

文章编号 :1006-7736(2002)02-0066-03

小型矩形微带贴片天线的理论分析^{*}

李秀珍, 谭克俊, 邵佑诚

(大连海事大学 信息工程学院 辽宁 大连 116026)

摘要 用未加载微带天线的(0,0)模分析了含短路针的矩形微带贴片天线,推导了输入阻抗的计算公式,给出了计算结果。结果表明,利用该法可以很好地解释短路针加载贴片天线降低未加载微带天线最低工作频率的现象,为这种小型微带天线的设计及应用奠定了理论基础。

关键词 微带天线 输入阻抗 贴片 短路针

中图分类号 TN828.6 **文献标识码** A

0 引言

目前,在许多应用场合(如移动通信手机中)都需要体积小、重量轻的小型接收天线。微带贴片天线以其剖面低、重量轻的优点而成为人们的首选。但是,这种天线在较低频率应用时尺寸太大,不能满足实际要求,从而影响了微带贴片天线在低频频段的应用。文献[1]首次提出了在微带贴片天线中加入短路针的方法,该法可以降低未加载微带贴片天线的最低工作频率,从而使天线尺寸大大降低。目前该法已经成为减少微带贴片天线尺寸的主要方法,并得到了广泛的应用[2,3]。对于这种天线的理论分析目前主要有传输线模型法和基于腔模理论的格林函数法。在这些方法中,将短路针等效为电感,并与未加载贴片等效的LC谐振电路并联。然而这种方法并不能很好地解释加短路针使贴片天线谐振频率降低的现象。最近,文献[4]提出了一种全新的分析方法。该法基于腔模理论,用未加载贴片天线中的(0,0)模分析含短路针微带贴片天线。该法可以很好地解释微带贴片天线加短路针后谐振频率降低的现象,但是文献[4]只给出了含短路针微带贴片天线谐振频率的计算方法,而对于含短路针微带贴片天线的重要

参数——输入阻抗并没有进行详细讨论。本文利用未加载贴片天线的(0,0)模推导了含短路针矩形微带贴片天线输入阻抗的计算公式,并给出了计算结果。结果表明其谐振特性与文献[4]中所给结果基本吻合。

1 理论分析

图1所示为含短路针矩形微带贴片天线的结构示意图。其中,矩形贴片尺寸为 $a \times b$,短路针坐

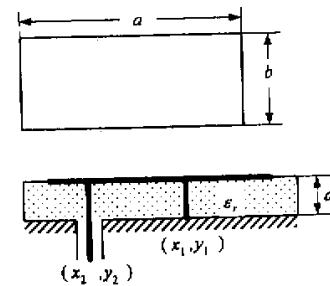


图1 含短路针矩形贴片天线
标为 (x_1, y_1) ,同轴馈电探针坐标为 (x_2, y_2) ,介质基片厚度为 d ,相对介电常数为 ϵ_r 。对于时谐场,腔体区域的波动方程为

* 收稿日期 2001-11-27。

作者简介 李秀珍(1963-),女,山东青岛人,副教授,主要从事微带天线的研究。

$$(-\Delta - k^2)E_z(x, y) = j\omega\mu_0 \cdot j_z(x, y) \quad (1)$$

其中 $k = \omega\sqrt{\mu_0\epsilon}$. 由腔的上、下壁为电壁, 腔的侧壁为磁壁的边界条件可以惟一地确定方程(1)的解. 其解可用格林函数表示为

$$E(x, y) = j\omega\mu_0 \int dx' \int dy' G(xy, x'y') \cdot j(x', y') \quad (2)$$

由算子($-\Delta - k^2$)的本征函数 Ψ_{nm} 和本征值 $\epsilon_{nm} = k_{nm}^2 - k^2$ 可将 $G(xy, x'y')$ 写成

$$G(xy, x'y') = \sum_{n,m} \frac{\Psi_{nm}(xy) \cdot \Psi_{nm}(x'y')}{k_{nm}^2 - k^2} \quad (3)$$

$$j_i(x, y) = \begin{cases} \frac{I_i}{\Delta_i^2} & x \in [x_i - \frac{\Delta_i}{2}, x_i + \frac{\Delta_i}{2}], y \in [y_i - \frac{\Delta_i}{2}, y_i + \frac{\Delta_i}{2}] \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

考虑到短路针与同轴馈电探针之间的耦合, 可将该结构看成二端口网络. 两端口上的电压、电流满足

$$\begin{cases} 0 = Z_{11} \cdot I_1 + Z_{12} \cdot I_2 \\ V_2 = Z_{21} \cdot I_1 + Z_{22} \cdot I_2 \end{cases} \quad (5)$$

短路针和同轴馈电探针上的平均电压 V_i ($i = 1, 2$) 与平均电场 E_{ij} ($i = 1, 2$; $j = 1, 2$) 之间满足以下关系

$$\begin{cases} 0 = E_{11} \cdot d + E_{12} \cdot d \\ V_2 = E_{21} \cdot d + E_{22} \cdot d \end{cases} \quad (6)$$

由式(2)可得 j 针在 i 针区域产生的平均电场 E_{ij} ($i = 1, 2$; $j = 1, 2$) 为

$$E_{ij} = \frac{j\omega\mu_0}{\Delta_i^2} \int_{x_i - \frac{\Delta_i}{2}}^{x_i + \frac{\Delta_i}{2}} dx \int_{y_i - \frac{\Delta_i}{2}}^{y_i + \frac{\Delta_i}{2}} dy \int_{x_j - \frac{\Delta_j}{2}}^{x_j + \frac{\Delta_j}{2}} dx' \int_{y_j - \frac{\Delta_j}{2}}^{y_j + \frac{\Delta_j}{2}} dy' \cdot G(xy, x'y') \cdot j(x'y') \quad (7)$$

将式(3)、(4)代入式(7)积分得

$$E_{ij} = \frac{1}{j\omega\epsilon ab/d} + \sum_{n,m \neq (0,0)} \frac{j\omega\mu_0}{k_{nm}^2 - k^2} \cdot \frac{\sigma_n \cdot \sigma_m}{ab} I_j \cdot f_{nm}(x_i, y_i, \Delta_i) \cdot f_{nm}(x_j, y_j, \Delta_j) \quad (8)$$

其中, $f_{nm}(x, y, \Delta) =$

$$\cos(\frac{n\pi x}{a}) \cdot \sin(\frac{n\pi \Delta}{2a}) \cdot \cos(\frac{m\pi y}{b}) \cdot \sin(\frac{m\pi \Delta}{2b}) \cdot \frac{n\pi \Delta}{2a} \cdot \frac{m\pi \Delta}{2b}$$

其中, 本征函数

$$\Psi_{nm}(x, y) = \sqrt{\frac{\sigma_n \sigma_m}{ab}} \cos(\frac{n\pi x}{a}) \cos(\frac{m\pi y}{b})$$

$$\sigma_i = \begin{cases} 1 & i = 0 \\ 2 & \text{其他} \end{cases}$$

$$k_{nm}^2 = (n\pi/a)^2 + (m\pi/b)^2$$

假设短路针和同轴馈电探针都具有方形横截面, 且截面积为 Δ_i^2 ($i = 1, 2$), 则电流密度 $j_i(x, y)$ 可表示为

将式(8)代入式(6), 并与式(5)比较得

$$Z_{ij} = \frac{E_{ij} \cdot d}{I_j} = \frac{1}{j\omega\epsilon ab/d} + \sum_{n,m \neq (0,0)} \frac{j\omega\mu_0 d}{k_{nm}^2 - k^2} \cdot$$

$$\frac{\sigma_n \cdot \sigma_m}{ab} \cdot f_{nm}(x_i, y_i, \Delta_i).$$

$$f_{nm}(x_j, y_j, \Delta_j) \quad (9)$$

于是, 由式(5)可得同轴探针处的输入阻抗为

$$Z_{in} = \frac{V_2}{I_2} = \frac{Z_{11} \cdot Z_{22} - Z_{12} \cdot Z_{21}}{Z_{11}} \quad (10)$$

2 计算结果

利用以上理论计算了贴片尺寸 $a \times b = 18.2 \times 19.6$ (mm²) 的含短路针矩形贴片天线的输入阻抗, 结果如图2所示. 由图可见, 天线的谐振频率与文献[4]所给结果基本吻合.

3 结束语

本文利用腔模理论中的(0,0)模推导了含短路针矩形贴片天线输入阻抗的计算公式. 利用该公式, 计算了 $a \times b = 18.2 \times 19.6$ (mm²) 时几种天线结构的输入阻抗. 结果表明, 其谐振特性与文献[4]所给结果基本吻合. 另外, 该方法可以很容易地推广到含多根短路针的情况.

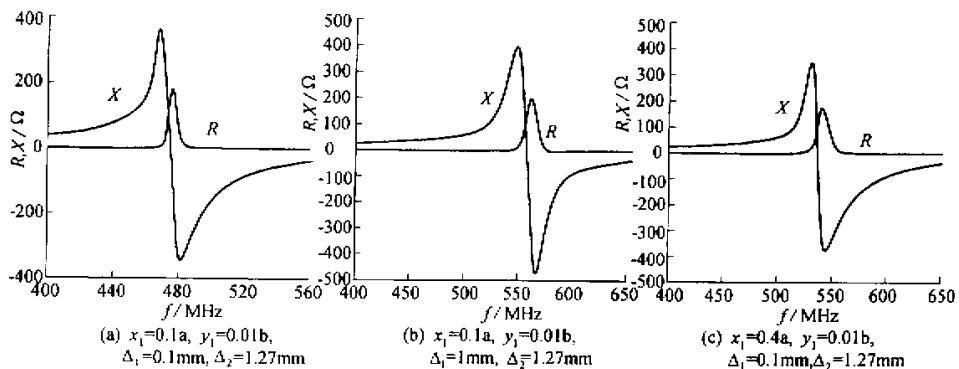


图2 含短路针矩形贴片天线 $a \times b = 18.2 \times 19.6 (\text{mm}^2)$ 的输入阻抗

参 考 文 献 :

- [1] WATERHOUSE R. Small Microstrip Patch Antenna [J]. Electron Lett, 1995, 31: 604-605.
- [2] WATERHOUSE R B. Broadband Stacked Shorted Patch [J]. Electron Lett, 1999, 35: 98-100.
- [3] WATERHOUSE R B. Stacked Shorted Patch Antenna [J]. Electron Lett, 1998, 34: 612-613.
- [4] REBEKKA P. Theory of Miniaturized Shorting-post Microstrip Antenna [J]. IEEE Trans Antennas Propagat, 2000, 48: 41-47.

Theoretical analysis of miniaturized rectangular microstrip patch antenna

LUAN Xiu-zhen, TAN Ke-jun, TAI You-cheng

(Information Eng. College, Dalian Maritime Univ., Dalian 116026, China)

Abstract: Using $(0, 0)$ mode of the unloaded microstrip antenna analysed shorting-post rectangular microstrip patch antenna, deduced the calculating formula of input impedance, and the calculating results were illustrated. The results prove that this method can interpret the phenomenon of loading-patch antennas with shorting posts reducing the lowest operation frequency of the unloaded microstrip antenna very well, establish the theoretical base for design and application of this kind of miniaturized microstrip antennas.

Key words: microstrip antenna; input impedance; patch; shorting-post

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>