

一种宽频带贴片天线设计

李晶晶, 郑宏兴, 刘新月

(天津职业技术师范大学天线与微波技术研究所, 天津 300222)

摘要:研究了一种宽频带贴片天线设计方法,采用双层介质和贴片结构,在贴片上开槽,用同轴线馈电,从而获得较宽的带宽。仿真结果表明,在电压驻波比小于2时,天线的带宽达到35.3%,覆盖频率范围为2.1~3.0 GHz,能够满足现代无线通信系统对天线的要求。

关键词:宽频带;贴片天线;驻波比

中图分类号: TN822.8 文献标识码: A 文章编号: 2095-0926(2012)01-0006-03

A design of broadband patch antenna

LI Jing-jing, ZHENG Hong-xing, LIU Xin-yue

(Institute of Antenna and Microwave Techniques, Tianjin University of Technology and Education, Tianjin 300222, China)

Abstract: A design method of broadband patch antenna has been developed. The structure of antenna is with double dielectric substrates, on which a metal film with two slots is patched. The antenna is excited by a coaxial probe. A wider broadband has been obtained. Simulation results illustrate that the bandwidth of the antenna is with 35.3% when the voltage-standing-wave ratio is less than 2. The frequency covers from 2.1GHz to 3.0GHz. This design can meet the requirement of the modern wireless communication system.

Key words: broadband; patch antenna; voltage-standing-wave ratio

随着移动通信技术的发展,微带天线已经越来越受到人们的重视,由于它具有体积小、重量轻、很低的剖面轮廓等其他天线所没有的优点,而且能够方便地实现线极化或圆极化。尤其易于附着于任何金属物体表面,最适合用于某些高速运行的物体,如飞机、导弹和火箭等;容易和有源器件、微波电路集成成为统一的组件,因而适合大规模生产^[1]。但是,微带天线频带较窄,由于导体与介质的损耗,容易激励起贴片导体的表面波,从而降低了天线的辐射效率。这些缺点限制了它的广泛应用^[2]。所以,运用新的设计方法,解决微带天线的频带展宽问题显得尤为迫切。近年来,众多技术人员付出了大量的努力,提出了一些宽带天线的实现方法。他们采用较厚的、相对介电常数较小的基板等方法来展宽频带,文献[3]提出了在主辐射贴片上方附加一层寄生元来形成了双谐振特性,从而拓展了天线的带宽,文献[4]则通过在双层介质的矩形贴片上

开U形槽,使天线带宽达到了30.77%,但是这些方法仍然没有达到理想的效果。

本文研究上述结构存在的问题,在文献[4]基础上,通过改变贴片的开槽形状,使得天线的带宽达到35.3%的同时,尺寸减小了约33%。

1 基本原理

1.1 天线的模型

天线结构如图1所示。采用双层介质,最上面是贴片,其长为L,宽为W,贴片开槽的长为L_s,宽为W_s,延长中间矩形的长度b,馈电点的贴片为圆形,其半径为d。紧挨着贴片的介质层是Taconic TLC(TM),其介电常数为3.2,厚度为h₂,下面一层为空气,厚度为h₁。最下面是接地板,长和宽分别为L_G和W_G,用同轴线进行馈电。

收稿日期: 2011-11-08

基金项目: 国家自然科学基金(60871026);天津职业技术师范大学科研发展基金项目(YJS10-09).

作者简介: 李晶晶(1985—),女,硕士研究生;郑宏兴(1962—),男,教授,工学博士,硕士生导师,研究方向为天线、微波电路和计算电磁学.

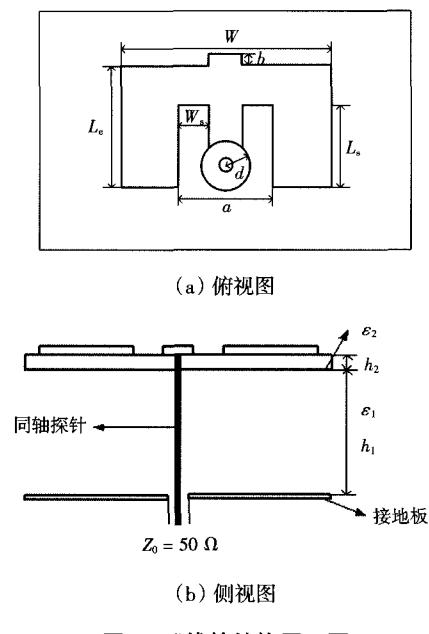


图1 天线的结构原理图

1.2 设计原理

通过在贴片表面上开槽,从而使电流分布发生变化,激励得到了两个相邻的谐振频率,也就是不同的电流路径分别对应着两个相邻的谐振频率,即形成了双谐振电路,适当调整两个谐振峰的间隔,得到宽频带的特性,图2和图3分别表示双频谐振的原理以及等效电路。

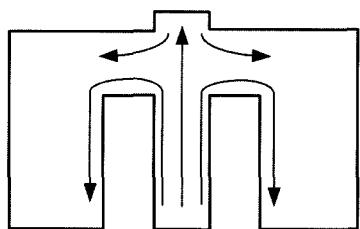


图2 天线的双频谐振电流分布特性

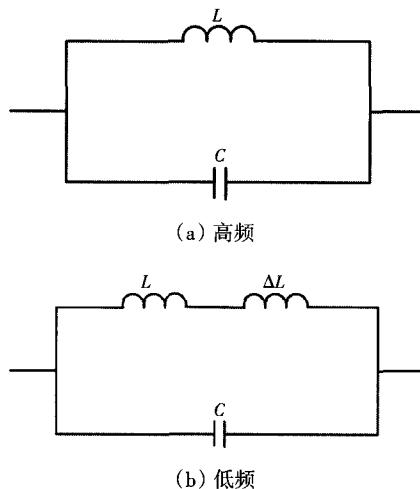


图3 双频谐振等效电路

图3中,(a)和(b)分别对应较高的频率(f_h)和较低的频率(f_l)。图3(a)表示的较高频率谐振峰值的等效电路与不开槽的矩形贴片等效电路相似,表示了贴片中心位置处电流的分布情况,此时电流主要沿贴片 L_e 方向流动,电流路径决定了(a)中 L 和 C 的取值,进而可以得到 f_h 。若在贴片上开两个平行矩形槽,形状如图2所示,有电流沿着缝隙流动,从而加长了电流路径,所以图3(b)的等效电路是在图3(a)的基础上增加了一个取值为 ΔL 的增量电感,从而确定了 f_l 的取值。 f_h 和 f_l 为相邻近的谐振频率峰值,从而可以得到宽频带特性,它们可以用下列表达式分别计算^[5]:

$$f_h = \frac{c_0}{\lambda_h} = \frac{c_0}{2 \cdot L_e \cdot \epsilon_e} \quad (1)$$

$$f_l = \frac{c_0}{\lambda_l} = \frac{c_0}{2(2L_s + W_s)\epsilon_e} \quad (2)$$

$$\Delta L = 0.412h \left[\frac{\epsilon_e + 0.3}{\epsilon_e - 0.258} \right].$$

$$\left(\frac{W}{h} + 0.264 \right) / \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right) \quad (3)$$

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} / \sqrt{1 + \frac{10h}{W}} \quad (4)$$

$$\epsilon_r = \frac{h}{h_1/\epsilon_1 + h_2/\epsilon_2} \quad (5)$$

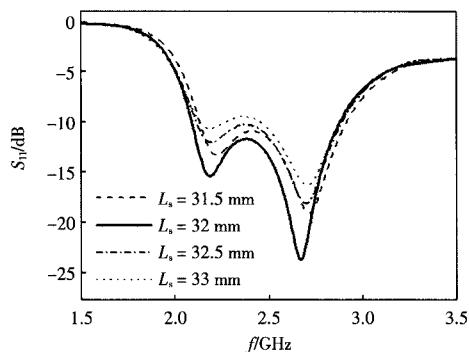
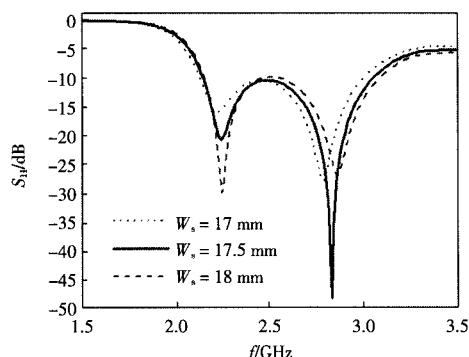
式中: $h = h_1 + h_2$; c_0 为光速; ϵ_e 是介质的等效介电常数; ϵ_r 为相对介电常数。设计天线时,先根据上述表达式初步估算,得到天线的尺寸,进行建模,然后用HFSS软件进行仿真。

2 仿真与参数优化

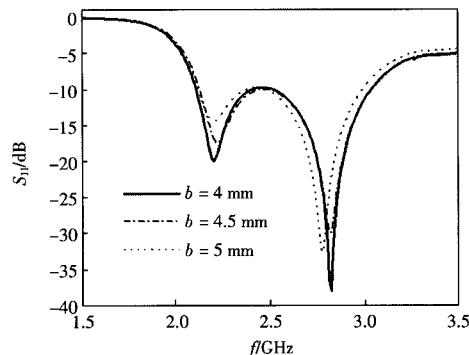
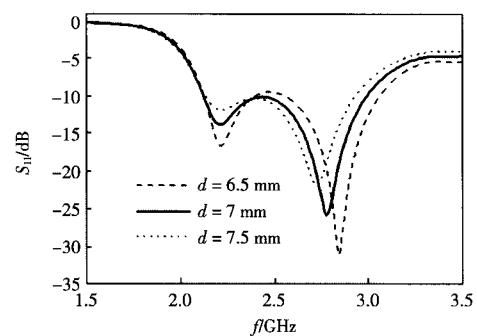
在设计天线时,要考虑接地板的大小,采用合理的接地板尺寸能够得到更好的天线性能,本文设计的天线接地板大小为 $95 \times 132 \text{ mm}^2$ 采用同轴线馈电方式。因为馈电点位置的改变能够改变天线的输入阻抗,从而可以实现频率的轻度调谐,所以适当调整天线的馈电点位置能够使天线有较好的阻抗匹配。由于馈电位置的选择无公式作为依据,通常情况下都是靠工程经验来确定,对于矩形贴片而言,馈电的设置一般在它的两个对称轴上,或者在对角线上。

本研究利用Ansoft公司的HFSS仿真软件进行仿真,发现天线结构的尺寸参数对天线的影响程度是不相同的。在确定了介质的相对等效介电常数后,首先考虑矩形槽的长(L_s)和宽(W_s)对带宽的影响,图4和图5分别给出反射系数 S_{11} 的仿真结果。从图4中可以看出, L_s 增大时,低频谐振点与高频谐振点峰值下降,但带宽无明显变化。当 $L_s = 32 \text{ mm}$ 时,低频谐振点减小,

高频谐振点也稍微减小,天线的带宽最宽。从图5中可以看出,谐振点峰值也随着 W_s 的增大降低,当 $W_s=17.5$ mm时,带宽较宽。由此可知,可以通过改变 L_s 和 W_s 的取值来对天线的带宽进行调节。但槽的大小对低频段有较大的影响,所以考虑以低频段性能指标的满足为先。

图4 S_{11} 随槽长 L_s 的变化图图5 S_{11} 随槽宽 W_s 的变化图

改变图1中 b 和 d 的尺寸,贴片的表面电流也将受到影响,所以谐振点略有变动。反射系数 S_{11} 的仿真结果分别如图6和图7所示。由图6看到,其他参数不变时,随着 b 的增大,高频谐振点峰值降低,当 $b=4$ mm时,频段带宽为最佳。在其他参数不变的前提下, d 取值分别为6.5 mm、7.0 mm、7.5 mm时,图7显示天线的带宽随之增大,在参数 $d=7.5$ mm时,2.5 GHz频段的反射系数低于-10 dB,因此,只要合理的调节就可以得到满意的效果。

图6 S_{11} 随 b 的变化图图7 S_{11} 随 d 的变化图

基于对以上影响因素的考虑,表1给出了通过软件仿真优化后,满足设计要求的天线参数。

表1 天线参数

参数/mm	L_e	W	L_G	W_G	L_s	W_s	a
	37	80	95	132	32	17.5	42
参数/mm	b	d	h_1	h_2	ϵ_1	ϵ_2	
	4	7	10	1.14	1	3.2	

图8和图9分别为优化后天线的 S_{11} 以及电压驻波比(VSWR)曲线。由图可以看出,天线的频率覆盖范围为2.1~3.0 GHz,所以天线在此频段可正常工作,且带宽较宽。在两个典型频点2.2 GHz和2.8 GHz处,天线辐射方向图仿真结果如图10所示。从图中可以看出天线的方向性满足天线的设计的要求。

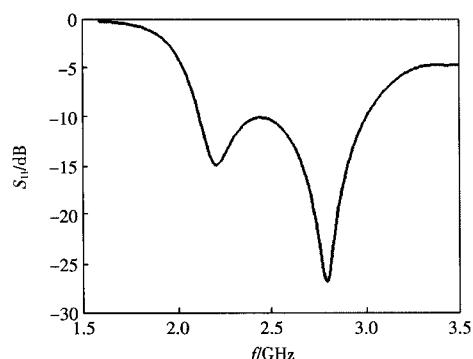
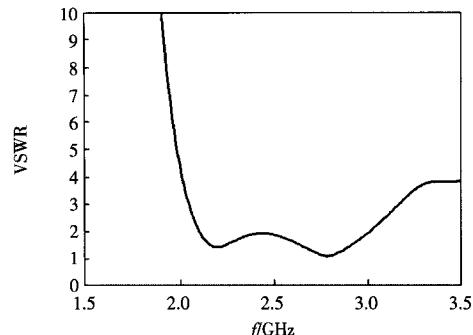
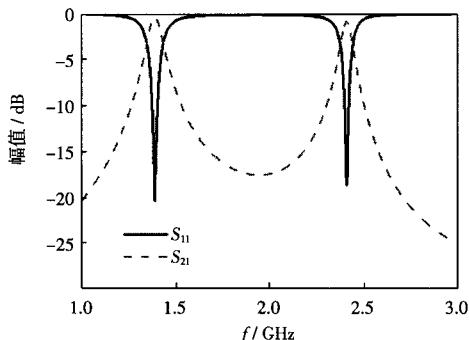
图8 天线 S_{11} 曲线

图9 天线的电压驻波比曲线

(下转第 11 页)

表1 第二通带可调的双通带滤波器电路参数

参数	尺寸/mm	参数	尺寸/mm
a	14	h	2
b	1	i	10.28
c	2.586	j	0.2
d	0.5	k	10
e	0.5	l	2.72
f	1.5		

图5 第二通带可调的双通带滤波器频率响应($g=10.688$ mm)

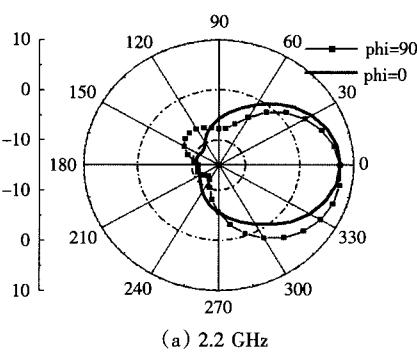
3 结论

本文研究了一种第二通带可调的双通带滤波器设计方法,一个有益发现是当改变三角形贴片斜边边长、调节第二通带的中心频率时,电路的外部轮廓尺寸不变,而且第一通带的中心频率和带宽保持不变。利用这个特性可以简化此类滤波器的设计过程,提高设计效率。

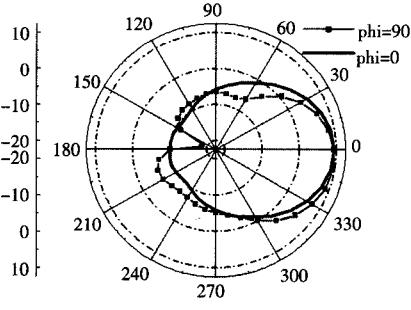
参考文献:

- [1] MIYAKE H, KITAZAWA S, ISHIZAKI T, et al. A miniaturized monolithic dual-band filter using ceramic lamination technique for dual mode portable telephones[J]. IEEE MTT-S International Digest, 1997(2): 789~792.
- [2] CHU Q X, CHEN F C. A compact dual-band bandpass filter using meandering stepped impedance resonators [J]. IEEE Microwave and Wireless Component Letters, 2008, 18(5): 320~322.
- [3] WENG M H, WU H W, SU Y K. Compact and low loss dual-band bandpass filter using pseudo-interdigital stepped impedance resonators for WLANs [J]. IEEE Microwave and Wireless Component Letters, 2007, 17(3): 187~189.
- [4] LIU H W, LV Y F, ZHENG W. Compact dual-band bandpass filter using trisection hairpin resonator for GPS and WLAN applications [J]. Electronic Letters, 2009, 45(7): 360~362.
- [5] FENG L Y, ZHENG H X, SUN C G, et al. Dual-Band filter with adjustable upper passband [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2011, 53(4): 888~890.
- [6] Ansoft Corporation. HFSS User's Guide [Z]. Version 10, 2005.

(上接第8页)



(a) 2.2 GHz



(b) 2.8 GHz

图10 天线的辐射方向图

3 结束语

本文给出了一种结构简单易于实现的宽频带微带贴片天线的设计方法。天线采用双层结构和贴片开槽的方式,可使工作频段覆盖2.1~3.0 GHz,带宽约为35.3%;由仿真结果得出了影响天线的带宽等主要性能参数及其与结构尺寸的关联性,为以后此类的天线设计提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 薛虞峰, 钟顺时. 微带天线圆极化技术概述和发展[J]. 电波科学学报, 2002, 17(4): 314~338.
- [2] 马小玲, 丁丁. 宽频带微带天线技术及其应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [3] 付永庆, 柯林, 王玉峰. 三层宽频带微带天线的设计[J]. 弹箭与制导学报, 2006, 26(4): 304~306.
- [4] 童芸, 张杰, 李春晓, 等. 宽带U型槽矩形贴片微带天线设计[J]. 微波学报, 2008, 24(4): 41~44.
- [5] 王玉峰, 龚传, 林鑫超. 一种高增益高极化隔离的宽频带L探针馈电E形微带天线[J]. 通信对抗, 2010(3): 47~51.

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>