

一种新型的小型化微带天线的分析与设计

刘 丹 史小卫 尹应增

(西安电子科技大学, 西安 710071)

【摘要】 对一种新型的小型化微带天线采用基于时域有限差分法的软件作了理论分析, 并对实物进行了实验测量。此天线具有明显的尺寸缩减性和良好的电特性, 在无线通信、卫星通信和移动通信应用中极有潜力。

关键词: 微带天线 短路针 尺寸缩减性

Analysis and Design of A Novel Small Microstrip Antenna

Liu Dan Shi Xiaowei Yin Yingzeng

(Xidian University, Xi'an 710071)

Abstract: A novel small microstrip patch antenna is proposed for its size reduction. Theoretical analysis of this antenna is made by using the software based on the finite difference time domain method, and an actual object is made for experimental measurement. The antennas exhibit good performances and size reduction and possess great potential for wireless, satellite and mobile communication applications.

Keywords: microstrip antenna shorting post size reduction

1 引言

微带天线作为一维小型化天线, 以其低轮廓、可共形、易集成等颇具特色的优点近年来在天线开发应用中独占鳌头。虽然传统的微带天线有着综上所述的所有优点, 但在实际应用中, 特别是工作频率小于 2GHz 时, 天线的尺寸仍显得过大, 不满足某些通信系统对天线体积的要求。一种常用方法是采用高介电常数的介质基片, 可以减小微带天线尺寸¹, 但这种天线的阻抗带宽过窄, 由于表面波效应的影响, 辐射效率较低, 而且高介电常数的介质材料的成本也较高。一些文献^{2~3}提出: 插入短路针可以进一步减小微带天线的尺寸, 并且通过插入多个短路针和合理的排列可以增大微带天线的阻抗带宽, 提高辐射效率。

本文分析了一种新型的插入短路针的圆形微带天线, 仿真结果和实验结果都表明, 其圆形贴片的半径与相同工作频率的传统微带天线相比可减小将近 4 倍, 这一特性对于小型通信系统具有重要意义。文章研究了此天线的驻波比特性和辐射特性。给出了基于时域有限差分法 (FDTD) 的软件理论分析结果和部分实测结果。此天线在无线通信、卫星通信和移动通信的应

• 本文于 2003 年 1 月 3 日收到

用中很有前途。

2 设计过程

本文以插入一个短路针,采用 50Ω 同轴探针馈电的圆形微带天线为例。天线模型如图 1 所示。整个天线的设计过程中,自由变量包括:圆形导体贴片的半径 R 、短路针的位置 (x_s, y_s) 、探针的位置 (x_p, y_p) 、短路针和探针间的距离 δ 、短路针的半径 r_s 、探针的半径 r_p 以及介质基片的介电常数 ϵ_r 和厚度 d 。为了增加阻抗带宽,我们将采用厚的、低介电常数的介质基片。圆形贴片的半径 R 近似等于 $\lambda_g/16$ (λ_g 是波导波长)。短路针放置在距离贴片圆心 $(80\% \sim 90\%) \times R$ 处。短路针越靠近圆形贴片的边缘,贴片的尺寸越小。探针的位置应靠近短路针,通过调节以实现 50Ω 的输入阻抗。短路针的半径 r_s 近似等于 $0.04\lambda_0$ (λ_0 是工作波长),探针的半径 $r_p \approx r_s/2$ 。同时,采用大的金属地板可以减小边缘绕射³。此微带天线的辐射特性和阻抗特性在文献⁴中利用简单的电路原理给出了合理的解释。

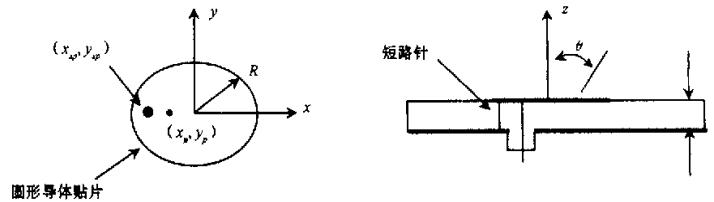


图 1 插入一个短路针的圆形微带天线

3 结果分析

利用前面所述的近似关系式,我们设计出工作频率 895MHz 的插有短路针的圆形微带天线。采用空气介质($\epsilon_r \approx 1$)。天线参数: $R = 26\text{mm}$, $x_s = 19.5\text{mm}$, $y_s = 0$, $x_p = 23.5\text{mm}$, $y_p = 0$, $r_s = 0.5\text{mm}$, $r_p = 1.3\text{mm}$, $d = 10.9\text{mm}$, 金属地板 $70\text{cm} \times 70\text{cm}$, 用 50Ω 同轴探针馈电。

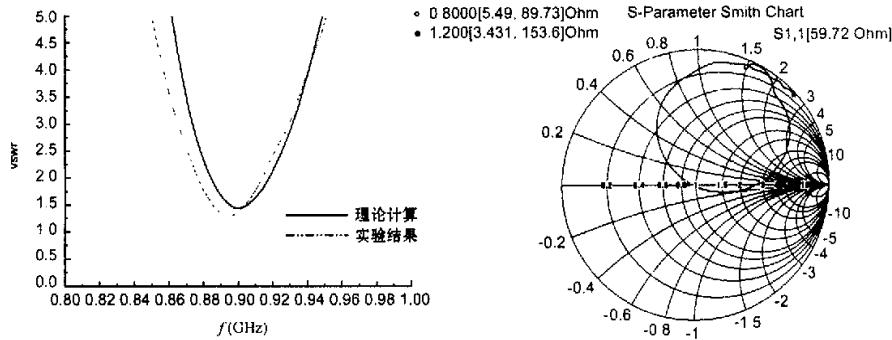


图 2 计算和实测的电压驻波比曲线

图 3 Smith 阻抗圆图

对此天线用基于时域有限差分法(FDTD)的软件进行分析,并做出实物进行了实验测量。

图 2 所示为计算所得驻波比(vswr)曲线,并与实际测量的 vswr 结果进行了对照。图 3 所示为计算的 Smith 阻抗圆图,图 4 为计算和实测的远场方向图。

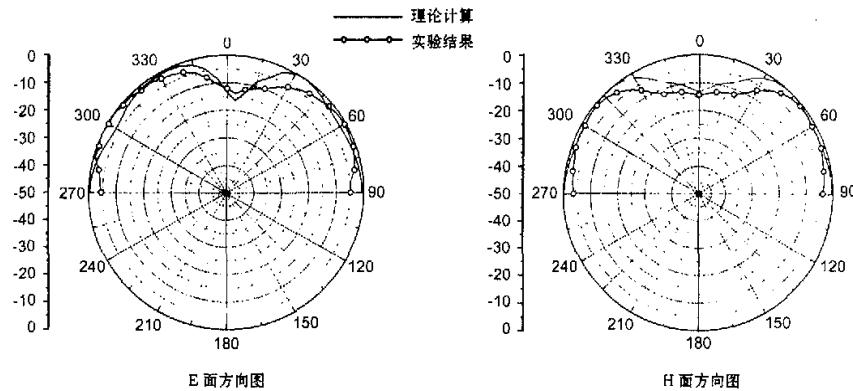


图 4 计算和实测的远场方向图

由于介质材料及加工精度等各种因素,测量的与分析的频率都稍微有些偏移,但在允许范围内。该天线具有良好的电特性。传统圆形微带天线在 895MHz 时,利用文献⁵中的计算公式得到导体贴片半径是 $R = 97.8\text{mm}$,而插入短路针的圆形微带天线的导体贴片半径是 $R = 26\text{mm}$ 。可见这种技术可以很大程度的缩减天线的尺寸。

在整个天线的设计过程中有着很多的自由变量。通过表 1 可以看出这些变量的变化对微带天线的谐振频率和输入阻抗的影响³。

在图 1 所示微带天线的设计中,短路针与探针之间的距离 δ 约为 2mm,对天线的加工造成一定的困难。尽管适当的调整天线尺寸(见表 1)可以改善这种情况,但此时的天线性能往往不尽人意。我们从表

1 发现:增加短路针的半径 r_p 可以增大 δ 。那么,这是否可以理解为:增加短路针在微带天线中的作用,即增加短路针的个数可以增加 δ 。图 5 分别是插入 1、2 和 3 个短路针的圆形微带天线。正像我们看到的那样,图 5 中所示的微带天线在设计过程中有着更多的自由变量,特别是短路针在微带天线中的排列,可以用短路针与 x 轴组成的锐角 φ 的值来描述。

利用仿真软件对以上形式的圆形微带天线进行仿真计算。天线的工作频率 $f_0 = 915\text{MHz}$,安装在 $d = 10\text{mm}$ 厚的同样的泡沫介质上($\epsilon_r = 1.07, \tan\delta = 0.015$),采用 50Ω 同轴探针馈电,金属地板 $60\text{cm} \times 60\text{cm}$,短路针和探针的半径保持不变。

从表 2 概括出的仿真结果可以看出:增加插入微带天线的短针的个数,可以增加短路针与探针之间的距离 δ 和天线的阻抗带宽 BW ,但这是以增加贴片的尺寸为代价的。同时 E 面方向

表 1 变量变化的影响结果

变量	变化	结果
ϵ_r	\downarrow	$\uparrow \delta, \uparrow R, \uparrow BW$
d	\uparrow	$\uparrow \delta, \downarrow R, \uparrow BW$
x_p/R	$\uparrow (\leq 1)$	$\downarrow \delta, \downarrow R$
r_p	$\uparrow (r_p \text{ 保持不变})$	$\uparrow \delta, \uparrow R$
r_p	$\uparrow (r_p \text{ 保持不变})$	$\downarrow \delta, \downarrow R$

图的方向性系数也会随之增加,而H面方向性系数则会随之减小,方向图的形状没有什么大的变化。在插入相同短路针个数时,增加短路针与x轴组成的角度 φ ,也会产生相同的结果。

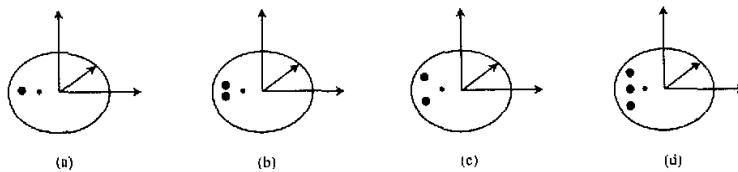


图5 插入多个短路针的微带天线

表2

仿真结果

天线	R	(x_p, y_p)	(x_{sp}, y_{sp})	r_p	r_{sp}	δ	φ	vswr(f_u)	BW	Dir(E)	Dir(H)
(a)	25	(-20, 0)	(-23, 0)	0.656	1.3	1	0°	1.16	2.5%	4.9dBi	4.8dBi
(b)	29	(-20.5, 0)	(-27, 4.6) (-27, -4.6)	0.656	1.3	6	10°	1.34	3.3%	5.1dBi	4.6dBi
(c)	32	(-21.5, 0)	(-28, 10.2) (-28, -10.2)	0.656	1.3	10	20°	1.21	3.7%	5.3dBi	4.4dBi
(d)	34	(-18, 0)	(-29, 0) (-29, -12.5)	0.656	1.3	15	0° 20°	1.20	4.1%	5.4dBi	4.2dBi

4 结论

本文分析了一种新型的圆形微带天线。计算结果和实测结果都表明:这种插入短路针的圆形微带天线具有明显的尺寸缩减性和良好的电特性。并且通过插入多个短路针和合理的排列可以增大微带天线的阻抗带宽,提高辐射效率。这种新型的小型化微带天线,在某些对天线的体积有着严格限制的情况下,有着十分广泛的应用。

参 考 文 献

- 1 T. K. Lo, C.-O. Ho, Y. Hwang, E. K. W. Lan, and B. Lee. Miniature aperture-coupled microstrip antenna of very high permittivity. *Electron. Lett.*, 1997, 33:9-10
- 2 M. Sanad. Effect of the shorting posts on short circuit microstrip antennas. in *Proc. IEEE Antenna Propagation Symp*, Seattle, WA, June 1994, 794-797
- 3 Rod B. Waterhouse, S. D. Targonski, D. M. Kokotoff. Design and Performance of Small Printed Antennas. *IEEE Trans. Antennas Propagation*, 1998, 46(11):1629-1633
- 4 R. B. Waterhouse, S. D. Targonski, and D. M. Kokotoff. Improving the mechanical tolerances and radiation performance of shorted patches. in *Proc. IEEE Antennas Propagation Symp*, Montreal, Canada, 1997, 1852-1855
- 5 [美]J. J. 鲍尔 P. 布哈蒂亚著. 梁联伟、寇延灌译. 微带天线. 电子工业出版社, 1984
- 6 钟顺时编. 微带天线理论与应用. 西安电子科技大学出版社, 1991

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>