

文章编号:1005-6122(2006)06-0052-04

一种新型光子晶体结构的微带天线*

郭 勇 李一玫 黄 亮

(北京交通大学电子信息工程学院,北京 100044)

摘要: 提出了一种新型的基于二维光子晶体基底的微带天线,光子晶体结构是人造的周期性电介质结构,本文采用的方法是在电介质中引入周期性分布的空气孔洞,孔洞的分布是三角形点阵,然后在中心孔洞引入缺陷,但只是在中心孔洞的下半部分引入缺陷,即中心孔洞的深度为周围孔洞深度的一半,天线的贴片放在孔洞的底部,即将天线贴片放在了光子晶体内部。我们采用 HFSS 仿真软件对该结构进行了模拟,数值仿真结果表明该结构对天线的方向性有明显改善。

关键词: 光子晶体,表面波,方向性,微带天线

A Novel Photonic Crystal Structure for Patch Antenna

GUO Yong, LI Yi-mei, HUANG Liang

(School of Electronics and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: In this paper, a new structure is proposed to improve the directivity of patch antenna. The substrate of the antenna incorporates photonic crystal, which has a triangular lattice. A defect is introduced at the central hole of the photonic crystal. Only the lower half of the central hole is removed, that is, the depth of the central hole is half of the depth of other holes. The patch is placed at the bottom of the central hole, which means the patch is inside the photonic crystal. The antenna using this new structure is numerically simulated with software HFSS. Numerical results demonstrate that radiation directivity is improved apparently.

Key words: Photonic crystal, Surface wave, Directivity, Patch antenna

引言

光子晶体的概念最早由美国加州大学的 E. Yablonovitch 教授于 1987 年提出,是指人造的周期性电介质结构,这种结构在频谱上可以形成禁带,称为光子带隙。光子晶体结构最初在光学领域中提出,但其概念和应用已经扩展到微波频段,微波段的光子晶体制作就是将光波段的光子晶体尺寸进行成比例的放大^[1]。例如在介质板中钻孔,就可以实现二维电介质的周期性变化^[2]。光子晶体在微波领域内已有成功地应用,如应用于滤波器、微带天线、微波宽频放大器等等^[3]。光子晶体用作微带天线基底是其一个主要应用,但都是将天线的贴片放在光子晶体的表面上^[4,5],而我们的方案是在光子晶体中心孔洞引入缺陷,引入的缺陷只占据中心孔洞

下半部分,上半部分仍然是空气孔洞,然后将天线的贴片放在中心孔洞的底部,天线的贴片等于放入了光子晶体的内部。这种结构可以更好地抑制表面波,并且天线的方向性得到更好的改善。

1 天线设计

如图 1 所示,在中心孔洞引入缺陷,但不是将孔洞完全去除,而只是孔洞下半部分引入缺陷,中心孔洞的深度变为周围孔洞的一半,然后将天线贴片放在孔洞的底部,因而这种设计是将天线的贴片放置在了光子晶体的内部。天线采用同轴线激励。

设计贴片的尺寸使工作频率落在我们计算的光子晶体的禁带之内,这种设计除了对表面波有抑制,从图 1(b)可以看到,向空间辐射的电磁波由于光子晶体的禁带的存在也会受到抑制,所以这种结构可

* 收稿日期:2005-06-28;定稿日期:2005-11-29

基金项目:北京交通大学校科研基金(2003RC048)

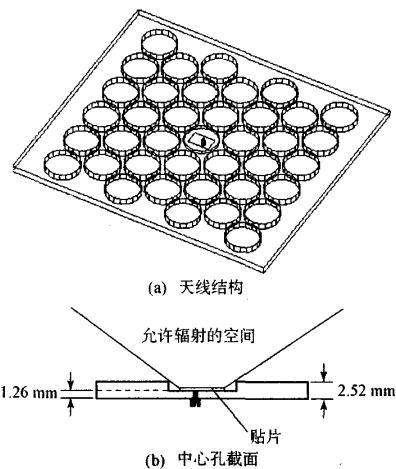


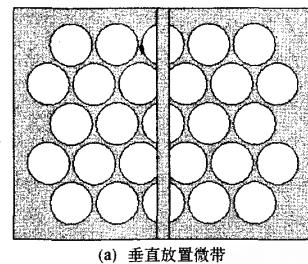
图1 微带天线设计示意图

以更好地将辐射集中,允许辐射的空间要比天线贴片放在光子晶体表面上的微带天线要小。

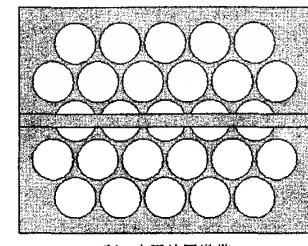
天线的基底采用的材料为 RT-Duriod 6010,介电常数为 10.2,厚度为 2.52mm。光子晶体的结构是呈三角形点阵分布的孔洞,点阵的晶格周期为 13.8mm,孔洞直径为 12.7mm。这种结构具有完全的禁带,即不论是 TE 模还是 TM 模,在基底里所有方向上都存在禁带^[6]。为了得到光子晶体基底的禁带,对图 2(a)、(b) 的光子晶体结构进行了计算,其中微带线宽度为 4mm,端口设在微带线的两端,计算结果分别如图 2(c)、(d) 所示。

许多基于光子晶体基底的微带天线,是在光子晶体的中心孔洞引入缺陷,并将天线贴片放在基底表面上缺陷所在的位置。为了简单起见,本文中称这种天线为传统的光子晶体微带天线。下面将对我们提出的天线结构和传统的光子晶体微带天线作数值仿真的对比,在我们提出的方案中,贴片下方的介质厚度为 1.26mm,那么传统的光子晶体微带天线的基底厚度应该为 1.26mm。对厚度为 1.26mm 的光子晶体结构作了禁带的计算,光子晶体结构除了厚度变为一半,其余的结构同图 2 的光子晶体完全一致。结果如图 3 所示。

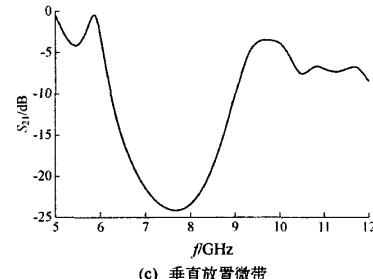
从图 2 和图 3 可以看到,基底厚度越大,则禁带宽度越窄,而水平放置微带线的情况下,禁带宽度相对垂直放置的情况要大。禁带的中心都在 8GHz 附近,可以将我们提出的天线结构的工作频率以及传统的光子晶体微带天线的工作频率都设置在 8GHz 附近。这样更具可比性。



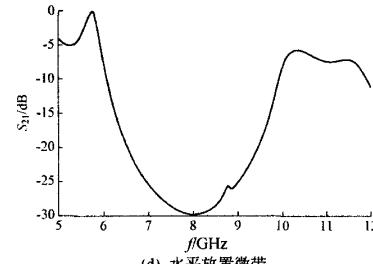
(a) 垂直放置微带



(b) 水平放置微带



(c) 垂直放置微带



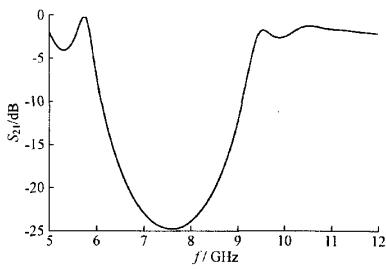
(d) 水平放置微带

图2 光子晶体微带线结构及其禁带:
(a)和(c)对应,(b)和(d)对应

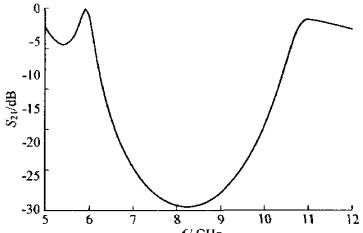
2 数值结果

我们使用 Ansoft 公司的 HFSS 软件对提出的结构进行了仿真,也对采用均匀介质基底的微带天线以及传统的光子晶体基底微带天线进行了仿真。后两种情况中天线基底的厚度都是 1.26mm。三种方案天线的工作频率都设定在 8GHz 附近。

如图 4 所示,从三种情况的结果可以看到,这三种结构的最大增益相差很小,我们提出的这种结构最大,采用均匀基底的微带天线增益最小。从表面波的抑制来看,图 4(a) 和 (c) 都很明显,我们提出的结构要更好一些,水平方向的增益是 -15dB,而传



(a) 对应图2(a)的微带线放置的天线



(b) 对应图2(b)的微带线放置的天线

图3 光子晶体结构的天线的禁带

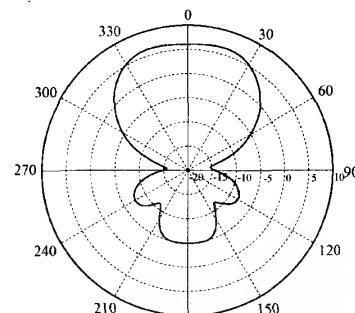
统的光子晶体微带天线也很好为 -6dB 。方向性方面,采用光子晶体基底的微带天线明显好于采用均匀介质基底的微带天线,我们提出的方案和传统的光子晶体的方案比较,主瓣宽度比较接近,但是我们提出的方案在主瓣宽度内增益比较均匀,而且在主瓣宽度之外,增益衰减很快,即在主瓣宽度内的能量要大于传统光子晶体基底微带天线。

3 结论

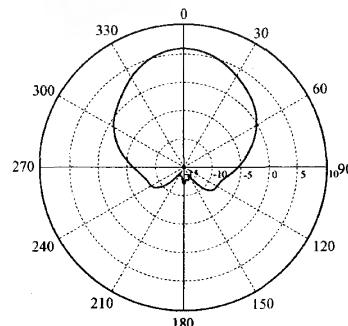
从以上分析可以看到,我们提出的新结构,在抑制表面波方面有很好的效果,较之传统的光子晶体微带天线也有改进。在方向性方面,我们提出的方案在主瓣宽度内的能量更大,并且在主瓣之外衰减更快。可以看到这种结构有很明显的效果,并且实现起来也很容易。

参 考 文 献

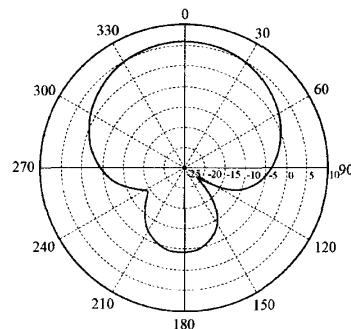
- [1] 张国华,袁乃昌,付云起. FDTD方法分析光子带隙微带结构. *微波学报*, 2001, 17(4): 14~17
- [2] Gauthier G P, Courty A, Rebeiz G M. Microstrip antennas on synthesized low dielectric constant substrates. *IEEE Trans Antennas and Propagation*, 1997, 45(8): 1310~1314
- [3] Yang F, Cocciali R, Qian Y, et al. Planar PBG structures: basic properties and applications. *IEICE Trans Electron*, 2000, 83(5): 687~696
- [4] Brown E, Parker C. Radiation properties of planar antenna on a photonic-crystal substrate. *J Opt Soc Am B*,



(a) 本文提出的微带天线



(b) 采用光子晶体的微带天线



(c) 均匀介质基底的微带天线

图4 数值计算的方向图

1993, 10(2): 404~407

- [5] Agi K, Mojaahedi M, Minhas B, et al. The effects of an electromagnetic crystal substrate on a microstrip patch antenna. *IEEE Trans Antennas and Propagation*, 2002, 50(4): 451~456
- [6] Joannopoulos J, Meade R, Winn J. *Photonic Crystal: Molding the Flow of Light*, Princeton, NJ: Princeton Univ Press, 1995

郭 勇 1974年生,北京交通大学电子信息工程学院讲师,2003年毕业于北京邮电大学电磁场与微波技术专业,获博士学位,现在主要从事光子晶体、无线通信等方面的研究。
E-mail: ygou@bjtu.edu.cn

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>