

# 一种 LTCC 叠层耦合馈电圆极化微带天线的设计

夏 祺, 赵 云, 苏 桦, 张怀武, 钟智勇

(电子科技大学 电子薄膜与集成器件国家重点实验室, 四川 成都 610054)

**摘 要:**设计了一种低温共烧陶瓷(LTCC)低剖面圆极化叠层耦合微带贴片天线。该天线采用层叠结构,在辐射基板正面采用分形的辐射贴片来降低天线尺寸并拓展带宽;在馈电层基板正面开“十字”槽,在其反面通过使用威尔金森功分器加移相器网络对“十字”槽馈电,使得耦合馈电端口的正交电场相位差 $90^\circ$ 来实现微带天线的圆极化。该天线设计剖面厚度仅3 mm。仿真结果显示该天线工作于1.268 GHz时,实现阻抗带宽超过60 MHz,天线的轴比小于1.5 dB且增益达到5 dB。

**关键词:**微带天线;低温共烧陶瓷(LTCC);宽频带;低剖面;圆极化

**中图分类号:**TN82

**文献标识码:**A

## A Design of an Aperture-coupled Circularly-Polarised Microstrip Antenna Based on LTCC Technology

XIA Qi, ZHAO Yun, SU Hua, ZHANG Huaiwu, ZHONG Zhiyong

(State Key Lab. of Electronic Thin Films and Integrated Devices, University of

Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

**Abstract:** An aperture-coupled circularly-polarized (CP) stacked patch antenna with low profile thickness was designed based on LTCC (low temperature co-fired ceramic) technology. The proposed antenna was composed of the two-layer stacked LTCC substrates. The fractal patch on the front of radiant substrate can reduce size and expand bandwidth of the antenna. A cross-slot on the front of feed layer substrate was fed by Wilkinson power divider with  $90^\circ$  phase difference, which was used for phase shifting of the perpendicularity electric field and circularly polarized radiation. The profile thickness of the antenna was restricted in 3 mm. The simulated results showed that the impedance bandwidth of the antenna exceeded 60 MHz, the axial ratio was less than 1.5 dB and the gain approached 5 dB with the centre frequency of 1.268 GHz.

**Key words:** microstrip antenna; LTCC; broad bandwidth; low profile thickness; circular polarization

### 0 引言

微带贴片天线具有体积小,质量轻,剖面薄,易共形等优点,广泛应用于卫星定位、无线通信、远程遥感、航空航天等领域<sup>[1]</sup>。在机载或弹载应用时,对微带贴片天线尤其强调其低剖面、宽频带和圆极化的性能要求;但微带贴片天线输入阻抗随频率的变化十分敏感,导致其阻抗带宽很窄。当前的微带贴片天线普遍都采用有机介质材料或陶瓷材料作基板,为了拓展微带贴片天线带宽,常用增大基板厚度,降低介电常数<sup>[2-3]</sup>;采用多层结构<sup>[4-6]</sup>;加载阻抗匹配网络<sup>[7]</sup>;在辐射贴片上开槽<sup>[8-11]</sup>;采用缝隙耦合馈电<sup>[12-14]</sup>等。但每种方式都有一定的局限性或以牺

牲天线的厚度和体积为代价。

近年来,低温共烧陶瓷(LTCC)技术的出现和发展为开发新型设计结构的微带贴片天线创造了条件<sup>[15]</sup>。LTCC技术作为一种先进的多层陶瓷技术,不仅可将传统微带贴片天线的结构从原先的一维扩充到三维,而且LTCC技术多层化过程中采用了流延和通孔技术,除便于加工生产外,还可提供比常规基板材料更好的层厚控制,因而有望为开发新型的低剖面、宽频化及低轴比的微带贴片天线创造条件。

本文基于LTCC技术设计了一种新型结构的叠层微带贴片天线,其采取电磁耦合馈电方式,结合功分、移相馈电网络及贴片分形技术,实现了该天线的低剖面、圆极化和宽带化。通过建模仿真,该天线

收稿日期:2011-11-02

基金项目:国家高技术研究发展计划基金资助项目(2009AA03Z414)

作者简介:夏祺(1987-),男,辽宁抚顺人,硕士生,主要从事LTCC微带天线的研究。E-mail: summerseven1020@gmail.com

可在 3 mm 的剖面厚度内,中心频点为 1.268 GHz 时,实现阻抗带宽超过 60 MHz,且天线的轴比小于 1.5 dB,天线增益达到 5 dB。

### 1 天线结构设计

该天线结构主要由馈电层和辐射层两部分构成。其中馈电层基板由完全相同的多张 LTCC 流延陶瓷膜片叠片而成,材质选用 Ferro 公司的 ULF140 型 LTCC 材料,馈电层基板厚度控制在 1.5 mm。其结构特征如图 1、2 所示。其上表面除一个“十字”槽外,其余部分都印刷银作为接地电极;其下表面印刷有复杂的馈电网络,包括 3 个功分器和两个移相器,其目的是把一组引入的激励信号通过功分和移相网络分解成等强度的 4 个激励端口(支节臂),相位依次差  $90^\circ$ ,从而可以保证得到良好的圆极化性能。馈电层下表面 4 个激励端口的中心与上表面的“十字”槽中心重合,通过该“十字”槽可使天线最底层的激励端口能与天线最上层的辐射贴片相互耦合,并可通过改变十字槽的长宽尺寸来控制耦合强度的大小,从而实现对天线谐振频点和输入电阻的调节,最终达到展宽频带的目的。在馈电层下表面无馈电网络经过的地方开有许多金属化通孔连接到馈电层上表面的接地电极上,其目的主要为屏蔽馈电网络各部分间及 4 个激励端口相互间的耦合干扰。天线的辐射层基板叠加在馈电层基板上,同样也是由完全相同的多张 LTCC 流延膜片叠片而成,总厚度控制在 1.5 mm,其结构特征如图 3 所示。在其上表面,馈电层基板“十字”槽的正上方,印刷有一个分形结构的辐射贴片。该辐射贴片的分形结构是在正方形内部内接圆,再利用圆内接正方形依次迭代而成,可通过调整辐射贴片的面积大小来调整天线的谐振中心频率。

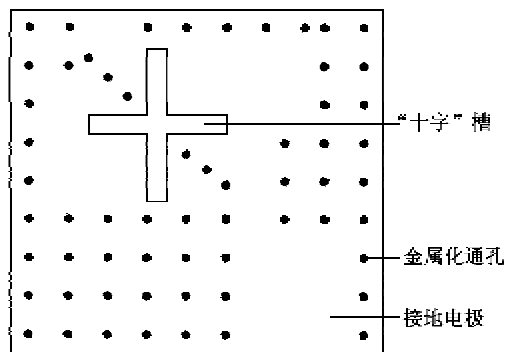


图1 天线馈电层上表面结构设计

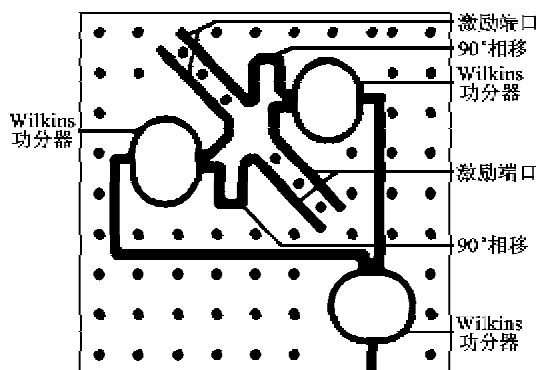


图2 天线馈电层下表面结构设计



图3 天线辐射层上表面结构设计

### 2 结果分析

根据天线结构设计图,利用 HFSS 软件进行建模仿真和优化,该天线的最终剖面厚为 3 mm,辐射贴片的面积仅为  $17.8 \text{ mm} \times 17.8 \text{ mm}$ 。

图 4 为该叠层 LTCC 贴片天线  $S_{11}$  参数的仿真结果。由图可见,该天线的中心频率 1.268 GHz,为北斗卫星信号接收频率,当  $S_{11} \leq -10 \text{ dB}$  时,天线的工作频段为 1.235 8~1.299 2 GHz,带宽可达 63.4 MHz。图 5 为天线的仿真增益曲线,天线  $\theta = 0^\circ$  处增益达到 5 dB。

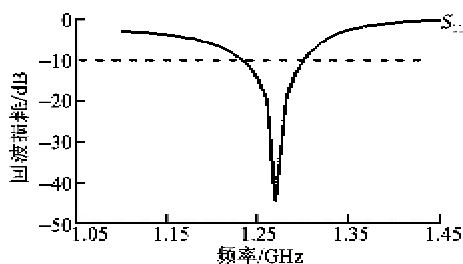


图4 天线仿真回波损耗

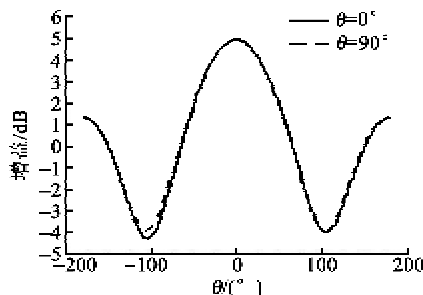


图5 天线仿真增益图

图6为仿真轴比角度关系图。在宽角度 $\pm 70^\circ$ 内可实现轴比 $\leq 3$  dB,该天线具有很好的圆极化性能。图7为天线仿真方向图。该天线在工作频段内方向性良好,无裂瓣旁瓣出现。

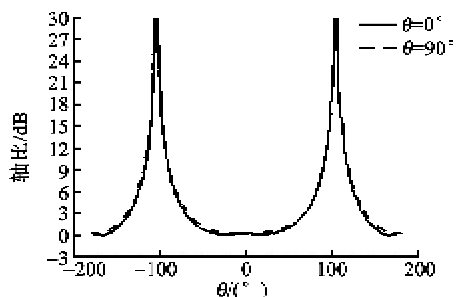


图6 天线仿真轴比图

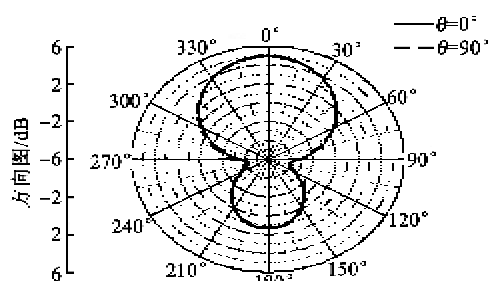


图7 天线仿真方向图

### 3 结束语

与采用常规方式、相同介电常数和同等剖面厚度设计的单馈微带贴片天线相比,本设计天线带宽可拓宽1倍以上。此外,在中心频点处轴比可低于1.5 dB,圆极化性能也非常好。因此,该LTCC叠层微带天线能很好地兼顾微带贴片天线在低剖面、宽带化和圆极化方面的综合技术要求。

### 参考文献:

- [1] 林昌禄. 天线工程手册[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [2] 张钧, 刘克诚, 张贤铎. 微带天线理论与工程[M]. 北京: 国防工业出版社, 1988.
- [3] 钟顺时. 微带天线理论与应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1991.
- [4] FONG K S, PUSE H F, WITHERS M J. Wideband multiplayer coaxial-fed microstrip antenna element[J]. Electron Lett, 1985, 21(11): 497-499.
- [5] LIU Zhangfa, KOOI Pangshyan, LI Lewe. A method for designing broad-band Microstrip antennas in multi-layered planar structures[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1999, 47(9): 1416-1420.
- [6] MATIN M A, SHARIF B S, TSIMENIDIS C C. Probe fed stacked patch antenna for wideband applications[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2007, 55(8): 2385-2388.
- [7] PUES HUGO F, CAPELLE ANTOINE R VAN DE. An impedance-matching technique for increasing the bandwidth of microstrip antennas[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1989, 37(11): 1345-1353.
- [8] WONG K L, HSU W H. Broadband triangular microstrip antenna with U-shaped slot [J]. Electron Lett, 1997, 33(25): 2085-2087.
- [9] RAFI G, SHAFALI. Broad band microstrip patch antenna with V slot[J]. IEE Proc -Microw Antennas Propag, 2004, 151(5): 435-440.
- [10] TLILI B. Design of C-slot microstrip patch antenna for WiMax application[C]//UK; Loughborough Antennas & Propagation Conference, 2009: 521-524.
- [11] SHEN Q, OOI B L. A novel E-shaped broadband microstrip patch antenna[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2000, 27(5): 348-351.
- [12] TARGONSKI S D, POZAR D M. Design of a wide-band circularly polarized aperture-coupled microstrip antennas[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1993, 41(2): 214-219.
- [13] POZAR D M, DUFFY S M. A dual-band circularly polarized aperture-coupled stacked microstrip antenna for GPS[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1997, 45(11): 1618-1625.
- [14] DOUST E G, CLÉNET M, HEMMATI V, et al. An aperture-coupled circularly polarized stacked microstrip antenna for GPS frequency bands L1, L2, and L5 [C]//San Diego; IEEE International Antenna and Propagation Society Symposium, 2008: 1-4.
- [15] 杨邦朝, 蒋明, 胡永达. LTCC 组件技术及未来发展趋势[J]. 混合微电子技术, 2001, 13(1): 1-10. YANG Bangchao, JIANG Ming, HU Yongda. LTCC component technology and future trends[J]. Mixed Micro-electron Technol, 2002, 13(1): 1-10.