

近场天线测量探头天线的选择

Andrew Laundry, Eravant

随着毫米波和亚太赫兹频谱新应用的不断增长，新型天线的研发和制造也日趋繁荣。这样对低成本、精确天线测量系统的需求也随之增加。射频和微波的天线暗室的造价对许多系统开发人员来说往往是高昂或难以承担的。因此天线设计的验证和验收测试通常采用第三方的暗室来完成。这样就造成高昂的测试费用和长时间的等待周期。然而由于毫米波和亚太赫兹频段的高频特性，相对天线的口径较小，因此天线测试暗室的占地面积也相对较小，这样使建造适用于产品研发和生产测试的天线暗室变得合理可行。

目前占地面积较小的天线测试暗室通常有近场测试系统和间接远场（紧缩场）测试系统。这类暗室被称为小尺寸天线测试系统。本文在提及（紧缩场）测试系统的同时，主要集中探讨近场测试系统的一些需要关注的问题，以及不同探头天线如何影响其测量速度和数据质量。

紧缩场测试系统通常使用大型反射天线或天线阵列向被测天线（AUT）投射平面波测试信号。发射天线保持静止，而被测天线则在方位角和俯仰角上旋转。只要发射天线向被测天线投射真正的平面波，发射源就会有效地等价地置于被测天线的远区，即使其实际物理位置在近场区域。在紧缩场测试系统内，AUT和发射天线之间信号路径上传输的功率与AUT的远区增益成正比。因此，紧缩场测试系统提供了一种在小尺寸暗室中获取天线参数的直接测量方法。不过，紧缩场测试系统的设计和建造是有一定难度的，而且它们的测量精度往往会受到各种因素的影响和限制。在毫米波和亚太赫兹频率范围，其中一些影响因素变得更加难以控制。

作为大型和昂贵的远场天线测试的替代方案，近场测试系统是利用更小的微波暗室来测量天线。近场测试系统在几个方面不同于紧缩场测试系统。近场测试系统使用移动探头天线来测量探头和AUT之间的传输响应。测量时，探头位于AUT近场区内的不同位置。扫描点的集合形成一个合成天线孔径，捕捉AUT在近场区内的天线方向图。

许多近场测试系统将探头置于平面扫描面上，如图1所示。平面扫描非常适合测量低副瓣的定向天线。AUT的定向

天线模式允许在有限的扫描区域内捕捉天线辐射模式中的所有重要参数。

对于增益较低或高副瓣天线的测量，可以将探头置于球形或圆柱形扫描面上。球形近场扫描系统通常使用增益较低的探头，在接近孔径的角度近似全向天线。图2显示了这类系统的一个示例。低增益探头天线允许探头相对于AUT的角度位置或姿态有更大的变化空间，而且在数据处理过程中通常无需进行探头校正。

为捕捉到AUT产生的所有重要近场能量，扫描面应足够大。所需的扫描区域和扫描类型通常由被测天线的副瓣偏移位置决定。作为平面和柱面扫描的经验法则，扫描高度应大致等于AUT高度加上探头天线高度，再加上AUT和探头之间距离的两倍乘以从主瓣视角看最大测量角的正切。例如，如果探头天线和AUT的高度均为1厘米（孔径为 2×2 厘米），它们之间的距离

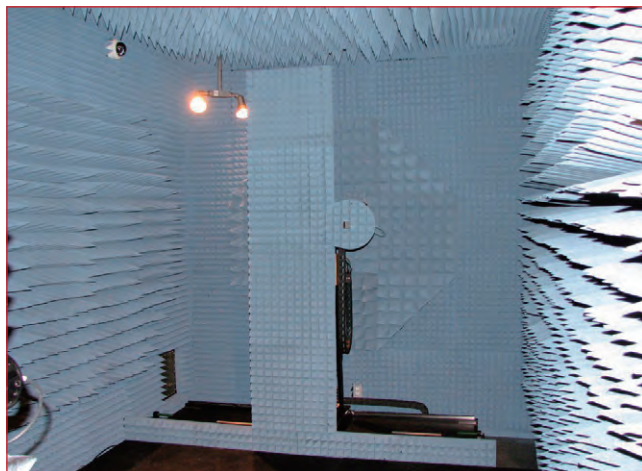


图1：近场扫描仪在平面上移动开口波导探头。资料来源：Concordia University in Montreal。

为20厘米，最大测量角度为 ± 15 度，则建议在孔径上方或下方的扫描高度为 $\pm 2 * [1 + 20 \tan(15^\circ)]$ 厘米，即 ± 15 厘米左右。

远区转换

探头天线和AUT之间传输路径的振幅和相位是从数学上将近场数据转换为远区天线方向图的关键。在大多数情况下，专用矢量网络分析仪可以完成这项测量任务。对于每次测量，探头的位置必须置放在工作频率的波长范围内。

对于平面近场扫描，通常使用傅立叶光学技术处理测量数据。如果在x维和y维上以固定间隔进行步进扫描，则测量数据的二维傅里叶变换会产生一个空间频谱，其步进数代表扫描平面上每单位距离所经过的周期数。如果需要进行探头校正，则将测得的空间频谱除以同一扫描面上的探头空间频谱。这一操作等同于近场测量域中的解卷积。通过计算从内径算起的位移的弧线乘以 $2\pi/\lambda$ ，将得到的AUT空间频谱映射到方位角或仰角的角远区增益图上。当使用其他扫描表面或不同的扫描模式时，计算会更加复杂，但基本的数学和物理原理是相同的。

近场探头选择

选择用于近场测量的探头天线需要有探头空间滤波特性的知识。空间滤波是指探头的天线模式及其对测量结果的影响。低增益探头本质上是全向传感

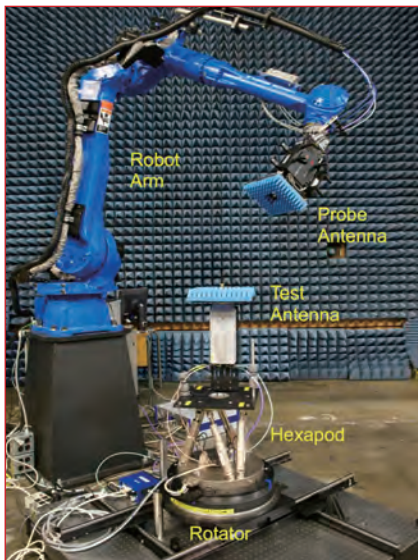


图2：近场扫描仪对被测天线进行球形扫描。资料来源：NIST, Boulder Colo.

器，在探头和AUT之间的所有测量角度上都具有几乎恒定的增益。虽然低增益探头无需进行探头校正，但它们更有可能由于其低增益而接收到不需要的多径信号。

增益较高的探头可提供更高水平的空间滤波。它们具有角带滤波器的功能。数据处理必须包括探头校正，除非探头在所有测量中都直接指向AUT。单脉冲或归零天线具有角度带阻滤波器的功能。它们可以在测试系统中测量较低的副瓣电平。而传统的开口波导探头天线缺乏足够的动态范围来同时测量主瓣和副瓣电平。

探头天线的合理选择取决于被测天线、所用的扫描类型、测试环境中多路径效应的严重程度以及总体测量目标。开口波导探头天线通常比较受青睐，这是因为其低成本、有效电场采样、空间滤波可忽略不计、对电磁场的干扰也最小等优点。图3显示的是Eravant的D波段开口波导探头天线。其6.5dBi增益和60度的3dB波束宽度，在很大的测量角度范围内几乎是全向的。由于建造大型扫描系统的成本较高，探头与AUT之间的距离可能较小。这种探头通常用于球形扫描系统中。

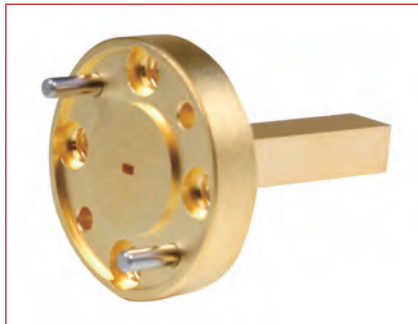


图3: Eravant D波段开口波导探头。

对于平面近场扫描，增益较高的探头具有明显优势。常见的选择是轴对称的波纹喇叭天线与正交模式传感器(OMT)组合。OMT和波纹喇叭可同时测量具有正交极化的信号。波纹喇叭天线是平面扫描最有效的探头天线之一。图4显示了Eravant D波段波纹喇叭与OMT组合的示例。这种配置在无需旋转天线物理位置的情况下可同时完成正交极化等测量。波纹喇叭具有高度对称的E和H面波束和很低的副瓣水平，从而可将多路径效应引起的偏轴响应降至最低。探头的较高增益还能降低满足奈奎斯特采样标准所需的采样密度。此外，较高的天线增益还能提高测量系统的整体信噪比(SNR)以增加天线系统的测量动态范围。与低增益探头天线相比，它可以帮助降低天线测量系统对发射机



图4: Eravant D波段OMT波纹喇叭组合探头天线。

的高功率和接受机的高灵敏度的要求以实现更远距离的测量。

但使用较高增益探头时出现的一个复杂问题是需要补偿探头的空间滤波效应。不过在处理近场数据时，探头校正很容易完成的。还有增益较高的探头也有较大的孔径，这会导致探头与AUT之间的相互耦合增大。不过Eravant OMT波纹喇叭组合探头天线的边缘采用锥形结构，这样可以减少探头反射。另外如果在探头天线或AUT上加上隔离器，可以降低阻抗失配引起的反射，从而进一步降低天线之间的相互耦合。

探头的交叉极化响应也是测量误差的一个重要来源。因此，近场探头天线应具有较低的交叉极化。Eravant OMT波纹喇叭组合探头天线的高水平正交端口隔离，较低的交叉极化和良好的阻抗匹配对于抑制交叉极化带来的误差提供了一个完美的解决方案。

总结

开口波导探头天线和OMT波纹喇叭组合探头天线是近场天线测量系统中最常用的两种探头天线类型。开口波导探头天线在较宽的波束宽度范围内具有近乎恒定的增益。是一种简洁而低门槛的探头天线。而OMT波纹喇叭组合探头天线则具有较高的增益和很低的旁瓣，可以减少多径效应并提高测量系统的信噪比。较高的增益还能降低所需的采样密度，从而缩短测量时间并减轻计算负担。OMT波纹喇叭组合探头天线的角响应是均匀的，很容易为探头校正建模。另外它还便于同时测量正交极化。还有其优良的交叉耦合抑制制度和附加隔离器可使探头天线与AUT之间的相互耦合进一步降低，从而使测量精度更进一步提高。因此OMT波纹喇叭组合探头天线是一种适用于近场天线测试系统的增强型高性能探头天线。■

元陆鸿远

射频、微波瓷介电容器

射频电容 (MQ系列)

尺寸: 0402 ~ 3838
 额定电压: 50V_{DC} ~ 7200V_{DC}
 容量范围: 0.1pF ~ 5100 pF
 容差: A、B、C、F、G、J



产品特点

- 低ESR、高Q值、低噪声、频率宽
- 高可靠
- 瓷料自主可控
- 适用于射频功放、滤波网络等电路中的耦合、调谐、阻抗匹配和隔离

芯片电容 (SD/SE系列)

尺寸/结构: SD系列 最小0.254mm*0.254mm
 SE系列 3电极、4电极、6电极
 额定电压: 16V_{DC}、50V_{DC}、63V_{DC}、100V_{DC}
 容量范围: 0.03pF ~ 10000pF
 介电常数: 10 ~ 35000



产品特点

- 寄生参数低、低ESR、低ESL
- 高可靠、瓷料可控
- 适用于射频、微波、毫米波电路和微组装工艺
- GaAs (砷化镓)、GaN (氮化镓) 芯片匹配
- 使用频率可达100G
- 短交期、可定制

芯片电容 (MA系列)

芯片电容 (MD系列)

尺寸: MA系列 0.38mm*0.38mm ~ 2.0mm*2.0mm
 MD系列 0201、0402、0603、0805
 额定电压: 6.3V、10V、16V、25V、50V、100V
 容量范围: 100pF ~ 1.5μF



产品特点

- 低ESR、低ESL、小体积、高容量
- 适用于微组装工艺
- GaAs (砷化镓)、GaN (氮化镓) 芯片外围电路的滤波、静噪

北京元陆鸿远电子技术有限公司
 销售服务热线: 010-52270576
 技术服务热线: 010-52270572
 邮箱: xiaoshoubu@yldz.com.cn