

一种易调谐的小型 GPS 微带天线设计*

傅世强, 王强, 李婵娟

(大连海事大学 信息科学技术学院, 辽宁 大连 116026)

摘要: 提出了一款新颖的易调谐小型 GPS 微带天线结构。采用正方形贴片作为辐射单元, 通过切角微扰实现右旋圆极化辐射; 在贴片中心开槽和四周开缝, 利用贴片曲流技术减小天线的尺寸; 使用同轴中心馈电加载微带匹配段, 实现阻抗的匹配。文章给出了天线的设计思路, 并进行了大量的电磁仿真优化, 最终对天线进行了加工实验。实验结果表明, 在设计频带内, 天线具有较好的阻抗匹配和圆极化辐射特性。该天线具有结构紧凑、易于调谐的特点, 具有良好的应用前景。

关键词: GPS 天线; 微带天线; 小型化; 易调谐

中图分类号: TN965.2

文献标识码: A

文章编号: 0258-7998(2012)11-0116-03

Design of a new and easy tuning compact GPS microstrip antenna

Fu Shiqiang, Wang Qiang, Li Chanjuan

(College of Information Science and Technology, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract: A new and easy tuning compact GPS microstrip antenna structure has been proposed. RHCP(right-hand circular polarized) radiation is realized with corner truncated on a square patch as the radiating element. The size of the antenna is reduced by cutting central slot and marginal slits, which force the current to follow extra paths. Coaxial feeding loaded microstrip matching section is used to achieve impedance matching. The design method of the antenna is given. The designed antenna has been fabricated and measured after a large of electromagnetic simulations. The simulated and measured results show that the antenna has a good matching and CP radiation performance. The antenna has good prospects for the applications because it is compact and easy tuning.

Key words: GPS antenna; microstrip antenna; compact; easy tuning

随着全球定位系统(GPS)在中国各行各业应用的快速发展,对GPS天线的要求越来越高,不仅要满足右旋圆极化的辐射特性,对其外观及系统集成度方面的要求也进一步增多,特别是近年来便携式接收机的应用,对小型化GPS天线提出了迫切需求^[1]。微带天线由于具有体积小、剖面低、易于馈电、能与载体共形、便于实现圆极化等优点而得到了广泛的研究和发展。应用于GPS的微带天线研究,也促进了天线带宽的展宽、小型化及增益的提高^[2]。

单馈电切角圆极化微带天线是GPS天线设计中最常见的结构。参考文献[3]对于该结构给出了详细的分析和讨论。为了减小天线的尺寸,参考文献[4]通过在贴片中心开槽,增大微带环表面电流路径的有效长度,以降低天线的谐振频率,从而实现小型化。一般而言,单

馈电圆极化微带天线轴比带宽较窄,严格限制了天线的几何尺寸。为了减少微带天线制造公差对频率漂移的影响,参考文献[5]提出了在辐射贴片四周加载两对缝隙的方法,既能增大天线的圆极化带宽,还能减小天线的尺寸。为了提高天线的增益和辐射效率,加载的缝隙也可以开在接地板上^[6]。

本文基于圆极化微带天线基本理论,借鉴前人的研究成果,设计了一款新颖的结构紧凑、匹配良好、易于调谐的GPS微带天线。综合采用切角微扰,贴片中心开槽和贴片四周加载缝隙等设计技术^[3-5],并提出从中心同轴馈电加载微带线匹配技术来实现天线设计。给出了天线的设计思路和匹配调谐方法,并最终对天线进行了加工和实测。

1 天线的设计

微带天线实现圆极化工作的关键是激励产生两个幅度相等且相位相差 90° 的正交线极化波。根据腔模理

* 基金项目:国家自然科学基金(61071044);交通运输部交通应用基础研究项目(2010-329-225-030);中央高校基本科研业务费专项(2011QN026)

论可知,一个形状规则的单片微带天线由一点馈电可产生极化正交、幅度相等的两个简并模,为了在简并模之间形成 90° 相位差,在规则形状的单片微带天线上附加一简并模分离单元,使简并正交模的谐振频率产生分离,工作频率选在两个谐振频率之间,当简并模分离单元大小选择合适时,就能形成圆极化辐射^[2]。

本文设计的天线结构如图1所示。天线采用边长为 L 的正方形辐射贴片,通过在正方形贴片对角线上切除 $\Delta L \times \Delta L$ 方形简并模分离单元来实现圆极化;通过在贴片中心开正方形槽 $L_2 \times L_2$,在贴片四周开长方形缝 $L_1 \times W_1$ 来缩减天线尺寸;通过同轴中心馈电,并采用微带匹配段 $W_2 \times L_3$ 进行阻抗匹配调节。

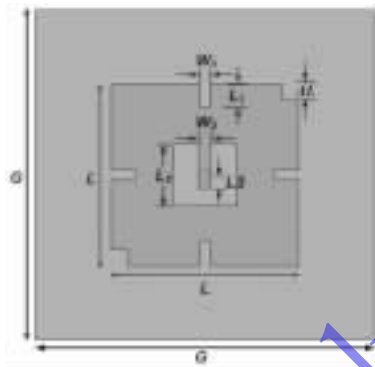


图1 天线结构示意图

利用仿真软件HFSS对天线进行了大量的电磁仿真优化计算。研究发现,中心凹槽的边长 L_2 和四周槽的宽度 W_1 不能太大,太大则会明显减小贴片天线的有效辐射面积,使天线的辐射场型发生畸变。同时中心凹槽的边长对匹配也有一定影响,为了保证天线的辐射特性,经过不断地仿真优化,最终选择正方形辐射贴片的大小为 $L=38.5\text{ mm}$ ($\approx 0.38\lambda_g$),较传统理论设计边长近似 $0.5\lambda_g$ 的贴片面积减小了42%,方形切角的大小 ΔL 为3.4 mm,中心槽的边长 $L_2=13\text{ mm}$,四周缝的宽度 $W_1=2\text{ mm}$,长度 $L_1=5\text{ mm}$,接地板边长 $G=70\text{ mm}$ 。

天线在实际制作过程中,由于介质材料的不均匀性以及加工误差的影响导致天线谐振频率偏移,因此方便快捷地进行天线的调谐显得尤为重要。图2给出了在其

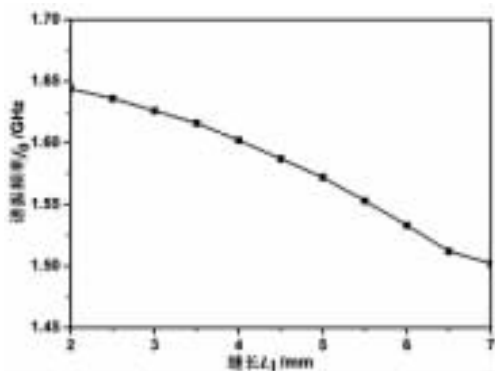


图2 L_1 变化时的谐振频率

他参数保持不变,贴片四周缝隙长度 L_1 变化时,天线谐振频率的变化规律。可以看出,缝隙越长,谐振频率明显降低,这是由于曲流技术使得天线有效辐射边长增大的缘故,因此可以用于对天线谐振频率的粗调。

在获得了天线的大致谐振频率后,利用同轴中心馈电,加载微带线进行频率的微调和阻抗匹配。加载的微带匹配段对天线的阻抗调节具有一定的规律性。改变 L_3 ,输入阻抗的实部和虚部会同时变化,如图3所示。但改变 W_2 ,输入阻抗的虚部基本不变,只有实部发生变化,如图4所示。因此在设计微带线匹配时,兼顾中心槽的边长,首先调整 L_3 使输入阻抗虚部为0,然后调整 W_2 使输入阻抗实部为 50Ω 。调整后的 W_2 和 L_3 分别为2.5 mm和3 mm时,得到了良好的匹配曲线。

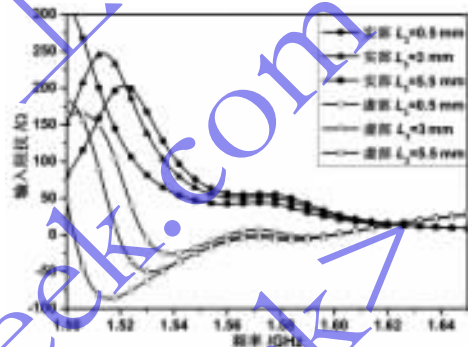


图3 输入阻抗随 L_3 的变化曲线

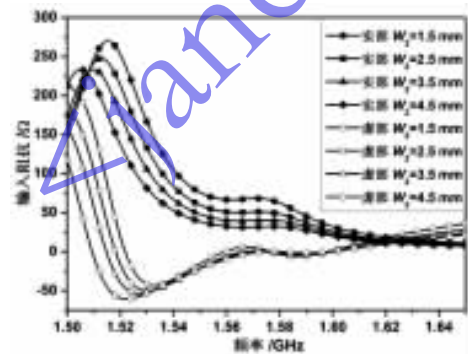


图4 输入阻抗随 W_2 的变化曲线

2 天线的实验

基于以上的分析与设计结果,对天线进行实物加工,选用低成本FR4材料板进行天线设计,相对介电常数为 $\epsilon_r=4.3$,损耗角正切 $\tan\delta=0.02$,厚度 $h=1.5\text{ mm}$ 。加工后的实物图如图5所示。

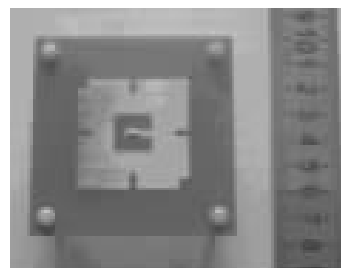


图5 天线加工实物图

使用 Agilent N5230A 矢量网对天线的输入匹配进行了测量。图 6 给出了天线的仿真与实测 S_{11} 的对比曲线。从图中看出实测结果与仿真结果具有较好的一致性,频率从 1.55 GHz~1.59 GHz 范围内实测 $S_{11} < -15$ dB, 即 $VSWR < 1.5$, 输入取得了良好的阻抗匹配。实测中心频率稍向低频偏移,这是由于 FR4 介质材料的不稳定性造成的,可以通过前面所述的措施进行微调。

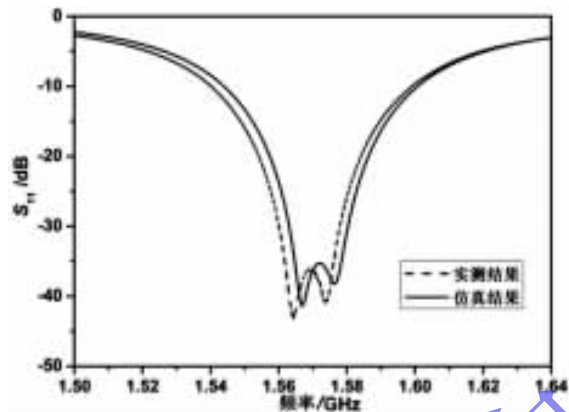


图 6 S_{11} 仿真与实测结果

图 7 给出了天线的轴向增益和轴向轴比随频率变化的仿真结果。仿真结果表明,轴比小于 3 dB 带宽为 1.565 GHz~1.580 GHz,在该频带内对应的天线增益近似达到 1 dBi。由于开槽减小了辐射贴片的有效面积和采用 FR4 基板损耗较大等原因,天线的增益不太理想。若选用损耗较小的微波介质材料,增益可以明显提高 2~3 dB。天线在中心频点 1.575 MHz 的右旋(RHCP)和左旋(LHCP)圆极化场的方向性图见图 8。从方向性图中可以看出半功率波瓣宽度超过 100°,交叉极化隔离度大于 20 dB。

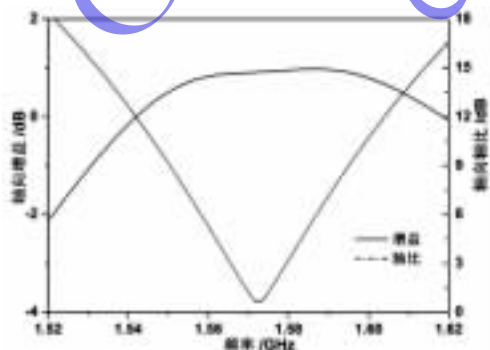


图 7 轴向轴比与轴向增益随频率变化曲线

本文提出了一款小型化 GPS 微带天线结构。该天线采用了新颖的中心开槽同轴馈电加载微带线匹配技术,实现了良好的阻抗匹配。综合采用了贴片表面开槽曲流技术和切角微扰技术,实现了小型化和圆极化。利用 FR4 介质基板进行了天线的加工实验,结果表明,在所需的频段内,天线的 $VSWR$ 小于 1.5,轴比小于 3 dB,增益达到 1 dBi,波束宽度超过 120°。由于 FR4 基板损耗较

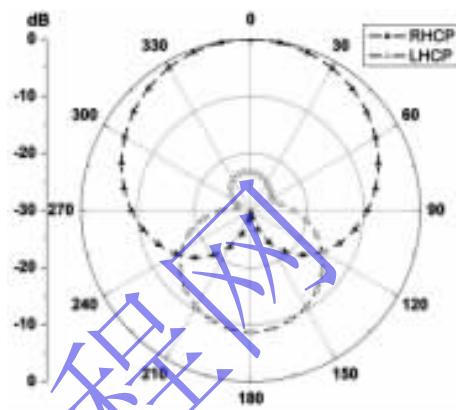


图 8 天线在中心频率 1.575 MHz 的归一化方向性图

大,天线的增益不太理想,若改用损耗较小的微波介质材料,增益可以明显提高。该天线结构简单,易于加工,便于调谐,具有良好的应用前景。

参考文献

- [1] 高阳,董树荣,王德苗. GPS 天线技术及其发展[J]. 无线通信技术, 2008(4):34-39.
- [2] WONG K L. Compact and broadband microstrip antenna[M]. New York: John Wiley&Sons, Inc,2002.
- [3] 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): 117-123.
- [4] CHEN W S, WU C K, WONG K L. Single-feed square-ring microstrip antenna with truncated corners for compact circular polarization operation[J]. Electronics Letters, 1998, 34(11):1045-1047.
- [5] WONG K L, Wu Jianyi. Single-feed small circularly polarised square microstrip antenna [J]. Electronics Letters, 1997,33(22):1833-1834.
- [6] SIM C Y D, HAN T Y. GPS antenna with slotted ground plane[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2008, 50(3):818-821.

(收稿日期:2012-04-01)

作者简介:

傅世强,男,1981年生,博士,讲师,主要研究方向:卫星通信和卫星定位移动终端天线。

王强,男,1987年生,硕士生,主要研究方向:卫星通信天线及天线阵的研究。

李婵娟,女,1982年生,硕士,实验教师,主要研究方向:天线测量与微波技术实验。