

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

子計畫三：超寬頻平面電路與轉接的最佳化設計(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2219-E-002-022-

執行期間：93 年 08 月 01 日至 94 年 07 月 31 日

執行單位：國立臺灣大學電信工程學研究所

計畫主持人：吳瑞北

計畫參與人員：劉安錫、黃定彝、游逸群、邱繼平、楊宗勳、張翔至

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 6 月 2 日

超寬頻平面電路與轉接的最佳化(1/3)

(English Title)(1/3)

計劃編號: NSC 93-2219-E-002-022

執行期限: 93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

主持人: 吳瑞北 台灣大學電機系教授

一、摘要

1.中文摘要

關鍵詞：微帶線、金屬波導、鎔線轉接、收發模組

本研究計畫第一年的重點分為兩部分，第一部份研究微帶線至矩形波導的轉接，第二部分則是有關微帶線間的鎔線轉接。在第一部份中，首先，我們將微帶線至矩形波導的轉接設計在 Q 頻段，並以實作驗證我們的理論，得到反射損耗在 15dB 以下的頻寬在 50% 以上，和傳統的轉接架構比較起來，此轉接是個極為寬頻的轉接。在第二部分中，我們探討了微帶線之間鎔線轉接的等效電路，並且萃取其等效電路參數；基於這些參數使我們瞭解轉接的特性，進而設計出極為寬頻的鎔線轉接。

2.英文摘要

Keywords: microstrip, metallic waveguide, bond-wire interconnect, transceiver

In the first year, the project emphasizes at two parts. One is the transition from microstrip (MS) lines to the rectangular waveguide (RWG) and the other is the bond-wire transition between microstrip lines. For the MS to RWG transition, the transition realized in the Q-band has a more

than 50% bandwidth in which the insertion loss is better than 15dB. Compared with the traditional MS to RWG transition, the bandwidth is very large and the size of transition is small. For the bond-wire transition, we proposed an equivalent circuit for the transition and extracted the equivalent circuit parameters in it. Based on the extracted parameters, a wideband bond-wire transition is designed and verified.

二、計畫緣由與目的

由於微帶線在電路設計上有多項優點，因此大量地被使用在電路的設計上，有很多不同的電路模組因而產生；因此，對於如何整合這些電路模組，微帶線間的轉接便成為一個重要的議題。本計畫的重點在於探討其中的兩項轉接結構：其一為微帶線至矩形波導的轉接，其二為微帶線間的鎔線轉接。對於如何將這些轉接結構，設計成體積小、頻寬大、成本低，本計畫進行一連串的研究，以達成學術上及工業上的需求。

三、微帶線至矩形波導轉接

微帶線至矩形波導的轉接，整個架構如圖一所示[1]。整個信號的走向為：微帶線饋入後耦合至槽線，再從槽線傳至天線，輻射

至波導管完成能量傳遞。此轉接設計不需用到任何連通柱(Via)或空氣橋(Air bridge)，即可達成寬頻的轉接設計。且具有體積小、成本低、頻寬大的優點。對於這個結構，我們設計了在 Q 頻段的轉接，結果將詳述如下：

對於這個頻段 $\epsilon_r = 2.2$ 的轉接，圖一中所使用的矩形波導為標準的 WR-22 的波導，其尺寸為 224mil x 112mil；而平面電路封裝(housing)尺寸為 74mil x 74mil；另外，平面電路則製作在介電係數厚度 $h=10$ mil 的 Rogers RT/Duroid 5880 的板子上。轉接的平面電路上視圖如圖二所示，其中平面電路的尺寸也標於其上。我們使用商用軟體 Ansoft HFSS 來進行模擬，單一轉接模擬的結果如圖三所示，由此圖我們可以觀察到，和傳統的轉接相比較，可以觀察到在整個 Q band 中，除了接近 50GHz 附近反射損耗接近 12dB，其他皆在 15dB 以下，有完整的轉接。為了要驗證結果的準確性，我們也實地製作了一個背對背的架構，其量測和模擬的比較如圖四所示；由這結果看來，在 40-48GHz 反射損耗皆在 15dB 以上。以整個 Q band 來說，有超過 50% 的頻寬，模擬的和量測趨勢接近，不過在 40-41GHz 附近，由於背對背轉接，會造成多重反射效應，使得其反射損耗在 13dB 附近擺動，略比設計目標差一點，但仍然可以算在合理的實驗誤差以內。

本次研究製作兩版電路，量測後的反射損耗在 40-48GHz 內都在 15dB 以上，均可以滿足電信國家型計畫規格。

四、鎔線轉接

鎔線轉接一直以來都是最常用被來作轉接的方法，最主要是因為其便宜方便且成本較低。其基本結構如圖五所示，而圖六，圖

八和圖十則是改善後的架構。和傳統只加 pad 的方法不同，可以根據鎔線本身的特性，由內而外一步步設計。對於這個結構，我們分別設計三種轉接，結果將詳述於下：

1. 串接殘株匹配式轉接

圖五中所使 $\epsilon_r = 9.8$ 用的兩種介質同樣都是氧化鋁基板，介電係數，厚度皆為 10 mils。所使用的鎔線直徑為 2mil。介質間的間隔為 200um，使用鎔線連接兩端的平面電路。又鎔線最高點到介質的高度為 80um，50 歐姆傳輸線為 300um。圖六為串接殘株式轉接的設計，尺寸標示於圖下。在此，利用全波模擬軟體 Ansoft HFSS 來做預測，圖七為補償前和補償之後的頻率響應圖，相當清楚地可以看見反射損耗優於 15dB 的頻寬約從 25GHz 到 48GHz，改善效果亦不錯。

2. 多段串接殘株匹配式轉接

在這個設計中，採用和串接殘株匹配式轉接中相同的轉接架構。不同的是，補償方式由串接單根傳輸線更改為雙根傳輸線。圖八為該補償電路的上視圖，各段尺寸標示如圖。利用商用軟體 Ansoft HFSS 來幫助模擬。圖九為補償前後的頻率響應比較圖。以 15dB 當作頻寬標準，幾乎從 DC 到 60GHz 都符合規格要求。

3. 縱橫式補償轉接

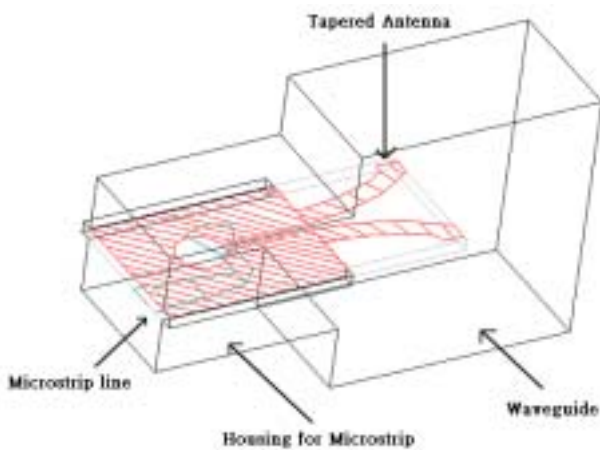
這邊所使用的架構和前面兩者相同，一樣是 10mils 氧化鋁基板轉接到 10mils 氧化鋁基板。這邊所使用的方法是在近端增加傳輸線的寬度使得該不連續面的等效阻抗接近 50 歐姆。再利用一小段傳輸線增加頻寬。圖十為補償電路的上視圖，尺寸標示於圖下方。這邊亦使用商用軟體 Ansoft HFSS 來幫助做預測。圖十一中為補償前後的頻率響應比較

圖。這種結構的反射損耗比前面兩種好一些。20db 以上的頻寬可以從 DC 到 48.5GHz。

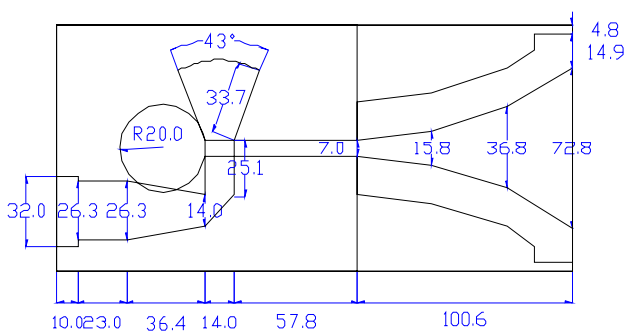
五、參考文獻

- [1] T. H. Lin and R. B. Wu, "A broadband microstrip-to-waveguide transition with tapered CPS probe," *32nd European Microwave Conf.*, 2002.

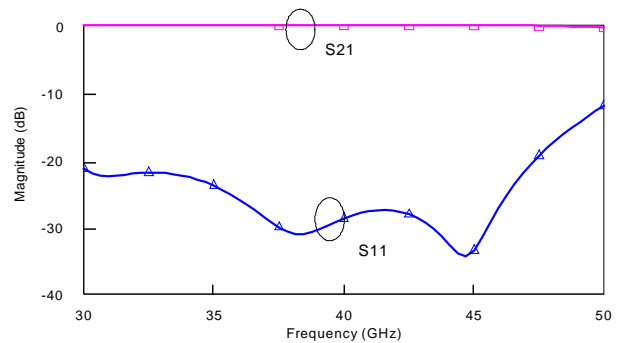
六、附圖



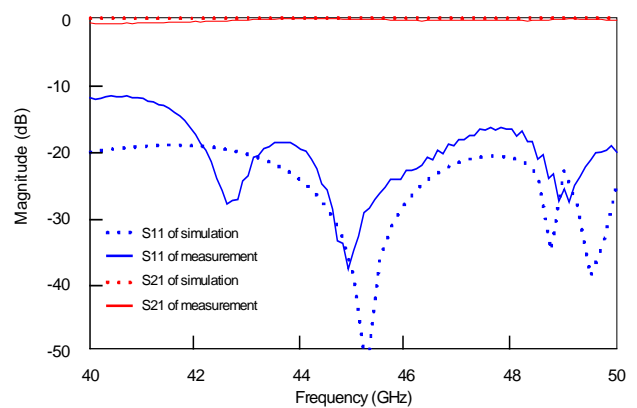
圖一、微帶線至矩形波導的轉接圖。



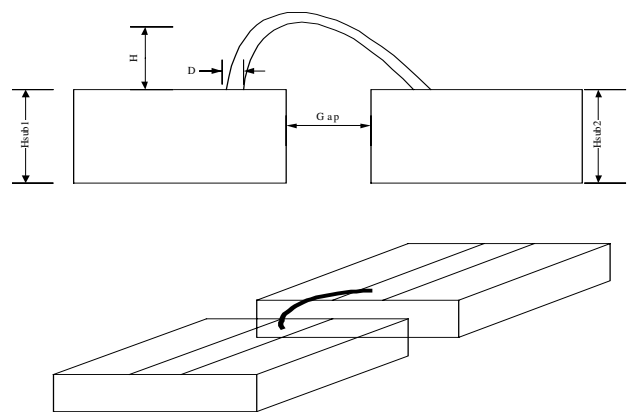
圖二、Q 頻段—微帶線至矩形波導轉接的上視圖及尺寸。(單位: mil, 介電常數=2.2, 基板高度 $h=10\text{mil}$)。



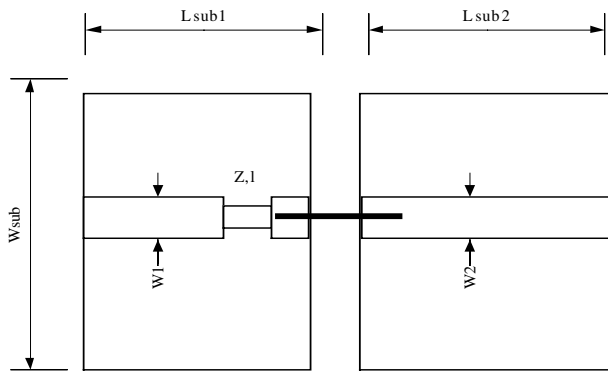
圖三、Q 頻段—微帶線至矩形波導單一轉接的模擬結果。



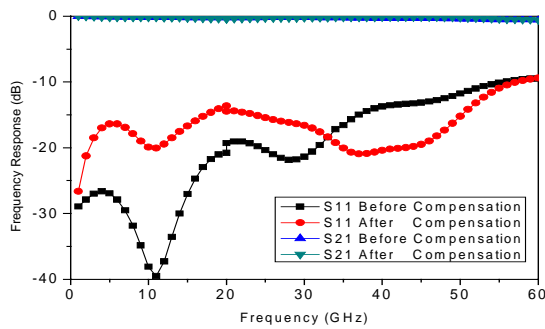
圖四、Q 頻段微帶線至矩形波導轉接的背對背結構之模擬和量測比較。



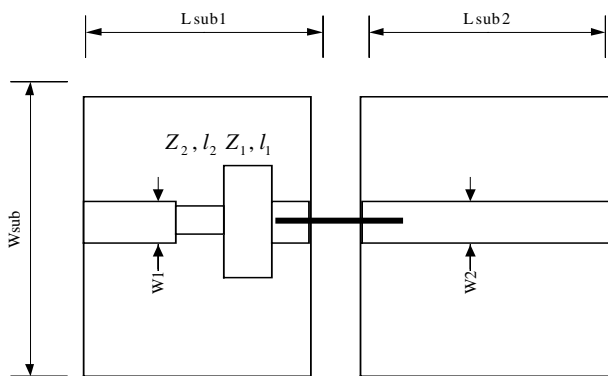
圖五、銲線轉接的結構圖。上面為側視圖，下方為立體圖。



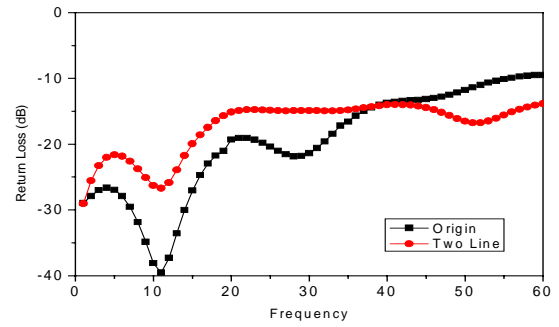
圖六、串接殘株匹配式設計之上視圖及尺寸。其中 $W1=W2=300\mu m$, $H_{sub1}=H_{sub2}=254\mu m$, $D=2mils$, $H=80\mu m$ 。而短傳輸線阻抗為 58 歐姆其長度為 960 μm 。



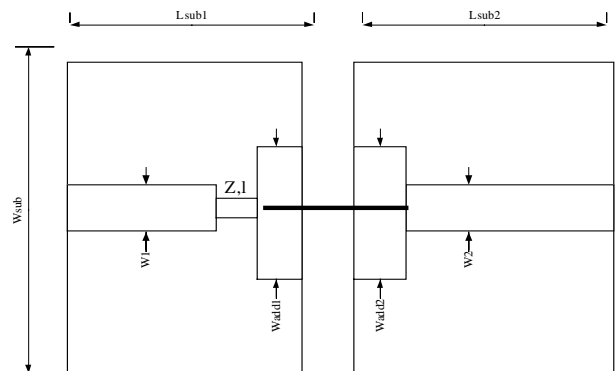
圖七、串接殘株匹配式設計之頻率響應模擬比較。



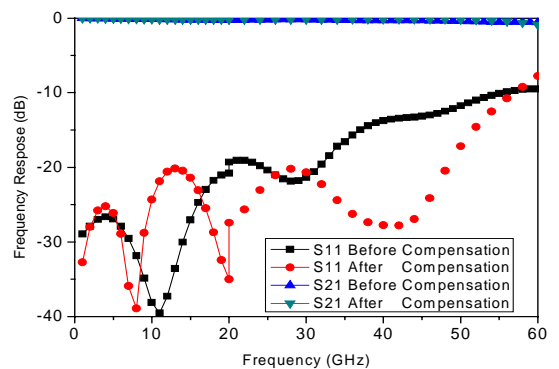
圖八、多段串接殘株匹配式補償之上視圖及尺寸。其中 $W1=W2=300\mu m$, $H_{sub1}=H_{sub2}=254\mu m$, $D=2mils$, $H=80\mu m$ 。而第一段傳輸線長度 l_1 為 500 μm 的 60 歐姆線；第二段 l_2 為 160 μm 的 52 歐姆線。



圖九、縱橫式補償前後之頻率響應比較。



圖十、縱橫式補償之上視圖以及尺寸。其中 $W1=W2=300\mu m$, $H_{sub1}=H_{sub2}=254\mu m$, $D=2mils$, $H=100\mu m$ 。而 $W_{add1}=760\mu m$, $W_{add2}=640\mu m$, 短傳輸線阻抗為寬度 140 μm 長度 $l=220\mu m$ 的 62 歐姆傳輸線。



圖十一、縱橫式補償前後之頻率響應比較。