

高增益之 RFID 讀取器圓極化天線

莊詠翔¹ 溫世平² 陳建宏³ 陳華明¹

¹ 國立高雄科技大學光電與通訊工程研究所

² 空軍航空工業發展中心

³ 空軍官校航空電子系

摘要

本天線設計目的為如何在有限體積下設計為高增益之 RFID 讀取器圓極化天線，提出利用威爾金森功率分配器產生 0° 和 90° 的相位差而使天線有圓極化效果；藉由同材質之金屬和結構延伸接地面，使天線能量得以被集中而使增益提高；再藉由蝕刻槽孔使天線尺寸縮小。此天線具右手圓極化波之特性，並操作於 UHF RFID 美規頻段 902 ~ 928 MHz。

關鍵詞：威爾金森功率分配器，RFID 讀取器，圓極化，高增益。

1. 前言

在過去圓極化天線設計上，主要為正方形或是圓形的金屬面上，嵌入一對截角或是一對調整株[1-3]，或者在金屬面上加入對稱或不對稱之槽孔或槽縫[4]，或利用蜿蜒之帶線[5]，使激發兩個正交之模態具有等振幅及 90° 的相位差。然而這類型的天線阻抗頻寬與軸比頻寬皆比較窄，為了增加軸比頻寬，此次設計了一款立體結構的圓極化天線，其操作在 UHF RFID 美規頻段 902 ~ 928 MHz。

2. 天線結構設計

2.1 雙饋入設計

本節在雙饋入的圓極化天線設計上利用威爾金森功率分配器使功率平均分配兩個埠，其三埠之微帶線，皆以阻抗值為 $50\ \Omega$ 的微帶線做設計，連接輸

入埠與兩個輸出埠的兩段圓弧形微帶線的阻抗值均為 $70.7\ \Omega$ ，長度為中心頻率波長的四分之一，在功率分配器上兩輸出埠 $50\ \Omega$ 與 $70.7\ \Omega$ 微帶線銜接處，電阻值為 $100\ \Omega$ 之晶片電阻連接，調整輸出埠的兩段長度相差中心頻率波長的四分之一，使得以輸出埠作為饋入點時，可產生相位差 90° 之特性，如此便可激發出圓極化之輻射特性，由於威爾金森功率分配器的寬頻特性使得圓極化特性擁有更寬的軸比頻寬。

2.2 實驗與結果

所提出的天線整體結構如圖 1，圖 2 為天線之實體結構圖，表 1 為高增益讀取器圓極化天線尺寸參數。此天線設計目的為在有限體積下設計高增益之 RFID 天線，此天線操作在 UHF 頻段的美規頻段 902 ~ 928 MHz。其下層板威爾金森微帶線設計在厚度 0.2 mm 的

FR4 基板上，上層板設計在厚度 0.8 mm 的 FR4 基板上。FR4 基板其介電常數 (ϵ_r) 為 4.4，損耗正切 (Loss Tangent) 為 0.02。上層天線以下層威爾金森饋入激發，並產生 0° 與 90° 的相位差，形成圓極化效果。由於地越大能反射的能量越多增益也就越高，但因此天線和地的大小相似所以藉由銅片延伸接地面，再加上金屬可以改變能量方向的特性 [6]，所以藉金屬盒結構集中能量提高增益。

在實測結果上，操作頻寬介於 720 ~ 1079 MHz，其涵蓋頻寬為 377 MHz，符合 UHF RFID 美規的使用頻段，圖 3 為天線模擬與實測之反射損失圖，一般讀取器天線以反射損失大於 10 dB 為操作頻段範圍及頻寬之標準，在實測結果上，操作頻寬介於 720 ~ 1079 MHz，其涵蓋頻寬為 377 MHz，符合 UHF RFID 美規的使用頻段，而與模擬結果極為相似，具備高度的參考價值。圖 4 為實測與模擬軸比頻寬圖，以軸比為 3 dB 當作標準，低於 3 dB 之頻段為軸比頻寬，包含美規和歐規 UHF RFID 使用規範之內。圖 5 為天線模擬 $\vec{E}_\theta$ 及 $\vec{E}_\phi$ 之振幅比與相位差，在軸比頻寬內振幅比約在 0.97 ~ 0.93 dB 之間，由於此天線為右手圓極化之特性，因此 $\vec{E}_\theta$ 及 $\vec{E}_\phi$ 相位差為 -90° 。

本次提出的天線實測的數據結果，整個實測過程均在微波無反射室內進行，天線圓極化輻射場型分佈的相當平均如圖 6 所示，圖 7 為天線中心頻率 915 MHz 之實測 3D 輻射場型圖，此天線在 UHF RFID 美規頻段 (902 ~ 928 MHz) 天線實測之增益及輻射效率，其增益約落在 1.5 ~ 4.4 dBi 之間，輻射效率約為 57 ~ 70 % 之間，其頻率範圍內之增益與效率相當穩定，如圖 8 所示。

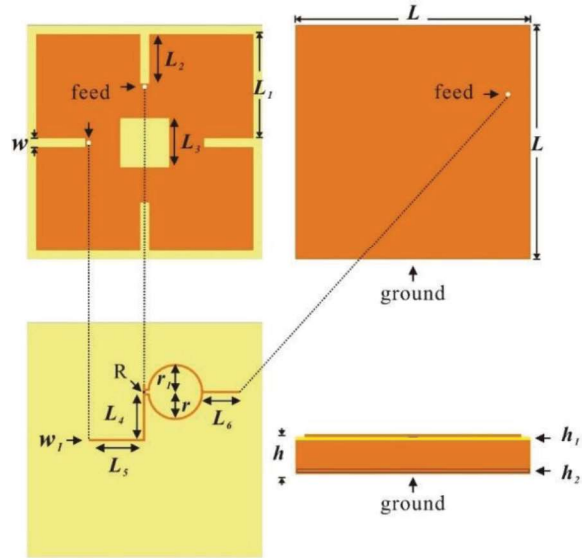


圖 1 高增益讀取器圓極化天線結構圖

表 1 高增益讀取器圓極化天線尺寸參數

參數	數值(mm)	參數	數值(mm)
L	105	w	4
L1	46.5	h	16.2
L2	22	h1	0.8
L3	22	h2	0.2

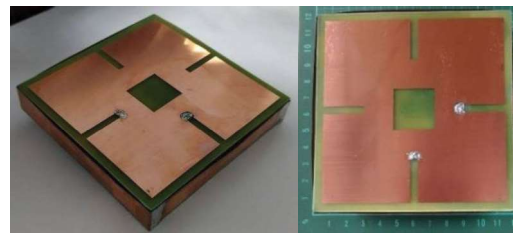


圖 2 圓極化天線斜視及俯視實體圖

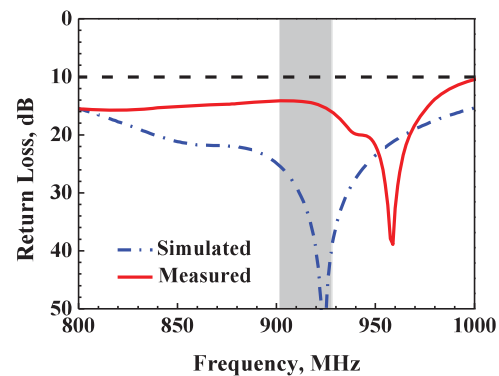


圖 3 圓極化天線之反射係數圖

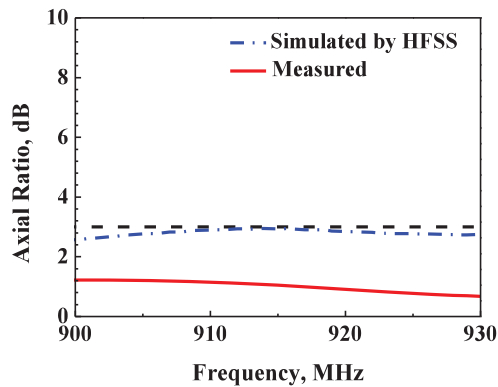


圖 4 圓極化天線軸比模擬與實測圖

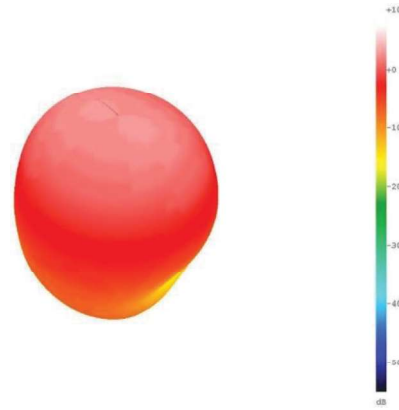


圖 7 天線於 915 MHz 實測 3D 場型圖

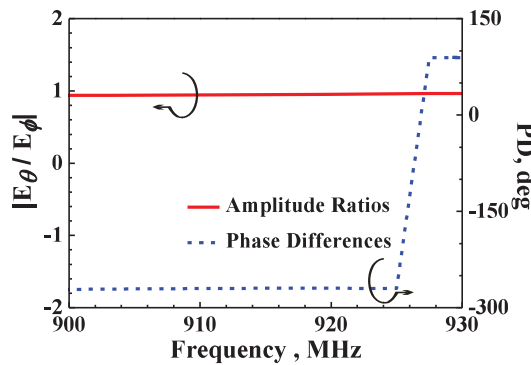


圖 5 圓極化天線之振幅比及相位差

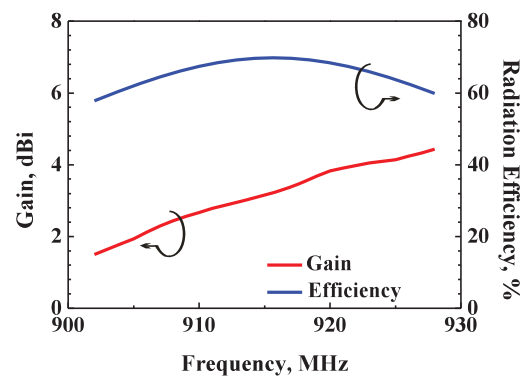


圖 8 天線實測增益及效率圖

3. 結論

本節所提出的高增益之 RFID 讀取器圓極化天線，藉由威爾金森功率分配器，激發兩個正交且具有等振幅及 90° 相位差之共振模態，產生圓極化波之特性。此天線使用蝕刻槽孔延長電流徑路藉此縮小天線尺寸，使天線得以設計在 $105 \times 105 \times 16.2 \text{ mm}^3$ 的限制，且涵蓋 UHF RFID 美規的操作頻段。最後利用立體式金屬結構集中場型，使天線的增益增加，經過實際測量得知天線得以在 $105 \times 105 \times 16.2 \text{ mm}^3$ 的尺寸下增益達到 2~4 dBi。天線在供給 25 dBm 能量下之讀取標準標籤天線(AL 9640)距離可達到 6 m。不論是天線體積或特性，都適用於物流管理中的設置。

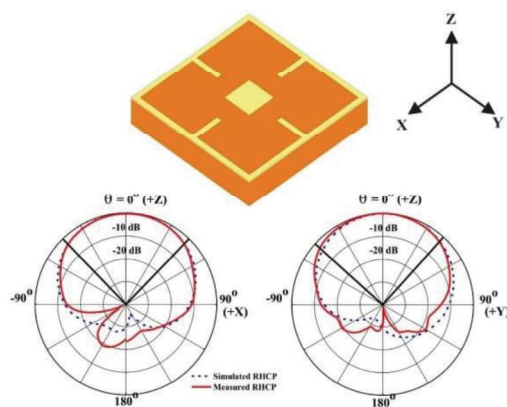


圖 6 天線於 915 MHz 之 2D 輻射場型圖

參考文獻

- [1] W. S. Chen, C. K. Wu, and K. L. Wong, "Novel compact circularly polarized square microstrip antenna," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 49, no. 3, pp. 340-342, Mar. 2001.
- [2] J. S. Row and C. Y. Ai, "Compact design of single-feed circularly polarised microstrip antenna," *Electron. Lett.*, vol. 40, no. 18, pp. 1093-1094, Sept. 2, 2004.
- [3] Nasimuddin, Z. N. Chen, and X. Qing, "A compact circularly polarized cross-shaped slotted microstrip antenna," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 3, pp. 1584-1588, Mar. 2012.
- [4] Nasimuddin, X. Qing, and Z. N. Chen, "Compact asymmetric-slit microstrip antennas for circular polarization," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 59, no. 1, pp. 285-288, Jan. 2011.
- [5] Y.-S. Wang and S.-J. Chung, "A short open-end slot antenna with equivalent circuit analysis," *IEEE Trans. Antenna Propag.*, vol. 58, pp. 1771-1775, 2010.
- [6] A. Elsherbini, J. Wu, and K. Sarabandi, "Dual polarized wideband directional coupled sectorial loop antennas for radar and mobile base-station applications," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 63, no. 4, pp. 1505-1513, April 2015.

High-Gain Circularly Polarized Antenna for RFID Reader Applications

Yong-Xiang Zhuang¹ Shih-Ping Wen² Chien-Hung Chen³ Hua-Ming Chen¹

¹Institute of Photonics and Communication, National Kaohsiung University of Science and Technology, Taiwan

²Aerpspace Technology Research Development Center, Taiwan

³Department of Avionics Engineering, R.O.C. Air Force Academy, Taiwan

ABSTRACT

A high-gain circularly polarized antenna with a low profile, small size and lightweight for a RFID reader applications is presented. A typical technique for producing circular polarization is to excite two orthogonal linearly polarized modes with a 90° phase difference. This paper presents a new circularly polarized antenna with a cavity-backed structure and fed by using a Wilkinson power divider. By the cavity-backed structure, the antenna enables high directivity and high gain by the transmitting energy from the reflector. Also, by etching the slits on the radiator can reduce the antenna size. This antenna has RHCP performance and operates at FCC RFID bands (902-928 MHz).

Key words: high-gain, circularly polarized antenna, RFID reader, Wilkinson power divider

