

微带天线及其在通信与广播电视中的应用

·综述·

马小玲, 康凤兴, 王贞松
(中央民族大学 物理系, 北京 100081)

1 微带天线的历史与优缺点

微带天线最初作为火箭和导弹上的共形全向天线获得了应用。现已大量应用于 100 MHz~100 GHz 宽频域的无线电设备中, 特别是在飞行器上和地面便携式设备中。微带天线的特征比通常的微波天线有更多的物理参数, 它们可以有任意的几何形状和尺寸。微带天线可以分为三种基本类型: 微带贴片天线、微带行波天线和微带缝隙天线。

和常用的微波天线相比, 它有如下一些优点:

(1) 体积小, 重量轻, 低剖面, 能与载体(如飞行器)共形, 并且除了在馈电点处要开出引线孔外, 不破坏载体的机械结构, 这对于高速飞行器特别有利。

(2) 电性能多样化。不同设计的微带元, 其最大辐射方向可以从边射到端射范围内调整, 易于得到各种极化, 特殊设计的微带元还可以在双频或多频工作。

(3) 能和有源器件、电路集成成为统一的组件, 因此适合大规模生产, 简化了整机的制作和调试, 大大降低了成本。

和其它天线相比, 它也有一些缺点:

(1) 相对带宽较窄, 主要是谐振式微带天线。现在已经有了一些改进方法。

(2) 损耗较大, 因此效率较低, 这类似于微带电路。特别是行波型微带天线, 在匹配负载上有较大的损耗。

(3) 单个微带天线的功率容量较小。

(4) 介质基片对性能影响大。由于工艺条件的限制, 批量生产的介质基片的均匀性和一致性还有欠缺, 这影响了微带天线的批量生产和大型天线阵的构建。

由于微带天线有其独特的优点, 它的一些缺点正在研究克服, 因此它有广阔的应用前景。一般说来, 它在飞行器上的应用处于优越地位, 可用于卫星通信、无线电高度表、导弹测控设备、导引头、环境检测设备、共形相控阵等。微带天线在地面设备上应用也有其优势, 特别是较低功率的各种军用民用设备, 例如医用探头、直播卫星的接收天线等。由于微带天线能集成化, 它在毫米波段有明显优势。

2 微带天线的分析设计方法

天线分析的基本问题是求解天线在周围空间建立的电磁场, 求得电磁场后, 进而得出其方向图、增益和输入阻抗等特性指标。分析微带天线的基本理论大致可分三类。最早出现的是传输线模型(Transmission Line Model, TLM)理论, 主要用于矩形贴片。更严格更有用的是空腔模型(Cavity Model, CM)理论, 可用于各种规则贴片, 但基本上限于天线

厚度远小于波长的情况。最严格而计算最复杂的是积分方程法(Integral Equation Method, IEM), 即全波(Full Wave, FW)。从原理上说, 积分方程法可用于各种结构、任意厚度的微带天线, 然而要受计算模型的精度和机时的限制。从数学处理上看, 第一种理论把微带天线的分析简化为一维的传输线问题; 第二种理论则发展到基于二维边值问题的求解; 第三种理论又进了一步, 可计入第三维的变化, 不过计算也费时得多。自然, 第三种理论仍不断地在某些方面有所发展, 同时也出现了一些别的分析方法。基于对积分方程的简化, 产生了格林函数法(Green's Function Approach, GFA); 而由空腔模型的扩展, 出现了多端口网络法(Multiport Network Approach, MNA)等。

另外, 有限元法作为一种数值方法也越来越引人注目, 它和分域基函数矩量法一样, 不受天线形状的限制。它和矩量法一样, 也应用了变分原理, 并且形式更为直接。但是有限元所涉及的场量、单元和基函数的选择乃至表达式都和矩量法不同。由于它的特殊选择, 得到的代数方程矩阵是稀疏矩阵, 并且矩阵元素易于计算, 这是有限元法的突出优点, 但是它只能得到纯数值解, 这可以说是一个主要的缺点。

然而, 同一般微波天线一样, 要得到高增益、扫描波束或波束控制等特性, 只有将离散的辐射元组成阵列才有可能。同一阵列中的辐射元可以相同, 也可不同, 在空间可排列成线阵、面阵或立体系阵。

3 微带天线的应用

在无线电技术领域, 对于信息的传输, 天线的作用是不可或缺的。随着社会的发展和进步, 对信息传输的要求也越来越高。因此, 天线的发展方兴未艾。微带天线由于其低剖面、价钱便宜, 并可制成多功能、可共形的天线, 可集成到无线电设备内部, 可用于室内(例如, 贴在墙上或挂在天花板上), 也可用于室外。其尺寸可大可小, 大的微带天线其长宽可到十几米, 而一副用于 PCS 的内部集成的宽带微带天线, 其尺寸是 15.0 mm×15.0 mm×1.5 mm。显然, 其优势是明显的。

在国内, 幅域广阔。虽然有线网发展迅速, 但对于广大的农村以及偏远的地域, 无线传输可能是唯一的选择。在电视技术领域, 随着电视在农村的普及以及高清晰度电视的出现, 微带天线的发展和应用有着广阔的市场和光明的前景。

1) 微带天线在空间技术中的应用

在 Seasat(海洋卫星)和 SIR(航天飞船成像雷达)的第一代、第二代、第三代(SIR-A, SIR-B, SIR-C)系统中都使用了平面结构的微带天线阵列。X-SAR(X波段合成孔径雷达)是

SIR-C 系统的补充, X-SAR 天线是 12 m 长、40 cm 宽的平面缝隙波导阵, 工作于 9 600 MHz(X 波段)。SIR-C/X-SAR 系统第一次提出了多频多极化的工作模式, SIR-C 可工作于 1 250 MHz(L 波段)和 5 300 MHz(C 波段)。其 L 波段和 C 波段天线阵的垂直极化和水平极化共用同一口面的微带天线。SIR-C/X-SAR 天线共 12 m 长、4.1 m 宽, 由三页组成, 每页 4 m 长、4.1 m 宽, 由六块 C 波段面板(1 行×6 列)、六块 L 波段面板(2 行×3 列)和 4 m 长、0.4 m 宽的 X 波段缝隙波导阵组成。每块 L 波段面板 1.3 m 长、1.47 m 宽, 是由微带贴片组成的面阵。C 波段面板也是由微带贴片组成的面阵, 每块 1.3 m 长、0.75 m 宽。

2) 微带天线在可移动卫星通信中的应用

在可移动卫星通信中, 对于地面车用天线, 需要在低俯仰角上有高增益, 在方位角上覆盖范围为 360°的圆极化天线。在参考文献[5]中介绍了一种结构简单、造价便宜、低剖面的圆环贴片的微带天线(ARMSA)。由共面的分支混合耦合器激励圆极化波, 为 TM_{21} 模, 得到圆锥状的辐射方向图, 并可使天线尺寸最小。天线总的高度为 7.4 mm。在 ARMSA 上有一寄生元, 以展宽频带、降低输入阻抗。在 L 波段可得到 8.5% 的带宽 ($VSWR < 2$), 3 dB 或更小的轴比, $\theta = 30^\circ \sim 60^\circ$ 的圆极化的圆锥状方向图。在日本, 这是一种有用的车用天线。

3) 内部集成的微带天线在 PCS/蜂窝电话和其它手持便携式通信设备中的应用

便携式的无线通信设备, 例如, 无绳电话、个人通信业务(PCS)、蜂窝电话、寻呼机、无线调制解调器, 以及 PC 机存储卡国际协会(PCMCIA)寻呼卡。通常, 它们工作时都靠近人体, 一般是手持的并且方向随机。因此, 天线要小、轻、对两个正交极化灵敏。辐射方向图在所有主平面上必须是准各向同性的, 并且, 在许多应用中需要宽频带。人体对天线的影响以及人体对天线辐射的吸收都要尽可能小。此外, 在便携式的无线通信设备中总是希望将天线集成在印制电路板上或塑料盒子里。

要满足这些要求, 最有希望的技术是使用内部集成的天线, 例如, 微带天线。内置天线机械强度大不易折断, 不增加设备总的尺寸, 使用时不需拉伸, 人为影响小, 而且, 使用高水平的防护技术可使天线与人体的相互作用减小到最小。微带

天线能提供 50 Ω 输入阻抗, 因此, 不需要匹配电路或变换器; 微带天线比较容易精确制造, 可重复性较好; 微带天线可通过耦合馈电, 天线和 RF 电路不需要物理连接; 微带天线较易分开发射和接收信号频段, 因此, 可省掉收发转换开关或至少使设计简化; 微带天线容易制成双频双极化。由于这些优点, 微带天线被认为是最好的选择之一。

现有的微带天线还不能完全满足需要。然而, 微带天线有很多设计参量可供调整优化, 以进一步减少天线尺寸和造价, 增加带宽, 使之对垂直极化波和水平极化波都敏感, 提高其各向同性的辐射参数, 减小天线与人体的相互作用。

总的说来, 对微带天线的研究正蓬勃展开, 这是一个具有极强生命力的课题。随着相关技术的发展, 微带天线无论在理论研究, 还是在工艺制造上都将越来越成熟, 必将开辟更为广阔的应用领域。

参考文献

- [1] 鲍尔 I J, 布哈蒂亚 P 著. 微带天线. 北京: 电子工业出版社, 1984.
- [2] 钟顺时. 微带天线理论与应用. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1991.
- [3] 张钧, 刘克诚, 张贤铎, 韩崇骏编著. 微带天线理论与工程. 北京: 国防工业出版社, 1988, 7.
- [4] Rolando L Jordan, Bryan L Huneycutt, Marian Werner. The SIR-C/X-SAR Synthetic Aperture Radar System. Proceedings of the IEEE, 1991, 79(6): 827~838.
- [5] Hiroyuki Ohmine, Yonehiko Sunahara, Makoto Matsunaga. An Annular-Ring Microstrip Antenna Fed by a Co-Planar Feed Circuit for mobile satellite communication use. IEEE transactions on antennas and propagation, 1997, 45(6): 1 001~1 008.
- [6] Mohamed Sanad, Noha Hassan Amant. An internal integrated microstrip antenna for PCS/Cellular telephone and other hand-held portable communication equipment. Microwave Journal, 1998, 41(7): 64~77.

(收稿日期 2000-03-28)

NTT 试验成功超高清动态图像的宽带域传送

NTT 最近宣布成功地进行了 400 万像素(扫描线数达 2 000 条以上)的超高清动态图像(SHD 影像、Super High Definition Movie)的宽带域传送实验。

SHD 影像的格式为 2 048×2 048 单元的正方形像素, 24 bit 全彩色, 60 f/s 的无图像交叉格式, 清晰度为 HDTV 的 4~6 倍。

当传送 SHD 影像时, 网络所承担的负荷最大将达到 6 Gbps。为此, NTT 公司将图像按 JPEG 方式压缩, 使负荷减少至 150~600 Mbps(24~60 f/s)。今年三月, NTT 使用通信、播放机构运营的新一代互联网的实验网 JGN (Japan Gigabit Network), 在通信、播放机构组织的幕张 GIGABite 研究中心向 NTT 尖端技术综合研究所和未来网络研究所之间成功地进行了传送。这是在开发出综合 32 对 ATM 数据流和并列解码的实时 JPEG 译码器的基础上实现的。

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>