

文章编号:1007-2861(2002)03-0189-04

表面开槽的有机磁性圆极化微带天线

薛睿峰, 钟顺时

(上海大学 通信与信息工程学院, 上海 200072)

摘要:提出一种新式单点馈电的小型圆极化微带贴片天线。首次采用有机高分子磁性材料实现圆极化微带天线,并在贴片表面开槽。这两项措施使天线尺寸缩减约78%,圆极化带宽为1.3%,尤其是有机磁性基片的应用使天线驻波比带宽(10 dB Return Loss)达10.1%(155 MHz),同时具有易调谐、制造公差要求低的特点。文中给出数值分析与实测结果,证实了理论设计方法的有效性。

关键词:微带天线;小型化;圆极化

中图分类号:TN 820 文献标识码:A

Slotted Circularly Polarized Microstrip Antenna Using Organic Magnetic Substrate

XUE Rui-feng, ZHONG Shun-shi

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: A novel miniaturized single-feed microstrip antenna for circular polarization is proposed, which for the first time uses organic magnetic substrate and inserts a group of four slots on the circular patch. The design leads to a size reduction of about 78% compared with conventional types, and a CP bandwidth of 1.3%, with the properties of easy tuning and relaxed fabrication tolerances. Moreover, the application of organic magnetic substrate results in SWR bandwidth (10 dB return loss) of 10.1% or 155 MHz. Numerical and experimental results are presented to show the validity of the theoretical design method.

Key words: microstrip antenna; miniaturization; circular polarization (CP)

圆极化天线广泛应用于通信、雷达、定位和电子对抗等系统中,而微电子技术与大规模集成电路的迅猛发展,迫切需要实现其尺寸的小型化,以使天线与设备大小协调。微带天线作为一维小型化天线,因其轮廓低、可共形、易集成等突出优点在近年来天线开发应用中倍受青睐。伴随无线通信需求的日益发展,小型化高性能圆极化微带天线的研制日益成为

国内外研究热点

有关微带天线实现圆极化工作已有多种方法^[1],近年来在其小型化方面出现一些新的进展。文献[2]在方形贴片正交方向开长度不等的两对槽,沿贴片对角线馈电激励圆极化辐射,其缺点是圆极化的实现依赖于两对槽长度的细微差异,对制造公差要求苛刻。文献[3]在常规圆极化贴片表面引入十字

* 收稿日期:2001-12-06 修订日期:2002-03-12 基金项目:国家自然科学基金(60071020)资助项目、上海市博士点建设基金资助项目
作者简介:薛睿峰(1977~),男,山西运城人,硕士生,主要从事微带天线的研究。

型槽以使天线小型化,但当尺寸减小20%以上时,由于贴片中心开槽、馈点接近中心而无法用探针馈电。文献[4,5]改进了上述天线,随贴片表面开槽长度的增加,实现圆极化所需的切角(peripheral cuts)大幅增加,公差要求降低;贴片中心未开槽,馈点由中心到边缘可使输入阻抗从低到高获得良好匹配。但所带来的突出问题是,切角的显著加大对天线谐振频率影响很大,频率调谐困难。

本文首次采用有机高分子磁性材料实现圆极化微带天线,并在贴片表面开槽,这两项措施使天线在保持相当性能的前提下尺寸缩减约78%,同时具有易调谐、制造公差要求低的特点。

1 新型有机磁性材料特性

具有实用价值的有机高分子磁性材料属我国首创^[6]。它在宽温范围内(-271.5~120℃)电和磁性能十分稳定,重量轻,无需高温烧结,易热压成型,具有良好的抗辐射和抗自然老化性能,适于制作100~3 000 MHz频段的电子器件,符合现代电子器件朝轻量化、小型化和平面化,即轻、小、薄发展的方向。有机磁性材料的主要磁参数如图1所示。

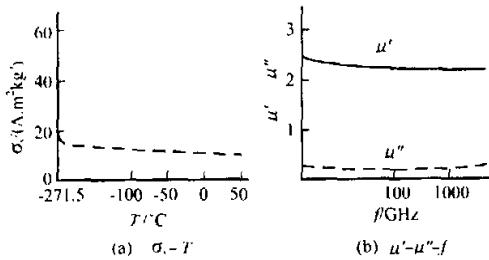


图1 有机磁性材料的特性 (a) μ - f (b) ϵ - T

Fig. 1 Properties of the organic magnetic material

通常,铁氧体的磁化强度随温度变化,其关系曲线呈向下抛物线型,而有机磁性材料的磁化强度基本不随温度变化,由其制成的电子器件在设计上无需进行电容或温度补偿。一般软磁铁氧体的导磁率 μ 和磁损耗 μ'' 随频率 f 成波浪形变化,而有机磁性材料的 $\mu-\mu''-f$ 关系基本上为水平直线,受使用频率影响甚小。

2 天线设计与数值结果

在贴片表面开槽或细缝时,切断了原先的表面电流路径,使电流绕槽边曲折流过而路径变长,贴片

等效尺寸相对增加,谐振频率降低,可使天线小型化。选择适当的槽从而控制贴片表面电流以激励相位差90°的极化简并模,还可形成圆极化辐射。

天线结构如图2所示,(a)为圆形贴片,(b)为方形贴片。在贴片周边开四个长度相等的槽用于减小天线尺寸。由于开槽后,馈源所激励的贴片表面电流集中于贴片中心,所以在贴片中心引入尺寸很小的槽,并沿一定方向馈电,即可显著改变贴片的对称性,产生圆极化辐射所需的极化简并模,从而避免过大影响贴片面积导致谐振频率的大幅变动。这正是对文献[4,5]的改进之处。

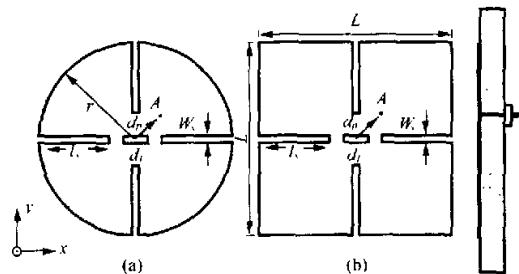


图2 表面开槽的圆极化微带贴片天线

Fig. 2 Geometry of proposed compact microstrip antennas with slots for CP radiation

从天线谐振频率关系式 $f_r \propto \frac{1}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r}}$ 可看出,谐

振频率与介质参数成反比,因此采用高介电常数或高磁导率的基片可降低谐振频率,从而减小天线尺寸。有机高分子磁性材料的 $\epsilon_r=8\sim9$, $\mu_r=4\sim5$,用它设计成的微带天线可显著减小尺寸。文中设计天线采用的有机磁性材料基片 $\epsilon_r, \mu_r=7$,厚度 $h=3$ mm。

矩量法(Method of Moment)由特定电磁问题导出积分方程,然后将积分方程转化为矩阵方程,利用矩阵的代数运算进行直接频域求解,适用于任意形状和非均匀性问题。采用ANSOFT Ensemble软件对设计的有机磁性圆形贴片天线进行基于矩量法的三维全波分析,结果见表1。其中,贴片半径 $r=17$ mm,槽宽均为 $W_s=1$ mm, l_s 为贴片周边槽的长度, d_t 为实现圆极化的中心槽的长度, d_p 为馈点 A 到圆心的距离。参考天线相对介电常数 $\epsilon_r=2.2$ 。

从数值结果可看出,随着槽长度 l_s 的增加,天线的谐振频率降低,对应天线尺寸减小,但带宽变窄。同时用于实现圆极化的中心槽长度 d_t 缩短,且

中心槽对天线的谐振频率影响很小,有利于天线的频率调谐。

表 1 圆形贴片天线的数值分析结果

Tab. 1 Numerical results of the circular patch antennas

序号	L_r/mm	d_r/mm	d_s/mm	f_r/GHz	BW(10 dB)
					return loss/%
Ref.	0	10	5.4	3.16	7.6
1	0	13	5.3	1.96	7.1
2	10	10	4.0	1.68	4.1
3	13	6.5	3.3	1.51	2.9

3 实验结果

按照以上设计与数值分析结果,制作表面开槽的有机磁性圆形贴片天线一副。测试中,通过适当微调中心槽的宽度且合理选取馈点,以使天线准确谐振于 $f_r=1.54 \text{ GHz}$,并保证右旋圆极化的实现。实测结果如图 3~5 所示。

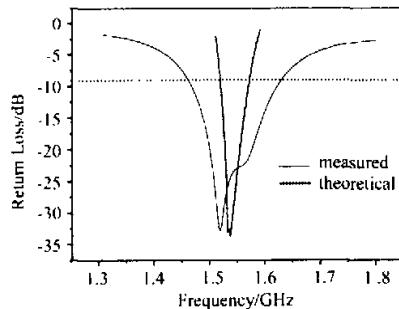


图 3 圆形贴片天线的回程损耗

Fig. 3 Return loss of the circular patch antenna

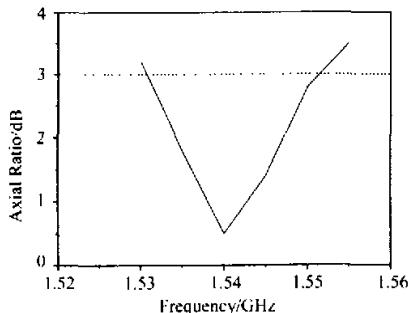


图 4 圆形贴片天线的实测轴比

Fig. 4 Measured axial ratio of the proposed antenna

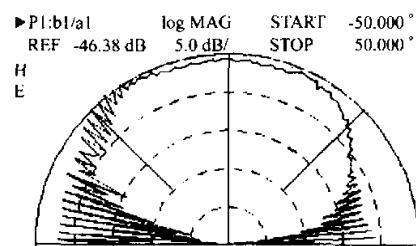


图 5 圆形贴片天线的实测正面方向图($f=1.54 \text{ GHz}$)

Fig. 5 Measured radiation pattern of the proposed antenna

实测表明该天线的阻抗带宽(Return Loss < 10 dB)为 10.1% (达 155 MHz),大大高于常规高介电常数基片的微带天线,圆极化带宽(Axial Ratio < 3 dB)约为 1.3%。与参考天线($\epsilon_r=2.2$)相比,天线谐振频率降低 51.3%,对应尺寸减小约 78%。

进一步分析可得以下结论:(1) 随槽的长度增加,天线谐振频率降低,对应天线尺寸减小,但天线尺寸的过分缩减会引起性能的急剧劣化,其中带宽与增益尤为明显。因此开槽需在小型化与性能之间折衷考虑。对圆形贴片,当槽的长度与半径之比约为 0.6 时效果较好,其它形状天线可类比。(2) 常规材料的开槽天线圆极化带宽一般不足 1%,导致谐振频率和圆极化性能的调谐困难,制造公差要求高。而文中设计天线的阻抗带宽、圆极化带宽有所展宽,避免了上述缺点。(3) 该天线馈点距贴片中心较远,阻抗的调谐不会受制于中心槽,馈点由贴片边缘至中心移动,对应输入电阻降低(近似 \cos^2 函数关系),电抗基本不变,谐振频率略有浮动(<1.2%)^[7]。(4) 用于实现圆极化的中心槽对天线频率影响甚小,天线的频率及极化性能的调谐简便,降低了制造公差要求。

另外可看出,对馈点位置和天线带宽的数值分析结果(表 1)与实测有较大偏差(图 3),带宽的差异可能由于对材料特性还不甚清楚,不能给出准确的基片参数。因此要根据实测合理选择馈点,并对中心槽进行微调,如何提高天线增益尚在进一步探讨中。

4 结 论

适应无线通信应用对小型化微带天线的迫切需求,各种功能类型的微带天线小型化研究成为当今国际学术前沿。在贴片表面开槽,能使天线小型化并实现圆极化工作,但随之而来的带宽和增益的降低

限制了其实际应用,而有机高分子磁性材料制成的天线具有频带宽的优点。有鉴于此,本文所提方案旨在结合二者长处,综合采用有机磁性材料基片和表面开槽两种措施,并对以往文献中开槽方式进行改进,使天线尺寸缩减 78%,圆极化带宽为 1.3%,尤其是有机磁性基片的应用使天线驻波比带宽(10 dB Return Loss)达 10.1%(155 MHz),实现了小型化的高性能圆极化微带天线。这种天线具有易于调谐、结构简单、成本低廉、加工方便的优点。

参考文献:

- [1] 钟顺时. 微带天线理论与应用 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1991. 127—152.
- [2] Wong K L, Wu R Y. Single-feed small circularly polarized square microstrip antenna [J]. Electron Lett, 1997, 33(22): 1833—1834.
- [3] Chen W S. Small circularly polarized microstrip antennas [C]. IEEE AP-S Int Symp Dig, 1999. 256—259.
- [4] Chen W S, Wu C K, Wong K L. Novel compact circularly polarized square microstrip antenna [J]. IEEE Trans Antennas Propagat, 2001, 49: 340—341.
- [5] Chen H D, Chen W S. Probe-fed compact circular microstrip antenna for circular polarization [J]. Microwave Opt Technol Lett, 2001, 29(1): 52—54.
- [6] 林展如, 等. 新型有机高分子磁性材料及其在微波领域的应用 [J]. 微波学报, 1999, 15: 329—333.
- [7] Basilio L I, et al. The dependence of the input impedance on feed position of probe and microstrip line-fed patch antennas [J]. IEEE Trans Antennas Propagat, 2001, 49: 45—47.

2001 年我校获奖科研项目简介

为表彰对发展我国科学技术事业、促进本市经济发展和社会进步作出贡献的科学技术人员,3月18日,市委、市府隆重召开的“上海市科学技术奖励大会”,表彰2001年度上海市科技功臣和上海市科技进步奖的获得者。我校计算机学院李三立院士主持研制的上海重大科技攻关项目“自强2000集群式高性能计算机系统”,以其峰值速度达4500亿次/秒,首创采用Web技术与数据库结合构成框架,在远距离登陆、查询和管理系统中体现了柔性计算机环境的优势,性能价格比高等,荣获上海市科技进步一等奖。

同时,我校理学院刘曾荣负责的“复杂系统的动力学行为分析及其应用”;机自学院李明负责“计算机辅助零件精密测量与生产过程精度控制”;科创公司张天龙负责的“GC900A型气相色谱仪”3项成果获得科技进步二等奖。

机自学院冉峰负责的“多媒体数字存贮型显示系统时、空存贮映射优化方法”;环化学院张人韬负责的“瓷光壁涂料”;材料学院万晓景负责的“长程有序金属间化合物的环境脆化”;胡昂负责的“通信用微波介质谐振器陶瓷的系列开发和研究”;机自学院谈士力负责的“GM系列焊接机器人单元”;机器人研究所俞涛负责的(第二完成单位)“上海德尔福汽车空调系统有限公司CIMS应用示范工程(SDAAC-CIMS)”等6项成果获得上海市科技进步三等奖,显示了我校科技创新能力的提高。

同年,我校教务处叶志明教授的《高校教育管理的可视化研究与实施方法》获上海市第七届教育科学优秀成果二等奖。

国际工商与经济管理学院于英川教授的《外国企业在上海经济发展中的地位与作用问题研究》获第四届上海市决策咨询研究成果三等奖。

(科研处)

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>