

(21)申請案號：099119677

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 06 月 17 日

(51)Int. Cl. : **H01P5/22 (2006.01)**

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)
新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：郭仁財 KUO, JEN TSAI (TW)；邱逸群 CHIOU, YI CHYUN (TW)；詹麒宏 CHAN, CHI HUNG (TW)

(74)代理人：詹銘文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：7 項 圖式數：4 共 18 頁

(54)名稱

平面式非對稱跨接耦合器

PLANAR ASYMMETRIC CROSSOVER COUPLER

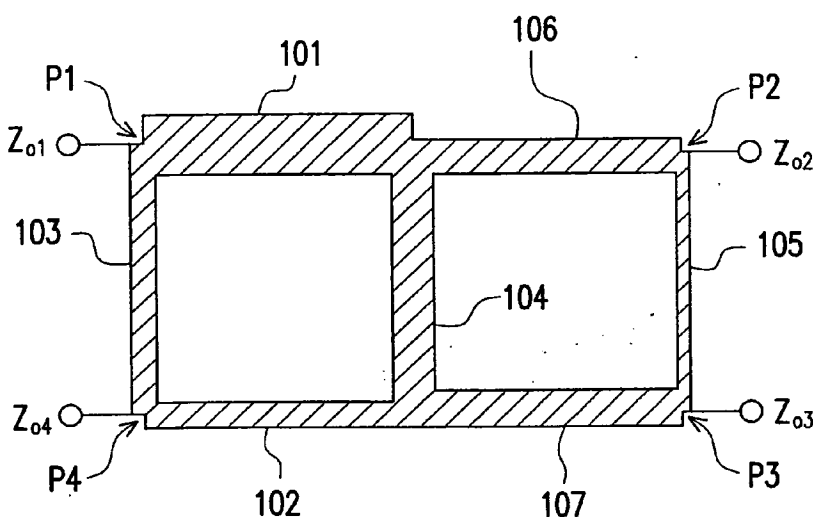
(57)摘要

一種平面式非對稱跨接耦合器，包括第一枝幹至第七枝幹，其中第一枝幹至第四枝幹形成一第一區域，第四枝幹至第七枝幹形成一第二區域，第一區域具有一第一埠與一第四埠，第二區域具有一第二埠與一第三埠，各枝幹之特性阻抗依據各埠的負載阻抗與功率分配量比值所決定。

101~107：枝幹

P1~P4：第一埠~第四埠

Z₀₁~Z₀₄：負載阻抗



發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 99119617

※申請日： 99.8.17 ※IPC 分類：H01P 5/22 (2006.01)

一、發明名稱：

平面式非對稱跨接耦合器 / PLANAR ASYMMETRIC CROSSOVER COUPLER

二、中文發明摘要：

一種平面式非對稱跨接耦合器，包括第一枝幹至第七枝幹，其中第一枝幹至第四枝幹形成一第一區域，第四枝幹至第七枝幹形成一第二區域，第一區域具有一第一埠與一第四埠，第二區域具有一第二埠與一第三埠，各枝幹之特性阻抗依據各埠的負載阻抗與功率分配量比值所決定。

三、英文發明摘要：

A planar asymmetric crossover coupler is provided. The asymmetric crossover coupler includes a first branch to a seventh branch, wherein the first branch to the fourth branch form a first region with a first port and a fourth port, and the fourth branch to the seventh branch form a second region with a second port and a third port. The impedance of each branch is determined according to the load impedance and the power distribution ratio of each port.

四、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 1

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

101~107：枝幹

P1~P4：第一埠~第四埠

Z_{o1} ~ Z_{o4} ：負載阻抗

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種耦合器，且特別是有關於一種平面式非對稱的跨接耦合器。

【先前技術】

在高頻微波電路快速發展及功能要求提高的趨勢下，往往將數個電路功能整合至一個電路功能，使得高密度印刷電路板之需求益為殷切。這些印刷電路板多數未能符合未來電氣產品輕、薄、短、小及多功能的趨勢，究其原因乃在於多數電氣產品的電路板常需要用到許多的微波電路，諸如功率分配器、耦合器、濾波器、波長轉換器、截線調諧器等。

由於微波的波長極短，其所使用之電路的尺寸為同一個量級，因此，許多在低頻交流電路當中被忽略的參數（例如其等效的電阻、電感、電容和電導等電路參數）在微波電路當中必須被考慮。進一步言之，在微波電路當中，導線會有來自其本身的材料與結構（幾何形狀及尺寸）所造成的電阻、電感、電容和電導等效應，這些參數是微波電路的重要參數，不能輕易忽略。此外，導線的長短與粗細也會影響與其相連結的元件間阻抗匹配。簡言之，微波電路的尺寸變化，即使是一條導線的縮短，也會影響其原有之功能，並不能以低頻交流網路理論的觀點而將之視為一個無損耗的節點。

枝幹耦合器在微波電路和射頻積體電路(Radio Frequency Integrated Circuit, RFIC)中為一相當重要的元件，可作為功率分配器(power divider)和功率合成器(power combiner)。美國專利第 5,600,285 號揭露了一種三維架構的跨接耦合器，由於此跨接耦合器為三維的架構，因此不適合應用於平面電路中且其製程亦較昂貴。另外，美國專利第 5,274,839 號則揭露了一種對稱結構的跨接耦合器，其雖可應用於平面電路中，但因其對稱結構的限制，使得使用者在設計電路時的自由度大大減低而難以設計出符合使用者要求的電路。

【發明內容】

本發明提供一種平面式非對稱跨接耦合器，其具有架構簡單、設計容易等優點，可應用於平面電路中並降低生產所需的成本。

本發明提出一種平面式非對稱跨接耦合器，包括第一枝幹至第七枝幹，其中第一枝幹至第四枝幹形成一第一區域，第四枝幹至第七枝幹形成一第二區域，第一區域具有一第一埠與一第四埠，第二區域具有一第二埠與一第三埠，各枝幹之特性阻抗依據各埠的負載阻抗與功率分配比所決定。

在本發明之一實施例中，上述各枝幹之長度為平面式非對稱跨接耦合器中心頻率所對應之波長長度的 N 分之一，其中 N 為正整數。

在本發明之一實施例中，上述各枝幹之長度為平面式非對稱跨接耦合器中心頻率所對應之波長長度的四分之一。

在本發明之一實施例中，上述之第一區域與第二區域為矩形。

在本發明之一實施例中，上述第一埠位於第一枝幹與第三枝幹的接點，第二埠位於第五枝幹與第六枝幹的接點，第三埠位於第五枝幹與第七枝幹的接點，第四埠位於第二枝幹與第三枝幹的接點。

在本發明之一實施例中，上述第一埠之負載阻抗等於第三埠之負載阻抗，第二埠之負載阻抗等於第四埠之負載阻抗。

在本發明之一實施例中，其中當第一埠為輸入埠時，第四埠為隔離埠，而第二埠與第三埠為輸出埠。

基於上述，本發明利用調整各枝幹的特性阻抗，即可任意調整平面式非對稱跨接耦合器的負載阻抗以及輸出功率以符合微波電路的應用需求，使得跨接耦合器具有高設計自由度。

為讓本發明之上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下。

【實施方式】

圖 1 繪示為本發明一實施例之平面式非對稱跨接耦合器的示意圖。請參照圖 1，平面式非對稱跨接耦合器 100

為包括枝幹 101~枝幹 107 的四埠元件。其中枝幹 101~枝幹 107 分別具有特性阻抗 $Z_1\sim Z_7$ ，且枝幹 101、102、103 以及枝幹 104 形成一第一區域，而枝幹 104、105、106 以及枝幹 107 形成一第二區域。在本實施例中第一區域與第二區域為矩形的區域，然不以此為限，第一區域與第二區域亦可為其他幾何形狀，例如平行四邊形。平面式非對稱跨接耦合器 100 的第一埠 P1 位於枝幹 101 與枝幹 103 的接點、第二埠 P2 位於枝幹 105 與枝幹 106 的接點、第三埠 P3 位於枝幹 105 與枝幹 107 的接點、第四埠 P4 則位於枝幹 102 與枝幹 103 的接點。其中第一埠 P1~第四埠 P4 所對應的負載阻抗分別為 $Z_{o1}\sim Z_{o4}$ ，而各枝幹的長度為 λ/N 。其中 N 為正整數， λ 為平面式非對稱跨接耦合器 100 中心頻率的波長長度。

透過適當調整平面式非對稱跨接耦合器 100 中各枝幹的特性阻抗可使第一埠 P1~第四埠 P4 的負載阻抗 $Z_{o1}\sim Z_{o4}$ 分別匹配其所對應連接的電路，並使平面式非對稱跨接耦合器 100 中各埠的輸出功率符合微波電路的應用需求。其中調整各枝幹的特性阻抗的方式可以透過改變各枝幹的寬度大小來達成。以下將舉例說明如何依據各埠的負載阻抗以及功率分配比來調整各枝幹的特性阻抗大小。

圖 2 繪示為本發明一實施例之串接的非對稱枝幹耦合器的示意圖。請同時參照圖 1 與圖 2，圖 1 之平面式非對稱跨接耦合器 100 可視為圖 2 所示之兩個非對稱之非對稱枝幹耦合器 200A 與 B 所串接而成。其中非對稱枝幹耦合

器 200A 包括枝幹 101、102、103 以及枝幹 104A，非對稱枝幹耦合器 200B 則包括枝幹 105、106、107 以及枝幹 104B。其中枝幹 104A 與枝幹 104B 的特性阻抗分別為 Z_a 與 Z_b 。非對稱枝幹耦合器 200A 與非對稱枝幹耦合器 200B 分別具有第一埠 P1A~第四埠 P4A 以及第一埠 P1B~第四埠 P4B。

其中，非對稱枝幹耦合器 200A 的第一埠 P1A 位於枝幹 101 與 103 的接點，第二埠 P2A 位於枝幹 101 與枝幹 104A 的接點，第三埠 P3A 位於枝幹 104A 與枝幹 102 的接點，第四埠 P4A 則位於枝幹 102 與枝幹 103 的接點。另外非對稱枝幹耦合器 200B 的第一埠 P1B 則位於枝幹 106 與枝幹 104B 的接點，第二埠 P2B 位於枝幹 105 與枝幹 106 的接點，第三埠 P3B 位於枝幹 105 與枝幹 107 的接點，第四埠 P4B 則位於枝幹 104B 與枝幹 107 的接點。其中非對稱枝幹耦合器 200A 的第一埠 P1A 與第四埠 P4A 分別相當於平面式非對稱跨接耦合器 100 的第一埠 P1 與第四埠 P4，而非對稱枝幹耦合器 200B 的第二埠 P2B 與第三埠 P3B 分別相當於平面式非對稱跨接耦合器 100 的第二埠 P2 與第三埠 P3。為使第二埠 P2A 與第一埠 P1B 的負載阻抗匹配，因此設定第二埠 P2A 與第一埠 P1B 的負載阻抗皆為 Z_{i1} 。類似地，第三埠 P3A 與第四埠 P4B 的負載阻抗則設為 Z_{i2} 。

在本實施例中，假設各枝幹的長度為 $\lambda/4$ (亦即 N 等於 4)，而平面式非對稱跨接耦合器 100 兩對角線上的負載阻

抗分別為 Z_{o1} 以及 Z_{o2} ，也就是說第一埠 P1 的負載阻抗 Z_{o1} 等於第三埠 P3 的負載阻抗為 Z_{o3} ，且第二埠 P2 的負載阻抗 Z_{o2} 等於第四埠 P4 的負載阻抗 Z_{o4} 。另外，非對稱枝幹耦合器 200A 的散射係數 S_{21A} 與 S_{31A} 分別為 $-j\alpha_A$ 與 β_A ，而枝幹耦合器的散射係數 S_{21B} 與 S_{31B} 分別為 $-j\alpha_B$ 與 β_B ，其中 $\alpha_A^2 + \beta_A^2 = 1$ ，且 $\alpha_B^2 + \beta_B^2 = 1$ 。

假設平面式非對稱跨接耦合器 100 的輸入埠為第一埠 P1，且微波電路之設計規格要求平面式非對稱跨接耦合器 100 的第一埠 P1 與第二埠 P2 間為隔絕(isolation)，亦即第二埠 P2 為隔離埠，並將輸入信號 S1 的功率分配至第三埠 P3，則散射係數 S_{21} 、 S_{31} 可如下列式子所示：

$$S_{21} = (-j\alpha_A)(-j\alpha_B) + (-\beta_A)(-\beta_B) = -\alpha_A\alpha_B + \beta_A\beta_B = 0 \quad (1)$$

$$S_{31} = (-j\alpha_A)(-\beta_B) + (-\beta_A)(-j\alpha_B) = j(\alpha_A\beta_B + \beta_A\alpha_B) = 1 \quad (2)$$

經由代數運算，即可得到 $\alpha_A = \beta_B$ 、 $\alpha_B = \beta_A$ 。另外，各枝幹的特性阻抗則可以下列式子求出：

$$Z_1 = \sqrt{Z_{o1}Z_{i1}} \sin\Theta \quad (3)$$

$$Z_3 = \sqrt{Z_{i1}Z_{i2}} \tan\Theta \quad (4)$$

$$Z_a = \sqrt{Z_{i2}Z_{o2}} \sin\Theta \quad (5)$$

$$Z_2 = \sqrt{Z_{o1}Z_{o2}} \tan\Theta \quad (6)$$

$$Z_6 = \sqrt{Z_{i1}Z_{o2}} \cos\Theta \quad (7)$$

$$Z_b = \sqrt{Z_{o1}Z_{o2}} \cot\Theta \quad (8)$$

$$Z_5 = \sqrt{Z_{o1}Z_{i2}} \cos\Theta \quad (9)$$

$$Z_7 = \sqrt{Z_{i1}Z_{i2}} \cot\Theta \quad (10)$$

其中 $\sin\Theta = \alpha_A$ 、 $\cos\Theta = \beta_A$ ，而 $Z_{o1} \sim Z_{o4}$ 為已知的第一埠

P1~第四埠 P1 的負載阻抗。因此，只要給定負載阻抗 Z_{i1} 與負載阻抗 Z_{i2} 的值，可依據(3)式~(10)式而得到參數 Θ 與特性阻抗的關係圖，其中參數 Θ 為表示功率分配量的變數。舉例來說，圖 3A 與圖 3B 分別繪示為圖 2 實施例之枝幹耦合器的參數 Θ 值與特性阻抗的關係圖。請參照圖 3A 與圖 3B，在圖 3A 與圖 3B 的實施例中所設定的負載阻抗 $Z_{o1}=50\Omega$ 、 $Z_{o2}=25\Omega$ ，且第二埠 P2A 的負載阻抗 Z_{i1} 與第三埠 P3A 的負載阻抗 Z_{i2} 皆等於 Z_i 。如圖 3A 與圖 3B 的實施例所示，圖 3A 與圖 3B 的實施例分別設定了三組不同負載阻抗值的 Z_i ，其分別為 25Ω 、 50Ω 以及 100Ω ，不同的 Z_i 值分別可對應到一組不同的 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_5 、 Z_6 、 Z_7 、 Z_a 以及 Z_b 的特性阻抗值。另外，由於圖 1 的枝幹 104 可視為圖 2 的枝幹 104A 與枝幹 104B 的並聯，因此枝幹 104 的特性阻抗 $Z_4=Z_a // Z_b$ 。因此圖 1 中各枝幹的特性阻抗值皆可藉由圖 2 的實施例求出。

舉例來說，在非對稱枝幹耦合器 200A 中，由於非對稱枝幹耦合器 200A 的散射係數 S_{21A} 與 S_{31A} 分別為 $-j\alpha_A$ 與 β_A ，因此可得知由第一埠 P1A 到第二埠 P2A 和由第一埠 P1A 到第三埠 P3A 的功率分配比為 α_A^2/β_A^2 。另外由於 $\sin\Theta=\alpha_A$ 、 $\cos\Theta=\beta_A$ ，因此只要依據所欲分配至第二埠 P2A 與第三埠 P3A 的功率分配比來決定參數 Θ 的值，即可得到非對稱枝幹耦合器 200A 中各個枝幹所對應的特性阻抗值。舉例來說，假設非對稱枝幹耦合器 200A 中的第二埠 P2A 與第三埠 P3A 的負載阻抗 Z_{i1} 以及 Z_{i2} 皆等於 50Ω ，

而欲分配至第二埠 P2A 與第三埠 P3A 的功率分配比分別為 25% 和 75%，則可設定相位 $\Theta=30^\circ$ 。如此一來，對照圖 3A 中參數 Θ 與特性阻抗的關係圖便可得到枝幹 101、103、102 以及 104A 的特性阻抗值分別為 26Ω 、 28Ω 、 20Ω 以及 12Ω 。

值得注意的是，本實施例所列舉的 Z_i 值僅為示範性的實施例，實際應用上並不以此為限，且負載阻抗 Z_{i1} 與 Z_{i2} 亦可為不同的阻抗值，也就是說，使用者可依據實際情形分別設定 Z_{i1} 與 Z_{i2} 的阻抗值。另外，本實施例雖以平面式非對稱跨接耦合器 100 的第一埠 P1 為輸入埠為例進行平面式非對稱跨接耦合器 100 的說明，然實際上並不以此為限。平面式非對稱跨接耦合器 100 中的任一埠皆可做為輸入信號 S1 的輸入埠，例如亦可將第四埠 P4 作為平面式非對稱跨接耦合器 100 的輸入埠。在部分實施例中亦可同時具有兩個輸入埠，例如可同時將平面式非對稱跨接耦合器 100 的第一埠 P1 與第四埠 P4 同時作為輸入埠，而分別輸入不同的輸入信號至第三埠 P3 與第二埠 P2。其中在不同輸入埠的情形下，非對稱枝幹耦合器 200A 中各枝幹的特性阻抗計算方式皆類似於圖 2 的實施例，因此不再贅述。

類似地，非對稱枝幹耦合器 200B 中枝幹 105、106、107 以及 104B 的特性阻抗值亦可根據所欲分配至第二埠 P2B 與第三埠 P3B 的功率分配比以及非對稱枝幹耦合器 200B 中各埠的負載阻抗來求得，其中非對稱枝幹耦合器 200B 中各枝幹特性阻抗值的計算方式與非對稱枝幹耦合

器 200A 中各枝幹特性阻抗值的計算方式相同，因此不再贅述。如此藉由設定圖 2 中非對稱枝幹耦合器 200A 與非對稱枝幹耦合器 200B 中的各輸出埠的功率比即可任意調整圖 1 中平面式非對稱跨接耦合器 100 各輸出埠的功率比。

圖 4A 繪示為本發明一實施例之平面式非對稱跨接耦合器 100 的頻率響應圖。請參照圖 4A，在本實施例中負載阻抗 Z_{o1} 設定為 50Ω ，而 Z_{o2} 設定為 75Ω ，而平面式非對稱跨接耦合器 100 的中心頻率設定在 1GHz，輸入信號 S1 為由平面式非對稱跨接耦合器 100 的第一埠 P1 輸入。由圖 4A 之模擬和實際量測的結果可看出，平面式非對稱跨接耦合器 100 在 1GHz 的位置所對應的散射係數 S_{11} 、 S_{21} 、 S_{31} 以及 S_{41} 分別約為 -30.07dB、-35.8dB、-0.25dB 以及 -29.4dB。而功率消耗 $(1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2 - |S_{31}|^2 - |S_{41}|^2)$ 約為 5.4%。 S_{11} 、 S_{21} 以及 S_{41} 的 20-dB 頻寬分別為 14%、19.5% 以及 7%，另外 S_{31} 的 0.5-dB 頻寬則為 18% 左右。由此可知，平面式非對稱跨接耦合器 100 確實可有效使第一埠 P1 與第二埠 P2 相互隔絕，並使第一埠 P1 與第四埠 P4 相互隔絕，而將輸入第一埠 P1 之輸入信號 S1 的功率輸出至第三埠 P3。

類似地，輸入信號 S1 亦可由平面式非對稱跨接耦合器 100 的第四埠 P4 輸入。圖 4B 繪示為本發明另一實施例之平面式非對稱跨接耦合器 100 的頻率響應圖。請參照圖 4B，在本實施例中負載阻抗 Z_{o1} 設定為 50Ω ，而 Z_{o2} 設定為 75Ω 。由圖 4B 之模擬和實際量測的結果可看出，平面式非對稱跨接耦合器 100 在 1GHz 的位置所對應的散射係

數 S_{14} 、 S_{24} 、 S_{34} 以及 S_{44} 分別約為 -29.3dB 、 -0.28dB 、 -30.2dB 以及 -22.6dB 。而功率消耗 $(1-|S_{14}|^2-|S_{24}|^2-|S_{34}|^2-|S_{44}|^2)$ 約為 5.5% 。 S_{14} 、 S_{34} 以及 S_{44} 的 20-dB 頻寬分別為 7% 、 20.5% 以及 11.5% ，另外 S_{24} 的 0.5-dB 頻寬則為 17% 左右。由此可知，在平面式非對稱跨接耦合器 100 的第四埠 P4 作為輸入埠的情形下，平面式非對稱跨接耦合器 100 亦可有效將第一埠 P1 與第四埠 P4 相互隔絕，並將第三埠 P3 與第四埠 P4 相互隔絕，而將輸入第四埠 P4 之輸入信號 S1 的功率輸出至第二埠 P2。

綜上所述，本發明利用調整各枝幹的特性阻抗，以調整平面式非對稱跨接耦合器的負載阻抗以及輸出功率以符合微波電路的應用需求，使得跨接耦合器具有高設計自由度，其簡單的架構不但可應用於單層或多層平面電路中，更可降低生產的成本。

雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，故本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1 繪示為本發明一實施例之平面式非對稱跨接耦合器的示意圖。

圖 2 繪示為本發明一實施例之串接的非對稱枝幹耦合器的示意圖。

圖 3A 與圖 3B 分別繪示為圖 2 實施例之枝幹耦合器的相位與特性阻抗的關係圖。

圖 4A 繪示為本發明一實施例之平面式非對稱跨接耦合器的頻率響應圖。

圖 4B 繪示為本發明另一實施例之平面式非對稱跨接耦合器的頻率響應圖。

【主要元件符號說明】

100：平面式非對稱跨接耦合器

101~107 枝幹

200A、200B：非對稱枝幹耦合器

P1~P4、P1A~P4A、P1B~P4B：第一埠~第四埠

Z_{o1} ~ Z_{o4} 、 Z_i 、 Z_{i1} 、 Z_{i2} ：負載阻抗

⊕：表示功率分配量的變數

Z_1 ~ Z_7 、 Z_a 、 Z_b ：特性阻抗

S_{11} 、 S_{21} 、 S_{31} 、 S_{41} 、 S_{14} 、 S_{24} 、 S_{34} 、 S_{44} ：散射係數

七、申請專利範圍：

1. 一種平面式非對稱跨接耦合器，包括：

一第一枝幹至一第七枝幹，其中該第一枝幹至該第四枝幹形成一第一區域，該第四枝幹至該第七枝幹形成一第二區域，該第一區域具有一第一埠與一第四埠，該第二區域具有一第二埠與一第三埠，各該枝幹之特性阻抗依據各該埠的負載阻抗與功率分配比所決定。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之跨接耦合器，其中各該枝幹之長度為該平面式非對稱跨接耦合器的中心頻率所對應波長長度的 N 分之一，其中 N 為正整數。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之跨接耦合器，其中各該枝幹之長度為該平面式非對稱跨接耦合器的中心頻率所對應波長長度的四分之一。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之跨接耦合器，其中該第一區域與該第二區域為矩形。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之跨接耦合器，其中該第一埠位於該第一枝幹與該第三枝幹的接點，該第二埠位於該第五枝幹與該第六枝幹的接點，該第三埠位於該第五枝幹與該第七枝幹的接點，該第四埠位於該第二枝幹與該第三枝幹的接點。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之跨接耦合器，其中該第一埠之負載阻抗等於該第三埠之負載阻抗，該第二埠之負載阻抗等於該第四埠之負載阻抗。

7. 如申請專利範圍第 5 項所述之跨接耦合器，其中當該第一埠為輸入埠時，該第四埠為隔離埠，而該第二埠與該第三埠為輸出埠。

34176TW_J

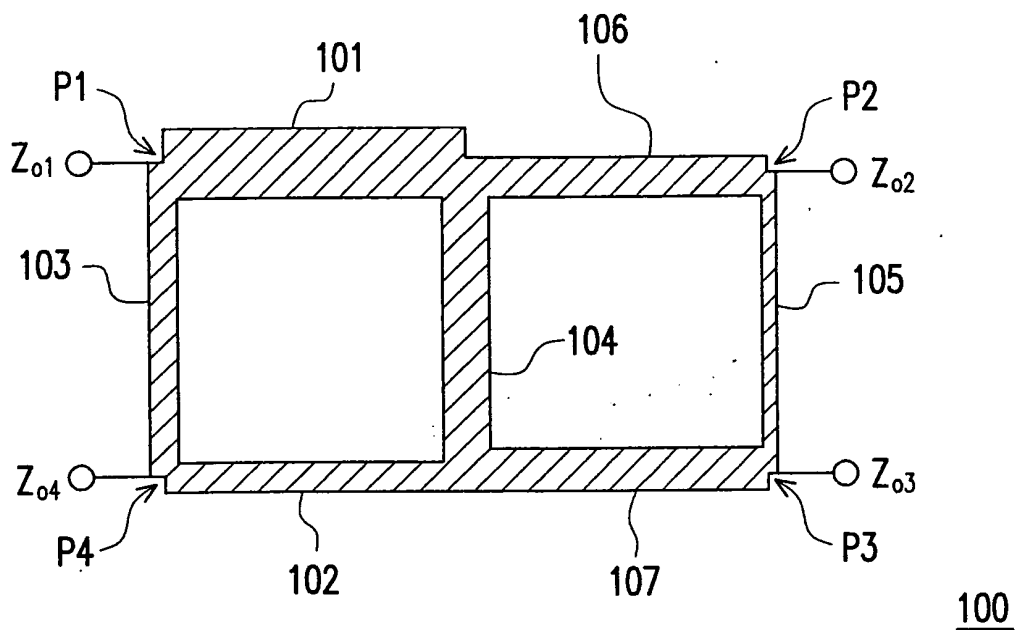


圖 1

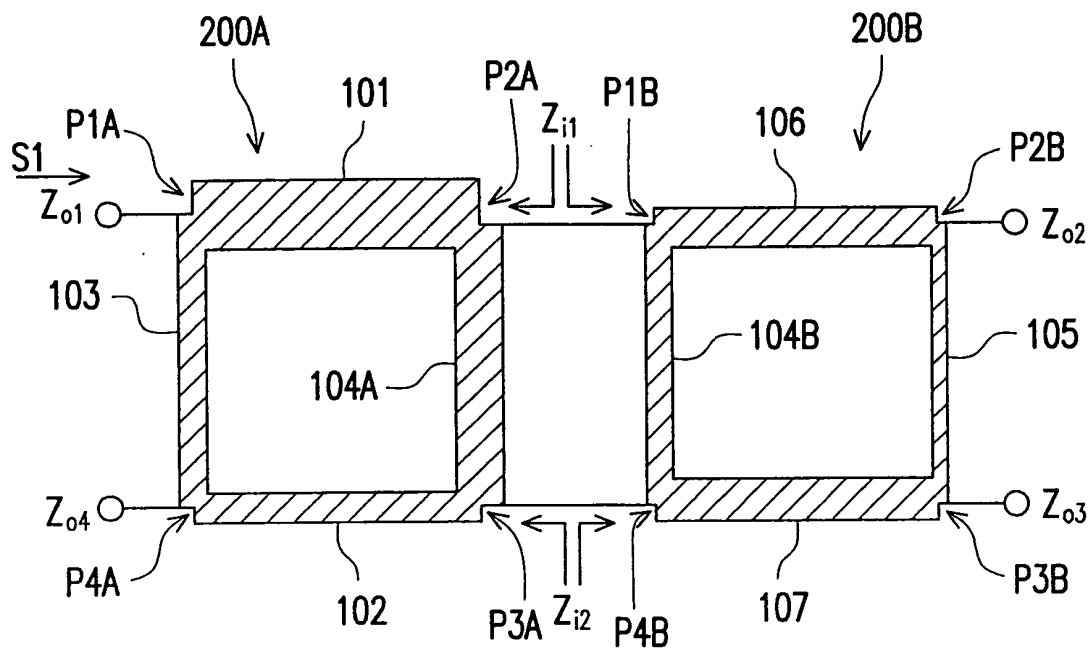


圖 2

34176TW_J

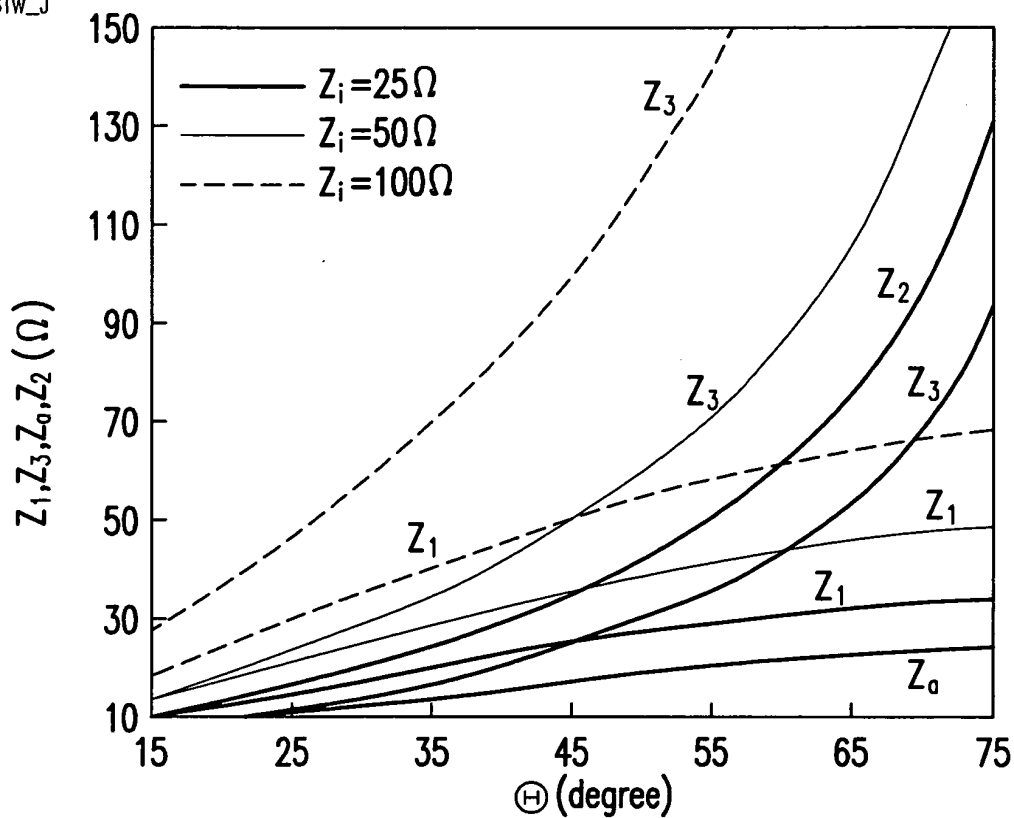


圖 3A

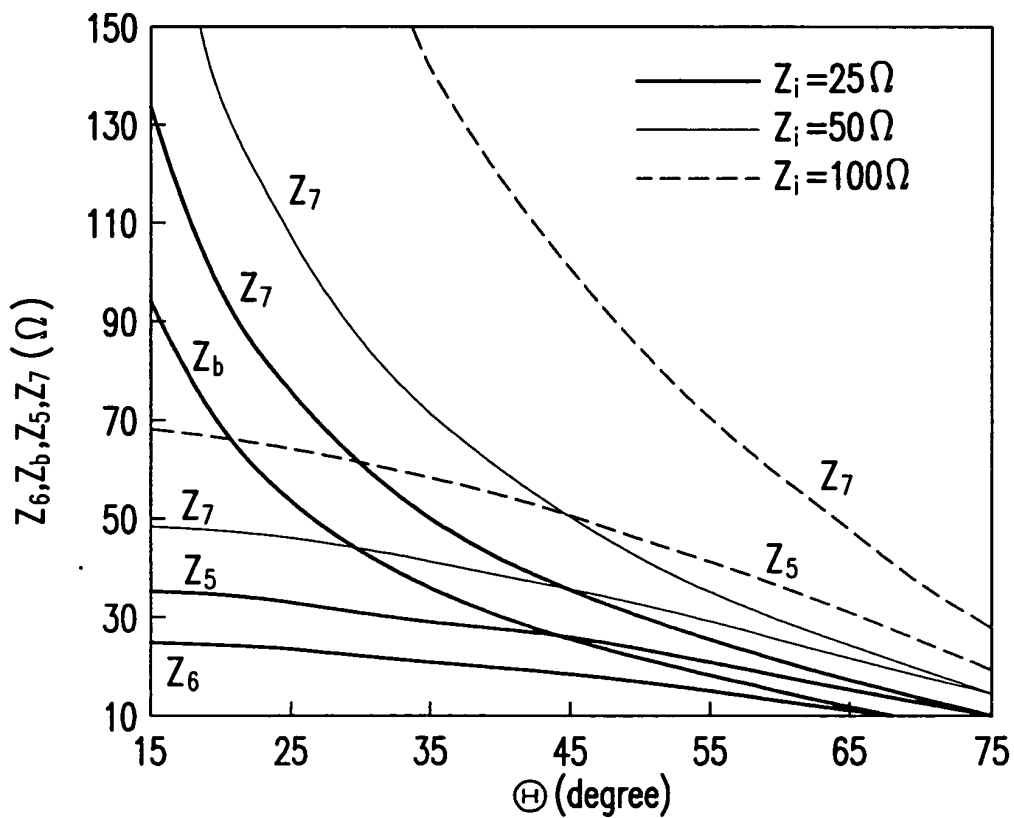


圖 3B

34176TW_J

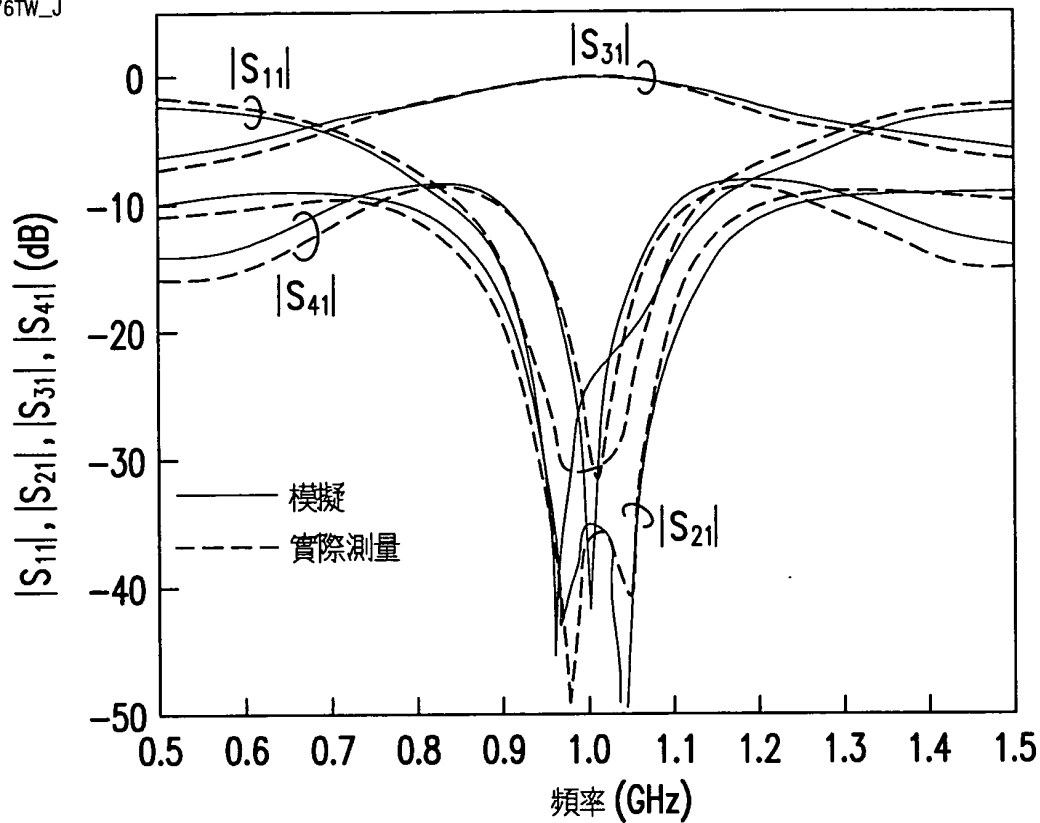


圖 4A

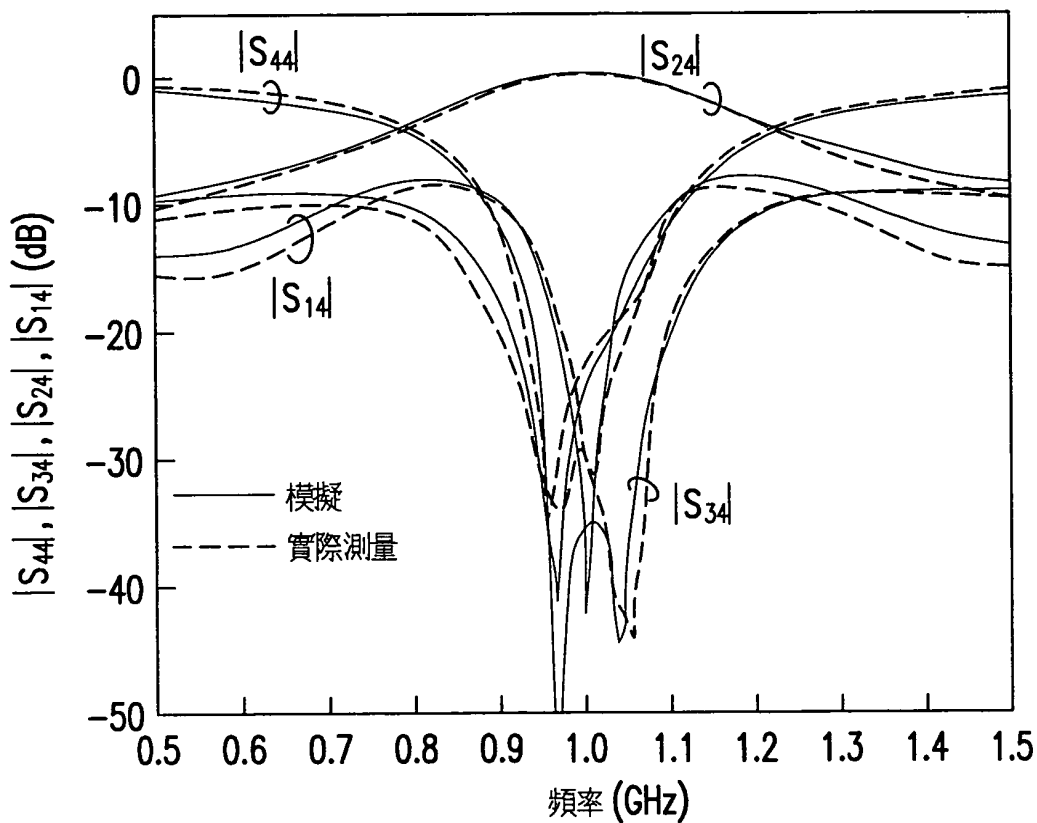


圖 4B