

用于天线 RCS 减缩的分形微带贴片天线

刘英, 龚书喜, 郭晖, 傅德民

(西安电子科技大学天线与电磁散射研究所, 陕西西安 710071)

摘要: 本文给出一种分形微带天线在天线雷达散射截面(RCS)减缩中应用的示例. 分形结构具有独特的空间填充性能, 利用该性能可以探索分形天线在天线 RCS 减缩中的应用. 设计出的分形天线与常规天线的辐射性能进行了比较, 可以看出分形天线基本保持了原辐射性能. 同时比较了两者的散射性能, 可以看出分形天线有一定的 RCS 减缩效果. 本文的内容对天线隐身有一定的借鉴作用.

关键词: 分形天线; 雷达散射截面; 微带贴片天线

中图分类号: O441 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2004) 09-1530-02

Fractal Microstrip Patch Antenna for Antenna RCS Reduction

LIU Ying, GONG Shu-xi, GUO Hui, FU De-min

(Institute of Antennas and Electromagnetic Scattering, Xidian University, Xi'an, Shaanxi 710071, China)

Abstract: A fractal microstrip patch antenna is illustrated for antenna Radar Cross Section (RCS) reduction. Fractal structure has the special ability of space filling which can be explored for antenna RCS reduction. The characters of the designed fractal microstrip patch antenna are compared with those of traditional patch antenna. The results show that fractal antenna retains the radiation character and also has RCS reduction to some extent, which is helpful to the antenna RCS reduction.

Key words: fractal antenna; RCS; microstrip patch antenna

1 引言

雷达散射截面(RCS)减缩就是控制和降低军用目标的雷达特征, 迫使敌方电子探测系统和武器平台降低其战斗效力, 从而提高军用目标的突防能力和生存能力. 通过改变外形和使用雷达吸波材料可以减小军事平台的雷达散射截面^[1], 但是对于隐身平台来说, 对其总 RCS 贡献较大的却是平台上的天线, 因此降低天线系统的 RCS 成为目前隐身技术中一个重要的关键技术课题. 但是由于天线系统自身的工作特点所限制, 它必须保证自身雷达波的正常接收和发射, 因此常规的隐身措施, 不可能在天线隐身中获得应用. 这就使天线系统隐身成为隐身技术中难以解决的关键问题. 本文提出的隐身方法实际是改变天线的外形, 将分形的概念用于天线设计中. 利用分形本身独特的空间填充能力实现天线的 RCS 减缩. 国内外对分形天线辐射性能^[2~6]有很多研究, 但是具体探索分形天线在天线 RCS 减缩中的应用还未见到相关文献报道. 文献[7]给出线性结构的分形天线阵列在天线 RCS 减缩中的应用结果, 本文给出分形微带贴片天线在天线 RCS 减缩中的探索性研究结果.

2 天线性能

分形是通过由一初始结构经过无穷次迭代产生的具有自

相似性的结构, 自相似性通俗地说, 就是局部的形态与整体形态的各自相似性. 将分形用于天线设计只需有限次迭代. 分形结构的空间填充特性可以使其有非常大的电尺寸, 但它包围的区域却很小. 微带贴片天线可以看作一个微带传输线. 因此如果电流沿着贴片上弯曲的路径而不是 Euclidean 路径来流动, 则实现谐振所需要的面积就减小了. 面积减小, 天线作为散射体时其散射也减小了.

弯曲方形分形用在矩形贴片的谐振边上, 此结构与 Koch 曲线相似. 辐射边在宽度上保持不变, 但间隙却变近了. 我们设计的分形天线如图 1 所示. 本文提出的分形结构是一种类似 Koch 分形的结构, 但是采用严格的 Koch 分

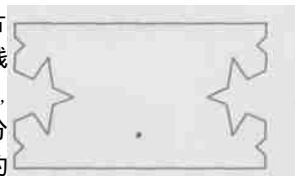


图 1 分形天线结构示意图

形和 Minkowski 分形等典型分形结构得不到太好的结果. 采用这种非规则分形更有利用保持天线的辐射性能. 天线工作在 TE_{10} 模, 采用这种分形边界, 电流沿着弯曲的分形边界以汽车绕过障碍物的方式流动, 而不是严格的沿着边界流动, 这就保证了天线在原工作模式下的性能. 天线设计的时候先设计微带天线的尺寸及其谐振频率, 再调整辐射边之间的距离使其谐振在同一点. 馈电点的位置也采用类似的方法. 确定了在谐

振频率点的长度之后再调整馈电点的位置以获得 50 的阻抗匹配。分形贴片与矩形贴片的馈电点位置与贴片长度都不相同,但它们都工作在 TE_{10} 模。

为便于比较,分形贴片和矩形贴片都设计在同一谐振频率点 5GHz。两个贴片同样宽,但是分形贴片长度减小了 38%。两者 S_{11} 的计算结果与测试结果如图 2 所示。可以看出小型化付出的代价是天线的带宽,但它们都是窄带天线,对此特殊应用来说这个损失是值得的。测量值由于制造工艺问题频率有 4% 的偏移。两者的远场方向图见图 3,它们有相似的方向图。在研究了它的辐射特性后我们看它们的散射特性。

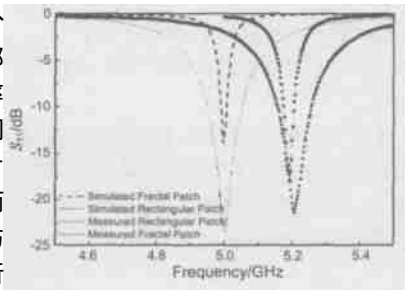


图 2 分形贴片天线与矩形贴片天线的 S_{11} 性能比较

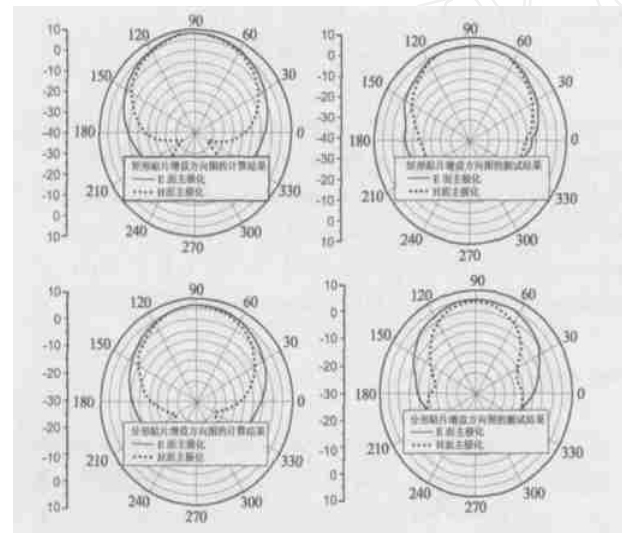


图 3 分形贴片天线与矩形贴片天线的辐射特性

图 4 给出矩形微带天线与分形微带天线在一频段里的单站 RCS 特性。平面波的入射角为 $\theta = 60^\circ$, $\phi = 45^\circ$ 可以看出分形微带在 RCS 峰值上可以实现 5~10dB 的减缩效果。分形微带天线有较小的 RCS,同时还保留了其辐射

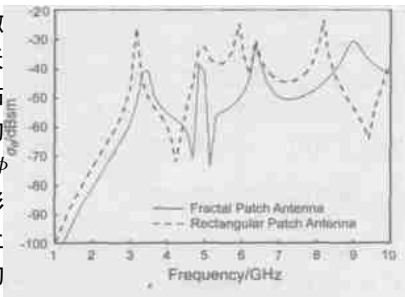


图 4 分形贴片天线与矩形贴片天线的散射特性

性能。与传统的减缩方法相比,使用分形天线的设计既不会增加天线重量,又不会导致太大的天线辐射性能的损失。所以此方法有一定的优越性。不过分形天线由于结构比较复杂,因此在加工工艺方面会比常规天线稍微复杂一些。

3 结论

天线的 RCS 减缩是一个有一定难度的技术问题,本文把分形的概念用于天线 RCS 减缩,利用分形本身独特的空间填充性能来实现 RCS 减缩。分形结构与微带贴片天线相结合,用来实现 RCS 减缩的同时,保持了天线良好的辐射性能,这就符合了天线自身的工作特点。分形用于天线 RCS 减缩是一具有探索性的题目,本文的工作对天线 RCS 减缩有一定的借鉴作用,作者正在进行更深入的研究。

参考文献:

- [1] Knott E F et al. Radar Cross Section[M]. Dedham,MA :Artech House Inc ,1985.
- [2] J Ganvittorio. Fractal Antennas :Design ,Characterization ,and Applications[D]. USA :UCLA ,2000.
- [3] D Werner ,R L Haupt ,P L Werner. Fractal antenna engineering :the theory and design of fractal antenna arrays [J]. IEEE Antenna and Propagation Magazine ,1999 ,41 (5) :37 - 59.
- [4] David M Pozar ,Daniel H Schaubert. Microstrip Antennas :The Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays [M]. New York :IEEE Press ,1995.
- [5] John P Ganvittorio ,Yahya Rahmat-Samii. Fractal antennas :A novel antenna miniaturization technique and application[J]. IEEE Antenna 's and Propagation Magazine ,2002 ,44 (1) :20 - 36.
- [6] 刘英,龚书喜,傅德民. 分形天线研究进展[J]. 电波科学学报. 2002 ,17 (1) :54 - 58.
- [7] 刘英,龚书喜,傅德民. 分形在天线雷达散射截面减缩中的应用 [J]. 微波学报 ,2003 ,19 (2) :28 - 31.

作者简介:

刘 英 女,1977 年生于河南省周口市,分别于 1998 年、2001 年获得西安电子科技大学电磁场与微波技术专业的学士、硕士学位,现为博士研究生。主要研究方向有电磁学数值方法研究,电大尺寸目标 RCS 分析,天线 RCS 减缩,微带天线,分形天线等。

龚书喜 男,1957 年生于河北省霸州,1988 年获得西安电子科技大学电磁场与微波技术专业博士学位,现为西安电子科技大学教授,博士生导师。主要研究方向为电磁理论、电磁辐射、电磁散射与隐身技术等。