

## ABSTRACT

Cu-Ag core-shell particles with homogeneous silver layers were synthesized using electroless plating of Cu particles, silver sulfate, and sodium citrate as a dispersant and chelating agent in an aqueous system. This study investigated the influences of varied [sodium citrate]/[Ag] and [sodium citrate]/[Cu] molar ratios on Ag coatings of Cu powders. Ag film formed a dense coating on the surface of the Cu powders at a molar ratio combination of [sodium citrate]/[Ag]=1.09 and [sodium citrate]/[Cu]=0.25. SEM images showed a uniformity of Ag coatings on the Cu powders. SEM-EDS analyses also revealed that the Cu cores were covered by Ag shells on the whole. Measuring the oxidation resistance of the Cu-Ag core-shell particles revealed closer resistivity ( $6.25 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ ); pure Ag ( $9.25 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ ) without CuO (-1 1 1) and Cu<sub>2</sub>O (1 1 1) peaks were detected after 4 hr of 350°C heat treatment.

**Key Words:** Cu-Ag core-shell particles, electroless plating, oxidation resistance

### 一、前言

銅與銀皆因具有良好之導熱以及導電特性（銅：溫度 20°C 時電阻為 16.78 nΩ·m、溫度 300K 時熱傳導係數為 401 W/m·K；銀：溫度 20°C 時電阻為 15.87 nΩ·m、溫度 300K 時熱傳導係數為 429 W/m·K），且其價格相較於金便宜許多（金約為銅價之 6,415 倍、金約為銀價之 45 倍），使得銅與銀有著十分廣泛之應用 [1, 2, 12, 19, 20]，例如電子工業、感應器、觸媒、光學儀器或者生物元件等 [3, 11, 14, 15]，然而由於銅的表面易於氧化之特性，以及銀於地殼中含量稀少與價格昂貴之源故，大幅的限制了銅與銀之發展應用。近年發展出一種銀銅殼核（Cu-Ag core-shell）結構粉末或稱銀包銅粉已然成為了解決上述問題之方案之一 [8]。

一般來說殼核結構粉體之合成方式可透過真空蒸鍍、真空濺鍍、電鍍或者無電電鍍等方法來達成 [5, 16, 21]，其中電鍍法被廣泛的運用在銀的電鍍上，且能有效將銀鍍於多種不同之機材表面 [18]，然而上述幾種方法中所提之電鍍法或者真空程序中不僅產率極低且價格昂貴。另外，無電電鍍法不僅具有低成本以及高產率等性，但其仍有表面鍍層鬆散的問題存在。根據 Xu 等人 [22] 於 *Material Letters* 中所發表之文章中主要談到，當以氨水作為硝酸銀溶液無電電鍍銅系統中之螯合劑時，氨水的添加量會對於銅的溶出速率產生關鍵性的影響。此外，Mancier 等人 [13] 之研究亦曾提到過以乙二胺四乙酸作為螯合劑以控制銀銅之置換速率。不過上述文獻中所提出之合成方式常存在著需要昂貴儀器設備、低產率與不適合大量生產等缺點，除此之外，大部分的合成程序中皆使用了較為具毒害性之化學品作為還原劑（硼氫化鈉-聯氨）、分散劑（十六烷基三甲基溴化銨、聚乙炔吡咯烷酮）以及螯合劑（氨水、乙二胺四乙酸）[17, 22]，

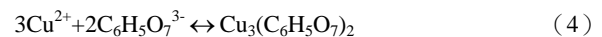
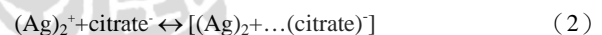
另銀與銅的置換程序中也必須避免氫氧化銅中間產物存於粉體表面之情況 [6,10,22]。

本研究提出了一種相較傳統方式更為環保、適合量產且可於室溫下合成銀銅殼核粉末之方式，主要以檸檬酸鈉取代傳統較具毒性之藥劑以作為本研究之多功能藥劑（螯合劑與分散劑），起始原料的部分尚包含了微米銅粉與硫酸銀。

### 二、銀銅殼核粉體合成與膠狀物配製

#### （一）銀銅殼核粉體合成

本研究參考前人研究 [4, 18] 中歸納出本反應體系中可能發生之反應方程式如方程式（1）~（4）所示：



本研究所規劃之實驗參數如表 1 所示，另銀銅殼核粉體合成步驟如下：

步驟 1：取 2.53 g 銅粉與 2.98 g 之檸檬酸鈉溶於 100 ml 之去離子水中，配成溶液 A。

步驟 2：取 1.17 g 硫酸銀與不同重量之檸檬酸鈉溶於 250 ml 之去離子水中，配成溶液 B。

步驟 3：將溶液 A 以攪拌器控制於 1000 rpm 的轉速下，並快速將溶液 B 倒入。

步驟 4：待溶液顏色由紅轉紫最後變為墨綠色時停止反應。