

EBG结构在圆柱共形偶极子振中的应用

刘涛, 曹祥玉, 殷兆伟, 张广

(空军工程大学电讯工程学院, 陕西西安 710077)

摘要: 对一种柱面电磁带隙结构应用于圆柱共形偶极子振基站天线进行了研究。结果表明, 应用柱面电磁带隙结构后, 基站天线辐射方向性有明显增加, 在E面实现了更窄的波束, 而H面保持了较宽的波束, 符合对基站天线性能的要求。

关键词: 圆柱 EBG; 共形; 偶极子振; 半功率波束; 基站天线

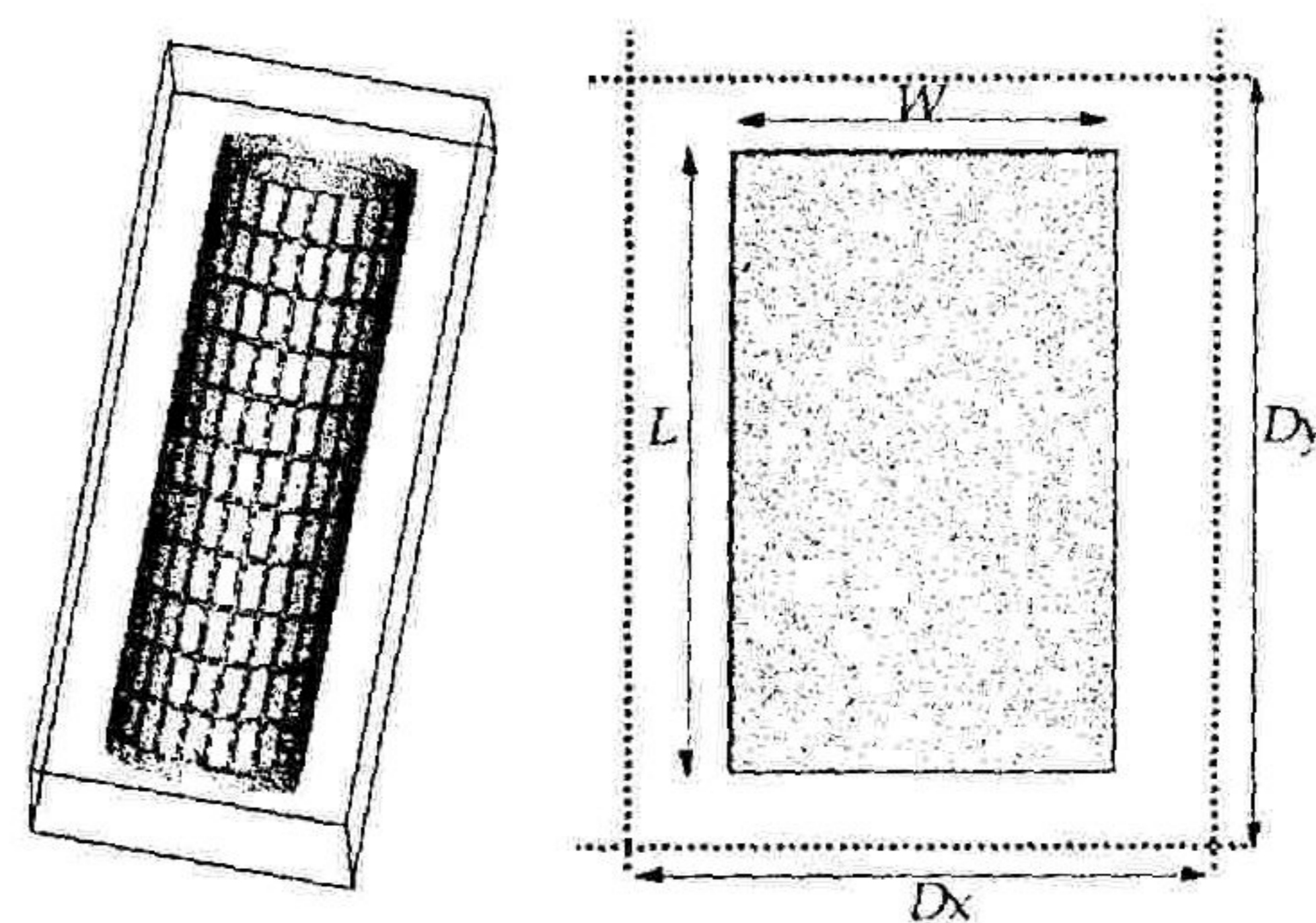
中图分类号: TN015 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2007)02-0063-03

电磁带隙(Electromagnetic Band - Gap—EBG)结构类似于光子带隙(Photonic Band - Gap—PBG), 也是一种人造周期性结构, 它是随着光子晶体的发展, 在微波、毫米波波段出现的新概念。与PBG结构相类似, EBG结构同样表现出频率禁带特性, 在频谱上形成电磁带隙, 频率落在带隙的电磁波将不能传输, 形成高阻抗表面, 从而抑制表面波。这一概念一经提出很快受到极大关注, 开创了天线研究的新领域。目前, 电磁带隙结构的研究主要集中于平面结构上^[1-3], 对曲面电磁带隙特性的研究和应用还很少有报道。

大部分移动电话基站天线采用的是偶极子振或贴片天线阵。对基站天线的要求一般是有高的辐射方向性, 在H面有较宽的波束, 而在E面有较窄的波束^[4]。EBG结构用于天线以提高天线辐射方向性早已有研究证实^[5-6]。本文讨论了一种柱面电磁带隙结构应用于圆柱共形偶极子振基站天线。通过研究, 发现应用柱面电磁带隙结构后天线方向性有比较明显的改善。

1 柱面 EBG 结构特性分析

从一般性上观察设计的柱面 EBG 结构特性如图 1 所示, 在介质圆柱筒外表面贴上周期性的矩形金属片, 介质圆柱筒外半径为 60 mm, 壁厚 0.5 mm, 介电常数为 2.65, 金属片长为 29.48 mm, 宽为 12.566 mm, 贴片周期在弧方向为间隔 15°, 即 15.706 mm, 轴方向为 32.48 mm。整个结构可看成一个谐振腔体, EBG 结构起部分反射面的作用^[7]。为了考察其特性, 在其几何中心放一偶极子源。用高频电磁仿真软件 CST 仿真观察其回波损耗(见图 2); 发现利用 EBG 结构后, 主谐振点频率降低, 回波损耗值从 -13.34 dBi 下降到 -15.81 dBi, 有明显减小。同时对比偶极子的空间辐射特性, 如图 3 和 4 图所示。可看到利用 EBG 结构后, E 面和 H 面方向性从 2.0 dBi 增加到 4.9 dBi, 提高了近 3 dBi, E 面半功率波束宽度从 81.5°减小到 32.7°, 波束明显变窄, 而 H 面基本没有变化。通过上述分析看出, 柱面 EBG 结构可改善空间偶极子源的辐射特性。



(a) 3-D 图 (b) 贴片单元

图 1 柱面 EBG 结构图

收稿日期: 2006-06-05

基金项目: 陕西省自然科学基金资助项目(2005F21)

作者简介: 刘涛(1976-), 男, 山东单县人, 博士生, 主要从事电磁场数值算法和电磁带隙结构研究;

曹祥玉(1964-), 女, 陕西西安人, 教授, 博士生导师, 主要从事电磁场数值算法和电磁带隙结构研究。

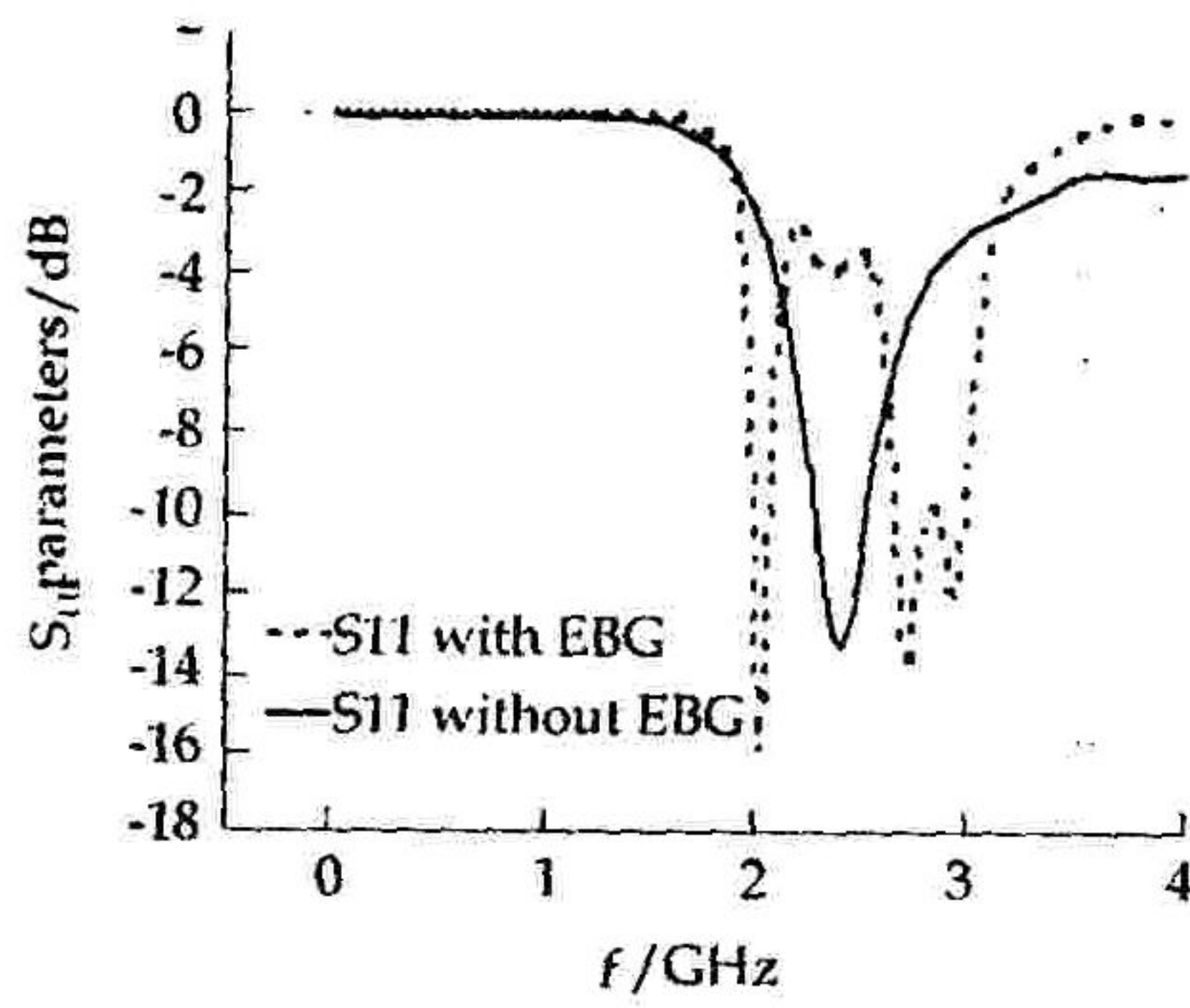


图2 单个偶极子回波损耗比较

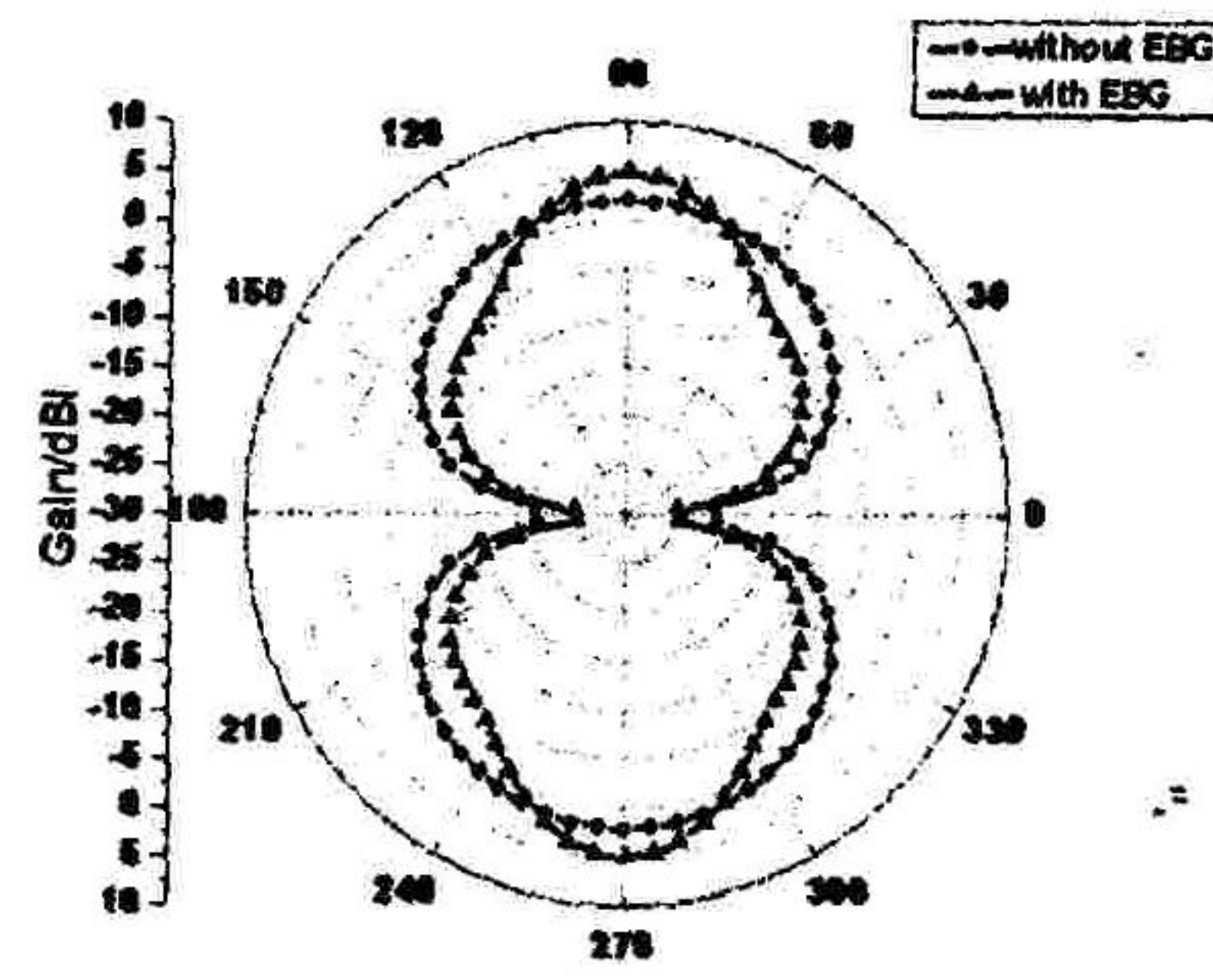


图3 空间偶极子源 E 面方向图比较

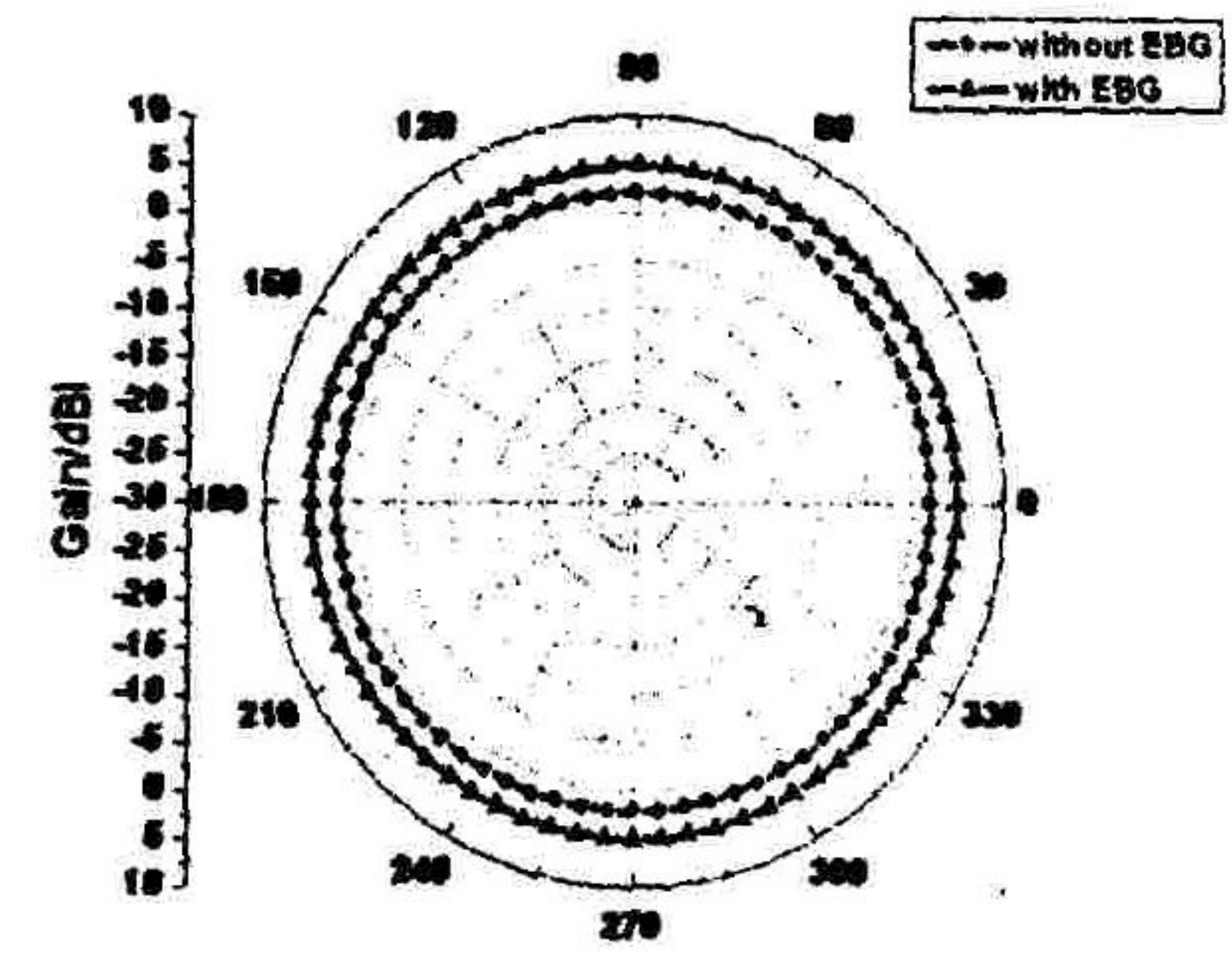


图4 空间偶极子源 H 面方向图比较

2 天线设计和分析

把柱面 EBG 结构应用于基站共形偶极子振天线, 结构如图 5 所示。中心金属圆柱长 380 mm, 半径 60 mm, 作为地面。矩形贴片长 61 mm, 宽 26 mm, 沿弧向周期 28 mm, 轴向周期 64 mm。偶极子长 56 mm, 距金属圆柱 20 mm, 两阵子相距半个波长既 75 mm。设计天线工作频率为 2.4 GHz。根据谐振腔理论, 柱面 EBG 结构与金属圆柱之间谐振距离由下式决定^[7]:

$$L_r = \left(\frac{\phi_0}{\pi} - 1\right) \frac{\lambda_0}{4} + N \frac{\lambda_0}{2}, \quad N = 1, 2, 3 \dots \quad (1)$$

这里, λ_0 是自由空间波长, ϕ_0 是柱面 EBG 结构的反射系数相位, N 是不同的谐振模式。则在工作频率下谐振距离 $L_r = 66$ mm。为了减小后向辐射, 沿金属圆柱轴向加金属反射板。

用 CST 仿真软件分析得到天线阵的 E 面和 H 面方向图, 同时给出了不加柱面 EBG 结构时的 E 面和 H 面方向图, 如图 6 和图 7 所示。从图中可观察到, 加柱面 EBG 结构后, E 面和 H 面方向性都有明显改善, 从 8.9 dBi 增加到 10.7 dBi, 方向图后瓣显著减小。从半功率波束宽度来看, 在没有 EBG 结构情况下, E 面半功率波束宽度为 66.4°, 在加上 EBG 结构后, 半功率波束宽度减小为 44.9°, 减小了 21.5°, 而 H 面分别为 70.9° 和 69.0°, 基本没有变化, 仍保持了较宽的波束。可见, 利用 EBG 结构后, 基站天线性能有较明显改善。

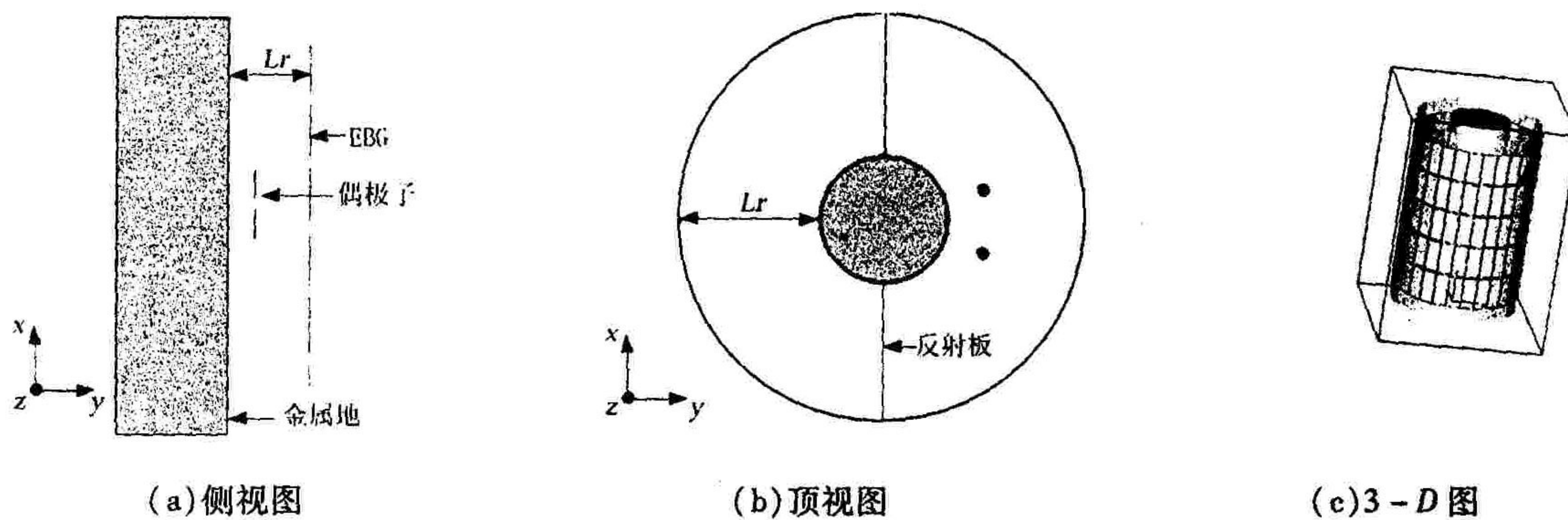


图5 基站天线结构图

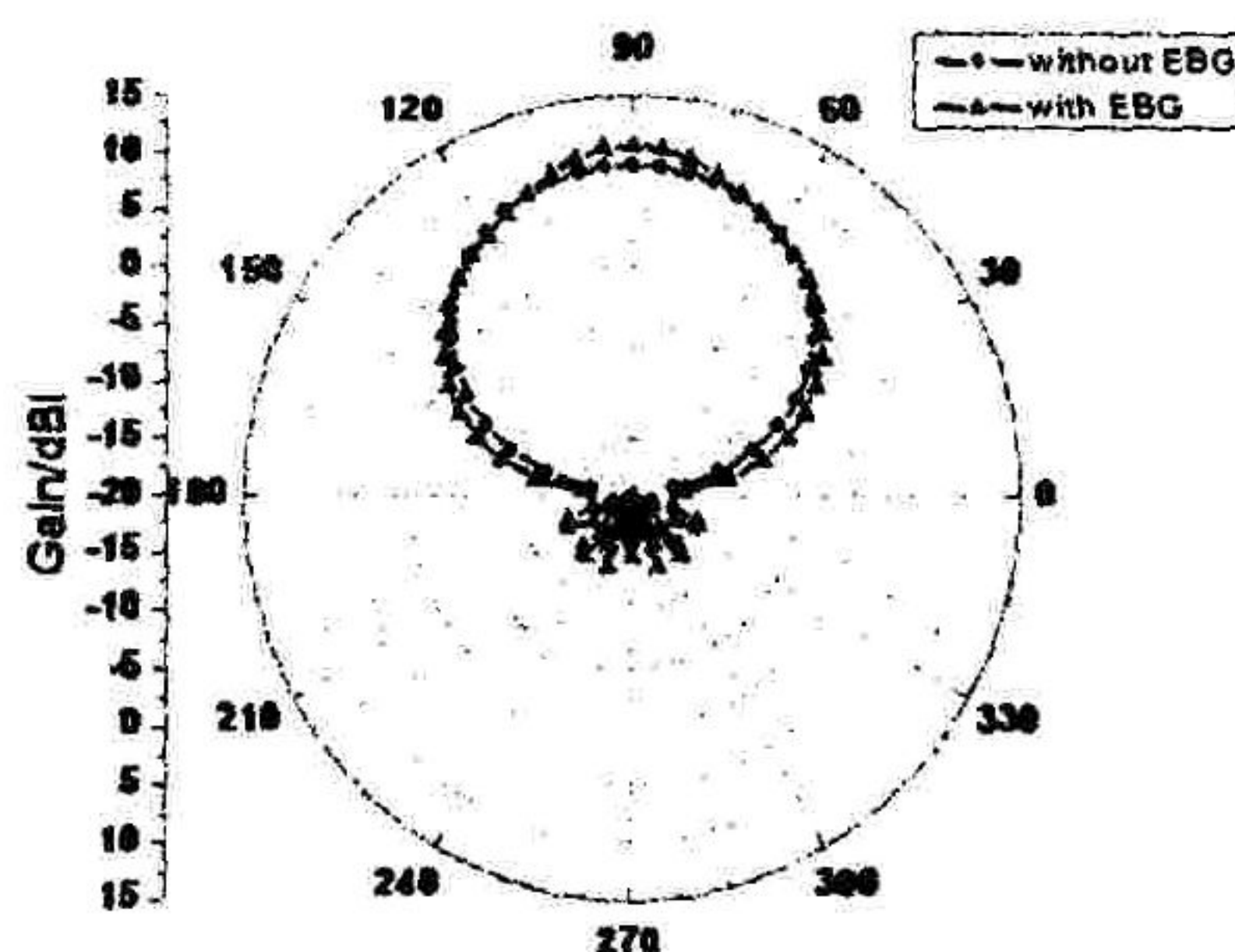


图6 圆柱共形偶极子振 E 面方向图比较

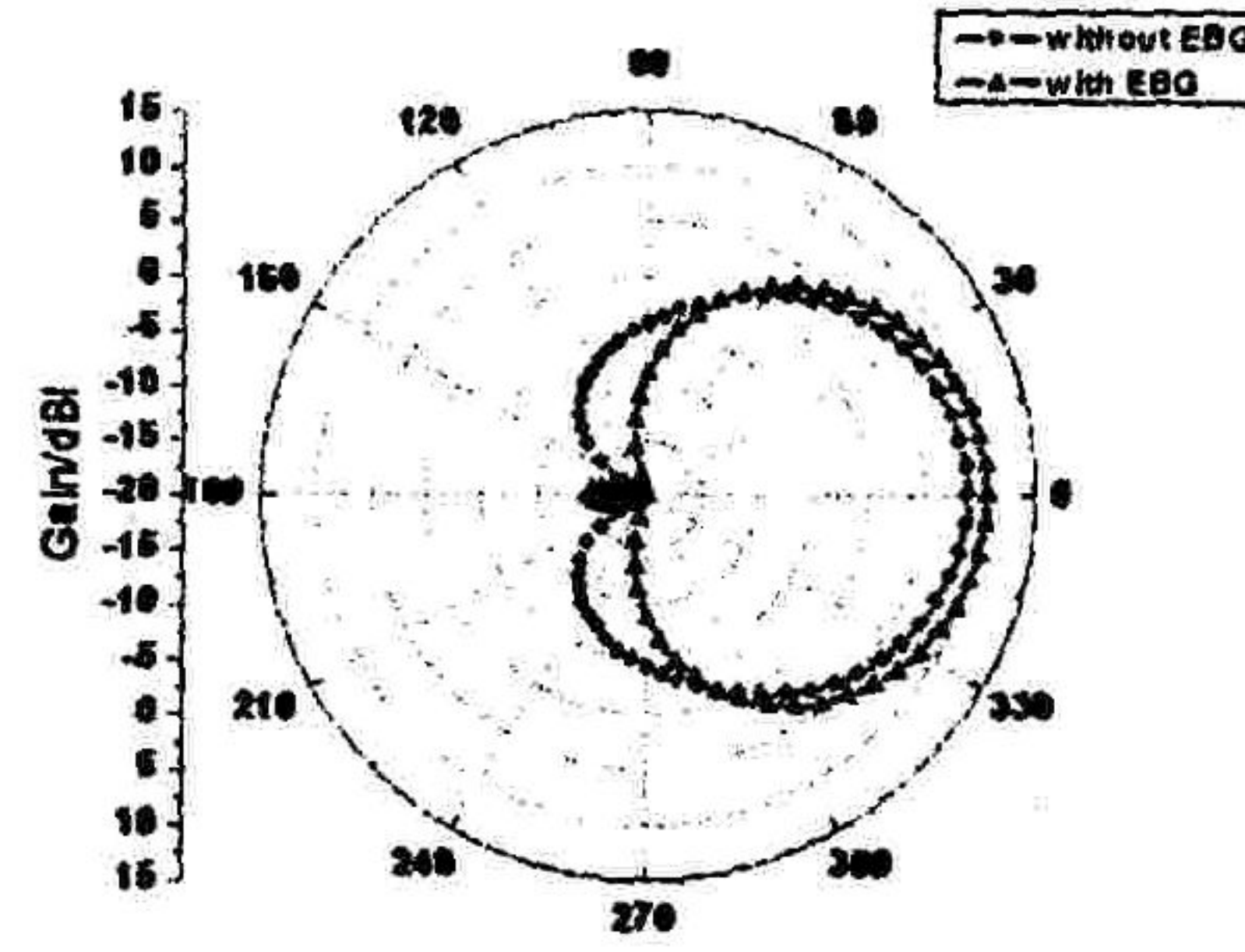


图7 圆柱共形偶极子振 H 面方向图比较

3 结论

本文把柱面 EBG 结构应用于基站偶极子天线阵,通过分析得出,EBG 结构可显著改善天线性能,增强天线波瓣图的方向性,减小 E 面半功率波束宽度,而 H 面基本不变,这正符合对基站天线性能的要求。

参考文献:

- [1] Peter De Maag, Ramón Gonzalo, Yiannis C, et al. Electromagnetic Band-gap Antennas and Components for Microwave and (Sub) Millimeter Wave Applications[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2003, 51: 2667 - 2677.
- [2] 闫敦豹,付云起,张国华,等. EBG 结构在微带天线阵中的应用[J]. 微波学报, 2005, 21: 75 - 78.
- [3] Alexandros P, Feresidis, George Goussetis, et al. Artificial Magnetic Conductor Surfaces and Their Application to Low - Profile High - Gain Planar Antennas[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2005, 53: 209 - 215.
- [4] Zhang X M, Luk K M, Chan C H, et al. Design of a Shaped Beam Cylindrical Dipole Array for Cellular Base Stations Proc[J]. Inst Elect Eng Microwaves, Antennas Propagat, 2000, 147: 295 - 299.
- [5] Thevenot M, Cheype C, Reineix A, et al. Directive Photonic Band-gap Antennas[J]. IEEE Trans. Microwave Theory Tech, 1999, 47(11): 2115 - 2122.
- [6] Biswas R, Ozbay E, Temelkuran B, et al. Exceptionally Directional Sources With Photonic Band-gap Crystals[J]. 2001, 18: 1684 - 1689.
- [7] Alexandros P, Feresidis, George Goussetis, et al. Artificial Magnetic Conductor Surfaces and Their Application to Low - Profile High - Gain Planar Antennas[J]. IEEE Transaction on Antennas and Propagation, 2005, 53: 209 - 215.

(编辑:门向生)

Application of EBG Structures in Cylindrical Conformal Dipole Arrays

LIU Tao, CAO Xiang-yu, YIN Zhao-wei, ZHANG Guang

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, Shaanxi, China)

Abstract: In this paper, a kind of cylindrical EBG structures applied to base station cylindrical conformal dipole array antennas is studied. The research results show that the directivity of base station antennas is significantly increased, a narrower beam-width is realized in E-plane and a wider beam-width is held in H-plane, which completely conform to the performance requirement for base station antennas.

Key words: cylindrical EBG; conformal; dipole arrays; half-power beam-width; base station antennas

(上接第 62 页)

Study of Wideband Circular Polarized Spherical Helical Antennas

XIA Dong-yu, ZHANG Hou, GENG Fang-zhi, ZHAO Hai-zhou, REN Wei-hun

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, Shaanxi, China)

Abstract: A novel spherical helical antenna with wideband, low profile and circular polarized characteristics is studied in this paper. The VSAR, circular polarization and radiation patterns are analyzed by the method of moment, in which the antenna wire is partitioned with helical segments, the subsection triangle function is chosen as a basic function and the pulse basic function as a test function. The analysis results indicate that the number of the unknown matrix to calculate is much reduced and the computing time is much saved, too. Compared with the traditional spherical and hemispherical helical antenna, this novel antenna has better radiation characteristics, which show that it is of great potential value in the field of satellite communications.

Key words: helical antenna; spherical helix; MOM; helical segment; circular polarization