

文章编号: 1672-2892(2009)02-0107-03

一种基于零阶谐振特性的新型微带阵列天线

赵丽蓉, 杨 滔, 王文磊, 刘长军

(四川大学 电子信息学院, 四川 成都 610064)

摘 要: 设计了一种中心频率在 2.45 GHz 的新型零阶谐振微带阵列天线。该天线由 4 个谐振单元级联组成, 可形成有耗的零阶谐振结构。其测量结果表明: 在中心频率为 2.45 GHz 时, 其电压反射系数达到了 -32 dB, 对应的带宽为 1.5%, 增益达到 10.8 dBi, 相对于单个贴片天线增加了 5.6 dB, 与仿真结果吻合较好。与一般的微带阵列天线相比, 其尺寸减小, 性能提高, 在微波能量传输和目标探测等领域具有良好的应用前景。

关键词: 微带天线; 零阶谐振; 阵列天线

中图分类号: TN826

文献标识码: A

A Novel Microstrip Array Antenna Based on Zero-order Resonance

ZHAO Li-rong, YANG Tao, WANG Wen-lei, LIU Chang-jun

(School of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610064, China)

Abstract: A new zero-order resonance microstrip array antenna at 2.45 GHz is studied. The antenna, which is composed of four cascading resonant units, can form a lossy zero-order resonator. The measurements show that: at 2.45 GHz, the voltage reflection coefficient of the array reaches -32 dB with bandwidth of 1.5%, and the gain reaches 10.8 dBi, which is increased by 5.6 dB compared to one single patch. The results of measurements and simulation accord agree well with each other. Compared with conventional microstrip array antennas, it is not only much smaller but also with improved performance. It has good application prospects in microwave power transmission and target detection.

Key words: microstrip antenna; zero-order resonance; array antenna

近些年来, 微带贴片天线由于具有易加工, 成本低, 面积小, 结构简单, 馈电方式灵活, 能与有源器件的电路集成为统一的整体等优点^[1], 而得到越来越广泛的应用。微带贴片天线的单元增益一般为 6 dBi~8 dBi, 因此常采用由微带贴片单元组成的微带阵列天线来获得更大的增益或实现特定的方向性。但随着工作频率的提高, 微带阵列天线的馈电网络损耗将影响微带阵列天线的辐射效率。因此, 降低馈电网络损耗是解决微带天线在高频应用的主要途径。为了解决微带贴片天线在低频应用时尺寸过大问题, 很多学者做了大量研究, 并取得了一些研究成果^[2-4]。在混合右手传输线中, 可以通过调节其左手传输线和右手传输线的分布结构, 使其具有相等的特性阻抗实现零阶谐振特性, 一些研究人员做过此类零阶谐振器的研究^[5]。

本文设计了一种较实用的基于零阶谐振特性的微带阵列天线, 该微带阵列天线馈电网络简单且不需要一个波长的微带线来实现单元间的等相位, 降低了微带阵列天线的尺寸和天线馈电网络的损耗, 形成了具有良好特性的零阶谐振微带阵列天线, 该天线在微波传输^[6-7]等领域具有很好的应用前景。

1 天线结构

在很多应用中, 两端口谐振器通常用作传输元件, 如滤波器等。图 1 为一个加工在介质敷铜板上的两端口微带贴片谐振器, 基板厚度为 1 mm, 介电常数为 2.65。贴片尺寸为 $L=38$ mm, $W=40$ mm,

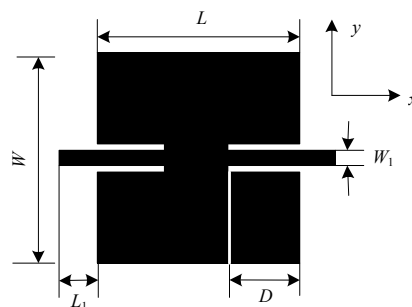


Fig.1 Two-port microstrip patch resonator
图 1 两端口微带贴片谐振器

收稿日期: 2008-08-16; 修回日期: 2008-09-28

馈线的尺寸为 $L_1=7.3$ mm, $W_1=2.74$ mm, $D=12.5$ mm。该谐振器在中心频率 2.45 GHz 附近的传输特性如图 2 所示。根据其传输特性,将该谐振器等效为如图 3 所示的电路。在中心频率附近,串联谐振器和并联谐振器均处于谐振状态。天线工作在零阶谐振状态,串联电阻 R 由贴片边缘的辐射电阻产生,为 $25.9\ \Omega$ 。天线单元等效电路的电容电感分别为 $L_2=2.05$ nH, $C_1=2.34$ pF, $C_2=2.07$ pF, 满足 CRLH-TL 平衡条件。

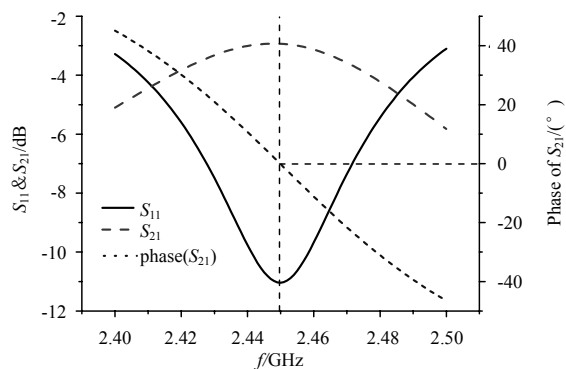


Fig.2 Transmission characteristics of the two-port microstrip patch resonator
图 2 两端口微带贴片谐振器的传输特性

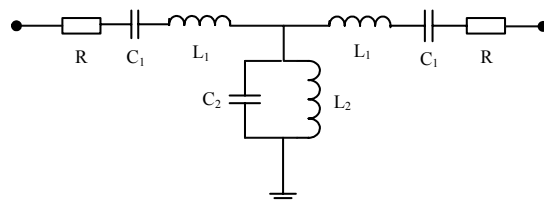
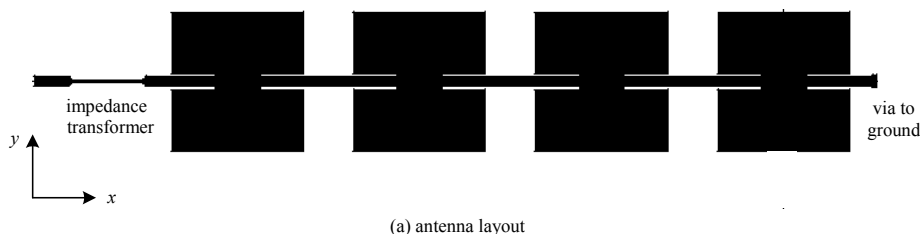


Fig.3 Equivalent circuit model of the two-port microstrip patch resonator
图 3 两端口微带贴片谐振器的等效电路

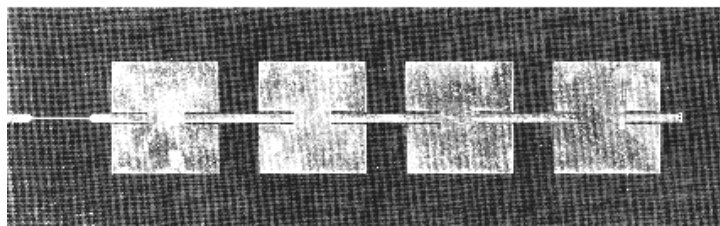
将 N 个上述谐振器单元级联,可形成有耗的零阶谐振结构。如果该谐振结构一端短路,在零阶谐振频率附近,由另一端看进去的输入阻抗约为:

$$Z_{in} = 2NR \quad (1)$$

利用该零阶谐振结构产生的辐射可形成一个天线,即零阶谐振天线^[8]。据此设计了一个四单元的零阶谐振天线,如图 4(a)所示,其实物如图 4(b)所示。



(a) antenna layout



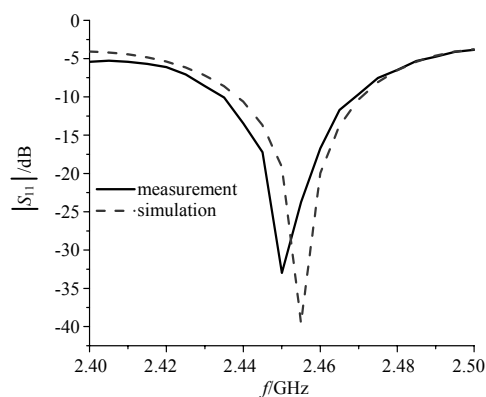
(b) fabricated antenna

Fig.4 Four-unit zero-order resonance microstrip array antenna
图 4 四单元零阶谐振微带阵列天线

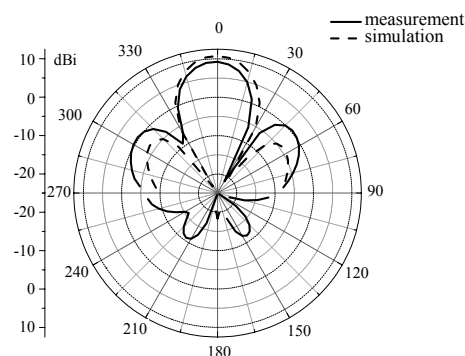
2 仿真和实测结果

用 HFSS 软件对该零阶谐振微带阵列天线进行仿真,经过加工并测试了该阵列天线,得到如图 5 所示的仿真和实测数据。图 5(a)为天线的电压反射系数,在中心频率 2.45 GHz 时,其电压反射系数为 -32 dB, $|S_{11}| \leq 10$ dB 对应的带宽为 1.5%。图 5(b),(c)为天线在中心频率 2.45 GHz 的方向图,从图中可以看出,无论是 E 面还是 H 面,测量结果与仿真结果方向图的变化趋势基本重合。电磁仿真和测量结果显示,该微带阵列天线具有良好的性能。

该微带阵列天线单个单元由于辐射引入的插入损耗约为 3 dB,天线终端的传输功率下降 -13 dB,终端反射导致的反向辐射很小,可以忽略其影响。



(a) voltage reflection coefficient

(b) radiation patterns of *E*-plane at 2.45 GHz

3 结论

该零阶谐振微带阵列天线,以相对紧凑的结构实现较高的增益,其尺寸比普通的阵列天线缩小10%以上,在中心频率2.45 GHz处的增益达到10.8 dBi,比一个单元增加了5.6 dB。该微带阵列天线能够很方便地组成阵列,且组成 $N \times N$ 阵列后其输入阻抗和单个单元输入阻抗相等,因此不需要阻抗变换器。下一步的工作是将这种天线和复合左右手传输线相结合,组成阵列天线并进一步分析。

参考文献:

- [1] Kumar Girish,Ray K P. Broadband Microstrip Antenna[M]. MA: Artech House, 2003.
- [2] Lo T K,Chun-On Ho,Hwang Y,et al. Miniature aperture -coupled microstrip antenna of very high permittivity[J]. Electronics Letters, 1997,33(1):9-10.
- [3] Chair Ricky,Lee K F,Luk K M. Bandwidth and cross-polarization characteristics of quarter-wave shorted patch antennas[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 1999,22(2):101-103.
- [4] Waterhouse R. Small microstrip patch antenna[J]. Electronics Letters, 1995,31(8):604-605.
- [5] 范如东,刘长军. 基于CRLH-TL零阶谐振特性的新型串联功分器[J]. 工程设计学报, 2008,16(3):213-215.
- [6] 罗俊,何其娟,刘长军. 一种2.45GHz微波二极管整流电路[J]. 信息与电子工程, 2008,6(1):14-16.
- [7] 王九灵,郭庆功. 一种用于无线输能的2.45GHz微带贴片整流天线[J]. 信息与电子工程, 2008,6(2):131-134.
- [8] Lai A,Leong K M K H,Itoh T. A novel n-port series divider using infinite wavelength phenomena[C]// IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest. 2005:1001-1004.

作者简介:



赵丽蓉(1982-),女,四川省绵阳市人,在读硕士研究生,主要研究方向为射频无线通信.E-mail:ztzwangel@163.com.

杨滔(1985-),男,四川省简阳市人,在读硕士研究生,主要研究方向为射频无线通信。

王文磊(1985-),男,河北省承德市人,在读硕士研究生,主要研究方向为射频无线通信。

刘长军(1973-),男,河北省邢台市人,教授,博士,主要研究方向为电磁场与微波技术。

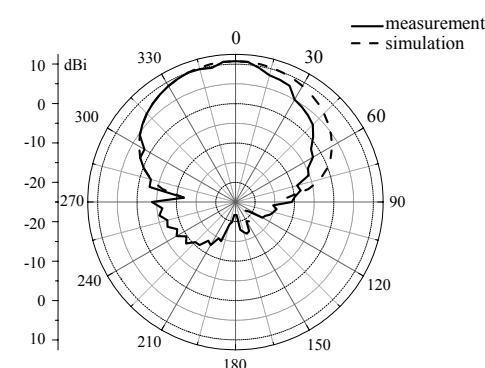
(c) radiation patterns of *H*-plane at 2.45 GHz

Fig.5 Measured and simulated results of the four-unit zero-order resonance microstrip array antenna
图5 四单元零阶谐振微带阵列天线的测量和仿真结果