

L波段多频微带天线设计*

李勇¹ 邹传云²

(1. 成都理工大学工程技术学院 乐山 614007;

2. 西南科技大学信息工程学院 绵阳 621010)

摘要: 为了实现在L波段激励起多个谐振点,并利用各个谐振点尖锐的选择性以提高系统的抗干扰性,采用在圆形辐射贴片上开环形缝隙,同时加载2个短路片的设计方法,设计一款工作于L波段的多频微带天线。通过3维电磁仿真工具HFSS进行实验,其结果表明:当两个短路片的夹角为 90° 正交,而且馈电点距离圆心的距离为25 mm时,天线产生3个谐振频点:1.3、1.53、1.67 GHz;低频点与高频点的频差可达370 MHz。这种多频点天线适合于跳频与多频通信系统,而且其高度只有1 mm,符合平面化应用的需求。

关键词: 抗干扰性; 环形缝隙; 短路片; L波段; 跳频

中图分类号: TN92 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1050

Design of multi frequency microstrip antenna in L-band

Li Yong¹ Zou Chuanyun²

(1. College of Engineering and Technology, Chengdu university of technology, Leshan 614007, China;

2. College of Information Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

Abstract: In order to achieve stimulating the multiple resonant point in the L-band, and use the sharp selectivity of the various resonant point to improve the anti-interference of the system, Opens circular aperture in the circular radiating patch, combines with two short circuit at the same time, so as through this method to design a multifrequency microstrip antenna in the L-band. The results from simulation experiment by HFSS which is a 3-d electromagnetic simulation tool show that: when the angle of two short pieces is 90° orthogonal, and the distance from the center of the circle to the feed point is 25 mm, antenna generates three resonance frequency points as follows: 1.3 GHz, 1.53 GHz and 1.67 GHz; Frequency offset from low frequency to high frequency is up to 370 MHz. The multifrequency antenna is suitable for frequency hopping and multiple frequency communication system, and its height is only 1 mm, which can meet the demand of application of complanation.

Keywords: anti-interference; circular aperture; short circuit patch; L-band; frequency hopping

0 引言

由于微带天线具有体积小、剖面较薄、便于与飞行器共形等独特优点,其得到广泛的研究与应用。但是微带天线其实属于谐振式天线结构,主要不足点是带宽较窄,尤其是在L波段表现出更窄频带的特点^[1-4]。文献[5]设计的小型平面倒锥缝隙天线,其仿真分析结果表明天线的带宽较大,但其天线尺寸还是相对较大,相对波长尺寸约为0.5倍波长。文献[6]设计的半U形折叠微带天线也具有超宽带特性,但实际上是一种立体结构,在高度上的尺寸不太适合平面化的共形。文献[7]采用孔环形、嵌入式馈电实现圆极化L波段GPS天线,确实是一种小型化新型结构,但中心频

率1.575 GHz处的回波损耗S11大约只有-16 dB,阻抗带宽大约为39 MHz,相对带宽约2.5%。本文采用缝隙与短路片相结合的方式设计的L波段天线具有3个谐振点,即天线同时工作于3个频带,可以应用到天线的多频和跳频系统,增强通信系统的抗干扰性能。

1 微带天线的建模

该微带天线的结构图如图1所示。从上到下依次为辐射贴片、介质基板以及接地板,其形状均为圆形结构, r_1 、 r_2 分别是辐射贴片与接地板的半径。辐射贴片与接地板采用厚度为0.035 mm的铜箔,分别蚀刻在介质板的上下面,介质板是性价比较高的FR4_epoxy基板,设定其相对介电常

收稿日期:2017-01

* 基金项目:乐山市科技局重点项目(16GZD028)资助

数为 4.4, 介质板厚度为 1 mm, 馈电方式为同轴探针馈电。

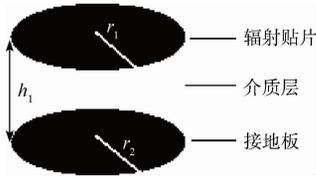


图 1 天线的模型

为了确定微带天线的初始尺寸大小, 也即是圆形贴片的半径 r , 初步选择天线工作在 L 波段的 1.575 GHz 频段处(也是 GPS 天线的工作频段), 那么圆形天线的半径 r 初始尺寸大小由式(1)决定^[8]:

$$r = 1.841c / (2\pi f \sqrt{\epsilon}) \quad (1)$$

式中: c 为自由空间中的光速, f 为微带天线的谐振频点(此处取 1.575 GHz), ϵ 为微带天线介质板的相对介电常数(此处取 4.4); 由于最终要优化尺寸, 这里没有考虑由边缘效应引起的电纳可用延伸尺寸。

让圆形介质板的半径取 27.5 mm, 固定接地板的半径 r_2 为 27.2 mm, 然后扫描辐射贴片的半径 r_1 (26 ~ 27.5 mm, 步进为 0.5 mm), 其回波损耗曲线如图 2 所示。天线的半径尺寸越大, 谐振频点越低, 这一点在式(1)中可以容易得到证明。

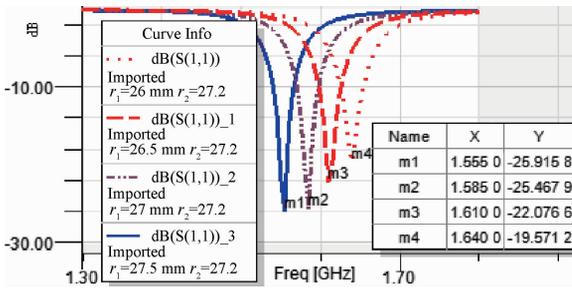


图 2 不同大小的辐射片对应的的回波损耗

2 天线的改进设计

从图 2 中可以看出: 天线只有一个谐振点, 带宽也比较窄, 故需要对天线结构进行改进设计。最简单的思维是采用多层辐射贴片结构, 每层贴片尺寸大小不同, 分别对应不同的谐振点, 从而产生多频段宽带工作特性, 但是这样会使天线体积结构加大, 还要考虑各层的耦合等复杂问题, 故本文考虑采用单一贴片。由腔模理论分析^[1]可以得知: 普通的圆形微带天线的主模为 TM₁₁ 模, TM_{0n} 模却无法被激励起来。也就是说在 TM_mn 模($m \neq 0$)中, 垂直于天线平面的方向上只有 TM₁₁ 模有最大辐射能力。因此要实现多个频点同时谐振, 可以通过开缝的方法来改变圆形贴片表面的电流的分布路径, 即自然模对应的场分布, 从而实现圆形贴片天线的多频特性。改进后的天线如图 3 所示。在天

线的辐射贴片上开一个圆环形缝隙, 同时采用两个短路片 pat 将圆环形缝隙内外的辐射片连接起来, 否则外环的辐射片得不到馈电, 使得天线的有效辐射面只有半径为 r_{11} 的圆面。圆环缝隙的宽度初定为 1 mm, 图中的 port 是同轴探针馈电端口, 其位置到圆心的距离用 feed 表示。设两个短路片 pat 的夹角为 θ , 通过改变夹角 θ 的值, 并对其回波损耗进行扫描, 不同夹角对应的扫描结果如图 4 所示。

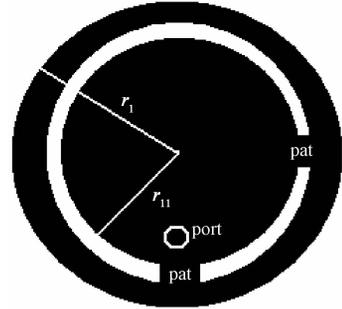


图 3 改进后的天线辐射贴片

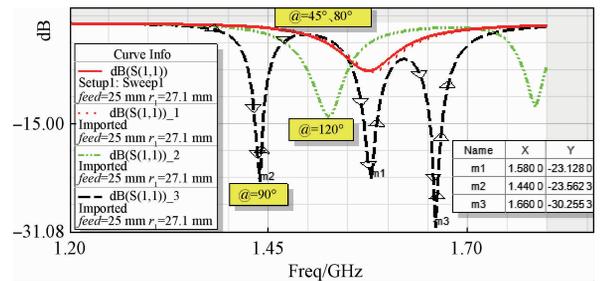


图 4 不同夹角对应的频点

从图 4 中可以看出: 当两个短路片 pat 的夹角 θ 为 45° 和 180° 时, 其回波损耗曲线几乎重叠, 并且只有一个谐振点; 当 θ 为 120° 时, 天线产生两个谐振点; 大约在 θ 为 90° 正交时, 天线可以产生 3 个谐振点: 1.58、1.44 和 1.66 GHz。另外, 由于工程上常用的同轴探针馈电端口是 50 Ω , 那么要使天线的输入阻抗与馈电端口的阻抗匹配, 就需要从馈电端口看进去的阻抗 Z_{in} 是 50 Ω , 由天线等效电路理论可知^[9]: 馈电端口的的位置不同, 天线所呈现的阻抗不同, 所以同时需要考虑馈电点 feed 的位置, 本文通过几组数据试验, 最终确定馈电点 feed 取值为 25 mm, 图 4 中高频点 1.66 GHz 的回波损耗可以达到 -30.25 dB, 也证明了该馈电点 feed 的位置较好的实现了匹配度。

3 介质板与接地板大小的调整

由于在图 4 中发现: 当两个短路片 pat 的夹角 θ 为 90° 正交时, 天线产生的 3 个谐振点距离较近, 最低频点 1.58 GHz, 最高频点 1.66 GHz, 只有 80 MHz 的频段跨度。因此有必要降低品质因数, 从而提高带宽。由于图 4 的结果是在辐射片、介质片以及接地板取相同尺寸: $r_1 =$

27.1 mm 情况下获得的, 本文考虑固定两个短路片 pat 的夹角 θ 为 90° , 同时增加介质片以及接地板的半径, 从而移动 3 个谐振点。通过扫描一组介质片以及接地板的半径 r_2 的值, 其结果如图 5 所示。

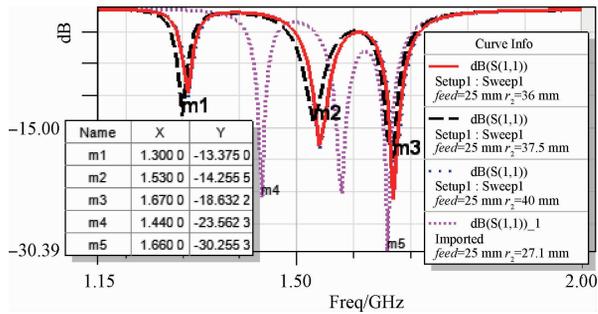
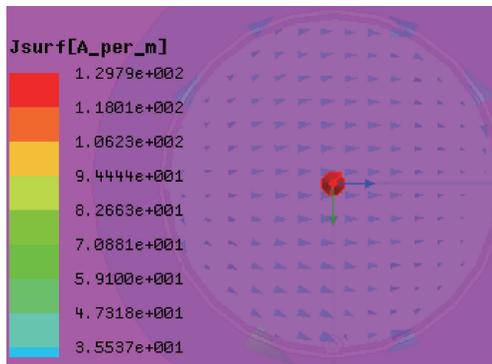


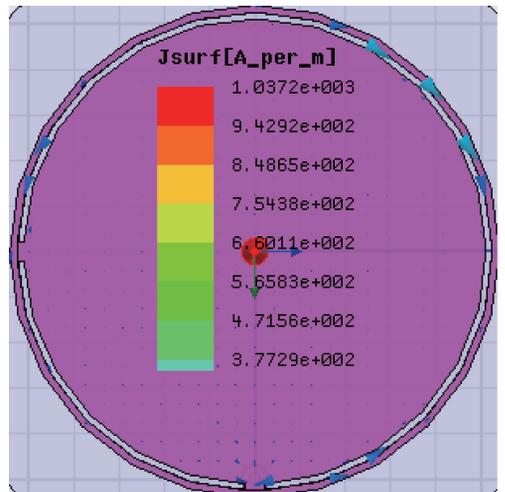
图 5 不同大小的介质板对应的谐振点

图 5 的结果表明: 当介质片和接地板的半径 r_2 取 37.5 mm 时, 天线产生的 3 个谐振频点分别为: 1.3 GHz、1.53 GHz、1.67 GHz, 最低谐振点与最高谐振点的频段跨度可达 370 MHz, 而且最低谐振点的回波损耗约 -13.4 dB, 则回波损耗小于 -10 dB 的最低频点实际上低于 1.3 GHz, 最高频点同理。图 5 中的 $\text{dB}(S(1,1))_1$ 是辐射片、介质片以及接地板取相同尺寸 ($r_1 = 27.1$ mm) 时的谐振频点图, 也就是图 4 中两个短路片 pat 的夹角 θ 为 90° 的曲线, m4、m5 点就是其两个高低频点。通过比较, 明显发现低频点移向更低端, 变相使带宽加大。而且介质片和接地板的半径 r_2 取 40 mm 与 36 mm 的频点曲线几乎重合, 而且低频点相比 r_2 取 37.5 mm 的效果还差一些, 所以说明并不是介质片和接地板的半径越大越好。

辐射片的表面电流分布状况如图 6 所示。图 6(a) 是最高谐振点 1.67 GHz 对应的电流分布图, 可以看出天线的内圆(圆环缝隙内)的电流密度较大, 电流方向从左向右, 外环辐射片的电流方向从两端流向中间; 图 6(b) 是最低谐振点 1.3 GHz 对应的电流分布图, 可以看出天线的内圆(圆环缝隙内)几乎没有电流, 主要能量集中在外环辐射片, 电流方向从视图的上下两端流向中间两端。这说明由于外环半径大, 电流流经的路径长, 所以对应的最低谐振点。



(a) 1.67 GHz 的分布



(b) 1.3 GHz 的分布

图 6 表面电流分布

4 结 论

经过数据比较验证, 本文采用的开圆环缝隙与短路片相结合的方法切实可行, 天线产生了 3 个谐振频点, 最低频点与最高频点的频段跨度可达 370 MHz, 该微带天线可以应用在天线的多频和跳频系统中, 而且天线的高度只有 1 mm, 有利于平面化的应用需求。如果不受天线体积等条件的约束, 还可以在其立体结构上改进, 以进一步提高带宽。

参 考 文 献

- [1] 钟顺时. 天线理论与技术[M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2015: 211-213.
- [2] 严冬, 汪朋, 李帅永, 等. 2.45 GHz 印刷倒 F 天线的研究与实现[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(10): 2376-2378.
- [3] 夏文祥, 胡永忠. 面向 RFID 应用的几种 2.45 GHz 微带天线的分析比较[J]. 电子设计工程, 2011, (18): 116-116.
- [4] 王杉, 丁君, 郭陈江. 基于 RFID 的小型天线的设计[J]. 电子设计工程, 2013, (12): 184-184.
- [5] 张倩, 刘运林, 李智勇, 等. 一种改进的小型化超宽带平面倒锥缝隙天线[J]. 电讯技术, 2010, 50(11): 85-89.
- [6] 史志玮, 刘运林, 张文. 一种小型半 U 型缝折叠超宽带微带天线[J]. 电讯技术, 2013, 53(1): 72-76.
- [7] 陈曦. 相控阵天线相位中心及卫星通信圆极化天线研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2011.
- [8] 廖雯. GPS_CNSS 多频段圆极化天线研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.

(下转第 107 页)