

# 微波介質陶瓷金屬化之製作與研究

## Development and Study of Metallization for Microwave Dielectric Ceramics

林政毅<sup>1</sup>、林昭志<sup>1</sup>、高端環<sup>2</sup>、黃萌祺<sup>2\*</sup>、李遠明<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國立彰化師範大學電機工程學系

<sup>2</sup> 工研院產經中心材化組 材料研究部

<sup>3</sup> 孟晉科技股份有限公司

**摘要：**本研究藉由雷射圖案化與無電鍍銅方式將微波介質陶瓷金屬化，整個金屬化的過程溫度相對其他製程方法如：低溫共燒多層陶瓷 (Low Temperature Co-fired Ceramics, LTCC)、直接覆銅接合技術 (Direct Bond Copper, DBC) 製程低，顯示此技術能夠有效地降低能源的損耗和大幅地減少冷卻設備的成本。另外，此製程相較於傳統銀漿燒結方法，孔壁內的金屬不會有短路或附著不完全的現象發生。因此每批陶瓷雷射金屬化完成後不需要逐顆地檢查，不只能縮短整個製程的時間，也能減少人力成本的支出。雷射參數經過最佳化後，最小線路寬度誤差在  $\pm 50 \mu\text{m}$ ，線路的位置精準度則在  $\pm 50 \mu\text{m}$  內，訊號的正確性和可靠度皆會提升。此外，本計畫能藉由雷射進行圖案化修整，將能使陶瓷元件進行頻率位移與效率提升，有助於解決陶瓷材料之成份差異而造成元件頻偏之問題。

**Abstract :** In this study, laser patterning and electroless copper plating were used to metallize microwave dielectric ceramics. The process temperature of the metallization was lower than other process methods such as Low Temperature Co-fired Ceramics (LTCC) and Direct Bond Copper (DBC), showing that this technology can effectively reduce the energy consumption and significantly reduce the cost for cooling equipment. In addition, compared with conventional silver paste sintering method, this process produces no short circuit or incomplete metallization in the wall of the holes. Therefore, after completing ceramic metallization process for different batches, it is not necessary to inspect individual devices. The process not only shortens the entire process time but also reduces labor cost. By optimizing laser parameters, the minimum line width error is within  $\pm 50 \mu\text{m}$  and the line position accuracy is within  $\pm 50 \mu\text{m}$ . The accuracy and reliability of the signals are also improved through the parameters optimization. In addition, this study shows that laser-pattern-trimming can be used to tune the frequency of ceramic device and improves its efficiency, allowing to solve the frequency deviation problem caused by the composition difference of ceramic materials.

**關鍵詞：**微波介質陶瓷、陶瓷雷射金屬化、雷射雕刻

**Keywords :** Microwave dielectric ceramics, Ceramics laser metallization, Laser engraving

### 前言

微波介質陶瓷 (Microwave Dielectric Ceramics) 是行動通訊及 3C 產品中濾波器、振盪器、天線、介質波導管等重要元件的基礎材料，近年來移動通信、無線電區域網、全球衛星定位系統等

技術的進步，對於以微波介質陶瓷為基礎的微波元件被廣泛運用且需求量大幅增加，因此能以較少能量和節省人力的方式製造微波介質陶瓷已受到重視 [1]。根據 MarketsandMarkets Analysis 市場調查機構統計，2009 年全球微波介質陶瓷元件市場規模為 68.2 億美金，每年成長率超過 15%，

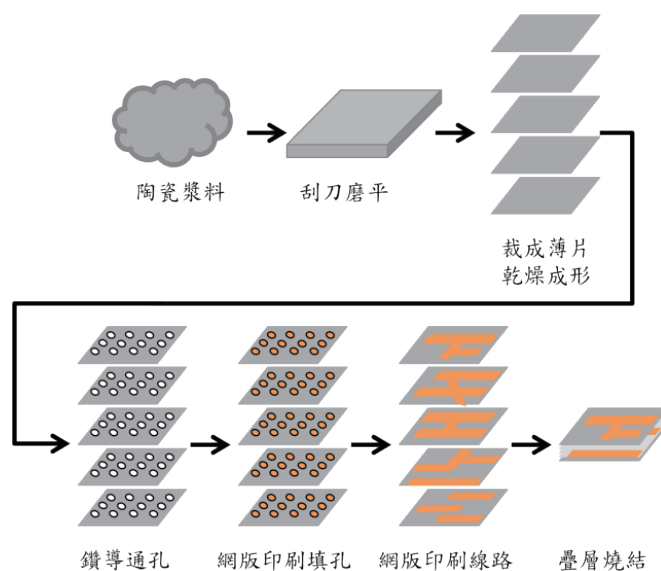


圖 1 LTCC 製作流程

於 2015 年全球微波介質陶瓷元件市場規模將超過 158.7 億美元，需求量達 63.4 億個元件，並隨著未來 B4G/5G 高頻產品增加與產品體積縮小，全球微波介質陶瓷元件將持續提高市場規模與產值。目前微波介質陶瓷元件的製作方式是使用銀漿料或銅漿料置於網版中進行圖案印刷後，再將陶瓷基板於 800-900°C 進行一小時以上之高溫燒結，為了使銀漿料或銅漿料內的高分子去除而產生良好金屬電性，必須在高溫下長時間燒結，其整個製程屬於高耗能之產業，此外，由於銀膠高溫燒結後與陶瓷二次燒結所產生的膨脹係數差異導致尺寸收縮，將會造成造成 5~14% 之線路偏移誤差，導致日後訊號頻偏的問題；故本計畫將開發雷射陶瓷金屬化製程取代傳統銀漿燒結製程，並配合智慧化雷射修整技術，以利解決陶瓷材料之成份差異而造成元件頻偏之問題。

低溫共燒陶瓷能夠製造具有低介電損耗和嵌

入式銀電極的三維陶瓷模塊 [2]。一般燒結溫度為 900~1000 °C [3]，藉由調整各成分的百分比會影響燒結出來陶瓷的介電系數、損耗因數和微波諧振頻率的溫度相關性 [4]。LTCC 製程流程圖如圖 1 所示。直接覆銅接合技術是將銅和陶瓷材料直接結合的製程。DBC 基板的優點在於有較厚的銅金屬化及靠近表面處的基板和銅的熱膨脹相近，因此銅與陶瓷結合強度高 [5]。研究指出氧氣濃度會影響銅與基板的結合溫度，在 1.4 % 的氧氣濃度下，其結合溫度達到最低 1065 °C [6]。

### 陶瓷雷射金屬化技術簡介

本研究開發陶瓷雷射金屬化技術，其是先利用特殊 1064 nm 雷射光直接進行陶瓷表面圖案化定義及材料激發處理；再搭配表面處理技術與金屬化技術進行 3D 金屬微結構製作，如圖 2 所示，由於陶瓷雷射金屬化技術為低溫快速製程，且可

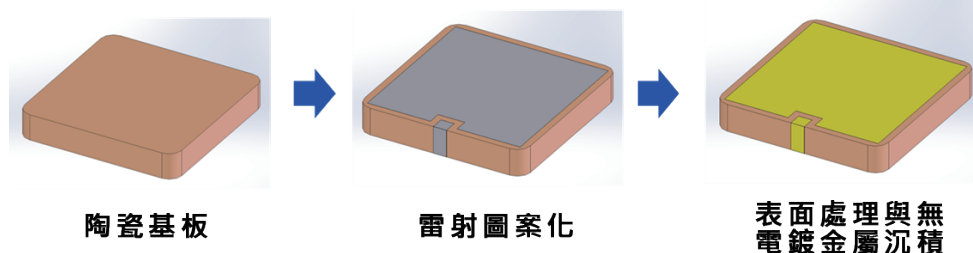


圖 2 陶瓷雷射金屬化技術流程圖

## 更完整的內容

詳見 ■ 機械工業雜誌 ■ · 426 期 · 107 年 9 月號

---

機械工業雜誌 · 每期 **220** 元 · 一年 12 期 **2200** 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

匯款帳號：兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)，帳號/ 203-07-02288-0

訂書專線：03-591-9339

傳 真：03-582-2011

機械工業雜誌 · 官方網站：[www.automan.tw](http://www.automan.tw)

機械工業雜誌 · 信箱：[jmi@itri.org.tw](mailto:jmi@itri.org.tw)