



(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 I705734 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：104121835

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 06 日

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

(30)優先權：2014/07/07 美國 14/325,153

(71)申請人：荷蘭商 A S M L 荷蘭公司 (荷蘭) ASML NETHERLANDS B. V. (NL)
荷蘭(72)發明人：陶 業爭 TAO, YEZHENG (US)；史圖華特四世 約翰 T STEWART IV, JOHN
TOM (US)；喬爾 喬登 JUR, JORDAN (US)；里弗格 安德魯 LAFORGE,
ANDREW (US)；布朗 丹尼爾 BROWN, DANIEL (AU)；阿坎德 傑森 M
ARCAND, JASON M. (US)；夏夫根斯 亞歷山大 A SCHAFGANS, ALEXANDER
A. (US)；普維斯 麥可 A PURVIS, MICHAEL A. (US)

(74)代理人：林嘉興

(56)參考文獻：

TW 200807827A

TW 201352074A

JP 2011-216850A

JP 2012-182434A

US 8680495B1

US 2005/0248829A1

US 2007/0291350A1

US 2012/0243566A1

審查人員：林迺信

申請專利範圍項數：32 項 圖式數：12 共 52 頁

(54)名稱

產生極紫外(EUV)光之方法及 EUV 系統

(57)摘要

產生初始輻射脈波；擷取該初始輻射脈波之區段以形成修改後輻射脈波，該修改後輻射脈波包括第一部分及第二部分，該第一部分在時間上連接至該第二部分，且該第一部分具有最大能量，該最大能量小於該第二部分之最大能量；使該修改後輻射脈波之該第一部分與靶材料相互作用以形成修改後靶；且使該修改後輻射脈波之該第二部分與該修改後靶相互作用以產生發射極紫外(EUV)光的電漿。

An initial pulse of radiation is generated; a section of the initial pulse of radiation is extracted to form a modified pulse of radiation, the modified pulse of radiation including a first portion and a second portion, the first portion being temporally connected to the second portion, and the first portion having a maximum energy that is less than a maximum energy of the second portion; the first portion of the modified pulse of radiation is interacted with a target material to form a modified target; and the second portion of the modified pulse of radiation is interacted with the modified target to generate plasma that emits extreme ultraviolet (EUV) light.

指定代表圖：

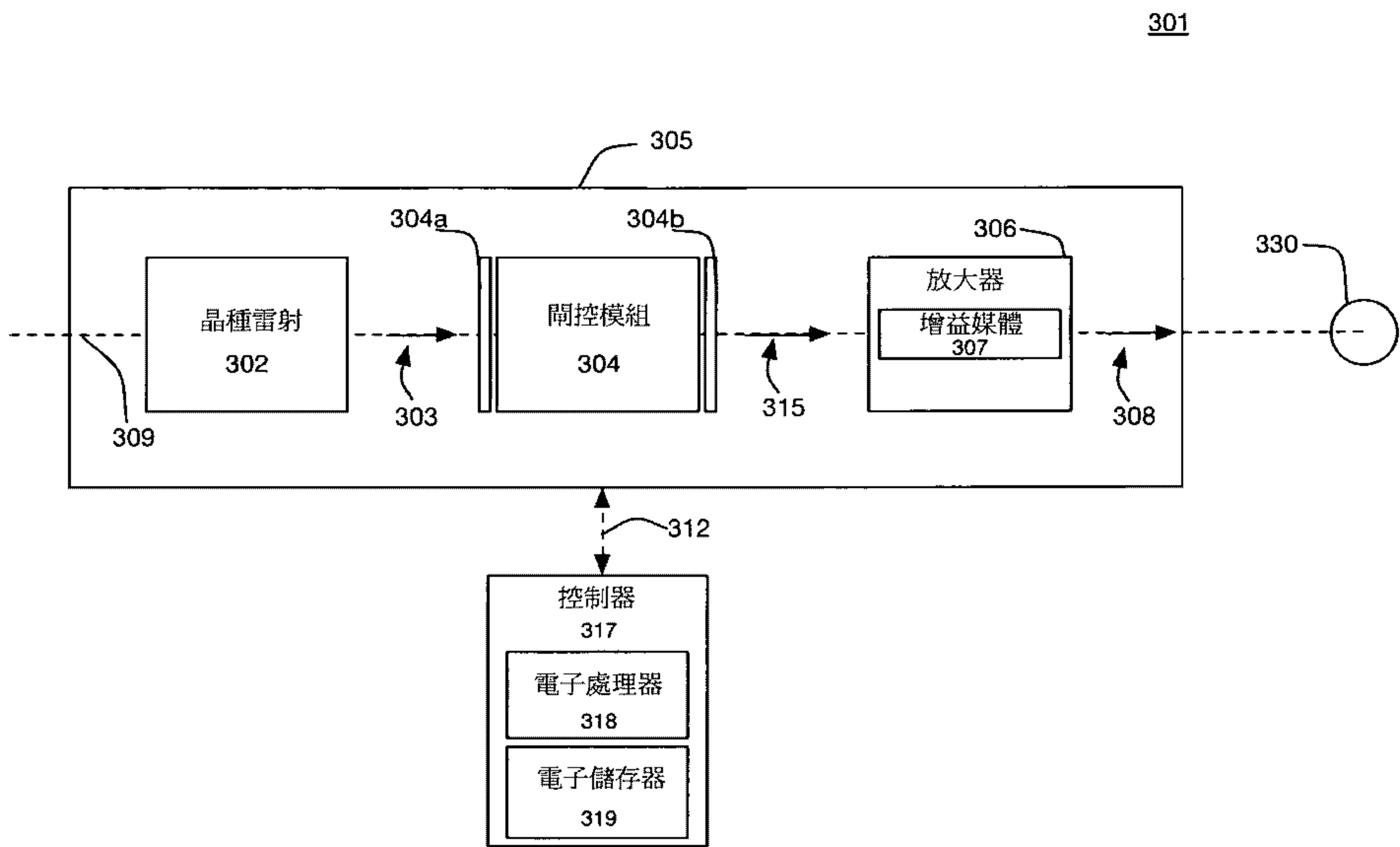


圖 3A

符號簡單說明：

301:系統

302:晶種雷射

303:放大光束/射束

304:閘控模組

304a、304b:偏光鏡

306:光學放大器/放大器

307:增益介質

308:放大修改後脈波

309:射束路徑/路徑

312:鏈路

315:修改後脈波

317:控制器

318:電子處理器/處理器

319:電子儲存器



I705734

發明摘要

公告本

※申請案號：104121835

※申請日：104年7月6日

※IPC 分類：H05G 2/00 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

產生極紫外(EUV)光之方法及EUV系統

METHOD FOR GENERATING EXTREME ULTRAVIOLET (EUV)
LIGHT AND EUV SYSTEM

【中文】

產生初始輻射脈波；擷取該初始輻射脈波之區段以形成修改後輻射脈波，該修改後輻射脈波包括第一部分及第二部分，該第一部分在時間上連接至該第二部分，且該第一部分具有最大能量，該最大能量小於該第二部分之最大能量；使該修改後輻射脈波之該第一部分與靶材料相互作用以形成修改後靶；且使該修改後輻射脈波之該第二部分與該修改後靶相互作用以產生發射極紫外(EUV)光的電漿。

【英文】

An initial pulse of radiation is generated; a section of the initial pulse of radiation is extracted to form a modified pulse of radiation, the modified pulse of radiation including a first portion and a second portion, the first portion being temporally connected to the second portion, and the first portion having a maximum energy that is less than a maximum energy of the second portion; the first portion of the modified pulse of radiation is interacted with a target material to form a modified target; and the second portion of the modified pulse of radiation is interacted with the modified target to generate plasma that emits extreme ultraviolet (EUV) light.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（3A）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

301...系統	315...修改後脈波
302...晶種雷射	317...控制器
303...放大光束/射束	318...電子處理器/處理器
304...閘控模組	319...電子儲存器
304a、304b...偏光鏡	
306...光學放大器/放大器	
307...增益介質	
308...放大修改後脈波	
309...射束路徑/路徑	
312...鏈路	

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

(無)

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

產生極紫外(EUV)光之方法及EUV系統

METHOD FOR GENERATING EXTREME

ULTRAVIOLET (EUV) LIGHT AND EUV SYSTEM

【技術領域】

發明領域

[0001]所揭示之主題係關於極紫外光源。

【先前技術】

發明背景

[0002]極紫外(「EUV」)光例如具有大約50 nm或更小之波長的電磁輻射(有時亦被稱為軟x射線)且包括在約13 nm及更小(大約6.5 nm)之波長處的光，可在光刻製程中用以在例如矽晶圓的基板中產生極小特徵。

[0003]用以產生EUV光之方法包括但未必限於轉換具有在電漿態中含有在EUV範圍內之發射譜線的例如氬、鋰或錫之元素的材料。在一此種方法中，通常稱為雷射產生電漿(「LPP」)，所需電漿可藉由以放大光束照射例如呈材料之小滴、板塊、條帶、流或團簇之形式的靶材料來產生，該放大光束可被稱為驅動雷射。對於此製程，電漿通常係在例如真空腔室的密封容器中產生，且使用各種類型之度量衡學設備加以監視。

【發明內容】

發明概要

[0004]在一一般態樣中，一種方法包括產生初始輻射脈波；擷取該初始輻射脈波之區段以形成修改後輻射脈波，該修改後輻射脈波包括第一部分及第二部分，該第一部分在時間上連接至該第二部分，且該第一部分具有最大能量，該最大能量小於該第二部分之最大能量；使該修改後輻射脈波之該第一部分與靶材料相互作用以形成修改後靶；以及使該修改後輻射脈波之該第二部分與該修改後靶相互作用以產生發射極紫外(EUV)光的電漿。

[0005]實行方案可包括以下特徵中之一或多者。可使修改後輻射脈波通過增益介質以形成放大修改後輻射脈波，該增益介質藉由相較於修改後輻射脈波之第二部分的較大量放大修改後輻射脈波之第一部分。增益介質可具有小信號增益及飽和增益，且修改後輻射脈波之第一部分可藉由小信號增益放大，且修改後輻射脈波之第二部分可藉由飽和增益放大。

[0006]擷取初始輻射脈波之區段以形成修改後輻射脈波可包括使初始輻射脈波通過閘控模組。閘控模組可包括電光閘控模組。電光閘控模組可包括電光調變器，該電光調變器包括一或多個偏光鏡。

[0007]初始輻射脈波可包括光脈波。初始輻射脈波可為脈波二氧化碳(CO₂)雷射光。修改後輻射脈波之第一部分之能量可隨時間連續地增加。修改後輻射脈波之第一部分可具有50奈秒(ns)或更少之持續時間。初始輻射脈波及修改後輻射脈波可各自與時間分佈相關聯，該時間分成將能量特

徵化為時間之函數，且初始輻射脈波及修改後輻射脈波之時間分佈可為不同的。

[0008]在修改後輻射脈波之第一部分與靶材料相互作用之前，可使靶與第一輻射脈波相互作用以形成靶材料。第一輻射脈波可具有1微米(μm)之波長。

[0009]在另一一般態樣中，產生極紫外(EUV)光之方法包括將靶提供至靶位置，該靶在到達該靶位置之前經空間擴展；朝向該靶位置導向輻射脈波，該輻射脈波包括第一部分及第二部分，該第二部分在該第一部分之後到達該靶位置；使該輻射脈波之該第一部分與該靶相互作用以形成具有相較於該靶的不同吸收的修改後靶；以及使該輻射脈波之該第二部分與該修改後靶相互作用以產生發射EUV光的電漿。

[0010]實行方案可包括以下特徵中之一或多者。具有相較於靶的不同吸收的修改後靶可包括吸收相較於靶的較大輻射量的修改後靶。靶包括預擴展靶，在經提供至靶位置之前，靶之空間廣度(extent)在一個維上擴展且在第二維上減少。

[0011]在另一一般態樣中，極紫外(EUV)系統包括：光源，其經組配以發射光束；調變器，其經組配以接收自該光源發射的該光束且擷取該光束之一部分；以及放大器，其包括增益介質，該放大器經組配以接收該光束之該擷取部分，且以該增益介質將該擷取部分放大成第一部分及第二部分的脈波，該第一部分及該第二部分在時間上連接，

該第一部分藉由相較於該第二部分的較大量放大，且該第二部分包括足以將在處於電漿態中時發射EUV光的靶材料轉換至該電漿態，其中，使用中，靶可定位於接收該脈波的靶位置中，該靶包括在處於電漿態中時發射EUV光的該靶材料。

[0012]實行方案可包括以下特徵中之一或多者。光源可包括產生雷射光的源。光源可為脈衝二氧化碳(CO₂)雷射。調變器可經組配以藉由允許光束之僅一部分通過調製器來擷取光束之一部分。

[0013]系統亦可包括第二光源，該第二光源經組配以產生輻射脈波，該輻射脈波包括足以空間擴展靶材料小滴以形成可定位於靶位置中的靶的能量。第二光源可發射雷射光脈波，該雷射光脈波包括具有1.06微米(μm)之波長的光。經組配以發射光束的光源可進一步經組配以在發射光束之前發射雷射光脈波，該雷射光脈波包括足以空間擴展靶材料小滴以形成可定位於靶位置中的靶的能量。

[0014]以上所描述之任何技術之實行方案可包括EUV光源、方法、製程、裝置、儲存於電腦可讀媒體上的可執行指令，或設備。在隨附圖式及以下描述中闡述一或多個實行方案之細節。其他特徵將自描述及圖式及自申請專利範圍顯而易見。

【圖式簡單說明】

[0015]圖1為示範性雷射產生電漿極紫外光(EUV)源的方塊圖。

圖2為用於產生輻射脈波之示範性製程的流程圖。

圖3A為用於EUV光源之示範性光學系統的方塊圖。

圖3B為自晶種雷射發射的示範性脈波之圖表。

圖3C為具有基座的示範性脈波的圖表。

圖4為用於產生EUV光之示範性製程的流程圖。

圖5A、圖5C及圖6A展示示範性隨時間推移的靶位置。

圖5B及圖6B為示範性輻射脈波的圖表。

圖7為EUV功率與基座位準之間的示範性關係的圖表。

圖8為示範性量測輻射脈波。

圖9為轉換效率與靶大小之間的示範性關係。

圖10A至圖10D為隨時間推移的靶位置之示範性陰影顯像。

圖11為另一雷射產生電漿極紫外(EUV)光源及耦接至EUV光源的微影術工具的俯視平面圖。

圖12為示範性雷射產生電漿極紫外光(EUV)源的方塊圖。

【實施方式】

較佳實施例之詳細說明

[0016] 本發明揭示用於調節靶之技術。靶包括在處於電漿態中時發射極紫外(EUV)光的靶材料。如以下更詳細地論述，調節可增強靶吸收雷射輻射之能力，且因此可提高使用該調節技術的EUV光源之轉換效率(CE)。

[0017] 靶係使用輻射脈波加以調節，該輻射脈波包括第一部分(「基座」)及第二部分(主脈波或加熱脈波)。第一部

分及第二部分在時間上彼此連接。換言之，第一部分及第二部分為單個輻射脈波之部分，且在第一部分與第二部分之間不存在缺乏輻射的間隙或區域。

[0018]輻射脈波之第一部分(或「基座」)與靶相互作用以修改靶之吸收特性。例如，此相互作用可藉由降低靶之密度梯度及增加在接收輻射脈波的表面處與輻射脈波相互作用的靶之體積來修改吸收特性，此舉增加靶可吸收的輻射之量。以此方式，靶與輻射脈波之第一部分之間的相互作用調節靶。輻射脈波之第二部分具有足以將靶中之靶材料轉換成發射EUV光的電漿的能量。因為藉由第一部分之調節增加靶可吸收的輻射之量，所以調節可導致靶之較大部分被轉換成發射EUV光的電漿。另外，調節可降低靶之反射率，且因此可降低背反射至產生輻射脈波的光源中的量。

[0019]如以下所論述，基座之特性諸如時間持續時間及能量可經控制且變化以適合特定靶。

[0020]參考圖1，光學放大器系統106形成光源105(亦被稱為驅動源或驅動雷射)之至少部分，該光源用以驅動雷射產生電漿(LPP)極紫外(EUV)光源100。光學放大器系統106包括至少一光學放大器，使得光源105產生提供至靶位置130的放大光束110。靶位置130自靶材料供應系統115接收靶材料120，諸如錫，且放大光束110與靶材料120之間的相互作用產生發射EUV光或輻射150的電漿。光收集器155收集EUV光150且將EUV光150作為收集EUV光160朝向諸如

微影術工具的光學設備165導向。

[0021]放大光束110由射束傳遞系統140朝向靶位置130導向。射束傳遞系統140可包括光學組件135及聚焦總成142，該聚焦總成將放大光束110聚焦於焦點區域145中。組件135可包括光學元件，諸如透鏡及/或鏡子，該等光學元件藉由折射及/或反射導向放大光束110。組件135亦可包括控制及/或移動組件135的元件。例如，組件135可包括可控制來使射束傳遞系統140之光學元件移動的致動器。

[0022]聚焦總成142聚焦放大光束110，使得射束110之直徑最低限度地處於焦點區域145中。換言之，當放大光束110中之輻射在方向112上朝向焦點區域145傳播時，聚焦總成142使該輻射會聚。在沒有靶的情況下，當射束110在方向112上遠離焦點區域145傳播時，放大光束110中之輻射發散。

[0023]如以下所論述，光源105產生具有在時間上連接的第一部分及第二部分的脈波。第一部分可被稱為「基座」。第一部分調節靶材料120以更容易地吸收脈波之第二部分。脈波之第二部分具有足以將靶材料轉換成發射EUV光的電漿的能量。

[0024]另外，在脈波之第一部分與靶材料120相互作用之前，可修改靶材料120之空間分佈以增加靶材料120在與放大光束110相交的方向上之大小。例如，可以第一部分及第二部分之前的與靶材料120相互作用的單獨輻射脈波(預脈波)使靶材料120自小滴擴展成平圓盤。在與放大光束110

的相互作用之前增加靶材料120之大小可增加靶材料120中曝露於放大光束110的部分，此舉可增加對於給定量之靶材料120產生的EUV光之量(歸因於可更有效地吸收輻射脈波的增加之靶材料體積，及可產生增加量之EUV光的較大EUV發射體積)。

[0025] 參考圖2，展示示範性製程200的流程圖。製程200可產生輻射脈波，該輻射脈波可用作圖1之EUV光源100或任何其他EUV光源中之放大光束110。參考圖3A至圖3C論述製程200。

[0026] 產生初始輻射脈波(210)。擷取初始輻射脈波之區段以形成修改後輻射脈波，該修改後輻射部分包括第一部分(「基座」)及第二部分(220)。第一部分及第二部分在時間上連接，而無缺乏輻射的介入區域。

[0027] 亦參考圖3A，展示可執行製程200的示範性系統301的方塊圖。系統301包括光源305。光源305或系統301可用於EUV光源中，而非光源105中。光源305包括晶種雷射302、閘控模組304及光學放大器306。放大器306包括增益介質307。光源305、閘控模組304、放大器306及增益介質307定位於射束路徑309上，光沿該射束路徑傳播。射束路徑309與接收包括靶材料之靶的靶位置330相交。

[0028] 晶種雷射302可為例如二氧化碳(CO₂)雷射，該二氧化碳雷射產生放大光束303且使射束303朝向閘控模組304發射至射束路徑309上。圖3B展示射束303之示例性脈波形狀(能量對時間)。圖3B中所示之射束303之脈波形狀係用

於例示性目的，且射束303可具有其他脈波形狀。再次參考圖3A，晶種雷射302可為例如發射雷射脈波的主控振盪器功率放大器(MOPA)CO₂雷射。在一些實行方案中，晶種雷射302可為發射具有1微米(μm)之波長的光的雷射，諸如，例如釹摻雜鈮鋁石榴石(Nd:YAG)雷射。閘控模組304充當允許射束303之僅一部分穿過的開關或濾波器。例如，閘控模組304可包括將303之射束切割成脈波的電光閘控模組。

[0029] 在一些實行方案中，閘控模組304包括定位於路徑309上的偏光鏡304a及304b。偏光鏡304a及304b可為例如線性偏光鏡，該等線性偏光鏡在定向成該等線性偏光鏡之傳輸軸彼此垂直時防止光自閘控模組304出射。在此實例中，當偏光鏡304a及304b在該等偏光鏡之傳輸軸彼此平行且平行於射束303之偏振的情況下對準時，光通過閘控模組304。因此，藉由控制偏光鏡304a及304b之相對定向，閘控模組304可選擇性地傳送或阻擋射束303以擷取射束303之特定部分。以此方式，閘控模組304擷取射束303之一部分以形成修改後脈波315。另外，歸因於閘控模組304自傳送光之狀態改變至阻擋光之狀態的有限量之時間，少量的滲漏光可出現在修改後脈波315之任一側或兩側上。

[0030] 系統301亦包括控制器317。光源305藉由鏈路312與控制器317通訊。控制器317包括電子處理器318及電子儲存器319。電子儲存器319可為依電性記憶體，諸如RAM。在一些實行方案中，電子儲存器319可包括非依電性部分或組件及依電性部分或組件兩者。處理器318可為諸如通用微

處理器或特殊用途微處理器的適合於電腦程式之執行的一或多個處理器，及任何種類之數位電腦之任何一或多個處理器。電子處理器自唯讀記憶體或隨機存取記憶體或兩者接收指令及資料。電子處理器318可為任何類型之電子處理器，且可多於一個電子處理器。

[0031] 電子儲存器319儲存指令，或許作為電腦程式，該等指令在被執行時使處理器318與光源305及/或該光源之組件通訊。例如，指令可為產生信號的指令，該等信號驅動致動器以使偏光鏡304a及304b相對於彼此而定位以引起閘控模組304阻擋或傳輸光。換言之，控制器317可經程式設計或設定以使射束303之特定部分被擷取。

[0032] 亦參考圖3B，展示自晶種雷射302發射的射束303及自閘控模組304發射的修改後脈波315之示範性時間分佈(強度相對於時間)。修改後脈波315為射束303之一部分。

[0033] 在圖3B之實例中，射束303為具有近似高斯分佈的時間分佈的雷射光脈波。射束303經傳送至閘控模組304以形成修改後脈波315。閘控模組304可經控制以選擇或擷取射束303之一特定部分。在圖3B之實例中，在時間 $t=t_1$ 處，閘控模組304經設定以發射光，且在時間 $t=t_2$ 處，閘控模組304經設定以阻擋光。因此，修改後脈波315為時間 t_1 與時間 t_2 之間的射束303之部分，且具有與時間 t_1 與時間 t_2 之間的射束303之時間分佈近似相等的時間分佈。然而，因為閘控模組304在有限量之時間中於傳送光及/或阻擋光之

間切換，所以滲漏光311出現在修改後脈波315之前邊緣(時間 $t=t_1$)處。滲漏光311之量可由閘控模組304之切換時間決定。在一些實行方案中，閘控模組304將射束303切割成具有50-250奈秒(ns)之脈波持續時間的具有陡峭坡度(自阻擋射束303至傳送射束303的幾乎即時過渡)的脈波。

[0034]在其他實例中，閘控模組304可擷取射束303之一不同部分。例如，閘控模組304可經啟動以傳送光持續較長時間段以產生具有較長持續時間的修改後脈波315。另外或替代地，閘控模組304可在不同時間處啟動，以擷取射束303中具有相較於圖3B之實例中所擷取的部分的不同時間強度分佈的一部分。選擇性地擷取射束303之一特定部分允許控制修改後脈波315之能量或強度。例如，射束303處於該射束之峰值能量處時啟動閘控模組304導致修改後脈波315，該修改後脈波具有相較於自射束303處於較低能量處時啟動閘控模組304產生的修改後脈波的較大能量。

[0035]再次參考圖3A，修改後脈波315輸入至放大器306，且放大器306產生放大修改後脈波308。光學放大器306包括增益介質307，該增益介質藉由泵抽接收能量，且將能量提供至修改後脈波315並將修改後脈波315放大成放大修改後脈波308。

[0036]修改後脈波315之放大量由放大器306及增益介質307之增益決定。增益為放大器306提供至輸入光束的能量之增加之量或因子。光學放大器306具有「小信號增益」及「飽和增益」，且入射於光學放大器306上的光束經歷的

增益取決於光束之能量。對於具有相對低的能量的光束而言，光學放大器306之增益為線性的，亦即，增益係相同的，而與輸入信號之能量之變化無關。此情況下的增益被稱為「小信號增益」。然而，對於充分大的能量或強度的光束而言，放大器306可變得飽和。飽和為由放大器輸出的光束之能量與輸入光束相比並非成比例地增加的非線性行為之形式。放大器306在飽和中之增益可被稱為「飽和增益」。飽和增益可小於小信號增益。光學放大器306之小信號增益可為例如100,000倍。在一些實行方案中，光學放大器306之小信號增益可為一範圍，例如， 10^4 倍至 10^7 倍。

[0037]如以上所論述，當閘控模組304形成修改後脈波315時，滲漏光311出現在修改後脈波315之前邊緣處。滲漏光311具有相較於修改後脈波315之其他部分的較小能量。因此，滲漏光311可藉由增益介質307之小信號增益放大，且修改後脈波315之剩餘部分可藉由飽和增益放大。因此，在修改後脈波315之前邊緣處的滲漏光311可藉由相較於修改後脈波315之剩餘部分的較大因子放大。

[0038]亦參考圖3C，展示用於示範性放大修改後脈波308的時間分佈(作為時間之函數的能量)。放大修改後脈波308包括第一部分308a(「基座」)及第二部分308b。放大修改後脈波308為單個脈波，且第一部分308a及第二部分308b在時間上彼此連接，而無缺乏輻射的介入間隙或區域。

[0039]第一部分308a由滲漏光311之放大形成。第一部分308a具有基座持續時間313。基座持續時間313為介於修

改後脈波308之起始($t=t_3$)與第二部分308b之開始($t=t_4$)之間的時間之長度。第一部分308a亦具有基座位準314。基座位準314為第一部分308a在持續時間313期間的最大能量或最大功率。雖然圖3C之實例將基座位準314展示為緊鄰接於第二部分308b之開始，但位準314可發生在持續時間313期間的任何時間處。第二部分308b具有峰值能量316，該峰值能量足以將靶中之靶材料轉換成發射EUV光的電漿。

[0040] 參考圖4，展示示範性製程400的流程圖。製程400可用以產生EUV光且可例如以EUV光源100及系統301執行。

[0041] 參考圖5A至圖5C論述製程400，圖5A至圖5C展示時間週期501期間的示範性靶位置530。圖5A展示當靶材料在時間週期501期間與輻射脈波508相互作用時的靶材料之幾何分佈之變化。圖5B為輻射脈波508之時間分佈。輻射脈波508包括在時間上連接的基座508a及第二部分508b。靶521與基座508a相互作用以形成修改後靶524，且第二部分508b照射修改後靶524以將修改後靶524中之靶材料轉換成發射EUV光550的電漿。圖5C展示在時間週期501期間基座508a及第二部分508b在靶位置530中的示範性射束寬度。在所示實例中，基座508a在靶位置530中具有射束寬度511。

[0042] 再次參考圖4，將靶521提供至靶位置530(410)。靶位置530為接收靶材料之分佈及放大光束的空間區域，該放大光束在此實例中為輻射脈波508靶位置530可類似於靶位置130(圖1)或靶位置330(圖3A)。

[0043] 靶521為未經離子化的靶材料(並非電漿的材料)之幾何分佈。靶521可為例如液體或熔融金屬之圓盤、液體或熔融金屬之小滴、不具有孔隙或大間隙的靶材料之連續分段、微粒子或奈米粒子之霧氣或原子蒸汽之團。靶521之大小的特徵在於沿第一方向「x」的廣度522及在垂直於第一方向的第二方向「z」上的廣度523。廣度523平行於輻射脈波508之傳播方向512。

[0044] 在一些實行方案中，靶521為廣度522大於廣度523的擴展靶。例如，廣度522可為220微米(μm)，且廣度523可為370奈米(nm)。在另一實例中，廣度522可為300 μm ，且廣度523可為200 nm。廣度522及523亦可更大、更小或介於此等示例性值之間。例如，廣度522可介於30 μm 與500 μm 之間。廣度523可介於30 μm 與50 nm之間，並且廣度523在靶521經錯過時具有在範圍之較大末端處的值(例如，30 μm)，且在靶521於平行於傳播方向512的方向上經平坦化時具有在範圍之較小末端處的值(例如，50 nm)。

[0045] 使靶521空間擴展可增加產生的EUV光之量。首先，因為廣度522大於廣度523，所以擴展靶在垂直於傳播方向512的方向上將相對大的面積呈現給輻射脈波508。此狀況將靶521中之較多靶材料曝露於放大光束。另外，擴展靶可沿傳播方向512具有相對短的廣度，從而容許輻射脈波508到達靶中較深處且將靶材料之較高部分轉換成電漿。

[0046] 其次，擴展靶使靶材料空間伸展，藉此最小化極高材料密度之區域在藉由第二部分508b進行的電漿之加熱

期間的出現。若電漿密度在以輻射照射的區域各處為高，則輻射之吸收可限於區域中首先接收輻射的部分。藉由此初始吸收產生的熱可過於遠離塊體靶材料而不能使靶材料表面之蒸發及加熱之製程維持得足夠久以在第二部分508b之有限持續時間期間利用(蒸發)有意義量的塊體靶材料。在區域具有高電子密度的情況下，光脈波在到達「臨界表面」之前僅穿透進入區域中的路線之一小部分，在該「臨界表面」處，電子密度為高使得反射光脈波。光脈波不能行進至區域之該等部分中，且在該等區域中自靶材料產生少許EUV光。高電漿密度之區域可亦阻擋自區域中發射EUV光的部分發射的EUV光。因此，自該區域發射的EUV光之總量小於在區域缺乏高電漿密度之部分的情況下的EUV光之總量。因而，使用擴展靶可導致第二部分508b在被反射之前到達較多靶材料。此狀況可增加隨後產生的EUV光之量。

[0047]在使用空間擴展靶521的一些實行方案中，且參考圖6A及圖6B，靶為預擴展靶621，該預擴展靶為在到達靶位置530之前藉由預脈波612與靶材料小滴620相互作用空間擴展的靶材料之分佈。靶材料小滴620可為例如直徑為17-35 μm 的熔融金屬之小滴，該小滴為自諸如靶材料供應系統115(圖1)的系統釋放的熔融金屬之小滴流之部分。第一預脈波612在小滴620上的衝擊力使小滴620變形為更接近於圓盤的形狀，該圓盤在約1-3微秒(μs)之後擴展成熔融金屬之圓盤形片。

[0048]預脈波612具有持續時間614且在時間上藉由延

遲時間613與輻射脈波508分開，並且預脈波612在輻射脈波508之前發生。持續時間614可使用諸如底部至底部(foot-to-foot)持續時間或半峰全幅值(FWHM)的適合度量來量測。持續時間614可為例如20-70 ns、少於1 ns、300微微秒(ps)或更少、100 ps或更少、100-300 ps或10-100 ps。預脈波612之波長可為例如1.06 μm 或10.6 μm 。預脈波612可具有例如3-60毫焦耳(mJ)之能量。預脈波612可由與產生輻射脈波508的源相同的副源或藉由與產生輻射脈波508的源分開且不同於該源的源產生。

[0049]使用預脈波產生擴展靶之實例為提供擴展靶之一方式。然而，靶521為擴展靶的實行方案可涉及其他技術。例如，靶521可在自靶材料供應系統(諸如圖1之系統115)掉落至靶位置530的過程中擴展，而無與預脈波之相互作用。在另一實例中，靶521可為在到達靶位置之前形成的預形成或機器加工靶。在一些實行方案中，靶521並非擴展靶。

[0050]再次參考圖4，將輻射脈波508朝向靶521導向以形成修改後靶524(420)。輻射脈波508可藉由以上關於圖2及圖3A至圖3C所論述之製程200形成。

[0051]輻射脈波508包括第一部分508a(「基座」)及第二部分508b，該第二部分在第一部分508a之後到達靶位置530。輻射脈波508為單個脈波，且在第一部分508a與第二部分508b之間不存在間隙或時間分離。第一部分508a具有持續時間513及位準514。持續時間513為介於輻射脈波508之開始與第二部分508b之開始之間的時間之量。持續時間

可為例如10-150 ns。基座508a之能量可在持續時間513期間變化。位準514為基座508a之最大或平均能量。位準514可為例如1-4 mJ。在一些實例中，位準514經表達為第二部分508b之峰值(最大)能量516之百分比。例如，位準514可為第二部分508b之峰值能量516之1%-10%。

[0052]如關於圖3A所論述，當藉由閘控模組304之選擇性啟動產生基座508a時，設定基座位準514及持續時間513。用於基座持續時間513及位準514之最佳值取決於靶521之空間特性。例如，靶521可為具有介於約200 μm 與220 μm 之間的廣度522及介於約400 μm 與370 nm之間的廣度523的相對厚的靶。在一些實行方案中，厚靶具有大於350 nm之廣度523，且薄靶具有小於200 nm之廣度523。對於相對厚的靶，當基座位準514降低時，所產生EUV光之量增加。對於此靶，基座508a之持續時間513可經設定為例如150 ns或更少，且基座位準514可經設定成具有1-3 mJ之能量。在另一實例中，靶521可為具有300 μm 之廣度522及200 nm之廣度523的相對薄的靶。在此實例中，基座位準514可經設定為5 mJ，且持續時間513可為50-150 ns。在此實例中，位準514可為第二部分508b之最大能量之約1%。

[0053]再次參考圖4，基座508a與靶521相互作用以形成修改後靶524(430)。基座508a衝擊在靶521上以形成修改後靶524。修改後靶524可採取許多形式。例如，修改後靶524可為空間上靠近塊體靶材料且在基座508a與修改後靶524中之金屬相互作用時形成的預電漿。預電漿為用以增強入

射光之吸收的電漿。雖然預電漿在一些情況下可發射少量EUV光，但所發射的EUV光不具有藉由將修改後靶524中之靶材料轉換成電漿發射的波長或量。在一些實行方案中，修改後靶524為碎片之體積或靶材料之霧氣。基座508a與靶521相互作用的力可使靶521中之全部或部分分裂，從而形成碎片之霧氣或體積。

[0054]修改後靶524具有相較於靶521的不同性質。例如，修改後靶524之密度可不同於靶521之該密度。修改後靶524中至少一部分之密度可小於靶521之密度。另外或替代地，修改後靶524之幾何分佈可不同於靶521之幾何分佈。例如，修改後靶524可在一或多個維上大於靶521。

[0055]輻射脈波508之第二部分508b與修改後靶524相互作用以產生EUV光550(340)。第二部分508b具有足以將修改後靶524中之靶材料轉換成發射EUV光的電漿的能量。

[0056]圖7、圖9及圖10A至圖10D展示起因於使靶與包括基座之輻射脈波相互作用的示範性量測資料，且圖8展示包括基座之示範性量測輻射脈波。

[0057]參考圖7，圖表700展示用於具有300 μm 之直徑及200 nm之厚度的靶之EUV功率與基座位準之間的量測關係之實例。直徑係沿垂直於照射輻射束之傳播方向的方向量測，且厚度係沿平行於傳播方向的方向量測。

[0058]如以上所論述，最佳基座位準可取決於靶之特性。在圖7中所示之實例中，靶具有200 nm之厚度，且當基座位準變化時量測EUV功率。所產生EUV功率對於介於輻

射脈波之加熱部分之峰值強度之1%-2%之間的基座位準為最高。輻射脈波之加熱部分為脈波中具有充分能量以將靶材料轉換成電漿的部分，諸如第二部分508b。在圖7中所示之實例中，最佳基座位準(產生最多EUV的水平)為約4 mJ。

[0059] 參考圖8，圖表800展示CO₂雷射脈波804之示範性量測波形，該CO₂雷射脈波包括基座804a及第二部分804b。基座804a調節靶(未示出)，且可藉由諸如關於圖2所論述之製程200的製程產生。示例性脈波804對於自熔錫之35 μm直徑的小滴擴展至350 μm的靶為最佳化的。與圖7之實例相比，圖8之實例之靶具有較大直徑。對於此靶，最佳基座位準較大，如圖8中所示。最佳基座位準為第二部分804b之峰值功率之3%，基座位準為10 mJ且持續時間為100 ns。

[0060] 參考圖9，圖表900展示作為靶直徑之函數的示範性量測轉換效率(CE)。靶直徑為沿垂直於照射輻射束之傳播方向的方向的擴展靶之直徑。如所示，當擴展靶之直徑大於300 μm時，CE大於或等於3.5%。

[0061] 參考圖10A至圖10D，展示在相關於主脈波之抵達時間的各種時間處取得的擴展靶1021之示範性量測陰影顯像。靶1021為具有沿平行於方向「x」的方向的廣度1022及平行於方向「z」的廣度1023的擴展靶。廣度1022垂直於方向「z」，且廣度1022大於廣度1023。

[0062] 靶1021處於接收輻射脈波(未示出)的靶位置中，該輻射脈波在平行於「z」方向的方向上傳播。輻射脈

波包括基座及第二部分(或主脈波)，該第二部分在基座之後到達靶位置。輻射脈波之第二部分具有足以將擴展靶中之靶材料轉換成發射EUV光的電漿的能量。

[0063]圖10A展示在輻射脈波之第二部分之開始之前的200 ns之時間處的預擴展靶1021。圖10B展示在第二部分之開始之前的0-50 ns之間的時間處的靶1021，且同時基座與靶1021相互作用。基座與靶1021之間的相互作用在靶1021附近形成低密度羽狀物1005。基座可對靶1021做出兩個修改。首先，基座可藉由產生低密度羽狀物1005引起靶1021之側向及/或縱向密度分佈之均質化。此可使得靶密度局部更均勻，從而導致局部平滑靶。其次，基座與靶1021之間的相互作用沿輻射入射線(方向「z」)形成更和緩的電漿密度刻度長度。和緩電漿密度刻度長度以羽狀物1005展示於圖10B中。擴展靶之相對均勻密度分佈可允許主脈波更有效地穿透靶，從而與靶材料之較高部分相互作用且將靶材料之較高部分轉換成電漿。因此，轉換效率(CE)可較高。和緩電漿密度分佈可導致包括靶材料之更多原子或粒子的較大電漿體積。此可由於較長電漿刻度長度及較多EUV光而導致較高輻射吸收。此外，和緩電漿密度分佈導致較少反射表面，且可減少主脈波反射回至產生主脈波的光源中。

[0064]圖10C展示在主脈波閃擊時的時間期間的靶1021，其中靶中之靶材料正轉換成電漿及EUV光。圖10D展示在主脈波抵達之後保持200 ns的後羽狀物。

[0065]圖11及圖12提供關於可產生包括基座之輻射脈

波的系統之額外資訊。

[0066] 參考圖11，展示示範性光學成象系統1100的俯視平面圖。光學成象系統1100包括LPP EUV光源1102，該LPP EUV光源將EUV光1150提供至微影術工具1170。光源1102可類似於圖1之光源100及/或包括圖1之光源100之組件中之一些或全部。

[0067] 系統1100包括諸如驅動雷射系統1105、光學元件1122、預脈波源1143、聚焦總成1142及真空腔室1140的光源。驅動雷射系統1105產生放大光束1110。放大光束1110包括基座部分及第二部分，類似於例如以上所論述之輻射脈波308及508。放大光束1110具有足以將靶1120中之靶材料轉換成發射EUV光的電漿的能量。以上所論述之任何靶可用作靶1120。

[0068] 預脈波源1143發射輻射脈波1117。輻射脈波可用作預脈波806(圖8A至圖8C、圖10)或用作預脈波806及/或807(圖9A至圖9C)。預脈波源1143可為例如以50 kHz重複率操作的Q切換Nd:YAG雷射，且輻射脈波1117可為來自具有1.06 μm 之波長的Nd:YAG雷射的脈波。預脈波源1143之重複率指示預脈波源1143多久產生一次輻射脈波。對於預脈波源1143具有50 kHz重複率的實例，每20微秒(μs)發射輻射脈波1117。

[0069] 可將其他源用作預脈波源1143。例如，預脈波源1143可為除Nd:YAG之外的任何稀土摻雜固態雷射，諸如鉕摻雜纖維(Er:玻璃)雷射。在另一實例中，預脈波源可為產

生具有 $10.6\ \mu\text{m}$ 之波長的脈波的二氧化碳雷射。預脈波源1143可為產生具有用於以上所論述之預脈波之能量及波長的光脈波的任何其他輻射或光源。

[0070]光學元件1122將放大光束1110及來自預脈波源1143的輻射脈波1117導向至腔室1140。光學元件1122為可沿類似或相同路徑導向放大光束1110及輻射脈波1117的任何元件。在圖11中所示之實例中，光學元件1122為接收放大光束1110且朝向腔室1140反射該放大光束的二向色分光鏡。光學元件1122接收輻射脈波1117且朝向腔室1140傳輸脈波。二向色分光鏡具有反射放大光束1110之波長且傳輸輻射脈波1117之波長的塗層。二向色分光鏡可由例如金剛石製成。

[0071]在其他實行方案中，光學元件1122為界定孔徑(未示出)的鏡子。在此實行方案中，放大光束1110自鏡子表面反射且經朝向腔室1140導向，且輻射脈波通過孔徑且朝向腔室1140傳播。

[0072]在仍然其他實行方案中，楔形光學(例如，棱柱)可用來根據放大光束及預脈波之波長將放大光束1110及預脈波1117分離至不同角度中。除光學元件1122之外可使用楔形光學，或楔形光學可用作光學元件1122。楔形光學可正好定位於聚焦總成1142之上游(在「-z」方向上)。

[0073]另外，脈波1117可以其他方式傳遞至腔室1140。例如，脈波1117可行進穿過將脈波1117傳遞至腔室1140及/或聚焦總成1142的光纖，而不使用光學元件1122或其他導

向元件。在此等實行方案中，纖維經由形成於腔室1140之壁中的開口將輻射脈波1117直接帶至腔室1140內部。

[0074]放大光束1110自光學元件1122反射且傳播穿過聚焦總成1142。聚焦總成1142使放大光束1110聚焦於焦平面1146處，該焦平面可或可不與靶位置1130一致。輻射脈波1117通過光學元件1122，且經由聚焦總成1142導向至腔室1140。放大光束1110及輻射脈波1117經導向至腔室1140中沿「x」方向的不同位置且在不同時間到達腔室1140中。

[0075]在圖11中所示之實例中，單個方塊表示預脈波源1143。然而，預脈波源1143可為單個光源或多個光源。例如，兩個單獨源可用以產生多個預脈波(諸如圖9A至圖9C之預脈波906及907)。兩個單獨源可為產生具有不同波長及能量的輻射脈波的不同類型之源。例如，預脈波之一可具有10.6 μm 之波長且藉由CO₂雷射產生，且另一預脈波可具有1.06 μm 之波長且藉由稀土摻雜固態雷射產生。

[0076]在一些實行方案中，預脈波1117及放大光束1110可藉由相同源產生。例如，輻射預脈波1117可藉由驅動雷射系統1105產生。在此實例中，驅動雷射系統可包括兩個CO₂晶種雷射子系統及一個放大器。晶種雷射子系統之一可產生具有10.26 μm 之波長的放大光束，且另一晶種雷射子系統可產生具有10.59 μm 之波長的放大光束。此兩個波長可來自CO₂雷射之不同線。在其他實例中，CO₂雷射之其他線可用以產生兩個放大光束。來自兩個晶種雷射子系統的兩個放大光束在相同功率放大器鏈中放大，且隨後有角度

地分散以到達腔室1140內之不同位置。具有10.26 μm 之波長的放大光束可用作預脈波1117，且具有10.59 μm 之波長的放大光束可用作放大光束1110。在使用多個預脈波的實行方案中，諸如圖9A至圖9C之實例中，可使用三個晶種雷射，其中之一用以產生放大光束1110、第一預脈波及第二單獨預脈波中每一者。

[0077]放大光束1110及輻射預脈波1117可全部在相同光學放大器中放大。例如，三個或三個以上功率放大器可用以放大放大光束1110及預脈波1117。

[0078]參考圖12，在一些實行方案中，極紫外光系統100為包括其他組件的系統之一部分，該等其他組件諸如真空腔室1200、一或多個控制器1280、一或多個致動系統1281及導引雷射1282。

[0079]真空腔室1200可為單個單式結構，或該真空腔室可以容納特定組件的子腔室組裝。真空腔室1200至少為部分剛性的外殼，空氣及其他氣體藉由真空泵自該部分剛性的外殼移除，從而導致腔室1200內之低壓環境。腔室1200之壁可由適合於真空用途(可經得起較低壓力)的任何適合金屬或合金製成。

[0080]靶材料傳遞系統115將靶材料120傳遞至靶位置130。靶位置處的靶材料120可呈液體小滴、液體流、固體粒子或團簇、含於液體小滴內的固體粒子或含於液體流內的固體粒子之形式。靶材料120可包括例如水、錫、鋰、氫或在轉換成電漿態時具有在EUV範圍內之發射譜線的任何

材料。例如，元素錫可用作純錫(Sn)，用作錫化合物，例如， SnBr_4 、 SnBr_2 、 SnH_4 ，用作錫合金，例如，錫鎳合金、錫銅合金、錫銅鎳合金或此等合金之任何組合。靶材料120可包括塗佈有以上元素之一(諸如錫)的電線。若靶材料120處於固體狀態中，則該靶材料可具有任何適合形狀，諸如環形、球形或立方體。靶材料120可藉由靶材料傳遞系統115傳遞至腔室1200內部中且傳遞至靶位置130。靶位置130亦被稱為照射位點，亦即，靶材料120與放大光束110光學上相互作用以產生電漿所在的地方。

[0081]驅動雷射系統105可包括一或多個光學放大器、雷射及/或燈，用於提供一或多個主脈波且在一些狀況下提供一或多個預脈波。每一光學放大器包括能夠以高增益光學上放大所要波長的增益介質，激勵源及內部光學。光學放大器可或不具有雷射鏡子或形成雷射腔的其他回饋裝置。因此，即使不存在雷射腔，驅動雷射系統105亦由於激光放大器之增益介質中的居量逆轉而產生放大光束110。此外，驅動雷射系統105可產生放大光束110，若存在雷射腔以將足夠回饋提供至驅動雷射系統105，則該放大光束為相干雷射束。「放大光束」一詞涵蓋以下中之一或多個：來自驅動雷射系統105的僅經放大但未必為相干雷射振盪的光及來自驅動雷射系統105的經放大且亦為相干雷射振盪的光。

[0082]驅動雷射系統105中之光學放大器可包括填充氣體作為增益介質，該填充氣體包括 CO_2 且可以大於或等於

1000的增益放大在介於約9100 nm與約11000 nm之間的波長處，及尤其在約10600 nm處的光。用於在驅動雷射系統105中使用的適合放大器及雷射可包括脈衝雷射裝置，例如，脈衝氣體放電CO₂雷射裝置，該脈衝氣體放電CO₂雷射裝置例如以DC或RF激勵產生約9300 nm或約10600 nm處之輻射，該脈衝氣體放電CO₂雷射裝置以相對高的功率(例如，10 kW或更高)及高脈波重複率(例如，50 kHz或更大)操作。驅動雷射系統105中之光學放大器亦可包括在以較高功率操作驅動雷射系統105時可使用的冷卻系統，諸如水。

[0083]光收集器155可為收集器鏡子1255，該收集器鏡子具有孔徑1240以允許放大光束110通過且到達焦點區域145。收集器鏡子1255可為例如橢球面鏡，該橢球面鏡具有在靶位置130或焦點區域145處的第一焦點及在中間位置1261處的第二焦點(亦稱為中間焦點)，在該中間位置處，EUV光160可自極紫外光系統輸出且可輸入至光學設備165。

[0084]一或多個控制器1280連接至諸如例如小滴定位偵測回饋系統、雷射控制系統及射束控制系統的一或多個致動系統或診斷系統，及一或多個靶或小滴成像器。靶成像器提供指示小滴例如相對於靶位置130之定位的輸出，且將此輸出提供至小滴定位偵測回饋系統，該小滴定位偵測回饋系統可例如計算小滴定位及軌跡，可在逐小滴的基礎上或按平均自該小滴定位或軌跡計算小滴定位誤差。小滴定位偵測回饋系統因此將小滴定位誤差作為輸入提供至控

制器1280。控制器1280可因此將雷射定位、方向及計時校正信號提供至例如可用以例如控制雷射計時電路的雷射控制系統，及/或提供至射束控制系統以控制放大光束定位及射束輸送系統之成形，以便改變腔室1200內的射束焦點之位置及/或焦度。

[0085] 靶材料傳遞系統115包括靶材料傳遞控制系統，該靶材料傳遞控制系統可回應於來自控制器1280的信號而操作來例如修改如由內部傳遞機構釋放的小滴之釋放點，以針對到達所要靶位置130處的小滴中之誤差進行校正。

[0086] 另外，極紫外光系統可包括光源偵測器，該光源偵測器量測一或多個EUV光參數，包括但不限於脈波能量、作為波長之函數的能量分佈、波長之特定頻帶內的能量、波長之特定頻帶之外的能量及EUV強度及/或平均功率之角分佈。光源偵測器產生用於由控制器1280使用的回饋信號。回饋信號可例如指示諸如雷射脈波之計時及焦點的參數中之誤差，以在正確地方及時間適當地截取小滴以用於有效及高效EUV光生產。

[0087] 在一些實行方案中，驅動雷射系統105具有主控振盪器/功率放大器(MOPA)組態，該主控振盪器/功率放大器組態具有多級放大且具有藉由具有低能量及高重複率的Q切換主控振盪器(MO)啟動的晶種脈波，該Q切換主控振盪器例如能夠進行100 kHz操作。自MO，雷射脈波可例如使用RF泵抽、快速軸向流動CO₂放大器加以放大，以產生沿射束路徑行進的放大光束110。

[0088]雖然可使用三個光學放大器，但在此實行方案中可使用僅一個放大器及多於三個放大器。在一些實行方案中，CO₂放大器中每一者可為具有藉由內部鏡子折疊的10公尺放大器長度的RF泵抽軸向流動CO₂雷射立方體。

[0089]在照射位點處，放大光束110用以產生具有某些特性的電漿，該等特性取決於靶材料120之組成。此等特性可包括由電漿產生的EUV光160之波長及自電漿釋放的碎片之類型及量。放大光束110使靶材料120蒸發，且將汽化靶材料加熱至臨界溫度，在該臨界溫度處電子流出(電漿態)，從而留下離子，該等離子經進一步加熱，直至該等離子開始發射具有在極紫外範圍內之波長的光子為止。

[0090]已描述若干實行方案。然而，其他實行方案屬於以下申請專利範圍之範籌內。

[0091]雖然例示為線性路徑，但射束路徑309(圖3A)可採取任何形式。另外，光源305可包括其他組件，諸如透鏡及/或鏡子，以沿路徑309導向光光學放大器306(圖3A)展示為單個級，然而，在其他實行方案中，光學放大器306可為多個放大器之鏈。放大器之鏈可包括一或多個前置放大器及功率放大器之一或多個級。

【符號說明】

100...雷射產生電漿(LPP)極紫	106...光學放大器系統
外(EUV)光源/光源/極紫	110...放大光束/射束
外光系統	112...方向
105、305...光源	115...靶材料供應系統/系統/靶

材料傳遞系統	311...滲漏光
120...靶材料	312...鏈路
130、330、530...靶位置	313...基座持續時間/持續時間
135...光學組件/組件	314...基座位準
140...射束傳遞系統	315...修改後脈波
142...聚焦總成	316...峰值能量
145...焦點區域	317...控制器
150...EUV光或輻射	318...電子處理器/處理器
155...光收集器	319...電子儲存器
160...收集EUV光/EUV光	501...時間週期
165...光學設備	508...輻射脈波
200、400...製程	508a...第一部分/基座
210、220、410～440...步驟	508b...第二部分
301...系統	511...射束寬度
302...晶種雷射	512...傳播方向
303...放大光束/射束	513...持續時間
304...閘控模組	514...位準/基座位準
304a、304b...偏光鏡	516...峰值(最大)能量
306...光學放大器/放大器	521...靶/空間擴展靶
307...增益介質	522、523...廣度
308...放大修改後脈波	524...修改後靶
308a...第一部分	550...EUV光
308b...第二部分	612...預脈波/第一預脈波
309...射束路徑/路徑	613...延遲時間

614...持續時間	1120...靶
620...靶材料小滴/小滴	1122...光學元件
621...預擴展靶	1130...靶位置
624...修改後靶	1140...真空腔室/腔室
700、800、900...圖表	1142...聚焦總成
804...CO ₂ 雷射脈波/脈波	1143...預脈波源
804a...基座	1146...焦平面
804b...第二部分	1150...EUV光
1005...低密度羽狀物/羽狀物	1170...微影術工具
1021...擴展靶/靶/預擴展靶	1200...真空腔室/腔室
1022、1023...廣度	1201、1202...壁
1100...光學成象系統	1240...孔徑
1102...LPP EUV光源/光源	1255...收集器鏡子
1105...驅動雷射系統	1261...中間位置
1110...放大光束	1280...控制器
1117...輻射脈波/預脈波/脈波/ 輻射預脈波	1281...致動系統
	1282...導引雷射

申請專利範圍

1. 一種產生極紫外(EUV)光之方法，該方法包含：

產生一初始輻射脈波，該初始輻射脈波包括在一第一時間週期期間之一第一分佈(profile)，該第一分佈表示在該第一時間週期期間該初始輻射脈波之一能量；

擷取該初始輻射脈波之一區段，該初始輻射脈波之該擷取區段包括在一第二時間週期期間之一第二分佈，該第二分佈表示在該第二時間週期期間該擷取區段之一能量，該第二時間週期期間在該第一時間週期期間內，在第二時間週期期間該第一分佈與該第二分佈實質上相同，否則(otherwise)與第二分佈不同；

基於該初始輻射脈波之該擷取區段形成一修改後輻射脈波，該修改後輻射脈波包含一第一部分及一第二部分，該第一部分在時間上連接至該第二部分，且該第一部分具有一最大能量，該最大能量小於該第二部分之一最大能量；

使該修改後輻射脈波之該第一部分與一靶材料相互作用以形成一修改後靶；以及

使該修改後輻射脈波之該第二部分與該修改後靶相互作用以產生發射極紫外(EUV)光的電漿。

2. 如請求項1之方法，其中形成一修改後輻射脈波包含：

使該修改後輻射脈波通過一增益介質(gain medium)以形成一放大(amplified)修改後輻射脈波，該增益介質

藉由相較於該修改後輻射脈波之該第二部分的一較大量放大該修改後輻射脈波之該第一部分。

3. 如請求項2之方法，其中該增益介質包含一小信號增益及一飽和增益，且該修改後輻射脈波之該第一部分藉由該小信號增益放大，且該修改後輻射脈波之該第二部分藉由該飽和增益放大。
4. 如請求項1之方法，其中擷取該初始輻射脈波之一區段包含使該初始輻射脈波通過一閘控模組(gating module)，該閘控模組經組配以在使該初始輻射脈波通過該閘控模組之至少一個狀態及阻擋該初始輻射脈波之一狀態之間切換(switch)。
5. 如請求項4之方法，其中該閘控模組包含一電光(electro-optic)閘控模組。
6. 如請求項5之方法，其中該電光閘控模組包含一電光調變器，該電光調變器包含一或多個偏光鏡(polarizer)。
7. 如請求項1之方法，其中該初始輻射脈波包含一光脈波。
8. 如請求項1之方法，其中該初始輻射脈波包含一脈波二氧化碳(CO₂)雷射光。
9. 如請求項1之方法，其中該修改後輻射脈波之該第一部分之能量隨時間增加。
10. 如請求項1之方法，其中該修改後輻射脈波之該第一部分具有50奈秒(ns)或更少之一持續時間(duration)。
11. 如請求項1之方法，其進一步包含在使該修改後輻射脈波之該第一部分與該靶材料相互作用之前，使一靶與一

第一輻射脈波相互作用以形成該靶材料。

12. 如請求項11之方法，其中該第一輻射脈波具有1微米(μm)之一波長。
13. 如請求項1之方法，其中該修改後輻射脈波之該第一部分具有10 ns至50 ns之持續時間。
14. 如請求項1之方法，其中該修改後輻射脈波之該第一部分具有該修改後輻射脈波之該第二部分之一最大能量1-10%之一最大能量。
15. 如請求項1之方法，其中該修改後靶具有在一方向上50至200nm之一廣度(extent)，該方向平行於該修改後輻射脈波傳播(propagation)之一方向。
16. 一種產生極紫外(EUV)光之方法，該方法包含：

產生一初始輻射脈波，該初始輻射脈波包括在一第一時間週期期間之一第一分佈，該第一分佈表示在該第一時間週期期間之該初始輻射脈波之一能量；

擷取該初始輻射脈波之一區段，該初始輻射脈波之該擷取區段包括在一第二時間週期期間之一第二分佈，該第二分佈表示在該第二時間週期期間之該擷取區段之一能量，該第二時間週期期間在該第一時間週期期間內；

基於該初始輻射脈波之該擷取區段形成一修改後輻射脈波，該修改後輻射脈波包含一第一部分及一第二部分，該第一部分在時間上連接至該第二部分，且該第一部分具有一最大能量，該最大能量小於該第二部分之

一最大能量；

提供一靶至一靶位置(target location)；

朝向該靶位置導引該修改後輻射脈波；

使該修改後輻射脈波之該第一部分與該靶相互作用以形成具有相較於該靶的一不同吸收的一修改後靶；以及

使該修改後輻射脈波之該第二部分與該修改後靶相互作用以產生發射EUV光的電漿。

17. 如請求項16之方法，其中具有相較於該靶的一不同吸收的該修改後靶包含吸收相較於該靶的一較大輻射量的該修改後靶。

18. 如請求項16之方法，其中該靶包含一預擴展靶(pre-expanded target)，在經提供至該靶位置之前，該靶之一空間廣度在一個維(dimension)上擴展且在一第二維上減少。

19. 如請求項16之方法，其中該靶具有在一第二方向上之一廣度，該第二方向垂直於一第一方向，該第二方向上之廣度大於該第一方向上之廣度。

20. 如請求項19之方法，其中該第二方向上之廣度為30微米(μm)至50 μm 。

21. 如請求項16之方法，其中提供該靶至一靶位置包括使一第一輻射脈波與一初始靶相互作用，該靶在到達該靶位置之前經擴展。

22. 如請求項21之方法，其中該初始靶包括靶材料之一小滴

(droplet)，該小滴具有 $15\mu\text{m}$ 至 $35\mu\text{m}$ 之一直徑。

23. 如請求項16之方法，其中該靶在到達該靶位置之前經空間擴展，該靶具有在一第一方向上50奈米(nm)至200 nm之一廣度，及在該靶位置處該修改後輻射脈波在平行於該第一方向之一方向上傳播。

24. 一種極紫外(EUV)系統，其包含：

一光源，其經組態以發射一光束，該光束包括一第一分佈，該第一分佈表示在一第一時間週期之該光束之一能量；

一調變器，其經組配以接收自該光源發射的該光束且擷取該光束之一部分，以基於該光束之該擷取部分形成一修改後輻射光束，該光束之該擷取部分包括一第二分佈，該第二分佈表示在該第二時間週期期間之該擷取部分之一能量，該第二時間週期期間在該第一時間週期期間內，在第二時間週期期間該第一分佈與該第二分佈實質上相同，否則與第二分佈不同；以及

一放大器，其包含一增益介質，該放大器經組態以接收該光束之該擷取部分，且以該增益介質將該擷取部分放大成包含一第一部分及一第二部分的一脈波，該第一部分及該第二部分在時間上連接，該第一部分藉由相較於該第二部分的一較大量放大，且該第二部分包含足以將在處於一電漿態中時發射EUV光的靶材料轉換至該電漿態之一能量。

25. 如請求項24之EUV系統，其中該光源包含產生雷射光的

一源。

26. 如請求項25之EUV系統，其中該光源包含一脈衝二氧化碳(CO₂)雷射。
27. 如請求項24之EUV系統，其進一步包含一第二光源，該第二光源經組配以產生一輻射脈波，該輻射脈波包含足以空間擴展一靶材料小滴以形成可定位(positionable)於一靶位置中的一靶的一能量。
28. 如請求項27之EUV系統，其中該第二光源發射一雷射光脈波，該雷射光脈波包含具有1.06微米(μm)之一波長的光。
29. 如請求項24之EUV系統，其中經組配以發射該光束的該光源進一步經組配以在發射該光束之前發射一雷射光脈波，該雷射光脈波包含足以空間擴展一靶材料小滴以形成可定位於一靶位置中的一靶的一能量。
30. 如請求項24之EUV系統，其中該調變器包括一閘控模組。
31. 如請求項24之EUV系統，其中該調變器包括一光電閘控模組。
32. 如請求項27之EUV系統，其中該第二光源包括一固態雷射。

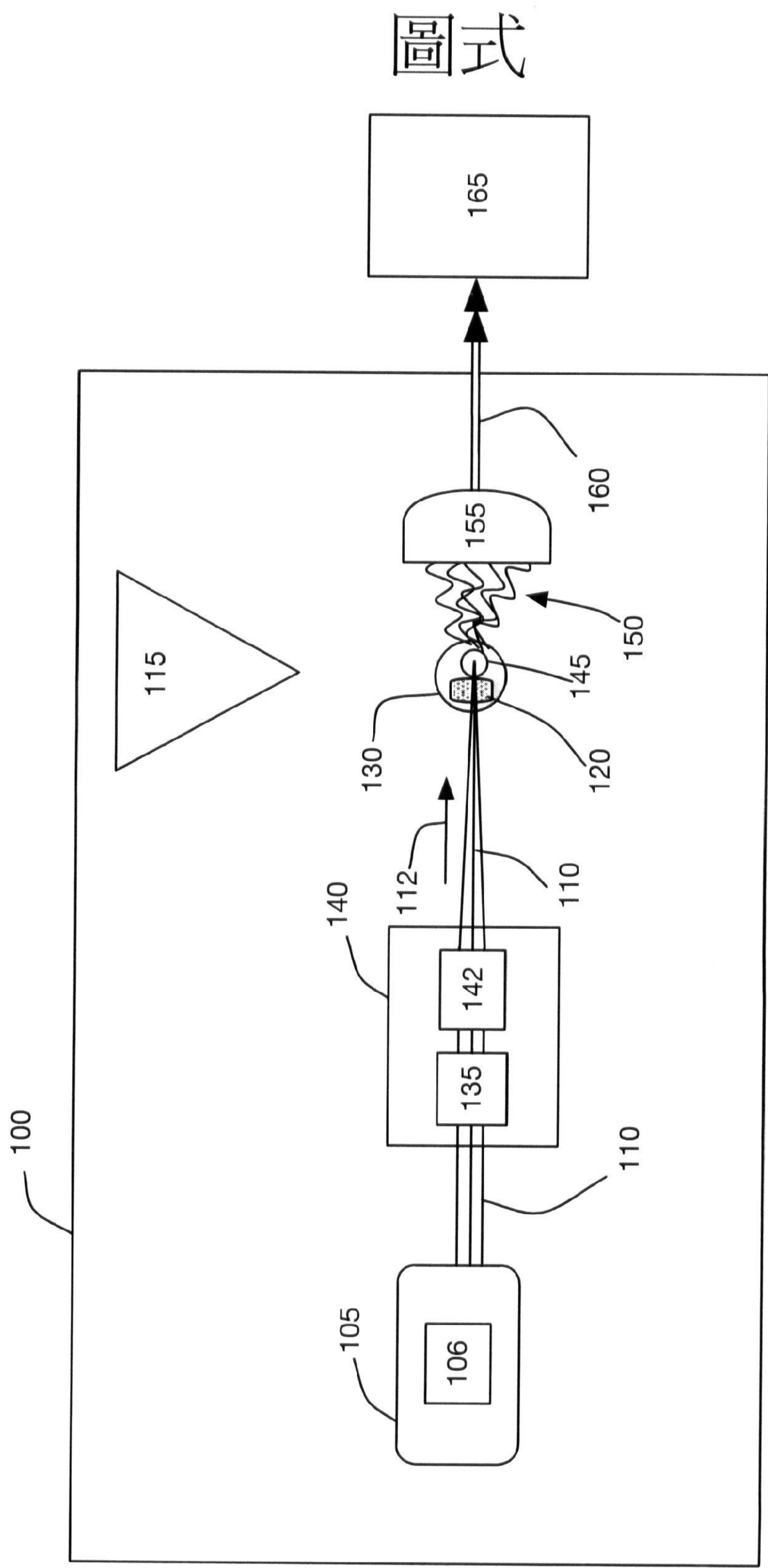


圖 1

200

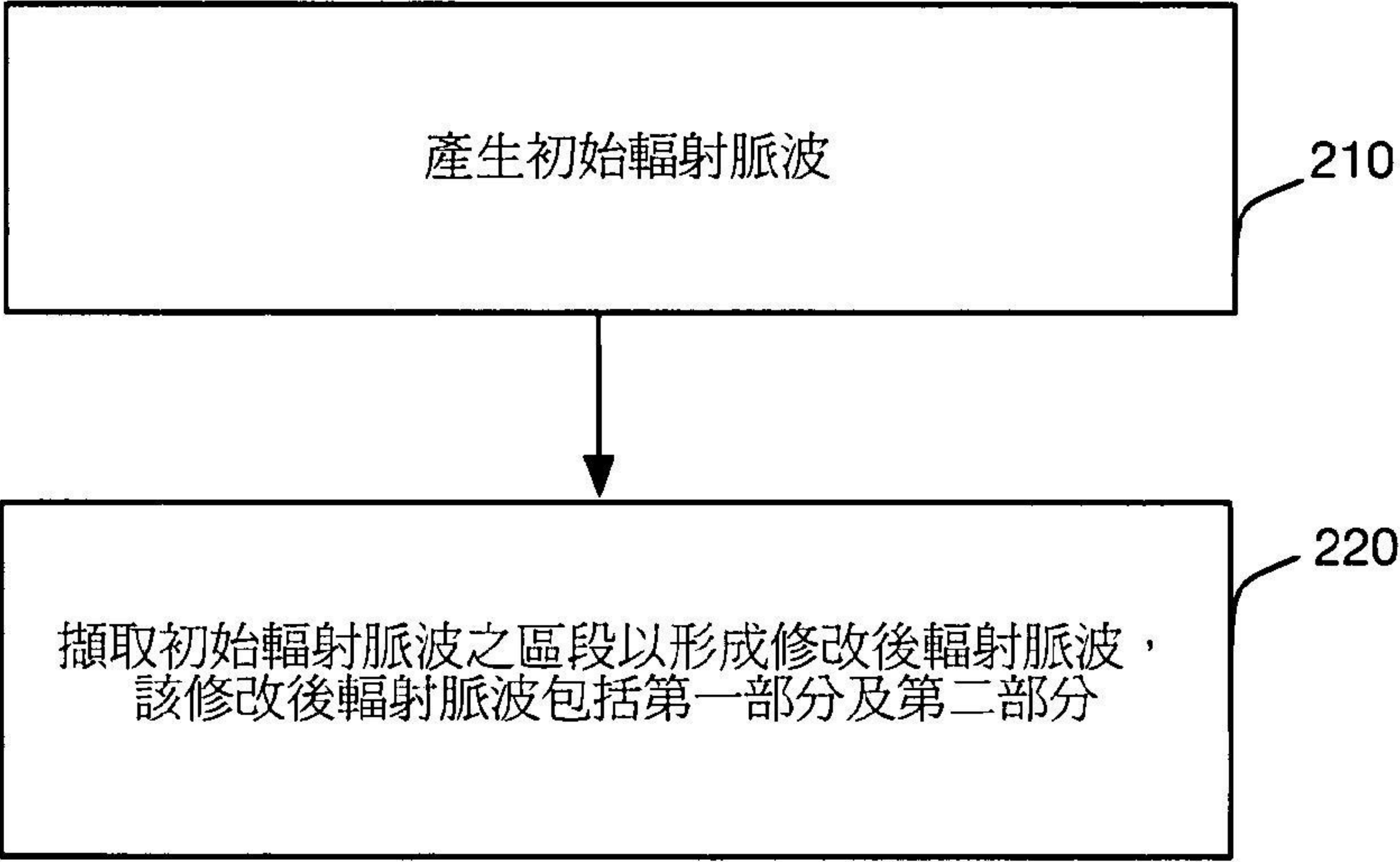


圖 2

301

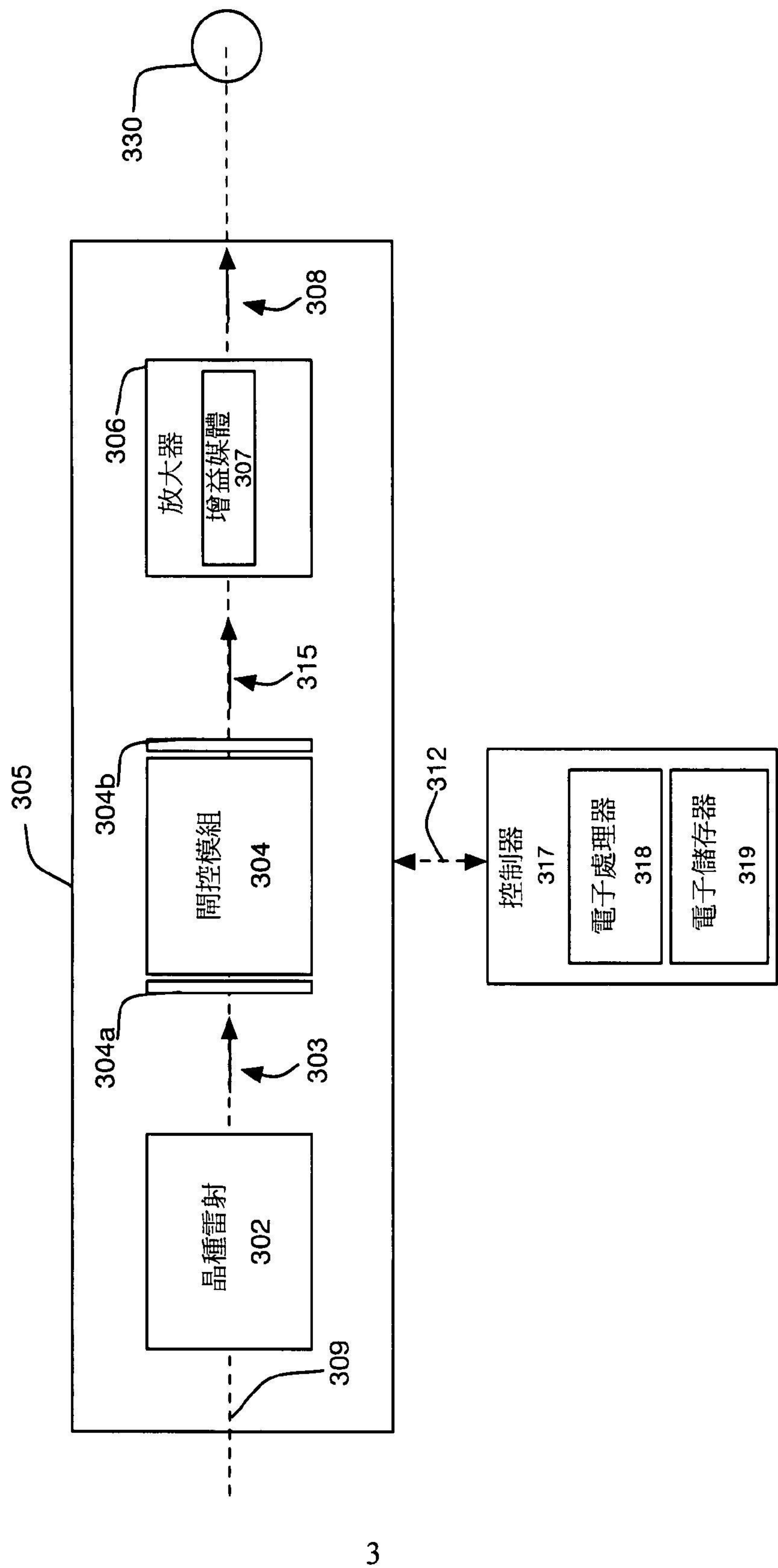


圖 3A

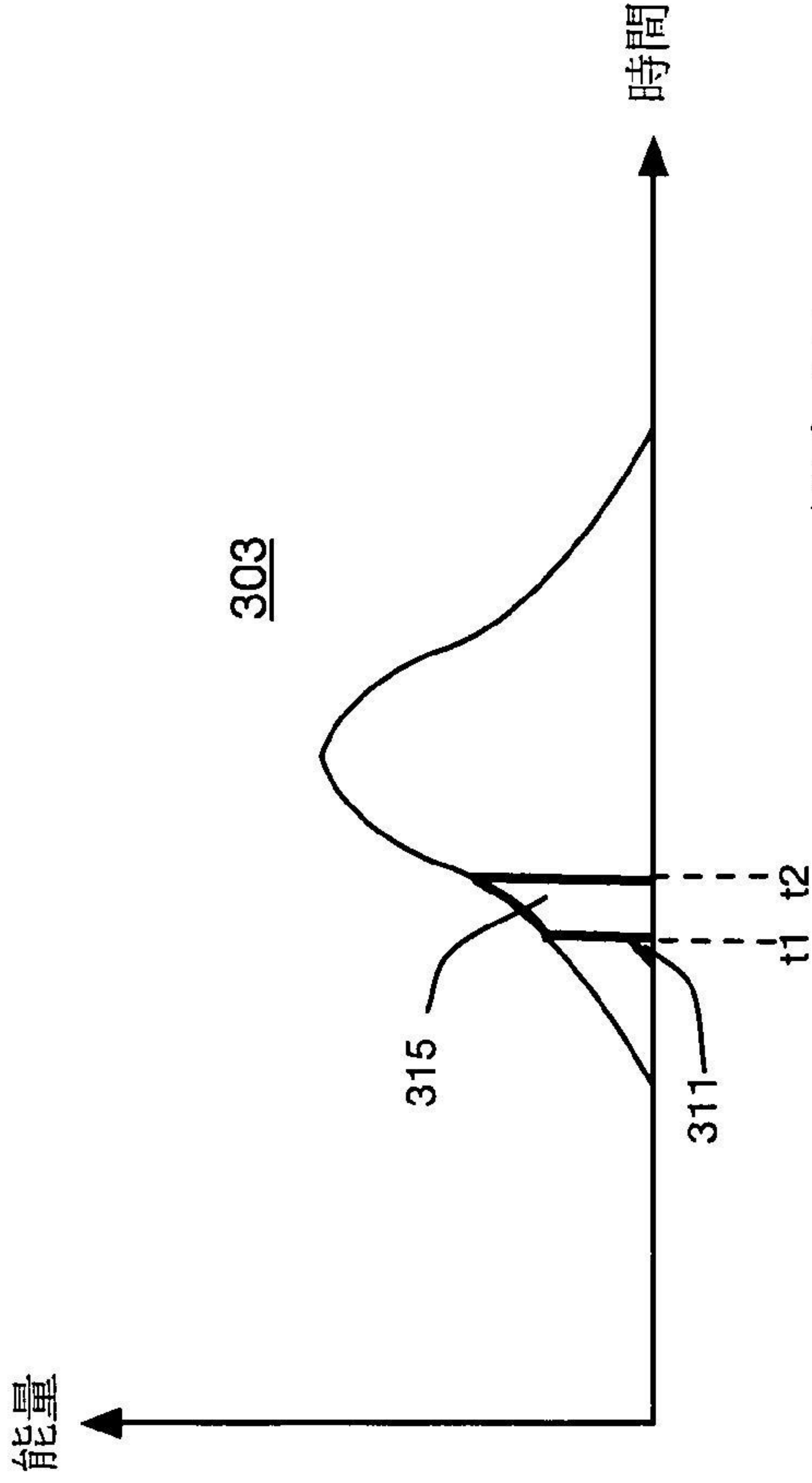


圖 3B

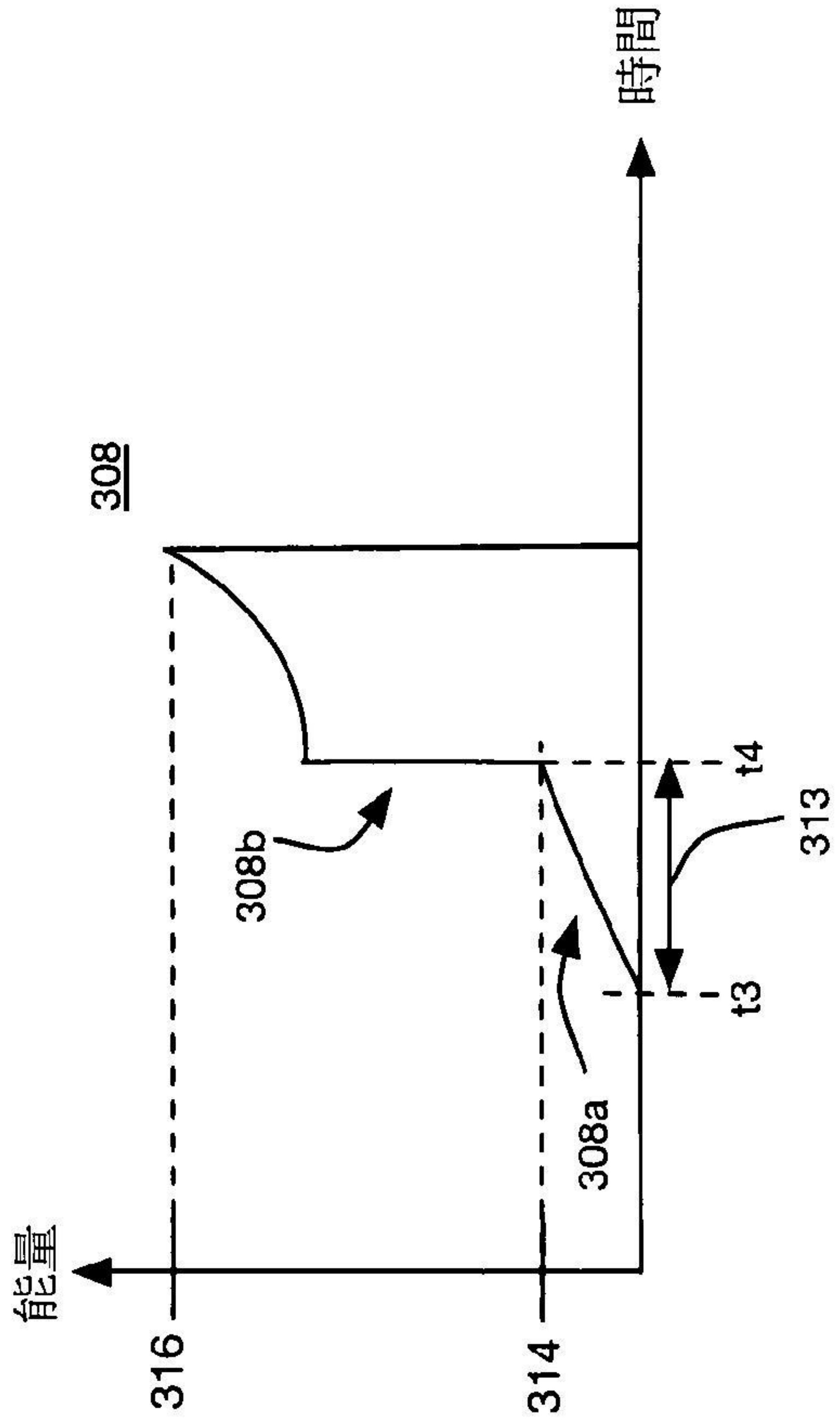


圖 3C

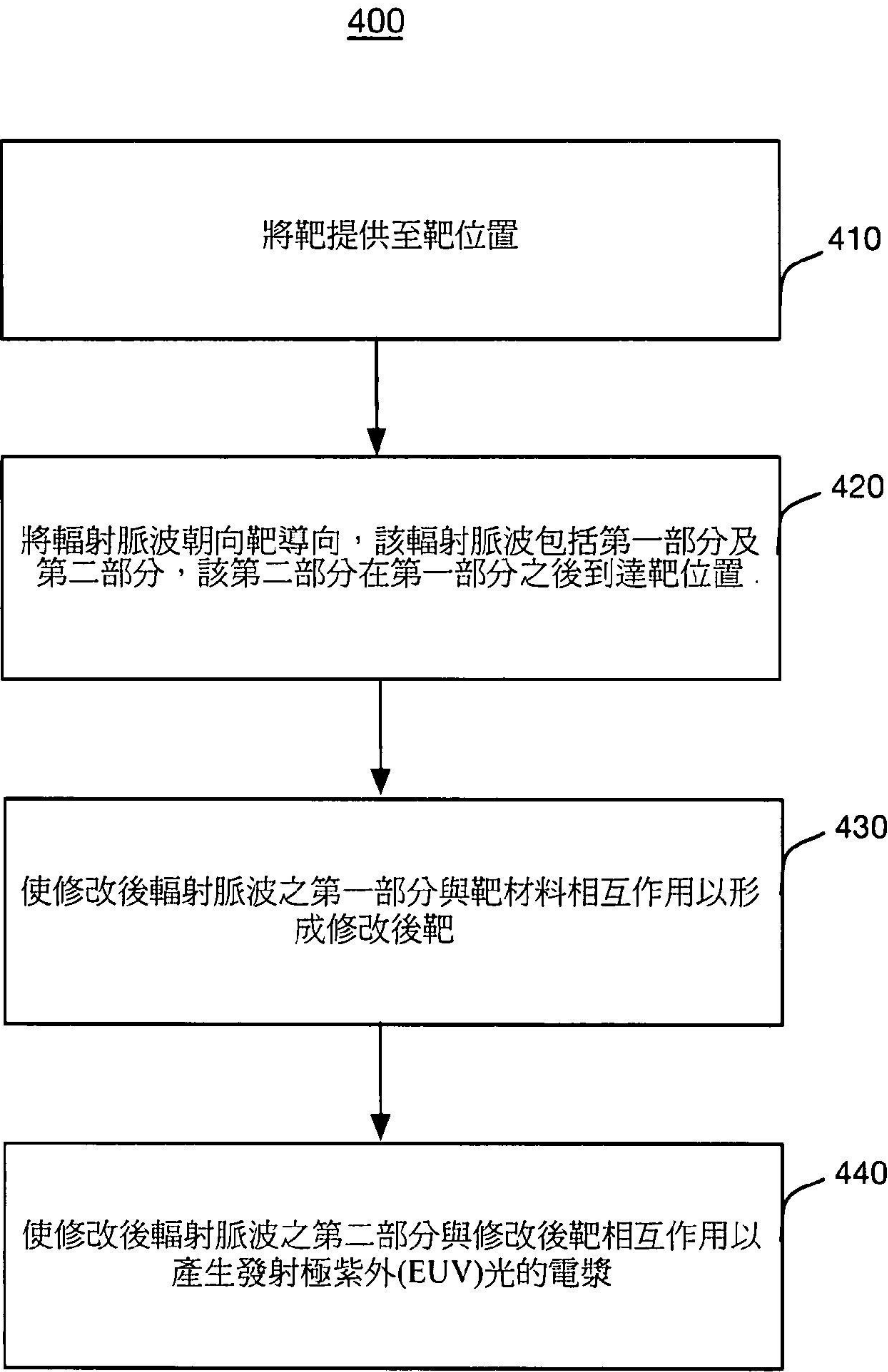


圖 4

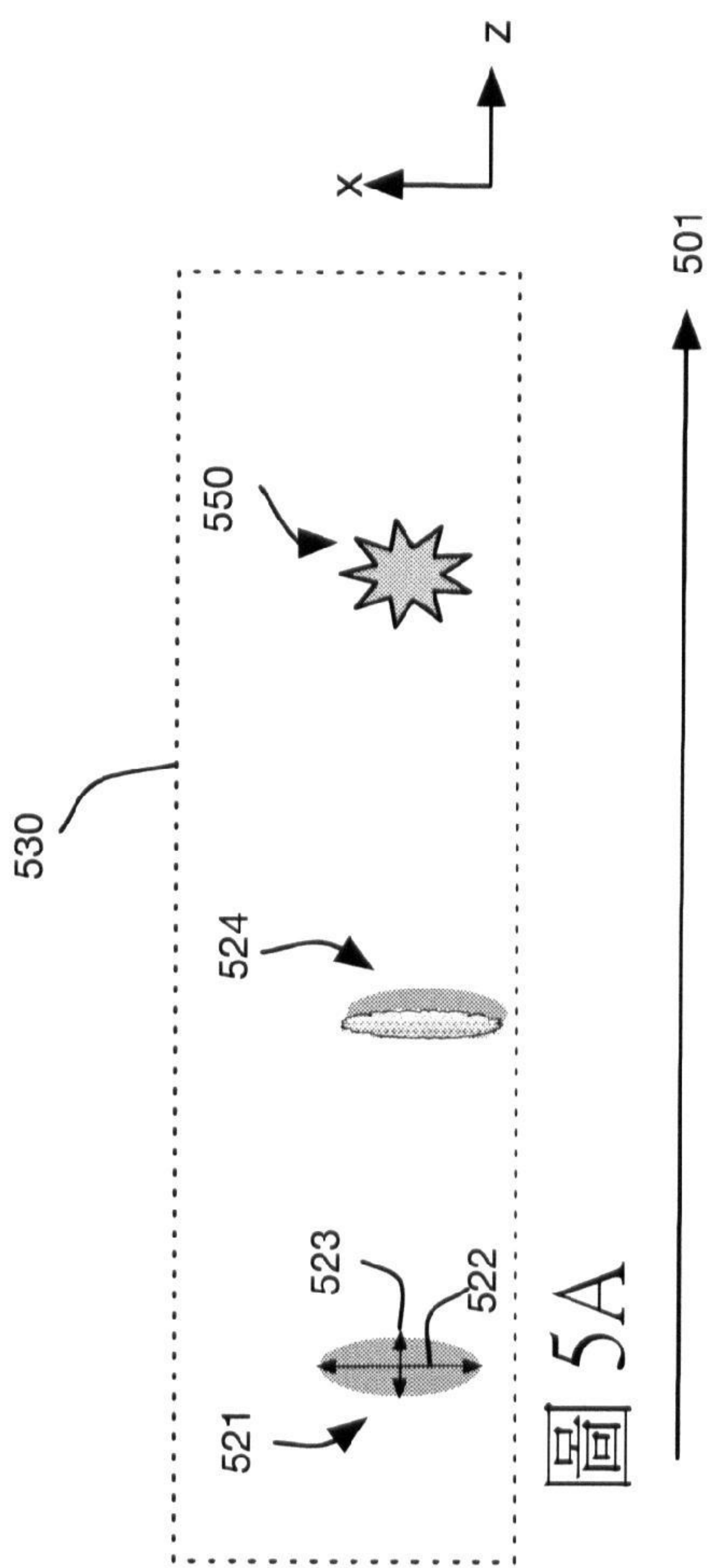


圖 5A

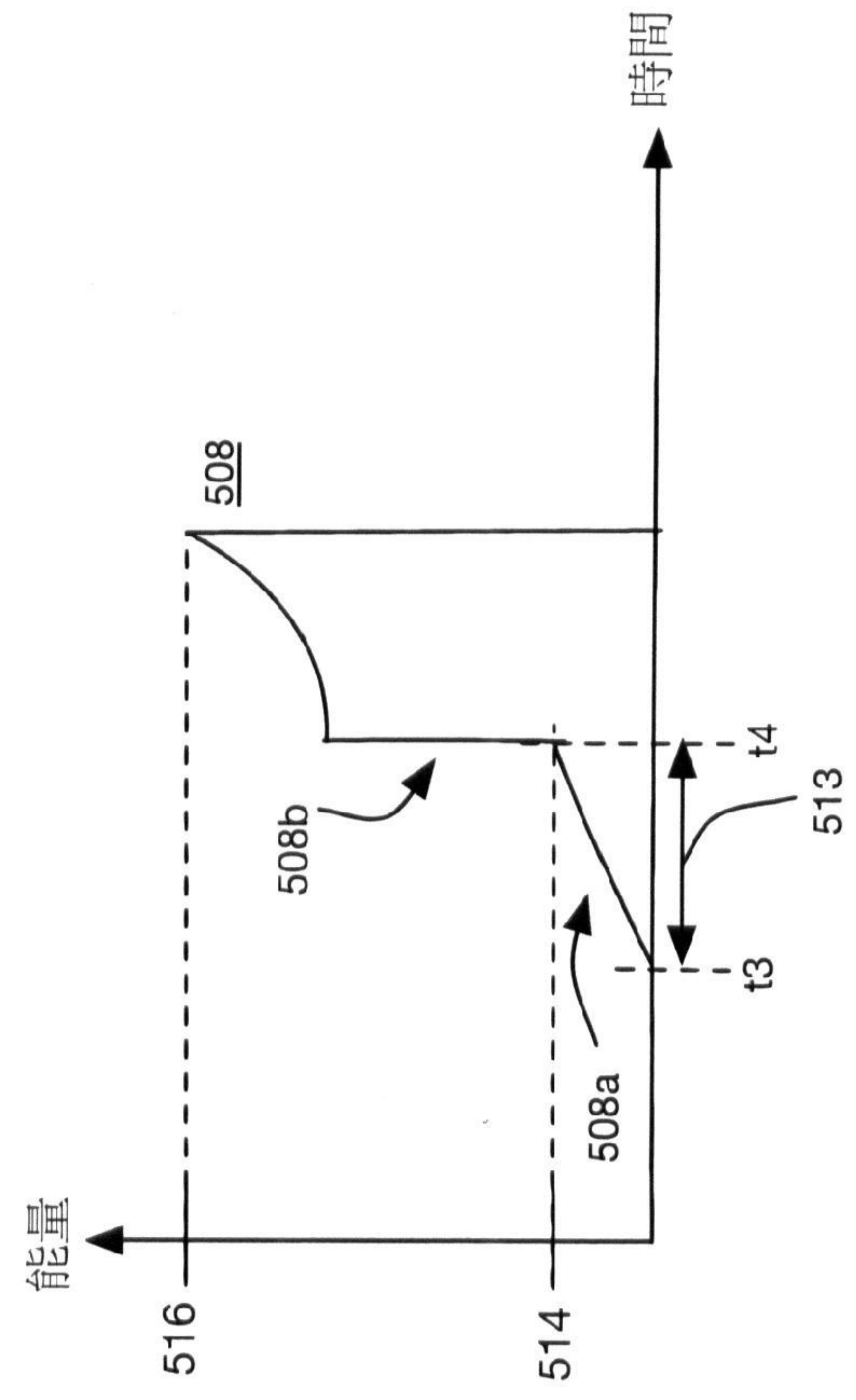


圖 5B

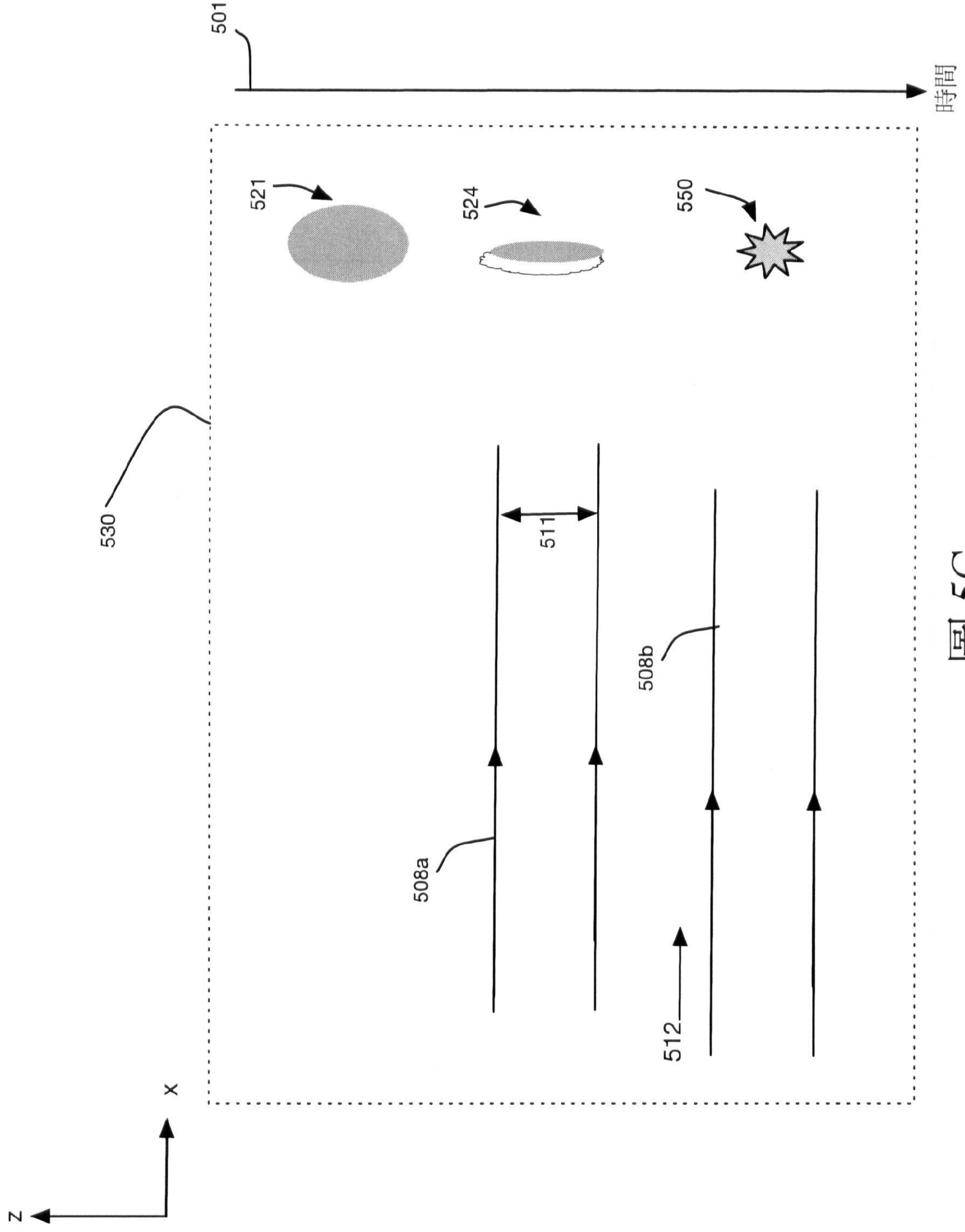


圖 5C

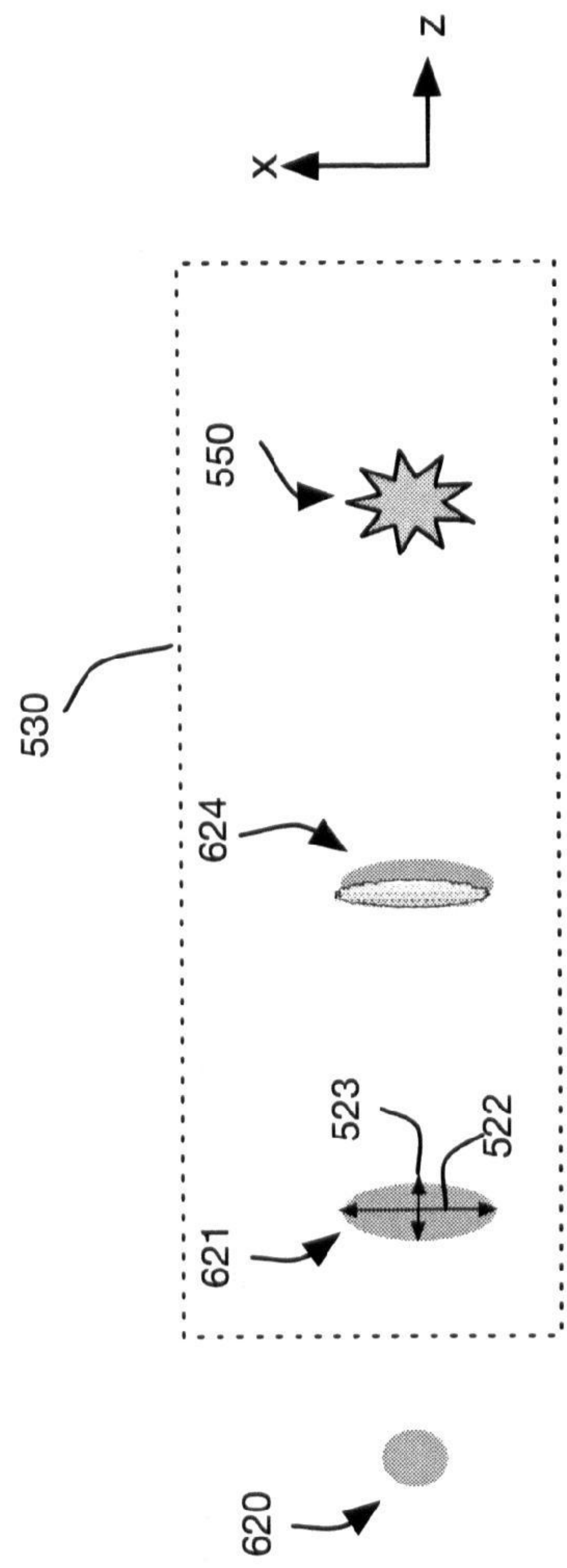


圖 6A

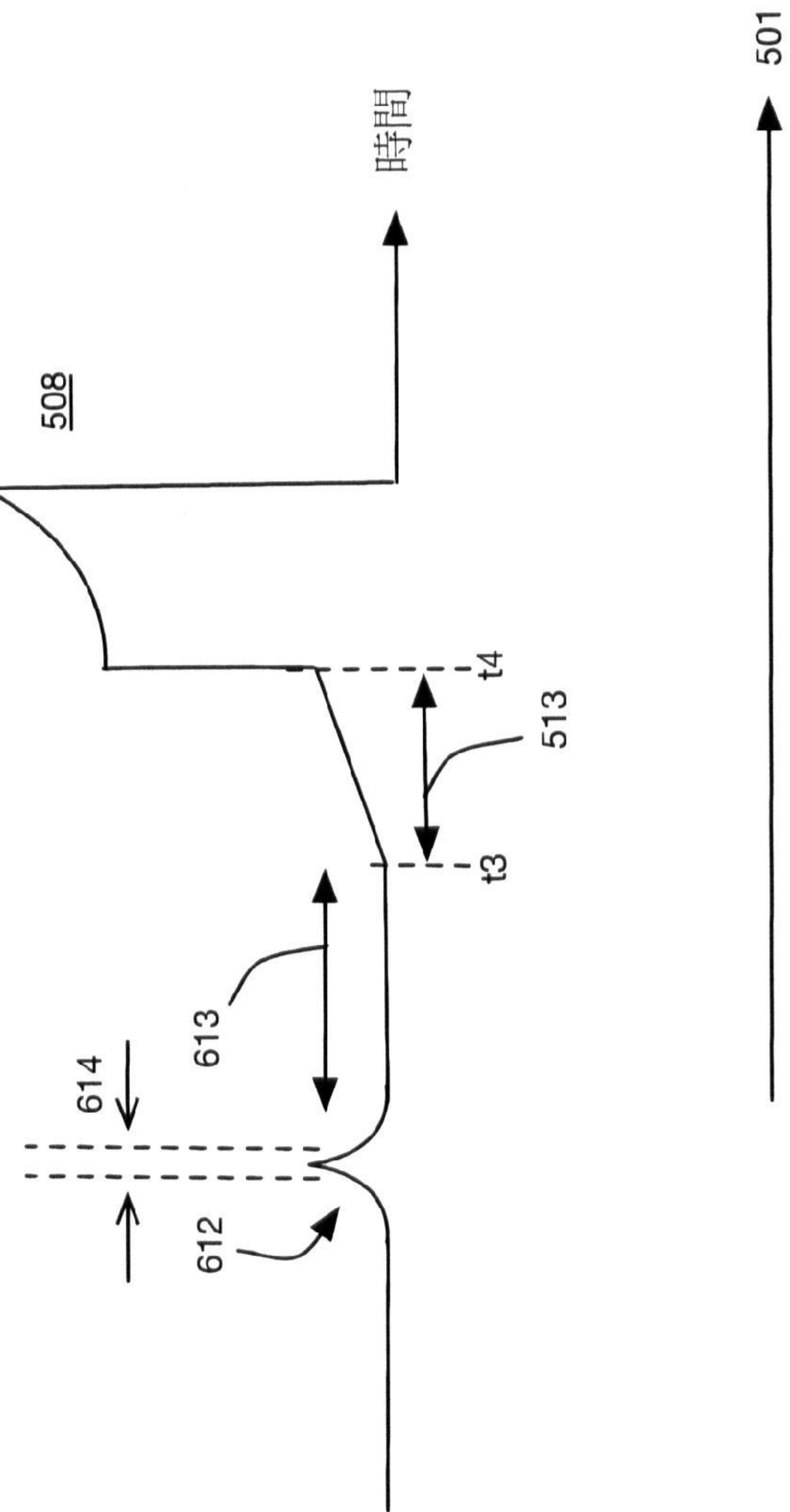


圖 6B

700

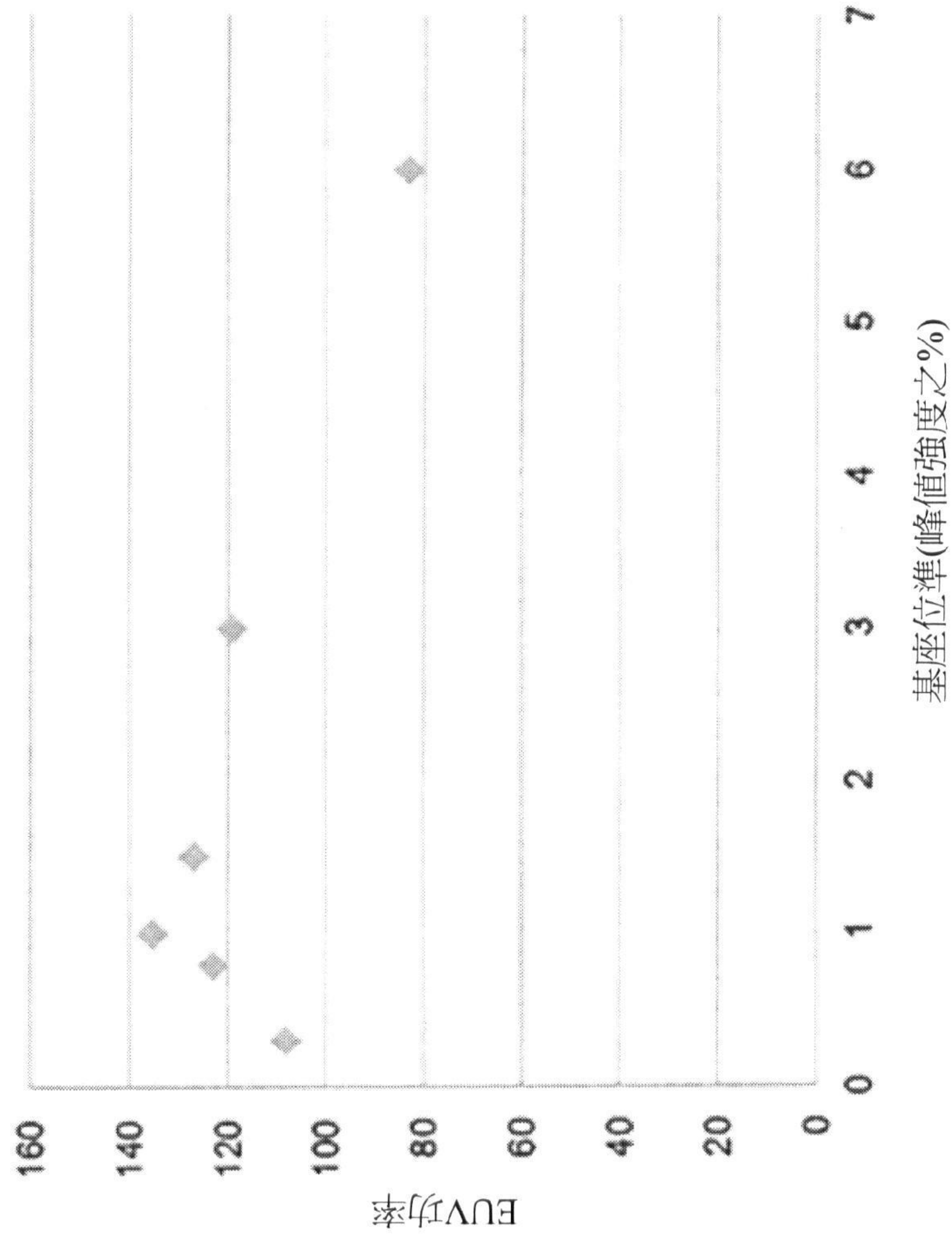


圖 7

示例性基座分佈(強度對時間)

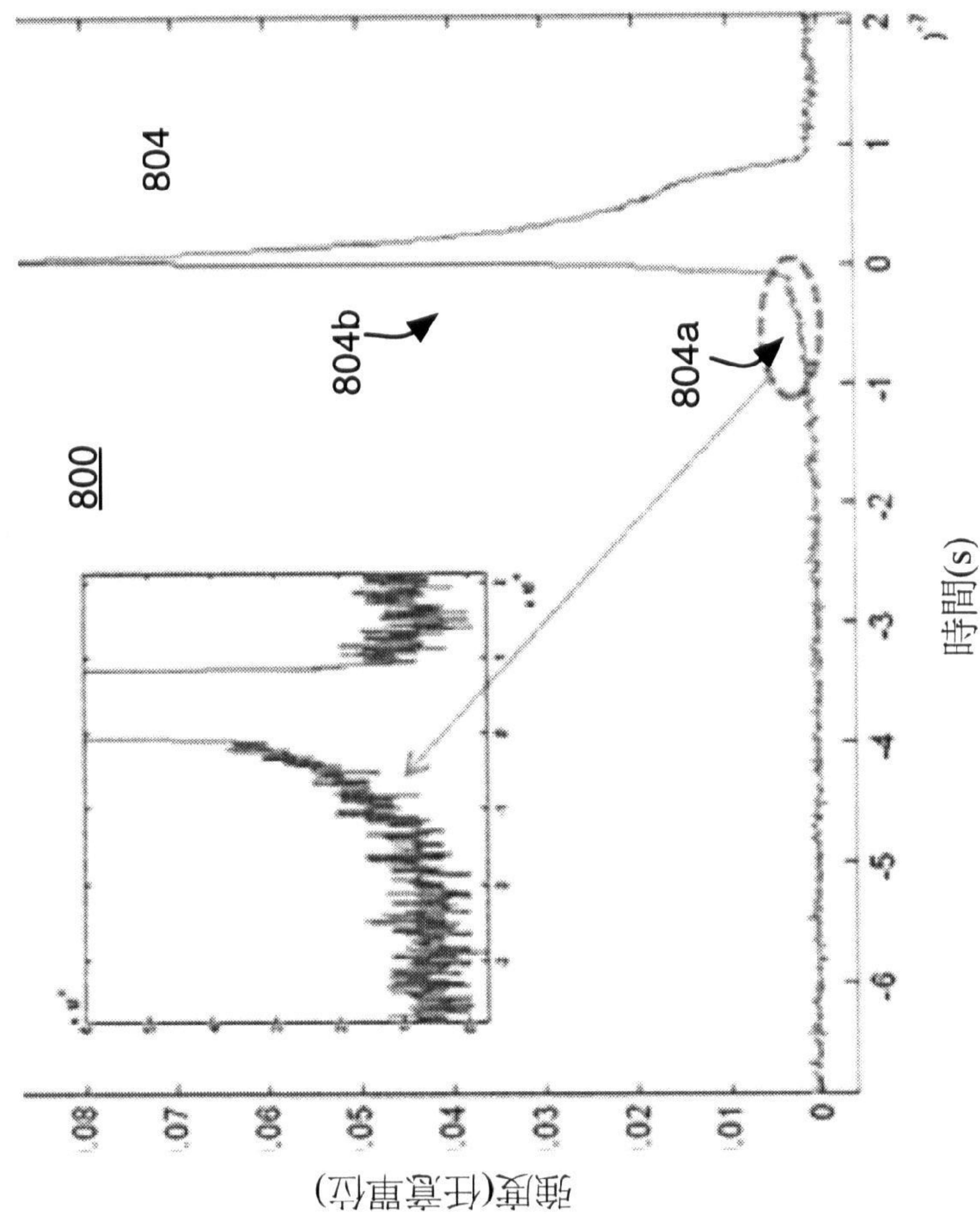


圖 8

轉換效率對靶之延伸

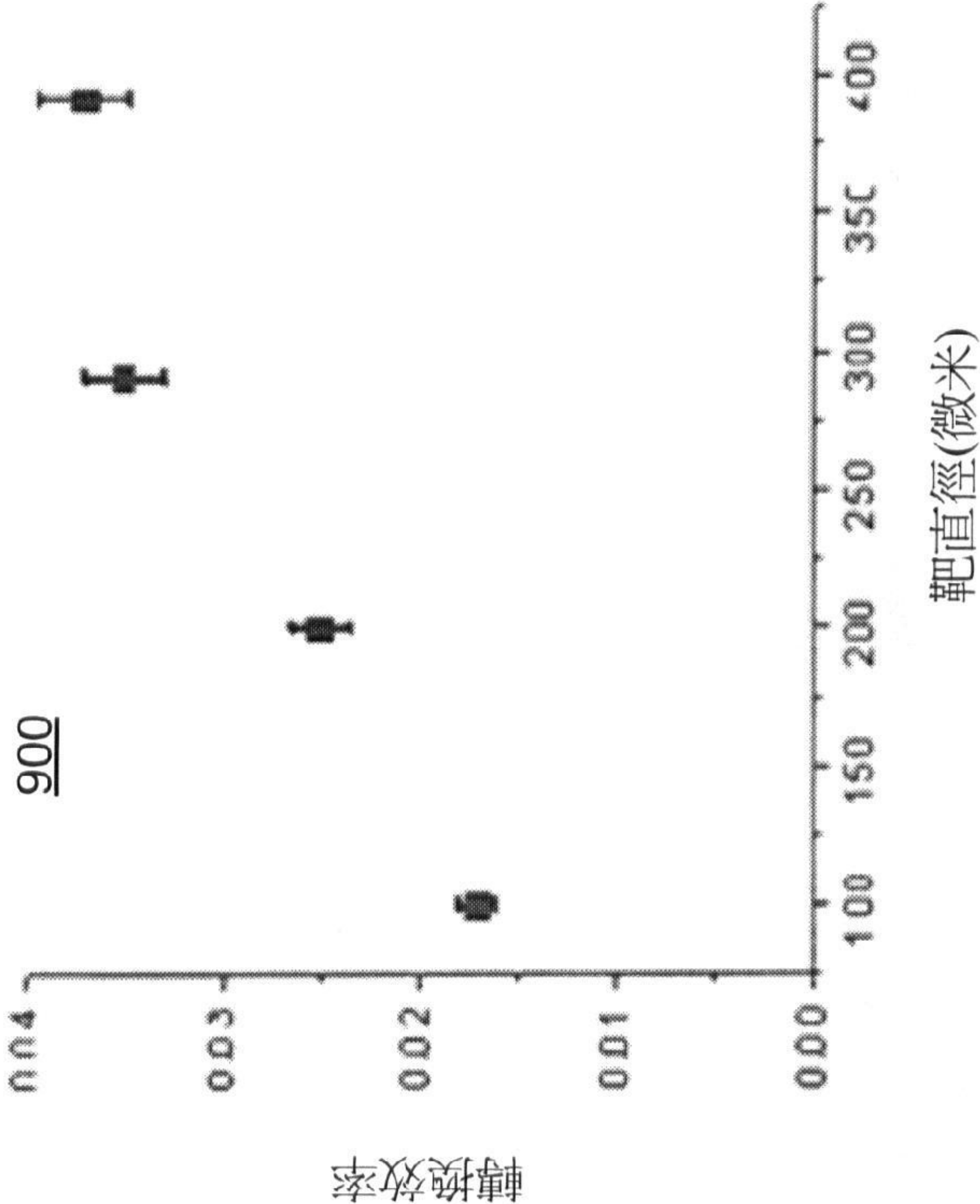
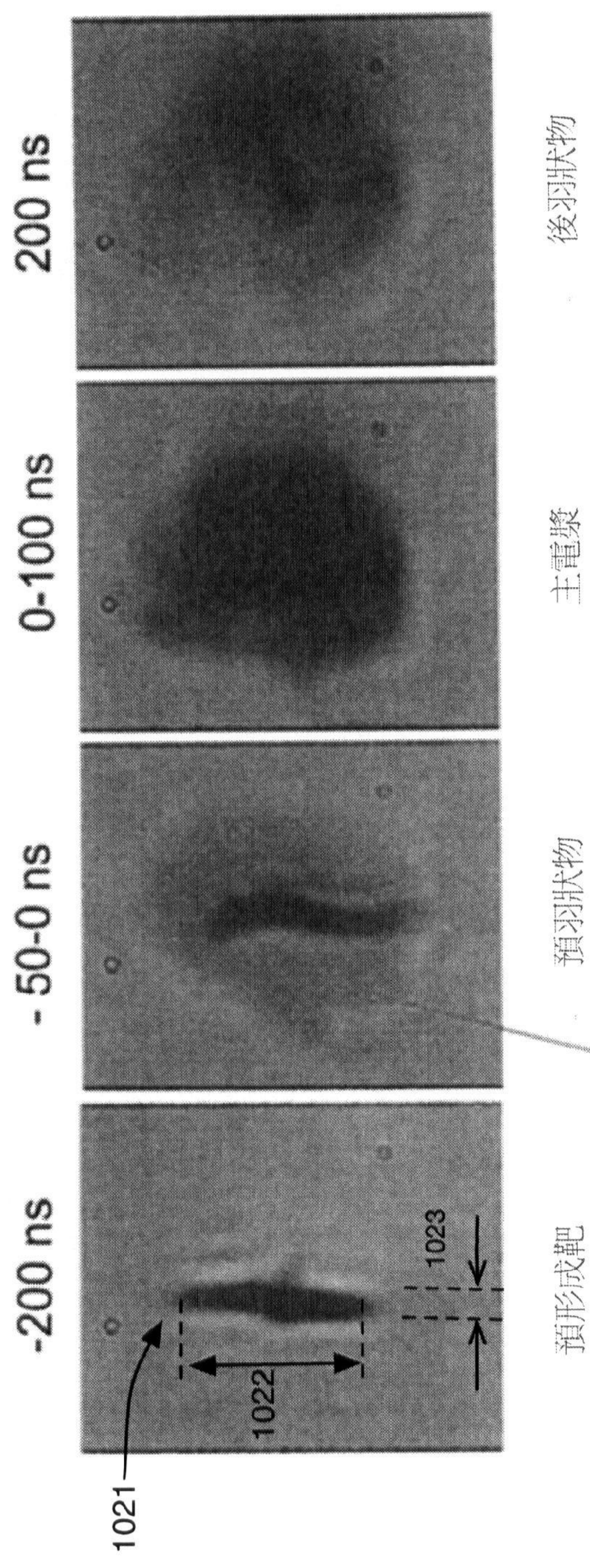


圖 9



後羽狀物

主電漿

預羽狀物

預形成靶

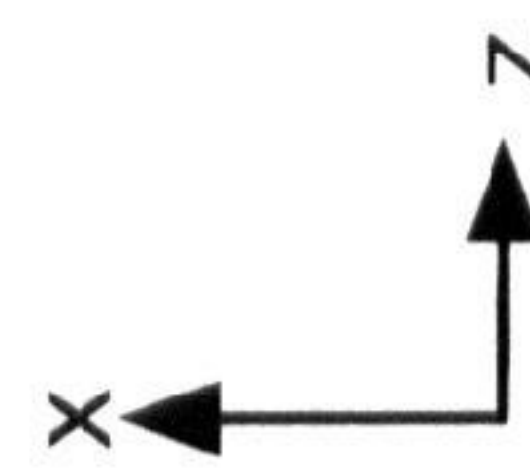
圖 10D

圖 10C

圖 10B

圖 10A

1005



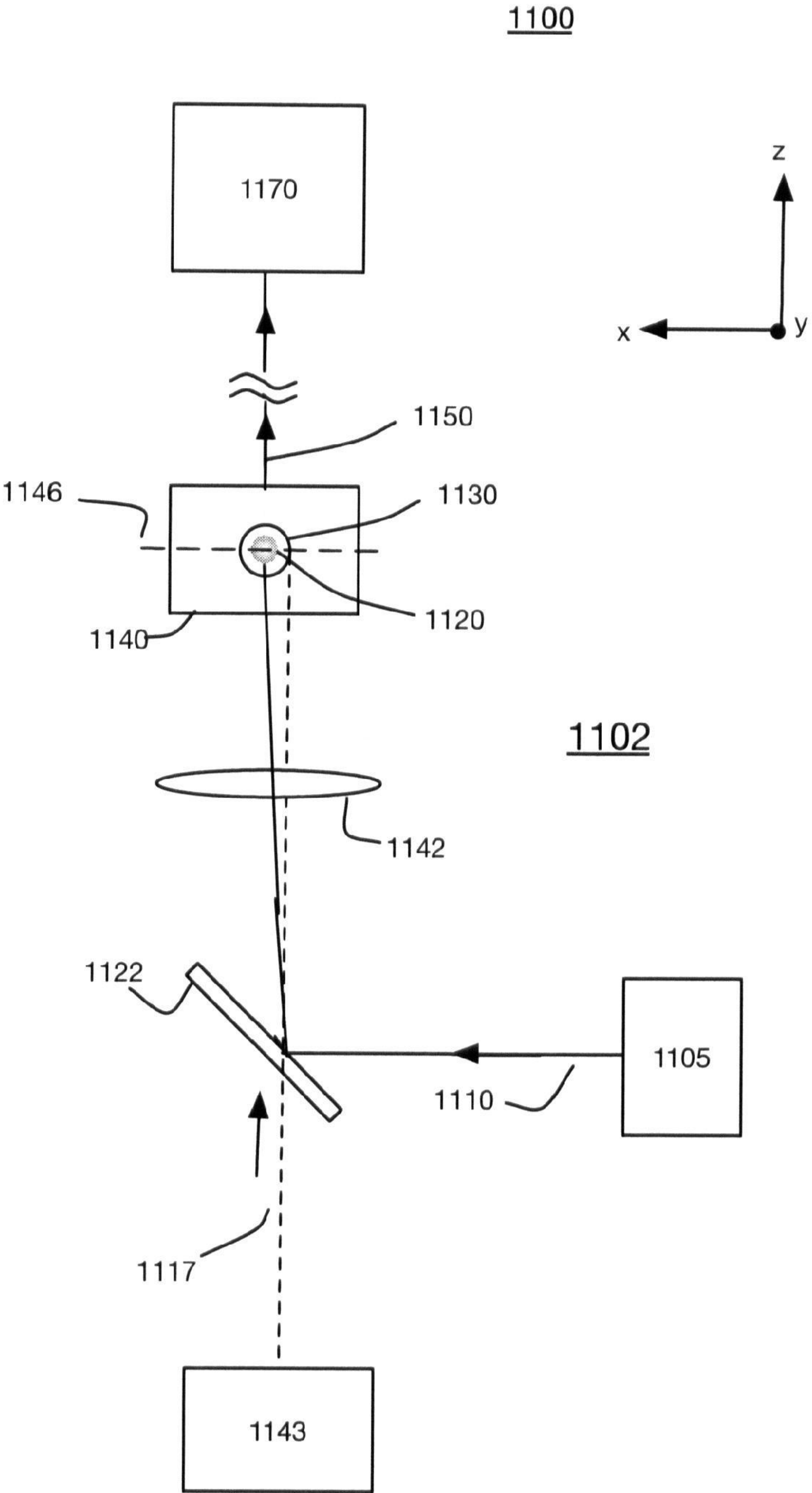


圖 11

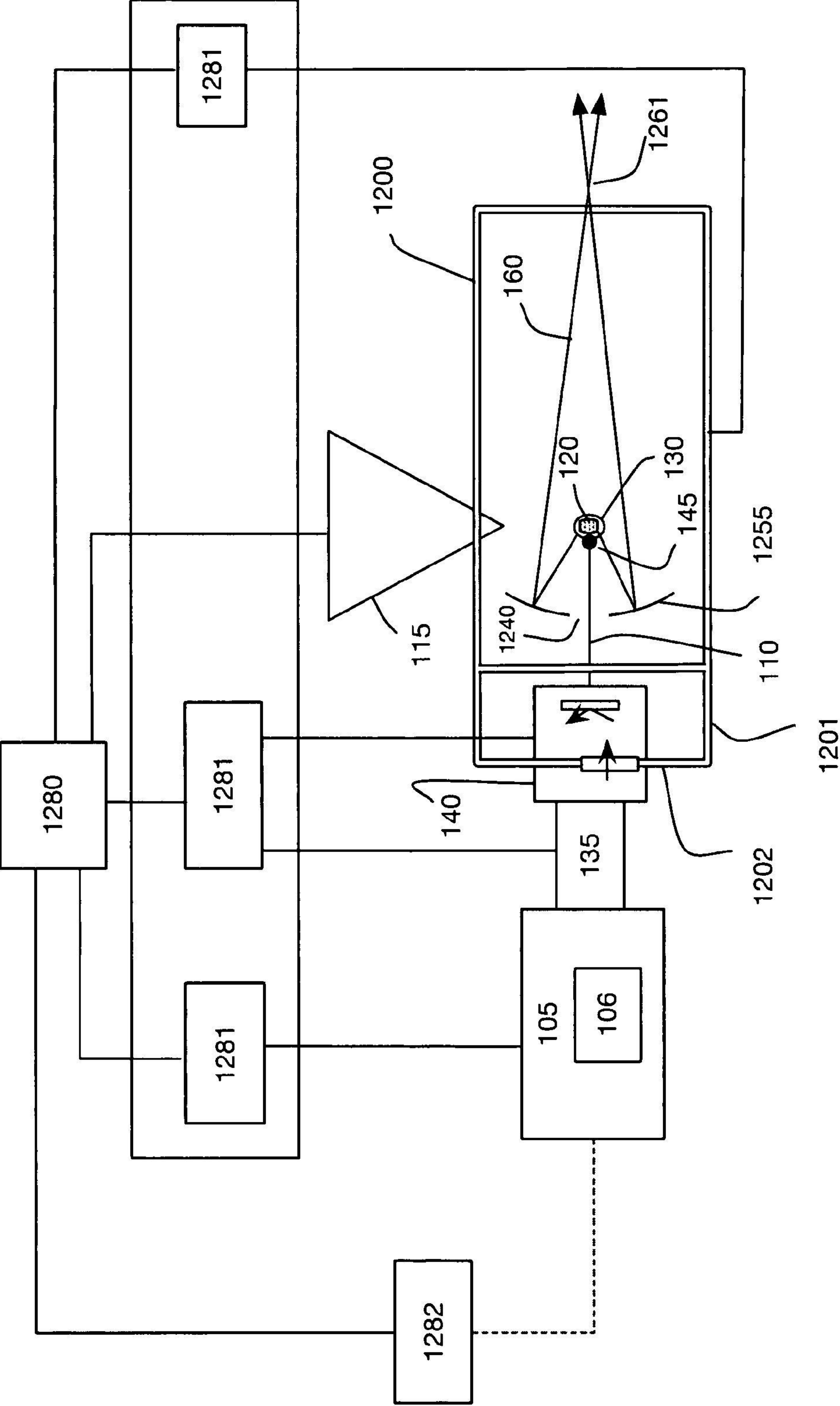


圖 12