

# 2.4GHz WIFI 天線的設計與量測

陳法綸、蕭琲臻

## 一、原理簡介：

### (一) 天線簡介：

圖 1 是微帶天線示意圖，由可導電的接地面、介電質基板以及輻射 Patch（微帶傳輸線）組成，其中  $\epsilon_r$  是基板的相對介電係數、 $h$  為基板高度、 $W$  和  $L$  為 Patch 的寬度和長度。接地面和 Patch 兩金屬導體間存在電壓和阻抗時會產生電磁場，因此天線可以發射和接收無線電波訊號。

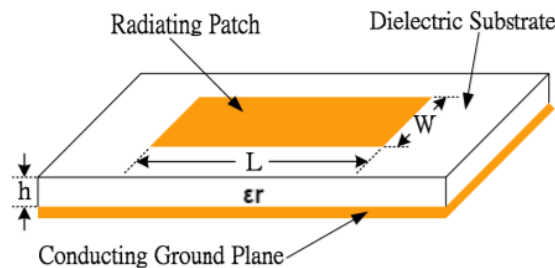


圖 1、微帶天線示意圖

### (二) 實驗目標：

設計 2.4GHz WIFI 天線，認識微帶傳輸線模型，學習使用 HFSS 模擬軟體、AutoCAD 以及電路板實作。

### (三) 名詞解釋：

#### 1. S parameter：

即散射參數（scattering parameter），S 參數 =  $\frac{V_{out}}{V_{in}}$ ，可以使用向量網路分析儀（VNA）測量，VNA 有兩個端口 Port 1、Port 2，可以寫出  $2 \times 2$  的 S 參數矩陣

$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix}$ ，其中 Port 2 匹配時  $S_{11}$  是 Port 1 的反射損失， $S_{21}$  是增益（饋入損失），代表從 Port 1 輸入、Port 2 輸出，如圖 2 所示。

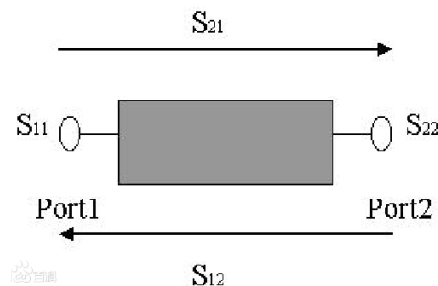


圖 2、S 參數示意圖

## 2. 向量網路分析儀 (VNA) :

包含訊號源跟接收器，從 Port 1、Port 2 輸入輸出訊號，接收器接收訊號後結果會傳到外接的電腦上，如圖 3 所示，VNA 可用來量測 S 參數。

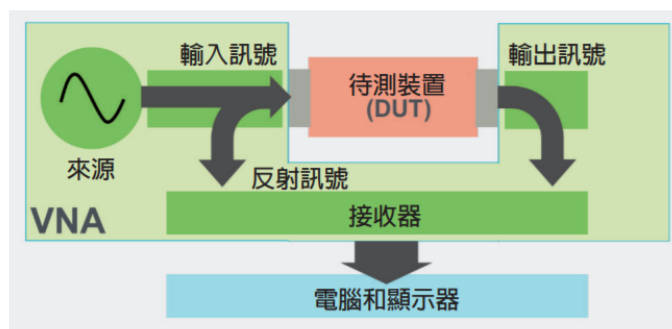


圖 3、VNA 運作示意圖

## 3. 阻抗匹配 :

主要用於傳輸線上，當負載阻抗等於傳輸線的特徵阻抗時達到阻抗匹配，此時幾乎不會有訊號反射回訊號源處，此專題特徵阻抗為  $50\Omega$ 。

## 4. Wi-Fi :

是一種無線區域網路技術，又稱行動熱點，其覆蓋範圍有限，絕大多數國家通用 2.4GHz 的頻段。

## 二、實驗方法 :

實驗流程如下 :



圖 4、實驗流程圖

(一) 樣品設計 :

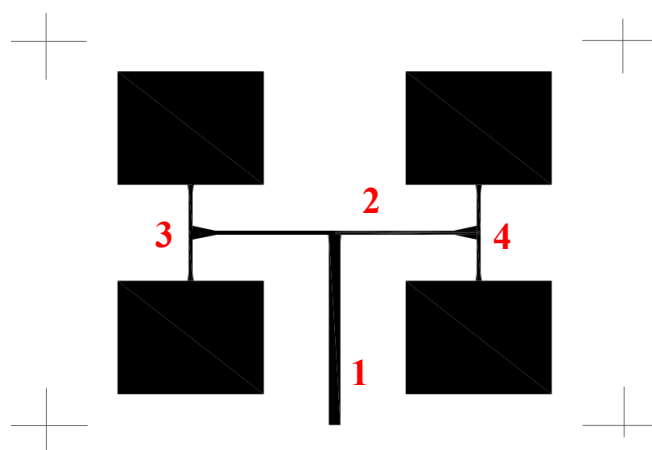


圖 5、樣品設計圖

使用 AutoCAD 繪出圖 5 的樣品設計圖，其中板子尺寸是  $150\text{mm}\times 100\text{mm}$ 、板子厚度  $1.6\text{mm}$ 、四個 Patch 的尺寸皆為  $38\text{mm}\times 29.5\text{mm}$ 。四條傳輸線如圖 5 編

號 1 到 4，第 1 條寬約 3.08mm ( $50\Omega$ )，和第 2 條的連接處增寬為 3.58mm ( $45.6\Omega$ )；第 2 條寬約 1.14mm ( $82.9\Omega$ )，和第 3 跟 4 條的連接處增寬為 3.63mm ( $45.2\Omega$ )；第 3 跟 4 條寬約 1.14mm ( $82.9\Omega$ )，和 Patch 的連接處增寬為 1.8mm ( $67\Omega$ )。畫好設計圖後印成光罩圖。

(二) 電路板製程：

將光罩圖跟電路板放在一起曝光 65 秒後，將電路板放進顯影劑裡顯影，然後放入蝕刻液等 50 分鐘左右拿出，再用酒精把剩下的光阻擦掉，最後焊接上天線接頭。圖 6 是成品的正背面。

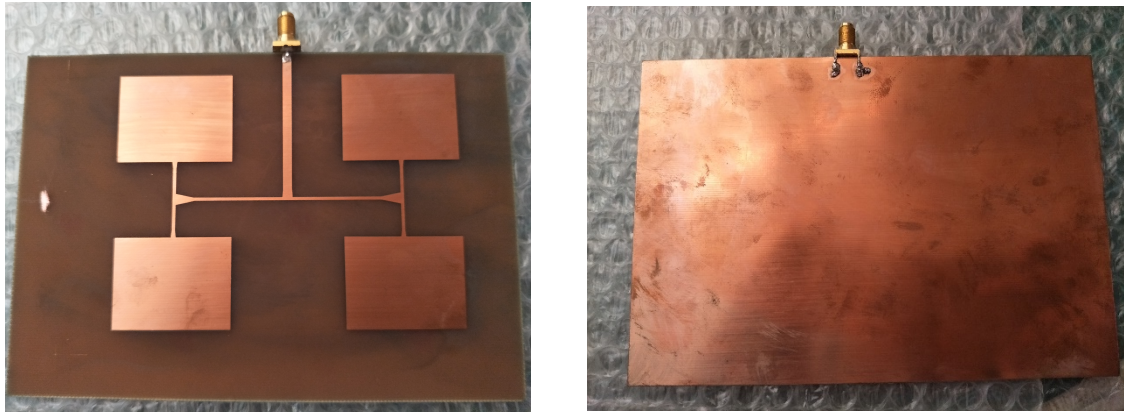


圖 6、天線成品

(三) 量測：

圖 7 是量測架設圖，把 VNA 接到另一台電腦，天線成品跟另一支天線接到 VNA 的兩個端口就可以開始測量  $S_{11}$  和  $S_{21}$  了。天線成品跟接收天線相距 130cm。



圖 7、量測架設圖

### 三、實驗數據：

(一) 反射損失：

經過 HFSS 的模擬，得到此天線反射損失最小的頻率分別為 2.2GHz (-9.7dB)、3.6GHz(-11.9dB)、4.6GHz(-17.8dB)。VNA 實際測量後，得到此天線反射損失最小的頻率分別為 2.4GHz(-8.0dB)、3.7GHz(-17.6dB)、4.7GHz

(-19.5dB)。兩者比較如圖 8。

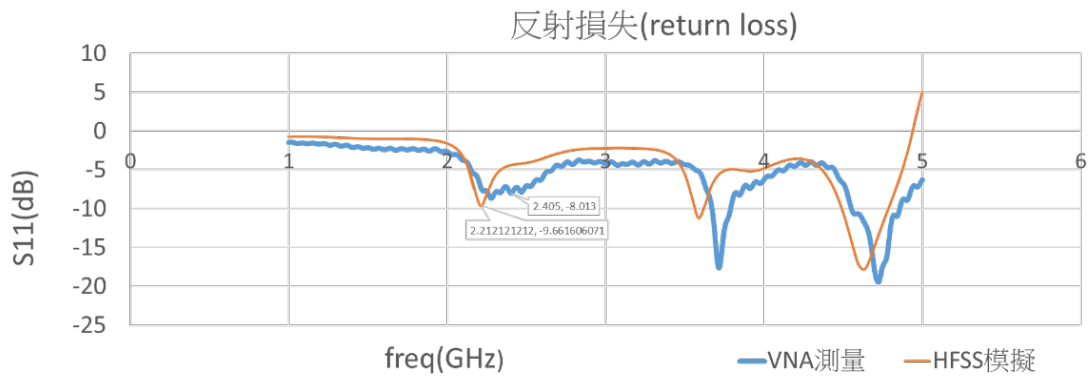


圖 8、S<sub>11</sub> 對頻率圖

(二) 天線指向性：

使用 HFSS 模擬 2.4GHz 時，天線天頂角的指向性，其增益值最大的位置為 45 度(3dB)，如圖 9。VNA 實際測量後得圖 10，發現的確 45 度角(S<sub>21</sub>=-30.6dB)的饋入損失比 0 度(S<sub>21</sub>=-32.7dB)及 90 度角(S<sub>21</sub>=-42.5dB)來的大一些。比較各角度在 2.4GHz 之頻寬 $\Delta f(S_{21}>-45\text{dB})$ ， $\Delta f_{45}\approx 0.8\text{GHz}$ 、 $\Delta f_{90}\approx 0.4\text{GHz}$ 、 $\Delta f_0\approx 0.2\text{GHz}$ 。得到天頂角 45 度處，此天線發射的訊號頻寬最大。

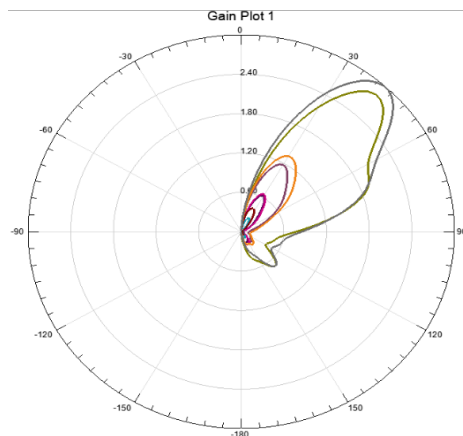


圖 9、增益模擬

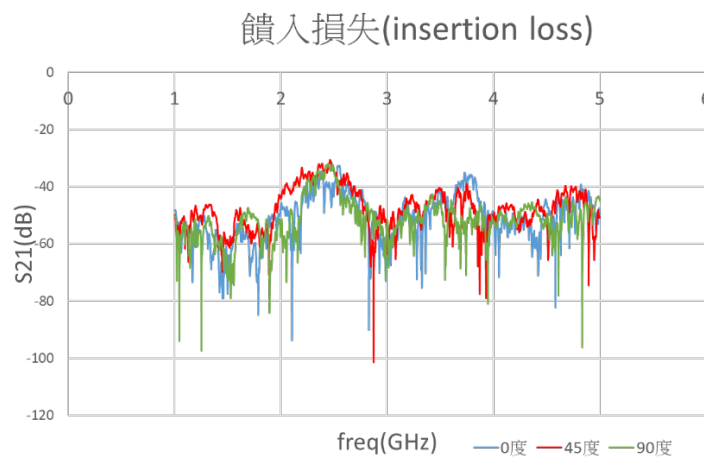


圖 10、各角度量測的 S<sub>21</sub>

## 四、實驗分析：

用 VNA 所測量得到的結果與電腦模擬的差不多，在 2.4GHz~2.5GHz 頻寬範圍的 S11 都有吸收。實際由 VNA 測量到的頻寬比模擬的還要寬，更適合做為 WIFI 天線使用。

HFSS 模擬得到的天線遠場增益大約有 3dB，此增益值是以等向性發射天線在任一方向上的輸出功率為標準：

$$G = 10 \log \frac{P}{\left(\frac{P_0}{4\pi R^2}\right) \times A_e} \quad (1)$$

- ❖ P 為接收天線的輸入功率
- ❖ P<sub>0</sub> 為發射端的輸出功率
- ❖ R 為接收天線與發射天線間的距離(=1.3m)
- ❖ A<sub>e</sub> 為接收天線的有效面積(=0.0037m<sup>2</sup>)

經過估算， $S_{21} = 10 \log \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{P_0}} \approx -17.3(dB)$ 。實際測量的 S<sub>21</sub> 只有 -30.6dB，比一開始預估值少了 13.3dB。

## 五、結論：

我們的目標是設計能夠發射 2.4GHz~2.5GHz 的 WIFI 天線，這次設計的天線在製程過程中，尺寸與原先設計有些誤差，並且測量過程中受到空間大小、及周圍環境的金屬材質影響，導致增益上的表現不理想。但是在頻寬上的表現比模擬預期的還要好，傳輸訊號使用的頻寬越寬，代表能傳輸的資料量也比較多，品質較好。

## 六、Reference：

(一) Patch 天線設計 (圖 1)

<http://120.101.8.4/lyhsu/post/..%5Cdatabase%5Cgrade%5C%E9%82%B1%E5%BB%BA%E6%96%87%5CCh4-Patch%E5%A4%A9%E7%B7%9A%E8%A8%AD%E8%A8%88.pdf>

(二) S 參數 (圖 2)

<https://baike.baidu.com/item/S%E5%8F%82%E6%95%B0>

(三) VNA 基礎介紹，洛克儀器股份有限公司 (圖 3)

<http://www.lockinc.com.tw/upload/files/201705191509040.pdf>

(四) HFSS 仿真 2x2 線極化矩形微帶貼片天線陣

[http://www.mweda.com/HFSS/923\\_4.html](http://www.mweda.com/HFSS/923_4.html)