

# 一种方环滤波器的改进设计

薛光<sup>1</sup> 屈德新<sup>2</sup> 李进<sup>1</sup>

(1.解放军理工大学通信工程学院研究生2队,江苏 南京 210007;

2. 解放军理工大学通信工程学院卫星通信系)

**摘要:** 提出一种新型的由方形开环带内耦合的谐振器构成的微波平面交叉耦合的滤波器的结构;分析了这种结构中可能存在的三个耦合形式,并给出了耦合系数结构图;设计了一对零点的交叉耦合结构滤波器,并给出了具体的仿真结果.

**关键词:** 交叉耦合, 内耦合, 滤波器, 微带线

## A Modify Ddesign of Squire Filter

Xue Guang<sup>1</sup>, Qu De Xin<sup>2</sup>, Li Jin<sup>1</sup>

(1. Postgraduate Team 2 ICE, PLAUST, Nanjing 210007, China;

2. Department of Satellite Communication ICE, PLAUST)

**Abstract:** A new type of cross-coupled planar microwave using coupled microstrip square open-loop resonator with coupling inside is proposed. Three basic coupled structures is analyzed, and which coupling structural drawing was offered. A cross-coupled planar microwave filter with a pair of transmission zeros is designed and simulated.

**Key Words:** cross-coupled, coupling inside, filter, microstrip

### 1 引言

现代通信中,小型化和高选择化已经成为微波滤波器设计中热点,通过选择不同的谐振器结构来减小滤波器的体积,通过交叉耦合引入零点来提高滤波器的频带选择特性是滤波器设计中通用理念,本文通过提出一种新型的微带线滤波器结构,能够较好的将这两方面的要求综合实现.文中也给出了具体的设计实例,通过设计数据和仿真图形,我们可以看出此结构滤波器具有小体积,高选择性的特点.

### 2 电路原理与耦合结构分析

为实现边带好的抑制特性,通常采取交叉耦合的方式引入零点<sup>[3]</sup>,我们在本设计中引入一对零点,可以得到交叉耦合器的传输特性<sup>[4]</sup>

$$S_{21}^2(\omega) = \frac{1}{1 + e^2 C_N^2(\omega)} \dots (1)$$

$$= \frac{1}{(1 + j e C_N(\omega))(1 - j e C_N(\omega))}$$

这里

$$e = \frac{1}{\sqrt{10^{RL/10} - 1}} \quad (2)$$

$$C_N(\omega) = \frac{F_N(\omega)}{P_N(\omega)} \quad (3)$$

$e$  代表波纹系数,  $RL$  表示的是回波损耗,  $C_N(\omega)$

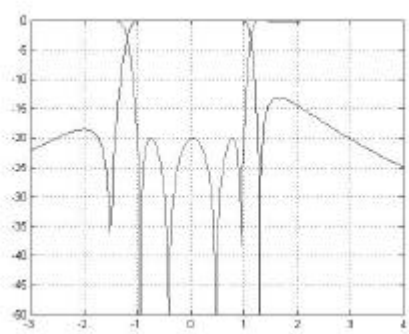
表示  $N$  阶广义切比雪夫滤波函数, 它的表达式为

$$C_N(\omega) = \cosh \left[ \sum_{n=1}^N \cosh^{-1}(x_n) \right] \quad (4)$$

这里

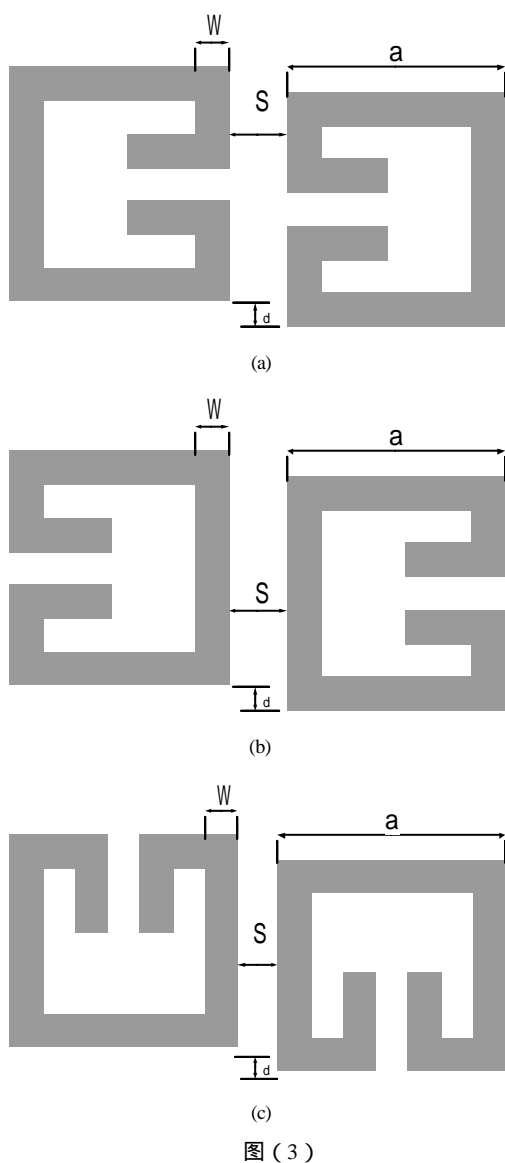
$$x_n = \frac{\omega - 1/\omega_n}{1 - \omega/\omega_n} \quad (5)$$

我们可以通过我们预设  $LR = -15\text{dB}$ , 零点分别在中心频率  $\omega_0 \pm 0.25\omega_0$ , 通过上面的公式我们可以得到图(1):



图(1)

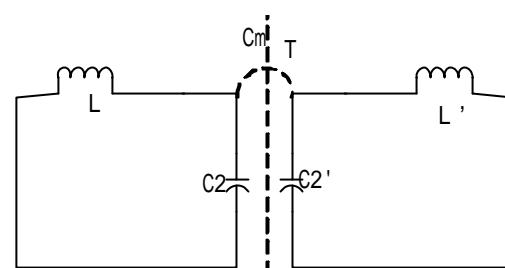
文中所采用的耦合结构如右图(2)所示,我们选取一对相同上图结构来构成耦合谐振器,根据相对位置的不同,们根据需求选择性的分析以下三种



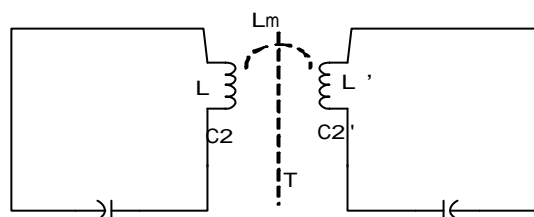
图(3)



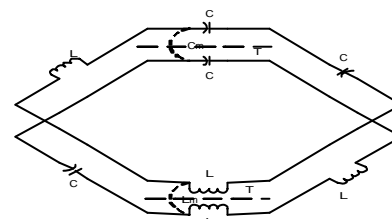
图(2)



(a')



(b')



(c')

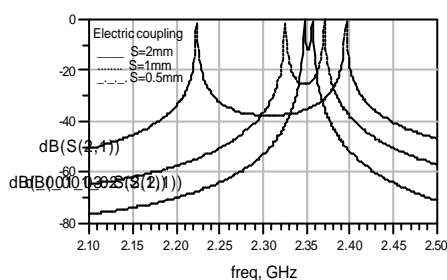
图(4)

如图所示,三种情况下的耦合结构可以通过间距 $s$ 和偏移量 $d$ 来调整耦合器的相对位置.在开环的开口处电场最强,在相对的微带线中间磁场最强,因为磁场和电场在微带线的边缘都会表现出阻尼衰减特征,所以可以通过改变谐振器之间的间距和相对偏移量可以很好的改变谐振器之间耦合.相对位置的如图,在(a)图中,耦合器在开环的开口因为我们设计的存在内耦合,电场最强的开口位于内耦合,所以只能形成较强的电耦合,在(b)图中两个谐振器耦合位于磁场最强处,能构成最大磁耦合,相对的在(c)中,两种耦合量同

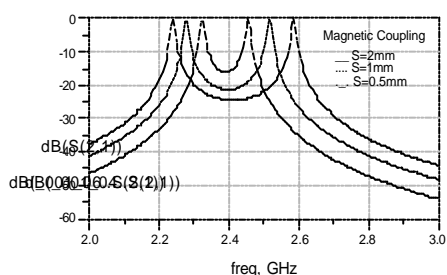
时存在形成互耦合,在实际中,磁耦合表现的更明显。

如图(4),分别给出了各个耦合器的对应等效电路图,我们可以看到通过改变结构图中的各个变量,我们最终是为了调节耦合量 $C_m$ 和 $L_m$ ,在三种耦合结构中的谐振频率如下

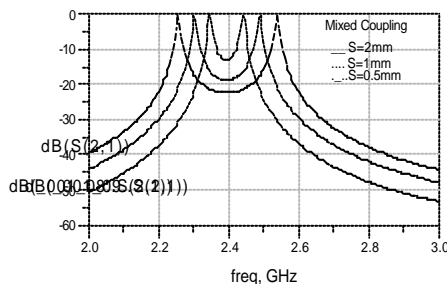
电耦合:如图(3)a中的等效电路,当对称面设为电壁时,耦合作用将增大单谐振器的电荷存储能力,从而使得谐振频率降低,我们可以得到对称面设为电壁是得谐振频率



(a)



(b)



(c)

$$f_e = \frac{1}{2p\sqrt{(C+C_m)L}} \quad (6)$$

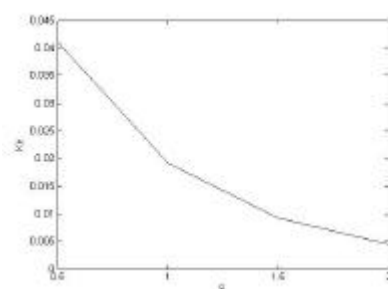
当我们将对称面设为磁壁时,耦合作用将减小单谐振器的电荷存储能力,从而使得谐振频率增大,我们可以得到设为磁壁的谐振频率

$$f_m = \frac{1}{2p\sqrt{(C-C_m)L}} \quad (7)$$

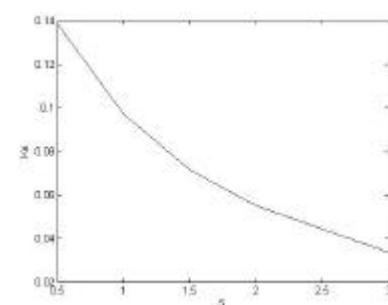
从(6)(7)我们可以得到电耦合结构的耦合系数为

$$K_E = \frac{f_m^2 - f_e^2}{f_m^2 + f_e^2}$$

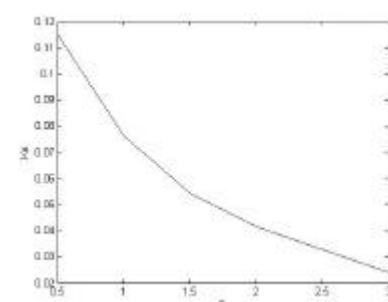
电常数  $\epsilon_r = 10.8$ ,  $h = 1.27\text{mm}$ , 微带线宽度  $w = 1.0\text{mm}$ , 根据上面的式子求出各个谐振结构的在不同的 $S$ 情况下的耦合系数,并做图



(a')



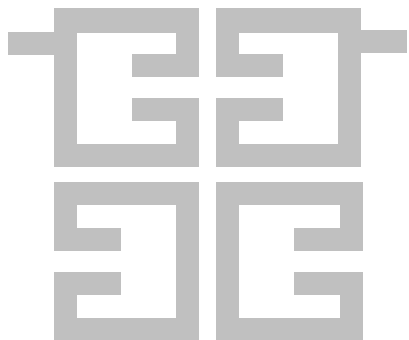
(b')



(c')

### 3 设计实例

设计一个四阶带通滤波器,采用上面叙述的结构结构图如下



图(6)

设计指标

中心频率 2300MHz

归一化截止频率  $\pm 1.25$

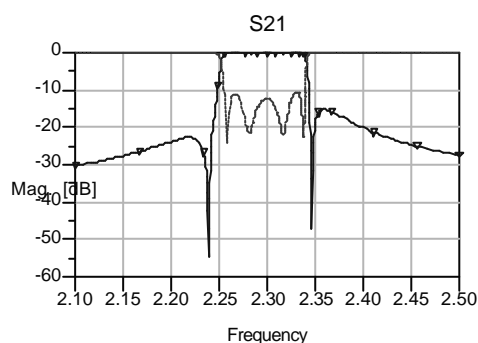
相对带宽 3.5%

回波损耗 15dB

根据设计指标要求对照结构设计方法我们可以得到

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 0.0233 & 0 & -0.0216 \\ 0.0233 & 0 & 0.0132 & 0 \\ 0 & 0.0132 & 0 & 0.0233 \\ -0.0216 & 0 & 0.0233 & 0 \end{bmatrix}$$

我们根据第二部分的分析数据,以及上表,我们可以得到滤波器设计的基本结构参数,仿真如下图



图(7)

对照图(1),设计与理想情况下的结果基本吻合。

## 4 结论

本文提出了一种新型的平面交叉耦合滤波器的结构,并对此种结构进行了原理与结构的分析,最后设计实例进行仿真,结果能够吻合,可以证明这种结构有较好的实现性我们同时也可以通过增加阶数来提高滤波器性能,引入更多的参数设计来更加灵活的实现此类结构滤波器的设计。

## 参考文献

- [1] WILLIAMS A E . A four-cavity elliptic waveguide filters[J] . IEEE Trans Microwave TheoryTech , 1970 , 18(12) : 1109—1114 .
- [2] Hong Jia-Sheng , Lancaster M J . Design of highly selective microstrip bandpass filters with a single pair of attenuation poles at finite frequencies [ J ] . IEEE MTT , 2000 , 48 ( 7 ) : 1 098 - 1 107 .
- [3] Hong Jia Sheng , Lancaster M J . Couplings of microstrip square open-loop resonators for cross-coupled planar microwave filters[J] . IEEE MTT , 1996 , 44 ( 12 ) : 2 099 - 2 108 .
- [4] Hong Jia—Sheng , Lancaster M J . Microstrip filters for RF/microwave applications[M] . New York : : John Wiley&Sons , Inc , 2001 . 235 271 .
- [5] M.Makimoto S.Yamashita 无线通信中的微波谐振器与滤波器 国防工业出版社 2002
- [6] David M.Pozar 微波工程 电子工业出版社 2006

## 微波滤波器设计培训——视频课程

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立, 致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养, 是国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地。客户遍布中兴通讯、研通高频、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。

我们推出的微波滤波器设计培训专题, 有资深工程师领衔主讲, 课程既有微波滤波器设计原理的详细解释, 也有各种仿真分析工具的实际设计应用讲解, 设计原理和设计仿真实践相结合, 向大家呈现各种结构的微波滤波器的完整设计流程。旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。



### 微波滤波器设计培训专题视频课程

高清视频, 专家授课, 中文讲解, 直观易学; 既有微波滤波器设计原理的详细解释, 也有像 ADS、CST、HFSS 各种仿真分析工具的实际设计应用讲解, 旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/filter/>

### 更多专业培训课程:

- **HFSS 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/>

- **CST 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/>

- **天线设计专业培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/>