



(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 I690243 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：107123323

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 10 日

(51)Int. Cl. : **H05G2/00 (2006.01)****H01S3/131 (2006.01)**

(30)優先權：2013/03/14 美國

13/830,461

(71)申請人：荷蘭商 ASML 荷蘭公司 (荷蘭) ASML NETHERLANDS B.V. (NL)
荷蘭

(72)發明人：拉法斯羅伯特 J. RAFAC, ROBERT J. (US)

(74)代理人：林嘉興

(56)參考文獻：

US 7491954B2

US 7999241B2

US 8242472B2

WO 2011/102277A1

WO 2011/122397A1

審查人員：張嘉德

申請專利範圍項數：29 項 圖式數：10 共 60 頁

(54)名稱

極紫外線(EUV)光源及產生 EUV 光之方法

(57)摘要

用於產生 EUV 光之技術係包括將一第一脈衝的輻射導引朝向一靶材材料微滴以形成一經修改微滴，第一脈衝的輻射具有足以更改靶材材料微滴的形狀之一能量；將一第二脈衝的輻射導引朝向該經修改微滴以形成一吸收材料，第二脈衝的輻射具有足以改變經修改微滴之一性質之一能量，該性質係有關於輻射的吸收；及將一經放大光束導引朝向吸收材料，經放大光束具有足以將吸收材料的至少一部分轉換成極紫外線(EUV)光之一能量。

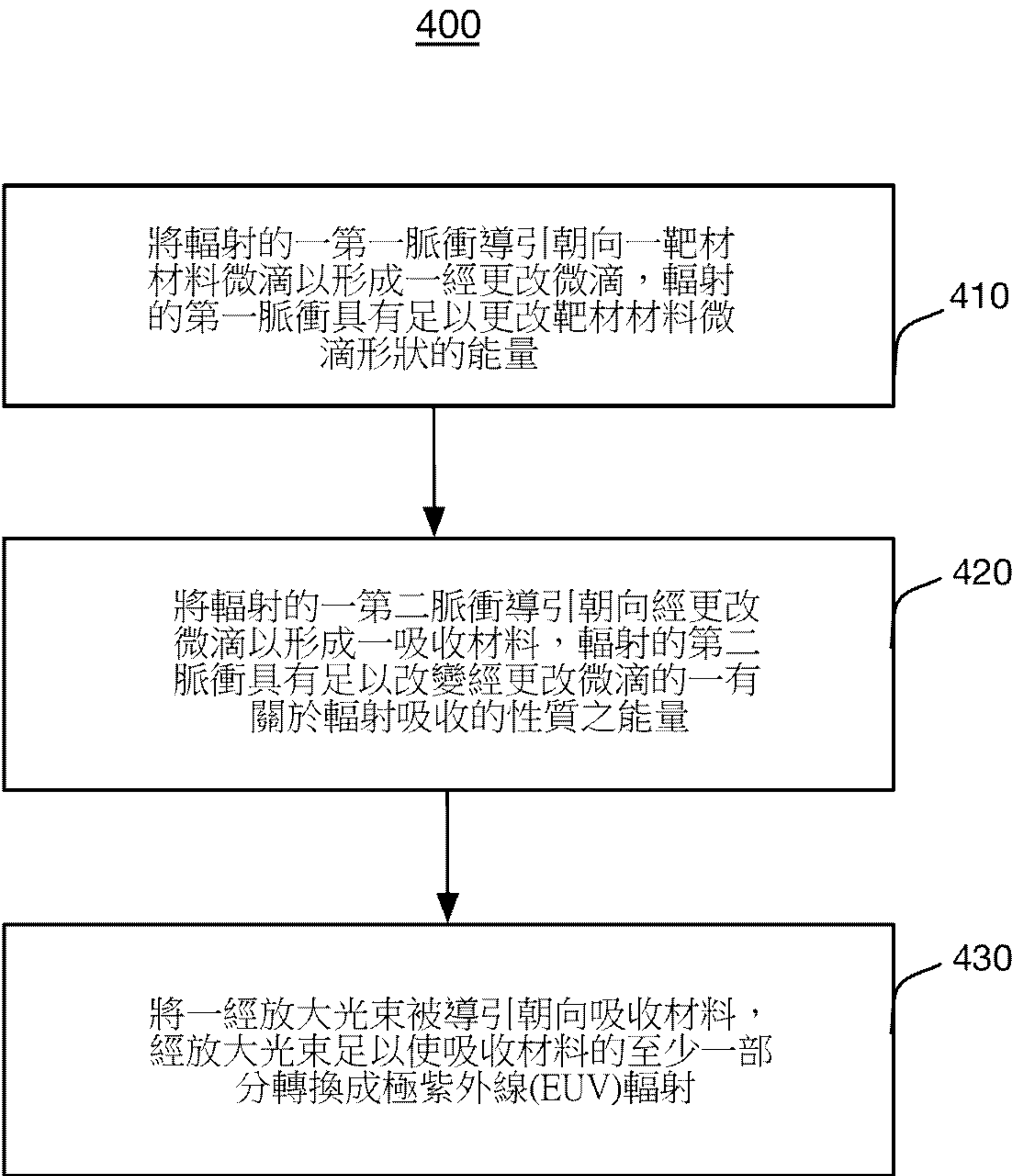
Techniques for generating EUV light include directing a first pulse of radiation toward a target material droplet to form a modified droplet, the first pulse of radiation having an energy sufficient to alter a shape of the target material droplet; directing a second pulse of radiation toward the modified droplet to form an absorption material, the second pulse of radiation having an energy sufficient to change a property of the modified droplet, the property being related to absorption of radiation; and directing an amplified light beam toward the absorption material, the amplified light beam having an energy sufficient to convert at least a portion of the absorption material into extreme ultraviolet (EUV) light.

指定代表圖：

符號簡單說明：

400 . . . 程序

410,420,430 . . . 步驟



【圖4】



I690243

【發明摘要】

【中文發明名稱】

極紫外線(EUV)光源及產生EUV光之方法

【英文發明名稱】

EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT (EUV) SOURCE AND
METHOD OF GENERATING EUV LIGHT

【中文】

用於產生EUV光之技術係包括將一第一脈衝的輻射導引朝向一靶材材料微滴以形成一經修改微滴，第一脈衝的輻射具有足以更改靶材材料微滴的形狀之一能量；將一第二脈衝的輻射導引朝向該經修改微滴以形成一吸收材料，第二脈衝的輻射具有足以改變經修改微滴的一性質之一能量，該性質係有關於輻射的吸收；及將一經放大光束導引朝向吸收材料，經放大光束具有足以將吸收材料的至少一部分轉換成極紫外線(EUV)光之一能量。

【英文】

Techniques for generating EUV light include directing a first pulse of radiation toward a target material droplet to form a modified droplet, the first pulse of radiation having an energy sufficient to alter a shape of the target material droplet; directing a second pulse of radiation toward the modified droplet to form an absorption material, the second pulse of radiation having an energy sufficient to change a property of the modified droplet, the property being related to absorption of radiation; and directing an amplified light beam toward the absorption material,

the amplified light beam having an energy sufficient to convert at least a portion of the absorption material into extreme ultraviolet (EUV) light.

【指定代表圖】

圖4

【代表圖之符號簡單說明】

400 程序

410,420,430 步驟

【發明說明書】

【中文發明名稱】

極紫外線(EUV)光源及產生EUV光之方法

【英文發明名稱】

EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT (EUV) SOURCE AND
METHOD OF GENERATING EUV LIGHT

【技術領域】

【0001】 所揭露的標的物係有關一用於一雷射生成式電漿型極紫外線光源之靶材。

【先前技術】

【0002】 極紫外線(EUV)光、例如具有約50nm或更小波長的電磁輻射(亦有時稱為軟x射線)、且包括處於約13nm波長的光係可使用於光微影術製程中，以在基材、例如矽晶圓中產生極小的形貌體。

【0003】 用於生成EUV光之方法係包括但未必限於轉換一在一電漿狀態中具有一擁有一位於EUV範圍的一發射線之元素例如氬、鋰或錫之材料。在一種常稱為雷射生成式電漿(LPP)的如是方法中，可藉由以一可稱為驅動雷射的經放大光束輻照諸如例如一微滴、板、卷帶、流束或叢簇材料形式的一靶材材料，藉以生成所需要的電漿。對於此程序，電漿典型係被生成於一密封容器、例如一真空腔室中並利用不同類型量測設備予以監測。

【發明內容】

【0004】 在一一般形態中，一用於產生EUV光之方法係包括將一第一脈衝的輻射導引朝向一靶材材料微滴以形成一經修改微滴，第一脈衝的

輻射具有足以更改靶材材料微滴的形狀之一能量；將一第二脈衝的輻射導引朝向該經修改微滴以形成一吸收材料，第二脈衝的輻射具有足以改變經修改微滴的一性質之一能量，該性質係有關於輻射的吸收；及將一經放大光束導引朝向吸收材料，經放大光束具有足以將吸收材料的至少一部分轉換成極紫外線(EUV)光之一能量。

【0005】 實行方式可包括下列特徵構造的一或多者。經修改微滴係可包括一連續分段的標靶材料，其具有沿著一第一方向延伸的一寬度，及沿著一異於第一方向的第二方向延伸之一厚度。第二方向係位於第二脈衝的輻射之傳播方向，且寬度大於厚度。一包括第一方向之平面係可相對於第二脈衝的輻射之傳播方向呈角度狀。一包括第一方向的平面係可相對於第二脈衝的輻射之傳播方向呈角度狀。吸收材料可包括一連續分段的靶材材料。

【0006】 經修改微滴的性質係可為一電子密度及一離子密度之一或多者，且吸收材料係可包括相鄰於一連續分段的靶材材料的一表面之電漿。經修改微滴的性質可為一表面積。吸收材料可包括靶材材料的多個碎塊(pieces)，該多個碎塊具有比經修改微滴更大之一集體表面積。

【0007】 第一脈衝的輻射係可為具有 $10\mu\text{m}$ 波長、 40ns 脈衝時程及 20mJ 能量之一脈衝的光，且第二脈衝的輻射可為具有 $1\mu\text{m}$ 波長、 10ns 脈衝時程及 5mJ 能量之一脈衝的光。

【0008】 第一脈衝的輻射係可為具有 $10\mu\text{m}$ 波長、 20 至 70ns 脈衝時程及 15 至 60mJ 能量之一脈衝的光，且第二脈衝的輻射可為具有 1 至 $10\mu\text{m}$ 波長、 10ns 脈衝時程及 1 至 10mJ 能量之一脈衝的光。

【0009】 第一脈衝的輻射光係可為具有 1 至 $10\mu\text{m}$ 波長、 40ns 脈衝時

程及20mJ能量之一脈衝的光，且第二脈衝的輻射可為具有1 μ m波長、10ns脈衝時程及1mJ能量之一脈衝的光。

【0010】 第一脈衝的輻射及第二脈衝的輻射係可為具有1ns或更大的時程之脈衝的光。

【0011】 第二脈衝的輻射係可為具有1ns至100ns時程之脈衝的光。

【0012】 第二脈衝的輻射係可在第一脈衝的輻射被導引朝向靶材材料微滴之後1至3 μ s被導引朝向經修改微滴。

【0013】 第一脈衝的輻射係可為具有至少1ns時程之一脈衝的光，且第二脈衝的輻射可為具有至少1ns時程之一脈衝的光。

【0014】 在部分實行方式中，至少2%的經放大光束可被轉換至EUV輻射。

【0015】 經放大光束可為一脈衝的光，且一後續脈衝的光可在經放大光束被導引朝向吸收材料之後不大於25 μ s被導引朝向一第二吸收材料。第二吸收材料係在吸收材料之後被形成且由一第二靶材材料微滴形成。

【0016】 第一脈衝的輻射係可為具有300ps或更小時程之一脈衝的輻射。第一脈衝的輻射係可為具有100ps至300ps時程之一脈衝的輻射。經修改微滴可為一半球形容積之靶材材料的粒子。

【0017】 在另一一般形態中，一極紫外線光源係包括一源，其生成一經放大光束，一第一脈衝的輻射，及一第二脈衝的輻射；一靶材材料輸送系統；一真空腔室，其耦合至靶材材料輸送系統；及一導向系統，其結構以將經放大光束、第一脈衝的輻射、及第二脈衝的輻射導向及聚焦朝向一靶材區位，其在真空腔室中從靶材材料輸送系統接收靶材材料。第一脈衝的輻射具有足以更改靶材材料微滴的形狀以生成一經修改微滴之一能

量，第二脈衝的輻射具有足以改變有關於輻射吸收之經修改微滴的一性質之一能量，且經放大光束足以將吸收材料的至少一部分轉換成極紫外線(EUV)光。

【0018】 實行方式可包括下列特徵構造的一或多者。源可包括第一、第二及第三源，其中第一源產生第一脈衝的輻射，第二源產生第二脈衝的輻射，且第三源產生經放大光束。

【0019】 源可包括一用以產生經放大光束及第一脈衝的輻射之第一源及一用以產生第二脈衝的輻射之第二源。

【0020】 第一源可包括一CO₂雷射，且經放大光束及第一脈衝的輻射可具有不同波長。

【0021】 上述技術的任一者之實行方式係可包括一用於一雷射生成式電漿型EUV光源之靶材，一EUV光源，一用於翻新一EUV光源之系統，一方法，一程序，一裝置，儲存於一電腦可讀取式媒體上之可執行指令，或一裝備。一或多個實行方式的細節係提供於附圖及下文描述中。從描述及圖式及申請專利範圍將得知其他的特徵構造。

【圖式簡單說明】

【0022】

圖1A顯示一被轉換至一示範性靶材之靶材材料微滴；

圖1B是一用於產生圖1A的靶材之示範性波形的繪圖；

圖1C顯示用於打擊靶材材料之兩脈衝的輻射之側視圖；

圖1D是一用於一EUV光源之示範性波形的繪圖；

圖2A是一雷射生成式電漿型極紫外線光源之方塊圖；

圖2B是可使用於圖2A的光源中之一驅動雷射系統的一範例之方塊

圖；

圖3A是另一雷射生成式電漿極紫外線(EUV)光源及一被耦合至該EUV光源的微影工具之俯視平面圖；

圖3B至3D是圖3A的EUV光源的一真空腔室在三個不同時間之俯視圖；

圖4是一用於生成EUV光之示範性程序的流程圖；

圖5是用於產生EUV光之另一示範性波形的繪圖；

圖6A至6E是經由與圖5的波形交互作用而轉變成一靶材之一靶材材料微滴的側視圖；

圖6F及6G是圖6C的中間靶材之側視圖；

圖7是用於產生EUV之另一示範性波形的繪圖；

圖8A至8E是經由與圖7的波形交互作用而轉變成一靶材之一靶材材料微滴的側視圖；

圖9是用於產生EUV光之另一示範性波形的繪圖；

圖10A至10E是經由與圖9的波形交互作用而轉變成一靶材之一靶材材料微滴的側視圖。

【實施方式】

【0023】 本發明係揭露用於生成一靶材以供使用於一雷射生成式電漿型(LPP)極紫外線(EUV)光源之技術。藉由以兩脈衝的光接續地輻照一靶材材料而生成靶材。第一脈衝產生一中間靶材且第二脈衝與中間靶材交互作用以生成靶材。隨後以一具有足以將靶材中的靶材材料轉換至一發射EUV光的電漿之能量之經放大光束來輻照靶材。在部分實行方式中，兩脈衝的光之各者具有至少1奈秒(ns)的一時程或脈衝寬度。

【0024】 參照圖1A及1B，一示範性波形5將一靶材材料50轉變成一靶材55。靶材55包括當轉換至電漿時發射EUV光57之靶材材料。靶材材料50可為一靶材混合物，其包括一靶材物質及雜質諸如非靶材粒子。靶材物質係為被轉換至一具有位於EUV範圍的一發射線之電漿之物質。靶材物質可例如為液體或熔融金屬的一微滴，一液體流束的一部分，固體粒子或叢簇，被包含在液體微滴內之固體粒子，靶材材料的一泡沫，或被包含在一液體流束的一部分內之固體粒子。靶材物質可例如為水，錫，鋰，氫，或當轉換至一電漿狀態時具有位於EUV範圍的一發射線之任何材料。例如，靶材物質可為元素錫，其可用來作為純錫(Sn)；作為一錫化合物，例如SnBr₄、SnBr₂、SnH₄；作為一錫合金，例如錫-鎳合金、錫-銅合金、錫-銅-鎳合金、或這些合金的任何組合。並且，在不具有雜質的情形中，靶材材料僅包括靶材物質。下文討論提供一範例，其中靶材材料50係為熔融金屬製成的一靶材材料微滴。靶材材料50稱為靶材材料微滴50。然而，靶材材料50可採行其他形式。

【0025】 圖1A顯示靶材材料微滴50在一時間期間中物理性轉變成一中間靶材51然後成為靶材55。靶材材料微滴50根據波形5經由與時間中輸送之輻射交互作用而被轉變。圖1B係為身為圖1A中的時間期間的函數之波形5中的能量之繪圖。相較於靶材材料微滴50及中間靶材51，靶材55吸收更多的一經放大光束8，並將經放大光束8中之能量的一較大部分轉換至EUV光57。

【0026】 波形5係為與靶材材料微滴50交互作用的能量之代表物及其隨時間經過之經修改形式。雖然波形5顯示成身為時間的函數之一單波形，可由不同源生成波形5的不同部分。波形5係包括一第一脈衝的輻射6

之代表物(一第一預脈衝6)及一第二脈衝的輻射7之代表物(一第二預脈衝7)。第一預脈衝6及第二預脈衝7可為具有充足能量以分別作用在靶材材料微滴50及中間靶材51上之任何類型脈衝式輻射。預脈衝的範例係就圖3A至3D、4、5、7及9作討論。

【0027】 第一預脈衝6係發生於一時間 $t=t_1$ 並具有一脈衝時程12，且第二預脈衝7發生於一時間 $t=t_2$ 並具有一脈衝時程14。脈衝時程可以處於半最大值之全寬度作代表，即脈衝具有身為脈衝最大強度至少一半的強度(intensity)之時間量。然而，可使用其他計量來決定脈衝時程。時間 t_1 及 t_2 係分隔達一第一延遲時間11，其中第二預脈衝7發生於第一預脈衝6之後。

【0028】 波形5亦顯示經放大光束8的代表物。經放大光束8可稱為主束或主脈衝。經放大光束8具有充分能量以將靶材55中的靶材材料轉換至發射EUV光之電漿。第二預脈衝7及經放大光束8係在時間上分隔達一第二延遲時間13，其中經放大光束8發生於第二預脈衝7之後。

【0029】 圖2A、2B及3A至3E顯示可生成及/或使用靶材55之一EUV光源的範例。在討論EUV光源之前，係提供包括第一預脈衝6及第二預脈衝7之光脈衝與靶材材料微滴50及中間靶材51的交互作用之討論。

【0030】 當一雷射脈衝衝擊(打擊)一金屬性的靶材材料微滴時，脈衝的引領邊緣係看見(作交互作用)一身為一反射性金屬之表面。靶材材料微滴50係反射脈衝的引領邊緣中之大部分能量並很少吸收。被吸收的少量係加熱微滴的表面，而蒸發並燒蝕該表面。從微滴的表面蒸發之靶材材料係靠近該表面形成一電子及離子雲。隨著輻射的脈衝繼續衝擊於靶材材料微滴上，雷射脈衝的電場係會造成雲中的電子移動。移動的電子碰撞於附

近的離子，而以粗略與雲中電子及離子的密度乘積成正比之一速率經由動能轉移來加熱離子。經由移動的電子打擊離子以及離子加熱之組合，雲係吸收脈衝。

【0031】 隨著雲曝露於雷射脈衝的稍後部份，雲中的電子繼續移動且碰撞於離子，且雲中的離子繼續加熱。電子散開並將熱量轉移至靶材材料微滴的表面(或埋設於雲下之體塊材料)，而進一步蒸發靶材材料微滴的表面。雲中的電子密度係在最靠近靶材材料微滴的表面之雲的部分中增高。雲係可抵達一其中電子密度增高使得雲部分反射雷射脈衝而非予以吸收之點。

【0032】 用於產生一用於一LPP EUV光源的靶材之本技術係將兩預脈衝施加至一靶材材料微滴以將靶材材料微滴物理性轉變成一更易吸收能量之靶材。第一預脈衝6係形成變成中間靶材51之靶材材料的一幾何分佈。第二預脈衝7使中間靶材51轉變成靶材55。第一預脈衝6及第二預脈衝7依次討論如下。

【0033】 亦參照圖1C，第一預脈衝6使靶材材料微滴物理性轉變成靶材材料的一幾何分佈52。幾何分佈52可為一未被離子化的材料(一並非電漿之材料)。幾何分佈52可例如為液體或熔融金屬的一碟，不具有空隙或實質間隙之靶材材料的一連續分段，微米或奈米粒子的一霧，或原子性蒸氣的一雲。幾何分佈52在第一延遲時間11期間係空間性擴大且變成中間靶材51。第一預脈衝6係空間性分散靶材材料微滴50。使靶材材料微滴50分散係可具有兩種效應。

【0034】 第一，第一預脈衝6所產生的中間靶材51係具有一提供一較大面積予一來臨脈衝的輻射(諸如預脈衝7)之形式。中間靶材51具有一

橫剖面直徑54，其比預脈衝7的一束直徑57更大俾使中間靶材接收完整的預脈衝7。此外，中間靶材51可具有一厚度58，其在預脈衝7的一傳播方向比起靶材材料微滴50的一厚度59更薄。中間靶材51的相對厚度係容許預脈衝7輻照中間靶材51中之更多的靶材材料，包括當其初始抵達中間靶材51時未被預脈衝7輻照之更多的靶材材料。

【0035】 第二，使微滴50的靶材材料散開係可在電漿被強脈衝8加熱期間盡量減少過高材料密度區之發生，其會阻絕所產生的EUV光。若在被一雷射脈衝所輻照之一整個區皆為高的電漿密度，雷射脈衝的吸收係限於首先接收雷射脈衝的區之部分。此吸收所產生的熱量係可能太遠離體塊靶材材料而無法使靶材材料表面蒸發及加熱的程序維持夠長以在脈衝8的有限時程期間利用(蒸發)一有意義量的體塊靶材材料。在該區具有一高電子密度之實例中，光脈衝在抵達一其中電子密度高到使光脈衝被反射的“臨界表面”之前僅穿透進入區之路途的一比例部分。光脈衝無法移行進入該區的那些部分中且少有EUV光從那些區中的靶材材料產生。高電漿密度的區亦會阻絕從確實發射EUV光之區的部分所發射之EUV光。因此，從該區發射之EUV光的總量係將小於若該區缺乏高電漿密度的部分所將具有者。因此，將靶材材料微滴50分散至中間靶材51的較大容積中係指一入射光束在被反射之前抵達中間靶材51中之更多的材料。這可增加後續產生的EUV光量。

【0036】 波形5亦顯示第二預脈衝7的代表物。第二預脈衝7係衝擊於中間靶材51上並在經放大光束8抵達之前形成靶材55。靶材55可採行許多形式。例如，靶材55可為一空間性接近一體塊靶材材料之預電漿。一預電漿係為一用來增強入射光(諸如預脈衝7或經放大光束)吸收之電漿。雖

然預脈衝在部分案例中可發射少量的EUV光，所發射的EUV光並非由靶材55發射的波長或量。在其他的實行方式中，靶材55係為靶材材料的一霧或片段的一容積。包括一可形成一預電漿之第二預脈衝之一波形的一範例係參照圖5討論於下文。包括一可形成靶材材料的片段之第二預脈衝之一波形的一範例係參照圖7討論於下文。在又其他實行方式中，靶材55係為靠近分佈遍及一半球形容積之靶材材料的一系列粒子所形成之一預電漿。如是一靶材的一範例係參照圖9討論於下文。

【0037】 在部分實行方式中，第一預脈衝6的脈衝時程12及第二預脈衝7的脈衝時程14為1ns或更大。使用兩個大於1ns的預脈衝係容許靶材55利用所產生輻射的脈衝被產生，而不使用一產生皮秒(ps)或更短脈衝的雷射。發射ns時程脈衝或具有相對高重覆率(50 kHz至100 kHz)之雷射係可比起發射ps脈衝者更易取得。利用較高重覆率ns脈衝產生雷射以產生預脈衝6及7係容許一使用靶材55的EUV光源具有一較高的整體系統重覆率。

【0038】 圖1D顯示一EUV光源的兩連續循環中之一波形60的一示範性繪圖。波形60係為波形5的兩案例(圖1A)，其中EUV光源的各循環將波形5的一案例施加至兩個分離的靶材材料微滴(每循環一個)以每循環發射EUV光一次。在圖1D所示的範例中，EUV光發射61及62係在波形5的一案例被施加至一靶材材料微滴之後發生。發射61及62係在時間上分隔達一時間64，時間64係為EUV光源的重覆率之倒數。EUV光源的重覆率亦可被視為兩個接續的EUV光發射之間時間的最小量。因為EUV光發射61及62之間的時間依據波形5的案例可多快被產生而定，可產生預脈衝6及7之源的重覆率係至少部份地決定系統重覆率。當使用兩個ns時程脈衝

作為預脈衝6及7時，EUV光源的系統重覆率可例如為40kHz至100kHz。

【0039】 雖然圖1D的範例顯示EUV光的連續發射，其中EUV光以系統重覆率所決定的週期性間隔被發射，EUV光源可依據一接收所產生EUV光的微影工具需求而定以其他模式操作。例如，EUV光源亦可被操作或設定以時間上被比起系統重覆率更大的一量所分隔之迸發或以一不規則間隔來發射EUV光。參照圖1A所討論的系統重覆率係被提供作為EUV光發射之間時間的一最小量之範例。

【0040】 圖2A、2B及3A至3C顯示其中可使用靶材55之示範性LPP EUV光源。

【0041】 參照圖2A，藉由在一靶材區位105以沿著一束路徑移行朝向靶材混合物114的一經放大光束110輻照一靶材混合物114而形成一LPP EUV光源100。亦稱為輻照部位的靶材區位105係位於一真空腔室130的一內部107內。當經放大光束110打擊靶材混合物114時，靶材混合物114內的一靶材材料被轉換成一電漿狀態，其具有一擁有一位於EUV範圍的一發射線之元素。所生成的電漿具有依據靶材混合物114內之靶材材料的組成物而定之特定的特徵。這些特徵可包括由電漿所產生之EUV光的波長以及從電漿所釋放的雜屑量及類型。

【0042】 光源100亦包括一靶材材料輸送系統125，其以液體微滴、液體流束、固體粒子或叢簇、液體微滴內所含的固體粒子或一液體流束內所含的固體粒子之形式輸送、控制並導引靶材混合物114。靶材混合物114亦可包括雜質諸如非靶材粒子。靶材混合物114係由靶材材料輸送系統125被輸送至腔室130的內部107中及靶材區位105。

【0043】 光源100係包括一驅動雷射系統115，其由於雷射系統115

的一或多個增益介質 (gain medium) 內之一居量反轉 (population inversion) 而產生經放大光束110。光源100係包括雷射系統115與靶材區位105之間的一束輸送系統，束輸送系統包括一束運送系統120及一聚焦總成122。束運送系統120從雷射系統115接收經放大光束110，並依需要導向及修改經放大光束110且輸出經放大光束110至聚焦總成122。聚焦總成122接收經放大光束110並將光束110聚焦至靶材區位105。

【0044】 在部分實行方式中，雷射系統115可包括一或多個光學放大器、雷射、及/或燈以供提供一或多個主脈衝及在部分實例中之一或多個預脈衝。各光學放大器係包括一能夠以一高增益光學性放大所欲波長之增益介質，一激勵源，及內部光學件。光學放大件係可具有或可不具有雷射面鏡或形成一雷射腔穴之其他回饋裝置。因此，若沒有雷射腔穴，雷射系統115由於雷射放大器的增益介質中之居量反轉而產生一經放大。並且，若具有一雷射腔穴以提供足夠回饋至雷射系統115，雷射系統115可產生一身為同調性雷射束之經放大光束110。“經放大光束”用語係涵蓋下列的一或多者：僅被放大但未必是同調性雷射振盪之來自雷射系統115的光以及經放大(位於振盪器中的一增益介質之外部或之內)且亦是同調性雷射振盪之來自雷射系統115的光。

【0045】 雷射系統115中的光學放大器可包括一增益介質，一充填氣體，其包括CO₂且可以大於或等於1000的一增益放大處於約9100與約11000nm之間且特別是約10.6μm的波長之光。在部分範例中，光學放大器係放大處於10.59μm的波長之光。供使用於雷射系統115中之適當的放大器及雷射係包括一脈動式雷射裝置，例如一脈動式氣體放電CO₂雷射裝置，其以例如10kW或更高的相對高功率及例如50kHz或更高的高脈衝重

覆率操作，以DC或RF激勵生成例如處於約9300nm或約10600nm的輻射。雷射系統115中的光學放大器亦可包括一冷卻系統諸如水，其可在以較高功率操作雷射系統115時作使用。

【0046】 圖2B顯示一範例驅動雷射系統180的方塊圖。驅動雷射系統180可用來作為光源100中之驅動雷射系統115。驅動雷射系統180包括三個功率放大器181、182及183。功率放大器181、182及183的任一者或全部可包括內部光學元件(未圖示)。功率放大器181、182及183各包括一增益介質，其中當以一外部電源或光源泵動時則發生放大。

【0047】 光184從功率放大器181經過一輸出窗口185離開並被反射出一彎曲面鏡186。在反射之後，光184係通過一空間性濾器187，反射出一彎曲面鏡188，並經過一輸入窗口189進入功率放大器182。光184在功率放大器182被放大且經過一輸出窗口190被重新導引至功率放大器182外成為光191。光191以摺疊面鏡192被導引朝向放大器183並經過一輸入窗口193進入放大器183。放大器183係放大光191並經過一輸出窗口194將光191導引至放大器183外成為一輸出束195。一摺疊面鏡196係導引輸出束195往上(至頁面外)且朝向束運送系統120。

【0048】 空間性濾器187係界定一開孔197，其可例如為一供光184通過之圓形開口。彎曲面鏡186及188可例如為偏離軸線拋物形面鏡，其分別具有約1.7m及2.3m焦長。空間性濾器187可被定位使得開孔197重合於驅動雷射系統180的一焦點。圖2B的範例顯示三個功率放大器。然而，可使用更多或更少個功率放大器。

【0049】 再度參照圖2A，光源100包括一收集器面鏡135，其具有一開孔140以容許經放大光束110通過及抵達區位105。收集器面鏡135可

例如為一橢球面鏡，其具有位於靶材區位105的一主要焦點及位於一中間區位145的一次要焦點(亦稱為一中間焦點)，其中EUV光106可從光源100輸出且可被輸入至例如一積體電路束定位系統工具(未圖示)。光源100亦可包括一開端式中空圓錐形罩套150(例如一氣體圓錐)，其從收集器面鏡135推拔朝向靶材區位105以降低進入聚焦總成122及/或束運送系統120之電漿所產生的雜屑量，同時容許經放大光束110抵達靶材區位105。基於此目的，一氣流可設置於罩套中，其被導引朝向靶材區位105。

【0050】 光源100亦可包括一主控制器155，其連接至一微滴位置偵測回饋系統156，一雷射控制系統157，及一束控制系統158。光源100可包括一或多個靶材或微滴成像器160，其提供一指示出一微滴例如相對於靶材區位105的位置之輸出並將此輸出提供至微滴位置偵測回饋系統156，其可例如運算一微滴位置及軌跡，可自其以一種逐一微滴基礎或平均地運算一微滴位置誤差。微滴位置偵測回饋系統156因此以微滴位置誤差作為一輸入提供至主控制器155。主控制器155可因此例如將一雷射位置、方向及時序修正(timing correction)信號提供至雷射控制系統157，其可例如用來控制雷射时序電路及/或提供至束控制系統158以控制一經放大光束位置及束運送系統120的定形以改變腔室130內之束焦斑的區位及/或焦度。

【0051】 靶材材料輸送系統125係包括一靶材材料輸送控制系統126，其可回應於來自主控制器155的一信號而操作，以例如修改藉由一靶材材料供應裝備127所釋放之微滴的釋放點，以修正抵達所欲靶材區位105的微滴之誤差。

【0052】 此外，光源100可包括一光源偵測器165，其測量一或多個

EUV光參數，包括但不限於脈衝能量，身為波長的函數之能量分佈，波長的一特定帶內之能量，波長的一特定帶外之能量，及EUV強度及/或平均功率之角度性分佈。光源偵測器165產生一回饋信號以供由主控制器155使用。回饋信號可例如指示出諸如雷射脈衝的時序及聚焦等參數之誤差，以妥當地在對的地方與時間攔截微滴以供有效且有效率的EUV光生成。

【0053】 光源100亦可包括一引導雷射175，其可用來對準光源100的不同段或輔助將經放大光束110導向至靶材區位105。連同引導雷射175，光源100係包括一量測系統124，其被放置在聚焦總成122內以從引導雷射175及經放大光束110取樣光的一部分。在其他實行方式中，量測系統124被放置於束運送系統120內。量測系統124可包括一光學元件，其取樣或重新導引一次組的光，如是光學元件由可承受引導雷射束及經放大光束110的功率之任何材料製成。由於主控制器155分析來自引導雷射175之所取樣光並利用此資訊經由束控制系統158調整聚焦總成122內的組件，一束分析系統係由量測系統124及主控制器155形成。

【0054】 因此，綜言之，光源100產生一經放大光束110，其沿著束路徑被導引以在靶材區位105輻照靶材混合物114以將混合物114內的靶材材料轉換成電漿，其發射位於EUV範圍的光。經放大光束110係在以雷射系統115的設計及性質為基礎所決定的一特定波長操作(其亦稱為一源波長)。此外，當靶材材料提供足夠回饋回到雷射系統115中以生成同調性雷射光或者若驅動雷射系統115包括適當的光學回饋以形成一雷射腔穴時，經放大光束110可為一雷射束。

【0055】 參照圖3A，顯示一示範性光學成像系統300的俯視平面圖。光學成像系統300係包括一LPP EUV光源305，其將EUV光提供至一

微影工具310。光源305可類似於及/或包括圖2A及2B的光源100之部分或全部組件。如下文所討論，靶材55可被使用於光源305中以增加光源305所發射之光量。

【0056】 光源305係包括一驅動雷射系統315，一光學元件322，一預脈衝源324，一聚焦總成326，一真空腔室340，及一EUV收集光學件346。EUV收集光學件346將靶材55發射的EUV光導引至微影工具310。EUV收集光學件346可為圖2A的收集器面鏡135。

【0057】 驅動雷射系統315生成一經放大光束316。經放大光束316可類似於圖1A至1C的經放大光束8並可稱為一主脈衝或一主束。經放大光束316具有一足以將靶材55中的靶材材料轉換成發射EUV光的電漿之能量。

【0058】 預脈衝源324發射輻射脈衝317及318。輻射脈衝317及318可類似於圖1B的第一預脈衝6及第二預脈衝7。預脈衝324可例如為以一50kHz重覆率操作之一Q切換式Nd：YAG雷射，且輻射脈衝317及318可為來自具有1.06 μ m波長的Nd：YAG雷射之脈衝。預脈衝源324的重覆率係指示出預脈衝源324有多常生成一脈衝的輻射。對於預脈衝源324具有一50kHz重覆率之範例，每20微秒(μ s)從源324發射輻射脈衝317。

【0059】 可使用其他源作為預脈衝源324。例如，預脈衝源324可為Nd：YAG以外之任何經稀土摻雜的固態雷射，諸如一經鉕摻雜的纖維(Er：玻璃)雷射。預脈衝源324可為任何其他的輻射或光源，其生成具有使用於第一預脈衝6及第二預脈衝7的能量及波長之光脈衝。

【0060】 光學元件322將經放大光束316及輻射脈衝317與318從預脈衝源324導引至腔室340。光學元件322係為可沿著類似路徑導引經放大光

束316及輻射脈衝317與318並將經放大光束316及輻射脈衝317與318輸送至腔室340之任何元件。在圖3A所示的範例中，光學元件322係為一二色性分束器，其接收經放大光束316並予以反射朝向腔室340。光學元件322接收輻射脈衝317與318並將該等脈衝發送朝向腔室340。二色性分束器具有一塗覆物，其反射經放大光束316的波長並透射輻射脈衝317與318之波長。二色性分束器可例如由鑽石製成。

【0061】 在其他實行方式中，光學元件322係為一面鏡，其界定一開孔(未圖示)。在此實行方式中，經放大光束316從面鏡表面被反射且導引朝向腔室340，且輻射的脈衝係通過開孔並傳播朝向腔室340。

【0062】 在又其他的實行方式中，一楔形光學件(例如一稜鏡)可用來將主脈衝316、預脈衝317及預脈衝318根據其波長分離成不同角度。楔形光學件可對於光學元件322被添加使用，或者其可用來作為光學元件322。楔形光學件可被定位於聚焦總成326的恰上游(在-z方向)處。

【0063】 此外，脈衝317及318可以其他方式被輸送至腔室340。例如，脈衝317及318可移行經過光學纖維，其將脈衝317及318輸送至腔室340及/或聚焦總成326而不使用光學元件322或其他導引元件。在這些實行方式中，纖維將輻射脈衝317及318直接地經由一形成於腔室340的一壁中之開口帶到腔室340的一內部。

【0064】 回到圖3A的範例，來自驅動雷射系統315之經放大光束316係從光學元件322反射並傳播經過聚焦總成326。聚焦總成326將經放大光束316聚焦至靶材區位342上。輻射脈衝317及318係通過光學元件322並被導引經過聚焦總成326至腔室340。回到圖3B至3D，經放大光束316、輻射脈衝317及輻射脈衝318之各者係沿著腔室340中的“x”方向被導

引至不同區位。

【0065】亦參照圖3B至3D，顯示靶材材料供應裝備347之俯視圖，其在“x”方向釋放一流束的靶材材料微滴朝向靶材區位342。流束係包括微滴348a及348b。靶材區位342係為接收經放大光束316且亦位於EUV收集光學件346的焦點之一區位。圖3B顯示腔室340處於時間 $t=t_1$ ，圖3C顯示腔室340處於在 $t=t_1$ 後發生之時間 $t=t_2$ ，而圖3D顯示腔室340處於在 $t=t_2$ 後發生之時間 $t=t_3$ 。

【0066】經放大光束316及輻射317與318的脈衝之各者係在不同時間沿著腔室340中的“x”方向被導引朝向不同區位。這容許一靶材材料微滴在抵達靶材區位342之前被轉換成一靶材。圖3B至3D顯示一靶材材料微滴(靶材材料微滴348a)被轉換成靶材55之一範例。在時間 $t=t_1$ (圖3B)，輻射317的脈衝束係在時間 t_1 在“-x”方向從靶材區位342作位移的區位輻照靶材材料微滴348a。輻射317的脈衝束係將靶材材料微滴348a轉變成中間靶材51。在時間 $t=t_2$ (圖3C)，中間靶材51已經在較靠近靶材區位342的“x”方向移動並抵達在“-x”方向相對於靶材區位342作位移之另一區位。輻射318的脈衝束係輻照中間靶材51並將其轉變成靶材55。靶材55在“x”方向移行並抵達靶材區位342而不被顯著地離子化。利用此方式，靶材55可為一預成形靶材，其形成於靶材55進入靶材區位342之前的一時間。在時間 $t=t_3$ (圖3D)，經放大光束316輻照靶材55以生成發射EUV光之電漿。

【0067】在圖3A所示的範例中，單一區塊係代表預脈衝源324。預脈衝源324可為單一光源或複數個光源；例如，可使用兩個分離的源以產生脈衝317及318。兩個分離的源可為不同類型的源，其產生具有不同波長與能量之輻射的脈衝。例如，脈衝317可具有 $10.6\mu\text{m}$ 的一波長並由一

CO₂雷射產生，且脈衝318可具有1.06 μ m的一波長並由一經稀土摻雜固態雷射產生。

【0068】 在部分實行方式中，輻射317的脈衝可由驅動雷射系統315產生。例如，驅動雷射系統可包括兩個CO₂種子雷射次系統及一放大器。種子雷射次系統的一者可產生一具有10.26 μ m波長之經放大光束，且種子雷射次系統的另一者可產生一具有10.59 μ m波長之經放大光束。這兩波長可來自於CO₂雷射的不同線。在其他範例中，可使用CO₂雷射的其他線產生兩個經放大光束。來自兩種子雷射次系統的經放大光束兩者係在相同的功率放大器鏈中被放大然後被角度性散佈以抵達腔室340內的不同區位。具有10.26 μ m波長之經放大光束可用來作為預脈衝317，且具有10.59 μ m波長之經放大光束可用來作為經放大光束316。

【0069】 並且，經放大光束316、輻射317的脈衝、及輻射318的脈衝係皆在相同放大器中被放大。例如，三個功率放大器181、182及183(圖1B)可用來放大部分的經放大光束316、輻射317的脈衝、及輻射318的脈衝。在此實行方式中，放大器可具有三個種子雷射，其一者係用來產生經放大光束316、輻射317的脈衝、及輻射318的脈衝之各者。可使用更多或更少個種子雷射。

【0070】 參照圖4，顯示一用於產生EUV光的範例程序400之流程圖。可利用光源100或光源305進行程序400。

【0071】 輻射的第一脈衝被導引朝向一靶材材料微滴以形成一經更改微滴(410)。輻射的第一脈衝可為一具有足以更改靶材材料微滴形狀的能量之脈衝。輻射的第一脈衝可具有至少1ns的時程，例如，輻射的第一脈衝可具有1至100ns的時程及1 μ m或10 μ m的波長。在一範例中，輻射

的第一脈衝可為具有15至60mJ能量、20至70ns脈衝時程及1至10 μ m波長之一雷射脈衝。在部分範例中，輻射的第一脈衝可具有小於1ns的時程。例如，輻射的第一脈衝可具有300ps或更小、100ps或更小、100至300ps之間、或10至100ps之間的時程。

【0072】 輻射的第一脈衝可為第一預脈衝6(圖1B)或輻射317的脈衝(圖3A至3D)。經更改微滴可為以第一預脈衝6輻照靶材材料微滴50所形成之中間靶材51(圖1A)。靶材材料微滴50可為熔融金屬的一微滴，諸如錫或當轉換成電漿時將發射EUV之任何其他材料。例如，經更改微滴可為藉由以第一預脈衝6打擊靶材材料微滴50所形成之熔融錫的一碟。第一預脈衝6的衝擊力係可使微滴變形成較接近一碟之形狀，其在約1至3微秒(μ s)後擴大成熔融金屬的一碟形碎塊。在此範例中，碟形碎塊可被視為中間靶材51。圖6C及8C顯示一呈碟形的示範性中間靶材613。

【0073】 經更改微滴或中間靶材可採行其他幾何形式。例如，在其中輻射的第一脈衝小於1ns時程之實行方式中，經更改微滴可具有藉由沿著一平面將一球體切片所形成之形狀，諸如半球狀形狀。圖10C顯示一示範性中間靶材1014，其具有一半球形狀。在圖10所示範例中，中間靶材1014係為粒子的一容積，而非熔融錫的一碟形分段。

【0074】 輻射的一第二脈衝被導引朝向經更改微滴以形成一吸收材料(420)。經吸收材料係為接收經放大光束且被轉換至發射EUV光的電漿(藉由經放大光束與靶材55交互作用導致之離子化)之靶材55。輻射的第二脈衝具有足以改變經更改微滴的一有關於輻射吸收的性質之能量。易言之，以輻射的第二脈衝打擊在(420)中所形成的經更改微滴係改變經更改微滴之吸收輻射諸如光的能力。並且，有關於輻射吸收的性質係被改變，

俾使吸收材料能夠比起經更改微滴而言吸收一更高部分的人射輻射。

【0075】 輻射的第二脈衝可具有至少1ns的時程及1至10mJ能量。例如，輻射的第二脈衝可具有10ns的時程及5mJ能量。輻射的第二脈衝可具有1.06 μ m的波長。輻射的第二脈衝可為第二預脈衝7(圖1B)或輻射318的脈衝(圖3A至3D)。雖然比起一直接施加至靶材材料微滴之預脈衝而言輻射的第二脈衝之能量可為較低及/或脈衝時程可為較長，吸收材料(諸如靶材55)具有使靶材55有利於產生EUV光之物理性質。

【0076】 在一範例中，中間靶材51係為熔融錫的一碟，其相較於靶材材料微滴50係沿著輻射的一入射脈衝之一傳播方向為較薄。中間靶材51比起靶材材料微滴50更容易破解成靶材材料的片段，且可能需要一較小量的能量來裂解中間靶材51。在此範例中，輻射的第二脈衝將中間靶材51轉變成靶材材料的碎塊之一雲，其相較於靶材材料微滴50而言在輻射的一來臨脈衝之路徑中一起地或集體地具有靶材材料的一較大表面積。較大的表面積係提供較大靶材材料以供與一經放大光束交互作用並可導致靶材材料之增大的離子化及因此增大的EUV光產生。圖7顯示輻射的一第二脈衝之一範例，其將中間靶材51轉變成一包括靶材材料的片段之靶材55。

【0077】 在另一範例中，中間靶材51再度為比起靶材材料微滴更薄且更寬之熔融錫的一碟。在此範例中，第二預脈衝係輻照中間靶材51並在接近於接收輻射的第二脈衝之中間靶材的表面處產生電子及離子的一雲(一預電漿)。藉由在中間靶材51的表面處生成電子及離子雲，輻射的第二脈衝係更改中間靶材51的至少一部分之電子密度及/或離子密度。圖5顯示用以改變經修改微滴的至少部份的電子密度及/或離子密度之輻射的一第

二脈衝之一範例。

【0078】 一經放大光束被導引至吸收材料(430)。經放大光束具有足以使吸收材料(中間靶材51)中的靶材材料離子化及轉換成一發射EUV光的電漿之能量。經放大光束可為經放大光束8(圖1B)。

【0079】 上文所討論的靶材55及波形5係提供範例。圖5、7及9分別顯示用於產生一靶材之其他示範性波形500、700及900的代表物。圖6A至6E、8A至8E及10A至10E顯示被施加至一靶材材料微滴之波形500、700及900的能量。

【0080】 參照圖5，顯示可用來將一靶材材料微滴轉換至一發射EUV光的靶材之一範例波形500的繪圖。圖6A至6D顯示波形500將一靶材材料微滴轉變至發射EUV光之靶材。圖5及圖6A至6D的範例之靶材係為熔融金屬的一平坦碟，其具有一形成於一面對一來臨的經放大光束的表面之預電漿。該表面若指向經放大光束則可面對來臨的經放大光束，縱使該表面未與經放大光束的傳播方向呈橫向亦然。

【0081】 波形500顯示一第一預脈衝502的一代表物，一第二預脈衝504的一代表物，及一經放大光束506的一代表物。在此範例中，第一預脈衝502具有20至70ns的脈衝時程503，及10至60mJ的能量。例如，第一預脈衝502可具有1 μ m或10.6 μ m的波長。在一範例中，脈衝時程503為40ns，且能量為20mJ。第二預脈衝504可具有1至10ns的脈衝時程，1至10mJ的能量，及1.06 μ m的波長。在一範例中，第二預脈衝504的時程505為10ns，且第二預脈衝的能量為1mJ。

【0082】 第一預脈衝502及第二預脈衝504在時間上分隔達一延遲時間508，其中第二預脈衝504發生於第一預脈衝502之後。延遲時間508係

為夠長之一時間以容許一經由與第一預脈衝502交互作用而被幾何性更改以擴大形成中間靶材51的靶材材料微滴。

【0083】 第二預脈衝504及經放大光束506在時間上分隔達一延遲時間509，其中經放大光束506發生於第二預脈衝504之後。延遲時間509係為夠長以容許第二預脈衝504在碟形靶材的表面處所形成之預脈衝作擴大。延遲時間509可為10至100ns之間或1至200奈秒(ns)之間。

【0084】 圖6A至6E顯示一靶材材料供應裝備之側視圖，其在五個不同時間 t_1 至 t_5 將靶材材料微滴釋放朝向一靶材區位626。靶材區位626係為一腔室(諸如一腔室340)中的一區位，其用以接收經放大光束506且位於收集光學件346(圖3A)或收集器面鏡135(圖1A)的焦點。圖6A顯示最早時間 t_1 ，且時間從左至右增加，其中圖6E顯示最後時間 t_5 。一靶材材料供應裝備620釋放微滴的一流束經過一噴嘴624。微滴的流束係包括靶材材料微滴611及610，其靶材材料微滴610在靶材材料微滴610之前從噴嘴624被釋放。圖6A至6E顯示靶材材料微滴610被轉變成一當被經放大光束506打擊時將發射EUV光之靶材614。

【0085】 參照圖6A，靶材材料微滴610係被第一預脈衝502打擊。如圖6B所示，第一預脈衝502的衝擊係使靶材材料微滴610幾何性變形及分散成靶材材料612的一長形分段。長形分段612可具有一碟形形狀，且長形分段612可為熔融的靶材材料。靶材材料612的長形分段係隨著其移行朝向靶材區位626而空間性擴大。靶材材料612的長形分段係擴大歷時1至3 μ s(延遲時間508)。

【0086】 參照圖6C，在時間= t_3 ，其係為第一預脈衝502打擊靶材材料微滴610之後的1至3 μ s，長橢圓形材料612已經隨著其遵循其朝向靶材

區位626的軌跡而擴大成一碟形中間靶材613。亦參照圖6F，中間靶材613具有一寬度632及一厚度630。中間靶材613的厚度630小於寬度。在圖6C及6F所示的範例中，寬度632位於“x”方向且厚度630位於“y”方向，且寬度632沿著與第二預脈衝504傳播方向呈橫向之一方向。然而，中間靶材613可具有其他角度性放置。例如，如圖6G所示，中間靶材613可相對於第二預脈衝504的傳播方向呈45°角度狀。即使當中間靶材613相對於第二預脈衝504的路徑呈角度狀時，沿著預脈衝504傳播方向所測量之中間靶材613的一厚度631係小於中間靶材613的寬度。因此，比起若其直接行經靶材材料微滴610而沿著一垂直於來臨光束移行的路徑之平面而言，一來臨的光束(諸如第二預脈衝504)係沿著一傳播方向遭遇較小的靶材面積。

【0087】亦參照圖6D，第二預脈衝504及中間靶材613之間的交互作用係形成一靶材614。交互作用係生成一預電漿615，其接近於一體塊靶材材料616。體塊靶材材料616可為靶材材料且可為熔融金屬。預電漿615被容許在延遲時間509中擴大，且經擴大的電漿615及體塊靶材材料616係形成靶材614。在時間 t_4 ，靶材614抵達靶材區位626。

【0088】更詳細說，第二預脈衝504衝擊於中間靶材613的一表面上並加熱表面以形成預電漿615。因為中間靶材613被定形像是具有提供予預脈衝504的薄維度之碟，預電漿615可利用體塊材料616中之靶材材料的一較高部分。在預電漿已經擴大歷時1至200ns之後，預電漿及體塊靶材材料616係合稱為靶材614。經放大光束8係在預電漿615吹散或消散之前抵達靶材614。例如，經放大光束8可在第二預脈衝504打擊中間靶材613之後10至100ns或1至200ns抵達。因為預電漿615出現於當經放大光束506抵達之時，經放大光束506在抵達埋設的體塊靶材材料616之前係遭遇預電

漿615。相較於埋設的體塊靶材材料616，預電漿615較不具反射性且更易吸收經放大光束506。因此，預電漿615的出現係容許放大光束506有一較大部分被吸收。

【0089】 並且，若缺乏預電漿615，經放大光束506將直接衝擊於體塊靶材材料616上。在此案例中，經放大光束8將遭遇一金屬表面並將大部分被反射，一少量的經放大光束8係被吸收以燒蝕體塊靶材材料616的表面並在接近該表面處形成一預電漿雲。該雲可在一脈衝衝擊於該表面上之後5至20ns形成。然而。具有足以將靶材材料轉換至發射EUV光之電漿的能量之許多脈衝係在脈衝的前10至20ns中具有一陡峭的引領邊緣。經放大光束506具有一引領邊緣510(圖5)。引領邊緣510(在脈衝與靶材之間交互作用的前10至20ns中抵達靶材表面之脈衝的部分)的強度(intensity)係以時間的一函數迅速地增大，並在電子及離子的雲已經有機會形成之前及加熱與蒸發程序開始之前增加。因此，若無預電漿615，經放大光束506之有活力的引領邊緣510的大部分係將被反射且大致未被使用。然而，預電漿615係吸收引領邊緣510中之能量的一部分並將其轉換至用以燒蝕體塊靶材材料616之熱量。

【0090】 參照圖6E，經放大光束506將預電漿615及體塊靶材材料616的大部分或接近全部轉換成EUV光618。

【0091】 參照圖7，顯示可用以將一靶材材料微滴轉換至一發射EUV光的靶材之另一示範性波形700之繪圖。圖8A至8E顯示用於將一靶材材料微滴轉變至發射EUV光的靶材之波形700。圖7及圖8A至8E的範例之靶材係為一系列的片段式靶材材料。

【0092】 波形700顯示一第一預脈衝702的代表物，一第二預脈衝

704的代表物，及一經放大光束706的代表物。第一預脈衝702具有20至70ns的一脈衝時程703，及17至60mJ的能量。第一預脈衝702可具有1 μ m或10.6 μ m的波長。在一範例中，脈衝時程703係為40ns，且能量為20mJ。第二預脈衝704具有10至10ns的一脈衝時程705，及1至10mJ的能量。第二預脈衝704具有1.06 μ m的波長。在一範例中，第二預脈衝704的時程705係為10ns，且第二預脈衝的能量為5mJ。在另一範例中，第二預脈衝704的時程705為10ns，且第二預脈衝的能量為10mJ。

【0093】 第一預脈衝702及第二預脈衝704在時間上分隔達一延遲時間708，其中第二預脈衝704在第一預脈衝702之後發生。延遲時間708係為夠長之一時間，以容許被第一預脈衝702幾何性變形的一靶材材料微滴擴大形成一碟形中間靶材。延遲時間708可為1至3微秒(μ s)。

【0094】 第二預脈衝704及經放大光束706在時間上分隔達一延遲時間709，其中經放大光束706在第二預脈衝704之後發生。延遲時間709係為夠長，以容許第二預脈衝704所形成的片段散佈至一最適距離。延遲時間709可為100奈秒(ns)至1微秒(μ s)。

【0095】 參照圖8A至8E，顯示靶材材料供應裝備620的五個快照，其中時間從左方的圖8A增加至右方的圖8E。圖8A至8C生成碟形中間靶材613，如同參照圖6A至6C所討論。圖8D顯示靶材814的產生。靶材814係為藉由以第二預脈衝704輻照中間靶材613所形成之靶材材料的一系列粒子或碎塊。第二預脈衝704的衝擊係使中間靶材613破解成靶材材料的許多片段，其各小於中間靶材613。

【0096】 因為集體來說，片段提供靶材材料的更大表面積以供轉換至電漿，中間靶材613破解成片段係提供用於經放大光束706的較大靶材

材料。並且，因為中間靶材613的厚度，比起一能夠將靶材材料微滴610轉變成一系列的片段之預脈衝而言，第二預脈衝704可相對較無活力及/或在時程上為較長。

【0097】 靶材814抵達靶材區位626並接收經放大光束。生成EUV光818。

【0098】 參照圖9，顯示可用來將一靶材材料微滴轉換至一發射EUV光的靶材之另一示範性波形900的繪圖。圖10A至10E顯示波形900，其將一靶材材料微滴轉變至發射EUV光的靶材。圖9及圖10A至10E的範例之靶材係為一預電漿，其接近於一半球形靶材而形成。

【0099】 波形900顯示一第一預脈衝902的代表物，一第二預脈衝904的代表物，及一經放大光束906的代表物。第一預脈衝902具有小於1ns的一脈衝時程903。例如，第一預脈衝902可具有1.06 μ m的波長，300ps或更小的脈衝時程，及1至10mJ的能量。在另一範例中，第一預脈衝具有100ps至300ps的時程，1.06 μ m的波長，及1mJ至10mJ的能量。在又另一範例中，第一預脈衝902具有150ps的時程，1.06 μ m的波長，及5mJ的能量。

【0100】 第二預脈衝904具有1至10ns的一脈衝時程905及1至10mJ的能量。第二預脈衝904具有1.06 μ m的波長。在一範例中，第二預脈衝904的時程905係為10ns，且第二預脈衝的能量為5mJ。在另一範例中，第二預脈衝904的時程905係為10ns，且第二預脈衝的能量為10mJ。

【0101】 第一預脈衝902及第二預脈衝904在時間上分隔達一延遲時間908，其中第二預脈衝904在第一預脈衝902之後發生。延遲時間908係為夠長之一時間，以容許被第一預脈衝902幾何性變形的一靶材材料微滴擴大形成一半球形靶材。例如，延遲時間908可為約1000ns。延遲時間909係夠長以容許第二預脈衝904在半球形靶材

的表面處形成之預電漿擴大。延遲時間909可為10至100奈秒(ns)或1至200ns。

【0102】 參照圖10A至10E，顯示靶材材料供應裝備620的五個快照，其中時間從左方的圖10A增加至右方的圖10E。預脈衝902係輻照靶材材料微滴610以形成一半球形容積1012。半球形容積1012係為分佈遍及一半球形空間之一霧或系列的粒子1013。粒子1013以在一朝向第二預脈衝904的表面1002處為最小值之一密度分佈作分佈。因為在光抵達一將反射光之具有高密度的平面之前光大部分被容積1012所吸收，密度分佈的增加方向係有助於一增加量的光被容積1012吸收。半球形容積1012係隨延遲時間908而擴大以形成半球形中間靶材1014。

【0103】 第二預脈衝904係輻照半球形中間靶材1014以在中間靶材1014的一邊緣處產生一預電漿且亦將至少部分的粒子1013轉換成預電漿。因為粒子1013為小型，相對容易從粒子1013產生一預電漿。預電漿係隨延遲時間909擴大以形成靶材1015。靶材1015包括一半球形容積1017及一預電漿1016。經放大光束906係輻照靶材1015以產生EUV光。預電漿1016提供一易於吸收經放大光束906之媒體，因此，預電漿1016可增強並改良經放大光束轉換成EUV光的作用。

【0104】 其他實行方式係位於下列申請專利範圍的範疇內。例如，碟形中間靶材613可具有類似於一碟或在表面一者中包括一凹缺之形狀。上文所討論的波形5、500、700及900之任一者係可具有不只兩個與靶材材料交互作用的預脈衝。

【符號說明】

【0105】	
5,60,500,700,900	波形
6	第一脈衝的輻射/第一預脈衝
50	靶材材料微滴
11	第一延遲時間

12	第一預脈衝6的脈衝時程
13	第二延遲時間
14	第二預脈衝7的脈衝時程
51	中間靶材
52	幾何分佈
54	中間靶材51的橫剖面直徑
55,614,814,1015	靶材
57,106,618,818	EUV光
57	預脈衝7的束直徑
58	中間靶材51的厚度
59	靶材材料微滴50的厚度
61,62	EUV光發射
100,305	LPP EUV光源
105,342,626	靶材區位
107	真空腔室130的內部
114	靶材混合物
115,180,315	驅動雷射系統
120	束運送系統
122,326	聚焦總成
124	量測系統
125	靶材材料輸送系統
126	靶材材料輸送控制系統
130,340	真空腔室

135	收集器面鏡
140,197	開孔
145	中間區位
150	開端式中空圓錐形罩套
155	主控制器
156	微滴位置偵測回饋系統
157	雷射控制系統
158	束控制系統
160	靶材或微滴成像器
165	光源偵測器
175	引導雷射
181,182,183	功率放大器
184,191	光
185,190,194	輸出窗口
187	空間性濾器
186,188	彎曲面鏡
189,193	輸入窗口
192,196	摺疊面鏡
195	輸出束
300	光學成像系統
310	微影工具
317,318	脈衝/輻射脈衝
322	光學元件

324	預脈衝源
346	EUV收集光學件
347,620	靶材材料供應裝備
348a,348b	微滴
400	程序
410,420,430	步驟
502,702,902	第一預脈衝
503	第一預脈衝的脈衝時程
504,704,904	第二預脈衝
505	第二預脈衝的時程
508,509,708,709,908,909	延遲時間
510	引領邊緣
610,611	靶材材料微滴
612	靶材材料
613	碟形中間靶材
615,1016	預電漿
616	體塊靶材材料
624	噴嘴
630	中間靶材613的厚度
631	中間靶材613的厚度
632	中間靶材613的寬度
703	第一預脈衝702的脈衝時程
705	第二預脈衝704的脈衝時程

903	第一預脈衝902的脈衝時程
905	第二預脈衝904的脈衝時程
1002	表面
1012,1017	半球形容積
1013	粒子
1014	半球形中間靶材

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種用於產生極紫外線(EUV)光之方法，該方法包含：

導引(directing)一第一脈衝的輻射朝向包含目標材料之一初始目標，該目標材料轉換成電漿時，發射EUV光以形成一經修改目標，該經修改目標相較於該初始目標，其包含該目標材料之一不同幾何分佈；

導引一第二脈衝的輻射朝向該經修改目標以形成一目標；及

導引一經放大光束朝向該目標，該經放大光束包含足以將該目標的至少一部分轉換成發射EUV光之一電漿的一能量且該經放大光束及該第二脈衝的輻射在時間上係分隔1至200奈秒(ns)之間的一延遲時間，其中該目標材料包含錫。

【第2項】

如請求項1之方法，其中該延遲時間係在10 ns至50 ns之間。

【第3項】

如請求項1之方法，其中該延遲時間係在10 ns至100 ns之間。

【第4項】

如請求項1之方法，其中該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該經放大光束係各藉由一分離雷射產生。

【第5項】

如請求項1之方法，其中該目標包含一預電漿(pre-plasma)及一體塊(bulk)材料，該預電漿增強在該經放大光束中所吸收的光且係於該經放大光束和該體塊材料之間。

【第6項】

如請求項5之方法，其中該體塊材料包含一碟形目標材料。

【第7項】

如請求項6之方法，其中該體塊材料包含熔融金屬。

【第8項】

如請求項1之方法，其中該目標包含該目標材料的多個碎塊，該多個碎塊具有比該經修改目標之一表面更大之一集體表面積。

【第9項】

如請求項1之方法，其中該第一脈衝的輻射之一能量係大於或等於該第二脈衝的輻射之一能量。

【第10項】

如請求項1之方法，其中該第一脈衝的輻射之一能量係小於該第二脈衝的輻射之一能量。

【第11項】

一種極紫外線(EUV)光源，其包含：

一源，其生成一經放大光束、一第一脈衝的輻射、及一第二脈衝的輻射；

一目標材料輸送系統(target material delivery system)；

一真空腔室，其自該目標材料輸送系統在一目標區位(target location)接收一初始目標，該初始目標包含轉換成電漿時，發射EUV光的目標材料，該目標材料包含錫；

一導向(steering)系統，其組構以導向該經放大光束、該第一脈衝的輻射、及該第二脈衝的輻射朝向該目標區位，其中

該第一脈衝的輻射具有足以改變在該初始目標中的該目標材料之

一幾何分佈以形成一經修改目標之一能量，

該第二脈衝的輻射具有足以改變該經修改目標之一吸收特性以形成一目標之一能量，

該經放大光束具有足以轉換該目標之至少一部分成發射EUV光之該電漿之一能量，及

一雷射控制系統，其組構以控制該源之一雷射時序電路(laser timing circuit)，該雷射控制系統包含儲存於一電腦可讀取式媒體上之可執行指令，該雷射控制系統經組構以使得該經放大光束發生在該第二脈衝的輻射之後1至200奈秒(ns)之間。

【第12項】

一種極紫外線光源，其包含：

一光源，其組構以生成一第一脈衝的輻射、一第二脈衝的輻射、及一經放大光束；

一真空腔室，其在該真空腔室之一內部中之一第一區位接收一目標材料微滴(droplet)，該目標材料微滴包含當轉換成電漿時，發射極紫外線(EUV)光之一目標材料；

一控制系統，其包含於一電腦可讀取式媒體上之機器可執行指令，該控制系統經組構以控制該光源之一時序電路使得該光源：

發射該第一脈衝的輻射，該第一脈衝的輻射包含足以使該目標材料微滴轉換為相較於由該目標材料微滴所占據的一容積，占據一較大容積之該目標材料之一幾何分佈之一能量，

發射該第二脈衝的輻射，該第二脈衝的輻射包含足以改變該幾何分佈之一吸收特性以形成一經修改目標之一能量，該經修改目標相較

於該目標材料微滴或該幾何分佈，吸收入射輻射之一較大部分，及

發射該經放大光束，該經放大光束包含足以轉換該經修改目標之至少一些為發射EUV光之電漿的一能量；及

於該源和該真空腔室之間的一光學元件，該光學元件經組構以：

接收該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該經放大光束，及

導引該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該經放大光束分別至在該真空腔室之該內部中之該第一區位、在該真空腔室之該內部中之一第二區位、及在該真空腔室之該內部中之一第三區位，該第一區位、該第二區位、及該第三區位係不同區位且位於沿著異於在該真空腔室中之該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該經放大光束中的一傳播方向之一方向。

【第13項】

如請求項12之極紫外線光源，其中在該真空腔室之該內部中該第一區位、該第二區位、及該第三區位係不同區位且位於沿著垂直於在該真空腔室中之該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該經放大光束之該傳播方向之至少一者的一方向。

【第14項】

如請求項12之極紫外線光源，其中該源包含一第一源及與該第一源分離之一第二源，該第一源經組構以生成該第一脈衝的輻射和該經放大光束，及該第二源經組構以生成該第二脈衝的輻射。

【第15項】

一種方法，其包含：

導引一第一脈衝的輻射朝向在一極紫外線(EUV)源之一真空腔室中之一第一區位，該第一區位接收一目標材料微滴，其包含當轉換成電漿時，發射EUV光之目標材料，及該第一脈衝的輻射包含足以使該目標材料微滴轉換為目標材料之一幾何分佈之一能量，該目標材料的該幾何分佈相較於由該目標材料微滴所占據的一容積，占據一較大容積；

導引一第二脈衝的輻射朝向在該真空腔室中之一第二區位以自該幾何分佈形成一經修改目標，該第二區位係異於該第一區位之一區位；及

導引一經放大光束朝向在該真空腔室中之一第三區位，該第三區位係異於該第一區位和該第二區位之一區位，及該經放大光束包含足以轉換該經修改目標之至少一些為發射EUV光之電漿的一能量，其中

該經修改目標相較於該幾何分佈，吸收入射光之一較大部分。

【第16項】

如請求項15之方法，其中該經修改目標包含該目標材料之一連續分段。

【第17項】

如請求項16之方法，其中該目標材料之該連續分段包含熔融錫之一連續分段。

【第18項】

如請求項15之方法，其中該經修改目標包含鄰近於目標材料之該連續分段的一表面之一預電漿。

【第19項】

如請求項15之方法，其中該經修改目標包含該目標材料的一系列粒子。

【第20項】

如請求項19之方法，其中該目標材料的該系列粒子係為一半球形容積。

【第21項】

如請求項20之方法，其中該半球形容積包含一圓部分，其沿著該經放大光束之一傳播方向延伸。

【第22項】

如請求項15之方法，其進一步包含導引由該電漿發射之EUV光至一微影工具。

【第23項】

一種光微影(photolithography)系統，其包含：

一微影工具，其組構以處理晶圓；及

一極紫外線光源，其包含：

一光源，其組構以生成一第一脈衝的輻射、一第二脈衝的輻射、及一經放大光束；

一真空腔室，其在該真空腔室之一內部中之一第一區位接收一目標材料微滴，該目標材料微滴包含當轉換成電漿時，發射極紫外線(EUV)光之一目標材料；

在該真空腔室中之一EUV收集光學件(collecting optics)，其組構以導引由該電漿發射之EUV光至該微影工具；

一控制系統，其包含於一電腦可讀取式媒體上之機器可執行指令，該控制系統經組構以控制該光源之一時序電路以使得該光源：

發射該第一脈衝的輻射，該第一脈衝的輻射包含足以使該目

標材料微滴轉換為相較於由該目標材料微滴所佔據的一容積，佔據一較大容積之目標材料之一幾何分佈之一能量，

發射該第二脈衝的輻射，該第二脈衝的輻射包含足以改變該幾何分佈之一吸收特性以形成一經修改目標之一能量，該經修改目標相較於該目標材料微滴或該幾何分佈，吸收光之一較大部分，及

發射該經放大光束，該經放大光束包含足以轉換該經修改目標之至少一些為發射EUV光之電漿的一能量；及於該源和該真空腔室之間的一光學元件，該光學元件經組構以：

接收該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該經放大光束，及

導引該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該經放大光束分別至在該真空腔室之該內部中之該第一區位、在該真空腔室之該內部中之一第二區位、及在該真空腔室之該內部中之一第三區位，該第一區位、該第二區位、及該第三區位係不同區位且位於沿著異於在該真空腔室中之該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該經放大光束中的一傳播方向之一方向。

【第24項】

一種極紫外線光源，其包含：

一固態雷射，其組構以生成脈衝的輻射，該等脈衝的輻射包含至少一第一脈衝的輻射及一第二脈衝的輻射；

一第二光源，其組構以生成一第三脈衝的輻射，該第三脈衝的輻射具有異於該第一脈衝的輻射和該第二脈衝的輻射的一不同波長；

一真空腔室，其組構以接收在該真空腔室之一內部中的一目標材

料，該目標材料包含當轉換成電漿時，發射極紫外線(EUV)光之一材料；
及

一光學元件，其經組構以：

接收該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該第三脈衝的輻射，及

導引該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該第三脈衝的輻射分別至在該真空腔室之該內部中之一第一區位、在該真空腔室之該內部中之一第二區位、及在該真空腔室之該內部中之一第三區位，該第一區位、該第二區位、及該第三區位係該真空腔室中之不同區位且位於沿著異於在該真空腔室中之該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該第三脈衝的輻射中的一傳播方向之一方向。

【第25項】

如請求項24之極紫外線光源，其中該目標材料包含一目標材料微滴，及該極紫外線光源進一步包含一控制系統，該控制系統包含於一電腦可讀取式媒體上之機器可執行指令，該控制系統經組構以使得該固態雷射：

發射該第一脈衝的輻射，該第一脈衝的輻射包含足以使該目標材料微滴轉換為相較於由該目標材料微滴所佔據的一容積，佔據一較大容積之該目標材料之一幾何分佈之一能量，

發射該第二脈衝的輻射，該第二脈衝的輻射包含足以改變該幾何分佈之一吸收特性以形成一經修改目標之一能量，該經修改目標相較於該目標材料微滴或該幾何分佈，吸收入射輻射之一較大部分，及該控制系統經組構以使得該第二光源：

發射該第三脈衝的輻射，該第三脈衝的輻射包含足以轉換該經修改目標之至少一些為發射EUV光之電漿的一能量。

【第26項】

一種極紫外線光源，其包含：

一固態雷射，其組構以生成脈衝的輻射，該等脈衝的輻射包含至少一第一脈衝的輻射和一第二脈衝的輻射；

一第二光源，其組構以生成一第三脈衝的輻射，該第三脈衝的輻射具有異於該第一脈衝的輻射和該第二脈衝的輻射之一波長；

一真空腔室，其組構以接收在該真空腔室之一內部中的一目標材料，該目標材料包含當轉換成電漿時，發射極紫外線(EUV)光的一目標材料；及

一第一光學元件，其組構以：

接收由該固態雷射所產生的該等脈衝的輻射，及

導引該等脈衝的輻射朝向該真空腔室之一內部；及

一第二光學元件，其自該第一光學元件分離，該第二光學元件經組構以：

接收由該第二光源所產生的該第三脈衝的輻射，及

導引該第三脈衝的輻射朝向該真空腔室之該內部，其中該第三脈衝的輻射係導引至該真空腔室中異於該固態雷射所產生的該等脈衝的輻射之一區位。

【第27項】

如請求項26之極紫外線光源，其中：

該目標材料包含一目標材料微滴；

該極紫外線光源進一步包含一控制系統，其包含於一電腦可讀取式媒體上之機器可執行指令；

該控制系統經組構以使得該固態雷射：

發射該第一脈衝的輻射，該第一脈衝的輻射包含足以使該目標材料微滴轉換為相較於由該目標材料微滴所佔據的一容積，佔據一較大容積之該目標材料之一幾何分佈之一能量，

發射該第二脈衝的輻射，該第二脈衝的輻射包含足以改變該幾何分佈之一吸收特性以形成一經修改目標之一能量，該經修改目標相較於該目標材料微滴或該幾何分佈，吸收入射輻射之一較大部分；及

該控制系統經組構以使得該第二光源：

發射該第三脈衝的輻射，該第三脈衝的輻射包含足以轉換該經修改目標之至少一些為發射EUV光之電漿的一能量。

【第28項】

如請求項27之極紫外線光源，其中該目標材料微滴包含錫。

【第29項】

一種光微影系統，其包含：

一微影工具，其組構以處理晶圓；及

一極紫外線光源，其包含：

一固態雷射，其組構以生成脈衝的輻射，該等脈衝的輻射包含至少一第一脈衝的輻射和一第二脈衝的輻射；

一第二光源，其組構以生成一第三脈衝的輻射，該第三脈衝的輻射具有異於該第一脈衝的輻射和該第二脈衝的輻射的一不同波長；

一真空腔室，其組構以接收在該真空腔室之一內部中的一目標材

料，該目標材料包含當轉換成電漿時，發射極紫外線(EUV)光之一目標材料；

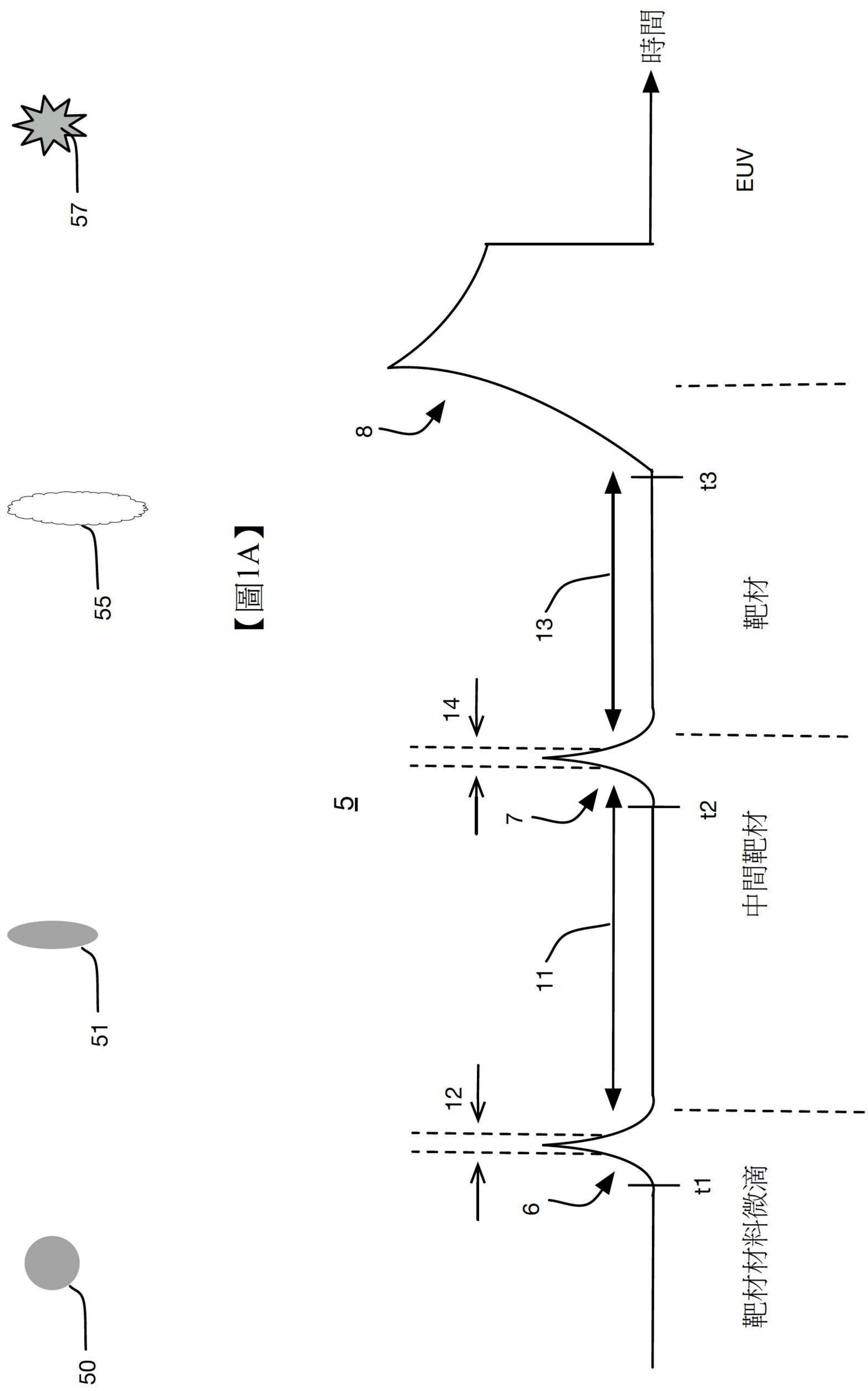
該真空腔室中一EUV收集光學件，其組構以導引由該電漿發射之EUV光至該微影工具；及

一光學元件，其經組構以：

接收該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該第三脈衝的輻射，及

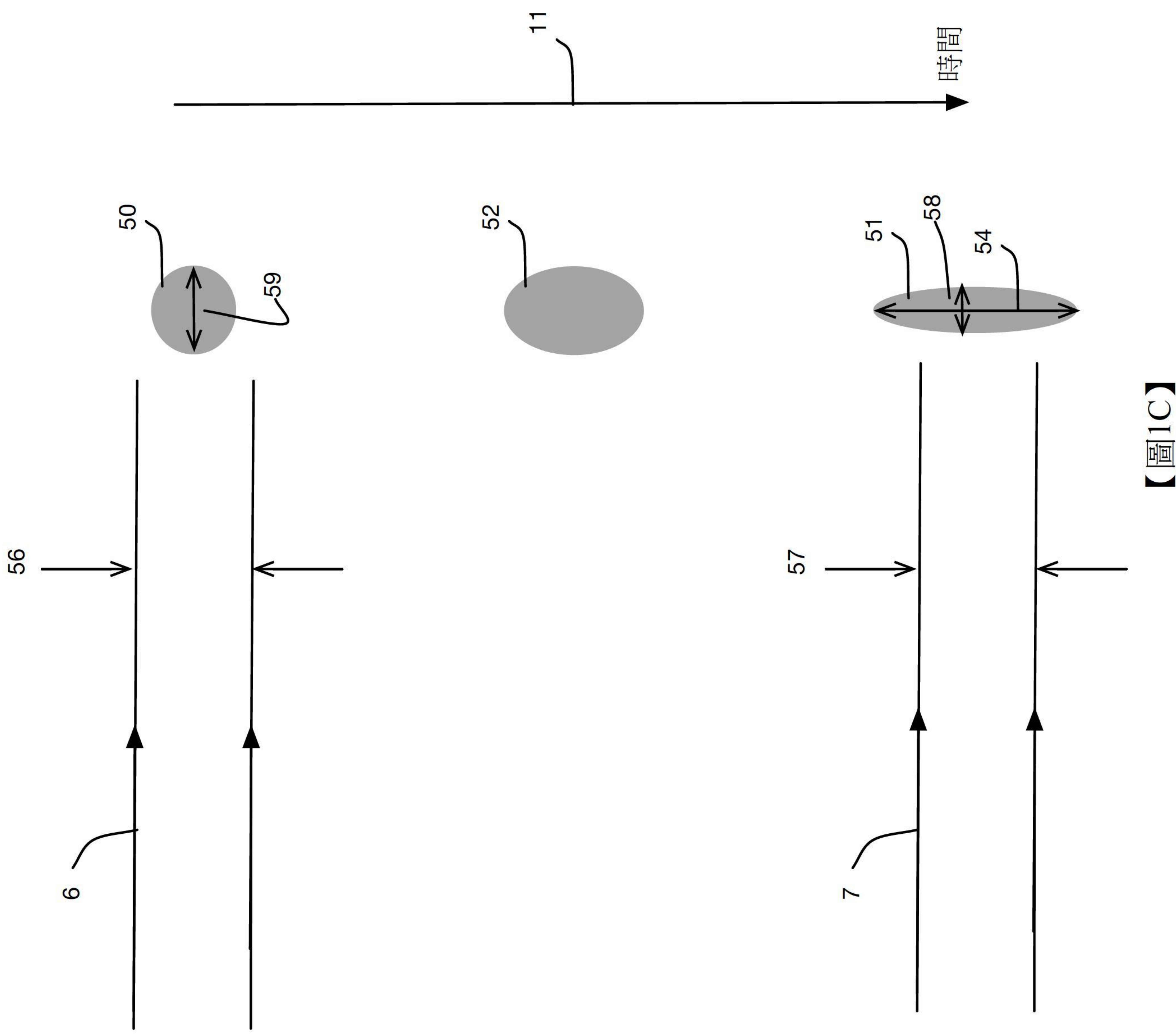
導引該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該第三脈衝的輻射分別至在該真空腔室之該內部中之一第一區位、在該真空腔室之該內部中之一第二區位、及在該真空腔室之該內部中之一第三區位，該第一區位、該第二區位、及該第三區位係於該真空腔室中之不同區位且位於沿著異於在該真空腔室中之該第一脈衝的輻射、該第二脈衝的輻射、及該第三脈衝的輻射中的一傳播方向之一方向。

【發明圖式】

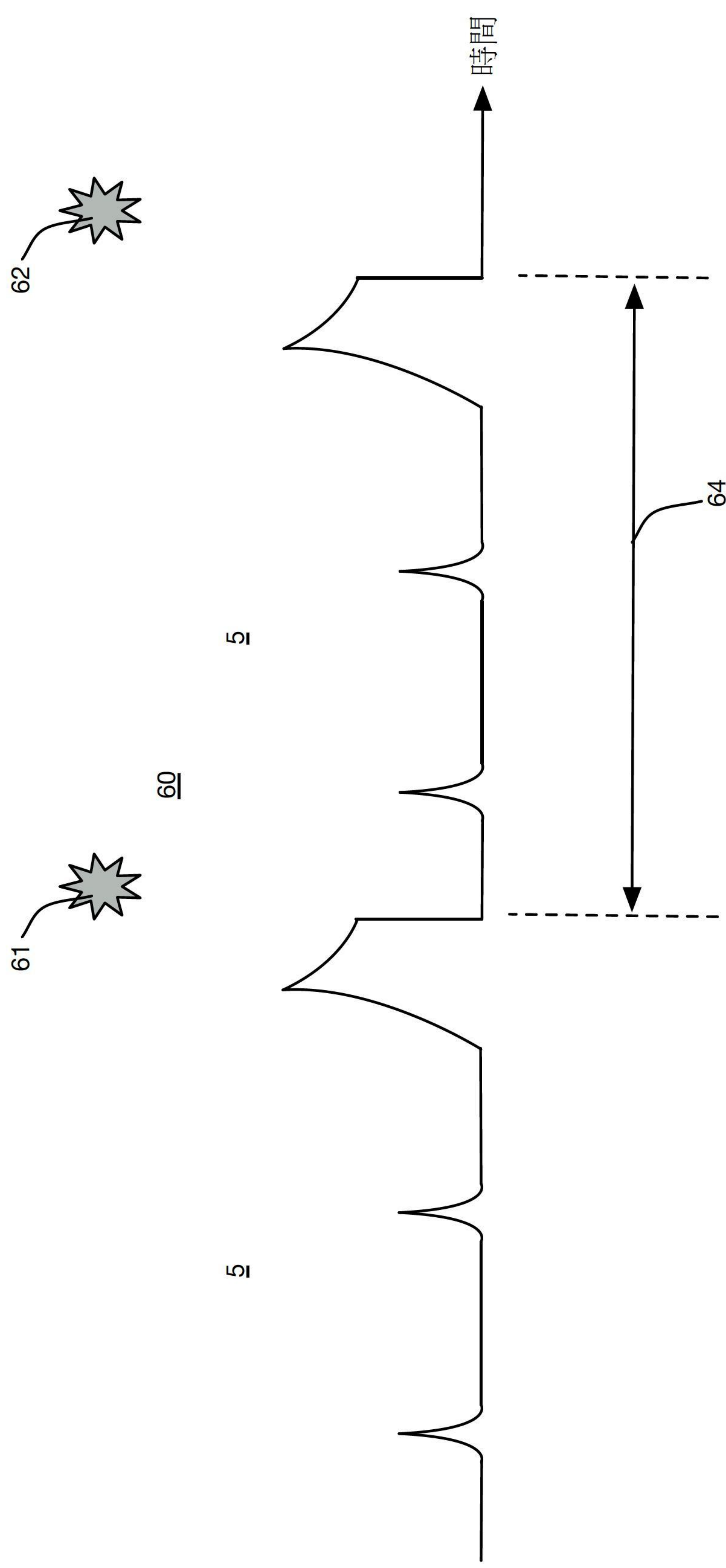


【圖1A】

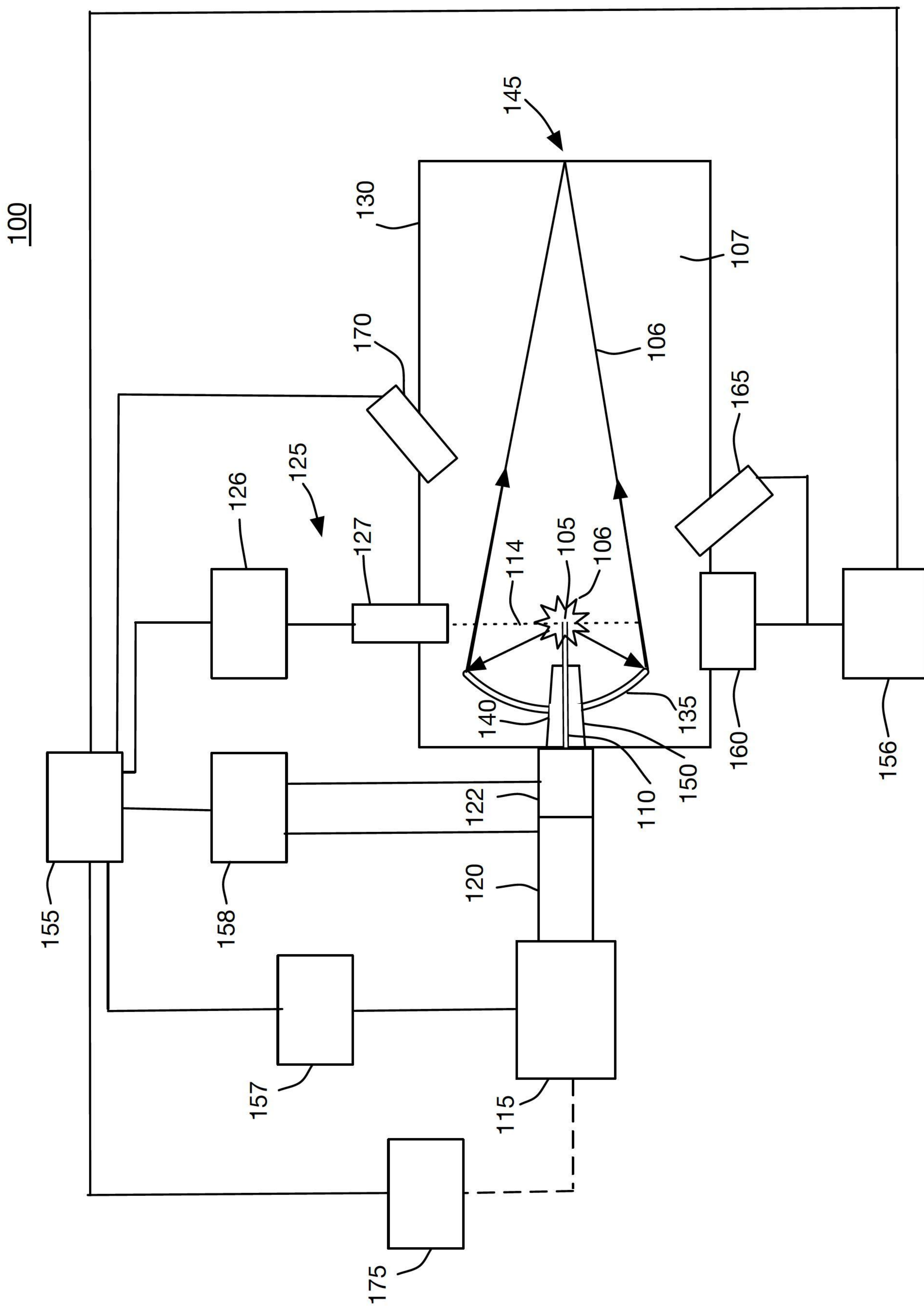
【圖1B】



【圖1C】

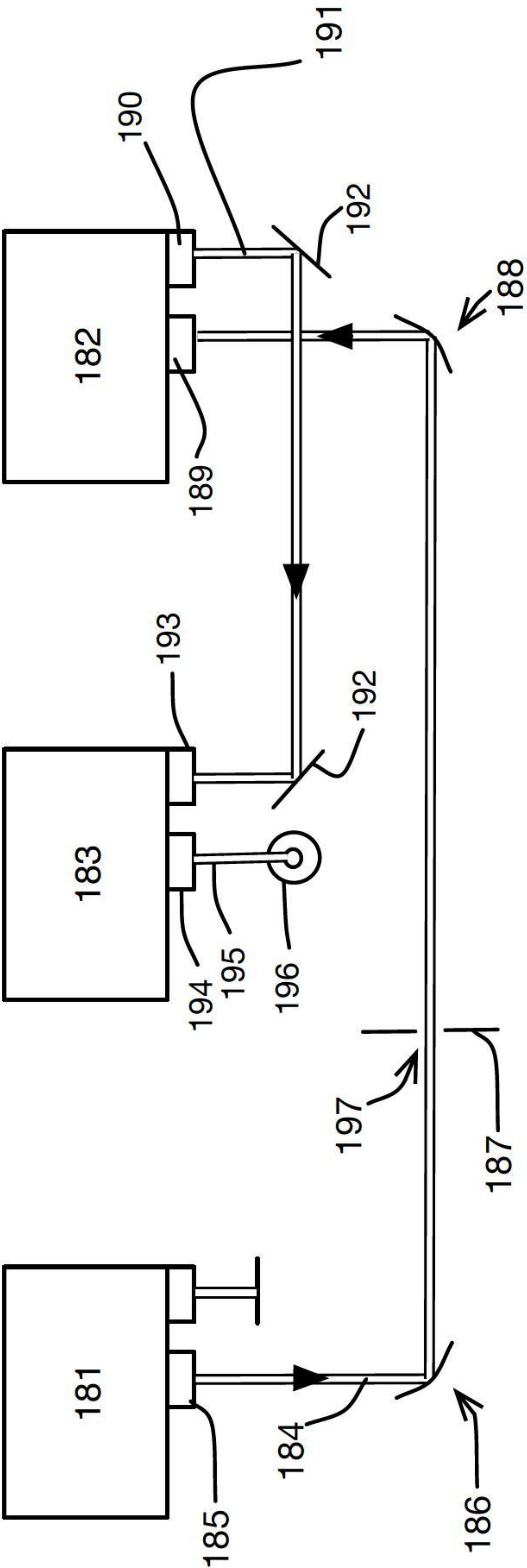


【圖1D】



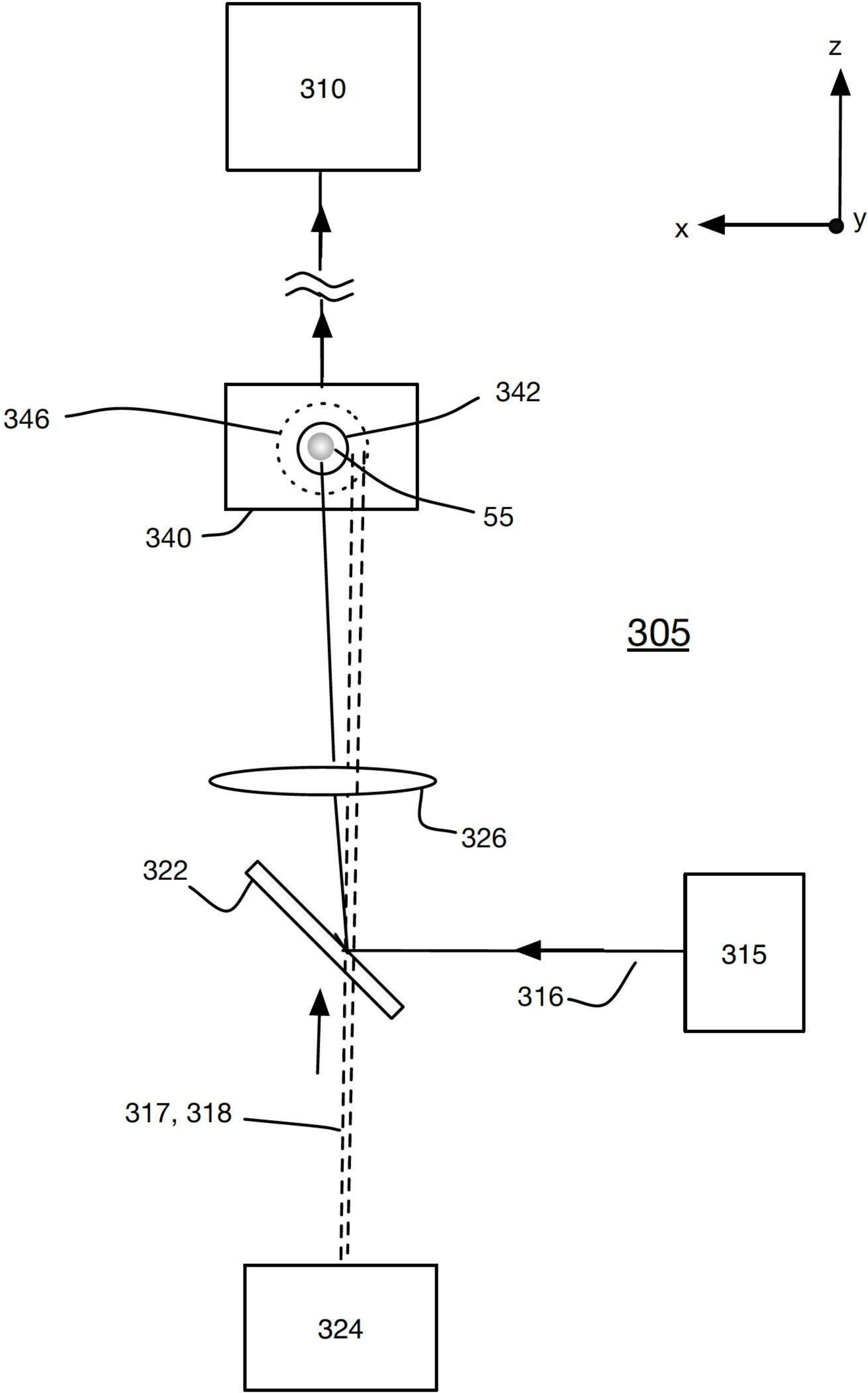
【圖2A】

180

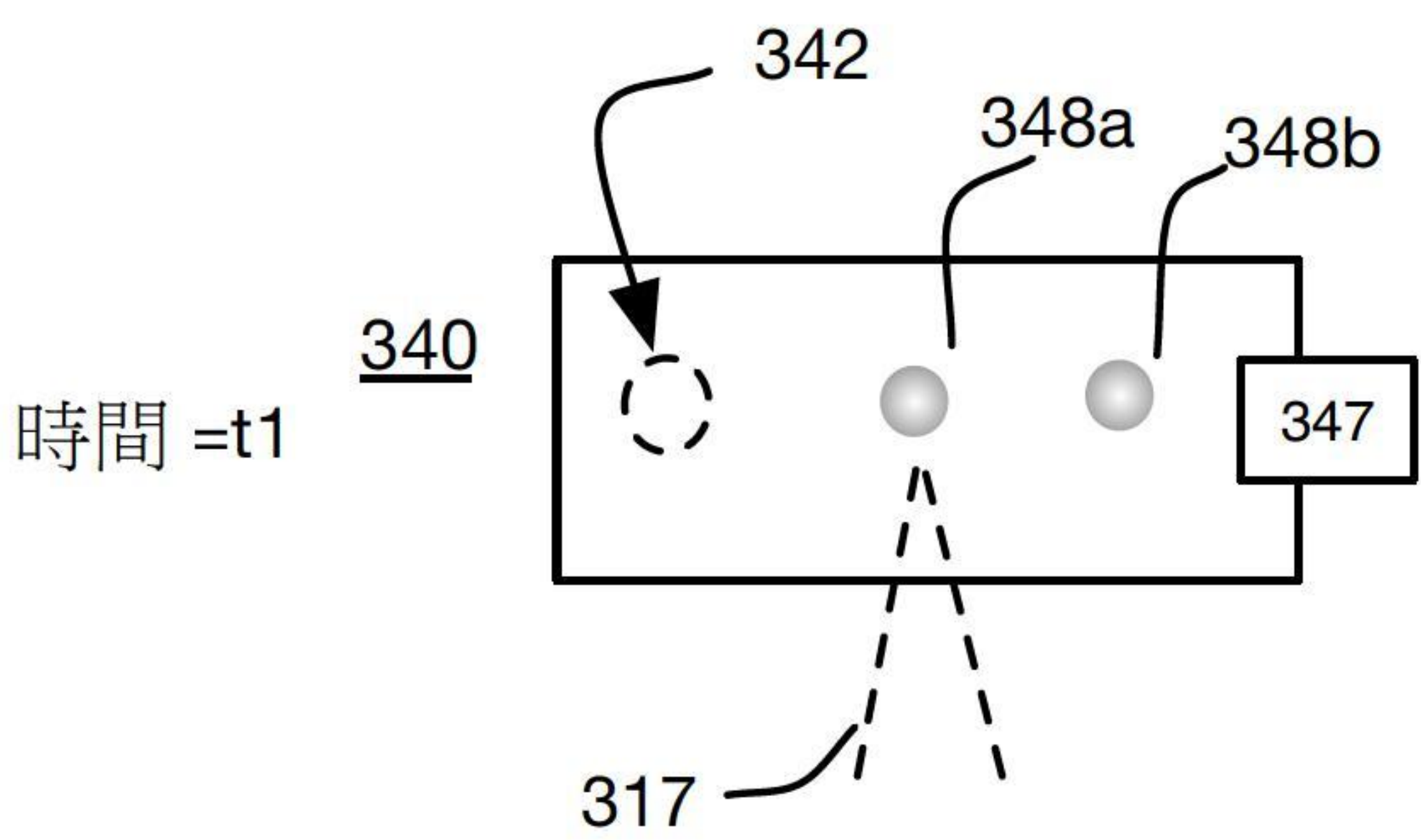
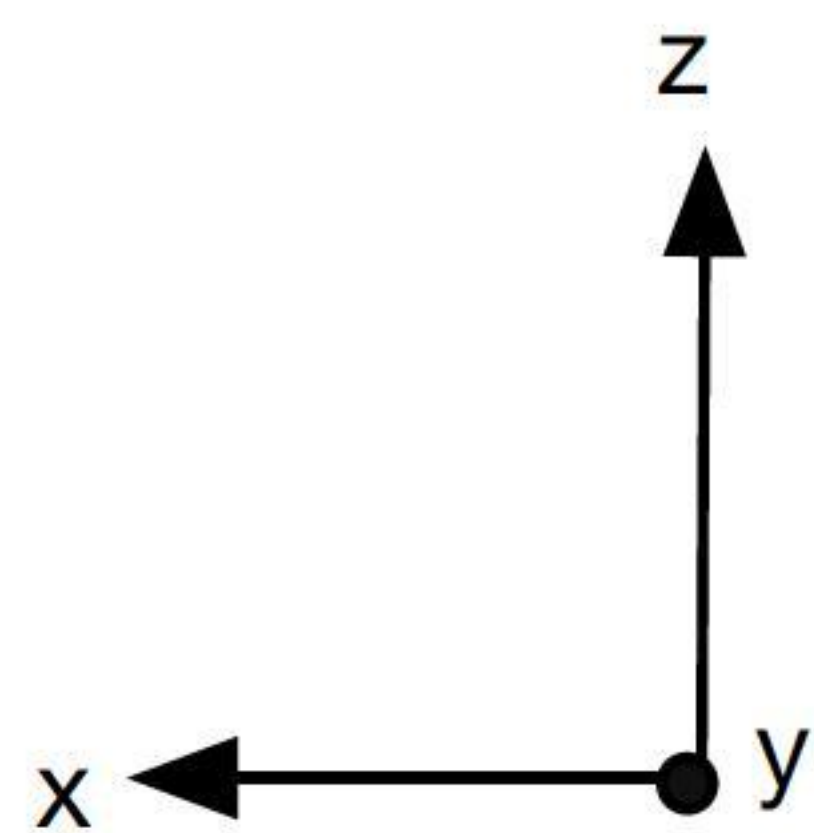


【圖2B】

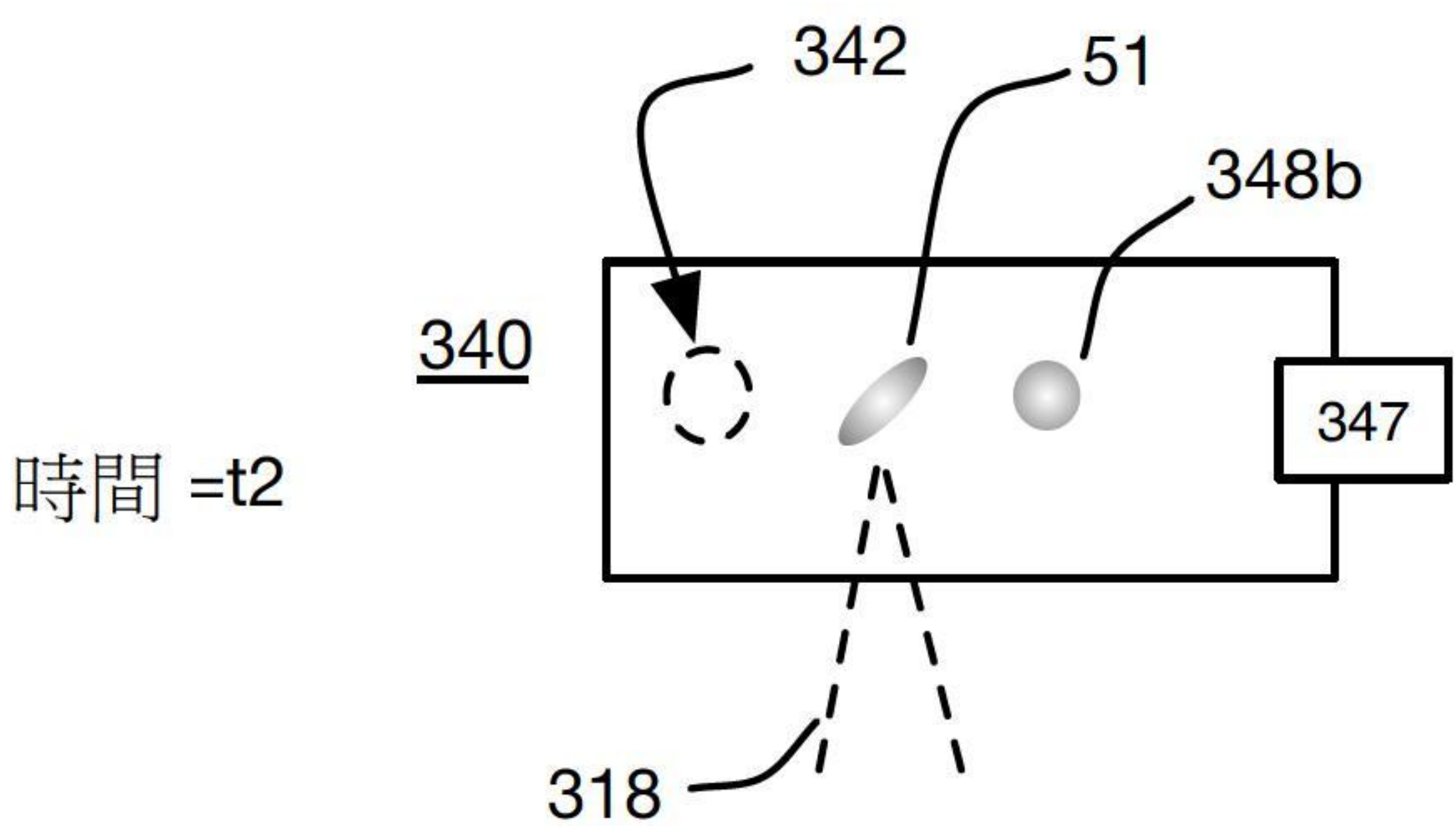
300



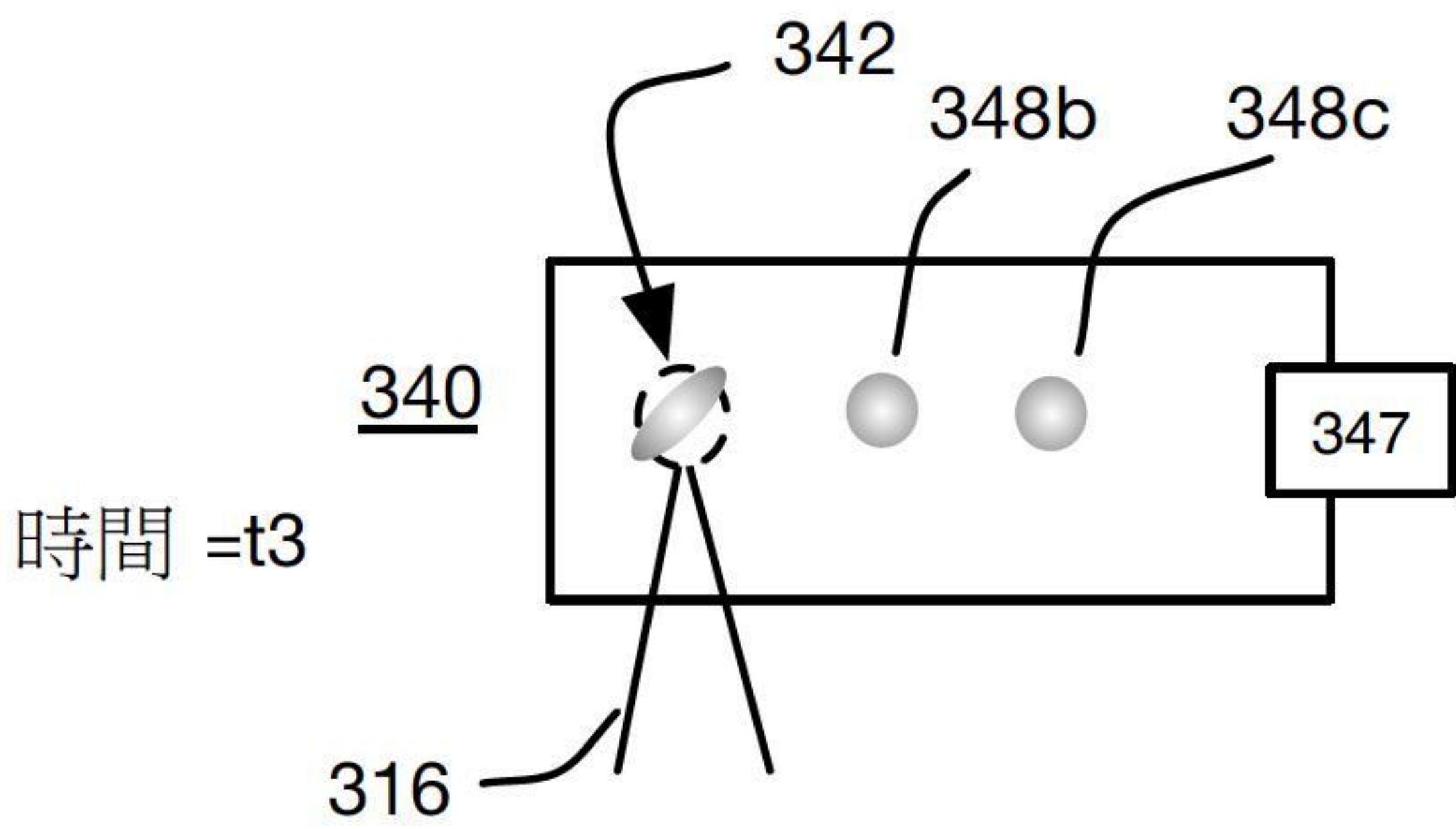
【圖3A】



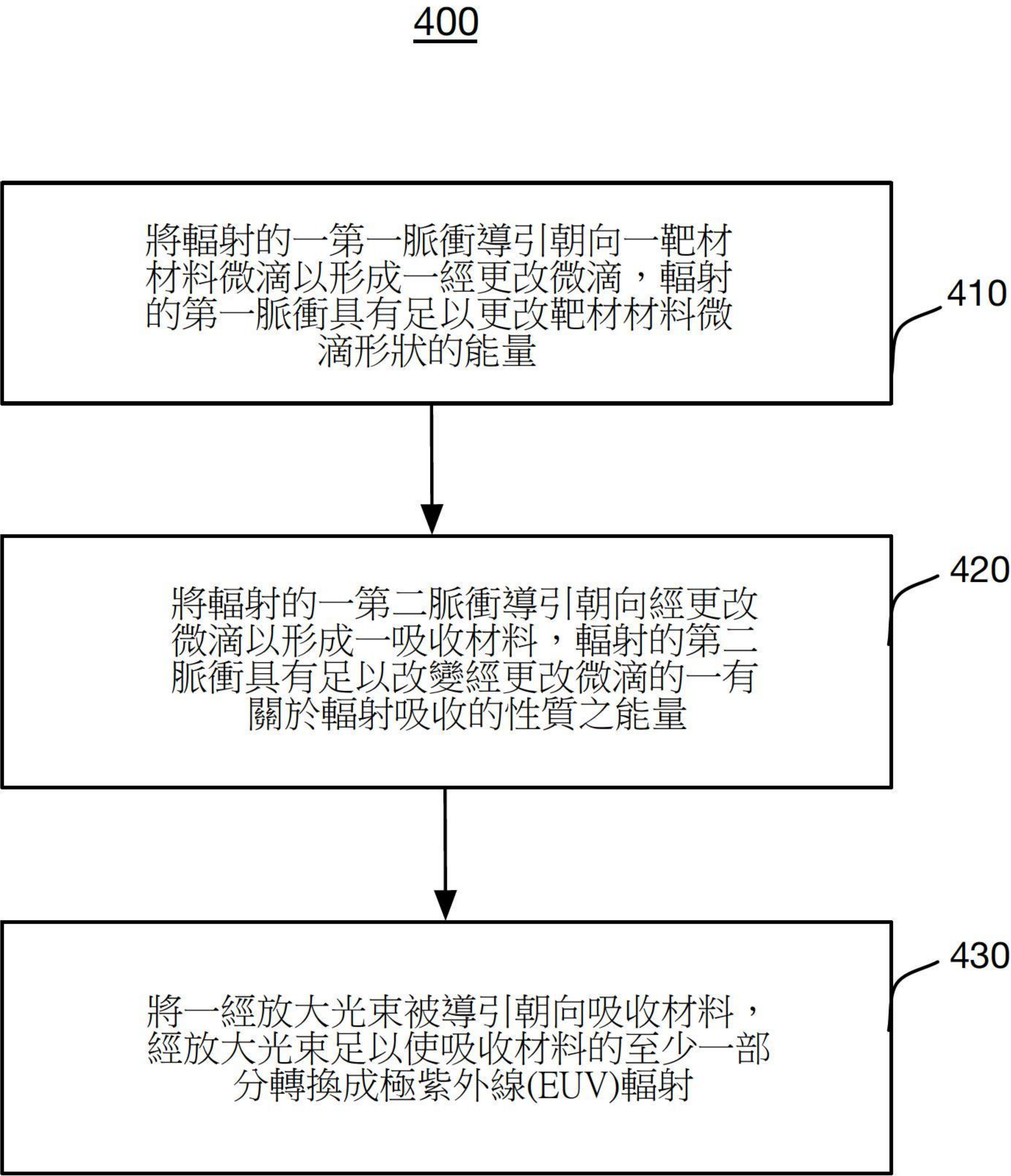
【圖3B】



【圖3C】

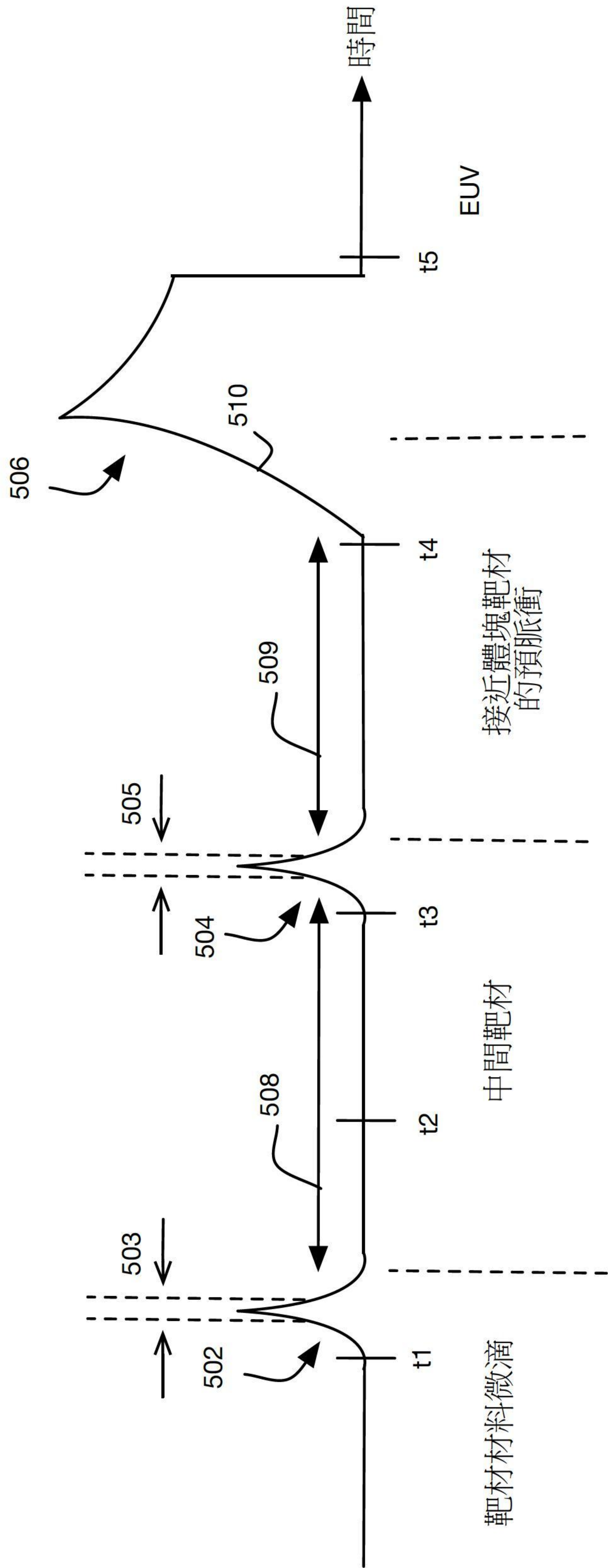


【圖3D】

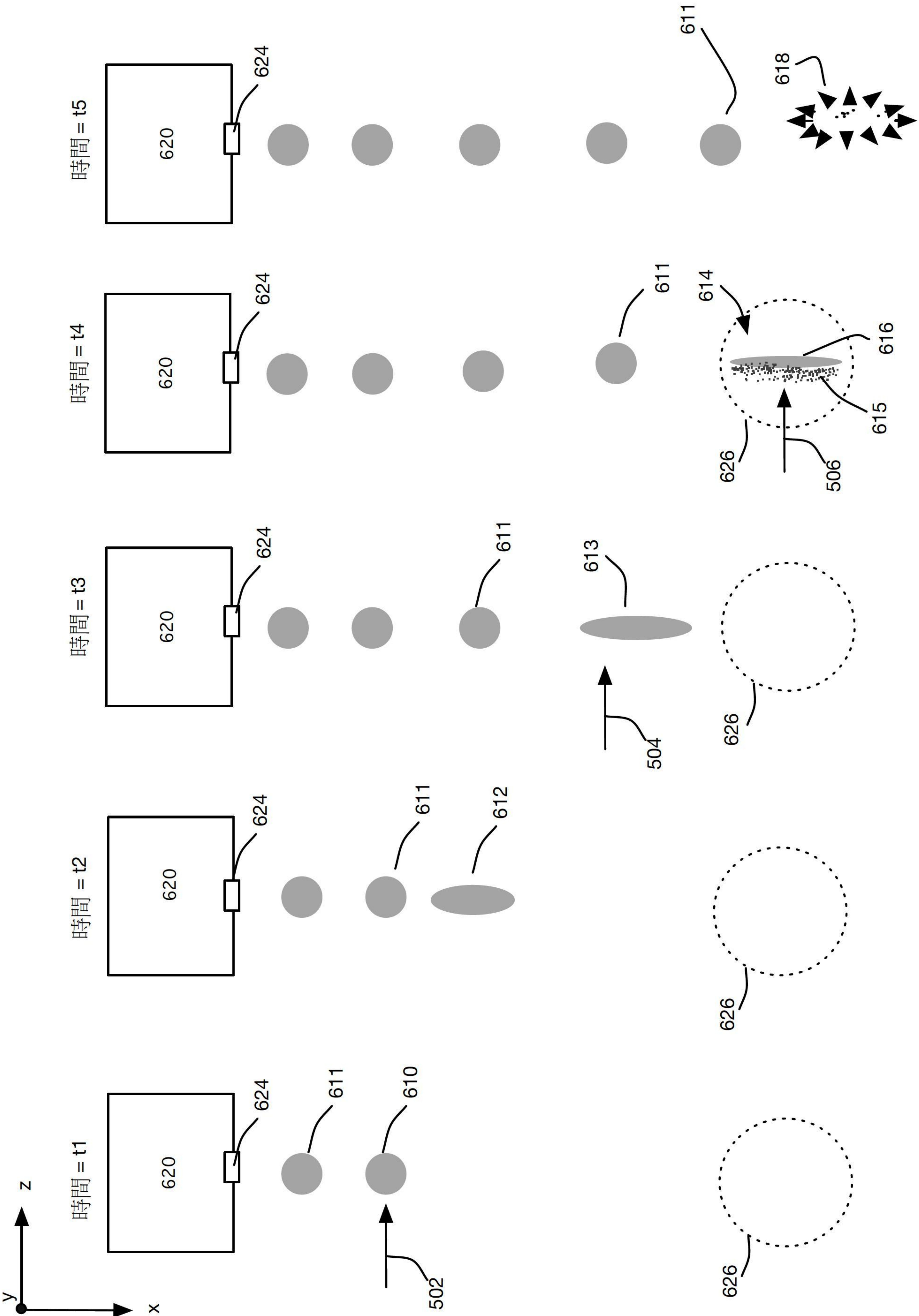


【圖4】

500



【圖5】



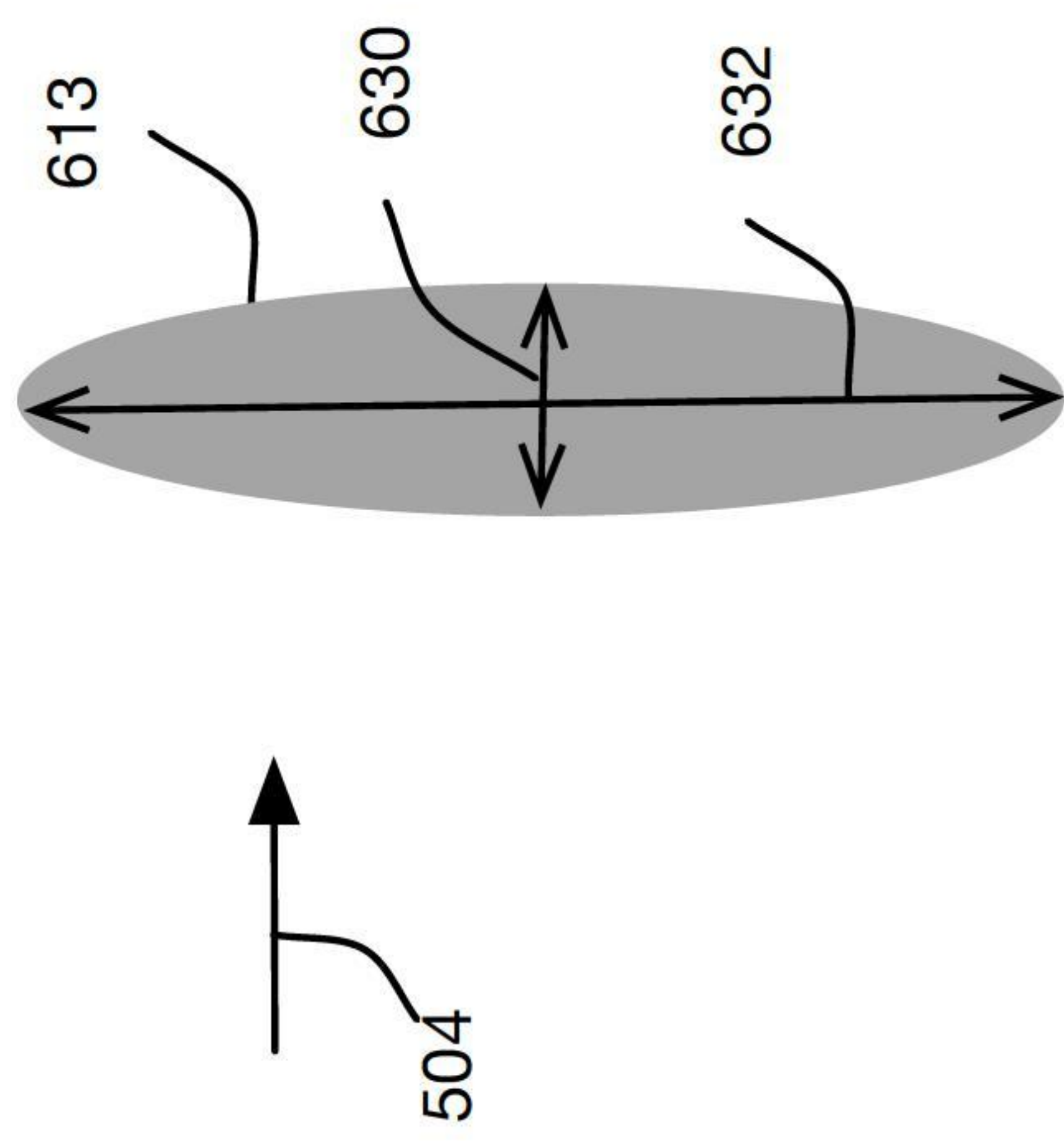
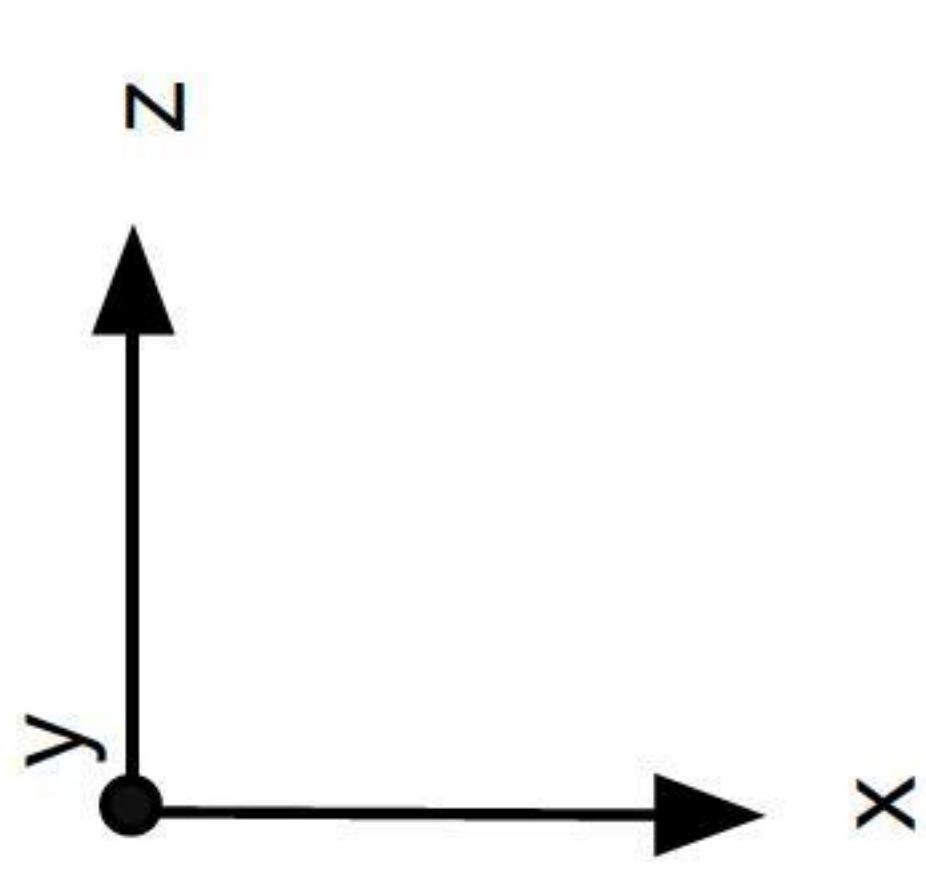
【圖6A】

【圖6B】

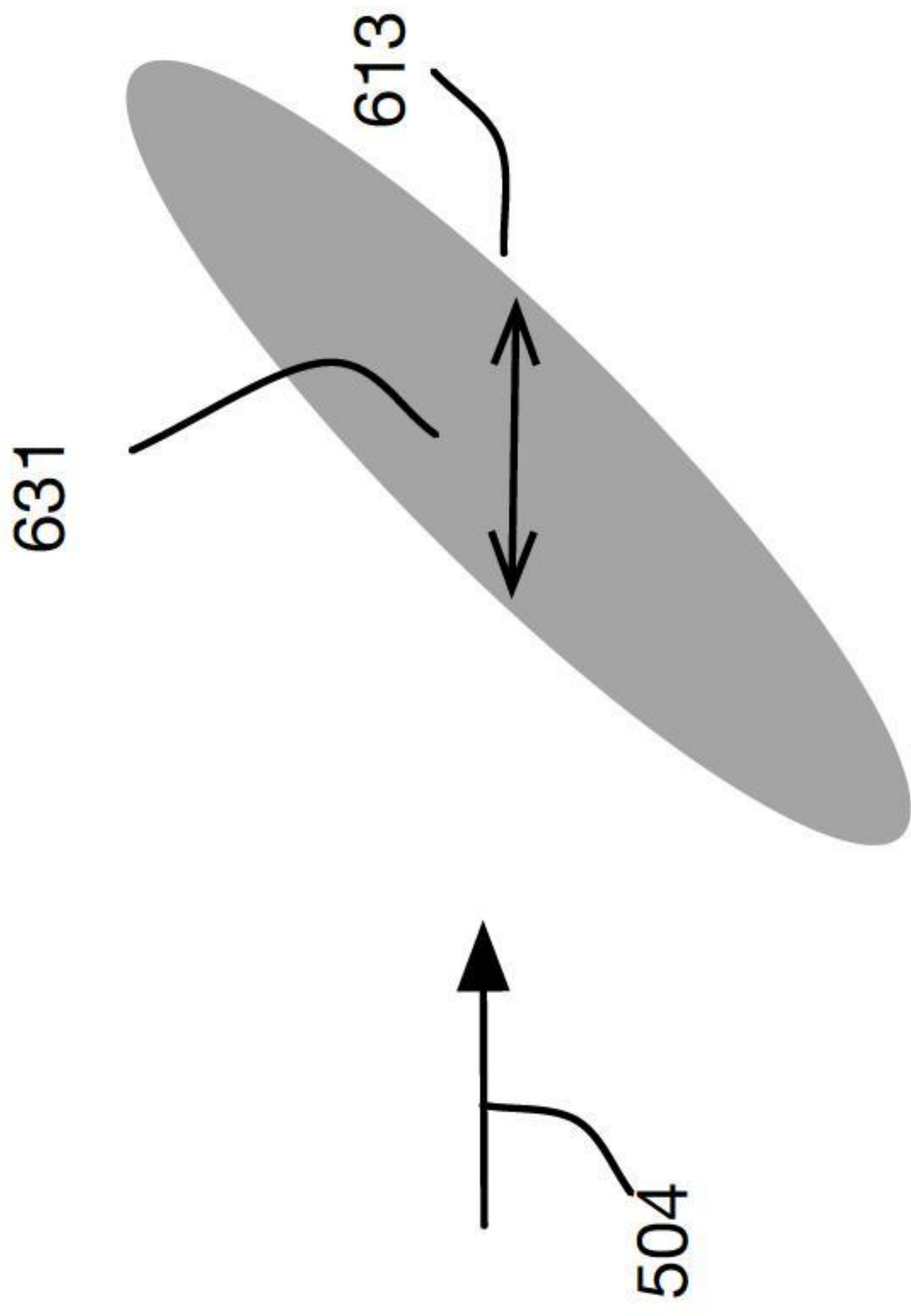
【圖6C】

【圖6D】

【圖6E】

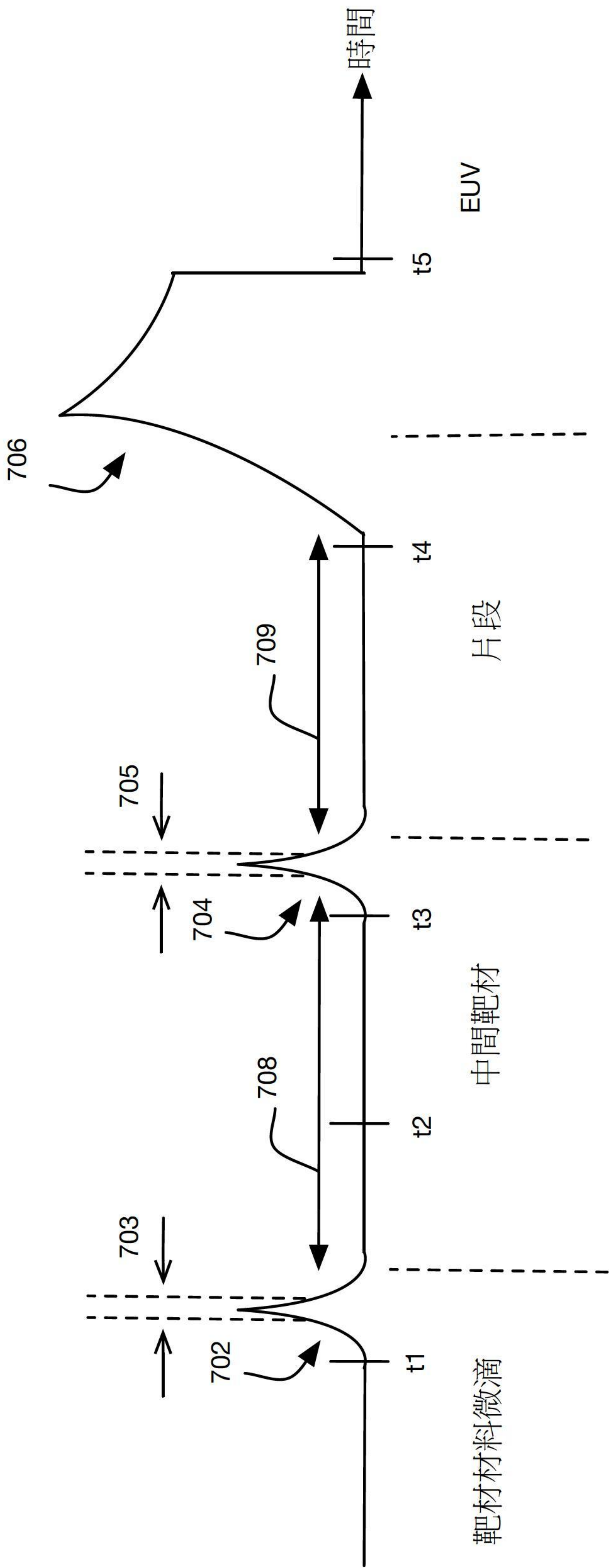


【圖6F】

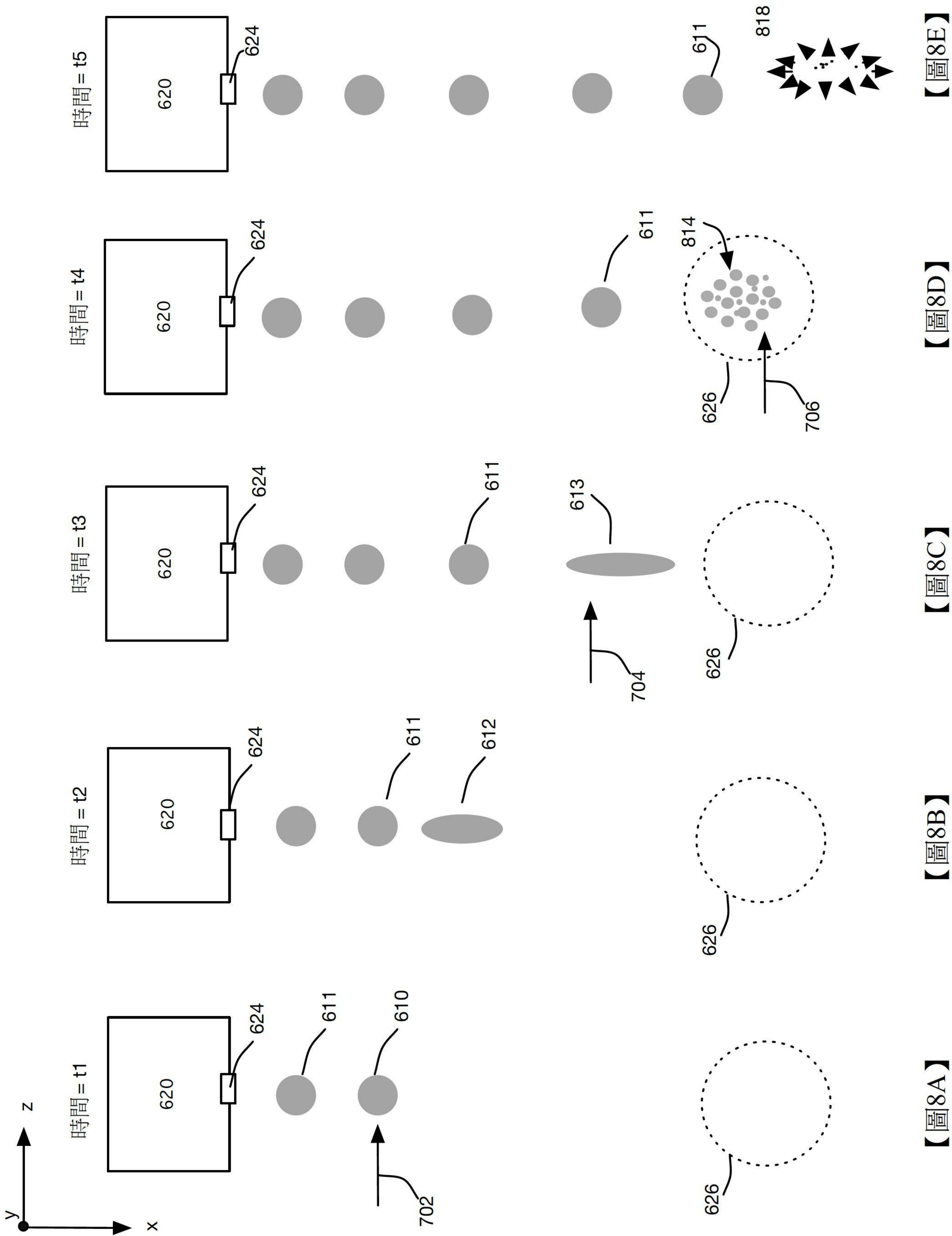


【圖6G】

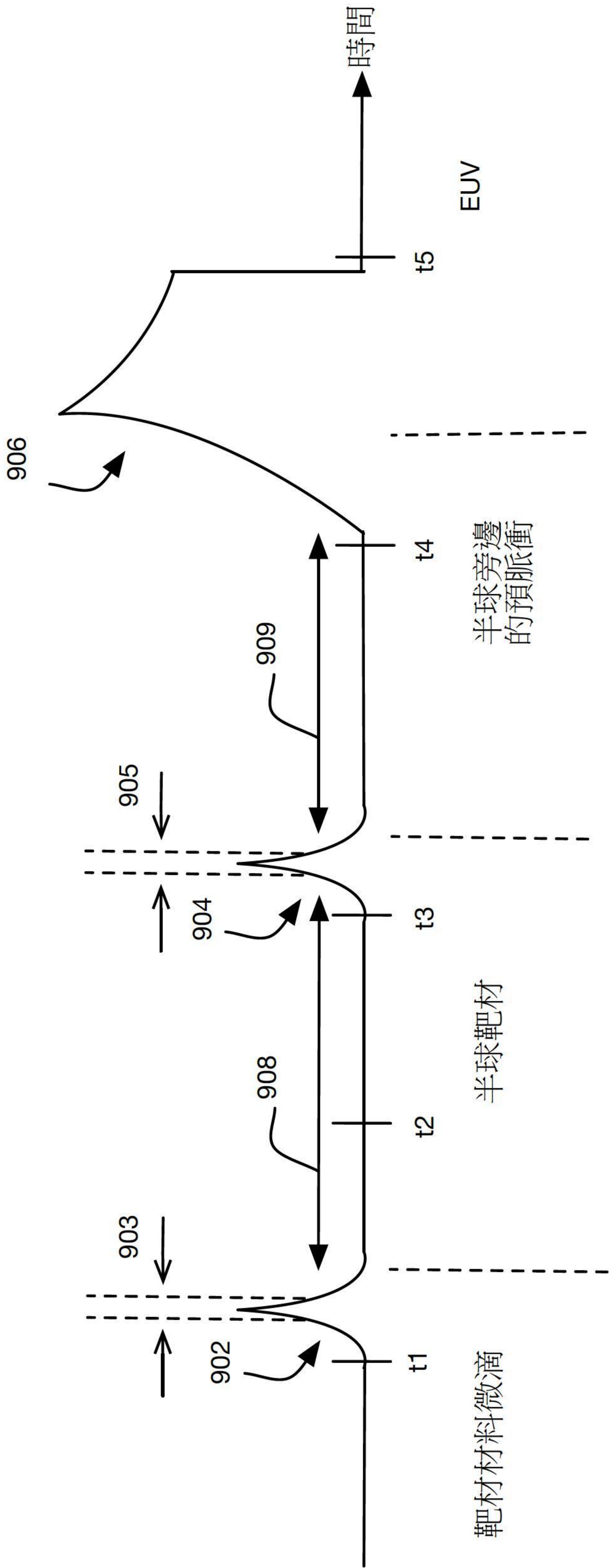
700



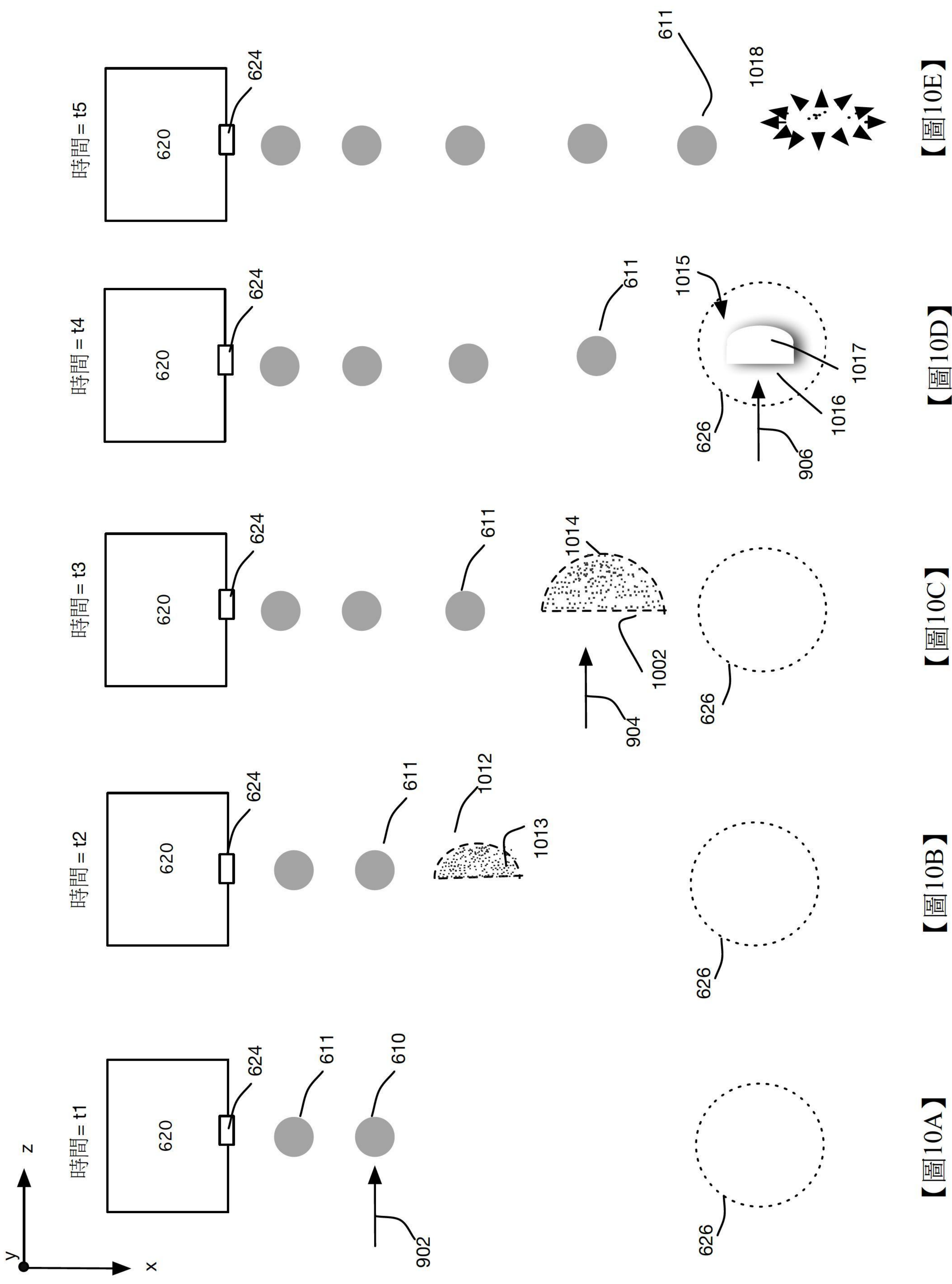
【圖7】



900



【圖9】



【圖10E】

【圖10D】

【圖10C】

【圖10B】

【圖10A】