

具有5-6GHz拒斥頻帶特性的非對稱超寬頻天線之設計

Design of a Asymmetrical Ultra-wide band Antenna With 5-6GHz Band-Notched Characteristics

袁敏事¹

傅仰德²

Min-Shih Yuan

Yang-Der Fu

¹中華技術學院航空電子系副教授

²中華技術學院飛機系統工程研究所碩士班研究生

Department of Avionics

China Institute of Technology

摘 要

本文中設計一款具有5-6GHz拒斥頻帶特性的非對稱超寬頻天線，此天線是製作在FR4介質基板上。為了避免干擾WLAN的5~6GHz之頻段，類似半橢圓形接地上面挖出2個半圓形槽口。FR4基板的上層有一非對稱矩形貼片，中間有一橢圓貼片，外來高頻信號源經由微帶線饋入至橢圓貼片上，然後再耦合至外層非對稱矩形貼片上，產生UWB頻寬輻射場型。

經由實體製作及量測後，得知本款天線在VSWR=2時阻抗頻寬是2.79GHz至12.93GHz，頻帶寬是129%，最大增益是6.64dBi，拒斥頻帶是4.8GHz至6.23 GHz。本文中之天線能滿足不干擾5-6GHz無線區域網路的超寬頻系統之需求。

關鍵詞：超寬頻天線、微帶線饋送，拒斥頻帶

ABSTRACT

A compact ultra-wide band antenna with 5-6GHz band-notched characteristics is designed. This antenna is built on FR4 substrate. For avoiding the interference on 5-6GHz band of WLAN, a quasi semi-ellipse with two semi-circles are embedded in ground plane of FR4. A asymmetrical rectangular patch with a central ellipse patch are made on the top layer of FR4 and feed by a microstrip line.

The prototype are fabricated and measured. The input impedance bandwidth is 129% , and frequency is from 2.79GHz to 12.93GHz for VSWR=2. . The antenna peak

gain is 6.64dBi. WLAN band-notched is 4.8~6.23 GHz. This antenna can be used in the UWB systems and cannot interference the 5-6GHz WLAN systems.

Keyword : UWB antenna, Microstrip feed line, Band-notched

一、前言

美國聯邦通信委員會 FCC (Federal Communications Commission) 在 2002 年四月，將超寬頻通訊技術[1]，從原本軍事用途改為商業與民間使用，並開放 3.1 10.6 GHz 提供超寬頻通信及測試使用。UWB 是一種短距離無線通訊方式，其傳輸距離為十公尺以內，使用寬達數 GHz 之頻帶上，利用脈衝信號發射無線電波，此脈衝信號寬度約為 1ns、發射功率約為 1nW/Hz，並以脈衝信號表示 0 或 1 來傳輸資料。至於 802.11g、GSM、Bluetooth 等系統是利用載波在特定頻帶與波形變化傳送信號。因此 UWB 系統的寬頻帶、脈衝信號與傳統調變方式截然不同。

UWB 具有數種技術特性。如具有高傳輸速率特性，一般 UWB 的信號傳輸範圍在十公尺之內，傳輸速率可達 480Mbps，是個人通訊和短距離通訊的一種技術。UWB 是以非常寬的頻寬來換取高容量的數據傳輸。具有良好的安全性特性，UWB 發射功率很低，甚至接近雜訊值，加上信號脈波寬度只有 1ns，信號可散布在極寬之頻帶，因此很難被截獲，這對提高通訊保密性非常有利。具有低功率消耗特性，UWB 通訊系統是使用脈衝電波來發送資訊，通常在 200ps~1.5ns 之間，因此大幅減少功率消耗，相對的耗電量也能降低。具有低成本結構特性，因為 UWB 只使用脈衝信號，不需要功率放大器 (Power Amplifier, PA) 射頻/中頻 (Radio Frequency /Intermediate Frequency, RF/IF) 轉換元件、振盪器、濾波器等多項零件，具有降低成本之潛力。

由於 UWB 發送脈衝信號需要很寬的頻帶，在既有頻帶上已經由其他無線通訊系統，如 IEEE 802.11a(5.15 5.35GHz, 5.725~5.825GHz) HIPERLAN/2(5.15GHz 5.35GHz, 5.47 5.725GHz)在 5G 頻段上已使用。因此為了避免干擾，故將 UWB 頻帶中 5-6GHz 加以拒斥。因此在文獻 [2-9] 中開始利用對稱形槽孔與不同形狀貼片，產生 5-6GHz 的拒斥。文獻[2]中是在基板上層以 50 微帶線連接著一個圓盤貼片，在基板下層之接地面挖一個圓形挖槽，並增加寬為 0.5mm 倒 U 型細長貼片來抑制指定頻域。天線量測到的 - 10dB 阻抗頻寬為 3.05~10.6GHz，抑制頻帶為 5~6GHz，天線增益為 4~7dBi。文獻[9]中是在矩形貼片嵌入兩個分開的近似半橢圓貼片，利用共平面導波(CPW)連接在一個近似半橢圓之貼片上，並在其中加上一個

拒斥挖槽。天線量測到的 - 10dB 阻抗頻寬為 3.4~10GHz，抑制頻帶為 5.05~5.85GHz。本文中具有 5-6GHz 拒斥頻帶特性的非對稱超寬頻天線的設計方法、架構及量測結果與分析，詳述如以下各節。

二、天線設計

具有5-6GHz拒斥頻帶特性的非對稱超寬頻天線之架構如圖1所示，圖1(a)是天線FR4基板的上層金屬貼片圖，此貼片中有一個非對稱矩形，邊長分別以 L_1 及 L_2 表示，寬以 W 表示。非對稱矩形中間有一非對稱橢圓隙孔，其水平方向長軸分別以 WR_1 及 WR_2 表示，垂直方向短軸分別以 LR_1 及 LR_2 表示。在非對稱橢圓隙孔中間有一橢圓貼片，水平長軸半徑以 fR 表示，垂直短軸半徑以 f_r 表示。輸入的高頻信號源經由50 Ω 微帶線饋入至橢圓貼片上，然後再耦合至上層非對稱矩形貼片上，產生UWB頻寬輻射場型。

圖1(b)中FR4基板下層是類似半橢圓形接地面，其水平方向長軸以 W 表示，垂直方向短軸以 GL 表示。其為了避免干擾WLAN的5~6GHz之頻段，類似半橢圓形接地面上挖出2個半圓形槽口，半徑以 GR 表示。圖1(c)是天線的側視圖，其中 h 是FR4基板的厚度。

三、結果與分析

本文中設計的天線實體如圖2所示。非對稱矩形邊長 $L_1=26\text{mm}$ 、 $L_2=22\text{mm}$ 及寬 $W=40\text{mm}$ 。非對稱橢圓隙孔水平方向長軸 $WR_1=18.5\text{mm}$ 、 $WR_2=17\text{mm}$ ，垂直方向短軸 $LR_1=8\text{mm}$ 、 $LR_2=10\text{mm}$ 。橢圓貼片水平長軸半徑 $fR=7\text{mm}$ ，垂直短軸半徑 $f_r=5\text{mm}$ 。至於類似半橢圓形接地面水平方向長軸 $W=40\text{mm}$ ，垂直方向短軸 $GL=10\text{mm}$ 以及半圓形槽口半徑 $GR=5\text{mm}$ 。圖3是天線的反射損失圖。VSWR=2時的天線阻抗頻寬範圍從2.79至12.93GHz，阻抗頻寬百分比為129%，抑制頻域從4.8GHz到6.23GHz。此天線不僅符合了UWB 3.1~10.6GHz之規範，並有效濾除了5~6GHz之WLAN頻段。

當上層橢圓隙孔是對稱形狀，其尺寸是 $WR_1=WR_2=17\text{mm}$ ， $L_1=L_2=22\text{mm}$ ，接地面為半橢圓時，其低頻部分最小值為3.2GHz，為了要使低頻部份達到UWB所規範之3.1GHz起始頻率，將 L_1 往下拉，並增加非對稱橢圓隙孔水平方向長軸 WR_1 的長度用以增加電磁路徑，整個頻段有向低頻方向移動的趨勢，改變矩形左邊長度 L_1 ，會降低低頻帶範圍。圖4是天線 L_1 參數變化時的模擬反射損失圖。

從圖 4 中可知，當 $L1=25\text{mm}$ 、 $VSWR=2$ 時之阻抗頻寬是從 3.02GHz 至 11.5GHz ，當 $L1=26\text{mm}$ 時，阻抗頻寬是從 2.87GHz 至 11.03GHz ，當 $L1=27\text{mm}$ 時，阻抗頻寬是從 2.85GHz 至 11GHz 。因此，當邊長 $L1$ 長度愈長，整個頻段些微往低頻移動。雖然 $L1=27\text{mm}$ 擁有更好的起始頻率，高頻也滿足了 10.6GHz 之條件，但其阻抗匹配與 $L1=26\text{mm}$ 相比顯得較差。所以當 $L1=26\text{mm}$ 時，能得到滿足所需要頻段與最佳阻抗頻寬匹配。圖 5 是天線 GR 參數變化模擬反射損失圖。從圖 5 中得知在類似半橢圓形接地面上挖出 2 個半圓形槽口時，對 4 至 6GHz 頻帶有明顯地拒斥功能。當 $GR=4\text{mm}$ 時， $VSWR=2$ 的阻抗頻寬是 2.82GHz 至 10.58GHz ，拒斥頻帶是 4.87GHz 至 5.9GHz 。當 $GR=5\text{mm}$ 時，阻抗頻寬是 2.79GHz 至 12.93GHz ，拒斥頻帶是 4.8GHz 至 6.23GHz 。當 $GR=6\text{mm}$ 時，阻抗頻寬是 2.8GHz 至 10.79GHz ，拒斥頻帶是 4.23GHz 至 5.73GHz 。因此當 $GR=5\text{mm}$ 時，可得到最佳結果。至於天線量測到的最大增益是 6.64dBi 。圖 6、圖 7 及圖 8 分別是頻率為 3.1GHz 、 7GHz 及 10GHz 時實測的 XZ-plane 與 YZ-plane 天線輻射場形圖。從圖 6、7 及 8 中得知頻率在 8GHz 以下，XZ 平面共極化輻射場型是全向性的，且交叉極化場型亦較小。頻率在 7GHz 時，YZ 平面共極化場型圖顯示雙偶極天線場型特性。

四、結論

本文中設計的天線是利用 FR4 PCB 上層一非對稱矩形貼片及中間一橢圓貼片，產生 UWB 頻寬輻射場型。為了要使低頻部份達到 UWB 所規範之 3.1GHz 起始頻率，將矩形左邊長度 $L1$ 往下拉，並增加非對稱橢圓隙孔水平方向長軸 $WR1$ 的長度用以增加電磁路徑，整個頻段有向低頻方向移動的趨勢。利用 FR4 PCB 下層的類似半橢圓形接地面及 2 個半圓形槽口，避免產生 WLAN 的 $5\sim 6\text{GHz}$ 之頻段干擾。藉由改變半圓形槽口半徑 GR 值，可以得到最佳 $5\sim 6\text{GHz}$ 之頻段。經由實體製作及量測後，得知本款天線在 $VSWR=2$ 時阻抗頻寬是 2.79GHz 至 12.93GHz ，頻帶寬是 129% ，最大增益是 6.64dBi ，拒斥頻帶是 4.8GHz 至 6.23GHz 。因此天線能滿足不干擾 $5\sim 6\text{GHz}$ 無線區域網路的超寬頻系統之需求。

參考文獻

- [1]. 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.

- [2]. Xiao-Rong Yan, Shun-Shi Zhong, and Xian-Ling Liang, "Compact printed semi-elliptical monopole antenna for super-wideband applications," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 49, No. 9, pp. 2061–2063, September 2007.
- [3]. J. Liang, C.C. Chiau, X. Chen, and C.G. Parini, "Printed circular disc monopole antenna for ultra-wideband applications," *Electronics Letters*, vol. 40, No. 20, September 2004.
- [4]. T. G. Ma and S. K. Jeng, "Planar miniature tapered-slot-fed annular slot antennas for ultra-wideband radios," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 53, pp. 1194-1202, Mar.2005
- [5]. T. Yang, W.A. Davis, and W.L. Stutzman, "Small, Planar, Ultra-Wideband Antennas with Top-Loading", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 2005*, July 2005.
- [6]. Prabhakar H.V., U.K. Kummuri, R.M. Yadahalli and V. Munnappa, "Effect of various meandering slots in rectangular microstrip antenna ground plane for compact broadband operation", *IEEE Electronics Lett.* Vol. 43, No. 16, 2nd Aug 2007
- [7]. C. Y. Huang and W. C. Hsia, "Planar ultra-wideband antenna with a frequency notch characteristic," *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 49, no. 2, pp. 316–320, Feb. 2007.
- [8]. S. W. Su and K. L. Wong, "Printed band-notched ultrawideband quasi-dipole antenna," *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 48, no. 3, pp. 418–420, Mar. 2006
- [9]. K. Chung, J. Kim, and J. Choi, "Wideband microstrip-fed monopole antenna having frequency band-notch function," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol. 15, no. 11, pp. 766–776, Nov. 2005.

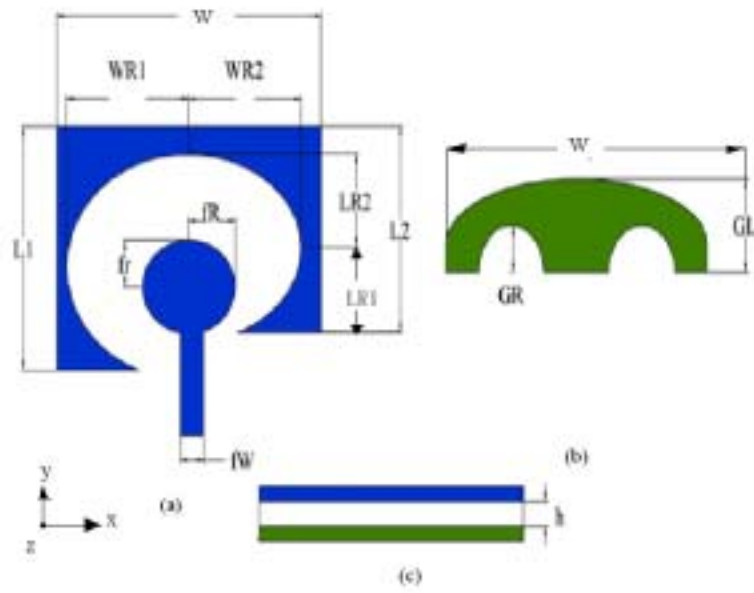


圖1、天線架構圖(a)天線上層金屬貼片圖 (b)天線下層類似半橢圓形接地面
(c) 天線側視圖

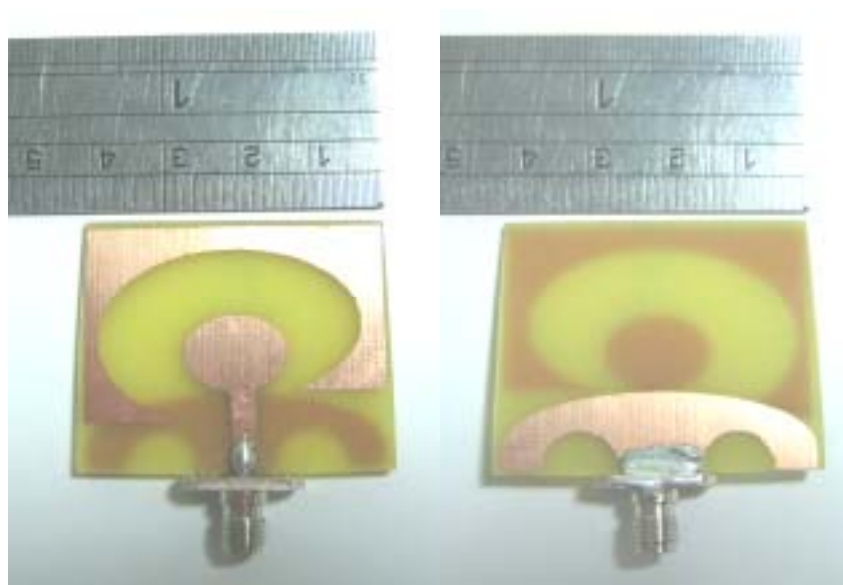


圖2、天線實體圖

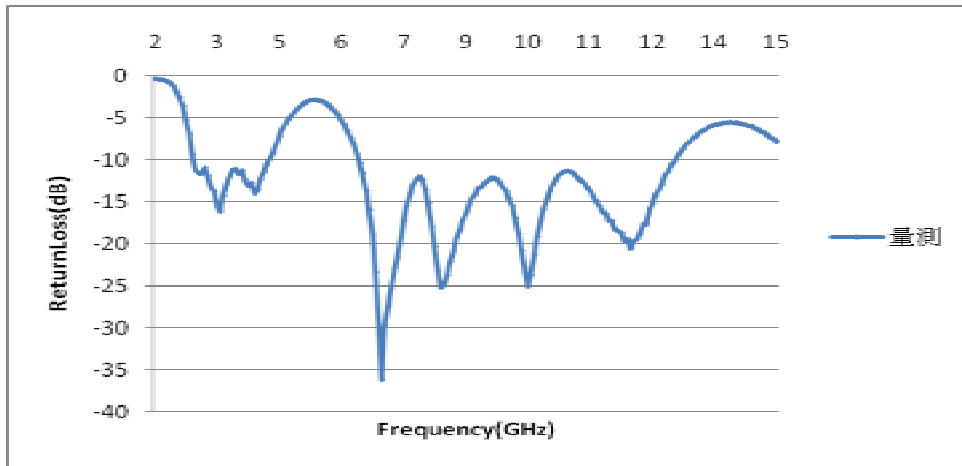


圖3、天線反射損失圖

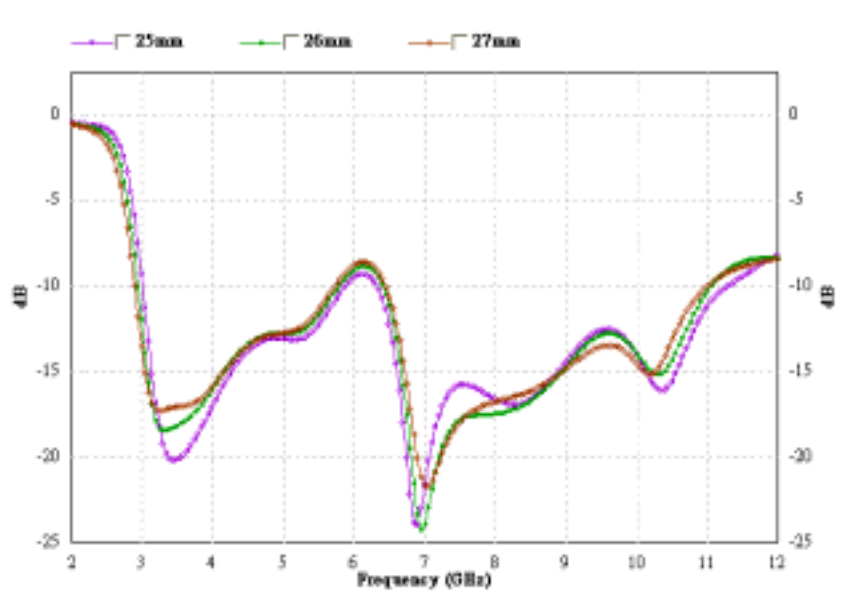


圖 4、天線參數 L1 變化時的模擬反射損失圖

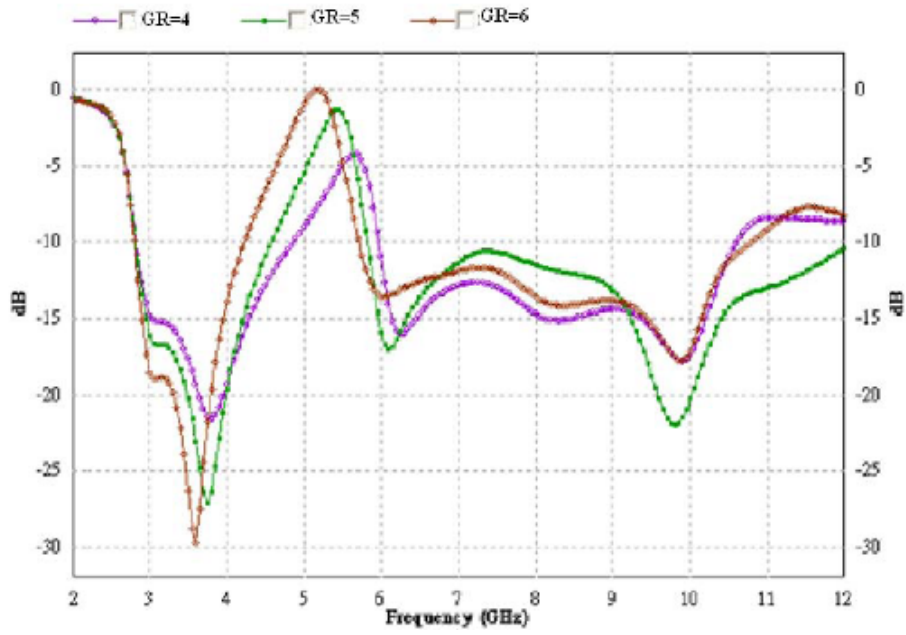
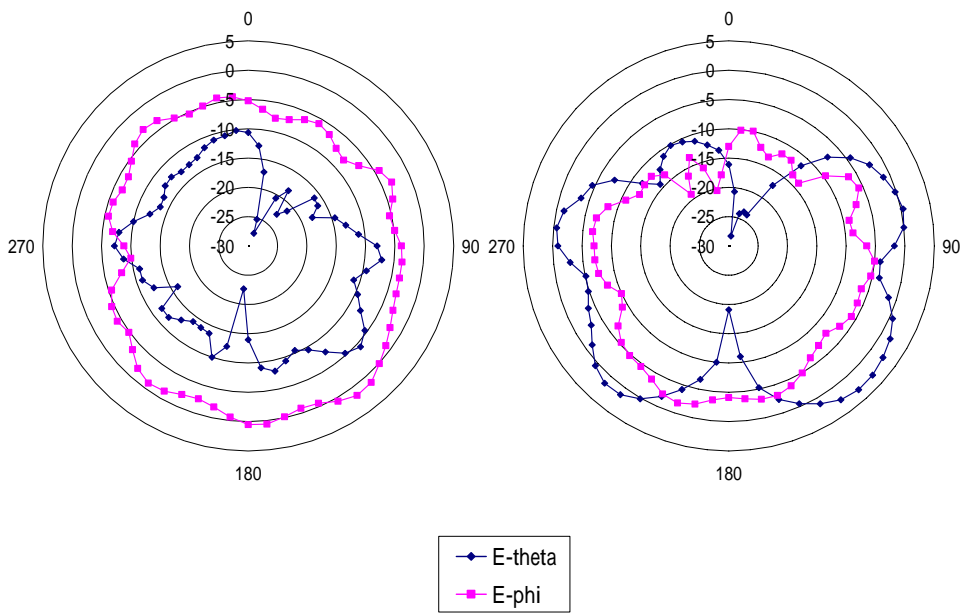


圖5、天線參數GR變化時的模擬反射損失圖(a)



(a) XZ-plane

(b) YZ-plane

圖6、 頻率為3.1GHz時的XZ-plane與YZ-plane輻射場形圖

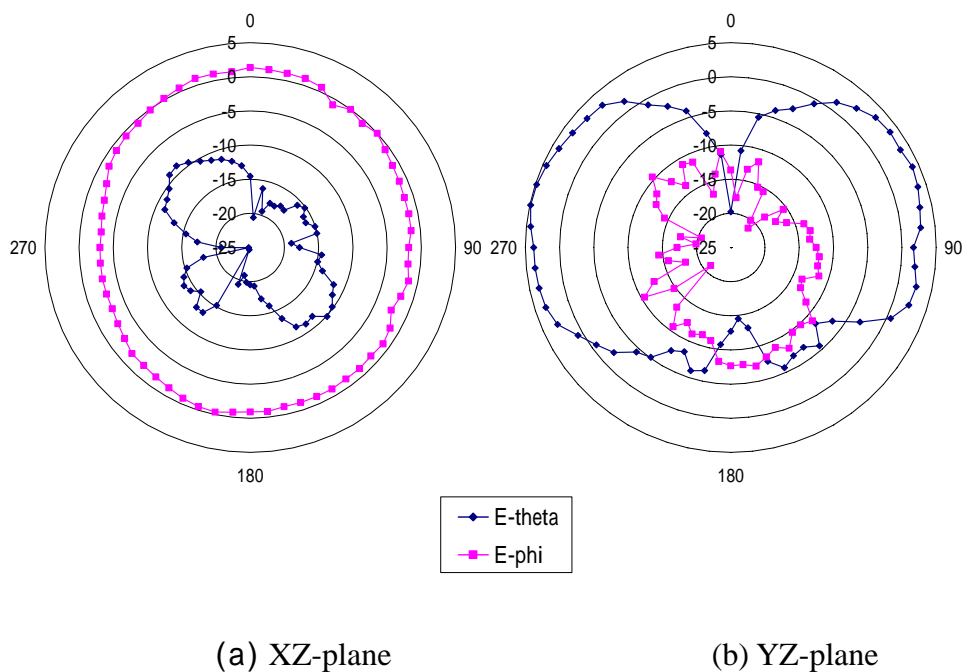


圖7、 頻率為7GHz時的XZ-plane與YZ-plane輻射場形圖

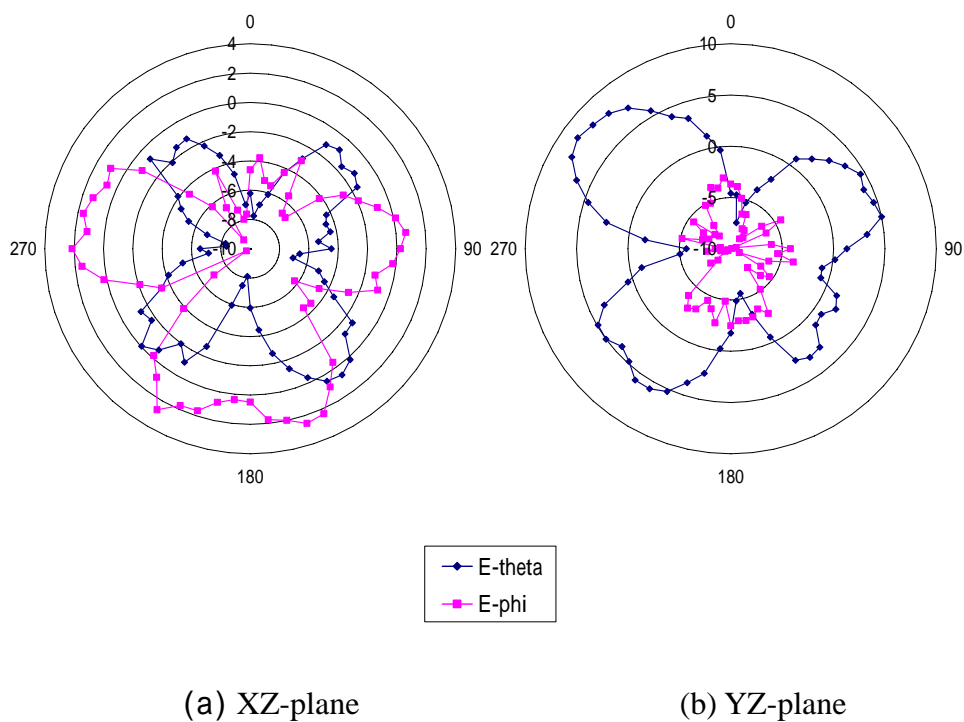


圖8、 頻率為10GHz時的XZ-plane與YZ-plane輻射場形圖