

# 共面波導雙工器 (I)

## Coplanar Waveguide Diplexer (I)

計劃編號: NSC 88-2219-E-002-011

執行期限: 87 年 8 月 1 日至 88 年 7 月 31 日

主持人: 吳瑞北 台灣大學電機系教授

### 一、中文摘要

關鍵詞: 微機電、共面波導、窄通濾波器、時域有限差分法

本研究計畫第一年的重點，在於微機電窄通共面濾波器之分析與製作。我們列出一套有系統的設計流程，並將此應用到傳統的共面波導窄通濾波器上，得到不錯的結果；進而我們將此方法應用到微機電窄通共面濾波器上。另外，我們使用時域有限差分法來擷取參數，並以動差法所得的結果做為驗證；在擷取參數時，我們暫且先不考慮影響力較小的薄膜及斜邊效應，如欲得更精確的結果，可將此兩因素列入考量。

### 英文摘要

Keywords: Micro-Electro-Mechanical、Coplanar Waveguide、Narrow Band Filter、FDTD

This three-year project aims at the analysis and fabrication of Micro-Electro-Mechanical narrow band coplanar waveguide filter in the first year. A systematic design rule was proposed and applied to the traditional narrow band coplanar waveguide filter. The measured data verify the design rule, showing good filter characteristic,

except for a slight frequency change and a large insertion loss in the pass band. The rule is thus extended to design the Micro-Electro-Mechanical narrow band coplanar waveguide filter. The Finite-Difference Time-Domain method was used to extract the parameters. The calculated results for some special cases are compared with those by the Method of Moment for verification. To simplify the analysis, the thin membrane and tilt angle of the enclosure was disregarded in the parameter extraction. If more accurate results are desired, the two factors must be included for consideration.

### 二、計畫緣由與目的

傳統的窄通共面波導濾波器之平面結構如圖一所示，由於其基板的介質損耗及輻射損，使得其 Q 值相當低，無法達到濾波器在截止頻帶有相當陡峭的頻率響應，同時在通帶時也會有相當大的插入損耗(insertion loss)。本計畫中，我們嘗試引用微機電技術，發展橫切面圖如圖二的共面波導結構，此結構的基板已幾乎蝕刻殆盡，而且上下均有金屬封閉，預計其介質損耗及輻射損會降至最低，以達到雙工器中窄通濾波器的嚴格要求。

### 三、研究方法及成果

本計畫所擬設計的是 Ka 頻段的窄帶通濾波器，所使用的結構基本上屬於間隙耦合(Gap Coupled)型濾波器，其設計方法可略述如下{1}

- (1). 依據給定的濾波器規格:中心頻率、頻寬等參數，使用低通到帶通的轉換，計算出濾波器所須的階數(N)及各階的  $g_i$ {2}。
- (2). 使用 (Eq.1) 計算出各階的 normalized admittance inverter parameters

$$J_{n,n+1}/Y_0\{3\},$$

$$\frac{J_{0,1}}{Y_0} = \sqrt{\frac{\pi\Delta}{2g_0g_1}}$$

$$\frac{J_{n,n+1}}{Y_0} = \frac{\pi\Delta}{2\sqrt{g_n g_{n+1}}} \quad n=2, \dots, N-1 \quad (1)$$

$$\frac{J_{N,N+1}}{Y_0} = \sqrt{\frac{\pi\Delta}{2g_N g_{N+1}}}$$

- (3). 給定傳輸線的特徵阻抗值( $Z_0$ )並算出其對應的傳輸線結構大小，然後使用時域有限差分法{4}計算出  $J_{n,n+1}/Y_0$  與電性長度  $\Phi_{n,n+1}$  所對應的間隙大小之圖表{3}。
- (4). 接著我們(3)所得的圖表，將(2)的結果轉換成實際的電路尺寸，其中各段的共振長度可由(Eq.2)求得。

$$\theta_n = \theta_0 + \frac{1}{2}(\Phi_{n-1,n} + \Phi_{n,n+1}) \quad (2)$$

- (5). 至此我們便可依據這些尺寸進行實驗和 TRL 校準量測,若有須要的話再將此電路尺寸用全波方法加以模擬。

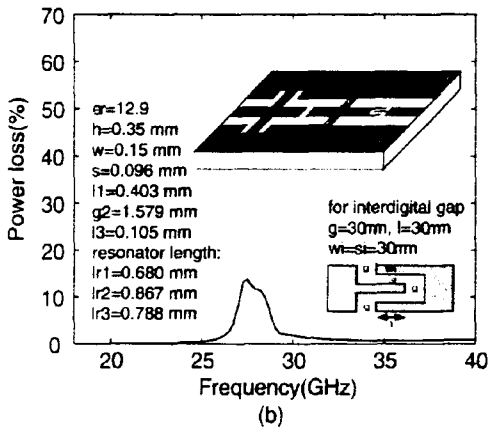
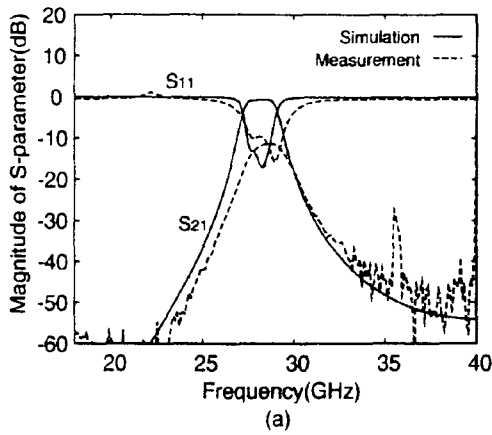
我們使用上述的設計流程結合動差法 (MoM){1}，設計出一傳統的窄通濾波器如圖三所示；由圖三(a)可知傳統的濾波器介質損耗

相當大，且量測的結果往高頻偏移，顯示所計算得的電性長度 $|\Phi_{n,n+1}|$ 稍微大了些，此部分一般均可在設計時略為調整尺寸即可達成；最大的問題可以由圖三(b)看出，在通帶的部份插入損耗相當大，此部分基本上是由於共面波導結構之特性所致，無法用微調方式克服。

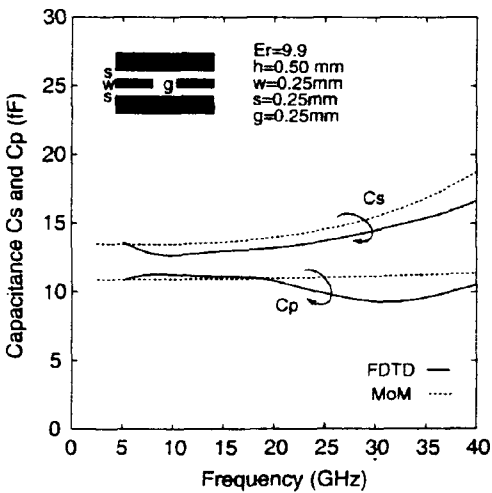
為了解決高損耗的問題，本計畫嘗試使用微機電共面波導結構，如圖二所示。在此結構中，由於薄膜的厚度相當的薄，我們可先不考慮其效應；另外，由於兩旁的金屬距離比中心較遠，故可先將其視為直角，而暫且不考慮斜角的影響以利分析。

微機電窄通共面濾波器的設計方法基本上和上述的方法是一樣的，只是在上述步驟(3)，因為傳輸線為封裝的結構，必須考慮高階模的效應，所以在此步驟中，我們必須根據濾波器的設計頻段，選定適當的金屬封裝大小(圖二)，使得設計頻段皆在高階模的截止頻率以下，然後使用時域有限差分法來分析此微機電共面波導的傳播常數與特性阻抗及  $J_{n,n+1}/Y_0$  與電性長度  $\Phi_{n,n+1}$  所對應的間隙大小之圖表。

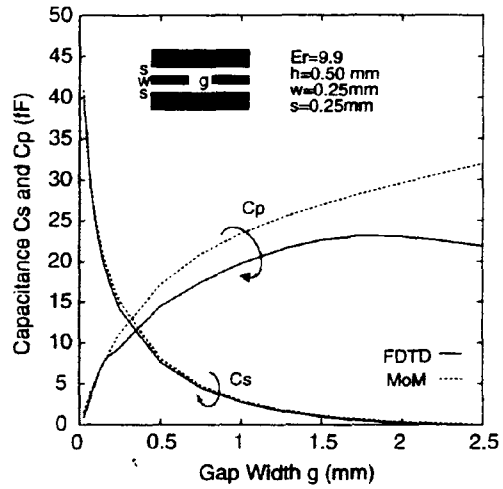
微機電共面波導本質上屬於一種封閉結構，使用時域有限差分法會比動差法來得好，其原因有:(a)封裝結構的邊界條件較為簡單，我們可以將金屬上的電場值直接設為零(b)不用像動差法般地必須針對各種特殊的結構，推導出複雜的格林方程式。此外，時域有限差分法還有另一項優點，就是所得時域上的結果，可以經快速富里葉轉換到頻域上，而得到任何頻段的設計參數。另外，在使用時域有限差分法時，我們在不同的方向上使用不同大小的分割，來節省分割的數目和記憶量。



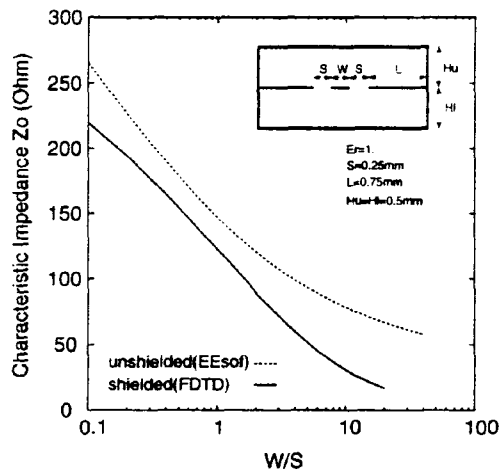
圖三、傳統的窄通濾波器之設計實例及量測結果



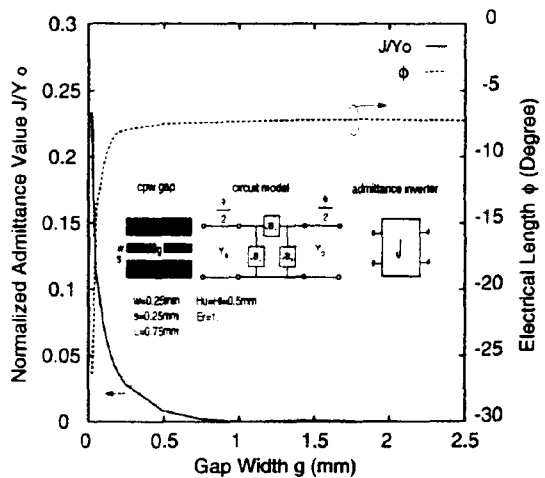
圖四、電容 Cs 和 Cp 之頻率響應圖



圖五、電容 Cs 和 Cp 隨間隙大小變化圖



圖六、未封裝和封裝的共面波導特徵阻抗對 W/S 之變化圖



圖七、 $J_{n,n+1}/Y_0$  與電性長度  $\Phi_{n,n+1}$  所對應的間隙大小之圖表

#### 四、結果與討論

本計畫中建立了時域有限差分法分析程式，為了驗證其結果之正確性，首先我們以傳統共面波導間隙結構為例，結果如圖四和圖五所示。我們使用動差法和時域有限差分法計算傳統的共面波導間隙電容值，圖四為串聯電容  $C_s$  和並聯電容  $C_p$  之頻率響應圖，圖五為改變間隙大小所求得的串聯電容  $C_s$  和並聯電容  $C_p$ ，由此圖我們可以看到  $C_s$  是相當吻合的，但是動差法所得的  $C_p$  則比時域有限差分法所得的大，較大的  $C_p$  值會造成較大的  $|\Phi_{n+1}|$ ；由圖三的結果我們得知由動差法算得的  $|\Phi_{n+1}|$  過大，所以我們可以推知此處由動差法所得的  $C_p$  值過大，此或許是由於我們使用動差法時，在槽線上只有分割一格，所以比較不是那麼準確。

在圖六裡，我們比較了未封裝和封裝的共面波導傳輸線特徵阻抗，由此圖我們得知當  $W/S$  越來越大時，特徵阻抗會逐漸的下降；而封裝後的傳輸線會比封裝前的傳輸線阻抗來得低，此乃由於封裝後傳輸線的單位電容值增加的緣故。在最後一張圖裡，我們看到了三個等效電路，並將設計濾波器所需要的參數計算後製成圖表，此表所對應的特徵阻抗為  $123 \Omega$ ，其後，我們便可根據此圖表和濾波器的設計方法進行設計。

#### 五、參考文獻

{1} F. L. Lin and R. B. Wu, *Coplanar Waveguide Discontinuities Full-wave Analysis and Filter*

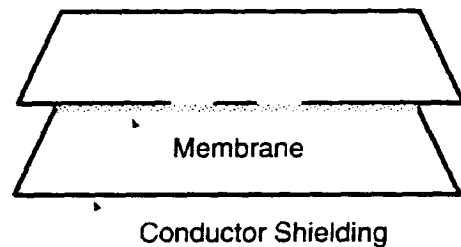
*Design*, Ph.D dissertation, National Taiwan University, 1997.

- {2} R. E. Collin, *Foundations for Microwave Engineering*, 2nd ed., New York: McGraw Hill, 1992.
- {3} G. L. Matthaei, L. Young, and E. M. T. Jones, *Microwave Filters, Impedance-Matching Network, and Coupling Structures*. Dedham, Massachusetts: Artech House, 1980.
- {4} A. Taflove, *Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method*, MA: Artech House Inc., 1995.

#### 六、附圖



圖一、傳統窄通共面波導濾波器之平面結構



圖二、微機電共面波導之橫切面圖