



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX.8—XXXX/IEC 61967-8:2011

集成电路 电磁发射测量 第 8 部分：辐射发射测量 带状线法

Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions

- Part 8: Measurement of radiated emissions-IC stripline method

(IEC 61967-8: 2011, 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

目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
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.....	2
6 试验设备.....	2
6.1 概述.....	2
6.2 射频测量仪器.....	2
6.3 前置放大器.....	3
6.4 IC 带状线.....	3
6.5 50 Ω 终端.....	3
6.6 系统增益.....	3
7 试验布置.....	3
7.1 概述.....	3
7.2 试验配置.....	3
7.3 EMC 试验板 (PCB)	4
8 试验程序.....	4
8.1 概述.....	4
8.2 环境条件.....	4
8.3 运行检查.....	4
8.4 IC 带状线射频特性的验证.....	4
8.5 试验技术.....	5
9 试验报告.....	5
9.1 概述.....	5
9.2 测量条件.....	5
10 IC 发射参考电平.....	5
附录 A (规范性) IC 带状线的描述.....	6
附录 B (资料性) 发射电平规范.....	9
参考文献.....	11

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 电磁发射测量》为集成电路电磁发射测量方法标准。

本文件是GB/T XXXXX的第8部分。GB/T XXXXX已经发布了以下部分：

- 第2部分：辐射发射测量 TEM小室和宽带TEM小室法；
- 第3部分：辐射发射测量 表面扫描法；
- 第4部分：传导发射测量 $1\ \Omega/150\ \Omega$ 直接耦合法；
- 第5部分：传导发射测量 工作法拉第笼法；
- 第6部分：传导发射测量 磁场探头法；
- 第8部分：辐射发射测量 带状线法。

本文件使用翻译法等同采用IEC 61967-8:2011《集成电路 电磁发射测量 第8部分：辐射发射测量 带状线法》。

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 17626.20-2014 电磁兼容 试验和测量技术 横电磁波(TEM)波导中的发射和抗扰度试验(IEC 61000-4-20:2010, 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发射测量，以及为集成电路制造商和检测机构提供不同的电磁发射测量方法，GB/T XXXXX规定了集成电路电磁发射测量的通用条件、定义和不同测量方法的试验程序和试验要求，拟由9个部分构成。

- 第1部分：通用条件和定义，目的在于规定集成电路电磁发射测量的通用条件和定义。
- 第1-1部分：通用条件和定义 近场扫描数据交换格式，目的在于规定近场扫描数据交换格式。
- 第2部分：辐射发射测量 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。
- 第3部分：辐射发射测量 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。
- 第4部分：传导发射测量 1 Ω /150 Ω 直接耦合法，目的在于规定1 Ω /150 Ω 直接耦合法的试验程序和试验要求。
- 第4-1部分：传导发射测量 1 Ω /150 Ω 直接耦合法应用指南，目的在于给出1 Ω /150 Ω 直接耦合法应用指导。
- 第5部分：传导发射测量 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。
- 第6部分：传导发射测量 磁场探头法，目的在于规定磁场探头法的试验程序和试验要求。
- 第8部分：辐射发射测量 带状线法，目的在于规定带状线法的试验程序和试验要求。

集成电路 电磁发射测量 第 8 部分：辐射发射测量 带状线法

1 范围

本文件规定了使用带状线在150 kHz~3 GHz频率范围测量集成电路（IC）电磁辐射发射的方法。被评估IC安装在IC带状线结构的有源导体和地平面之间的EMC试验板（PCB）上。

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 61967-1 集成电路 电磁发射测量 第 1 部分：通用条件和定义（Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz – Part 1: General conditions and definitions）

IEC 61967-2 集成电路 电磁发射测量 第 2 部分：辐射发射测量 TEM 小室和宽带 TEM 小室法（Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz – Part 2: Measurement of radiated emissions – TEM cell and wideband TEM cell method）

IEC 61000-4-20 电磁兼容-第 4-20 部分：试验和测量技术-横电磁波（TEM）波导中的发射和抗扰度试验（Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-20: Testing and measurement techniques – Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides）

3 术语和定义

IEC 61967-1、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

横电磁波（模） transverse electromagnetic (TEM) mode

传输方向上的电场和磁场分量比横截面上的主方向分量少得多的波导模式。

3.2

TEM波导 TEM waveguide

开放或封闭的传输线系统，电磁波在其中以TEM波（模）传输以产生满足试验需要的特定场。

3.3

IC带状线 IC stripline

由以规定间距放置在扩大的接地平面上的有效导体（每一端具有连接端口）和可选的屏蔽壳体组成的TEM波导。

注：IC带状线的这种结构，电磁波在其间以横电磁波（模）传输，从而在有效导体和扩大的接地平面之间产生试验所需的辐射场。需使用IEC 61967-1规定的标准EMC试验板的接地平面。为了固定IC带状线的配置和用于屏蔽，可选用屏蔽壳体。根据是否选用屏蔽壳体，分别称为开放式或封闭式IC带状线。更详细的信息按附录A。

3.4

双端口TEM波导 two-port TEM waveguide

在两端均有输入/输出测量端口的TEM波导。

3.5

特性阻抗 characteristic impedance

对任意的波前等相位面，有效导体与对应的接地平面之间的电压与内导体或外导体上的电流之比的幅值。

注：特性阻抗与电压/电流的大小无关，仅与传输线的横截面尺寸有关。TEM波导的特性阻抗通常设计为50欧姆。与带状线有关的信息详接附录A。

3.6

主场分量 primary field component

与试验所需极化方向一致的电场分量。

注：例如，在IC带状线中，有效导体与水平面平行，在IC带状线横截面的中心位置，主模电场矢量是垂直的。

4 概述

该试验方法基于IEC 61000-4-20的TEM波导测量原理。带状线布置用于测量IC的射频发射。带状线端口处的射频电压与IC的潜在电磁辐射有关，且使用频谱分析仪或测量接收机进行测量。该试验方法的目的是定量测量IC的射频发射以用于比较或者其他评估。

5 试验条件

5.1 概述

试验条件应满足IEC 61967-1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

带状线的有效频率范围为150 kHz~3 GHz。此频率范围受到带状线电压驻波比（VSWR）特性（即VSWR<1.25）的限制。

6 试验设备

6.1 概述

试验设备应满足IEC 61967-1的要求。此外，还应满足下列试验设备要求。

6.2 射频测量仪器

试验时应使用频谱分析仪或电磁干扰（EMI）接收机。EMI接收机或频谱分析仪的分辨率带宽应按照 IEC 61967-1 的要求，150 kHz~30 MHz 时应为 9 kHz 或者 10 kHz，30 MHz 以上时应为 120 kHz 或者 100 kHz。测量应使用峰值检波器，且单位为 dB μ V [对于 50 Ω 系统：(dBm 读数) + 107 = dB μ V]。当采用频谱分析仪时，应在校准模式或关联模式（自动扫描）下在被测频率范围内进行扫描。

6.3 前置放大器

可选择使用一个增益为 20 dB~30 dB 的低噪声前置放大器。若使用了前置放大器，其应通过合适的 50 Ω 同轴适配器直接连接到带状线的测量端口。

6.4 IC 带状线

IC 带状线是由以规定间距放置在扩大的接地平面上的有效导体（每一端具有连接端口）和可选的屏蔽壳体组成的 TEM 波导。IC 带状线的有效导体和接地平面之间的默认间距为 6.7 mm。其他间距也可以使用，但需在试验报告中注明。

注：对于有效导体和接地平面之间具有不同间距的 IC 带状线结构，可使用转换因子进行测量结果的比较（按附录 A）。

IC 带状线的这种结构，电磁波在其间以横电磁波（模）传输，从而在有效导体和扩大的接地平面之间产生试验所需的规定场，该接地平面优先使用 IEC 61967-1 规定的标准 EMC 试验板的接地平面。EMC 试验板控制运行 IC 相对于 IC 带状线的几何位置和方向，且可以去掉 IC 带状线内的任何连接线（这些线位于试验板的背面，在 IC 带状线外部）。为了固定 IC 带状线的配置和用于屏蔽，可选用屏蔽壳体。根据是否选用屏蔽壳体，分别称为开放式 IC 带状线或封闭式 IC 带状线。

更详细的信息按附录 A。

6.5 50 Ω 终端

对于 IC 带状线未连接 RF 测量仪器的 50 Ω 端口，要端接一个 50 Ω 终端，该终端在测量频率范围内的 VSWR 需小于 1.1。

6.6 系统增益

应确认除了带状线之外的其他测量设备的增益（或衰减），准确度要求为 ± 0.5 dB。对于所关注的频段，射频测量系统增益的变化应保持在 6 dB 包络范围内。

7 试验布置

7.1 概述

试验布置应满足 IEC 61967-1 的要求。此外，还应满足以下试验布置的要求。

7.2 试验配置

IC 带状线的试验配置如图 1 所示。IC 带状线的一个 50 Ω 端口端接 50 Ω 负载，另一个 50 Ω 端口通过可选的前置放大器与频谱分析仪连接。有关 IC 带状线的更多信息和横截面视图按附录 A。

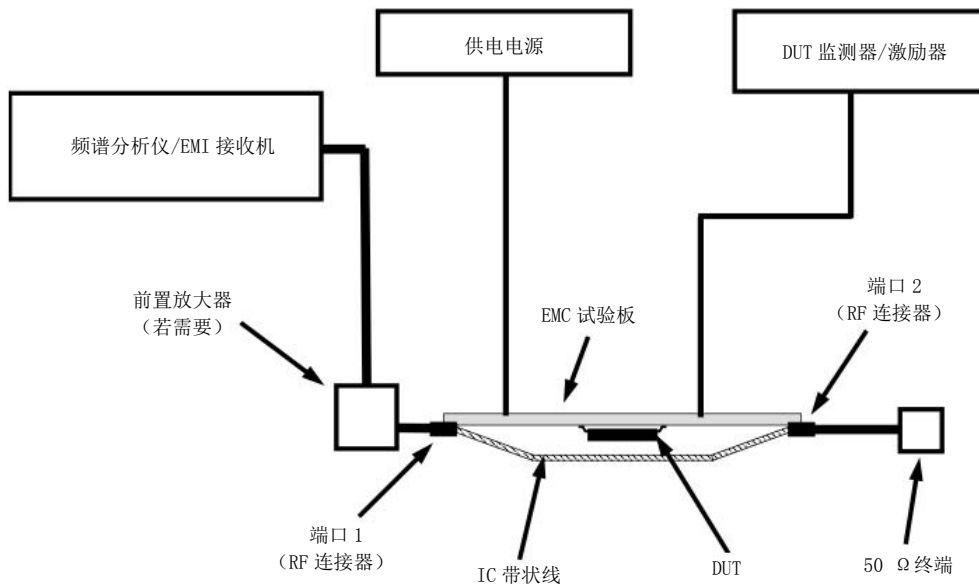


图1 IC带状线的试验布置

7.3 EMC 试验板 (PCB)

IC试验PCB应按照IEC 61967-1以及本文件的要求设计。如果IEC 61967-1与本文件不一致时，以本文件的要求为准。

EMC试验板提供合适的测量或监控点，以确保受试IC（即DUT）正确运行。EMC试验板控制DUT相对于有效导体的几何位置和方向，对于封闭式IC带状线，且可以去掉IC带状线内的任何连接线（这些线位于试验板的背面，在IC带状线外部）。

8 试验程序

8.1 概述

这些默认试验条件是为了保证试验环境的一致性。如果使用本文件的用户使用其他条件，这些条件应记录在试验报告中。

8.2 环境条件

IEC 61967-1 规定的环境温度和通用条件适用。

确保环境射频噪声电平应比被测的最低发射电平至少低 6 dB。DUT 应按照试验时的状态安装在试验布置中。DUT 不应工作（例如未通电）。应扫描测量环境噪声。环境描述应包括在试验报告中。

如果测量的背景噪声过大，例如来自外部环境噪声或测量系统本身的背景噪声，则宜使用屏蔽壳体。通过使用低噪声前置放大器可以改善测量系统的背景噪声。

8.3 运行检查

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）。

8.4 IC 带状线射频特性的验证

为了验证 IC 带状线的射频特性，应在未放置 DUT 情况下测量端口 2 连接 50 Ω 终端时的 VSWR 值，

并记录在试验报告中。该值应小于 1.25。

另外一种推荐的方法是检查放置 DUT 后的 IC 带状线。在这种情况下，IC 带状线的谐振应根据 IEC 61000-4-20 在 DUT 不加电的情况下进行验证。

$$A_{\text{loss}} = \left| 10 \times \lg \left(\frac{P_{\text{refl}}}{P_{\text{fwd}}} + \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{fwd}}} \right) \right| \leq 1 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

A_{loss} —— IC 带状线放置 DUT 时的传输损耗；单位为分贝（dB）；

P_{refl} —— 输入端口的反向功率，单位瓦特（W）；

P_{fwd} —— 输入端口的前向功率，单位瓦特（W）；

P_{output} —— 输出端口的测量功率，单位瓦特（W）。

VSWR 和损耗 A_{loss} 超过最大允许值的频率上进行的测量应予以忽略。

8.5 试验技术

给 IC 试验 PCB 通电，且使 DUT 工作在期望的试验模式，在被测频率范围内测量射频发射。

使用频谱分析仪时，使用“最大保持”模式，且在 IC 代码循环执行的情形下至少进行 3 次扫描。扫描时间应远大于 IC 代码循环执行的时间。

注：频谱分析仪的“最大保持”模式保留扫描迹线每个频率点的最大值，如果在后续的扫描中发现新的最大值，“最大保持”将给予更新。

使用接收机时，在每个试验频率的驻留时间不少于 2 倍的 IC 代码循环执行时间，并记录测到的最大值。

进行 4 次独立的发射测量以得到 4 组数据。第一次测量时 IC 试验 PCB 以任意方向安装，第二次测量时 IC 试验 PCB 旋转 90°，第三次、第四次测量时依次在前一次测量的基础上旋转 90°，以保证测量到 4 个可能方向下的发射。应在试验报告中记录这 4 组数据。

9 试验报告

9.1 概述

试验报告应满足 IEC 61967-1 的要求。此外，还应满足下述要求。

9.2 测量条件

所有测量条件应记录在试验报告中。

10 IC 发射参考电平

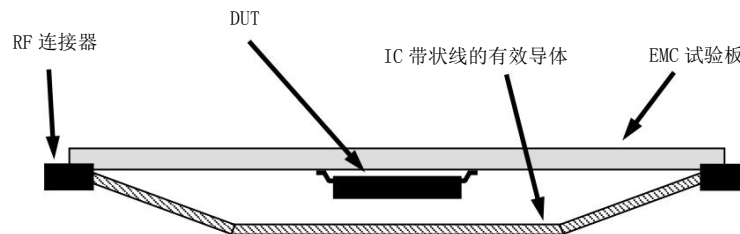
如果可能，可根据制造商和用户的协议规定 IC 发射的可接受电平，也可选用附录 B 中给出的参考电平方案。这些参考电平适用于 150 kHz~3 GHz 频率范围的测量，单位为 dBμV。

附 录 A
(规范性)
IC 带状线的描述

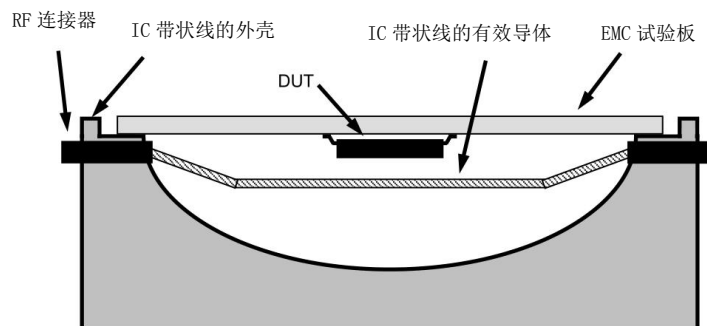
A.1 概述

IC带状线提供了一种宽带测量方法，用于测量DUT对IC带状线内产生的场的抗扰度或DUT放置在IC带状线内产生的辐射发射。它消除了使用传统天线时固有的带宽、非线性相位、方向性和极化的测量限制。IC带状线是一种传输TEM波的特殊传输线。TEM波的特点是电场(E)和磁场(H)场横向正交，其垂直于沿着IC带状线或传输线长度的传播方向。这种场模拟自由空间中产生的平面场，其波阻抗为 $377\ \Omega$ 。TEM模没有低的截止频率。这使IC带状线可以在尽可能低的频率下使用。TEM模也具有作为频率函数的线性相位和恒定幅值响应。这使得可以使用IC带状线以规定的方式产生或检测场强。IC带状线的上限可用频率受到IC带状线内产生的谐振和多模引起的试验信号失真的限制。这些效应是IC带状线物理尺寸和形状的函数。

IC带状线具有一定的尺寸和形状，在IC带状线的输入和输出馈电点处使用匹配阻抗，在其额定频率以下，这可将VSWR限制在1.25以下。原则上有两种形式的IC带状线—开放式和封闭式。开放式IC带状线使用常见的带状线配置(图A.1)。封闭式IC带状线则增加了一个屏蔽壳体(图A.2)。IC带状线的有效导体在每一端都是锥形，以适应传统的 $50\ \Omega$ 同轴连接器。所要求的EMC试验板基于IEC 61967-1规定的TEM小室所用的试验板。第一个谐振表现为窄带频率范围内大的VSWR。验证IC带状线能产生场强的最高频率，该频率也为IC带状线辐射发射测量的上限频率。



图A.1 开放式IC带状线横截面视图的示例



图A.2 封闭式IC带状线横截面视图的示例

IC带状线尺寸限制了DUT的最大可用尺寸。根据IEC 61000-4-20，推荐DUT的封装高度与IC带状线高度的比值为三分之一，但不得超过二分之一。在x-y坐标尺寸中，封装不得超过有效导体宽度的10%。

注：在有效导体高度的一半处，DUT的封装尺寸超过有效导体宽度的10%时，具有DUT的IC带状线布置的三维场仿真表明在有效导体边缘外的DUT处仍存在均匀场（不超过+0 dB并且不低于-3 dB）^[4]。

作为示例，表A.1和A.2给出了6.7 mm IC带状线的限制值。封闭式IC带状线的有效导体宽度取决于有效导体和外壳之间的距离。整体布置需要满足8.4的要求。

表A.1 6.7 mm IC带状线的最大DUT尺寸(开放式)

	有效导体6.7 mm 开放式IC带状线	DUT
z尺寸(高度)	6.7 mm	≤3.35 mm
x-y尺寸(宽度)	33 mm	≤36.3 mm

表A.2 6.7 mm IC带状线的最大DUT尺寸(封闭式)

	有效导体6.7 mm 封闭式IC带状线	DUT
z尺寸(高度)	6.7 mm	≤3.35 mm
x-y尺寸(宽度)	24 mm	≤26.4 mm

注：封闭式IC带状线的24 mm宽度与带状线高度和屏蔽设计有关，其形状和距离为的是实现8.4中定义的带状线特性。

A.2 带状线结构的特征阻抗

如果 $1 < w/h \leq 10$ ，则开放式IC带状线的标称特性阻抗由式(A.1)计算^[3]：

$$Z = \frac{120 \times \pi}{\frac{w}{h} + 2.42 - 0.44 \times \frac{h}{w} + [1 - \frac{h}{w}]^6} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

Z ——特性阻抗，单位为欧姆(Ω)，通常为50 Ω ；

w ——有效导体的宽度，单位为米(m)；

h ——有效导体的表面和接地平面之间的高度，单位为米(m)。

对于封闭式IC带状线，需考虑外壳的影响。这种修正取决于外壳的几何尺寸。对于球形的外壳表面，不能提供计算特性阻抗的解析公式，需要进行实际研究。这些带状线结构的特性阻抗需要通过测量进行验证。

A.3 不同有效导体高度的转换

不同高度的IC带状线的测量结果与默认6.7 mm高度的IC带状线的测量结果的转换因子(X)可通过式(A.2)计算：

$$X = 20 \times \lg \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

X ——相对于6.7 mm高度的IC带状线的转换因子，单位为分贝(dB)；

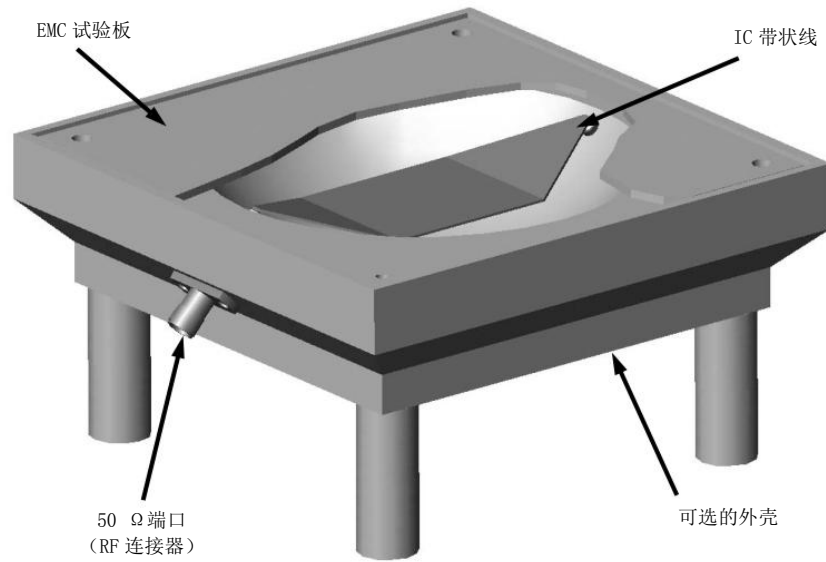
h_1 ——特定类型IC带状线的有效导体高度；

h_2 ——6.7 mm高度的IC带状线的有效导体高度。

例如，对于8 mm高度的IC带状线，转换因子 $X = 1.54$ dB。这意味着8 mm高度的IC带状线测量端口得到的测量电压(dB μ V)需加上1.54 dB。

A.4 IC带状线的结构示例

图A.3给出了具有外壳的IC带状线的示例。外壳的x-y尺寸由所用的EMC试验板（IEC 61967-1: 100 mm × 100 mm）确定。外壳在z方向上应尽可能地远离有效导体，但在所关注的频率范围内需避免谐振和多模。



图A.3 具有外壳的IC带状线示例

附 录 B
(资料性)
发射电平规范

B.1 范围

本附录提供了规定IC发射电平曲线的方法。

B.2 概述

本附录并不作为产品规范。然而，采用本附录的概念并加以仔细实施，根据制造商和用户之间的协议，可以描述特定IC在三个（x-y-z）场方向上任一方向的射频发射特性。

B.3 发射电平规范

图B.1给出了方便对IC发射电平进行分类的方案。为了能使用IEC 61967-2中定义的分类，需使用式（B.1）进行转换：

$$A = B + 20 \times \lg \left(\frac{h_{\text{IC Stripline}}}{h_{\mu\text{TEM}}} \right) \dots\dots\dots \text{(B.1)}$$

式中：

A —— 与参考电平比较的转换结果；

B —— 测量结果；

$h_{\mu\text{TEM}}$ —— μTEM 小室的芯板高度为45 mm（默认值）；

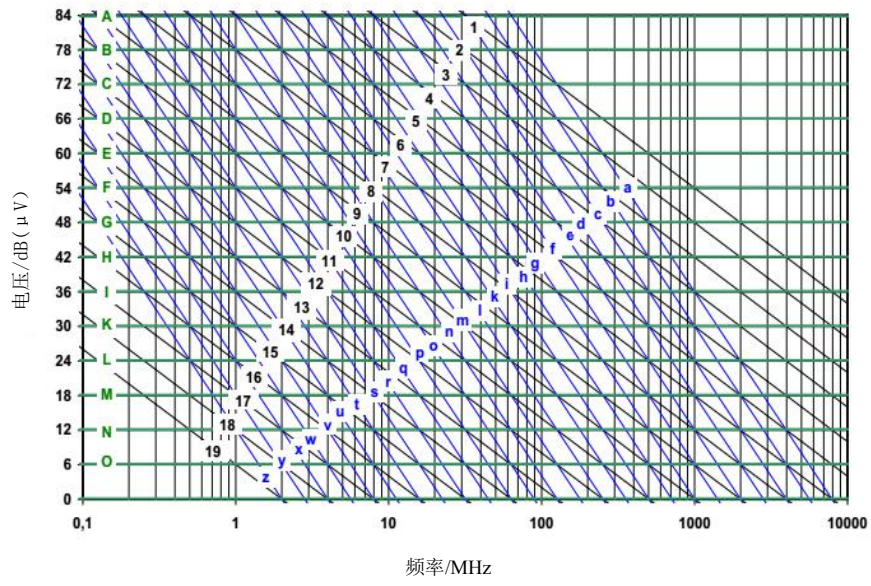
$h_{\text{IC stripline}}$ —— 有效导体高度为6.7 mm（默认值）。

B.4 结果表述方式

通常最大发射电平的典型表述为按照同样的顺序出现的两条字母斜线和一条数字斜线组成。如果这三条斜线有一条用不到，则省略相应的字母或者数字。

大写字母在前，代表斜率为0 dB/十倍频程的水平线的位置；数字居中，代表斜率为-20 dB/十倍频程的斜线的位置；小写字母最后，代表斜率为-40 dB/十倍频程的斜线的位置。

只用这些符号可以标准地、清晰地给出最大发射电平。



图B.1 发射电平表征

参考文献

- [1] Körber, Klotz, Mueller, Trebeck, IC- Stripline - A new Proposal for Susceptibility and Emission Testing of ICs, EMC COMPO 2007
- [2] Körber, Mueller, Trebeck, IC- Streifenleitung - Neues Messverfahren zur Bewertung der EMV- Eigenschaften von Halbleitern, EMV Düsseldorf 2008
- [3] M. V. Schneider, Microstrip Lines for Microwave Integrated Circuits The Bell System Technical Journal, vol. 48, pp. 1421 - 1444, May 1969
- [4] Körber, Klotz, Müller, Müllerwiebus, Trebeck, IC- Stripline for Susceptibility and Emission Testing of ICs, EMC COMPO 2009
-