

· 天馈同系统 ·

中图分类号: TN821.1; TN822.8

文献标识码:A

文章编号: 1004-7859(2009)01-0066-03

超宽频带圆极化微带天线阵列的设计

李 中¹, 王光明², 高向军²

(1. 防空兵指挥学院, 郑州 450052)

(2. 空军工程大学导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要: 提出了一种多层结构的宽带圆极化辐射单元, 该单元采用上下 2 个贴片切角和空气层的层叠结构, 实现了天线的宽带圆极化和宽带匹配特性。在此基础上, 利用圆极化天线阵的宽带馈电技术, 设计了一种超宽频带四元组合圆极化微带天线阵。经过仿真计算, 天线工作于 C 波段时, 阻抗带宽和 3 dB 轴比带宽分别达到了 41% (VSWR < 2) 和 34%, 其带宽对一般的圆极化微带天线有大幅度的增加。该超宽频带的圆极化天线在通信、雷达等领域的应用前景相当广阔。

关键词: 微带天线; 圆极化; 超宽频带

Design of the Ultra-broad Band Circular Polarization Microstrip Antenna Array

LI Zhong¹, WANG Guang-ming², GAO Xiang-jun²

(1. Air Defence Forces Command College, Zhengzhou 450052, China)

(2. Missile Institute of Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, China)

Abstract: One kind of multilayer broadband circular polarized radiation element is suggested in this paper, which adopts a layered structure with two patches of truncated corners with air in-between. Thus the wide-band circular polarization and wide-band match is realized. Based on these, using the broadband feeding technique, an ultra-broad band circular polarization microstrip antenna composed of four elements is designed. Through simulation, the antenna would have 41% (VSWR < 2) impedance bandwidth and 34% 3 dB axial ratio bandwidth respectively, which is increased largely in comparison with the conventional circular polarization microstrip antenna. Such ultra-broad band circular polarization microstrip antenna can be used widely in communication, radar fields.

Key words: microstrip antenna; circular polarization; ultra-broad band

0 引言

圆极化天线具有一些显著的优点: 任意线极化的来波都可以由圆极化天线收到, 圆极化天线辐射的圆极化波也可以由任意极化的天线收到; 圆极化天线具有旋向正交性, 圆极化波入射到对称目标反射波变为反旋向等。正是由于这些特点使圆极化天线具有较强的抗干扰能力, 已经被广泛地应用于电子侦察和干扰, 通信和雷达的极化分集工作和电子对抗等领域^[1]。

微带天线具有体积小、剖面薄、重量轻、易共形等独特的优点。然而, 微带天线是谐振式天线, 其 Q 值高、频带窄, 普通的微带天线其相对带宽通常只有 1% ~ 6%。展宽频带已经成为圆极化天线设计中需要解决的关键问题^[2]。至今为止, 多数文献只着眼于扩展天线的阻抗带宽, 没有涉及到天线的圆极化性能。本文提出了一种

双层结构的宽带圆极化切角方形贴片单元。

1 圆极化单元的设计

该圆极化辐射单元, 采用 3 层介质基板, 上下 2 辐射元均采用方形倒角贴片, 通过调整中间的空气层厚度、上下 2 层贴片的相对尺寸以及倒角大小可以获得较好的阻抗匹配特性和圆极化特性, 其结构如图 1 所示。上下 2 层贴片同心层叠放置, 均为正方形切角。下层贴片(贴片 1)作为激励单元, 其圆极化特性工作在高频端, 上层贴片作为寄生单元(贴片 2), 谐振在低频段, 当两者谐振频率适当接近时, 便形成圆极化频带适当展宽的双峰特性结构。

在微带圆极化天线的设计中, 介电常数较小的材料可以实现宽带宽角圆极化辐射, 但是当前的介电材料的介电常数多在 2 以上, 为此采用了这样的多层基板技术来改善。顶层和底层材料均采用硬度较高的聚

通信作者: 李中

收稿日期: 2008-07-20

修订日期: 2008-10-16

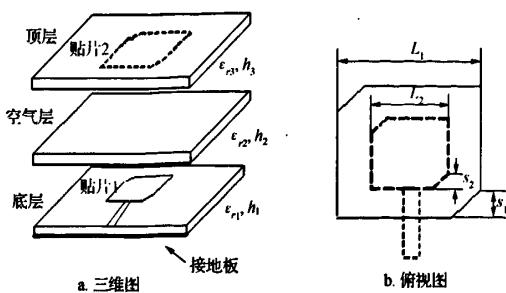


图 1 圆极化单元结构图

酰亚胺板 ($\epsilon_{r1} = \epsilon_{r3} = 4.1$), 厚度分别为 $h_1 = 1$ mm, $h_3 = 1.5$ mm, 并且将寄生单元贴片 2 放在顶层介质下表面, 可以利用顶层介质作为天线罩来保护天线。对于层叠结构, 其介质的等效相对介电常数为^[3]

$$\epsilon_{re} = \frac{\sum_{i=1}^3 h_i}{\sum_{i=1}^3 h_i / \epsilon_{ri}} \quad (1)$$

根据文献[4]给出的经验设计, 初步选定空气层高度 $h_2 = 3.5$ mm, 约为中心频率点上 0.06 倍自由空间波长。利用商业软件 HFSS 优化设计上下 2 个贴片的尺寸, 其尺寸参数为: $L_1 = 14.8$ mm, $L_2 = 13.3$ mm, $s_1 = 1.4$ mm, $s_2 = 4.6$ mm。微带主馈线的特性阻抗 50 Ω, 采用支节匹配的方法仿真得到天线的阻抗匹配特性和圆极化特性如图 2 所示。从结果可以看出这种结构的圆极化天线由于采用多层结构拓展了阻抗匹配带宽, 同时也获得了较好的轴比特性。

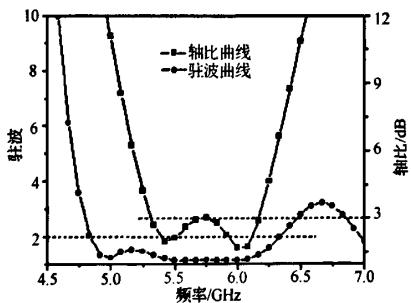


图 2 天线驻波曲线和轴比曲线图

2 四元组合阵列的设计

为了增加天线的辐射性能, 进一步扩展天线的圆极化宽带特性, 在单元设计好的基础上, 采用连续旋转的馈电结构对 4 个单元等幅馈电, 各辐射单元相位相差 90°, 结构如图 3 所示。

我们知道, 双馈点方式是获得圆极化辐射的最直接方法, 这种方法是采用 2 个馈点来激励 2 个极化正交的简并模, 并由馈电网络保证两模的振幅相等, 相

位差为 90°, 这样就满足了圆极化条件。图 3 中的圆极化阵列的原理与多馈点单片实现圆极化是基本相似的, 不同的是将每一馈点都分别对一个辐射单元馈电, 从而使各个辐射元在边射方向形成的辐射场极化正交。在馈电网络的设计上, 第 1 级 T 形功分器采用 100 Ω 的输出传输线, 通过 50 Ω 的四分之一波长阻抗变换与第 2 级功分器相连, 如图 3 所示。整个馈电结构只采用了 50 Ω 和 100 Ω 2 种宽度的主线, 其结构简单, 易于制作。不过在馈线的设计中要注意的是单元的圆极化旋向要与馈电网络的旋向保持一致, 这样才能保证对圆极化特性的频带展宽^[5]。

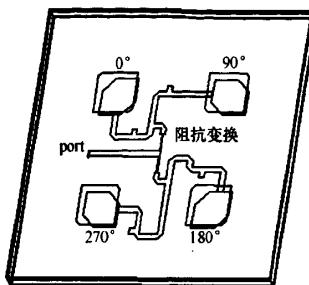


图 3 四元阵列结构图

在天线布阵时, 阵列单元的间距要兼顾频带的高端和低端, 较小的间距会使相邻阵元的有效口径重叠, 从而减小增益, 增加副瓣; 较大间距并不能增加总的口径或增益, 反倒会引起栅瓣。本文采用了阵列单元所占实际面积等于单元在中心频点 $f_0 = 5.6$ GHz 上的有效辐射面积进行间距估算。天线的有效辐射面积为

$$A_e = \frac{D\lambda_0^2}{4\pi} \quad (2)$$

利用单元仿真的方向系数 $D = 8.3$ dB, 可以得到单元间距的初值, 然后根据天线阵列的技术指标对单元间距进行简单的调整, 从而确定最终阵元之间间距为 $ds \approx 42$ mm, 大小约为 0.78 个自由空间波长。

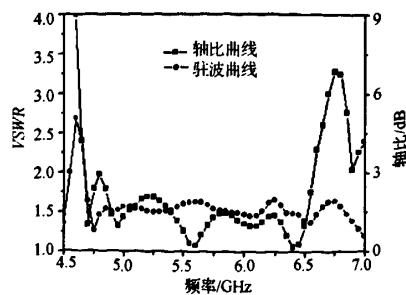


图 4 天线阵驻波曲线和轴比曲线图

对圆极化阵进行了仿真计算,驻波比和轴比的结果如图4所示。从图中可以看出,阵列天线的阻抗带宽保持了单元的宽带特性,阻抗带宽($VSWR < 2$)超过了41%;圆极化带宽得到大幅度的拓展,3 dB轴比带宽达到了34%。这样的结果验证了这种结构的有效性和可行性。

3 结束语

本文通过旋转等幅馈电的方法,提出了一种超宽频带微带圆极化天线阵,与基本的单点馈电或单层多馈点馈电方式相比较,圆极化轴比特性具有很大程度的改善。在微带圆极化天线阵的设计中,这种馈电方式简单、天线性能优良,具有超宽频带的阻抗特性和圆极化特性,满足许多工程应用需要,在通信、雷达等领域中的应用前景相当广阔。

参 考 文 献

- [1] 张 钧,刘克诚,张贤铎,等. 微带天线理论与工程 [M]. 北京:国防工业出版社,1988.
Zhang Jun, Liu Kecheng, Zhang Xianduo, et al. Microstrip antenna theory and engineering [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1988.

- [2] 林昌禄,聂在平. 天线工程手册 [M]. 北京:电子工业出版社,2002.
LIN Changlu, Nie Zaiping. Antenna engineering manual [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002.
- [3] Waterhouse R B. Stacked patches using high and low dielectric constant material combinations [J]. IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 1999, 47(12):1767 - 1771.
- [4] Kwok L C, Ananda S M. A systematic design method to obtain broadband characteristics for singly-fed electromagnetically coupled patch antennas for circular polarization [J]. IEEE Trans. AP, 2003 ,51(12):3239 - 3247.
- [5] Jeun W W, Jui H L. 2 × 2 circularly polarized patch antenna arrays with broadband operation [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2003(5) :360 - 363.

李 中 男,1980 年生,博士研究生。研究方向为电磁散射与辐射以及超宽带技术。

王光明 男,1964 年生,教授,博士生导师。研究方向为电磁散射与辐射以及天线技术、微波系统等。

(上接第 65 页)

于成熟。但无论采用何种技术实现怎样的系统,获取的信息量始终对识别能力的大小起着决定性的作用。本文提出了一种基于知识的雷达目标识别模型,将相关信息源和领域专家提供的信息转化为目标类别的先验概率,并对传统目标识别的输出结果进行修正和确认。这实际上是应用人工智能的方法,将知识引入到雷达目标识别中的初步探讨。如何利用目标与环境间相互依赖关系的知识,解决实际中复杂的雷达目标识别问题,如 SAR 图像解译,提高识别结果的可靠性和处理效率,并在评估识别结果的基础上实现知识的自动学习和获取,从而构建一个自治的闭环目标识别系统,这些都需要在下一步进行更深入的研究。

参 考 文 献

- [1] Haykin S. Cognitive radar: A way of the future [J]. IEEE Signal Processing Mag, 2006,23(1):30 - 40.
- [2] Capraro G, Farina A, Griffiths H, et al. Knowledge-based radar signal and data processing: A tutorial overview [J]. IEEE Signal Processing Mag, 2006,23(1):18 - 29.
- [3] Blacknell D. Contextual information in SAR target detection

[J]. IEE Proceedings: Radar, Sonar and Navigation, 2001,148(1):41 - 47.

- [4] 王永庆. 人工智能原理与方法 [M]. 西安:西安交通大学出版社,1998.
Wang Yongqing. The principle and methodology of artificial intelligence [M]. Xi'an: "Xi'an Jiaotong University Press, 1998.
- [5] Guo W W, Du X Y, Hu W D, et al. Feature separability analysis for SAR ATR using data description method [C] // Proceedings of SPIE in: Second International Conference on Space Information Technology [S. l.] :SPIE, 2007.
- [6] 孙即祥. 现代模式识别 [M]. 长沙:国防科学技术大学出版社,2002.
Sun Jixiang. Modern pattern recognition [M]. Changsha: National University of Defense Technology Press, 2002.

陶 勇 男,1981 年生,博士研究生。研究方向为数据融合与目标识别。

胡卫东 男,1967 年生,博士,教授,博士生导师。研究方向为雷达信息处理、数据融合与目标识别。

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>