

平面螺旋天线的设计与实现

陈小娟 袁乃昌

(国防科技大学微波中心,湖南 长沙 410073)

摘要 平面阿基米德螺旋天线具有极宽的工作频带,但匹配平衡电路的宽频带实现则较难,尤其是在加反射腔以使其单向辐射时。在倍频程范围内,仿真并实际制作出了单向辐射的平面螺旋天线,给出了设计参数值,仿真结果及实测结果。

关键词 阿基米德螺旋天线, 巴仑, 反射腔

1 引言

阿基米德螺旋天线^[1]是一种宽频带天线,因其结构紧凑,尺寸小,重量轻而得以广泛应用。图 1 所示为一两臂阿基米德螺旋天线,如果两臂等幅反相馈电,可在宽频带内获得双向的圆极化辐射,并且在很宽的频带内天线的输入阻抗不变,在天线平面的上方为右旋圆极化,下方为左旋圆极化,在天线背部加一反射腔则可得一单向圆极化辐射的天线。

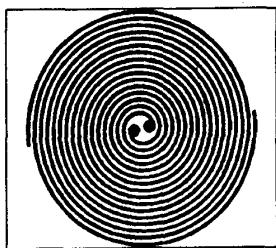


图 1 两臂阿基米德平面螺旋天线

该天线近些年在电子战领域得到广泛的应用^{[2][3]},主要原因是其宽频带特性正好满足雷达对抗的需求。本文巧妙地利用反射腔作为四分之波长巴仑,并调节内同轴的介质的长短以获得宽频带内的平衡及匹配,效果良好,已批量生产并装配至某型号导引头。

2 工作原理

阿基米德螺旋天线的半径随角度的变化均匀的增加:

$$r = r_0 + a\phi \quad (1)$$

式中 r_0 是起始半径, a 是螺旋增长率, ϕ 是角度(弧度)。但是不可能象非频变天线要求的那样按式(1)万方数据

使其结构缩比到无限小。因此对高端频率有所限制。但是,若用一根平衡馈线从平面螺旋中心馈电,那么馈电点附近,由大小相等方向相反的电流产生的辐射场在远区互相抵消,在螺旋的周长接近一个波长时有最大辐射。由文献[4]知周长为 λ 的圆环上的行波电流将辐射圆极化波,因此,在周长为一个波长附近的区域,形成平面螺旋的主要辐射区。当频率变化时,主要辐射区随之变动,方向图基本不变。因此,天线具有宽频带工作特性。对应最低频率天线要有 $1.25\lambda_{\min}$, 对最高频率,由馈电点间隔尺寸决定,其间隔必须小于 $\lambda_{\min}/4$ 。

为了避免电流在螺旋最外层的边沿上反射,通常在最外层螺旋线的末端端接吸收电阻或吸收材料。这样螺旋线上是行波电流,它产生的是圆极化波。如果存在从末端反射回馈电点的电流,它辐射的是反相圆极化波。平衡馈电的巴仑可放在反射腔内,这样可避免了方向图倾斜并可以用同轴线馈电。

3 设计与实现

工作中选择自互补天线,即天线臂宽与间隔相等。对于自互补结构的天线,由巴俾涅原理知其输入阻抗为 $60\pi\Omega$,如衬底介电常数为 ϵ_r ,则输入阻抗为 $60\pi/\sqrt{(\epsilon_r+1)/2}$ 。文中取 $\epsilon_r=4.6$,基片厚度 $h=1\text{mm}$,这样天线的输入阻抗 $Z_0=112.6\Omega$ 。天线直径 $D=35\text{mm}$,馈电点间距 $d=4\text{mm}$, a 取 0.19。天线尽量绕密以增加有效辐射的圈数,提高增益,并且天线方向图不至于抖动厉害,本文中天线绕 13 圈,线宽和间距都为 0.3mm。

由于需要获得单向辐射,所以需要用一反射腔,考虑到增益问题,本文腔体内部不填充吸波材料。本文中取腔长为中心频率点波长的四分之一,馈电

为同轴馈电，采用内导体直径 1mm，外导体内径 4mm 的同轴。上端为空气介质，其特性阻抗为 83Ω ；下端填充介电常数为 2.2 的聚四氟乙烯，其特性阻抗为 50Ω 。这样通过调节聚四氟乙烯填充的长度即可完成对天线的匹配。馈电匹配装置位于反射腔的轴线上，这样同轴线的外导体的外壁与反射腔的内壁则又构成一扼流式平衡器，可以有效地对天线起到平衡作用。

设计初期，作者使用 HFSS 进行了仿真，图 2 为仿真结果：

由图 2 可以看出，在 2.5~7.5GHz 频率范围内驻波比小于 2，方向图形状较好，增益为 3dB；图 3 为实际测试结果，在 4GHz~6GHz 范围内驻波小于 1.5，方向图对称性较好。实测结果与仿真结果相吻合。

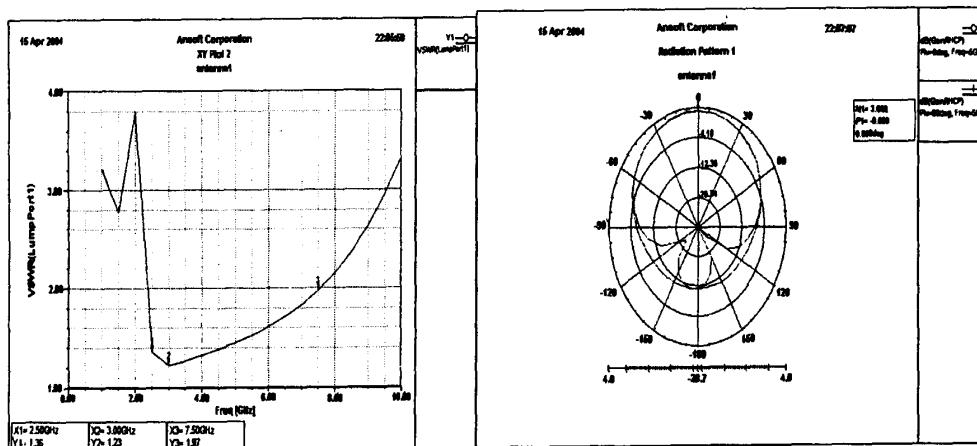


图 2 HFSS 仿真结果(左:驻波曲线 右:方向图曲线)

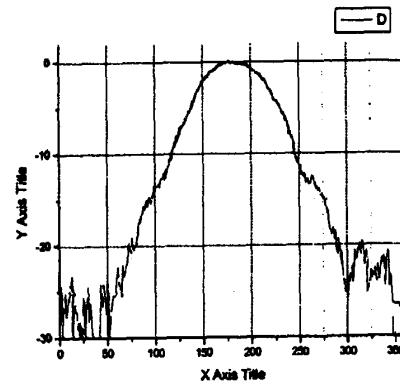


图 3 实测结果(左:驻波曲线 右:方向图曲线)

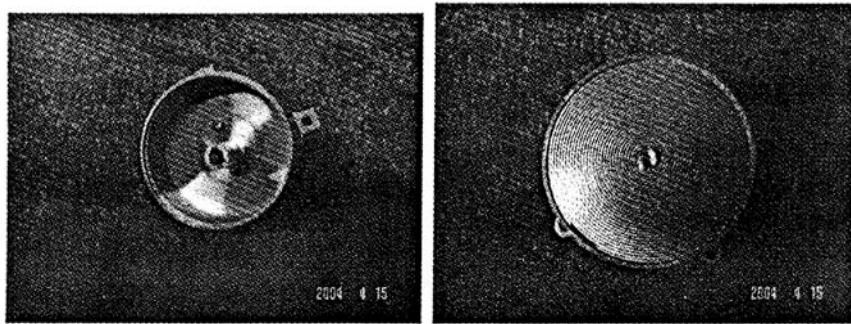


图 4 成品照片(左:馈线及反射腔;右:装配后的天线)

5 结论

本文讨论了高阻接地面的特性,这种特性一方面减少了天线与它的背景材料的相互作用,使得天线辐射方向图的前后比大大增加,表面波受到抑制,且具有比普通接地面小得多的尺寸。另一方面,它可以用来解决平面天线的问题,这是因为辐射单元可以和接地板放置在同一个平面内。本文还给出了测量这种特性的方法,并利用这种特性研究了一种新型的基于高阻接地面的光子晶体GPS微带贴片天线,证明了高阻接地面光子晶体可以有效地展宽天线的带宽,改善天线的方向性。

参考文献

- [1] J D Joannopoulos, R D Meade, and J N Winn. Photonic crystals: molding the flow of light[M]. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1995.

(上接第268页)

4 结论

本文仿真并研制出了单向辐射的宽频带工作的阿基米德螺旋天线,如图4所示,该天线在4GHz—6GHz工作频带内驻波小于1.5,增益大于2dB,方向图对称性好,轴比小于2dB。并组成5元天线阵装配于某导弹导引头,能够有效地对爱国者雷达起到干扰或攻击作用,在电子战中得到了应用。

参考文献

- [1] Kaiser. The Archimedean Two-wire Spiral Antenna

- [2] K M Ho, C T Chan, and C M Soukoulis. Existence of a Photonic Gap in Periodic Dielectric Structure[J]. Physical Review Letters, 1990, 65: 3152~3155.
- [3] J Yonekura, M Ikeda, and T Baba. Analysis of finite 2-D photonic crystals of columns and light wave devices using the scattering matrix method[J]. Journal of Light wave Technology, 1999, 17: 1500~1508.
- [4] J B Pendry and A Mackinnon. Calculation of Photon Dispersion-Relation [J]. Physical Review Letters 1992, 69: 2772~2775.
- [5] A Mekis, J C Chen, I Kurland, S H Fan, et al.. High transmission through sharp bends in photonic crystal waveguides[J]. Physical Review Letters, 1996, 77: 3787~3790.
- [6] A Taflove. Computational electrodynamics: the finite difference time domain method[M]. Boston: Artech House, 1995.

[J]. IRE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION May 1960.

- [2] Takashi Iwasaki. A Unidirectional Semi-circle Spiral Antenna for Subsurface Radars[J]. IEEE TRANSACTIONS ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY, 1994, 36(1).
 - [3] 滕秀文. 电子战用平面螺旋天线[J]. 电子对抗, 1990年第3期.
 - [4] 刘克成, 宋学诚. 天线原理[J]. 国防科技大学出版社 1989年5月.
- 陈小娟 女,(1977—), 国防科技大学电子科学与工程学院硕士研究生。

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>