

# 小型双频圆极化微带天线的设计

王汇龙<sup>1</sup> 刘运林<sup>1</sup> 胡根根<sup>2</sup> 史志玮<sup>1</sup>

(西南交通大学电磁所, 四川 成都 610031)<sup>1</sup> (西南电子技术研究所, 四川 成都 610036)<sup>2</sup>

**摘要:** 研究了双频圆极化微带天线的设计方法。介绍了单馈条件下实现双层贴片在 RNSS B3 (1268 ± 10MHz)、GPS L1 频段 (1575.42 ± 1.023MHz) 加 GLONASS (1574-1610MHz) 双频段工作的原理和圆极化的实现方法, 并且在此基础上利用高频电磁仿真软件 HFSS 进行了仿真, 给出了天线的 VSWR、AR、以及增益等天线的普遍性指标, 表明该天线设计方法有效可行。

**关键词:** 双频微带天线, 圆极化, 孔径耦合馈电, 高增益

## Design of Compact Dual-frequency Circularly Polarized Microstrip Antenna

WANG huilong<sup>1</sup>, LIU yunlin<sup>1</sup>, HU gengen<sup>2</sup>, SHI zhiwei<sup>1</sup>

(Institute of Electromagnetics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031)<sup>1</sup>

(Southwest Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036)<sup>2</sup>

**Abstract:** The design methods of dual-frequency circularly polarized microstrip antenna were studied. The principle of stacked patches antenna operating on dual-frequency at RNSS B3 band (1268 ± 10MHz) and GPS L1 band (1575.42 ± 1.023MHz) and GLONASS band (1574-1610 MHz) was proposed, then implemented of circular polarization, simulated the proposed antenna by HFSS and the results such as VSWR, AR, radiation pattern and gain were given in the paper. The antenna design method was proved effective and feasible.

**Keywords:** dual-frequency microstrip antenna; circular polarization; aperture coupling feed; high gain

## 1 引言

自微带天线诞生以来, 其所具有的剖面低、重量轻、易于实现圆极化、可与载体共形、易与有源器件集成、结构简单、易于加工制作等优点, 已经被广泛地应用于卫星通信、导航定位等设备中。近年来, 随着多模卫星组合导航技术的发展, 可同时接收多个频段信号的卫星接收天线的设计得到了越来越多的关注。在此类应用中, 要求微带天线圆极化工作。微带天线实现双频工作的方法有很多, 根据不同的尺寸及性能要求, 实现双频工作的方法也不尽相同。归纳起来大概分为两类: 单层结构和多层结构。单贴片实现需在贴片上开槽或者是电容、电阻加载, 改变贴片上场的分布, 进而使得天线出现双谐振模式; 多层贴片实现时可以选用相同或者不同介电常数的介质基板, 通

过不同贴片实现不同的谐振性能, 从而实现双频工作。如采用 LTCC 介质基板实现 GPS L1 和 L2 双频工作的双层贴片天线<sup>[1]</sup>, 获得的天线增益分别为 5.5dB 和 2.9dB。方环和矩形贴片嵌套形式, 同时实现了 GPS L1 频段和 SDARS (Satellite Digital Audio Radio Service) 频段的双频圆极化微带天线<sup>[2]</sup>。近来也有利用缝隙天线来实现双频工作。采用十字缝隙辐射的缝隙耦合微带天线, 同时实现 GPS L1 和 L2 频段, 然而其需要复杂的馈电网络产生四路相位相差 90 度的信号<sup>[3]</sup>。基于椭圆 (接近于圆形) 辐射贴片和接地板开槽技术<sup>[4]</sup>, 实现 GPS 天线的小型化。采用高介电常数基板的双层双馈圆极化微带天线<sup>[5]</sup>, 分开馈电的共口径双频圆极化微带天线<sup>[6]</sup>等。

本文介绍的双频圆极化微带天线, 采用双层矩形贴片层叠结构, 结合探针直接馈电和孔径耦合馈电方式, 实现 RNSS B3 频段和 GPS L1 加 GLONASS 频段的双频工作, 同时采用矩形贴片切

角的方式实现了良好的圆极化性能。天线采用不同介电常数、具有低损耗正切的基板，选择合适的辐射贴片尺寸，减小了两贴片之间的电磁能量耦合，提高了两工作频段之间的良好隔离，同时获得了相对较高的天线增益。与传统的双频圆极化微带天线相比，两层贴片之间没有引入空气层，天线尺寸紧凑，易于加工生产。

## 2 天线设计

天线采用辐射贴片层叠结构，由两辐射贴片和接地板组成，上层贴片辐射 GPS 加 GLONASS 频段，下层贴片辐射 B3 频段，同时充当上层辐射贴片的接地板，上下层贴片之间采用不同厚度和不同介电常数的介质基板。馈电方式结合了探针直接馈电和孔径耦合馈电，同轴探针穿过下层辐射贴片通

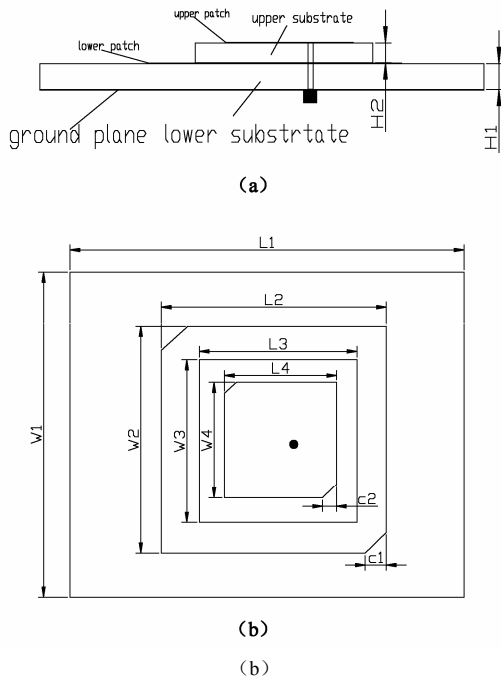


图 1 天线结构，(a) 侧视图 (b) 俯视图，其中  $L_1$ 、 $W_1$  为下层基板的长宽，同时也为接地板的长宽， $L_2=57.1$ ， $W_2=55.7$ ， $L_4=28.5$ ， $W_4=28.4$ ， $c_1=3.5$ ， $c_2=2.6$ ， $H_1=4$ ， $H_2=3$ ，单位：mm

孔直接馈电到上层贴片，而下层贴片由探针通过的通孔电磁耦合馈电。圆孔大小影响电磁能量的耦合程度。考虑到该天线工作于双频，且单馈实现，上下层贴片尺寸不能太接近，否则将会引起较强的耦合，而使得两天线不能良好地工作，即上下层贴片

尺寸应尽量拉开。因此下层基板采用低介电常数介质，上层基板采用较高介电常数介质。矩形贴片大小由下式给出：

$$f = \frac{c}{2(L + \Delta l)\sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

其中， $c$  为光在真空中的传播速度， $L$  为微带矩形贴片的实际长度， $\Delta l$  是由边缘效应引起的电纳可用延伸长度， $\epsilon_r$  为基板相对介电常数。为实现天线圆极化工作，分别在两辐射贴片上进行切角，切角尺寸大小跟天线的品质因数相关。天线辐射贴片为矩形，矩形贴片固有的结构上的对称性有利于改善天线轴比，并且与圆形贴片相比波瓣更宽、效率更高、带宽性能更好<sup>[7]</sup>。天线下层基板选  $\epsilon_r=4$ ， $\tan \sigma=0$  的材料，上层基板为  $\epsilon_r=10.2$ ， $\tan \sigma=0.0023$ ，同轴探针穿过的下层贴片的圆形通孔直径选为优化后的值  $D=5\text{mm}$ 。

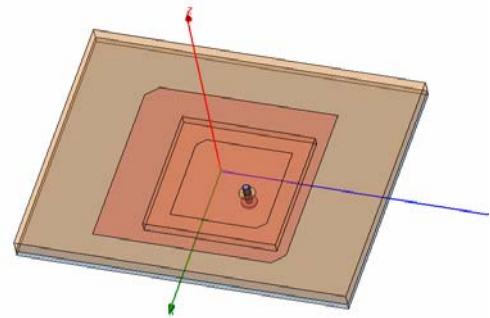


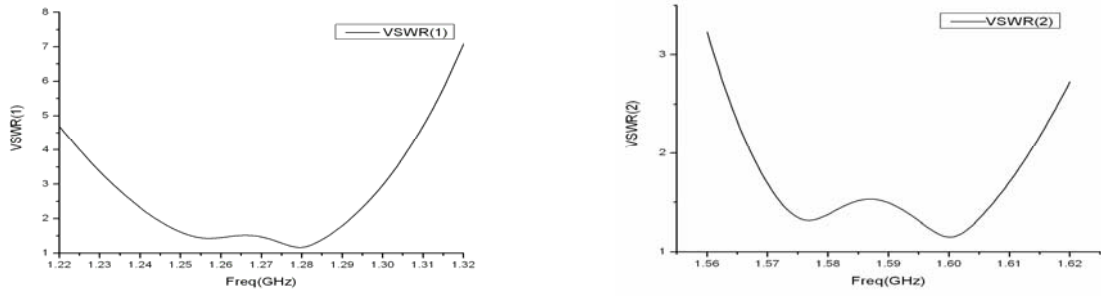
图 2 天线 HFSS 中的三维模型

## 3 天线性能参数

天线仿真采用基于有限元算法的 Ansoft HFSS 仿真软件。在理论计算的基础上，通过仿真软件的辅助工具，调节馈电点位置，使天线在所需频率处谐振，获得一定的阻抗带宽；同时调整切角的大小，激励出两个幅度相等，相位相差 90 度的正交谐振模式，天线即呈现圆极化工作状态。天线驻波比如图 3 所示，低频频段 VSWR 小于 2 的频率由 1243MHz 至 1292MHz，带宽为 49MHz，1268MHz 处天线 VSWR 为 1.477；高频频段 VSWR 小于 2 的频率从 1567MHz 至 1613MHz，带宽为 46MHz，1575MHz 时 VSWR 为 1.335，1590 MHz 时 VSWR 为 1.4923。孔径耦合馈电方式在一定程度上拓宽了低频处的阻抗带宽。图 4 为天线 1268MHz 和 1590MHz 频率点处天线的法向轴比。由图 4 可知，

1268MHz 时法向 AR 为 1.8062dB, 1590MHz 时 AR 为 1.7062dB, 且在上半空间内都具有良好的轴比特性。图 5 为天线轴比随频率变化曲线。AR 小于 6dB 的频率从 1258MHz 至 1278 MHz, AR 小于 3dB 的带宽有 8MHz。图 6 为天线方向图, 由图可知, 天线的交叉极化电平得到了很好的抑制, RNSS B3 频段交叉极化电平小于-13dB, GPSL1 加 GLONASS 频段电平小于-14dB, 获得的天线增益在两个频点处分别为 6.33dB 和 5.64dB, 可知天线获得了良好的圆极化增益。图 7 给出了天线增益曲

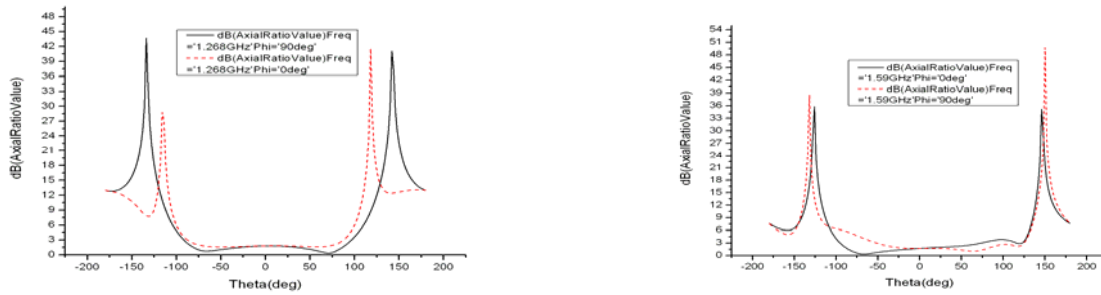
线, RNSS B3 频段增益均大于 6dB, 1278MHz 时达到 6.4dB; GPS L1 加 GLONASS 频段增益均大于 5.3dB, 最高时在 1600MHz 处达到 5.65dB。类似文献中<sup>[1]</sup>, 增益一般为 2-5dB, 可知该天线在所需段内获得了良好的增益性能。这归功于低损耗介质的选用以及耦合孔径的合理选取, 电磁能量有效辐射。由于采用单馈电点方式, 微带天线两贴片之间的隔离度不能直接获取, 通过查取两贴片上的电磁能量并进行计算, 得出两辐射贴片之间的隔离度约于 15.8dB。



(a) 为 RNSS B3

(b) 为 GPS L1 加 GLONASS

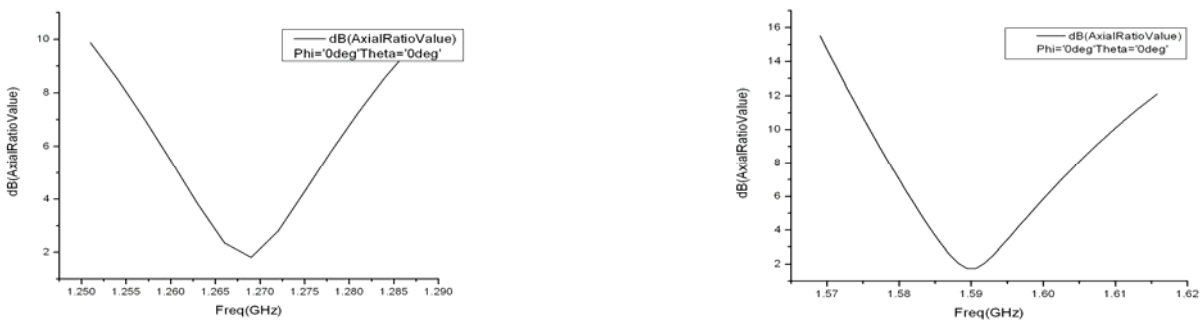
图 3 天线驻波随频率曲线



(a) 为 1268MHz 频率时 AR

(b) 为 1590MHz 频率时 AR

图 4 天线在各频率中心处的轴比



(a) 为 RNSS B3 频段

(b) 为 GPS L1 加 GLONASS 频段

图 5 天线各频段内轴比曲线

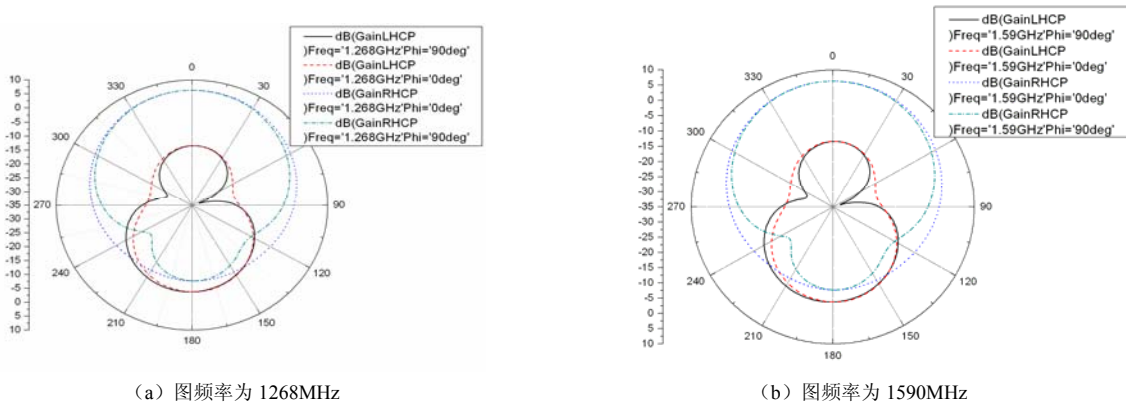


图 6 天线方向图

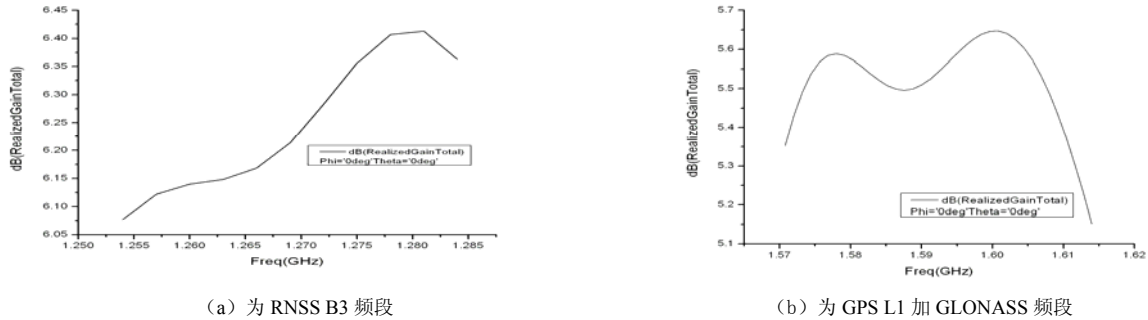


图 7 天线增益仿真曲线

## 4 结论

结合同轴探针直接馈电和孔径耦合馈电方式，采用双层贴片结构，设计了覆盖 RNSS B3 (1268MHz ± 10MHz) 频段和 GPS L1 (1575.42 MHz ± 1.023MHz) 加 GLONASS (1574-1610MHz)

频段的单馈双频圆极化微带天线。天线具有较好的共极化和较低的交叉极化电平，轴比特性满足工程指标，具有较高的增益，且设计方法对工程应用具有一定的借鉴意义。单馈点实现双频圆极化方式结构简单、成本低，适合实现天线小型化。

## 参考文献

- [1] ShiChai Chen, GuangCong Liu, XiangYu Chen, TingFen Lin, XiangGuo Liu, and ZhiQi Duan. Compact Dual-Band GPS Microstrip Antenna Using Multilayer LTCC Substrate[J].IEEE Antennas And Wireless Propagation Letters, 2010, 50 (9): 2049822.
- [2] Francesco Mariottini, Matteo Albani, Enrico Toniolo, Davide Amatori, and Stefano Maci. Design of a Compact GPS and SDARS Integrated Antenna for Automotive Applications[J].IEEE Antennas And Wireless Propagation Letters 2010, 50 (9): 2049632.
- [3] 雷 冀, 闫鲁滨, 等.一种双频 GPS 天线设计[J].雷达与对抗, 2006 30 (2): 44- 42.
- [4] 赵红梅, 牛艳娟, 刘 藤.新型小型化 GPS 天线设计[J].电讯技术, 2010, 50 (1): 01-04.
- [5] 薛 欣, 张福顺, 冯昕罡, 冯 睿.双圆极化微带天线的设计[J].电波科学学报, 2010, 24 (2): 02-05.
- [6] 朱艳玲, 刘琳琳, 张福顺, 焦永昌.新型共口径双频双圆极化微带天线设计[J].微波学报, 2007, 23 (6): 200-204.
- [7] 鲍尔 IJ, 布哈蒂亚尔 P. 微带天线[M]. 梁联倬, 寇迁耀译. 北京: 电子工业出版社, 1984.120.

### 作者简介:

王汇龙, 男, 硕士研究生, 主要研究领域为微带天线, 射频电路等; 刘运林, 男, 博士生导师, 主要研究领域为天线理论与设计, 计算电磁学等。