

文章编号: 2095-4980(2017)04-0622-03

低剖面宽带圆极化天线阵列

朱文静, 张海平, 赵 鹏, 崔奉云

(中国工程物理研究院 电子工程研究所, 四川 绵阳 621999)

摘 要: 基于双馈双线极化微带天线, 结合威尔金森功分器、T 形结功分器及顺序旋转馈电的优点, 设计了一种新型低剖面宽带圆极化 2×2 天线阵列。把辐射贴片和馈电网络集成在同一介质层, 有效地利用了介质空间, 降低了天线的剖面, 增加了天线的带宽。4 个天线单元顺序旋转 90° , 利用一分四 T 形结功分器给 4 个单元等幅、相位依次相差 90° 馈电。根据 Ansoft's HFSS 仿真结果, 制作了样机。样机实测结果和仿真结果吻合。实测结果表明, 该天线阵驻波带宽可以达到 27.78%, 3-dB 轴比带宽可以达到 52%, 最大增益为 14.19 dB。

关键词: 威尔金森功分器; 顺序旋转; 低剖面; 宽带; 圆极化

中图分类号: TN82

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201704.0622

Low-profile broadband circularly polarized antenna array

ZHU Wenjing, ZHANG Haiping., ZHAO Peng, CUI Fengyun

(China Academy of Engineering Physics, Institute of Electronic Engineering, Mianyang Sichuan 621999, China)

Abstract: Combining the advantages of Wilkinson power divider, T-junction power splitter and sequential-rotation feed method, a novel low-profile broadband circularly polarized 2×2 antenna array is designed based on the dual-fed dual-polarized microstrip antenna. Radiation patch and feed network are integrated on the same substrate to improve the usage efficiency of the substrate, thus low-profile and broadband are obtained. Four elements are rotated 90° in turn. One-to-four T-junction power splitter provides the elements with balanced signals of equal magnitude and an incremental 90° phase. An antenna prototype is fabricated after simulation in Ansoft's HFSS. Good agreement is found between measurement and simulation. Experimental results show that the array has a 2-VSWR bandwidth of 27.78%, and a 3-dB axial ratio bandwidth of 52%. The maximum gain is 14.19 dB.

Keywords: Wilkinson power divider; sequential-rotation; low-profile; broadband; circularly polarized

微带阵列天线结构简单, 成本低, 质量轻, 增益高, 易于共形, 但传统圆极化微带天线的阻抗带宽及轴比带宽较窄, 是其技术发展的一个主要瓶颈^[1]。双馈点的微带天线通过馈电网络可改善驻波带宽和轴比带宽^[2-6], 但是, 这些馈电网络与辐射贴片隔离开来, 需要额外增加一层介质板, 增加了天线的剖面和质量。单层方形双馈点微带天线与 T 型结功分器和移向段相连可以实现圆极化^[7], 但由于 2 个馈电点之间隔离度不高, 该天线驻波带宽只有 3.2%, 轴比只有 1.22%。文献[8]用 3 dB 耦合器给该类型的微带天线馈电可以实现双圆极化, 驻波带宽可以达到 33%, 轴比带宽可以达到 30%。但是 3 dB 耦合器需要额外增加一层介质板, 且此种结构不利于组阵。基于上述方形双馈点微带贴片, 本文设计了一种新型 2×2 圆极化阵列, 具有低剖面、宽频带、圆极化特性好、增益高等特点, 天线剖面尺寸仅为 $0.073 \lambda_0$ 。

1 天线结构设计

1.1 天线单元设计

天线单元结构如图 1 所示, 天线单元由 2 层介质板构成, 下层为辐射贴片和馈电网络介质层, 介电常数为 6, 厚度为 1.5 mm, 损耗角正切值为 0.001; 上层为寄生贴片介质层, 介电常数为 2.55, 厚度为 1.5 mm, 损耗

收稿日期: 2016-01-09; 修回日期: 2016-03-05

角正切值为 0.001。寄生贴片刻蚀在上层介质层的底面，上层介质层可以对寄生贴片起到保护作用，2 层介质层之间是空气。整个单元的大小为 $0.54 \lambda_0 \times 0.54 \lambda_0$ 。主要参数如下： $L_1=0.204 \lambda_0$ ， $L_2=0.338 \lambda_0$ ， $W_1=0.016 \lambda_0$ ， $W_2=0.00769 \lambda_0$ ， λ_0 为自由空间中心频率波长。威尔金森功分器以及移向段和双馈电辐射贴片相连构成圆极化单元结构，B 点相位比 A 点相位滞后 90° 来实现右旋圆极化。

1.2 天线阵与馈电网络设计

整个天线阵的馈电网络由一分四 T 型结功分器组成，馈电网络原理图如图 2 所示。

馈电网络的每段传输线可以用其特性阻抗和电长度来表示，图 2 中阵列输入端口阻抗 Z_{in} ，变换段阻抗 Z_0 以及输出端阻抗 Z_L 满足关系 $Z_0^2 = 2Z_{in} \cdot Z_L/2 = Z_{in} \cdot Z_L$ ，整个阵列用同轴馈电， $Z_{in} = 50 \Omega$ ，威尔金森功分器输入端口阻抗为 50Ω ，即 $Z_L = 50 \Omega$ 。从而可得变换段阻抗 $Z_0 = 50 \Omega$ 。根据阵元间距以及微带线计算公式可以得到顺序旋转馈电网络的传输线线宽和线长。

将 4 个单元顺序旋转 90° 组成圆极化天线阵，阵元间距 $L_m=0.8 \lambda_0$ ， $L_n=0.69 \lambda_0$ ，一分四 T 型结功分器给 4 个单元等幅馈电，相位分别为 $0^\circ, -90^\circ, -180^\circ, -270^\circ$ 。图 3 所示为 2×2 阵列模型。

2 阵列仿真与实测结果

根据仿真结果加工制作了 2×2 圆极化天线阵样品，天线阵实物如图 4 所示。阵列的驻波实测与仿真结果如图 5 所示。轴比仿真与实测结果如图 6 所示。方向图仿真与实测结果如图 7、图 8 所示(f_0 表示中心频率)。

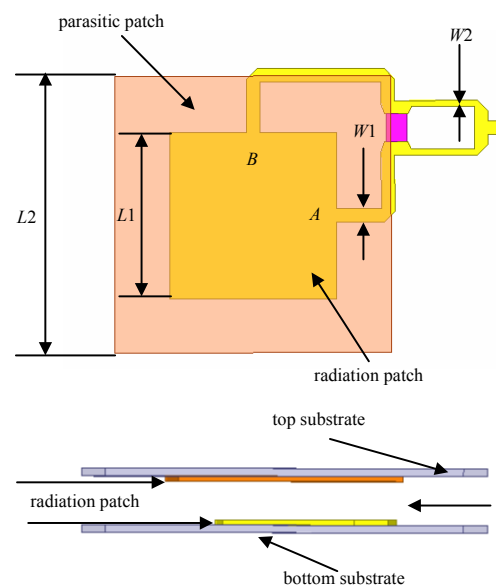


Fig.1 Geometry of antenna element
图 1 天线单元结构示意图

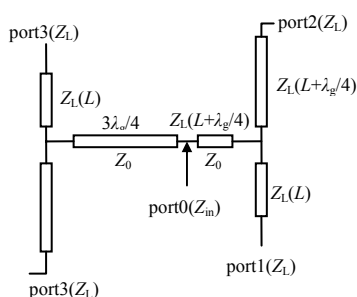


Fig.2 Schematic of the sequential-rotation feed network
图 2 阵列顺序旋转馈电网络原理图

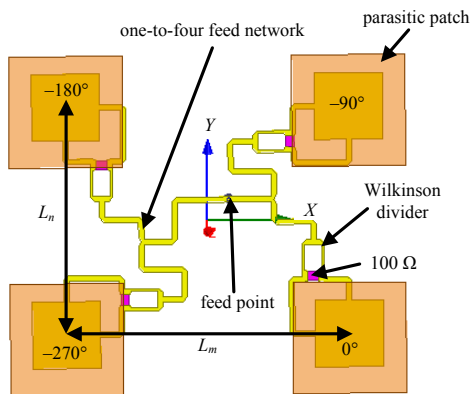


Fig.3 Model of the 2×2 array
图 3 2×2 阵列模型

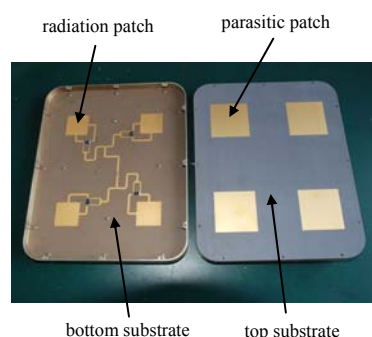


Fig.4 Fabricated antenna (The left is the bottom layer, the right is the top layer.)
图 4 样机(左边为下层介质板, 右边为上层介质板)

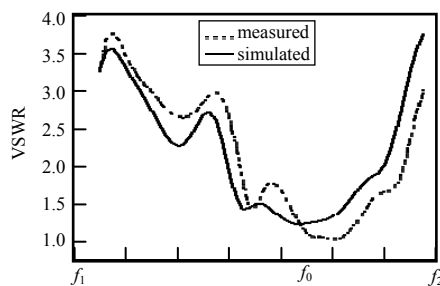


Fig.5 Measured and simulated VSWR
图 5 驻波比实测与仿真结果

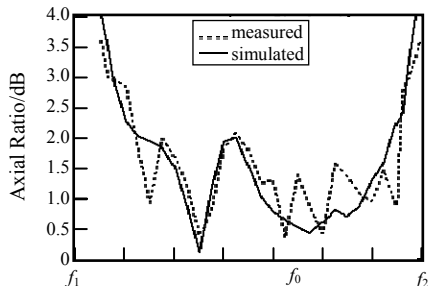


Fig.6 Measured and simulated Axial Ratio(AR)
图 6 轴比实测与仿真结果

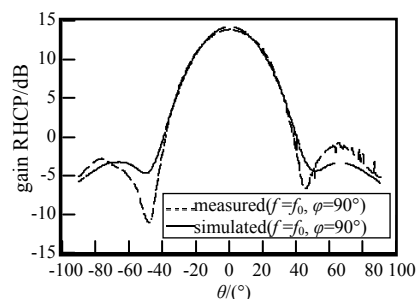


Fig.7 Measured and simulated gain characteristics
图 7 方向图宽面实测与仿真结果

从图 5 可以看出，天线阵驻波仿真与实测结果有微小差别，这可能是由于印制板加工误差、材料公差引起的，实测驻波小于等于 2 的带宽达到了 27.78%。实测轴比与仿真轴比相差不大，轴比小于 3 的带宽达到了 52%。实测方向图与仿真方向图吻合较好且辐射方向图较稳定，具有良好的对称性，这是因为旋转馈电结构上

的对称性弥补了馈电网络引起的辐射方向图的不对称性。图 9 为增益仿真与实测结果对比(>10dB), 考虑 1-dB 增益带宽时(频带内最大增益下降 1-dB 的带宽), 该天线阵列的 1-dB 增益带宽达到了 16%。

3 结论

本文创新地把 T 型结一分四功分器与威尔金森功分器结合, 把所有馈电网络和辐射贴片集成在同一介质层, 有效利用了介质空间。并利用顺序旋转馈电技术改善了阵列轴比带宽, 同时也消除了馈电网络辐射引起的方向图不对称性。获得了一个低剖面、宽带、高增益的 4 元微带阵列。实物测试结果与仿真结果吻合, 证实了该设计方法正确可行。在卫星通信、宽带通信领域应用前景广阔。

参考文献:

- [1] BAY H, FERRARI V, GOOL L V. Wide-base line stereo matching with line segments[C]// Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. San Diego:[s.n.], 2005:329-336.
- [2] THACKER N A, RIOCREUX P A, YATES R B. Assessing the completeness properties of pairwise geometric histograms[J]. Image and Vision Computing, 1995, 13(5):423-429.
- [3] 傅丹, 王超, 徐一丹, 等. 一种直线段匹配的新方法[J]. 国防科技大学学报, 2008, 30(1):115-120. (FU Dan, WANG Chao, XU Yidan, et al. A new algorithm of matching of line segments[J]. Journal of National University of Defense Technology, 2008, 30(1):115-120.)
- [4] WOO D M, PARK D C. Stereo line matching based on the combination of geometric and intensity data[C]// IEEE 24th International Symposium on Computer and Information Sciences. Guzelyurt, Cyprus:IEEE, 2009:581-585.
- [5] WANG Z H, LIU H M, WU F C. HLD: a robust descriptor for line matching[J]. Pattern Recognition, 2009, 42(5):941-953.
- [6] 王鲲鹏, 尚洋, 于起峰. 影像匹配定位中的直线倾角直方图不变矩法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2009, 21(3):389-393. (WANG Kunpeng, SHANG Yang, YU Qifeng. An image matching approach based on the invariant moment of slope angle histogram[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2009, 21(3):389-393.)
- [7] 聂烜, 赵荣椿, 康宝生. 基于边缘几何特征的图像精确匹配方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(12):1668-1675. (NIE Xuan, ZHAO Rongchun, KANG Baosheng. A precise image registration method by utilizing the geometric feature of edges[J]. Journal of Computer-aided Design & Computer Graphics, 2004, 16(12):1668-1675.)
- [8] 吕文涛, 吕高焕. SIFT 算法在雷达图像匹配中的应用[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2010, 8(4):388-392. (LYU Wentao, LYU Gaohuan. Application of scale invariant feature transform to SAR image matching[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2010, 8(4):388-392.)

作者简介:



朱文静(1988-), 女, 陕西省山阳县人, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为微带天线、微波毫米波天线技术. email:zhuwenjing618@163.com.

张海平(1980-), 女, 福建省漳州市人, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为波导天线、球面阵天线等.

赵鹏(1981-), 男, 山西省五台县人, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为反射面天线、相控阵天线、阵列天线等.

崔奉云(1976-), 男, 江西省宁都县人, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为波导缝隙阵列天线、波导天线、相控阵天线等.

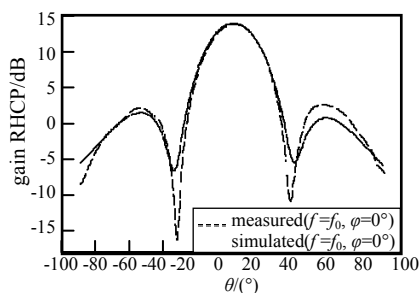


Fig.8 Measured and simulated gain characteristics

图 8 方向图窄面实测与仿真结果

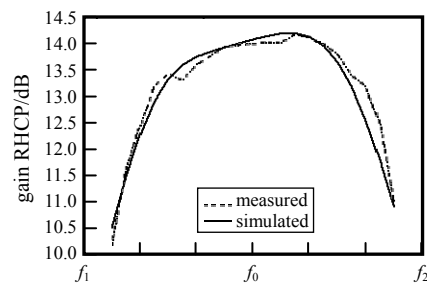


Fig.9 Measured and simulated gains(>10 dB)

图 9 增益仿真与实测结果(>10 dB)