

文章编号:1005-6122(2007)05-0023-03

馈电同轴芯径对微带天线性能的影响*

夏继江 曹振新

(宝军无线电厂,扬州 225003)

摘要: 针对同轴线馈电的微带天线,建立了等效电路模型。该等效电路表明,馈入到微带天线内部的导体直径直接影响天线的输入阻抗。为此设计了单频圆极化微带天线,采用电磁计算软件 HFSS 仿真计算了不同馈电芯径对天线参数的影响,验证了该理论。同时设计了双层介质的双频微带圆极化天线,采用同一个馈点馈电,上层微带介质中馈电导体的直径与下层微带介质中馈电导体直径不同。通过 HFSS 软件的优化仿真,得到了对应于两个不同频段的最优上下层馈电导体直径,获得了最佳的驻波。研究表明,对于单频和双频微带天线,通过优化馈入到介质中导体的直径可以改善天线的驻波特性。

关键词: 单频微带天线,双频微带天线,同轴馈电

Effect of the Core Diameter of Feed Coaxial Cable on the Performances of Microstrip Antennas

XIA Ji-jiang, CAO Zheng-xin

(Baojun Radio Factory, Yangzhou 225003, China)

Abstract: The equivalent circuit model is presented for a Microstrip Antenna (MSA) with coaxial cable feed, which shows that the diameter of fed line conductor embedded in the MSA's dielectric material have a direct influence on input impedance. And then a single frequency circular polarized MSA with single coaxial cable feed is designed and simulated with HFSS for different core diameter of feeding cable, and the simulation results show that the performances of MSA can be improved obviously by optimizing the core diameter. Furthermore, a dual frequencies circular polarized MSA with single coaxial cable feed is designed, where the antenna has both upper and lower dielectric and the fed line conductor diameters in both materials are different from each other. By simulation with HFSS, both optimal diameters are obtained and the antenna gets an optimal VSWR at two different bands. The above work proves that antenna VSWR can be get improved by optimizing the feed line conductor diameter embedded in the dielectric material for both signal and dual frequencies MSAs.

Key words: Single frequency MSA, dual frequencies MSA, Coaxial-fed

引言

微带天线具有体积小、重量轻、低剖面、易于集成和制造等优点,在卫星通信、卫星定位系统等多个领域获得了广泛应用^[1,2]。传统的手工计算设计天线采用的是尝试法,设计和研发周期长,费用高。随着计算水平的提高,可以采用成熟的电磁仿真软件设计。如果设计的圆极化微带天线具有较宽的频带或者是双频堆叠结构且采用同轴线馈电,一般天线厚度尺寸较大,因此馈电同轴长度加大,导致感抗加

大,天线的性能随之恶化^[3]。通常,单层厚天线采用 L 形或者 T 形同轴探针馈电;对于双层厚天线,通过在层间增加空气层以改善天线的驻波特性^[4-6]。这两种结构给天线的制造带来了困难,前者需要在介质层内增加金属片实现 T 形或者 L 形探针馈电,制作不便,增加了制造代价;后者需要在两层天线中间添加空气层,由于空气层厚度对天线性能影响突出,厚度不易控制,因此也不是好的选择。

本文主要研究了馈电同轴芯径半径与天线多个

* 收稿日期:2007-03-02;定稿日期:2007-08-06

参数之间的关系。研究表明,对于不同要求的天线,通过优化馈入到天线内部导体直径可以改变天线的输入阻抗和改善天线的驻波特性,同时不会增加天线设计和制造的复杂度和成本。

本文首先针对厚微带天线建立了等效电路模型,然后根据等效电路模型分别设计了单频单层圆极化微带天线和双频双层圆极化微带天线,仿真计算并分析了不同芯径与天线多个参数之间的关系。

1 等效电路模型

尽管目前分析天线的仿真计算程序较多,但是较好的等效电路模型却可以更为方便的分析参数之间的作用关系,从而为仿真计算提供更为明确的方向。

根据本文讨论的问题,采用了 F. Abboud 建立的微带天线等效电路模型^[3],如图 1 所示。

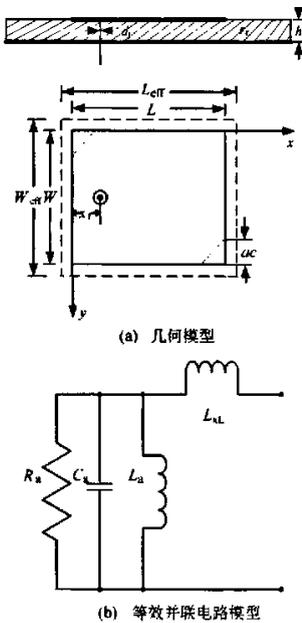


图 1 矩形微带天线

等效电路模型中由于采用了同轴馈电,馈入到介质中的导体引入的电感为^[3,7-8]:

$$L_{xl} = \frac{377fh}{c} \ln\left(\frac{c}{\pi f d_f \sqrt{\epsilon_r}}\right) \quad (1)$$

其中, c 为光速, f 为频率, ϵ_r 为相对介电常数,其它参数同图 1。

包括馈电同轴的整个天线的输入阻抗为^[3]:

$$Z(f) = \frac{R_a}{1 + Q_T^2 \left[\frac{f}{f_R} - \frac{f_R}{f} \right]^2} + j \left[L_{xl} - \frac{RQ_T \left[\frac{f}{f_R} - \frac{f_R}{f} \right]}{1 + Q_T^2 \left[\frac{f}{f_R} - \frac{f_R}{f} \right]^2} \right] \quad (2)$$

其中, R_a 为并联等效电路的电阻, C_a 为等效电容, L_a 为等效电感^[3,7-8]。公式(1)和(2)表明,同轴馈电的微带天线馈电芯径对天线的输入电抗有明显的影 响,芯径越小、长度越长、则感抗越大。因此针对厚度较大的天线,通过改变馈电芯径可以有效改变天线输入阻抗,从而改善天线的相关参数,如 VSWR 等。本节中针对的是单层微带天线,对于多层微带天线,其等效电路与单层相似,当结构更为复杂,其馈入到天线内部的导体直径同样对其输入阻抗举足轻重。

2 设计与仿真

为了验证同轴馈电芯径直径对微带天线性能的影响,本文设计了两个实例:单频圆极化微带天线,采用一根同轴线馈电;双频圆极化微带天线,采用一根同轴线馈电。

2.1 单频圆极化微带天线

2.1.1 设计

单频圆极化微带天线结构类似图 1(a),仅仅是为了实现圆极化,将辐射贴片的某个对角线上的两个顶角切去,切去形状为一等腰三角形,其边长为 ac 。该天线的设计数据如表 1 所示,长度单位 mm。

对于单频圆极化微带天线,首先是通过改变馈电的位置来改变天线是输入阻抗,而后在此之上改变馈电导体直径。一般而言,此处修改馈电位置即可获得较好的驻波。进一步改变直径,可以获得更好的驻波。

表 1 单频圆极化微带天线设计数据

X_f	L	h	ac	ϵ_r	d_f				
6.5	37	5	3.9	9.8	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1

2.1.2 仿真

采用 HFSS 进行仿真,在其它参数设定和馈点位置优化后,计算了不同馈入到介质中导体直径的 Smith 圆图(图 2)和 VSWR 频率曲线(图 3)。图 2 表明,随着馈电导体芯径直径的增加,输入电抗逐渐由感抗转变为容抗,而对输入电阻影响非常小。从

而在合适的直径时,此处为 0.9mm 时,可以获得最佳的 VSWR 特性。由此可见,通过改变馈电同轴芯径直径,可以改善 VSWR 特性,且不会增加天线的设计、制造成本。

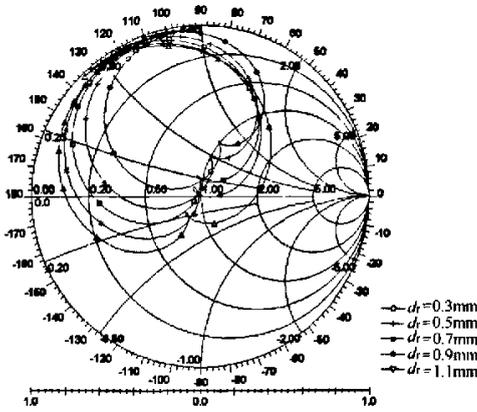


图 2 对应不同芯径直径的 Smith 圆图

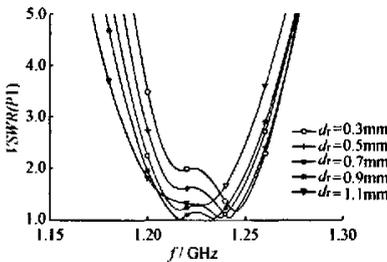


图 3 对应不同芯径直径的 VSWR

2.2 双频圆极化微带天线

2.2.1 设计

双频圆极化微带天线结构是由两层微带基板组成,结构为上层辐射贴片、上层介质、下层辐射贴片、下层介质和金属接地板组成,然后由单个同轴线在中心轴线的某个位置馈电。同样在上层辐射贴片和下层辐射贴片的对角线的顶角上切除等腰三角形,其边长分别为 uc 和 dc 。馈电点位置同图 1 为 x_1 ,上层贴片边长为 UL ,上层介质厚度为 Uh ,介电常数为 $U\epsilon_r$,馈电芯径为 Ud_c ;下层贴片边长为 LL ,下层介质层厚度为 Lh ,介电常数为 $L\epsilon_r$,馈电芯径为 Ld_c 。具体数据如表 2 所示,长度单位 mm。

对于双频圆极化微带天线,首先是通过改变馈电的位置获得合适输入阻抗,然而遗憾的是,对于双频天线,一个馈电很难同时在两个频段都得到很好的驻波特性,这与单频天线存在明显区别。一般而言,通过寻找馈电位置,兼备考虑两个频段可以得到折衷的最佳驻波特性。然而对于每个频段而言并不

是最佳的。这时通过分别改变上层和下层介质中馈电导体直径可以进一步改善天线在两个波段的驻波特性。

表 2 双频圆极化微带天线设计数据

X_1	UL	Uh	uc	$U\epsilon_r$	Ud_c		
29	3	3.8	4.6	0.4	0.8	1.2	
5.6	LL	Lh	lc	$L\epsilon_r$	Ld_c		
32	3	3	9.8	0.4	0.8	1.2	

2.2.2 仿真

对于该单馈双频圆极化微带天线,在其它参数设定和馈点位置优化后,根据表 2 给出的数据分别对位于下层介质基板中馈电芯径半径 Ld_c 和位于上层介质基板中馈电芯径半径 Ud_c 进行了仿真计算。由于该天线涉及到两个工作频点和对于两个半径进行计算,采用 Smith 圆图不易描述清楚,因此采用 S 参数来讨论。位于下层介质基板中的馈电芯径不仅对于下层辐射贴片天线影响重大,而且对于上层辐射贴片天线影响也很大,因此与上层介质基板馈电芯径半径 Ud_c 相比, Ld_c 具有主要影响,而 Ud_c 具有相对次要影响。仿真时,首先以 Ud_c 为横向扫描和 Ld_c 为纵向扫描,结果表明:取表 2 设计数据, Ld_c 为 0.8mm 和 Ud_c 为 1.2mm 时,两个工作频点同时具有最佳的 VSWR。为了说明 Ld_c 和 Ud_c 对天线性能的影响,进行了二次仿真: Ud_c 为 1.2mm,根据表 2 数据对于 Ld_c 进行了仿真计算,其 S_{11} 参数如图 4 所示; Ld_c 为 0.8mm,根据表 2 数据对 Ud_c 进行仿真,其 S_{11} 参数如图 5 所示。

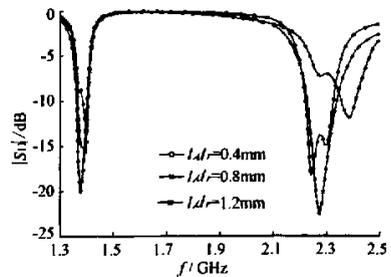


图 4 固定 Ud_c , Ld_c 分别为 0.4mm、0.8mm 和 1.2mm 时的 S_{11}

图 4 和图 5 仿真结果表明, Ld_c 对天线的性能影响较大,而 Ud_c 的影响相对较小。显然,通过参数优化,可以进一步改善两个波段的回波损耗和 VSWR。

(下转第 36 页)

planar quasi-TEM transmission lines with a thin normal conductor or superconductor. *IEEE MTT*, 1989; 37 (12):1904 ~ 1909

[13] 姚久胜,李宏成,万云. 高温超导微带线的传输特性和设计考虑. *低温与超导*, 2000, 28(1):1 ~ 7

[14] 金飘兵,程其恒,吴培亨. 接地面由超导体或导体构成的高温超导微带线的传输特性. *低温物理学报*, 1994, 16(3):196 ~ 201

[15] Lee L H. Full-wave characterization of high-Tc superconducting transmission lines. *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, 1992, 2(2):49 ~ 57

[16] Irina Vendik. Full-Wave 2D and 3D Spectral Domain Analysis of HTS Multistrip Multilayer Lossy Structure. *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, 2003, 12(2): 269 ~ 271

[17] Zhou Shu Ang, Lewin T. Electromagnetic field simulation of nonlinear microstrip line by FEM. *Microwave and Millimeter Wave Technology Proceedings. ICMMT 1998. 8: 577 ~ 580*

[18] Samir M, Ghazaly El, . Hammond R, T. Itoh. Analysis of Superconducting Microwave Structures; Application to Microstrip Lines. *IEEE Trans, MTT.*, 1992, 40(3): 499 ~ 508

[19] Lee Jin Fa. Full-Wave Analysis of Dielectric Waveguides Using Tangential Vector Finite Elements. *IEEE Trans, MTT*, 1991, 39(8):1262 ~ 1271

[20] Md. Shah Alam. Analysis of Lossy Planar Transmission Lines by Using a Vector Finite Element Method. *IEEE MTT*, 1995, 43(10): 2466 ~ 2471

[21] Lee Jin Fa. Finite Element Analysis of Lossy Dielectric Waveguides. *IEEE MTT*, 1994, 42(6): 1609 ~ 1612

[22] Wu H C, Dou W B, Wang Z X. Analysis of waveguide discontinuities using a hybrid method combining the Helmholtz weak form and mode expansion. *Microwave and Optic Technology Letters*, 2004, 43(2):173 ~ 177

[23] Venkatarayalu N V, Lee Jin Fa. Removal of spurious DC modes in edge element solutions for modeling three-dimensional resonators. *IEEE MTT*, 2006, 54(7): 3019 ~ 3025

[24] 沈志远. 高温超导微波电路. 国防工业出版社, 1994

杨非男, 1978年生, 博士生. 主要从事研究 HTS、毫米波器件等。

孙忠良 男, 1936年生, 中国工程院院士. 主要从事研究毫米波信号的发生和放大、频率变换、功率合成、相位锁定、准光学元部件、毫米波组件、集成前端等。

(上接第 25 页)

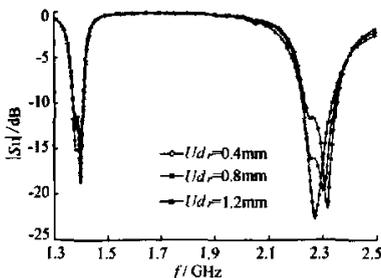


图5 固定 L_d , U_d 分别为 0.4mm, 0.8mm 和 1.2mm 时的 S_{11}

3 结论

本文首先阐述了微带天线中馈电同轴芯径直径与天线输入阻抗的关系, 设计了单频和双频微带天线并进行了仿真. 研究表明: 对于单频天线, 通过优化同轴芯径直径, 可以改善天线的 VSWR; 对于双频微带天线, 通过分别优化下层介质和上层介质中同轴芯径直径, 可以同时两个频点改善天线的 VSWR.

参 考 文 献

[1] Girish Kumar, Ray K P. Broadband Microstrip Antennas. ARTECH HOUSE INC., MA, 2003:1 ~ 24

[2] 张钧, 刘克诚, 张贤铎, 赫崇骏. 微带天线理论与工程. 国防工业出版社, 1988:1 ~ 4

[3] Abboud F, Damiano J P, Papiernik A. Simple model for the input impedance of coax-fed rectangular microstrip patch antenna for CAD. *IEEE proceedings*, 1988, 135 (5): 323 ~ 326

[4] Girish Kumar, Ray K P. Broadband Microstrip Antennas. ARTECH HOUSE INC., MA, 2003:62

[5] 詹正义. 圆形微带天线之新型应用设计. 台湾: 国立中山大学, 2000:24 ~ 48

[6] 詹正义. 圆形微带天线之新型应用设计. 台湾: 国立中山大学, 2000:91 ~ 94

[7] Deshpande M D, Bailey M C. Input impedance of microstrip antennas. *IEEE Transactions on antennas and propagation*, 1982, AP-30(4): 645 ~ 650

[8] Wang J J, Zhang Y P, Kai Meng Chua, Albert Chee Wai Lu. Circuit model of microstrip patch antenna on ceramic land grid array package for antenna - chip codesign of highly integrated RF transceivers. *IEEE Transactions on antennas and propagation*, 2005, 53(12): 3877 ~ 3883

夏继江 1964年生, 高级工程师. 毕业于东南大学无线电工程系. 主要研究领域是雷达通信、敌我识别、导航定位等。

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>