

## 基于 HFSS 的双层宽带微带贴片天线的研究

武永刚, 邢光龙\*, 楚玉焕

(燕山大学信息科学与工程学院, 河北秦皇岛 066004)

**摘要:** 采用 HFSS10 电磁场仿真软件设计和仿真了一种新型宽频带双层微带贴片天线, 本文中天线采用聚四氟乙烯和空气两层介质, 通过增加空气介质层的厚度, 同时利用圆形金属电容片补偿馈电探针引起的电感, 对微带天线进行耦合馈电, 仿真结果表明天线的阻抗带宽达到了 23%(VSWR $\leq$ 2), 从而实现了宽频带微带天线的设计。

**关键词:** 宽频带 微带贴片天线 阻抗带宽 HFSS

**中图分类号:** TN821

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-0874(2008)05-0059-03

微带天线又叫共型天线, 是在带有导体接地板的介质基片上贴加导体薄片而形成的天线。它具有剖面薄、体积小、重量轻、便于获得圆极化、容易实现双频段、双极化, 平面结构, 与微波毫米波无源电路、有源电路以及集成电路的兼容性好等优点。但微带天线有其固有缺陷, 即宽带比较窄, 一般微带天线的带宽只有 5% 左右<sup>[1]</sup>。因此, 展宽微带天线的带宽具有十分重要的意义。目前, 随着微带天线的应用越来越广, 对于如何展宽天线的带宽已经出现了很多有效的方法, 其基本方法有以下几种: ①增大微带介质的厚度<sup>[2]</sup>; ②降低微带介质的介电常数<sup>[3,4]</sup>; ③采用有耗介质<sup>[5]</sup>; ④附加阻抗匹配网络<sup>[7]</sup>等。前两种方法制作起来比较简单, 容易加工; 第三种方法以天线增益的降低为代价; 第四种方法需要设计宽带匹配电路, 电路结构复杂, 制作难度大。

本文从加工制作角度出发, 结合前两种方法, 研究和介绍了一种新型宽频带单贴片微带天线—双层微带贴片天线, 并结合实例说明了此种方法的有效性。介质层由聚四氟乙烯和空气两种介质组成, 并通过同轴线探针馈电。经过对微带天线进行仿真与计算, 得出双层微带贴片天线的阻抗带宽达到了 23%(VSWR $\leq$ 2), 满足了现代通信系统中对天线带宽的要求。

### 1 微带贴片天线的模型结构

微带贴片天线的结构如图 1 所示, 最上层的贴片长和宽均为  $W$ , 最下层的为接地板, 而在贴片与接地板之间的介质由两部分组成, 上面的是聚四氟乙烯介质层其厚度为  $h_2$ , 下面的是空气介质层其厚度为  $h_1$ , 并且  $h_1$  远大于  $h_2$ 。由于空气介质的介电常数比较低, 所以两种介质结合后的相对等效介电常数也比较低。与传统轴线背部直接馈电有所不同, 本天线在同轴探针顶部附加了一个小的圆形金属贴片对微带天线进行耦合馈电。馈电探针的高度与空气介质层的厚度相同, 电容片的直径为  $D$ , 圆形金属贴片沿最上层的正方形贴片的对角线放置, 馈电位置、介质层厚度、各介质层相对介电常数如图 1 所示。

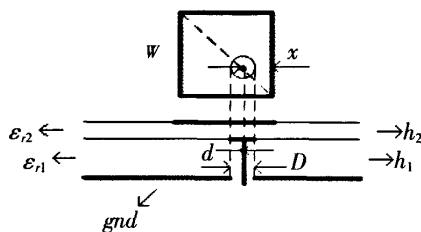


图 1 双层宽带微带天线结构图

### 2 微带贴片天线的理论分析

通常情况下, 对于同轴探针馈电的微带贴片天线, 介质厚度的增加, 探针引起的电感也相应增大,

收稿日期: 2008-04-25

作者简介: 武永刚(1982-), 男, 山西左云县人, 在读硕士, 研究方向: 计算电磁学与天线理论。\* 邢光龙, 博士, 副教授, 通讯作者。

应对探针引起的电感进行补偿。微带天线的输入阻抗和馈电探针的电感可以表示为<sup>[2]</sup>

$$Z_{in} = Z_R + jX_L \quad (1)$$

$$X_L = \frac{\eta}{\pi} \tan(0.5k_1 h_1) \ln(2.25/k_1 d) \quad (2)$$

式(1)中的  $Z_R$  为馈电点的输入阻抗, 式(2)中的  $\eta$  和  $k_1$  分别是特性阻抗和介质中的波数, 下层介质是空气, 则  $k_1 \approx k_0$ 。

$$\eta = 120\pi \sqrt{\frac{\mu_{r1}}{\epsilon_{r1}}}, \quad k_1 = 2\pi f_r \frac{\sqrt{\epsilon_{r1}}}{c} \quad (3)$$

式(3)中的  $f_r$  是谐振频率,  $c$  为真空中的光速,  $\mu_{r1}$  为空气介质层的磁导率。

$$f_r = \frac{C}{2(W+2\Delta l)\sqrt{\epsilon_e}} \quad (4)$$

为了补偿电感, 在探针顶部串联一个电容, 并使其满足谐振条件:

$$2\pi f_r C X_L = 1 \quad (5)$$

式(5)中  $C$  为金属贴片的电容

$$C = \epsilon_0 \epsilon_{r2} [\pi D^2 / (4h_2) + 2D \ln(0.38D/h_2)] \quad (6)$$

微带贴片的长和宽由下两式确定<sup>[2]</sup>。

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta l \quad (7)$$

$$W = \frac{c}{2f_r} \left( \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2} \quad (8)$$

式(7)中的  $\Delta l$ ,  $\epsilon_e$  及式(8)中的  $\epsilon_r$  分别为贴片的延伸量、介质的相对有效介电常数和介质的相对等效介电常数。

$$\Delta l = 0.412h \left[ \frac{\epsilon_r + 0.3}{\epsilon_e - 0.258} \right] \times \left[ \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right) / \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right) \right] \quad (9)$$

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} (1 + 12.0h/W)^{-1/2} \quad (10)$$

$$\epsilon_r = \frac{h_1 + h_2}{h_1/\epsilon_1 + h_2/\epsilon_2} \quad (11)$$

$$h = h_1 + h_2 \quad (12)$$

### 3 微带贴片天线的设计实例

#### 3.1 天线参数的估算

按照图1及本文中的相关公式设计了一个中心频率在 2.4 GHz 附近的贴片天线, 此频率是现代无线通信常用的频率。经过计算和实际考虑得出贴片的长和宽 60 mm, 聚四氟乙烯介质层的厚度 2 mm,

空气介质层的厚度 8 mm, 而介质层的长 40 mm, 宽 30 mm, 考虑到在通信应用中接地平面是一个关键的因素, 所以在选取接地板的尺寸时尽量取的稍大些<sup>[3]</sup>, 这里取长和宽分别为 140 mm 和 210 mm, 同轴线的内径取 2 mm, 电容片的直径取 8 mm。

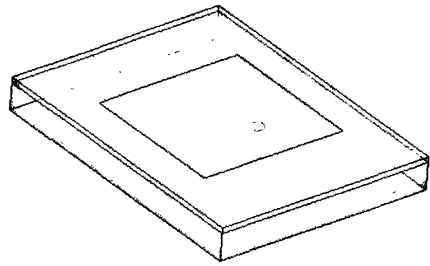


图2 HFSS 中天线模型图

#### 3.2 天线参数的优化及后处理

采用 HFSS 中的优化功能模块对先前所设计的天线尺寸进行优化。根据确定的贴片尺寸, 这里我们对圆形金属贴片的直径和馈电探针的高度及馈电点的位置进行了优化, 最后得到金属贴片的直径和馈电探针的高度分别为 6.495mm 和 8.293mm; 馈电点的位置  $\times 13.542\text{mm}$ 。通过对天线进行仿真, 得出天线输入端口的  $S$  参数图、VSWR 系数图、远场的  $E$  面和  $H$  面增益, 分别如图3、图4、图5所示。

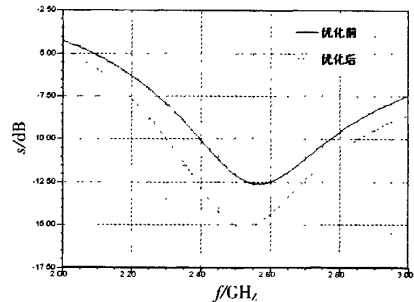


图3 S参数

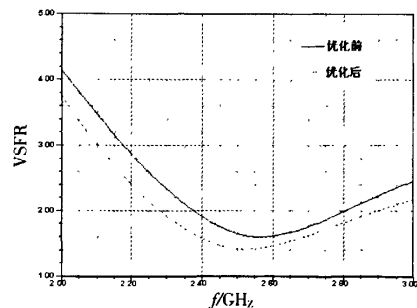


图4 驻波比(VSWR)

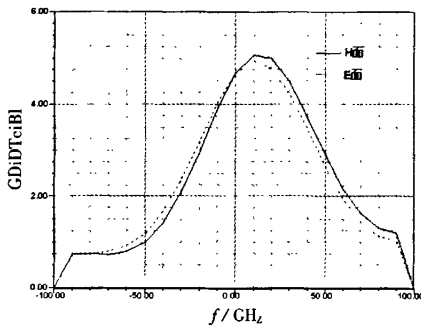


图5 优化后的天线远场增益

### 3.3 天线仿真结果分析

由图3可以看出贴片天线的谐振点在2.5GHz,与所设计的2.4GHz谐振点有0.1GHz的误差,产生这样的误差主要还是由天线的阻抗与同轴线探针的特性阻抗的不完全匹配造成的,所以,可以通过构造

匹配电路使得天线的阻抗与探针的特性达到一个良好的匹配,通常我们可以使用Agilent公司的微波电路仿真软件高级设计系统ADS对其进行匹配电路设计,从而使得谐振频率控制在2.4GHz.由图4可以看到当 $VSWR \leq 2$ 时,天线的带宽范围是2.3GHz~2.9GHz.相对带宽超达到了23%,相比普通贴片天线的带宽范围提高了不少.

综上所述,针对微带贴片天线频带较窄的特点,本文介绍了一种新型的宽频带微带贴片天线的设计方法,贴片天线的设计,并通过对设计的贴片天线参数进行了优化,得出了最优的天线的参数.天线的阻抗带宽达到了23%,达到了增大带宽的目的.由于该天线结构简单、影响天线性能的参数较少、容易调试、更便于加工制作.希望此天线结构能够给相关的工程人员带来一定的参考价值.

### 参考文献

- [1]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.
- [2]J.J.鲍尔.微带天线[M].北京:电子工业出版社,1985.
- [3]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.
- [4]张钧,张克诚,张贤铎,等.微带天线理论与工程[M].北京:国防工业出版社,1988.
- [5]Hugo F. Pues. A impedance matching technique for increasing the bandwidth of microstrip antennas [J]. *IEEE Trans on Antennas and propagat.*, 1989,48(5):73-76.
- [6]Jkmo Park. An aperture-couple small microstrip antenna with enhanced bandwidth[J]. *Antennas and Propagation Society International Symposium*, 1999,49(7):777-783.
- [7]Yang F, Zhang X-X, Ye X, et al. Wide-Band E-shaped Patch Antennas for Wireless Communications[J]. *IEEE Trans Antennas Propagat.*, 2001, 49(7): 1094-1100.

## Designing Double-deck Broadband Microstrip Patch Antenna by Using HFSS

WU Yong-gang, XING Guang-long\*, CHU Yu-huan

(School of Information Science & Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao Hebei, 066004)

**Abstract:** A novel double deck broadband microstrip patch antenna was designed and simulated by HFSS software in the study. The antenna adopts two substrates with Teflon and air. The thickness of air substrate is increased and a lumped series capacitance is add to the antenna structure to compensate for the inductive reactance introduced by the long coaxial probe. The simulated results show that the impedance bandwidth of the antenna reaches 23% ( $VSWR \leq 2$ ), so the goal is realized.

**Key words:** broadband; microstrip patch antenna; impedance bandwidth; HFSS

## HFSS 视频培训课程推荐

HFSS 软件是当前最流行的微波无源器件和天线设计软件, 易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))是国内最专业的微波、射频和天线设计培训机构。

为帮助工程师能够更好、更快地学习掌握 HFSS 的设计应用, 易迪拓培训特邀李明洋老师主讲了多套 HFSS 视频培训课程。李明洋老师具有丰富的工程设计经验, 曾编著出版了《HFSS 电磁仿真设计应用详解》、《HFSS 天线设计》等多本 HFSS 专业图书。视频课程, 专家讲解, 直观易学, 是您学习 HFSS 的最佳选择。



### HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程, 是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装, 可以帮助您从零开始, 全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装, 更可超值赠送 3 个月免费学习答疑, 随时解答您学习过程中遇到的棘手问题, 让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

### 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, 可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线, 让天线设计不再难...

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



### 更多 HFSS 视频培训课程:

- **两周学会 HFSS —— 中文视频培训课程**

课程从零讲起, 通过两周的课程学习, 可以帮助您快速入门、自学掌握 HFSS, 是 HFSS 初学者的最好课程, 网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/1.html>

- **HFSS 微波器件仿真设计实例 —— 中文视频教程**

HFSS 进阶培训课程, 通过十个 HFSS 仿真设计实例, 带您更深入学习 HFSS 的实际应用, 掌握 HFSS 高级设置和应用技巧, 网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/3.html>

- **HFSS 天线设计入门 —— 中文视频教程**

HFSS 是天线设计的王者, 该教程全面解析了天线的基础知识、HFSS 天线设计流程和详细操作设置, 让 HFSS 天线设计不再难, 网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/4.html>

- **更多 HFSS 培训课程**, 敬请浏览: <http://www.edatop.com/peixun/hfss>

## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://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](http://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相关培训课程和 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讲授,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>