

一种蝶形平面超宽带(UWB)天线的设计

张秋凝

(西北工业大学 电子信息学院, 陕西 西安 710129)

摘要: 超宽带无线通信技术以其低功耗、高带宽、低复杂度等优点而倍受重视, 使用蝶形结构设计了一种新的平面超宽带天线。该天线由同轴馈电, 天线的制作是通过在介质基板上下面上分别印刷一个半圆形金属, 在上层刻蚀掉 2 个正方形图案, 下层刻蚀掉 2 个半圆形图案实现。仿真和实物实测结果都可以证实, 天线的工作频带为 3.1~10.6 GHz, 有很好的全向辐射方向图和良好的线性相位响应。因此, 该天线的特性能够满足超宽带的要求, 可用于无载波超宽带无线数据通信系统。

关键词: 平面天线; 超宽带天线; 全向天线; 天线测量; 蝶形

中图分类号: TN822+.8

文献标识码: A

文章编号: 1674-6236(2012)09-0077-03

Design of planar antenna with bowtie shape for Ultra-Wide Band (UWB) applications

ZHANG Qiu-ning

(School of Electronics and Information, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

Abstract: Ultra Wide Band (UWB) wireless communication technology which has a range of good features of low-power, high bandwidth, low complexity and other advantages are being highly valued. A novel planar antenna with bowtie shape for UWB applications is presented. The proposed antenna fed by coaxial probe is created by printing a semicircle metal on both sides of the substrate with two squares etched from the top layer and two semicircles etched from the ground respectively. The simulated and measured results have shown that the designed antenna covers the 3.1~10.6 GHz band with well behaved omnidirectional radiation pattern and linear phase response. Accordingly, the proposed antenna is capable for Carrier-free ultra-wideband wireless data communication system.

Key words: planar antenna; Ultra-Wide Band (UWB) antenna; omnidirectional antenna; antenna measurement; bowtie shape

联邦通信委员会(FCC)分配了 3.1~10.6 GHz 的频谱资源给超宽带无线通信应用^[1], 在学术和工业领域内引起了超宽带(Ultra-Wide Band, UWB)天线的研究热潮。与其他系统的天线相比, 一个性能优良的 UWB 超宽带^[2]应用天线, 除了具有很宽的频带外, 还要有近似全向的辐射方向图和良好的色散特性。

尽管一个传统的单极子天线, 例如椭圆形单极子天线^[3], 具有很好的超宽带特性, 但是在超宽带系统中使用这样的天线, 非平面结构是其主要的缺点。平面单极子天线通常由微带线或者各种形状的波导(Coplanar Waveguide, CPW)馈电^[4-6], 这些馈电方式之所以如此受关注, 是因为这些馈电方式适合于超宽带应用, 具有很多优点, 例如: 低剖面, 重量轻和易于制作^[7-9]。但是设计人员就必须更关注于馈电线的设计, 这样使得设计变得较为复杂。

文中提出了一种新型的平面超宽带天线, 使用了蝶形结构, 同轴馈电, 设计过程非常简单, 无需考虑馈电线。天线结构是通过在介质基板的 2 面分别印刷上一个半圆形金属, 在辐射面上刻蚀掉 2 个对称的正方形和在接地上面上刻蚀掉 2

个半圆形图案实现的。

1 天线的设计

文中所提出的超宽带天线由同轴馈电, 馈电位置如图 1 所示。天线制作在 FR-4 环氧树脂介质基板上, 板层厚度为 1.6 mm, 相对介电常数 $\epsilon_r=4.4$, 损耗正切 $\tan\delta=0.02$ 。该天线的几何结构和参数如图 1 所示。天线结构的辐射面是在介质板上层面印刷了一个半圆形金属平面, 在半圆的两边对称地刻蚀掉 2 个正方形平面, 如图 1(a)所示; 天线接地板同样是在介质板下层面印制了一个半圆形金属平面, 左右两边对称地刻蚀掉了 2 个半圆形平面, 如图 1(b)所示。天线最后的优化参数为 $a=30$ mm, $b=4$ mm 和 $R=8$ mm。

2 仿真和测试结果

该天线的设计和分析是基于有限元算法的商用化软件 Ansoft HFSS11 进行的, 并利用该软件获得了仿真结果。除此之外, 作者还根据仿真模型制作了一款实物天线, 如图 2 所示。使用 Agilent 公司生产的 E8363B 矢量网络分析仪对实物天线进行了测量。

收稿日期: 2012-02-21

稿件编号: 201202112

作者简介: 张秋凝(1987—), 男, 河北承德人, 硕士研究生。研究方向: 应用微波技术, 天线设计。

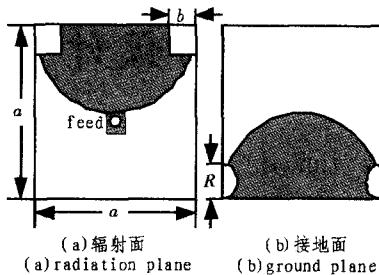


图 1 天线的几何结构

Fig. 1 Geometry of the antenna

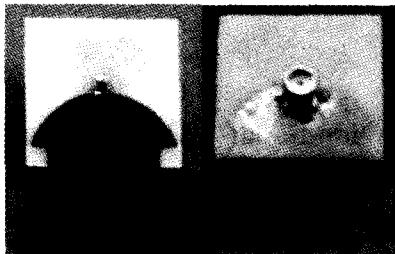


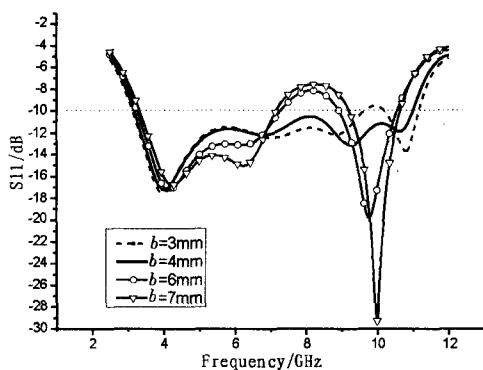
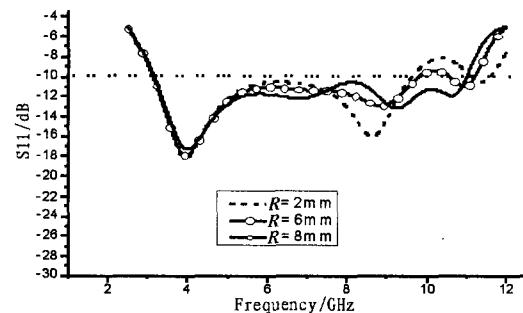
图 2 天线的实物结构

Fig. 2 Physical structure of the antenna

下面为了讨论天线辐射片上切掉的两个对称的正方形面和接地面上切掉的两个对称的半圆形面的影响,利用仿真软件分别对正方形面的边长 b 和半圆形面直径 R 对于反射损耗的影响进行了分析。

不同的边长 b 对天线性能的影响如图 3 所示。由图可以看出,尺寸 b 不同时,天线的第 1 个谐振点基本上保持不变,这是因为天线的主要频带是由天线的辐射面大小决定的。当 b 值小于 5 mm 时天线反射损耗表现为在带内的幅度和频点的微小波动,当 b 值大于 5 mm 时天线回波损耗曲线出现了两个较深的谐振点,随着 b 值增大第一个频点的深度逐渐加深,第 2 个频点的频率逐渐增大,深度加深。

不同的 R 值对天线特性的影响如图 4 所示。因为 R 值改变的是接地板的形状,相对于 b 值的影响,直径 R 的影响要小的多,不同的 R 值,基本上不改变天线的频带特性,只是影响带内不同频点的反射深度。

图 3 不同 b 值天线的反射系数Fig. 3 Reflection coefficient of the antenna at different b
-78-图 4 不同 R 值天线的反射系数Fig. 4 Reflection coefficient of the antenna at different R

通过以上讨论获得了天线性能的优化模型,以下对该优化模型结果进行分析。

天线的驻波比(VSWR)结果如图 5 所示。由图可以看出,在超过预设频带 3.1~10.6 GHz 的范围内,该天线的 $VSWR \leq 2$ 。

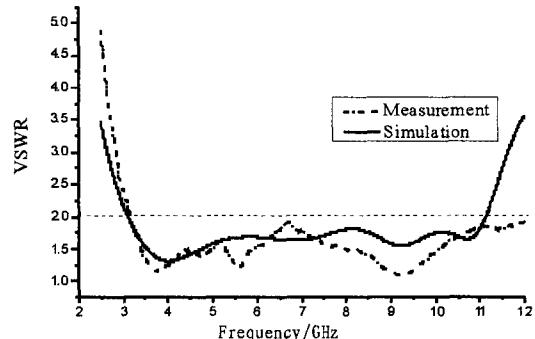
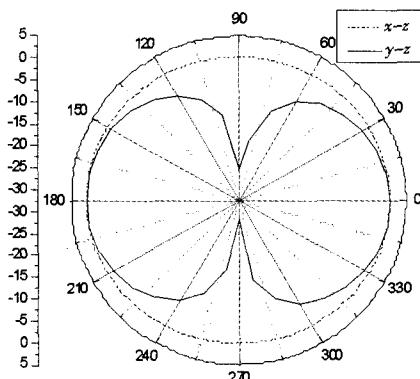


图 5 实际测量和仿真的 VSWR

Fig. 5 Measured and simulated VSWR

图 6 4GHz 下 $x-z$ 和 $y-z$ 面的仿真辐射图Fig. 6 Simulated radiation patterns in $x-z$ and $y-z$ planes at 4 GHz

天线在不同频点 4, 7 和 10 GHz 的 $x-z$ 和 $y-z$ 面的仿真辐射图如图 6, 7 和 8 所示。由图可以看出,在 $x-z$ 面,该超宽带天线较低频段(3~7 GHz)具有较好的全向辐射特性;在 $x-z$ 面,频率为 10 GHz 时,辐射方向图几乎为全向。

最后,文中讨论天线在无失真情况下发送和接收脉冲的特性。由于超宽带系统使用脉冲传输,一个重要的问题是天线脉冲失真。理想情况下,希望是一个线性相位响应(不变群

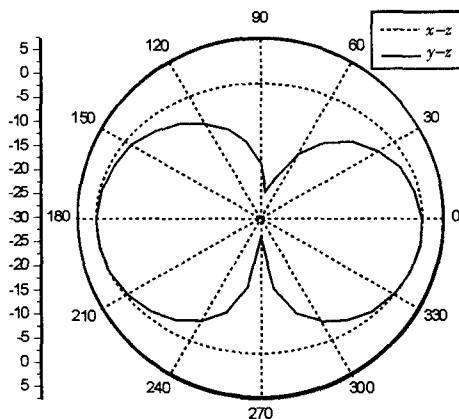
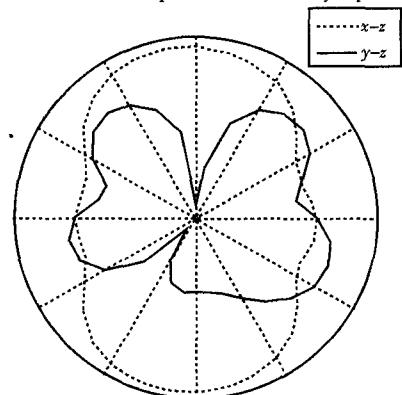
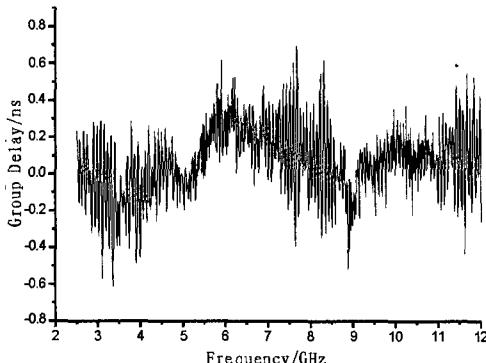
图 7 7 GHz 下 x - z 和 y - z 面的仿真辐射图Fig. 7 Simulated radiation patterns in x - z and y - z planes at 7 GHz图 8 10 GHz 下 x - z 和 y - z 面的仿真辐射图Fig. 8 Simulated radiation patterns in x - z and y - z planes at 10 GHz

图 9 群延迟的测量

Fig. 9 Measured group delay

延迟)。在此情况下,我们先测量 2 天线间的频域传输系数,然后转化为时域结果。2 天线间隔 30 cm,其群时延结果如图 9 所示。该天线在大于超宽带天线频带的范围内群延迟变化

小于 0.8 ns。群延迟特性表明,该天线相位线性超过了超宽带频段。

3 结 论

文中成功设计了一个由同轴馈电的平面超宽带天线。天线的设计简单,仿真和测量结果表明,所设计的天线覆盖 UWB 系统的 3.1~10.6 GHz 频段,天线具有很好的全向辐射特性和良好的线性相位响应。因此,该天线能够适用于一定的 UWB 应用。

参考文献:

- [1] First Report and Order. Revision of Part 15 of the Commission's Rule Regarding Ultra-wideband transmission system FCC 02-48[S]. Federal Communications Commission, 2002.
- [2] 蒋旭东,李萍,刘颖. 一种基于DMS技术的UWB平面单极子天线设计[J]. 电子科技,2010(12):5-8.
JIANG Xu-dong, LI Ping, LIU Ying. Design of UWB planarized monopole antenna using DMS technique [J]. Electronic Science and Technology, 2010(12):5-8.
- [3] Alipour A, Hassani H R. A novel omni-directional UWB monopole antenna[J]. IEEE Trans. antennas and propagation, 2008, 56(12):3854-3857.
- [4] ZHONG Shun-Shi, LIANG Xian-ling, WANG Wei. Compact elliptical monopole antenna with impedance bandwidth in excess of 21:1 [J]. IEEE Trans. Antennas and Propagation, 2007, 55(11):3082-3085.
- [5] Liang X L, Zhong S S, Wang W. Elliptical planar monopole antenna extremely wide bandwidth [J]. Electronics Letters, 2006, 142(8):441-442.
- [6] Lee S, Park J, Lee J. A novel CPW-fed ultr-wideband antenna design[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2005, 44 (5):393-396.
- [7] Lin Y, Hsia W. Compact ultra-wideband rectangular aperture antenna and band-notched designs[J]. IEEE Trans. Antennas Propag, 2006, 54(11):3075-3081.
- [8] Chen Z, See T, Qing X. Small printed ultra-wideband antenna with reduced ground plane effect [J]. IEEE Trans. Antennas Propag, 2007, 55(2):383-388.
- [9] Liang J, Chiau C, Chen X, et al. Parini. Printed circular ring monopole antennas [J]. Microw. Opt. Technol. Lett, 2005, 53 (12):372-375.

欢迎订阅 2012 年度《电子设计工程》(半月刊)

国内邮发代号:52-142

国际发行代号:M2996

订价:15.00 元/期 360.00 元/年

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>