

國立台北科技大學電子工程系109年度

實務專題成果報告書

整合至自偏壓收發機模組的透明基板天線

專題執行期間：110年2月22日起至110年5月13日止

電子三丙107360709黃旭邦

電子三丙107360734游鎮遠

電子三丙107360707李俊毅

電子三丙107360741李彥霖

陳晏笙 教授

中華民國 110年 5月 13日

摘要

本專題以 Monopole 天線外型為基礎，設計並製作一款可基於透明基板上之天線，並於天線中預留足夠的空間讓太陽光通過，使位於下方的太陽能板能提供電力驅動藍牙模組，藍牙模組則透過此天線於2.4GHz~2.48GHz 的 ISM 頻段傳輸訊息，完成自偏壓之收發機模組。

欲設計出能使陽光順利通過的天線，經由本組研究後決定採用玻璃作為天線之基板。由於玻璃基板無法使用一般常見的銅蝕刻技術製作天線，因此本次專題之透明基板天線是運用到奈米噴印技術所印製而成，相較於傳統利用銅蝕刻技術製作之天線，此技術能選用多種不同材質的墨水作為天線上之導體，並且能噴印在如玻璃等基板的表面。本專題採用的方案，是以奈米銀為導體印製於玻璃基板，使太陽光能穿透天線的網格與透明基板，到達太陽能板以提供收發機模組所需的電力，而銀具有良好的導電能力，能做為天線的導體材質。

將透明基板天線連接到藍牙模組後，能順利與手機的應用程式通訊，同時天線下方的太陽能板也能正常運作，轉換太陽能為電力並儲存至鋰電池中，以提供 Arduino 藍牙模組持續運作所需能源。

關鍵字：透明基板天線、奈米噴印技術、奈米銀、藍牙模組、太陽能板

壹、專題簡介：

近年來 IoT 蓬勃發展，許多裝置都有通訊的需求，然而這些裝置也必須有能源供應才能運作，如果在社區大樓或住家，供電問題是非常容易解決的，不過要是場景切換到戶外，許多裝置的實用性就會大幅下降，例如環境感測網路等等，於是本專題欲將供電及通訊整合為一個模組，如此便可有效解決戶外裝置的可用性問題，且不必使用消耗性資源作為發電來源，而是運用太陽能當作供電的方式，還可以兼顧環境永續議題。

本專題為了整合供電與通訊模組，決定採用透光玻璃作為天線的基板，並印刷具有網格之天線於其上，再將此天線置於太陽能板上，如此整合之後，可以縮小整體收發機裝置的總體積，並且不需要額外供電，以穿透天線之陽光為太陽能板充電，就能於戶外場所長時間傳輸訊息，達成節約能源的目標。

貳、研究方法：

本專題預期製作出基於透明基板的可透光天線。首先使用 HFSS 軟體進行模擬，再操作奈米材料噴印機進行實作，共噴印兩片天線，分別用於測試參數和整合至 Arduino 藍牙模組與太陽能板測試實際使用效果。

一、HFSS 模擬

HFSS (High Frequency Structure Simulator)為一款電磁模擬軟體，廣泛用於天線領域的設計，本專題使用其作為預先模擬，繪製天線外型及觀察參數。

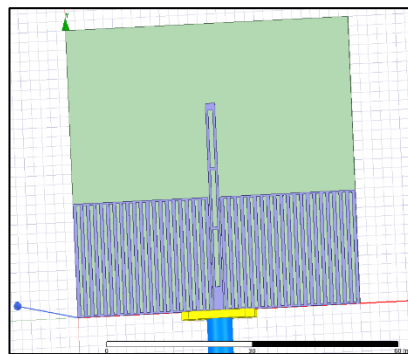
● HFSS 使用流程大致如下：

(一) 設定基板參數

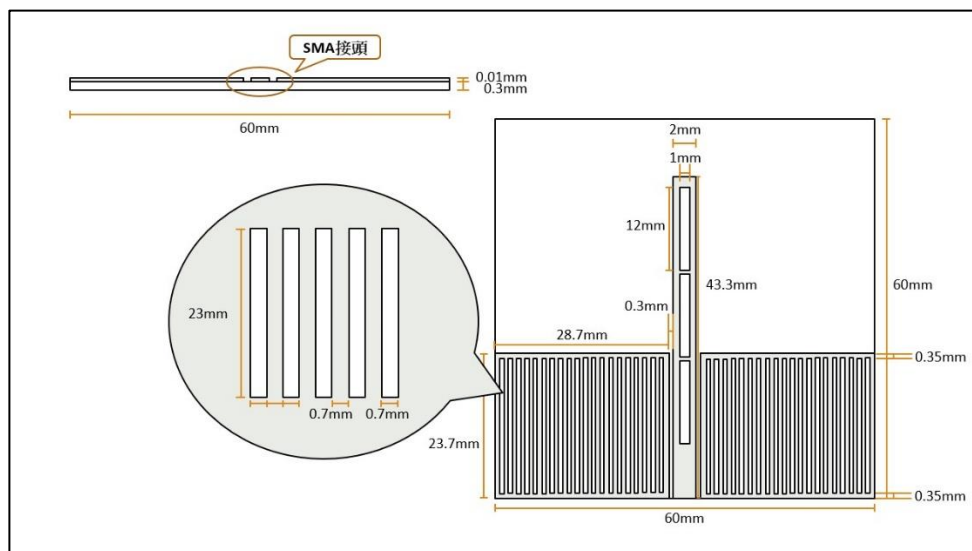
本專題使用0.3mm的透明玻璃基板，其介電係數為6.4，介電損耗為0.012。

(二) 繪製導體範圍

本專題使用奈米銀作為導體。以傳統 Monopole 天線外型為基礎，於導體中取出透光間距(圖1)(圖2)。經反覆修正，最終採用結果如下。



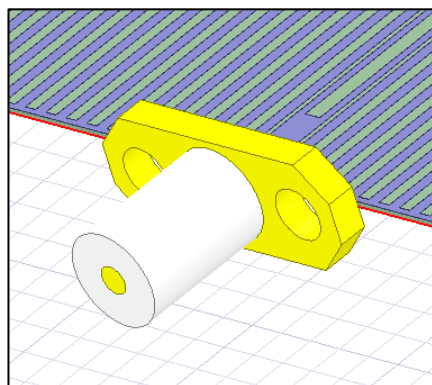
(圖1) 本專題天線基本結構



(圖2) 本專題天線基本結構-詳細數據圖

(三) SMA 接頭及饋入點

SMA 接頭為天線訊號饋入用的接頭，為求模擬精準，一併畫入模擬(圖3)。

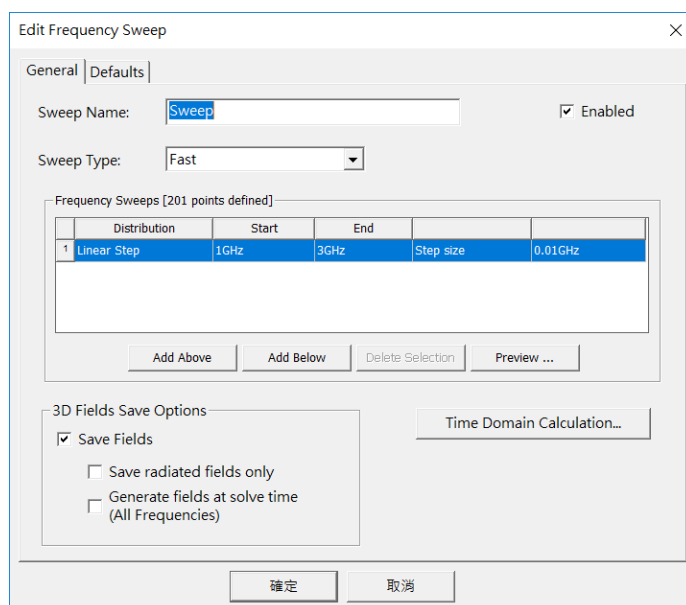


(圖3) SMA 接頭畫入模擬

黃色部分為銅，圓柱中心的銅為訊號饋入用，周圍的銅為接地；
白色部分為鐵氟龍，隔絕訊號與接地。

(四) 設定環境參數並模擬

本專題設定天線工作頻段為藍牙的2.4GHz~2.48GHz，故設定模擬範圍為1GHz~3GHz(圖4)。設定最大收斂次數為15，Delta S 為0.01，進行天線模擬。

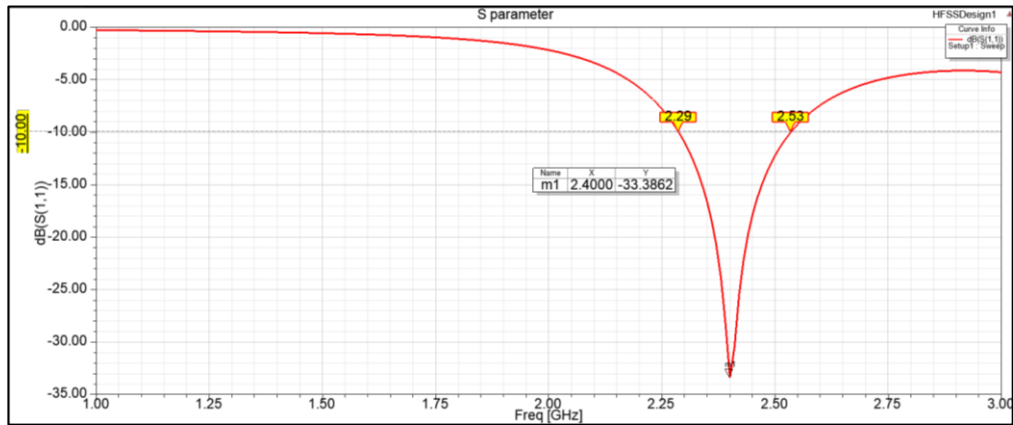


(圖4) 設定環境參數

(五) 觀察結果及各參數

1. S 參數 (S11)

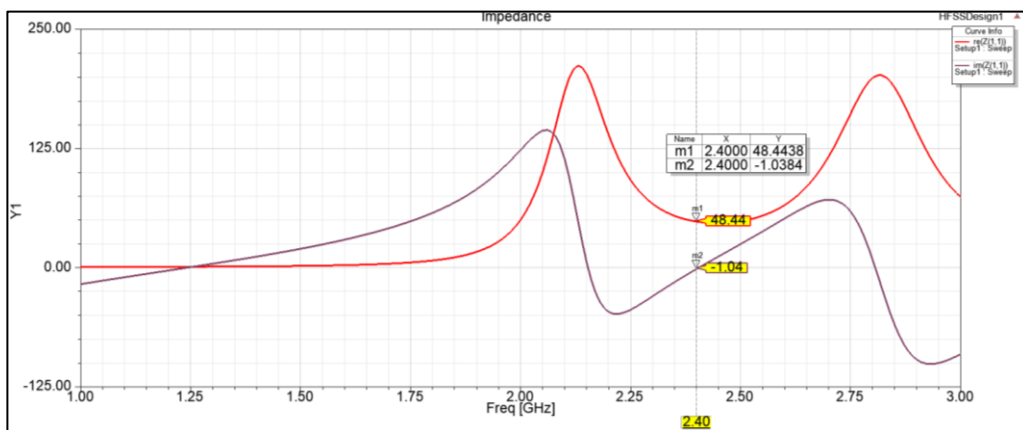
天線設計重要參數之一，可觀察各頻率之下的反射係數。由下圖(圖5)可知，於藍牙工作頻率的2.4GHz 為最低點，達到了-33dB。而可用的-10dB 以下頻寬，為2.29GHz~2.53GHz。



(圖5) 模擬之 S 參數

2. 阻抗 (Impedance)

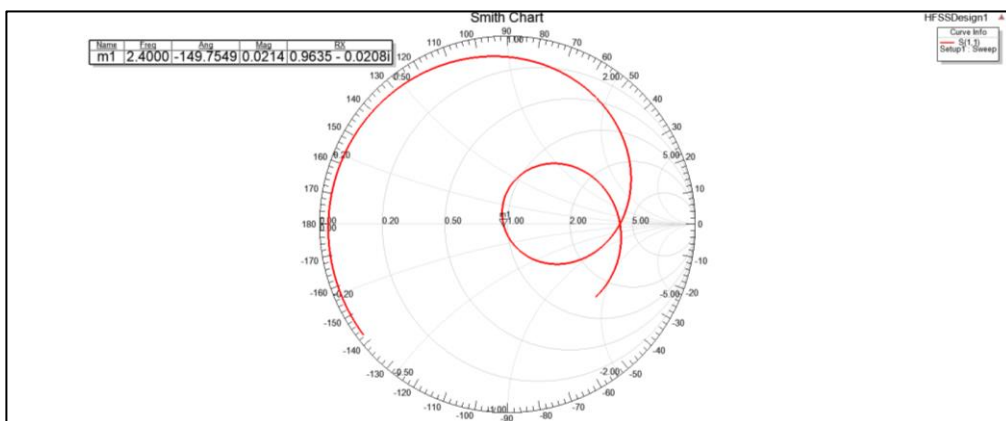
由模擬結果可知(圖6)，此天線的阻抗的實部接近50歐姆，虛部近乎為0歐姆。



(圖6) 模擬之阻抗

3. 史密斯圖 (Smith chart)

史密斯圖主要是在觀察天線的阻抗匹配的情形，由下圖(圖7)觀察可知，此天線在2.4GHz時，越接近在史密斯圖的中心點，表示達到最佳的阻抗匹配。



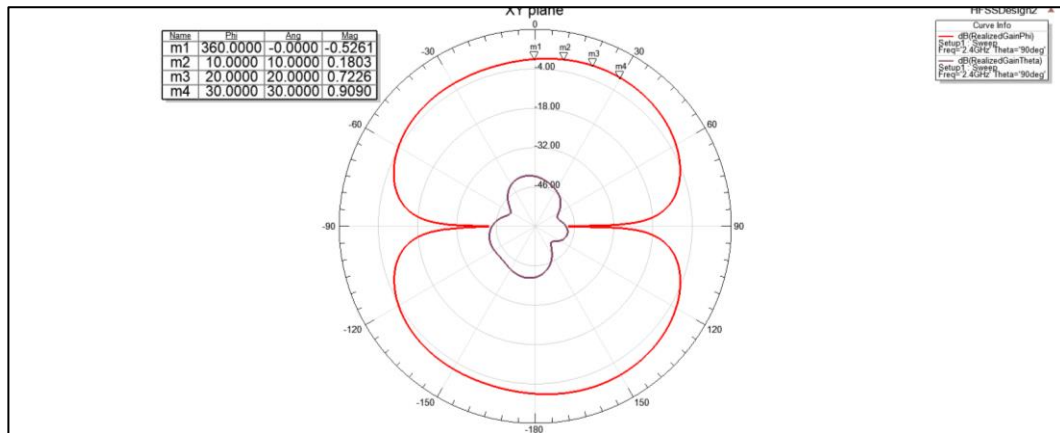
(圖7) 模擬之史密斯圖

4. 2D 場型圖

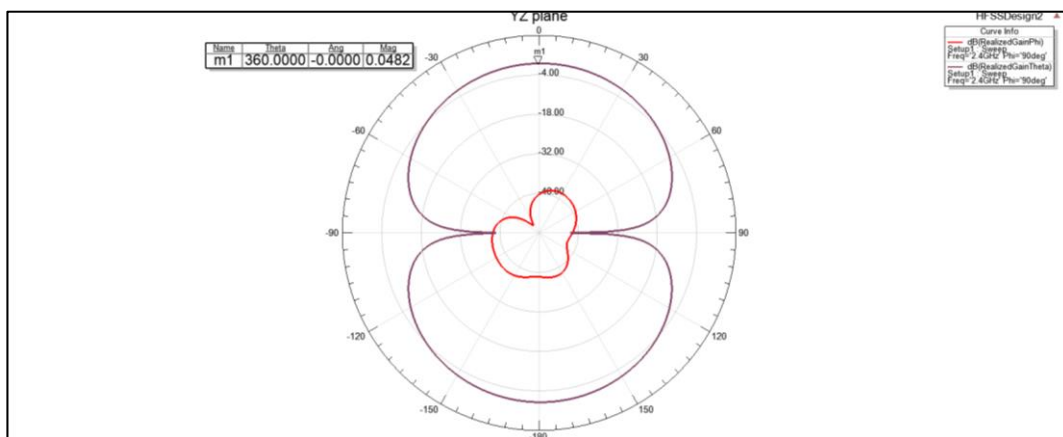
2D 場型圖主要在觀察天線的增益的分佈情形。由下圖觀察可知，此天線的最大增益發生於 XY 平面(圖8)的30度位置，為0.909dB。

YZ 平面(圖9)為 E-plane，呈八字形。

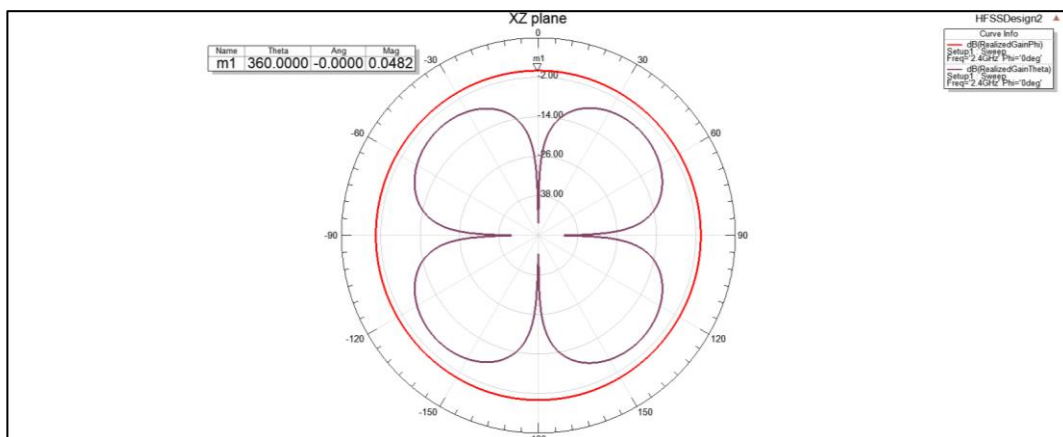
XZ 平面(圖10)為 H-plane，呈全向性，符合 monopole 天線的特徵。



(圖8) XY 平面



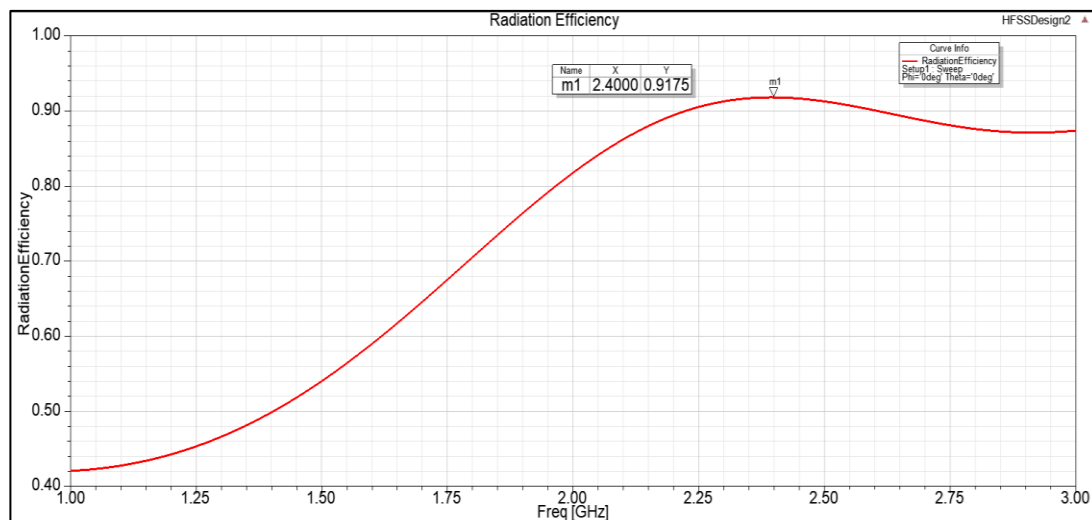
(圖9) YZ 平面(E-plane)



(圖10) XZ 平面(H-plane)

5. 效率

由模擬結果得知(圖11)，在2.4GHz時，此天線的輻射效率為91.75%。



(圖11) 效率圖

二、奈米材料噴印機

本專題使用奈米材料噴印機(圖12)進行天線製作，取代傳統銅蝕刻製作，不僅能夠使用銀為導體提高導電度，精度也能大幅提高。



(圖12) 奈米材料噴印機

● 奈米材料噴印機使用流程大致如下：

(一) 裝入墨水卡匣及基板

本專題天線使用奈米銀墨水作為導體，並噴印在厚度0.3mm 透明玻璃基板上。

(二) 校正基板水平

基板由人為放入噴印機後，需檢查是否與噴頭呈現平行，若不為平行會導致噴印結果歪斜，必須以噴印軟體進行水平校正。

(三) 校正噴嘴

墨水卡夾的噴頭可能會因為使用過或其他因素而堵塞，所以必須檢測噴頭順暢程度，選擇功能正常的噴頭。在開始噴印前會先於基板外的位置，噴印測試檔案，觀察噴嘴狀況是否正常，以防實際噴印時出錯。

(四) 選擇噴印點

選擇噴印起始點，本專題以基板左上角為起始點，將檔案倒置噴印，如此較好在第一時間觀察各間距是否正常。

(五) 噴印

各前置設定完成後，即可開始噴印。

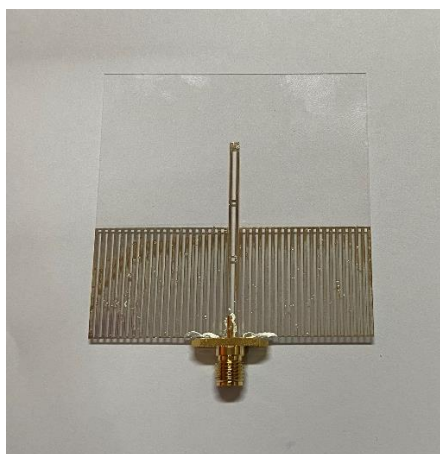
(六) 烘乾

奈米銀墨水噴印完成後，必須以烤箱烘烤至水分消失，烘乾溫度由40°C緩慢升溫至200°C。

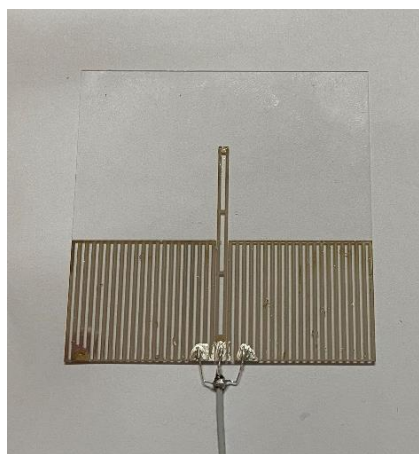
因奈米銀之特性，本組發現需噴印兩層墨水以達到導電良好的集膚深度(Skin depth)，故一片天線需重複上述步驟兩次。

三、天線成品

本次專題共噴印兩片天線，以下分別用天線 A 與天線 B 代稱。兩者經由量測後，確認實際噴印誤差都於100um 以下，為噴印機實作誤差或墨水溢流導致。天線 A(圖13)焊接至 SMA 接頭，用於量測各項數據；天線 B(圖14)焊接至 Arduino 藍牙模組，並整合到測試裝置上，觀察實際使用效果。



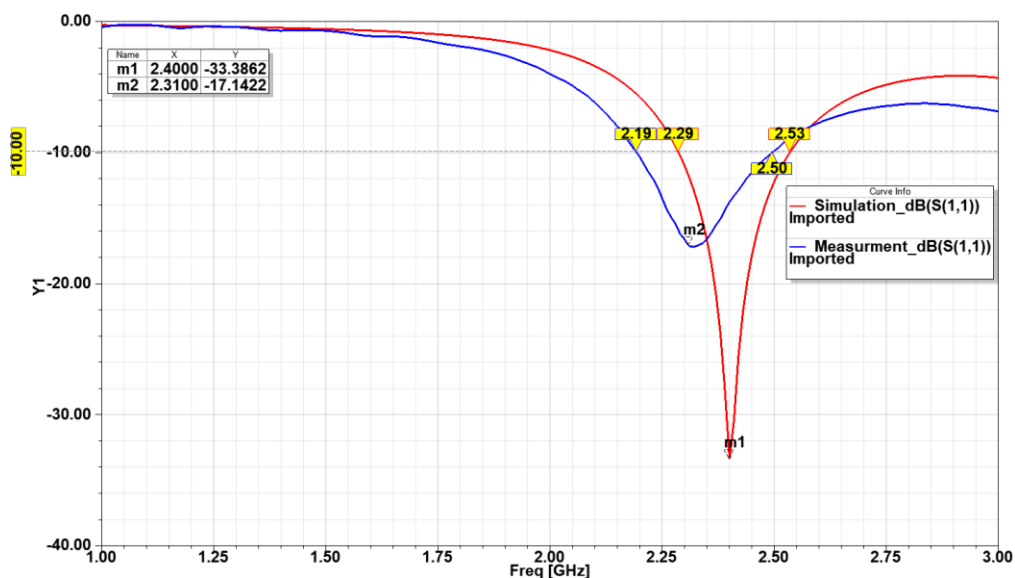
(圖13) 天線 A



(圖14) 天線 B

參、研究成果：

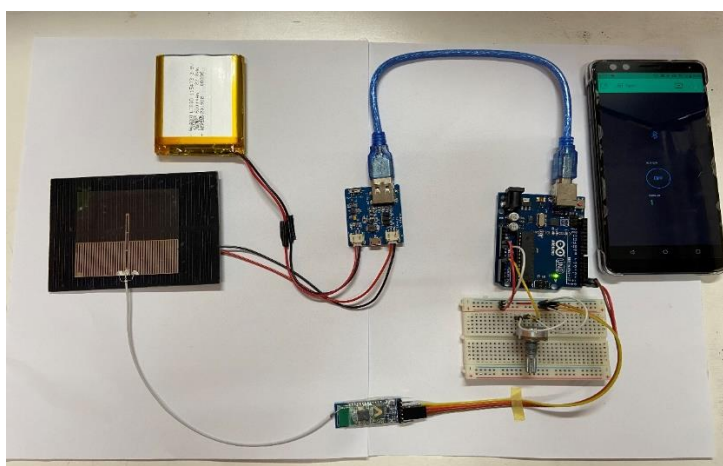
天線 A 以網路分析儀量測 S 參數，將模擬與實際量測的 S 參數重疊比較(圖15)，紅色為模擬參數，藍色為實際量測結果。由觀察可知，模擬時反射係數最低點為 2.4GHz 的 -33dB，實際量測結果頻偏至 2.31GHz 的 -17dB。反射係數於 -10dB 以下頻段從 2.29GHz~2.53GHz 偏移至 2.19GHz~2.5GHz，仍包含藍牙工作範圍 2.4GHz~2.48GHz。



(圖15) 模擬與量測的 S 參數比較圖

天線 B 用於整合至自偏壓收發機模組。本專題採用 Arduino 藍牙模組作為通訊模組，將其原有的天線刮除，再將製作的透明基板天線焊接至藍牙模組，並放置於太陽能板上，利用穿透天線的陽光提供電力給藍牙模組運作，完成供電模組與通訊模組整合。

本專題成功以手機端傳送訊號至收發機模組，也可回傳可變電阻之阻值至手機端，經由反覆測試後，確認透明基板天線能正常地收發訊號。



(圖16) 實際製作的天線和藍牙模組與太陽能板整合圖

肆、結論與展望：

本專題之透明基板天線擁有許多網格，為基於傳統 Monopole 天線的一大創新，不僅能使天線具有良好的透光度，還能節省導體面積。以藍牙工作頻率2.4GHz 為例，將本專題的天線與傳統 Monopole 天線相比較，本專題天線導體面積為766.98mm²，傳統未具有網格的天線導體面積為3151.9742 mm²，可省下75.6%的導體面積，使製作此天線的成本降低，但網格天線的設計會造成增益下降，將來可再對此方面進行改良。

參考文獻：

希馬科技股份有限公司 DMP-2850 奈米材料噴印機

https://sigmatekcorp.com/product/186/?category=2&sub_category=55