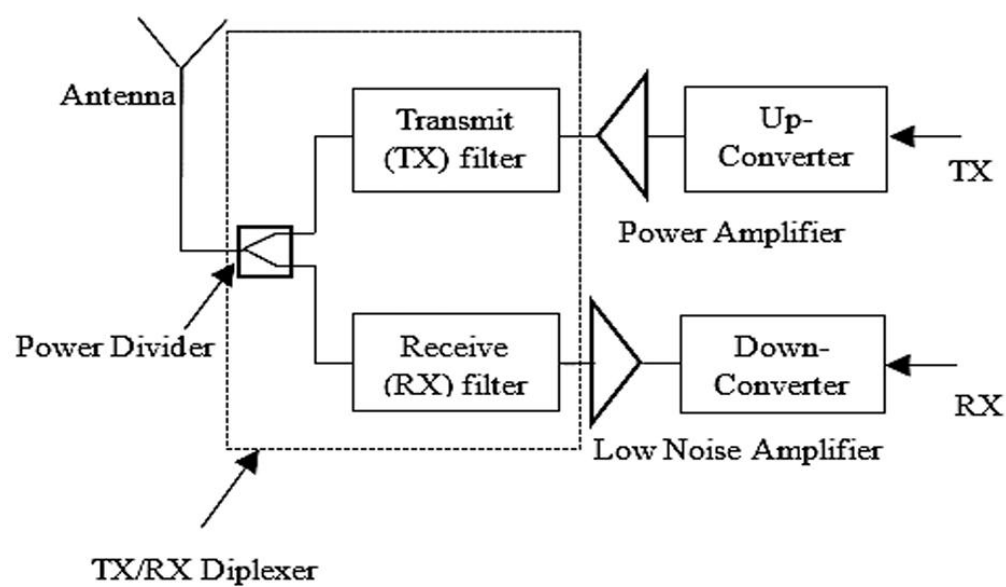


摘要

在無線通訊模組中，雙工器扮演著重要的角色，其主要功能為透過分頻雙工（FDD）的模式將一個輸入端訊號分離成上行及下行兩個不同頻帶的訊號，反之，也可以合成上、下行訊號，架構如圖一所示。

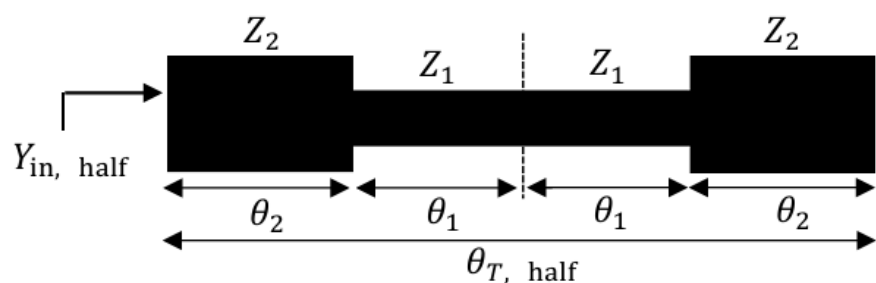
本次研究中我們參考了文獻[2]，採用階梯阻抗諧振器（SIR, Step Impedance Resonator）概念設計雙工器，再透過T-junction合成雙工器。實驗中使用FR4 板材，以n256頻帶設計（上行頻率為1.98–2.01 GHz，下行頻率為2.17–2.20 GHz）。實驗量測結果顯示上、下行的Insertion Loss皆在3 dB以內，Return Loss 及 Isolation 皆大於 15 dB，上行在2.17 GHz頻段以上的Stop Band Rejection 大於 9.4 dB，下行在2.01 GHz頻段以下的Stop Band Rejection 大於 10 dB，面積僅約 為281.35 mm²。



圖一、雙工器的架構 [2]

SIR理論

圖二為半波長形式的SIR， Z_1 和 Z_2 是特徵阻抗， θ_1 和 θ_2 是電長度， θ_T 為總電長度，圖中的虛線為二分之一波長SIR的對稱線。可以看到四分之一波長的SIR在對稱線端虛接地，根據微帶線輸入阻抗公式及開路短支阻抗公式可以得到 $Y_{in, half}$ (1)。發生共振時輸入阻抗趨近於無限大，因此 $Y_{in, half}$ 趨近於0，可以得到公式(2)，其中R為阻抗比值。 [2]

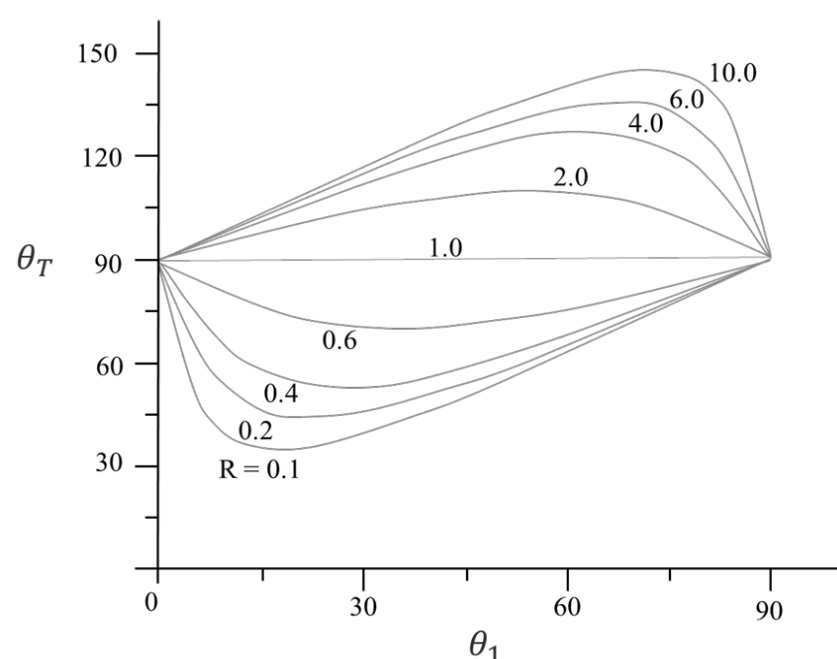


圖二、半波長形式的SIR [2]

$$Y_{in, half} = jY_2 \frac{2\left(\frac{Z_2}{Z_1} \tan(\theta_1) + \tan(\theta_2)\right)\left(\frac{Z_2}{Z_1} - \tan(\theta_1) \tan(\theta_2)\right)}{Z_2(1 - \tan^2(\theta_1))(1 - \tan^2(\theta_2)) - 2\left(1 + \left(\frac{Z_2}{Z_1}\right)^2\right) \tan(\theta_1) \tan(\theta_2)} \quad (1)$$

$$\tan(\theta_1) \tan(\theta_2) = \frac{Y_1}{Y_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = R \quad (2)$$

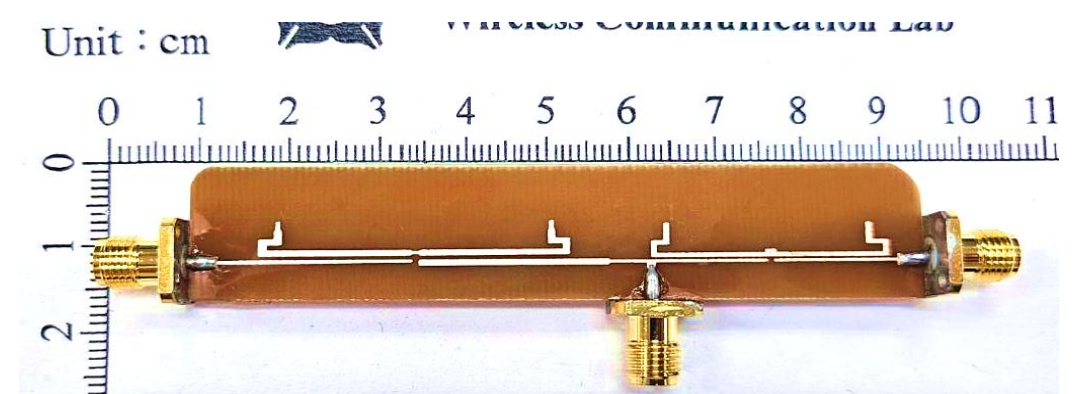
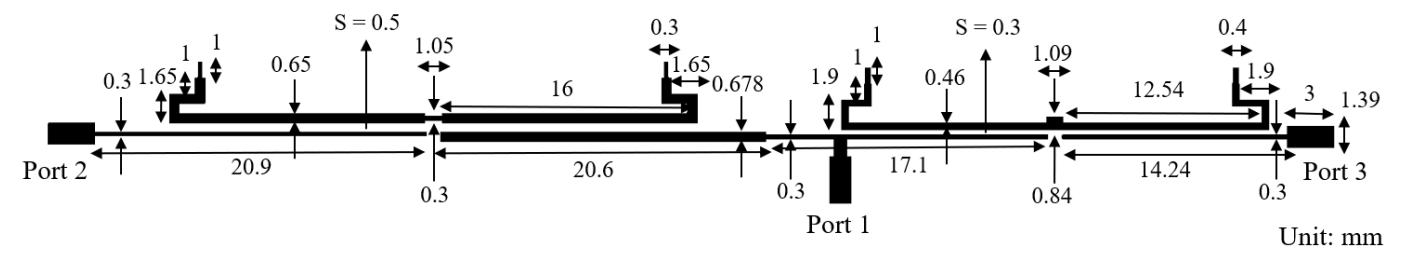
圖三描述在不同阻抗比值R的情況下，電長度 θ_1 與 θ_T 之間的關係。當 $R = 1$ 時，無論 θ_1 的長度為何， $\theta_T = 90^\circ$ ； $R < 1$ 時， $\theta_T < 90^\circ$ ，R越小， θ_T 的最小值越短； $R > 1$ 時， $\theta_T > 90^\circ$ ，R越大， θ_T 的最大值越長。



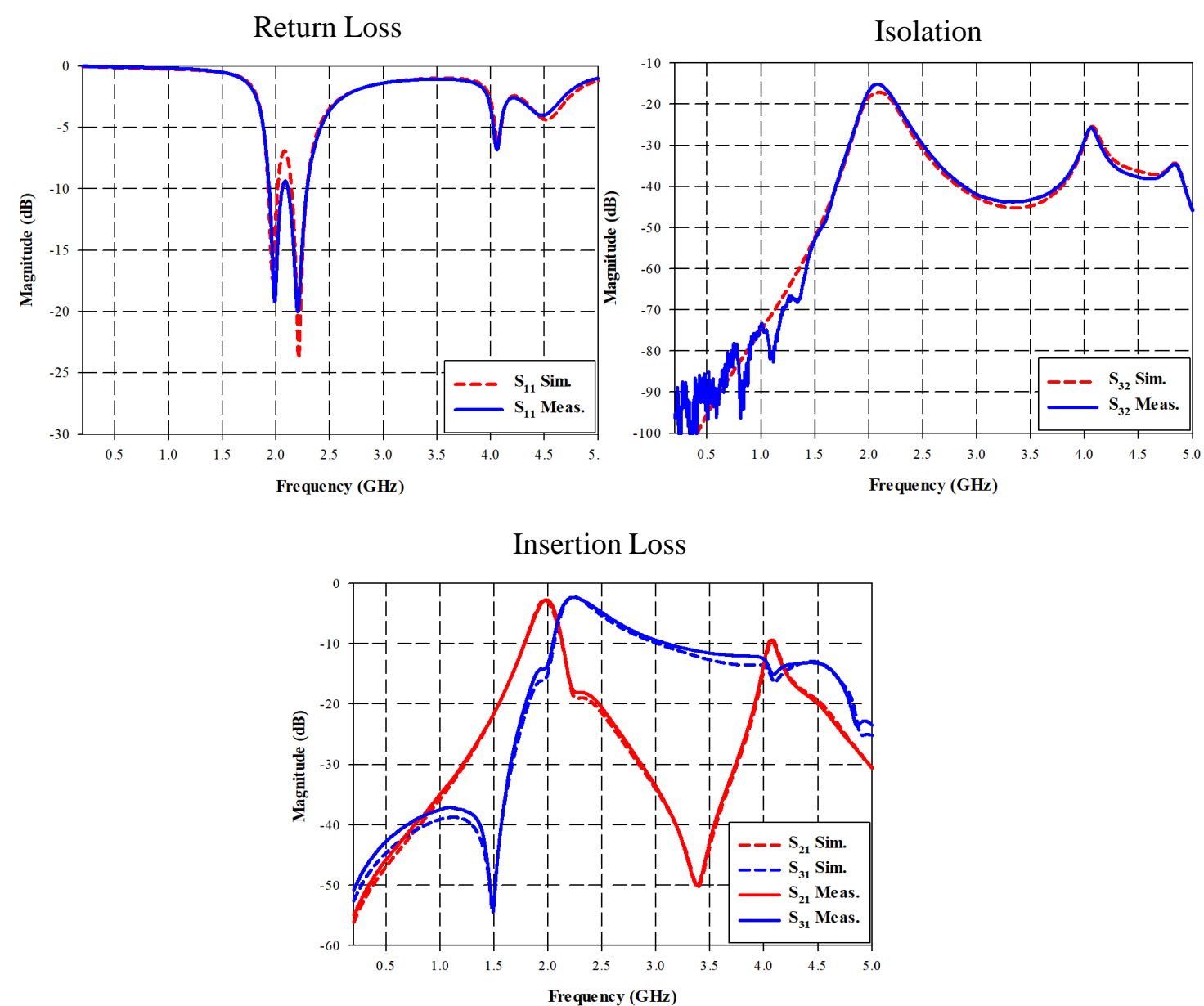
圖三、阻抗比值R與電氣長度 θ_1 及 θ_T 之關係圖 [2]

電路設計

先利用SIR理論，分別設計上下行頻段濾波器，再利用T-junction連接，並調整阻抗匹配。



模擬與量測



	Simulation		Measurement	
频段	上行	下行	上行	下行
Frequency (GHz)	1.98 ~ 2.01	2.17 ~ 2.20	1.98 ~ 2.01	2.17 ~ 2.20
Return Loss (dB)	> 8.62	> 12.86	> 15.80	> 15.63
Insertion Loss (dB)	< 3.81	< 2.93	< 2.93	< 2.86
Stop Band Rejection (dB)	> 9.31 (at frequency > 2.17 GHz)	> 14.20 (at frequency < 2.01 GHz)	> 9.40 (at frequency > 2.17 GHz)	> 12.95 (at frequency < 2.01 GHz)
Isolation (dB)	> 17.94		> 15.06	

參考文獻

- [1] J.-S. G. Hong and M. J. Lancaster, Microstrip filters for RF/microwave applications. John Wiley & Sons, 2004.
- [2] K. Al-Majdi and Y. S. Mezaal, "New miniature narrow band microstrip diplexer for recent wireless communications," Electronics, vol. 12, no. 3, p. 716, 2023.