

文章编号 :1001 - 893X(2003)01 - 0048 - 04

# 新型宽波束圆极化天线—— 微带介质天线 \*

何海丹

(中国西南电子技术研究所,四川 成都 610036)

**摘要** 通过在微带天线中引入介质天线原理,提出了一种以简单方式展宽微带天线波束和提高低仰角增益的新方法,从而发明了一种新型宽波束天线——微带介质天线。该天线具有极宽的波束、较高的低仰角增益和波束范围内有较好的圆极化性能等特点。文中给出了天线的原理、设计公式和实验结果。

**关键词** 微带介质天线,宽波束,圆极化,设计**中图分类号** TN821      **文献标识码** A

## A Novel Wide Beam Circular Polarization Antenna— Microstrip – dielectric Antenna

HE Hai – dan

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

**Abstract** By applying the principle of dielectric antenna to microstrip antenna, a novel and simple method that can widen the beamwidth and enhance low – angle radiation of microstrip antenna is presented. And then a novel antenna named Microstrip – Dielectric Antenna (MDA) is invented. The MDA has three distinct advantages: very wide beams, higher gain at low – angle and good circular polarization performance within the beams. The principle, design formulas, results and comparison with conventional microstrip antenna are also presented.

**Key words** Microstrip – Dielectric Antenna (MDA); Wide beam, Circular polarization, Design

### 一、概述

微带天线由于具有体积小、重量轻、低剖面、低成本和易共形等优点,已得到广泛应用,特别适合用作移动卫星通信的小型移动终端天线和飞行器载天线。随着这些系统的发展,对天线的覆盖范围提出了越来越高的要求。如我国的双星定位系统和美国的 GPS 系统用户机天线,以及测控系统的飞行器载天线,都要求具有近似半球的覆盖能力,而且要具有较高的低仰角增益。而普通的微带天线的波束宽度一般在  $70 \sim 110^\circ$  左右,在低仰角时(仰角为  $10^\circ$ )增益在  $-7 \sim -3$  dB 之间,因此用普通的微带天线实现

上述要求非常困难。在不使圆极化性能恶化的前提下,展宽微带天线波束,提高低仰角增益,对天线工作者来说,是一个极大的挑战<sup>[1]</sup>,已成为微带天线的一个研究热点。文献已报道了多种展宽微带天线波束、提高低仰角增益的方法,如采用高介电常数介质<sup>[2]</sup>、微带高次模天线<sup>[3]</sup>、沿角锥面布阵<sup>[1]</sup>、四元微带圆环缝隙阵<sup>[4]</sup>等,但这些方法对展宽波束、提高低仰角增益的程度都很有限,在仰角为  $10^\circ$  时的增益一般在  $-3 \sim -2$  dB 之间,而且除文献[2]的方法以外,都使天线结构变复杂,且文献[1]提出的方法还破坏了微带天线的低剖面特性。

\* 收稿日期 2002-08-26

本文通过在微带天线中引入介质天线原理,仅对微带天线的结构稍作改变(延伸其介质层),形成一种新型宽波束天线——微带介质天线。该新型天线在两正面都具有极宽波束(3 dB 波束宽度大于 $180^\circ \lambda$ )较高的低仰角增益在 $10^\circ$ 时大于0 dB,同时在波束范围内有较好的圆极化性能(轴比<6 dB)。由于只延伸了微带天线的介质层,因此该天线基本保

持了微带天线在结构上的优点。

## 二、结构和原理

微带介质天线的结构与普通微带天线基本相同,仅将普通微带天线的介质层沿 $\pm x$ 和 $\pm y$ 轴延伸,同时保持微带天线的底板和贴片尺寸不变,如图1所示。

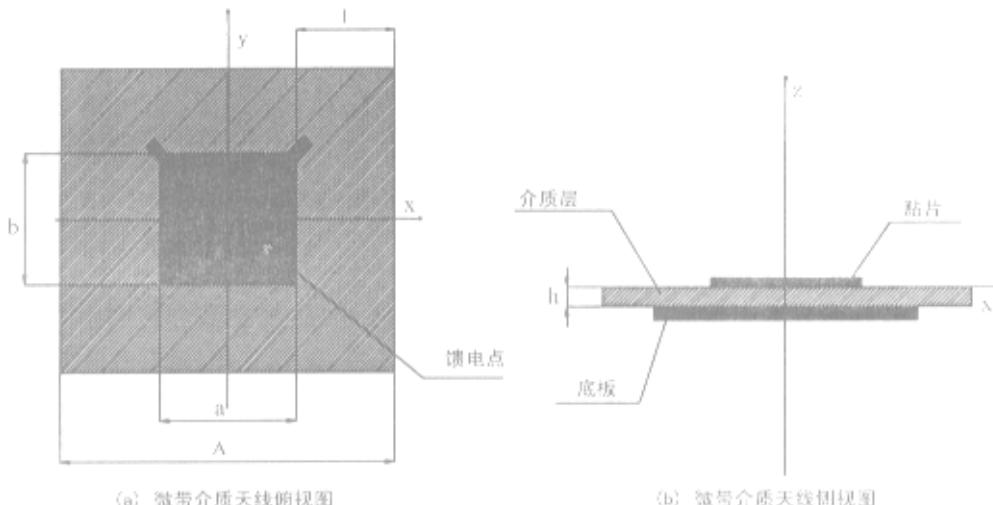


图1 微带介质天线结构示意图

我们知道,一般介质天线由激励源和介质棒组成,激励源一般为同轴线或波导,最大辐射方向在天线的轴向方向。由于介质的相对介电常数比空气大,在介质中传播的电磁波在介质和空气的分界面上会产生强烈的反射,形成介质波导,使电磁波沿介质传播,最后在介质末端辐射出去。介质天线的辐射由激励源的辐射和介质的辐射合成而成。因此将介质天线和微带天线的辐射特性结合在一起,使新天线在水平和垂直方向都有较强的辐射,这样就可能展宽微带天线波束,提高低仰角增益。

微带介质天线正是基于上述想法提出的,通过加宽微带天线的介质衬底,形成由微带馈电的介质天线,从而将微带天线和介质天线组合在一起,使组合后的新天线具有以上两种天线的辐射特性。当能量馈入天线后,一部分由微带贴片直接辐射,另一部分沿介质传播,在其末端辐射,整个天线的辐射由这两部分的辐射叠加而成。由于微带天线在法向方向辐射最强,而介质天线在切线方向辐射最强,因此新天线在垂直和水平方向都有较强的辐射,具有很宽的波束,可以在上半空间提供较均匀的覆盖。

## 三、设计公式和实例

### 1. 设计公式

有关圆极化微带天线的分析和设计有很多文献报道,其中较简单的单点馈电的矩形圆极化微带天线的设计可参见文献[5]。

常见的介质天线一般为截面为圆形的棒状结构,对于介质棒为无限长的介质天线,其辐射场问题已解决。其相速 $v_\varphi$ 的公式为超越方程, $v_\varphi$ 与介质相对介电常数 $\epsilon_r$ 及介质棒直径 $d$ 的关系可由文献[6]中的图表获得。天线的辐射方向图为

$$J(\theta) = \frac{\sin[\frac{kl}{2}(\frac{1}{k} - \cos\theta)]}{\frac{1}{k} - \cos\theta} \quad (1)$$

式中, $k = v_\varphi/c$ , $c$ 为光速。从行波天线的理论中可得出 $k$ 具有一最佳值,此时天线方向性最好。在已给定长度 $l$ 和 $\lambda_0$ 时, $k$ 的最佳值为

$$k_{op} = \frac{2l}{2l + \lambda_0} \quad (2)$$

在已给定介电常数时,  $k_{op}$  是由适当选择截面的直径来获得。此时天线方向性系数为

$$g = (7 \sim 8)l/\lambda_0 \quad (3)$$

对本天线中的板状结构, 可将其等效为圆形, 即取  $d = (A + h)/2$ , 便可利用以上公式进行设计。

由于在前面微带天线的设计中已确定了介电常数  $\epsilon_r$  和介质厚度  $h$ 。在此, 主要是根据需对水平方向辐射增强的幅度, 同时尽量使介质天线工作在最佳状态(因为  $l = \frac{A - a(\text{orb})}{2}$ ), 来确定介质板的延伸长度, 即  $l$  的大小。

## 2. 设计实例

根据天线的工作频率、尺寸和带宽要求, 确定介电常数  $\epsilon_r$ , 选择合适的介质材料和介质厚度。在此取  $\epsilon_r = 9.6$ ,  $h = 6 \text{ mm}$ 。

选用较简单的单点馈电的矩形圆极化微带天线, 根据[5]中的公式, 可计算出矩形微带贴片的尺寸, 对本文的 L 波段天线有  $a = 27.9$ ,  $b = 28.4$ 。

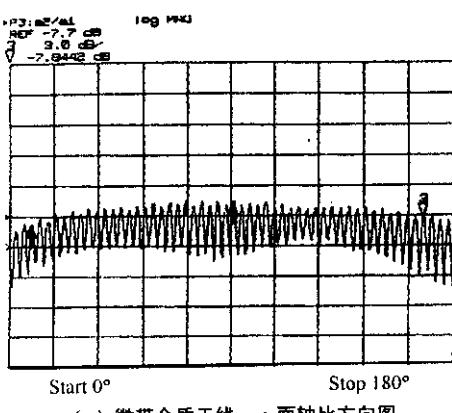
按上述参数设计的普通微带天线, 在低仰角(仰角  $10^\circ$ )的增益为  $-3 \text{ dB}$  左右, 我们希望其大于  $0 \text{ dB}$ 。因此对水平方向辐射增强的幅度应大于  $3 \text{ dB}$ , 即要

求介质天线方向性系数大于  $3 \text{ dB}$ 。由式(3)可计算出  $l = 54$ 。同时尽量使介质天线工作在最佳状态, 根据式(2)和(6)中的图表, 对  $l$  的取值进行修正, 最终  $l$  取值为  $60.8$ , 即  $A$  为  $150$ , 此时方向性系数  $g$  为  $3.6 \text{ dB}$ 。根据式(1)可计算出介质天线的方向图, 在  $\theta = 90^\circ$  的方向比  $\theta = 0^\circ$  的方向低  $12.9 \text{ dB}$ , 表明在远场介质天线对微带天线的高仰角的辐射影响较小。

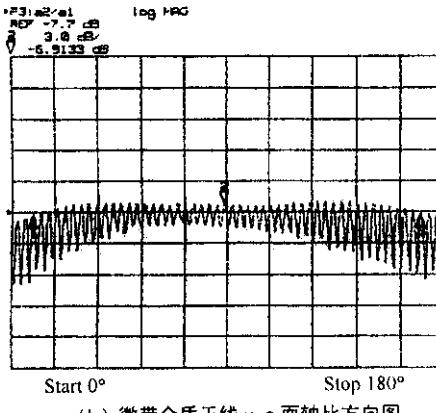
由于介质的延伸, 对微带天线将有一定影响, 因此在矩形贴片的两个角分别加上一小段调谐枝节, 如图 1 所示, 以便在实验中对此进行补偿。

## 四、实测结果

用 HP85301C 天线测试系统, 对以上设计的微带介质天线的电性能进行了详细的测试。测试结果表明 驻波比带宽( $VSWR \leq 1.5$ )为  $4.3\%$ ,  $3 \text{ dB}$  波束宽度大于  $180^\circ$ , 最大增益(仰角  $90^\circ$ )  $2.7 \text{ dB}$ , 低仰角增益大于(仰角  $10^\circ$ )  $0.5 \text{ dB}$ , 波束内轴比小于  $6 \text{ dB}$ 。天线两正面( $xz$  和  $yz$  面)的实测轴比方向图如图 2 所示。为便于比较性能, 我们还用相同的介质材料和介质厚度设计了一普通单点馈电矩形圆极化微带天线, 并进行了测试。2 种天线的测试结果对比见表 1。



(a) 微带介质天线  $x$ - $z$  面轴比方向图



(b) 微带介质天线  $y$ - $z$  面轴比方向图

图 2 微带介质天线的实测方向图

表 1 微带介质天线和微带天线测试结果对比  
( $\epsilon_r = 9.6$ ,  $h = 6 \text{ mm}$ )

	$3 \text{ dB}$ 波束宽度	增益
微带介质天线	$180^\circ$	$0.5 \text{ dB}@10^\circ$ $2.7 \text{ dB}@90^\circ$
微带天线	$110^\circ$	$-3 \text{ dB}@10^\circ$ $4 \text{ dB}@90^\circ$

从表 1 可看出, 微带介质天线比高介电常数的普通微带天线波束宽  $70^\circ$ , 低仰角增益高  $3 \text{ dB}$  以上, 与式(3)的预计较吻合。

## 五、结 论

通过在微带天线中引入介质天线原理, 提出了(下转第 54 页)

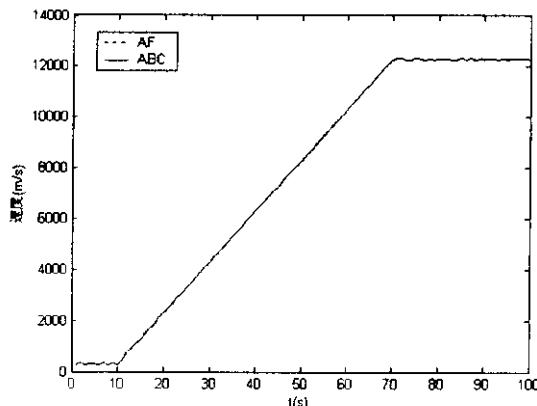


图 3 机动运动速度估计

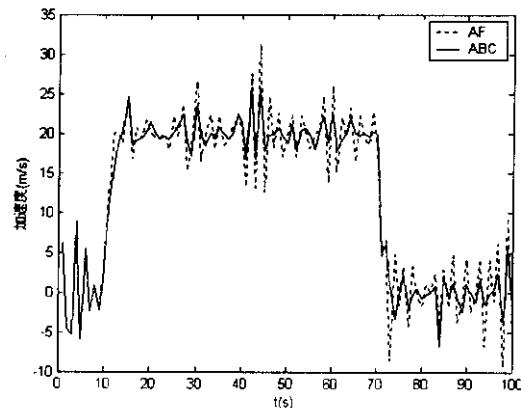


图 4 机动运动加速度估计

## 五、结 论

理论分析和仿真结果都表明,经过修正后的机动加速度方差能更好地反应目标实际的机动情况,

## 参 考 文 献

- [1] Yaakov ,Bar – Shalom ,ThomasE ,Fortmann. Tracking and data association[ M ]. Academic Press ,vol. 179 ,1988.
- [2] 周宏仁,敬忠良,王培德. 机动目标跟踪[ M ]. 国防工业出版社,1991.
- [3] 刘作良,冯新喜. C<sup>3</sup>I 信息获取系统[ M ]. 陕西科学技术出版社,1998.
- [4] Bar – Shalom ,Birmiwal . k. Variable dimension filter for target tracking[ A ]. IEEE[ C ],1982.
- [5] Robert. A. B J. P. Norton. A decoupled adaptive tracking filter for real applications[ A ]. IEEE[ C ],1997.
- [6] Bogler. P. L. Tracking a maneuvering target using input esti-

其自适应滤波算法跟踪机动目标的能力更强,效果更佳。相比较原有的自适应滤波算法,改进后的自适应滤波算法缩短了跟踪机动目标的动态时延,提高了跟踪精度,扩大了跟踪机动目标的机动范围。

mation[ A ]. IEEE[ C ],1987.

- [7] Hank. A. P. Blom ,Bar – Shalom. The interacting multiple model algorithm for systems with Markovian switching coefficients[ A ]. IEEE[ C ],1988.

## 作者简介

王 芳(1979 – ),女,江苏人,硕士研究生,研究方向为机动目标跟踪算法;

陶伟刚(1974 – ),男,江苏人,硕士,工程师,研究方向为多目标跟踪算法;

冯新喜(1962 – ),男,陕西人,教授,博导,研究方向为目标跟踪、目标识别、数据融合等。

(上接第 50 页)

一种以简单方式展宽微带天线波束和提高低仰角增益的新方法。对所设计天线的测试结果表明,该方法可以显著地展宽微带天线波束,提高低仰角增益。微带介质天线具有极好的半球覆盖能力,且保留了微带天线在结构上的优点,可广泛用于移动卫星通信等系统中。同时,该方法并不局限于圆极化和展宽波束。如果只在微带天线的一个方向延伸介质,预计可使方向图偏向此方向,因此可以对微带天线进行方向图赋形设计,可用于需要特殊方向图的场合,如测控系统的飞行器载天线。

## 参 考 文 献

- [1] Mitra. R ,Yang. R ,Itoh. M ,Arakana . M. Microstrip patch antennas for GPS application[ A ],1993 IEEE antenna and propagation society international symposium[ C ],vol. 3 P1478 ~

1481.

- [2] TOKO AMERICA INC. A miniature patch antenna for GPS application[ J ]. Microwave journal ,AUG. 1997 ,P116 ~ 118.
- [3] T. K. Wuang J ,Huang. Low – cost antennas for direct broadcast satellite radi[ J ]. Microwave and Optical technology letters No. 10 ,vol. 7 July 1994.
- [4] Xing Lan. A novel high performance GPS microstrip antenna [ A ]. 2000 IEEE antenna and propagation society international symposium[ C ],vol. 2 ,P988 ~ 991.
- [5] David M. Pozar ,Daniel H. Schaubert. Microstrip antenna :the analysis and design of microstrip antenna and array[ A ]. A selected reprint volume[ C ], IEEE antenna and propagation society sponsor ,1995.
- [6] [苏]薄瓦. 超高频天线[ M ]. 高等教育出版社 ,1959.

## 作者简介

何海丹(1970 – ),男,四川泸州人,工程师。

## 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>