# 超寬頻晶片天線設計—適用於手持式無線通訊產品之低溫共燒陶瓷天線

# UWB Chip Antenna Design Using LTCC Multilayer Technology for Mobile Applications

吳俊熠 T.Y. Wu；湯嘉倫 C.L. TANG
工研院電腦與通訊工業研究所 CCRL / ITRI

**摘　要**

本文將提出一種使用多層式低溫共燒陶瓷技術(Low-Temperature Co-fired Ceramic; LTCC)所設計之可表面黏著超寬頻(Ultra-Wide Band; UWB)天線設計。該天線主要以兩層金屬片堆疊的架構形成，其大小僅14x10x1.5 $mm^3$，將可適用於各種手持式產品，如手機、個人數位助理(Personal Digital Assisent; PDA)等。由於該天線設計具有極寬的阻抗頻寬（約4.98 GHz），可以包含 DS-UWB 的低頻帶(3.1~4.85 GHz)(1)。除此之外，本文也實際量測了該天線共振於 4 GHz 頻率點時的遠場輻射特性，並於稍後加以分析。

## Abstract

A compact surface-mount ultra-wideband (UWB) chip antenna fabricated using multilayer low-temperature co-fired ceramic (LTCC) technology is presented. The antenna, suitable for mobile applications, is of a two layered metal-plate structure and occupies a compact size of 14x10x1.5 $mm^3$ only. With a very wide operating bandwidth of about 4.98 GHz, the antenna can cover the lower band of DS-UWB (3.1-4.85 GHz)(1). The antenna radiation patterns at 4.0 GHz and the antenna gain are also measured and discussed.

**關鍵詞 /Key Words**

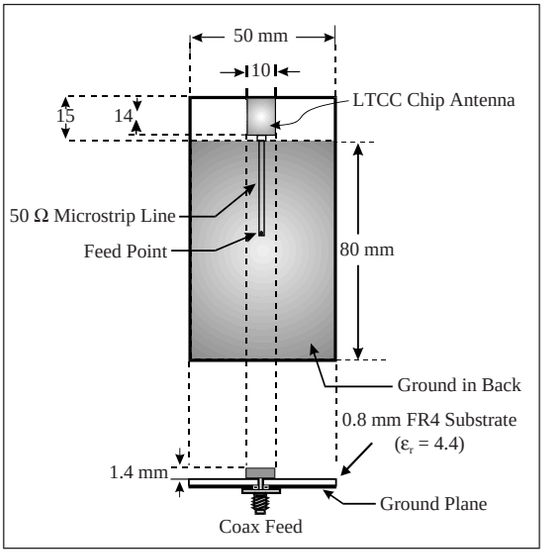
低溫共燒陶瓷(Low-Temperature Co-fired Ceramic; LTCC)、晶片天線(Chip Antenna)、超寬頻天線(Ultra-Wide Band; UWB Antennas)

## 簡介

最近幾年來，隨著手持型數位產品功能的日益強大，短距離且高資料量的多媒體無線傳輸逐漸為商用市場所需要。超寬頻通訊技術於焉誕生，並且也有了實際應用於多媒體視訊傳輸的產品出現。在天線設計的型式上，由於考慮到手持式產品內部空間有限，而平面式天線具有體積小及量產製作容易的優點，極適合此類產品使用。在國際學術論文的研究中，已經有許多超寬頻平面式天線設計被各界學者提出，例如半圓形(Half-Disk)天線[2]、平面式號角(Planar Horn)天線[3]，以及金屬平板(Metal-Plate)式天線[4]等等。然而為了更進一步縮小天線的面積，以適用於更精巧、更小型的無線通訊產品，本文提出一種創新的超寬頻天線設計方法。該天線在製程設計上利用了多層低溫共燒陶瓷(Low-Temperature Co-fired Ceramic; LTCC)技術，以雙層式金屬堆疊架構達成了具有極寬頻共振模態的天線。該天線若以 2.5:1 電壓駐波比(Voltage Standing Wave Retail; VSWR)定義時，其阻抗頻寬約為 5.36 GHz ，不僅可包含 DS-UWB 的低頻部份，同時也適用於無線區域網路 IEEE 802.11 a/b/g (2.4/5.2/5.8 GHz)三個頻段。

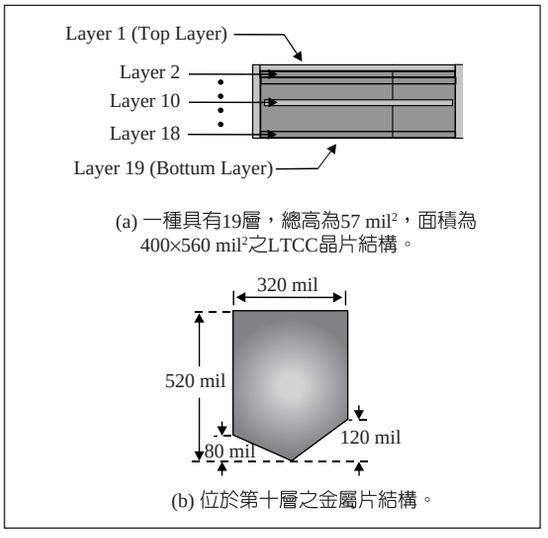
## 天線設計

**圖一**所示為本文中所提出之多層式低溫共燒陶瓷超寬頻晶片天線，該天線黏著於一片介電常數約 4.4 ，厚度為 0.8 mm 的 FR4 玻璃纖維基板上。天線接地面寬度為 50 mm ，長度為 80 mm ，此大小可以符合個人電腦記憶裝置(Personal Computer Memory Card International Association; PCMCIA)網路卡的規格。為了得到適當的阻抗匹配特性，晶片天線與接地面之間留有約 1 mm 寬的隔離間距，因此所需之天線總長度僅 15 mm 。為了使微波訊號可以與晶片天線饋接，該天線的起始端設計了一個寬度為 1.53 mm 、特性阻抗 50Ω 的微帶線，並且在微帶線末端接上了一個次微型(Subminiature Version A; SMA)接頭作為訊號饋入。更詳細的晶片天線架構如**圖二(a)**及**(b)**。天線設計所使用的低溫共燒陶瓷製程技術為 19 層的金屬結構，每一層的厚度為 3 mil ，因此製作完成之天線總高度約為 57 mil (~1.45 mm)，並且介電常數約為 7.8 。天線金屬片位於低溫共燒陶瓷堆疊結構的第一層(Top Layer)及第十層。第一層金屬片為矩形結構，




**▲圖一　多層式低溫共燒陶瓷超寬頻晶片天線結構圖**

其面積為 560×400 mil²（約為 14.2×10.2 mm²），而第十層的金屬片結構如圖二(b)，為一種下端具有非對稱截角的四邊形結構。該結構的長度為 520 mil ，而寬度則為 320 mil 。四邊形金屬片上較小的截角高度為 80 mil ，而較大的截角高度則為 120 mil 。在實驗的測試中得知，本晶片天線的最低頻共振點大致由第一層金屬片及第十層金屬片的總長度所決定，最高頻共振點大致可以由第一層金屬片的寬度（約為四分之一波長）所決定。此外，藉由仔細調整非對稱截角金屬片與第一層金屬片的距離（即位於多層 LTCC 中的層數，在本天線設計中最佳距離為第十層），以及兩個截角的角度（分別為 27 度及 37 度），將可有效地使晶片天線在整個寬頻的模態中，達到良好的阻抗匹配。




▲圖二　晶片天線詳細結構圖

## 實驗結果與討論

圖三為該晶片天線的返回損失特性圖，由圖中可觀察到，此天線的共振特性至少由分別位於 3.5/5.5/7.5 GHz 的三

## 市　場　瞭　望　台

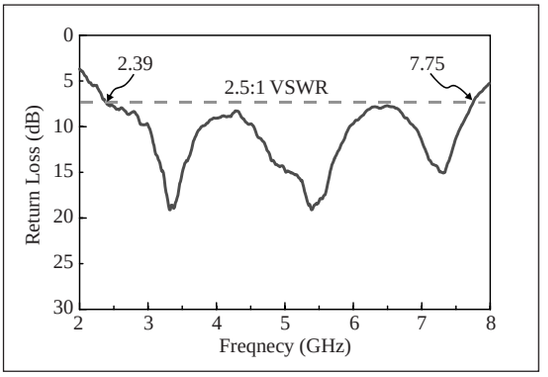
# 發展 WiMAX ，建置無線寬頻城市

編輯室

近日美國 Intel 與台灣經濟部簽定合作契約，促進無線寬頻「WiMAX」系統在台普及化，所謂的「WiMAX」(Worldwide Interoperability for Microwave Access)意指全球微波存取互通介面標準，屬於 IEEE802.16 規格，可提供高速雙向網際網路連線，把資料傳輸到 30 公里以外，並涵蓋半徑一哩之內的範圍，最大通信速度 70MB bps ，在應用上像是 DSL 及 Cable Moden 一樣的寬頻連線技術，只是 WiMAX 是無線傳輸，目前 WiMAX 的發展方向分爲兩部分，分別爲固接式（固接式 WiMAX）及可支援移動封包（行動化 WiMAX）的無線接取技術，WiMAX 的廣域覆蓋率還能降低電信業者架設無線寬頻網路基礎建設的成本。

目前最積極於推動 WiMAX 的美國 Intel 公司至今已在東京、韓國首爾、中國成都、新加坡等世界 100 多處設置實驗 WiMAX 據點，其執行副總裁 Sean Maloney 表示台灣對於寬頻的需求與完備的生態系統使得 WiMAX 在台灣能有一良好的發展基礎。 Intel 也將在下一代 Centrino 平台（名爲 Napa）中內建的無線網卡以支援 WiMAX 。

而在電信方面，由於手持裝置傳輸資料的需求日增， Intel 藉由加強電信建設基礎並與手機廠商合作，推動 WiMAX 進入電信寬頻服務，未來人們可利用手持裝置觀看電視節目或上




▲圖三　晶片天線返回損失特性量測圖

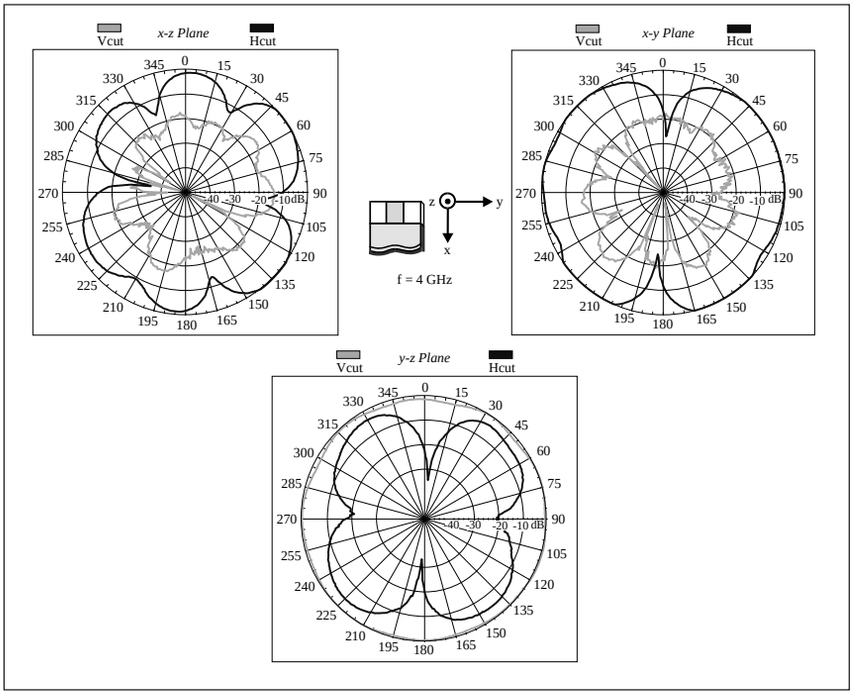
個共振模態所組成。為了在整個頻段內皆能得到較良好的返回損失(Return Loss)特性，必須要適當調整三個共振模態的中心頻率，並且提高三個中心頻率點之間的返回損失特性。此時，以物理的角度而言，天線在整個頻帶內的三個主要共振模態，大致由三組在不同頻段的主要電流路徑所構成。而頻段與頻段間的電流分佈則可能因為路徑不同，而造成電流分佈不均勻，使得返回損失特性不佳，導致無法得到寬頻模態。針對此電流分佈不均勻的現象，在此提出一組具有非對稱截角的匹配金屬片（即位於第十層之金屬片），以改善在饋入端的電流分佈，達成良好的匹配特性。經由軟體最佳化後，該天線之阻抗頻寬若以 2.5:1 之 VSWR 定義時，其最低共振頻率為 2.39 GHz ，而最高共振頻率為 7.75 GHz ，因此整個阻抗頻寬為 5.36 GHz 。該晶片天線除了可以包含 DS-UWB 之外，同時也可以涵蓋無線區域網路的 2.4/5.2/5.8 GHz (IEEE 802.11 a/b/g)三個頻段。而本天線設計的遠場輻射特性如**圖四**所示，共分為 *x-y* 、 *x-z* 及 *y-z* 三個切面，量測的頻率點位於 4 GHz 。由 *y-z* 面的垂直極化切面可觀察到，其輻射場

## 市　場　瞭　望　台

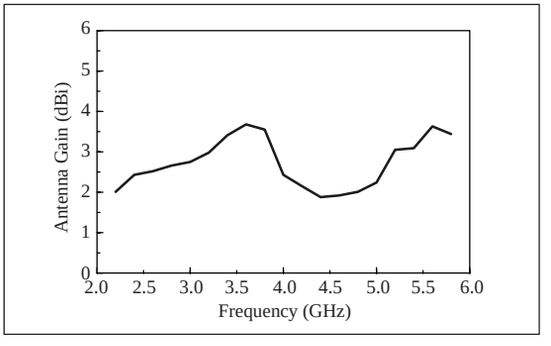
網，使得 WiMAX 的應用自電腦延伸至手持裝置。

而台灣政府計畫自 2005 年起對「WiMAX」相關事業投入 11 億新台幣，未來也將結合行動 M-Taiwan（行動台灣）計畫進行，經濟部長何美玥並表示，藉由與 Intel 的合作使得台灣的無線寬頻發展基礎得以早日開始架構，並可期待在台灣形成新的 WiMAX 市場，達到 5 年內創造 800 萬無線上網用戶，同時將於 2007 年在 10 個城市， 15 個示範區提供 WiMAX 實際測試環境。至於哪些城市會受到青睞則還不明確，初期的想法是地方政府結合廠商向工業局提出申請，未來 WiMAX 將與 3G 形成互補，在 3G 沒有涵蓋到的地方以 WiMAX 來補足。經濟部並研擬開發台灣 ODM 市場，向全球電信業者提供 WiMAX 相關產品、設備及解決方案。

只是 WiMAX 要達到全面普及或許要等到 2007 年底，在今年的 USTA Telecom 2005 論壇中，多家電信業者表示，以目前 WiMAX 的設備價格、頻譜問題及引進過程來看，皆無法在具價格競爭力下提供 WiMAX 服務；目前 WiMAX 的消費端設備成本還高居 500~600 美元，設備端的成本也在 2500~5000 美元之間，若能將消費端設備成本降到 100 美元，設備端成本降到 1,000 美元的話，則 WiMAX 得以普及化；另一項困難是 WiMAX 的標準尚未建立，尤其是頻譜標準，頻譜標準的不同也會使成本居高不下，雖然各家電信業者都看好 WiMAX 能在寬頻連線服務中生存，但要達到普及化則還有一段路要走。




▲圖四　晶片天線遠場輻射特性量測圖




▲圖五　晶片天線增益特性量測圖

形特性為全向性的輻射場；另外在 *x-z* 面的水平極化切面上，± *x* 處為場形的零點。簡而言之，該輻射場形特性類似於一標準單極天線。為了更進一步瞭解設計天線在頻帶內增益變化特性，可參考**圖五**的天線增益特性量測圖。由**圖五**可知在 DS-UWB 頻帶範圍內，天線增益約為 2.98~ 3.68 dBi；而在無線區域網路 2.4GHz 頻段之增益峰值約為 2.43 dBi，無線區域網路的5.2/5.8 GHz頻段也具有不錯的天線增益，約為 3.05~3.44 dBi。

## 結論

在本文中所提出的可表面黏著型超寬頻晶片天線，其結構為雙層式堆疊金屬片設計。位於第一層者為主輻射金屬片，金屬片的長度以及寬度分別提供最高及最低頻率的共振路徑，而位於第十層，具有非對稱雙截角之匹配金屬片則可使晶片天線在 2~7 GHz 附近得到良好的阻抗匹配特性。因此本晶片天線設計將可適用於 DS-UWB 以及 WLAN 系統。除此之外，在該頻段下所量測的天線增益約在 2~4 dBi 之間，並由各切面的輻射場形圖得知，該晶片天線具有良好的單極天線輻射場形。

## 參考文獻

1. Documentation in DS-UWB Physical Layer Submission to 802.15 Task Group 3a ftp://ieee:wireless@ftp.802wirelessworld.com:/15/04/15-04-0137-03-003a-merger2-prop osal-ds-uwb-update.doc, Jul. 13, 2004.
2. T. Yang and W. A. Davis, Planar Half-Disk Antenna Structures for Ultra-Wideband Communications, IEEE Antenna Propagat. Soc. Int. Symp. Dig., vol. 3, pp. 2508-2511, 2004.
3. S. H. Lee, J. K. Park and J. N. Lee, A Novel CPW-FED Ultra-Wideband Antenna Design, Microwave Opt. Technol. Lett., vol. 44, pp. 393-396, 2005.
4. K. L. Wong, T. C. Tseng and P. L. Teng, Low-Profile Ultra-Wideband Antenna For Mobile Phone Applications, Microwave Opt. Technol. Lett., vol. 43, pp. 7-9, 2004.