

設計具橢圓函數的雙頻帶通濾波器

研究生：鄭鴻森

指導教授：郭仁財 博士

國立交通大學電信工程學系



本文利用微小化髮夾式諧振腔和開迴路諧振腔，設計具有橢圓函數響應的交錯耦合雙頻濾波器，這兩種諧振腔皆視為步階阻抗諧振腔來分析說明。濾波器電路中，為了在兩個頻帶上分別得到諧振腔之間適當的耦合量，我們使用不同幾何尺寸的諧振腔來設計。本論文製作測量了四個電路，由結果得知模擬和量測非常地吻合。

Design of Quasi-Elliptic Function Filter with a Dual-Passband Response

Student: Hung-Sen Cheng

Advisor: Dr. Jen-Tsai Kuo

Institute of Communication Engineering

National Chiao Tung University



Abstract

Compact miniaturized hairpin resonators and open-loop resonators are used to design cross-coupled filters with a dual-passband response of elliptic function type. Both resonators are treated as stepped impedance resonators in analysis. In establishing appropriate couplings among the resonators at two design frequencies, the resonators are designed to have different geometric dimensions. Four filters are fabricated and measured. The results show a good agreement with the simulation.

Acknowledgement

致謝

感謝指導教授郭仁財教授這兩年來不厭其煩的辛苦指導，讓我收穫良多，以及口試委員：徐敬文教授、張志揚教授、郭建男教授、謝榮展教授，在百忙之中對學生的論文提出指導和教誨。

感謝博士班的蘇弢穎學長、施延宜學長、金國生學長、江孟俊學長，在我有疑問時熱心的付出時間和精神教導我。感謝 908 實驗室一起打拼的同學們：俊誠、萬信，在我需要幫助時，都能夠適時的給予支援及協助，還有可愛的學弟們：啟興、自強、明澤、致遠，讓我的研究所生活更加精采，謝謝你們！



目錄

中文摘要	
英文摘要	
致謝	
目錄	
圖目錄	
第一章 簡介.....	1
第二章 交錯耦合型濾波器的基本耦合結構.....	3
2-1 諧振腔1、4之間的耦合.....	3
2-2 諧振腔2、3之間的耦合.....	5
2-3 諧振腔1、2之間的耦合.....	6
2-4 交錯耦合型帶通濾波器.....	8
第三章 雙頻帶通濾波器的合成.....	9
3-1 諧振腔特性.....	9
3-2 設計雙頻帶通濾波器.....	13
3-2.1 諧振腔的耦合常數.....	13
3-2.2 輸入與輸出饋入點的決定.....	18
3-3 設計雙頻阻抗轉換器.....	21
第四章 模擬和量測.....	23
第五章 利用方形開迴路諧振腔設計雙頻帶通濾波器.....	26
第六章 結論.....	28

圖目錄

圖1(a)	典型的微小化髮夾式諧振腔。	31
圖2(a)	2×2排列的交錯耦合型濾波器。	31
圖2-1(a)	1、4諧振腔間電耦合的等效電路模型。	32
圖2-1(b)	使用導納轉換 $J=wC_m$ 另一個形式的電耦合等效電路。	32
圖2-2(a)	2、3諧振腔間磁耦合的等效電路模型。	33
圖2-2(b)	使用阻抗轉換 $K=wL_m$ 另一個形式的磁耦合等效電路	33
圖2-3(a)	混合型耦合諧振腔的網路。	34
圖2-3(b)	使用阻抗轉換 $K=wL_m'$ 和導納轉換 $J=wC_m'$ 表示磁耦合和電耦合的混合型諧振腔耦合的等效電路。	34
圖3-1(a)	典型的步階阻抗諧振腔。	35
圖3-1(b)	奇模激發。	35
圖3-1(c)	偶模激發	35
圖3-1(d)	步階阻抗諧振腔的基頻諧振頻率與結構參數間的關係圖。	36
圖3-1(e)	步階阻抗諧振腔的第二諧振頻率與結構參數間的關係圖。	36
圖3-2.1(a)	交錯耦合濾波器的低通原型。	37
圖3-2.1(b)	兩個諧振腔相距適當距離的 $ S_{21} $ 響應。	37
圖3-2.1(c)	諧振腔幾何形狀如右圖的耦合量(K_{14})與距離關係圖。	38
圖3-2.1(d)	諧振腔幾何形狀如同上圖的耦合量(K_{23})與距離關係圖。	38
圖3-2.1(e)	改變諧振腔幾何形狀後的耦合量(K_{23})與距離關係圖。	39
圖3-2.1(f)	兩個不同諧振腔幾何形狀的耦合量(K_{12})與距離關係圖。	40
圖3-2.1(g)	設計在2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器的耦合係數(K_{14})對距離的關係圖。	41
圖3-2.1(h)	設計在2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器的耦合係數(K_{23})對距離的關係圖。	41

圖3-2.1(i)	設計在2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器的耦合係數(K_{12})對距離的關係圖。	41
圖3-2.1(j)	設計在2.45GHz、5.7GHz雙頻帶通濾波器的耦合係數(K_{14})對距離的關係圖。	42
圖3-2.1(k)	設計在2.45GHz、5.7GHz雙頻帶通濾波器的耦合係數(K_{23})對距離的關係圖。	42
圖3-2.1(l)	設計在2.45GHz、5.7GHz雙頻帶通濾波器的耦合係數(K_{12})對距離的關係圖。	42
圖3-2.2(a)	使用饋入耦合輸入/輸出的SIR。	43
圖3-2.2(b)	中心頻率為2.4GHz(f_0)、5.2GHz(f_1)的負載阻抗與饋入點位置的關係圖。	43
圖3-2.2(c)	中心頻率為2.45GHz(f_0)、5.7GHz(f_1)的負載阻抗與饋入點位置的關係圖。	44
圖3-3(a)	兩段式的步階阻抗轉換器。	44
圖3-3(b)	兩段式步階阻抗轉換器的 S_{11} 頻率響應圖。	44
圖4(a)	設計 2.4GHz、5.2GHz 雙頻帶通濾波器時，1、4 諧振腔的電路圖。其中 $L_1=9.4\text{mm}$ ， $L_2=8.14\text{mm}$ ， $L_3=4.07\text{mm}$ ， $L_4=5.15\text{mm}$ ， $W_1=1.56\text{mm}$ ， $W_2=1.1\text{mm}$ ， $S=0.26\text{mm}$ 。	45
圖4(b)	設計2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器時，2、3諧振腔的電路圖。其中 $L_1=7.4\text{mm}$ ， $L_2=9.95\text{mm}$ ， $L_3=3.04\text{mm}$ ， $L_4=5.45\text{mm}$ ， $W_1=1.6\text{mm}$ ， $W_2=1.1\text{mm}$ ， $S=0.32\text{mm}$ 。	45
圖4(c)	設計2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器時所使用的雙頻阻抗轉換器。其中 $L_1=L_2=14.9\text{mm}$ ， $W_1=1.05\text{mm}$ ， $W_2=0.4\text{mm}$ 。	45
圖4(d)	中心頻在2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器的實際電路圖。	46
圖4(e)	中心頻在2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器的模擬和量測結果。第一個頻帶的比例頻寬為5%，第二個頻帶的比例頻寬為4.7%。	46
圖4(f)	第一個頻帶的模擬和量測圖。模擬的通帶插入損耗為-2dB量測為-2.1dB。	47
圖4(g)	第二個頻帶的模擬和量測圖。模擬的通帶插入損耗為-1.5dB量測為-2.2dB。	47

圖4(h)	設計2.45GHz、5.7GHz雙頻帶通濾波器時，1、4諧振腔的電路圖。其中 $L_1=6.78\text{mm}$ ， $L_2=8.34\text{mm}$ ， $L_3=2.88\text{mm}$ ， $L_4=5.8\text{mm}$ ， $W_1=1.77\text{mm}$ ， $W_2=0.81\text{mm}$ ， $W_3=0.83\text{mm}$ ， $W_4=0.96\text{mm}$ ， $S=0.21\text{mm}$ 。	48
圖4(i)	設計2.45GHz、5.7GHz雙頻帶通濾波器時，2、3諧振腔的電路圖。其中 $L_1=6.4\text{mm}$ ， $L_2=8.22\text{mm}$ ， $L_3=2.69\text{mm}$ ， $L_4=6.33\text{mm}$ ， $W_1=1.89\text{mm}$ ， $W_2=0.81\text{mm}$ ， $W_3=0.92\text{mm}$ ， $W_4=0.96\text{mm}$ ， $S=0.2\text{mm}$ 。	48
圖4(j)	設計2.45GHz、5.7GHz雙頻帶通濾波器時所使用的雙頻阻抗轉換器。其中 $L_1=L_2=13.8\text{mm}$ ， $W_1=0.7\text{mm}$ ， $W_2=0.35\text{mm}$ 。	48
圖4(k)	中心頻在2.45GHz、5.7GHz雙頻帶通濾波器的實際電路圖。	49
圖4(l)	中心頻在2.45GHz、5.7GHz雙頻帶通濾波器的模擬和量測結果。第一個頻帶的比例頻寬為5%，第二個頻帶的比例頻寬為4.4%。	49
圖4(m)	第一個頻帶的模擬和量測圖。模擬的通帶插入損耗為-2.1dB量測為-2.3dB。	50
圖4(n)	第二個頻帶的模擬和量測圖。模擬的通帶插入損耗為-1.6dB量測為-2.6dB。	50
圖5(a)	利用方型開迴路諧振腔設計2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器時，1、4諧振腔的電路圖。其中 $L_1=5.17\text{mm}$ ， $L_2=9.69\text{mm}$ ， $W_1=2.6\text{mm}$ ， $W_2=1.1\text{mm}$ ， $S=0.66\text{mm}$ 。	51
圖5(b)	利用方型開迴路諧振腔設計2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器時，2、3諧振腔的電路圖。其中 $L_1=4.17\text{mm}$ ， $L_2=11.29\text{mm}$ ， $W_1=2.7\text{mm}$ ， $W_2=0.95\text{mm}$ ， $S=0.56\text{mm}$ 。	51
圖5(c)	設計在2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器的耦合係數(K_{14})對距離的關係圖。	52
圖5(d)	設計在2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器的耦合係數(K_{23})對距離的關係圖。	52
圖5(e)	設計在2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器的耦合係數(K_{12})對距離的關係圖。	52
圖5(f)	中心頻在2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器的模擬和量測結果。第一個頻帶的比例頻寬為6.6%，第二個頻帶的比例頻寬為6%。	53

圖5(g)	中心頻在2.4GHz、5.2GHz雙頻帶通濾波器的實際電路圖。.....	53
圖5(h)	基頻諧振頻率附近諧振腔上的電流方向。.....	54
圖5(i)	第二諧振頻率附近諧振腔上的電流方向。.....	54
圖5(j)	利用方型開迴路諧振腔設計2.4GHz、4GHz雙頻帶通濾波器時， 1、4諧振腔的電路圖。其中 $L_1=6.72\text{mm}$ ， $L_2=10.16\text{mm}$ ， $W_1=2.2\text{mm}$ ， $W_2=1.05\text{mm}$ ， $S=0.66\text{mm}$ 。.....	55
圖5(k)	利用方型開迴路諧振腔設計2.4GHz、4GHz雙頻帶通濾波器時， 2、3諧振腔的電路圖。其中 $L_1=5.68\text{mm}$ ， $L_2=12.1\text{mm}$ ， $W_1=2.16\text{mm}$ ， $W_2=1\text{mm}$ ， $S=0.66\text{mm}$ 。.....	55
圖5(l)	中心頻在2.4GHz、4GHz雙頻帶通濾波器的模擬和量測結果。第一 一個頻帶的比例頻寬為6.7%，第二個頻帶的比例頻寬為6.5%。...	56
圖5(m)	中心頻在2.4GHz、4GHz雙頻帶通濾波器的實際電路圖。.....	56

