

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：9613044⁹

※ 申請日期：96.8.17

※IPC 分類：(25D 5/18, (2006.01)

5/19, (2006.01)

3/56, (2006.01)

7/12, (2006.01)

19/00, (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

沉積合金組成物的方法和系統

METHOD AND SYSTEM FOR DEPOSITING ALLOY COMPOSITION

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

薛米屠爾公司 / SEMITool, INC.

代表人：(中文/英文)

賴利 A. 維亞諾 / VIANO, LARRY A.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國蒙大拿州 59901 卡利斯貝爾西瑞色夫路 655 號

655 W. Reserve Drive, Kalispell, Montana 59901, U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國 / U.S.A.

三、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 拜歐 金 / KIM, BIOH

2. 馬爾文 貝爾特 / BERNT, MARVIN

3. 葛瑞吉 威爾森 / WILSON, GREG

4. 保羅 R 麥克航 / MCHUGH, PAUL R.

國 籍：(中文/英文)

1.2.3.4. 美國 / U.S.A.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，
其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

美國、2006.08.18、11/507,066

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本文中所述之標的係關於用於在微特徵工件上形成金屬合金特徵及控制所沈積之金屬合金特徵內之組成梯度的方法及系統。

【先前技術】

金屬合金在微電子工業中用於眾多應用。舉例而言，坡莫合金（Permalloy）及其他磁性合金（其係基於鎳、鈷及鐵）係用於巨磁阻頭及磁阻頭中。金屬合金亦係用作交互連結及通道(via)之導電特徵。貴金屬合金係用作電容器之電極。諸如鉛-錫合金及無鉛合金之其他金屬合金係用作將微電子元件安裝至基板之焊料。

當電鍍溶液中之金屬離子具有類似還原電位時，沈積為合金之金屬之重量比趨於與電鍍溶液中金屬離子之濃度比類似。該特徵有助於預測及控制所沈積之特徵內所沈積之合金組成。相反地，當合金金屬不具有類似還原電位時，預測及控制所沈積之特徵內的合金組成變得更具挑戰性。

無鉛焊料及坡莫合金係由具有大體上不同的還原電位之合金金屬形成。此外，用以電鍍無鉛焊料及坡莫合金之電鍍浴包括呈極為不同組成之合金金屬。舉例而言，對於錫-銀焊料而言，電鍍浴中之銀濃度大大低於錫濃度。在沈積坡莫合金之電鍍浴中，非鎳金屬離子濃度一般大大低於鎳離子濃度。該等因素可促使所沈積之合金內不同位置處之金屬比變化。出於種種原因，該等變化可能係不合乎需

要的。

需要基於接近共晶之錫合金的焊料，此係歸因於諸如良好熔融、可焊性、解決鉛污染之能力及可靠性的特性。為了將該等合金用作一般用途焊料，銀及銅含量由於形成凸塊應用之熔點限制而限於接近共晶組成。若所形成之特徵內不同位置處之金屬重量比與提供具有所要熔融特性之合金所需之比率相差太大，則可能導致在彼等位置處發生不完全的重熔焊接，且一些焊料合金在重熔焊接溫度下可能不熔融。僅僅升高重熔焊接溫度往往並不能解決問題，因為較高溫度可能會損害周圍結構。不完全的重熔焊接係不合乎需要的，因為其會對合金之導電特性及金屬間界面之整合性造成不利影響。

在磁頭應用中，磁頭之磁性變化係不合乎需要的，因為其影響磁頭之效能。坡莫合金之磁性受合金之組成影響。若所沈積之坡莫合金之某些部份的組成不同於其他部分，則磁頭之效能可能會受到不利影響。

在一些應用中，可能需要產生合金特徵之某些部份的組成不同於該合金特徵之其他部份的金屬合金特徵。舉例而言，當一合金特徵作為兩種不相似材料之界面時，可能需要該合金特徵之一部分在與一種材料之界面處具有一種組成，而在與另一種材料之界面處具有不同組成。

【發明內容】

在一態樣中，本文中所述之方法及系統提供可用於使所形成之金屬合金特徵內之組成變化最小的技術及工具。

使所形成之金屬合金特徵內之組成變化最小會減少合金特徵不以其設計起作用之方式起作用的可能性。舉例而言，使焊料合金中之組成變化最小可減少在所要重熔焊接溫度下發生不完全的重熔焊接，或減少周圍結構將由於升高重熔焊接溫度以達成完全焊料重熔焊接而受損的可能性。對於用於磁頭應用之合金而言，使合金中之組成變化最小視需要可減少磁頭將不執行操作的可能性。

以下更詳細描述一種形成一金屬合金特徵之方法，包括一提供在一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件的步驟。使該微特徵工件與一電鍍浴接觸，該電鍍浴亦與一電極接觸。在該金屬特徵與該電極之間施加一電位以產生一第一電流密度，該第一電流密度促進具有一第一合金金屬重量比之金屬合金沈積於該凹入特徵內。隨後調節該電位以將該第一電流密度改變至一第二電流密度，其使具有一第二合金金屬重量比之金屬合金沈積於該凹入特徵內。隨後第三次改變該電位以提供一第三電流密度，其使具有一第三合金金屬重量比之金屬合金沈積於該凹入特徵內。如以下更詳細描述，在一些實施例中，第一、第二及第三電流密度不同；且在其他具體實例中，第一、第二及第三電流密度類似。此外，如以下更詳細描述，所沈積之金屬合金中之所得第一合金金屬重量比、第二合金金屬重量比及第三合金金屬重量比可大體上相同或可大體上不同。

本文中所述之方法可用於形成所沈積之金屬合金特徵內合金金屬重量比在所沈積之特徵內之不同位置處為不同

的合金金屬特徵，或形成所形成之合金金屬特徵內之合金金屬重量比變化最小的合金金屬特徵。用於製造在整個所沈積之合金金屬特徵內之合金金屬重量比變化最小的合金金屬特徵之方法，包括提供於一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件的步驟。使該微特徵工件與一電鍍浴接觸，該電鍍浴亦與一電極接觸。在該金屬特徵與該電極之間施加一電位，其產生一第一電流密度且使具有一第一合金金屬重量比之合金金屬沈積於該金屬特徵上。根據該方法，隨後在用合金金屬填充該凹入特徵時，將該第一電流密度調節至一第二電流密度，且繼續沈積具有一與該第一合金金屬重量比大體上類似之重量比之合金金屬。

本文中所述之方法可在一用於形成一金屬合金特徵之工具中進行，該工具包括一用於容納在一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件的反應器。該反應器含有一與一電極接觸之電鍍浴。該反應器使該微特徵工件與該電鍍浴接觸。該工具進一步包括一用於在該金屬特徵與該電極之間施加一第一電位、一第二電位及一第三電位的電源。該第一電位產生一第一電流密度，其使具有一第一合金金屬重量比之合金金屬沈積於凹入特徵內。該第二電位產生一第二電流密度，其使具有一第二合金金屬重量比之合金金屬沈積於凹入特徵內。該第三電位產生一第三電流密度，其使具有一第三合金金屬重量比之合金金屬沈積於凹入特徵內。

本文中所述之方法進一步包括形成金屬特徵之方法，

其中對於該金屬特徵增加沈積速率。方法一般包括：提供於一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件，提供一與一電極接觸之電鍍浴，及使該微特徵工件與該電鍍浴接觸。該方法進一步包括：在該金屬特徵與該電極之間施加一電位及產生一第一電流密度，及以一第一沈積速率將金屬沈積於凹入特徵內。該方法進一步包括調節該電位以將該第一電流密度改變至一第二電流密度，及以一第二沈積速率將金屬沈積於凹入特徵內。該方法進一步包括調節該電位以將該第二電流密度改變至一第三電流密度，以一第三沈積速率將金屬沈積於凹入特徵內。該金屬特徵可為一單一金屬特徵或一金屬合金特徵。此外，本文中所述之方法進一步包括藉由在沈積金屬時單獨或與電流密度變化組合而調節攪拌器速率，來控制金屬沈積速率。

本文中所述之方法進一步包括藉由使用反應器攪拌速率以控制金屬合金沈積來形成金屬合金特徵之方法。方法一般包括：提供於一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件，提供一與一電極接觸之電鍍浴，使該微特徵工件與該電鍍浴接觸，及在該金屬特徵與該電極之間施加一電位以產生一電流密度。該方法進一步包括用一攪拌器以一第一攪拌速率攪拌電鍍浴，及沈積具有一第一合金金屬重量比之金屬合金。該方法進一步包括藉由在沈積金屬合金時調節該攪拌器至一第二攪拌速率，來控制所沈積之金屬合金中之合金金屬重量比自該第一重量比至一第二重量比的變化。

前述方面和在此所述主題的許多優點，在配合所附圖式而參考以下詳細敘述後，將會變得更易體會。

儘管以下已說明且描述說明性具體實例，但應瞭解可在不悖離所述標的之精神及範疇之情況下對其作出多種改變。

如本文中所用，術語「微特徵工件」或「工件」係指其上及/或其中形成微元件之基板。該等基板包括半導體性基板（例如矽晶圓及砷化鎵晶圓）、非導電性基板（例如陶瓷或玻璃基板）及導電性基板（例如經摻雜之晶圓）。微元件之實例包括微電子電路或構件、微機械元件、微機電元件、微光學元件、薄膜記錄頭、資料儲存元件、微流體元件及其他小型元件。

在以下關於在一微特徵工件上形成一金屬合金特徵之描述中，特定提及一例示性錫-銀焊料系統。提及錫-銀焊料之沈積係出於示範性目的，且應瞭解本文中所述之方法及系統並不限於錫離子及銀離子。

如本文中所用，術語「基板」係指一材料基底層，其上安置有一或多個金屬化層級。該基板例如可為半導體、陶瓷、介電質…等。

根據本文中所述之方法來形成金屬合金特徵可在經設計以用電化學方法沈積金屬之工具中進行，諸如可自位在 Montana 州 Kalispell 的 Semitool 公司以商標 Raider™ 獲得之工具，如標題均為「Integrated tool with interchangeable wet processing components for processing microfeature

workpieces and automated calibration systems」之美國專利第 7,198,694 號及國際專利申請公開案第 WO 04/108353 號中所述，其揭示內容據此以引用的方式併入。

可提供一整合工具以進行與在微特徵工件上形成微特徵有關之多個製程步驟。以下描述一種可能之處理站組合，其可實現於一以商標 Raider™而由位在 Montana 州 Kalispell 的 Semitool 公司購得之處理工具平臺中。應瞭解其他處理工具平臺可以類似或不同方式組態以進行諸如下述之金屬化步驟。參看圖 1，一例示性整合處理工具 120 包括進行以下步驟之站：一預濕步驟站 122、可選用的銅沈積步驟站 124、凸塊下金屬化步驟站 126、沖洗步驟站 128、合金沈積步驟站 130 及一旋轉-沖洗-乾燥步驟站 132。進行該等步驟之腔室可以各種組態排列。微電子工件係經由使用自動機器（未圖示）在腔室之間傳遞。用於工具 120 之自動機器經設計以沿一線性軌跡移動。或者，該自動機器可於中心處加以安裝且經設計以旋轉，從而存取工具 120 之輸入區 136 及輸出區 138。於工具 120 中使用之合適腔室包括可自 Semitool 公司獲得 Equinox®品牌的處理工具之模組組態的腔室。舉例而言，一適用於合金沈積步驟之腔室 130 為可自 Semitool 公司獲得之 Raptor™反應器，如標題均為「Apparatus and method for agitating liquids in wet chemical processing of microfeature workpieces」之美國專利申請公開案第 US2007/0151844 A1 號及國際申請公開案第 WO 07/062114 號中所述，其揭示內容據此以引用的方

式併入。處理工具 120 能夠經程式化以使使用者輸入處理配方及條件。

預濕腔室 122、沖洗腔室 128 及旋轉-沖洗-乾燥腔室 132 可為可自眾多製造商獲得用於進行該等製程步驟之類型。該等腔室之實例包括可聯合上述 Raider™系統使用之噴霧處理模組及浸漬處理模組。可選用的銅沈積腔室 124、凸塊下金屬化腔室 126 及金屬合金沈積腔室 130 可由眾多電鍍及無電極沈積腔室提供，諸如可作為用於 Raider™型號的 ECD 工具之浸漬處理模組及電鍍處理反應器所獲得之腔室。電鍍處理反應器之特定實例包括以下申請案中所述之類型：標題為「Apparatus and method for agitating liquids in wet chemical processing of microfeature workpieces」之美國專利申請公開案第 US2007/0151844 A1 號、及國際專利申請案第 WO 00/061498 號、第 WO 02/097165 號、第 WO 04/108353 號、第 WO 05/001896 號、第 WO 05/060379 號及第 WO 07/062114 號，該等關於電鍍處理反應器之申請案說明書部份以引用的方式明確併入本文中。

一般而言，一用於電鍍金屬合金之腔室包括一反應器、一電鍍浴供應源、一電極（例如一陽極）、一電源及一控制器。反應器容納工件之表面且使該表面暴露於一電鍍浴中。該電鍍浴供應源包括一待沈積於工件表面上之金屬離子源。該電極係與電鍍浴電連接。電源供應工件表面與電極之間的電鍍電能，其促使電鍍金屬離子電鍍於該表面上。該控制器控制電鍍電能之供應以使得金屬離子沈積於

工件表面上。

圖 2 說明反應器 60 之簡化形式。反應器 60 包括一處理頭 62 及一電鍍碗狀物總成 64。該電鍍碗狀物總成包括一安置於一儲集容器 72 內之杯狀物總成 70。杯狀物總成 70 包括一容納電鍍浴流體之流體反應器 72 部分。該杯狀物總成亦包括一依附環狀裙套 74，該裙套在杯狀物底部 76 以下展延且包括經由此開口之孔，該等孔用於電鍍浴溶液之流體連通及釋放在用電鍍液填充儲集器總成之反應器時可能收集到之任何氣體。該杯狀物較佳係由對電鍍溶液呈惰性之材料（諸如聚丙烯）製成。

杯狀物總成 70 之底壁中之下開口係連接至一聚丙烯（或其他材料）的提昇管 78，該提昇管在相對於杯狀物總成之高度較佳經一螺紋連接來調節。提昇管 78 之第一端緊固至一陽極罩 80 之背面部份，該陽極罩支撐一陽極 82。一流體入口管線 84 係安置於提昇管 78 內。提昇管 78 與流體入口管線 84 均由一配件 86 而緊固至處理碗狀物總成 64。配件 86 可提供提昇管 78 與入口管線 84 的高度調節。因而，該連接提供陽極 82 之垂直調節。入口管線 84 較佳係由導電性材料（諸如鈦）製成，且係用以將電流自電源傳導至陽極 82，且係用以將流體供應至杯狀物總成 70。

待根據本文中所述之方法電鍍於工件上之金屬係以電鍍溶液形式，作為待沈積於工件上之金屬離子之物質而存在。電鍍溶液係經由流體入口管線 84 提供給杯狀物總成 70，且由此經由複數個流體入口開口 88 繼續前進。隨後，

如由一電鍍流體泵（未圖示）或其他合適供應源供應，該電鍍溶液經由開口 88 填充反應器 72。如以下更詳細描述，金屬離子係在優先將金屬離子沈積至凹入特徵中（相對於周圍表面而言）之製程條件下沈積。

杯狀物側壁 90 之上緣形成一堰，該堰限制杯狀物內電鍍溶液之水平量。選擇該水平量以使得該電鍍溶液僅接觸晶圓 W（或其他工件）之底表面。過量的溶液湧過該上緣而至一溢流反應器 92 中。

較佳使來自反應器 72 之溢出液體返回一合適儲集器中，在該儲集器中，該溢出液體可用其他電鍍化學品處理以調節組份量，且隨後經由電鍍反應器 72 再循環。

陽極 82 可為與電鍍金屬至工件上結合使用之惰性陽極。特定陽極亦可為可消耗性陽極，而反應器 60 中使用之陽極視所用電鍍液體及方法之具體情況而定。

圖 2 中所說明之反應器亦採用一擴散器元件 93，其安置於陽極 82 上方，從而提供晶圓 W 表面上流體流動之均勻分布。流體通道係提供於整個或一部分的擴散器板 93 上以允許流體經由其連通。擴散器元件在杯狀物總成內之高度可藉由使用一高度調節機構 94 來調節。

陽極罩 80 係使用陽極罩扣件 96 緊固至陽極 82 之下側，以防止當電鍍溶液進入處理反應器 72 時該溶液直接衝撞。陽極罩 80 及陽極罩扣件 96 較佳係由諸如聚偏二氟乙烯或聚丙烯之介電材料製成。陽極罩用以電隔離陽極之後側且給予其物理上的保護。

處理頭 62 將一晶圓 W (或其他工件) 固持於處理反應器 72 之上部區域內。圖 2 以簡化形式說明頭 62 經建構以使晶圓 W 在反應器 72 內繞一軸 R 旋轉。為此，處理頭 62 包括一具有複數個晶圓 W 嚙合接點 200 之轉子總成 98，該等嚙合接點固持晶圓 W，使其與該轉子之特徵相抵。轉子總成 98 較佳包括一環接點，如標題為「Method, chemistry, and apparatus for high deposition rate solder electroplating on a microelectronic workpiece」之國際專利申請案第 WO 00/40779 號中所述，該申請案之揭示內容據此以引用的方式併入。環接點總成之接點 200 較佳經調適以在晶圓 W 與一電源之間傳導電流。

處理頭 62 係經一頭操縱器 (未圖示) 支撐，該頭操縱器可調節以調整該處理頭之高度。該頭操縱器亦具有一可操縱以繞一水平樞軸旋轉之頭連接軸 202。使用操縱器之處理頭旋轉行為使得該處理頭置於一開放或面朝上的位置 (未圖示) 中用於裝卸晶圓 W。圖 2 說明在準備進行處理時旋轉至一面朝下的位置中之處理頭。

適用於可選用之銅沈積、凸塊下金屬化及金屬合金沈積之腔室亦可包括改良金屬離子至凹入特徵中之質量轉移的組件。用於藉由減少擴散層厚度來改良金屬離子至凹座中之質量轉移的組件，包括提供流體噴射以增加處理流體在待處理之工件表面上的流體流動速度、使元件往復以提供攪拌且增加流體流動、及經設計以在正處理之微特徵工件表面之鄰近處形成渦旋的組件。

上述工具及腔室可用於使用以下更詳細描述之方法在凹入特徵內形成金屬合金。

以下論述提及一特定合金系統：錫-銀；然而，應瞭解提及錫-銀係出於例示性目的，且本文中所述之方法及系統亦適用於其他金屬合金系統，諸如鉛合金系統及貴金屬合金系統。

參看圖 3A-3E，就錫-銀焊料合金而描述一種用於形成一金屬合金特徵之方法。參看圖 3A，基板 204（例如矽晶圓）載有一介電層 206，該介電層已經圖案化以在介電材料內提供凹座 208。介電質 206 可使用諸如光微影術之習知技術來圖案化。金屬特徵 210（諸如種子層、凸塊下金屬化或障蔽層 210）係形成於凹座 208 內。金屬特徵 210 可係使用諸如電解、無電鍍、PVD 或 CVD 技術之習知技術形成。

根據本文中所述之方法，金屬合金特徵內（例如自該特徵之底部至頂部）的合金金屬比例相對恆定（或具有最小變化）的金屬合金特徵，係藉由在填充凹入特徵時調節電流密度且因此調節沈積速率來提供。調節電流密度之方式及電流密度調節之時序將至少部分視所採用之特定化學作用以及待填充之凹入特徵之橫截面及深度尺寸而定。在某些情況下，可能需要藉由在填充凹入特徵時增加電流密度來增加沈積速率。在其他情況下，可能較佳藉由在填充凹入特徵時降低電流密度來降低沈積速率。

繼續參看使用本文中所述之方法之圖 3A-3E，一金屬

合金特徵係形成於凹座 208 內之金屬特徵 210 上。本文中所述之方法包括使金屬合金特徵得以形成之步驟，其中所形成之金屬合金特徵內之合金金屬比的變化最小。換言之，本文中所述之方法製造彼等金屬合金特徵，其中所形成之金屬合金特徵中之合金金屬重量比在所形成之合金特徵內相對恆定，例如，合金金屬重量比自所形成之金屬合金特徵之底部至頂部之變化最小。所沈積之特徵中可接受之合金金屬重量比變化將部分視合金之組成及最終用途而定。舉例而言，可為錫焊料合金所接受之合金重量比變化可能不為坡莫合金及其他磁性合金所接受。當在所形成之金屬合金特徵內之各位置處的合金金屬比與錫焊料應用之目標合金組成之變化相差不到約 ± 1 重量%，且與坡莫合金及與其他磁性合金應用之目標合金組成相差不到約 ± 5 重量%，在一更佳具體實例中，與坡莫合金及其他磁性合金應用之目標合金組成相差 ± 0.5 重量%時，認為所形成之金屬合金特徵中之合金金屬比大體上恆定。相反地，當在所形成之金屬合金特徵內之各位置處的合金金屬重量比之變化超出錫合金焊料、坡莫合金及其他磁性合金系統之上述範圍時，認為所形成之金屬合金特徵中之合金金屬比並不大體上恆定。

使用上述工具及反應器，使基板 204 與一電鍍浴接觸，該電鍍浴亦與一電極接觸。可採用可自眾多商業來源獲得之習知電鍍浴。根據本文中所述之方法，在電鍍製程期間，在填充凹入特徵及該特徵形成時，特定調節施加於金屬特

徵與電極之間的電位。增加電位則增加反應室內之電流密度，增加電流密度則增加沈積速率。降低電位則降低反應室內之電流密度，降低電流密度則降低沈積速率。

對於接近共晶之錫-銀合金而言，銀具有較高還原電位，其中在電鍍溶液中銀濃度顯著小於錫濃度。本發明者預測隨著凹入特徵之深度因經錫-銀合金填充而降低，則對銀之質量轉移限制消失，且因此相對於錫之量而有更大量之銀沈積至凹入特徵中。為了抵消在填充凹入特徵時沈積於其中之銀比例增加，且為了繼續沈積具有相同或類似組成之合金，則可增加電流密度，其使錫之沈積速率增加。在需要減少在所沈積之金屬合金內不同位置處之錫與銀重量比之變化的情況下，控制電流密度之增加，以使得在填充凹入特徵時增加之錫沈積速率與增加之銀沈積速率成比例。上述假定電流密度高於銀之極限電流密度，且由此電流密度之增加對銀沈積速率的影響很小。如上所述控制電流密度乃提供使所沈積之金屬合金內錫與銀重量比之變化減少且最小化的方式。在一些應用中，可能使變化減少至在整個所沈積之特徵內之錫與銀重量比大體上相同的程度。

參看圖 5，說明在填充凹入特徵時增加沈積速率之例示性順序 ①-④。所說明之沈積速率增加可藉由調節反應室內之電流密度來達成。正在填充之凹入特徵為一具有一直徑為 108 微米之凸出物且總焊料凸塊高度為 120 微米之焊料凸塊。沈積速率增加之順序包括四個設立於填充凹入特

徵時之不同時間之逐步升高。下表 1 列出不同沈積速率所沈積之金屬合金之厚度。

表 1

步級	電鍍深度 (μm)	沈積速率 ($\mu\text{m}/\text{min}$)
A	0-20	3.5
B	20-40	4.5
C	40-70	5.5
D	70-120	6

使用 X 射線螢光光譜法 (XRF) 測定沈積速率即將增加之前所沈積之合金特徵之銀金屬含量。該等值在圖 5 中以菱形標示。XRF 提供圖 5 中所指示之以特定深度沈積於凹入特徵內之金屬合金的銀含量之有意義量測。所量測之銀含量值在介於 2-3 重量%之間的範圍內。

再參看圖 3B-3E，在圖 5 中之電鍍①期間，將一以第一合金金屬比為特徵之金屬合金層 212 沈積於金屬特徵 210 上。其後，在②期間，增加電流密度以提供增加之沈積速率，其使以第二合金金屬比為特徵之金屬合金層 214 得以沈積。其後，在③期間，沈積一具有呈現第三合金金屬比之第三金屬合金層 216。其後，在④期間，沈積焊料凸塊之其餘凸出物部分及蕈狀部分 218。部分 218 係以第四合金金屬重量比為特徵。

繼續參看圖 3E，焊料凸塊之蕈狀部分可如虛線 220 及 222 所示繼續生長。對於焊料凸塊之蕈狀部分而言，將金屬合金沈積至凹入特徵中之要求所施加之質量轉移限制較為次要；然而，本文中關於減少所沈積之金屬合金特徵之組成變化所論述之概念亦可應用於控制焊料凸塊之蕈狀部

分之合金組成。至於葦狀部分，可能更需要降低電流密度，同時增加該葦狀部分之可電鍍面積。或者，焊料凸塊之葦狀部分之形成可在盡可能高之電流密度下進行，以使得用以形成金屬合金之較為貴重之金屬的極限電流密度之作用最小。使用具有提供高瞬時電流密度之最優化工作週期之脈衝條件，可減少更為貴重金屬之極限電流密度對膜組成之作用。

如圖 5 中所說明及以上所述，所得焊料凸塊包括四個位置，其中焊料凸塊之銀含量在 2% 至 3% 之範圍內。

參看圖 6，展示為數字 600 之虛線說明基於 5 微米/分鐘之恆定沈積速率所預測之銀含量。由圖 6 可見：隨著凹入特徵填充，所沈積之錫-銀合金之銀含量百分比增加。該增加在圖 7 中更清楚地加以圖示性說明。圖 6 及圖 7 說明若沈積速率保持在 5 微米/分鐘恆定，則預測之所沈積金屬特徵的銀含量自接近凹入特徵底部的約 2.7% 增加至接近焊料凸塊頂部的約 7.3%。

以上關於圖 3A-3E 及圖 5 所述之方法描述電流密度/沈積速率之四步增加。電流密度/沈積速率之逐步增加之替代方案為電流密度/沈積速率之更連續增加。舉例而言，可採用沈積速率增加之曲線分布，而非圖 5 中所說明之沈積速率之逐步增加。使用該電流密度/沈積速率曲線連續增加可使個別層內（例如層 212 內）之合金金屬重量比之變化最小。

對於一些應用而言，可能更需要在相對於使所沈積之

特徵中之合金金屬重量百分比變化最小，而是產生所沈積之特徵中所要之合金金屬重量比變化的控制條件下來沈積金屬合金特徵。舉例而言，可能存在接近所沈積之金屬合金特徵之頂部的組成較佳與接近所沈積之特徵之底部的金屬合金組成有顯著差異的應用。該特徵可使用下述方法來製造。用於在凹入特徵中形成展示金屬合金特徵內合金金屬重量比變化為受控之金屬合金特徵的方法，可以與上述用於製造在所形成之特徵中合金金屬重量比變化最小之金屬合金特徵的方法類似之方式進行。與上述用於使所沈積之特徵中合金金屬重量比變化最小的方法不同，相對於使重量比變化最小，控制該變化之方法涉及調節電流密度/沈積速率以便達成所要之可變的合金金屬重量比。

參看圖 6，可以一種方法形成金屬合金特徵，其中在所形成之特徵內合金金屬重量比如圖 6 中虛線 600 所示變化。如上所述，虛線 600 表示在 5 微米/分鐘之恆定沈積速率下進行之形成金屬合金特徵之過程。當沈積速率保持在 5 微米/分鐘恆定時，圖 6 預測所沈積之合金之銀含量將隨著填充凹入特徵而增加。所沈積之金屬合金特徵之銀含量的該變化在圖 7 中加以圖示性說明。或者，電流密度及沈積速率可以使所沈積之金屬特徵中合金金屬比變化至所要程度的方式來變化，而非保持電流密度/沈積速率恆定。

根據本揭示之第二具體實例，所沈積之金屬層之合金組成可在填充凹入特徵時，藉由根據受可變反應器攪拌機制（單獨或以合適組合而根據攪拌與電流密度）控制之質

量轉移改變電鍍速率來加以控制。應瞭解除了關於用以控制至凹入特徵之離子質量轉移之可變反應器攪拌機制的差異以外，根據第二具體實例描述之方法大體上類似於關於第一具體實例描述之方法。

反應器攪拌變化之電鍍機制類似於以上關於電流密度變化所述之機制，且亦可參看圖 3B-3E 加以描述。在此方面，作為該第二具體實例之方法之一非限制性實例，在第一電鍍期間，將一以第一合金金屬比為特徵之第一金屬合金層 212 沈積於金屬特徵 210 上。其後，在第二電鍍期間，改變攪拌速率以提供第二沈積速率，其使一以第二合金金屬比為特徵之第二金屬合金層 214 得以沈積。其後，在第三電鍍期間，再次改變攪拌速率以提供第三沈積速率，從而使一具有呈現第三合金金屬比之第三金屬合金層 216 得以沈積。其後，在第四電鍍間隔期間，可再次改變攪拌，在此期間沈積焊料凸塊之其餘凸出物部分及葦狀部分 218。部分 218 係以第四合金金屬重量比為特徵。

應瞭解採用多於四個或少於四個電鍍期間之方法亦在本揭示之範疇內。在此方面，採用兩個、三個或四個具有不同攪拌速率之不同電鍍期間的方法亦在本揭示之範疇內。進一步應瞭解連續改變電鍍法亦在本揭示之範疇內。

關於圖 3B-3E，一般熟習此項技術者應瞭解一連續種子層、凸塊下金屬化或障蔽層（未圖示）可適當地安置於金屬特徵 210 下方之基板 204 上。

根據該第二具體實例，可增加或降低攪拌速率。在一

較佳具體實例中，藉由降低反應器中之攪拌速率來減少銀離子至凹座表面之質量轉移，可用於控制金屬合金沈積組成，以在沈積金屬特徵時保持該特徵中大體上恆定之金屬合金組成。應瞭解：攪拌在小於約 1 之通道深寬比下與在大於約 1 之通道深寬比下相比，前者之下對質量轉移的作用較大。根據本揭示之其他具體實例，電流密度及攪拌變化可以任何合適變化機制來組合，以達成合適沈積結果。作為合適組合之一非限制性實例，電流密度變化可在大於約 1 之通道深寬比下應用，且攪拌變化可在小於約 1 之通道深寬比下應用。

影響沈積合金（諸如錫-銀合金）中之組份沈積之因素包括（但不限於）以下因素：電鍍浴中金屬離子之濃度、電鍍浴之溫度、電鍍浴之攪拌、電流密度、凹座開口之大小、正在電鍍之凹座深度、電鍍浴添加物（若有的話）之類型及濃度、及所施用之質量轉移系統，例如極高質量轉移系統（諸如 Raptor™反應器或 Magplus™反應器，均可自 Semitool, Inc 獲得）對較低質量轉移系統（諸如噴泉式電鍍器）。Raptor™與 Magplus™反應器均具有施加可變攪拌速率之能力。Magplus™反應器描述於標題為「Integrated microfeature workpiece processing tools with registration systems for paddle reactors」之美國專利申請公開案第 US2004/0245094 A1 號中，該公開案之揭示內容據此以引用的方式併入。

因此控制機制係基於對金屬離子之質量轉移如何根據

凹座深度而改變的理解。作為一非限制性實例，考慮錫-銀金屬合金特徵中錫與銀之沈積。如以上所提及，錫與銀具有大體上不同的還原電位，相對於標準氫電極分別為-0.14伏特及+0.80伏特。此外，銀-錫電鍍浴中之銀濃度一般低於錫濃度。若在反應器內未作調節，則該等因素可促使凹座內不同深度下之金屬比變化。

返至圖 3B-3E，隨著凹入特徵 208 中電鍍之進行，凹座之深度降低。該凹入特徵 208 深度減少轉而增加在通道 208 底部銀離子之可得性（亦即銀離子至凹座之質量轉移增加）。該質量轉移改變可引起所沈積之金屬層之合金組成改變，亦即每一後續沈積之合金層中合金組成具有較高的銀重量百分比。

在具有與錫相比成比例較低量之銀的銀-錫合金特徵中，待沈積之銀（兩種金屬中更為貴重者）之量一般受其極限電流密度（其為製程條件可承受之銀之最大沈積速率）所限制。根據電荷守恒原則，若銀之電流密度大體上固定在其極限電流密度，則錫之電流密度可藉由計算所施加之電流密度與更為貴重之金屬銀之極限電流密度之間的差異來測定（假定製程效率為 100%）。

隨著將金屬沈積於凹座之底部中且特徵通道變得更淺，銀離子至金屬特徵之質量輸送增加，從而引起銀之極限電流密度增加。在製程變數不作任何改變之情況下（例如，在電流密度或攪拌速率不改變之情況下），該銀離子質量輸送增加使得每一後續金屬層中沈積更大比例的銀。

該銀沈積增加可藉由隨著在通道底部銀供應之增加而增加該系統中之電流來加以控制。若在每一連續層中總電流密度增加足夠量以確保銀位在其質量轉移限制，則將過量電流密度（部分電流）分配給錫離子，且在每一沈積層中所沈積之錫之比例可保持恆定。同樣，若隨著凹座變得更淺，整個系統之攪拌（且因此通道頂部之質量轉移）降低，則銀離子至較淺通道底部之質量轉移可保持在大體上恆定速率，亦使得每一沈積層中之錫與銀組成大體上恆定。

作為一非限制性實例，在本揭示之一種方法中，電流密度及攪拌變化可藉由施用脈衝電流及攪拌機制來組合。特定言之，電流可以啟動/休止(on/off)機制形成脈衝，相應攪拌形成脈衝。在此方面，反應器中離子消耗或反應器質量轉移更新之不均勻性可導致不想要的不對稱、圓頂狀或凹陷狀特徵。因此，脈衝電流及攪拌機制可用以控制不想要的特徵形狀。在此方面，當電流脈衝「休止」時，可增加攪拌以更新電鍍浴接近凹座及凹座內之離子濃度。當電流脈衝「啟動」時，可減少攪拌以免導致銀離子至特徵表面之不均勻質量轉移。在此機制中，電鍍表面上離子乃均勻消耗，且因此該等表面具有更均勻生長及形態。

應瞭解電流脈衝可為以毫秒量測之短脈衝或以秒量測之較長脈衝。應進一步瞭解脈衝產生可為連續、均勻的啟動/休止脈衝，或可根據凹座深度來變化。此外，應進一步瞭解其他攪拌機制變化亦在本揭示之範疇內，例如在「休止」脈衝期間減少攪拌且在「啟動」脈衝期間增加攪拌。

應瞭解可變攪拌及電流密度機制可以逐步的或連續的機制施用，以控制隨著金屬特徵生長的銀與錫之沈積，亦即以保持大體上相同或大體上類似之銀與錫之沈積模式。作為一非限制性實例，以恆定 3% 銀含量沈積銀之沈積速率對通道深度之圖示說明可見於圖 8 中。該圖標繪兩個系統之點，一系統電鍍 108 μm 直徑特徵且另一系統電鍍 85 μm 特徵。在該實例中，反應器攪拌係以 200 mm/s 之恆定速率進行，其中電鍍浴包含 80 公克/公升的錫及 2 公克/公升的銀。

應瞭解圖 8 中所示之合適數據擬合曲線乃描述電流密度增加之連續機制，其產生大體上恆定的銀含量。此外，合適步級（如以點線所示）描述電流密度增加之例示性逐步機制，其產生大體上恆定的銀含量。亦應瞭解合適的步級或合適的曲線擬合可表示為相對於通道深度之時間函數。

根據本揭示之第三具體實例，金屬組成物不為金屬合金，而為單一金屬沈積，其可在填充凹入特徵時藉由根據受可變攪拌或電流密度（單獨或以任何合適組合）控制之質量轉移而改變電鍍速率來加以控制。應瞭解除了關於金屬特徵之金屬組成的差異以外，根據第三具體實例描述之方法大體上類似於關於第一及第二具體實例描述之方法。

根據上述具體實例，合適之金屬合金及金屬合金焊料包括（但不限於）：貴金屬合金、錫-銅、錫-銀-銅、錫-鈹、坡莫合金及其他鎳合金、鉛-錫合金、及其他無鉛合金。在

形成金屬特徵時，相對於金屬合金特徵而言，合適之金屬包括（但不限於）：銅、錫、金、鎳、銀、鈮、鉑及銻。

儘管在單一金屬特徵中不存在組成變化，但將本文中所述之方法應用於電鍍單一金屬特徵之方法存在其他優點。在此方面，改變電流密度及反應器攪拌機制可使反應器之生產量增加及特徵形態改良，兩者均藉由在填充特徵時增加沈積速率及改良質量轉移條件來達成。此外，若方法中使用電鍍浴添加物，改變電流密度及反應器攪拌機制亦可有助於控制添加物至電鍍表面之濃度及質量轉移。

類似於其他具體實例，單一金屬特徵之電鍍機制亦可參看圖 3B-3E 加以描述。在此方面，作為本揭示之具體實例之方法的一非限制性實例，在第一電鍍期間，將一以第一沈積速率為特徵之第一金屬層 212 沈積於金屬特徵 210 上。其後，在第二電鍍期間，增加電流密度以提供第二沈積速率，其使一以該金屬之第二沈積速率為特徵之第二金屬層 214 得以沈積。其後，在第三電鍍期間，再次增加電流密度以提供第三沈積速率，從而使一具有第三沈積速率之第三金屬層 216 得以沈積。其後，在第四電鍍期間，可再次改變電流密度，在此期間沈積凸塊之其餘凸出物部分及蕈狀部分 218。部分 218 係以該金屬之第四沈積速率為特徵。

如以上參看第二具體實例所述，應瞭解採用多於四個或少於四個具有不同電流密度及/或攪拌速率之電鍍期間之方法亦在本揭示之範疇內。在此方面，採用兩個、三個或

四個具有不同電流密度及/或攪拌速率之不同電鍍期間的方法亦在本揭示之範疇內。根據本揭示之其他具體實例，可採用合適之控制機制來調節系統參數以達成最佳金屬沈積。在此方面，在本揭示之一實施例中，該方法可包括就地量測組成，以調節系統參數及以封閉迴路控制機制來控制沈積組成。在本揭示之另一實施例中，該方法可包括非就地量測組成，以調節系統參數及以反饋迴路或前饋迴路來控制沈積組成。舉例而言，參看圖 5 及 6，銀沈積可基於系統內之特徵深度及電流密度量測來計算。

【圖式簡單說明】

圖 1 為用於進行本文中所述之形成金屬合金特徵之方法的工具之示意圖；

圖 2 為用於進行本文中所述之方法且於參看圖 1 所述之工具中使用之反應器的示意圖；

圖 3A-3E 示意性說明對應於本文中所述之沈積金屬合金之方法的一系列步驟；

圖 4 為在填充凹入特徵時錫-銀合金之銀含量與沈積速率之間的預測關係圖；

圖 5 圖示性說明使用本文中所述之採用四種不同電鍍速率 ① - ④ 之方法沈積於凹入特徵內的錫-銀合金之銀含量；

圖 6 圖示性說明在以 $5\text{ }\mu\text{m/min}$ 之恆定沈積速率填充凹入特徵時預測之銀含量的變化；

圖 7 圖示性說明當以圖 6 中所述之 $5\text{ }\mu\text{m/min}$ 恆定沈積

速率進行沈積時，預測之錫-銀合金之銀含量如何隨凹入特徵之深度而變化；及

圖 8 圖示性說明在兩個不同直徑特徵中以恆定 3% 銀含量沈積銀之沈積速率對通道深度的曲線。

【主要元件符號說明】

60：反應器

62：處理頭/頭

64：電鍍碗狀物總成

70：杯狀物總成

72：儲集容器/流體反應器/電鍍反應器

74：依附環狀裙套

76：杯狀物底部

78：提昇管

80：陽極罩

82：陽極

84：流體入口管線

86：配件

88：流體入口開口

90：杯狀物側壁

92：溢流反應器

93：擴散器元件

94：高度調節機構

96：陽極罩扣件

98：轉子總成

- 120：整合處理工具
- 122：預濕步驟站/腔室
- 124：可選用的銅沈積步驟站/腔室
- 126：凸塊下金屬化腔室/步驟站
- 128：沖洗步驟站/腔室
- 130：合金沈積步驟站/腔室
- 132：旋轉-沖洗-乾燥步驟站/腔室
- 136：輸入區
- 138：輸出區
- 200：接點
- 202：頭連接軸
- 204：基板
- 206：介電層/介電質
- 208：凹座/凹入特徵/通道
- 210：金屬特徵/種子層、凸塊下金屬化或障蔽層
- 212：金屬合金層/層/第一金屬合金層/第一金屬層
- 214：金屬合金層/第二金屬合金層/第二金屬層
- 216：第三金屬合金層/第三金屬層
- 218：葷狀部分
- 220：虛線
- 222：虛線
- 600：虛線
- R：軸
- W：晶圓

五、中文發明摘要：

控制電位、電流密度、攪拌及沈積速率以沈積金屬合金，諸如基於錫之焊料合金或磁性合金，其中在所沈積之金屬合金特徵內不同位置處之合金金屬重量比的變化最小。替代性具體實例包括形成金屬合金特徵之方法，其中並非必須使該特徵內之合金金屬重量比的變化最小，但對其加以控制以提供所要變化。除金屬合金以外，替代性具體實例包括改良單一金屬特徵之沈積的方法。

六、英文發明摘要：

Electric potential, current density, agitation, and deposition rate are controlled to deposit metal alloys, such as tin based solder alloys or magnetic alloys, with minimal variations in the weight ratios of alloying metals at different locations within the deposited metal alloy feature. Alternative embodiments include processes that form metal alloy features wherein the variation in weight ratio of alloying metals within the feature is not necessarily minimized, but is controlled to provide a desired variation. In addition to metal alloys, alternative embodiments include processes for improving the deposition of single metal features.

十、申請專利範圍：

1.一種形成一金屬合金特徵之方法，其包含：

提供一在一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件；

提供一與一電極接觸之電鍍浴；

使該微特徵工件與該電鍍浴接觸；

在該金屬特徵與該電極之間施加一電位及產生一第一電流密度；

將具有一第一合金金屬重量比之金屬合金沈積於該凹入特徵內；

調節該電位以將該第一電流密度改變至一第二電流密度；

將具有一第二合金金屬重量比之金屬合金沈積於該凹入特徵內；

調節該電位以將該第二電流密度改變至一第三電流密度；及

將具有一第三合金金屬重量比之金屬合金沈積於該凹入特徵內。

2.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該第二電流密度係大於該第一電流密度。

3.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該第三電流密度係大於該第二電流密度。

4.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該第一組成、該第二組成及該第三組成中之至少兩者之合金金屬重量比大體上相同。

5.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該第一組成、該第二組成及該第三組成中之合金金屬重量比大體上不同。

6.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該金屬合金為焊料合金。

7.如申請專利範圍第 6 項之方法，其中該焊料合金包含選自鉛、錫、銀及銅之金屬。

8.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該金屬合金為非焊料合金。

9.如申請專利範圍第 1 項之方法，其進一步包含：

用該金屬合金填充該凹入特徵；及

將該金屬合金沈積於經填滿之凹入特徵上。

10.如申請專利範圍第 9 項之方法，其中該將金屬合金沈積於經填滿之凹入特徵上之步驟係在一第四電流密度下進行，該第四電流密度係小於該第三電流密度。

11.如申請專利範圍第 10 項之方法，其中該將金屬合金沈積於經填滿之凹入特徵上之步驟係在一第四電流密度下進行，該第四電流密度係大於該第三電流密度。

12.一種用於形成一金屬合金特徵之工具，其包含：

一反應器，其用於容納一在一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件，且使該微特徵工件及一電極與一電鍍浴接觸；及

一電源，其用於在該金屬特徵與該電極之間施加一第一電位、第二電位及第三電位，該第一電位產生一第一電

流密度，該第一電流密度使一具有一第一合金金屬重量比之金屬合金沈積於該凹入特徵內，該第二電位產生一第二電流密度，該第二電流密度使一具有一第二合金金屬重量比之金屬合金沈積於該凹入特徵內，且該第三電位產生一第三電流密度，該第三電流密度使一具有一第三合金金屬重量比之金屬合金沈積於該凹入特徵內。

13.一種形成一金屬合金特徵之方法，其包含：

提供一在一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件；

提供一與一電極接觸之電鍍浴；

使該微特徵工件與該電鍍浴接觸；

在該金屬特徵與該電極之間施加一電位及產生一第一電流密度；

沈積具有一第一合金金屬重量比之金屬合金；

當填充該凹入特徵時，將該第一電流密度調節至一第二電流密度；及

繼續沈積具有一大體上與該第一合金金屬重量比類似之重量比之金屬合金。

14.如申請專利範圍第 13 項之方法，其進一步包含：

當填充該凹入特徵時，將該第二電流密度調節至一第三電流密度；及

繼續沈積具有一大體上與該第一合金金屬重量比類似之重量比之金屬合金。

15.一種形成一金屬合金特徵之方法，其包含：

提供一在一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件；

提供一與一電極接觸之電鍍浴；

使該微特徵工件與該電鍍浴接觸；

在該金屬特徵與該電極之間施加一電位及產生一第一電流密度；

沈積具有一第一合金金屬重量比之金屬合金；及

藉由在填充該凹入特徵時調節該電流密度，來控制所沈積之金屬合金中該等合金金屬之重量比偏離於該第一重量比的變化。

16.如申請專利範圍第 15 項之方法，其進一步包含當填充該凹入特徵時連續調節該電流密度。

17.如申請專利範圍第 15 項之方法，其進一步包含施用一製程控制機制，以基於系統參數來控制所沈積之金屬合金中該等合金金屬之重量比的變化，其中該製程控制機制係選自由一封閉迴路、一反饋迴路及一前饋迴路組成之群組。

18.一種形成一金屬特徵之方法，其包含：

提供一在一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件；

提供一與一電極接觸之電鍍浴；

使該微特徵工件與該電鍍浴接觸；

在該金屬特徵與該電極之間施加一電位及產生一第一電流密度；

以一第一沈積速率將金屬沈積於該凹入特徵內；

調節該電位以將該第一電流密度改變至一第二電流密度；

以一第二沈積速率將金屬沈積於該凹入特徵內；

調節該電位以將該第二電流密度改變至一第三電流密度；及

以一第三沈積速率將金屬沈積於該凹入特徵內。

19.如申請專利範圍第 18 項之方法，其中該金屬為選自由下列各物組成之群組之單一金屬：銅、錫、金、鎳、銀、鈮、鉑及銻。

20.如申請專利範圍第 18 項之方法，其中該第二沈積速率係高於該第一沈積速率。

21.如申請專利範圍第 18 項之方法，其中該第三沈積速率係高於該第二沈積速率。

22.如申請專利範圍第 18 項之方法，其進一步包含調節該電位以將該第三電流密度改變至一第四電流密度，及以一第四沈積速率將金屬沈積於該凹入特徵內。

23.如申請專利範圍第 22 項之方法，其中該第四沈積速率係高於該第三沈積速率。

24.如申請專利範圍第 18 項之方法，其中該金屬為選自由下列各物組成之群組之金屬合金：貴金屬合金、無鉛合金、坡莫合金（Permalloy）及其他鎳合金、錫-銅、錫-銀-銅、錫-鈹。

25.如申請專利範圍第 18 項之方法，其進一步包含用一攪拌器以一第一攪拌速率攪拌該電鍍浴。

26.如申請專利範圍第 25 項之方法，當沈積該金屬時，將該攪拌器自一第一攪拌速率調節至一第二攪拌速率。

27.如申請專利範圍第 26 項之方法，其中該第二攪拌速率係小於該第一攪拌速率。

28.如申請專利範圍第 26 項之方法，當沈積該金屬時，將該攪拌器自一第二攪拌速率調節至一第三攪拌速率。

29.如申請專利範圍第 28 項之方法，其中該第三攪拌速率係小於該第二攪拌速率。

30.一種形成一金屬合金特徵之方法，其包含：

提供一在一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件；

提供一與一電極接觸之電鍍浴；

使該微特徵工件與該電鍍浴接觸；

在該金屬特徵與該電極之間施加一電位以產生一第一電流密度；

用一攪拌器以一第一攪拌速率攪拌該電鍍浴；

沈積具有一第一合金金屬重量比之金屬合金；及

藉由在沈積該金屬合金時調節該攪拌器至一第二攪拌速率，來控制所沈積之金屬合金中該等合金金屬之重量比自該第一重量比至一第二重量比的變化。

31.如申請專利範圍第 30 項之方法，其中該第二攪拌速率係小於該第一攪拌速率。

32.如申請專利範圍第 30 項之方法，其中該第一重量比及該第二重量比中之合金金屬重量比大體上相同。

33.如申請專利範圍第 30 項之方法，其中該第一重量比及該第二重量比中之合金金屬重量比大體上不同。

34.如申請專利範圍第 30 項之方法，其進一步包含藉

由在沈積該金屬合金時調節該攪拌器至一第三攪拌速率，來控制所沈積之金屬合金中該等合金金屬之重量比自該第二重量比至一第三重量比的變化。

35.如申請專利範圍第 34 項之方法，其中該第三攪拌速率係小於該第二攪拌速率。

36.如申請專利範圍第 34 項之方法，其中該第二重量比及該第三重量比中之合金金屬重量比大體上相同。

37.如申請專利範圍第 34 項之方法，其進一步包含藉由在沈積該金屬合金時調節該攪拌器至一第四攪拌速率，來控制所沈積之金屬合金中該等合金金屬之重量比自該第三重量比至一第四重量比的變化。

38.如申請專利範圍第 37 項之方法，其中該第四攪拌速率係小於該第三攪拌速率。

39.如申請專利範圍第 37 項之方法，其中該第三重量比及該第四重量比中之合金金屬重量比大體上相同。

40.如申請專利範圍第 30 項之方法，其進一步包含當填充該凹入特徵時，自該第二攪拌速率連續調節該攪拌速率。

41.如申請專利範圍第 30 項之方法，其進一步包含施用一製程控制機制，以基於系統參數而控制所沈積之金屬合金中該等合金金屬之重量比的變化，其中該製程控制機制係選自由一封閉迴路、一反饋迴路及一前饋迴路組成之群組。

42.一種形成一金屬合金特徵之方法，其包含：

提供一在一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件；

提供一與一電極接觸之電鍍浴；

使該微特徵工件與該電鍍浴接觸；

在該金屬特徵與該電極之間施加一電位及產生一第一電流密度；

用一攪拌器以一第一攪拌速率攪拌該電鍍浴；

沈積具有一第一合金金屬重量比之金屬合金；及

藉由在沈積該金屬合金時調節該電位及該攪拌器中之至少一者至一第二電流密度及一第二攪拌速率中之至少一者，來控制所沈積之金屬合金中該等合金金屬之重量比偏離於該第一重量比的變化。

43.如申請專利範圍第 42 項之方法，其進一步包含當沈積該金屬合金時，調節該電位與該攪拌器兩者至至少一第二電流密度與一第二攪拌速率。

44.如申請專利範圍第 42 項之方法，其中該第二攪拌速率係小於該第一攪拌速率。

45.如申請專利範圍第 42 項之方法，其中該第二電流密度係大於該第一電流密度。

46.如申請專利範圍第 42 項之方法，其中該第一重量比及該第二重量比中之合金金屬重量比大體上相同。

47.如申請專利範圍第 42 項之方法，其中該第一重量比及該第二重量比中之合金金屬重量比大體上不同。

48.如申請專利範圍第 43 項之方法，以一啟動/休止脈衝機制在該金屬特徵與該電極之間施加該電位，以使得該

第一電流密度與一電流「休止」脈衝相關聯，且該第二電流密度與一電流「啟動」脈衝相關聯。

49.一種形成一金屬特徵之方法，其包含：

提供一在一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件；

提供一與一電極接觸之電鍍浴；

使該微特徵工件與該電鍍浴接觸；

在該金屬特徵與該電極之間施加一電位及產生一第一電流密度；

用一攪拌器以一第一攪拌速率攪拌該電鍍浴；

沈積金屬；

當沈積該金屬時，將該電位及該攪拌器調節至一第二電流密度及一第二攪拌速率；及

當沈積該金屬時，將該電位及該攪拌器中之至少一者調節至一第三電流密度及一第三攪拌速率中之至少一者。

50.如申請專利範圍第 49 項之方法，其中該金屬係選自由下列各物組成之群組：銅、錫、金、鎳、銀、鈮、鉑及銨。

51.如申請專利範圍第 49 項之方法，其中該金屬為金屬合金。

52.如申請專利範圍第 49 項之方法，其中該電位係以一啟動/休止脈衝機制施加，以使得該第一電流密度與一電流「休止」脈衝相關聯，且該第二電流密度與一電流「啟動」脈衝相關聯。

53.如申請專利範圍第 52 項之方法，其中該第二攪拌

速率係小於該第一攪拌速率，且其中該第一攪拌速率與該電流「休止」脈衝相關聯，且該第二攪拌速率與該電流「啟動」脈衝相關聯。

54.一種用於形成一金屬特徵之工具，其包含：

一反應器，其用於容納一在一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件，且使該微特徵工件及一電極與一電鍍浴接觸；

一攪拌器，其用於在該反應器內施加至少一第一攪拌速率、一第二攪拌速率及一第三攪拌速率，該第一攪拌速率產生一第一質量轉移率，該第二攪拌速率產生一第二質量轉移率，且該第三攪拌速率產生一第三質量轉移率；及

一電源，其用於在該金屬特徵與該電極之間施加一第一電位、第二電位及第三電位，該第一電位產生一第一電流密度，該第二電位產生一第二電流密度，且該第三電位產生一第三電流密度。

55.如申請專利範圍第 54 項之工具，其進一步包含一製程控制系統，以基於系統參數而控制所沈積之金屬合金中該等合金金屬之重量比的變化。

十一、圖式：

如次頁

速率係小於該第一攪拌速率，且其中該第一攪拌速率與該電流「休止」脈衝相關聯，且該第二攪拌速率與該電流「啟動」脈衝相關聯。

54.一種用於形成一金屬特徵之工具，其包含：

一反應器，其用於容納一在一凹座內包括一金屬特徵之微特徵工件，且使該微特徵工件及一電極與一電鍍浴接觸；

一攪拌器，其用於在該反應器內施加至少一第一攪拌速率、一第二攪拌速率及一第三攪拌速率，該第一攪拌速率產生一第一質量轉移率，該第二攪拌速率產生一第二質量轉移率，且該第三攪拌速率產生一第三質量轉移率；及

一電源，其用於在該金屬特徵與該電極之間施加一第一電位、第二電位及第三電位，該第一電位產生一第一電流密度，該第二電位產生一第二電流密度，且該第三電位產生一第三電流密度。

55.如申請專利範圍第 54 項之工具，其進一步包含一製程控制系統，以基於系統參數而控制所沈積之金屬合金中該等合金金屬之重量比的變化。

十一、圖式：

如次頁

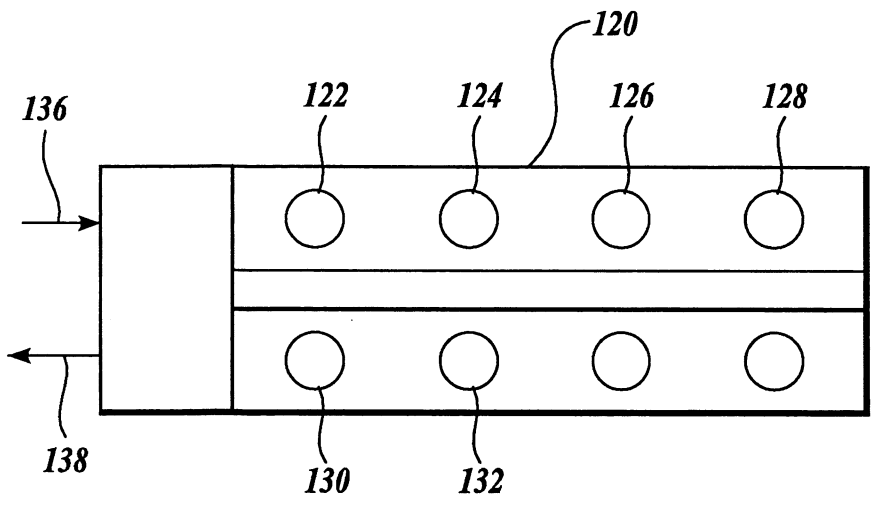


圖1

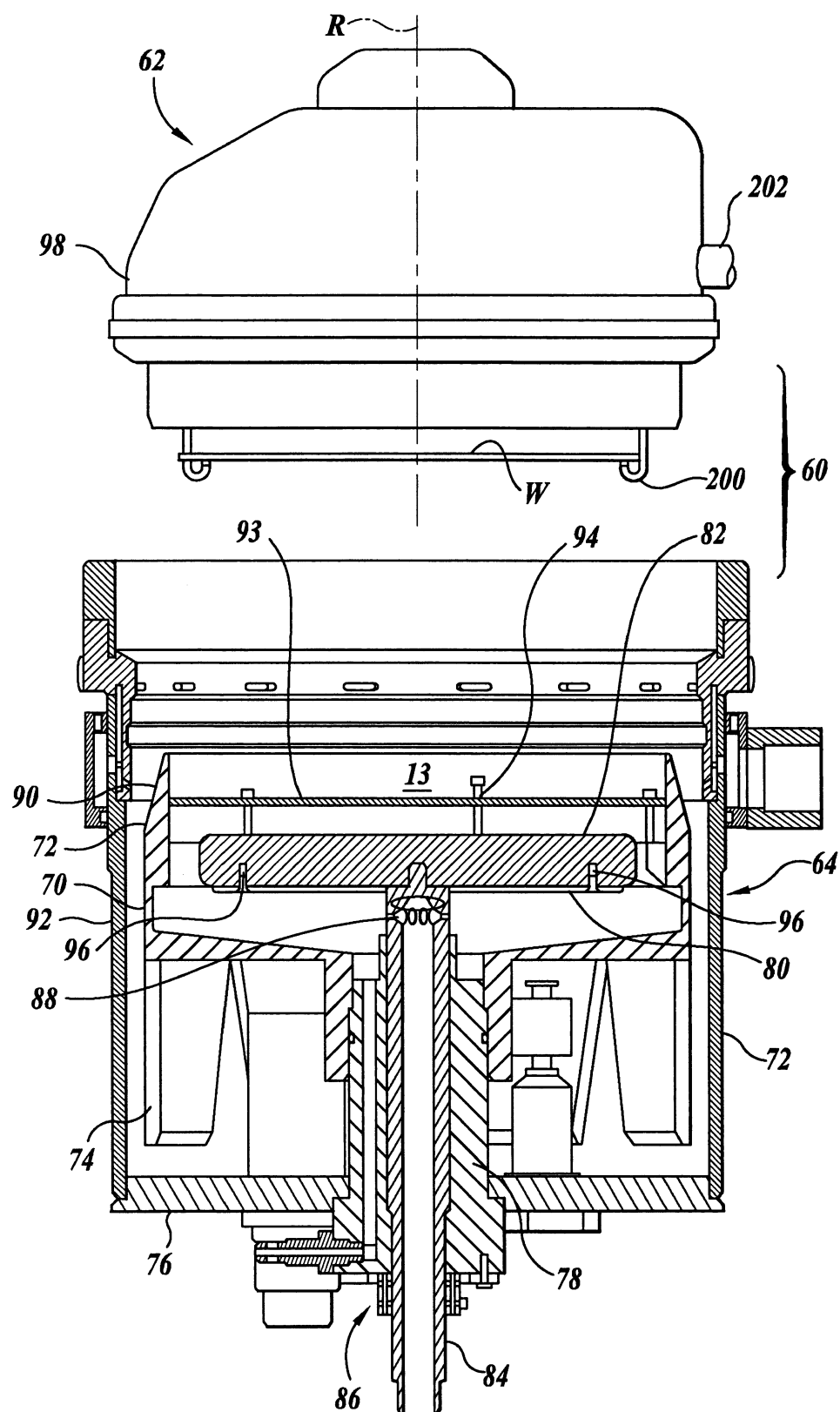


圖2

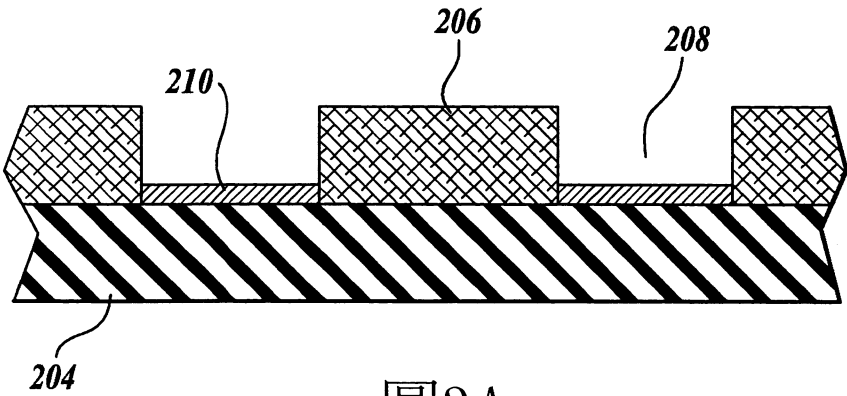


圖3A

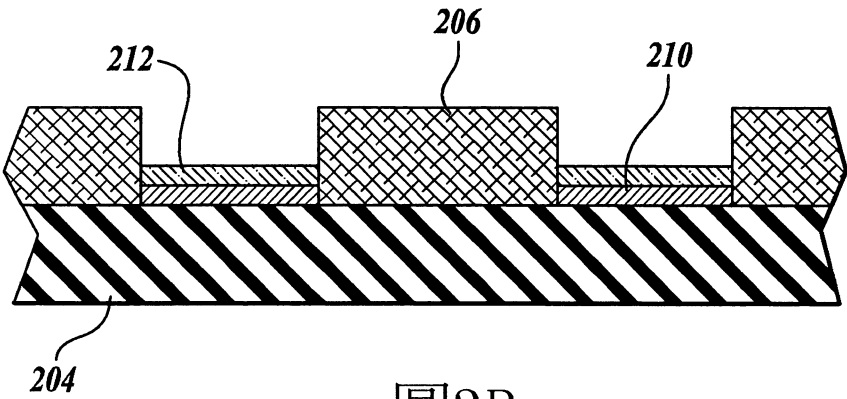


圖3B

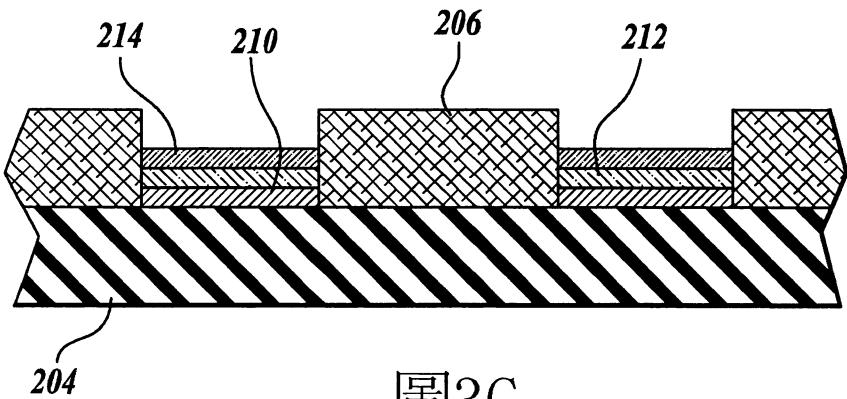


圖3C

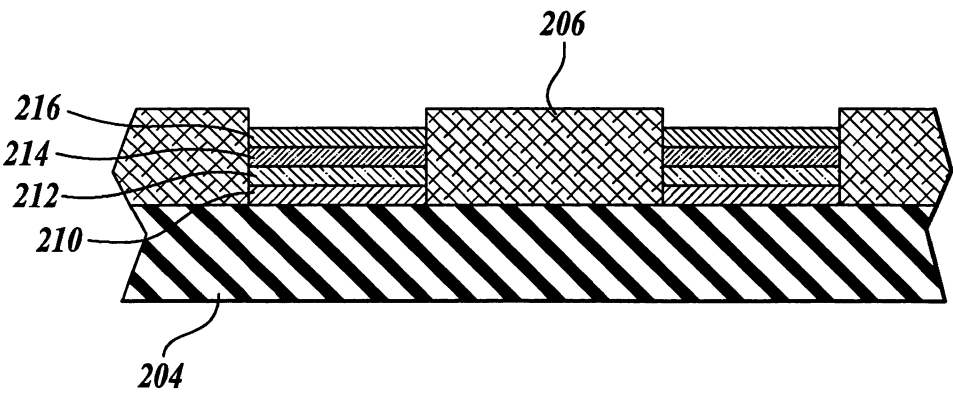


圖3D

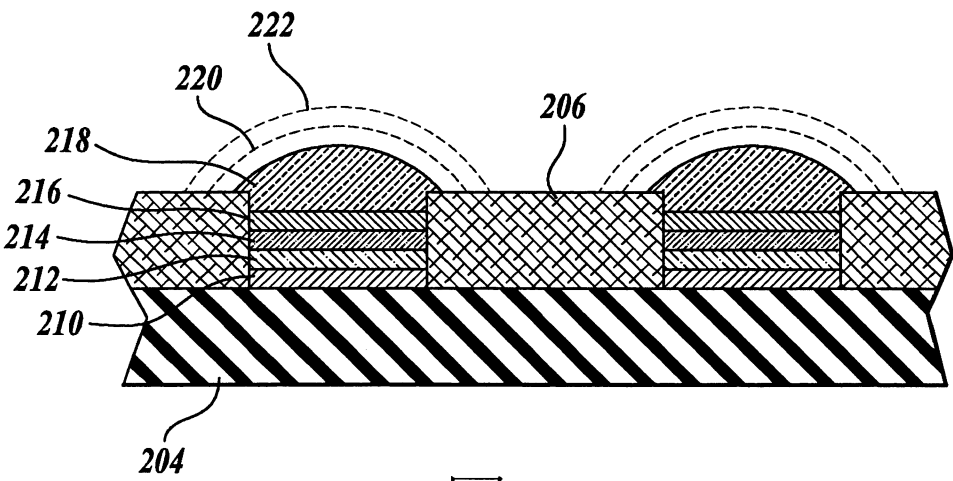


圖3E

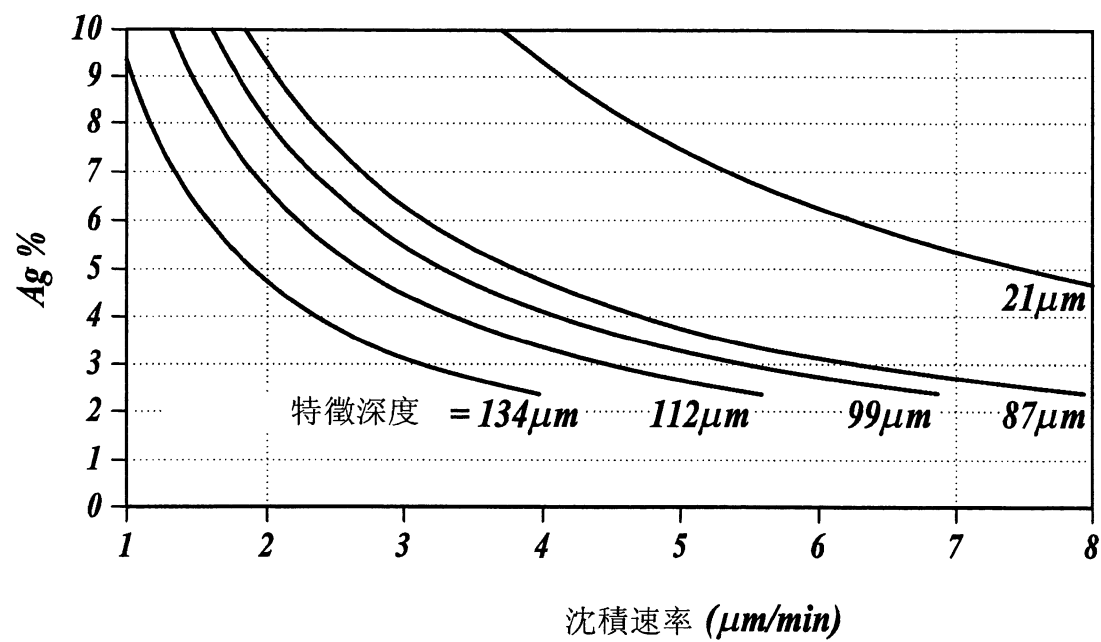


圖4

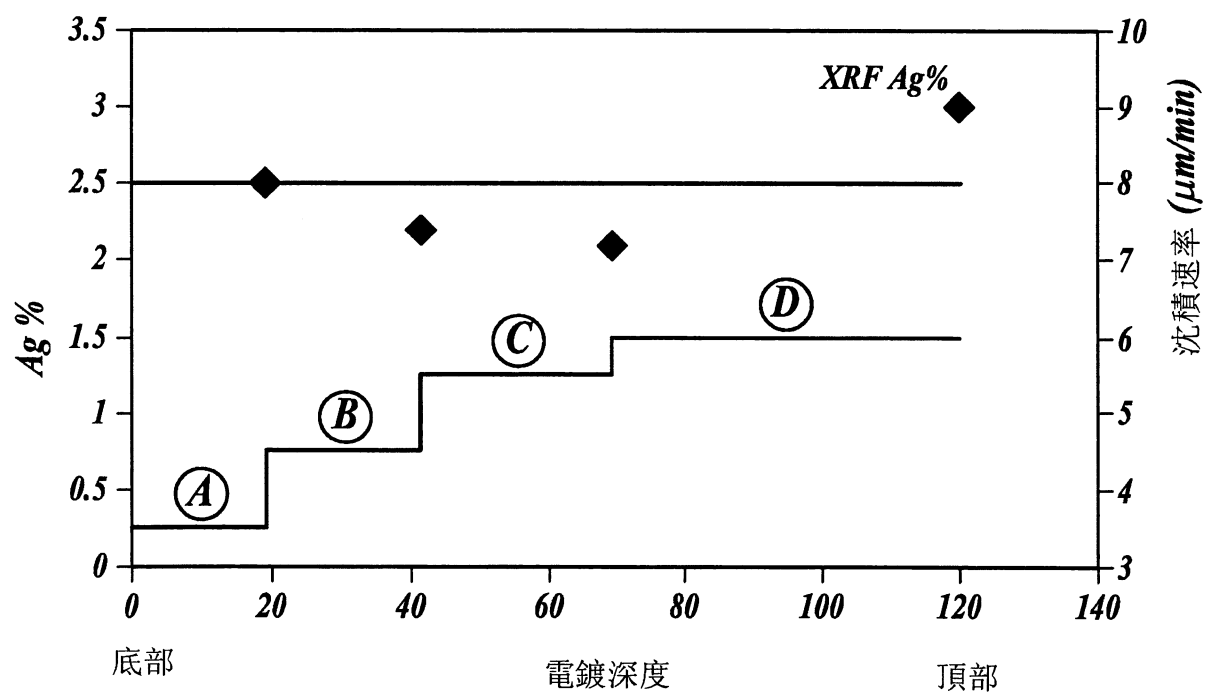


圖5

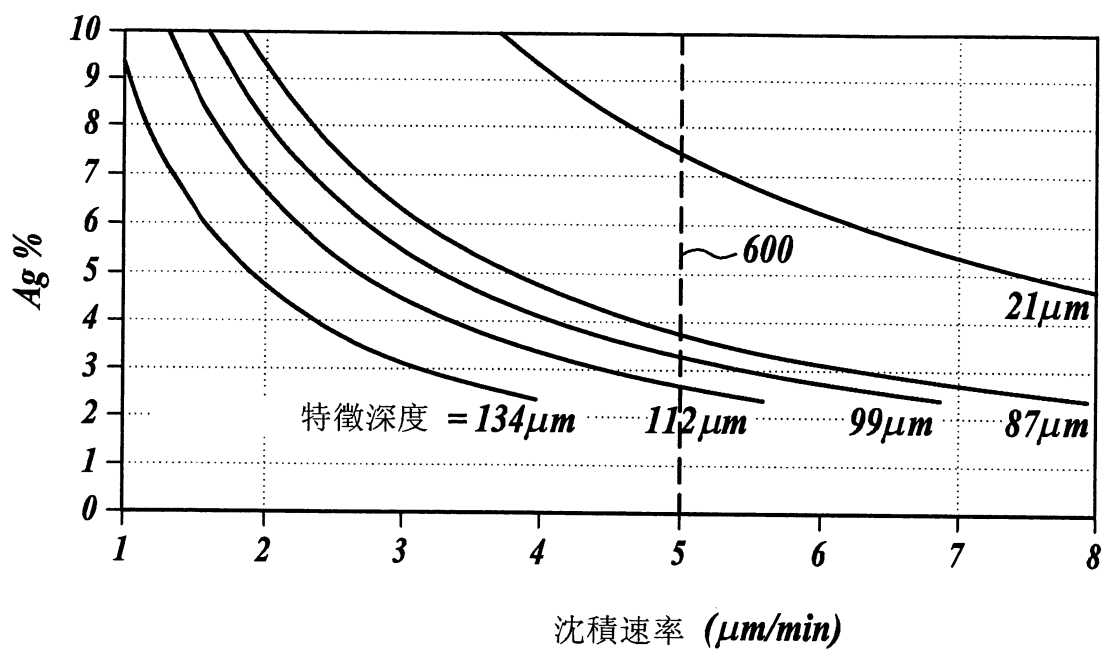


圖6

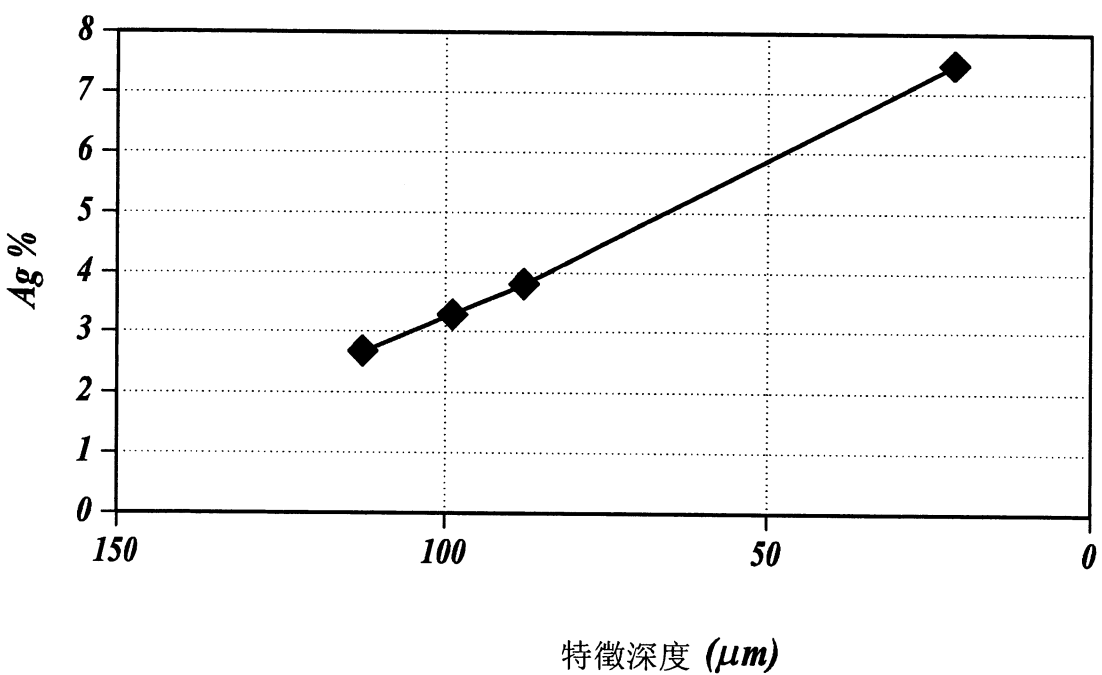


圖7

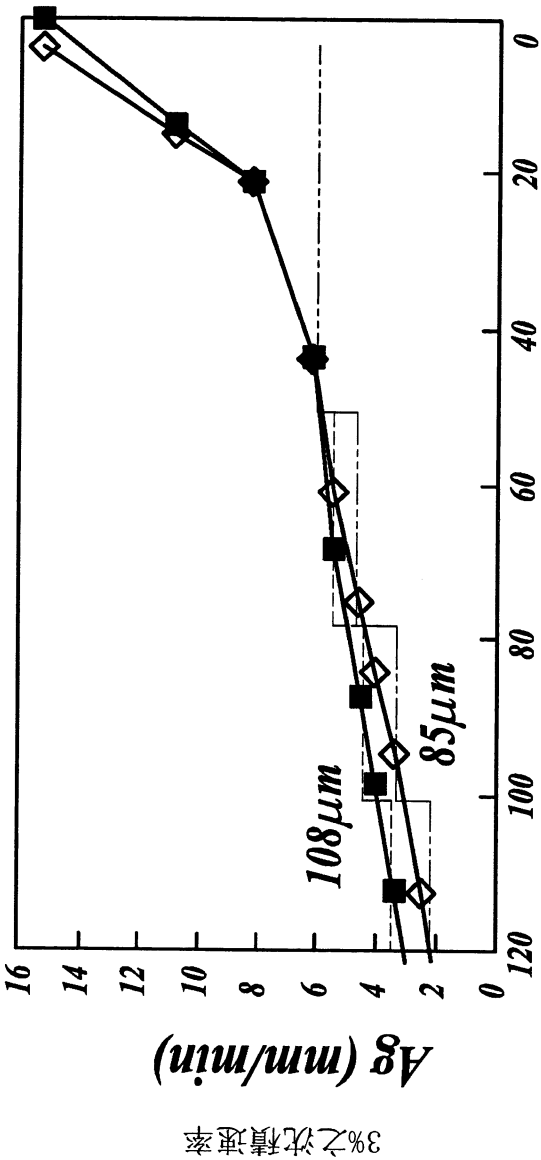


圖8

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

120：整合處理工具

122：預濕步驟站/腔室

124：可選用的銅沈積步驟站/腔室

126：凸塊下金屬化腔室/步驟站

128：沖洗步驟站/腔室

130：合金沈積步驟站/腔室

132：旋轉-沖洗-乾燥步驟站/腔室

136：輸入區

138：輸出區

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無