

The Optimal Design of UHF PIFA Array Antenna

Cheng Gu, Xiuwei Xuan, Qiang Ming, Fuyuan Ren, Hongli Xue

Electronic & Information Engineering College, Tianjin University of Technology, Tianjin
Email: xiuweixuan@tju.edu.cn

Received: Mar. 12th, 2017; accepted: Mar. 25th, 2017; published: Mar. 31st, 2017

Abstract

With the developing of radio technology, array antenna is widely used in radio system. And planar inverted-F antennas have advantage of low cost, easy production, and high efficiency. In this paper, the influence of the number and height of bending lines on the performance of the planar inverted-F antenna is analyzed. An optimized planar inverted-F antenna is proposed, and an ultra-high frequency array antenna is built up. The HFSS simulation and the physical test prove the excellent performance of the antenna in the UHF band.

Keywords

PIFA, Ultra-High Frequency, Array Antenna

超高频段PIFA阵列天线的优化设计

谷 成, 轩秀巍, 明 强, 任福源, 薛宏利

天津理工大学电子信息工程学院, 天津
Email: xiuweixuan@tju.edu.cn

收稿日期: 2017年3月12日; 录用日期: 2017年3月25日; 发布日期: 2017年3月31日

摘 要

随着无线电技术的进步, 阵列天线在无线电系统中被广泛应用。平面倒F天线(PIFA)具有成本低, 易生产, 效率高的特点。本文首先分析了不同弯折线数目、高度对平面倒F天线性能的影响, 提出了优化的平面倒F天线, 并以此为单元建立了超高频段阵列天线。通过HFSS仿真和实物测试, 证明了该天线在超高频段的优秀性能。

关键词

平面倒F天线, 超高频, 阵列天线

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着移动互联网(Mobile Internet)时代的到来, 天线作为移动终端与基站之间的桥梁, 在日常生活中随处可见。而在军事上天线是雷达、导航、通信、遥测等系统最重要的器件之一。一架军用飞机上安装的天线多达 70 个。没有天线的作战平台将失去几乎所有的作战能力。随着系统功能的拓展和性能的提高, 无线电系统对天线提出了越来越苛刻的要求, 促使天线工程师在天线设计时不断地引进新的技术, 以满足总体系统的要求。

人们发现了传统的平面倒 F 天线(PIFA)该天线设计简单、工作效率高、价格低廉、方便集成化生产, 性能良好等优点[1]。一般情况下, 单个天线能够独立地完成辐射和接收电磁能量, 但是单个天线有自己的局限性。当单个天线的形状固定了, 那么天线很多性能参数就被固定了, 这时, 就需要由诸多单个天线组成的阵列天线来替代单个天线, 阵列天线可以弥补单个天线许多不足之处。

众所周知, 天线是一种用来发射和接收电磁能量的设备。一般情况下, 单个天线能够独立地完成辐射和接收电磁能量, 但是单个天线有自己的局限性。在一些要求苛刻的情况下, 单个天线就无法满足某些要求。这时, 就需要由诸多单个天线组成的阵列天线来替代单个天线, 以弥补单个天线的不足之。阵列天线按照单个天线空间位置不同可分为三类: 线阵、平面阵和圆阵。这三种阵列天线的区别在于单个天线的中心是分布在直线上还是在平面上或者在圆环上。设计阵列天线的难度和复杂度相比较于单个天线来说不仅仅是成倍数关系, 单个天线不需要考虑天线间的互耦, 也不需要考虑天线整体的方向性。影响阵列天线主要性能参数有很多, 如单个天线的个数, 每个单个天线的空间位置, 加载在每个天线上的激励等。

本文使用 HFSS 建立模型并进行仿真[2], 分析平面倒 F 单元天线以及加载不同高度、数目弯折线对天线性能影响进行研究, 最后根据仿真结果综合分析, 得出超高频段平面倒 F 阵列天线设计方案, 最终做出实物并测试。

2. 超高频段平面倒 F 阵列单元天线设计

经查找和阅读天线的相关论文以及天线尺寸的理论公式[3] [4] [5], 得到 PIFA 天线的初始数据, 如表 1 所示。

其中: H 为天线基质的厚度、 L_1 为辐射片的长度、 W_1 为辐射片的宽度、 L_g 为接地平面的长度、 W_g 为接地平面的宽度、 X_f 为同轴馈线的圆心横坐标、 Y_f 为同轴馈线的圆心纵坐标、 SW 为短路片的宽度、 r_1 为同轴馈线中内芯的半径、 r_2 为同轴馈线中外芯的半径。单元 PIFA 天线的尺寸为: $60\text{ mm} \times 120\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 。

边界条件和端口激励的添加如下:

- 1) 设置天线基质材料为泡沫, 泡沫的相对介电常数为 1.06, 损耗正切值为 0.005。

Table 1. The initial data of the antenna
表 1. 天线的初始数据

参数	尺寸(mm)
H	10
L1	54.8
W1	32
Xg	10
Yg	5
Lg	120
Wg	60
Xf	16
Yf	5
Xs	0
SW	6
r1	0.25
r2	0.59
H1	5

- 2) 设置天线模型为理想导体边界 Perfect E，然后将金属短路片和辐射片都设置为铜材料。
- 3) 因为此款天线的激励端口位于模型内部，则设置端口激励为集总端口激励(Lumped Port)。
- 4) 设置辐射边界为理想辐射边界，天线边缘距离辐射边界应大于 1/4 个辐射波长。

3. 不同弯折线数目、高度对天线性能的影响

3.1. 不同弯折线数目对天线性能的影响

平面倒 F 天线加载的不是弯折线而是弯折面。首先分析不同数目弯折线对天线性能的影响，保持辐射片的面积不变，只是改变弯折数目，进行仿真分析。如图 1 所示。

图(a)、(b)、(c)、(d)分别表示没有加载弯折、一次弯折、两次弯折、三次弯折对应天线回波损耗曲线图，从图 2 可以看出，随着弯折数目的增加，天线的谐振频率逐渐降低，0.92 GHz 点对应的回波损耗逐渐增大，-10 dB 对应的带宽也逐渐减少。

图 3 表示弯折数目对天线输入阻抗的影响。

从图 3 可以得到，随着弯折数目的增加，天线输入阻抗的实部(电阻)逐渐减小，虚部(电抗)逐渐增大。综上所述，改变加载平面倒 F 天线的弯折线数目，天线性能会发生以下变化：

- 1) 天线谐振点会逐渐降低；
- 2) 回波损耗逐渐加大；
- 3) 天线输入阻抗实部逐渐减小；
- 4) 天线输入阻抗虚部逐渐增大。

3.2. 不同弯折线高度对天线性能的影响

天线高度的变化从 1 mm 到 7 mm，通过软件 HFSS 仿真，结果如图 4、图 5 和图 6 所示。

从上面三个图可以看出，随着弯折线数目的增大，天线谐振频率点逐渐左移，且回波损耗逐渐增大。

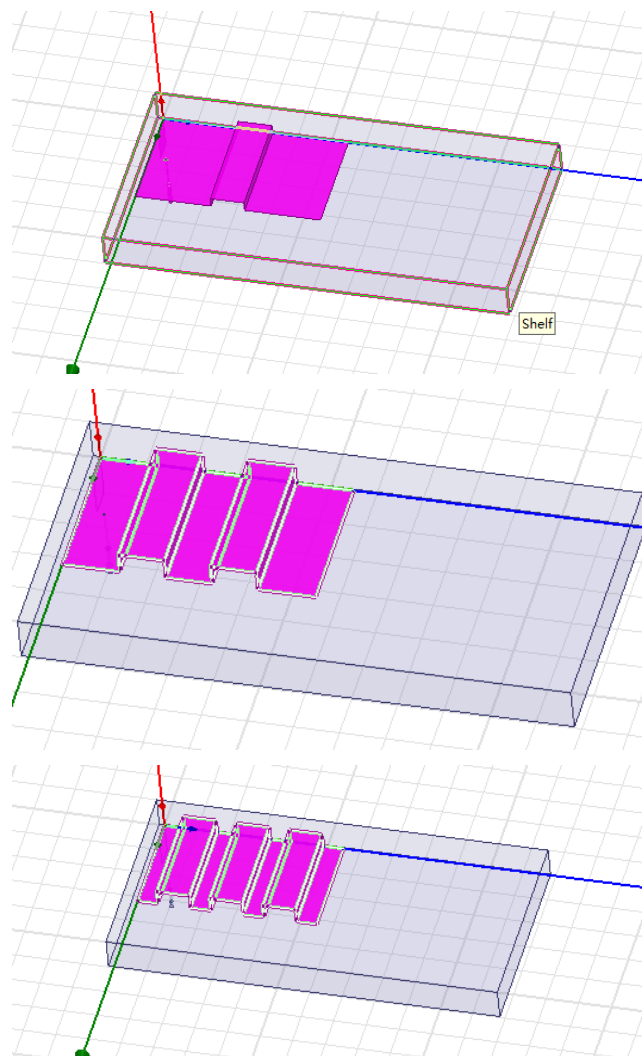
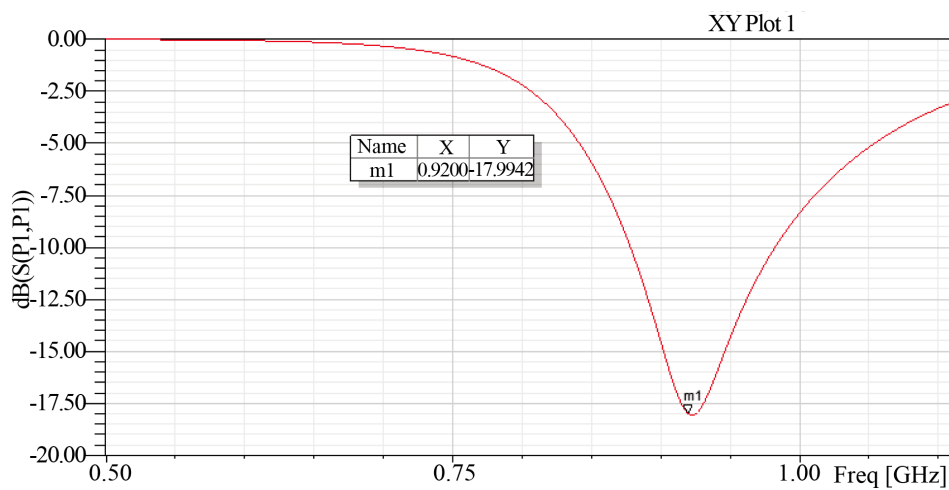
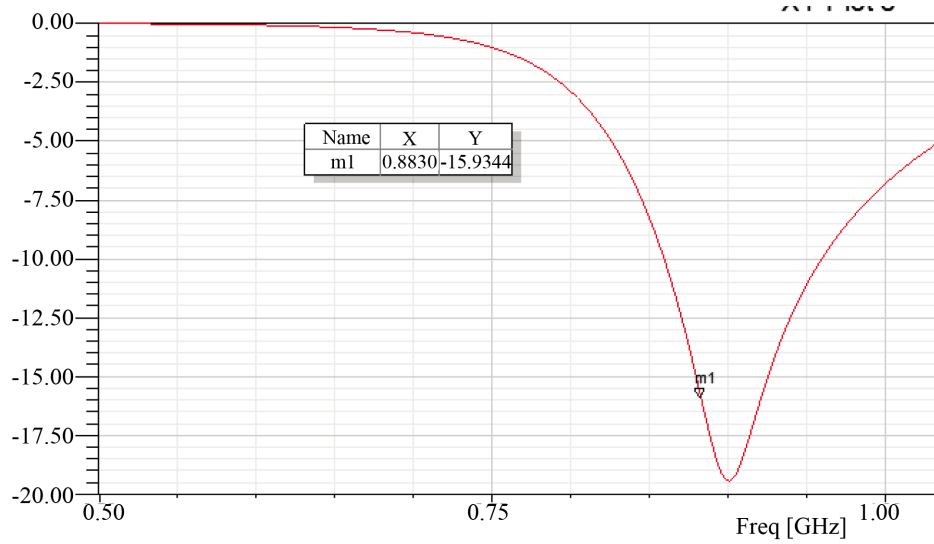


Figure 1. Planar inverted-F antennas with different number of bend lines

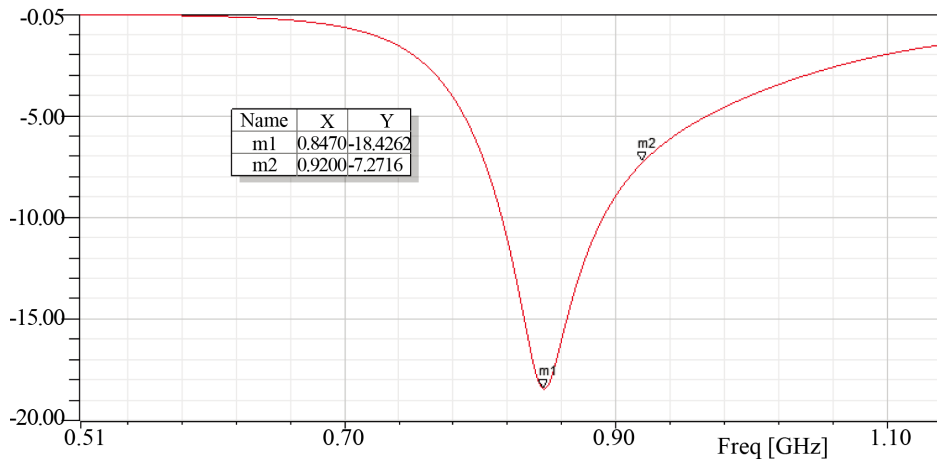
图 1. 不同数目弯折线的平面倒 F 天线



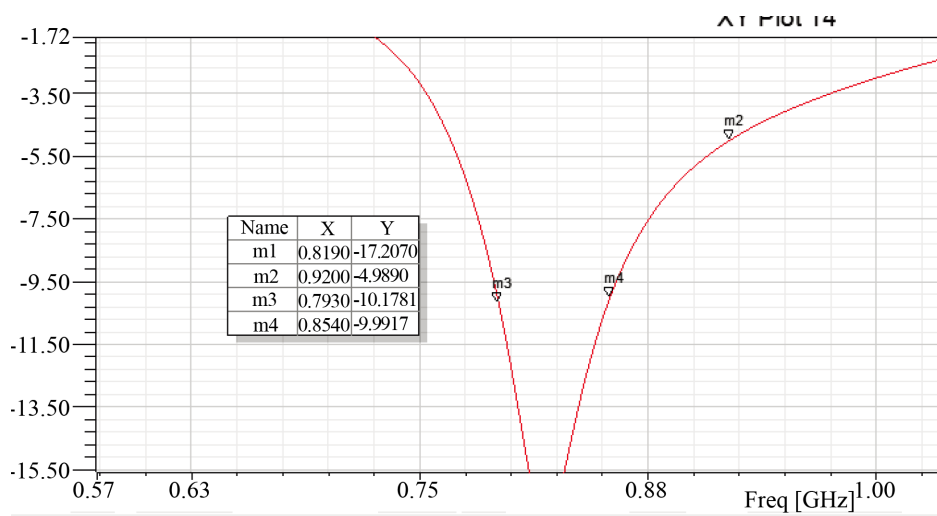
(a)



(b)

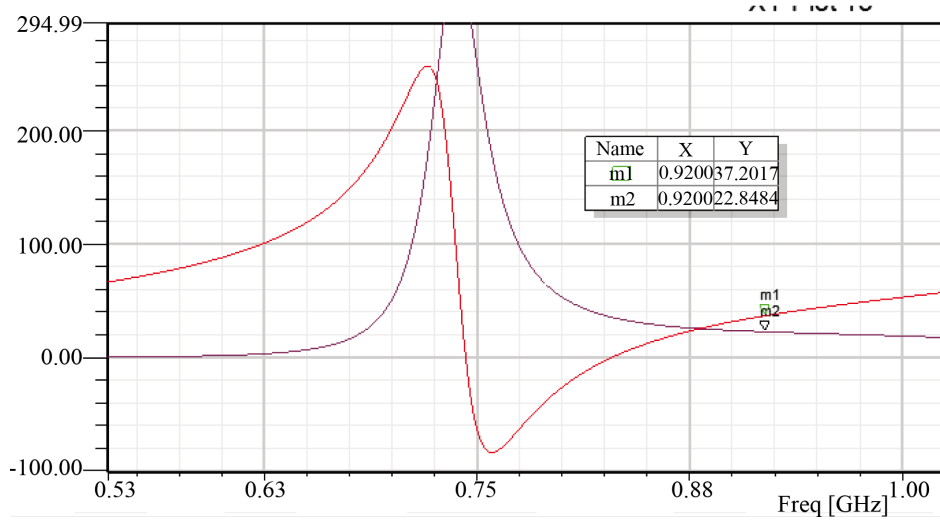


(c)

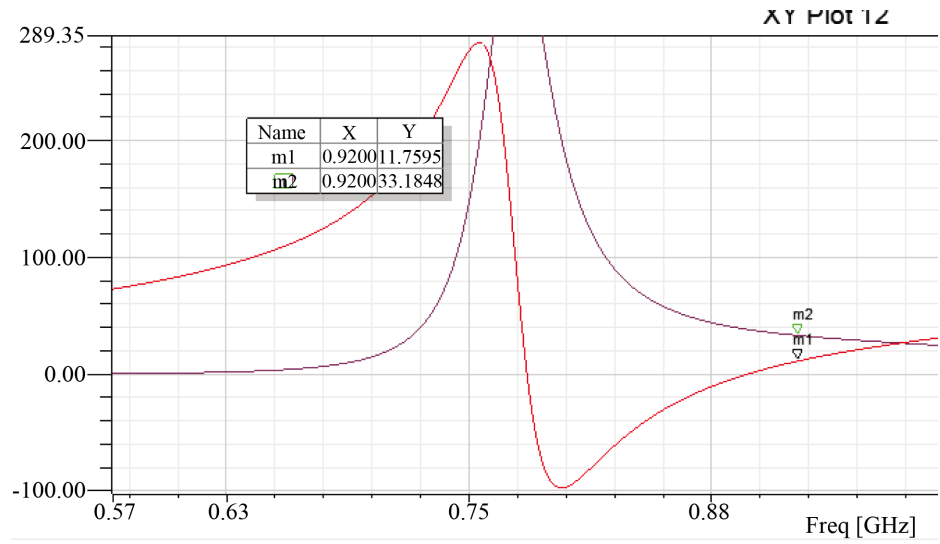


(d)

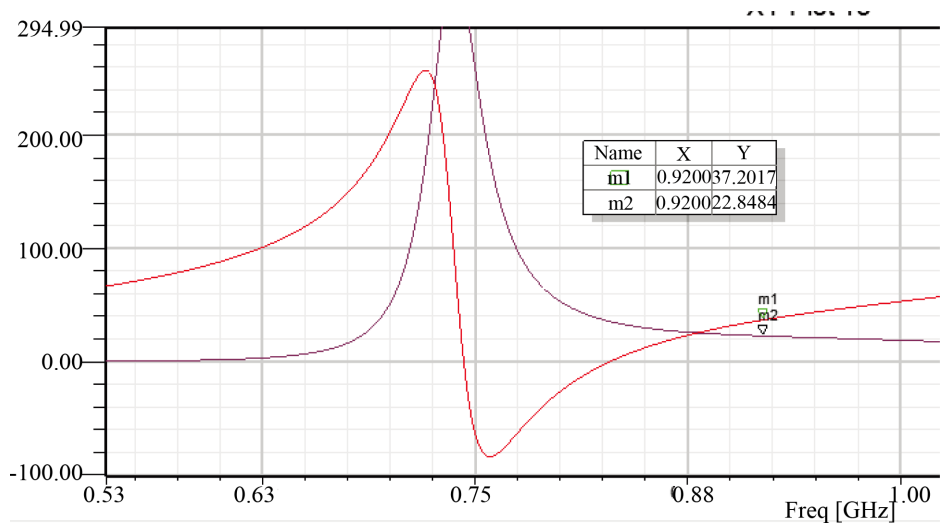
Figure 2. The return loss corresponding to different number of bending antennas
图 2. 不同弯折数目天线对应的回波损耗曲线图



(a)



(b)



(c)

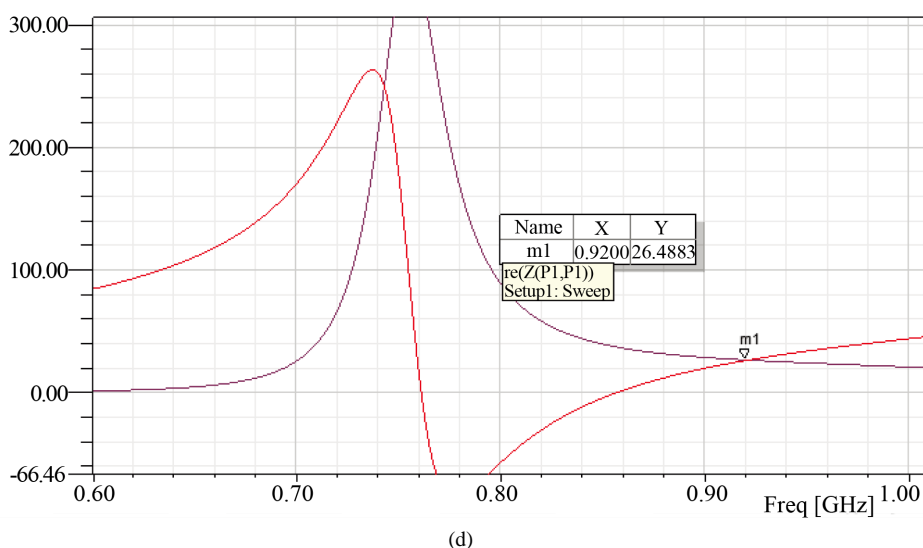


Figure 3. The input impedance corresponds to the number of different bends
图 3. 不同弯折数目对应输入阻抗曲线

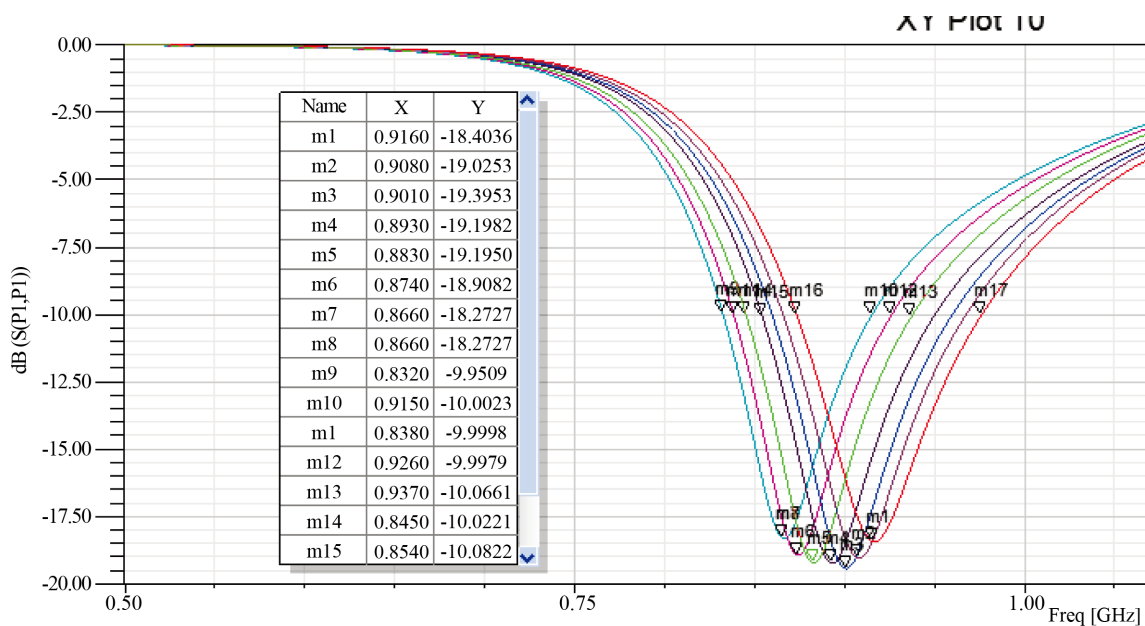


Figure 4. The return loss corresponding to different heights with one bend
图 4. 加载一个弯折线的高度变化回波损耗曲线图

4. 超高频段平面倒 F 阵列天线设计与仿真

在完成对平面倒 F 单元天线以及加载不同高度、数目弯折线对天线性能影响的探讨后，下面着手研究超高频段平面倒 F 阵列天线的设计并加以仿真。平面倒 F 阵列天线如图 7 所示。

此款阵列天线的单元天线是第三节所设计的，用软件 HFSS 仿真，仿真结果如图 8 所示。

改变阵列天线的辐射片长度，得到回波损耗扫频图，如图 9 所示。

辐射片长度从 53 mm 变化到 58 mm，图中横坐标表示的是长度，图中的点表示的是天线工作在 0.92 GHz 上的回波损耗。天线的方向性图如图 10 所示。

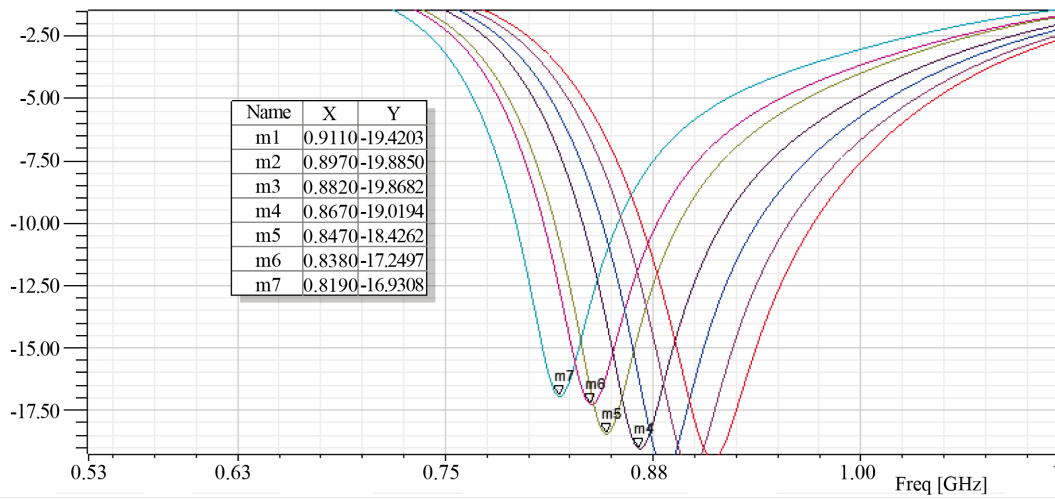


Figure 5. The return loss corresponding to different heights with two bends
图 5. 加载两个弯折线的高度变化回波损耗曲线图

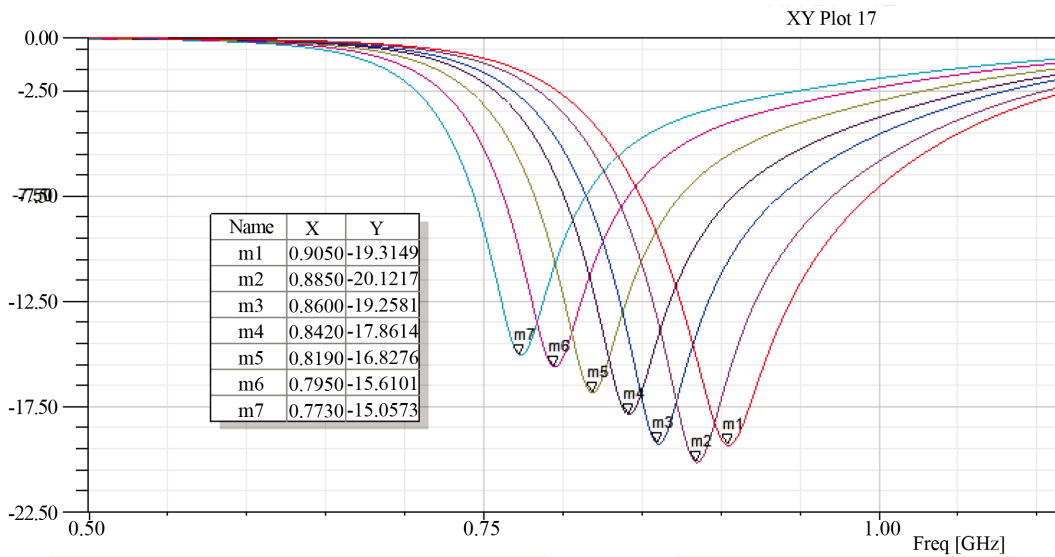


Figure 6. The return loss corresponding to different heights with three bends
图 6. 加载三次弯折线的高度变化回波损耗曲线图

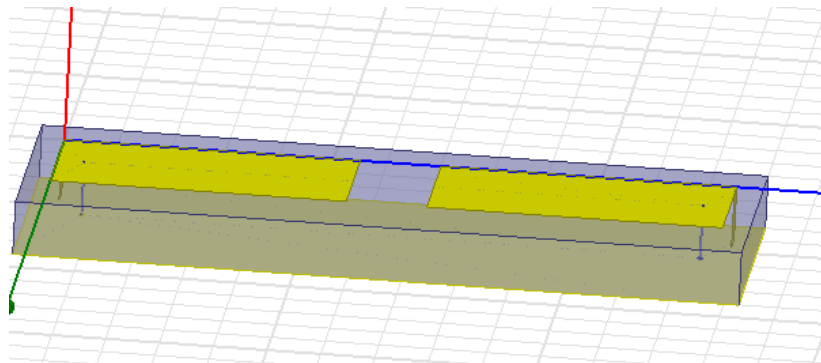


Figure 7. Planar inverted-F antenna array
图 7. 平面倒 F 阵列天线图

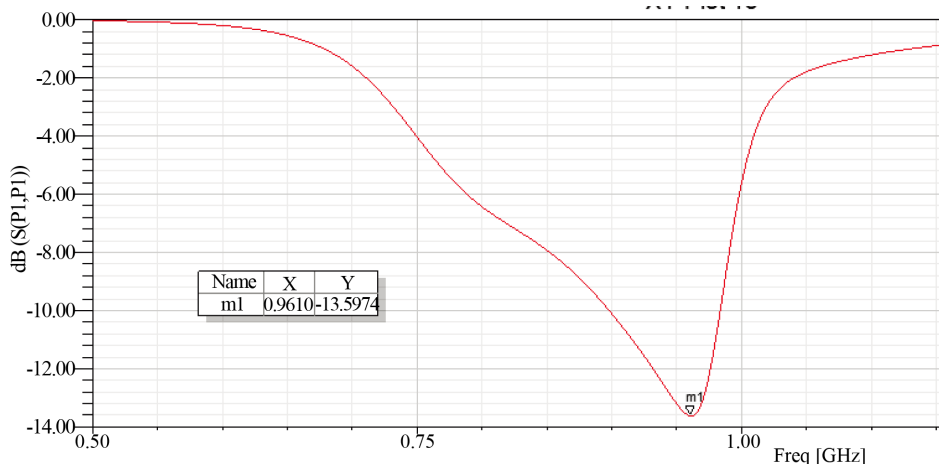


Figure 8. The return loss of array antenna
图 8. 阵列天线回波损耗曲线图

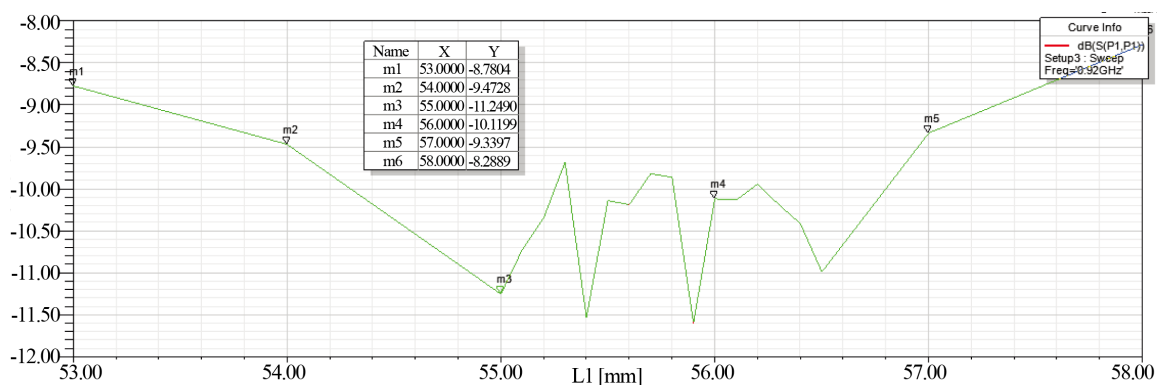


Figure 9. The return loss corresponding to different length of radiating patches
图 9. 不同辐射片长度对应的回波损耗曲线图

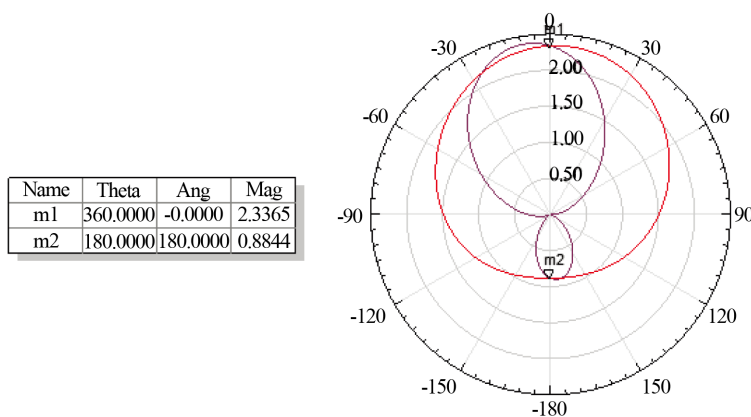


Figure 10. Gain pattern of the array antenna
图 10. 阵列天线的增益方向图

从图中可以看出阵列天线正面的增益为 2.33 dB，背面的增益为 0.86 dB。设计的天线实物如图 11 所示。

图 11 中，实物上方是一层铜箔纸，中间是厚度为 10 mm 的泡沫，下方一层铜箔纸，泡沫中镶嵌着 6 mm × 10 mm 的铜箔纸为短路金属片。用频谱分析仪测量天线的回波损耗，如图 12 所示。



Figure 11. Planar inverted-F antenna

图 11. 平面倒 F 天线标签实物

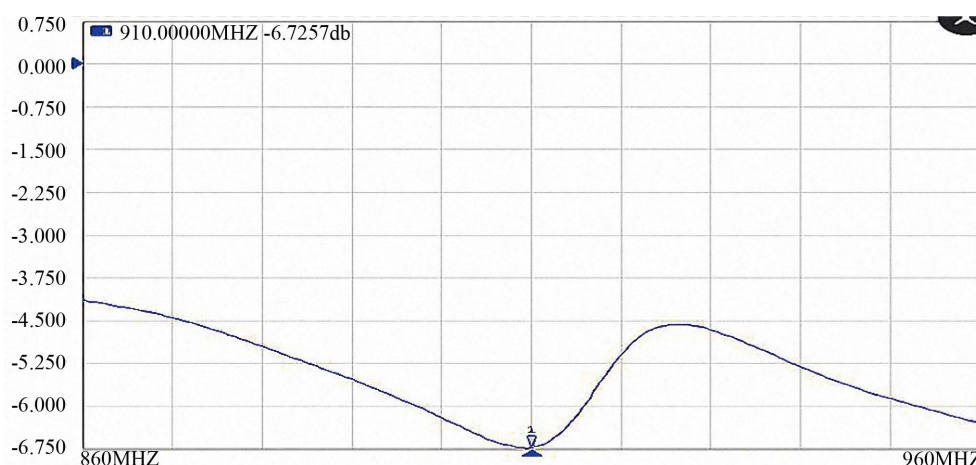


Figure 12. The return loss

图 12. 回波损耗曲线

实物天线工作的谐振频率为 910 MHz，比仿真时小了 10 MHz，谐振点上的回波损耗大约为 -6.7 dB。在 860~960 MHz 范围内该天线都可以工作。

5. 结论

本文通过分析具有不同弯折线数目和高度对平面倒 F 天线性能的影响，总结得出了具备优化性能的该类天线。利用得到的参数，建立了超高频 PIFA 阵列天线。模型仿真和实物测试表明该款天线在超高频段回波损耗较小，工作性能良好。

基金项目

天津市科技发展战略研究项目(15ZLZLZF00300)，天津市大学生创新创业训练计划项目(201610060074)。

参考文献 (References)

- [1] 刘彤, 樊宏, 沈连丰. 无线家庭网络印制倒 F 型天线的分析与设计[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2006, 36(2): 183-189.
- [2] 李明洋. HFSS 电磁仿真设计应用详解[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010: 1-2.
- [3] Chattha, H.T., Huang, Y., Zhu, X. and Lu, Y. (2009) An Empirical Equation for Predicting the Resonant Frequency of

Planar Inverted-F Antennas. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, **8**, 856-860.
<https://doi.org/10.1109/LAWP.2009.2027822>

- [4] 张艳, 陈德智, 王云霞, 康云娟. 一种小型化多频段天线的研究[J]. 电子科技, 2007(4): 8-11.
- [5] 周朝栋, 王元坤, 周良明. 天线理论与工程[M]. 西安西安电子科技大学出版社, 1988: 80-82.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojcs@hanspub.org