文章编号:1004-2474(2017)06-0917-03

一种频率可调的新型微带贴片天线

赵志晨,杨青慧,张怀武

(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:该文介绍了一种频率可调的新型微带贴片天线设计方法。尽管微带贴片天线的设计技术在很多年前已较成熟,但在设计和应用时总会出现一些不可预料的偏差,这就需要设计者进一步研究其特性。按照传统微带贴片天线设计了频率为2.38～2.50 GHz的右旋圆极化天线,但实测结果为2.41～2.55 GHz,频率往高频偏移,无法使用。选用该文的频率可调的新型结构的微带贴片天线后,能解决之前出现的问题。

关键词:微带天线;频率可调;金属孔;新型结构;圆极化

中图分类号:TN713　　**文献标识码**:A

A New Type of Microstrip Patch Antenna With Adjustable Frequency

ZHAO Zhichen, YANG Qinghui, ZHANG Huaiwu

(State Key Lab. of Electronic Thin Films and Integrated Devices, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

Abstract: The design method of a new microstrip patch antenna with adjustable frequency is presented in this paper. Although the design technologyof microstrip patch antenna has been relatively matured in many years ago, sometimes there is always some unpredictable deviation during the design and application, which needs designers to further study the characteristics. A right-handed circularly polarized antenna with frequency from 2.38 to 2.50 GHz has been designed by using the conventional design method, but the measuredfrequency is from 2.41 to 2.55 GHz. The frequency is shifted to the high frequency and cannot be used. The aforementioned question can be solved by using the new structure microstrip patch antenna with adjustable frequency.

Key words: microstrip antenna; adjustable frequency; metal hole; new structure; circularly polarized

0　引言

随着科学技术的发展[1],器件小型化成为实际研究应用中最重要的技术要点。微带贴片天线可工作在100 MHz～100 GHz,以介质板作为辐射单位,设计简单的优点让其广泛运用于现代微波收发系统领域,是当今微波器件中不可缺少的组成部分。微带贴片天线具有以下优点[2]:

1) 体积小,质量小,低剖面,能与载体如飞行器、移动通信终端共形。

2) 制造成本低,易于批量生产,可用简单馈电实现线极化和圆极化。

3) 散射截面小,易于制作双频、双极化天线。

4) 便于与有源器件和微波电路集成,馈线、匹配网络可与天线结构一起制造等[3]。

但是,微带贴片天线的传统设计方法,以及不同批次、同一型号板材生产各项指标参数的误差导致其存在实际应用缺陷,其中最主要的是实物测试结果与设计仿真结果存在严重的频率偏移现象。如果加工出来的天线频率偏低,为了增大谐振频率,需要减小尺寸,此时,我们可以通过物理办法等比例削割长、宽边长来减小尺寸,实现调试;如果加工出来的天线频率偏高,为了降低频率,我们需要增大尺寸,而加工天线贴片的长度已经按照仿真的尺寸加工,无法增大,这就需要重新设计加工,直至加工出的天线不频偏为止,浪费时间、金钱。本文主要介绍了一种频率可调的新型微带贴片天线设计方法,此结构加工较复杂,但性能良好,能够有效地解决频率偏高的难题。

收稿日期:2017-03-02

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61021061,51272036,51472046,51002021,61131005);国际合作基金资助项目(2012DFR 10730,2013HH0003)

作者简介:赵志晨(1992-),男,四川广元人,硕士生,主要从事微波器件设计的研究。通信作者:杨青慧(1979-),教授,主要从事液相外延及微波毫米波器件的研究。

1 频率可调新型微带贴片天线设计原理

1.1 天线的辐射原理

与普通天线一样[4]，不同的分析方法有不同的辐射原理。为了易于理解，以最基础的传输线分析模型方法简要介绍矩形微带天线的工作原理。设辐射单元长为 l，宽为 w，介质基板厚为 h，首先把辐射单元、介质基板与接地板看作是一条长为 l 的传输微带线，断开其两端便成为开路。由传输微带线理论可知，当辐射波长 λ 远大于 h 时，沿厚度方向场是分布均匀的。在这种最基础的情况下，场在宽度方向 W 上同样保持恒定不变，有变化的只是在长度方向 l 上。微带线仅传输准横电波。场最强的是在辐射单元的两开路端，服从正弦分布，而中间为 0，其场分布显然与 $\lambda/2$ 开路线一致，且沿横向保持恒定不变[5]。

基本上可以把长方形微带天线的辐射电磁场看作由辐射单元始、终两端的边缘场所产生的[6]。把始端、终端电场视作相对接地板的法向垂直分量与切向水平分量的合成，前者相反，后者相同，所以，在与接地板的垂直方向上，电场产生的同相水平分量远区场相互叠加，同时所产生的反向垂直分量相互抵消。因此，可以等效地将两开路端水平分量看作是两个在无限大平面上的同相缝隙激励形成的，缝隙的电场沿长边 W 分布均匀，且方向垂直于长边。换言之，可以等效地将微带天线辐射看作由两条缝隙组成的二元阵列[7]。

1.2 频率调试原理

天线的尺寸和频率呈反比。天线尺寸越大，频率越低；天线尺寸越小，频率越高。利用这一点，我们对设计的天线在调节频率时，可通过增加天线的尺寸来增长电流的有效路径，实现频率往低频偏移。在设计天线时，我们可以通过预先在天线贴片上开一定尺寸的金属小孔来实现频率的调试，具体原理图如图 1 所示。图中，a 为孔径长度，b 为孔径宽度，c 为孔径到边缘的距离。

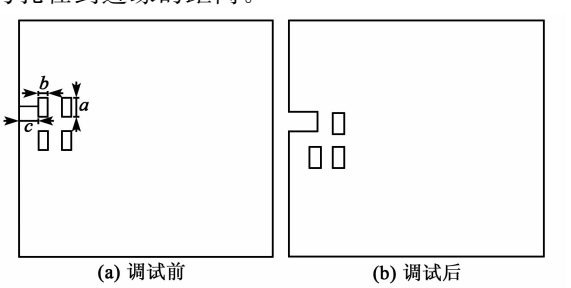


图 1 天线原理图

为了表述方便，我们选取了天线的一边作为分析例子。图 1(a)中开了 4 个金属小孔。由图 1(b)可看出，通过切割其中一个孔，让天线左边这个边缘的路径增长了，从而增加了天线辐射的有效电流路径，即达到了让该天线频率往低频偏移的目的。

2 频率可调新型微带贴片天线设计

2.1 设计步骤

用 CST 仿真软件仿真微带贴片天线说明如下：

1）在 CST 软件页面建立仿真模型，并且设置相应选项。

2）调试天线相关变量的值进行仿真，直至仿真结果满足要求。

2.2 设计实例

2.2.1 天线指标

频率范围 2.38～2.50 GHz，右旋圆极化，$S_{11}<-10$ dB，增益不低于 5 dBi。

2.2.2 计算

1）选定板材。为了实现高增益的天线，我们选用介电常数为 3.5 的 RF-35，厚为 3.175 mm 的板材。

2）计算贴片的长宽。辐射贴片的基本尺寸可根据下式[8]来进行初步估算：

$$l=\frac{c}{2f\sqrt{\varepsilon}} \tag{1}$$

$$w=\frac{c}{2f\sqrt{\varepsilon_{有效}}} \tag{2}$$

式中：ε 为板材的介电常数；c 为光速；f 为中心频率。

由式(1)、(2)计算可得初值 $l=32.69$ mm，$w=31.25$ mm。

3）天线 2 开孔口径大小。天线开孔大小有一定要求，不能太大，太大会造成天线带宽及驻波影响。很多论文或者专利在以前都有研究天线开孔对其带宽的影响(一般是增大带宽)，但我们的目的是为了在测试天线频率时，在设计金属孔时，要求设置在每条边的中心位置，且每条边和它的对边要求孔的分布情况一致，每个孔的大小一样，每条边可以打 $2n(n=1,2,3,4,\cdots)$ 个孔。因为孔很小，所以对工艺的要求较高。根据天线频率大小情况，我们对天线 2 开了 0.15 mm×0.3 mm的金属小孔，对于 1 GHz 频率以上的天线，孔的边长不要超过 1 mm。

2.2.3 CST 建立模型

根据前面求得的天线尺寸初值，在 CST 对天线建立模型，如图 2 所示。

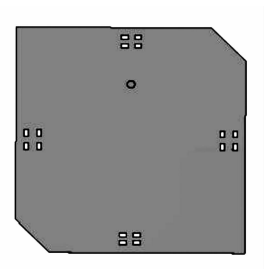


图 2　天线模型

仿真过程中，修正 l、w 及馈电位置，优化后，仿真结果如图 3 所示。

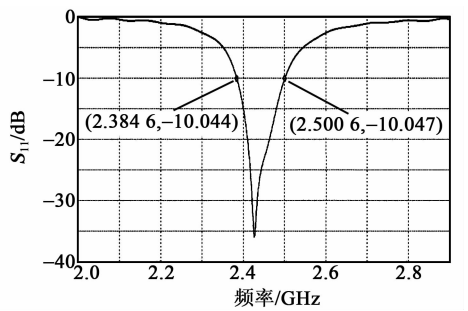


图 3　S 参数仿真结果

由图 3 可知，在整个通带内，回波损耗在 −10 dB以下，满足设计指标频率范围要求。

3　加工组装与测试

在设计机械加工结构时，为了便于测试，设计了一个金属腔体。

将加工天线装配好，外接一个 50 Ω同轴连接头，装配完成后使用 Agilent 矢量网络分析仪对滤波器的 S 参数指标进行测试。加工好的天线实物如图 4 所示，整个天线的尺寸（含介质板边缘）为 40 mm×40 mm。

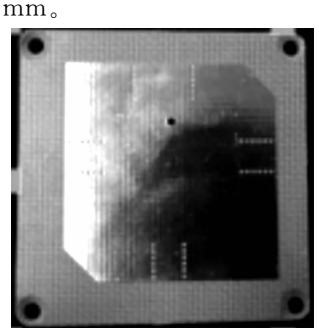
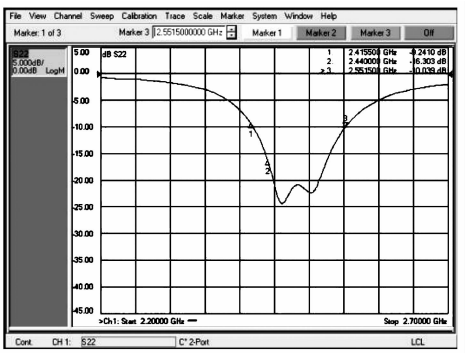
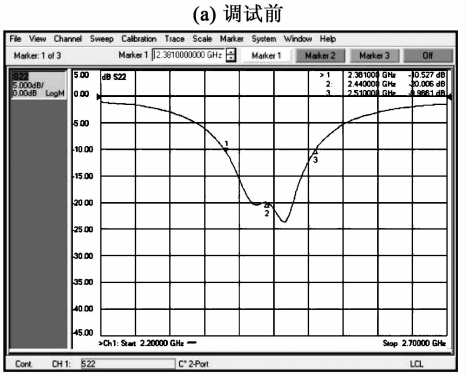


图 4　实物图

天线调试前的测试结果如图 5(a)所示。由图可知，S_{11}＜−10 dB，但图 5(a)测试结果显示的频率范围为 2.41～2.55 GHz，与设计要求 2.38～2.50 GHz 相比偏高了。通过调试提前设计好的金属小孔，使测试频率结果往低频偏移，结果为2.38～2.51 GHz，如图 5(b)所示，与设计频段要求基本吻合。



(a) 调试前



(b) 调试后

图 5　天线 S 参数测试图

4　结束语

文章介绍了一种频率可调的新型微带贴片天线设计方法，并经过设计、仿真、加工、测试及调试过程，实现了一个 2.38～2.50 GHz 的微带贴片天线。测试结果完全符合预期设计指标，满足设计需求，同时验证了本发明的可行性。

参考文献：

[1]　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.

[2]　许雪梅. 天线技术[M]. 西安：西安电子科技大学出版社，2004.

[3]　郭玉春. 现代天线设计[M]. 北京：电子工业出版社，2003.

[4]　周帆. 一种圆极化正三角形微带贴片天线的设计与仿真[J]. 沈阳理工大学学报，2012，31(1)：19-22.

[5]　王玉峰，林鑫超，何帅，等. 一种双频双圆极化微带天线的设计[J]. 微波学报，2010，26(Z1)：188-190.

[6]　薛睿峰，钟顺时. 微带天线圆极化技术概述与发展[J]. 电波科学学报，2002，17(2)：15-17.

[7]　魏文元，宫德明，陈必森. 天线原理[M]. 北京：国防工业出版社，1985.

[8]　马小玲，丁丁. 宽频带微带天线技术及应用[M]. 北京：人民邮电出版社，2006.