

文章编号:1671-0576(2011)02-0053-04

# 一种毫米波微带并馈天线阵的设计

吕 芳, 刘景萍, 刘 丹

(南京理工大学电子工程与光电技术学院, 江苏 南京 210094)

**摘要:**介绍了矩形微带天线的原理和设计方法,并设计制作了 $2 \times 1$ 的毫米波微带并馈天线阵,运用Ansoft HFSS软件进行仿真调试。辐射方向图表明该天线阵主要向上半空辐射,增益可以达到9.87 dB,阻抗带宽( $VSWR \leq 2$ )从31.2 GHz到32.5 GHz。

**关键词:**微带天线;毫米波;天线阵

中图分类号: TN820.15

文献标识码:A

## The Design of a Millimeter Wave and Parallel Fed Microstrip Antenna Array

LV Fang, LIU Jing-ping, LIU Dan

(School of Electronic Engineering and Optoelectronic Technology,  
NUST, Nanjing Jiangsu 210094, China)

**Abstract:** Describes the theory and designed methods of rectangular microstrip antenna. Besides, a  $2 \times 1$  millimeter wave microstrip parallel fed antenna array is presented in this paper, using Ansoft HFSS software to simulate. The simulated radiation pattern shows that the radiation pattern mainly points up to the half space. The gain is 9.87 dB and the impedance bandwidth( $VSWR < 2$ ) is from 31.2 GHz to 32.6 GHz.

**Key words:** microstrip antenna; millimeter wave; antenna array

## 0 引言

众所周知,微带天线在军用和民用方面应用非常广泛,如卫星通信、雷达、无线电引信和医用微波辐射计等。和常用的微波天线相比,它有如下一些优点<sup>[1]</sup>:体积小,重量轻,剖面低,能与载体

共形;电性能多样化,易于得到各种极化,可在双频或多频工作;能和有源器件、电路集成为统一组件,简化了整体的制作和调试,大大降低了成本。由于微带天线的具有的独特优点,使微带天线在天线开发利用中得到广泛的关注。

## 1 矩形微带天线的辐射原理

微带天线是在带有导体接地板的介质基片上添加导体薄片形成的天线。它利用微带线或同轴

收稿日期:2011-04-07

作者简介:吕 芳(1983—),女,硕士,主要从事毫米波天线设计的研究。

线等馈线馈电，在导体贴片与接地板之间激励起射频电磁场，并通过贴片与接地板间的缝隙向外辐射。下面简要介绍一下微带天线的辐射原理和分析方法<sup>[1,2]</sup>。

如图1所示，贴片尺寸为  $W \times L$ ，介质基片厚度为  $h$ ,  $h \ll \lambda_0$ ,  $\lambda_0$  为自由空间波长。微带贴片可看作为宽  $W$  长  $L$  的一段微带传输线，其终端（ $W$  边）处因为呈现开路，将形成电压波腹。一般取  $L \approx \lambda_g/2$ ,  $\lambda_g$  为介质中的波长。

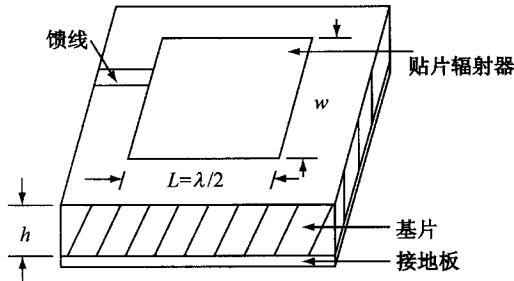


图1 微带矩形贴片天线结构

矩形微带天线的辐射主要由两条  $W$  边的缝隙产生，该两边为辐射边。可近似认为矩形微带天线元的辐射就等效于两个长度为  $W$ ，宽度为  $h$ ，间距为  $L$  的裂缝组成的二元缝隙阵。由于接地板的存在，天线主要向上半空间辐射。对上半空间而言，接地板的效应近似等效于引入磁流  $M_s$  的正镜像。由于  $h \ll \lambda_0$ ，因此它只相当于将  $M_s$  加倍，辐射图形基本不变。

## 2 矩形微带并馈阵设计

为了增强天线的方向性，提高天线的增益系数，或者为了得到所需的辐射特性，可以把若干相同的天线按一定规律排列起来，并给予适当的激励，这样组成的天线系统统称为天线阵。天线阵元可以是任何类型的天线，按阵元在空间的排列方式，天线阵可分为线阵、平面阵和立体阵。还有一种叫做共形阵，阵元多为与飞机或导弹表面结为一体。本文设计的是  $2 \times 1$  微带贴片天线组成的并馈天线阵，是线阵天线，介质基片的另一面是导体接地板，故而天线主要向上半空间辐射。

### 2.1 天线单元的设计

首先选定介质基片的材料，确定介质基片的

介电常数  $\epsilon_r$ 。众所周知，频率越高对基片材料的要求就越苛刻。在毫米波频段，厚基片会使表面波损耗过大，所以本文选用的介质厚度是 0.254 mm 的薄基片。介电常数较小有助于两条等效缝隙的辐射，故而选用的是  $\epsilon_r = 2.2$  的基片。最终本项目采用的介质基板材料是美国 Arlon 公司生产的 Arlon Diclad880( $\epsilon_r = 2.2$ )，厚度  $h$  为 0.254 mm。定义  $\epsilon_e$  为有效介电常数，经验计算公式为

$$\epsilon_e = \frac{(1 + \epsilon_r) + (\epsilon_r - 1)(1 + 10h/W)^{-\frac{1}{2}}}{2} \quad (1)$$

辐射单元的长度  $L$  一般取  $\lambda_g/2$ ，其中， $\lambda_g$  为介质中的波长，实际可由专门的计算软件计算得到。辐射单元的宽度可以由经验计算公式计算得到，公式如下：

$$W = \frac{c}{2f_0} \left( \frac{1 + \epsilon_r}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

实际的贴片宽度  $W$  和长度  $L$  由仿真调试最终确定。本文最终的贴片单元宽度和长度为  $W = 3.8$  mm,  $L = 2.96$  mm。

### 2.2 辐射单元间距

由阵列天线理论，为获得较高的增益，要求阵因子方向图波瓣较窄，则阵列间距较大。而对于一般主瓣较宽的天线来说，过大的间距会引起较大的副瓣，并且天线的长度也较大，因此要选择一个合适的阵列间距。对于并馈的微带天线阵，间距取  $0.6 \lambda_g \sim 0.8 \lambda_g$ ，本文并馈天线阵的间距取为  $0.8 \lambda_g$ <sup>[3]</sup>。

## 3 二元并馈直线阵的仿真研究

本设计的仿真调试采用的是 ANSOFT 公司的 HFSS 软件，该软件是基于有限元法的基本思想来仿真的。所谓有限元法是把整个求解区域划分为若干个单元，在每个单元内规定一个基函数。这些基函数在各自的单元内解析，在其它区域内为零，以此便可用分片解析函数来代替全域解析函数。有限元法必须在一个封闭的区间内才能求解，在处理天线这样的开放场问题时，HFSS 采用辐射边界来表示开放空间。一般要求辐射体到辐射边界的距离为十分之一波长到四分之一波长，在主要的辐射方向上必须在四分之一波长以外。

本文中贴片距辐射边界四分之一波长<sup>[4]</sup>。

3 所示。

从图中可以算出,当VSWR≤2时的相对带

### 3.1 矩形微带天线单元的仿真图

矩形贴片单元的仿真图如图2和图3所示。其中,图2为立体方向图,图3为天线单元的驻波比(VSWR)图。

#### (1) 辐射单元的3D图

可以看出单元增益已经达到了8.1482 dB。且辐射主要指向向上半空间。

#### (2) 辐射单元的驻波比图

对于大多数微带天线来说,输入阻抗随频率变化非常敏感。本天线单元的驻波比图截取如图

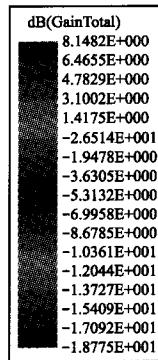


图2 辐射单元3D图

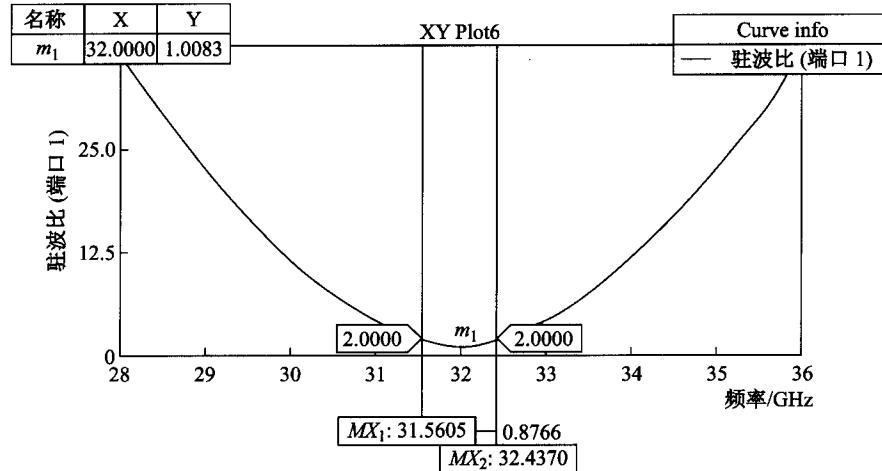


图3 辐射单元驻波比图

宽为

$$\frac{32.4370 - 31.5605}{32} \times 100\% = 2.74\% \quad (3)$$

可以看出单个微带天线单元的带宽是非常窄的,这也是微带天线的一个固有缺陷,这么窄的带宽是很难满足一般应用条件的,所以出现了较多改善微带天线带宽的方法。采用阵列天线的方法来展宽频带是其中之一。

### 3.2 并馈天线阵的仿真图

并馈天线阵仿真图如下图4、图5和图6所示。图4为阵列模型图。

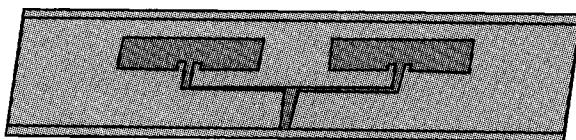


图4 微带天线仿真模型图

图5给出了阵列E面和H面方向图,从图中可以看出,阵列增益达到9.87 dB。

图6为天线单元驻波比(VSWR)图。

从图中可计算出,微带并馈阵的阻抗带宽为

$$\frac{32.5122 - 31.1673}{32} \times 100\% = 4.2\% \quad (4)$$

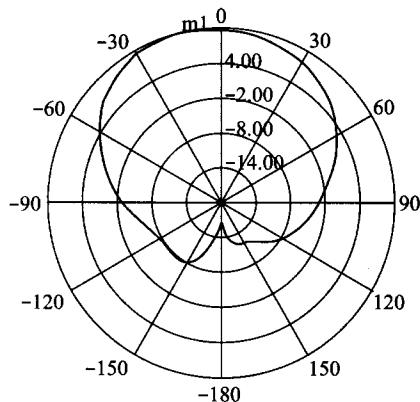
与单片相比,二元并馈阵已经使微带天线的带宽展宽了将近一倍。

## 4 结束语

本文主要介绍了矩形微带天线的基本原理和分析方法,并据此设计了一个二元的矩形微带并馈天线。用Ansoft HFSS对天线进行了仿真调试并给出了仿真结果,结果显示仿真结果比较理想。

| Name | Theta   | Ang      | Mag    |
|------|---------|----------|--------|
| m1   | 350.000 | -10.0000 | 9.8651 |

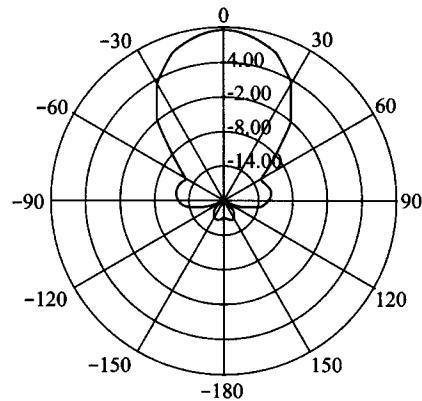
辐射方向图1



Curve info  
— dB(GainTotal)  
 $f=32\text{ GHz}$   
 $\alpha=0$

(a) 并馈阵 E 面方向图

辐射方向图2



Curve info  
— dB(GainTotal)  
 $f=32\text{ GHz}$   
 $\alpha=90$

(b) 并馈阵 H 面方向图

图 5 微带并馈阵地 E 面和 H 面方向图

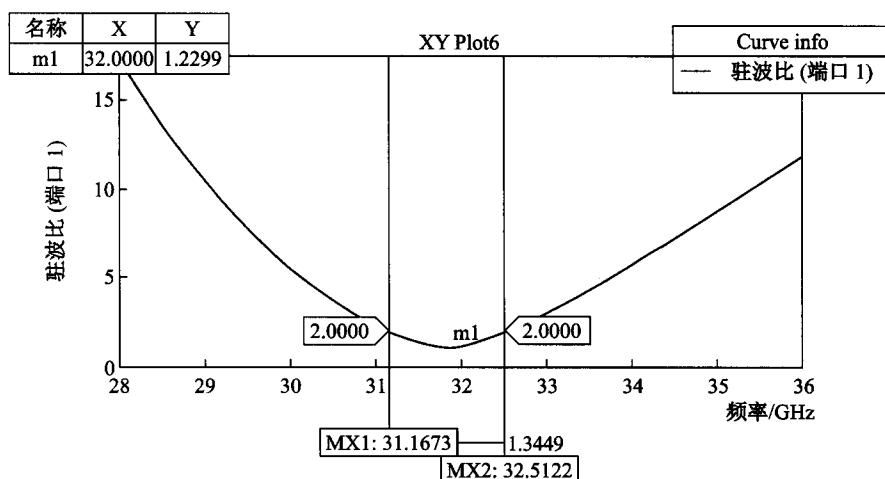


图 6 微带并馈阵的驻波比图

## 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] Lal Chand Godara,左群声,金林,胡明春等译. Handbook of Antennas in Wireless[S].北京:国防

工业出版社,2004.

- [3] 马小玲.宽频带微带天线技术及应用[M].北京:人民邮电出版社,2006.
- [4] 徐琰,张立东.矩形微带串馈线阵的设计与仿真[J].制导与引信,2003,24(4).

## 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](http://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](http://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](http://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>