

基于 HFSS 的微带对数周期天线改进与仿真*

李海农, 侯新宇

(西北工业大学电子信息学院, 西安 710072)

摘要: 讨论和分析微带对数周期天线。根据一些展宽微带天线带宽的方法, 对微带对数周期天线进行了改进, 并结合了 HFSS V10 软件对原始天线和改进后的天线进行了仿真, 并给出了对应的 VSWR 曲线。根据仿真结果可以看出, 这些方法可以改进天线的性能, 可以对天线的设计起到一定的指导作用。

关键词: 微带对数周期天线; HFSS; 频带宽度

中图分类号: TN821 **文献标志码:** A

Modification and Simulation of Microstrip Log Periodic Antenna by HFSS

LI Hainong, HOU Xinyu

(School of Electronic and Information, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: The microstrip log periodic antenna was discussed and analyzed. Some methods were developed to improve the bandwidth of microstrip antenna. Then, the original and improved antennas were simulated by HFSS V10, and the VSWR corresponding figures were displayed. The simulation results show that the antenna performance can be improved with the methods. The result can be referred to antenna design.

Keywords: microstrip log periodic antenna; HFSS; bandwidth

1 引言

对数周期天线是一种非频变超宽带天线, 它具有自相似结构, 其电性能在 15:1 甚至更宽的频带内基本保持不变^[1]。对数周期天线一般采用圆柱振子, 由于体积大, 重量重, 制作难度大, 精度有限, 其应用范围受到了很大的限制。1980 年, P. S. Hall 提出了对数周期天线一种新形式——微带对数周期天线^[2], 随后又进行了一系列研究工作^[3-5], 证实这种天线具有超宽带特性, 可以实现多个倍频程的带宽。

在机械性能上, 该天线体积小, 重量轻, 低剖面, 能与载体共形, 并且不破坏载体的机械结构; 在电性能上, 频带宽, 增益稳定, 工作频带在 10dB 左右, 易于实现圆极化。故此类天线对高速飞行器有利^[6-7]。

2 天线的初始设计及仿真

如图 1、图 2 所示, 该天线主要特征是, 每一

个阵元都是前面阵元的缩尺。在对应的工作频率上, 其阵元的辐射特性是相同的, 利用这一点, 就可以在较宽的范围内获得需要的辐射特性。

随着微带天线的发展, 扩展频带的方法不断涌现, 文中结合该天线自身特点和有关展宽方法, 采用 Ansoft 公司的 HFSS V10 软件进行了仿真。该软件是基于有限元法设计的, 具有较高的仿真精度, 是国际上较为流行的一种仿真设计软件。

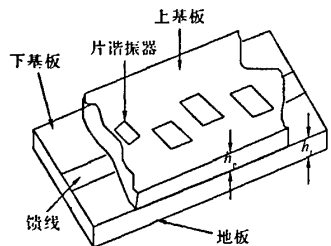


图 1 微带对数周期天线结构图

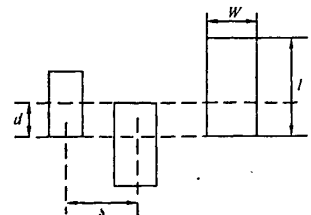


图 2 天线尺寸示意图

* 收稿日期: 2008-01-10

作者简介: 李海农(1982-), 男, 陕西西安人, 硕士研究生, 研究方向: 天线设计和测试, 电磁散射理论。

天线结构如图 1、图 2 所示,对于第 n 和第 $n + 1$ 阵元,阵元间几何关系如式(1)所示,微带贴片长度 l ,宽度 w 和间距 d 都按照同一个因子 τ 缩放,其关系式为:

$$\frac{l_{n+1}}{l_n} = \frac{w_{n+1}}{w_n} = \frac{s_{n+1}}{s_n} = \tau \quad (1)$$

为了取得较好的宽带特性,该天线采用了电磁耦合性馈电。阵元横向偏移 d ,介质基片厚度 h_1 和 h_2 都没有做周期变化,这一点决定了该天线并不是完全周期设计。作为初步设计,可以采用下面的步骤^[6]:

- 1) 按高频端计算贴片尺寸;
- 2) 选择贴片间距 d 使阵列波束倾斜 10° 到 20° , 以保证输入驻波比特性较好;
- 3) 根据中频点选取基片厚度 h_f 和 h_p ;
- 4) 将要求的总带宽除以每贴片的平均带宽来得到贴片数,并得出缩放比 τ 。

根据以上所述,对 8~12GHz 的九元阵天线的几何参数进行计算,如表 1 所示。

文献[4]已证明贴片边缘与馈线边缘对齐时,耦合最大,这时能取得较大带宽。其它参数按照文献[7]给出的数据,结合表 1 中的参数在 HFSSV10 中建立模型,并进行仿真,仿真电压驻波比(VSWR)曲线如图 3 所示。

表 1 九元阵微带对数周期天线的尺寸 mm

	W	L	S
1	6.8	5.4	6.97
2	7.14	5.67	7.32
3	7.5	5.95	7.68
4	7.87	6.25	8.07
5	8.27	6.56	8.47
6	8.67	6.89	8.90
7	9.11	7.24	9.34
8	9.56	7.60	9.81
9	10.05	7.98	10.30

3 天线的改进与仿真

3.1 采用空气作为下层介质

从物理层面上讲:当 ϵ_r 减小时,介质对场的约束变弱,介质内的场更易于辐射出去,另一方面,介质存储场的能力也因 ϵ_r 的减小而降低,这样将使辐射对应的辐射品质因数 Q_r 下降,根据微带天线的带宽估算公式: $BW = \frac{\rho - 1}{Q_r \sqrt{\rho}}$ 可以知道,减小 ϵ_r 可以展宽天线频带。

由于采用了多层介质基板,其等效介电常数与各层介质的相对介电常数和厚度有关,两层介电材料构成的基板总的等效介电常数 ϵ 与各层介电常数 $\epsilon_{r1}, \epsilon_{r2}$ 和厚度 h_1, h_2 的

关系为: $\epsilon = \frac{\epsilon_{r1}\epsilon_{r2}}{\epsilon_{r1}h_2 + \epsilon_{r2}h_1}$ 。由该式可以看出,可以采用空气这种介电常数较小的介质来降低介电常数。

保持表 1 中的各种参数不变,采用空气作为下层介质,天线的 VSWR 曲线如图 4 所示。比较图 3 与图 4,可以看出,天线带宽有了较大改善;但是频带却向高频移动了很多,考虑到高频时,天线方向图性能不好,所以这种方法改善不大。

3.2 上介质层采用楔形结构

在已发展出的展宽微带天线频带的技术中,采用楔形结构^[8]是较为简单的一种手段,在文献[8]中,楔形基板微带天线的带宽要比一般的矩形微带天线的频带宽 2 倍多。微带对数周期天线,也可以采用该方法进行频带改善,其原理可以解释为由于每一个辐射单元辐射端口处的基板厚度不同,形成的两个谐振器经过阶梯电容耦合产生双回路现象造成的。

该天线基片厚度 h_p 和贴片间的位移 d 决定着馈线和贴片间的耦合程度。这不但影响贴片带宽,而且控制有效区的范围,因而影响阵的波束宽度。若耦合小,则有效区长而波束窄;若耦合强,则有效区短而波束宽且输入驻波比差。通过调节 h_p 和 d 才能取得较好的性能。

天线初始设计没有考虑介质基板厚度 h_p 的变化,不能保证天线相对电性能的不变,这也是微带对数周期天线设计不完善的一个方面,天线性能因此也会有所下降。采用楔形基板后,天线的相对电性能得以完整化,因此起到了改善带宽

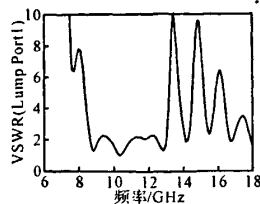


图 3 初始天线的 VSWR-f 曲线

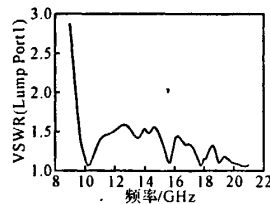


图 4 下基板为空气时的 VSWR-f 曲线

的作用。

采用该改进方法以后,天线的 VSWR 曲线如图 5 所示。由该图可以看出,有两个较为明显的谐振点,可以验证上面的论述。

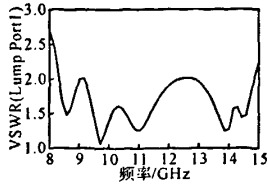


图 5 采用楔形基板时的 VSWR-f 曲线

3.3 馈电片采用梯形结构

本天线采用的电磁耦合性馈电本身就是获得较大驻波比的一种方法,与微带线馈电的微带对数周期天线^[8]相比,文中所述采用电磁耦合型馈电的天线更容易取得较大带宽。正如 3.2 中所述,微带线宽度 d 对所有辐射单元保持不变也会对天线性能造成一定的影响,可以尝试用梯形微带线进行馈电。

通过仿真发现,贴片的位移 d 对带宽起着很重要的作用,并且随着 d 的变化,其高低频两端的变化差异很大,主要是相对位移变化不同造成的。因此可以采用梯形微带进行馈电,高频端馈电片位移 d 相对较小;低频端馈电片位移 d 相对较大。采用梯形微带线进行馈电刚好可以满足这种要求。

采用梯形微带进行馈电后的 VSWR 曲线如图 6 所示。可以看出这种方法改善了该天线的带宽,但改善不大,并且使得天线朝高频端移动。

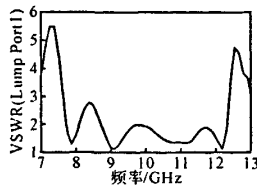


图 6 采用梯形馈线后的 VSWR-f 的曲线

4 总结

将上面几种改进办法综合,对初始设计的对数天线进行改进,在 HFSS 软件中,通过参数微调可以得到新天线的驻波比曲线和所设中频 12.5GHz 的增益图,如图 7、图 8 所示。

由图 7、图 8 可以看出,采用上述改进方法后,该天线的带宽有了较大的改善;天线增益较大,方向性也比较。可见这几种改进方法是可行的。该天线在理论上是可以用在高速飞行器上的。

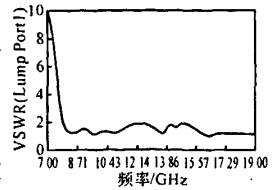


图 7 总体改进后的 VSWR-f 曲线

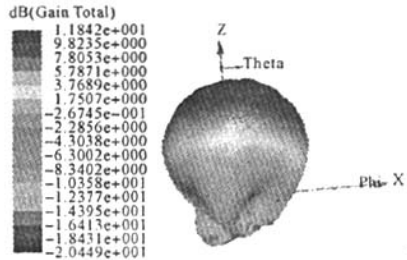


图 8 12.5GHz 时天线的三维增益方向图

参考文献:

- [1] 周朝栋. 线天线理论与工程[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1988.
- [2] Hall P S. New wideband microstrip antenna using log-periodic technique[J]. Electron. Letter. 1980, 16(4):127-128.
- [3] Hall P S. Multi-octave bandwidth log-periodic antenna array[J]. IEE Proc Pt.1986,33(2): 127-136.
- [4] Hall P S. Microstrip log periodic antenna array with endfire beam[J]. Electron Lett. 1987,23(7): 912-913.
- [5] Hall P S. Microstrip antenna array with multi-octave bandwidth[J]. Microwave,1986,29(3):133-138.
- [6] 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.
- [7] 张钧. 微带天线理论与工程[M]. 北京:国防工业出版社,1988.
- [8] M K A Rahim. The design of quasi microstrip log periodic antenna [J]. IEEE RF and Microwave Conference,2004:132-135.

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>