

超宽带单极子加载介质谐振器天线的设计

廖昆明,吴毅强,邓 森,曾永安

(南昌大学 电子信息工程系,江西 南昌 330031)

摘 要:该文设计了一种尺寸小,频带宽,结构简单的单极子陶瓷介质谐振器天线。在单极子天线周围加载一个环形的陶瓷介质谐振器,利用环形谐振器与单极子谐振频率之间耦合来展宽频带。利用仿真软件 HFSS 建立天线的模型,并对模型进行优化仿真,得到了最佳的天线设计参数,仿真得到的天线频带宽度为 0.7~4.6 GHz,相对带宽达到了 153%,使用矢量网络分析仪对该天线进行测量,实测结果与仿真值基本吻合。

关键词:介质谐振器;单极子;超宽频带;陶瓷材料

中图分类号:TN 82 **文献标识码:**A

The Design of Ultra Wideband Monopole Dielectric Resonator Antenna

LIAO Kunming, WU Yiqiang, DENG Miao, ZENG Yong'an

(Dept. of Electronic Information Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: This paper proposes a monopole ceramics dielectric resonator antenna which is characterized by small size, broad band, simple structure. A ring ceramics dielectric resonator is put around the monopole, and the frequency band is broadened by coupling the ring dielectric resonator with the monopole resonant frequency. The antenna model is established by using the HFSS simulation software, then the model is optimized and simulated and the optimal parameters of the antenna are obtained. The bandwidth of the antenna is from 0.7~4.6 GHz, relative bandwidth reaches to 153%. The antenna is measured by a vector network analyzer and the results and simulation values are basically coincide with each other.

Key words: dielectric resonator antenna; monopoles; ultra wideband; ceramics material

0 引言

随着无线通信事业的飞速发展,对于天线的小型化、宽频带、低损耗等性能提出了更高的要求。虽然各种各样的微带天线因其低轮廓、质量轻等优点,已得到了深入的研究和广泛的应用,但由于在高频段金属欧姆损耗高和在低频段天线几何尺寸大这两个关键性技术瓶颈的存在,其发展和应用受到了一定的限制。近年来,一种新型天线——介质谐振器天线^[1](DRA)因其良好的性能而受到广泛的关注和研究。DRA 由低损耗、高介电常数的介质材料构成,介电常数一般大于 10,其谐振频率是介质尺寸、形状和相对介电常数的函数。

由于介质谐振器天线没有金属损耗,效率很高,所以介质谐振器天线阵可获得较高的增益;此外,由于介质谐振器天线比微带天线多了一个维度的变

换,其在设计上更加灵活,可采用很多形状,比如矩形、圆柱形或半球形等,通过调节介质谐振器的高度和半径尺寸,可实现较宽的阻抗带宽;且介质谐振器还有易激励,可采用多种馈电机制等优点,比如缝隙耦合、微带线馈电、同轴探针馈电、共面波导馈电及介质镜像馈电等,还可激励起多种模式,对加工误差不像微带天线那样敏感,特别是应用在很高的频率的时候。

本文提出一种尺寸小,结构简单,适合工程实际应用的超宽频带单极子介质谐振器天线的设计。该天线克服了常规微带天线在低频段几何尺寸大的缺点,并且带宽在低频段 0.7~4.6 GHz,使得该天线具有较广泛的实用价值,馈电方式采用同轴线背部馈电,调整单极振子及环形介质谐振器的尺寸大小,可使天线的输入阻抗达到匹配,由于单极子跟围绕

收稿日期:2011-07-05

基金项目:江西省教育厅科技基金资助项目(GJJ09030)

作者简介:廖昆明(1985-),男,湖南衡阳人,硕士生,主要从事电磁测量和天线设计与优化的研究。E-mail: liaokunming55037@163.com

在其外围的环形介质谐振器的谐振中心频率各不相同,各谐振带宽又相互交叉,使天线的整体带宽展宽。通过软件仿真结果可以看出,该方法设计的单极子介质谐振器天线的相对频带宽度达到了 153%(S 参数小于 -10 dB 带宽),该天线在最大辐射方向增益可达到 4.6 dB,方向性好,且结构紧凑,制作方便。

1 天线的设计

图 1 为单极子介质谐振器天线的几何模型。其中单极子高度为 h_3 ,为单极子的 1/4 谐振波长长度;环形介质谐振器选取相对介电常数为 $\epsilon_{r2} = 38$ 的陶瓷材料,加载在单极子的周围,形状由上下两部分构成,上面是一个直角梯形环,外边缘距离单极子中心为 b ,下面是由一个内半径为 a ,外半径为 c ,高度为 h_2 的圆柱环形结构,其形状跟尺寸决定介质谐振器的谐振频率;通过单极子与介质谐振器谐振频率之间的耦合,来达到展宽频带范围的目的,所用介质基板材料为 FR4 (玻璃环氧树脂),其相对介电常数为 $\epsilon_{r1} = 4.4$ 、半径为 R 、厚度为 h_1 的圆柱形介质;介质下面是镀铜的金属地板,考虑到阻抗匹配和实用,采用同轴探针馈电方式,同轴线的内导体直接与单极子相连,通过 HFSS 软件对该天线进行建模,并利用现代优化算法对天线尺寸进行优化。

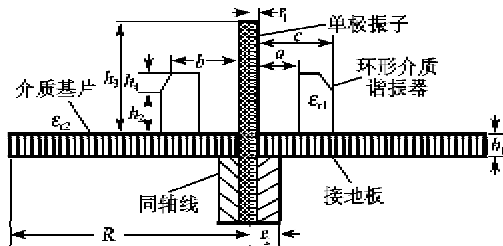


图 1 单极子介质谐振器天线的截面几何模型

2 天线的仿真与分析

图 2 为通过 HFSS 软件对单极子介质谐振器天线建立的仿真模型。图中最外面的矩形代表辐射边界,材料设为真空,辐射边界距离天线边缘应大于波长的 1/4。辐射场里面的圆柱形板是单极子介质谐振器天线的基板,基板上面的导体是单极子,环形介质谐振器加载在单极子周围,基板另一侧与特征阻抗为 50 Ω 的同轴馈线相连。接地板设置为理想电边界,激励端口设置为波端口,经仿真、优化后,最终确定的单极子介质谐振器天线参数如表 1 所示。

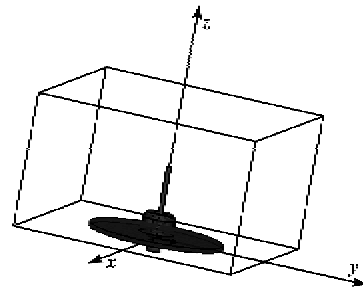


图 2 单极子介质谐振器天线 HFSS 仿真模型图

表 1 单极子介质谐振器天线各参数最佳尺寸

a /mm	b /mm	c /mm	h_1 /mm	h_2 /mm	h_3 /mm
1.50	3.80	3.00	1.00	3.30	16.00
h_4 /mm	R /mm	r_1 /mm	r_2 /mm	ϵ_{r1}	ϵ_{r2}
1.20	15.00	0.50	1.67	38.00	4.40

利用 HFSS 软件对该天线模型进行性能仿真,按照表 1 所示设置优化后的参数,得到的 S 参数如图 3 所示。由图可见,仿真曲线端口反射损耗少于 -10 dB 的频率范围为 0.7~4.6 GHz,其相对带宽可达到 153%,说明该天线具有相当宽的频带宽度。

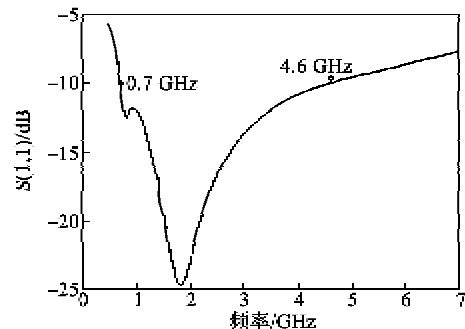


图 3 天线反射损耗的仿真曲线

图 4 为仿真得到的该天线的驻波比特性曲线。在驻波比 ≤ 2 的频带宽度为 0.6~5.0 GHz,相对带宽可达 157%。

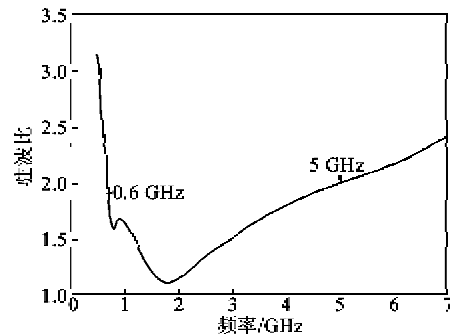


图 4 驻波比参数仿真曲线

图 5 为该设计天线在频率 $f = 3$ GHz 时的辐射方向图。由图可见,在两个主平面内,具有较宽的波束,波束宽带约为 60°,且具有很好的对称性。H 面

和E面方向图几乎重合,方向性好,在 $\theta=60^\circ$ 方向上达到最大增益4.6 dB。

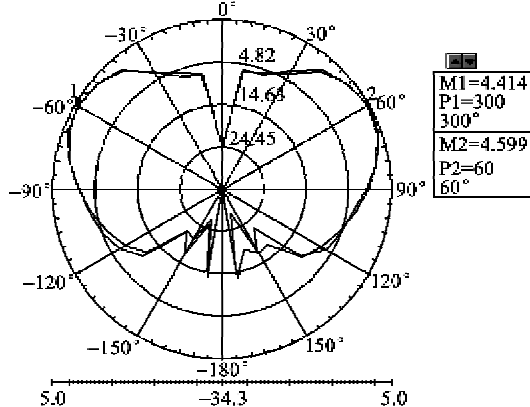


图5 单极子介质谐振器天线的辐射方向图

按照仿真的优化结构参数,设计并加工了单极子介质谐振器天线,通过AV3620矢量网络分析仪对该天线回波损耗进行实测,图6为该天线的反射损耗值的测量结果,其谐振频率约在2.5 GHz,达到最大峰值。实测的频带带宽范围为0.9~5.0 GHz。与图3相比,实测结果与仿真结果基本吻合,从而验证了数值仿真所得结论。另外,由于天线加工的精度与实验测试的误差,都会引起实测数据与理论仿真值的偏差。

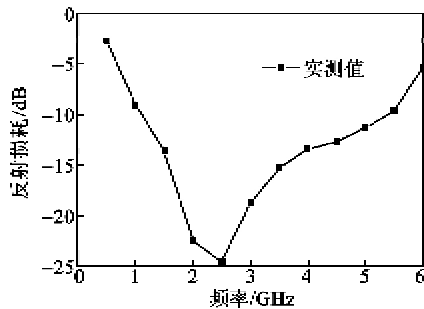


图6 实测的天线反射损耗

表2为本文与参考文献[2-8]中单极子介质谐振器天线的参数结果。由表可见,本文所设计的天线

表2 本文结果与参考文献结果比较

参数比较	带宽范围/GHz	相对带宽/%	最大增益/dB	最大尺寸/mm
本文结果	0.7~4.6	153	4.60	30
文献[2]	3~11	110	4.00	80
文献[3]	6.8~20.2	122	4.80	30
文献[4]	3.5~13.0	115	5.50	60
文献[5]	5~20	120	5.00	30
文献[6]	1.9~11.0	138	4.95	40
文献[7]	1.8~6.9	110	5.10	120
文献[8]	5.5~23.0	122	6.00	30

振无论在带宽、增益,还是天线尺寸上都具有较明显的优势。尤其是在频带宽度上及低频段的扩展上有进一步的提高,使得该天线具有较高的实用价值。

3 结束语

本文介绍了一种超宽带的单极子介质谐振器天线的设计。在单极子天线上加载一环形介质谐振器,通过HFSS仿真软件优化后给出了该天线设计的最佳参数。由仿真结果可见,该天线具有超带宽,且在最大辐射方向可达4.6 dB的增益。这款天线体积小,方向性好,结构简单,易于大批量制作等,具有实用性,对于实际工程应用具有一定参考价值。

参考文献:

- [1] 张丽娜. 介质谐振器天线与多频印刷天线的研究[D]. 上海:上海大学电磁场与微波技术系, 2008.
- [2] ZHENG K HR, CHUA H O, LI Lewei. Analysis and design of UWB monopole dielectric resonator antenna [J]. IEEE Proceedings of International Conference on Ultra Wideband, 2010, 3(1): 20-23.
- [3] GUHAL D, GUPTAL B, ANTAR Y M M. Hybrid monopole DRA: new geometries for improved ultra wideband operation[J]. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2010, (1): 11-17.
- [4] GUHAL D, ANTAR Y M M, ITTIPIBOON A, et al. Improved design guidelines for the ultra wideband monopole-dielectric resonator antenna [J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2006, 9(5): 373-375.
- [5] AL-ASKALANI R, HAMMAD H F, LEIB M. Investigation on an UWB antenna combining a capacitive monopole and a dielectric resonator [J]. IEEE International Conference on Wireless Information Technology and Systems, 2010, 8(5): 1-4.
- [6] JAZI M N, DENIDNI T A. Ultra wideband dielectric resonator antenna with band rejection [J]. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2010, 7(12): 1-4.
- [7] MORSY M M, KHAN M R, HARACKIEWICZ F J. Ultra wideband hybrid dielectric resonator antenna (DRA) with parasitic ring [J]. IEEE International Conference on Wireless Information Technology and Systems, 2010, 8(28): 1-4.
- [8] JAZI M N, DENIDNI T A. Design and implementation of an ultrawideband hybrid skirt monopole dielectric resonator antenna [J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2008, 7(284): 493-496.