

# 印刷振子天线结构的 HFSS 及 MWS 仿真分析

温源 薛正辉 杨仕明

(北京理工大学电子工程系, 北京 100081)

Email: [wensiryuan@163.com](mailto:wensiryuan@163.com)

**摘要:** 目前国际上比较流行的电磁场仿真软件有 Ansoft 公司的 HFSS (High Frequency Structure Simulator) 和 CST 公司的 MWS (Microwave Studio)。将它们对已经实现的伞形印刷振子天线和双 T 印刷天线仿真、分析, 通过与实际测量的结果在建模、仿真时间、Return Loss 及天线方向图方面的分析, 发现不论是 HFSS 还是 MWS 都与实测结果非常的接近。

**关键词:** HFSS、MWS、伞形印刷振子天线、双 T 印刷天线、Return Loss

## The Printed Antennae Simulation and Analysis

### Using HFSS and MWS

Wen Yuan Xue Zhenghui Yang Shiming

(Dept. of Electronics Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing, 100081)

**Abstract:** Nowadays, all kinds of the microwave EDA electromagnetic software, for example HFSS and MWS, constantly emerge. The realized umbrella printed antenna and dual\_t printed antenna are simulated and analyzed. Simulated and measured results of the antenna radiation characteristics, including simulated time, beam pattern and Return Loss, are presented.

**Key words:** HFSS、MWS、umbrella printed antenna、dual\_t printed antenna、Return Loss

#### 一、引言

目前, 国内外各种商业化的微波 EDA (. Electronic Design Automatic) 电磁仿真软件工具不断涌现, 功能强大, 电磁仿真软件发展如此之快, 究其原因, 一方面是和微波电磁场在现代通信、电子对抗、电子仪器等领域的广泛应用和发展需求分不开; 另一方面的主要原因是和微波电磁场自身的复杂性有关, 因其特性分析十分复杂, 设计计算量很大, 使研制周期长, 成本高, 急切需要微波 EDA 软件的开发。

本文是针对目前比较流行的 Ansoft 公司的 HFSS (High Frequency Structure Simulator) 及 CST 公司的 MWS (Microwave Studio) 两大电磁场仿真软件, 通过对已经实现的两种微带天线 (伞形印刷振子天线和双 T 印刷天线) 的仿真, 在仿真时间、Return Loss 及天线方向图等参数方面和实际测量的结果做一个分析测试。

## 二. HFSS 及 MWS 概述

### 1. Ansoft HFSS (High Frequency Structure Simulator) 软件

Ansoft HFSS 是美国 Ansoft 公司开发的一种三维电磁场仿真软件，它的理论基础是有限元法，得到的是频域解。HFSS 在设计各种辐射器及本征模问题方面擅长。HFSS 分析仿真任意三维无源解构的高频电磁场，并直接得到特征阻抗、传播常数、S 参数及电磁场、辐射场、天线方向图等结果。该软件被广泛的应用于诸如天线、微波转换器、发射设备、波导器件、射频滤波器和任意三维非连续性等复杂问题。目前，HFSS 最新的版本是 HFSS9.2。

HFSS 充分利用了如自动匹配网格产生及加密、切线向矢量有限元、ALPS (Adaptive Lanczos Pade Sweep) 和模式-节点转换 (Mode-node) 等先进技术，从而使工程师们可利用有限元法 (FEM) 在自己的电脑对任意形状的三维无源结构进行电磁场仿真。HFSS 自动计算多个自适应的解决方案，直到满足用户指定的收敛要求值。其基于 MAXWELL 方程的场求解方案能精确预测所有高频性能，如散射、模式转换、材料和辐射引起的损耗等。

HFSS 具有以下特点：1) 强大的绘图功能，与 AutoCAD 完全兼容，完全集成 ACIS 固态建模器。2) 频率扫描技术：宽带快速率扫描、超宽带插值扫频、离散扫频；3) 最优设计解决方案，HFSS 支持强大的具有记录和重放功能的宏语言。这使得用户可将其设计过程自动化和完成包括参数化分析、优化、设计研究等的先进仿真。

### 2. CST MWS (Microwave Studio) 软件

CST 公司的 MWS 是德国 CST 公司开发的高频电磁场问题 EDA 工具，它采用的算法是时域有限积分法 (Finite Integration)，MWS 是一个快速精确的用于微波无源器件及天线仿真、分析和设计的专业级软件包。其应用范围包括：耦合器、滤波器、环流器、隔离器、谐振腔、平面结构、电磁兼容、集成电路封装及各类天线和天线阵列 RCS 计算等。除了 MWS 的主流模块——时域求解器之外，它还有本征值和频域两个求解器。目前，MWS 最新的版本是 MWS5.0。

MWS 具有以下特点：1) 引入了专有的 PBA 技术及 TST 技术，使的其软件不但速度快，而且精度高。支持多 CPU；2) 可视化的图形用户界面使的 MWS 更加易于学习和使用。全面完整的在线帮助文档。各类仿真向导：天线、电磁兼容、时域反射分析等；3) 支持国际上通用的二维、三维 CAD 导入导出格式；4) 通过先进的优化软件包对产品进行优化处理，使设计师快速得到需要的结构尺寸。

## 三. 伞形印刷振子天线仿真与测试分析

### 1. 伞形印刷振子天线

伞形印刷振子天线如图 1 所示，左图是天线的微带巴伦馈电结构，右图是天线的辐射部分：偶极臂和地板，采用介电常数 10.3 的介质基板，要求设计谐振频率 3GHz，当 VSWR<2 时，带宽达到 18%。

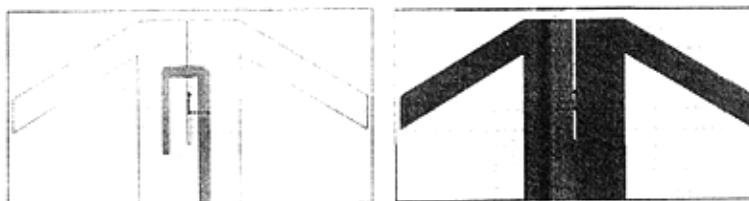


图 1. 伞形印刷振子天线

## 2. 天线仿真与测试参数分析:

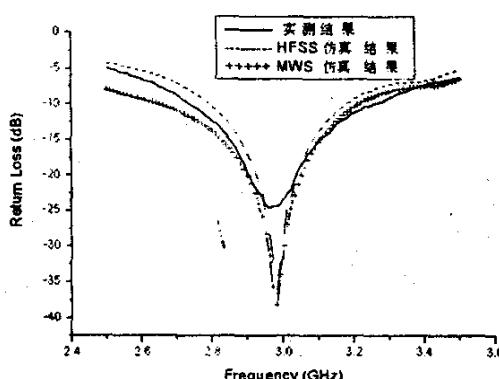


图3. 伞形天线 Return Loss 分析

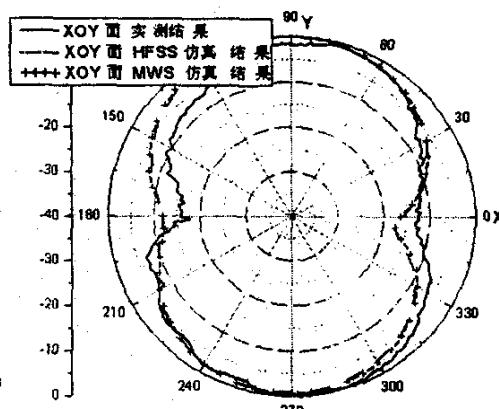


图4 (a) 伞形天线 XOY 面方向图分析

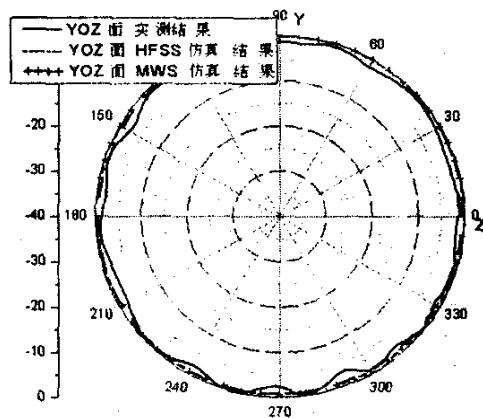


图4 (b) 伞形天线 YOZ 面方向图分析

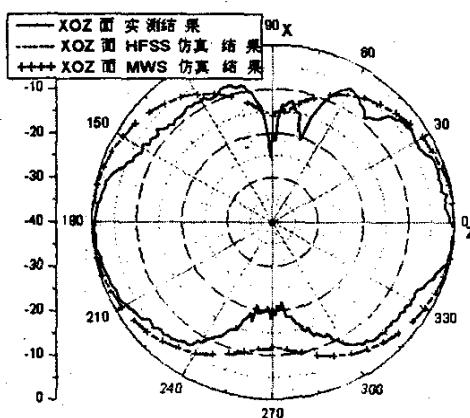


图4 (c) 伞形天线 X0Z 面方向图分析

图4 当  $f=3GHz$  时伞形天线仿真与测试方向图分析

两种 EDA 软件对伞形天线的建模都十分方便，建模用时根据对软件的熟练程度而定。设置相同的扫频范围 2.5GHz~3.5GHz，采样 101 个点，仿真要求精度  $\Delta S \leq 0.02$ ，最大迭代次数  $\leq 10$  次，仿真完成后 HFSS 共用时 1 分 43 秒，MWS 用时 2 分 06 秒。

伞形天线仿真与测试 Return Loss 如图 3 所示，CST 与 HFSS 在谐振点处 (2.9GHz~3.1GHz) 的曲线基本重合在一起，与测试结果对应的谐振点及 Return Loss 曲线基本相同，在 2.5GHz~3.5GHz 两条仿真的曲线与测试结果的曲线也基本相同。

以  $f=3GHz$  为测试频率，伞形天线仿真与测试方向图比较如图 4 所示，可以看出 HFSS 和 CST 的仿真曲线几乎重合到了一起了，虽然两种仿真软件用的计算方法不同，但是仿真出来的结果却惊人的相同。

## 四. 双 T 印刷天线仿真与测试分析

### 1. 双 T 印刷天线

双 T 印刷天线是双频带天线，采用介电常数 4.8 的 FR\_4 介质基板，实物如图 5 所示，天线形式如同两个 T 形结构的单极天线叠加在一起，在这种天线的设计中，上边的 T 形结构来实现

2. 4.5GHz 的 ISM 频段。下边的 T 形是结构来实现 5GHz 的 802.11a 频段，下边的 T 形两臂长度的不同可以在 5GHz 的频带内展宽带宽。

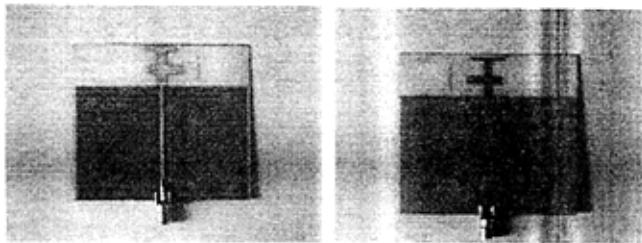


图 5. 双 T 印刷天线实物图

## 2. 天线仿真与测试参数分析：

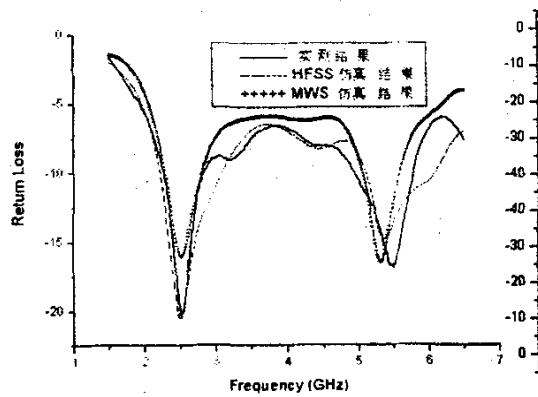


图 6. 双 T 天线 Return Loss 分析

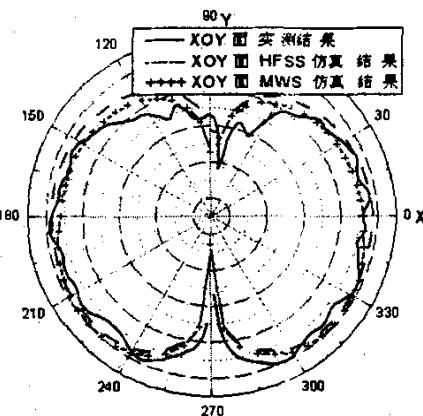


图 7 (a) 双 T 天线 XOY 面方向图分析

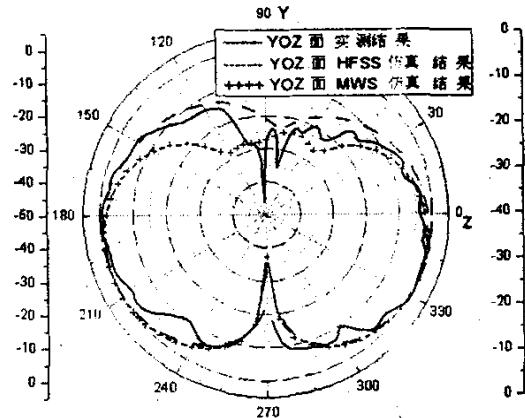


图 7 (b) 双 T 天线 YOZ 面方向图分析

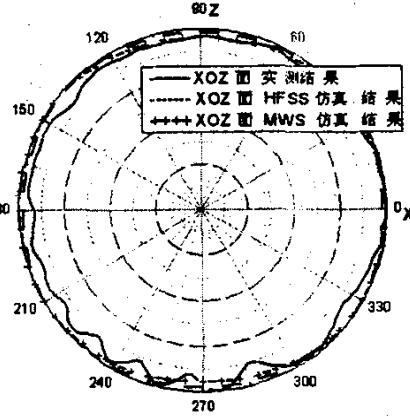


图 7 (c) 双 T 天线 X0Z 面方向图分析

图 7 当  $f = 2.45\text{GHz}$  时双 T 天线仿真与测试方向图分析

双 T 印刷天线仿真与测试 Return Loss 如图 6 所示，从图上可以看出天线在 2.45GHz 及 5GHz 频带内有两个谐振点，在 2.45GHz 对应的频带内，HFSS 仿真的结果更接近实际测试的结果，在 5GHz 频带内，由于实际制作天线的基板的介电常数有一些变化，因而造成了仿真与测试的谐振频率差别比较大，但这个频段内对应的 Return Loss 曲线的走势基本相同。在两个频点

对应的上边频带 MWS 仿真结果更为准确。

以  $f=2.45GHz$  为测试频率，双 T 印刷天线仿真与测试方向图比较如图 7 所示，XOY 面 MWS 仿真与实测结果拟合的较好，YOZ 面 HFSS 拟合的较好，XOZ 基本相同。

## 五. 结论

对于 HFSS 及 MWS 两大 EDA 电磁场仿真软件，在建模过程中，提供的各种快捷键方式方面 MWS 更为实用，在记录和重放功能的宏语言使用上 HFSS 更为方便，HFSS 提供的目录树可以使用户对建模的模型一目了然，更为方便的修改参数。

在仿真时间上，由于两种 EDA 软件采用的算法不同，HFSS 采用的是有限元法，MWS 采用的是时域有限积分法，因而仿真时间上没有一个定量的比较，由于 MWS 将时域通过傅里叶变换到频域，时域的窄对应频域的宽，因而总的的趋势是在仿真宽频带（如数十个倍频程）方面，MWS 更有一定的优势。在仿真单频点和一个倍频程以内 HFSS 更有优势。

通过对两种印刷天线的仿真与测试比较，不论是 HFSS 还是 MWS 都较为出色的完成了仿真的任务，他们都是目前比较好的电磁仿真软件，有的只是仿真时间及算法的不同，另外 MWS 在大尺寸方面更具有一定的优势；HFSS 在设计各种辐射器及本征模问题方面擅长。两个软件在电磁仿真方面可以互为验证，互为补充。

同时，我们北京理工大学设有 Ansoft 及 CST 的培训中心，热诚的欢迎各位同仁前来学习和指导。

### 参考文献：

- [1] 张敏，《CST 微波工作室用户全书》，电子科技大学出版社，2004
- [2] Ansoft 2003 用户通讯
- [3] 王光辉，冯祖伟，伞形印刷偶极子辐射单元研究，第2期。
- [4] 杨林，宽带印刷振子的分析与设计，火控雷达技术，1996, 25 (2):521
- [5] Brian Edward , Daniel Rees. A Broadband Printed Dipole with Integrated Balun. Microwave Journal, 1987. 5: 339~344
- [6] Yen-Liang Kuo and Kin-Lu Wong, "Printed double-T monopole antenna for 2.4-5.2 GHz dual-band WLAN operations ", IEEE Transaction on Antenna and Propagation, vol. 51, no 9, September 2003
- [7] 傅佳辉，吴群. 微波 EDA 电磁场仿真软件评述. 微波学报, 2004, (2) :91~95

### 鸣谢

作者在此衷心地感谢德国CST公司为设在我校的CST培训中心(华东区)所提供的免费的CST MWS 软件包，衷心地感谢ANSOFT公司提供的HFSS 软件

## 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](http://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](http://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](http://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>