

一种用于 GPS 的单馈点圆极化微带天线

张实华¹, 张兴华²

(1. 四川理工学院理学院, 四川 自贡 643000; 2. 解放军电子工程学院三系, 合肥 230033)

摘要:在 FR4 基板上,通过在标准矩形微带天线贴片上切去部分而形成圆极化的工作方式,设计了一种单馈点圆极化微带天线。仿真实测结果表明,天线工作在 1.590 GHz 的 GPS 频段,工作频带上轴比性能良好,得到的天线各项性能参数,满足 GPS 接收机所需天线的性能要求。

关键词:单馈;圆极化;GPS;微带天线

中图分类号:TN713

文献标志码:A

引言

在 GPS 接收机产品的设计中,圆极化微带天线是其中的关键组件之一。圆极化微带天线具有体积小、结构简单、重量轻、低剖面、易与载体共形等优点,在卫星通信、移动通信、隐蔽通信以及便携式通信等场合得到了广泛的应用^[1]。

微带天线产生圆极化波,一般可采用单点馈电、两点馈电、多点馈电等方式,其中单点馈电圆极化微带天线不需要正交馈电网络,结构最为简单。目前对于各种形式的单馈点圆极化微带天线得到了深入研究和广泛应用:如采用在贴片表面开 C 型槽的方式实现圆极化辐射波和展宽阻抗带宽;采用在方形贴片表面开槽的形式使天线小型化;采用圆环形的圆极化 GPS 微带天线以减小天线的尺寸等^[2]。在天线材料的选用上大多采用高介电、高性能的微波介电材料进行设计,这样可以做到性能好且尺寸小的 GPS 微带天线,但成本通常较高^[3]。

本文在文献[4]的设计基础上采用成本较低的 FR4 基板,给出了凸出部份计算公式和馈电点位置坐标,从低成本、易于加工制作,满足一般民用 GPS 产品对天线性能要求的条件下,提出了一种用于 GPS 的单馈点圆极化微带天线的设计。

1 微带天线的设计

经典的微带天线理论认为: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差为差 90°的正交线极化波。根据腔模理论可知,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,实现单馈点圆极化^[5]。

本文的微带天线设计实际上是标准矩形微带天线的一种变形,是在标准矩形微带天线上切去 ΔS 面积所形成(图 1),而切去部分的 ΔS 可理解为在标准矩形微带天线上附加了一个 $\Delta S(\Delta S < 0)$,这附加 ΔS 即为简并模分离单元,而馈电点正好在标准矩形微带天线的对角线上,这样就构成了 B 型圆极化微带天线。

该 GPS 微带天线是一种单点馈电的矩形圆极化微带天线,图中 A 为电位馈电点,左边凸出部分和馈电位置为实现圆极化的需要。左边凸出部分,实际上是在标准矩形微带天线上切去 ΔS 面积所形成^[4]。

微带天线宽度 W 的选择要考虑以下因素:宽度选太窄,天线辐射效益较低;宽度太宽,虽然辐射效益较高,

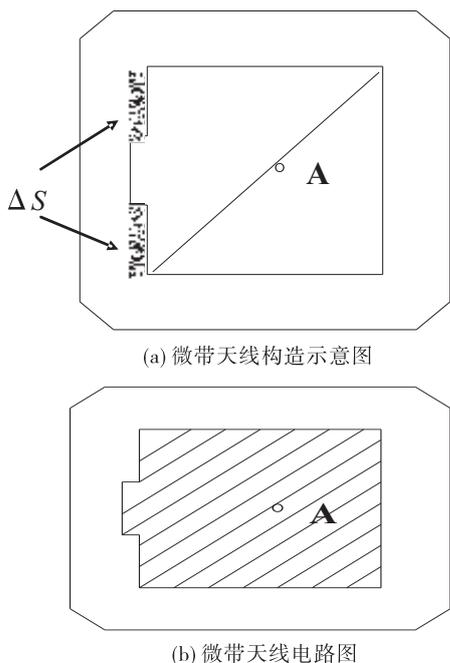


图 1 微带天线结构示意图

但高次模较多,从而引起场的畸变。文献[6]给出了实用宽度的计算公式:

$$W = \frac{C}{2f_r} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中 C 为光速。

矩形微带天线的实际长度 L 为:

$$L = \frac{C}{2f_r \sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta L \quad (2)$$

文献[1]给出了实现圆极化的条件:

$$\left| \frac{\Delta S}{S} \right| Q_0 = 1 \quad (3)$$

式中 $S = W \times L$, Q_0 为标准矩形微带天线品质因素。

由(3)式可以计算 ΔS 大小,从而确定凸出部分的尺寸。

本文的微带天线采用厚度 4 mm 的 FR4 基板,损耗角正切 $\tan\delta = 0.016$, 接地面大小为 40 mm × 40 mm。微带天线为边长为 30 mm 的正方形。

2 微带天线的仿真分析和实测

利用 Ansoft 的 HFSS (High Frequency Structure Simulator) 仿真分析工具对天线性能进行仿真分析。HFSS 是一种高性能的全波电磁仿真环境,基于有限元的数值计算方法,支持 3D 建模。在 HFSS 环境中按照天线尺寸参数建立仿真模型,并设置辐射边界和扫频范围^[7]。

2.1 回波损耗

仿真得到的天线的回波损耗 $S(1,1)$ 曲线图如图 2 所示, $S(1,1) < 10$ dB 的频带范围 1.580 ~ 1.595 GHz,

带宽为 21 MHz,满足 GPS 天线的应用。

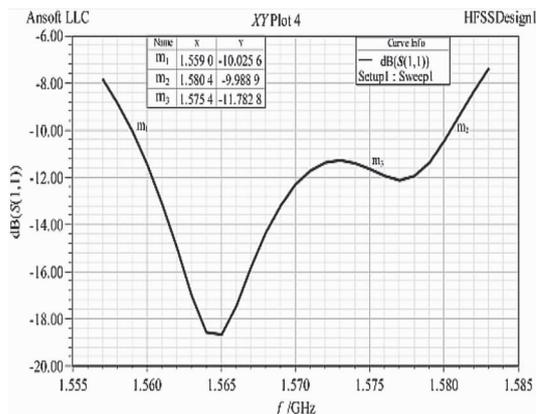


图 2 天线 S_{11} 在 -10 dB 以下带宽

2.2 轴比带宽

仿真计算得出的天线轴比曲线图如图 3 所示, $AR < 3$ dB 的频带范围为 1.572 ~ 1.579 GHz,带宽为 4.9 MHz。

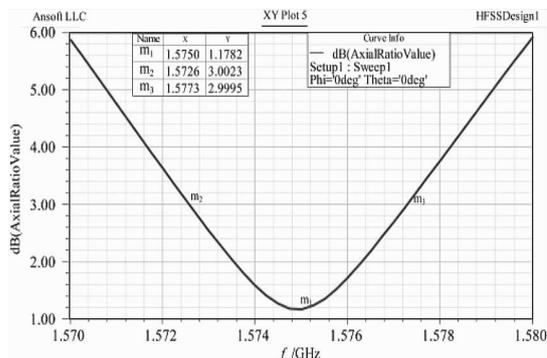


图 3 天线极化轴比在 3dB 以下频带宽度

2.3 辐射场型

当频率为 1.575 GHz 时,天线的辐射场型如图 4 所示。从图 4 可以看出,在 0° 处增益 $G_{ai} = -4.05$ dB 比低介质天线的增益小了很多,这主要是因为 FR4 基板损耗较大造成的,但在很多的应用中可满足性能需求。

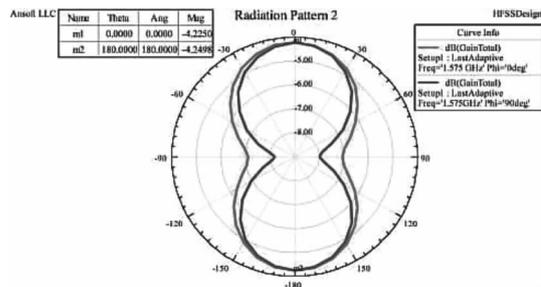


图 4 天线辐射增益

该天线实测结果表明,微带天线中心频率为 1.590 GHz,带宽为 22 MHz 左右,增益 5 dB 左右。

3 结束语

基于经典的微带天线分析方法的基础上,在标准矩形微带天线上切去 ΔS 面积所形成的单点馈电的矩形圆极化微带天线,具有设计简单、成本低、容易加工制作等特点。天线的其他各项性能参数都比较良好,但是由于 FR45 基板的损耗比较大等原因,天线的增益还是不太理想。比较适合应用于低成本的 GPS 接收机中。在实际应用中,可在微带天线后加接两级晶体管放大器,为避免偏频干扰,还可以加接陶瓷滤波器。

参考文献:

- [1] 付世强.圆极化微带天线及其在海事卫星通信中的应用[D].大连:大连海事大学,2010.
- [2] 张予青,段成华.一种新型三频段内置天线的设计[J].无线电工程,2009,18(9):19-21.
- [3] 李洪彬,房少军,丁卫平.低成本高增益微带天线设计[C] // 中国电子学会微波分会.2009 年全国微波毫米波会议论文集.北京:电子工业出版社,2009:717-720.
- [4] 张实华,张远威.一种用于 GPS 的微带天线[J].四川轻化工学院学报,2002,15(3):24-25.
- [5] 张钧.微带天线理论与工程[M].北京:国防工业出版社,1988.
- [6] 钟顺时.微带天线理论与应用[M].西安:西安电子科技大学出版社,1991.
- [7] 张予青,段成华.一种新型低成本的圆极化 GPS 微带天线[J].无线电工程,2009,21(8):35-37.

A Single-Feed Circularly Polarized Microstrip Antenna for GPS

ZHANG Shi-hua¹, ZHANG Xing-hua²

- (1. School of Science, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China;
2. Department of the PLA Electronic Engineering Institute, Hefei 230033, China)

Abstract: On FR4 substrate, a part of standard rectangular microstrip antenna patch is cut away, through which a circularly polarized way of working is formed. Then, a single-feed circularly polarized microstrip antenna is designed in this article. The simulation results show that the antenna has a good axial ratio performance when it operates at 1.590 GHz for GPS band, and the performance parameters of the antenna obtained can meet the performances request of the antenna need for GPS receiver.

Key words: single feed; circularly polarized; GPS; microstrip antenna