

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：97103714

※ 申請日期：97.1.31

※IPC 分類：G03F 7/20 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

H05G 7/00 (2006.01)

雷射生成式電漿超紫外線(EUV)光源

LASER PRODUCED PLASMA EUV LIGHT SOURCE

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

希瑪股份有限公司 / CYMER, INC.

代表人：(中文/英文)

巴克 南西 J. / BAKER, NANCY J.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州聖地牙哥市·托明特巷 17075 號

17075 Thornmint Court, San Diego, CA 92127-2413, U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國 / U.S.A.

三、發明人：(共 7 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 拜卡諾弗 亞歷山大 N. / BYKANOV, ALEXANDER N.

2. 伯威林 諾貝特 / BOWERING, NORBERT

3. 佛曼卡 伊果 V. / FOMENKOV, IGOR V.

4. 布蘭特 大衛 C. / BRANDT, DAVID C.

5. 艾瑟夫 亞歷山大 I. / ERSHOV, ALEXANDER I.

6. 赫迪金 歐雷 / KHODYKIN, OLEH

7. 派特洛 威廉 N. / PARTLO, WILLIAM N.

國 籍：(中文/英文)

1. ~ 5. 7. 美國 / U.S.A.

6. 烏克蘭 / UKRAINE

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為：。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國、 2007/02/26、 60/903,643
2. 美國、 2007/04/10、 11/786,145

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

揭露一種裝置，其能夠包含一在一電漿場產生一電漿之系統，該電漿產生超紫外線(EUV)輻射，以及離開該電漿之離子。該裝置亦能夠包括一光學儀器，例如一多層鏡片，其與該電漿場相隔一段距離 d 、以及一流動氣體，其配置於電漿與光學儀器之間，該氣體建立一氣體壓力，該壓力足以越過該距離 d 運作，以便在離子到達光學儀器之前將離子能量降低到一預先選定值。在一實施例中，該氣體能夠包含氫氣，且在一特定實施例中，該氣體能夠包含體積百分比大於百分之50的氫氣。

六、英文發明摘要：

A device is disclosed which may comprise a system generating a plasma at a plasma site, the plasma producing EUV radiation and ions exiting the plasma. The device may also include an optic, e.g., a multi-layer mirror, distanced from the site by a distance, d , and a flowing gas disposed between the plasma and optic, the gas establishing a gas pressure sufficient to operate over the distance, d , to reduce ion energy below a pre-selected value before the ions reach the optic. In one embodiment, the gas may comprise hydrogen and in a particular embodiment, the gas may comprise greater than 50 percent hydrogen by volume.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

20…雷射生成式電漿EUV光源

22…系統

24…目標物材料運送系統

26…腔室

28…照射區域

30…光學儀器

40…中間區域

60…EUV控制器

62…液滴位置偵測回饋系統

65…發射控制系統

70…液滴成像器

90…液滴傳遞控制系統

92…液滴傳遞機構

100…氣體來源

102…可調整泵

104…稀釋氣體

105…洗滌器

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明宣告2007年4月10日申請，標題為「雷射生成式電漿超紫外線光源」之美國專利申請案11/786,145號的優先權，同時亦宣告2007年2月26日所申請，標題為「超紫外線光源」之美國專利申請案60/903643號(代理人案號2007-0010-01)的優先權，其完整內容係以參考方式併入本文之中。

本申請案係為2005年4月14日所申請，標題為「超紫外線光源」之共同審查中的美國專利申請案11/107,535號(代理人案號2002-0030-08)之部分接續申請案，其係為2003年4月8日申請，標題為「紫外線光源」的美國專利申請案10/409,254號(代理人案號2002-0030-01)之一接續申請案，各個專利申請案之完整內容係以參考方式併入本文中。

本申請案係有關於2006年2月21日申請，標題為「帶有預脈衝之雷射生成式電漿超紫外線光源」之共同審查中的美國專利申請案11/358,988號(代理人案號2005-0085-01)；2005年2月25日申請，標題為「用於超紫外線電漿來源目標物運送之方法與裝置」的共同審查中之美國專利申請案11/174,443號(代理人案號2004-0008-01)；2005年6月29日申請，標題為「LPP超紫外線電漿源材料目標物運送系統」之共同審查中的美國專利申請案11/174,443號(代理人案號2005-0003-01)、2006年2月21日申請，標題為「用於超紫外線光源之源材料分配器」之共同審查中的美國專利案(代理

人案號2005-0102-01)；2006年2月21日申請，標題為「雷射生成式電漿超紫外線光源」之共同審查中的美國專利申請案11/358,992號(代理人案號2005-0081-01)；2005年6月29日申請，標題為「LPP超紫外線光源驅動雷射系統」之共同審查中的美國專利申請案11/174,299號(代理人案號2005-0044-01)；2006年4月17日申請，標題為「用於超紫外線光源之另擇燃料」之共同審查中的美國專利申請案11/406,216號(代理人案號2006-0003-01)；2006年10月13日申請，標題為「用於EUV光源之驅動雷射傳送系統」之共同審查中的美國專利申請案11/580,414號(代理人案號2006-0025-01)；2006年12月22日申請，標題為「雷射生成式電漿EUV光源」之共同審查中的美國專利申請案11/580,414號(代理人案號2006-006-01)；2006年8月16日申請，標題為「EUV光學儀器」之共同審查中的美國專利申請案11/505,177號(代理人案號2006-0027-01)；2006年6月14日申請，標題為「用於EUV光源之驅動雷射」之共同審查中的美國專利申請案 /452,501 號(代理人案號2006-0001-01)；2005年8月9日頒給Webb等人，標題為「長延遲與高TIS脈衝延展器」之共同審查中的美國專利案第6,928,093號(代理人案號2006-0001-01)；2006年3月31日申請，標題為「共焦脈衝延展器」之美國專利申請案11/394,512號(代理人案號2004-0144-01)；2005年5月26日申請，標題為「用於在一形狀如同一線性光束的雷射以及一沈積在一基板上的薄膜之間進行反應的系統與方法」之美國專利申

請案11/138,001號(代理人案號2004-0128-01)；2002年5月7日申請，標題為「帶有光束傳送之雷射光微影光源」之美國專利申請案11/141,216號，該案目前成為美國專利第6,693,939號；2003年9月23日頒給Knowles等人，標題為「頻帶非常狹窄之雙腔室高重複率氣體放電雷射系統」之美國專利第6,625,191號；2003年4月15日頒給Ness等人，標題為「注入種子雷射以及精確時機控制」的美國專利申請案10/012,002號，代理人案號2001-0090-01，美國專利案6,549,551號；以及2003年5月20日頒給Myers等人，標題為「頻帶非常狹窄之雙腔室高重複速率氣體放電雷射系統」之美國專利申請案09/848,043號，代理人案號2001-0020-01，美國專利第6,567,450號；美國專利申請案09/943,343號(代理人案號2001-0084-01)；2006年8月25日申請，標題為「用於一雷射生成式電漿EUV光源之源材料收集單元」之共同審查中的美國專利申請案11/509,925號(代理人案號2005-0086-01)，各個專利案與申請案之完整內容係以參考方式併入本文中。

發明領域

本發明揭露內容係有關於超紫外線(EUV)光源，其從一電漿提供EUV光線，該電漿係由一目標物材料所產生，並加以聚集與導引到一中間區域，用以例如藉由一光微影掃描器/步進器在EUV光源腔室外部加以使用。

【先前技術】

發明背景

例如波長約為50奈米或更小之電磁輻射(有時亦稱之為軟性x射線),且包括波長約為13.5奈米的光線之超紫外線能夠用於光微影程序,以便在例如矽晶圓之基板中產生極微小的特徵。

- 5 產生EUV光線之方法包括但並非限定於將一材料轉換成為一電漿狀態,該材料具有至少一種具有一個或更多屬於EUV範圍內之發射譜線的元素,例如氫、鋰或錫。在此一方法中,通常將雷射生成式電漿(LPP)稱之為所需的電漿,該電漿能夠藉著以一雷射光束照射一目標材料,諸如
- 10 具有所需發射譜線元素之材料的一液滴、蒸汽或是簇。

- 一特殊的LPP技術係涉及以一個或更多預脈衝接續一主脈衝照射一目標材料液滴。就此而論,CO₂雷射作為在一LPP程序中產生「主」脈衝之一驅動雷射能夠展現出某些優點。如此對於某些目標材料而言尤其正確,諸如熔態錫液
- 15 滴。例如,其中一優點能夠包括產生一相對高轉換效率之能力,例如輸出EUV帶內功率對於驅動雷射輸入功率之比率。

- 就更為理論上之觀點而言,LPP光源藉由將雷射能量沈積進入諸如氫、錫或鋰之一源元素而產生EUV輻射,製造
- 20 出帶有數十電子伏特(eV)之電子溫度的高度離子化電漿。這些離子之制激與復合期間所產生的充沛輻射係由電漿以四面八方發出。在一種常見的佈置方式中,一接近正交入射鏡片(通常稱之為一「收集器鏡片」)係放置在與電漿相隔一段距離處,以便將光線收集、導引(且在某些佈置方式中

聚焦)到一中間位置，例如焦點。經過收集之光線接著能夠從該中間位置分程傳遞到一組掃描光學儀器，且最後到達一晶圓。在一種典型設置方式中，EUV光線從電漿到中間位置必須在光源中行進約1~2米，且因此在某些情況中，

5 於光源腔室內使用具有一相當低之帶內EUV光線吸收性的氣體能夠有所優點。在一構造中，雷射光束能夠透過該收集器鏡片之一中央開孔加以聚焦到一用以產生電漿的液滴目標物上。向後發出的EUV輻射接著係藉由該收集器鏡片以接近正交入射之方式加以反射，並且導引到中間位置。

10 此構造之一優點係在於，其能夠使用一具有一大量熱負荷能力以及低變形可能性之相當大質量的收集器外殼，其能夠藉由鏡片背側之熱管理加以控制。

對於上述構造而言，典型係使用一種具有一經過分級之高溫穩定塗佈以及經過介面工程處理的多層之收集器鏡片，以便在變化入射角度提供相當高的EUV反射性。這些

15 接近正交入射(NI)收集器鏡片在高熱負荷下傾向展現良好的熱負荷能力以及良好的影像精確性。多層(ML)塗佈亦能夠提供帶外(out-of-band, OOB)EUV輻射之實質上的光譜過濾。另外，ML塗佈能夠加以堆疊，或者是能夠增加提供用以延長NI收集器之可用壽命的犧牲層之層循環的數量。

20

對於設計成用於高體積製造(HVM)方面之EUV光源而言，收集器鏡片之壽命係為影響效率、停機期，以及最終影響成本的一重要因素。操作期間，碎片係產生成為電漿之副產物，該等碎片能夠剝蝕收集器鏡片表面。這此碎片

之形式可為目標材料之高能離子、中性原子以及簇。在這三種碎片之中，對於收集器鏡片為害最烈者典型係為離子流。一般而言，對於上述構造而言，由於大多數的目標物材料係以一遠離收集器表面之方向(亦即以雷射光束的方向)移動，故從液滴目標物照射到收集器上之中性原子與簇的數量可能相當微小。在沒有碎片緩和且/或收集器清潔技術的情況下，目標物材料與污染物之沈積，以及收集器多層塗佈的噴濺與入射顆粒之植入能夠顯著降低鏡片的反射性。

更詳細而言，具有約數千電子伏特之能量的離子與表面之反應會導致MLM塗佈的材料產生腐蝕。在一案例中，觀察每百萬脈衝約0.2層之腐蝕率。如此的層去除影響能夠視為從電漿發出之能量顆粒的衝擊期間之噴濺。如以上所指出，收集器鏡片塗佈能夠包括犧牲層，且仍提供完整的EUV反射性。假設0.2層/百萬脈衝之腐蝕率以及500層犧牲層，一未經保護之收集器僅能夠使用約 2.2×10^9 次脈衝，其在50kHz之重複率的一HVM環境中約對應為2天的使用壽命。

考慮上述情況，申請者揭露一種帶有離子阻止緩衝氣體之雷射生成式電漿EUV光源，以及對應的使用方法。

【發明內容】

發明概要

在一觀點中，一裝置係揭露成能夠包含一在一電漿場產生一電漿之系統，該電漿產生EUV輻射，以及從該電漿

離開之離子。該裝置亦能夠包括一光學儀器，例如一多層鏡片，其與電漿場相隔一段距離 d ，且一流動氣體係配置於電漿與光學儀器之間，該氣體建立一足以運作越過該距離 d 之氣體壓力，以便在離子到達光學儀器以前，將離子能量降低到低於100 eV，且在某些案例中低於30 eV。在此觀點之一實施例中，該氣體能夠包含氫，且在一特定實施例中，該氣體能夠包含體積大於50%的氫。氣體能夠包含重氫。電漿能夠包含錫。雷射能夠包含一增益媒介，且該增益媒介能夠包含 CO_2 。其他用於氣體、電漿與增益媒介之材料能夠適當地加以使用。

在此觀點之一種佈置方式中，該系統能夠包含一提供液滴之液滴產生器以及一照射液滴的雷射，以產生電漿。

在此觀點之一種構造中，該系統能夠包含一腔室，光學儀器與電漿能夠配置於該腔室中，且氣體能夠在電漿產生期間引入腔室中以及從該腔室排放。在一特殊構造中，則能夠使用一隨選氫氣產生系統且/或一稀釋氣體之來源，以便在釋放以前與欲進行排放之氫氣進行混和。

對此觀點而言，在操作上，該氣體能夠包含氫氣，且壓力能夠大於100毫托爾(mTorr)。對於某些實施方式而言，能夠使用大於100 sccm的一流動速率。

對此觀點而言，在一種設置方式中，例如收集器鏡片之光學儀器能夠將EUV光線導引到一中間位置，且該裝置能夠進一步包含一個多重通道壓力降低構造，其能夠配置於電漿與中間位置之間。

在另一觀點中，一裝置係揭露為能夠包含一在一電漿場產生一電漿之系統，該電漿產生EUV輻射，以及從電漿離開的離子；一光學儀器，其與電漿場相隔一段距離 d ；以及一包含鹵素之氣體，該氣體配置於電漿與光學儀器之間，以建立一足以跨過距離 d 操作之氣體壓力，以便在離子到達光學儀器之前，將離子能量降低到低於100 eV，且在某些案例中低於30 eV。在一特定實施例中，該鹵素能夠包含溴。

在另一觀點中，一裝置係揭露成能夠包含一在一電漿場產生一電漿之系統，該電漿產生EUV輻射，以及從電漿離開的離子，該系統包含具有一脈衝成形器之一照射來源。對於此觀點而言，該來源能夠產生一脈衝成形光束，用以照射一目標物材料，以便產生一具有較一對應未成形光束為低之初始離子能量的電漿。對此觀點而言，該裝置能夠進一步包含一光學儀器，其佈置成與電漿場相隔一段距離 d ；以及一氣體，其係配置於電漿與光學儀器之間，且該氣體建立一足以越過該距離 d 運作之氣體壓力，以便在離子到達光學儀器之前，將離子能量降低到100 eV以下，且在某些案例中低於30 eV。

在此觀點之一實施方式中，該脈衝成形光束能夠包含至少一個預脈衝以及至少一個主脈衝。

在此觀點之一特定實施例中，該脈衝成形器能夠包含一個或更多的以下元件：可飽和吸收器、一產生一雷射火花之光學佈置、一脈衝延展器，以及一能夠運作用以截除

一脈衝之快門。

在另一觀點中，一裝置能夠包含一產生一雷射光束之雷射來源；一藉由該雷射光束在一照射區域加以照射，以便形成一電漿，且發出EUV光線之源材料；一將該EUV光線反射到一中間區域之鏡片，其中該中間區域與該照射區域相隔一段距離 D_1 。此外對於此觀點而言，該裝置能夠包含一接受構造，該接受構造係佈置成接受來自於照射區域之源材料，該接受構造形成具有至少一個容許EUV光線從鏡片行進到中間區域之通道，該接受構造與中間區域相隔一段距離 D_2 ，且 $D_1 > D_2$ 。

在此觀點之一實施例中，該接受構造能夠包含一圓錐形外殼，且在一特定實施例中，該圓錐形外殼能夠界定出一軸線，且該接受構造能夠進一步包含複數個徑向對齊翼片且/或圓錐外殼。

在此觀點之一佈置方式中，能夠提供用於該接受構造之一溫度控制系統，且在一特定佈置方式中，該源材料能夠包含錫，並能夠將至少一部分之接受構造維持在一高於錫的熔點之溫度。

在本觀點之某些實施例中，鏡片能夠與照射區域相隔一段距離 d ，且能夠將一流動氣體配置在照射區域與鏡片之間，該氣體建立一足以越過該距離 d 操作之一氣體壓力，以便在離子到達光學儀器之前，將離子能量降低到100 eV以下，且在某些案例中低於30 eV。

圖式簡單說明

第1圖顯示一雷射生成式電漿EUV光源之一簡化的概略圖；

第2A圖顯示使用SRIM軟體之計算標繪圖，該圖顯示出離子在50毫托爾之氬氣中係充分散射，但經過一段200毫米的距離而並未停止；

第2B圖顯示使用SRIM軟體之計算標繪圖，該圖顯示出離子在400毫托爾之氬氣中具有較少的散射(與第2A圖相較)，且能夠有效地停止在約170毫米之一距離；

第3圖顯示測量標繪圖，該圖顯示離子停止在距離電漿16.5公分之一距離處的三種不同之氬氣壓力；

第4A圖顯示對於具有初始離子能量如第3圖中之曲線150所示的離子而言，在距離電漿16.5公分之處的最大觀察所得能量對於氬氣壓力的一標繪圖；

第4B圖顯示在通過一段145公分之距離d以後的帶內EUV訊號對於氬氣壓力之一函數；以及將與電漿相隔一段16.5公分之距離的離子流計算成 $\int I(E)dE$ 之離子流對於氬氣壓力之一函數；

第4C圖顯示對於各種初始離子能量使用SRIM模擬軟體加以計算的離子範圍(單位為公分)對於氣體壓力(用於氬氣與氬氣)之函數的標繪圖；

第4D圖顯示一光源，該光源具有一壓力降低構造，以便降低腔室部分中的壓力，並從而降低藉由位在壓力降低部分中之氣體所吸收的EUV光線；

第5A圖顯示對於並未脈衝成形之一驅動雷射脈衝的離

子訊號；

第5B圖顯示對於藉由截除一脈衝之一拖曳邊緣使脈衝成形的一驅動雷射脈衝之離子訊號；

第5C圖顯示一脈衝，並指出一部份之脈衝，其一拖曳邊緣部分能夠加以截除；

第6圖顯示用以經由脈衝截除產生一成形脈衝之一佈置；

第7圖顯示使用雷射火花用於脈衝截除之一光學佈置；

第7A圖顯示使用一可飽和吸收材料用於脈衝截除之一光學佈置；

第8圖顯示用以經由預脈衝產生一成形脈衝之一佈置；

第9圖顯示用以經由預脈衝產生一成形脈衝之一佈置，其中該預脈衝以及主脈衝二者皆通過一共用放大器；

第10圖顯示一雷射來源之另一實施例，其包括一振盪器單元、一時態脈衝延伸器以及一擴大單元；

第10A圖顯示能夠使用一脈衝延展器加以獲得之一第一脈衝形狀；

第10B圖顯示能夠使用一脈衝延展器加以獲得之其他脈衝形狀；

第10C圖顯示能夠使用一脈衝延展器加以獲得之另一脈衝形狀；

第11圖顯示具有一接受構造之一EUV光源的一概略剖面圖，該接受構造係佈置成接受來自於照射區域之源材料；

第12圖顯示第11圖中所示之該接受構造的一詳細圖；

第13圖顯示沿著第12圖中之線段13-13所觀察的一接受構造之一剖面圖；

第14圖顯示佈置於一EUV光源中之一接受構造的另一實施例；

5 第15圖顯示第14圖中所示之該接受構造的一詳細圖；

第16圖顯示沿著第15圖之線段16-16所觀察的一接受構造之一剖面圖。

【實施方式】

較佳實施例之詳細說明

10 最初參考第1圖，該圖顯示根據一實施例之一觀點的一EUV光源(例如一雷射生成式電漿EUV光源20)。如第1圖中所示，以及以下進一步說明的細節所述，該LPP光源20能夠包括一系統22，其用以產生一串光脈衝，並將該等光脈衝傳遞進入一腔室26。如以下細節所述，該等光脈衝能夠沿
15 著一個或更多來自於系統22之光束路徑行進，並且進入腔室26，以便照射位於一照射區域28中之一個或更多目標物。

如第1圖中進一步所示，該EUV光源20亦能夠包括一目
標物材料運送系統24，該系統例如將一目標物材料之液滴運送進入一腔室26之內部而到達照射區域28，液滴於該處
20 會與一個或更多光脈衝產生反應，例如一個或更多預脈衝以及隨後的一個或更多主脈衝，以便最終產生一電漿，並產生一EUV放射。目標物材料能夠包括，但並非一定限定於一種包括錫、鋰、氫或其混合物之材料。EUV發射元素，例如錫、鋰、氫等等能夠採用液滴之形式且/或包含在液滴

中之顆粒，或者是任何其他的形式，其以不連續的量將EUV發射元素運送到目標體積。例如，元素錫能夠使用純錫；一錫化合物，例如 SnBr_4 、 SnBr_2 、 SnH_4 ；一錫合金，例如錫-鎳合金、錫-鈾合金、錫-鈾-鎳合金，或是其混合物。依照使用之材料，目標物材料能夠在各種溫度出現在照射區域28，包括室溫或是接近室溫(例如錫合金 SnBr_4)，在一升高之溫度(例如純錫)，或者是室溫以下的溫度(例如 SnH_4)，且在某些案例中則可能相當具有揮發性，例如 SnBr_4 。更多有關於在一LPP EUV來源中使用這些材料之細節係提供於2006年4月17日所申請，標題為「用於EUV光源之另擇燃料」的共同審查中之美國專利申請案11/406,216號(代理人案號2006-0003-01)中，其內容先前係以參考方式併入本文之中。

繼續參考第1圖，EUV光源20亦能夠包括一光學儀器30，例如，採用一截頭橢圓形式之一收集器鏡片，其具有鉬與矽交替層之經過分級的多層塗佈。第1圖顯示該光學儀器30能夠形成具有一孔隙，以容許藉由系統22所產生之光脈衝通過，並且到達照射區域28。如圖所示，該光學儀器30可為例如一橢圓鏡片，其具有位於照射區域28內或接近照射區域之一第一焦點、以及位於所謂的中間區域40處之一第二焦點，EUV光線能夠從EUV光源20輸出，並且輸入到一使用EUV光線之裝置，例如一積體電路光微影工具(未顯示)。如圖所示，光學儀器30係佈置成使得該光學儀器30上的最接近可操作點位在與照射區域28相隔一段距離d之處。體認到的是，能夠使用其他的光學儀器取代橢圓鏡片，

用以將光線收集並導引到一中間位置，以便後續運送到一使用EUV光線的裝置，例如該光學儀器可為拋物線狀，或者是能夠加以構造成將具有一環狀橫剖面之一光束傳送到一中間位置，參看例如2006年8月16日所申請，標題為「EUV光學儀器」之共同審查中的美國專利申請案11/505,177號(代理人案號2006-0027-01)，其內容係以參考方式併入本文中。

至於文中所使用方面，術語「光學儀器」及其衍生物包括，但並非必定限定於反射且/或傳播且/或操作入射光線之組件，且包括但並非必定限定於鏡片、窗口、過濾器、楔形件、稜鏡、稜柵、分級器(grading)、標準具、擴散器、傳輸光纖、偵測器與其他儀器組件；孔隙、止件與鏡片包括多層鏡片、近垂直入射鏡片、掠入射鏡片、鏡面反射鏡以及擴散反射鏡。此外，至於文中所使用方面，術語「光學儀器」及其衍生物並非刻意將組件限定成單獨操作或是在一個或更多特定波長範圍內具有優點，諸如EUV輸出光線波長、照射雷射波長、適用於度量衡或是某些其他波長的一波長。

持續參考第1圖，EUV光源20亦能夠包括一EUV控制器60，其亦能夠包括一發射控制系統65，用以觸發在系統22中的一個或更多燈泡且/或雷射裝置，藉以產生光線脈衝，用以傳遞進入腔室26。EUV光源20亦能夠包括一液滴位置偵測系統，其能夠包括一個或更多液滴成像器70，該成像器提供一個或更多液滴之例如相對於照射區域28的位置之

輸出指示。成像器70能夠將此輸出提供到一液滴位置偵測回饋系統62，其能夠例如計算一液滴位置以及軌跡，一液滴誤差能夠以個別液滴為基準或是以平均方式自該系統計算得知。液滴誤差接著能夠提供作為對於控制器60之一輸入，其能夠例如提供一位置、方向且/或時序校正訊號到系統22，以便控制一來源時序電路且/或控制一光束位置與成形系統，例如，以改變傳遞到位於腔室26中之照射區域28的光線脈衝之位置且/或焦度。

如第1圖中進一步顯示，EUV光源20能夠包括一液滴傳遞控制系統90。該系統能夠操作以反應一來自於控制器60之訊號(在某些實施方式中能夠包括以上所述之液滴誤差，或是某些實施方式為從其衍生之數量)，以便例如修改來自於一液滴傳遞機構92之釋放點，用以修正到達所需照射區域28之液滴中的誤差。

對於EUV光源20而言，該液滴傳遞機構92能夠包括例如一液滴分配器，其能夠產生1)一個或更多離開該分配器之液滴流；或是2)一個或更多連續流，其離開分配器，且隨後由於表面張力而分裂成為液滴。在任一案例中，液滴能夠產生與傳遞到照射區域28，以致於使一個或更多液滴能夠同時存在於照射區域28中，容許一個或更多液滴同時藉由一初始脈衝(例如預脈衝)加以照射，以形成一適合暴露於一個或更多後續雷射脈衝(例如主脈衝)之膨脹目標物，用以產生一EUV發射，在一實施例中，一多孔隙分配器能夠用以產生一「蓮蓬頭式」效應。一般而言，對於EUV光源

20來說，該液滴分配器可為調變式或非調變式，且能夠包括一個或數個孔隙，目標材料透過該等孔隙通過分配器，以產生一個或更多液滴流。更多有關於上述分配器之細節及其相關優點能夠在2006年2月21日申請，標題為「具有預脈衝之雷射生成式電漿EUV光源」之共同審查中的美國專利申請案11/358,988號(代理人案號2005-0085-01)、2005年2月25日申請，標題為「用於EUV電漿來源目標物運送之方法與設備」之共同審查中的美國專利申請案11/067,124號(代理人案號2004-0008-01)，以及2005年6月29日申請，標題為「LPP EUV電漿源材料目標物運送系統」之共同審查中的美國專利申請案11/174,443號(代理人案號2005-0003-01)中得知，各個專利申請案之內容係以參考方式併入本文中。

EUV光源20能夠包括一個或更多EUV度量衡儀器，用以測量藉由該光源20所產生的各種性質。該等性質能夠包括例如強度(例如總強度或是在一特定光譜頻帶中的強度)、光譜帶寬、極性等。對於EUV光源20而言，該等儀器能夠加以構造成當例如光微影掃描器之下游工具在線上時運作，例如進行使用例如一選截鏡片採樣一部份之EUV輸出或是採樣「未經收集」之EUV光線，且/或能夠在例如光微影掃描器之下游工具離線時運作，例如進行測量EUV光源20之整個EUV輸出。

如以上所述，在照射區域28照射一目標物會產生一電漿，並產生一EUV放射。此外，至於此程序之副產物方面，

所產生之離子典型會以各個方向離開該電漿。一般而言，離開電漿之離子的初始能量會隨著範圍而變化，且該範圍係藉由一些因素所影響，這些因素包括但並非限定於：照射光線之波長、能量、強度與脈衝形狀，以及目標物材料的成分、尺寸、形狀與形式。先前亦指出，若沒有衰減，這些離子能夠使得鄰近的光學儀器性能降低，諸如鏡片、雷射輸入窗口、度量衡窗口、過濾器等。

第1圖顯示一流動氣體能夠配置於電漿(照射區域28)與光學儀器之間，該氣體建立一足以跨過該距離 d 運作之氣體壓力，以便在離子到達光學儀器以前，將離子能量降低到一目標最大能量強度。例如，能夠提供一氣體壓力，該壓力足以將離子能量降低到約 $10\sim 200$ eV之間的一目標最大能量強度，且在某些案例中降低到 30 eV以下。對於第1圖中所示之裝置的操作而言，考慮到的是，建立跨過距離 d 之一目標壓力的該流動氣體在EUV光線產生期間將會存在。考慮選擇一適當氣體成分與氣體壓力之因素包括該氣體成分的離子阻止能力(例如在一段約20公分的距離將離子減低到 30eV 以下)，以及做為壓力之一函數的該氣體之EUV吸收性(例如當EUV從電漿行進到收集器鏡片，且接著到達中間區域40上的一段 $1\sim 2$ 米之距離時提供一可接受的EUV吸收性)。

依照特定之應用，適用的氣體能夠包括氫氣，例如大於50%的氫氣、重氫、氦及其混和物。例如，對於具有一最大初始離子能量之電漿產生離子且與該電漿相隔約15公

分之距離d而言，一種適合用以將離子能量降低到30eV以下的氣體可為壓力約為500 mTorr的氫氣。能夠使用SRIM(Stopping and Range of Ions in Matter)軟體(網站www-srim-org販售)判定氣體壓力(能夠跨過一段特定距離d運作)，該壓力係為將一具有一初始離子能量之離子的能量降低到一選定能量以下所必須。由該壓力，便能夠計算出該氣體之預期的EUV吸收性。體認到的是，引入腔室之氣體可能與腔室狀況、離子且/或電漿產生反應而分解且/或產生離子，例如原子氫且/或氫離子，其能夠影響清潔/蝕刻且/或離子減慢。

第1圖進一步顯示出該光源20能夠包括一用以將一氣體引入腔室26之經過調節的氣體來源100，以及一用以從腔室26移除氣體的可調整泵102。藉此佈置方式，一流動氣體能夠配置於光學儀器30與照射區域28之間。從腔室26移除氣體能夠加以實行，以移除熱量，並從而控制腔室26內的溫度，以控制光學儀器30之溫度且/或從腔室移除污染物、蒸汽、金屬粉塵等。這些污染物能夠降低光學組件且/或吸收EUV光線的性能。控制氣體來源100以及泵102能夠用以維持一選定的氣體壓力以及選定的流動率通過腔室26。典型而言，該選定的流動率係取決於光源重複率以及EUV輸出脈衝能量。藉由範例，對於一錫目標物以及CO₂雷射系統，且光學儀器30佈置成與照射場28相距15公分，雷射脈衝能量約為500 mJ，且範圍為10~100kHz的EUV輸出重複率而言，能夠使用一約為100 sccm或更大的流動率。

對於光源20而言，氣體來源100能夠包括數種氣體，例如氫氣(H_2)、氦氣(He)、氬(Ar)與溴化氫(HBr)，該等氣體能夠單獨或是成為一混合物引入。此外，儘管第1圖顯示氣體係在一位置引入，能夠體認到的是，該氣體能夠在多個位置引入，並且能夠在多個位置加以移除。氣體能夠經由一氣槽加以供應，或者能夠當場產生。例如，氣體來源100能夠包括一隨選氫氣/氦氣產生器。能夠使用多種類型之裝置，包括一種使用一質子交換薄膜從水/重水萃取出氫氣/氦氣的裝置。此一裝置係藉由Domnick Hunter公司上市與販售，產品名稱為Hydrogen Generator，詳情例如參看網站www-domnickhunter-com。

依照所使用之氣體，能夠使用一稀釋氣體之來源104，以便在將氣體釋放進入大氣之前稀釋該離開氣體。例如，當使用氫氣(H_2)時(該氣體在4~25%之濃度容易具有爆裂性)，在釋放之前能夠使用諸如氮氣(N_2)之一稀釋氣體降低 H_2 的濃度(一般係低於4%，且更佳係低於0.4%)。另擇地，或者另外使用一稀釋氣體，能夠使用也許具有一白金觸媒之一觸媒轉換器，用以將氫氣轉換成水。

適合用以降低離子能量之氣體包括但並非限定於：氫(氕或重氫同位素)、氦及其化合物。此外，能夠包括用以移除沈積在光學儀器之表面上的污染物之一清潔/蝕刻氣體，諸如具有一鹵素之氣體。例如，蝕刻劑氣體能夠包括HBr、HI、 Br_2 、 Cl_2 、HCl或其化合物。藉由範例，當使用錫或是錫化合物作為目標物材料時，一適用的成分能夠包

括 50～99%之 H_2 以及 1～50%的 HBr 。能夠設置一洗滌器 105，以便移除些許或所有的蝕刻劑氣體蒸汽，如第1圖中所示。

第2A圖顯示使用SRIM軟體之計算標繪圖，該圖顯示具有 10 keV之初始能量的離子在 50 mTorr的氬氣中經過一段 200毫米的距離 d 係顯著擴散但並未停止。另一方面，第2B圖顯示使用SRIM軟體之計算標繪圖，該圖顯示具有 10 keV之初始能量的離子在 400 mTorr的氬氣中經過一段 170毫米的距離 d 係具有較少擴散(與第2A圖相較)，且能夠有效地停止。

第3圖顯示一量測標繪圖，該圖顯示三種不同氬氣壓力之離子停止情形。如圖所示，在沒有任何其他停止氣體的氬氣中，離子能量之分佈係藉由曲線150加以表示，該曲線顯示出最大初始離子能量係約為 3 keV。這些離子係藉著 CO_2 雷射脈衝以用於帶內轉換之最佳強度(例如 $CE \sim 4.5\%$)照射一平坦錫目標物所產生。使用一法拉第杯(Faraday Cup)(Kimball Physics公司之型號FC-73A)，將其佈置在與照射區域相隔約 16.5公分處，並且佈置成與輸入雷射光束軸線成大約45度的角度接受離子之方式進行測量。曲線152顯示對於具有一初始最大離子能量約為 3 keV的離子而言，在 120 mTorr的均勻且無流動之氬氣中，最大離子能量經過一段 16.5公分的距離 d 係降低成為約 1.5 keV。曲線154顯示對於具有一初始最大離子能量約為 3 keV的離子而言，在 210 mTorr的均勻且無流動之氬氣中，最大離子能量經過一段

16.5公分的距離d係降低成為約0.9 keV。曲線156顯示對於具有一初始最大離子能量約為3 keV的離子而言，在290 mTorr的均勻且無流動之氬氣中，最大離子能量經過一段16.5公分的距離d係降低成為約0.25 keV。第3圖亦顯示對於三種氬氣壓力經過一段2米路徑之經計算的EUV傳播，在120 mTorr之氬氣具有96%傳播，在210 mTorr之氬氣具有93%傳播，且在290 mTorr之氬氣具有90%傳播。

第4A圖顯示對於具有如第3圖之曲線150中所示的初始離子能量之離子而言，在與照射區域相隔16.5公分處使用一法拉第杯，並且將其佈置成與輸入雷射光束軸線成大約45度之一角度的最大觀察能量對於氬氣壓力之一標繪圖。第4B圖顯示在通過一段145公分的距離之後所測量得到的歸一化(normalized)帶內EUV訊號對於氬氣壓力的一函數，以及將離子流以 $\int I(E)dE$ 計算所得之該離子流對於氬氣的一函數。第4C圖顯示使用SRIM模擬軟體(如先前所述)加以計算的離子範圍(單位為公分)對於不同初始離子能量以及對於氬氣與氬氣之氣體壓力的函數之一標繪圖。

上述資料展示一種離子緩和技術，該技術能夠用以將離子流(亦即能量整合訊號)之強度抑制成萬分之一，並且具有一可接受的EUV吸收性。如以上所述，收集器鏡片塗佈能夠具有至少約500個犧牲層，且仍然提供完整的EUV反射性。考量到每百萬脈衝0.2層之測量得到的腐蝕率(缺乏離子緩和時)以及 10^4 的抑制因子(由於上述之緩和)，一超過 10^{12} 個脈衝之收集器壽命預估係對應成該收集器鏡片在高體積

製造環境中運作約1年。

第4D圖顯示一光源20'，其能夠包括一用以將一氣體引入腔室26'之經調節的氣體來源100'、以及一用以從該腔室26'移除氣體(若有需要時連同稀釋氣體104')之可調整泵102'。對於光源20'而言，該氣體能夠建立一足以跨過距離d(顯示於第1圖中)運作的氣體壓力，以便在離子到達光學儀器30'之前，將離子能量降低到一目標最大能量強度。對於第4D圖中所示之佈置而言，能夠設置一壓力降低構造150，以便降低腔室26'之部分(例如在構造150以及照射區域40'之間)中的壓力，且從而降低EUV光線藉由氣體加以吸收的吸收性。如圖所示，該壓力降低構造150能夠配置於照射位置28以及中間點40'之間，並且能夠包括具有複數個徑向且/或同心圓錐狀翼片之多重通道構造，該等翼片係佈置成容許光線從光學儀器30'行進到中間點40'，並使EUV光線障礙減到最小。在此同時，該構造150能夠對於氣體流提供充分的阻力，因此，離子減慢氣體壓力能夠對於該構造150與光學儀器30'之間的體積進行局部化。

脈衝成形

第5A~B圖顯示離子流能夠藉著以一脈衝成形光束照射目標物而降低。依照特定之應用，使用脈衝成形降低離子流能夠單獨使用或者是與一種或更多其他離子緩和技術結合使用，諸如使用如以上所述之離子減慢氣體、使用一箔片屏(具有或不具一減慢或反射氣體)，以及使用一電且/或磁場以反射或減慢離子。第5A圖顯示用於一未成形脈衝

之離子訊號，且第5B圖顯示用於藉由截除一脈衝之一尾端邊緣而產生脈衝成形的一驅動雷射脈衝之離子訊號。第5C圖透過圖表方式顯示脈衝截除。如圖所示，脈衝202波形之一尾端邊緣部分200能夠使用以下所述之其中一種技術加以截除，以產生一成形脈衝，該脈衝接著照射一目標物，以便產生一EUV發射，並降低離子流。儘管第5C圖顯示一尾端邊緣之截除，體認到的是，前導邊緣亦能夠加以截除，以便產生一成形脈衝，該脈衝接著照射一目標物，以便產生一EUV發射，並降低離子流。

第6圖顯示一種佈置方式，能夠使用該佈置方式經由脈衝截除產生一脈衝成形光束，致使產生一降低的離子流。如圖所示，一用以產生光線脈衝，並將該光線脈衝傳播進入一腔室26'之系統22'能夠包括一裝置326，例如產生雷射脈衝(例如主脈衝，並使各脈衝具有一脈衝期間)之振盪器、以及一具有一個或更多擴大腔室的放大器327。註：對於某些實施例而言，裝置326亦能夠提供預脈衝，或是能夠包括一單獨裝置(未顯示)，以提供預脈衝。如圖所示，該系統22'亦能夠包括一快門328，其能夠運作用以改變例如截除一脈衝，以致於僅將原始脈衝之一時態部分傳播到照射區域28'，以照射目標物材料。

第6圖亦顯示該佈置能夠包括一可任擇的測量儀器94'，諸如一法拉第杯或是其他用於例如回饋迴路之一控制迴路中的離子能量計，以確認或控制脈衝截除(註：儀器94'及其接頭係以虛線顯示，表示其係為一可任擇組件)。或

者，脈衝截除可為經控制之開放迴路(亦即可為未經控制，例如能夠使用固定脈衝截除)，且因此對於這些實行方式而言可能不需要一測量儀器。對於顯示之可任擇佈置而言，一控制器60'能夠接受一來自於該測量儀器94'之訊號，例如一回饋訊號、例如一指示離子能量(離子流或是最大離子能量)之訊號，且接著與快門328相連接。

對於第6圖中所示之EUV光源而言，快門328(概略顯示)能夠包括一例如具有一奈秒範圍之時間反應的電子光學開關，例如勃克爾盒(Pockel's cell)或克而盒(Kerr cell)，以及偏光板。例如，裝置326(例如CO₂雷射裝置)能夠使用偏光板且/或布魯斯特窗(Brewster's Window)，以致於使離開該裝置326之光線具有一主要偏光方向。以此佈置，快門能夠包括一電子光學開關以及一具有一垂直對齊藉由該裝置326所界定之主要偏光方向的傳播軸線之偏光板。因此，當該開關受激時，光線便能夠從該裝置326通過到達照射區域28'。另一方面，當該開關去激時，離開該裝置326之光線的偏光係經過旋轉，且係藉由偏光板加以吸收且/或反射(離開朝向照射區域28'之光束路徑)。第6圖中所示之該佈置的一特徵係在於，能夠將該快門328佈置在放大器327的上游，由於在快門328處具有相對低的雷射光強度，如此在某些應用中能夠有所助益。

適合用以作為第6圖中所示之裝置22'的雷射能夠包括一脈衝雷射裝置，例如，一例如以直流電(DC)或射頻(RF)激發，在例如10 kW或更高之相當高功率以及例如50 kHz

或更多的高脈衝重複率運作，產生9.3微米或10.6微米之輻射脈衝的氣體放電CO₂雷射裝置。在一特定實行方式中，該雷射可為一具有一主震盪功率放大器(MOPA)構造之軸流RF泵激CO₂，其帶有多重階段之放大，並具有一種子脈衝，

5 該種子脈衝係藉由一Q開關主振盪器(MO)以低能量與高重複率(例如能夠以100 kHz運作)加以引發。由於該MO，雷射脈衝接著能夠在進入LPP腔室之前加以放大、成形，並加以聚焦。連續泵激CO₂放大器能夠用於系統22'。例如，一具有一振盪器以及三個放大器(O-PA1-PA2-PA3構造)之適當

10 的CO₂雷射裝置係揭露於2005年6月29日所申請，標題為「LPP EUV光源驅動雷射系統」之共同審查中的美國專利申請案11/174,299號(代理人案號2005-0044-01號)中，其完整內容先前已經以參考方式併入本文之中。

依照應用，亦能夠使用其他類型的雷射，例如在高功

15 率以及高脈衝重複率運作之一準分子或是分子氬雷射。例如包括一固態雷射，例如具有一纖維或是盤形作用媒介；一MOPA構造準分子雷射系統，例如，如同美國專利第6,625,191號、6,549,551號以及6,567,450號中所示者；一具有一個或更多腔室(例如，一振盪器腔室)以及一個或更多放

20 大腔室(且該等擴大腔室係以並列或串列佈置)之準分子雷射；一主振盪器/功率振盪器(MOPO)佈置；一功率振盪器/功率放大器(POPA)佈置；或者是一種子注入一個或更多準分子或是分子氬放大器或是振盪器腔室固態雷射可為合適者，其他設計亦為可行。

第7圖顯示一種用於脈衝截除之光學佈置400，其具有一第一光學儀器402，該光學儀器在例如空氣之一氣體環境中將一脈衝光束404聚焦到一焦點406，以致於使超過一預定強度之光線在該焦點406處產生火花，且從而不會到達視準光學儀器408。對於所示之佈置而言係使用一共焦鏡片對作為聚焦與視準之用，然而，體認到的是，其他的光學佈置亦能夠適用。此技術容許用以截除一部份之脈衝，其包括一脈衝尖峰，或者該技術能夠加以構造成截除一並不包括脈衝尖峰之脈衝部分。

第7A圖顯示用於脈衝截除之另一種光學佈置500，其中來自於一來源502之一脈衝串係通過一適當可飽和吸收材料盒504。例如，對於來自於CO₂雷射之10.6微米的雷射光而言，一適當的可飽和吸收材料可為SF₆氣體。諸如第7圖中所示之共焦鏡片對之一光學佈置能夠可任擇地用以對於可飽和吸收材料盒504中的強度進行最佳化。

體認到的是，該佈置400、500能夠各自在每個脈衝之後使用一流動氣體(特別是高EUV光源重複率)，以便更新氣體(火花放電氣體或可飽和吸收氣體)。此外，對於具有多重放大器之驅動雷射而言，佈置400、500能夠佈置在第一放大器之前，位於放大器之間，或者是位於放大器鏈的下游。

第8圖顯示一種佈置方式，該方式能夠用以經由預脈衝產生一脈衝成形光束，產生一降低離子流。至於文中所使用，術語脈衝成形光束包括但並非必然限定於經過截除的脈衝(如以上所述者)以及預脈衝、主脈衝順序，其中一目標

物係藉由一個或更多預脈衝以及隨後的一個或更多主脈衝加以照射。對於文中所使用而言，該等預脈衝與主脈衝能夠源自於一共用雷射或是不同的雷射，且在某些案例中，該等預脈衝與主脈衝能夠構成一單獨脈衝的差異峰值，該

5 單獨脈衝必須例如使用一延遲路徑進行運作。

如第8圖中所示，系統22”能夠包括兩個用以分別產生預脈衝以及主脈衝的單獨裝置1300、1302。第8圖亦顯示一光束結合器1306能夠用以沿著一共用光束路徑1308結合來自於該等裝置1300、1302之脈衝。裝置1300可為例如產生

10 非相干光線之一燈泡，或者是一雷射。適合用以作為該裝置1300之雷射能夠包括脈衝氣體放電雷射，諸如準分子、CO₂等；脈衝固態雷射，例如盤狀Nd：YAG等。光線裝置1302典型係為一雷射(如以上所述)，且可為不同於裝置1300所使用的雷射類型。

15 如第8圖進一步顯示，裝置1300產生一串傳遞到一照射區域28a的預脈衝1310a、b。在目標區域處，各個預脈衝能夠照射至少一個液滴，以便產生一膨脹目標物。此外，裝置1302產生一串主脈衝1312a、b，並使各個主脈衝在或接近照射區域28a處照射之一個別的膨脹目標物，以便產生一

20 EUV光線輸出。

在某些但並非所有的佈置方式中，離子能量接著能夠藉由儀器94”(以虛線顯示成為可任擇設置)加以測量，且用於一回饋控制迴路中，以控制一個或更多預脈衝參數，改變一接續「成形脈衝」之形狀(亦即作為使用一固定不變脈

衝形狀之一另擇方式)。對於此可任擇的佈置方式而言，如第8圖中所示，控制器60''能夠接受一來自於儀器94''之訊號，例如，一回饋訊號；例如，一指示離子能量、離子光譜或類似物的訊號，且接著與發射控制系統65''相連接，以便單獨地觸發裝置1300、1302其中一者或二者且/或控制裝置1300的放電電壓。儘管控制器60''以及發射控制系統65''係顯示成為獨立元件，體認到的是，能夠將該控制器60''以及發射控制系統65''整合成為一共用單元且/或能夠共用一個或更多處理器、記憶板等。例如，預脈衝參數可為一預脈衝1310a以及一對應主脈衝1312a之間的一延遲時間 Δt 。如此可藉由控制對於裝置1300、1302之觸發時間加以達成。另擇地，或是除此之外，預脈衝之脈衝能量能夠加以改變，以控制脈衝形狀。

第9圖顯示具有一系統22'''之另一實施例，其中該來源所產生之一串預脈衝，以及該來源所產生的一串主脈衝能夠通過一共用脈衝放大器1314。對於此設置方式而言，該等主脈衝能夠使用一種如顯示與表示之1316(振盪器)、1318(PA1)、1320(PA2)、1314(PA3)的四腔室O-PA1-PA2-PA3構造加以產生。藉由雷射裝置1300'所產生的脈衝能夠在傳播到照射區域28b以前通過PA 1314作為放大之用，如圖所示。儘管第9圖中係顯示三個放大器，體認到的是，對於系統22'''而言能夠設置超過三個或是最少達一個的放大器。至於使用固定非交替式脈衝形狀之一另擇方式的方面，一可任擇的控制器60'''能夠接受一來自於儀器94'''之訊號，

例如，一回饋訊號；例如，一指示離子能量、光譜或類似物的訊號，且接著與發射控制系統65'''相連接，以便單獨地觸發裝置1300'''且/或振盪器1316且/或控制藉由裝置22'''所產生的脈衝形狀。在此方式中，一預脈衝參數，例如一預脈衝以及一對應主脈衝之間的延遲時間且/或預脈衝之脈衝能量能夠加以改變，以便控制脈衝形狀。

第10圖顯示一種佈置方式，其中能夠使用一脈衝延展器2300產生一成形脈衝，以便降低離子流。如圖所示，一來源2022'能夠包括一振盪器單元2200'、一時態脈衝延展器/倍增器2300以及一放大單元2202'。儘管第10圖顯示該脈衝延展器2300佈置於一振盪器單元2200'以及放大單元2202'之間，體認到的是，脈衝延展器2300能夠佈置於一放大單元之下游處(儘管可能出現較高的光學功率)，或者能夠與一單獨腔室雷射使用，以產生「成形脈衝」。更多有關於時態脈衝延展器之細節能夠在2005年8月9日頒給韋伯等人，標題為「長延遲與高TIS脈衝延展器」的美國專利第6,928,093號；2006年3月31日申請，且標題為「共焦脈衝延展器」之美國專利申請案11/394,512號(代理人案號2004-0144-01)；2005年5月26日申請，標題為「用於在一形狀如同一線性光束的雷射以及一沈積在一基板上的薄膜之間進行反應的系統與方法」之美國專利申請案11/138,001號(代理人案號2004-0128-01)；2002年5月7日申請，標題為「帶有光束傳送之雷射光微影光源」之目前成為美國專利第6,693,939號的美國專利申請案11/141,216號所得知，各個案件之揭露內

容係以參考方式併入本文中。

典型而言，這些光學脈衝延展器/倍增器包括一分光器2302，其使一部份的光束沿著一延遲路徑2304通過，使得離開延展器之脈衝形狀藉由選擇適當的分光器反射性以及延遲路徑長度加以控制。具體而言，脈衝延展器2300接受一般具有一單獨峰值之一輸入脈衝(亦即強度對於時間之標繪圖)，並輸出具有複數個時態間隔峰值之一脈衝。如圖所示，該延展器2300可為大體上無衰減的形式。

對於所示之延展器2300而言，分光器2302之反射性將會衝擊輸出峰值的相對強度，且延遲路徑的長度能夠建立峰值之間的時態間隔。因此，輸出脈衝形狀能夠藉著適當地選擇分光器反射性以及延遲路徑的長度而加以策劃處理。

一種能夠對於某些應用而言可任擇的特殊脈衝形狀包括一預脈衝接續一個更強的主脈衝峰值，如第10A圖與10B圖中所示者。更為詳細而言，第10A圖顯示離開一脈衝延展器之一脈衝2310的一形狀，其中分光器之反射性已經加以選擇，以致於使得第二峰值2312之強度較第一峰值2314為大，且延遲路徑長度係經過選擇，以致於使得前兩個峰值分隔一段時間 t_1 。為求顯示之目的，第10B圖顯示一離開一脈衝延展器之脈衝2310'的形狀，其中分光器之反射性係大約與對應第10A圖的分光器相同，且因此第二峰值2312'之強度係大於第一峰值2314'，但是卻使用一較長的延遲路徑長度，現在該兩個峰值係隔開一段時間 t_2 ，且 $t_2 > t_1$ 。另一

方面，同樣為求顯示之目的，第10C圖顯示一離開一脈衝延展器之脈衝2310”的形狀，其中分光器之反射性係小於對應第10A圖的該分光器，且因此該第二峰值2312”之強度係小於第一峰值2314”。注意到的是，對於脈衝2310”之延遲路徑長度係大約等於用於脈衝2310的延遲路徑長度，產生一峰值分隔時間 t_3 ，且 $t_3 = t_1$ 。因此，第10A~10C圖顯示，藉由改變分光器反射性以及延遲路徑長度，便能夠產生範圍寬廣的脈衝形狀。

使用一預脈衝之細節能夠在2006年2月21日所申請，標題為「帶有預脈衝之雷射生成式電漿超紫外線光源」之共同審查中的美國專利申請案11/358,988號(代理人案號2005-0085-01)所得知，該案之完整內容係以參考方式併入本文中。

第11圖顯示一裝置3000，該裝置佈置有一接受構造3002，以接受來自於照射區域3004之源材料。至於文中所揭露之方面，依照特殊之應用，接受構造3002能夠單獨加以使用，或者是與一種或更多其他碎片緩和技術結合使用，諸如如以上所述般使用一離子減慢氣體、使用一箔片屏(具有或不具離子減慢或是轉向氣體)、使用一電場且/或磁場以便使離子轉向或減慢，以及使用一脈衝成形光束(如以上所述者)。

如第11圖中所示，該裝置3000能夠包括產生一雷射光束3006之一雷射來源(未顯示)，該雷射光束經由雷射輸入窗口3010進入一腔室3008，並且在照射區域3004照射一源材

料，以便形成一電漿，並發出EUV光線。鏡片3012(例如，多層橢圓鏡片)能夠配置於腔室3008中，並且佈置成將EUV光線導引到一中間區域3014，如圖所示。中間區域3014可為一焦點，如顯示，或者能夠具有某些其他形狀，例如，
5 具有一環形橫剖面等，根據鏡片3012之形狀與構造而定。

第11圖進一步顯示該接受構造3002係佈置於與中間區域3014相隔一段距離 D_2 處，該中間區域3014係佈置於與照射區域3004相隔一段距離 D_1 處，且由第11圖可以見到的是， $D_1 > D_2$ 。對於第11圖到第13圖中所示之接受構造3002
10 的特定實施例而言，可以見到的是，該接受構造3002能夠包括一圓錐形外殼3016，其能夠界定一軸線3018，且該接受構造3002能夠進一步包含複數個(此案例中為六個)徑向翼片3020(亦參看第4D圖，該圖顯示巢狀圓錐翼片)。能夠設置一光止器3022，如圖所示。對於裝置3000而言，該光
15 止器3022能夠與接受裝置3002分離、附裝到該接受構造3002或是與該接受構造3002整體形成。

持續參考第11圖，能夠設置一溫度控制系統3024，用以加熱且/或冷卻接受構造3002，以便將該接受構造3002維持在一預先選定的操作溫度(或者在一預先選定的溫度範圍中)。例如，通道能夠形成於接受構造3002中，用以通過一熱交換流體，諸如水或液態鎔。該熱交換流體接著能夠通過一個或更多位於溫度控制系統3024中的加熱且/或冷卻子系統。另擇地，或者除了以上所述的外部加熱且/或冷卻子系統之外，能夠在接受構造3002中嵌入一個或更多的

加熱器，例如電阻加熱器等且/或例如使用焦爾-湯普森膨脹之冷卻單元。

在裝置3000之操作方面，諸如一液滴之一目標材料係藉由一個或更多脈衝加以照射，以產生一電漿。典型而言，
5 經照射之目標材料沿著光束方向移動，並且分散成為一寬廣立體角度。一大部分的材料能夠藉由光止器3022加以收集，其亦能夠經過溫度控制。例如，一用以收集且導引LPP目標材料之溫度控制型光止器係揭露於2006年8月25日所
10 申請，標題為「用於一雷射生成式電漿超紫外光源之源材料收集單元」之共同審查中的美國專利申請案11/509,925號(代理人案號2005-0086-01)中，其完整內容係以參考方式併入本文中。

目標材料照射之副產物能夠包括金屬粉塵、目標材料蒸汽與微液滴或簇，且能夠以多種形式存在，例如，以錫
15 而言，例如使用純錫或是一錫化合物，例如 SnBr_4 、 SnH_4 、 SnBr_2 等作為源材料，且副產物可能包括包括氧化物之錫化合物。例如來自於收集器鏡片腐蝕等之粉塵與其他污染物亦可能存在於腔室中。除此之外，這些副產物可能會損壞光學儀器，且吸收/散射EUV輻射。

20 藉由範例而並非限定，接受構造3002能夠用以收集液體與固體(在某些案例中為再熔固體)且/或凝結蒸汽。對於包含錫(Sn)之一目標材料而言，能夠將接受構造3002之某些或所有的可操作表面維持在一高於Sn之熔點的溫度，例如，高於約 230°C 。在此溫度，微液滴可能會黏附到該接受

構造3002之表面，且在某些案例中會由於重力而向下流動。固化金屬粉塵可能再熔成為熔態材料，並同樣向下流動。錫之化合物(例如氧化物)亦可能藉由液體流加以捕獲，並且從腔室移除。接受構造3002能夠具有互連通道(未顯示)，用以將液態金屬流從表面導引到底部，液態金屬能夠於該處加以收集。通道之位置與方向能夠相對於EUV源方位加以構造(例如，光源軸線能夠相對於水平傾斜約28度)，以確保接受構造3002上之液體的適當流動。另一方面，在某些應用中，能夠將接受構造3002之某些或所有可操作表面維持在一低於錫的熔點之溫度，例如低於約230°C (對於包含錫之一目標材料而言)。在這些溫度係有助於凝結，且能夠使液體與固體累積在接受構造3002上。

接受構造3002亦能夠作為冷凝蒸汽(例如，存在於腔室中的錫蒸汽)之一冷阱。下表顯示各種不同溫度的錫蒸汽壓力。

溫度(°C)	400°C	500°C	600°C
蒸汽壓力(托爾)	4.4×10^{-15}	3.6×10^{-12}	6.3×10^{-10}

裝置3000之一典型操作能夠有關於將接受構造3002維持在250~500°C 的範圍。錫蒸汽平衡壓力能夠建立成小於約 10^{-11} 托爾。對於裝置3000而言，如果蒸汽壓力小於一特定溫度的平衡壓力，通過接受構造3002之錫蒸汽便能夠擴散到該接受構造3002的壁部，並且凝結在壁部上。

由於凝結在壁部上之蒸汽濃度的衰減一般係藉由長寬

比加以界定。對於平坦，相隔開且具有無限寬度的平行板件而言，濃度 n 作為板件長度之一函數係由方程式加以描述：

$$n = n_0 e^{\frac{\pi}{2a}} \cos\left(\frac{\pi y}{2a}\right) \quad (1)$$

5 其中 n_0 係為入口處之蒸汽濃度， x 係為沿著通道的座標，且 a 係為板件之間的距離。餘弦函數描述徑向輪廓。對於一圓柱狀通道而言，該分佈係藉由下式加以表示：

$$n(x, r) \approx n_0 e^{\frac{2.4x}{R}} J_0\left(\frac{2.4r}{R}\right) \quad (2)$$

其中 R 係為圓柱半徑，且徑向分佈係藉由貝色耳(Bessel)
10 函數 J_0 加以描述。因此，對於板件與圓柱二者而言，在大長寬比的案例中，指數中之高長寬比 x/a 或 x/R 會導致沿著板件或是圓柱的長度之大量的蒸汽壓力衰減。由此分析能夠體認到的是，對於第11~16圖中所示之接受構造3002、3002'而言，蒸汽壓力衰減將依照徑向翼片3020、3020'之間的間
15 隔而定。

第11圖顯示僅能夠使用最小NA角度3026以及一最大NA角度3028之間的EUV光線之EUV光線使用工具，例如光微影掃描器(未顯示)。對於此一工具而言，該接受構造3002能夠加以依尺寸製作與構造成使得該接受構造3002的一中
20 心部分3030係位於最小NA角度3026內，且圓錐形外殼3016能夠配置在接近或位於最大NA角度3028以外。

典型而言，對於裝置而言，一足量的材料能夠分散超

過立體角3031，且從而錯過光止器3022，如圖所示，立體角3031係藉著來自於照射區域3004，且在交叉點3034延伸到達接受構造3002的線段3032加以限制。另外如圖所示，接受構造3002能夠延伸超過交叉點3034，並且朝向中間區域3014。因此，接受構造3002之邊緣3035能夠加以佈置在交叉點3034以及中間區域3014之間。在另一尾端處，接受構造3002之邊緣3037能夠附裝到鏡片或者是佈置成接近鏡片3012。能夠設置接口(未顯示)，以容許例如，液滴產生器、度量衡設備等之輔助設備與照射區域3004互動。

第11圖亦顯示，該裝置3000能夠包括一輸入接口3036以及排放泵3038a、b(例如渦輪泵)，以便引入與排出一種或更多氣體。這些氣體能夠用以做為離子減慢(如以上所述)且/或用以蝕刻/清潔一個或更多光學儀器，例如鏡片3012，且/或藉由接受構造3002協助收集粉塵/蒸汽。

第14~16圖顯示一接受構造3002'之另一實施例，其包括額外的徑向翼片3020'(與第11~13圖中所示的接受構造3002相較)。這些額外的翼片3020'導致產生增加的長寬比，且因此增加了穿透該接受構造3002'之蒸汽的衰減。體會到的是，某些EUV之衰減也有可能會來自於翼片3020'，但是此少量的EUV衰減係少於由於接受構造3002'以翼片對於氣體流的高拖曳阻力所得到的總EUV傳播增益。此「拖曳阻力」能夠在照射區域3004'以及中間區域3014'之間產生一差異。接近中間區域3014'處之低壓產生少量EUV吸收，而接近照射區域3004'處的高壓則能夠用以減慢離子且/或蝕

刻/清潔光學儀器(例如鏡片3012')。對於接受構造3002'而言，該等徑向翼片3020'能夠位於藉由掃描器光學儀器所界定的陰影區域中，以降低阻礙可用EUV光線到達該中間區域3014'。

- 5 第14與15圖亦顯示該接受構造3002'壁部能夠藉由封口3050加以密封到腔室的壁部，其能夠與該接受構造3002'分隔，或者是與該接受構造整體地形成。

- 第14圖亦顯示該裝置3000'能夠包括一輸入接口3036'以及排放泵3038a'、3038b'(例如渦輪泵)，以便引入與排放
- 10 一種或更多氣體。這些氣體能夠用於離子減慢(如以上所述)且/或蝕刻/清潔一個或更多光學儀器(例如鏡片3012')，且/或藉由該接受構造3002'協助收集粉塵/蒸汽。由於此構造之協助，氣體會流過該接受構造3002'中藉由翼片3020'所形成的通道。在黏性流的案例中(如果平均自由路徑係小於翼片
- 15 3020'之間的距離便會成立)，接受構造3002'的前側與遠離側之間的壓力差異將會與翼片3020'之間的距離平方成正比。在某一距離處，大部分的壓力將會落在接受構造3002'上，且在電漿區域中用以阻止離子的所需壓力，該接受構造3002後方的壓力將會非常微小，從而使得EUV之總衰減
- 20 能夠較不具有翼片的案例為小。翼片之長度(第15圖中之遠離邊緣3052的位置)能夠進行最佳化，以便增加接近中間區域3014'處的低壓氣體之體積。

雖然此專利申請案中以滿足35 U.S.C. §112所需要的細節描述及顯示之特定實施例係完全能夠達成任何上述目

的，為了上述實施例的態樣之目的或任何其他原因或藉其解決問題，熟諳此技藝之人士可瞭解到的是，上述實施例僅為範例性、示範性且代表本發明所廣汎想見的主體物。除非特別聲明，否則在下述申請專利範圍中以單數方式參考一元件並非意指或是表示解釋此宣告元件係為「一個且唯一」，而是指「一個或更多」。上述實施例之任何元件的所有對於普通熟諳此技藝之人士目前已知或稍後將得知的構造與功能同等物係明確以參考方式併入本文，且旨在藉由本申請專利範圍加以涵蓋。說明書中且/或申請專利範圍中所使用之任何術語以及在本申請案的說明書且/或申請專利範圍中所明確定義者應具有該意義，而與此一術語之任何字典或其他普遍使用的意義無關。說明書中所描述的一裝置或方法並非預計或必須作為處理或解決本申請案中所討論的此一以及每個問題的一實施例，其係藉由本申請專利範圍加以涵蓋。無論申請專利範圍中是否明確描述出元件、組件或方法步驟，本揭露內容之元件、組件或方法步驟並不預計對外公開。除非使用慣用語「用於...之構件」明確敘述元件，或者在方法宣告之情況中將元件敘述成為一「步驟」而非一「動作」，所附申請專利範圍中之宣告元件係不能視為屬於35 U.S.C. §112，第六節之條款。

【圖式簡單說明】

第1圖顯示一雷射生成式電漿EUV光源之一簡化的概略圖；

第2A圖顯示使用SRIM軟體之計算標繪圖，該圖顯示出

離子在50毫托爾之氫氣中係充分散射，但經過一段200毫米的距離而並未停止；

第2B圖顯示使用SRIM軟體之計算標繪圖，該圖顯示出離子在400毫托爾之氫氣中具有較少的散射(與第2A圖相較)，且能夠有效地停止在約170毫米之一距離；

第3圖顯示測量標繪圖，該圖顯示離子停止在距離電漿16.5公分之一距離處的三種不同之氫氣壓力；

第4A圖顯示對於具有初始離子能量如第3圖中之曲線150所示的離子而言，在距離電漿16.5公分之處的最大觀察所得能量對於氫氣壓力的一標繪圖；

第4B圖顯示在通過一段145公分之距離d以後的帶內EUV訊號對於氫氣壓力之一函數；以及將與電漿相隔一段16.5公分之距離的離子流計算成 $\int I(E)dE$ 之離子流對於氫氣壓力之一函數；

第4C圖顯示對於各種初始離子能量使用SRIM模擬軟體加以計算的離子範圍(單位為公分)對於氣體壓力(用於氫氣與氦氣)之函數的標繪圖；

第4D圖顯示一光源，該光源具有一壓力降低構造，以便降低腔室部分中的壓力，並從而降低藉由位在壓力降低部分中之氣體所吸收的EUV光線；

第5A圖顯示對於並未脈衝成形之一驅動雷射脈衝的離子訊號；

第5B圖顯示對於藉由截除一脈衝之一拖曳邊緣使脈衝成形的一驅動雷射脈衝之離子訊號；

第5C圖顯示一脈衝，並指出一部份之脈衝，其一拖曳邊緣部分能夠加以截除；

第6圖顯示用以經由脈衝截除產生一成形脈衝之一佈置；

5 第7圖顯示使用雷射火花用於脈衝截除之一光學佈置；

第7A圖顯示使用一可飽和吸收材料用於脈衝截除之一光學佈置；

第8圖顯示用以經由預脈衝產生一成形脈衝之一佈置；

10 第9圖顯示用以經由預脈衝產生一成形脈衝之一佈置，其中該預脈衝以及主脈衝二者皆通過一共用放大器；

第10圖顯示一雷射來源之另一實施例，其包括一振盪器單元、一時態脈衝延伸器以及一擴大單元；

第10A圖顯示能夠使用一脈衝延展器加以獲得之一第一脈衝形狀；

15 第10B圖顯示能夠使用一脈衝延展器加以獲得之其他脈衝形狀；

第10C圖顯示能夠使用一脈衝延展器加以獲得之另一脈衝形狀；

20 第11圖顯示具有一接受構造之一EUV光源的一概略剖面圖，該接受構造係佈置成接受來自於照射區域之源材料；

第12圖顯示第11圖中所示之該接受構造的一詳細圖；

第13圖顯示沿著第12圖中之線段13-13所觀察的一接受構造之一剖面圖；

第14圖顯示佈置於一EUV光源中之一接受構造的另一

實施例；

第15圖顯示第14圖中所示之該接受構造的一詳細圖；

第16圖顯示沿著第15圖之線段16-16所觀察的一接受構造之一剖面圖。

5 【主要元件符號說明】

20…雷射生成式電漿EUV光源	60″…控制器
20'…光源	60'''…控制器
22…系統	62…液滴位置偵測回饋系統
22'…系統	65…發射控制系統
22″…系統	65″…發射控制系統
22'''…系統	65'''…發射控制系統
24…目標物材料運送系統	70…液滴成像器
26…腔室	90…液滴傳遞控制系統
26'…腔室	92…液滴傳遞機構
28…照射區域	94'…儀器
28'…照射區域	94″…儀器
28a…照射區域	94'''…儀器
28b…照射區域	100…氣體來源
30…光學儀器	100'…氣體來源
30'…光學儀器	102…可調整泵
40…中間區域	102'…可調整泵
40'…中間點	104…稀釋氣體
60…控制器	104'…稀釋氣體
60'…控制器	105…洗滌器

150…壓力降低構造/曲線	1310b…預脈衝
152…曲線	1312a…主脈衝
154…曲線	1312b…主脈衝
156…曲線	1314…功率放大器3
200…尾端邊緣部分	1316…振盪器
202…脈衝	1318…功率放大器1
326…裝置	1320…功率放大器2
327…放大器	2022'…來源
328…快門	2022''…來源
400…光學佈置	2200'…振盪器單元
402…第一光學儀器	2202'…放大單元
404…脈衝光束	2300…脈衝延展器
406…焦點	2302…分光器
408…視準光學儀器	2304…延遲路徑
500…光學佈置	2310…脈衝
502…來源	2310'…脈衝
504…可飽和吸收材料盒	2310''…脈衝
1300…裝置	2312第…二峰值
1300'…雷射裝置	2312'…第二峰值
1302…光線裝置	2312''…第二峰值
1306…光束結合器	2314…第一峰值
1308…共用光束路徑	2314'…第一峰值
1310a…預脈衝	2314''…第一峰值

3000...裝置	3024...溫度控制系統
3000'...裝置	3026...最小NA角度
3002...接受構造	3028...最大NA角度
3002'...接受構造	3030...中心部分
3004...照射區域	3031...立體角
3004'...照射區域	3032...線段
3006...雷射光束	3034...交叉點
3008...腔室	3035...邊緣
3010...雷射輸入窗口	3036...輸入接口
3012...鏡片	3036'...輸入接口
3012'...鏡片	3037...邊緣
3014...中間區域	3038a...排放泵
3014'...中間區域	3038b...排放泵
3016...圓錐形外殼	3038a'...排放泵
3018...軸線	3038b'...排放泵
3020...徑向翼片	3050...封口
3020'...徑向翼片	3052...邊緣
3022...光止器	

十、申請專利範圍：

1. 一種超紫外線(EUV)光源產生裝置，其包含：

在一電漿場(plasma site)產生一電漿之一系統，該電漿產生EUV輻射，以及離開該電漿的離子；

- 5 一光學儀器，其與該電漿場相隔一段距離d；及
一配置於該電漿與該光學儀器之間的流動氣體，該氣體建立一氣體壓力，該氣體壓力足以橫跨該距離d運作，以便在該等離子到達該光學儀器之前，將離子能量降低到低於100 eV。

- 10 2. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該氣體包含氫氣。
3. 如申請專利範圍第2項之裝置，其中該氣體包含體積百分比大於百分之50的氫氣。
4. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該氣體包含重氫。
5. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該電漿包含錫。
15 6. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該光學儀器係為一多層鏡片。
7. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該系統包含一提供液滴之液滴產生器，以及一照射液滴以產生電漿的雷射。
20 8. 如申請專利範圍第7項之裝置，其中該雷射包含一增益媒介物，且該增益媒介物包含二氧化碳。
9. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該裝置包含一腔室，該光學儀器與該電漿係配置於該腔室中，且其中該氣體係引入該腔室，並且在電漿產生期間自該腔室排

放。

10. 如申請專利範圍第3項之裝置，其進一步包含一隨選 (on-demand) 氫氣產生系統。

11. 如申請專利範圍第10項之裝置，其中該氣體包含氫氣，
5 且該裝置進一步包含一稀釋氣體之來源，以便在釋放之前與排放氫氣相混和。

12. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該氣體包含氫氣，
且該壓力係大於100毫托爾(mTorr)。

13. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該氣體流動率係大
10 於100 sccm。

14. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該收集器鏡片將
EUV光線導引到一中間位置，且該裝置進一步包含一多
通道壓力減低構造，其配置於該電漿與該中間位置之
間。

15 15. 一種超紫外線(EUV)光源產生裝置，其包含：

在一電漿場產生一電漿之一系統，該電漿產生EUV
輻射，以及離開該電漿的離子；

一光學儀器，其與該電漿場相隔一段距離d；及

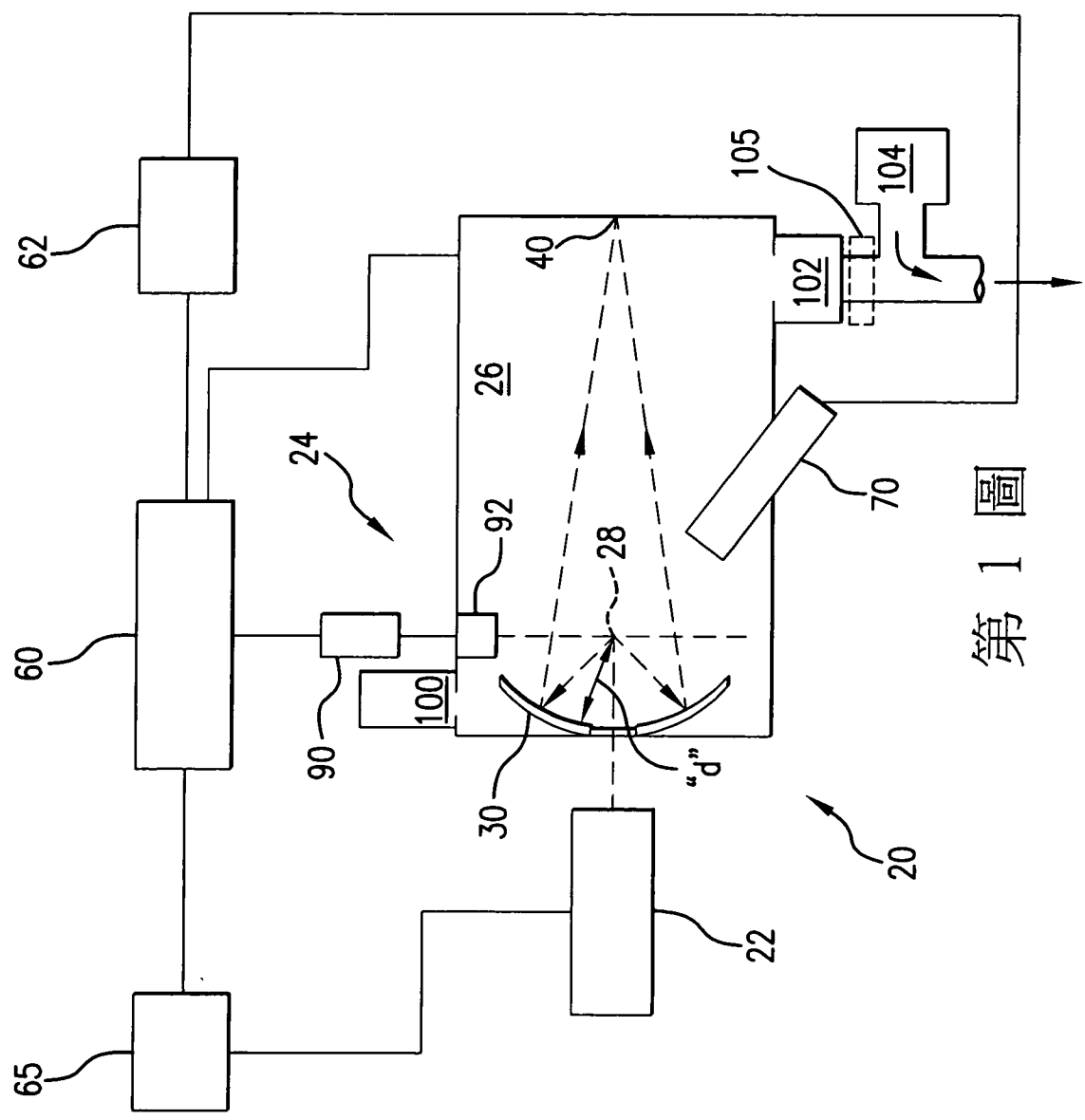
一包含一鹵素之氣體，該氣體配置於該電漿與該光
20 學儀器之間，該氣體建立一氣體壓力，該氣體壓力足以
橫跨該距離d運作，以便在該等離子到達該光學儀器之
前，將離子能量降低到低於100 eV。

16. 如申請專利範圍第15項之裝置，其中該鹵素包含溴。

17. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該氣體建立一氣體

壓力，該氣體壓力足以橫跨該距離 d 運作，以便在該等離子到達該光學儀器之前，將離子能量降低到低於30 eV。

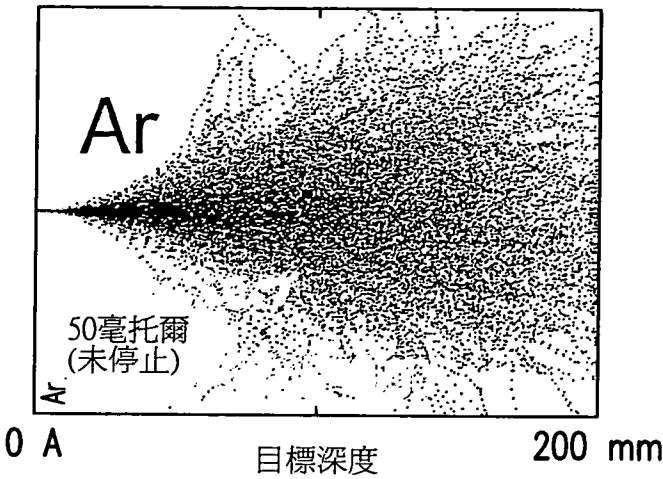
18. 如申請專利範圍第15項之裝置，其中該氣體建立一氣體壓力，該氣體壓力足以橫跨該距離 d 運作，以便在該等離子到達該光學儀器之前，將離子能量降低到低於30 eV。



第 1 圖

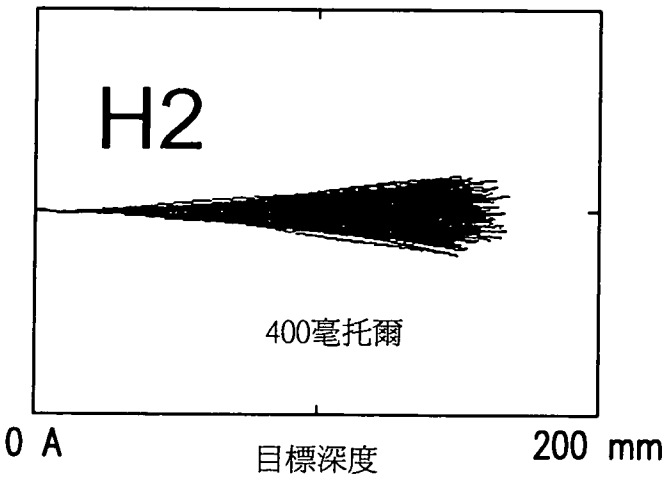
2/13

深度對於Y軸

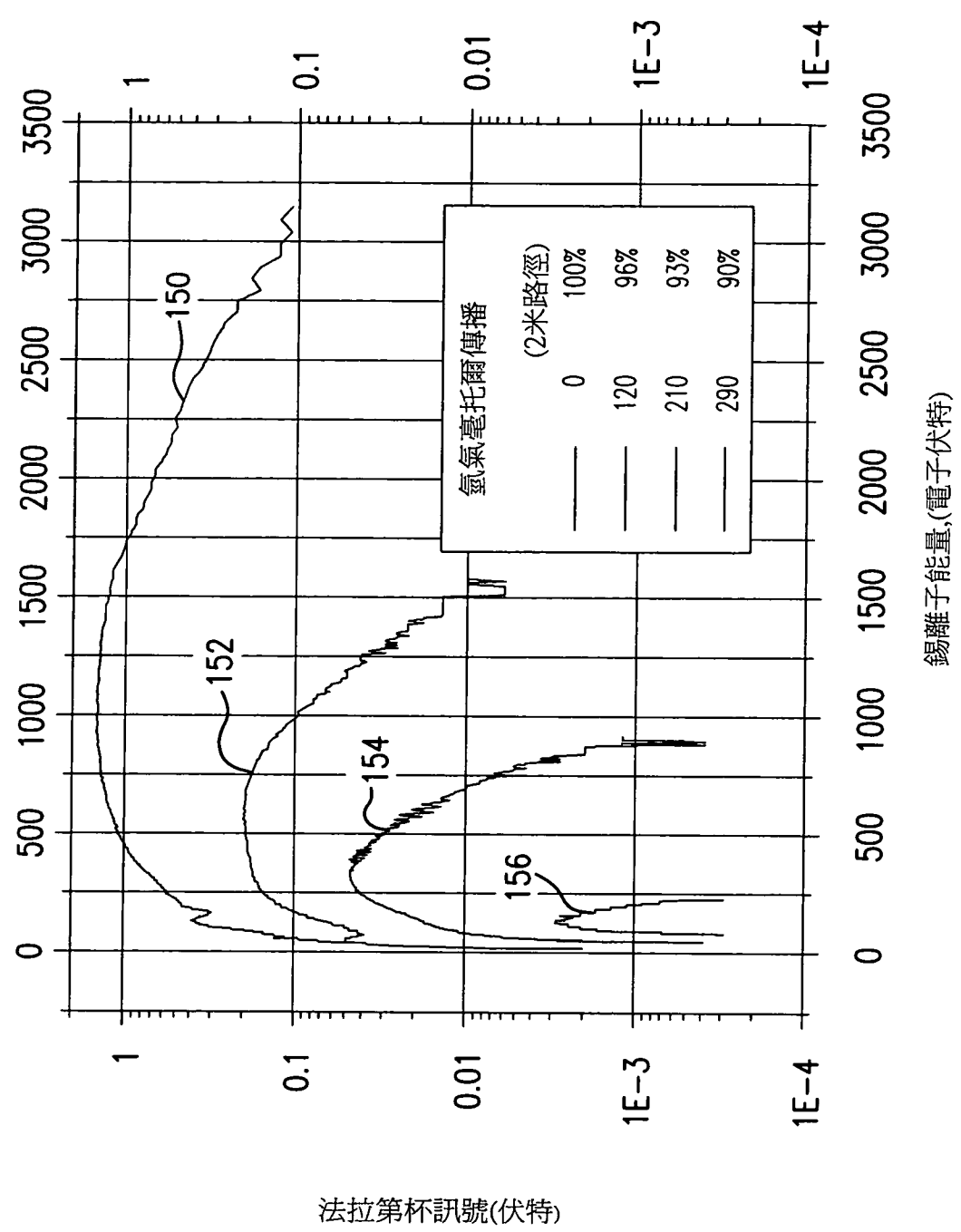


第 2A 圖

深度對於Y軸

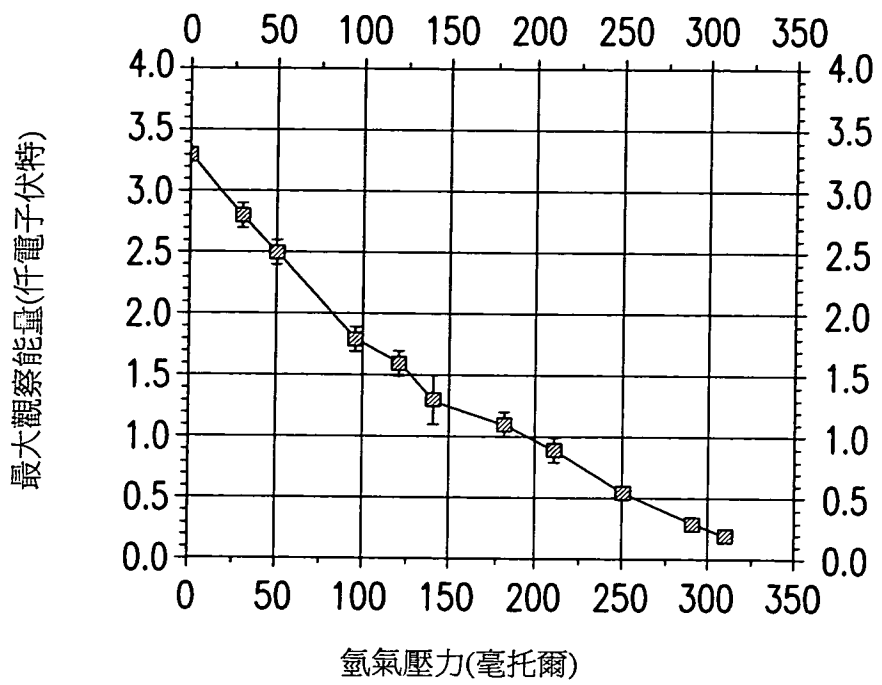


第 2B 圖

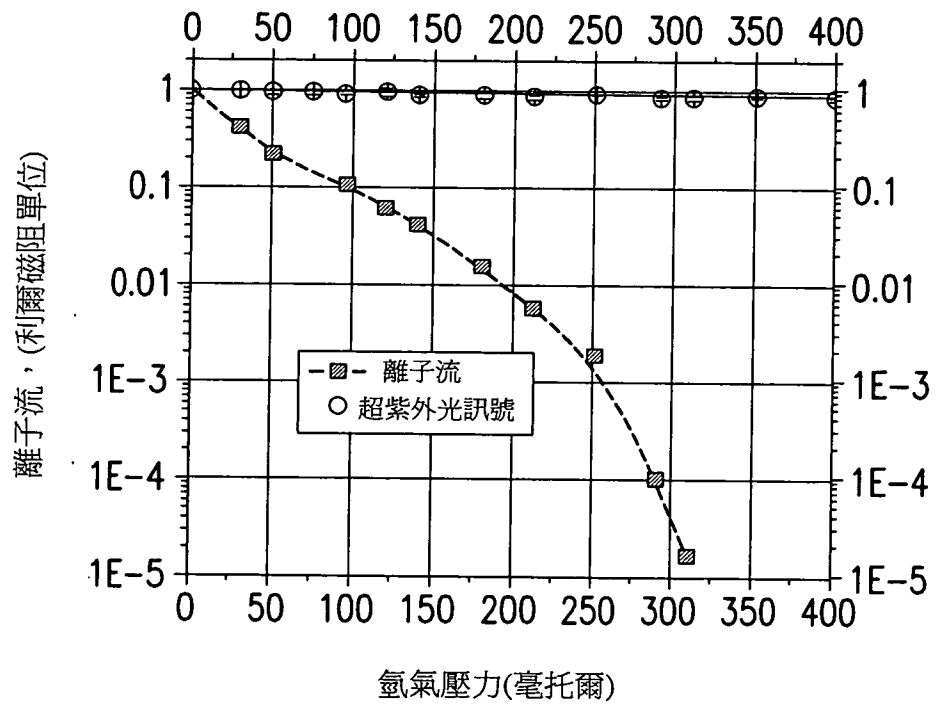


第 3 圖

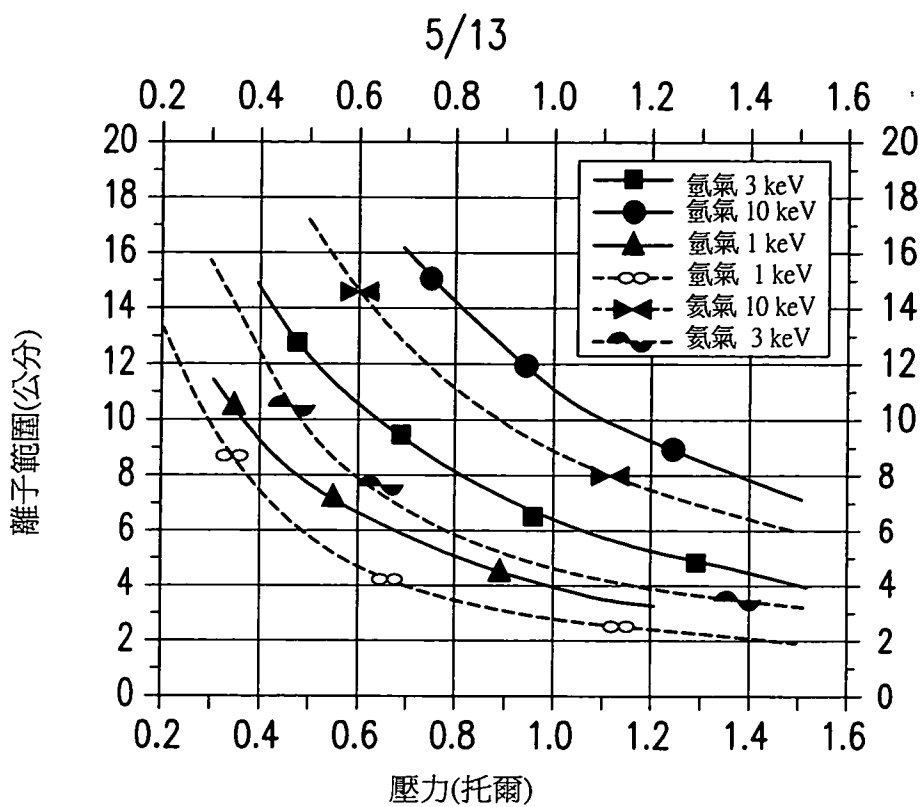
4/13



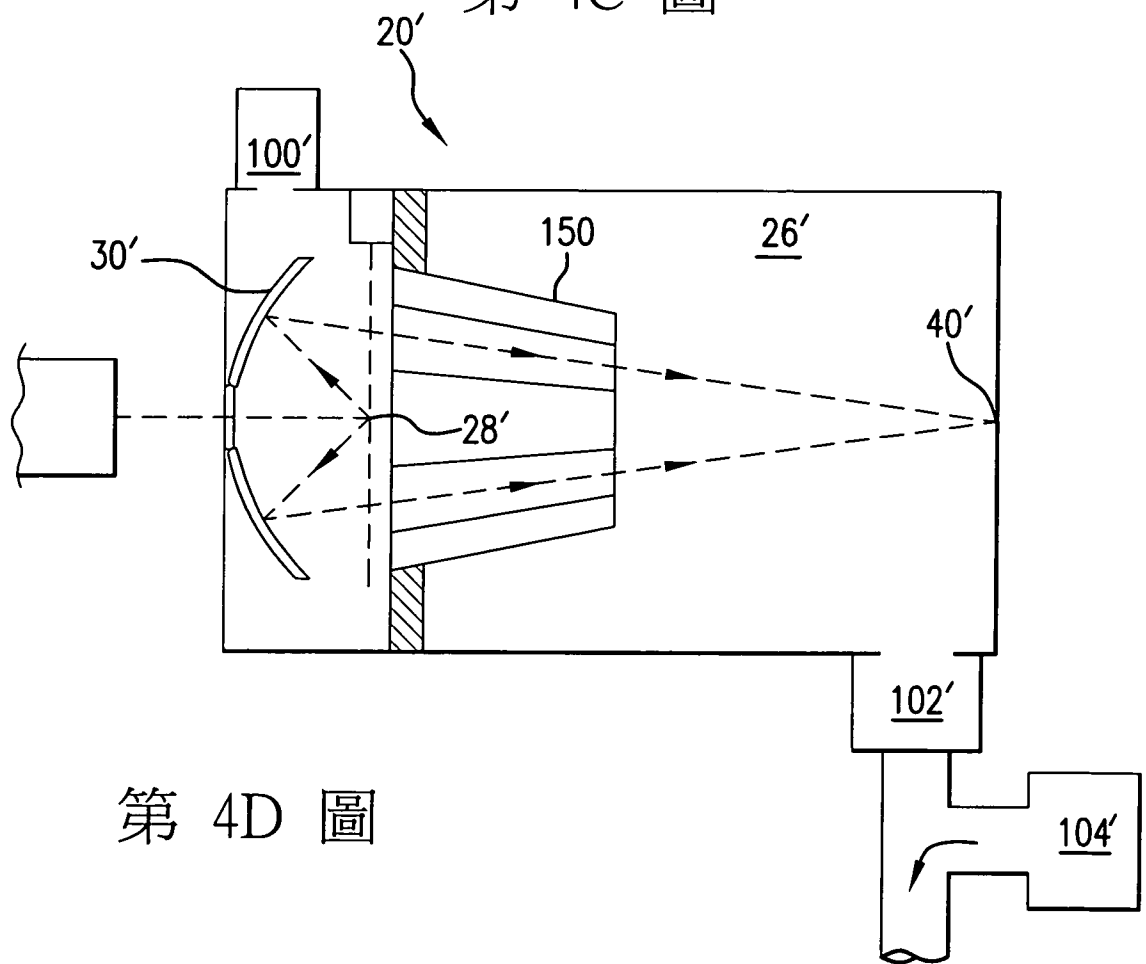
第 4A 圖



第 4B 圖



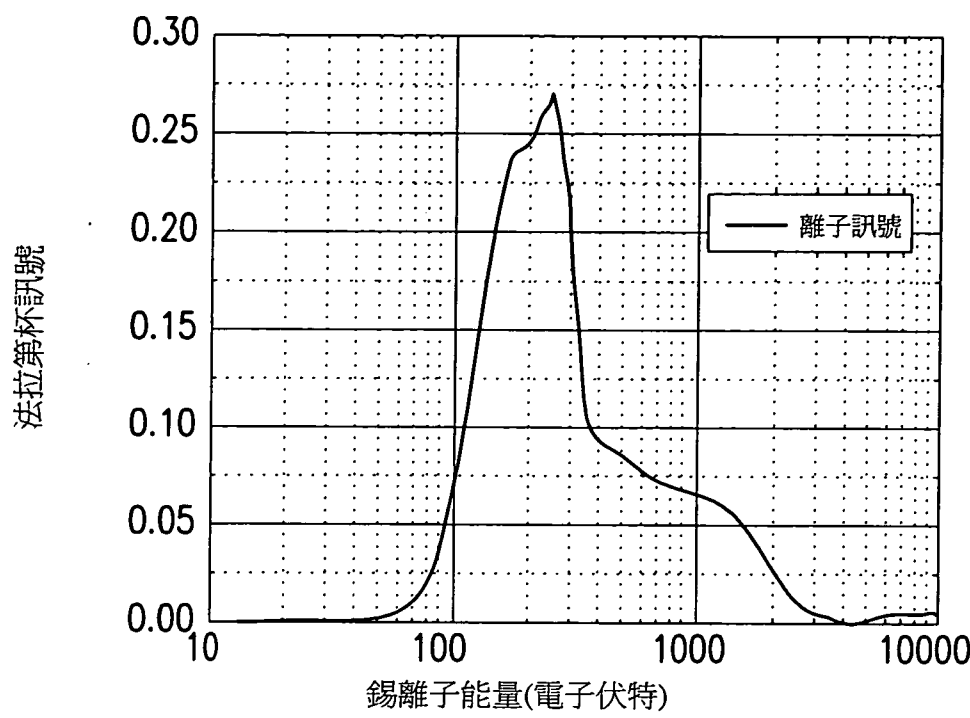
第 4C 圖



第 4D 圖

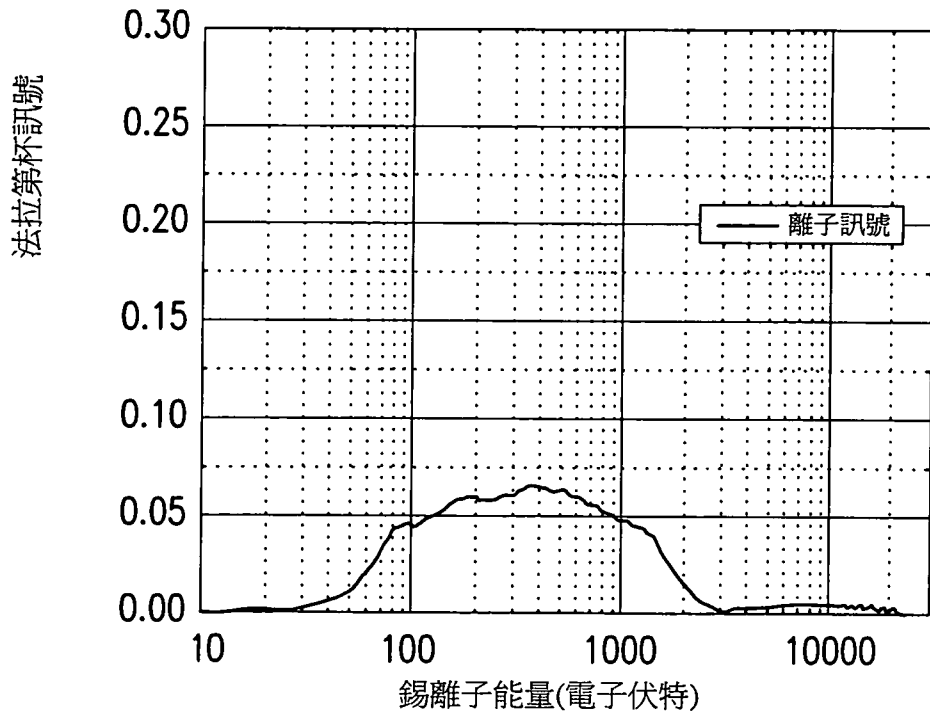
6/13

不具脈衝成形之離子訊號

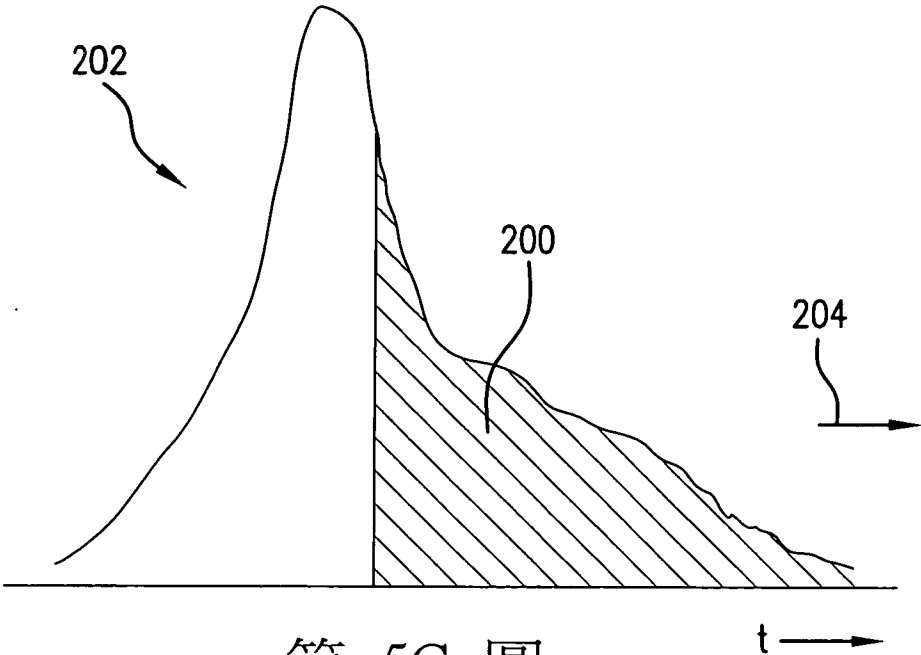


第 5A 圖

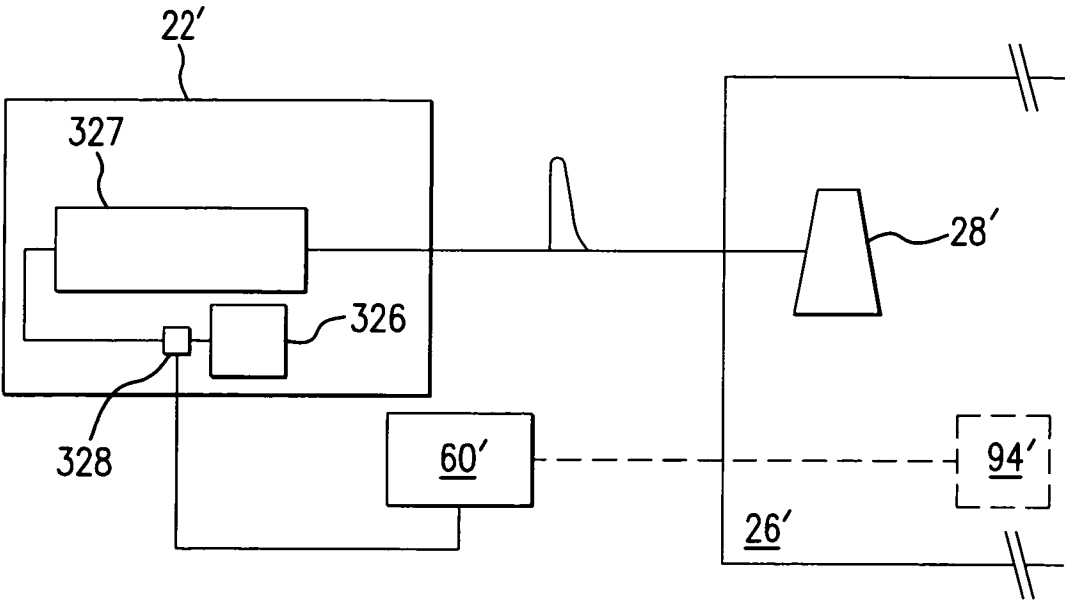
具脈衝成形之離子訊號



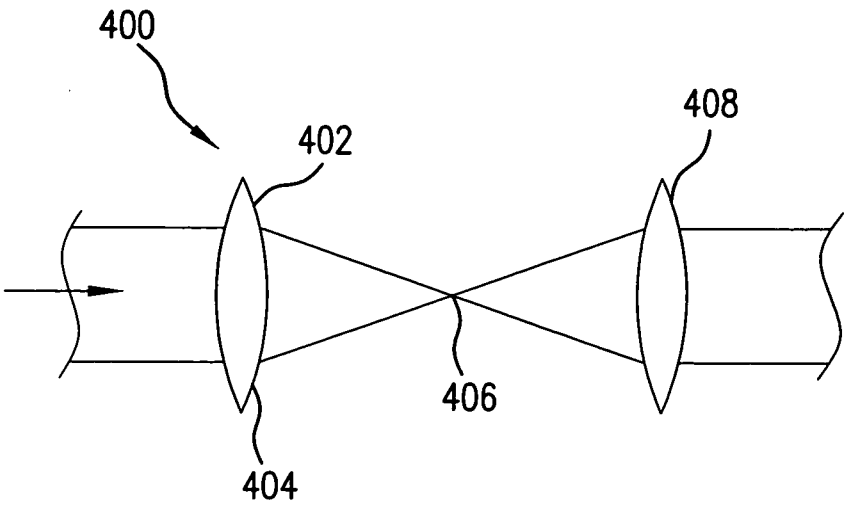
第 5B 圖



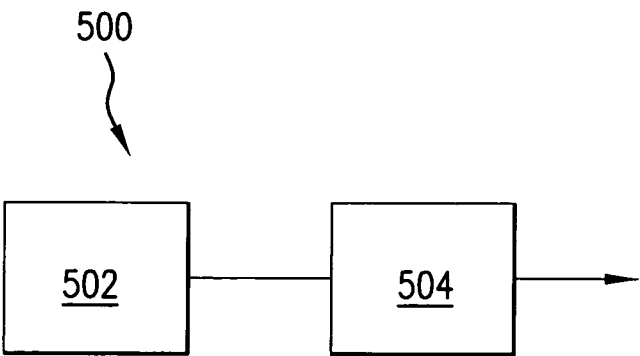
第 5C 圖



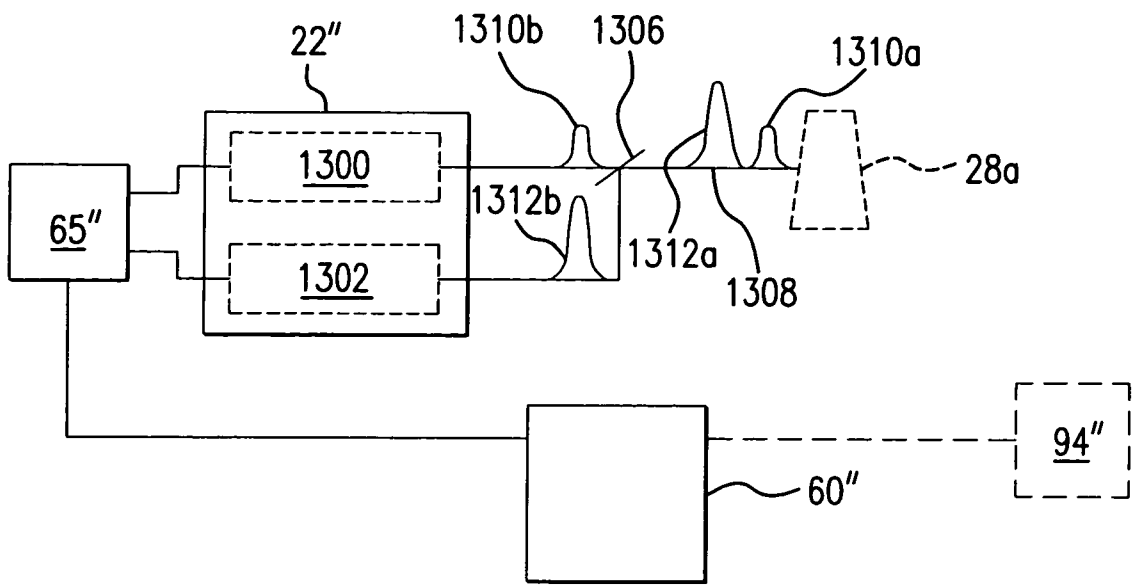
第 6 圖



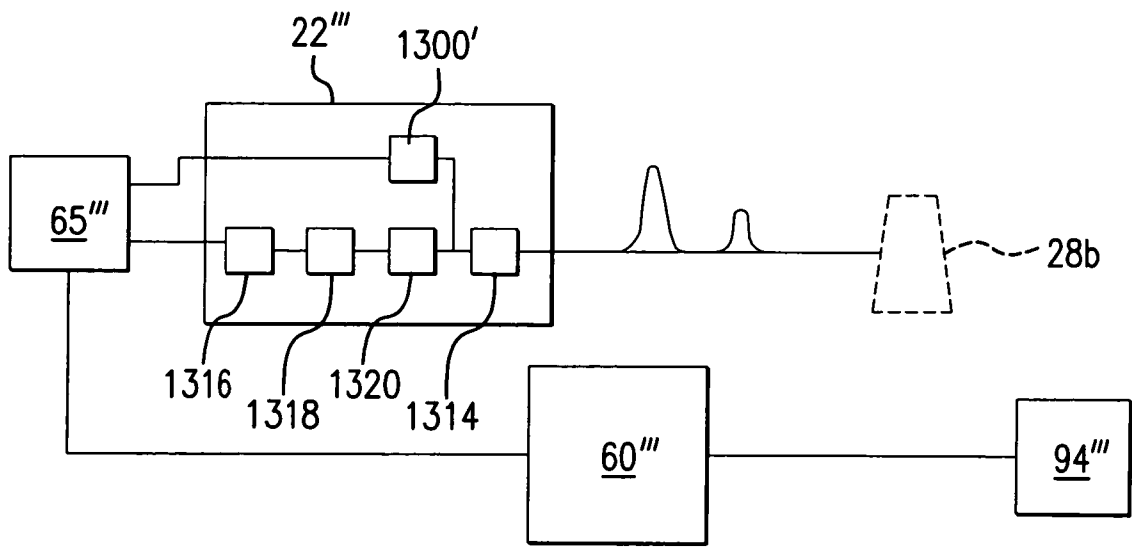
第 7 圖



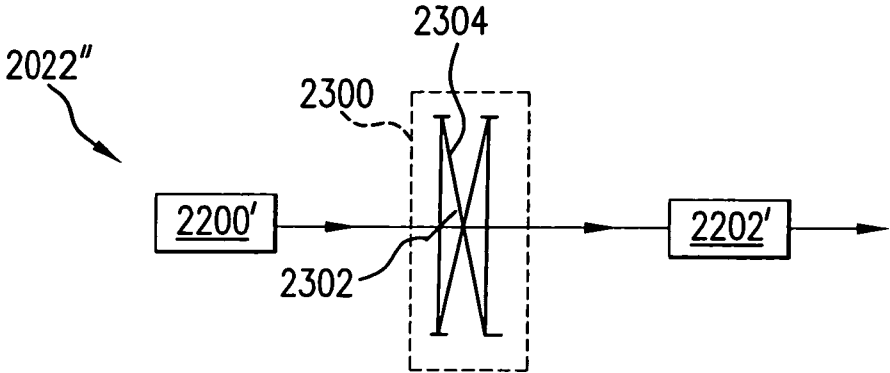
第 7A 圖



第 8 圖

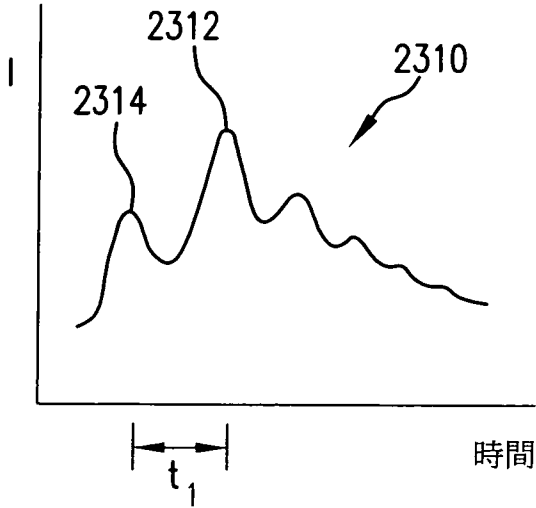


第 9 圖

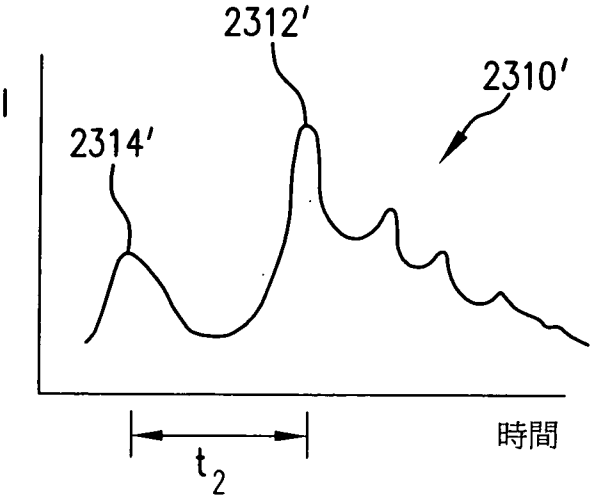


第 10 圖

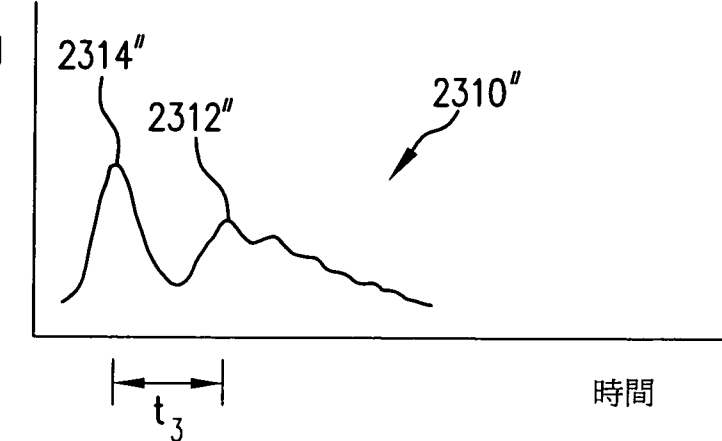
11/13



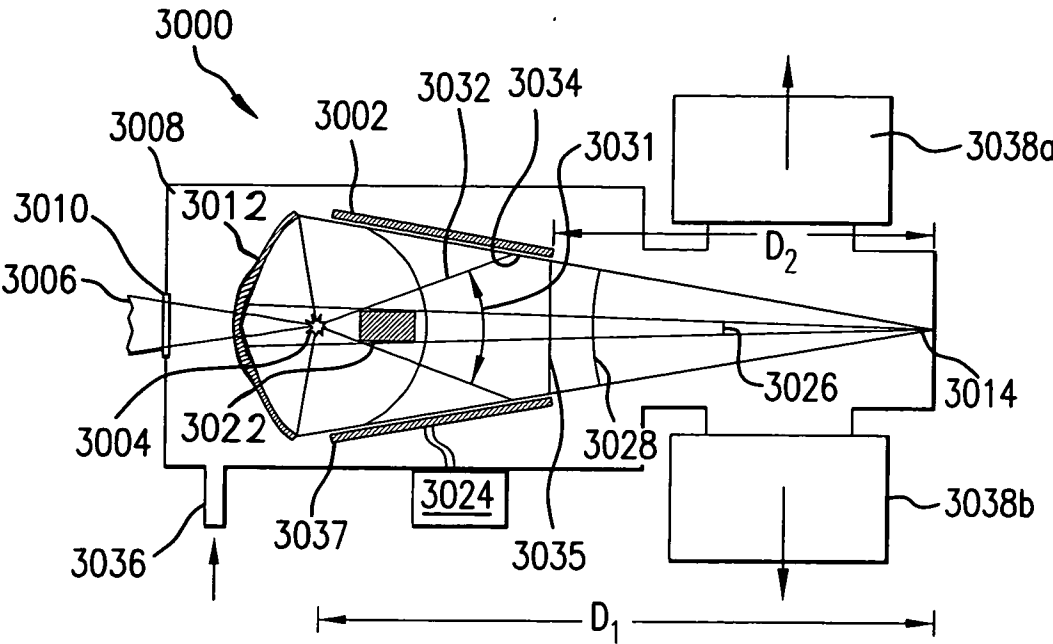
第 10A 圖



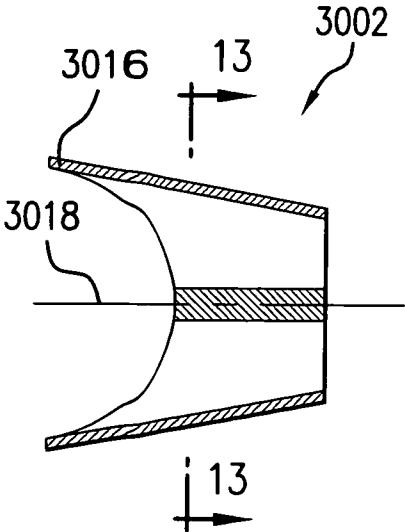
第 10B 圖



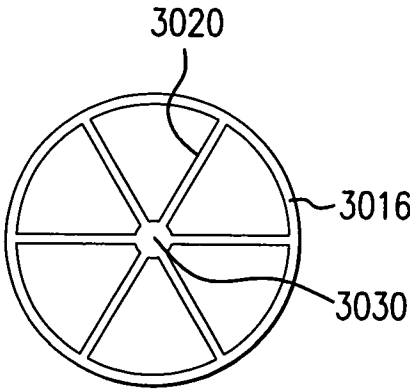
第 10C 圖



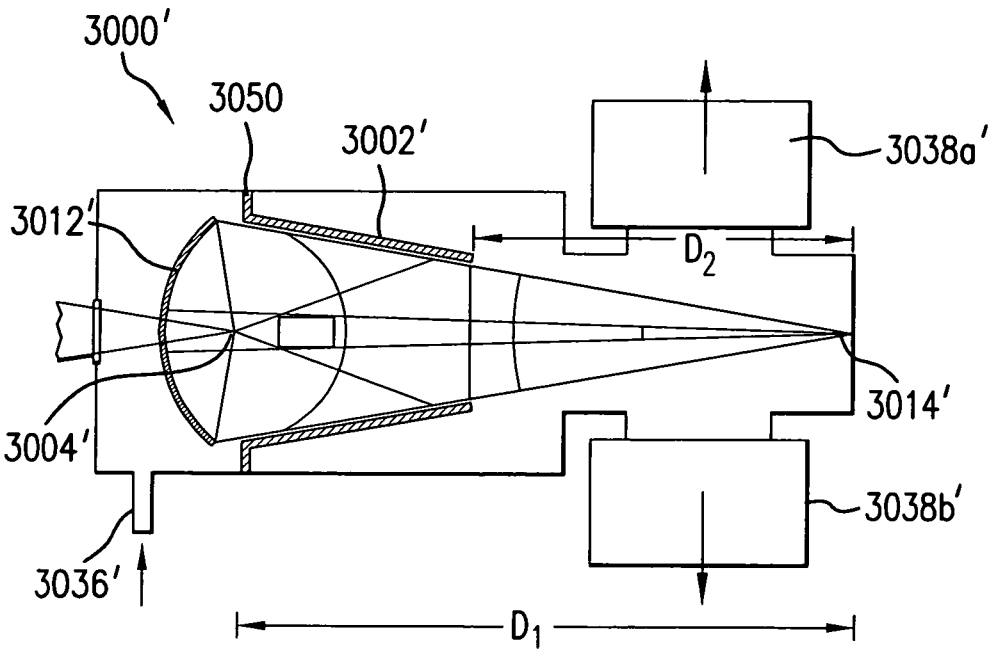
第 11 圖



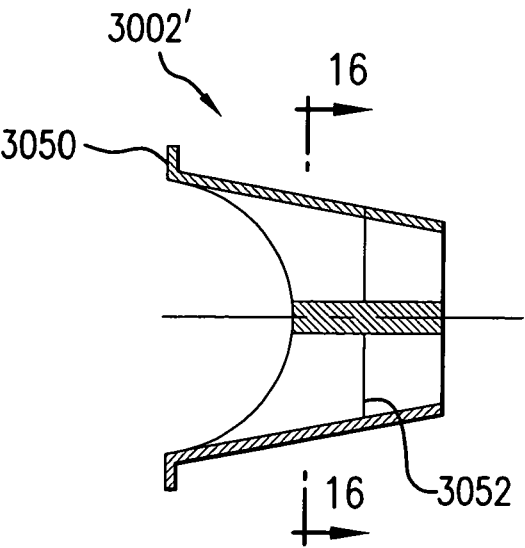
第 12 圖



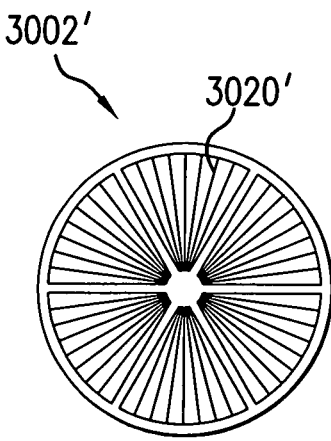
第 13 圖



第 14 圖



第 15 圖



第 16 圖