

應用於超高頻無線射頻辨識系統之圓極化等邊三角形貼片天線

許溢文*、沈昭元
逢甲大學電機工程學系

摘要 — 本篇論文提出一圓極化等邊三角形貼片天線應用於超高頻(UHF, 902–928 MHz)無線射頻辨識(RFID)系統。天線設計方式為利用埋入一近似半圓形的槽孔於等邊三角形輻射面中使天線產生良好的圓極化輻射，天線設計中採用 L 形探針饋入設計來達到良好的阻抗匹配與增加圓極化頻寬。量測結果顯示 10-dB 阻抗頻寬為 25.4% (0.854–1.102 GHz)，3-dB 圓極化頻寬為 3% (0.902–0.929 GHz)，最大增益及效率分別為 6.77 dBic 和 89%，整體天線尺寸為 $150 \times 150 \times 34 \text{ mm}^3$ 。

一、 簡介

無線射頻辨識系統(RFID system)是一種自動辨識技術，普遍應用於倉儲管理與智能交通控制系統，無線辨識系統主要由兩大硬體設備組成；標籤(Tag)與讀取器(Reader)天線。在過去的公開文獻中，大部分的標籤天線設計型態為線性極化的單極天線或微帶貼片天線[1]，[2]，鮮少有圓極化標籤天線之設計[3]，[4]。為了在線極化的標籤天線與讀取器之間建立良好的通訊，大部分讀取器天線皆使用擁有圓極化特性之天線設計[5]-[7]，也因此線性極化的標籤天線與圓極化讀取器之間的極化損失能夠控制於 0.5 倍。

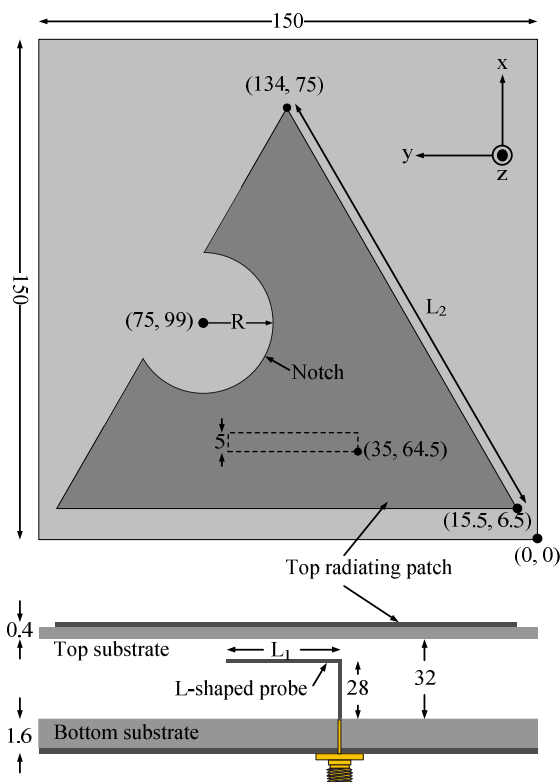
傳統圓極化微帶天線設計是利用埋入槽孔於方形輻射面的方式使天線產生圓極化輻射，此類型的天線設計具有容易製作、低姿態、低成本等特性，然而，天線最大增益皆小於 4 dBic，3-dB 圓極化頻寬不超過 1% (<10 MHz)無法涵蓋超高頻無線辨識系統的應用頻段(902–928 MHz, 2.84%)[5]-[7]。另外，於目前的公開文獻中，等邊三角型貼片的圓極化天線設計鮮少被討論，圓極化頻寬皆小於 1.9%，因此，不適用於無線辨識系統讀取器設計[8]-[11]。

本篇論文提出應用於超高頻無線辨識系統讀取器之圓極化等邊三角形貼片天線，利用埋入一近似半圓形的槽孔於等邊三角形輻射面中來激發圓極化輻射，為了使阻抗頻寬與圓極化頻寬能夠涵蓋超高頻頻帶(902–928 MHz)，不同於埋入槽孔調整阻抗匹配的方法[5]-[7]，本篇論文所提出之天線設計採用 L 形探針饋入結構來達到較佳的阻抗匹配。

二、 天線設計

圖一為本篇提出天線結構圖與相關尺寸。天線設計主要由上層等邊三角形輻射面、L 形探針饋入結構和接地面三大部分組成，等邊三角形結構的輻射面邊長為 $L_2 = 136.8 \text{ mm}$ ，並以座標(75 mm, 99mm)為中心埋入一半徑為 20 mm 的近似半圓形槽孔 L 形探針饋入(厚度為 0.2 mm 的銅片製成)於座標(35 mm, 64.5 mm)處，其結構組成可分為

水平及垂直結構，尺寸分別為 $40 (L_1) \times 5 \text{ mm}^2$ 及 $28 \times 5 \text{ mm}^2$ ，輻射面與接地面皆印刷於 $150 \times 150 \text{ mm}^2$ 玻璃纖維基板上(介電係數為 4.4，正切損耗為 0.02)，上層基板厚度為 0.4 mm，下層基板厚度為 1.6 mm，兩基板間的空氣介質高度為 32 mm。



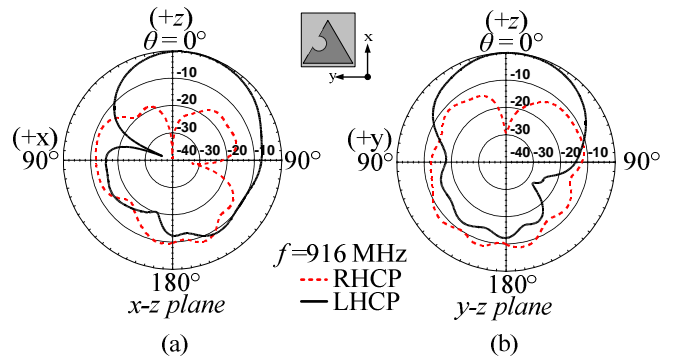
圖一：本篇論文提出天線的結構圖及相關尺寸

三、 結果與討論

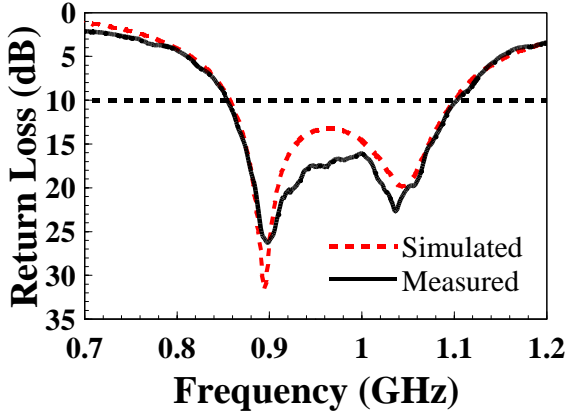
圖二、三分別為提出天線模擬與量測之反射損失及軸比圖，量測10-dB阻抗頻寬為248 MHz (0.854–1.102 GHz)並在低頻0.9 GHz及高頻1.2 GHz產生兩個諧振膜態，頻寬百分比為25.4%，如圖二所示。量測3-dB圓極化頻寬為27 MHz (0.902–0.929 GHz)，頻寬百分比為3.0%，圓極化中心頻率916 MHz之軸比值達到0.72 dB，由圖可得知量測結果與模擬數據皆相當符合，如圖三所示。

圖四為天線量測增益與輻射效率圖。於RFID UHF操作頻帶(902–928 MHz)中，天線增益介於6.21–6.77 dBic，輻射效率為86–89%，兩者量測數據皆呈現穩定的線性變

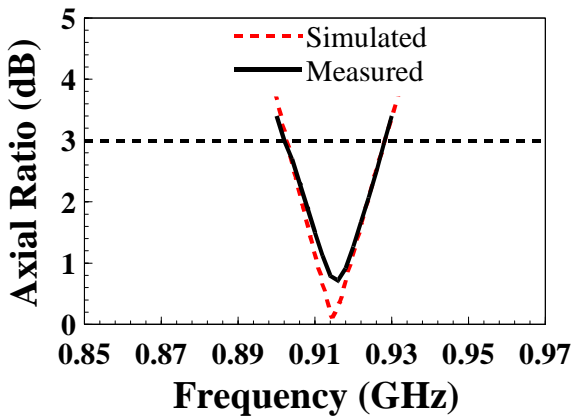
化。圖五為提出天線中心頻率916 MHz之量測正規化輻射場型。圖中x-z與y-z平面皆具有良好的圓極化輻射場型，圓極化天線呈右圓極化輻射特性，其前後比為13.0 dB，然而，由於提出天線產生圓極化的方式是藉由埋入一近似半圓形槽孔結構達到擾動電場的效果，因此無可避免地在x-z平面 $\theta = 68^\circ$ 處輻射場型呈現一凹陷點。



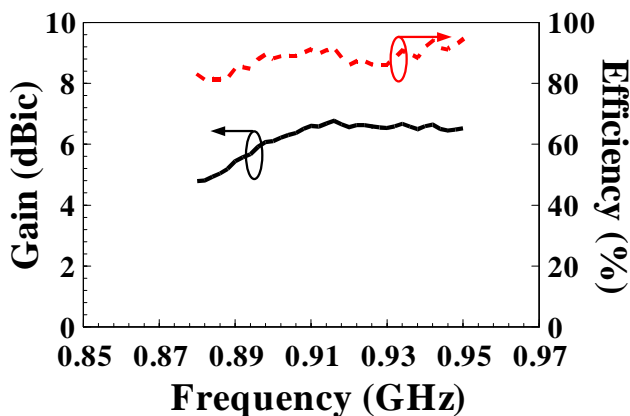
圖五：本篇論文提出天線場型量測圖 (a) x-z 平面 (b) y-z 平面



圖二：本篇論文提出天線的模擬與量測反射損失圖



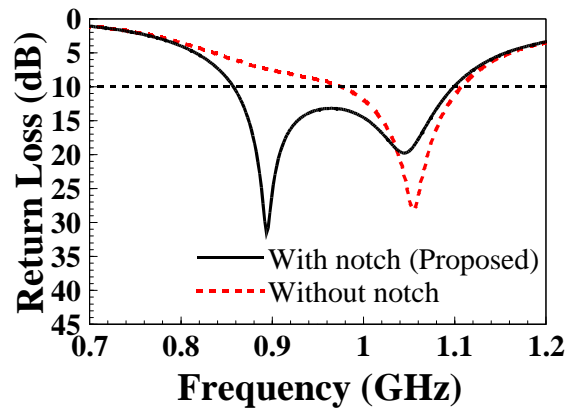
圖三：本篇論文提出天線的模擬與量測軸比圖



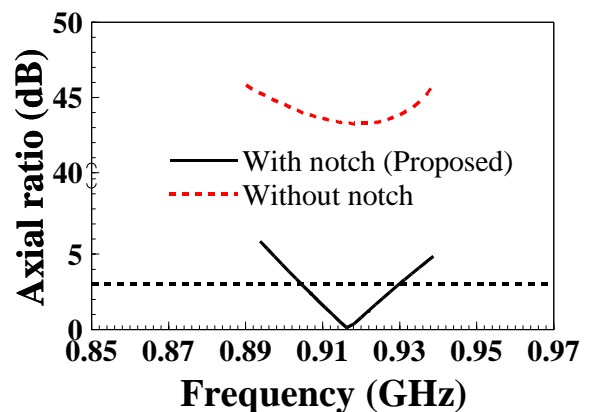
圖四：本篇論文提出天線量測增益與輻射效率圖

為了瞭解埋入近似半圓形槽孔於輻射面是如何影響天線輻射特性，下列藉由電磁模擬軟體 Ansoft HFSS 進行相關參數之模擬分析。

由圖六(a)可知，埋入近似半圓形槽孔後，阻抗頻帶中增加了 0.9 GHz 諧振膜態，在 916 MHz 圓極化頻率的軸比值從 43 dB 降低至 0.72 dB，詳見於圖六(b)，因此經由參數分析可證實埋入近似半圓形的槽孔與激發 0.9 GHz 諧振模態與圓極化輻射特性有密切相關。



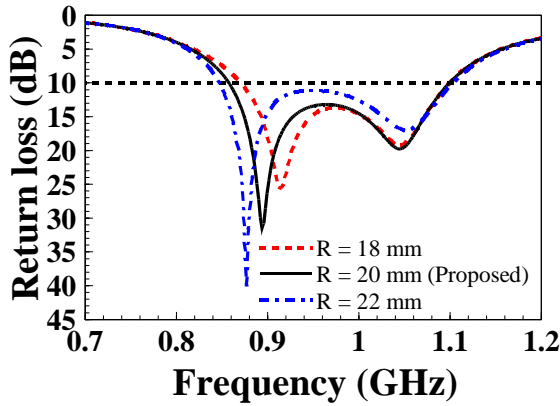
(a)



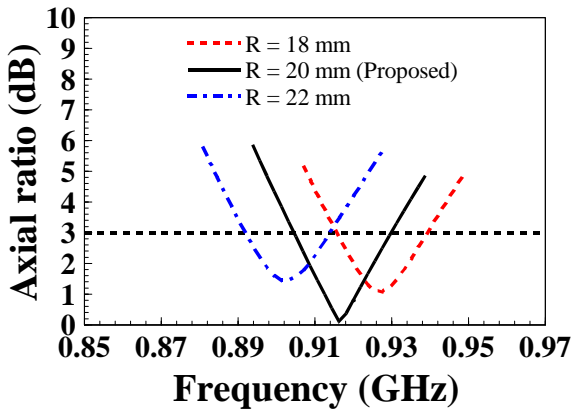
(b)

圖六：有無半圓形槽孔的模擬參數分析(a)反射損失圖(b)軸比圖

圖七(a)(b)分別為調整半圓形槽孔半徑 R 之模擬參數分析的反射損失圖與軸比圖。如圖七(a)所示，隨著半圓形槽孔半徑 R 以每單位 2 mm 增加，操作頻帶中低頻諧振模態逐漸往低頻移動，阻抗頻寬也隨之增加，如圖七(b)所示，半圓形槽孔半徑 R 為 18 mm 時，圓極化中心頻率落在 0.927 GHz ，當半圓形槽孔半徑 R 增加至 22 mm 時，圓極化中心頻率往低頻移動至 0.903 GHz ，因此，藉由調整半圓形槽孔半徑 R 能夠增加阻抗頻寬與調整天線圓極化中心頻率的特性。



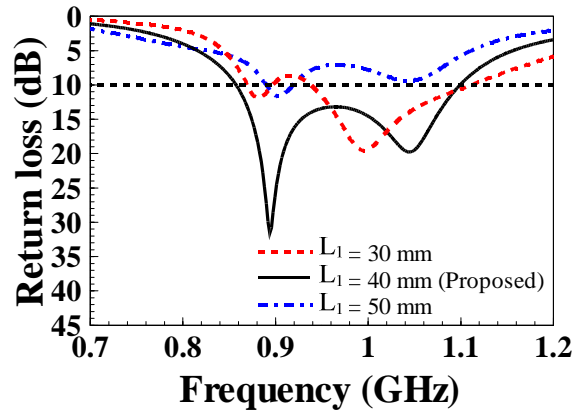
(a)



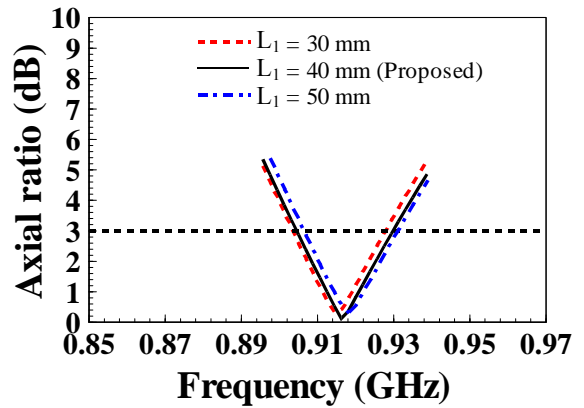
(b)

圖七：調整半圓形槽孔半徑 R 模擬參數分析(a)反射損失圖(b)軸比圖

圖八(a)(b)分別為L形探針饋入之水平結構長度 L_1 模擬參數分析的反射損失圖與軸比圖。如圖八(a)所示， 10-dB 阻抗頻寬隨著 L_1 長度改變時，對阻抗匹配會有顯著的影響，長度 L_1 為 40 mm 時，天線阻抗匹配達最佳，然而，對於圓極化中心頻率只有些微的變化，如圖八(b)所示，因此，由參數分析可得知藉由調整L形探針饋入結構能夠用來改善天線的阻抗匹配。



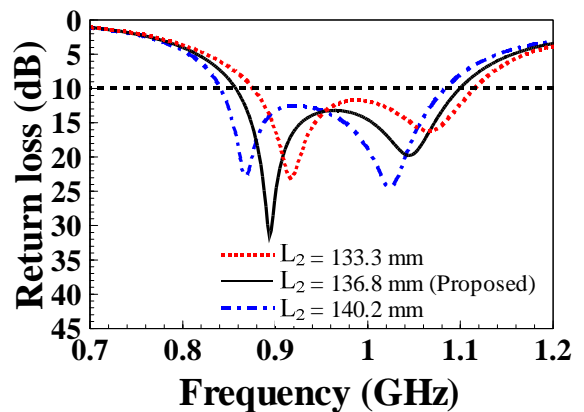
(a)



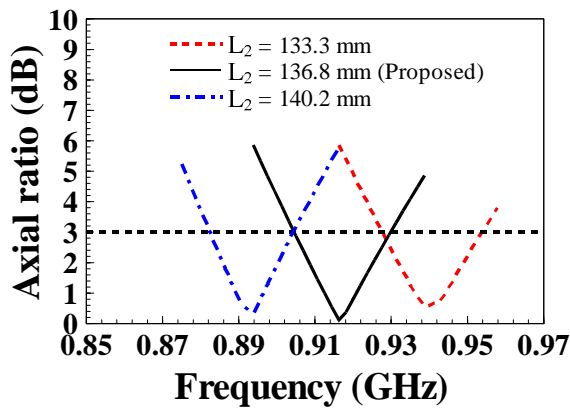
(b)

圖八：L形探針饋入之水平結構長度 L_1 模擬參數分析(a)反射損失圖(b)軸比圖

圖九(a)(b)為等邊三角形輻射面之邊長 L_2 模擬參數分析之反射損失圖與軸比圖。隨著等邊三角形邊長 L_2 增加，電流路徑因此增長，阻抗頻寬與圓極化中心頻率皆往低頻移動。因此，利用調整 L_2 參數可用來調整圓極化操作頻帶，選擇參數 $L_2 = 136.8\text{ mm}$ 時操作頻寬較符合RFID UHF頻帶($902\text{--}928\text{ MHz}$)應用。



(a)



(b)

圖九：等邊三角形邊長 L_2 模擬參數分析(a)反射損失圖(b)軸比圖

結論

本篇論文成功提出一應用於超高頻無線辨識系統之圓極化等邊三角形貼片天線，於等邊三角形輻射面中埋入一近似半圓形的槽孔使天線產生圓極化輻射特性並利用 L 形探針饋入技術可調整阻抗頻寬與圓極化特性。提出之天線設計結構簡單，整體體積為 $150 \times 150 \times 34.4 \text{ mm}^3$ ，10-dB 阻抗頻寬為 25.4% (0.854–1.102 GHz)，3-dB 軸比頻寬為 3% (0.902–0.929 GHz) 且在 916 MHz 呈現最大增益達 6.77 dBic，因此，提出天線適合應用於 UHF (902–928 MHz) RFID 讀取器通訊系統。

參考文獻

- [1] G. Marrocco, "The art of UHF RFID antenna design: Impedance-matching and size-reduction techniques," *IEEE Antennas Propag. Mag.*, vol. 50, no. 1, pp. 66–79, Feb. 2008.
- [2] Z. Fang, R. Jin, and J. Geng, "Asymmetric dipole antenna suitable for active RFID tags," *Electron. Lett.*, vol. 44, no. 2, pp. 71–72, Jan. 2008.
- [3] H. Mirza, M. I. Ahmed, and M. F. Elahi, "Circularly polarized compact passive RFID tag antenna," *Proc. Int. Conf. Electrical and Computer Engineering*, pp. 760–763, Dec. 2008.
- [4] D. D. Deavours, "A circularly polarized planar antenna modified for passive UHF RFID," *Proc. IEEE Int. Conf. RFID*, pp. 265–269, Apr. 2009.
- [5] Nasimuddin, X. Qing, and Z. N. Chen, "Compact circularly polarized microstrip antenna for RFID handheld reader applications," *Proc. Asia Pacific Microwave Conf.*, pp. 1950–1953, Dec. 2009.
- [6] Nasimuddin, Z. N. Chen, and X. Qing, "Asymmetric-circular shaped slotted microstrip antennas for circular polarization and RFID applications," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 58, no. 12, pp. 3821–3828, Dec. 2010.
- [7] Nasimuddin, Z. N. Chen, and X. Qing, "Compact arc-shaped slotted circularly polarized microstrip antenna for RFID readers," *Proc. Int. Workshop Antenna Technology (iWAT)*, pp. 340–343, Mar. 2011.
- [8] C. L. Tang, J. H. Lu, and K. L. Wong, "Circularly polarized equilateral triangular microstrip antenna with truncated tip," *Electron. Lett.*, vol. 34, no. 13, pp. 1277–1278, Jun. 1998.
- [9] Jui-Han Lu, "Single-feed circularly polarized equilateral-triangular microstrip antennas," *IEEE Int. Conf. on Micro. and Millimeter wave Technology proceedings (ICMMT)*, pp. 301–304, Aug. 1998.

- [10] J. H. Lu, C. L. Tang, and K. L. Wong, "Single-feed slotted equilateral triangular microstrip antenna for circular polarization," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 47, no. 7, pp. 1174–1178, Jul. 1999.
- [11] J.S. Guo and G.B. Hsieh, "Gain enhancement of a circularly polarized equilateral-triangular microstrip antenna with a slotted ground plane," *IEEE Trans Antennas Propag.*, vol. 51, no. 7, pp. 1652–1656, Jul. 2003.