

文章编号:1671-0576(2009)01-0046-04

抗干扰设备中的宽带分形微带天线

姚凤薇

(上海航天技术研究院 802 所 环境电磁特征国家重点实验室, 上海 200438)

摘 要: 在馈源终端引入自相似性分形结构,提出了一种新型的抗干扰宽带微带天线。采用电磁仿真软件 Ansoft HFSS 对分形馈源对驻波的影响和电流分布进行了仿真与讨论,获得了约 116% 的阻抗带宽($VSWR \leq 2$),频率范围是 1.66 GHz~6.20 GHz,比文献[3]中没有做分形结构处理的天线展宽了 200 MHz 带宽。分别给出了 2 GHz 和 5 GHz 频点的计算方向图,方向图在频带内基本相同。

关键词: 缝隙天线; 宽频带; 驻波

中图分类号: TN822.8

文献标识码: A

A Broadband Fractal Antenna in Antijamming Equipment

YAO Feng-wei

(National Key Laboratory of Electromagnetical Environment Research of
No. 802 Research Institute of SAST, Shanghai 200438, China)

Abstract: A broadband fractal antenna in antijamming equipment is presented, which is fed by a new self-similar fractal structure on terminal feed. By using Ansoft HFSS, some studies of fractal feed are discussed on impedance bandwidth and current distribution. Its $VSWR \leq 2$ bandwidth reaches approximately 116%, covering 1.66 GHz~6.20 GHz, which is wider than the results of Ref[3] about 200 MHz. The radiation patterns of the antenna at 2 GHz and at 5 GHz are both presented and it is seen that the discrepancies between them are very small.

Key words: crevice antenna; broadband; standing wave

0 引言

无线通信系统的迅猛发展带来了天线行业的

勃勃生机,各种军事需求也推动着天线设计的不断更新。特别是近年来,跳频和扩频技术、电子干扰和电子侦察高分辨率成像雷达等技术的蓬勃发展,对能够与设备大小协调且具有宽带性能的天线需求愈加迫切。

微带天线以其平面结构且易与载体共形,与

收稿日期:2008-10-30

作者简介:姚凤薇(1979-),女,博士,主要从事天线设计。

馈电网络一起集成等优点,受到了越来越多的关注,但其较窄的带宽显然不能满足抗干扰设备对天线的宽频带性能要求。近年来,通过研究者的不断努力,展宽微带天线带宽的方法也层出不穷,如采用较厚基板和异形基板^[1]、附加寄生贴片^[2]、优化耦合馈电结构^[3]、给贴片开槽等^[4]。不久前,分形概念的引入,又给天线展宽频带带来了新的设计思路。具有分形结构的物体一般都有比例和空间填充性这两大特点,把分形的这两大特点应用到天线设计上,把这两个特性转化为天线的宽频或多频特性,则可以得到性能优越的天线,如文献[5]中通过对矩形贴片进行分形处理,可以拓展约 200 MHz 带宽。

本文在文献[3]的基础上,通过在扇形馈源终端引入具有自相似性的分形结构,在保持其辐射特性的前提下,有效地展宽了天线带宽,满足了电子干扰、电子对抗等军事领域对超宽带天线的需求。下面给出其分析与数值结果。

1 天线结构

在对平面扇形天线的研究中,假定把扇形平面看成是由 i 个中心在原点、夹角为 $\Delta\alpha$ 的极小扇形在同一平面排列而成,它们都是同相馈电的。当夹角 $\Delta\alpha$ 趋于无穷小时,把这些角度极小的扇形元近似为细线振子,用矢量位叠加的方法可以证明扇形天线具有与振子天线相同形式的辐射场^[6]。

对无限长锥形天线进行的研究表明,锥形面上电流分布规律满足下式关系^[7]:

$$I(\alpha_i) = \frac{1}{2k(\cos\alpha)\sin\theta_0\sqrt{\sin^2\alpha - \sin^2\alpha_i}} \quad (|\alpha_i| < \alpha) \quad (1)$$

式中: $k(\cos\alpha)$ 为第一类椭圆积分; θ_0 为锥面半张角, $\theta_0=90^\circ$ 时,锥面扇形变成平面扇形天线。扇面电流分布图,如图 1 所示。

从式(1)及图 1 可以看出扇形面上的电流分布是越靠近扇形边缘电流密度越大,在扇形面的中间区域电流密度较低。根据扇形面上电流分布的特性分析,可以设想把扇形面的中间区域截去,

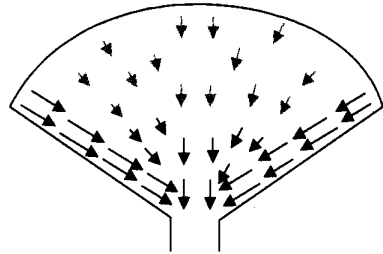
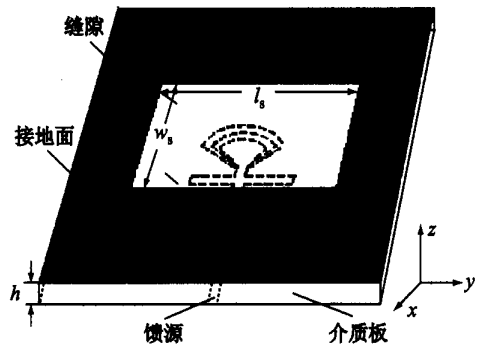


图 1 扇面电流分布图

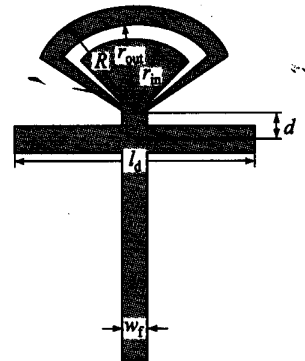
由于这部分的电流密度较低,认为截去的部分不会对扇形面上的电流造成大的破坏。

因此,可以在扇形馈源上引入分形结构,在截去的区域加上一个扇形面,即添加了一个自相似性的谐振子,以达到展宽带宽的作用。

新型的宽带分形天线结构如图 2 所示,主要包括矩形缝隙和带枝节的分形扇形馈源。图中: l_s 为缝隙的长度; w_s 为缝隙的宽度; l_d 为水平枝节的长度; R 为扇形馈源的半径; r_{out} 为截去的扇形半径; r_{in} 为添加的自相似性扇形的半径; d 为水平枝节中心到扇形圆心的距离。 l_s 对应于二分之一最大工作波长,取为 52 mm,为抑制交叉极化取



(a) 天线正视图



(b) 扇形馈源

图 2 天线结构

$w_s=30$ mm。天线内部均匀填充相对介电常数 $\epsilon_r=3.5$ 的介质材料,高 $h=1.5$ mm。馈线输入阻抗为 $50\ \Omega$,由 Serendde8.7 软件计算得 $w_l=3.4$ mm。

2 天线分析

本文采用基于有限元法分析的电磁仿真软件 Ansoft HFSS 8.0™ 对新型的宽带分形天线进行了分析、优化。天线的阻抗带宽受缝隙长度 l_d 、缝隙宽度 w_s 、扇形张角 α 、水平枝节长度 l_d 及水平枝节中心到扇形圆心的距离 d 影响较大。本文着重分析分形扇形馈元的引入对天线带宽、增益以及方向图的影响。

在添加了一个自相似性的结构后,整个馈源由三部分组成:截去半径为 r_{out} 扇形的环扇面、半径为 r_{in} 的自相似性扇形面以及水平枝节。如图 3 所示, r_{out} 对天线低端及中心频率没有显著影响,谐振点基本保持不变,但对高端的影响较为明显,这不仅体现在谐振点的位置还有高端的阻抗匹配上。随着 r_{out} 的不断增大,高端的谐振点不断向后移而且匹配度也越来越高,当 $r_{out}=8.13$ mm 时,获得的阻抗带宽最宽。

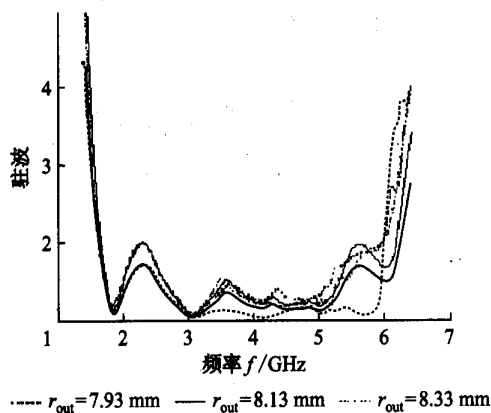


图 3 r_{out} 对 VSWR 的影响

图 4 为对扇形馈源进行分形处理前后的驻波比较图。由图可以看出,低端谐振点大小与幅度基本保持不变,这是因为这部分谐振主要是由于矩形缝隙引起的。在频率中间部分有些起伏,在高端部分,谐振频率升高了,使分形后的 VSWR ≤ 2 带宽为 116% (1.66 GHz~6.20 GHz) 大于未

作改变的带宽 [112% (1.66 GHz~5.97 GHz)]。从而证明了对扇形馈源进行分形处理确有展宽天线带宽的作用。

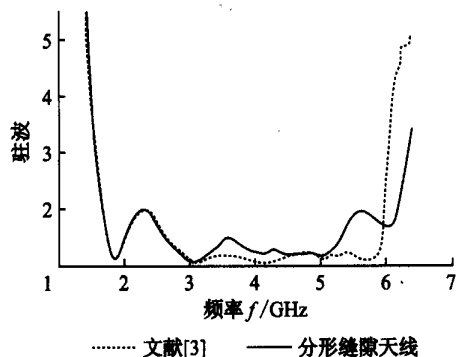


图 4 分形前后驻波比较

图 5 为分形后电流分布,与图 1 比较可以看出,原本扇形馈源部分中间电流分布较弱,经过分形后,原本弱的电流分布区域在边缘部分也出现了较强的电流分布。

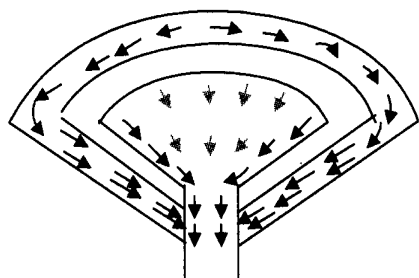


图 5 分形后电流分布

图 6 为分形前后仿真增益比较,由图可以看出,分形前后天线低端部分增益变化不大,但随着频率的增加,增益差异越来越大,最大的达到

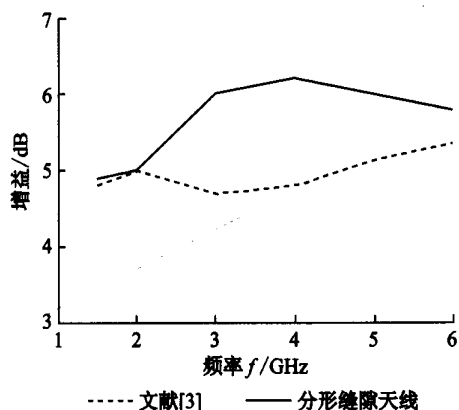


图 6 分形前后仿真增益比较

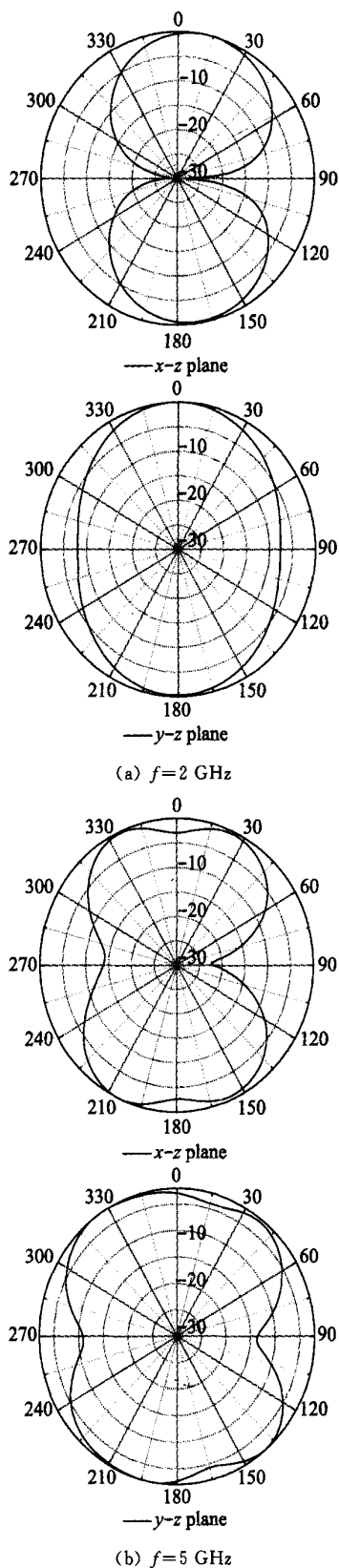


图7 仿真方向图

1.7 dB 左右。这是因为馈源中间电流加强,所以总体增益有所提高。

图7为分形后天线在不同频率点的归一化方向图,与文献[3]中给出的方向图相似,证明了本设计的有效性。

3 结论

通过对扇形馈源进行分形处理,起到了展宽频带的作用,仿真 $VSWR \leq 2$ 的带宽为 116%,覆盖频段为 1.66 GHz~6.20 GHz。相比没有分形前展宽了 200 MHz 左右,运用了 Ansoft 软件研究了不同分形结构对阻抗带宽的影响及电流分布,并给出了 xz 面、 yz 面方向图,与文献[3]相比方向图保持不变,增益提高了 1.2 dB 左右。这种宽带天线必可在雷达、电子干扰、电子对抗等军事领域中找到用武之地。

参考文献

- [1] Young-Mio Jo. Broadband Patch Antennas Using a Wedge-shaped Air Dielectric Substrate[J]. Antennas and Propagation Society International Symposium, IEEE, 1999, 2(11-16): 932.
- [2] Sanad, M. A Compact Dual-broadband Microstrip Antenna Having Both Stacked and Planar Parasitic Elements[J]. Antennas and Propagation Society International Symposium, AP-S, 1996, 1(21-26): 6-9.
- [3] Feng-Wei Yao, Shun-Shi Zhong. Wideband Slot Antenna with a Novel Microstrip Feed[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2005, 46(3): 275-278.
- [4] T. Huynh, K. F. Lee. Single-layer Single-patch Wideband Microstrip Antenna[J]. Electron. Lett., 1995, 31(16): 1310-1312.
- [5] P. Dehkhoda. A Crown Square Microstrip Fractal Antenna[J]. Antennas and Propagation Society International Symposium, IEEE 2004, 3(20-25): 2396-2398.
- [6] 阮成礼, 袁乃昌. 一种非正弦波辐射器的研究——平面扇形偶极子天线[C]. 全国微波会议论文集, 1991.
- [7] 王宏建, 高本庆. Hibert 分形天线极全波分析[J]. 电子信息与学报, 2003, 25(6): 790-794.

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>