

共面波導方向耦合器(1/3)

Coplanar-Waveguide Directional Couplers (1/3)

計畫編號：NSC 89-2213-E-002-026

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：陳俊雄 國立台灣大學電信所教授

E-mail : chchen@ew.ee.ntu.edu.tw

一. 中文摘要 (關鍵詞：共面波導、 方向耦合器。)

本計畫的目標為：研發數種共面波導方向耦合器，以提升國內微波及毫米波單晶積體電路之技術。本研究將提出一種新型背墊導體之共面波導耦合結構，以提供另一種可用的耦合組件。

本研究的內容包括：設計用電路模型的建立，分析用電腦軟體程式集的完成，再結合理論分析與實驗量測，進行共面波導方向耦合器各種特性之詳盡探討。

本(第一)年度的研究中，將以保角映射法(Conformal-mapping technique)為基礎，進行兩種共面波導耦合結構之準靜態(Quasi-static)分析工作，分別求出奇模態(Odd mode)及偶模態(Even mode)對應的電容值及特徵阻抗值，由此進而算出結構的耦合係數，以方便耦合特性的探討。

Abstract (Keywords : Coplanar waveguide, directional coupler.)

The purpose of this investigation is to develop and study several coplanar-waveguide directional couplers for monolithic microwave and millimeter-wave integrated circuits. The goal

is to establish suitable circuit models for practical design and associated computer software for theoretical analysis. In this study, a new coplanar-waveguide directional coupler is proposed by incorporating a backed conductor on the other side of the substrate. Specifically, various properties of coplanar-waveguide directional couplers are carefully examined, both theoretically and experimentally.

In this first-year research, the conformal-mapping technique is employed to analyze the quasi-static characteristics of several coupled coplanar-waveguide structures. Specifically, the capacitances and characteristic impedances of odd and even modes associated with two conductor-backed coplanar-waveguide coupled structures are computed. Based on these characteristic impedances, the coupling coefficients to discuss the properties of proposed coupled structures may be characterized.

二. 計畫緣由與目的

隨著電信產業的快速成長，無線通訊技術的進展甚為迅速，頻帶的需求也更形殷切，促使通訊系統往更高頻段發展，相關硬體電路也朝短小輕薄的目標邁進。

單面單晶微波積體電路 (Uniplanar monolithic microwave integrated circuit) 的構想，首由 Hirota 及 Ogawa 等人提出。單面電路的元、組件及導體，僅佔用基板的單一平面，而具有以下的優點：串聯與並聯主、被動元、組件容易，易於加接直流偏壓，基板不需打洞也不會太薄，因此可簡化積體電路的製程，大幅降低電路的價格。

連接單面電路元、組件的要件為單面傳輸線，依結構可分成：共面波導 (Coplanar waveguide)、槽線 (Slotline)、及共面帶線 (Coplanar stripline)。共面波導、槽線、及共面帶線之導體部分均共用同一平面，三者經適當組合，可簡化積體電路架構及製程，也可改善電路特性，因此於單晶微波積體電路的發展過程中，頗受世人的注意。

儘管單面微波積體電路的發展潛力，已受微波學界的注意，並開發出一些關鍵性的單面元、組件，但研發工作仍待開展。回顧過去有關單面元、組件方面的研究，僅有一些原型結構的提出，且大部分研究工作均以實驗為主，故仍有眾多理論分析工作尚待進行，尤其尚缺各種單面元、組件的設計用軟體工具，這些是單面微波積體電路之開發過程中，急待解決的課題。

方向耦合器 (Directional coupler) 是微波及毫米波電路中不可缺少的組件。到目前為止，已開發之方向耦合器，依耦合方式可分為：開口耦合 (Aperture-coupled) 型、邊緣耦合 (Edge-coupled) 型、及側面耦合 (Broadside-coupled) 型等三類。若依結構又可分為：矩型波導 (Rectangular waveguide) 之耦合、帶線 (Stripline) 之耦合、微帶線之耦合、以及共面

波導之耦合等。

文獻上報導之共面波導方向耦合器，共有邊緣耦合型及側面耦合型兩類。邊緣耦合型結構 [1] 之所有導體均在同一平面，因此耦合係數較小；而側面耦合型結構 [2]，其導體放在基板之兩邊且面面相對，故可得較大的耦合效應。

共面波導具有表面波漏失的缺點，其中之導體背墊式共面波導 (Conductor-backed coplanar waveguide)，甚至在低頻波段也有漏失的現象。本研究將應用表面波的漏失現象，來形成耦合的機制，進而提出新型的「背墊導體共面波導耦合結構」 (Conductor-backed coplanar-waveguide coupled structures) [3]-[4]，並利用背墊導體結構之可調性，來控制方向耦合器的耦合特性。

本計畫的目標為：完成各種「共面波導方向耦合器」的設計、研製、及分析工作，特別把重點放在新型方向耦合器的開發，期能提供另一種可用的耦合組件。

三. 研究方法與結果

本年度研究將以準靜態分析理論為基礎，並使用「保角映射法」，來計算共面波導「背墊耦合」及「邊緣耦合」兩種結構的各種耦合特性。

由耦合理論得知：二傳輸線間的耦合係數，與其偶模態與奇模態所對應的特徵阻抗值相關。而特徵阻抗值又與結構的電容值有關。為提出一簡便的公式，方便耦合結構之設計，本研究將應用保角映射法，求出兩種

結構其奇、偶模態之電容值，及其所對應的特徵阻抗與耦合係數。

本研究提出兩種新型的共面波導耦合結構(即背墊耦合型與邊緣耦合型)，其結構圖顯示於圖 1(a)與 1(b)。由於電場分布的對稱及反對稱性，在計算偶模態與奇模態時，可於結構中央處，分別置放完全導磁體及完全導電體。

圖 2 顯示以「共面波導背墊耦合結構」的奇模態為例，來說明經由兩個映射函數的計算過程。先將原結構圖映射至 t -平面，繼而再映射至 ω -平面中之平行平板結構。將 ω -平面之結構，分段求其電容值並求其和，即為原結構圖之電容值。

本研究依次以類似方法，來求算圖 1(a)與 1(b)兩種耦合結構的電容值與特徵阻抗值，並進而求得對應之耦合係數。

圖 3 與圖 4 分別顯示此兩種耦合結構的代表性特徵阻抗值與對應的耦合係數。

四. 結論與討論

本研究提出兩種新型的背墊導體共面波導耦合結構(背墊耦合型及邊緣耦合型)，來改善結構的耦合機制。為充分了解其耦合特性，特以保角映射法為基礎，進行兩種共面波導耦合結構之準靜態分析工作，分別求出奇模態及偶模態的電容值及特徵阻抗值，繼而算出結構的耦合係數，以方便相關耦合器之設計與分析。

五. 參考文獻

- [1] C. P. Wen, Coplanar-waveguide directional couplers, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 18, pp. 318-322, June 1970.
- [2] S. S. Bedair and I. Wolff, Fast and accurate analytic formulas for calculating the parameters of a general broadside-coupled coplanar waveguide for (M)MIC applications, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 37, pp. 843-850, May 1989.
- [3] C. L. Liao and C. H. Chen, A novel conductor-backed coplanar-waveguide coupled structure, 1999 Asia-Pacific Microwave Conference, pp. 299-302, Nov. 1999.
- [4] C. L. Liao and C. H. Chen, Full-wave characterization of an edge-coupled coplanar-waveguide structure with backed conductor, 2000 IEEE MTT-S International Microwave Symposium, pp. 1089-1092, June 2000.

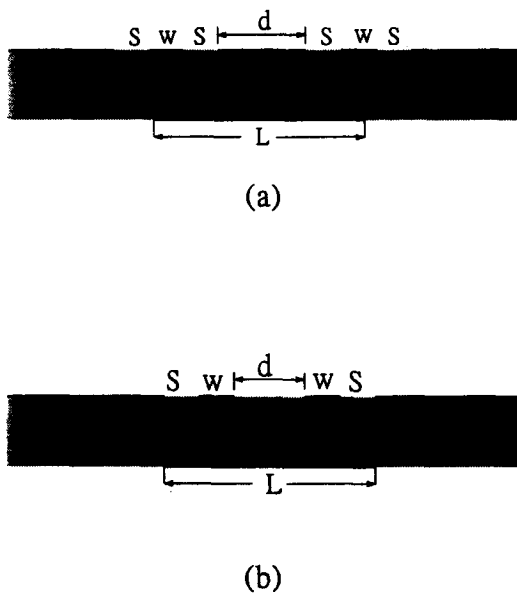


圖 1. 共面波導耦合結構，(a) 背墊耦合，
(b) 邊緣耦合。

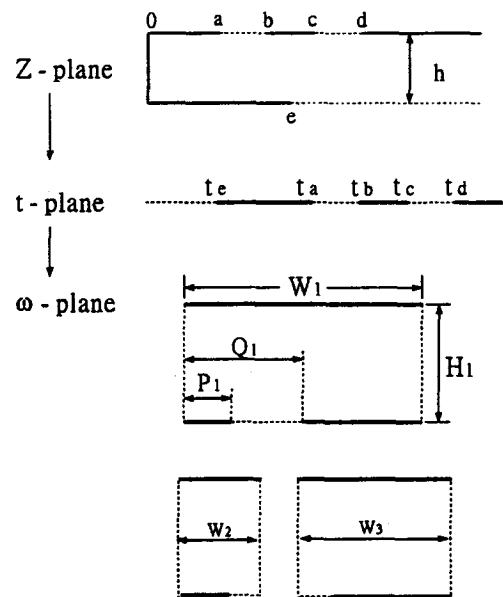


圖 2. 共面波導背墊耦合結構之保角映射過程
(奇模態)。

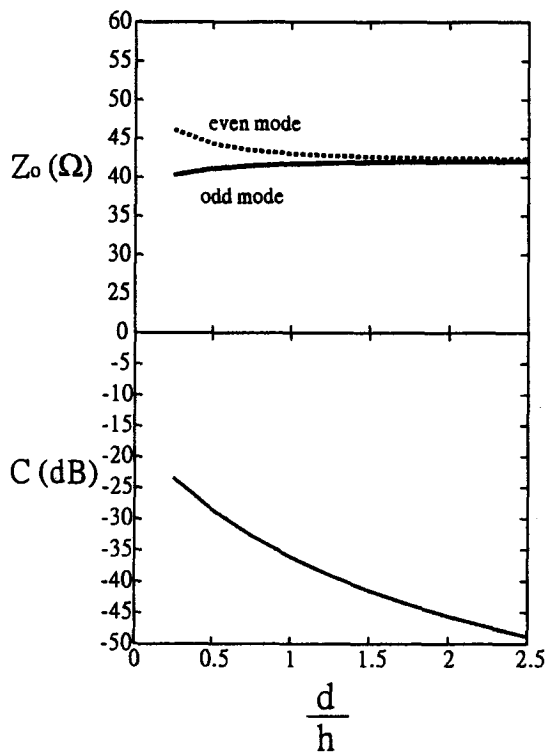


圖 3. 共面波導背墊耦合結構(圖 1(a))之特徵
阻抗 Z_0 與耦合係數 C。

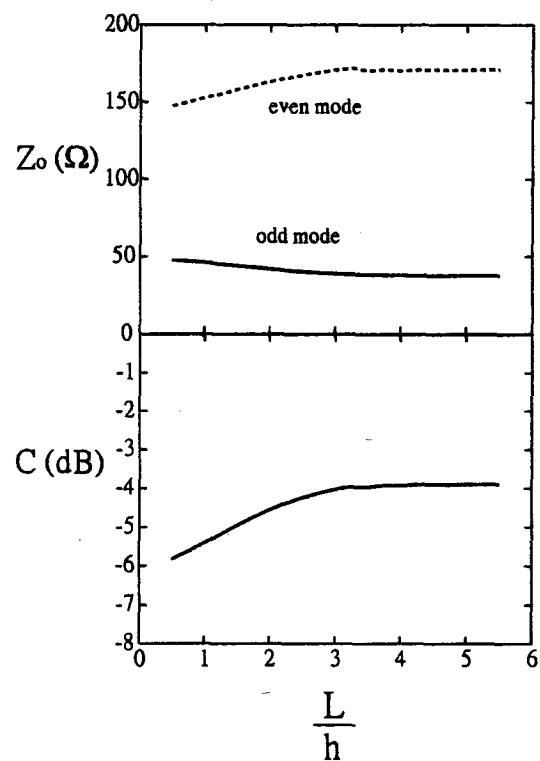


圖 4. 共面波導邊緣耦合結構(圖 1(b))之特徵
阻抗 Z_0 與耦合係數 C。