

Design of Circularly Polarized Waveguide Slot Antenna of Microstrip-Appended

Wei Liu, Min Wang, Jiankai Xu, Wen Wu

School of Electronic and Optical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing
Email: liuwei2632298@126.com

Received: Jan. 31st, 2014; revised: Feb. 25th, 2014; accepted: Mar. 4th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

A novel circularly polarized waveguide slot antenna has been proposed in this paper. A substrate layer printed with microstrip patches is loaded on the upper broad wall of the waveguide. Parallel longitudinal slots are cut in the broad wall of waveguide so that the electromagnetic waves couple to the upper microstrip patch to realize circularly polarization. Parametric simulated analysis is conducted for an antenna element. Axial ratio of 0.82 dB is obtained at center frequency 10 GHz and the bandwidth with axial ratio less than 3 dB is 3.2%. To solve the problem of low radiation efficiency of the element, we proposed a two-unit scheme which is helpful to improve the element efficiency. Corresponding band width with axial ratio less than 3 dB is 2.4%.

Keywords

Ridge Waveguide Slot Antenna; Circular Polarization; Microstrip-Appended

加载微带贴片的圆极化波导 缝隙天线的设计

刘 巍, 汪 敏, 徐建凯, 吴 文

南京理工大学电光学院, 南京
Email: liuwei2632298@126.com

收稿日期: 2014年1月31日; 修回日期: 2014年2月25日; 录用日期: 2014年3月4日

摘要

本文提出了一种波导缝隙天线实现圆极化的新方法。波导上面的宽边上加载一层印刷有微带贴片的介质基片。在波导宽边开并联纵缝，从波导缝隙耦合电磁波至其上方的微带贴片，实现圆极化辐射。对天线单元进行了参数仿真分析，在工作频率为10 GHz处轴比约为0.82 dB，天线的相对轴比带宽($AR \leq 3$ dB)约为3.2%。并针对其辐射效率较低的问题进一步提出了加载二元微带的改进方案，改进后的天线单元辐射效率明显提高，相对轴比带宽($AR \leq 3$ dB)约为2.4%。

关键词

波导缝隙天线；圆极化；加载微带

1. 引言

圆极化天线具有很多独特的优点，如可接收任意线极化来波，辐射波可由任意线极化天线收到；入射到对称目标旋向逆转等优点。波导缝隙天线具有高增益、高效率等优点，已广泛应用于通信、雷达等领域。因此，圆极化波导缝隙天线的研究备受关注。

早在1957年，A. J. Simmon就提出在波导宽壁上开一对交叉缝隙来实现圆极化辐射[1]。在波导宽边利用两组分别辐射水平极化与垂直极化的缝隙也能获得圆极化[2]。上述两种圆极化方案概念清楚，实现简单，但占用面积大，不适合阵列的设计。圆极化阵列的实现可以利用两个相互垂直的缝隙设计圆极化辐射单元[3] [4]。以两个缝隙与一对U形槽为单元也能够设计圆极化波导缝隙阵列[5]。利用寄生偶极子的方法[6]或附加开有V形辐射缝隙的腔[7]也都能够实现圆极化波导缝隙阵列。但上述阵列中对各单元的幅度都较难控制。文献[8]中提出在单个缝隙上加极化波导实现圆极化的设计，既方便组成阵列，又容易控制单元的激励；但极化波导一般较高，使结构较为笨重。

本文设计了一种新型波导缝隙圆极化天线。将波导上面宽边上放置一层微带基片。波导上开并联纵缝，基片上方附加微带贴片，由缝隙从波导耦合电磁波至其上方的微带贴片实现圆极化辐射。这种新结构辐射单元结合了波导缝隙天线高效率 and 微带贴片设计灵活、易加工等优点，具有良好应用前景。

2. 天线结构与原理

基本结构：加载微带贴片的圆极化波导缝隙天线的单元结构如图1所示，单元结构主要由两部分组成，下方为开有纵缝的波导，上方为方形或矩形贴片天线。上方的微带天线由缝隙耦合馈电。下方波导终端短路，缝隙距离短路端的距离为 $\lambda_g/4$ ， λ_g 是 TE_{10} 模的波导波长。上方微带天线中的贴片是通过在矩形贴片的长边、宽边上对称的增加半径分别为 r_1 、 r_2 的两个半圆构成，并且贴片相对于 x 轴旋转了一定的角度 α 。

基本原理：下方宽边开纵缝的波导作为馈电波导，缝隙切断波导宽边表面电流将能量耦合出来，但耦合出来的能量并未直接向空间中辐射，而是馈到了附加在其上方的微带天线上，最终通过上方的微带天线向空间中辐射。因此，天线的极化形式主要由上方的微带天线决定。下方波导缝隙耦合出的能量为线极化辐射形式，能量通过缝隙耦合到微带上以后，在微带贴片中激励起两种相互垂直的模式，且两种模式的幅度相等、相位相差 90° ，这样就满足了圆极化辐射的条件。微带贴片采用准方形贴片加半圆形贴片的形式，一方面使两种基模的工作频率接近且具有一定的相位差，另一方面半圆形贴片的存在还具有可以使贴片尺寸小型化，较一般微带枝节有更好的带宽特性等优点。事实上，当上方的微带贴片的尺寸

a 、 b ，附加的半圆形贴片的半径 r_1 、 r_2 及转角 α 选择得当时，即可获得圆极化辐射特性。

天线的中心频率为 10 GHz，选择的波导型号为 BJ100(22.86 mm × 10.16 mm)。上方介质选用 Rogers5880，介电常数为 2.2。利用 HFSS 软件仿真最终得到天线单元的参数如下表 1 所示，其中， l 代表缝隙长度、 w 代表缝隙宽度、 h 代表介质厚度。

天线轴比特性曲线如图 2 中所示，中心频率处天线的轴比约为 0.82 dB，相对轴比带宽($AR \leq 3$ dB) 约为 3.2%，天线单元呈现良好的轴比特性。图 3 为单元方向性特性，从图中可以看出，天线呈现很的右旋圆极化(RHCP)特性，左旋圆极化(LHCP)为交叉极化。图 4 中所示为天线单元的阻抗特性，从图中可以看出，天线的辐射效率较低，且无论是改变缝隙长度还是改变缝隙偏移量均无法改善其特性。因此我们进一步提出了加载二元微带的圆极化波导缝隙天线单元结构。

3. 加载二元微带的结构单元

天线的结构如图 5 所示，上方的微带贴片不再是一个贴片单元，而是由两个相距一定距离的结构完全相同的贴片组成。两个贴片沿 y 轴平行放置，且与缝隙中心的距离相同。

两个贴片相对于馈电缝近似对称，保证了缝隙中场的对称；调节两贴片之间的间距，相当于改变了馈电缝对圆极化贴片的馈电位置，有助于改善波导 - 缝隙 - 贴片之间过渡的阻抗匹配。但两贴片之

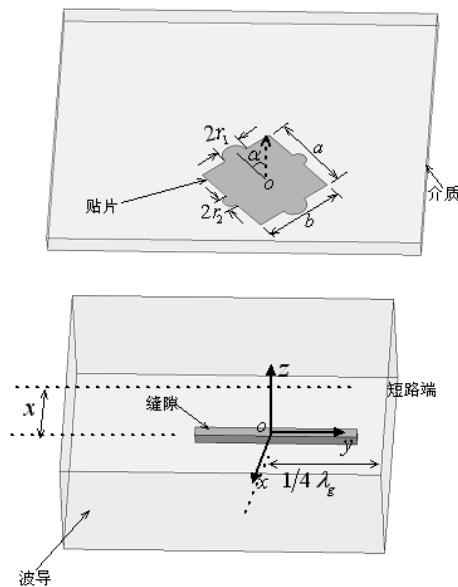


Figure 1. The configuration of antenna

图 1. 天线结构

Table 1. Basic parameters of the antenna element (unit: mm)

表 1. 天线单元基本参数(单位: mm)

参数	数值	参数	数值
a	8.6	r_1	1.24
b	8	r_2	0.78
w	1	h	1.575
l	15	x	7
a	38		

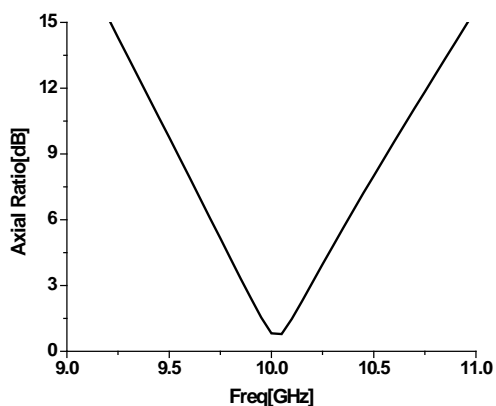
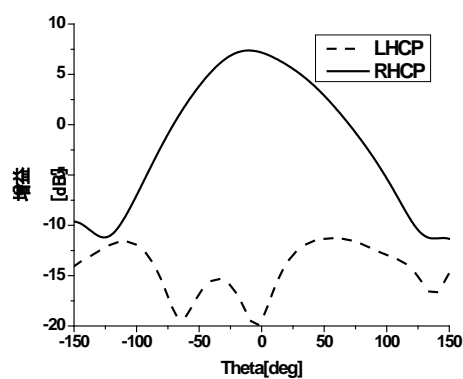
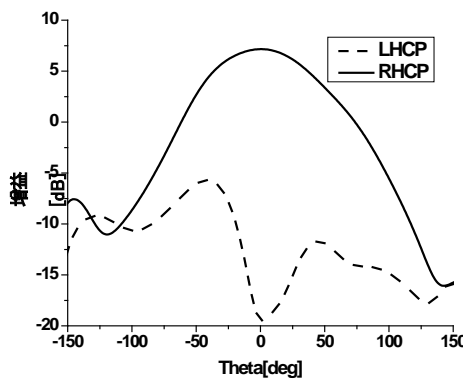


Figure 2. Curve of axial ratio characteristics for the element
图 2. 单元的轴比特性曲线



(a)



(b)

Figure 3. Radiation pattern of the circularly polarized element (a) $\varphi = 0^\circ$; (b) $\varphi = 90^\circ$
图 3. 圆极化单元方向图(a) $\varphi = 0^\circ$; (b) $\varphi = 90^\circ$

间存在一定耦合，因此实现圆极化辐射对应的贴片尺寸需要微调。综合圆极化轴比特性和端口反射特性的优化，得到设计参数如表 2 所示。

加载二元微带的单元的轴比特性如图 6 中所示。可以看出，相对轴比带宽约为 2.4%，最小轴比约为 1.4 dB，若进一步调节轴比会更好。由图 7 所示为加载二元微带结构的方向性特性曲线。这说明，这种新

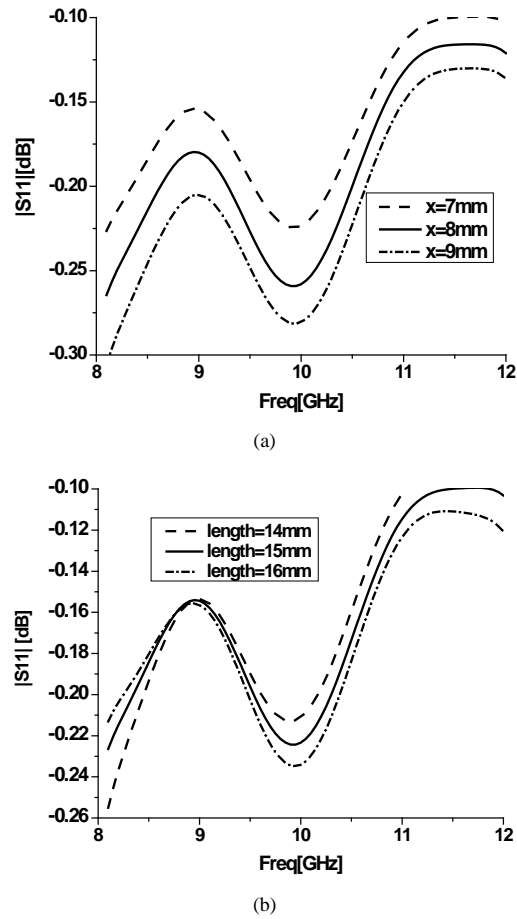


Figure 4. Reflective coefficients at the input port of the element

图 4. 单元端口反射系数

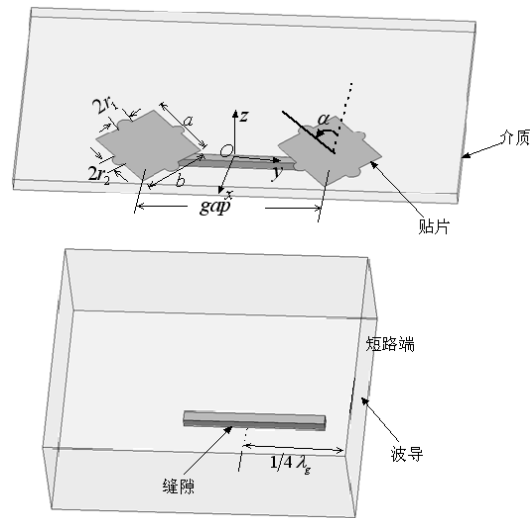


Figure 5. The configuration of the two-microstrip-appended element

图 5. 加载二元微带的单元结构

Table 2. Basic parameters of the two-microstrip-appended element (unit: mm)
表 2. 加载二元微带的单元基本参数(单位: mm)

参数	数值	参数	数值
a	8.7	$r1$	0.9
b	8.1	$r2$	0.75
w	1	h	1.575
$length$	13.4	gap	20.4
α	41		

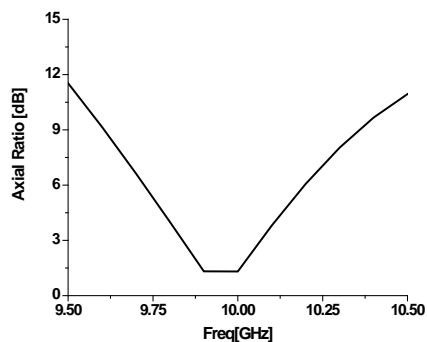
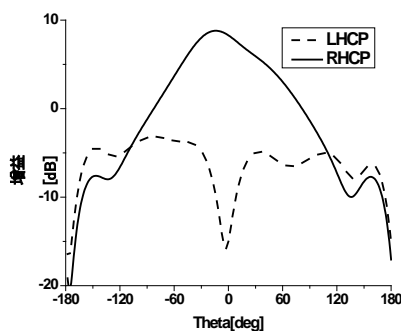
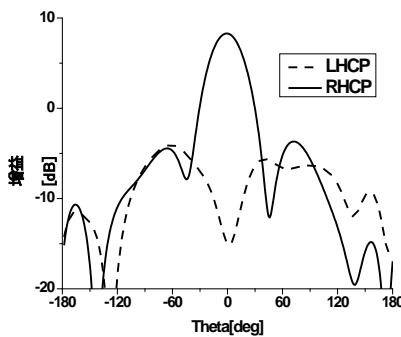


Figure 6. Curve of axial ratio characteristics for the two-microstrip-appended element
图 6. 加载二元微带的单元的轴比特性曲线



(a)



(b)

Figure 7. Radiation pattern of the two-microstrip-appended element (a) $\varphi = 0^\circ$; (b) $\varphi = 90^\circ$
图 7. 加载二元微带的单元方向图(a) $\varphi = 0^\circ$; (b) $\varphi = 90^\circ$

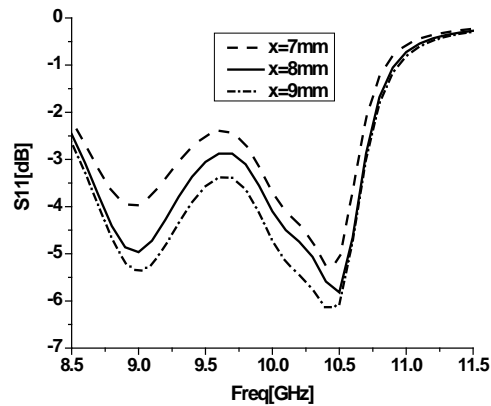


Figure 8. Reflective coefficients at the input port of the two-microstrip-appended element
图 8. 加载二元微带结构的端口反射系数

型结构实现圆极化的方式是可行的。

图 8 中给出了端口看进去的单元反射系数，可以看出较单个贴片的形式，天线的 S 参数得到了明显改善，这说明这种单元结构，能量能够很好地辐射出去，改进方法是有效的。

4. 结论

本文提出了一种新的圆极化波导缝隙天线的设计方法，巧妙地将波导缝隙圆极化的设计转变为对圆极化微带天线的设计。通过仿真分析得知其轴比特性良好，并针对其辐射效率低的问题提出了加载二元微带的有效解决方案。这种方法设计简单方便，具有良好的应用前景。

参考文献 (References)

- [1] Simmons, A.J. (1957) Circularly polarized slot radiators. *IRE Transactions on Antennas and Propagation*, **5**, 31-36.
- [2] Min, K.-S., Hirokawa, J., Ando, M. and Goto, N. (1995) U-shaped slots for circularly polarized slotted waveguide array. *IEEE AP-S International Symposium*, **3**, 1434-1437.
- [3] Min, K.S., Hirokawa, J., Sakurai, K., Ando, M., Goto, N. and Hara, Y. (1996) A circularly polarized waveguide narrow-wall slot array using a single layer polarization converter. *Proceedings of APS*, **2**, 1004-1007.
- [4] Montisci, G., Musa, M. and Mazzarella, G. (2004) Waveguide slot antennas for circularly polarized radiated field. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **52**, 619-623.
- [5] Montisci, G. (2006) Design of circularly polarized waveguide slot linear arrays. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **54**, 3025-3029.
- [6] Salari, M. and Movahhedi, M. (2011) A new configuration for circularly polarized waveguide slot antenna. *Proceedings of APMC*, 606-609.
- [7] Li, X., Yang, X. and Miao, Y. (2011) Analysis and design of circularly polarized waveguide slot array antenna. *CECNET*, 1050-1054.
- [8] Dogan, D. and Top, C.B. (2012) Circularly polarized Ka-band waveguide slot array with low sidelobes. *EUCAP*, 1105-1109.