

應用於 GPS/IMT2000/WLAN 多頻段手機之寬頻平面單極天線
Broadband Planar Monopole Antenna for
GPS/IMT2000/WLAN Mobile Handsets

吳俊文 Chun-Wen Wu

高雄海洋技術學院輪機工程系
Department of Marine Engineering
National Kaoshiung Institute of Marine Technology
jjwu@mail.nkimt.edu.tw

摘 要

本文將以共平面波導的饋入方式來設計出此寬頻平面單極天線的結構。在共平面波導饋入線上設計出此寬頻平面單極天線。並對此寬頻平面單極天線的變數做一趨勢的探討。由實驗結果可以發現，在矩形平面單極天線嵌入反 U 形槽孔，便有新的一個共振模態，而再矩形平面單極天線加上兩條平面金屬帶線之後，將會產生出寬頻的結果，其頻寬的可達 60 % 以上，頻段的應用範圍可包含 GPS/IMT2000 及 WLAN 的頻段。最後配合模擬軟體加以比較其差異，並對此結果加以探討。

關鍵詞：共平面波導饋入、平面單極天線、寬頻。

Abstract

A novel broadband monopole antenna is proposed and experimentally studied by using coplanar waveguide feed. By embedding properly U-shaped slot in the rectangular monopole antenna and adding two strips in the bottom of the monopole antenna, the impedance bandwidth,

determined from 10-dB return loss, can reach about 60.0% for the monopole antenna operating at GPS/IMT2000/WLAN bands. IE3D and Ansoft simulation software are used to identify with the measured results. Details of the proposed broadband design are described, and experimental results of the constructed prototypes are presented and discussed.

Key words : coplanar waveguide feed, planar monopole antenna, broadband

一、前言

隨著筆記型電腦逐漸普及，對於無線上網的需求也愈來愈高。無線區域網路 (Wireless Local Area Network, WLAN) 的推出，改變了以往盤根錯節的網路佈線，只要佈建無線基地台 (Access Point, AP)，便可利用筆記型電腦或個人數位助理 (Personal Digital Assistant, PDA) 插入 PCMCIA 及 PCI 等無線網路卡，就可以進行資料傳輸與存取，使用者再也毋須受線路束縛，若企業用戶辦公室需遷移到另一個新環境，亦省去重新佈線的人力、物力成本及配置美觀的問題；由於無線網路架設較不受地形的影響，有施工容易和工時短的優點，其未來的各種應用及其發展性將是無可限量，無線區域網路在未來要全面取代有線網路的時代應是指日可待的。在無線區域網路的應用，無論是接收端或是發射端，均需要一支收發共用的雙頻帶天線來處理同步進行接收與發射的兩個分離頻段的訊號；甚至於人造衛星與地面接收站也因通訊衛星的上行與下行頻段的不同，亦需要一個能夠同時用來接收與發射的雙頻段天線，由此可知雙頻帶操作設計對目前天線應用上是一個非常重要的趨勢及需求。而在目前為止已有許多有關雙頻帶操作的設計，被一直陸續不斷的研究並公開發表於文獻中，而應用在微帶天線上的雙頻帶操作設計方法非常多，如利用單一饋入源饋入在不同的位置或者同時使用兩個獨立饋入源 [1]-[4]、使用堆疊結構 (stack) [5]-[8]、利用槽孔 (slot) 或狹孔 (slit) [9]-[13]。近來在天線領域中，平面式微帶天線 (Microstrip Antenna) 的研究設計議題備受重視，其主要是因為此種天線可沿著任何物體之表面安裝，因此可以與物體結合為一體而不影響到物體之外觀及特性。且微帶式平面天線有質量輕、體積小、低

姿態(profile)、製造容易且成本低及可和微波積體電路(Monolithic Microwave Integrated Circuit)整合在一起的各項優點，更被人們廣泛研究及應用。而由於槽孔天線所要求的製造誤差比金屬片(patch)微帶天線小且印刷槽孔天線比起一般微帶天線而言，具有較寬頻帶的操作等這些優點 [14]-[15]；雙頻槽孔天線在已公開發表的文獻中相當少見[16]-[17]，其中所產生的頻率比對於無線區網之工作頻段而言不適用[18]，其頻率比大約在 1.6 ~ 2 左右，而無線區網所需之頻率比為 2.1 ~ 2.4 左右。因此在本專題中，我們將利用矩形平面槽孔天線，設計出雙頻帶操作，並利用其雙頻帶操作的特點，在矩形槽孔內嵌入各種不同結構的金屬片，藉此以操控其雙頻帶在適用於 WLAN 之工作頻帶範圍內。

二、天線設計方法

圖一為微帶線饋入矩形平面槽孔天線之幾何結構圖，所採用的印刷平面天線基板為長、寬為 $75 \times 75 \text{ mm}^2$ 之 FR4 玻纖板（介電係數 ϵ_r 為 4.7，厚度為 0.8 mm，切入損耗 Loss tangent = 0.0245），使用 50Ω 微帶線 L_s 為 41 mm 與寬度 L_b 為 1.41 mm 饋入於 L 為 30 mm W 為 17.65 mm（長寬比為 1.7:1）的矩形槽孔，根據以上所有相關參數以 IE3D 及 HFSS 進行模擬，調整 L_s 之長度以求得最佳阻抗匹配的雙頻模態，並取得其電流分佈、反射損耗、輻射場型圖等參數，接著製作出天線實體，調整其 L_s 長度，求得最佳阻抗匹配狀態，再利用向量網路分析儀 HP8753D 取得反射損耗圖，並將天線實體置入電磁波無反射室量測，利用遠場量測系統 NSI800F，量測其輻射場型及增益等數據，最後將模擬與實際值作一分析比較。

接著我們在槽孔內嵌入一 U 型金屬片，我們將 U 型金屬片放置於中心點的位置，其幾何結構圖如圖六，寬度 T 為 15.65 mm，條狀金屬厚度 b 為 1.5 mm，距離接地面 d 為 1 mm，調整其間距 S 找出最佳阻抗匹配及適用無線區網工作頻段之最佳尺寸其 S 為 20 mm，藉由 IE3D 模擬軟體根據以上之尺寸模擬出所有結果數據，並將實體天線所實際量測的結果與模擬值作比對驗證。

三、實驗結果與討論

由圖二中我們可以看出模擬及實作天線均有產生雙操作頻帶的特性，而此雙模態是由微帶線長度 L_s 來調整其最佳阻抗匹配，饋入線長度在 41 mm 時將會得到最佳的阻抗匹配，隨著線段增長則共振邊頻率會降低，反之則會升高，在 41 ± 1 mm 左右都可以得到不錯的阻抗匹配，由此可得知槽孔平面天線對製作誤差有相當高的容忍度之特性。圖三為由 IE3D 模擬軟體所得之電流圖，而量測實體天線所得圖四中之輻射場型圖中，發現其中在高頻部份其 H-plane 的交叉極化位準 (Cross Polarization Level, XPL)，有偏大的現象，這可能是因為由於天線本身結構的影響，並且在量測過程中亦可能受到其他頻率干擾 (表面波、旁波...等) 影響，使得 H-plane 之交叉極化位準較大，這亦是此結構目前需改善之問題，而輻射效率雙頻段均在 75 % 左右。在增益方面如圖五所示，其平均增益表現都保持在 2 ~ 4 dBi 左右，且其增益的變動都不會超過 3 dB，其穩定度都不錯，雙頻的增益差異也不大。

在矩形槽孔內嵌入 U 型金屬片的結構中，其反射損耗方面，根據圖七及表二所示，在低頻還是都維持在 10 % 左右的頻寬表現，但在高頻方面則出現了 30 % 的寬頻，其所有頻率都有包含無線區網之應用頻率範圍，而在圖八的電流圖中的 U 型金屬片的電流方向其電流在中心線的地方會合而激發成為寬頻的現象，另外同樣的，我們亦可改變距離變數 S 來變動其共振頻率之頻率比，如圖九及圖十中可以看出其 S 值越小則頻率比會越小，反之則越大而最後固定在 2.1 左右，正好符合 WLAN 工作頻段，而當其 $S = 20$ mm 時高頻部份還有 34 % 左右頻寬的表現。而在圖十一的輻射場型方面，其模擬所得之輻射效率各為 80 % 左右，但其 H-plane 之交叉極化位準 (XPL) 在高頻時過大，則為此天線需改善的重點。在增益部份，如圖十二所示，雖然有上下變動的現象產生，但都保持在 3 dB 以內，增益值也都保持在一定準位以內。

四、結論

本論文著重於雙頻帶操作的設計，並利用此雙頻帶操控於無線區網之應用頻段範圍，而首先利用一矩形槽孔結構，利用 50Ω 饋入線饋入的方式，設計出一雙操作頻帶，並經由實際量測的結果得到雙向輻射之場型，且增益值平均都保持在 3 dBi 左右，其變動亦不超過 3 dB。接著載入 U 型金屬於矩形槽孔內，而微調其內部金屬結構而得到雙操作頻帶且符合 WLAN 工作頻段的規格；之後在嵌入 U 型金屬片後，在低頻模態特性方面其頻寬與無嵌入金屬結構均在 10 % 左右，但在嵌入其在高頻模態部份則有高達 33 % 的頻寬表現，表四為有無嵌入 U 型金屬片之比較表；將來我們亦可以改變這些金屬的細部參數藉以改變其頻率比，而用來因應於未來其它各種不同之應用頻段的制定。

五、誌謝

This paper was supported by the National Science Council (NSC), Taiwan, R.O.C., under the grant “Design of Dual Broadband Planar Slot Antenna for IEEE 802.11a/b/g Wireless Local Area Network (WLAN)”, NSC91-2622-E-022-002-CC3

六、參考文獻

- [1] J. S. Wu and K. L. Wong, “A single-layer dual-frequency rectangular microstrip patch antenna using a single probe feed,” *Microwave Opt. Technol Lett.*, vol. 11, pp. 83-84, Feb. 5, 1996.
- [2] Y. M. M. Antar, A. I. Ittipiboon and A. K. Bhattachatyya, “A dual-frequency antenna using a single patch and an inclined slot,” *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 8, pp. 309-310, April 20, 1995.
- [3] Y. Murakami, W. Chujo, I. Chiba and M. Frujisc, “Dual slot coupled microstrip antenna for dual frequency operation,” *Electron. Lett.*, vol. 29, pp. 1906-1907, Oct. 28, 1993.
- [4] M. Deepukumar, J. George, C. K. Aanandan, P. Mohanan and K. G. Nair, “Broadband dual frequency microstrip antenna,” *Electron. Lett.*, vol. 32, pp. 1531-1532, Aug. 15, 1996.”

- [5] S. H. Al-Charchafchi, W. K. W. Ali and S. Sinkerec, "A stacked annular-ring microstrip patch antenna," *IEEE AP-S Int. Symp. Dig.*, vol. 2, pp. 948-951, 1997.
- [6] S. A. Long and M. D. Walton, "A dual-frequency stacked circular-disk antenna," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 27, pp. 270-273, March. 1979.
- [7] J. S. Dahele, K. F. Lee and D. P. Wong, "Dual frequency stacked annular-ring microstrip antenna," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 35, pp. 1281-1285, Nov. 1987.
- [8] J. Wang, R. Fralich, C. Wu and J. Litva, "Multifunctional aperture coupled stack antenna," *Electron. Lett.*, vol. 26, pp. 2067-2068, Dec. 1990.
- [9] J. H. Lu and K. L. Wong, "Slot-loaded, meandered rectangular microstrip antenna with compact dual-frequency operation," *Electron. Lett.*, vol. 34, pp. 1048-1050, May 28, 1998.
- [10] J. H. Lu and K. L. Wong, "Slot-loaded, meandered rectangular microstrip antenna with compact dual-frequency operation," *Electron. Lett.*, vol. 34, pp. 1048-1050, May 28, 1998.
- [11] H. Nakano and K. Vichien, "Dual-frequency square patch antenna with rectangular patch." *Electron. Lett.*, vol. 25, pp. 1067-1068, Aug. 1989.
- [12] K. L. Wong and K. P. Yang, "Small dual-frequency microstrip antenna with cross slot," *Electron. Lett.*, vol. 33, pp. 1916-1917, Nov. 6, 1997.
- [13] K. L. Wong and K. P. Yang, "Compact dual-frequency microstrip antenna with a pair of bent slots," *Electron. Lett.*, vol. 34, pp. 225-226, Feb. 5, 1998.
- [14] K. M. Luk, K. F. Lee, and Y. L. Chow, "Proximity-coupled stacked circular-disk microstrip antenna with slots," *Electron. Lett.*, vol. 34, pp. 419-420, 1998.
- [15] C. L. Mak, K. M. Luk, and K. F. Lee, "Proximity-coupled U-slot patch antenna," *Electron. Lett.*, vol. 34, pp. 1805-1806, 1998.
- [16] T. Morioka, S. Araki and K. Hirasawa, "Slot antenna with parasitic element for dual band operation," *Electronics Letters*, vol. 33, no. 25, Dec. 4, 1997.
- [17] S. Y. Lin and K. L. Wong, "A dual-frequency microstrip-line-fed printed slot antenna," *Microwave And Optical Technology Letters*, vol. 28, no. 6, March 20, 2001.
- [18] S. Maci, G. Biffi Gentili, P. Piazzesi and C. Salvador, "Dual-band slot-loaded patch antenna," *IEEE Proc. H*, vol. 142, pp. 225-232, June 1995.

表一 矩形平面槽孔天線的模擬與實測之反射損耗結果比較；其相關參數 $L_s = 41$ mm、 $L_b = 1.41$ mm、 $L = 30$ mm、 $W = 17.65$ mm。

	f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	Bandwidth 1 (B.W. 1, %)	Bandwidth 2 (B.W. 2, %)	(f_2/f_1)
Simulated by IE3D	2955	6930	8.27	4.15	2.358
Simulated by HFSS	2990	7535	5.69	7.3	2.52
Measured	2590	5885	11.58	8.67	2.272



表二 具 U 型金屬片之矩形雙頻平面槽孔天線的反射損耗結果比較；其相關參數 $L_s = 37.5$ mm、 $L_b = 1.41$ mm、 $b = 1.5$ mm、 $T = 15.65$ mm、 $d = 1$ mm、 $S = 20$ mm。

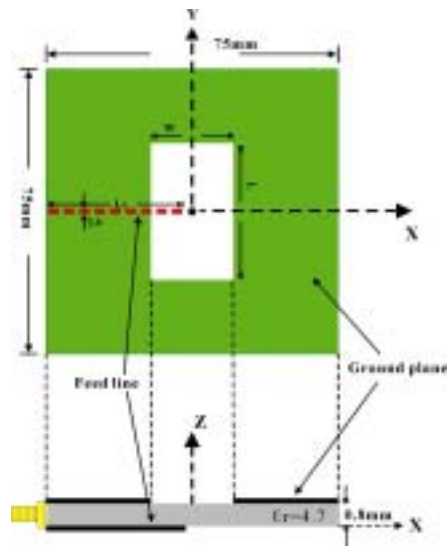
	f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	Bandwidth 1 (B.W.1, %)	Bandwidth 2 (B.W.2, %)	(f_2/f_1)
Simulated by IE3D	2490	5700	9.64	11.31	2.290
Simulated by HFSS	2215	5475	7.22	5.84	2.472
Measured	2245	5645	10.46	24.09	2.512

表三 具 U 型金屬片之矩形雙頻平面槽孔天線隨間距 S 變化之頻率比及頻寬比較；其相關參數請參照表二。

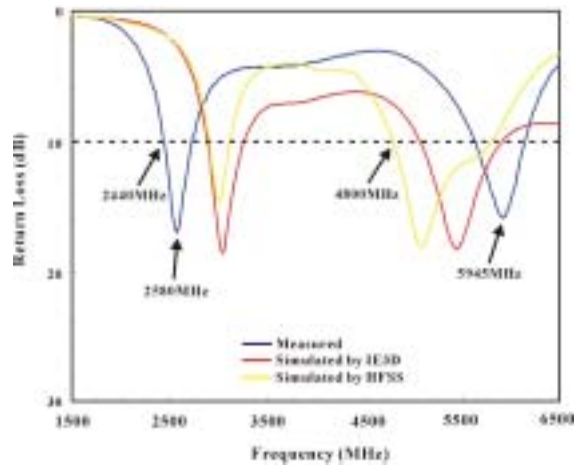
	S (mm)	f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	Bandwidth 1 (B.W.1, %)	Bandwidth 2 (B.W.2, %)	(f_2/f_1)
Ant 1	1		3790		2.2	
Ant 2	5	2260	4150	10	4.6	1.83
Ant 3	8	2230	4480	10.5	3	2.01
Ant 4	11	2140	4500	9.5	2	2.1
Ant 5	14	2400	5795	11.45	11.04	2.412
Ant 6	17	2415	5760	12.42	18.06	2.385
Ant 7	20	2555	5435	10.57	33.75	2.128
Ant 8	23	2640	5425	11.92	29.86	2.053

表四 有無嵌入 U 型金屬片之矩形雙頻平面槽孔天線比較表。

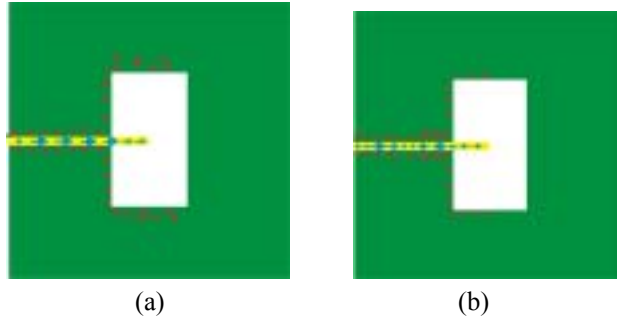
結構圖	f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	Bandwidth 1 (B.W.1, %)	Bandwidth 2 (B.W.2, %)	(f_2/f_1)
	2590	5885	11.58	8.67	2.272
	2555	5435	10.57	33.75	2.128



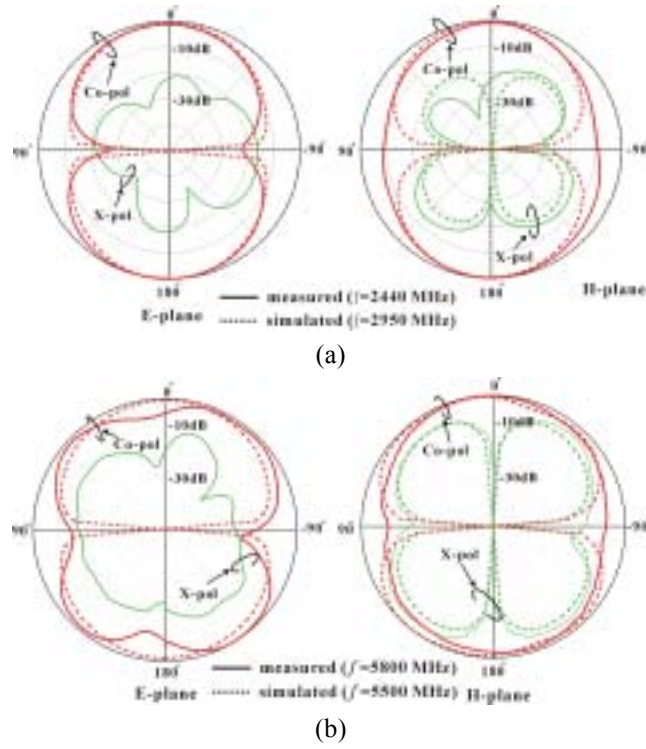
圖一 矩形雙頻平面槽孔天線之幾何結構圖



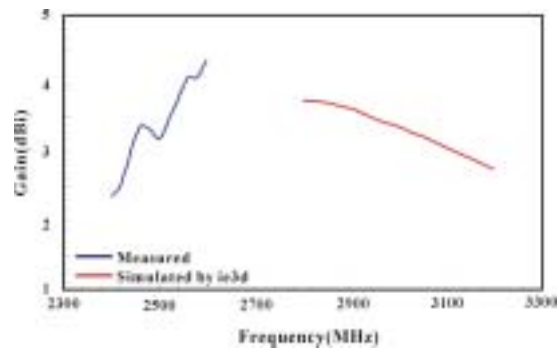
圖二 矩形平面槽孔天線之反射損耗圖；其相關參數請見表一。



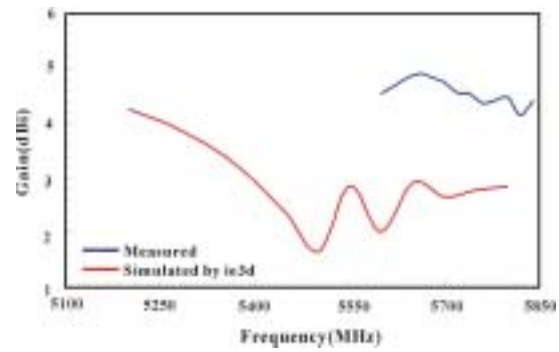
圖三 矩形平面槽孔天線之電流圖。 (a) $f = 2950$ MHz, (b) $f = 5500$ MHz。



圖四 矩形雙頻平面槽孔天線之場形圖

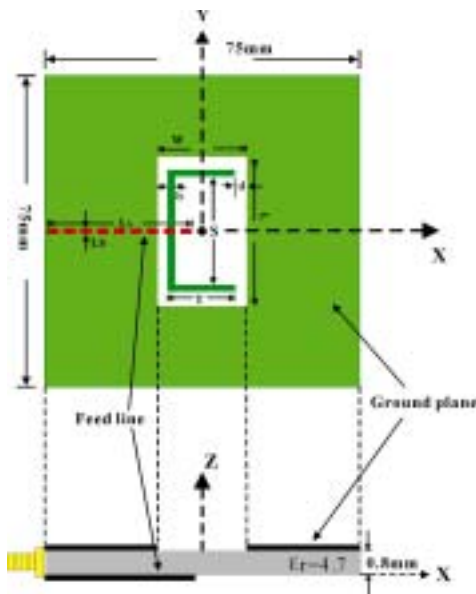


(a)

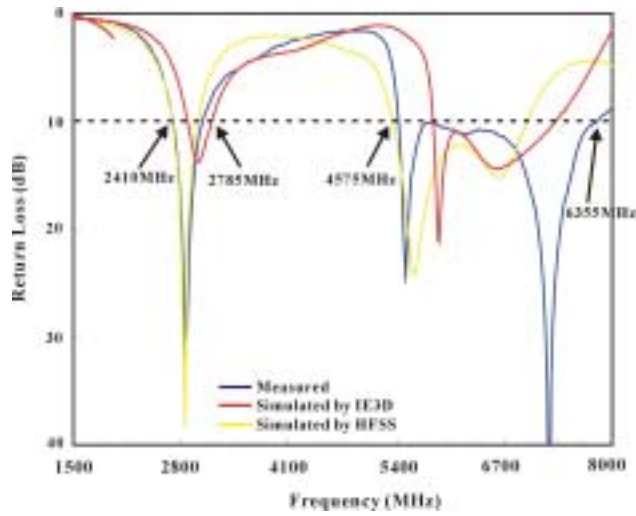


(b)

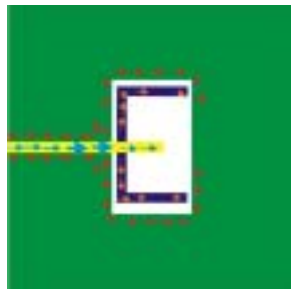
圖五 矩形雙頻平面槽孔天線之增益圖



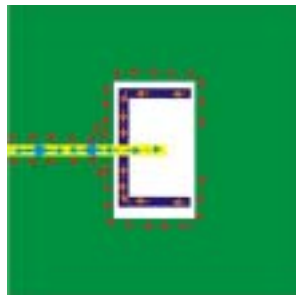
圖六 具 U 型金屬片之矩形雙頻平面槽孔天線之幾何結構圖



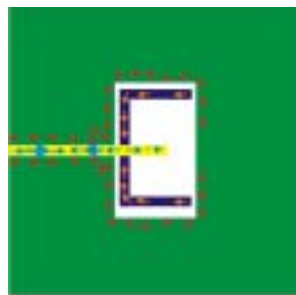
圖七 具 U 型金屬片之矩形雙頻平面槽孔天線之反射損耗圖比較;其相關參數請見表二。



(a)



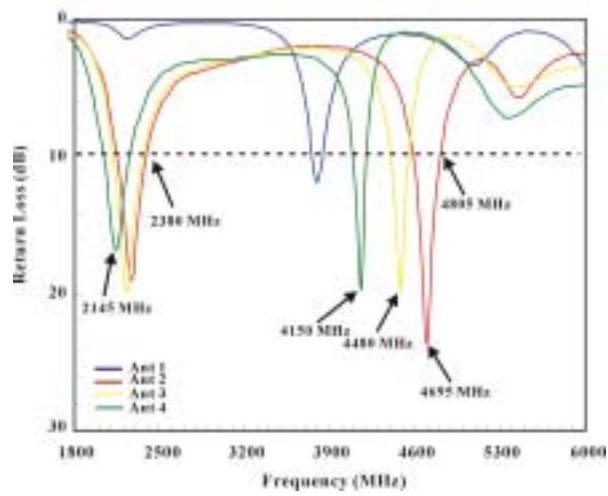
(b)



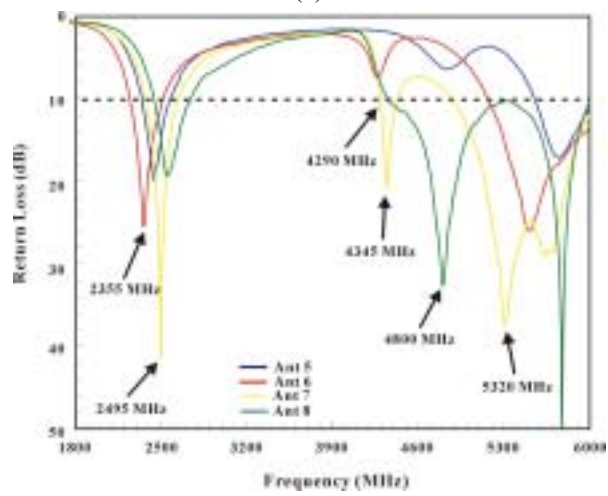
(c)

圖八 具 U 型金屬片之矩形雙頻平面槽孔天線電流圖。

(a) $f = 2650$ MHz, (b) $f = 5200$ MHz, (c) $f = 5800$ MHz。

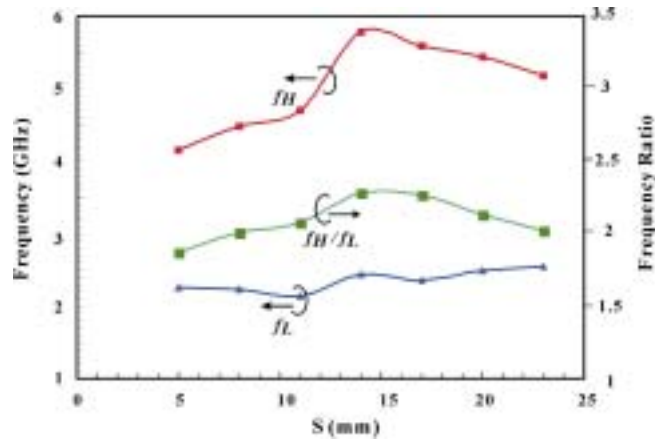


(a)

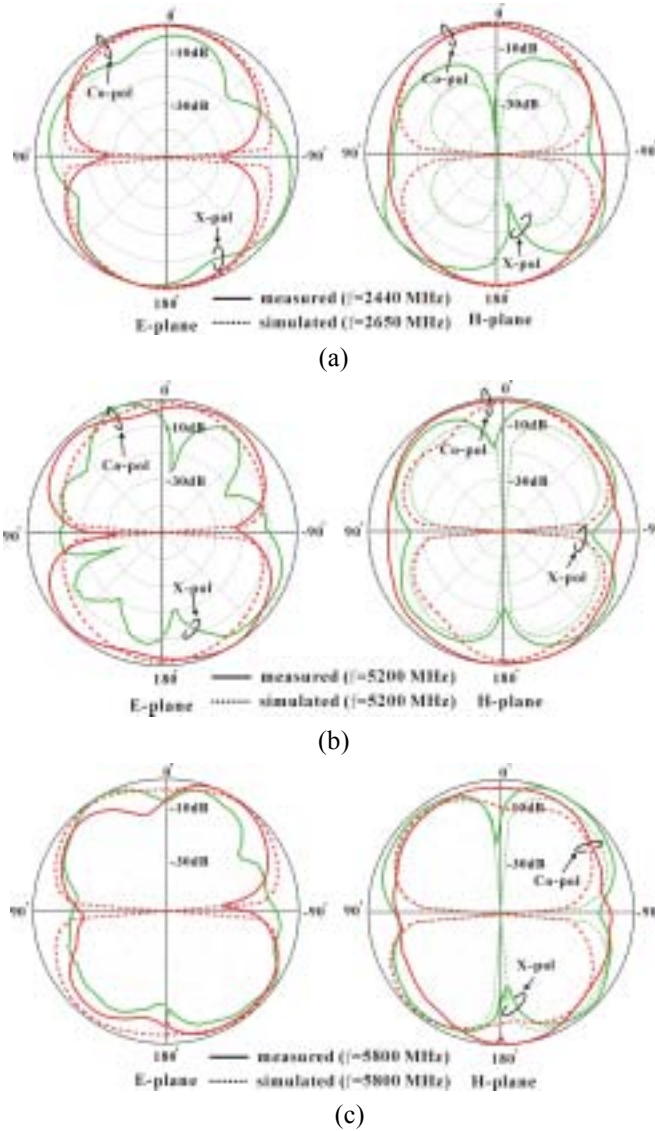


(b)

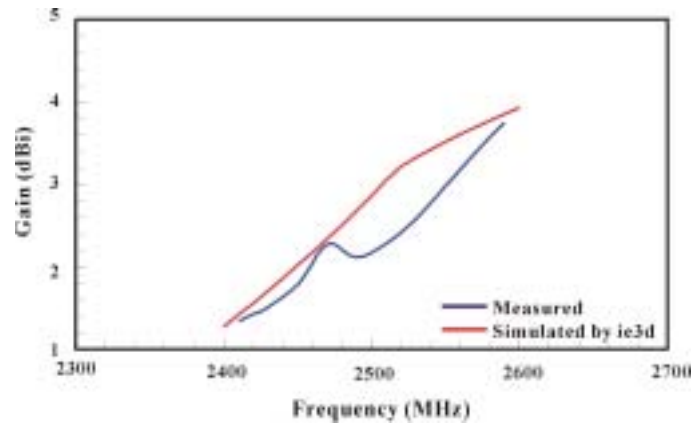
圖九 具 U 型金屬片之矩形雙頻平面槽孔天線隨間距 S 變化之反射損耗圖；其相關參數請參照表三。



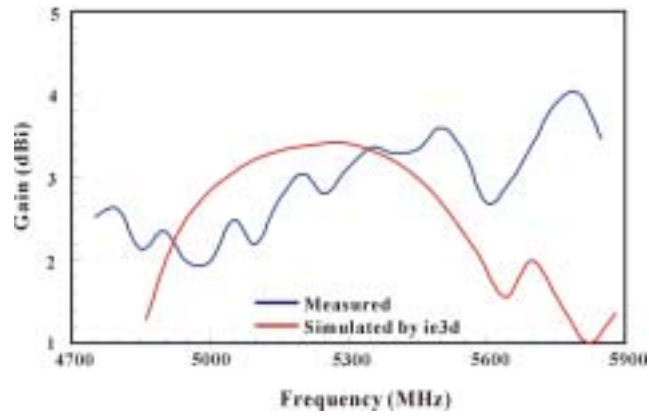
圖十 具 U 型金屬片之矩形雙頻平面槽孔天線隨間距 S 變化之頻率比趨勢圖。



圖十一 具 U 型金屬片之矩形雙頻平面槽孔天線之輻射場型圖



(a)



(b)

圖十二 具 U 型金屬片之矩形雙頻平面槽孔天線之增益圖

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>