



矢加部 利幸  
Toshiyuki YAKABE

研究课题

微波·毫米波测量技术与应用的相关研究  
多口相关器 VAN 相关的研究开发  
6 端口测量装置的开发及其应用技术的研究

关键词

微波·毫米波, 高频测量, 矢量网络分析仪, 6 端口测量系统, 6 端口反射计, 6 端口相关器, 校准, 校正, 大学风险投资 LLP

所属专业

研究生院信息理工学研究科 信息·通信工学专业

研究成员

矢加部 利幸 副教授, 住谷 修 前任技术专员

所属学会

电气学会, 电子信息通信学会, IEEE

研究设备

矢量网络分析仪 (VNA), 标量网络分析仪, 扫描振荡器, 频谱分析仪, 功率计, 万用表, 示波器, 基础加工机器

研究概要

价格便宜、小型且能对应超高频的矢量网络分析仪 (VNA) 的研究

我们使用的电波正在逐年高频化。比如调幅广播 (AM) 的频率曾为千赫级 (KHz, K 表示  $10^3$ ), 对应更高音质且为立体声的调频广播 (FM) 的频率为兆赫 (MHz, M 表示  $10^6$ ), 使用频率的范围约为调幅广播的 1000 倍。以前电视的模拟甚高频 (VHF) 的频段为 90~108MHz、170~222 MHz, 自 2011 年 7 月 25 日起转为地上波数字广播后, 由于频段变窄、频率增高为 470~770MHz, 所以有助于防止频率枯竭。通信电波自 2008 年左右进入千兆赫 (GHz: G 为  $10^9$ ) 级别, 手机也从 800MHz 频段一下子扩展到 1.5GHz 频段, 无线 LAN 更是超过手机, 使用了 2GHz、5GHz 频段的频率。

这一系列向着高频化的发展顺应了对大容量高速通信的时代要求。实现它的因素就是高品质材料开发技术的进步、电气·电子·通信·测量工学的发展, 像这样超高频化技术就成为实现大容量高速通信的重要技术。

也就是说今后伴随着对通信大容量化、高速化的要求, 使用高频电波就变得非常必要。因此为了应对未来的超高频应用, 目前的电波利用方法及其应用研究不断向高频领域发展。

该研究室从事以麦克斯韦方程式为基础的微波、毫米波以及比毫米波频率更高的太赫兹波 (THz: T 表示  $10^{12}$ ) 等超高频电波相关的研究。其中还致力于高频测量装置的研究与开发。具体来讲, 就是他们正在开发矢量网络分析仪, 该装置是用来测量用复振幅比表示的 S 参数 (Scattering parameter: 散射参数), 而复振幅比是应用高频电波的产品元件信息的关键参数。

使用该研究室独创的 6 端口相关器技术

VNA 对于高频研究是不可缺少的测量装置。但是现有的外差式 (装置内装了高精度·高准确度的高频局部振荡器和乘以测量频率的混频器, 用新产生的低频来测量 S 参数的系统) VNA 目前虽然具有非常高的精度, 且能测量到更正确的结果, 但它的价格却非常昂贵, 体积大而重, 使用这种装置必须要频繁地进行各种校准 (指测量前的初期设定、刻度校正, 也称为校正), 学习高频技术的学生或年轻的技术人员几乎没有机会使用这种装置, 这就是现状。该研究室使用自己研究开发的原创技术「6 端口相关器」, 希望能够开发出价格便宜、体积小, 且校正起来比较简单的新颖高频测量装置, 以便在大学的研究室也能轻松地进行高频技术的研究。

优势

全新的 6 端口相关器技术能够对应超高频

该研究室开发的多口 VNA 称为零差式 VNA, 与现有的外差式 VNA 相比, 使用了完全不同的革新式的方法。采用这种方法, 不需要局部振荡器和混频器就能制造出小型化、低价格的装置。此外由于理论公式中不包括频率, 因此可以扩展及应用到毫米波频带以上的超高频中, 也能比较轻易地应对超高频。

他们在零差式 VNA 中也使用了 6 端口相关器技术。这是以美国标准局的 Engen 博士等在 1978

年提出的 6 端口反射计 (six-port reflectometer) 为基础, 经过矢加部副教授他们改良后的新型高频测量技术。

这种方法将 6 端口电路中的其中 4 个端口的电力值测量出来, 并从标准器识别到的多个频率的系统参数中计算出两个电波的复振幅比。具体来说, 就是将 4 个端口的测量结果之一作为基准端口, 在复平面上用三个圆表示。理论上三个圆必交于一点, 到该点和到原点的距离就是振幅比, 与水平轴形成的角度就是相位差。

用软件来补正硬件的 6 端口相关器 VNA

使用了该 6 端口相关器技术的 VNA 能够对应低价格、小型化、超高频的要求, 并且它不是黑匣子, 无法像市场上销售的产品一样能够看见里面的内容。此外它还有一个特点, 就是可以用软件来补正高频化过程中产生的硬件缺陷。比如在自制 90 度 Hybrid 时, 并不需要精确地制造出 90 度 Hybrid, 因为软件可以补正硬件的缺陷。因此每个频率可以决定 11 个参数。目前他们正在开发、试制将这些参数组合起来的 MMIC 裸芯片。

既然是测量器, 对其精度的要求是就非常高。实际上使用相同的可变衰减器或者 UWB 滤波器, 用该研究室的 X 频带 (9~12GHz) 6 端口相关器的 VNA 和现有的 VNA 来尝试测量, 得到的测量结果几乎与目前被认为具有最高性能的测量装置的结果是一致的。

他们已经取得了与该方法相关的中国专利, 目前正在申请美国专利。到目前为止申请了 10 个专利, 并发表了很多论文。

他们还自制装置及软件, 积极进行共同研究并创立支援事业 LLP

此外在 VNA 装置的模型设计、电路安装、软件方面, 他们有一大强项就是可以在研究室进行自制。目前使用的大部分 VNA 都是用研究室的设备做成的。

该研究室完成了重要的 6 端口相关器的博士论文, 并与在海外半导体设计企业工作的从事相同研究的人员一起进行研究开发, 将其做成单芯片产品。像这样他们正积极与国内外的大学、研究机构进行共同研究。

他们还有一大优势, 就是创立了支援开发、制造、销售的大学校办企业 LLP (Multiport 研究所有限责任事业组合) 来做技术支持。

未来展望

将小型、低价格的 6 端口相关器 VNA 产品化

该研究室希望在 2015 年之前将目前正在研究的 6 端口相关器 VNA 实现产品化。他们实现产品化的目标是: 价格是现有设备的 1/10 左右, 大小为 A5 版以下, 重量为 1.5Kg 以下, 以大概 100 万日元的低价格为大学或高等专科学校提供做高频实验所需要的操作简易的高频测量装置。

高频测量技术的普及以及为培养高频技术人员做出贡献

此外高频测量技术是高频测量教育的关键, 他们希望使用该测量装置的「多口式 VAN」和程序「6 端口相关器技术」来支援教育及出差授课。

也就是说, 因为他们身处教育现场, 所以要制作实验指导书等资料, 希望和学生一起来积累经验和技巧。

还有他们在推进与大学、研究机关、企业的共同研究的同时, 在国内相关学会设立高频测量研究会, 通过国际测量标准化技术的提案, 希望为启发日本高频技术人员学习、研究相关测量技术以及培养年轻的研究开发人员做出贡献。



试制 6 端口相关器 (基本类型与 MMIC 类型)



使用 6 端口相关器技术的试制 X 带 VNA