

簡易被動式電場強度檢波器

吳秉書^{*a}、曾振東^b

國立勤益科技大學 電子工程系^a

國立勤益科技大學 電子工程系^b

摘要—本文提出一種簡易被動式電場強度檢波器，運用頻段在 900~950MHz，電路由接收天線(Antenna)、匹配電路(Matching Circuit)、射頻檢波電路(RF Power Detector Circuit)及表面黏著元件(surface mounted device, SMD)之發光二極體(Light Emitting Diode, LED)組成，可檢測 RFID 及 e Tag 等射頻訊號強度，利用發光二極體多寡可即時得知訊號強弱，本電路不需外加電源、成本低、體積小且實用性高

關鍵詞：天線、匹配電路、檢波電路、表面黏著元件、無線射頻辨識系統

一、前言

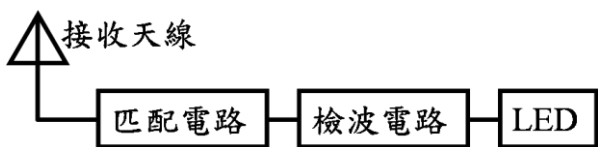
通訊產業蓬勃發展，電子產品往無線化發展，高頻元件也變得多樣化，目前通訊技術中所運用的高頻元件有開關、低雜訊放大器、混波器、濾波器、檢波器[1-4]、振盪器、鎖相迴路等。檢波器(Detector)是一種從高頻訊號中取出類比或數位訊號的器件，用於識別電波，其原理是接收外部的發射訊號，透過檢測電路將訊號去除雜訊、整流最後放大輸出，主要用於調幅訊號的解調，藉由量測檢測輸出，可以了解接收的訊號強度與直流輸出電壓變化間的關係。

電波輻射是無聲、無色、無臭、無味，亦無法憑觸覺感覺其存在[5]。檢測電磁波最直接的量測儀器為頻譜分析儀[6]，雖然能精確的檢出環境中輻射源，但儀器價格昂貴、體積及重量較大，使用上較複雜。

本文提出簡易被動式電場強度檢波器，頻段為 900~950MHz，其運用有 RFID[7]及 e Tag[8]等，製作上使用二極體及電容倍壓整流輸出電壓[9-10]，透過發光二極體的顯示多寡，能以視覺方式得知電磁波信號強度，相較市面上檢波器有結構簡單、操作容易、成本低且不須外加電源等優點，能讓使用者即時得知環境中的電磁波信號強度，進而達到警示的作用。

二、電路設計

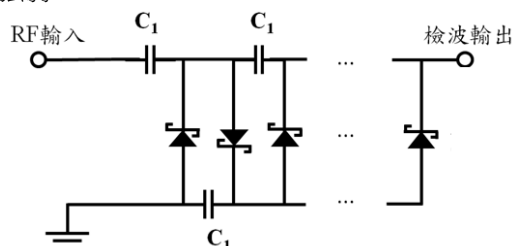
本文提出的簡易被動式電場強度檢波器，其結構如圖一所示，檢波器包含接收天線、阻抗匹配電路以及檢波倍壓整流電路。



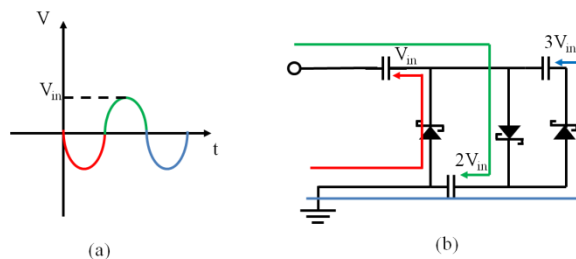
圖一 簡易被動式電場強度檢波器

其中選用環形天線(Loop Antenna)當作檢測器的接收天線，藉由環形天線有設計簡單、形狀變化彈性大、結構簡單、成本低等優點，設計出適用於 900~950MHz 接收頻段之天線。環形天線是使用金屬折線的方式，並激發出共振頻帶。其長度約為一波長(λ)，常見的環形天線多為圓形及方形，輻射場與環的面積、匝數和環上電流成正比，與工作波長的平方和距離成反比。為能讓使用者方便攜帶天線設計成方形卡片狀。

倍壓整流檢波電路，是利用電容及二極體組成，如圖二所示，將接收訊號的峰值截取倍壓並整流，考慮到高频訊號的快速變化，採用常使用混頻器所使用之蕭特基二極體(Schottky Barrier Diode)，蕭特基障層二極體與常見的 PN 接面矽二極體一樣具有整流特性，蕭特基二極體的壓降在 0.15~0.45 伏特，可有效提升系統的工作效能。倍壓電路將天線接收到的射頻訊號，經過多階的電容及蕭特基二極體倍壓整流，如圖三所示，輸出近似直流的訊號，利用其電壓推動發光二極體(LED)即可呈現訊號強弱。



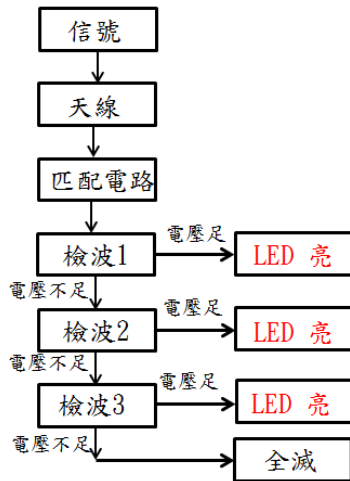
圖二 多階倍壓整流檢波電路



圖三 多階倍壓示意圖

為了使天線接收訊號能有效傳輸至倍壓整流檢波電路，需要在天線與電路之間進行阻抗匹配，阻抗匹配電路以 50 Ohm 為匹配目標，利用史密斯圖(Smith Chart)觀察其阻抗變化，配合電容及電感的串並聯，達到阻抗匹配之目的。

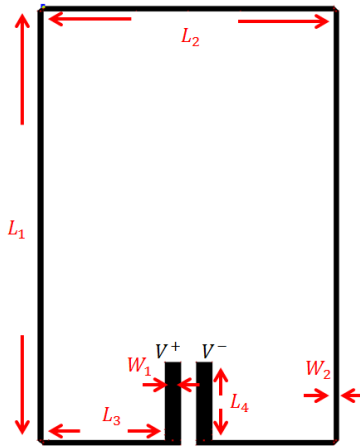
將環形接收天線、阻抗匹配電路及倍壓整流檢波電路串接成一體，其工作狀態圖如圖四所示，當滿足發光二極的驅動電壓時即能使 LED 發亮，透過視覺感知電波強度的功能。



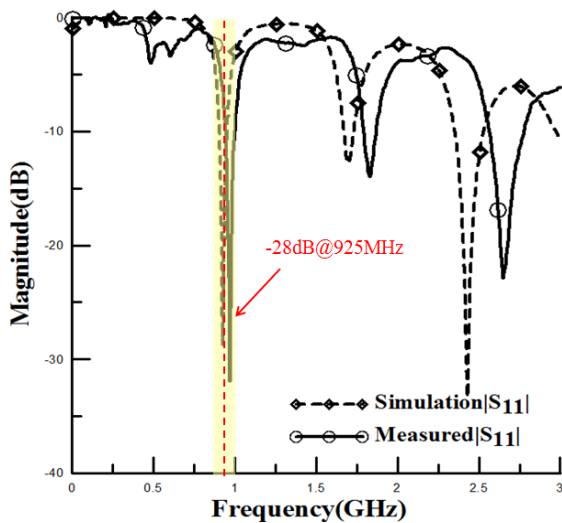
圖四 檢波器工作狀態圖

三、 電路模擬與實測

檢波器接收天線頻段設計在 900~950MHz，環形天線以 IE3D 模擬，以 FR4(1.6mm)介電係數 4.3 的單面基板進行實作，天線尺寸 $L_1=83\text{mm}$ 、 $L_2=56\text{mm}$ 、 $L_3=23\text{mm}$ 、 $L_4=15\text{mm}$ 、 $W_1=3\text{mm}$ 、 $W_2=1\text{mm}$ ，如圖五，模擬與實測的頻率響應圖如圖六所示，以 -10dB 的反射損耗為基準，其頻率從 900 至 950MHz 符合工作頻段要求。

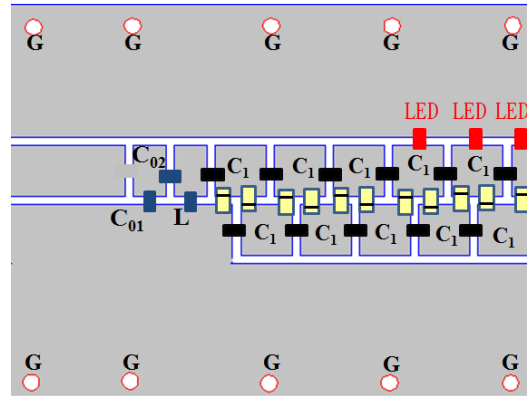


圖五 環形接收天線結構圖

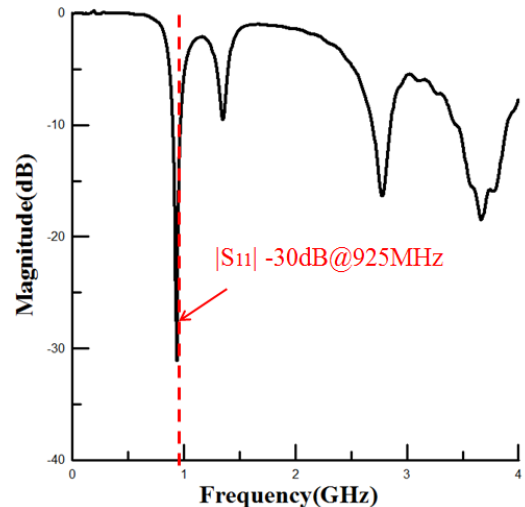


圖六 環形接收天線頻率響應圖

阻抗匹配電路須先與倍壓整流檢波電路串接，其中倍壓整流電路 FR4(1.6mm)介電係數 4.3 的雙面基板製作，連接點以 3mm 乘 3mm 的方形金屬銅箔面連接，並於頂層設置接地面與底層連接，如圖七所示，倍壓電容 $C_1=470\text{pF}$ ，二極體用 (7630)SMD 蕭特基二極體，使用網路分析儀觀察輸入阻抗後，再用預留的銅箔面完成匹配，使用元件如下 $C_{01}=4.3\text{pF}$ 、 $C_{02}=30\text{pF}$ 、 $L=39\text{nH}$ ，匹配至 50 Ohm，結果如圖八所示，在中心頻率 925MHz， $|S_{11}|=-30\text{dB}$ 有良好的頻率響應，將匹配好的檢波電路接至 Agilent N9310A 訊號產生器將訊號直接接入，其感度最低可量測至 3dBm。

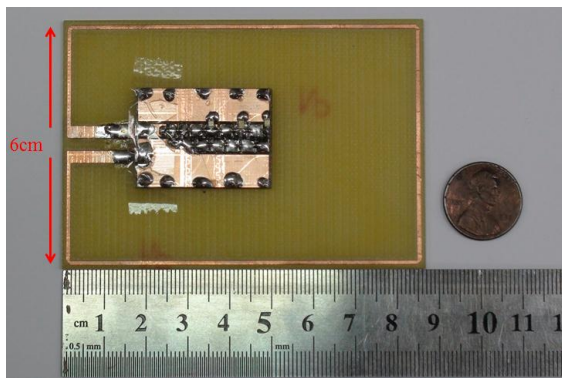


圖七 匹配及倍壓整流電路圖



圖八 匹配電路頻率響應圖

將環形天線與檢波電路結合，整體體積約 87*60mm，如圖九所示，以 RFID 讀取器發射 1W 的訊號讓簡易被動式電場強度檢波器接收，最遠接收距離約 180cm，如圖十所示。以上實驗證明此簡易被動式電場檢波器使用上操作容易、成本低、攜帶方便且能有效使用在 900~950MHz 的訊號強度偵測。



圖九 簡易被動式電場強度檢波器實體圖

- [8] <http://www.neteyes.com.tw/download/etag-parking-management-system.pdf>
- [9] Wang, H.; Lam, W.; Ton, T.N.; Low, D.C.W., "A monolithic W-band preamplified diode detector," Microwave Symposium Digest, 1993., IEEE MTT-S International, vol. 24, pp. 365 - 368, June 1993.
- [10] Aparici, J., "A wide dynamic range square-law diode detector," Microwave Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, pp. 1-4, June 2009.

顯示燈號	感應距離
■ □ □	180cm
■ ■ □	130cm
■ ■ ■	50cm

圖十 檢波器感應距離示意圖

結論

本文提出一個簡易被動式電場強度檢波器設計，用環形接收天線收集訊號，並用匹配電路提高接收效率，使用蕭特基二極體及表面黏著電容進行倍壓整流檢波電路設計，可偵測之頻段為 900MHz 到 950MHz，電路經設計與量測後驗證本檢波器具有良好的線性度，確保量測之準確性，在實際量測中可運用於 RFID、eTag 等電子產品的訊號檢測中，與市面上產品相較起來本電路成本低、體積小且實用性高。

參考文獻

- [1] Kazuya Yamamoto, Miyo Miyashita, Hitoshi Kuru, Nobuyuki Ogawa, and Teruyuki Shimura, "A Current-Mirror-Based GaAs-HBT RF Power Detector for Wireless Applications," Compound Semiconductor Integrated Circuit Symposium, 2007. CSIC 2007. IEEE, pp. 1 - 4, Oct. 2007.
- [2] Siraporn Sakphrom, Apinunt Thanachayanont, "A Low-Power CMOS RF Power Detector," Electronics, Circuits and Systems (ICECS), 2012 19th IEEE International Conference on, pp. 177 - 180, Dec. 2012.
- [3] F.Z Fazrul, M.S Anuar, P.J Soh, S.A Aljunid Wang, "125 KHz ubiquitous RFID tag signal detector system," Intelligent and Advanced Systems, 2007. ICIAS 2007. International Conference on, pp. 418 - 421, Nov. 2007.
- [4] Liesbeth Gemme, Yves Rolain, Johan Schoukens, Rik Pintelon, "Modeling the baseband output envelope of a Microwave detector," Microwave Measurement Conference, 2009 73rd ARFTG, pp. 1-4, June 2009.
- [5] http://ivy1.epa.gov.tw/NonIonized_NET/default.aspx
- [6] http://www.testequipmentconnection.com/204/Anritsu_MS2721A.php?gclid=CM6UkpWB_LgCFQs7pgodNkwA3A
- [7] Landt, J, Rik Pintelon, "The history of RFID," Potentials, IEEE, vol. 24, pp. 8 - 11, Oct.-Nov. 2005.

