

一种双层宽带微带天线设计

赵玉冬 王遂学

(北京航天长征飞行器研究所, 北京 100076)

bjydzhaotom.com

摘要: 本文利用电磁耦合贴片原理 (EMCP) 设计出一种宽带微带天线。天线采用双层倒置贴片结构, 运用背馈形式和开窗方法, 实现天线的简洁化和小型化。仿真和实测结果表明: 天线在在 $VSWR \leq 2$ 的情况下, 带宽可达到 25%, 增益接近 9dB, 大于 0dB 的方向图辐射角度超过 120° , 具有宽波束特性, 交叉极化电平超过 25dB, 线极化特性好。

关键词: 宽带, 微带天线, 宽波束, EMCP, HFSS

Design of a Double Layer Wideband Microstrip Antenna

ZHAO Yudong, WANG Suixue

(Beijing Institute of Space Long March Vehicle, Beijing 100076)

Abstract: This paper presents a double layer wideband microstrip antenna. The antenna adopted double invert patch construction, feed from back and windows on patch, Make antenna simple and small. The result of stimulation and react measured indicate when the standing wave ratio ($VSWR$) ≤ 2 , the bandwidth is over 25%; The gains of antenna reached 9dB; The beamwidth of ≥ 0 dB is over 120 degree, having characteristic of wide beam. The cross-polarization level in both E and H planes are better than 25dB.

Keywords: wideband; microstrip antenna; wide beam; EMCP; HFSS

1 引言

微带天线由于重量轻、体积小、低剖面、易共形和低成本等优点而得到了广泛的研究和应用, 但频带窄成为微带天线最大的诟病, 一般微带天线带宽在 2%~3%。因此开展扩宽微带天线工作频带的工作具有很重要的意义。目前对展宽微带天线带宽的研究较多, 如降低微带天线等效谐振电路的 Q 值, 即增加基片厚度和降低基片的介电常数等。但是基片厚度的增加会加大表面波的激励; 降低介电常数的潜力有限。另外附加寄生贴片, 采取多层缝隙耦合微带天线形式和印刷振子天线结构也可以展宽频带。但这些方法往往以体积和复杂性的增加为代价。

本文介绍一种电磁耦合双层倒置宽带微带天

线。这种天线采用双层介质板来提高天线的带宽, 采用同轴探针背馈方式, 省去缝隙耦合馈电方式中复杂的馈电网络。在下层贴片上开孔, 缩小了天线的面积。通过 HFSS 软件仿真和实际测试, 天线在 $VSWR \leq 2$ 时带宽大于 25%, 天线增益可达到 9dB。

2 天线的结构及工作原理

天线结构为双层结构, 其中下层辐射贴片为馈电元, 上层辐射贴片为寄生元。天线结构见图 1。

根据腔膜理论, 当微带天线工作于低次模式而其它模式频率相去较远时, 微带天线的输入阻抗可看成一个并联谐振电路。因而双层倒置微带天线上两个贴片分别形成两个谐振电路, 具有两个谐振

频率。当两个谐振频率相互接近时，便形成频带展宽的双峰谐振电路。等效电路图见图 2。

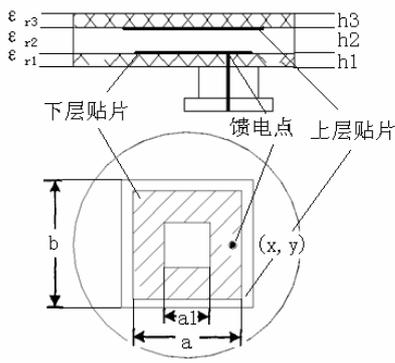


图 1 双层倒置微带天线结构示意图

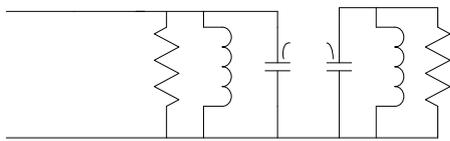


图 2 双层倒置微带天线等效耦合电路

图中 G_1 、 L_1 、 C_1 为下层辐射贴片的自电导、自电感、自电容， G_2 、 L_2 、 C_2 为上层辐射贴片的自电导、自电感、自电容。 C_g 为下层辐射贴片和上层辐射贴片间的耦合电容。

3 天线参数的设计

为了尽可能的展宽天线频率宽度，需要降低微带天线的品质因素 Q 值。必须选择介电常数低和厚度大的基片，但太厚的基片介质容易在贴片天线表面激励起高次模和表面波，降低天线辐射效率和天线方向图主瓣，交叉极化电平变差。因此通过多层结构，利用空气层实现一种等效的低介电常数基板。

天线上下贴片尺寸可以分别进行计算。 G_1 基片的介电常数为 ϵ_{r1} ，利用普通微带天线设计公式可得出贴片大小。为了减小天线面积，需要下层天线谐振在低频段，通过在贴片上开窗口，引进等效电容参数，实现减小贴片面积目的。

上层介电常数 ϵ_{r3} 可利用多层微带天线计算公式获得

$$\epsilon_r = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n h_i / \epsilon_i} \quad (1)$$

再利用普通微带天线设计公式可得出上层贴片大小。

本文根据上述理论和方法，设计出一个实际尺寸的微带天线。具体参数为：各层介质的厚度分别为 $h1=h3=1.5\text{mm}$ ， $h2=3\text{mm}$ ；各层介质介电常数分别为 $\epsilon_{r1}=\epsilon_{r3}=2.33$ ， $\epsilon_{r2}=1.0$ ；下层贴片的长度 $a=15.6\text{mm}$ ，窗口尺寸 $a1=6\text{mm}$ ，上层贴片的长度 $b=17\text{mm}$ 。图 3 为在 Ansoft HFSS 软件中建立的模型。

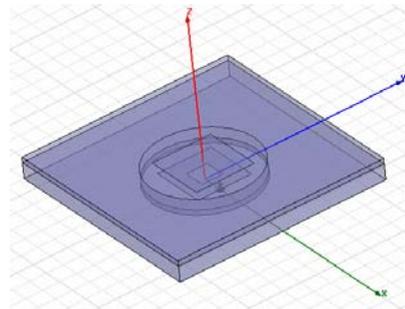


图 3 双层倒置微带天线 HFSS 模型图

4 仿真结果和实测结果分析

4.1 仿真结果与实测结果

用 HFSS 软件进行仿真计算，天线仿真与实测结果见图 4~图 6。其中图 4 为天线驻波比仿真与实测图。图 5 是天线 E 面仿真和实测方向图。图 6 是天线 H 面仿真和实测方向图。

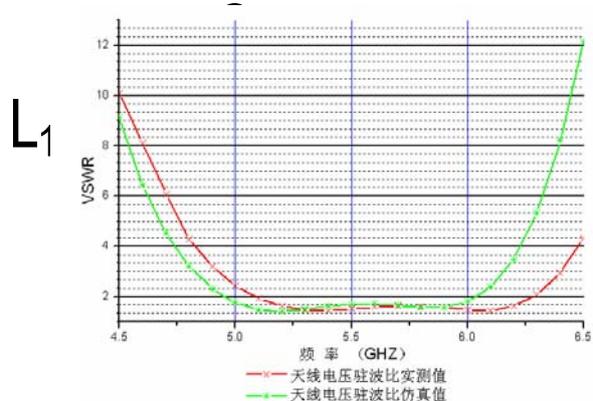


图 4 天线电压驻波比仿真与实测图

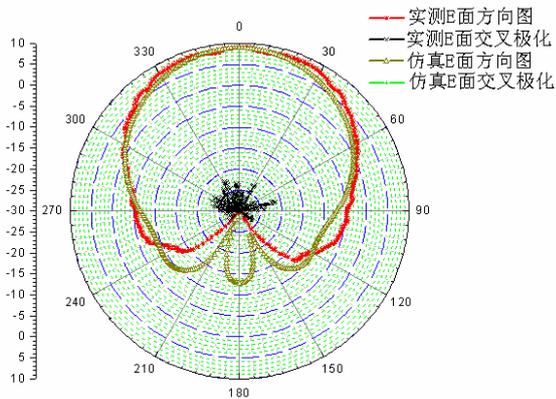


图5 天线 E 面仿真和实测方向图

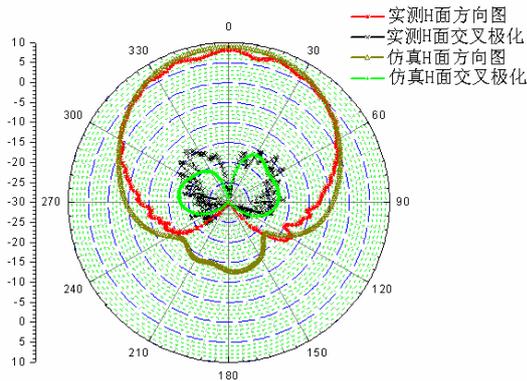


图6 天线 H 面仿真和实测方向图

4.2 结果分析

从天线电压驻波比图可以看出，天线有两个明显的谐振点，与理论分析相一致。在 $VSWR \leq 2$ 的情况下，带宽可达到 25%。从图 5 和图 6 可看出，实测方向图与仿真方向图非常一致。增益接近 9dB。大于 0dB 的方向图辐射角度超过 120° 。线极化特性好，交叉极化电平小于 -25dB。

5 结论

基于天线的简单调试和方便安装，本文采用下层贴片开窗，背馈方式设计出一种宽带微波天线。天线具有调试难度低和小型化特点。仿真和实测结果显示，天线在在 $VSWR \leq 2$ 的情况下，带宽可达到 25%。增益接近 9dB。大于 0dB 的方向图辐射角度超过 120° 。交叉极化电平小于 -25dB。具有较好的使用前景。

参 考 文 献

- [1] 林昌禄, 天线工程手册, 北京 电子工业出版社 2002
- [2] 叶云裳, 航天器天线—理论与设计, 北京 中国科学技术出版社, 2007
- [3] 武永刚、邢光龙、楚玉焕, 基于 HFSS 多层宽带微带天线仿真设计, 电子技术, 2008.10
- [4] Arun Kumar Singh and Grish Kumar, EMCP microstrip antennas as feed for satellite receiver, Antennas and Propagation Society International Symposium, 21-26 July 1996
- [5] Shi-Chang Gao; Le-Wei Li; Mook-Seng Leong; Tat-Soon Yeo Dual-polarized slot-coupled planar antenna with wide bandwidth, Antennas and Propagation, IEEE Transactions on march 3 2003

作者简介:

赵玉冬, 男, 高工 主要研究领域微带天线理论与设计, 微带天线小型化等; 王遂学, 男, 研究员, 电磁场理论、天线设计等领域。