



STARWAVE

塑造5G毫米波OTA测试的未来

推出StarWave，一款面向5G设备的紧凑、精准和灵活的远场OTA测试解决方案



借助5G打造互联社会

目录

5G天线测试的黎明及其面临的主要挑战.....	03
5G毫米波OTA测试的最佳实践.....	05
推出StarWave.....	08
凭证 - 测试中的StarWave.....	12
MVG StarWave可优化5G设备测试流程.....	15



5G的曙光已经降临，与前几代移动网络的演进过渡不同，它将是一次朝着数字化增强型、全面互联、高度自动化的生活方式大踏步迈进的全球性飞跃。事实上，它是无线电频谱的一次重大变革和协调。

互联社会将在数据速率和时延方面带来重大改进，同时极大提升网络容量，并为网络运营商大幅消减运营和基础设施成本。但是，满足这些不断变化的发展需求要求我们这个行业完全彻底地改变设计、开发和测试不断增多的5G设备的方式。

无线能力 5G成功的基本要素

5G愿景的实现取决于我们能否提供高效而强大的无线连接，否则，5G的承诺和看似无限的能力都会付之东流。正因为如此，我们必须优化所有5G设备-无论大小设备-的最佳天线测试方法。

本手册将探索行之有效的5G设备最佳测试方法，重点介绍直接远场测试法，以纪念MVG推出的StarWave。它是一款双极化宽带平面波发生器，用于5G天线的紧凑式、灵活、快速和精准的直接远场OTA测试。

5G天线测试的黎明及其面临的主要挑战

当我们迎接5G时代的黎明时，其所蕴含的巨大潜能令人感到鼓舞：自动化工厂和农业生产、自动驾驶汽车、便捷舒适的互联家庭，甚至远程手术。

这些概念凸显了全系统性能测试的重要性，尤其是，准确评估和分析天线测试，以便为此类革命性应用提供所需无线连接的重要性。

为了更好地了解5G网络的OTA测试挑战，必须首先了解5G发展的三大基石：

① 增强型移动宽带

提升移动数据的带宽和容量，能够处理日益增高的无线数据流量。

② 大规模机器类型通信

降低传感器网络等大规模应用的开销，使其消耗极低的带宽和电能。

③ 超可靠低时延通信

自动驾驶汽车、自动化工厂、医疗应用等实时关键连接。



5G OTA测试面临哪四大挑战？

挑战1：动态可转向波束以及向大规模MIMO BTS的演进

与前几代通信标准不同，5G使用了动态可转向波束，通过将尽可能多的信号能量直接对准设备来最大程度提升连接质量。这一转变淘汰了传统的天线测试方法，即在一个完整的球面上对设备进行一次评估，以便测量其总灵敏度和总辐射功率。

这些可转向波束由相控阵天线生成，而我们需要在大量配置下对这些天线进行校准和测量，以确保设备拥有足够的连接。

为了使可转向波束成为一种可行和可靠的传输方式，基站收发信台（BTS）天线正在从无源天线系统演进至集成射频拉远头的有源天线系统（AAS）。最受欢迎的AAS是大规模MIMO概念。很多运营商正在演进至这种AAS，以便在不扩展频谱的情况下实现无线连接容量的倍增。

挑战2: 宽带宽和毫米波频率

提供更高的吞吐量并全面实现5G愿景意味着需要利用那些迄今为止“尚未开发的”频谱。虽然某些国家已将6 GHz的频谱分配给了移动通信网络，但24 GHz以上的厘米和毫米波频段中更大的连续频谱已被指定用于5G，其中28 GHz和39 GHz频段附近的频率目前正在推进大多数5G NR项目的发展。

将毫米波设备引入我们的电信网络带来了众多测试挑战。更高的频率以及5G设备中的RF架构消除了RF连接器测试和实验室内性能测试的可能性，因此通信行业正转而采用Over-The-Air（空中-OTA）备选测试法，用于RF系统性能、无线资源管理参数和天线测试。3GPP已制定了毫米波用户设备和基站（BTS）的符合性OTA测试规范¹。3GPP迄今为止批准了三种OTA测试法，即直接远场测试法、间接远场测试法和近远场转换测试法²。

挑战3: 毫米波全向天线OTA测试

由于嵌入式天线的尺寸和有限数量，5G设备的辐射方向图主要为全向，至少在一个平面上是如此。测量毫米波全向天线需要一个智能测试装置来优化数据精度。无论无线通信测试仪的质量如何，通信信道在很大程度上受到测试装置的限制。目前市场上还没有能够为毫米波设备提供精准的远场测试条件的解决方案。

挑战4: 对用户正穿戴和/或操作的设备进行实时端到端测试

设备的实时测试通常是强制性要求，因为除非已在实际条件下得到广泛测试，它是不能获准上市的。对于5G FR2而言，尤其如此，因为其连接的超高可靠性也是强制性要求。在这些频率上，人体很容易吸收电磁波，并极大改变实验室内测量/理论上的嵌入式天线的辐射方向图。因此，设备的连接性能也会受到很大影响。但在毫米波频率上，我们不可能在近场条件下测试这些性能，因为诸如人体呼吸等细微动作也会影响测量质量，从而影响测试结果的准确性。因此，在远场中进行测试成为唯一选择。尽管如此，测试条件必须将设备的被测人体而不仅仅是人体模型考虑在内。目前市场上的产品还无法提供实时端到端测试解决方案。

1 符合性测试的参考资料有：3GPP TR 38.810、3GPP TS 38.521-2 (SA- Standalone)、3GPP TS 38.521-3 (NSA- Non-standalone)和3GPP TS 38.903. (https://www.3gpp.org/ftp/Specs/latest/Rel-16/38_series).

2 2019年3月，“Test & Measurement Industry Tackles 5G Over-the-Air Testing”（测试及测量行业应对5G OTA测试挑战），Microwave Journal，第62期，第20-38页。

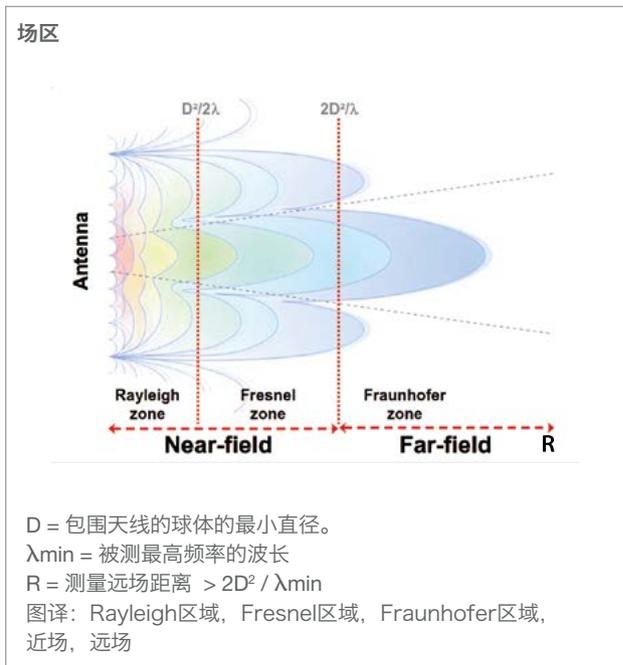
5G毫米波OTA测试的最佳实践

5G设备需要一种空中（OTA）测试方法，在测试最新天线技术时会带来近场和远场测试挑战。

近场5G测试能够受益于较小的暗室尺寸，但根据目前标准的测试程序，近场技术无法测量误差矢量幅度 (EVM) 等性能参数。此外，近场技术需要近远场转换，而且取决于对于调制信号而言难以获得的相位和幅度数据。

直接远场测试法虽然能够提供幅度数据，但在如此之高的带宽下，却是一种空间饥渴型测试法（请参阅远场距离表），因此经济上而言不可行，这使得其在众多厂商眼中，不是一种合理的解决方案。

换言之，例如，使用Fraunhofer距离公式测量一部约15cm长的普通智能手机时，我们会发现远场距离-因而所需电波暗室的尺寸-将随着天线的尺寸和频率大幅增加，需要4.2 m至5.9 m的远场距离。请参阅远场距离表。



远场距离R (m)

设备尺寸 (cm)	频率	
	28 GHz	39 GHz
5	0.5	0.7
10	1.9	2.6
15	4.2	5.9
20	7.5	10.4
25	11.7	16.3
30	16.8	23.4

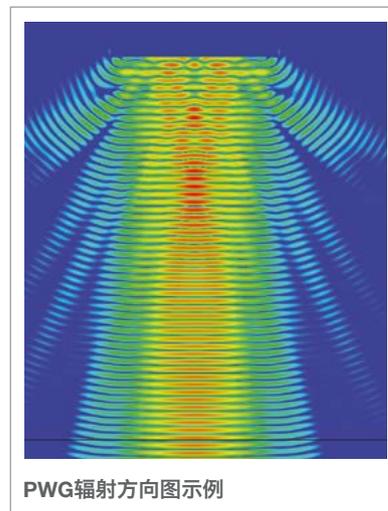
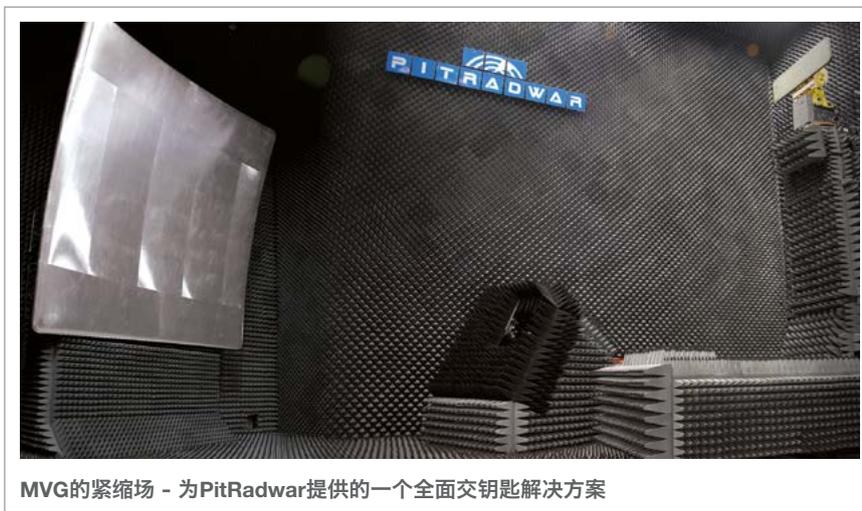
总之，最佳实践理论推荐在远场条件下对天线进行 5G OTA测试，但鉴于此类测试设施的可扩展性，我们又提出了以下问题：如何在面对上述四大挑战的同时，在远场条件下进行OTA测试？

紧缩场 (CATR)

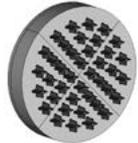
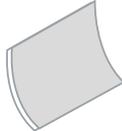
业界熟知的这种方法在QZ（静区）中创建一个平面波，其幅相变化小于用户指定的公差。与传统的远场测试场相比，CATR能够在短很多的距离内测量电大天线。紧缩场使用一个（馈）源天线朝向一个抛物面反射器发射一个球面波，然后将该球面波转变为一个平面波，用于对被测设备 (DUT) 进行孔径照射。

平面波发生器 (PWG)

平面波发生器 (PWG) 是一个单元阵列，各单元拥有经过适当优化的复系数，在一个有限的测试体积（静区）内生成一个平面波。作为CATR的替代方案，PWG能够在受控室内环境中直接测量DUT的远场性能。



现有方法的优缺点: PWG VS CATR

对比参数	 一般的平面波发生器 (PWG)		 一般的紧缩场 (CATR)						
	辐射面大小	辐射面到QZ的距离	馈源溢漏	QZ均匀性	宽带运行	双极化	实时端到端测试	高定向性天线	低/中定向性天线
辐射面大小	1.1*QZ	😊	1.5*QZ	😐					
辐射面到QZ的距离	~1.5-2*QZ	😊	~5*QZ	😡					
馈源溢漏	不适用	😊	是	😐					
QZ均匀性	是	😊	是	😊					
宽带运行	是	😐	是	😊					
双极化	是	😊	是	😊					
实时端到端测试	否	😡	否	😡					
高定向性天线	是	😊	是	😊					
低/中定向性天线	否	😡	否	😡					
大尺寸DUT	是	😐	是	😊					

上表列出了现有测试方法的优缺点。它们都无法应对5G毫米波OTA测试所面临的挑战。为了满足电信行业日益变化的需求, MVG研发了一个创新型测试解决方案。

* PATENT
PENDING *



MVG推出 STARWAVE

开启5G毫米波
OTA测试的新纪元

MVG推出多个最新一代5G毫米波OTA测试解决方案，通过结合运用智能机械定位器和PWG，在一个紧凑的系统中创造出精准的直接远场测试条件。

StarWave由一个或多个（最多7个）PWG构成，这些PWG以90度角被固定在一个垂直并转动的圆盘上。圆盘前侧有一个安装在一个方位角定位器上的电磁透明桅杆，用于支撑和转动DUT。桅杆和DUT之间所使用的界面取决于具体设备，有可能放入一张椅子，而椅子上坐着一个手持被测设备的人。

StarWave围绕被测设备或天线（DUT/AUT）转动这些PWG，进行仰角平面测量。DUT/AUT可以在桅杆上旋转方位角，进行方位角平面测量*。PWG和DUT的这种组合运动实现了在DUT周围的一个完整球面上进行测量，而且截面积最小。这一配置提升了OTA测试的速度和精度。该装置还能对用户正在损耗和/或操作的设备进行端到端测试，无论该用户是站着还是坐着。

由数百个单元组成的PWG专门设计用于在其辐射面之前创建一个QZ，辐射面到QZ的距离对应于StarWave的半径。QZ的直径根据PWG的一组参数给定。PWG可用于测量宽带信号，而且是双极化PWG，可精准测量天线的性能指标。

作为目前市场上最紧凑的解决方案，StarWave能够灵活、精准、高效地测试5G设备。

* 此外，StarWave还可以安装在一个转盘上，直接围绕静态DUT转动。

要点

① 智能定位系统 - 快速、简约

用于在远场和CART中测量3D辐射方向图的多轴定位系统并不适合低增益天线的测量。StarWave在仰角方向围绕DUT转动PWG，而且只使用一个单轴的DUT方位角定位器。这可以实现对配备中增益或低增益天线的5G设备进行3D测量，而且定位系统导致的散射最低，因此测量结果也更精准。

② 高效运行

可快速方便地将DUT安装在定位器桅杆的平顶界面上，因为DUT只在方位角方向上转动。

③ 实时端到端测试

还能对用户正穿戴和/或操作的设备进行实时端到端测试。

④ 适用于所有天线的单一解决方案

可通过扩展适配不同的设备，而且能够精准测试所有5G频段，无需多个测试解决方案。

⑤ 电子组件最少，运行稳定

采用较少的电子组件进行设计和建造，最大程度降低了其对温度波动的敏感度，从而确保其运行稳定，而且便于维护。

⑥ 可同时测试多个频段

可使用DUT周围的多个PWG，同时测试多个不同的频段。

⑦ MIMO环境测试的完美装置

StarWave上最多可装7个PWG，用于模拟MIMO测试中的多条路径。

⑧ 灵活的设计选项可满足您的具体要求

可扩展、灵活的系统设计意味着MVG能够与您开展合作，根据您的具体要求为您量身打造一个Starwave系统。

StarWave FR1和StarWave FR2的简要规格

3GPP IFF规范中描述的直接远场条件下的全球面测量系统。

所支持的PWG的数量: 最多7个, 角距为45°

电波暗室的尺寸: 4 x 4 x 4 (m)

PWG的转动外半径: 1475 mm

未来选项: 用于生成CAD图的3D立体摄像头, 连接后处理/仿真工具的接口, 或了解被测设备的坐标系。

StarWave还可以安装在一个转盘上, 直接围绕静态DUT转动。

PWG的简要规格*

型号1: PWG6 I 即将上市

兼容StarWave FR1和StarWave FR2

频段: 600 MHz – 6 GHz

型号2: PWG28 I 现已上市

兼容StarWave FR2

单元数量: > 100

频段: 24.25 GHz – 29.5 GHz

测量距离: 1200 mm

静区(QZ): 350 mm – 380 mm

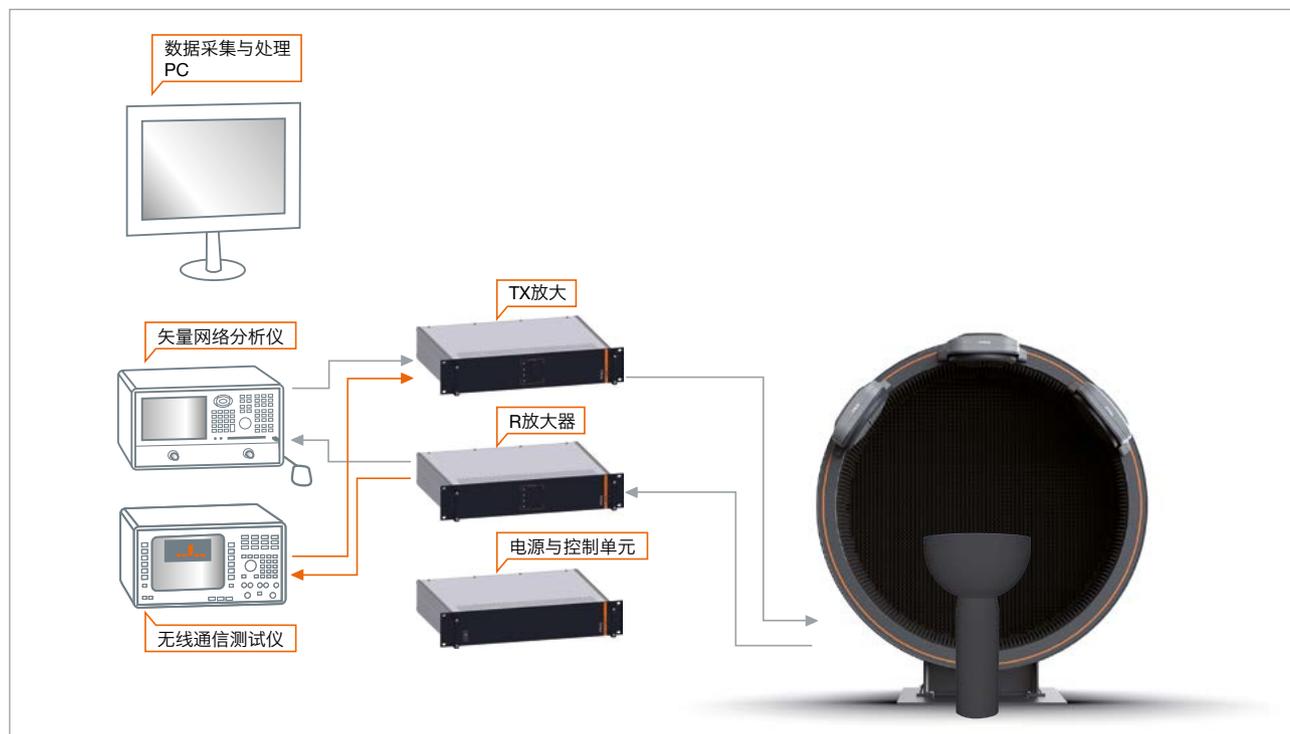
型号3: PWG39 I 研发中

兼容StarWave FR2

频段: 约39 GHz - tbd

*可添加更多PWG, 以满足5G频率测试需求。

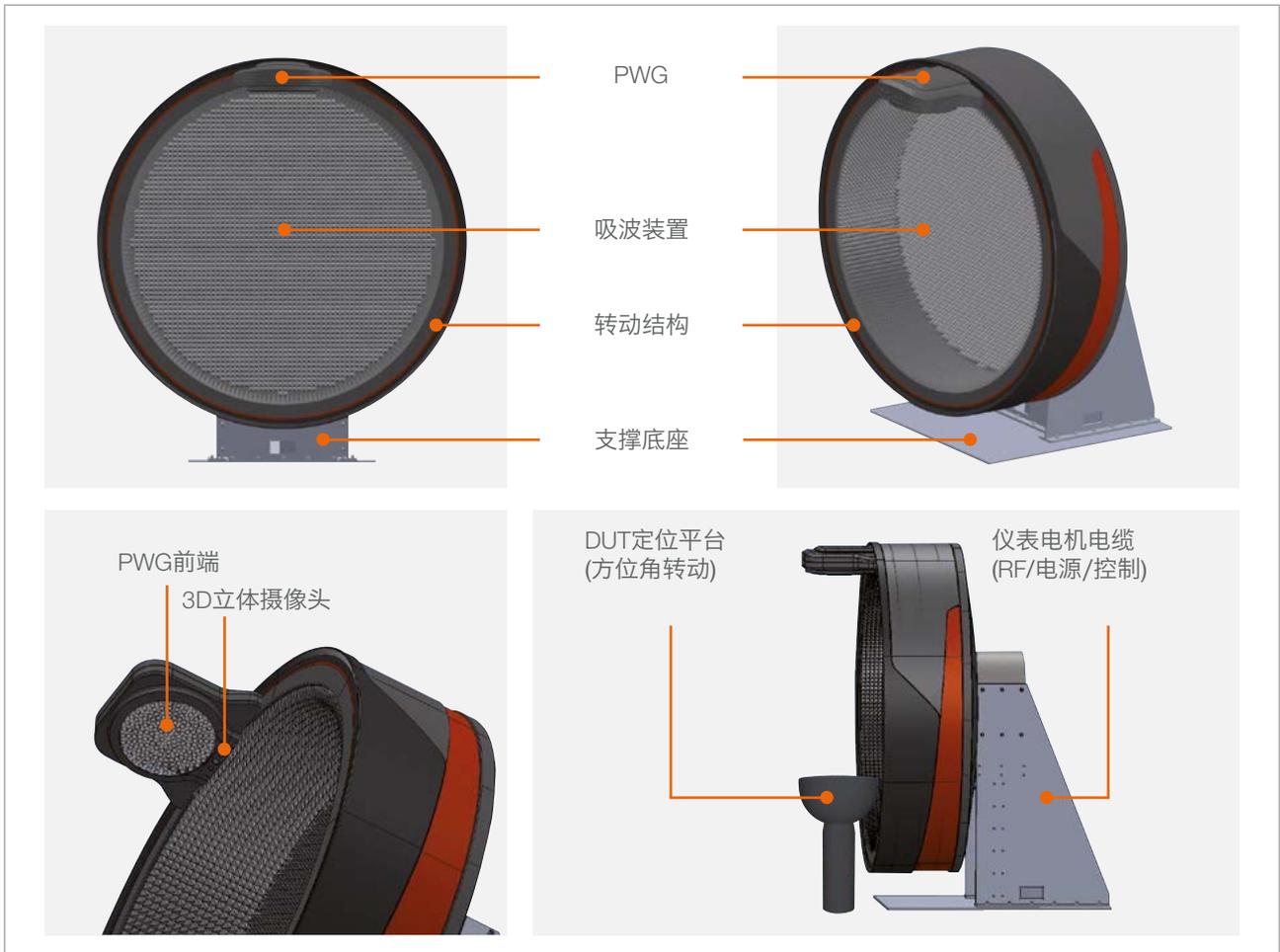
系统概览



StarWave参数一览

辐射面大小	😊	实时端到端测试	😊
辐射面到QZ的距离	😊	高定向性天线	😊
QZ均匀性	😊	低/中定向性天线	😊
宽带运行	😐	大尺寸DUT	😐
双极化	😊	智能定位系统	😊

StarWave的细节



凭证 - 测试中的StarWave

PWG28模拟测试结果

MVG已验证其StarWave PWG, 它是一款双极化宽带平面波发生器, 用于24.25 GHz至 29.5 GHz频率范围内的直接远场测试 (PWG28)。

幅相变化

此处显示的模拟测试给出了PWG28球形QZ的结果。它是一个直径350 mm的球形, 中心位于距阵列孔径1200毫米处。

如图所示, 在整个频段中, 整个QZ内的幅相变化值极低, 这表明平面波的生成质量很高。

PWG28模拟测试图 - 在2D视图中, QZ由一个白色环表示。在截面图中, QZ由白色区域表示。模拟测试显示了QZ中的最小幅相变化。

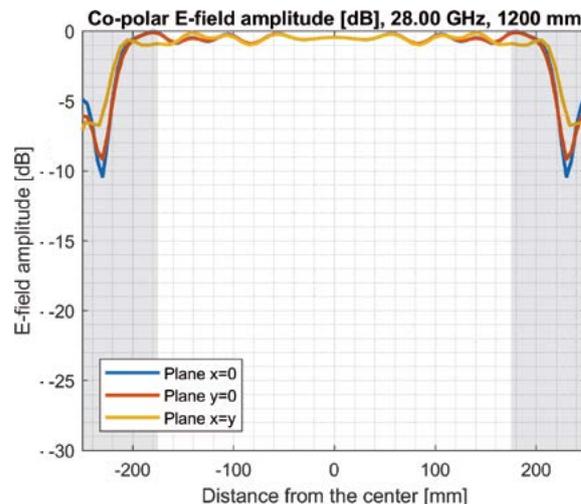


图1

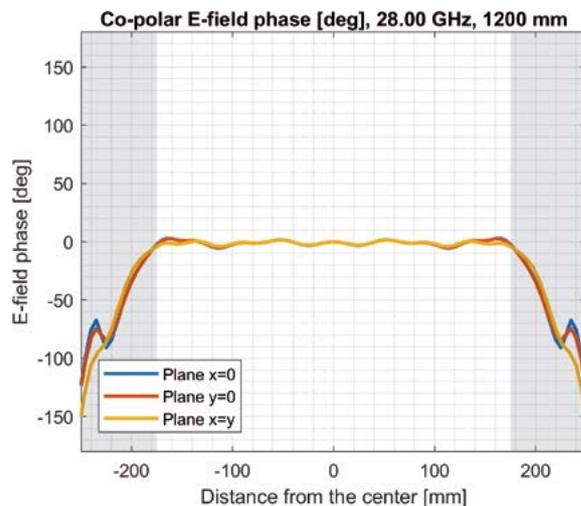


图3

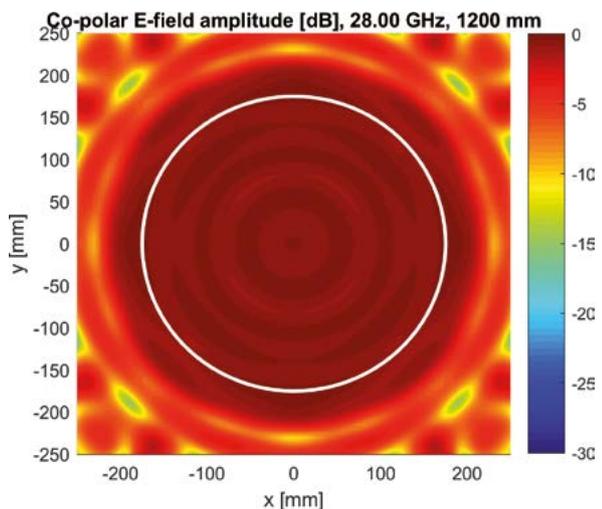


图2

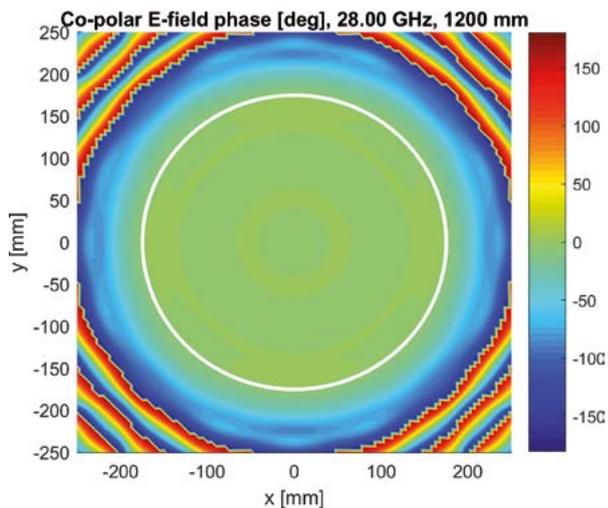


图4

StarWave、StarLab 50 GHz和模拟测试之间的对比

为了展示StarWave测量半定向设备的能力，MVG选择了其著名的QR18000天线，它是一款封闭式边界四脊喇叭天线，工作于10 GHz和40 GHz之间。该喇叭天线（见图5）提供一个典型的中增益天线辐射方向图（见图6和7）。



图5

典型的3D共极化辐射方向图

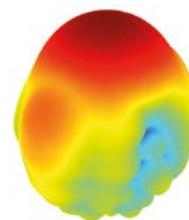


图6

典型的3D交叉极化辐射方向图

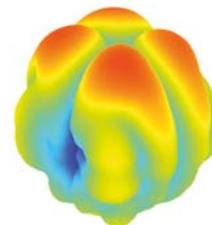


图7

之后我们进行测量，目的是对比QR18000@28 GHz在StarWave和StarLab 50 GHz中的测量结果。图8显示了两次测量的结果以及一次全波模拟测试的结果，并很好地展示了三条曲线之间的完美相关性。它证明StarWave能够在毫米波频率上进行低/中增益天线测量。

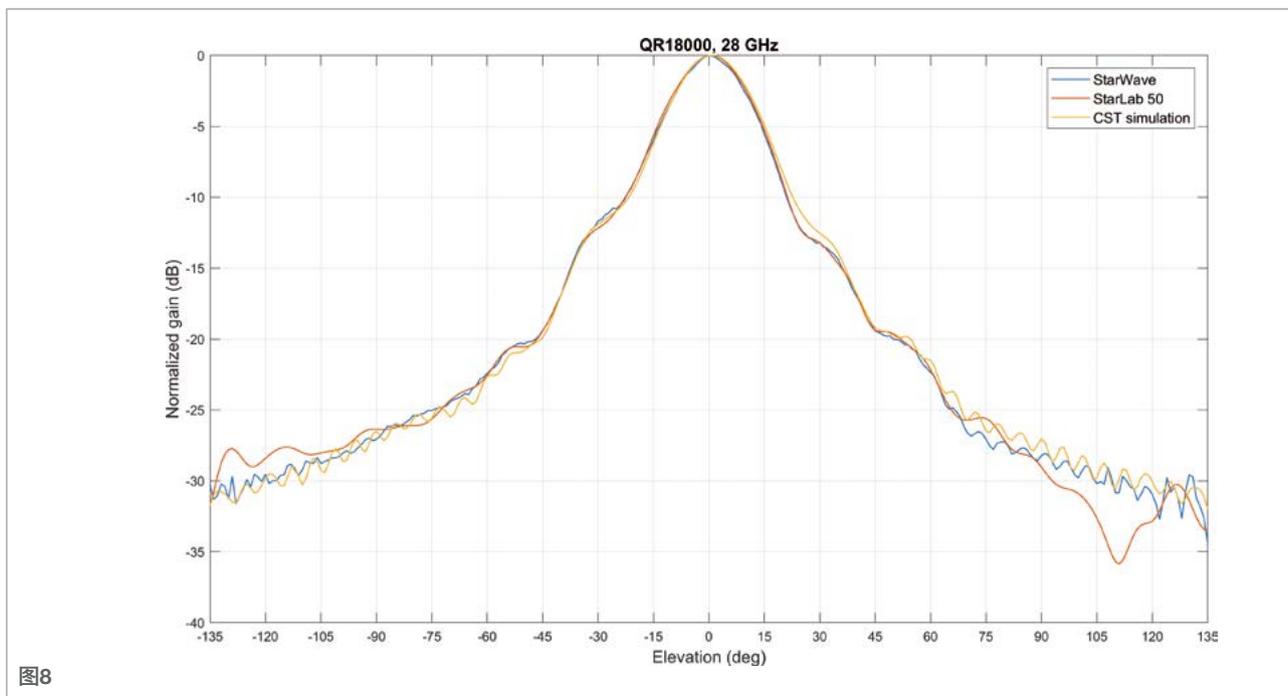


图8

参考资料

1. F. Scattoni, D. Sekuljica, A. Giacomini, F. Saccardi, A. Scannavini, N. Gross, E. Kaverine, P. O. Iversen, L. J. Foged (2019). Design of Dual Polarised Wideband Plane Wave Generator for Direct Far-Field Testing (直接远场测试用双极化宽带平面波发生器的设计, 第13届欧洲天线与传播会议 (EuCAP 2019)). <https://www.mvg-world.com/en/resources/technical-papers/design-dual-polarised-wideband-plane-wave-generator-direct-far-field>
2. F. Scattoni, D. Sekuljica, A. Giacomini, F. Saccardi, A. Scannavini, L. J. Foged. Comparative Testing of Devices in a Spherical Near-Field System and Plane Wave Generator (球面近场系统和平面波发生器中的设备对比测试)。 <https://www.mvg-world.com/fr/resources/technical-paper/comparative-testing-devices-spherical-near-field-system-and-plane-wave>
3. A. Scannavini, F. Saccardi, L. J. Foged (MVG Italy), Kun Zhao (Aalborg University). Impact of Phase Curvature on Measuring 5G Millimeter Wave Devices (相位弯曲对测量5G毫米波设备的影响)。 <https://www.mvg-world.com/fr/resources/technical-paper/impact-phase-curvature-measuring-5g-millimeter-wave-devices>



MVG STARWAVE 可优化5G设备测试流程

这个紧凑、灵活的双极化宽带平面波发生器
交钥匙测试系统的研发目标就是提升5G设备的测试效率，
缩短它们的上市时间。

欢迎致电我们的专家团队，与他们探讨您的具体要求，
以及StarWave是否是您正在寻找的下一
个产品。

测试无线世界中的连接

法国MVG集团（Microwave Vision Group）在电磁波可视化领域研发出一系列具有知识产权的产品。这些无处不在的无线信号与我们生活息息相关：智能手机、电脑、平板、汽车、火车、飞机——所有这些设备和交通工具离开它都无法正常运作。借助其深厚的专业知识，MVG可为各类研发团队提供测量解决方案，用于描述天线的特性以及它们在这些设备中的性能，并可提供EMC测试用暗室。MVG的创新技术仍将专注于为全球提供当今最先进的EMF测量技术。

全球足迹，本地化支持

在我司遍及全球各地的办事处中，我们的各个团队可为您提供从采购、设计、交货到安装的全程指导和支撑。由于我们实现了本地化，我们可以确保项目跟踪的速度和专注力，其中包括系统就位后的客户支持和维护服务。欲获取各办事处的详细地址和最新联系信息，请访问：

<https://www.mvg-world.com/contact>



更多详细信息，请联系您当地的销售代表。
salesteam@mvg-world.com
<https://www.mvg-world.com/StarWave>

