

文章编号: 1001—893X(2006)01—0135—04

不同电磁带隙结构对微带天线性能的影响^①闫丽萍¹, 刘春恒², 刘长军¹

(1. 四川大学 电子信息学院, 成都 610064; 2. 中国北方电子设备研究所, 北京 100083)

摘 要: EBG(电磁带隙)结构已在微带贴片天线中得到广泛的应用。本文采用 EBG 结构对传统贴片天线进行了改进。使用基于有限元法(FEM)的软件模拟并比较了不同 EBG 结构对贴片天线性能的影响。结果表明基于基底打孔型方形孔 EBG 结构的贴片天线的性能最佳,其增益、带宽和输入回波损耗都得到了较大的改善。

关键词: 微带天线;电磁带隙;有限元法;性能比较

中图分类号: TN82 **文献标识码:** A

Effect of Different Electromagnetic Band Gap Structures
on the Performance of Microstrip AntennaYAN Li-ping¹, LIU Chun-heng², LIU Chang-jun¹

(1. College of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610064, China;

2. China Northern Institute of Electric Equipment, Beijing 100083, China)

Abstract The Electromagnetic Band Gap(EBG) structures have found wide application in microstrip antennas. The enhancement of microstrip antenna performance using EBG structures is investigated in this paper. The influence of three different kinds of EBG structures on a conventional patch antenna is simulated using a software based on FEM(Finite Element Method). Results show that different EBG structures have different effects on the patch antenna. The performance such as gain, bandwidth and return loss of the conventional patch antenna is improved greatly with one of the EBG structures.

Key words microstrip antenna; EBG; FEM; performance comparison

1 引言

电磁带隙(Electromagnetic Band Gap, EBG)结构是周期结构的统称^[1],包括频率选择表面(Frequency Select Surface, FSS)、光子晶体(Photonic Crystal, PC)与光子带隙(Photonic Band Gap, PBG)等周期结构。周期结构与电磁波相互作用时,出现一些如频率禁带、通带与频带间隙等特性^[1]。由于 EBG 结构用于微带天线时具有抑制表面波和抑制谐波、改善天线的增益与带宽的作用,因此已在微带贴片天线中得到了广泛的应用。目前,常用的 EBG 结构有:①基底打孔型^[2],即在微带天线介质基底

上打孔来实现,具有抑制表面波的优点,但不易加工;②高阻抗表面型^[3],即在与天线贴片共面的四周刻蚀上周期性的金属片,金属片由过孔与接地板相连,具有抑制表面波的作用,且易于加工;③地面腐蚀型^[4],即在贴片天线的接地面上腐蚀出一些周期性的孔结构,具有抑制寄生辐射、削弱旁瓣电平从而改善天线性能的作用。此外,共面紧凑型^[5]和夹层式结构^[6]等 EBG 结构也日益得到广泛的应用。

尽管目前 EBG 结构在天线中的应用研究已有很多,但这些研究基本上是针对一种 EBG 结构进行分析,比较有 EBG 结构 and 无 EBG 结构时天线各项指标的变化。而对于不同单元形状对同一种天线性

① 收稿日期: 2005—08—24; 修回日期: 2005—12—08

能的各种不同影响,分析较少。因此,本文利用基底打孔型 EBG 结构改进微带天线的性能,通过模拟计算比较分析了不同单元形状,对同一天线性能的影响。

2 微带天线的设计及计算模型

本文欲设计工作在 3 GHz 的微带天线。采用的贴片天线尺寸为 26 mm×16 mm,基底的相对介电常数为 $\epsilon_r=10$,厚度 $h=8$ mm,基底的尺寸为 320 mm×320 mm,使用 50 Ω 微带线进行激励,其模型如图 1 所示。

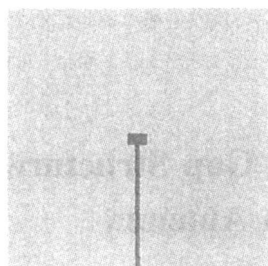


图 1 传统贴片天线

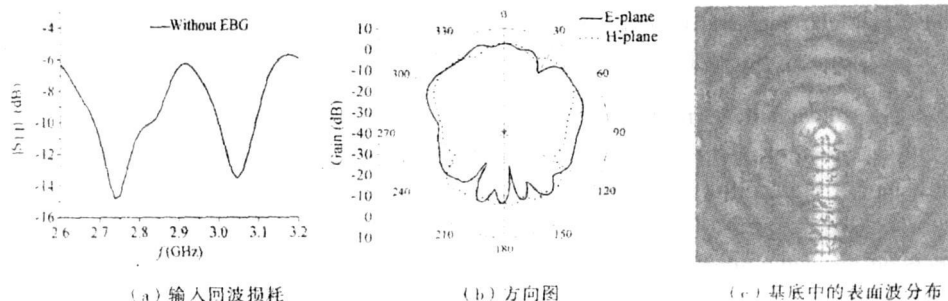


图 2 传统贴片天线的性能

片天线来实现。本文采用了 3 种不同的二维 EBG 结构对上述天线进行改进,利用软件对这些 EBG 结构贴片天线进行了模拟,比较分析了这些 EBG 结构对同一贴片天线性能的影响。

3 EBG 结构对天线性能的改进

3.1 EBG 结构贴片天线的设计

将 3 种基底打孔型 EBG 结构用于上述传统天线,孔的形状分别为圆形 (EBG1)、方形 (EBG2) 和圆形与方形间隔 (EBG3)。EBG 结构的特性一般由 4 个参数决定^[2]:晶格常数 a 、单元形状 (这里指孔的形状)、填充因子 (即孔的体积与晶格体积之比),以及构成材料的介电常数的比值 (本文中孔的相对

采用基于有限元法的数值计算软件对贴片天线进行了模拟,计算得到了天线的输入回波损耗、远场方向图,如图 2 所示。其中远场方向图 (图 2(b)) 对应频率为 3.04 GHz 其最大增益为 5.15 dB。

由图 2(a)可以看出,传统贴片天线谐振在 2.74 GHz 和 3.04 GHz 两个频率。若以 $|S_{11}| < -10$ dB 为标准确定工作频带,则工作在 2.74 GHz 时的带宽为 125 MHz 在 3.04 GHz 时的带宽为 88 MHz。欲使该天线工作在 3 GHz 则需抑制在 2.74 GHz 的谐振。

从图 2(c)可以看出该天线基底中出现了严重的表面波,导致方向图中出现波纹。这是由于基底的厚度 h 与介电常数 ϵ_r 不再满足表面波影响可忽略的条件^[7]:

$$\frac{h}{\lambda_0} \leq \frac{0.3}{2\pi \sqrt{\epsilon_r}}$$

为了使天线工作在 3 GHz 同时改善表面波提高贴片天线的性能,可以通过将 EBG 结构应用于贴

介电常数为 1,基底材料的相对介电常数为 10)。

选择各参数使天线的一个谐振频率落在 EBG 结构的禁带内,就可以对其进行抑制,使天线工作在单频点。对于天线基底中的表面波,其截止频率可以根据文献 [8] 进行计算。对于本文中的贴片天线, TM_0 模表面波的截止频率为零,因此总是存在,最低阶高次模 TE_0 模表面波的截止频率为 3.125 GHz 可以认为超出了天线的工作范围,不会对天线的性能造成影响。根据文献 [2],取归一化频率 $f \times a/c = 0.3$,可得晶格的尺寸 $a = 34$ mm。取形状因子的值为 0.47,当孔为圆形时,可得其半径为 16 mm,当孔为方形时,可得其边长为 32 mm。图 3 给出了基于这些尺寸的 3 种 EBG 结构的贴片天线的模型。

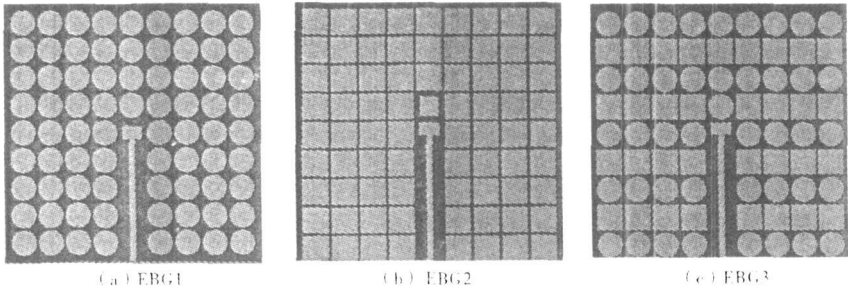


图 3 EBG 结构贴片天线

3.2 3种 EBG 结构贴片天线性能比较及分析

图 3 中的 3 种 EBG 结构贴片天线的模拟结果分别如图 4、图 5、图 6 所示。

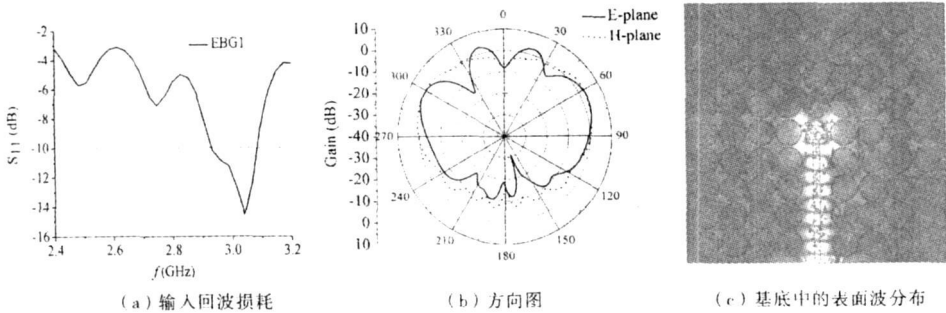


图 4 EBG1 结构贴片天线的性能

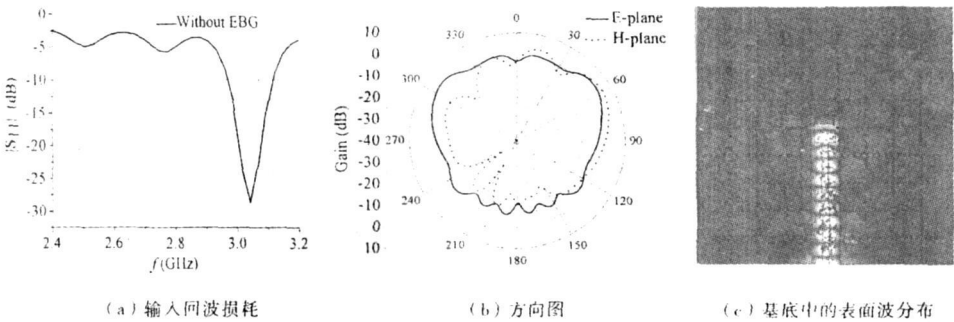


图 5 EBG2 结构贴片天线的性能

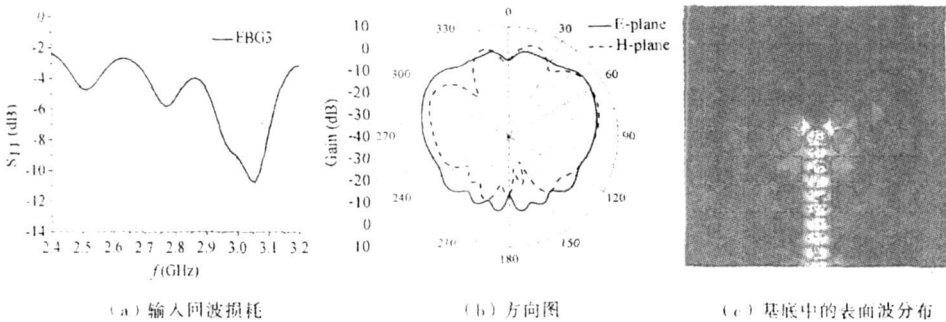


图 6 EBG3 结构贴片天线的性能

比较图 4(c)、图 5(c)和图 6(c)可以发现, 3 种 EBG 结构贴片天线的表面波都得到了很好的抑制。表 1 给出了 3 种 EBG 结构对贴片天线性能影响的比较。可以看出, 不同单元形状的 EBG 结构对天线性能都有影响。首先, 基于 3 种 EBG 结构的贴片天线不再在 2.74 GHz 处产生谐振。并且, 基于 EBG2 结构的贴片天线的性能最佳, 与传统贴片天线相比, 其带宽增加了 67%, 增益增加了 2.32 dB, 对应频率 3.04 GHz 的输入信号回波损耗降低了 15.09 dB。

表 1 三种 EBG 结构对贴片
天线性能影响的比较

天线类型	谐振频率 (GHz)	带宽 (MHz)	输入回波损耗 (dB)	最大增益 (dB)
传统贴片天线	2.74, 3.04	125.88	-13.54	5.15
EBG1 结构贴片天线	3.04	154	-14.51	4.58
EBG2 结构贴片天线	3.04	147	-28.63	7.47
EBG3 结构贴片天线	3.05	49	-10.7	6.44

4 结 论

本文采用基于有限元法 (FEM) 的软件对 3 种不同单元形状的基底打孔型 EBG 结构贴片天线进行了模拟, 并对模拟结果进行比较分析。结果表明, 不同单元形状对同一贴片天线的的影响不同, 并且当孔的形状为方形时, 对传统天线性能的改善效果最好, 使传统天线的带宽增加了 67%, 增益增加了 2.32 dB, 对应频率 3.04 GHz 的输入信号回波损耗降低了 15.1 dB。进一步的研究中, 可以将不同的 EBG 结构相结合改进贴片天线, 以获得更佳的天线性能。

参考文献:

[1] Y Rahmat-Samii, H Mosallaei. Electromagnetic band-gap structures: classification, characterization, and applications[C] // 17th International Conference on Antennas and Propagation. 2001: 560~564.

[2] Ramon Gonzalo, Peter de Maagt, Mario Sorolla. Enhanced Patch-Antenna Performance by Suppressing Surface Waves Using Photonic-Bandgap Substrates[J]. IEEE Trans. MTT, 1999, 47(11): 2131~2138.

[3] Dan Sievenpiper, Lijun Zhang, Romulo F Jimenez Broas et al. High-Impedance Electromagnetic Surfaces with a Forbidden Frequency Band[J]. IEEE Trans. MTT, 1999, 47(11): 2059~2074.

[4] Yasushi Horii, Makoto Tsutsumi. Harmonic Control by Photonic Bandgap on Microstrip Patch Antenna[J]. IEEE Microwave and Guided Wave Letters, 1999, 9(1): 13~15.

[5] Coccioni R, Fei-Ran Yang, Kuang-Ping Ma, et al. Aperture-coupled patch antenna on UC-PBG substrate[J]. IEEE Trans. MTT, 1999, 47(11): 2123~2130.

[6] 陈俊昌, 钟顺时. 新型夹层电磁带隙微带天线[J]. 上海大学学报(自然科学版), 2004, 10(3): 221~224.

[7] Girish Kumar, K P Ray. Broadband Microstrip Antenna[M]. Boston: Artech House, 2003: 44~45.

[8] 林昌禄, 聂在平. 天线工程手册[K]. 北京: 电子工业出版社, 2002: 474~475.

作者简介:



闫丽萍 (1972 —), 女, 河北张家口人, 博士, 副教授, 研究方向: 天线设计、电磁场数值计算, (电子信箱) sherry_yan@163.com;

刘春恒 (1978 —), 男, 山东人, 工程师, 硕士, 研究方向: 微带阵列天线;

刘长军 (1973 —), 男, 河北邢台人, 博士, 教授, 研究方向: 电磁场数值计算、天线设计。