

超寬頻平面偶極天線

林淑芸^a、林原誌^b、潘亞婷^a
正修科技大學電子工程研究所^a
金屬工業研究發展中心^b

摘要—偶極天線，因為結構簡單與本質上操作大頻寬的特性，而廣泛使用於無線通訊電路系統。本文針對平面式偶極天線，提出鏡射式結構設計，不採用複雜的饋入網路，僅利用結構參數調整天線的輸入阻抗，使天線操作頻段達到超寬頻的規範，並具有指向性輻射而適合乳房腫塊組織偵測之用。本設計天線印製於低成本的玻璃纖維基板上，天線操作頻段涵蓋 3.1GHz~10.6GHz，全頻段返回損失均小於-10dB。

一、簡介

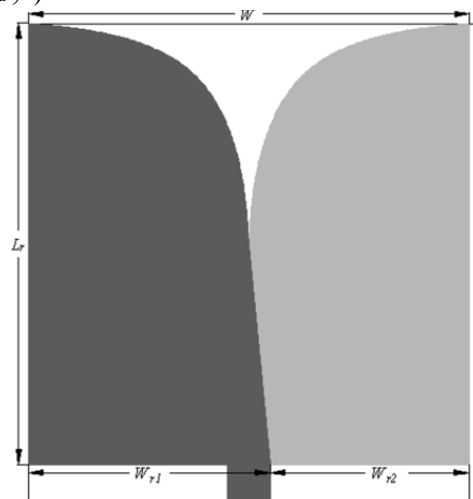
近十年來，國內外女性的乳癌發生率及死亡率逐年攀升。造成乳癌發生率逐年升高的可能原因有生活緊張、情緒壓力大、缺乏運動、遺傳基因以及飲食西化(高脂、高油、高熱量)等。乳癌時常被婦女同胞忽略，而可能忽略乳癌發生的原因，大致分為兩種可能:1.大部分醫師都為男性，在民風較保守的亞洲女性會排斥做檢測。2.乳癌檢測都以X光為主，但在檢測同時，會造成檢測者的疼痛不舒服，及有放射性危害，導致許多婦女排斥做乳癌檢測。再者，因乳癌前期的微小鈣化，用手觸摸不到，雖然現有的乳房腫塊組織檢測有許多種，如自我檢測、醫師視診與觸診、X光檢測、超音波檢測以及核磁共振，卻唯獨X光能檢測出癌症初期的微小鈣化。

近幾年有人提出以微波顯影法檢測乳房腫塊[1-3]，在檢測系統中，天線是發射接收微波信號的重要元件，需要超大頻寬、高增益、高指向性以及低雜訊等特性。已揭露的文獻提出多種適用於乳房腫塊偵測的天線設計，如單極天線(Monopole Antenna)[4]、領結形天線(Bow-Tie Antenna)[5]、和錐形槽孔天線(Tapered Slot Antenna, TSA)[6-8]等等。其中，TSA 具備了超寬頻、高增益、高指向性等特性而特別受到矚目，但TSA的結構過於簡單，導致在調整阻抗時常遭遇困難。大多數TSA的設計都以在接地面嵌入槽孔，就以調整天線的輸入阻抗，或是施以特別設計的饋入網路，達到所需頻寬。

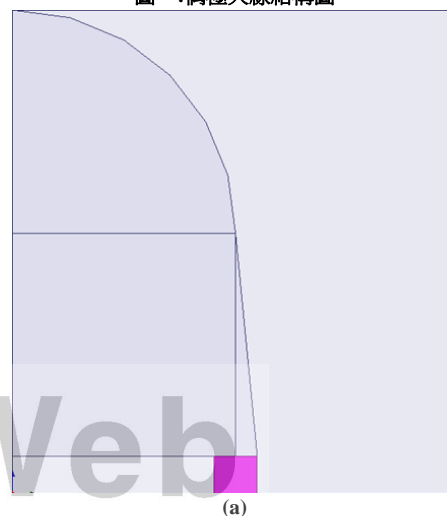
本文提出超寬頻(Ultra-Wide Band, UWB)偶極天線(Dipole Antenna)設計。捨棄複雜的饋入網路設計，純粹利用結構參數調整阻抗，使天線與 50Ω 輸入阻抗匹配，操作頻寬達到超寬頻 3.1GHz~10.6GHz 規範。本設計天線可直接印製於低成本的玻璃纖維基板上，同時具有結構簡單、指向性輻射與超大操作頻寬的特性，適用於乳房腫塊組織偵測。

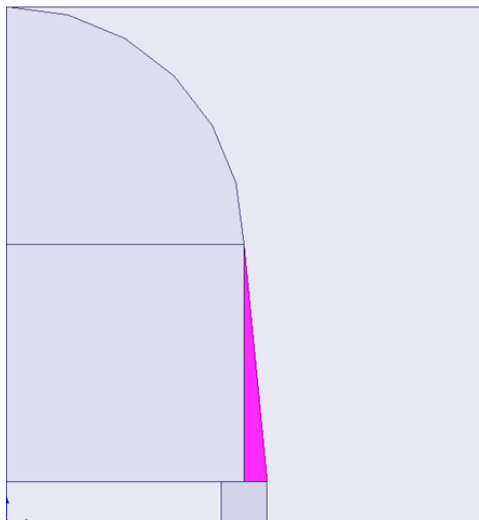
二、天線設計

本文提出的超寬頻偶極天線結構如圖一所示，乃一雙層式結構，以平面印刷的技術印製於厚度1.6mm的玻璃纖維(FR4，介電係數 $\epsilon_r = 4.4$)微波基板上。偶極天線的雙臂均為四分之一的圓角矩形，面積約為 $W_r \times L$ ，鏡射式地製於基板的上下二面。如圖二(b)中所示重疊的部分宛如一三角型，並以此三角型底部 W_r 為邊長，向下延伸出一小矩形襯墊，用以連接饋入的信號線。如圖二所示，本研究將偶極天線結構區分為饋入部分的(一矩形襯墊(a)+雙臂重疊部分(b))與輻射部分(一方形(c)+一扇形(d))。

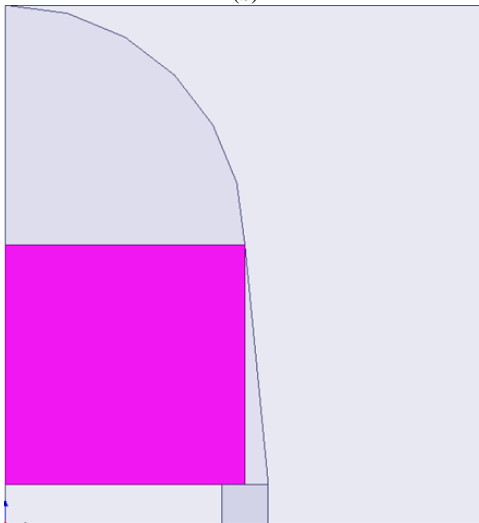


圖一:偶極天線結構圖

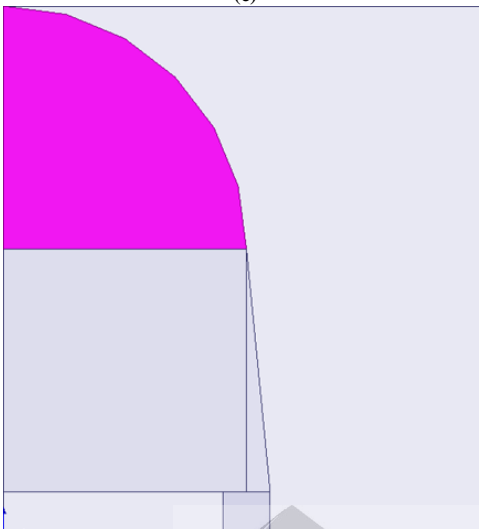




(b)



(c)



(d)

圖二:偶極天線結構組合(a) 5.75mm× 5mm 饋入矩形, (b) 2.875mm× 29.5mm 直角三角形, (c) 29.5mm× 29.5mm 的方形, (d)29.5mm ×29.5mm 的扇形。

本設計之偶極天線的基板長寬為 $L = 64 \text{ mm}$ 、 $W = 59 \text{ mm}$ ，將已知的基板厚度 $h = 1.6 \text{ mm}$ 、特性阻抗 $Z_0 = 50 \Omega$ 和 $\epsilon_r = 4.4$ 等常數，代入參考文獻[6]提出的理論公式:

$$W = L_r = \frac{c}{f} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \dots\dots\dots(1)$$

$$W_f = \frac{h}{z_0} \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2)$$

$$W_{r1} = \frac{W}{2} + \frac{W_f}{2} \dots\dots\dots(3)$$

$$W_{r2} = \frac{W}{2} - \frac{W_f}{2} \dots\dots\dots(4)$$

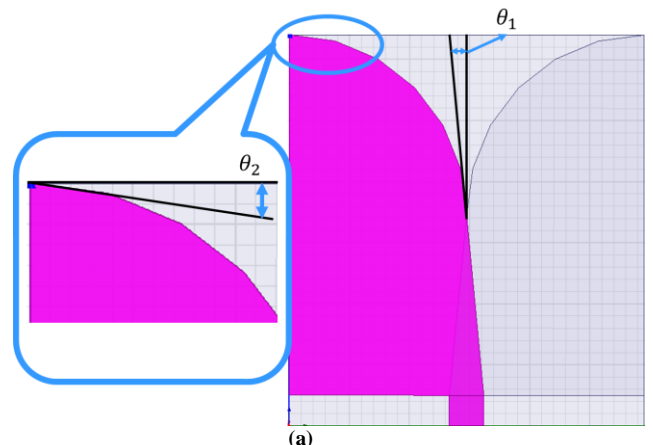
透過上述四個公式，估算出的偶極天線幾何結構參數，如下列表 1 示。

表 1
天線尺寸

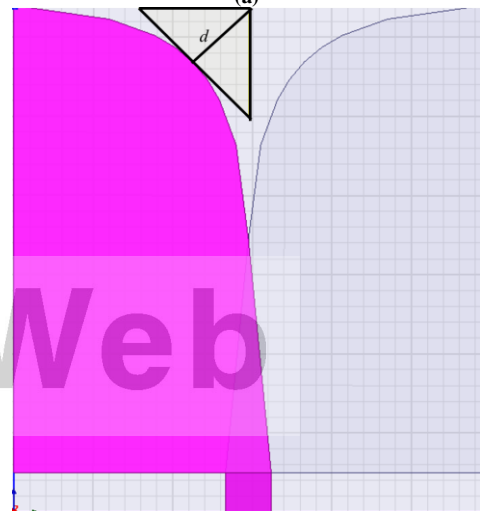
參數	尺寸(mm)	參數	尺寸(mm)
W	59	W_f	5.75
L	64	W_{r1}	32
L_r	59	W_{r2}	26

三、 實驗結果與討論

為達到以簡單結構設計超寬頻的偶極天線的目的，本研究以三個結構參數調整阻抗匹配。如圖三(a)，我們將偶極天線二臂張角定義為 θ_1 ，圓角矩形與基板夾角定義為 θ_2 ，圖三(b)圓角與基板中線距離定義為 d 。



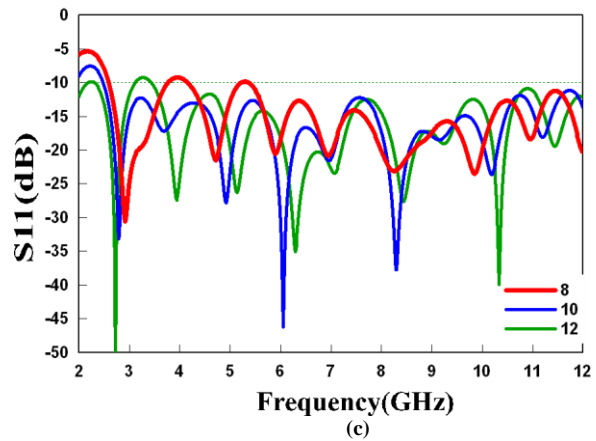
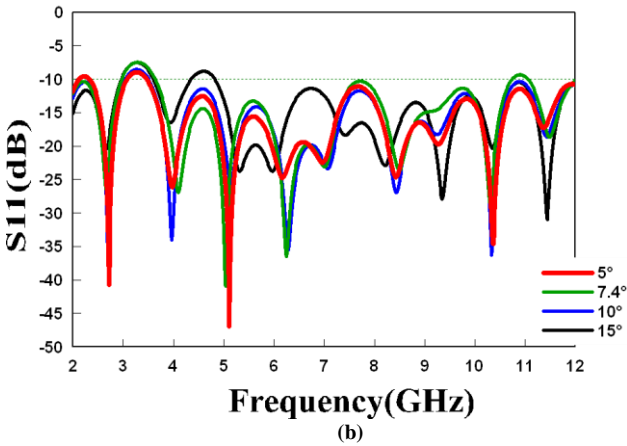
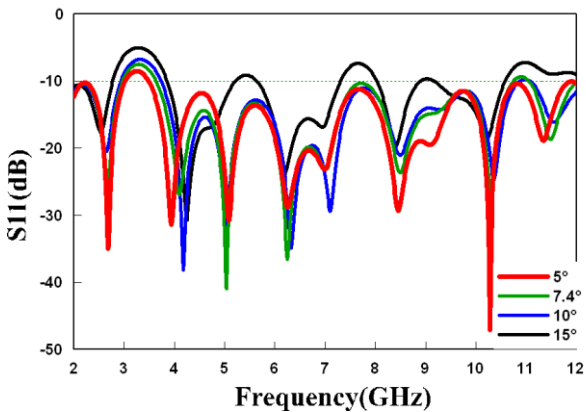
(a)



(b)

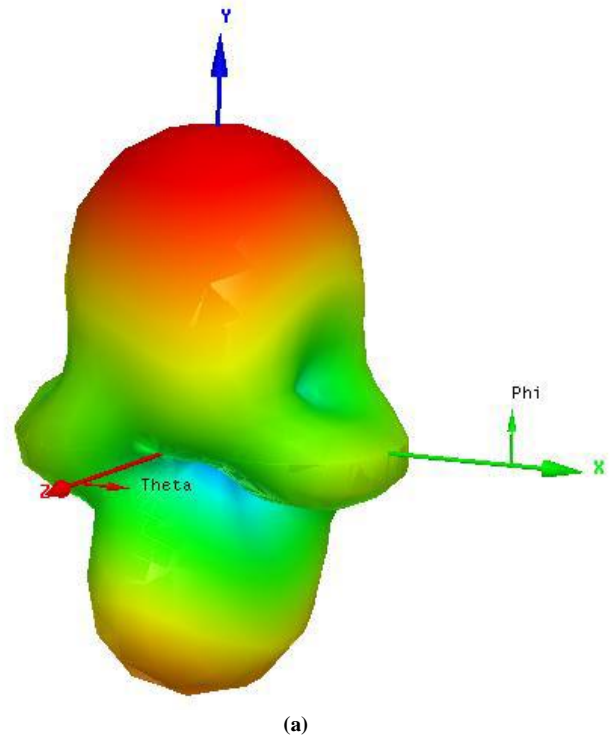
圖三: 重要調整參數位置(a)輻射面與接地面交接處的切角定義為 θ_1 和輻射面蜿蜒頂端與基板邊緣的切角定義為 θ_2 , (b) 弧形終點與板子邊緣的中間點距離定義為 d 。

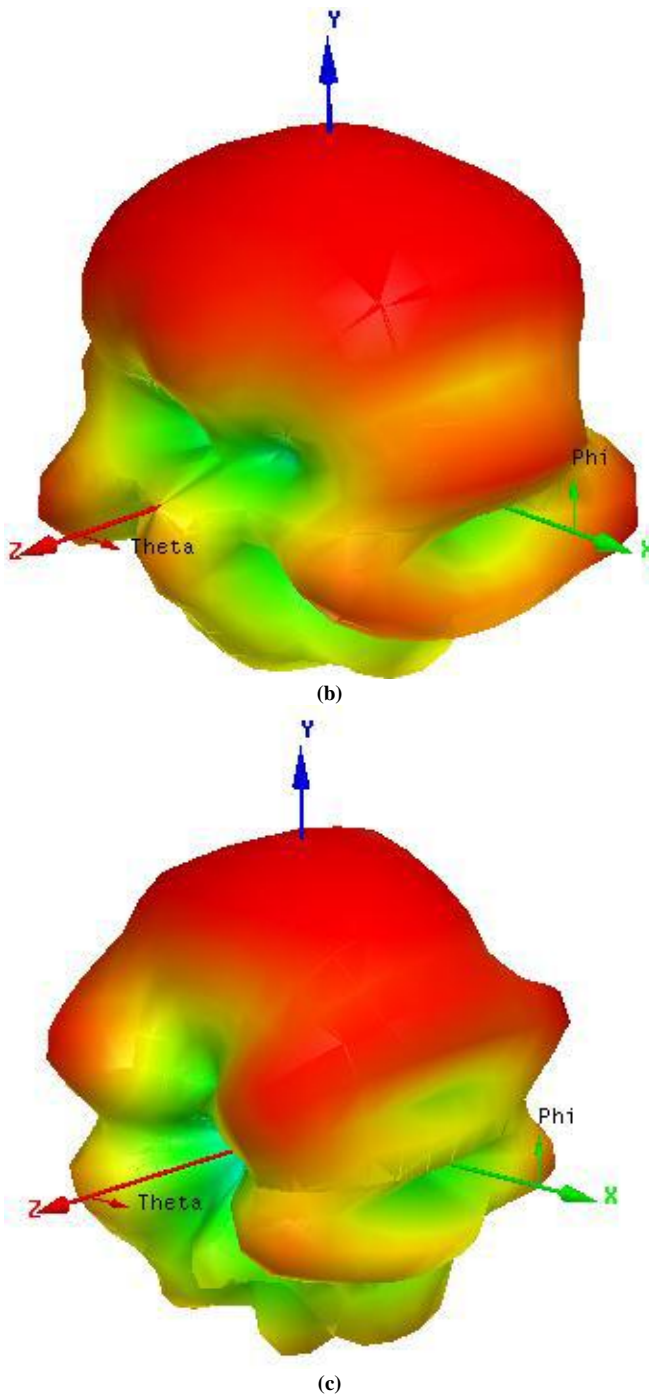
θ_1 與 θ_2 的起始值設為 7.4° , d 為 12mm, Ansoft HFSS 理論性分析的 -10dB, 阻抗頻寬為 3.8GHz-11GHz, 未達到超寬頻的規範。參數的調整分為饋入部與輻射部二大機制, 饋入部的調整首先討論 θ_1 的影響, θ_2 與 d 保持為起始值, 如圖四 (a) 所示, 當 θ_1 的角度越小, 全頻段的匹配變好, 但受到結構的限制, 低頻段的匹配未達理想。實驗結果顯示, 當 $\theta_1=5^\circ$ 時, 頻寬可達 3.5GHz-10.8GHz。其次, 將到 θ_1 固定為 5° , 調整 θ_2 角度為 5° 、 10° 與 15° , 圖四 (b) 實驗結果顯示低頻段的匹配未有明顯的改善。最後, 針對輻射部進行調整, 分析 d 的頻率響應進行分析, 圖四 (c) 實驗結果顯示, 所有的共振模態隨著 d 增加而朝低頻移動, 當 $d=10\text{mm}$, -10dB 頻寬從 2.48GHz 至 12GHz, 涵蓋了超寬頻的 3.1GHz-10.6GHz 的頻段。



圖四: 各參數變化的返回損失圖; (a) 固定 $\theta_2=7.5^\circ$, 調整 θ_1 角度 (b) $\theta_1=5^\circ$, 調整 θ_2 角度, (c) d 距離變化

圖五為本文的偶極天線 3D 場型圖。傳統偶極天線場型為全向性輻射, 而本超寬頻偶極天線以鏡射式圓角矩形結構, 形成一個漸進式的錐形槽孔, 導引偶極天線的能量集中向同一方向輻射, 形成指向性的場型。由圖五 (a) 可見, 當此偶極天線操作在低頻時, 有良好的指向性。圖五 (b) 與 (c) 分別為 6 GHz 與 9 GHz 的場型, 實驗結果顯示場型的背向輻射增強, 但是前向輻射仍為指向性輻射, 全頻段的增益介於 1~3 dBi 之間。





圖五:3D 場型圖(a)3.1GHz(b)6GHz(c)9GHz

四、結論

本文提出簡單的偶極天線結構設計，利用參數調整阻抗，使天線的操作頻寬達到 2.48GHz-12GHz，並以錐狀槽孔，引導電磁波成為指向性輻射。本設計天線具備超寬頻、指向性及適當的增益值，可運用在乳房腫塊偵測上，達成微波偵測的目的。

參考文獻

- [1] M. A. Stuchly, "Applications of Microwaves in Medicine", IEEE AP-S Lecture 2006.
- [2] M. E. Bialkowski, Y. Wang, A. A. Bakar and W. C. Khor, "Novel Image Reconstruction Algorithm for a UWB Cylindrical Microwave Imaging System", IEEE IMS, pp. 477 - 480, 2010.
- [3] M. E. Bialkowski, "Ultra Wideband Microwave System with Novel Image Reconstruction Strategies for Breast Cancer Detection", European Microwave Conf, pp.28 - 30, 2010.
- [4] N. Ojaroudi, M. Ojaroudi, and N. Ghadimi, "UWB Omnidirectional Square Monopole Antenna for Use in Circular Cylindrical Microwave Imaging Systems", IEEE Antennas and Wireless Propaga Letters, Vol. 11, pp.1350 - 1353, 2012.
- [5] E. Rufus, Z. C. Alex, and P. V. Chaitanya, "A Modified Bow-Tie Antenna for Microwave Imaging Applications", Journal of Microwaves, Optoelec and Electrom, Vol. 7, pp. 115-122, 2008.
- [6] A. M. Abbosh, "Directive Antenna for Ultra-wideband Medical Imaging Systems", Inter. Journal of Antennas and Propaga, pp.1-6, 2008.
- [7] H. Zhang, A. O. El-Rayis, N. Haridas, N. H. Noordin, A. T. Erdogan, and T. Arslan, "A Smart Antenna Array for Brain Cancer Detection", Loughborough Antennas and Propaga Conf, pp. 1-4 ,2011.
- [8] V. A. Mikhnev and P. Vainikainen, "Ultra-Wideband Tapered-Slot Antenna With Non-Uniform Resistive Loading", Inter. Conf. on Antenna Theory and Tech, pp. 281-283, 2007.