

一种基于PBG结构的切角微带天线

赖慧芳 叶志清

(江西师范大学 物理与通信电子学院 江西 南昌 330022)

摘要: 采用基片钻孔法在微带天线中加入PBG结构, 设计一种工作频率为2.4GHz的PBG结构的切角微带天线。通过仿真软件建立天线模型并对其仿真, 最后与采用传统结构的微带天线进行对比, 证明光子晶体结构的新型天线在拓展天线带宽以及降低输入回波损耗等方面具有较大的优势, 同时也指出此PBG结构微带天线的不足以及今后的改进方向。

关键词: PBG结构; 微带天线; 带宽; 回波损耗

中图分类号: TN92 文献标识码: A 文章编号: 1671-7597(2010)0520054-02

0 引言

微带天线自二十世纪七十年代以来引起了广泛的重视与研究, 现已被广泛用于100MHz—100GHz的宽广频域上的大量无线电设备中。微带天线是由导体薄片粘贴在背面有导体接地板的介质板上形成的天线, 与通常的微波天线相比, 其主要优点是: 重量轻、体积小、剖面薄的平面结构, 可以做成共形天线; 制造成本低, 易于大量生产; 可以做得很薄。因此, 微带天线在各种无线通信中得到了人们的大力推广和应用, 如手持移动电话中的PIFA, 导弹上面的平面螺旋天线, 卫星通信中的微带天线, 以及越来越受到人们重视的用微带贴片天线组成阵列天线在雷达上的应用。

早在1993年, Brown等人首次将光子晶体结构用于微带天线设计[1], 证明用光子晶体作天线基底可以减少基底吸收辐射能量, 光子晶体天线领域的研究主要集中在基底钻孔型[2], 地面腐蚀型[3], 高阻抗表面型[4]三个方向。本文就是在方形切角微带天线中加入PBG结构, 制作基底钻孔型光子晶体微带天线, 实现天线的带宽扩展和回波损耗降低。

1 微带天线典型结构

微带天线有多种形式[5, 6], 矩形微带贴片天线是一微带天线的典型结构。它是在一个薄介质基片上, 一面附上金属薄层作为接地板, 另一面用光刻腐蚀等方法做出一定形状的金属贴片, 利用微带线或同轴探针对贴片馈电。这里的馈电方式是同轴馈线(如图1所示)。

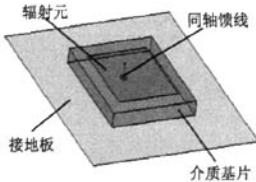


图1 矩形微带贴片天线及其馈电方式

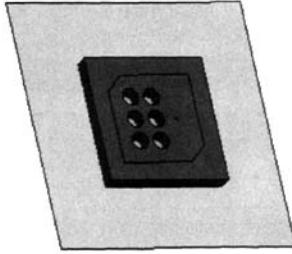


图2 PBG结构天线模型

2 新型微带天线的设计

矩形微带天线设计技术参数:

中心频率=2.4GHz, 反射参量S小于-10dB, 对应的频带宽度不少于100MHz, 安装体积不大于45mm×45mm×5mm, 增益大于4dB, 回波损耗低于-15dB。我们在贴片的两个对角分别去除一个直角, 并在天线的基底内钻出一些周期性排列的圆柱形的空气孔, 通过光子晶体基底抑制表面波的特点来优化天线的性能。

微带基片的选取[7]。选取相对介电常数=3.38的材料作为介质基片。

由经验公式

$$BW(MHz) = 5.04 f_0^2(GHz)h(mm) \quad (1)$$

可计算出频率带宽为100MHz满足设计要求的高度h>3.44mm, 选取微带基片的高度5mm, 微带基片宽度经实验证明沿辐射源方向向外延伸波长的0.2倍就可以了。即贴片宽度W+0.2×波长<45mm, 长度L+0.2×波长<45mm, 选取介质基片的宽度都为45mm。

贴片尺寸的确定[8]。微带贴片天线的边缘场引起的等效伸长长度为:

$$\Delta L = 0.412 h \frac{\epsilon_r + 0.3}{\epsilon_r - 0.258} \frac{W/h + 0.264}{W/h + 0.8} \quad (2)$$

矩形贴片天线单元的长度在理论上选取有效波长的一半, 但由于天线边缘场的影响, 单元长度L的经验值应从半波长中减去2ΔL, 即:

$$L = \frac{\lambda_s}{2} - 2\Delta L = \frac{c}{2f_0\sqrt{\epsilon_r}} - 2\Delta L \quad (3)$$

则可得到L=31.95mm。矩形贴片的实用宽度如下式所示:

$$W = \frac{c}{2f_0} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2} \quad (4)$$

选取微带贴片的宽和长度分别W=32mm, L=32mm。

馈电方式及位置的确定。采用50欧姆的同轴线进行馈电。已知谐振电阻确定馈电位置, 其中Y₀为中线馈电位置到边缘距离。由

$$Y_0 = \frac{L}{\pi} \arccos(\sqrt{R_m/R_h}) \quad (5)$$

可得 Y₀=11mm。

钻孔方式、切角方式及位置的确定。在贴片对角切去两个直角, 直角的两条边均为6mm, 在基底上钻六个半径为3mm, 高为5mm的圆柱体, 排列如图2所示。其中靠近馈电点的圆柱体中心与馈电点之间距离L=8mm, 圆柱体之间相距8mm。

3 结果分析

根据设计参数在HFSS中仿真得出天线的反射参量S随频率变化图、天线的增益方向图、电压驻波比等。

表1 普通天线和PBG结构的微带天线性能比较

天线性能参数	普通切角微带天线	基底钻孔型PBG结构微带天线
回波损耗(dB)	-15.6	-20.75
-10dB处带宽(MHz)	200	250
天线增益(dB)	5.70	5.645
VSWR	1.96	1.76

在传统微带天线反射系数S随频率变化的图3(a)中, 可计算出小于-10dB的频率带宽为0.20GHz。在光子晶体微带天线反射系数S随频率变化的图3(b)中, 可计算出带宽为0.250GHz。在频率为2.4GHz的反射参量S是小于-10dB, 回波损耗由原来的-15.6dB降至-20.75dB, 改善了5.15dB, 均达到设计要求。在极坐标下的增益方向图, 可以测得天线的增益为5.645dB。从驻波比图得到2.4GHz时的驻波比为1.76, 而非PBG结构的微带天线的驻波

比为1.96，显然PBG结构的微带天线更有效。另外仿真结果中在频率为2.31GHz以及2.47GHz的时候达到阻抗匹配，误差在预测范围之内，达到设计指标。具体如表1所示。

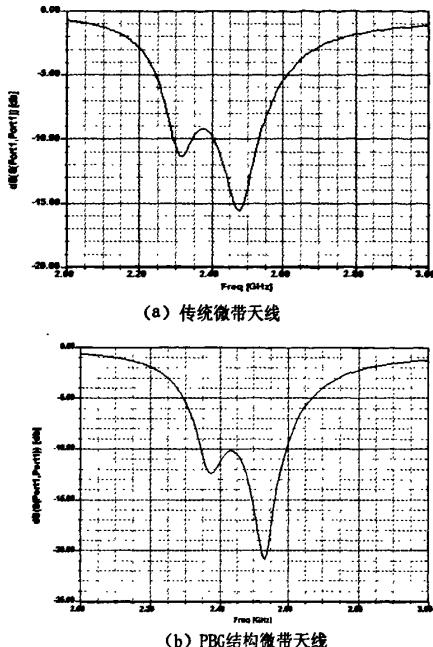


图3 反射参数S随频率变化图

(上接第78页)

典型的飞行试验程序如下：

- 1) 将烟雾发生器放在货舱中，关闭货舱舱门，座舱增压系统和货舱通风系统正常工作，打开货舱、客舱内的灯；
- 2) 飞机正常起飞，爬升到巡航高度改平，以巡航速度保持增压状态平飞，使货舱处于最大压差状态；
- 3) 关闭货舱通风，接通烟雾发生器使之处于最大产烟量开始产生烟雾，货舱内完全充满烟雾后试验人员开始用秒表计时，保持“完全充满烟雾”状态15min，15min后关闭烟雾发生器停止产生烟雾。在此过程中，适航当局认可的观察员在驾驶舱和客舱内观察是否有烟雾从货舱泄漏进入客舱和驾驶舱；
- 4) 飞机从巡航高度应急下降到8000ft~10000ft高度改平，保持货舱非增压状态平飞。飞机稳定后接通烟雾发生器使之处于最大产烟量开始产生烟雾，使货舱内完全充满烟雾，然后启用秒表开始计时，保持“完全充满烟雾”状态15min，15min后关闭烟雾发生器停止产生烟雾。在非增压飞行过程中，适航当局认可的观察员在驾驶舱和客舱内观察是否有烟雾从货舱泄漏进入客舱和驾驶舱；
- 5) 试验结束后，飞机尽快着陆，打开货舱舱门，排烟。

2.5 安全措施

货舱烟雾泄漏试验属风险科目，试验过程中，货舱内产生的烟雾可能泄漏进入到驾驶舱和客舱，模糊驾驶舱的各种仪表显示；空气中烟雾浓度过高，可能引起飞行员和试验人员头晕、身体协调能力降低和大脑反应迟钝；操作烟雾发生器的过程可能产生火警等。为保证该科目顺利完成，飞行前，飞行员必须经过相关的培训，熟悉飞机的各种操控设备，熟悉货舱应急灭火程序。试飞过程中，机组和试验人员需佩戴氧气面罩和防烟护目镜，并专门委派一个观察员时刻观察货舱试验人员的安全情况，必要时还需为试验人员配备手提式灭火瓶。

3 试验成功判据

4 结论

本文在一定理论设计的基础上，通过软件的仿真、优化等步骤，设计了一种新型PBG结构的方形切角微带天线。由此得出，PBG的应用对天线有利，其禁带效应可以抑制沿基底底板介质传播的表面波，增加天线耦合到空间的电磁波辐射功率；在不影响圆极化特性的前提下，降低了回波损耗，减小了驻波比，使微带天线的各方面得到较好的改善，仿真结果达到了要求的技术参数。

参考文献：

- [1] Brown E R, Parker C D, Yablonovitch E. Radiation Properties of a Planar Antenna on a Photonic-crystal Substrate[J]. Opt Soc Am B, 1993, 10(2): 404-407.
- [2] 郭勇、李一攻、黄亮，一种新型光子晶体结构的微带天线[J]. 微波学报, 2006, 22 (6) : 52-54.
- [3] Cocciali R, Deal W R, Itoh T. Radiation Characteristics of a Patch Antenna on a Thin PBG Substrate[J]. IEEE Antenna and Propagation Society, 1998, 2(2): 656-659.
- [4] Horri Y, Tsutsumi M. Harmonic Control by Photonic Band Gap on Microstrip Patch Antenna[J]. IEEE Microwave and Guided Wave Lett, 1999, 9(1) : 13-15.
- [5] 江贤作，天线原理，北京：北京航空航天大学出版社，1993。
- [6] 张钧、刘克诚、张贤泽等，微带天线的理论与工程，北京：国防工业出版社，1988. 7.
- [7] 张相楼、金林等，雷达大线技术，北京：电子工业出版社，2005。
- [8] Byungje Lee, Haraekiewicz, F. J. Miniature microstrip antenna with a partially filled high permittivity substrate, Antennas and Propagation, IEEE Transactions on Volume 50, Issues 8, Aug. 2002 Page(s): 1160-1162.

目前，货舱烟雾泄漏试验通常采用目视方法进行。若试验结果满足下列条件之一即认为货舱设计满足条例要求。

- 1) 适航当局认可的观察员目视检查没有烟雾从货舱泄漏进入客舱和驾驶舱；
 - 2) 若适航当局认可的观察员观察到有少量烟雾进入到驾驶舱和客舱，不会形成分层现象，且能很快排除。
- 此外，考虑到孩子和成人怀抱中的婴儿，从货舱泄漏进入到客舱中的少量烟雾不能上升到高于客舱座椅扶手的高度。

4 結束语

民用飞机货舱烟雾泄漏合格审定试飞在我国尚属空白，本文结合ARJ21-700飞机的合格审定试飞，对货舱烟雾泄漏试验的试飞方法、试飞程序及评判标准进行了初步讨论。该方法可为ARJ21-700飞机型号合格审定试飞及其它飞机试飞提供参考。

参考文献：

- [1] 中国民用航空规章第25部，运输类飞机适航标准CCAR-25-R3，中国民用航空总局，2001年5月14日第三次修订。
- [2] Aircraft Accident Report, Saudi Arabian Airlines Lockheed L-1011, HZ-AHK, Riyadh Saudi Arabia, August 19, 1980, Presidency of Civil Aviation, Jeddah, Saudi Arabia, January 16, 1982.
- [3] Aircraft Accident Report In-Flight and Impact With Terrain, ValuJet Airlines Flight 592 DC-32, N904VJ Everglades, Near Miami, Florida, May 11, 1996, National Transportation Safety Board, Report NTSB/AAR-97/06, Adopted August 19, 1997.
- [4] AC25-9A, "SMOKE DETECTION, PENETRATION, AND EVACUATION TESTS AND RELATED FLIGHT MANUAL EMERGENCY PROCEDURES", Date: 1/6/94.

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>