

一种基于 DMS 技术的 UWB 平面单极子天线设计

蒋旭东¹, 李萍², 刘颖²

(1. 武警工程学院 研究生管理大队 36 队, 陕西 西安 710086; 2. 武警工程学院 通信工程系, 陕西 西安 710086)

摘要 针对目前超宽频天线进一步展宽频带宽度较难的问题, 文中采用两种技术来扩展天线的频带: (1)采用一种新型的微带馈线叫有损微带结构(DMS), 该平面结构通过对微带馈线的变形来降低低频段的频率; (2)在地板上靠近辐射板的馈源端处采用平滑的斜角处理, 能较好地扩展高频段的可用频率。通过以上两种技术的结合使用, 有效地扩展了UWB的带宽。并对辐射贴片开L型槽来实现陷波功能。通过仿真优化天线的可用频率从2~12 GHz, 反射系数均<-10 dB。在5~6 GHz频带范围内具有陷波特性, 可有效抑制 WLAN 系统对超宽带系统的干扰。

关键词 DMS; UWB; 单极子; 陷波特性

中图分类号 TN821+.3 文献标识码 A 文章编号 1007-7820(2010)12-005-04

Design of UWB Planarized Monopole Antenna Using DMS Technique

Jiang Xudong¹, Li Ping², Liu Ying²

(1. Graduate Management Unit 36 Team, Armed Police Engineering College, Xi'an 710086, China;

2. Department of Communications Engineering, Armed Police Engineering College, Xi'an 710086, China)

Abstract Aiming at difficult problems to further enlarge the current bandwidth of the UWB antenna, this paper uses two techniques to enlarge the bandwidth: (1) Using A variation of the novel technique called defected microstrip structure(DMS), the structure is demonstrated to lower the lower bandwidth; (2) The bevel technique in the ground plane near to the feeding point is used to increase the highest bandwidth limit. By using these techniques, effectively enlarge the UWB bandwidth. A L-shaped slot is cut in the radiator to obtain the band-notch function. Experimental results show that the S_{11} in the work band of 2~12 GHz less than -10 dB. The antenna has a band-notch function from 2 to 12 GHz, and inhibits the potential interference between ultra-wideband systems and WLAN systems.

Keywords DMS; UWB; Monopole; band-notch function

随着无线通信系统的应用越来越广, 超宽带(UWB)无线通信技术受到了更多关注。FCC 规定, 将 3.1~10.6 GHz 之间的 7.5 GHz 的频段分配给超宽带无线通信业务使用。其中, UWB 天线的设计与研究是超宽带的关键技术之一。要求天线必须满足在很宽的频带内能实现阻抗匹配, 具有稳定的增益和良好的辐射方向特性等, 并要求天线具有工艺简单、体积小、重量轻、加工成本低和便于集成等优点。由于在 UWB 通信系统的频带内还存在 WLAN(无线局域网系统), 其工作带宽为 5.15~5.825 GHz 频带, 从系统兼容的角度出发, 为了抑制 WLAN 系统对 UWB 系统的干扰, 通常需在 UWB 系统中加入带阻滤波器, 这

势必增加系统的复杂性, 因此设计具有陷波特性的 UWB 天线具有实际意义。

印刷单极子天线已经无数次被验证其超宽带的良好特性。为了进一步减小天线尺寸和改善频带带宽, 不少学者已经做了许多的研究工作, 比如采用不同形状的辐射贴片单元和馈电技术, 包括微带和共面波导馈电^[1-4], 这些改进的主要目的是为了进一步展宽可用频带。文中通过采用有损微带结构(DMS)和斜角处理两种技术, 来展宽平面单极子天线的频带带宽, 主要的做法是通过拉低低频端的频率和增加高频端的频率来实现天线频带的展宽。以此设计的新型超宽带平面单极天线, 该天线在 2~12 GHz 内反射系数均<-10 dB, 增益最高可 6.15 dB 达同时, 并通过在贴片上开 L 型槽来实现陷波特性, 使天线在 5~6 GHz 频带范围内具有陷波特性。

收稿日期: 2010-07-07

基金项目: 陕西省自然科学基金资助项目(2010JM8041)

作者简介: 蒋旭东(1985-), 男, 硕士研究生。研究方向: 电磁场与微波技术。

1 天线的设计

天线的介质基板选取 RT Duroid 5880, 介电常数为 2.17, 厚度为 1.27 mm。天线如图 1 所示。设计同时采用了以下两种不同的技术来改善天线在较宽的频带范围上的 VSWR 值, (1)采用一种新型的微带馈线结构叫有损微带结构(DMS), 该平面结构通过对微带馈线的变形来降低低频段的频率, 而对原天线的增益和辐射方向图影响不大。(2)在地板上靠近辐射贴片的馈源端采用平滑的斜角处理, 能较好地展宽高频段的可用频率^[5]。斜角处理使得共面波导到辐射贴片之间能实现较好的平滑转换。让地板与辐射贴片之间更好地互耦, 而产生谐振, 以实现较宽频带范围上的阻抗匹配。因为微带的不连续性会导致近场不必要的反射, 而反射引起的反射损耗会导致能量的损失, 减弱了天线远场辐射。即地板上的平滑斜角处理有效地避免了连接处尖锐的突起和馈电端与地板之间的不连续性, 同时也较好地实现共面波导与辐射部分的阻抗匹配。

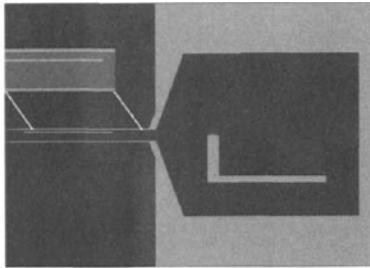


图 1 带 DMS 结构的天线

天线辐射贴片上的斜角约取 17.3°, 地板上的斜角约取 18.7°。仿真验证了该处理能使天线在较宽的频带范围里实现阻抗的匹配, 且 $VSWR < 2$ 。另一方面是对地板上的微带馈线采用有损微带技术(DMS)可较好地拉低低频段的频率, DMS 技术在以往的 UWB 天线设计里有不同的程度的应用, 像减小天线的矩形辐射贴片的尺寸^[6], 将其作为微带天线的一种调谐技术。

文中 DMS 的主要作用是用来增加低频段天线的电长度, 使该结构成为辐射贴片单元的一部分, 而不仅仅是馈线的一部分。因此, 该结构起到了缝隙辐射的作用, 以实现天线在更低的频段上能产生谐振, 也就是通过 DMS 结构和辐射贴片的相互谐振来拉低整个天线低频端的频率, 对比文献[7]中的单极子天线, 本文设计的天线可展宽天线有效带宽可超过

1 GHz。该有损结构离微带馈线的边约为 0.3 mm, 长约 19 mm, 宽约 0.25 mm。辐射贴片长约 29.5 mm、宽约 32 mm, 地板长约 25 mm。

同时为实现陷波特性而引入半波长的谐振结构, 在辐射贴片上开 L 形槽, 其长度约为需要抑制频率对应波长的八分之一, 使得天线在该点附近的阻抗失配, 驻波比显著增加。L 形槽的关系可用式(1)表示

$$f_{\text{notched}} = \frac{c}{2L_s \sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

其中, f_{notched} 为陷波中心频率; C 为光速; L_s 为 L 形槽的总长; ϵ_r 为相对有效介电常数。通过式(1)可求出 L 形槽的初始尺寸, 然后可在仿真中进行优化, 宽约 1.2 mm、长约 26 mm。

2 结果

仿真优化设计使用 HFSS11 软件, 通过优化, 在设计过程中发现低频段的辐射特性主要取决于共面波导上的 DMS 的设计, 见图 2 所示, 该图为不同频率下天线上的电流分布。文中天线的仿真分析集中在 2.2 GHz、10 GHz 一低一高的两频段。

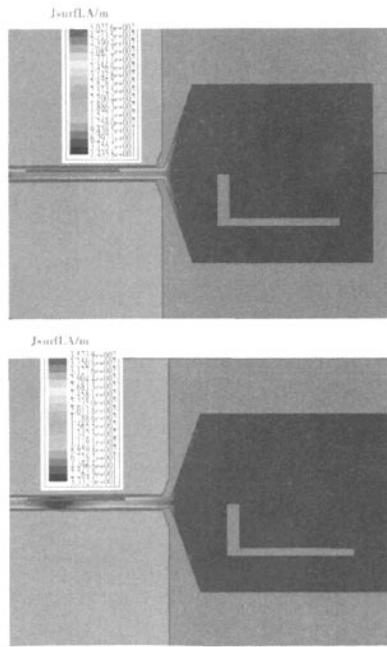


图 2 天线在 2.2 GHz、10 GHz 时的电流分布图

从图 2 中可以看到, 在 2.2 GHz 时 DMS 上的电流分布密度比在 10 GHz 时的更稠密, 意味着该结构在 2.2 GHz 时比 10 GHz 时辐射更为强烈。而且带 DMS 结构的馈线远比辐射贴片上的电流密度稠密。

所以, 在改善天线低频端特性上, 馈线上的 DMS 结构扮演着非常重要的角色, 相当于辐射贴片的一部分。

在图 3 中, 天线的 VSWR 曲线在 2~12 GHz 的整个频段上, 除在 4.9~5 GHz 范围外, 整体数值在 2 以下, 应用频带较宽, L 型槽起到了陷波的作用。在图 4 中, 为该天线的 S_{11} 参数图, 从图中可以明显的看到整个频段除 4.9~5 GHz 外, 整条曲线都在 -10 dB 以下, 与天线的 VSWR 曲线反映的较为一致。

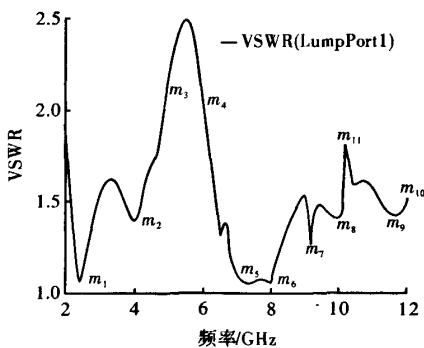


图 3 天线的 VSWR 图

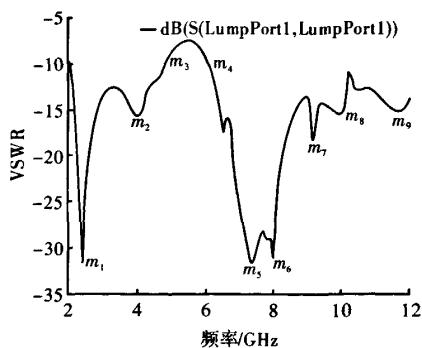
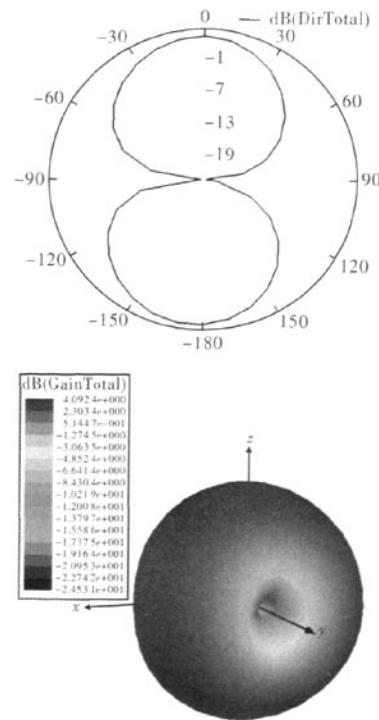


图 4 天线的 S_{11} 参数

除了有较好的匹配外, 带 DMS 结构和平滑斜角处理的 UWB 天线的辐射方向图在谐振频率上近似为全向椭圆, 辐射方向图相当于全向天线。图 5 为天线在 2.2、10 GHz 时的 E 面辐射方向图和增益 3D 图, 从图中可以看出天线在 2.2 GHz 时, VSWR 值约为 1.08, 其增益可达 4.09 dB; 而在 10 GHz 时天线的 VSWR 值约 1.4, 其增益可达 6.13 dB。天线 VSWR 值较低时, 其天线增益也相对低一些; 当天线 VSWR 值稍高时, 其对应增益也就相应的高一些。

3 结束语

文中设计了一种新型的平面 UWB 单极子天线,



(a) 2.2 GHz

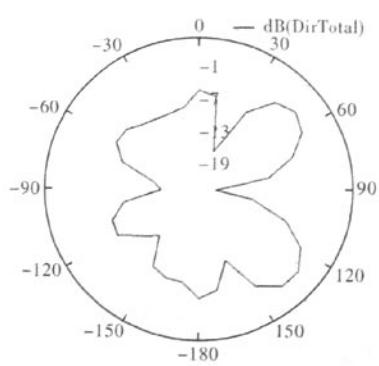


图 5 在 2.2、10 GHz 时天线的 E 面方向图和增益 3D 图

该天线上通过采用了 DMS 技术来改善该天线频带的低频段的特性, 而且对天线原有的辐射方向图和增益影响不大。该方法将 DMS 结构作为辐射贴片的一部分, 有效地增强了天线在低频端的辐射效率, 相当于延展了天线在低频端的电长度。另外, 斜角处理技术则使辐射贴片在高频段的更高频率上更容易被匹配, 以此来展宽其高频端的频率。使得整个天线的可用频带超过 FCC 规定的 UWB 频段将近 3 GHz。而且在辐射贴片上加载 L 型槽线, 可实现陷波特性。该天线结构简单、应用频带宽, 增益较高, 有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] Liang J, Guo L, Chiau C C, et al. CPW - Fed Circular Disc Monopole Antenna for Ultra - Wideband Applications [J]. in Proc. IEEE Int. Workshop, 2005(7 - 9): 505 - 508.
- [2] Chan K C L, Huang Y. Slot - inserted Semi - Circular Disc Antenna for Wideband Communications [J]. In Proc. Inst. Electr. Eng. Wideband Multi - band Antennas Ar-
- [3] Powell J, Chandrakasan A. Differential and Single Ended Elliptical Antennas for 3. 1 - 10. 6GHz Ultra Wideband Communication [J]. in Proc. IEEE Antennas Propag. Soc. Int. Symp., Jun., 2004, 3 (20 - 25): 2935 - 2938.
- [4] Yang T, Suh S Y, Nealy R, et al. Compact Antennas for UWB Applications [C]. in Proc. IEEE Conf. Ultra Wideband Syst. Technol., 2003(16 - 19): 205 - 208.
- [5] Peyrot - Solis M A, Galvan - Tejada G M, Jardon - Aguilar H. A Novel Planar UWB Monopole Antenna Formed on A Printed Circuit Board [J]. Microw. Opt. Technol. Lett., 2006, 48(5): 933 - 935.
- [6] Tirado - Mendez J A. A Proposed Defected Microstrip Structure(DMS) Behavior for Reducing Rectangular Patch Antenna Size [J]. Microw. Opt. Technol. Lett., 2004, 43(6): 481 - 484.
- [7] Yanagi M, Kurashima S, Arita T, et al. A Planar UWB Monopole Antenna Formed on A Printed Circuit Board [EB/OL]. (1999 - 01 - 19) [2010 - 08 - 12]: www.fujitsu.com/downloads/MICRO/fca/input/uwb_monpole_antenna.pdf.

(上接第 4 页)

3 实测结果

对于系统的和差归一模块, TS201 内核时钟为 600 MHz 时, 时钟周期为 1.67 ns。实测结果显示, 当只有一个目标时, 求解一次相角所需要的时间为 0.703 μs, 根据相角求角误差符号所需要的时间为 0.087 μs, 所以求解角误差符号一共需要的时间为 0.790 μs, 而采用改进的求角误差符号方法时, 所需的时间为 0.070 μs, 所以处理时间缩短了约 90%。

4 结束语

测角是机载雷达信号处理要完成的一项重要的功能。文中采用 ADSP - TS201 来设计实现雷达信号处理器的测角系统, 通过一种改进的解角误差符号方

法, 可以节约大量的处理时间, 从而在脉冲重复频率较高或目标较多的情况下, 也可以保证系统的实时性和有效性。该设计简单灵活、准确度高、成本低, 能够在较高脉冲重复频率下正常工作。

参考文献

- [1] 丁鹭飞, 耿富录. 雷达原理 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002.
- [2] George W. Stimson. 机载雷达导论 [M]. 2 版. 吴汉平, 译. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [3] 梁鹏. 机载雷达信号处理若干问题研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2010.
- [4] 毛建华. 单脉冲雷达精确测角及其工程实现 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2009.
- [5] 梁士龙, 郝祖全. 单脉冲雷达的一种角误差提取方法 [J]. 系统工程与电子技术, 2003, 25(1): 18 - 20.

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，一直致力于专注于微波、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>