

實驗五 雙頻微帶天線設計及量測(一)

一、實驗目的：

設計一垂直極化雙操作頻率(1.9 及 2.45GHz)之矩形微帶天線，在雙中心頻率處之 S_{11} 參數(需小於-20dB)。並且在矩形微帶天線的中心植入十字形槽孔來設計縮小化雙操作頻率之矩形微帶天線(線雙操作頻率至少降頻 10%)。使用單片FR4 雙面電路板蝕刻製作。以單一同軸線饋入方式設計。成品製作完成後，量測天線相關參數，並討論其結果。

二、實驗材料：

- (1) 1.6mm FR4 雙面感光電路板
- (2) SMA 接頭

三、實驗步驟：

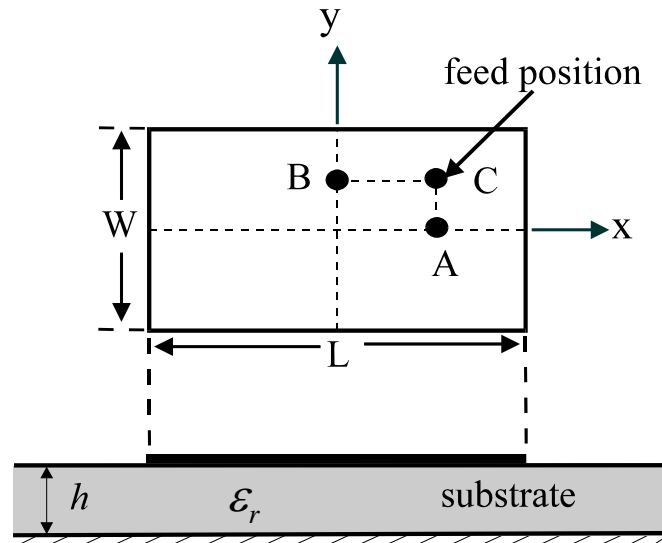
- (1) 由給定之 FR4 基板參數，決定矩形微帶天線金屬片之長與寬，使該天線之 TM_{01} 及 TM_{10} 模態分別操作於 1.9 及 2.45GHz。
- (2) 天線尺寸選擇後，使用同軸線作饋入，在金屬片中心點分別往x及y方向選擇適當的 TM_{01} 及 TM_{10} 模態之 50 歐姆饋入點(參考圖一及點A及點B)。
- (3) 由選定的饋入點，分別對 x 及 y 軸劃一平行線，並取其交點為最後之饋入點(點 C)。
- (4) 決定各項參數後，使數 FR4 電路板蝕刻製作。製作成品後，量測此天線參數，並討論其結果。
- (5) 設計縮小化雙操作頻率之矩形微帶天線之步驟，除了在微帶天線金屬片上植入十字形槽孔，其他步驟如同步驟(1)至(4)。

四、實驗原理：

(1) 一般說明

雙頻操作是微帶天線設計的重要課題之一[1]。相關的設計包括使用多層微金屬片(multiplayer stacked patches[2])，具槽孔負載之矩形金屬片(slotted rectangular patches [3])，具矩形缺口之正方形金屬片(square patches with rectangular notches [4])，具短路負載之金屬片(patch loaded with shorting posts[5])，傾斜槽孔耦合饋入之矩形金屬片(rectangular patches fed by an inclined slot[6])等等。這些雙頻微帶天線依所設計的兩個操作頻率的極化面彼此垂直或水平，可區分為垂直極化雙頻微帶天線或平行極化雙頻微帶天線。在本單元中，我們將先針對垂直極化雙頻微帶天線。並且使用一種較簡單的單層單饋入的垂直極化雙頻微帶天線設計方式其結構如圖一所示。

(2) 單層單饋入雙頻微帶天線設計

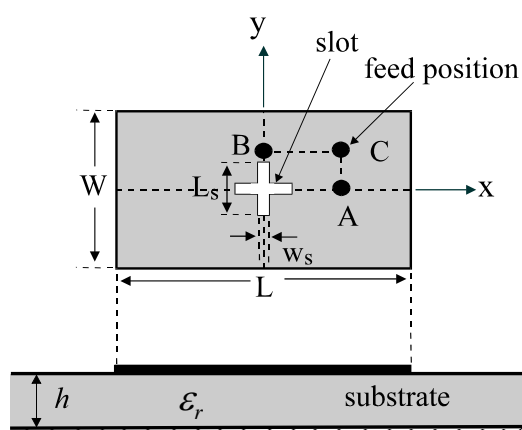


圖一單層單饋入雙頻矩形微帶天線設計[7]

在圖一中， x 軸上之A點($x, 0$)為激發 TM_{10} 模態的 50 歐姆饋入點，A點由於位於垂直 y 方向之中心線上，因此不會激發其它 TM_{0n} 模態($n = 1, 3, 5, \dots$)。另一方面， y 軸上之B點($0, y$)為激發 TM_{01} 模態的 50 歐姆饋入點，B點($0, y$)由於位於垂直 x 方向之中心線上，因此不會激發其它 TM_{m0} 模態($n = 1, 3, 5, \dots$)。而後，若選擇位於(x, y)位置之C點，則此時天線可在激發 TM_{01} 及 TM_{10} 時，均能得到 50 歐姆之輸入阻抗。

(3) 縮小化雙操作頻率之矩形微帶天線設計

縮小化天線設計在雙頻應用方面亦是重要研究主題[8]。其方法為伸長微帶天線金屬片上等校磁流路徑長度來達成縮小化的目標。相關設計[8]有使用一對彎曲的L形槽孔[9]、四個T形槽孔、四個U形槽孔以及嵌入四個窄槽縫。在微帶天線金屬片上植入一個十字槽孔，經實驗證實確可使得雙操作頻率下降，並且植入一個十字槽孔的雙頻微帶天線設計過程簡單，故本實驗採用植入一個十字槽孔[8]來設計縮小化雙頻微帶天線。



圖二 植入一個十字槽孔的縮小化雙頻微帶天線

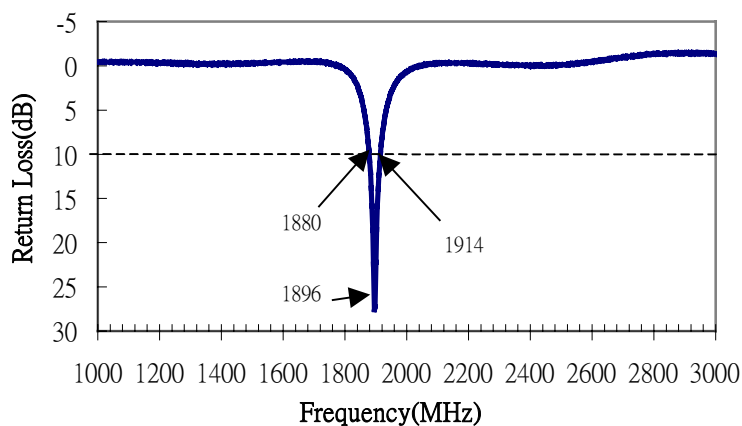
在圖二中，x軸上之A點(x, 0)為激發 TM_{10} 模態的50 歐姆饋入點。另一方面，y軸上之B點(0, y)為激發 TM_{01} 模態的50 歐姆饋入點。而後，若選擇位於(x, y)位置之C點，則此時天線可在激發 TM_{01} 及 TM_{10} 時，均能得到50 歐姆之輸入阻抗。當十字槽孔長度增加時，將使得雙頻天線的雙操作頻率同時下降，但是頻率比的變動量很小。並且當十字槽孔長度越來越長時，將使得同軸線最佳匹配點向矩形微帶天線的幾何中心靠近。也就是十字槽孔長度太長時，將會不易找到50 歐姆匹配點。

五、實驗範例：

(1) 雙頻矩形天線

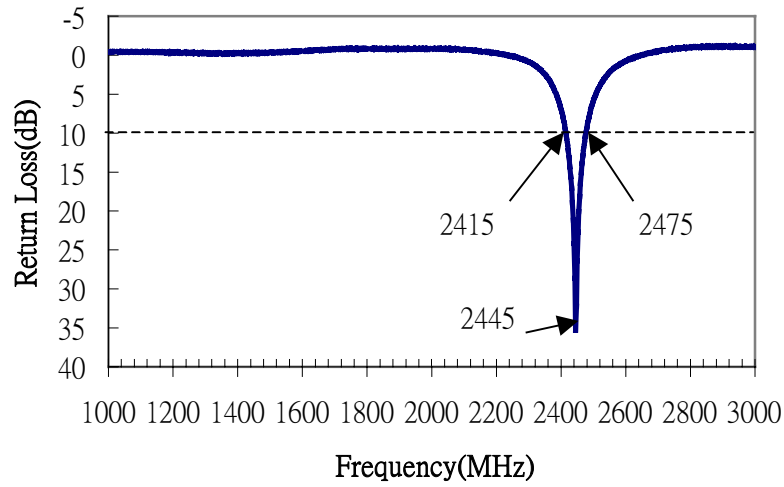
垂直極性的雙頻微帶天線，頻率設計在1.9, 2.45GHz. 天線參數： $L = 37.7\text{mm}$, $W = 28.7\text{mm}$, $h = 1.6\text{mm}$, $\epsilon_r = 4.4$

(a) 針對 A(x = 7.41 mm, 0) 量測所得的反射損失(Return Loss)圖

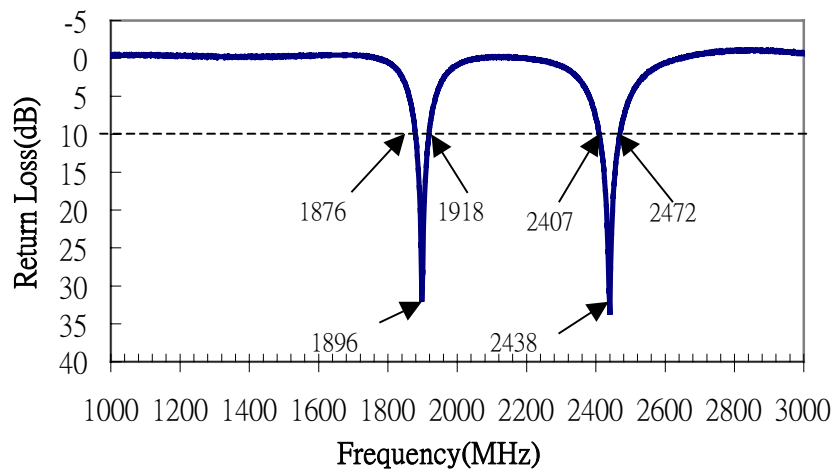


(b)

針對 B(0, y = 6.62 mm)量測所得的反射損失圖



(c)針對 C(x, y)量測所得的反射損失圖



(d) 天線頻率特性

	dB _p	f ₀ (MHz)	f ₁ (MHz)	f ₂ (MHz)	BW(% , MHz)
f ₁	(7.41,0)	1896	1876	1918	2.2,42
f ₂	(0,6.62)	2438	2407	2472	1.4,34

$BW(\%) = (f_2 - f_1) / f_0$, d_p 為天線中心點到饋入點的距離，以(x, y)來表示其饋入點位置，其單位為(mm)。

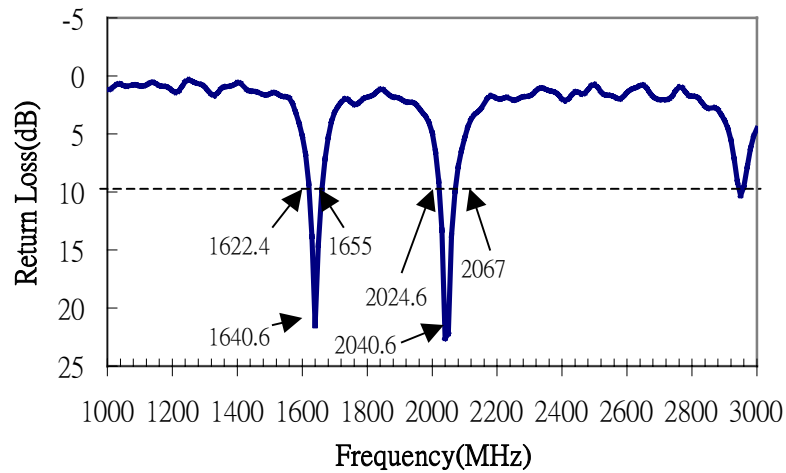
(2)雙頻矩形天線縮小化設計

$$w_s = 1 \text{ mm}$$

$L_s(\text{mm})$	$d_p(x, y) \text{ mm}$	$f_1(\text{MHz}), \text{BW}(\%)$	$f_2(\text{MHz}), \text{BW}(\%)$	f_2/f_1
0	(7.41, 6.62)	1896, 2.2	2438, 2.7	1.29
5	(6.66, 6.43)	1893, 2.1	2411, 2.4	1.27
10	(6.33, 6.14)	1840, 2.0	2353, 2.5	1.28
15	(5.27, 5.57)	1760, 1.9	2240, 2.27	1.27
20	(1.25, 3.24)	1641, 1.9	2041, 2.0	1.24

當 $L_s = 20 \text{ mm}$ 時，天線的雙操作頻率下降 13%，已達實驗要求，故採用此值來設計縮小化雙操作頻率之矩形微帶天線。
 $L=37.7\text{mm}, W=28.8\text{mm}, h=1.6\text{mm}, \epsilon_r=4.4$, 槽孔長度為 20mm, 寬度為 1mm

反射損失對應頻率響應圖(Return Loss)針對 C 點量測所得的反射損失圖。



六、問題與討論：

- (1)本實驗中使用矩形微帶天線來設計垂直極性雙頻微帶天線是否可以使用正方形微帶天線？試說明如何設計。
- (2)可否使用其他不同的槽孔形狀來達成垂直極性雙頻微帶天線縮小化。試列舉之。
- (3)試說明垂直極性雙頻微帶天線的用途為何？

七、 參考文獻：

- [1] S. Maci and G. B. Gentili, "Dual-frequency patch antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 39, pp. 13-20, Dec. 1997.
- [2] 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.
- [3] S. Maci, G. B. Gentili, and G. Avitabile "Single-layer dual frequency patch antennas," *Electron. Lett.*, vol. 29, pp. 1441-1443, Aug. 5, 1993.
- [4] H. Nakano and K. Vichien, "Dual-frequency square patch antenna with rectangular notch," *Electron. Lett.*, vol. 25, pp. 1067-1068, Aug. 3, 1989.
- [5] K. L. Wong and W. S. Chen, "Compact microstrip antenna with dual-frequency operation," *Electron. Lett.*, vol. 33, pp. 644-647, April 10, 1997.
- [6] Y. M. M. Antar, A. I. Ittipiboon, and A. K. Bhattacharyya, "A dual-frequency antenna using a single patch and an inclined slot," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 8, pp. 309-311, 1995.
- [7] J. S. Chen 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, 1996.
- [8] Y. K. Yang, *Studies of Compact Dual-Frequency Microstrip Antennas*, ph.D. thesis, Electrical Eng. Dept., National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan, Dec. 1999.
- [9] K. L. Wong and K. P. Yang, "Compact dual-frequency microstrip antenna with a pair of bent slot," *Electron. Lett.*, vol. 34, pp. 225-226, 1998.