



高頻陶瓷元件雷射金屬化技術

The Laser Metallization Technology for the High Frequency Ceramic Components

¹黃萌祺 / ² 高瑞環 / ² 林冠廷 / ² 張心豪

¹ 工研院機械所 先進製造技術組 先進封裝技術部 經理

² 工研院機械所 先進製造技術組 先進封裝技術部

摘要：隨著多樣性產品與元件對於輕薄短小之體積要求逐漸增加，微波介質陶瓷元件因具有體積小、元件密度高等優勢，而需求量大幅增加。本論文開發陶瓷雷射金屬化技術製作微波介質陶瓷元件應用於 38GHz 高頻天線與 GPS (global positioning system) 天線，以取代傳統銀漿網印技術與金屬漿料高溫燒結技術，其為低溫快速製程，且可利用雷射光精準控制金屬線路之位置與線寬，故最小線寬可達 30 μm 以下，且位置精度可控制於 $\pm 50 \mu\text{m}$ 以下，符合 B4G 或 5G 高頻模組之發展需求，且因低溫製程而具有高節能效益。

Abstract : Due to the increasing demands of various products and compact components, the needs to develop metallization technology in devices of microwave dielectric ceramics become imperative and important. The microwave dielectric ceramic is very effective for manufacturing smaller devices and improving the package density of integrated circuits. The purpose of this paper is to develop ceramic laser metallization technology to fabricate devices of microwave dielectric ceramics for the applications in high-frequency 38 GHz antenna and GPS antenna. In comparison to the conventional technology of screen printing of silver pastes sintered under high temperature, the laser metallization is a low-temperature process with rapid speed. Moreover, the position and line-width of metal lines could be precisely controlled by laser irradiation and stages. Therefore, the smallest line-width could be lower than 30 μm and the precision of line position could be within the range of $\pm 50 \mu\text{m}$. The achievement of smallest line-width and precision of line position fulfills the requirements of B4G and 5G high-frequency antenna. This technology could also effectively save energy because of its low-temperature process.

關鍵詞：陶瓷雷射金屬化技術、無電鍍、雷射、天線

Keywords : Ceramic Laser Metallization Technology, Electroless Plating, Laser, Antenna

簡介

隨著 3C 產品及行動通訊市場高速成長，產品與元件對於輕薄短小之體積要求逐漸增加，根據

IEK 統計，2016 年台灣微波介質陶瓷元件與被動元件產值達 1233 億元，年成長達 5.4%。微波介質陶瓷元件因具有體積小、元件密度高等優勢，而需求

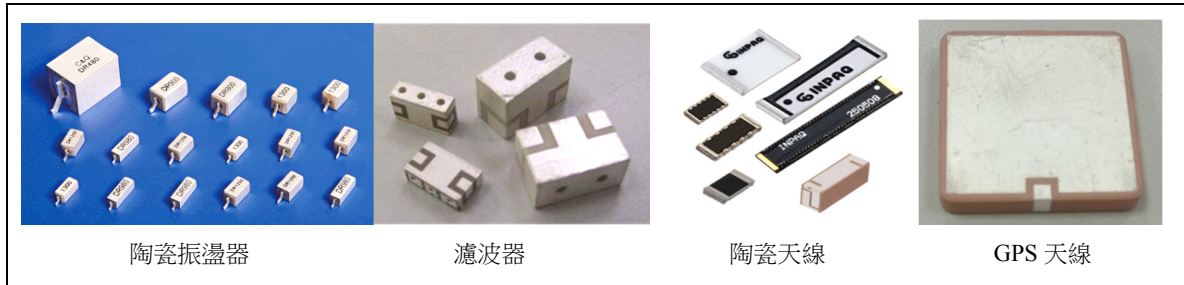


圖 1 微波介質陶瓷元件的應用[1-3]

量大幅增加，目前微波介質陶瓷元件可應用於微波頻段(主要是 UHF (ultra high frequency)、SHF (super high frequency)頻段，300 MHz~300 GHz)，可製作陶瓷天線、濾波器、陶瓷振盪器、介質導波迴路等陶瓷元件，如圖 1 所示。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%，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，需求量大達 63.4 億個元件，其中，以 GPS 天線市場產值為最高，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。

微波介電陶瓷材料具備以下特性：

- (1) 具有高介電常數 ϵ_r 值，通常 ϵ_r 值介於 10 到 100 之間，因其直接關係著元件尺寸的大小，亦即元件小型化的能力， ϵ_r 值越大，尺寸越小，共振頻率之頻寬越小，陶瓷元件會隨著介電常數 ϵ_r 值平方根成反比，因為介電常數之大小會影響電磁波於陶瓷元件內之波長，此時波長會比在自由空間中縮小了 $(1/\epsilon_r^{1/2})$ 倍：

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

其中， λ_g 為在介質中的波長， λ_0 為在自由空間的波長

進而影響陶瓷元件之尺寸可縮至 $(1/\epsilon_r^{1/2})$ 倍，也可使微波介電陶瓷基板面積縮減，達到元件

微小化的要求。因此具高介電常數之材料常能直接促使元件的微小化。

- (2) 具有較小之介電損失(dielectric loss)，即高介電品質因素(quality factor, Q)，Q 值通常大於 1000，微波介質陶瓷 Q 值與介質損耗成反比關係。Q 值越大，元件的介質損耗就越低。
- (3) 具有近於零或較小之共振頻率溫度係數，以確保使用之共振頻率，不因溫度的變化而劇烈飄移，溫度的實際要求範圍是 $-40^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ ，在這個範圍內材料的頻率溫度係數不大於 10 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 。微波介電陶瓷元件雖然具有高介電常數、高介電品質因素(Q 值)、低介電損失之特性，但亦表示此陶瓷元件之共振頻寬小，故其天線或通訊元件之中心頻率要越精準，製程容許誤差小，需要高精度之製作技術才能符合需求。由於微波介電陶瓷材料可實現小尺寸元件設計，並搭配銀、銅等金屬線路製作，而成為無線通訊元件或線路的重要製程，且未來 B4G 或 5G 高頻模組，由於需要多天線 MIMO (multiple-input and multiple-output)系統進行資料大量傳輸，行動通訊產品必須在有限產品空間內放入更多天線元件，故此小型化之微波介電陶瓷元件亦為重要元件。

目前微波介電陶瓷元件使用銀漿網印技術與金屬漿料燒結技術進行製作，有以下四點技術瓶頸：1. 由於微波介電陶瓷元件之共振頻寬很窄，使用銀漿網印技術與金屬漿料燒結技術進行金屬線路製作，金屬線路因高溫燒結造成線路尺寸與位置

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】414期・106年9月號

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

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw