

# 微小化且適用於超寬頻低通帶系統之共面波導帶通濾波器 A compact CPW bandpass filter for UWB low band application

管鴻 徐政傑 葉昌鑫 蘇炎坤 翁敏航

Hon-Kuan<sup>a)</sup>, Wen-Lang Chen<sup>a)</sup>, Chang-Sin Ye<sup>b)</sup>, Yan-Kuin Su<sup>b)</sup> and Min-Hang Weng<sup>c)</sup>

<sup>a)</sup>南台科技大學光電工程系, 台灣 台南縣 aqk123@gmail.com

<sup>b)</sup>成功大學電機系尖端光電中心, 台灣 台南市 tewsmo@gmail.com

<sup>c)</sup>國家奈米元件實驗室, 台灣 台南縣

## 摘要

本文中提出一個可用於超寬頻低通帶規格的微小化共面波導帶通濾波器。該濾波器可藉由其可調之通帶邊緣傳輸零點頻率來得到適當的頻寬。此外該濾波器在 2.95 GHz 以下具有一 20 dB 之上壓抑之良好下止帶特性。該濾波器之實作與量測結果與理論分析匹配。

關鍵詞：共面波導，帶通濾波器，超寬頻。

In this paper, a compact coplanar-waveguide (CPW) bandpass filter (BPF) for ultra wide band (UWB) application is presented. The filter has design freedoms to obtain the proper bandwidth by means of the tunable transmission zero frequency at the passband edge. The proposed filter structure has good upper stopband characteristics with rejection greater than 20 dB below 2.95 GHz. The filter is fabricated and measured result shows a good agreement with the theoretical analysis.

Keywords: Coplanar-waveguide (CPW), bandpass filter (BPF), ultra wide band (UWB).

## I. 前言

超寬頻規格在 2002 年被提出並被訂定其操作頻率範圍為 3.1 - 10.6-GHz 之後[1]，超寬頻技術隨著近期對多種平面濾波器的大量研究變得非常重要。此外為了避免與 IEEE 802.11a 個人無線區域網路之規格衝突，超寬頻系統之頻帶範圍進一步分割為低頻之 3.1 至 4.9 GHz 以及高頻之 6.2 - 9.7 GHz[2]，因此超寬頻平面濾波器之設計趨向於分別設計上述所提出之特殊頻帶。然後古典的微波濾波器設計理論是建構在窄頻響應之上，因此有幾種特別的設計方法在近期被提出以設計多種超寬頻濾波器 [3 - 9]，例如具有接地面槽孔結構之平行耦合線結構[3, 4]，單一多重模態共振器 [5, 6]，混合式微帶線/共面波導結構之單一多重模態共振器 [7]，以及藉由共平面電路實現之半集總式電路設計 [8, 9]。

在文獻 [8, 9]中之超寬頻濾波器是使用半集總式電路設計之共平面波導結構，雖然其具有良好的止帶響應但其缺點為面積過大。一個更微小化的共面波導寬頻濾波器在 1993 年被提出[10]，然而在該文獻中並未對該濾波器提出較詳細之研究說明，且及最佳化之設計並未被揭示。

因此在本文中，我們提出一個可適用於超寬頻低頻系統之濾波器，該濾波器是以文獻[10]為基礎來進行設計，且進一步該濾波器響應之特性及改善作探討。藉由其使用集總式電路設計之特點，調整該濾波器之結構可調整該濾波器頻率響應之傳輸零點頻率位置，並藉由此特性可得到較高的設計自由度。該濾波器響應是藉由全波電磁模擬軟體[11]與實驗結果進行驗證比對。

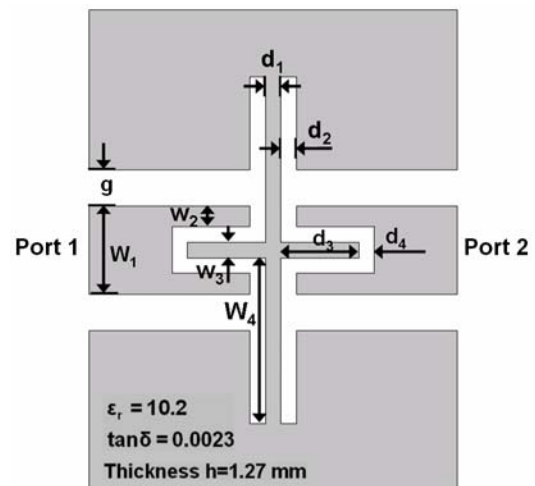
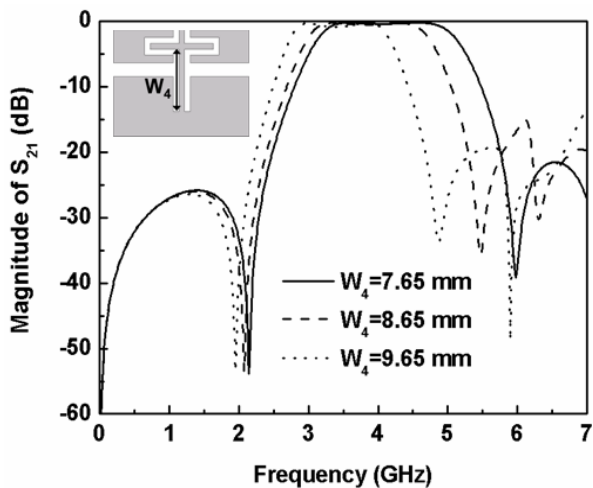


圖 1：超寬頻共面波導帶通濾波結構圖

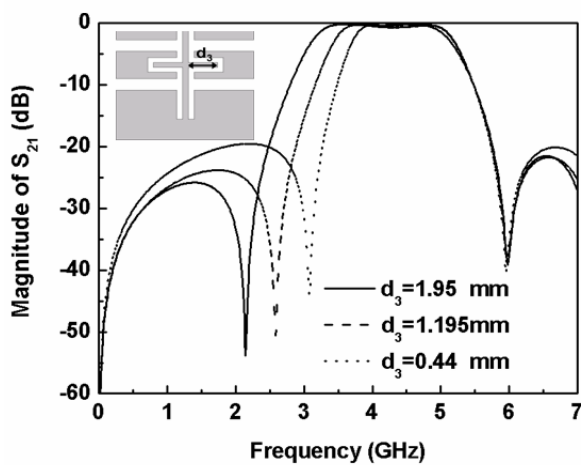
## II. 超寬頻共平面波導帶通濾波器之分析

圖 1(a)所示為共平面波導帶通濾波器之結構圖。該濾波器主要包括二串接及並聯於中心導線之終端開路樁及短路樁以構成半集總式電路。該濾波器之中心導線寬度為 3mm，且其與接地面間之槽線的寬度為 1mm 以達成其特性阻抗  $Z_0$  為 50  $\Omega$  之良好射頻阻抗匹配，其設計流程將在以下內容中討論。該濾波器中之開路及短路樁結構可用以實現共振電路結構而合成濾波器。

此外該濾波器之頻率響應可經由改變傳輸零點頻率而改善，其頻率響應中高及低頻之通帶旁傳輸零點頻率可以經由調整短路截止樁  $W_4$  和串聯式終端開路樁  $d_3$  來調整。圖 2(a)及(b)所示為在其它結構參數固定情形下，該濾波器之頻率響應對不同長度的變化情形。由於增加  $W_4$  將使負載效應及短路電感值增加 [5]，因此將造成該濾波器通帶旁較高頻之傳輸零點迅速的向上移動並



(a)



(b)

圖2：(a)高頻及(b)低頻傳輸零點頻率隨 $W_4$ 及 $d_3$ 長度變化圖

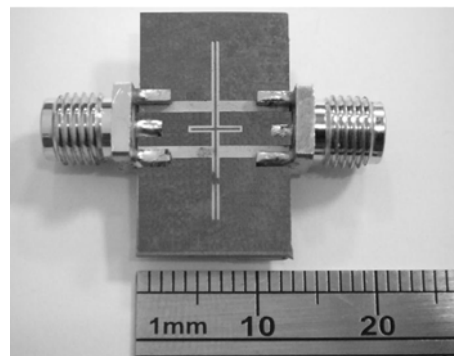
減少該濾波器之頻寬。固定  $d_3$  為 1.95 mm 時，當  $W_4$  各別為 7.65, 8.65 和 9.65 mm 時，該濾波器之較高頻共振零點的頻率分別位於 6, 5.4 和 4.8 GHz。此外，較低的共振零點也可藉由同樣的操作原理使其移動，經由調整產生串聯電感和電容值之結構參數，以不同的長度  $d_3$ ，而  $W_4$  固定為 7.65 mm，當長度  $d_3$  各別為 1.95, 1.195 和 0.44 mm，該濾波器響應之通帶旁較低頻共振零點的頻率分別位於 2.2, 2.65 和 3.15 GHz。

在本設計中之結構參數為： $W_4=3.7$  和  $d_3=7.5$  mm， $g=1$  mm， $W_1=3$  mm， $W_2=0.2$  mm， $W_3=0.2$  mm， $W_4=7.65$  mm， $d_1=0.2$  mm， $d_2=0.2$  mm， $d_3=1.95$  mm， $d_4=0.2$  mm。

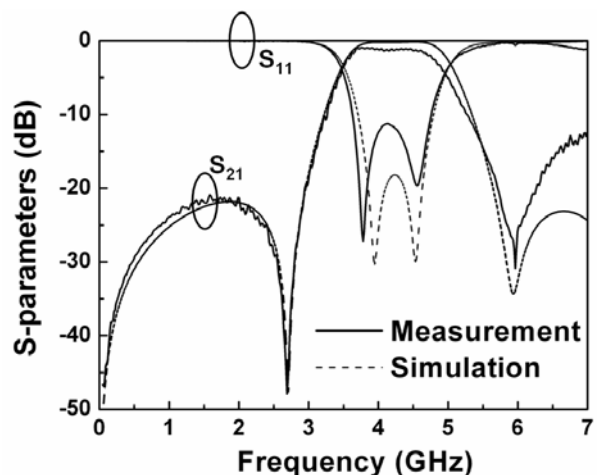
### III. 圖表及數學式

本文中提出之共平面波導帶通濾波器製作於 Duroid 6010 的基板上(介電常數為 10.2,  $\tan \delta = 0.023$  和基板高度為 1.27mm)，該濾波器係使用雕刻機進行製作，其成品之照片如圖 3(a)所示，並且使用網路分析儀 HP8510C 進行量測。圖 3(b)所示為設計共平面波導帶通濾波器的模擬和量測結果。而其量測結果顯示該濾波器

之中心頻率  $f_0$  為 4.12 GHz，且其具有 3.4 至 4.83 GHz 的 -3 dB 的頻寬範圍，且其頻寬比為 38%，其符合超寬頻濾波器的低通帶之應用規格，其量測知最低插入損失為在 3.77GHz 時的 0.93 dB。此外，在通帶旁之高低頻傳輸零點分別位於 5.9 及 2.69 GHz，其將可在達到 3 GHz 以下達到一高於 20dB 的止帶壓抑。此外該濾波器之尺寸相當微小，其整體尺寸為良好的低頻之帶響應製作小型化的帶通濾波器，其濾波器全部的尺寸為 21 mm × 12.8 mm，其約為在之 0.59 × 0.36 導波長，該導波長是以量測得之中心頻率 4.12 GHz 來進行計算。



(a)



(b)

圖3：(a)超寬頻共面波導帶通濾波器成品圖(b)量測與模擬結果之比較

### IV. 結論

在本篇論文中提出一個可應用於超寬頻低通帶規格之微小化共平面波導帶通濾波器。為了達到微小化之目的，該濾波器之設計係以總式電路設計方式進行。此外該濾波器設計具有良好的設計自由度，例如其可藉由可調之傳輸零點頻率來控制該濾波器之頻寬。此外該濾波器在 3GHz 以下具有良好之低頻止帶響應。該濾波器的製作與量測結果顯示出和理論分析結果一致。

### 參考文獻

- [1] Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems, Federal Communications Commission, ET-Docket 98-153, FCC02-48, 2002,
- [2] IEEE.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks, Detailed DS-UWB simulation results, Tech. Rep., IEEE 802.15, 2004, p. 802.
- [3] L. Zhu, H. Bu, and K. Wu, Aperture compensation technique for innovative design of ultra-broadband microstrip bandpass filter, IEEE MTT-S Int. Microw Symp Dig (2000), 315-318.
- [4] M. Mandal and S. Sanyal, Compact wideband bandpass filter, IEEE Microwave Wireless Compon Lett 1 (2006), 46-48.
- [5] L. Zhu and H. Wang, Ultra-wideband bandpass filters on aperture backed microstrip line, Electron Lett 18, (2005), 1015-1016.
- [6] L. Zhu, S. Sun, and W. Menzel, Ultra-wideband (UWB) bandpass filters using multiple-mode resonator, IEEE Microwave Wireless Compon Lett 11 (2005), 796-798.
- [7] H. Wang, L. Zhu, and W. Menzel, Ultra-wideband bandpass filters with hybrid microstrip/CPW structure, IEEE Microwave Wireless Compon Lett 12 (2005), 844-846.
- [8] N. W. Chen and K. Z. Fang, An Ultra-Broadband Coplanar-Waveguide Bandpass Filter With Sharp Skirt Selectivity, IEEE Microwave Wireless Compon Lett 2 (2007), 124-126.
- [9] J. W. No and H. Y. Hwang, A Design of Cascaded CPW Low-Pass Filter With Broad Stopband, IEEE Microwave Wireless Compon Lett 6 (2007), 427-429.
- [10] K. Hettak, T. Le Gouguec, J. Ph. Coupez, S. Toutain, S. Meyer, and E. Penard, Very compact low pass and bandpass filters using uniplanar structures, European Microwave Conference, 1993. 23rdOct. (1993), 238-239
- [11] Zeland Software, Inc., IE3D Simulator, 1997.
- [12] S. S. Liao, H. K. Chen, Y.C. Chang, and K.T. Li, New reduced-size coplanar-waveguide bandpass filters using the new folded open stub structure, IEEE Microwave Wireless Compon Lett 12 (2002), 476-478.