

共面波导宽频带微带缝隙天线的设计与仿真

姜宇 高红友 于少鹏 肖鸿 刘兴鹏 滕巍
(哈尔滨工程大学 信息与通信工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 改进了一种基于共面波导的宽频带微带缝隙天线, 该天线采用较低介电常数($\epsilon_r=2.2$)和厚度薄($h=0.8\text{mm}$)的材料作为基板。利用 CST Microwave Studio 仿真软件进行了仿真计算, 给出了反射损耗曲线 S_{11} 和辐射方向图, 结果表明其中心工作频率为 3.52 GHz, 获得了 52% 的阻抗带宽($S_{11}<-10\text{dB}$), 频率范围是 3.07GHz-4.11GHz, 同时对影响天线性能的主要物理参数进行仿真对比, 得出了实用性的结论, 对设计天线和展宽天线带宽具有一定的参考价值。

关键词: 共面波导; 宽频带缝隙微带天线; CST 仿真; 反射损耗

1 引言

微带天线是一种使用微带贴片作为辐射元的天线, 它具有剖面低、体积小、重量轻、易于加工、便于获得圆极化的优点, 并且有利于集成, 在各种通信设备上得到了广泛的应用^[1]。但是, 微带天线频带较窄的突出缺点又限制了它的实际应用。目前在高频应用上, 采用更多的是微带缝隙天线, 它具有对加工精度要求低, 可用标准的光刻技术在敷铜电路板上进行生产的优势, 尤其是微带宽缝天线更是有效地拓宽了频带。作为微带天线一种的共面波导宽频带缝隙天线, 比普通的微带贴片天线的带宽要宽, 普通微带贴片天线设计产生的带宽小于百分之几, 而共面波导宽频带缝隙天线利用共面波导给矩形缝隙馈电, 并在缝隙中引入了一个 T 形的宽带微带贴片, 通过调节宽带微带贴片和接地板间的距离, 辐射缝隙和馈线间可获得良好的阻抗匹配, 可获得百分之几十的阻抗带宽。在文献[3]中设计了一种共面波导馈电的宽频带缝隙天线, 天线是制作在 FR4 基板材料上的, 由于 FR4 的损耗较大, 降低了天线的效率, 而且天线尺寸也过大($72\text{mm}\times72\text{mm}$), 限制了将其集成到便携通信设备中。

本文针对文献[3]中天线存在的不足进行了改进, 设计了一个共面波导宽频带缝隙天线, 采用低损耗、低介电常数的基板材料, 来保证天线能有较高的效率, 而且减小了天线尺寸, 便于应用于小型便携无线通信设备中, 并利用 CST Microwave Studio 仿真软件对该天线进行了仿真, 详细分析了天线设计的几个关键参数及其对天线性能的影响。

2 天线结构设计

共面波导宽频带缝隙天线的结构主要由以下几部分组成: 接地板、微带贴片、基板、馈线, 如图 1 所示。所使用的基板为具有低损耗、低介电常数、厚度小、柔韧性较好的聚四氟乙烯环氧树脂强化材料 RT5880, 基板厚度为 0.8 mm, 介电常数为 2.2。该天线采用矩形贴片与微带线进行馈电, 接地板上的缝隙为正方形。天线的具体物理参数如表 1 所示。

表 1 天线的物理参数

参数	尺寸大小/mm
基板尺寸 G	50
缝隙尺寸 L	30
贴片宽度 w	24
贴片长度 l	15.5
贴片与缝隙间距 S	0.5
馈线与缝隙间距 g	0.5
馈线宽度 w _f	6.37
基板厚度 h	0.8
介电常数 ϵ_r	2.2

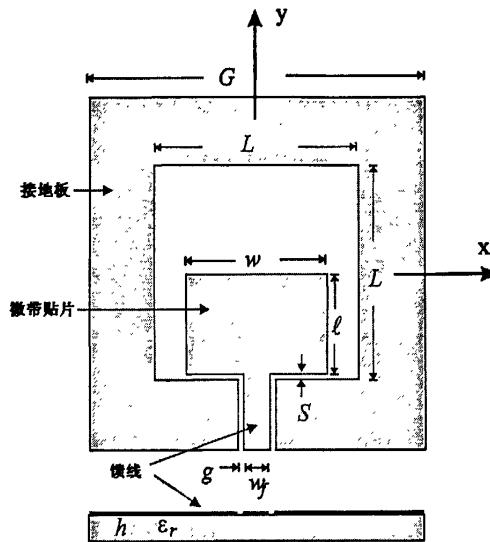
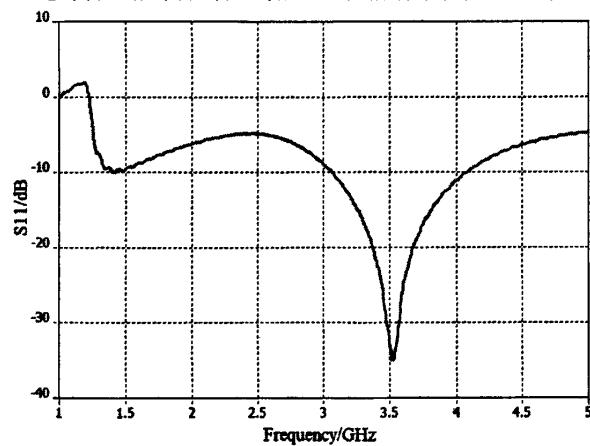


图 1 共面波导宽频带缝隙天线的结构

3 天线的仿真

利用 CST Microwave Studio 仿真软件对天线模拟仿真, CST Microwave Studio 仿真软件(简称 CST MWS 或 CST 微波工作室)是德国 CST(Computer Simulation Technology)公司为快速、精确仿真电磁场高频问题而专门开发的 EDA 工具, 是基于 PC 机 Windows 环境下的仿真软件, 可以仿真各种天线和微波器件, 广泛应用于移动通信、无线通信(蓝牙系统)、信号集成和电磁兼容等领域^[4]。

利用 CST 对天线模型进行模拟仿真后所得输入反射系数 S_{11} , 如图 2 所示。通过计算, 该天线中心工作频率为 3.52 GHz, 获得了 52% 的阻抗带宽($S_{11} < -10$ dB), 频率范围是 3.07GHz~4.11GHz, 这与普通微带贴片天线相比, 性能有了很大的提升。

图 2 S_{11} 曲线图

在实际分析中阻抗带宽并不足以说明天线的实际带宽, 必须对天线不同工作频率下的方向图进行仿真计算才能确定方向图带宽^[5]。分别选取 3.5GHz、4.0 GHz 两个不同频率进行模拟, 图 3(a)、(b)、(c)、(d)分别给出天线在工作频率为 3.5GHz 和 4.0GHz 情况下, zy 平面(E 面)与 zx 平面(H 面)的辐射方向图及其交叉极化。由图 3 可以看出, 天线工作在 3.5 GHz 和

4.0GHz 时, 它们的 E 面方向图和 H 面方向图基本保持一致。

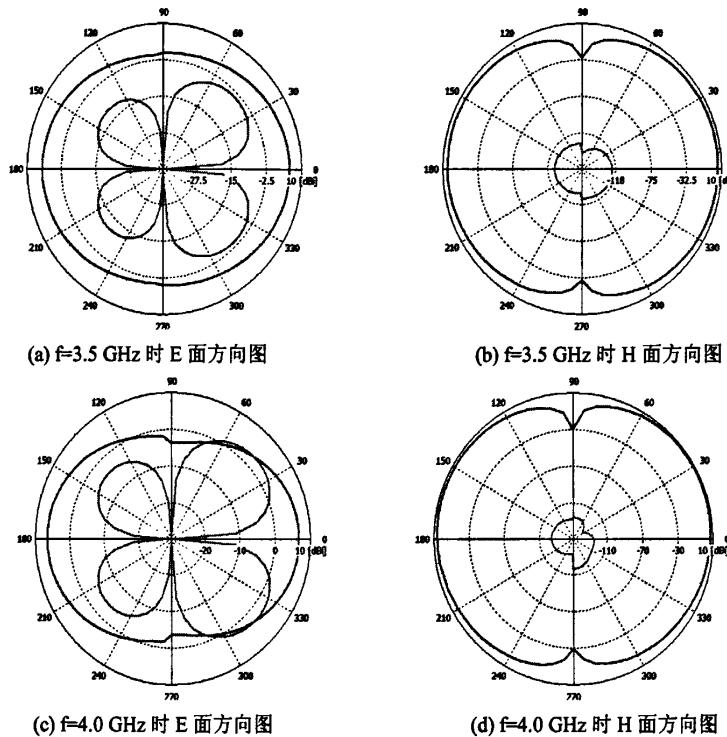


图 3 $f=3.5$ GHz 和 4.0 GHz 时的 E 面和 H 面方向图

(外部曲线为共面极化, 内部曲线为交叉极化)

4 天线各参数对其性能的影响

4.1 基板尺寸

分别改变基板长度 G 和厚度 h , 保持其他参数不变, 图 4(a)、(b) 分别所示天线输入反射系数 S_{11} 随基板长度 G 和厚度 h 变化的频率特性曲线, 仿真结果表明随着基板尺寸的变化特性曲线波动不是很明显, 说明天线的输入反射特性与基板尺寸的关系并不是太显著, 这有利于天线的小型化设计, 而基板的厚度并没有改变输入反射特性曲线, 这和传统微带贴片天线有所不同, 增加传统微带天线的基板厚度可展宽带宽^[2]。为减小天线的尺寸, 方便设计, 一般选取基板厚度为 0.8 mm。

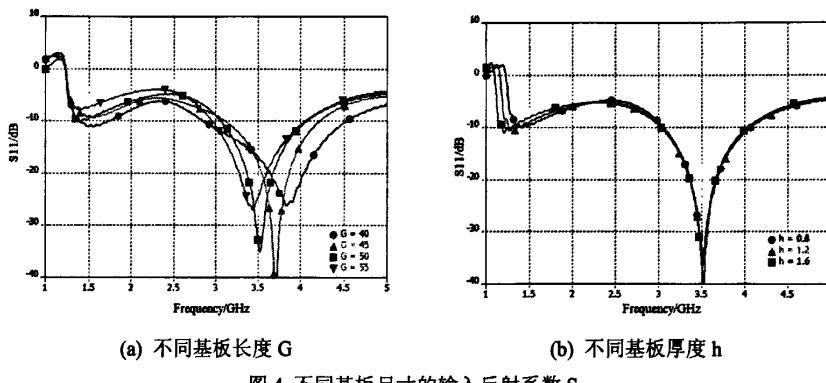


图 4 不同基板尺寸的输入反射系数 S_{11}

4.2 缝隙尺寸 L

图 5 所示是改变缝隙尺寸 L , 保持其他参数不变, 天线输入反射系数 S_{11} 随缝隙尺寸变化的频率特性曲线。随着接地板缝隙尺寸的减小, 输入反射系数 S_{11} 增大, 从图 5 所示, 当 $L=30$ mm 时天线带宽性能最为理想。

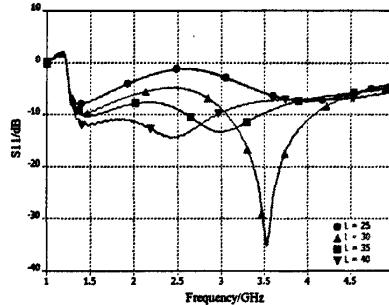


图 5 不同缝隙尺寸的输入反射系数 S_{11}

4.3 贴片与缝隙间距 S

图 6 所示是改变贴片与缝隙间距 S , 保持其他参数不变, 天线输入反射系数 S_{11} 随贴片与缝隙间距变化的频率特性曲线。随着贴片与缝隙间距 S 的增大, 输入反射系数 S_{11} 也相应的增大, 天线的性能降低, 当 $S=0.5$ mm 时天线带宽最佳。

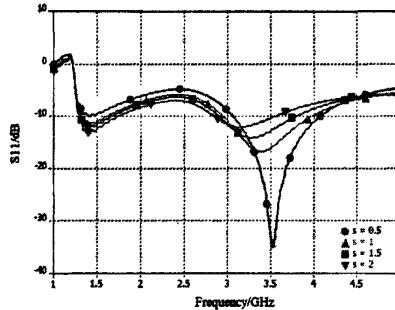
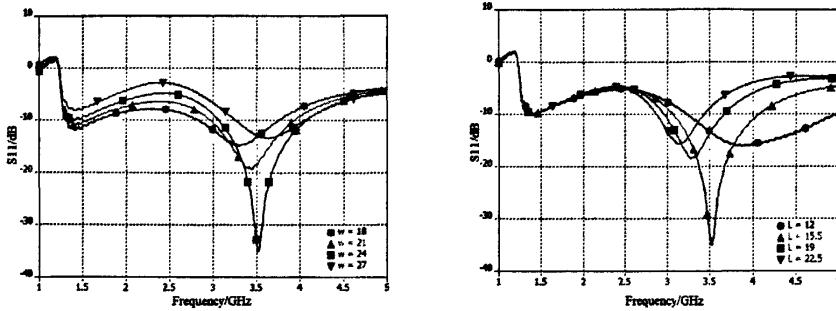


图 6 不同贴片与缝隙间距 S 的输入反射系数 S_{11}

4.4 微带贴片尺寸

图 7(a)、(b)所示是改变微带贴片尺寸, 保持其他参数不变, 天线输入反射系数 S_{11} 随微带贴片尺寸变化的频率特性曲线。从图 7(a)、(b)所示, 可知当贴片长度选取 $w=24$ mm, $l=15.5$ mm 时天线的输入反射系数 S_{11} 符合天线的性能要求, 而馈线宽度对天线性能影响甚微, 在实际设计中不做主要考虑因素。



(a) 不同贴片宽度 w

(b) 不同贴片长度 l

图 7 不同微带贴片尺寸的输入反射系数 S_{11}

通过分析天线物理尺寸对其性能的影响,可以得出:(1)基板尺寸、基板厚度和微带贴片馈线宽度对天线的性能影响甚微;(2)缝隙尺寸 L 、贴片尺寸和贴片与接地板平面间距 S 对天线性能影响显著;(3)为展宽天线的带宽,一般可以降低基板介电常数 ϵ_r 来实现,其 ϵ_r 的范围可从 1~25,而 2.5 左右的最为普遍;(4)影响天线性能的因素多,在实际设计中需权衡利弊,协调处理。

5 结束语

从上面的仿真计算和分析中可以看出,采用共面波导馈电是可以实现的一种展宽微带天线频带的有效途径,这种结构馈电电路和接地板缝隙共面,结构简单、误差小、易于加工,有利于天线的设计和应用。文中提出了一种利用 CST 仿真软件对共面波导宽频带缝隙天线设计方法,详细分析了天线各个参数对其性能的影响,这对设计共面波导宽频带缝隙天线和展宽天线带宽具有一定的参考价值。通过大量仿真实验表明,设计的共面波导馈电微带缝隙天线性能满足一般通信系统的要求,进一步说明了共面波导馈电的可行性。

参考文献

- [1] 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.
- [2] (美) Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele 著. 朱守正, 安同一译. 天线理论与设计(第 2 版)[M]. 北京:人民邮电出版社, 2006.
- [3] Honrg-Dean Chen. Broadband CPW-Fed Square Slot Antennas With a Widened Tuning Stub [J]. IEEE Trans. Antennas and Propagation, 2003, 51(8):1982-1986.
- [4] 张敏. CST 微波工作室用户全书(卷一/卷二)[M]. 成都:电子科技大学出版社, 2004.
- [5] 钱坤, 庞伟正, 李翔麟, 邹喻. 超宽带宽缝天线的设计与仿真 [J]. 应用科技, 2007, 34(10):21-23.

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>