

一种微带贴片天线的快速有效设计方法*

商 锋¹, 王保平², 张洪涛³

(1 西安邮电学院, 西安 710061;

2 西北工业大学无人机特种技术国防科技重点实验室, 西安 710072;

3 中国电子科技集团公司第38研究所, 合肥 230031)

摘 要: 研究了中心接地的短路圆环形微带贴片天线, 探讨了其在腔体模型下的解。并就短路环对谐振频率的影响进行了讨论, 提出了较为精确的 k 值近似计算公式。通过几个设计实例, 给出了环形微带贴片天线主模工作时的仿真结果, 采用 k 值近似计算公式计算得到的数据与仿真结果吻合良好。结果的一致性表明了该 k 值近似计算公式是正确的, 并且该方法简化了双层或多层微带天线的馈电设计过程。

关键词: 微带天线; 多层微带天线; 谐振频率

中图分类号: TN82 **文献标志码:** A

A Fast and Effective Design Method of Microstrip Antenna

SHANG Feng¹, WANG Baoping², ZHANG Hongtao³

(1 Xi'an Institute of Posts and Telecommunications, Xi'an 710061, China;

2 Key Laboratories of National Defense Science & Technology of UAV,

Northwestern Polytechnic University, Xi'an 710072, China;

3 The 38th Research Institute, China Electronics Technology Group Corporation, Hefei 230031, China)

Abstract: In this paper, a special circular disk microstrip antenna was discussed and the cavity mode solution was given. The influence of short-circuit ring on resonance frequency was discussed, and the approximate calculation formula was made. By several design examples, the results of simulation by Ansoft HFSS and calculation about main mode were presented, and the results fit well. The results show that this novel method is particularly fit for feed design of double deck or multilayer microstrip antennas.

Keywords: microstrip antenna; circular disk pitch; resonance frequency

0 引言

在卫星定位和其它无线系统的工作中, 往往需要多频段工作, 由于微带天线的低剖面特点, 使其在这些系统中得到了广泛的应用^[1-2]。但是, 在两层或者两层以上的微带天线馈电时, 需要对上层天线实现馈电隔离技术。为了获得主模工作, 并抑制高次模, 微带天线往往采用中心接地的方法^[3-6]。适当地扩大下层天线的中心接地销钉的半径, 从该销钉中对上层天线馈电, 也是常用的方法^[7-8]。在这样的馈电方法实现上, 往往从实验获得, 即使目前使用了仿真软件,

也是一个逐渐调整的过程, 这就延长了这一类天线的设计周期。

圆环形天线的设计已经趋于成熟, 文中所述的天线与圆环形天线的不同之处是中心为导体, 对这类天线进行了理论研究。针对 k 值计算过程复杂, 运算量大的缺点, 给出了一种简便的 k 值计算方法, 提供了一种简单快速的天线设计思路。

1 该模型的腔体模型解

具有短路圆环形微带贴片天线如图1所示, 外半径为 b 的圆形微带贴片, 内半径为 a 的短路销钉。因此可以将该天线看成是由上下两个平面

* 收稿日期: 2008-12-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(60572133); 陕西省工业攻关计划(2007K04-18); 西安市应用发展研究计划(YF07026)

作者简介: 商锋(1966-), 陕西西安人, 副教授, 硕士, 研究方向: 微带天线研究与设计。

电壁、内心一个横截面半径为 a 的圆柱形电壁和外围一个横截面半径为 b 的圆柱形磁壁组成的谐振腔。电场的复振幅矢量在其中满足亥姆霍兹方程：

$$\nabla^2 E + k^2 E = 0 \quad (1)$$

微带天线的介质厚度往往远小于波长，因此在谐振腔中电场只有 z 向分量，于是上述矢量亥姆霍兹方程则成为标量亥姆霍兹方程。

$$\nabla^2 E_z + k^2 E_z = 0 \quad (2)$$

采用分离变量法，并设场量沿 z 向均匀分布，则其解为：

$$E_z = E_0 [AJ_n(k\rho) + BY_n(k\rho)] \cos m\varphi \quad (3)$$

其中： A 和 B 为待定常数， m 为整数。该电场在 $\rho = a$ 时满足电壁边界条件，在 $\rho = b$ 时满足磁壁边界条件。即， $\rho = a$ 时 $E_z = 0$ ， $\rho = b$ 时 $\frac{\partial E_z}{\partial \rho} = 0$ ，可得：

$$AJ_n(ka) + BY_n(ka) = 0 \quad (4)$$

$$AJ'_n(kb) + BY'_n(kb) = 0 \quad (5)$$

式(4)、式(5)二式联立，消除常数 A 和常数 B ，可得到特征方程：

$$J_n(ka)Y'_n(kb) - J'_n(kb)Y_n(ka) = 0 \quad (6)$$

分别给出不同的 a 和 b 的值，在取 $n = 1$ 到 $n = 5$ 时解方程(6)，可得到如表 1 中的值。

表 1 特征方程的数值解

n	$(a, b)/\text{cm}$			
	(1,3)	(1,3.5)	(1,4)	(1,4.5)
1	$k = 0.7605$	$k = 0.6166$	$k = 0.5203$	$k = 0.4511$
2	$k = 1.0600$	$k = 0.8932$	$k = 0.7745$	$k = 0.6850$
3	$k = 1.4120$	$k = 1.2047$	$k = 1.0521$	$k = 0.9344$
4	$k = 1.7755$	$k = 1.5202$	$k = 1.3297$	$k = 1.1818$
5	$k = 2.1390$	$k = 1.8332$	$k = 1.6039$	$k = 1.4257$

由上面的求解 k 值的过程可以看出，必须经过大量的数学计算，这增加了多层圆环形微带贴片馈电设计的时间。下面给出 k 值的近似计算公式，该公式计算比较简便，可以加快多层短路圆环形微带贴片天线的馈电设计。

2 特征值解的近似公式

微带天线的谐振频率为^[9]：

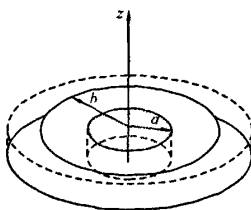


图 1 天线模型

$$f = \frac{ck}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \quad (7)$$

其中： c 为光速， ϵ_r 为宽度 $W = b - a$ 、介质厚度 h 与微带天线介质基板厚度相同的微带线的等效介电常数。该天线工作的主模为 TM_{11} 模， $n = 1$ 时， k 近似值为：

$$k = \frac{16}{b' - a} \quad (8)$$

其中： a 为单半径接地销钉的实际半径， b' 为圆型贴片微带天线的等效半径。这个半径可作如下修正^[9]：

$$b' = b + W_e(f) \quad (9)$$

$$\text{其中：} \quad W_e(f) = \frac{W_e(0) - W}{2[1 + (f/f_p)^2]} \quad (10)$$

$$\text{且：} \quad W_e(0) = \frac{120\pi h}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (11)$$

$$f_p = \frac{Z_0}{2\mu h} \quad (12)$$

这里， $W = b - a$ ； Z_0 为宽度等于 W 的微带线特性阻抗。

当 $n \geq 2$ 时， k 的近似值为：

$$k = \frac{22.3 + (n-1)7.576}{b' - a} \quad (13)$$

3 仿真与计算结果的对比

微带贴片天线的设计主要受贴片的大小及馈电点位置的影响，在工程实践中采用计算和实验的方法。目前微带贴片天线的设计常使用 Ansoft HFSS 仿真软件，然后再加工制造成天线实物。文中给出了一种新的计算方法，同样可以达到上述的设计目的。为了说明新方法的有效性，下面以介质基板为聚四氟乙烯材料的微带天线设计过程为例，进行了对比，表 2 给出了仿真和计算的结果。

表 2 仿真结果与计算结果

	$(a, b)/\text{mm}$			
	(10,30)	(10,35)	(10,40)	(10,45)
仿真结果 /GHz	2.69	2.16	1.88	1.59
计算结果 /GHz	2.63	2.12	1.78	1.53

实验中的两组数据是这样生成的，首先由式(8)解出 k 的数值解后，利用 Ansoft HFSS 仿真

(下转第 200 页)

图像,图 4 为融合后的图像,估计最低温度 280 K,最高温度 345 K。



图 3 长波图像



图 4 融合图像

4 结 论

比较观察图像可知,融合图像既有较亮的目标信息,又具有丰富的细节背景。表 1 是融合前后调和熵、局部熵、目标背景对比度的比较。其中融合图像的调和熵与粗糙度均比中波图像增加了,局部熵比中波图像增加了,实验数据上说明了该方法的有效性,即把较高的目标背景对比度和较多细节集中到融合图像上。

表 1 基于辐射特性的融合数据分析

	调和熵	局部熵	粗糙度	目标背景对比度
中波图像	6.767	15.992	19.046	3.649
长波图像	7.120	17.570	21.957	1.833
融合图像	7.015	16.924	21.177	2.792
参数变化	1.0%	0.8%	2.4%	1.1%

参考文献:

- [1] 张雷. 双波段红外图像目标特性分析及其融合方法研究[D]. 太原:中北大学,2007.
- [2] 倪国强. 多波段图像融合算法研究及其新发展[J]. 光电子技术与信息,2001,14(5):11-17.
- [3] Smart S, Scarff L A. Combining visual and IR images for sensor fusion—two approaches[C]// SPIE. 1992,1668:102-112.
- [4] 王江安,朱向前,宗思光,等. 红外目标特征分析及融合特征提取[J]. 传感技术学报,2005,6(2):289-291.
- [5] 孙玉秋,田岩,彭代强,等. 双波段红外图像融合的小波分维算法[J]. 华中科技大学学报(自然科学版),2005,33(4):41-43

(上接第 194 页)

软件对上述微带天线的尺寸进行了仿真,得到主模的谐振频率,产生了第一组数据;另一组数据是按照文中给出的 k 值计算得到的主模谐振频率。从表 2 可以看出,在主模条件下,针对不同的贴片大小和相同的接地销钉,利用 Ansoft HFSS 仿真软件的仿真结果和利用新方法给出 k 值的数值解吻合良好,因此文中给出的环形微带贴片天线的设计公式具有很好的工程实用价值。

4 结束语

仿真软件可以分担天线设计所需要的时间,但仿真软件往往需要配置高性能的计算机,配置稍低一些,运算时间就会加长,如再反复计算和对模型参数进行调整,又进一步延长了天线的设计周期。对于大半径接地销钉的圆环形微带天线的设计,文中提出了一种设计新思路,新方法可以较为精确的逼近实际结果,为环形微带贴片天线的仿真设计节省了大量的时间,另外,利用文中方法也可以为目前使用的天线设计仿真软件提供最优的初始化参数,使其设计时间大为减小。

参考文献:

- [1] Campbell T G, M W Appleton, T K Lusby. The

design and fabrication of omni directional array antennas for aerospace applications[J]. NASA, Langley Research Center, Rept. NASA-TM-X-73970, Nov, 1976.

- [2] Hiroyuki Arai, Naohisa Goto. Flat antennas for indoor cellular system [C]// IEEE. Antennas Propagate. Int. Symp. Dig., 1994:344-347.
- [3] Carver K R. Input impedance to probe-fed microstrip antennas[C]// IEEE AP-S Int. Symp. Digest, 1980:617-620.
- [4] Giuseppe Di Massa, Giuseppe Mazzarella. Hat patch antenna[C]// IEEE. Antennas Propagate. Int. Symp. Dig., 1994:814-817.
- [5] L C Shen, et al. Resonant frequency of a circular-disc printed-circuit antenna[J]. IEEE Trans. Antennas Propagate, 1977, AP-25:595-596.
- [6] IE Rana, N G Alexopoulos. Current distribution and input impedance of printed dipoles[J]. IEEE Trans. Antennas Propagate, 1981, AP-29:99-105.
- [7] A Das, M Sc, M Tech, et al. Input impedance of a probe excited circular microstrip ring antennas[J]. IEEE Proc. H, 1985, 132(6):384-390.
- [8] 胡明春, 杜小辉, 李建新. 宽带宽角圆极化微带贴片天线设计[J]. 电波科学学报, 2001, 16(4):441-446.
- [9] I J 鲍尔, P 布哈蒂亚. 微带天线[M]. 梁联倬, 等译. 北京:电子工业出版社, 1984.

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,一直致力和专注于微波、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>