

共面波导馈电圆极化微带天线研究

张前悦, 王光明, 任卫华

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:对一种结构新颖的共面波导馈电圆极化微带天线进行了研究。天线的辐射单元采用两个方形贴片,筒并分离单元分别附加在两个方形贴片的同边沿,共面波导开路终端通过耦合对两个方形贴片进行馈电。整个天线具有对称的结构,抑制了共面波导中的偶模分量,产生了两个同旋向的圆极化辐射波。分析并设计了这种天线单元,天线的实测-10 dB回波损耗带宽达到11.6%,圆极化带宽达到1.86%,在前、后两个方向上均辐射左旋圆极化(LHCP)波。理论设计结果与实测结果吻合较好。

关键词:双定向天线;圆极化;共面波导

中图分类号: TN95 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2007)03-0033-03

在现有的共面波导圆极化微带天线的文献中,大多数介绍的是辐射单向的圆极化波天线^[1-2]。尽管部分文献介绍的天线具有辐射双定向圆极化波的能力,但是毫无例外,它们在相反的两个方向上辐射不同旋向的圆极化波,也就是,如果在一个方向辐射的是左旋(或右旋)圆极化波,那么在相反的方向上辐射的一定是右旋(或左旋)圆极化波^[3-4]。同时,在文献[5]中,用共面波导开路终端激励矩形贴片,得到了线极化辐射波。这些都启发作者进行下面的研究。

本文介绍了一种结构新颖的共面波导馈电微带天线,它具有在前、后两个方向上辐射同旋向圆极化波的能力。到目前为止,尚未在公开文献上发现有关双定向同旋向圆极化天线的报道。尽管这种性能的天线可由两个单向圆极化天线通过一分二功率分配器背靠背组合而成,但是,本文所介绍的天线在结构简单、一致性好等方面就具有明显的优势。

1 天线结构

图1所示的是共面波导馈电圆极化微带天线结构图。天线结构中包含有两层相同的介质基板(上基片和下基片),介质基板的厚度 $h=2.3\text{ mm}$,介电常数 $\epsilon_r=2.2$ 。上贴片、下贴片分别位于上基片的顶部和下基片的底部。

$50\ \Omega$ 共面波导馈电位于上、下基片中间的接地板上,其特性阻抗可通过软件仿真,选取合适的中心导体宽度 W_0 和空气缝隙宽度 G_0 值来得到。下贴片是由一个边长为 A 的方形贴片和一个附在其右上边的筒并分离单元组成。上贴片与下贴片的结构一样,只是其筒并分离单元位于右下边。共面波导馈电与方形的一条位于 x 轴上的对角线平行。在共面波导馈电的中间,有一段长度为 l_m 的阻抗变换共面波导传输

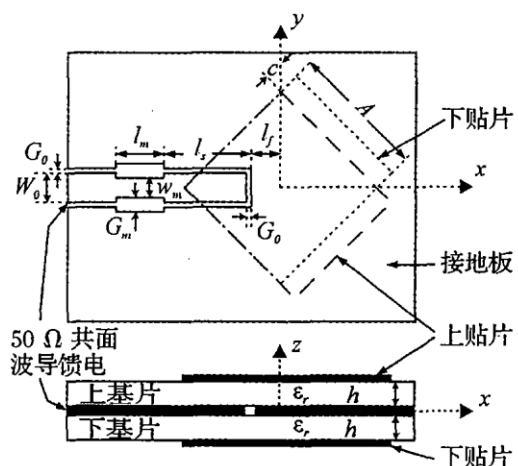


图1 天线结构图

收稿日期:2006-09-08

基金项目:国家“863”计划资助项目(2003AA05044)

作者简介:张前悦(1978-),男,安徽六安人,博士生,主要从事电磁辐射与散射研究;

王光明(1964-),男,安徽砀山人,教授,博士生导师,主要从事电磁辐射与散射和微波电路与系统研究。

线,用来变换天线的输入阻抗,保证天线输入端口有良好的匹配。共面波导开路终端是一个宽度为 G_0 的空气缝隙,它通过耦合对上、下贴片进行馈电。

当方形贴片附加简并分离单元以后,贴片激励起来的极化正交简并模(TM_{01} 和 TM_{10})的谐振频率发生了分离^[6]。工作频率选在两个谐振频率之间。当简并模分离单元大小 $\Delta s = cA$ 选择合适时,对工作频率而言,两个模的等效阻抗相角相差 90° ,这样就形成了圆极化辐射。

如果共面波导开路终端仅对一个贴片馈电,由于附加了简并分离单元,天线的左右结构不对称,会导致共面波导上偶模分量的出现,从而破坏了天线的阻抗匹配和圆极化性能。采用上、下两个贴片,简并分离单元分别附加在不同边上,使天线左右对称,抑制了共面波导上偶模分量的出现^[7],同时,天线两边辐射同旋向的圆极化波。可以看出,所介绍的天线在前、后两个方向上均辐射左旋圆极化波。如果简并分离单元附加在上贴片的右上方和下贴片的右下方,将能得到双定向的右旋圆极化天线。

2 理论设计

理论设计的主要任务是根据给定的轴比最佳频率 f_0 来求得方形贴片的长度 A 和简并分离单元尺寸 c 。由文献[8]可得,本文采用的圆极化微带天线(B型)的圆极化条件为

$$\Delta S/S = 1/Q \quad (1)$$

式中: $\Delta S = cA$,是简并分离单元的面积; $S = A^2$,是方形贴片的面积; Q 是无负载时的品质因数,其值可由文献[8]中图20-65确定。圆极化微带天线(B型)的轴比最佳频率为

$$f_0 = f_{or}(1 - \Delta S/2S) \quad (2)$$

式中 $f_{or} = \frac{c}{2(a + 2\Delta A)\sqrt{\epsilon_e}}$,是附加简并分离单元前方形天线的谐振频率。其中, c 为自由空间光速, ϵ_e 为介质基片的等效介电常数, ΔA 为矩形贴片由边缘效应引起的等效伸长, ϵ_e 、 ΔA 的值可由文献[8]的式(14.9)和式(14.10)求得。

在给定轴比最佳频率 f_0 时,由式(1)和式(2)即可确定方形贴片的长度 A 和简并分离单元尺寸 c 。在本文中, $f_0 = 4.44$ GHz,计算得到 $A = 20$ mm, $c = 1.6$ mm。

辐射单元的尺寸确定后,在仿真软件中,优化设计天线的馈电电路参数,使天线在设计带宽内具有较小的回波损耗。优化后的馈电电路参数为 $W_0 = 2.5$ mm, $G_0 = 0.2$ mm, $W_m = 2$ mm, $G_m = 1$ mm, $l_m = 11.8$ mm, $l_s = 21.8$ mm, $l_f = 6$ mm。为了便于比较,天线的理论设计结果将与其实测结果一并在后面的图2-图4中给出。

3 实验结果及分析

按照以上设计的尺寸加工了一个天线,并对其进行了实测。为了方便天线与SMA接头相连,将上基片和接地板向外延伸了10 mm。在这段接地板上,共面波导馈电的中心导体带宽度变为6 mm,缝隙宽度为0.2 mm。实际制作天线的接地板尺寸为90 mm×60 mm。在电路加工时,接地板位于上基片上,上基片与下基片通过螺钉连接在一起。

图2所示是天线的理论设计与实测回波损耗随频率变化曲线。可见,在回波损耗小于-10 dB的情况下,天线的实测带宽达到0.50 GHz或者11.6%(相对于中心工作频率4.31 GHz)。天线具有两个谐振点,分别位于4.31 GHz和4.61 GHz处,这表明在矩形贴片中激励起了两个简并模式。实测结果与理论设计结果基本一致,与理论设计结果相比,天线的谐振频率向高频方向偏移了约10 MHz,主要是由天线的加工误差和组装引起的。

图3所示的是天线理论设计轴比与前、后向实测轴比随频率变化曲线。在轴比小于3 dB的情况下,前向的轴比带宽达到0.11 GHz,即2.55%;后向的轴比带宽达到0.09 GHz,即2.09%;整个天线的轴比带宽达到0.08 GHz(4.39 GHz-4.47 GHz),即1.86%。图4所示的是天线理论设计增益与前、后向实测增益随频率变化曲线,在天线3 dB轴比带宽内,增益均超过2.8 dBi。在图3和图4中,前、后向的实测轴比和增益有一定差别,主要是由于天线在组装过程中下基片与接地板的连接不紧或有微小偏移引起的。在图4中,实测

的增益比理论设计增益小约 0.3 dB,主要是由接头的损耗引起的。

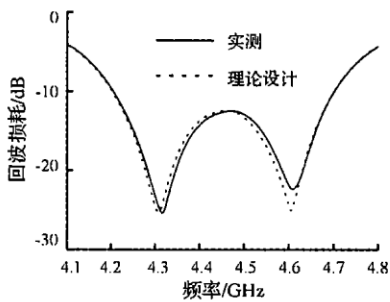


图2 天线回波损耗随频率变化曲线

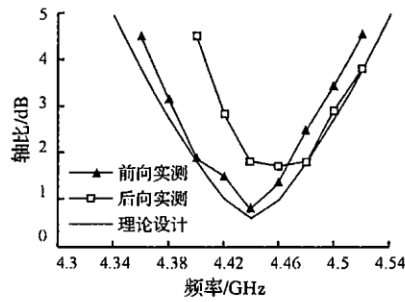


图3 天线轴比随频率变化曲线

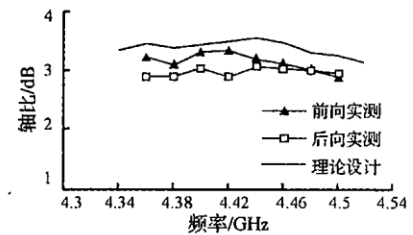


图4 天线增益随频率变化曲线

4 结论

本文介绍了一种结构新颖的共面波导馈电圆极化微带天线,它具有在两个方向上辐射同旋向圆极化波的能力。测试结果表明所设计的天线具有良好的回波损耗特性和双向圆极化特性,理论设计结果与实测结果吻合较好。这种类型的天线结构简单、易于组阵,适于用作无线射频识别(RFID)系统的阅读器天线,对于研制全向圆极化微带天线也有一定的启发作用。

参考文献:

- [1] Chih - Yu Huang, Kin - Lu Wong. Coplanar Waveguide - Fed Circularly Polarized Microstrip Antenna [J]. IEEE Trans Antennas Propagat, 2000, 48(2): 328 - 329.
- [2] Mon - Chun Pan, Kin - Lu Wong. Circularly Polarized Microstrip Antenna With Dual - CPW Feed [J]. IEEE Trans Antennas Propagat, 2003, 51(8): 2141 - 2144.
- [3] Jia - Yi Sze, Kin - Lu Wong, Chieh - Chin Huang. Coplanar Waveguide - Fed Square Slot Antenna for Broadband Circularly Polarized Radiation [J]. IEEE Trans Antennas Propagat, 2003, 51(8): 2141 - 2144.
- [4] Matsuzawa S, Ito K. Circularly Polarised Printed Antenna Fed by Coplanar Waveguide [J]. Electronics Letters, 1996, 32(10): 2035 - 2036.
- [5] Giauffret L, Laheurte J M, Papiemik A. Study of Various Shapes of the Coupling Slot in CPW - fed microstrip antennas [J]. IEEE Trans Antennas Propagat, 1997, 45(4): 642 - 647.
- [6] 郑秋容, 卢万铮, 刘 锋. 一种可用于卫星通信的微带天线阵元[J]. 空军工程大学学报:自然科学版, 2003, 4(2): 34 - 36.
- [7] Turki Y, Migliaccio C, Laheurte J M. Circularly Polarised Square Patch Antenna Fed by Coplanar Waveguide [J]. Electronics Letters, 1997, 33(7): 1321 - 1323.
- [8] 林昌禄. 天线工程手册[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.

(编辑:田新华)

CPW - Fed Circularly Polarized Micro - strip Antenna

ZHANG Qian - yue, WANG Guang - ming, REN Wei - hua

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, Shaanxi, China)

Abstract: A novel bi - directional micro - strip antenna fed by coplanar wave - guide (CPW) is proposed to obtain circular polarization (CP) radiation. Two square patches, fed by coupling through the CPW open stub, are selected as the radiating elements. Perturbation segments are added at different sides of the square patches. Same rotation CP radiations in two opposite directions are achieved by adding perturbation segments. The symmetrical characteristics of the antenna suppress the even mode in the CPW line. Measured results show that the proposed antenna has a -10dB return loss bandwidth of 11.6% and a CP bandwidth of 1.86%. Left - hand circular polarization (LHCP) appears on both sides of the antenna. The theoretical results accord with the measured results well.

Key words: bi - directional antenna; circular polarization; coplanar wave - guide (CPW)