

doi:10.19306/j.cnki.2095-8110.2017.02.010

# 一种新型低剖面双频微带导航天线

张艳梅,李峰,吴婵娟,丁静

(北京自动化控制设备研究所,北京 100074)

**摘要:**设计了一种可以同时工作在 BD2 B3 与 GPS L1 频段的低剖面微带导航天线,采用多调谐回路技术实现了天线双频工作。该天线方便调试与实现,可以应用于要求天线剖面较低的载体。

**关键词:**寄生贴片;调谐回路;低剖面;导航系统;微带

中图分类号:U666.12

文献标志码:A

文章编号:2095-8110(2017)02-0053-05

## A New Low Profile Dual-frequency Micro-strip Antenna for Navigation System

ZHANY Yan-mei, LI Feng, WU Chan-juan, DING Jing

(Beijing Institute of Automatic Control Equipment, Beijing 100074, China)

**Abstract:** A new low profile micro-strip antenna which is able to work at BD2 B3 and GPS L1 for navigation system is designed. By using of multi-tuning loop, dual-frequency operation of antenna which is easy to adjust and implement is achieved. The proposed antenna can be used on various platforms which has more requirements of low profile antenna.

**Key words:** Parasitic patch; Tuning loop; Low profile; Navigation system; Micro-strip

### 0 引言

微带天线因为体积小、质量小、低剖面的优点被现代移动通信技术以及作战系统所追捧,但是随着多频段的要求越来越多,单层微带贴片天线频带较窄的缺点限制了其应用<sup>[1]</sup>。文献[2-5]中,依靠叠层或者多层介质板来实现多频段工作,严重削弱了微带天线剖面低这一优点,因为叠层势必增加微带天线的高度。近几年,很多技术人员对微带天线的多频段工作做了很多的努力,包括厚基板法<sup>[6-7]</sup>、寄生元法<sup>[8]</sup>、叠层法<sup>[9]</sup>等,但这些方法都无一例外地增加了天线的高度,并没有在低剖面方面达到理想的效果。因此,运用新的设计方法来实现微带天线多频工作的问题变得非常迫切。

本文研究通过寄生贴片产生双频段的工作特性,但是与文献[8]不同之处在于其在一层介质基

板上同时实现2个常用的导航频段,大大降低了天线的整体高度,达到了微带天线真正的多频低剖面的效果,能够更加广泛地应用到对高度要求严苛的情况中。

本文采用的寄生贴片法属于一种调谐回路。微带天线是一种谐振式工作的天线,依靠微带天线贴片和金属基板之间的谐振,工作在特定的工作频点。根据微带的空腔模型法理论可以得知,微带天线贴片和寄生贴片可以等效为一个RLC并联谐振电路。通过调整微带天线贴片和寄生贴片之间的耦合度,可以在该并联谐振电路中出现双调谐峰,即微带天线的2个工作频段,从而使微带天线的带宽得到扩展。如图1所示,调整寄生单元的外形尺寸及其与馈电单元之间的距离,可以出现2个不同的工作频率,实现常用导航频段的工作特性,该结构可以实现约10%的阻抗带宽<sup>[10]</sup>。

收稿日期:2016-12-17;修订日期:2017-01-18

作者简介:张艳梅(1984-)女,硕士,中级工程师,主要从事导航天线方面的研究。E-mail: zymht0033@163.com

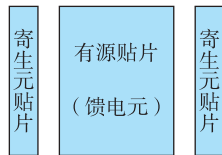


图1 共面寄生贴片

Fig. 1 Coplanar parasitic patch

## 1 天线建模

### 1.1 微带天线原理

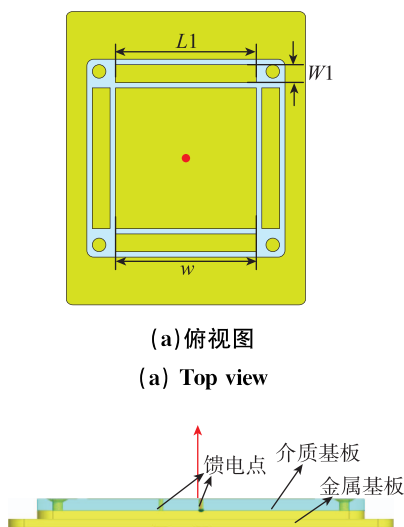
根据微带天线理论<sup>[11]</sup>,贴片单元宽度 $w$ 的尺寸直接影响着微带天线的方向性函数、辐射阻抗及输入阻抗。考虑到要兼顾辐射效率和避免产生高次模,通常要求宽度 $w$ 满足式(1)的要求

$$w \leq \frac{c}{2f_r} \left( \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

实际工程中, $w$ 一般取 $\frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_r}}$ ,式中: $c$ 为光速; $f_r$ 为天线的工作频率; $\epsilon_r$ 为天线基片的相对介电常数。

### 1.2 天线建模

由式(1)初步计算,中心贴片的辐射在 $\epsilon_r = 6.0$ 的情况下,边长 $w = 47$ ,天线结构如图2所示。采用单层介质,最上层是贴片,中心贴片的边长为 $w$ ,四周寄生贴片的长为 $L1$ ,宽为 $W1$ 。中间层为微波复合介质板,采用国产泰州旺灵的TP-2板材,其介电常数为6.0,厚度为 $h$ ,最下层为天线的金属基板。



(a) 俯视图

(a) Top view

(b) 侧视图

(b) Side view

图2 天线结构

Fig. 2 Antenna geometry

微带天线圆极化的实现方法主要有单馈微扰法、多馈法、多元法以及多阵元法<sup>[12-14]</sup>,本设计采用多馈法中的正交 $90^\circ$ 馈电方法,在中心贴片通过2个幅度相等相位相差 $90^\circ$ 的馈电点馈电,实现导航天线的右旋圆极化<sup>[15-16]</sup>,在保证工作带宽的情况下尽量做到结构简单,可实现性高。

## 2 仿真分析

在设计天线时,要考虑接地板的大小,采用合理的接地板尺寸能够得到更好的天线性能,本文设计的天线接地板大小为某型导航天线的接地板尺寸,为两款天线实物的性能比较做准备。采用同轴线馈电方式。因为馈电点位置的改变能够改变天线的输入阻抗,从而可以实现频率的轻度调谐,所以适当调整天线的馈电点位置能够使天线有较好的阻抗匹配。本研究利用Ansoft公司的HFSS13.0仿真软件进行建模仿真,中间贴片的边长 $w$ 确定了该天线的一个工作频点BD2 B3的1268.52MHz。边长 $w$ 越长,频点越向低频偏移, $w$ 越短,频点越向高频偏移,四周寄生贴片的长 $L1$ 和宽 $W1$ 确定了寄生频点的GPS L1。通过进一步仿真和优化确定下来的尺寸为 $w = 45\text{mm}$ , $L1 = 44.8\text{mm}$ , $W1 = 6\text{mm}$ ,图3所示为软件中的仿真模型。

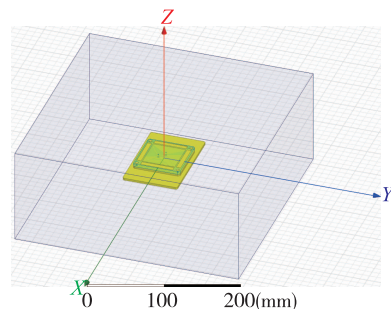


图3 天线仿真模型

Fig. 3 The simulated antenna model

图4~图9给出了该仿真模型的仿真性能曲线。

图4中,为从2个馈电点分别仿真出该天线的反射系数,可以看出,2个馈电点激励的天线贴片都能很好地工作在BD2 B3的工作频点,天线的反射系数 $S_{11}$ 小于 $-10\text{dB}$ 。

图5中,在BD2 B3频点,该天线的顶向增益为5.4dB。图6中,该天线的上半平面为分布均匀的圆形,为全向天线,满足导航天线对天线方向图的要求。

图7中,从2个馈电点分别仿真出该天线的反

射系数,可以看出,2 个馈电点激励的天线贴片都能很好地工作在 GPS L1 的工作频点,天线的反射系数  $S_{11}$  小于  $-10\text{dB}$ 。

图 8 中,在 GPS L1 频点,该天线的顶向增益为  $3.3\text{dB}$ 。图 9 中,该天线的上半平面为分布均匀的圆形,为全向天线,满足导航天线对天线方向图的要求。

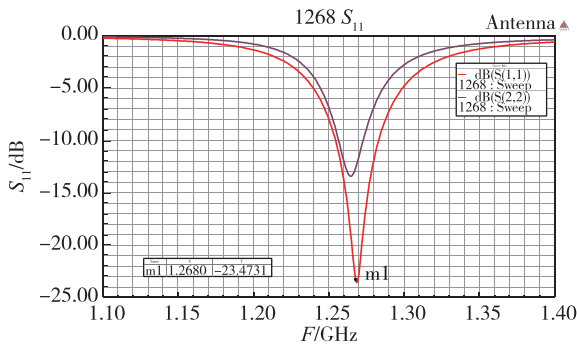


图 4 BD2 B3 的工作频点反射系数

Fig. 4 The return loss for the antenna at BD2 B3

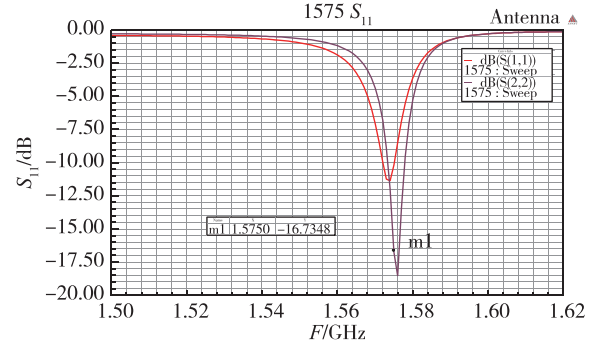


图 7 GPS L1 的工作频点反射系数

Fig. 7 The return loss for the antenna at GPS L1

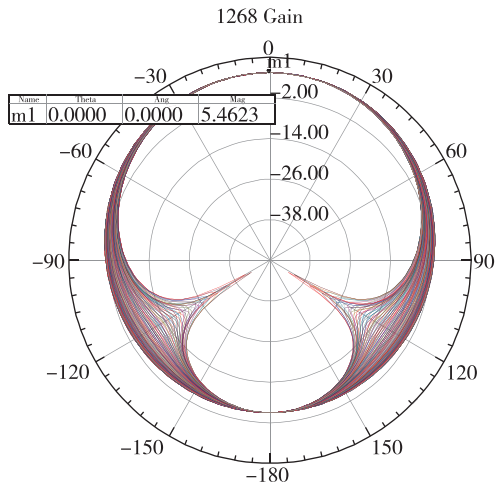


图 5 BD2 B3 的 E 面方向图

Fig. 5 The radiation pattern for the antenna at BD2 B3

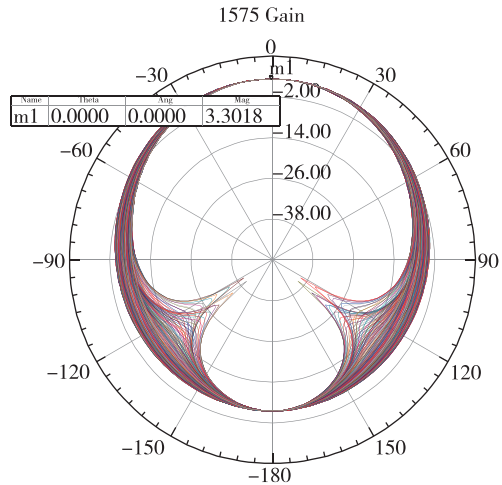


图 8 GPS L1 的 E 面方向图

Fig. 8 The radiation pattern for the antenna at GPS L1

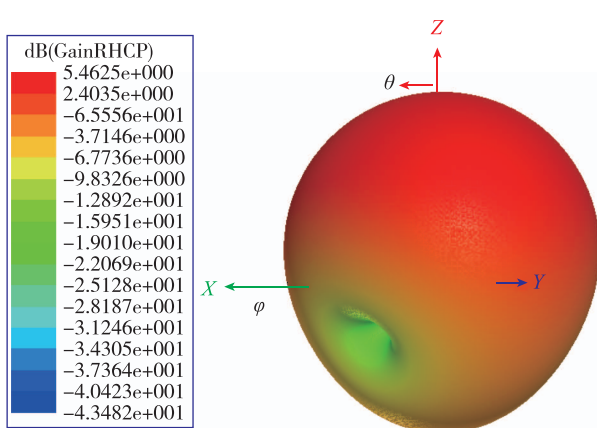


图 6 BD2 B3 的三维立体方向图

Fig. 6 The 3D radiation pattern for the antenna at BD2 B3

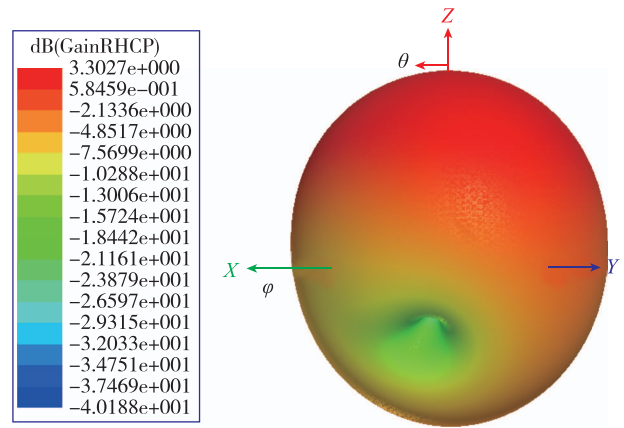


图 9 GPS L1 的三维立体方向图

Fig. 9 The 3D radiation pattern for the antenna at GPS L1

### 3 实物制作

用 HFSS 13.0 进行仿真分析后,对该模型进行加工,并与某型导航天线进行了室外收星实验对比,与某型导航天线的 BD2 B3 频点以及 GPS L1 频点定位的经纬高精度水平相当,详见图 10 及图 11。

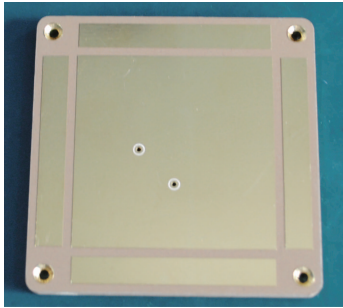


图 10 加工实物图

Fig. 10 Processing real figure

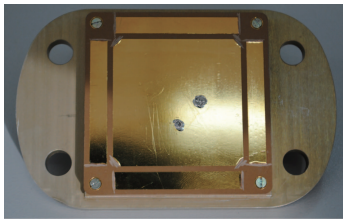


图 11 实物装配图

Fig. 11 The prototype for the antenna

实物制作中,因为存在板材的厚度以及板材本身介电常数的误差,会导致天线实际工作频点偏离设计频点,通过对贴片以及寄生贴片的切割可以实现频率校正,使之与设计值匹配。图 12、图 13 所示为使用矢量网络分析仪 E5061B 测量的该天线实物的反射系数,从图 12 可以看出,原天线贴片在未经调试时,工作频点为 1.270GHz,通过切割天线贴片表面的敷铜层图形,将该天线的工作频点调试为 1.26852GHz。

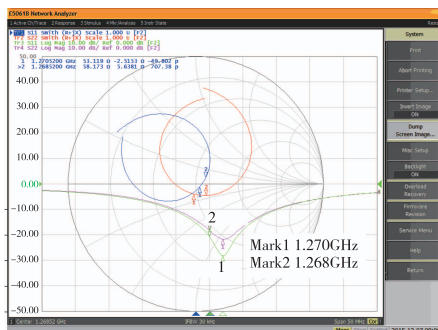


图 12 实物天线在 BD2 B3 频点的反射系数

Fig. 12 Measured return loss for the antenna at BD2 B3

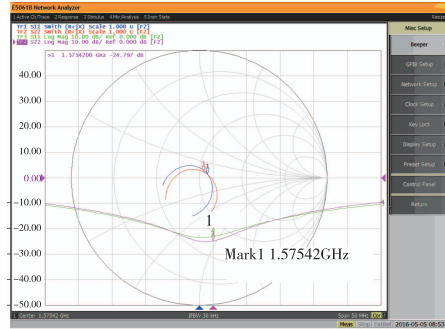


图 13 实物天线在 GPS L1 频点的反射系数

Fig. 13 Measured return loss for the antenna at GPS L1

图 14 中,左边为某型 BD2 B3 和 GPS L1 双频导航天线,右边为本文研究设计的低剖面双频导航天线,通过对比可以看出,在不改变天线安装形式的情况下,天线高度减少至少一个天线贴片的厚度 4mm,该设计中的天线能够应用在对高度要求更加苛刻的环境中。



图 14 两款天线的对比图

Fig. 14 Contrast of two antenna

### 4 结论

随着通信技术的发展,对低剖面多频带天线的的需求将会越来越多。本文设计的低剖面双频微带导航天线简化了天线结构,大大降低了天线的高度,能够更加灵活地应用于多频段的导航系统中。

#### 参考文献

- [1] 薛虞锋,钟顺时. 微带天线圆极化技术概述与进展[J]. 电波科学学报,2002,17(4):331-336.
- [2] 马小玲,丁丁. 宽频带微带天线技术及其应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
- [3] 付永庆,柯林,王玉峰. 三层宽频带微带天线的设计[J]. 弹箭与制导学报,2006,26(4):304-306.
- [4] 童芸,张杰,李春晓,等. 宽带 U 型槽矩形贴片微带天线设计[J]. 微波学报,2008,24(4):41-44.
- [5] Janapsatya J, Esselle K P. Multi-band WLAN antennas based on the principle of duality[C]. Antennas and Propagation Society International Symposium, 2006: 2679-2682.
- [6] Long S A, Walton M D. A dual-frequency stacked circular-disk antenna[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagate, 1979,27(2):270-273.

- [7] Chen W S, Chang Y C, Chen H T. Novel design of printed monopole antenna for WLAN/WiMAX applications[C]//Antennas and Propagation International Symposium. IEEE, 2007: 3281-3284.
- [8] Park D H, Kwak Y S. Design multi-band microstrip patch antennas for wireless terminals [C]//Future Generation Communication and Networking. IEEE Computer Society, 2007: 439-441.
- [9] Sheta A F, Mohra A S, Mahmoud S F. Modified compact H-shaped micro-strip antenna for tuning multi-band operation [C]. National Radio Science Conference. IEEE Xplore, 2008: 1-6.
- [10] 倪国旗. 介质埋藏微带天线[M]. 北京:国防工业出版社,2012.
- [11] 林昌禄. 天线工程手册[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- [12] 朱莉,高向军,梁建刚. 宽带圆极化微带天线的几种实现方法[J]. 现代电子技术,2007,30(23):82-84.
- [13] 商锋,王保平. GPS圆极化微带天线的研究[J]. 弹箭与制导学报,2009,29(3):193-194.
- [14] 韩庆文,易念学,李忠诚,等. 圆极化微带天线的设计与实现[J]. 重庆大学学报,2004,27(4):57-60.
- [15] 王玉峰,林鑫超,何帅,等. 一种双频双圆极化微带天线的设计[J]. 微波学报,2010(S1):188-190.
- [16] 刘永鑫,侯雷,胡永辉. 右旋圆极化微带天线的设计与实现—基于北斗卫星导航系统[C]//中国卫星导航学术年会电子,2012.