

12.5GHz 微带阵列天线 的设计

杨秀丽 葛建民 李铭祥 韩建国

(上海大学通信与信息工程学院 上海 201800)

摘要 本文完成了一个12.5GHz微带天线阵列的设计。通过Ansoft HFSS软件对天线阵列进行了仿真设计和优化，并制成PCB板。最后在微波暗室中对8×8天线阵列进行测试，测得12.5GHz时的最高增益为22.9dBi，驻波小于2.0。

关键词 矩形贴片 微带天线 微带天线阵列

天线作为发射和接收电磁波的一个重要的无线电设备，其性能的好坏将直接影响无线电设备的性能。随着无线通信和雷达系统的不断完善发展，对天线性能提出了重量轻、体积小、制作简单、易共形和宽频带等特性的要求。微带天线正是因为满足了上述要求而深受人们的关注，近年来的应用也越来越广泛^[1]。本文利用HFSS设计了一种矩形微带贴片天线，并将它用于12.5GHz 8×8阵列天线的设计。

1 微带天线阵列的设计

1.1 矩形贴片天线的设计

微带贴片天线(MPA)是由介质基片、在基片一面上有某一个平面几何形状的导电贴片和基片另一面上的地板所构成。常用的贴片形状有矩形、正方形、三角形、五角形、圆形等。本文设计过程中考虑到各种贴片的辐射机理、馈电方式、匹配、制版等因素，采用矩形贴片^[2,3]。图1为矩形微带贴片天线的结构图。

对于介质基片厚度为h，天线工作频率为f₀，相

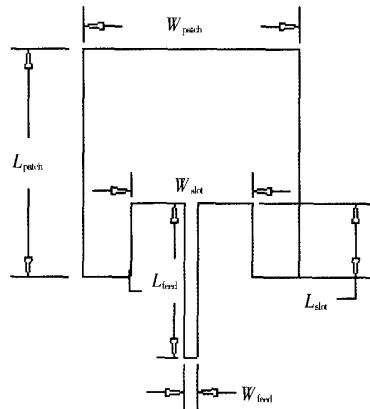


图1 矩形微带贴片天线的结构图

对介电常数为ε_r的矩形贴片。其矩形贴片单元的宽度为：

$$W_p = \frac{c}{2f_0} \left[\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right]^{-1/2} \quad (1)$$

其中，c 为真空中的光速。

确定了矩形微带贴片的宽度后，可以算得介质

基板的相对介电常数为：

$$\varepsilon_{re} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left[1 + \frac{10h}{w} \right]^{-1/2} \quad (2)$$

由于天线边缘场的影响引起的等效伸长长度为：

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\varepsilon_{re} + 0.3)(w/h + 0.264)}{(\varepsilon_{re} - 0.258)(w/h + 0.8)} \quad (3)$$

由于边缘场的影响，矩形微带贴片单元的长度一般采用下面的公式来计算：

$$L = \frac{\lambda_e}{2} - 2\Delta L = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\varepsilon_{re}}} - 2\Delta L \quad (4)$$

我们在设计过程中采用了最基本的由贴片层、介质层和接地层组成的三层设计。其中贴片层和接地层都采用铜，介质层采用介电常数为 2.2 的 Rogers RT/duroid 5880。根据天线工作的中心频率 12.5GHz，由上面所介绍的公式可以得到微带贴片天线的大部分数据如 W_p (373.5 密位) 和 L_p (307.8 密位) 等，而 W_{slot} 和 L_{solt} 是通过仿真软件优化得到。

1.2 天线阵列的设计

根据天线阵列的设计理论^[4-6]以及上面所得到的矩形微带贴片单元的相关数据，我们最后设计的 8×8 微带天线阵列的实物图如图 2 所示。

2 天线阵列的微波暗室测试结果

我们在微波暗室中对所设计的 8×8 微带天线阵列进行了实际测试。微波暗室的长、宽、高分别为 15m、9m 和 9m，用于测试的发送天线和接收天线的

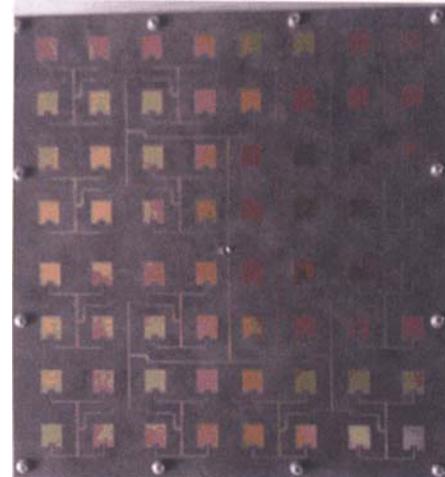


图 2 8×8 微带天线阵列的实物图

距离为 10m，测试天线距离地面的高度为 2.5m。图 3 为 8×8 天线阵列在 12.25GHz、12.5GHz、12.75GHz 时的 E 面方向图。图 4 分别为 8×8 天线阵列在 12.25GHz、12.5GHz、12.75GHz 时的 H 面方向图。表 1 为 8×8 微带天线阵列在 H 面的实际测试数据。

从以上的实际测试图中，我们可以看出：，阵列天线方向图基本关于主瓣最大值对称。本设计实现的 8×8 天线阵列在 12.5GHz 时的驻波小于 2.0，最高增益达到 22.9 dBi。

3 结论

本文依据设计要求，并利用仿真软件 Ansoft HF-

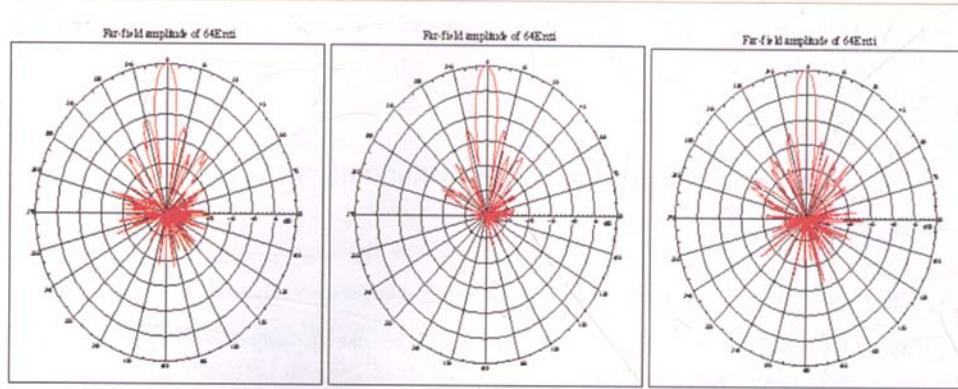


图 3 8×8 天线阵列在 12.25GHz、12.5GHz、12.75GHz 时的 E 面方向图

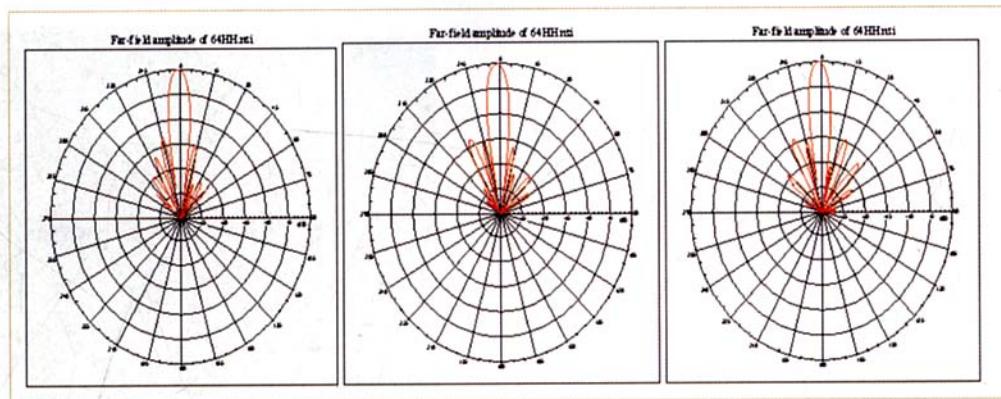


图 4 8×8 天线阵列在 12.25GHz、12.5GHz、12.75GHz 时的 H 面方向图

表 1 8×8 微带天线阵列在 H 面的实际测试数据

| 频率(GHz) | 最大指向 | 最大值 | 3dB BW | 6dB BW | 10dB BW | 最高副瓣 | gain |
|---------|------|-------|--------|--------|---------|-------|-----------|
| 12.25 | -1.0 | -40.1 | 8.4 | 11.8 | 14.3 | -10.8 | 18.27 dBi |
| 12.5 | -1.0 | -35.5 | 8.1 | 11.3 | 14.2 | -12.3 | 22.90 dBi |
| 12.75 | -1.0 | -40.4 | 8.2 | 10.8 | 13.5 | -12.5 | 19.49 dBi |

SS 设计了工作在 12.5GHz 的 8×8 微带阵列天线，然后进行制作加工和测试，所得测试结果满足实际的设计要求。本设计的实现为我们以后在同一层面上实现水平极化和垂直极化相结合的新型双极化相

控阵天线的研究打下了基础，从而会在交通运输、电子对抗、生物医学、应急部门等领域得到广泛的关注与应用。

如对本文内容有任何观点或评论，请发 E-mail 至 sjtx@21cn.com

参 考 文 献

- [1] 鲍尔,布哈蒂亚.微带天线.北京:北京电子工业出版社,1984
- [2] 王亚洲,苏东林,肖永轩,丁鹤佳.宽频带正方形微带贴片天线的设计.微波学报,2006,22(6):29~31
- [3] 张钧.微带天线理论与工程.北京:国防工业出版社,1988
- [4] 阿米特.相控阵天线理论与分析.北京:国防工业出版社,1978
- [5] 钟顺时.微带天线理论与应用.西安:西安电子科技大学出版社,1991
- [6] Liu Z F. A method for designing broad-band microstrip antennas in multilayered planar structures. IEEE Trans on Antennas and Propagat, 1999

(收稿日期:2008 年 11 月 12 日)

Design for a 12.5 GHz Microstrip Antenna Array

Yang Xiuli, Ge Jianmin, Li Mingxiang, Han Jianguo

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 201800, China)

Abstract Design of a microstrip antenna array at 12.5GHz is presented. At first, the microstrip antenna array design, simulation and optimization are performed through Ansoft HFSS software. Then, it is made into PCB. At last, it is tested in microwave anechoic chamber, which provides a maximum gain of 22.9 dBi and a VSWR below 2.0 at 12.5GHz.

Key words rectangular patch, microstrip antenna, microstrip antenna array

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>