

文章编号:1001-9014(2006)06-0469-04

折叠短路式小型化双层微带天线

王素玲¹, 沈学民^{1,2}

(1. 中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083;

2. 中国科学院上海微小卫星工程中心, 上海 200050)

摘要:微带天线在各种内置天线通讯系统中有非常重要的应用. 为满足便携式设备小型化的需要, 该文介绍一种折叠式双层正方形微带贴片天线. 此天线根据曲流原理, 把常规的微带天线进行折叠. 与常规微带天线相比, 折叠式微带天线的尺寸减小了60%以上. 折叠天线结构紧凑, 便于加工制作. 文中给出了天线的详细设计方案以及仿真结果. 仿真结果证明该设计完全可以满足工程要求.

关键词:微带天线; 折叠; 增益

中图分类号:TN957. 2 **文献标识码:**A

SHORT CIRCUIT FOLDED COMPACT MICROSTRIP ANTENNA

WANG Su-Ling¹, SHEN Xue-Min^{1,2}

(1. Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Science China, Shanghai 200083, China;

2. Shanghai Engineering Center for Microsatellites, Shanghai 200050, China)

Abstract: Microstrip antennas have many applications in various communicational systems. To meet the requirement of miniaturization of the carry-home equipments, a folded compact microstrip antenna was presented. Based on the curve circuit theory, a new design of a microstrip antenna was described. The new design folds the regular microstrip antenna, so that the dimension of the antenna reduced more than 60% compared with the conventional microstrip antenna. The configuration of the antenna is simple and easy to fabricate. Details of the proposed antenna design and simulation results were presented and discussed. The simulation results show the validity of the design.

Key words: microstrip antenna; folding; gain

引言

微带天线具有低轮廓、易共形、制作简单等特点, 因此在便携式通讯系统中得到了广泛的应用. 但由于天线的长度与工作波长成正比, 当工作频率较低时, 微带天线的面积较大, 因而极大的限制了微带天线在便携式通讯系统中的使用. 微带贴片天线小型化, 越来越受到人们的重视, 成为天线研究的一个重要方向. 众多学者在小型化微带天线中做了大量的研究工作^[1-6], 并提出了多种小型化天线的可行性方案: 如采用高介电常数基片、短路加载技术、开槽开缝技术、曲流技术等. 使用高介电常数材料虽然可以有效的减小贴片尺度, 但高介电常数的介质通

常为陶瓷材料, 一方面密度较大, 不利于减小通讯系统的重量, 另一方面, 也给天线与 PCB 板的一体化设计带来了一定的困难. 短路加载技术把开路谐振转化为短路谐振^[7]使得天线的长度得以降低. 开槽技术通过变直线为曲线来增加电流路径的长度, 从而使得微带天线小型化. 可以说开槽技术是曲流技术的实际应用.

基于增加电流路径的基本原理, 本文设计了一种微带小天线. 该设计用折叠法有效的增加了电流路径的长度, 在介电常数较低的印刷电路板 (PCB 板) 基片上成功的实现了微带天线的小型化, 与传统的微带天线相比该天线面积减小 60%. 且具有重量轻, 结构简单, 易制作等优点.

收稿日期: 2005-12-23, 修回日期: 2006-05-22

基金项目: 国家自然科学基金(60371040)资助项目

作者简介: 王素玲(1964-), 女, 河南孟州人, 中科院上海技术物理研究所在读博士, 专业方向为电磁场理论与微波技术.

Received date: 2005-12-23, revised date: 2006-05-22

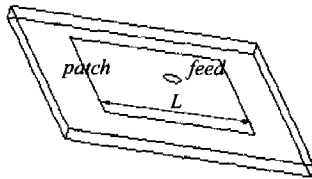


图1 微带天线示意图
Fig.1 The sketch of microstrip antenna

1 | 天线设计

基本思想

微带天线是谐振式天线,微带贴片的长度大约为介质波长的1/2.如果用 f 表示天线辐射的中心频率, L 表示微带贴片的长度,则谐振频率^[7,8]

$$f = \frac{c}{2(L + \Delta l) \sqrt{\epsilon_e}} \quad (1)$$

式(1)中, ϵ_e 为等效介电常数, Δl 为考虑边缘效应的校正长度.用 w 表示微带的宽度, h 表示微带的厚度,哈默斯塔德给出 Δl 的经验公式为^[8]

$$\Delta l = 0.421h \frac{\epsilon_e + 0.3 \frac{w}{h} + 0.264}{\epsilon_e - 0.258 \frac{w}{h} + 0.8} \quad (2)$$

如果假定辐射频率为1.15GHz,基片的介电常数为4.5,可以估算出微带的长度为61.0mm.如果地板大小取微带大小的1.5倍计算,可以估算出在频率为1.15GHz时常规微带天线地板的长度大概为91.4mm.

可以设想把图1所示的微带天线进行折叠(如图2所示),微带天线的面积将减少到原来的1/2.实际上,由于微带天线常采用正方形结构,因此天线面积减小远不止1/2.折叠后天线的辐射性能是我们关心的主要问题,按照上述思想我们设计了折叠式微带天线并进行了仿真实验.

天线设计

天线结构如图3所示.与通常寄生贴片天线不

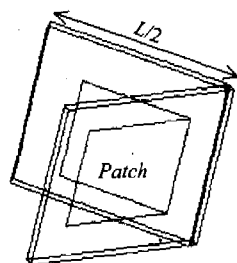


图2 折叠微带天线示意图
Fig.2 The sketch of folded antenna

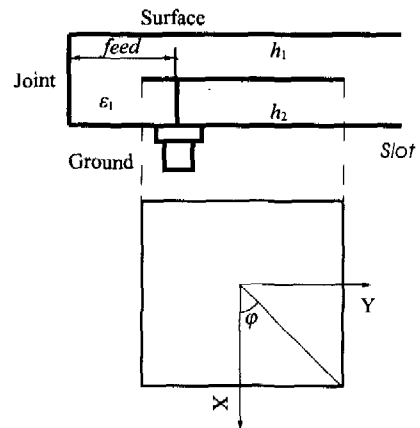


图3 折叠式微带天线的几何结构
Fig.3 Geometry structure of proposed antenna

同,上表面(surface)与下表面(Ground)通过侧面(Joint)连为一体,三个面形成一种半封闭结构.天线为三层印刷板,板材选用Rogers TMM4作为介质基片,相对介电常数 ϵ_r 为4.5.上下表面均为正方形的敷铜面,中间为微带天线贴片(patch).同轴馈电,馈电探针与中间层相连.本设计中,上下两层基片介质相同,厚度也相同 $h_1 = h_2 = 2\text{mm}$,总厚度4mm.当然也可以选用厚度不同、材料不同的基片.中间贴片(patch)为正方形结构,尺度为 $28\text{mm} \times 28\text{mm}$,地板的尺度为 $32\text{mm} \times 32\text{mm}$,上表面的大小与地板相同.同轴线的外径为2.3mm,探针半径为1mm,特征阻抗为 50Ω .馈电点与贴片中心点的距离为 $y = -10.53\text{mm}$.

2 天线仿真

Ansoft HFSS 是 Ansoft 公司开发的基于有限元

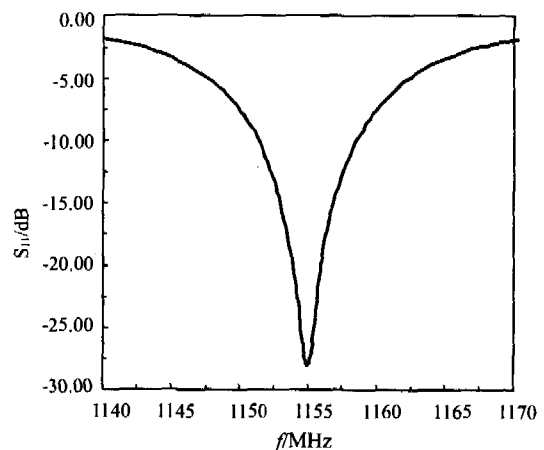


图4 折叠式微带天线的回波损耗
Fig.4 The return loss of proposed antenna

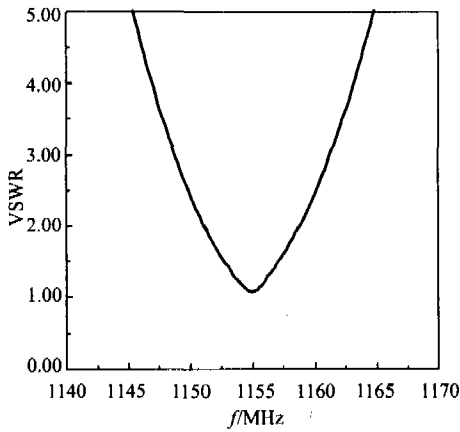


图5 折叠式微带天线的驻波比和带宽
Fig.5 The VSWR of proposed antenna

的电磁仿真软件,在微波电路设计中有着非常广泛的应用.下面各图给出了仿真结果.必须指出,仿真设置为天线的地平面与吸收界面重合,如果不做如此设置,则天线为双向辐射,仿真增益会有所下降.图4为天线的回波损耗.在发射中心频率点 $f = 1.155\text{GHz}$,天线的回波损耗达 28.52dB .图5为天线的驻波比随微波频率的变化,中心频率驻波比为 1.08 , $\text{VSWR} \leq 2$ 的频带宽度为 8MHz ,相对带宽 0.7% .显然,天线频带较窄, Q 值较高,不太适合对频带要求较宽的场合.如何降低天线的 Q 值、拓宽频带,尚需进行进一步研究.

图6和图7分别为折叠式天线2个不同平面的方向图.由微带天线理论可知,当天线工作在主模时,微带天线的辐射外电场方向与贴片所在的平面平行,因此这里把与贴片平面平行的平面称为 E 面.与普通微带天线的方向图类似,微带所在平面的辐射图(E 面 $\theta = 90^\circ$)具有良好的全向性; H 面(φ

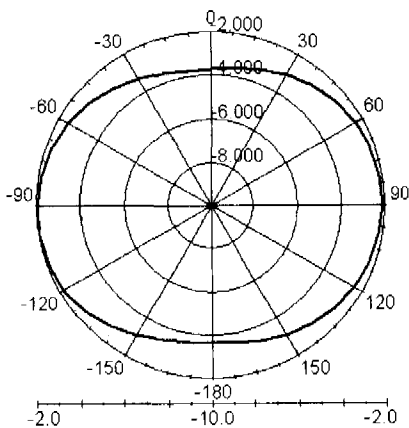


图6 天线的E面方向图($\theta = 90^\circ$)
Fig.6 The radiation pattern of E plane

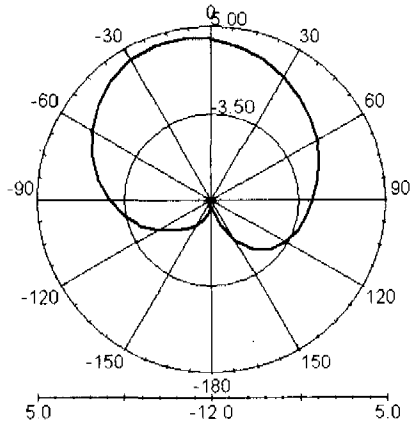


图7 微带天线H面方向图($\varphi = 90^\circ$)
Fig.7 The radiation pattern of H plane

$= 90^\circ$)方向图则呈现出前向辐射特性.天线增益 4.05dBi , 3dB 波束宽度达 100° 左右.由于仿真过程中天线的地表面与背景的吸收界面重合,多次仿真结果表明天线无旁瓣存在.

3 定性分析与讨论

按照腔模理论,普通矩形微带天线工作在 TM 模,其缝隙激励的远场取决于等效磁流的大小.需要注意,折叠天线不是双缝辐射而是单缝辐射,因此其增益要小一些.

激励源初始相位为零、频率为 1.15GHz 时,微带天线内场的矢量图如图8.我们知道,常规天线的内场为半波式分布:电场矢量从正最大值(峰值)逐渐变化到负最大值^[8].而文中仿真结果与常规的微带不同之处在于:整个微带内场的方向相同(均向上),而电场的数值大小从左到右逐渐增大.

抛开最初的设计思想,仅从天线的实际结构来看,天线的地平面(Ground)与上表面(surface)通过

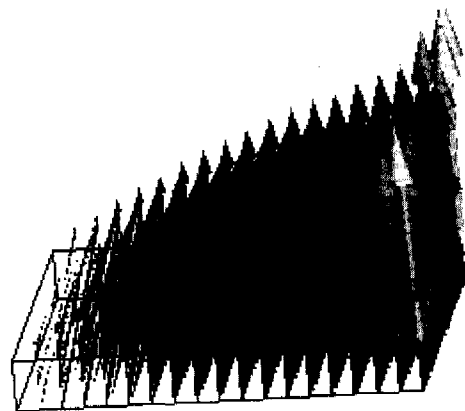


图8 微带天线的内场
Fig.8 The internal field distribution

(joint)连接在一起,其效果可以与加载梢钉短路的微带天线相类比.由于加载梢钉微带天线的谐振频率大约为 $\lambda/4$ ^[7],因此,有理由认为折叠天线的谐振频率对应于 $\lambda/4$ 介质波长,严格的计算要考虑边缘效应引起的缩短长度 Δl 的影响.

需要说明的是,如果认为辐射元为上表面(surface),则 $\lambda/4$ 应该为上表面的长度而非中间层贴片的长度.此外,天线的侧面宽度要与上下表面的宽度相同,这样可以消除由于微波电路不均匀带来的反射,易于实现馈电匹配.

前面曾经算出当频率为1.15GHz时,普通贴片天线贴片的大小为61.0mm,二者相比,折叠式天线的尺度仅为常规微带天线的52.5%.考虑到常规贴片天线必须采用比微带大的反射地板(91.4mm),折叠式微带天线的尺度仅仅为常规微带天线的35.0%.如果在设计中采用其它辅助手段,如在天线上开槽开缝,折叠式天线的尺寸还可以进一步减小.

4 结论

本文提出了一种实现微带天线小型化的新技术.该设计以增加厚度为代价有效的减小了微带贴片天线的面积.应用HFSS软件对所提出的天线进行了电磁仿真.结果表明,该天线为单缝辐射, $\lambda/4$ 波长谐振天线.天线具有与常规微带天线相似的E面和H面方向图.其增益小于双缝贴片天线.天线结构简单,易于制作,特别适用于对天线尺度要求比较苛刻便携式通讯设备等.

REFERENCES

- [1] ZHANG Zhong-Xiang, ZHU Qi, XU Shan-Jia. Application of Left handed microstrip transmission line in the design for millimeter wave microstrip array [J]. *J. Infrared Millim. Waves* (张忠祥,朱旗,徐善驾.左手微带传输线在毫米波天线阵中的应用. *红外与毫米波学报*), 2005, 24(5): 342-347.
- [2] JING Heng-Zhen, XU Shan-Jia. Mode matching analysis of a new omnidirectional circular rod antenna with double dielectric gratings for millimeter wave application [J]. *J. Infrared Millim. Waves* (靖恒珍,徐善驾.新型双介质栅毫米波棒形全向天线的模匹配分析. *红外与毫米波学报*), 2003, 22(4): 241-245.
- [3] Antar Y M M, Ittip iboon A I, Bhattachatyya A K. A dual-frequency antenna using a single patch and an inclined slot [J]. *Microcrowave and Optimal Technology Letters*, 1995, 8(6): 309-310.
- [4] Murakami Y, Chujo W, Chiba I. et al. Dual slot coupled microstrip antenna for dual frequency operation [J]. *Electronics Letters*, 1993, 29(23): 1906-1907.
- [5] Deepukumar M, George J, Aanandan C K, et al. Broadband dual frequency microstrip antenna [J]. *Electronics Letters*, 1996, 32(17): 1531-1532.
- [6] Long S A, Walton M D. A dual-frequency stacked circular-disc antenna [J]. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 1979, AP-27(3): 1281-1285.
- [7] LIU Xue-Guan, GUO Hui-Ping. *Microstrip Technology and Antenna* [M]. Xian: Publishing house of Xian Electronic Science and Technology University (刘学观,郭辉萍. *微波技术与天线*.西安:电子科技大学出版社), 2001.
- [8] ZHONG Shun-Shi. *Microstrip Antenna Theory and Application* [M]. Xian: Publishing House of Xian Electronic Science and Technology University (钟顺时. *微带天线理论与应用*.西安:电子科技大学出版社), 1991.