

產學合作案結案報告書

計畫編號：華航電 104 產學字 004 號

新型 B 字形單極漸變微帶天線之設計

甲方：星儀科技股份有限公司

乙方：中華學校財團法人中華科技大學
航電系

計畫主持人：袁敏事 副教授

目次

1. 摘要	(1)
2. 前言	(1)
3. 天線架構	(3)
4. 天線模擬	(5)
5. 天線實作與量測	(31)
6. 分析與討論	(39)
7. 參考文獻	(41)

表次

表 1、常見通訊系統及操作頻段表	(2)
表 2、新型 B 字形單極漸變微帶天線之詳細參數表	(5)
表 3、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之模擬反射損失參數表	(7)
表 4、新型 B 字形漸變微帶天線之參數分析表	(10)
表 5、新型 B 字形漸變微帶天線之參數 L_3 模擬反射損失數據表	(13)

圖次

圖 1、無線通訊系統基本架構圖	(3)
圖 2、新型 B 字形單極漸變微帶天線架構圖	(4)
圖 3、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之模擬反射損失圖	(7)
圖 4、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之設計模擬電流分佈圖	(7)
圖 5、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之設計之參數 L_1 變化示意圖	(8)
圖 6、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之設計之參數模擬反射損失圖	(9)
圖 7、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之設計之參數 L_2 變化示意圖	(10)
圖 8、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之設計之參數 L_2 模擬反射損失圖	(10)
圖 9、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之設計之參數 L_3 變化示意圖	(11) I
圖 10、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之設計之參數 L_3 模擬反射損失圖	(12)
圖 11、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之設計之參數 L_4 變化示意圖	(12)
圖 12、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之設計之參數 L_4 模擬反射損失圖	(13)
圖 13、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之設計之參數 W_1 變化示意圖	(14)
圖 14、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之設計之參數 W_1 模擬反射損失圖	(15)
圖 15、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之設計之參數 W_2 變化示意圖	(15)

圖16、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之參數 W_2 模擬反射損失圖	---(16)
圖17、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之參數 W_3 變化示意圖	----- (17)
圖18、新型多頻段B字形漸變微帶天線設計之參數 W_3 模擬反射損失圖	----(18)
圖19、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之參數 W_4 變化示意	----- (18)
圖20、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之參數	----- (19)
圖21、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之參數 W_5 變化示意圖	----- (20)
圖22、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之設計之參數	----- (21)
圖23、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之參數 G_1 變化示意圖	----- (21)
圖24、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之參數	----- (22)
圖25、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計實體架構圖	----- (23)
圖26、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計量測反射損失圖	----- (23)
圖27、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計量測輻射場型	----- (26)
圖28、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計量測增益圖	----- (27)
圖29、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之特性阻抗理論與模擬圖	----(28)
圖30、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計模擬與量測反射損失圖	----- (29)
圖31、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之接地面形狀變化示意圖	----(30)
圖32、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之四邊形接地面之模擬反射損失圖	----- (30)
圖33、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計實體架構圖	----- (31)
圖34、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計實測反射損失圖	----- (31)
圖35、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之各頻段量測輻射場型	----- (31)
圖36、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之各頻段量測增益圖	----- (32)
圖37、新型多頻段B字形漸變微帶天線之設計之模擬與實測反射損失比較圖	-(32)

1、摘要

本產學案設計一款新型B字型漸變微帶天線，其架構為B字形輻射貼片、U形槽口接地面及饋入漸變形微帶線等組成。此天線實測在反射損失 $S_{11} < -10\text{dB}$ 情況下，產生兩個操作頻段其分別為742MHz-962MHz及1.47GHz-3GHz頻段，最大增益為1.2dBi。此天線具有多頻段、小型化、低成本、低剖面、製作簡單、良好的阻抗匹配、固定的增益及穩定的輻射場型等特性證實，因此涵蓋GSM 850/900、GPS、DCS、PSC、UMTS、Bluetooth、WLAN 2.4GHz及LTE 2.3GHz/2.6GHz等無線通訊頻段。

關鍵字：B字形輻射貼片、U形槽口接地面、漸變微帶線饋入、多頻段。

ABSTRACT

A novel multiband B-shaped tapered microstrip antenna which is formed by B-shaped radiation patch, inverted U-shaped silt ground plane and feed tapered microstrip line. In $S_{11} < -10\text{dB}$ condition, measured operation bandwidth are 742MHz-962MHz and 1.47GHz-3GHz, respectively, and maximum gain is 1.2dBi. The proposed antenna has easily fabricated, compact, simple structure and good radiation patterns, and can generate two wide operation bands which can cover GSM 850/900、GPS、DCS、PSC、UMTS、Bluetooth、WLAN 2.4GHz and LTE 2.3GHz/2.6GHz wireless communication system.

Index Terms—B-shaped Radiation Patch, inverted U-shaped silt ground plane, feed tapered microstrip line, Multiband.

2、前言

隨著無線通訊系統的迅速發展，各種微波頻段(30MHz-30GHz)之行動通訊設備，如：行動電話、筆記型電腦、數位電視及車用導航設備等，已成為人們生活中不可或缺的一部份。且隨著通訊、多媒體及網路等多功能之結合，如行動電話須結合視訊、網路及藍芽等系統，使得單一操作頻段之天線已無法滿足目前人們之所需，所以把各種不同的無線通訊系統做一整合則是目前的趨勢，表1為常見之通訊系統及操作頻段。

表 1、常見通訊系統及操作頻段

通訊系統 標準名稱(英)	通訊系統 簡稱(英)	通訊系統 標準名稱(中)	操作頻段 (MHz)
Global System for Mobile Communications	GSM	全球行動通訊系統	824-894 880-960
Global Position System	GPS	全球定位系統	1575
Digital Cellular Service	DCS	數位行動通訊服務	1710-1880
Personal Communication Service	PCS	個人通訊服務	1850-1990
Universal Mobile Telecommunication System	UMTS	通用行動通訊系統	1920-2170
Bluetooth	Bluetooth	藍芽	2400-2484
Worldwide Interoperability for Microwave Access	WiMAX	全球互通微波存取	3300-3800
Wireless Local Area Network	WLAN	無線區域網路	2400-2484
Long Tern Evolution	LTE	長程演進(4G)	704-787 2300-2400 2500-2690

IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)組織定義：在發射與接收系統中，被設計用來發射或接收的電磁波元件就稱為天線。如圖 1 所示，在無線通訊發射與接收系統架構中，天線的角色即為轉換電磁波的型態，發射端之天線將電路傳輸結構中的導引波轉換為輻射波，而接收端天線則是將空間之輻射波轉換為電路傳輸結構中之導引波[1]。

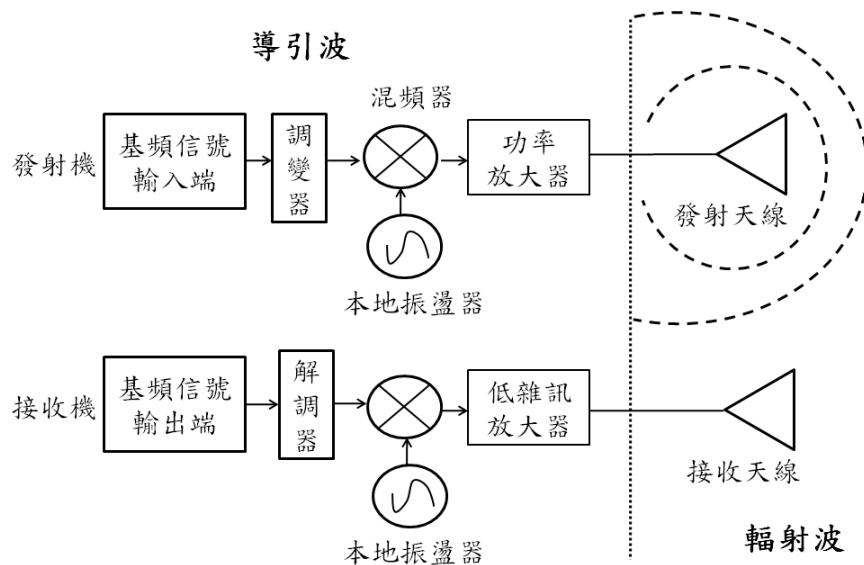


圖 1、無線通訊系統基本架構圖

現代的行動通訊設備在製作上有著小型化之趨勢，相對的天線在設計上也必須朝著輕薄短小特點邁進，而平面微帶天線本身則具有低剖面、小型化、重量輕、容易製作、低成本及易於電路結合之優點，較能符合現代行動通訊設備之需求，故本文將提出多款平面微帶天線，且須滿足多個無線通訊系統，以符合現代行動通訊設備之需求。

3、天線架構

圖 2 顯示此天線幾何參數架構圖，其架構分別由B字形輻射貼片、U形槽口接地面及饋入漸變微帶線所組成。其天線整體基板尺寸之長度及寬度分別以參數L及W所表示，B字形輻射貼片由五個矩條所組成，分別由 $L_1 \times W_1$ 、 $L_2 \times W$ 、 $L_3 \times W_3$ 、 $L_4 \times W_2$ 及 $L_5 \times W_5$ 所表示，漸變形微帶線長度及寬度參數分別以 L_7 、 W_4 及 W_6 所表示，U形槽口接地面長度及寬度分別以 L_6 、 L_8 、 L_9 、 W 及 W_7 所表示。

此天線利用蜿蜒結構方式設計B字形輻射貼片架構中外圍矩形條與漸變形微帶線長度 $(L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_7 + W)$ 來滿足四分之一波長諧振，使較低頻段中產生較寬之阻抗頻寬以滿足GSM 850/900 頻段並達到天線小型化之特性。在藉由B字形輻射貼片架構中嵌入中間橫矩形條 L_4 及 W_2 並與外圍大面積矩形條間之間距 L_3 來產生適當電磁耦合，此架構在中高頻段中產生諧振，足以涵蓋DCS、PCS及UMTS頻段。並透過基板背面U形槽孔接地面之不對稱長度 L_8 及 L_9 ，使中高頻段產生較寬之阻抗頻寬及良好之阻抗匹配以涵蓋Bluetooth、WLAN 2.4GHz及LTE 2.3GHz/2.6GHz頻段，最後藉由U形槽口接地面上嵌入U形槽口 L_6 及 L_7 ，使漸變形微帶線及接地面之間產生適當電流耦合效應，以提升整體之阻抗頻寬及良好輻射特性，進而涵蓋所需GPS頻段。天線經由模擬及實際量測結果比較證實能夠產生兩個較寬之阻

抗頻寬，並且分別涵蓋 GSM 850/900、GPS、DCS、PCS、UMTS、WLAN 2.4GHz、Bluetooth 及 LTE 2.3GHz/2.6GHz 等十個無線通訊頻段。

此天線架構參數藉由高頻模擬軟體HFSS(High Frequency Structure Simulator)分析後，得到最佳化尺寸為 $80 \times 15 \times 1.6 \text{ mm}^3$ ，其天線各參數架構參數值分別為：B字形輻射貼片之左側矩形條長度為 $L_1=32.25 \text{ mm}$ 、B字形輻射貼片之外圍大面積矩形長度為 $L_2=32.25 \text{ mm}$ 、B字形輻射貼片之頂端矩形及中間矩形條間之间距為 $L_3=8.75 \text{ mm}$ 、B字形輻射貼片之中間矩形條長為 $L_4=7 \text{ mm}$ 、漸變形微帶線及B字形輻射貼片所相連矩形條長度為 $L_5=1 \text{ mm}$ 、U形槽口接地面之U形槽口長度為 $L_6=15 \text{ mm}$ 、漸變形微帶線長度為 $L_7=26.75 \text{ mm}$ 、U形槽口接地面之左側接地長為 $L_8=47 \text{ mm}$ 、U形槽口接地面之右側接地長為 $L_9=39.5 \text{ mm}$ 、B字形輻射貼片之左側矩形條寬度為 $W_1=2.5 \text{ mm}$ 、B字形輻射貼片之中間矩形條寬度為 $W_2=11 \text{ mm}$ 、B字形輻射貼片之右側矩形條寬度為 $W_3=1 \text{ mm}$ 、漸變形微帶線頂端寬為 $W_4=1 \text{ mm}$ 、漸變形微帶線及B字形輻射貼片間所相連矩形條寬度為 $W_5=7 \text{ mm}$ 、漸變形微帶線末端寬為 $W_6=1.5 \text{ mm}$ 及U形槽口接地面之U形槽口寬度為 $W_7=3 \text{ mm}$ 。詳細參數如表 2 所示。該天線完整的參數最佳化分析將於下一節中詳細討論。

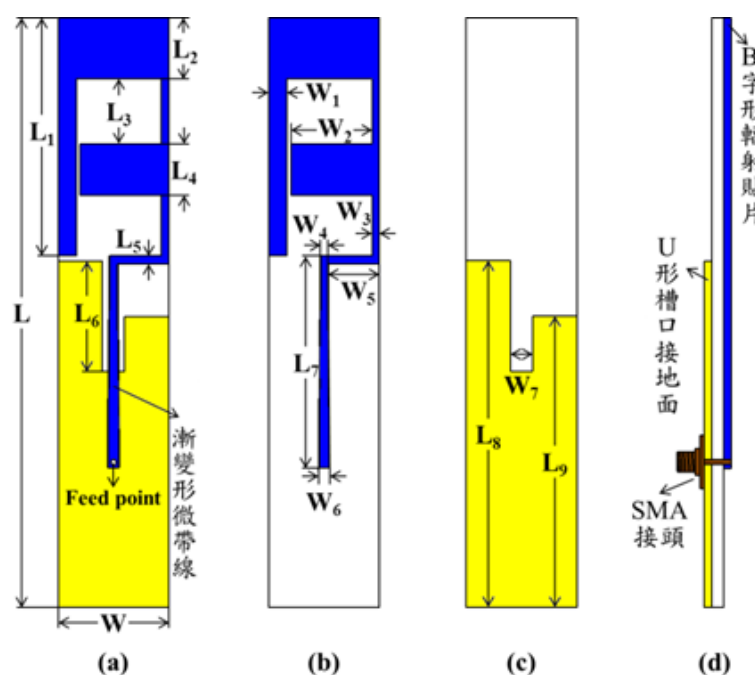


圖 2、新型 B 字形單極漸變微帶天線架構圖

(a)正視圖 (b)B 字形輻射貼片圖 (c)U 形槽口接地面 (d)側視圖

表 2、新型四倒 L 形單極漸變微帶天線之詳細參數表

天線參數尺寸最佳值表		單位：mm	
L=80	L ₁ =32.25	L ₂ =8.25	L ₃ =8.75
L ₄ =7	L ₅ =1	L ₆ =15	L ₇ =26.75
L ₈ =47	L ₉ =39.5		
W=15	W ₁ =2.5	W ₂ =11	W ₃ =1
W ₄ =1	W ₅ =7	W ₆ =1.5	W ₇ =3

4、天線模擬

本章節所提出天線使用基板材質為介電係數 $\epsilon_r=4.4$ 及厚度 $h=1.6$ 之FR4 基板，利用下列已推導出公式計算求得有效介電常數 ϵ_{reff} 及微帶線寬度 W 。

在得知特性阻抗 Z_0 和介電常數 ϵ_{reff} 值情況下，可用來計算微帶線寬度 W 公式如下：首先利用（2.1）式求出等效介電常數 ϵ_{reff} 值，並分別在下列公式中選擇設計較寬微帶線公式（2.2.1）或較窄微帶線公式（2.2.2）帶入，即可求得微帶線寬度與基板厚度之比值，並算出微帶線寬度 W 。

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1/2} \quad (2.1)$$

$$\frac{W}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad W/h \leq 1 \quad (2.2.1)$$

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad W/h \geq 1 \quad (2.2.2)$$

其上述公式（2-2.1）及（2-2.2）中 A 及 B 數值可利用下列公式求出：

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right)} \quad (2.2.3)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots (2.2.4)$$

若是得知微帶線幾何架構實際尺寸大小，可利用下列 (2.3.1) 和 (2.3.2) 式求得微帶線特徵阻抗 Z_0 ：

$$Z_0 = \frac{60}{\epsilon_{reff}} \ln \left(\frac{8h}{W} + \frac{W}{4d} \right) \quad W/h < 2$$

(2.3.1)

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{reff}} \left[(W/h) + 1.393 + 0.667 \ln(1.444 + (W/h)) \right]} \quad W/h > 2$$

(2.3.2)

利用上述公式及 IE3D 模擬軟體之 Line Gauge 求解，得知天線在特性阻抗 $Z_0 = 50 \Omega$ 情況下，微帶線寬度 $W = 2\text{mm}$ ，並藉由 Ansoft HFSS 模擬軟體進行天線反射損失及電流分佈輻射特性等分析。天線經由 Ansoft HFSS 實際模擬發現到微帶線寬度 $W = 2\text{mm}$ 時，無法達到本文所預期無線通訊頻段，透過(藉由)不斷調整及模擬，發現到微帶線改成漸變形微帶線可以改善反射損失，並產生良好之輻射特性。此天線漸變形微帶線長度 $L_7 = 26.75\text{mm}$ 及頂端與末端之寬度分別為 $W_4 = 1\text{mm}$ 及 $W_5 = 1.5\text{mm}$ 。

利用傳輸線理論中反射係數來觀察阻抗匹配情形下。反射係數 Γ 定義為反射波振幅與入射波振幅之比值，其反射係數 $|\Gamma| = 0$ 而反射損失為無限大 dB 值時，沒有反射功率，反之，反射係數 $|\Gamma| = 1$ 而反射損失為 0dB 時，所有入射功率均被反射回去。

天線阻抗 Z_L 和微帶線輸入阻抗 Z_0 計算如下：

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{100 - 50}{100 + 50} = 0.33 \dots\dots\dots (2.4.1)$$

$$S_{11} = -10 \times \log |\Gamma|^2 = -20 \log |\Gamma| \dots\dots\dots (2.4.2)$$

圖 3 為新型B字形漸變微帶天線之模擬反射損失圖，圖中橫軸及縱軸分別為頻率及 S_{11} ，單位分別為GHz及dB，由上述 (2.4.1) 及 (2.4.2) 公式分別計算求得， S_{11} 皆以 -10dB 為基準。圖中觀察到當 $S_{11} < -10\text{dB}$ 情況下，模擬產生兩個

操作頻段，其分別為 $820\text{MHz} - 969\text{MHz}$ 及 $1.53\text{GHz} - 2.89\text{GHz}$ ，阻抗頻寬分別 149MHz 及 1.36GHz ，頻寬比分別為 16.6% 及 61.5% 。此天線操作頻段分別涵蓋了 GSM 850/900、GPS、DCS、PCS、UMTS、Bluetooth、WLAN 2.4GHz 及 LTE 2.3/2.6GHz 等十個無線通訊頻段。此天線之模擬反射損失數據如表 3。

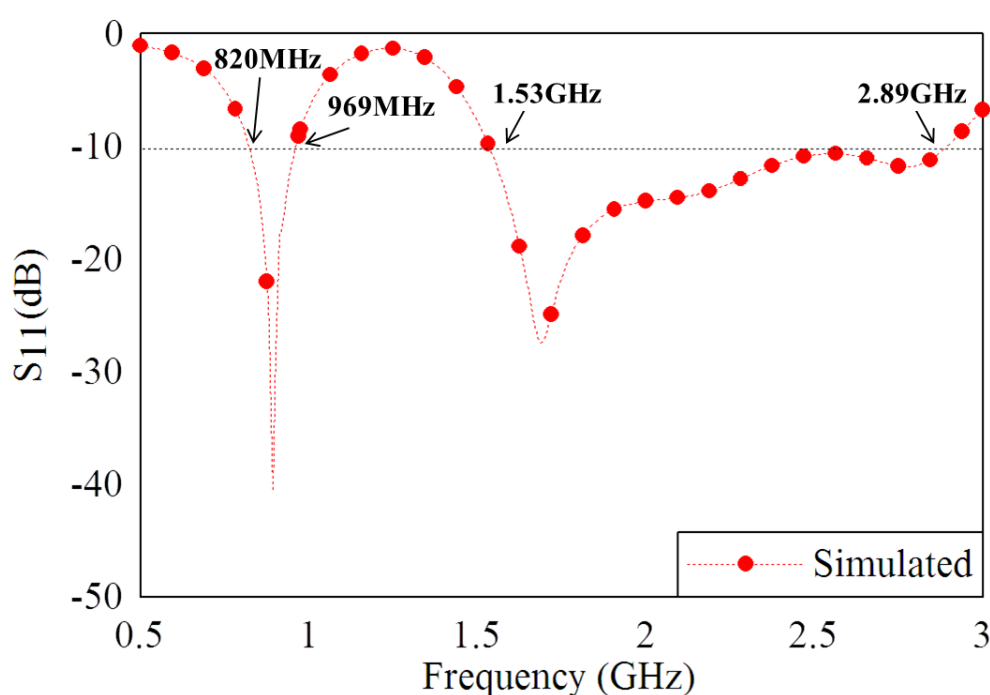


圖 3、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之模擬反射損失圖

表 3、 新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之模擬反射損失數據表

第一個操作頻段				第二個操作頻段		
模擬	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)	操作頻段 (GHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)
	820—969	149	16.6	1.53— 2.89	1.36	61.5

依據圖 4 顯示新型 B 字形漸變微帶天線之模擬電流分佈圖，而電流分佈以彩色圖來顯示，其中紅色部分表示電流強度為最強部分，而藍色部分則反之。

圖 4 (a) 及圖 4 (b) 中顯示 850MHz 及 900MHz 之模擬電流分佈圖，從圖中可觀察到在低頻部分其因波長越長電流入徑相對也越長，而最強橘紅色電流主要集中於整條漸變形微帶線及 B 字形輻射貼片外圍矩形條上，並且藉由調整 B 字形輻射貼片中間矩形條及左側矩形條間距來產生良好電流耦合效應，使間距兩側電流增強為橘紅色電流並且能夠產生(操作)GSM 850/900 無線通訊頻段。

依據圖 4 (c) 中顯示 1.575GHz 之模擬電流分佈圖，圖中可觀察到最強橘紅色電流主要還是集中於整條漸變微帶線上，並藉由基板背側 U 形槽口接地面之 U 形槽口使周遭分佈者橘紅色電流，而 B 字形輻射貼片外圍之大面積矩形條及中間矩形條，依然有著橘紅色電流分佈，能夠產生及操作 GPS 無線通訊頻段。

依據圖 4 (d)、圖 4 (e) 及圖 5 (f) 中顯示 1.8GHz、1.9GHz 及 2GHz 之模擬電流分佈圖，圖中可觀察到相較於圖 4 (c) 最強橘紅色電流逐漸轉移到漸變微帶線上，並藉由 U 形槽口接地面兩側長度及 B 字形輻射貼片間之問距產生適當電流耦合，使輻射面及接地面兩側分布電流顏色為橘黃色，進而產生及操作 DCS、PCS 及 UMTS 無線通訊頻段。

依據圖 4 (g)、圖 4 (h) 及圖 4 (i) 中顯示 2.3GHz、2.4GHz 及 2.6GHz 之模擬電流分佈圖，圖中可觀察到在微帶線末端依然有著較強橘紅色電流分佈並且橘紅色電流逐漸轉往漸變形微帶線及 B 字形輻射貼片所相連矩形條上，並藉由調整 B 字形輻射貼片中間矩形條位置，產生良好之電流耦合使阻抗頻寬匹配，進而產生及操作 Bluetooth、WLAN 2.4GHz 及 LTE 2.3/2.6GHz 無線通訊頻段。

藉由圖 4 及上述詳細分析結果得知，此天線採用四分之一波長產生低頻部分，並且藉由 B 字形輻射面中間矩形條及 U 形槽口接地面搭配漸變形微帶線產生適當電流耦合，進而達到良好阻抗匹配並且天線在不同頻率下其輻射特性調整到最佳狀態，使天線整體電流分布均呈現橘紅色及橘黃色。

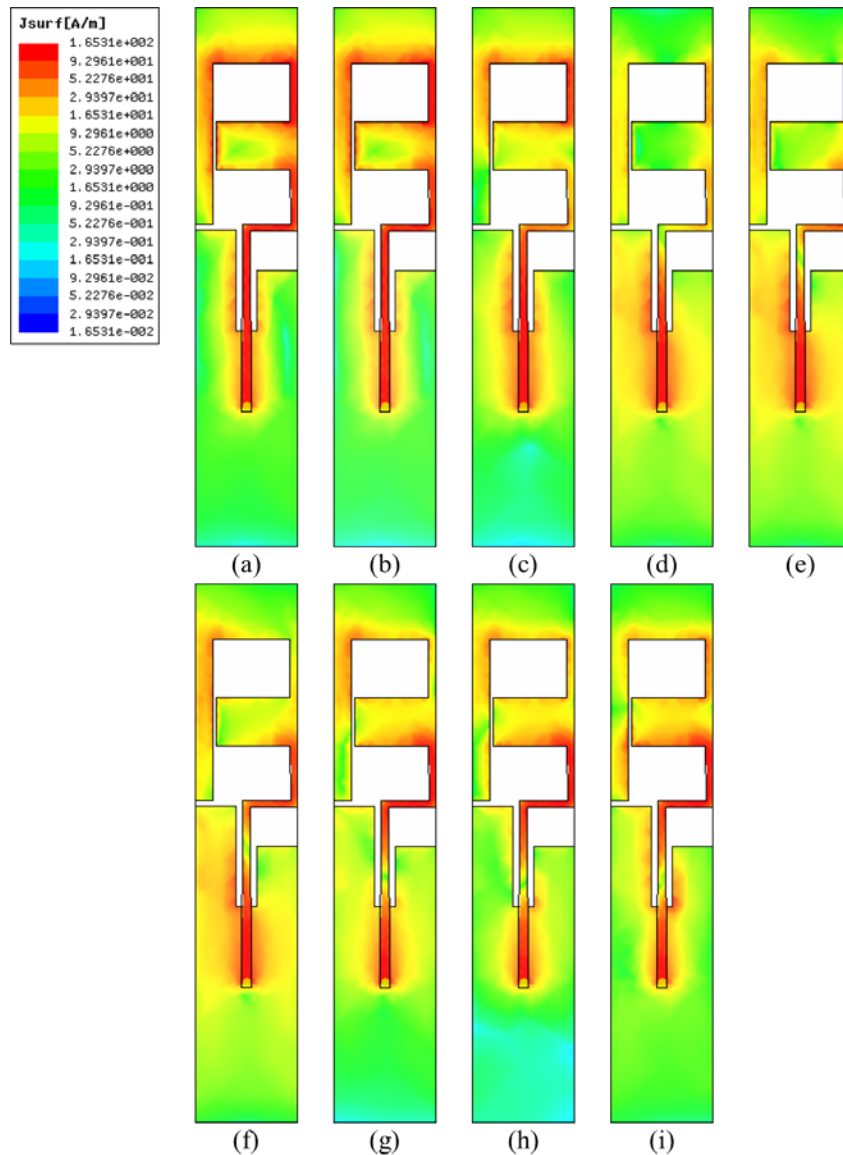


圖 4、 新型 B 字形漸變微帶天線之模擬電流分佈圖
 (a) 850MHz (b) 900MHz (c) 1.575GHz (d) 1.8GHz (e) 1.9GHz
 (f) 2GHz (g) 2.3GHz (h) 2.4GHz (i) 2.6GHz 000000000000000000

參數分析

上一節中論述此天線設計及操作原理，此章節將針對新型B字形漸變微帶天線之重要參數做詳盡數值模擬及探討，並呈現各項參數值對於天線所產生 S_{11} 變化，使天線設計更能符合預期所需無線通訊頻段。表 4 為新型B字形漸變微帶天線之參數分析表，其天線各項參數中L代表長度、W代表寬度，而Structural Changes則為此天線架構變化。

表 4、新型 B 字形漸變微帶天線之參數分析表

參數名稱	參數分析值 單位：mm			
L ₃	6.75	8.75	10.75	12.75
L ₆	13	15	17	19
L ₈	46	47	48	49
L ₉	35.5	37.5	39.5	41.5
W ₂	10.5	10.75	11	11.25
W ₃	0.5	1	1.5	2
W ₄	0.5	0.75	1	1.25
W ₆	1	1.5	2	2.5
W ₇	Without slit	1.5	3	4.5
Structural Changes	Ant 1	Ant 2	Ant 3	Ant 4

(1)、參數 L_3 變化

參數 L_3 為新型B字形漸變微帶天線架構中B字形輻射貼片外圍大面積矩形條及中間矩形條間之间距變化，如圖 5 所示。圖 6 為新型B字形漸變微帶天線之參數 L_3 變化模擬反射損失比較圖，分別對 6.75mm、8.75mm、10.75mm及 12.75mm參數值進行模擬及分析。縱軸為 S_{11} ，單位為dB；橫軸為頻率，單位為GHz，圖中 $L_3=6.75\text{mm}$ 以綠色菱形及虛線表示； $L_3=8.75\text{mm}$ 以藍色實線表； $L_3=10.75\text{mm}$ 以紅色圓形及虛線表示； $L_3=12.75\text{mm}$ 以紫色倒三角形及虛線表示。

在圖 2—5 中 $S_{11}<-10\text{dB}$ 情況下，可以觀察到當 $L_3=6.75\text{mm}$ 時，會產生兩個操作頻段，其操作頻段分別為 831MHz—981MHz及 1.58GHz—2.76GHz，阻抗頻寬分別為 150MHz及 1180MHz，頻寬比分別為 16.56%及 54.38%，此操作頻段無法涵蓋所需 GSM 850 及 GPS 無線通訊頻段；當 $L_3=6.75\text{mm}$ 增加到 8.75mm時，產生兩個操作頻段分別為 820MHz—969MHz及 1.53GHz—2.89GHz，阻抗頻寬分別為 149MHz及 1360MHz，頻寬比分別為 16.66%及 61.54%，可觀察到圖中第一個操作頻段在不影響頻寬狀況下往低頻移動，而第二個操作頻段的起始點從 1.58GHz往低頻移動至 1.53GHz，進而涵蓋了 GSM 850/900、GPS、DCS、PCS、UMTS、WLAN 2.4GHz、Bluetooth 及 LTE 2.3GHz/2.6GHz 等十個操作頻段；當 L_3 间距長度在增加至 10.75mm及 12.75mm時，產生兩個阻抗頻寬並且觀察到圖中第一操作頻段小幅度往低頻移動分別為 816MHz—945MHz及 800MHz—929MHz，導致無法涵蓋 GSM 900 頻段，而第二個操作頻段截止點大幅度往低頻移動分別為 1.51GHz—2.35GHz及 1.5GHz—2.25GHz，進而無法涵蓋 UMTS、WLAN 2.4GHz、Bluetooth及 LTE 2.3GHz/2.6GHz 等頻段。此參數 L_3 模擬反射損失數據如表 5 所示。

參數 L_3 藉由圖 6 及上述詳細分析結果得知，B字形輻射貼片外圍大面積矩形條及中間矩形條間之间距會大幅影響 S_{11} 使相對應之中高頻阻抗頻寬變狹窄，此參數 L_3 最佳值為 8.75mm。

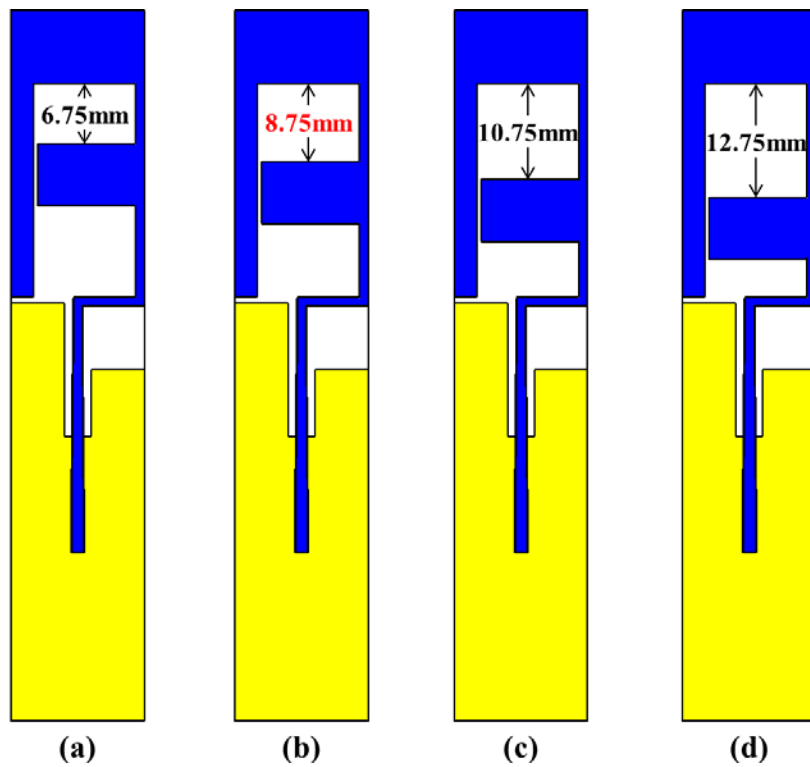


圖 5、 新型B字形漸變微帶天線之參數 L_3 變化示意圖
(a) 6.75mm (b) 8.75mm (c) 10.75mm (d) 12.75mm

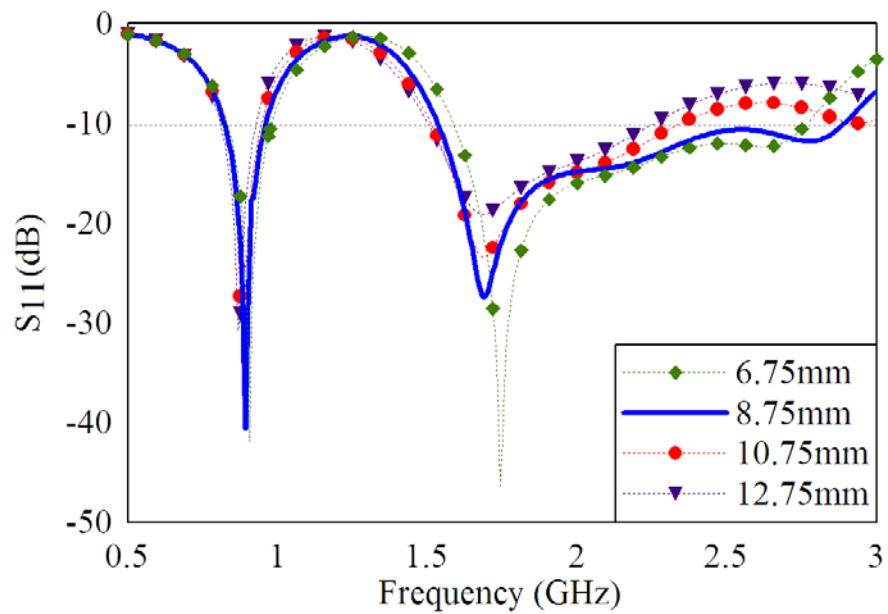


圖 6、 新型B字形漸變微帶天線之參數 L_3 變化
6.75mm、8.75mm、10.75mm及 12.75mm模擬反射損失比較圖

表 5、新型B字形漸變微帶天線之參數 L_3 模擬反射損失數據表

	第一個操作頻段			第二個操作頻段		
參數值 (mm)	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 %	操作頻段 (GHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 %
6.75	831—981	150	16.56	1.58— 2.76	1180	54.38
8.75	820—969	149	16.66	1.53— 2.89	1360	61.54
10.75	816—945	129	14.65	1.51— 2.53	840	43.52
12.75	800—929	129	14.92	1.5 — 2.25	750	40

(2)、參數 L_6 變化

參數 L_6 為新型B字形漸變微帶天線架構中U形槽口接地面之U形槽口長度變化，如圖 7 所示；圖 8 為新型B字形漸變微帶天線之參數 L_6 變化模擬反射損失比較圖，分別對 13mm、15mm、17mm及 19mm參數值進行模擬及分析。縱軸為 S_{11} ，單位為dB；橫軸為頻率，單位為GHz，圖中 $L_6=13\text{mm}$ 以綠色菱形及虛線表示； $L_6=15\text{mm}$ 以藍色實線表示； $L_6=17\text{mm}$ 以紅色圓形及虛線表示； $L_6=19\text{mm}$ 以紫色倒三角形及虛線表示。

在圖 8 中 $S_{11} < -10\text{dB}$ 情況下，可觀察到當 $L_6=13\text{mm}$ 時，產生兩個操作頻段分別為 825MHz—962MHz及 1.54GHz—2.9GHz，其阻抗頻寬分別為 137MHz及 1360MHz，頻寬比分別為 15.33%及 61.26%，此操作頻段無法完整涵蓋所需GSM 850 無線通訊頻段，因此不考慮此參數值；而當 $L_6=13\text{mm}$ 增加到 15mm時，可觀察到第一個操作頻段之起始點從 825MHz往低頻移動至 820MHz，其操作頻段分別為 820MHz—969MHz及 1.53—2.89GHz，阻抗頻寬分別為 149MHz及 1360MHz，頻寬比分別為 16.66%及 61.54%，雖然移動幅度不大但能夠完整涵蓋GSM 850 無線通訊頻段需求，而整體阻抗頻寬相較於前者較為優異並且能夠同時涵蓋GSM 850/900、GPS、DCS、PCS、UMTS、WLAN 2.4GHz、Bluetooth及LTE 2.3GHz/2.6GHz等十個無線通訊頻段；當U形槽口長度 L_6 增加至 17mm及 19mm時，可觀察到第一個操作頻段逐漸往低頻移動，其操作頻段分別為 821MHz—958MHz及 819MHz—956MHz導致無法涵蓋GSM 900 頻段，而第二個操作頻段的截止點大幅往低頻移動，此操作頻段分別為 1.53GHz—2.28GHz及 1.5GHz—2.15GHz，使阻抗頻寬及頻寬比與前者相比較差，並且無法同時涵蓋所需WLAN 2.4GHz、Bluetooth及LTE 2.3GHz/2.6GHz等通訊頻段。

參數 L_6 藉由圖 8 及上述詳細分析結果得知，隨著U形槽口接地面之U形槽口長度增加其相對應總阻抗頻寬會大幅度減少，導致無法涵蓋所需通訊頻段 需求，而藉由不斷調整可發現到當 $L_6=15\text{mm}$ 時，天線良好輻射特性及較佳反射損失，此參數 L_6 最佳值為 15mm 。

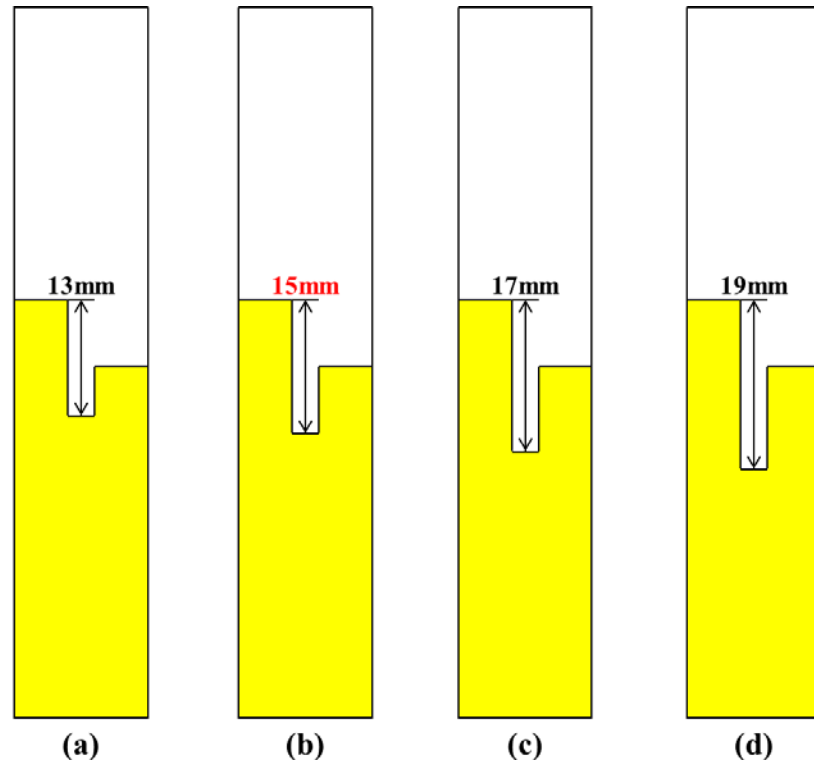


圖 7、新型B字形漸變微帶天線之參數 L_6 變化示意圖
(a) 13mm (b) 15mm (c) 17mm (d) 19mm

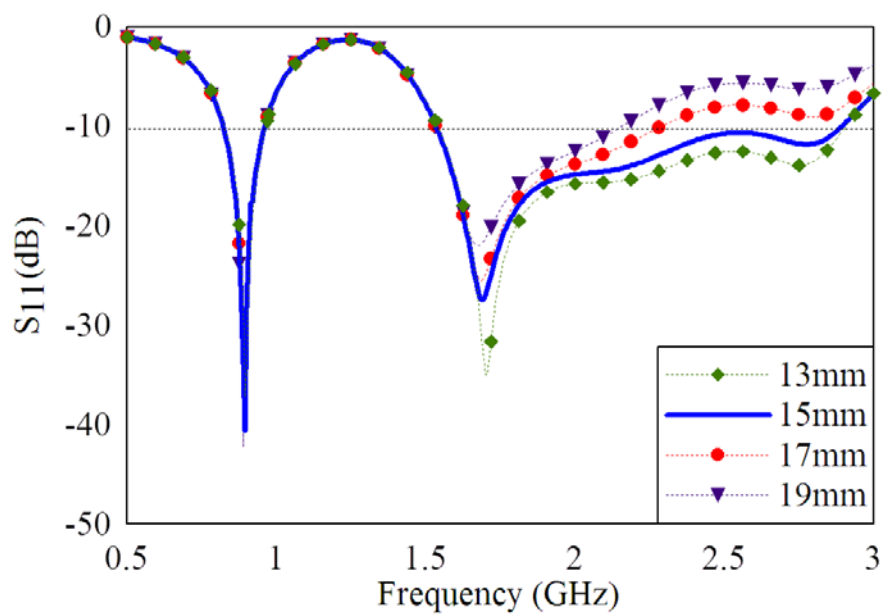


圖 8、新型B字形漸變微帶天線之參數 L_6 變化
13mm、15mm、16mm及 17mm模擬反射損失比較圖

表 6、新型B字形漸變微帶天線之參數 L_8 模擬反射損失數據比較表

	第一個操作頻段			第二個操作頻段		
參數值 (mm)	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)	操作頻段 (GHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)
13	825—962	137	15.33	1.54—2.9	1360	61.26
15	820—969	149	16.66	1.53— 2.89	1360	61.54
17	821—958	137	15.4	1.53— 2.28	750	39.37
19	819—956	137	15.44	1.5 — 2.15	650	35.62

(3)、參數 L_8 變化

參數 L_8 為新型B字形漸變微帶天線架構中U形槽口接地面之左側長度變化，如圖 9 所示；圖 10 為新型B字形漸變微帶天線之參數 L_8 變化模擬反射損失比較圖，分別對 46mm、47mm、48mm及 49mm參數值進行模擬及分析。縱軸為 S_{11} ，單位為dB；橫軸為頻率，單位為GHz，圖中 $L_8=46\text{mm}$ 以綠色菱形及虛線表示； $L_8=47\text{mm}$ 以藍色實線表示； $L_8=48\text{mm}$ 以紅色圓形及虛線表示； $L_8=49\text{mm}$ 以紫色倒三角形及虛線表示。

在圖 10 中 $S_{11} < -10\text{dB}$ 情況下，可觀察到 $L_8=47\text{mm}$ 時，會產生兩個操作頻段分別為 820MHz—969MHz及 1.53GHz—2.89GHz，阻抗頻寬分別為 149MHz、1360MHz，頻寬比分別為 16.66%及 61.54%，其具有極寬之阻抗頻寬範圍及良好阻抗匹配，能夠涵蓋所需十個無線通訊頻段；當 $L_8=47\text{mm}$ 減少到 46mm時，可觀察到整體操作頻段逐漸高頻移動，其兩個操作頻段分別為 839MHz—978MHz及 1.52GHz—2.98GHz，阻抗頻寬分別為 139MHz及 1460MHz，頻寬比分別為 15.3%及 64.89%，雖然阻抗頻寬有稍微增加但影響到第一個操作頻段無法完整涵蓋 GSM 850 無線通訊頻段；而反之當 L_8 從 47mm增加至 48mm及 49mm時，可觀察到第一個操作頻段逐漸往低頻移動，其操作頻段分別為 798MHz—927MHz及 774MHz—881MHz，進而無法涵蓋 GSM 900 通訊頻段，在第二個操作頻段起始點逐漸往高頻移動而截止點大幅度往低頻移動，其操作頻段分別為 1.55GHz—2.09GHz及 1.56GHz—1.88GHz，導致阻抗頻寬變窄並且無法涵蓋 GSM 850、PCS、UMTS、WLAN 2.4GHz、Bluetooth 及 LTE 2.3GHz/2.6GHz等通訊頻段需求。

參數 L_8 藉由圖 10 及上述詳細分析結果得知，隨著參數 L_8 長度增加其相對應反射損失變得更差，反之長度減少相對應操作頻段會往高頻移動，影響 S_{11} 之中高頻操作頻段所需頻段，藉由調整得知參數 L_8 最佳值為 47mm。

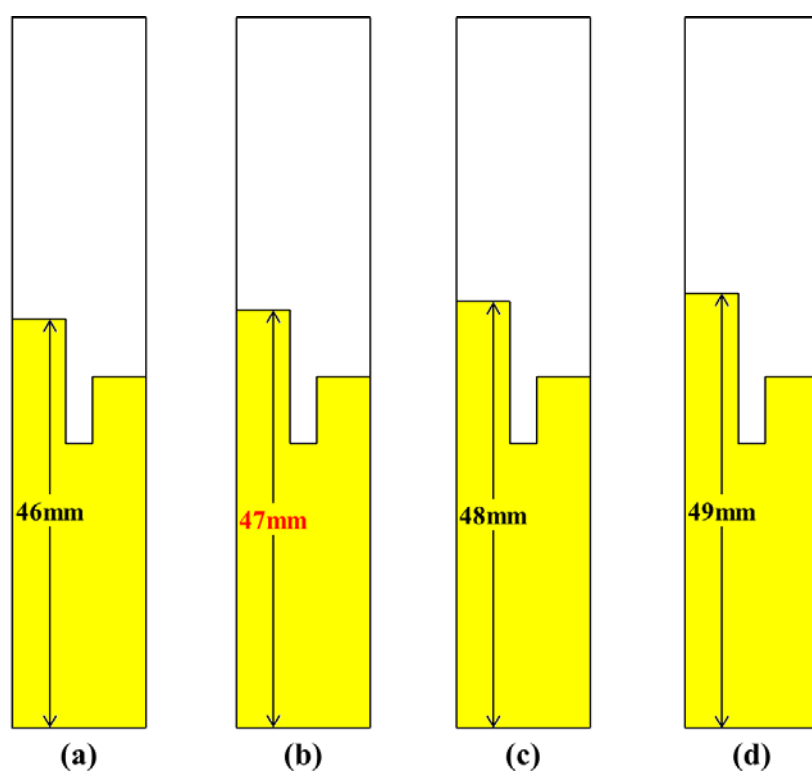


圖 9、新型B字形漸變微帶天線之參數 L_3 變化示意圖
(a) 46mm (b) 47mm (c) 48mm (d) 49mm

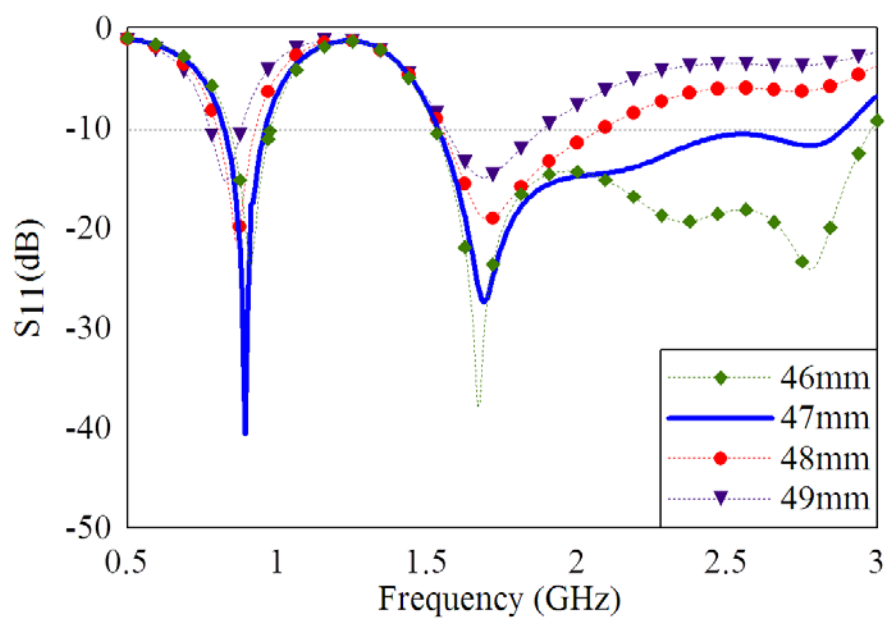


圖 10、新型B字形漸變微帶天線之參數 L_3 變化
46mm、47mm、48mm及 49mm模擬反射損失比較圖

表 7、新型B字形漸變微帶天線之參數 L_9 變化模擬反射損失數據比較表

	第一個操作頻段			第二個操作頻段		
參數值 (mm)	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)	操作頻段 (GHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)
46	839—978	139	15.30	1.52— 2.98	1460	64.89
47	820—969	149	16.66	1.53— 2.89	1360	61.54
48	798—927	129	14.96	1.55— 2.09	129	14.96
49	774—881	107	12.93	1.56— 1.88	107	12.93

(4)、參數 L_9 變化

參數 L_9 為新型B字形漸變微帶天線架構之U形槽口接地面右側長度變化，如圖 11 所示；圖 12 為新型B字形漸變微帶天線之參數 L_9 變化模擬反射損失比較圖，分別對 35.5mm、37.5mm、39.5mm及 41.5mm參數值進行模擬及分析。縱軸為 S_{11} ，單位為dB；橫軸為頻率，單位為GHz，圖中 $L_9=35.5$ mm以綠色菱形及虛線表示； $L_9=37.5$ mm以紅色圓形及虛線表示； $L_9=39.5$ mm以藍色實線表示表示； $L_9=41.5$ mm以紫色倒三角形及虛線表示。

在圖 12 中 $S_{11} < -10$ dB情況下，可觀察到當 $L_9=39.5$ mm時，操作頻段能夠完整涵蓋所需無線頻段需求，其操作頻段分別為 820MHz—969MHz及 1.53GHz—2.89GHz，阻抗頻寬分別為 149MHz、1360MHz，頻寬比分別為 16.66%及 61.54%；當 $L_9=39.5$ mm增加至 41.5mm時，可觀察到第一個操作頻段相較於 $L_9=39.5$ mm相比，起始點小幅往高頻移動而截止點往低頻移，其操作頻段為 825MHz—958MHz，阻抗頻寬為 133MHz，導致頻寬變窄進而無法完整涵蓋GSM 850/900，而第二個操作頻段與前者相比可觀察到在操作頻段 2.29GHz—2.64GHz S_{11} 無法到達-10dB，導致頻寬變更狹窄並且無法涵蓋所需無線通訊頻段需求；當 $L_9=39.5$ mm減少至 37.5mm及 35.5mm時，可觀察到第一個操作頻段逐漸往低頻移動，其操作頻段分別為 825MHz—956MHz及 820MHz—950MHz，阻抗頻寬分別為 131MHz及 130MHz，導致無法完整涵蓋GSM 900 頻段，而第二個操作頻段與 $L_9=39.5$ 相比下可觀察到操作頻段分別在 2.4GHz—2.68GHz頻段及 2.4GH—2.71GHz頻段之 S_{11} 諧振無法到達-10dB，影響到WLAN 2.4GHz、Bluetooth及LTE 2.3GHz/2.6GHz等所需無線通訊頻段，因此不考慮此參數值。此參數 L_9 模擬反射損失數據如表 8 所示。

參數 L_9 藉由圖 2—11 及上述分析結果得知，隨著參數 L_9 長度增減相對應B字形

輻射貼片及接地面間之间距，都會導致 S_{11} 在 2G 部分無法到達 -10dB 進而影響所需通訊頻段，藉由調整得知此參數 L_9 最佳值為 39.5mm 。

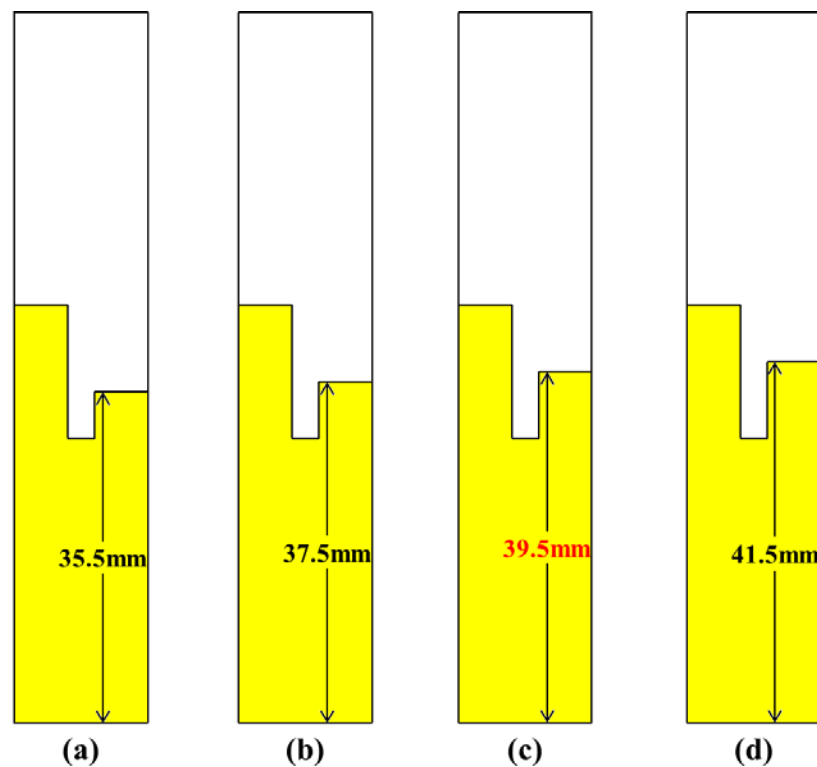


圖 11、新型 B 字形漸變微帶天線之參數 L_9 變化示意圖

(a) 35.5mm (b) 37.5mm (c) 39.5mm (d) 41.5mm

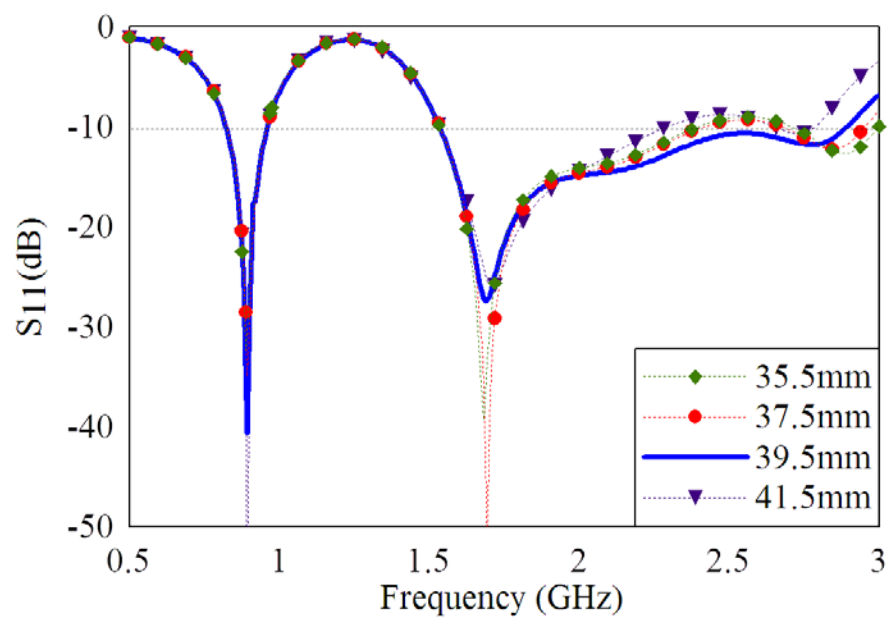


圖 12、新型 B 字形漸變微帶天線之參數 L_9 變化

35.5mm 、 37.5mm 、 39.5mm 及 41.5mm 模擬反射損失比較圖

表 8、新型B字形漸變微帶天線之參數 L_0 變化模擬反射損失數據比較表

	第一個操作頻段			第二個操作頻段		
參數值 (mm)	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)	操作頻段 (GHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)
35.5	820—950	130	14.69	1.53— 2.40 2.70— 3.00	1160	54.43
37.5	825—956	131	14.71	1.53— 2.40 2.68— 2.95	1130	53.25
39.5	820—969	149	16.66	1.55— 2.09	1360	61.54
41.5	825—958	133	14.92	1.56— 1.88	900	44.96

(5)、參數 W_2 變化

參數 W_2 為新型B字形漸變微帶天線架構中B字形輻射貼片之中間矩形條寬度變化，如圖 13 所示；圖 14 為新型B字形漸變微帶天線之參數 W_2 變化模擬反射損失比較圖，分別對 10.5mm、10.75mm、11mm及 11.25mm參數值進行模擬及分析。縱軸為 S_{11} ，單位為dB；橫軸為頻率，單位為GHz，圖中 $W_2=10.5\text{mm}$ 以綠色菱形及虛線表示； $W_2=10.75\text{mm}$ 以紅色圓形及虛線表示； $W_2=11\text{mm}$ 以藍色實線表示表示； $W_2=11.25\text{mm}$ 以紫色倒三角形及虛線表示。

在圖 2—13 中 $S_{11} < -10\text{dB}$ 情況下，可以觀察到 $W_2=11.25\text{mm}$ 時，會產生兩個操作頻段分別為 814MHz—943MHz及 1.46 GHz—2.84GHz，阻抗頻寬分別為 129MHz及 1380MHz，頻寬比分別為 14.68%及 64.19%，能夠涵蓋GSM 850、GPS、DCS、PCS、UMTS、WLAN 2.4GHz、Bluetooth及LTE 2.3GHz/2.6GHz，但因第一個操作頻段之阻抗頻寬狹窄，導致無法涵蓋GSM 900 無線通訊頻段，因此不參考此參數值；當參數 W_2 長度從 11.25mm減少至 11mm時，整體操作頻段小幅度往高頻移動，其操作頻段分別為 820MHz—969MHz及 1.53GHz—2.89GHz，阻抗頻寬分別為 149MHz及 1360MHz，頻寬比分別為 16.66%及 61.54%，使阻抗頻寬變得更寬，並且在第一個操作頻段能夠同時涵蓋GSM 900 頻段，此操作頻段能夠涵蓋十個無線通訊頻段；隨者參數 $W_2=11.25\text{mm}$ 逐漸減少至 10.75mm及 10.5mm時，可觀察到

整體操作頻段逐漸往高頻移動，其第一個操作頻段分別為 835MHz—977MHz 及 835MHz—985MHz，導致無法涵蓋 GSM 850 頻段，並且也看到在 2G 頻段之 S_{11} 諧振無法到達 -10dB，其分別為 2.4GHz—2.67 及 2.34GHz—2.76 GHz，使阻抗頻寬變得更狹窄，導致無法涵蓋 WLAN 2.4GHz、Bluetooth 及 LTE 2.3GHz/2.6GHz 等無線通訊頻段。此參數 W_2 模擬反射損失數據如表 9 所示。

參數 W_2 藉由圖 2-13 及上述詳細分析結果得知，隨著 B 字形輻射貼片中間矩形條寬度 W_2 減少，會使整體操作頻段逐漸往高頻移動，並且在 2G 頻段之 S_{11} 無法到達 -10dB，藉由調整得知此參數 W_2 最佳值為 11mm。

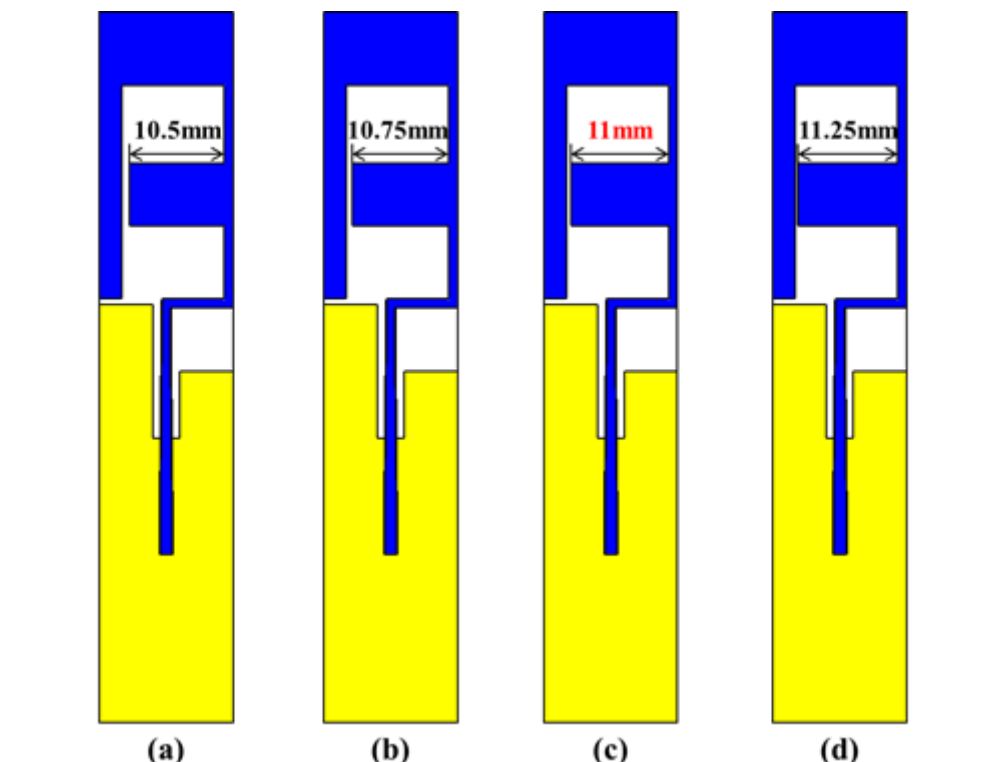


圖 13、新型 B 字形漸變微帶天線之參數 W_2 變化示意圖
(a) 10.5mm (b) 10.75mm (c) 11mm (d) 11.25mm

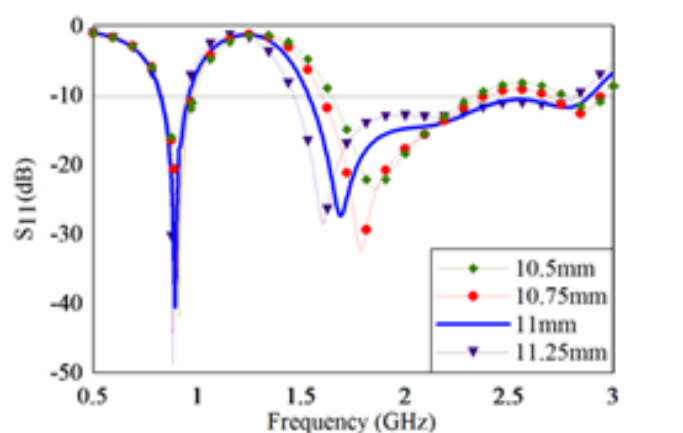


圖 14、新型 B 字形漸變微帶天線之參數 W_2 變化
10.5mm、10.75mm、11mm 及 11.25mm 模擬反射損失比較圖

表 9、新型B字形漸變微帶天線之參數 W_2 變化模擬反射損失數據比較表

	第一個操作頻段			第二個操作頻段		
參數值 (mm)	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)	操作頻段 (GHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)
10.50	835—985	150	16.48	1.64— 2.34 2.76— 2.97	910	42.51
10.75	835—977	142	15.67	1.60— 2.40 2.68— 2.94	1060	49.25
11.00	820—969	149	16.66	1.53— 2.89	1360	61.54
11.25	814—943	129	14.68	1.46— 2.84	1380	64.19

(6)、參數 W_3 變化

參數 W_3 為新型B字形漸變微帶天線架構中B字形輻射貼片之右側矩形條寬度變化，如圖 15 所示；圖 16 為新型B字形漸變微帶天線之參數 W_3 變化模擬反射損失比較圖，分別對 0.5mm、1mm、1.5mm及 2mm參數值進行模擬及分析。縱軸為 S_{11} ，單位為dB；橫軸為頻率，單位為GHz，圖中 $W_3=0.5\text{mm}$ 以綠色菱形及虛線表示； $W_3=1\text{mm}$ 以藍色實線表示表示； $W_3=1.5\text{mm}$ 以紅色圓形及虛線表示； $W_3=2\text{mm}$ 以紫色倒三角形及虛線表示。

在圖 16 中 $S_{11} < -10\text{dB}$ 情況下，可以觀察到 $W_3=0.5\text{mm}$ 時，會產生兩個操作頻段分別為 791MHz—918MHz及 1.5GHz—2.78GHz，阻抗頻寬分別為 127MHz及 1280MHz，頻寬比分別為 14.86%及 59.81%，在第一操作頻段無法完整涵蓋 GSM 900 無線通訊頻段，因此不參考此參數值；隨者參數 $W_3=0.5\text{mm}$ 增加至 1mm時，可觀察到整體操作頻段往高頻移動使阻抗頻寬增加，其操作頻段分別為 820MHz—969MHz及 1.53GHz—2.89GHz，阻抗頻寬分別為 149MHz及 1360MHz，頻寬比分別為 16.66%及 61.54%，並且操作頻段能夠完整涵蓋所需十個無線通訊頻段；隨者參數 W_3 持續增加至 1.5mm及 2mm時，可觀察到第一個操作頻段逐漸往高頻移動，其操作頻段分別為 845MHz—994MHz及 865MHz—1019MHz，阻抗頻寬分別為 149MHz及 154MHz，頻寬比分別為 16.20%及 16.35%，雖然阻抗頻寬有逐漸變寬但能無法完整涵蓋 GSM 850 通訊頻段，並且可觀察到第二個操作頻段分別在 1.56GHz—2.97GHz及 1.58GHz—3GHz而其中 $W_3=1.5\text{mm}$ 時 2.37GHz—2.8GHz頻段 S_{11} 無法到

達 -10dB ，使阻抗頻寬大幅減少導致無法涵蓋 WLAN 2.4GHz、Bluetooth 及 LTE 2.3GHz/2.6GHz 等無線通訊頻段。

參數 W_3 藉由圖 16 及上述詳細分析結果得知，隨著B字形輻射贴片右側矩形條寬度 W_3 增加，會使整體操作頻段逐漸往高頻移動，並且可觀察到在 2G 頻段之 S_{11} 諧振無法到達 -10dB ，導致無法涵蓋所需頻段，藉由調整得知此參數 W_3 最佳值為 1mm。

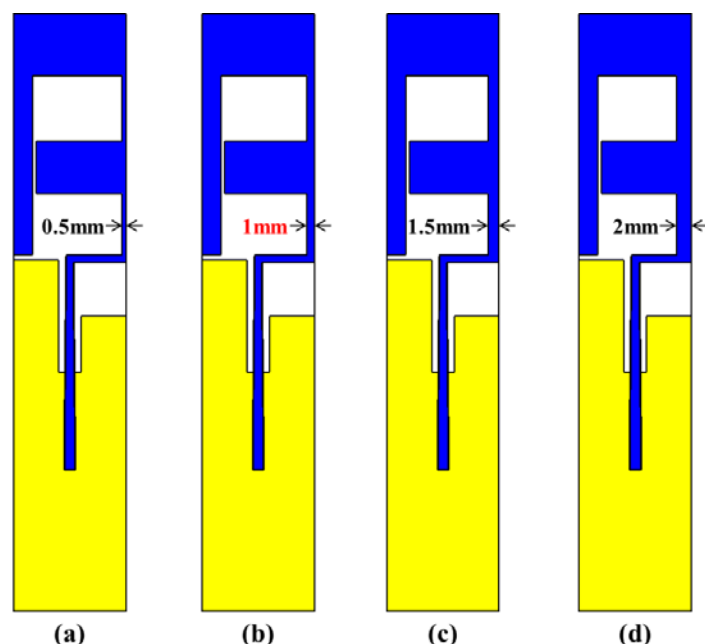


圖 15、新型B字形漸變微帶天線之參數 W_3 變化示意圖

(a) 0.5mm (b) 1mm (c) 1.5mm (d) 2mm

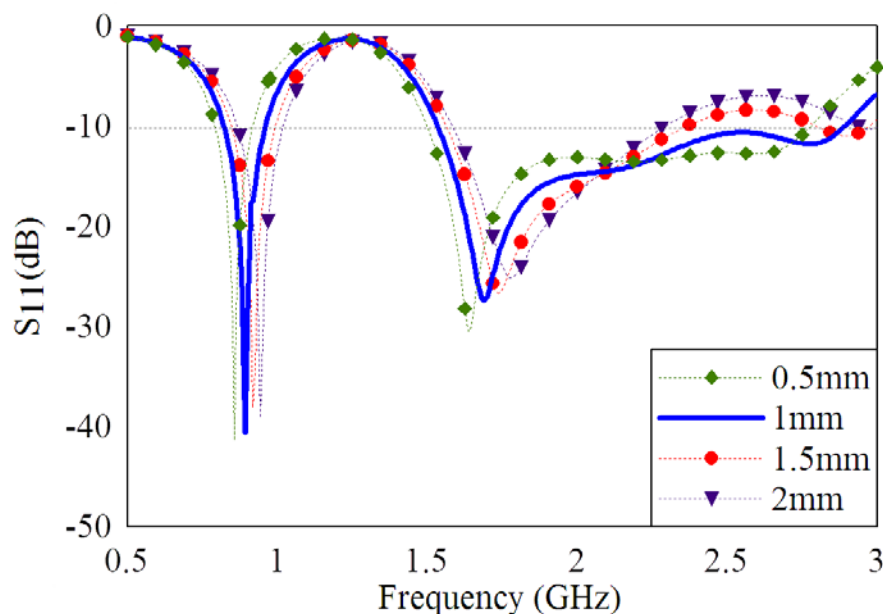


圖 16、新型B字形漸變微帶天線之參數 W_3 變化 0.5mm、1mm、1.5mm及 2mm反射損失比較圖

表 10、新型B字形漸變微帶天線之參數 W_3 變化模擬反射損失數據比較表

	第一個操作頻段			第二個操作頻段		
參數值 (mm)	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)	操作頻段 (GHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)
0.5	791—918	127	14.86	1.50— 2.78	1280	42.51
1.0	820—969	149	16.66	1.53— 2.89	1360	49.25
1.5	845—994	149	16.20	1.56— 2.37 2.80— 2.98	990	61.54
2.0	865—1019	154	16.35	1.58— 2.29	710	36.69

(7)、參數 W_4 變化

從參數 W_4 為新型B字形漸變微帶天線之漸變形微帶線頂端 W_4 寬度變化，如圖 17 所示；圖 18 為新型B字形漸變微帶天線之參數 W_4 變化模擬反射損失比較圖，分別對 0.5mm、0.75mm、1mm及 1.25mm參數值進行模擬及分析。縱軸為 S_{11} ，單位為dB；橫軸為頻率，單位為GHz，圖中 $W_4=0.5\text{mm}$ 以綠色菱形及虛線表示； $W_4=0.75\text{mm}$ 以紅色圓形及虛線表示； $W_4=1\text{mm}$ 以藍色實線表示表示； $W_4=1.25\text{mm}$ 以紫色倒三角形及虛線表示。

在圖 18 中 $S_{11} < -10\text{dB}$ 情況下，可以觀察到當參數 $W_4=1.25\text{mm}$ 時，產生兩個操作頻段分別為 829MHz—968MHz及 1.56GHz—2.88GHz，阻抗頻寬分別為 139MHz及 1320MHz，頻寬比分別為 15.47%及 59.46%，第一個操作頻段無法完整涵蓋GSM 850 通訊頻段，因此不考慮此參數值；隨著參數 W_4 寬度減少至 1mm時，可觀察到整體操作頻寬在不影響現有通訊頻段狀況下小幅度往低頻移動，其操作頻段分別為 820MHz—969MHz及 1.53GHz—2.89GHz，阻抗頻寬 149MHz及 1360MHz，頻寬比分別為 16.66%及 61.54%，進而涵蓋了GSM 850/900、GPS、DCS、PCS、UMTS、WLAN 2.4GHz、Bluetooth及LTE 2.3GHz/2.6GHz等十個無線通訊頻段。隨者參數 W_4 持續減少至 0.75mm及 0.5mm時，可觀察到第一個操作頻段逐漸往低頻移動，其操作頻段分別為 814MHz—954MHz及 807MHz—947MHz，阻抗頻寬分別為 140MHz及 140MHz，頻寬比分別為 15.89%及 15.96%，導致操作頻段無法完整涵蓋GSM 900 無線通訊頻段，而第二個操作頻段可明顯觀察到 $W_4=0.75\text{mm}$ 時，分別從 2.37GHz—2.72GHz頻段之 S_{11} 無法到達 -10dB ，而 $W_4=0.5\text{mm}$ 時，截止點大幅度往低頻移動，使阻抗頻寬更狹窄，導致無法涵蓋所需無線通訊頻段。

參數 W_4 藉由圖 18 及上述詳細分析結果得知，隨著漸變形微帶線頂端寬 W_3 持續縮

減，會使整體操作頻段逐漸往低頻移動，並且在第二個操作頻段截止點大幅度往低頻移動，導致無法涵蓋所需無線通訊頻段，藉由調整得知此參數 W_4 最佳值為1mm。

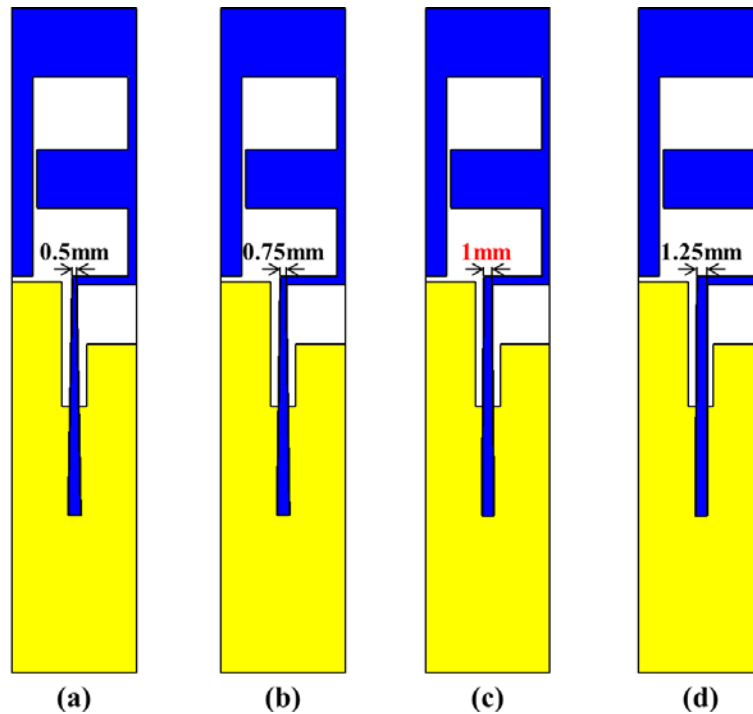


圖 17、新型B字形漸變微帶天線之參數 W_4 變化示意圖
(a) 0.5mm (b) 0.75mm (c) 1mm (d) 1.25mm

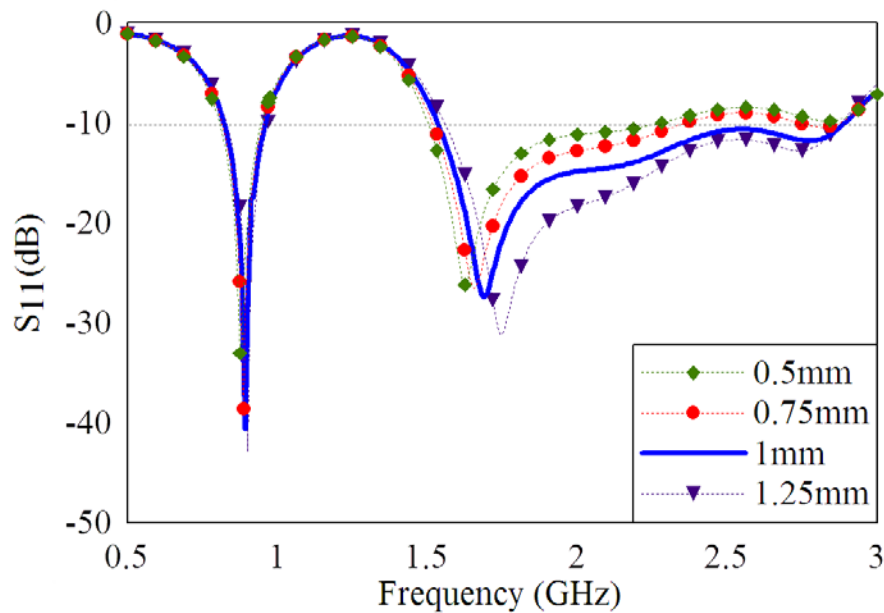


圖 18、新型B字形漸變微帶天線之參數 W_4 變化
0.5mm、0.75mm、1mm及1.25mm模擬反射損失比較圖

表 11、新型B字形漸變微帶天線之參數 W_4 變化模擬反射損失數據比較表

	第一個操作頻段			第二個操作頻段		
參數值 (mm)	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)	操作頻段 (GHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)
0.50	807—947	140	15.96	1.50— 2.88	780	41.27
0.75	814—954	140	15.84	1.52— 2.37 2.72— 2.88	1010	49.42
1.00	820—969	149	16.66	1.53— 2.98	1360	61.54
1.25	829—968	139	15.47	1.56— 2.88	1320	59.46

(8)、參數 W_6 變化

從參數 W_6 為新型B字形漸變微帶天線之漸變形微帶線末端寬 W_6 變化，如圖 19 所示；圖 20 為新型B字形漸變微帶天線之參數 W_6 變化的模擬反射損失圖，分別對 1mm、1.5mm、2mm及 2.5mm參數值進行模擬及分析。縱軸為 S_{11} ，單位為dB；橫軸為頻率，單位為GHz，圖中 $W_6=1\text{mm}$ 以綠色菱形及虛線表示； $W_6=1.5\text{mm}$ 藍色實線表示以表示； $W_6=2\text{mm}$ 以紅色圓形及虛線表示； $W_6=2.5\text{mm}$ 以紫色倒三角形及虛線表示。在圖 20 中 $S_{11} < -10\text{dB}$ 情況下，可以觀察到當參數 $W_6=1\text{mm}$ 時，產生兩個操作頻段分別為 802MHz—948MHz及 1.51GHz—2.84GHz，阻抗頻寬分別為 146MHz及 1320MHz，頻寬比分別為 16.69%及 60.55%，進而涵蓋GSM 850、GPS、DCS、PCS、UMTS、WLAN 2.4GHz、Bluetooth及LTE 2.3GHz/2.6GHz等無線通訊頻段，但因第一個操作頻段之阻抗頻寬狹窄，導致無法同時涵蓋GSM 900 無線通訊頻段；隨著參數 W_6 寬度從 1mm增加至 1.5mm時，可觀察到整體操作頻段在不影響現有通訊頻段狀況下小幅度往高頻移動，其操作頻段分別為 820MHz—969MHz及 1.53GHz—2.89GHz，阻抗頻寬分別為 149MHz及 1360MHz，頻寬比分別為 16.69%及 60.55%，使阻抗頻寬達到良好的匹配，進而能夠涵蓋所需十個無線通訊頻段；但隨者參數 W_6 持續增加至 2mm及 2.5mm時，可觀察到第一個操作頻逐漸往高頻移動其操作頻段分別為 834MHz—967MHz及 847MHz—971MHz，阻抗頻寬分別為 133MHz及 124MHz，頻寬比分別為 14.77%及 13.64%，導致無法完整涵蓋GSM 800 通訊頻段，而第二個操作頻段起始點逐漸往高頻移動，截止點大幅度往低頻移動，其操作頻

段分別為 1.56GHz—2.53GHz 及 1.6GHz—2.44GHz，阻抗頻寬分別為 970MHz 及

840MHz，頻寬比分別為 47.43%及 41.58%，使阻抗頻寬變得更狹窄，導致無法涵蓋 GPS、WLAN 2.4GHz、Bluetooth 及 LTE 2.3GHz/2.6GHz 通訊頻段。

圖 20 及上述詳細分析結果得知，隨著參數 W_6 寬度增加進而使阻抗頻寬變得狹窄相對應反射損失變得更差，藉由適當調整此參數 W_6 最佳值為 1.5mm。

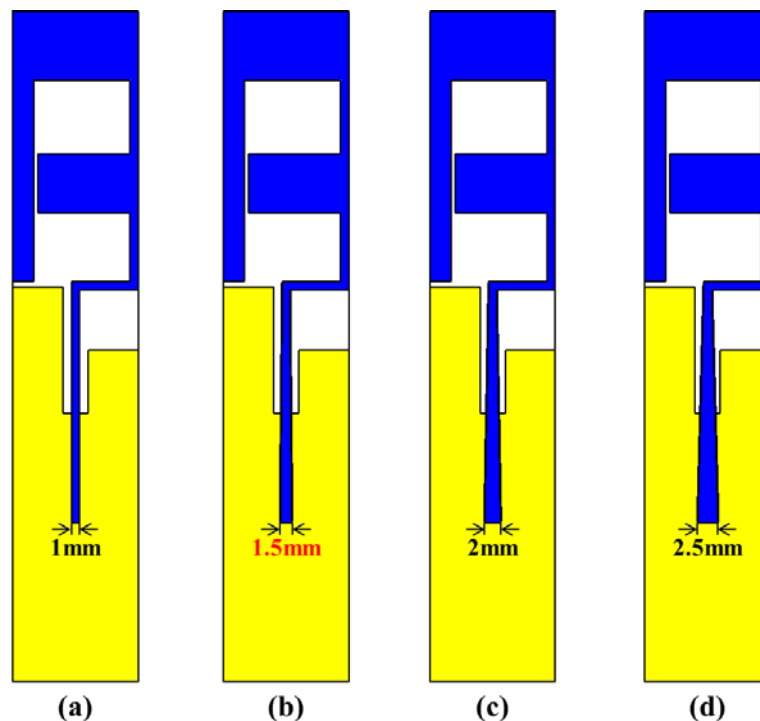


圖 19、新型B字形漸變微帶天線之參數 W_6 變化示意圖

(a) 1mm (b) 1.5mm (c) 2mm (d) 2.5mm

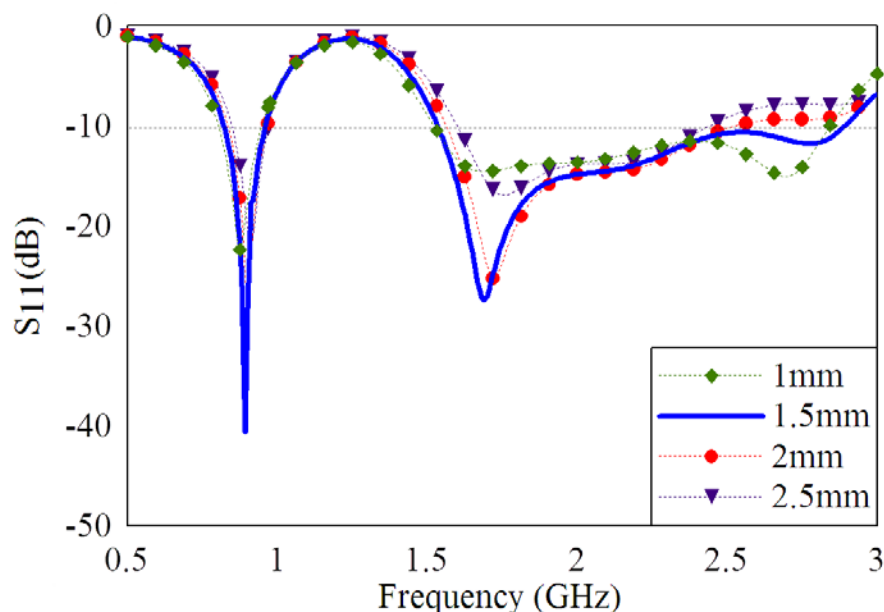


圖 20、新型B字形漸變微帶天線之參數 W_6 變化

1mm、1.5mm、2mm及 2.5mm模擬反射損失比較圖

	第一個操作頻段			第二個操作頻段		
參數值 (mm)	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)	操作頻段 (GHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)
1.0	802—948	146	16.69	1.52— 2.84	1320	60.55
1.5	820—969	149	16.66	1.53— 2.89	1360	61.54
2.0	834—967	133	14.77	1.56— 2.53	970	47.43
2.5	847—971	124	13.64	1.60— 2.44	840	41.58

(9)、參數 W_7 變化

從參數 W_7 為新型B字形漸變微帶天線架構中U形槽口接地面之U形槽口寬度 W_7 變化，如圖 21 所示；圖 22 為新型B字形漸變微帶天線之參數 W_7 變化模擬反射損失比較圖，分別對Without slit、1.5mm、3mm及 4.5mm參數值進行模擬及分析。縱軸為 S_{11} ，單位為dB；橫軸為頻率，單位為GHz，圖中 W_7 =Without slit以綠色菱形及虛線表示； W_7 =1.5mm以紅色圓形及虛線表示； W_7 =2mm以藍色實線表示表示； W_7 =2.5mm以紫色倒三角形及虛線表示。

在圖 22 中 $S_{11} < -10$ dB情況下，當參數 W_7 =Without slit相對應U形槽口接地面沒有U形槽口時，產生兩個操作頻段分別為 832MHz—977MHz及 1.58GHz—2.86GHz，阻抗頻寬分別為 145MHz及 1280MHz，頻寬比別為 1280%及 57.66%；可觀察第一個操作頻段及第二個操作頻段之阻抗頻寬都分別較窄，導致無法涵蓋GSM 850 及GPS無線通訊頻段，隨者在接地面上嵌入U形槽口寬度 W_6 增加至 1.5mm，可觀察到第一個操作頻段逐漸往低頻移動，而第二個操作頻段起始點往低頻移動，截止點反之，進而逐漸增加阻抗頻寬，尤其在 W_7 =3mm時，其操作頻段分別為 820MHz—969MHz及 1.53GHz—2.89GHz，阻抗頻寬分別為 149MHz及 1360MHz，頻寬比別為 16.66%及 61.54%，具有良好阻抗匹配及較寬阻抗頻寬範圍，能夠涵蓋GSM 850/900、GPS、DCS、PCS、UMTS、WLAN 2.4GHz、Bluetooth及LTE 2.3GHz/2.6GHz等十個所需無線通訊頻段；當參數 W_7 在持續增加至 4.5mm時，可觀察到整體操作頻段會往低頻移動，其操作頻段分別為 815MHz—952MHz及 1.52GHz—2.27GHz，阻抗頻寬分別為 137MHz及 920MHz，頻寬比分別為 15.51%及 46.46%，尤其在第二個操作頻段截止點大幅度往低頻移動，導致頻寬變狹窄無法涵蓋所需無線通訊頻段。

藉由圖 22 及上述詳細分析結果得知，隨著接地面嵌入U形槽口及 W_7 寬度增加，可

觀察到在第二個操作頻段截止點大幅度往低頻移動，導致整體阻抗頻寬變更狹窄，藉由適當調整此參數 W_7 最佳值為 3mm。

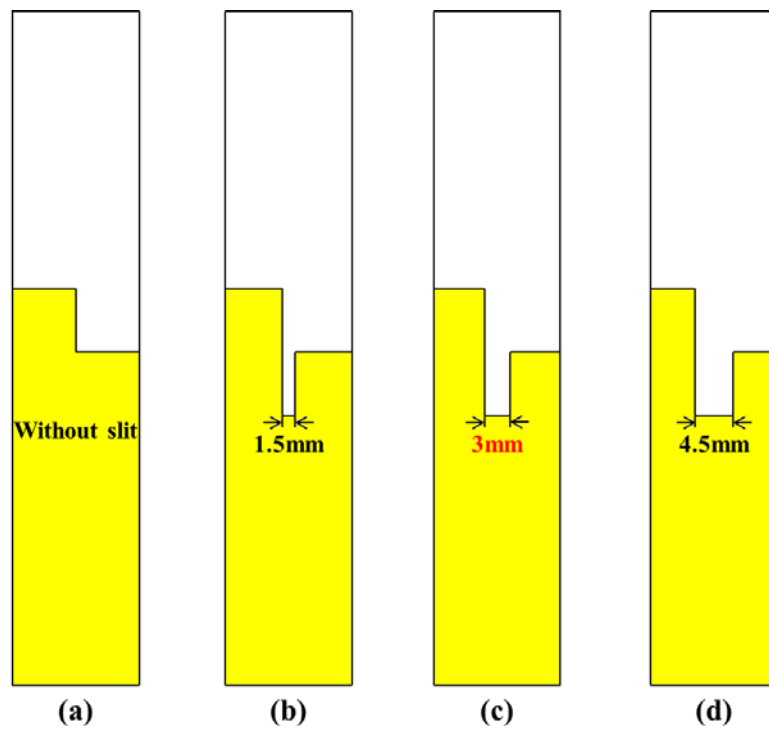


圖 21、新型B字形漸變微帶天線之參數 W_7 變化示意圖
(a) Without slit (b) 1.5mm (c) 3mm (d) 4.5mm

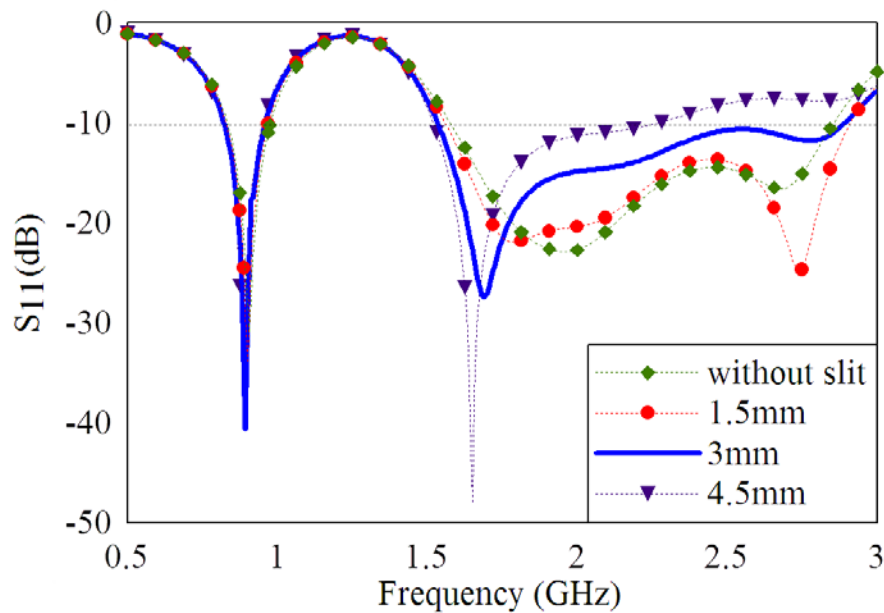


圖 22、新型B字形漸變微帶天線之參數 W_7 變化
Without slit、1.5mm、3mm及 4.5mm模擬反射損失比較圖

表 13、新型B字形漸變微帶天線之參數 W_6 變化模擬反射損失數據比較表

	第一個操作頻段			第二個操作頻段		
參數值 (mm)	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)	操作頻段 (GHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)
Without slit	832—977	145	16.03	1.58— 2.86	1280	57.66
1.5	827—970	143	15.92	1.56— 2.91	1350	60.40
3.0	820—969	149	16.66	1.53— 2.89	1360	61.54
4.5	815—952	137	15.51	1.52— 2.27	920	46.46

(10)、B 字形輻射貼片架構變化

此參數為新型B字形漸變微帶天線之B字形輻射貼片架構變化，如圖 23 所示；圖 24 為新型B字形漸變微帶天線之B字形輻射貼片架構變化模擬反射損失比較圖，分別對Ant 1、Ant 2、Ant 3 及Ant 4 數值進行模擬及分析。縱軸為 S_{11} ，單位為dB；橫軸為頻率，單位為GHz，圖 23 中Ant 1 以綠色菱形及虛線表示；Ant 2 以紅色圓形及虛線表示；Ant 3 以紫色倒三角形及虛線表示；Ant 4 以藍色實線表示。

從圖 23 (a) 中顯示Ant 1 輻射貼片結構是在微帶線上增加外圍矩形條，其因波長越長相對電流入徑也越長，並藉由矩形條之間以環繞方式下產生較低頻操作頻段，在圖 24 中可以觀察到Ant 1 在 $S_{11} < -10\text{dB}$ 情況下，產生一個操作頻段為756MHz—873MHz，阻抗頻寬為117MHz，但無法完整涵蓋GSM850/900 無線通訊頻段；接者藉由增加輻射面頂端矩形條長度，來調整操作頻段移動位置，如圖 23

(b) Ant 2 所示，在圖 24 中可以觀察到Ant 2 在 $S_{11} < -10\text{dB}$ 時，觀察到相較於Ant 1，其操作頻段為838MHz—1005MHz，阻抗頻寬為167MHz，操作頻段逐漸往往高頻移動，進而涵蓋GSM 900 頻段，但因輻射面架構耦合機制不足，導致無法完整涵蓋GSM 850 及產生第二個諧振模式；因此在輻射面架構中間增加矩形，來增強輻射面耦合機制，進而產生第二個操作頻段，如圖 23 (c) Ant 3 所示，在圖 24 中可以觀察到Ant 3 在 $S_{11} < -10\text{dB}$ 時，操作頻段分別為837MHz—975MHz及1.58GHz—2.89GHz，阻抗頻寬分別為138MHz及1310MHz，頻寬比分別為15.23%及58.61%，相較於Ant 2 多涵蓋了DCS、PCS、UMTS、Bluetooth、WLAN 2.4GHz 及LTE 2.3GHz/2.6GHz等無線通訊頻段，但無法完整涵蓋GSM 850 及GPS無線通訊頻段。接著微帶線修改成漸變形微帶線及基板背側接地面之U形槽口之間產生

適當電流耦合，如圖 23 (d) Ant 4 所示，其操作頻段分別為 820MHz—969MHz 及 1.53GHz—2.89GHz，阻抗頻寬分別為 149MHz 及 1360MHz，頻寬比分別為 16.66% 及 61.54%，此天線能夠涵蓋所需十個無線通訊頻段。

藉由圖 24 及上述詳細分析結果得知，此輻射贴片最理想架構為 Ant 4。

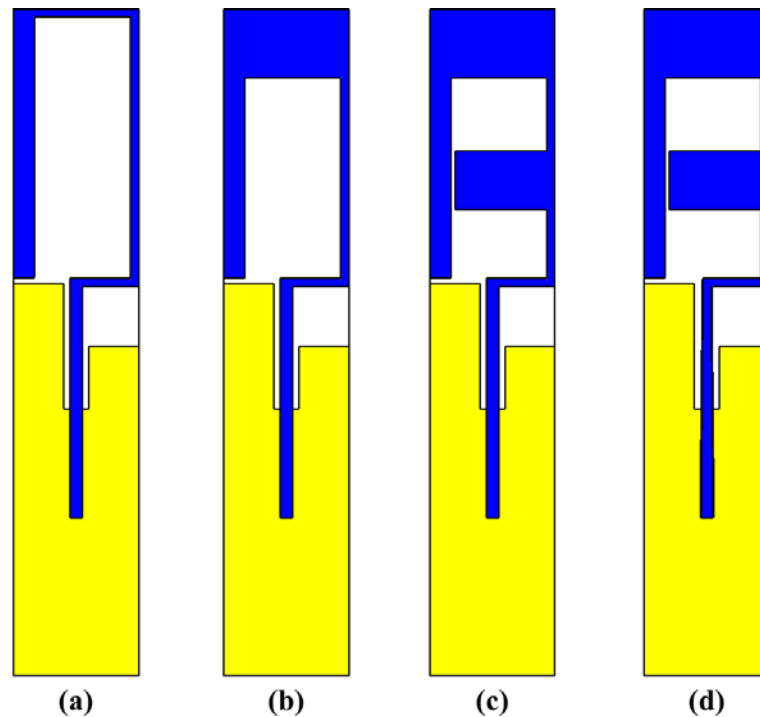


圖 23、新型 B 字形漸變微帶天線之 B 字形輻射贴片架構變化示意圖
(a) Ant 1 (b) Ant 2 (c) Ant 3 (d) Ant 4

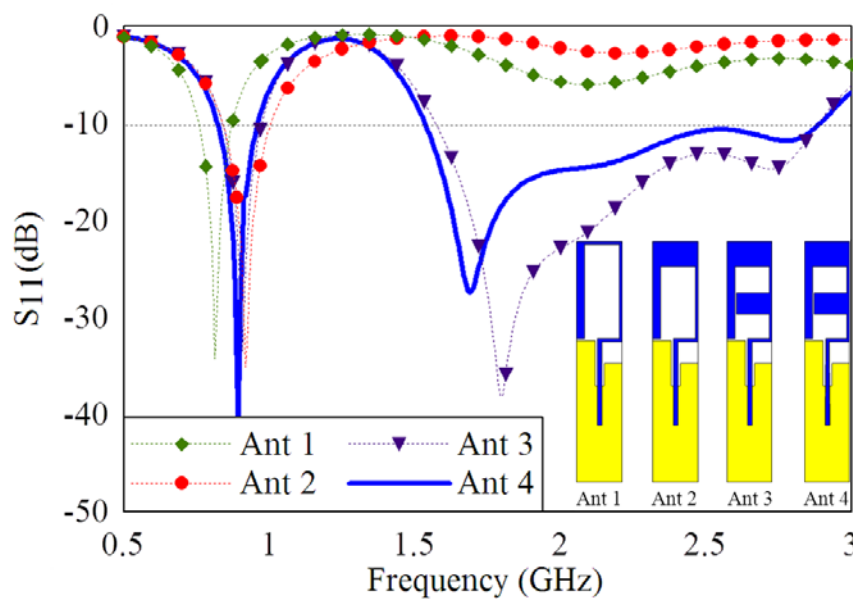


圖 24、新型 B 字形漸變微帶天線之之 B 字形輻射贴片架構變化
Ant 1、Ant 2、Ant 3 及 Ant 4 模擬反射損失比較圖

表 14、新型 B 字形漸變微帶天線之 B 字形輻射貼片架構變化模擬反射損失數據比較表

	第一個操作頻段			第二個操作頻段		
參數值 (mm)	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)	操作頻段 (GHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)
Ant 1	756— 873..	117	14.36	—	—	—
Ant 2	838—1005	167	18.12	—	—	—
Ant 3	837— 975..	138	15.23	1.58— 2.89	1310	58.61
Ant 4	820— 969..	149	16.66	1.53— 2.89	1360	61.54

5、天線製作與量測

本文中提出一款新型 B 字形漸變微帶天線，經由上一節中進行各參數之最佳值分析及探討，天線整體尺寸參數最佳值如表 15 所示。本節中將天線各參數最佳值進行實際製作及量測，並針對實體天線量測各項幅射特性及增益結果進行了詳細分析及探討。

本章所設計新型 B 字形漸變微帶天線經由實際製作後，天線整體尺寸 $W \times L$ 為 $15 \times 80 \text{mm}^2$ ，其天線各參數架構參數值分別為：

B 字形輻射貼片之左側矩形條長度為 $L_1 = 32.25 \text{mm}$ 、B 字形輻射貼片之外圍大面積矩形長度為 $L_2 = 32.25 \text{mm}$ 、B 字形輻射貼片之外圍大面積矩形及中間矩形條間之距離為 $L_3 = 8.75 \text{mm}$ 、B 字形輻射貼片之中間矩形條長為 $L_4 = 7 \text{mm}$ 、漸變形微帶線及 B 字形輻射貼片所相連矩形條長度為 $L_5 = 1 \text{mm}$ 、U 形槽口接地面之 U 形槽口長度為 $L_6 = 15 \text{mm}$ 、漸變形微帶線長度為 $L_7 = 26.75 \text{mm}$ 、U 形槽口接地面之左側接地長為 $L_8 = 47 \text{mm}$ 及 U 形槽口接地面之右側接地長為 $L_9 = 39.5 \text{mm}$ 。

B 字形輻射貼片之左側矩形條寬度為 $W_1 = 2.5 \text{mm}$ 、B 字形輻射貼片之中間矩形條寬度為 $W_2 = 11 \text{mm}$ 、B 字形輻射貼片之右側矩形條寬度為 $W_3 = 1 \text{mm}$ 、漸變形微帶線頂端寬為 $W_4 = 1 \text{mm}$ 、漸變形微帶線及 B 字形輻射貼片間所相連矩形條寬度為 $W_5 = 7 \text{mm}$ 、漸變形微帶線末端寬為 $W_6 = 1.5 \text{mm}$ 及 U 形槽口接地面之 U 形槽口寬度為 $W_7 = 3 \text{mm}$ 。新型 B 字形漸變微帶天線之實體圖如圖 25 所示。

表 15、新型 B 字形漸變微帶天線之參數尺寸最佳值

天線參數尺寸最佳值表		單位：mm	
$L=80$	$L_1=32.25$	$L_2=8.25$	$L_3=8.75$
$L_4=7$	$L_5=1$	$L_6=15$	$L_7=26.75$
$L_8=47$	$L_9=39.5$		
$W=15$	$W_1=2.5$	$W_2=11$	$W_3=1$
$W_4=1$	$W_5=7$	$W_6=1.5$	$W_7=3$

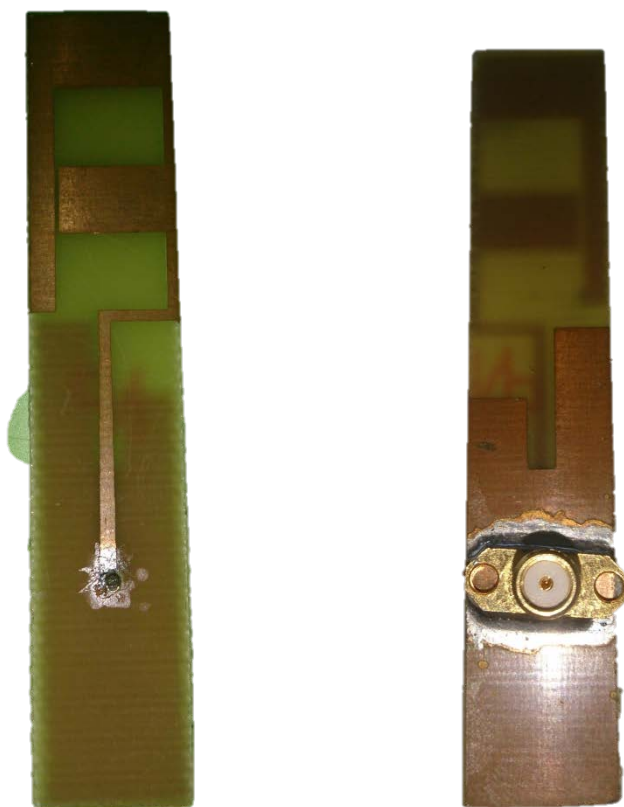


圖 25 新型 B 字形漸變微帶天線之實體圖
(a) 正視圖 (b) 底視圖

此天線是使用安捷倫Agilent公司之向量網路分析儀 8720E儀器進行實際量測，在圖 26 中顯示新型B字形漸變微帶天線之實測反射損失圖，縱軸為 S_{11} ，單位為dB；橫軸為頻率，單位為GHz。從圖 26 中可以觀察到此天線經由實際量測後，其操作頻段分別為 742MHz—962MHz及 1.47GHz—3GHz，阻抗頻寬分別為 220MHz及 1530MHz，頻寬比分別為 25.8%及 67.6%。此天線之實測反射損失數據如表 16。

經由上述分析得知，此天線能夠完整涵蓋 GSM 850/900、GPS、DCS、PCS、UMTS、Bluetooth、WLAN 2.4GHz 及 LTE 2.3GHz/2.6GHz 等十個通訊頻段。

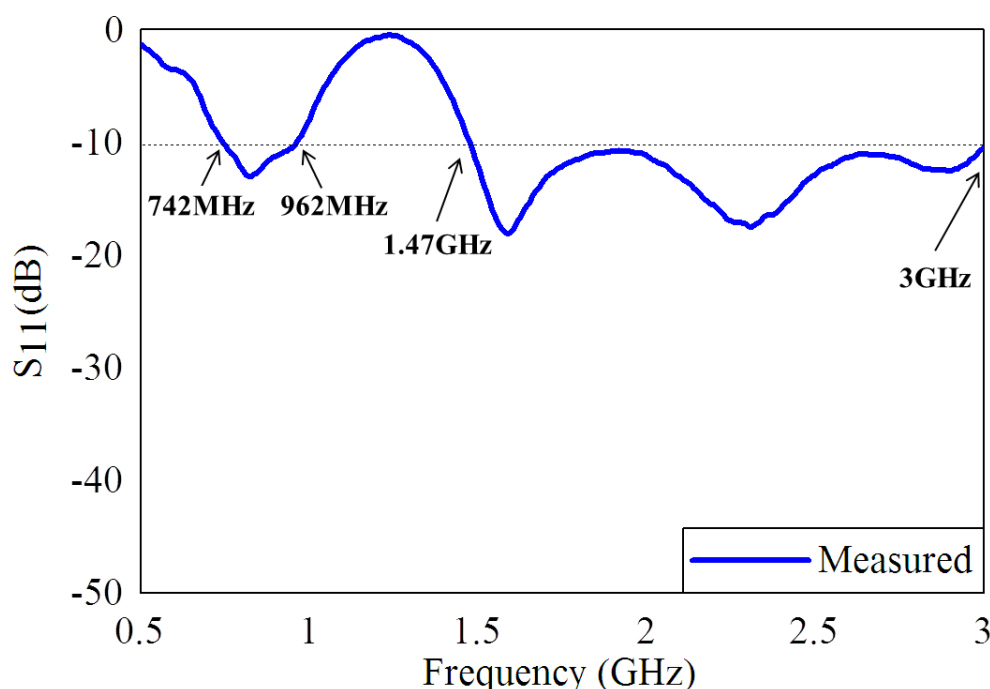


圖 26、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之實測反射損失圖

表 16、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之實測反射損失數據表

實測	第一個操作頻段			第二個操作頻段		
	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)	操作頻段 (GHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)
	742—962	220	25.80	1.47—3	1530	68.64

圖 27 中顯示新型 B 字形漸變微帶天線之量測各頻率輻射場型圖，量測平面為 E-plane (Y-Z) 及 H-plane (X-Z)，藍色實線為共極化，紅色虛線為交叉極化，量測的頻率分別為 850MHz、900MHz、1.575GHz、1.8GHz、1.9GHz、2GHz、2.3GHz、2.4GHz 及 2.6GHz，並分別以圖 27 (a)、圖 27 (b)、圖 27 (c)、圖 27 (d)、圖 27 (e) 及圖 27 (f) 示之。

圖 27 (a) 及圖 27 (b) 中顯示 850MHz 及 900MHz 頻率之量測輻射場型圖，可觀察到在 E-plane 及 H-plane 共極化雖然些許缺角但還是呈現出類似全向性輻射場型；則在 E-plane 及 H-plane 交叉極化呈現出漂亮 8 字形狀。

圖 27 (c) 中顯示 1.575GHz 頻率之量測輻射場型圖，可觀察到 E-plane 及 H-plane 共極化呈現出完整全向性輻射場型。則交叉極化在 E-plane 呈現出類似 8 字形狀；而 H-plane 呈現出指向性輻射場型。

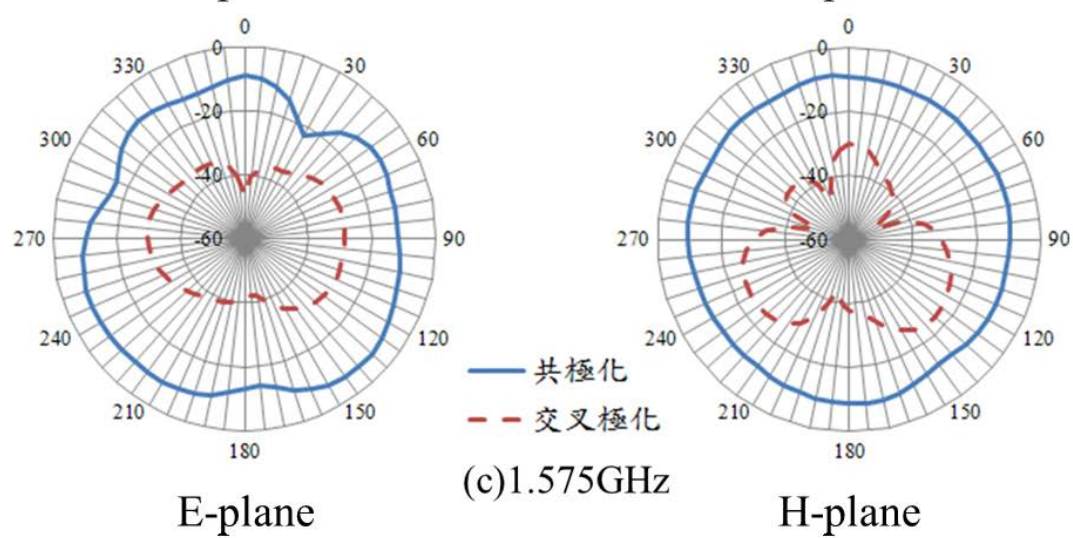
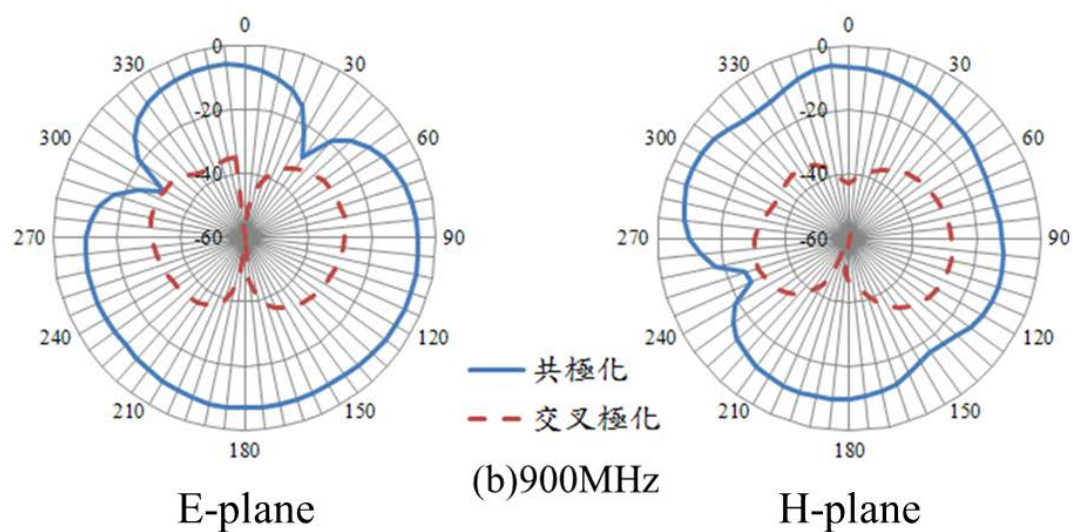
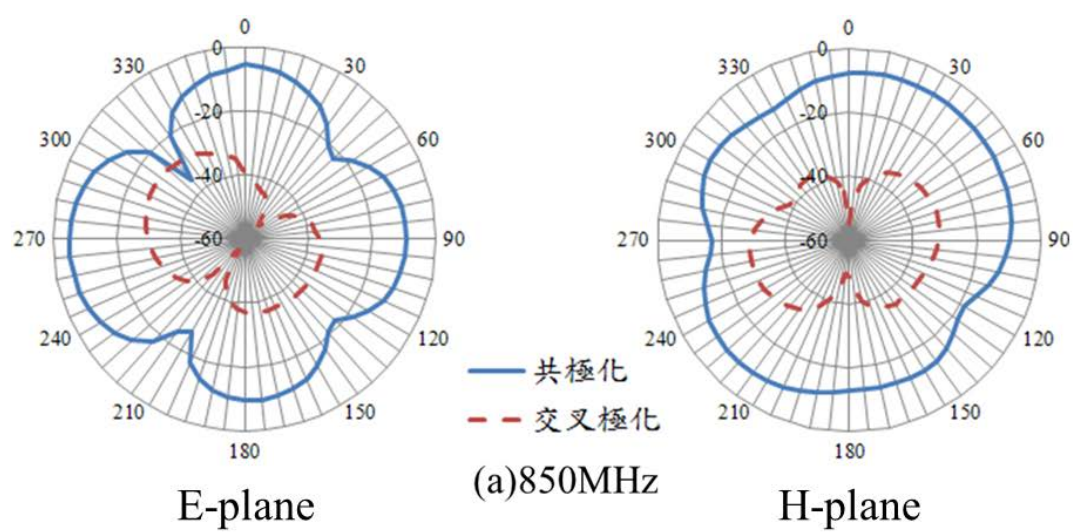
圖 27 (d)、圖 27 (e) 及圖 27 (f) 中顯示 1.8GHz、1.9 GHz 及 2 GHz 頻率之量測輻射場型圖，觀察到在 H-plane 共極化相較於 E-plane 具有完整圓全向性輻射場型，而 E-plane 因為訊號稍微薄弱進而形成缺角，整體輻射場型圖仍趨近於全向性。交叉極化在 E-plane 呈現出 8 字形狀，而 H-plane 則呈現出不錯散射，尤其在 1.9 GHz 頻率具有漂亮蝴蝶形狀。

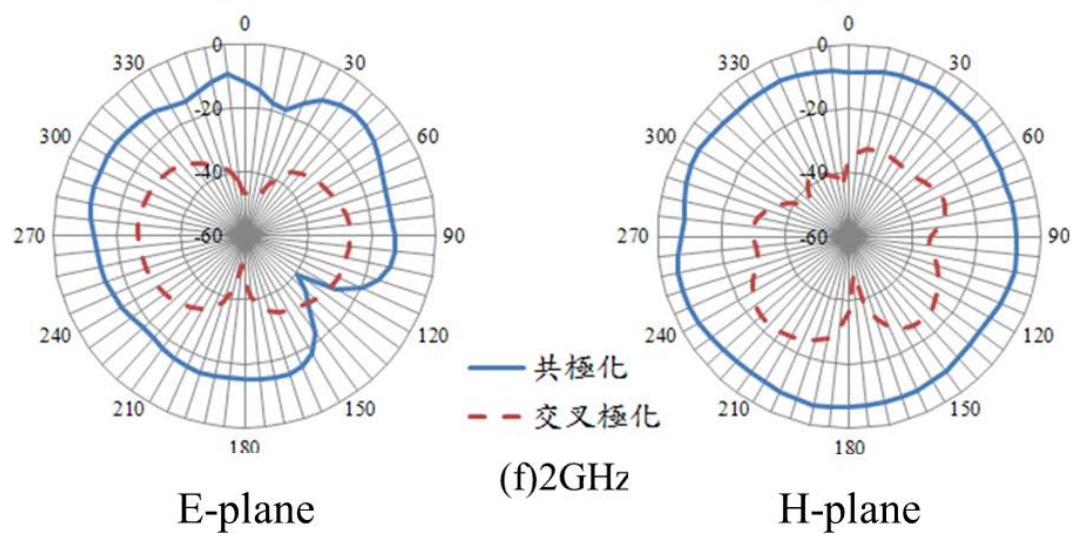
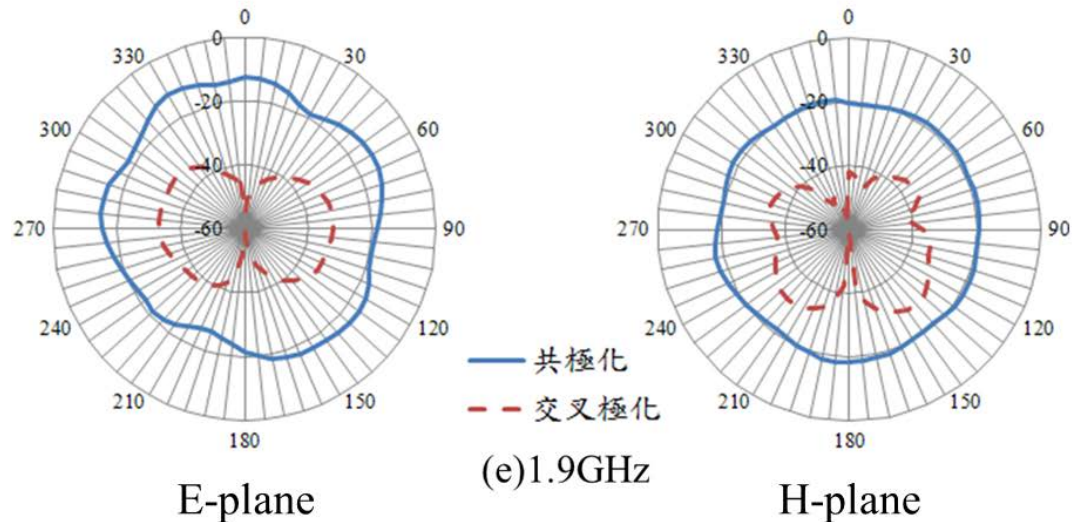
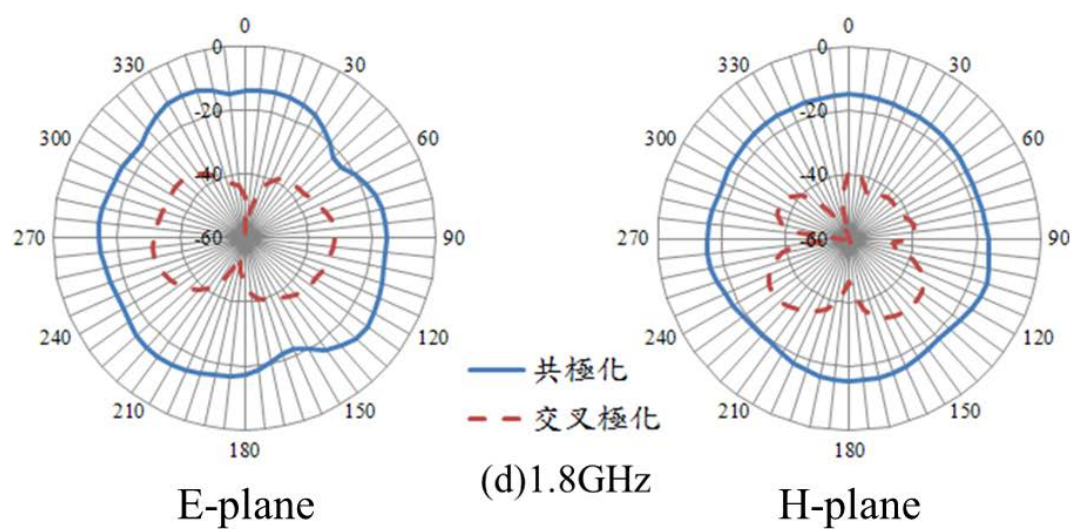
圖 27 (g)、圖 27 (h) 及圖 27 (i) 中顯示 2.3GHz、2.4GHz 及 2.6GHz 頻率之量測輻射場型圖，觀察到相較於 E-plane 在 H-plane 呈現出趨近完美全向性輻射場型，而 E-plane 雖然些許不規則圓，但還是呈現出類似全向性輻射場型。交叉極化在 E-plane 呈現趨近 8 字形狀，而在 H-plane 具有散射輻射場型。

藉由圖 2-26 及上述詳細分析結果得知，此天線在 E-plane 及 H-plane 共極化及交叉極化之間都相差在 20dB 以上，並且共極化皆趨近於全向性，交叉極化有不錯散射，呈現良好輻射場型。

圖 28 顯示此新型 B 字形漸變微帶天線之量測各頻段增益圖，縱軸為增益，單位為 dBi；橫軸為頻率，單位為 GHz。量測各頻率分別為 850MHz、900MHz、1.8GHz、1.9GHz、2GHz、2.3GHz、2.4GHz 及 2.6GHz，所測得增益值分別為 0.66dBi、0.7dBi、1dBi、0.9dBi、0.85dBi、0.8dBi、0.88dBi、0.95dBi 及 1.2dBi。圖 2-27 中可觀察到最大增益為 2.6GHz 頻率 1.2dBi，而最低增益為 0.85GHz 頻率 0.66dBi。雖然此天線增益不高，但整體天線各頻段輻射增益變化量皆在 1dBi 以內。

藉由圖 28 及上述詳細分析結果得知此天線具有穩定增益特性。新型 B 字形漸變微帶天線之量測各頻率詳細增益表如表 17 所示。





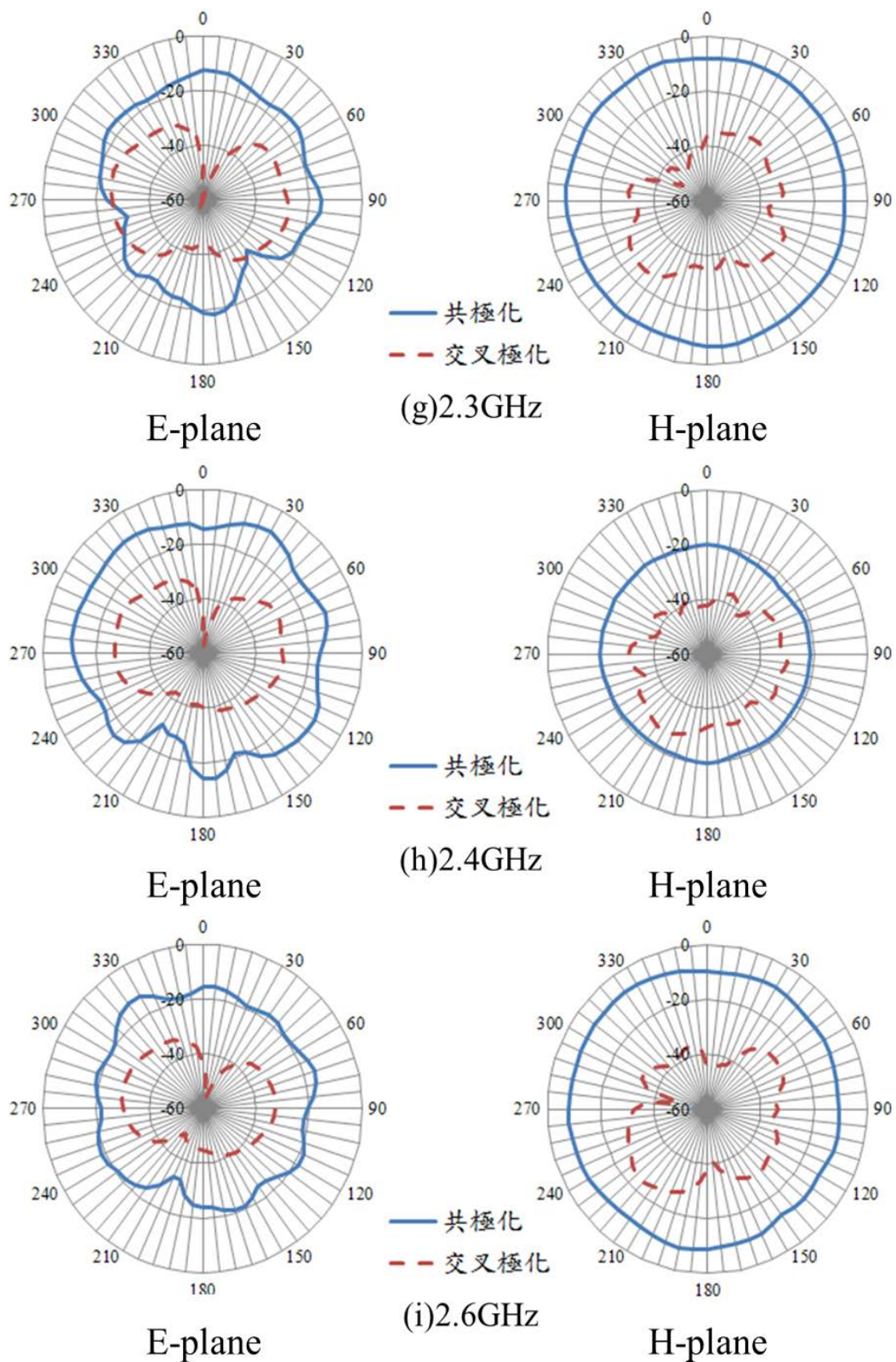


圖 27、新型多頻段 B 字形漸變微帶天線之量測各頻率輻射場形圖
 (a) 850MHz (b) 900MHz (c) 1.575GHz (d) 1.8GHz (e) 1.9GHz
 (f) 2GHz (g) 2.3GHz (h) 2.4GHz (i) 2.6GHz

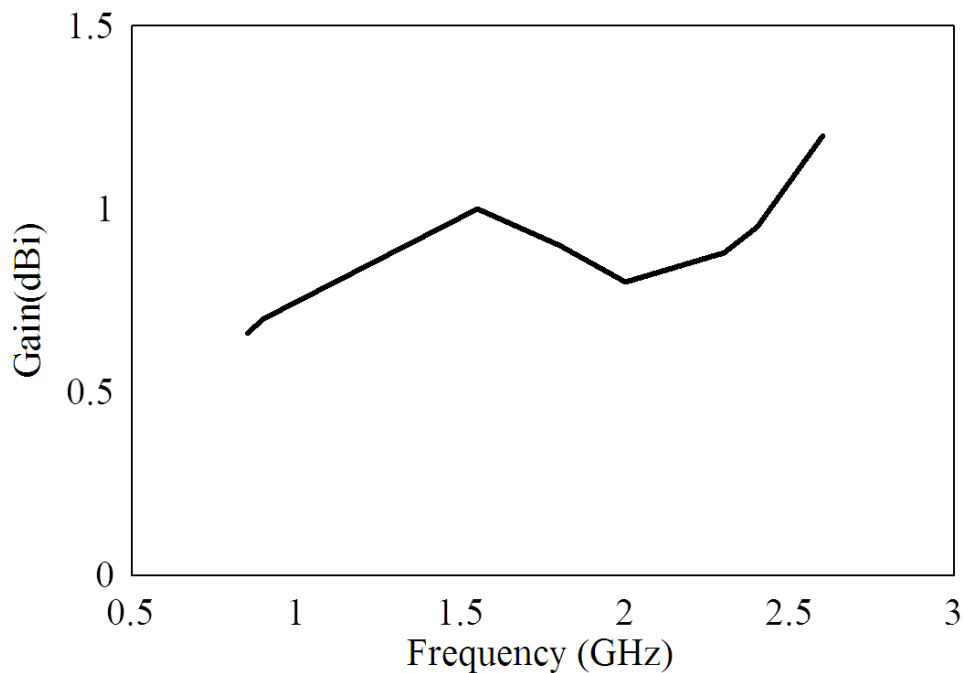


圖 28、新型 B 字形漸變微帶天線之量測各頻率增益圖

表 17、新型 B 字形漸變微帶天線之量測各頻率詳細增益表

頻率 (GHz)	0.85	0.9	1.575	1.8	1.9	2	2.3	2.4	2.6
增益 (dBi)	0.66	0.7	1	0.9	0.85	0.8	0.88	0.95	1.2

本文提出新型設計 B 字形漸變微帶天線在本節中完成實際製作、量測及分析，該天線反射損失、輻射場型及增益等特性同樣於此節中詳細論述，經由實際量測結果及上述詳細分析得知，此天線確實擁有兩個操作頻段，其操作頻段分別為 742MHz—962MHz 及 742MHz—962MHz，總阻抗頻寬分別為 1750MHz，頻寬比分別為 25.8%及 67.6%。此外該天線在 E-plane 及 H-plane 共極化皆類似於全向性，而交叉極化有不錯散射並且天線各頻段輻射增益平均變化皆在 1dBi 以內。藉由上述詳細分析得知，此天線具有極寬阻抗頻寬、良好輻射場型及穩定增益等特性，因此確定此天線確實能夠涵蓋所需 GSM 850/900、GPS、DCS、PCS、UMTS、Bluetooth、WLAN 2.4 及 LTE 2.3GHz/2.6GHz 等十個通訊頻段。

6、分析與討論

本文提出了一款新型B字形漸變微帶天線經由第二節中詳細參數最佳值分析及第三節中實際製作、量測反射損失及各項輻射特性量測結果及分析後，本節將針對各參數最佳值逐一論述，並且將模擬及量測結果進行詳細分析及討論。

最佳化分析

本文提出了一款新型B字形漸變微帶天線於第二節中針對各參數進行最佳值分析，其天線各參數架構最佳參數值分別為：B字形輻射貼片之外圍大面積矩形及中間矩形間之间距為 $L_3=8.75\text{mm}$ 、U形槽口接地面之U形槽口長度為 $L_6=15\text{mm}$ 、U形槽口接地面之左側接地面長度為 $L_8=47\text{mm}$ 、U形槽口接地面之右側接地面長度為 $L_9=39.5\text{mm}$ 、B字形輻射貼片之右側矩形條寬度為 $W_3=1\text{mm}$ 、漸變形微帶線頂端寬度為 $W_4=1\text{mm}$ 、漸變形微帶線末端寬度為 $W_6=1.5\text{mm}$ 、U形槽口接地面之U形槽口寬度為 $W_7=3\text{mm}$ ，此天線最理架構為Ant 4。新型B字形漸變微帶天線之參數最佳值如表18。

表18、新型B字形漸變微帶天線之參數最佳值表

天線尺寸參數最佳值					單位:mm
天線參數	L_3	L_6	L_8	L_9	W_2
最佳值	8.75	15	47	39.5	11
天線參數	W_3	W_4	W_5	W_6	Structural Changes
最佳值	1	1	1.5	3	Ant 4

模擬與量測反射損失比較圖

圖29顯示新型B字形漸變微帶天線之模擬及實測反射損失比較圖，縱軸為 S_{11} ，單位為dB；橫軸為頻率，單位為GHz；圖中模擬值以紅色圓形及虛線表示表示；實測值以藍色實線表示。

圖29在 $S_{11} < -10\text{dB}$ 情況下，當此天線模擬時，產生兩個操作頻段分別為820MHz—969MHz及1.53GHz—2.89GHz，阻抗頻寬分別為149MHz及1360MHz，頻寬比分別為16.6%及61.54%；當此天線量測時，產生兩個操作頻段分別為742MHz—962MHz及1.47GHz—3GHz，阻抗頻寬分別為220MHz及1530MHz，頻寬比分別25.8%及68.64%。

圖29中觀察到此天線之模擬及量測反射損失曲線呈現接近狀況，其在第一個操作頻段中實測相較於模擬操作頻段在不影響現有通訊頻段狀況下，整個往低頻移動，同時增加了第一個操作頻段之阻抗頻寬及頻寬比，能夠涵蓋GSM 850/900通訊頻段。而在第二個操作頻段中可以觀察到實測及模擬相比得知起始點頻率及截止點頻率分別大幅度往低頻及高頻移動，使第二個操作頻段之阻抗頻寬及頻寬比大幅增加，使操作頻段能夠涵蓋GPS、DCS、PCS、UMTS、Bluetooth、WLAN 2.4GHz及LTE 2.3GHz/2.6GHz等通訊頻段。此天線之模擬及量測反射損失數據如表19所示。

藉由圖29及上述詳細分析結果得知此，此天線模擬及實測結果呈現良好一致性，且具有極寬阻抗頻寬特性及良好阻抗匹配，並且確實能夠同時涵蓋GSM 850MHz/900MHz、GPS、DCS、PCS、UMTS、Bluetooth、WLAN 2.4GHz及LTE 2.3GHz/2.6GHz等十個無線通訊頻段。

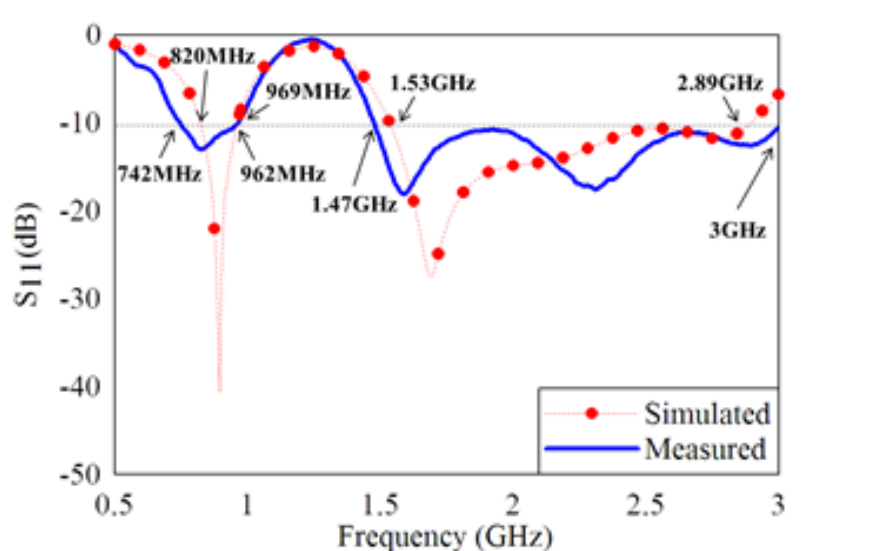


圖29、新型B字形漸變微帶天線之模擬及量測反射損失比較圖

表19、新型B字形漸變微帶天線之模擬及量測反射損失數據比較表

	第一個操作頻段			第二個操作頻段		
	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)	操作頻段 (MHz)	阻抗頻寬 (MHz)	頻寬比 (%)
模擬	820—969	149	16.6	1.53— 2.89	1360	61.54
實測	742—962	220	25.8	1.47— 3.00	1530	68.64

本章中提出一款新型B字形漸變微帶天線，其架構由B字形輻射貼片、漸變形微帶線及U形槽孔接地面所組成，並利用蜿蜒方式設計使得整體所占面積小型化同時能夠較低頻段以涵蓋手機通訊頻段，其整體面積為 $80 \times 15 \times 1.6 \text{ mm}^3$ ，經數值理論、模擬、參數分析、實作及量測已在本章中逐一論述，並且也針對各項輻射特性進行討論，而模擬及量測結果具有良好一致性。此天線具有小型化、低剖面、極寬之阻抗頻寬、多頻段、及穩定增益等特性，並且能夠完整涵蓋GSM 850/900、GPS、DCS、PCS、UMTS、Bluetooth、WLAN 2.4GHz及LTE 2.3GHz/2.6GHz等十個無線通訊系統。

7、參考文獻

- [1] 林東益，新型特殊形狀UWB微帶天線之設計，私立中華技術學院飛機系統工程研究所碩士論文，2009年
- [2] 林昆志，多功能新型特殊形狀超寬頻微帶天線，私立中華技術學院飛機系統工程研究所碩士論文，2009年
- [3] First Report and Order in the Matter of Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems. ET Docket 98-153, Federal Communications Commission, FCC 02-48, April 22, 2002.
- [4] 洪崇育，新型具頻帶截止功能超寬頻平面式天線設計，國立交通大學電信工程系碩士論文，2006年
- [5] 黃璽安，超寬頻天線的帶拒斥之研究，國立高雄師範大學物理學系碩士論文，2007年
- [6] 許正德，高傳輸低耗電UWB(上)解說基本原理與特性，新通訊，2005年9月
- [7] John D. Kraus and Ronald J. Marhefka, Antennas For All Applications, Third Edition, McGraw-Hill, New York, 2002
- [8] G. A. Deschamps, "Microstrip microwave antenna," presented at the Third USAF Symposium on Antennas, 1953.
- [9] P. H. Rao, "Feed effects on the dimensions of wideband slot antennas," Microwave Opt. Technol. Lett., vol. 40, no. 1, pp. 77-79, Jan. 2004.
- [10] J. Y. Sze and K. L. Wong, "Bandwidth enhancement of a microstripline-fed printed wide-slot antenna," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 49, pp. 1020-1024, July 2001
- [11] X. Qing, M. Y. W. Chia, and X. Wu, "Wide-slot antenna for UWB applications," in Proc. IEEE AP-S Int. Symp. USNC/CNC/URSI National Radio Science Meeting, vol. 1, 2003, pp. 834-837.

- [12] H. D. Chen, "Broadband CPW-Fed square slot antennas with a wideband tuning stub," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 51, pp. 1982–1985, Aug. 2003.
- [13] D. M. Pozar, "Reciprocity method of analysis for printed slot and slotcoupled microstrip antennas," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 34, pp. 1439-1446, Dec. 1986
- [14] A. Axelrod, M. Kisliuk, and J. Maoz, "Broadband microstrip-fed slot antenna," Microwave J . , vol. 32, pp. 81-94, June 1989.
- [15] C. Luo, C. Lee, W. Chen, C. Tu, and Y. Juang, "Dual band-notched ultrawideband monopole antenna with an annular CPW-feeding structure," Microwave and Optical Technology Letters, vol. 49, No. 10, pp. 2376– 2379, October 2007.
- [16] H.K. Kan, W.S.T. Rowe and A.M. Abbosh, "Compact coplanar waveguide-fed ultra-wideband antenna," Electronics Letters, vol. 43, No. 12, June 2007.
- [17] L.-T. Wang, X.-C. Lin, and J.-S. Sun, The broadband loop slot antenna with phonotic band gap structure, IEE Int Conf Antenna Propagat (ICAP) 2003, pp.470-472.
- [18] X. Ding and A.F. Jacob, CPW-fed slot antenna with wide radiating apertures, IEE Proc Microwaves, Antenna Propagat 145(1998), pp104-108.
- [19] S. Raman, T.M. Weller, L.P.B. Katchi, and G.M. Rebeiz, A double folded-slot antenna, at 94GHz, IEEE Antenna Propagat Soc Int Symp 1995, pp.710-713.
- [20] L.-T Wang, X.-C. Lin, and Y-S Lin, A broadband CPW-fed inductive slot antenna, IEE Int Conf Antenna Propagat(ICAP)2003, pp.12-14.
- [21] 鄭鈞鴻，超寬頻天線設計與應用，國立中央大學電機工程研究所碩士論文，2006 年。
- [22] 紹哲民，具有WLAN 帶拒及GPS 圓極化特性之超寬頻單極天線設計，逢甲大學通訊工程學系碩士論文，2008 年。
- [23] 翁敏航，射頻被動元件設計初版，台北市，台灣東華書局股份有限公司，2006 年。
- [24] Kin-Lu Wong, "High-Performance Ultra-Wideband Planar Antenna Design" Dept. of Electrical Engineering National Sun Yat-Sen University Kaohsiung, Taiwan, 2005.
- [25] B. Sanz-Izquierdo, J.C. Batchelor and M.I. Sobhy, "COMPACT UWB WEARABLE ANTENNA", 2007 Loughborough Antennas and Propagation Conference 2-3 April 2007. Loughborough, UK.

- [26] M. A. Peyrot-Solis, J. A. Tirado-Mendez, Student Member, IEEE, and H. Jardon-Aguilar, "Design of Multiband UWB Planarized Monopole Using DMS Technique", IEEE Trans. Antennas and Wireless Propagat. LETTERS, VOL. 6, 2007
- [27] Wen-jun Lui, Chong-hu Cheng, and Hong-bo Zhu, "Improved Frequency Notched Ultrawideband Slot Antenna Using Square Ring Resonator", IEEE Trans. Antennas and Wireless Propagat., VOL. 55, NO. 9, SEPTEMBER 2007
- [28] K.P. Ray, Y. Ranga and P. Gabhale, "Printed square monopole antenna with semicircular base for ultra-wide bandwidth", ELECTRONICS LETTERS 1st March 2007 Vol. 43 No. 5
- [29] M. John and M.J. Ammann, "Spline-based geometry for printed monopole antennas", ELECTRONICS LETTERS 15th March 2007 Vol. 43 No. 6
- [30] Tzyh-Ghuang Ma, Member, IEEE, and Sung-Jung Wu, "Ultrawideband Band-Notched Folded Strip Monopole Antenna", IEEE Trans. Antennas and Wireless Propagat., VOL. 55, NO. 9, SEPTEMBER 2007.
- [31] Norfishah Ab Wahab, Zulkifli Bin Maslan, Wan Norsyafizan W. Muhamad, and Norhayati Hamzah, "Microstrip Rectangular 4x1 Patch Array Antenna at 2.5GHz for WiMax Application" 2010 Second International Conference on computational Intelligence, Communication Systems and Networks, pp.164-168, July 2010.
- [32] Binggang XIAO, Xiumin WANG, and Jixiang ZHAO, "A Compact Wide-Band monopole Antenna for Mobile Communications" 2010 Third International Conference on Information and Computing, VOL.2, pp.255-257, June 2010.