62132-1 规定的以及下列要求。

## 9.2 试验条件

所有试验条件都应记录在试验报告中。典型的试验条件包括扫描频率、扫描区域、扫描探头高度, 扫描步长和探头方向。与数据采集软件和辅助对准有关的信息也可记录在试验报告中。

#### 9.3 探头设计和校准

探头的物理结构设计,校准程序和校准数据都应在试验报告中进行描述。

## 9.4 试验数据

通过近场扫描试验获取的数据量非常大,很难进行查看和分析。为了提供有关DUT近场抗扰度有意 义的信息,可将数据表示为一个阵列或一系列阵列,其中使用灰度或色度表示所施加的信号电平或场强。 可将该数据阵列叠加显示在DUT的图像上,从而便于对抗扰度低的各个区域进行定位。图3给出了数据阵 列的示例。黄色(亮色)表示抗扰度最低的区域,黑色表示抗扰度最高的区域。在此示例中,已使用特 定高度的探头系数将施加给试验探头的信号电平转换为磁场强度(单位:dBA/m)。



图3 覆盖在DUT图像上的数据示例

试验数据也可包括在图形、表格或任何其他表示形式中,便于用户观察结果。

## 9.5 后处理

对采集的近场扫描数据进行后处理可显著提高其分辨率和显示效果,并减少数据采集时间。 适用时,对数据进行的任何后处理均应参考特定软件或书目进行描述。

## 9.6 数据交换

为了便于用户之间的数据交换, 宜使用IEC TR 61967-1-1<sup>[3]</sup>中描述的XML格式。

# 附 录 A (资料性) 近场探头校准

#### A.1 概述

探头的校准可补偿产生的磁场或电场强度随频率的变化,并可将其输入的信号电平转换为磁场或 电场强度。施加的信号电平和场强与探头的探头因子有关。以下计算探头因子的公式均为常用公式。本 文件无意强调其中的任一个,因此对所有公式都进行了描述。

当施加电压或电流给探头的输入端时,探头因子可根据以下式(A.1)或式(A.2)进行计算:

$$F_{\rm PA} = \frac{M_{\rm F}}{F} \cdots (A.1)$$

或 
$$F_{\rm PB} = \frac{F}{M_{\rm F}}$$
 (A. 2)

式中:

*F*<sub>PA</sub>、*F*<sub>PB</sub>一一探头因子;

 $M_{\rm F}$ ——施加给探头的信号电平,单位为伏特(V)或安培(A);

F——场强,单位为伏特每米 (V/m) 或安培每米 (A/m);

F<sub>PA</sub>、F<sub>PB</sub>——两者互为倒数。

当测量探头输出端的功率时,探头因子可根据以下式(A.3)或式(A.4)进行计算:

$$F_{\rm PC} = \frac{M_{\rm F}}{F^2} \tag{A.3}$$

或 
$$F_{\rm PD} = \frac{F^2}{M_{\rm F}}$$
 (A. 4)

其中:

*F*<sub>PC</sub>、*F*<sub>PD</sub> — 一探头因子;

 $M_{\rm F}$ ——施加给探头的信号电平,单位为瓦特(W);

F——场强,单位为伏特每米 (V/m) 或安培每米 (A/m);

F<sub>PC</sub>、F<sub>PD</sub>一一两者互为倒数。

探头因子也可以用 dB 表示。

适用关系易通过探头因子的单位来识别。表 A.1 和表 A.2 给出了允许的单位组合。为避免混淆,不 宜使用比例因子(k、m、µ 等)。单位中使用括号可避免与其他单位混淆(例如,dBm 表示 dB 毫瓦, dB(m)表示 dB 米)。

探头因子		F <sub>PA</sub> 或F <sub>PC</sub>		F <sub>PB</sub> 或F <sub>PD</sub>	
场强单位 (F)		A/m	V/m	A/m	V/m
测泪的信息	V	Ω • m(A. 1)	m(A.1)	S/m(A.2)	1/m(A.2)
测侍的信亏 首 <i>位(1</i> 1)	А	m(A.1)	S•m(A.1)	1/m(A.2)	$\Omega/m(A.2)$
单位 (廣)	W	$\Omega \cdot m^2(A.3)$	$S \cdot m^{2}(A.3)$	$S/m^{2}(A. 4)$	$\Omega/m^2(A.4)$
注: 括号中的数字是指相应的公式。					

表A.1 探头因子线性单位

探头因子		$F_{ m PA}$ §	或 F <sub>PC</sub>	F <sub>PB</sub> 或F <sub>PD</sub>	
场强单位 (F)		dBA/m	dBV/m	dBA/m	dBV/m
测復的信息的	dBV	$dB(\Omega \cdot m) (A. 1)$	dB(m)(A.1)	dB(S/m)(A.2)	dB(1/m)(A.2)
测得的信亏里	dBA	dB(m)(A.1)	dB(S • m)(A.1)	dB(1/m)(A.2)	dB( $\Omega/m$ )(A.2)
$1 \underline{M}_{\rm F}$	dBW	$dB(\Omega \bullet m^2) (A. 3)$	$dB(S \bullet m^2) (A. 3)$	$dB(S/m^2)$ (A. 4)	dB( $\Omega/m$ ) <sup>2</sup> (A. 4)
注: 括号中的数字是指相应的公式。					

表A.2 探头因子对数单位

对于抗扰度扫描,探头会产生场(电场或磁场),其强度会随着与探头的距离增加而减小。距离与场强之间的关系取决于探头的类型。因此,将探头因子定义为频率和高度的函数。需注意包括足够的频

图A.1和图A.2给出了探头因子与频率之间关系的典型曲线图。

率和高度以准确描述探头的特性。



图A.1 典型探头因子(dB(Ω·m<sup>2</sup>)与频率之间的关系曲线



图A.2 典型探头因子(dB(S/m<sup>2</sup>)与频率之间的关系曲线

供应商可能会随探头一并提供校准数据。在这种情况下,不需要通过下述方法进行校准。但是,需 使用以下方法定期进行验证。

用于试验的探头应按照下述程序进行校准。为了获得探头的探头因子,使用适当类型(磁场,电场) 和场方向的已校准的 NFS 发射探头测量产生的场<sup>[4][5]</sup>。该方法是将一个已知的 RF 信号电平施加给抗扰 度探头,并在适当方向上测量距探头不同距离处的场强。探头因子是施加的信号电平与测得的场强之间 的比值。此校准方法需使用上述表面扫描测量布置进行,以减小测量误差并确保高水平的可重复性。

也可以使用替代方法,例如探头的三维电磁仿真<sup>66</sup>。使用的校准方法需在试验报告中注明。

A.2 试验设备

用于校准探头的试验设备需满足第6章规定的信号发生器的要求,以及满足GB/T XXXXX.3规定的辐射场强测量设备的要求。

## A.3 校准布置

用于校准探头的试验布置需满足第7章激励抗扰度探头的规定,以及GB/T XXXXX.3规定的辐射场强测量设备的要求。图A.3示出了用于校准的试验布置。

为了符合高度的定义, 需在相对探头的顶端之间进行测量。



## 图A.3 探头校准布置

#### A.4 校准程序

探头的校准因子是通过用所需频率的信号驱动抗扰度探头并测量已校准发射探头输出的信号电平进行确定的。选取的施加功率需在所有校准频率下产生至少20 dB噪声裕量的测量信号。 宜使用以下校准程序:

#### GB/T XXXX. 9-XXXX/IEC TS 62132-9:2014

- a)将探头安装在合适的试验夹具中,以使探头顶端之间的距离与所需的高度相对应。需注意确保 抗扰度探头和已校准发射探头的对准,目的是使测得的已校准发射探头的输出信号电平最大。为 了便于在很宽的频率范围内和不同高度进行校准,可以将一个探头安装在扫描台上合适的试验夹 具中,另一个探头安装在探头定位系统的可移动部件上。在这种情况下,使用探头定位系统可在 X方向和Y方向上以恒定的高度进行扫描,并记录已校准的发射探头输出的最大信号电平;
- b)将信号发生器连接到待校准的抗扰度探头上;
- c)将已校准的发射场探头的输出连接到测量仪器,如图A.3所示;
- d)将信号发生器设置为要校准的第一个频率;
- e)将信号发生器设置为适当的输出功率。这将激励产生待校准的抗扰度探头周围的电磁场;
- f)记录用测量仪器测量的已校准发射探头的输出电平。如果适用,在X方向和Y方向上进行局部扫描, 并记录用测量仪器测量已校准发射探头的输出电平。注意是最大信号电平;
- g)根据已校准的发射探头的探头因子以及测得的信号电平,计算产生的场强;
- h)使用适当的式(A.1)、式(A.2)、式(A.3)或式(A.4),从测得的场强和施加的信号电平计 算抗扰度探头的探头因子;
- i)每十倍频程至少重复测量三个离散频率,直到最大所需频率;
- j)绘制探头因子与频率之间的关系图;
- k)对每个所需的高度重复步骤a)~j)。

# 附 录 B (资料性) 电场探头和磁场探头

#### B.1 概述

可以使用单独的电场探头和磁场探头或复合电磁场探头进行表面扫描试验。只要能满足用户的需要,使用单独的电场探头或磁场探头可以简化试验布置和数据处理。本文件没有规定单独的电场和磁场探头的设计和构造,可以使用多种探头来满足用户的特定要求。GB/T XXXXX.3 中描述了一种用于发射测量的复合电磁场探头。

本文件也没有规定用于采集和处理测量数据的试验系统和数据处理程序,可以根据所用探头的类型和所需目的而进行改变。

下面提供了单独的电场探头、磁场探头的示例。

## B.2 探头的电特性

单独的电场探头和磁场探头的等效电路以及其输出如图B.1所示。该图表明了场探头如何产生电场和磁场。施加给电场探头和磁场探头的信号会分别产生电场或磁场。对于磁场探头,在环路中流动的电流 *I*<sub>4</sub>会产生磁场。对于电场探头,施加给探头的电压 *V*<sub>6</sub>会产生电场。





图B.1 电场探头和磁场探头原理图的基本结构示意图

## B.3 探头的物理描述

#### B.3.1 探头结构

有许多不同结构可用于电场探头和磁场探头, B. 3. 2 和 B. 3. 3 所描述的探头示例是由半刚同轴电 缆制作的。用电缆制作的优点是探头的物理尺寸小且易于阻抗控制,缺点是制作困难且容易损坏。

#### B.3.2 电场探头

图 B.2 给出了电场探头的示例。电场辐射器是中心导体。注意延长电缆的屏蔽层以覆盖中心导体。 产生的场方向平行于导体(此处指 E<sub>z</sub>)。



图B.2 电场探头结构示例(E<sub>z</sub>)

## B.3.3 磁场探头

图 B.3 给出了磁场探头的示例。磁场辐射器是一个由内导体形成的与屏蔽层短路的单个线圈。产生的场方向垂直于线圈平面(此处指 H<sub>x</sub>和 H<sub>y</sub>)。



图B.3 磁场探头结构示例(H<sub>x</sub>或H<sub>y</sub>)

附 录 C(资料性)坐标系统

#### C.1 概述

在近场扫描中可能会用到三种坐标系:

--笛卡尔坐标系 (x, y, z)

--柱坐标系 (r, A, h)

--球坐标系 (r, A, B)

最常用的坐标系是笛卡尔坐标系。坐标系的选取不仅要考虑探头位置,还要考虑场方向。探头位置 和场方向应使用同一坐标系。

如 C.5 所述,一个坐标系或场方向可容易地变换到另一个坐标系。

## C.2 笛卡尔坐标系

为适应不同扫描平台的坐标系,笛卡尔坐标系可以是右手坐标系(如图C.1)或左手坐标系(如图C.2)。但是,如果可能的话,应首选右手笛卡尔坐标系。



图 C.1 右手笛卡尔坐标系(首选)





## C.3 柱坐标系

柱坐标系假设,无论扫描设备的方向如何,极坐标系平面(*r*, *A*)位于笛卡尔坐标系的XY平面上,且 线性轴(*h*)位于笛卡尔坐标系的Z方向,如图C.3所示。



#### C.4 球坐标系

球坐标系假设,无论扫描设备的方向如何,方位角(A)位于笛卡尔坐标系的XY平面上,天顶角(B) 位于笛卡尔坐标系的Z轴和矢量r之间,如图D.4所示。为了避免出现负角度,对于天顶角B与仰角(XY 平面和矢量r之间的角度),应优先使用天顶角B,例如,其也用于天线辐射图。



#### C.5 坐标系的转换

表C.1总结了上述坐标系之间的转换关系。

		转换后				
		笛卡尔坐标系	柱坐标系	球坐标系		
转换前	笛卡尔坐标系	左手和右手笛卡尔坐标系之间进行 转换: $x_R = x_L, y_R = -y_L, z_R = z_L$	$r = \sqrt{x^{2} + y^{2}}$ $A = \arctan(y/x)$ h = z	$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ $A = \arctan(y/x)$ $B = \arccos\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\right)$		
	柱 坐 标 系	$x = r \cos A$ $y = r \sin A$ z = h		$r_{S} = \sqrt{h^{2} + r_{C}^{2}}$ $A_{S} = A_{C}$ $B = \arccos \frac{h}{\sqrt{h^{2} + r_{C}^{2}}}$		
	球坐标系	$x = r \cos A \sin B$ $y = r \sin A \sin B$ $z = r \cos B$	$r_{c} = r_{s} \sin B$ $A_{c} = A_{s}$ $h = r_{s} \cos B$			

表C.1 坐标系的转换

## 参考文献

[1] A. Alaeldine, O. Maurice, J. Cordi, R Perdriau, and M Ramdani, "EMC-oriented Analysis of Electric Near-Field in High Frequency", ICONIC 2007

[2] IEC 61967-6, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1GHz - Part 6: Measurement of conducted emissions - Magnetic probe method

[3] IEC/TR 61967-1-1: Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions -Part 1-1: General conditions and definitions - Near-field scan data exchange format

[4] A. Boyer, S. Bendhia and E. Sicard, "Near field scan immunity measurement with RF continuous wave", EMC Europe 2006, Barcelona

[5] A. Boyer, S. Bendhia and E. Sicard, "Characterisation of electromagnetic susceptibility of integrated circuits using near-field scan", ELECTRONICS LETTERS 4th January 2007 Vol. 43 No. 1

[6] S. Atrous, D. Baudry, A. Louis, B. Mazari, D. Blavette, "Near-field immunity investigation of integrated circuits.", EMC Compo 09, Toulouse, 2009