

Wi-fi 在特定方向增加傳輸距離

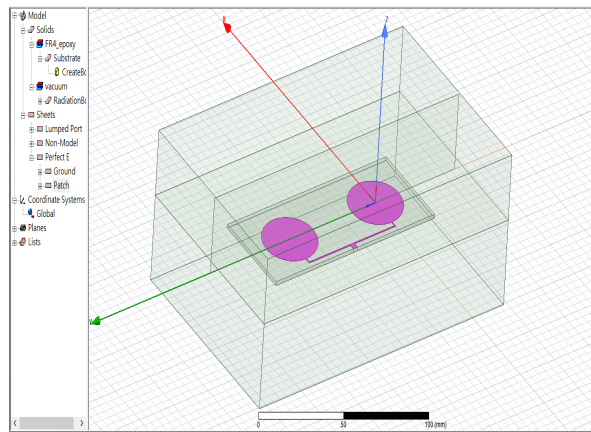
陳慶燁、石萃源、鄭琮寶

主要目的為增強天線在特定方向之強度，透過物理模型設計簡易的天線電路，然後藉由模擬軟體模擬(HFSS)，並觀察各物理參數對天線在特定方向之增強變化，藉此盡可能找出增強特定方向之理想天線模型。

設計與模擬

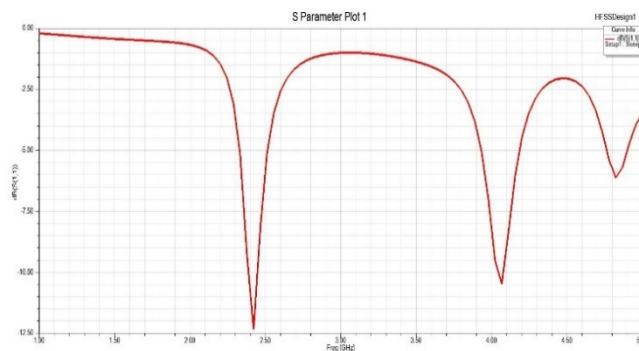
模型一

透過設計兩個圓盤的天線電路，如圖一，模擬兩個圓盤將電磁波打出，再經由干涉作用後是否達到天線增強的效果。經由模擬計算後，可以得知確實有增強，然後透過調整線寬來控制天線阻抗大小，調整其大小使其與激發源的 50 Ω 有阻抗匹配，再透過設計電路布線的位置，並且以不重疊為基本原則，藉此來決定天線寬以及激發源的位置。



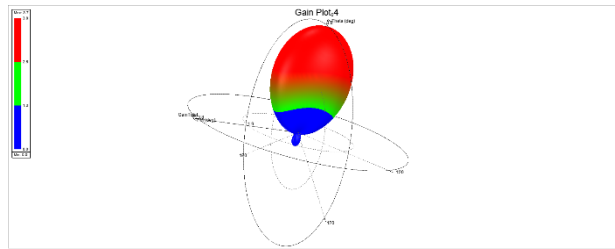
圖一、天線模型

由圖二可以看出確實在 2.4GHz 的訊號量測 S11 參數，這表示由 port 1 打出的訊號再由 port 1 測量其大小大約為 -12.5dB，4.1GHz 和 4.8GHz 也有類似的 peak，大小分別為 -10.5dB 和 -6dB。



圖二、S11 參數

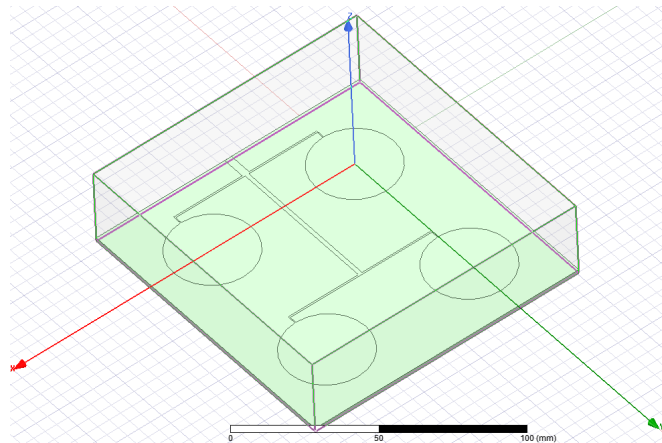
由圖三可知，以激發源為中心，可以得到在各方向的增益強度，可以看出其增益集中在兩圓盤中間，最強增益值為 3.8。



圖三、3D 增益圖

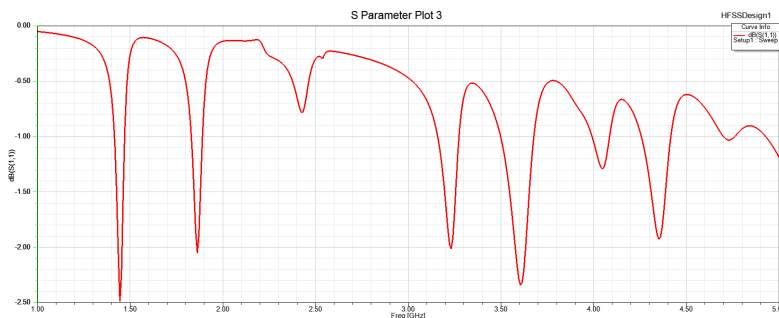
模型二

模型二與模型一之設計理念大致相同(走線不重疊、阻抗匹配……)如圖()所示，較為不同處為其 patch 數目增加為 4 個，嘗試著模擬並探討其模擬後之各頻段 S11 值以及各方向上之 Gain 並與模型做比較



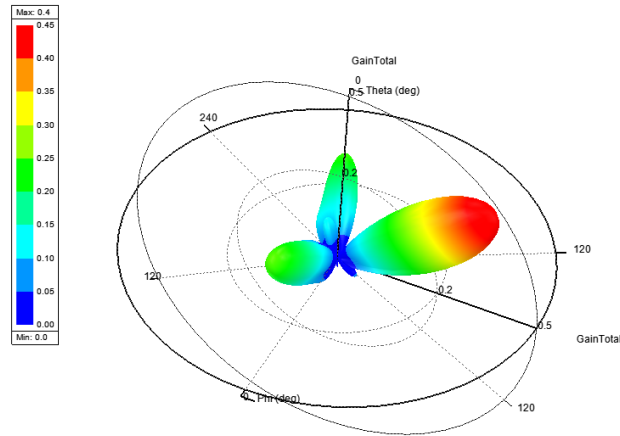
圖四 four patch

從圖五中可以看出在頻率為 2.45GHz 時的頻率的確有些微的 peak 產生其 dB 值約為 -0.6dB 反而是在其他 peak 上有更大的 dB 值



圖五 s-parameter of four patch

由圖六可知，以激發源為中心，可以得到在各方向的增益強度，可以看出其最強增益集中在兩圓盤中間且 θ 約為 45 度，而最強增益值約為 0.5。



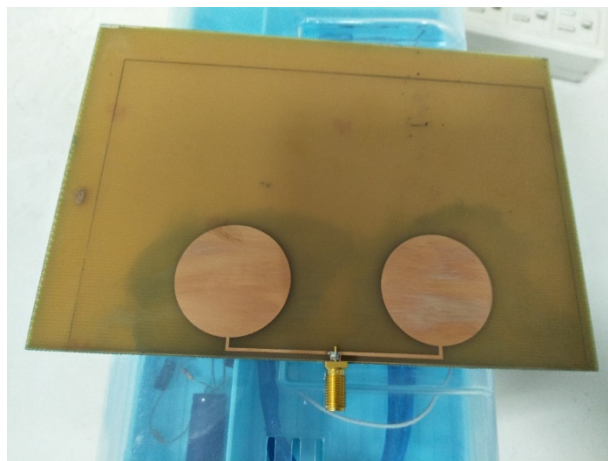
圖六 3D gain

模型小結論

從上述的兩個模型中，模型一在 wifi 頻率 2.45GHz 的頻率上之 S11 參數的 dB 值較大，且最大增益值也是模型一為最大，因此我們採用模型一作為本次天線製作之模型

製作

經由曝光、顯影和蝕刻後可以製作出我們模擬畫出的天線，但是因為製成的過程包含許多因素，包括光阻層的材料、蝕刻的時間，溫度和蝕刻液的濃度都會影響製作樣品的結果，將洗出來的電路板再用游標尺量測後得到線寬為 0.81mm，誤差為 13.5%，再帶回由電腦計算此時傳輸線阻抗為 95Ω ，而圓半徑為 34.53mm。



圖七、成品

測量

一、 測量方法

利用 VNA(向量網路分析儀)打出高頻率的電磁波並接收(儀器架設如圖()所示)，因為 wifi 頻率約為 2.45GHz，因此將測量範圍定在 1GHz~5GHz，將量得的數據點和模擬圖做比較可以得到圖九。

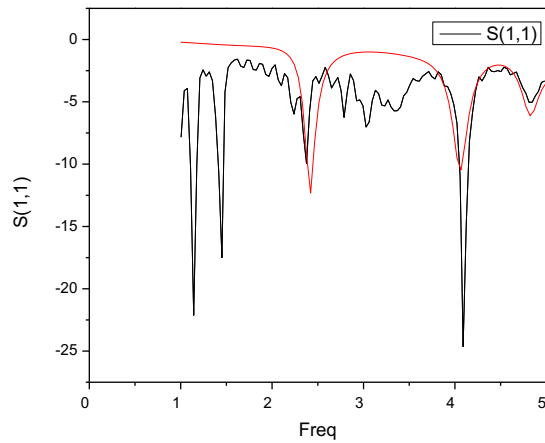


圖八、量測情形

二、 測量參數與模擬比較

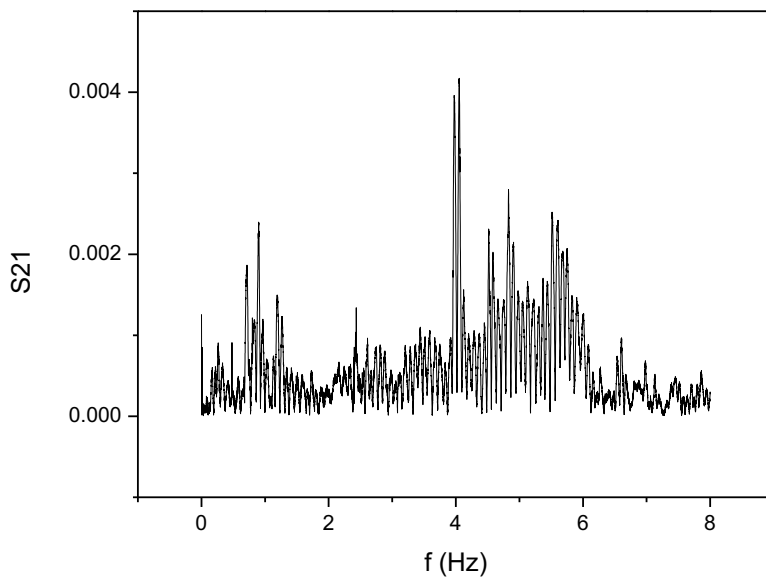
1.S11

從圖九量測和模擬 S 參數比較圖可以知道所測得的 S11 參數之趨勢與模擬(紅線)之趨勢吻合，且在 Wi-Fi 頻率 2.40GHz 出現一個 peak，代表天線在此頻率時訊號可以確實穿透。在設計與模擬的部分有說明希望能做出穿透率最高是在頻率 2.45GHz 時，但是成品卻往左偏到 2.4GHz，那是因為原本希望成品線寬要是 0.7mm，但是因為在洗電路板的過程中我們沒有去中間過程的參數，如曝光時間、溫度、蝕刻液濃度等…。



圖九、量測和模擬 S 參數比較圖

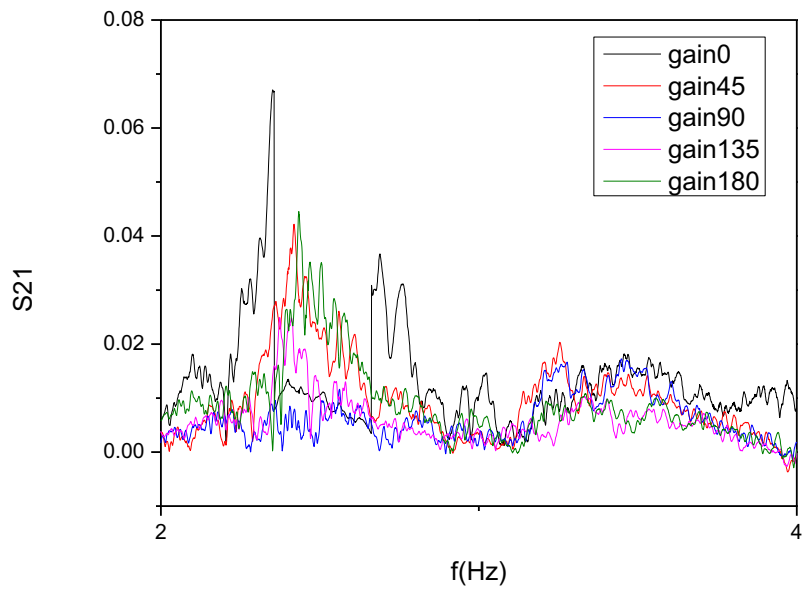
在量測 S21 前，先不接上天線，然後量測環境對接收天線收到的訊號，如圖十，之後量測到的數據都會先把每個頻率對到的背景雜訊減去。



圖十、天線量得的周圍雜訊

2. ϕ 角

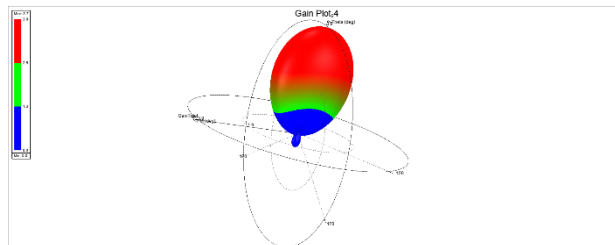
透過調整天線不同的角度參數來測量得到圖十一、圖十二和圖十三中，可以得知不同角度下在頻率為 2.45GHz 的天線增益，在天線角度為 0 度時之天線增益值為最大，與圖十二之模擬的趨勢相符，天線角度為天線平面之法向量之 ϕ 角如圖十三所示，其峰值不知道為甚麼在轉不同角度時會有偏移的現象，但是在 2.35GHz 到 2.45GHz 這個頻率範圍內，從表一中可以看出當 90 度時有最小的增益，並且在 0 度時增益最大。



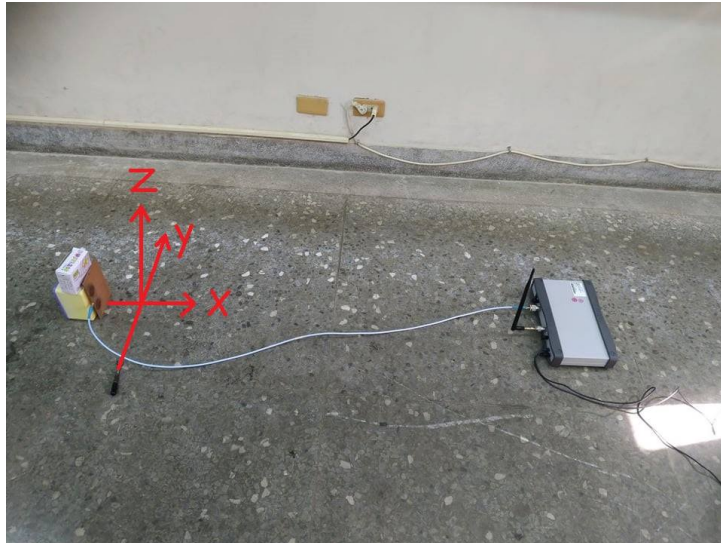
圖十一 量測增益圖

表一、各個角度在 2 到 4GHz 之間的最大值

角度	0	45	90	135	180
增益	0.06026	0.04221	0.0045	0.02477	0.04455



圖十二、3D 增益圖



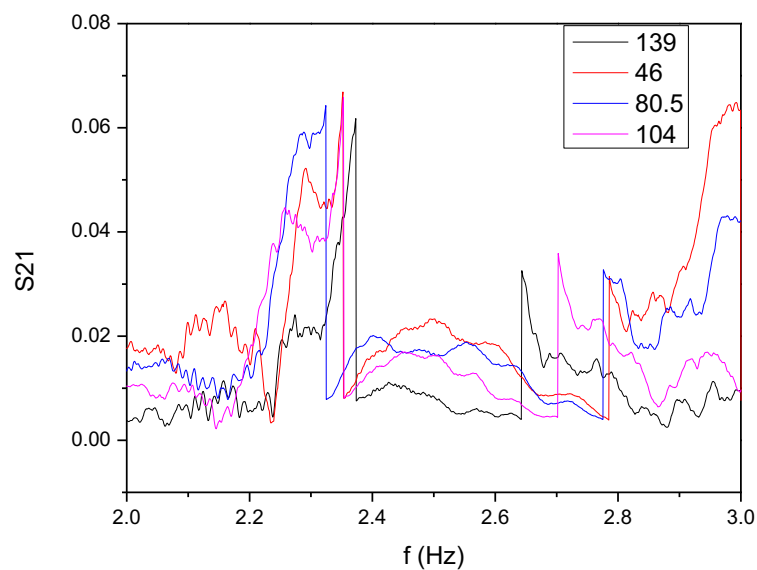
圖十三、量測座標

3.距離

透過調整天線不同的距離參數來測量得到圖十四，可以得知不同距離下在頻率為 2.45GHz 的天線 S21 值，原本的假設其形式會如球面波，其強度會隨著距離變大而有距離平方分之一的衰減。因此我們把在 46cm 時量得的強度當作是標準，做出表二，但是會發現其強度並沒有照理論值做衰減。只有趨勢相符合，並且在天線距離為 46cm 時之天線 S21 為最大，表示越靠近確實強度越強。

表二距離在 2.35GHz 到 2.45GHz 之間的最增益比較值

距離	46	80.5	104	139
理論強度	1	0.326	0.196	0.101
實際強度	1	0.93	0.88	0.98



圖十四、S21 對頻率，每條線分別改變不同的頻率

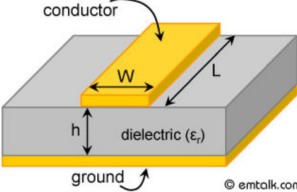
結論

由模擬可知我們所設計之天線電路，在 wifi 頻率 2.45GHz 下之 S11 會產生極值，且角度在零度時有最大增益，因此在特定方向確實有增強的效果。測量 S11、S21 不同的物理參數來實現模擬的結果達成原訂的目標，但因環境因素還是會有些微的差異。另外測量距離與接受訊號強度關係，發現距離越短，接受信號強度越強，並無特定距離會有特定增強的現象。

附錄:

<http://www.emtalk.com/mscalc.php>

計算線寬:



© emtalk.com

Substrate Parameters

Dielectric Constant (ϵ_r):	4.4
Dielectric Height (h):	1.6 mm
Frequency:	2.4 GHz

Electrical Parameters		Physical Parameters	
Zo:	100 Ω	Width (W):	0.70918453253 mm
Elec. Length:	62.5 deg	Length (L):	12.4859893844 mm