文章编号:1007-2861(2006)04-0359-03

一种槽加载三频贴片天线

关中伟, 吴 迪

(上海大学 通信与信息工程学院,上海 200072)

摘要: 提出了一种新的三频微带贴片天线的设计方法.通过在靠近矩形贴片的两辐射边处不对称地开窄槽,使得在三个谐振点处显示出相似的辐射特性,从而实现三频工作.设计天线的测试结果验证了本方法的有效性.

关键词: 槽加载;三频;微带贴片天线

中图分类号: TN 822^{+}.4 **文献标识码:** A

A Triple-Band Slot-Loaded Patch Antenna

GUAN Zhong-wei, WU Di

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: This paper presents a new method for designing a triple-band microstrip patch antenna. By etching two asymmetrical narrow slots close to the radiating edges of a rectangular patch, the antenna shows similar radiation properties at three resonant frequencies and achieves tri-band operation. Results of experiments on a designed antenna show validity of the method.

Key words: slot-loaded; triple band; microstrip patch antenna

现代许多无线通信系统通常需要双频或者多频工作特性,利用单个辐射单元来实现这种特性是人们最希望的.理想的多频天线应该在所有工作模式上都有相似的辐射特性,并能同时实现阻抗匹配,利用平面天线来实现这些特性并不容易[1].但是另一方面作为平面结构的微带天线由于其固有的体积小、重量轻、剖面低、易共形等特性而常常为人们所青睐[2].

各种形式、各种频率比的双频微带贴片天线在很多文献中已有记载,实现双频的方式主要有以下两种:堆积贴片法和电抗加载法.通过将不同形状的贴片进行堆积,分别实现了圆形[3]、环形[4]等双频贴片天线;电抗加载法包括在贴片辐射边处连接同轴和微带枝节线[5-6]、在贴片和地面之间加集总元件[7]或者将沿贴片轴对称接地[8],另外一种电抗加载方式就是在贴片上开槽[1,9].关于三频微带贴片天线则鲜有报导.理论上虽然通过堆积贴片可以实现三频特性,但是天线剖面太厚会造成馈电困难并且会限制它的应用范围.现有文献中 Sanchez-Hernandez 通过使用鳍线带阻滤波器(spur-line band-stop filter)和微扰元设计出三频天线[10].Lee 通过在贴片天线的介质基板中引入一段空气间隙设计出了双频天线,在此基础上他指出在介质基板中引入多个空气间隙可以实现多频特性[11].Daniel 通过在微带贴片两辐射边处一边加载 $\lambda/4$ 长的枝节线而另一边加载较长枝节线实现了三频贴片天线[12].

文献[1]提出在靠近矩形贴片的两辐射边处对称地开窄槽,可以实现双频特性.本文则是通过改变

收稿日期:2005-09-09 **通信作者:**吴 迪(1964~),男,副教授,博士,研究方向为矩量法的线状天线的数值解析、微带天线的小型化、智能交通系统. E-mail:dwu@mail.shu.edu.cn

万方数据

两槽的位置和大小实现不对称开槽,得到了一种新的三频贴片天线的设计方法,实验结果证明了方法的有效性.

1 三频天线

1.1 天线结构

槽加载贴片天线结构如图1所示.贴片长为 L,宽为 W,槽长为 L_s,左右两边的槽到两辐射边的距离分别为 L_1、L_2.所用介质基板的厚度为 h,相对介电常数为 ε_r.由于在左右两边开两个不对称的窄槽相当于引入两个不相等的电抗元素,产生两个新的谐振频率点,实现三频工作特性.

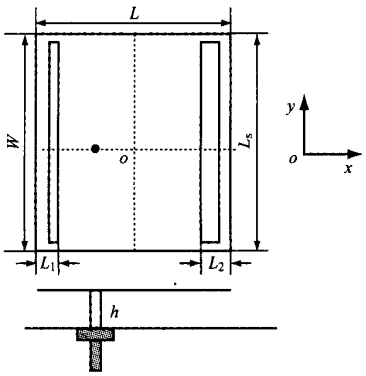

图1 天线结构图

Fig.1 Configuration of antenna

1.2 仿真计算结果及探讨

选用的介质基板的参数如下:相对介电常数 $\varepsilon_r=4.8$,基板厚度 $h=1.5$ mm,其损耗角正切 $\tan\delta=10^{-3}$.贴片尺寸为 $L=37$ mm,$W=42.6$ mm,两个槽的大小则为 $L_1=2$ mm,$L_2=4$ mm,槽长 $L_s=36.6$ mm.接地面大小为 60 mm×60 mm,选用 50 Ω 的同轴线馈电,馈点坐标为 $x=-5.7$ mm,$y=0$ mm.仿真得到的反射损耗结果如图2所示.三个中心谐振点分别为 $f_L=1.575$ GHz,$f_M=2.023$ GHz,$f_H=2.5$ GHz.

图3给出了随着槽长 L_s 的变化,槽加载贴片天线的三个谐振频率 f_L、f_M、f_H 的变化情形,从图3可以看出,随着槽长的逐步增加,f_L 缓慢变小,而 f_M、f_H 则急剧降低.这也表明,开槽后三个谐振点的频率都变低了,意味着对于给定的工作频率,天线的尺寸减小了,这是附带的优点.

表1给出了当右槽位置固定为离右边辐射边1 mm而改变右槽宽度(其它结构参数同上)时 f_L、f_M、f_H 的变化情况.从表1可以看出,随着右槽宽度的增加,f_L、f_M 逐渐减小,而 f_H 则逐渐变高.表2给出当右槽宽度固定为0.5 mm而改变右槽位置(其它结构参数同上)时 f_L、f_M、f_H 的变化情况.从表2可以看出,随着右槽逐渐远离右边辐射边,f_L、f_M 逐渐减小,而 f_H 则逐渐变高.通过仿真还发现,在文中给定的 L_1、L_2 情况下,改变槽宽或槽的位置对三个谐振频率点 f_L、f_M、f_H 的值影响不大,但对 f_M 谐振点的方向图特性有很大影响.

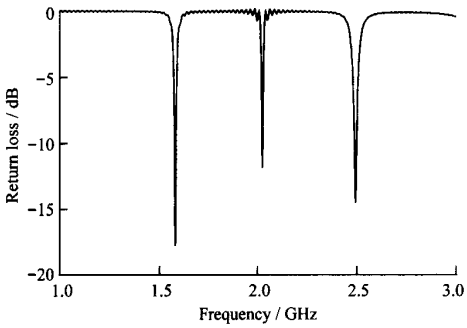

图2 反射损耗仿真结果

Fig.2 Simulation results of return loss

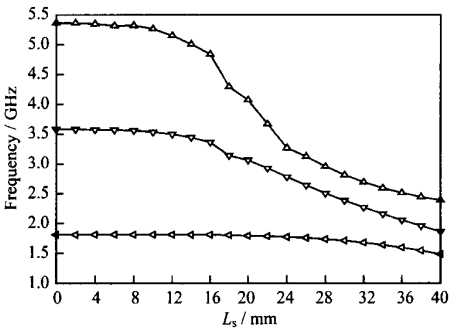

图3 谐振频率随槽长变化图

Fig.3 Variation of resonant frequency with the length of slots

表1 f_L、f_M、f_H 随右槽宽度的变化

Tab.1 Variation of f_L, f_M, f_H with right slot width

右槽宽度/mm	f_L/GHz	f_M/GHz	f_H/GHz
0.5	1.670 2	2.133 8	2.430 0
1.0	1.651 5	2.093 2	2.438 5
1.5	1.638 0	2.069 5	2.446 9
2.0	1.626 2	2.050 9	2.458 8
2.5	1.614 3	2.039 1	2.468 9
3.0	1.605 8	2.030 6	2.482 5

万方数据

表 2　f_L、f_M、f_H 随右槽位置的变化

Tab.2　Variation of f_L, f_M, f_H with right slot position

右槽离右辐射边距离/mm	f_L/GHz	f_M/GHz	f_H/GHz
1.0	1.670 2	2.133 8	2.430 0
1.5	1.646 5	2.101 7	2.445 2
2.0	1.623 1	2.076 9	2.456 9
2.5	1.596 9	2.061 5	2.473 8
3.0	1.570 8	2.052 3	2.490 8
3.5	1.544 6	2.046 2	2.510 8

2　实验结果

在仿真结果的基础上我们实际制作了一副天线,经过调试,测得其反射损耗如图 4 所示.其中三个中心频率点分别为 $f_L = 1.528$ GHz, $f_M = 2.1$ GHz, $f_H = 2.578$ GHz,驻波比小于 2 的相对带宽分别为 1.7%、1.8%、1.5%.测得三个中心谐振点处的 E 面和 H 面方向图分别如图 5(a)、(b)、(c)所示.

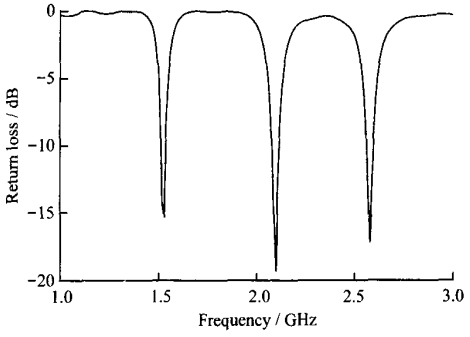

图 4　反射损耗测试结果

Fig.4　Experimental results of return loss

3　结　论

我们提出了一种新的三频天线的设计方法:在靠近矩形贴片的两辐射边处不对称地开窄槽,可以得到三频贴片天线,并且使得三个谐振点处的辐射特性大致一致.仿真和测试结果证明了方法的有效性.下一步研究方向是通过适当设置微扰元,在最小谐振点处实现圆极化,从而设计出三频双极化微带贴片天线.

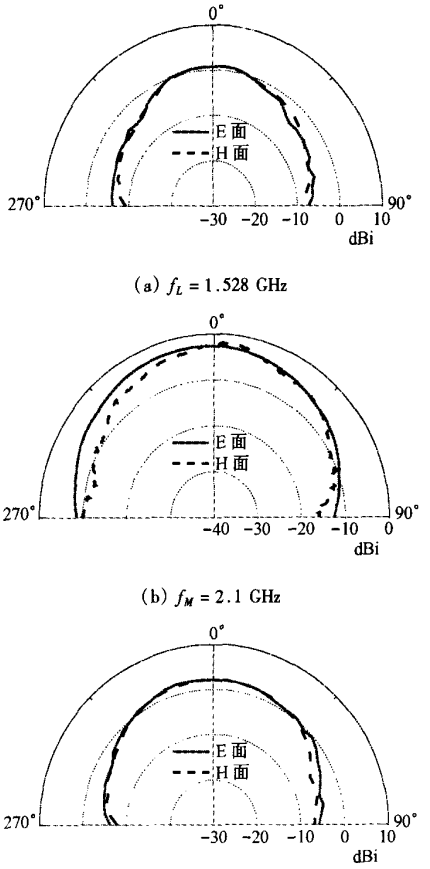

图 5　测试方向图

Fig.5　Measured radiation patterns

参考文献:

[1] MACI S, GENTILI G B, PIAZZESI P, et al. Dual-band slot-loaded patch antenna [J]. IEE Proceedings H, 1995, 142(3):225-232.

[2] 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,1991:1-2.

[3] LONG S A, WALTON M D. A dual-frequency stacked circular-disc antenna [J]. IEEE Trans AP, 1979, 27(3): 281-285.

[4] DAHELE J S, LEE K F, WONG D P. Dual frequency stacked annular-ring microstrip antenna [J]. IEEE Trans AP, 1987, 35(11):1281-1285.

[5] RICHARDS W F, DAVIDSON S E, LONG S A. Dual-band reactively loaded microstrip antenna [J]. IEEE Trans AP, 1985, 33(5):556-560.

[6] DAVIDSON S E, LONG S A, RICHARDS W F. Dual band microstrip antenna with monolithic reactive loading [J]. Electron Lett, 1985, 21(21):936-937.

(下转第 375 页)

万方数据

表 2　两种扩散方法绝对误差的描述统计结果

Tab.2　Descriptive statistical results of absolute error between two methods　　%

扩散方法	均值	标准差	最小值	第一四分位数	中位数	第三四分位数	最大值
4 方向等速扩散	3.019 5	2.023 5	0.008 0	1.608 9	2.580 0	4.274 3	11.164 6
8 方向非等速扩散	2.855 3	1.992 2	0.006 1	0.995 4	2.674 3	4.624 8	7.987 8

理想的估计结果.类似地,对于 n 维问题,可以选择

$$u(\boldsymbol{x},\boldsymbol{\Lambda}) = e^{-\boldsymbol{x}'\boldsymbol{\Lambda}\boldsymbol{x}}, \boldsymbol{x} \in \mathbf{R}^n, \boldsymbol{\Lambda} \text{ 正定} \quad (10)$$

作为扩散函数,其可供选择的参数共有 $\frac{n(n+1)}{2}$ 个. n 维信息扩散问题的分析计算过程与二维情形基本一致,这里就不作详细叙述.

参考文献:

[1] SHANG H J, LU Y C, JIN P, et al. Information diffusion method in risk analysis, computational intelligent systems for applied research [C]// Proceedings of the 5th International FLINS Conference. Singapore: World Scientific Publishing Co Pte Ltd, 2002:189-197.

[2] 王倩,金萍,陆余楚.风险分析中的信息扩散及其参数优化 [J].应用数学与计算数学学报,2003,17(2):75-84.

[3] 金皓,王倩.高血压病的风险因素分析与研究[J].应用数学与计算数学学报,2002,16(2):89-96.

[4] 林家翘,西格尔.自然科学中确定性问题的应用数学[M].北京:科学出版社,1986:80-128.

[5] McOWEN R C. Partial differential equations-methods and applications [M]. Pearson Education Inc, 1996:138-144.

(编辑:赵　宇)

(上接第 361 页)

[7] WATERHOUSE R B, SHULEY N V. Dual frequency microstrip rectangular patches [J]. Electron Lett, 1992, 28(7):606-607.

[8] ZHONG S S, LO Y T. Single element rectangular microstrip antenna for dual-frequency operation [J]. Electron Lett, 1983, 19(8):298-300.

[9] LU J H, TANG C L, WONG K L. Novel dual-frequency and broad-band designs of slot-loaded equilateral triangular microstrip antennas [J]. IEEE Trans AP, 2000, 48(7):1048-1054.

[10] SANCHEZ-HERNANDEZ D, ROBERTSON I. Triple band microstrip patch antenna using spurline filter and a perturbation segment technique [J]. Electron Lett, 1993, 29(17):1565-1566.

[11] LEE C S, NALBANDIAN V. Impedance matching of a dual-frequency microstrip antenna with an air gap [J]. IEEE Trans AP, 1993, 41(5):680-682.

[12] DANIEL A E, KUMAR G. Tunable dual and triple stub loaded rectangular microstrip antennas [C]// Antennas and Propagation Society International Symposium, AP-S Digest. 1995:2140-2143.

(编辑:刘志强)

万方数据

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