

组合式非周期缺陷接地结构的滤波特性研究

王 雷¹, 丁荣林¹, 王安国¹, 胡俊杰¹, 李增路², 何庆国², 乐柏林²

(1 天津大学电子信息工程学院, 天津 300072; 2 河北半导体研究所, 河北省石家庄 050051)

摘要: 提出了一种新型的具有双阻带特性的组合式非周期性缺陷接地结构(CNPDGS), 利用时域有限差分法(FDTD)对其滤波特性进行了电磁仿真, 研究了其结构尺寸变化对阻带特性的影响, 研制了带宽可调节的双阻带滤波器, 测量结果与仿真结果一致性很好, 此结构的双阻带中心频率位置及它们之间的间隔随着结构参数的变化而变化, 两阻带之间的间隔可从3.5GHz到12GHz. 这种新型结构可有效地抑制信号中的低端和高端干扰, 具有较好的带通滤波特性.

关键词: 组合式非周期性缺陷接地结构; 阻带特性; 双阻带; 时域有限差分法(FDTD)

中图分类号: TN61 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112(2005)02-0372-03

The Study of a Novel Combinatorial Nonperiodic Defected Ground Structure

WANG Lei¹, DING Ronglin¹, WANG An2guo¹, HU Jun2jie¹, LI Zeng2lu², HE Qing2guo², YUE Bo2lin²

(1. College of Electronic Information Engineering Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. Hebei Semiconductor Research Institute, Shijiazhuang, Hebei 050051, China)

Abstract: A novel combinatorial nonperiodic defected ground structure (CNPDGS) with dual stopband is proposed. The microwave circuits with the CNPDGS structure are simulated by finite difference time domain (FDTD) method. The influences of lattice dimensions on the characteristic of frequency are studied. The filters with dual stopband formed by microstrip and proposed CNPDGS are designed and manufactured. The curves of the simulated results and measured results are presented. The measured results are in agreement well with the simulated results. For the filter, the passband between the two stopbands is tunable. The location and the bandwidth of the passband are varied with the sizes of lattice dimension. The distance between two stopbands can be changed from 3.5GHz to 12GHz. The filter with the expected passband can be obtained by the selection of the lattice dimension. The filter with proposed CNPDGS can effectively reject the lower frequencies and higher frequencies in signal.

Key words: combinatorial nonperiodic defected ground structure (CNPDGS); stopband characteristic; dual stopband; finite difference time domain (FDTD)

1 引言

电磁带隙 (Electromagnetic Bandgap) 结构是近期微波领域研究的热门话题之一, 组合式非周期缺陷接地结构 (CNPDGS) 是在电磁带隙 (EBG) 结构的基础上发展起来的. 它与电磁带隙结构一样, 能够使得特定频率段内的电磁波完全不能在其中传输, 具有明显的禁带特性, 从而可以被应用于: 抑制谐波、提高电磁兼容性、改善效率、提高 Q 值、制作宽带滤波器、半导体集成电路等方面^[1].

组合式非周期缺陷接地结构与电磁带隙结构又有着显著的不同, 其中最大的不同之处在于: 它是一种非周期性结构, 而电磁带隙结构是一种周期性结构. 我们知道, 典型的 EBG 结构都是二分之一波长的周期性孔阵, 尺寸较大, 要想减小尺寸, 就必须采用高介电常数的介质材料, 此时就要进一步考虑

介质损耗和经济成本, 这在很大程度上限制了 EBG 的工程实用性. 而 CNPDGS 是非周期结构, 在介质底面只需蚀刻一到两个单元结构, 故能大大的减小介基板尺寸, 从而降低了介质损耗和经济成本, 便于电路的集成化; 另一方面, CNPDGS 有效减少了制作过程中底面蚀刻金属孔所需的定位尺寸, 便于电路的加工、制作, 降低了工艺难度, 因此有着广泛的应用前景.

本文提出了一种新型的具有双阻带特性的组合式非周期性缺陷接地结构 (CNPDGS), 利用时域有限差分法 (FDTD) 结合完全匹配层 (PML)^[2~4] 对其进行了电磁仿真, 并在此基础上研制了带宽可调节的双阻带的滤波器, 测量结果与仿真结果一致性很好. 通过改变这种结构的尺寸参数, 两阻带中心频率及双阻带中心频率之间的距离随之变化, 这样可通过调整结构尺寸参数, 得到所需要的滤波特性, 有效地抑制信号中的低端和高端干扰, 具有较好的带通滤波特性.

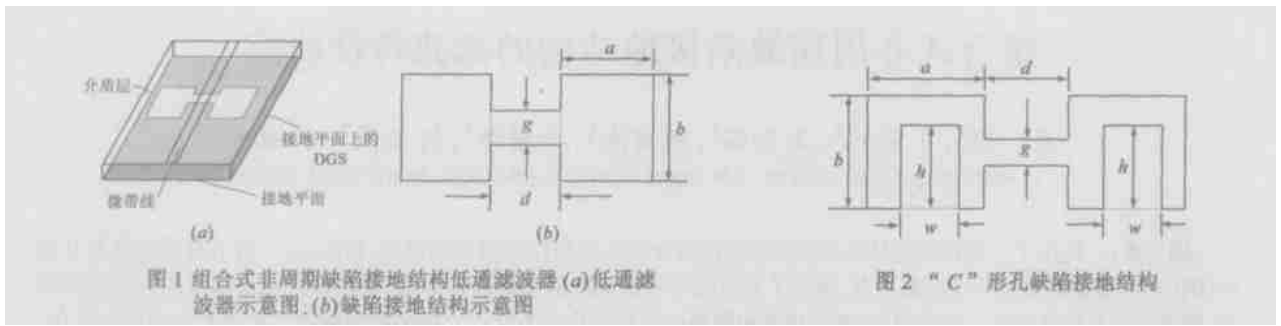


图1 组合式非周期缺陷接地结构低通滤波器 (a)低通滤波器示意图; (b)缺陷接地结构示意图

图2 “C”形孔缺陷接地结构

频率距离约为 3.5GHz

2 具有双阻带的 CNPDGS 结构滤波特性研究

图 4 为两阻带中心频率距离较远的滤波器电路版图及电

文献[5]研究的具有 CNPDGS 的低通滤波器如图 1 所示, CNPDGS 的各个尺寸参数如图 1(b)所示, 由于它采用对称结构的方孔, 故 a, b 相等. 文献[5]采用电路仿真方法, 研究了这种结构的频率特性. 本文利用 FDTD 法结合 PML 层对其进行了研究. 采用的介质板介电常数为 9.6, 厚为 1.6mm, 微带线宽 1.6mm. 研究结果表明: CNPDGS 中 a, b 尺寸增大, 禁带中心频率随之减小; g 尺寸增大, 禁带中心频率随之增大. 仿真结果与文献[5]结果比较, 两者吻合很好, 验证了方法和程序的正确性.

在上述 CNPDGS 研究的基础上, 本文设计了一种新型的底面为“C”形孔的组合式非周期缺陷接地结构, 如图 2 所示. 对这种结构进行仿真, 发现它具有双阻带滤波特性. 进而, 研究了各种尺寸参数变化对滤波特性的影响, 在介质板介电常数 2.2、厚 0.8mm, 微带线宽 2.5mm 的情况下进行仿真, 得到了阻带中心频率及双阻带之间距离与尺寸参数间的关系.

从仿真结果可以得到结论: h, d, a 和 b 尺寸增大, w, g 尺寸减小, 可使双阻带中心频率位置整体左移, 且使两阻带中心频率之间距离靠近; 反之, 则可使双阻带中心频率整体向右移动, 且使两阻带中心频率之间距离拉远; 但同时注意到, a 和 b 以及 h 的减小, 会使第二个禁带的深度明显减小, 设计时应注意这一点. 按照这种变化规律, 设计了两组结构进行仿真, 并制作了实验电路, 测量结果和仿真结果吻合很好.

制作实验电路所用介质板的介电常数为 2.55, 介质板长为 60mm, 宽为 40mm, 介质板厚度为 0.8mm, 微带线宽为 2.2mm, 图 3 为两阻带中心频率距离较近的滤波器电路版图及电磁仿真和测试曲线, 两中心

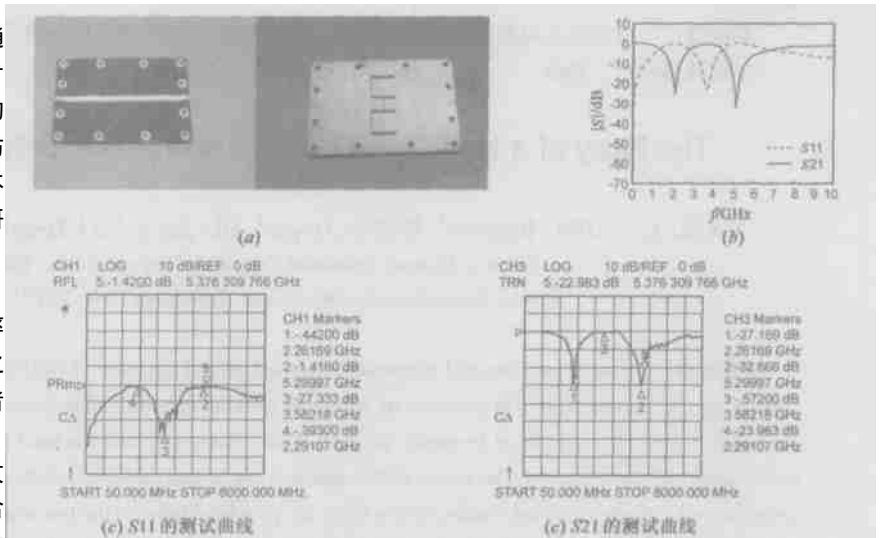


图3 两阻带中心频率距离较近的滤波器电路板图、仿真和测试曲线 (a)电路板图; (b)仿真曲线; (c)测试曲线 $a=b=10\text{mm}$, $d=8\text{mm}$, $g=0.25\text{mm}$, $w=8.5\text{mm}$, $h=9.75\text{mm}$

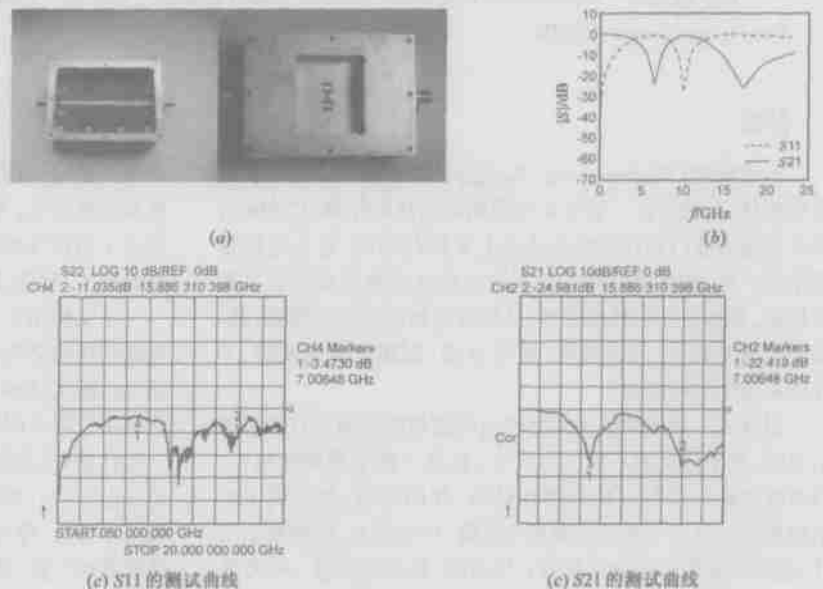


图4 两阻带中心频率距离较远的滤波器电路板图、仿真和测试曲线 (a)电路板图; (b)仿真曲线; (c)测试曲线 $a=b=4\text{mm}$, $d=3\text{mm}$, $g=1\text{mm}$, $w=2\text{mm}$, $h=3.75\text{mm}$

磁仿真和测试曲线, 两中心频率距离约为 12 GHz. 由图可知, 测量结果与仿真结果一致性很好.

3 结论

经过设计和实验, 我们得到了一种新型的具有双阻带特性的组合式非周期缺陷接地结构. 研究表明, 此结构双阻带中心频率的位置及它们之间的间隔随着结构参数的变化而变化, 两阻带之间的间隔可从 3.5GHz 到 12GHz. 仿真和测量结果一致性很好, 证实了设计和 FDTD 方法分析的正确性. 这种新型结构可有效地抑制信号中的低端和高端干扰, 具有较好的带通滤波特性, 在抑制有源电路的高次谐波等方面有着广阔的应用前景.

参考文献:

- [1] 庞云波, 高葆新. 一种新型的光子带隙结构单元[J]. 微波学报, 2001, 17(2): 77- 80.
- [2] Jonathon C, Verhl, Raj Mittra. An efficient implementation of Berenger's perfectly matched layer(PML) for finite difference time domain mesh truncation[J]. IEEE Microwave and Guided Wave Lett, 1996, 6(2): 94- 96.
- [3] 崔俊海, 钟顺时. 采用 PML 吸收边界条件的 FDTD 法在分析平面微带结构中的应用[J]. 微波学报, 2000, 16(5): 535- 541.
- [4] 葛德彪, 闫玉波. 电磁波时域有限差分法[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002.
- [5] Dal Ahn, Jun2Seok Park, Chu2Soo Kim, Juno Kim, Yongxi Qian, Tatsuo Itoh. A design of the low2pass filter using the novel microstrip defected ground structure[J]. IEEE Trans, 2001, MIT- 49(1): 86- 93.

作者简介:



王 雷 男, 1979 年出生于湖北, 2001 年毕业于天津大学电信学院, 获学士学位, 现为天津大学电子信息工程学院硕士研究生.



丁荣林 男, 1966 年毕业于复旦大学物理系, 现为天津大学电子信息工程学院教授, 中国电子学会高级会员, 中国电子学会微波分会测量技术专业委员会会员, 中国电子计量专业委员会委员, 在国内外学术刊物上发表论文三十余篇, 目前主要研究领域为微波固体电路理论与 CAD、电磁兼容(EMC)和电磁干扰(EMI)、微波天线及自动测试系统. E2mail: dy0526@126.com.

王安国 男, 1958 年出生于山西, 博士, 1982 年于南京工学院(现东南大学)无线电工程系毕业, 现为天津大学电子信息工程学院副教授, 中国电子学会高级会员, 在学术刊物与会议上已发表论文 20 多篇, 近年的研究兴趣为神经网络在微波电路设计中的应用, 单片微波集成电路的理论设计与设计, 三维微波集成电路的理论设计与设计.

胡俊杰 男, 1981 年出生于江苏, 现为天津大学电子信息工程学院硕士研究生.