

# 微带低旁瓣和后瓣天线设计<sup>\*</sup>

## A Low-Sidelobe and Low-Backlobe Antenna

刘豫晋, 陈春红

(南京理工大学电光学院 江苏南京 210094)

**【摘要】** 对角馈方形微带贴片阵列天线进行了理论研究, 并且使用 Ansoft 公司的 Ensemble 工具设计了一个低旁瓣和后瓣的 X 波段角馈式方形微带贴片平面天线阵, 同时阐述了分析思路和相应公式。通过仿真, 这个  $12 \times 12$  元面阵设计实例同时在 E 面和 H 面实现了低于  $-20$  dB 的旁瓣和后瓣电平。

**关键词** 天线, 微带天线阵, 角馈, 旁瓣

**【Abstract】** The theoretical study on corner-fed square patch array with coplanar feed is presented. A X-band low-sidelobe and low-backlobe corner-fed square patch array with coplanar feed is designed by Ensemble (a product of Ansoft corp.), the method of designing and correlation formula is presented.

**Keywords** : antenna, microstrip arrays, corner-fed, sidelobe

## 1 引言

在军用或民用的许多探测系统或通信系统中, 都很需要具有较低旁瓣和后瓣电平的中等增益天线。微带天线由于具有平面结构, 所以与常见的抛物面或反射式等形式的天线相比, 体积小, 重量轻, 平面薄板结构易于安装, 很容易满足飞机、导弹和卫星等共形天线的设计要求, 而且成本低、效率较高。本天线正是基于此目的而设计的。

## 2 系统方案

要得到低副瓣电平的天线, 常见的设计是梳状线微带天线阵, 但是由于其辐射主要来自梳齿的末端, 因此难于控制, 不易实现低旁瓣电平。这里利用角馈方形微带贴片作极化辐射元, 通常将角馈方形贴片的两边设计得稍有不同, 以形成圆极化辐射。这里的方形贴片两边完全等长, 从而产生线极化辐射, 并采用微带线共面馈电, 由四分之一波长阻抗变换段来控制阵列电流分布, 因此很容易获得低造价的低旁瓣电平设计。

为了获得低旁瓣而又有较高的增益, 需将阵列电流分布设计为道尔夫-切比雪夫分布。采用的角馈方形贴片线阵如图 1 所示。利用各元间馈线形成四分之一波长阻抗变换段来实现预定的电流分布, 整条线阵采用中心馈电。因此对  $M$  条并列的线阵用中心馈线连接起来, 形成面阵。中心馈线的设计与线阵的设计

方法相同。中心用同轴馈电。

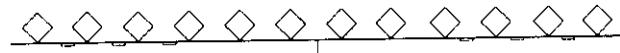


图 1 角馈方形贴片线阵

## 3 设计方法

通过计算, 采用  $M = 12$  条线阵, 各线阵的元数为  $N = 12$ 。

线阵按旁瓣电平为  $-30$  dB 的切比雪夫分布设计, 即  $R_0 = 30$  dB。则可得

$$x_0 = \frac{1}{2} \left[ (R_0 + \sqrt{R_0^2 - 1})^{\frac{1}{N-1}} + (R_0 - \sqrt{R_0^2 - 1})^{\frac{1}{N-1}} \right] = 1.07$$

$$\cos u = \frac{x}{x_0} = \frac{x}{1.07}$$

$$S_{12} = \sum_{i=1}^6 I_i \cos[(2i-1)u]$$

$$T_{11}(x) = 1.024x^{11} - 2.816x^9 + 2.816x^7 - 1.232x^5 + 220x^3 - 11x$$

由  $S_{12} = T_{11}(x)$  可得:  $I_6 = 2.105$ ,  $I_5 = 2.932$ ,  $I_4 = 4.422$ ,  $I_3 = 5.878$ ,  $I_2 = 7.047$ ,  $I_1 = 7.700$ 。则求得一侧的电流分布为:

$$I_1 : I_2 : I_3 : I_4 : I_5 : I_6 = 1 : 0.915 : 0.764 : 0.574 : 0.381 : 0.273$$

线阵右侧半边的等效电路如图 2 所示。

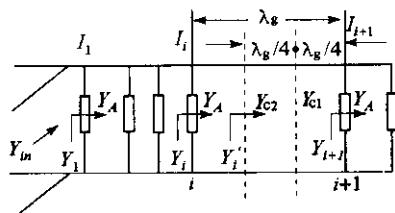


图 2 等效电路图

$Y_A$  为各贴片的输入导纳(假定为相同),  $Y_{in}$  是由馈线中心向右端看去的输入导纳  $Y_{c1}$  和  $Y_{c2}$  分别是 2 节四分之一波长阻抗变换段的特性导纳。各元的间距为一个波长  $\lambda_g$ , 因此必要的话也可采用 4 节阻抗变换段。设从  $i$  和  $i+1$  端向右看去的输入导纳分别为  $Y_i$  和  $Y_{i+1}$ , 则有:

$$Y_i = Y_A + Y_i' \\ Y_i' = \left( \frac{Y_{c2}}{Y_{c1}} \right)^2 Y_{i+1} = n_i^2 Y_{i+1}$$

即

$$Y_i = Y_A + n_i^2 Y_{i+1} \\ n_i = \frac{Y_{c2}}{Y_{c1}} = \frac{Z_{c1}}{Z_{c2}}$$

故对  $N=2n$  元线阵, 右侧元阵的输入导纳为:

$$Y_{in} = Y_1 = Y_A + n_1^2 Y_2 = Y_A + n_1^2 (Y_A + n_2^2 Y_3) = \dots \\ = Y_A (1 + n_1^2 + n_1^2 n_2^2 + \dots + n_1^2 n_2^2 \dots n_{n-1}^2)$$

即右侧输入阻抗为:

$$Z_{in} = \frac{Z_A}{1 + n_1^2 + n_1^2 n_2^2 + \dots + n_1^2 n_2^2 \dots n_{n-1}^2}$$

当工作于谐振频率附近时, 贴片阻抗  $Z_A \approx R_A$ ,  $R_A$  为谐振电阻, 谐振电阻与  $f_r$ ,  $\mu$  及  $h$  有关。 $w_j$  的意义如图 3 所示。 $R_A$  的经验公式如下:

$$R_A = 113 \frac{f_r^{0.354}}{\left( \frac{w_j}{h} \right)^{0.24}}$$

式中  $R_A$  的单位为  $\Omega$ ,  $f_r$  的单位为 GHz。于是, 可得一条线阵的总输入阻抗为:

$$Z_{inl} = \frac{Z_{in}}{2}$$

前面定义的  $n_i$  将决定各贴片的激励电流 2 节四

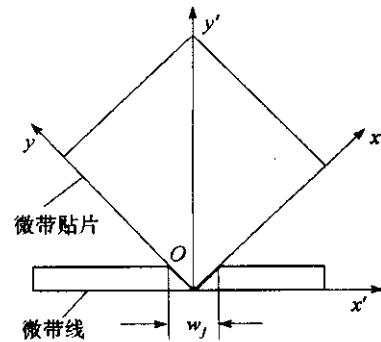


图 3 角馈方形贴片

分之一波长阻抗变换段形成一个  $1: n_i$  的变压器。从而得各贴片电流的相对值如下(令中心处的第  $i=1$  号贴片电流为 1 A):

$$I_1 = Y_A V = 1 \\ I_2 = n_1 Y_A V = n_1 \\ I_3 = n_2 I_2 = n_2 n_1 \\ I_i = n_{i-1} n_{i-2} \dots n_1$$

对于中心馈电的  $M \times N$  元谐振式面阵,  $M$  条线阵的相对电流分布由中心馈线上的阻抗变换段确定, 设计原理与上相同。

取  $w_j = 0.61$  mm, 贴片边长  $a = 7.5319$  mm, 此时贴片在 10.525 GHz 处谐振, 传输线阻抗为 100  $\Omega$ , 中心处用 50  $\Omega$  同轴接头馈电。整体结构如图 4 所示。

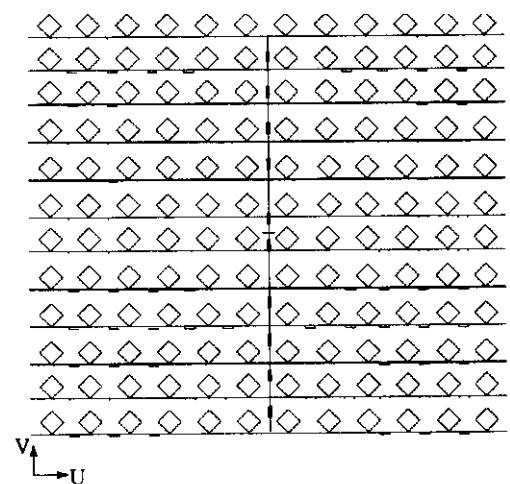


图 4  $12 \times 12$  天线阵列

#### 4 仿真结果

按照以上思路, 采用 Ensemble 进行仿真, 选用 R4003 材料, 介电常数  $\epsilon_r = 3.38$ , 基片厚度 0.5 mm。阵列天线的方向图如图 5 所示。电压驻波比 (VSWR) - 频率关系曲线如图 6 所示。

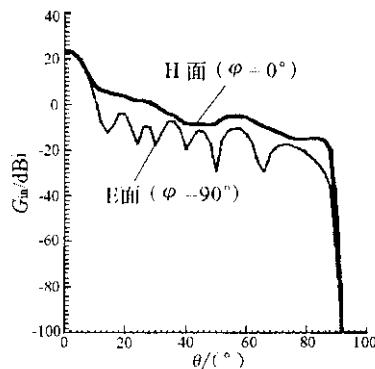
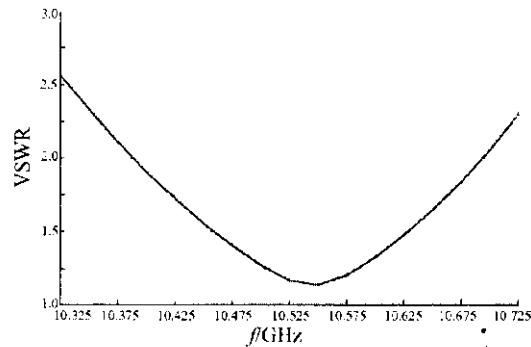


图 5 阵列天线在 10.525 GHz 时的方向图



### 艾美加与 CA 联手打造 NAS 备份系统产品

艾美加公司(纽约股市代号:IOM)和冠群国际公司(纽约股市代号:CA)今天宣布达成全球 OEM 协议,联合推出 Iomega NAS 备份解决方案,为中小企业提供一套结合艾美加 NAS 备份、恢复、存档和数据保护功能及 CA 存储与安全管理软件的整体解决方案。

艾美加 NAS 存储备份系统提供了功能强大、经济适用的数据连续性解决方案。每个系统都包括一个容量高达 1.28TB 的 Windows 驱动艾美加 NAS 服务器、CA 的 BrightStor™ ARCserve 备份数据保护软件和 eTrust™ 反病毒软件。此外,成套系统还配备一个磁带驱动器,构成完整的通过艾美加测试和兼容性认证的解决方案。

### 艾美加 NAS 备份方案包括的 CA 软件

新款中档艾美加 NAS 备份方案配备了 CA 的备份和数据保护软件。其中基于 Windows 的 BrightStor ARCserve Backup 9.0 软件提供数据和存储的高可用性、可扩充性、互操作性、高性能及卓越的管理功能。CA 的 Windows 版 eTrust Antivirus 7.0 软件则可向中小企业提供企业级数据保护功能,是对付各种类型病

毒和危害性软件攻击的利器。

### 5 结束语

本文对线极化角馈方形微带贴片天线阵进行了理论分析和设计仿真,实现了一个 X 波段的低成本、低旁瓣和后瓣微带贴片天线阵,证明了这种设计的可行性和实用性,为未来航天和航空设备的共形天线设计提供了一个很好的实现途径。

### 参 考 文 献

- 1 钟顺时,朱春辉. 一种低旁瓣微带天线阵的分析与设计. 上海大学学报,1995,1(6):680~688
- 2 兰强,林泽祥. 角馈式微带平面天线阵. 电子对抗技术,1996(2):45~48
- 3 James J R. Hall P S. Handbook of microstrip antennas. P. Peregrinus Ltd. . London 1989 ■

由图中可以看出,E 面和 H 面的波束宽度(3 dB)都约为 10°,天线增益大于 20 dB,相对副瓣电平小于 -20 dB,中心频率 10.525 GHz,带宽(反馈损耗 < -12)大于 200 MHz。

### 艾美加 NAS 备份方案主要特点

艾美加 NAS 备份解决方案可以缩短数据灾难恢复的时间,节省成本、降低复杂性。新方案兼容现有的网络备份软件,其 NAS 服务器可直接管理磁带自动负载器,通过 SCSI 连接发送数据,减少了网络数据传输量(免费提供一个 Windows 代理可处理的附加服务器)。

对于广大零售商和客户而言,艾美加 NAS 备份方案还可以降低完整数据连续性解决方案成本,提供以下卓越的性能:

高数据率 磁盘到磁盘性能可节省备份和恢复时间;

较低的网络负载 NAS 服务器通过 SCSI 连接磁盘驱动器,可减少网络数据传输流量;

操作简单 磁带管理软件配合艾美加磁带自动加载器,自动执行 NAS 备份功能;

快速恢复功能:由于文档保存在 NAS 服务器上,一旦需要进行数据恢复,也不用从磁带上恢复文档,因此减少了数据传输时间,确保网络客户获得最大的效率。

## 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>