

應用於手機之多頻帶軟性基板天線

柯慶宏 鄭建民 楊汎緯
南臺科技大學 南臺科技大學 南臺科技大學
電子工程系研究生 電子工程系教授 電子工程系副教授
ma130220@stust.edu.tw ccm523@gmail.com fwyang@mail.stust.edu.tw
(NSC 101-2632-E-218-001-MY3)

摘要

本文呈現一個可應用於移動通訊元件之平面多頻帶軟性基板天線，天線設計是以共平面波導結構饋入 $\lambda/4$ 波長並由兩組非對稱輻射面及單極微帶線所組成。軟性基板則是由 40% 燒結過的鈦酸鋇(BaTiO_3)和 60% 聚醯醯亞胺(PEI)混合而成。從量測結果得知所提出的天線包含了 GSM1800/1900、UMTS、LTE2300/2500、藍芽等六個操作頻帶。另外，此天線亦呈現近全向性的輻射場形。其優點有平面化、共平面波導饋入、可撓曲、重量輕、尺寸小、厚度薄及多頻帶。

關鍵詞：手機、軟性基板、共平面波導

Abstract

In this paper, a planar CPW-fed multi-band flexible substrate antenna was presented, and which can be used in the mobile devices. The proposed antenna was designed according to $\lambda/4$ wavelength and fed by the coplanar waveguide structure, and the antenna was combined by two pairs of asymmetric radiation planes and a monopole microstrip. The flexible substrate was mixed the 40% sintered BaTiO_3 and the 60% PEI. From the measured results, the proposed antenna can cover all the six operation bands of GSM1800/1900, UMTS, LTE2300/2500, and Bluetooth. Moreover, the proposed antennas revealed near omni-directional radiation patterns for all resonated frequencies. Finally, the advantages of this proposed antenna were: planar, CPW-fed, near omni-directional, flexible, light, miniaturization, low profile, and multi-band.

Keywords: mobile phone, flexible substrate, coplanar waveguide

1. 前言

無線通訊之發展從以前訊息與聲音的傳遞到現在講究無線上網、處理效能以及外型尺寸的發展趨勢之下天線設計的規格與要求也愈來愈多，例如：多操作頻段、輻射效率...等。

手機所使用的主要操作頻帶包括了長期演進技術(Long Term Evolution, LTE) 698~787 MHz、2305~2400 MHz、2500~2690 MHz、全球行動通訊

系統(Global System for Mobile Communication, GSM) 824~894 MHz、880~960 MHz、數位通訊系統(Digital Communication System, DCS) 1710~1880 MHz、個人通訊服務系統(Personal Communication Services, PCS) 1850~1990 MHz、通用行動通訊系統(Universal Mobile Telecommunication System, UMTS) 1920~2170 MHz...等[1]。

在目前的 3C 產品，例如：螢幕、電池、電路板、天線的發展也慢慢朝向放置於可彎曲之軟性基板上，凡是電子旋轉廣告看板、手機手錶、螢幕等都是未來發展的一個趨勢[2]。並且軟板亦有高介電之特性與 FR4 板相比尺寸也相對的較小。因此本研究自製以 40% 鈦酸鋇(BaTiO_3)與 60% 聚醯醯亞胺(PEI)的高分子複合軟性陶瓷基板設計出可彎曲的多頻帶手機天線，此天線除上述條件之外更具備著共平面波導結構饋入、尺寸小、重量輕、厚度薄、近全向性場形、多頻帶及平面化設計等之特點。

2. 天線設計

在本文所提出的天線為了確定其結構與 SMA 接頭是否符合 50Ω 的阻抗匹配，因此我們以 TXLINE 軟體計算阻抗匹配是否有達到需求，計算後得到之參數為饋入線寬(W_1)為 2.5 mm，與接地間的距離(G)為 0.4 mm 以及基板厚度(H)為 0.3 mm，天線整體尺寸為 $30 \times 20 \times 0.3 \text{ mm}^3$ 、介電常數(ϵ_r)11、正切損耗為 0.08，其印製之天線成品如圖 2.1 及詳細結果參數如圖 2.2 與表 2.1。

天線整體是採用自製高分子複合軟性陶瓷基板並以共平面波導(Coplanar Waveguide, CPW)[3-8]做為天線整體的饋入結構，天線中間為一 monopole 的結構以近似四分之一波長做出天線低頻頻段並將左側調整為 L 形階梯狀改善低頻深度及頻寬(1.87 GHz~2.43 GHz)，以及在右側下方以一 U 形輻射面做出一高頻頻段，並於接近接地下方多一倒 U 形輻射面藉以改善天線整體高頻頻段(2.43 GHz~3 GHz)。



圖 2.1 軟性基板天線成品

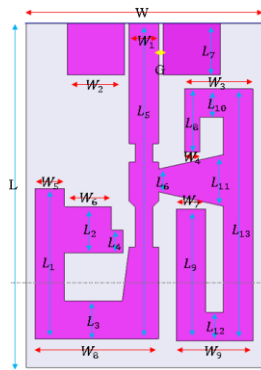


圖 2.2 天線結構

天線尺寸參數表				unit : mm	
G	0.4	H	0.3		
ϵ_r	11	Loss Tangent	0.08		
W	30	L	20		
W_1	2.5	W_8	10.5	L_1	13.1
W_2	4.85	W_9	6.5	L_2	4
W_3	5.8			L_3	3.3
W_4	1.3			L_4	2
W_5	2.5			L_5	27.5
W_6	4			L_6	2
W_7	2.5			L_7	4.5
				L_8	5.5
				L_9	11.5
				L_{10}	2.5
				L_{11}	4.5
				L_{12}	2.5
				L_{13}	22

表 2.1 天線結構參數

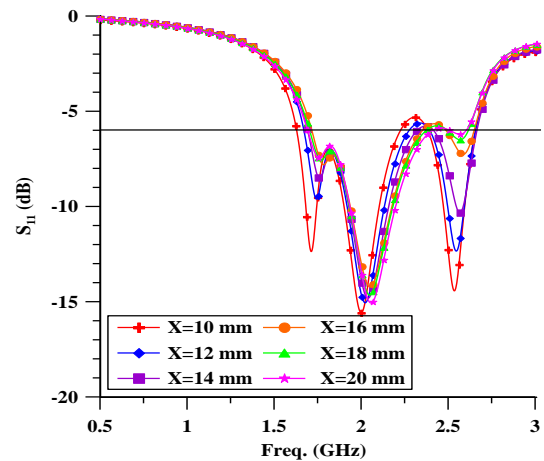


圖 3.2 改變黑色圈起部分天線 S_{11} 趨勢

3. 結果與討論

圖 3.1 為改變天線結構示意圖，由圖 3.2 可得知修改該部分影響天線在 1.5 GHz~2.5 GHz 的頻寬及深度。藉由改變天線電流路徑，當圖中 A 往 B 移動在座標 $X=16$ mm 時天線的 S_{11} 在 2.3 GHz 會向下延伸並包含到 LTE2300 的頻段，而在座標 $X=20$ mm 時則會因為無法完全包到 GSM1800 的頻段所以不繼續做向下延伸。而從圖 3.3 改變其寬度影響的部分在於 2.5~3 GHz 頻寬及深度，從圖 3.5 可以發現當天線面積越大使在右側的電流路徑因輻射面積的改變令電流變小並流往左側輻射面積，如圖 3.5(a)、(b)，導致頻寬寬度變窄、 S_{11} 深度不足 -6dB 以下。

如圖 3.6 為模擬天線、實測天線與其彎折 S_{11} 圖。天線上彎 30 度角時，其頻段往低頻移動、深度改變不大及操作頻帶不變，若將天線再上彎到 60 度角則會因其頻段無法包覆藍芽頻帶；當天線下彎 30 度角，其頻段往高頻移動、深度改變不大及操作頻帶不變，若將天線下彎到 60 度角則較能完整包覆藍芽頻帶，如圖 3.8。

圖 3.7 為所提出之天線的輻射場形圖從 2.3 GHz 及 2.5 GHz 這 2 點可看出天線的 x-y 面、x-z 面、y-z 面皆趨近於全向性場形，其中考慮到因天線印製於自製高分子軟性複合陶瓷基板上以致於有少數幾個零陷(Null)點，但影響天線輻射效率並不大。

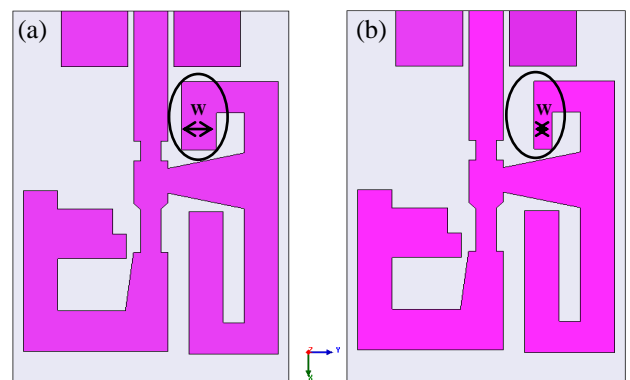


圖 3.3 修改圈起部分天線寬度(w)前後示意圖

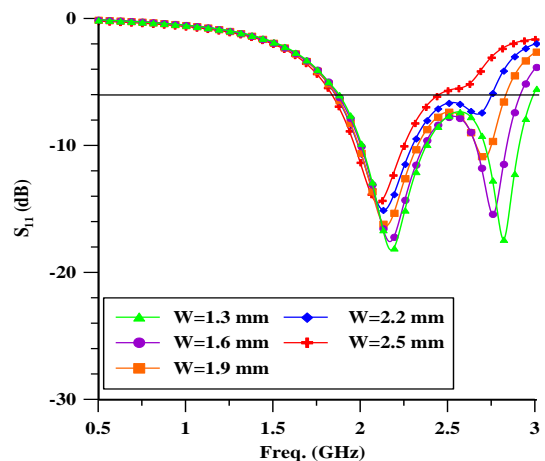


圖 3.4 修改天線寬度 S_{11} 趨勢

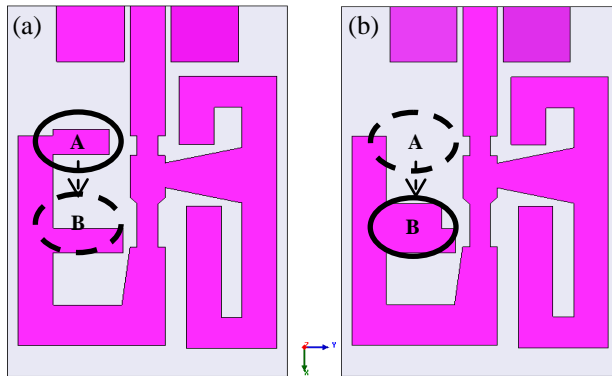


圖 3.1 改變部分天線結構前後示意圖(a)實線 A 往虛線 B 移動前位置(b)虛線 A 往實線 B 移動後位置

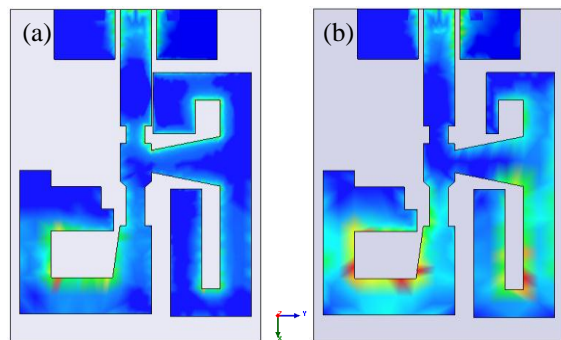


圖 3.5 修改天線寬度(w)電流分佈前後比較

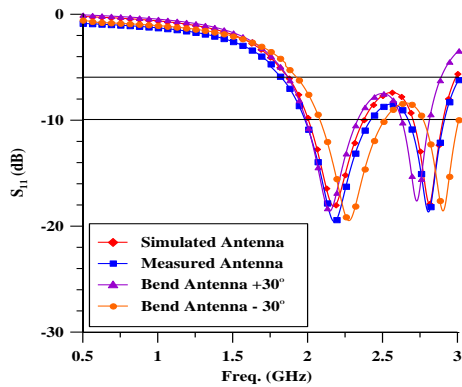


圖 3.6 天線實測模擬與彎曲 S_{11} 變化

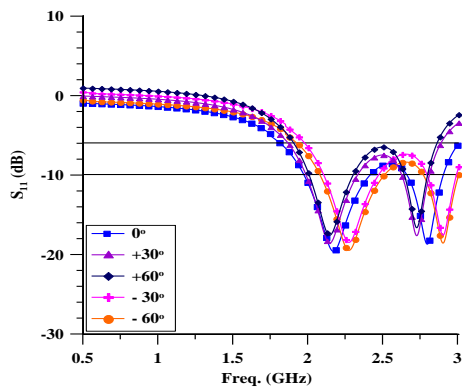


圖 3.7 實測彎曲角度 $\theta = -60^\circ \sim +60^\circ$ 之 S_{11}

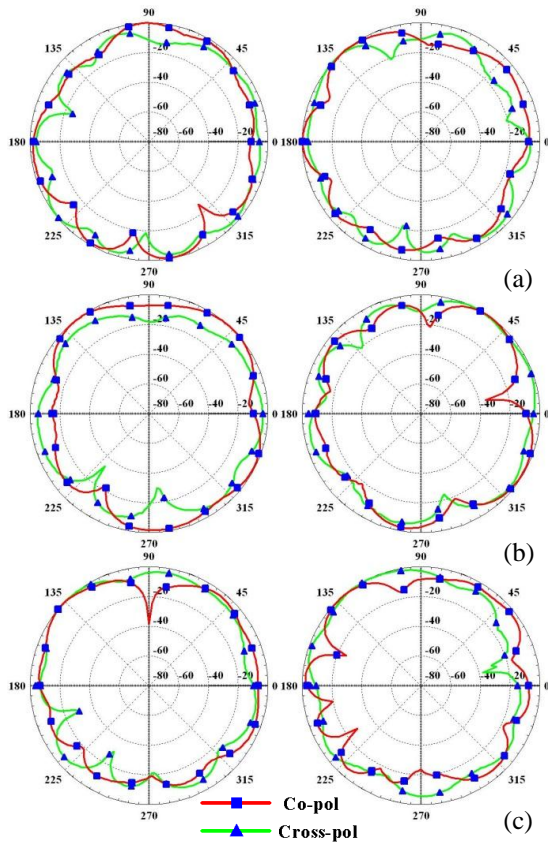


圖 3.7.2.3 2.3 GHz 及 2.5 GHz 軟性基板天線場形圖：
(a)x-y 面(b)x-z 面(c)y-z 面

4. 結論

本文提出一藉由單極天線(Monopoles)[9-10]延伸出的兩左右輻射面相互影響之下實測結果所包覆的頻段 S_{11} 在 -6dB 以下的為 1.8~3 GHz 而 S_{11} 在 -10dB 以下的有 1.97~2.42 GHz 及 2.66~2.9 GHz 皆在行動通訊標準 GSM 1800(1.71~1.88 GHz)、GSM 1900(1.85~1.99 GHz)、UMTS(1.92~2.17 GHz)、LTE 2300(2.3~2.4 GHz)、Bluetooth(2.4~2.48 GHz)及 LTE 2500(2.5~2.69 GHz)這 6 個手機操作頻帶內,其輻射場形亦呈現趨近全向性狀態,並應用於手機之多頻帶的軟性基板天線,基板以 40%BaTiO₃ 粉末與 60%PEI 混合溶液所製成,其尺寸為 30x20x0.3 mm³、介電常數(ϵ_r)11、正切損耗為 0.08,在將來發展的手機手錶、圓筒廣告看板...等 3C 通訊產品其結構及其他特性亦具備尺寸小、平面化、介電高、多頻帶、輕量化、可撓曲及趨近全向性...等優點,在未來將會是主要的發展趨勢之一。

致謝

感謝國科會(科技部)計畫編號(NSC 101-2632-E-218-001-MY3)協助相關實驗經費,使的本研究更加順利進行。

參考文獻

- [1] 陳建男、施順鵬、黃佑綜、洪偉智,“適用於 3G 行動通訊之低姿態多頻手機微帶天線設計”,*2008 資訊科技國際研討會論文集*。
- [2] 蔡沛修,“WiMAX 頻段之共平面波導饋入三頻單極陶瓷天線設計”,*南台科技大學電子工程研究所碩士學位論文*, pp.1, 2013。
- [3] C. P. Wen, “Coplanar Waveguide: A Surface Strip Transmission Line Suitable for Nonreciprocal Gyro magnetic Device Applications,” *IEEE Trans. Microwave Theory and Tech.*, vol. 17, no. 12, pp. 1087-1090, 1969.
- [4] Zheng Zhang, Yong Chang Jiao, Yue Song, Tian Ling Zhang, Shu Man Ning, and Fu Shun Zhang, “A Modified CPW-fed Monopole antenna With Very Small Ground for Multiband Wlan Applications” *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 52, no. 2, 2010.
- [5] K. G. Thomas and M. Sreenivasan, “Compact CPW-fed Dual-Band Antenna,” *Electron. Lett.*, vol. 46, pp. 13-14, 2010.
- [6] W.-C. Liu and H.-J. Liu, “Compact CPW-fed monopole antenna for 5 GHz wireless application,” *Electron. Lett.*, vol. 42, no. 15, 2006.
- [7] C. C. Yu and X. C. Lin, “A Wideband Single Chip Inductor-Loaded CPW-Fed Inductive Slot Antenna,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 56, pp. 1498-1501, 2001.
- [8] C. Chen and E. K. N. Yung, “Dual-Band Dual-Sense Circularly-Polarized CPW-Fed Slot Antenna With Two Spiral Slots Loaded,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 57, pp.

1829-1833, 2009.

- [9] 白光弘，天線原理及應用(上)，**明文書局**，pp.2-17-2-21，1992。
- [10] 黃進芳，微波工程，**五南圖書公司**，pp.7，pp.189-191，2005。