

文章编号: 2095-4980(2016)04-0596-03

一种相位中心稳定的层叠双频导航天线设计

周云林

(中国电子科技集团公司 第 20 研究所, 陕西 西安 710068)

摘要: 导航系统中, 天线相位中心稳定性是高精确度导航定位的关键, 为了达到这一技术要求, 介绍了一种相位中心稳定度较高的层叠双频段圆极化导航天线。天线采用双层空气腔耦合天线结构, 两馈电点馈电, 可获得较宽的频带宽度和较高的相位中心稳定度。仿真和测量结果表明天线的相位中心稳定度小于 1.72 mm, 设计实用、可行。

关键词: 相位中心稳定度; 层叠; 双频段; 圆极化; 导航天线

中图分类号: TN82

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201604.0596

Design of dual-band stacked navigation antenna with stable phase center

ZHOU Yunlin

(No.20 Institute, China Electronics Technology Group Corporation, Xi'an Shaanxi 710068, China)

Abstract: The stability of antenna phase center is important for navigating and locating precisely in navigation system. To meet the technical requirements, a circularly polarized navigation antenna which is used in two frequency bands with high stability of phase center is designed. By using the structure of double air-box coupling antenna and feeding by two feed points, a wide frequency band and high phase center stability can be obtained. Both of the simulated results and the measured results show that the stability of phase center is less than 1.72 mm. The antenna is applicable and feasible.

Key words: phase center stability; stack; dual-band; circularly polarized; navigation antenna

一般实现贴片圆极化天线的基本原理是产生 2 个空间上正交的线极化电场分量, 并使二者振幅相等, 相位相差 90° ^[1-3]。常见的天线激励圆极化的方法主要分为单馈和双馈。单馈天线利用微扰电流的方式, 分离得到 2 个幅度相等但相位相差 90° 的简并模。这种单馈点天线的缺点是带宽较窄, 对加工误差敏感, 不易调试; 而双馈方式则按照圆极化波产生的 3 个要素进行设计, 即空间正交、幅度相等、相位相差 90° , 有相对较宽的阻抗和轴比带宽, 受加工误差的影响小, 而且便于调试, 得到了较广泛的应用。

随着 GPS、北斗、测向等多种先进无线电系统的广泛应用, 以及定位及测向精确度的提高, 天线相位中心稳定性对系统测试精确度的影响已不可忽略, 因此, 设计具有高相位中心稳定度的天线日益受到人们的重视。本文基于这个应用前提提出了一种层叠双频双馈圆极化导航天线。利用宽带功分移相器设计馈电网络, 为双馈点提供双圆极化所要求的幅度和相位激励。此天线的结构简单, 便于加工制造和调试。本文研究了该天线的工作机理、性能, 给出了仿真和实验结果。

1 天线设计

本设计采取双层双馈^[4-8]、空气耦合形式, 结构如图 1 所示。上下层辐射片均由附加 4 个调谐短截线的金属方片构成, 分别谐振于高低 2 个工作频带。正交放置的 2 个同轴探针直接连接于上层辐射片, 不与下层辐射片接触, 下层辐射片通过电磁耦合馈电(如图 2 所示), 结构腔体的另一面安装馈电网络。

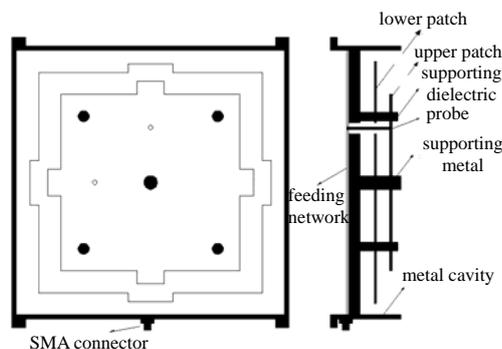


Fig.1 Configuration of the proposed antenna
图 1 层叠双频段导航天线结构示意图

辐射片尺寸通常使用 TM₀₁ 模贴片设计经验公式^[3]，计入边缘效应，得到实际的物理尺寸。背馈式馈电通过调整探针位置实现阻抗匹配达到谐振。由工作于主模的矩形微带天线的场结构可知，通过传输线法可估算出馈电点的位置。

经过计算可得工作于 $L1/B1$ 和 $L2/B2$ 频率时的贴片边长以及馈电点位置。利用 Ansoft HFSS 软件对贴片单元进行仿真分析，将理论值作为建模的初始值进行迭代，通过计算微调谐振频率和谐振输入电阻，得到实际的尺寸：下层低频辐射片边长 $a1=102\text{ mm}$ ，上层高频辐射片边长 $a2=84\text{ mm}$ ，厚度均为 0.5 mm ，2 层辐射片间距为 6.5 mm ，低频辐射片与底板的高度为 6 mm ，馈电点与中心距离约为 36 mm 。

2 仿真与试验结果

根据天线仿真计算得出的设计参数制作了试验天线(见图 3)，并对天线进行了测试，天线仿真计算结果与实测结果见图 4~图 8，图中 VSWA(Voltage Standing Wave Ratio)为电压驻波比。从图 5 和图 6 看出，天线幅度方向图前向实测结果与仿真结果吻合良好，后向差别较大，这与天线后向幅度较小、测试时天线后面附加有测试板、测试存在误差有关。从图 7 和图 8 来看，天线仿真和实测得到相位方向图在主波束范围内相似，较为平坦，但实测相位方向图两侧不光滑，起伏较大，这与天线幅度方向图相关，天线主波束范围外增益较低，特别是天线后向增益很低，测试误差较大，对相位的影响很大。

图 7 和图 8 读出的主波束相位中心稳定度数据见表 1。从表 1 看出，仿真得到的相位中心稳定度小于 0.85 mm ，但实测得到的相位中心稳定度虽然小于 1.72 mm ，仍与仿真结果相差较大。究其原因，有 3 个方面：a) 天线调试误差；b) 加工装配及调试误差；c) 测量本身引入的误差。

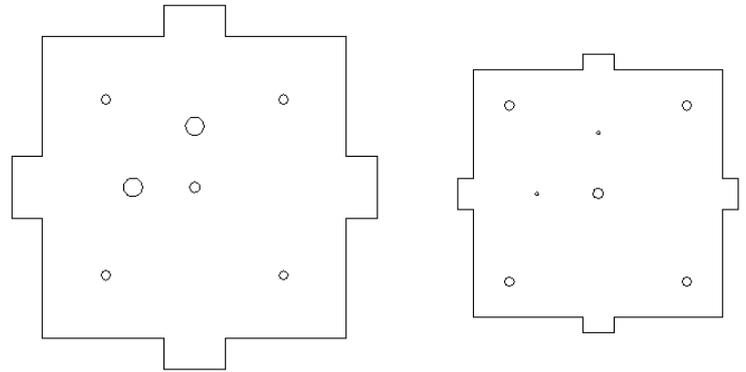


Fig.2 Vertical view of the lower patch(left) and upper patch(right)
图 2 底层(左)和顶层(右)辐射片俯视图

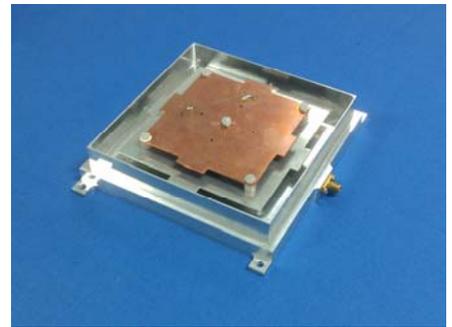


Fig.3 Prototype of the proposed antenna
图 3 天线实物图

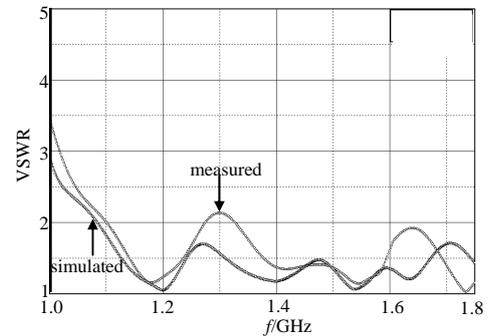


Fig.4 Measured and simulated VSWR
图 4 天线驻波测试图

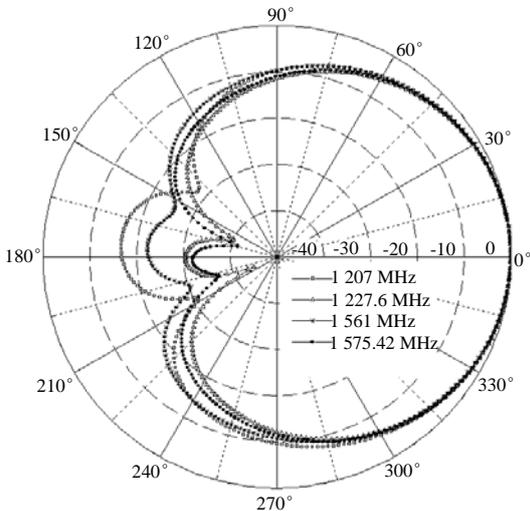


Fig.5 Simulated radiation patterns of the proposed antenna
图 5 仿真得到的天线幅度方向图

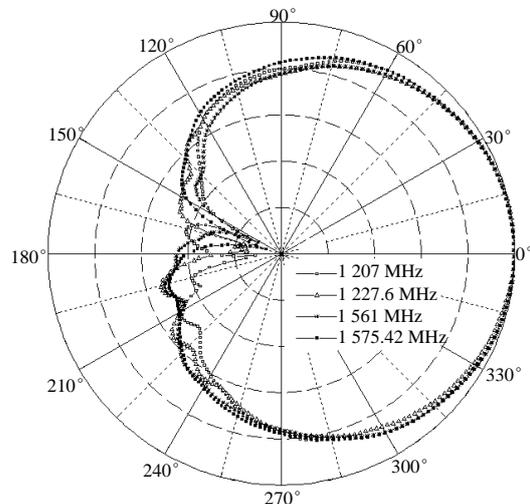


Fig.6 Measured radiation patterns of the proposed antenna
图 6 实测得到的天线幅度方向图

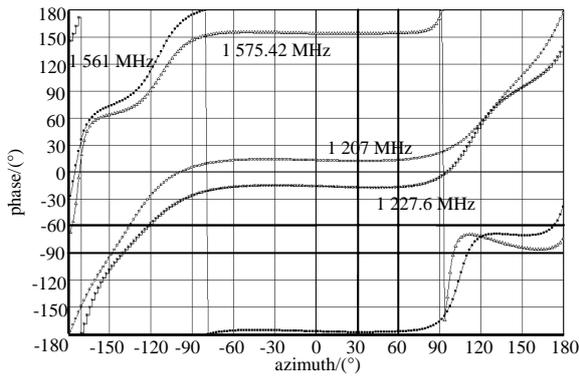


Fig.7 Simulated phase patterns of the proposed antenna
图7 仿真得到的天线相位方向图

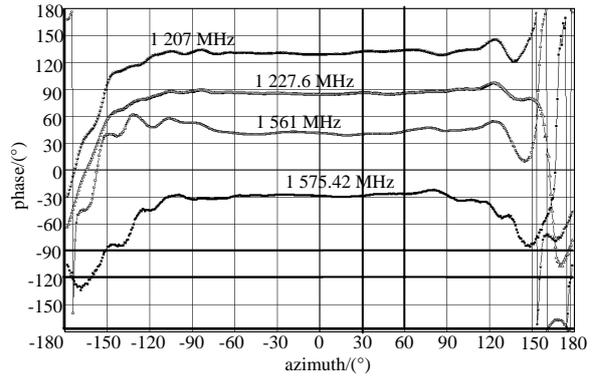


Fig.8 Measured phase patterns of the proposed antenna
图8 实测得到的天线相位方向图

表1 仿真与测试得到的相位中心稳定度对比

Table1 Comparison of the stable phase center between simulation results and measurement results

working frequency/GHz	simulated stable phase center/mm	measured stable phase center/mm
1 207	± 0.65	± 1.72
1 227.6	± 0.85	± 0.75
1 561	± 0.62	± 1.04
1 575.42	± 0.45	± 1.01

3 结论

本文设计制作了一种层叠双频圆极化导航天线,利用电磁场仿真软件 HFSS 对天线模型进行了仿真分析,制作出天线样品。该天线加工制作简单方便,天线在较宽带宽内实现了圆极化特性,并有较高的相位中心稳定度。其优良性能可用于精确测量、测距和定位。仿真结果和实测结果一致性较好,证明了天线设计的正确性。

参考文献:

- [1] 鲍尔 I J,布哈蒂亚 P. 微带天线[M]. 梁联倬,寇廷耀,译. 北京:电子工业出版社,1984. (BAHL I J,BHARTIA P. Microstrip Antennas[M]. Translated by LIANG Lianzhuo,KOU Tingyao. Beijing:Press of Electronics Industry, 1984.)
- [2] 张钧,刘克诚. 微带天线理论与工程[M]. 北京:国防工业出版社,1988. (ZHANG Jun,LIU Kecheng. Microstrip Antenna Theory and Engineering[M]. Beijing:National Defence Industry Press, 1988.)
- [3] 林昌禄. 天线工程手册[M]. 北京:电子工业出版社,2002. (LIN Changlu. Handbook of Antenna Engineering[M]. Beijing: Press of Electronics Industry, 2002.)
- [4] 王孝义,李勇,江晖. 双馈点圆极化贴片天线的设计与仿真[J]. 电子科技,2008,21(8):12-13,16. (WANG Xiaoyi,LI Yong,JIANG Hui. Design and simulation of circularly polarized patch antennas with dual feedings[J]. Electronic Science and Technology, 2008,21(8):12-13,16.)
- [5] 孙向珍. 圆极化双层微带天线的研究[J]. 遥测遥控,2004,25(5):1-6. (SUN Xiangzhen. Study of circularly-polarized stacked patch antennas[J]. Journal of Telemetry,Tracking and Command, 2004,25(5):1-6.)
- [6] 郭晓栋,吴多龙. 一种GNSS双频圆极化天线的设计[J]. 现代电子技术,2011,34(1):104-109. (GUO Xiaodong,WU Duolong. Design of a dual-band circular polarization antenna for GNSS[J]. Modern Electronics Technique, 2011,34(1):104-109.)
- [7] 张勇虎,周力,欧钢. 一种双频双圆极化层叠结构微带天线的设计[J]. 微波学报,2006,22(6):25-28. (ZHANG Yonghu,ZHOU Li,OU Gang. Design of a dual-band dual-polarization stacked microstrip patch antenna[J]. Journal of Microwaves, 2006,22(6):25-28.)
- [8] WANG Zhongbao,FANG Shaojun,FU Shiqiang,et al. Dual-band probe-fed stacked patch antenna for GNSS applications[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2009,8:100-103.

作者简介:



周云林(1978-),男,湖南省湘潭市人,高级工程师,主要研究方向为天馈线设计.email:1506976333@qq.com.