DOI:10.13878/j.cnki.jnuist.2019.01.011

张云阳[1]　曹文权[1]　钱祖平[1]

基于 TM_{50} 模的高增益贴片天线

摘要

本文提出了一个基于 TM_{50} 模的高增益方形贴片天线.在 TM_{50} 谐振模式下,天线表面会有 2 段与辐射边缘相反的电流,通过在天线表面开槽,可使贴片表面的 2 段反相电流各自形成回路,从而很好地去除 TM_{50} 模的 4 个旁瓣.与此同时,由于削弱了反相电流,开槽后的天线是由 3 段同相电流叠加而成,这就等同于 3 个工作于 TM_{10} 模的天线单元共同作用的效果.通过调节槽型缝隙,天线单元最大增益可达到 13.3 dB.

关键词

TM_{50} 模;低旁瓣;高增益

中图分类号 TN820

文献标志码 A

0　引言

天线作为无线通信系统之间信息传递的重要组成部分,直接影响无线通信系统的整体性能.微带天线因为其剖面低、加工制造简单、易共形等特点,被广泛应用于军事、民用等领域.但是,对于远程通信系统,为了补偿路径损耗等问题,对天线的增益提出了很高的要求.为了获取较高的增益,传统方法是单元组阵技术.然而,对于增益较小的天线单元,不但需要更多的单元来满足高增益的要求,而且增加了制作复杂度和加工成本.

针对天线单元增益较低的问题,目前已有一些方案进行解决.例如文献[1-3]采用反射面等结构来提高天线增益,但是这无疑增大了天线的剖面;文献[4-6]采用堆叠形式或采用高介电常数介质基板,而这种方法只是基于天线整体面积和介质层的影响,并不是直接提高辐射单元的增益.为了在不增加天线剖面高度及破坏天线原有物理参数的前提下有效提高天线单元增益,使用高次模作为天线辐射模式成为一种有效途径.但是,由于高次模存在较大的旁瓣,这将对实际应用产生较大的影响.

为充分利用高次模的高增益特性,同时减小高次模旁瓣对天线性能的影响,本文以 TM_{50} 模作为天线辐射模式.在分析天线表面的场分布后,通过对天线表面进行开槽,很好地消除了 TM_{50} 模的 4 个旁瓣,同时获得了较高的增益.

1　TM_{50} 模式场分析

通过如图 1a 所示的电流分布可以得到,在 TM_{50} 谐振模式下,贴片表面形成 5 段电流,中间位置存在与 2 条辐射边缘相反的电流区域.因为 TM_{50} 模的辐射方向图是由 5 段电流产生的场在远场叠加的结果,所以,如果能够消除贴片表面的反向电流,就能很好地解决 TM_{50} 模的旁瓣问题.

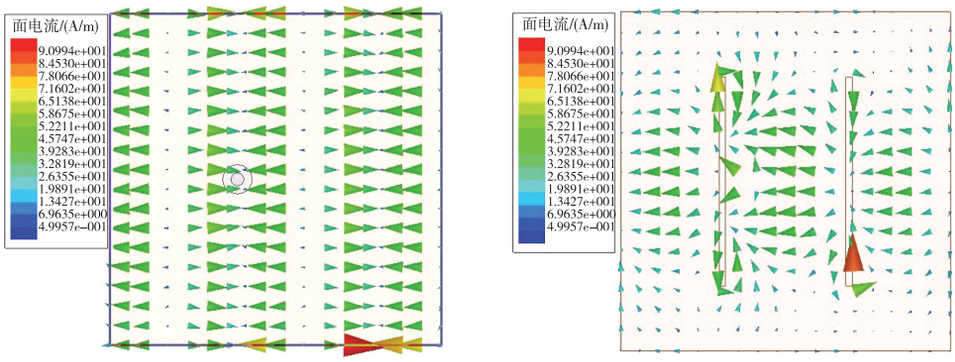
如图 1b 所示,通过实验发现,在贴片表面 2 段反相电流的位置开槽,可以使这 2 段电流分别形成回路,使其产生较小的辐射,从而使得 TM_{50} 模的辐射方向图是由 3 段同相电流叠加而成.所以,利用这样的方法不但可以有效减小 TM_{50} 模的旁瓣,而且还能获得很高的增益.但是,从图 2a 可以观察到,由于中间槽使得 H 面电场分布变得不均匀,使得天线 H 面方向图变宽,从而在一定程度上影响了天线增益的提

收稿日期 2018-11-30

资助项目 国家自然科学基金(61871399,61401506)

钱祖平(通信作者),男,博士,教授,博士生导师,主要研究微波技术.qzp811@sina.com

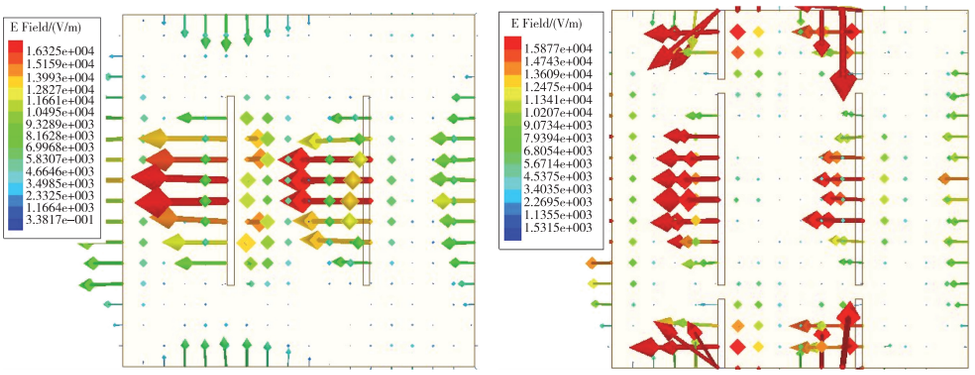
1　陆军工程大学　通信工程学院,南京,210007



a.不加槽　　b.2 条槽

图 1　TM_{50} 模电流分布

Fig. 1　The current distribution pattern of TM_{50} mode



a.2 条槽　　b.6 条槽

图 2　TM_{50} 模电场分布

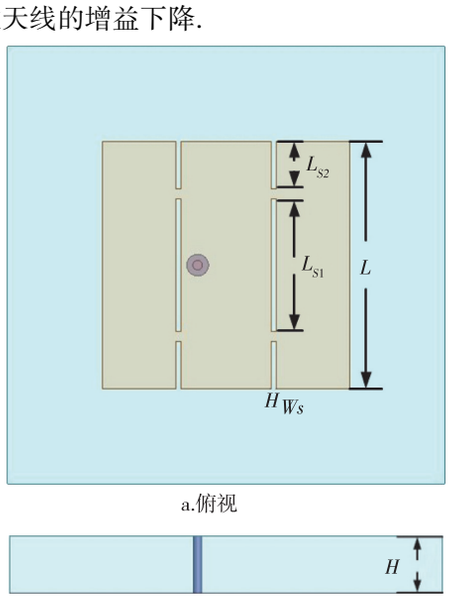
Fig. 2　The electric field pattern of TM_{50} mode

高.为解决这一问题,如图 2b 所示,通过在中间槽的两侧加入 4 条对称边缘槽,以此平衡被破坏的场分布,从而使得在消除 TM_{50} 模旁瓣的同时又不会损失天线增益.

2　天线单元

天线结构如图 3 所示,基板选取介电常数为 2.2 的 Rogers_5880,采用同轴馈电的方式对方形贴片进行馈电.

首先分析在贴片反向电流处开槽对 TM_{50} 模旁瓣和天线增益的影响.图 4a、4b 分别给出了不同长度的槽所对应的 E 面、H 面方向图.从图 4a 可以观察到,在没有开槽的情况下,天线具有 2 个与主瓣相同辐射强度的旁瓣和 2 个较低的旁瓣.随着开槽长度的增加,方向电流的强度逐渐被削弱,从而使得旁瓣越来越低.但是,如图 4b 所示,随着开槽长度的增加,H 面方向图的宽度也随之变宽,这将在一定程度上导致天线的增益下降.



a.俯视

b.侧视

图 3　天线单元

Fig. 3　The antenna element

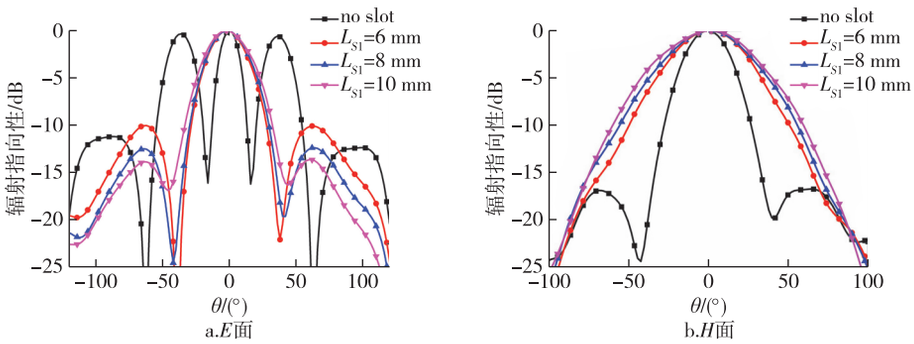


图 4　中间槽的长度对 E 面和 H 面方向图的影响

Fig. 4　The influence of the length of the middle slot on the E plane and H plane

为改善因贴片中间开槽后所导致的天线增益下降问题,图 5a、5b 分别展示了中间槽长度不变的前提下,在中间槽两侧开 4 条对称槽对天线方向图的影响.如图 5b 所示,随着 4 条边缘槽长度的增加,H 面的宽度逐渐变窄,这使得增益有所上升.而且,从图 5a 所示的 E 面方向图可以看到,边缘槽几乎没有影响到旁瓣消除的效果.

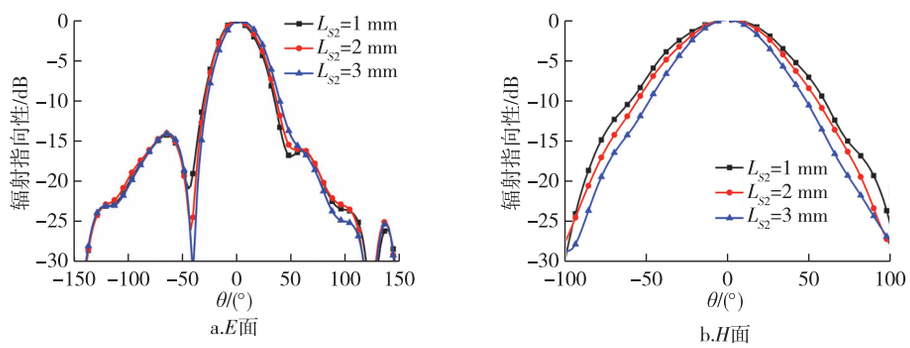


图 5　边缘槽的长度对天线 E 面和 H 面方向图的影响

Fig. 5　The influence of the length of the edges slot on the E plane and H plane

根据以上分析,可以对天线单元进行优化.通过调节中间槽以及边缘槽的长度,得到低旁瓣、高增益的天线单元.天线最大增益为 13.3 dB.与此同时,通过调节馈电点的位置,获得良好的匹配效果.天线尺寸参数如表 1 所示,天线方向图如图 6a 所示,S_{11} 曲线如图 6b 所示.

表 1　天线尺寸参数

Table 1　Parameters of the microstrip antenna　mm

L	L_{S1}	L_{S2}	L_W	H
26	16	4	0.5	0.508

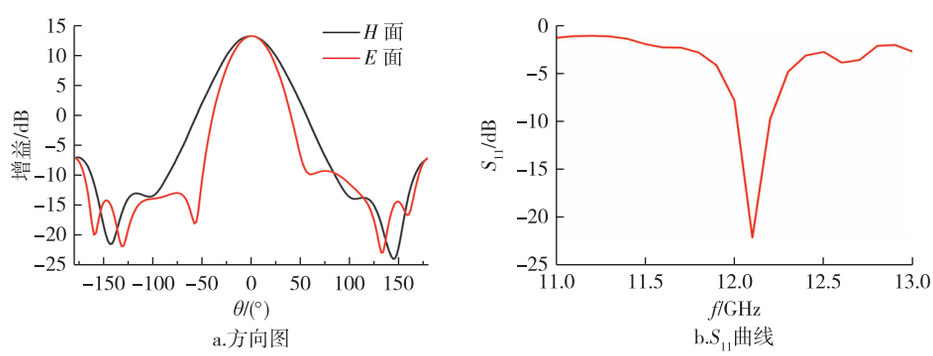


图 6　天线辐射方向图和 S_{11} 曲线

Fig. 6　The radiation patterns of the antenna and S_{11}

3 结束语

本文针对贴片天线单元增益较小的问题,分析了高阶模式对提高天线增益的可行性.利用 TM_{50} 模作为辐射模式,在有效去除单元旁瓣、不影响天线实际应用的前提下,在一定程度上提高了天线单元的增益,为后续高增益天线的研究提供了思路.

参考文献

References

[1] Lau P Y, Yung K O, Chen Z N. A wideband high gain double EBG reflector antenna[C]// Communications & Signal Processing. IEEE, 2012

[2] Feresidis A P, Vardaxoglou J C. High gain planar antenna using optimised partially reflective surfaces [J]. Microwaves Antennas & Propagation IEE Proceedings, 2001, 148(6): 345-350

[3] Gardelli R, Donzelli G, Albani M, et al. Design of patch antennas and thinned array of patches in a Fabry-Perot cavity covered by a partially reflective surface[C]// European Conference on Antennas & Propagation. IEEE, 2006

[4] Xiang H, Jiang X. Design of a high gain microstrip antenna array at Ku-band[C]// WRI International Conference on Communications & Mobile Computing. IEEE Computer Society, 2009

[5] You C S, Hwang W. Gain enhancement method of microstrip antennas by dielectric cover, considering bandwidth [C] // Antennas & Propagation Society International Symposium. IEEE, 2005

[6] Gautam A K, Singh M. Design of gain enhanced stacked rectangular dielectric resonator antenna for C-band applications[C]// International Conference on Computing for Sustainable Global Development. IEEE, 2016

High-gain patch antenna based on TM_{50} mode

ZHANG Yunyang[1] CAO Wenquan[1] QIAN Zuping[1]

1 School of Communication Engineering, Army Engineering University of PLA, Nanjing 210007

Abstract In this study, a high-gain square patch antenna based on the TM_{50} mode is proposed. Owing to the operation of the TM_{50} mode, there is a pair of reversed-phase currents comparing with the radiating edges on the surface of the antenna. By introducing transverse slots along the central line of the patch, each of the two reversed-phase currents are interrupted to circulate with little radiation; thus, the four side-lobes of the TM_{50} mode can be suppressed well. Simultaneously, because the reversed-phase current is weakened, the slotted antenna is superposed by three in-phase currents, which providean effect equivalent to that of three antenna elements operating under the TM_{10} mode. By adjusting the size of the slots, the maximum gain of the antenna can reach 13.3 dB.

Key words TM_{50} mode; low side lobes; high gain