

國立交通大學

電機學院通訊與網路科技產業研發碩士班

碩士論文

應用於筆記型電腦之全平面式五頻天線

Five-band Planar Antenna for Laptop Applications



研究生：王思本

指導教授：鍾世忠 教授

中華民國九十七年六月

應用於筆記型電腦之全平面式五頻天線
Five-band Planar Antenna for Laptop Applications

研究生：王思本

Student：Sy-Been Wang

指導教授：鍾世忠 博士

Advisor：Dr. Shyh-Jong Chung

國立交通大學
電機學院通訊與網路科技產業研發碩士班
碩士論文



Submitted to College of Electrical and Computer Engineering
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in
Industrial Technology R & D Master Program on
Communication Engineering

June 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年六月

應用於筆記型電腦之全平面式五頻天線

學生：王思本

指導教授：鍾世忠 博士

國立交通大學電機學院產業研發碩士班

摘 要

本論文研製應用於輕薄的筆記型電腦之天線，以槽孔天線設計原理為基礎，陸續推廣到寬頻、雙頻，以致五頻的天線架構，而五頻天線其操作頻帶包含 GSM/DCS/PCS/UMTS (824MHz~960MHz, 1710MHz~2170MHz)，應用印刷電路板來實現天線架構，造成全平面性的特質適合超薄的筆記型電腦，同時能降低成本。爾後針對天線於筆記型電腦中的應用，分別就其可能發生的情況如放置位置的改變，接地面大小或形狀的變更一一深入討論，展現出五頻天線架構上良好的適應性，並能夠在操作頻率中維持一定的天線增益與天線場型的一致性。

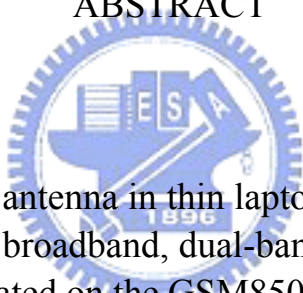
Five-Band Planar Antenna for Laptop Applications

student : Sy-Been Wang

Advisors : Dr. Shyh-Jong Chung

Industrial Technology R & D Master Program of
Electrical and Computer Engineering College
National Chiao Tung University

ABSTRACT



This thesis focuses on the use of antenna in thin laptop applications. Based on slot antenna theory, we extend the fabrication to broadband, dual-band, and five-band applications. The five-band antenna is able to be operated on the GSM850/GSM900/PCS/DCS/UMTS. We use printed circuit board (PCB) to realize this five-band antenna. The planar property is suitable for thin laptop cases. At the same time, using PCB could reduce the cost of manufacture. Then, we further address the possible conditions for laptop applications with antenna. The antenna average gain is about 0 dBi, and radiation patterns are similar at different resonances. All together, it shows good adaptability to antenna position and ground effects.

誌 謝

服完兵役後能夠回到學校繼續深造，實在是各不可多得的機會。而我在獲得這特別機運的同時，抱持著感恩之心感謝學校與智易科技能提供我這樣一個學習的機會，能在鍾世忠老師的指導之下，順利完成這兩年產業專班的課程，提升自我能力，深入研究天線相關領域。最後得到口試委員陳俊雄老師、郭仁財老師與陳浩暉給予的指正，讓本論文更加完備。

這兩年多的求學之路，讓我認識了很多人，也受到很多幫助：一直不厭其煩為我解答疑惑的阿信、在實驗室默默付出的菁偉、帶來新研究方向的凱哥跟肇堂、剛進入實驗室時帶著我做實驗的小八和建宏、唸完碩士就轉行去當專利工程師的攻翎、從雷達組在做回到天線的阿雷、有很多人可以專情的健美先生蘇警棍、被攻翎騙去轉作專利師的小馬、好人柯柯巧巧巧、雷達組的達叔、浩宇、少華和不常出現的羽球美少女就局。

因為有妳們的存在讓我深刻體會到付出越多，收穫越多的道理，也因為與你們一起打球、出遊、夜唱、烤肉之類的眾樂樂活動，為我這兩年增添許多不一樣的色彩。



目 錄

中文提要	.....	i
英文提要	.....	ii
誌謝	.....	iii
目錄	.....	iv
圖表目錄	.....	v
第一章	導論.....	1
第二章	平面槽孔天線.....	3
2.1	槽孔天線原理.....	3
2.2	微帶線饋入式槽孔天線.....	5
第三章	全平面五頻天線之設計.....	7
3.1	寬頻天線.....	7
3.2	雙頻天線.....	9
3.3	五頻天線.....	14
第四章	五頻天線於筆記型電腦之應用.....	18
4.1	天線置於右側.....	18
4.2	天線置於左側.....	21
4.3	天線下方有一垂直於地的金屬面.....	24
4.4	接地面的縮小化.....	27
第五章	結論.....	30
參考文獻	.....	a

圖 表 目 錄

圖 2.1(a)	$\lambda/2$ 槽孔天線	4
圖 2.1(b)	$\lambda/2$ 偶集天線	4
圖 2.2(a)	0.925λ 槽孔天線	4
圖 2.2(b)	0.925λ 偶集天線	4
圖 2.3	饋入偏移槽孔天線	4
圖 2.4	切口天線	5
圖 2.5	微帶線饋入之槽孔天線示意圖	5
圖 2.6	微帶線饋入之槽孔天線等效電路圖	6
圖 3.1	寬頻天線結構圖	7
圖 3.2	L_{f1} 參數對反射損失圖	8
圖 3.3	微帶線饋入之切口天線	8
圖 3.4	微帶線饋入之切口天線與寬頻天線反射損失比較圖	9
圖 3.5	雙頻天線結構圖	9
圖 3.6	雙頻天線反射損失圖	10
圖 3.7	參數 L_{sg} 反射損失圖	11
圖 3.8	參數 L_{f2} 反射損失圖	11
圖 3.9	參數 gap 反射損失圖	12
圖 3.10	參數 W_f 反射損失圖	12
圖 3.11	參數 L_{shift} 反射損失圖	13
圖 3.12	雙頻天線電流分布圖	13
圖 3.13	五頻天線放置示意圖	14
圖 3.14	五頻天線結構圖	14
圖 3.15	五頻天線反射損失圖	15
圖 3.16	五頻天線場型量測圖	16
圖 3.17	五頻天線實作照片	17
圖 4.1	五頻天線置於左右邊緣示意圖	18
圖 4.2	置於右側微調後結構圖	19
圖 4.3	置於右側之損失反射圖	19
圖 4.4	置於右側場型量測圖	20
圖 4.5	置於右側實作照片	21
圖 4.6	置於左側微調後結構圖	22
圖 4.7	置於左側之損失反射圖	22
圖 4.8	置於左側場型量測圖	23
圖 4.9	置於左側實作照片	24
圖 4.10	有金屬片微調後結構圖	25
圖 4.11	有金屬片之損失反射圖	25

圖 4.12	有金屬片場型量測圖	26
圖 4.13	有金屬片實作照片	27
圖 4.14	接地面縮小後天線結構圖	28
圖 4.15	接地面縮小後反射損失圖	28
圖 4.16	接地面縮小實作照片	29
表 3.1	五頻天線頻率對增益量測表	15
表 4.1	置於右側場型增益表	21
表 4.2	置於左側場型增益表	24
表 4.3	有金屬片場型增益表	27



第一章 導論

隨著時代的演進，今日社會由於科技與通訊產業的發展，拉近人們相處的距離，並對於社會文化上更造成重大轉變。伴隨通訊產業興盛以及使用者的普及，許多標準紛紛依需求而制定出協定，如：藍牙(Bluetooth)、無線區域網路(WLAN, Wireless Local Area Network)、全球定位系統(GPS, Global Positioning System)、超寬頻技術(Ultra-Wideband)、微波存取全球互通(WiMAX, Worldwide Interoperability for Microwave Access)等，都早已藉由大眾性電子產品而溶入日常生活中。

然而，在這許多協定裡面，唯有行動通訊因為時間地域的不同，而產生歐規與美規兩種不同的協定卻又是相同的用途，以第二代行動電話系統代表協定GSM(Global System for Mobile communications)來舉例，就分成 GSM850/GSM900 和 GSM1800/GSM1900 兩種規格。再者，於 1710MHz~2170MHz 頻段裡尚有 DCS(1710MHz~1880MHz)/PCS(1850MHz~1990MHz)/UMTS(1920MHz~2170MHz)等協定，因此國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)所定義的第三代無線通信的全球標準 IMT-2000(International Mobile Telecommunications-2000)[21]，就是整合上述協定而訂定的，以致於最近的天線設計目標都著眼在能全部包含上述頻帶範圍[16]-[18]；而在 824MHz~960MHz 頻帶以反射損失需大於 6dB，1710MHz~2170MHz 頻帶反射損失大於 8dB 為一般所要求的規格。

在眾多電子產品中，與我們生活息息相關並且最為實用的之一，不外乎是筆記型電腦。因為筆記型電腦的可攜帶性與便利性，使得無線通訊技術更能廣泛應用，目前受到廣泛利用的無線區域網路協定 802.11a/b/g，還有近年來推出的 Wi-Fi、WiMax 都有在筆記型電腦上相關的天線設計產生[19][20]。

伴隨積體電路技術的進步，電腦所能應用的範圍也更趨廣泛，亦有輕薄、縮小化的趨勢，因此筆記型電腦的功能也將具備行動通訊的能力。在筆記型電腦的天線設計上，一般常見的方式是在螢幕上方或週邊配置所需的天線[1]，作為無線通訊系統收發訊息的元件，常見的應用方式如開放式迴路天線(Open-loop antenna)[2]、倒 F 天線(Invert-F antenna)與寄生元件[3]等等；但是這些天線設計都是立體的，在未來輕薄化的筆記型電腦上將會無法適應。因此，此天線設計的

重點，是以面對未來輕薄化之趨勢，率先設計出應用於筆記型電腦上全平面的五頻天線。

由於筆記型電腦的天線設計空間有限，並且內部結構設計會影響天線本身的特性，並考慮天線放置位置等多項因素考量，吾人最終應用切口天線來達成此五頻天線，兼顧天線本身的增益，維持天線場型的穩定性。此天線設計為了能配合不同的機體結構，於本論文內將分別討論筆記型電腦對於天線安置位址可能之情況，並加以探討此天線架構的適應性。

本論文共分為五個章節。第一章導論，記述本論文研究之相關背景及動機。第二章簡介槽型天線的基本原理和近年來相關應用。第三章將理論基礎推廣成本論文研究之五頻天線，並針對各項重要參數進行分析討論。第四章著重於實際應用到筆記型電腦時的機構位置情況，加以推廣展現出此天線的適應性。於最後一章說明本論文的成果、心得與結論。



第二章 平面槽孔天線

2.1 槽孔天線原理

槽孔天線(slot antenna)是一很常見的天線架構，假設我們如圖 2.1(a)所示，在一無窮大的金屬片上挖去一長 $\lambda/2$ 寬 w ($w \ll \lambda$) 的槽孔，可視為大小如槽孔形狀的偶極天線(dipole antenna)之對偶(dual)問題，其分析方式如下：

$$E_s = k_1 H_d \quad 2-1$$

$$H_s = k_2 E_d \quad 2-2$$

又

$$E_s = \eta_0 H_s \quad 2-3$$

$$E_d = \eta_0 H_d \quad 2-4$$

E_s 與 E_d 分別代表槽孔天線與偶極天線的電場分布， k_1 與 k_2 分別兩者間的比例關係， $\eta_0 = (\mu_0/\epsilon_0)^{1/2}$ 為真空狀態下的本質阻抗。由上述四個式子可解得

$$-\frac{k_1}{k_2} = \eta_0^2 = 377^2 \quad 2-5$$

然後分別計算槽孔天線與偶極天線的電壓電流：

$$V_d = -\int E_d \cdot ds \quad 2-6$$

$$I_d = \oint H_d \cdot ds \quad 2-7$$

$$V_s = -\int E_s \cdot ds \quad 2-8$$

$$I_s = \oint H_s \cdot ds \quad 2-9$$

再經由阻抗公式 $Z = V/I$ 結合公式 2-1、2-2、2-5 推導出：

$$Z_s Z_d = -\frac{k_1}{4k_2} = \frac{\eta_0^2}{4} = 377^2/4 \quad 2-10$$

此公式也稱為巴比內原理(Babinet's Principle)，常應用在兩互補(complementary)結構的計算上。理論上我們可知 $\lambda/2$ 的偶極天線其阻抗值 Z_d 約為 $73+j43$ 歐姆，帶入上式(2-10)後可的槽孔天線的阻抗 Z_s 約為 $418 \angle -30.5^\circ$ 歐姆[4]。

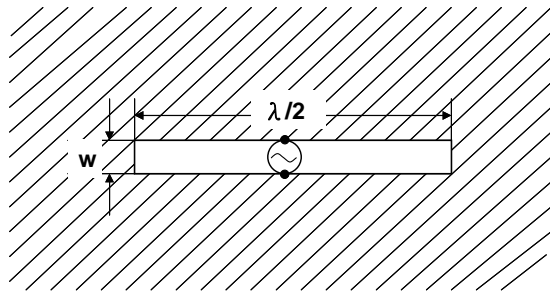


圖 2.1(a) $\lambda/2$ 槽孔天線

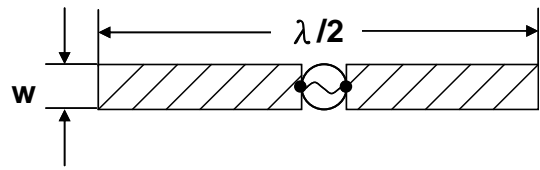


圖 2.1(b) $\lambda/2$ 偶集天線

但是此槽孔天線的阻抗與一般饋入設定的 50 歐姆相去甚遠，在實際應用上很難將能量傳達到天線本體上。為了解決阻抗的問題有兩種方式，其一：將槽孔天線的長度從 $\lambda/2$ 增長為一個 0.925λ [5]，如下圖 2.2 所示，理論上可得出的偶極天線其阻抗為 710 歐姆，再經由巴比內原理可以推得出相對應長度為 0.925λ 的槽孔天線其阻抗為 50 歐姆，正好與饋入的 50 歐姆傳輸線匹配，可使能量全部傳入至天線。

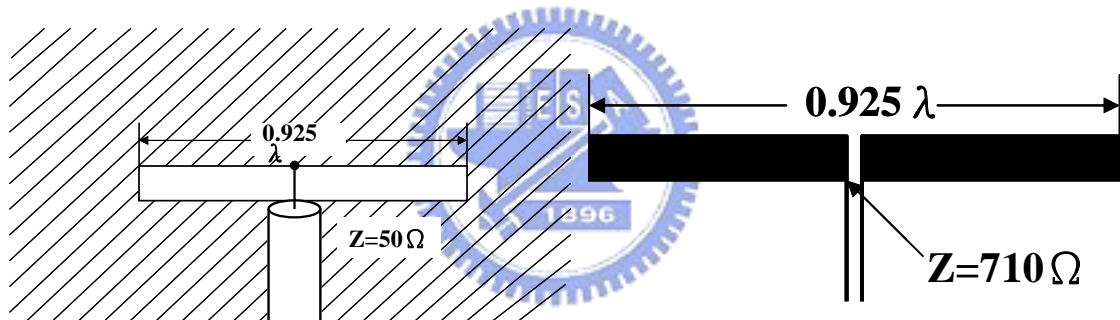


圖 2.2(a) 0.925λ 槽孔天線

圖 2.2(b) 0.925λ 偶集天線

其二，是將 50 歐姆傳輸線，從槽孔天線中央的饋入點，改到距離一邊約 $\lambda/20$ 的位置使天線阻抗能與饋入線匹配[6]，如圖 2.3 所示。

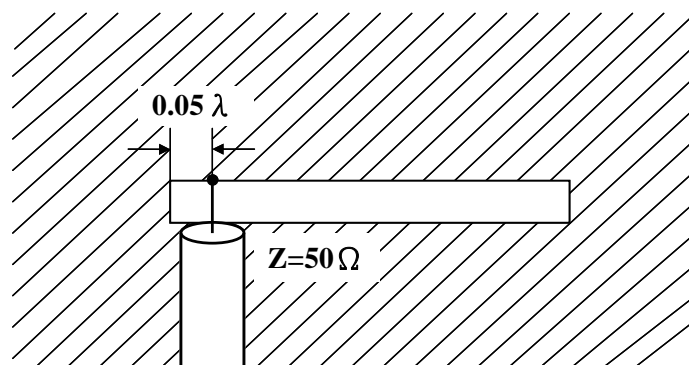


圖 2.3 饋入偏移槽孔天線

由於 $\lambda/2$ 的槽孔天線，經上述分係後可得出在槽孔中央的位置幾乎等於開路；所以一種縮小槽孔天線尺寸的方式，如圖所示，是於金屬邊緣向金屬方向挖 $\lambda/4$ 深入之槽孔，並配以適當饋入而成為切口天線(Notch antenna)。

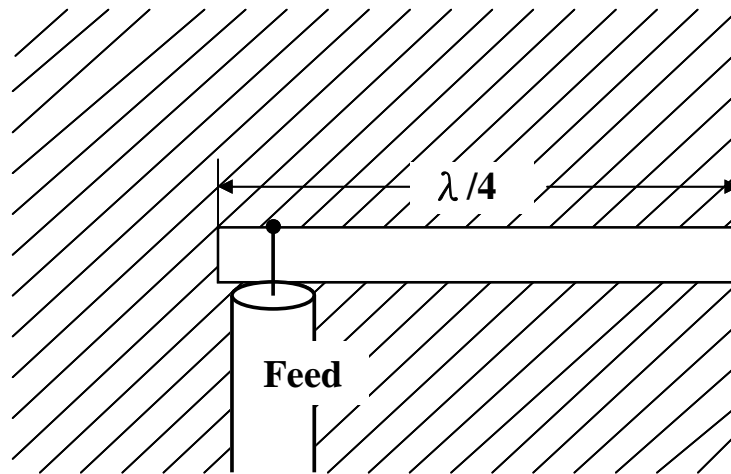


圖 2.4 切口天線

2.2 微帶線饋入式槽孔天線

微帶線饋入方式的槽孔天線(Microstrip-fed Slot Antenna)，自1972年 Yoshimura提出後[7]，就被廣泛的研究與利用。尤其近年來印刷電路板使用的普及化，更增加此種天線設計的多樣性。為了說明微帶線饋入的槽孔天線，放置示意圖與等效電路如下[8]：

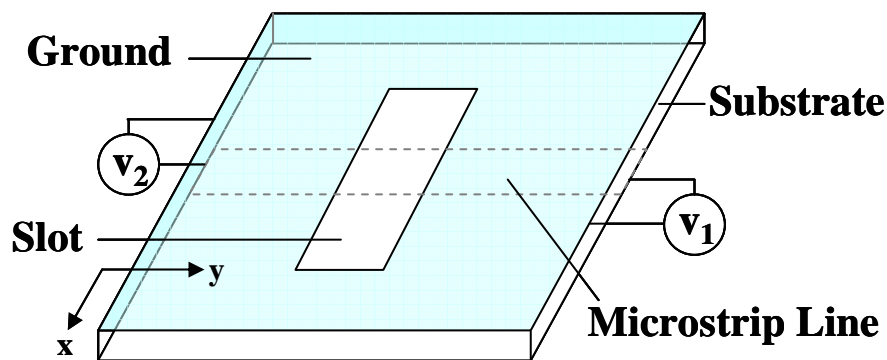


圖 2.5 微帶線饋入之槽孔天線示意圖

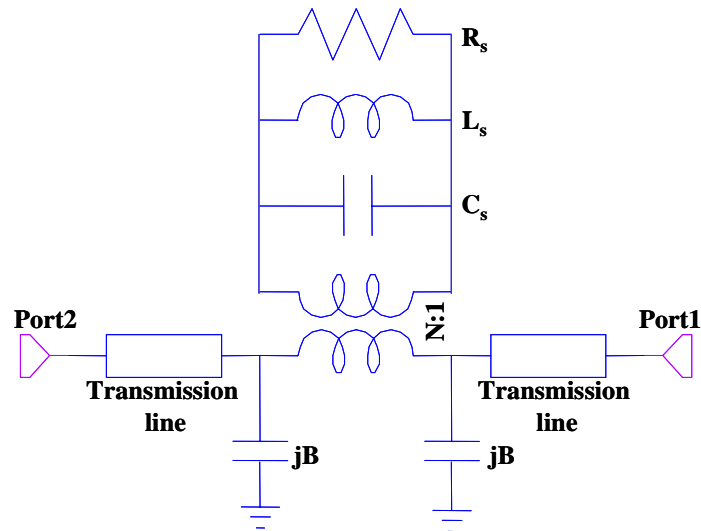


圖 2.6 微帶線饋入之槽孔天線等效電路圖

在等效電路圖中，埠 1 經由一段傳輸線後，經過地面金屬挖出的不連續面之槽孔後，在經由另一段傳輸線到達埠 2，在不連續面處造成場的擾動，產生寄生電容效應，即等效電路圖中傳輸線接到的對地電容 jB 。接下來看到的是傳輸線對於槽孔產生的耦合效應而對應成一電壓轉換器接到槽孔上。槽孔部分等同於一個 $\lambda/2$ 的共振器，以並聯的電感、電容、電阻。若一邊的埠是開路的話，則改變傳輸線成末端開路亦可得到類似的架構。

第三章 全平面五頻天線之設計

本章將介紹本論文所使用新的槽孔天線的架構。一般槽孔天線想做到寬頻的方式，不外乎是改變饋入方式[9][10]，以及更改槽孔形狀兩種方式。我們在這裡，將提出一種新的架構，可以在不增加天線面積並且不改變切口形狀的情況下，依然能做到寬頻的效果。

3.1 寬頻天線

在我們的預設條件裡，此天線是給超薄型的筆記型電腦所使用，因此在這裡假設天線的設計空間，是在一個厚度 0.4mm 面積 $300 \times 200 \text{mm}^2$ 板材為 fr4($\epsilon_r=4.4$) 的電路上，而天線所在的位置約為長邊 300mm 的中央，面積的限制是在邊緣上內縮 10mm 的範圍內設計我們的天線。

在一般微帶線饋入式(Microstrip-fed)的切口天線其微帶線長度都會超過切縫後到達另一端地的上方，而這樣的饋入方式，只能夠造成一個共振，這樣的頻寬，並無法滿足我們在低頻時 824~960MHz 頻寬的需求。這裡提出的做法是：在饋入線饋入到槽孔後，俯視看下去接近另一端接地面時，將饋入線平行天線槽孔的邊緣延長，進而造成兩個模態共振的寬頻天線，這裡將對照圖 3.1 比較參數 L_{f1} 的長度對於槽孔造成的影響，以圖 3.2 反射損失圖來比較。寬頻天線的結構如圖 3.2 所示， $W_s=9\text{mm}$ 、 $L_s=80\text{mm}$ 、 $W_f=0.5\text{mm}$ 、 $L_{f2}=40\text{mm}$ 、 $L_{f1}=4.5\text{mm}$ 、 $W_{sg}=4\text{mm}$ 、 $L_{sg}=60\text{mm}$ 、 $L_o=20\text{mm}$ 、 $L_{\text{shift}}=10\text{mm}$ 、 $\text{gap}=0.5\text{mm}$ ，這裡的 gap 指的是 W_{sg} 與 W_f 的距離。

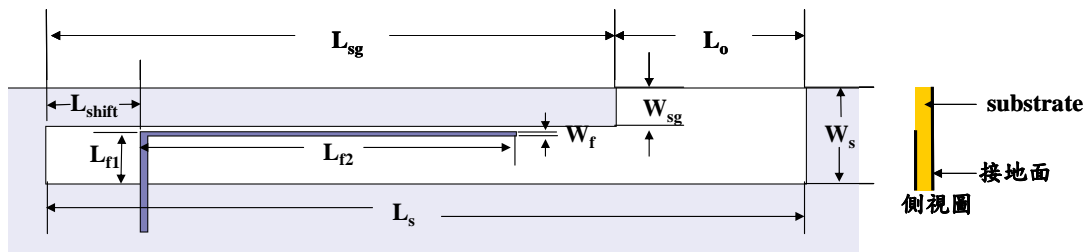


圖 3.1 寬頻天線結構圖

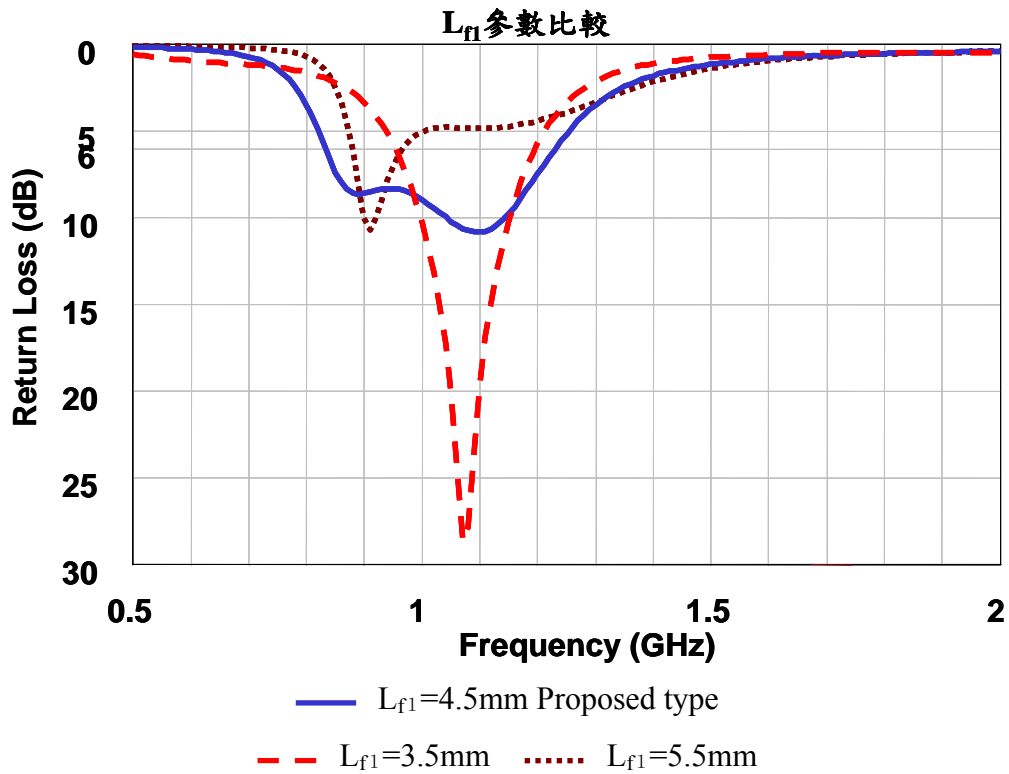


圖 3.2 L_{f1} 參數對反射損失圖

我們將所提出來的寬頻天線與普通的切口天線做比較，與圖 3.3 所示；一般微帶線饋入之切口天線做比較，在圖 3.4 可發現除了在最低頻的共振外，寬頻天線所產生的另一個共振頻率，使得原本只有 60MHz 左右的頻寬(反射損失大於 6dB)，一下子拓展到約有 400MHz 的頻寬。面對這樣的發現，除了可以滿足低頻 824~960MHz 頻寬的要求，對於寬頻天線的共振形式也是值得探討的地方。

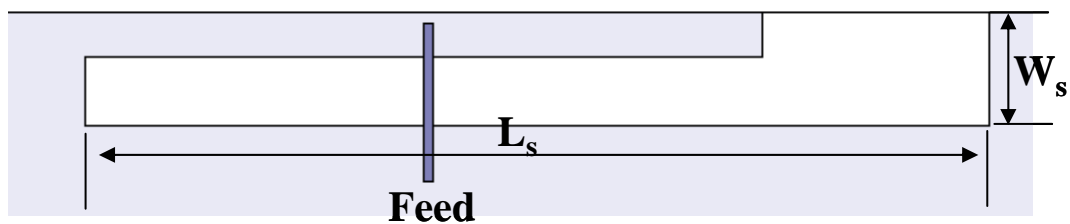


圖 3.3 微帶線饋入之切口天線

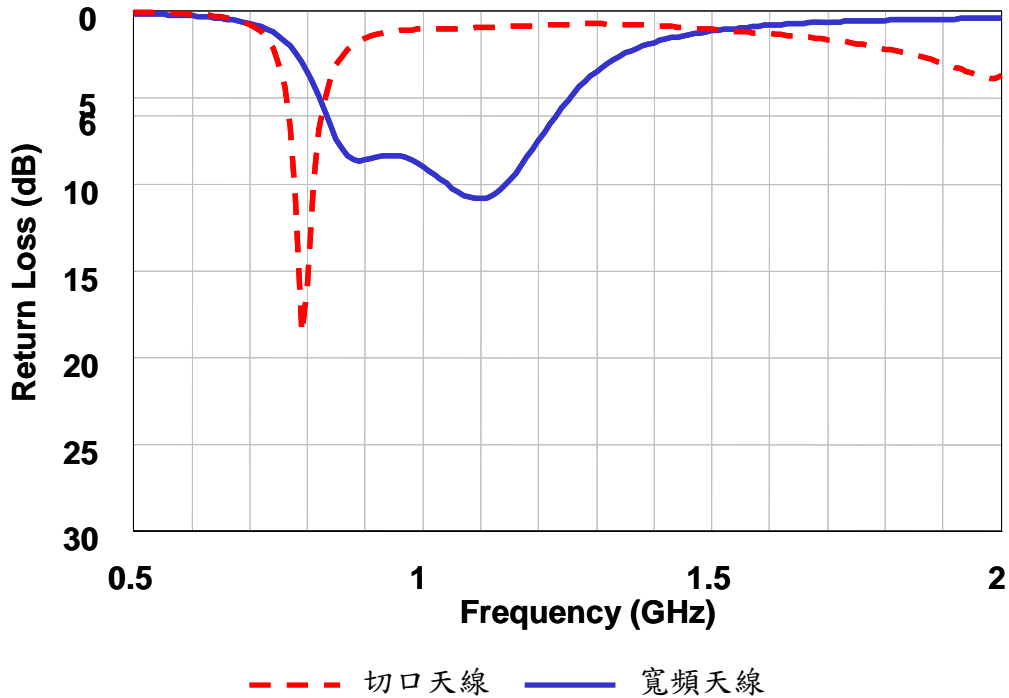


圖 3.4 微帶線饋入之切口天線與寬頻天線反射損失比較圖

3.2 雙頻天線

由於寬頻天線的設計方式只包含低頻頻段，為此我們將饋入的位置往右邊移動，也就是將圖 3.2 中 L_{shift} 增加，但相對的減少 L_{f2} 的長度，嘗試將共振頻率移到高頻頻段(1710~2170MHz)，並加以探討此設計效果。

圖 3.5 為雙頻天線的結構圖，一樣在 $W_s=9\text{mm}$ 、 $L_s=80\text{mm}$ 的空間內， $L_{f1}=4.5\text{mm}$ 、 $W_{\text{sg}}=4\text{mm}$ 、 $\text{gap}=0.5\text{mm}$ 維持不變，而改變 L_{shift} 從 10mm 增加到 27mm， L_{f2} 從 40mm 減少成 24mm，這樣的設計方式，使得兩個共振頻率分開成高低頻，也使我們能更容易探討其共振方式。

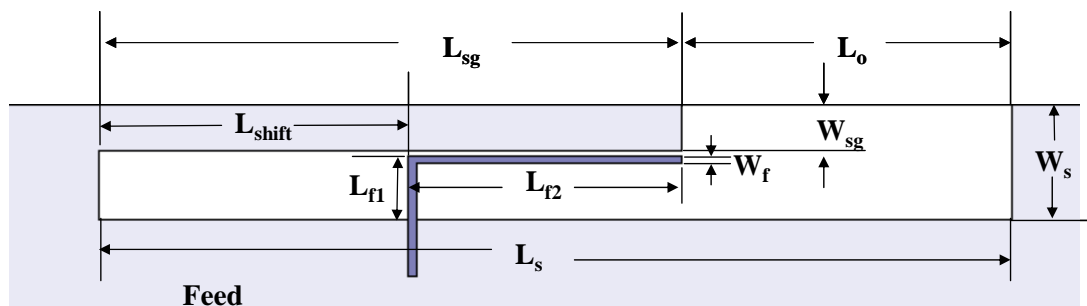


圖 3.5 雙頻天線結構圖

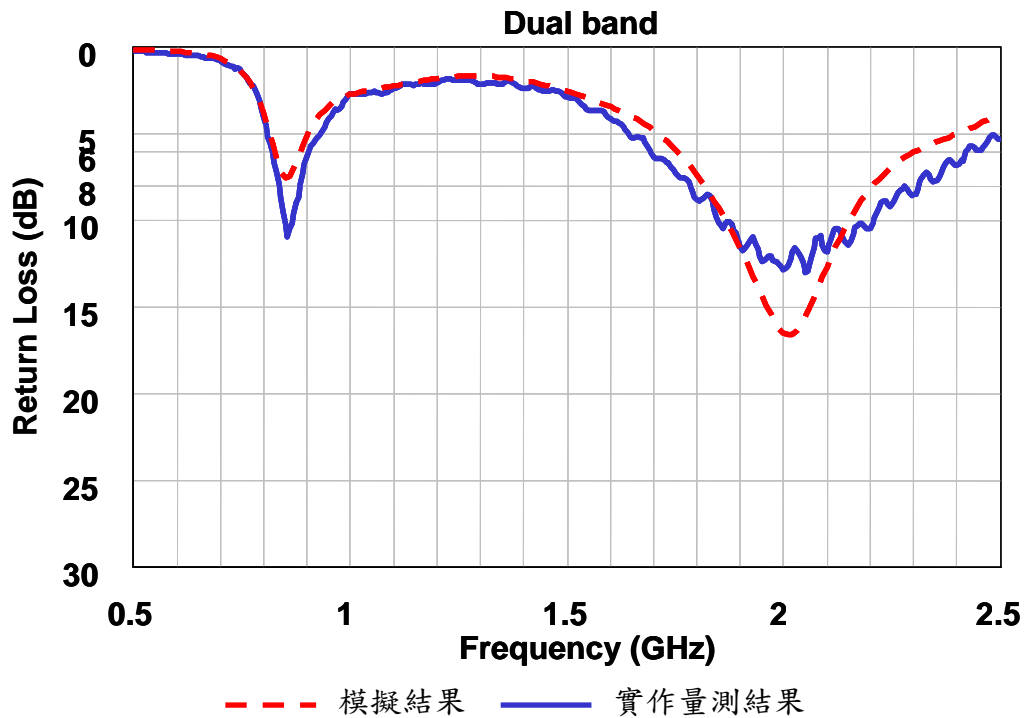


圖 3.6 雙頻天線反射損失圖

接下來我們將對於雙頻天線的各项參數進行討論，以便能更深入了解此雙頻天線的特性。首先，在 L_{f2} 不變的條件下改變 L_{sg} 的大小，相對應的 L_{shift} 也隨之改變結果如圖 3.7 所示，可以看到參數 L_{sg} 的長度對於低頻共振頻率有決定性的影響；決定高頻頻率的因子，在圖 3.8 的損失反射圖裡，當我們固定 L_{sg} 的長度為 51mm，而改變 L_{f2} 的長度，就可以決定高頻共振頻率；而共振頻率決定以後，接下來要調整在兩個頻率點的匹配，調整參數 gap 以及 W_f 到適當的耦合量後，即可達到較為適當的匹配值，如圖 3.9 與圖 3.10 所示。最後探討參數 L_{shift} 在 L_{sg} 及 L_{f2} 都不變的情況下， L_{shift} 可微調高低頻共振頻率的比質當作是微調。最後在圖 3.11 的電流分布圖裡可以看出來，兩個頻率的共振形式，在 860MHz 是走 $\lambda/4$ 的切口天線共振，而 2000MHz 則是饋入線變成一虛擬斷路的 $\lambda/4$ 的切口天線共振。

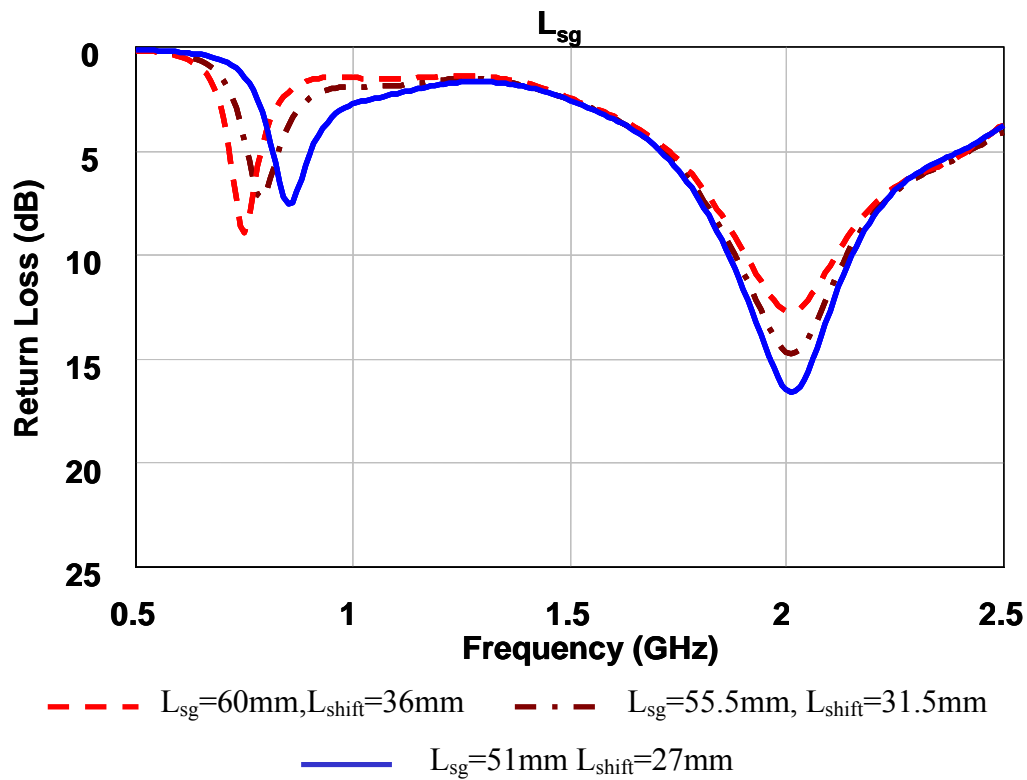


圖 3.7 參數 L_{sg} 反射損失圖

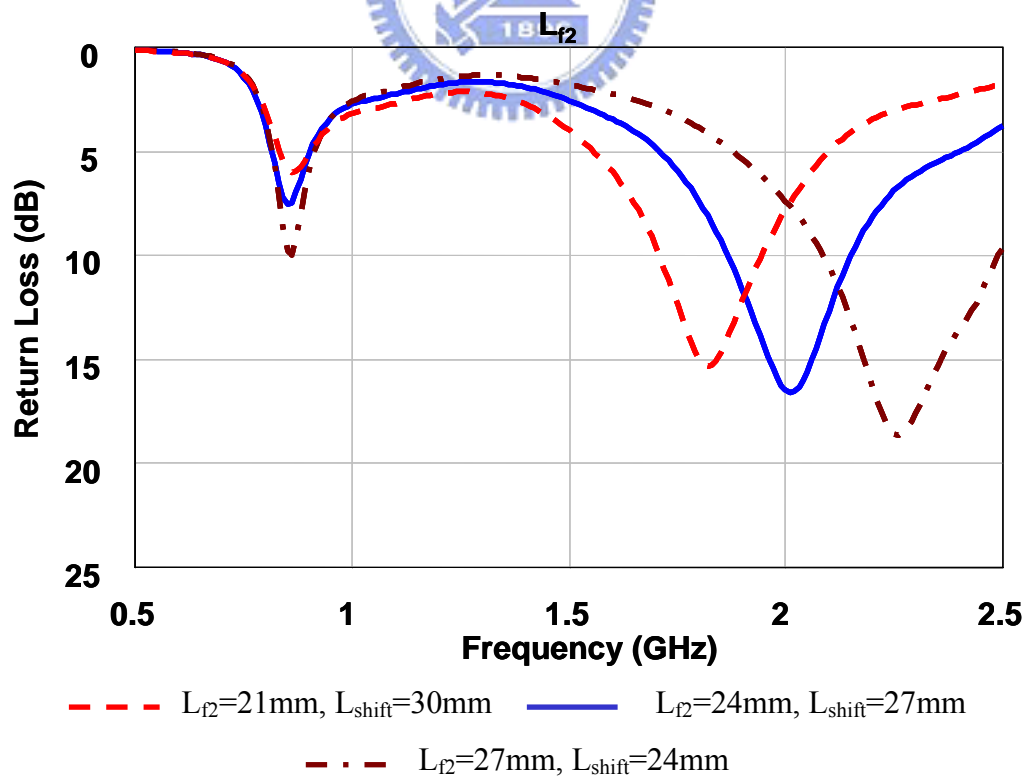


圖 3.8 參數 L_{f2} 反射損失圖

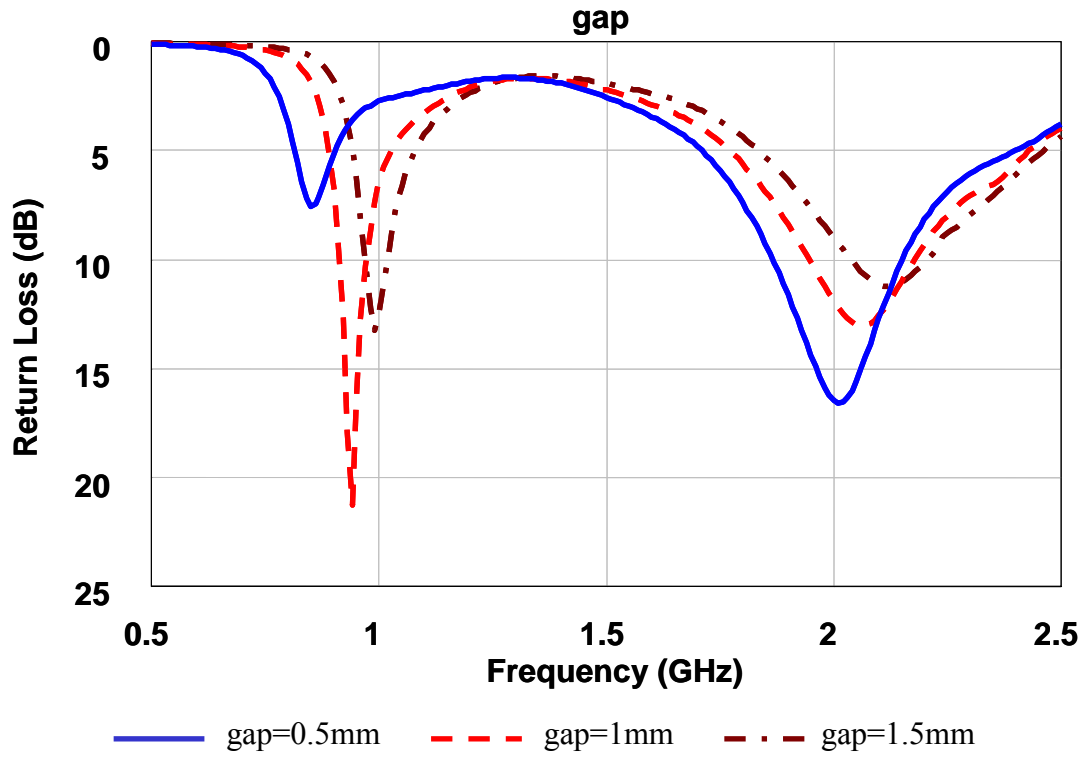


圖 3.9 參數 gap 反射損失圖

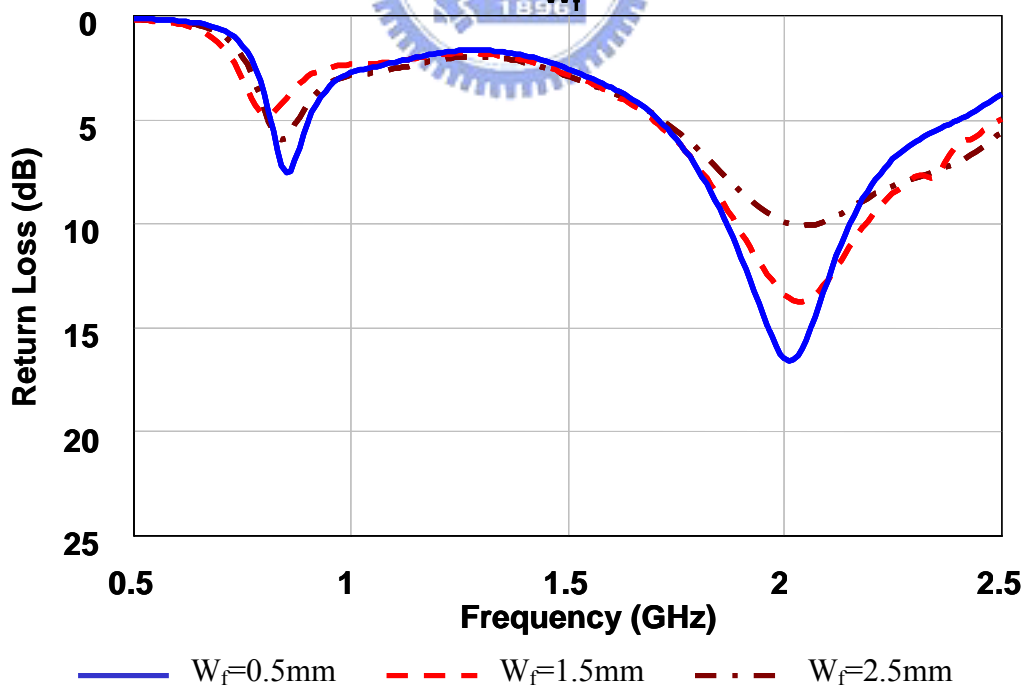


圖 3.10 參數 W_f 反射損失圖

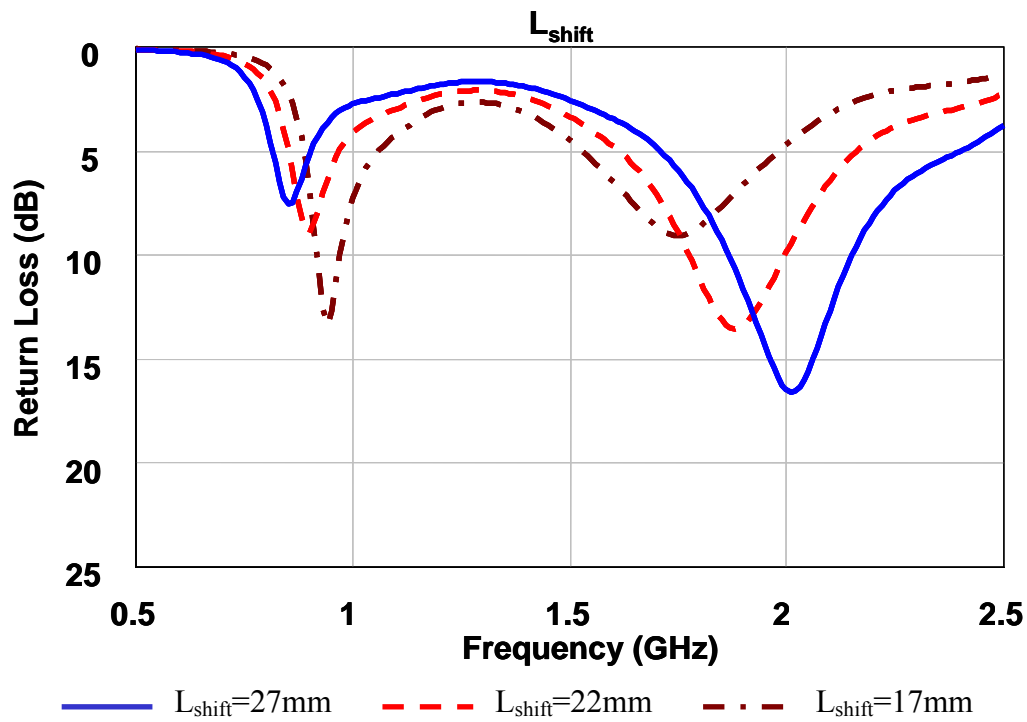


圖 3.11 參數 L_{shift} 反射損失圖

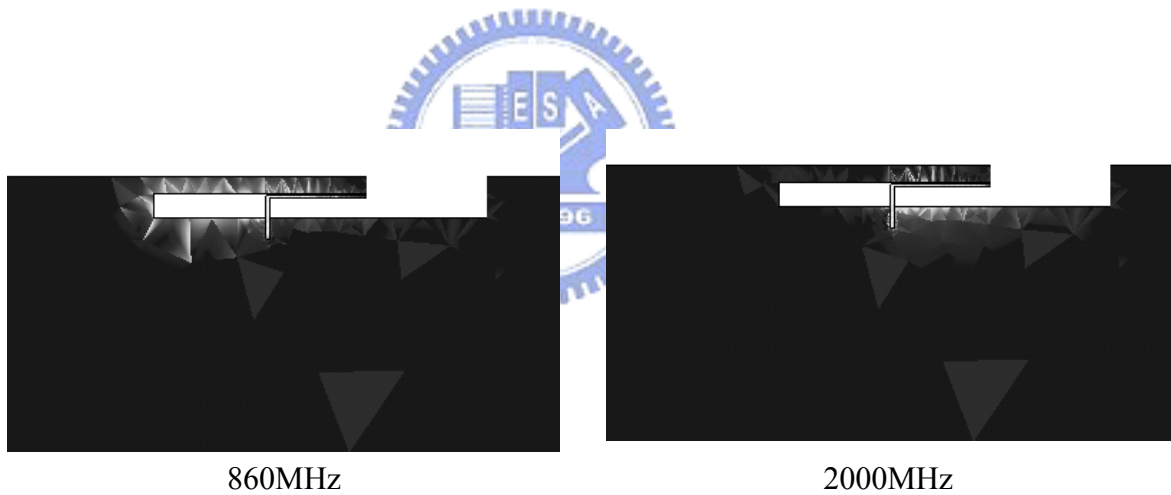


圖 3.12 雙頻天線電流分布圖

3.3 五頻天線

由於上述的設計方式，只能包含 GSM850/1900(824~890MHz,1850-1990MHz) 以及 UMTS(1920~2170MHz)頻段，還是無法滿足我們需求的五頻，為了達到足夠的頻寬只好犧牲空間，並將最初的设计架構，設計成分高低頻兩邊，再使用一又型饋入分別到兩邊的切口天線，置於 $300 \times 200 \text{mm}^2$ 的 fr4 電路板約略中央的位置上，如圖 3.13 所示，其細部架構圖則如圖 3.14。在圖 3.15 返設損失圖中可看出最後這樣的架構終於能夠滿足我們的需求，包含上述所有的頻帶。

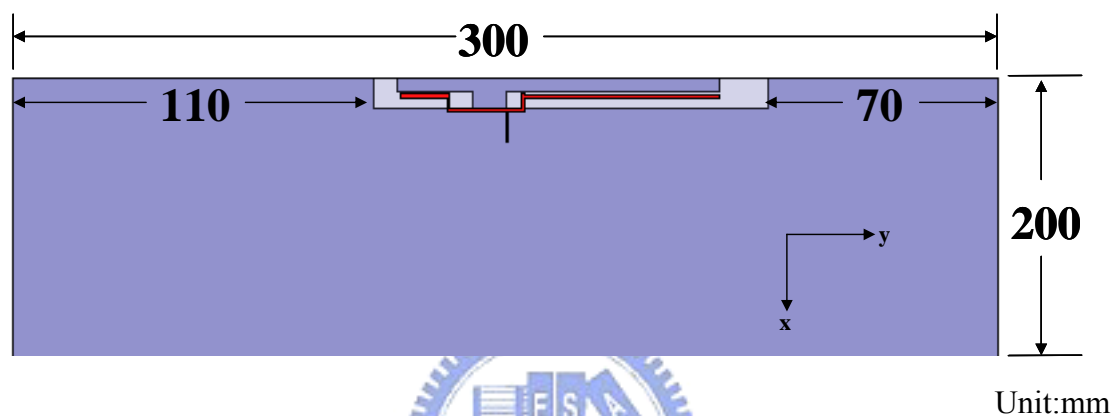


圖 3.13 五頻天線放置示意圖

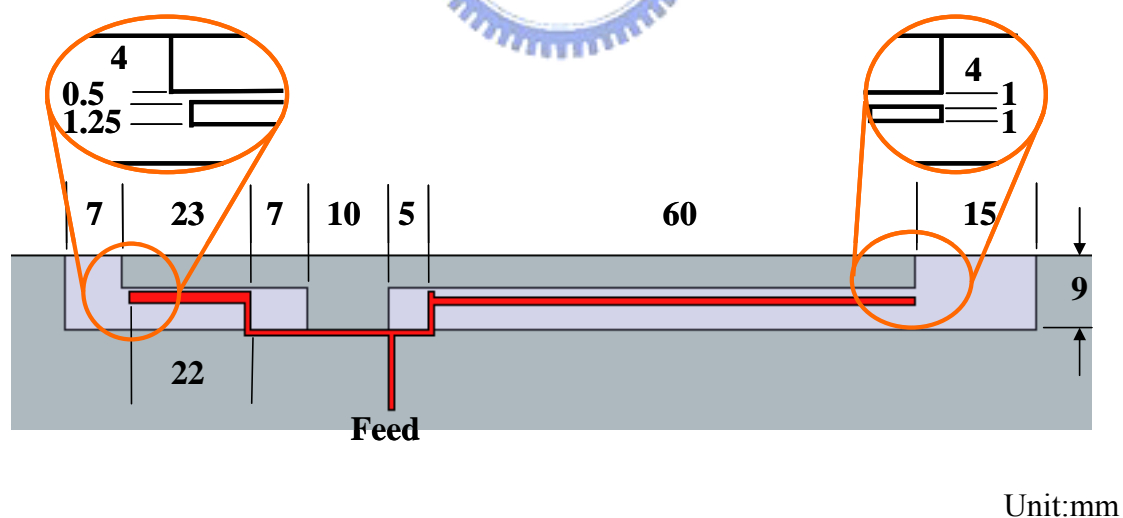


圖 3.14 五頻天線結構圖

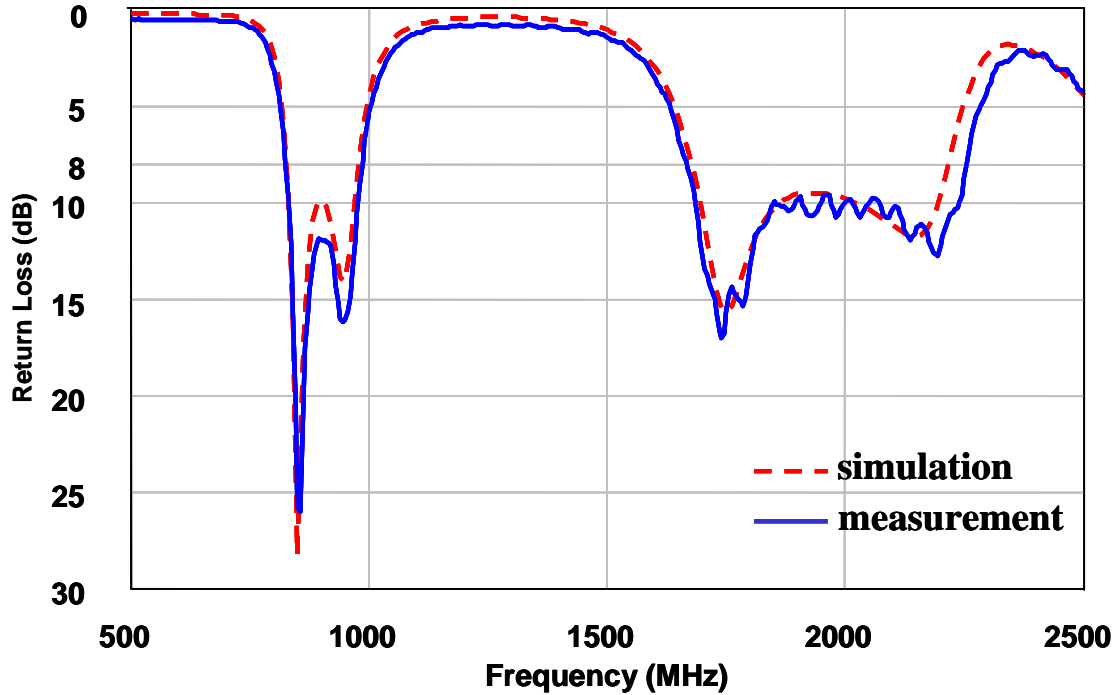


圖 3.15 五頻天線反射損失圖

在天線場型的量測中可以看出五頻天線的設計，在 XY 平面上可以保持-X 軸方向的半圓面成全向性，YZ 平面上僅有小部分角度的增益小於 5，而且由於共振的形式約略相同，所以頻率對場型的影像並不大；再者平均增益或是最高增益量測數值都十分穩定，實際應用於筆記型電腦上，效能可說是相當良好

表 3.1 五頻天線頻率對增益量測表

五頻天線 frequency(MHz)	Average Gain(dBi)			Peak Gain(dBi)		
	XY-plane	YZ-plane	XZ-plane	XY-plane	YZ-plane	XZ-plane
860	0.206449	2.06191	-4.60627	3.138669	5.078565	-3.0263
960	-0.70114	1.545378	-6.50529	2.242861	4.18726	-3.63336
1780	-2.28604	-0.83148	-3.23781	1.571881	2.075622	-1.26622
1920	-2.34919	-0.40309	-3.18061	1.815243	2.635541	0.103483
2080	-2.13325	0.019458	-1.72265	1.91159	2.750891	1.303491

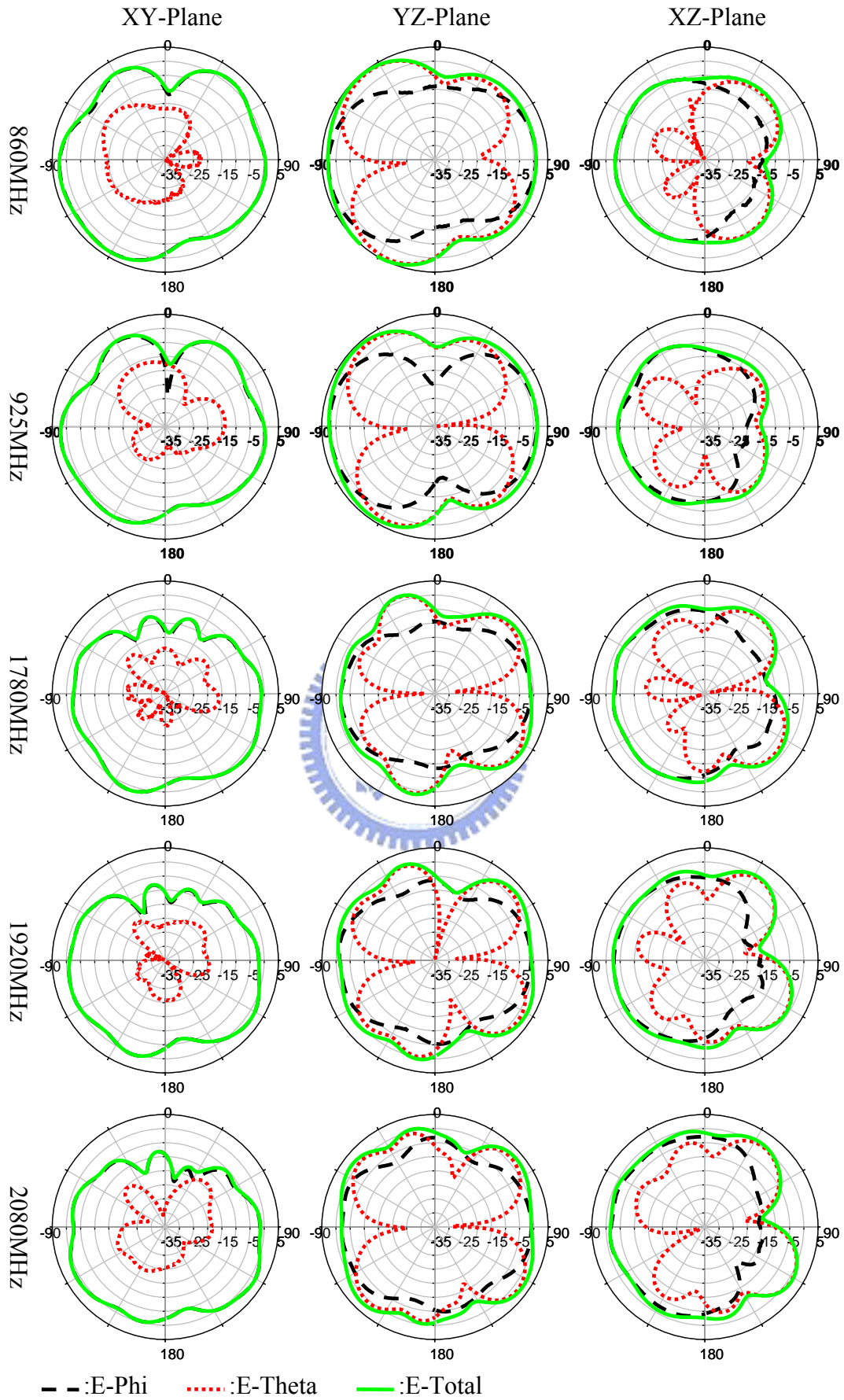


圖 3.16 五頻天線場型量測圖



圖 3.17 五頻天線實作照片



第四章 五頻天線於筆記型電腦之應用

本章將延續上一章的架構，進一步探討五頻天線實際應用於筆記型電腦上的可能情況，分別就天線放置的位置，與天線接地面的改變等可能發生的情況，來加以探討。圖 4.1 表示將五頻天線分別移往整各電路的左緣與右緣，圖表示當天線接地面有垂直的金屬面提供電流分布的圖示，最後圖說明當接地面減小的時候，對天線產生的影響，我們將分別深入探討。

4.1 天線置於右側

首先將天線移到距離右側邊緣 10mm 的位置。依照我們天線設計的架構來看，當天線整體往右邊移動的時候，越來越靠近右側邊緣時，位於天線右側的低頻(824~960MHz)共振結構，會受到較劇烈的影響，這一情況從下面圖 4.3 模擬結果可以看出低頻匹配變差，反射損失在低頻頻段內會小於 6dB，無法滿足我們實用需求。但是將天線經過些微調整後(如圖 4.2)，可以將天線再次涵蓋五個頻段；調整後的模擬與量測反射損失如圖 4.3 所示。

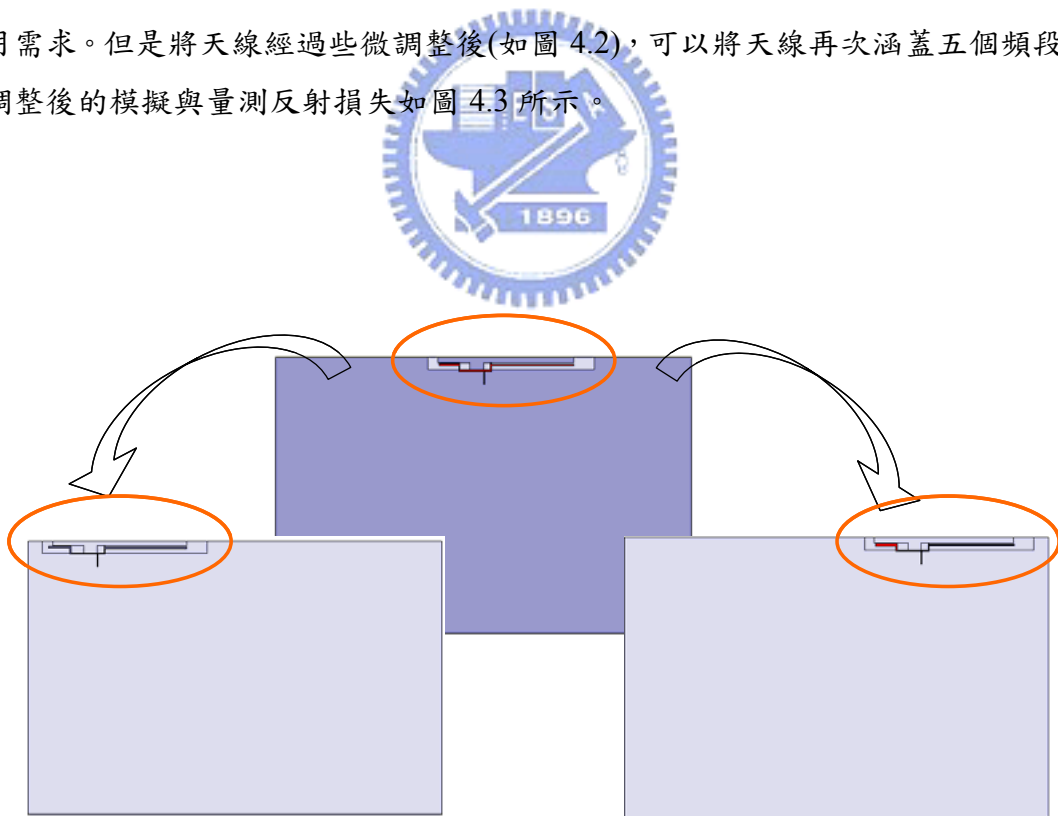
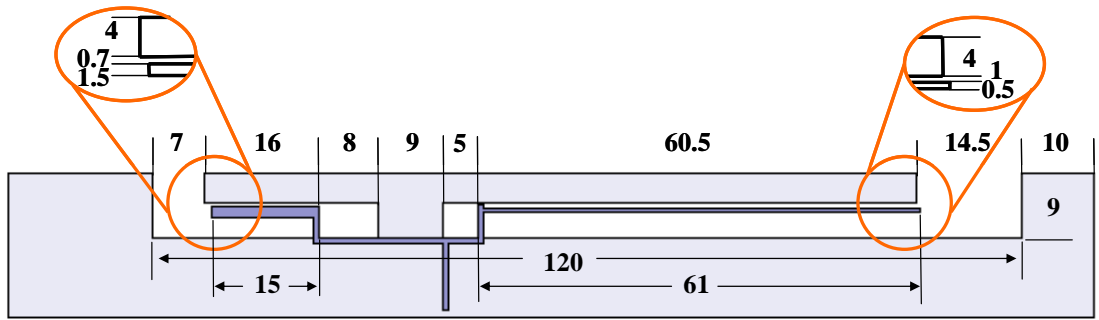


圖 4.1 五頻天線置於左右邊緣示意圖



Unit:mm

圖 4.2 置於右側微調後結構圖

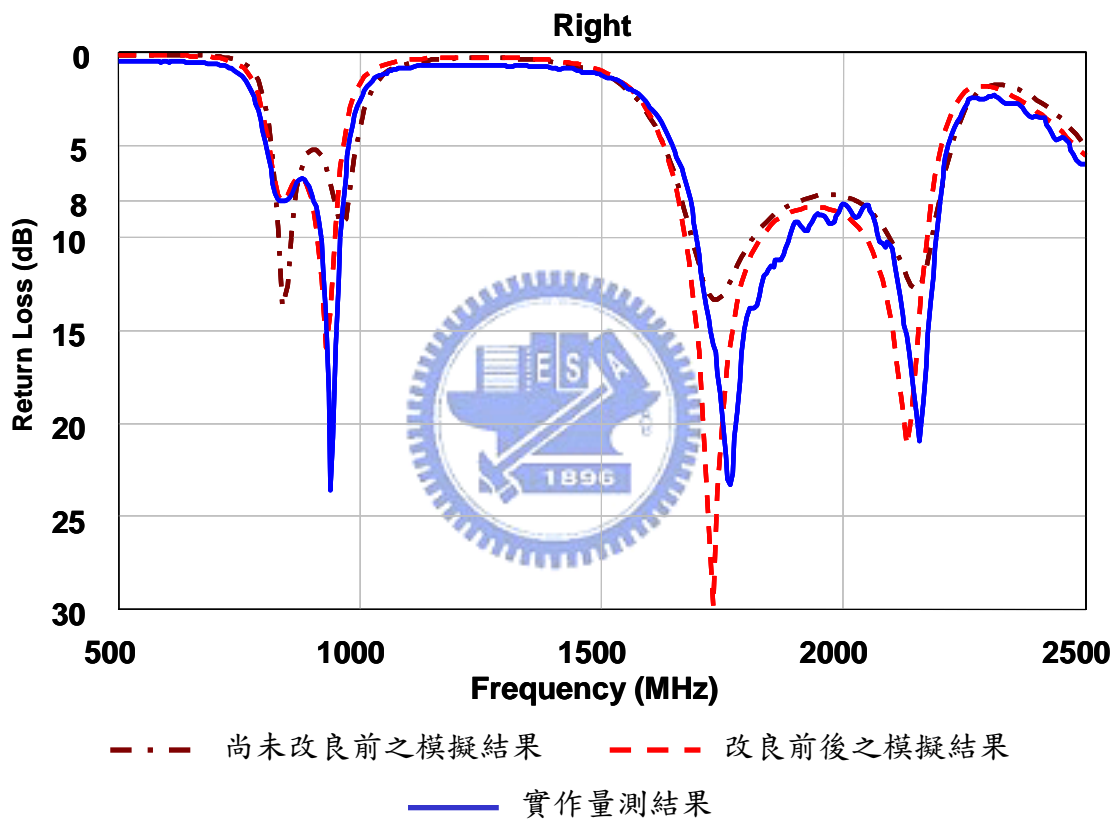


圖 4.3 置於右側之損失反射圖

天線場型的部分，由於低頻的部分變的更接近右緣，以致於場型在 XY 平面上有點轉向的情況，半圓全向性的場型約略偏移了 20 度左右，而 XZ 平面與原本的五頻天線場型比較更可以明顯看出 phi 極化方向在 -X 方向縮減，在 X 軸方向增加；主要原因是因為低頻的位置因為很靠近邊緣，使得電流分布在 -X 邊緣變少了，而形成這樣一個結果。至於高頻的部分可以發現當天線架構向右移動時，對於高頻部分的場型影響不大。

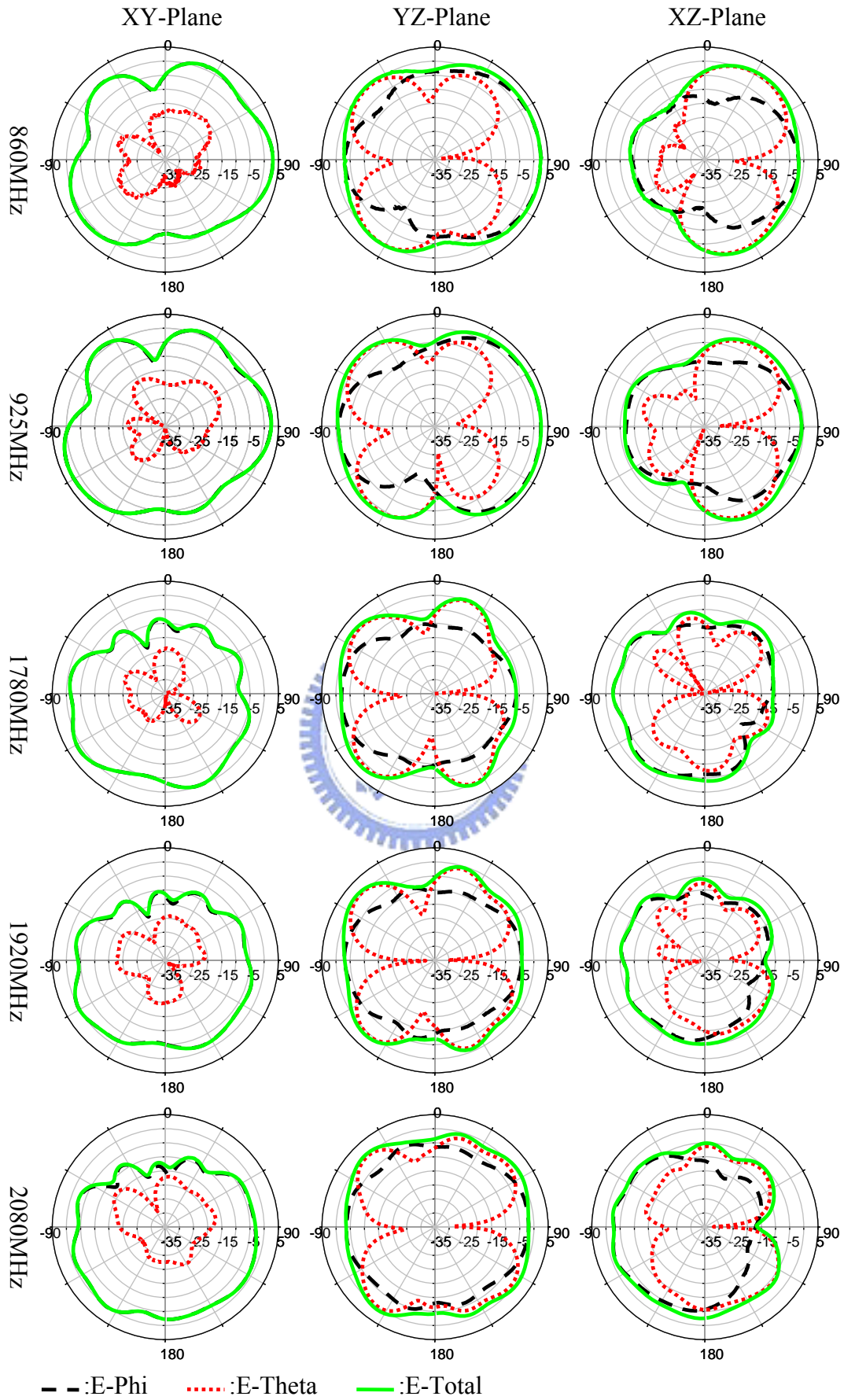


圖 4.4 置於右側場型量測圖

表 4.1 置於右側場型增益表

置於右側 frequency(MHz)	Average Gain(dBi)			Peak Gain(dBi)		
	XY	YZ	XZ	XY	YZ	XZ
860	-0.85224	0.163568	-2.89971	3.085095	2.744962	1.176387
960	-0.63231	0.77512	-3.11644	2.541043	3.041075	0.832397
1780	-3.61954	-1.94996	-5.33517	1.385935	1.76767	-1.98879
1920	-4.36784	-2.12793	-6.89958	0.08758	1.222994	-4.50855
2080	-3.51102	-1.31297	-4.41628	0.076854	0.824932	-1.19851



圖 4.5 置於右側實作照片

4.2 天線置於左側

而將天線放置到接近左側邊緣距離 10mm 的時候，位於左邊的高頻結構 (1710~2170MHz)，則會因為這樣放置而影響到其匹配，使反射損失小於 8dB，情況類似放置於右側，只是產生共振的頻段不同；所以我們也是經由微調後(如圖 4.6)可回復到符合規格的情況，如圖 4.7 所示。

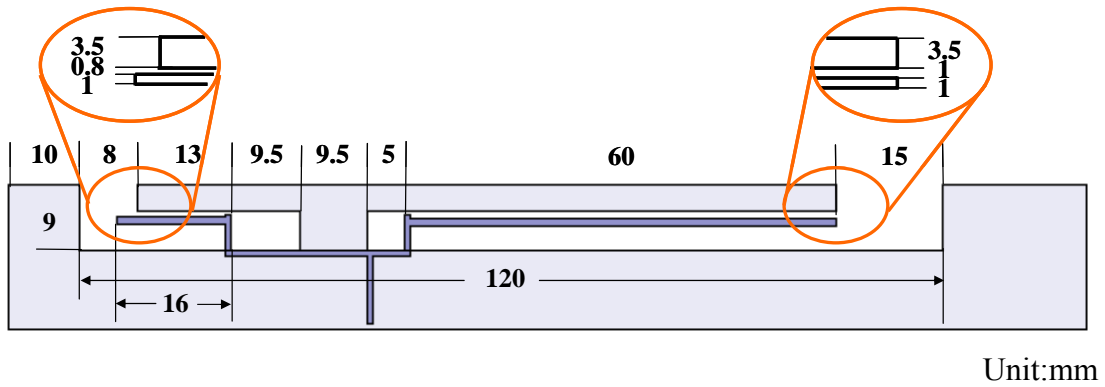


圖 4.6 置於左側微調後結構圖

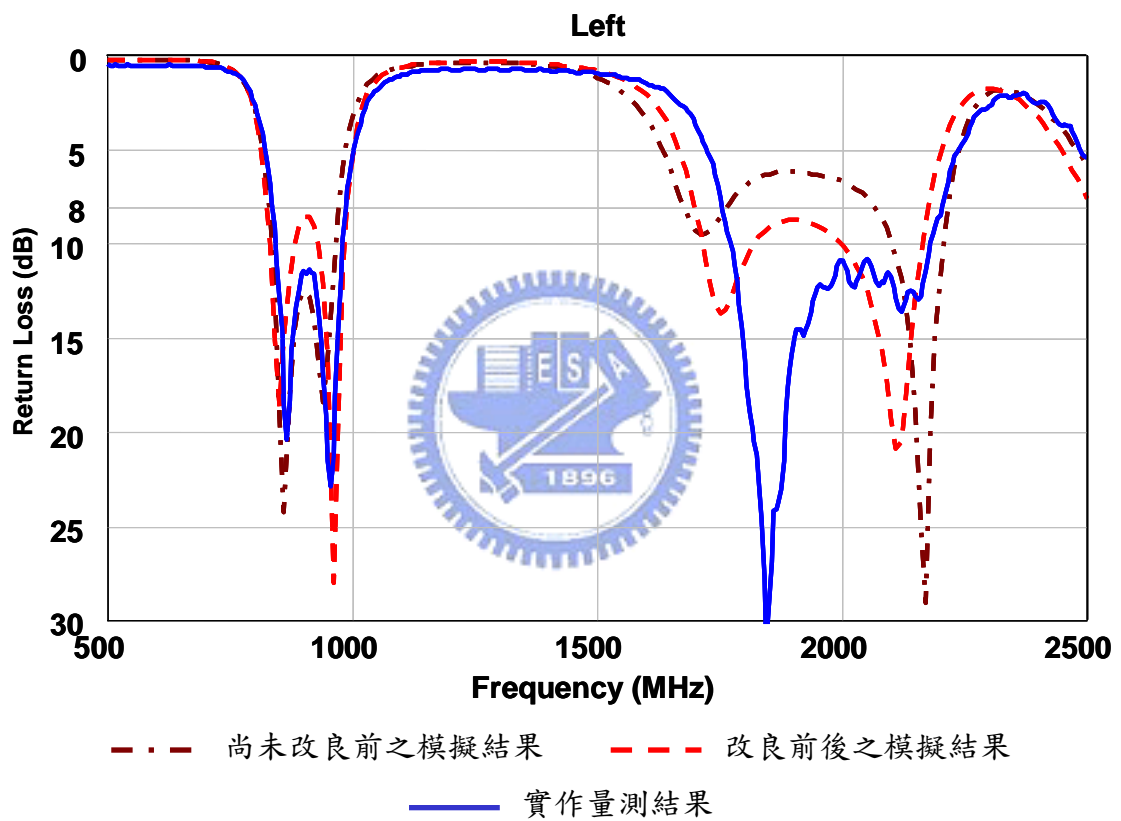


圖 4.7 置於左側之損失反射圖

將天線置於左側後，我們量測到的場型，XZ 平面在低頻時 phi 極化因為有完整的電流可以沿著邊緣分布，所以有非常漂亮的全向性。而 XY 平面天線至於右側時場型產生偏移的情況原因相同，只是偏移的角度相反，並且大約在 30 度左右。整體來講，不論置於右側或左側，平均增益與最大增益和五頻天線相比並沒有太大的差異。

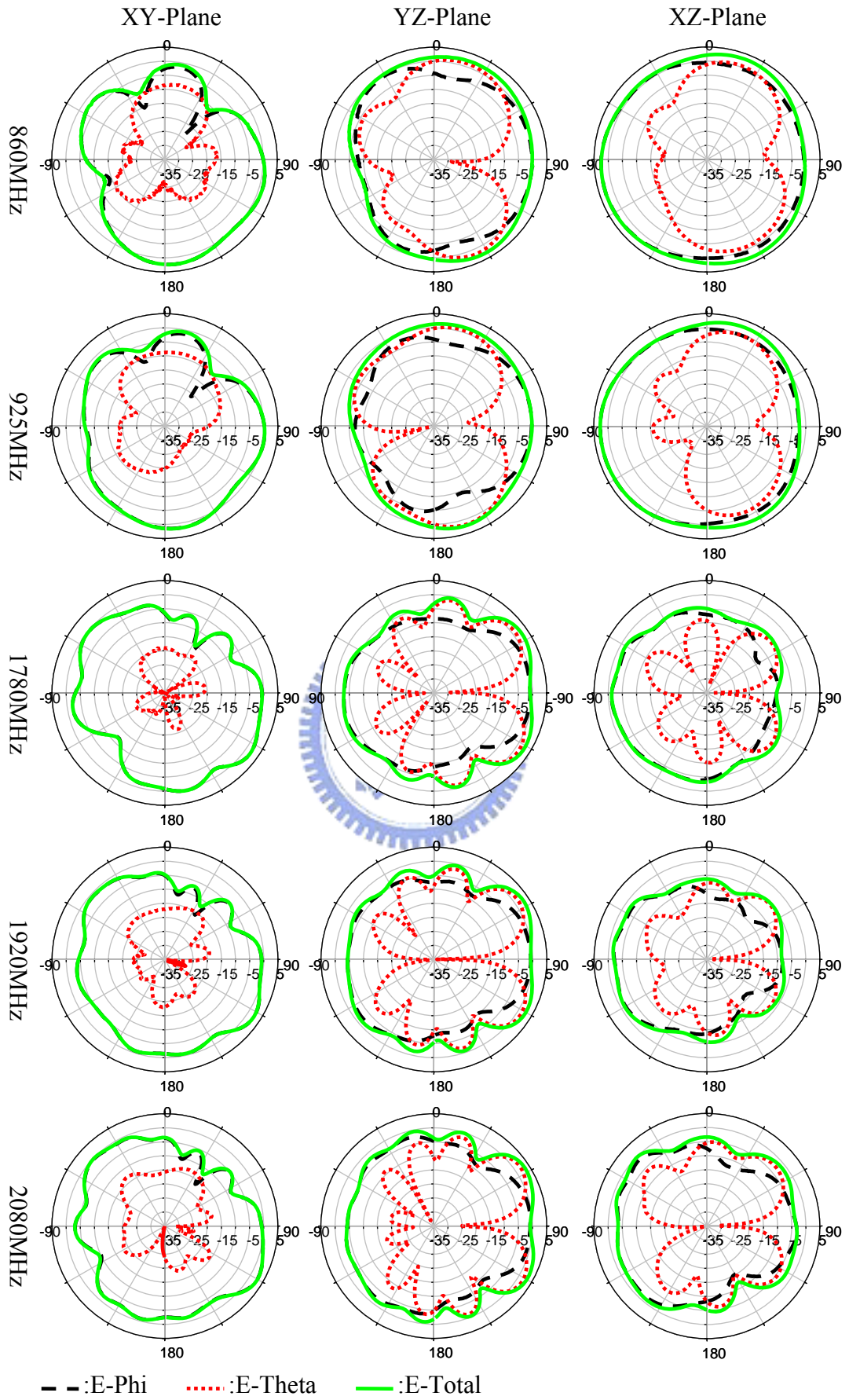


圖 4.8 置於左側場型量測圖

表 4.2 置於左側場型增益表

frequency(MHz)	Average Gain(dBi)			Peak Gain(dBi)		
	XY	YZ	XZ	XY	YZ	XZ
860	-1.65619	0.163492	1.851562	2.521362	3.067695	3.238591
960	-1.8366	-0.36604	1.392483	1.675955	2.200638	2.837173
1780	-2.38791	-1.517	-4.21787	2.114253	2.743229	-1.13018
1920	-2.38289	-1.37701	-4.95672	2.610355	2.969483	-1.4104
2080	-2.21642	-1.06479	-3.09913	2.963998	3.33911	-0.17176



圖 4.9 置於左側實作照片

4.3 天線下方有一垂直於地的金屬面

在許多筆記型電腦的應用上面，會將天線設置在螢幕的上方，而由於本天線預設給超薄型筆電所用，這裡我們假設在天線下方有一 3mm 垂直接地面的金屬薄片來代表螢幕邊緣，討論此結構對天線的影響。在這種結構影響下，由模擬結果可看書高頻部分的匹配明顯變差，而為了降低金屬片造成的影響，稍微改變天線內部參數後可得到符合規範的反射損失，如下圖 4.10 所示。

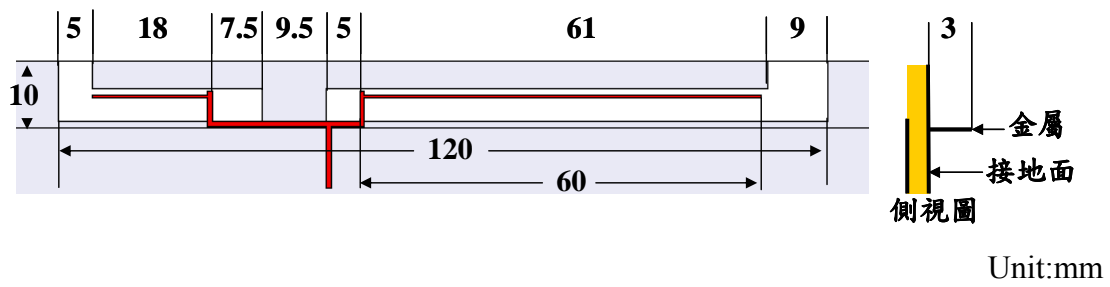


圖 4.10 有金屬片微調後結構圖

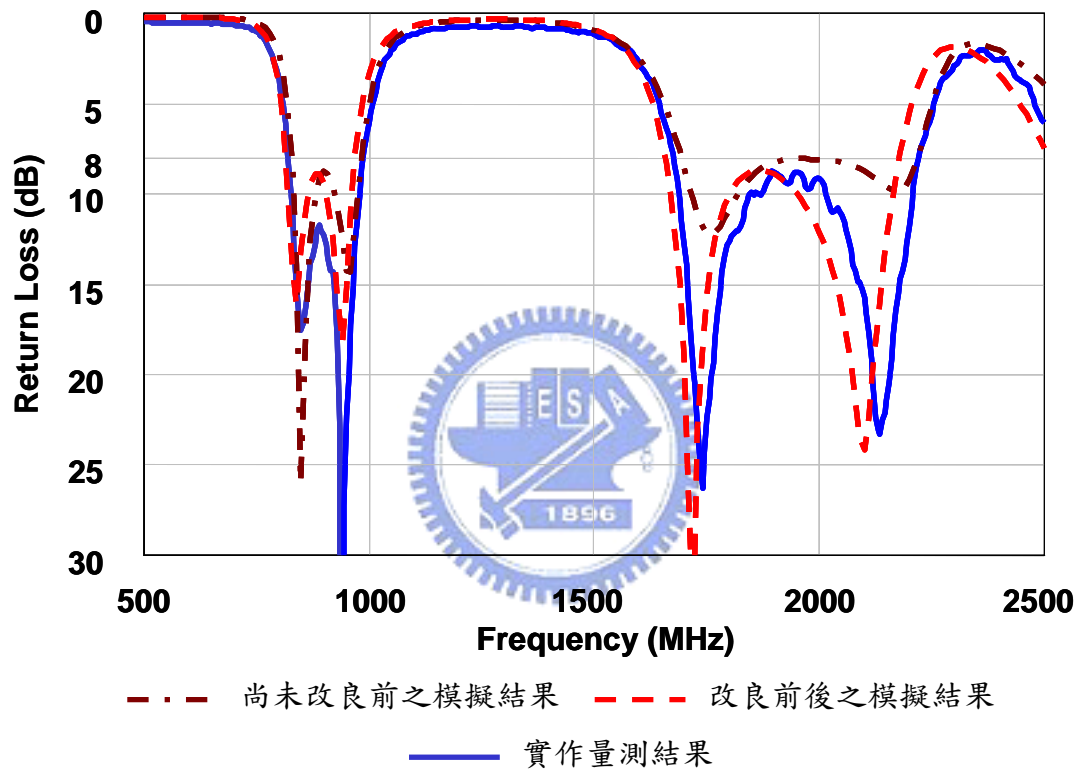


圖 4.11 有金屬片之損失反射圖

有金屬片時量測場型與沒有金屬片的情況非常相像，這可能是因為金屬片所佔的電流分布對於輻射場型而言沒有決定性的影響。實際量測場型如圖 4.12 所示。

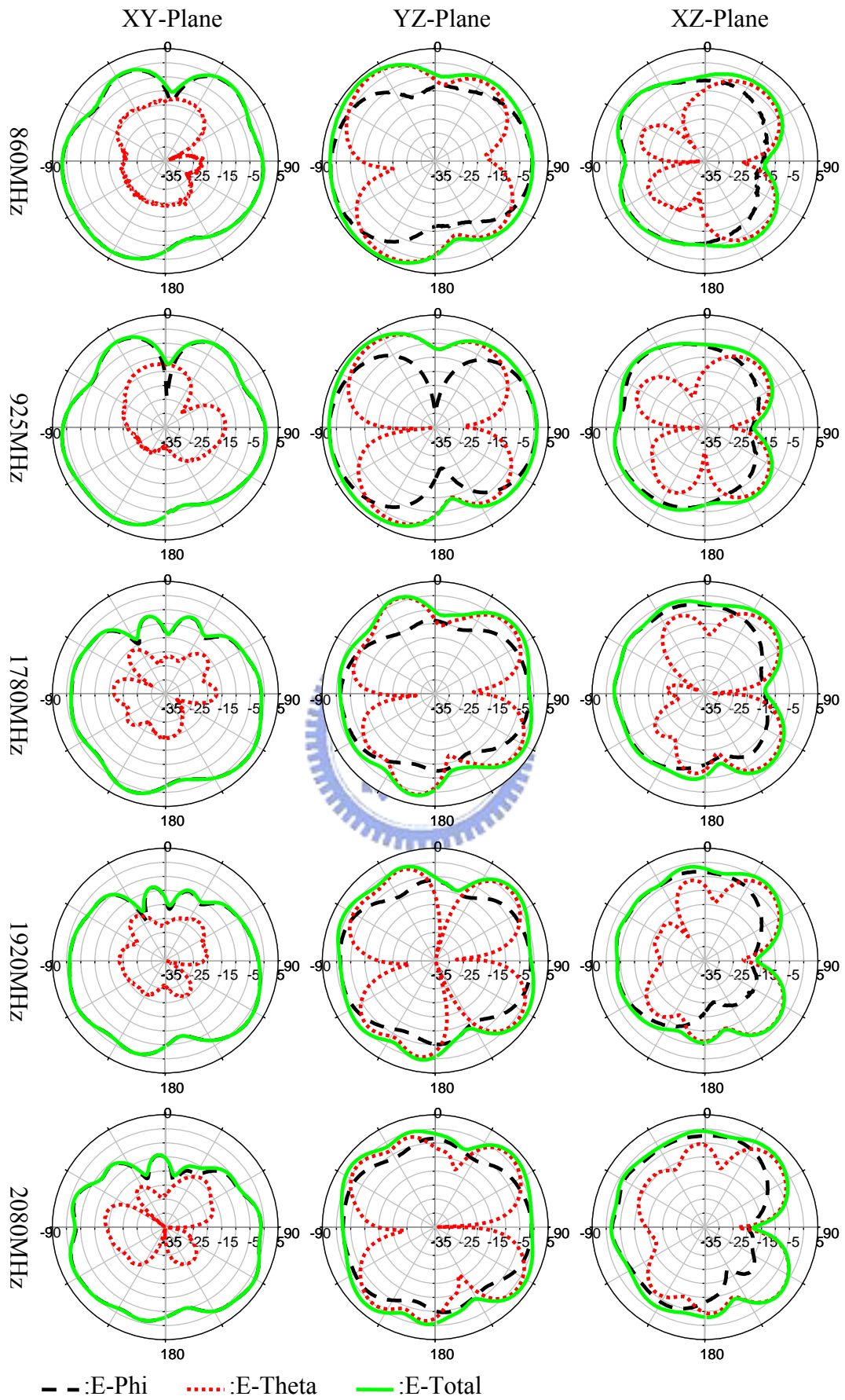


圖 4.12 有金屬片面場型量測圖

表 4.3 有金屬片場型增益表

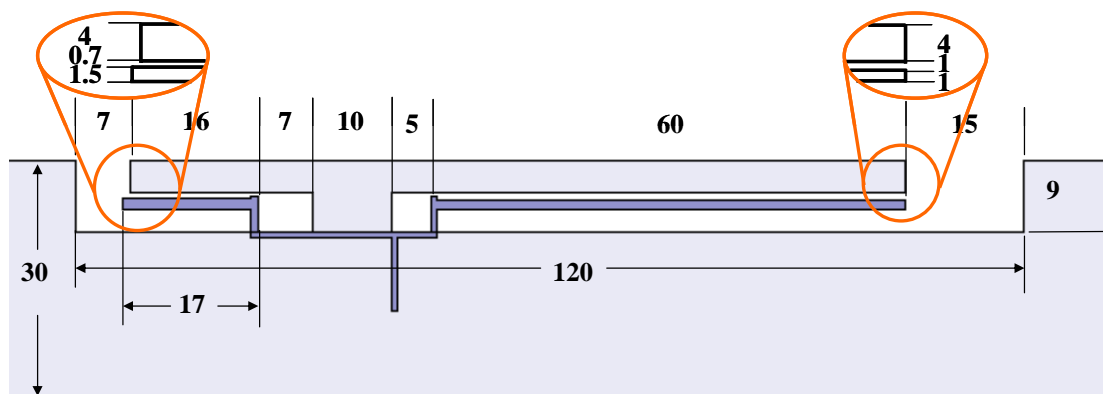
frequency(MHz)	Average Gain(dBi)			Peak Gain(dBi)		
	XY	YZ	XZ	XY	YZ	XZ
860	-0.5992	1.173064	-3.65861	2.484443	4.2626	-0.88431
960	-0.79779	1.103959	-4.48103	2.025417	3.603616	-0.99803
1780	-1.89247	-0.62497	-3.16644	1.909854	2.34842	-0.41366
1920	-2.45815	-0.4249	-3.68332	1.511458	2.60667	0.06269
2080	-2.34269	-0.11702	-2.21059	1.830028	2.709482	0.910363



圖 4.13 有金屬片實作照片

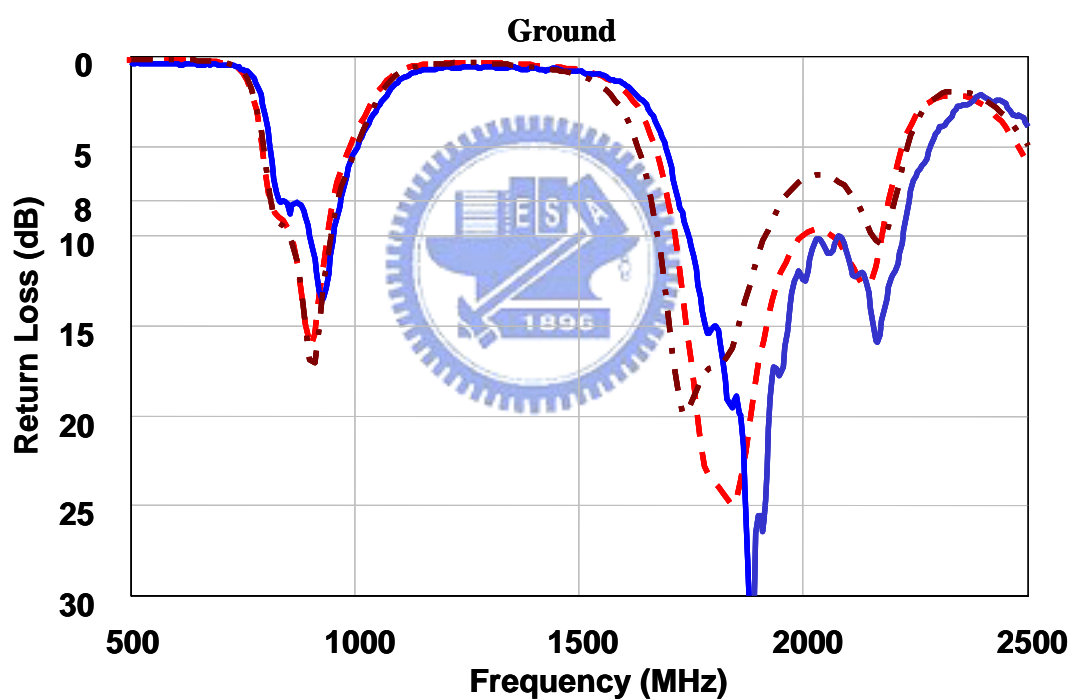
4.4 接地面的小化

由於天線接地面在筆記型電腦裡的大小並不一定，有時會對天線造成不同程度的影響，在此我們將討論當接地面從 200mm 往天線方向減小的長度時候的影響。在圖中，接地面的大小是 $300*30\text{mm}^2$ ，這樣的改變，使得我們天線的匹配，受到些許的影響，但是利用天線本身的適應能力，微調以後如圖所示；可以使反射損失再次回到規範內，如圖 4.14 所呈現。



Unit:mm

圖 4.14 接地面縮小後天線結構圖



- - - 尚未改良前之模擬結果 - - - 改良前後之模擬結果
 ——— 實作量測結果

圖 4.15 接地面縮小後反射損失圖



圖 4.16 接地面縮小實作照片



第五章 結論

本論文基於槽孔天線與切口天線理論，將其延伸應用並加以變形，以減小天線所占用的面積為前提下，分別發展成寬頻天線、雙頻天線及五頻天線，並使用價格低廉的印刷電路板，降低天線製作成本，達到全平面式的多頻天線，完全符合未來筆記型電腦趨於輕薄化的趨勢。寬頻天線與一般切口天線比較，其頻寬從6%增加到35%以上約350MHz；雙頻天線則包含了美規的GSM850/1900以及UMTS(1920~2170MHz)；最後的五頻天線使用頻帶涵蓋整各移動通訊規範，從824MHz~960MHz到1710MHz~2170MHz都是此天線效能良好的適用範圍。

再者此天線的量測場型十分穩定，再適用頻率內由於天線共振的形式與電流分布大都相同，此特點不但滿足所需頻寬，也能保持天線場型的一致性，使場型對頻率的變動降到最低。此外，量測的增益在我們想要的方向上都維持0dBi以上，而整體的平均增益也在0dBi左右，這也顯示出五頻天線操作性能是相當良好的。

第二部分則針對五頻天線實際應用到筆記型電腦上的情況，對於天線放置位置作更進一步的討論，此部分顯示出五頻天線對於環境優秀的適應性。在四種情況的實作成果中發現，無論將放置位置移往左右兩邊，或是改變接地面型態及大小，天線本身架構經過些微調整後都能回歸到正常的工作狀態，對頻寬與天線場型都沒有造成太大的影響。因此，相信本論文提出的全平面五頻天線，能對於筆記型電腦在無線通訊技術上能有顯著的幫助。

參考文獻

(Reference)

- [1] C. Zhang, S. Yang, S. Lee, S. El-Ghazaly, A. E. Fathy, H. K. Pan and V. K. Nair, "A Low Profile Twin-PIFA Laptop Reconfigurable Multi-band Antenna for Switchable and Fixed Services Wireless Applications," *IEEE MTT-S International*, pp. 1209-1212, Hawaii, U.S.A, June 2007.
- [2] C. Kuo, K. Wong, and F. Chang, "Internal GSM-DCS Dual-band Open-loop Antenna for Laptop Application," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 49, No. 3, pp. 680-684, Mar. 2007.
- [3] X. Wang, W. Chen and Z. Feng, "Multiband antenna with parasitic branches for laptop applications," *IET Electronics Letters*, vol. 43, No. 19, pp. 1012-1013, Sep. 2007.
- [4] R. Chatterjee, "Antenna Theory and Practice," Wiley Eastern Limited, New Delhi, 1988.
- [5] J. D. Kraus, "Antenna," 2nd, McGraw Hill, New York, 1988.
- [6] L. Setian, "Antennas with Wireless Applications," Prentice Hall PTR, New Jersey, 1997.
- [7] Y. Yoshimura, "A microstripline slot antenna," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-20, pp. 760-762, Nov. 1972.
- [8] H.G. Akhavan and D. Mirshekar-Syahkal, "Approximate model for microstrip fed slot antenna," *IEE Electronics Letters*, vol. 30, pp. 1902-1903, Nov. 1994.
- [9] L. Zhu, R. Fu, and K. Wu, "A Novel Broadband Microstrip-Fed Wide Slot Antenna With Double Rejection Zeros," *IEEE Antenna and Propagation Letters*, vol. 2, 2003.

- [10] N. Behdad and K. Sarabandi, "A Wide-Band Slot Antenna Design Employing A Fictitious Short Circuit Concept," *IEEE Trans. on Antenna and Propagation*, vol. 53, No. 1, Jan. 2005.
- [11] A. S. Abdallalr, L. Yuan-an and Y. E. Molairuned, "Wide-Band Wide-Slot Microstrip Antenna," *Radio Science Conference*, pp. 27-30, Qingdao, China, Aug. 2004.
- [12] S. I. Latif, L. Shafai and S. K. Sharma, "Bandwidth Enhancement and Size Reduction of Microstrip Slot Antennas," *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 53, No. 3, Mar. 2005.
- [13] C. Marta, A. Eva, V. Alejandro and F. Miguel, "Wideband Radiating Ground Plane with Notches," *Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 2B, pp. 560-563, Washington, DC, U.S.A, July 2005.
- [14] N. Oodachi, S. Sekine and H. Shoki, "Broadband folded notch antenna with a parasitic notch," *Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 2B, pp. 553-556, Washington, DC, U.S.A, July 2005.
- [15] Z. N. Chen, "Antennas For Portable Devices," John Wiley & Sons Ltd, England, 2007.
- [16] C. Wu and K. Wong, "Internal shorted planar monopole antenna embedded with a resonant spiral slot for penta-band mobile phone application," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol.50, No.2, pp. 529-536, Feb. 2008.
- [17] C. Wu and K. Wong, "Printed Compact S-shaped Monopole Antenna With A Perpendicular Feed For Penta-band Mobile Phone Application," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol.49, No.12, pp. 3172-3177, Dec. 2007.
- [18] C. Lin and K. Wong, "Printed Monopole Slot Antenna for Internal Multiband Mobile Phone Antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 55, No. 12, pp. 3690-3697, Dec. 2007

- [19] L. Pazin, N. Telzhensky, and Y. Leviatan, "Multi-Band Flat-Plate Inverted-F Antenna for Wi-Fi/ WiMAX Operation," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, accepted for publication in a future issue.
- [20] L. Chou and K. Wong, "Uni-Planar Dual-Band Monopole Antenna for 2.4/5 GHz WLAN Operation in the Laptop Computer," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 55, No. 12, pp. 3739-3741, Dec. 2007
- [21] <http://www.itu.int/net/home/index.aspx>

