

一种基于 DGS 的分形微带天线的设计

苏雪娟¹, 吴先良^{1, 2}, 李运志¹

(1. 安徽大学 计算智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039;

2. 安徽大学 电子科学与技术学院, 安徽 合肥 230039)

摘 要:将地面缺陷结构(DGS)引入微带天线的设计中,原本分形微带天线在 5~20 GHz 频带范围内有 4 个谐振频率点.由于 DGS 缺陷结构可以有效抑制天线的高次模,该新型结构在 5~20 GHz 频带范围内得到了两个谐振频率点,并使得天线的增益在引入 DGS 结构后提高了大约 2 dB.

关键词:DGS 结构;带宽扩展;微带天线

中图分类号:O441

文献标识码:A

文章编号:1000-2162(2009)04-0045-03

近年来,电子带隙(EBG)结构在改善天线性能、提高增益、降低微带天线之间的相互耦合以及限制高次模的传播等方面引起了广泛的关注.通常研究的 EBG 结构都只有一个阻带^[1],随着通信技术的发展,人们开始在无线通信设备中设计多频带天线,一种双边带压缩电子带隙结构(EBG)应运而生^[2].高阻表面结构像 EBG 结构可以降低物理尺寸,但很难通过调节尺寸得到需要的谐振频率,特别是当需要双边带或者多边带结构时^[3-4],EBG 结构因需要比较多的周期性单元,增加了印刷天线的面积.于是,有学者提出了缺陷结构(DGS),并得到了广泛的应用.论文中的 DGS 结构是基于布拉格散射条件得出的结果,其中的天线结构是基于 HFSS 高频软件进行仿真的.通过 HFSS 仿真可以看出,这种新型双边带结构可以有效地抑制天线的高次模,同时获得在谐波频率点上改良的天线方向图^[5-6].

1 天线原理与结构设计

天线原理:在确定介质基板材料以及厚度 h 后,可以通过腔模方法的工程公式确定天线单元的初始尺寸.贴片的宽度 W 影响着天线的方向性函数、辐射电阻及输入阻抗,从而也就影响着频带宽度和辐射效率.在安装尺寸允许的情况下, W 值应取适当大些,对频带、效率及阻抗匹配都有利,但如果 W 大于下式的值,就会产生高次模,从而引起场的畸变,其方程为

$$W = \frac{c}{2f} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2}$$

其中, c 是光速; h 为介质基板厚度; ϵ_r 为介质板相对介电常数; f 为天线工作频率.

矩形微带天线通常都工作于 TM_{01} 模(或 TM_{10} 模),贴片长度理论上应该取 $\lambda_g/2$,但是实际上由于边缘场的影响,在确定 L 尺寸时,应从 $\lambda_g/2$ 减去 $2\Delta L$,于是得到此时的天线长度 L 为

$$L = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} = -2\Delta L$$

其中, ϵ_{eff} 是等效介电常数; ΔL 是考虑边缘效应引入的线伸长.分别由下式表示

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10h}{W} \right)^{-1/2}$$
$$\Delta L = 0.142h \frac{(\epsilon_{\text{eff}} + 0.3)}{(\epsilon_{\text{eff}} - 0.258)} \cdot \frac{(W/h + 0.264)}{(W/h + 0.8)}$$

收稿日期:2009-01-15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(69971001);安徽省教育厅重点基金资助项目(KJ2007A081)

作者简介:苏雪娟(1984—)女,安徽滁州人,安徽大学硕士研究生;

吴先良(1955—),男,安徽亳州人,安徽大学教授,博士生导师.

DGS结构的计算:电磁带隙结构是周期性结构,电磁带隙结构的周期 t 以电磁带隙结构第一阻带中心频率 f 根据以下公式确定

$$\beta \times t = \pi$$

$$\lambda_g = 2\pi/\beta, t = \lambda_g/2, f \approx c/\lambda_g = c_0/\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}} \times 1/\lambda_g$$

其中, β 为传播常数; λ_g 为相波长; c 为微带传输线中电磁波的传播速度; c_0 为真空中电磁波的传播速度.

DGS结构如图1所示.为了实现双边带,它有两个不同的DGS晶格单元,相对于较大的那个周期单元达到第一个谐振频率,而较小的那个则是到达第二个谐振频率.周期单元的半径直接影响结果.接地板外围 3×3 的圆孔对应半径为2.5 mm,周期为10.5 mm;剩下的圆孔对应半径为1.8 mm,周期为7 mm.

2 高次模的抑制

如今,无线通信终端设备的多模式越来越引起广泛关注.为了使上述结构更有价值,使用它去抑制分形天线的高次模.对于一阶分形天线,存在两个谐振频率.分形结构天线如图2所示.天线的尺寸如下:微带贴片 $L \times L = 10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$,介质基板材料为FR4_epoxy,其介电常数 $\epsilon_r = 4.4$,而其介质基板的尺寸为 $30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$.信号源用 50Ω 、带宽为 $w = 2 \text{ mm}$ 的微带线馈电,并通过HFSS软件对此天线结构进行仿真.

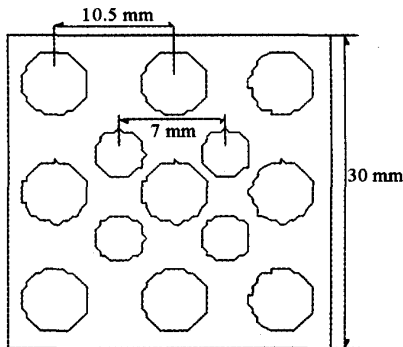


图1 接地板的DGS结构

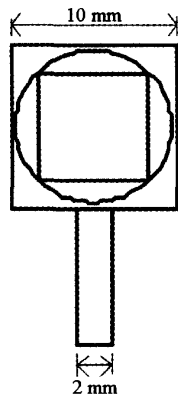


图2 分形天线结构

通过HFSS仿真,没有加DGS结构和加DGS结构的回波损耗如图3、4所示,含有DGS结构的天线的谐振频率相对较低的原因是由于接地板打孔和相对平均介电常数降低.

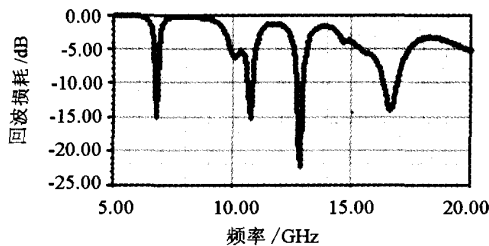


图3 无DGS结构天线的回波损耗

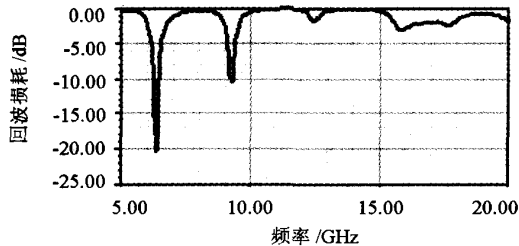


图4 有DGS结构天线的回波损耗

由图3、4可以看到,引入DGS结构后,有效抑制了天线的高次模,并且降低了天线的谐振频率,实现了天线的小型化.

通过HFSS高频仿真软件对此天线结构进行仿真,可以看出此种结构的 antennas 的方向图得到了很明显的改善.主模的增益得到了提高.如图5、6所示.

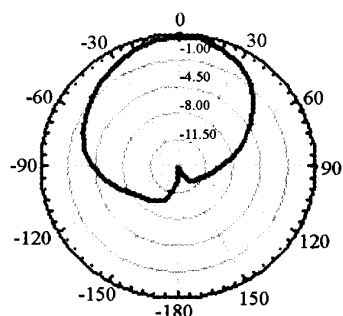


图5 无 DGS 结构的天线辐射模式(6.95 GHz)

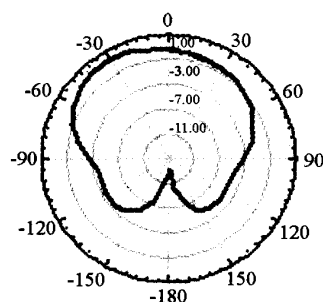


图6 有 DGS 结构的天线辐射模式(6.275 GHz)

3 结 语

论文研究了一种新型的双边带 DGS 结构可以有效抑制天线的高次模以及表面波. 无 DGS 结构时, 分形微带天线在 5 ~ 20 GHz 频带范围内, 有四个谐振频率, 而引入 DGS 结构后, 抑制了后面两个高次模, 使得谐振频率点缩减为前面两个. 另一方面, 在接地板上挖出的 DGS 结构, 可以明显提高天线的增益. 这种新型 DGS 结构将会广泛应用于各种各样的无线通信系统中.

参考文献:

- [1] Yao Yuan, Wang Xin, Feng Zhenghe. A novel dual-band compact electromagnetic bandgap(EBG) structure and its application in multiantennas[J]. IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2006(7):9-14.
- [2] Hori Yi, Tsutsumi M. Harmonic control by photonic bandgap on microstrip patch antenna[J]. IEEE Microwave and Guided Wave Letters, 1999, 9(1):13-15.
- [3] Yang Li, Feng Zhenghe. Advanced methods to improve compactness in EBG design and utilization[J]. IEEE Trans Antennas Propagat, 2004(8):3585-3588.
- [4] Sievenpiper D, Zhang L J, Romulo F, et al. Alexopolous, high-impedance electromagnetic surface with a forbidden frequency band[J]. IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, 1999, 47(11):2059-2073.
- [5] Yousefi L, Iravani B, Ramahi O M. Enhanced bandwidth artificial magnetic ground plane for low-profile antennas [J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2007, 10(6):289-292.
- [6] Liang J, Yang H Y. Radiation characteristics of a microstrip patch over an electromagnetic bandgap surface[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2007, 8(6):1691-1697.

The design of a fractal patch antenna based on DGS

SU Xue-juan¹, WU Xian-Liang^{1,2}, LI Yun-zhi¹

(1. Key Lab. of Intelligent Computing and Signal Processing, Anhui University, Hefei 230039, China;

2. School of Electronic Science and Technology, Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: The fractal antenna having the novel dual-band defected ground structure in the ground has been demonstrated. Between 5 GHz and 20 GHz, the resonant frequency had reduced to two after introducing DGS. The effectiveness of the DGS structure was discussed for the suppression of the higher order modes of the antenna. We could receive two resonant frequencies by the new structure, and the radiation patterns at the harmonic frequencies could be drastically improved 2 dB compared with the normal fractal antenna without the DGS structure.

Key words: DGS structure; dual-band; patch antenna

责任编辑:朱夜明,于 敏

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>