



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201729480 A

(43)公開日：中華民國 106 (2017) 年 08 月 16 日

(21)申請案號：105125348

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 08 月 09 日

(51)Int. Cl.：

*H01S3/13 (2006.01)**H01S3/093 (2006.01)**H05G1/26 (2006.01)*

(30)優先權：2015/08/12

美國

14/824,141

2015/08/12

美國

14/824,147

(71)申請人：A S M L 荷蘭公司 (荷蘭) ASML NETHERLANDS B. V. (NL)

荷蘭

(72)發明人：拉法斯 羅伯特 傑 RAFAC, ROBERT JAY (US)；萊格斯 丹尼爾 傑森 RIGGS, DANIEL JASON (US)

(74)代理人：林嘉興

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：33 項 圖式數：13 共 64 頁

(54)名稱

極紫外線光源中之目標擴張率控制

TARGET EXPANSION RATE CONTROL IN AN EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT SOURCE

(57)摘要

一種方法，其包括：提供一目標材料，該目標材料包含當轉換成電漿時發射極紫外線(EUV)光之一組份；將一第一輻射光束導引朝向該目標材料以將能量遞送至該目標材料，以修改該目標材料之一幾何分佈以形成一經修改目標；將一第二輻射光束導引朝向該經修改目標，該第二輻射光束將該經修改目標之至少部分轉換成發射 EUV 光之電漿；量測相對於該第一輻射光束的與該目標材料及該經修改目標中之一或多个者相關聯的一或多个特性；及基於該一或多个經量測特性將自該第一輻射光束遞送至該目標材料之一放射曝光量控制在一預定能量範圍內。

A method includes providing a target material that comprises a component that emits extreme ultraviolet (EUV) light when converted to plasma; directing a first beam of radiation toward the target material to deliver energy to the target material to modify a geometric distribution of the target material to form a modified target; directing a second beam of radiation toward the modified target, the second beam of radiation converting at least part of the modified target to plasma that emits EUV light; measuring one or more characteristics associated with one or more of the target material and the modified target relative to the first beam of radiation; and controlling an amount of radiant exposure delivered to the target material from the first beam of radiation based on the one or more measured characteristics to within a predetermined range of energies.

指定代表圖：



180 · · · 光束調整系統

201729480

發明摘要

※ 申請案號：105125348

※ 申請日：105. 8. - 9

※IPC 分類：H01S 3/13 (2006.01)

H01S 3/093 (2006.01)

H05G 1/26 (2006.01)

【發明名稱】

極紫外線光源中之目標擴張率控制

TARGET EXPANSION RATE CONTROL IN AN EXTREME
ULTRAVIOLET LIGHT SOURCE

【中文】

一種方法，其包括：提供一目標材料，該目標材料包含當轉換成電漿時發射極紫外線(EUV)光之一組份；將一第一輻射光束導引朝向該目標材料以將能量遞送至該目標材料，以修改該目標材料之一幾何分佈以形成一經修改目標；將一第二輻射光束導引朝向該經修改目標，該第二輻射光束將該經修改目標之至少部分轉換成發射EUV光之電漿；量測相對於該第一輻射光束的與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的一或多個特性；及基於該一或多個經量測特性將自該第一輻射光束遞送至該目標材料之一放射曝光量控制在一預定能量範圍內。

【英文】

A method includes providing a target material that comprises a component that emits extreme ultraviolet (EUV) light when converted to plasma; directing a first beam of radiation toward the target material to deliver energy to the target material to modify a geometric distribution of the target material to form a modified target; directing a second beam of radiation toward the modified target, the second beam of radiation converting at least part of the modified target to plasma that emits EUV light; measuring one or more characteristics associated with one or more of the target material and the modified target relative to the first beam of radiation; and controlling an amount of radiant exposure delivered to the target material from the first beam of radiation based on the one or more measured characteristics to within a predetermined range of energies.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

100	雷射產生電漿(LPP)極紫外線(EUV)光源
105	光學源
110	第一輻射光束/輻射
111	第一目標部位
115	第二輻射光束
116	第二目標部位
120	目標材料
121	經修改目標/熔融金屬之圓盤形片件
125	目標材料供應系統/目標材料遞送系統
129	電漿
130	可用極紫外線(EUV)光/輻射
135	集光器系統/集光器
140	經收集極紫外線(EUV)光
145	光學裝置
150	光束遞送系統
152	光學操縱組件
155	量測系統
156	聚焦總成
160	控制系統
165	腔室
180	光束調整系統

【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】

極紫外線光源中之目標擴張率控制

TARGET EXPANSION RATE CONTROL IN AN EXTREME
ULTRAVIOLET LIGHT SOURCE

【技術領域】

所揭示主題係關於控制用於雷射產生電漿極紫外線光源之目標材料之擴張率。

【先前技術】

極紫外線(EUV)光(例如，具有為大約50奈米或更小之波長之電磁輻射(有時亦被稱作軟x射線)且包括處於大約13奈米之波長之光)可用於光微影程序中以在基板(例如，矽晶圓)中產生極小特徵。

用以產生EUV光之方法包括但未必限於運用在EUV範圍內之發射譜線而將具有一元素(例如，氫、鋰或錫)之材料轉換成電漿狀態。在一種此類方法(常常被稱為雷射產生電漿「LPP」)中，可藉由運用可被稱作驅動雷射之經放大光束來輻照目標材料(例如，呈材料之小滴、板、帶、串流或叢集之形式)而產生所需電漿。對於此程序，通常在例如真空腔室之密封容器中產生電漿，且使用各種類型之度量衡設備來監視電漿。

【發明內容】

在一些通用態樣中，一種方法包括：提供一目標材料，該目標材料包含當轉換成電漿時發射極紫外線(EUV)光之一組份；將一第一輻射光束導引朝向該目標材料以將能量遞送至該目標材料，以修改該目標材料之一幾何分佈以形成一經修改目標；將一第二輻射光束導引

朝向該經修改目標，該第二輻射光束將該經修改目標之至少部分轉換成發射EUV光之電漿；量測相對於該第一輻射光束的與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的一或多個特性；及基於該一或多個經量測特性將自該第一輻射光束遞送至該目標材料之放射曝光量 (radiant exposure) 之一量控制在一預定能量範圍內。

實施可包括以下特徵中之一或多者。舉例而言，可藉由量測該第一輻射光束之一能量來量測與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的該一或多個特性。可藉由量測自該目標材料之一光學反射表面反射的該第一輻射光束之該能量來量測該第一輻射光束之該能量。可藉由量測導引朝向該目標材料之該第一輻射光束之一能量來量測該第一輻射光束之該能量。可藉由量測橫越垂直於該第一輻射光束之一傳播方向的一方向之一空間積分能量來量測該第一輻射光束之該能量。

可藉由使該目標材料與該第一輻射光束之涵蓋其共焦參數之一區域重疊而將該第一輻射光束導引朝向該目標材料。該共焦參數可大於1.5毫米。

可藉由量測該目標材料相對於一目標位置之一位置來量測與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的該一或多個特性。該目標位置可與該第一輻射光束之一光束腰重合。可沿著一第一光束軸線來導引該第一輻射光束，且可沿著平行於該第一光束軸線之一方向量測該目標材料之該位置。可量測相對於收集該經發射EUV光之一收集器器件之一主焦點之該目標位置。可藉由沿著兩個或多於兩個非平行方向量測該目標材料之該位置來量測該目標材料之該位置。

可藉由在該第二輻射光束將該經修改目標之至少部分轉換成電漿之前偵測該經修改目標之一大小來量測與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的該一或多個特性。可藉由估計該經修改目標

之一擴張率來量測與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的該一或多個特性。

可藉由控制該經修改目標之一擴張率而控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量。

可藉由基於該一或多個經量測特性判定是否應調整該第一輻射光束之一特徵而控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量。可在量測該一或多個特性時執行應調整該第一輻射光束之該特徵之該判定。

若判定出應調整該第一輻射光束之該特徵，則可調整該第一輻射光束之一脈衝之一能量含量及該第一輻射光束與該目標材料相互作用之一面積中的一或多者。可藉由調整該第一輻射光束之一脈寬；該第一輻射光束之該脈衝之一持續時間；及調整該第一輻射光束之該脈衝內之一平均功率來調整該第一輻射光束之該脈衝之該能量含量。

可藉由將第一輻射之脈衝導引朝向該目標材料而將該第一輻射光束導引朝向該目標材料；可藉由針對第一輻射之每一脈衝量測該一或多個特性來量測該一或多個特性；且可藉由針對第一輻射之每一脈衝判定是否應調整該特徵來判定是否應調整該第一輻射光束之該特徵。

可藉由在該經發射EUV光之至少一部分正曝光一晶圓時控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量來控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料的該放射曝光量。

可藉由提供目標材料之一小滴來提供該目標材料；且可藉由將該目標材料之該小滴變換成熔融金屬之一圓盤形體積來修改該目標材料之該幾何分佈。可根據一擴張率將該目標材料小滴變換成該圓盤形體積。

該方法亦可包括收集該經發射EUV光之至少一部分；及將該經收

集EUV光導引朝向一晶圓以將該晶圓曝光至該EUV光。

可藉由針對導引朝向該目標材料之該第一輻射光束之每一脈衝量測至少一個特性來量測該一或多個特性。

可將該第一輻射光束導引朝向該目標材料使得該目標材料之一部分轉換成發射EUV光之電漿，且相比於自轉換自該經修改目標的該電漿發射之EUV光，自轉換自該目標材料的該電漿發射較少EUV光，且對該目標材料之主要作用為該修改該目標材料之該幾何分佈以形成該修改目標。

可藉由將該目標材料之一形狀變換成該經修改目標(其包括根據一擴張率沿著至少一個軸線來擴張該經修改目標)來修改該目標材料之該幾何分佈。可藉由控制該目標材料至該經修改目標之該擴張率而控制遞送至該目標材料之該放射曝光量。

可沿著不平行於該第二輻射光束之光軸的該至少一個軸線來擴張該經修改目標。

可藉由量測自該經修改目標反射之光子之一數目來量測與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的該一或多個特性。可藉由依據多少光子撞擊該目標材料而量測自該經修改目標反射之光子之該數目來量測自該經修改目標反射的光子之該數目。

可藉由將第一輻射之脈衝導引朝向該目標材料而將該第一輻射光束導引朝向該目標材料；及可藉由將第二輻射之脈衝導引朝向該經修改目標而將該第二輻射光束導引朝向該經修改目標。

可藉由將該第一輻射光束導引通過一或多個光學放大器之一第一集合來導引該第一輻射光束；及可藉由將該第二輻射光束導引通過一或多個光學放大器之一第二集合來導引該第二輻射光束；其中該第一集合中之該等光學放大器中之至少一者處於該第二集合中。

可藉由量測導引朝向該目標材料之該第一輻射光束之一能量來

量測與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的該一或多個特性；且可藉由基於該經量測能量調整自該第一輻射光束導引至該目標材料之能量之一量而控制遞送至該目標材料的該放射曝光量。可藉由使該目標材料與該第一輻射光束之涵蓋其共焦參數之一區域重疊而將該第一輻射光束導引朝向該目標材料；且該共焦參數可小於或等於2毫米。

可藉由調整該第一輻射光束之一屬性而調整自該第一輻射光束導引至該目標材料之能量之該量。

可藉由調整如下各者中之一或多者而控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量：恰好在該第一輻射光束將一能量遞送至該目標材料之前的該第一輻射光束之該能量；該目標材料之一位置；及與該第一輻射光束相互作用的該目標材料之一區。

可藉由將該第一輻射光束導引通過包括一或多個第一光學放大器的光學組件之一第一集合來導引該第一輻射光束；且可藉由將第二輻射光束導引通過包括一或多個第二光學放大器的光學組件之一第二集合來導引該第二輻射光束；其中光學組件之該第一集合與光學組件之該第二集合相異且與其分離。

在其他通用態樣中，一種裝置包括：一腔室，其界定接收一第一輻射光束之一初始目標部位及接收一第二輻射光束之一目標部位；一目標材料遞送系統，其經組態以將目標材料提供至該初始目標部位，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；一光學源，其經組態以產生該第一輻射光束及該第二輻射光束；及一光學操縱系統。該光學操縱系統經組態以：將該第一輻射光束導引朝向該初始目標部位以將能量遞送至該目標材料，以修改該目標材料之一幾何分佈以形成一經修改目標；及將該第二輻射光束導引朝向該目標部位，以將該經修改目標之至少部分轉換成發射EUV光之電

漿。該裝置包括：一量測系統，其量測相對於該第一輻射光束的與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的一或多個特性；及一控制系統，其連接至該目標材料遞送系統、該光學源、該光學操縱系統及該量測系統。該控制系統經組態以自該量測系統接收該一或多個經量測特性，且基於該一或多個經量測特性將一或多個信號發送至該光學源以控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料的一放射曝光量。

實施可包括以下特徵中之一或多者。舉例而言，該光學操縱系統可包括一聚焦裝置，該聚焦裝置經組態以將該第一輻射光束聚焦於該初始目標部位處或附近，且將該第二輻射光束聚焦於該目標部位處或附近。

該裝置可包括一光束調整系統，其中該光束調整系統連接至該光學源及該控制系統，且該控制系統經組態以藉由將一或多個信號發送至該光束調整系統來將一或多個信號發送至該光學源以控制遞送至該目標材料之能量之量，該光束調整系統經組態以調整該光學源之一或多個特徵以藉此維持遞送至該目標材料之能量之該量。該光束調整系統可包括耦合至該第一輻射光束之一脈寬調整系統，該脈寬調整系統經組態以調整該第一輻射光束之脈衝之一脈寬。該脈寬調整系統可包括一電光調變器。

該光束調整系統可包括耦合至該第一輻射光束之一脈衝功率調整系統，該脈衝功率調整系統經組態以調整該第一輻射光束之脈衝內之一平均功率。該脈衝功率調整系統可包括一聲光調變器。

該光束調整系統可經組態以藉由將一或多個信號發送至該光束調整系統來將一或多個信號發送至該光學源以控制導引至該目標材料的能量之該量，該光束調整系統經組態以調整該光學源之一或多個特徵以藉此控制導引至該目標材料之能量之該量。

該光學源可包括該第一輻射光束傳遞通過的一或多個光學放大

器之一第一集合；及該第二輻射光束傳遞通過的一或多個光學放大器之一第二集合，該第一集合中之該等光學放大器中之至少一者處於該第二集合中。該量測系統可在該第一輻射光束經導引朝向該初始目標部位時量測該第一輻射光束之一能量；且該控制系統可經組態以自該量測系統接收該經量測能量，且基於該經量測能量將一或多個信號發送至該光學源以控制自該第一輻射光束導引至該目標材料的能量之一量。

在一些通用態樣中，一種方法包括：提供一目標材料，該目標材料包括當轉換成電漿時發射極紫外線(EUV)光之一組份；將一第一輻射光束導引朝向該目標材料以將能量遞送至該目標材料，以修改該目標材料之一幾何分佈以形成一經修改目標；將一第二輻射光束導引朝向該經修改目標，該第二輻射光束將該經修改目標之至少部分轉換成發射EUV光之電漿；將自該第一輻射光束遞送至該目標材料之一放射曝光量控制在一預定放射曝光量範圍內；及藉由將自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量控制在該預定放射曝光量範圍內而使自該電漿發射的該EUV光之一功率穩定。

實施可包括以下特徵中之一或多者。舉例而言，可藉由將該第一輻射光束導引通過包括一或多個第一光學放大器的光學組件之一第一集合來導引該第一輻射光束；及可藉由將該第二輻射光束導引通過包括一或多個第二光學放大器的光學組件之一第二集合來導引該第二輻射光束。光學組件之該第一集合可與光學組件之該第二集合相異且與其分離。

可藉由將該第一輻射光束導引通過一或多個光學放大器之一第一集合來導引該第一輻射光束；及可藉由將該第二輻射光束導引通過一或多個光學放大器之一第二集合來導引該第二輻射光束；其中該第一集合中之該等光學放大器中之至少一者處於該第二集合中。

可藉由提供目標材料之一小滴來提供該目標材料；且可藉由將目標材料之該小滴變換成具有一實質上平面表面的熔融金屬之一圓盤形體積來修改該目標材料之該幾何分佈。

可藉由提供目標材料之一小滴來提供該目標材料；且可藉由將目標材料之該小滴變換成熔融金屬粒子之一霧狀物形體積來修改該目標材料之該幾何分佈。

可根據一擴張率將該目標材料變換成該經修改目標。

可藉由如下操作來控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量：量測相對於該第一輻射光束的與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的一或多個特性；基於該一或多個經量測特性將自該第一輻射光束遞送至該目標材料之一放射曝光量維持在一預定放射曝光量範圍內。

可藉由估計該經修改目標之一擴張率而控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量。可藉由維持該經修改目標之一擴張率而控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量。

可藉由判定是否應調整該第一輻射光束之一特徵而控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量。可藉由調整該第一輻射光束之每一脈衝之一能量含量，及該第一輻射光束與該目標材料相互作用之一面積中之一或多者而控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量。可藉由調整如下各者中之一或多者來調整該第一輻射光束之每一脈衝之該能量含量：該第一輻射光束之每一脈衝之一寬度；該第一輻射光束之每一脈衝之一持續時間；及該第一輻射光束之每一脈衝之一功率。

可藉由在自該電漿發射之該EUV光之至少一部分正曝光一晶圓時使該EUV光之該功率穩定而使自該電漿發射的該EUV光之該功率穩定。

該方法亦可包括收集該經發射EUV光之至少一部分；及將該經收集EUV光導引朝向一晶圓以將該晶圓曝光至該EUV光。

可藉由將該目標材料之一形狀變換成該經修改目標(其包括根據一擴張率沿著至少一個軸線來擴張該經修改目標)來修改該目標材料之該幾何分佈。

可藉由調整該第一輻射光束之一屬性而控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量。可藉由調整該第一輻射光束之一能量而調整該第一輻射光束之該屬性。

在其他通用態樣中，一種裝置包括：一腔室，其界定接收一第一輻射光束之一初始目標部位及接收一第二輻射光束之一目標部位；一目標材料遞送系統，其經組態以將目標材料提供至該初始目標部位，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；一光學源，其經組態以產生該第一輻射光束及該第二輻射光束；及一光學操縱系統。該光學操縱系統經組態以：將該第一輻射光束導引朝向該初始目標部位以將能量遞送至該目標材料，以修改該目標材料之一幾何分佈以形成一經修改目標；及將該第二輻射光束導引朝向該目標部位，以將該經修改目標之至少部分轉換成發射EUV光之電漿。該裝置包括一控制系統，該控制系統連接至該目標材料遞送系統、該光學源及該光學操縱系統，且經組態以將一或多個信號發送至該光學源以將自該第一輻射光束遞送至該目標材料的一放射曝光量控制在一預定放射曝光量範圍內，以藉此使自該電漿發射之EUV光之一功率穩定。

實施可包括以下特徵中之一或多者。舉例而言，該裝置亦可包括一量測系統，該量測系統量測相對於該第一輻射光束的與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的一或多個特性，其中該控制系統連接至該量測系統。

該裝置亦可包括一光束調整系統，其中該光束調整系統連接至該光學源及該控制系統，且該控制系統經組態以藉由將一或多個信號發送至該光束調整系統來將一或多個信號發送至該光學源以控制遞送至該目標材料的該放射曝光量，該光束調整系統經組態以調整該光學源之一或多個特徵以藉此控制遞送至該目標材料的該放射曝光量。

【圖式簡單說明】

圖1為包括光學源之雷射產生電漿極紫外線光源的方塊圖，該光學源產生導引至目標材料之第一輻射光束及導引至經修改目標之第二輻射光束以將該經修改目標之部分轉換成發射EUV光之電漿；

圖2為展示導引至第一目標部位之第一輻射光束及導引至第二目標部位之第二輻射光束的示意圖；

圖3A為用於圖1之光源中之例示性光學源的方塊圖；

圖3B及圖3C分別為可用於圖1之光學源中之例示性光束路徑組合器及例示性光束路徑分離器的方塊圖；

圖4A及圖4B為可用於圖3A之光學源中之例示性光學放大器系統的方塊圖；

圖5為可用於圖3A之光學源中之例示性光學放大器系統的方塊圖；

圖6為展示導引至第一目標部位之第一輻射光束及導引至第二目標部位之第二輻射光束之另一實施的示意圖；

圖7A及圖7B為展示導引至第一目標部位之第一輻射光束之實施的示意圖；

圖8A至圖8C及圖9A至圖9C展示量測系統之各種實施的示意圖，量測系統量測與目標材料、經修改目標及第一輻射光束中之任何一或多者相關聯之至少一個特性；

圖10為圖1之光源之例示性控制系統的方塊圖；

圖11為藉由光源(在控制系統之控制下)執行以用於維持或控制經修改目標之擴張率(ER)以藉此改良光源之轉換效率之例示性工序的流程圖；

圖12為藉由光源執行以用於藉由控制自第一輻射光束遞送至目標材料之放射曝光量而使自電漿發射之EUV光之功率穩定的例示性工序之流程圖；及

圖13為例示性光學源及例示性光束遞送系統之方塊圖，例示性光學源產生第一輻射光束及第二輻射光束，且例示性光束遞送系統調整第一輻射光束及第二輻射光束且將該第一輻射光束及該第二輻射光束聚焦至各別第一目標部位及第二目標部位。

【實施方式】

揭示用於增加極紫外線(EUV)光產生之轉換效率之技術。參看圖1且如下文更詳細地論述，目標材料120與第一輻射光束110之間的相互作用造成該目標材料變形且幾何地擴張以藉此形成經修改目標121。以增加歸因於經修改目標121與第二輻射光束115之間的相互作用而自電漿轉換之可用EUV光130之量之方式來控制經修改目標121之幾何擴張率。可用EUV光130之量為可經利用以在光學裝置145處使用之EUV光130之量。因此，可用EUV光130之量可取決於若干態樣，諸如，用以利用EUV光130之光學組件之頻寬或中心波長。

經修改目標121之幾何擴張率之控制使能夠在該經修改目標121與第二輻射光束115相互作用時控制該經修改目標121之大小或幾何態樣。舉例而言，經修改目標121之幾何擴張率之調整會在該經修改目標121與第二輻射光束115相互作用時調整該經修改目標121之密度，此係因為在該經修改目標121與第二輻射光束115相互作用時該經修改目標121之密度影響由該經修改目標121吸收之輻射之總量及此輻射被吸收所遍及之範圍。隨著經修改目標121之密度增加，在某時刻EUV

光130將不能夠自該經修改目標121逸出且因此可用EUV光130之量可降低。作為另一實例，經修改目標121之幾何擴張率之調整在該經修改目標121與第二輻射光束115相互作用時調整該經修改目標121之表面積。

以此方式，可藉由控制經修改目標121之擴張率而增加或控制所產生之可用EUV光130之總量。詳言之，經修改目標121之大小及其擴張率取決於自第一輻射光束110施加至目標材料120之放射曝光量，該放射曝光量為由第一輻射光束110遞送至目標材料120之區域的能量之量。因此，可藉由維持或控制每單位面積遞送至目標材料120之能量之量來維持或控制經修改目標121之擴張率。遞送至目標材料120之能量之量取決於恰好在第一輻射光束110照射於該目標材料之表面上之前該第一輻射光束110之能量。

第一輻射光束110中之脈衝之能量可藉由積分藉由快速光偵測器量測之雷射脈衝信號來判定。偵測器可為適於長波長紅外線(LWIR)輻射之光電磁(PEM)偵測器、用於量測近紅外線(IR)輻射之InGaAs二極體，或用於可見或近IR輻射之矽二極體。

經修改目標121之擴張率至少部分地取決於由目標材料120截取之第一輻射光束110之脈衝中的能量之量。在一假設基線設計中，假定目標材料120總是具有相同大小且被置放於經聚焦第一輻射光束110之腰部中。但實務上，目標材料120可具有相對於第一輻射光束110之光束腰之小但通常恆定的軸向位置偏移。若所有此等因素保持恆定，則控制經修改目標121之擴張率之一個因素為為了使第一輻射光束110之脈衝具有為幾奈秒至100奈秒之持續時間的該第一輻射光束之脈衝能量。可在第一輻射光束110之脈衝具有處於或低於100奈秒之持續時間的情況下控制經修改目標121之擴張率之另一因素為第一輻射光束110之瞬時峰值功率。若第一輻射光束110之脈衝具有較短(例如，大

約數皮秒(ps))之持續時間，則其他因素可控制經修改目標121之擴張率，如下文所論述。

如圖1中所展示，光學源105 (亦被稱作驅動源或驅動雷射)用以驅動雷射產生電漿(LPP)極紫外線(EUV)光源100。該光學源105產生提供至第一目標部位111之第一輻射光束110及提供至第二目標部位116之第二輻射光束115。第一輻射光束110及第二輻射光束115可為脈衝式放大光束。

第一目標部位111自目標材料供應系統125接收諸如錫之目標材料120。第一輻射光束110與目標材料120之間的相互作用將能量遞送至目標材料120以修改或改變其形狀(例如，使其形狀變形)使得目標材料120之幾何分佈變形成經修改目標121。通常自目標材料供應系統125沿著-X方向或沿著將目標材料120置放於第一目標部位111內之方向而導引目標材料120。在第一輻射光束110將能量遞送至目標材料120以使其變形成經修改目標121之後，經修改目標121可除了沿著另一方向(諸如平行於Z方向之方向)移動以外亦可繼續沿著-X方向移動。隨著經修改目標121移動遠離第一目標部位111，其幾何分佈繼續變形直至該經修改目標121到達第二目標部位116為止。第二輻射光束115與經修改目標121之間的相互作用(在第二目標部位116處)將該經修改目標121之至少部分轉換成電漿129，該電漿發射EUV光或輻射130。集光器系統(或集光器) 135收集EUV光130且將EUV光130作為經收集EUV光140導引朝向諸如微影工具之光學裝置145。第一目標部位111及第二目標部位116以及集光器135可容納於腔室165內，腔室165提供適合於產生EUV光140之受控環境。

有可能在一些目標材料120與第一輻射光束110相互作用時將目標材料轉換成電漿，且因此此電漿有可能可發射EUV輻射。然而，第一輻射光束110之屬性經選擇及控制使得第一輻射光束110對目標材料

120之主要作用為變形或修改目標材料120之幾何分佈以形成經修改目標121。

第一輻射光束110及第二輻射光束115中之每一者係由光束遞送系統150導引朝向各別目標部位111、116。光束遞送系統150可包括若干光學操縱組件152及一聚焦總成156，該聚焦總成156將第一輻射光束110或第二輻射光束115聚焦至各別第一聚焦區及第二聚焦區。第一聚焦區及第二聚焦區可分別與第一目標部位111及第二目標部位116重疊。光學組件152可包括藉由折射及/或反射而導引輻射光束110、115之光學元件，諸如透鏡及/或鏡面。光束遞送系統150亦可包括控制及/或移動光學組件152之元件。舉例而言，光束遞送系統150可包括可控制以使光學組件152內之光學元件移動之致動器。

亦參看圖2，聚焦總成156聚焦第一輻射光束110使得第一輻射光束110之直徑D1在第一聚焦區210中處於最小值。換言之，聚焦總成156使第一輻射光束110在其在第一軸向方向212上朝向第一聚焦區210傳播時會聚，該第一軸向方向212為第一輻射光束110之一般傳播方向。第一軸向方向212沿著由X-Z軸界定之平面延伸。在此實例中，第一軸向方向212平行於或接近平行於Z方向，但其可沿著相對於Z所成之一角度。在不存在目標材料120的情況下，第一輻射光束110在其在第一軸向方向212上傳播遠離第一聚焦區210時發散。

另外，聚焦總成156聚焦第二輻射光束115使得第二輻射光束115之直徑D2在第二聚焦區215中處於最小值。因此，聚焦總成使第二輻射光束115在其在第二軸向方向217上朝向第二聚焦區215傳播時會聚，該第二軸向方向217為第二輻射光束115之一般傳播方向。第二軸向方向217亦沿著由X-Z軸界定之平面延伸，且在此實例中，第二軸向方向217平行於或接近平行於Z方向。在不存在經修改目標121的情況下，第二輻射光束115在其沿著第二軸向方向217傳播遠離第二聚焦

區215時發散。

如下文所論述，EUV光源100亦包括一或多個量測系統155、一控制系統160，及一光束調整系統180。控制系統160連接至光源100內之其他組件，諸如，量測系統155、光束遞送系統150、目標材料供應系統125、光束調整系統180及光學源105。量測系統155可量測光源100內之一或多個特性。舉例而言，一或多個特性可為與相對於第一輻射光束110之目標材料120或經修改目標121相關聯的特性。作為另一實例，一或多個特性可為經導引朝向目標材料120之第一輻射光束110之脈衝能量。將在下文更詳細地論述此等實例。控制系統160經組態以自量測系統接收一或多個經量測特性使得其可控制第一輻射光束110如何與目標材料120相互作用。舉例而言，控制系統160可經組態以將自第一輻射光束110遞送至目標材料120之能量之量維持在一預定能量範圍內。作為另一實例，控制系統160可經組態以控制自第一輻射光束110導引至目標材料120之能量之量。光束調整系統180為包括光學源105內之組件或包括調整光學源105內之組件以藉此控制第一輻射光束110之屬性(諸如，脈寬、脈衝能量、脈衝內之瞬時功率或脈衝內之平均功率)的組件之系統。

參看圖3A，在一些實施中，光學源105包括：第一光學放大器系統300，其包括第一輻射光束110傳遞通過之一系列一或多個光學放大器；及第二光學放大器系統305，其包括第二輻射光束115傳遞通過之一系列一或多個光學放大器。來自第一系統300之一或多個放大器可處於第二系統305中；或第二系統305中之一或多個放大器可處於第一系統300中。替代地，有可能將第一光學放大器系統300與第二光學放大器系統305完全分離。

另外，儘管不需要，光學源105仍可包括產生第一脈衝光束311之第一光產生器310及產生第二脈衝光束316之第二光產生器315。光產

生器310、315可各自為(例如)雷射、諸如主控振盪器之種子雷射，或燈。可用作光產生器310、315之例示性光產生器為可在為(例如) 100 kHz之重複率下操作之Q切換、射頻(RF)泵浦、軸流、二氧化碳(CO₂)振盪器。

光學放大器系統300、305內之光學放大器各自在來自各別光產生器310、315之光束311、316傳播所沿著的各別光束路徑上含有增益介質。當激發光學放大器之增益介質時，該增益介質將光子提供至光束、放大光束311、316以產生經放大光束，經放大光束形成第一輻射光束110或第二輻射光束115。

光束311、316之波長或輻射光束110、115之波長可彼此不同，使得輻射光束110、115在其經組合於光學源105內之任何點處的情況下可彼此分離。若輻射光束110、115係由CO₂放大器產生，則第一輻射光束110可具有為10.26微米(μm)或10.207微米之波長，且第二輻射光束115可具有為10.59微米之波長。該等波長經選擇為較容易實現使用色散光學件或雙向色鏡或光束分裂器塗層進行之兩個輻射光束110、115之分離。在輻射光束110、115兩者一起傳播於同一放大器鏈中之情形(例如，光學放大器系統300之一些放大器處於光學放大器系統305中之情形)下，則相異波長可用以調整該兩個輻射光束110、115之間的相對增益(儘管該兩個輻射光束110、115橫穿過相同放大器)。

舉例而言，輻射光束110、115一旦經分離就可經操縱或聚焦至腔室165內之兩個分離部位(諸如分別為第一目標部位111及第二目標部位116)。詳言之，輻射光束110、115之分離亦使經修改目標121能夠在第一輻射光束110自第一目標部位111行進至第二目標部位116時與該第一輻射光束110相互作用之後擴張。

光學源105可包括光束路徑組合器325，光束路徑組合器325將第一輻射光束110與第二輻射光束115疊對且將該等輻射光束110、115置

放於針對光學源105與光束遞送系統150之間的距離中之至少一些之同一光學路徑上。圖3B中展示例示性光束路徑組合器325。光束路徑組合器325包括一對雙向色光束分裂器340、342及一對鏡面344、346。雙向色光束分裂器340使第一輻射光束110能夠沿著通向雙向色光束分裂器342之第一路徑傳遞通過。雙向色光束分裂器340將第二輻射光束115沿著第二路徑反射，其中第二輻射光束115係自鏡面344、346反射，該等鏡面將第二輻射光束115重新導引朝向雙向色光束分裂器342。第一輻射光束110自由地通過雙向色光束分裂器342而傳遞至輸出路徑上，而第二輻射光束115自雙向色光束分裂器342反射至該輸出路徑上使得第一輻射光束110及第二輻射光束115兩者在該輸出路徑上疊對。

另外，光學源105可包括光束路徑分離器326，光束路徑分離器326將第一輻射光束110與第二輻射光束115分離使得該兩個輻射光束110、115可分離地經操縱及聚焦於腔室165內。圖3C中展示例示性光束路徑分離器326。光束路徑分離器326包括一對雙向色光束分裂器350、352及一對鏡面354、356。雙向色光束分裂器350接收該經疊對之輻射光束110、115、將第二輻射光束115沿著第二路徑反射，且將第一輻射光束110沿著第一路徑透射朝向雙向色光束分裂器352。第一輻射光束110沿著第一路徑自由地傳遞通過雙向色光束分裂器352。第二輻射光束115自鏡面354、356反射且返回至雙向色光束分裂器352，其中其經反射至相異於第一路徑之第二路徑上。

另外，第一輻射光束110可經組態為具有比第二輻射光束115之脈衝能量更少的脈衝能量。此係因為第一輻射光束110用以修改目標材料120之幾何形狀，而第二輻射光束115用以將經修改目標121轉換成電漿129。舉例而言，第一輻射光束110之脈衝能量可小達第二輻射光束115之脈衝能量1/5至1/100。

在如圖4A及圖4B中所展示之一些實施中，光學放大器系統300或305分別包括一組三個光學放大器401、402、403及406、407、408，但可使用少至一個放大器或多於三個放大器。在一些實施中，光學放大器406、407、408中之每一者包括一增益介質，該增益介質包括CO₂；且可在大於1000之增益下放大處於約9.1微米與約11.0微米之間且特別處於約10.6微米的波長之光。有可能以相似方式或在不同波長下操作光學放大器401、402、403。用於光學放大器系統300、305中之合適放大器及雷射可包括脈衝式雷射器件，諸如(例如)運用在相對高功率(例如，10 kW或更高)及高脈衝重複率(例如，50 kHz或更大)下操作的DC或RF激發產生處於約9.3微米或約10.6微米之輻射的脈衝式氣體放電CO₂放大器。例示性光學放大器401、402、403或406、407、408為運用無磨損氣體循環及電容性RF激發之軸流高功率CO₂雷射，諸如由康乃狄格州法明頓之TRUMPF公司生產的TruFlow CO₂雷射。

另外，儘管不需要，光學放大器系統300及305中之一或多者仍可包括分別充當前置放大器411、421之第一放大器。前置放大器411、421 (若存在)可為經擴散冷卻之CO₂雷射系統，諸如由康乃狄格州法明頓之TRUMPF公司生產的TruCoax CO₂雷射系統。

光學放大器系統300、305可包括未展示於圖4A及圖4B中的用於導引及塑形各別光束311、316之光學元件。舉例而言，光學放大器系統300、305可包括反射光學件(諸如，鏡面)、部分透射光學件(諸如，光束分裂器或部分透射鏡面)，及雙向色光束分裂器。

光學源105亦包括光學系統320，光學系統320可包括用於將光束311、316導引通過光學源105之一或多個光學件(諸如，反射光學件(諸如鏡面)、部分反射光學件及部分透射光學件(諸如光束分裂器)、折射光學件(諸如稜鏡或透鏡)、被動光學件、主動光學件等等)。

儘管光學放大器401、402、403及406、407、408被展示為分離區塊，但該等放大器401、402、403中之至少一者有可能處於光學放大器系統305中且該等放大器406、407、408中之至少一者有可能處於光學放大器系統300中。舉例而言，如圖5中所展示，放大器402、403對應於各別放大器407、408，且光學放大器系統300、305包括額外光學元件500（諸如光束路徑組合器325），該光學元件500用於將自放大器401、406輸出之兩個光束組合至穿過放大器402/407及放大器403/408之單一路徑中。在光學放大器系統300、305之間放大器中之至少一些與光學件重疊之此系統中，有可能使第一輻射光束110及第二輻射光束115耦合在一起使得第一輻射光束110之一或多個特性之改變可造成第二輻射光束115之一或多個特性之改變，且反之亦然。因此，變得更重要的是控制系統內之能量，諸如，第一輻射光束110之能量或遞送至目標材料120之能量。另外，光學放大器系統300、305亦包括光學元件505（諸如光束路徑分離器326），光學元件505用於分離自放大器403/408輸出之兩個光束110、115以使該兩個光束110、115能夠經導引至各別目標部位111、116。

目標材料120可為包括當轉換成電漿時發射EUV光之目標材料的任何材料。目標材料120可為包括目標物質及雜質（諸如，非目標粒子）之目標混合物。目標物質為可轉換成具有在EUV範圍之發射譜線之電漿狀態的物質。目標物質可為（例如）液體或熔融金屬之小滴、液體串流之一部分、固體粒子或叢集、液滴內所含有之固體粒子、目標材料之發泡體，或液體串流之一部分內所含有之固體粒子。目標物質可為（例如）水、錫、鋰、氫，或當轉換成電漿狀態時具有在EUV範圍之發射譜線的任何材料。舉例而言，目標物質可為元素錫，其可用作純錫（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-鈮合金、錫-鈮-鎳合金，或此等合金之任

何組合。此外，在不存在雜質之情形下，目標材料僅包括目標物質。以下之論述提供目標材料120為由諸如錫之熔融金屬製成的小滴之實例。然而，目標材料120可採取其他形式。

可藉由將熔融目標材料傳遞通過目標材料供應裝置125之噴嘴且允許目標材料120漂移至第一目標部位111中而將目標材料120提供至第一目標部位111。在一些實施中，可藉由力將目標材料120導引至第一目標部位111。

在目標材料120到達第二目標部位116之前藉由運用來自第一輻射光束110之輻射脈衝輻照目標材料120而改變或修改目標材料120之形狀(例如，使目標材料120之形狀變形)。

第一輻射光束110與目標材料120之間的相互作用造成材料自目標材料120 (及經修改目標121)之表面剝蝕，且此剝蝕提供使目標材料120變形成經修改目標121之力，該經修改目標121具有不同於目標材料120之形狀的形狀。舉例而言，目標材料120可具有相似於小滴之形狀，而經修改目標121之形狀變形使得在該經修改目標121到達第二目標部位116時其形狀更接近圓盤之形狀(諸如盤餅形狀)。經修改目標121可為未經離子化之材料(不為電漿之材料)或最低限度地經離子化之材料。經修改目標121可為(例如)液體或熔融金屬之圓盤、不具有空隙或相當大間隙之目標材料之連續片段、微離子或毫微粒子之霧狀物，或原子蒸汽之雲狀物。舉例而言，如圖2中所展示，經修改目標121在約時間 $T_2 - T_1$ (其可為大約數微秒(μs))之後在第二目標部位116內擴張成熔融金屬之圓盤形片件121。

另外，使材料自目標材料120 (及經修改目標121)之表面剝蝕的介於第一輻射光束110與目標材料120之間的相互作用可提供力，該力可使經修改目標121沿著Z方向獲取某一推進力或速度。經修改目標121在X方向上之擴張以及在Z方向上之所獲取速度取決於第一輻射光束

110之能量，且特別取決於遞送至目標材料120 (亦即，由目標材料120截取)之能量。

舉例而言，對於恆定目標材料120大小及對於第一輻射光束110之長脈衝(長脈衝為具有幾奈秒(ns)與100奈秒之間的持續時間之脈衝)，則擴張率與第一輻射光束110之每單位面積能量(焦耳/平方公分)成線性比例。每單位面積能量亦被稱作放射曝光量或通量。放射曝光量為每單位面積由目標材料120之表面接收之放射能量，或等效地為遍及目標材料120經輻照之時間而積分的目標材料120之表面之輻照度。

作為另一實例，對於恆定目標材料120大小及對於短脈衝(具有小於幾百皮秒(ps)之持續時間之脈衝)，則擴張率與第一輻射光束110之能量之間的關係可不同。在此體系中，使較短脈衝持續時間與第一輻射光束110之強度增加相關，第一輻射光束110與目標材料120相互作用，且該第一輻射光束110表現得像衝擊波。在此體系中，擴張率主要取決於第一輻射光束110之強度 I ，且該強度等於第一輻射光束之能量 E 除以與目標材料120相互作用的第一輻射光束110之光點大小(橫截面積 A)與脈衝持續時間(τ)，或 $I = E/(A \cdot \tau)$ 。在此皮秒-脈衝持續時間體系中，經修改目標121擴張以便形成霧狀物。

另外，經修改目標121之圓盤形狀之角度定向(相對於 Z 方向或 X 方向之角度)取決於第一輻射光束110在其撞擊目標材料120時之位置。因此，若第一輻射光束110撞擊目標材料120使得第一輻射光束110涵蓋該目標材料且第一輻射光束110之光束腰以該目標材料120為中心，則更可能的是，經修改目標121之圓盤形狀將與其平行於 X 方向之長軸230及其平行於 Z 方向之短軸235對準。

第一輻射光束110係由輻射脈衝組成，且每一脈衝可具有一持續時間。相似地，第二輻射光束115係由輻射脈衝組成，且每一脈衝可具有一持續時間。脈衝持續時間可由某一百分比高(例如，半高)寬表

示，亦即，脈衝之強度為脈衝之最大強度之至少百分比的時間量。然而，其他度量可用以判定脈衝持續時間。第一輻射光束110內之脈衝之脈衝持續時間可為(例如) 30奈秒(ns)、60奈秒、130奈秒、50奈秒至250奈秒、10皮秒至200皮秒(ps)，或小於1奈秒。第一輻射光束110之能量可為(例如) 1毫焦耳(mJ)至100毫焦耳(mJ)。第一輻射光束110之波長可為(例如) 1.06微米、1微米至10.6微米、10.59微米或10.26微米。

如上文所論述，經修改目標121之擴張率取決於截取目標材料120之第一輻射光束110之放射曝光量(每單位面積能量)。因此，對於具有約60奈秒之持續時間及約50毫焦能量之第一輻射光束110之脈衝，實際放射曝光量取決於第一輻射光束110聚焦於第一聚焦區210處之嚴格程度。在一些實例中，目標材料120處之放射曝光量可為約400焦耳/平方公分至700焦耳/平方公分。然而，放射曝光量對目標材料120相對於第一輻射光束110之部位極敏感。

第二輻射光束115可被稱作主光束且其由以一重複率釋放之脈衝組成。第二輻射光束115具有足夠能量以將經修改目標121內之目標物質轉換成發射EUV光130之電漿。第一輻射光束110之脈衝及第二輻射光束115之脈衝在時間上分離一延遲時間，諸如1微秒至3微秒(μ s)、1.3微秒、1微秒至2.7微秒、3微秒至4微秒，或允許經修改目標121擴張成圖2中所展示之具所要大小的圓盤形狀之任何時間量。因此，當經修改目標121在X-Y平面中擴張及伸長時，經修改目標121經歷二維擴張。

第二輻射光束115可經組態成使得其在其撞擊經修改目標121時稍微散焦。圖2中展示此散焦方案。在此狀況下，第二聚焦區215處於沿著Z方向之與經修改目標121之長軸230不同的部位；此外，第二聚焦區215在第二目標部位116外部。在此方案中，將第二聚焦區215沿著Z

方向置放於經修改目標121之前。亦即，第二輻射光束115在第二輻射光束115撞擊經修改目標121之前達到聚焦(或光束腰)。其他散焦方案係可能的。舉例而言，如圖6中所展示，將第二聚焦區215沿著Z方向置放於經修改目標121之後。以此方式，第二輻射光束115在第二輻射光束115撞擊經修改目標121之後達到聚焦(或光束腰)。

再次參看圖2，經修改目標121在其自第一目標部位111移動(例如，飄移)至第二目標部位116時擴張之速率可被稱作擴張率(ER)。在第一目標部位111處，恰好在時間T1時目標材料120由第一輻射光束110撞擊之後，經修改目標121就具有沿著長軸230所截留之範圍(或長度) S1。在經修改目標121在時間T2時到達第二目標部位116時，該經修改目標121具有沿著長軸230所截留之範圍S2。擴張率為沿著長軸230所截留之經修改目標121之範圍之差(S2-S1)除以時間差(T2-T1)，因此：

$$ER = \frac{S2 - S1}{T2 - T1}$$

儘管經修改目標121沿著長軸230擴張，但亦有可能使經修改目標121沿著短軸235壓縮或薄化。

上文所論述之第二步法途徑導致為約3%至4%之轉換效率，在該途徑中經修改目標121係藉由將第一輻射光束110與目標材料120相互作用而形成，且接著藉由將經修改目標121與第二輻射光束115相互作用而將該經修改目標121轉換成電漿。一般而言，需要增加來自光學源105之光至EUV輻射130之轉換率，此係因為過低轉換效率可需要增加光學源105需要遞送之功率之量，此情形增加操作光學源105之成本且亦增加對光源100內之所有組件之熱負荷，且可導致在容納第一目標部位111及第二目標部位116之腔室內之碎屑產生增加。轉換效率之增加可幫助符合對高容量製造工具之要求且同時將光學源功率要求保持

在可接受限度內。各種參數影響轉換效率，諸如，第一輻射光束110及第二輻射光束115之波長、目標材料120，以及輻射光束110、115之脈衝形狀、能量、功率及強度。轉換效率可被定義為由EUV光130產生之EUV能量除 2π 立體角及圍繞用於集光器系統135以及光學裝置145中之照明及投影光學件中之任一者或兩者中的(多層)鏡面之反射率曲線之中心波長之2%頻寬，除以第二輻射光束115之輻照脈衝之能量。在一項實例中，反射率曲線之中心波長為13.5奈米(nm)。

用以增加、維持或最佳化轉換效率之一種方式應為控制EUV光130之能量或使EUV光130之能量穩定，且為了進行此操作，變得重要的是將經修改目標121之擴張率(與其他參數)維持在值之可接受範圍內。藉由維持自第一輻射光束110在目標材料120上之放射曝光量而將經修改目標121之擴張率維持在值之可接受範圍內。且，可基於與相對於第一輻射光束110之目標材料120或經修改目標121相關聯之一或多個經量測特性來維持放射曝光量。放射曝光量為每單位面積由目標材料120之表面接收之放射能量。因此，可將放射曝光量估計或近似為在目標材料120之區域在脈衝間保持恆定的情況下導引朝向該目標材料120之表面的能量之量。

存在用以將經修改目標121之擴張率維持在值之可接受範圍內之不同方法或技術。且，所使用之方法或技術可取決於與第一輻射光束110相關聯之某些屬性。轉換效率亦受到其他參數影響，諸如，目標材料120之大小或厚度、目標材料120相對於第一聚焦區210之位置，或目標材料120相對於x-y平面之角度。

可影響如何維持放射曝光量之一個屬性為第一輻射光束110之共焦參數。輻射光束之共焦參數為輻射光束之瑞立長度的兩倍，且瑞立長度為沿著輻射光束之傳播方向自腰部至橫截面面積加倍之地點之距離。參看圖2，對於輻射光束110，瑞立長度為沿著第一輻射光束110

之傳播方向212自其腰部(其為 $D1/2$)至該第一光束之橫截面加倍之地點之距離。

舉例而言，如圖7A中所展示，第一輻射光束110之共焦參數如此長使得光束腰($D1/2$)容易涵蓋目標材料120，且由第一輻射光束110截取的目標材料120之表面積(其橫越X方向而量測)保持相對恆定，即使目標材料120之位置偏離光束腰 $D1/2$ 之部位亦如此。舉例而言，由第一輻射光束110在部位L1處截取的目標材料120之表面積係在由第一輻射光束110在部位L2處截取的目標材料120之表面積的20%內。在此第一情境(其中由第一輻射光束110截取的目標材料120之表面積較不可能偏離平均值(相比於下文所描述之第二情境))中，可藉由維持自第一輻射光束110導引至目標材料120之能量之量來維持或控制放射曝光量及(因此)擴張率(而不必將由第一輻射光束110曝光之目標材料120之表面積計算在內)。

作為另一實例，如圖7B中所展示，第一輻射光束110之共焦參數如此短使得光束腰($D1/2$)不涵蓋目標材料120，且在目標材料120之位置偏離光束腰 $D1/2$ 之部位L1的情況下，由第一輻射光束110截取之目標材料120之表面積偏離平均值。舉例而言，由第一輻射光束110在部位L1處截取的目標材料120之表面積實質上不同於由第一輻射光束110在部位L2處截取的目標材料120之表面積。在由第一輻射光束110截取的目標材料120之表面積更可能偏離平均值之此第二情境中(相比於在第一情境中)，可藉由控制自第一輻射光束110遞送至目標材料120之能量之量而維持或控制放射曝光量及(因此)擴張率。為了控制放射曝光量，控制每單位面積由目標材料120之表面接收的第一輻射光束110之放射能量。因此，重要的是控制第一輻射光束110之脈衝之能量，及目標材料120截取第一輻射光束110所處的第一輻射光束110之區域。使目標材料120截取第一輻射光束110所處的第一輻射光束110之

區域與由第一輻射光束110截取之目標材料120之表面相關。可影響目標材料120截取第一輻射光束110所處的第一輻射光束110之區域之另一因素為第一輻射光束110之光束腰 $D1/2$ 之部位及大小之穩定性。舉例而言，若第一輻射光束110之腰部大小及位置恆定，則吾人可控制目標材料120相對於光束腰 $D1/2$ 之部位。第一輻射光束110之腰部大小及位置有可能歸因於(例如)光學源105中之熱效應而改變。一般而言，變得重要的是維持第一輻射光束110中之脈衝之恆定能量且亦控制光學源105之其他態樣，使得目標材料120到達相對於光束腰 $D1/2$ 之已知軸向(Z方向)位置，而關於彼位置無過多變化。

用以將經修改目標121之擴張率維持或控制在值之可接受範圍內之全部所描述方法皆使用接下來所描述的量測系統155之用途。

再次參看圖1，量測系統155量測與目標材料120、經修改目標121及第一輻射光束110中的任何一或多者相關聯之至少一個特性。舉例而言，量測系統155可量測第一輻射光束110之能量。如圖8A中所展示，例示性量測系統855A量測經導引至目標材料120之第一輻射光束110之能量。

如圖8B中所展示，例示性量測系統855B量測在第一輻射光束110與目標材料120相互作用之後自目標材料120反射的輻射860之能量。自目標材料120進行之輻射860之反射可用以判定目標材料120相對於第一輻射光束110之實際位置之部位。

在一些實施中，如圖8C中所展示，可將例示性量測系統855B置放於光學源105之光學放大器系統300內。在此實例中，量測系統855B可經置放成量測照射於光學放大器系統300內之光學元件中之一者(諸如薄膜偏光器)上或自該等光學元件中之一者反射的反射輻射860中之能量之量。自目標材料120反射之輻射860之量與遞送至目標材料120之能量之量成比例；因此，藉由量測反射輻射860，可控制或

維持遞送至目標材料120之能量之量。另外，使在第一輻射光束110或反射輻射860中量測之能量之量與該光束中之光子數目相關。因此，可稱量測系統855A或855B量測各別光束中之光子之數目。另外，量測系統855B可被認為依據多少光子衝擊目標材料120而量測自目標材料120反射之光子之數目(該目標材料在其由第一輻射光束110撞擊之後就變成經修改目標121)。

量測系統855A或855B可為光電感測器，諸如，光電池陣列(例如， 2×2 陣列或 3×3 陣列)。光電池具有對待量測光之波長之敏感度，且其具有適於待量測之光脈衝之持續時間的足夠速度或頻寬。

一般而言，量測系統855A或855B可藉由量測橫越垂直於第一輻射光束110之傳播方向的方向之空間積分能量來量測輻射光束110之能量。因為可快速執行光束能量之量測，所以有可能對在第一輻射光束110中發射之每一脈衝採取一量測，且因此，該量測及控制可基於脈衝間進行。

量測系統855A、855B可為快速光偵測器，諸如，適於長波長紅外線(LWIR)輻射之光電磁(PEM)偵測器。PEM偵測器可為用於量測近紅外線輻射或可見光輻射之矽二極體，或用於量測近紅外線輻射之InGaAs二極體。第一輻射光束110中之脈衝之能量可藉由積分藉由量測系統855A、855B量測之雷射脈衝信號來判定。

參看圖9A，量測系統155可為例示性量測系統955A，其量測目標材料120相對於目標位置之位置 T_{pos} 。目標位置可處於第一輻射光束110之光束腰處。可沿著平行於第一輻射光束110之光束軸線之方向(諸如第一軸向方向212)來量測目標材料120之位置。

參看圖9B，量測系統155可為例示性量測系統955B，其量測目標材料120相對於集光器135之主焦點990之位置 T_{pos} 。此量測系統955B可包括在接近目標材料120時自目標材料120反射以量測目標材料120

之位置及目標材料120相對於腔室165內之座標系統之到達時間之雷射及/或攝影機。

參看圖9C，量測系統155可為例示性量測系統955C，其在經修改目標121與第二輻射光束115相互作用之前量測處於一位置的經修改目標121之大小。舉例而言，量測系統955C可經組態以在經修改目標121處於第二目標部位116內時但在經修改目標121由第二輻射光束115撞擊之前量測經修改目標121之大小 S_{mt} 。量測系統955C亦可判定經修改目標121之定向。量測系統955C可使用脈衝式背光照明器及攝影機(諸如，電荷耦合器件攝影機)之影像圖技術。

量測系統155可包括量測子系統之集合，每一子系統經設計為量測特定特性且以不同速度或取樣時間間隔量測。子系統之此集合可一起工作以提供對第一輻射光束110如何與目標材料120相互作用以形成經修改目標121的清楚瞭解。

量測系統155可包括腔室165內之複數個EUV感測器，該複數個EUV感測器用於偵測自在經修改目標121與第二輻射光束115相互作用之後由該經修改目標121產生的電漿發射之EUV能量。藉由偵測所發射之EUV能量，有可能獲得關於經修改目標121之角度或第二光束相對於第二輻射光束115之橫向偏移之資訊。

在控制系統160之控制下使用光束調整系統180以使得能夠控制遞送至目標材料120之能量(放射曝光)之量。可藉由在假定在第一輻射光束110與目標材料120相互作用之位置處該第一輻射光束110之面積恆定的情況下控制第一輻射光束110內之能量之量而控制放射曝光。光束調整系統180自控制系統160接收一或多個信號。光束調整系統180經組態以調整光學源105之一或多個特徵以維持遞送至目標材料120之能量(亦即，放射曝光)之量或控制導引至目標材料120之能量之量。因此，光束調整系統180可包括控制光學源105之特徵之一或多個

致動器，該等致動器可為用於使光學源105之特徵經修改之機械、電、光學、電磁或任何合適的力器件。

在一些實施中，光束調整系統180包括耦合至第一輻射光束110之脈寬調整系統。脈寬調整系統經組態以調整第一輻射光束110之脈寬。在此實施中，脈寬調整系統可包括電光調變器，諸如，勃克爾盒。舉例而言，勃克爾盒配置於光產生器310內，且藉由開啟勃克爾盒達較短或較長時間段，由勃克爾盒透射之脈衝(及(因此)自光產生器310發射之脈衝)可經調整為較短或較長。

在其他實施中，光束調整系統180包括耦合至第一輻射光束110之脈衝功率調整系統。脈衝功率調整系統經組態以(例如)藉由調整第一輻射光束110之每一脈衝內之平均功率而調整每一脈衝之功率。在此實施中，脈衝功率調整系統可包括聲光調變器。聲光調變器可經配置成使得施加至調變器之邊緣處之壓電轉換器之RF信號的改變可變化以藉此改變自聲光調變器繞射之脈衝之功率。

在一些實施中，光束調整系統180包括耦合至第一輻射光束110之能量調整系統。該能量調整系統經組態以調整第一輻射光束110之能量。舉例而言，能量調整系統可為電可變衰減器(諸如，在0 V與半波電壓之間變化之勃克爾盒，或外部聲光調變器)。

在一些實施中，目標材料120相對於光束腰D1/2之位置或角度變化如此多使得光束調整系統180包括控制光束腰D1/2相對於第一目標部位111之部位或角度或相對於腔室165內之在腔室165之座標系統中的另一部位之部位或角度之裝置。該裝置可為聚焦總成156之部件，且其可用以沿著Z方向或沿著橫向於Z方向之方向(例如，沿著由X及Y方向界定之平面)移動光束腰。

如上文所論述，控制系統160分析自量測系統155接收之資訊，且判定如何調整第一輻射光束110之一或多個屬性以藉此控制及維持

經修改目標121之擴張率。參看圖10，控制系統160可包括與光源100之其他部件介接之一或多個子控制器1000、1005、1010、1015，諸如，子控制器1000經具體組態以與光學源105介接(自光學源105接收資訊及將資訊發送至光學源105)、子控制器1005經具體組態以與量測系統155介接、子控制器1010經組態以與光束遞送系統150介接，且子控制器1015經組態以與目標材料供應系統125介接。光源100可包括圖1及圖10中未展示，但可與控制系統160介接之其他組件。舉例而言，光源100可包括診斷系統，諸如，小滴位置偵測回饋系統，及一或多個目標或小滴成像器。目標成像器提供指示小滴(例如)相對於特定位置(諸如，集光器135之主焦點990)之位置之輸出，且將此輸出提供至小滴位置偵測回饋系統，小滴位置偵測回饋系統可(例如)計算小滴位置及軌跡，自該小滴位置及軌跡可基於逐小滴地或平均地計算出小滴位置誤差。因此，小滴位置偵測回饋系統將小滴位置誤差作為輸入提供至控制系統160之子控制器。控制系統160可將(例如)雷射位置、方向及時序校正信號提供至光學源105內之可用以(例如)控制雷射時序電路之雷射控制系統，及/或提供至光束控制系統以控制光束傳送系統之經放大光束位置及塑形，以改變第一輻射光束110或第二輻射光束115之焦平面之部位及/或焦度。

目標材料遞送系統125包括目標材料遞送控制系統，目標材料遞送控制系統可操作以回應於(例如)來自控制系統160之信號以修改如由內部遞送機構釋放的目標材料120之小滴之釋放點，以校正到達所要目標部位111之小滴中的誤差。

控制系統160通常包括數位電子電路、電腦硬體、韌體及軟體中之一或多者。控制系統160亦可包括適當輸入及輸出器件1020、一或多個可程式化處理器1025，及有形地體現於機器可讀儲存器件中以供可程式化處理器執行之一或多個電腦程式產品1030。此外，子控制器

(諸如子控制器1000、1005、1010、1015)中之每一者可包括其自有適當輸入及輸出器件、一或多個可程式化處理器，及有形地體現於機器可讀儲存器件中以供可程式化處理器執行之一或多個電腦程式產品。

一或多個可程式化處理器可各自執行指令程式以藉由對輸入資料進行操作且產生適當輸出來執行所要功能。通常，處理器自唯讀記憶體及/或隨機存取記憶體接收指令及資料。適合於有形地體現電腦程式指令及資料之儲存器件包括所有形式之非揮發性記憶體，包括(作為實例)半導體記憶體器件，諸如EPROM、EEPROM及快閃記憶體器件；磁碟，諸如內部硬碟及抽取式磁碟；磁光碟；以及CD-ROM磁碟。前述任一者可由經特殊設計之特殊應用積體電路(ASIC)補充或併入於經特殊設計之特殊應用積體電路(ASIC)中。

為此目的，控制系統160包括自一或多個量測系統155接收量測資料之分析程式1040。一般而言，分析程式1040執行判定如何修改或控制自第一輻射光束110遞送至目標材料120之能量或修改或控制第一輻射光束110之能量所需的所有分析，且可在基於脈衝間獲得量測資料的情況下基於脈衝間來執行此分析。

參看圖11，光源100 (在控制系統160之控制下)執行用於維持或控制經修改目標121之擴張率(ER)以藉此改良光源100之轉換效率之工序1100。光源100提供目標材料120 (1105)。舉例而言，目標材料供應系統125 (在控制系統160之控制下)可將目標材料120遞送至第一目標部位111。目標材料供應系統125可包括其自有致動系統(連接至控制系統160)及迫使目標材料通過之噴嘴，其中致動系統控制經導引通過噴嘴以產生導引朝向第一目標部位111之小滴串流的目標材料之量。

接下來，光源100將第一輻射光束110導引朝向目標材料120以將能量遞送至目標材料120，以修改目標材料120之幾何分佈以形成經修改目標121 (1110)。詳言之，將第一輻射光束110通過一或多個光學放

大器之第一集合300而導引朝向目標材料120。舉例而言，光學源105可由控制系統160啟動以產生第一輻射光束110（呈脈衝之形式），該第一輻射光束可經導引朝向目標部位111內之目標材料120，如圖2中所展示。第一輻射光束110之焦平面(D1/2)可經組態以橫穿目標部位111。此外，在一些實施中，焦平面可與目標材料120重疊或與目標材料120之面對第一輻射光束110之邊緣重疊。可藉由(例如)將第一輻射光束110導引通過光束遞送系統150而將第一輻射光束110導引至目標材料120 (1110)，其中各種光學件可用以修改輻射110之方向或形狀或發散度使得其可與目標材料120相互作用。

可藉由使目標材料120與第一輻射光束110之涵蓋其共焦參數之區域重疊而將第一輻射光束110導引朝向目標材料120 (1110)。在一些實施中，第一輻射光束110之共焦參數可如此長使得光束腰(D1/2)容易涵蓋目標材料120，且由第一輻射光束110截取的目標材料120之表面積(其橫越X方向而量測)保持相對恆定，即使目標材料120之位置偏離光束腰D1/2之部位亦如此(如圖7A中所展示)。舉例而言，第一輻射光束110之共焦參數可大於1.5毫米。在其他實施中，第一輻射光束110之共焦參數如此短使得光束腰(D1/2)不涵蓋目標材料120，且在目標材料120之位置偏離光束腰D1/2之部位L1的情況下，由第一輻射光束110截取之目標材料120之表面積偏離相當多(如圖7B中所展示)。舉例而言，共焦參數可(例如)小於或等於2毫米。

經修改目標121將其形狀自恰好在受到第一輻射光束110影響之後的目標材料120之形狀改變成經擴張形狀，且此經擴張形狀隨著其遠離第一目標部位111飄移朝向第二目標部位116繼續變形。經修改目標121可具有自目標材料之形狀變形成具有實質上平面表面的熔融金屬之圓盤形體積之幾何分佈(諸如圖1及圖2中所展示)。根據擴張率而將經修改目標121變換成圓盤形體積。藉由根據擴張率使經修改目標121

沿著至少一個軸線擴張而變換經修改目標121。舉例而言，如圖2中所展示，至少沿著大體上平行於X方向之長軸230來擴張經修改目標121。沿著不平行於第二輻射光束115之光軸(其為第二軸向方向217)之至少一個軸線來擴張經修改目標121。

儘管第一輻射光束110藉由改變目標材料120之形狀而主要與目標材料120相互作用，但有可能使第一輻射光束110以其他方式與目標材料120相互作用；舉例而言，第一輻射光束110可將目標材料120之一部分轉換成發射EUV光之電漿。然而，相比於自產生自經修改目標121的電漿發射之EUV光，自產生自目標材料120的電漿發射較少EUV光(歸因於經修改目標121與第二輻射光束115之間的後續相互作用)，且自第一輻射光束110對目標材料120之主要作用為為了形成經修改目標121進行的目標材料120之幾何分佈之修改。

光源100將第二輻射光束115導引朝向經修改目標121使得第二輻射光束將經修改目標121之至少部分轉換成發射EUV光之電漿129(1115)。詳言之，光源100將第二輻射光束115通過一或多個光學放大器之第二集合305而導引朝向經修改目標121。舉例而言，光學源105可由控制系統160啟動以產生第二輻射光束115(呈脈衝之形式)，該第二輻射光束可經導引朝向第二目標部位116內之經修改目標121，如圖2中所展示。第一集合300中之光學放大器中之至少一者可在第二集合305中，諸如圖5中所展示之實例。

光源100量測與相對於輻射光束110之目標材料120及經修改目標121中之一或多者相關聯的一或多個特性(例如，能量)(1120)。舉例而言，量測系統155量測在控制系統160之控制下之特性，且控制系統160自量測系統155接收量測資料。光源100基於該一或多個特性而控制在目標材料120處來自第一輻射光束110的放射曝光量(1125)。如上文所論述，放射曝光量為每單位面積自第一輻射光束110遞送至目標

材料120之放射能量之量。換言之，放射曝光量為每單位面積由目標材料120之表面接收之放射能量。

在一些實施中，可量測之特性(1120)為第一輻射光束110之能量。在其他一般實施中，可量測之特性(1120)為目標材料120相對於第一輻射光束110之位置(例如，相對於第一輻射光束110之光束腰)之位置，此位置可在縱向(Z)方向上抑或在橫向於縱向方向之方向(例如，在X-Y平面中)予以判定。

可藉由量測自目標材料120之光學反射表面反射之輻射860之能量來量測第一輻射光束110之能量(諸如圖8B及圖8C中所展示)。可藉由量測自目標材料120之光學反射表面反射之輻射860橫越四個個別光電池之總強度來量測該輻射860之能量。

背向反射輻射860之總能量含量可結合關於第一輻射光束110之其他資訊而使用，以判定沿著Z方向或橫向於Z方向之方向(諸如，在X-Y平面中)在目標材料120與第一輻射光束110之光束腰之間的相對位置。或，可使用背向反射輻射860之總能量含量(連同其他資訊)以判定沿著Z方向在目標材料120與第一輻射光束之光束腰之間的相對位置。

可藉由量測導引朝向目標材料120之第一輻射光束110之能量來量測第一輻射光束110之能量(諸如圖8A中所展示)。可藉由量測橫越垂直於第一輻射光束110之傳播方向(第一軸向方向212)的方向之空間積分能量來量測第一輻射光束110之能量。

在一些實施中，可量測之特性(1120)為第一輻射光束110在其行進朝向目標材料120時之指向或方向(如圖8A中所展示)。關於指向之此資訊可用以判定目標材料120之位置與第一輻射光束110之軸線之間的疊對誤差。

在一些實施中，可量測之特性(1120)為目標材料120相對於目標

位置之位置。目標位置可處於第一輻射光束110沿著Z方向之光束腰(D1/2)。可沿著平行於第一軸向方向212之方向量測目標材料120之位置。可量測相對於集光器135之主焦點990之目標位置。可沿著兩個或多於兩個非平行方向量測目標材料120之位置。

在一些實施中，可量測之特性(1120)為在第二輻射光束將經修改目標之至少部分轉換成電漿之前的經修改目標之大小。

在一些實施中，可量測之特性(1120)對應於經修改目標之擴張率之估計。

在一些實施中，可量測之特性(1120)對應於自目標材料120之光學反射表面反射的輻射860之特性(諸如圖8B及圖8C中所展示)。。此資訊可用以判定目標材料120與第一輻射光束110之光束腰之間的相對位置(例如，沿著Z方向)。可藉由使用置放於反射輻射860之路徑中的散光成像系統來判定或量測此空間特性。

在一些實施中，可量測之特性(1120)對應於相對於第一輻射光束110之角度的輻射860經導引所成之角度。此經量測角度可用以判定沿著橫向於Z方向之方向在目標材料120與第一輻射光束110之光束軸線之間的距離。

在其他實施中，可量測之特性(1120)對應於在第一輻射光束110與目標材料120相互作用之後形成的經修改目標121之空間態樣。舉例而言，可量測相對於方向(例如，在橫向於Z方向之X-Y平面中之方向)之經修改目標121之角度。關於經修改目標121之角度之此資訊可用以判定沿著橫向於Z方向之方向在目標材料120與第一輻射光束110之軸線之間的距離。作為另一實例，可在經修改目標121初次根據目標材料120與第一輻射光束110之間的相互作用而形成之後的預定或固定時間之後量測經修改目標121之大小或擴張率。關於經修改目標121之大小或擴張率之此資訊可用以在無人知曉第一輻射光束110之能量恆定

的情況下判定沿著縱向方向(Z方向)在目標材料120與第一輻射光束110之光束腰之間的距離。

可針對第一輻射光束110之每一脈衝儘可能快速地量測特性(1120)。舉例而言，若量測系統155包括PEM或四重電池(4個PEM之配置)，則量測速率可與脈衝間一樣快。

另一方面，對於量測諸如目標材料120或經修改目標121之大小或擴張率之特性的量測系統155，可將攝影機用於該量測系統155，但攝影機通常慢得多，例如，攝影機可在約1赫茲至約200赫茲之速率下量測。

在一些實施中，可控制自第一輻射光束110遞送至目標材料120之放射曝光量之量(1125)以藉此控制或維持經修改目標之擴張率。在其他實施中，可藉由基於一或多個經量測特性判定是否應調整第一輻射光束110之特徵而控制自第一輻射光束110遞送至目標材料120之放射曝光量之量(1125)。因此，若判定出應調整第一輻射光束110之特徵，則(例如)可調整第一輻射光束110之脈衝之能量含量，或可調整第一輻射光束110在目標材料120之位置處之區域。可藉由調整第一輻射光束110之脈寬、第一輻射光束110之脈衝持續時間及第一輻射光束110之脈衝之平均或瞬時功率中的一或多者來調整第一輻射光束110之脈衝之能量含量。可藉由調整目標材料120與第一輻射光束110之光束腰之間的相對軸向(沿著Z方向)位置來調整與目標材料120相互作用之第一輻射光束110之區域。

在一些實施中，可針對第一輻射光束110之每一脈衝量測一或多個特性(1120)。以此方式，可針對第一輻射光束110之每一脈衝判定是否應調整第一輻射光束110之特徵。

在一些實施中，可藉由在經發射及收集之EUV光140之至少一部分正曝光微影工具之晶圓時控制自第一輻射光束110遞送至目標材料

120之放射曝光量而控制該放射曝光量(例如，在放射曝光量之可接受範圍內)。

工序1100亦可包括收集自電漿發射之EUV光130之至少一部分(使用集光器135)；及將經收集EUV光140導引朝向晶圓以將晶圓曝光至EUV光140。

在一些實施中，一或多個經量測特性(1120)包括自經修改目標121反射之數個光子。可依據多少光子撞擊目標材料120而量測自經修改目標121反射之光子之數目。

如上文所論述，工序1100包括基於一或多個特性控制在目標材料120處來自第一輻射光束110的放射曝光量(1125)。舉例而言，可控制放射曝光量(1125)使得將放射曝光量維持在預定放射曝光量範圍內。放射曝光量為每單位面積自第一輻射光束110遞送至目標材料120之放射能量之量。換言之，放射曝光量為每單位面積由目標材料120之表面接收之放射能量。若控制曝光至第一輻射光束110或由第一輻射光束110截取的目標材料120之表面之單位面積(或將其維持在可接受範圍內)，則放射曝光量之此因數保持相對恆定，且有可能藉由將第一輻射光束110之能量維持在能量之可接受範圍內而控制目標材料120處之放射曝光量或維持目標材料120處之放射曝光量(1125)。存在用以將曝光至第一輻射光束110之目標材料120之表面的單位面積維持在面積之可接受範圍內之各種方式。接下來論述此等方式。

可控制在目標材料120處來自第一輻射光束110的放射曝光量(1125)使得將第一輻射光束110之脈衝能量維持(藉由使用經量測特性(1120)之回饋控制件)處於恆定位準或在可接受值之範圍內，而不管可造成能量波動之干擾。

在其他態樣中，可控制在目標材料120處來自第一輻射光束110的放射曝光量(1125)，使得藉由使用經量測特性(1120)之回饋控制件調

整(例如，增加或減低)第一輻射光束110之脈衝能量，以補償目標材料120相對於第一輻射光束110之光束腰之位置在縱向(Z方向)置放上的誤差。

第一輻射光束110可為脈衝式輻射光束，使得光脈衝經導引朝向目標材料120 (1110)。相似地，第二輻射光束115可為脈衝式輻射光束使得光脈衝經導引朝向經修改目標121 (1115)。

目標材料120可為自目標材料供應系統125產生的目標材料120之小滴。以此方式，目標材料120之幾何分佈可經修改成經修改目標121，該經修改目標121變換成具有實質上平面表面的熔融金屬之圓盤形體積。根據擴張率將目標材料小滴變換成圓盤形體積。

參看圖12，藉由光源100執行工序1200 (在控制系統160之控制下)，以使由根據經修改目標121與第二輻射光束115之間的相互作用而形成的電漿129所產生之EUV光能量穩定。相似於以上之工序1100，光源100提供目標材料120 (1205)；光源100將第一輻射光束110導引朝向目標材料120以將能量遞送至目標材料120，以修改目標材料120之幾何分佈以形成經修改目標121 (1210)；且光源100將第二輻射光束115導引朝向經修改目標121使得第二輻射光束將經修改目標121之至少部分轉換成發射EUV光之電漿129 (1215)。光源100使用工序1110 (1220)控制自第一輻射光束110施加至目標材料120之放射曝光量。

藉由控制放射曝光量而使EUV光130之功率或能量穩定(1225)。由電漿129產生之EUV能量(或功率)取決於至少兩個函數，第一函數為轉換效率CE且第二函數為第二輻射光束115之能量。轉換效率為由第二輻射光束115轉換成電漿129的經修改目標121之百分比。轉換效率取決於若干變數，包括第二輻射光束115之峰值功率、經修改目標121在其與第二輻射光束115相互作用時之大小、經修改目標121相對

於所要位置之位置、第二輻射光束115在其與經修改目標121相互作用時之橫向區域或大小。因為經修改目標121之位置及經修改目標121之大小取決於目標材料120如何與第一輻射光束110相互作用，所以藉由控制自第一輻射光束110施加至目標材料120之放射曝光量，吾人可控制經修改目標121之擴張率，且因此，吾人可控制此兩種因素。以此方式，可藉由控制放射曝光量而使轉換效率穩定或控制轉換效率(1220)，因此，此情形使由電漿129產生之EUV能量穩定(1225)。

亦參看圖13，在一些實施中，第一輻射光束110可由光學源105內之專用子系統1305A產生，且第二輻射光束115可由光學源105內之專用及分離子系統1305B產生，使得該等輻射光束110、115遵循在至各別第一目標部位111及第二目標部位116之道路上的兩個分離路徑。以此方式，輻射光束110、115中之每一者行進通過光束遞送系統150之各別子系統，且因此，其行進通過各別及分離光學操縱組件1352A、1352B及聚焦總成1356A、1356B。

舉例而言，子系統1305A可為基於固態增益介質之系統，而子系統1305B可為基於氣體增益介質(諸如由CO₂放大器產生之氣體增益介質)之系統。可用作子系統1305A之例示性固態增益介質包括摻鉕光纖雷射及摻釹鈮鋁石榴石(Nd:YAG)雷射。在此實例中，第一輻射光束110之波長可相異於第二輻射光束115之波長。舉例而言，使用固態增益介質之第一輻射光束110之波長可為約1微米(例如，約1.06微米)，且使用氣體介質之第二輻射光束115之波長可為約10.6微米。

其他實施處於以下申請專利範圍之範疇內。

【符號說明】

100	雷射產生電漿(LPP)極紫外線(EUV)光源
105	光學源
110	第一輻射光束/輻射

111	第一目標部位
115	第二輻射光束
116	第二目標部位
120	目標材料
121	經修改目標/熔融金屬之圓盤形片件
125	目標材料供應系統/目標材料遞送系統
129	電漿
130	可用極紫外線(EUV)光/輻射
135	集光器系統/集光器
140	經收集極紫外線(EUV)光
145	光學裝置
150	光束遞送系統
152	光學操縱組件
155	量測系統
156	聚焦總成
160	控制系統
165	腔室
180	光束調整系統
210	第一聚焦區
212	第一軸向方向/傳播方向
215	第二聚焦區
217	第二軸向方向
230	長軸
235	短軸
300	第一光學放大器系統/光學放大器之第一集合
305	第二光學放大器系統/光學放大器之第二集合

310	第一光產生器
311	第一脈衝光束
315	第二光產生器
316	第二脈衝光束
320	光學系統
325	光束路徑組合器
326	光束路徑分離器
340	雙向色光束分裂器
342	雙向色光束分裂器
344	鏡面
346	鏡面
350	雙向色光束分裂器
352	雙向色光束分裂器
354	鏡面
356	鏡面
401	光學放大器
402	光學放大器
403	光學放大器
406	光學放大器
407	光學放大器
408	光學放大器
411	前置放大器
421	前置放大器
500	光學元件
505	光學元件
855A	量測系統

855B	量測系統
860	背向反射輻射
955A	量測系統
955B	量測系統
955C	量測系統
990	主焦點
1000	子控制器
1005	子控制器
1010	子控制器
1015	子控制器
1020	輸入及輸出器件
1025	可程式化處理器
1030	電腦程式產品
1040	分析程式
1100	工序
1105	步驟
1110	步驟
1115	步驟
1120	步驟
1125	步驟
1200	工序
1205	步驟
1210	步驟
1215	步驟
1220	步驟
1225	步驟

1305A	專用子系統
1305B	專用及分離子系統
1352A	光學操縱組件
1352B	光學操縱組件
1356A	聚焦總成
1356B	聚焦總成
L1	部位
L2	部位

申請專利範圍

1. 一種方法，其包含：

提供一目標材料，該目標材料包含當轉換成電漿時發射極紫外線(EUV)光之一組份；

將一第一輻射光束導引朝向該目標材料以將能量遞送至該目標材料，以修改該目標材料之一幾何分佈以形成一經修改目標；

將一第二輻射光束導引朝向該經修改目標，該第二輻射光束將該經修改目標之至少部分轉換成發射EUV光之電漿；

量測相對於該第一輻射光束的與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的一或多個特性；及

基於該一或多個經量測特性將自該第一輻射光束遞送至該目標材料之一放射曝光量控制在一預定能量範圍內。

2. 如請求項1之方法，其中量測與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的該一或多個特性包含：量測該第一輻射光束之一能量。

3. 如請求項2之方法，其中量測該第一輻射光束之該能量包含：量測自該目標材料之一光學反射表面反射的該第一輻射光束之該能量，或量測導引朝向該目標材料之該第一輻射光束之一能量。

4. 如請求項2之方法，其中量測該第一輻射光束之該能量包含：量測橫越垂直於該第一輻射光束之一傳播方向的一方向之一空間積分能量。

5. 如請求項4之方法，其中將該第一輻射光束導引朝向該目標材料包含：使該目標材料與該第一輻射光束之涵蓋其共焦參數之一

區域重疊。

6. 如請求項1之方法，其中量測與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的該一或多個特性包含：量測該目標材料相對於一目標位置之一位置。
7. 如請求項6之方法，其中沿著一第一光束軸線來導引該第一輻射光束，且沿著平行於該第一光束軸線之一方向量測該目標材料之該位置。
8. 如請求項6之方法，其中量測該目標材料之該位置包含：沿著兩個或多於兩個非平行方向量測該目標材料之該位置。
9. 如請求項1之方法，其中量測與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的該一或多個特性包含如下操作中的一或多者：

在該第二輻射光束將該經修改目標之至少部分轉換成電漿之前偵測該經修改目標之一大小；及

估計該經修改目標之一擴張率。

10. 如請求項1之方法，其中基於該一或多個經量測特性控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量包含：控制該經修改目標之一擴張率。
11. 如請求項1之方法，其中基於該一或多個經量測特性控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量包含：基於該一或多個經量測特性判定是否應調整該第一輻射光束之一特徵。
12. 如請求項11之方法，其中若判定出應調整該第一輻射光束之該特徵，則調整如下各者中之一或多者：該第一輻射光束之一脈衝之一能量含量；及該第一輻射光束與該目標材料相互作用之一面積。
13. 如請求項12之方法，其中調整該第一輻射光束之該脈衝之該能

量含量包括如下操作中之一或多者：

調整該第一輻射光束之一脈衝之一寬度；

調整該第一輻射光束之一脈衝之一持續時間；及

調整該第一輻射光束之一脈衝內之一平均功率。

14. 如請求項11之方法，其中：

將該第一輻射光束導引朝向該目標材料包含將第一輻射之脈衝導引朝向該目標材料；

量測該一或多個特性包含針對第一輻射之每一脈衝量測該一或多個特性；及

判定是否應調整該第一輻射光束之該特徵包含針對第一輻射之每一脈衝判定是否應調整該特徵。

15. 如請求項1之方法，其中：

提供該目標材料包含提供目標材料之一小滴；

修改該目標材料之該幾何分佈包含將該目標材料之該小滴變換成熔融金屬之一圓盤形體積；及

根據一擴張率將該目標材料小滴變換成該圓盤形體積。

16. 如請求項1之方法，其中將該第一輻射光束導引朝向該目標材料亦將該目標材料之一部分轉換成發射EUV光之電漿，其中相比於自轉換自該經修改目標的該電漿發射之EUV光，自轉換自該目標材料的該電漿發射較少EUV光，且對該目標材料之主要作用為該修改該目標材料之該幾何分佈以形成該修改目標。

17. 如請求項1之方法，其中：

修改該目標材料之該幾何分佈包含將該目標材料之一形狀變換成該經修改目標，其包括根據一擴張率沿著至少一個軸線來擴張該經修改目標；且

控制遞送至該目標材料之該放射曝光量包含控制該目標材料

至該經修改目標之該擴張率。

18. 如請求項17之方法，其中沿著不平行於該第二輻射光束之光軸的該至少一個軸線來擴張該經修改目標。

19. 如請求項1之方法，其中：

量測與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯之一或多個特性包含量測導引朝向該目標材料之該第一輻射光束之一能量；

控制遞送至該目標材料之該放射曝光量包含基於該經量測能量而調整自該第一輻射光束導引至該目標材料的能量之一量；且

將該第一輻射光束導引朝向該目標材料包含使該目標材料與該第一輻射光束之涵蓋其共焦參數之一區域重疊。

20. 如請求項19之方法，其中調整自該第一輻射光束導引至該目標材料之能量之該量包含：調整該第一輻射光束之一屬性。

21. 如請求項1之方法，其中控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料之該放射曝光量包含如下操作中之一或多者：

恰好在該第一輻射光束將一能量遞送至該目標材料之前調整該第一輻射光束之該能量；

調整該目標材料之一位置；及

調整與該第一輻射光束相互作用的該目標材料之一區。

22. 一種裝置，其包含：

一腔室，其界定接收一第一輻射光束之一初始目標部位及接收一第二輻射光束之一目標部位；

一目標材料遞送系統，其經組態以將目標材料提供至該初始目標部位，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；

一光學源，其經組態以產生該第一輻射光束及該第二輻射光

束；

一光學操縱系統，其經組態以：

將該第一輻射光束導引朝向該初始目標部位以將能量遞送至該目標材料，以修改該目標材料之一幾何分佈以形成一經修改目標；及

將該第二輻射光束導引朝向該目標部位，以將該經修改目標之至少部分轉換成發射EUV光之電漿；

一量測系統，其量測相對於該第一輻射光束的與該目標材料及該經修改目標中之一或多者相關聯的一或多個特性；及

一控制系統，其連接至該目標材料遞送系統、該光學源、該光學操縱系統及該量測系統，且經組態以自該量測系統接收該一或多個經量測特性，且基於該一或多個經量測特性將一或多個信號發送至該光學源以控制自該第一輻射光束遞送至該目標材料的一放射曝光量。

23. 如請求項22之裝置，其中該光學操縱系統包含一聚焦裝置，該聚焦裝置經組態以將該第一輻射光束聚焦於該初始目標部位處或附近，且將該第二輻射光束聚焦於該目標部位處或附近。
24. 如請求項22之裝置，其進一步包含一光束調整系統，其中該光束調整系統連接至該光學源及該控制系統，且該控制系統經組態以藉由將一或多個信號發送至該光束調整系統來將一或多個信號發送至該光學源以控制遞送至該目標材料之能量之量，該光束調整系統經組態以調整該光學源之一或多個特徵以藉此維持遞送至該目標材料之能量之該量。
25. 如請求項24之裝置，其中該光束調整系統包含耦合至該第一輻射光束之一脈寬調整系統，該脈寬調整系統經組態以調整該第一輻射光束之脈衝之一脈寬。

26. 如請求項25之裝置，其中該脈寬調整系統包含一電光調變器。
27. 如請求項24之裝置，其中該光束調整系統包含耦合至該第一輻射光束之一脈衝功率調整系統，該脈衝功率調整系統經組態以調整該第一輻射光束之脈衝內之一平均功率。
28. 如請求項27之裝置，其中該脈衝功率調整系統包含一聲光調變器。
29. 如請求項24之裝置，其中該光束調整系統經組態以藉由將一或多個信號發送至該光束調整系統來將一或多個信號發送至該光學源以控制導引至該目標材料的能量之該量，該光束調整系統經組態以調整該光學源之一或多個特徵以藉此控制導引至該目標材料之能量之該量。
30. 如請求項22之裝置，其中該光學源包含：
光學組件之一第一集合，其包括該第一輻射光束經傳遞通過之一或多個光學放大器之一第一集合；及
光學組件之一第二集合，其包括該第二輻射光束經傳遞通過之一或多個光學放大器之一第二集合。
31. 如請求項30之裝置，其中該第一集合中之該等光學放大器中之至少一者處於該第二集合中。
32. 如請求項30之裝置，其中光學組件之該第一集合與光學組件之該第二集合相異且與其分離。
33. 如請求項30之裝置，其中：
該量測系統在該第一輻射光束經導引朝向該初始目標部位時量測該第一輻射光束之一能量；且
該控制系統經組態以自該量測系統接收該經量測能量，且基於該經量測能量將一或多個信號發送至該光學源以控制自該第一輻射光束導引至該目標材料的能量之一量。

圖式

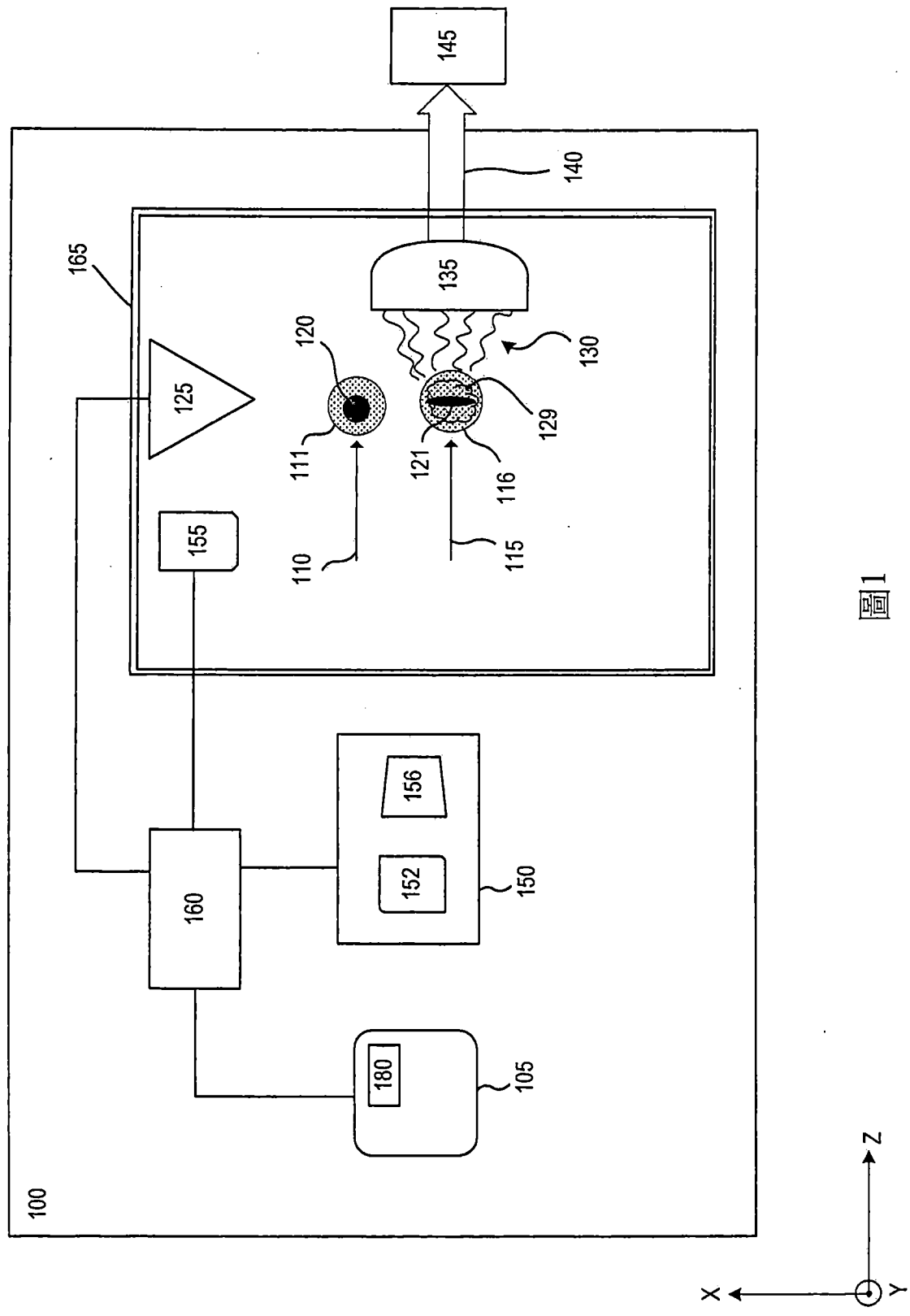


圖 1

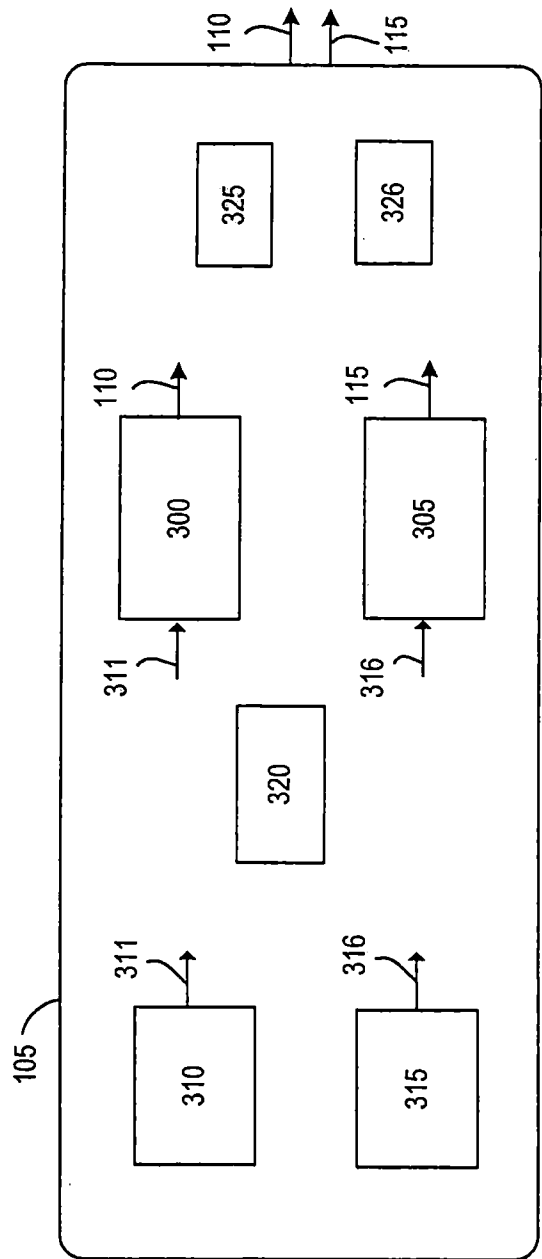


圖3A

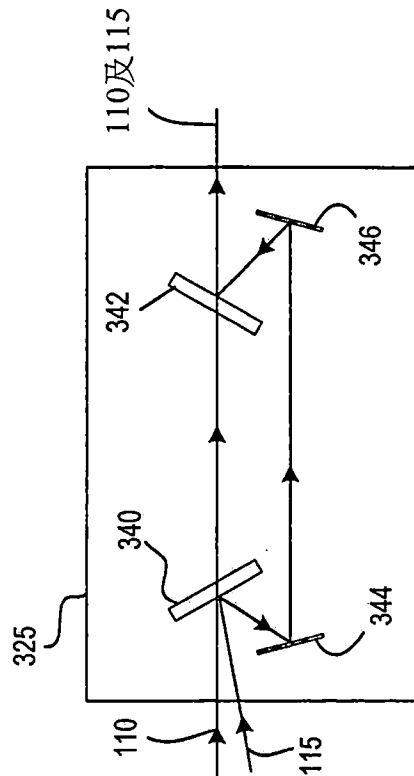


圖3B

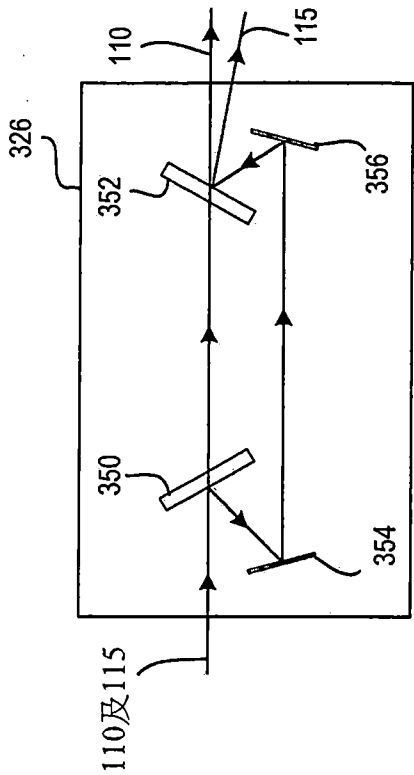


圖3C

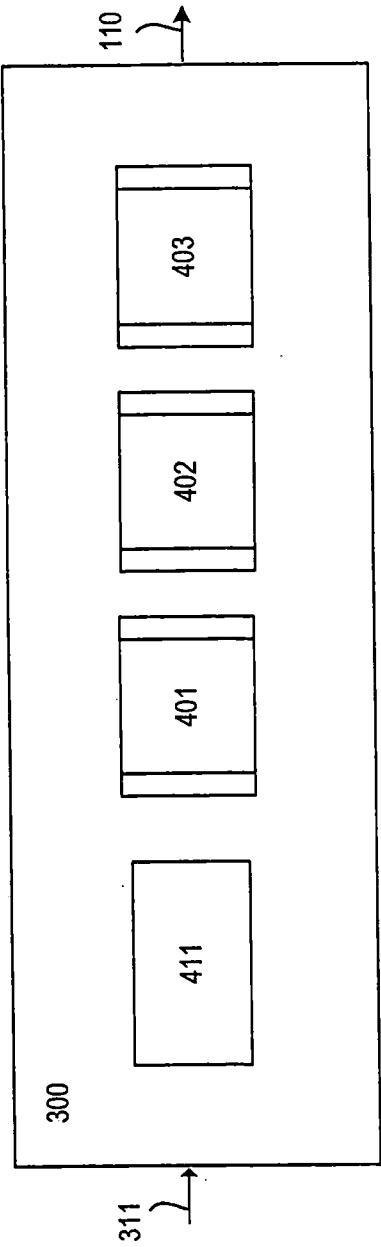


圖4A

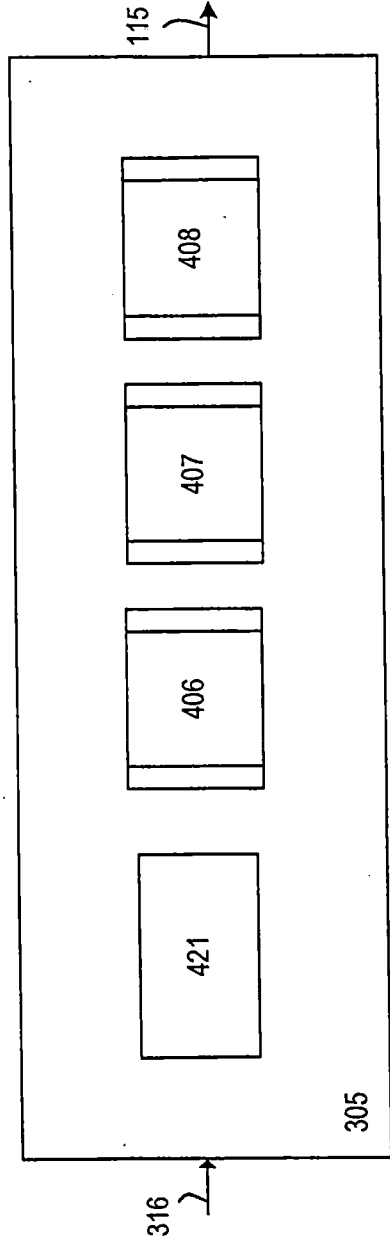


圖4B

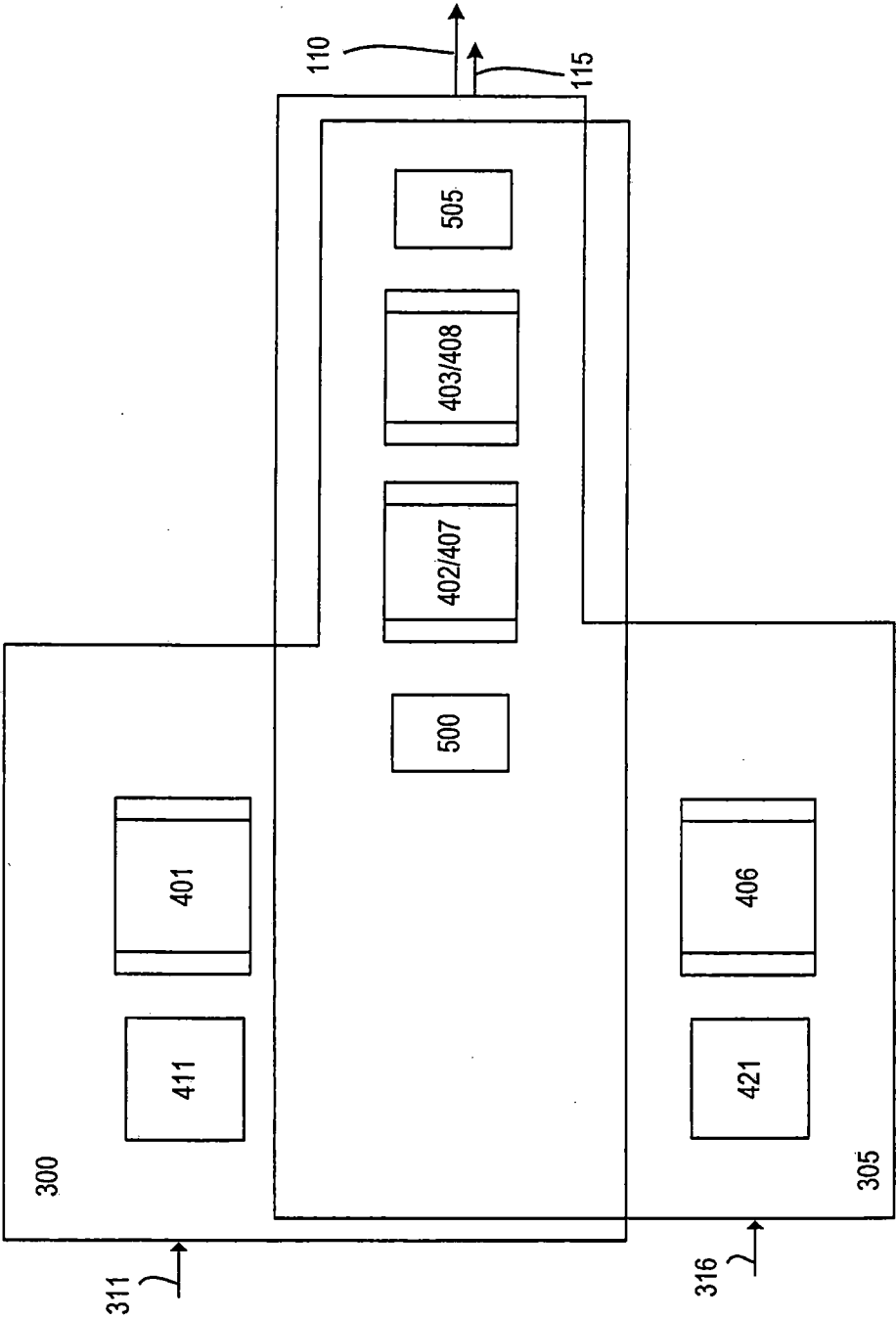


圖5

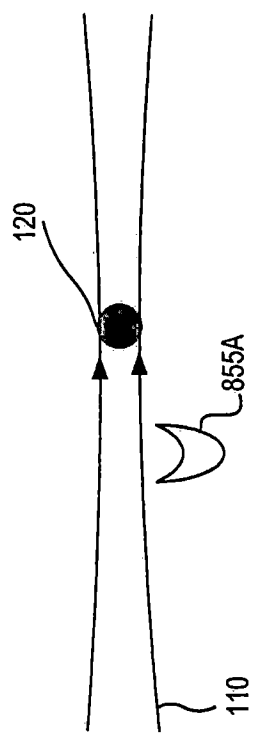


圖 8A

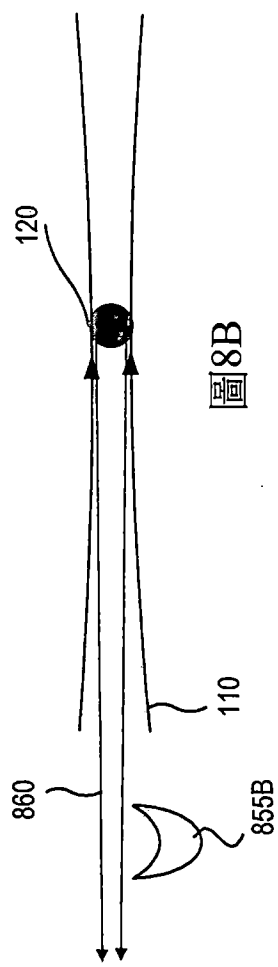


圖 8B

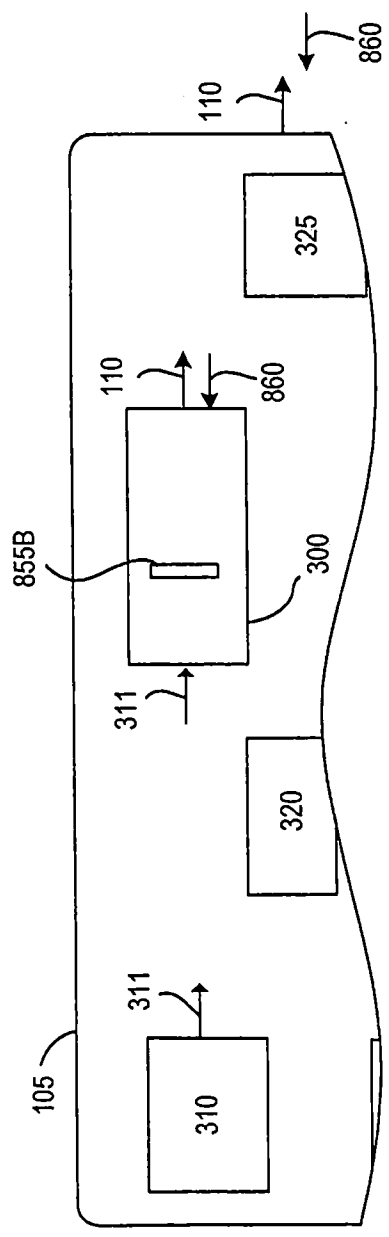


圖 8C

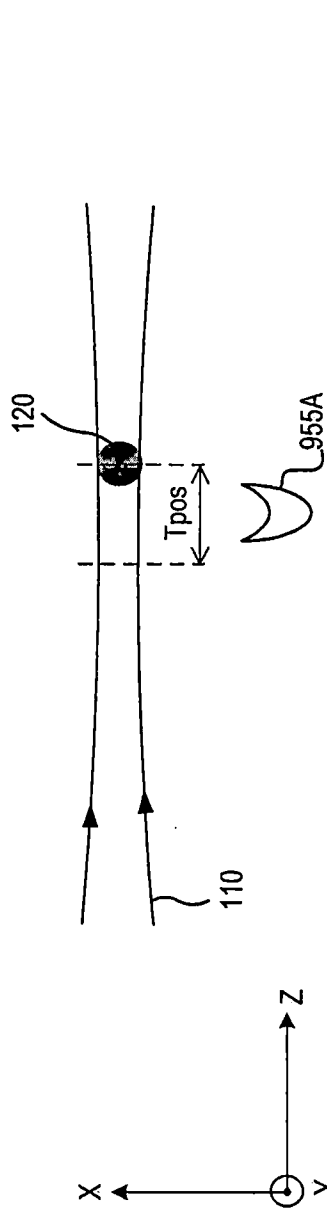


圖9A

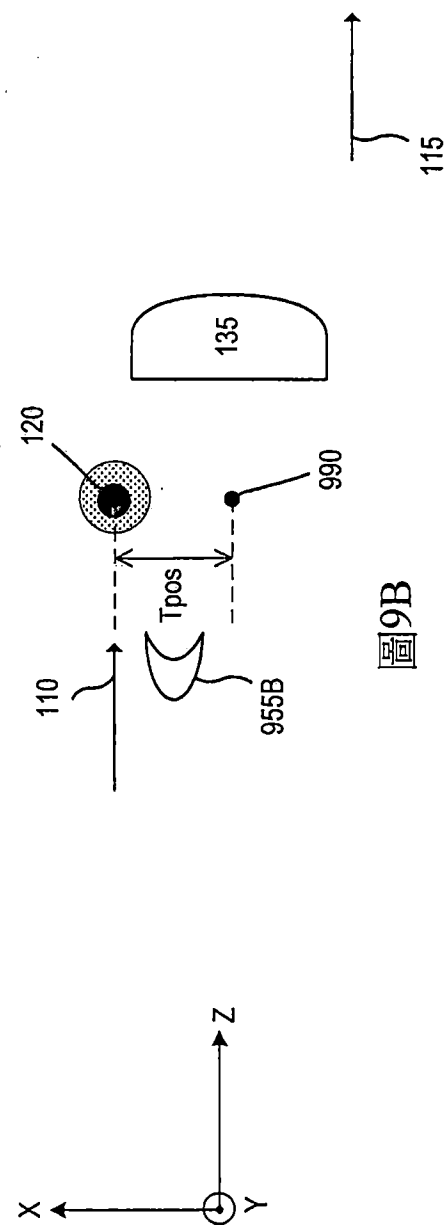


圖9B

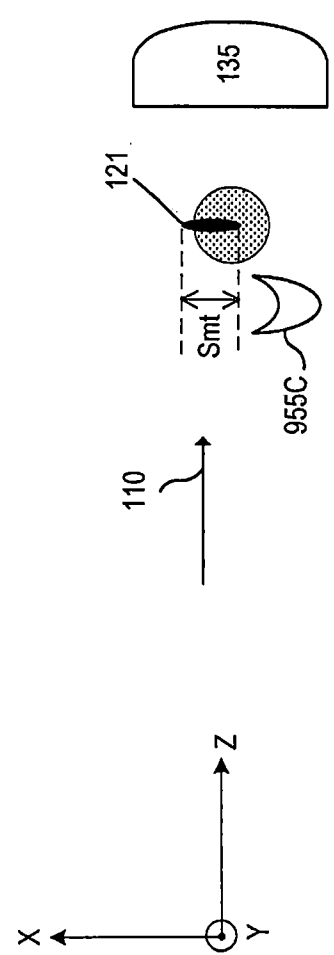


圖9C

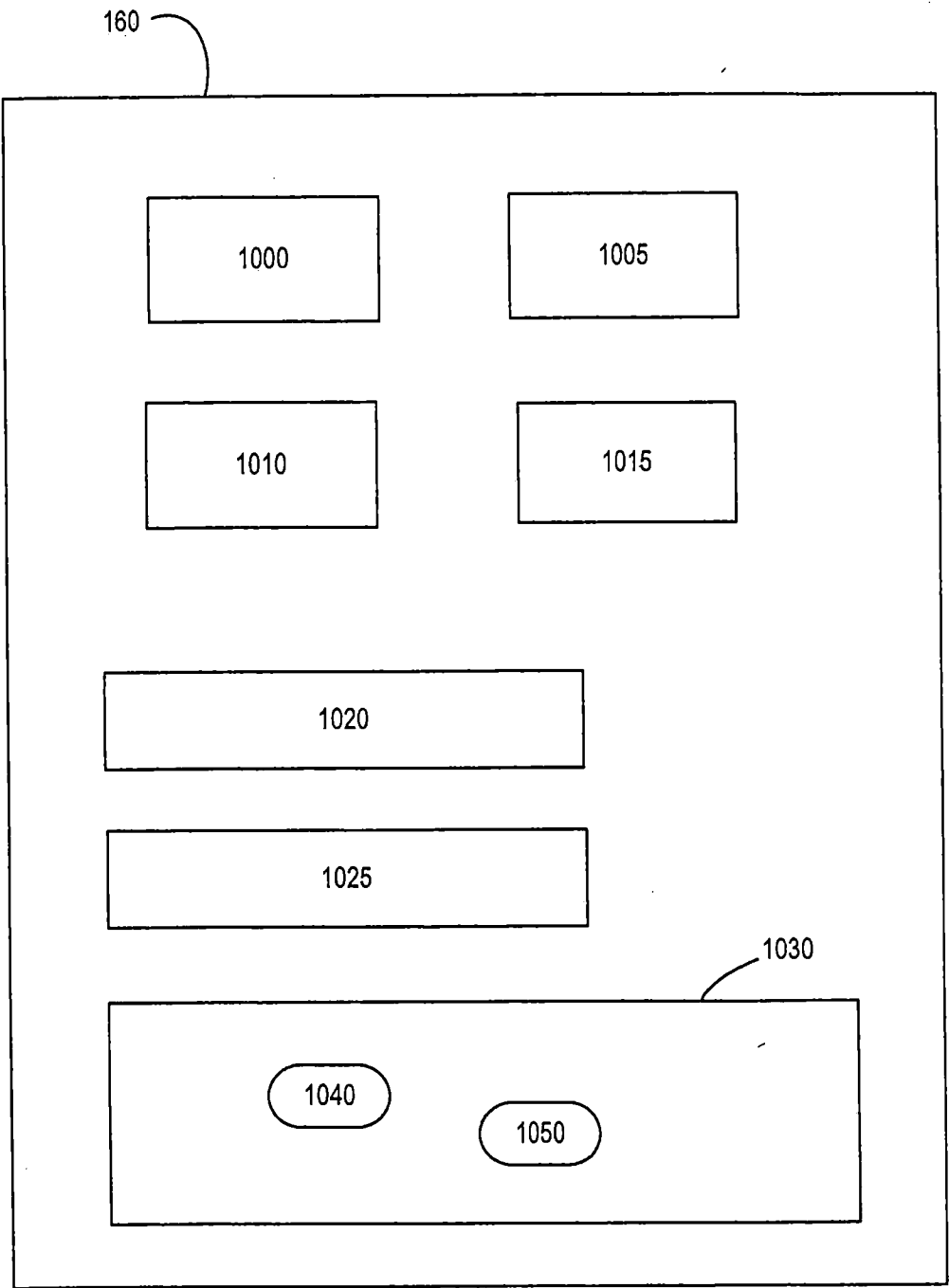


圖10

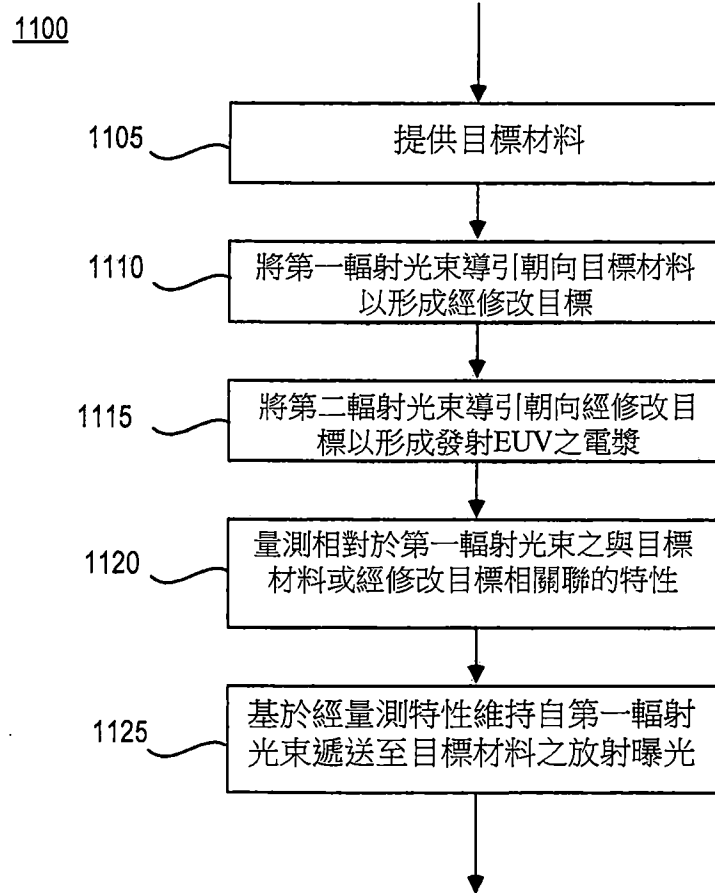


圖11

1200

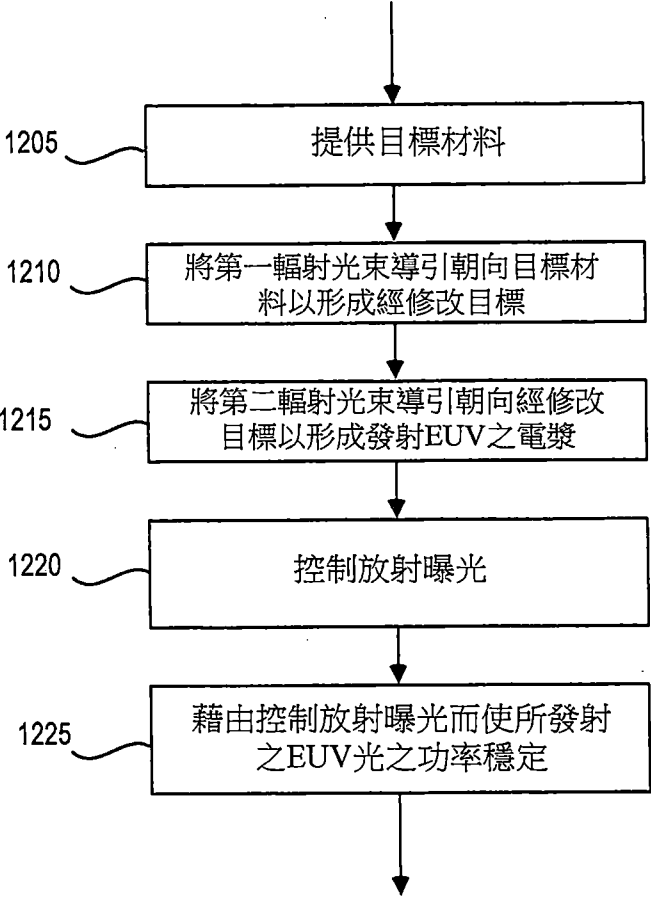


圖12

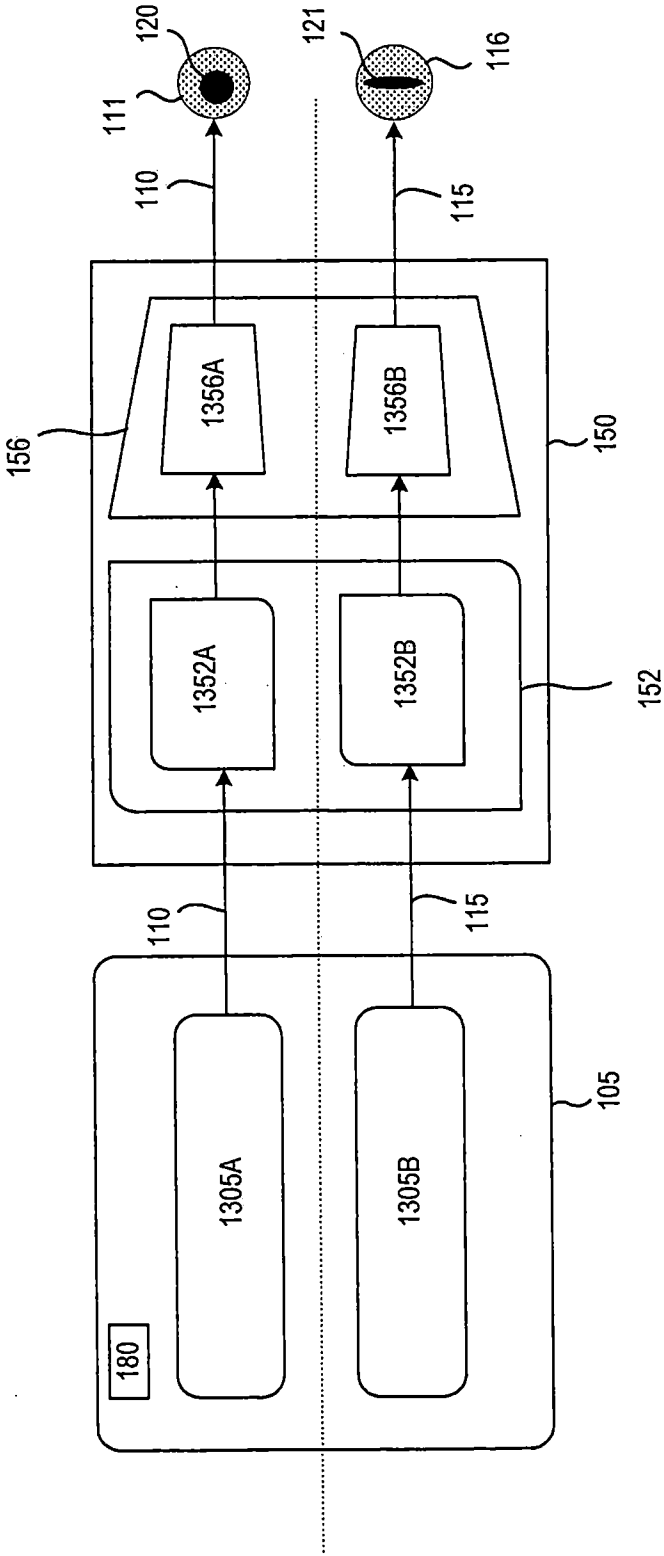


圖13