



應用 L 型與 T 型共振器微帶線帶阻濾波器

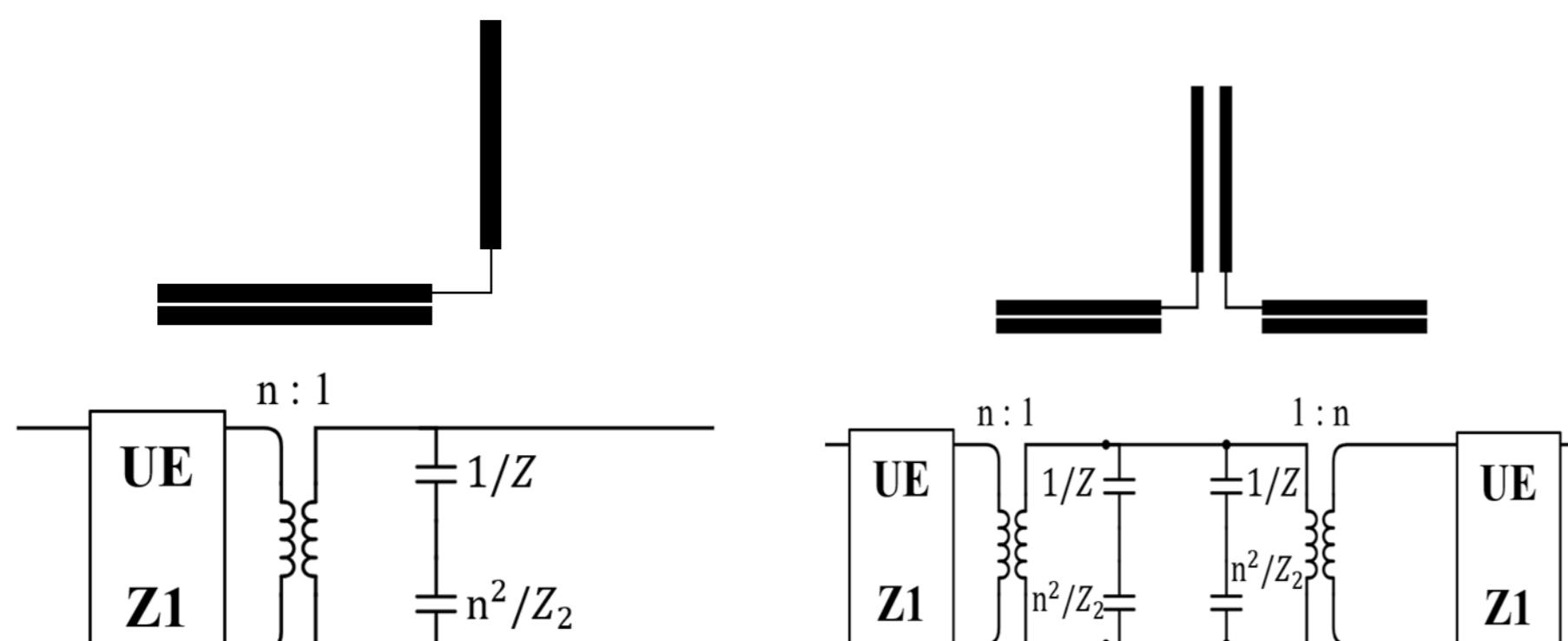
組別:電磁晶片組 專題生:凌浚為 郭俊佑 指導教授:張盛富

摘要

本研究先使用ADS(Advanced Design System)進行電磁模擬並根據結果以相應的數據實作，採用微帶線結構中的L型與T型共振器(Resonator)來實現具有多重共振點的BSF。透過共振器在特定頻率產生高阻抗，使該頻段訊號被反射或吸收，達到帶阻效果。設計中參考論文中以傳輸線模型結合耦合理論，建立出L型與T型共振器對應的ABCD參數模型，並進行多級串接以控制阻帶深度與寬度。最終濾波器結構具備高選擇性、低插入損耗與良好的阻帶性能，適合應用於干擾密集或頻率擁擠的無線系統。

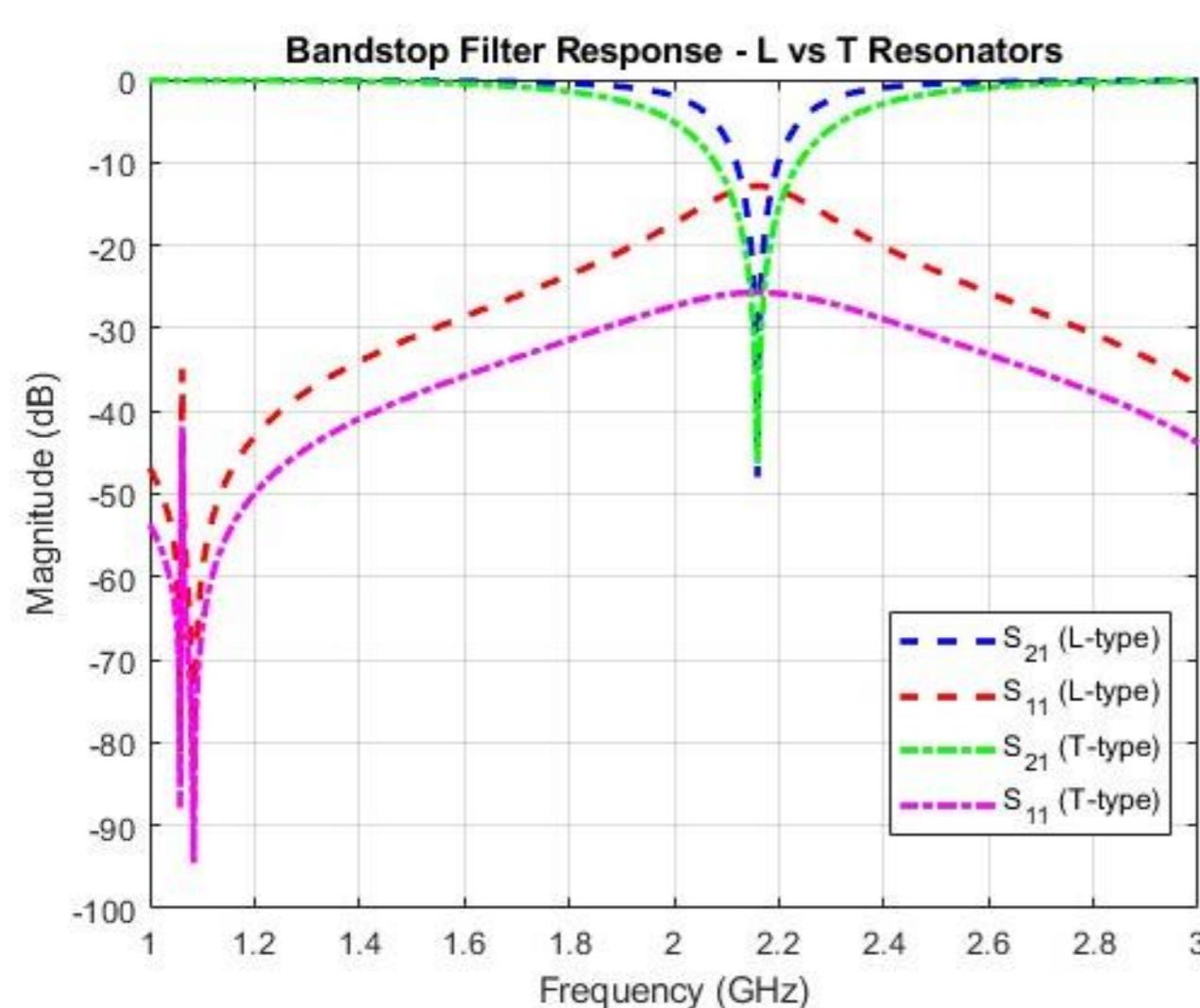
考量到成本控制與實作便利性，本研究選擇以FR4材料($\epsilon_r = 4.4$ ，厚度 $H = 0.8\text{ mm}$)作為電路基板，最多可包含兩層圖案化金屬層。允許使用通孔(Thru hole vias)和槽(slots)，且不能使用元件，並以手工製作方式進行電路實現。FR4 雖然在高頻下的損耗稍高，但具有成本低廉、取得容易及加工友善等優勢，對於濾波器初期驗證與實驗室量產具有高度實用性。

共振器模型

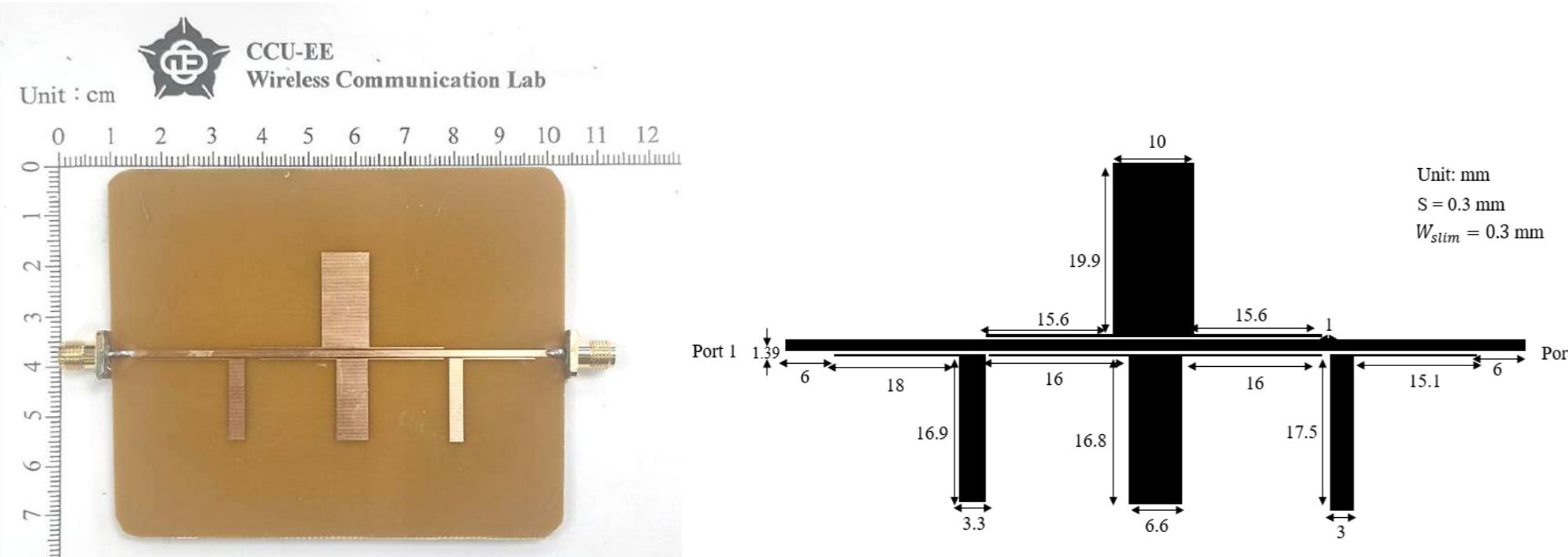


將單個L型共振器看成是一組四端皆是開路的平行耦合線在饋線接上開路Stub，其中所有線段皆是對應頻率的 $\lambda/4$ ，參數定義Z1為主線阻抗，Z2為饋線阻抗，Z為開路Stub 阻抗，n可以由該組平行耦合線的Even/Odd Mode的阻抗 Z_{0e} 、 Z_{0o} 去推算，而T型(左右對稱)則可以看成兩個相同的L型共振器背對背連接。

透過以上的ABCD矩陣，設定各個線段阻抗為50 ohm，各個線段長度同為 $\lambda/4=14.5\text{ mm}$ ，透過MATLAB將以上元素計算ABCD矩陣並使用函數ABCD2S可以得出下圖



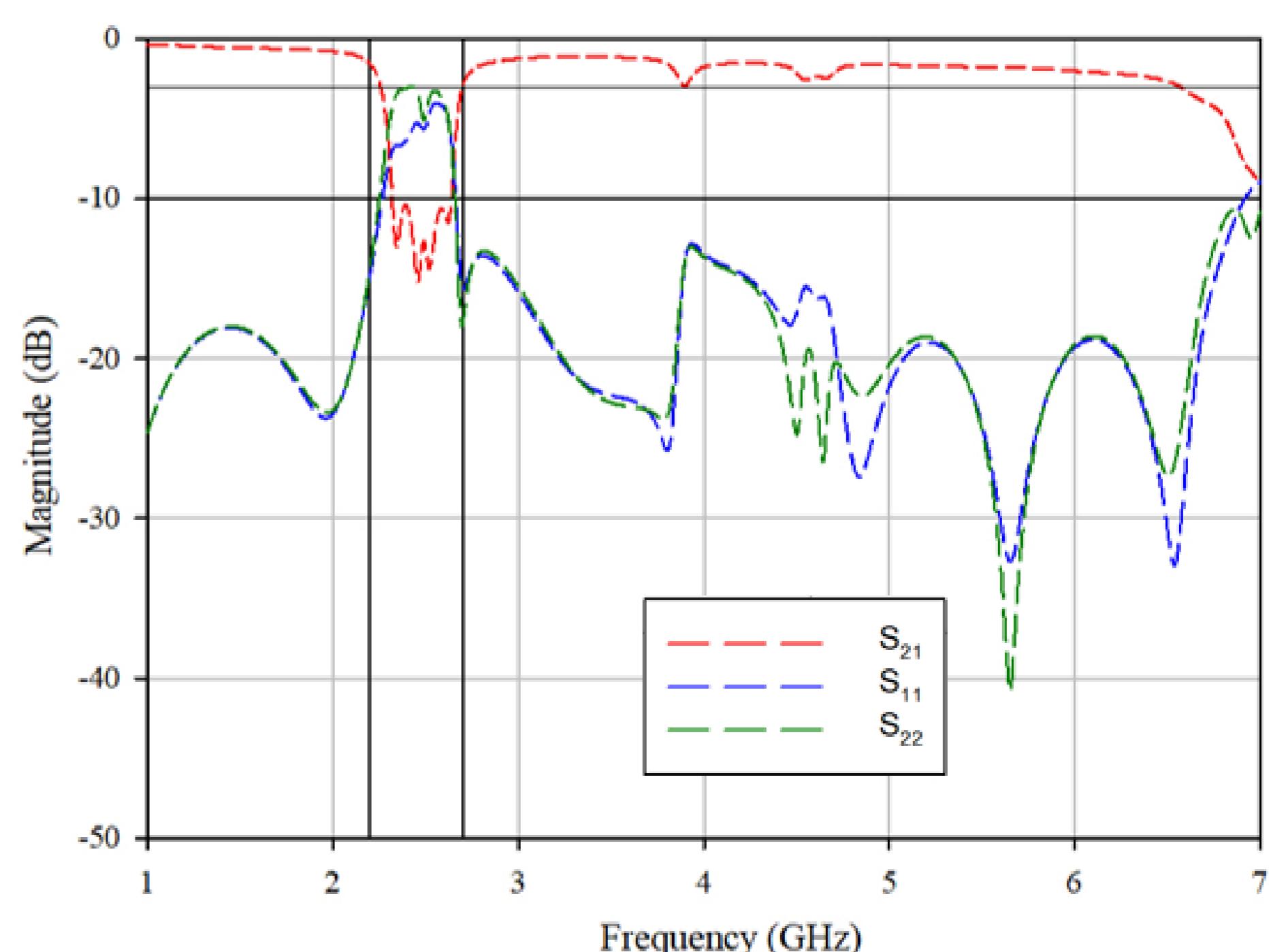
電路圖



參考資料:

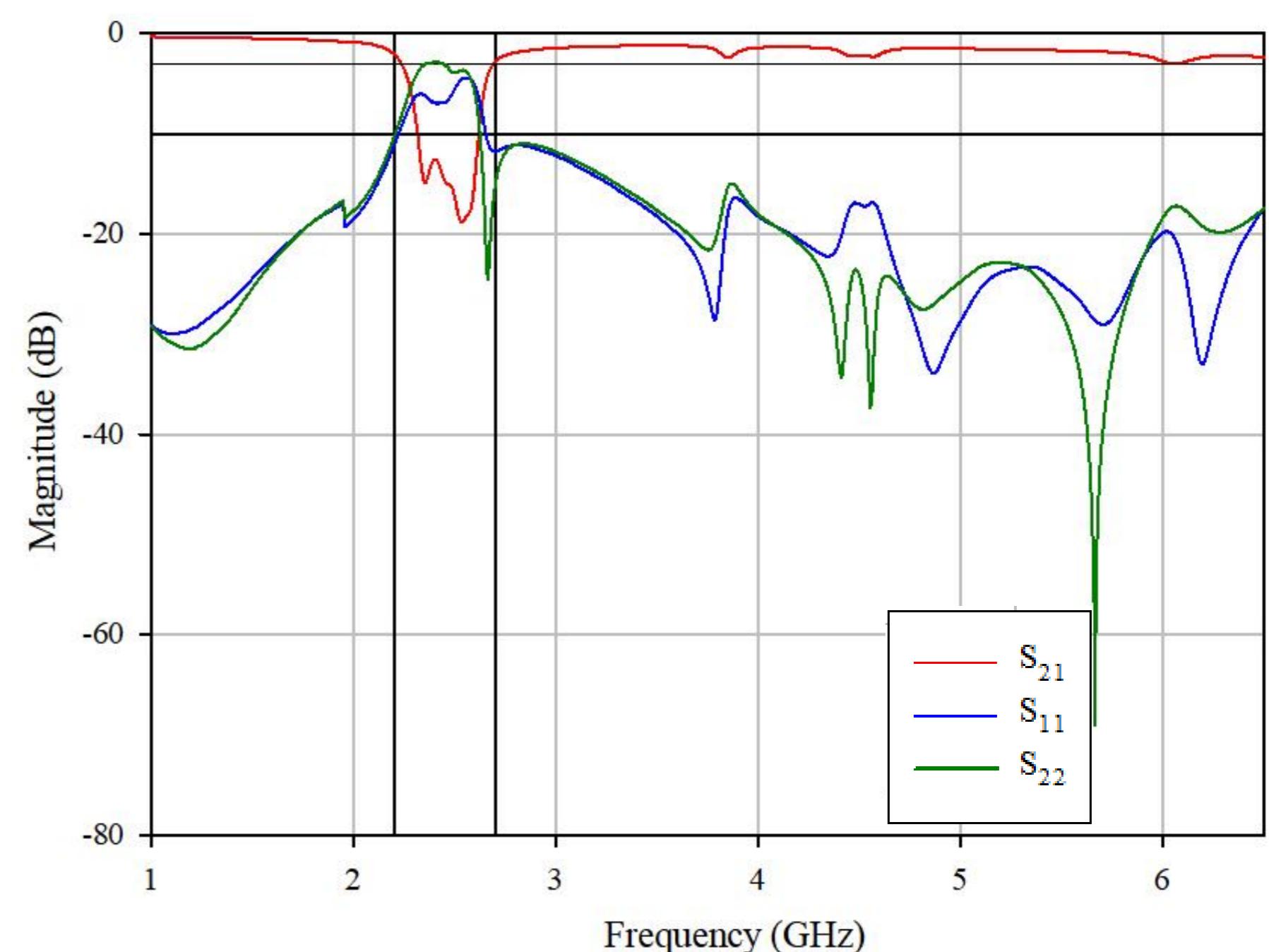
BUSRA OZTURK DOGANAY, OZLEM COSKUN, "Narrow-Band, Band-Stop Filter Designs with Different Numbers of L-Resonators", WSEAS TRANSACTIONS on COMMUNICATIONS, August 6, 2024.
M. Esmaeli, J. Bornemann, "Microstrip Bandstop Filters Using L-Shaped and T Shaped Resonators", Asia-Pacific Microwave Conference, 06-09 Dec, Nanjing, China, 2015.

模擬結果



	@2.2 GHz	@2.320 GHz	@2.638 GHz	@2.7 GHz
$S_{21} \cup S_{12}$	-2.3 dB	-10.016 dB	-10.432 dB	-2.9 dB
S_{11}	-14.7 dB			-15.6 dB
S_{22}	-14.2 dB			-17.8 dB
BW = 0.318 GHz ; $f_{max} = 6.558\text{ GHz}$; FOM= 2.085				

量測結果



	@2.2 GHz	@2.320 GHz	@2.638 GHz	@2.7 GHz
$S_{21} \cup S_{12}$	-2.088 dB	-10.056 dB	-10.070 dB	-2.9 dB
S_{11}	-11.161 dB			-11.811 dB
S_{22}	-10.338 dB			-15.650 dB
BW = 0.302 GHz ; $f_{max} = 6.04\text{ GHz}$; FOM= 1.824				

結論

本專題帶阻濾波器以實作展現大學專業科目-電磁學所學：以電磁學及電磁波學到的知識為基礎，理解文獻內容並根據電磁波學到的公式去推導如何調整可以達到我們專題的規格。最終整體電路以FR4板呈現，雖然因為板材的限制，整體電路面積在改良之後仍然有稍大的面積，最大頻率也只能做到6.5 GHz 上下，不過專題製作的時長僅有三個月，還有許多架構仍未嘗試，未來也可以朝如何利用SIR(Stepped-Impedance Resonator)獲得高頻表現。