

用于超宽带通信的镜像 Bow - ti 微带电路天线设计

李少甫

(西南科技大学信息工程学院 四川绵阳 621010)

摘要:介绍了一种用于超宽带通信的平面型的小型天线。该天线采用相对介电常数为 2.65 的微带电路制作, 天线尺寸为 $3.8\text{ cm} \times 2.8\text{ cm}$ 。天线输入阻抗 $50\ \Omega$, 在 $3 \sim 10\text{ GHz}$ 之间的驻波系数小于 2。首先介绍了各种用于超宽带通信的平面型天线, 讨论了镜像 Bow - ti 微带电路天线设计过程。最后用数字仿真软件对该天线进行了优化设计, 并分析了天线的频域和时域特性, 结果表明该天线能够满足超宽带通信的要求。

关键词:超宽带通信 镜像 Bow - ti 天线 小型天线 UWB

中图分类号:TN822⁺.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1671 - 8755(2008)01 - 0035 - 04

Printed Mirror Bow-tie Antenna for UWB Applications

LI Shao-fu

(School of Information Engineering, Southwest University of Science and Technology,
Mianyang 621010, Sichuan, China)

Abstract: A small planar antenna for UWB communication was presented, which was made in double-side printed circuit board (PCB) of size $3.8\text{ cm} \times 2.8\text{ cm}$, using RF4 substrate of relative dielectric permittivity 2.65. The input impedance of the antenna was $50\ \Omega$, and a VSWR of lower than 2 in the frequency range $3\text{ GHz} \sim 10\text{ GHz}$. Varied planar antenna for UWB applications were reviewed, the design of mirror printed Bow-tie was discussed, then the performance of the antenna was analyzed in frequency domain and time domain, and optimized using CST and Ansoft Designer package. The results show that the antenna can be used in UWB communication.

Key words: UWB antenna; Printed mirror Bow-tie antenna; Small planar antenna; UWB

超宽带天线的研究历史可以追溯到无线电技术的“火花隙”发射机时代, 已经有 106 年的历史了。超宽带天线理论和技术有了一定的基础, 但是在 1980 年代超宽带电磁学在理论上和关键技术上有了突破以后, 超宽带雷达、超宽带通信、超宽带成像、超宽带电磁脉冲武器等领域的飞速发展, 对超宽带天线提出了越来越高的要求。要求宽频带、高性能、小型化、集成化、与机体共形、易于大量生产、成本低等, 实现这些目标对天线工作者是一个严峻挑战^[1]。

下面介绍一种用于超宽带通信的平面型天线。讨论镜像 Bow - ti 微带电路天线设计过程, 用数字模拟计算的方法分析其天线特性。

1 基于 V - 椎天线的超宽带通信的天线设计

超宽带天线的重要特点是天线参数与频率无关的特性。我们知道 TEM 传输线在 TEM 模式下, 电磁场

收稿日期: 2007 - 08 - 03

基金项目: 西南科技大学科学基金资助(200400708)。

作者简介: 李少甫(1966 -), 博士, 副教授, 研究方向: 微波技术和天线。E-mail: shaohu_li2007@yahoo.com.cn。

分布具有频率无关的特性。将 TEM 传输线的一端张开(无限长)就得到了频率无关的 V 形天线,对图 1 中的无限长双锥 V 形天线,无限长双锥天线都是具有频率无关的特性的天线。无限长 Bow-ti 可以看成无限长双锥天线的特殊情况。图 1 中的各种天线又可以由图 2 中的 V-锥天线演变而来。

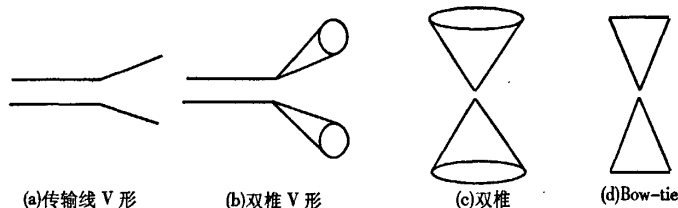


图 1 不同的 V 形天线
Fig.1 UWB V antenna

V-锥天线的特点是具有良好超宽带特性、结构简单,还是少数能够严格求解的天线之一。研究 V-锥天线既有理论意义,又有应用价值^[1]。Carrel 曾经研究了任意截面的无限长锥天线^[2]。Blume 等研究了椭圆双锥天线^[3]。Shen 等研究了圆截面 V-锥天线^[4]。袁乃昌、阮成礼研究了辐射臂位于短轴的椭圆 V-锥天线^[5]。杜正伟、阮成礼研究了非共面扇形 V-锥天线^[6]。

Shen 首先分析了圆 V-锥天线,给出了严格场解和输入阻抗公式。其输入阻抗为^[1]:

$$Z_0 = \frac{Z_c K(\cos\varphi_0)}{2K(\sin\varphi_0)} \quad (1)$$

$$K(\sin\varphi_0) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\beta}{\sqrt{1 - \sin^2\varphi_0 \sin^2\beta}} \quad (2)$$

$$K(\cos\varphi_0) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\beta}{\sqrt{1 - \cos^2\varphi_0 \sin^2\beta}} \quad (3)$$

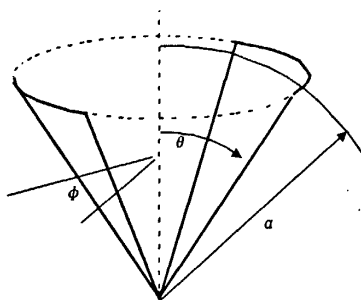


图 2 V-锥天线
Fig.2 V-conical antenna

其中 Z_c 为空间特征阻抗 120π 。可见输入阻抗与频率无关。

对于实际工程中的 V-锥天线都是有限长的,带宽也是有限的,但是国内外还没有关于有限长 V-锥天线解析理论研究的文献。现行分析方法主要采用数值计算的方法,有限长天线辐射场的方法主要有矩量法、有限差分法、模式匹配法等等。

锥长度 a 大于波长时,上面的公式对设计仍然有参考意义。

2 平面 Bow-ti 天线设计与优化

平面天线较易用比较成熟的电路制造工艺制造,成本低,容易与前端电路结合。下面我们给出一个 Bow-ti 型的平面天线设计。

图 3 是 Bow-ti 印制电路天线。因为根据(1)式的估计,这种天线的输入阻抗在 $100 \sim 300 \Omega$ 左右,对于标准的 50Ω 输入需要一个阻抗变换电路。图中采用简单的三节阻抗变换。但是这种天线要求输入电路是平衡输入,由微带电路到平衡输入的变换电路对超宽带设计比较困难。

图 4 是镜像 Bow-ti 微带电路天线。这种天线是从图 3 的天线演变而来。图 5 是镜像 Bow-ti 微带电路天线在基板顶层的图样,在基板底层,它将从接入点起的左面全铺上铜,如果将基板底层看成无限大的接地面,右面的天线与它在接地面上的镜像就构成了 Bow-ti,所以这种天线叫镜像 Bow-ti 微带电路天线。同时在右面的匹配电路也是微带电路,这样就克服了图 3 中需要由微带电路到平衡输入的变换电路的困难。

首先利用(1)式对天线输入阻抗进行估计,然后设计匹配电路,最后用 CST 软件和 Hsoft 软件对该天线

进行优化设计。表 1 是进行优化设计后的镜像 Bow-ti 天线尺寸,采用的基板相对介电常数为 2.65。图 6 是镜像 Bow-ti 天线计算输入驻波系数随频率的变化关系。从图中可以看到在比较大的带宽内入口驻波

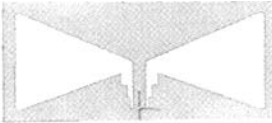


图 3 Bow-ti 印制电路天线
Fig.3 Printed Bow-ti antenna

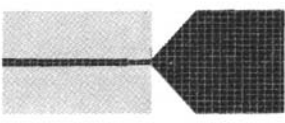


图 4 镜像 Bow-ti 微带电路天线
Fig.4 Mirror printed Bow-tie

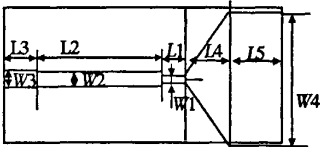


图 5 镜像 Bow-ti 微带电路天线尺寸图
Fig.5 The size of mirror printed Bow-tie

系数小于 2。图 7 是镜像 Bow-ti 天线计算方向图(7.5 GHz);图中是将天线竖直放置,沿水平面的方向图;零度方向是正面。

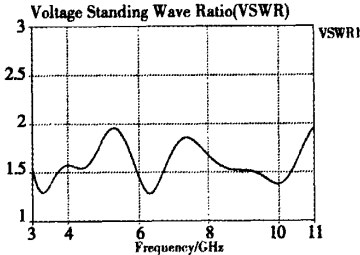


图 6 镜像 Bow-ti 天线计算输入驻波系数
Fig.6 VSWR against frequency of mirror printed Bow-tie

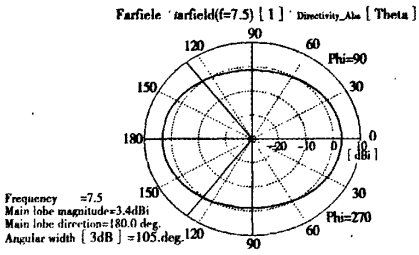


图 7 镜像 Bow-ti 天线计算方向图(7.5 GHz)
Fig.7 Radia Tion patterns of mirror printed Bow-tie

表 1 镜像 Bow-ti 天线尺寸(基板相对介电常数为 2.65)

Tab.1 Size of Mirror printed Bow-ti (substrate of relative dielectric permittivity 2.65)

名 称	L1	L2	L3	L4	L5	W1	W2	W3	h
尺寸/mm	3.2	11.9	4.6	5.8	11.7	0.9	1.2	1.3	1

3 镜像 Bow-ti 天线的时域和频域特性分析

为了探讨该天线能否满足 DS-UWB 等超宽带通信的要求,下面计算分析时域信号通过该天线后的辐射波形变化。图 8 是计算输入时域信号,该信号的频谱宽度为(3~10 GHz),图 9 是对应图 8 输入时域信号的计算辐射远场时域信号,辐射远场时域信号有一些变化,这主要是该信号的频谱太宽(3~10 GHz)。

在 3.1 GHz 到 10.6 GHz 频段的 UWB 通信中,通常将频段划分成 3.1 GHz 到 4.85 GHz 和 4.85 GHz 到 10.6 GHz 上下两个频段。图 10 是计算输入时域信号(3.1~4.85 GHz),图 11 是对应图 10 的计算辐射远场时域信号(3.1~4.85 GHz)。对于 4.85 GHz 到 10.6 GHz 频段的时域信号输入和辐射远场情况类似。从图中可以看到辐射时域信号与输入时域信号波形几乎没有变化,说明该天线能够满足超宽带通信的要求。

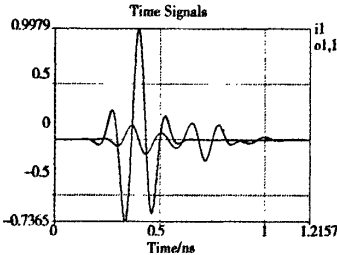


图 8 计算输入时域信号(3~10 GHz)
Fig.8 The input UWB signal(3~10 GHz)

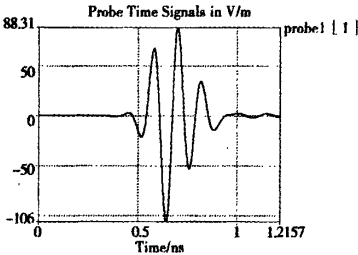


图 9 计算辐射远场时域信号(3~10 GHz)
Fig.9 The far field UWB signal (3~10 GHz)

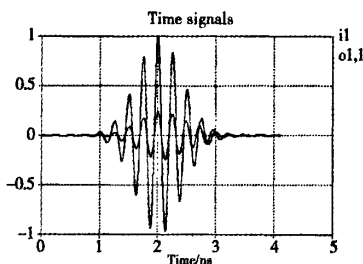


图10 计算输入时域信号(3.1~4.85 GHz)

Fig.10 The input UWB signal(3.1~4.85 GHz)

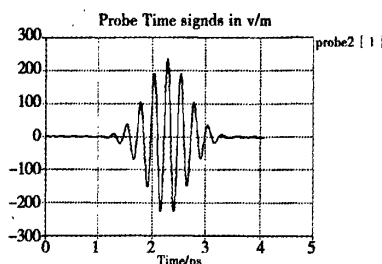


图11 计算辐射远场时域信号(3.1~4.85 GHz)

Fig.11 The far field UWB signal (3.1 ~4.85 GHz)

参考文献

- [1] 阮成礼. 超宽带天线理论与技术[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2006.
RUAN Cheng-li. Theory and Technology of UWB Antennas[M]. Harbin: Harbin Industry University Press, 2006. (in Chinese)
- [2] Carrel, R. L. The Characteristic Impedance of Two Infinite Cones of Arbitrary Cross Section[J]. IRE Trans. Antennas Propagation, 1958, AP-6:197~201.
- [3] Blume, S., B. Grafmuller. Biconical Antennas and Conical Horns with Elliptic Cross Section[J]. IEEE Trans, 1988, AP-36(8):1066~1070.
- [4] Shen H., et al. V-conical antenna[J]. IEEE Trans. 1988, AP-36(11):1519~1525.
- [5] YUAN Nai-chang, RUAN Cheng-li. Biconical and V-conical Antennas with Elliptic Cross Sections[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 1993, 22(2), :148~154.
- [6] DU Zheng-wei, RUAN Cheng-li. Non-coplanar V-shaped Antenna[J]. Inter. J. of Infrared and Millimeter Waves, 1997, 18(4):117~122.
- [7] Kim, Y., D. H. Kwon. CPW-fed Right-Angled Dual Tapered Notch Antenna for Ultra-Wideband Communication[J]. Electronics Letters, 2005, 41(12).
- [8] Huang C. Y., W. C. Hsia, Planar Elliptical Antenna for Ultra-Wideband Communications[J]. Electronics Letters 17th March, 2005, 41(6).
- [9] Yoon, I. J., H. Kim, H. K. Yoon. Ultra-wideband Tapered Slot Antenna with Band Cutoff Characteristic[J]. Electronics Letters, 2005, 41(11).
- [10] YING Chen, ZHANG Y. P. A Planar Antenna in LTCC for Single-Package Ultrawide-Band Radio[J]. IEEE Transactions on Antennas And Propagation, 2005, 53(9).
- [11] Nader Behdad. A Compact Antenna for Ultrawide-Band Applications[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2005, 53(7).
- [12] Kim, K. H., Y. J. Cho. Band-notched UWB Planar Monopole Antenna with Two Parasitic Patches[J]. Electronics Letters, 2005, 41(14).
- [13] Lin C. C. A Planar Triangular Monopole Antenna for UWB Communication[J]. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 2005, 15(10).
- [14] Chen Zhi-ning. Small Planar UWB Antennas in Proximity of the Human Head[J]. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2006, 54(4).
- [15] Brzezina Grzegorz. Planar Antennas in LTCC Technology with Transceiver Integration Capability for Ultra-Wideband Applications[J]. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2006, 54(6).

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>