

微带线不连续性补偿方法仿真研究

陈鹏, 曹沐昀

(南京航空航天大学 电子信息工程学院, 江苏 南京 210016)

摘要 在微带电路中, 由于拐角导致不连续性的出现。而不连续性会在电路中形成电抗, 引起寄生耦合。在工程中, 通常采用对微带线进行削角或扫掠的方式直接补偿不连续性。文中通过一个线性变化的变量, 在 Ansoft HFSS 中模拟出不同尺寸削角和扫掠的情况, 定量地分析不同尺寸削角和扫掠处理对于不连续性补偿的效果及优缺点。

关键词 微带线不连续性; 削角弯头; 扫掠弯头; HFSS 优化仿真

中图分类号 TN402 **文献标识码** A **文章编号** 1007-7820(2013)03-119-03

Simulation and Analysis of Different Compensation Methods of Microstrip Line Discontinuity Based on HFSS

CHEN Peng, CAO Mujun

(School of Electronics and Information Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract In the microstrip circuit, corners cause discontinuity, which in turn forms reactance in the circuit, thus the parasitic coupling. In engineering, chamfered microstrip line or sweep are usually adopted to directly compensate the discontinuity. This article uses a linear variable to simulate in Ansoft HFSS the different sizes of the cut angle and sweep, and quantitatively analyzes their advantages and disadvantages by their effects on discontinuity compensation.

Keywords microstrip line discontinuity; chamfered elbow; sweep elbow; HFSS optimization simulation

在微波网络的众多传输方式中, 以微带线为核心的微带电路, 因其加工制造过程简单, 且方便将有源和无源器件进行集成, 在实际微波电路系统应用中得到了广泛的应用。但在微带元件和电路的设计中, 将不可避免地涉及到弯曲、宽度变化、T形分支、截断或隙缝等不连续性。这些不连续性将对微带中的电磁场分布产生影响, 从等效电路上看, 不连续性相当于并联或串联一些电抗元件, 使电路参量发生变化。例如一些微波元件在设计上必须要有折弯, 如定向耦合器、滤波器和功率分配器等, 就将引入微带线的直角拐弯这类不连续性^[1]。

通常有两种方法可消除微带电路中不连续性所带来的效应。方法一: 在原有微带电路的基础上, 通过建立该不连续性的等效电路, 将这些由不连续性所造成的参数一并考虑进电路的设计中, 通过调节其他的电路参量来补偿。该方法对于设计者的自身能力要求较高, 需要精通各种情况所对应的等效电路。方法二: 采用对微带线进行削角或斜拼接的方式来补偿不连

续性^[2]。

在文献[1~2]中, 虽有较为详细的微带线不连续性补偿方法介绍及分析, 但对于不同方法对补偿效果的具体影响以及同一种方法不同尺寸对于补偿效果的影响未予以深究。文中在文献[1~2]的理论基础上, 采用基于有限元的 3D 电磁仿真软件 Ansoft HFSS 软件^[3]进行仿真。在 HFSS 中, 通过一个线性变化的变量模拟出不同尺寸削角和扫掠的情况, 进行优化仿真, 定量地分析不同尺寸的削角和扫掠处理对于不连续性补偿的效果及优缺点。

1 削角补偿方式仿真设计原理和思路

微带线直角拐弯会产生寄生的不连续性电容, 其是由拐弯处附近微带线面积的增大所引起的。通过削角, 可有效地减小拐弯处微带线的面积, 从而降低直角拐弯所带来的多余电容效应^[4]。

在仿真计算中, 通过设置一个变量来实现, 这一变量可直观地线性控制削角长度。且方便调节, 并可对其进行优化仿真, 如图 1 所示。图中 W 为微带线宽度, L 即为削角尺寸长度。

在仿真中, 通过设置一个中心原点, 边长为 $2a$ 的正方形作为切割体。该设置的优点为可通过改变 a 的

收稿日期: 2012-11-06

作者简介: 曹沐昀(1991—), 女, 本科。研究方向: 通信。E-mail: cao15651832775@163.com。陈鹏(1991—), 男, 本科。研究方向: 微电子。

值来改变正方形的边长。

再通过对这一正方形切割体,以 z 轴作为旋转轴,旋转 90° 达到切割的目的。这样切割线的长度就是文中设置的正方形边长。可以通过更改参数 a 的值来实现调节不同削角的长度,通过 HFSS 的优化仿真功能实现分析。从而精确地得到削角弯头补偿方式的最佳削角长度尺寸,具体仿真结构如图 1 和图 2 所示。

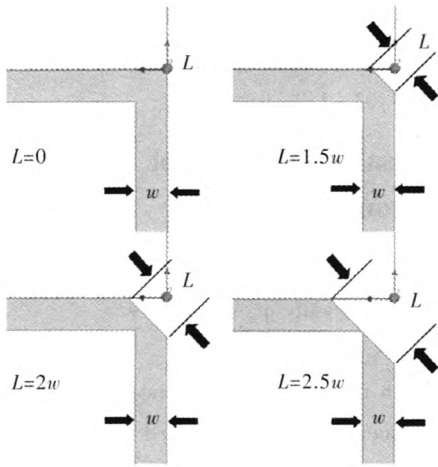


图 1 削角弯头尺寸示意图

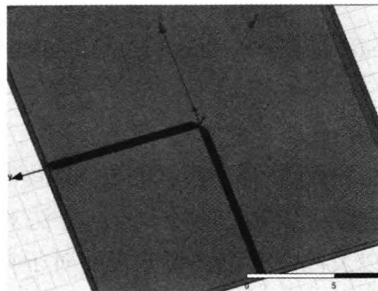


图 2 削角弯头仿真结构图

2 扫掠补偿方式仿真设计原理

首先,通过一个半径为 $b + w/2$,另一个半径为 $b - w/2$ 的两个半径相差 w 的圆相减得到一个宽度为 w 的圆环。随后通过削减整个圆环,得到 $1/4$ 个圆环。最后,加上宽度为 w 的两个长方形得到最终 $R = b$ 的微带线结构。由于 b 是一个线性可控制的变量,因此通过 HFSS 的优化仿真,能够精确得到扫掠弯头补偿方式的最终尺寸 R 。具体仿真结构如图 3 和图 4 所示。

3 仿真结果

将 HFSS 的参数设置如下,材料是介电常数为 3.5 的 Arlon AR 350,介质层高度 0.88 mm,微带线宽度 0.5 mm,outer 边界为理想电边界,工作频段在 1 GHz。

利用 HFSS 的优化仿真功能,利用范围 0.325 ~ 0.575 mm,步距为 0.05 mm 的线性变量 a ,对削角弯头的削角尺寸 $L = 2a$ 进行控制,从而得到削角尺寸变化对

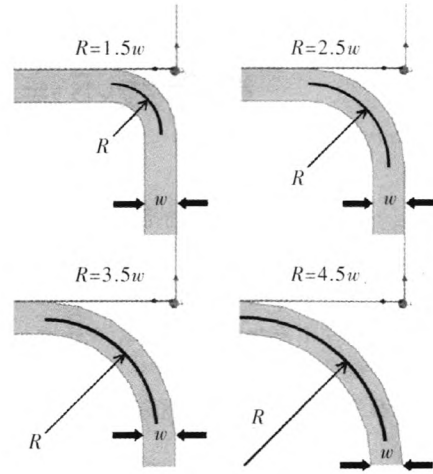


图 3 扫掠弯头尺寸示意图

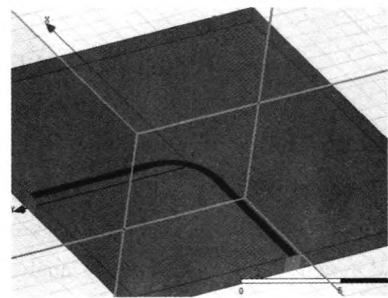


图 4 扫掠弯头仿真结构图

于微带线不连续性的补偿效果进行了模拟仿真。根据第一次仿真结果,在削角尺寸 $2a = 0.7 \text{ mm}$ ($1.4w$) 至 1.0 mm ($2w$) 时,增加敏感度,将步距改为 0.001 mm 。再次进行模拟仿真。仿真结果如图 5 和图 6 所示。

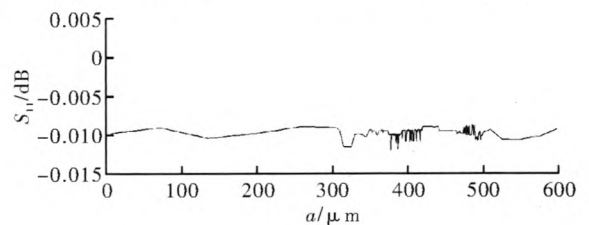


图 5 削角弯头 S_{11} 与 a 的关系

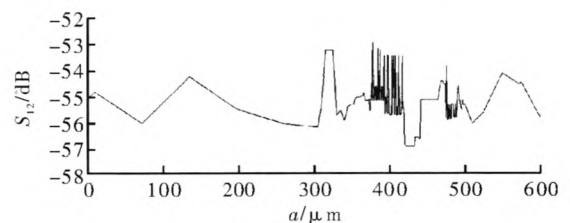


图 6 削角弯头 S_{12} 与 a 的关系

从图 5 和图 6 中可看出,当削角尺寸 $2a = 0.796 \text{ mm}$ 即 $1.592w$ 时, S_{12} 的值较大,为 -53.41 dB ,而 S_{11} 的值较小,为 -0.01 dB 。该结论与工程上的要求基本相符。同时,在图中可发现,当 $2a = 0.756 \text{ mm}$ (削角尺寸

为 $1.512w$) 时, S_{12} 的值最大为 -52.92 dB, 而 S_{11} 的值较小, 为 -0.012 dB。另外, 当 $2a=0.884 \sim 0.914$ mm (削角尺寸为 $1.768 \sim 1.828w$) 时, S_{12} 的值较为稳定, 为 -55.12 dB。在《Microwave Engineering》^[2]一书中, 提到的 $a=1.8w$ 。也在文献[1~4]中提到最优参考值为 $a=1.6w$ 。对比这些数据, 说明了结果的正确性和可参考性。

利用了 HFSS 的优化仿真功能, 利用范围从 $0.25 \sim 4.75$ mm, 步距为 0.02 mm 的线性变量 b , 对扫掠弯头的扫掠半径尺寸对于微带线不连续性的补偿效果进行了模拟仿真, 仿真结果如图 7 和图 8 所示。

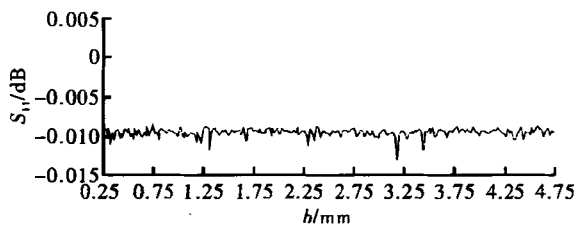


图7 扫掠弯头 S_{11} 与扫掠尺寸 b 的关系

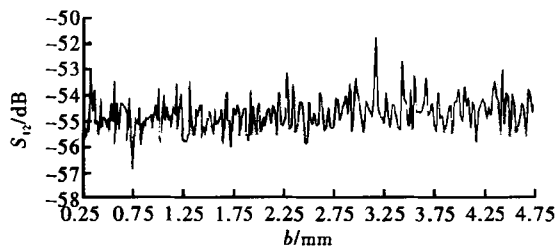


图8 扫掠弯头 S_{12} 与扫掠尺寸 b 的关系

从图 7 和图 8 中可看出, 当扫掠尺寸 $b=1.75$ mm (扫掠尺寸 $=3w$) 时, S_{12} 的值较大为 -54.90 dB, 而 S_{11} 的值较小为 -0.010 dB。其对应的回波和插入损耗均较为理想, 这与工程上要求的扫掠弯头尺寸通常 $>3w$ 基本相符。同时, 从图中可以发现, 当 $b=3.42$ mm (扫掠尺寸为 $6.34w$) 时, S_{12} 的值最大为 -50.99 dB, 而 S_{11} 的值较小为 -0.013 dB。但在实际工程应用中, 由于这种情况所占据的面积较大, 因此使用较少。

4 结束语

实验结果表明, 应用 HFSS 对微带线不连续性的不同补偿方式的效果进行仿真建模、优化以及测试, 能够达到预期的效果。同时, 对在工程上对于微带线的不连续性、不同补偿方式以及不同尺寸的补偿优劣给进行了比较, 有一定参考价值。

参考文献

- [1] 王文祥. 微波工程技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009.
- [2] DAVID M P. Microwave engineering [M]. 3 版, 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [3] 李明洋. HFSS 应用详解[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010.
- [4] 顾继慧. 微波技术[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [5] 陈慰, 赵娜, 陶学敏. 微带线不连续性补偿方法的 HFSS 仿真分析[J]. 现代电子技术, 2001, 34(13): 92-94.
- [6] 张栋. 微带线直角拐角脉冲信号传输特性分析[J]. 电子科技, 2010, 23(1): 26-28, 40.

《电子技术》欢迎投稿

《电子技术》杂志(月刊), 设置栏目有: 电子·电路、协议·算法及仿真、图像·编码与软件、保密及网络安全、光电·材料、专题综述等。欢迎业界专家、教授、学者及工程技术人员、教师、学生投稿。来稿应以反映当前国内外电子科学技术领域中的先进理论、创新成果及发展趋势, 并有实际的应用背景, 以及相应的实验结果。

投稿请登录: www.dianzikeji.org

联系电话: 029-88202440

HFSS 视频培训课程推荐

HFSS 软件是当前最流行的微波无源器件和天线设计软件，易迪拓培训(www.edatop.com)是国内最专业的微波、射频和天线设计培训机构。

为帮助工程师能够更好、更快地学习掌握 HFSS 的设计应用，易迪拓培训特邀李明洋老师主讲了多套 HFSS 视频培训课程。李明洋老师具有丰富的工程设计经验，曾编著出版了《HFSS 电磁仿真设计应用详解》、《HFSS 天线设计》等多本 HFSS 专业图书。视频课程，专家讲解，直观易学，是您学习 HFSS 的最佳选择。



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程，是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装，可以帮助您从零开始，全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装，更可超值赠送 3 个月免费学习答疑，随时解答您学习过程中遇到的棘手问题，让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

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，可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>



更多 HFSS 视频培训课程:

● 两周学会 HFSS —— 中文视频培训课程

课程从零讲起，通过两周的课程学习，可以帮助您快速入门、自学掌握 HFSS，是 HFSS 初学者的最好课程，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/1.html>

● HFSS 微波器件仿真设计实例 —— 中文视频教程

HFSS 进阶培训课程，通过十个 HFSS 仿真设计实例，带您更深入学习 HFSS 的实际应用，掌握 HFSS 高级设置和应用技巧，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/3.html>

● HFSS 天线设计入门 —— 中文视频教程

HFSS 是天线设计的王者，该教程全面解析了天线的基础知识、HFSS 天线设计流程和详细操作设置，让 HFSS 天线设计不再难，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/4.html>

● 更多 HFSS 培训课程，敬请浏览: <http://www.edatop.com/peixun/hfss>

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相关培训课程和 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讲授,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>