



多模 GNSS 天线技术研究与设计

李运志*, 袁子伦, 李军

安徽四创电子股份有限公司卫星导航技术研究中心, 合肥 230088

*E-mail: oppo10000@yahoo.com.cn

收稿日期: 2011-03-14; 接受日期: 2011-03-18

摘要 全球卫星导航系统(GNSS)因其覆盖范围广、通信容量大、传输质量好等优点, 在航空、航海、测绘、授时及信息服务等领域发挥了至关重要的作用. 天线作为卫星导航系统的必不可少的一部分, 其性能的好坏将对整个导航定位系统产生重大影响. 本文采用层叠贴片并结合调谐枝节技术, 设计了多模 GNSS 圆极化天线. 通过在上层方形贴片上插入长度不同的枝节, 实现了 GNSS 高频段的圆极化, 并且在下层方形贴片插入枝节来满足 GNSS 低频点的右旋圆极化工作模式. 理论分析和仿真结果证明所提出的多模圆极化天线可满足卫星导航终端用户机的多系统定位需求.

关键词 GNSS, GPS, 圆极化, 层叠微带天线

PACS: 73.20.At, 73.20.Qt, 73.20.Hb

1 引言

近年来, 随着全球经济的发展与军事方面应用的需求, 在航空、航海、测绘、授时及信息服务等领域对全球定位系统的导航、定位等功能要求越来越高. 目前主要的全球定位系统有: 美国的全球定位系统(GPS)、俄罗斯的格洛纳斯系统(GLONASS)和欧洲的伽利略系统(Galileo), 我国的北斗导航系统(COMPASS)也正在逐步的建设中. 全球导航系统主要工作在 L 波段的 1.559~1.615 GHz (L1)和 1.176~1.300 GHz (L2)频段^[1], 信号电平达到了-160 dB, 因此, 为了提高系统的稳定性和可靠性, 减小接收信号的极化失配损失, 天线应采用圆极化方式.

由于微带天线具有尺寸小、成本低、易于加工和实现圆极化的优点^[2], 在全球导航系统中得到广泛的应用. 微带圆极化天线的馈电方式主要有单点馈电、

双点及多点馈电和电磁耦合馈电等^[3], 单点馈电的优势是馈电简单, 不需要额外的馈电网络, 但缺点是圆极化的相对轴比带宽偏窄, 只有 1%~2%^[4]. 而双点及多点馈电可以实现微带天线的宽带圆极化, 拓展轴比带宽, 但需要复杂的馈电结构, 增加额外的成本需求. 目前, 绝大多数文献报道的工作在 L1/L2 频段的多加工在同一介电常数的两块基板上^[5,6], 基板中间引入空气层(可采用泡沫材料或介质柱来支撑上层基板), 这样既增大了天线的整体尺寸, 又不便于加工.

本文采用单馈电层叠贴片并结合调谐枝节技术, 设计了可工作于 L1/L2 频段的多模 GNSS 圆极化天线. 通过在上层方形贴片上插入长度不同的枝节, 实现了 GNSS 高频段的圆极化, 并且在下层方形贴片插入枝节来满足 GNSS 低频点的右旋圆极化工作模式. 与

引用格式: 李运志, 袁子伦, 李军. 多模 GNSS 天线技术研究与设计. 中国科学: 物理学 力学 天文学, 2011, 41: 564-567

Li Y Z, Yuan Z L, Li J. Research and design of multimode GNSS antenna technology (in Chinese). Sci Sin Phys Mech Astron, 2011, 41: 564-567, doi: 10.1360/132011-324

常规的双频圆极化天线相比, 天线的整体尺寸有所减小, 且两层基板中间没有引入空气层, 结构紧凑, 易于加工.

2 天线原理与设计

2.1 天线原理

为实现微带天线的圆极化, 可采用贴片几何形状微调的方式来实现. 下面以方形贴片对角微调的形式来简要说明其工作原理, 如图 1 所示. 当 $L_1=L_2$ 时, 容易理解探针对方形贴片所激励起的两个正交模式等幅同相, 皆谐振于 f_0 , 因此其极化形式为线极化. 当 $L_1 \neq L_2$ 时, 两正交模式的谐振频率将有所不同, 假设其谐振分别为 f_1 和 f_2 , 则在这两频率之间的中频 f_0 , 正交模式的辐射阻抗将近似共轭, 因此其辐射场的幅度相同, 而相位将一个超前、一个滞后. 通过对 f_1 和 f_2 频率间隔的微调, 可实现这两模式的辐射场在 f_0 点的相位相差 90° , 从而实现圆极化工作. 另外可通过改变馈电点与微调点之间的相对位置来实现左旋与右旋圆极化.

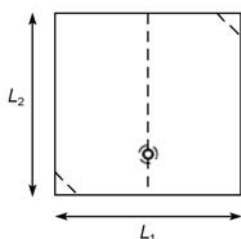


图 1 微带贴片天线圆极化的实现

Figure 1 Realization of circular polarized microstrip patch antenna.

2.2 天线单元设计

为满足导航系统天线的工作带宽和降低成本需要, 天线单元采用单点探针馈电的双层贴片结构. 下层贴片加工在厚度为 h_1 、介电常数为 ϵ_1 的基板材料上, 上层贴片加工在厚度为 h_2 、介电常数为 ϵ_2 的基板材料上. 图 2 所示为天线单元的几何结构, 上下层基板选用介电常数较低的材料, 相对介电常数为 $\epsilon_1=\epsilon_2=2.1$, 介质损耗正切为 0.001, 下层基板厚度 h_1 , 上层基板厚度 h_2 . 探针通过下层贴片的钻孔连接到上层贴片上, 下层贴片是上层贴片的寄生单元, 通过上层贴片的电磁耦合馈电. 由上下层贴片尺寸分别控制不同

的谐振频率, 选择十字形枝节的不同长度来实现圆极化辐射. 利用 Ansoft 的 HFSS11 软件对天线单元进行了模拟仿真计算, 通过调节馈电探针和上层贴片距中心的相对位置来实现回波损耗的阻抗匹配, 以满足两个频段的驻波要求.

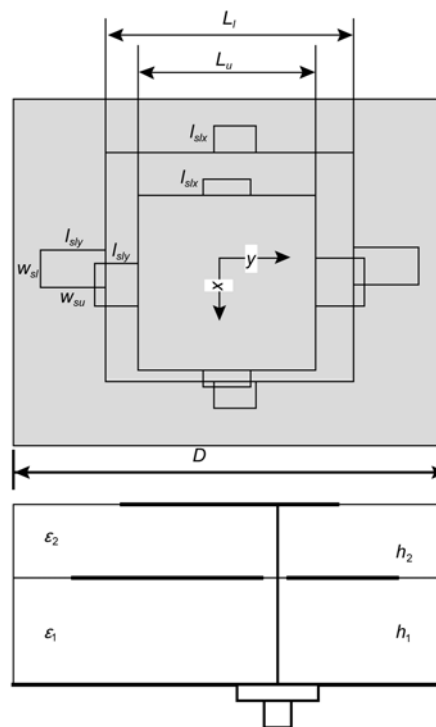


图 2 天线的几何结构

Figure 2 Geometry of the proposed antenna.

3 数值仿真和实验结果

通过改变贴片单元大小 L_l , L_u , 上层和下层贴片的调谐枝节长度 l_{slx} , l_{sly} , l_{sux} , l_{suy} , 馈电探针距中心的相对位置 (f_x, f_y) , 以及上层贴片距中心的相对位置等参数, 对天线的性能指标进行了优化. 优化后的天线结构参数如下: 下层和上层基板尺寸相同, 大小为 $D=110$ mm, 厚度分别为大小 $h_1=6$ mm, $h_2=4$ mm; 下层贴片的大小 $L_l=70$ mm, 调谐枝节的长度分别为 $l_{slx}=8$ mm, $l_{sly}=17$ mm, 枝节宽度为 $w_{sl}=8$ mm; 上层贴片的大小 $L_u=59$ mm, 调谐枝节的长度分别为 $l_{sux}=5$ mm, $l_{suy}=13$ mm, 枝节宽度为 $w_{su}=6$ mm; 馈电探针的直径为 1.2 mm, 距离中心位置为 $(f_x =$

25 mm, $f_y=8$ mm). 所选用的基板材料相对介电常数为 $\varepsilon_1=\varepsilon_2=2.1$, 介质损耗正切为 0.001.

根据前面的天线优化尺寸参数设计加工了单馈电双层贴片天线单元样品, 并对性能指标进行了测试. 图 3 为软件仿真和实测的天线端口的回波损耗曲线, 可以看出, 天线输入端口回波损耗 $S_{11} \leq -10$ dB 的工作频率带宽分别为 1.191~1.252 GHz (L1) 和 1.530~1.620 GHz (L2), 满足导航系统的工作频率要求. 图 4 利用软件仿真计算了天线在法向方向上的轴比曲线,

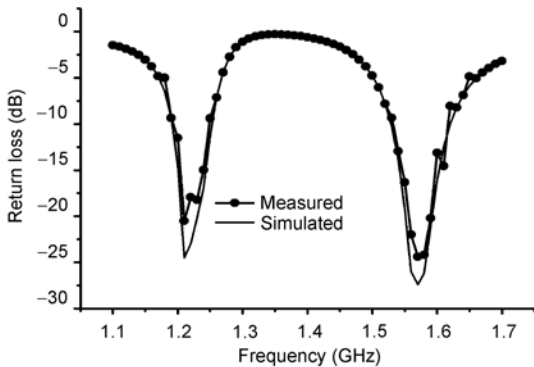


图 3 天线回波损耗

Figure 3 Return loss of the proposed antenna.

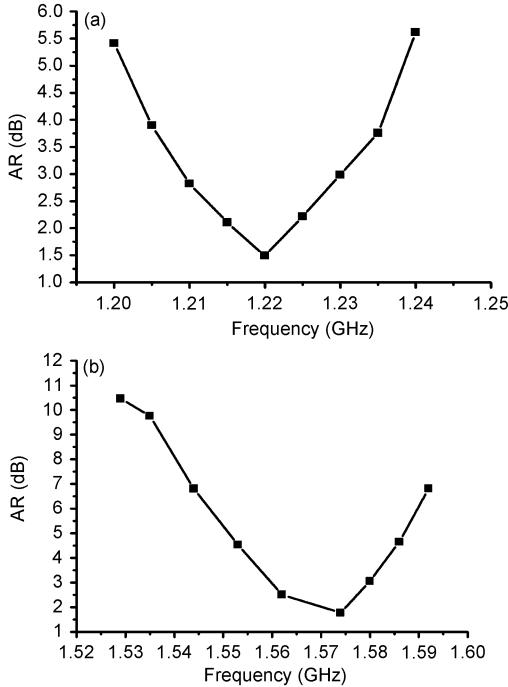


图 4 天线在法向方向上的轴比

Figure 4 Axial ratios in the broadside direction. (a) 1227 MHz; (b) 1575 MHz.

在 L1, L2 频率上的 3 dB 轴比带宽达到了 28 MHz (2.2%), 21 MHz (1.3%).

图 5 和 6 分别给出了天线在 L1 频段 1208 和 1226 MHz、L2 频段 1562 和 1576 MHz 的 E 面极化增益方向图的仿真与实测结果. 在 L1, L2 频段内的增益分测与仿真的方向图相当吻合, 证明了软件仿真计算

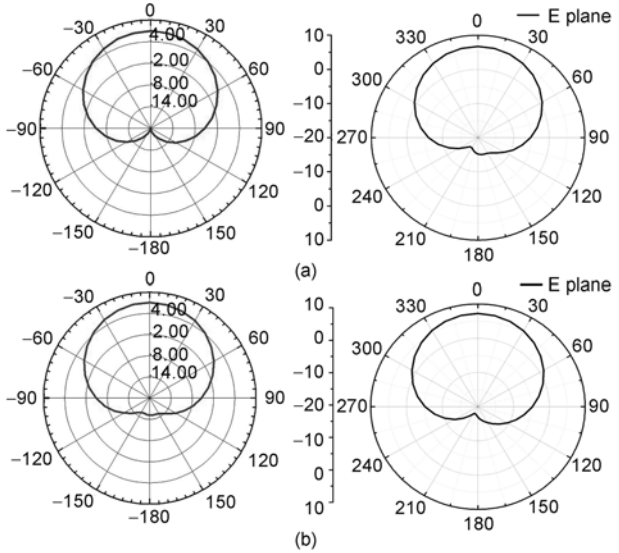


图 5 天线在 L1 的仿真与实测增益方向图

(a) 1208 MHz; (b) 1226 MHz.

Figure 5 Simulated and measured radiation patterns at L1. (a) 1208 MHz; (b) 1226 MHz.

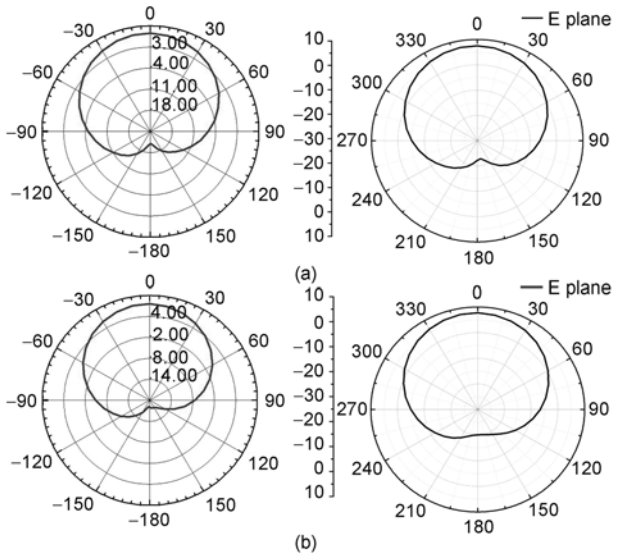


图 6 天线在 L2 的仿真与实测增益方向图

(a) 1562 MHz; (b) 1576 MHz.

Figure 6 Simulated and measured radiation patterns at L2. (a) 1562 MHz; (b) 1576 MHz.

别达到了 6.9 和 7.5 dB, 并且带内的增益较为平坦. 由两图可知, 实测与仿真的方向图相当吻合, 证明了软件仿真计算的有效性.

4 结论

本文设计了一种单馈电双层贴片的天线单元,

可满足于卫星导航系统的双频段要求, 从仿真和实验结果可以看出, 这种天线整体性能较好, 仅采用单馈电方式, 与普通常规天线相比, 天线整体尺寸有所减小, 没有在双层基板间引入空气层, 易于加工, 适合于卫星导航系统的终端用户机的多系统定位导航需求.

参考文献

- 1 Solov'ev U A. Satellite Navigation Systems (in Russian). Moscow: EKO-Trends, 2000
- 2 Panchenko B A, Nefedov E I. Microstrip Antennas (in Russian). Moscow: Radio I Svyaz, 1986
- 3 Wong K L. Compact and Broadband Microstrip Antennas. New York: John Wiley & Sons, 2002. 294
- 4 Iwasaki H. A circularly polarized small-size microstrip antenna with a cross slot. IEEE Trans Antennas Propagat, 1996, 44(10): 1399–1401
- 5 Jan J Y, Wong K L. A dual-band circularly polarized stacked elliptic microstrip antenna. Microwave Opt Tech Lett, 2000, 24(5): 354–357
- 6 Boccia L, Amendola G. A high-performance dual frequency microstrip antenna for global positional system. In: IEEE AP-S International Symposium, Boston, MA: IEEE, 2001. 66–99

Research and design of multimode GNSS antenna technology

LI YunZhi*, YUAN ZiLun & LI Jun

The Research Center of Satellite Navigation Technology of AnHui Sun Create Electronics Co. Ltd., Hefei 230088, China

With the merits of wide coverage, huge capacity of communications, good transmission quality, etc., Global Satellite Navigation System (GNSS) plays a vital role in the fields, such as the aviation, marine, mapping, timing and information services. As the essential part of satellite navigation system, Antenna's overall performance is good or bad which have a significant impact on Navigation and Positioning System. In this paper, a multi-mode circular polarization GNSS antenna with single-feed stacked patch combined stub technology is presented. By inserting different cross shape stubs, the top square patch performs GNSS high frequency multi-band circular polarization, and the right-hand circular polarization mode in the GNSS low frequency is achieved through inserting different cross shape stubs in the center of the lower square patch. Theoretical analysis and simulation results show that the proposed multi-mode circular polarization antenna can meet multi-system positioning needs of the terminal users of satellite navigation.

GNSS, GPS, circular polarization, stacked microstrip antenna

PACS: 73.20.At, 73.20.Qt, 73.20.Hb

doi: 10.1360/132011-324