



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I854958 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 09 月 11 日

(21)申請案號：107122560

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 06 月 29 日

(51)Int. Cl.：

**C23C14/48 (2006.01)****C23C14/54 (2006.01)****H01J27/18 (2006.01)****H01J37/317 (2006.01)****B22F1/00 (2022.01)****B22F1/00 (2022.01)**

(30)優先權：2017/07/07

歐洲專利局

17180199.6

(71)申請人：瑞士商史華曲集團研發有限公司(瑞士) THE SWATCH GROUP RESEARCH AND DEVELOPMENT LTD. (CH)

瑞士

(72)發明人：米可 席拉 MIKO, CSILLA (CH)；貝辛 珍 BAZIN, JEAN-LUC (FR)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW I237374B

JP 2003-147473A

審查人員：傅國恩

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：7 共 27 頁

(54)名稱

金屬粉末之粒子的表面處理方法及藉其所得之金屬粉末粒子

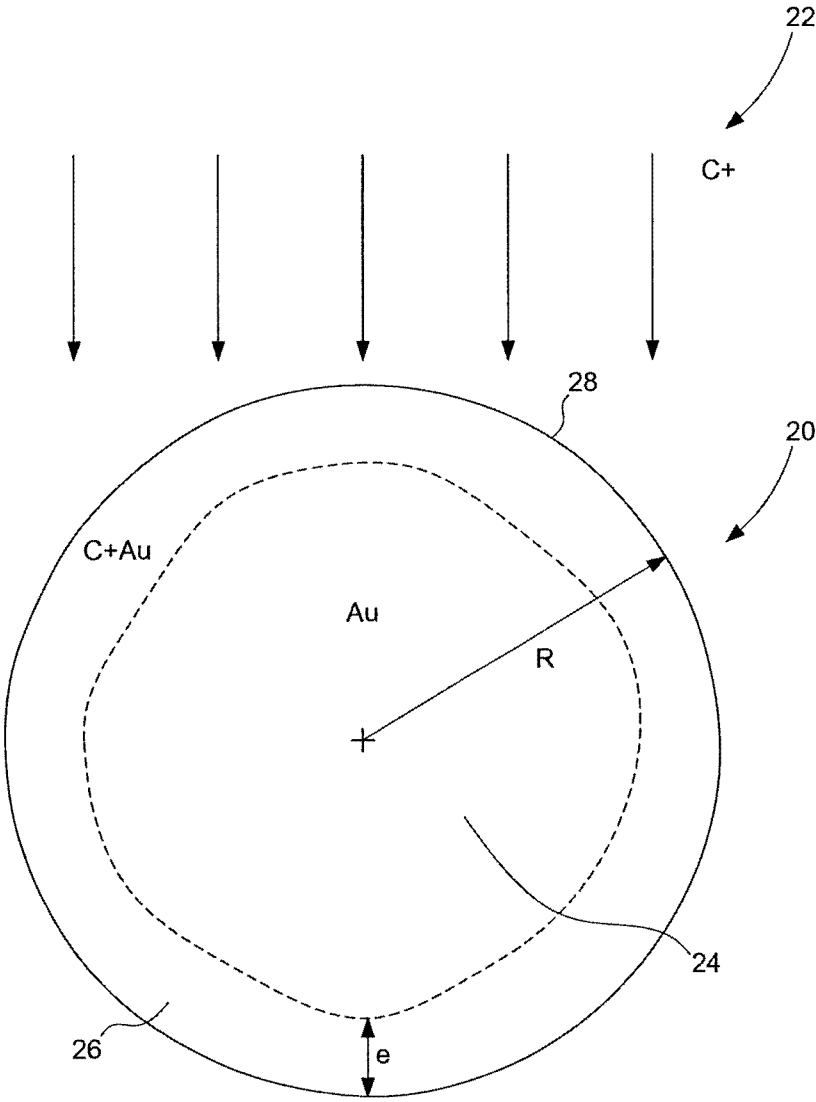
(57)摘要

本發明是關於一種用於粉末狀態的金屬材料之表面處理方法，該方法包括獲得由多個待處理金屬材料粒子形成的粉末的步驟，以及藉由將單電荷或多電荷離子束(14)導向該等粒子的外表面，對該金屬粉末粒子進行離子植入程序的步驟，該離子束由單電荷或多電荷離子源(例如 ECR 電子迴旋共振型)產生，藉以使得該等粒子具有半徑(R)的整體球形。 本發明進一步關於一種粉末狀態的材料，其由具有陶瓷外層(26)和金屬核心(24)的複數個粒子形成，該等粒子具有半徑(R)的整體球形。

The invention relates to a method for the surface treatment of a metal material in the powder state, said method comprising the step of obtaining a powder formed from a plurality of particles of the metal material to be treated, and of subjecting said metal powder particles to an ion implantation process by directing a singly-charged or multi-charged ion beam (14) towards an outer surface of said particles, said ion beam being produced by a singly-charged or multi-charged ion source, for example of the ECR electron cyclotron resonance type, whereby said particles have an overall spherical shape with a radius (R). The invention further relates to a material in the powder state formed from a plurality of particles having a ceramic outer layer (26) and a metal core (24), said particles having an overall spherical shape with a radius (R).

指定代表圖：

圖 2



符號簡單說明：

20 . . . 金粒子 Au

22 . . . C<sup>+</sup>碳離子束

24 . . . 核心

26 . . . 外層或殼

28 . . . 外表面

e . . . 厚度

R . . . 半徑



I854958

**【發明摘要】****【中文發明名稱】**

金屬粉末之粒子的表面處理方法及藉其所得之金屬粉末粒子

**【英文發明名稱】**

METHOD FOR THE SURFACE TREATMENT OF PARTICLES OF A METAL POWDER AND METAL POWDER PARTICLES OBTAINED THEREBY

**【中文】**

本發明是關於一種用於粉末狀態的金屬材料之表面處理方法，該方法包括獲得由多個待處理金屬材料粒子形成的粉末的步驟，以及藉由將單電荷或多電荷離子束(14)導向該等粒子的外表面，對該金屬粉末粒子進行離子植入程序的步驟，該離子束由單電荷或多電荷離子源(例如 ECR 電子迴旋共振型)產生，藉以使得該等粒子具有半徑(R)的整體球形。

本發明進一步關於一種粉末狀態的材料，其由具有陶瓷外層(26)和金屬核心(24)的複數個粒子形成，該等粒子具有半徑(R)的整體球形。

## 【 英文 】

The invention relates to a method for the surface treatment of a metal material in the powder state, said method comprising the step of obtaining a powder formed from a plurality of particles of the metal material to be treated, and of subjecting said metal powder particles to an ion implantation process by directing a singly-charged or multi-charged ion beam (14) towards an outer surface of said particles, said ion beam being produced by a singly-charged or multi-charged ion source, for example of the ECR electron cyclotron resonance type, whereby said particles have an overall spherical shape with a radius (R).

The invention further relates to a material in the powder state formed from a plurality of particles having a ceramic outer layer (26) and a metal core (24), said particles having an overall spherical shape with a radius (R).

【指定代表圖】第( 2 )圖。

【代表圖之符號簡單說明】

20：金粒子 Au

22：C<sup>+</sup>碳離子束

24：核心

26：外層或殼

28：外表面

e：厚度

R：半徑

【特徵化學式】無

# 【發明說明書】

## 【中文發明名稱】

金屬粉末之粒子的表面處理方法及藉其所得之金屬粉末粒子

## 【英文發明名稱】

METHOD FOR THE SURFACE TREATMENT OF PARTICLES OF A METAL POWDER AND METAL POWDER PARTICLES OBTAINED THEREBY

## 【技術領域】

【0001】本發明是關於一種用於在粉末狀態的金屬材料之粒子的表面處理方法，以及藉由實施此方法獲得的金屬粉末粒子。根據本發明之方法所得的金屬粉末粒子是用於作為使用粉末冶金方法(例如注塑方法，更為人所知如金屬注型(Metal Injection Moulding, MIM)、壓製或添加製造，例如三維雷射印刷)製造固體部件。本發明進一步是關於具有陶瓷表面與金屬核心的金屬粉末之粒子。

## 【先前技術】

【0002】離子植入方法是由轟擊待處理物體的表面組成，例如使用電子迴旋共振型的單電荷或多電荷離子源。此設置稱為電子迴旋共振(Electron Cyclotron Resonance)或ECR。

【0003】 ECR離子源使用電子迴旋共振以產生電漿。藉由注入頻率對應於電子迴旋共振的微波而將一體積的低壓氣體電離，該電子迴旋共振由施加到位於待電離之氣體體積內的區域的磁場定義。微波加熱存在於待電離的氣體體積中的自由電子。在熱攪動的作用下，這些自由電子與氣體的原子或分子碰撞並造成其電離。產生的離子對應於所用氣體的類型。此氣體可以是純的或化合物。它也可以是從固體或液體材料獲得的蒸氣。ECR離子源能夠產生單電荷離子(即離子化程度等於1的離子)，或多電荷離子(即離子化程度大於1的離子)。

【0004】 ECR電子迴旋共振型的多電荷離子源示意性地繪示於本案的圖1中。ECR多電荷離子源整體由元件符號1表示，包括注入台2，其中引入待電離氣體體積4和微波6，磁性限制台8，其中產生等電漿10，以及提取台(extraction stage)12，其允許使用陽極12a和陰極12b提取和加速電漿10的離子，在陽極12a和陰極12b之間施加高電壓。在ECR多電荷離子源1的輸出處產生的多電荷離子束14撞擊待處理部件18的表面16並且相對深地穿透待處理部件18的體積內。

【0005】 藉由轟擊待處理物體表面的離子注入具有許多效果，包含修飾製造待處理物體的材料微結構、改善耐腐蝕性、增強摩擦學性質(tribological properties)，更一般地，改善機械性質。因此，一些工作突出了藉由氮離子植入增加銅和青銅的硬度。亦已證明，銅中的氮或氬植入

增加了其疲勞強度(fatigue strength)。同樣地，研究顯示即使在低劑量( $1.10^{15}$ 和 $2.10^{15}$ 離子.公分 $^{-2}$ )下，氮植入也足以顯著改變銅的剪力模數(shear modulus)。

【0006】因此，可理解從科學、技術和工業角度來看，藉由轟擊待處理物體的表面進行離子植入是非常有利的。

【0007】儘管如此，至今為止進行的研究僅涉及待處理的固體物體。然而，這種固體物體受到可以使用傳統加工技術(鑽孔、研磨、挖孔)造成的形狀和幾何形狀之限制。

【0008】因此，在該技藝狀態中，需要一種物體，其機械性質得到顯著改善，同時對於這種物體可以呈現的形狀幾乎為零限制。

#### 【發明內容】

【0009】本發明的目的是藉由提出一種金屬材料的表面處理方法以滿足上述需要與更多的方法，該方法允許生產幾何形狀實際上不受限制的物體，同時具有修飾地和改善的物理與化學性質。

【0010】為此目的，本發明是關於一種金屬材料的表面處理方法，該方法包括獲得由複數個金屬材料粒子形成的粉末，以及引導單電荷或多電荷離子束朝向所述粒子的表面的步驟，該離子束由單電荷或多電荷離子源產生，由此該等粒子具有整體球形。

【0011】根據本發明的較佳實施例：

- 該單電荷或多電荷離子源是ECR電子迴旋共振型；
- 在離子植入程序的整個過程中，攪拌金屬粉末的粒子；
- 所用金屬粉末的粒子之粒度使得基本上50%的所有該粒子具有在1至2微米的範圍內的直徑，因此所用金屬粉末的粒子之直徑不超過50微米；
- 該金屬材料是選自包括金和鉑的群組之貴金屬；
- 該金屬材料是選自包括鎂、鈦和鋁的群組之非貴金屬；
- 待電離的該材料是選自包括碳、氮、氧和氫的群組；
- 在15,000至35,000伏特的電壓範圍內加速該單電荷或多電荷離子；
- 離子植入的劑量在 $1.10^{15}$ 至 $1.10^{17}$ 離子/公分<sup>-2</sup>之範圍；
- 該離子的最大植入深度為150至200 nm。

【0012】本發明進一步是關於具有陶瓷表面與金屬核心的金屬粉末之粒子，更特別是具有對應於製造該金屬粉末之粒子的金屬的碳化物或氮化物之表面。

【0013】由於這些特徵，本發明提供一種處理粉末狀態之金屬材料的方法，其中形成該粉末的粒子在深層部分保持其原始金屬結構，而從表面到給定深度，轟擊該金屬粉末粒子的該單電荷或該多電荷離子填充該金屬之晶體結

構晶格中的缺陷，而後與該金屬材料的原子結合以形成陶瓷，亦即其是在環境溫度下為固體且既不是有機的也不是金屬的一種材料。

【0014】應注意，在離子植入處理之後，金屬粉末粒子準備好用於粉末冶金方法(powder metallurgy method)，例如注型、壓製或諸如三維雷射印刷的附加製造。再者，由於金屬粉末粒子的表面轉變成陶瓷，特別是成為構成該粒子的金屬之碳化物和/或氮化物，因而改善該金屬粉末粒子的機械與物理性質(特別是硬度、耐腐蝕性或摩擦學性質)。當該金屬粉末用於生產固體部件時，保持金屬粉末粒子之機械和物理性質的改善。

【0015】較佳地，在整個離子植入處理期間，攪拌形成金屬粉末的粒子，使得該粒子在其整個實質球形表面上以均質方式暴露於植入束的離子下。

【0016】應注意，在先前技藝中，通常用以獲得陶瓷-金屬型式(稱為陶金(cermet))材料的方法之一是由盡可能最均勻的方式混合金屬和陶瓷粉末所組成，這產生塗覆在金屬層中的陶瓷粒子。然而，此方法如何精確控制金屬層厚度和金屬層與陶瓷核心之間界面品質的問題。

#### 【圖式簡單說明】

【0017】在閱讀根據本發明的方法的一個例示實施例所給的以下詳細說明之後，本發明的其他特徵和優點將變得更清楚，該例示僅用於說明目的而不是用於限制本發明

的範圍，參考圖式，其中：

【0018】圖1(如上所述)是ECR電子迴旋共振型多電荷離子源的示意圖。

【0019】圖2是金粒子Au的剖面圖，金粒子Au的半徑約為1微米，並且已用C<sup>+</sup>碳離子束轟擊。

【0020】圖3是本發明範圍內使用的ECR電子迴旋共振型多電荷離子源的示意圖。

【0021】圖4A說明在鉑粒子Pt中的中C<sup>+</sup>碳離子之植入分佈，其半徑約為1微米。

【0022】圖4B是實質球形的鉑粒子Pt之平面的放大圖，鉑粒子Pt的半徑約為1微米，並且顯示粒子中的C<sup>+</sup>碳離子之穿透軌跡。

【0023】圖5A顯示半徑約為1微米的鉑粒子Pt中的N<sup>+</sup>氮離子之植入分佈。

【0024】圖5B是鉑粒子Pt之平面的放大圖，鉑粒子Pt的半徑約為1微米，並且顯示粒子中的N<sup>+</sup>氮離子之穿透軌跡。

【0025】圖6A顯示半徑約為1微米的金粒子Au中的C<sup>+</sup>碳離子之植入分佈。

【0026】圖6B是實質球形的金粒子Au之平面的放大圖，金粒子Au的半徑約為1微米，並且顯示粒子中的C<sup>+</sup>碳離子之穿透軌跡。

【0027】圖7A顯示半徑約為1微米的金粒子Au中的N<sup>+</sup>氮離子之植入分佈。

【0028】圖7B是實質球形的金粒子Au之平面的放大圖，金粒子Au的半徑約為1微米，並且顯示粒子中的N<sup>+</sup>氮離子之穿透軌跡。

### 【實施方式】

【0029】本發明是從一般發明想法中得出的，該想法是由使金屬粉末粒子進行處理過程以將離子植入該粒子的表面所組成。藉由以約15,000至35,000伏的電壓下經歷顯著加速的單電荷或多電荷離子轟擊金屬粉末的粒子，可以看出該等離子開始填充金屬晶體結構的晶格中的缺陷，而後看到與金屬材料的原子結合形成陶瓷。從金屬粉末粒子的表面直到一定深度，將它們轉變成陶瓷，例如轉變成製造粒子的金屬之碳化物或氮化物。有利地，所述金屬粉末粒子與陶瓷表面層的機械和物理性質(特別是硬度、耐腐蝕性或摩擦學性質)得到改善。當金屬粉末用於藉由粉末冶金技術(如注塑、壓製、附加製造或其它技術)而生產固體部件時，保持具有陶瓷表面層的金屬粉末粒子之機械和物理性質的改善。術語「附加製造技術」在本文中應理解為藉由添加材料而製造固體部分所組成。在附加製造技術的情況下，藉由逐漸添加基礎原料來形成固體部分，而在傳統的製造技術中，使用原材料作為基礎並且藉由逐漸去除材料而獲得期望的最終部分。

【0030】圖2為金粒子Au的剖面圖。整體用元件符號20表示，此金粒子具有實質上球形的形狀，半徑R約為1微

米。使用由元件符號 22 表示的  $C^+$  碳離子束轟擊該金粒子 20。如圖 2 所示，金粒子 20 具有由純金製成的核心 24 和主要由碳化金 (gold carbide) 構成的外層或殼 26。

【0031】該外層 26 的厚度  $e$  約為金粒子 20 的半徑  $R$  的十分之一，即約 100 奈米。此外層 26 主要由碳化金構成，其是陶瓷材料。根據本發明，陶瓷材料的濃度從金粒子 20 的外表面 28 增加到該金粒子 20 之半徑  $R$  的約 5% (即約 50 奈米)，而後減小到金粒子 20 的半徑  $R$  的約十分之一 (實質上為零)。

【0032】由於根據本發明的方法，獲得例如由金或鉑製成的粒子，其核心由原始金屬構成，而完全包圍該粒子的核心之外層是由陶瓷材料 (例如碳化物或氮化物) 構成，其由金屬原子與轟擊粒子的離子組合而形成。

【0033】根據本發明，此方法使用由待處理的多個金屬材料粒子所形成的粉末。然而，此金屬材料可以為 (但不限於) 選自包括金和鉑的群組之貴金屬。它亦可為選自包括鎂、鈦和鋁的群組之非貴金屬。

【0034】在選擇金屬以滿足需要之後，藉由將單電荷或多電荷離子束 14 引向該粒子的外表面而對金屬粉末粒子 30 進行離子植入程序，該離子束由 ECR 電子迴旋共振型的單電荷或多電荷離子源產生 (參閱圖 3)。

【0035】較佳地，然而在非限制方式中，待電離的材料選自包括碳、氮、氧和氬組成的群組，並且在 15,000 至 35,000 伏特的電壓範圍中加速單電荷或多電荷離子。植入

離子的劑量在  $1.10^{15}$  至  $1.10^{17}$  離子·公分<sup>-2</sup>範圍中。

【0036】金屬粉末粒子30具有半徑為R的整體球形，並且其粒度(grain size)使得約50%的所有該粒子具有範圍在1至2微米中的直徑，由此金屬粉末粒子30的直徑不超過50微米。較佳地，在離子植入程序的整個過程中攪拌金屬粉末粒子30，以確保該等粒子在其整個外表面上以均勻的方式暴露於離子束14。

【0037】圖4A顯示了鉑粒子Pt中的C<sup>+</sup>碳離子之注入分佈，其半徑約為1微米。橫坐標沿著鉑粒子Pt的半徑R延伸，其中該橫坐標的原點對應於鉑粒子的外表面，並且其中2,000埃的值對應於鉑粒子Pt的半徑R之長度的約20%。縱坐標顯示在給定深度處植入鉑粒子Pt中的C<sup>+</sup>碳離子的數目。可以看出，植入鉑粒子Pt中的C<sup>+</sup>碳離子的數目從鉑粒子的外表面非常快地增加，在實質上對應於500埃的深度處(亦即約為鉑粒子之半徑R的約5%)達到超過  $14 \times 10^4$  原子·公分<sup>-2</sup>的最大值。而後，C<sup>+</sup>碳離子的數目減少並且在約1,000埃的深度處(亦即鉑粒子Pt的半徑R的約10%)接近零。

【0038】圖4B是實質球形的鉑粒子Pt的平面之放大圖，鉑粒子Pt的半徑約為1微米，並且顯示當各個C<sup>+</sup>、C<sup>++</sup>碳離子等等穿透鉑粒子Pt時的平均自由軌跡。此圖4B以密度為約  $14 \times 10^4$  原子·公分<sup>-2</sup>繪製。圖4B中的橫坐標顯示表面(0埃)和2,000埃之間的鉑粒子Pt的深度。圖4B中的縱坐標顯示C<sup>+</sup>碳離子束的直徑。C<sup>+</sup>碳離子束的中心是位於縱坐標

高度的中間位置，介於-1,000埃和+1,000埃之間的值。因此，在圖4B中可以看出， $C^+$ 碳離子束的近似直徑為約150奈米，並且鉑粒子Pt中的 $C^+$ 碳離子的穿透深度僅略超過100奈米。

【0039】圖5A顯示鉑粒子Pt中的 $N^+$ 氮離子之植入分佈，其半徑R約為1微米。橫坐標沿著鉑粒子Pt的半徑R延伸，其中該橫坐標的原點對應於鉑粒子Pt的外表面，並且其中2,000埃的值對應於鉑粒子Pt之半徑R的長度的約20%。縱坐標顯示在給定深度處植入鉑粒子Pt中的 $N^+$ 氮離子之數目。可以看出，植入鉑粒子Pt中的 $N^+$ 氮離子之數目從鉑粒子Pt的外表面非常快地增加，以在實質上對應於500埃的深度處(亦即鉑粒子Pt的半徑R的約5%)達到超過 $16 \times 10^4$ 原子·公分<sup>-2</sup>的最大值。而後， $N^+$ 氮離子的數目減少並且在距離鉑粒子Pt的外表面約1,000埃的深度處(亦即該鉑粒子Pt的半徑R的約10%)接近零。

【0040】藉由比較圖4A和5A，可以看出 $N^+$ 氮離子穿透鉑粒子Pt的晶體晶格的程度小於 $C^+$ 碳離子。

【0041】圖5B是實質球形的鉑粒子Pt的平面之放大圖，實質球形的鉑粒子Pt之半徑約為1微米，並且顯示當各個 $N^+$ 、 $N^{++}$ 氮離子等等穿透鉑粒子Pt時的平均自由軌跡。此圖5B以密度為約 $16 \times 10^4$ 原子·公分<sup>-2</sup>繪製。圖4B中的橫坐標顯示表面(0埃)和2,000埃之間的鉑粒子Pt的深度。圖4B中的縱坐標顯示 $N^+$ 氮離子束的直徑。 $N^+$ 氮離子束的中心是位於縱坐標高度的中間位置，介於-1,000埃和

+1,000埃之間的值。因此，在圖5B中可以看出， $N^+$ 氮離子束的近似直徑為約150奈米，並且鉑粒子Pt中的 $N^+$ 氮離子的穿透深度稍小於100奈米。因此很清楚， $N^+$ 離子穿透鉑粒子的程度以比 $C^+$ 離子更小。

【0042】圖6A顯示金粒子Au中的 $C^+$ 碳離子之植入分佈，金粒子Au的半徑R約為1微米。橫坐標沿著金粒子Au的半徑R延伸，其中該橫坐標的原點對應於金粒子Au的外表面，並且其中2,000埃的值對應於金粒子Au之半徑R的約20%。縱坐標顯示在給定深度處植入金粒子Au中的 $C^+$ 碳離子之數目。可以看出，植入金粒子Au中的 $C^+$ 碳離子之數目從金粒子Au的外表面非常快地增加，以在500埃的深度處(亦即金粒子Au的半徑R的約5%)達到超過 $12 \times 10^4$ 原子·公分<sup>-2</sup>的最大值。而後，離子的數目減少並且在金粒子Au的外表面下方約1,000奈米(亦即該粒子的半徑R的約10%長度)接近零。

【0043】圖6B是實質球形的金粒子Au的平面之放大圖，實質球形的金粒子Au之半徑約為1微米，並且顯示當各個 $C^+$ 、 $C^{++}$ 碳離子等等穿透金粒子Au時的平均自由軌跡。此圖6B以離子密度為約 $12 \times 10^4$ 原子·公分<sup>-2</sup>繪製。圖6B中的橫坐標顯示表面(0埃)和2,000埃之間的金粒子Au的深度。圖6B中的縱坐標顯示 $C^+$ 碳離子束的直徑。 $C^+$ 碳離子束的中心是位於縱坐標高度的中間位置，介於-1,000埃和+1,000埃之間的值。因此，在圖6B中可以看出， $C^+$ 碳離子束的近似直徑為約150奈米，並且金粒子Au中的 $C^+$ 離子的

穿透深度稍超過於100奈米。

【0044】圖7A顯示金粒子Au中的N<sup>+</sup>氮離子之植入分佈，其半徑約為1微米。橫坐標沿著金粒子Au的半徑R延伸，其中該橫坐標的原點對應於金粒子Au的外表面，並且其中2,000埃的值對應於金粒子Au之半徑R的約20%。縱坐標顯示在給定深度處植入金粒子Au中的N<sup>+</sup>氮離子之數目。可以看出，植入金粒子Au中的N<sup>+</sup>氮離子之數目從金粒子Au的外表面非常快地增加，以在500埃的深度處(亦即金粒子Au的半徑R的約5%長度)達到超過 $14 \times 10^4$ 原子·公分<sup>-2</sup>的最大值。而後，N<sup>+</sup>氮離子的數目減少並且在金粒子Au的外表面下方約1,000奈米(亦即該粒子的半徑R的約10%長度)接近零。

【0045】圖7B是實質球形的金粒子Au的平面之放大圖，實質球形的金粒子Au之半徑約為1微米，並且顯示當各個N<sup>+</sup>、N<sup>++</sup>氮離子等等穿透金粒子Au時的平均自由軌跡。此圖7B以離子密度為約 $14 \times 10^4$ 原子·公分<sup>-2</sup>繪製。圖7B中的橫坐標顯示表面(0埃)和2,000埃之間的金粒子Au的深度。圖7B中的縱坐標顯示N<sup>+</sup>氮離子束的直徑。N<sup>+</sup>氮離子束的中心是位於縱坐標高度的中間位置，介於-1,000埃和+1,000埃之間的值。因此，在圖7B中可以看出，N<sup>+</sup>氮離子束的近似直徑為約150奈米，並且鉑粒子Pt中的N<sup>+</sup>離子的穿透深度為約100奈米。因此很清楚，N<sup>+</sup>氮離子穿透金粒子Au的程度以比C<sup>+</sup>離子更小。

【0046】顯然，本發明不限於上述實施例，並且本技

藝普通技術人士可考慮各種簡單的替換和修飾，而不脫離由所附申請專利範圍限定之本發明的範圍。特別地，應當理解，ECR電子迴旋共振型的離子植入程序以較佳實例的形式規定，但並非限制本發明的範圍，並且可考慮其他熱電漿產生程序(例如藉由感應或使用由微波發生器產生的強磁場)。亦應注意，藉由穿透電子顯微鏡對通過氮注入的平均直徑為2.0微米的藍寶石粒子進行的額外測量確認：在離子植入後，藍寶石粒子具有厚度為約150至200奈米的陶瓷殼。亦應注意，被照射的粒子的體積與粒子的總體積之比等於約14%。從申請人的角度來看，藉由根據本發明的離子植入方法獲得的粉末不是真正的複合材料。更具體而言，關於其廣泛接受的含義，複合材料是兩種不同材料(即基質(matrix)和增強物(reinforcement))組合的結果。在此情況下，該說明僅涉及單一材料，其中離子轟擊導致化學結構表面的修飾。因此，這可較佳地稱為異質材料。最後，應注意，根據本發明，ECR離子源可產生單電荷離子(亦即離子化程度等於1的離子)或多電荷離子(亦即離子化程度大於1的離子)。亦應注意，離子束可包括全部具有相同程度離子化的離子或是可來自具有不同離子化程度之離子的混合物。

## 【符號說明】

### 【0047】

1：ECR多電荷離子源

- 2：注入台(Injection stage)
- 4：待電離的氣體之體積
- 6：微波
- 8：磁性限制台(Magnetic confinement stage)
- 10：電漿
- 12：提取台(Extraction stage)
- 12a：陽極
- 12b：陰極
- 14：多電荷離子束
- 16：表面
- 18：待處理的部分
- 20：金粒子 Au
- R：半徑
- 22：C<sup>+</sup>碳離子束
- 24：核心
- 26：外層或殼
- e：厚度
- 28：外表面
- 30：金屬粉末粒子

## 【發明申請專利範圍】

### 【第1項】

一種用於在粉末狀態的金屬材料的表面處理方法，該方法包括獲得由多個金屬材料粒子形成的待處理金屬粉末的步驟，以及藉由將單電荷或多電荷離子束(14)導向該金屬粉末的粒子(30)的外表面，對該等粒子進行離子植入程序的步驟，該離子束由單電荷或多電荷離子源產生，其中該等粒子具有半徑(R)的整體球形，其中當該金屬材料是貴金屬時，該金屬是選自金與鉑，其中當該金屬材料是非貴金屬時，該金屬是選自鎂、鈦與鋁，並且其中該離子是選自碳離子與氮離子。

### 【第2項】

如申請專利範圍第1項之方法，其中在該離子植入程序的整個過程中，攪拌該金屬粉末的粒子(30)。

### 【第3項】

如申請專利範圍第1或2項之方法，其中所使用的該金屬粉末的粒子(30)的粒度(grain size)使得實質上50%的所有該金屬粉末的粒子(30)具有1至2微米的範圍中的直徑，因此該等粒子的該直徑不超過50微米。

### 【第4項】

如申請專利範圍第1項之方法，其中該離子植入程序是ECR電子迴旋共振型。

### 【第5項】

如申請專利範圍第4項之方法，其中在15,000至35,000

伏特範圍中的電壓下，加速該單電荷或多電荷離子。

**【第6項】**

如申請專利範圍第5項之方法，其中所植入的離子之劑量在  $1.10^{15}$  至  $1.10^{17}$  離子/公分<sup>-2</sup> 的範圍中。

**【第7項】**

如申請專利範圍第5或6項之方法，其中該單電荷或多電荷離子穿透形成該金屬材料粉末的該等粒子達對應於該等粒子的該半徑(R)的約10%之深度。

**【第8項】**

一種粉末狀態的材料，其由具有陶瓷外層(26)和金屬核心(24)的複數個粒子形成，該等粒子具有半徑(R)的整體球形，其中該陶瓷外層(26)是對應於製造該等粒子之該金屬的碳化物或氮化物，即碳或氮離子與該金屬的原子之組合，陶瓷材料的濃度從該等粒子的外表面增加至給定深度，超過該給定深度，陶瓷材料的濃度降低並變為零。

**【第9項】**

如申請專利範圍第8項之材料，其中約50%的該等粒子具有在1至2微米範圍中的直徑，因此該等粒子的該直徑不超過50微米。

**【第10項】**

如申請專利範圍第8項之材料，其中製造該等粒子的金屬材料是選自包括金與鉑的群組之貴金屬。

**【第11項】**

如申請專利範圍第9項之材料，其中製造該等粒子的

金屬材料是選自包括金與鉑的群組之貴金屬。

**【第 12 項】**

如申請專利範圍第 8 項之材料，其中製造該等粒子的金屬材料是選自包括鎂、鈦與鋁的群組之非貴金屬。

**【第 13 項】**

如申請專利範圍第 9 項之材料，其中製造該等粒子的金屬材料是選自包括鎂、鈦與鋁的群組之非貴金屬。

**【第 14 項】**

如申請專利範圍第 8 項之材料，其中陶瓷材料的濃度從該等粒子的外表面增加至該等粒子的該半徑(R)的長度的約 5%，而後降低至該等粒子的該半徑(R)的該長度的約 10%，在此點上該濃度實質上是零。

【發明圖式】

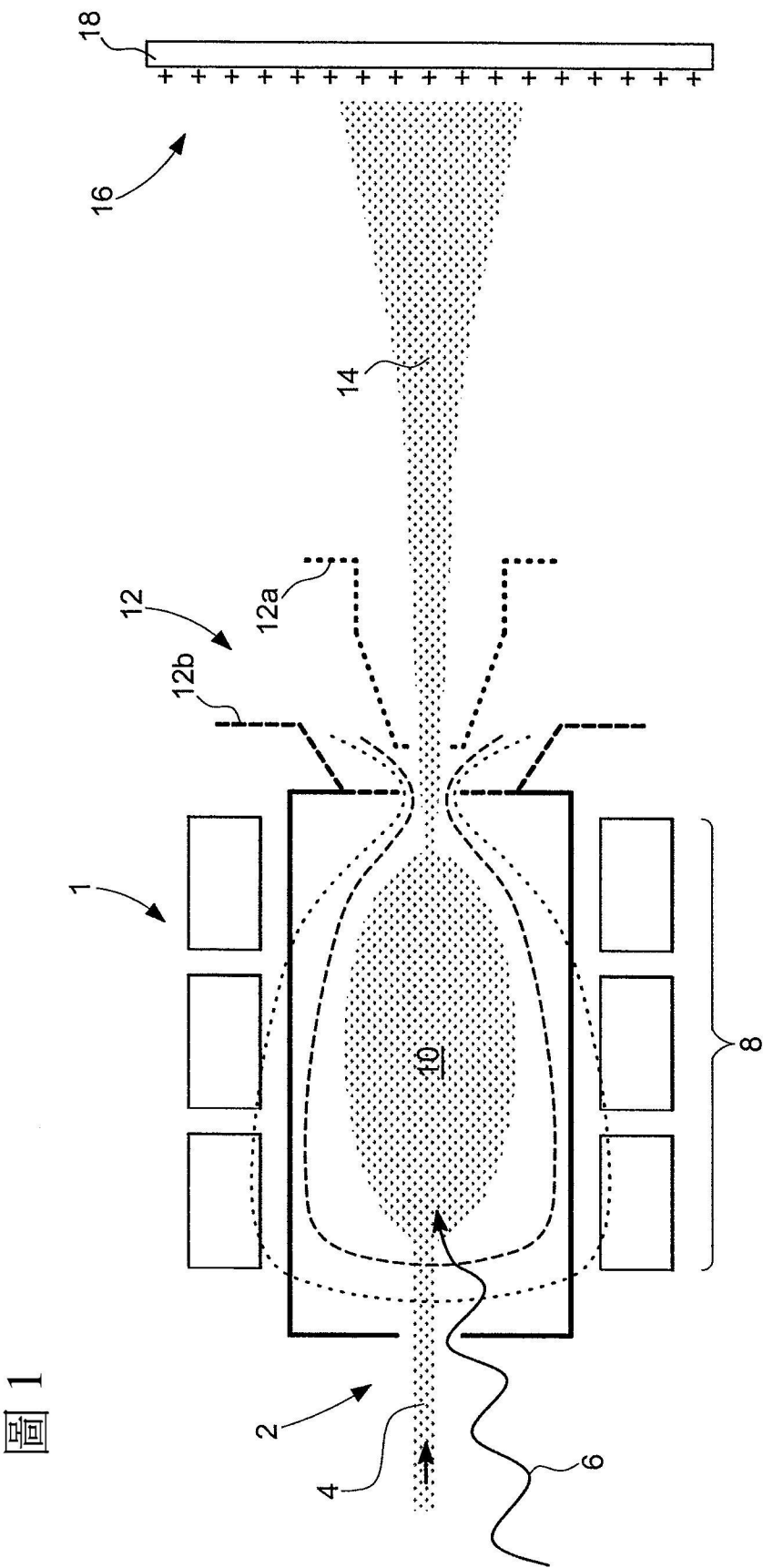


圖 1

圖 2

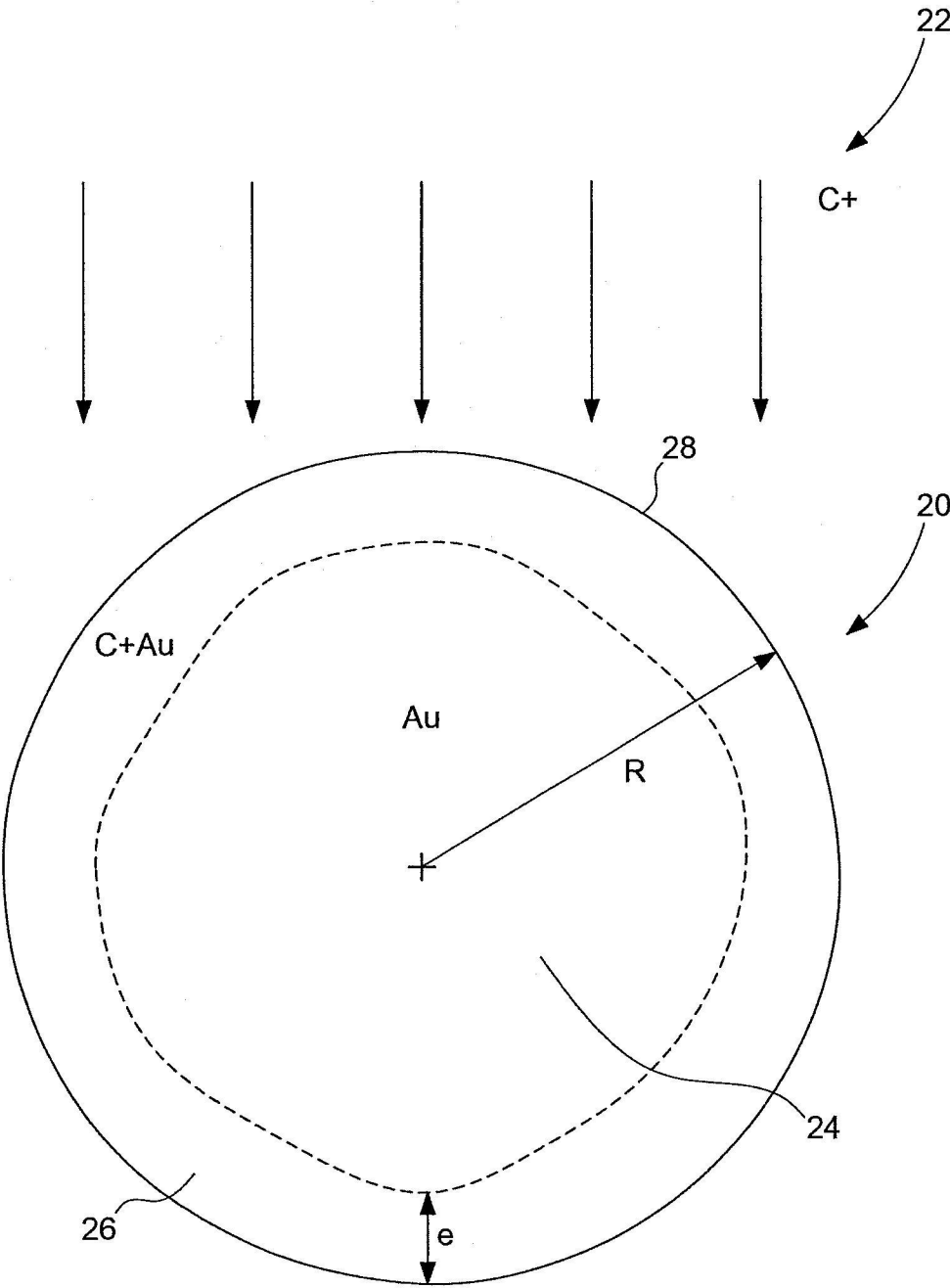


圖 3

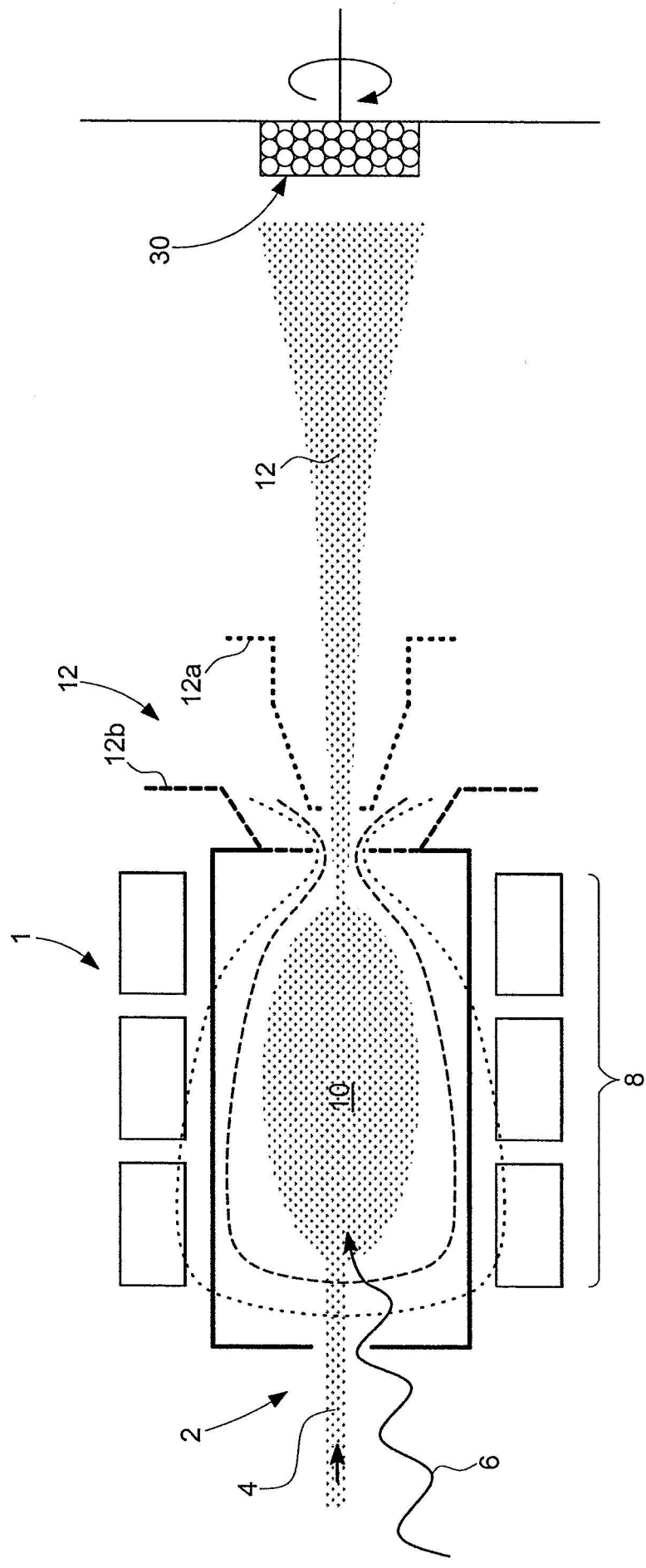


圖 4B

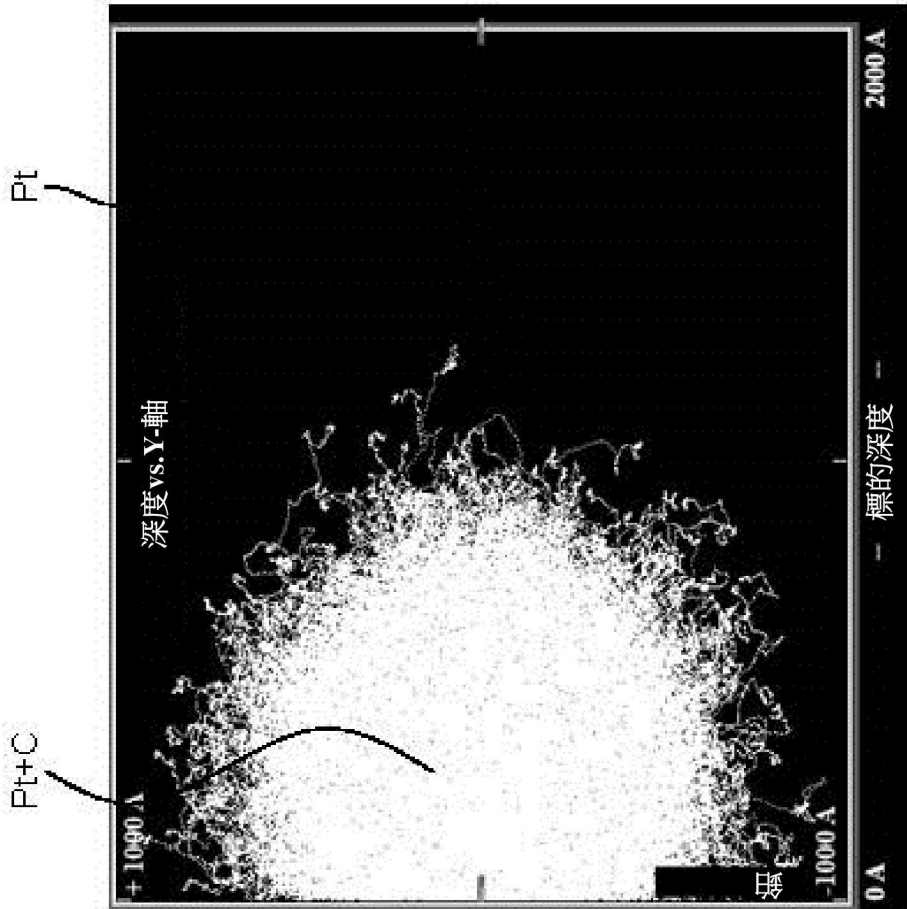


圖 4A

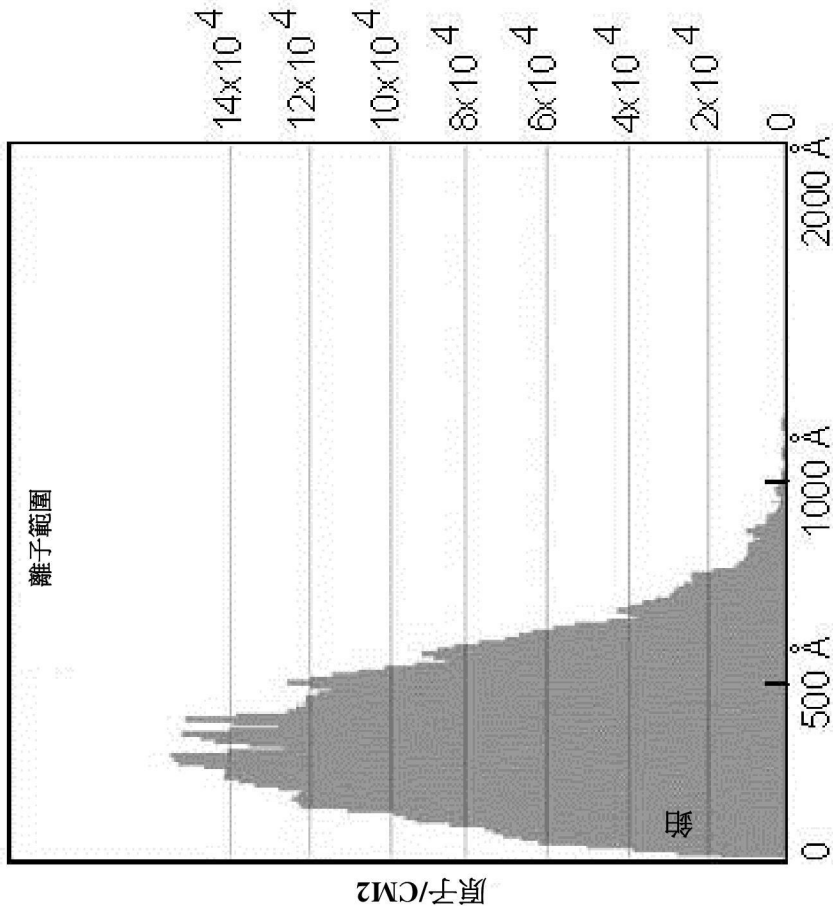


圖 5A

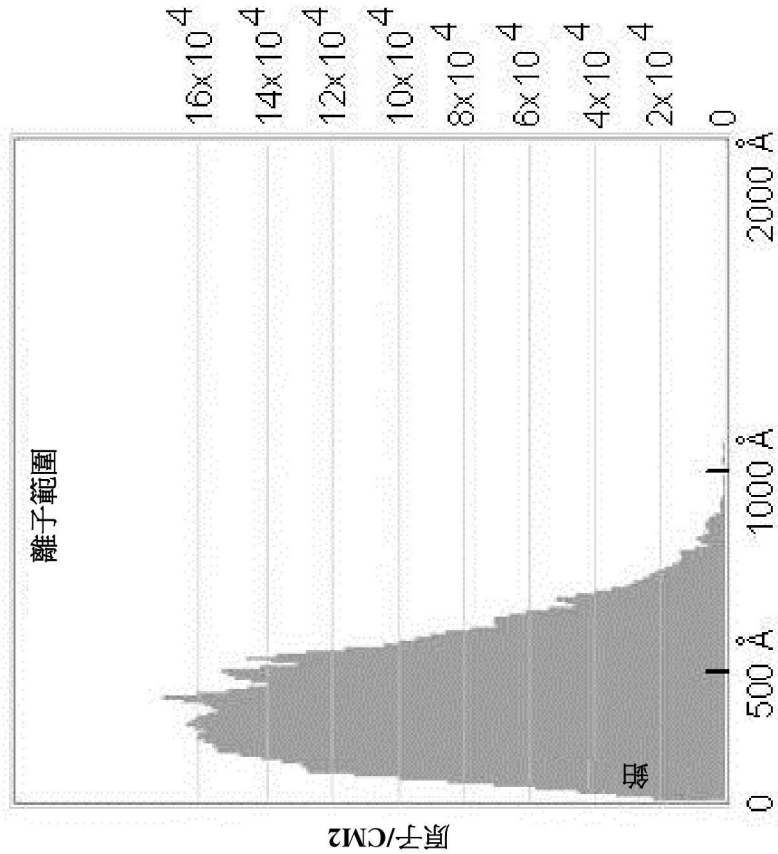


圖 5B

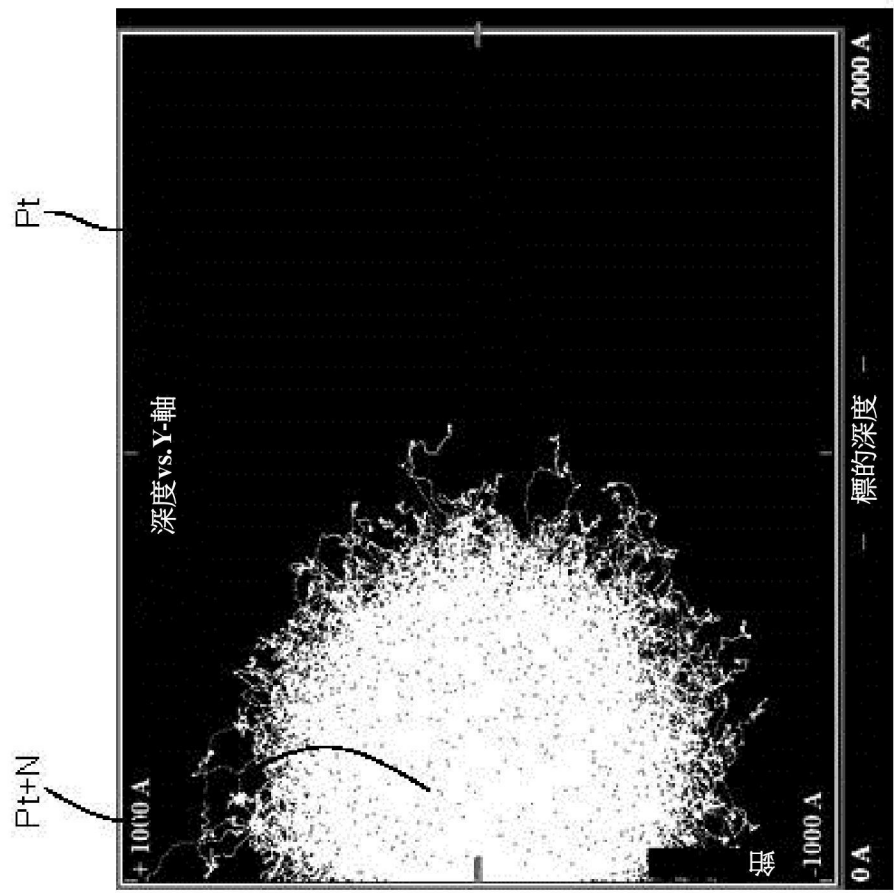


圖 6A

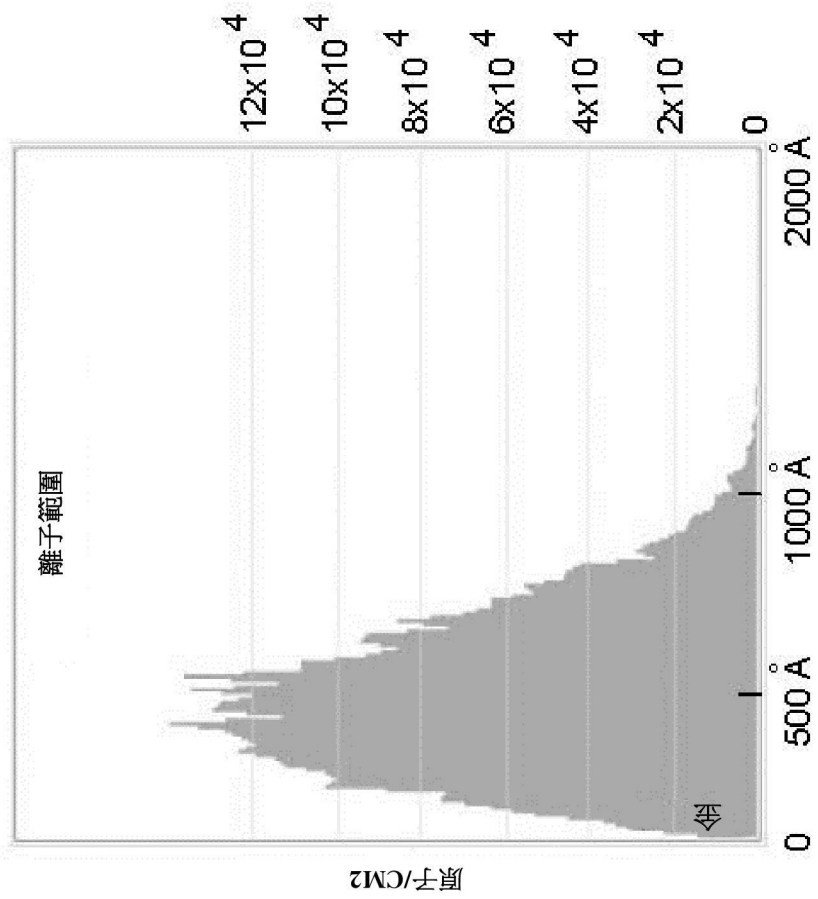


圖 6B

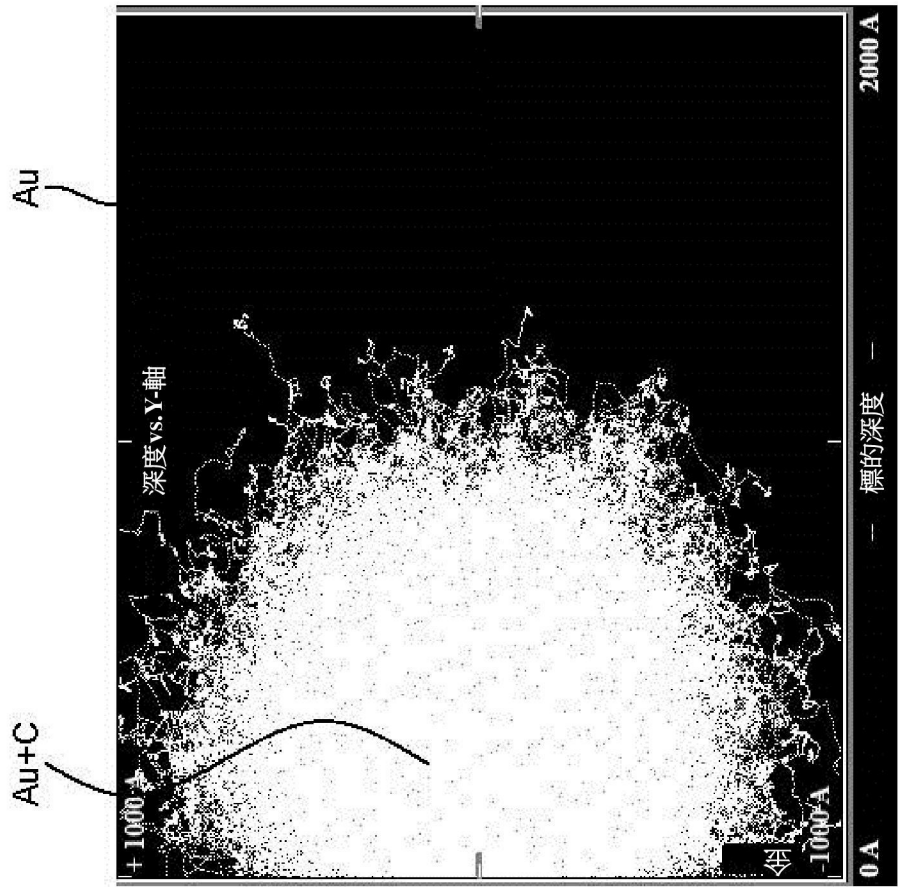


圖 7A

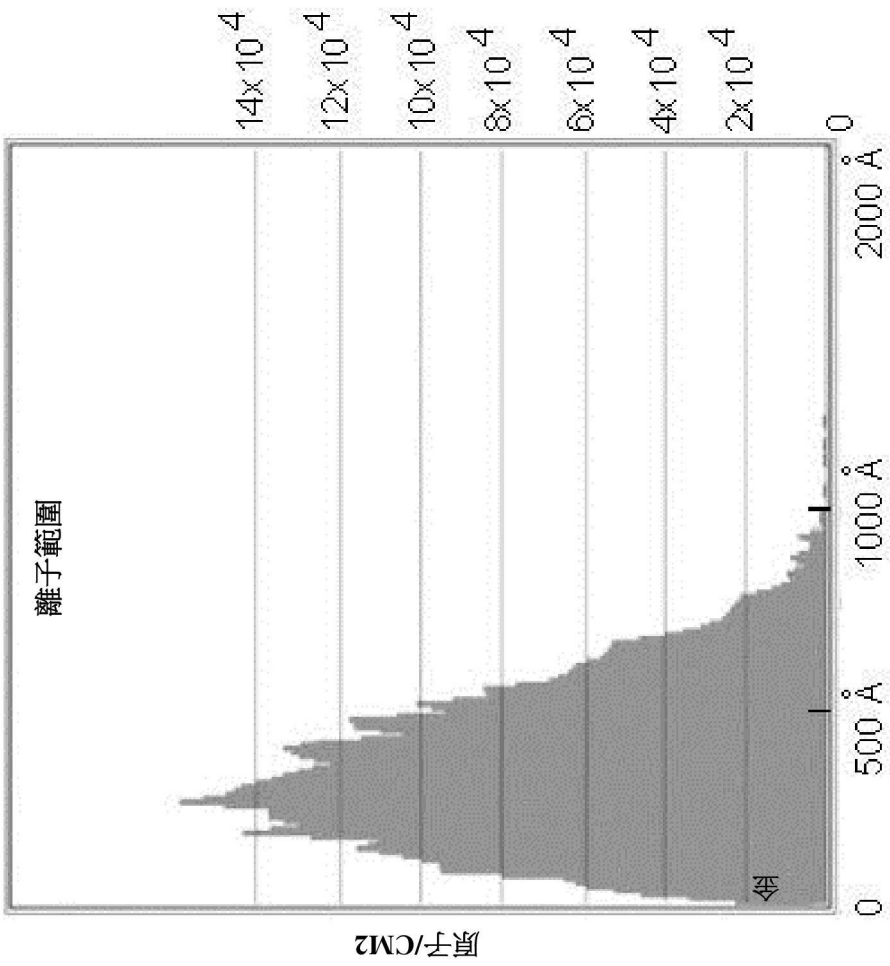


圖 7B

