

文章编号: 2095-4980(2018)05-0850-04

## 改进折叠导电墙结构的宽波束圆极化微带天线

叶喜红, 张晓霞

(天津理工大学 中环信息学院, 天津 300380)

**摘要:** 利用折叠导电墙结构可以有效减小微带天线的尺寸, 展宽辐射波束。对折叠导电墙结构进行改进, 将导电墙分解为 3 部分, 各个部分分别加工完成后, 进行装配组合, 并加载到微带天线。改进后的导电墙结构的加工费用远小于一体化折叠导电墙。在  $L_1$  频段设计加载改进导电墙的右旋圆极化微带天线结构, Ansys HFSS 软件仿真结果和实测数据表明, 所设计的天线仍具有小尺寸和宽波束的优点。

**关键词:** 低成本; 宽波束天线; 微带天线; 圆极化天线

**中图分类号:** TN828.6

**文献标志码:** A

**doi:** 10.11805 / TKYDA201805.0850

## Wide beamwidth circularly polarized microstrip antenna based on a new type of folded conducting wall

YE Xihong, ZHANG Xiaoxia

(Zhonghuan Information College, Tianjin University of Technology, Tianjin 300380, China)

**Abstract:** By using a folded conducting wall, the size of the microstrip antenna can be reduced and the beamwidth of the radiation pattern can be expanded. A new type of folded conducting wall is designed to decrease the manufacture difficulty and homologous costs. And a wide beamwidth right hand circularly polarized microstrip antenna based on this new type of the folded conducting wall is designed at  $L_1$  band. The simulation and measurement results show that this antenna has the advantages of small size, wide beamwidth and low cost.

**Keywords:** low cost; wide beamwidth; microstrip antenna; circularly polarized antenna

微带天线具有体积小, 结构简单, 易加工, 造价低等优点, 在无线通信系统中得到广泛应用<sup>[1]</sup>。圆极化电磁波能抑制雨雾衰减、多径效应等不利因素, 相对线极化天线而言, 圆极化天线能更好地保障通信质量。微带天线就很容易通过改变贴片结构或馈电方式, 辐射圆极化电磁波<sup>[2-3]</sup>。

在很多通信应用中, 为更好地完成通信服务, 人们会对天线结构提出宽波束的要求。如, 在卫星导航定位系统中, 希望天线的辐射波束在低仰角时仍具有足够大的增益, 而且波束在空间变化均匀, 以便能更准确地提供相关服务。遗憾的是, 普通微带天线的辐射波束较窄, 一般 3 dB 增益波束宽度的典型值在  $80^\circ$  左右, 而圆极化微带天线的 3 dB 轴比波束更窄<sup>[4-8]</sup>。因此, 微带天线波束展宽技术一直都是研究热点。

H Nakano 等利用具有 4 个对称等腰梯形的折叠导电墙结构加载到微带天线, 将 3 dB 增益波束展宽到  $105^\circ$ 。同时, 由于折叠导电墙和辐射贴片需要靠近, 在一定程度上缩小了天线的几何尺寸<sup>[7]</sup>。但该导电墙是一体化结构, 加工难度大, 费用高。为降低折叠导电墙的制作难度, 文献[8]将折叠导电墙的 4 个梯形和侧壁进行分解, 并将 4 个梯形结构利用 PCB 加工工艺制作在介质基板上。但这种改进方案主要是根据耦合馈电方式提出的, 难以应用到同轴馈电微带天线中。对此, 本文对折叠导电墙进行设计改进, 并将其加载到同轴馈电圆极化微带天线上, 仿真和实测数据表明, 该天线结构易加工, 成本低, 同时具有宽辐射波束性能。

### 1 天线结构

图 1 为基于改进折叠导电墙的圆极化微带天线结构。该天线主要由折叠导电墙、微带天线和金属地板 3 部

分构成。其中，折叠导电墙又被分解成 3 部分，分别加工完成以后和微带天线的介质基板、金属地板一起装配，用 4 个螺钉进行固定。

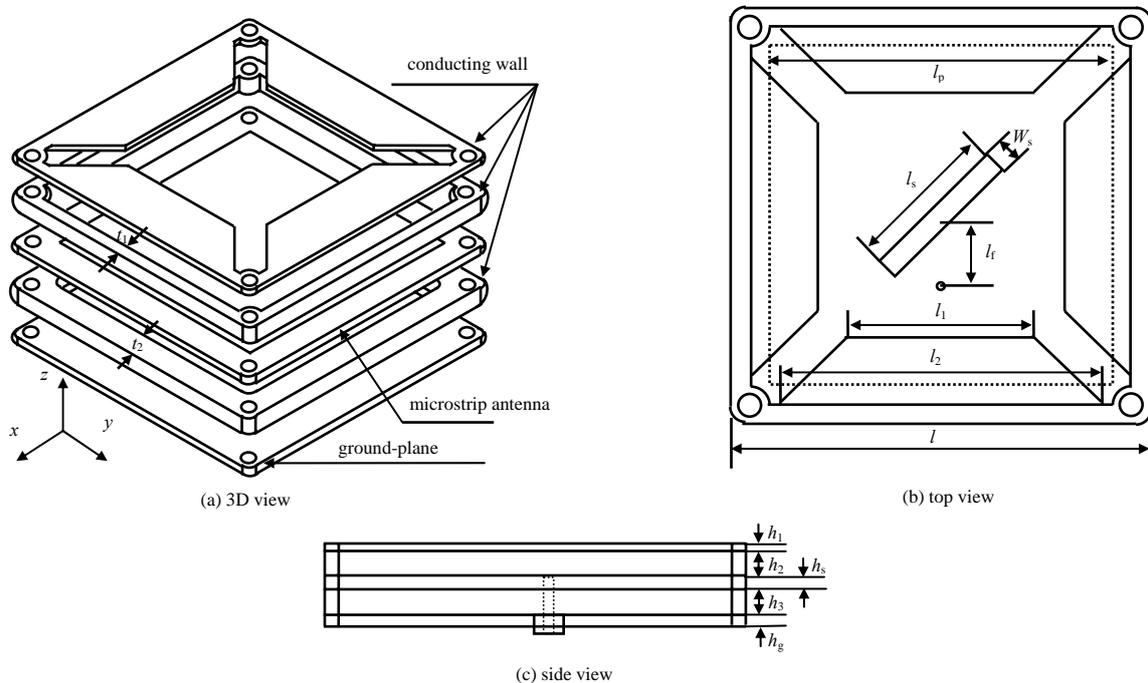


Fig.1 Structure and parameters of the antenna  
图 1 天线结构及主要参数

金属地板和折叠导电墙所用材料为硬铝。地板厚度为  $h_g$ 。折叠墙顶层是用厚度为  $h_1$  的铝板加工完成的 4 个大小相同的等腰梯形，梯形上下底边分别为  $l_1$  和  $l_2$ ；中间层是四壁壁厚  $t_1$  的环形结构，作用是将微带天线的辐射贴片和折叠墙顶层分离，并通过改变厚度  $h_2$  控制距离的大小；底层也是环形结构，四壁壁厚  $t_2$ ，金属环厚度  $h_3$ ，作用是将微带天线的介质板和金属地板之间增加一个空气层，减小微带天线基板的有效介电常数，增大基板厚度，从而展宽天线的工作频带。微带天线介质基板单面敷铜，加在导电墙中间层和底层之间，介质板介电常数为  $\epsilon_r$ ，厚度  $h_s$ 。辐射贴片刻蚀在介质基板顶层，贴片边长  $l_p$ 。同轴馈电探针穿过金属地板和介质板，对贴片进行激励，馈电位置距离贴片中心  $l_f$ 。为实现右旋圆极化辐射，贴片中心为坐标轴原点，馈电探针在  $x$  轴，同时沿着贴片对角线加载长度为  $l_s$ 、宽度为  $W_s$  的缝隙，通过合理调整缝隙的尺寸，生成一对幅度相同、相差  $90^\circ$  的正交模。天线整体横向大小为  $l$ ，在每一层 4 个角上有大小相同的通孔，各层分别加工完成以后，利用 4 个螺钉进行安装固定。按上述方法对折叠导电墙结构进行改进，大大降低了天线结构的加工难度和制作费用。

## 2 天线工作性能

利用 Ansys HFSS 15.0 电磁仿真软件，对天线结构进行建模。天线介质基板的介电常数  $\epsilon_r=2.65$ ，厚度  $h_s=2\text{ mm}$ ，通过调整其他几何尺寸，优化天线的电气性能。对仿真得到的优选实例进行实物加工和测试后发现，可能由于制作天线时所用材料的参数值和软件仿真时有一定的误差，以及天线制作和装配过程中的公差，导致天线实际的工作频率相对仿真时偏低。因此，针对性地进行调整设计，最终，当天线实际工作在  $L_1$  频段时，利用改进导电墙的宽波束圆极化微带天线结构的主要几何参数取值如表 1 所示。

表 1 天线主要几何参数及取值(mm)

Table1 Values of the main parameters of the antenna(mm)

parameter	$l$	$l_p$	$l_f$	$l_1$	$l_2$	$l_s$	$W_s$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_s$	$h_g$
value	60.0	53.9	11.0	51.1	29.7	24.2	4.0	1.0	4.0	4.0	2.0	2.0

图 2 为天线加工实物，天线整体尺寸为  $60\text{ mm} \times 60\text{ mm} \times 13\text{ mm}$ ，在  $1\ 575\text{ MHz}$ (真空波长  $\lambda_0=190.5\text{ mm}$ ) 电尺寸是  $0.315\lambda_0 \times 0.315\lambda_0 \times 0.068\lambda_0$ ，具有电小尺寸的特点。

图 3(a)为天线馈电端口反射系数的仿真和实测数据。可以看到,  $-10$  dB 反射系数工作频带的仿真和测试值分别为  $1\ 594\sim 1\ 666$  MHz 和  $1\ 545\sim 1\ 632$  MHz, 实测数据的工作频带包含  $L_1$  频段。图 3(b)为天线天顶处轴比的仿真和实测曲线, 观察到轴比仿真数值在  $1\ 609\sim 1\ 627$  MHz 范围小于  $3$  dB, 轴比最小值对应频点为  $1\ 620$  MHz; 轴比实际测试的最小值对应频点为  $1\ 575$  MHz,  $3$  dB 轴比频带是  $1\ 564\sim 1\ 583$  MHz, 覆盖  $L_1$  频段。

从图 3 看到, 所设计的圆极化微带天线结构的实际工作频率相对仿真有所偏低, 如果用最小轴比对应频点的偏差进行衡量, 频偏约为  $2.86\%$ 。该误差出现的原因可能是由于制作天线所用材料的参数值不稳定和天线加工、装配过程中引入的公差造成的。

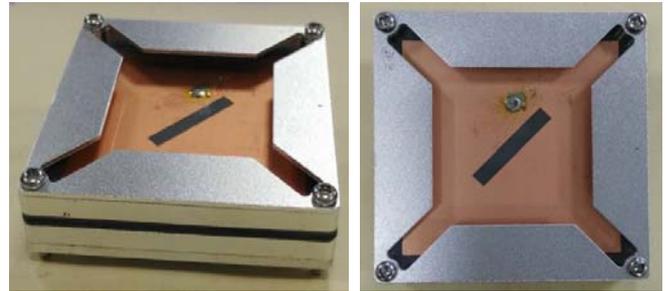
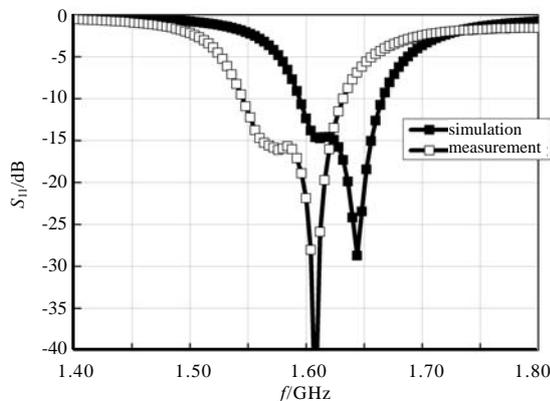
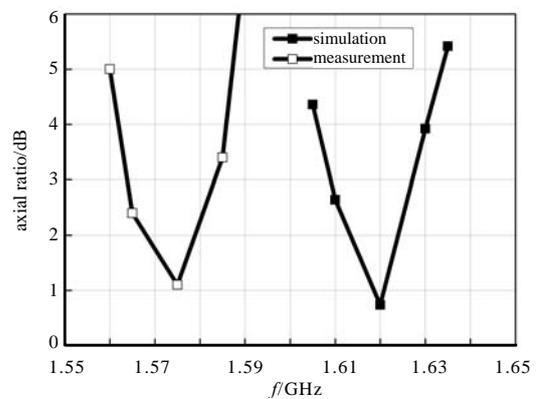
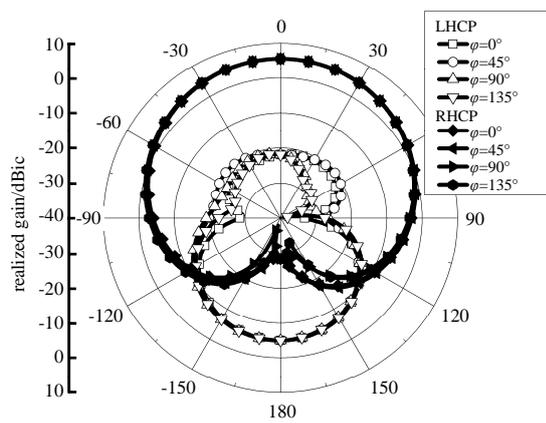


Fig.2 Manufacture of the antenna

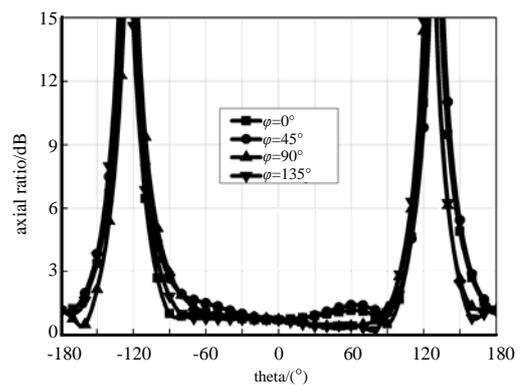
图2 天线加工实物图

(a)  $S_{11}$ Fig.3 Simulation and measurement results of  $S_{11}$  and axial ratio of the antenna

(b) axial ratio

图3  $S_{11}$  和轴比的仿真及实测结果

(a) gain



(b) axial ratio

Fig.4 Radiation pattern of the antenna

图4 天线辐射方向图

图 4 是天线增益和轴比方向图, 从图中可知, 天线天顶增益为  $5.5$  dBic, 天线辐射方向图具有良好的对称性, 增益半功率波束宽度约为  $100^\circ(-50^\circ\sim 50^\circ)$ , 而且在整个上半空间轴比均小于  $3$  dB。

### 3 结论

本文将一体化的折叠导电墙结构进行改进, 将其分解为 3 部分, 各部分分别加工制作完成后再与微带天线结构的介质基板统一装配。仿真和实验数据表明, 通过使用这种改进方法, 在降低加工难度和成本的同时, 可以继

续确保折叠导电墙减小天线尺寸，展宽辐射波束。在  $L_1$  频段设计完成的右旋圆极化微带天线结构中，天线整体尺寸为  $0.315\lambda_0 \times 0.315\lambda_0 \times 0.068\lambda_0$ ，增益半功率波束宽度为  $100^\circ$ ，3 dB 轴比波束宽度覆盖整个上半空间。

#### 参考文献

- [ 1 ] WONG Kinlu. Compact and broadband microstrip antennas[M]. New York:John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- [ 2 ] SHARMA P C,GUPTA K C. Analysis and optimized design of single feed circularly polarized microstrip antennas[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1983,31(6):949-955.
- [ 3 ] 周云林. 一种相位中心稳定的层叠双频导航天线设计[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2015,14(4):596-598. (ZHOU Yunlin. Design of dual-band stacked navigation antenna with stable phase center[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2015,14(4):596-598.)
- [ 4 ] CAO W Q,ZHAGN B N,et. al, A low-profile CP microstrip antenna with broad beamwidth based on loading with curved microstrip resonant structures[J]. Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 2012,26(11):1602-1610.
- [ 5 ] DUAN Z S,QU S B,WU Y,et al. Wide bandwidth and broad beamwidth microstrip patch antenna[J]. Electronics Letters, 2009,45(5):249-250.
- [ 6 ] KIM H,LEE B M,YOON Y J. A single-feeding circularly polarized microstrip antenna with the effect of hybrid feeding[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2003(2):74-77.
- [ 7 ] NAKANO H,SHIMADA S,AMAUCHI J,et al. A circularly polarized patch antenna enclosed by a folded conducting wall[C]// Proceedings of the IEEE Topical Conference on Wireless Communication Technology. Honolulu,HI,USA:IEEE, 2003: 134-135.
- [ 8 ] YE Xihong,HE Mang,ZHOU Pingyuan,et al. A compact single-feed circularly polarized microstrip antenna with symmetric and wide-beamwidth radiation pattern[J]. International Journal of Antennas and Propagation, 2013(6):1-7.

#### 作者简介：



叶喜红(1986-), 男, 江西省德兴市人, 副教授, 主要研究方向为微波技术、天线理论与技术、卫星通信技术.email:xihongye@yeah.net.

张晓霞(1992-), 女, 甘肃省秦安市人, 本科生, 主要研究方向为通信工程.