

文章编号: 1001 - 893X(2010)08 - 0143 - 04

新型宽频带圆极化天线*

温 刚

(中国西南电子技术研究所, 成都 610036)

摘要:设计了一种用于移动载体平台的新型天线, 天线为圆极化、宽带、宽角覆盖且可嵌入载体平台安装。在微带天线的基础上, 通过将高介电常数、空气介质层、频率选择表面(FSS)技术结合使用, 实现了可嵌入式电小宽频带圆极化微带天线: 对应波长仅为 0.38λ (长) $\times 0.38\lambda$ (宽) $\times 0.09\lambda$ (高); 相对带宽为 14%; 圆极化增益能在 120° 范围内大于 -1 dB。目前, 该天线已应用于实际工程中, 并取得了良好效果。

关键词:宽频带圆极化天线; 可嵌入式天线; 频率选择表面; 平衡电流; 宽角覆盖

中图分类号: TN821 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001-893x.2010.08.030

A Novel Broadband Circularly Polarized Antenna

WEN Gang

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: This paper presents a novel antenna for mobile platform application. The circularly polarized antenna is featured by broad bandwidth and wide-angle coverage, and can be embedded in carrier platform installation. Based on microstrip antenna, through combination of the high dielectric constant, air dielectric layer and FSS (Frequency Selective Surface) technology, the electrically small broadband circularly polarized microstrip antenna is realized. The corresponding wavelength is 0.38λ (length) $\times 0.38\lambda$ (width) $\times 0.09\lambda$ (height), relative bandwidth is 14%, and circular polarization gain is larger than -1 dB within 120° degrees. The antenna has been used in practical projects and it performs well.

Key words: broadband circularly polarized antenna; embedded antenna; frequency selective surface (FSS); balance current; wide-angle coverage

1 引言

由于传统微带天线的带宽仅为 5% 左右, 工作带宽较窄, 频带不够宽。普通的微带天线功率容量低, 覆盖区域不够广, 无法多个系统共用一个天线。线极化微带天线在接收圆极化信号时, 引起接收电平损失, 如果嵌入平台内部, 电性能指标将受周围金属腔的影响而恶化。国内在可嵌入式天线技术上刚刚起步, 仅处于仿真研究阶段。目前, 国内设计的圆极化天线虽然能够满足宽角覆盖的需求, 但由于天

线高度较高(工作频率的 $1/5$ 波长), 围绕天线四周的金属腔体会使电性能指标恶化, 电流过大时, 局部易被击穿, 且不能作为嵌入式天线使用。传统的十字阵振子天线尺寸较大(工作频率的 $1/2$ 波长), 嵌入平台时需要较大空间, 与未来电子设备小型化的趋势不相符^[1]。

目前, 既能满足宽角覆盖且电尺寸较小的天线国内尚无进展性研究, 因此需要研究对载体气动性能影响较小(可嵌入式)且增益方向性图特性(宽角覆盖)满足系统链路电平需要的天线。

* 收稿日期: 2010 - 04 - 13; 修回日期: 2010 - 06 - 23

2 设计思想

在此选择圆极化微带贴片天线作为设计基础,通过引入高介电常数的印制板、空气介质层、频率选择表面(FSS)技术来实现小型化、宽频带、宽角覆盖的需求;引入平衡电流电缆来提高波束的对称性;将天线辐射面放置在整個天线的最上端来满足可嵌入式的需求。天线结构如图1所示。

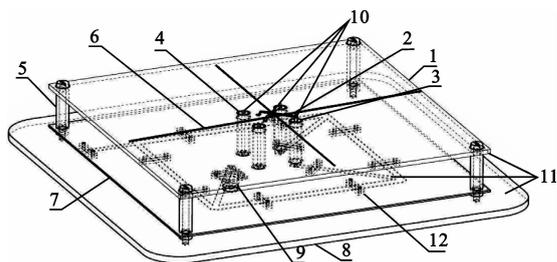


图1 天线结构示意图
Fig.1 Schematic diagram of the antenna

2.1 小型化、宽频带设计

(1)采用高介电常数的基片以减小天线尺寸
微带单元的长度 L 由下式确定:

$$L \approx 0.49\lambda_0 / \sqrt{\epsilon_r} \quad (1)$$

式中, λ_0 为自由空间波长, ϵ_r 为敷铜板基片的有效介电常数。可以看出当基片的 ϵ_r 升高时,单元的长度 L 会缩小,故在此使用 $\epsilon_r > 10$ 的基片以缩小天线尺寸。

(2)在基片与地板之间引入空气层以展宽频带
微带天线中,对小于2的电压驻波比(VSWR)带宽,可以用下式近似表示:

$$B_w = 4f^2 \left(\frac{h/25.4}{1/32} \right) \quad (2)$$

式中, f 为频率(GHz); h 为介质基片厚度(mm); B_w 为带宽(MHz)。根据上式,采用空气微带的方式,将印制板与上底板保持一定的空间距离,相当于增加了 h ,故可以展宽频带^[2]。

(3)采用 FSS 结构以进一步缩小尺寸

频率选择表面(FSS)是一种反射和/或传输特性表现为频率的不同函数的表面。在金属表面引入缝隙(见图2)后,起到了频率选择的作用,电路模型等效为中心电抗加载(见图3)^[3],加载扮演着降低谐振频率 f_r 、缩小单元物理尺寸的重要角色^[4]。

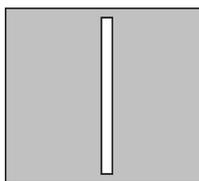


图2 缝隙单元
Fig.2 Slot unit

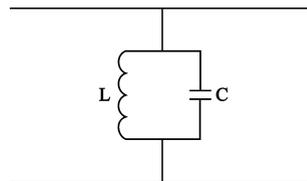


图3 等效电路
Fig.3 Equivalent circuit

缝隙也起到了带通滤波器的作用,其频率响应见图4^[5],可通行等于缝隙谐振频率的波,但拒绝较高和较低频率的波。要实现正交极化或圆极化的频率选择特性,可以在印制板表面的铜箔上开出交叉缝隙(见图5)^[6]。

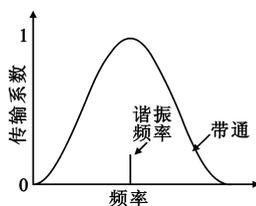


图4 频率响应
Fig.4 Frequency response

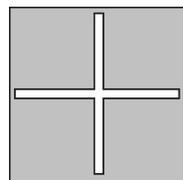


图5 交叉缝隙
Fig.5 Cross - slot

2.2 宽角覆盖设计

(1)采用高介电常数和 FSS 技术减小天线尺寸后使天线具有宽波束特性

微带天线主瓣的半功率角宽度可近似由下式计算:

$$2\theta_{0.5} = 2 \arccos \left[\frac{1}{2(1 + \frac{\beta\alpha}{2})} \right]^{1/2} \quad (3)$$

式中, $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$, α 为辐射单元宽度^[7]。

(2)采用平衡电流电缆使波束对称性更好的同时提高天线口径效率

引入平衡电流电缆后,印制板上的电流分布更均匀,即在物理口径边缘也能维持均匀场,从而保证天线在上半空间 120° 范围内波束对称。引入平衡电流电缆后,印制板上的电场分布更均匀,相当于增大了天线的有效口径 A_e ,从而提高了天线的口径效率 ϵ_{ap} ,有更好的宽角覆盖效果。天线口径效率 ϵ_{ap} 的定义由下式给出^[8]:

$$\epsilon_{ap} = \frac{A_e}{A_p} \quad (4)$$

式中, A_p 为物理口径。

2.3 可嵌入式设计

将天线辐射面放置在整個天线的最上端,是为

为了满足可嵌入的使用需求。将作为天线辐射面的敷铜箔基板放置在整个天线的最上端,和周围的金属腔体一体化设计考虑,此时金属腔体位于天线辐射面的下方,故天线电性能不会受影响。

3 测试结果

在上述理论基础上,设计了一副工作可嵌入式安装在平台内的新型天线。

由测出的天线驻波曲线图可知,天线在 14% 的相对带宽内, $VSWR \leq 1.5$, 其带宽优于传统的微带天线(3%)。图 6~9 给出了各类实测数据($F1 \sim F4$ 为频段内选取的 4 个频点)。

由图 6 可知,天线工作在 $F1$ 频点时,圆极化增益在 120° 范围内大于 -1 dB,且波束对称性良好。

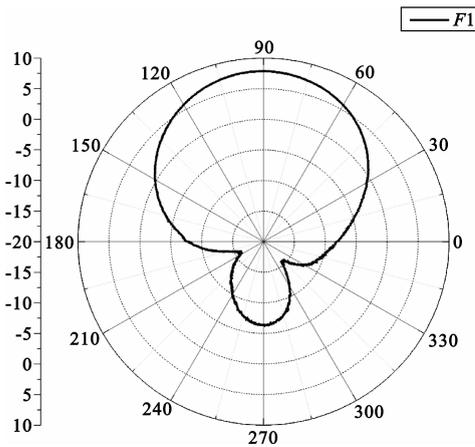


图 6 $F1$ 频点时天线俯仰面增益方向图
Fig.6 The antenna elevation gain pattern in $F1$ frequency side

由图 7 可知,天线工作在 $F2$ 频点时,圆极化增益在 120° 范围内大于 -1 dB,且波束对称性良好。

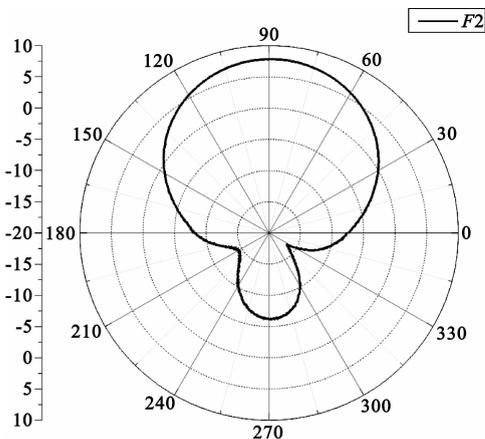


图 7 $F2$ 频点时天线俯仰面增益方向图
Fig.7 The antenna elevation gain pattern in $F2$ frequency side

由图 8 可知,天线工作在 $F3$ 频点时,圆极化增益在 120° 范围内大于 -1 dB,且波束对称性良好。

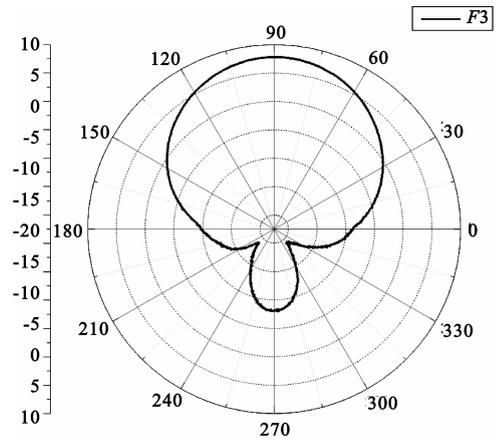


图 8 $F3$ 频点时天线俯仰面增益方向图
Fig.8 The antenna elevation gain pattern in $F3$ frequency side

由图 9 可知,天线工作在 $F4$ 频点时,圆极化增益在 120° 范围内大于 -1 dB,且波束对称性良好。

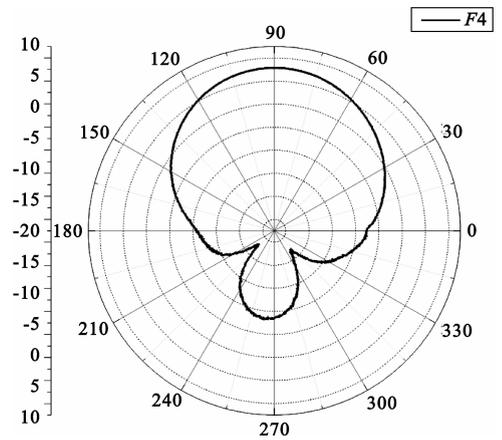


图 9 $F4$ 频点时天线俯仰面增益方向图
Fig.9 The antenna elevation gain pattern in $F4$ frequency side

通过对以上实测结果的观察,发现该天线在整个频段(相对带宽 14%)内, $VSWR \leq 1.5$, 圆极化增益在 120° 范围内大于 -1 dB,波束对称性良好。天线实物如图 10 所示。



图 10 天线实物照片
Fig.10 Antenna photo

4 结 论

本文设计的天线尺寸为 0.38λ (长) \times 0.38λ (宽) \times 0.09λ (高), 圆极化增益在 120° 范围内大于 -1 dB。下一步的工作是将该天线技术朝着进一步小型化的方向发展, 同时拓宽宽角覆盖的效果, 为未来小型化和移动载体天线设计提供技术基础。

参考文献:

- [1] 林昌禄. 天线工程手册[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
LIN Chang-lu. Antenna Engineering Handbook[M]. Beijing: Publishing House of Electronic Industry, 2002. (in Chinese)
- [2] 林昌禄. 近代天线设计[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1993.
LIN Chang-lu. Modern Antenna Design [M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 1993. (in Chinese)
- [3] Diblanc M, Rodes E, Arnaud E, et al. Circularly polarized metallic EBG antenna [J]. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 2005, 15(10): 638 - 640.
- [4] Lee Y J, Yeo J, Daeko K, et al. A novel design technique for control of defect frequencies of an EBG superstrate for dual band directivity enhancement [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2004, 42(1): 1 - 87.
- [5] 王元坤, 李玉权. 线天线的宽频带技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1995.
WANG Yuan-kun, LI Yu-quan. Wideband Antenna Technolo-

gy[M]. Xi'an: Xidian University Press, 1995. (in Chinese)

- [6] 孙保华. VHF/UHF 全向宽带小型化天线的研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2001.
SUN Bao-hua. VHF/UHF omni-directional broadband small antennas [D]. Xi'an: Xidian University, 2001. (in Chinese)
- [7] Leger L, Serier C, Chantalat R, et al. 1D dielectric EBG resonator antenna design[J]. Annals of Telecommunications, 2004, 59(3/4): 242 - 260.
- [8] Weily A R, Esselle K P, Bird T S, et al. High gain antenna with improved radiation bandwidth using dual 1D EBG resonators and array feed[C]// Proceedings of 2006 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium. USA: IEEE, 2006: 3 - 10.

作者简介:

温刚(1984-), 男, 四川简阳人, 2006年于电子科技大学获电磁场与微波技术专业学士学位, 现为助理工程师, 主要从事卫星通信天线、机载天线、相控阵天线的研制和技术攻关。

WEN Gang was born in Jianyang, Sichuan Province, in 2006. He received the B.S. degree from University of Electronics Science and Technology of China in 2006. He is now an assistant engineer. He is engaged in satellite communications antenna, airborne antennas, phased array antenna development and technology research.

Email: wengang2202@126.com