

介质覆层对共形 PBG 结构柱面微带天线性能的影响

王淑娟

(西安文理学院 历史系, 陕西 西安 710002)

[摘 要] 设计出一种带有覆层的共形 PBG 结构柱面微带天线模型并和传统的覆层天线模型在工艺要求上做以对比, 分析了所设计覆层 PBG 微带天线的增益、方向性系数以及效率, 和 PBG 微带天线、传统微带天线进行比较, 计算仿真结果表明覆层对微带天线的各项性能有着显著的提高。

[关 键 词] 覆层; 微带天线; 效率

[中图分类号] TN455

[文献标识码] A

光子晶体结构(Photonic Bandgap, PBG)及其应用一直备受关注,尤其是在微带天线领域,各种不同的光子晶体结构应用于微带天线的基底来有效抑制表面波,提高天线的辐射效率已在理论和实验中得到证实^[1-3],但其研究主要还是集中在平面结构微带天线当中,有关柱面共形微带天线的报道还是比较少的。本文设计出一种带有介质覆层的共形 PBG 结构柱面微带天线,它是利用 PBG 结构在带隙边缘处所对应频点的模式特殊性,将介质覆层激励起来,受到由贴片天线所辐射出来的电磁波的激励,通过控制电磁波的幅度和相位分布使其变得整齐和规则,因而天线能量只能沿着较小的立体角向前传播,受到辐射激励的介质覆层的作用就像一个孔径天线,因此微带天线将会有较高方向性。同时,通过实验仿真分析了所设计介质覆层 PBG 微带天线的增益、方向性系数以及效率,并和 PBG 微带天线、传统微带天线进行比较,计算仿真结果表明覆层对微带天线的各项性能有着显著的提高。

1 柱面共形微带天线的设计

① 首先选择介质参数及厚度:介电常数 $\varepsilon_r = 2.25$,基片厚度 $h = 2.6 \text{ mm}$,柱面介质基底的内外半径分别为 $R = 50 \text{ mm}$ 和 $R = 52.6 \text{ mm}$ 。

② 天线尺寸:

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\varepsilon_r}} - 2\Delta L, \quad (1)$$

$$W = \frac{c}{2f_r} \left(\frac{\varepsilon_r + 1}{2} \right)^{-\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

据文献[4],由式(1)和式(2)分别确定矩形贴片的长度 L 和宽度 W ,其中 c 表示光速; ΔL 表示贴片的延长度(文献[4]给出了此参数的具体表达式,这里不再说明),当取频率 $f_r = 10.2 \text{ GHz}$,可得贴片边长 $L = 9 \text{ mm}$, $W = 6 \text{ mm}$ 。

③ 馈电点位置

由式(1)和式(2)确定了贴片的边长,探针的高度和基底的厚度相同,在这些参数的基础上,通过矩形贴片天线的传输线理论确定馈电点位置^[4]。

$$Y_{in} = Y_0 \left[\frac{Z_0 \cos \beta L_1 + j Z_w \sin \beta L_1}{Z_w \cos \beta L_1 + j Z_0 \sin \beta L_1} + \frac{Z_0 \cos \beta L_2 + j Z_w \sin \beta L_2}{Z_w \cos \beta L_2 + j Z_0 \sin \beta L_2} \right], \quad (3)$$

收稿日期:2010-04-01

作者简介:王淑娟(1981—),女,陕西省澄城县人,西安文理学院研究实习员,硕士,主要研究方向为计算电磁与仿真、微带天线设计。

$$Y_w = G_w + jB_w, \quad (4)$$

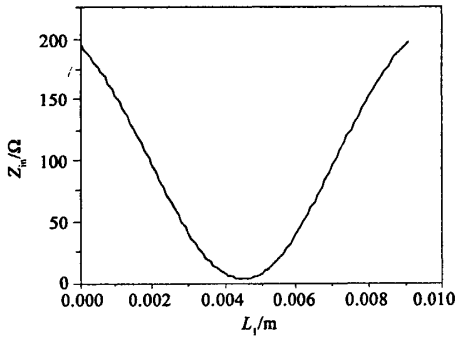
$$G_w = 0.00836L/\lambda_0, \quad (5)$$

$$B_w = 0.01668 \frac{L\Delta L}{\lambda_0 t \varepsilon_e}, \quad (6)$$

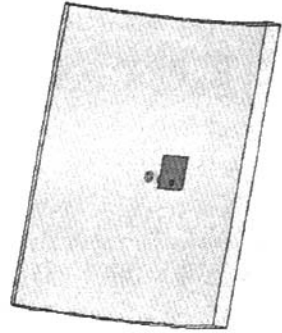
$$\varepsilon_e = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{L}\right)^{-\frac{1}{2}}, \quad (7)$$

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\varepsilon_e + 0.3)(L/t + 0.264)}{(\varepsilon_e - 0.258)(L/t + 0.8)}. \quad (8)$$

(3)~(8)式中: Y_w 为天线壁导纳; Y_0 为空气的特性导纳, 即 $Y_0 = 1/Z_0$; 贴片边长 $L = 9 \text{ mm}$, $W = 6 \text{ mm}$; 馈电探针长度 $h = 2.6 \text{ mm}$; 输入导纳 $Y_{in} = 1/Z_{in}$; λ_0 为加入馈电探针后的谐振波长, 即 $\lambda_0 = c/f_r$ 。设加入馈电探针后天线的谐振频率是 $f_r = 10.2 \text{ GHz}$; 又因为 $L = L_1 + L_2$, 所以由(3)~(8)式可以求出天线的输入阻抗与 L_1 的关系。通过 Fortran 程序计算求得馈电结果如图1所示。由图1可得馈电位置在距离贴片底边 2.79 mm 处, 采用 HFSS 软件仿真时最优位置为距离贴片底边 2.5 mm 处与计算吻合良好, 得出天线的基本结构如图2所示。

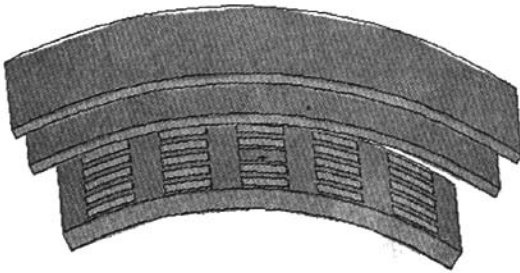


(a) 馈电点位置与输入阻抗的关系

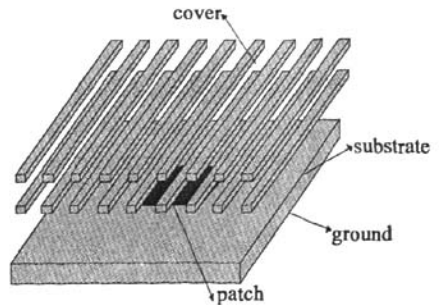


(b) 同轴缆馈源结构

图1 天线馈电结构



(a) PBG 结构覆层天线模型



(b) 传统的覆层天线模型

图2 覆层天线模型

2 将曲面PBG结构应用于所设计的微带天线当中

这里曲面PBG结构和平面PBG结构一样, 依据 Bragg 反射条件: $2k = k_{\text{Bragg}} = 2\pi/T$ 可得 PBG 结构的周期: $T = \lambda_g/2$, 其中 $\lambda_g = \frac{c}{F_r \sqrt{\varepsilon_e}}$, 式中, k 为导波模的波数, c 为光速, ε_e 为有效介电常数, 其表达式如

(7)式所示,即可设计出所需频率带隙的 PBG 结构,本文中我们所设计的是介质形 PBG 结构,其介质上开的是正方形周期孔洞。周期 $T=10\text{ mm}$,经多次 HFSS 仿真得出最优的孔尺寸为 $a/T=3/5$,即正方形孔边长为 $a=6\text{ mm}$ 。

3 覆层天线的设计

在设计覆层时考虑到其不会破坏微带天线所固有的剖面低的优点,经过多次仿真优化,在天线性能和低剖面上取一平衡点,最后设计出的覆层是由 2 个介质层构成,介质层的介电常数与天线基底介电常数相同为 $\epsilon_r=2.25$,层间的距离为 3.9 mm ,介质层与天线基底之间的距离为 9.4 mm ,基底的大小为 $A=(50\times 50)\text{ mm}^2$,结构如图 2(a) 所示,它比图 2(b) 所示的传统覆层天线在加工工艺的要求上降低了很多,同时这种覆层可以对天线起到防护罩的作用以防止风、雨、雪等的破坏以及电磁波的干扰。

4 计算仿真结果与分析

将基底不加 PBG 结构的天线视为传统微带天线,比较传统微带天线,PBG 天线和覆层 PBG 天线的增益和方向性如图 3 所示。

由图 3 可知:加覆层之后天线增益明显提高,波瓣宽度也明显变窄,传统微带天线增益为 6.5 dB ,PBG 基底天线增益为 7.4 dB ,而 PBG 覆层天线增益为 10.19 dB ,其方向性系数如图 4 所示,PBG 天线的方向性系数为 25.49 dB ,覆层 PBG 天线的方向性系数为 27.95 dB ,口径天线的最大方向性系数为^[5,6]: $D_{\max}=4\pi A/\lambda_0^2$,这里, $A=(50\times 50)\text{ mm}^2$, $\lambda_0=c/f_0=29.41\text{ mm}$,所以有 $D_{\max}=36.3\text{ dB}$,具有覆层的 PBG 结构微带天线的方向性系数已比较接近于具有相同尺寸和工作频率的口径天线的理论极限。天线的增益为方向性系数和效益的乘积即 $G=\eta\times D$,从而,可得出 PBG 天线的效益为 28.6% ,覆层 PBG 天线的效益为 36.5% 。从模拟结果可以看出,介质覆层对微带天线方向性的改善是非常显著的。

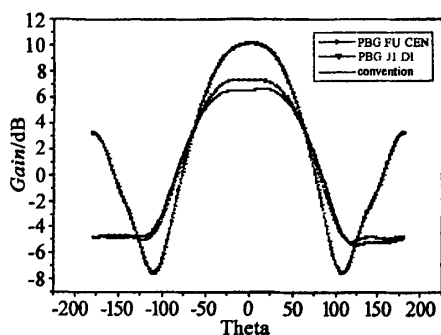
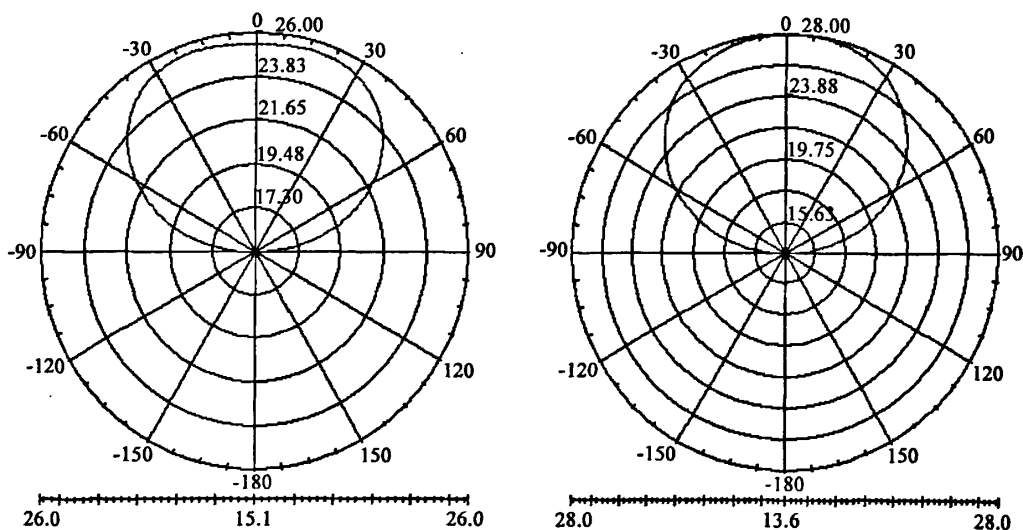


图 3 柱面微带天线的辐射增益



(a) PBG 结构天线的方向性系数

(b) 覆层 PBG 结构天线的方向性系数

图 4 天线的方向性系数

5 结 论

微带天线的众多优点使得它被广泛应用于导弹、卫星等载体表面,如何更好地适应整机外形而且能够改善微带天线所固有的效益低、损耗大等缺点是现代天线设计工作的新任务。本文设计出带有介质覆层的共形 PBG 结构柱面微带天线,计算仿真表明 PBG 结构能够提高微带天线的增益,而介质覆层更能使天线的方向性系数和效益有显著的提高。

[参 考 文 献]

- [1] R Gonzalo, B Martinez, P De Maagt. Improved Patch Antenna Performance by Using photonic Bandgap substrate[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2000(24): 213—215.
- [2] MinQiu, SailingHe. High-directivity patch antenna with both photonic bandgap substrate and photonic cover[J]. Microwave Opt. Tech. Lett, 2001, 30(1): 41—44.
- [3] F C Silva, S B A Fonseca, A J M Soares, et al. Analysis of Microstrip Antennas on Circular cylindrical Substrates with a Dielectric Overlay[J]. IEEE Trans. on Antennas Propagation, 1991, 39(9): 1398—1404.
- [4] 钟顺时. 微带天线理论与工程[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1991.
- [5] 李鹏程. 小口径高增益 Ku 波段平面天线[J]. 遥感技术与应用, 1999, 20(2): 27—30.
- [6] 王扬智, 张麟兮, 韦高. 基于 HFSS 新型宽频带微带天线仿真设计[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(11): 2603—2606.
- [7] 于捷杰, 孙永荣, 沈雪松. 高层建筑物变形监测的 GPS 多天线技术[J]. 陕西理工学院学报(自然科学版), 2008, 24(1): 44—48.
- [8] 苗松娟, 耿艳. 粗糙集理论在无线电测控系统效能评判中的应用[J]. 陕西理工学院学报(自然科学版), 2008, 24(2): 22—25.
- [9] 张军利. SVC 无功信号检测方法的实现[J]. 陕西理工学院学报(自然科学版), 2008, 24(3): 5—9.
- [10] 张军利. 基于 DSP 的 VSR 变换器 SVPWM 信号的产生[J]. 陕西理工学院学报(自然科学版), 2008, 24(4): 23—25.
- [11] 王倩丽, 王建. 基于 C8051F330 和 CYRF6936 无线收发器的设计与实现[J]. 陕西理工学院学报(自然科学版), 2009, 25(3): 27—29.

[责任编辑: 魏强]

Study of the effects of medium cover on cylindrical

WANG Shu-juan

(Department of History, Xi'an University of Arts & Science, Xi'an 710002, China)

Abstract: In this paper, the cylindrical microstrip antenna with both conformal PBG substrate and covers is designed and a comparison with conventional cover microstrip antenna was made. The directivity and efficiency of antenna was analyzed and the simulation results indicate that the medium cover can take good advantages of microstrip antenna performance.

Key words: cover; microstrip antennas; efficiency

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,一直致力和专注于微波、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>