May/Jun 2013

Microwave JournalChina 微波杂志



horizon house®
Founded in 1958
mwjournalchina.com

高稳定性宽带

满足您在晶圆器件特性测试时的需要



不要让过期的校准影响您的测试数据!

美国设计和制造

ME7838A 宽带 VNA 系统

VectorStar®矢量网络分析仪系统稳定的的宽带性能，意味着你可以高精度测量一整天和更长的时间，而您的校准仍然稳如磐石！花更少的时间校准，获得更多的时间测量。

安立公司提供109 dB的动态范围在110 GHz频率处，为那些重要的高灵敏度测量提供整个70 KHz到110 GHz频段，0.1分贝和0.5度超过24小时的S21稳定性。

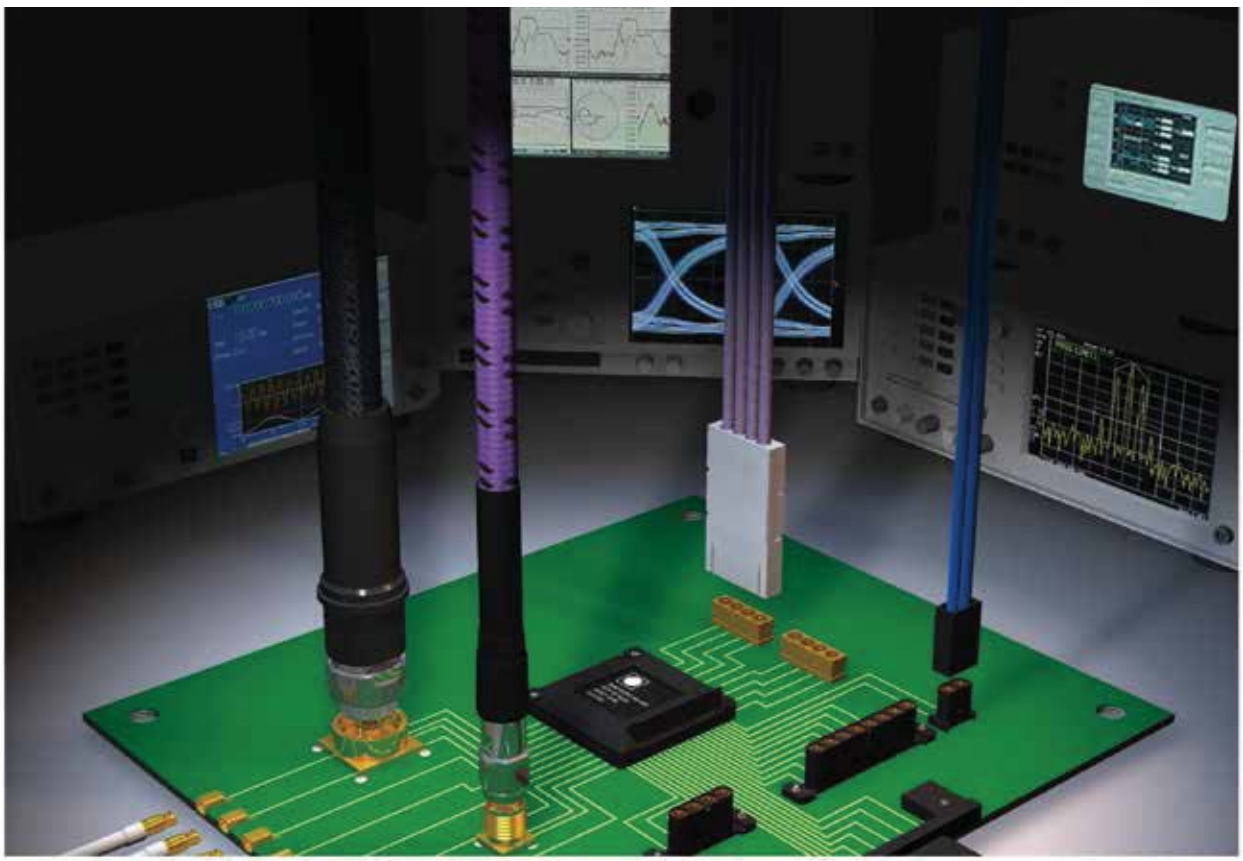


了解更多信息并下载我们的免费白皮书——《提高晶圆上测量效率的现代VNA测试解决方案》
欢迎访问: **www.anritsu.com/zh-cn/promotions/2013/vectorstar/index.aspx**

北京: 010-65909230 上海: 021-62370898 深圳: 0755-36515388 西安: 029-88377406
成都: 028-86510011 广州: 020-85276618 武汉: 027-87713355 香港: 852-23014980

Anritsu

让测试更精确、更轻松

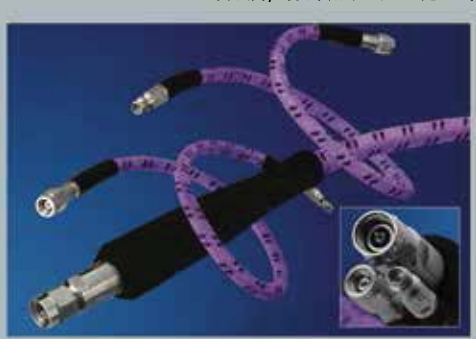


GORE

GORE® 微波/射频测试电缆组件

戈尔是高性能微波射频电缆全球领先的制造商，
戈尔电缆设计创新，性能可靠，信号完整性优异，
重复性好，高柔性，耐弯折，使用寿命长。
戈尔提供全套测试测量互联解决方案，满足各种微波射频测试的严苛需求。

GORE® PHASEFLEX® 微波/射频测试电缆组件

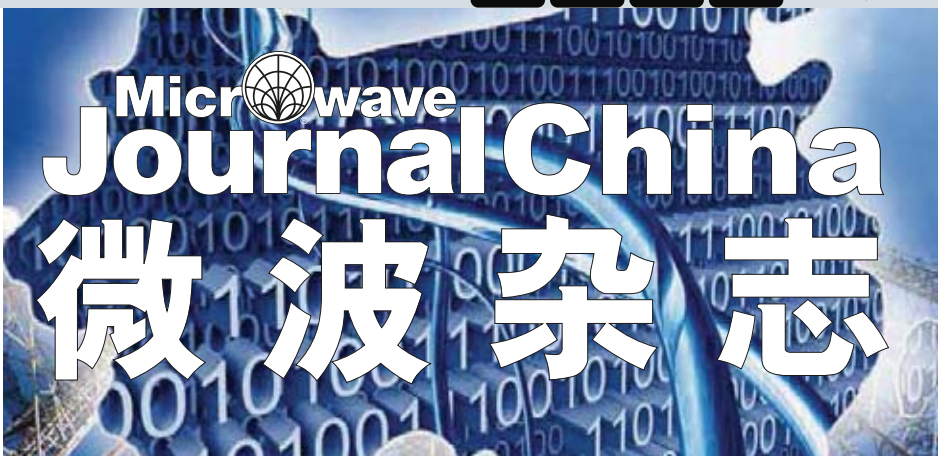


GORE® VNA 微波/射频测试电缆组件



咨询电话: 0755-8359 8262 邮箱: info_china@wlgore.com
www.gore.com/microwave





5/6月 May/Jun 2013

目录 1
Contents 1

编辑寄语 Note from Editor

06 **连接地球**
Connecting the Globe
作者：David Vye Microwave Journal 主编

封面专题 Cover Feature

08 **建立超越110GHz的连接**
Making Connections Beyond 110 GHz
作者：David J. Vondran OML 公司，加州摩根山

特别报道 Special Report

21 **首届电子设计创新会议**
The Premier of EDI CON
作者：David Vye Microwave Journal 主编

24 **移动通信系统的PIM功率电平测试**
PIM Test Power Levels for Mobile Communications
作者：Rick Hartman, Tom Bell, Kaelus, Smiths Interconnects 公司

应用案例 Application Note

28 **确保最高质量微波测量的技术**
Techniques for Ensuring the Highest Quality Microwave Measurements
作者：谢婷婷 安捷伦科技公司测试部业务开发经理

技术文章 Technical Feature

32 **在柔性PES衬底上制作的共面波导的射频特性**
RF Characteristics of Coplanar Waveguide Fabricated on Flexible PES
作者：Young Yum, Jang-Hycon Jeong, Hong-Seung Kim and Nak-Won Jang
韩国海事大学

38 **毫米波波导到共面波导宽带过渡研究**
A Broadband Millimeter-Wave Rectangular-to-Coplanar Waveguide Transition
作者：薛伟，张永鸿，冯真俊，樊勇 电子科技大学极高频复杂系统重点实验室

46 **电缆中串扰和电磁干扰的仿真**
Simulating Crosstalk and EMI in Cables
作者：David Johns CST 公司工程和支持副总裁
Patrick DeRoy CST 公司应用工程师

不可预知的状况、恶劣的条件、未知的危险，这都是日常工作的一部分。



重量仅为3千克的坚固型Agilent FieldFox微波手持式分析仪提供前所未有的高可靠性。无风扇及散热孔的防水防尘设计、媲美台式仪器的精度、十种微波测试功能集于一身。无论是9000米高空还是盐雾环境下的海上,无论是尘埃弥漫的沙漠还是飞机上狭小的空间，一台FieldFox微波手持分析仪就能满足您绝大部分测试任务要求。让您随时随地、精确随身。

FieldFox "十合一" 多功能微波分析仪

- 12种型号: 频率高达26.5 GHz, 前所未有的媲美台式仪器的精度
- 频谱分析仪
- 全双端口矢量网络分析仪(VNA)
- 组合分析仪
  (集成频谱分析仪+矢量网络分析仪+天馈线分析仪+独立微波信号源+矢量电压表+功率计+可调支流电压源等可选十种功能)
- 符合美军标可靠性MIL-PRF-28800F 2类规范, 满足美军标防爆规范
- 无风扇和散热孔, 从容应对沙尘、盐雾环境, 工作温度范围 -10-55 °C, 工作海拔 9144 米
- 无需预热,开机即测, 从容应对紧迫任务



© Agilent Technologies, Inc. 2013

阅读应用指南系列以了解干扰分析、天馈线分析及便利校准。
www.agilent.com/find/FieldFoxMW

安捷伦客户服务中心电话: 800-810-0189、400-810-0189

前瞻 加速 实现

Agilent Technologies
安捷伦科技有限公司

Microwave Journal China 微波杂志

Administration 行政管理

Publisher (US): Carl Sheffres
Editor (US): David Vye
Technical Editor (US): Patrick Hindle
Managing Editor (China): Katie Huang
Managing Editor (US): Jennifer DiMarco
Staff Editor (US): Laura Casasanto
Editorial Assistant (US): Barbara Walsh
Audience Development Manager (US): Michelle Barry
Traffic Manager (US): Edward Kiessling
Lead Designer & Production Coordinator (US): Janice Levenson

International Editor (UK): Richard Mumford

Corporate Staff
CEO: William M. Bazzy
President: Ivar Bazzy
Vice President: Jared Bazzy

China Offices (中国办事处)
Hong Kong (香港)
ACT
ACT International (雅时国际商讯)
香港九龙长沙湾青山道478号百欣大厦13楼B室
Unit B, 13/F, Por Yen Building, No.478 Castle Peak Road,
Cheung Sha Wan, Kowloon, HK
President 总裁
Adonis Mak (麦协林) adonisM@actintl.com.hk
Vice President 副总裁
Mark Mak (麦协和) markM@actintl.com.hk

Mainland China (中国大陆)

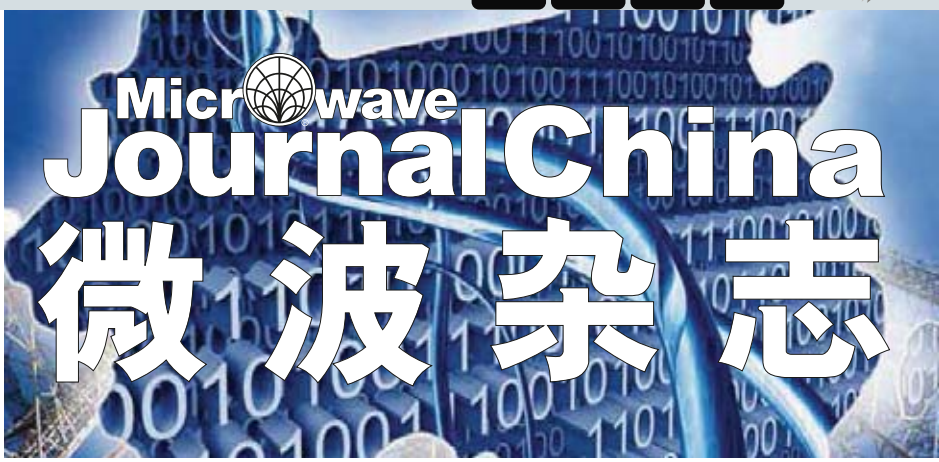
Shenzhen (深圳)
中国广东省深圳市福田区彩田路彩虹新都海鹰大厦18C
Unit 18C, Caihongxindu Haiying Building,
Caitian Road, Futian CBD, Shenzhen
518033, China.
Tel: 86-755-2598 8571
General Manager 总经理
Michael Tsui (徐旭升) michaelT@actintl.com.hk
China Sales Director 中国区销售总监
Sky Chen (陈燕) skyC@actintl.com.hk

Shanghai (上海)
Tel: 86-21-6251 1200
Sales Manager 销售经理
Judy Huang (黄作美) judyH@actintl.com.hk
Hatter Yao (姚丽莹) hatterY@actintl.com.hk
Linda Li (李承珍) lindaL@actintl.com.hk

Beijing (北京)
Tel: 86-10-6418 7252
Sales Manager 销售经理
Oasis Guo (郭镜园) oasisG@actintl.com.hk

Executive Editorial Office
685 Canton Street, Norwood, MA 02062
Tel: (781) 769-9750
Fax: (781) 769-5037
e-mail: mwj@mwjournal.com

horizon house®



5/6月 May/Jun 2013

目录 2
Contents 2

58 **可信任的连接: 色标的互连**
Connect with Confidence: Color-coded Interconnects
作者 : Steve Dudkiewicz Maury Microwave 公司

62 **RF的摩尔定律**
Moore's Second Law
作者 : 姚远 美国国家仪器公司技术市场工程师

高端访谈 Interview

63 **Spirent: 在实验室实现提升终端用户体验的真实测试**
Spirent: Implement Improve End-user Experiences Real Test in Laboratory

64 **NI: 模块化架构是未来发展趋势**
NI: Modular Architecture is the Future Development Trends

65 **中科国技坚持技术创新**
HWA-tech Insists on Technical Innovation

特色产品 Product Feature

66 **R&S SMW200A多通道高端矢量信号发生器降低测试设置复杂性**
R&S SMW200A Multipath High-end Vector Signal Generator Significantly Reduces Test Setup Complexity

技术简讯 Tech Brief

70 **41所推出频率捷变小于200ns的信号发生器**
CETC 41 Launch Signal Generator of Frequency Agility Less Than 200ns

70 **便携式的PIM测试**
Portable PIM Tester

6GHz 混频器提供 32dBm OIP3

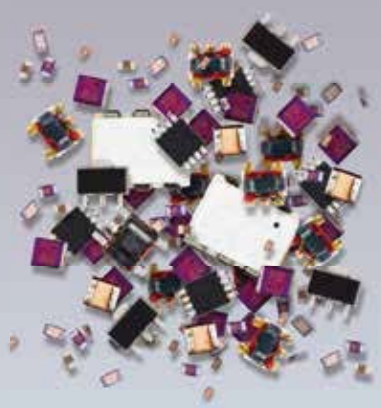
LTC5544



在 5.8GHz 卓越的性能

IIP3 = 25.8dBm
转换增益 = 6.4dB
NF = 12.8dB

或



碰碰你的运气

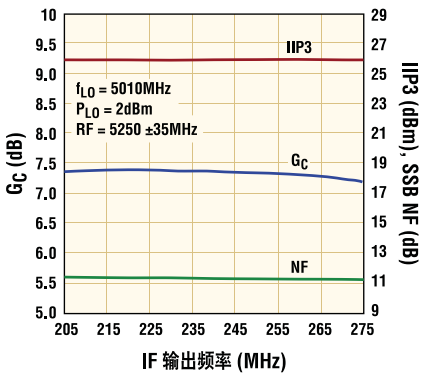
高集成度结合了 LO 缓冲器、IF 放大器和平衡-不平衡变压器

LTC®5544 具有高集成度，可为您带来前所未有的紧凑度、易用性及卓越性能，尽管放心使用。

特点

- 4GHz 至 6GHz 频率范围
- 在 5.8GHz 的 32.2dBm OIP3
- 14.6dBm P1dB
- 2dBm LO 驱动
- 50Ω 匹配单端 RF 和 LO 输入
- 卓越的隔离性能
- IF 输出高达 1GHz

宽带转换增益、IIP3、NF (在 240MHz IF)



查询详情

www.linear.com.cn/LTC5544
免费样品：www.linear.com.cn

LT、LTC、LTM、Linear Technology 和 Linear 标签是凌力尔特公司的注册商标。所有其他商标均为各自拥有者的产权。

凌力尔特 Linear Technology www.linear.com.cn
香港电话：(852) 2428-0303 深圳电话：(86) 755-2360-4866 上海电话：(86) 21-6375-9478 北京电话：(86) 10-6801-1080 成都电话：(86) 28-8555-9725 武汉电话：(86) 27-8665-9231 西安电话：(86) 29-6851-8978
艾睿电子 Arrow Electronics www.arrow.com
香港电话：(852) 2484-2484 深圳电话：(86) 755-8836-7918 上海电话：(86) 21-2215-2000 北京电话：(86) 10-8528-2030

LINEAR TECHNOLOGY

科通集团 Comtech Group www.comtech.com.cn
香港电话：(852) 2730-1054 深圳电话：(86) 755-2698-8221 上海电话：(86) 21-5169-6680 北京电话：(86) 10-5172-6678
骏龙科技 Cytech Technology www.cytech.com
香港电话：(852) 2375-8866 深圳电话：(86) 755-2693-5811 上海电话：(86) 21-6440-1373 北京电话：(86) 10-8260-7990
好利顺电子 Nu Horizons Electronics www.nuhorizons.com
香港电话：(852) 3511-9911 深圳电话：(86) 755-3398-2850 上海电话：(86) 21-6441-1811 北京电话：(86) 10-8225-0019

编辑寄语 Note From Editor

连接地球

Connecting the Globe

英文版的 Microwave Journal 5 月号将迎来微波技术国际社区备受赞誉的国际微波研讨会（IMS2013），会议将于下个月在美国华盛顿州西雅图举行。这个知名的年度盛会是全球微波元件厂商最大的会议和展览，预计将吸引约 7,500 名与会者和超过 550 家参展商。虽然这个活动在美国举行，IMS 应该也引起了《微波杂志》中文版读者的极大兴趣。一些中国制造商将出席活动，直接向北美观众推广他们的产品。西雅图接近加拿大不列颠哥伦比亚省的温哥华，它有一个大中国社区。超过 40 万温哥华居民（近 1/5）是中国人后裔。

Microwave Journal 有着支持 IMS 的悠久历史，我们的编辑将与领先技术专家频繁接触，发现即将推出的新产品和新技术。我们在西雅图会议上会为未来几期《微波杂志》中文版撰写很多文章。这将是自我们开始出版中文版之后第二年参加 IMS，我希望 IMS 上的更多公司很有兴趣发表针对我们中国读者的文章。

我们的 5 月号也将发表我们在北京举办的 EDI CON 会议的特别报告。在 EDI CON 上，我们访问了一些与会者，获得了他们对技术会议、展览、场地和如何改进明年的会议等方面的意见。与会者的主要意见是他们希望看到年一届的更大规模的会议和展览会。这也是我们的目标，同时我们期待着越来越多中国公司和跨国企业的参与。我们也希望我们的读者提交更多的论文。向会议提交的论文信息将在下一期（7 月 /8 月）提供，并通过电子邮件通讯发送给读者。如果您的工作涉及到一些有关 RF、微波和高速数字电子的创新技术，请考虑向 EDI CON 2014 提交论文。

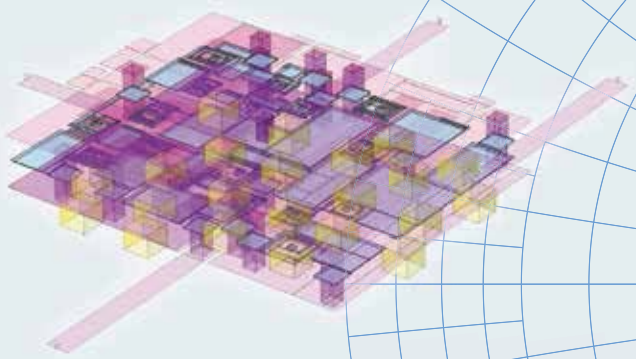
在美国，我们常说“毕竟这是一个小小世界”。这种说法来自沃尔特 • 迪斯尼为庆祝世界儿童创建的一个音乐主题公园。这句话提醒我们，虽然世界似乎很大和非常多样化，但我们在许多方面彼此相连。今天的通信可以通过微波技术让我们能够瞬间分享来自世界各地的数据和新闻。今年 4 月，当波士顿马拉松发生爆炸时，几乎是同一时间我在中国的同事就知道了这个悲剧。我们一起了解了遇难者之一是来自中国沈阳的波士顿大学的学生吕令子。波士顿市对她的死深感哀痛，我们关怀她在中国的家人，以及在同一周受地震袭击的中国四川。我们未必能够阻止人和自然的悲剧，但作为通信领域的工程师，我们帮助世界人民连接起来得到希望和支持。



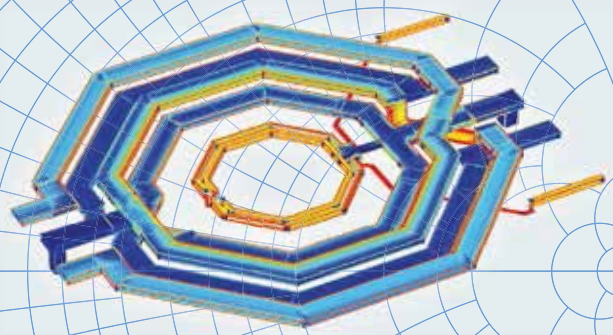
主编 David Vye

三维平面电磁仿真软件——Sonnet®
实现最精确的仿真

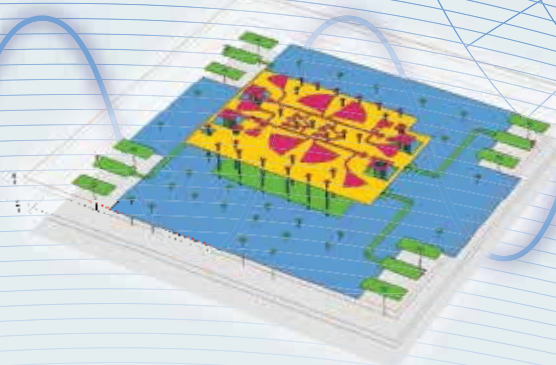
高密度射频封装



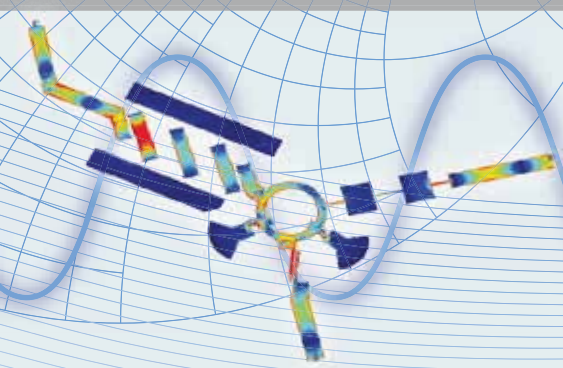
射频集成电路 (RFIC)
和 单片微波集成电路 (MMIC)



射频 PCB 混合电路



滤波器和传输线



Sonnet Suites 为射频集成电路（RFIC），单片微波集成电路（MMIC），平面微波滤波器和平面封装的仿真设计提供高精确的电磁仿真。 Sonnet 提供高精确的模型，简单易用。

试用 Sonnet Lite版本——免费版本，可用于模拟小电路和实验。
你可以从如下链接下载 Sonnet Lite : www.sonnetsoftware.com/lite

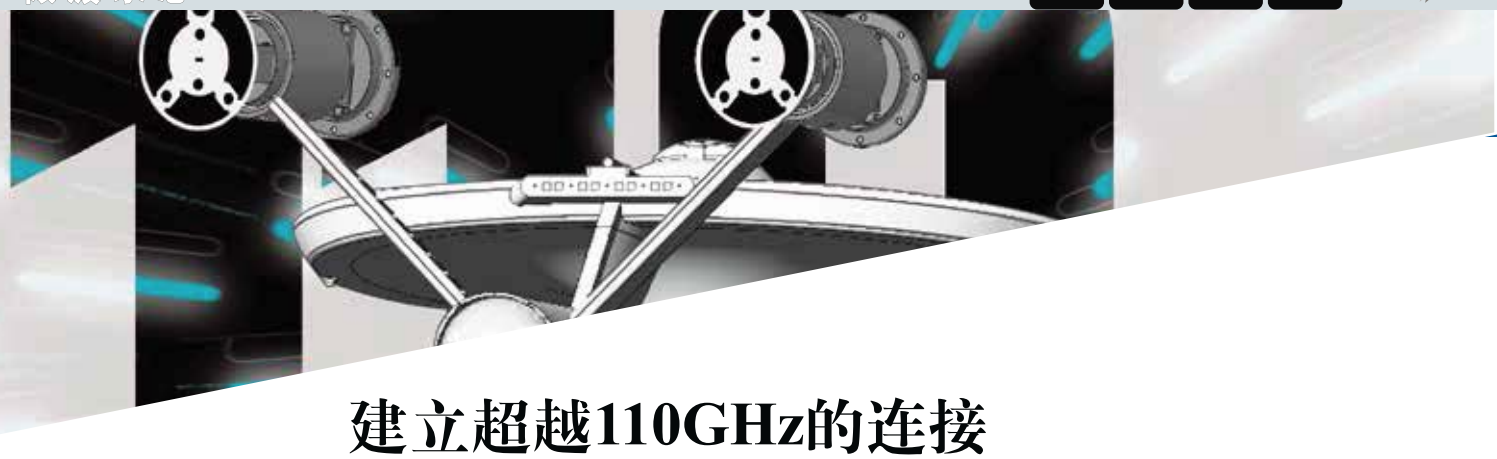
SONNET®

High Frequency Electromagnetic Software 高频电磁软件

了解更多关于
SONNET SUITES™
来尔
跨越虚拟现实

www.sonnetsoftware.com/china

©2012 Sonnet Software, Inc. All rights reserved. SONNET® is a registered trademark of Sonnet Software, Inc.



建立超越110GHz的连接

Making Connections Beyond 110 GHz

作者：David J. Vondran OML 公司，加州摩根山

研究先驱们正在探索 110GHz 以上的广阔频谱资源，也就是跨度从 30GHz~1THz 俗称为毫米波（mm–wave）前沿。这些先驱们已经证明毫米波科技可能解决发展中的无线通信、天文学、成像、生物工程和国土安全领域所出现的问题。在下一阶段，这些先驱们将会用新的毫米波产品的发展来证明他们的观点。正是从研发到全球商业化可行性的毫米波趋势驱动着涵盖在本文中的技术。

本文从介绍为什么毫米波频谱吸引人们去探索的背景知识开始。接着介绍从 ALMA 项目（在智利的巨大天线阵列）中学到的实际经验教训，该项目是在毫米波前沿全球首个成功的案例。这些回顾将会保证我们不会重蹈前人的错误，通过揭示在接下来的篇幅中什么是最重要。最后，给毫米波的标准体系定下基准，用于解决在物理层面的计量问题。这一框架是工程师将如何通过竞争实现更快的上市和降低成本，而不是依赖制造业的进步。在本文的结尾，未来的先驱们和企业家也会通过开发新的激动人心的毫米波产品去加速毫米波解决方案的部署来证明他们自己的观点。

超越110GHz的频谱资源

激动人心的商业化毫米波产品激励着超越 110GHz 的研究，因为传输速率更快且有更多可用的频谱。这些应用包括固定无线连接、太赫兹的纳米电池、无线局域网 / 无线个人局域网、一体机下载、短距离设备连接和板对板的通信。有两个正在成形的探索组织要进一步研究这些应用。第一个组织是 IEEE 802.15WPANTM 太赫兹兴趣小组（1Gthz）[1]。第二个组织是 IWPC 移动数千兆位（MoGIG）的无线网络和终端[2]。1Gthz 主要致力于推动太赫兹通信和运行在从 275GHz 到 3THz 的太赫兹频段的相关网络应用。MoGIG 的目标是回答在未来几年当移动无线网络为满足大规模增长的数据需求而用光频谱时在它们身上会发生什么这一问题。

作为基准，WiGig™ 在 60GHz 频段使用 2.16GHz 的带宽可以传送达到 7Gbps 的数据传输率[3]。这种性能目前代表着比采用 80+MHz 带宽的射频无线局域网技术快 10 倍的提高。通过进一步探索超越 110GHz 的频段，工程师正在规划着今后十年的数据传输技术。此外，更小的天线尺寸和出现的射束控制技术使得研发工作朝着有更小更轻并具有更大商业吸引力的移动解决方案发展。工作在毫米波前沿同样能简化部署和有望降低成本。一般而言，在大量的未开发的毫米波频谱中，更多的宽带和更短的波长是达到数千兆位传输速率以上的两个关键组成部分。需要记住的一个调整障碍就是传输必须和已经在使用的频谱共存，包括无线电天文学、地球勘探

Microwave Journal China 微波杂志 | 广告索引 Ad Index | 目录 Contents P.6-46 P.58-70 | 推荐朋友 Refer a friend | 免费赠阅 Subscribe | ACT

精纯 & 准确
速度 & 简便
Rohde & Schwarz FSW

用于航空航天和国防电子的先进信号与频谱分析仪

极大的带宽，超低的相位噪声，宽大的触摸屏保证了简洁的用户界面和众多新工具的运用。R&S® FSW是用于各类雷达信号测试的理想分析仪。可以非常简便地实现复杂的测量，看到之前检测不到的信号。R&S® FSW兼容性好，更可以帮助您迎接明天的挑战。

- 相位噪声可达-137 dBc (1 Hz)，适用于分析振荡器和频综
- 分析带宽可达160 MHz，适用于测量跳频信号和线性调频脉冲压缩信号
- 每秒1000次的测量速度发现杂散信号
- 多视角的模式可支持脉冲、杂散和调制的同时测量
- 大型触摸屏更快地显示更多的结果

R&S® FSW，开创未来

www.rohde-schwarz.com/ad/fsw

罗德与施瓦茨中国有限公司

www.rohde-schwarz.com.cn 800-810-8228, 400-650-5896



ROHDE&SCHWARZ

和太空研究这些应用。这些要调整的应用频谱跨度从 275GHz~600GHz。这给证明干扰问题合格和风险规避的研发带来了负担。

大气吸收

在频谱分配中一个重要的设计考虑就是大气对毫米波信号的吸收特性。如图 1 所示，有自然的分子共振为最小或最大信号的传播特性创建运行窗口[4]。选择“波谷”相当于最小的衰减，有益于要求相对更长发送 / 接收路径的应用。一个明显的波谷例子就是在点对点的无线通信中 E–Band 是理想的安置频段。相反地，选择“波峰”将会缩短传输路径，这可能是在密集信号环境中干扰最小化所要求的特性。一个明显的波峰例子就是移动应用：WiGig (802.11ad)。

在整个毫米波频谱里，注意到水分含量（比如相对湿度，雾，雨）会降低传播特性非常重要。这些特性会影响到直线对传（LOS）的传输路径，并最终决定该应用是适合于固定还是移动。

ALMA项目的经验教训

阿塔卡玛大毫米波 / 亚毫米波阵列（ALMA）由 66 个高精度无线电天文望远镜组成，位于智利北部的阿塔卡玛沙漠。一个包含欧洲、北美、日本及智利共和国的国际合作组织成功的部署了此毫米波系统，其覆盖的频谱范围从 30~950GHz[5]。图 1 和表 1 同时显示了 10 个频带的频谱分配情况。该天线系统的目的是允许来自世界各地的科学家去解开长时间悬而未决和重要的天文学谜团。现在有可能通过在以前没有利用的毫米波频率范围内收集数据得到这些发现。

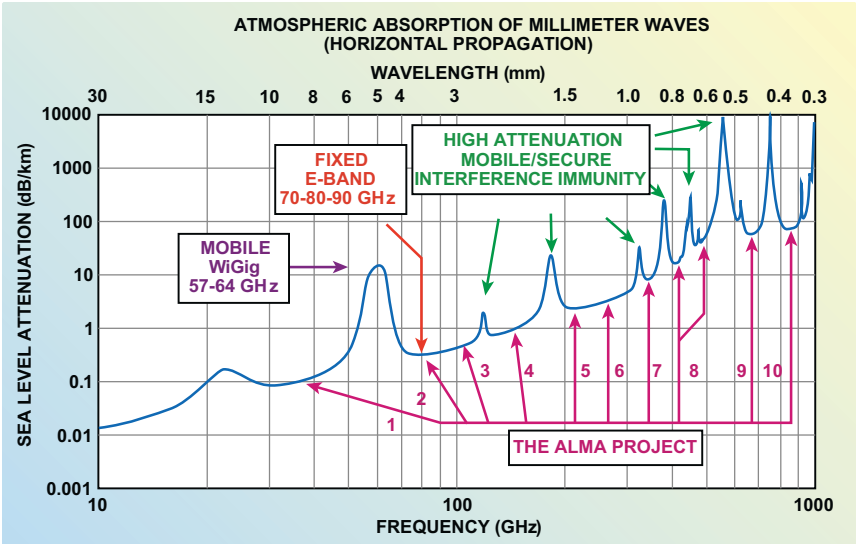


图 1. 相对于频率和波长的毫米波信号的大气吸收特性。

在毫米波前沿，ALAM 项目大概是首次国际上的成功案例。得益于这种成功，未来的毫米波事业能够借助这一最初的工业经验。除潜在的毫米波技术之外，缺少标准是部署混乱和延迟的主要原因。这些标准遍布了从频带标识符到波导接口应用的整个域。同样痛苦的是缺少用于独立验证关键系统性能准则的可描述的标准。因为缺少标准，我们很容易同意单一方面的认证，但是这样，产品的涓滴效应会开启一个在全世界范围内不兼容性问题的痛苦时代。按照电学性能，波导的不规则性会导致不希望的退化；随后，反歪斜和进一步的法兰对准特征被记录。这些是从 ALAM 项目中获得的最初的毫米波经验教训，需要在进一步探索和进行商业化之前吸收。

同轴/波导接口的背景介绍

从 50~110GHz 的重叠频谱，当今的设计者可以选择同轴或者波导接口；但是，在 110GHz 以上的频段几乎没有波导接口的领域（主要涉及到短波）。对于需要扫描宽频带的器件描述任务，设计者最熟悉的是流行的同轴接口，包括给有源器件做偏置的直流电。众所周知的同轴线（对于 TE 波导模拟）的截止频率是通过计算内径和外径尺寸差得到的。选择不支持波导模式的同轴线尺寸是非常重要的，因为同轴线传输依赖 TEM 模式。

可是超过 110GHz 后，工程师将会转而采用带边带的波导接口，其中没有中心导体的孔径传导传输信息。类似于同轴线的计算，窄边和宽边的尺寸确定了截止频率的上限和下限（对于 TE_{10} 计算）。对于任意给定的波导尺寸，占优势的 TE_{10} 模式被限

表 1. ALMA 天线阵列的 10 条频带

TABLE I
THE 10 FREQUENCY BANDS OF THE ALMA ANTENNAS

ALMA Band	Frequency Range (GHz)
1	31 to 45
2	67 to 90
3	84 to 116
4	125 to 163
5	162 to 211
6	211 to 275
7	275 to 373
8	385 to 500
9	602 to 720
10	787 to 950

NEW!

25MHz ~ 6GHz

信号发生器



70dB 功率范围

单价仅 $2695

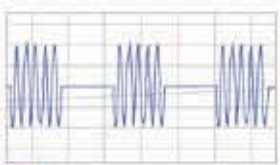
可靠、便携、可用于生产测试的USB控制信号源

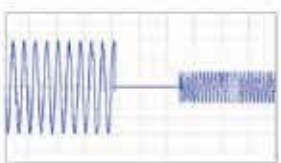
在宽频带和功率范围内扫描和跳变，触发单个信号脉冲或一个连续的脉冲序列，两台可用于三阶交调测试，一台可放入电脑包便于携带！我们简单易用的图形用户界面（GUI）能使您用几乎任何一台PC机* 在几分钟内就可以开始工作。像其他的便携式测试设备一样，这款新SSG-6000兼容大多数测试软件，* 帮您增加测试能力和提高效率，却不会影响您的预算。

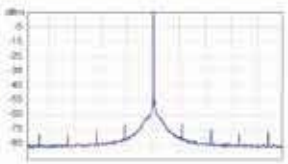
*参见数据表了解兼容硬件及软件列表

可用于精确、可靠测试的合成信号源

具有优于1ppm频率准确度及0.25dBm的功率准确度（-60 ~ +10 dBm范围内），-50dBc的低谐波，3Hz的频率分辨率，内外触发和参考端口，3ms的置频时间即可帮您从复杂、高速的测试方案中获得需要的数据。现在就访问www.minicircuits.com或联系伟博电讯，即可得到详细指标、性能数据及您做选择所需的一切资料——最快明天您就可以拥有一台！


NOW! 脉冲宽度从1μS. 起


频率及功率跳变


杂散低

Mini-Circuits... 我们重新定义价值所在！

Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 934-4500 Fax (718) 332-4661



Mitron Inc.
Authorized Mini-Circuits Rep in China

伟博电讯—— 此最好的微波射频产品带给中国

总部地址：福建省福州市349信箱 邮编：350003
全国市话服务热线：400-887-3088 传真：0591-87870011
E-mail：sales@mitron.cn 网址：www.mitron.cn

Yuri2 设计工程师的搜索引擎，立即找到您所需的器件

更多详情&在线采购，请登录 minicircuits.com

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

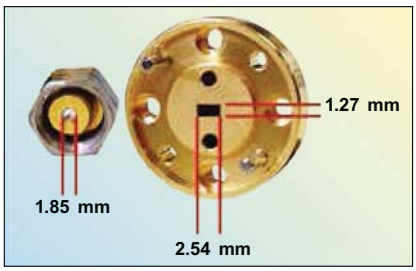


图 2. 1.85mm 同轴线接口和 WR–10 法兰的尺寸比较。

制在大约 50% 的带宽内。这通常不是障碍，因为传输应用频带相对狭窄。作为实例，图 2 显示了 1.85mm 的同轴线接口（最大 70GHz）和 WR–10 波导接口（75~110GHz）的并排比较。

波导法兰参考

表 2 显示了流行的矩形波导频带和它们各自的截止频率及孔径尺寸。为了做比较，该表同时包括了孔径的特写图。根据经验，工程师能快速地辨认 WR 编号，通过卡尺测量宽边的密耳（等于 0.001 英寸），再除以 10。比如，宽边的测量结果是 100 密耳，相当于 WR–10。

表 2. 流行的毫米波矩形 TE_{10} 波导接口。

TABLE II
POPULAR MILLIMETER-WAVE RECTANGULAR TE_{10} WAVEGUIDE INTERFACES

Waveguide Spectrum	TE_{10} Cutoff Frequency (GHz)	Rectangular Waveguide Interface View	Internal Dimensions Width × Height (mils)	Internal Dimensions Width × Height (μm)
50-75 GHz WR-15 WM-3760	39.9 GHz		148× 74	3760× 1880
60-90 GHz WR-12 WM-3099	48.4 GHz		122× 61	3099× 1550
75-110 GHz WR-10 WM-2540	59 GHz		100× 50	2540× 1270
90-140 GHz WR-08 WM-2032	73.8 GHz		80× 40	2032× 1016
110-170 GHz WR-06 WM-1651	90.8 GHz		65× 32.5	1651× 825.5
140-220 GHz WR-05 WM-1295	115.7 GHz		51× 25.5	1295× 647.5
170-260 GHz WR-04 WM-1092	137.2 GHz		43× 21.5	1092× 546
220-325 GHz WR-03 WM-864	173.5 GHz		34× 17.0	864× 432
325-500 GHz WR-02.2 WM-570	263 GHz		22× 11.0	570× 285

波导法兰术语

类似于同轴线连接，两个结合的法兰利用外面固定的波导定位销 / 孔来对齐孔径。定位销在结合处巧妙地交替销 / 孔。为了矢量网络分析仪的校准目的，用 15 in–0zd 力矩（±1.5 in–oz）拧紧 #4–40 法兰螺钉完成信号传递的连接。对部署的系统造成伤害的阈值，对 #4–40 螺钉而言，最大是 5.5 in–lb 力矩。注意到孔径的任何非对准非常重要，包括正常的波导线不规则，将会造成失配和恶化电学特性。

MIL–DTL–3922/67D

图 3 展示了波导连接的一个例子。外边的波导插销和圆形的波导尺寸可以追溯到 MIL–DTL–3922/67D（通常被称为 UG–387）标准，该标准制定于二十世纪六十年代，用来保证雷达的互操作性。在那时，法兰技术通过 110GHz（WR–10）定义。在物理层面意义上，该技术确实是一个了不起的工程和制造成就。考虑到现今还没有超过 110GHz 的正式标准，工业界已经在这些可敬的标准上做了些修改，并推广作为超过 110GHz 法兰的指导原则。

法兰对准的限制

在十年以前，毫米波的先驱们开始分享测试数据和遵守 MIL–DTL–3922/67D 标准的波导法兰中的基本限制 [6]。这些限制在今天从 WR–80

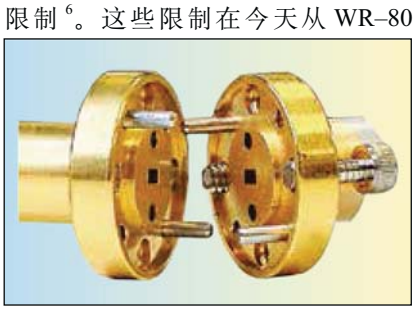


图 3. 典型的波导连接显示的定位销。



卓越连接……

连接器与线缆的完整性对于高度可靠的互联系统至关重要。**Emerson Connectivity Solutions**能够提供多样的连接器、固定长度的和柔性线缆组件、高性能快速连接及测试转换器和光纤解决方案，从而使您的系统性能得到最大限度的加强和保障。

Emerson Connectivity Solutions 能够提供客定的产品和解决方案来满足最苛刻和复杂的应用需求。我们多样的微波部件、连接器和线缆组件被广泛的应用于军工和商用领域高可靠性的项目中。

咨询有关产品和产品应用的信息，请与我们联系。

Emerson Network Power and the Emerson Network Power logo are trademarks and service marks of Emerson Electric Co. ©2011 Emerson Electric Co.

EmersonConnectivity.com
电话：+86-21-54427668
传真：+86-21-54427628
APConnectivitySales@Emerson.com

EMERSON™
Network Power

AIM-Cambridge Connectivity Solutions
Johnson Connectivity Solutions
Midwest Microwave Connectivity Solutions
Semflex Connectivity Solutions
Stratos Connectivity Solutions
Trompeter Connectivity Solutions

EMERSON. CONSIDER IT SOLVED.™

（90~140GHz）开始依然很明显。当我们着手处理太赫兹的应用时，需要一种更好的解决方案来加速对毫米波前沿的探索。

当法兰的两个平面连接时，连接的质量取决于连个孔径的精确对准。一般而言，理想的对准产生最小的失配和不希望的信号反射。对准质量的深入分析同时需要掌握二维和三维的精确位置和误差。

如图 4 所示，有四种主要的机制形式（假设平面对齐）可能导致非对准：宽边偏移，窄边偏移，旋转和倾斜。最显著的电特性恶化发生在宽边和窄边偏移时。此外，电特性恶化处的界面质量跟偏移量成比例：偏移越大，恶化越严重。

为了验证法兰的可塑性，工程师通常会使用最先进的机械和光学探测工具。这些可视化技术将揭示单个法兰的真实尺寸；然而，实际并排的两个法兰更难确定它们的真实尺寸。工程师可以从这些可视化测量结果中仿真可能的对准质量，但是电学特性只能通过 S 参数的测量得到，它揭示了真实的对准质量。这些对准验证技术在应用靠近太赫兹范围时会显得更加重要。

改进法兰对准技术

在频率超过 110GHz 后，波导法兰间的耦合是一项复杂的任务，要求在机械制造时前后的平行面之间有精确的尺寸。实际上，工程师要避免零件之间的绑定或者最坏情况及永久损伤。当公差太严格时绑定的情形就会发生。理想情况下，工程师想要最佳的电学性能；因此，和避免对对准带来不利影响的宽松公差的前提相冲突。在计量，机械加工和制造之间找到平衡点将会保证用于超过 110GHz 应用连接的可重复性和准确性。

反歪斜

当法兰初始耦合在一起时，两个接触面的紧密结合对防止间隙至关重要。歪斜是表示两个结合面的插销没有完全接触时的术语。在结合的过程中，外在波导螺钉是均等收紧的，但是不均匀或者过大的力矩会导致歪斜。为了抵消不均匀的收紧力，在法兰上增加了一个外环，作为反歪斜部分用来提高连接面的平行度。这一外环如图 3 所示。通过增加简单的反歪斜部分，优良的法兰到法兰的连接成为可能，特别是在不均匀收紧的两个平面对齐的情形中更是如此。

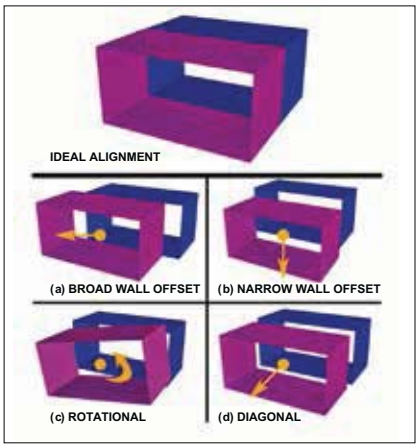


图 4. 法兰非对准机制。

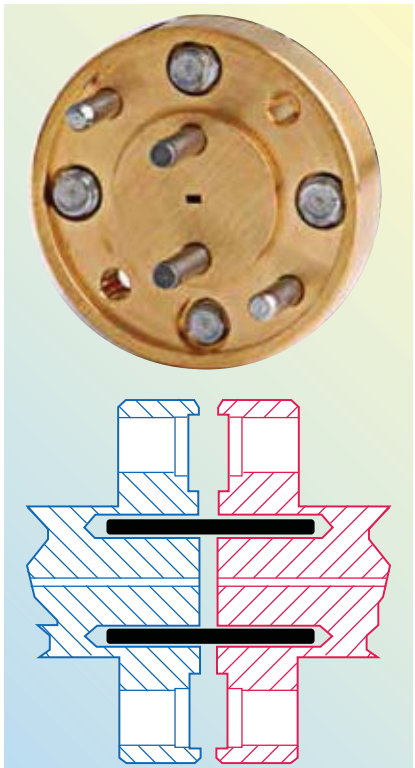


图 5. WR–03 法兰的精确定位销和孔径对准（侧视图）。

精确的定位销

随着在毫米波前沿的波长越来越短，非对准变得对制造法兰时存在的机械公差更敏感。因为这个原因，一种现代改进法兰的方式，如图 5 所示，通过在波导孔径的上下并排引入精确的定位固定销 / 孔。跟传统的法兰相比，通过增加固定插销和精确插孔改善了来自外部永久定位销 / 孔带来的粗略公差。制造商通常提升这种法兰作为 MIL–DTL–3922/67D 的改进版本，保证向后兼容原来的标准。这种补偿方式通过添加更严格的定位销 / 孔的公差来改善对准，但是这种方法从根本上有三种机械公差的积累：波导接口 #1，波导接口 #2 和定位固定销 / 孔（参见图 5）。这种方法的优点是和当前的 MIL–DTL–3922/67D 标准百分之百兼容。

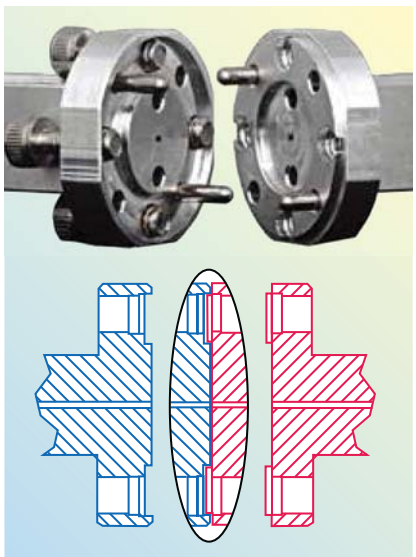
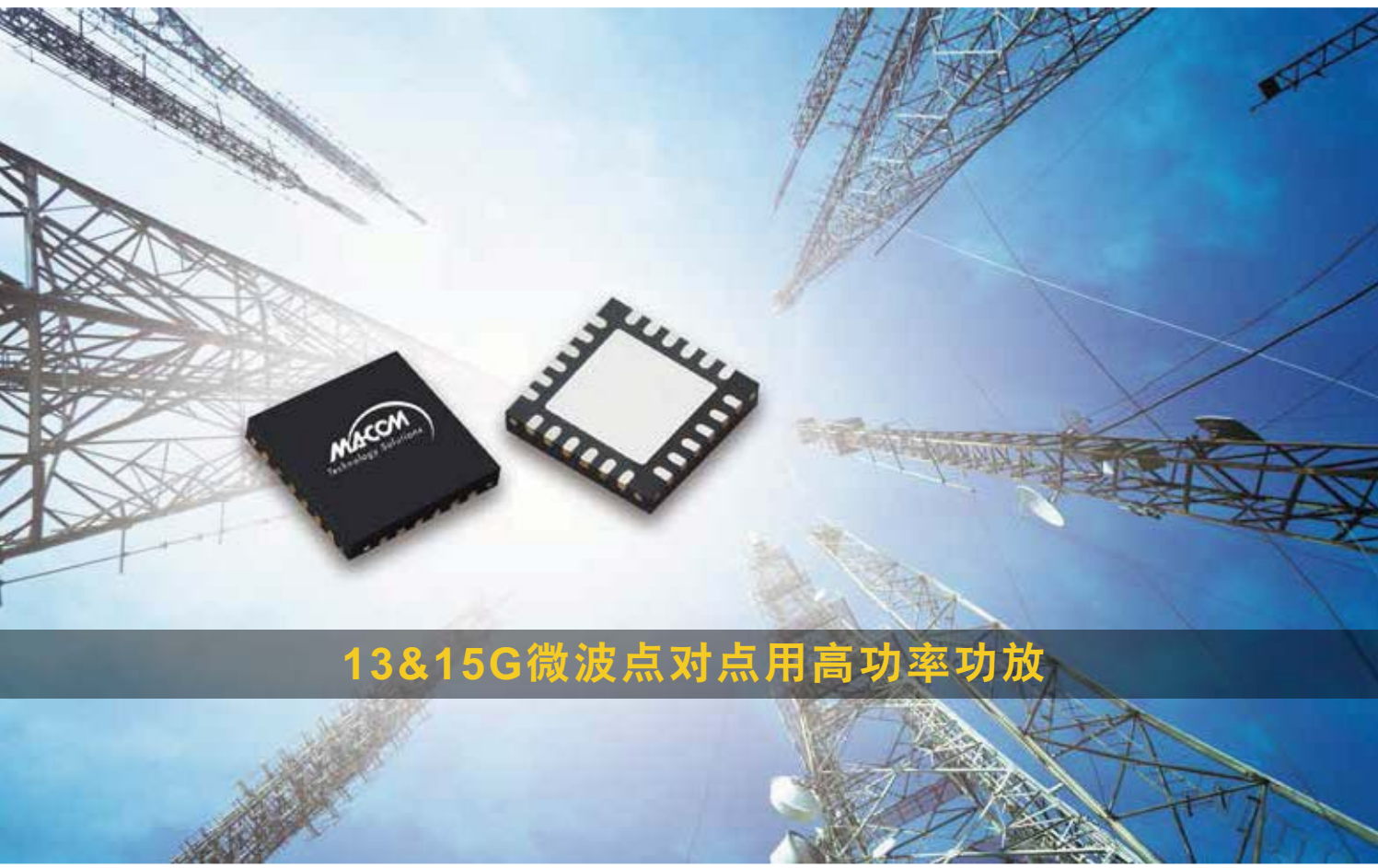


图 6. WR–03 创新的凸起和插孔接口改善了结合时的孔径对齐（侧视图）。

无线回传用3W功放

M/A-COM器件MAAP-010516&MAAP-010517



- 针对微波点对点应用设计
- 5x5mm塑封QFN封装
- 采用片上ESD保护及片上集成隔直电容
- 采用方便大批量生产的包装方式
- 功耗7.2W 6V*1200mA
- EAR99(无出口限制)

参数	单位	MAAP-010516	MAAP-010517
频带	GHz	12.7–13.3	14.4–15.4
小信号增益	dB	23	24
输入回波损耗	dB	15	11
输出回波损耗	dB	12	11
噪声系数	dB	7	7
1dB压缩点P1dB	dBm	34	34.5
饱和功率P_{SAT}	dBm	34.5	35.5
Output IP3, +20dBm SCL	dBm	42	42

上海：021-51086464
北京：010-85997375
深圳：0755-88825562
南京：025-84530136
西安：029-87306325
公司网址：**www.macomtech.com**

MACOM Technology Solutions
THE FIRST NAME IN MICROWAVE®

这种法兰变体的标准化涉及到对齐放置和公差的最终精度。

凸起和插孔法兰

也有其它的法兰变体接口，但通常而言它们从根本上都会有三种公差积累。来自 OML 已经获得专利的法兰设计采用创新的接口克服了这种公差积累限制[7]。与使用精确的定位销相比，这种波导接口使用了包括凸起和插孔接口的结合机制来改善对准（如图 6 所示）。这种设计通过不使用定位销简化到只有两种接口的公差积累。

采用凸起和插孔技术，通过使用外部永久定位销 / 孔来粗略对准，结合过程简化成法兰与法兰之间的连接，然后才是同心轴的最终对准。当使用凸起和插孔作为对准机制时没有必要采用精确的插销。类似于其它法兰变体的校准，用 15.5 in–oz 的力矩（±1.5 in–oz）来紧固法兰螺钉以完成信号传播的连接。为了兼容性这一首要目的，在凸起和插孔法兰中采用了精确的插销给其它法兰变体提供连接。外部的波导插销控制着旋转对准，这不是电气恶化的主要来源。凸起和插孔技术跟 MIL–DTL–3922/67D 标准百分之百兼容。

法兰设计比较

为了评估不同毫米波波导法兰之间的代表性差异，在 WR–03（220~325GHz）频段内于单个法兰上做了试验，该法兰包括三种主要设计元素：MIL–DTL–3922/67D，精确定位销及凸起和插孔变体[8]。在试验中，使用毫米波矢量网络分析仪系统给每一种类型都执行了单端短路，偏移短路，偏移负载（SSoLo）校准。为了揭示接口质量，使用了门限时域技术测量回波损耗。除了精确度外，通过比较 25 组连接和断开序列有可能评估其可重复性。

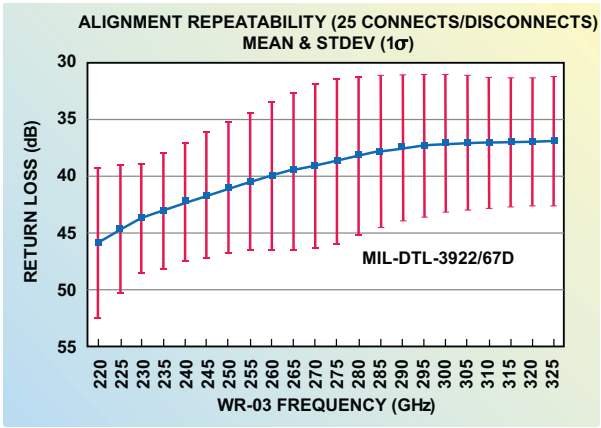


图 7. WR–03 中三种法兰变体的回波损耗比较。

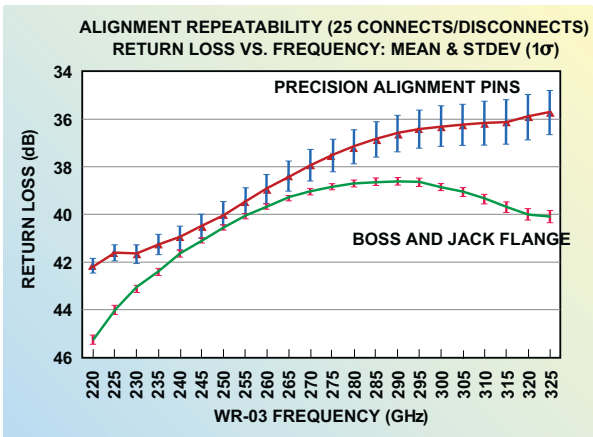


图 8. WR–03 中三种法兰变体的再次比较。

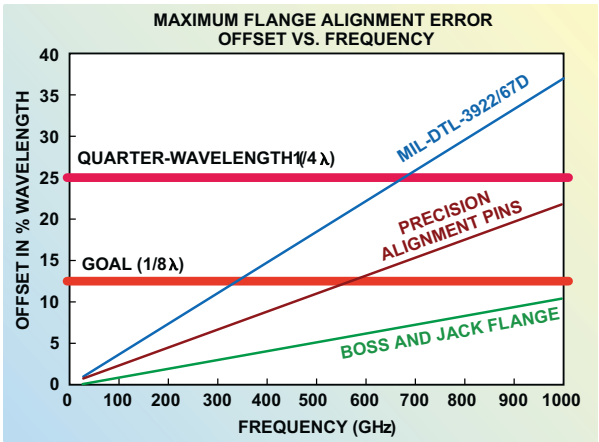


图 9. 三种法兰变体中相对于毫米波频谱的对齐比较。

如图 7 中的基线所示，MIL–DTL–3922/67D 法兰表现出很差的回波损耗和不希望的不一致性。与此相反，图 8 显示出另外两种法兰变体因对准改进所带来的性能提升的好处。这些结果证明精确的定位销法兰会提高性能和可重复性；然而，凸起和插孔法兰表现出最优的整体性能。总体而言，这些在毫米波频段的成果预示着在标准化进程中改进将很快成为现实。

在 WR–03 中，因为提高了对准性，凸起和插孔法兰在回波损耗特性方面展现出平均达 5dB 的改进。使用标准偏差作为指标，可重复性的比较有将近百分之七十的提升。试验中使用了有 ±0.5mil 公差的单个法兰机构，使得该对比能够从 WR–03 中抽取出对准好处有意义的并排对照结果。按比例放大这些法兰设计元素，即在低频处有更大的孔径尺寸，将会等比例的减小其作用。相似的，按比例缩小这些法兰设计元素，即在高频处有更小的孔径尺寸，将会等比例的提高对准性能。正如试验中所证明的，法兰技术的提高将会建立坚实的基础，使未来的测量更准确，可重复性更强。

110GHz 以上的波导标准 (IEEE P1785)

随着在流通中的所用毫米波法兰对准的改进，对于标准化的需要越来越明显。在 110GHz 以上，现在没有标准的互连接口。如前所述，工业界正在围绕这种情形开

TWT放大器的固态替代品

现在有了1000W的电源



1000S1G2z5
1000 Watts
1.0-2.5 GHz



全新1 - 2.5 GHz“S”系列固态功率放大器

选择一个测试放大器时，有几个重要的事情要考虑，像谐波、线性度、耐用性、功耗、可靠性，当然还有寿命周期成本等。很多时候，您不得不勉强接受旧的TWTA设计方法在这样小的占位面积中实现这种功率，但现在您可以用最先进实惠的仪器拥有这一切，以满足您的苛刻要求。

利用AR的全新100、250、500和1000W 1-2.5 GHz“S”系列放大器，您可以拥有固态的可靠性和性能优势，而没有旧的TWTA设计的麻烦。而且，因为它是AR制造的，有首屈一指的全球服务和支持网络作后盾。所以，当您一直希望可以得到有所有功能的放大器时，为什么只是勉强接受任何放大器呢？

欲了解更多信息，请访问 *www.arworld.us/1-2.5GHz*。

中国请致电：*400-007-3336*

ISO 9001:2008 认证

rf/微波仪器

其他 ar 部门：模块化rf • 接收机系统 • ar欧洲

美国 215-723-8181。应用工程师,请致电 800-933-8181。

www.arworld.us

版权所有©2013 AR。AR产品上的橙色条纹是美国专利和注册商标。

展工作保证向后兼容现存的 110GHz 标准（比如 MIL–DTL–3922/67D）同时增加对准特性来解决精度和可重复性的问题（比如定位固定销）。工业界的标准化目标，类似于同轴线测量，就是建立一个鼓励竞争和众多供应商配置生产相关产品的体系。

从 2008 年开始，电气与电子工程师协会的微波理论和技术分会在 P1785 工作小组定义了新的矩阵波导接口标准 [9]。这个标准主要由三个主要目标组成。第一个目标是定义波导尺寸（通过频带），包括和公制的转换。第二个目标，或许是最重要的任务，就是制定出法兰标准。第三个目标是定义用来概括接口性能和可预测不确定性的框架。这些目标和现存的 MIL–DTL–3922/67D 标准有相似的组织和交错。这个正在进行标准化的工作刚刚庆祝了它的第十五个周年纪念日。

法兰标准

法兰标准是 P1785 工作小组的关注重点。在劳动密集型的进程中，业界专家评估了兼容性标准和机械公差，对准机制及电学性能之间的联系。如前所述，在 WR–08（90~140GHz）以及更高频段，恶化通常会变得更加明显；特别是有多级波导接口级联在系统的信号路径上。作为一个实际的考虑，该评估需要分析现有的工艺水平和它的基本尺寸限制。

缩放到毫米波频率

这三种法兰变体要有更多的试验结果来做进一步的分析 [10]。P1785 工作小组正在进行额外的试验和提取关于尺寸公差的整体性能来考虑法兰在更高频率时将会如何运作。如图 9 所示，同预测的一样，这三种法兰变体在频率增加时将有更大的对准误差 [11]。这种不希望的行为是制定法兰标准的原始动机。

比如在 325~500GHz 的频带，WR–02.2（WM–570）波导的孔径尺寸为 22×11mils（570×285um）。在纵坐标，画出了百分之一波长的偏移。作为对照，1/4 波长（25%）是因为有 180° 相移（史密斯原图上短路和开路的阻抗差）而要防止的自然限制。考虑到这种限制，现实的目标是通过低于 1/8 波长（12.5%）的阈值来限制对准误差。这一目标预示着 MIL–DTL–3922/67D 不能胜任超过 325GHz 时的可重复和精确性测试。与此相反，凸缘和插孔变体代表着有可能是最好整体性能的法兰。

如前面试验结果所证实的那样，使用 ±0.5mil 的机械公差将在三种法兰变体中产生可测量到的差别。作为另一个实际的限制，现存的最先进的机械加工能力是 ±0.2mil，同时也是法兰标准要考虑的。对于 1THz 的法兰，孔径尺寸是 10×5mils，因此对于凸缘和插孔变体 ±0.5mil 的机械公差将会转化成 10% 的波长误差，这也许是考虑到适宜性，性能和成本的一个可以接受的平衡点。

这些例子说明在毫米波前沿关键的机械公差将会决定整体的电学性能。恶化的首要原因是因为孔径对准时宽边和窄边的偏移。提高测量精度和可重复性的动力激励着尽可能早一些发布标准用来解决这些问题。迄今为止，凸缘和插孔的方式，有最少的公差积累，已经在法兰接口中显示出最好的对准性能。这些优秀的对准技术和随后优异的电学性能将会缩放到其它的毫米波段或者亚毫米波段。

标准化过程中的更新

经过五年的投入，P1785 工作小组已经处于发布标准的边缘。作为更新，频带和波导尺寸的工作快要完成，包括公制系统的转换。另外，评估法兰的协议和标准也接近完成。这些工作是相当劳动密集型的，专家需要评估兼容性，机械公差，电学性能（都需要仿真和测试）和不确定性。最后，推荐的性能汇总和预期的不确定性还在复审。这三项主要的工作相互联系，因此标准的发布依赖于完整的分析。

工业界的标准化目标将会帮助建立一个鼓励竞争和通过众多供应商配置生产相关产品的体系。初看上去，这一进程可能很慢，但它证明了电气与电子工程师协会允许至关重要的工业界参与标准化制定过程的方法学。一旦完成，测量将不再依赖于单一供应商。相反的，可依照的测量计量学将会鼓励竞争并因此推动毫米波的发展。的确，当我们超越当今的水平时，毫米波创新的未来将变得更加光明。

总结

先驱们在探索毫米波前沿的过程中已经发现了一些重要的阻碍。本文尝试去回答三个问题：为什么，做什么和怎么做。作为第一步，商业化过程和体系的成长依赖于标准的发展和部署以保证测量精度和可重复性，而不考虑个体的供应商。在物理层面，坚实的基础从波导法兰开始。

虽然有许多艰难的工程挑战需要克服，但是 P1785 工作小组快要接近标准的发布。这些工作将解决因波导法兰对准而产生测量不一致性的问题，包括机械公差和波导接

AWR

A National Instruments Company™

引领射频与微波电子设计



AWR®公司是射频与微波电子设计自动化（EDA）产品的引领厂商，其Microwave Office®系列工具，显著加快了射频、微波产品的开发步伐。

使用AWR产品作为您的射频、微波设计平台，可以更加快捷，更加可靠的实现产品的设计。

AWR 产品的应用领域如下：

- Microwave Office: 射频、微波模块及MMIC/PCB设计工具
- Visual System Simulator™: 通信系统设计工具
- Analog Office®: Analog/RFIC 设计工具
- AXIEM®: 三维平面电磁分析工具
- Analyst™: 三维有限元电磁分析

欢迎访问如下链接获取 AWR 产品 30 天免费试用。

www.awrcorp.com/cn

新版中文网页上线

- 更易导航增强浏览体验。可以按照产品和技术来筛选内容。
- 技术文档书库、最新的新闻和论文都被列入网页。

请访问AWR 的网站了解最新发布的AWR 软件: www.awrcorp.com/cn



AWR China

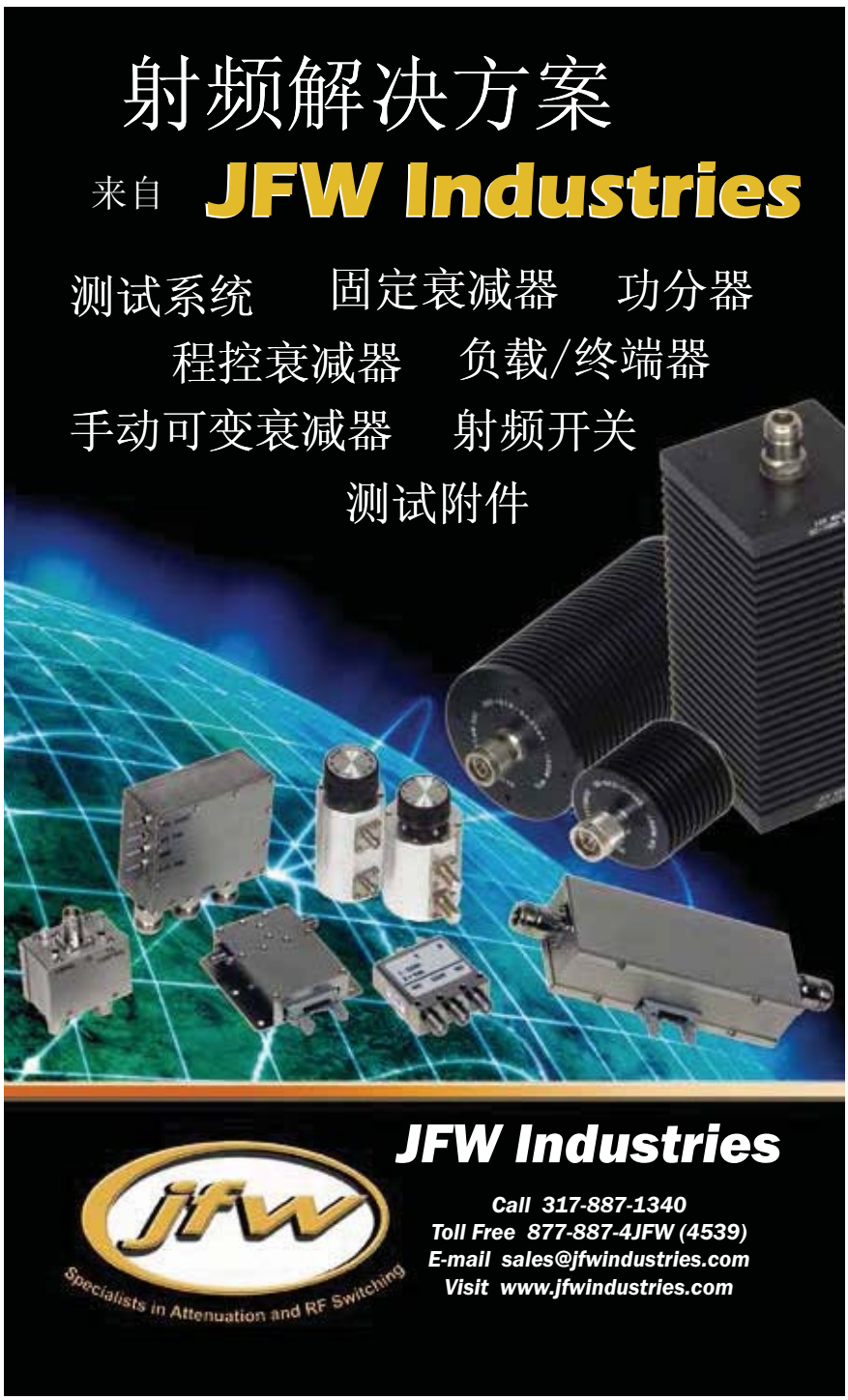
电话: 021 5050 9800, ext 2210
传真: 021 6555 6244
网址: www.awrcorp.com/cn
邮箱: info.cn@awrcorp.com

© 2013 AWR Corporation. All rights reserved.

口的自然不规则。有一个用于连接的物理层的标准，工程师能够集中精力于创新和探索，而不是在测试任务中寻找非一致性，不兼容和测量不精确的原因。这样，随着令人激动的新毫米波应用的部署，毫米波体系能够继续向前发展。■

参考文献：

1. www.ieee802.org/15/pub/IGthz.html.
2. www.iwpc.org/WorkingGroups.aspx, MoGIG.
3. WiGig Wireless Gigabit Allicance, "Wi–Gig White Paper: Defining the Future of Multi–Gigabit Wireless Communications," www.wigig.org, July 2010.
4. H. Liebe, "MPM—An Atmospheric Millimeter–Wave Propagation Model," International Journal of Infrared and Millimeter waves, Vol. 10, No. 6,pp. 631–650, 1989.
5. www.almaobservatory.org/en/technology/frontend.
6. C. Oleson and A. Denning, "Millimeter WaveVector Analysis Calibration and Measurement Problems Caused by Common Waveguide Irregularities," ARFTG Conference Digest（56th）,November 2000.
7. Y. Lau, A. Denning, "An Innovative Waveguide Interface for Millimeter Wave and Sub–millimeter Wave Applications," ARFTG Conference Digest（69th）, June 2007.
8. Y. Lau and D. Vondran, "An Innovative Waveguide Interface and Quarter–Wavelength Shim for the 220–325 GHz Band," ARFTG Conference Digest（80th）, December 2012.
9. IEEE P1785 Working Group: "Waveguides for Millimeter and Sub–millimeter Waveguides," http://grouper.ieee.org/groups/1785.
10. Y. Lau, "Understanding the Residual Waveguide Interface Variations on Millimeter Wave Calibration," ARFTG Conference Digest（76th）, November2010.
11. US Patent for Innovative Waveguide Interface（reference US2008/0303613A1）.



EDI CON Electronic Design Innovation Conference 电子设计创新会议 2013

首届电子设计创新会议

The Premier of EDI CON

主编 David Vye

3月12~14日，近2000名与会者聚集在中国北京国际会议中心，参加了为期2天半的首届电子设计创新会议（EDI CON）。EDI CON会议由《微波杂志》、Horizon House出版公司和在中国的出版合作伙伴–雅时国际商讯（ACT）公司主办，由50多家国际与本土的射频/微波公司参展，其目的是为中国工程师推介微波/射频以及高速数字电路设计解决方案与展览展示。作为以行业为导向的会议，EDI CON介绍的解决方案集中在设备测试测量、基于计算机的建模、设计、系统集成、培训和应用技术等。参展公司展示的先进技术吸引了来自北京的工程师以及行业技术专家。

全体会议

在3月12日下午开幕的全体会议上，前两个小时的主题演讲主要是关于中国的设计创新以及学术界、企业、移动通信市场研究公司和欧洲航天局对微波、通信行业的看法。EDICON 2013名誉主席、北京邮电大学教授宋俊德博士首先做了20分钟、题为“射频/微波和高速数字设备和系统的现状及未来”的演讲。作为中国权威的电信专家，宋俊德博士为北京政府和公司提供对中国技术发展趋势的咨询。包括从无线通信产业的监督到无线智能城市的发展，宋俊德博士讨论了如何利用本国的制造优势和正在发展中的“自主创新”的需求，创建满足国家未来信息技术需求的工程技术资源。

随后，安捷伦科技电子测量集团总裁Guy Séné强化了这一主题，他回顾了Agilent公司20多年来坚持在中国和世界各地“高科技创新”的承若。来自Strateg Analyst北京办事处的高级分析师杨光做了关于“新时代的中国移动宽带市场商业机会”的主题演讲。杨光表示：现在是一个具有相当技术挑战性和机遇的时代。中国拥有1.1亿移动电话用户，移动电话的普及率超过80%，但宽带的普及率仅为13%。这对寻找市场机会的跨国公司和国内的IC制造商而言是个好消息。

在讨论完在中国的技术和市场后，来自欧洲航天技术研究中心的负责人Bertram Arbesser–Rastburg的主题演讲带领我们从全球性的角度来看正在由欧洲航天局牵头的卫星通信的发展。从卫星通信和导航系统行业发展的角度，Arbesser–Rastburg的演讲有助于突出太空中的商业机会。

随后，展览场地精心准备了茶歇，与会者有机会与50家参展商洽谈，展会过道挤满了人。展商们充分展示了测试和测量设备、设计软件、半导体器件、IC建模，以及各种有源器件和无源元件、材料、设备原型、电缆和连接器解决方案。

全体会议的下半场是从强调中国国内创新设计的演讲开始。中国移动研究院的高级

特别报道 Special Report

EDI CON 2013 First Year Highlights

- 2489 total attendees
- 1255 unique delegates
- 248 exhibitors
- 53 exhibiting companies
- 22 attendingmedia organizations
- 23 countriesof origin



研究员刘光毅博士做了题为“从回程到访问—移动通信的机会”的演讲，探讨了中国电信发展的趋势和未来需求。在不断增长的宽带通信需求下，通过运营商降低每比特成本的业务需要出发，刘博士提供了一些可能帮组运营商实现 10 倍频谱效率的方法。

中兴通讯微波产品集团总经理邓杰先生做了题为“微波无线电：今天和明天”的演讲，刘博士为所描述的系统在硬件层次提供了详细说明。他首先介绍了当前中兴通讯在微波方面的工作以及一些无线电基础知识，接着发表了对当前正在发展和部署的 3G/4G 宏网络回程和小型蜂窝回程系统的见解。他认为未来无线电正在向高带宽 / 高输出功率系统和低功耗 / 低成本系统方向发展，这也正是中兴通讯微波技术所追求的。

最后，北京无线电计量测试研究所（BIRMM）主任冯克明先生发表了关于 BIRMM 计量无线电和时间 / 频率源近期发展状况的演讲。冯主任介绍了研究所在辐射计校准、微波功率标准化和使用太赫兹脉冲作为时域校准方面的工作。通过幽默诙谐的演讲，冯主任介绍了研究所在卫星应用中有源和无源氢微波激射器和铷原子时钟所做的工作，获得了与会者的共鸣与阵阵掌声。

欢迎酒会

开幕式当晚，由安捷伦技术公司赞助的 EDI CON 2013 欢迎酒会汇聚了来自世界各地的技术专家。在中国传统音乐、剪纸和自助餐的氛围中，参与者就主题演讲引出的一些话题又充分进行了面对面交流。

除欢迎酒会之外，在主题演讲和研讨会期间，EDI CON 会议为所有与会者者提供了相互交流最新技术和观点的机会。不但是演讲者给听众提供了众多最新技术与产品信息，与会者也利用问答与参观展示期间分享了他们对行业的认识与理解。可以说，EDI CON 会议期间的交流与沟通在信息传播方面发挥了重要作用。

研讨会与展览

为避免北京交通的早高峰，为期两天的技术会议每天 8:30 开始，共有 4 个主题同时进行：1. 设计 2. 测量 / 建模 3. 系统工程 4. 商业资源。每场会议大约用时 20 分钟。演讲范围从具体的电路设计如功率放大器或者压控振荡 / 锁相环到特定通信标准方面的校准技术等等。除多数演讲定位为射频和微波方向外，1/3 演讲侧重高速数字设计，其余演讲主题涉及电磁干扰 / 电磁兼容性等。除了来自本土工程技术人员，也有来自美国、欧洲、新加坡和其它国家和地区的演讲嘉宾。为此，我们配有同传翻译方便与会者进行交流与沟通。

EDI CON 展览从每天上午 10：00 开展，每天有数以千计的射频 / 微波工程技术人员涌入会场。在 2 月份巴塞罗那召开的世界移动通信大会以及 2 月份在加利福尼亚州圣克拉拉举办的设计会议之后，EDI CON 2013 选择在 3 月中旬举办。因此，参展商展示的都是刚刚问世的最新产品与技术，可以说，EDI CON 2013 给了它们在中国及时展示的舞台。如 Agilent、41 所、Anritsu、National Instruments、Rohde & Schwarz、LeCroy 和 Tektronix 公司都分别向与会者展示了新产品。

TowerJazz 和 Peregrine 半导体分别在研讨会上讨论了射频 CMOS 和 UltraCMOS 技术；WIN 半导体和 OMMIC 的研讨会主题是复合半导体；Maury Microwave 和 Focus Microwaves 做的是非线性设计和负载牵引技术的主题演讲。其他演讲内容包括：单片微波集成电路设计、功率放大器设计、Doherty 功放、包络跟踪和数字预失真、射频测量技术和高速数字设计、晶圆校准方法，多输入多输出波束形成和天线系统建模等。

此外，由 Agilent、AWR、ANSYS 和 CST 公司进行了氮化镓技术、EDA 设计流程、集成特色的小组讨论，Mini–Circuits 与 Mitron 公司进行了连接技术的小组讨论，Altera 和 Texas Instruments 做了数字预失真的小组讨论，此外还有多输入多输出空中测试技术的讨论。

Richardson 射频 / 无线事业部第一天赞助了氮化镓技术讨论会，能容纳超过 180 人的会场挤满了兴趣盎然的观众，参与讨论的小组成员包括 Freescale、M/A–COM、Microsemi、Nitronex、TriQuint 和 Scintera 公司，他们分别发表了不同技术观点。

下转第 30 页

NEW!

超线性低噪声放大器



噪声系数 0.5 dB · IP3 45 dBm · 50 MHz ~ 4 GHz

单价从 $1.99 起（数量20）

低噪声、高动态、低直流功耗。我们新推出的PGA-103+绝对是一款世界上最有用的低噪声/高线性的放大器！2GHz时11dB增益和22.5dBm的1dB压缩点，却仅仅需要97mA直流电流(5V供电)，它适用于所有主要无线频段的尖端应用——可作为线性发射系统或复杂波形上变频链路的驱动放大器和超高动态范围接收机的第二级放大器，以及其它更多应用。

它可适用的电路范围极广，3~5V的电源均可工作，无需外匹配元件！现在，我们已将您的下一代设计所期望的性能优化变为现实，并且我们的产品均备现货，您为何还要等待？请直接访问www.minicircuits.com或联系伟博电讯，即可得到其详细资料，从数据单、性能曲线、S参数、材料声明、技术注释到小数量盘带封装——少至20只都提供带导杆和导轨的盘带。今天下单，最快明天您就可以看到PGA-103+能够为您的应用做些什么！

Mini-Circuits... 我们重新定义价值所在！

满足 RoHS 要求

Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 934-4500 Fax (718) 332-4661

设计工程师的搜索引擎，立即找到您所需的器件

更多详情&在线采购，请登录 minicircuits.com



Mitron Inc.
Authorized Mini-Circuits Rep in China

伟博电讯—— 把最好的微波射频产品带给中国

总部地址：福建省福州市349信箱 邮编：350003
全国市话服务热线：400-887-3088 传真：0591-87870011
E-mail：sales@mitron.cn 网址：www.mitron.cn

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

特别报道 Special Report

移动通信系统的PIM功率电平测试

PIM Test Power Levels for Mobile Communications

作者：Rick Hartman, Tom Bell, Kaelus, Smiths Interconnects 公司

1999 年，国际电工委员会（IEC）发布的 62037 标准，为无线行业提供了一个一致的测量射频（RF）元件和系统的无源互调（PIM）方法。在接下来的 12 年中，无线技术从主要提供语音传输的 2G 系统发展到提供为用户高速数据传输的 4G 系统。这些 4G 系统需要新的支持宽带宽调制方案的网络架构，以满足不断增加的网络容量。本文综述了国际电工委员会（IEC）62037 标准的适用性，此标准用于检测在今天的商业电信基础设施中使用的部件，子系统和系统是否合格，并特别针对在 PIM 测试功率水平从 20W 增加到 40W 的情况下此标准是否具有技术优势。

为什么要测量PIM?

两个或更多的高功率 RF 信号遇到的 RF 路径中非线性的电气结或材料时会发生 PIM 现象。这些非线性的结点像一个混频器，导致原来的 RF 输入信号由于数学组合产生新的信号。如果这些信号在网络运营商的接收频带内，则会增加本底噪声，从而导致数据传输速率和服务质量的下降。

PIM 通常是在高电流密度区域里，由不连续的金属和金属间的接触造成的，如传输线，RF 组件内部或者主要存在在天线的主波束内的外部系统。PIM 现象的一般来源有：

- RF 表面受污染或氧化
- 不恰当的扭曲的 RF 连接器
- 传输冲击和震荡所造成的 RF 组件内松动的螺丝或铆钉
- 在 RF 连接器内的金属薄片或刨花
- 由于使用不正确的工具，或不正确的装配程序导致的安装不当的 RF 终端
- 屋顶站点天线前面的金属碎花或生锈的排气管

当使用 RF 传输线作为激励源和高度敏感的接收器来检测和测量其响应时，PIM 测试旨在确认这些缺陷的存在。 PIM 测试是最终衡量 RF 部件，子系统和系统的制造质量的标准。它将认定在装配过程中机械上存在的缺陷，同样也可以检测出在传统技术下，如视觉检测或 S– 参数测量，无法检测出的材料上的缺陷。

缺乏标准

根据经验，在早期商业电讯和其他通信系统中，特别的是卫星通信，PIM 可能产生对性能有影响的干扰情况。认识到这一点，移动运营商和原始设备制造商（OEM）深刻的意识到他们的元器件供应商（天线、电缆、连接器、过滤器、避雷器制造商等）需要提供“低 PIM”的解决方案。然而，对于什么是“低 PIM”我们却没有什么清晰的概念。对于自己的设备，世界各地零部件制造商们使用不同的和不一致的参数确定其产品的 PIM 性能。有些制造商只在自己的工程实验室里进行 PIM 测试，并宣称他们的产品是“低 PIM”设计。其他制造商的对于各个单元的 PIM 测试，以确认不仅在设计上而且在做工装配上的正确性。一些确认的高阶 PIM 产物，如五阶交调（IM5）或七阶交调（IM7），则是建立在终端

Microwave Journal China 微波杂志 | 广告索引 Ad Index | 目录 Contents P.6-46 P.58-70 | 推荐朋友 Refer a friend | 免费赠阅 Subscribe | ACT

用户的工作频带上。最后，一些制造商测试峰值 PIM 时施加的是机械刺激（动态测试），而其他的制造商却是在所测试设备处于静态时测量得到的最佳 PIM 值（静态测试）。

这些任意的、随意的方法使我们不可能对不同产品和以及其性能进行比较。为了建立一致性，第 46 届国际电工委员会（IEC）技术委员会第 6 组已经成立，以设立一个适用于无源互调测试的行业标准。PIM 工作组由原始设备制造商（OEM），组件制造商，大学以及国家准标组织组成。

开发建议测试标准

在工作组成员中出现了许多从学术性到实用性，有时是政治性的辩论。这些争论是关于应该使用多少载波，应该具有多大的功率，什么交调（IM）产物来衡量，如何定义可重复的和有意义的动态测试，以及是否 PIM 测试是必要的，因为高阶的 IM 产物可能只会出现在运营商自己的接收频带内。

在 1999 年的秋天，经过大量的分析，实验和讨论，国际电工委员会（IEC）标准 62037 终于被定稿并公布。该规范规定了 PIM 测试仪器的技术要求，同时并提供了重要的建议，以使 PIM 性能的比较具有一致性。在原来的规范中，两项关键建议是：

- PIM 应该在相同的功率电平下进行比较：2 × 20 W 用于移动通信应用
- 三阶交调（IM3）产物通常代表不想要的信号中最坏的情况，因此需要测量被测设备的三阶交调（IM3）特点

发表在 2012 年 5 月国际电工委员会（IEC）–62037 更新了更加具体的针对天线、连接器、电缆、电缆组件和过滤器的测试规范。这个新版本和原来的版本相比包含相同的基本建议：使用 2 × 20 W 的测试功率测量三阶交调（IM3），并清楚地说明了对 PIM 测试的第三个关键要求：

- 设备应在受到撞击或运动时进行无源互调（PIM）测试

在较高的载波功率情况下测试

一些 PIM 测试设备制造商声称，PIM 测试应在 40 W 的水平下进行，而不是国际电工委员会（IEC）推荐的 20 W 水平，以“发现在一个 20 W 水品下 PIM 测试仪不能测试出来的问题。”对使用 40 W 是正确的功率电平的进一步说明是，因为它更能代表“真实世界”基站收发信台的工作条件。

要确定这说法是否有效，首先要考虑 PIM 测试应代表着“现实世界”基站收发信台条件这种说法。正如在表 1 中看出，PIM 测试参数和特定的空气交界面，载波数，或在站点上分布的功率电平几乎无关。相反，而是选择测试参数来定义一个准确的方法，测量 RF 路径中非线性现象出现的程度。本文件中进一步提出，20 W 已经足够精确地测量 RF 组件，以及完整的馈电系统的非线性特征。

如果我们追求的目标是来模拟实际的基站收发信台环境，则所需的测试设备将要传输数百瓦的功率来捕获全部基站发射电平范围。测试设备可能需要多载波传输，而不是仅仅两路载波，将需要发送的 GSM、宽带 CDMA 或 LTE 波形而不仅是载波（CW）测试。这样的话，所需的测试设备将明显变得更大、更重、更昂贵，并会对技术人员进行测试带来安全隐患。此外，该设备每隔几年需要更新，以便跟上不断变化的无线行业（2G、3G、4G 等）。对于射频设备制造商来说，这不是一个可行的解决方案，或者网络运营商被迫不断投入更多的资本支出，以跟上不断变化的规范。

国际电工委员会（IEC）工作组早在 1999 年面临这些完全一样的问题。他们面临的挑战是“适用于目的”开发测试，而此测试不是根据个别制

表 1

无源互调（PIM）测量和实际基站运行参数的比较

	无源互调（*PIM*）测量	典型的基站收发信台
载波调制	连续波（CW）	不同的模式：GSM，UMTS，CDMA，LTE
载波数	2	1,2,3,4或者更多
每个载波的带宽	5 kHz	对LTE来说大于5MHz
载波功率	20 W	20,40,60,80W 或者更高
主要的交调（IM）产物	三阶交调（IM3）	五阶交调，七阶交调，九阶交调或者更高

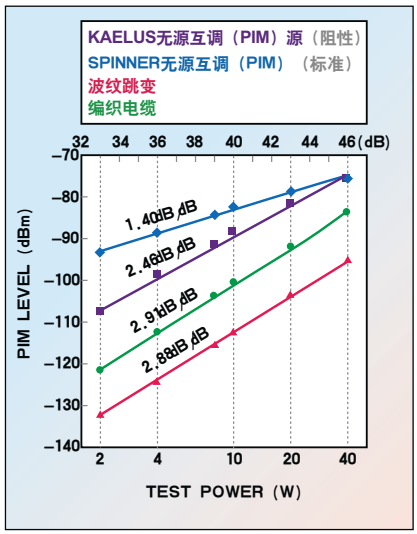


图 1. 三阶交调（IM3）随测试功率的变化。

造商的要求不断变化的。国际电工委员会（IEC）的研究小组分析了这个问题好几年，并提出了该行业一直依靠的测试规范。

要理解用更高的功率可以发现行业上使用的 20 W 测试标准所看不到的 PIM 问题的说法，必须了解提高测试功率时，PIM 如何表征以及将测试作为一个整体考虑，而不是考虑其各个组成部分。在给定的缺陷条件下，所产生的 PIM 的大小是依赖于该缺陷的物理特性的。从图 1 中的数据中可以得出这样的结论：在给定的任何测试功率下，Spinner PIM 标准（由在其结构中的一个二极管产生）产生的最高水平的 PIM，而波纹跳线电缆（由固体铜导体间的采用焊接连接产生）产生最低的 PIM 的水平。从图 1 中可以看出，对于一个在给定的测试功率下缺陷更严重，则 PIM 越高，PIM 水平随着测试功率的增加以 dB 为单位线性的增加，PIM 水平随着测试功率增加的变化率相对于不同 PIM 源时也不一样。人们还会注意到，当测试源在 2 至 40 W 的范围内变化时，由每一个缺陷所产生 PIM 的幅度的也随之改变。在理论上，测试功率每变化 1 dB，三阶交调（IM3）将改变 3 分贝（dB），并且在测试功率很宽的范围内是这种变化是线性的。在实际中，这变化率通常更低，并由引起 PIM 缺陷的物理特性决定的。在这个例子中，所测试的各个组件的“PIM 斜率”在 1.4 和 2.9db/db 之间变化，正如所预期的那样，在整个测试的功率范围内，无源互调（PIM）斜率保持得非常地一致。

这意味着，如果在一个测试功率电平的下，我们知道一个缺陷所产生的 PIM 的幅度，以及其 PIM 斜率，我们就可以准确地估计出在不同的测试功率下此缺陷生成的 PIM 幅度。利用这种认识，我们可以看到，增加测试功率并没有给我们带来什么新的或意外的发现。PIM 幅度在 40 W 时是比它是在 20 W 时要高，但它是一个可预测的增高幅度。

为使该声称是正确的，即在 40 W PIM 测试可以“揭露一个在 20 W 时 PIM 测试仪上无法发现的问题”，或者是测试仪器并没有足够的接收灵敏度，以产生一个 10 dB 的信噪比用于测量 PIM 信号，或随着测试功率电平的增加，PIM 电平以非线性方式（以 dB 为单位）增加。目前制造出的高品质的 PIM 测试仪器，通常达到了接收机的噪声门限电平在 –130 dBm 这一数量级上。由于 IM3 需要满足从工厂测试的 –150 dBc（–107 dBm）到场地测试的 –140 dBc（–97 dBm）的水平，典型的信号噪声能比达到了 23dB 至 33dB。这意味着 PIM 信号电平，对于一个准确的测量所需的 10 dB 的最小的信号噪声比来说，已经要好于我们所需要的信噪比 20~200 倍。增加测试功率并没有对测量精度带来有用的好处，而且可能会增加对测试人员的人身安全风险。

本文提出的数据显示，三阶交调（IM3）随着测试功率的增加的以 dB 的比例线性增加。对比于绝大多数的 RF 元件和典型的单元站点安装时发现的缺陷来说，这是正确的。对于大范围的测试功率和测试频率的情况，在其他研究者的报告中也得到了相似的结论 [1, 2]。

动态测试的重要性

需要重要强调的是，PIM 测试的所有要素是重要的，必须一起使用，以在测试条件下保证系统的质量。无论我们使用的测试功率水平如何，精确控制测试功率本身并不能确保系统是一个无故障的系统。

为了演示动态测试的重要性，金属箔（参见图 2）插入了 RF 连接的内部，并使用所需的 20W 的功率电平的系统对其进行了测试。无机械运动（静态测试）PIM 性能似乎是非常好的。轻轻敲击连接器时（动态测试），PIM 水平上涨了超过 50 dB，从而清楚地表明了测试存在的问题（参见图 3）。



图 2. 用于演示的需要进行动态测试的金属薄片。

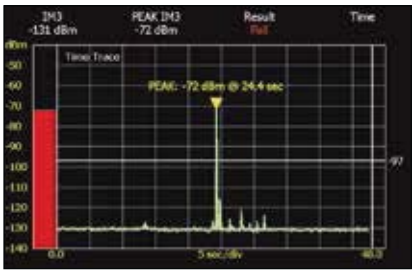


图 3. 动态测试结果显示无源互调（PIM）电平的跳变。

动态测试指出了松散的金属对金属的连接，以及接触表面的缺陷，这些地方可能会导致在更高的功率电平基础上产生电弧。如果没有动态测试，这些缺陷可能被忽视，直到由风荷载，塔式振动或压力所造成的温度变化所激励才能被发现。

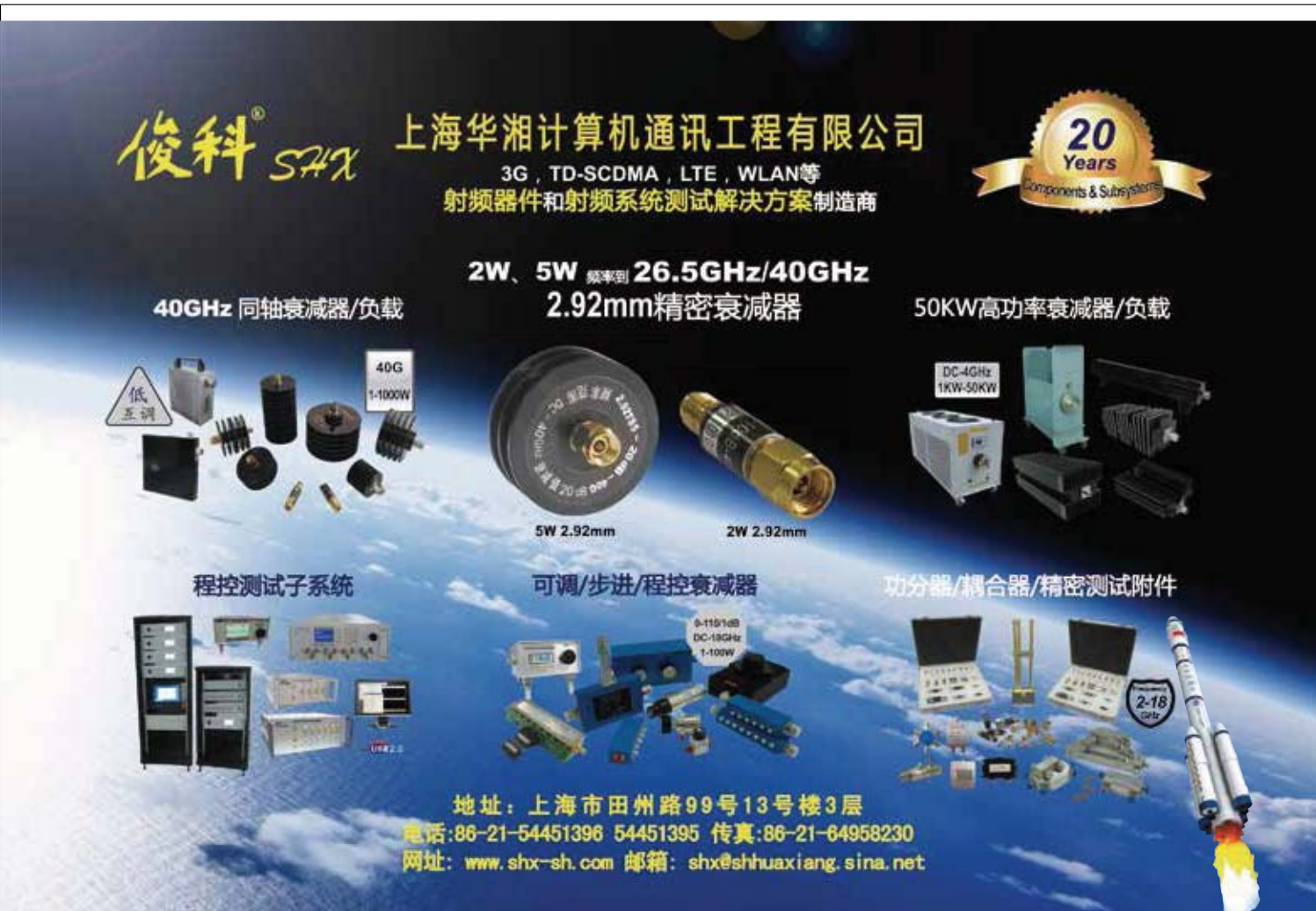
测试设备制造商已经声称，使用 40 W 而不是 20W，可以消除动态测试的需要。有没有单一的测试功率本身，能充分地使系统识别到缺陷。而在 PIM 测试过程中施加的机械应力是确保该系统稳健性的唯一的方法。如果简单地增加测试功率来消除动态测试的需要，国际电工委员会（IEC）工作组将不用花将近 10 年来微调射频器件（RF）的 PIM 测试要求，如跨接电缆组件、射频连接器、过滤器和天线。这项工作的细节可以在新发行的国际电工委员会（IEC）62037 的 PIM 的测试规范中找到。

结论

一个由来自商业电信市场原始设备制造商（OEM）、元器件制造商和标准组织中受人尊敬的工程师、科学家和管理人员组成的小组，通过一个漫长的分析、测量和辩论的过程，制定了现有的 PIM 测试标准。这个测试标准已在全球使用超过十年。元器件制造商、原始设备制造商和网络运营商都建立了自己的关于在 2 × 20 W 的范围里并同时采用动态刺激测试三阶交调（IM3）的质量检验程序和性能要求。如由一个连接器内插入金属箔的例子中所示，动态刺激是用于识别在静态条件下不可见的故障的 PIM 测试过程中一个关键组成部分。对于 PIM 测试，没有任何技术上的理由采用 40W 或任何其他功率电平（高或低）。什么都不能改变于 1999 年首次发布的规范的有效性。■

参考文献

1. P.L.Lui，“通信系统中的无源互调干扰，”电子与通信工程，第 2 卷，1990 年 6 月，第 109–118 页。
2. M.Bayrak 和 F.A.Benson，“在微波频率，由输电线路和连接器的非线性产生的互调产物”，IEEE 会议论文，第 122 卷，1975 年，第 361–367 页。



应用案例 Application Note

确保最高质量微波测量的技术

Techniques for Ensuring the Highest Quality Microwave Measurements

作者：谢婷婷 安捷伦科技公司测试部业务开发经理

射频和微波测试附件是任何测试系统都不可或缺的一部分，它们可能包括阻断器、衰减器、耦合器、开关和系统放大器等。这些附件是对系统仪器的有力补充，可帮助简化测试装置，充分发挥仪器的全部潜力。本文仅对开关、衰减器、功率限制器、有源探头和射频检波器进行讨论。

无论讨论的附件是什么，选择最高品质的附件都具有非常重要的意义，它可以帮助您轻松完成对射频和微波测量系统的优化，同时确保测试装置更为可靠。诀窍在于知道在特定应用中应该使用什么样的附件。下面是一些较常用的测试附件及其主要应用：

使用机电（EM）开关提高效率

在信号路由方案中使用机电开关（例如单刀双掷（SPDT）、转换或双刀双掷（DPDT）、多端口和旁通），可以实现单次连接多项测量。使用一台仪器对多个被测件（DUT）进行测试或对一个被测件执行多种测量，可以最大限度提高测试系统的吞吐量。

选择机电开关时务必记住以下几个诀窍：

1. 选择具有良好可重复性和长使用寿命的开关。规定开关使用寿命为在符合性能 / 可重复性技术指标的条件下能够完成的开关切换次数。其他厂商将开关发生机械故障的时间点规定为开关的使用寿命；但实际上信号质量发生下降的时间可能早得多。因此，按照后一种方式选择开关，购买与测试系统寿命周期相匹配的开关，其价格可能非常高。请注意：典型的开关使用寿命技术指标可能达到数百万次，质量好的开关甚至可以达到上千万次。

2. 开关中的连续磨损会产生碎屑并逐渐积累，导致插入损耗和测量不确定度增加。选购能够有效解决这一问题的开关，可确保更出色的开关不确定度。例如，安捷伦的开关采用了中心导体顶部为弧形的专利设计，当开关闭合时，搭接片触点与中心导体之间会产生摩擦。这种摩擦模仿打扫动作，将触点碎屑清理干净（图 1）。

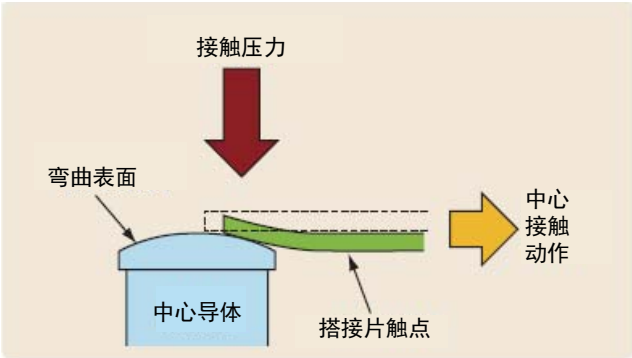


图 1. 此处显示了安捷伦机电开关接触面配置中发生的微观擦拭动作。由于这种擦拭动作，安捷伦开关能够在保证的使用寿命内实现 0.03 dB 可重复性的技术指标。

3. 同轴开关的技术资料读起来非常复杂，各个制造商的资料各不相同。当阅读技术资料时，查看技术指标后面标注的“典型值”或“保证值”等词语，因为这可能指示需要进一步研究此技术指标。如果开关技术资料中遗漏了某项技术指标，而且该指标对于开关矩阵设计非常重要（例如可重复性），那么您在购买时需要三思而后行。

4. 永远不要通过价格判断开关性能。相反，您应对所有性能技术指标进行验证，看它们是否适合您要进行的设计。然后，根据开关的使用寿命将开关价格分解成单价。请记住，使测试系统停机再更换开关，代价可能非常高昂。另外要注意，当使用非闭锁开关时，成本还应考虑开关的功耗。

使用外部衰减器支持可靠的信号调整

可以使用外部可变衰减器确保在各种无线测试应用中进行可靠的信号调整，例如在移动接收机灵敏度测试中用于快速和精确的功率校准，或用于邻近信道干扰测试。在这两种应用中，使用衰减器可以减少信号源的功率非线性度和不精确度。

例如，图 2 显示了两种用于测量实时功率的移动接收机灵敏度测试装置。左侧为传统测试装置，直接从信号源提供实时功率监测和功率电平控制，但它不能测量和校准低功率电平。右侧的另一种装置增添了一个外部衰减器和定向耦合器。这样做有很多好处。它可以轻松进行一次性

超低相噪恒温晶振

10060HL/ 10060HP/ 10060HE

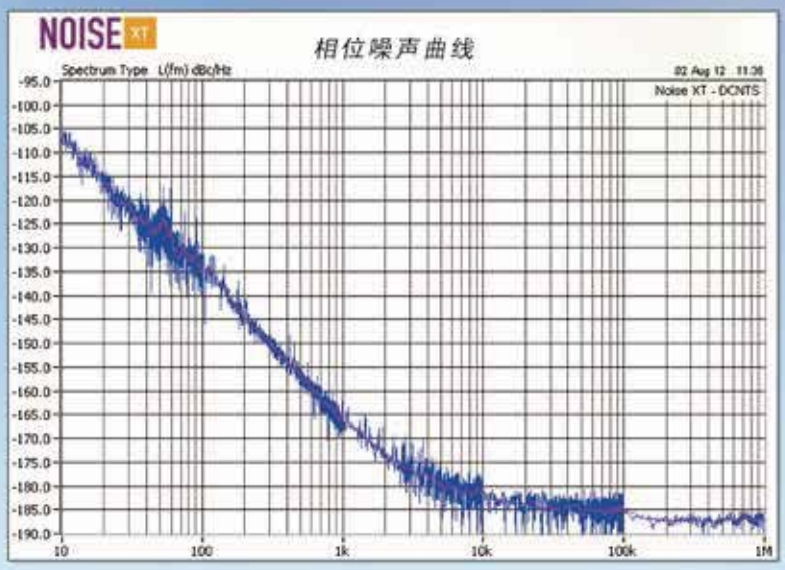
应用：电讯系统、数据通讯、雷达、仪器

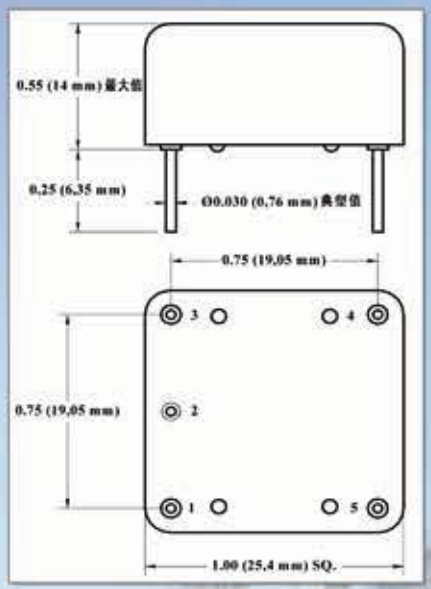


- 相位噪声（最大值）

	L档	P档	E档
10Hz	-95	-100	-105
100Hz	-125	-130	-135
1KHz	-158	-160	-164
10KHz	-170	-172	-180
≥100KHz	-178	-178	-185

- 频率稳定度VS. 温度：±50ppb
- 5V或12V供电
- 高输出功率：+17dBm
- 功 耗：1.2W





Mitron 伟博电讯 把最好的微波射频产品带给中国

销售热线:400-887-3088 传真：0591－87870011 E－mail：sales@mitron.cn 网站：www.mitron.cn

应用案例 Application Note

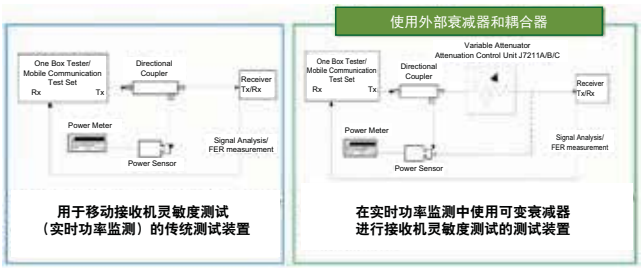


图 2. 此处显示了用于实时功率监测的两种测试装置。左侧的装置主要显示更传统的方法，而右侧的装置使用外部可变衰减器，可在接收机灵敏度测试中实现快速和精确的功率校准。

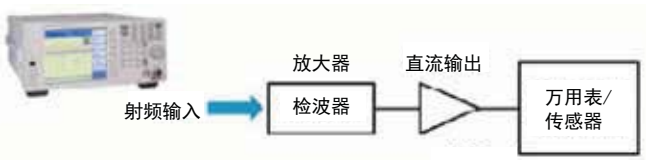


图 3. 此处显示了功率测量的简略方框图。

功率校准，使信号源能够保持在单一功率电平上。另外，用户不用操心信号源的功率电平非线性度和精度问题，更容易地获得精确且经过校准的低功率电平。

使用功率限幅器保护投资

当昂贵的仪器（例如网络分析仪、频谱分析仪或信号发生器）和元器件在输入端口上接收到过大的射频功率、遇到直流瞬态或静电放电（ESD）时，很有可能发生损坏，需要让测试系统停机进行维修，因而付出沉重的代价。具有 ESD 保护的功率限幅器使工程师无需付出如此高昂的代价便能保护其测量系统投资。

使用有源探头优化射频电路设计

有源差分探头为射频电路设计人员优化和诊断其电路设计提供了有效的方法。它可对设计的谐波、功率电平和频率以及调制进行测量，发现故障或问题区域。当与高动态范围信号 / 频谱分析仪结合使用时，它可以更好地发挥高灵敏度和低失真度优势，检测到甚至最小的信号，使工程师能够更全面和深入地了解被测件的杂散响应。有源差分探头还可与信号源分析仪配合使用，测量高速数字电路板设计中的相位噪声和时钟抖动。

使用射频检波器进行功率测量

射频检波器是最佳的功率测量附件。以图 3 中的功率测量方框图为例。其中使用了配有可靠信号源的功率传感器和功率计对检波器进行表征，以便测量绝对功率。将检波器连接到信号源，在所关注的整个频率范围或功率电平上对信号源进行扫描。随后收集检波器所测得的输出电压并进行绘图。使用结果图的斜率，根据测得的电压计算检测到的功率。除了平方律区域（每个二极管系列的变量在此区域内都是重复和可预测的）之外，这种方法也可以在其他区域使用。计算机控制的补偿可对任何非线性度进行补偿。

检波器还可用于包络或视频检波，例如雷达系统。在这种应用中，检波器接收信号并对它们进行处理，再把它们发送到可以显示信号的测试仪器上。检波器的输出信号可指示目标的距离。■

上接第 22 页

Spirent 通信公司发起组织了多输入多输出空中测量技术的小组讨论，成员包括 Spirent、ETS–Lindgren、Bluetest 和中国电信研究院 –TMC。这种高度专业化的话题吸引了众多观众，直到会议结束，仍有众多与会者留下交流。



来自 Spirent 公司亚太区无线部业务发展总监王兴扬表示：“虽然此次展会规模不如其他展会大，但是聚集了行业最完整的测试设备企业，参观观众业务水平高，针对性很强，研讨会内容涵盖了行业最新技术发展方向。”CECT41 所一位王姓工程技术人员表示：“这次展会可以说真实、及时地反映了目前行业发展的最新动态，为行业交流提供了强有力的平台。”

总结

首届 EDI CON 会议活动为主办方、赞助商和与会者带来了各种挑战和未知数。除了需要搭建基本的基础设施，如网站、会议注册、销售推广、市场营销、技术委员会的建设和论文管理系统之外，还需要来自人们的信任。《微波杂志》、Horizon House 希望我们的读者与客户相信一个新型的会议，既依赖于行业本身的技术方案，也依赖于我们的支持者对更加专业的与会人员 / 展览体验的希望。那些站满了专业技术人员、与会者、参观观众的房间与会场，以及这些人在研讨会和展会表现出的专业、高层次水平与极大兴趣都表明这次会议是成功的。我们期待您提出未来如何更好地扩大和提高 EDI CON 的想法。这是行业驱动的全部。■

全新低成本的射频集成电路



请联系我们

Skyworks的全新低成本的射频集成电路

睿查森电子将为您全程提供Skyworks的全新低成本射频集成电路的技术支持、产品和解决方案，包含从噪声系数为0.25dB的低噪放到创新的VGA/LNA集成化产品。

Skyworks的射频集成电路提供了极具性价比优势的解决方案，应用领域包括：

• 无线通信设备 • 军用 • ISM等

超低噪声放大器已经发布！

SKY67151-396LF



- Noise figure: 0.25 dB @ 849 MHz
- Gain: 26 dB @ 849 MHz
- OIP3: +34 dBm or higher from 700 to 3800 MHz
- 四种新的评估板已经可以申请，频率为700-3800 MHz

SKYWORKS®
BREAKTHROUGH SIMPLICITY

www.richardsonrfpd.com/Skyworks-RFIC

Your Global Source for
RF, Wireless & Energy Technologies

RichardsonRFPD
An Arrow Company

www.richardsonrfpd.com | 800.737.6937 | 630.208.2700

©2013 Richardson RFPD. All rights reserved. All brands and trademarks are property of their respective owners. Specifications subject to change without notice. MK130197 Printed in the USA.

技术文章 Technical Feature

在柔性PES衬底上制作的共面波导的射频特性

RF Characteristics of Coplanar Waveguide Fabricated on Flexible PES

在聚醚砜膜（PES）衬底上制备了共面波导，波导用于柔性射频集成电路（RFIC），并对波导的射频特性进行了详细地研究。测试结果表明：与常规的硅衬底相比，PES 衬底上的共面波导具有非常低的损耗。频率到 50 GHz，插入损耗低于 0.6 dB/mm，衰减常数 低于 0.065 Np/mm。在谐振频率 46.7 GHz 下 PES 衬底上共面波导的 Q 因子为 40.3。频率从 30 GHz~50 GHz 波长在 3.9 mm~6.2 mm 变化，当频率从 10 GHz~50 GHz 时，有效介电常数 eff 在 2.35~2.9 范围变化。与硅衬底相比，PES 衬底上的共面波导表现了非常小的频率分散特性。这个工作首次报道了对 PET 衬底上射频信号传输特性的研究。

作者：Young Yum，Jang–Hycon Jeong，Hong–Seung Kim，Nak–Won Jang 韩国海事大学

由于在柔性显示、智能标签和可佩带产品等多方面的应用，柔性电子引起了很大的关注。特别是在移动通信功能的透明柔性显示的发展中，射频器件需要集成到透明柔性衬底上。最近，聚醚砜膜（PES）由于具有很好的耐热性质、高透明度、良好的弹性，在透明柔性显示应用中引起了关注。PES 的玻璃化转变温度（T_g）为 230℃，并且在高温下表现了稳定的电学和机械特性，这使它可以在相当高的温度下制作电子器件。因为其耐热特性，PES 的电学和机械特性甚至在 300℃都不会改变。因此，不像聚碳酸酯（PC）和聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）等其他柔性衬底一样，在 PES 上可以很容易地对电子器件进行焊接和压焊工艺，这使电子器件的封装工艺变得更容易。而且，由于材料非常坚韧，在厚度小于 100μm 非常薄的 PES 衬底上可以制作电子器件，这对于射频元件的小型化非常有效。此外，即使长时间在暴露在高温环境下，PES 的收缩比小于 0.2%，这使它能进行诸如微电机系统（MEMS）加工等精确的工艺。除上述特性外，PES 还具有良好的防水性。

由于这些原因，PES 适合于在如移动通

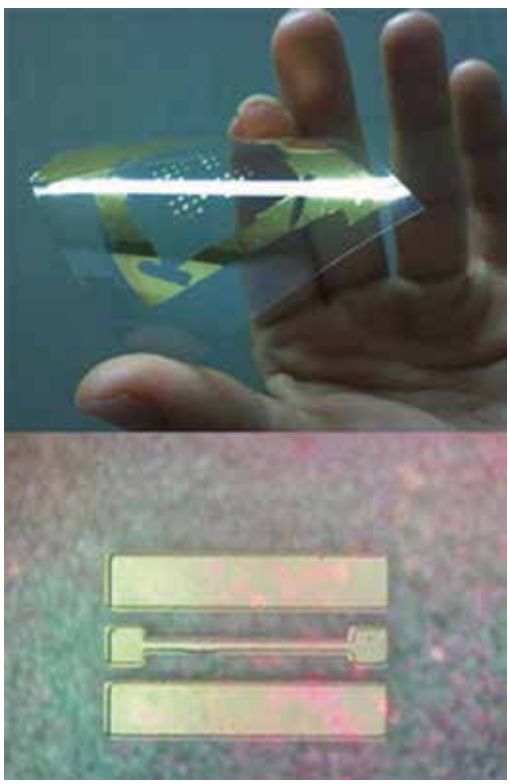


图 1. 制作在 PES 衬底上的共面波导照片。

win SEMICONDUCTORS

Leading Global Communications



MTT 2013
place: Seattle, USA
period: 2013-06-02 ~ 2013-06-07
Booth#1431

2013 IME China
微波及天线技术展览会
上海光大会展中心西馆1F
period: 2013-10-23 ~ 2013-10-25
Booth#8080

现今高度成长的无线网路通讯产品，如手机、笔记性电脑等无线电子器材，功能特性对体积比例的要求越来越高。其中低杂讯功率放大器扮演著极关键的角色，低杂讯(NF)、高增益(Gain)与高线性度(IP3)是最重要的指标。





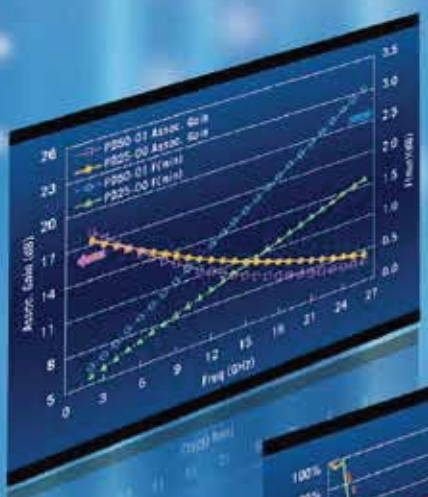
稳懋所研发的0.25微米的增强型及空乏型异质接面高速电子传输电晶体(PD25 pHEMT)技术，具有高转移电导(Gm)和高截止频率(Ft)，实现低杂讯、高增益，并呈现出很好的线性度；此外还同时提供低损耗(Loss)、低漏电(Leakage)、高开关速度的优越开关元件。

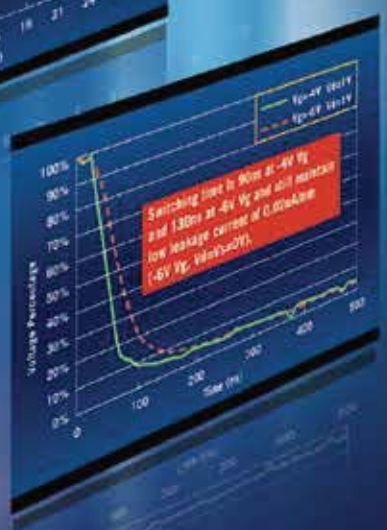
0.25微米增强型异质接面高速电子传输电晶体 (E mode)

- 转移电导(Gm)~830 mS/mm
- 截止频率(ft)~73GHz
- 杂讯指数(NF)~0.83dB @ 12GHz, Vds=1.8V & Ids=50mA/mm

0.5微米空乏型异质接面高速电子传输电晶体 (D mode switch)

- 低元件开路电阻(Ron)~1.3 ohm.mm
- 低闸极漏电流(Ig)~0.02uA/mm





Parameter	Symbol	Unit	PD5D-01	PD25-00
Extrinsic transonductance	GM_PEAK	mS/mm	320	430
Maximum drain current @ Vgs=0.5V, Vds=1.5V	Idmax	mA/mm	350	460
Drain current @ Vgs=0V, Vds=1.5V	IDSS	mA/mm	220	330
On resistance @ Vgs=0.5V	RON	ohm-mm	1.6	1.0
TLM episheet esistance	RS_TL_EP	ohm/sq	145	120
Gate-drain breakdown @Igd=0.1mA/mm	Vdg	V	17	20
Pinch-off voltage @ Id=1mA/mm	Vto	V	-0.93	-1.0
Cut-off frequency @ Vds=1.5 volt	ft	GHz	30	33

WIN SEMICONDUCTORS CORP.
稳懋半导体股份有限公司 Tel:+886-3-2707308 Fax:+886-3-397-5069 http://www.winfoundry.com

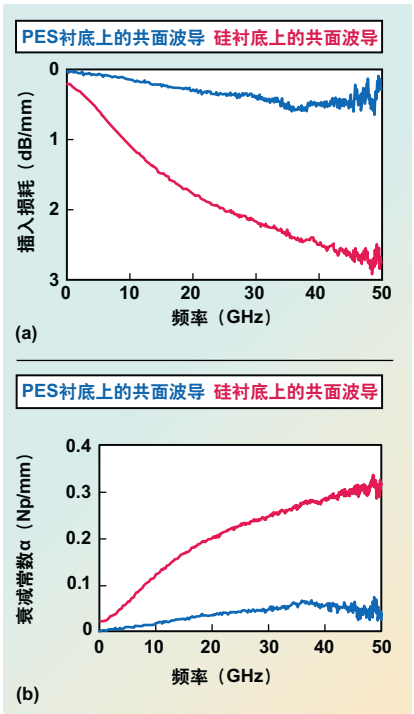


图 2. PES 衬底和硅衬底上共面波导的损耗特性。

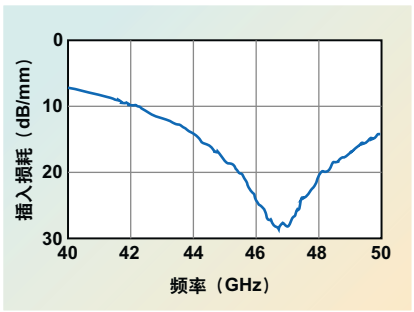


图 3. 制作在 PES 衬底上的四分之一波长共面波导的插入损耗测试结果。

信中透明柔性显示的应用。多个研究小组采用 PES 衬底评价氧化物薄膜的电学特性。对于移动通信柔性显示中的应用，射频无源元件和有源器件能够集成到 PES 衬底上。为实现射频无源元件在 PES 衬底上的集成，应对 PES 衬底上射频信号传输特性进行详细的研究。现在为止，还没有已知的在 PES 衬底射频特性方面的研究工作。在我们这个工作中，在 PES 衬底上制备了共面波导，并详细研究了其射频传输特性。

在PES衬底上制作的共面波导的损耗特性

图 1 是在 PES 衬底上制作的共面波导的照片。Pt/Au 沉积在 200μm 厚的 PES 衬底上，Au/Ti 的厚度是 2μm。线的宽度 W 为 2μm，线与接地面的距离是 80μm。图 2 为在 PES 上共面波导每毫米的插入损耗的测试值和衰减常数 α。插入损耗是在 50Ω 阻抗系统测量，并归一化到共面波导的特征阻抗。因为硅衬底是 RFIC 应用中最常用的半导体衬底，作为比较，在硅衬底上同样尺寸的共面波导的数据也在图上画出。由图可见，与硅衬底相比，在 PES 衬底上的共面波导显示非常小的损耗。频率直到 50 GHz 插入损耗小于 0.6 dB/mm，衰减常数 α 低于 0.065 Np/mm。PES 衬底上共面波导的低损耗来源于它极好的电气绝缘特性。共面波导在硅衬底上的情况下，由于硅衬底有相当高的导电率，有电流经过硅衬底从线到接地面流过，这造成相当高的电磁能量损耗。对于共面波导在 PES 衬底上的情况下，由于其良好的电气绝缘特性，没有电流通过 PES 衬底从线到接地面流过。

我们也研究了在 PES 衬底上共面波导的品质因子（Q）。有几种方法可以计算 Q 因子。这里，传输线 Q 因子从在谐振频率 f_0 时用 1/4 波长线的共振器来得到。Q 因子用 –3 dB 带宽对 f_0 的比提取出来，换句话说，$Q=f_0/\Delta f3dB$。图 3 给出制作在 PES 衬底上的 1/4 波长共面波导的插入损耗 S_{21}。在谐振频率 46.7 GHz 时 Q 因子为 40.3。表 1 是在 PES 衬底上和硅衬底上传输线的 Q 因子。由表可以看出，在 PES 衬底上的传输线的 Q 因子远高于在硅衬底上的。这个结果表明在 PES 衬底上射频无源元件由于具有非常低的损耗，可以应用在毫米波和微波频段。

在PES衬底上制备的共面波导的基本射频特性

图 4 表示频率从 30 GHz~50 GHz，在 PES 衬底上共面波导的波长为 3.9mm~6.2mm。在高度集成的射频电路中，大尺寸的无源元件以及晶体管能够集成在 PES 衬底上。最大的射频元件之一是分支线型耦合器，由于它尺寸大，通常不在半导体衬底上，而在 PCB 上制作。为评估 PES 衬底上射频无源元件的集成能力，根据波长计算了由 λ/8 传输线 12 组成的分支线型耦合器的尺寸，结果在表 2 中列出。由表可见，在频率从 30 GHz~50 GHz 范围内，分支线型耦合器的尺寸远小于 $1mm^2$，这表明大尺寸的无源元件在毫米波频

表1

在PES和硅衬底上20微米线宽的Q因子

衬底	Q因子	频率（GHz）	类型	方法
PES	40.3	46.7	共面波导	$f_0/\Delta f_{-3dB}$
硅9	6.3	40	微带线	$f_0/\Delta f_{-3dB}$
硅11	13	47	微带线	ωL/R
硅11	23	47	共面波导	ωL/R

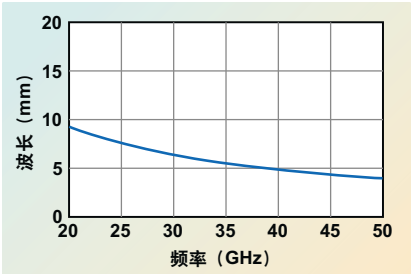
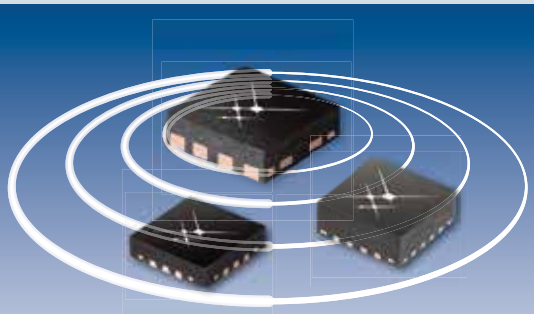


图 3. PES 衬底上共面波导波长的测试结果。



SKYWORKS®

宽带 RF 和模拟解决方案

支持不同应用的广泛产品组合

敬请莅临 *IEEE MTT-S IMS2013* • *630* 展位 • 华盛顿州西雅图 • *2013* 年 *6* 月 *4–6* 日！

低插入损耗硅限幅二极管



***CLA4601* 系列**

- 适用于广大市场的接收器保护（100 MHz 至 > 30 GHz）以及航天和国防应用
- 低插入损耗：0.1 dB
- 热阻：最大 120 (°C / W)
- 封装的可接合芯片

5 GHz 集成式前端模块



SE5007BT

- 适用于 WiFi 汽车娱乐系统应用
- 频率范围：4.9–5.85 GHz
- WLAN 标准：a, b, n
- 功率放大器、开关和低噪声放大器
- 封装：16L QFN 3 x 3 x 0.9 mm

低压差 (LDO) 线性稳压器



AAT3221*、*AAT3222

- 适用于通信基础架构、汽车娱乐系统和便携式电子设备应用
- 超低静态电流：1.1 µA
- I_{OUT}：最大 150 mA
- V_{OUT} 精度：±2%
- 封装：SOT2-23 5L 2.85 x 2.980 x 1.20 mm, SC70JW 8L 2.2 x 2.0 x 1.05 mm

0.25 dB 超低噪声系数放大器



SKY67151-396LF

- 适用于 3G / 4G LTE、军事 L 和 S 频带通信以及卫星通信应用
- 频率：700–4000 MHz
- 增益：20 dB（典型值）
- 噪声系数：0.25 dB @ 0.9 GHz，0.35 dB @ 1.9 GHz，0.49 dB @ 2.5 GHz，0.7 dB @ 3.6 GHz
- 封装：DFN 8L 2 x 2 x 0.75 mm

高功率 40 瓦和 100 瓦 SPDT PIN 二极管开关



SKY12211-478LF*、*SKY12212-478LF

- 适用于 TD - LTE 基站、陆地移动和移动无线电应用中的发射 / 接收和故障安全切换
- 频率：0.05–2.7 GHz
- Ant - Rx 插入损耗：0.3、0.47 dB（典型值）
- 封装：QFN 16L 4 x 4 x 1.5 mm

200–5000 MHz 单下变频混合器



SKY73049-350LF

- 适用于多频带 2G、2.5G、3G 和 4G 基站收发器
- 增益：6.6 dB；OIP3：35 dBm
- 集成式 50 Ω 匹配 LO / RF 端口
- 3.3 V 或 5 V 工作电压
- 封装：QFN 16L 3 x 3 x 0.75 mm

Skyworks 的 Green™ 产品符合所有适用的材料法规并且不含卤素。更多信息，请参考 Skyworks Green™ 定义，文档编号 SQ04-0074.。



美国：781-376-3000 • 亚洲：886-2-2735 0399 • 欧洲：33 (0)1 43548540 • 电子邮件：sales@skyworksinc.com

http://china.skyworksinc.com • 纳斯达克代码：SWKS •

表2

PES衬底上λ/8传输线组成的分支线型耦合器的尺寸

频率（GHz）	分支线型耦合器的尺寸（mm^2）
30	0.619
40	0.36
50	0.239

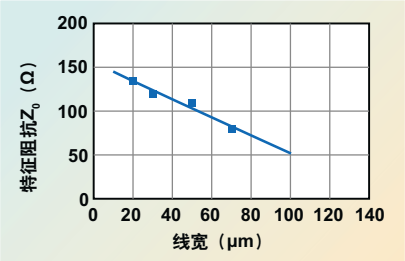


图 5. PES 衬底上共面波导的特征阻抗测试结果。

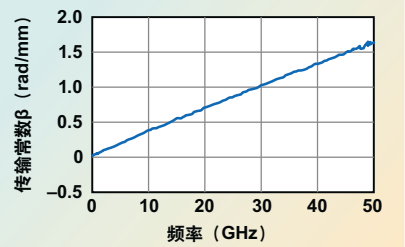


图 6. PES 衬底上共面波导的传输常数 β 的测试结果。

率范围具有小的芯片尺寸，可以集成到 PES 衬底上。

图 5 是 PET 衬底上共面波导的特征阻抗 Z_0 与线宽的关系曲线。线宽从 10μm 变化到 110μm，特征阻抗 Z_0 从 50Ω~160Ω 变化。从这个结果可以看到，在 PES 衬底上仅仅通过改变线宽 W 可以实现不同特征阻抗的共面波导。这些共面波导可用于在不同阻抗的射频元件间做匹配。

图 6 为在 PES 衬底上共面波导的传输常数 β。在频率从 10 GHz~50 GHz 范围内，PES 衬底上的共面波导的 β 从 0.35~1.61 rad/mm 变化。图 7 是 PES 衬底上共面波导的高频等效介电常数 ε_{eff}。为比较，在图上也画出了硅衬底上共面波导的 ε_{eff}。由图可见，PES 衬底上共面波导的 ε_{eff} 比硅衬底上的低。在频率从 10 GHz~50 GHz 时，PES 衬底上的共面波导 ε_{eff} 从 2.35~2.9 变化；而硅衬底上的共面波导在频率 10 GHz~50 GHz 变化时 ε_{eff} 从 5.9~13.6 变化。由于 ε_{eff} 较低，在电长度相同的情况下，PES 衬底上共面波导的物理长度大于硅衬底上的物理长度。表 3 列出了在 PES 和硅衬底上 λ/8 共面波导的长度。硅衬底上共面波导有强的频率分散特性。这个趋势是由于在氧化物 / 硅衬底上存在多种传输模式。传输的趋肤效应和慢波模式，以及在氧化物 / 硅衬底上准横向电磁波模式（准 TEM）存在，这些造成在 1 GHz~20 GHz 时 ε_{eff} 有很大的变化。另一方面，与硅衬底相比，PES 衬底上的共面波导显示了非常弱的频率分散特性，这是因为在金属 / 高绝缘衬底结构中准 TEM 模在传输中占统治地位。以上结果表明 PES 衬底上的共面波导由于具有非常弱的频率分散特性，适合宽带应用。

结论

在本工作中，在 PES 衬底上制备了共面波导，并首次详细地研究了其射频特性。与通常的硅衬底相比，PES 衬底上的共面波导具有非常低的损耗。频率到 50 GHz，插入损耗低于 0.6 dB/mm，衰减常数 α 低于 0.065 Np/mm。传输线的 Q 因子用在谐振频率 f_0 时用 1/4 波长线构建共振器来得到。根据测试结果，我们发现在谐振频率 46.7 GHz 时，PES 衬底上共面波导的 Q 因子为 40.3。当频率从 30 GHz~50 GHz，PES 衬底上共面波导的波长在 3.9 mm~6.2 mm 变化，这意味着大尺寸的无源射频元件在高频范围具有小的芯片尺寸，可以集成到 PES 衬底上。在频率从 30 GHz~50 GHz 范围内，在 PES 衬底上由 λ/8 传输线构成的传统分支线型耦合器的尺寸小于 0.619 mm_2。与硅衬底相比，PES 衬底上的共面波导有较小的 ε_{eff}。当频率从 10 GHz~50 GHz 时，有效介电常数 ε_{eff} 在 2.35~2.9 范围变化，这使它与硅衬底相比有较大的传输线长度。与硅衬底上的相比，PES 衬底上的共面波导表现了非常小的频率分散特性，这意味着 PES 衬底上的共面波导适合宽带应用。这些结果表明在频率更高的情况下，PES 在柔性 RFIC 应用方面是非常有前途的候选材料。这个工作首次报道了对 PET 衬底上射频信号传输特性的研究。■

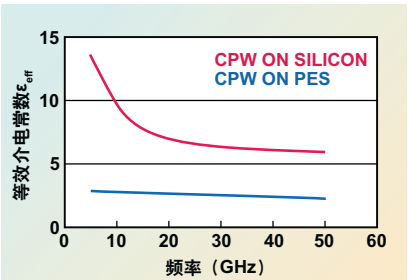


图 7. PES 和硅衬底上共面波导的高频等效介电常数 ε_{eff}。

致谢

本研究得到了教育科技部（MEST）、韩国国家研究基金（NRF）面向区域创新人力资源培训计划支持。本研究还得到了韩国国家研究基金（NRF）教育科技部基础科学研究计划（2010–0007452）的支持。

表3

PES衬底和硅衬底上λ/8共面波导的长度

频率（GHz）	PES (mm)	硅 (mm)
30	0.78	0.5
40	0.6	0.38
50	0.48	0.31



图片来源于
美国军方和美国国家航空航天局

新！超可靠®

陶瓷放大器

10 MHz ~ 6GHz　高IP3 直达+38 dBm　低直流电流80 mA　单价从$4.95起（数量20）

失效将再也不会出现！我们全新的CMA放大器提供了令人难以置信的性能！它们采用了异常可靠的充氦气的全密封LTCC设计，且高度仅为1.143mm！这样的产品，您只能在Mini-Circuits才能找到。这些型号具有非常高的可靠性，它们通过了我们选定的每一项测试条件下所做的使用认证：

宽带内牢固的性能使它们非常理想地适合使用于仪器和那些将长期可靠性视为根本价值的地方，无论是户外、工业还是商业应用。请即刻访问我们的网站www.minicircuits.com或联系伟博电讯获得详细资料，最快明天您就可以将它们拿到手中！

美军标认证条件（详细列表和细节，请参考网站）

粗和精检漏	高温使用寿命测试（+105°C, 1700小时以上）
机械冲击	热冲击
振动	蒸汽老化
加速度	焊接耐热性
PIND	高压灭菌（及更多）



3 x 3 x 1.14 mm

电气性能 (-55 ~ +105°C)

型号	频率 (GHz)	增益 (dB)	输出功率 (dBm)	IP3 (dBm)	NF (dB)	直流电压 (V)	单价$ (数量20)
CMA-62+	0.01-6	15	19	33	5	5	4.95
CMA-63+	0.01-6	20	18	32	4	5	4.95
CMA-545+	0.05-6	15	20	37	1	3	4.95

满足 RoHS 要求

Mini-Circuits... 我们重新定义价值所在！

Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 934-4500 Fax (718) 332-4661



Mitron Inc.
Authorized Mini-Circuits Rep in China

伟博电讯—— 把最好的微波射频产品带给中国

总部地址：福建省福州市349信箱　邮编：350003
全国市话服务热线：400-887-3088　传真：0591-87870011
E-mail：sales@mitron.cn　网址：www.mitron.cn

YoWW2 设计工程师的搜索引擎，立即找到您所需的器件

更多详情&在线采购，请登录 minicircuits.com

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

技术文章 Technical Feature

毫米波波导到共面波导宽带过渡研究

A Broadband Millimeter–wave Rectangular–to–Coplanar Waveguide Transition

作者：薛伟，张永鸿，冯真俊，樊勇 电子科技大学极高频复杂系统重点实验室

一、引言

基于薄介质的共面波导传输线具有不产生基片模式、低损耗以及低色散等优点，具有非常理想的传输特性[1]。由于低损耗、结构简单、高功率容量以及高互连能力等优点，矩形波导一直是重要的传输线结构，尤其是在毫米波频段[2]。因此，研究出一种低插损、低反射和宽频带的波导到共面波导过渡结构是十分必要的。

现有报道中，关于波导到共面波导的过渡结构有多种形式[3–5]，而探针过渡凭借低损耗、简单结构、易调谐和宽带特性等优点，更具有吸引力。有文献报道称，要获得宽带特性，横向 E 面探针是优先要考虑的方法[6–7]，但此类文章大多为波导到微带的过渡结构。其它波导到共面波导过渡的文章中[5][8]，需要附加其它结构来实现良好的过渡性能，例如在未封闭的波导中加入一个阶梯阻抗滤波器来抑制寄生参数的产生。本文在此基础上加以改进，设计出了结构简单、封闭、宽带、低损耗的波导到共面波导过渡结构。

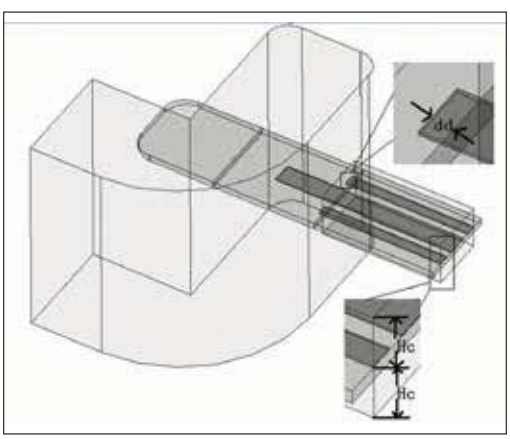


图 1. 波导到共面波导过渡模型。

众所周知，在 U 波段或者更高的频段，矢网是很难获得的。同时，标网检波器的反射不会在校准时被消除掉，从而影响测试结果。并且随着频率的增加，这种影响会更加严重。因此，对这种影响带来的测量误差进行分析是十分必要的，但许多文献都忽略了这点，导致测试结果与仿真结果具有明显的差异[3][9–10]。文献[3]中，反射系数的测试结果优于 –10dB，但比仿真结果差了至少 5dB，且文中并没有给出解释来说明这种情况。Xu Jun 的文章中[9]，没有给出反射系数的测试结果，仅仅给出了插损的值。Y. C. Shih 的文章中[10]，测试结果存在明显的剧烈波动，这种波动很可能是由于不正确的测试方法所造成，但是文中并没有作出解释。

本文提出了一种宽带低损耗波导到共面波导过渡，并在设计中做了许多改进来提高其性能：过渡中加入波导拐弯，解决了使用和测试中的不便；共面线导带两边的接地部分均延伸进波导内，有效改善了过渡的匹配效果。最后通过制作出背靠背过渡结构来验证其性能。为了确保测试结果的准确性，针对测试设备的反射严重影响测试结果的情况，做出误差分析，并提出了一种更合适的测试方法来减小这种影响。该过渡已被用于 W 波段二倍频器设计和 W 波段波导到共面波导背靠背过渡中。

二、仿真设计

波导到共面波导过渡的模型如图 1 所示，其中包括了波导拐弯、E 面探针过渡和共面

弯曲和温度稳相低损耗同轴电缆



GigaLane公司创立于**2001**年，
是专业研发和生产手机/通信网络/航空航天/
国防军工用射频同轴电缆的企业.

GigaLane公司自行研发和生产供应军工和民用通信/
数据处理/测试/雷达/天线/卫星通信/电子对抗/导弹/
航空航天及船舶用通信领域的射频电缆及组件，通过了**ISO9001,**
ISO14001和航空航天领域**AS9100**认证体系，供应教练机/无人机/
运输直升机/攻击直升机用低损耗射频电缆.

GigaLane总部设在韩国，韩国和中国(烟台，济宁)共有**5**个生产工厂，
为客户提供全面地生产和技术支持，是具有技术/质量/价格竞争力.

GigaLane主要产品

- 智能手机用射频电缆组件
- 飞机和军工通信装备用低损耗微波电缆及组件
  - GUL Series - VP 84% 电缆/温度稳相
  - G(U)LA Series - 轻重量密封电缆/航空飞机用雷达及Avionics
  - Composite Cables - RF + Power + Data 传送
- 通信和测试用电缆及组件
  - GL Series - VP 77% 电缆/测试 & 射频连接
- Customized Cable - 轻重量，Low Smoke, Armor, NOMEX
- MIL-C-17 RF Cable

AS9100, ISO9001 & ISO14001 certified







GigaLane

Tel +82-70-8666-2162
mwsales@gigalane.com
www.gigalane.com

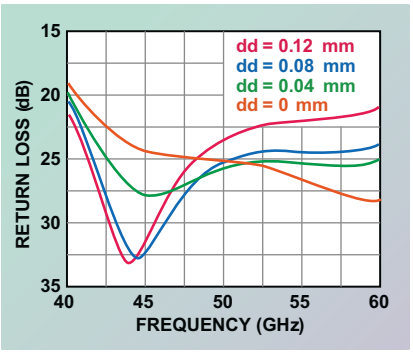


图 2. 共面线接地部分延伸进波导内部的长度（dd）对过渡的影响。

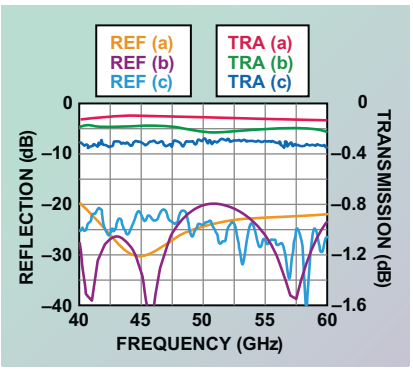


图 3. 单个过渡的仿真结果和背靠背过渡的仿真结果与测试结果对比。其中，虚线（a）表示单个过渡的仿真结果，曲线（b）和（c）分别表示背靠背过渡的仿真结果和测试结果。

传输线。过渡的输入端波导为 R500 标准波导，内径尺寸为 4.775 ×2.388 mm。

1、共面传输线和共面波导

共面波导处于一个由铜块加工而成的封闭的空间中，将共面线所在基片悬空设置在共面波导的正中间，因此可以不需要额外的结构来抑制寄生模式的产生，便于系统的小型化。实际上，共面线悬空放置也使得大部分电磁场信号分散到空气中，减小色散以及降低损耗。由于本文过渡设计将应用于 W 波段二倍频器研制，而 W 波段的波导为 R900 标准波导，内径尺寸为 2.540 × 1.270 mm，因此，共面波导的宽度与 R900 波导宽度相同，即 1.270 mm。共面波导高度（Hc）的确定不仅要避免因高度过低影响共面线传输模式，也要避免因高度过高产生波导模式，最终优化仿真后确定 Hc 为 0.5 mm。输出阻抗为 50Ω 时，共面传输线导带以及缝的宽度可通过理论计算得到。

2、波导拐弯

传统的 E 面探针过渡，输入端口与输出端口是相互垂直的。这就导致了其在使用和测试过程中，产生诸多不便。而在过渡中加入波导拐弯，就可以很好地解决这个问题。值得一提的是，在现有的加工工艺基础上，腔体内部的内角是无法直接加工出来的。因此，波导拐弯的倒角采用圆角形式，经过仿真优化后确定圆角半径为 3.05 mm。同时，在波导的短路面也需采用半径为 0.5 mm 的圆形倒角。

3、波导探针

波导探针的设计是过渡研制最重要的部分。探针过渡采用横向的 E 面探针，能够获得更宽的带宽。除此之外，电磁场信号传输终端短路时，形成驻波，而距离短路面四分之一波导波长奇数倍的位置，即驻波波腹的位置，也为电压幅度最大点。将波导探针的初始位置设置为距离波导短路面四分之一波导波长的地方，可以获得最佳的过渡性能，也可缩短系统尺寸，减小损耗。该长度的选取假定频率为过渡中心频率 50GHz，即约 1.6 mm 的位置。探针过渡一共有四个重要参数，其中探针的长度和宽度相互限制，影响过渡性能，因此仿真时需同时进行优化。

此外，共面传输线两边的接地部分延伸进波导内部，可有效地改善过渡匹配。接地部分延伸进波导内部的不同长度（dd）对过渡性能的影响如图 2 所示。由此可知，改变 dd 的大小可以进一步改善过渡在宽带范围内的匹配，该长度最终确定为 80 μm。

单个过渡优化仿真完成以后，设计出背靠背过渡结构来验证其性能。过渡最终仿真与实测结果对比如图 3 所示。从仿真结果中可以看出，两种过渡结构的反射系数均小于 –20dB，单个过渡的插损不大于 0.15dB，背靠背过渡的插损不大于 0.25dB。

三、测试误差分析

通常，使用矢网对 DUT 进行测试是最准确的测试方法，但是在 U 波段以及更高频段，由于矢网的价格过于昂贵，难以获得。因此，U 波段 DUT 的 S 参数常通过标网来进行测量。常用的标网一般有三个检波器：其中一个通过与 3dB 功分器相连，作为参考信号；另外一个通过与定向耦合器连接，接收 DUT 的反射信号；第三个用来直接与 DUT 的输出端相连，接收直通信号。DUT 在通常情况下直接与标网的第三个检波器相连进行测试，但是实际上，DUT 与标网检波器之间很难达到很好的匹配。这种不匹配的现象会产生一定程度的反射，并且很难在校准时被消除掉。随着频率的增加，这种影响也会更严重。显然，无论是 S_{11} 还是 S_{21}，S 参数的定义是建立在端口匹配基础上的，这就使得测试得到的结果并不一定就是所需要的 S 参数。并且，当 DUT 的负载反射系数很大时，测试结果就会严重偏离实际的值，带来较大误差。

本文做出理论分析来解释这种情况，并试图提出一种更合适的测试方法。理论分析中将要用到的所有参数如图 4 所示。其中，V 表示端口的电压幅度，V_g 表示信号源的电压幅度。当 DUT 和负载失配时，产生负载反射系数，假定为 Γ_{in}。从 DUT 的输入端向负载端看起的反射系数，假定为 。它们之间的关系如下所示：

$$\Gamma_{in} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L} \quad (1)$$

东方集成 科技无限 服务创新 | Agilent Technologies Authorized Distributor

网络分析仪中集大成者——E5061BEP

网络分析仪集成阻抗分析仪，包含两种卓越而又实用的产品；
既能够进行射频组件的测试，
又能测试电感电容等元器件的频率特性指标。

多办事，多省钱！

增强平台，更稳定的性能 >>

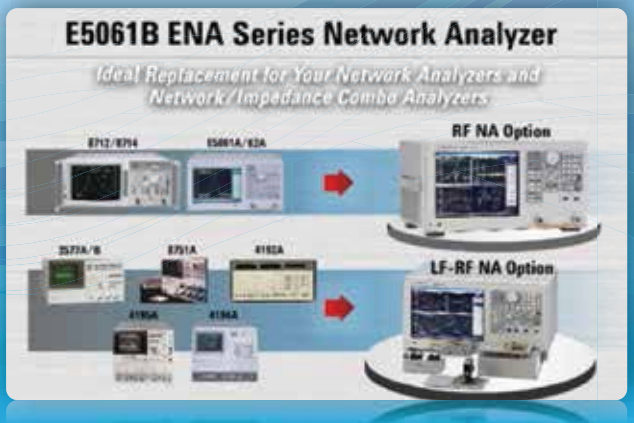
E5061B 射频网络分析仪选件是 E5061/62A 的延续，可以提供出色的网络分析性能，以测试射频元件，包括蜂窝 BTS 滤波器/天线、MRI 线圈、RFID 和 CATV 元件等。广泛的测试选件选测可以让您选择适合测试需求和预算的最佳配置。

全面的低频至射频网络分析 >>

E5061B–3L5 LF–RF NA 选件可提供出色的网络分析仪性能，能够覆盖 5 Hz 至 3 GHz 的广泛频率范围。包括内置 1 MΩ 输入在内的全面低频网络测量功能与高性能射频网络分析仪完美结合，E5061B–3L5 是研发环境理想的元件和电路评测解决方案。

E5061B-3L5LF-RF网络分析仪选件加005阻抗分析选件——网络分析与阻抗分析综合仪器>>

E5061B–005 可以为 E5061B–3L5 LF–RF 网络分析仪提供阻抗分析（ZA）固化软件。该选件支持分析仪测量电容、电感器和谐振器等电子元器件的阻抗参数。网络分析与阻抗分析功能的结合可以进一步增强作为通用研发工具的功能。





东方集成 科技无限 服务创新
服务咨询热线：400–650–5566
http://www.ag.jicheng.net.cn
测 试 测 量 专 家

北 京 东 方 中 科 集 成 科 技 股 份 有 限 公 司
公司总部 地址：北京市海淀区阜成路67号银都大厦8层868室 电话：010–68718810、68718820
传真：010–68718960 电子信箱：maketing@jicheng.cn
上海分公司_电话:(021)62320252 深圳分公司_电话:(0755)83280522 天津联络处_电话:(022)27824720

由于标网无法提供相位信息，因此这里需要一个只与负载反射系数的幅度有关的等式。从式（1）可得到如下等式：

$$|\Gamma_{in} - C_L| = R_L \quad (2)$$

式（2）表示 Γ_{in} 取值范围为在复平面内，以 C_L 为圆心，R_L 为半径的圆。其中：

$$C_L = \frac{S_{11} - |\Gamma_L|^2 \Delta S_{22}^*}{1 - |\Gamma_L|^2 |S_{22}|^2} \quad (3)$$

$$R_L = \left| \frac{|\Gamma_L||S_{12}||S_{21}|}{1 - |\Gamma_L|^2 |S_{22}|^2} \right| \quad (4)$$

$\Delta = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}$。

从以上等式可得，当 $|\Gamma_{in}|$ 确定时，$|\Gamma_L|$ 的范围也就确定了。同时，当 $|\Gamma_L|=0$ 时，$|\Gamma_{in}| = S_{11}$；假如 $|\Gamma_L|$ 从 1 向 0 逐渐变化，很直观的，C_L 也逐渐接近 S_{11}，且 R_L 逐渐变为 0。

不同负载的反射系数如图 5 所示，可以看出，匹配负载（a）和 20dB 衰减器（b）的反射明显优于标网的检波器（c）的反射。因此，可以推断将检波器直接与 DUT 输出相连时，其反射系数会明显影响到背靠背过渡的测试结果。此外，20dB 衰减器的反射相比负载反射存在更为明显的峰值波动，相对稍差。因此，DUT 反射系数的测试需要将匹配负载连接到 DUT 输出端，这样才能使得测试结果更为接近其真实值。

同样地，本文也分析了不同负载反射系数对插入损耗的影响。首先，由于信号源的反射非常小，所以我们可以假定其反射为零。则插入损耗（IL）的定义可理解为信号源输出电压幅度与插入 DUT 后，DUT 输出端的电压幅度之比。

$$IL = 20\log\left|\frac{V_g}{V_2^-}\right| \quad (5)$$

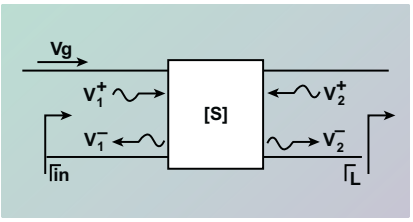


图 4. 二端口网络。

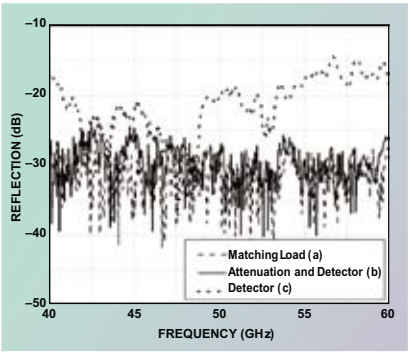


图 5. 匹配负载、20dB 衰减器和标网检波器的反射系数。

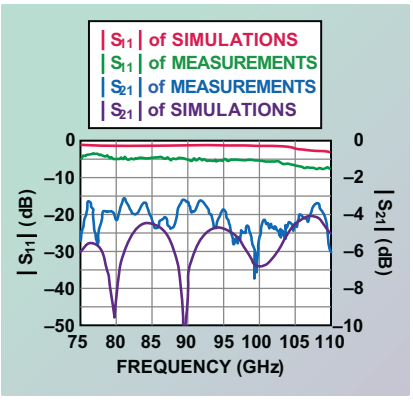


图 6. W 波段波导到共面波导背靠背过渡的仿真结果与测试结果对比。

上式中，V_g 表示信号源输出电压幅度，V_2^- 表示插入待测器件后，负载上得到的电压幅度。根据二端口网络的 S 参数与电压的关系，可以得到：

$$IL = 20\log\left|\frac{1 - S_{22}\Gamma_L}{S_{21}}\right| \quad (6)$$

当 $|\Gamma_L|=0$ 时，$IL=-20\log|S_{21}|$。式（6）同样给出了插损幅值 |IL| 的取值范围：

$$\frac{|1-|S_{22}||\Gamma_L|}{|S_{21}|} \le |IL| \le \frac{1+|S_{22}||\Gamma_L|}{|S_{21}|} \quad (7)$$

上式可以看出，|IL| 的变化范围也与 $|\Gamma_L|$ 紧密相关。当 $|\Gamma_L|$ 变小时，|IL| 逐渐接近于 $1/|S_{21}|$。

通过以上分析表明，低反射损耗的负载能够使得测试结果更为接近真实值。从图 5 中可以看出，20dB 衰减器相对于标网的检波器，具有更低的反射损耗，对测试结果的影响也将更小。因此，测试插入损耗时，需要在 DUT 与标网检波器之间加入 20dB 衰减器。

为了更直观地理解不同负载反射系数对测试结果取值范围的影响，本文通过电磁场仿真软件 HFSS 提取背靠背过渡的 S 参数的幅值和相位来进行计算分析。通过上述理论分析，可以得出不同负载反射系数时，DUT 的反射与插损的可能取值范围。本文针对频率为 51.5GHz 时，举两个例子进行说明。当 $|\Gamma_L|=-25$ dB，即 0.056 时，反射系数取值范围为 –27.5dB $\le|\Gamma_{in}|\le$ –16.4 dB，插损取值范围为 0.2 dB $\le$ IL $\le$ 0.3 dB；当 $\Gamma_L=-18$ dB，即 0.126 时，反射系数取值范围为 –28.4 dB $\le\Gamma_{in}\le$ –13.6 dB，插损取值范围为 0.14 dB $\le$ IL $\le$ 0.36dB。对比两个例子可以看出，当负载反射系数越大时，DUT 的实际反射系数和插损的取值范围越大，越可能偏离其实际值。本文实际测试中也证明了该分析的正确性。

四、测试

本文使用 Agilent 公司的 8757D 标网对背靠背过渡性能进行测试，测试结果如图 3 所示。利用本文提出的测试方法进行测量，很大程度上消除了负载反射对测试结果的不良影响。且负载与 DUT 之间匹配越好，测试结果就越接近 DUT 的真实值。尽管如此，测试结果与仿真结果之间仍然

NOW!

超·可靠
陶瓷混频器

300 MHz ~ 12 GHz



$5.95 单价从 起 （数量10）

- 全密封，100%测试
- 牢固的LTCC结构
- 易于目视焊接检测、镀金的端面
- 小尺寸，仅为1.5mm厚
- 高度重复的性能
- 在全频段内，平坦的变频损耗和高的隔离
- 卓越的热稳定性： -55 ~ +125°C



Mini-Circuits新的MAC混频器家族 将牢固的LTCC结构和单片四管混频半导体技术相结合生产出了当今市场上能获得的最可靠的混频器——唯一的无论用在何地都能获得**3年质保**的混频器！至上而下，由内而外，它们都专为在极其苛刻的条件下具有长期的可靠性而设计和建造，如：高湿、振动、加速度和-55~+125°C的热冲击等。

优越的电性能 在整个频段范围内使得它们不仅适合于航空航天和地面军用系统的应用，而且也适用于有长期可靠性要求的任何地方，如：仪器、重工业、高速生产和无人设施等等。何需等待？即刻访问我们的网站www.minicircuits.com获得您所需的性能数据、技术指标和惊人的低价，您也可以在线或联系伟博电讯进行订购！让我们看看今天MAC混频器究竟能为您的应用做些什么！

Mini-Circuits... 我们重新定义价值所在！

满足 RoHS 要求

Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED
P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 934-4500 Fax (718) 332-4661



Mitron Inc.
Authorized Mini-Circuits Rep in China
伟博电讯—— 把最好的微波射频产品带给中国
总部地址：福建省福州市349信箱 邮编：350003
全国市话服务热线：400-887-3088 传真：0591-87870011
E-mail：sales@mitron.cn 网址：www.mitron.cn

Mouser 设计工程师的搜索引擎，立即找到您所需的器件
更多详情&在线采购，请登录 minicircuits.com

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

存在一定差距，这是因为负载反射的影响并没有被完全消除掉，尤其是当DUT的反射很小时。

从图3中，同样可以看出，背靠背过渡插损的实测值小于0.35dB，且曲线变化非常平坦；插损与反射系数的实测值表明了本文的过渡设计获得了一个非常好的宽带低损耗结果。在反射低于–20dB时，背靠背过渡的分数带宽超过40%，覆盖了整个U波段。

前一节的分析表明，在某一个频率时，测试结果与实际值的差距会固定在一个确定的范围内。考虑到加工、装配误差以及其它因素，如图3所示反射系数的测试与仿真结果是基本一致的。同样的，由于趋肤深度以及表面粗糙度的影响，插损的实际值会在一定程度上大于仿真值，因此其测试结果也与仿真结果一致。对比其它文章中好的过渡性能[4–13]，可以看出，反射优于–15dB时分数带宽仅为20%，且在X波段及其附近的过渡设计仅达到0.4dB的插损。而本文设计背靠背过渡是完全优于这些结果的。综上所述，本文研制的过渡结构具有良好的性能，测试方法的准确性也得以证实。

本文的过渡结构已被用于W波段二倍频器。该二倍频器通过二极管反向并联结构获得二次倍频，在输入频率为40.5GHz时，最佳倍频效率约6.4%。

同样的，在本文设计思路基础上，研制了W波段波导到共面波导背靠背过渡结构。测试得到其反射系数优于–15.62dB，插入损耗不大于1.53dB，如图6所示。该测试腔体拟用于研制放大器，所以背靠背过渡间加入了约5.8mm长的共面传输线，因而其实际结果会优于现有测试值。

五、总结

本文提出了一种U波段波导到共面波导过渡结构。该过渡通过使用横向E面探针结构获得了宽频带的良好结果。为了消除寄生模式以及避免增加额外的滤波器，将共面线设置在共面波导的正中间。过渡中加入波导拐弯，解决了使用和测试中的不方便。共面传输线的接地部分延伸进了波导内部，有效地调节了波导与共面线之间的匹配。最终，加工出背靠背过渡结构来验证过渡性能。

由于标网的检波器反射较大，影响测试结果，本文针对这种情况进行了误差分析，并提出了一种更为合适的测试方法，使得测试结果与真实值更为接近。通过将匹配负载连接到DUT输出端来进行反射系数的测量；在DUT输出端与标网的检波器之间加入20dB衰减器来进行插入损耗的测量。最终得到反射系数在U波段全频段内优于–20dB，分数带宽不低于40%，插损不大于0.35dB。该过渡已被用于W波段二倍频器和W波段波导到共面波导背靠背过渡设计。■

参考文献

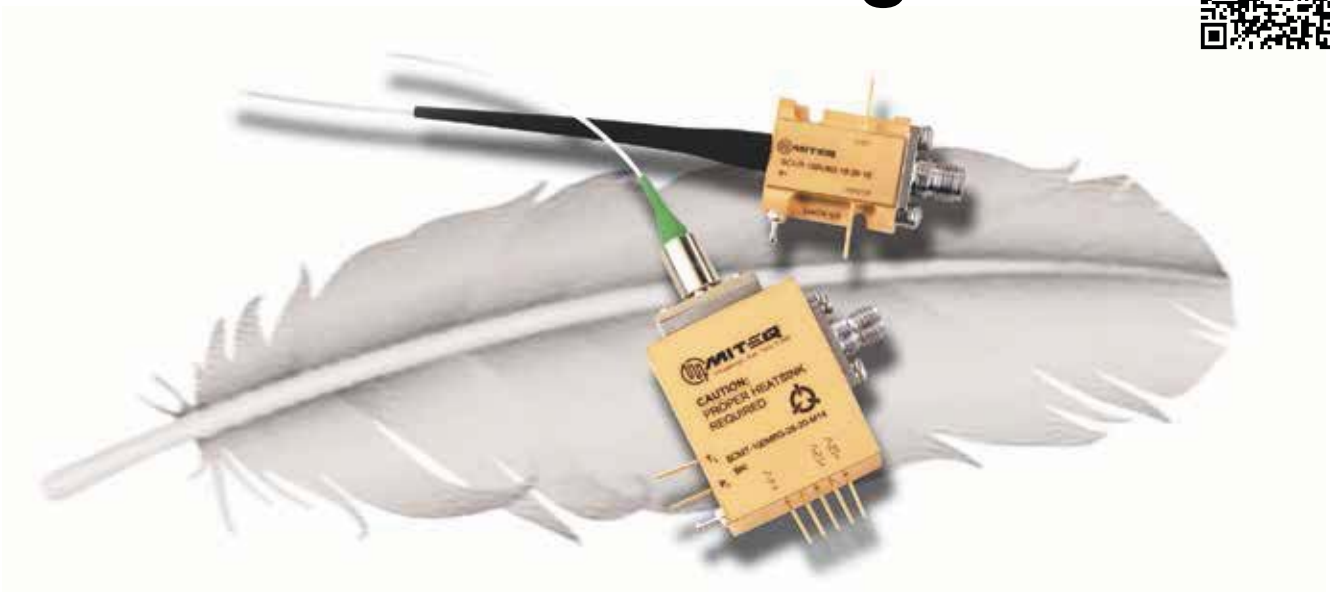
1. Riaziat M., Bandy S., Zdasiuk G., “Coplanar waveguides for MMICs”, Microwave Journal, vol. 30, p. 125–131, June 1987.
2. D. M. Pozar, Microwave Engineering, 3rd ed. New York: Wiley, 2005.
3. Mottonen, V.S., “Wideband coplanar waveguide–to–rectangular waveguide transition using fin–line taper,” Microwave and Wireless Components Letters, IEEE , vol.15, no.2, pp. 119– 121, Feb. 2005.
4. Ruei–Ying Fang, Cheng–Tze Wang, Chun–Long Wang, “Coplanar–to–Rectangular Waveguide Transitions Using Slot Antennas”, Components, Packaging and Manufacturing Technology, IEEE Trans, vol.1, no.5, pp.681–688, May 2011.
5. Reck, T. Weikle, R.M. Barker, N.S., “A Waveguide to Unenclosed Coplanar Waveguide Transition,” Microwave Theory and Techniques, IEEE Trans, vol.58, no.9, pp.2420–2425, Sept. 2010.
6. T. Q. Ho, Y. C. Shih, and Y.–C. Shih, “Spectral–domain analysis of E–plane waveguide to microstrip transitions”, IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 37, no. 2, pp. 388–392, Feb. 1989.
7. J.W. Kooi, G. Chattopadhyay, S. Withington, F. Rice, J. Zmuidzinas, C. Walker, and G. Yassin, “A full–height waveguide to thin–film microstrip transition with exceptional RF bandwidth and coupling efficiency”, Int. J. Infrared Millimeter Waves, vol. 24, no. 3, pp. 261–284, Mar. 2003.
8. P. Soto, V. E. Boria, J. M. Catala–Civera, N. Chouaib, M. Guglielmi,and B. Gimeno, “Analysis, design, and experimental verification of microwave filters for safety issues in open–ended waveguide systems”, IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 48, no. 11, pp. 2133–2140, Nov. 2000.
9. Xu Jun, Wang Shan–shan, Wang Mao–yan, “Compact in–line waveguide–to–microstrip coaxial probe transition for millimeter–wave,” Microwave Conference, 2009. APMC 2009. Asia Pacific, vol., no., pp.705–707, 7–10 Dec. 2009.
10. Y.C.Shih, T.N.Ton, and L.Q.Bui, “Waveguide–to–Microstrip Transitions for Millimeter–Wave Applications”, IEEE MTT–S Int’l Symposium Digest, pp 473–475, 1988.

MITEQ

Less Loss, Less Weight

Uncompromising...To 20 GHz

RF Over Light



授权中港总代理:

SANETRONIC
COMPANY LIMITED
盛昌电子有限公司

T: +86-755 2518 1122 x 106
E: miteq@sanetronic.com
H: www.sanetronic.com/miteqch.htm



MITEQ

www.miteq.com

技术文章 Technical Feature

电缆中串扰和电磁干扰的仿真

Simulating Crosstalk and EMI in Cables

作者：David Johns CST 公司工程和支持副总裁
Patrick DeRoy CST 公司的应用工程师

电缆不仅能够传输运转电子设备所需要的电源，而且也能传送运转这些设备所需要的数据信号。为了避免出错和设备失效，电缆的选择和安装需要给予同样的重视，就像对系统的其它部分一样。

处理数据意味着要考虑信号完整性（SI）。因为数据信号是被调制的电脉冲，任何引入电缆的噪声都能恶化信息，使得设备性能降低，发生故障或者完全失效。串扰和阻抗不匹配是 SI 问题的一般来源；电缆通常包含有多根并行的导线。其中某根导线产生的磁场，在没有合适的屏蔽下，会耦合到其它的导线并且在其中产生电流，同时在电缆的接口处信号会被反射回来，如果阻抗没有做匹配的话。研究这些问题需要射频和微波方面的技术和专业知识。

然而，来自其它数据信号的干扰不是我们唯一要担心的。电磁场干扰来源众多，包括系统内部和更广泛的外部环境。开关式的电源供应设备会产生噪声，同时雷击和静电放电（ESD）引入的瞬时电压通常能够使电流激增到损害设备的程度。甚至设备和它的外壳之间的相互作用也能够干扰数据信号。电缆不仅要能抵抗外界的辐射，它们自身也不能向外产生辐射。电磁兼容性是法定的要求，意味着它们只能给其它的设备带来很小的干扰风险。

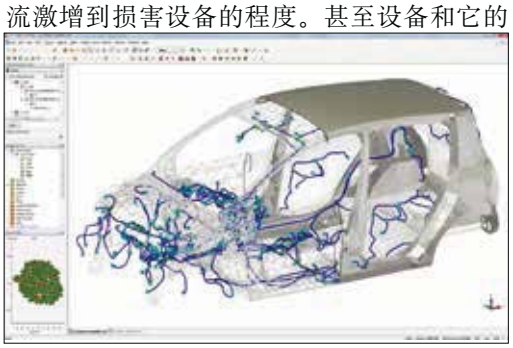


图 1. 汽车里的电缆系统。

科技的每次进步都能进一步提高电缆的设计要求。高速的设备要求电缆能够处理更高的比特率。汽车和航空系统，越来越依赖电子控制和通信系统，要求电缆变得更轻便，还能符合严格的安全标准。与此同时消费电子正在往标准化多用途的电缆推进，其中一种可能就是被用于从给移动电话充电到控制一台打印机或者给硬盘传送数据的任何事情。

鉴于这些进步，设计者们开始转向电缆线束 – 有时候数以百计或者更多 – 它们缠绕在一起并且在相同的导线管里走线，就像混合电缆一样，它们同时包含信号线和电源线。一个最熟悉的混合电缆的例子可能就是 USB 了，但是许多配置的定制电缆通常被用在工业应用中。对于这些复杂的电缆设计，传统的用来计算电缆特性的设计规则变得很笨拙。仿真提供了一种用来开发和检查任意电缆设计、优化布局和屏蔽以获得更好性能的方法。

电缆仿真综述

应用全三维电磁场仿真的方法来仿真比如汽车这样大的结构内部的详细电缆是不现实的，如图 1 所示。每根导线的直径都小于

MiCable inc

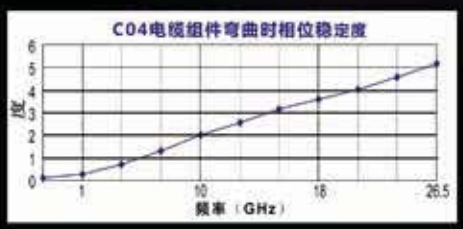
通过 ISO9001:2008 质量管理体系认证

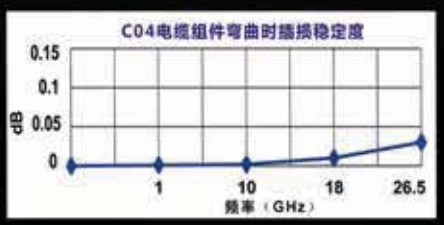
迈可博® C04系列DC～26.5GHz高性能测试电缆组件



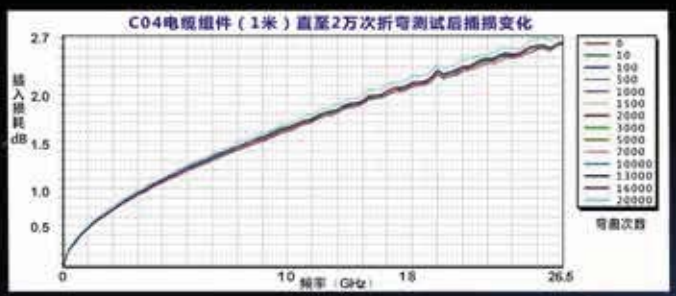
特点和优势：

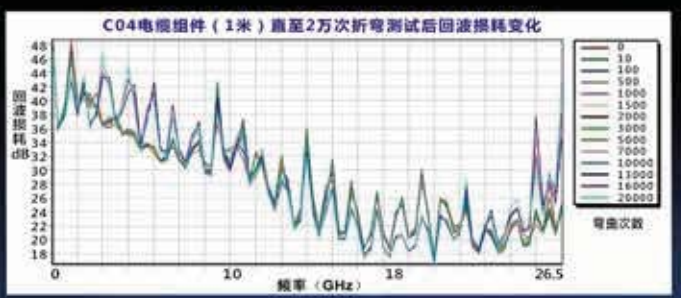
- 弯曲时相位和幅度变化极小
- 适合长寿命使用，性能稳定，测试精度高
- 三层屏蔽电缆结构，泄漏小于-95dB
- 不锈钢加强型接头，良好的张力释放设计，结构异常牢固
- 灵活的定制服务，多种接头、长度和盔甲形式可供选择











C04系列是一款高可靠且经济耐用的电缆组件，该组件选用美国Harbour公司生产的超级稳幅稳相电缆，加之以迈可博特有的加强型不锈钢接头和张力释放保护结构设计，使得其具有异常优越的稳幅稳相性能以及长期使用下稳定的电性能和高测量精度。C04系列电缆组件在超过20000次严格的折弯测试后依然具有良好的重复性能，极其适合于要求长寿命、高重复性、高稳幅稳相要求的应用。请联系迈可博试用我们的产品，您将发现我们的产品从性能、质量到成本都将提供给您无法想象的价值！

迈可博可为您提供高质量、低成本的组件方案和快速服务！

福州迈可博电子科技有限公司
——美国SSI Cable中国公司
电话：0591-87382856
邮箱：sales@micable.cn
网址：www.micable.cn

经销商：伟博电讯有限公司
销售热线：400-887-3088
邮箱：sales@mitron.cn
网址：www.mitron.cn

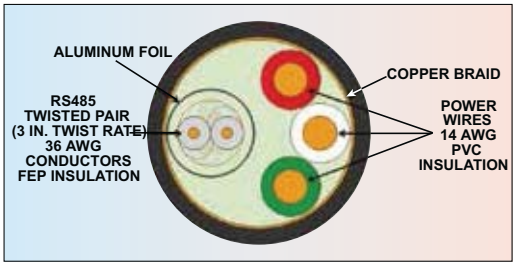


图 2. 包含 5 根线的混合电缆的横切面。

表1

电缆仿真的不同研究方法

静电场仿真
静电场和静磁场仿真能够用来计算线性阻抗的电感和电容。这种方法计算速度快但只在直流时才准确。
全波仿真
全波三维仿真同时考虑频率依赖性的影响，模拟信号沿导线传播时的扩散。这种方法对宽带信号特别准确，但是仿真速度比专业的电缆仿真要慢。
专业的电缆仿真
使用二维的磁场求解器来分析电缆的横切面，并通过分析传输线网络来模拟传播。这种方法同时兼顾准确度和效率

一毫米，但是有十来米长，并且是弯曲的，因为这些导线承载着通过复杂电磁场环境的高频信号。用传统的方法仿真这样的系统需要难以想象的精度用来捕获电缆里面的磁场，并在一个大的体积里遍布，结果会是很慢、计算量繁重的计算。电缆的任意横切面和沿着其路径周围环境的变化使得几乎难以找到一种解析方法。

专业的电缆仿真器能够更加有效地对复杂的电缆和电缆线束建模。电缆能够被分解成多段，每段都有一个恒定的横切面。这样二维的电磁场解决方案就能够被用来提取每一段的电学特性。整个电缆的特性也许可以通过将这些电学模型级连成一个等效的网络来得到。这种专业的电缆求解器或许可以和全三维的磁场求解器协同仿真，用来仿真电缆间的耦合以及来自电缆的辐射。

图 2 所示的电缆包含有 5 根导线 —2 根电源线（红色和白色），2 根信号线（缠在一起的灰色线）和 1 根接地线（绿色）。信号线通过箔来屏蔽电源线，整个电缆通过铜编织带屏蔽外界干扰。这是混合电缆的一个例子，其中的 SI 和 EMI 分析将会很重要。信号线不仅会受到外界干扰的潜在危险，它们也会从电源线那获得噪声。信号线的屏蔽和缠绕的走线都是为了降低信号里的噪声；仿真使得设计者能够去研究它们的性能。电缆只有几毫米宽，但是可以有多米长。

线性阻抗仿真

任何数据电缆的一种重要特性是它的线性阻抗。理想情况下，数据线的阻抗应该和负载的阻抗相匹配。如果存在阻抗不匹配，在端口连接处将会有部分信号反射，干扰入射信号，这样会使导线和部件的连接处出现 SI 问题。双向电缆的反射问题尤为严重，其中设备的两端都是同时作为发射端和接收端。

计算电缆的线性阻抗是仿真器的显著应用。目前有多种方法计算阻抗：静态方法，全波仿真和专业的电缆仿真。每种方法都有它的优点和缺点，如表 1 所示。

全波仿真同时也允许人们去模拟电缆终端的连接器。在设计或者选择一种连接器时，阻抗匹配和 EMI 分析十分重要。特别是当连接器与电缆在某些方面不一样的时候更是如此 – 例如，当双绞线的终端在一个圆柱销里面，或者连接器的屏蔽方式不同于电缆。连接器是阻抗匹配的关键，因为它们是电缆和负载之间的过渡。通常人们想知道什么样的电缆分布可以提供适当的电缆特性，使反射最小和提高数据的传输。为达到这一目标，使用了最优控制器。使用最优控制器来仿真可能的多种模型参数 – 比如，绝缘体的厚度或者导线的位置 – 并使用复杂的算法来减少通过猜测寻找最优配置的次数。

计算差损

电缆中的差损使信号衰减，衰减的程度取决于频率。高频通常会遭受更多的差损，使数据脉冲的陡沿受到平滑的影响，从而限制了数据的传输速率。

导线的交流电阻（趋肤效应）对差损有明显的贡献。另一种是绝缘材料介质的损耗角正切。信号也可能通过非完备的屏蔽泄露出去，给电路引入额外的差损。全波和专业的电缆仿真都容许设计者计算电缆中的差损。小段的电缆全波仿真后可以级联在一起，从而得到整根电缆的差损，而不用仿真一个完整的结构模型。仿真同样能计算散射参数（S 参数），它能精确地描述电缆的特性，并且能说明差损如何相对于信号频率变化。实验室使用的标准测试，比如眼图，如图 3 所示，也能够被仿真所替代。为了产生眼图，在电缆的一端输入一串随机位，在输出的另一端捕获数据并画出曲线图。输出信号的分层是对由衰减

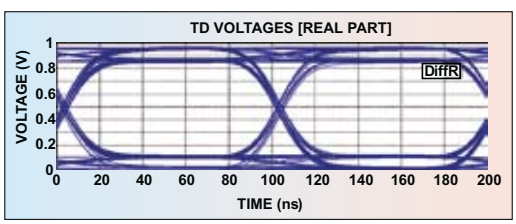


图 3. 携带有 10Mb/s 信号长 20 米的电缆的眼图。

单/双向

定向耦合器



5KHz~12GHz 直达250W 单价从 $1.69 起（数量1000）

Now! 279

您正在寻找耦合器或功率分支器吗？Mini-Circuits有286个型号常备现货，并正在增加更多的型号。我们多样性的低成本解决方案包括频率低至1MHz表面贴装的型号，尺寸小至3.05x1.5mm的高度先进的LTCC设计，这些产品拥有低的插损和高的定向性，其它的SMT的型号被设计来工作到高达100W的射频功率，并且部分磁芯和线圈的型号具有我们独特的顶部盖帽封装，适合于快速的贴片生产应用。

另一方面，我们新的带接头的空气线耦合器能处理高达250W功率，频率高至12GHz，拥有低的插损（9GHz时0.2dB，12GHz时1dB）和难以置信的耦合平坦度，我们所有的耦合器都与RoHS标准兼容。因此，无论您需要50或75欧姆、定向或双定向、直流通过式或隔直的耦合器，不管军用、工业应用还是商用，您都可以在我们的网站www.minicircuits.com上找到它，并且可于当日发货。即刻访问我们的网站获得您所需的性能数据、技术指标和惊人的低价，您也可以在线或联系伟博电讯进行订购！

Mini-Circuits... 我们重新定义价值所在！

Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED
P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 934-4500 Fax (718) 332-4661



Mitron Inc.
Authorized Mini-Circuits Rep in China
伟博电讯—— 把最好的微波射频产品带给中国
总部地址：福建省福州市349信箱 邮编：350003
全国市话服务热线：400-887-3088 传真：0591-87870011
E-mail：sales@mitron.cn 网址：www.mitron.cn

设计工程师的搜索引擎，立即找到您所需的器件
更多详情&在线采购，请登录 minicircuits.com

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

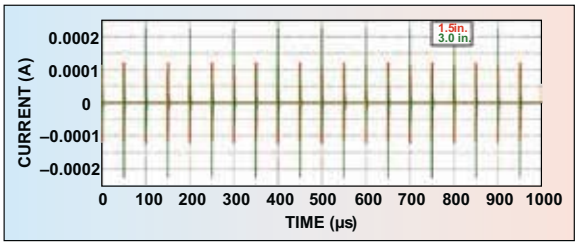


图 4. 假定没有屏蔽时，在长 1.5 英寸的双绞线（红色）和长 3 英寸的混合电缆（绿色）中引入差模电流。

产生的脉冲平滑的有效的展示。

串扰的仿真

当有两根或多根导线耦合时，串扰就有可能产生。在示例中，电源导线会和信号线耦合。这种宽频谱的噪声很难从信号里滤除。反而最有效的降低串扰的方式是对导线做良好的屏蔽，并且确保耦合最小化。

因为数据是以差分信号的方式传送，两根相关的导线（差模）之间就会有差别。如果电缆系统能够完美的平衡，不同差分对中的每根导线上的噪声耦合将会相等，当电压信号在接收端相减时，噪声能被很好的抑制。

双绞线仿真

双绞线电缆，在近一个世纪以来的通信系统中使用非常普遍，是以两根线为一组相互缠绕绞合在一起。这样使得两根线之间的回路面积最小，降低了互感耦合。它同时也有助于保持走线的平衡，每根导线都均衡地暴露在外磁场。只要双绞线的长度小于干扰信号的波长，耦合就能减小。精确选择双绞线的长度能对电缆如何抵抗串扰产生很大影响；对于包含多组信号导线的电缆，比如广泛使用的 Cat–5，在每一米的长度上都使导线间有轻微不同的缠绕，能显著的降低导线间的串扰。

通过仿真，电缆的设计者能够检查导线间的干扰和测试不同的导线配置如何影响信号的特性。在电脑模式下的电缆仿真使设计者能够轻松的调整缠绕的距离（缠距），并且在不同情况下仿真由开关噪声引入的电流（如图 4 所示）。对于这一电缆，导线的差模噪声抑制特性在缠绕距离更小时有非常大的改进。为了单独研究缠绕对噪声抑制的影响，这些仿真是在双绞线周围没有屏蔽时做的。

两根导线很均衡时缠绕最有效。在实际系统中，因为负载的变化和制造原件的缺陷，情况并不是总是这样。电缆模型能被连接到由集总元件组成的电路来替代两端的设备，我们能够看到当制造误差被考虑进来时电缆表现出来的性能。在本示例中，如图 5 所示，10% 的失调被引入并联电感（感值降低 10µH），4% 的失调被引入串联电容（容值减小 20nF）。

这证明失调对耦合有巨大的影响。失调系统中引入的峰值电流比完美平衡系统中的电流大 10 倍，电流值从 0.2mA 跳到 2mA——串扰的强度增加了 20dB（见图 6）。

屏蔽

作为外层保护，应该防护串扰和干扰，即使电缆终端失调，导线也可以做屏蔽。不同的应用有不同的屏蔽类型：最主要的屏蔽有两种，箔屏蔽，包含比如铝的薄金属板；和编织屏蔽，由很多薄铜丝绕织编造成管状。屏蔽能布置在整个电缆周围用来隔离外部干扰，或者也能被放置在电缆内部减少串扰。

然而，屏蔽不仅会增加电缆的体积和重量，也会降低电缆的灵活性并且提高它们的造价。有许多屏蔽的类型，每一种都有不同的特性并且适合隔绝不同的干扰，在电缆噪声特性和设计要求之间做出权衡通常不容易。

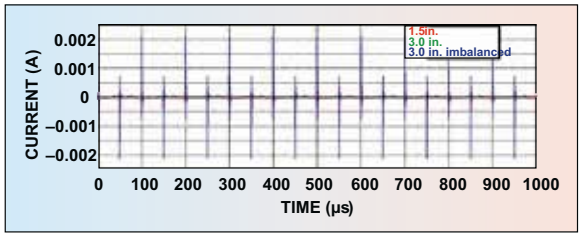


图 6. 失调系统中的差模串扰（蓝色）远超过平衡系统中的串扰。

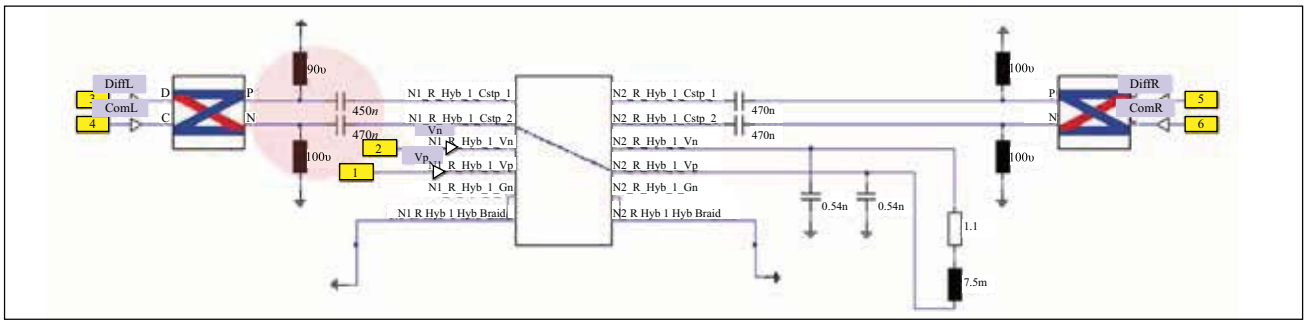


图 5. 电缆的一部分被连接到了 CST DESIGN STUDIO™ 中的集中元件电路。其中失调部分以高亮显示。

M:Cable inc

通过 ISO9001:2008 质量管理体系认证

通过国军标质量管理体系认证

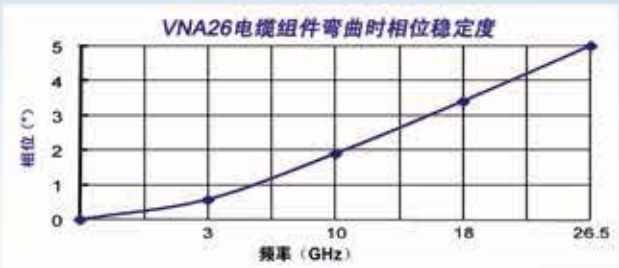
迈可博® VNA26 系列

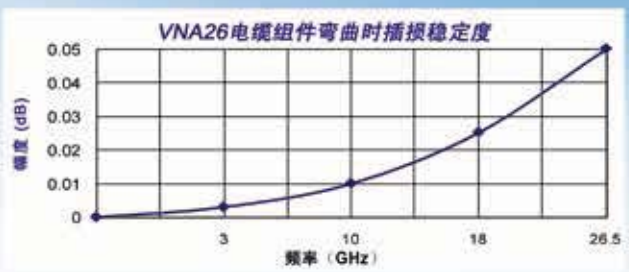
DC ~ 26.5GHz 网络分析仪柔性测试电缆组件

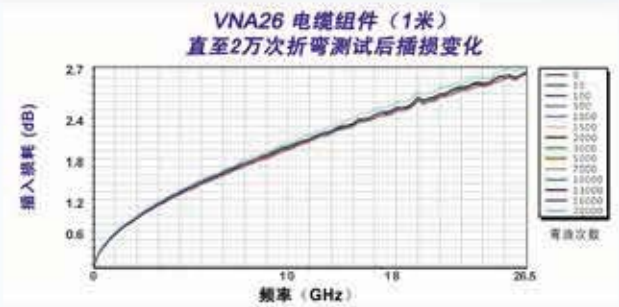


特点和优势:

- 弯曲时相位和幅度变化极小
- 适合长寿命使用
- 性能稳定，测试精度高
- 不锈钢加强型接头，
  接头 A: NMD 3.5mm（F），
  接头 B: 3.5mm（M）
- 良好的张力释放设计，结构异常牢固









迈可博可为您提供高质量、低成本的组件方案和快速服务！

福州迈可博电子科技有限公司
——美国SSI Cable中国公司
电话：0591-87382856
邮箱：sales@micable.cn
网址：www.micable.cn

经销商：伟博电讯有限公司
销售热线：400-887-3088
邮箱：sales@mitron.cn
网址：www.mitron.cn

技术文章 Technical Feature

屏蔽的性能由它的传输阻抗度量，由 Schelkunoff [1] 提出。传输阻抗 Z_T 被定义为：

$$Z_T = \frac{1}{I_0}\frac{dV}{dx}$$

其中 I_0 是屏蔽一侧流过的电流，dV/dx 是另一侧单位长度的电压。传输阻抗可以有效地测量屏蔽构造能多大程度地防止磁场通过。环境不会影响传输阻抗 – 它只是屏蔽自身的一种内部特性。传输阻抗越低，屏蔽越好。

在箔屏蔽中，在高频处的趋肤效应能提高屏蔽性能，如图 7 所示。在低频时电流在屏蔽中扩散，但在高频时电流被限制在表面。这就意味着在高频时外部磁场不能穿过屏蔽，使得屏蔽完全关闭且没有缝隙。然而，在现实的屏蔽中，磁场能够从重叠的箔形成的缝隙中穿过，为了获得更加准确的仿真结果，这些缝隙应该被考虑进去。

相比之下，编织屏蔽表现出相反的特性。编织屏蔽的传输阻抗，正如 Kley[2] 所描述的，取决于许多因数。趋肤效应依然起到一定的作用，但是在高频时更显著的是线间的缝隙和互感耦合，与电感相互作用一样，被称为“纵向跳跃”，当线穿过彼此时。这些会提高传输阻抗，因此编织屏蔽在低频时效果最好。图 8 显示了一种编织屏蔽的传输阻抗随频率的变化曲线。

因为存在基于屏蔽特性的数学模型来描述它们的行为，这些数学模型是使用电缆仿真软件进行设计和测试的理想候选。任意的屏蔽，它们的特性都能在实验中测试到，同时也能被应用到仿真中，只需简单地导入它们的传输阻抗数据。

如果有多层屏蔽，它们的组合传输阻抗可以通过考虑每个屏蔽的内阻抗和它们之间的电感值来找到解析 [3]。包含这些计算的电缆仿真软件可以用来仿真多层排列的

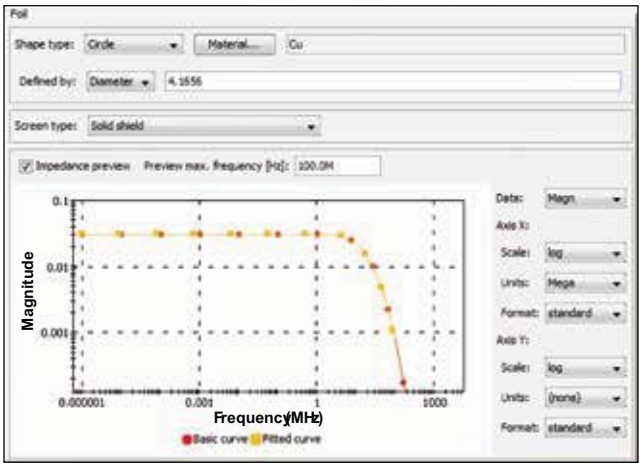


图 7. CST DESIGN STUDIO™ 中为箔屏蔽创建的对话框，显示了在一定频率范围的传输阻抗曲线。

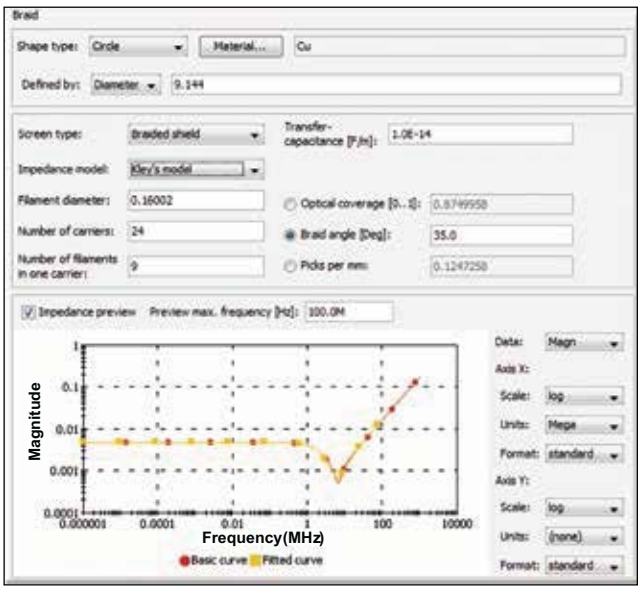


图 8. 编织屏蔽的对话框。传输阻抗在高频处显著增加。

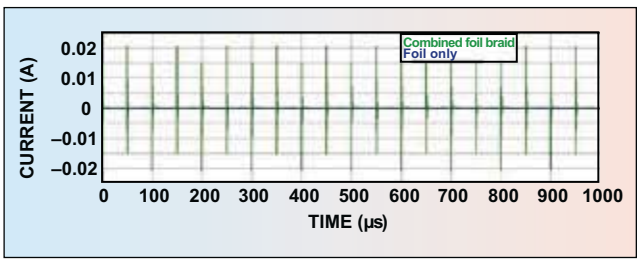


图 9. 不同屏蔽排列的共模噪声。两种屏蔽组合使用时引入的电流太小而看不到。

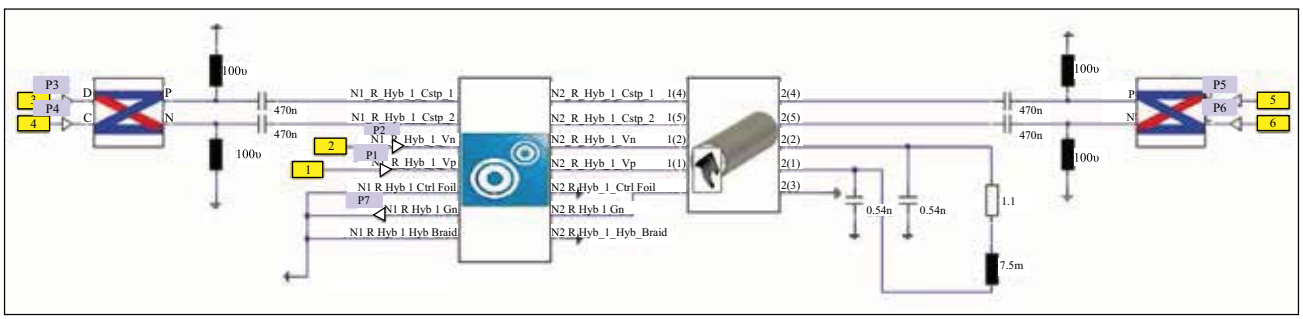


图 10. 电缆通过屏蔽了的连接器和负载相连的测试电路。

Anritsu | 创建于 1895



超过100年

推进

世界的通信历史进程

如果你相信过去有助于塑造未来，那么，你就会明白为什么安立公司是创新的代名词。超过100年的经验就在我们的设备中，包括我们的频谱/信号分析仪（MS2830A）。

1 | 4

频谱/信号分析仪MS2830A



频率范围：3.6GHz、6GHz、13.5GHz、26.5GHz、43GHz

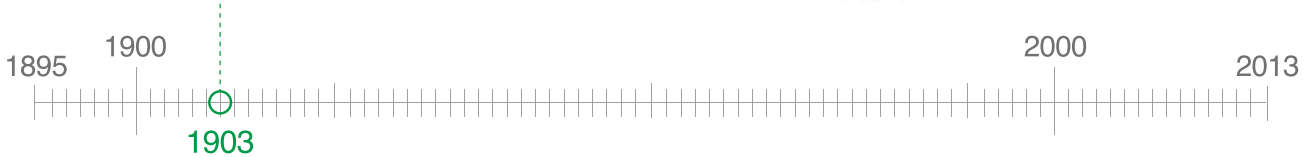
世界上最佳的电平精度

源于1903年开始的技术突破，那些使用安立的频谱/信号分析仪的公司享受着令人难以置信的精确测量，提高了设计余量和产量。正是在那个时候，安立公司发布了线圈式无线发射设备。随着时间的推移，这种发射技术发展成为一种专利校准振荡器技术，使得MS2830A支持了世界上最佳的电平精度。

在300 kHz至4 GHz条件下拥有无与伦比的电平精度让我们的创新为你所用。了解更多和下载我们的免费白皮书，**了解新一代频谱分析仪的振幅电平精度：**
www.anritsu.com/zh-cn/MWJ2830



采用30cm火花线圈的无线通信发射机



Anritsu
Discover What's Possible™

美国/加拿大1-800-ANRITSU 欧洲 44 1582-433433
日本 81 (46) 296-1208 亚太区 (852) 2301-4980
南非 55 (11) 3283-2511

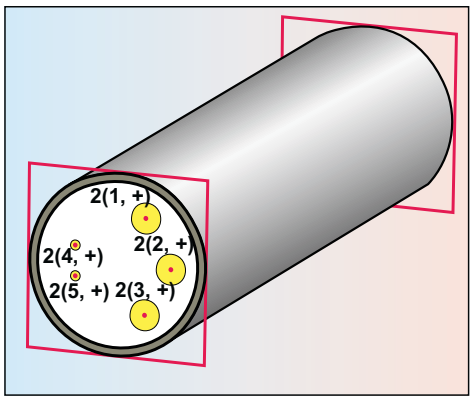


图 11. 与混合电缆相匹配的屏蔽连接器，标示了要仿真的端口。

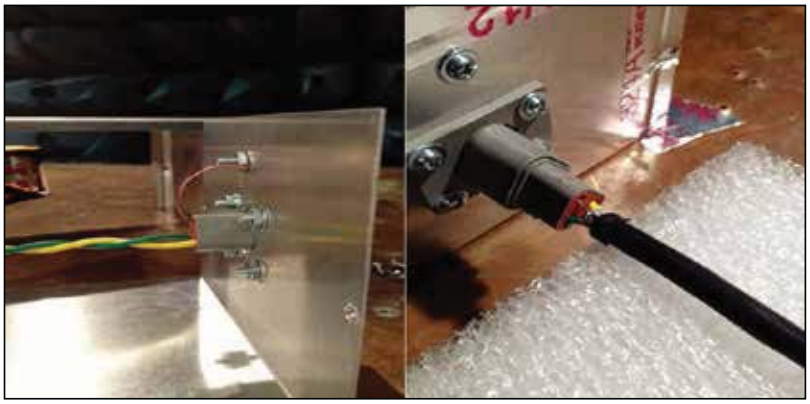


图 12. 显示抽头连接器（左边）和信号电缆（右边）的实验装置。

屏蔽。因为箔和编织屏蔽在不同的频率表现最佳，将它们在电缆中结合在一起，可以得到很好的宽带噪声抑制属性。现在可以重复串扰分析，但是这次是在适当位置有屏蔽 – 在这种情况下，信号线周围要么是箔屏蔽，要么是箔和编织的组合屏蔽 – 来研究会如何影响电缆的噪声特性。

包含有两种组合屏蔽的电缆比单独包含一种箔屏蔽的电缆有更好的耦合抑制特性。事实上，电缆上的共模噪声非常低，以致在图 9 中小到看不见 – 峰值电流小于 4μA。

电缆和连接器在仿真中也能连接在一起。电路的系统仿真，结合多种全波和电缆的仿真结果，及连接部件，因此它们能作为一个系统来仿真。图 10 显示了这种仿真电路：电源线被一个周期性开关的电压驱动，负载用集总元件模拟。电缆的输出 – 中间偏左的蓝盒子 – 直接连接到了如图 11 的连接器的输入端 – 中间偏右的灰色管子。因为连接器的 S 参数已经计算出来了，电路求解器可以运行的很快；同时没有必要再进行整个的三维全波计算。

实验验证

作为用来演示接地和屏蔽对 EMC 的影响，并且展示电缆仿真的准确度，对于多种电缆 – 带编织屏蔽的标准 RG58，带组合箔 / 编织屏蔽的 RG6，带箔以及接地的双绞线，带编织的屏蔽双绞线（STP），和相应的不带屏蔽的电缆 – 我们研究了它们的 EMI 特性，都进行了实验和做了计算机模拟。这些电缆都终止在 TNC 连接器，它们有金属壳或者屏蔽，使得在电缆和连接器屏蔽之间有理想的 360° 连接。为了提供进一步的比较，额外增加一根双绞线，它终止在一个带有从电缆屏蔽到封闭盒子内部“抽头”连接的无屏蔽的连接器上（如图 12 所示）。

干扰源是一个在不同频率范围内辐射的导线环路。这一环路能耦合到电缆内部的信号线 – 扩展到电缆对干扰的抑制使得屏蔽的效力能够被评估。采用全三维的方式将很

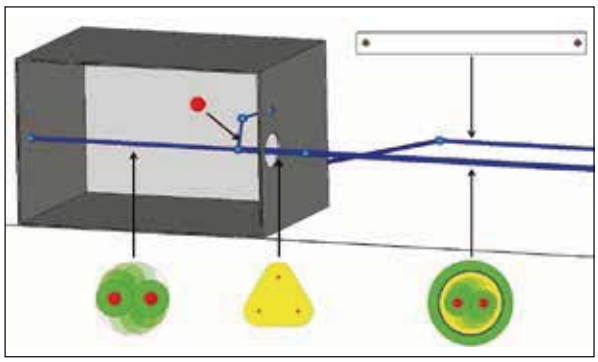


图 13. 在 CTS DESIGN STUDIOTM 中模拟相同的系统，标示了每一段导线的横切面。

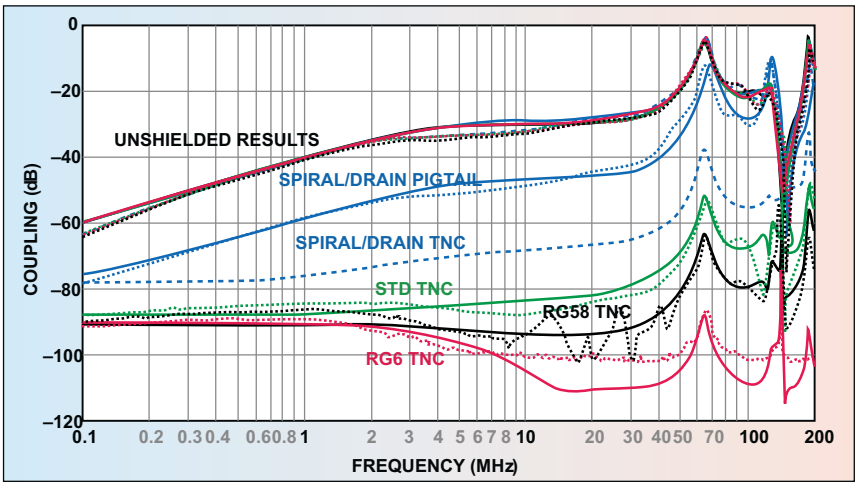
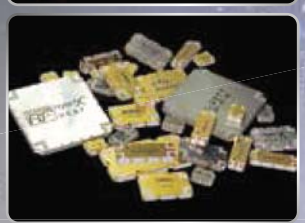


图 14. 不同电缆在屏蔽和发射端之间的耦合，仿真结果（实线）和测试结果（虚线）。

EMC Technology | FLORIDA RF Labs

射频无源解决方案





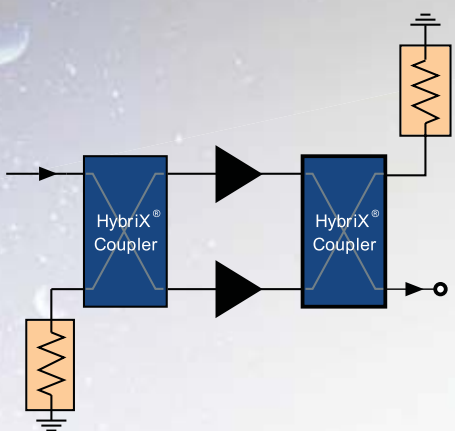




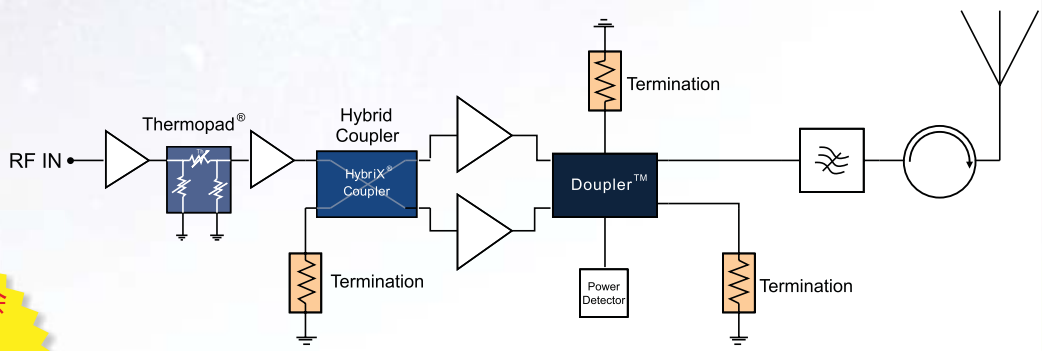
90℃ 3dB Coupler HDDF

特性：

- 频率范围：811–1000MHz
- 插损：0.15dB
- VSWR：1.15
- 幅度平衡：±0.3dB
- 相位平衡：±2%
- 隔离度：26dB
- 功率等级：200W
- 工作温度：–55℃~ +85℃



平衡放大



EMC RFLABS无源器件在功放的应用

深圳无线终端射频技术研讨会

演讲时段 **5月17日 10:20-11:10**

演讲主题 **助力4G时代，让沟通更高效**
AVAGO 全面推出4G射频产品

会议地址 博林诺富特酒店二层1-2号会议室

我们还提供EMC RFLABS公司的衰减器、负载、测试电缆组件等产品

深圳市世强先进科技有限公司
提供最好的电子元件服务

深圳：40088-73266 南京：+86-25-8455 2900 武汉：+86-27-8732 2726 厦门：+86-592-5806 950 沈阳：+86-24-3188 3081
香港：+852-3184 8481 北京：+86-10-8233 6866 西安：+86-29-8832 3435 杭州：+86-571-8839 8810 重庆：+86-23-6712 1702
上海：+86-21-5237 1816 成都：+86-28-8662 4147 青岛：+86-532-8099 5830 苏州：+86-512-6935 1315 宁波：+86-574-8911 9038
郑州：+86-371-6869 2107

Http:www.secomtel.com E-mail:sales@secomtel.com **热线电话：40088-73266**



图 15. 直升飞机内部的简单导线系统，显示了用于控制系统，天线（中间）和转子（右边）的电缆。

难精确地求解整个系统，因为只有少数的几何细节，而且使用专业的电缆仿真器在极小一部分时间内就能解决这个问题（如图 13 所示）。

图 14 是这项研究的结果，其中负值越大的耦合相当于屏蔽效果越好。未屏蔽的结果作为一个参考。螺旋 / 接地带有抽头终端的电缆在低频时提供了额外 20dB 左右的屏蔽，但是它的效果在高频时开始降低。作为对照，相同的电缆带 TNC 终端（蓝色的虚线）进行仿真，结果能进一步提高屏蔽性能，如预测的一样。STP，RG58 和 RG6 电缆在所有频段都有很好的屏蔽效果。跟 360° 的屏蔽终端不一样，抽头连接器增加了电感和相应的与频率有关的阻抗。而且，外壳的缝隙不再关闭使得可能泄露电磁场到负载盒子的内部，将噪声耦合到暴露的信号线上。

所有的测试结果和仿真结果都符合的很好。对于高屏蔽的电缆，耦合非常小，其引入的信号有可能淹没在实验设备的噪低下面。这解释了耦合幅度低于 –-90dB 的一些不同之处。虽然只使用了一个非常简单的模型来代表整个系统，电缆仿真能非常精确地模拟出结果——仿真甚至在 65MHz 附近识别出了明显的谐振，这一现象随后才在实验中被观测到。

瞬态协同仿真

计算电缆的特性可以揭示其固有特征的信息，但是在现实世界中，很少有电缆能够完全与环境隔离。附近的装置，外磁场和电缆的路线都能对电缆内的信号产生影响。然而，许多干扰效应的瞬态特性，意味着需要用全波仿真来模拟多电位源干扰的精确行为，比如 ESD 和电磁脉冲（EMP）。

因此仿真对全系统设计来说是一个有效的工具，但是专业的电缆仿真或者三维仿真都不能独立完整地描述电缆在复杂系统中如何起作用。将它们结合在一起组成混合协同仿真的任务意味着两者的优势 – 快速准确的电缆模型和多功能的全波仿真 – 能够更加突出。

有两种电缆的系统仿真：单向的和双向的。在单向仿真中，电缆被假定为发射端或者接收端，而在双向仿真中，电缆同时被假定为收发端。因此双向仿真最适合于检测电缆之间的耦合及它的周围环境对电缆自身信号的影响。

图 15 是双向协同仿真的一种典型应用。直升飞机包含有许多电缆，既携带电源也携带信号，有着复杂的弯曲走线。电缆之间如果走线太近会直接耦合，而且辐射的磁场可能激发航空器内部自振，这样会进一步加强耦合。瞬态系统仿真能够模拟不同的情形。其中一个例子就是由于电磁脉冲（EMP）可能引起的电位敏感性。脉冲冲击航空器有可能通过非完备的导电面板和缝隙耦合到内部并在电缆中引入电流。

结论

电缆的仿真需要仔细考虑，专业的电缆仿真工具能够被结合到电缆的设计流程中用来加快设计过程，并且能给设计者提供关于电缆连接到系统上时所表现的特性的信息。这些计算不仅能够提供电缆本身的电学特性，也能观察到磁场如何随电缆传播及与环境相互作用。通过合适的设置，电缆仿真能够精确地复制现实世界的情形，也就是仿真结果能和实验室或者现场测试的结果吻合的相当好。■

声明

作者感谢 NTS 的 Jeffrey 所提供的 EMC 试验设备。

参考文献

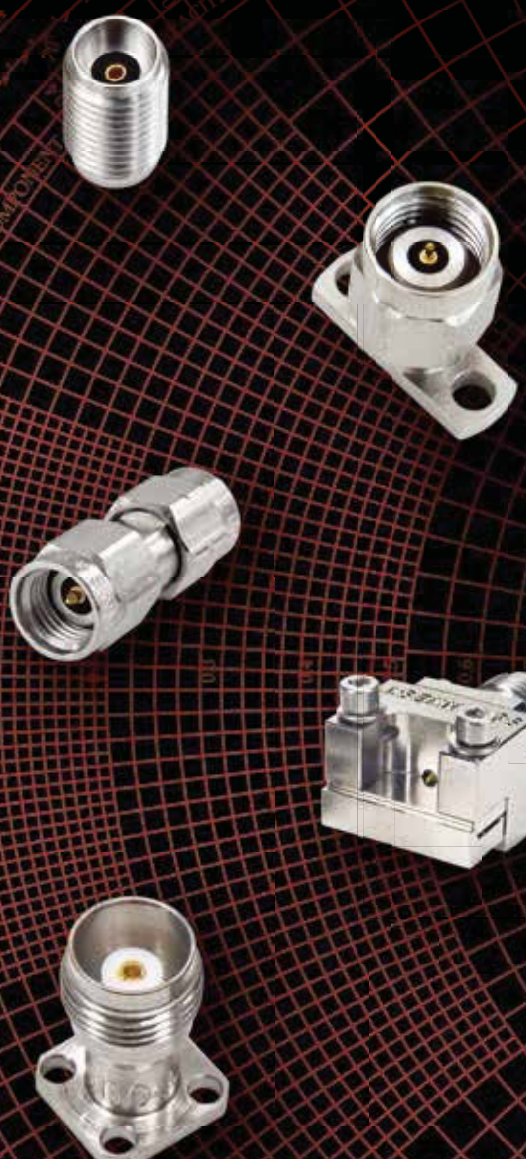
1. S.A. Schelkunoff, “The Electromagnetic Theory of Coaxial Transmission Lines and Cylindrical Shields,” Bell System Technical Journal, Vol. 13, No. 10, October 1934, pp.532–579.
2. T. Kley, “Optimized Single–braided Cable Shields,” IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 35, No. 1,February 1993, pp. 1–9.
3. E.F. Vance, “Shielding Effectiveness of Braided Wire Shields,” IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 17,No. 2, May 1975, pp. 71–77.

摩瑞微波在北京成立中国代表处

美国摩瑞微波（Maury Microwave）公司日前在北京正式建立公司驻中国代表处，籍此将其长达 55 年的悠久历史，优质的服务带给客户。张念民先生任摩瑞微波中国代表处总经理，他将带领专业的高级应用工程师团队，为不断增长的中国客户群提供全面的售前和售后服务与支持。

Southwest Microwave, Inc.

世界公认连接器和适配器性能领导者



- SMA、SSMA，2.92mm，2.40mm，1.85mm，N、TNC、末端装接连接器、适配器和电缆连接器
- 典型VSWR <1.10:1（业界最低）
- RF泄漏 < -100 dB（业界最低）
- 现场可替换/插入
- 材料可追溯性及单批控制

SOUTHWEST MICROWAVE

欲了解更多信息，请访问：

www.southwestmicrowave.com

Southwest Microwave, Inc. • Tempe, Arizona USA • 480-783-0201

DFARS COMPLIANT | RoHS compliant | ISO 9001 COMPLIANT | REACH Compliant | Pb lead-free | MATERIAL • TRACEABILITY

电缆与连接器专题

可信任的连接: 色标的互连

Connect with Confidence: Color–Coded Interconnects

作者：Steve Dudkiewicz Maury Microwave 公司

我们都知道工程师和技术人员有时不确定两个适配器是否匹配，电缆装配是否能够连接以及何种扭矩扳手可以使用。这种不确定性会产生一种破坏设备，降低测量精度和浪费宝贵时间的潜在恐惧。如果只有这些如此相似的互连，就可以很容易的标记和识别它们。

Redstone 兵工厂的约翰·比斯确实是这样做的；他游说建立一个“快速识别高频同轴连接器的标准化方法。”他的报告包含一个由错误识别连接器和试图匹配两个不相容的连接器所引起的可能结果的简短的清单，包括损坏设备，降低设备的可靠性，降低性能，降低任务准备的性能，增加维修时间，增加维修操作和损失效率。另外，即使两个连接器能够匹配，它们的工作频率可能不同，就像这种机械兼容 3.5mm 和 2.92mm 的连接器的情况，它们的最常见工作频率可能只有 26.5GHz。

比斯接着陈述了色标高频同轴连接器的好处，包括消除设备损坏，在连接器识别和使用时更加自信，培训时间和成本的节省（他估计每年美国军队和政府机构单独花费 580 万美元和 5000 工时），效率、可靠性和准备性的提高和人身安全的改善。

黑	—	直流—18GHz	—	典型的N连接器
棕	—	直流—18GHz	—	SMA连接器
红	—	直流—20GHz	—	精密N型连接器
橙	—	直流—26.5GHz	—	3.5mm连接器
黄	—	直流—40GHz	—	2.92mm（K）连接器
绿	—	直流—50GHz	—	2.4 mm连接器
蓝	—	直流—67GHz	—	1.85mm（V）连接器
紫	—	直流–18GHz	—	GPC–7连接器
灰	—	直流—<为将来使用保留>		
白	—	直流—110GHz	—	1.0mm连接器

图 1. 推荐的色标方案。

电气和电子工程师学会（IEEE）同轴连接器快速识别工作组在 2008 年 6 月建立，工作组现在作为 IEEE P287，授权审查同轴连接器的 287–2007 标准。全球各地的工程师选择熟悉的颜色方案，提出了用于高频同轴连接器的标准电阻色标 BBROYGBVGW（增加电阻值相比于提高频率），如图 1 所示。

Maury Microwave 已经使用色带来确定 75Ω 的 N 型连接器超过二十年，并且在 2012 年决定通过 ColorConnect™精确适配器、色标 Stability™电缆装配和 TW 系列扭矩扳手的推出来扩宽色带的使用。

COLORCONNECTTM精确适配器

ColorConnect 精确适配器是目前采用 IEEE 工作组色标方案的唯一商业化可用的适配器。这些适配器提供了更好的驻波比规格，以桥接计量校准级适配器和日常使用的实验室适配器之间的差距。为了提高驻波比性能，补偿珠维持一个精确的 50Ω 传输线。补偿的阴性接触延长了超过 500 次相连的使用周期。关键的针深度和位置公差防止了性能降低（由于“间隙适合”）和装配损坏（由于“干扰适合”）。内导体和外导体的光洁度和材料确保了在减少信号损耗时的高导电率。接合表面平整度和光洁度，最大限度地减少信号损失。环的连续性和同心性确保合适的调整和最好的可重复性。ColorConnect 精确适配器在 SMA，N 型，



越小巧 越好

使用罗杰斯材料，设计更小型天线

高介电常数电路板材料的领军者

在当今移动通讯和网络连接无处不在的世界，设计师必须将更多强化功能压缩进更小的空间内。高介电常数(high-ε_r)的印刷电路板(PCB)材料可以应用于较小型的电路。罗杰斯提供类型广泛的高介电常数的印刷电路板材料，以应用于更小型的高频电路设计。

之所以与罗杰斯公司合作，不仅因为罗杰斯的电路板材料具有高介电常数值，而且因为其电路材料在行业中拥有广泛的介电常数值。罗杰斯的印刷电路板材料为电路设计师提供了无与伦比的灵活性，不仅满足了他们对电气性能的要求，还在尽可能小尺寸的电路中实现这一设计。

Product	ε_r	Df @ 2.5GHz
RO4360G2™	6.15	0.0030
RO3006™	6.15	0.0018
RO3010™	10.2	0.0020

如果需要完成一个较小型的电路并要求其性能优异，毋庸置疑，请使用罗杰斯材料。

ROGERS CORPORATION
Advanced Circuit Materials Division

请莅临6月4 – 6日在西雅图IMS/MTT-S上我们的展台1459

www.rogerscorp.com/acm

RoHS Compliant

快来成为我们技术支持中心的会员！

www.rogerscorp.com/acm/technology



图 2. 色标适配器系列和系列间的品种。

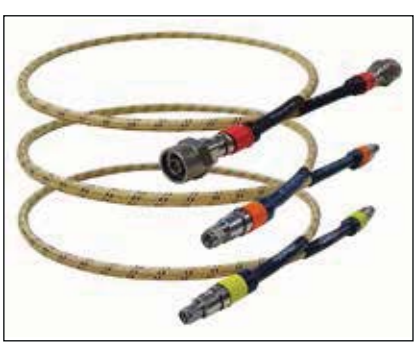


图 3. 2.92mm，3.5mm 和 N 型色标电缆装配。



图 4. 色标扭矩扳手。

3.5mm，2.92mm，2.4mm 和 1.85mm 系列和系列之间可用，ColorConnect 精确适配器的选择如图 2 所示。

STABILITY™电缆装配

电缆装配的应用广泛，并且电缆装配的使用者经验和培训程度各不相同。就适配器而言，如何确定适配器的电缆装配在实际连接的兼容性和适配器不对装配和系统产生损害？听听其客户，Maury 在它的电缆装配的 Stability 生产线使用 ColorConnect 色标。

为了相位稳定和幅度稳定应用的专门设计，Stability 提供了出色的测量重复性，甚至在电缆弯曲时。凭借坚固、耐用的结构，Stability 优于其它典型的装配，从而使得总体测试的成本降低。Stability 具有重量轻、柔韧和小型化的因素，使得它非常适合日常使用的矢量网络分析仪、测试仪器、台式测试和 ATE 系统。

Stability 装配提供到 40 GHz 的 2.92mm 连接器，到 26.5 GHz 的 3.5mm 连接器和到 18GHz 的 N 型连接器，它们分别（在 Fmax）有 0.84，0.67 和 0.54 分贝 / 英尺的插入损耗。对于相位稳定和幅度稳定的专门设计，这些装配在分别弯曲 5 度、3.5 度和 2 度后，提供特有的相位稳定；分别弯曲 0.05、0.02 和 0.0015 分贝后，有幅度稳定。随着温度的变化，相位稳定在 –55° 和 +125° C 之间小于 4° / m/GHz。Stability 使用增加的坚固层，包括一个防压层、一个编织力构件和编织套，从而实现抗压性大于 260 lb/inch (44 kN/m)。

这个装配有最小为 1 寸 (25.4mm) 的弯曲半径，这使其柔韧且多用途。Stability 可超过 20，000 次的环绕，所以其相对于大多数的相位稳定装配可提供最低的拥有成本。2.92mm，3.5mm 和 N 型色标 Stability 电缆装配，如图 3 所示。ColorConnect 精确适配器和 Stability 电缆装配已经过专门设计，所以当连接时颜色识别带可见，不需要断开任何部分的互连链，从而使得识别和验证简单。

TW系列扭矩扳手

大多数而并非所有的 5/16"– 六角高频连接器从外部看起来类似，但是性能和设计差别很大。SMA 连接器使用聚四氟乙烯（PTFE）介质与相连平面接触；因为设计和制造中的差异，而产生相连的不确定性并且可能引入空气间隙。因为使用材料可能存在差异（例如：铜和不锈钢）和薄外壁的可能性（常规 SMA 设计），普遍认为 SMA 连接器需要 5 in–lb 扭矩值，从而限制可能的损害。

其它 5/16" 六角高频连接器使用空气介质，以所说的介质直径命名；3.5mm，2.92mm，2.4mm，1.85mm，3.5mm 和 2.92mm 采用相同大小的中心探针，因此机械上和 SMA 可匹配。然而，由于连接器的设计和规格要包含厚壁（阳性 0.021 英寸），因此建议 8in–lb 扭矩。

普通的 5/16" 六角接口，如何在为 SMA 连接器设计的 5 in–lb 扭矩扳手与为其余设计的 8 in–lb 扳手之间区分不同？ Maury 提供了有色标的手柄，黑色是 5 in–lb，蓝色是 8 in–lb；但是经常会混淆哪个是哪个。Maury 的 TW 系列扭矩扳手的新生产线使用色带手柄，5 in–lb 的手柄是棕色带条纹，8 in–lb 手柄是橙色、黄色、绿色和蓝色条纹，如图 4 所示。TW 系列扳手采用“切断”设计使得其很难超过扭矩的耦合相接。每一个扭矩扳手出产预设了合适的 in–lbs 值，且有 ±10% 的浮动。随着其高质量、低成本和色标，工程师可以根据在 ColorConnect 适配器和 Stability 电缆装配上的色带匹配扳手手柄上的条纹，以保证每次的恰当扭矩。■

EDI CON 2014
Electronic Design Innovation Conference
电子设计创新会议

看看专家怎么说……

EDI CON被证明是聚焦于微波领域的一次重大成功。作为参展商和主持人，我们遇到了许多高层决策者，并能够与高素质观众分享我们的专业知识。”

Zacharia Ouardirhi
Focus Microwaves总经理、RF工程总监

“Richardson RFPD赞助的EDI CON GaN分组会议为我们公司和领先集成器件制造商提供了一个很好的机会，聆听我们代表发言的高度敬业的中国电信工程师座无虚席。”

Julie Teinert
Richardson RFPD全球营销总监

“吸引工程专家的技术会议非常适合我们的RF、微波和高速数字设计解决方案。”

Guy Séné
Agilent Technologies电子测量事业部总裁



由行业为行业创建的一个全新的技术会议。

EDI CON连接工程师和领先技术公司，探索高频和高速电子设计的方方面面，从元件特性到系统集成。

接触行业专家和学习最新技术和工具。

2014年4月即将上演

中国，北京

www.EDICONCHINA.com

技术文章 Technical Feature

RF的摩尔定律

Moore's Second Law

作者：姚远 美国国家仪器公司 技术市场工程师

半个多世纪以来，摩尔定律持续发挥他的效力，使得电子产品的性能提升并降低了其成本。 移动设备的开发速度和普及率也利用了摩尔定律，预计 2011 到 2017 期间将以 24.9% 的复合年增长率增长（ovum.com, May 3, 2012）。这一趋势促进了消费电子产品硅工艺的极大进步，同时也促使信号处理技术不断进步满足人们的需求。

RF 仪器用户将受益于促使 RF 仪器符合摩尔定律的三种趋势：先进的 CMOS 技术、FPGA 的更广泛利用以及通过模块化组成结构来优化设计。

CMOS技术的发展

在传统的 RF 测试设备设计中，信号处理主要在模拟领域中实现。 这意味着庞大而复杂的模拟系统需要放大、过滤、混合，并且处理电信号时要考虑非线性、噪声、耦合、干扰、功率损耗等物理现实存在的问题。 这项工作需要大量的投资和开发者精湛的技术，从而导致仪器造价不菲。另一种方法是减少模拟信号处理部分，将模拟信号转换为数字信号，从而实现更便宜、更灵活的设计。 这需要具有更高带宽容量、更高线性度和更低噪声的数据转换器。

新一代 RF 仪器集成了最新的通信基础设施数据转换器以及零中频调制解调器。 比起传统的架构，这些架构具有低成本、低功耗和高选择性等优点。 这些优势对于测试 802.11ac 和 LTE 等最新无线和移动互联标准非常有用。

FPGA更广泛地应用于仪器系统

基于可编程 FPGA 的数字信号处理器作为测试设备的核心有几个优势。 首先，FPGA 具有内在的并行机制，因而可以同步执行复杂的数学运算而无需占用主机处理器。数字信号处理器可将大量数据记录转化为可管理的信息块，然后在网络上进行后续操作或存储。 在基于 FPGA 的测试设备上执行 DSP 的另一个优势是它是可重编程的，这也就是说一个硬件可用于多种测试应用，无论是基于现在还是未来标准的测试。 软件定义的仪器还具有开发自定义应用或更新设备至最新测试应用的能力。 因此，软件定义的测试得益于比处理器更快速发展的 FPGA。

模块化组成结构—PXI

为了验证最新电子设备的性能和质量，构建自动化测试系统需要以一种紧凑可靠的组合结构将各种仪器、数据总线、数据处理和数据存储集成在一起。为满足这些需求，NI 于 1997 年引进了 PXI 并遵循摩尔定律不断发展。 例如，1998 年推出的第一个 PXI 系统采用的是 Pentium MMX 233 MHz 处理器和 128 MB 的 RAM；而今天的 PXI 系统则配备了四核 Intel Core i7–3610QE 2.3 GHz 处理器和 16 GB 的 RAM。 这意味着在同样的组成结构中，GFLOPS 的处理性能提高了 134 倍。

上文提到的移动设备市场的增长预示着 IEEE 802.11 ac 和 LTE 等新无线标准的迅速普及。 为了满足不断增长和变化的测试需求，测试设备供应商一直致力于设计基于 PXI 的 RF 测试解决方案。 最新的 PXI 产品发布包括来自 NI 在内的主流测试测量厂商的矢量网络分析仪、矢量信号分析仪和矢量信号发生器。 由于 PXI 组成架构在功率（每插槽约 30 W）和尺寸（欧洲标准卡）上存在限制，因此它被迫采用数据转换器和 FPGA 的最新技术来保持其竞争力。 因此，它代表了一种可行的商业方案，确保 RF 工程师能够受益于这些优势。

2013年之后的摩尔定律

Intel 预测，在未来 10 年运算性能按照摩尔定律不断提升的趋势仍将继续。 这一趋势不仅促成了消费电子产品 CMOS 和 FPGA 处理的极大进步，而且也促进了下一代 RF 测试设备的进步。 我们相信，快速发展的消费电子设备所带来的新的技术应用，将进而影响下一代 RF 测试解决方案的成本、产品尺寸以及测试吞吐量。■

Microwave Journal China 微波杂志 | 广告索引 Ad Index | 目录 Contents P.6-46 P.58-70 | 推荐朋友 Refer a friend | 免费赠阅 Subscribe | ACT

Spirent:在实验室实现提升终端用户体验的真实测试

Spirent: Implement Improve End-user Experiences Real Test in Laboratory



思博伦（Spirent）公司通信无线业务发展总监王兴杨先生

目前全球有超过30个运营商计划部署TD-LTE。随着TD-LTE商用化的脚步越来越近，对TD-LTE的各种测试变得越来越急迫。针对目前TD-LTE测试现状，思博伦（Spirent）公司通信无线业务发展总监王兴杨介绍：“前期TD-LTE测试主要是以数据为主，毕竟这是TD-LTE技术的主要优势。但是如果商用化，就必须要全方位考虑，不但要考虑数据，还要考虑语音以及其他可能会影响到TD-LTE服务质量的各种复杂因素。”

这些复杂因素不一而足。首先，在TD-LTE中采用的独特的、把多天线信号集中到一个方向的Beamforming技术，这种技术一方面能够帮助运营商扩大覆盖范围，在城市密集区提升容量，但是如果没有很好测试或者做不到位，比如Beamforming技术的投射角度有偏差，将极大影响用户体验，反而会带来巨大的测试挑战；或者当用户处于移动状态下，这种集中波束的Beamforming方式是否能跟踪用户的移动，是否能够提供很好的吞吐量以及无缝的语音数据连接，都需要进行验证，但做这种测试往往需要复杂的测试环境以及对测试设备有很高要求。

其次，在做数据的性能测试时，必须要考虑帧结构问题。不同于FDD技术，TD-LTE技术的帧结构不是固定的，3GPP定义了7种模式帧结构，它们是上下变化的，这就需要随时保持帧结构的上下平衡，才能确保用户的语音以及数据通信的正确、畅通。如何选择帧结构，如何在网络中运用帧结构以及如何根据某些应用优化帧结构，使得TD-LTE测试变得异常复杂。这就需要在实验室环境下对现网测试时的动态场景进行实验室测试，即需要在实验室环境下模拟生活中同时进行的语音、数据、网页浏览以及视频、位置跟踪等多功能现实生活场景的测试。

第三，未来的TD-LTE还将与2G、3G共存，如何在原有覆盖的热点区域与2G、3G相互切换是运营商面临的问题。比如，在热点覆盖区域，语音的状态下切换到GSM，数据的状态下切换到3G，或者出现SGLTE，即语音与数据同时并发的情况下，如何将语音切换到GSM，数据切换到TD-LTE。这种双网双待会让用户的手机终端出现耗电问题，但是用户不关心实际的通信制式，只关心耗电问题，如何提高用户体验，需要进行各种测试。

为此，思博伦推出Live2Lab测试解决方案产品组合。即在实验室注入移动体验测试真实性，通过基于实验室的真实条件测试来预测终端用户体验质量。

2012年，思博伦收购Metrico Wireless公司，Datum和Nomad等服务体验测量工具成为思博伦Live2Lab系列解决方案的核心。这些工具既可以作为独立解决方案提供，也构成了Fit4Launch和Insights服务的组成部分，为用户无线服务体验提供基准测试和量化评估。这些服务体验工具可为语音质量、呼叫性能、数据速度和多服务性能提供端对端测量，能够客观地预测终端用户在任意设备、任意操作系统和全世界任意网络上所获得的体验质量。

同时，Live2Lab解决方案还可回放真实网络上捕获的数据，使基于实验室的解决方案能够执行可重复测试，实现真实性。通过使用虚拟路测试转换工具，捕获的RF环境数据会被影射到Spirent VR5空间信道仿真器上。结合基于实验室的网络基础设施，或用于仿真无线网络的Spirent CS8移动设备测试仪，VR5能够为RF环境提供全面的回放能力。所有测试均可通过Spirent iTest的Play环境实现，而该环境可以实现所有测试系统组件、结果报告和故障查找分析的自动化。

对于2013年TD-LTE的发展，王兴扬认为：“TD-LTE商用化最有可能是从行业用户开始，而不是从高端商用化客户开始，这为未来的TD-LTE真正大规模的商用化争取时间。”■

访问 Interview

NI: 模块化架构是未来发展趋势

NI: Modular Architecture is the Future Development Trends

NI 资深研发副总裁 Phil Hester 先生表示：

“从全球射频微波市场的发展趋势来看，一个明显的趋势是是大数据量。现在不在乎如何获取这些数据，而是如何从越来越多的数据中提取有用的信息。对于无线数据的标准需要解决的问题就是大量数据的传输。模块化软硬件平台是未来发展趋势。”现在的 CPU 技术，包括 GSD、FPGA 和 AD/DA 技术发展非常快，需要一个模块化的架构将这些技术集成到一个硬件平台上来，这就是 NI 倡导的 PXI 平台技术。

对此，NI 射频研发副总裁 Jin Bains 也非常认同，他表示：“NI 在射频和研发方面的策略与其它通用产品一样：依赖 NI 通用的图形化系统设计软件架构及 PXI 平台。”PXI 平台看重的是软件定义能力。“在 NI 提供图形化系统设计软件 LabVIEW 上，用户可进行二次开发，更好得适应无线通信标准的测试。”Phil 说。“PXI 平台有一点非常重要，即利用 PXI 平台的可扩展性，适合于类似于 MIMO 这样多输入多输出的应用。”Jin 强调说。

在 NI 射频领域的发展道路上，出现了一些划时代意义的产品：2010 年，NI 第一次在 PXI 平台上推出全新矢量网络分析仪（VSA）5665，可实现 14GHz 测量频率，本底噪音是 -165dBm/Hz，其性能完全不输于当时业界的“金牌箱式仪器”，并在速度上具有优势；2012 年，NI 在 5665 的基础上增添两个模块：频率预选器和中频滤波器，可以实现全新的频谱监测应用，实现 8GHz 的双向 S 参数的测试。

对于 PXI 平台未来是否能够实现更高频段的射频仪器的质疑，NI 射频 / 微波产品市场经理 Nikhil Ayer 很坦然：“在与 Phase Matrix（PXI）合作之后，我们已经在 PXI 平台上实现了 26.5G Hz 的测量频率。在最新 CPU、最高速的总线技术的基础之上，PXI 平台可实现射频测量的很好性能。”基于 PXI 平台，NI 可实现无线电频谱测试、功率放大器的测试以及软件定义设计的仪器。

“在 PXI 平台上，一方面模块化架构让我们更快得适应现有的标准。另一方面，软件的自定义和灵活性可以给用户带来更高的生产率、更高的效率。而当微波技术向更高频段：毫米波段、亚毫米波段、太赫兹波段发展时，更多的应用可以在基于软件的模块化平台上实现。”Nikhil 表示。“我们相信未来 NI 会有更多的产品在 PXI 平台出现。”Jin 说。

“软件”特色

“相比较其他射频厂商，NI 的最大特点就是软件。”Jin 毫不讳言。Phil 也认为：“无论最终的实现方式是通过 GSD 实现，通过板卡实现，还是通过一个系统实现，软件都至关重要。”

2012 年，NI 推出了革新性的射频微波测试产品—VST 矢量信号收发仪。这是第一款通过软件设计的仪器。仪器包含完全开放给用户的、由用户进行自定义的 FPGA 芯片，可实现客户希望实现的应用。通过 FPGA 重新配置整个硬件架构，可以灵活的、有前瞻性的实现射频应用。

“软件”作为 NI 产品的最大特色，它包含图形化系统设计软件，以及可实现各种无线通信标准的工具包。比如针对现在的 WiFi 标准，从 802.11a、b、g、n 到 ac，NI 都有全套的软件工具提供支持。同时，NI 也有 3G、4G 解决方案。

此外，NI 的软件特色还体现在“软面板”上。“软面板是 PXI 系统的特有名词，通过软面板使用基于 PXI 的模块化仪器，类似于使用传统仪器。”Jin 解释说：“软面板基于 LabVIEW 架构之上，可以很容易将软面板程序移植到 LabVIEW 上完成客户自定义的程序。对于不是很熟悉 PXI 平台的客户，可以通过 PXI 平台进行客户想要的测量。”

在中国，如何鼓励中国的工程师具有自主创新的能力是大家的共识。目前中国诞生了很多标准，比如 TD-LTE、三网合一、物联网标准等等。这些标准的诞生过程都面临着测试方面的挑战。在正式标准出台前，传统仪器厂商很难提供现成的测试仪器来满足这些标准。“NI 基于软件的模块化平台上赋予了客户更多的自主权和定制权。”NI 中国市场部经理徐 表示：“在模块化平台的帮助下，客户在设计研发标准的前期，通过软件把测试标准考虑进去。这对于中国工程师的自主创新，及自主 IP 的保护都非常有利。”■

Microwave Journal China 微波杂志 | 广告索引 Ad Index | 目录 Contents P.6-46 P.58-70 | 推荐朋友 Refer a friend | 免费赠阅 Subscribe | ACT

中科国技坚持技术创新

HWA-tech Insist on Technical Innovation



北京中科国技有限公司总经理张志华先生

北京中科国技信息系统有限公司从2009年底开始成为提供无线通信和微波测试系统解决方案提供商，经过3年的技术、产品、人才积累之后，到2012年，中科国技公司员工总数达到了五十多人，营收达到2000多万元。

目前，中科国技公司的产品主要包括两大产品线，即无线通信测试系统与微波测试系统解决方案。无线通信部分以RFID、Zigbee以及其他定制化测试方案为主；微波测试部分以EMC、OTA测试解决方案为主。

在无线通信EMC测试领域，“我们的最大特点是提供无线EMC测试技术解决方案，这是中科国技区别很多EMC测试厂商的特色技术”公司总经理张志华强调，当然，在此基础之上，中科国技还提供其他领域的EMC测试方案，为EMC认证机构构建EMC全兼容测试系统，包括无线产品的RE、CE、RS、CS测试系统、汽车零部件测试系统、GJB151/152测试系统。这让张志华有些骄傲：“中科国技是行业内能全面提供这些应用的为数不多的全面EMC测试厂商之一。”

中科国技非常注重与Agilent公司的合作。在MIMO OTA测试平台中，无线通信综合测试仪、信道仿真器、矢量网络分析仪来自Agilent公司等著名公司；射频信号处理单元、功放系统以及3D转台控制单元则来自中科国技。据悉，这个测试平台的技术优势包括：可满足CTIA、3GPP标准测试要求；支持多种信道模型：Single Cluster模型、Full Ring of Probe Antennas模型、3D MIMO OTA模型；测试解决准确、重复性好；全自动测试系统，操作简易；开放式测试平台，支持多家主流仪表。

在RFID方面，公司推出了满足拥有自主知识产权的RFID Type B/C/D标准的测试产品。特别是在Type D标准方面，中科国技推出的整套满足Type D RFID协议的仿真器，其中，包括核心的物理层算法、软硬件平台、测试部分都是公司自主研发成果。该解决方案也是目前整个行业第一款能符合Type D标准的解决方案。其识读距离可达12米以上，目前已经应用在吉林高速公路系统的产品测试中。■



特色产品 Product Feature

R&S SMW200A多通道高端矢量信号发生器降低测试设置复杂性



R&S SMW200A 高端矢量信号发生器提供创新的触摸屏操作

R&S SMW200A Multipath High-end Vector Signal Generator Significantly Reduces Test Setup Complexity

作者：Simon Ache 罗德与施瓦茨公司

R&S SMW200A 在 100 kHz 到 3 GHz 或 6 GHz 的频率范围内生成信号。它具有强大和灵活的基带部分，这使其成为生成开发宽带通信系统和验证 3G/4G 基站所需数字调制信号的理想工具。由于采用模块化设计，R&S SMW200A 可以定制，以满足用户多样化需求。任何配置都可以实现，从经典的单路径矢量信号发生器到多信道 MIMO 接收机测试仪。R&S SMW200A 可以配备 2 个内部基带模块，4 个衰落模拟器模块和 2 条射频路径。这实际上是在单台设备上生成 2 台全功能矢量信号发生器。多个信号可以在频率、电平和相位偏移上实现内部相加，所以，生成想要的信号场景，诸如信号加干扰，双蜂窝小区以及具有实时衰落的发射 / 接收分集都很容易做到。

如果需要，基带部分能够提供最多 8 个独立信号源和最多 16 个逻辑衰减器。这使得 R&S SMW200A 成为生成 LTE Advanced 载波聚合和模拟干扰场景需要的多载波和多标准测试信号的理想选择。TD-LTE 的 2x2 MIMO、8x2 MIMO 或两个 LTE-Advanced 分量载波的同时 2x2 MIMO，甚至复杂 MIMO 场景都能由单台设备实现（参见图 1）。

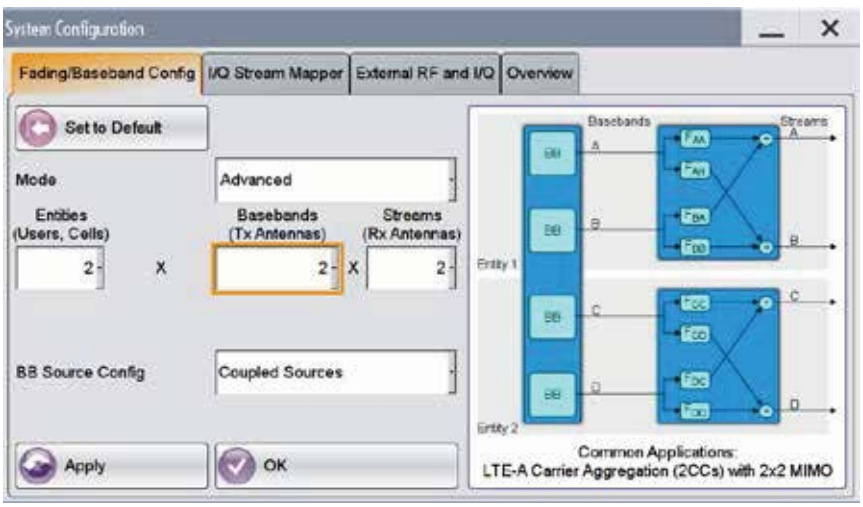


图 1：选择所需测试设置的系统配置菜单。此例显示如何配置采用 2 个载波和 2x2 MIMO 的 LTE-A 载波聚合场景

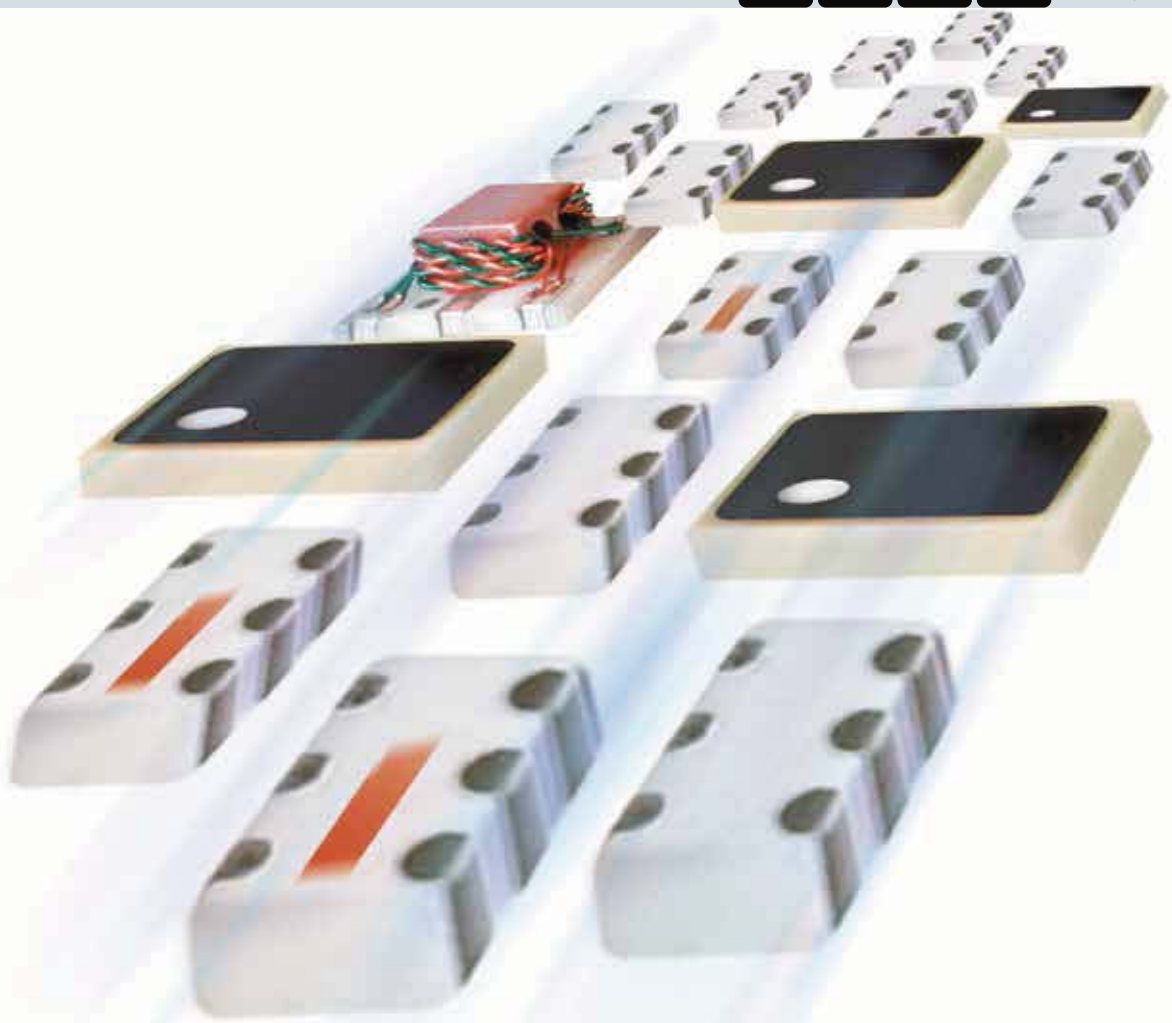


图 2：紧凑的 4x4 MIMO 解决方案，由 R&S SMW200A 和两个 R&S SGS100A 组成

如果在应用中需要多于两个射频源，可以通过外接 R&S SGS100A 信号发生器模块来扩展 R&S SMW200A。通过 USB 或 LAN，测试人员可以直接从 R&S SMW200A 远程控制 R&S SGS100A 信号发生器模块，从而将这些模块无缝集成进 R&S SMW200A 用户界面。这个无与伦比的紧凑型解决方案仅占用 5 个高度单位（参见图 2），是诸如 4x4 MIMO 测试的理想选择，并可以提供正确编码的基带信号，实时 MIMO 信道模拟，高斯白噪声 (AWGN) 信号生成，必要时，还可以提供多射频通道的相位锁定耦合。

加速开发

R&S SMW200A 的用户界面设计特别强调人体工程学。即使面对复杂信号场景，直观的用户导航和大量



90° 功分器

5 MHz ~ 8 GHz 单价从 $3.95 起（数量20）

两路90度功分器（电桥）是各种射频设计解决方案中的关键模块，这就是为什么Mini-Circuits要提供非常好的相位和幅度平衡指标的原因，因为只有这样才能保证用户所希望的高性能设计得以实现。除此之外，我们牢固的器件在性能上具有极佳的批量一致性及稳定性，有超过70个不同的表贴型号供选择，覆盖频率范围也是行业内最宽的（可从5MHz到8GHz），封装尺寸却小到2.0x 1.3mm。



满足 RoHS 要求

对各种LTCC型号，现在无需额外费用，Mini-Circuits均可提供小数量盘带封装，标准数量为20, 50, 100, 200, 500, 1000和2000。请访问我们的网站www.minicircuits.com，即可得到完整的性能细节资料和产品的可获得性信息。您也可以在线或联系伟博电讯进行订购，最快第二天就可获得所需器件。

Mini-Circuits... 我们重新定义价值所在！

Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED
P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 934-4500 Fax (718) 332-4661
Yoni2® 设计工程师的搜索引擎，立即找到您所需的器件
更多详情&在线采购，请登录 minicircuits.com



Mitron Inc.
Authorized Mini-Circuits Rep in China
伟博电讯—— 把最好的微波射频产品带给中国
总部地址：福建省福州市349信箱 邮编：350003
全国市话服务热线：400-887-3088 传真：0591-87870011
E-mail：sales@mitron.cn 网址：www.mitron.cn

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

特色产品 Product Feature

表1
规格简介

频率		
射频通道A频率范围	R&S®SMW-B103/R&S®SMW-B106	100 kHz到3 GHz/6 GHz
射频通道B（可选）频率范围	R&S®SMW-B203/ R&S®SMW-B206	100 kHz到3 GHz/6 GHz
设置时间	SCPI模式	< 1.2 ms，600 µs（典型）
电平		
额定电平范围	1 MHz ≤ f < 6 GHz	–120 dBm到+18 dBm (PEP)
设置时间	SCPI模式	< 1 ms，600 µs（典型）
频谱纯度		
谐波	电平< 10 dBm，连续波	< –30 dBc
非谐波	满量程输入的连续波或矢量调制信号，电平 > –10 dBm，> 10 kHz 载波偏移，200 MHz ≤ f < 1500 MHz	
	标准	< –80 dBc
	采用 R&S®SMW-B22 选件	< –90 dBc
SSB 相位噪声	连续波，载波偏移 20 kHz，f = 1 GHz	
	标准	< –131 dBc，–135 dBc（典型）
	采用 R&S®SMW-B22 选件	< –136 dBc，-139 dBc（典型）
模拟调制		
支持的模拟调制模式		AM，FM（可选），φM（可选），脉冲（可选）
I/Q 调制		
射频调制带宽	采用外部I/Q，“I/Q 宽带”开启	
	1 MHz ≤ f < 4 GHz	载波频率的± 25 %
	f > 4 GHz	±1 GHz
	采用内部基带，“I/Q宽带”开启，f ≥ 320 MHz	±80 MHz
在额定射频调制带宽中的调制频率响应	采用内部基带，“I/Q 宽带”开启	< 1.0 dB，< 0.3 dB（测量值）
基带发生器	R&S®SMW-B10选件，最多可安装2个基带发生器	
信号带宽	取决于选件	120 MHz 或 160 MHz
ARB 存储深度	取决于选件	64 Msample，512 Msample或1 Gsample
采样分辨率	相当于D/A转换器	16 位
频率偏移	标准	–60 MHz到+60 MHz
	采用 R&S®SMW-K522选件	–80 MHz到+80 MHz
数字标准		
支持的标准和数字系统		LTE/LTE-Advanced, 3GPP FDD/HSPA/HSPA+, GSM/EDGE/EDGE Evolution, CDMA2000®, 1xEV-DO Rev. A/B, TD-SCDMA, WLAN IEEE 802.11a/b/g/n/ac, AWGN, 多载波, 更多
衰落和MIMO		
衰落模拟器	R&S®SMW-B14选件，最多可安装4个衰落模块	
衰落带宽		最大160 MHz
衰落信道 MIMO 衰落场景	取决于选件 取决于选件	最多16条 2x2，4x2，2x4，3x3，4x4，8x2，更多
衰落模式	取决于选件	多径，移动延时，生-灭，高速列车，两信道干扰
衰落分布	取决于选件	Rayleigh, Rice, 纯Doppler, 静态路径, Gaussian, 更多

帮助功能也使得 R&S SMW200A 的操作非常容易。此信号发生器配备图形化框图，能够通过高分辨率触摸屏操作。因为图形用户接口 (GUI) 会自适应地调整到选定的操作模式，在任何时刻信号流都能一目了然。由于采用了图形化的信号监测（频谱，I/Q，CCDF 等），用户可以对生成的信号流上的任何一点信号进行监控。可以通过 GUI 直接配置要求的测试信号，不需要任何额外的 PC 软件。将预定义设置和测试模式（包括所有主要数字标准）以及 3GPP FDD 和 LTE 基站一致性测试的测试用例向导结合在一起，有助于加快工作进度。

包括远程指令 (SCPI) 和进一步

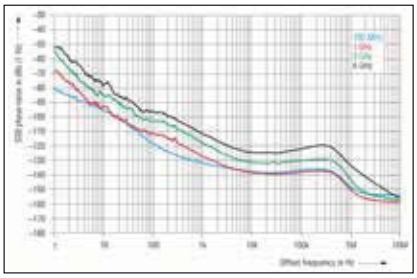


图 3：SSB 相位噪声（采用 R&S SMW-B22 选件）

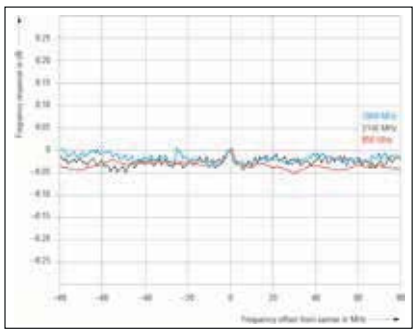


图 4：采用内部基带的 I/Q 调制频率响应

信息的上下文关联帮助系统在日常工作中为用户提供帮助。例如测量中对各个参数进行复位或者选择性复位之后，仪表会标记出所有被改变的参数，这个功能就非常有用。R&S SMW200A 配备有创新的 SCPI 宏录制器，用于根据人工操作步骤生成远程控制代码（例如，明文 SCPI、Matlab® 等等），使用户能够在数秒内创建可执行的远程程序。借助宏播放引擎，可以在信号发生器上直接运行指令序列，加速开发进程并节省资源。

配备上 R&S SMW-B22 选件后，SSB 相位噪声在 1GHz 载波频率的 20kHz 偏移处仅有 -139dBc(典型)(参见图 3)。与此同时，非谐波抑制可达 90 dB 或更高（参见表 1)。内部基带在 160MHz 带宽上 I/Q 调制频率响应只有 0.05 dB（参见图 4)。对于采用 256 QAM 调制的 WLAN IEEE 802.11ac 宽带信号，在此信号发生器射频输出端上可实现 –49 dB（测量值）的误差矢量幅度 (EVM)。R&S SMW200A 能够在非常高电平上生成符合标准的无线通信信号。■

安捷伦携RTSA亮相EDI CON 2013

在3月12日-14日于北京举办的首届电子创新设计会议（EDI CON 2013）上，安捷伦科技公司正式发布并展出了高性能的实时频谱分析仪（RTSA）。产品在高达160 MHz的整个带宽内提供75 dB无杂散动态范围，并支持用户在50 GHz的测量范围。可应用在航空航天、国防和无线通信领域。

安捷伦电子测量事业部微波通信工厂市场应用及规划经理Liz Ruetsch女士介绍："RTSA能够实现在100%的捕获概率下，无失真地捕获及其微弱的信号，甚至能够做到扑捉3.57 μs信号。"她认为，RTSA的发布将是安捷伦推动国防航空业发展的新起点。■

泰克推出下一代高性能任意波形发生器

泰克公司推出采样率高达50 GS/s的下一代任意波形发生器——新AWG70000，产品采用泰克元件解决方案公司的10位商用DAC TDAC-25。

TDAC-25的25 GS/s数/模采样率、10位分辨率和大于80 dBc的动态范围特性帮助AWG70000实现50 GS/s采样率、16 GS波形内存和10位垂直分辨率，使它能够生成可通过接收器或其他被测器件传送长时间的快速和无干扰的信号。在光通信应用中 可以同步多个任意波形发生器来提供完整的IQ信号发生功能；在高速串行通信 中，提供针对HDMI 2.0的双硬件解决方案，支持四个传输巷道（每巷道6 Gbps）。任意波形发生器适合各种研究应用。■

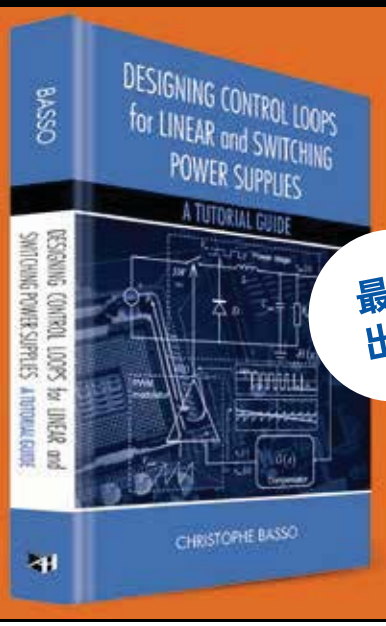
R&S公司CMW500测试平台支持TD-SCDMA信令测试

罗德与施瓦茨公司的R&S CMW500宽带无线通信测试仪现在可以通过安装CMW-KS570选件支持TD-SCDMA信令测试功能。R&S CMW500是可以提供所有通用无线通信技术以及非蜂窝技术（如WLAN技术等）信令测试功能的、仅用单台仪表而支持多种模式的测试平台，其信令测试模式适用于无线设备的研发及生产测试。测试仪会模拟一个无线连接，然后执行发射机和接收机的测试。

R&S CMW500这个灵活且可以升级的支持多通信标准的平台覆盖了无线设备研发和生产的所有阶段。■

ARTECH HOUSE

稳定电源控制系统



最新出版

线性和开关式电源控制回路设计：教程指南

Christophe Basso

这本实用书专注于您真正需要了解的补偿或稳定控制系统。您可以用众多设计实例和现成的公式瞬间启动实践环节，在现场帮助您与您的项目。配有超过450幅插图和超过1,500个方程，这本权威书籍包括：

- 演示如何进行控制系统分析，并提供实际补偿器的广泛详细信息；
- 帮助您测量系统，显示如何验证原型是否稳定，有没有足够的设计余量；
- 介绍如何利用基准验证（bench-verified）安全边际保证大批量生产；
- 涵盖了基础和控制回路原理

精装 • 590页。• 2012 • ISBN:978-1-60807-557-7 • 139美元/99英镑

美国：电话：1-800-225-9977（在美国或加拿大）
或1-781-769-9750，分机4030
传真：1-781-769-6334
电子邮件：artech@ArtechHouse.com

英国：电话：+44 (0)20 7596 8750
传真：+44 (0)20 7630-0166
电子邮件：artech-uk@ArtechHouse.com

如需完整描述和订购信息，请访问
ArtechHouse.com
所有订单均加运输/装卸及适用税项。

ARTECH HOUSE 波士顿 | 伦敦
685 Canton Street, Norwood, MA 02062 USA
16 Sussex Street, London SW1V 4RW UK

技术简讯 Tech Brief

41所推出频率捷变小于200ns的信号发生器

CETC 41 Launch Signal Generator of Frequency Agility Less Than 200 ns

在3月12日北京首届EDI CON（电子设计创新大会）上，中国电科41所推出AV1450系列捷变频信号发生器。它基于全新技术体系开发，其频率覆盖10MHz~20GHz，可实现全频段任意频率、功率捷变，时间小于200ns，这相对于传统信号源的频率切换时间提高了5万倍，发生器主要应用在高端军事和民用仪器仪表测试系统中，为其提供捷变频信号激励与信号模拟，支持输出信号多参数复杂捷变。

在传统信号发生器中，信号频率和功率的切换时间一般在ms级。对于当前频率功率切换要求越来越快的测试系统，传统信号源已显得力不从心，面对越来越复杂多变的电磁测试环境，就要提供复杂调制的信号模拟，这使得传统信号合成技术进入瓶颈。

该仪器利用全数字方式实现了灵活多变的多序列点复杂调制捷变输出，打破了常规信号源的框架约束，首次解决了超宽带高速频率和功率捷变测试难题。仪器不仅拥有高频率分辨率和优异的频谱纯度，还采用TFT大屏幕宽视角液晶显示，支持中/英文操作界面、多窗口操作、图形化菜单。更针对全新的信号合成方式，提供并行接口支持外部直接频率和序列点控制；配合外部中频输入接口，该仪器还可作为捷变上变频器。总之，面对AV1450系列捷变频信号发生器，用户的操作将更加赏心悦目，测试更加得心应手。

目前，国际业界中，仅有美国和法国的几家公司推出了捷变时间能达到亚微秒级的信号发生器，但是由于多种原因，这些顶尖仪器都对我国严格禁运。AV1450系列捷变频信号发生器的推出，打破了西方国家的技术封锁和产品禁运，填补了国内空白，41所拥有完全的自主知识产权，产品开发过程中已申请了多项专利技术。■



便携式PIM测试仪

Portable PIM Tester

无源互调（PIM）测试设备领域的Kaelus公司，提供了一种新的便携和坚固的PIM分析仪。从登塔者角度考虑，由电池供电的iPA系列PIM测试分析仪是一种符合IEC标准的高功率仪器，它便携、坚固耐用、可靠。设备支持PIM测试远端射频头（RRH）装置，可在任何地方都能方便携带进行测试，重量不足12公斤（26磅），并在四个点上配有抬起吊环，适用于多方位角度和高度。

iPA可以通过本地触摸屏界面，或远程地通过任何具有Wi–Fi功能的、符合iPA的标准设备，包括iPad Mini操作，确保一个简单而有效的便携式现场测试体验。

iPA PIM测试仪的其他特点包括：

- 多种测试模式
  - PIM与频率的关系
  - PIM与时间的关系
  - 频谱监测
  - 故障范围

（在2013中旬可用）

- 唯一的覆盖的PIM和回波损耗的图表（RTF模式下）
- 强大的故障发现以及附近地点报告功能
- 一个备用的相互充电电池（一节符合标准iPA的电池），充电底座用其他两个相同的电池为其充电用，为连续野外作业提供可能
- 适用于所有标准无线电频段。■

高达 100瓦 放大器

NOW! 100 kHz ~ 18 GHz



$945 单价从 起 数量（1-9）

在宽频范围上拥有高功率的性能。这些A类线性放大器设立了RF和微波工业的新标准。非常牢固可靠，它们具有过压和过温保护，包括能够抵御开路和短路！全部现货销售，有带散热器/风扇（适用于实验室和测试平台）和不带散热器/风扇（适合集成于客户的组件内）的两种版本。请访问我们的网站www.minicircuits.com，您将非常容易找到满足所需要求的型号（包括TTL控制RF输出之类的新性能均可获得）。

今天订购，最快明天您就可以获得所需器件——如需订购定制型号，请联系伟博电讯咨询您的需求！

Mini-Circuits... 我们重新定义价值所在！

型号 （带散热器/风扇*）	频率 (MHz)	增益 (dB)	压缩点输出功率 1dB (W)	压缩点输出功率 3dB (W)	单价（数量1-9） 带散热器	单价（数量1-9） 不带* 散热器
LZY-22+	0.1-200	43	16	32	1495	1470
ZHL-5W-1	5-500	44	8	11	995	970
• ZHL-100W-GAN+	20-500	42	79	100	2395	2320
• ZHL-50W-52	50-500	50	40	63	1395	1320
• ZHL-100W-52	50-500	50	63	79	1995	1920
LZY-1+	20-512	43	37	50	1995	1895
• ZHL-20W-13+	20-1000	50	13	20	1395	1320
• ZHL-20W-13SW+	20-1000	50	13	20	1445	1370
LZY-2+	500-1000	46	32	38	1995	1895
NEW ZHL-100W-13+	800-1000	50	79	100	2195	2095
ZHL-5W-2G+	800-2000	45	5	6	995	945
ZHL-10W-2G	800-2000	43	10	13	1295	1220
ZHL-30W-252+	700-2500	50	25	40	2995	2920
ZHL-30W-262+	2300-2550	50	20	32	1995	1920
ZHL-16W-43+	1800-4000	45	13	16	1595	1545
ZVE-3W-83+	2000-8000	36	2	3	1295	1220
ZVE-3W-183+	5900-18000	35	2	3	1295	1220

只列出了典型的性能数据，请访问我们的网站www.minicircuits.com获得更多详细信息。

* 需订购不带散热器的型号，请在器件型号后加后缀X（例：LZY-22X+）

• 受美国专利7,348,854保护

Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED
P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 934-4500 Fax (718) 332-4661
U.S. Patents 7736000, 7551140
Yoni2® 设计工程师的搜索引擎，立即找到您所需的器件
更多详情&在线采购，请登录 minicircuits.com



Mitron Inc.
Authorized Mini-Circuits Rep in China
伟博电讯—— 把最好的微波射频产品带给中国
总部地址：福建省福州市349信箱 邮编：350003
全国市话服务热线：400-887-3088 传真：0591-87870011
E-mail：sales@mitron.cn 网址：www.mitron.cn

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

IME2013
October 23-25 China

IME/China 2013

第八届国际微波及天线技术展览会

The 8th International Microwave and Antenna Exhibition

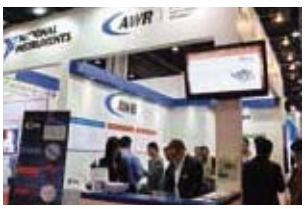
2013年10月23~25日 上海光大会展中心







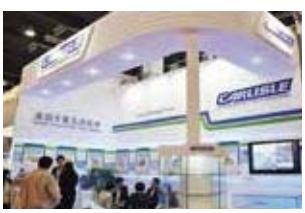


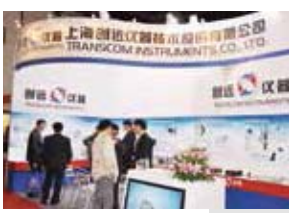












同期举办：

第八届微波及天线技术论坛

第五届雷达技术论坛

第二届微波集成电路技术论坛

IME/China 微波及天线技术领先盛会

200家厂商，10,000平方米，30场技术讲座，6,000位专业观众

欲了解更多展会讯息，请浏览大会网站

www.imwexpo.com

或请联系IME/China 2013主办单位

联系人：沈晓蓉小姐

电话/ Tel：021-32516618

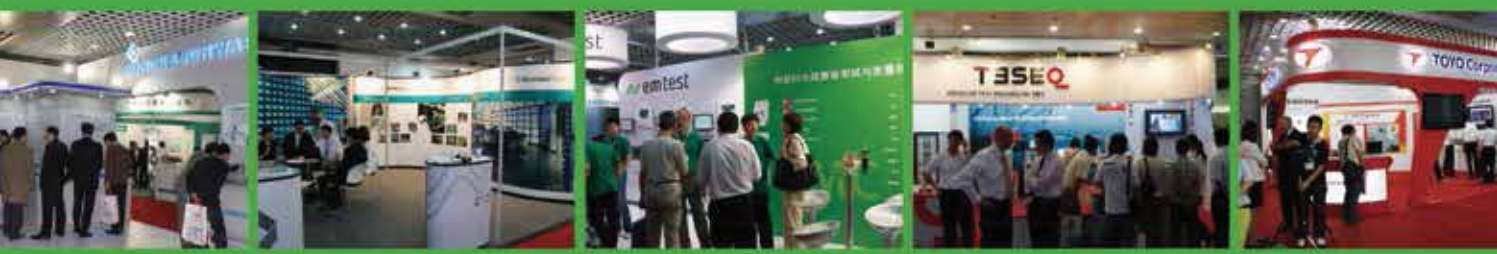
电邮/ E-mail：expo@vtexpo.com.cn

2013 EMC Beijing China

主办单位：中国电工技术学会
时　间：2013年7月30日-8月1日
地　点：北京国际会议中心

第十八届国际电磁兼容技术交流展览会

The 18th International Exhibition on Electromagnetic Compatibility (EMC2013)



经商务部正式批准由中国电工技术学会主办的国际电磁兼容技术交流展览会，已成为国内极具影响力和权威性的电磁兼容专业技术展览会，深受国内外研发、生产、销售单位、产品认证机构及广大用户的关注和欢迎。通过举办国际电磁兼容展览会，积极宣传贯彻国家3C认证，积极促进我国电子、电器、通讯、航空、航天、汽车、医疗等行业对各类电磁兼容测试仪器、仪表、材料、屏蔽室等设备、防雷产品、微波与射频产品与技术的需求；促进国内外技术交流与经贸合作；加速我国相关行业对国内外电磁兼容、微波与射频技术和产品的引进和使用，提高我国电磁兼容、微波与射频技术的发展和研究水平，促进更多的电子、电器、通讯、航空、航天、汽车等产品走向世界。

我们将努力发挥学会的桥梁、纽带作用，充分利用行业影响力，积极做好展会宣传，将充分利用多年来所积累的客户数据库，积极组织观众；充分利用专业媒体、杂志、网站、行业会议和行业活动积极宣传；将采取双向途径，及时向参展商、行业用户、专业观众提供展会信息、行业活动信息；向重点行业客户积极宣传，提高其参与和采购兴趣；将配合参展商重点邀请国内电子、电器、汽车、医疗、航空、航天、军工、船舶、铁路、交通、邮电、电信、市政、信息、金融等企业及研究与设计等用户部门参观展览会，积极开展技术交流、采购等商贸洽谈活动；

展览会期间，主办单位将组织和举办2013中国电磁兼容高新技术与市场发展论坛、2013年中国医疗设备产业与电磁兼容技术发展论坛、新能源汽车与电磁兼容技术发展论坛、军工产业与电磁兼容技术发展论坛、信息产业与电磁兼容技术发展论坛、参展企业专题技术交流研讨会等活动，我们将充分服务国内外广大EMC用户，打造中国具有权威、影响力和专业性的电磁兼容展览盛会和电磁兼容高新技术论坛。

在此，主办单位诚挚邀请国内外电磁兼容技术领域的企业和研发单位、产品认证机构参加本届展会，让我们共同努力，使展览会取得圆满成功。

中国电工技术学会
地　址：北京市三里河路46号 (100823)
联系人：董淳、张纪平
电　话：8610-68594993；13810951087；13910178191
传　真：8610-68595110
E-mail：dongchunces@163.com
Http://www.ces.org.cn（学会网站）；　Http://expo.ces.org.cn（展会网站）

2013年全国微波毫米波会议(NCMMW2013) 2013年5月21日~24日
2013年微波毫米波科技成果及产品展(MWIE2013) 重 庆

MWIE 2013

主办单位: 中国电子学会

承办单位: 中国电子学会微波分会、中国电子科技集团重庆声光电有限公司
中国电子科技集团公司第33研究所、深圳市金瑞特科技有限公司

支持媒体: 《微波学报》、《移动通信》、"Microwave Journal"、"微波射频网"、"微波仿真网"

2013年全国微波毫米波会议暨2013年微波毫米波科技成果及产品展，将于2013年5月21日~24日在重庆学豪酒店举行！

全国微波毫米波会议（中国微波年会）是中国召开的微波毫米波领域最大规模的会议，每两年一届（逢单数年召开）。2013年全国微波毫米波会议论文集由电子工业出版社出版。

微波毫米波科技成果及产品展（MWIE），每年一届，逢单数年与全国微波毫米波会议（中国微波年会）同期举办，逢双数年和国际微波毫米波技术会议同期举办。

MWIE2013是继2012年在深圳、2011年在青岛、2010年在成都、2009年在西安、2008年在南京举行的"微波毫米波科技成果及产品展"的又一届盛会！

日 期：2013年5月21日~24日（21日报到布展） **地 点：重庆·南岸区·学豪酒店**





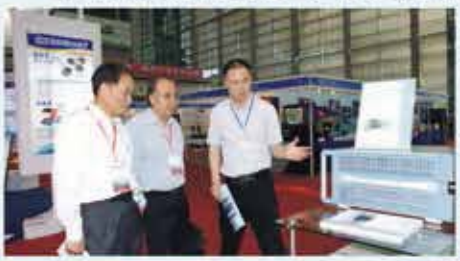
2013年全国微波毫米波会议期间将召开中国电子学会微波分会第九届委员会扩大会议，来自国内研究所、高校和企业界的近80位微波分会委员将参加会议并参观展览。

这是让中国了解您公司和产品的最好机会，参加展览是您的产品打开中国市场的最佳选择。 **诚邀您参展、参会！**

展览范围:

- 微波毫米波元器件及部件生产商和销售商；包括：硅、砷化镓、氮化镓等微波毫米波器件（含MMIC），放大器、混频器、振荡器等有源部件和滤波器、双工器、耦合器、衰减器、天线等无源部件；
- 微波毫米波设计软件生产商和销售商；
- 射频电路板、连接器和微波暗室吸波材料等产品的生产商和销售商；
- 微波毫米波电容、电感和大功率电阻等产品的生产商和销售商；
- 微波毫米波仪器仪表生产商和销售商；





活动安排:

1、5月22日上午在主会场有4个主题报告，报告人都是国内微波毫米波领域的专家。
2、5月22日下午至5月24日上午在5个分会场进行技术会议交流活动，期间将邀请国内25位微波毫米波领域的专家做25场特邀报告。
3、5月22日上午至5月23日下午在展览场地内举办"微波毫米波技术论坛"。

展商服务:

1、十六开的全彩色参展商手册提供一个版面的彩色介绍给每一家参展商，不再收费；
2、提供会议代表及参观观众名录一份。每一个标准展位免费提供每天两份工作午餐。

会议将评选6篇学生优秀论文，并将颁发"2013年全国微波毫米波会议优秀论文奖"获奖证书和奖金。会议还将从6篇获奖论文中评选出1篇论文，颁发"林为干基金优秀论文奖"获奖证书和奖金。

颁奖晚宴将在重庆两江游轮上举行，欢迎学生作者积极参与优秀论文奖竞赛。



参展请联系：魏子伦先生、徐晓辉小姐 电话：0755－8365 5339 Email: kingradio@188.com mwrf@vip.163.com

广告索引 Advertisers & Web Index

Advertiser	广告商名称	网址	页码
Agilent Technologie	安捷伦科技有限公司	www.agilent.com/find/FieldFoxMW	3
Anritsu Company	安立有限公司	www.anritsu.com/zh-cn/promotions/2013/vectorstar/index.aspx	IFC
		www.anritsu.com/zh-cn/MWJ2830	53
AR RF/ Microwave Instrumentation		www.arworld.us/1-2.5GHz	17
ARTECH HOUSE		ArtechHouse.com	69
AWR		www.awrcorp.com/cn	19
Beijing Oriental Jicheng Co., Ltd.	北京东方中科集成科技股份有限公司	www.ag.jicheng.net.cn	41
CETC 41st	中国电子科技集团公司第四十一研究所	www.ei41.com	BC
Electronic Design Innovation Conference 2014	电子设计创新会议 2014	www.EDICONCHINA.com	61
European Microwave Week	欧洲微波周	www.eumweek.com	73
Emerson Network Power, Connectivity Solutions		EmersonConnectivity.com	13
GigaLane		www.gigalane.com	39
JFW Industries, Inc.		www.jfwindustries.com	20
IME/China	第八届国际微波及天线技术展览会	www.imwexpo.com	72
IMS		www.ims-resistors.com	65
Linear Technology Corporation Ltd.	凌力尔特有限公司	www.linear.com.cn/LTC5544	5
LPKF Laser & Electronics	乐普科光电	www.lpkf.cn	2
M/A-COM		www.macomtech.com	15
Mini-Circuits		www.minicircuits.com	11,23,37,43,49,67,71
Mitron	伟博电讯有限公司	www.mitron.cn	IBC,29,47,51
MWIE	全国微波毫米波会议	www.cnmw.org	75
	微波毫米波科技成果及产品展	www.cnmw.cn	
Richardson RFPD		www.richardsonrfpd.com	31
Rohde & Schwarz China Limited	罗德与施瓦茨中国有限公司	www.rohde-schwarz.com.cn	9
Rogers Corporation		www.rogerscorp.com/acm	59
Sanetronic Company Limited	盛昌电子有限公司	www.sanetronic.com/miteqch.htm	45
Shenzhen Secom Telecom Co., Ltd.	深圳世强电讯有限公司	www.secomtel.com	55
Shanghai Huaxiang Computer Communication Engineering Co., Ltd.	上海华湘计算机通讯工程有限公司	www.shx-sh.com	27
Skyworks Solutions, Inc.		www.china.skyworksinc.com	35
Sonnet Software, Inc.		www.sonnetsoftware.com/lite	7
Southwest Microwace, Inc.		www.southwestmicrowave.com	57
The 18th International Exhibition on Electromagnetic Compatibility (EMC)	第十八届国际电磁兼容技术交流展览会	www.ces.org.cn http://expo.ces.org.cn	74
Win Semiconductors Corp.		www.winfoundry.com	33
W. L. Gore & Associates, Inc.		www.gore.com/microwave	1

行政及销售人员 Administration & Sales Offices

行政人员 Administration

US Head office (美国总部)
Horizon House
685 Canton Street Norwood, MA 02062
Tel: (800) 966-8526

China office (中国办事处)
ACT International (雅时国际商讯)
13/F Unit B Por Yen Building
478 Castle Peak Road KLN, Hong Kong
Tel: (852) 28386298

Publisher 出版人
Carl Sheffres, csheffres@mwjournal.com
Tel: (781) 363-0554

Editor 总编辑
David Vye, dvye@mwjournal.com

International Editor 国际编辑
Richard Mumford, rmumford@mwjournal.com

Associate Publisher 副出版人
Adonis Mak (麦协林), adonism@actintl.com.hk
Tel: (852) 28386298

China Editor 中国区编辑
Katie Huang (黄莺), Katieh@actintl.com.hk

销售人员 Sales Offices

China (中国)

Hong Kong (香港特区)
Mark Mak (麦协和), markm@actintl.com.hk
Tel: 852 2838 6298

Shanghai (上海)
Linda Li (李承珍), lindal@actintl.com.hk
Hatter Yao (姚丽莹), hattery@actintl.com.hk
Judy Huang (黄作美), judyh@actintl.com.hk
Tel: 86 21 62511200

Shenzhen (深圳)
Sky Chen (陈燕), skyc@actintl.com.hk
Michael Tsui (徐旭升), michaelt@actintl.com.hk
Tel: 86 755 25988571

Beijing (北京)
Oasis Guo (郭镜园), oasisg@actintl.com.hk
Tel: 86 10 64187252

Taiwan, Singapore (台湾、新加坡)
Mark Mak (麦协和), markm@actintl.com.hk
Tel: 852 2838 6298

North America (北美)
Eastern Reg. Sales Mgr.
Michael Hallman, mhallman@mwjournal.com
Northeast Reg. Sales Mgr.
Chuck Boyd, cboyd@mwjournal.com
Western Reg. Sales Mgr.
Brian Landy, blandy@mwjournal.com

Europe (欧州)
International Sales Manager
Richard Vaughan, rvaughan@horizonhouse.com
Tel: 44 207 596 8742

Germany (德国)
Brigitte Beranek, bberanek@horizonhouse.com
Tel: 49 7125 407 31 18

Israel (以色列)
Oreet Ben Yaacov, obenyaacov@horizonhouse.com
Tel: 972 3 570 6527

Korea (韩国)
Young-Seoh Chinn, yschinn@horizonhouse.com
Tel: 82 2 481-3411

Japan (日本)
Katsuhiro Ishii, amskatsu@dream.com
Tel: 81 90 2551 1996/ 81 3 5691 3335

CTT INC. GaN功率放大器

2-18GHz 直达56瓦





CTT氮化镓(GaN)放大器与砷化镓(GaAs)放大器相比，将带来下列改进：

- 更宽的带宽
- 更高的功率
- 尺寸减小/重量减轻
- 更高的效率
- 减少成本
- 提高系统电源效率
- 简化系统散热设计

应用：

- 雷达
- 发射机
- 通信
- 测试
- 航空电子
- 驱动放大器
- 连续波和脉冲行波管放大器的替代

由于氮化镓（GaN）器件能够承担相同尺寸砷化镓（GaAs）器件5-10倍的功率处理能力，同时热传导特性比砷化镓（GaAs）器件要好7倍以上。因此，CTT氮化镓（GaN）放大器是高输出功率、小尺寸和高工作温度范围的完美结合。另外，所有这些放大器都具有过热保护关断功能，都可用于脉冲放大且可提供TTL开关选项，提高脉冲工作时的工作效率。

型号	频率 (GHz)	增益 (dB) 最小值	增益平坦度 (±dB) 最大值	噪声系数 (dB) 最大值	Psat (dBm) 最小值	Psat CW Watts	Psat band edge 最小值	电压驻波比 输入/输出 最大值	直流 电压 Volts	电流 (mA) @SSG	电流 (mA) @Psat	封装
AGW/105-4551	8.5-10.5	51	2.5	8	45	32.0	—	2:1	30	2800	7400	NDX14
AGN/105-4346	9.5-10.5	46	2	6	43	20.0	—	2:1	30	1700	3800	NDX14
AGN/105-4855	9.5-10.5	55	2	6	47.5	56.0	—	2:1	30	3000	11000	NQX14
AGM/060-4343	2-6	43	2.5	6	43	20.0	43	2:1	30	1820(典型值)	4200(典型值)	NDS12
AGM/060-4646	2-6	46	2.5	6	46(典型值)	40.0	45.5	2:1	30	3420(典型值)	7700(典型值)	NDS12
AGX/0218-3946	2-18	46	3	8	39(典型值)	8.0	38	2.2:1	32	1350(典型值)	3100(典型值)	NGX15
AGM/180-4250	6-18	50	2.5	7	42(典型值)	16.0	41	2:1	32	2500(典型值)	5200(典型值)	NDX14

Mitron 伟博电讯 把最好的微波射频产品带给中国

销售热线:400-887-3088 传真：0591-87870011 E-mail：sales@mitron.cn 网站：www.mitron.cn

CETC 41所
中国电子科技集团公司第四十一研究所
The 41st Institute of CETC

宽带频谱分析仪
喜获
国家科技进步二等奖



频率范围：3Hz ~ 50GHz

CETC 中国电子科技集团公司第四十一研究所

本部地址：安徽省蚌埠市长征路 726 号
电　　话：0552-4071248
传　　真：0552-4070248
E-mail：eibb@ei41.com
http：//www.ei41.com

分部地址：青岛经济技术开发区香江路 98 号
电　　话：0532-86889847
传　　真：0532-86889056
E-mail：eiqd@ei41.com
免费客户服务电话：800 868 7041

北京办事处：010-68844653
上海办事处：021-63802485
成都办事处：028-86289157
西安办事处：029-85382341
深圳办事处：0755-26631524