

一种工作在S/C波段的双频微带天线的设计与仿真

付婧娟 叶志清

(江西师范大学 物理通信与电子学院 江西 南昌 330022)

[摘要]设计一种同时工作在S波段和C波段的双频微带天线。天线的双频特性通过在矩形贴片上加载缝隙来实现，并采用同轴线馈电。通过基于有限元法的高阶电磁场仿真软件HFSS仿真，从天线的回波损耗和方向图分析天线的性能。从仿真结果可以看出，该结构有很好的双频特性，中心频率分别为2.33GHz和4.60GHz，且在工作波段有良好的增益特性，均在3dB以上。同时发现改变缝隙的长度对天线的频率影响较大，缝隙宽度的改变对天线的频率影响极小。

[关键词]微带天线 双频 缝隙 HFSS

中图分类号: TN822 文献标识码: A 文章编号: 1671-7597(2009)1210015-02

一、引言

当今，微带天线在很多领域得到了广泛应用[1]。包含了卫星通讯系统、无线局域网络，整合封包无线服务、直播卫星[2]，全球卫星定位系统[3]、区域多点分配服务以及低功率的个人行动通讯设备[4]等，都朝向多任务、高速宽频的方向发展。

随着通信技术的迅速发展，已有的频段显得越来越拥挤，为了增加信道数量常常要求采用新的频段。微带天线易于实现双频和多频工作，应用广泛[5]。为了能够使微带天线双频工作，通常可以通过以下几种方法来实现：(1)多贴片；(2)槽加载；(3)集总元件加载。

螺旋天线[6]能够实现天线的小型化，能工作在两个谐振频率上；矩形和三角形缝隙加载天线[7]也是比较可行的方法；L. Shafai等人提出了一种孔径耦合的双槽微带天线的结构[8]，这种结构的优点是：通过改变槽的尺寸、位置、数目和方位，可以调节两个或多个谐振频率；另一种较复杂的开槽天线[9]能够工作在0.9GHz和1.8GHz，同时VSWR≤2的带宽达到了20%，但VSWR<1.5的带宽不是很理想。

多贴片和集总加载都会使天线的结构变得复杂，而槽加载作为一种简单的加载方式，可以在单层微带天线上实现双频，易于制作和调试，且容易与微波电路集成。在贴片上引入缝隙相当于加载一个电抗[10]，调节这个电抗（即改变缝隙的长度和宽度），就可以改变两个谐振频率的距离。

本文提出了引入缝隙实现双频工作的微带天线。使用HFSS对天线进行仿真，仿真结果良好。文中给出了缝隙尺寸参数对双频的影响规律，同时仿真结果表明天线可以很好的工作在S波段和C波段，且在双频率上都可保证一定的带宽和增益，尺寸也得到了一定的缩减。

二、天线结构的提出

图1给出了微带天线的结构，矩形贴片的尺寸为 $W \times L$ ，两缝隙的中心分别位于贴片的 $L/4$ 和 $3L/4$ 处，长度分别为 L_a 和 L_b ，两个缝隙的宽度相等，均为 w_s ，介质层的介电常数为 ϵ_r ，高度为 h ，尺寸为 $WG \times LG$ 。馈电方式为同轴馈电，馈电点位于宽边中心轴线上，距离贴片中心的距离为 d_p 。

本文利用了HFSS进行了仿真实验。天线的结构如图1所示。根据经验公式确定的天线基本尺寸参数为：

$$L = 40\text{mm}, W = 30\text{mm}, LG = 100\text{mm}, WG = 90\text{mm}, h = 3.2\text{mm}$$

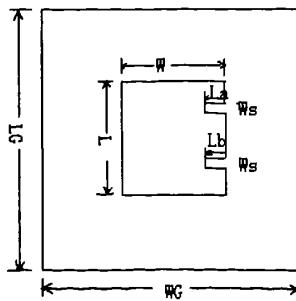


图1 天线的结构图

三、仿真结果与分析

首先我们研究缝隙长度对谐振频率的影响。设定缝隙的宽度为 $w_s = 1\text{mm}$ ，通过改变 L_a 和 L_b 得长度来研究缝隙长度对天线频率的影响规律，设定 $L_a = L_b$ ，天线分别谐振在 f_1 和 f_2 。表1给出了天线的谐振频率和缝隙长度的关系。

表1 谐振频率与缝隙长度的关系

$L_a = L_b$ (mm)	f_1 (GHz)	f_2 (GHz)
0	2.36	-
4.5	2.33	4.60
5.5	2.3	4.47
6.5	2.28	4.34
7.5	2.26	4.19

接着我们研究缝隙宽度对天线频率的影响规律。我们选定缝的长度为 $L_a = L_b = 4.5\text{mm}$ ，缝隙宽度 w_s 的变化范围为0.8mm到2mm。表2给出了不同宽度下对应的天线的谐振频率。

表2 不同宽度对应的天线的谐振频率

w_s (mm)	f_1 (GHz)	f_2 (GHz)
0.8	2.33	4.58
1	2.33	4.60
1.4	2.33	4.55
2	2.31	4.53

通过以上仿真可得以下结论：

1. 缝隙加载可以降低天线的频率，减小天线的尺寸，实现天线的小型化。在贴片上开双缝引入了第二个频率，使天线良好的工作在双频段，发现缝隙的长度与天线的谐振频率成反比，且缝隙的引入对 f_2 的影响较为明显，可以看出缝隙加载是导致双频工作的主要原因。

2. 缝隙的宽度对天线的谐振频率影响远远小于长度的影响。

根据以上的研究，本文提出一种同时工作在S波段和C波段的双频微带天线，天线的结构图如图1所示。天线的结构参数为： $L = 40\text{mm}$ ， $W = 30\text{mm}$ ， $LG = 100\text{mm}$ ， $WG = 90\text{mm}$ ， $h = 3.2\text{mm}$ ， $L_a = L_b = 4.5\text{mm}$ ， $w_s = 1\text{mm}$ ， $d_p = 5\text{mm}$ 。仿真后得到天线的性能参数（表3），S参数图（图2），工作在2.33GHz时的E面和H面图（图3），工作在4.60GHz时的E面和H面图（图4）：

表3 天线的性能参数

Freq(GHz)	S11(db)	Gain(db)	BW(MHz)
2.33	-28.74	6.97	60
4.60	-26.27	7.82	150

由以上仿真结果可以看出，天线谐振于2.33GHz和4.60GHz，缝隙的加载使天线的尺寸减小，同时引入了双频率。半平面的H面方向图几乎是全方向的。

四、结论

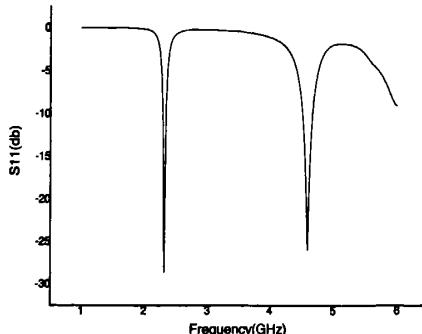


图2 天线的S参数图

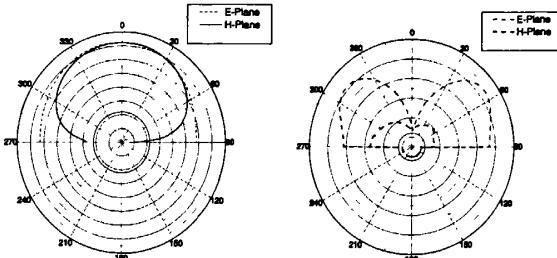


图3 工作在2.33GHz时的E面和H面图 图4 工作在4.6GHz时的E面和H面图

本文使用HFSS进行仿真优化设计。通过缝隙加载技术实现双频，研究了缝隙的长度和宽度对天线频率的影响规律，发现缝隙的长度对天线频率影响较大，缝隙宽度对天线频率影响极小。并利用在贴片表面开对称缝隙的方法，设计出工作在S和C波段的双频微带天线，而且这种天线结构简单，易于制作。证明了槽加载方式是实现天线小型化和双频工作的有效方式。

参考文献:

- [1] Kin Lu Wong, Design of Nonplanar Micro strip Antennas and Transmission Line [M]. New York: Wiley, 1999.
- [2] R.M. Sorbello, A.I. Zaghouani, J. Effland and D. Difonzo, "A high-efficiency flat plate array for direct broadcast satellite application," 1988 European Microwave Conference, pp. 295-299.
- [3] C.H. Ho, P. K. Shumaker, K. B. Smith, "Microstrip-fed cylindrical slot 46 antenna for GPS application" 1997 IEEE AP-S Int. Symp. Dig. Pp. 2214-2218.
- [4] K. Fujimoto and J. R. James, Mobile antenna systems handbook, Artech house Boston, 1994.
- [5] Feliziani, M. and Orlando, A. Lightning stroke to a structure protection system-Part II: Electromagnetic fields analysis, in Proc. 6th Int. Symp [J]. High-Voltage Eng. New Orleans, LA, Aug. 28-Sept. 1989, (1): 109-112.
- [6] 张需溥、钟顺时, 螺形微带天线的谐振频率与双频设计[J]. 微波学报, 2003, 19 (2).
- [7] 冯彬、廖安谋、苏东林, 一种双频微带天线方案的分析与设计[J]. 吉林大学学报(信息科学版), 2002, 20 (1).
- [8] L. Shafai and X. H. Yang. Antenna performance enhancement by slotted micro strip patches[J]. Electro. Lett., 1993, 29 (18): 1647-1649.
- [9] C. Delevalaud and C. Brocheton. Dual-band behavior printed dipole[J]. Electronics Letters. 2000, 36 (14).
- [10] 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.

作者简介:

付婧娟 (1985-) , 女, 硕士研究生, 主要从事光电子器件的研究。

导师简介:

叶志清, 男, 硕导, 主要从事光纤通信方面的研究。

(上接第13页)

2. 接通电源, 指示灯亮, 当转动调速电位器W1时, 输出端应有0~90V的直流电压, 则认为开环工作基本正常, 若电压表无指示, 则要对更换的下列部件进行调整。

(1) 更换变压器B1后, 注意形成锯齿波电压的正弦波 (4.8V) 绕组 b10, b11的相位, 否则晶闸管K2失控。即可更换B1初级绕组, 将b1, b2的位置对调, 也可把b10, b11的位置对调。

(2) 更换B2后, 注意B2初级与次极同名端的位置是否正确, 如果B2次极有脉冲电压输出, 但晶闸管K2不动作, 要把B2次级输出端对调。

(3) 当W1置于零位时, 晶闸管仍有输出。这可能是BG2工作点调整不良, BG1基极直流电压太高, BG1仍工作在开关状态。只要调W5的阻值(必要时调W4的阻值), 使晶闸管K2无输出即可。

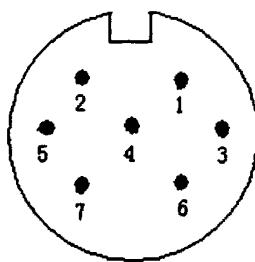


图3 航空插头接线图

(二) 试运行

启动交流异步电动机, 使系统闭环工作。

1. 转速表校正

由于每台测速发电机的电压不同, 故转速表上的指示必须根据实际转

速进行校正。当离合器运行在某一转速时, 用轴测式转速表或数字转速表测量其实际转速, 当出现转速表的数值与测得的实际转速不一致时, 调节转速表校正电位器W3使之一致。

2. 最高转速锁定

当调速电位器W1旋至最高转速位置时, 离合器若仍不能达到额定转速, 这可能是速度反馈信号过大的缘故, 只要调节反馈量电位器W2的阻值, 使其达到滑差电机的额定转速。一般小容量调至1200转/分, 大容量调至1320转/分。

3. 调试时, 离合器必须加一定负载(大于10%额定负载)。若空载时离合器只能高速运行, 转速调不低。

4. 离合器在某一转速时, 若出现周期性摆动现象, 将输出端3、4对调即可。

五、结束语

熟悉JDIA系列电磁调速电机控制器常见故障, 学会分析故障原因, 掌握排除故障及调试方法, 能提高故障诊断的准确性, 加快维修速度, 具有较强的实际应用价值。

参考文献:

- [1] 刘竞成,《交流调速系统》, 上海交通大学出版社, 1989年2月。
- [2] 林少鹿,《滑差电机的原理与应用》, 电气自动化杂志社, 1982年5月。
- [3] 李发海, 王岩,《电机与拖动基础》, 清华大学出版社, 1994年6月。
- [4] 李发海, 朱东起,《电机学》, 科学出版社, 2001年1月。

作者简介:

杨正勇 (1968-) , 男, 湖南宜章人, 衡阳财经工业职业技术学院副教授, 研究方向: 自动化应用技术的研究推广和教学。

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>