

應用於 5G/6G 及毫米波頻段之圓極化手機天線陣列設計

Design of Circularly Polarized Mobile Antenna Array for 5G/6G and Millimeter-Wave Bands

指導教授：沈昭元 博士
學生：李承翰、劉力愷、蔡承恩

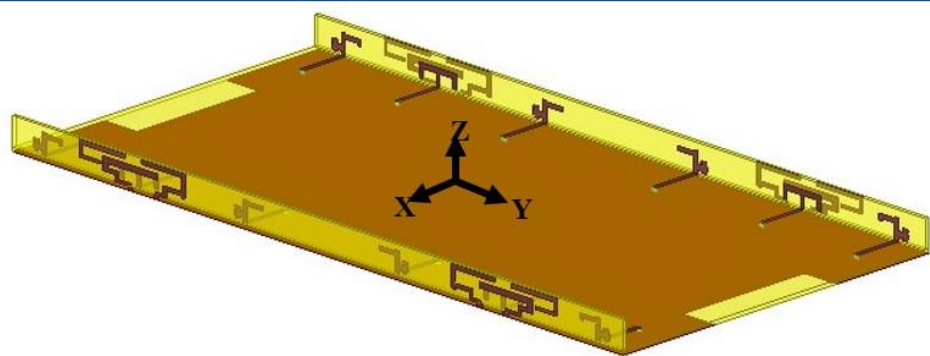


一、摘要

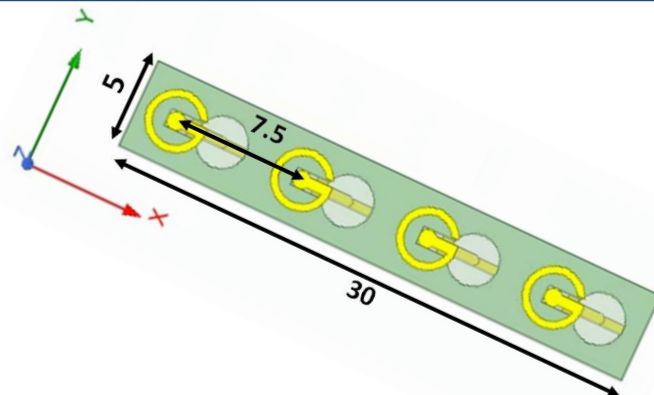
本專題提出一結合5G/6G頻段之12×12 MIMO天線與一支mm-Wave 1×4 圓極化天線，可應用於行動通訊智慧型手機。其重疊7.4-dB阻抗頻寬可完整涵蓋5G NR n77/n78/n79及5G NR-U n46/n96頻帶(3.3-7.125 GHz)與6G預計使用頻段(7-15 GHz)，mm-Wave 1×4 天線其10-dB阻抗頻寬為23.86-33.44 GHz，可滿足5G NR n257、n258 與 n261，且基板高度5.8mm，適用於現今主流之窄邊框曲面螢幕智慧型手機設計。

二、研究目的與方法

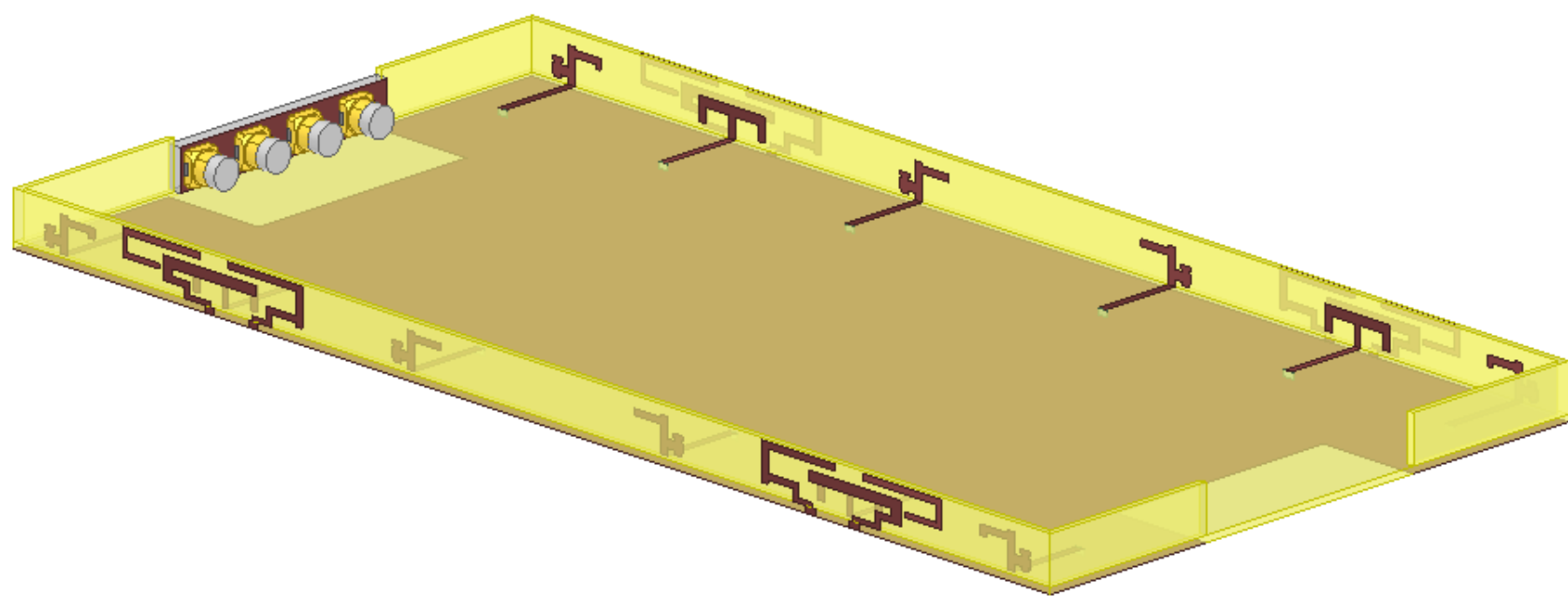
本研究的目的是針對5G與未來6G的通訊需求，設計一款能提升信號穩健性與抗干擾能力的多天線系統，另外針對毫米波高頻段特性，提出圓極化天線陣列設計，解決傳統線性極化天線在多重路徑損失與極化損失上的問題。研究方法包含天線模擬與實作，進行反射損耗、隔離度等參數分析，並驗證其效能，同時探討實作過程中的誤差來源及改進方向，以提供未來天線設計的參考依據。



5G/6G天線設計



圓極化毫米波天線設計



整體天線設計

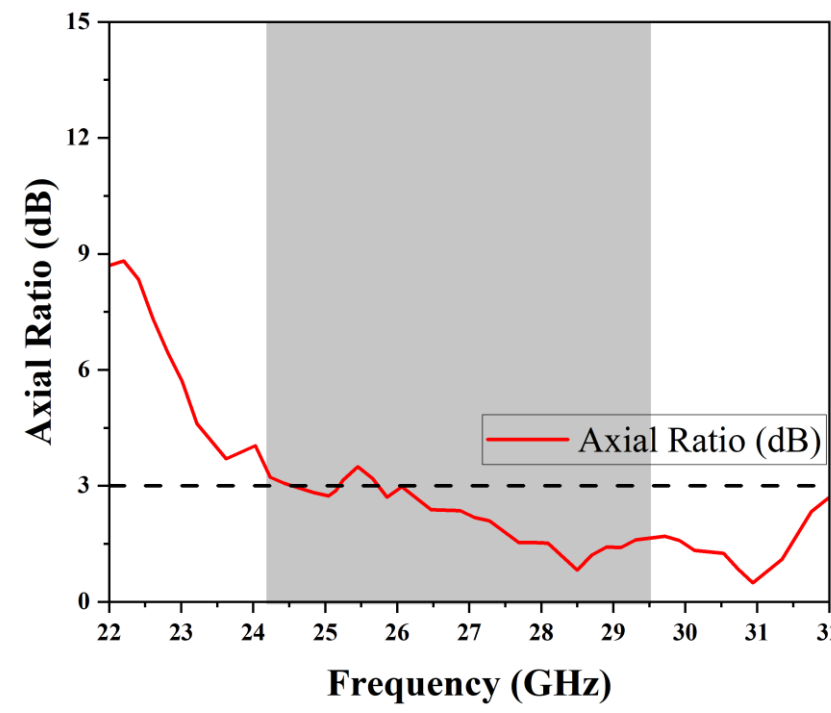
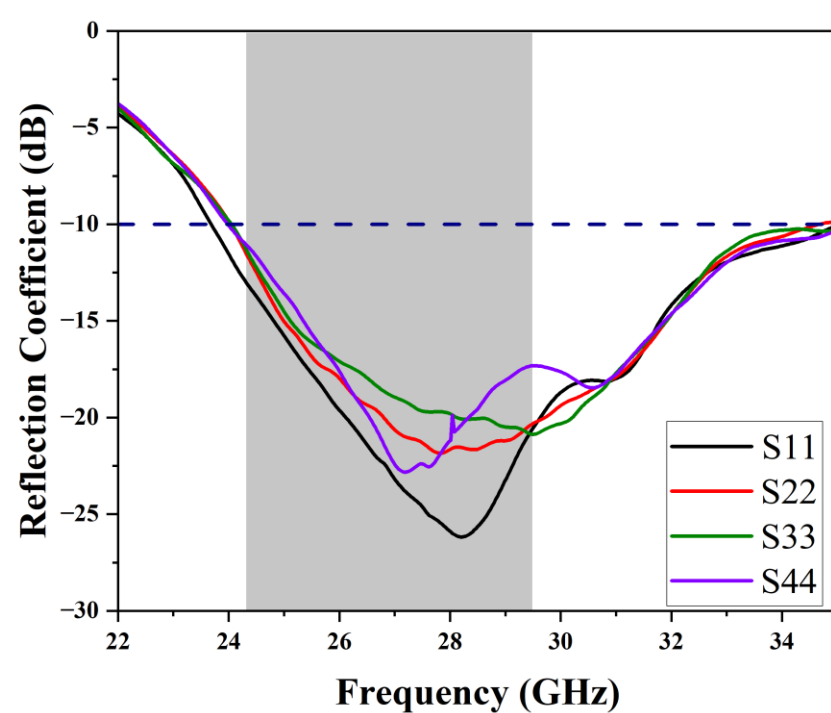
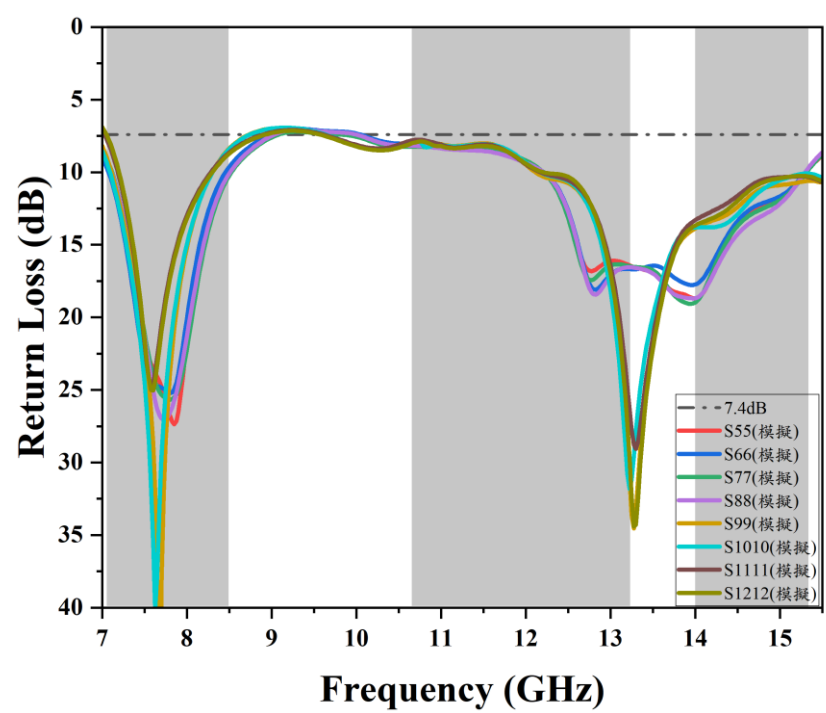
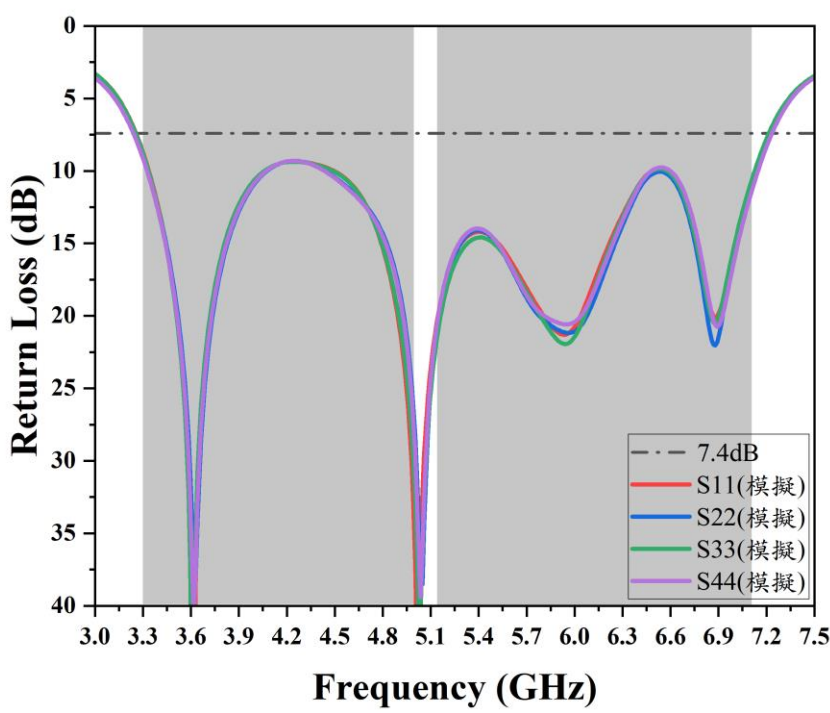
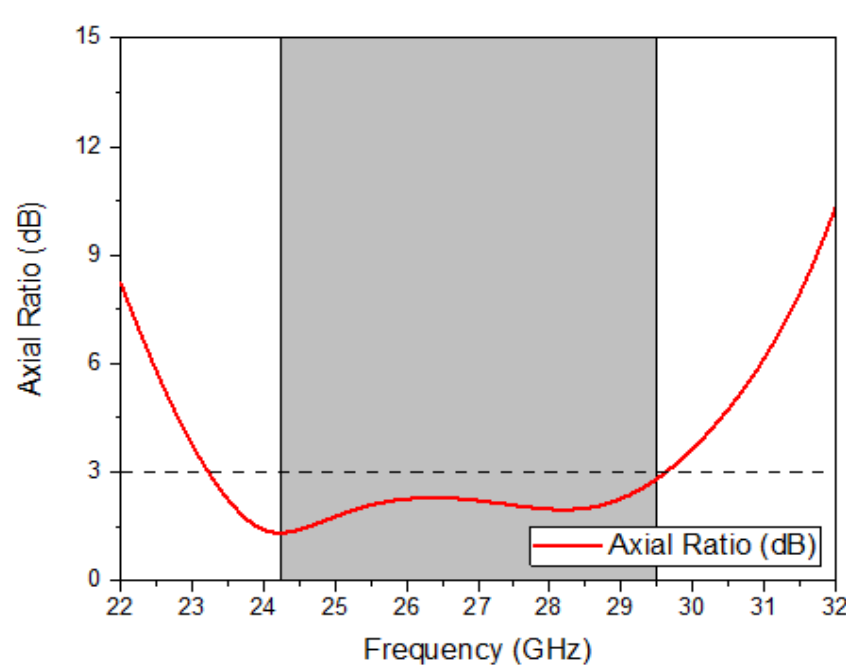
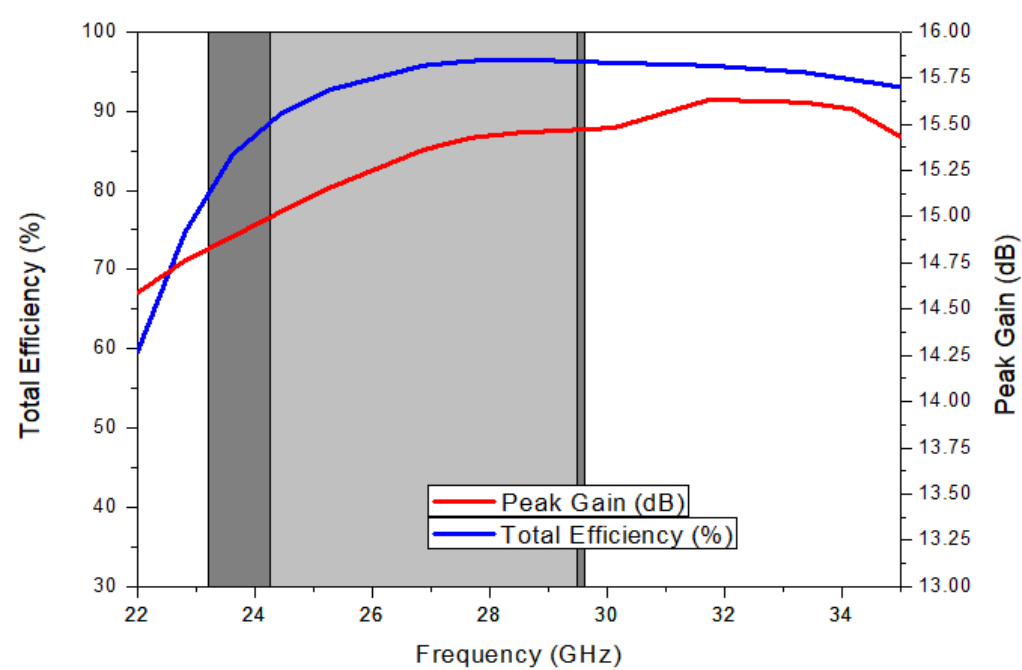
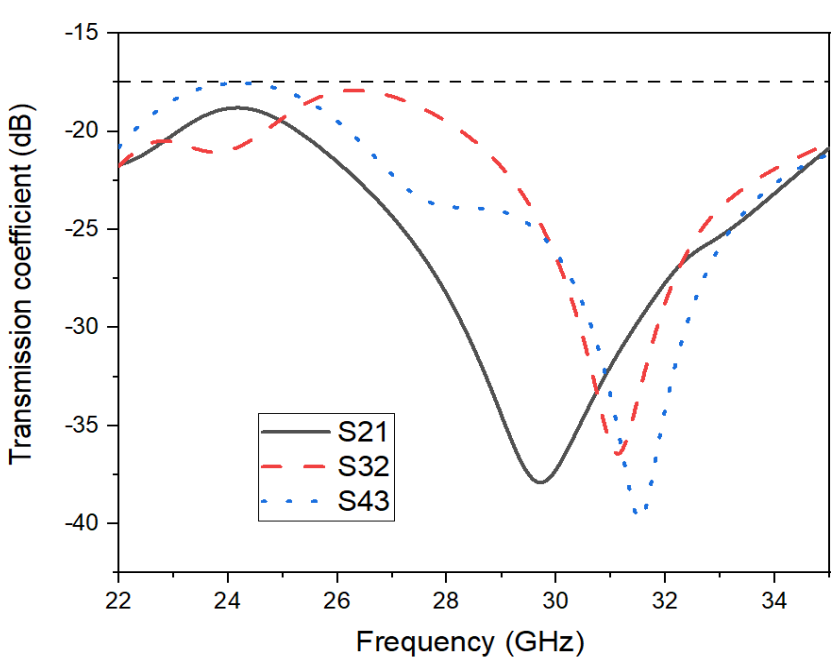
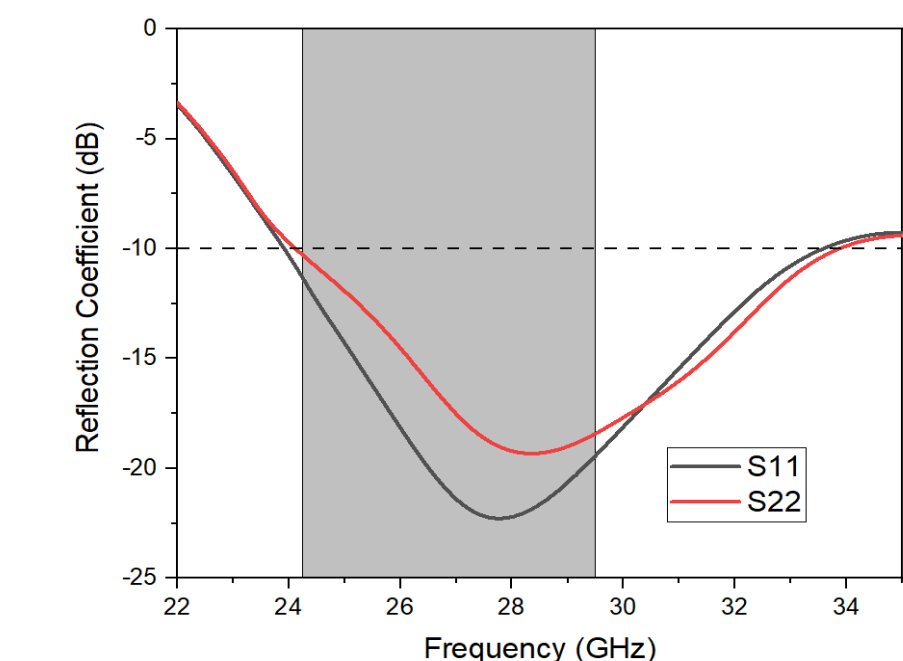
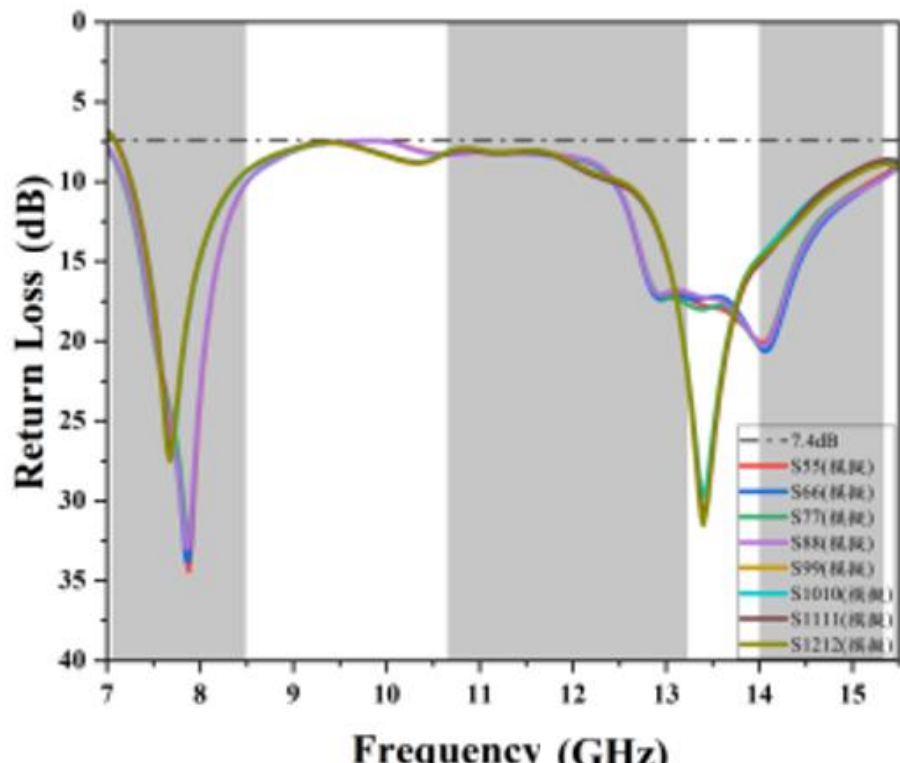
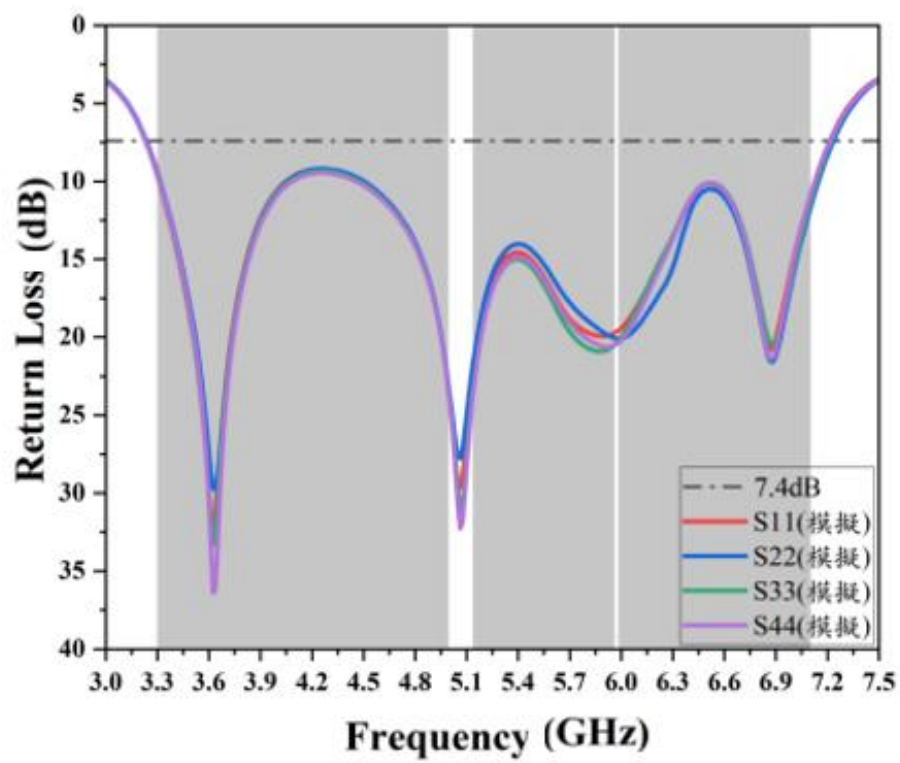
三、模擬結果

表一. 5G/6G天線各項特性模擬結果

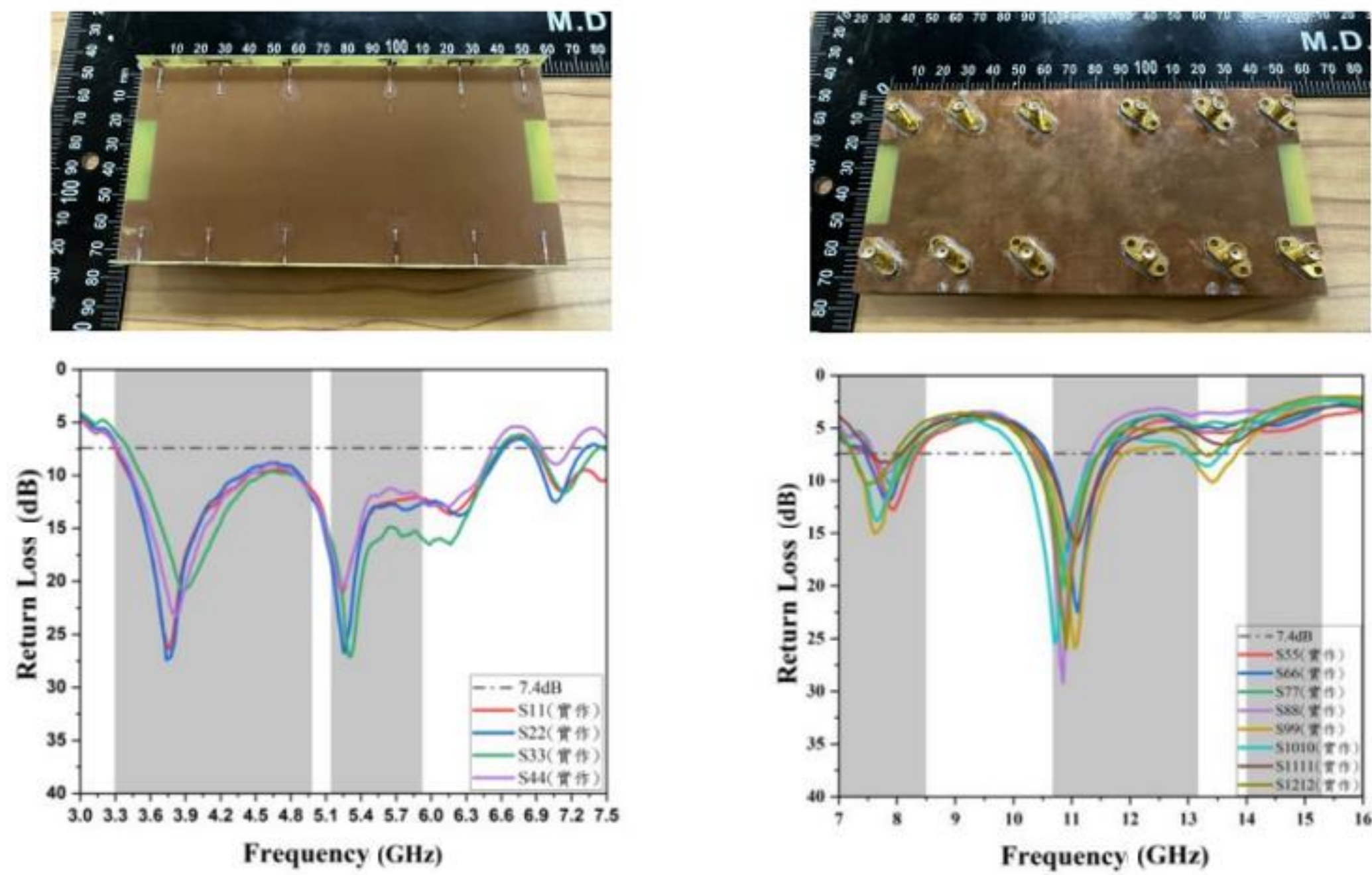
Antenna	Array	Size (mm ²)	7.4-dB Bandwidth (GHz)	Efficiency (%)	Gain (dBi)	ECC	Isolation (dB)
5G	4	26×5.6	3.23-7.21 (76.2%)	>50	>4	<0.035	>12
6G	8	7.2×4.3	7.09-15.97 (77%)	>60	>2	<0.025	

表二. 圓極化毫米波天線各項特性模擬結果

Antenna	Size (mm ³)	10-dB Bandwidth (GHz)	Efficiency (%)	Gain (dBi)	3-dB軸比頻寬 (ARBW)
single	5×7.5×1.575	23.86-33.44 (34.21%)	>90	>9.5	23.05-30.13 GHz (25.28%)
1×4	5×30×1.575	24.12-33.57 (34.1%)		>15	23.22-29.63 GHz (22.8%)

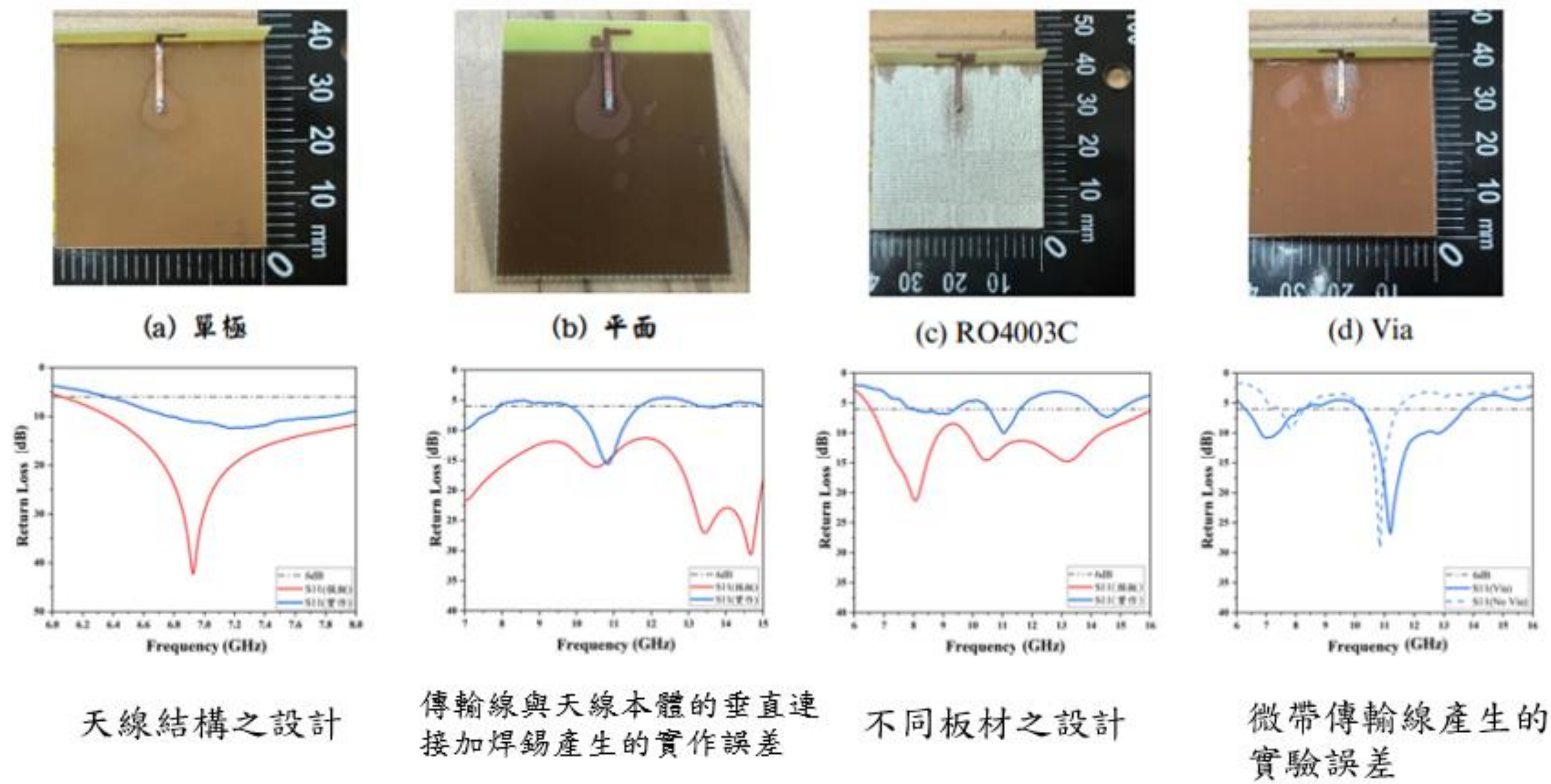


四、實作結果



由於校內只有網路分析儀可以測量，故只針對 S 參數進行討論，測量時將非測測的天線接上50Ω負載。在反射損耗的部分可以發現頻率越高時與模擬的參數誤差越大，不過在頻率低於 6.5 GHz 的部分還是有整體大於 7.4-dB 的表現，完美包覆至 n46 頻段，而在6G天線的反射損耗實作結果中可以觀察到在高頻中整體的匹配不佳，但八支實作的曲線相近，證明此設計是一個穩定的結構，另外因實作誤差，可能是焊錫導致11 GHz的諧振點匹配變得比模擬結果更佳。因為此反射損耗的實作結果與模擬結果相差太多，因此以下介紹探討誤差來源的方法以及提出最有可能的解決方案。

誤差探討



天線結構之設計 傳輸線與天線本體的垂直連接加焊錫產生的實作誤差 不同板材之設計 微帶傳輸線產生的實驗誤差

五、結論

本專題提出一結合5G/6G頻段之12×12 MIMO天線與一支mm-Wave 1×4 圓極化天線。毫米波1×4陣列天線之模擬10-dB阻抗頻寬為24.12-33.57 GHz (34.1%)，增益高於15 dBic，效率超過90%，並在軸比頻寬與阻抗頻寬皆能涵蓋5G NR Band n257/n258/n261頻段。另外於12×12 MIMO天線在5G頻段之模擬7.4-dB阻抗頻寬為3.23-7.21 GHz (76.2%)，效率大於50%，增益超過4 dBi，於6G頻段之模擬7.4-dB阻抗頻寬為7.09-15.97 GHz (77%)，效率大於60%，增益超過2 dBi，且兩頻段隔離度皆大於12 dB，ECC低於0.035。綜合以上所述，本專題可應用於行動通訊智慧型手機，並為通訊天線技術提供新突破。

六、成本評估

	時間	成本
5G NR n257/n258/n261 毫米波頻段圓極化手機天線陣列		
製作前預估	30天	0
實際完成後	60天	0
5G/6G頻段之12×12 MIMO天線		
	時間	成本
製作前預估	30天	1055元
實際完成後	60天	2370元