



利用堆疊二維傳輸線之微小化 方向耦合器研究設計

作者：何紹安

系級：電機四甲

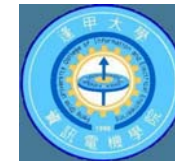
學號：D9323812

指導教授：陳志強 博士

課程名稱：專題研究(二)

開課系所：電機系

開課學年：九十六學年度 第一學期





目錄

- 第一章 緒論
- 第二章 互補傳導線帶傳輸線
- 第三章 互補傳導線帶方向耦合器
- 第四章 垂直堆疊之二維CCS方向耦合器之設計
- 第五章 結論



第一章

緒論

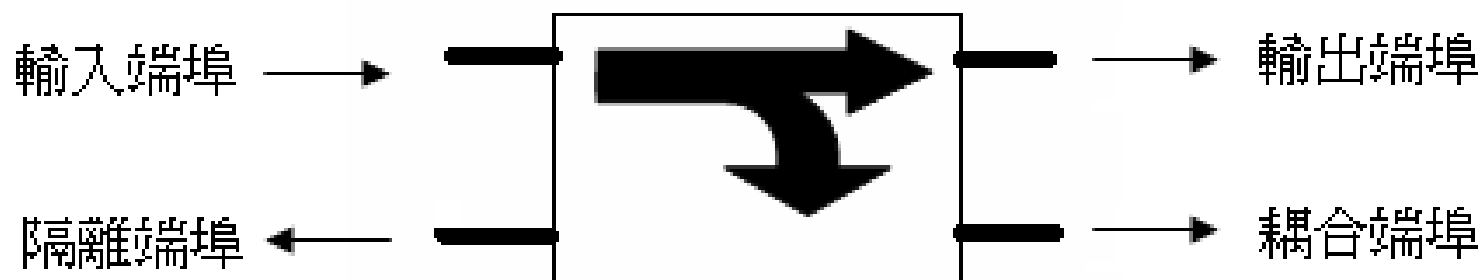


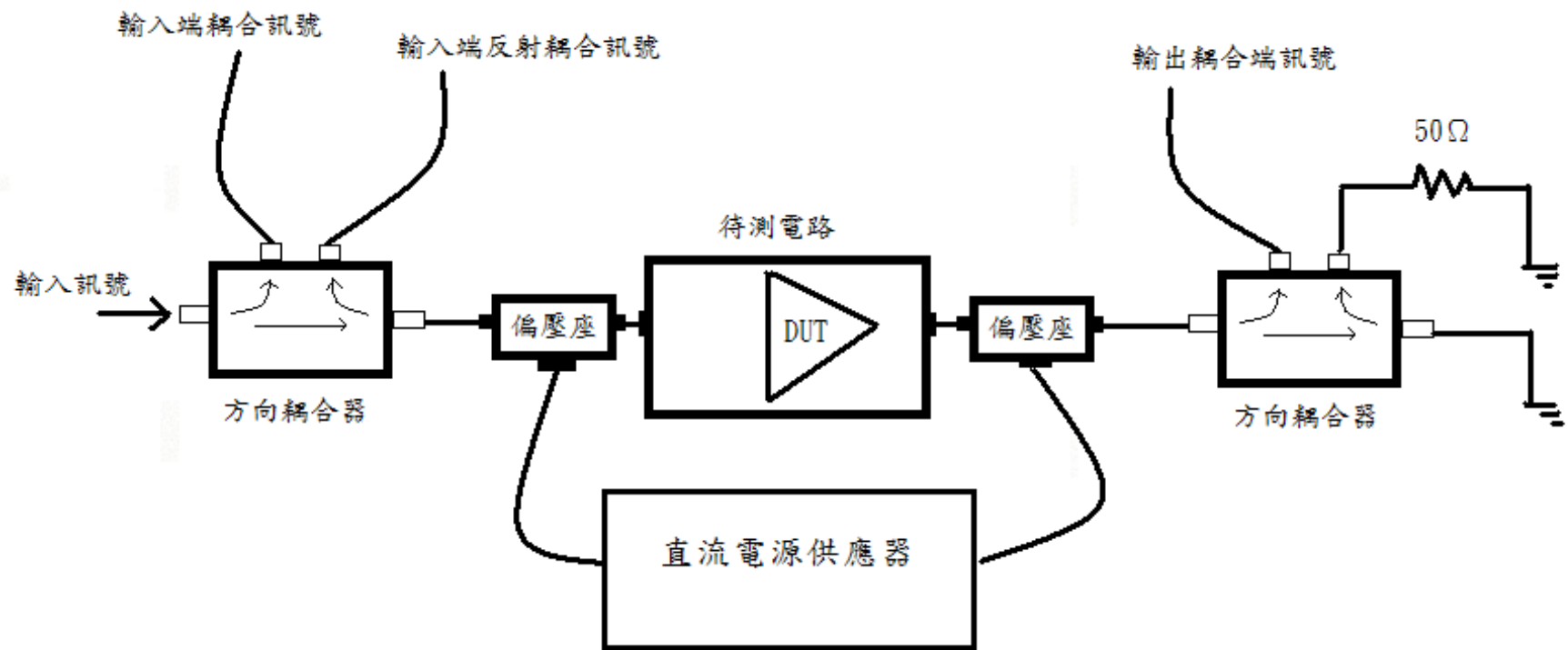
1.1 研究動機與研究目的

- 隨著微波通訊設備逐漸趨於**縮小化、可攜式**，並**節省成本材料**，微型化微波元件已受到重視。
- 由於方向耦合器長度正比於操作頻率對應之波長，使尺寸受到該波長的限制，因此往往縮裝不易。
- 在**電氣性能幾乎不受影響**的情況下，利用二維佈局縮小堆疊耦合方向耦合器的佔用面積。

1.2 方向耦合器原理

- 傳統的方向耦合器由兩條四分之一波長傳輸線組成的四端埠網路，且具有互易性、四個端埠輸入阻抗均匹配的特性。



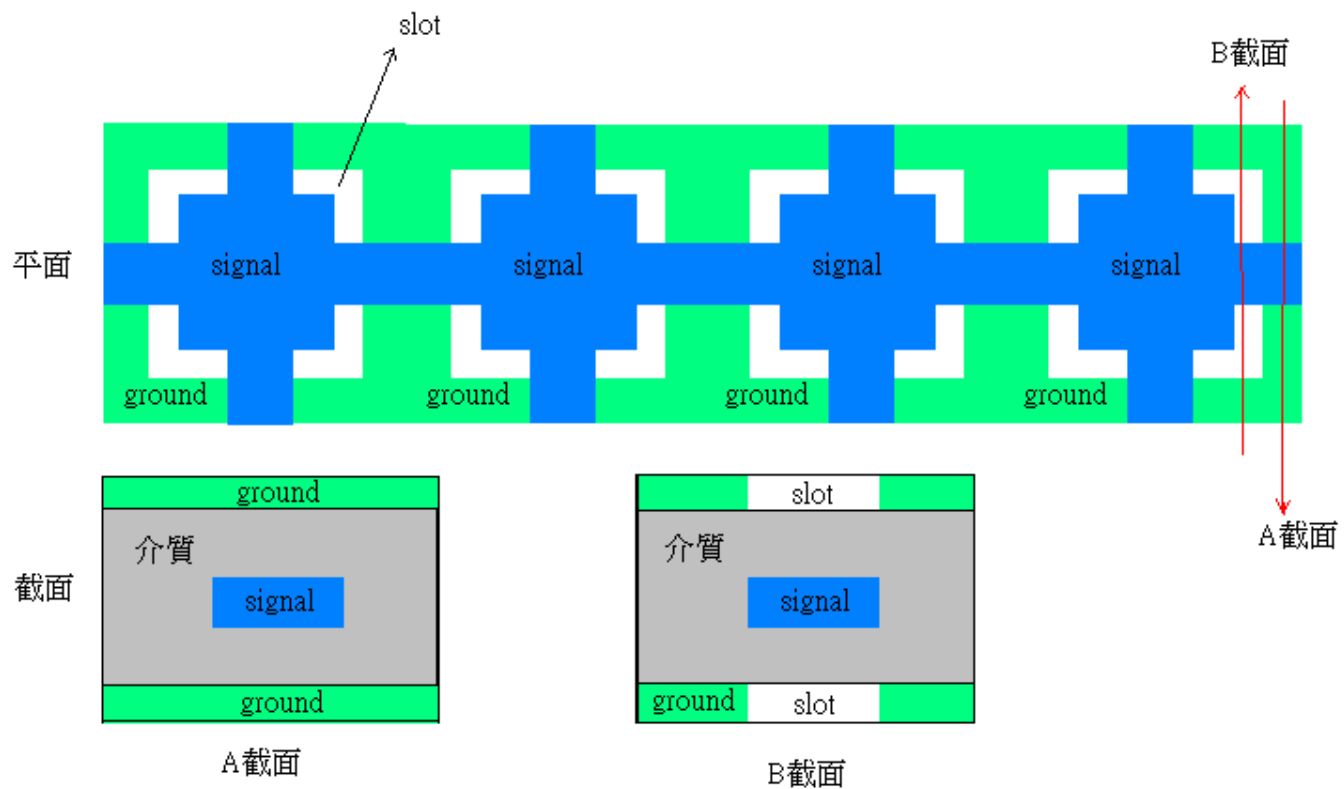




1.3 互補傳導線帶傳輸線

- 互補傳導線帶傳輸線
(Complementary Conducting Strip Transmission Line, CCS TL)
- 早在2004年被發表這種新型的特殊合成的傳輸線[1]，它具有近橫向電磁模(Quasi-TEM)的波導特性及二維方向佈局縮裝的能力，且具有比微帶線更寬廣範圍的特性阻抗值。

[1] C. -C. Chen and C. -K. C. Tzuang, "Synthetic Quasi-TEM Meandered Transmission Lines for Compacted Microwave Integrated Circuits," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 52, no. 6, Jun. 2004, pp. 302-304

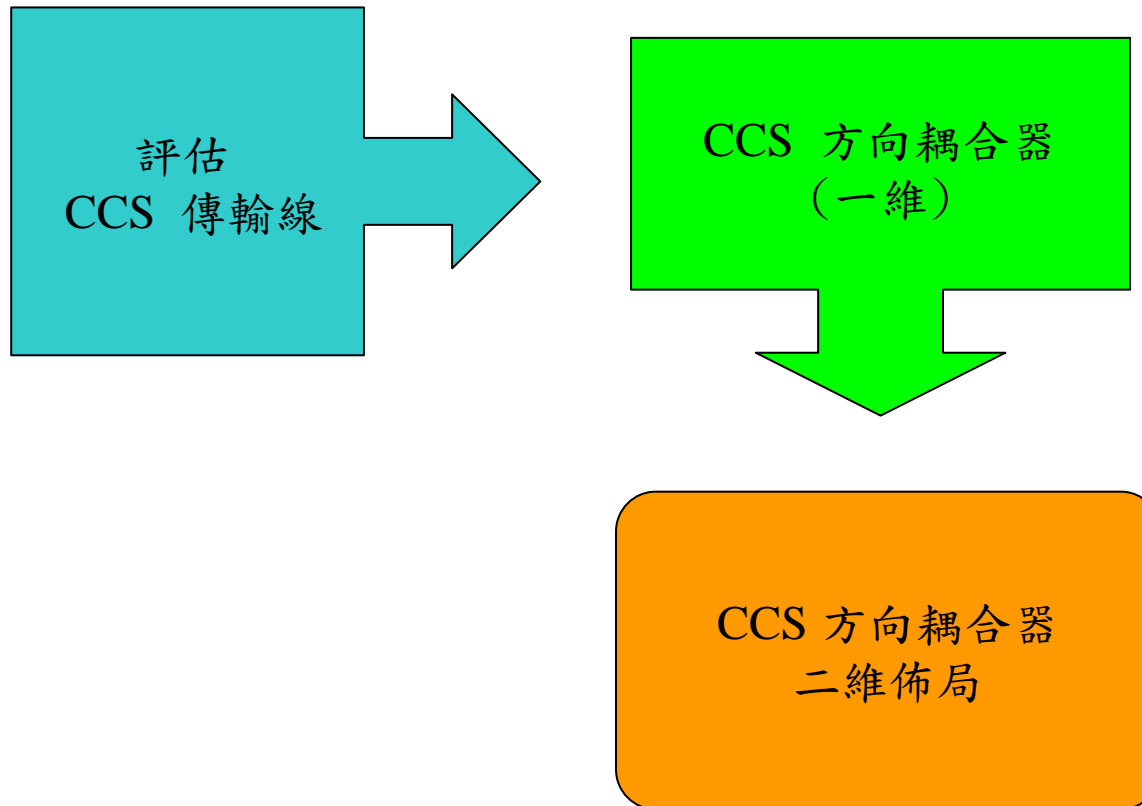




1.4 研究手法

- 工具軟體：*Ansoft HFSSTM 10.0*
- 分析方式：收斂值0.005
- 工作頻率：5.4 GHz,
(Sweep：1 GHz ~ 10 GHz, step 0.2 GHz)
- 介質板材：Rogers RO4003TM
($\epsilon_r = 3.38$, 厚度 203.2 μm / 508 μm)
- 導體材質：銅
($\sigma = 5.813 \times 10^7$, 厚度 17.5 μm)

1.5 研究流程





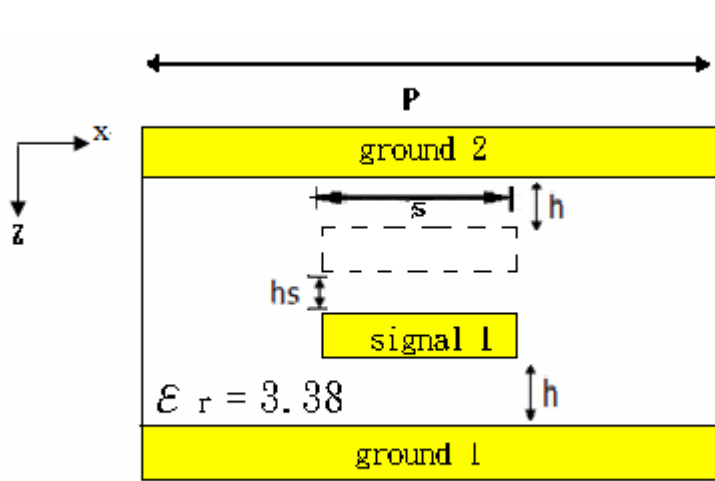
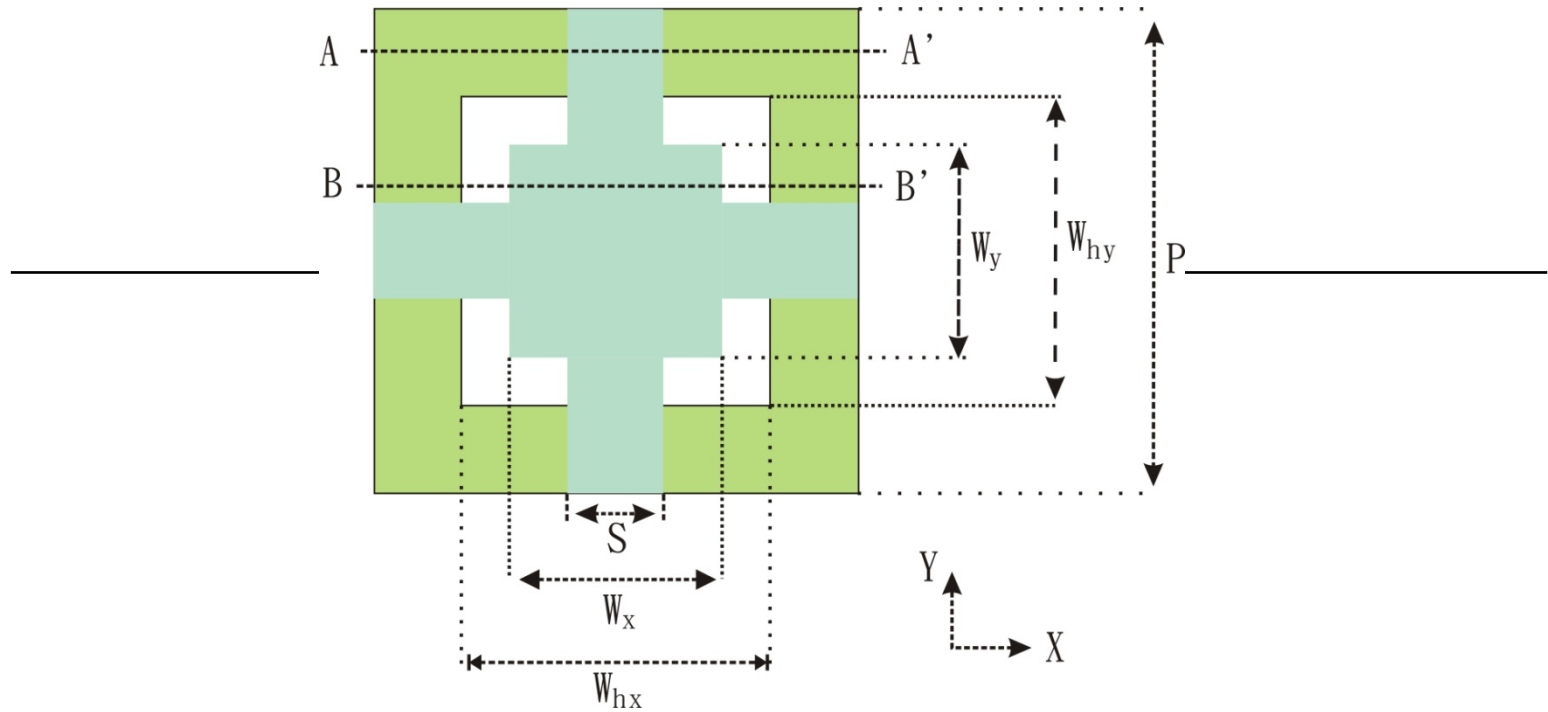
第二章

互補傳導線帶傳輸線

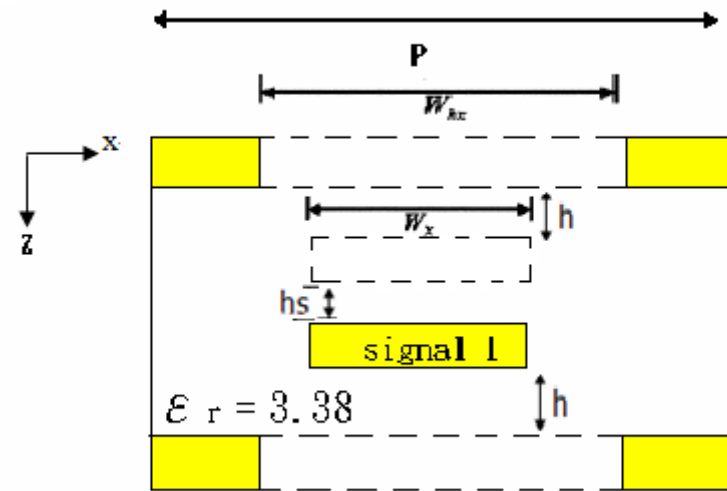


2.1 基本設計結構

- 評估一條CCS TL結構之線帶(stripline)在操作頻率5.4 GHz長度為四分之一波長。
- 介質板材Rogers RO4003TM ($\epsilon_r = 3.38$, dielectric thickness = 8 mil(203.2 μm)) 及 0.5 OZ 的銅金屬導體厚度為17.5 μm 。
- 由三層的RO4003疊在一起(其中一層兩面全洗光，令外兩層洗成微帶線)。



A-A'



B-B'

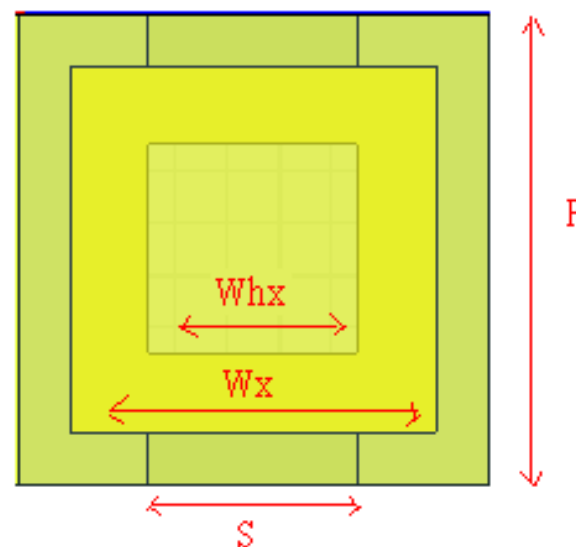


2.2 四分之一波長傳輸線

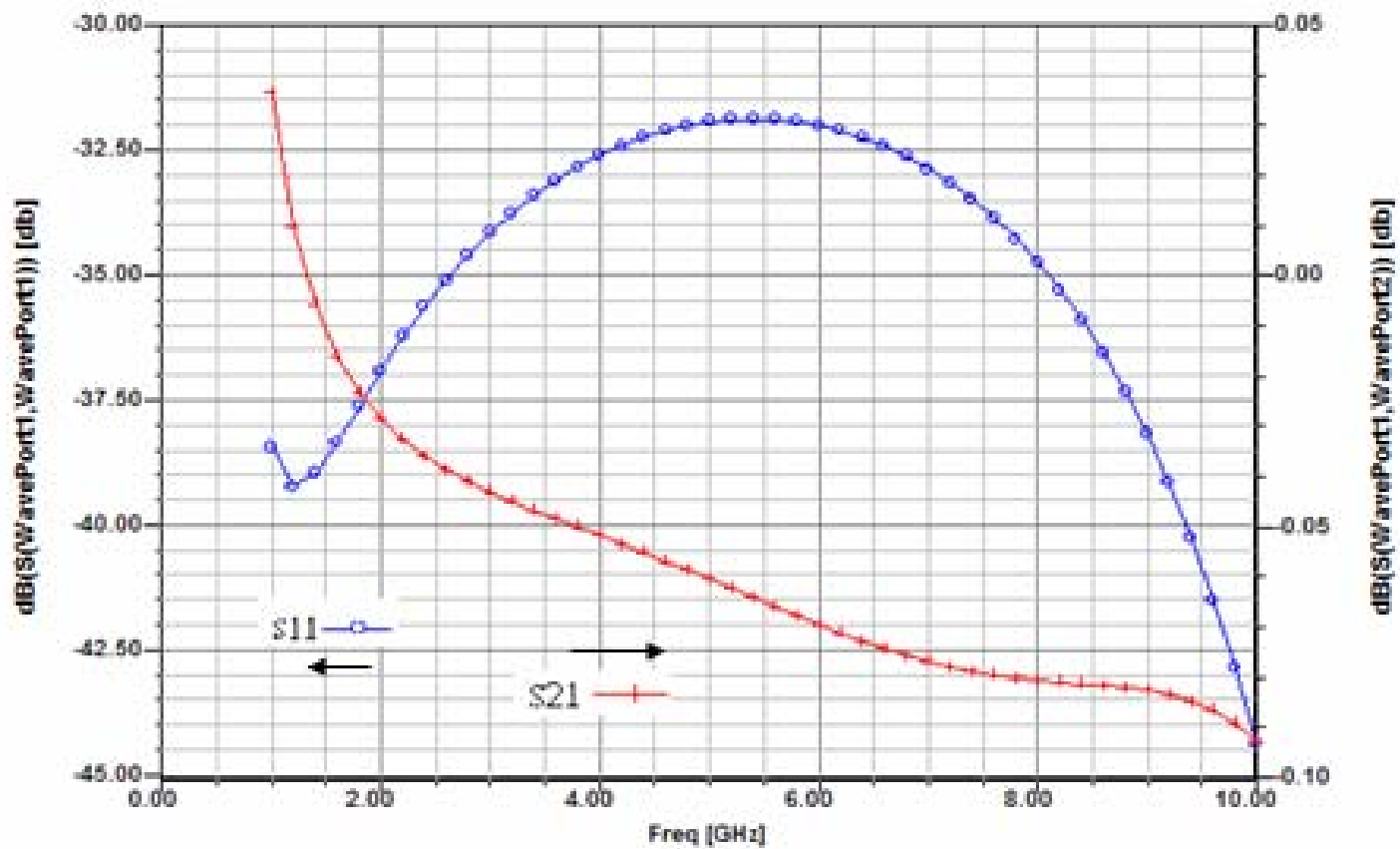
- 操作頻率 $f = 5.4 \text{ GHz} = 5.4 \times 10^9 \text{ Hz}$
- 光速 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- 波速 $V_g = c / (\mu_r \times \epsilon_r)^{1/2}$
 $= 3 \times 10^8 / (3.38)^{1/2} = 1.63 \times 10^8 \text{ m/s}$
- 波長 $\lambda_g = V_g / f = 1.63 \times 10^8 / 5.4 \times 10^9$
 $\doteq 0.03 \text{ m} = 30 \text{ mm} = 30000 \mu\text{m}$
- 四分之一波長 $\lambda_g / 4 = 7500 \mu\text{m}$

2.3 評估結果

- $h = h_s = 203.2 \mu\text{m}$
- $P = 450 \mu\text{m}$
- $W_{hx} = W_{hy} = 200 \mu\text{m}$
- $W_x = W_y = 350 \mu\text{m}$
- $S = 200 \mu\text{m}$
- 阻抗 $Z_c = 51.1572 \Omega$
- $\lambda_g = 28.803660 \text{mm}$
- $\lambda_g / 4 = 7.200915 \text{mm}$
 $\doteq 7200 \mu\text{m}$



* SWF(slow-wave factor) = $\lambda_0 / \lambda_g = 7.5 / 7.2 = 1.04$



- S11其頻率在0 ~ 10 GHz之間，皆低於 -31.5 dB，達到良好的匹配。
- S21其頻率在0 ~ 10 GHz之間，皆不低於 -0.10 dB，穿透係數相當良好。

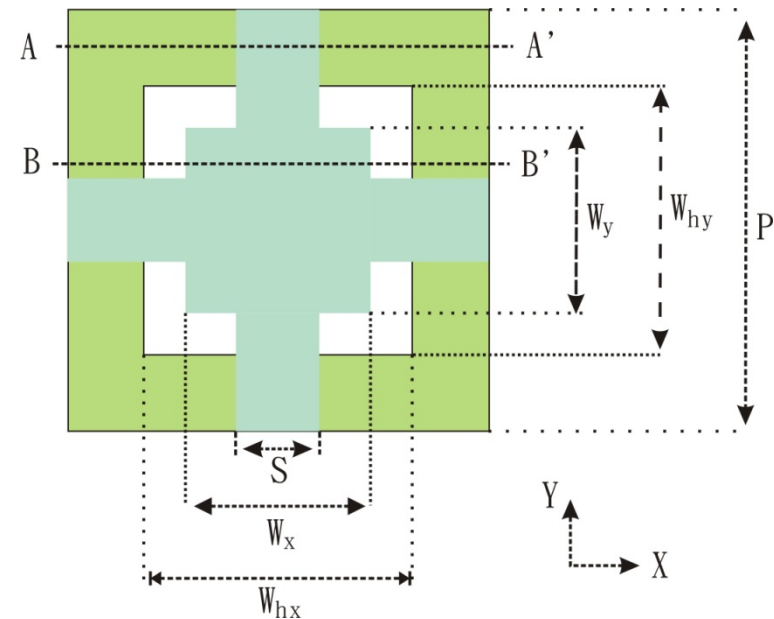


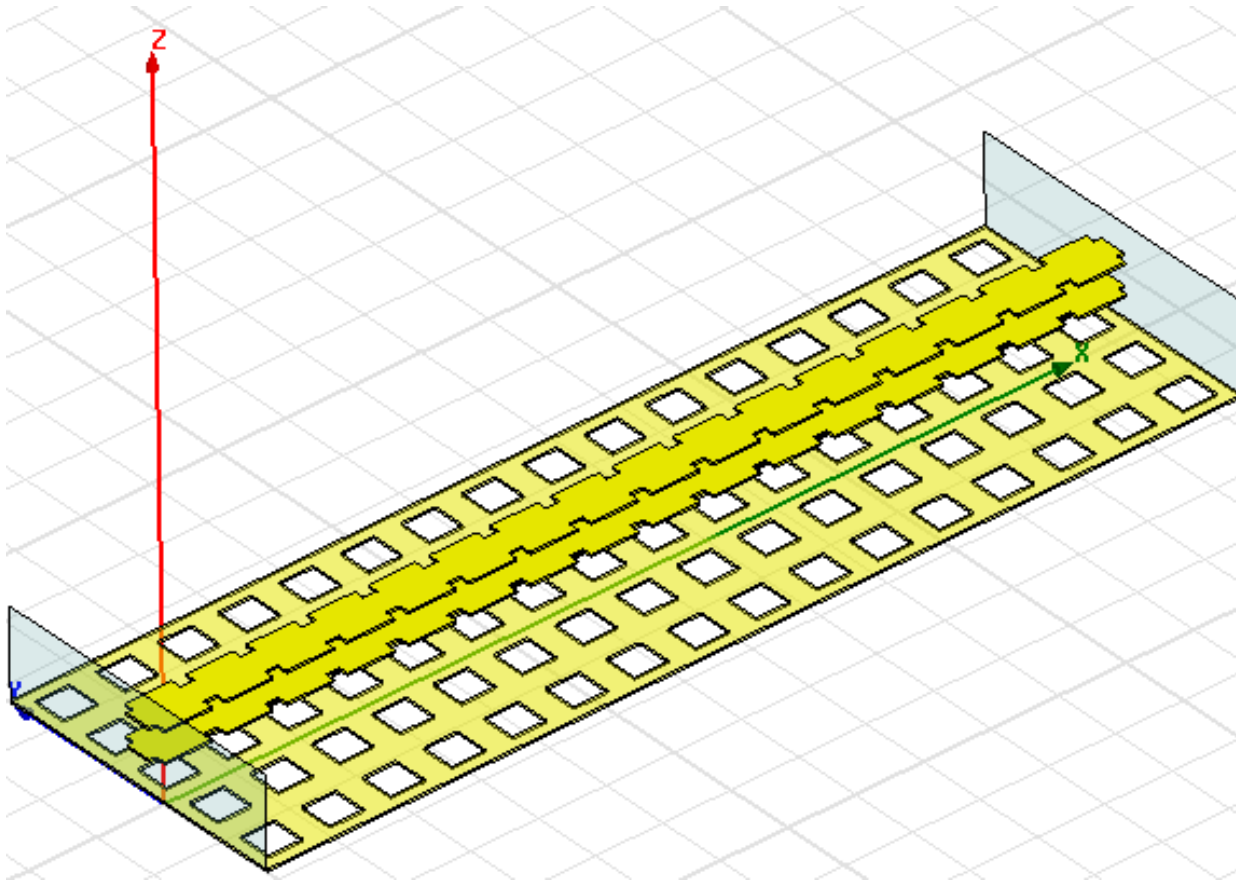
第三章

互補傳導線帶方向耦合器

3.1 CCS設計尺寸

- $P = 450 \mu\text{m}$
- $h = h_s = 203.2 \mu\text{m}$
- $W_{hx} = W_{hy} = 250 \mu\text{m}$
- $W_x = W_y = 350 \mu\text{m}$
- $S = 200 \mu\text{m}$





3.2 分析結果

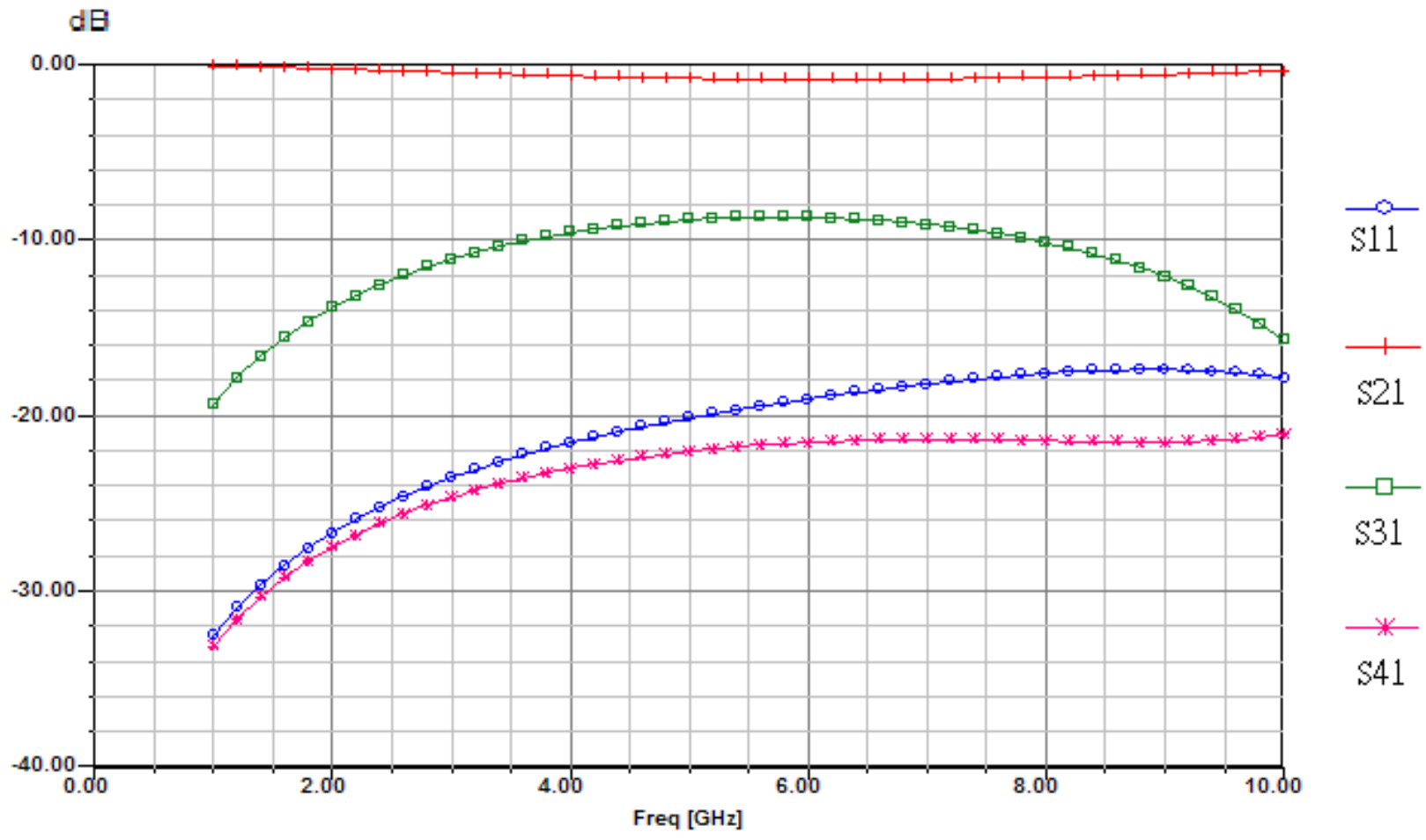
- CCS方向耦合器設計完成之後，在操作頻率5.4 GHz底下，所分析的S參數如下：

$$S_{11} = -19.6 \text{ dB} \quad , \quad S_{21} = -0.814 \text{ dB}$$

$$S_{31} = -8.69 \text{ dB} \quad , \quad S_{41} = -21.7 \text{ dB}$$

其矩陣

$$[S] = \begin{bmatrix} -19.6 & -0.814 & -8.69 & -21.7 \\ -0.814 & -19.6 & -21.7 & -8.69 \\ -8.69 & -21.7 & -19.6 & -0.814 \\ -21.7 & -8.69 & -0.814 & -19.6 \end{bmatrix}$$



3.3 討論與結論

操作頻率 5.4 GHz 下

	典型	CCS一維佈局
反射係數	-54.7 dB	-19.6 dB
穿透係數	-0.323 dB	-0.814 dB
耦合量	-12.7 dB	-8.69 dB
隔離度	-44 dB	-21.7 dB
佔用面積	16.65 mm ²	16.2 mm ²

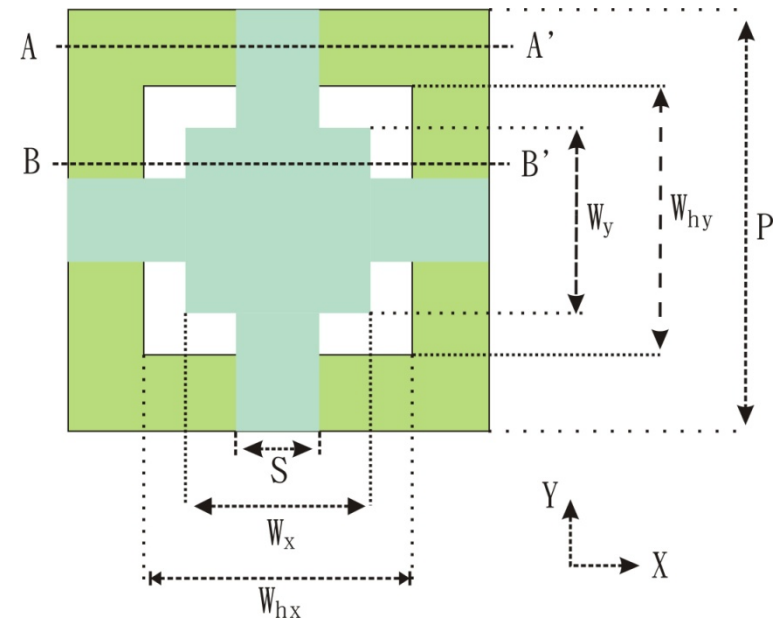



第四章

垂直堆疊之二維CCS方向耦合器 之設計

4.1 設計尺寸

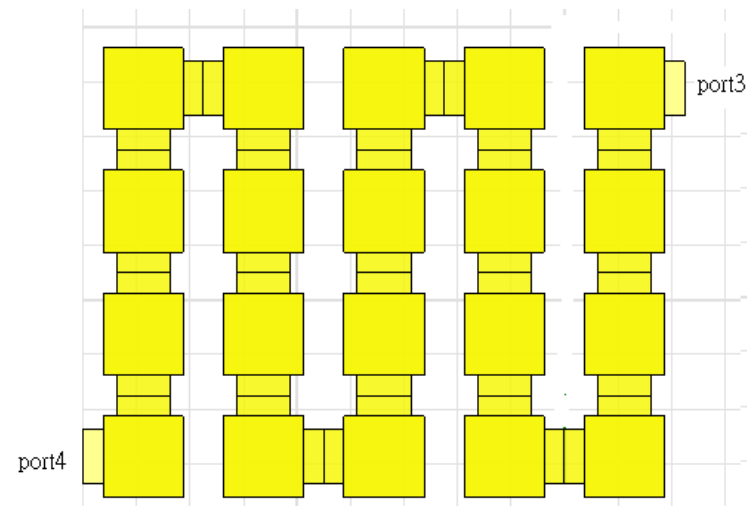
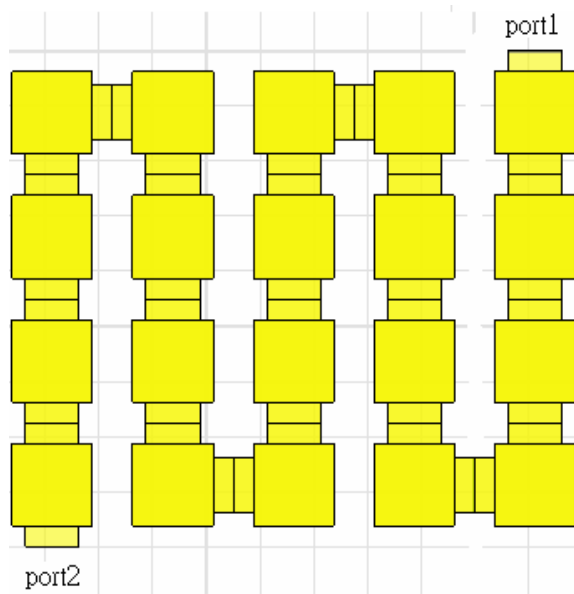
- $P = 450 \mu\text{m}$
- $W_{hx} = W_{hy} = 250 \mu\text{m}$
- $W_x = W_y = 300 \mu\text{m}$
- $S = 200 \mu\text{m}$

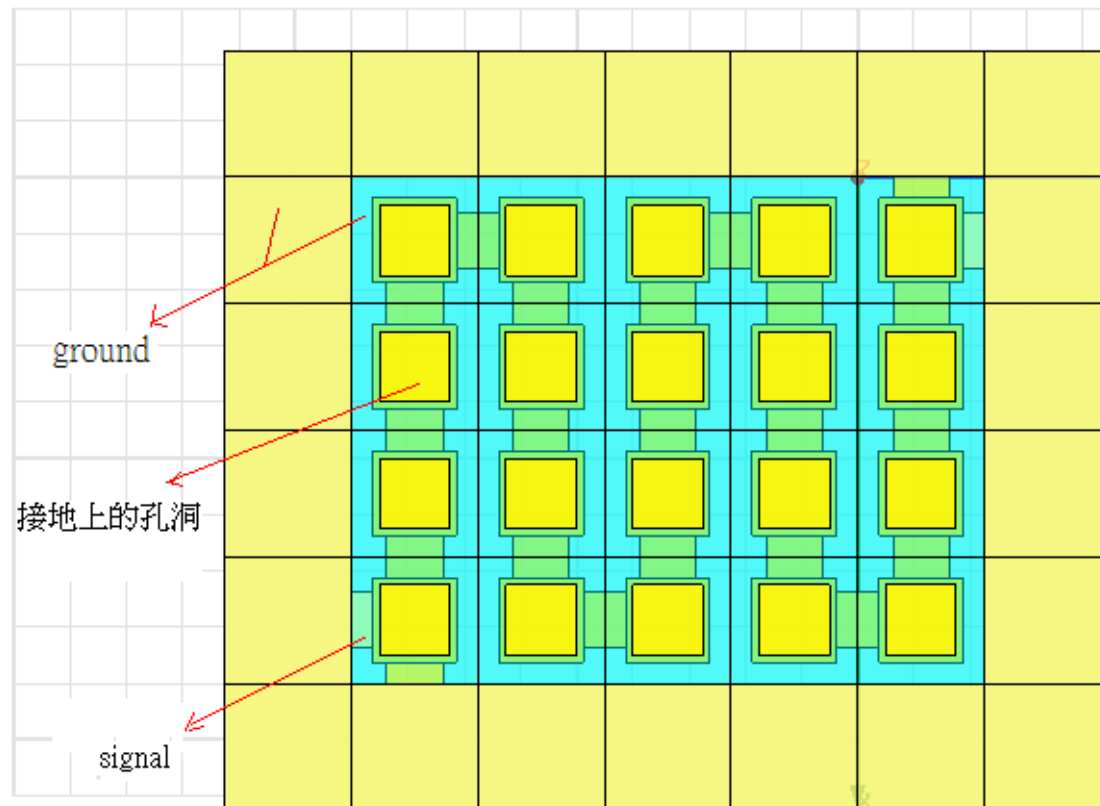


- 
-
- 波長為 35.5885 mm ，比起之前未曲折過後的CCS傳輸線帶傳輸線波長28.8 mm 多了6.41 mm
 - 必須增長傳輸線的長度至四分之一波長為 8.897 mm
 - 單元細胞個數也由16個增至20個

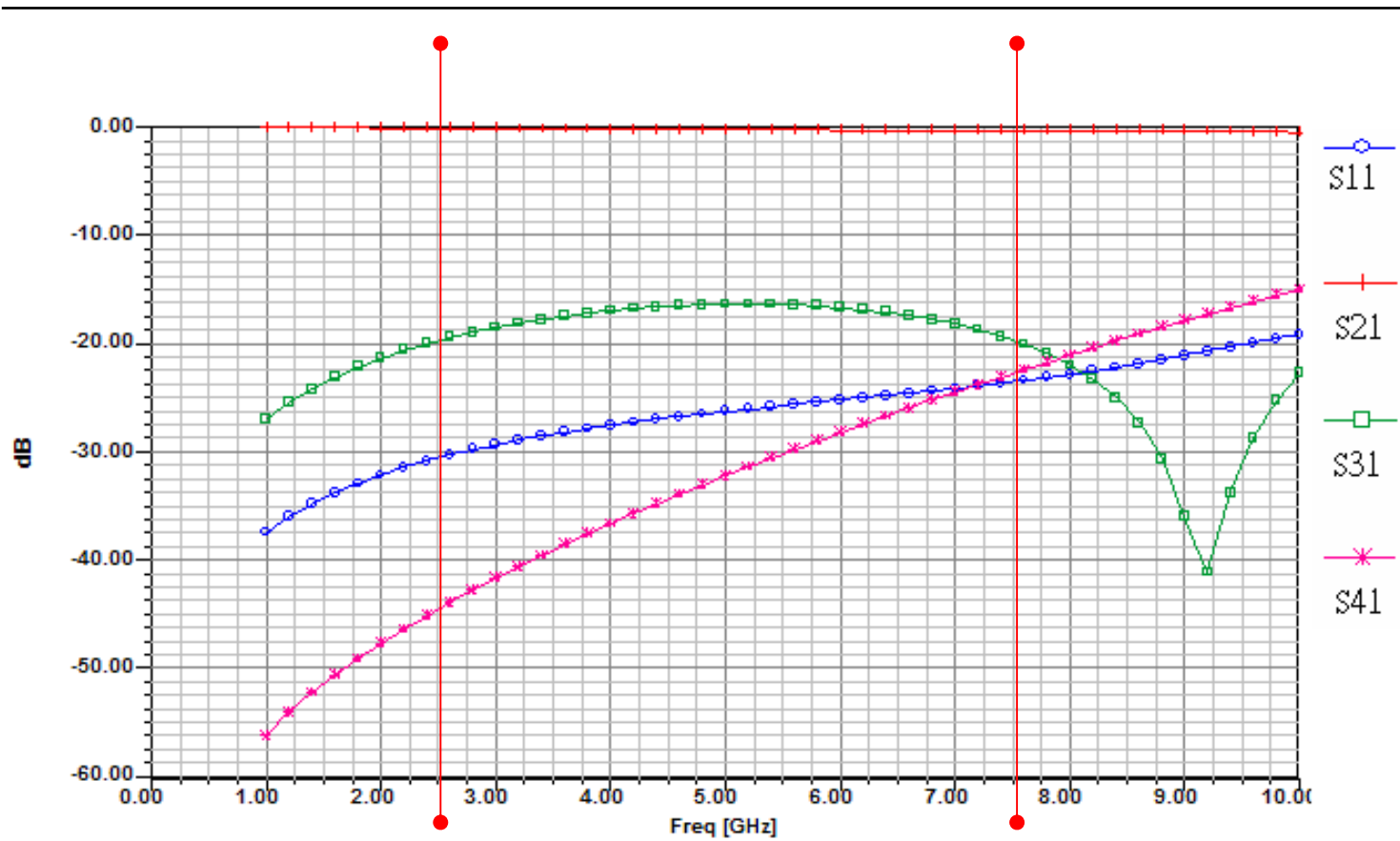
4.2 二維佈局設計

1. 同方向垂直耦合方向耦合器





- 面積為 $(0.45 \times 0.45) \text{ mm}^2 \times 42 = 8.505 \text{ mm}^2$



4.3 性能比較

	典型	CCS一維佈局	CCS二微佈局
反射係數	-54.7 dB	-19.6 dB	-25.7 dB
穿透係數	-0.323 dB	-0.814 dB	-0.264 dB
耦合量	-12.7 dB	-8.69 dB	-16.3 dB
隔離度	-44 dB	-21.7 dB	-30.4 dB
佔用面積	16.65 mm ²	16.2 mm ²	8.505 mm ²



第五章

結論



5.1 結論與未來努力方向

- CCS二維佈局時雖然對傳輸線的彎曲使性能稍微變差，不過影響不太大，且面積縮小至為原來的51.08 %。
- 在二維佈局之後的方向耦合器也希望能夠再加強它的性能，盡量減少反射量和加強隔離度，並且增加耦合量，可能會用不同的佈局方式或者CCS的形狀變化做改進。
- 若系統需積體電路製程，一樣也可將CCS應用於積體電路之設計上，並且對電路的縮小化亦能有所幫助。



Thanks for your attention