

矩形微带贴片天线的设计与仿真

Design and Simulation of Rectangular Microstrip Patch Antenna

韩团军(陕西理工学院 物理与电信工程学院,陕西 汉中 723001)

Han Tuan-jun(School of Physics and Telecommunication Engineering,Shaanxi University of Technology,Shaanxi Hanzhong 723001)

摘要:根据微带天线的辐射原理,对天线参数确定进行了理论分析,设计了一种中心频率为 447MHz 的矩形微带贴片天线。利用 HFSS 软件对其进行了建模和仿真验证。仿真结果表明,天线的 S 参数、方向图和输入阻抗均达到了微带贴片天线的设计要求,基于 HFSS 软件的设计方法能够快速、高效地完成微带天线的设计,且设计的微带天线具有良好的性能指标。

关键词:微带天线;S 参数图;HFSS 仿真;输入阻抗

中图分类号:TN820.11

文献标识码:A

文章编号:1003-0107(2014)11-0029-03

Abstract: According to the principle of radiation of the microstrip antenna, the antenna parameters were analyzed in theory, and then the rectangular microstrip patch antenna with a center frequency 447MHz was designed. Its modeling and simulation verification were used by HFSS software. The simulation results show that the S parameter, the radiation pattern and input impedance of the antenna are up to the requirements of the microstrip patch antenna design. So the design method based on HFSS software can quickly and efficiently finish the design of the microstrip antenna with good performance.

Key words: microstrip antenna; S parameters pattern; HFSS simulation; input impedance

CLC number: TN820.11

Document code: A

Article ID: 1003-0107(2014)11-0029-03

0 引言

随着微波集成电路的发展和各种低耗材料的出现,微带贴片天线在移动通信、雷达探测、卫星导航等领域得到了广泛的应用^[1-2]。在微带贴片天线的设计过程中,涉及到带宽、频率、增益等多项技术指标,且它们之间互相联系,因此,需要对天线的性能指标进行综合考虑。为了避免传统的电磁场边值解析分析方法过程繁琐,应用效率低的特点,目前主要采用专业的电磁场仿真软件进行微带天线设计。通过利用 Ansoft 公司的 HFSS 软件进行建模与仿真分析,设计了一种矩形微带贴片天线,为微带天线的实现提供工程依据。

1 矩形微带天线结构及工作原理

矩形微带天线的结构如图 1 所示,它是一定形状的金属贴片,以远小于波长的间隔放置于一接地金属面板上。微带贴片与接地平板间用由基片构成的介质层隔开,在介质基片上刻上辐射单元,以一定的结构进行设计可以达到辐射最强。

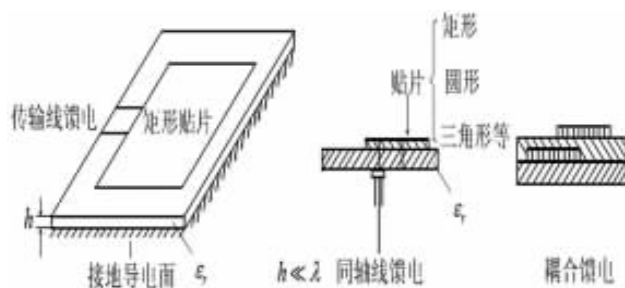


图 1 常用微带天线

微带天线的辐射原理实际上是一种高频的电磁泄漏^[3-4]。经验表明,如果一个回路是开路的话,能量就会向外辐射,这种辐射是以电磁向外辐射的。辐射的大小和天线的尺寸有直接关系,理论表明当天线的尺寸与信号的波长相比拟时辐射最强。若再经过特殊设计把回路做成贴片状,这样辐射也有一定提高。在天线工作的过程中,发现工作频率也对天线的辐射有一定影响,如果回路频率在谐振状态,辐射就会达到最大,所以在设计时要把天线设计到谐振频率上。

基金项目:本论文的研究工作受陕西理工学院 2014 年度科研项目资助(slgky14-06)

作者简介:韩团军(1981-),男,讲师,硕士,主要研究方向为集成电路设计。

2 天线参数设计理论分析

矩形贴片微带天线如图 2 所示,设计包括的重要参量有:辐射元长度 L ,辐射元宽度 W ,介质板厚度 h ,介质板的长度 LG 和宽度 WG ,介质的相对介电常数 ε_r 和损耗正切 $\tan\delta^{[5]}$ 。

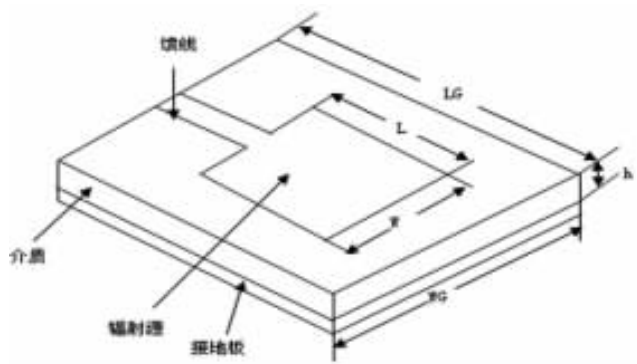


图 2 矩形贴片微带天线示意图

实践表明,设计矩形微带天线一般有以下要求:(1)对带宽和中心频率的要求;(2)对方向特性的要求;(3)阻抗特性要求。

2.1 介质基板和单位宽度 W 的选取

天线大小是设计天线的重要指标,通过经验设计可以得到式(1):

$$\varepsilon_e = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10h}{W}\right)^{-1/2} \quad (1)$$

ε_r 、 h 和 ε_e 决定 W 的大小。当 ε_r 和 h 确定后, ε_e 的值决定天线尺寸, W 的尺寸会影响天线的输入阻抗和方向性函数,以及天线的带宽和效率。考虑以上参量设计达到最优化, W 的尺寸要设计较大值, W 的值和各参量之间的关系式为:

$$W = \frac{c}{2f_r} \left(\frac{\varepsilon_r + 1}{2}\right)^{-1/2} \quad (2)$$

其中, c 代表光速, f_r 是天线的谐振频率。可以看出, W 要取小于 $\lambda_0/2$ 的值。

2.2 单位长度 L 的确定

由于边缘场对矩形微带天线设计长度 L 的影响,在实际设计中应从理论设计尺寸 L 的尺寸 $\lambda_0/2$ 中减去 $2\Delta L$ 。可得 L 的计算式为^[6]:

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\varepsilon_e}} - 2\Delta L \quad (3)$$

2.3 确定阻抗匹配

当阻抗确定后,设计电阻 R_{in} 可以取到 120Ω ,微带元如果小于 $\lambda_0/2$,输入阻抗会变大,为使 R_{in} 与 50Ω 相匹配于整个系统就要增大设计面积。设计最优输入阻抗的最佳状态可以由式(4)决定^[7-8]。

$$R_{in} = R_m^0 \cos(\pi Y_0 L) \quad (4)$$

2.4 频带宽度 BW

带宽是天线的一个主要指标,也是最难解决的问题。天线带宽设计的大小可以用式(5)表示:

$$BW = \frac{S-1}{Q_r \sqrt{S}} \quad (5)$$

可见,对于给定的频率,用较小 ε_r 的基板频带较宽;对于选定的 ε_r ,则基板厚度 h 增大时频带加宽。

3 仿真分析

用 Ansoft 公司的 HFSS 软件对以上设计参量进行仿真,可得到设计 S 参数图、方向图和输入阻抗图,如图 3 所示。S 参数随着频率的变化而变化,当 S 参数小于 -10dB 时,天线可以正常工作。矩形微带天线的中心频率为 447MHz ,上截止频率为 438MHz ,下截止频率为 454MHz ,绝对带宽为 16MHz ,相对带宽为 3.58% ,S 参数最低点的值为 -15dB 。如图 4 所示,设计的对称性比较好,在 Z 轴方向的辐射强度达到最大,天线的方向性较好。

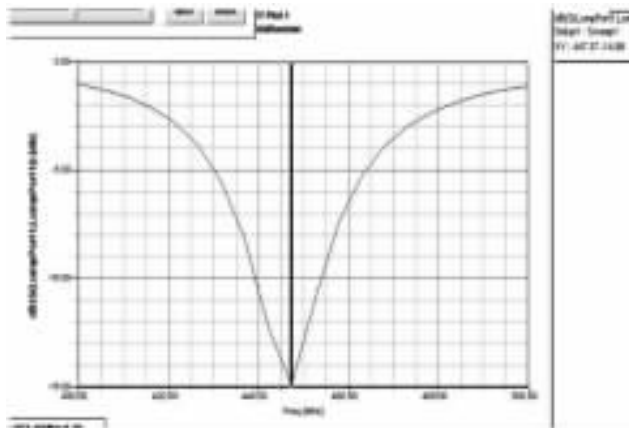


图 3 天线 S 参数图

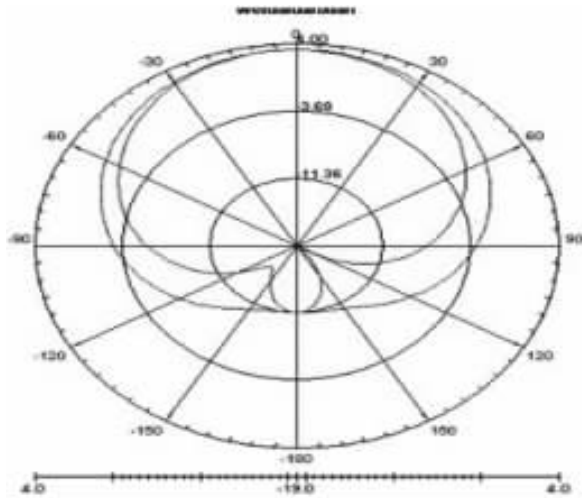


图 4 天线方向图

4 结束语

激光传感器的检测准确性较高,但是对焊接和组装工艺的要求较高。在进行焊接组装前,要做好去静电工作。此外,激光容易对人的眼睛造成伤害,所以调试的时候,不要把激光的发射头对着眼睛,以免造成不必要的伤害。

参考文献:

[1]张岩,裴晓敏,付韶彬.基于单片机的智能循迹小车设

计[J].国外电子测量技术,2014,(3):51-54.

[2]余红英,杨杰.基于 MC9S12XS128 的激光传感器循迹智能车控制系统设计[J].安徽工业大学学报:自然科学版,2014,(2):177-182.

[3]甘中学,汤青.视觉传感及其应用 - 激光传感器与工业机器人的结合(英文版)[M].杭州:浙江大学出版社,2011.

[4]周传德.传感器与测试技术[M].重庆:重庆大学出版社,2009.

上接 30 页



天线的输入阻抗图反映了天线输入阻抗随频率变化的特性。当输入阻抗的虚部为 0,实部为 50 欧姆时,天线与馈线实现完全阻抗匹配,此时功率损耗最小,S 参数值达到最小值。天线的输入阻抗图如图 5 所示,在中心频率为 447MHz 处,输入阻抗的实部约为 48,虚部为 15,阻抗匹配控制在误差范围内。

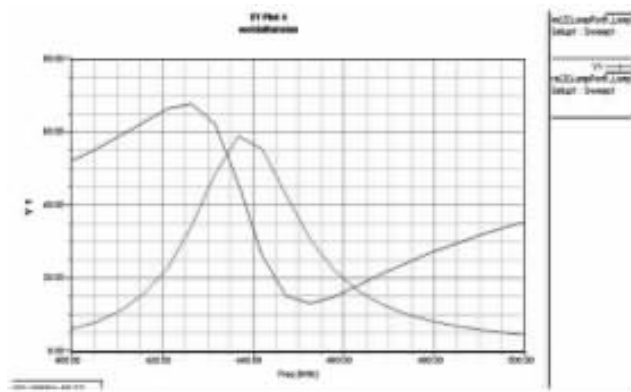


图 5 天线输入阻抗图

4 结论

电磁场仿真软件 HFSS 是微带贴片天线设计的一种高效工具。利用该软件设计了一种中心频率为 447.37MHz 的矩形微带贴片天线,通过仿真验证得到天

线的相对带宽为 3.58%,方向性较好,输入阻抗较匹配,结果在有效误差范围内。利用 HFSS 软件设计微带天线是一种高效设计方法,能够应用于工程实际。

参考文献:

[1]朱辉,刘经银.基于微带阵列的天线设计与仿真[J].计算机仿真,2011,28(5):148-149.

[2]郑争兵.基于 FPGA 的 FSK 调制解调系统设计[J].陕西理工学院学报:自然科学版,2012,28(5):20-21.

[3]崔建新.扇锥天线的二维平面结构分析法[J].科学技术与工程,2007,7(4):458-459.

[4]郑争兵.基于 DSP Builder 的 FIR 数字滤波器设计与验证[J].陕西理工学院学报:自然科学版,2013,29(2):34-38.

[5]张钧,刘克诚,张贤锋,等.微带天线理论与工程[M].北京:国防工业出版社,1988.

[6]谢卫锋,常树茂,范瑾.圆极化引信天线设计[J].科学技术与工程,2011,11(6):3679-3680.

[7]王扬智,张麟兮,韦高.基于 HFSS 新型宽频带微带天线仿真设计[J].系统仿真学报,2007,19(11):2603-2606.

[8]雷波.基于微带天线的 RFID 阅读器阵列天线的研究与设计[D].天津:天津工业大学,2011.

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>