



(21) 申請案號：109117472 (22) 申請日：中華民國 109 (2020) 年 05 月 26 日
 (51) Int. Cl. : *H01J37/31 (2006.01)* *G06Q50/04 (2012.01)*
 (30) 優先權：2019/06/07 美國 16/435,367
 (71) 申請人：以色列商應用材料以色列公司 (以色列) APPLIED MATERIALS ISRAEL LTD. (IL)
 以色列
 (72) 發明人：哲 葉胡達 ZUR, YEHUDA (IL)
 (74) 代理人：李世章；彭國洋
 申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：8 共 33 頁

(54) 名稱

多層式物件的銑削

(57) 摘要

一種銑削機，非暫態電腦可讀媒體，以及用於銑削多層式物件的方法。該方法可以包括步驟：
 (i) 接收或決定與銑削過程有關的銑削參數，該銑削參數可以包括下列至少二者：(a) 散焦強度，(b) 銑削過程的持續時間，(c) 在銑削過程中提供給一物鏡的偏置電壓，(d) 離子束能量，及 (e) 離子束電流密度；以及，(ii) 透過在保持銑削參數的同時應用銑削過程來形成一凹坑，其中該應用銑削過程的步驟，可包括將散焦的離子束引導到多層式物件上的步驟。

A miller, a non-transitory computer readable medium, and a method for milling a multi-layered object. The method may include (i) receiving or determining milling parameters related to a milling process, the milling parameters may include at least two out of (a) a defocus strength, (b) a duration of the milling process, (c) a bias voltage supplied to an objective lens during the milling process, (d) an ion beam energy, and (e) an ion beam current density, and (ii) forming a crater by applying the milling process while maintaining the milling parameters, wherein the applying of the milling process includes directing a defocused ion beam on the multi-layered object.

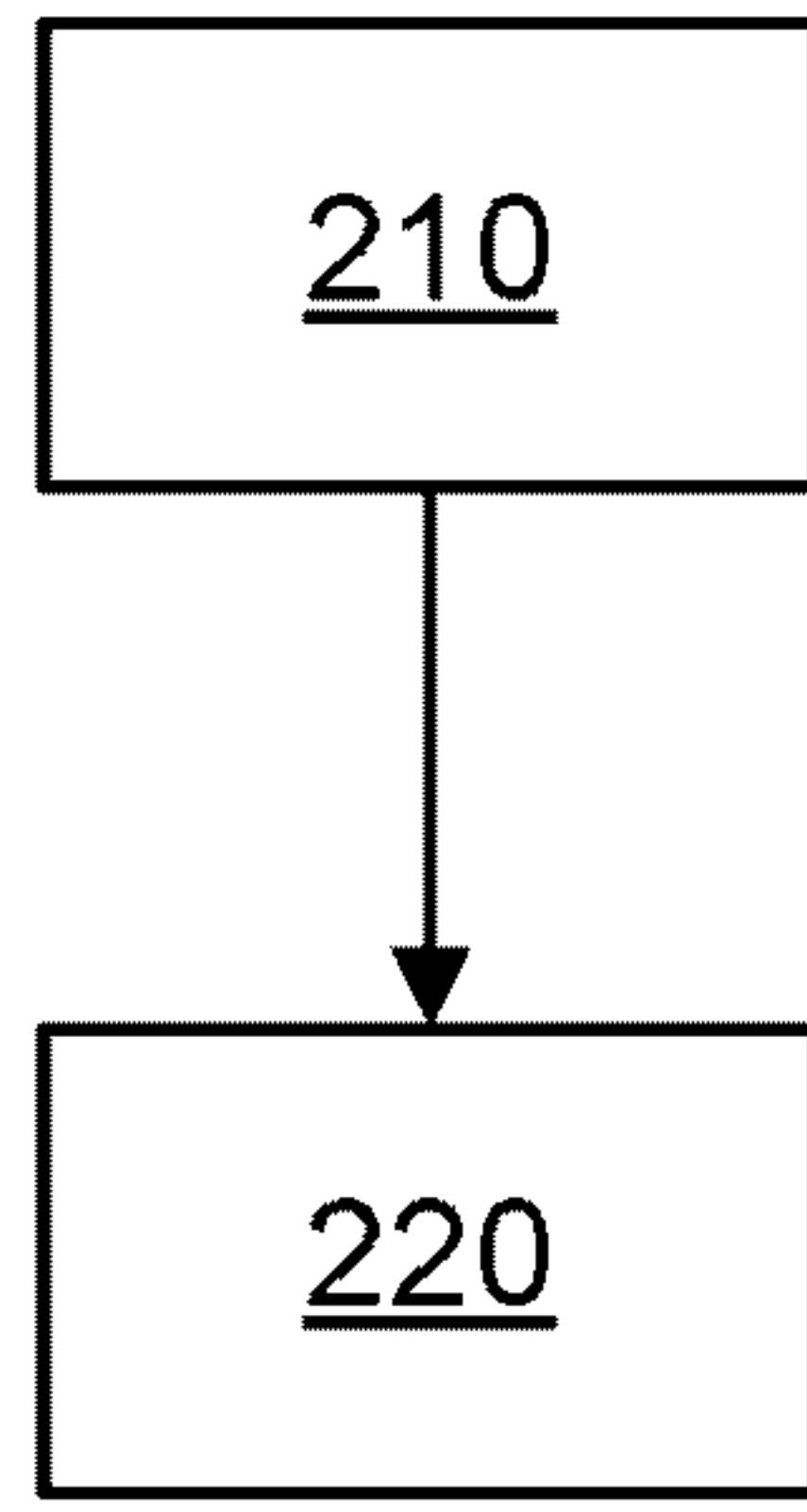
指定代表圖：

符號簡單說明：

200:方法

210:步驟

220:步驟



200

圖8



202123295

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 多層式物件的銑削**【英文發明名稱】** MILLING A MULTI-LAYERED OBJECT**【中文】**

一種銑削機，非暫態電腦可讀媒體，以及用於銑削多層式物件的方法。該方法可以包括步驟：（i）接收或決定與銑削過程有關的銑削參數，該銑削參數可以包括下列至少二者：（a）散焦強度，（b）銑削過程的持續時間，（c）在銑削過程中提供給一物鏡的偏置電壓，（d）離子束能量，及（e）離子束電流密度；以及，（ii）透過在保持銑削參數的同時應用銑削過程來形成一凹坑，其中該應用銑削過程的步驟，可包括將散焦的離子束引導到多層式物件上的步驟。

【英文】

A miller, a non-transitory computer readable medium, and a method for milling a multi-layered object. The method may include (i) receiving or determining milling parameters related to a milling process, the milling parameters may include at least two out of (a) a defocus strength, (b) a duration of the milling process, (c) a bias voltage supplied to an objective lens during the milling process, (d) an ion beam energy, and (e) an ion beam current density, and (ii) forming a crater by applying the milling process while maintaining the milling parameters, wherein the applying of the milling process includes directing a defocused ion beam on the multi-layered object.

【指定代表圖】第（ 8 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

2 0 0 : 方 法

2 1 0 : 步 驟

2 2 0 : 步 驟

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】多層式物件的銑削

【英文發明名稱】MILLING A MULTI-LAYERED OBJECT

相關申請的交叉引用

【0001】 本案要求2019年6月7日提出申請的美國非臨時申請案第16/435,367號的優先權，以此目的其全部內容透過引用合併於此。

【技術領域】

【0002】 本案涉及銑削多層式物件。

【先前技術】

【0003】 諸如各種半導體物體的多層式物件（例如，半導體晶圓、顯示面板、太陽能晶圓）可以包括微觀尺度的多層。令人感興趣的是該些層的尺寸（例如厚度）以及一層覆蓋在另一層上的方式。

【0004】 越來越需要提供用於評估多層式物件的系統、非暫態電腦可讀媒體、及方法。

【發明內容】

【0005】 提供一種用於銑削多層式物件的方法。該方法可以包括步驟：（i）接收或決定與銑削過程有關的銑削參數，該銑削參數可以包括下列至少二者：（a）散焦強度，（b）銑削過程的持續時間，（c）在銑削過程中提供給一物鏡的偏置電壓，（d）離子束能量，及（e）離子束電流密度；以及，（ii）透過在保持銑削參數的同時應用銑削過程來

形成一凹坑，其中該應用銑削過程的步驟，可包括將散焦的離子束引導到多層式物件上的步驟。

【0006】 可提供一種儲存指令的非暫態電腦可讀媒體，該指令用於：（i）接收或決定與銑削過程有關的銑削參數；其中，銑削參數可包括以下至少二者：（a）離焦強度；（b）銑削過程的持續時間；（c）在銑削過程中提供給物鏡的偏置電壓；（d）離子束能量，及（e）離子束電流密度；以及（ii）透過在保持銑削參數的同時應用銑削過程來形成凹坑，其中，該應用銑削過程的步驟，可包括將散焦的離子束引導到多層式物件上的步驟。

【0007】 可提供一種銑削機，其可以包括一控制器及一聚焦的離子束柱。該控制器可用以接收或決定與銑削過程有關的銑削參數。該些銑削參數可包括以下至少二者：（a）離焦強度；（b）銑削過程的持續時間；（c）在銑削過程中提供給物鏡的偏置電壓；（d）離子束能量（e）離子束電流密度。該聚焦的離子束柱可用以透過在保持該些銑削參數的同時應用銑削過程來形成凹坑。該應用銑削過程的步驟，可包括將散焦的離子束引導到多層式物件上的步驟。

【圖式簡單說明】

【0008】 可以在說明書的總結部分中特別指出並明確請求所欲保護的發明標的的示例。然而，當結合附圖閱讀以下詳細說明時，可較佳地理解本案的實施例的組成和操作方法以及其目的、特徵、及優點，其中：

【0009】 第1圖是使用聚焦的離子束在多層式物件中形成的凹坑的圖像的示例；

【0010】 第2圖是使用散焦的離子束在多層式物件中形成的凹坑的圖像的示例；

【0011】 第3圖是使用散焦的離子束在多層式物件中形成的凹坑的圖像的示例；

【0012】 第4圖是使用散焦的離子束在多層式物件中形成的凹坑的圖像的示例；

【0013】 第5圖是聚焦的離子束柱的示例；

【0014】 第6圖是掃描型電子顯微鏡柱的示例；以及

【0015】 第7圖是銑削機的示例；以及

【0016】 第8圖示出了方法的示例。

【0017】 應當理解，為了簡化圖示及清楚起見，圖中所示的元件未必按比例繪製。例如，為了清楚起見，一些元件的尺寸可能相對於其他元件被放大。此外，在認為適當的情況下，可以在附圖之間重複元件符號以指示對應或相似的元件。

【實施方式】

【0018】 在以下詳細說明中，闡述了許多具體細節以便提供對本案的實施例的透徹理解。然而，熟習此項技術者將理解，可以在沒有該等具體細節的情況下實施本案的當前實施例。在其他情況下，未詳細描述熟知的方法、過程、及組件，以免模糊本案的當前實施例。

【0019】 在說明書的總結部分中特別指出並明確請求視為所欲保護的本案的發明標的的實施例。然而，當結合附圖閱讀時，透過參考以下詳細說明，可以較佳地理解本案的實施例的組成和操作方法以及其目的、特徵、及優點。

【0020】 由於本案的本實施例的所示實施例在很大程度上可以使用熟習此項技術者已知的電子組件和電路來實現，因此為了理解和了解本案的實施例的基本概念，並且為了不混淆或分散本案的實施例的教示，不會在比以上認為的必要範圍更大的程度上解釋細節。

【0021】 說明書中對方法的任何引用均應作必要的變化以適用於能夠執行該方法的銑削機，並且應作必要的變化而適用於儲存指令的非暫態電腦可讀媒體，該指令一旦由電腦執行，即會執行該方法。

【0022】 說明書中對系統的任何引用都應作必要的變化後應用於系統可以執行的方法，並應作必要的變化後應用於儲存可以由銑削機執行的指令的非暫態電腦可讀媒體。

【0023】 說明書中對非暫態電腦可讀媒體的任何引用都應作必要的變化以適用於能夠執行儲存在非暫態電腦可讀媒體中的指令的銑削機，並且應作必要的變化而適用於可以由電腦執行的方法讀取儲存在非暫態電腦可讀媒體中的指令。

【0024】 可以提供用於銑削多層式物件的銑削機、方法、及非暫態電腦可讀媒體。銑削涉及應用銑削過程，該過程可包括將散焦的離子束引導到多層式物件的表面上。銑削

可涉及使用未聚焦的離子束形成具有對角邊緣的凹坑。使用高電流未聚焦的離子束的銑削，可以在使用遵循三維掃描圖案的聚焦較低電流離子束形成暴露表面所需的一小部分的時間下，形成多層式物件的對角暴露表面。

【0025】 可以基於將要銑削的材料、所需的尺寸、及透過銑削形成的凹坑的光滑度，來決定銑削過程的各種銑削參數。

【0026】 銑削參數可以包括散焦強度、銑削的持續時間、提供給物鏡的偏置電壓、離子束能量、離子束的電流密度中的至少二者。

【0027】 凹坑的直徑可以取決於束能量、離子束的電流密度、及散焦強度。凹坑的深度可能取決於束能量、電流密度、曝光時間、及所銑削的材料。

【0028】 可以以一種或多種方式來得知銑削的銑削參數與凹坑參數之間的一映射。例如，映射可以基於應用不同銑削參數時執行的實際銑削操作。可只測試銑削參數值的所有可能組合的一部分。再舉一個示例 - 銑削操作可能基於銑削的模擬或其他估計值 - 即使不執行任何銑削。

【0029】 可透過各種方式獲得散焦，例如，透過向銑削機的聚焦的離子束柱的物鏡上增加一偏置電壓。偏置電壓可以是用於將帶電粒子束朝樣品加速的加速電壓的一部分（例如，小於百分之一、小於百分之五，或其他任何值）。

【0030】 以下列出銑削參數與凹坑參數的非限制性示例。假定該多層式物件具有在矽塊上方形成的交替的氧化物 -

氮化物層。交替的氧化物-氮化物層的總厚度約為5微米。可以使用其他尺寸和其他材料。

- a) 聚焦的Xe束具有30 keV的束能量、300 nA的探針電流、約17 kV的物鏡電壓、及5秒鐘的曝光時間 - 形成了粗糙的凹坑90(1) (參見第1圖)，且其底部的形狀為直徑為5微米的內圓 (裸露的矽塊)。在形成凹坑之前，該物件包括穿過多層並到達矽基板的孔90(2)。凹坑的形成使孔在不同深度暴露。孔90(2)非常小，由元件符號90(2)表示，但在第1圖中可能非直接可見的。第1圖的圖像91中示出了凹坑90(1)。
- b) 向物鏡添加200伏的偏置電壓並將曝光增加到十秒鐘，形成了光滑的凹坑90'(1) (請參見第2圖的圖像92)，其直徑為40微米，並具有底部形狀為直徑為10微米的內圓。第1圖和第2圖的圖像是在相同條件下採集的掃描電子圖像。例如 - 相同的電壓、相同的工作距離、相同的傾斜角)。儘管如此 - 第2圖的圖像92是在視野中獲得的，其為視野91的兩倍。
- c) 在物鏡上加上400伏的偏置電壓並將曝光時間增加到15秒，形成了光滑的，直徑為75微米的凹坑90"(1) (見第3圖的圖像93)，但是底部沒有到達矽塊。可以使用用於決定與圖像的像素有關的深度資訊的圖像處理，來處理第3圖的圖像93 (以及第1圖的圖像91及第2圖的圖像92)。可以使用邊緣偵測及/或對比度分析來偵測多層。

d) 向物鏡增加600伏的偏置電壓並將曝光增加到60秒，從而形成了第4圖的光滑的凹坑91(11)(參見圖像94)，其直徑為100微米且具有底部形狀為直徑為20微米的內圓。

【0031】 該凹坑可以使形成在一個或多個暴露層中的結構元件暴露，並且可以使用例如臨界尺寸掃描電子顯微鏡(CDSEM)來測量該等結構元件的臨界尺寸。該等結構元件的非限制性示例可以是在該一或多層中形成的孔(例如，第1圖的孔90(2))。該等孔可以穿過所有多層。該等孔可以被填充或可以是空的。一個被填充的孔可以形成在三維NAND記憶體陣列中使用的導電路徑。

【0032】 結構元件的臨界尺寸的測量可包括(a)使用對比圖像分析來識別每個凹坑內的不同層，從而映射不同深度的XY坐標，以及(b)在一個或多個深度上對一個或多個結構元件進行成像(例如-使用CDSEM)來獲取不同深度的結構元件臨界尺寸的統計資訊。

【0033】 銑削機可包括一個或多個偵測器。該一或多個偵測器可以獲取有關凹坑的資訊-尤其是有關一旦銑削成凹坑的暴露的層的資訊。具有更適度斜率的光滑凹坑的形成可能會極大地提高所獲得資訊的準確性-尤其是相較於從一粗糙凹坑所獲得的更多雜訊且不準確的資訊。

【0034】 從一或多個偵測器所獲得的資訊，可用於產生層的深度與層的尺寸之間的一映射。

【0035】 因為對角線暴露的表面是彎曲的並且是非線性的，所以（i）凹坑圖像的像素之間的距離與（ii）與該等像素關聯的深度之間，可能存在非線性關係。

【0036】 例如，假設多層式物件的各層具有相同的厚度，則由於對角線暴露表面的非線性，不同層的邊緣之間的距離可能彼此不同。

【0037】 可以透過多種方式來得知此種非線性關係，例如，透過評估已知厚度的層內的已知尺寸的凹坑的圖像。凹坑可以是對稱的也可以是不對稱的，且圖像處理應補償對稱度的變化。該補償可以基於已知參考獲得的圖像。

【0038】 因此，當使用具有非線性斜率的散焦的離子束進行銑削時，需應用圖像處理來識別不同層的不同深度。

【0039】 但是，可透過校準未聚焦的離子束特性來控制凹坑的深度，例如，透過控制曝光時間。

【0040】 因此，就散焦強度而言依照光束作用點，及就曝光時間而言依照目標材料，可最佳化理想的（所需的）凹坑。

【0041】 第5圖示出了諸如半導體晶圓的多層式物件40，及一銑削機的聚焦的離子束柱10的示例。

【0042】 聚焦的離子束柱10包括束源14、第一透鏡18、物鏡20、電源單元30、及用於控制聚焦的離子束柱10的控制器34。

【0043】 第一透鏡18可以是聚光器及/或掃描透鏡。

【0044】 物鏡 2 0 可以包括一磁透鏡 2 2 及一靜電透鏡 2 4 。
可以將偏置電壓施加到靜電透鏡 2 4 。

【0045】 聚焦的離子束柱 1 0 可以包括附加的光學元件，其他光學元件等。

【0046】 聚焦的離子束柱 1 0 可以產生離子束 6 2 。

【0047】 離子束 6 2 可以傾斜、偏轉一次或多次，可以以可垂直於多層式物件 4 0 的角度或一傾斜角度撞擊到多層式物件 4 0 上。

【0048】 第 5 圖示出了由物鏡 2 0 聚焦並到達未聚焦的多層式物件的上表面（位於第一平面 5 1 中）的離子束 6 2 。聚焦平面 5 2 在上表面下方並且在凹坑（未示出）下方。應當注意，聚焦平面可以在上表面上方。

【0049】 該散焦強度，以及其他銑削參數，可以由控制器 3 4 控制。

【0050】 第 6 圖示出了銑削機的掃描電子顯微鏡柱（SEM 柱）1 1 的示例。

【0051】 SEM 柱 1 1 可以包括束源 1 5 、第一雙偏向透鏡 1 7 、第二雙偏向透鏡 1 9 、透鏡內偵測器 2 3 、附加偵測器 2 7 、能量濾波器 2 9 、物鏡 2 1 、電源供應單元 3 1 、及用來控制 SEM 柱 1 1 的控制器 3 5 。

【0052】 物鏡 2 1 可以包括一磁透鏡及一靜電透鏡。可以將偏置電壓施加到靜電透鏡。

【0053】 SEM 柱 1 1 可以包括附加的光學元件，其他光學元件等。撞擊多層式物件 4 0 的一次電子束 6 1 可以傾斜、偏向

一次或多次（例如，四次 - 如第 6 圖所示），可以以垂直於多層式物件 40 的一角度或一傾斜角度撞擊多層式物件 40，。

【0054】 從多層式物件 40 發射的電子可以到達能量過濾器 29 或可以到達透鏡內偵測器 23。在第 6 圖中，到達能量過濾器 29 的電子表示為 63。

【0055】 能量過濾器 29 可以選擇性地將能量超過能量過濾器 29 所設置的閾值的電子傳遞到另外的偵測器 27。閾值的改變可以允許不同能量的電子到達附加偵測器 27。

【0056】 SEM 柱 11 可以包括偵測器的任何組合。

【0057】 第 7 圖說明了成像器和多層式物件 40 的兩個示例。

【0058】 在第一成像器 101 中，SEM 柱 11 與聚焦的離子束柱 10 彼此平行。在第二成像器 102 中，SEM 柱 11 與聚焦的離子束柱 10 彼此定向。

【0059】 應當注意，一個柱或兩個柱都可以相對於其他柱及 / 或相對於多層式物件 40 傾斜。

【0060】 第 8 圖示出了方法 200 的示例。

【0061】 方法 200 可以包括步驟 210 和 220。

【0062】 步驟 210 可以包括接收或決定與銑削過程有關的銑削參數。

【0063】 銑削參數可以包括以下至少一些：(a) 離焦強度，(b) 銑削過程的持續時間，(c) 在銑削過程中提供給物

鏡的偏置電壓，（d）離子離子束能量，以及（e）離子束電流密度。

【0064】 步驟 2 2 0 可以包括透過在保持銑削參數的同時，應用銑削過程來形成凹坑，其中，應用銑削過程的步驟可以包括將散焦的離子束引導到多層式物件上的步驟。

【0065】 步驟 2 1 0 可以包括接收凹坑參數並基於該些凹坑參數決定該些銑削參數。

【0066】 凹坑參數可以包括透過銑削過程銑削的多層式物件的一種或多種材料，以及限定凹坑的形狀和尺寸中的至少二者的空間參數。

【0067】 步驟 2 1 0 可以包括基於該些銑削參數與該些凹坑參數之間的一映射來決定該些銑削參數。

【0068】 步驟 2 1 0 可以包括基於使用不同銑削參數而應用的測試銑削過程來決定該映射。

【0069】 關於銑削參數 -

- a) 離焦強度影響凹坑的尺寸、凹坑的形狀、及離焦離子束的電流密度。例如，更強的散焦會導致更大的凹坑、更適度的傾斜凹坑、及更低的離焦離子束電流密度。
- b) 銑削的持續時間決定了凹坑的深度。
- c) 物鏡偏置電壓控制散焦強度。
- d) 離子束能量不影響散焦，但較強的離子束能量可使散焦的離子束更深地穿透並減少表面變形。

- e) 離子束電流不決定散焦，但決定銑削速度與凹坑的大小。例如，更高的離子束電流可導致更快的銑削及更大的凹坑。
- f) 由於離子束電流和離子束能量的變化會改變散焦的離子束的輪廓，因此凹坑的形狀與凹坑的大小受到離子束能量與離子束電流的影響。

【0070】 凹坑參數可以包括銑削過程銑削的多層式物件的一種或多種材料，以及限定凹坑的形狀和尺寸中的至少二者的空間參數。

【0071】 凹坑參數可以任何方式決定。例如，該些凹坑參數可以由使用者、銑削機的操作員等來決定。

【0072】 可透過模擬、測試凹坑的實際銑削等，來計算該些銑削參數與該些凹坑參數之間的映射。

【0073】 任何帶電粒子束都可用任何傾斜角度。

【0074】 在銑削步驟 220 之後，該方法可以進一步包括使用 SEM 柱 11 收集多層中的一或多層中的感興趣位置的臨界尺寸 (CD) 測量值，處理該 CD 測量值並產生該物件的三維 (3D) 分析。應用銑削過程的步驟，可以包括步驟：在該物件上的一個點或多個點上銑削、沿著一掃描線或沿著任何其他銑削路徑銑削、在該物件的任何區域銑削，在孔的開口處或附近進行銑削等。

【0075】 本案的實施例還可以在用於在電腦系統上運行的電腦程式中實施，該電腦程式至少包括代碼部分，其用於當在一可程式化設備 (如電腦系統) 上執行時，執行根據

本案的實施例的方法的步驟，或使可程式化設備能夠執行根據本案實施例的裝置或系統的功能。該電腦程式可以使儲存系統將磁碟驅動器分配給磁碟驅動器組。

【0076】 電腦程式是一指令列表，例如一特定的應用程式及/或一操作系統。該電腦程式可以例如包括以下一或多者：子例程、函數、過程、物件方法、物件實現、可執行應用程序、小型應用程式、小服務程式、源代碼、目標碼、共享庫/動態負載庫、及/或其他設計用於在電腦系統上執行的指令序列。

【0077】 該電腦程式可以儲存在非暫態電腦可讀媒體內部。可永久地、可移動地、或遠程地耦合到資訊處理系統的電腦可讀媒體上，而提供全部或一些電腦程式。該電腦可讀媒體可以包括，例如但不限於，以下任意數量：磁性儲存媒體，包括磁碟與磁帶儲存媒體；光儲存媒體，例如光碟媒體（例如CD-ROM，CD-R等）與數位視訊磁碟儲存媒體；非揮發性儲存媒體，包括基於半導體的儲存單元，例如快閃記憶體、EEPROM、EPROM、ROM；鐵磁性數位記憶體；MRAM；揮發性儲存媒體，包括暫存器、緩衝區、或快取記憶體、主記憶體、RAM等。

【0078】 電腦程序通常包括執行（運行）程式或一部分的程式，當前程式值與狀態資訊，以及操作系統用來管理程序執行的資源。操作系統（OS）是一種軟體，用於管理電腦資源的共享，並為程式員提供用於訪問該等資源的介面。操作系統處理系統資料及使用輸入，並透過分配和

管理任務和內部系統資源作為對系統使用者及程式的服務來進行回應。

【0079】 該電腦系統可以例如包括至少一個處理單元、相關聯的記憶體、及多個輸入/輸出（I/O）設備。當執行電腦程式時，電腦系統根據電腦程式處理資訊，並藉由I/O裝置產生結果輸出資訊。

【0080】 在前述說明書中，已經參考本案的實施例的特定示例描述了本案的實施例。然而，將顯而易見的是，在不脫離所附申請專利範圍中闡述的本案的實施例的更廣泛的精神和範圍的情況下，可以在其中進行各種修改和改變。

【0081】 此外，說明書和申請專利範圍書中的用語「前」、「後」、「頂部」、「底部」、「上方」、「下方」等（如果有的話）僅用於描述目的，而不必用於描述永久的相對位置。應當理解，如此使用的用語在適當的情況下是可互換的，以使得本案描述的本案的實施方式例如能夠以不同於本案揭示或描述的其他取向的方式操作。

【0082】 儘管在示例中已經描述了特定的導電類型或電位的極性，但是應當理解，導電類型和電位的極性可以相反。

【0083】 本案描述的每個訊號可以被設計為正或負邏輯。在負邏輯訊號的情況下，該訊號為低位准有效，其中邏輯上為真對應於邏輯位准為零。在正邏輯訊號的情況下，該訊號為高位准有效，其中邏輯上為真對應於邏輯位准為一。注意，本案描述的任何訊號可以被設計為負的或正的邏輯訊號。因此，在替代實施例中，被描述為正的邏輯訊

號的那些訊號可以被實現為負的邏輯訊號，並且被描述為負的邏輯訊號的那些訊號可以被實現為正的邏輯訊號。

【0084】 此外，當將訊號、狀態位元、或類似裝置的產生分別表示為邏輯上為真或邏輯上為假狀態時，在本案中使用的用語「宣告」或「置位」及「否定」（或「解除宣告」或「清除」）。如果邏輯上為真的狀態是邏輯位准一，則邏輯上為假的狀態是邏輯位准零。並且，如果邏輯上為真狀態為邏輯位准零，則邏輯上為假為邏輯位准一。

【0085】 熟習此項技術者將認識到，邏輯區塊之間的邊界僅是示例性的，並且替代實施例可以合併邏輯區塊或電路元件，或者對各種邏輯區塊或電路元件施加功能的替代分解。因此，應當理解，本案描述的架構僅是示例性的，並且實際上可以實現相同功能的許多其他架構。

【0086】 有效地「關聯」用於實現相同功能的組件的任何配置，從而實現所需的功能。因此，本案中組合以實現特定功能的任何兩個組件可以被視為彼此「關聯」，從而實現所需的功能，而與架構或中間組件無關。同樣，如此關聯的任何兩個組件也可以被視為彼此「可操作地連接」或「可操作地耦合」以實現所需的功能。

【0087】 此外，熟習此項技術者將認識到，上述操作之間的邊界僅僅是示例性的。可以將多個操作組合成單個操作，可以將單個操作分佈在附加操作中，並且可以在時間上至少部分重疊地執行操作。此外，替代實施例可以包括

多個特定操作，並且在各種其他實施例中可以改變操作的順序。

【0088】 又例如，在一個實施例中，所示示例可以被實現為位於單個積體電路上或在同一元件內的電路。可替代地，示例可以被實現為以合適的方式彼此互連的任何數量的分離的積體電路或分離的元件。

【0089】 又例如，示例或其部分可以實現為物理電路的軟體或代碼表示或可轉換為物理電路的邏輯表示，例如為任何適當類型的硬體描述語言。

【0090】 而且，本案的實施例不限於以非可編程硬體實現的物理元件或單元，而是還可以應用於能夠透過根據合適的程式代碼進行操作來執行所需的元件功能的可編程元件或單元，例如大型機、小型電腦、伺服器，工作站、個人電腦、記事本、個人數位助理、電子遊戲、汽車與其他嵌入式系統、手機、以及各種其他無線設備，在本案中通常稱為「電腦系統」。

【0091】 然而，其他的修改、變化、及替代也是可能的。因此，說明書與附圖應被認為是說明性的而不是限制性的。

【0092】 在申請專利範圍中，在括號之間的任何附圖標記都不應解釋為對申請專利範圍的限制。單詞「包括」並不排除申請專利範圍中列出的元件或步驟之外的其他元件或步驟。此外，本案所使用的用語「一個」係定義為一個或多個。而且，在申請專利範圍中使用諸如「至少一個」及「一個或多個」之類的引入用語，不應解釋為暗示不定冠

詞「一」或「一個」被引入另一種請求保護的元件而限制了任何特定的內容，即使同一申請專利範圍包括了引入用語「一個或多個」或「至少一個」以及不定冠詞，例如「一個」或「一種」，包含該引入的請求保護的元件的申請專利範圍與僅包含一個這樣的元件的實施方式。定冠詞的使用也是如此。除非另有說明，否則諸如「第一」和「第二」之類的用語，用來任意地區分此類用語所描述的元件。因此，該等用語不一定用於指示此類元件的時間或其他優先順序。在互不相同的申請專利範圍中記載某些方式，並非表示不能有利地使用該等方式的組合。

【0093】 儘管本案已經圖示了並描述了本案的實施例的某些特徵，但是本領域普通技術人員現在將想到許多修改、替換、改變、及均等物。因此，應理解的是，所附申請專利範圍旨在涵蓋落入本案的實施例的真實精神內的所有此類修改和改變。

【符號說明】

【0094】

10：離子束柱

11：掃描電子顯微鏡柱（SEM柱）

14：束源

15：束源

17：第一雙偏向透鏡

18：第一透鏡

19：第二雙偏向透鏡

- 20 : 物鏡
- 21 : 物鏡
- 22 : 磁透鏡
- 23 : 透鏡內偵測器
- 24 : 靜電透鏡
- 27 : 附加偵測器
- 29 : 能量濾波器
- 30 : 電源單元
- 34 : 控制器
- 35 : 控制器
- 40 : 多層式物件
- 51 : 第一平面
- 52 : 聚焦平面
- 61 : 電子束
- 62 : 離子束
- 63 : 電子
- 90(1) : 凹坑
- 90'(1) : 凹坑
- 90"(1) : 凹坑
- 90(2) : 孔
- 91 : 視野
- 91(11) : 凹坑
- 92 : 圖像
- 93 : 圖像

94: 圖像

101: 第一成像器

102: 第二成像器

200: 方法

210: 步驟

220: 步驟

【生物材料寄存】

國內寄存資訊(請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

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】

【請求項 1】 一種銑削一多層式物件的方法，該方法包括以下步驟：

接收或決定與一銑削過程有關的銑削參數；其中該些銑削參數包括下列的至少二者：(a) 一離焦強度；(b) 該銑削過程的一持續時間；(c) 在該銑削過程中提供給一物鏡的一偏置電壓；(d) 一離子束能量，及(e) 一離子束電流密度；以及

透過在保持該些銑削參數的同時，應用該銑削過程在該多層式物件中形成一凹坑，其中，該應用銑削過程的步驟，包括將一散焦的離子束引導到該多層式物件上的步驟。

【請求項 2】 如請求項 1 所述的方法，包括步驟：接收凹坑參數，並且基於該些凹坑參數來決定該些銑削參數。

【請求項 3】 如請求項 2 所述的方法，其中該些凹坑參數包括透過該銑削過程銑削的該多層式物件的一種或多種材料，以及限定該凹坑的形狀和尺寸中的至少二者的空間參數。

【請求項 4】 如請求項 2 所述的方法，其中該決定步驟，是基於在該些銑削參數與該些凹坑參數之間的一映射。

【請求項 5】 如請求項 4 所述的方法，包含基於使用不同銑削參數而應用的測試銑削過程，來決定該映射。

【請求項 6】 如請求項 2 所述的方法，其中該些凹坑參數包括該凹坑的一光滑度。

【請求項 7】 如請求項 1 所述的方法，其中該些銑削參數包括該散焦強度、該銑削過程的該持續時間、該偏置電壓、該離子束能量、及該離子束電流密度。

【請求項 8】 如請求項 1 所述的方法，包括以下步驟：獲取該凹坑的一帶電粒子束圖像；以及，處理該帶電粒子束以決定與由該凹坑所暴露的一或多層有關的深度資訊。

【請求項 9】 如請求項 8 所述的方法，其中該處理步驟，包括：使用在該帶電粒子束圖像中的像素位置與關於該些像素的深度資訊之間的一映射的步驟。

【請求項 10】 如請求項 8 所述的方法，包括：決定與由該凹坑所暴露的一或多層有關的臨界尺寸。

【請求項 11】 如請求項 1 所述的方法，其中該散焦的離子束具有一聚焦平面，該聚焦平面在該多層式物件的一上表面下方或在該多層式物件的該上表面上方。

【請求項 12】 一種銑削機，包括一控制器及一聚焦的離子束柱；

其中該控制器用以接收或決定與一銑削過程有關的銑削參數；其中該些銑削參數包括以下各項中的至少二者：

(a) 一離焦強度；(b) 該銑削過程的一持續時間；(c) 在該銑削過程中提供給一物鏡的一偏置電壓；(d) 一離子束能量；及(e) 一離子束電流密度；且

其中，該聚焦的離子束柱用於在保持該些銑削參數的同時透過應用銑削過程在一多層式物件中形成一凹坑，

其中，該應用銑削過程包括將一散焦的離子束引導到一多層式物件上。

【請求項 13】如請求項 12 所述的銑削機，其中該控制器用以接收凹坑參數，並且基於該些凹坑參數決定該些銑削參數。

【請求項 14】如請求項 13 所述的銑削機，其中該些凹坑參數包括透過該銑削過程銑削的該多層式物件的一種或多種材料，以及限定該凹坑的形狀及尺寸中的至少二者的空間參數。

【請求項 15】如請求項 13 所述的銑削機，其中該控制器用以基於在該些銑削參數與該些凹坑參數之間的一映射來決定該些銑削參數。

【請求項 16】如請求項 15 所述的銑削機，其中該控制器用以基於使用不同銑削參數而應用的測試銑削過程，來決定該映射。

【請求項 17】如請求項 13 所述的銑削機，其中該凹坑參數包括該凹坑的一光滑度。

【請求項 18】如請求項 13 所述的銑削機，其中該些銑削參數包括該散焦強度、該銑削過程的持續時間、該偏置電壓、該離子束能量、及該離子束電流密度。

【請求項 19】一種非暫態電腦可讀媒體，用於儲存以下指令：

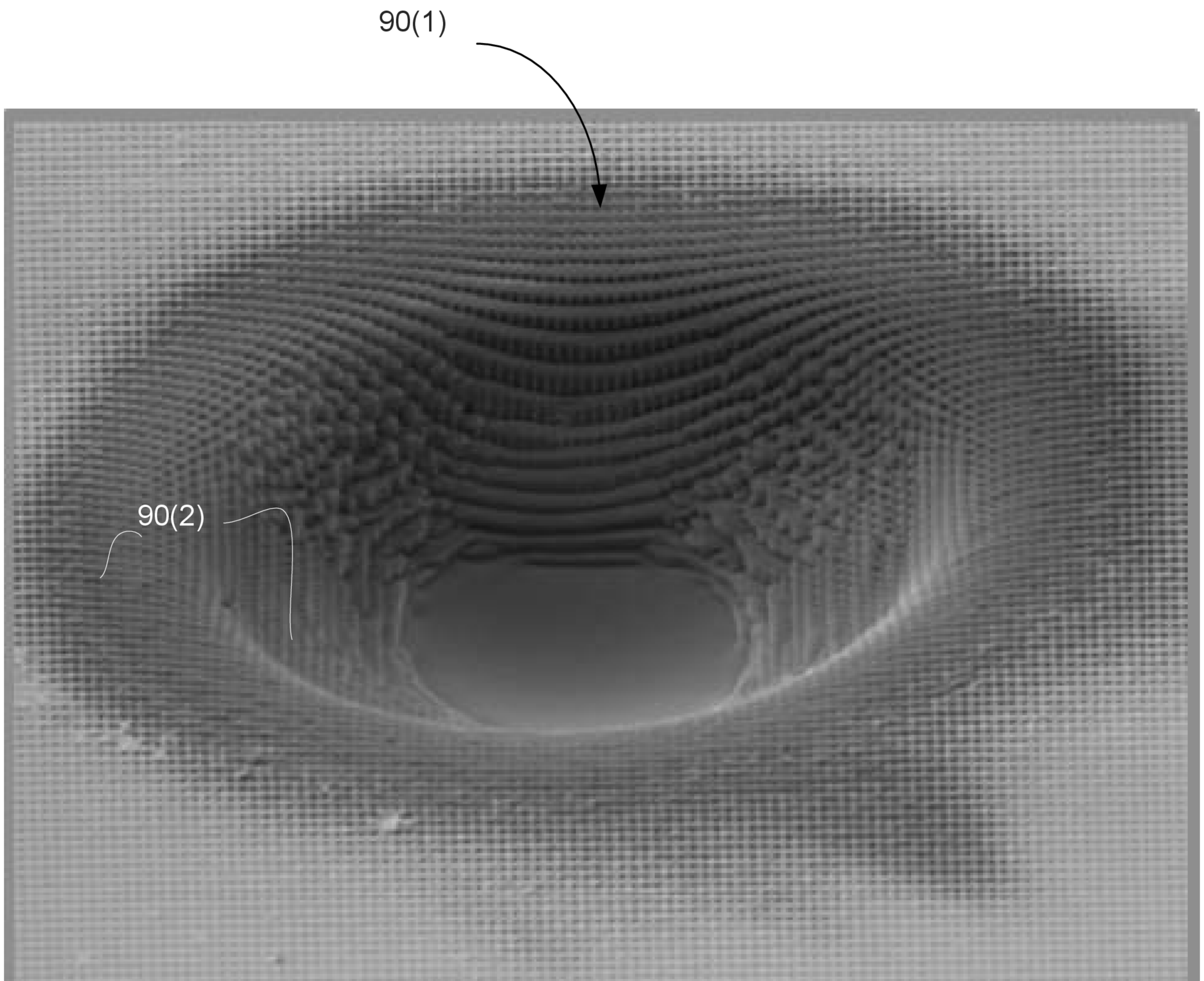
接收或決定與一銑削過程有關的銑削參數；其中，該些銑削參數包括以下各項中的至少二者：(a) 一離焦強

度；（b）該銑削過程的一持續時間；（c）在該銑削過程中提供給一物鏡的一偏置電壓；（d）一離子束能量，及（e）一離子束電流密度；以及

透過在保持該些銑削參數的同時應用銑削過程來形成一凹坑，其中，該應用該銑削過程的步驟，包括將一散焦的離子束引導到一多層式物件上的步驟。

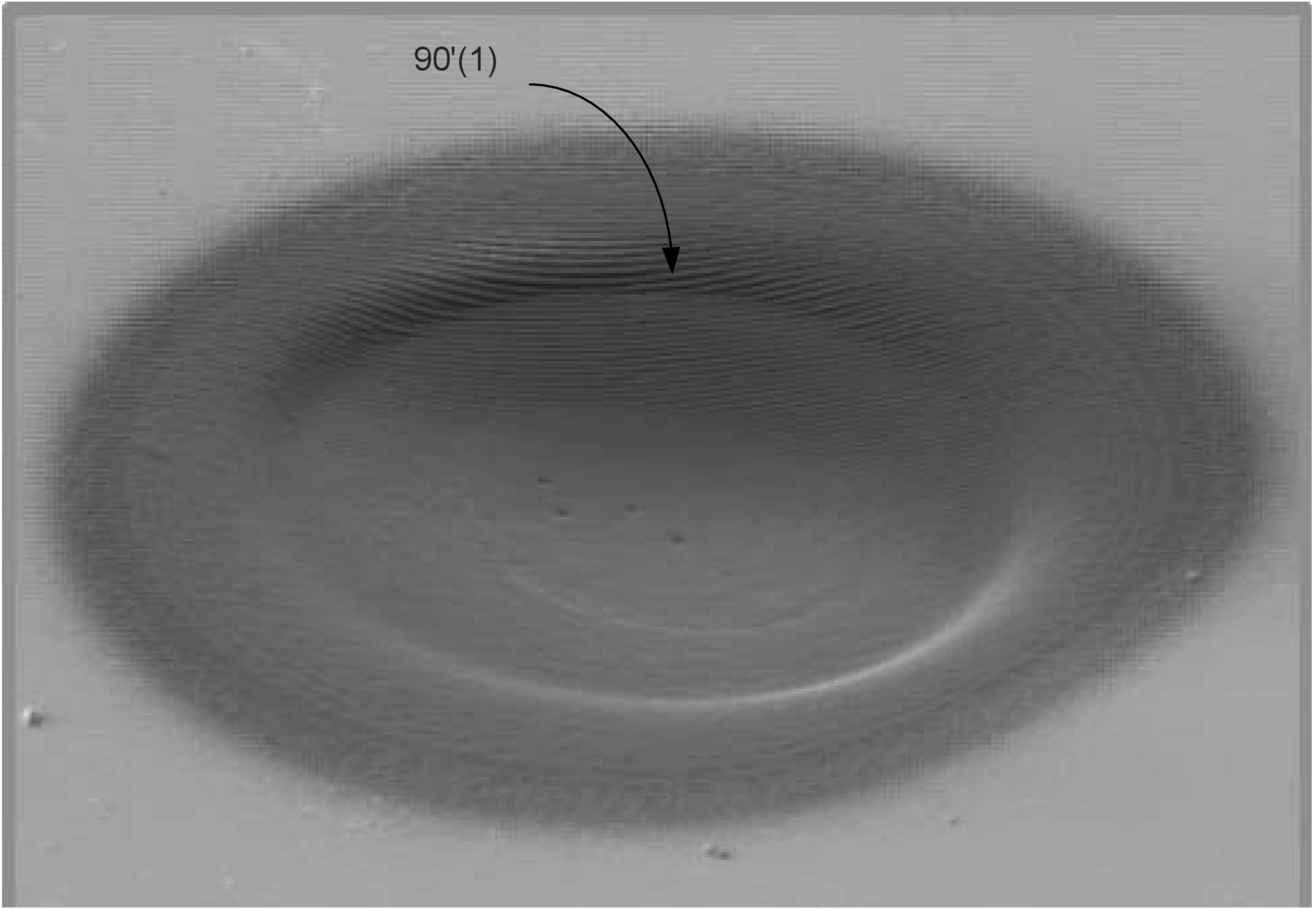
【請求項 20】 如請求項 19 所述的非暫態電腦可讀媒體，係儲存用於接收該些凹坑參數並基於該些凹坑參數決定該些銑削參數的指令。

【發明圖式】



91

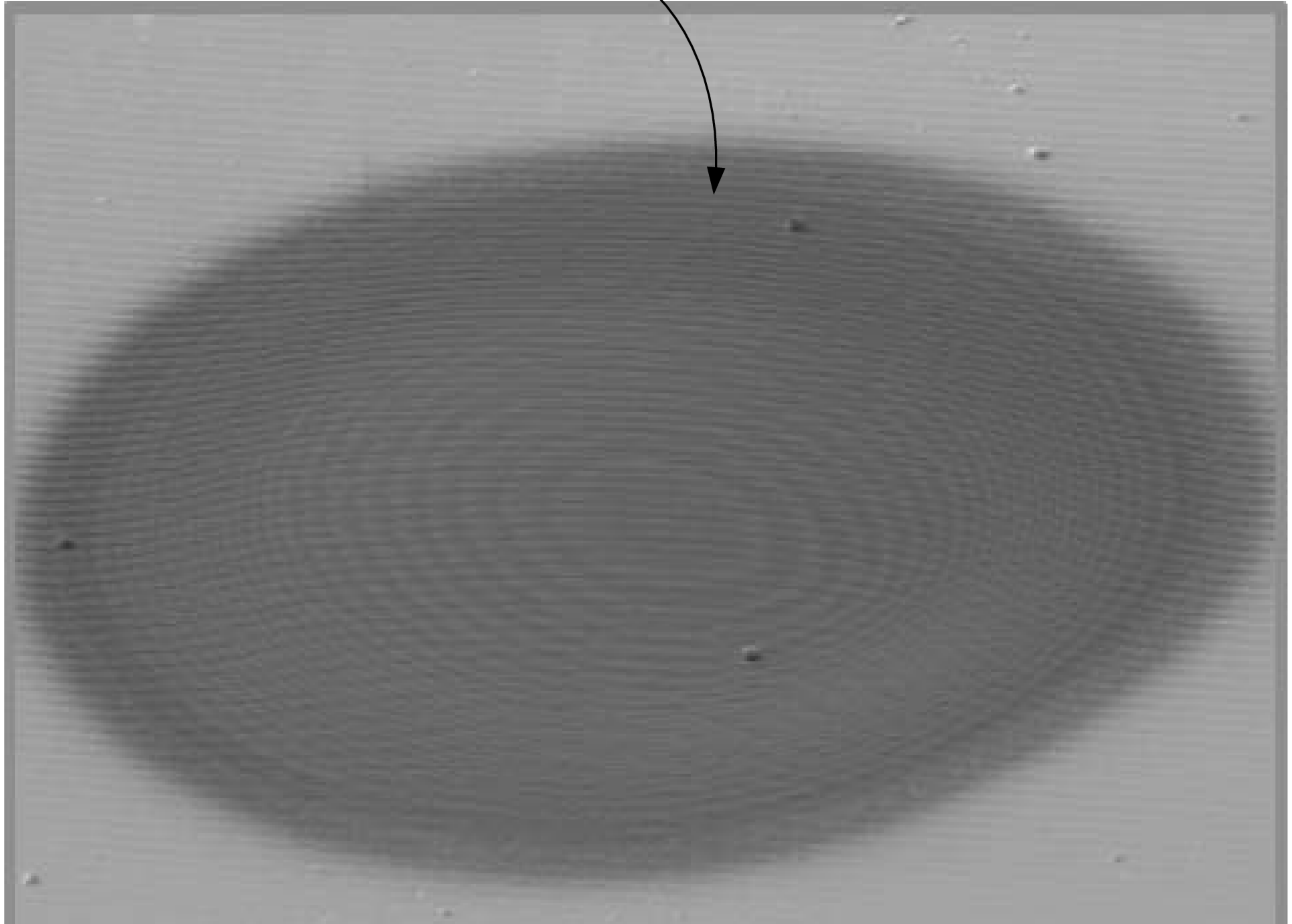
圖1



92

圖2

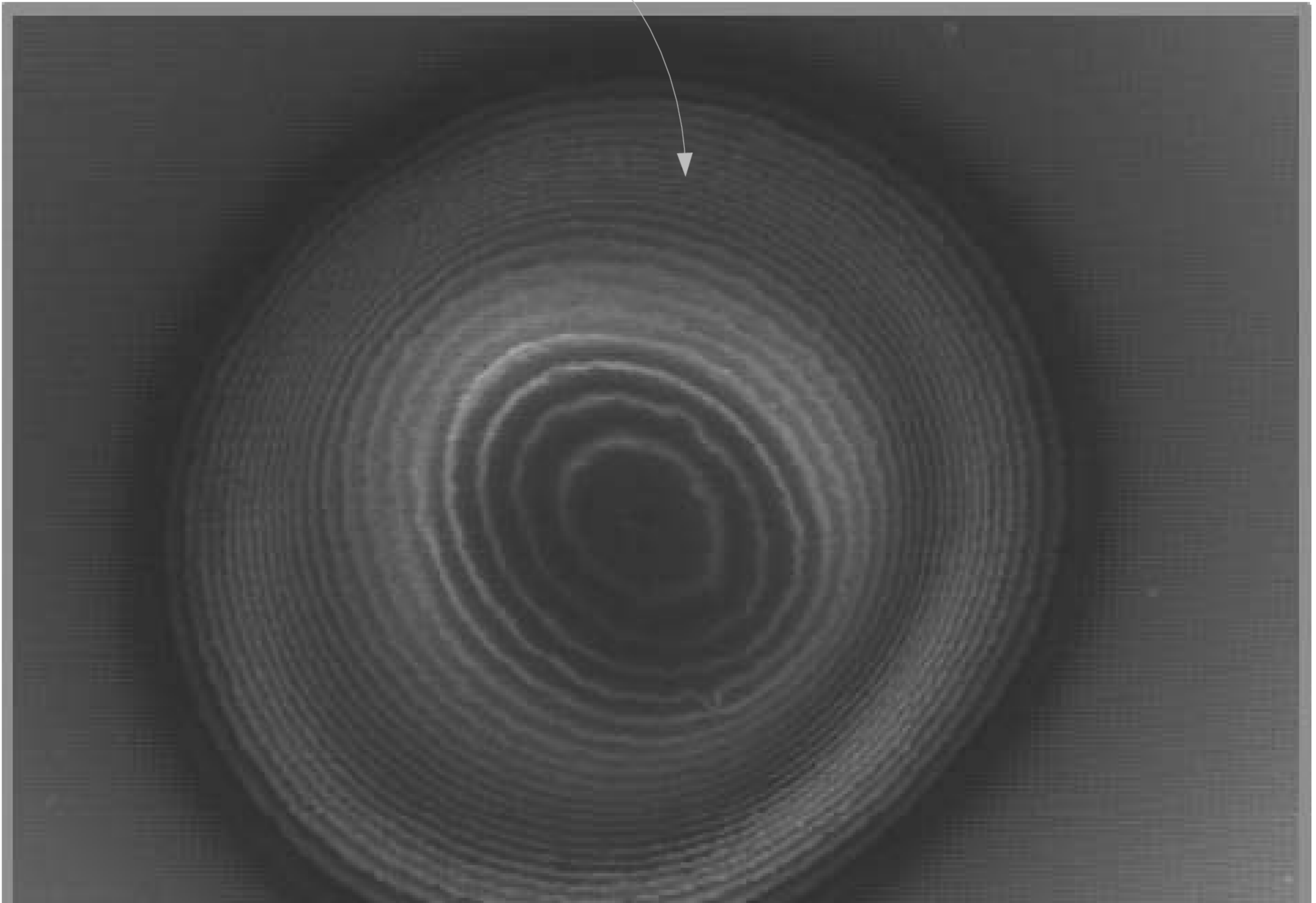
90"(1)



93

圖3

91(11)



94

圖4

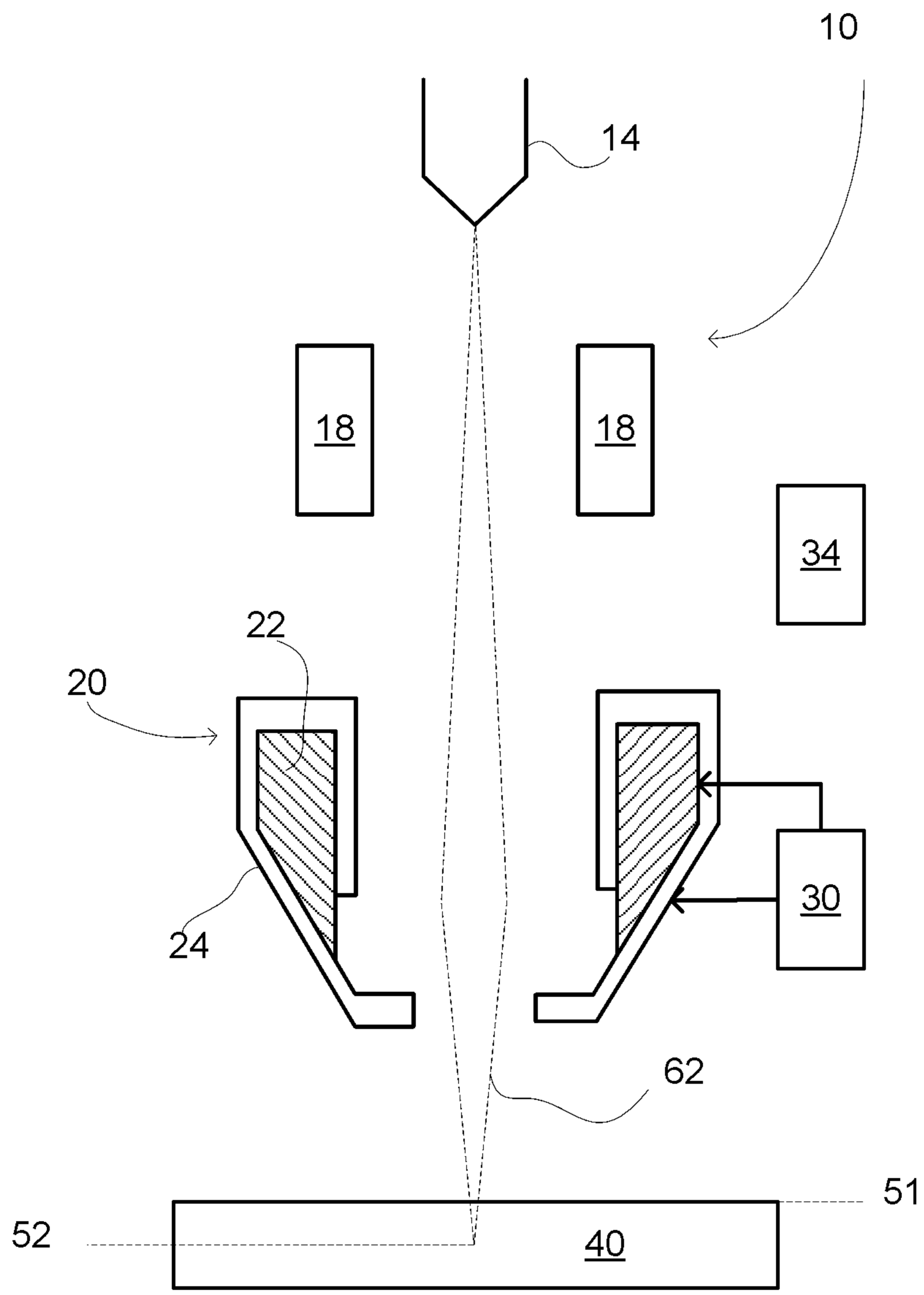


圖5

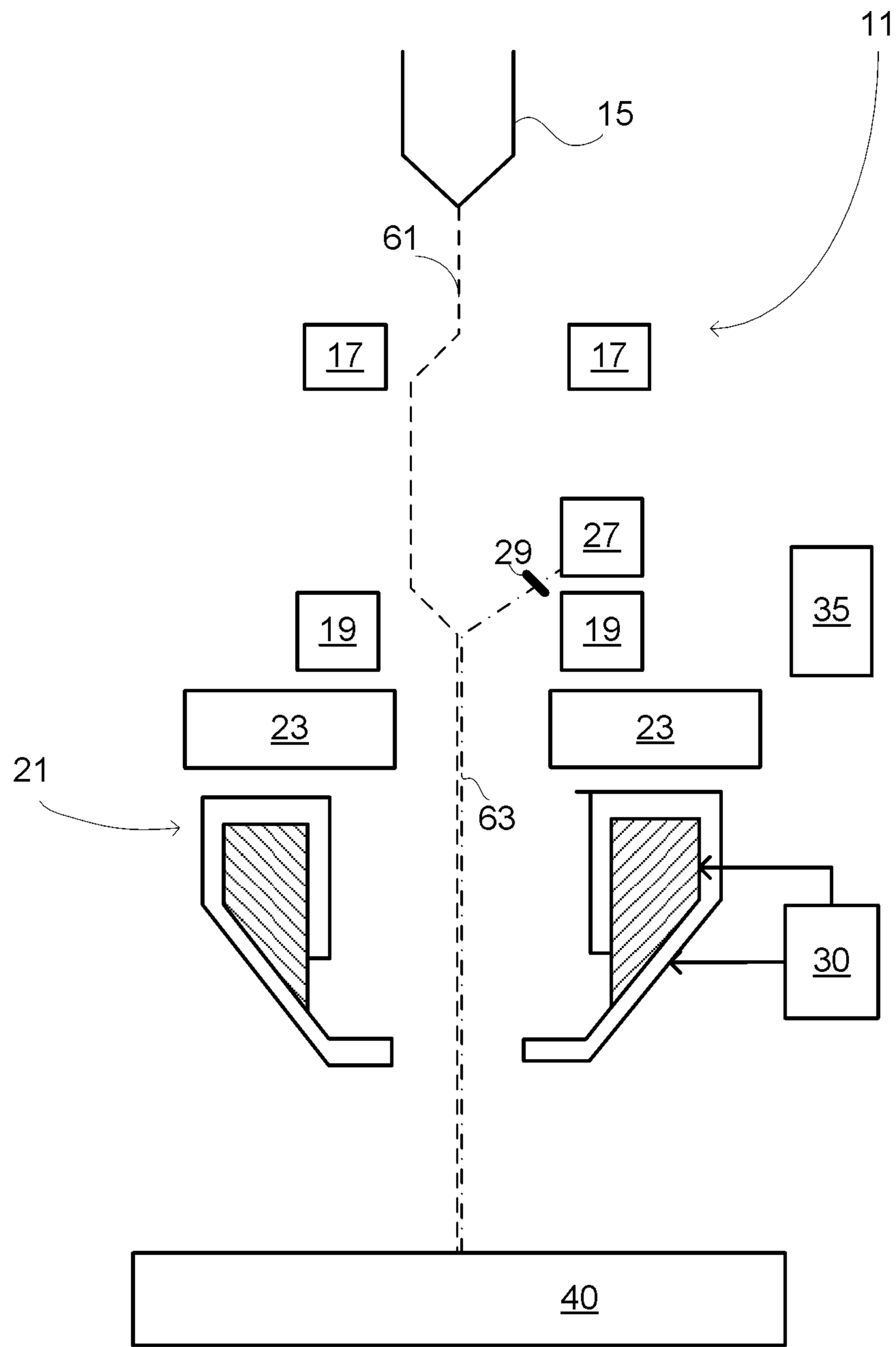


圖6

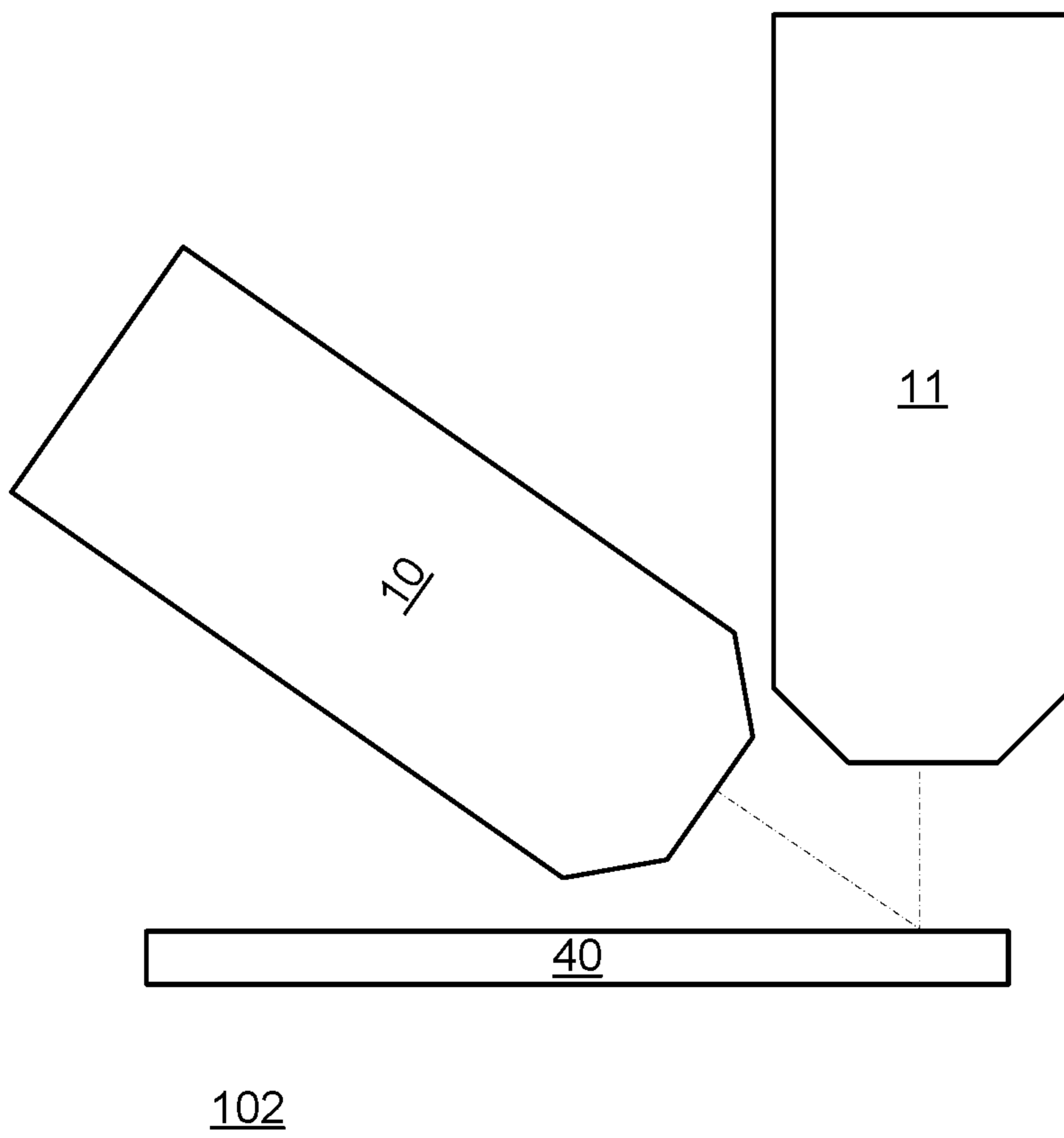
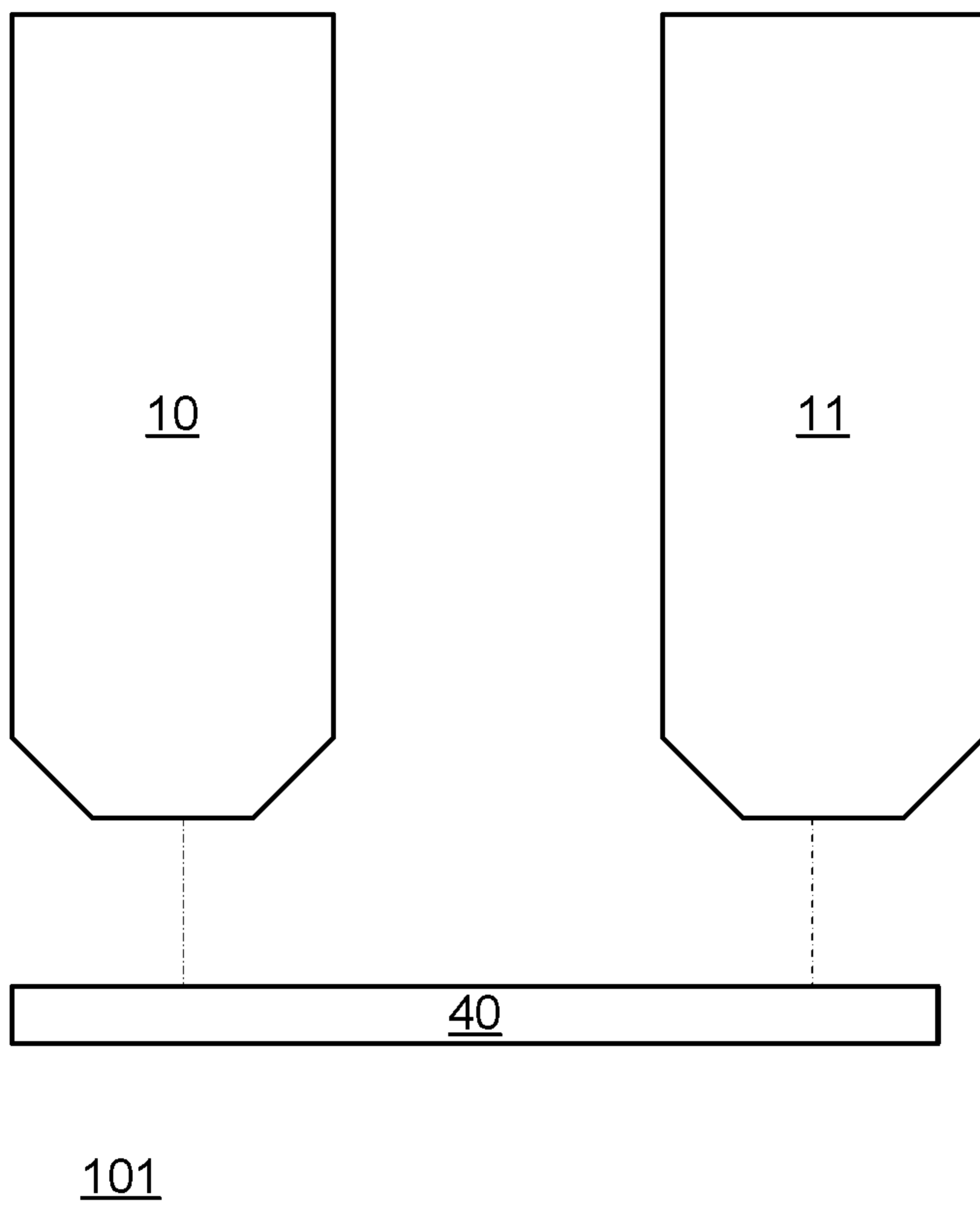
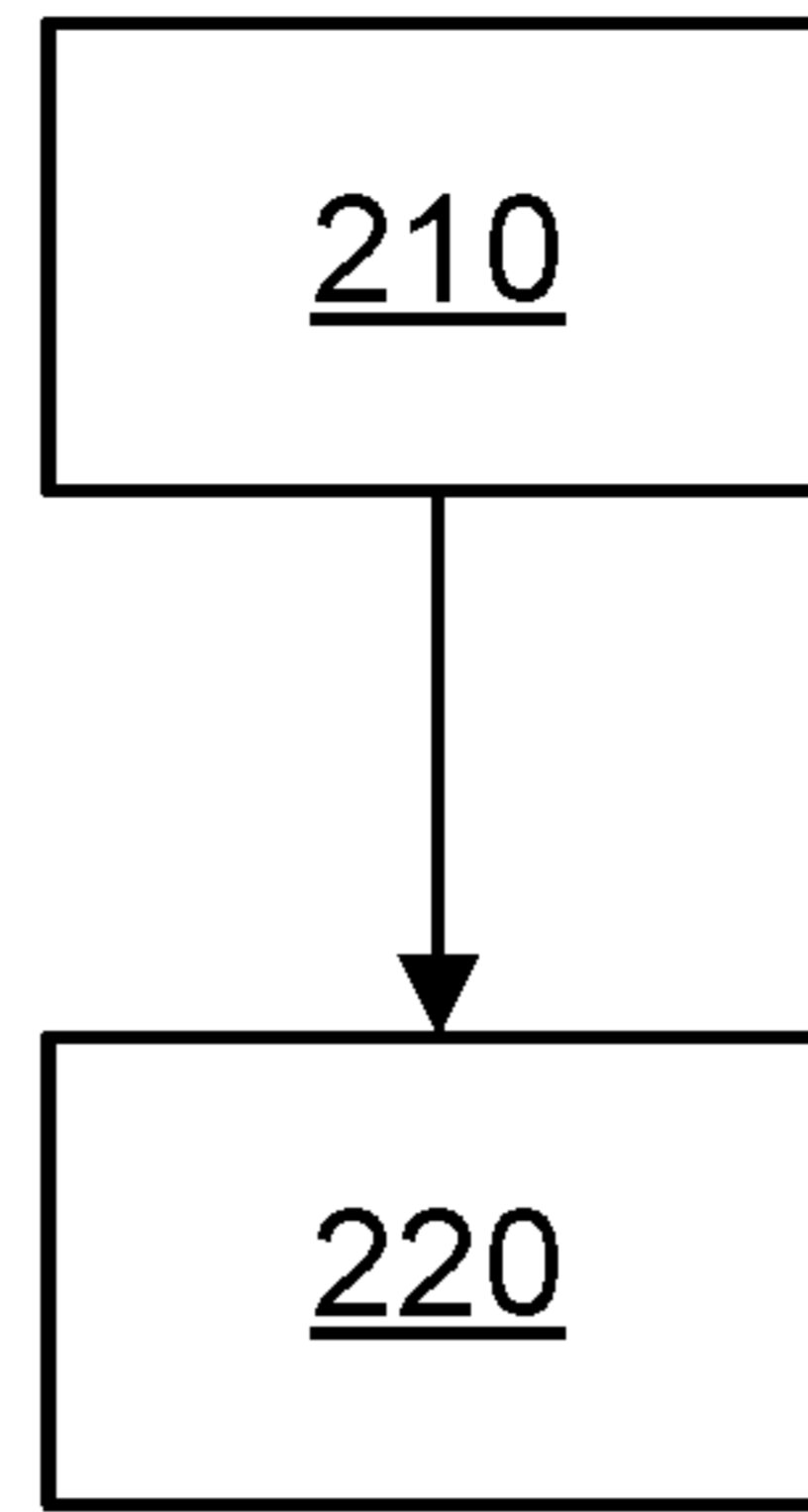


圖7



200

圖8