

實驗三 縮小化矩形微帶天線量測與設計

一、 實驗目的：瞭解縮小矩形微帶天線特性並利用改變同軸線位置來匹配矩形微帶天線及調整矩形微帶天線的共振頻率。設計中心頻率為 900 MHz 之縮小化四分之一波長共振之矩形微帶天線，並且量測其天線參數。

二、 實驗材料：

(1) 1.6mmFR4 雙面感光電路板

(2) SMA 接頭

(3) 電路線(棒)

三、 實驗原理：

現代通訊中，天線尺寸是影響整體通信器或手機大小的主要關鍵因素之一，所以天線的縮小化設計愈來愈受到重視。而微帶天線的縮小化設計亦是重要的趨勢。微帶天線操作在 $\lambda_g/2$ 共振長度。若要形成一般縮小化天線設計可以使用短路板 (shorted plane) [1-3]於微帶天線輻射邊接地。可形成 $\lambda_g/4$ 波長共振的縮小化微帶天線。圖一為使用短路板而形成 $\lambda_g/4$ 共振的微帶天線。相較於 $\lambda_g/2$ 共振微帶天線， $\lambda_g/4$ 共振微帶天線之尺寸縮小一半、波束寬度增加、且消除兩輻射邊之間的互耦合效應[4, 5]。由於短路板之使用使得微帶天線的共振阻抗(輻射電阻)提高 1 至 1.5 倍。所以在阻抗匹配方面，當以同軸線為饋入時，饋入點在很靠近矩形金屬片短路邊緣處($x = 0, y = W/2$, 即B點處)。並且在遠離短路邊緣處($x = L, y = W/2$, 即A點處)所得到的輸入阻抗最高，大約為 300 到 600 歐姆之間，而且饋入點在橫向的位移($y = 0 \sim W$)對輸入阻抗的影響很小，但是會增加天線的交叉極化輻射，降低其交叉極化比值(XPL)。而在矩形金屬片短路邊緣處 ($x = 0, y = W/2$, 即B點處)之輸入電阻則為零。使用短路板形成 $\lambda_g/4$ 共振的微帶天線，其特徵函數[6]為

$$\Psi_{mn} = \cos\left(\frac{m\pi x}{2L}\right)\cos\left(\frac{n\pi y}{W}\right), (3.1)$$

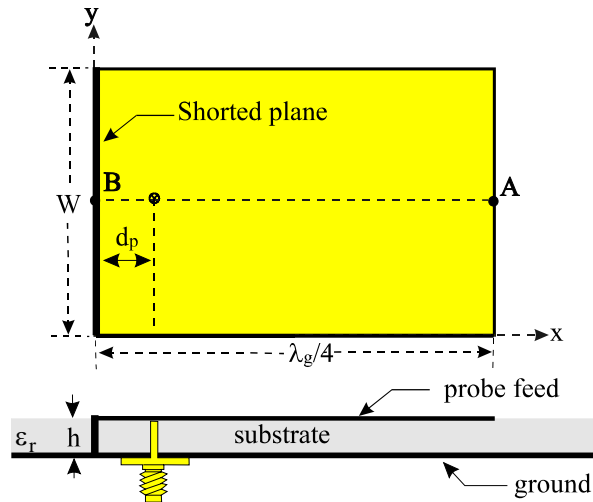
對於主共振模式 TM_{10} 之特徵值為

$$k_0\sqrt{\epsilon_r} = \frac{\pi}{2L}, (3.2)$$

當饋入點在矩形金屬片短路邊緣 ($x = 0, y = W/2$, 即 B 點處)至遠離短路邊緣處($x = L, y = W/2$, 即 A 點處)時，其輸入阻抗與饋入點的對應關係[7]為

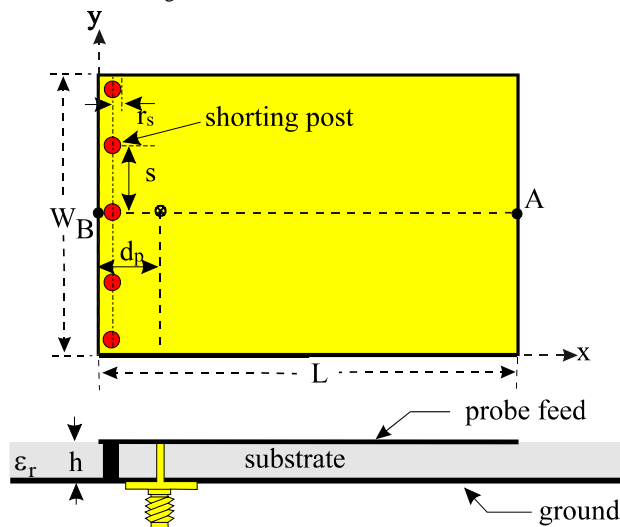
$$R_{\text{rad}}(x) = R_{\text{rad}}^e \left[1 - \cos^2\left(\frac{x_0}{2L}\right) \right], (3.3)$$

其中 R_{rad} 為微帶天線的阻抗， R_{rad}^e 為饋入點置於遠離短路邊緣處($x = L, y = W/2$, 即 A 點處)的輻射電阻。若已知短路微帶天線在開路邊緣的共振阻抗時，可以由(3.1)式求得 50-Ω饋入位置。



圖一：使用短路板而形成 $\lambda_g/4$ 共振的微帶天線

相關於使用短路技術來實現縮小化微帶天線，例如在輻射邊使用短路板 (shorted circuit plate) [1-3]或 使用較天線長度窄的短路片 (shorting-pin)[8] 或是植入一至數根短路棒 (shorting posts) [9-11]。但由於短路板不易製作，故本實驗中使用短路棒 shorting posts 來使得微帶天線操作於約 $\lambda_g/4$ 共振長度而達到縮小化的目標。藉由改變短路棒數目以及這些短路棒植入的相對位置，可以有效地調整天線的共振頻率。事實上，使用單一短路棒時，電感性效應會使得操作波長比 $\lambda_g/4$ 共振波長更小。隨著短路棒數目的增加，使得短路棒之間產生電容效應，造成共振頻率升高。所以可以使用數根短路棒來調整共振頻率。另外，短路棒的植入位置也會影響天線的共振頻率[12]。當短路棒置於微帶天線的輻射邊緣附近(B點附近)可得到較低的共振頻率；若短路棒朝未植入短路棒的微帶天線輻射邊 (朝向A點)移動時，微帶天線的共振頻率將會增加。當到達未植入短路棒微帶天線的幾何中心時，微帶天線的共振頻率將會接近或甚至更高於 $\lambda_g/2$ 共振頻率。



圖二：使用短路棒的微帶天線

四、 實驗步驟：

- (1)決定 $\lambda_g/2$ 共振微帶天線的長度和寬度。
- (2)由雙面感光電路板蝕刻製作成微帶天線。
- (3)植入一至數根短路棒於 $\lambda_g/2$ 共振微帶天線的輻射邊上。
- (4)量測不同短路棒數目時，達成阻抗匹配後紀錄天線之共振頻率等
- (5)尋找可以達成 $\lambda_g/4$ 共振微帶天線的短路棒數目，並依此條件製作一 $\lambda_g/4$ 共振微帶天線，同時達到良好阻抗匹配。量測天線阻抗頻寬，繪製反射損失圖，填寫天線特性表格。
- (6)量測達成 $\lambda_g/4$ 共振微帶天線時，不同位置之阻抗值繪製成阻抗對位置響應圖。
- (7)比較同軸線饋入 $\lambda_g/4$ 共振微帶天線與 $\lambda_g/2$ 共振微帶天線特性之差異。

五、 實驗範例

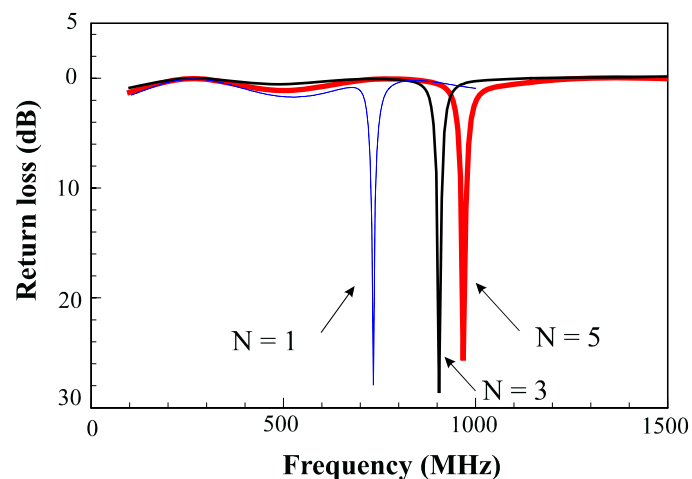
當矩形微帶天線操作頻率設計在 1900MHz 時，天線參數為：

寬度 $W = 24.87\text{mm}$ ，長度 $L = 37.3\text{mm}$ ，厚度 $h = 1.6\text{mm}$

(1)當短路棒的半徑為 0.53 mm 時，改變短路棒數目，並且達成阻抗匹配後，量測所得資料如下：

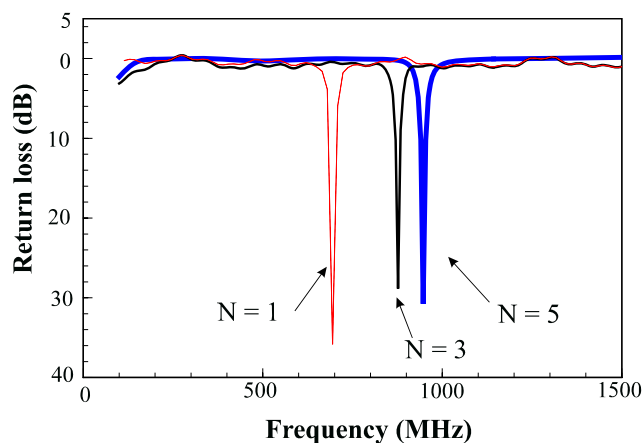
(a) 當 $r_s = 0.53\text{ mm}$ 時，實驗量測結果。

特性 短路棒數(N)	$d_p(\text{mm})$	$f_0(\text{MHz})$	BW (%), MHz
1	2.99	733	1.63,12
3	5.65	905	1.5, 14
5	6.8	968	1.6,16



(b) 當 $r_s = 0.26$ mm時，實驗量測結果。

特性 短路棒數(N)	d_p (mm)	f_0 (MHz)	BW (%), MHz
1	2.35	694	1.7, 12
3	5.10	876	1.5, 14
5	6.5	946	1.4, 14

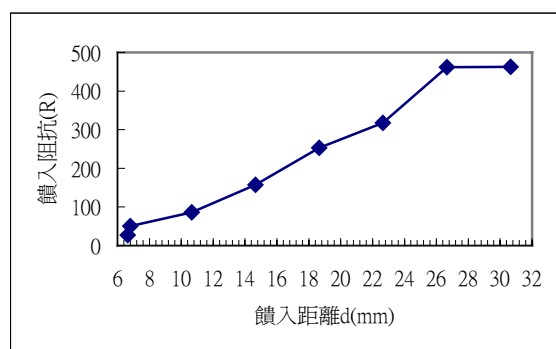


當矩形微帶天線操作頻率設計在 1900 MHz 時，則 $\lambda_g/4$ 共振的矩形微帶天線之頻率為 950 MHz。經由觀察得知當短路棒數目為 5 根時($r_s = 0.53$ 或 0.26 mm 時)，可得到 $\lambda_g/4$ 共振的矩形微帶天線。

(2) 短路棒數目為 5 根

(a) r_s (短路棒半徑) = 0.53 mm, d_p (由邊緣到饋入點的距離) = 6.8 mm。

饋入位置對阻抗響應圖

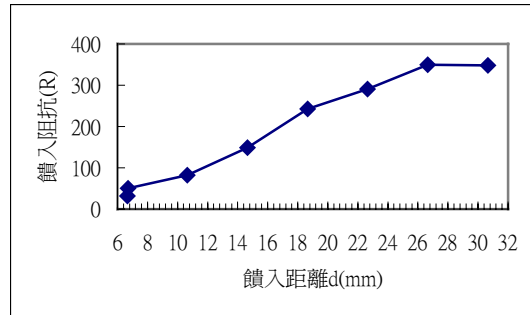


f_0 (MHz)	f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	BW (%), MHz
970	962	978	1.6, 16

饋入點阻抗 $\text{Re}[Z_{in}] = 50.2\Omega$, $\text{Im}[Z_{in}] = -1.02\Omega$

(b) r_s (短路棒半徑) = 0.26 mm, d_p (由邊緣到饋入點的距離) = 6.5 mm。

饋入位置對阻抗響應圖阻抗圖



f_0 (MHz)	f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	BW (%), MHz
946	940	954	1.4, 14

饋入點阻抗 $\text{Re}[Z_{in}] = 50.5\Omega$, $\text{Im}[Z_{in}] = 0.004\Omega$

六、問題與討論：

- (1) 試比較本實驗的天線特性與未植入短路棒之天線特性有何差異？試說明原因。
- (2) 一個同軸線饋入的短路矩形微帶天線是否都能找到一個 50-Ω 阻抗匹配點。試說明之。
- (3) 試說明為何在植入短路棒微帶天線的幾何中心之阻抗不為零。

七、參考文獻：

1. C. Wood, "Improved bandwidth of microstrip antennas using parasite elements," IEE Proc. H. Microwave, Opt. & Antennas, vol. 127, pp. 231-234, 1980.
2. R. E. Munson, "Conformal microstrip antennas and microstrip phase arrays," IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. AP-22, No. 1, pp. 74-78, January 1974.
3. R.E.Munson, **Microstrip Antennas**," Chapter 7 in Antenna Engineering Handbook (R. C. Johnson and H. Jasik, eds.), McGraw-Hill Book Co., New York, 1984.
4. R. Telikepalli, P. C. Strickland, K. R. Mckey, and J. S. Wight, "Wide band microstrip phased arrays for satellite communications," IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. AP-43, no. 7, pp. 1758-1763, July 1995.
5. C. W. Garvin, R. E. Munson, L. T. Ostwald and K. G. Schroeder, "Missile base mounted microstrip antennas," IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. AP-25, no. 5, pp. 604-619, Sep. 1977.
6. E. Penard and J. P. Danial, "Open and hybrid microstrip antennas using parasite elements," IEE Proc. H. Microwave, Opt. & Antennas, vol. 131, no. 1, pp. 231-234, 1984.
7. J. R. James, P. S. Hall, and C. Wood, **Microstrip Antenna Theory and Design**, Peter Peregrinus, London, UK, 1981.

8. K. Hirasawa and M. Haneishi, *Analysis, Design and Measurement of Small and Low Profile Antenna*, Artech house, MA,1992.
9. G. Dubost, "Far field radiated by short-circuited microstrip antenna acting at a quarter-wavelength resonance," *Electron. Lett.*, Vol. 19, no. 18, pp. 737-739, Sept. 1, 1983.
10. G. Dubost, "Short- or open-circuited dipole parallel to perfect reflector plane and embedded in substrate and acting at resonance," *Electron. Lett.*, Vol. 17, no. 24, pp. 914-916, Nov. 26, 1981.
11. M. Sanad, "Effect of the shorting posts on short circuit microstrip antennas," *Proc. IEEE Antennas Propagat. Symp.*, pp. 794-797, 1994.
12. K. L. Wong and W. S. Chen, "Compact microstrip antenna with dual-frequency operation," *Electron. Lett.*, vol. 33, pp. 646-647, 1997.