

展宽贴片天线频带的 L 型馈电方法的设计与分析

罗志升,王黎,高晓蓉,王泽勇,赵全轲

(西南交通大学理学院 四川成都 610031)

摘要:微带天线其本身具有的固有带宽十分狭窄,很难应用于更多更广的领域中,所以对微带天线带宽展宽的研究具有十分重要的意义。采用 Ansoft 公司的 HFSS 仿真软件仿真分析了 L 型探针馈电方法的微带贴片天线,并且设计了一个中心频率为 1 000 MHz 的 L 形探针馈电方法的微带贴片天线,其绝对带宽为 320 MHz,达到了中心频率的 32%,辐射增益大约为 9 dB。其具有尺寸小,结构简单,超宽带的特征。

关键词:带宽;中心频率;L 型探针馈电;微带贴片天线

中图分类号:TN82

文献标识码:B

文章编号:1004-373X(2009)01-070-04

Design and Analysis of Bandwidth - enhancement Technique of L - probe - fed Patch Antenna

LUO Zhisheng, WANG Li, GAO Xiaorong, WANG Zeyong, ZHAO Quanke

(College of Sciences, Southwest Jiaotong University, Chengdu, 610031, China)

Abstract: Microstrip antennas have inherent extremely narrow band-width, it is very difficult to be applied in more domains. Thus the wide band-width research of microstrip antennas is of great significance to the application. In this paper, by using Ansoft Company's simulation software HFSS, the simulation and analysis of L-probe-fed microstrip patch antenna are shown, and a 1 000 MHz center frequency L-probe-fed microstrip patch antenna is designed. Its absolute bandwidth is 320 MHz, reaching 32% bandwidth of that at the center frequency. The radiation gain is about 9 dB, it is characterized by its small size, simplified structure and ultra-wide band.

Keywords: band width; center frequency; L - probe - fed; microstrip patch antenna

0 引言

最近几十年微带天线的发展非常迅速,但微带天线其本身具有的固有带宽十分狭窄,很难应用于更多更广的领域中,所以对微带天线带宽展宽的研究具有十分重要的意义。近来超宽带天线成了一个热门的话题,但是展宽贴片天线频带十分困难^[1]。在对天线进行设计时,既要实现天线的宽带化,又要限制天线的尺寸大小,而且还要满足天线的驻波、增益等指标,类似这样的天线设计问题是十分困难的。如何协调好上述关系以获得最佳天线结构,则成为宽带天线设计的核心问题^[2,3]。该文讨论用 L 型探针方法来展宽贴片天线带宽的方法,仿真设计出了一个中心频率为 1 000 MHz 带宽为 32% 的 L 型探针馈电的贴片天线。

1 中心频率 1 000 MHz 的 L 型探针馈电天线的设计及仿真

1.1 模型确定

设计指标为中心频率为 1 000 MHz,带宽为 30% 以上。当频率等于 1 000 MHz 时,波长(单位:m)如下

式所示:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{1 000 \times 10^6} = 0.3 \quad (1)$$

$\epsilon_r = 1$ (即为空气或者泡沫基片),天线模型尺寸初步设计如下: $L = 16.5$ cm, $W = 14.5$ cm, $L_p = 5.54$ cm, $D = 1.06$ cm, 基片厚度 2.58 cm, 探针直径 0.53 cm, 如图 1 所示。通过 HFSS 软件对其进行仿真设计,设计的仿真模型、俯视图、侧视图如图 2~图 4 所示。

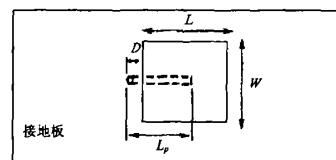


图 1 天线的尺寸标示

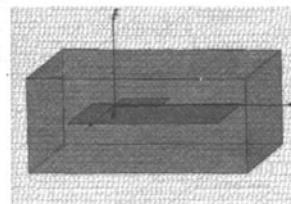


图 2 天线的仿真模型

在图1中, L 表示为贴片的长度, W 为贴片的宽度, L_p 为探针的左端到右端的距离, D 为探针左端到贴片的距离, 模型基片厚度固定为 2.58 cm。

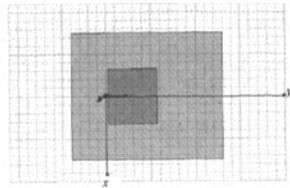


图3 天线仿真模型俯视图

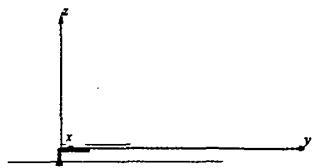


图4 天线仿真模型侧视图

1.2 仿真调试

对上述仿真模型进行仿真, 得到的仿真结果如图5所示。

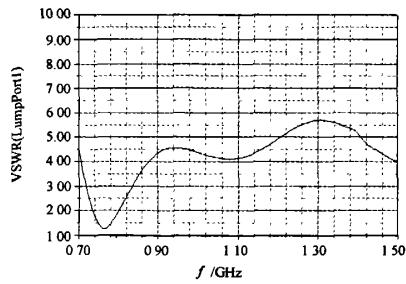


图5 驻波比曲线图(一)

图5为在模型尺寸: $L = 16.5 \text{ cm}$, $W = 14.5 \text{ cm}$, $L_p = 5.54 \text{ cm}$, $D = 1.06 \text{ cm}$, $t = 2.58 \text{ cm}$ 下得到的驻波比曲线图, 此时的带宽只有 7.5% 左右, 且中心频点离 1000 MHz 漂移也有点大, 结果与设计指标相差甚多。为了得到设计指标结果, 调整参数, 首先调整贴片的大小来增加贴片天线的带宽, 然后再调整贴片与探针的相对位置来满足频点指标, 于是将贴片尺寸进行缩小, 尺寸如下: 长 L 为 16.5 cm, 宽 W 为 12.5 cm, 其余参数均不改变, 对其再进行仿真分析, 得到的驻波比图如图6所示。

可见, 此时尺寸为 $L = 16.5 \text{ cm}$, $W = 12.5 \text{ cm}$, $L_p = 5.54 \text{ cm}$, $D = 1.06 \text{ cm}$, $t = 2.58 \text{ cm}$ 时带宽增加为 14.4%, 中心频点为 860 MHz, 明显比一开始设计参数的贴片有了改进, 但是离设计指标还是相差很多, 对其贴片尺寸再进行调节: 长为 16.5 cm, 宽为 11.5 cm, 进行仿真分析, 得到的驻波比曲线图如图7所示。

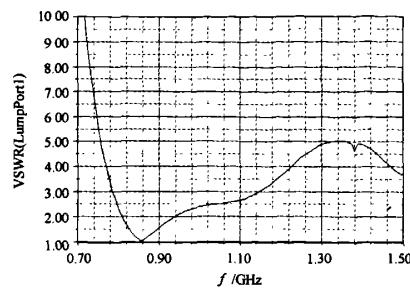


图6 驻波比曲线图(二)

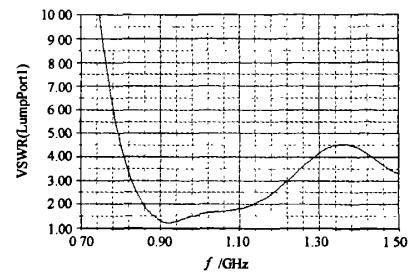


图7 驻波比曲线图(三)

由图7可见, 带宽有了很大的增加, 此时模型尺寸为: $L = 16.5 \text{ cm}$, $W = 11.5 \text{ cm}$, $L_p = 5.54 \text{ cm}$, $D = 1.06 \text{ cm}$, $t = 2.58 \text{ cm}$ 。带宽为 25%, 且中心频点也在 1000 MHz 附近, 由于带宽还是未达到 30% 以上, 所以对其再进行改进, 贴片尺寸改为: 长为 15 cm, 宽为 11 cm, 得出驻波比曲线图如图8所示。

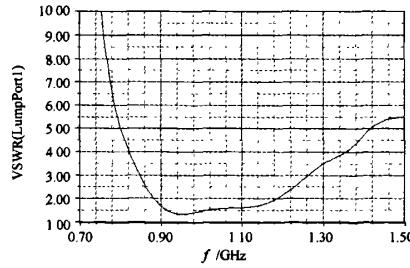


图8 驻波比曲线图(四)

由图8可知, 在 $L = 15 \text{ cm}$, $W = 11 \text{ cm}$, $L_p = 5.54 \text{ cm}$, $D = 1.06 \text{ cm}$, $t = 2.58 \text{ cm}$ 的尺寸下, 带宽已经有了很大的改进, 此时的带宽为 30% 左右, 且中心频点在 1000 MHz 附近, 为了进一步达到目标, 依照以前的思路, 对贴片的尺寸进一步调整: 长为 15 cm, 宽为 10.5 cm, 于是可以得到驻波比曲线图如图9所示。

此时可以看出, 在模型尺寸为: $L = 15 \text{ cm}$, $W = 10.5 \text{ cm}$, $L_p = 5.54 \text{ cm}$, $D = 1.06 \text{ cm}$, $t = 2.58 \text{ cm}$ 时, 驻波比在 2 以下的频率范围为 0.91~1.23 GHz, 其绝对带宽为 0.32 GHz, 相对带宽已经达到 32%, 而且中心频点为 1000 MHz, 已经达到最初给出的设计指标,

为了进一步得到更好的结果,于是对其尺寸再进行改变,且对其探针长度、探针的设计及其基片厚度进行改变,发现再改变反而驻波比明显下降,且其余结果也会变得不理想,所以这就是得到的最佳结果,且此时的贴片的长度也满足由下式:

$$l \triangleq \frac{\lambda_0}{2} = \frac{\lambda_0}{2\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{0.3}{2\sqrt{1}} = 0.15 \quad (2)$$

计算得到的谐振长度^[4]。

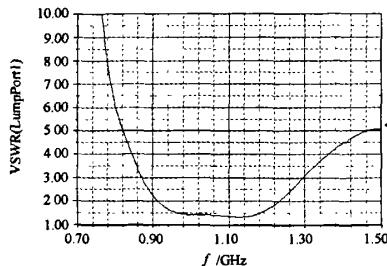


图 9 驻波比曲线图(五)

1.3 最终结果表示

通过以上的仿真调试可以看出图 9 正是要得到的驻波比曲线图。表 1 给出了得到图 9 的设计的尺寸;表 2 列出了从图 9 中得出的天线的中心频率、绝对带宽、相对带宽及增益的值。

表 1 天线设计尺寸

天线的设计尺寸	尺寸大小 / cm
贴片长度 L	15
贴片宽度 W	10.5
探针长度 L_p	5.54
基片厚度 t	2.58
探针直径 D	0.53
接地板尺寸	30×34

表 2 天线的参数值

天线参数	参数值
中心频率	1 000 MHz
绝对带宽	320 MHz
带宽(相对带宽)	32%
增益	9 dB

通过 HFSS 软件也可以得到在表 1 尺寸下的 S_{11} 参数图、 $\varphi=0^\circ$ 辐射方向图、 $\varphi=90^\circ$ 辐射方向图及天线增益 3D 模型图,分别如图 10~图 13 所示。

其余参数图从图 10 可以看出, S 参数在 -10 dB 以下的是从 $0.92 \sim 1.23$ GHz, 可知其绝对带宽为 0.31 GHz, 其相对带宽为 30% 以上, 基本和由驻波比得到的带宽符合。

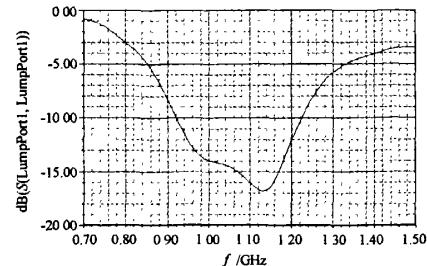


图 10 S_{11} 参数图

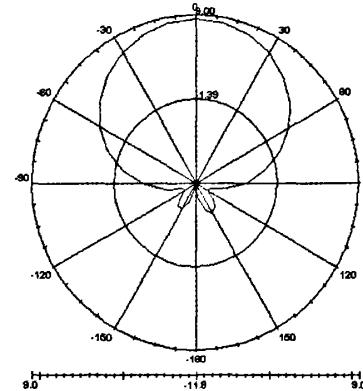


图 11 $\varphi=0^\circ$ 辐射方向图

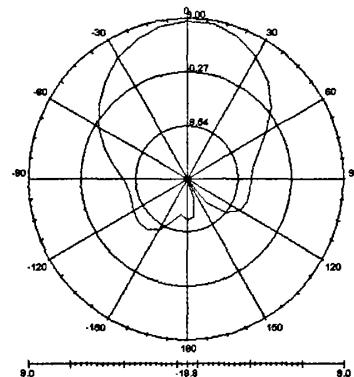


图 12 $\varphi=90^\circ$ 辐射方向图

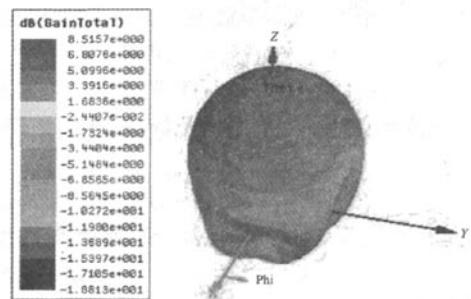


图 13 天线增益 3D 模型图

由图 10~图 13 可知, 最终得到的 L 型探针馈电方

式贴片天线其带宽为32%，增益大约在9 dB的水平。影响贴片天线的带宽和中心频率的因素有：贴片的尺寸大小，基片的厚度，贴片与L型探针的相对位置，L探针的长度，馈电点位置也有影响^[5,6]，具体来说，贴片的长度L由式(2)可以计算得出，对其长度L及其宽度W进行调节及基片厚度的改变会改变贴片天线的带宽及其中心频点，L探针长度的改变及馈电点的位置也会影响带宽但对中心频点的影响很小，这就会有一个最佳尺寸^[7,8]，且从以上可以看出最初的设计尺寸未能达到指标要求。为了达到设计目标，对贴片尺寸进行了重点调节，其余的影响参数只是对其进行了一点修改，而且达到设计要求后，对其他影响参数也进行了微调，由此得出了上文中的规律和结论。

2 结语

介绍了L型探针馈电方式的展宽频带方法。以前，人们在微带贴片天线的频带展宽方面常采用多层结构，虽展宽了频带但使天线的结构复杂化，有悖于宽带的微带贴片天线逐渐向小型化、结构简单的发展方向^[9,10]。探讨了贴片天线中的设计尺寸参数的变化对仿真结果的影响，主要通过对贴片尺寸的调节、基片厚度的调整；L探针长度的调节，可以对贴片天线仿真模型的中心频率和驻波比进行调节，最终仿真设计出了带宽>30%的超宽带微带贴片天线，具有尺寸小、结构简

单、超宽带的特征。

参考文献

- [1] 范伟.超宽带(UWB)通信技术[J].微机算机信息,2005,21(2):154-155.
- [2] 范琪凯.超宽带天线的研究和仿真[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2006.
- [3] Huynh T, Lee K F. Single-layer Single-Patch Wideband Microstrip Antenna[J]. Electron. Lett., 1995, 31(16): 1310-1312.
- [4] Aaron K Shackelford, Kai-Fong Lee, Luk K M. Design of Small-size Wide-Bandwidth Microstrip-Patch Antennas [J]. Antennas and Propagation, 2003, 45(1): 75-83.
- [5] 钟顺时.微带天线理论与应用[M].西安:西安电子科技大学出版社,1991.
- [6] 王扬智,张麟兮,韦高.基于HFSS新型宽频带微带天线仿真设计[J].系统仿真学报,2007,19(11):2603-2606.
- [7] 冯钩.宽带微带天线理论与设计方法[J].视听界(广播影视技术),2006(6):92-94.
- [8] 高向军,朱莉,赵海洲.一种宽带微带贴片天线的新设计[J].空军工程大学学报:自然科学版,2007,8(4):39-41,61.
- [9] 钟顺时,罗远祉.微带天线理论和技术的发展[J].电子与信息学报,1989,11(3):290-298.
- [10] 车仁信,程鑫,张坤武.宽带微带天线设计方法研究[J].大连铁道学院学报,2005,26(1):76-79.

(上接第69页)

精度高频数控函数信号发生器，该函数发生器具有频带范围宽、精度高、频谱纯度好、频率输出稳定等优点。经测试频率范围可以达到50 MHz，频率分辨率为0.001 Hz，并可以产生正弦波、FSK与BPSK波形。可应用于日常教学与科研工作中，在晶体滤波器测试、复杂通信系统测试、音频系统测试、高性能视频测试等领域有广泛的应用前景。

参 考 文 献

- [1] Tierney J, Rader C M, Gold B. A Digital Frequency Synthesizer[J]. IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics, 1971, AU-19: 48-57.
- [2] 杨德,鲍景富.现代频率合成技术的研究进展[J].电讯技术,2007,47(2):1-5.

- [3] 许慧波,张厥胜.DDS——直接数字式频率合成器综述[M].西安:西安电子科技大学出版社,1989.
- [4] 丁玉美.数字信号处理[M].2版.西安:西安电子科技大学出版社,2001.
- [5] 张玉兴,彭清泉.DDS的背景杂散信号分析[J].电子科技大学学报,1997,26(4):362-365.
- [6] 马丽.DDS芯片AD9852及其应用[J].国外电子测量技术,2003,22(5):6-8.
- [7] Analog Devices Inc. AD9852 Datasheet[Z]. 2002.
- [8] 杨陈庆,杨玉梅.使用AD9852实现的10~12.2 MHz跳频源[J].国外电子元器件,2005(2):25-28.
- [9] 毛敏,郑珍,周渭.基于DDS的低通滤波器的设计与实现[J].电子技术,2006(3):17-20.
- [10] 马忠梅,刘滨,戚军,等.单片机C语言Windows环境编程宝典[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003.

作者简介 殷雷 男,1982年出生,山东淄博人,硕士研究生。研究方向为智能仪表和嵌入式系统。

金海军 男,1979年出生,湖南邵东人,硕士研究生。研究方向为无线传感器网络技术。

李映雪 男,1982年出生,江西高安人,硕士研究生。研究方向为嵌入式系统应用。

余水宝 男,1954年出生,浙江金华人,教授。研究方向为信号检测与智能仪表嵌入式系统。

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>