

平坦化陶瓷基板技術

盧榮宏* 張懷祿*** 廖聖茹** 黃依蘋*** 陳炯雄***
黃佩珍** 周裕福** 潘浩然*** 葉國光**** 黃瑞呈****
工研院工業材料研究所
尖端材料實驗室 *工程師 **研究員 ***副研究員 ****技術員

摘要

本文將介紹平坦化陶瓷基板的結構設計，及其表面平坦度的檢測結果、平坦化陶瓷基板上的環型微波共振腔的電性實驗、平坦化陶瓷基板的熱傳導特性實驗結果、平坦化陶瓷基板上的電感元件特性檢測結果、平坦化陶瓷基板上梳線型帶通濾波器元件特性檢測結果。

關鍵詞

自組裝披覆(Self-assembly Coating)；陶瓷基板(Ceramic Substrate)；表面粗糙度(Surface Roughness)；微波環型共振腔(Microwave Resonant Ring)；熱傳導性(Thermal Conductivity)；電感元件(Inductor Devices)；梳線型帶通濾波器(Compline Band Pass Filters)

應用奈米自組裝表面披覆技術，可加工96%氧化鋁基板，創造出超平坦的陶瓷基板。奈米披覆的平坦化陶瓷基板不但具有奈米級的表面平坦度，其熱傳導特性、機械強度、高頻響應、薄膜黏著特性皆有相當優越的表現，此基板可作為後續電、光、磁薄膜元件的成長基底。此外，奈米自組裝技術為自發性自然行為，擁有單純又乾淨的製造流程。平坦化陶瓷基板技術的市場應用範圍有：資訊通訊產業的積體被動元件基板、積體電路晶片的載

板、積體電路製造業的基板，以及光電產業的整合元件基板。此平坦化陶瓷基板技術將提供台灣電子、光電產業一個高性能、低成本的應用立足契機。

平坦化陶瓷基板的表面粗糙度

應用自組裝表面披覆技術，我們可在96%氧化鋁基板上加工創造出超平坦的陶瓷基板。如圖一所示，平坦化陶瓷基板由基材（96%氧化鋁基板）、緩衝層、平

坦層（奈米結構層）所組成，緩衝層及平坦層皆由類陶瓷的無機材料所構成，因此基板的後續製程溫度相容性可高達 600°C ，這有別於直接在氧化鋁基板上塗佈聚醯亞胺材料所進行的平坦化製程。利用原子力掃描顯微鏡(AFM)及 α -step測量平坦化陶瓷基板的表面平坦度，在300奈米(nm)至200微米(μm)的檢測距離內，平坦化陶瓷基板的表面平坦度皆小於1奈米，這結果有利於後續薄膜元件製程的進行。

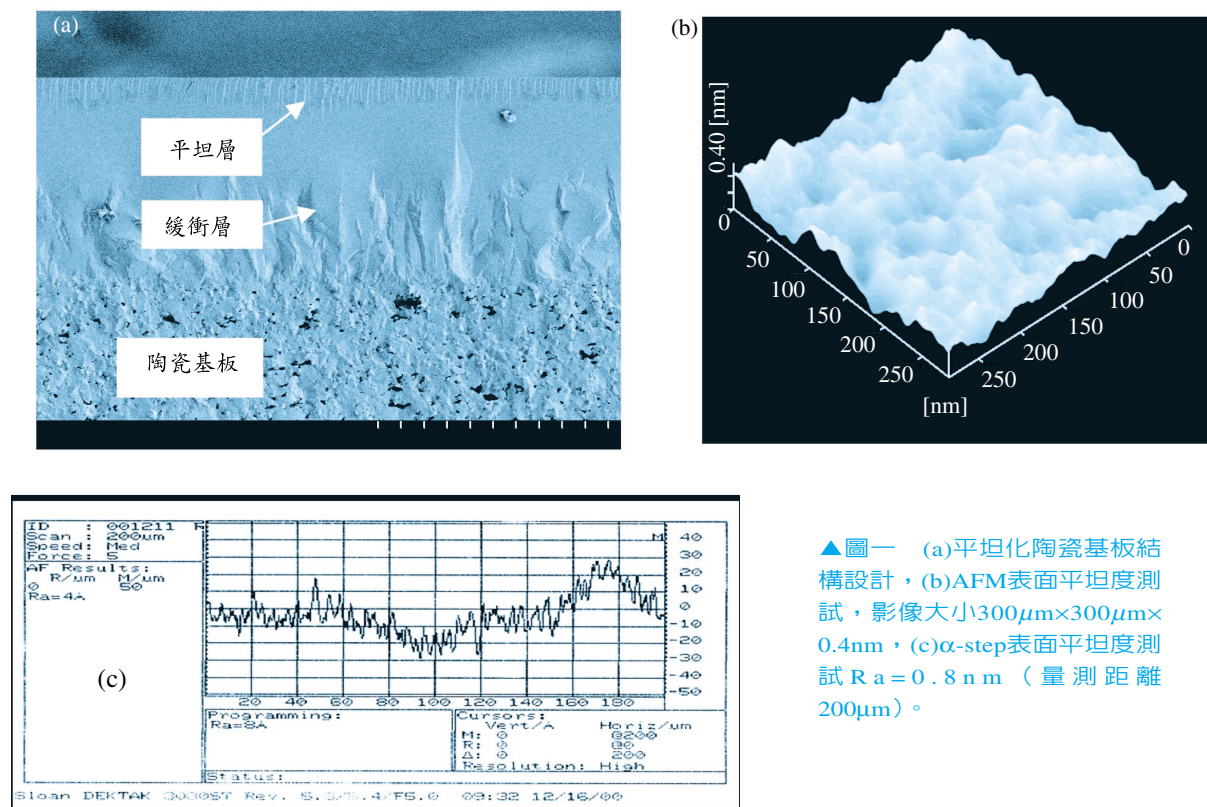
平坦化陶瓷基板的高頻電性驗證

利用真空濺鍍法在平坦化陶瓷基板上鍍上3微米厚的銅膜，經黃光蝕刻程序，採用交通大學鍾世忠教授所提供的

圖形，製造出環形微波共振腔，以網路分析儀量測其高頻特性，並與FR-4電路板所製造出的環形微波共振腔元件相互比對。如圖二所示，平坦化陶瓷基板上的環形微波共振腔具有比較窄的共振頻寬，這顯示平坦化陶瓷基板對未來高頻使用的訊號量承載與訊號解析皆比FR-4電路板更具優越的特性。

平坦化陶瓷基板的熱傳導特性

在中研院陳洋元教授熱傳導設備的支援下，進行平坦化陶瓷基板熱傳實驗，如圖三所示，平坦化陶瓷基板的熱傳係數約為 $11\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ 。一般所使用的FR-4板子的熱傳係數約為 $0.1\text{--}0.3\text{W/m}^{\circ}\text{C}$ ，低溫共燒陶瓷(LTCC)的熱傳係數約為



▲圖一 (a)平坦化陶瓷基板結構設計，(b)AFM表面平坦度測試，影像大小 $300\mu\text{m}\times 300\mu\text{m}\times 0.4\text{nm}$ ，(c) α -step表面平坦度測試 $R_a = 0.8\text{ nm}$ （量測距離 $200\mu\text{m}$ ）。

5W/m°C。實驗量測結果經比較，平坦化陶瓷基板確實擁有不錯的熱傳特性。

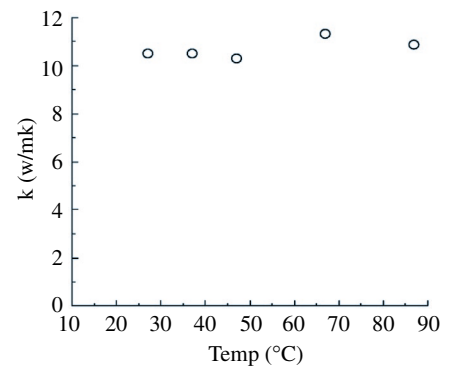
平坦化陶瓷基板對電感元件成長特性驗證

由工研院材料所尖端材料實驗室提供平坦化陶瓷基板，在中央大學詹益仁教授實驗室進行高頻電感元件的製作與特性量測，實驗的基板分別採用平坦化陶瓷基板及99.6%氧化鋁拋光基板，金為導線材料，電感導線厚度5 μ m，電感元件的立體示意圖及元件樣品的光學圖形如圖四所示。表一為平坦化陶瓷基板及99.6%氧化鋁拋光基板上的電感元件特性，在頻率2.75GHz及5.25GHz平坦化陶瓷基板電感元件的Q值皆達到15以上，相對於99.6%氧化鋁拋光基板電感元件的Q值則為14。實驗顯示若能選擇適當的材

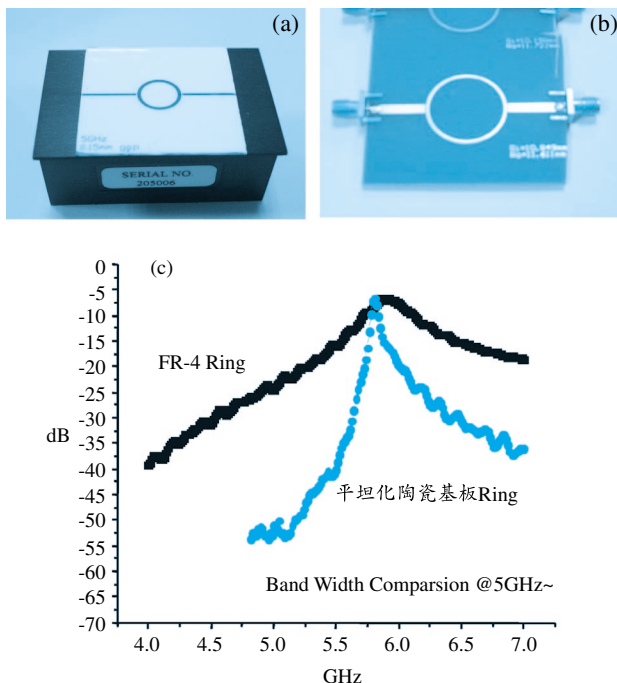
料（平坦化陶瓷基板的緩衝層及平坦層材料），我們將有機會創造更勝予99.6%氧化鋁拋光基板的高頻特性。

平坦化陶瓷基板對梳線型帶通濾波器元件特性驗證

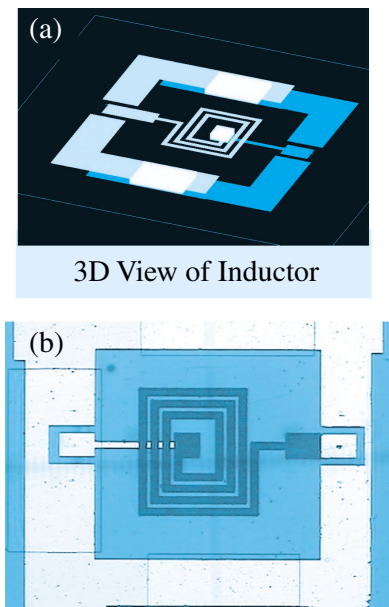
與中華能率電子科技公司合作進行梳線型帶通濾波器的模擬，並在平坦化



▲圖三 平坦化陶瓷基板之熱傳導實驗



▲圖二 (a)平坦化陶瓷基板之環形共振腔元件，(b)FR-4電路板之環形共振腔元件，(c)不同基材之環形共振腔元件訊號穿透(S21 Parameter)特性



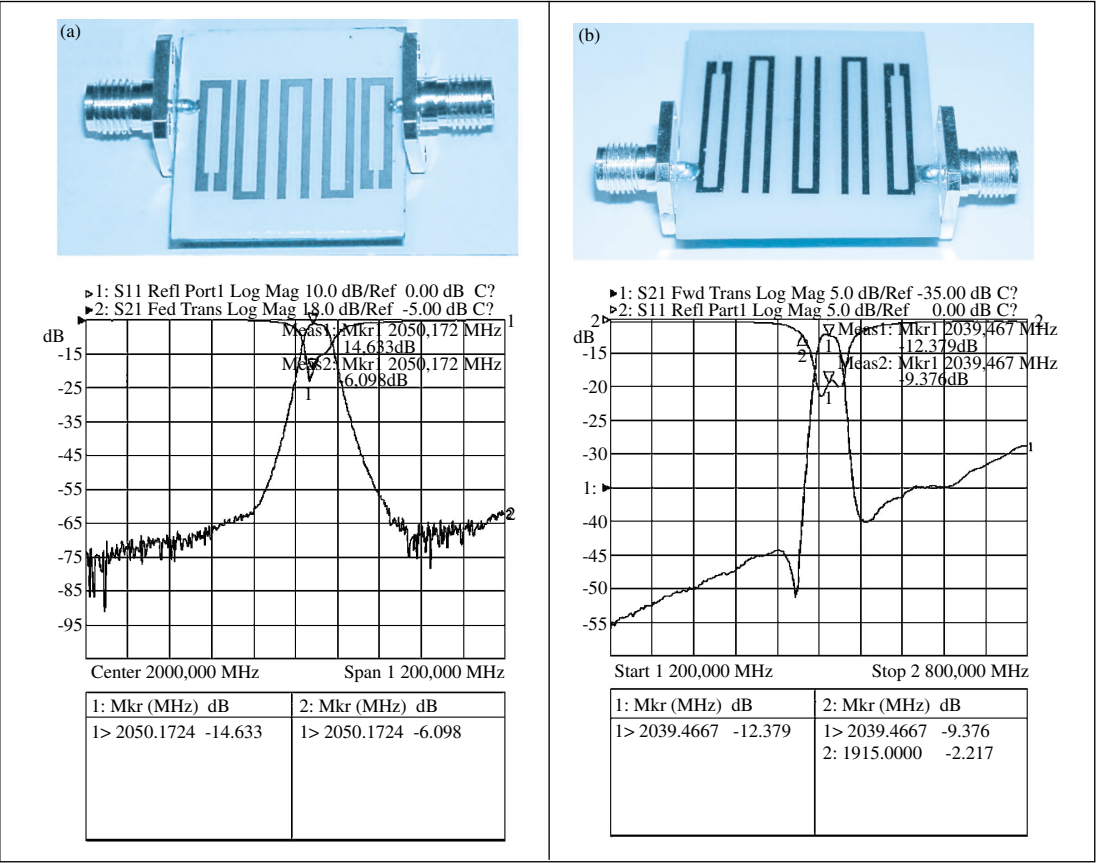
▲圖四 (a)薄膜電感元件之立體示意圖，(b)實際薄膜電感元件樣品之光學圖（線寬25 μ m）

表一 薄膜電感元件特性

	99.6%氧化鋁基板		平坦化陶瓷基板	
	L (nH)	Qmax	L (nH)	Qmax
2.5turn	3.12	14.03	3.35	16.3
4.5turn	9.72	13.94	10.55	15.32

註：電感元件線寬25μm

▼圖五 (a)平坦化陶瓷基板梳線型帶通濾波器樣品圖及其S11和S21特性曲線，(b)FR-4電路板梳線型帶通濾波器樣品圖及其S11和S21特性曲線



陶瓷基板及FR-4電路板上製作梳線型帶通濾波器元件。利用真空濺鍍法在平坦化陶瓷基板上鍍上3微米厚的銅膜，經黃光蝕刻程序，採用中華能率電子科技公司所提供的圖形，製造出梳線型帶通濾波器，以網路分析儀量測其訊號穿透及反射的特性。如圖五所示，在元件插入損耗特性與穿透訊號的頻寬控制上，平坦化陶瓷基板梳線型帶通濾波器皆具有比FR-4電路板梳線型帶通濾波器更優越的特性展現。

致謝

本技術開發承蒙經濟部九十一年科技專案計畫支持。同時感謝交通大學鍾世忠教授、中研院陳洋元教授、中央大學詹益仁教授、中華能率電子科技公司，在平坦化陶瓷基板上分別對於環帶微波共振腔、熱傳導、高頻電感元件、梳線型帶通濾波器的研究實驗給予協助。