



(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 I770024 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：106115392

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 05 月 10 日

(51)Int. Cl. : **B08B7/00 (2006.01)** **G03F1/82 (2012.01)**
G03F1/84 (2012.01) **G03F7/20 (2006.01)**

(30)優先權：2016/05/20 美國 15/160,302

(71)申請人：美商瑞弗股份有限公司 (美國) RAVE LLC (US)
 美國

(72)發明人：羅賓森 陶德伊凡 ROBINSON, TOD EVAN (US)；阿盧札 博內比 J ARRUZA, BERNABE J. (US)；羅斯勒 基尼斯吉伯特 ROESSLER, KENNETH GILBERT (US)；布林克里 大衛 BRINKLEY, DAVID (US)；勒克萊兒 傑弗瑞 E LECLAIRE, JEFFREY E. (US)

(74)代理人：閻啓泰；林景郁

(56)參考文獻：

CN	1314578C	CN	103703415A
JP	2008-209544A	JP	2009-160689A
US	2009/0032706A1		

審查人員：蔣國珍

申請專利範圍項數：25 項 圖式數：38 共 130 頁

(54)名稱

決定粒子及從基板移除之粒子的組成物的方法

(57)摘要

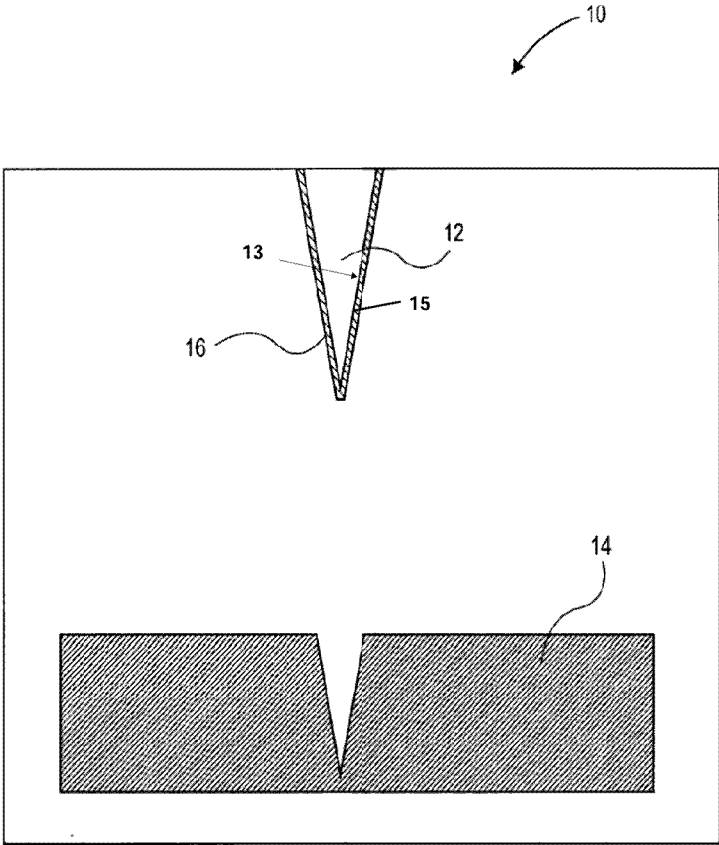
本發明提供一種用於奈米加工處理之從尖端收集並分析碎片的碎片收集及計量系統，該系統包括照射源、照射偵測器、致動器、及控制器。照射源可操作以將入射照射引導至尖端上，而照射偵測器可操作以從尖端接收樣本照射，樣本照射係由於施加至尖端上之直接入射之照射產生。控制器可操作地耦接至致動器系統及照射偵測器，而控制器可操作以依據照射偵測器對樣本照射之第一回應接收第一訊號，且控制器可操作以依據第一訊號實現在照射源及照射偵測器中之至少一者與尖端之間的相對運動。

A debris collection and metrology system for collecting and analyzing debris from a tip used in nanomachining processes, the system including an irradiation source, an irradiation detector, an actuator, and a controller. The irradiation source is operable to direct incident irradiation onto the tip, and the irradiation detector is operable to receive a sample irradiation from the tip, the sample irradiation being generated as a result of the direct incident irradiation being applied onto the tip. The controller is operatively coupled to an actuator system and the irradiation detector, and the controller is operable to receive a first signal based on a first response of the irradiation detector to the sample irradiation, and the controller is operable to effect relative motion between the tip and at least one of the irradiation source and the irradiation detector based on the first signal.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 10:裝置
- 12:尖端
- 13:尖端表面
- 14:低表面能材料之貼片或貯器
- 15:中間層
- 16:塗層



第2圖



I770024

【發明摘要】

【中文發明名稱】決定粒子及從基板移除之粒子的組成物的方法

【英文發明名稱】METHODS OF DETERMINING COMPOSITIONS OF A
PARTICLE AND A PARTICLE REMOVED FROM A SUBSTRATE

【中文】

本發明提供一種用於奈米加工處理之從尖端收集並分析碎片的碎片收集及計量系統，該系統包括照射源、照射偵測器、致動器、及控制器。照射源可操作以將入射照射引導至尖端上，而照射偵測器可操作以從尖端接收樣本照射，樣本照射係由於施加至尖端上之直接入射之照射產生。控制器可操作地耦接至致動器系統及照射偵測器，而控制器可操作以依據照射偵測器對樣本照射之第一回應接收第一訊號，且控制器可操作以依據第一訊號實現在照射源及照射偵測器中之至少一者與尖端之間的相對運動。

【英文】

A debris collection and metrology system for collecting and analyzing debris from a tip used in nanomachining processes, the system including an irradiation source, an irradiation detector, an actuator, and a controller. The irradiation source is operable to direct incident irradiation onto the tip, and the irradiation detector is operable to receive a sample irradiation from the tip, the sample irradiation being generated as a result of the direct incident irradiation being applied onto the tip. The controller is operatively coupled to an actuator system and the irradiation detector, and the controller is operable to receive a first signal based on a first response of the irradiation detector to the sample irradiation, and the controller is operable to effect relative motion between the tip and

第 1 頁(發明摘要)

at least one of the irradiation source and the irradiation detector based on the first signal.

【指定代表圖】第（ 2 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 裝 置

1 2 尖 端

1 3 尖 端 表 面

1 4 低表面能材料之貼片或貯器

1 5 中 間 層

1 6 塗 層

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】決定粒子及從基板移除之粒子的組成物的方法

【英文發明名稱】METHODS OF DETERMINING COMPOSITIONS OF A PARTICLE AND A PARTICLE REMOVED FROM A SUBSTRATE

【技術領域】

【0001】 本專利申請案係為2016年1月29日提交的共同待決之美國專利申請案第15/011,411號之部分連續申請案並主張其優先權權利，美國專利申請案第15/011,411號係為2014年2月28日提交的美國專利申請案第14/193,725號之部分連續案，美國專利申請案第14/193,725號係為2012年10月15日提交的美國專利申請案第13/652,114號之分割案（公告為美國專利第8,696,818號），美國專利申請案第13/652,114號係為2007年9月17日提交的美國專利申請案第11/898,836號（公告為美國專利第8,287,653號）之連續案，以上全部申請案之全文係以引用方式併入本文。

【0002】 本揭示案一般係關於奈米加工處理。更特定言之，本揭示案係關於在奈米加工處理期間及/或在奈米加工處理之後移除碎片。此外，可應用本揭示案之碎片移除處理以移除對基板而言為之任何外來材料。

【先前技術】

【0003】 根據定義，奈米加工涉及從例如光微影遮罩、半導體基板/晶圓、或其上可進行掃描探針顯微鏡（SPM）

之任何表面機械移除奈米尺度體積之材料。出於此論述之目的，「基板」將指稱其上可進行奈米加工之任何物件。

【0004】 光微影遮罩之實例包括：標準光遮罩（193 nm 波長，經浸漬或不經浸漬）、下一代微影遮罩（壓印、引導自組裝等）、超紫外線微影光遮罩（EUV 或 EUVL）、及任何其他可行或有用的遮罩技術。考慮作為基板之其他表面之實例係膜、薄膜、微電子/奈米電子機械系統 MEMS/NEMS。在本揭示中所使用之術語「遮罩」或「基板」包括以上實例，儘管該領域具有通常知識者應瞭解亦可應用其他光遮罩或表面。

【0005】 在相關領域中的奈米加工可藉由使用位於原子力顯微鏡（AFM）之懸臂上的尖端（例如，鑽石切削鑽頭）將力施加至基板的表面來進行。更具體而言，可首先將尖端插入基板的表面中，並且隨後可在平行於該表面之平面（亦即， xy 平面）中拖動該尖端經過該基板。此舉導致材料隨著該尖端之拖動而從基板上移位及/或移除。

【0006】 由於此奈米加工，碎片（包括對基板表面而言的任何外來材料）在該基板上產生。更具體而言，隨著材料從基板移除，可能在奈米加工處理期間形成小粒子。在一些情況中，一旦完成奈米加工處理，該等粒子殘留在基板上。此等粒子通常發現於例如在基板上存在的溝道及/或空穴中。

【0007】 為了移除碎片、粒子、或對基板而言為的任何外來材料，特別是在高深寬比光微影遮罩結構及電子電路

中；已使用濕式清潔技術。更具體而言，可使用液態化學試劑及/或攪拌全部遮罩或電路。然而，化學方法及攪拌方法（如兆聲波攪拌）均會不利地改變或破壞高深寬比結構及遮罩光學鄰近校正特徵（亦即，一般非常小而使得該等特徵不成像而是形成由遮罩設計者有利地用以形成圖案之繞射圖案的特徵）二者。

【0008】 為了更好地理解高深寬比形狀及結構為何極易被化學試劑及攪拌而破壞；應記得根據定義，此等形狀及結構包括大量表面面積並因此在熱力學上非常不穩定。因此，當施加化學試劑及/或機械能時，此等形狀及結構極易分層及發生其他形式的破壞。

【0009】 值得注意的是使用薄膜以保持粒子脫離正在複製之微影表面的壓印微影處理及EUV（或EUVL）目前並不可行。無法使用薄膜之技術一般更易於因阻止將圖案轉移至晶圓之能力的粒子污染而破損。薄膜係在EUV遮罩之中發展，但依據DUV薄膜遮罩之先前經驗指示，使用薄膜僅減輕（但無法完全防止）臨界粒子及其他污染物落到表面上，而任何隨後暴露至高能量光子之情況將使該等粒子固定至具有較大黏著程度之遮罩表面。此外，該等技術可能利用較小特徵尺寸（1至300nm）實施，而使他們更易於在可能通常使用之標準濕式清潔實現期間損壞。在EUV或EUVL之特定情形中，該技術可能需要在使用的期間且很可能在儲存等待使用期間讓基板處於真空環境

中。為了使用標準濕式清潔技術，將破壞此真空，此會輕易地導致進一步粒子污染。

【0010】 用於從基板移除碎片的其他當前可用方法係利用低溫清潔系統及技術。舉例而言，含有高深寬比形狀及/或結構之基板可以使用二氧化碳粒子來替代砂，以有效地「噴砂」。

【0011】 然而，亦已知在相關領域中，甚至低溫清潔系統及處理亦不利地改變或破壞高深寬比特徵。此外，低溫清潔處理影響基板之相對大面積（例如，經處理的面積之跨度可係近似10毫米或更多，以清潔具有奈米數量級尺寸之碎片）。因此，可能不需要自其移除碎片的基板面積，但亦會暴露至低溫清潔處理並暴露至與其關聯之潛在結構破壞能量。應注意，在奈米及微米狀況之間存在數個物理差異，出於本文之目的，焦點將集中在關於奈米粒子清潔處理之差異上。在奈米及巨集尺度清潔處理之間存在許多相似性，但亦存在許多關鍵差異。出於本揭示案之目的，所使用之奈米尺度之普遍定義係為：此舉定義1至100 nm之尺寸範圍。此舉係為廣義範圍，因為本文綜述之許多處理可在此範圍下（至原子尺度）發生，並且能夠影響大於此範圍之粒子（至微米狀況）。

【0012】 在巨集與奈米粒子清潔處理之間的一些物理差異包括運輸相關性質，包括：表面面積、平均自由路徑、熱、及場效應。在此列表中前面二者與粒子之熱機械化學行為更為相關，而後者係與粒子及電磁場之相互作用更為

相關。傳熱現象將該等狀況交叉，原因在於其亦為圍繞粒子及在紅外線波長範圍中粒子與電磁場之相互作用的熱機械物理化學。要用函數闡明該等差異中的一些者，提出於高深寬比線及空間結構（ 70 nm 深及 40 nm 寬 $\sim AR = 1.75$ ）之底部捕獲的奈米粒子之假想實驗實例。為了使用巨集尺度處理清潔此粒子，移除該粒子所需之能量係與損壞在基板上之特徵或圖案所需之能量近似相同，而藉此不可能清潔高深寬比線及空間結構而無損壞。針對巨集尺度清潔處理（含水、表面活性劑、聲波攪拌等），於移除奈米粒子之能階處，亦損壞周圍特徵或圖案。若具有操縱奈米尖銳（或奈米尺度）結構（準確地在與奈米粒子之奈米距離內）的技術能力，則可施加能量以將奈米粒子清潔為僅奈米粒子。針對奈米尺度清潔處理，將移除奈米粒子所需之能量僅施加至奈米粒子，而非在基板上之周圍特徵或圖案。

【0013】 首先，觀察粒子之表面面積性質，由於理論粒子（本文模型化為最佳球體）接近奈米尺度範圍，存在明顯數學尺度差異。性質使用材料體積量測材料之整體，而藉由外表面積量測表面。針對假定粒子，相對於粒子直徑，粒子體積以立方（三次冪）相反地降低，而表面面積以平方降低。此差異意謂於巨集及甚至微觀尺度直徑主導粒子行為之材料性質變得對奈米範圍（及更小）可以忽略不計。該等性質之實例包括粒子之質量及慣性性質，該等性質係為一些清潔技術（如聲波攪拌或雷射震動）的關鍵考慮。

【0014】 本文所解釋之下一個運輸性質係為平均自由路徑。針對巨集至微觀狀況，可將流體（處於液體、氣體二者及混合狀態）之行為準確地模型化為連續流動。當考慮到藉由奈米尺度或更小之間隙分離的表面（如 A F M 尖端及奈米粒子之表面）時，該等流體無法視為連續。此意謂流體並不根據經典流動模型移動，但可更準確地關於稀薄氣體或甚至真空之彈道學原子運動。對於標準溫度及壓力氣體中平均原子或分子（直徑近似 0.3 nm ），所計算之平均自由路徑（亦即，其中在分子平均影響另一原子或分子之前，分子將在直線中行進的距離）係近似 94 nm ，此係為 A F M 掃描探針之較大距離。由於流體與氣體相比緻密得多，所以將具有小得多之平均自由路徑，但必須注意到任何流體之平均自由路徑不可小於原子或分子之直徑。若比較上文給定的典型尖端之 0.3 nm 之假設原子或分子直徑以及可小至 1 nm 之在非接觸掃描模式期間之表面平均分離距離，因此除了最為緻密之流體之外，在 A F M 尖端頂點與正被掃描表面之間的流體環境將表現在從稀薄氣體至近真空之流體性質的範圍內。在先前綜述中觀察對當從巨集至奈米尺度縮放時闡明熱流體處理以根本不同的方式表現係為至關重要。此影響各種處理態樣（如化學反應、將產物（如鬆散粒子）移除至環境中、充電或電荷中和、及熱或熱能量運輸）之機制及動力學。

【0015】 從巨集與奈米至亞奈米尺度之已知傳熱差異已由使用掃描熱探針顯微鏡之研究發現。所看到之一個較

早差異係為熱能之運輸速率能夠跨過奈米尺度距離小於巨集尺度的量值數量級。此舉係為掃描熱探針顯微鏡可以如何使用加熱至有時數百度之溫度差（相對於在非接觸模式中掃描之表面）的奈米探針工作，其中尖端至表面間隔小至奈米或埃尺度。此較低傳熱之原因係暗示於關於流體中平均自由路徑之先前章節中。然而，一種增強傳熱形式為黑體輻射。已經實驗顯示可以在奈米尺度距離超出於給定溫度黑體頻譜輻射之板條（**P l a n k**）限制。因此，不僅傳熱量值降低，從傳導/對流至保持稀薄至真空流體行為之黑體的傳熱之主要類型亦改變。

【0016】 在此論述中之目的中，場相互作用之差異（由於與其他可能實例相比的較長波長，本文電磁場係主要作為實例）可經進一步再分類為波長相關及其他量子效應（特定為穿隧）。在奈米尺度下，在來源（本文預設為不論作為主要來源還是作為相對遠場來源之修改的**A F M**尖端之頂點）與表面之間的電磁場行為將不會受到對遠場來源將受到之解析度的波長依賴繞射限制。將此行為（通常被稱為近場光學）用於掃描探針技術（如近場掃描光學顯微鏡（**N S O M**））方面具有極大成功。在計量學方面之應用之外，近場行為會影響彼此間隔奈米距離的全部奈米尺度物件之電磁相互作用。所提及之下一個近場行為係為量子穿隧，其中粒子（特定為電子）可以跨過經典力學中無法穿透之障壁而傳輸。此現象允許藉由巨集尺度無法看到之方式運輸能量，並且用於掃描穿隧顯微鏡（**S T M**）及一

些固態電子裝置中。最後，存在利用奈米尺度之電磁場（但不限於）經常看到的更神秘之量子效應（如鄰近激發及感測電漿子共振），然而，該領域具有通常知識者應瞭解當前論述給出在巨集與奈米尺度物理處理之間的基本差異之充分闡述。

【0017】 在下文中，術語「表面能」可用於指稱表面之熱力學性質，該性質可用於做功（在此情形中，碎片分別至基板表面及尖端之黏功）。一種經典的計算此之方式係吉布斯自由能，其如下給出：

$$G(p, T) = U + pV - TS$$

其中：

U = 內能；

p = 壓力；

V = 體積；

T = 溫度；以及

S = 熵。

由於當前實施不改變壓力、體積、及溫度（儘管不需要，因為可以等效地操縱該等參數以得到所期望的效應），將不詳細論述。因此，在以上方程式中唯一操縱之項係為下文論述之方法中作為驅動機制的內能及熵。由於與清潔之基板相比，探針尖端表面意欲更加清潔（亦即，無碎片或非意欲之表面污染物），熵天然地係為熱力學驅動機制，以優先污染在基板上方之尖端表面（並隨後污染軟材料之更清潔托板）。內能係藉由各自表面能所表徵之熱物理性

質在托板、尖端、碎片、及基板表面之間操縱。一個讓微分表面能與吉布斯自由能相關之方式係為尋求針對在單軸張力 P 下半徑 r 及長度 l 之圓柱在高溫（亦即，其溶點溫度之大部分）時的工程材料之潛變性質的理論發展：

$$dG = -P * dl + \gamma * dA$$

其中

γ = 表面能密度 [J/m^2]；以及

A = 表面面積 [m^2]。

物件之應力及非固有表面能係在其吉布斯自由能中之因素的觀察誘導讓人相信該等因素（除了表面能密度 γ 之外）亦可經操縱以進行將碎片可逆優先黏著至尖端（相對於基板），並且隨後黏著至軟托板。完成此舉之手段包括施加應力（無論外部還是內部施加）及溫度。應注意驅動處理通常意欲導致具有淨 $\Delta G < 0$ 之一系列表面相互作用，以提供微分表面能量梯度，而優先對基板去污染，並隨後優先污染軟托板。此舉可視為與優先向下傾斜滾動至較低能態的球類似（區別在於，此處的熱力學表面能之傾斜亦包括整個系統或熵之全部無序）。第 6 圖圖示一組可能的表面相互作用，其中本文所述之方法可提供下坡熱力學吉布斯自由能梯度，以選擇性移除污染物，並將其選擇性沉積在軟托板上。此順序係認為使用具有中至低表面能尖端材料（如鑽石）的低表面能氟碳材料的當前實務態樣之原因的理論機制之一。

【發明內容】

【0018】 至少鑒於以上內容，需要用於移除碎片、污染物、粒子、或對基板表面而言為任何外來材料的新穎設備及方法，並且特定言之，係關於能夠清潔具有高深寬比結構、光遮罩光學鄰近修正特徵等之基板而不在奈米尺度上破壞此等結構及/或特徵的新穎設備及方法。

【0019】 根據本揭示案之態樣，提供一種用於偵測污染物之奈米尺度計量系統。該系統包括掃描探針顯微鏡（SPM）尖端、照射源、照射偵測器、致動器、及控制器。照射源經配置及排列以將入射照射引導至SPM尖端上。照射偵測器經配置及排列以從SPM尖端接收樣本照射，樣本照射係由入射照射造成。致動器系統可操作地耦接至奈米尺度計量系統，並經配置以實現在照射源及照射偵測器中之至少一者與SPM尖端之間的相對運動。控制器可操作地耦接至致動器系統及照射偵測器，而控制器經配置以依據照射偵測器對樣本照射之第一回應接收第一訊號，並經配置以依據第一訊號經由致動器系統實現在照射偵測器及照射源中之至少一者與SPM尖端之間的相對運動。

【0020】 根據在本揭示案中的奈米尺度計量系統之一個態樣，致動器系統可操作地耦接至SPM尖端，而致動器系統包括經配置以環繞第一軸旋轉SPM尖端的旋轉致動器。

【0021】 根據在本揭示案中的奈米尺度計量系統之一個態樣，照射源係為 x 射線源、雷射、可見光源、紅外光源、紫外光源、或電子束源。

【0022】 根據在本揭示案中的奈米尺度計量系統之一個態樣，控制器經進一步配置以依據第一訊號產生樣本照射之第一頻域頻譜，藉由第一頻域頻譜減去背景頻域頻譜產生第二頻域頻譜，並依據第二頻域頻譜經由致動器系統實現在照射偵測器及照射源中之至少一者與 SPM 尖端之間的相對運動。根據在本揭示案中的奈米尺度計量系統之一個態樣，控制器經進一步配置以當 SPM 尖端基本上未被污染時，依據照射偵測器對 SPM 尖端照射之回應產生背景頻域頻譜。

【0023】 根據在本揭示案中的奈米尺度計量系統之一個態樣，控制器經進一步配置以依據照射偵測器對樣本照射之第二回應接收第二訊號，並依據在第一訊號與第二訊號之間的差異經由致動器系統實現在照射偵測器及照射源中之至少一者與 SPM 尖端之間的相對運動。根據在本揭示案中的奈米尺度計量系統之一個態樣，控制器經進一步配置以依據在第一訊號與第二訊號之間的差異實現在照射偵測器及照射源中之至少一者與 SPM 尖端之間的相對運動量。

【0024】 根據本揭示案之態樣，提供一種具有收集器之計量系統。計量系統包括收集器、照射源、照射偵測器、掃描探針顯微鏡（SPM）尖端、及致動器系統。收集器可

具有在收集器之第一表面上的第一內邊緣、在收集器之第二表面上的第二內邊緣，該第二表面與該第一表面相對，並且內表面從該第一內邊緣延伸至該第二內邊緣，內表面定義其中收集袋或收集通孔之至少一部分。照射源經配置及排列以從收集器之內表面接收樣本照射，樣本照射係由入射照射造成。致動器系統可操作地耦接至 S P M 尖端，並經配置以相對於收集器移動 S P M 尖端，以用於將至少一個粒子或碎片從 S P M 尖端轉移至收集器。

【0025】 根據在本揭示案中的計量系統之一個態樣，收集通孔之寬度沿著從第一表面經過收集器向第二表面之方向增加。

【0026】 根據在本揭示案中的計量系統之一個態樣，第一內邊緣定義收集袋或收集通孔之矩形輪廓。根據本揭示案之一個態樣，矩形輪廓之每一區段之長度小於或等於 10 m m 。

【0027】 根據在本揭示案中的計量系統之一個態樣，第一內邊緣定義收集袋或收集通孔之矩形輪廓。根據本揭示案之一個態樣，三角形輪廓之每一區段之長度小於或等於 10 m m 。

【0028】 根據在本揭示案中的計量系統之一個態樣，第一內邊緣定義收集袋或收集通孔之弧形橫截面，而弧形橫截面係為圓形、橢圓形、或卵形輪廓。根據本揭示案之一個態樣，第一內邊緣定義圓形輪廓，而圓形輪廓之直徑小於或等於 10 m m 。

【0029】 根據在本揭示案中的計量系統之一個態樣，計量系統進一步包括可操作地耦接至致動器系統的控制器，控制器經配置以藉由抵靠第一內邊緣拖動SPM尖端，以將粒子從SPM尖端轉移至收集器之收集袋或收集通孔。

【0030】 根據在本揭示案中的計量系統之一個態樣，收集器之內表面形成通孔通路。根據本揭示案之一個態樣，該通孔通路係為截斷之四面體（tetrahedron）通路、截斷之圓錐形通路、截斷之四面體（tetrahedral）通路、或截斷之方錐形通路。

【0031】 根據在本揭示案中的計量系統之一個態樣，SPM尖端包括四面體形狀、圓錐形狀、或方錐形狀。

【0032】 根據在本揭示案中的計量系統之一個態樣，收集袋或收集通孔係為可移除地安裝至計量系統。

【0033】 根據本揭示案之一態樣，提供一種粒子收集及計量系統。粒子收集及計量系統包括掃描探針顯微鏡（SPM）尖端、經配置以支撐基板的平臺、致動系統、照射源、照射偵測器、及控制器。致動系統可操作地耦接至平臺及SPM尖端，致動系統經配置以相對於平臺移動SPM尖端。照射源係與計量位置光學通訊，而照射偵測器係與計量位置光學通訊。控制器可操作地耦接至致動系統、照射源、及照射偵測器。控制器經進一步配置以將SPM尖端從靠近基板之位置移動至計量位置，並用於從照射偵測器接收指示照射偵測器對來自計量位置之第一

樣本照射之回應的第一訊號，第一樣本照射係由來自照射源之第一入射照射造成。

【0034】根據在本揭示案中的粒子收集及計量系統之一個態樣，計量位置係設置於SPM尖端之至少一部分上，而控制器進一步經配置成藉由使用第一入射照射以照射計量位置，而造成第一樣本照射。

【0035】根據在本揭示案中的粒子收集及計量系統之一個態樣，粒子收集及計量系統進一步包括粒子收集器，計量位置係設置於粒子收集器之至少一部分上。控制器進一步經配置成藉由使用第一入射照射以照射計量位置，而造成第一樣本照射。

【0036】根據在本揭示案中的粒子收集及計量系統之一個態樣，控制器進一步經配置以經由SPM尖端將粒子從基板轉移至計量位置。

【0037】根據在本揭示案中的粒子收集及計量系統之一個態樣，粒子收集及計量系統進一步包括材料貼片，材料表面能低於基板之表面能，其中SPM尖端包括其上材料之奈米尺度塗層。

【0038】根據在本揭示案中的粒子收集及計量系統之一個態樣，控制器進一步經配置以實現SPM尖端與貼片之間的接觸，藉此使用材料塗佈SPM尖端。

【0039】根據在本揭示案中的粒子收集及計量系統之一個態樣，致動系統包括可操作地耦接至SPM尖端的尖端致動系統以及可操作地耦接至平臺的平臺致動系統。尖

端致動系統經配置以相對於基底移動 S P M 尖端，而平臺致動系統經配置以相對於基底移動平臺。

【0040】根據在本揭示案中的粒子收集及計量系統之一個態樣，粒子收集器係為收集袋或收集通孔。粒子收集器包括至少第一內邊緣。至少第一內邊緣定義三角形、矩形、圓形、橢圓形、或卵形輪廓中之一者。根據本揭示案之一個態樣，第一內邊緣定義三角形或矩形輪廓，且其中三角形或矩形輪廓之每一區段包括小於或等於 10 m m 之長度。根據本揭示案之一個態樣，第一內邊緣定義圓形輪廓，而圓形輪廓之直徑小於或等於 10 m m。

【0041】根據在本揭示案中的粒子收集及計量系統之一個態樣，粒子收集器包括在收集器之第一表面上的第一內邊緣、在收集器之第二表面上的第二內邊緣，第二表面與第一表面相對，以及內表面從第一內邊緣延伸至第二內部。根據本揭示案之一個態樣，內表面形成通孔通路。通孔通路係為截斷之四面體通路、截斷之圓錐形通路、或截斷之方錐形通路。

【0042】根據在本揭示案中的粒子收集及計量系統之一個態樣，S P M 尖端包括四面體形狀、圓錐形狀、或方錐形狀。

【0043】根據在本揭示案中的粒子收集及計量系統之一個態樣，貼片係可移除地安裝至平臺。根據在本揭示案中的粒子收集及計量系統之一個態樣，收集袋或收集通孔係可移除地安裝至平臺。

【0044】 根據本揭示案之一態樣，提供一種使用掃描探針顯微鏡（SPM）尖端決定粒子的組成物之方法。該方法包括以下步驟：將粒子轉移至SPM尖端；使用來自照射源之第一入射照射以照射SPM尖端；使用照射偵測器以偵測由第一入射照射造成之第一樣本照射；以及依據來自照射偵測器對第一樣本照射之回應的第一訊號而實現在照射源及照射偵測器中之至少一者與SPM尖端之間的相對運動。

【0045】 根據用於決定在SPM尖端上的粒子的組成物之方法的一態樣，該方法進一步包括以下步驟：依據第一訊號產生第一樣本照射之第一頻域頻譜；藉由第一頻域頻譜減去背景頻域頻譜產生第二頻域頻譜；以及依據第二頻域頻譜而實現在照射源及照射偵測器中之至少一者與SPM尖端之間的相對運動。

【0046】 根據用於決定在SPM尖端上的粒子的組成物之方法的一態樣，該方法進一步包括以下步驟：當SPM尖端基本上未被污染時，依據照射偵測器對SPM尖端照射之回應產生背景頻域頻譜。

【0047】 根據用於決定在SPM尖端上的粒子的組成物之方法之一態樣，該方法進一步包括以下步驟：使用來自照射源之第二入射照射以照射該SPM尖端；使用照射偵測器以偵測由第二入射照射造成之第二樣本照射；以及依據來自照射偵測器對第二樣本照射之回應的第二訊號而

實現在照射源及照射偵測器中之至少一者與 SPM 尖端之間的相對運動。

【0048】 根據用於決定在 SPM 尖端上的粒子的組成物之方法的一態樣，該方法進一步包括以下步驟：依據第二訊號與第一訊號之間的差異實現在照射源及照射偵測器中之至少一者與 SPM 尖端之間的相對運動。

【0049】 根據用於決定在 SPM 尖端上的粒子的組成物之方法的一態樣，來自照射源之第一入射照射係為 x 射線、可見光、紅外光、紫外光、電子束、及雷射中之至少一者。根據用於決定在 SPM 尖端上的粒子的組成物之方法的一態樣，來自照射源之第二入射照射係為 x 射線、可見光、紅外光、紫外光、電子束、及雷射中之至少一者。第二入射照射係為與第一入射照射不同之照射類型。在一個態樣中，第一樣本照射係藉由第一入射照射與 SPM 尖端之相互作用而產生。在一個態樣中，相互作用可包括由 SPM 尖端反射、折射、或吸收及重新發射第一入射照射的一或更多者。在一個態樣中，第一樣本照射係藉由第一入射照射與設置在 SPM 尖端上之碎片相互作用而產生。在一個態樣中，相互作用可包括由設置在 SPM 尖端上之碎片反射、折射、或吸收及重新發射第一入射照射的一或更多者。

【0050】 根據用於決定在 SPM 尖端上的粒子的組成物之方法的一態樣，該方法進一步包括以下步驟：調節來自照射源之第一入射照射之強度或頻率。在一個態樣中，該

方法進一步包括以下步驟：調節來自照射源之第二入射照射之強度或頻率。

【0051】 根據本揭示案之一態樣，提供一種用於決定從基板移除之粒子的組成物之方法。該方法包括以下步驟：將粒子從基板轉移至掃描探針顯微鏡（S P M）尖端；使用來自照射源之第一入射照射以照射粒子；以及在照射偵測器處從粒子接收第一樣本照射，第一樣本照射係由第一入射照射造成。

【0052】 根據用於決定從基板移除之粒子的組成物之方法的一態樣，來自粒子之第一樣本照射係由照射偵測器接收，而粒子係設置於S P M尖端上。

【0053】 根據用於決定從基板移除之粒子的組成物之方法的一態樣，將粒子從基板轉移至S P M尖端之步驟包括以下步驟：使S P M尖端與基板抵靠接觸，並相對於基板移動S P M尖端。

【0054】 根據用於決定從基板移除之粒子的組成物之方法的一態樣，該方法進一步包含以下步驟：使用S P M尖端將粒子轉移至計量位置。

【0055】 根據用於決定從基板移除之粒子的組成物之方法的一態樣，該方法進一步包括以下步驟：使用在粒子收集器上定義之計量位置將粒子從S P M尖端轉移至粒子收集器。來自粒子之第一樣本照射係由照射偵測器接收，而粒子係設置於計量位置上。將粒子從S P M尖端轉移至

粒子收集器之步驟包括以下步驟：使 SPM 尖端與計量位置抵靠接觸，並相對於計量位置移動 SPM 尖端。

【0056】根據用於決定從基板移除之粒子的組成物之方法的一態樣，粒子收集器係為收集袋或收集通孔，包括至少一個污染物收集邊緣，而將粒子從 SPM 尖端轉移至粒子收集器之步驟包括以下步驟：操縱 SPM 尖端以抵靠至少一個污染物收集邊緣刷動或拖動。根據一個態樣，該操縱之步驟包括以下步驟：將 SPM 尖端移動朝向並隨後遠離至少一個污染收集邊緣。在一個態樣中，SPM 尖端之移動可包括刮削及 / 或擦拭運動。根據一個態樣，該操縱之步驟包括以下步驟：將 SPM 尖端向上移動以經過至少一個污染物收集邊緣，而該操縱之步驟進一步包括以下步驟：將 SPM 尖端向下移動以經過至少一個污染物收集邊緣。根據一個態樣，該操縱之步驟包括以下步驟：將 SPM 尖端移動向上並遠離粒子收集器中心。根據一個態樣，該操縱之步驟包括以下步驟：將 SPM 尖端移動向下並朝向粒子收集器中心。根據一個態樣，該操縱之步驟包括以下步驟：在拋物線軌跡中移動 SPM 尖端。根據一個態樣，該操縱之步驟進一步包括以下步驟：旋轉 SPM 尖端，以讓沉積在 SPM 尖端之不同部分上的碎片能夠從 SPM 尖端轉移至粒子收集器。

【0057】根據本揭示案之態樣，提供包含其上編碼指令以用於使處理器決定在掃描探針顯微鏡 (SPM) 上的粒子的組成物之非暫態機器可讀取媒體之物品製造。製造物品

之編碼指令可用於進行以下步驟：使用照射偵測器以偵測第一樣本照射，第一樣本照射回應於來自照射源之第一入射照射；以及依據來自照射偵測器對第一樣本照射之回應的第一訊號而實現在照射源及照射偵測器中之至少一者與SPM尖端之間的相對運動。

【0058】 因此，在此相當寬泛地概述本發明之某些態樣，而可更好地理解本文之詳細描述，並且更好地瞭解該技術之現有貢獻。當然，下文將對本發明之其他態樣進行描述，而該等態樣將形成所附申請專利範圍之標的。

【0059】 在此方面，在更詳細地解釋本揭示案之各種態樣之前，應理解本發明之應用不限於以下描述中所闡述或在圖式中所說明之部件的構造細節及排列。除了所描述的彼等實施例之外，本發明亦具有其他實施例，並且能夠以各種方式實施並執行。此外，應理解本文所採用之措辭與術語以及摘要係出於描述之目的，並且不應視為限制。

【0060】 因此，該領域具有通常知識者應瞭解本揭示案所依據之概念可用作設計用於執行本揭示案之若干目的的其他結構、方法、及系統之基礎。由此，應認為本申請專利範圍包括此種等效構造，只要不脫離本揭示案之精神及範疇。

【圖式簡單說明】

【0061】 第1A圖至第1C圖說明根據本揭示案之態樣在一系列表面相互作用期間的碎片移除裝置之一部分的橫截面圖。

【0062】 第2圖說明根據本揭示案之態樣的碎片移除裝置之一部分的橫截面圖。

【0063】 第3圖說明在第2圖中所說明之碎片移除裝置之另一部分的橫截面圖。

【0064】 第4圖說明在第2圖中所說明之碎片移除裝置之該部分的橫截面圖，其中正將粒子嵌入低能量材料之貼片或貯器中。

【0065】 第5圖說明在第4圖中所說明之碎片移除裝置之該部分的橫截面圖，其中該尖端不再與低能量材料之貼片或貯器接觸。

【0066】 第6圖說明根據本揭示案之態樣的具有刷毛或原纖維之尖端的橫截面圖。

【0067】 第7A圖及第7B圖說明根據本揭示案之態樣的堅硬原纖維與卷繞原纖維之間的一般差異。

【0068】 第8A圖至第8C圖說明根據本揭示案之態樣使用單一堅硬原纖維從靶基板移走或移除奈米粒子之處理。

【0069】 第9A圖至第9C圖說明根據本揭示案之態樣使用複數個堅硬原纖維從靶基板移走或移除奈米粒子之處理。

【0070】 第10A圖至第10C圖說明根據本揭示案之態樣使用單一卷繞原纖維從靶基板移除奈米粒子之處理。

【0071】 第11A圖至第11D圖說明根據本揭示案之態樣使用複數個卷繞原纖維從靶基板移除奈米粒子之處理。

【0072】 第12圖說明根據本揭示案之態樣包括至少一個貼片的碎片收集設備之透視圖。

【0073】 第13圖說明根據本揭示案之態樣包括至少兩個貼片的碎片收集設備之透視圖。

【0074】 第14圖說明根據本揭示案之態樣包括控制器的碎片收集設備之透視圖。

【0075】 第15圖說明根據本揭示案之態樣包括計量系統的碎片收集設備之透視圖。

【0076】 第16圖說明根據本揭示案之態樣包括計量系統及控制器的碎片收集設備之透視圖。

【0077】 第17A圖及第17B圖分別說明根據本揭示案之態樣包括計量設備的碎片收集設備之頂視圖及側視圖。

【0078】 第18A圖及第18B圖分別說明根據本揭示案之態樣包括計量設備及控制器的碎片收集設備之頂視圖及側視圖。

【0079】 第19A圖及第19B圖分別說明根據本揭示案之態樣包括計量設備及複數個貼片及/或碎片收集器的碎片收集設備之頂視圖及側視圖。

【0080】 第20A圖及第20B圖分別說明根據本揭示案之態樣包括具有控制器之計量設備及複數個貼片及/或碎片收集器的碎片收集設備之頂視圖及側視圖。

【0081】 第21A圖及第21B圖分別說明根據本揭示案之態樣包括機器臂的碎片收集設備之頂視圖及側視圖。

【0082】 第22A圖及第22B圖分別說明機器臂在第二位置中的第21A圖及第21B圖之碎片收集設備之頂視圖及側視圖。

【0083】 第23A圖及第23B圖分別說明根據本揭示案之態樣的尖端支撐組件之頂視圖及側視圖。

【0084】 第24A圖及第24B圖分別說明根據本揭示案之態樣可使用四面體尖端的計量系統之底視圖及側視圖。

【0085】 第25A圖及第25B圖分別說明碎片附接至四面體尖端的第24A圖及第24B圖之計量系統之底視圖及側視圖。

【0086】 第26A圖及第26B圖分別說明根據本揭示案之態樣可使用圓錐形尖端的計量系統之底視圖及側視圖。

【0087】 第27A圖及第27B圖分別說明碎片附接至圓錐形尖端的第26A圖及第26B圖之計量系統之底視圖及側視圖。

【0088】 第28A圖及第28B圖分別說明根據本揭示案之態樣可使用方錐形尖端的計量系統之底視圖及側視圖。

【0089】 第29A圖及第29B圖分別說明碎片附接至方錐形尖端的第28A圖及第28B圖之計量系統之底視圖及側視圖。

【0090】 第30A圖及第30B圖分別說明根據本揭示案之態樣具有收集袋（具有三角形佈置）的污染物收集器之橫截面側視圖及頂視圖。

【0091】 第31A圖及第31B圖分別說明根據本揭示案之態樣具有收集袋（具有圓形佈置）的污染物收集器之橫截面側視圖及頂視圖。

【0092】 第32A圖及第32B圖分別說明根據本揭示案之態樣具有收集袋（具有方形佈置）的污染物收集器之橫截面側視圖及頂視圖。

【0093】 第33A圖至第33C圖說明根據本揭示案之態樣使用具有收集袋之污染物收集器的示例性碎片收集處理。

【0094】 第34A圖至第34C圖說明根據本揭示案之態樣使用具有收集袋之污染物收集器的另一示例性碎片收集處理。

【0095】 第35A圖及第35B圖分別說明根據本揭示案之態樣具有定義截斷四面體通路之收集通孔的污染物收集器之橫截面側視圖及頂視圖。

【0096】 第36A圖及第36B圖分別說明根據本揭示案之態樣具有定義截斷圓錐形通路之收集通孔的污染物收集器之橫截面側視圖及頂視圖。

【0097】 第37A圖及第37B圖分別說明根據本揭示案之態樣具有定義截斷方錐形通路之收集通孔的污染物收集器之橫截面側視圖及頂視圖。

【0098】 第38圖說明根據本揭示案之態樣具有收集通孔及計量系統的污染物收集器之橫截面側視圖。

【實施方式】

【0099】發明態樣現將參照附圖描述，其中全文中相同元件符號係指稱相同部件。

【0100】參考第1A圖、第1B圖、第1C圖、第2圖、第3圖、第4圖及第5圖，現在將描述用於從基板移除粒子並將其轉移至貼片的示例性裝置。第1A圖至第1C圖說明根據本揭示案之態樣在一系列表面相互作用期間碎片移除裝置1之一部分的橫截面圖。在圖式中圖示可選擇性從基板3黏附粒子2並隨後將其重新定位至軟貼片4的一系列潛在表面相互作用（從左至右移動）。在第1A圖中，粒子2污染（相對）高表面能基板3，此降低其表面能，並增加整個系統中之熵。接著在第1B圖中，具有擴散性移動低表面能塗層之尖端5隨後經驅動以塗佈（再次相對）較高表面能基板3及粒子2，將之剝離。隨後，低表面能材料之耗盡可具有輕微增加之尖端5之表面能（更接近其標準未塗佈之值），而使得存在能量梯度以將現在剝離之粒子2黏附至尖端之表面6（此外，例如氟碳之材料通常具有良好黏著力）。該等相互作用亦應增加系統之熵，尤其若尖端表面6與基板相比之下更清潔時。最後，在第1C圖中，粒子2經機械容納到軟貼片材料4中，而此機械作用亦利用低表面能材料重新塗佈尖端表面6，此應降低能量並增加系統的熵。

【0101】第2圖說明根據本揭示案之實施例的碎片移除裝置10之一部分的橫截面圖。裝置10包括位於低表面能材料之貼片或貯器14附近的奈米尺度之尖端12。在貯

器中的低表面能材料可以是固體、液體、半液體、或半固體。

【0102】塗層16係在尖端12上形成。在形成塗層16之前，尖端12可經預塗佈或經另外表面加工，以修改尖端12之表面能（例如，修改毛細管、濕潤效應、及/或表面張力效應）。當經適當選擇時，與未經塗佈之尖端相比，塗層16允許尖端12在較長時期保持較為尖銳。舉例而言，與未經塗佈之鑽石尖端相比，經PTFE塗佈之鑽石尖端可以具有較長使用壽命。

【0103】根據本揭示案之某些態樣，塗層16可包括在低能量材料之貼片或貯器14中發現的相同低表面能材料。此外，根據本揭示案之某些態樣，尖端12可以與低能量材料之貼片或貯器14直接接觸，而塗層16可藉由使尖端12與低能量材料之貼片或貯器14摩擦或接觸而形成（或補充）於尖端12之表面上。此外，使尖端12與低能量材料之貼片或貯器摩擦及/或刮擦墊片14可以增強在尖端12之表面上方之低表面能材料之表面擴散。

【0104】根據本揭示案之某些態樣，塗層16及低能量材料之貼片或貯器14均可由氯化及氟化含碳分子製備，或至少可包括氯化及氟化含碳分子（如聚四氟乙烯（PTFE））或其他相似材料（如氟化乙烯丙烯（FEP））。根據本揭示案之其他態樣，金屬材料、氧化物、金屬氧化物、或一些其他高表面能材料之中間層15可設置於尖端12之表面與低表面能材料塗層16之間。中間層之一些代

表性實例可包括但不限於銫（Cs）、銱（Ir）、及其氧化物（以及氯化物、氟化物等）。此兩種示例性元素金屬係分別具有低及高表面能之相對軟金屬，並因此他們表示針對給定污染物、基板、及周圍環境係最佳的表面能梯度之最佳化。附加或可替代地，尖端12之表面可經粗糙化或經摻雜。高表面能材料或尖端加工通常用於更牢固地將低表面能材料塗層16結合至尖端12。由於尖端形狀亦影響局部表面能密度變化（亦即，奈米尺度銳度將恰好於頂點大幅度增加表面能密度），尖端12之形狀亦可經修改以增加粒子對尖端之選擇性黏著力。由於與粒子接觸之表面面積及潛在結合位點（ dA ）數量之增加，粗糙化尖端12之尖端表面13亦可提供更大黏著性。尖端表面13亦可經加工（可能藉由化學或電漿處理）而使得尖端表面13含有可與粒子或一些中間塗層反應以增加黏著性的高度不穩定且化學活性之懸鍵。尖端表面13亦可經高表面面積材料（如高密度碳（HDC）或類鑽石碳（DLC））塗佈，以增加尖端12與粒子相互作用之表面面積。

【0105】根據本揭示案之某些態樣，使用高表面能預處理而不具有低表面能塗層16。在此等態樣中，可使用與本文論述之那些相似之方法將下文論述之粒子20嵌入一些其他軟靶（例如，Au、Al）中，或尖端12係為可消耗的。此外，該領域具有通常知識者鑒於本揭示應瞭解，可修改其他物理及/或環境參數（例如，溫度、壓力、化學試劑、濕度），以增強尖端處理及/或粒子拾取/掉落。

【0106】 根據本揭示案之某些態樣，在第2圖及第3圖中說明之全部組件係包括在AFM中。在一些此等配置中，低能量材料之貼片或貯器14係為基本上平坦，並附接至支撐基板18的平臺。此外，根據本揭示案之某些態樣，低能量材料之貼片或貯器14可從平臺移除，並且可容易替換或容易再次填充。舉例而言，可使用容易釋離之夾具或磁性固定件（未圖示）將低能量材料之貼片或貯器14附接至AFM。

【0107】 第3圖說明在第2圖中所說明之碎片移除裝置之另一部分的橫截面圖。第3圖說明可通常位於第2圖所說明的低能量材料之貼片或貯器14附近的基板18。第3圖亦說明可在基板18之表面上形成的溝槽22中存在的複數個粒子20。粒子20可通常經由凡得瓦短程力附接至溝槽22之表面。在第3圖中，尖端12可移動並定位在基板18附近，以將粒子20物理附接至尖端12。為了到達溝槽22之底部，如第2圖及第3圖所說明之尖端12可為高深寬比尖端。儘管溝槽22係圖示於第3圖中，粒子20可附接至待清潔之其他結構，或在待清潔之其他結構上發現。

【0108】 第4圖說明在第2圖中所說明之碎片移除裝置10之該部分的橫截面圖，其中粒子20可從尖端12轉移，並可藉由將尖端12延伸至或抵靠低能量材料之貼片或貯器14之表面，以嵌入低能量材料之貼片或貯器14中。隨後，如第5圖之橫截面圖所示，可縮回尖端12，而使得尖端12不再與低能量材料之貼片或貯器14接觸。由於尖端

12 從低能量材料之貼片或貯器 14 縮回或抽出，先前在尖端 12 上之粒子 20 殘留在低能量材料之貼片或貯器 14 中。

【0109】 根據本揭示案之某些態樣，可採用在第2圖至第5圖中所說明之裝置 10，以實施碎片移除方法。應注意，在本文所論述之方法之前或按照本文所論述之方法，本揭示案之某些態樣可以與其他粒子清潔處理結合使用。應進一步注意，術語粒子、碎片、或污染物可交換使用，以描述對基板表面而言為任何外來材料。亦應注意，儘管在圖式中僅論述並圖示一個尖端 12，但可同時使用複數個尖端，以同時從多個結構移除粒子。此外，複數個尖端可平行並同時用於本文所論述之方法中。

【0110】 上文提及之碎片方法可包括以下步驟：將尖端 12 定位於第3圖所示之基板 18 上的一或更多個粒子 20（亦即，碎片件）附近。該方法可進一步包括以下步驟：亦如第3圖所示將粒子 20 物理黏附（與靜電黏附相對）至尖端 12，以及當與粒子 20 及周圍表面接觸時尖端 12 之一些可能重複運動。在將粒子 20 物理黏附至尖端 12 之後，該方法可包括以下步驟：藉由遠離基板 18 移動及/或抽出尖端 12，並將具有粒子 20 之尖端 12 移動至低能量材料之貼片或貯器 14，以從基板 18 移除粒子 20，如第4圖所示。

【0111】 根據本揭示案之某些態樣，該方法可包括以下步驟：在尖端 12 之至少一部分上形成塗層 16。在本揭示案之某些態樣中，塗層 16 可包含與基板 18 之表面能相比之下具有較低表面能的塗層材料。附加或可替代地，塗層

16 可包含與粒子 20（其與基板 18 接觸）之表面面積相比之下具有較高表面面積的塗層材料。

【0112】 除上述之外，該方法之一些態樣可進一步包括以下步驟：將尖端 12 移動至基板 18 之至少第二位置，而使得尖端 12 在粒子或碎片（未圖示）之其他片附近，而使得粒子或碎片之其他片經物理附接至尖端 12。隨後，粒子碎片之其他片可藉由以與第 4 圖所示者類似之方式移動尖端 12 遠離基板 18，而從基板 18 移除。

【0113】 一旦碎片（例如，上文論述之粒子 20）已從基板 18 移除，根據本揭示案之一些方法可包括以下步驟：將該片碎片沉積在位於遠離基板之材料片中（例如，上文論述之低能量材料之貼片或貯器 14）。

【0114】 因為尖端 12 可重複使用以移除大量碎片，根據本揭示案之某些態樣，該方法可包括以下步驟：藉由在低能量材料之貼片或貯器 14 中插入尖端 12 以補充塗層 16。來自低能量材料之貼片或貯器之低表面能量材料可以塗佈隨時間推移而可在尖端 12 之塗層 16 中產生的任何孔洞或間隙。此補充可涉及在將尖端 12 插入到低能量材料之貼片或貯器 14 中、摩擦尖端 12 之表面、或改變尖端 12 及 / 或低能量材料之貼片或貯器 14 之物理參數（例如，溫度）之後，一或更多次在低能量材料之貼片或貯器 14 中橫向移動尖端 12。

【0115】 應注意，根據本揭示案之某些方法可包括以下步驟：在修復之前將缺陷或粒子周圍之小面積暴露至低表

面能材料，以降低經移除之材料堆積在一起的可能性，並在完成修復之後再次牢固地黏附至基板。舉例而言，根據本揭示案之某些態樣，缺陷/粒子及缺陷周圍近似 1-2 微米之面積可經 PTFE 或 FEP 預塗佈。在此等情況中，由低表面能材料（例如，PTFE 或 FEP 尖端）塗佈或構造之尖端 12 可以甚至在採用其他修復工具（雷射、電子束）時用於將過量低表面能材料施加至修復面積。除了在尖端 12 上之塗層 16 之外，尖端 12 之一部分或整體可包含低能量材料，例如但不限於氯化及氟化之含碳分子。此等材料之實例可包括 PTFE 或 FEP。附加或可替代地，可使用其他材料，例如金屬或其化合物。一些代表性實例包括 Cs、Ir 及其氧化物（以及氯化物、氟化物等）。此兩種示例性元素金屬係分別具有低及高表面能之相對軟金屬，並因此他們表示針對給定污染物、基板、及周圍環境係最佳的表面能梯度之最佳化。附加或可替代地，可使用其他基於碳之化合物。一些代表性實例包括 HDC 或 DLC。

【0116】根據本揭示案之某些態樣，該方法包括以下步驟：使用低能量材料之貼片或貯器 14，以推動粒子遠離尖端 12 之頂點，並朝向在頂點上方支撐尖端 12 的 AFM 懸臂（未圖示）。此上推粒子 20 可騰出在尖端 12 之頂點附近的空間，以物理黏附更多粒子 20。

【0117】根據本揭示案之某些態樣，尖端 12 係用於藉由交替地將尖端 12 浸漬、插入及/或壓入軟材料之托板（其可在低能量材料之貼片或貯器 14 中發現），以從高深

寬比結構（例如，基板 18 之溝槽 22）移除奈米加工碎片。在選擇態樣中，低能量材料之貼片或貯器 14 之軟材料可具有柔軟或延展一致性。此軟材料可一般具有與對其自身相比對尖端 12 及 / 或碎片材料（例如，在粒子 20 中）之較大黏著性。該軟材料亦可經選擇以具有極性性質，以將奈米加工碎片粒子 20 靜電吸引至尖端 12。舉例而言，低能量材料之貼片或貯器 14 可包括移動表面活性劑。

【0118】 除上述之外，根據本揭示案之某些態樣，尖端 12 可包括一或更多個介電表面（亦即，電絕緣表面）。此等表面可在某些環境條件（例如，低濕度）下在相似介電表面上摩擦，以促進由於靜電表面充電而導致的粒子拾取。此外，根據本揭示案之某些態樣，塗層 16 可藉由一些其他短程機制吸引粒子，該等短程機制可包括但不限於氫鍵結、化學反應、增強表面擴散。

【0119】 參照第 6 圖至第 11 圖，現在將描述碎片移除尖端之示例性態樣。可使用強度足夠高且足夠堅硬以穿透（亦即，凹進）低能量材料之貼片或貯器 14 之軟托板材料的任何尖端。因此，非常高深寬比尖端幾何形狀（大於 1:1）係在本揭示案之範疇內。一旦該尖端足夠堅硬以穿透該軟（可能黏著性）材料，則一般選擇強度高且具有撓性之高深寬比尖端，而不選擇強度弱及 / 或撓性低之材料。因此，根據本揭示案之某些態樣，尖端可以摩擦至基板 18 之修復溝槽 22 之側面及拐角中，而不損壞或改變溝槽 22 或基板 18。此操作之粗糙巨集尺度類比係為在深內徑中

移動的堅硬刷毛。亦應注意，根據本揭示案之某些態樣，尖端 12 可包含複數個剛性或堅硬奈米原纖維刷毛，後文將更詳細描述。在第 6 圖所示之一個態樣中，複數個剛性或堅硬奈米原纖維刷毛 30 之每一刷毛可從尖端 12 直線延伸。在一個態樣中，複數個剛性或堅硬奈米原纖維刷毛 30 可使用碳奈米管、金屬鬚晶等形成。尖端 12 可附加或可替代地包含複數個撓性或卷繞之奈米原纖維，下文將更詳細描述。複數個撓性或卷繞之奈米原纖維可例如使用聚合物材料在尖端 12 上形成。其他材料及結構當然涵蓋在內。

【0120】根據本揭示案之某些態樣，偵測是否已拾取一或更多個粒子可藉由採用非接觸 AFM 掃描所關注區域（ROI）進行，以偵測粒子。隨後，尖端 12 可從基板 18 縮回而不重新掃描，直到靶處的加工之後。然而，藉由尖端 12 拾取之碎片材料之總質量亦可藉由尖端諧振頻率之相對偏移而監控。此外，其他動力學可用於相同功能。

【0121】尖端 12 並非如上文論述及第 5 圖所示凹進軟材料以移除粒子 20，而是尖端 12 亦可經導向低能量材料之貼片或貯器 14 以移除粒子 20。因此，若尖端無意間拾取粒子 20，則粒子 20 可藉由進行另一修復來移除。特定言之，當不同材料用於藉由導向而沉積粒子 20 時，則可使用軟金屬，例如金箔。

【0122】除上述之外，可以紫外（UV）光固化之材料或相似地對化學不可逆反應敏感的一些其他材料可用於塗佈尖端 12，並用於形成塗層 16。在 UV 固化之前，材料

從基板 18 拾取粒子 20。一旦尖端 12 從基板 18 移除，則尖端 12 可暴露至 UV 源，其中可改變材料性質以使粒子 20 較不易於黏附至尖端 12，並且更易於黏附至在低能量材料之貼片或貯器 14 中的材料，其中粒子 20 可隨後從尖端 12 移除，並使用低能量材料之貼片或貯器 14 沉積。進一步增強或實現粒子拾取及移除之選擇性的其他不可逆處理當然涵蓋在內。

【0123】 本揭示案之某些態樣提供各種優點。舉例而言，本揭示案之某些態樣允許使用非常高深寬比 AFM 尖端幾何形狀（大於 1:1）從高深寬比溝槽結構主動移除碎片。此外，可藉由將低表面能或軟材料托板附接至 AFM 連同使用非常高深寬比尖端，及實現對當前由 AFM 操作者使用之軟體修復序列相對較小調節，而相對容易實施本揭示案之某些態樣。此外，根據本揭示案之某些態樣，可實施新穎奈米加工工具，該工具可用（如奈米鐮子）於從不可由任何其他方法清潔的遮罩表面選擇性移除粒子。此可與其中碎片可首先使用未經塗佈之尖端從表面移走隨後使用經塗佈之尖端拾取的更傳統之修復相結合。

【0124】 一般而言，應注意，儘管低表面能材料用於上文論述之局部清潔方法中，其他可能變化亦在本揭示案之範疇內。通常，該等變化產生將粒子 20 吸引至尖端 12，並且可隨後藉由一些其他處理逆轉，以從尖端 12 釋放粒子 20 的表面能梯度（亦即，吉布斯自由能梯度）。

【0125】 本揭示案之一個態樣係涉及將至少一個奈米原纖維附接至 AFM 尖端之工作端，以在高深寬比結構中提供增強之能力，同時亦允許對下層基板進行較低機械侵蝕性之處理。根據其機械性質及奈米粒子清潔應用，此等原纖維可經分類在兩個不同標籤下，「堅硬」原纖維及「卷繞」原纖維。為理解差異，第 7A 圖及第 7B 圖圖示在此 2 種類型之原纖維（附接至尖端 710 的堅硬原纖維 700 與附接至尖端 760 的卷繞原纖維 750）之間的差異。此外，我們必須首先瞭解 BitClean 顆粒清潔中所需的兩個關鍵處理：移走奈米顆粒，以及從受污染表面結合與提取奈米顆粒。利用所界定之該等最嚴格之步驟，在兩種不同原纖維之間的功能差異給出如下。

【0126】 參照第 7A 圖，堅硬原纖維 700 更為依賴原纖維本身之機械行為及機械強度，以移走奈米粒子。因此，其亦依賴剪切與彎曲強度及彈性模數，以成功達成移走而無破壞。此意謂著存在非常少之可超過或甚至滿足單晶鑽石之強度及堅硬度（通常被稱為其硬度）的材料。在該等材料中係為碳奈米管及石墨烯，因為二者均使用亦在鑽石中發現的碳-碳 sp^3 混成軌域原子鍵（已知最牢固者之一）。其他涵蓋之材料包括具有可能超過鑽石之機械強度及堅硬度之性質的含硼化學試劑之某些相，因此亦可使用此等材料。一般而言，因為維度降低，許多材料（包括鑽石）可以變得本質上更牢固且更堅硬（隨著堅硬度降低，由於結構接近原子尺度並且其形狀由熱擴散行為決定）。

此舉係在奈米結晶金屬中首先觀察到，但亦已在分子模擬及一些實驗中確認單晶奈米柱亦出現的材料現象。此行為之一種領先假說導致塑性變形之缺陷擴散機制。對於較大尺度，該等結晶缺陷（空穴、錯位、等等）擴散，並在主體主導之動力學中相互作用。相信對於較小尺度（全部參數相等，例如材料及溫度），該等缺陷移動變成由遠高於在結晶主體中的表面擴散動力學主導。當在材料連續近似中考量時，此較大表面擴散速率轉化成塑性變形（亦稱為屈服），及甚至是較低應力水平處的材料破損。舉例而言，利用 Ti 單晶奈米柱，已經顯示屈服應力隨著降低橫截面寬度直至約 8 至 14 nm 之範圍而增加（部分取決於應力方向及奈米柱之結晶定向），低於此範圍，行為經歷反曲點，此處屈服應力實際上隨著降低橫截面寬度而降低。

【0127】 第 8 A 圖至第 8 C 圖說明使用於 AFM 尖端 810 之頂點處或附近附接之單個堅硬原纖維 800 從靶基板移走及移除奈米粒子之示例性處理。尖端 810 使用與 AFM 掃描相同之原理，而不利用堅硬原纖維來接近表面及掃描。該領域具有通常知識者應瞭解，不同操作參數可鑒於附接至尖端 810 之頂點的單一堅硬原纖維 800 而施加。一旦將粒子定位，則尖端 810 朝向表面 830 移動，而堅硬原纖維 800 經彈性變形，如第 8 B 圖一般圖示。在一個態樣中，堅硬原纖維 800 之變形可為壓縮、剪切、彎曲、拉伸、或其組合，並且亦可用於從表面 830 機械移走奈米粒子 820。一旦將奈米粒子 820 移走，則在堅硬原纖維 800、

基板 840 及奈米粒子 820 表面之間的表面能及面積差異決定了當隨後從基板表面 830 提取奈米粒子時奈米粒子 820 是否黏附至堅硬原纖維 800。

【0128】 作為此舉之例外，對於堅硬原纖維奈米粒子清潔處理為獨特者係為當二或更多根堅硬原纖維於小於奈米粒子直徑（但不小於由其剪切及彎曲模數及長寬比決定之針對堅硬原纖維之彈性變形限制）之距離處牢固地附接至尖端表面時，如在第 9A 圖至第 9C 圖中所示。根據其中二或更多根堅硬原纖維 900a、900b 於小於奈米粒子直徑之距離處附接至尖端 910 的態樣，該順序與如上文參照第 8A 圖至第 8C 圖所論述的單一堅硬原纖維非常相似。差異開始於觀察到在奈米粒子 920 周圍存在更多應變或變形的堅硬原纖維 900a、900b，因此增加一或更多根堅硬原纖維 900a、900b 將僅以針對給定清潔情況移走奈米粒子 920 所需之方式（力及施加力之角度）碰撞奈米粒子 920 的概率，如第 9B 圖一般圖示。在移走步驟之後，多原纖維尖端 910 可具有用於黏附（亦即，濕潤）粒子 920 的更多潛在表面面積。由於尖端 910 從基板縮回，如第 9C 圖一般圖示，若原纖維之長度及間隔在正確範圍內，則出現另一差異。具有此配置之奈米粒子 920 具有在堅硬奈米原纖維 900a、900b 之間的空間內經機械俘獲的可能性，此可導致對多原纖維 900a、900b 之較高黏著性及從基板表面 930 提取奈米粒子 920 的較高概率。類似地，若期望將奈米粒子 920 沉積在另一表面上，則尖端 910 可重新接近表

面，而堅硬原纖維 900a、900b 再次受力，以釋放其對奈米粒子 920 之機械俘獲，因此增加奈米粒子 920 將沉積於所期望表面位置處之可能性。該領域具有通常知識者根據本揭示應瞭解，如先前說明，此舉假設原纖維 900a、900b 之長度及間隔在正確範圍內，在一級模型上，該等範圍包括小於奈米粒子 920 之最小寬度的原纖維間隔（假設高強度奈米粒子將不會碎裂），但足夠大使得原纖維 900a、900b 將不彎曲超出其剪切及彎曲強度限制（亦由原纖維之相對長度決定並假設原纖維附接之黏著強度不小於此限制）。在選擇態樣中，二或更多根堅硬原纖維可具有不同且不相等的長度。

【0129】 為了定義堅硬原纖維（與卷繞原纖維相對），必須能夠針對特定材料及奈米結構定義各向異性彈簧常數（關於有效剪切及彎曲模數）。由於此非常難以實踐完成，本文出於原目的假設該等性質係與拉伸（亦稱為，楊氏）彈性模數及強度大致成比例。拉伸模數係在其中呈現彈性（亦即，類彈簧）機械性質之應力範圍內材料堅硬度之可能量測。給定為應變除以應力，因此屈服單位與應力相同（因為將應變定義為最終尺寸與初始尺寸之變形比）。儘管並未特別定義堅硬度，因為原纖維必須能夠施加充分力以移位奈米粒子而本身不斷裂，並產生對基板表面之額外污染，而拉伸強度亦重要。強度亦以應力單位（帕斯卡）給定。針對鑽石，固有拉伸模數係在 1.22×10^{12} 帕斯卡（TPa）之量級上，而拉伸強度從 8.7 至 16.5 吉帕斯卡

(GPa) 變化，並提供針對堅硬度及強度之一般參考量測（接近針對拉伸彈性模數之 0.5 TPa 之鎢值或超過該等值）。就其本質而言，由於碳奈米管不是固有實體，其拉伸模數對於獨立分子及其性質（例如，單壁或多壁（分別為 SWNT 或 MWNT）、對掌性等）係為特定。針對 SWNT，其拉伸彈性模數可從 1 至 5 TPa 變化，而其拉伸強度從 13 至 53 GPa 變化。為了與在此範圍中另一種類材料比較， B_xN_y （各種化學計量之氮化硼化合物）具有從 0.4 至 0.9 TPa 變化之拉伸彈性模數。出於區別並定義在卷繞原纖維與堅硬原纖維間之邊界的目的，最為相關且可適用之標準機械材料性質係為屈服應力。本文將堅硬原纖維定義為具有大於或等於 0.5 GPa ($1\text{ GPa} = 1 \times 10^9 \text{ N/m}^2$) 之屈服應力的任何材料。因此，藉由消除，具有小於 0.5 GPa 屈服應力之任何材料應視為卷繞原纖維。應注意，特別地於奈米尺度下，許多材料可呈現各向異性機械性質，因此屈服應力特別針對橫貫原纖維之主要（亦即，最長）尺寸的剪切應力（或等效彎曲應力）而規定是重要的。

【0130】 與堅硬原纖維相反，卷繞原纖維將具有充分高（類似）之拉伸強度與低得多之彈簧常數（本文指定為彈性拉伸模數）。在卷繞原纖維之情形下，因為施加拉伸力以從基板表面移走並提取奈米粒子，由於如何施加之差異，所以拉伸強度係直接關於其效能。然而，應注意，在文獻中引用之大部分機械性質係針對主體材料，其原則上應幾乎完全無關於針對單分子原纖維之拉伸性質（或接近

單分子尺度之奈米尺度原纖維)。舉例而言，通常引用 PTFE 以在主體材料中具有非常低拉伸彈性模數及強度(分別為 0.5 GPa 及可能 $\ll 20$ MPa)，但由於分子骨架係由碳碳 sp 混成軌域化學鍵構成，與許多其他材料、碳奈米管及石墨烯(全部含有相同類之化學鍵)相比之下，其單分子拉伸強度應與鑽石更為類似。由於主體材料機械性質係更關於與其相鄰者相互作用的單分子鏈之行為，而應與凝聚分子及單分子彎曲及剪切模數更為類似。由於該等類型材料(聚合物)例示與塑性變形相關之機械性質，期望其分子根據呈現高撓性之更多熱擴散行為來變形。若用於堅硬原纖維之巨集種類係為玻璃裂片，則用於卷繞原纖維之類似種類應為薄碳纖維(後者可於具有高拉伸強度之巨集尺度呈現高撓性)。

【0131】 第 10A 圖至第 10C 圖圖示根據本揭示案之態樣使用附接至於頂點附近或頂點處之 AFM 尖端 1010 的卷繞(撓性)奈米原纖維 1000 的奈米粒子清潔序列。由於不存在讓卷繞類型原纖維 1000 變形所需之壓縮應力，將尖端 1010 緊靠表面 1030，以針對短程表面能量力讓原纖維 1000 足夠緊靠奈米粒子表面，以允許原纖維 1000 黏附至奈米粒子表面。由於瞄準原纖維 1000、奈米粒子 1020、及基板表面 1030 之相對表面能，而使得原纖維將優先黏附至奈米粒子表面，一旦使原纖維 1000 與給定原纖維長度之足夠間隙接觸，僅需要時間及施加之攪拌能(可能機械及/或熱)以允許原纖維 1000 圍繞粒子 1020

卷繞。可施加來自更剛性尖端之機械能（不論藉由附接有原纖維 1000 之尖端 1010，還是在先前處理流程中之另一尖端），以在最初移走粒子 1120。一旦原纖維 1000 圍繞奈米粒子 1020 充分卷繞，如在第 10B 圖中一般圖示，則隨後從基板表面 1030 提取尖端 1010。在此階段期間，若原纖維 1000 對奈米粒子 1020 之黏著性（其圍繞奈米粒子卷繞並纏繞越多則增強越多）、原纖維 1000 之拉伸強度及其對 AFM 尖端 1010 之黏著性係全部大於奈米粒子 1020 對基板 1040 之黏著性，則將使用尖端 1010 從基板 1040 提取奈米粒子 1020，如在第 10C 圖中一般圖示。

【0132】 可用於製備卷繞奈米（或分子）尺度原纖維之可能材料之一些實例包括：RNA/DNA、肌動蛋白、類澱粉蛋白奈米結構、及離子聚合物。由於表示相似化學試劑、製備、及操作處理，所以將 RNA（核苷酸）及 DNA（脫氧核苷酸）一起描述。近期，重要程序已利用已知技術（通俗地稱為「DNA Origami」）進行，該技術允許將 DNA 分子連接在一起的精確化學工程。相信應用至該等或相似化學試劑之相似處理可允許長聚合物鏈分子在佇列上脫離並連接在一起。給定最常見處理，特定 DNA 序列可經化學生產或商購自熟知單鏈病毒 DNA 序列，並且經適當化學官能化（如在化學力顯微鏡方法中完成）之 AFM 尖端 1110 浸入含水溶液中，或放置成與含有 DNA 序列之表面 AFM 接觸，而使得後者係根據設計結合。尖端 1110 可隨後經官能化以用於從基板表面 1130 移除粒子，如第

11A 圖至第 11D 圖所示。在圖式中從左至右移動，經官能化之尖端 1110 可經移動或致動，以接近粒子 1120 及基板表面 1130 附近（與該長度之 DNA 鏈 1100 相比更靠近），如第 11A 圖所示。可使用激活化學試劑（亦為商購之輔助 DNA 鏈或一些其他離子活化劑，例如鎂鹽）施加較高溫度（可能 $\sim 90^{\circ}\text{C}$ ），同時尖端 1110 在經移走之粒子 1120 附近，如第 11B 圖所示。該環境可隨後經冷卻（可能至 20°C ），以允許在鏈 1100 中所瞄準序列係以如第 11C 圖所示連接（連接鏈 1100 處於分子之相對自由端）。一旦 DNA 塗層 1100 已經固化至奈米粒子 1120 固定附接之點，則尖端 1110 可隨後從基板表面 1130 提取，如第 11D 圖所示。於此等小尺度，可描述在奈米粒子與機械尖端間的此結合，然而若粒子係在分子尺度上，則亦可將其描述為立體鍵。立體效應可藉由於足夠靠近處之原子排斥產生。若原子或分子係在全部可能擴散方向中由原子圍繞，其將有效地被俘獲，並且在其環境中不能與任何其他原子或分子發生化學物理相互作用。該領域具有通常知識者鑒於本揭示應瞭解，可相似地操縱 RNA。

【0133】 下一個可能卷繞奈米原纖維候選係在真核細胞中形成長絲的相似球狀多功能蛋白質族，已知其中一者為肌動蛋白。肌動蛋白在細胞內係用於支撐、錨定、機械支撐、及結合，此可指示其係為高度適應及充分牢固之蛋白質長絲。肌動蛋白將在與上文論述之 DNA-origami 相

關之處理非常相似的方法中應用並使用。實驗指示此蛋白質可經結晶至尺寸 $6.7 \times 4.0 \times 3.7 \text{ nm}$ 之分子。

【0134】 對某些海洋有機體（藤壺、海藻、海扁蟲等）可生物（直接）牢固結合至大範圍基板材料的機制之研究提供另一種卷繞原纖維候選。該等海洋有機體分泌普遍稱為縮寫 DOPA（3,4-二羥基苯丙胺酸）的物質，其結合至具有功能性類澱粉蛋白奈米結構的該等基板表面。類澱粉蛋白之黏著性質係歸因於 β -鏈，其垂直於原纖維軸並經由緻密氫鍵結網路來連接。此網路導致超分子 β 層，其通常在數千分子單位上連續延伸。類似此之原纖維奈米結構具有若干優點，包括：水下黏著性、對環境劣化之容忍度、來自自身聚合之自身恢復、及大原纖維表面面積。如先前論述，大原纖維表面面積藉由增加在藤壺之黏著斑中的接觸面積來增強黏著性。類澱粉蛋白奈米結構亦具有可能的機械優點，例如與同屬類澱粉蛋白分子間 β 層結構相關聯的凝聚強度及與在類澱粉蛋白核心外部之黏著殘基有關的黏著強度。該等性質使類澱粉蛋白結構成為用於廣泛應用的有前途之新一代生物吸入黏著劑的基礎。在分子自組裝用途方面之進展已允許產生用於奈米技術應用之合成類澱粉蛋白及類似類澱粉蛋白之黏著劑，儘管完全合理之設計尚未實驗上闡明，部分歸因於在理解潛在生物設計原理方面之限制。

【0135】 卷繞原纖維材料之最後實例係已知為離子聚合物之一類聚合物。簡言之，存在於沿著分子鏈之靶離子

帶電位點處牢固結合的長熱塑性聚合物分子。離子聚合物化學試劑之常見實例係為聚（乙烯-共-甲基丙烯酸）。根據本揭示案之一個態樣，離子聚合物可經官能化至掃描熱探針之表面。用於清潔奈米粒子之處理應隨後與針對上文論述之 DNA-origami 處理所示者非常相似，不同之處在於當使用掃描熱探針時含水環境並非特別必需。離子聚合物官能化塗層亦可與用於在含水（或類似溶劑）環境中優先共軛鍵接的離子表面活性劑配對。應當提到的是該等實例（特別地 DNA/RNA 及肌動蛋白）高度生物相容於在活體結構（如細胞）內部移除及操縱奈米微粒實體。

【0136】舉例而言，可使用之一個變化包括使用高表面能尖端塗層。另一變化包括使用低表面能材料預處理粒子，以脫離該等粒子並隨後使粒子與高表面能尖端塗層（有時在不同尖端上）接觸。又一變化包括使用對應於在尖端表面塗層與粒子表面間發生之化學反應的化學能梯度，以結合二者。此可進行直到尖端耗盡或利用其他處理逆轉。

【0137】根據本揭示案之其他態樣，黏著劑或黏性塗層與一或更多個上文列出之因素結合使用。此外，表面粗糙度或小尺度（例如，奈米尺度）紋理可經工程設計以最大化粒子清潔處理效率。

【0138】除上述之外，通常當尖端 12 包括與拖把類似的能夠機械纏結粒子 20 的原纖維時，可使用機械結合。根

據本揭示案之某些態樣，機械纏結係藉由表面能或利用接觸或環境之化學改變來驅動及/或增強。

【0139】 根據本揭示案之其他態樣，尖端12可利用分子鑷子（亦即，分子夾）塗佈。該等鑷子可包含具有能夠結合客體（例如，上文論述之粒子20）之敞開孔的非環狀化合物。鑷子之敞開孔通常使用非共價結合來結合客體，該非共價結合包括氫鍵、金屬配位、疏水性力、凡得瓦力、 π - π 相互作用、及/或靜電效應。該等鑷子有時與大環分子受體類似，不同之處在於結合客體分子之兩個臂通常僅於一端連接。

【0140】 除上述之外，粒子20可使用擴散結合或卡西米爾（Casimir）效應藉由尖端移除。此外，如在第6圖中所說明之態樣中，刷毛或原纖維30可附接至尖端12之末端。不論按策略還是隨機地放置，該等刷毛或原纖維30可以若干方式增強局部清潔。舉例而言，相關表面面積增加可用於表面（短程）結合至粒子。

【0141】 根據本揭示案之一些態樣，原纖維30經工程設計為選擇性（例如，藉由表面或環境）線圈圍繞並纏結粒子20的分子，因此最大化表面接觸。此外，通常當堅硬刷毛30附接至尖端12時，移走粒子20根據本揭示案之某些態樣發生。然而，原纖維30亦可纏結粒子20，並且藉由在粒子20上拉動來機械移走粒子20。相比之下，相對剛性刷毛30通常允許尖端12延伸到難以到達之裂隙中。隨後，藉由刷毛30之碰撞變形應力、藉由用以排斥粒子20

之尖端 12 之表面修改、或藉由某種組合，移走粒子 20。此外，本揭示案之某些態樣將粒子 20 機械結合至尖端 12。當原纖維在尖端 12 上時，一或更多個完整或磨損之原纖維之纏結可發生。當刷毛係在尖端 12 上時，粒子 20 可楔入（彈性）受力刷毛之間。

【0142】根據本揭示案之其他態樣，碎片移除方法包括改變環境以促進局部清潔。舉例而言，可引入氣體或液體媒體，或者可改變化學及/或物理性質（例如，壓力、溫度、及濕度）。

【0143】除上文論述之組件外，本揭示案之某些態樣包括識別待移除之碎片的影像識別系統。因此，自動碎片移除裝置亦在本揭示案之範疇內。

【0144】根據本揭示案之某些態樣，相對軟之清潔尖端係用以避免對複雜形狀之內部輪廓、壁及/或底部的不期望損壞。適當時，較強力用於使相對軟尖端與表面更高強度接觸，同時亦增加掃描速度。

【0145】亦應注意，暴露至低表面能材料及/或經低表面能材料塗佈之尖端可出於除移除奈米水平結構之碎片（清潔）外之其他目的使用。舉例而言，根據本揭示案之某些態樣，此等尖端亦可用以週期性潤滑微米水平或更小裝置（如 MEMS/NEMS），以含有化學反應。

【0146】此方法可根據應用需要在各種環境中進行，並進一步增強從基板表面至低能量材料之貼片或貯器的粒子之差異黏著性。該等環境可包括但不限於真空、各種組

成、及壓力之保護氣體，及可變組成之流體（包括具有變化離子強度及 / 或 pH 之流體）。

【0147】由於存在影響在基板、尖端、碎片、及軟貼片間之吉布斯自由能梯度的眾多其他因素，該等其他因素亦可經操縱以產生下坡梯度，以將粒子從基板移動至軟貼片。一個因素係為溫度。可能與基板溫度及軟貼片材料結合地使用掃描熱探針，以產生所期望梯度。用於吉布斯自由能之基本方程式指示若隨後接觸碎片，則較高相對溫度之表面（由於 $T \cdot S$ 項在該方程式中係為負的）可提供 $\Delta G < 0$ 之可能驅動力。從在高溫下變形棒之 ΔG 的方程式，亦可看到另一因素係施加至尖端之應力可潛在地增加碎片黏著性。此可藉由外部硬體（亦即，具有不同熱膨脹係數之生物材料條帶）或藉由在奈米加工或尖端破裂之閥值下的基板壓縮或剪切來達成。尖端材料之變形亦可提供碎片機械俘獲機制，尤其是其經粗糙化（或在奈米刷毛中覆蓋），及 / 或若其於表面處具有高微結構缺陷（亦即，空隙）密度時。將論述之最終因素係為化學勢能。可能修改尖端及 / 或軟貼片表面之化學狀態以產生優選化學反應，以將碎片材料結合至尖端。該等化學鍵可具有共價或離子性質（具有最牢固 sp^3 混成軌域共價鍵）。碎片可經由化學試劑之靶向鎖鍵化學結合對的一種成分塗佈。尖端（或另一尖端）可用其他化學試劑塗佈並與碎片表面接觸，以將其結合至尖端。鎖鍵對化學試劑之一個不作限制之實例係通常用於化學力顯微鏡（CFM）實驗的抗生蛋白鏈菌素

及生物素。使用離子鍵之另一實例應係為兩種表面活性劑極性分子化學試劑，其中在碎片及尖端表面上經暴露之分子之極性端具有相反電荷。存在包括耗盡溶劑合作用之表面化學相互作用黏著機制及立體相互作用之塗層或表面的其他相關態樣。尖端表面之化學改變亦應允許其表面能之靶向改變，以及可圍繞（以最大化表面面積 dA ）並機械俘獲於尖端表面之碎片而與其結合的相改變（特定言之係從流體至固體）。該等化學改變（不論對尖端材料表面還是一些中間塗層）可由外部能量源（如熱（溫度）、紫外光、及帶電粒子束）催化。

【0148】轉到第12圖至第38圖，現將論述碎片偵測及收集系統之示例性態樣。第12圖說明根據本揭示案之一態樣用於從基板18提取碎片20的碎片收集設備100之透視圖。設備100包括基板支撐組件102及尖端支撐組件104，每一者係由基底106支撐或耦接至基底106。基底106可為單一平板，例如單一金屬平板、單一岩石平板、單一混凝土平板、或在本領域中已知之任何其他單一平板結構。可替代地，基底106可包括相對於彼此固定之複數個平板。複數個平板可包括金屬平板、岩石平板、混凝土平板、其組合、或在本領域中已知之任何其他平板組件。舉例而言，根據本揭示案之一態樣，基底106可為單一岩石平板，例如單一花崗石平板或單一大理石平板。

【0149】基板支撐組件102可包括經配置以支撐基板18、將基板18固定至基板支撐組件102、或二者的夾具

108。基板支撐組件102可進一步包括經配置以相對於基底106移動夾具108的基板平臺組件110。基板平臺組件110可包括一或更多個運動平臺，例如直線平移平臺、旋轉運動平臺、其組合、或在本領域中已知之任何其他運動平臺。舉例而言，基板平臺組件110可經配置以在沿著x方向112平移時、在沿著y方向114平移時、在沿著z方向116平移時、在環繞x方向112旋轉時、在環繞y方向114旋轉時、在環繞z方向116旋轉時、或其組合而相對於基底106移動夾具108。x方向112、y方向114及z方向116可以彼此相互垂直，然而，應瞭解，x方向112、y方向114及z方向116無需彼此相互垂直。

【0150】 基板平臺組件110之一或更多個運動平臺可包括經配置以實現在夾具108與基底106之間的所期望相對運動的一或更多個致動器118。舉例而言，一或更多個致動器118可包括經由螺桿或蝸輪耦接至基板平臺組件110的旋轉馬達、伺服馬達、經配置以經由磁場施加在基板平臺組件110上之力的磁性致動器、經由活塞桿耦接至基板平臺組件110的氣動或液壓活塞、壓電致動器、或在本領域中已知之任何其他運動致動器。一或更多個致動器118可固定至基底106。

【0151】 根據本揭示案之態樣，基板平臺組件110可包括第一平臺120及第二平臺122，其中第一平臺120經配置以經由第一致動器124相對於第二平臺122移動夾具108，而第二平臺經配置以經由第二致動器126相對於基

底移動第一平臺120。第一致動器124可經配置以沿著x方向112平移第一平臺120，而第二致動器126可經配置以沿著y方向114平移第二平臺122。然而，應瞭解第一平臺120及第二平臺122可經配置以在沿著其他軸平移或環繞其他軸旋轉以適應其他應用時，相對於基底106移動。

【0152】 尖端支撐組件104可包括經由尖端懸臂132耦接至尖端平臺組件130之尖端12。尖端12可係掃描探針顯微鏡（SPM）尖端，例如用於AFM或掃描穿隧顯微鏡（STM）之尖端。應瞭解在第12圖中所說明之尖端12可體現本文先前論述之任何尖端結構或屬性。由此，尖端平臺組件130可為SPM掃描器組件。尖端平臺組件130可固定至基底106，並且經配置以在沿著x方向112平移時、在沿著y方向114平移時、在沿著z方向116平移時、在環繞x方向112旋轉時、在環繞y方向114旋轉時、在環繞z方向116旋轉時、或其組合而相對於基底106移動尖端12。

【0153】 與基板平臺組件110相似，尖端平臺組件130可包括一或更多個致動器134，以實現尖端12相對於基底106之所期望運動。根據本揭示案之態樣，一或更多個致動器可包括可操作地耦接至尖端12以環繞第一軸旋轉尖端12的旋轉致動器系統。根據本揭示案之態樣，一或更多個致動器134可包括一或更多個壓電致動器，然而，應

瞭解其他致動器結構可用於一或更多個致動器 134，以滿足特定應用需求而不脫離本揭示案之範疇。

【0154】 基板平臺組件 110 可經配置以實現與由尖端平臺組件 130 實現之運動相比具有較大量值及較低準確度的運動。因此，基板平臺組件 110 可經定製以實現在夾具 108 與尖端 12 之間的粗略相對運動，而尖端平臺組件 130 可經定製以實現在夾具 108 與尖端 12 之間的更精細相對運動。

【0155】 根據一個態樣，第 12 圖之設備 100 可包括設置在基板支撐組件 102、基底 106、或二者上的第一貼片 142。根據另一態樣，如第 13 圖所示，設備 100 可包括設置在基板支撐組件 102、基底 106、或二者上的第一貼片 142 及第二貼片 144。第一貼片 142、第二貼片 144、或二者可體現先前論述之貼片 14 之任何結構、材料、或屬性。根據本揭示案之態樣，第二貼片 144 可體現與第一貼片 142 之結構及材料相似或一致的結構及材料，其中第二貼片 144 主要用於接收並固定經由尖端 12 從基板 18 收集之碎片 20，而第一貼片主要用於加工或製備用於隨後從基板 18 收集碎片 20 的尖端 12。可替代地，第二貼片 144 可體現與第一貼片 142 不同的結構或材料，而使得第一貼片 142 可經較佳定製以在從基板 18 收集碎片 20 之前加工尖端 12，而第二貼片 144 可經較佳定製以接收及固定經由尖端 12 從基板 18 收集及沉積至第二貼片 144 上的碎片 20。

【0156】 在一個態樣中，第二貼片144可經配置為用於從尖端12收集碎片或污染物的收集袋或收集通孔，此將參考第30圖至第37圖進一步詳細描述。然而，應瞭解，第一貼片142或第二貼片144可單獨使用，以在從基板18收集碎片20之前加工尖端12，並用於接收及固定使用尖端12從基板18收集之碎片20。如第13圖所示，第二貼片144可經設置或安裝至與第一貼片142相對之第一平臺120。然而，第二貼片144可位於第一貼片142附近，或可位於第一平臺120之任何其他位置上或在碎片收集設備100上，以當配置為收集袋或收集通孔時促進俘獲碎片。

【0157】 根據本揭示案之態樣，如第14圖所示，分別來自第12圖或第13圖之碎片收集設備100的用於基板平臺組件之致動器118與用於尖端平臺組件之致動器134的任何或全部可操作地耦接至用於其控制之控制器136。由此，控制器136可經由分別控制致動器118、134來實現在夾具108與基底106及尖端12與基底106間的相對運動。進而，控制器136可經由致動器118、134之控制來實現在尖端12與夾具108間的相對運動。

【0158】 此外，控制器136可回應於使用者手動輸入138、預程式化至控制器136之記憶體140中的程序或演算法、其組合、或在本領域中已知之任何其他控制輸入來實現在夾具108與基底106間的相對運動。應瞭解用於控

制器 136 的預程式化之控制演算法可包括閉合迴路演算法、開放迴路演算法、或二者。

【0159】 第15圖說明根據本揭示案之態樣用於從基板18提取碎片10並分析碎片20之性質的碎片收集及計量設備200之透視圖。與第12圖之碎片收集設備100相似，碎片收集及計量設備200包括基板支撐組件102、尖端支撐組件104、及基底106。然而，碎片收集及計量設備200進一步包括計量系統202。根據本揭示案之態樣，計量系統202可為奈米尺度之計量系統。

【0160】 計量系統202可包括能量源204及能量偵測器206。能量源204可為x射線源、可見光源、紅外光源、紫外光源、電子束源、雷射源、其組合、或在本領域中已知之任何其他電磁能量源。應瞭解，可見光源可包括可見光雷射，紅外光源可包括紅外雷射，而紫外光源可包括紫外雷射。

【0161】 能量源204可經導向尖端12並在尖端12上訓練，而使得由能量源204產生之入射能量束208入射至尖端12上。入射能量束208之至少一部分可由尖端12或設置在尖端12上之碎片20反射、折射、或吸收並重新發射。根據本揭示案之態樣，能量源204可經配置及排列以將入射照射引導至尖端12（如SPM尖端）上的照射源，而能量偵測器206可經配置及排列以從尖端12接收樣本照射的照射偵測器，樣本輻射係由施加以及由尖端12或設置

在尖端 12 上之碎片 20 反射、折射、或吸收並重新發射入射照射來產生。

【0162】 能量偵測器 206 亦可經導向尖端 12 並在尖端 12 上訓練，而使得樣本能量束 210 入射至能量偵測器 206 上。樣本能量束 210 可包括來自由尖端 12 或設置在尖端 12 上之碎片 20 反射、由尖端 12 或設置在尖端 12 上之碎片 20 折射、由尖端 12 或設置在尖端 12 上之碎片 20 吸收並重新發射、或其組合的入射能量束 208 或是可由入射能量束 208 與尖端 12 或設置在尖端 12 上之碎片 20 間的相互作用產生的任何其他能量束之貢獻。由此，能量偵測器 206 可為光偵測器，例如光電倍增管或光二極體，例如，X 射線偵測器；電子束偵測器；其組合；或在本領域中已知之任何其他電磁輻射偵測器。

【0163】 根據本揭示案之態樣，能量源 204 包括電子束源，而能量偵測器 206 包括 x 射線偵測器。根據本揭示案之另一態樣，能量源 204 包括 x 射線源，而能量偵測器 206 包括電子束偵測器。根據本揭示案之另一態樣，能量源 204 包括光源，其包括但不限於可見光及紅外光。

【0164】 能量偵測器 206 可經配置以依據樣本能量束 210 之強度、樣本能量束 210 之頻率、其組合、或在本領域中已知之樣本能量束 210 之任何其他電磁輻射性質產生輸出訊號。此外，根據本揭示案之態樣，能量偵測器 206 可經耦接至控制器 136，如第 16 圖所示，而使得控制器 136 回應於樣本能量束從能量偵測器 206 接收輸出訊號。

由此，如本文後文所述，控制器 136 經配置以回應於樣本能量束 210 分析來自能量偵測器 206 之輸出訊號，並識別尖端 12 或設置在尖端 12 上之碎片 20 之一或更多種材料屬性。可選擇地，能量源 204 可操作地耦接至第 16 圖之控制器 136，而使得控制器 136 可控制由能量源 204 產生之入射能量束 208 之屬性，例如但不限於入射能量束 208 之強度、入射能量束 208 之頻率、或二者。在一個態樣中，能量源 204、樣本能量束 210、及 / 或能量偵測器 206 之方向可回應於來自能量偵測器 206 之輸出訊號來調節。

【0165】 根據本揭示案之態樣，控制器 136 可操作地耦接至包括一或更多個致動器 134 及能量偵測器 206 的致動器系統，控制器 136 經配置以依據能量偵測器對樣本照射（如樣本能量束 210）之第一回應接收第一訊號，並且經配置以依據第一訊號經由一或更多個致動器 134 實現在尖端 12 與至少一個能量偵測器 206 之間的相對運動。在一個態樣中，控制器 136 可經配置以依據照射偵測器對樣本照射之第一回應產生樣本照射之第一頻域頻譜，並藉由第一頻域頻譜減去背景頻域頻譜產生第二頻域頻譜。回應於第二頻域頻譜，控制器 136 可經由一或更多個致動器 134 實現在能量源 204 及能量偵測器 206 中之至少一者與尖端 12 之間的相對運動。在一個態樣中，控制器 136 可經進一步配置以依據當尖端 12 不具有或基本上不具有污染時在尖端 12 上能量偵測器 206 之回應而產生背景頻域。在一個態樣中，控制器 136 可經配置以基於能量偵測

器 206 對樣本照射之第二回應接收第二訊號，而控制器 136 可經配置以依據在第一訊號與第二訊號之間的差異經由一或更多個致動器 134 實現在能量偵測器 206 及能量源 204 中之至少一者與尖端 12 之間的相對運動。在一個態樣中，控制器 136 經配置以依據在第一訊號與第二訊號之間的差異實現在能量偵測器 206 及能量源 204 中之至少一者與尖端 12 之間的相對運動量。

【0166】 現參考第 17A 圖、第 17B 圖、第 18A 圖、及第 18B 圖，根據本揭示案之態樣，應瞭解第 17A 圖及第 18A 圖說明碎片收集及計量設備 250 之頂視圖，而第 17B 圖及第 18B 圖說明碎片收集及計量設備 250 之側視圖。分別與第 15 圖及第 16 圖所說明之碎片收集及計量設備 200 相似，碎片收集及計量設備 250 可包括基板支撐組件 102、尖端支撐組件 104、基底 106、及計量系統 202。然而，在碎片收集及計量設備 250 中，能量源 204 及能量偵測器 206 中之每一者可導向朝向貼片 252 而非尖端 12，並在貼片 252 上訓練。

【0167】 貼片 252 可體現先前論述之第一貼片 142 及第二貼片 144 之任何結構或屬性，或者貼片 252 可包括或經配置為用於從尖端 12 收集碎片或污染物的收集袋或收集通孔，如將參考第 30 圖至第 37 圖進一步詳細描述。由此，碎片收集及計量設備 250 可經配置以使用計量系統 202 分析貼片 252、設置在貼片 252 上之碎片 20、或其組合之材料性質。

【0168】 致動及/或調節基板平臺組件110、尖端平臺組件130、或二者能夠實現使用碎片收集及計量設備250的至少三個程序。在第一程序期間，致動及/或移動基板平臺組件110、尖端平臺組件130、或二者實現在尖端12與設置在夾具108上之基板18之間的接觸，而使得碎片20從基板18轉移至尖端12。在第二程序期間，致動及/或移動基板平臺組件110、尖端平臺組件130、或二者實現在尖端12與貼片252之間的接觸，以將碎片20從尖端12轉移至貼片252。在第三程序期間，致動及/或移動基板平臺組件110將能量源204及能量偵測器206中之每一者引導至貼片252並在貼片252上訓練，而使得來自能量源204之入射能量束208入射至貼片252上，而從貼片252射出之樣本能量束210入射至能量偵測器206上。

【0169】 如第18A圖及第18B圖所示，能量偵測器206可經耦接至控制器136，而使得控制器136回應於樣本能量束從能量偵測器206接收輸出訊號。由此，如本文後文所述，控制器136可經配置以回應於樣本能量束210分析來自能量偵測器206之輸出訊號，並識別貼片252或設置在貼片252上之碎片20的一或更多種材料屬性。可選擇地，能量源204可操作地耦接至第18A圖及第18B圖之控制器136，而使得控制器136可控制由能量源204產生之入射能量束208之屬性，例如但不限於入射能量束208之強度、入射能量束208之頻率、或二者。在一個態樣中，

能量源 204、樣本能量束 210、及/或能量偵測器 206 之方向可回應於來自能量偵測器 206 之輸出訊號來調節。

【0170】 現參考第 19A 圖、第 19B 圖、第 20A 圖、及第 20B 圖，根據本揭示案之態樣，應瞭解第 19A 圖及第 20A 圖說明碎片收集及計量設備 250 之頂視圖，而第 19B 圖及第 20B 圖說明碎片收集及計量設備 250 之側視圖。與第 17A 圖、第 17B 圖、第 18A 圖及第 18B 圖之碎片收集及計量設備 250 相似，碎片收集及計量設備 250 可包括基板支撐組件 102、尖端支撐組件 104、基底 106、計量系統 202、能量源 204、及能量偵測器 206。第 17A 圖、第 17B 圖、第 18A 圖、及第 18B 圖之碎片收集及計量設備 250 可進一步包括第一貼片 252 及第二貼片 254。在一個態樣中，第一貼片 252 及第二貼片 254 可經設置在基板 18 之相對側上，並安裝至夾具 108。能量源 204 及能量偵測器 206 中之每一者可經導向朝向第一貼片 252 及第二貼片 254 之至少一者，並在第一貼片 252 及第二貼片 254 之至少一者上訓練。第一貼片 252 及第二貼片 254 可體現先前所述之任何結構或屬性。附加或可替代地，第一貼片 252 及第二貼片 254 可包括或可經配置為用於從尖端 12 收集碎片或污染物的收集袋或收集通孔，如將參考第 30 圖至第 37 圖進一步詳細描述。舉例而言，碎片收集及計量設備 250、能量源 204、及能量偵測器 206 中之每一者可經導向朝向收集袋或收集通孔，以使用計量系統 202 分析在收集袋或收集通孔上收集之碎片或污染物 20 之材料性質。

【0171】 致動及/或調節基板平臺組件110、尖端平臺組件130、或二者能夠實現使用碎片收集及計量設備250的至少三個程序。根據本揭示案之態樣，碎片可從基板18移除，並使用收集袋或收集通孔收集，如將在下文進一步詳細描述。收集袋或收集通孔可為第一貼片252及第二貼片254之一部分，或可經安裝或定位於第一貼片252及第二貼片254之一位置。

【0172】 在第一程序期間，致動及/或移動基板平臺組件110、尖端平臺組件130、或二者實現在尖端12與設置在夾具108上之基板18之間的接觸，而使得碎片20從基板18轉移至尖端12。在第二程序期間，致動及/或移動基板平臺組件110、尖端平臺組件130、或二者實現在尖端12與第一貼片252之收集袋或收集通孔之間的接觸，藉此將碎片20從尖端12轉移至第一貼片252之收集袋或收集通孔。在一個態樣中，相對於第一貼片252之收集袋或收集通孔的尖端12的致動及/或移動可以遵循預定軌跡，如後文參考第33圖及第34圖進一步詳細描述。在第三程序期間，致動及/或移動基板平臺組件110將能量源204及能量偵測器206中之每一者引導至第一貼片252之收集通孔並在至第一貼片252之收集通孔上訓練，而使得來自能量源204之入射能量束208入射至貼片252上，而從貼片252射出之樣本能量束210入射至能量偵測器206上。

【0173】 轉到第20A圖及第20B圖，能量偵測器206可經耦接至控制器136，而使得控制器136回應於樣本能量束從能量偵測器206接收輸出訊號。控制器136可經配置以回應於樣本能量束210分析來自能量偵測器206之輸出訊號，並識別第一貼片252之收集袋或收集通孔或設置在第一貼片252之收集袋或收集通孔上之碎片的一或更多種材料屬性。可選擇地，能量源204可操作地耦接至第20A圖及第20B圖之控制器136，而使得控制器136可控制由能量源204產生之入射能量束208之屬性，例如但不限於入射能量束208之強度、入射能量束208之頻率、或二者。在一個態樣中，能量源204、樣本能量束210、及/或能量偵測器206之方向可回應於來自能量偵測器206之輸出訊號來調節。

【0174】 現參考第21A圖及第21B圖，應瞭解第21A圖說明根據本揭示案之態樣的碎片收集及計量設備260之頂視圖，而第21B圖說明根據本揭示案之態樣的碎片收集及計量設備260之側視圖。與第15圖至第20圖所說明之碎片收集及計量設備200及250相似，碎片收集及計量設備260包括基板支撐組件102、尖端支撐組件104、基底106、及計量系統202。然而，在碎片收集及計量設備260中，尖端支撐組件104進一步包括機器人262。

【0175】 機器人262可包括馬達264及機器臂266。機器臂266之近端可操作地經由馬達264耦接至基底106，而尖端平臺組件130可操作地耦接至機器臂266之遠端，

而使得操作馬達 264 實現在尖端 12 與基底 106 之間的相對運動。根據本揭示案之態樣，操作馬達 264 實現環繞機器人 262 之旋轉軸 268 相對於基底 106 的尖端 12 之旋轉運動。

【0176】 計量系統 202 包括貼片 252，並可包括用於支撐貼片 252 之計量平臺組件 270。可替代地，貼片 252 可經直接支撐在基底 106 上或藉由基底 106 支撐，而無計量平臺組件 270。計量平臺組件 270 可經配置以實現在沿著 x 方向 112 平移時、在沿著 y 方向 114 平移時、在沿著 z 方向 116 平移時、在環繞 x 方向 112 旋轉時、在環繞 y 方向 114 旋轉時、在環繞 z 方向 116 旋轉時、其組合在貼片 252 與基底 106 之間的相對運動或在本領域中已知之任何其他相對運動。此外，計量平臺組件 270 可體現先前針對基板平臺組件 110、尖端平臺組件 130、或二者所述之任何結構或屬性。

【0177】 在第 21A 圖及第 21B 圖中，機器臂 266 圖示在第一位置中，而使得尖端 12 位於夾具 108 附近。當機器臂 266 位於第一位置時，基板平臺組件 110、尖端平臺組件 130、或二者之運動足夠實現在尖端 12 與安裝至夾具 108 之基板 18 之間的接觸。由此，當機器臂 266 位於其第一位置時，碎片收集及計量設備 260 可實現碎片 20 從基板 18 至尖端 12 之轉移。

【0178】 在第 22A 圖及第 22B 圖中，機器臂 266 圖示在第二位置中，而使得尖端 12 位於計量系統 202 附近。當機

器臂 266 位於其第二位置時，尖端平臺組件 130 之運動、或尖端平臺組件 130 與計量平臺組件 270 之結合運動足夠實現在尖端 12 與貼片 252 之間的接觸。由此，當機器人臂 266 位於第二位置時，碎片收集及計量設備 270 可實現碎片 20 從尖端 12 至貼片 252 之轉移。根據本揭示案之態樣，貼片 252 可包括或經配置為用於從尖端 12 收集碎片或污染物之收集袋或收集通孔，如將參考第 30 圖至第 37 圖進一步詳細描述。儘管未在第 21A 圖及第 21B 圖中圖示，碎片收集及計量設備 270 可包括與第 17A 圖及第 17B 圖所說明之那些相似或相同的能量源 204 及導向朝向貼片 252 並在貼片 252 上訓練之能量偵測器 206，以在貼片 252、設置在貼片 252 上之碎片 20 或二者上進行計量分析。

【0179】 根據本揭示案之態樣，在碎片收集及計量設備 260 中的機器人 262、基板平臺組件 110、尖端平臺組件 130 及計量平臺組件 270 之任一者或更多者可操作地耦接至用於其控制之控制器 136。由此，控制器 136 可經配置以致動機器人 262 來在第 21A 圖及第 21B 圖所示之先前提及之第一位置與第 22A 圖及第 22B 圖所示之第二位置之間切換配置。

【0180】 現參考第 23A 圖及第 23B 圖，應瞭解第 23A 圖說明根據本揭示案之態樣的尖端支撐組件 104 之底視圖，而第 23 圖說明根據本揭示案之態樣的沿著截面線 23B-23B 截取之尖端支撐組件 104 之部分橫截面側視

圖。第 23 A 圖及第 23 B 圖所說明之尖端支撐組件 104 可特別適用於整合至機器臂 266 中，如第 21 A 圖、第 21 B 圖、第 22 A 圖、及第 22 B 圖所示。然而，該領域具有通常知識者鑒於本揭示應瞭解尖端支撐組件 104 可以有利地結合至其他碎片收集及/或計量系統中，以滿足特定需求。

【0181】 第 23 A 圖及第 23 B 圖所說明之尖端支撐組件 104 包括 z 致動器 280、照相機 282、或二者，然而，應瞭解尖端支撐組件 104 可體現先前針對尖端支撐組件（不限於用於沿著 x 方向 112 或 y 方向 114 平移運動以及環繞 x 方向 112、y 方向 114、及 z 方向 116 之任一者旋轉運動之構件）所論述之任何其他結構或屬性。

【0182】 z 致動器 280 之近端可操作地耦接至機器臂 266，而 z 致動器 280 之遠端經由尖端懸臂 132、照相機 282、或二者可操作地耦接至尖端 12。由此，操作 z 致動器 280 實現沿著 z 方向 116 在尖端 12、照相機 282、或二者之間的相對運動。z 致動器 280 可包括旋轉馬達及螺桿結構、直線伺服馬達結構、氣動或液壓活塞結構、壓電結構、或在本領域中已知之任何其他直線致動器結構。

【0183】 應瞭解 z 致動器 280 可操作地耦接至控制器 136，以控制在機器臂 266 與尖端 12、照相機 282、或二者之間的相對運動。此外，照相機 282 亦可耦接至控制器 136，以將靠近尖端 12 之基板的影像提供給使用者顯示器、提供用於控制尖端 12 之機器視覺演算法、或二者。

【0184】 現參考第24A圖及第24B圖，應瞭解第24A圖說明可與先前參考第15圖至第20圖所述之計量系統202相同或相似的計量系統202之底視圖，儘管該領域具有通常知識者應瞭解第24A圖及第24B圖之計量系統202可表示包括至少尖端12、尖端平臺組件13、能量源204、及能量偵測器206的其他系統。第24B圖說明根據本揭示案之態樣的計量系統202之側視圖。第24A圖及第24B圖所說明之計量系統202之結構可應用至第15圖及第16圖所說明之碎片收集及計量設備200，其中計量程序直接在尖端12、設置在尖端12上之碎片20、或二者上進行。然而，應瞭解第24A圖及第24B圖所說明之計量系統202可以有利地應用至其他計量系統及設備。在一個態樣中，第24A圖及第24B圖所示之特定尖端12可包括四面體形狀。如第24A圖及第24B圖所示，具有四面體形狀之尖端12不具有任何碎片20。由此，計量系統202可用以分析無附接至尖端12之任何碎片20的尖端12之屬性。

【0185】 能量源204可導向朝向尖端12並在尖端12上訓練，而使得由能量源204產生之入射能量束208入射至尖端12上，並且能量偵測器206可導向朝向尖端12並在尖端12上訓練，而使得回應於在尖端12上之入射能量束208產生之樣本能量束210係由能量偵測器206接收。尖端平臺組件130可操作地耦接至尖端12，而使得尖端平臺組件130可在沿著x方向112、y方向114及z方向116之任一者平移或環繞x方向112、y方向114、及z方向116

之任一者旋轉時相對於能量源 204、能量偵測器 206、或二者移動尖端 12。根據本揭示案之態樣，尖端平臺組件 130 經配置以至少環繞穿過尖端 12 延伸之尖端縱軸 284 旋轉尖端 12。根據本揭示案之態樣，在第 24 A 圖及第 24 B 圖中特別地說明之尖端 12 包括四面體形狀。

【0186】 尖端平臺組件 130、能量源 204、能量偵測器 206、或其組合可操作地耦接至控制器 136，以對其控制。由此，控制器 136 可藉由致動尖端平臺組件 130 將入射能量束 208 選擇性引導至尖端 12 之不同表面上，而控制器 136 可從能量偵測器 206 接收一或更多個訊號，其指示所得樣本能量束 210 之屬性。如第 24 A 圖及第 24 B 圖所示，尖端 12 可以不具有任何碎片 20。由此，計量系統 202 可用以分析無附接至尖端 12 之任何碎片 20 的尖端 12 之屬性。

【0187】 現參考第 25 A 圖及第 25 B 圖，應瞭解第 25 A 圖說明計量系統 202 之底視圖，而第 25 B 圖說明根據本揭示案之態樣的計量系統 202 之側視圖。第 25 A 圖及第 25 B 圖所說明之計量系統 202 可體現針對第 15 圖至第 20 圖、第 24 A 圖、及第 24 B 圖所說明之計量系統 202 所述之任何結構及屬性。然而，第 25 A 圖及第 25 B 圖所說明之計量系統 202 圖示附接至具有四面體形狀之尖端 12 之碎片 20。由此，計量系統 202 可用以分析尖端 12、附接至尖端 12 之碎片 20、或二者之屬性。

【0188】 現參考第26A圖及第26B圖，應瞭解第26A圖說明計量系統202之底視圖，而第26B圖說明根據本揭示案之態樣的計量系統202之側視圖。第26A圖及第26B圖所說明之計量系統202可體現第24A圖及第24B圖所說明之計量系統202之任何結構或屬性。然而，與第24A圖及第24B圖不同，第26A圖及第26B圖所說明之特定尖端12包括圓錐形狀。如第26A圖及第26B圖所示，具有圓錐形狀之尖端12不具有任何碎片20。由此，計量系統202可用以分析無附接至尖端12之任何碎片20的尖端12之屬性。

【0189】 現參考第27A圖及第27B圖，應瞭解第27A圖說明計量系統202之底視圖，而第27B圖說明根據本揭示案之態樣的計量系統202之側視圖。第27A圖及第27B圖所說明之計量系統202可體現針對第26A圖及第26B圖所說明之計量系統202所述之任何結構或屬性。然而，第27A圖及第27B圖所說明之計量系統202圖示附接至具有圓錐形狀之尖端12之碎片20。由此，計量系統202可用以分析尖端12、附接至尖端12之碎片20、或二者之屬性。

【0190】 現參考第28A圖及第28B圖，應瞭解第28A圖說明根據本揭示案之態樣的計量系統202之底視圖，而第28B圖說明根據本揭示案之態樣的計量系統202之側視圖。第28A圖及第28B圖所說明之計量系統202可體現第24A圖及第24B圖所說明之計量系統202之任何結構

或屬性。然而，與第 24 A 圖及第 24 B 圖不同，第 28 A 圖及第 28 B 圖所說明之特定尖端 12 包括方錐形狀。如第 28 A 圖及第 28 B 圖所示，具有方錐形狀之尖端 12 不具有任何碎片 20。由此，計量系統 202 可用以分析無附接至尖端 12 之任何碎片 20 的尖端 12 之屬性。

【0191】 現參考第 29 A 圖及第 29 B 圖，應瞭解第 29 A 圖說明根據本揭示案之態樣的計量系統 202 之底視圖，而第 29 B 圖說明根據本揭示案之態樣的計量系統 202 之側視圖。第 29 A 圖及第 29 B 圖所說明之計量系統 202 可體現針對第 28 A 圖及第 28 B 圖所說明之計量系統 202 所述之任何結構或屬性。然而，第 29 A 圖及第 29 B 圖所說明之計量系統 202 圖示附接至具有方錐形狀之尖端 12 之碎片 20。由此，計量系統 202 可用以分析尖端 12、附接至尖端 12 之碎片 20、或二者之屬性。

【0192】 轉到第 30 圖至第 37 圖，現將描述具有收集袋或收集通孔之示例性污染物收集器。現參考第 30 A 圖及第 30 B 圖，第 30 A 圖說明用於從尖端 12 收集污染物樣本 33 的污染物收集器 30 之橫截面圖（於第 30 B 圖之 30 A - 30 A 截取），而尖端 12 可以與先前相對於示例性碎片偵測及收集系統所述之那些相同或相似。污染物樣本 33 可包括一或更多片上文所述之碎片或粒子 20。污染物收集器 30 可定義包括從第一上表面 36 延伸至第二上表面 38 的至少三個側壁 34 的收集袋 32。側壁 34 之高度（h）可經選擇而使得尖端 12 之至少一部分可插入收集袋 32 之一深度。在一

個態樣中，定義收集袋 3 2 之深度的側壁 3 4 之高度（ h ）可在尖端 1 2 之長度（ L ）25 % 至 200 % 之間。在一個態樣中，側壁之高度（ h ）可經選擇以促進頻譜學折射，進而分析可沉積在污染物收集器 3 0 中或上的污染物樣本 3 3。

【0193】 在一個態樣中，在第一上表面 3 6 與側壁 3 4 之間的交點形成第一組內邊緣，而在第二上表面 3 8 與側壁 3 4 之間的交點形成第二組內邊緣。側壁 3 4 可定義從第一上表面 3 6 延伸至第二上表面 3 8 的至少一個內表面。在一個態樣中，照射源（如上文所述之能量源 2 0 4）可經配置及排列以將入射照射引導至污染物收集器 3 0 之內表面或表面上。在一個態樣中，照射偵測器（如上文所述之能量偵測器 2 0 6）可經配置及排列以從污染物收集器 3 0 之一或更多個內表面接收樣本照射，由入射照射產生之樣本照射經引導至污染物收集器 3 0 之一或更多個內表面或表面上並從污染物收集器 3 0 之一或更多個內表面或表面上反射回。

【0194】 如第 3 0 B 圖所示，當從頂部觀察時，三個側壁 3 4 及對應第一內邊緣可形成等邊三角形輪廓。每一組相鄰側壁 3 4 可形成一組污染物收集邊緣 3 5。在一個態樣中，具有四面體形狀之尖端 1 2 可與第 3 0 A 圖及第 3 0 B 圖之污染物收集器 3 0 一起使用。尖端 1 2 之一或更多個邊緣 1 3 可在收集袋 3 2 之一或更多個污染物收集邊緣 3 5 附近、鄰近污染物收集邊緣 3 5、抵靠污染物收集邊緣 3 5 刷動、或抵靠污染物收集邊緣 3 5 拉動來操縱，而使得污染物樣本 3 3

可從尖端 12 轉移至收集袋 32。在選擇態樣中，污染物收集器 30 可包括三個側壁 34，當從頂部觀察時三個側壁 34 形成非等邊三角形輪廓（例如，等邊、不等邊、銳角、直角、或鈍角三角形）。該領域具有通常知識者鑒於本揭示應瞭解，非等邊三角形橫截面定義不相等之污染物收集邊緣 35，並可由此適用於從各種大小及 / 或形狀之尖端提取污染物樣本 33。在一個態樣中，污染物收集邊緣 35 之每一邊緣可以具有小於或等於 10 mm 之長度，以降低尖端 12 將污染物樣本 33 轉移至收集袋 32 所需的行程量，特定言之為當污染物樣本 33 係為奈米位準結構時。

【0195】 現參考第 31A 圖及第 31B 圖，第 31A 圖說明用於從尖端 12 收集污染物樣本 33 的污染物收集器 30 之橫截面圖（於第 31B 圖之 31A - 31A 截取），而尖端 12 可以與先前相對於示例性碎片偵測及收集系統所述之那些相同或相似。污染物收集器 30 可定義包括從第一上表面 36 延伸至第二上表面 38 之側壁 34 的收集袋 32。側壁 34 之高度（h）可經選擇而使得尖端 12 之至少一部分可插入收集袋 32 之一深度。在一個態樣中，定義收集袋之深度的側壁 34 之高度（h）可在尖端 12 之長度（L）25% 至 200% 之間。在一個態樣中，側壁之高度（h）可經選擇以促進頻譜學折射，進而分析可沉積在污染物收集器 30 中或上的污染物樣本 33。

【0196】 在一個態樣中，如第 31B 圖所示，污染物收集器 30 可包括當從頂部觀察時形成圓形輪廓的圓柱形側壁

3 4。污 染 物 收 集 內 邊 緣 3 5 可 形 成 於 第 一 上 表 面 3 6 與 側 壁 3 4 之 間 的 交 點 處。在 一 個 態 樣 中，具 有 圓 錐 形 狀 之 尖 端 1 2 可 以 與 第 3 1 A 圖 及 第 3 1 B 圖 之 污 染 物 收 集 器 3 0 一 起 使 用。圓 錐 尖 端 1 2 之 表 面 可 在 收 集 袋 3 2 之 污 染 物 收 集 邊 緣 3 5 附 近、鄰 近 污 染 物 收 集 邊 緣 3 5、抵 靠 污 染 物 收 集 邊 緣 3 5 刷 動、或 抵 靠 污 染 物 收 集 邊 緣 3 5 拉 動 來 操 縱，而 使 得 污 染 物 樣 本 3 3 可 從 尖 端 1 2 轉 移 至 收 集 袋 3 2。在 選 擇 態 樣 中，該 領 域 具 有 通 常 知 識 者 鑒 於 本 揭 示 應 瞭 解，污 染 物 收 集 器 3 0 可 包 括 當 從 頂 部 觀 察 時 定 義 卵 形 或 橢 圓 形 輪 廓 的 側 壁 3 4，並 可 由 此 適 用 於 從 各 種 大 小 及 / 或 形 狀 之 尖 端 提 取 污 染 物 樣 本 3 3。在 一 個 態 樣 中，污 染 物 收 集 邊 緣 3 5 之 直 徑 可 以 小 於 1 0 m m 寬。在 選 擇 態 樣 中，污 染 物 收 集 邊 緣 3 5 之 直 徑 可 以 小 於 或 等 於 5 0 0 微 米 寬，以 降 低 尖 端 1 2 將 污 染 物 樣 本 3 3 轉 移 至 收 集 袋 3 2 所 需 的 行 進 量，特 定 言 之 為 當 污 染 物 樣 本 3 3 係 為 奈 米 位 準 結 構 時。

【 0 1 9 7 】 現 參 考 第 3 2 A 圖 及 第 3 2 B 圖，第 3 2 A 圖 說 明 用 於 從 尖 端 1 2 收 集 污 染 物 樣 本 3 3 的 污 染 物 收 集 器 3 0 之 橫 截 面 圖（於 第 3 2 B 圖 之 3 2 A - 3 2 A 截 取），而 尖 端 1 2 可 以 與 先 前 相 對 於 示 例 性 碎 片 偵 測 及 收 集 系 統 所 述 之 那 些 相 同 或 相 似。污 染 物 收 集 器 3 0 可 定 義 包 括 從 第 一 上 表 面 3 6 延 伸 至 第 二 上 表 面 3 8 之 側 壁 3 4 的 收 集 袋 3 2。側 壁 3 4 之 高 度（h）可 經 選 擇 而 使 得 尖 端 1 2 之 至 少 一 部 分 可 插 入 收 集 袋 3 2 之 一 深 度。在 一 個 態 樣 中，定 義 收 集 袋 之 深 度 的 側 壁 3 4 之 高 度（h）可 在 尖 端 1 2 之 長 度（L）2 5 % 至 2 0 0 %

之間。在一個態樣中，側壁之高度（ h ）可經選擇以促進頻譜學折射，進而分析可沉積在污染物收集器 30 中或上的污染物樣本 33。

【0198】 在一個態樣中，如第 32 B 圖所示，污染物收集器 30 可包括當從頂部觀察時形成矩形或方形輪廓的四個側壁 34。每一組相鄰側壁 34 可形成污染物收集內邊緣 35。在一個態樣中，具有方錐形狀之尖端 12 可與第 32 A 圖及第 32 B 圖之污染物收集器 30 一起使用。尖端 12 之一或更多個邊緣 13 可在收集袋 32 之一或更多個收集內邊緣 35 附近、鄰近收集內邊緣 35、抵靠收集內邊緣 35 刷動、或抵靠收集內邊緣 35 拉動來操縱，而使得污染物樣本 33 可從尖端 12 轉移至收集袋 32。在一個態樣中，污染物收集邊緣 35 之每一邊緣可以具有小於或等於 10 mm 之長度，以降低尖端 12 將污染物樣本 33 轉移至收集袋 32 所需的行程量，特定言之為當污染物樣本 33 係為奈米位準結構時。

【0199】 儘管上文參考第 30 A 圖、第 30 B 圖、第 31 A 圖、第 31 B 圖、第 32 A 圖、及第 32 B 圖論述尖端與收集袋 32 形狀之特定配對，應瞭解尖端 12 與收集袋 32 形狀之任何組合可一起或可互換地採用。舉例而言，第 31 A 圖及第 31 B 圖之圓錐尖端 12 可以與第 30 A 圖及第 30 B 圖之三角形污染物袋 32 一起使用。此外，儘管示例性三角形、矩形、及圓形污染物收集器係圖示於第 30 圖至第 32 圖，亦可使用具有五個或更多個側壁之污染物收集器。

【0200】轉到第33A圖至第33C圖，現將描述操縱尖端12及將污染物樣本33從尖端12轉移至污染物收集器30之示例性處理，例如上文參考第30圖至第32圖所述那些。應瞭解相似步驟亦可用來將污染物樣本轉移至污染物收集器40，如參考第35圖至第37圖一般描述。如第33A圖所示，尖端12可首先位於在x方向及y方向中收集袋32之開口上方中心處。尖端12可隨後在z方向中至少部分降低至收集袋32中，而不接觸收集袋32之側壁34。接著，如第33B圖所示，尖端12可隨後在x方向及/或y方向中朝向側壁34之一操縱。尖端12可同時在z方向中向上操縱，而使得污染物樣本33可抵靠收集袋32之污染物收集邊緣35刷動或與污染物收集邊緣35緊密接觸，藉此污染物樣本33可從尖端12轉移至污染物收集邊緣35之至少一側部分。

【0201】在一個態樣中，尖端12從第33A圖至第33B圖所示之位置行進可定義為二次函數，而使得尖端12經由拋物線軌跡、刮削運動及/或擦拭運動朝向污染物收集邊緣35移動並經過污染物收集邊緣35。在操縱回到第33A圖所示之開始位置之前，尖端12可繼續從第33B圖所示之位置向上行進，並至污染物收集邊緣35之右側。在一個態樣中，尖端12之行進可定義為取決於尖端12及收集袋32之大小及形狀的線性函數。鑒於本揭示，用於尖端12之其他軌跡及行進路徑應為該領域具有通常知識者所瞭解。

【0202】 附加或可替代地，如第34A圖至第34C圖所示，尖端12可最初在x方向及y方向中位於收集袋32之中心上方，並從該中心偏移。尖端12可隨後在z方向中向下移動，同時亦在x方向及/或y方向中向收集袋32之中心移動，直至至少一部分尖端12至少部分位於收集袋32內。在將尖端12移動至收集袋32中時，污染物樣本33可抵靠收集袋32之污染物收集邊緣35刷動或與污染物收集邊緣35緊密接觸，藉此污染物樣本33從尖端12轉移至污染物收集邊緣35之至少一頂部部分。

【0203】 在一個態樣中，尖端12從第34A圖至第34C圖所示之位置行進可定義為二次函數，而使得尖端12經由拋物線軌跡、刮削運動及/或擦拭運動朝向污染物收集邊緣35移動並經過污染物收集邊緣35。在一個態樣中，尖端12之行進可定義為取決於尖端12及收集袋32之大小及形狀的線性函數。鑒於本揭示，用於尖端12之其他軌跡及行進路徑應為該領域具有通常知識者所瞭解。

【0204】 根據本揭示案之態樣，可重複第33A圖至第33C圖及/或第34A圖至34C圖之上述尖端操縱，而使得尖端12接觸污染物收集邊緣35之不同部分。舉例而言，其中污染物收集邊緣35具有圓形幾何形狀，如上文參考第31A圖及31B圖所述，尖端12可經操縱以接觸污染物收集邊緣35之12點鐘及6點鐘位置（依據第31B圖所示之頂視圖定向），以從尖端12之不同對應部分轉移污染物樣本33。該領域具有通常知識者鑒於本揭示應瞭解可重

複尖端操縱以接觸污染物收集邊緣 3 5 之其他部分或全部部分。在一個態樣中，尖端 1 2 可經操縱以藉由於 1 2 點鐘、3 點鐘、6 點鐘、及 9 點鐘位置抵靠污染物收集邊緣 3 5 刷動或與污染物收集邊緣 3 5 緊密接觸，以將污染物樣本 3 3 從尖端 1 2 轉移至污染物收集邊緣 3 5。藉由在污染物收集邊緣 3 5 上於不同位置收集污染物樣本 3 3，源自尖端 1 2 之不同部分的經收集之污染物樣本之組成可藉由於污染物收集邊緣 3 5 之不同對應部分界定計量位置來決定。

【0205】根據本揭示案之態樣，可重複第 3 3 A 圖至第 3 3 C 圖及 / 或第 3 4 A 圖至第 3 4 C 圖之上述尖端操縱，而使得尖端 1 2 之不同部分可以與污染物收集邊緣 3 5 之相同位置接觸或緊密接觸，藉以將全部或大部分污染物樣本 3 3 從尖端 1 2 沉積至在污染物收集邊緣 3 5 上之相同位置。舉例而言，在將污染物樣本 3 3 轉移至污染物收集邊緣 3 5 之後，尖端 1 2 可環繞 z 軸旋轉，如第 3 3 B 圖或第 3 4 B 圖所示，並且隨後經操縱以經過在污染物收集邊緣 3 5 上之相同共同位置。附加或可替代地，如第 3 3 B 圖或第 3 4 B 圖所示，在將污染物樣本 3 3 從尖端 1 2 轉移至污染物收集邊緣 3 5 之後，污染物收集邊緣 3 5 可環繞 z 軸旋轉。此外，除了本揭示所描述之收集袋 3 2 及收集通孔 4 6（其具有完全圍繞尖端 1 2 的收集邊緣）之外，亦可使用不完全圍繞尖端 1 2 的收集邊緣或一組收集邊緣。舉例而言，收集邊緣可由單一直線邊緣或單一 C 形邊緣組成。在使用一組收集邊緣之一個態樣中，收集邊緣可以一起圍繞小於 75 % 之尖端 1 2，

並且在選擇態樣中，收集邊緣可以一起圍繞小於 50 % 之尖端 12。藉由於在污染物收集邊緣 35 上之相同共同位置收集污染物樣本 33，從尖端 12 收集之污染物樣本 33 之完整組成可藉由將在污染物收集邊緣 35 上之共同位置定義為計量位置來決定。

【0206】 在一個態樣中，可結合並隨後使用第 33 A 圖至第 33 C 圖及 / 或第 34 A 圖至第 34 C 圖之上述尖端操縱，而使得向上及橫向向外運動之後可為進行向下及橫向向內運動，或反之亦然，以將污染物樣本 33 從尖端 12 轉移至污染物收集邊緣 35。連續運動可以有助於改良從尖端 12 收集污染物樣本 33 之速度。

【0207】 轉到第 35 圖至第 37 圖，現將描述具有收集通孔之示例性污染物收集器。現參考第 35 A 圖及第 35 B 圖，第 35 A 圖說明用於從尖端 12 收集污染物樣本 33 的污染物收集器 40 之橫截面圖（於第 35 B 圖之 35 A - 35 A 截取），並且尖端 12 可以與先前相對於本揭示案之示例性碎片偵測及收集系統所述之那些相同或相似。污染物收集器 40 可至少包括支架 42 及平臺 44，而平臺 44 可包括具有用於定義收集通孔 46 之側壁 45 的內部切口。在一個態樣中，平臺 44 可包括上表面 47 及下表面 48，而側壁 45 可從上表面 47 延伸至下表面 48。收集唇緣 49 可定義於側壁 45 與上表面 47 之間的交點處。支架 42 及平臺 44 可固定在一起，或者可作為分離組件提供。

【0208】 在一個態樣中，污染物收集器40可從一個位置運輸至另一位置，特定言之為當收集及計量系統係為單獨單位、不整合在一起、及/或不位於相同位置時。污染物收集器40或平臺44獨立地可從收集系統移動至計量系統，以用於分析經收集之污染物樣本33。

【0209】 如第35A圖及第35B圖所示，可插入污染物收集器之側壁45，而使得收集通孔46在朝向尖端進入位置之方向中變窄。根據本揭示案之態樣，可插入側壁45使得通孔46定義當從上方觀察時具有一般三角形輪廓的截斷之四面體通路，如第35B圖所示。在操作中，如第35A圖及第35B圖所示，四面體形狀尖端12可經定位以在z方向中從上方進入污染物收集器40之收集通孔46。尖端12可在z方向中至少向下操縱，以進入收集通孔46中。一旦至少一部分尖端12已進入通孔46，尖端12可隨後朝向污染物收集器40之側壁45及收集唇緣49在x方向及/或y方向中橫向操縱。當橫向移動時，尖端12可同時在z方向中向上操縱，而使得污染物樣本33可抵靠收集唇緣49及/或側壁45刷動或與收集唇緣49及/或側壁45緊密接觸，藉此污染物樣本33從尖端12轉移至收集唇緣49及/或側壁45。尖端12之軌跡及行進可以與上文參考第33A圖至第33C圖所述之那些相同或相似。

【0210】 附加或可替代地，污染物樣本33可藉由最初在z方向中將尖端12定位在污染物收集器40之收集通孔46上方並在x方向及/或y方向中從通孔46之中心偏移，

而從尖端 12 移除。尖端 12 可隨後在 z 方向中向下移動，同時亦在 x 方向及 / 或 y 方向中向通孔 46 之中心移動，直至至少一部分尖端 12 至少部分位於在通孔 46 內。在通孔 46 中移動尖端 12 時，污染物樣本 33 可抵靠通孔 46 之收集唇緣 49 刷動或與通孔 46 之收集唇緣 49 緊密接觸，藉此污染物樣本 33 從尖端 12 轉移至收集唇緣 49 之至少一頂部分。尖端 12 之軌跡及行進可以與上文參考第 34 A 圖至第 34 C 圖所述之那些相同或相似。

【0211】與第 35 A 圖及第 35 B 圖相似，第 36 A 圖及第 36 B 圖之污染物收集器 40 可至少包括支架 42 及平臺 44。然而，與第 35 A 圖及第 35 B 圖不同，其中側壁 45 定義具有截斷之四面體通路的通孔 46，第 36 A 圖及第 36 B 圖之平臺 44 包括具有側壁 45 之內切口，以定義包括圓形、卵形及橢圓錐形通路的截斷之圓錐通路。在操作中，從尖端 12 移除污染物樣本 33 應遵循與上文參考第 35 A 圖及第 35 B 圖所述者相同之程序，其中通路 46 係由截斷之圓錐形通路替代。

【0212】與第 36 A 圖及第 36 B 圖相似，第 37 A 圖及第 37 B 圖之污染物收集器 40 可至少包括支架 42 及平臺 44。然而，與第 36 A 圖及第 36 B 圖不同，其中側壁 45 定義具有截斷之圓錐通路的通孔 46，第 37 A 圖及第 37 B 圖之平臺 44 包括具有複數個側壁 45 之內切口，以定義收集通孔 46。根據本揭示案之態樣，平臺 44 可具有四個側壁 45，以定義具有截斷之方錐性通路之通孔 46。在操作中，從尖

端 12 移除污染物樣本 33 將遵循與上文參考第 35 A 圖及第 35 B 圖所述者相同之程序，其中通孔 46 係由截斷之方錐形通路替代。

【0213】 儘管上文參考第 35 圖至第 37 圖描述截斷之四面體通路、截斷之圓錐形通路、及截斷之方錐形通路，但亦涵蓋用於通孔 46 之其他通路形狀，而該等通路形狀可依據尖端 12 之對應形狀來選擇，包括不均勻形狀，且其中該通孔可以具有三或更多個側壁。當然，該領域具有通常知識者應顯而易見，其他形狀及大小之尖端可以與第 35 圖至第 37 圖之污染物收集器 40 一起採用。

【0214】 第 30 圖至第 32 圖之收集袋 32 及 / 或第 35 圖至第 37 圖之污染物收集器 40 可以與如上所述之第 12 圖至第 23 圖之碎片收集設備 100 一起使用，或者可使用獨立於尖端 12 及相關聯致動及控制機制的第 38 圖之污染分析系統 500 來檢查。該領域具有通常知識者鑒於本揭示應瞭解，第 30 圖至第 32 圖之收集袋 32 及 / 或第 35 圖至第 37 圖之污染物收集器 40 可用於收集碎片，同時安裝於第一位置、移除、運輸至第二位置、在碎片偵測處理中分析、清潔及重新使用。

【0215】 如第 38 圖所示，污染分析系統 500 可包括能量源 50 及能量偵測器 52。當污染物收集器 40 準備好受檢查或分析時，污染物收集器 40 可放置或安裝至支架 42 上。能量源 50 及能量偵測器 52 可共同位於單一單元中，或者可以在獨立單元中提供。能量源 50 及能量偵測器 52 中之

每一者可耦接至一或更多個致動器，以在 x 方向、y 方向、及 z 方向中一或更多個方向中移動能量源 50 及能量偵測器 52，及/或環繞 x 方向、y 方向、及 z 方向旋轉能量源 50 及能量偵測器 52。能量源 50 及能量偵測器 52 可位於污染物收集器 40 上方、下方、或與污染物收集器 40 並列，而使得能量源 50 及能量收集器 52 可操作以在污染物收集器 40 之收集唇緣 49 或側壁 45 上訓練。

【0216】 在污染收集處理期間或之後，藉此將污染物樣本 33 收集在污染物收集器 40 之收集唇緣 49 及/或側壁 45 上，能量源 50 可經導向朝向收集唇緣 49 及/或側壁 45 並在收集唇緣 49 及/或側壁 45 上訓練，而使得由能量源 50 產生之入射能量束 51 入射至唇緣 49 及/或側壁 45 上，而能量偵測器 52 可經導向朝向唇緣 49 及/或側壁 45 並在唇緣 49 及/或側壁 45 上訓練，而使得在唇緣 49 及/或側壁 45 上回應於入射能量束 51 產生之樣本能量束 53 由能量偵測器 52 接收。

【0217】 根據本揭示案之態樣，能量源 50、能量偵測器 52、或其組合可操作地耦接至控制器 56，以用於其控制。由此，控制器 56 可選擇性對準入射能量束 51，並藉由與能量源 50 相關之一或更多個致動器將入射能量束 51 從能量源 50 引導至唇緣 49 及/或側壁 45 之不同表面上。收集器 56 可進一步選擇性對準，而能量偵測器 52 朝向由入射能量束 51 暴露之不同表面，以接收回應於入射能量束 51

產生之樣本能量束 53。控制器 56 可從能量偵測器 52 接收指示所得樣本能量束 53 之屬性的一或更多個訊號。

【0218】本揭示案之眾多特徵及優點從具體說明書顯而易見，而因此隨附申請專利範圍意欲覆蓋本發明之全部此等特徵及優點，該等特徵及優點落入本發明之真實精神及範疇內。應瞭解本揭示案之各個態樣可結合並一起使用。此外，由於鑒於本發明數個修改及變化將為該領域具有通常者顯而易見，不期望將本發明限於所說明及描述之準確構造及操作，而因此，全部適宜修改及等效可經採用以符合本發明之範疇。

【符號說明】

【0219】

- 1 碎片移除裝置
- 2 粒子
- 3 基板
- 4 軟貼片
- 5 尖端
- 6 尖端表面
- 10 裝置
- 12 尖端
- 13 尖端表面
- 14 低表面能材料之貼片或貯器
- 15 中間層
- 16 塗層

1 8 基 板

2 0 粒 子

2 2 溝 槽

2 3 B 圖

3 0 污 染 物 收 集 器

3 0 A 圖

3 1 A 圖

3 2 收 集 袋

3 2 A 圖

3 3 污 染 物 樣 本

3 4 側 壁

3 5 污 染 物 收 集 邊 緣

3 5 A 圖

3 6 第 一 上 表 面

3 6 A 圖

3 7 A 圖

3 8 第 二 上 表 面

4 0 污 染 物 收 集 器

4 2 支 架

4 4 平 臺

4 5 側 壁

4 6 收 集 通 孔

4 7 上 表 面

4 8 下 表 面

- 4 9 收 集 唇 緣
- 5 0 能 量 源
- 5 1 入 射 能 量 束
- 5 2 能 量 偵 測 器
- 5 3 樣 本 能 量 束
- 5 6 控 制 器
- 1 0 0 設 備
- 1 0 2 基 板 支 撐 組 件
- 1 0 4 尖 端 支 撐 組 件
- 1 0 6 基 底
- 1 0 8 夾 具
- 1 1 0 基 板 平 臺 組 件
- 1 1 2 x 方 向
- 1 1 4 y 方 向
- 1 1 6 z 方 向
- 1 1 8 致 動 器
- 1 2 0 第 一 平 臺
- 1 2 2 第 二 平 臺
- 1 2 4 第 一 致 動 器
- 1 2 6 第 二 致 動 器
- 1 3 0 尖 端 平 臺 組 件
- 1 3 2 尖 端 懸 臂
- 1 3 4 致 動 器
- 1 3 6 控 制 器

- 1 3 8 使用者手動輸入
- 1 4 0 記憶體
- 1 4 2 第一貼片
- 1 4 4 第二貼片
- 2 0 0 碎片收集及計量設備
- 2 0 2 計量系統
- 2 0 4 能量源
- 2 0 6 能量偵測器
- 2 0 8 入射能量束
- 2 1 0 樣本能量束
- 2 5 0 碎片收集及計量設備
- 2 5 2 第一貼片
- 2 5 4 第二貼片
- 2 6 0 收集及計量設備
- 2 6 2 機器人
- 2 6 4 馬達
- 2 6 6 機器臂
- 2 6 8 旋轉軸
- 2 7 0 計量平臺組件
- 2 8 0 z 致動器
- 2 8 2 照相機
- 2 8 4 尖端縱軸
- 5 0 0 污染分析系統
- 7 0 0 堅硬原纖維

7 1 0 尖端
7 5 0 卷繞原纖維
7 6 0 尖端
8 0 0 堅硬原纖維
8 1 0 尖端
8 2 0 奈米粒子
8 3 0 表面
8 4 0 基板
9 0 0 a 堅硬原纖維
9 0 0 b 堅硬原纖維
9 1 0 尖端
9 2 0 奈米粒子
9 3 0 基板表面
1 0 0 0 奈米原纖維
1 0 1 0 尖端
1 0 2 0 奈米粒子
1 0 3 0 基板表面
1 0 4 0 基板
1 1 0 0 D N A 鏈
1 1 1 0 尖端
1 1 2 0 粒子
1 1 3 0 基板表面

【生物材料寄存】

【 0 2 2 0 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 2 2 1 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】 一種使用一掃描探針顯微鏡 (S P M) 尖端決定一粒子的一組成物之方法，該方法包含以下步驟：

將該粒子拾取並且轉移至該 S P M 尖端，其中該 S P M 尖端被設置以促進該粒子拾取；

使用來自一照射源之一第一入射照射以照射該 S P M 尖端上的該粒子；

使用一照射偵測器以偵測由該第一入射照射造成之來自該粒子之一第一樣本照射；

從該偵測中識別一或更多種材料屬性以決定該粒子的該組成物；以及

從該照射偵測器對該第一樣本照射之回應而產生一第一訊號以用於偵測在該 S P M 尖端周圍的所有粒子，其中該第一訊號可操作地聯結而實現該 S P M 尖端與該照射源及該照射偵測器中之至少一者之間的相對運動。

【第 2 項】 如請求項 1 所述之方法，進一步包含以下步驟：

依據該第一訊號產生該第一樣本照射之一第一頻域頻譜，以及

藉由該第一頻域頻譜減去一背景頻域頻譜而產生一第二頻域頻譜，以及

依據該第二頻域頻譜而實現在該照射源及該照射偵測器中之至少一者與該 SPM 尖端之間的相對運動。

【第3項】 如請求項 2 所述之方法，進一步包含以下步驟：當該 SPM 尖端基本上未被污染時，依據該照射偵測器對該 SPM 尖端照射之一回應而產生該背景頻域頻譜。

【第4項】 如請求項 1 所述之方法，進一步包含以下步驟：

使用來自該照射源之一第二入射照射以照射該 SPM 尖端；

使用該照射偵測器以偵測由該第二入射照射造成之一第二樣本照射；以及

依據來自該照射偵測器對該第二樣本照射之回應的一第二訊號，實現在該照射源及該照射偵測器中之至少一者與該 SPM 尖端之間的相對運動。

【第5項】 如請求項 4 所述之方法，進一步包含以下步驟：依據在該第二訊號與該第一訊號之間的一差異，實現在該照射源及該照射偵測器中之至少一者與該 SPM 尖端之間的相對運動。

【第6項】 如請求項 1 至 5 中任一項所述之方法，其中來自該照射源之該第一入射照射係為一 x 射線、可見光、紅外光、紫外光、一電子束、及一雷射中之至少一

者。

【第 7 項】 如請求項 4 所述之方法，其中來自該照射源之該第二入射照射係為一 x 射線、可見光、紅外光、紫外光、一電子束、及一雷射中之至少一者。

【第 8 項】 如請求項 7 所述之方法，其中該第二入射照射係為與該第一入射照射不同之一照射類型。

【第 9 項】 如請求項 1 至 5 中任一項所述之方法，其中該第一樣本照射係藉由該第一入射照射與該 SPM 尖端之相互作用而產生。

【第 10 項】 如請求項 1 至 5 中任一項所述之方法，其中該第一樣本照射係藉由該第一入射照射與設置於該 SPM 尖端上的碎片之相互作用而產生。

【第 11 項】 如請求項 1 至 5 中任一項所述之方法，進一步包含以下步驟：調節來自該照射源之該第一入射照射之一強度或頻率。

【第 12 項】 如請求項 4 所述之方法，進一步包含以下步驟：調節來自該照射源之該第二入射照射之一強度或頻率。

【第 13 項】 一種使用掃描探針顯微鏡（SPM）尖端以用於決定從一基板移除之一粒子的一組成物之方法，該方法包含以下步驟：

將一粒子從該基板轉移至該掃描探針顯微鏡（SPM）

尖端；

使用來自一照射源之一第一入射照射以照射該粒子；

在一照射偵測器處接收來自該粒子的一第一樣本照射，該第一樣本照射係由該第一入射照射造成；以及

依據來自該照射偵測器對該第一樣本照射之回應的第一訊號而實現該 SPM 尖端與該照射源及該照射偵測器中之至少一者之間的相對運動以偵測該 SPM 尖端周圍的所有粒子。

【第 14 項】 如請求項 13 所述之方法，其中來自該粒子之該第一樣本照射係由該照射偵測器接收，而該粒子係設置於該 SPM 尖端上。

【第 15 項】 如請求項 13 所述之方法，進一步包含以下步驟：使用在一粒子收集器上定義之一計量位置，將該粒子從該 SPM 尖端轉移至該粒子收集器，

其中來自該粒子之該第一樣本照射係由該照射偵測器接收，而該粒子係設置於該計量位置上。

【第 16 項】 一種使用碎片收集及計量設備以用於決定粒子成分的方法，該碎片收集及計量設備包含基板支撐組件和尖端支撐組件，其中每一者是由基底所支撐，該基板支撐組件包含夾具，其被配置以支撐基板，該基板是超紫外線微影光遮罩，該尖端支撐組件包含掃描探針顯微鏡（SPM）尖端，該 SPM 尖端經由尖端懸臂

而耦接到尖端平臺組件，該方法包含：

將該粒子從由該夾具所支撐的基板轉移至該 SPM 尖端；

使用來自照射源之第一入射照射以照射在該 SPM 尖端上的該粒子，同時該 SPM 尖端耦接到該尖端平臺組件，其中來自該照射源的該第一入射照射是 x 射線、可見光、紅外光、紫外光、電子束和雷射中之至少一者；

使用照射偵測器以偵測由該第一入射照射造成之來自該粒子的第一樣本照射，其中該照射偵測器包含光偵測器，特別是 X 射線偵測器及 / 或電子束偵測器；

藉由控制器接收對該第一樣本照射回應之來自該照射偵測器的第一訊號，藉由該控制器分析該第一訊號，藉由該控制器識別在該 SPM 尖端上的該粒子的一或更多種材料屬性；以及

依據來自該照射偵測器對該第一樣本照射之回應的該第一訊號而實現該 SPM 尖端與該照射源及該照射偵測器中之至少一者之間的相對運動。

【第 17 項】 如請求項 16 所述之方法，進一步包含：

依據該第一訊號產生該第一樣本照射之第一頻域頻譜，以及

藉由該第一頻域頻譜減去背景頻域頻譜而產生第二頻域頻譜，以及

依據該第二頻域頻譜而實現該 SPM 尖端與該照射源及該照射偵測器中之至少一者之間的相對運動。

【第 18 項】 如請求項 16 所述之方法，進一步包含：當該 SPM 尖端基本上未被污染時，依據該照射偵測器對該 SPM 尖端照射之一回應而產生該背景頻域頻譜。

【第 19 項】 如請求項 16 所述之方法，進一步包含：使用來自該照射源之第二入射照射以照射該 SPM 尖端；

使用該照射偵測器以偵測由該第二入射照射造成之第二樣本照射；以及

依據來自該照射偵測器對該第二樣本照射之回應的第二訊號，實現該 SPM 尖端與該照射源及該照射偵測器中之至少一者之間的相對運動。

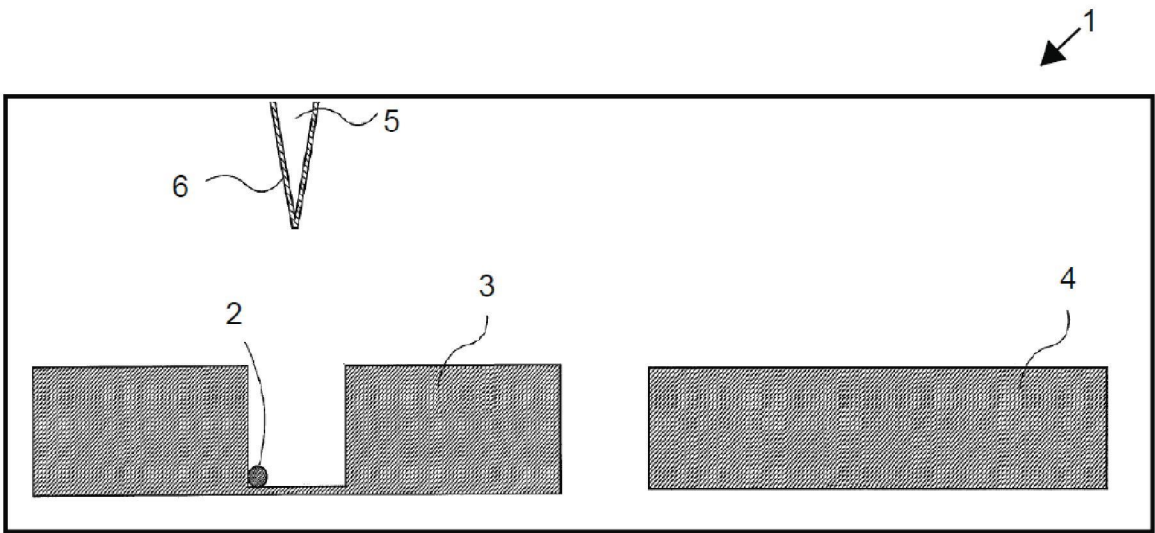
【第 20 項】 如請求項 19 所述之方法，進一步包含回應於該第二訊號與該第一訊號之間的差異以實現該 SPM 尖端與該照射源及該照射偵測器中之至少一者之間的相對運動。

【第 21 項】 如請求項 19 所述之方法，其中來自該照射源之該第二入射照射係為 x 射線、可見光、紅外光、紫外光、電子束及雷射中之至少一者。

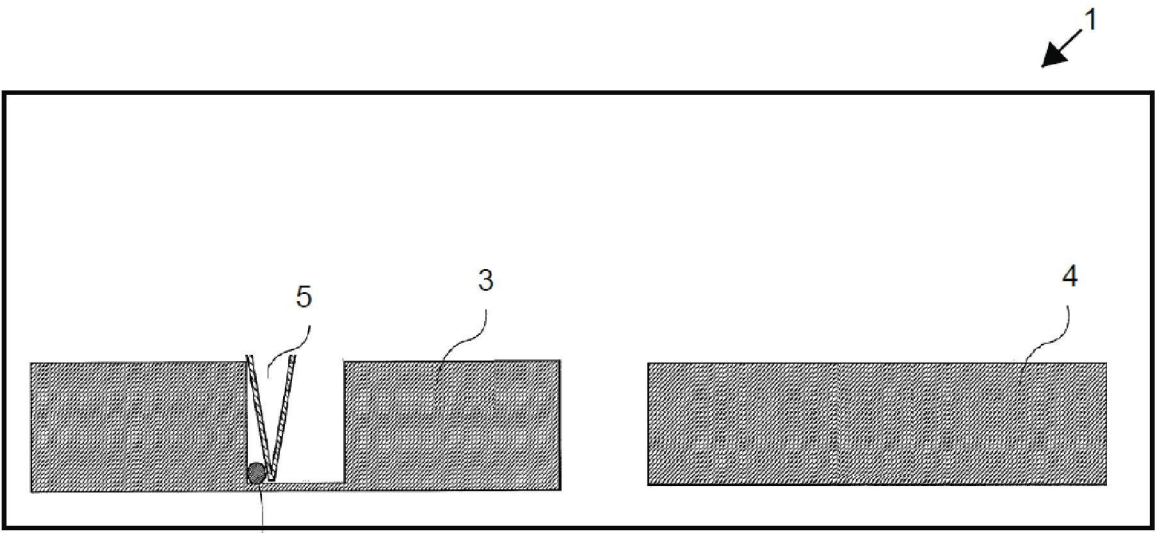
【第 22 項】 如請求項 21 所述之方法，其中該第二入射照射是與該第一入射照射不同之照射類型。

- 【第 23 項】 如請求項 16 所述之方法，進一步包含調節來自該照射源之該第一入射照射之強度或頻率。
- 【第 24 項】 如請求項 19 所述之方法，進一步包含調節來自該照射源之該第二入射照射之強度或頻率。
- 【第 25 項】 如請求項 16 到 24 中任一項所述之方法，其中該照射源包含電子束源並且該照射偵測器包含 X 射線偵測器。

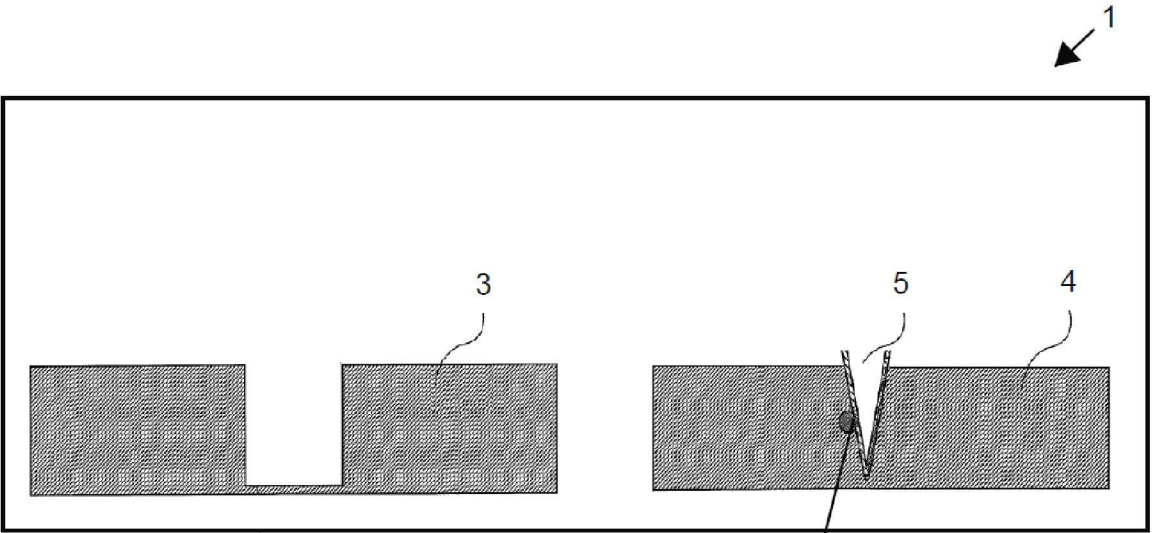
【發明圖式】



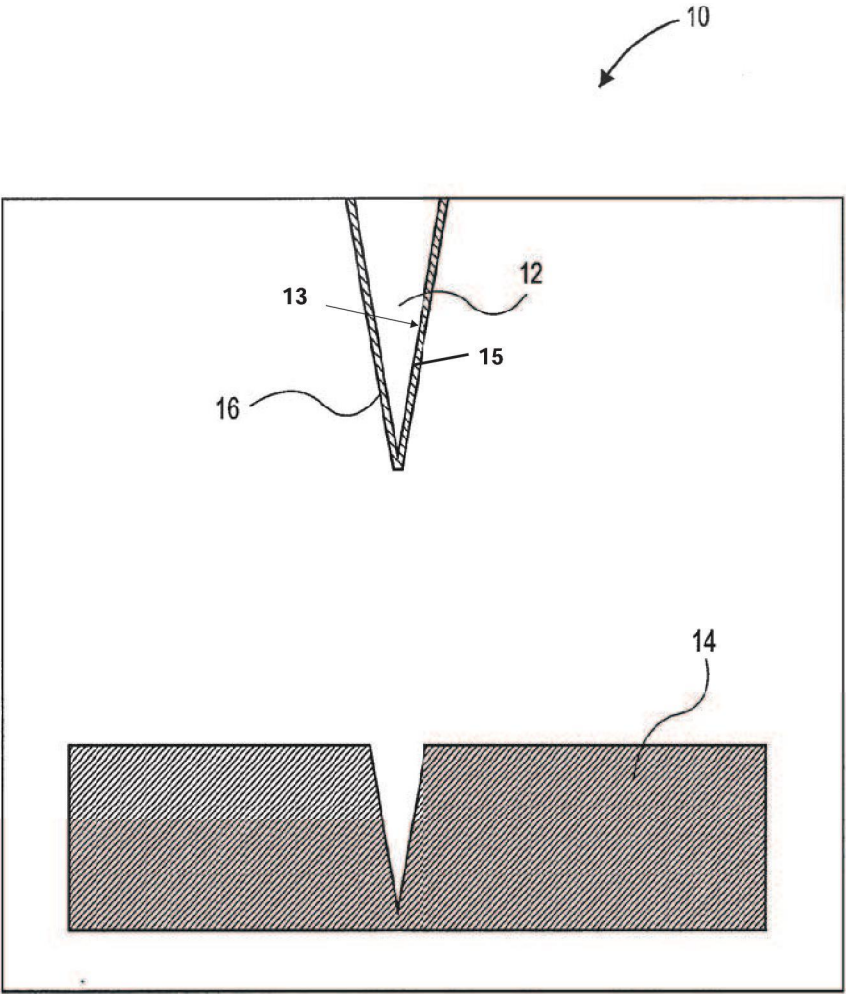
第1A圖



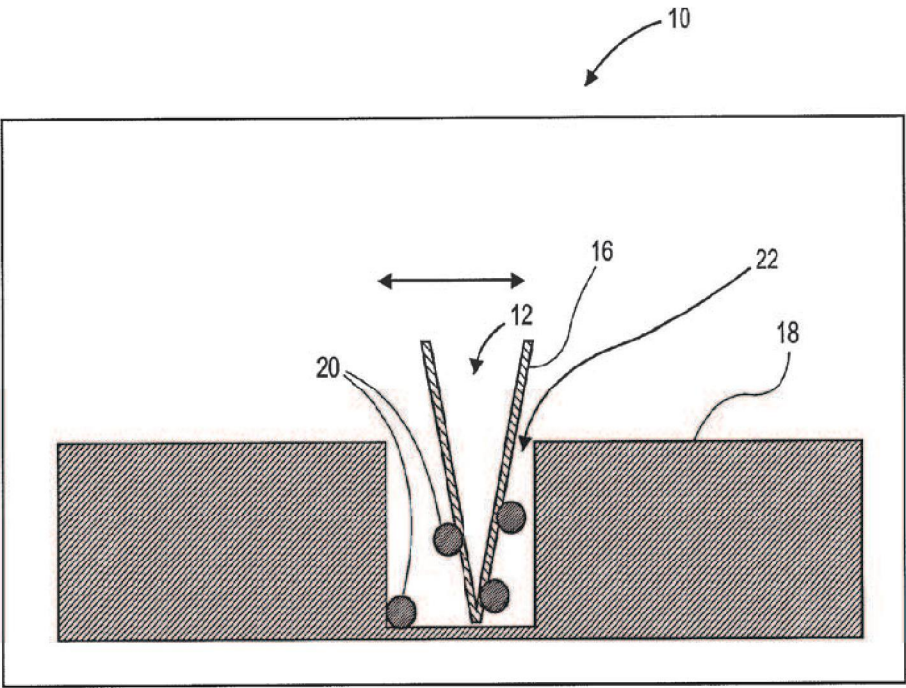
第1B圖



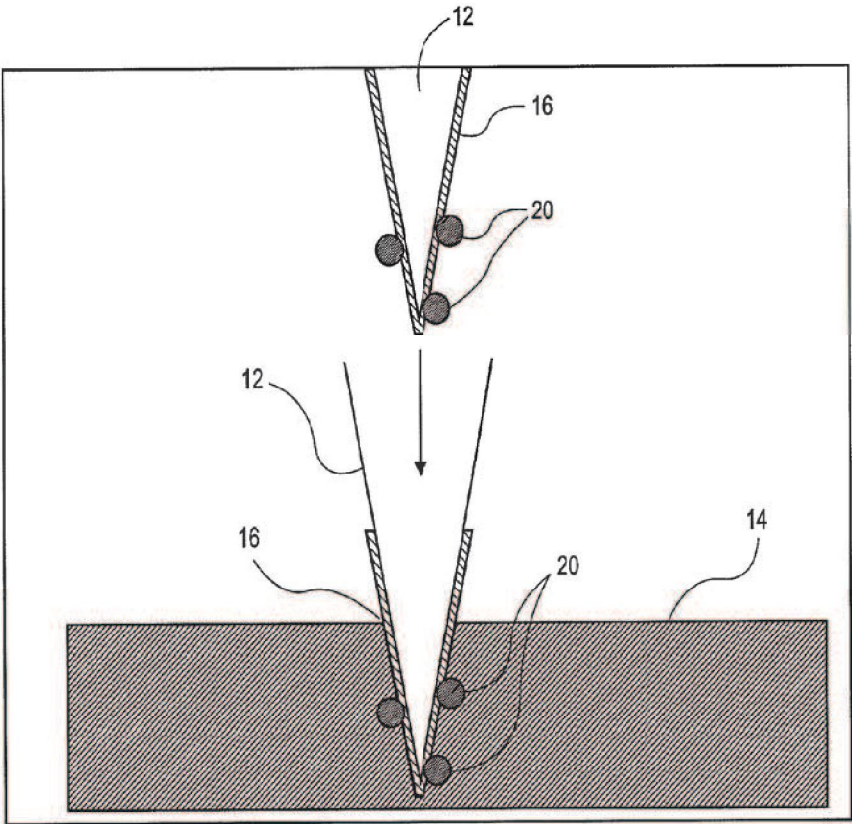
第1C圖



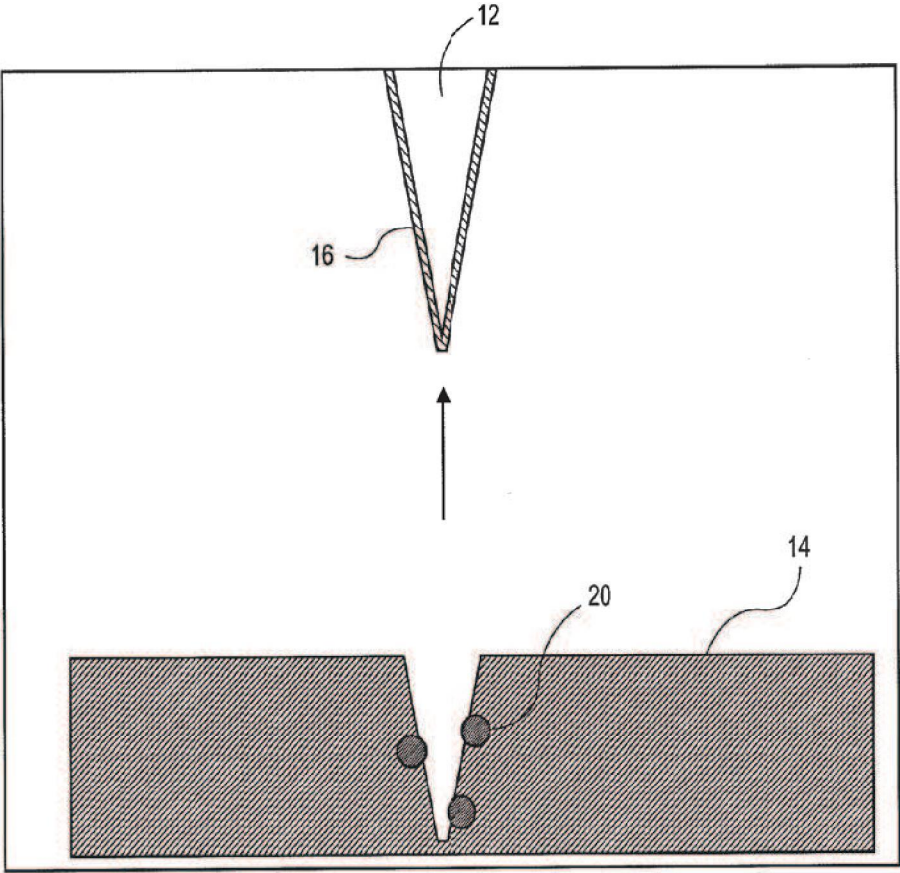
第2圖



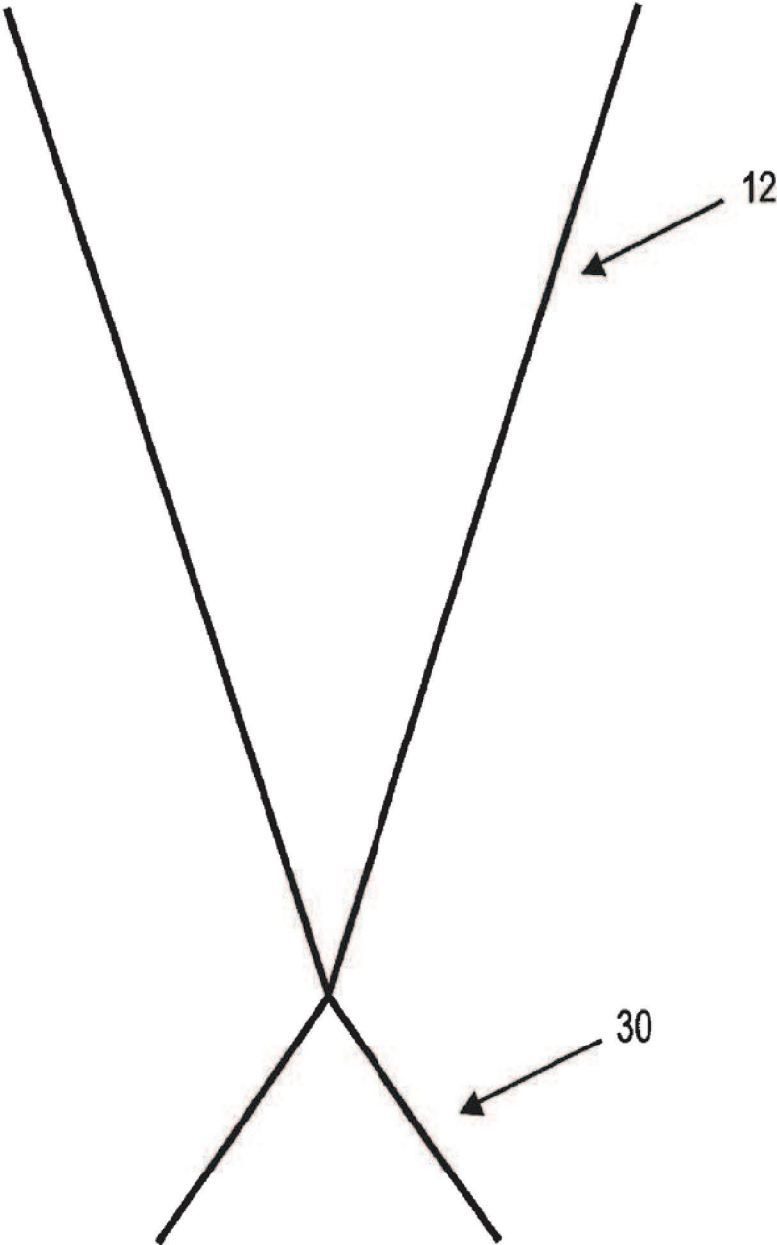
第3圖



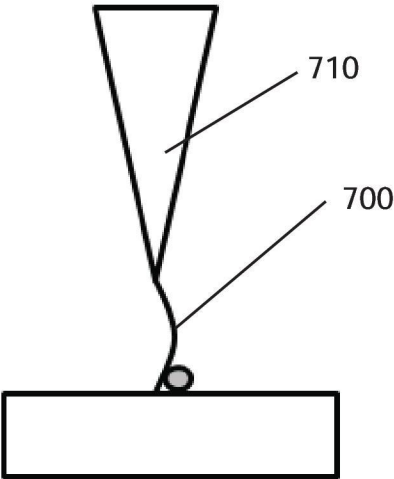
第4圖



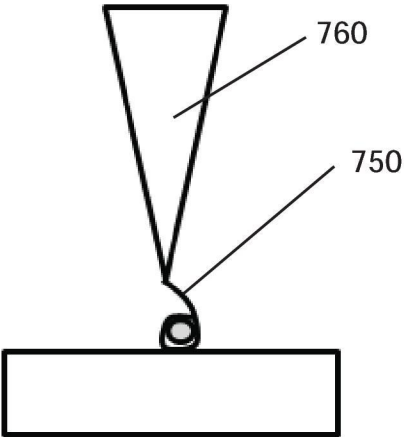
第5圖



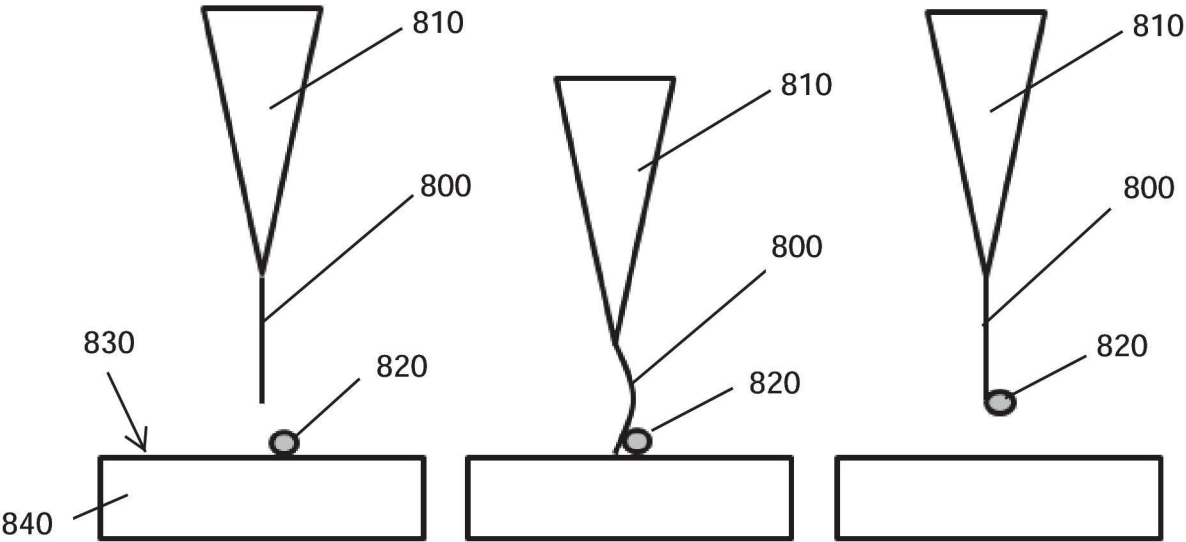
第6圖



第7A圖



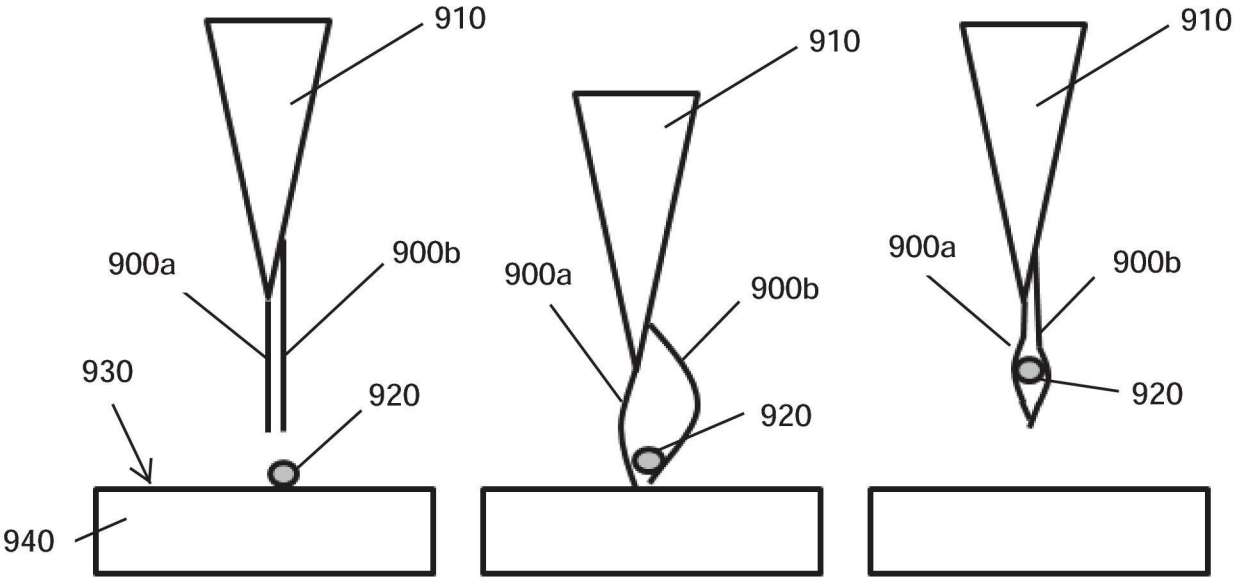
第7B圖



第8A圖

第8B圖

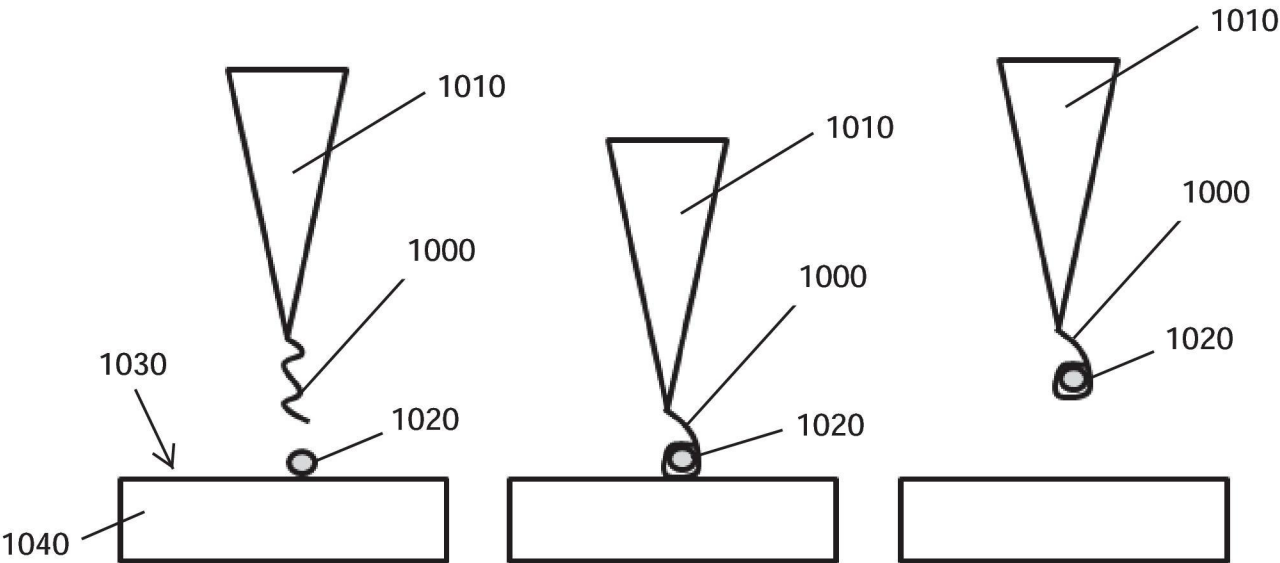
第8C圖



第9A圖

第9B圖

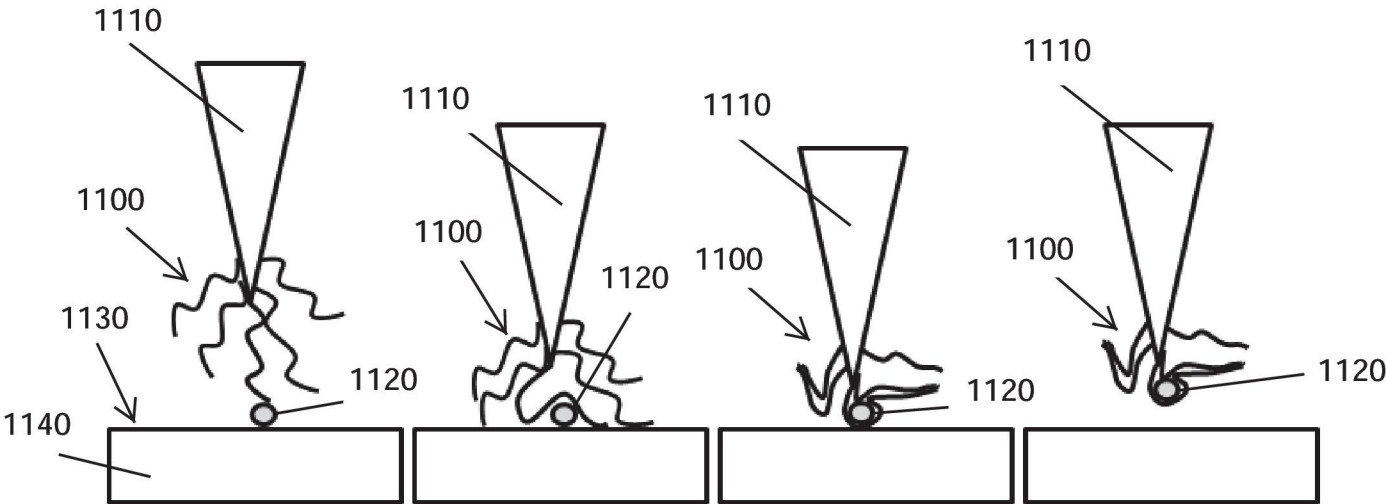
第9C圖



第10A圖

第10B圖

第10C圖

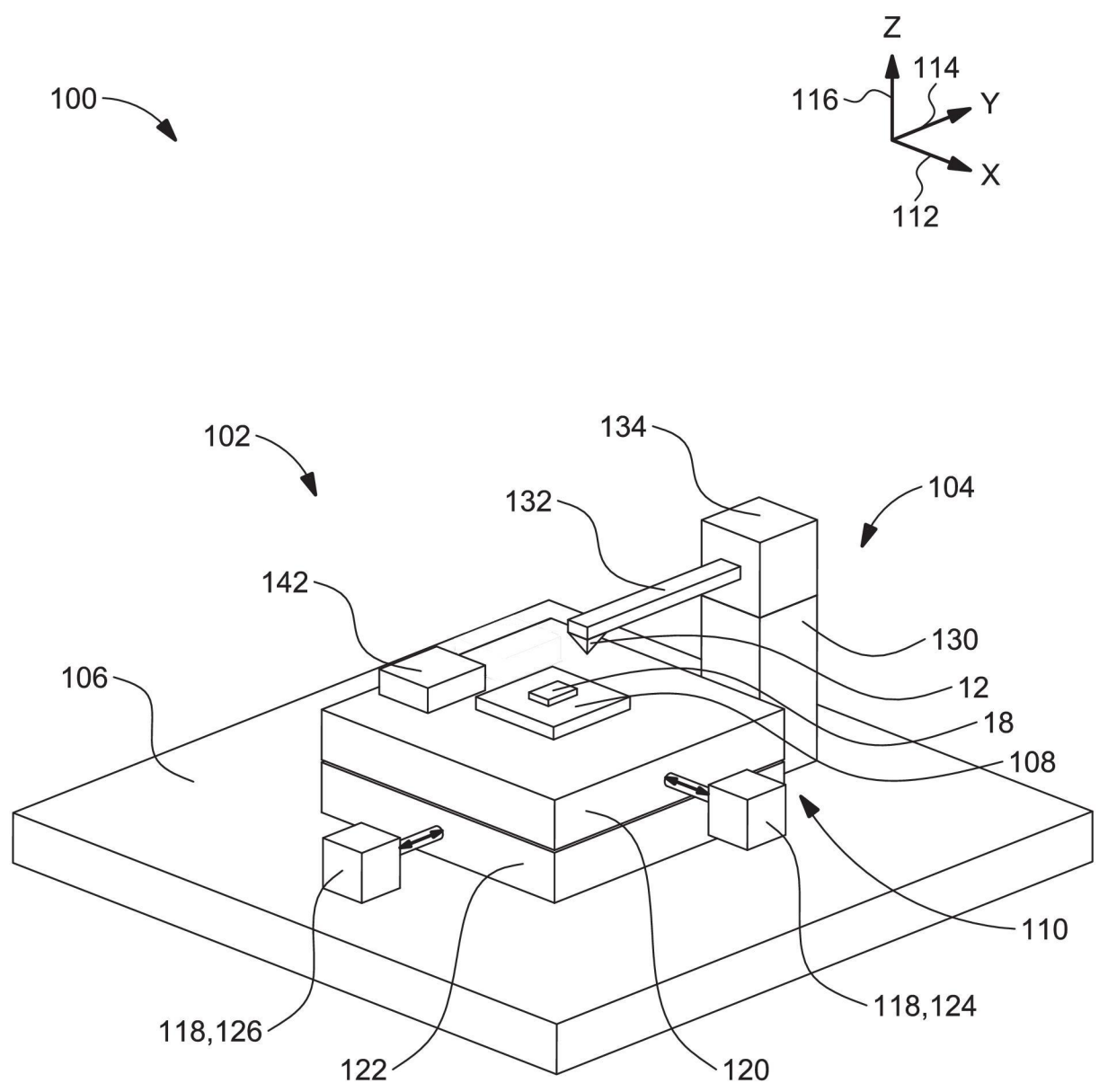


第11A圖

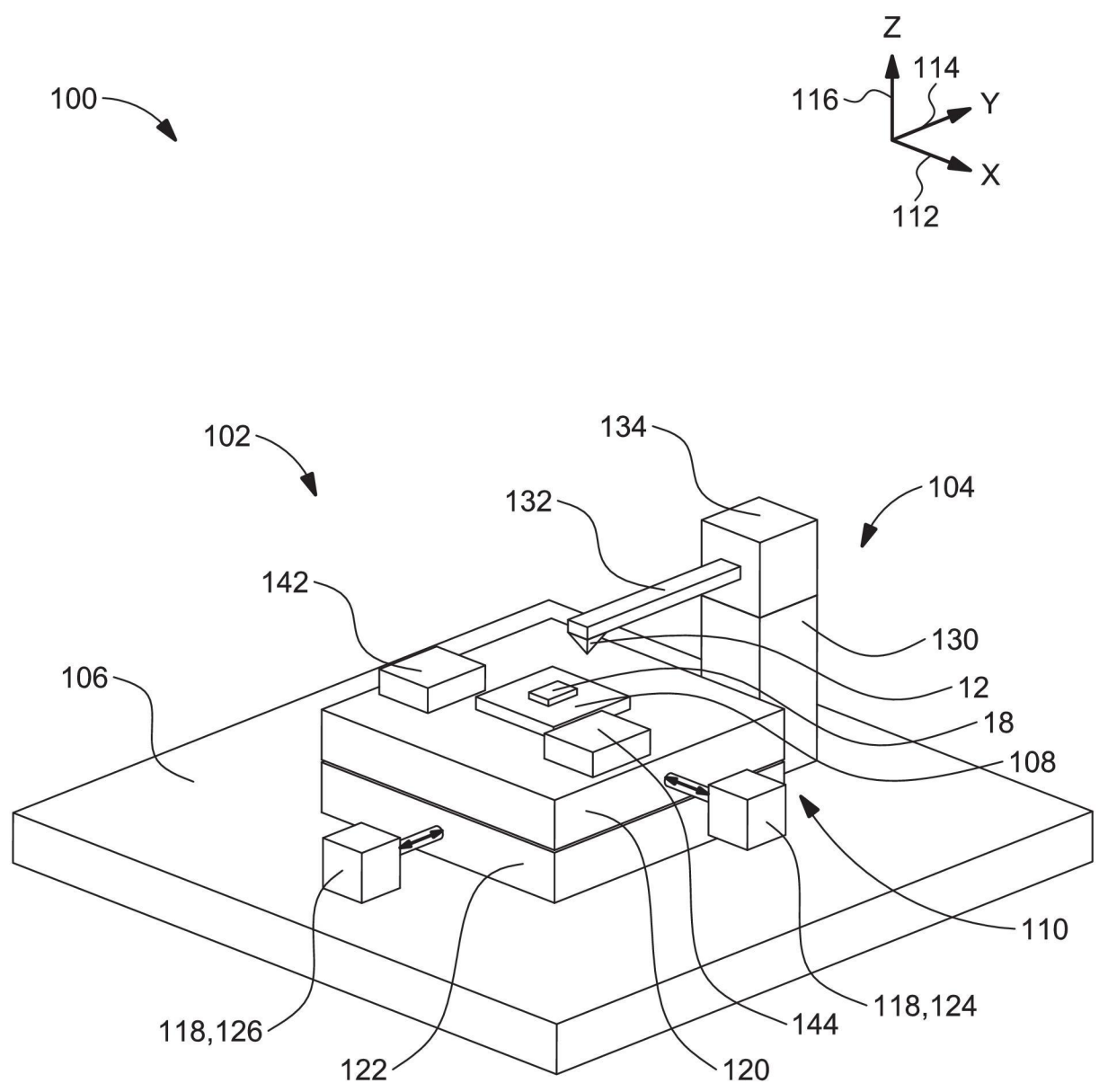
第11B圖

第11C圖

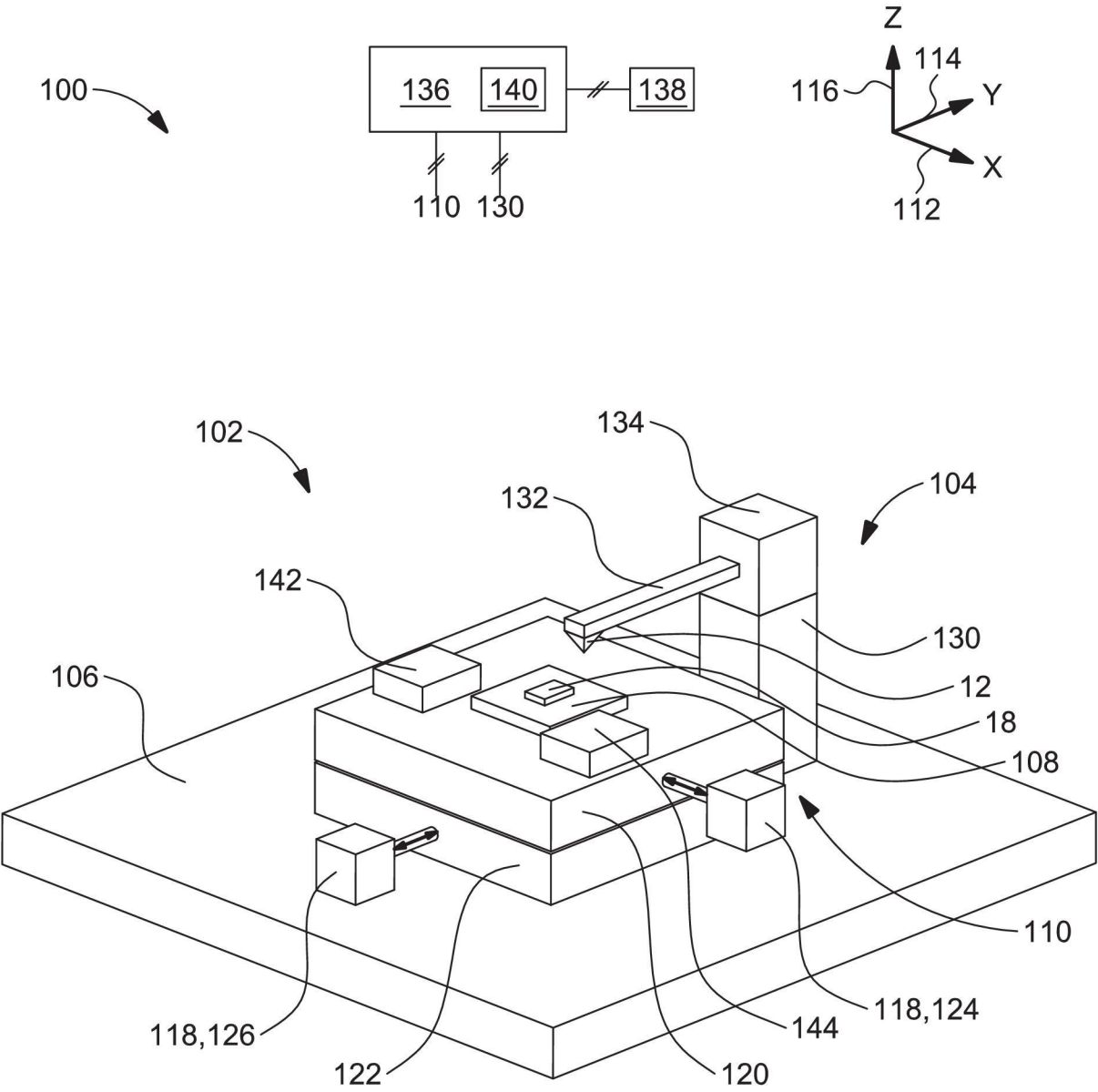
第11D圖



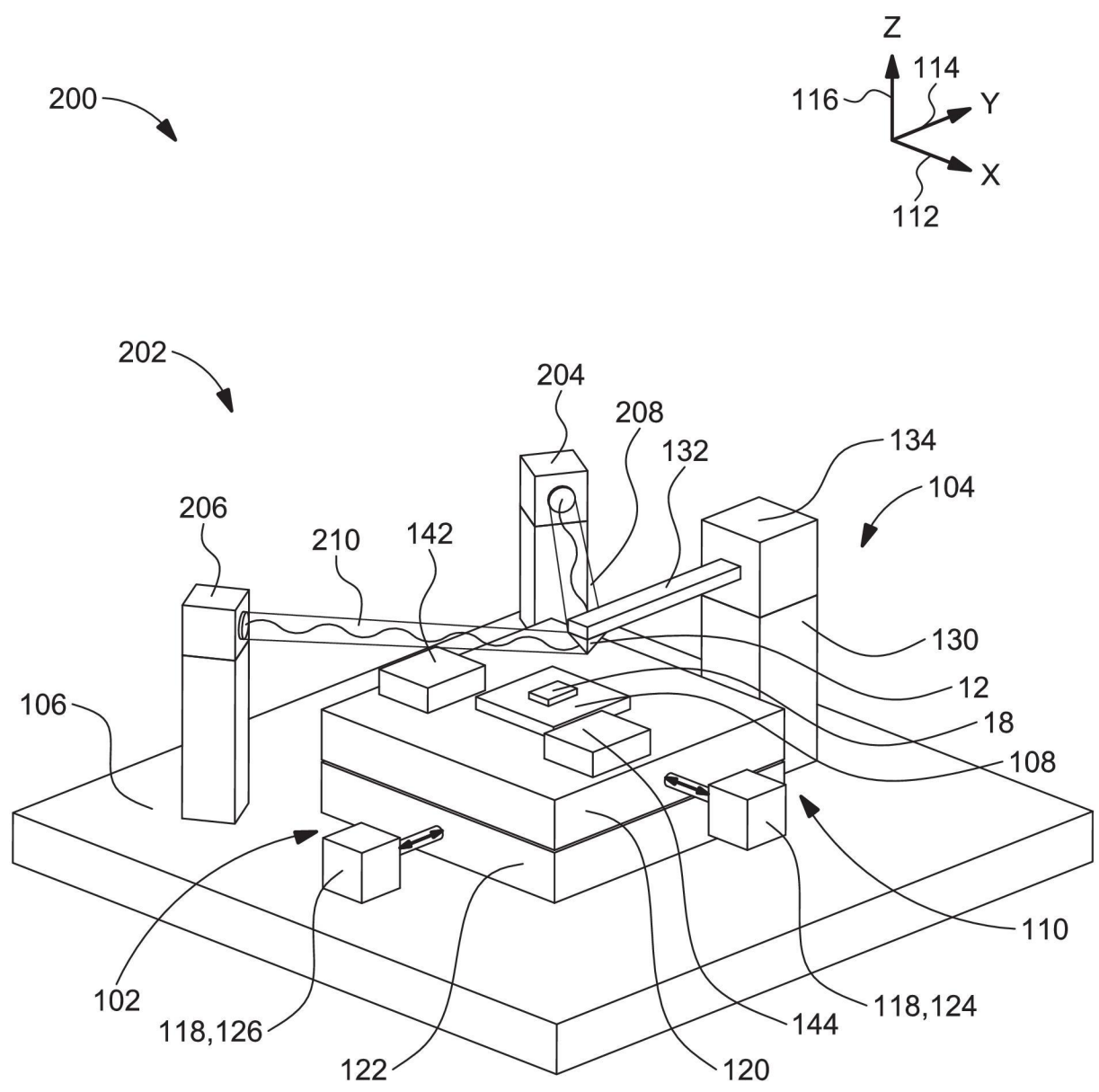
第12圖



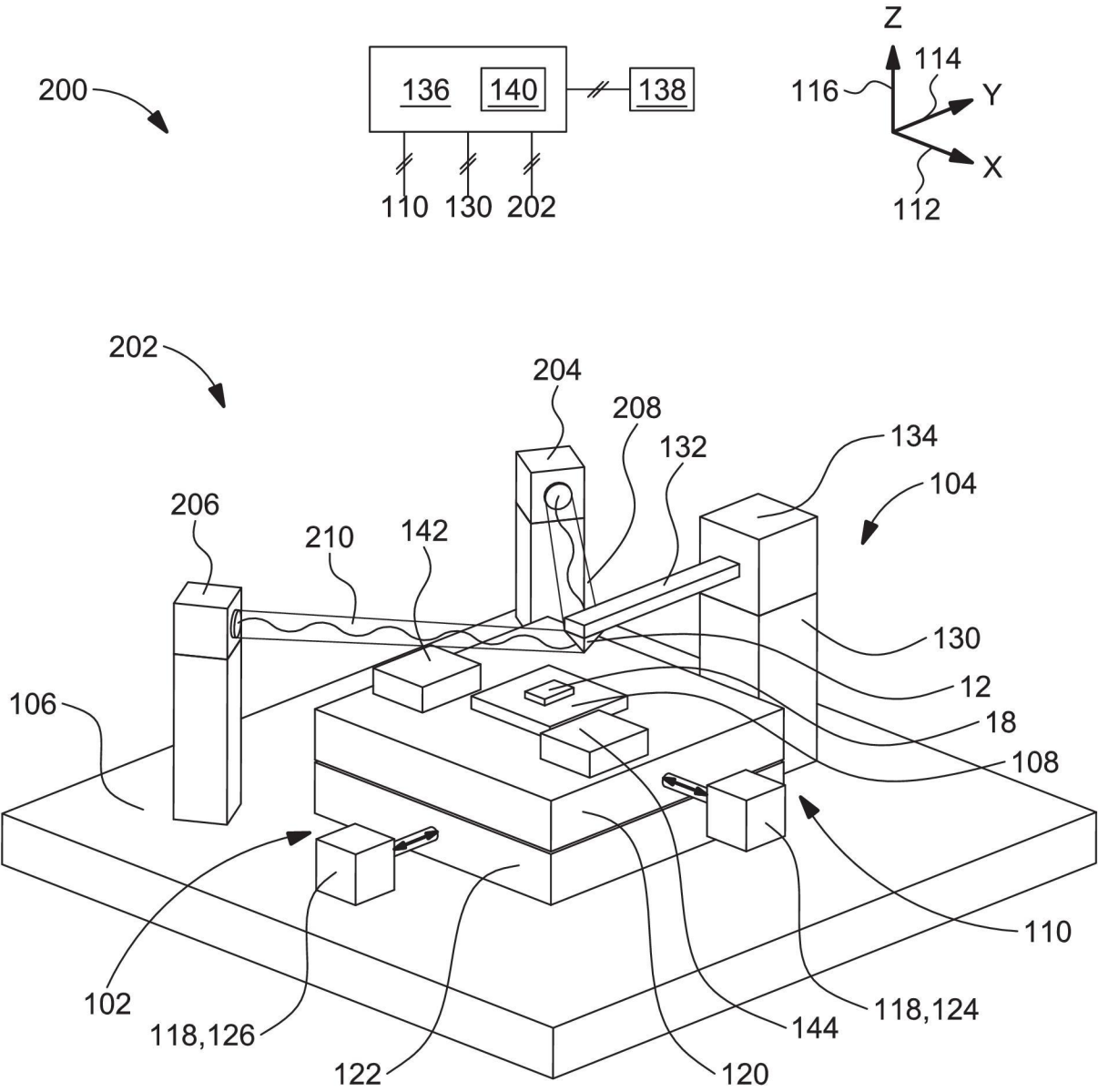
第13圖



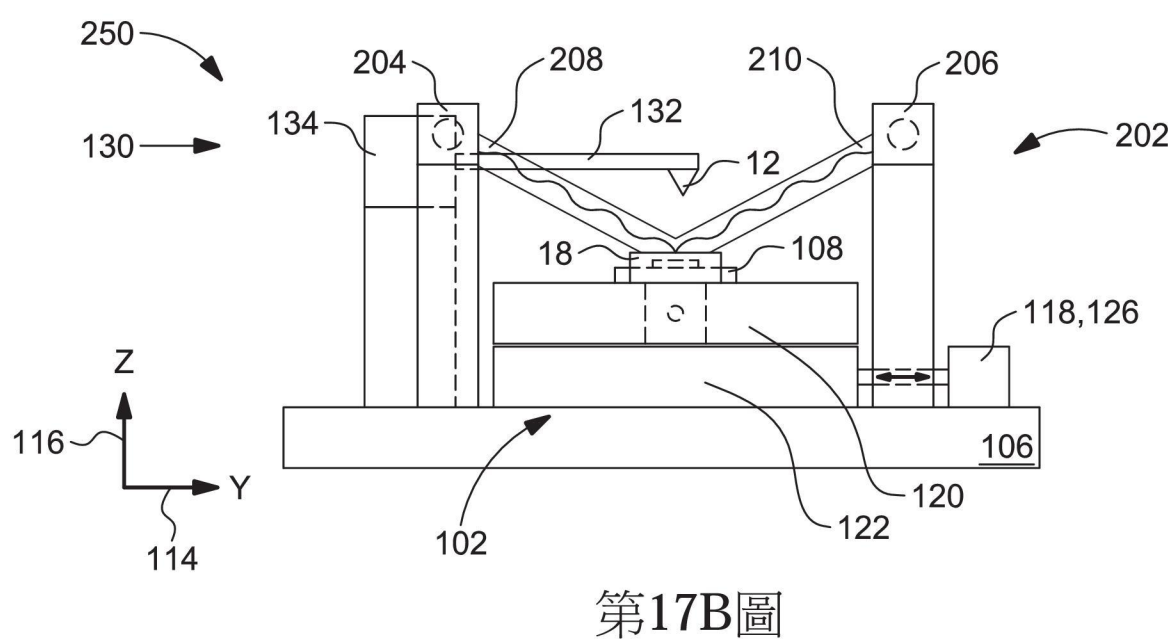
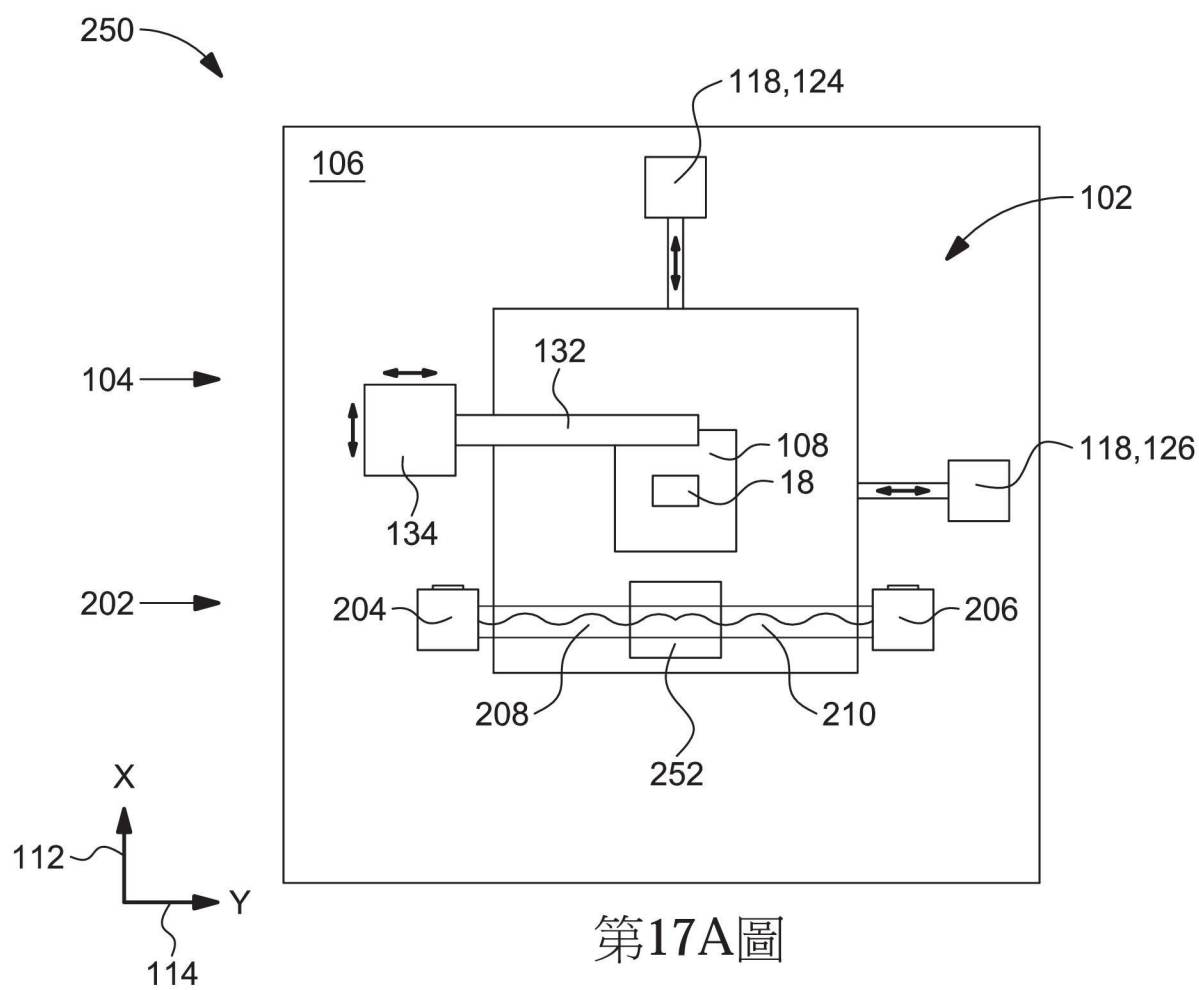
第14圖

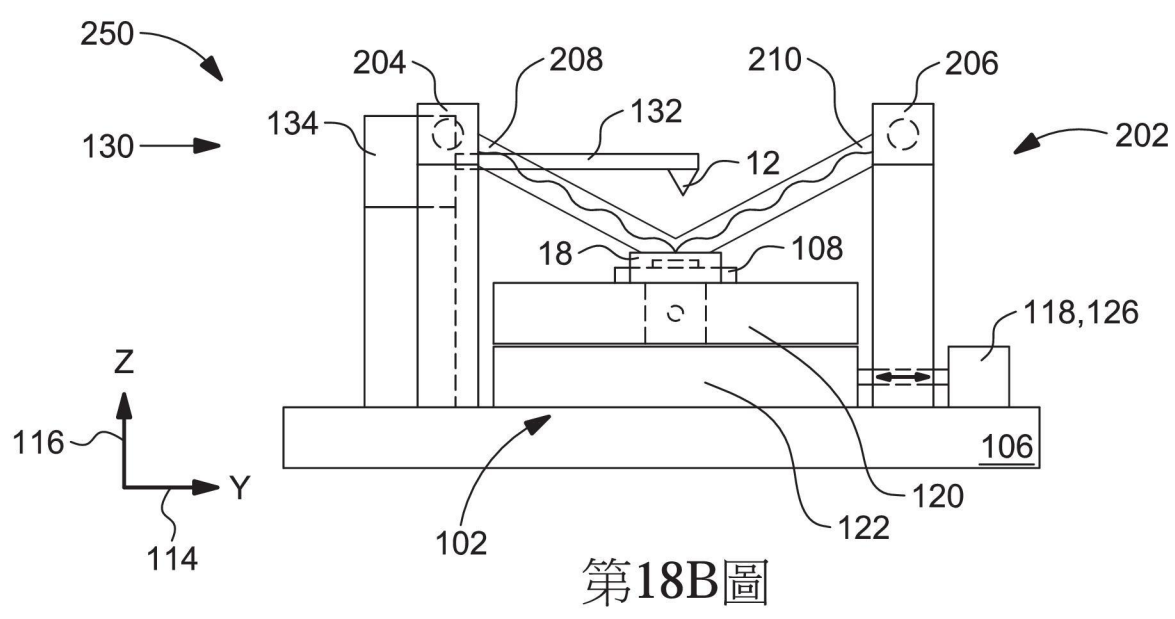
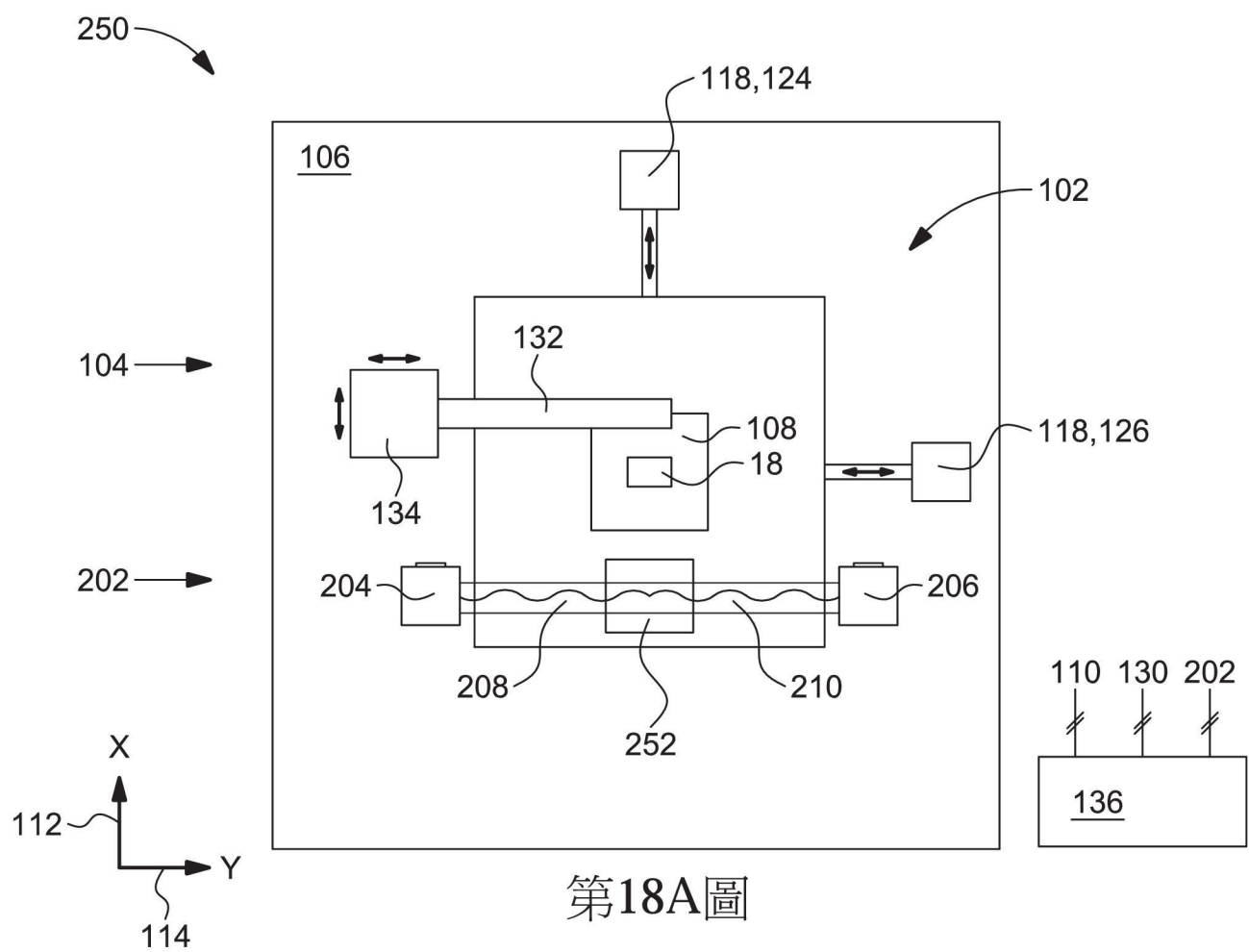


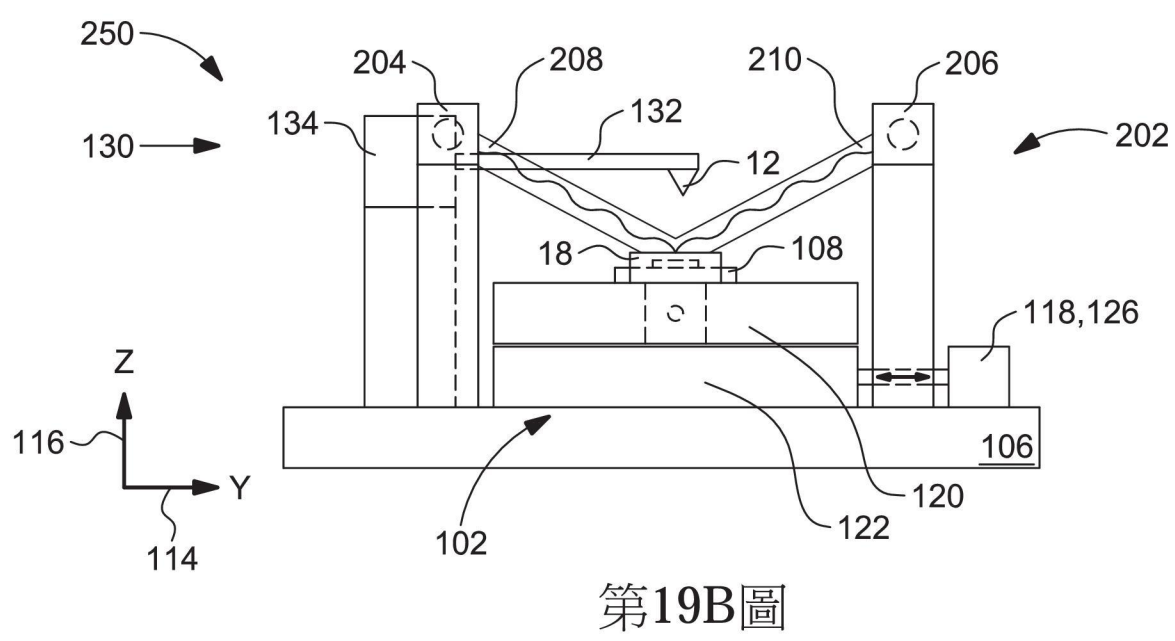
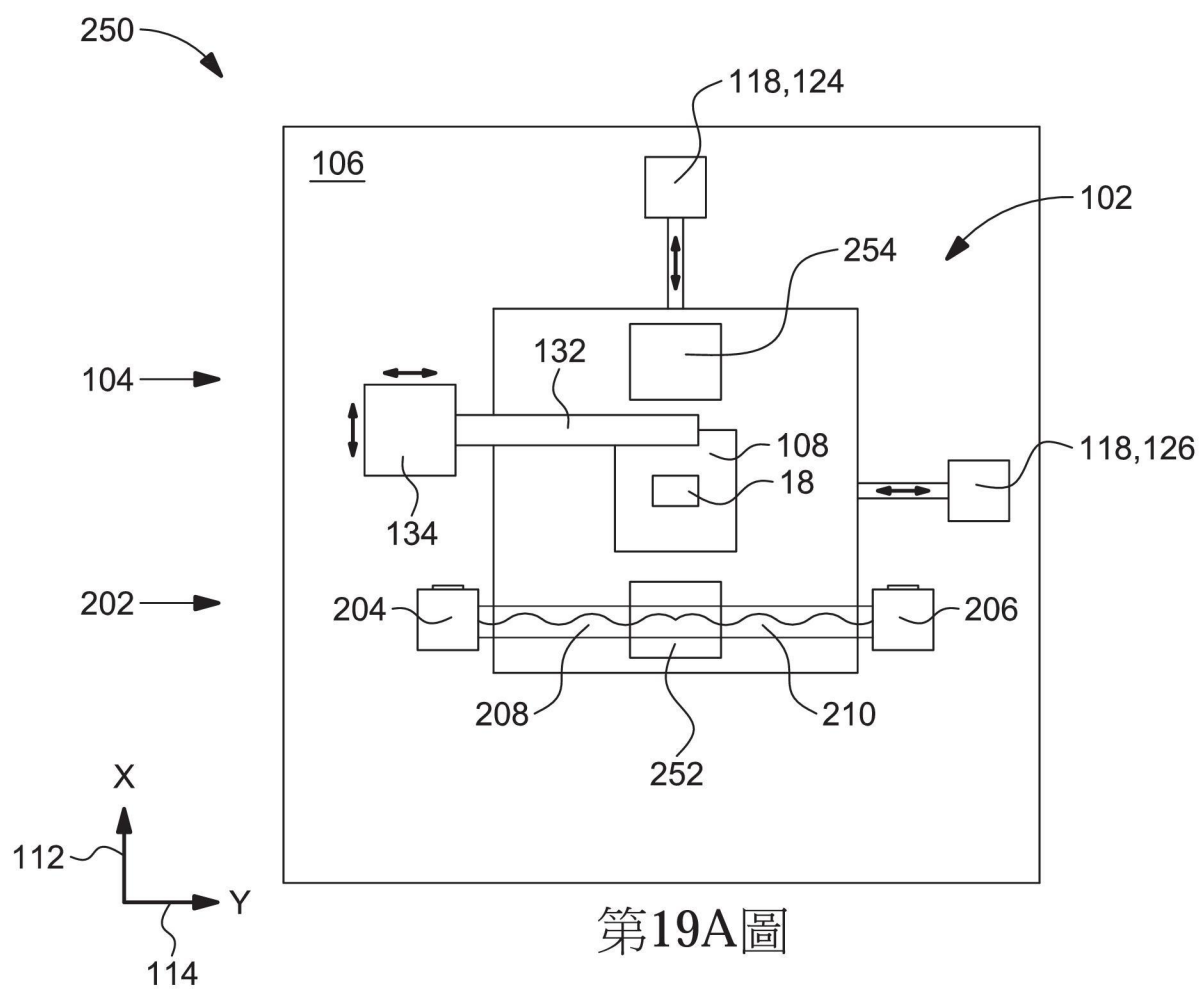
第15圖

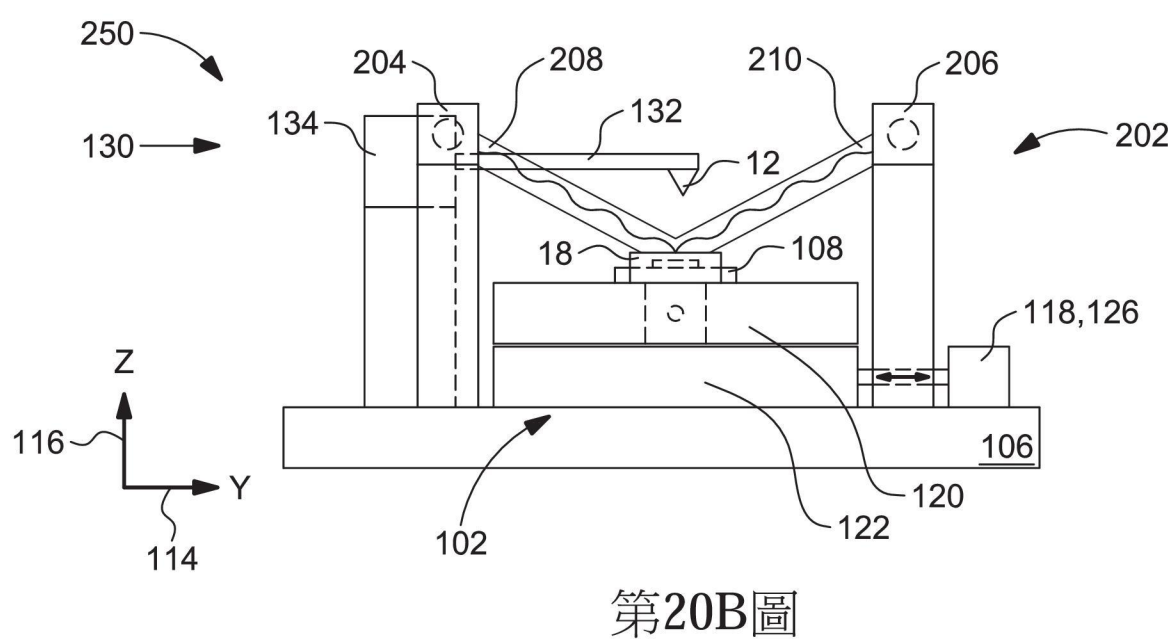
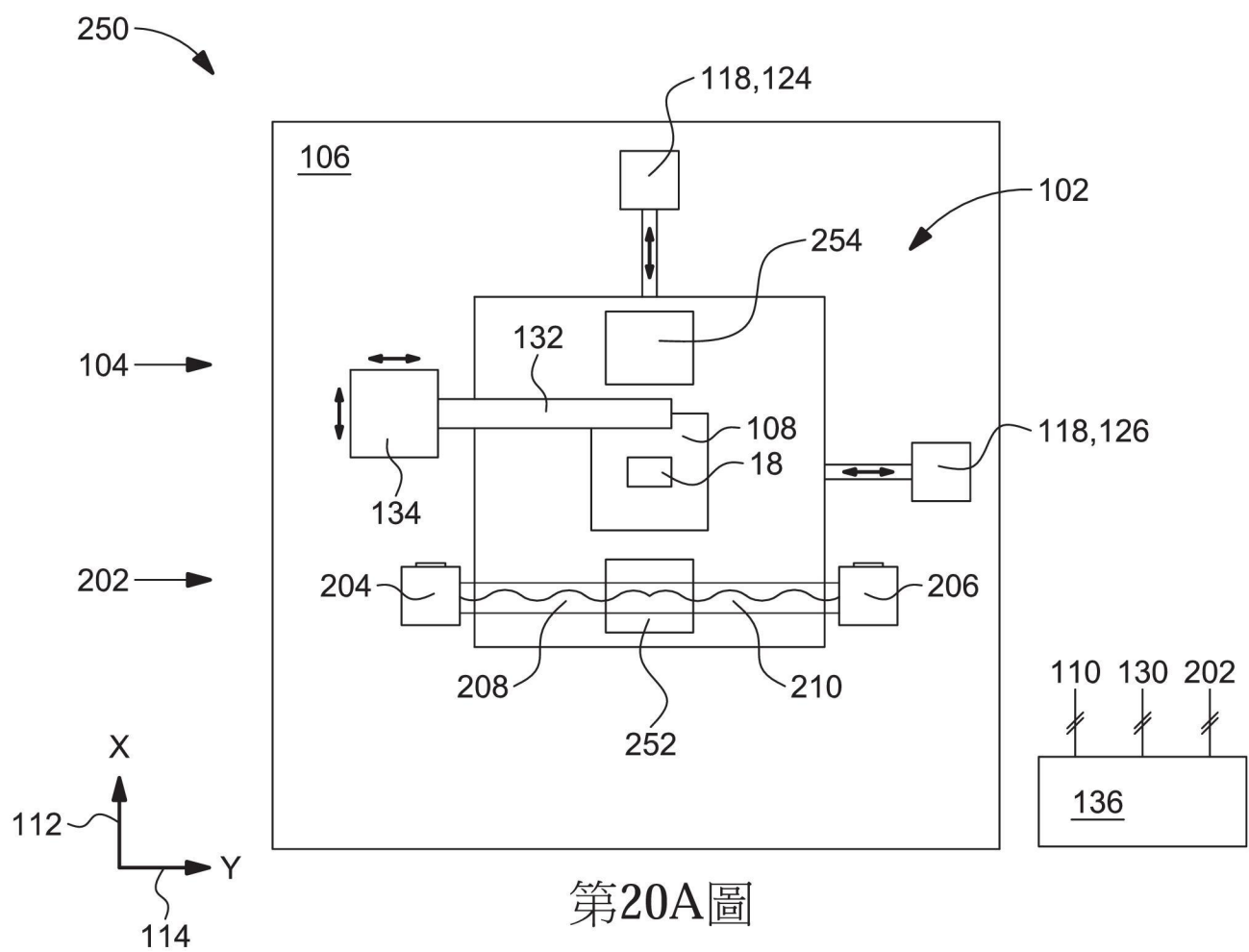


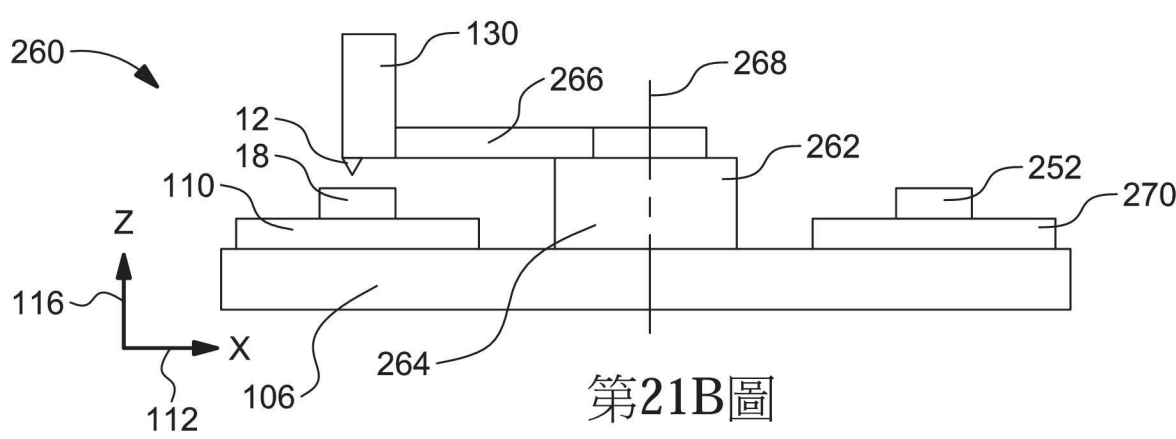
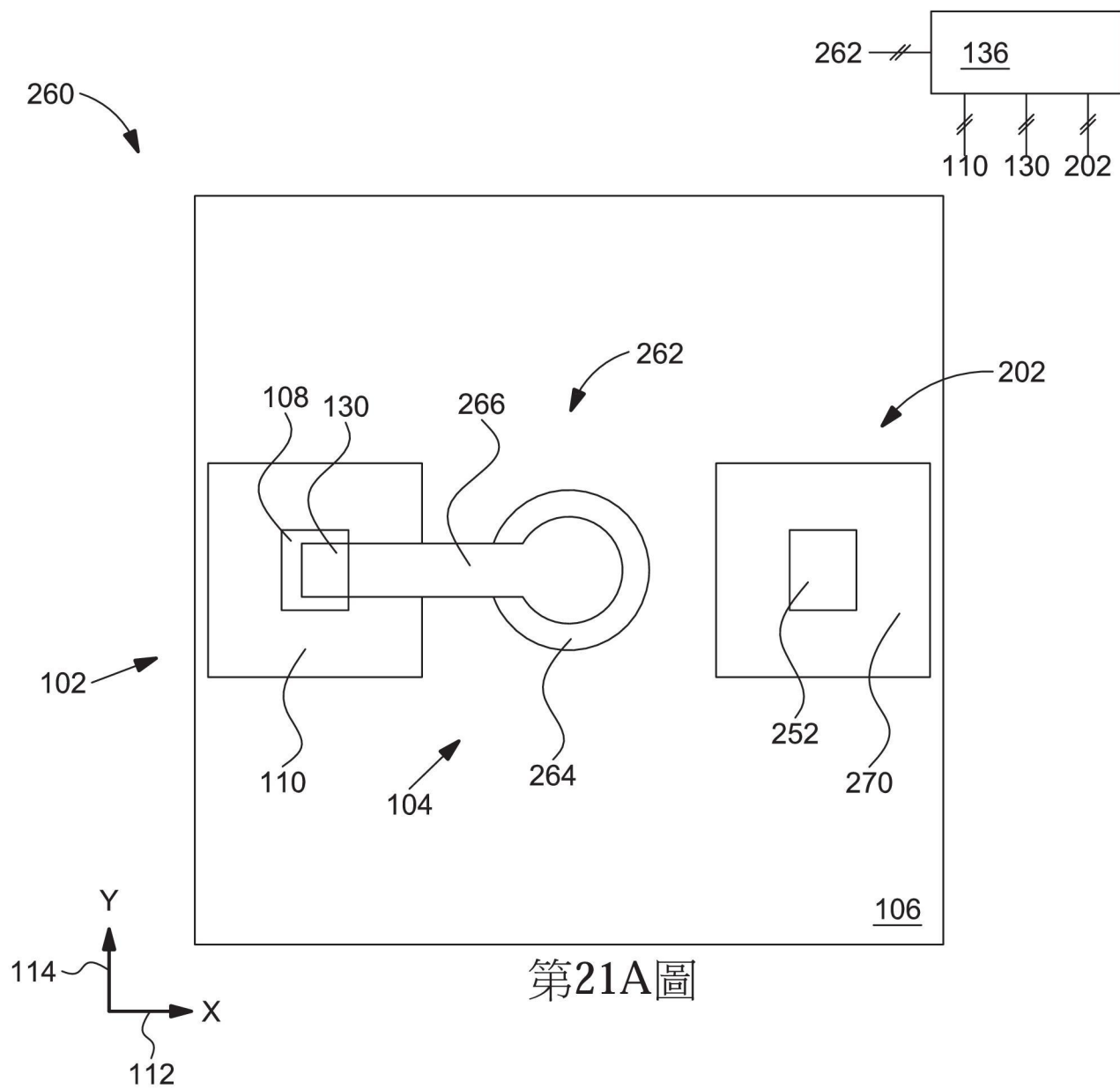
第16圖

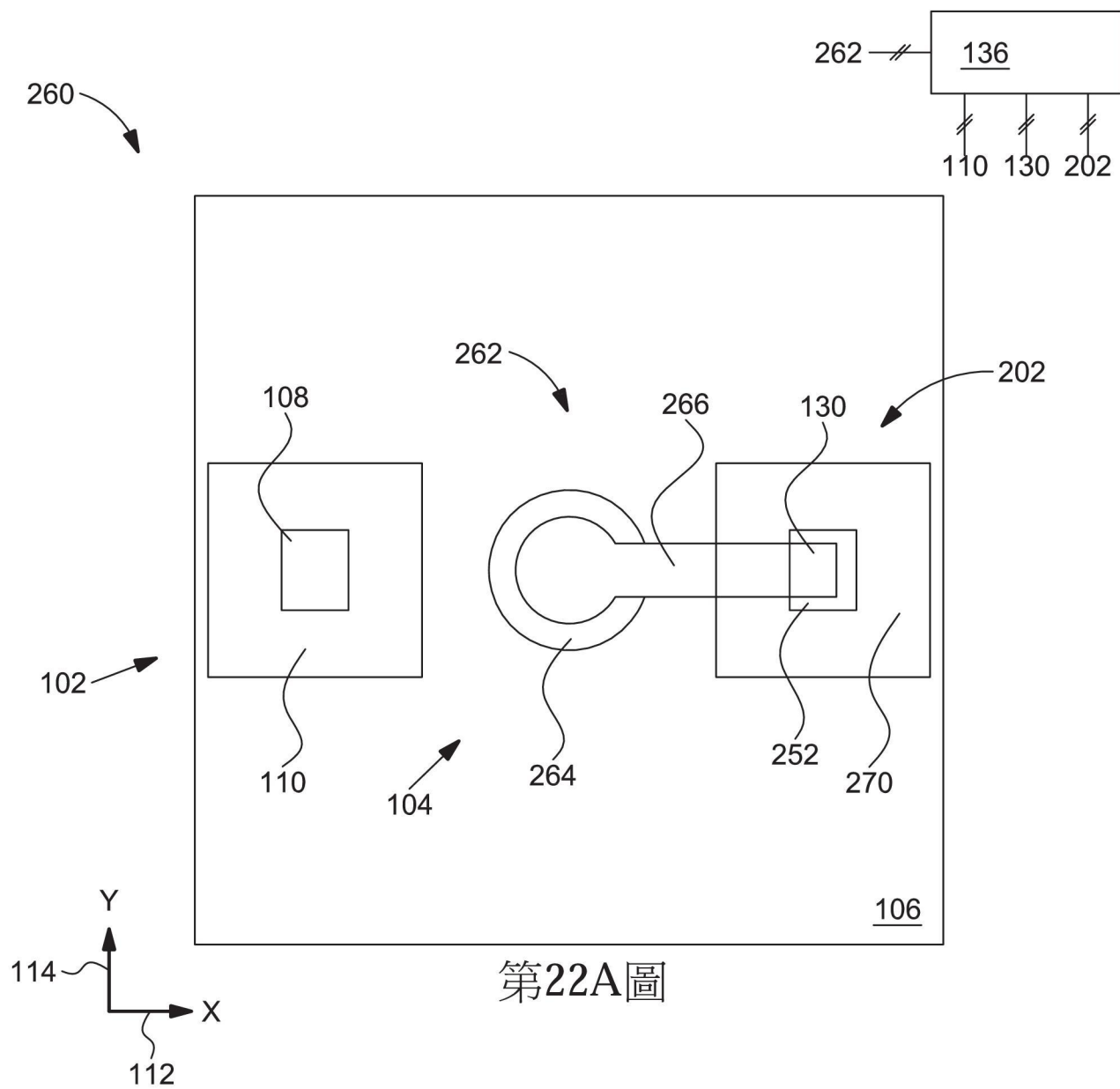




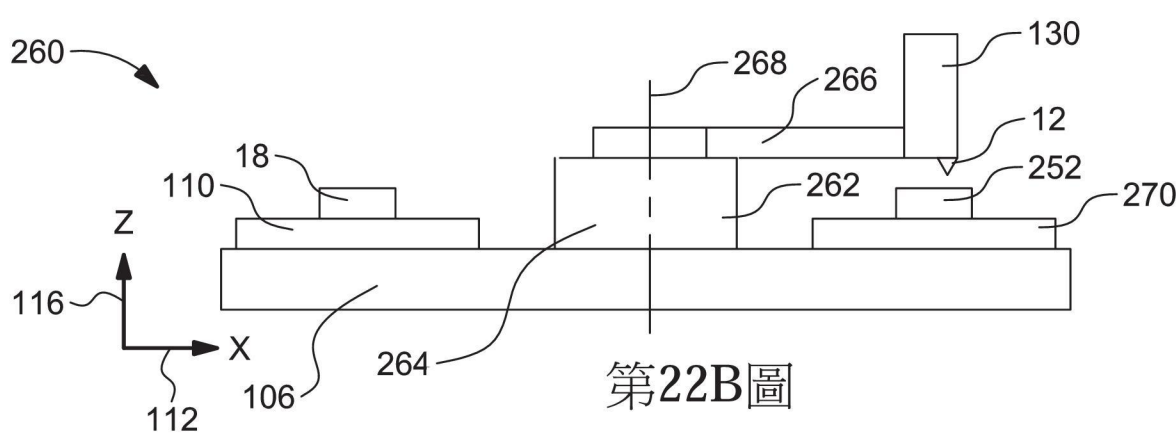




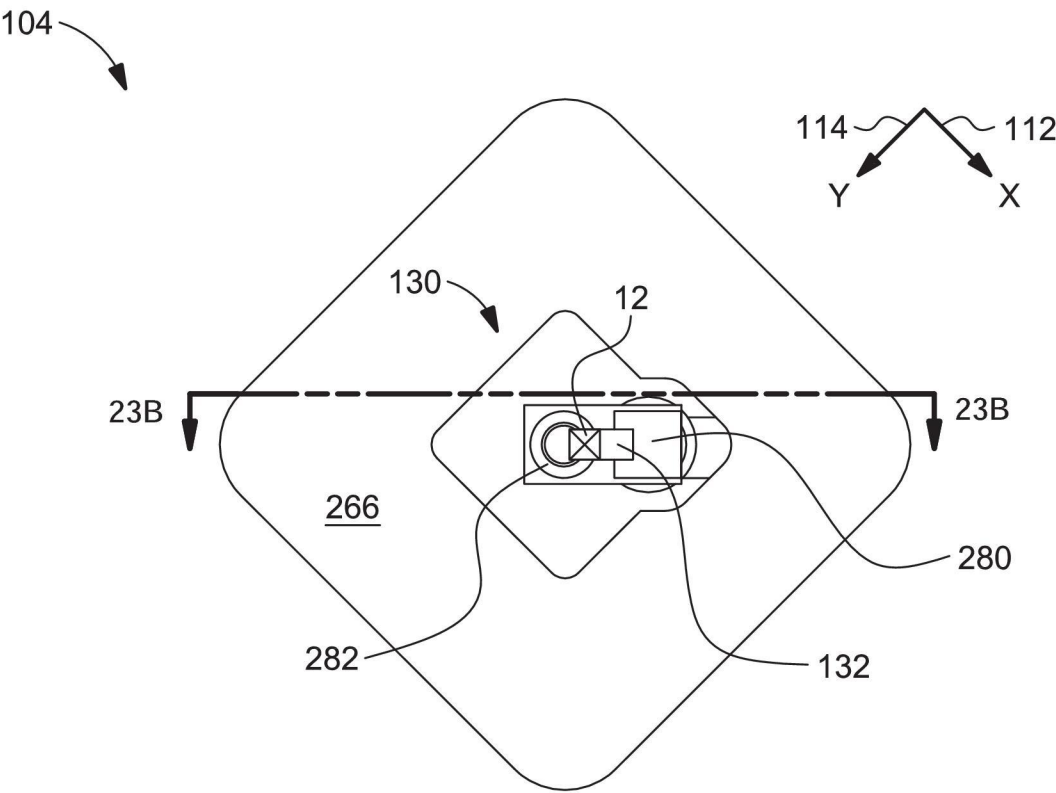




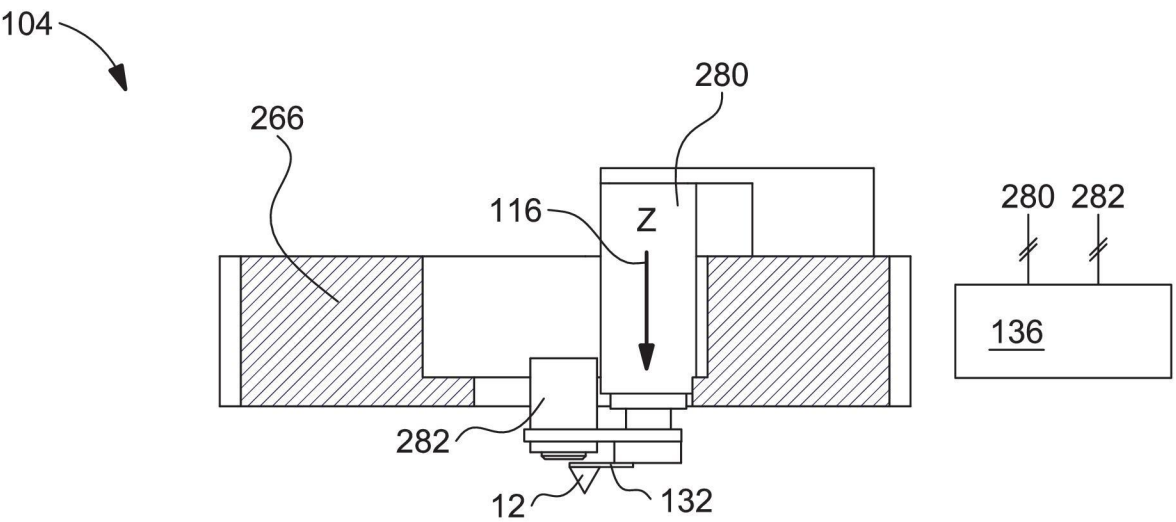
第22A圖



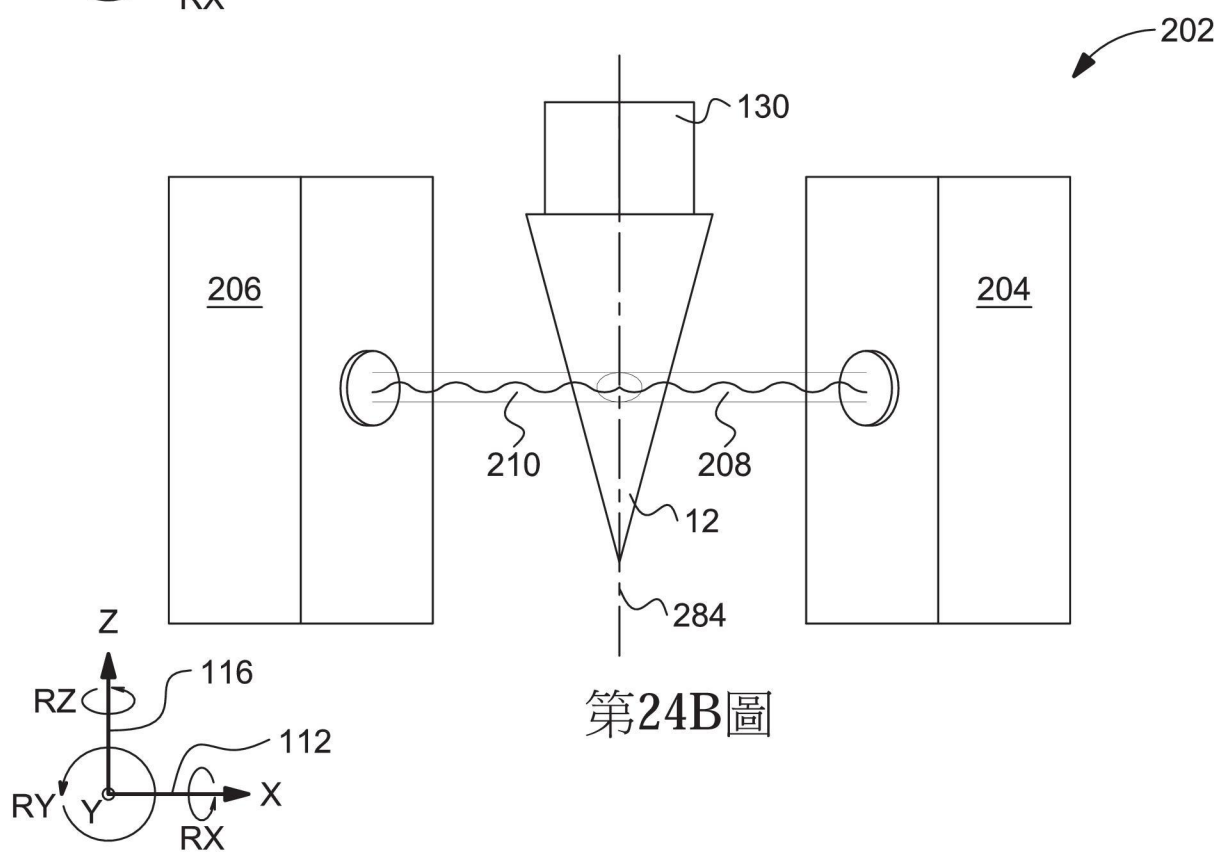
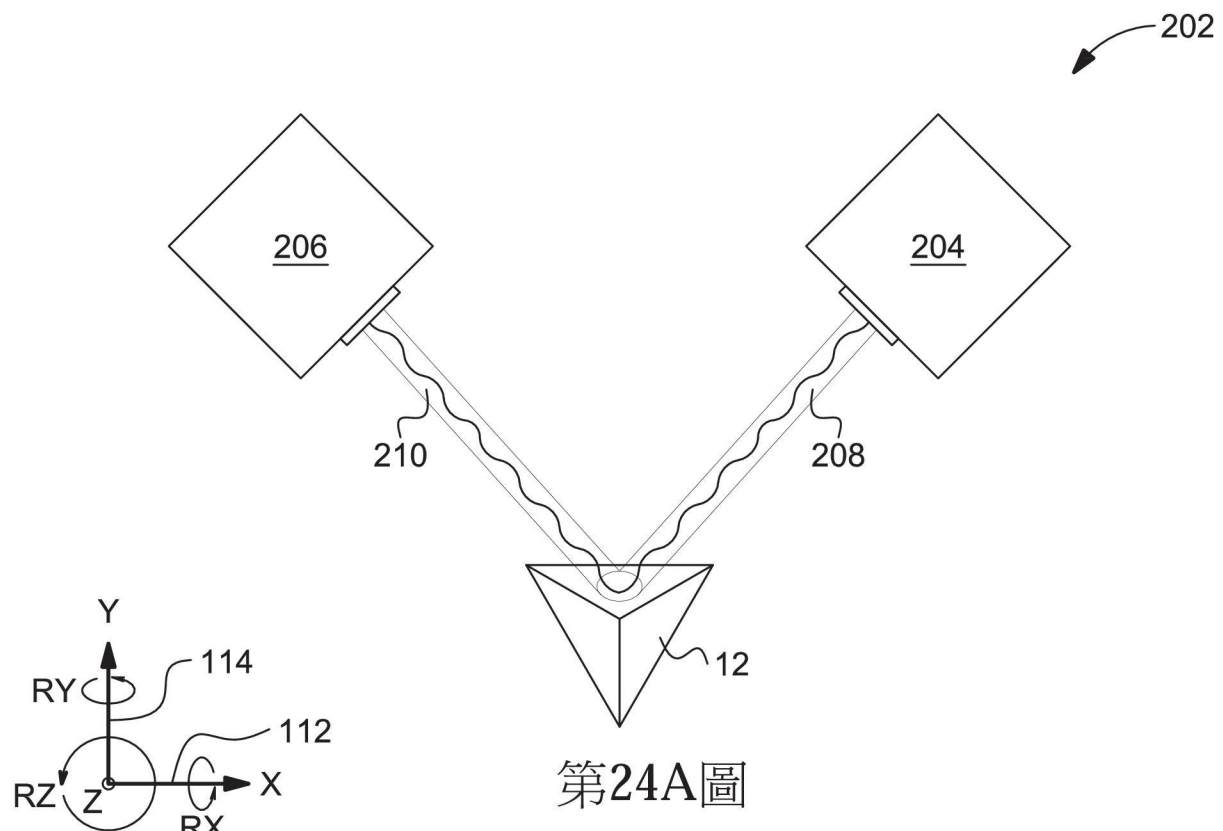
第22B圖

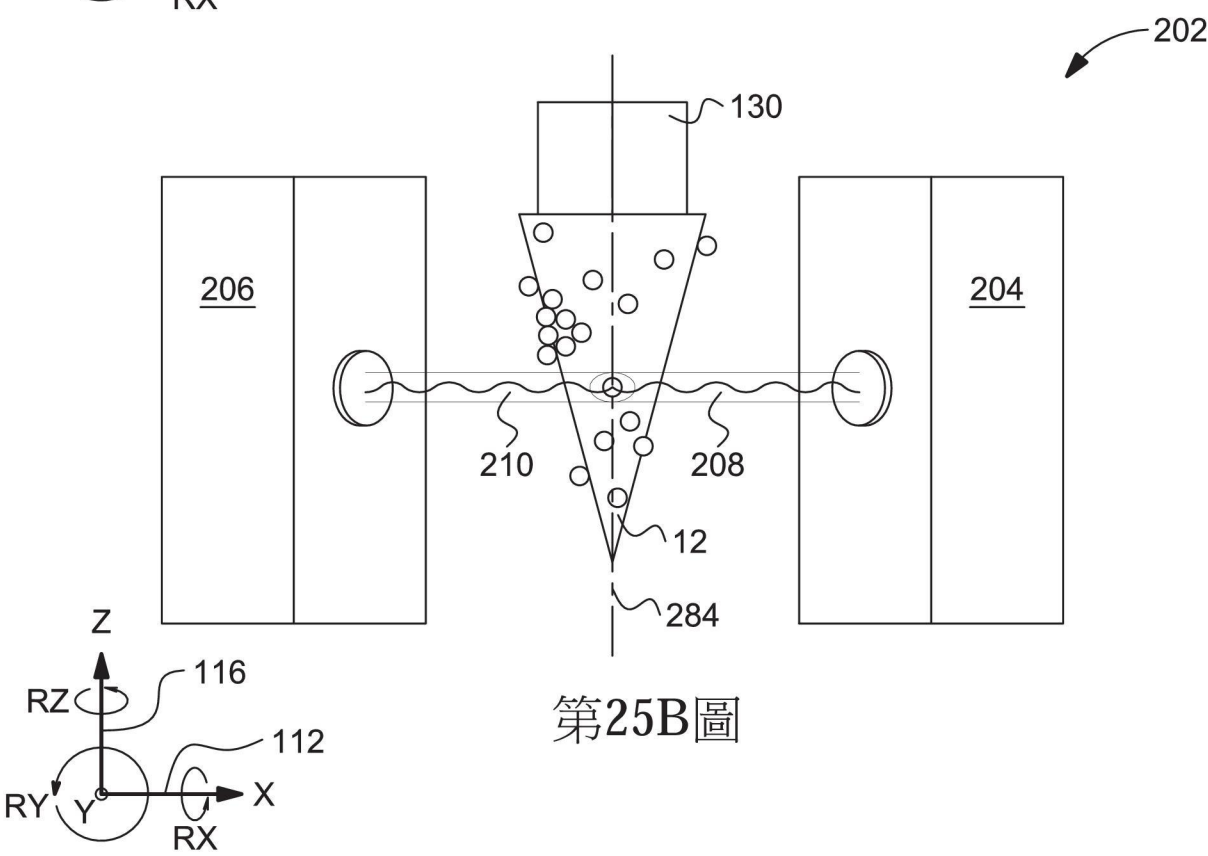
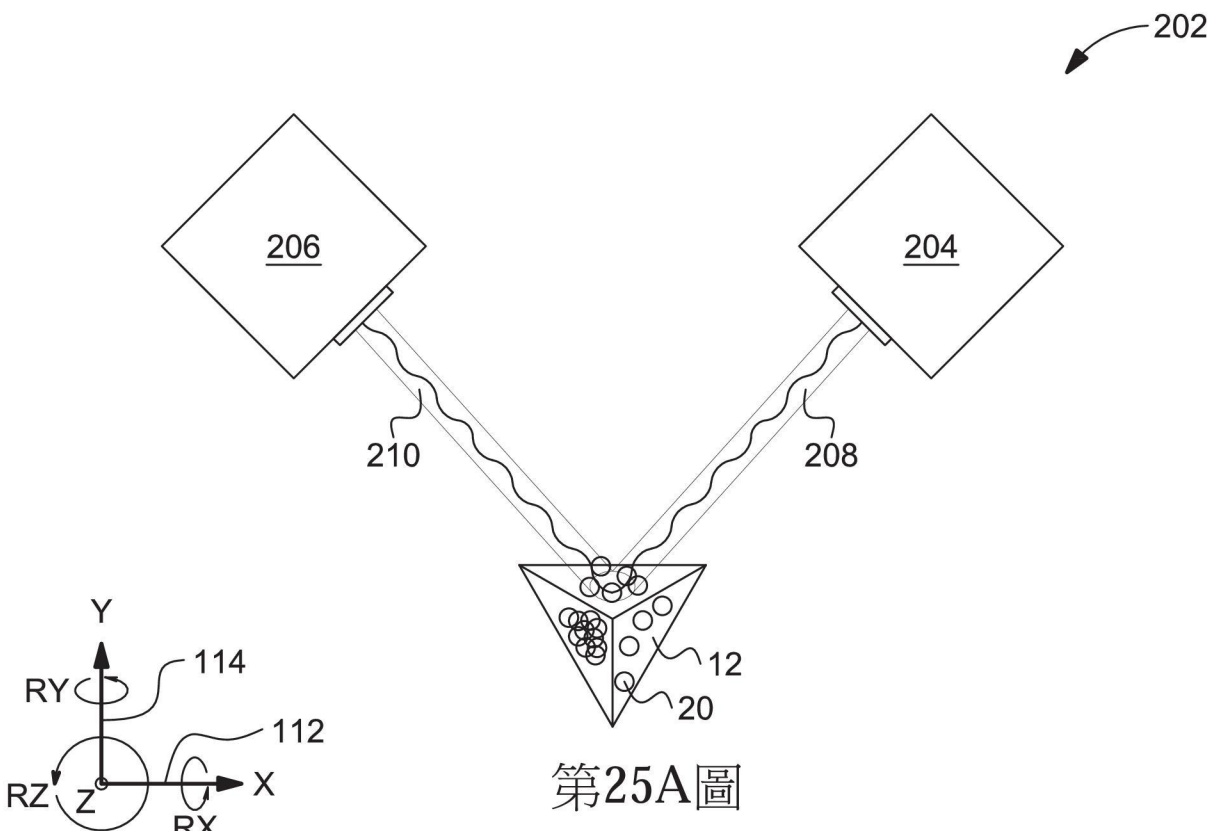


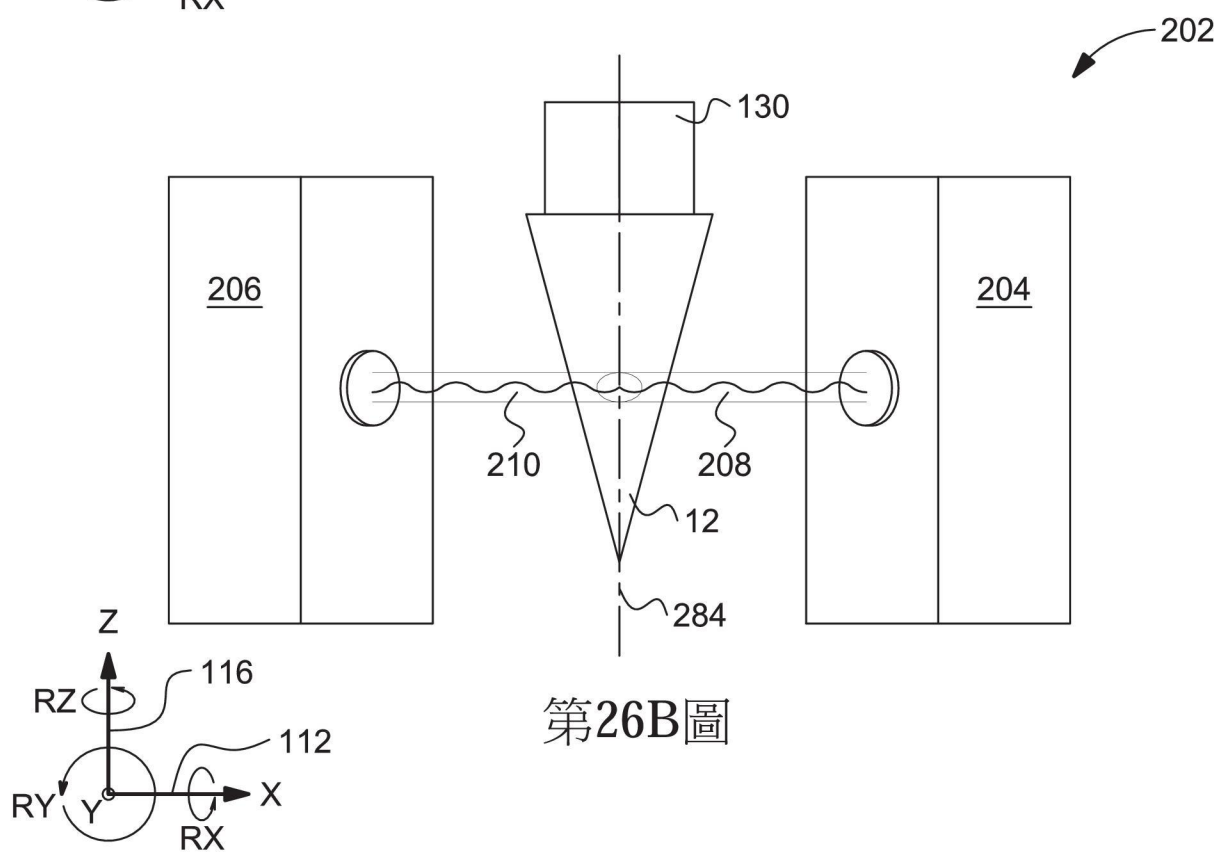
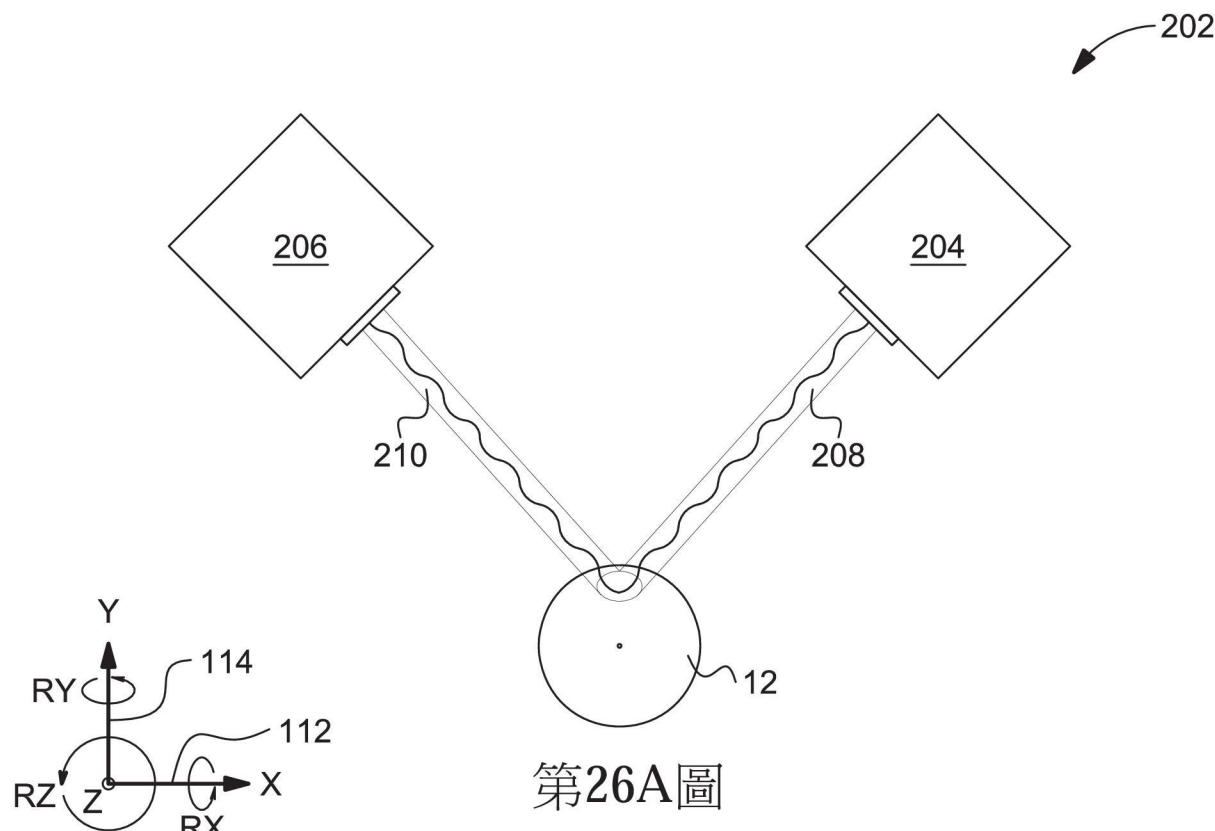
第23A圖

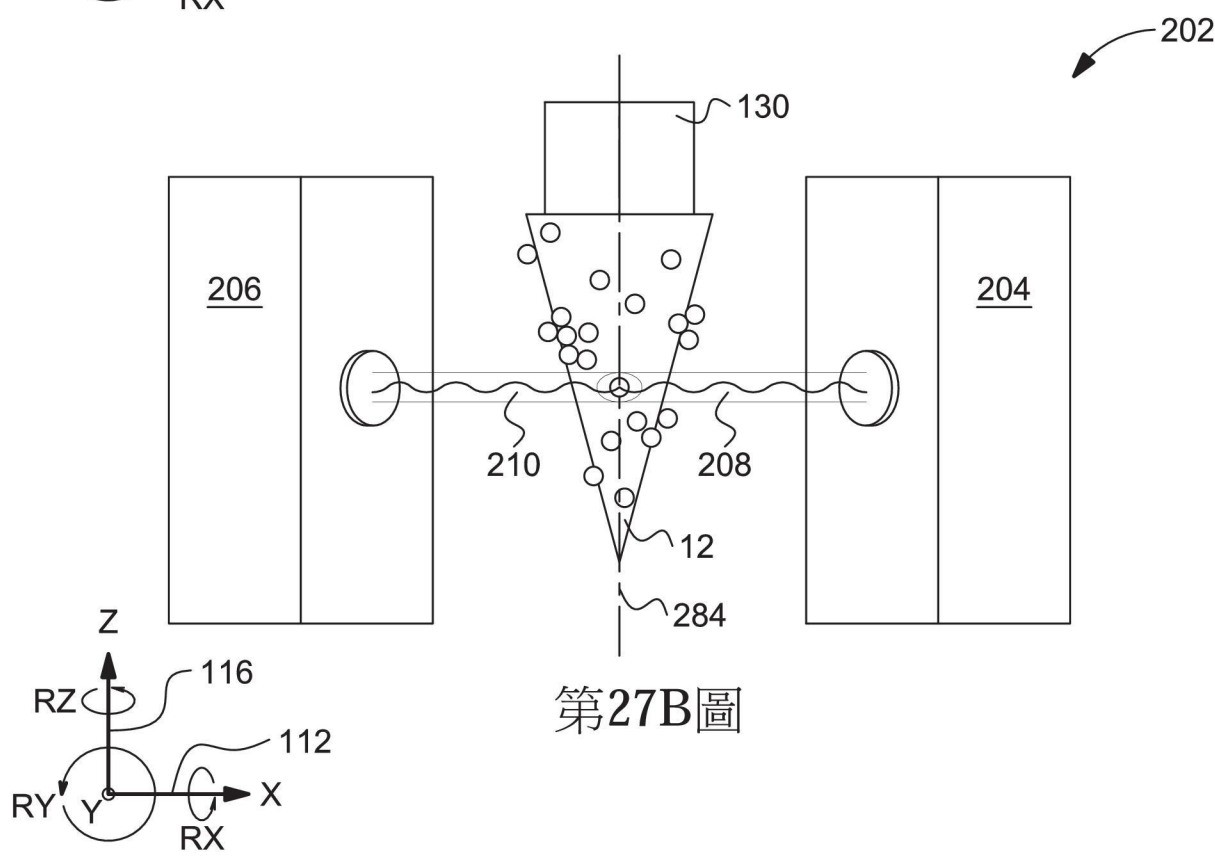
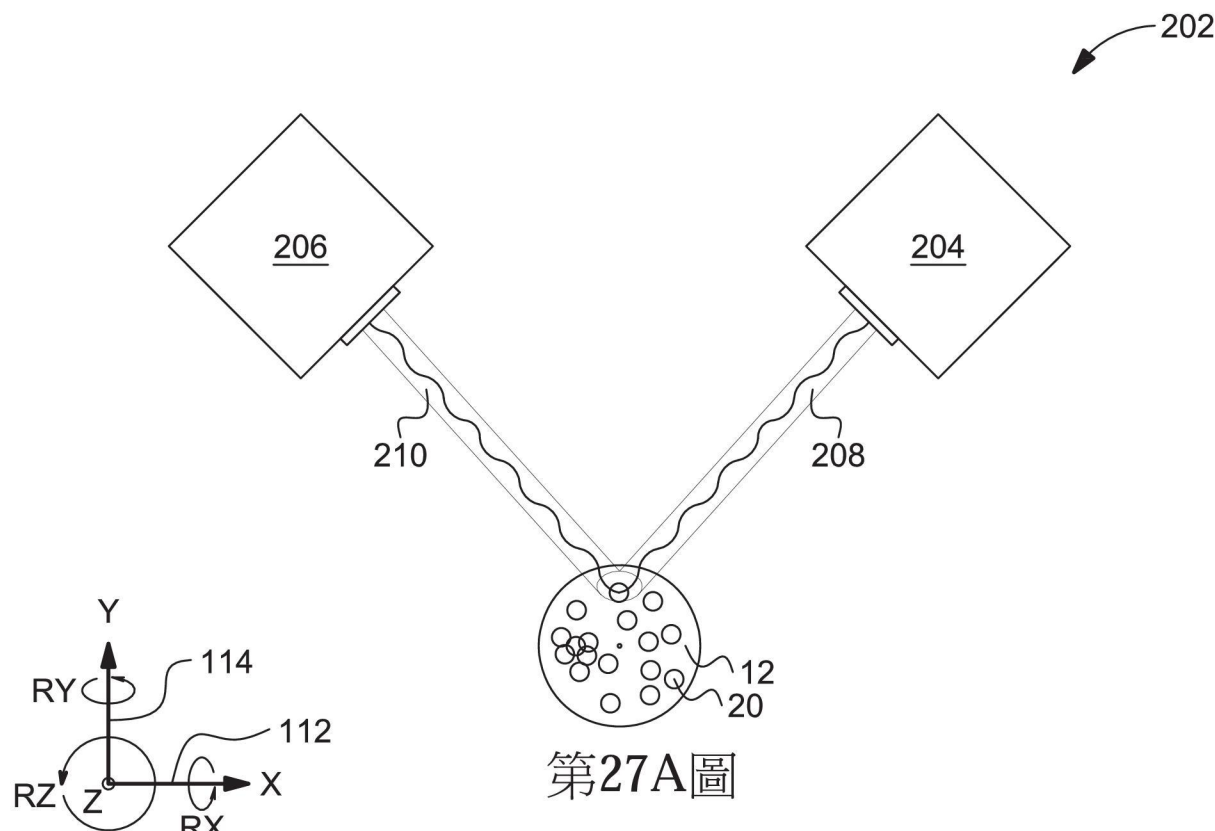


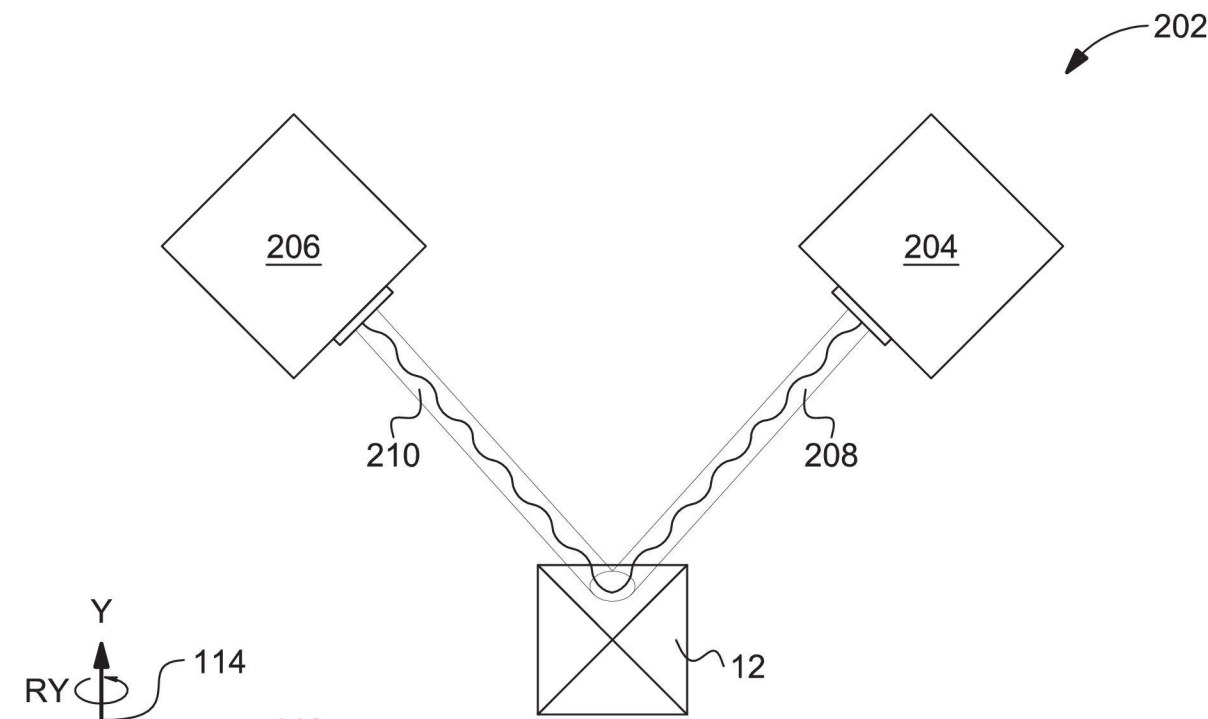
第23B圖



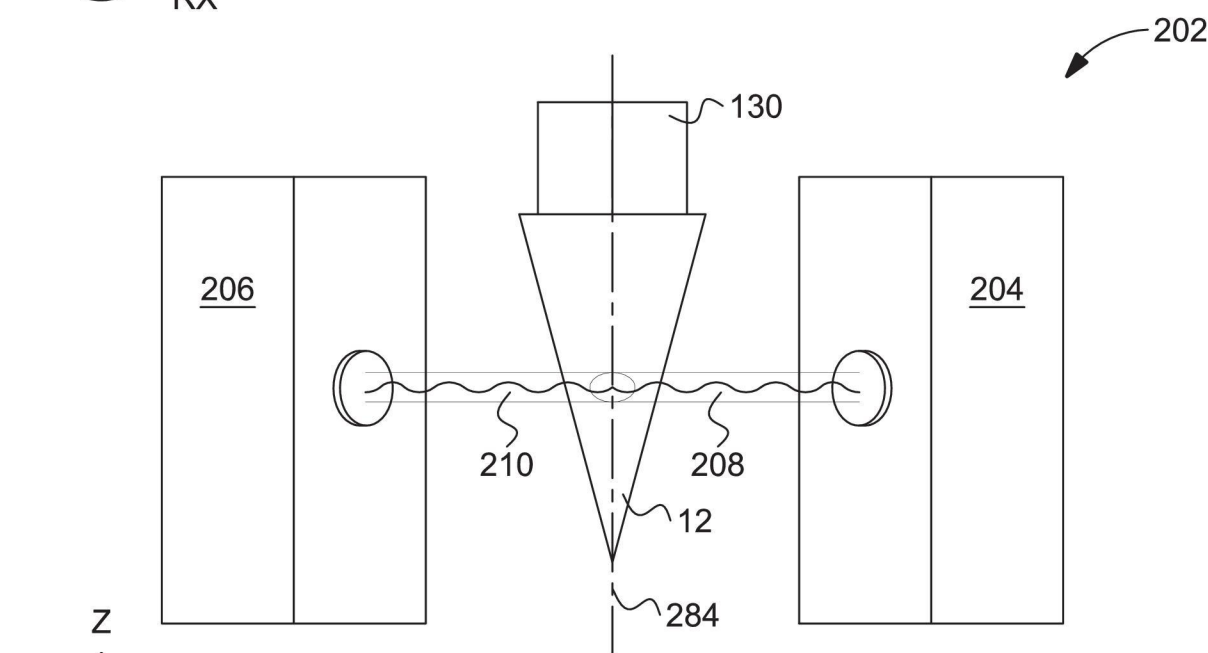




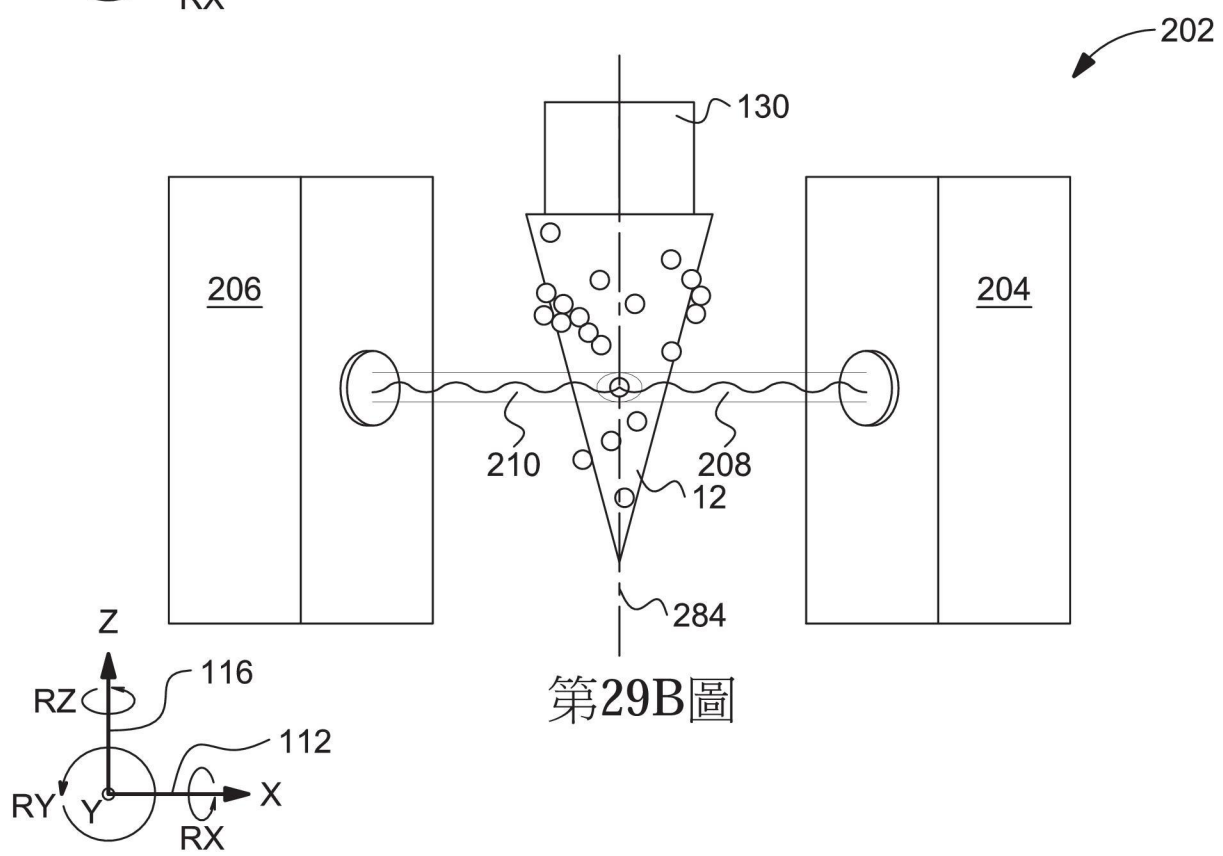
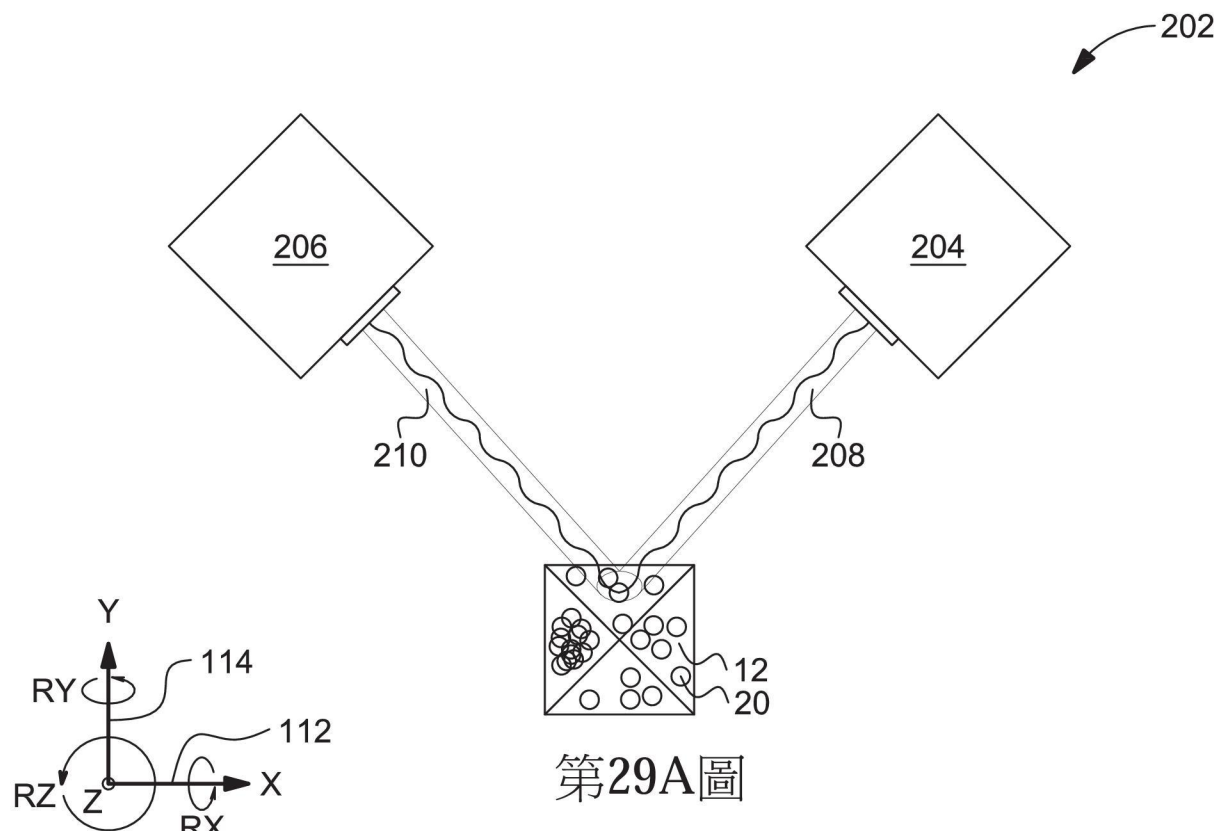


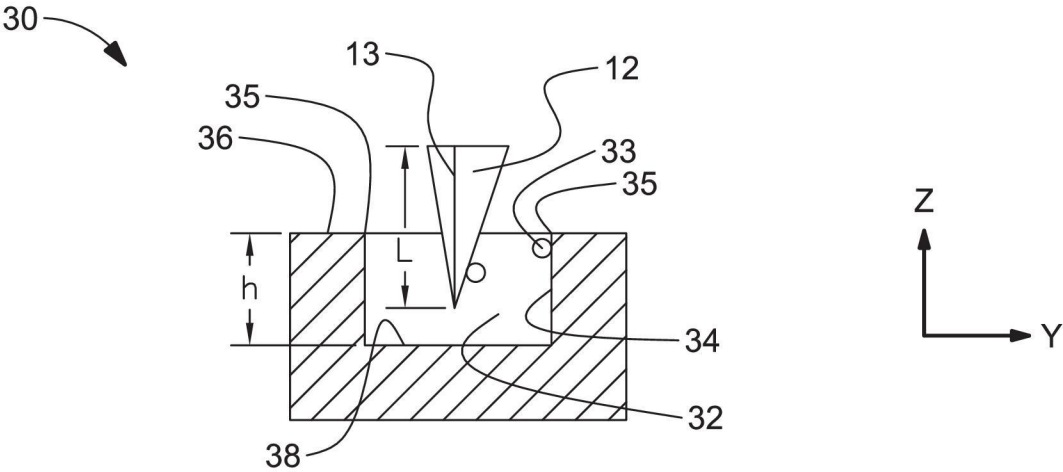


第28A圖

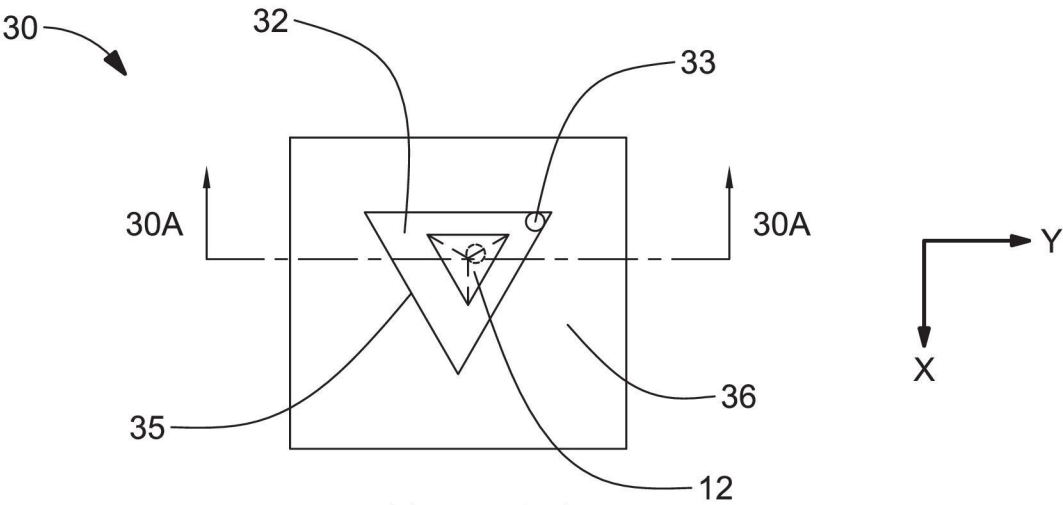


第28B圖

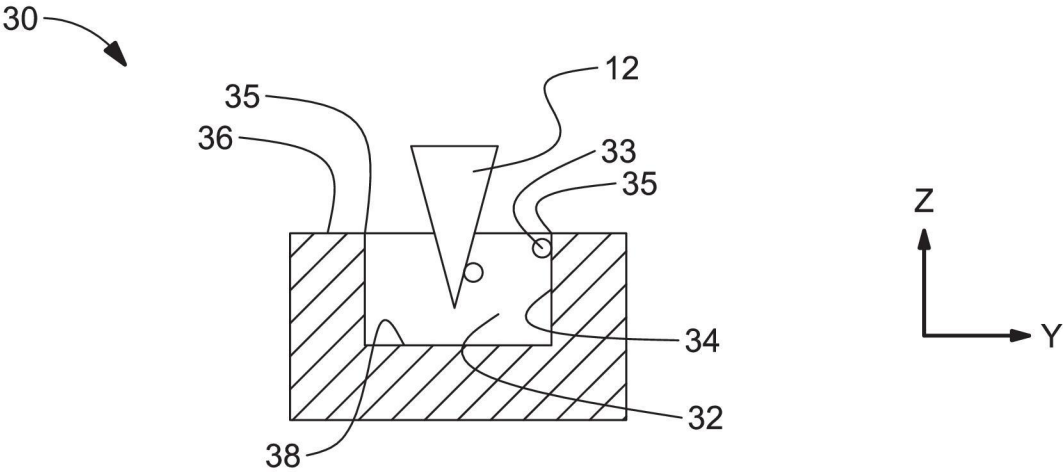




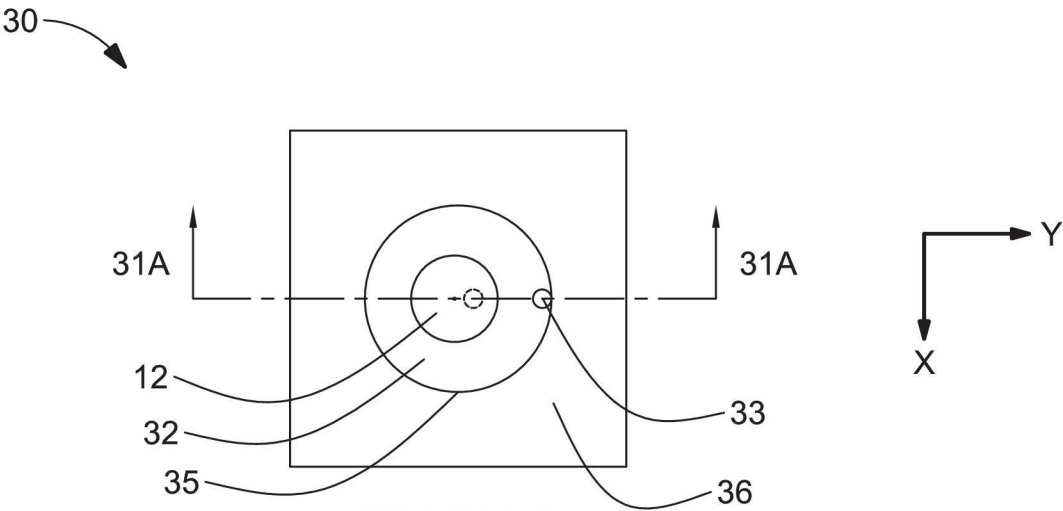
第30A圖



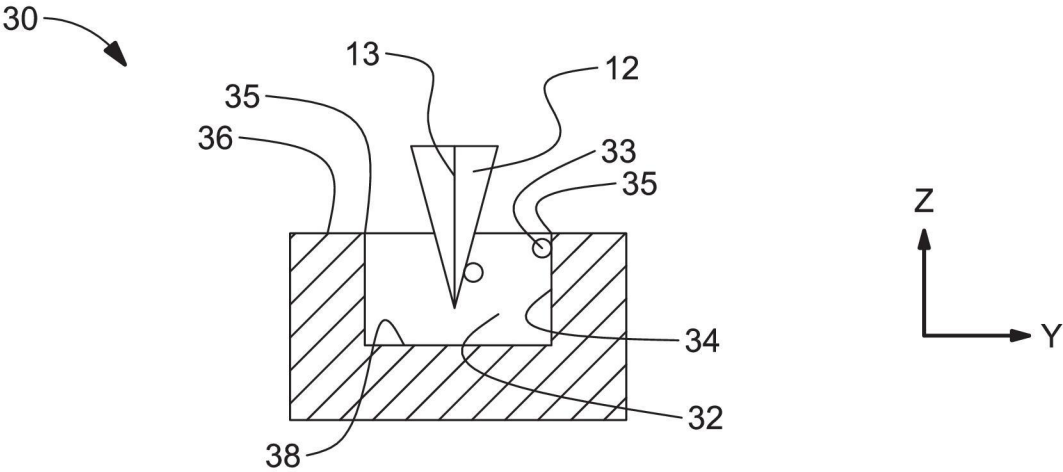
第30B圖



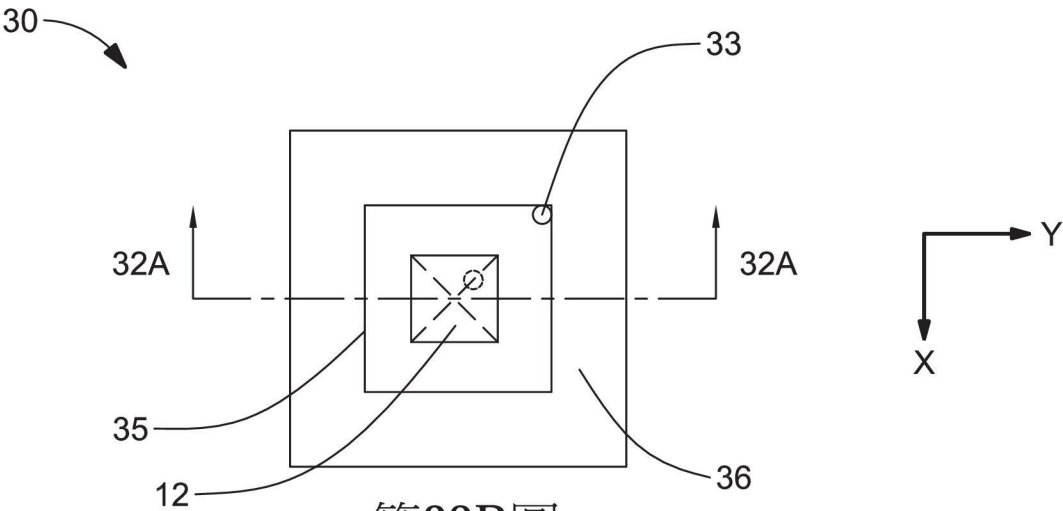
第31A圖



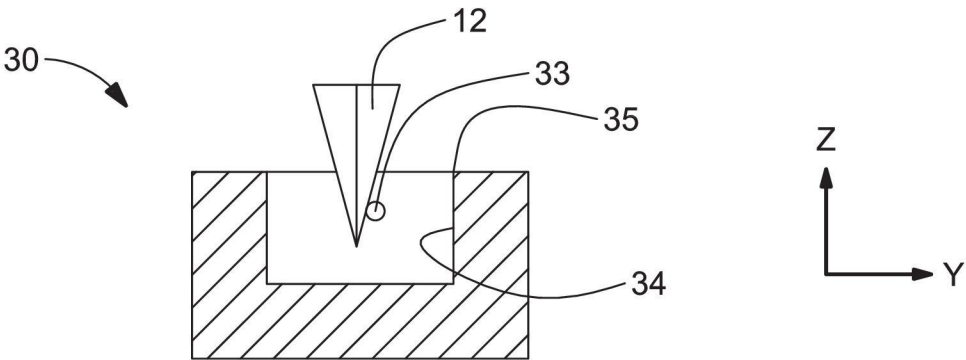
第31B圖



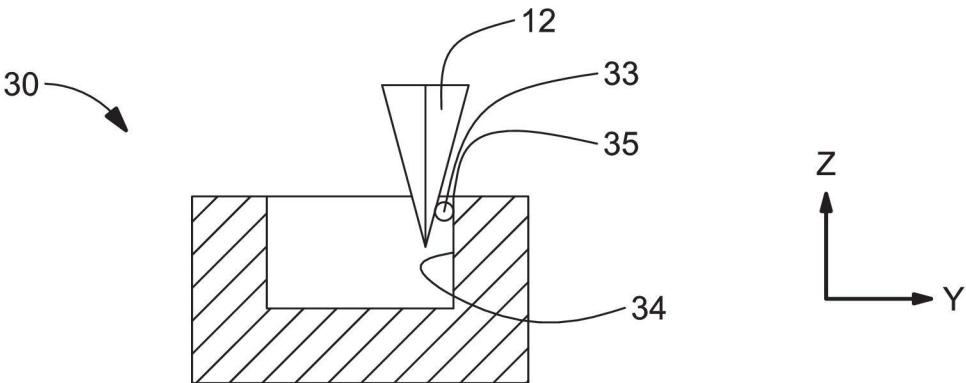
第32A圖



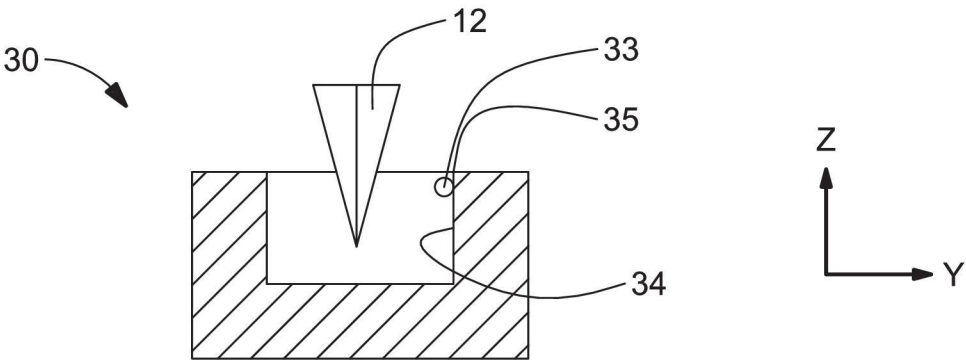
第32B圖



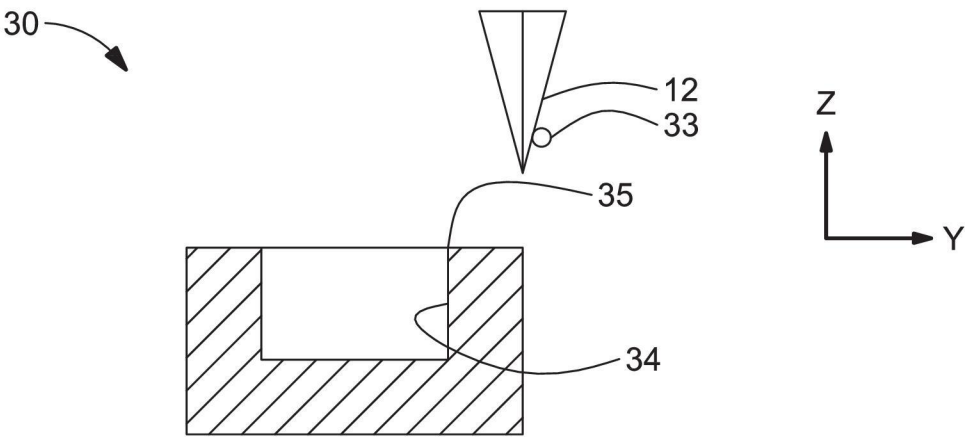
第33A圖



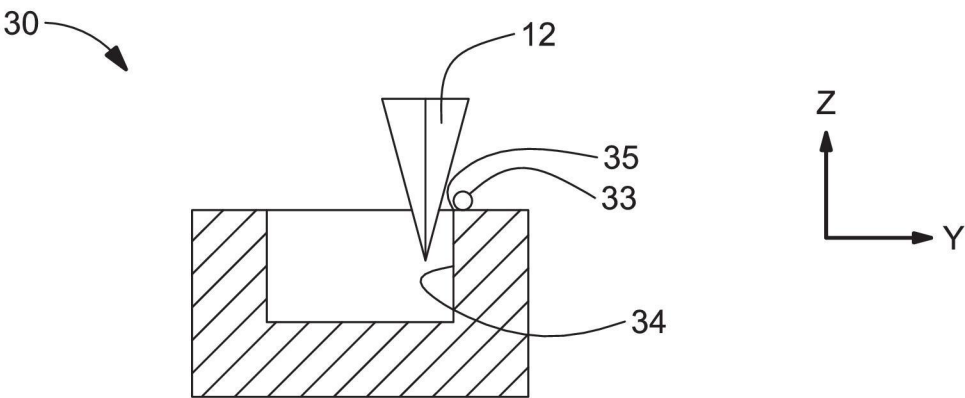
第33B圖



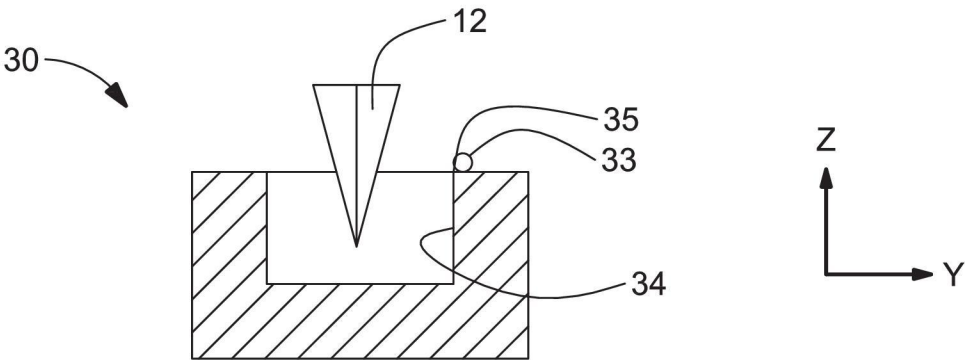
第33C圖



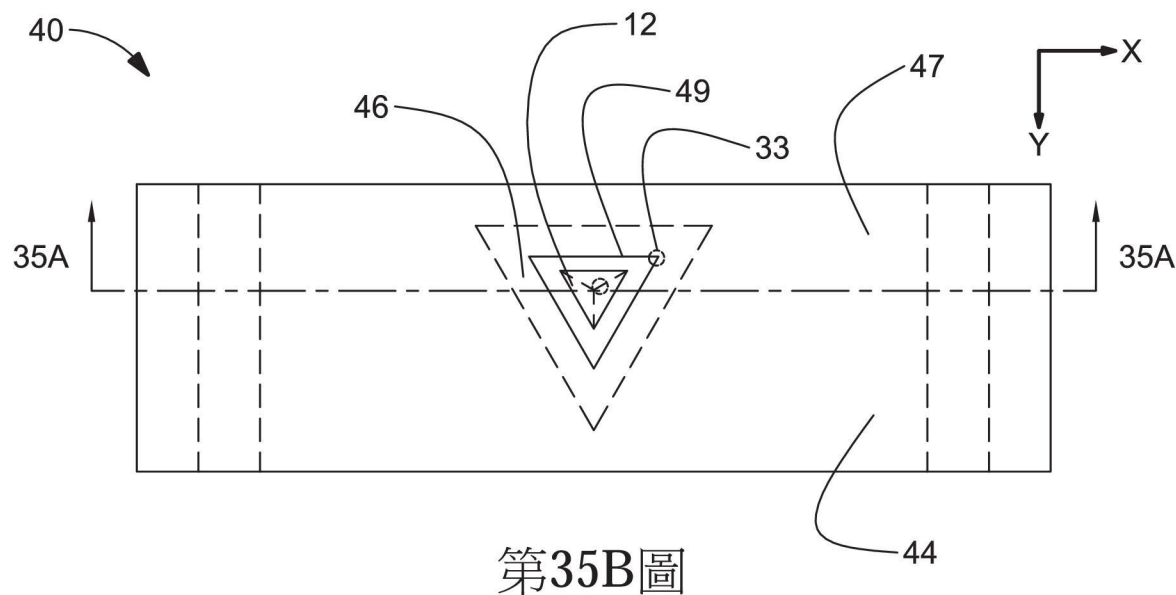
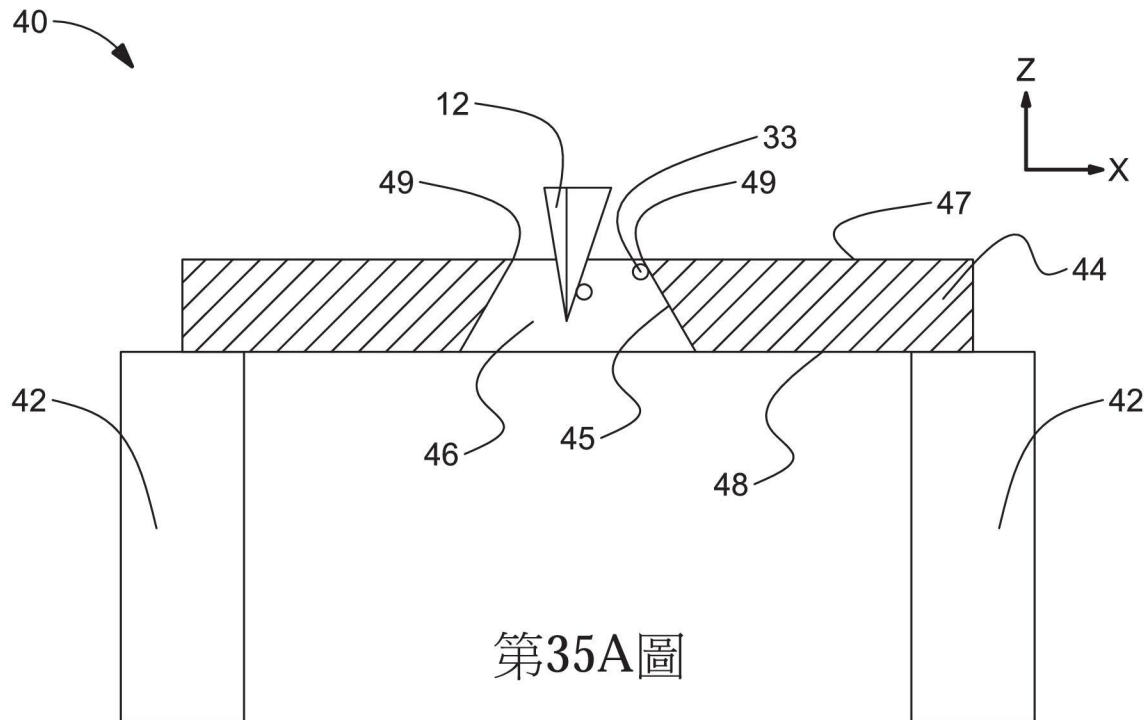
第34A圖

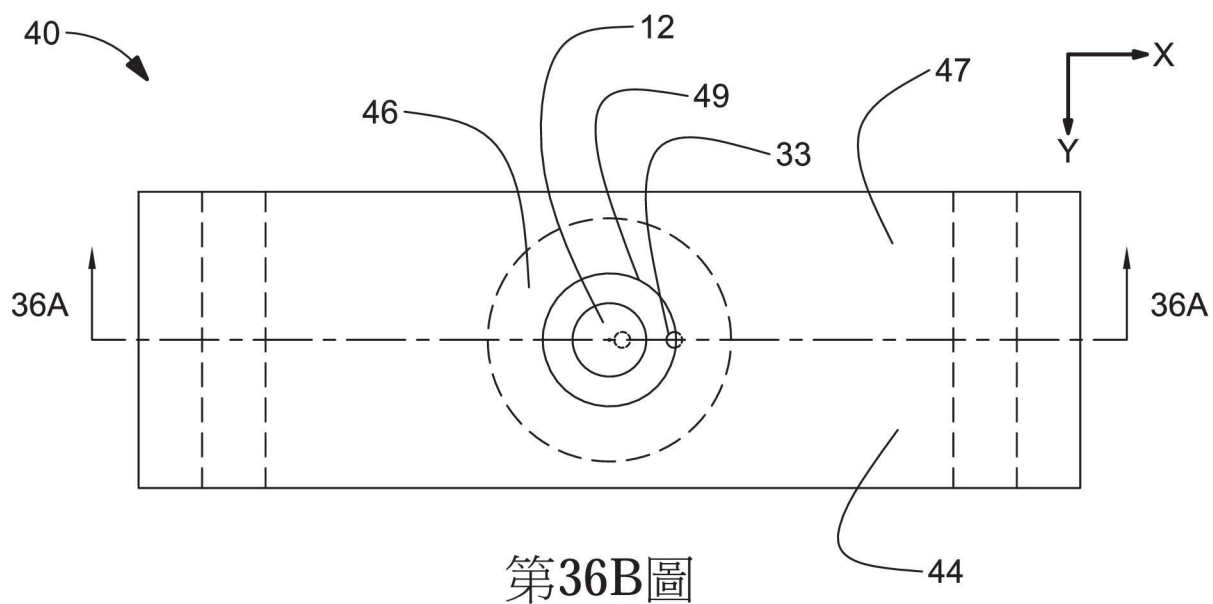
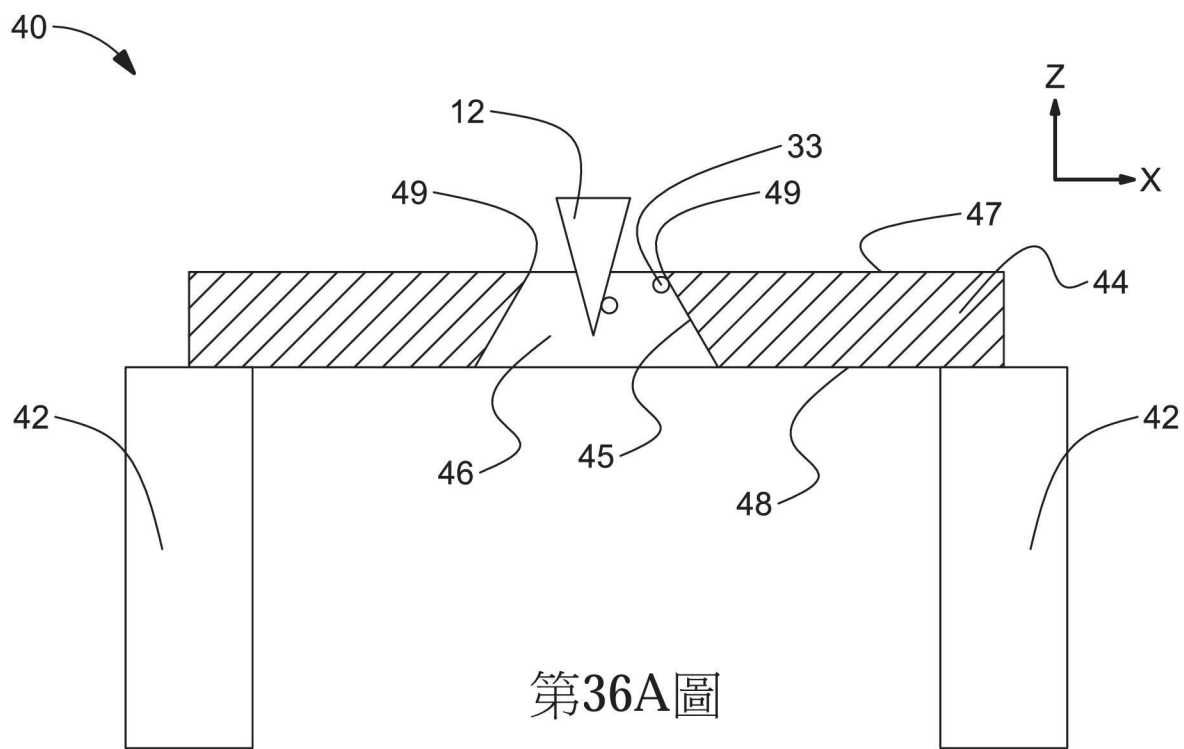


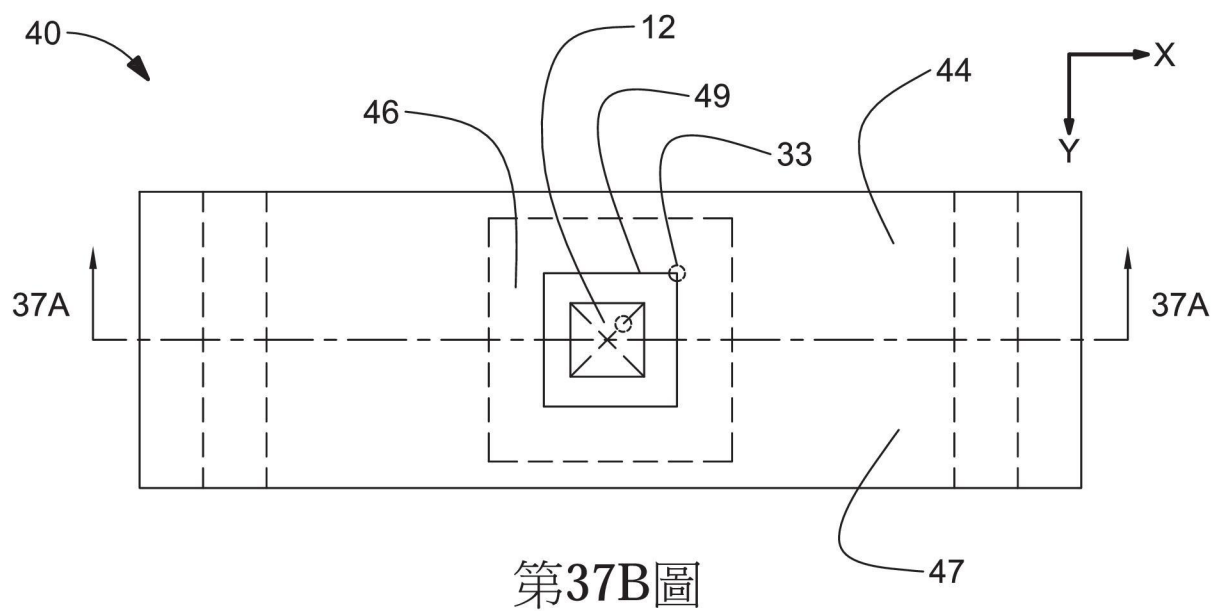
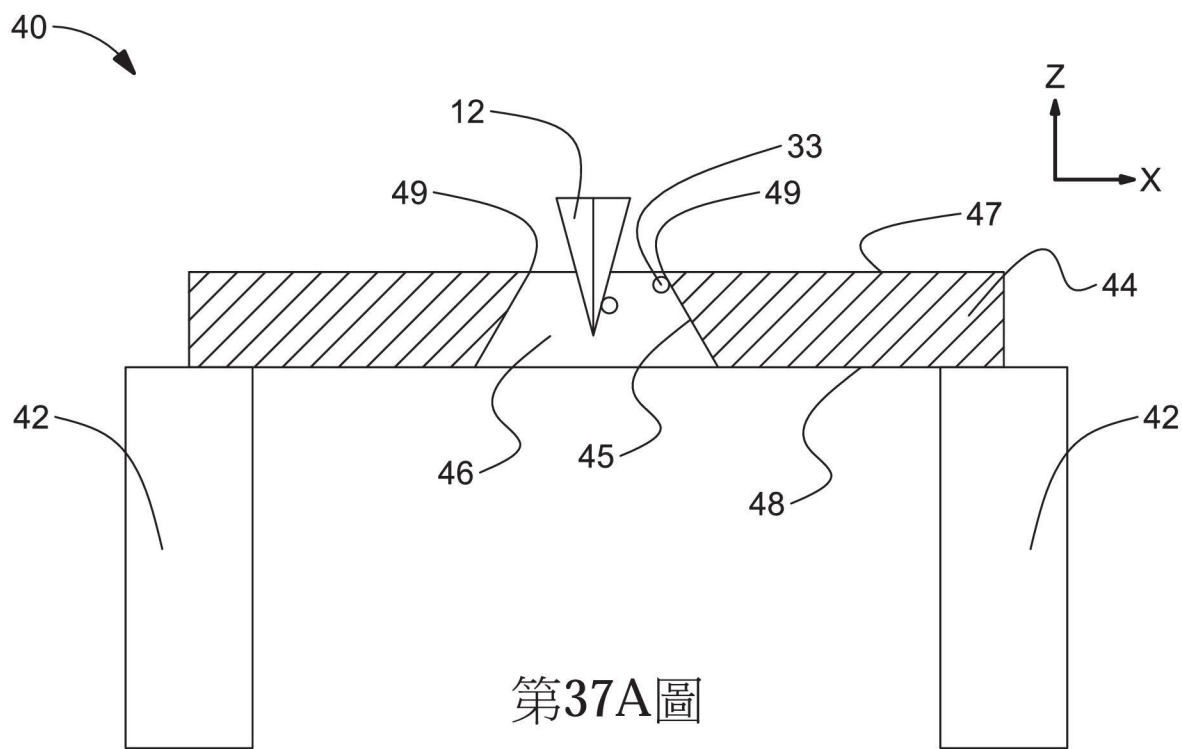
第34B圖

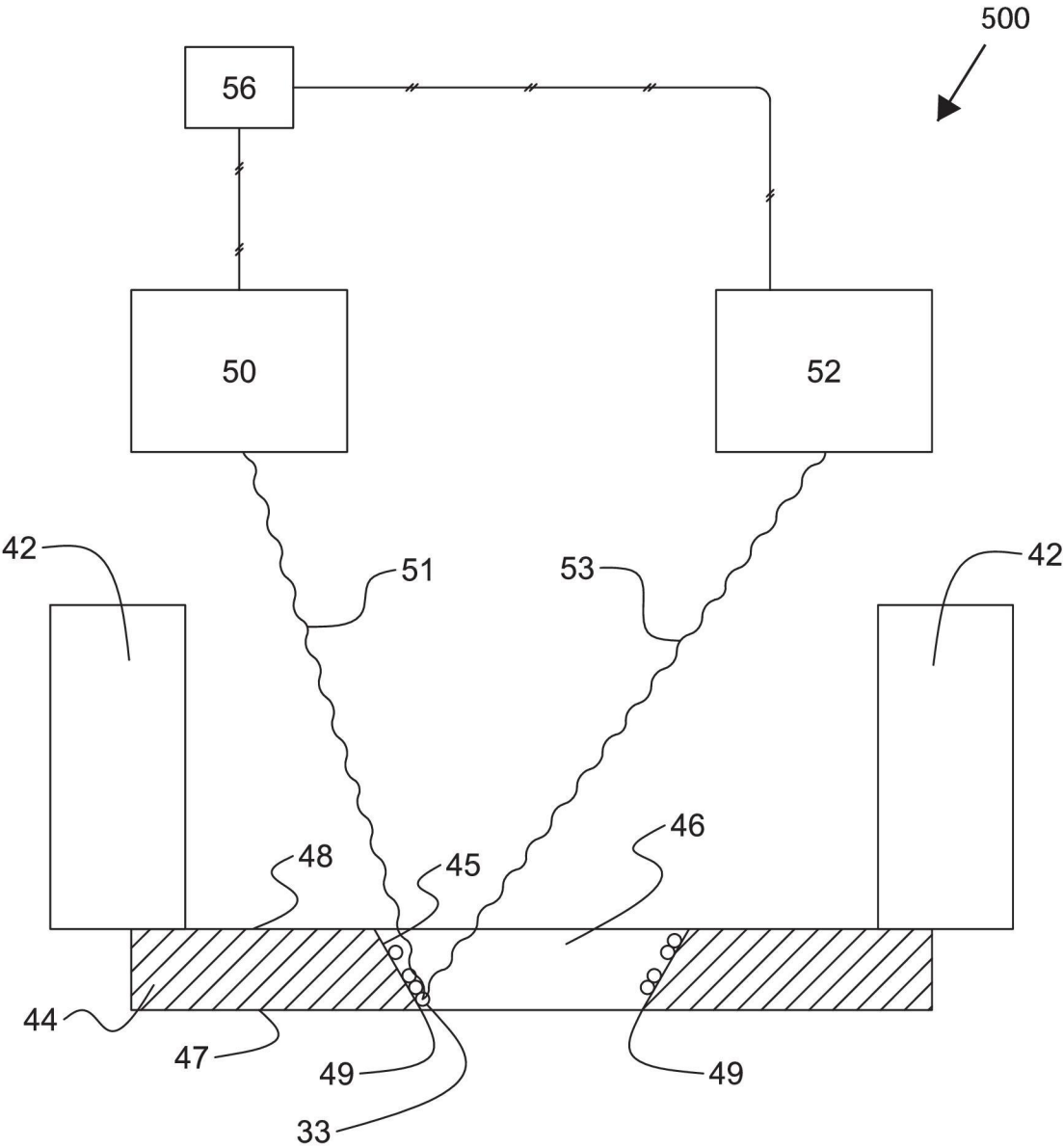


第34C圖









第38圖