

Design on Bi-Directional Circularly Polarized Microstrip Antenna for Mobile Communication

Wei Liu, Min Wang, Wen Wu

School of Electronics and Optical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing
Email: wangmin@mail.njust.edu.cn

Received: Apr. 28th, 2014; revised: May 26th, 2014; accepted: Jun. 1st, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

A bi-directional and circularly polarized microstrip patch antenna is proposed for applications in the long corridor environment. This antenna consists of two substrate layers, in which binary-element patch array is at the bottom and parasitic binary element array is on top layer. It is center-fed from the bottom layer. Firstly, the circular polarization is achieved by means of truncating corners. Secondly, the bi-direction pattern is realized with the nearly symmetrical current distribution. A bi-directional radiation pattern has been achieved at the center-frequency of 1.9 GHz. The relative impedance bandwidth is about 8.2%, while the axial ratio bandwidth is about 2.1% at maximum radiation direction. The gain is about 5.7 dBi.

Keywords

Microstrip Patch Antenna, Bi-Directional Radiation, Circularly Polarization

移动通信中的双向圆极化微带天线的设计

刘 巍, 汪 敏, 吴 文

南京理工大学电子工程与光电技术学院, 南京
Email: wangmin@mail.njust.edu.cn

收稿日期: 2014年4月28日; 修回日期: 2014年5月26日; 录用日期: 2014年6月1日

摘要

本文设计了一种适用于狭长空间环境的双向圆极化微带天线。天线为双层结构的二元阵，下层为激励二元阵、上层为寄生二元阵，馈电点位于下层的几何中心。首先，利用切角的方式实现了圆极化，再通过近乎中心对称的电流分布实现了天线的双向辐射特性。在天线中心频率1.9 GHz上实现了夹角为72°的双向圆极化辐射，相对阻抗带宽约为8.2%，最大辐射方向上相对轴比带宽($AR < 3\text{dB}$)2.1%，增益约为5.7 dBi。

关键词

微带天线，双向辐射，圆极化

1. 引言

在移动通信中，为了提高通信质量，对于特殊的环境要求不同的天线形式以实现信号覆盖。对于室内、较长的走廊、狭长隧道等区域，天线系统一般采用全向辐射天线形式进行覆盖[1]。然而在这些狭长空间的纵深位置，由于信号的穿透损耗高，空间损耗大，传统的全向天线往往很难满足覆盖要求或者存在信号分布不稳定、盲区等现象。这就要求天线具有双向辐射特性[2]。常常还进一步要求其极化方式为圆极化，因为圆极化天线具有可以接收任意极化的来波、抗多径反射等优点。

双向圆极化天线已得到越来越多的关注[3]-[5]。文献[3][4]采用共面波导馈电，获得圆极化辐射特性。同时微带贴片分别位于共面波导的前方与后方实现了夹角180度的双向辐射。文献[5]中天线包括：方形密封环、威尔金斯功分器、和移相器。实现了双向圆极化的特性，但是其结构相对复杂。

本文设计了一种双向圆极化的二元微带天线阵，双向辐射的最大增益约为5.7 dBi，波束夹角可以通过改变阵元的间距灵活调节。该天线具有结构简单、易于加工、成本低等优点，尤其适用于狭长空间的移动通信系统。

2. 天线结构与原理

本文针对所设计的微带天线为双层结构示于图1。上下两层贴片同心层叠放置，均为正方形切角形式。下层中贴片作为激励二元阵置于介质板上表面，上层中贴片作为寄生二元阵置于介质板的下表面。上下两层介质板之间用空气隔开。采用同轴探针从下层介质板中心进行馈电。为获得良好的匹配特性，馈电微带线上引入匹配枝节。

微带天线要获得圆极化波的关键是能够激励起两个极化正交、等幅且相位相差 $\pi/2$ 的模。根据微扰法[6]，用切角的方法产生两种正交的 TM_{10} 和 TM_{01} 模式，来实现圆极化。在实际应用中通常要求 $AR \leq 3\text{dB}$ 的带宽应在1%以上，基于这种要求，为了获得满足通信要求的轴比带宽，天线设计为双层结构，在上下介质板之间引入空气层，下层贴片作为激励元，其极化特性工作在高频端，上层贴片作为寄生元，谐振在低频端，当两者谐振频率接近时，便可以达到增加带宽的目的[7]-[10]。

为了实现天线的双向辐射特性，将两个具有相同幅度且电流呈反相分布的圆极化辐射元组合起来。这样，在辐射元法向辐射场反相相消，而两端则同相相长。基于上述原理，本文中切角辐射单元距离几何中心相同的距离，此时两辐射元反相馈电，电流基本呈反相分布。满足了双向辐射的要求。调节两单元之间的间距，就可以对双向波束之间的夹角进行灵活地调节。

本文针对夹角 70° 左右的双向波束进行设计。采用 FR4 介质基板， $\epsilon_r = 4.4$ ， $\tan\delta = 0.02$ 。上、下层厚度相同 t ，介质板间距为 d 。两层介质板的整体尺寸相同为 $160 \times 100 \text{ mm}$ 。上、下层贴片的几何参数如图 1(b) 中所示。上层方形贴片的边长为 P_2 ，三角形切角的边长为 q_2 。下层方形贴片的边长为 P_1 ，三角形切角的边长为 q_1 ，贴片距离几何中心馈电点的距离为 S_2 ，贴片到支节的距离为 S_1 ，支节的长度为 L ，微带线的宽度为 w 。

对天线结构进行优化，最终得到夹角 72° 、具有良好圆极化性能的双向波束。优化后的天线尺寸列于表 1。

3. 加工与测试

在仿真设计的基础之上，对天线进行了加工，图 2 为该天线的加工实物图。

图 3 是天线反射系数的仿真与实测曲线。通过仿真天线设计工作频率为 1.9 GHz， -10 dB 带宽范围为 1.843 GHz~2.0 GHz，相当带宽约为 8.26%。实测的反射系数带宽与仿真结果吻合较好，中心频率向右

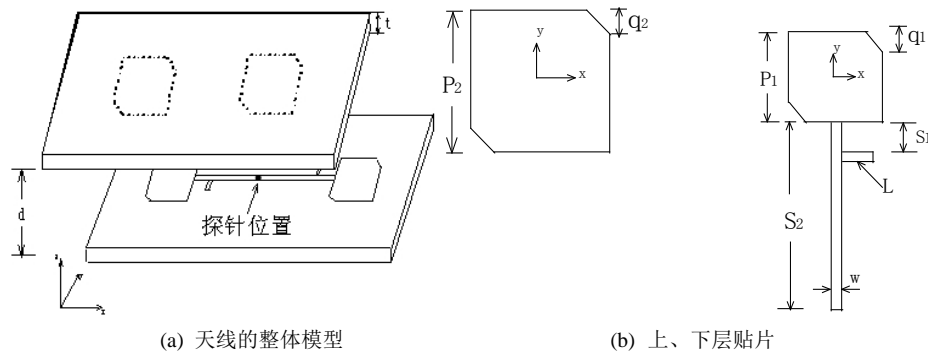


Figure 1. The configuration and parameters of antenna
图 1. 天线结构与参数

Table 1. The optimized results of the antenna parameters
表 1. 天线参数优化结果

参数	数值(mm)	参数	数值(mm)
t	2	q_1	5.8
d	25.8	s_2	21
p_2	37.8	s_1	3
q_2	10.7	L	4
p_1	36.2	w	0.87



Figure 2. The manufactured antenna
图 2. 天线实物图

偏移至 2.0 GHz。这可能是由于加工精度造成了偏差，可以通过调整贴片尺寸加以修正。

图 4 中所示为中心频率处天线 x - z 面的增益特性，天线增益约为 5.7 dBi，为双向辐射的左旋圆极化，交叉极化水平约为 25 dB。图 5 所示为最大辐射方向上增益关于角度 φ 的变化曲线。

图 6 是天线在中心频率处的仿真与实测的方向图曲线(x - z 平面)，两者基本吻合。实测天线增益为 5.7 dBi。由图中可以看出，天线关于中心向两侧辐射，最大辐射方向与 z 轴的夹角约为 36° 。

最大辐射方向($\varphi = 0^\circ, \theta = 36^\circ$)上的轴比特性仿真结果示于图 7。AR < 3dB 约为 1.88 GHz~1.92 GHz，绝对带宽 40 MHz，相对带宽约 2.1%。影响轴比的主要因素包括，组阵后存在单元与单元之间的耦合和介质板的厚度等。这些因素导致了天线的轴比带宽相对较窄。

4. 结论

为满足狭长空间的纵深位置处的通信需要，本文设计了一种双向辐射的圆极化微带天线。通过近乎关于几何中心对称的贴片电流分布，实现了双向辐射特性。阻抗带宽特性和方向图的仿真与实验结果吻合较好。利用切角实现了圆极化，同时天线设计为双层结构，提高了轴比带宽，使其能够满足通信需要。仿真结果很好的验证了这种特性。该天线用于狭长走廊、隧道等处可以很好地提高

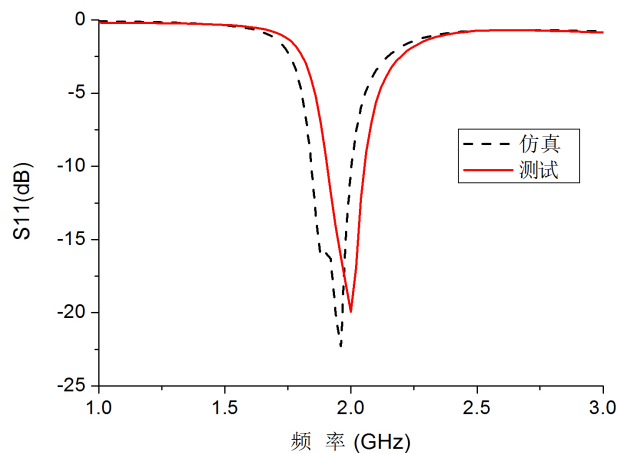


Figure 3. Reflection coefficients of the antenna

图 3. 仿真与实测阻抗特性

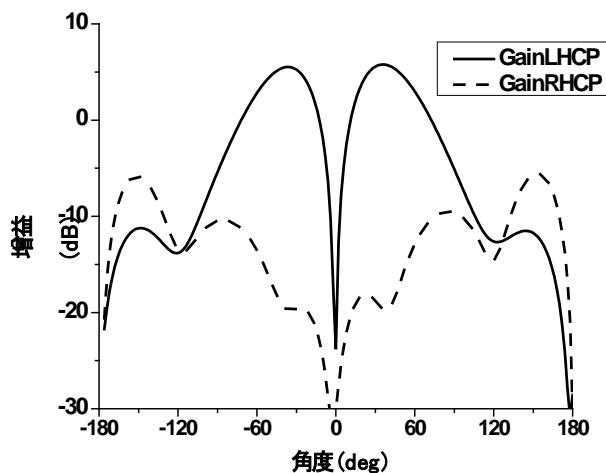


Figure 4. The curve of LHCP/RHCP gain

图 4. 左/右旋极化增益曲线

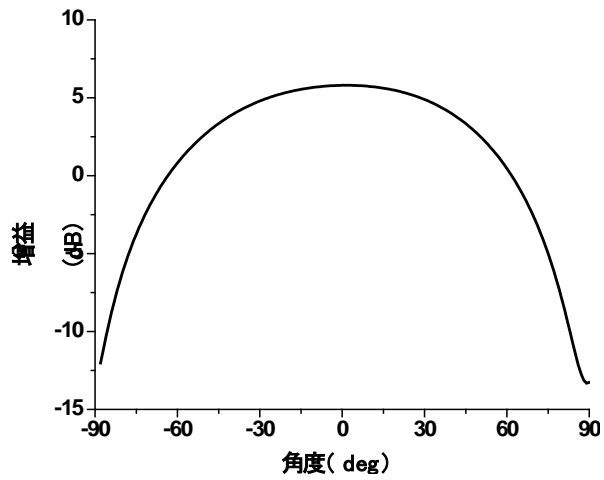


Figure 5. The gain as a function of φ in the direction of the maximal directivity

图 5. 方向性系数最大方向上关于 φ 的增益特性

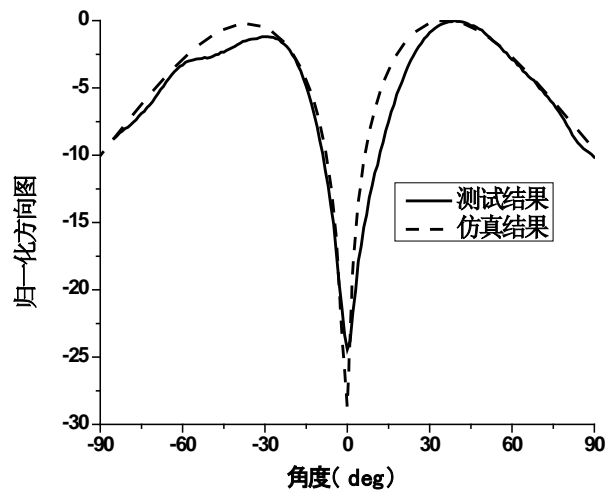


Figure 6. The radiation pattern of the x-z plane

图 6. X-Z 面仿真与实测方向图

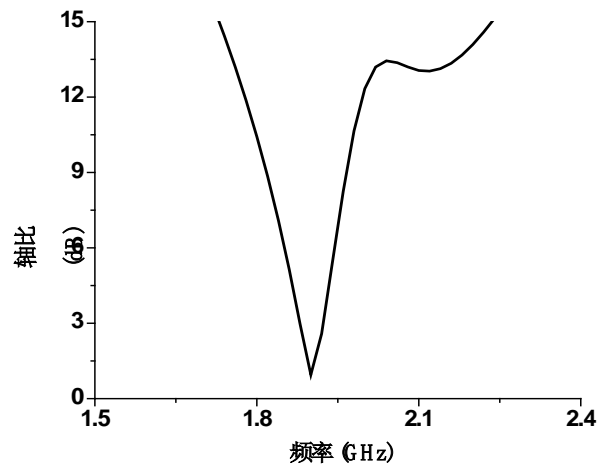


Figure 7. The simulated curve of axial ratio characteristic

图 7. 天线轴比仿真曲线

通信质量。

参考文献 (References)

- [1] 樊悦顺, 张中莹, 李凤花 (2012) 新型天线在室内覆盖中的应用. *移动通信*, **12**, 7-12.
- [2] 刘聪, 薛锋章 (2010) 一种用于隧道覆盖的宽频带单极子天线. *微波学报*, **6**, 50-53.
- [3] Zhang, Q.-Y., Wang, G.-M. and Xia, D.-Y. (2006) Bidirectional circularly polarized microstrip antenna fed by coplanar waveguide. *7th International Symposium on Antennas, Propagation & EM Theory*, 26-29 October 2006, Guilin, 1-3.
- [4] Narbudowicz, A.Z. and Bao, X.L. and Ammann, M.J. (2010) Bidirectional circularly polarized microstrip antenna for GPS applications. *Antennas and Propagation Conference*, Loughborough, 205-208.
- [5] Lin, Y.-F., Chen, H.-M., Chu, F.-H. and Pan, S.-C. (2008) Bidirectional Radiated Circularly Polarized Square-Ring Antenna for Portable RFID Reader. *Electronic Letter*, **44**, 1383-1384.
- [6] 钟顺时 (1991) 微带天线理论与应用. 西安电子科技大学出版社, 西安.
- [7] Nasimuddin, Karu, P. and Verma, A.K. (2007) Wideband circularly polarized stacked microstrip antennas. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, **6**, 21-24.
- [8] Ye, J.F. and Pang, W.Z. (2008) Optimized design of circularly polarized wideband stacked microstrip antenna with single-fed. *International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology*, 21-24 April 2008, Nanjing, 1651-1653.
- [9] 朱莉, 王光明, 高向军, 梁建刚 (2008) 一种新型宽度圆极化微带天线的设计. *微波学报*, **3**, 21-24.
- [10] Wang, Z.B., Fang, S.J., Fu, S.Q. and Jia, S.L. (2011) Single-fed broadband circularly polarized stacked patch antenna with horizontally meandered strip for universal UHF RFID applications. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, **59**, 1066-1073.