

一种宽带 E 形微带天线的研究

刘嫣 阎丕贤

(北京理工大学信息与电子学院 北京 100081)

摘要: 本文综述了利用微带天线原理设计的一种 S 波段 E 形宽带微带天线。通过综合前人展宽微带贴片带宽的方法, 通过在 E 形贴片上面添加一个寄生单元, 从而获得比传统 E 形天线更宽的频带。利用 HFSS 优化贴片形状以及馈电位置, 得到了较好的仿真结果。在 S 波段, 天线可以实现三峰谐振, 阻抗带宽 1.07GHz, 相对带宽达到了 36.9%。

关键词: S 波段, 宽带, 微带天线, HFSS

A Study of Ka-band Single-pulse Right-hand Circular Polarization Microstrip Antenna Array

LIU Yan, YAN Pi-Xian

School of Information and Electronic, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, P. R. China

Abstract: This paper worked on the principles of an E-shaped microstrip antenna in S-band, which was designed with the methods of microstrip antenna theory. By combining the previous microstrip patch bandwidth broadening method, a parasitic element was added above an E-shaped patch to get wider band than the traditional E-shaped antenna. In this paper, the software HFSS was used to build the model of a traditional E-shaped antenna, and the model of new antenna. Optimizations of the feed position and the paths size were done by HFSS, and the analysis got good simulation results. In S-band, the new antenna can achieve the resonance in three frequencies, and can get an impedance bandwidth of 1.07GHz, of which relative bandwidth was 36.9%.

Key words: S-band, Wide band, Microstrip Antenna, HFSS

1 引言

微带天线阵具有体积小、重量轻、剖面薄、易于安装和与导弹、卫星等载体表面共形等特点; 且馈电网络可与天线一起制成, 适用于用印制电路技术大批量生产, 成本较低; 尤其可将天线与有源器件和电路集成在一起构成全平面集成的收发前端模块。

传统微带天线单元带宽比较窄。针对这一缺点, 前人提出很多方法用来拓宽微带天线单元的带宽, 其中最具代表性的是增加寄生贴片和表面开槽的方法[1-3]。考虑到这两种改善措施并不冲突, 可以尝试表面开槽的同时增加寄生贴片[4], 可以实现对传统 E 形天线带宽的进一步展宽。E 形天线通常有两个谐振频率点, 加入寄生贴片, 可以实现三频点的谐振, 进行优化后可以将三个频点分布调节到合适的位置, 将带宽增加。

本文设计了一种含寄生贴片的 E 形微带贴片, 用 SMA 接头的同轴线对 E 形贴片进行馈电, 并通过电磁波的空间耦合作用激励寄生贴片, 形成具有宽频特性的谐振回路, 实现了三峰谐振的工作

特性，获得了 36.9% 的带宽，与传统 E 形天线仿真模型相比，带宽增加 8% 左右。天线采用印刷形式方便了结构的设计，较好地保持了天线结构的平整性，保证了天线的最佳工作特性，有较强的实际价值。

2 天线模型设计以及优化

选择 S 波段为工作频段，本文设计的天线结构如图 1 所示，从底往上主要有金属底板、E 形贴片、寄生贴片组成。其中 E 形贴片和寄生贴片均采用厚度为 1mm、介电常数为 4.4 的 Fr4 介质微带板制作，金属底板、E 形贴片和寄生贴片之间为空气，可用介电常数接近空气的硬质泡沫来支撑，或者用硬质边框在边缘加固。

由结构图可以看出，天线主要涉及的参数有 E 形贴片的长宽、贴片上所开窄缝的长宽、馈电位置、寄生贴片的长宽、金属地板的位置以及两层贴片的间距等。

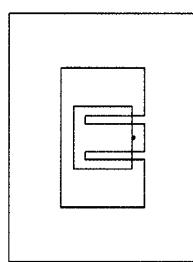


图 1 加寄生贴片的 E 形天线图

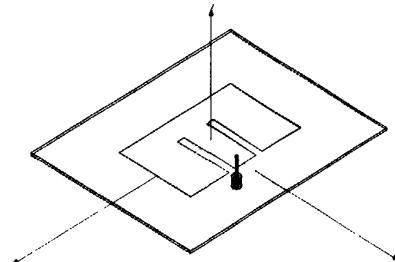


图 2 E 形天线模型示意图

2.1 HFSS 仿真 E 形天线模型

首先进行下层 E 形贴片的仿真。E 形贴片的中心频率设计为 2.9GHz，设计好的 E 形贴片模型见图 2，其介质为介电常数 4.4 的 Fr4 板材，厚度 1mm。考虑到实物制作以及测试，馈电线选用标准 SMA 接头尺寸。

考虑到反射以及阻抗匹配的因素，将金属地板大小调整为与介质板相同，并且距离 E 形贴片的高度设计为 7.2mm。

经过 HFSS 软件对馈电位置、开缝宽度和深度的优化仿真，得到了最优的结果，其 S11 曲线如图 3 所示，增益-频率曲线见图 4。

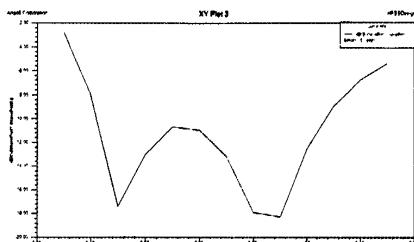


图 3 S11-频率曲线

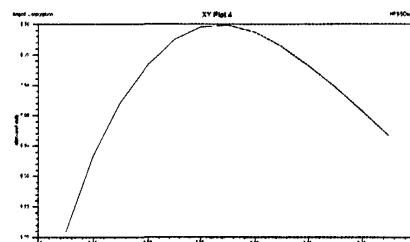


图 4 增益-频率曲线

由仿真结果可见， $S11 < -10\text{dB}$ 的带宽在 2.42–3.26GHz 之间，相对带宽约为 28.9%，与参考文献

中的 E 形贴片工作性能一致。另外，由于本 E 形贴片采用的是介电常数 4.4 的板材，因此带宽会受到影响。天线在工作带宽内的增益大于 6.5dB。

设计的 E 形贴片工作性能正常，考虑进一步增加寄生贴片。

2.2 添加寄生贴片的 E 形天线设计与仿真

寄生贴片单元的设计参考了普通微带矩形贴片的设计方法，采用的板材与 E 形贴片相同。寄生贴片与 E 形贴片之间的距离选为 7.2mm，填充介质为空气。首先用 HFSS 建立模型，并利用 HFSS 的参数化功能对寄生贴片的长宽进行参数化，以便进行参数扫描。

利用式 1，寄生贴片的大致尺寸可以计算出来：

$$W_p = \frac{c}{2f_0} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2} \quad (1)$$

其中 c 为光速， f_0 为贴片的谐振频率。

根据 E 形贴片的两个谐振频率，确定寄生贴片的谐振频率为 3.3GHz 左右。根据该频率计算得到寄生贴片的长宽约为 27.7mm。这样在 HFSS 中建立的总体模型如图 5 所示。

添加了寄生贴片的 E 形微带天线需要重新进行优化仿真才能得到良好的阻抗匹配，经过对参数的仿真优化，得到一组较好的结果，此时寄生贴片为 28mm × 28mm 的矩形结构。与理论计算结果相比差别很小。天线的 S11—频率曲线见图 6，增益—频率曲线见图 7，另外，给出边频以及中心频点的方向图如图 8-10。

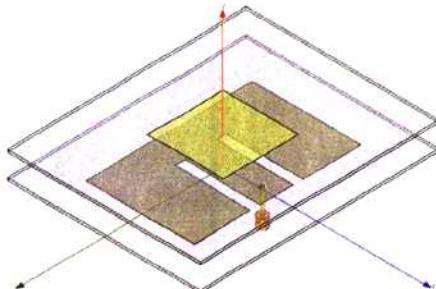


图 5 总体天线模型

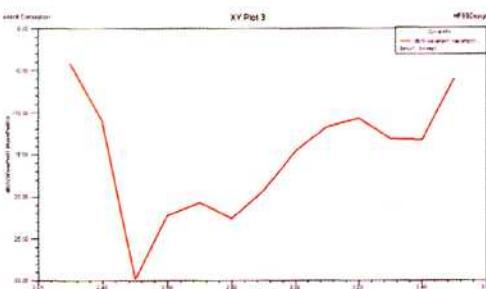


图 6 S11-频率曲线

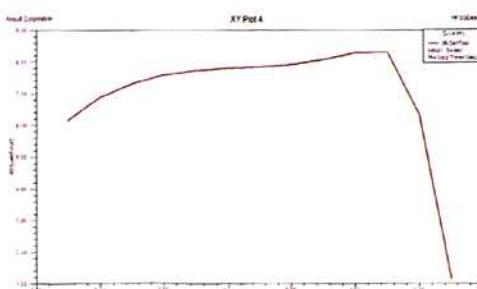


图 7 增益-频率曲线

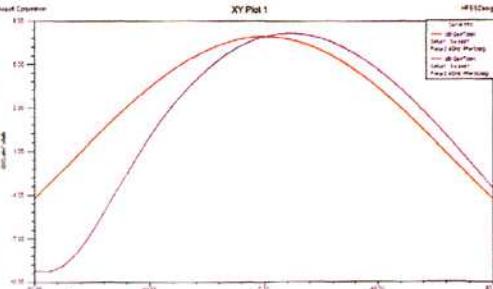


图 8 2.4GHz 方向图

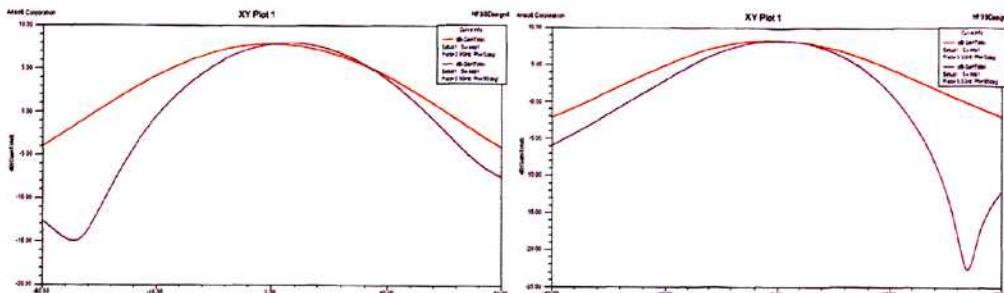


图 9 2.9GHz 方向图

图 10 3.3GHz 方向图

由仿真结果可见, $S_{11} < -10\text{dB}$ 的带宽在 2.38-3.45GHz 之间, 相对带宽约为 36.9%, 与上文的 E 形贴片相比, 阻抗带宽增加了 8%, 效果明显。通带范围内天线增益比较平稳, 在 7dB 以上; 仅在 3.3~3.4GHz 时下降较快。天线 E 面和 H 面方向图在低频有些偏离, 这应该是 E 形贴片结构不对称导致的。考虑到组阵可以用对称结构, 该问题可以消除。

3 小结

针对增加寄生贴片和表面开槽增加微带天线带宽的方法, 尝试表面开槽的同时增加寄生贴片。加入寄生贴片, 可以实现三频点的谐振, 将带宽增加。本文设计仿真的含寄生贴片 E 形微带贴片, 经过理论计算以及 HFSS 建立模型仿真, 最后得到的总体天线阻抗带宽达到 36.9%, 实现了三峰谐振的工作特性。天线采用印刷形式方便了结构的设计, 较好地保持了天线结构的平整性。

微带天线最大的优点就是加工周期短, 精度较高, 成本低。该 E 形天线可以进一步实现二维组阵的应用。经过软件 HFSS 高频高速设计, 仿真得到的结果与理论计算结果比较吻合。

参考文献

- [1] S. D. Targonski, R. B Waterhouse, and D. M. Pozar. Design of Wide-Band Aperture_Stacked Patch Microstrip Antennas [J]. IEEE Trans. Antenna Propagat. 1998, 46(9):1245~1251.
- [2] 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.
- [3] 钟顺时. 微带天线理论与应用. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1991.
- [4] 王玉峰, 周江, 崔景波, 林鑫超. 宽频带 E 形层叠微带天线设计[J]. 天线学报, 2008,1:181~184.

作者简历

刘 嫚: 女, 北京理工大学信息与电子学院信息对抗硕士研究生, 主要研究方向为信道综合、跨信道采样以及天线理论。

闫丕贤: 男, 北京理工大学信息与电子学院电磁场与微波技术硕士研究生, 主要研究方向为天线设计以及馈电网络一体化技术。

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>