



(21)申請案號：099109123

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 03 月 26 日

(51)Int. Cl. : **H01S3/083 (2006.01)**

(30)優先權：	2009/03/27	美國	61/164,297
	2009/03/27	美國	12/413,341
	2010/03/16	美國	12/724,681

(71)申請人：希瑪有限責任公司(美國) CYMER, LLC (US)  
美國

(72)發明人：葉紅 YE, HONG (CN)；山德史東 理查 L SANDSTROM, RICHARD L. (US)；洛基司基 史拉瓦 ROKITSKI, SLAVA (RU)；布朗 丹尼爾 J W BROWN, DANIEL J. W. (AU)；拉法斯 羅伯特 J RAFAC, ROBERT J. (US)

(74)代理人：林嘉興

(56)參考文獻：

US 5557630

US 2008/0267242A1

審查人員：湯欽全

申請專利範圍項數：38 項 圖式數：15 共 56 頁

(54)名稱

再生環型共振器

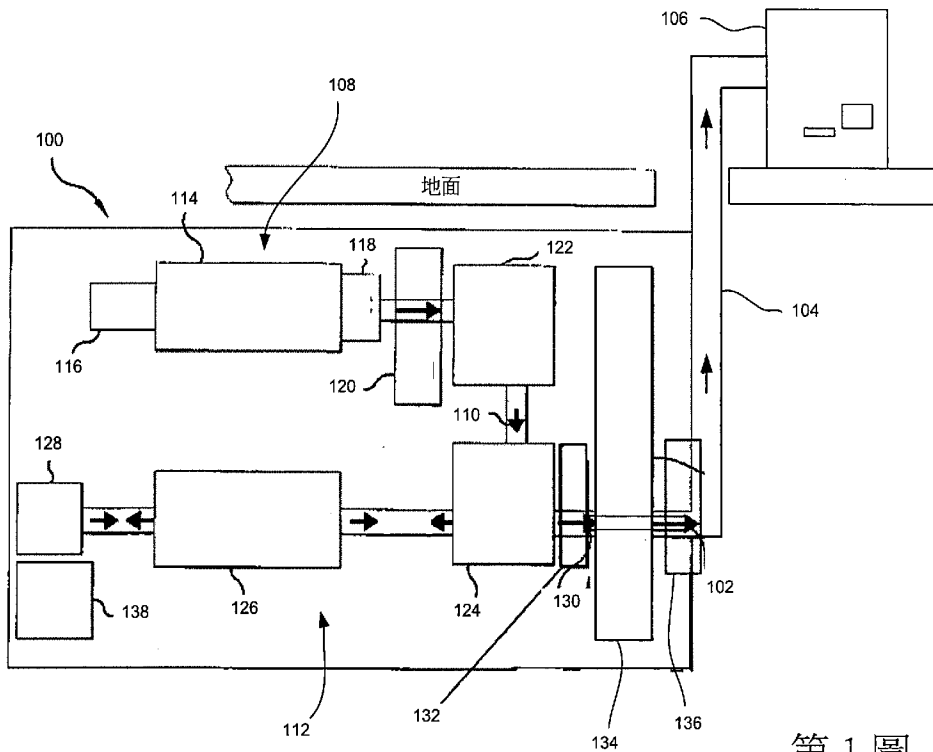
REGENERATIVE RING RESONATOR

(57)摘要

一雷射器包括一再生環型共振器，該再生環型共振器包括一放電腔室，該放電腔室具有電極及位於該等電極之間之一增益介質且用於產生一雷射光束；一部分反射光耦合器，及該雷射光束之路徑中之一光束調整光學系統。該光束調整光學系統橫向擴展該雷射光束之一剖面，使得近場雷射光束剖面均勻地填滿該雷射器內之每一光孔且使得當在導致該再生環型共振器內之光學元件中出現熱透鏡之功率下操作該雷射器時該再生環型共振器保持條件性穩定或邊界不穩定。

A laser includes a regenerative ring resonator that includes a discharge chamber having electrodes and a gain medium between the electrodes for producing a laser beam; a partially-reflective optical coupler, and a beam modification optical system in the path of the laser beam. The beam modification optical system transversely expands a profile of the laser beam such that the near field laser beam profile uniformly fills each aperture within the laser and such that the regenerative ring resonator remains either conditionally stable or marginally unstable when operating the laser at powers that induce thermal lenses in optical elements inside the regenerative ring resonator.

指定代表圖：



第 1 圖

符號簡單說明：

- 100 . . . 高平均功率重複脈衝雷射系統
- 102 . . . 高功率重複脈衝雷射光束
- 104 . . . 光束傳遞單元
- 106 . . . 微影機
- 108 . . . 主振盪器 (MO)
- 110 . . . 種子雷射光束
- 112 . . . 功率環型放大器(PRA)
- 114 . . . 放電腔室
- 116 . . . 減寬模組
- 118 . . . 輸出耦合器
- 120 . . . 線中心分析模組
- 122 . . . 光束調整光學系統
- 124 . . . 雷射光束調整光學系統
- 126 . . . 功率環型放大器放電腔室
- 128 . . . 光束轉向光學元件
- 130 . . . 輸出雷射光束
- 132 . . . 頻寬分析模組
- 134 . . . 脈衝伸展器
- 136 . . . 自動快門
- 138 . . . 控制系統

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：99109123

※ 申請日：99.3.26 ※IPC 分類：H01S 3/083 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

再生環型共振器  
REGENERATIVE RING RESONATOR

## 二、中文發明摘要：

一雷射器包括一再生環型共振器，該再生環型共振器包括一放電腔室，該放電腔室具有電極及位於該等電極之間之一增益介質且用於產生一雷射光束；一部分反射光耦合器，及該雷射光束之路徑中之一光束調整光學系統。該光束調整光學系統橫向擴展該雷射光束之一剖面，使得近場雷射光束剖面均勻地填滿該雷射器內之每一光孔且使得當在導致該再生環型共振器內之光學元件中出現熱透鏡之功率下操作該雷射器時該再生環型共振器保持條件性穩定或邊界不穩定。

## 三、英文發明摘要：

A laser includes a regenerative ring resonator that includes a discharge chamber having electrodes and a gain medium between the electrodes for producing a laser beam; a partially-reflective optical coupler, and a beam modification optical system in the path of the laser beam. The beam modification optical system transversely expands a profile of the laser beam such that the near field laser beam profile uniformly fills each aperture within the laser and such that the regenerative ring resonator remains either conditionally stable or marginally unstable when operating the laser at powers that induce thermal lenses in optical elements inside the regenerative ring resonator.

#### 四、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：

100...高平均功率重複脈衝雷射系統	120...線中心分析模組
102...高功率重複脈衝雷射光束	122...光束調整光學系統
104...光束傳遞單元	124...雷射光束調整光學系統
106...微影機	126...功率環型放大器放電腔室
108...主振盪器(MO)	128...光束轉向光學元件
110...種子雷射光束	130...輸出雷射光束
112...功率環型放大器(PRA)	132...頻寬分析模組
114...放電腔室	134...脈衝伸展器
116...減寬模組	136...自動快門
118...輸出耦合器	138...控制系統

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

相關申請案之交互參照

本申請案主張作為2009年3月27日提出申請之美國申請案第12/413,341號案之部分連續申請案之2010年3月16日提出申請的美國申請案第12/724,681號案之利益且還主張2009年3月27日提出之美國臨時申請案第61/164,297號案之利益。此等申請案之全部內容併入本文作為參考資料。

發明領域

本揭露標的係有關於諸如一氣體放電雷射器之一大功率雷射系統的一再循環環型共振器。

### 【先前技術】

發明背景

氣體放電雷射器用在光微影術中製造半導體積體電路。由於半導體製造術已發展到需要越來越小的特徵尺寸(即，用來製造積體電路的最小特徵尺寸)，此等雷射器之設計及性能已提高。例如，氣體放電雷射器已經經過重新設計來提供更短波長及更窄頻寬以支持更高解析度、提供更高的功率以使產量更高及穩定諸如劑量、波長及頻寬之性能參數。

準分子雷射器是用在光微影術中之氣體放電雷射器之一種類型，其可以以一高平均輸出功率操作於紫外線(UV)光譜範圍中來產生光譜頻寬減小的奈秒脈衝。

在一些情況下，此等雷射器設計有一雙腔室設計，該

雙腔室設計具有第一及第二腔室來將提供窄光譜頻寬與產生高平均輸出脈衝能量之功能分開。該第一腔室稱為主振盪器(MO)，其提供一種子雷射光束而該第二腔室稱為功率放大器(PA)、功率振盪器(PO)或功率環型放大器(PRA)且接收來自該MO之該種子雷射光束。該MO腔室能夠微調參數，諸如在相對低輸出脈衝能量下之該中心波長及該頻寬。該功率放大器接收來自該主振盪器之輸出且放大此輸出以獲得所需輸出功率來用在光微影術中。該雙腔室設計可稱為MOPA、MOPO或MOPRA，這取決於如何使用該第二腔室。

### 【發明內容】

#### 發明概要

在一些一般層面中，一種雷射器包括一再生環型共振器，該再生環型共振器包括一放大器放電腔室，其具有電極及該等電極之間之一增益介質並用於產生一雷射光束；一光耦合器，及在該雷射光束之路徑中之一光束調整光學系統。該光耦合器係部分反射使得從該放電腔室射到該光耦合器上之一雷射光束之至少一部分反射回該放大器放電腔室且從該放大器放電腔室射到該光耦合器上之該雷射光束之至少一部分經過該光耦合器傳播。該光束調整光學系統橫向地擴展該雷射光束之一剖面，使得該近場雷射光束剖面均勻地填滿該雷射器內之每一光孔且使得當在導致該再生環型共振器內之該等光學元件中出現熱透鏡之平均輸出功率下操作該雷射器時，該再生環共振器保持條件性穩

定或者邊界不穩定。該光束調整光學系統減少由於在一平均功率範圍內操作一氣體放電雷射放大器而造成之該輸出雷射尺寸之變化，該平均功率範圍中之一些可能很高。

實施態樣可包括以下特徵中之一個或多個。例如，該光束調整光學系統在該光耦合器與一光束轉向元件之間，該光束轉向元件位於該放電腔室之與面向該光耦合器之一側相對之一側上。該光束調整光學系統受組配以使離開該再生環型共振器之該雷射光束具有與進入該再生環型共振器之該雷射光束之該橫向光束剖面之尺寸相同或比其尺寸大的橫向光束剖面。

該光束調整光學系統受組配以將一負曲率賦給在該再生環型共振器內循環之該雷射光束之波前。該光束調整光學系統沿著該橫向方向逆向地改變該曲率。該光束調整光學系統包含一高反射鏡。該高反射鏡可以是凸面形。該凸面形高反射鏡具有介於大約50m與大約70m之間之一曲率半徑。

該雷射器還包括在該放電腔室外部且在該放電腔室之與面向該光學系統之一側相對的一側上的該雷射光束之該路徑中之一光束轉向光學元件。

在經過該光耦合器自該再生環型共振器遭解耦出之前，如果該雷射光束之該橫剖面之該尺寸隨著該雷射光束穿過該再生環型共振器之一部分而增大但該雷射光束橫剖面尺寸未超出該再生環型共振器內之該等光學元件中之任一之該橫向尺寸，則該再生環型共振器可能保持邊界不

穩定。

該光束調整光學系統包含一組稜鏡。該稜鏡組包含遭組配及安排之第一、第二及第三稜鏡，使得該第一及第三稜鏡減小沿著一第一方向傳播穿過該光束調整光學系統的該雷射光束之該剖面的該橫向尺寸，且該第三及第二稜鏡增大沿著一第二方向傳播穿過該光束調整光學系統的該雷射光束之該剖面的該橫向尺寸。該一個或多個第一、第二及第三稜鏡遭調整使得沿著該第二方向傳播穿過該光束調整光學系統且離開該稜鏡組的該雷射光束之該剖面之該橫向尺寸大於沿著該第一方向從該光耦合器傳播到該稜鏡組的該雷射光束之該剖面之該橫向尺寸。

從該再生環型共振器輸出之該雷射光束具有至少大約  $5\text{W}/\text{cm}^2$  之一平均照射度。在其它實施態樣中，從該再生環型共振器輸出之該雷射光束具有至少大約  $10\text{W}/\text{cm}^2$  之一平均照射度。在一些實施態樣中，從該再生環型共振器輸出之該雷射光束之該峰值照射度可小於  $30\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。

在其它一般層面中，一放電氣體雷射器之一雷射光束可透過以下步驟遭調整：引導該雷射光束穿過一再生環型共振器之一光耦合器；引導穿過該光耦合器之該雷射光束經過一放電腔室且返回該光耦合器，使得從該放電腔室照射到該光耦合器上之該光之至少一些反射回來經過該放電腔室且從該放電腔室照射到該光耦合器上之該光之至少一些經過該光耦合器傳播；及橫向地擴展該雷射光束之一剖面，使得該近場雷射光束剖面均勻地填滿該雷射器內之每



一光孔，且使得當在導致該再生環型共振器內之元件出現熱透鏡之功率下操作該雷射器時，該再生環型共振器保持條件性穩定或邊界不穩定。

實施態樣可具有以下特徵中之一個或多個。例如，該雷射光束之該剖面可遭橫向擴展，係藉由透過在引導該雷射光束經過該放電腔室之前使來自該光耦合器的該雷射光束經過一稜鏡組中之第一及第三稜鏡來壓縮該雷射光束之一剖面；及在該雷射光束經過該放電腔室之後透過在該雷射光束到達該光耦合器之前，使該雷射光束經過該稜鏡組之該第三稜鏡及一第二稜鏡來擴展該雷射光束之一剖面。該雷射光束剖面可透過將該雷射光束剖面擴展到比輸入到該稜鏡組之該雷射光束之剖面大之一尺寸而遭擴展。

在透過該光耦合器自該再生環型共振器遭解耦出之前，如果該雷射光束之該橫向剖面的尺寸隨著該雷射光束穿過該再生環型共振器之至少一部分而增大，但該雷射光束橫向剖面尺寸並不超過該再生環型共振器內之該等光學組件中之任一個之該橫向尺寸，則該再生環型共振器保持邊界不穩定。

該雷射光束之該剖面可透過將一負曲率賦予在該再生環型共振器內循環之該雷射光束之該波前而遭橫向擴展。

在其它一般層面中，一種在一雷射光束之路徑中的再生環型共振器包括：一放電腔室，其具有電極及該等電極之間之一增益介質；一光耦合器，其係部分反射使得自該放電腔室照射到該光耦合器的光之至少一些遭反射回來經

過該放電腔室及自該放電腔室照射到該光耦合器上的光之至少一些經過該光耦合器傳播；及在該雷射光束之該路徑中之一光束調整光學系統。該光束調整光學系統受組配以橫向擴展該雷射光束之一剖面，使得該近場雷射光束剖面均勻地填滿該共振器內之每一光孔且使得當在導致該再生環型共振器內之元件出現熱透鏡之功率下操作該雷射器時，該再生環型共振器保持條件性穩定或邊界不穩定。

實施態樣可包括以下特徵中之一個或多個。該光束調整光學系統在該光耦合器與位於該放電腔室之面向該光耦合器的一側相對的一側上的一光束轉向光學元件之間。

該光束調整光學系統受組配以將一負曲率賦予在該再生環型共振器內循環之該雷射光束的波前。該光束調整光學系統可包括一高反射凸面鏡。

在透過該光耦合器自該再生環型共振器遭解耦出之前，如果該雷射光束之該橫向剖面的尺寸隨著該雷射光束傳播穿過該再生環型共振器之至少一部分而增大，但該雷射光束橫向剖面尺寸並不超過該再生環型共振器內之該等光學組件中之任一個的橫向尺寸，則該再生環型共振器保持邊界不穩定。

該光束調整系統光學系統包括一組稜鏡。該稜鏡組包括第一、第二及第三稜鏡，該等稜鏡受組配且經安排使得該第一及第三稜鏡減小沿著一第一方向傳播穿過該光束調整光學系統之該雷射光束之該剖面的該橫向尺寸而該第三及第二稜鏡增大沿著一第二方向傳播穿過該光束調整光學

系統之該雷射光束之該剖面的該橫向尺寸。該一個或多個第一、第二及第三稜鏡遭調整，使得沿著該第二方向傳播且離開該稜鏡組之該雷射光束之該剖面的該橫向尺寸大於沿著該第一方向從該光耦合器傳播到該稜鏡組之該雷射光束之該剖面的該橫向尺寸。

#### 圖式簡單說明

第1圖是提供輸入到一微影機的一高平均功率雷射系統之一方塊圖；

第2A圖是該第1圖之該雷射系統的一功率環型放大器之俯視圖；

第2B圖是第2A圖之該功率環型放大器的一光束扭轉之俯視圖；

第2C圖是第2A圖之該功率環型放大器的一氣體放電腔室之一腔室窗之俯視圖；

第2D圖是第2A圖之該功率環型放大器之一光束調整光學系統之俯視圖；

第3圖是第2A圖之該功率環型放大器之側視圖；

第4圖是第2D圖之該光束調整光學系統之透視圖；

第5圖是安裝到一外殼之該光束調整光學系統之一第一實施態樣之透視圖；

第6圖是安裝到該外殼之該光束調整光學系統之該第一實施態樣俯視圖；

第7A圖及第7B圖分別是安裝到附接於第5圖及第6圖之該光束調整光學系統外殼的一鏡架的一高反射鏡之前透

視圖與後透視圖；

第8A圖是第7A圖之該高反射鏡之俯視圖；

第8B及第8C圖之是第8A圖的該高反射鏡之矩形側視圖；

第9圖是安裝到一外殼之該光束調整光學系統之一第二實施態樣之透視圖；

第10圖是安裝到該外殼之該光束調整光學系統之該第二實施態樣之俯視圖；

第11A圖是安裝到附接於第9圖及第10圖之該光束調整光學系統外殼的一適配鏡架的一高反射鏡之透視圖；

第11B圖到第11D圖是用於第11A圖之該高反射鏡之該鏡架之透視圖；

第12A圖是第11A圖之該高反射鏡之俯視圖；

第12B圖及第12C圖是第12A圖之該高反射鏡之矩形側視圖；

第13A圖是第2A圖之該功率環型放大器之該光束調整光學系統之另一實施態樣之俯視圖；

第13B圖是第13A圖之該光束調整光學系統之一細節圖之俯視圖；

第14圖是針對該高反射鏡之不同曲率，該信號幅度對離雷射光束之中心之距離之一圖式；及

第15A圖到第15C圖是分別顯示一負曲率波前、一正曲率波前及一零曲率波前之光學圖。

### **【實施方式】**

較佳實施例之詳細說明

參考第1圖，一高平均功率重複脈衝雷射系統100產生一高功率重複脈衝雷射光束102，其經過一光束傳遞單元104遭傳遞到一微影機106。該雷射系統100包括一主振盪器(MO)108，其將一種子雷射光束110提供給一功率環型放大器(PRA)112(具有含一再生環型共振器之一放電腔室)。該主振盪器108能夠微調參數，諸如相對低輸出脈衝能量下之中心波長及頻寬。該功率環型放大器112接收來自該主振盪器之該輸出且放大此輸出以在要輸出以在該微影機106中使用之該雷射光束102中獲得所需能量。

該主振盪器108包括一放電腔室114，該放電腔室具有兩個細長電極、一雷射氣體及用於使該氣體在該等電極之間循環的一風扇，一雷射共振器形成於在該放電腔室114之一側的一譜線減寬模組116與在該放電腔室114之一第二側的一輸出耦合器118之間。該譜線減寬模組116可包括一繞射光學元件，諸如微調該放電腔室114之光譜輸出的光柵。該主振盪器108還包括接收來自該輸出耦合器118之一輸出的一譜線中心分析模組120及按照需要調整該雷射光束之尺寸及/或形狀的一光束調整光學系統122。在該放電腔室中使用之該雷射氣體可以是任何適於產生具有一所需波長及頻寬之一雷射光束的氣體，例如，該雷射氣體可以是發出波長大約為193nm的光的氟化氬(ArF)、發出波長大約為248nm的光的氟化氬(KrF)或發出波長大約為351nm的光的氟化氙(XeCl)。

該功率環型共振器112包括一光束調整光學系統124，

其接收來自該主振盪器108之該種子雷射光束110且引導該雷射光束通過一功率環型放大器放電腔室126且到達一光束轉向光學元件128，在該光束轉向光學元件128處該雷射光束之方向遭調整使得其遭發送回該放電腔室126來形成一循環路徑，該循環路徑也可稱為再生環型共振器。該功率環型放大器放電腔室126包括一對細長電極、一雷射氣體及用於使該氣體在該等電極之間循環的一風扇。該種子雷射光束110透過重複經過該功率環型放大器112而遭放大。該光學系統124提供了一路徑(例如一光耦合器，諸如下面討論的一部分反射鏡202)將該種子雷射光束110耦合入且將來自該環型共振器之已放大的輻射之一部分耦合出來形成一輸出雷射光束130。該輸出雷射光束130遭引導通過一頻寬分析模組132，接著經過一脈衝伸展器134，在該脈衝伸展器134處該輸出雷射光束130中之各該脈衝遭伸展，例如在一光學延遲單元中遭伸展，來調整照射到該微影機106之該雷射光束之性能屬性。離開該脈衝伸展器134之該雷射光束102在進入該光束傳遞單元104之前可經引導通過一自動快門136。

該雷射系統100還包括耦接到該主振盪器108且耦接到該功率環型放大器112之一控制系統138，其用於控制該系統100在大約介於4000KHz與12,000KHz(或者更大)之間之脈衝重複率下之該脈衝能量及累積劑量能量輸出。該控制系統138透過回授及前授控制該脈衝及劑量能量而重複觸發該主振盪器108之該腔室中及該功率環型放大器112之該

腔室中彼此相對的放電。該高功率重複脈衝雷射光束102可具有幾瓦到幾百瓦之間之一平均輸出功率，例如從大約40W到大約200W。該輸出處之該雷射光束102的照射度(即，每單位面積之平均功率)可至少為大約 $5\text{W}/\text{cm}^2$ 或至少為大約 $10\text{W}/\text{cm}^2$ 。

參考第2A圖到第4圖，該功率環型放大器112遭設計為一再生環型共振器。來自該主振盪器108之該種子雷射光束110指向該光束調整光學系統124之一摺鏡200。該摺鏡200反射該光束且引導其經過為一部分反射鏡(且有時候稱為輸出/輸出耦合器)202之一光耦合器，該部分反射鏡202是該環型共振器之入口，且該種子雷射光束110接著遭引導到一高反射鏡204。對於使用的(多個)入射角下的期望偏振，如果在該雷射光束之中心波長處或其附近，該鏡204之反射率高於大約90%，則該鏡204高反射。

該高反射鏡204反射該雷射光束110，使其經過一第一稜鏡206及一第三稜鏡208，該第一稜鏡206及該第三稜鏡208共同作用將該雷射光束110水平地壓縮以實質上匹配增益介質之橫向尺寸，在高重複率放電泵浦準分子雷射中該橫向尺寸典型地小於幾毫米(mm)。該第三稜鏡208將該雷射光束對準一右邊腔室窗210及穿過該腔室126、經過一左邊腔室窗212且到達光束轉向光學元件128的一期望光路徑。該雷射光束從該光束轉向光學元件128返回到該左邊腔室窗212，經過該腔室126及該右邊腔室窗210，且接著經過該第三稜鏡208，該第三稜鏡208將該雷射光束轉移到一第二

棱鏡214，該第二棱鏡214將該雷射光束轉移到該輸入/輸出耦合器202。該第三棱鏡208及該第二棱鏡214以此方式共同作用來放大離開該腔室窗210之該光束，以匹配該輸入雷射光束110之橫向尺寸及/或該輸出雷射光束130之期望水平尺寸。射向該輸入/輸出耦合器202之該光束可透過該耦合器202傳輸以形成指向該頻寬分析模組132之一放大的雷射光束130。該輸入/輸出耦合器202係部分反射，例如反射20%，使得射向該輸入/輸出耦合器202的該光之至少一些可經由該光學系統124反射回該放電腔室126，提供再生回授。

該第一棱鏡206及該第三棱鏡208相對於彼此地遭定位及安排使得它們減少沿著穿過該波前調整光學系統124之一第一方向傳播之該雷射光束110的橫剖面尺寸。即，該第一棱鏡206及第三棱鏡208結合且以顯示的幾何組態方式縮小沿著該第一方向傳播之該雷射光束的該水平尺寸來實質上匹配該放電電漿之該橫向尺寸且有效地利用該雷射增益，該第一方向係從該高反射鏡204朝向該右邊腔室窗210。該第三棱鏡208及第二棱鏡214彼此相對地遭定位及安排使得它們增大沿著穿過該波前調整光學系統124之一第二方向傳播之該雷射光束130之該橫剖面。即，該第三棱鏡208及第二棱鏡214結合且以顯示之幾何組態方式放大沿著該第二方向傳播之該雷射光束之水平尺寸來匹配該輸入雷射光束110之橫向範圍及/或該輸出雷射光束130之期望水平尺寸，該第二方向係從該右邊腔室窗210到該輸入/輸出耦合器202。



該光束轉向光學元件128是由一個或一個以上各具有精密光學材料之精密裝置構成的一光學系統，該等精密光學材料諸如，例如具有諸如氟化鈣(CaF<sub>2</sub>)之晶體結構之材料。此外，該光束轉向光學元件128具有精密光學精製面。該光束轉向光學元件128可以是接收一光束(light beam)且改變該光束之方向使得其遭傳送回該放電腔室126的一個或一個以上光學裝置之任何組合。例如，該光束轉向光學元件128可以是具有兩個反射面之一稜鏡，如第2A圖及第2B圖所示。如另一範例，該光束轉向光學元件128可包括多數個遭安排以將一光束反射回該放電腔室126的鏡。

該輸入/輸出耦合器202是一部分反射鏡，例如，所具有的反射回該腔室126的反射率介於大約10%到大約60%之間，因而形成一共振腔，在該電子放電期間，在透過該腔室126內之該等電極間的該受激氣體增益介質產生之該振盪過程中，該共振腔使該雷射脈衝幅度能夠增強。

該功率環放大器112之該等光學組件(諸如該耦合器202、高反射鏡204、稜鏡206、稜鏡208、稜鏡214、該高反射鏡204、該腔室窗210、該腔室窗212及該光束轉向光學元件128)通常是晶體結構，其等能夠最低損耗地發送波長極短的極高脈衝能量之雷射脈衝，例如193nm或248nm。例如，此等組件可由氟化鈣(CaF<sub>2</sub>)、氟化鎂(MgF<sub>2</sub>)或熔矽製成。

總之，該光束調整光學系統124之該等光學組件(耦合器202、高反射鏡204、及稜鏡206、稜鏡208、與稜鏡214)引導該種子雷射光束110經過該腔室126，在該腔室126處該

雷射光束遭放大，且接著傳到該光束轉向光學元件128，其引導該雷射光束返回經過該腔室126，在該腔室126處該雷射光束遭進一步放大且該進一步放大的雷射光束之至少一些穿過該耦合器202作為該輸出雷射光束130離開該功率環型放大器，同時該雷射光束之至少一些由該耦合器202反射回該環型共振器用於進一步放大。

以下討論使用用語“光束剖面”、“近場”、“遠場”、“系統光孔”、及“光孔”來描述該功率環型放大器112內提到之該等光學效應中之一些。

該用語“光孔”為光經過其傳播之一孔、結構或開口。詳言之，一光學系統之光孔為確定聚焦到一圖像板上之一束光的圓錐角的開口。該功率環型放大器112可具有很多限制該光線束之開口或結構。例如，此等結構可以是一透鏡或一鏡之邊緣、不同的一不透明體中之一開口或者固定一光學元件之一環型物或其它固定物，或者可以是一特定元件，諸如位於該光路徑中限制由該系統接收的光的一稜鏡。總體而言，此等結構稱為光闌，且該孔徑光闌為確定一圖像點處之該光線圓錐角或者相當於確定該亮度的光闌。

該雷射系統100在該脈衝伸展器134之輸出處具有一界定的孔徑光闌；該雷射系統100之該輸出處之該界定的孔徑光闌也稱為“系統光孔”。

該用語“光束剖面”為遍及橫穿該光束傳播方向之一方向的能量之位置分佈。該“近場”光束剖面指的是在挨著或很接近於一光孔處遍及該光孔的能量之位置分佈。該“遠

場”光束剖面是在遠離一光孔之一平面處遍及該光孔的能量之位置分佈。實際上，在離該系統光孔足夠遠之位置中之能量分佈完全由該系統光孔處之角度分佈控制。因而，如果一光束具有零散度，則在該光孔處及同樣在離該光孔很遠處，能量之位置分佈是相同的。如果一光束具有非零散度，則超出某一段距離，由該散度(大約角度 $\times$ 距離)引起的擴散對能量之位置分佈的貢獻遠多於該初始(近場)分佈。

該輸出雷射光束130可經受該水平近場剖面減寬，使得該離開該雷射光束調整光學系統124之雷射光束130相比於進入該光束調整光學系統124之該雷射光束110，具有一較小的水平剖面。此減寬動作可能在該操作工作週期使得入射到該功率環型放大器112之該等光學組件或者經由該功率環型放大器112之該等光學組件傳輸之該平均功率很高時由波前變化引起。此波前變化可能是由於該等光學組件(諸如，例如該腔室窗210、210)因吸收了該功率環型放大器112中循環的光功率之一小部分而變熱所造成，其導致在該等光學組件中出現正熱透鏡。

該光束調整光學系統124遭設計以相對於進入該功率環型放大器112之該雷射光束波前，橫向擴展離開該功率環型放大器112之該雷射光束之光束剖面。用語“橫向”可以是垂直於該雷射光束110之一光軸(其也可稱為一縱向)之任何方向。因而，如果該剖面沿著垂直於該光束之光軸之一方向擴展，則該光束剖面橫向擴展。

在一些實施態樣中，此擴展系統可以是逆向地改變該

雷射光束之波前曲率之一系統，使得該雷射光束之該散度增大以抵消該水平近場剖面減寬。因而，相對於從該環型放大器112內之該等其它元件內出來之該雷射光束，授給該光束之該波前曲率為更大負數，以便例如補償該環型放大器112之該等光學組件中之一個或多個中之一正熱透鏡，該等光學組件諸如一稜鏡或該腔室窗。在該近場中，該雷射光束之該尺寸并不明顯較大；但在該雷射光束穿過該功率環型放大器112傳播幾次後，該光束之橫向尺寸可明顯地增大。

在其它實施態樣中，此擴展系統可以是僅擴大(例如，利用穿過多組稜鏡對之平面的折射)該光束剖面之一系統，使得該雷射光束之該橫向光點大小在該近場中增寬來抵消該水平近場剖面減寬。在這種情況下，該等不平衡稜鏡對放大該雷射光束且增大了就在該波前擴展系統最後的稜鏡之出射面處的該雷射光束橫向尺寸。而且，該不平衡稜鏡對還可降低該光束之散度，即使它們有助於擴大或增寬該近場中之該光束。

在任一情況下，該擴展系統阻止該近場雷射光束聚集(collapsing)，使得該近場雷射光束均勻地充滿該雷射系統100內之該等光孔，包括該功率環型放大器112內之光孔及該系統光孔，同時保留該輸出雷射光束130之其它屬性(諸如，一相對低水平散度)，下面將更詳細地討論。

因而，該光束調整光學系統124可設計成具有一負波前曲率系統，相對於進入該光束調整光學系統124之該雷射光束110，該負波前曲率系統朝負方向改變離開該光束調整光

學系統124之該雷射光束130之該波前曲率。以此方式，該雷射光束130具有和進入該光束調整光學系統124之該雷射光束110之橫(例如，水平)剖面一樣大或比其大之一橫(例如，水平)剖面。此外，該波前曲率較佳地遭改變，使得當在導致該再生環型共振器內之光學元件中出現熱透鏡之功率下操作該雷射器時，該再生環型共振器(該PRA 112)不會成為穩定共振腔而是保持條件性穩定或邊界不穩定。

如果在經過該共振器極多次後，該雷射光束橫剖面在該共振器內之一特定位置保持實質上不變，且甚至在經過該共振器極多次後該雷射光束橫剖面未曾超出該共振器內的該等光學組件中之任一個的橫向尺寸，則該環型共振器係條件性穩定。在自該共振器遭解耦出之前，如果該雷射光束橫剖面在該雷射光束穿過該共振器時尺寸增大但并未超出該共振器內之該等光學組件之任一個之橫向尺寸，則該環型共振器邊界不穩定。例如，如果該雷射脈衝持續時間大約為20ns，且光穿過該再生環型共振器往返一次大約需要4-5ns，則在大約4-5次經過該再生環型共振器往返之後，該雷射脈衝將自該共振器遭解耦出。從另一角度說，該雷射光束橫剖面仍然完全得到一共振器內之光學組件支援，即使當穿過該共振器時該橫剖面之尺寸保持相同或增大。在一穩定(但不是條件性穩定)共振器中，在該雷射光束經過該共振器時之各個階段，該雷射光束橫剖面尺寸可降低，且無論其經過該共振器多少次，該雷射光束橫剖面尺寸不超出該共振器內之該等光學組件之任一個之橫向尺寸。

參考第15A圖，如果一波前1505之一中心1500指向該雷射光束之一傳播方向1510，則該波前具有一“負”曲率，即相比於波前1505之一邊緣1515，該波前中心1500超前。參考第15B圖，如果一波前1525之一中心1520指向該雷射光束之一傳播方向1530之反向，則該波前具有一“正”曲率，即當相比於一波前邊緣1535時，該波前中心1520滯後。因此，如果相對於各自的波前邊緣，該雷射光束130之該波前之該中心更超前於該雷射光束110之該波前之該中心，則該光束調整光學系統124相對於該雷射光束110逆向地改變該雷射光束130之該波前之該曲率。參考第15C圖，如果一波前1545之一中心1540橫切於一傳播方向1550地對準一波前邊緣1555，則一波前具有“零”曲率。

該橫向輸出能量分佈之減寬(也稱為“光束減寬”)可發生於豎直方向中，但該減寬之影響可能不明顯，因為對於很多實際高重複率準分子雷射系統，該等熱梯度在該豎直方向中可能較低(特定地，該豎直方向中之模式大小大約為該水平方向中之該模式大小的10倍)。因此，該光束減寬能夠在一大體橫向方向中遭修正，該大體橫向方向為任何垂直於該雷射光束傳播之路徑(即，該光軸)之方向，且因此可以是該水平方向或該豎直方向，如果該光束剖面對準該水平及豎直方向的話。

該負波前曲率系統可與該光學系統124之該等組件之任一個整合，例如，其可以是對該光學系統124之一個或多個組件之該設計或位置之一改變。

該負波前曲率系統可透過改變該高反射鏡204以具有一彎曲(凸狀)反射面而實施。在先前設計中，該高反射鏡204實質上為平的(所達到的一精確度在自該鏡204反射之該光之一波長範圍內)，使得其不能夠給予該反射雷射光束任何顯著的波前變化(諸如，例如該波前之一曲率變化)。在該負波前曲率系統中，該高反射鏡204具有一略微凸形以將該波前之少量負曲率給予由該鏡204反射之該雷射光束之該波前。該高反射鏡204可透過製造在受關注之該橫向方向中具有一固定凸面型的一鏡(如結合第5圖到第8C圖所述)或者透過利用一彎曲裝置將一平面鏡彎曲使其具有一凸形(如結合第9圖到第12C圖所述)而遭彎曲。

參考第5圖到第8C圖，該光束調整光學系統124安排在一密封殼體502內之一支撐物500上。在此實施態樣中，該高反射鏡504遭製造成在其反射面506上在該水平方向中具有一固定凸面型且安裝到安排在該支撐物500上之一鏡架508。該高反射鏡504製作在一晶體基板或其它對暴露在極短波長(例如波長193nm或248nm)下之高平均功率中具有防護性的基板上。例如，該高反射鏡504可形成於一氟化鈣(CaF<sub>2</sub>)或氟化鎂MgF<sub>2</sub>)基板上。該鏡504之通光孔徑510顯示在第8A圖中之虛線中。該凸面型可以是任何凸形，例如，其可以以一圓柱之一段弧的形狀。在期望的偏振狀態下，對於以45°照到該表面且波長為大約193nm之一光線，該表面506之反射率可以大於94%(例如，從94%到97%)。如第8A圖到第8C圖所示，在此設計中，該高反射鏡504只在該水平

方向800中具有一凸面型，使得沿著該豎直方向850之該雷射光束剖面在從該鏡504反射後實質上未改變。該凸面型使得該鏡504沿著該水平方向具有大約50m與170m之間之一曲率半徑。換種方式說，對於一20mm的水平光孔來說，該凸面型使得該鏡504具有大約300nm到大約1000nm之間之一表面下垂度。

參考第9圖到12C圖，該光束調整光學系統124安排在位於一密封殼體902內之一支撐物900中。在此實施態樣中，該高反射鏡904遭製造成在其反射面906上具有在水平及豎直兩個方向上實質上平坦的一剖面且安裝到配置在該支撐物900上之一彎曲裝置(鏡架)908。該鏡架908作用為使該鏡904彎曲以給予該鏡904一凸面型。類似上述該鏡，該高反射鏡904製成在一晶體底板或其它對暴露在極短波長(例如波長193nm或248nm)下之高平均功率中具有防護性的基板上。例如，該高反射鏡904可形成於一氟化鈣( $\text{CaF}_2$ )或一氟化鎂( $\text{MgF}_2$ )基板上。對於以 $45^\circ$ 照到該表面且波長為大約193nm之一光線，該表面906之反射率可以大於94%。如第12A圖到第12C圖所示，在此設計中，該高反射鏡904在該水平及該豎直方向中具有一凸面型。

參考第11A圖到11D圖，該鏡架908將該鏡904沿著該水平方向彎曲，使得該反射面906沿著該水平方向具有一凸面型。該鏡架908包括附接到該支撐物900之一鏡面延拓部分(mirror extension)1102背面的一後部裝置1100及附接到該鏡面延拓部分1102正面的一前部裝置1104。該後部裝置



1100包括與該鏡904之背面接觸的一個或一個以上壓力裝置1106且該前部裝置1104包括與該鏡904之正面(該反射面906)接觸的一個或一個以上壓力裝置1108。該鏡904位於形成於該鏡面延拓部分1102中之一開口1110內且在該等壓力裝置1106與1108之間。在操作中，在一個或一個以上壓力裝置1106與該鏡904之背面接觸之位置處，該後部裝置1100將壓力施加到該鏡904上，且在該一個或一個以上壓力裝置1108與該鏡904之正面接觸之位置處，該前部裝置1104將壓力施加到該鏡904上，以給予該鏡904一凸面型。

如上所討論，該負波前曲率系統可與該光學系統124之該等組件之任一個整合，例如，該負波前曲率系統可以是該光學系統124之一個或多個組件之該設計及/或位置之改進。在上述該範例中，該負波前曲率系統可透過將該高反射鏡204調整以具有一彎曲(凸狀)反射面而實施。

如另一範例，且參考第4圖，該光束擴展系統可透過調整該等稜鏡206、208及214之一個或多個面以相對於進入該波前調整光學系統124之該雷射光束放大離開該波前調整光學系統124之該雷射光束而實施。例如，該第一及第三稜鏡之間之相對距離能夠遭調整或者該第三及第二稜鏡之間之相對距離可遭調整。如又一範例，該等稜鏡中之一個或一個以上稜鏡之放置角度可相對於其它稜鏡遭調整。如再一範例，該等稜鏡中之一個或一個以上稜鏡之該材料屬性及其表面形狀可遭調整以改變經過該等稜鏡之該雷射光束之該橫向範圍的縮小或放大。

因此，如第13A圖及第13B圖所示，且如上所討論，該第一稜鏡206及第三稜鏡208相對於彼此遭定位及安排使得它們減小沿著一第一方向傳播穿過該波前調整光學系統124的該雷射光束110之該橫剖面的大小。即，該第一稜鏡206與該第三稜鏡208結合且以顯示之幾何組態方式縮小沿該第一方向傳播之該雷射光束的該水平尺寸來實質上匹配於該放電電漿之該橫向尺寸且有效地利用該雷射增益，該第一方向係自該高反射鏡204朝向該右邊腔室窗210。該第三稜鏡208及第二稜鏡214相對於彼此遭定位及安排使得它們增大沿著一第二方向傳播穿過該波前調整光學系統124之該雷射光束130之該橫剖面之大小。即，該第三稜鏡208與該第二稜鏡214結合且以顯示之幾何組態方式放大沿該第二方向傳播之該雷射光束之該近場水平尺寸來匹配於該輸入雷射光束110之該橫向範圍及/或該輸出雷射光束130之該期望水平尺寸，該第二方向係自該右邊腔室窗210到該輸入/輸出耦合器202。

該水平稜鏡序列(從稜鏡206到稜鏡208且接著從稜鏡208到稜鏡214)之淨效用係略微放大該水平近場，使得該雷射光束之近場剖面均勻地填滿該雷射系統100內之所有該等光孔，包括該功率環型放大器112內之光孔及該系統光孔，且使得當在導致該再生環型共振器內之光學元件出現熱透鏡之功率下操作該雷射器時，該再生環型共振器保持條件性穩定或邊界不穩定。為了授以此淨光束放大(擴展)，可調整該第三稜鏡208與該第二稜鏡214之間之相對角度來

產生對沿著該第二方向傳播之該雷射光束之該水平尺寸的一稍微大的調整。例如，如第13B圖所示，這可透過相對於該第三稜鏡208沿著箭頭1320之方向將該第二稜鏡214旋轉一角度而完成。該旋轉角度取決於期望作多大的調整。例如，設置時，相對於該第二稜鏡214之位置，該旋轉角度可大於 $0^\circ$ (零)但小於大約 $10^\circ$ ，以使該雷射光束130之該橫向尺寸匹配於該雷射光束110之該橫向尺寸。為了旋轉該稜鏡214，該稜鏡214可安裝在連接到一旋轉位置制動器的一可旋轉移動底座上，該旋轉位置致動器諸如一步進式馬達及/或一壓電致動器。在其它實施態樣中，該等稜鏡206、208及214中之一個或一個以上被牢牢固定住以便在每次往返時給予一固定放大。

此外，可能的是，該負波前曲率系統可透過共同調整該等稜鏡206、208及214之一個或多個面及透過調整該高反射鏡204以使其具有一彎曲(凸狀)反射面而實施。

同樣參考第14圖，其針對兩種不同情況顯示該雷射光束130之能量分佈(或電場幅度之平方)對沿著一橫向方向(例如，該水平方向)距該光束中心之距離的一圖式。在第一情況下，該再生環型共振器(該PRA 112)之該光束調整光學系統124不具有作為本揭露之標的的一光束擴展系統(諸如，以上討論之該負波前曲率系統)；即在此情況下，例如，該高反射鏡具有一實質上平面曲率。在該第一情況中採用了原始資料且一曲線1400遭估計最符合針對該第一情況之該原始資料。在該第二情況下，該光束調整光學系統124包

括一光束擴展系統(諸如，以上所討論之該負波前曲率系統，例如，該高反射鏡具有一凸曲率)。在該第二情況中採用了原始資料且一曲線1450遭估計最符合針對該第二情況之該原始資料。此外，該圖式顯示了位於該雷射光束130傳播經過的該雷射系統100內之一光孔1490。

如果該光孔之一邊緣處的強度大於該光孔之一中心處的峰值強度之某個部分，則一近場雷射光束剖面可被認為“均勻地填滿”一光孔。在一些實施態樣中，如果該光孔之該邊緣處之該強度大於該光孔之該中心處的該峰值強度的大約10%或大約20%，則該近場雷射光束剖面可被認為“均勻地填滿”該光孔。

可看到在該第一情況下，在該水平方向上有對該雷射光束130之該能量分佈的減寬，即，該能量分佈在該近場中變得更集中(換句話說，該雷射光束聚集)使得該近場雷射光束並非均勻地填滿該光孔1490。特定地，由該曲線1400表示之該能量強度在該光孔1490之一邊緣1491或1492處小於由該曲線1400表示之該能量強度在該光孔1490之一中心1493處之大約4%。這樣的光束減寬是不想要的，因為其可能對該共振器中及該共振器下游之光學組件造成破壞，該破壞是由於微影術應用中使用的該雷射光束130之峰值照射度增大及該雷射光束130缺乏穩定性而造成。

透過添加該光束擴展系統(例如，該負波前曲率系統)，該雷射光束130在該近場中展示出一更均勻的水平能量分佈(或剖面)且這降低了對光學組件造成破壞之可能性，如第

二種情況中所顯。該光束擴展系統將該雷射光束之該近場能量分佈擴散開(即,其防止該近場雷射光束聚集),使得該近場雷射光束均勻地填滿該光孔1490。特定地,該曲線1400在該邊緣1491或1492處之強度大約為該曲線1400在該光孔1490之該中心1493處之該強度的27%。

其它實施態樣在以下申請專利範圍之範圍內。例如,該負波前曲率系統可透過將一負曲率光學裝置添加到該功率環型放大器112或者透過調整該功率環型放大器112內之該等其它組件中之一個或一個以上而形成。

### 【圖式簡單說明】

第1圖是提供輸入到一微影機的一高平均功率雷射系統之一方塊圖；

第2A圖是該第1圖之該雷射系統的一功率環型放大器之俯視圖；

第2B圖是第2A圖之該功率環型放大器的一光束扭轉之俯視圖；

第2C圖是第2A圖之該功率環型放大器的一氣體放電腔室之一腔室窗之俯視圖；

第2D圖是第2A圖之該功率環型放大器之一光束調整光學系統之俯視圖；

第3圖是第2A圖之該功率環型放大器之側視圖；

第4圖是第2D圖之該光束調整光學系統之透視圖；

第5圖是安裝到一外殼之該光束調整光學系統之一第一實施態樣之透視圖；

第6圖是安裝到該外殼之該光束調整光學系統之該第一實施態樣俯視圖；

第7A圖及第7B圖分別是安裝到附接於第5圖及第6圖之該光束調整光學系統外殼的一鏡架的一高反射鏡之前透視圖與後透視圖；

第8A圖是第7A圖之該高反射鏡之俯視圖；

第8B及第8C圖之是第8A圖的該高反射鏡之矩形側視圖；

第9圖是安裝到一外殼之該光束調整光學系統之一第二實施態樣之透視圖；

第10圖是安裝到該外殼之該光束調整光學系統之該第二實施態樣之俯視圖；

第11A圖是安裝到附接於第9圖及第10圖之該光束調整光學系統外殼的一適配鏡架的一高反射鏡之透視圖；

第11B圖到第11D圖是用於第11A圖之該高反射鏡之該鏡架之透視圖；

第12A圖是第11A圖之該高反射鏡之俯視圖；

第12B圖及第12C圖是第12A圖之該高反射鏡之矩形側視圖；

第13A圖是第2A圖之該功率環型放大器之該光束調整光學系統之另一實施態樣之俯視圖；

第13B圖是第13A圖之該光束調整光學系統之一細節圖之俯視圖；

第14圖是針對該高反射鏡之不同曲率，該信號幅度對離雷射光束之中心之距離之一圖式；及

第15A圖到第15C圖是分別顯示一負曲率波前、一正曲率波前及一零曲率波前之光學圖。

**【主要元件符號說明】**

- 100...高平均功率重複脈衝雷射系統
- 102...高功率重複脈衝雷射光束
- 104...光束傳遞單元
- 106...微影機
- 108...主振盪器(MO)
- 110...種子雷射光束、輸入雷射光束
- 112...功率環放大器(PRA)
- 114...放電腔室
- 116...減寬模組
- 118...輸出耦合器
- 120...線中心分析模組
- 122...光束調整光學系統
- 124...雷射光束調整光學系統、波前調整光學系統
- 126...功率環型放大器放電腔室
- 128...光束轉向光學元件
- 130...輸出雷射光束、放大的雷射光束
- 132...頻寬分析模組
- 134...脈衝伸展器
- 136...自動快門
- 138...控制系統
- 200...摺鏡

- 202...部分反射鏡、輸入/輸出耦合器
- 204...高反射鏡
- 206...第一稜鏡
- 208...第三稜鏡
- 210...右邊腔室窗
- 212...左邊腔室窗
- 214...第二稜鏡
- 500、900...支撐物
- 502、902...密封殼體
- 504、904...高反射鏡
- 506、906...反射面、表面
- 508...鏡架
- 510...通光孔徑
- 800...水平方向
- 850...豎直方向
- 908...彎曲裝置(鏡架)
- 1100...後部裝置
- 1102...鏡面延拓部分
- 1104...前部裝置
- 1106、1108...壓力裝置
- 1110...開口
- 1320...箭頭
- 1400、1450...曲線
- 1490...光孔



1491、1492、1515...邊緣

1493、1540...中心

1500、1520...波前中心

1505、1525、1545...波前

1510、1530、1550...傳播方向

1535、1555...波前邊緣

## 七、申請專利範圍：

1. 一種雷射器，其包含：

一再生環型共振器，其包含：

一放電腔室，其具有電極及介於該等電極之間之一增益介質；

一光耦合器，其係部分反射性，使得從該放電腔室照射到該光耦合器上之一雷射光束之至少一部分反射回來通過該放電腔室，且從該放電腔室照射到該光耦合器上之該雷射光束之至少一部分通過該光耦合器傳播；及

在該雷射光束之路徑中之一光束調整光學系統；

其中該光束調整光學系統橫向地擴展該雷射光束之一輪廓，使得近場雷射光束輪廓均勻地填滿該雷射器內之每一光孔，以及使得當以在該再生環型共振器內部之光學元件中導致熱透鏡出現的平均輸出功率操作該雷射器時，該再生環共振器保持條件性穩定或者邊際性不穩定。

2. 如申請專利範圍第1項所述之雷射器，其中該光束調整光學系統在該光耦合器與一光束轉向光元件之間，該光束轉向光元件位於該放電腔室之與面向該光耦合器之一側相對的一側上。

3. 如申請專利範圍第1項所述之雷射器，其中該光束調整光學系統係組配來使在該再生環型共振器之出口處之該雷射光束具有與進入該再生環型共振器之該雷射光束之

橫向光束輪廓之尺寸相同或比其尺寸大之橫向光束輪廓。

4. 如申請專利範圍第1項所述之雷射器，其中該光束調整光學系統係組配來將一負的曲率賦予在該再生環型共振器內循環之該雷射光束之波前。

5. 如申請專利範圍第4項所述之雷射器，其中該光束調整光學系統沿著一橫向方向負向地改變該曲率。

6. 如申請專利範圍第4項所述之雷射器，其中該光束調整光學系統包含一高反射鏡。

7. 如申請專利範圍第6項所述之雷射器，其中該光束調整光學系統包括之該高反射鏡係凸面的。

8. 如申請專利範圍第7項所述之雷射器，其中該凸面高反射鏡具有介於大致上50公尺及大致上170公尺之間的曲率半徑。

9. 如申請專利範圍第1項所述之雷射器，其進一步包含在該放電腔室外部且在該放電腔室之與面向該光學系統之一側相對的一側上之該雷射光束之路徑中的一光束轉向光學元件。

10. 如申請專利範圍第1項所述之雷射器，其中如果在透過該光耦合器自該再生環型共振器被解耦出之前，該雷射光束之橫向輪廓尺寸在該雷射光束行經該再生環型共振器之一部分時增大，但該雷射光束之橫向輪廓尺寸並不超過該再生環型共振器內任何光學組件之橫向尺寸，則該再生環型共振器保持邊際性不穩定。

11. 如申請專利範圍第1項所述之雷射器，其中該光束

調整光學系統包含一組稜鏡。

12. 如申請專利範圍第11項所述之雷射器，其中該組稜鏡包含遭組配及安排之第一、第二及第三稜鏡，使得該第一及第三稜鏡減小沿著一第一方向行進通過該光束調整光學系統之該雷射光束之輪廓的橫向尺寸，且該第三及第二稜鏡增大沿著一第二方向行進通過該光束調整光學系統之該雷射光束之輪廓的橫向尺寸。

13. 如申請專利範圍第12項所述之雷射器，其中一個或多個第一、第二及第三稜鏡係被調整使得沿著該第二方向行進穿過該光束調整光學系統且離開該組稜鏡之該雷射光束之輪廓的橫向尺寸係大於沿著該第一方向從該光耦合器行進到該組稜鏡之該雷射光束之輪廓的橫向尺寸。

14. 如申請專利範圍第1項所述之雷射器，其中從該再生環型共振器輸出之該雷射光束具有至少大致為 $5\text{W}/\text{cm}^2$ 之一平均照射度。

15. 如申請專利範圍第1項所述之雷射器，其中從該再生環型共振器輸出之該雷射光束具有至少大致為 $10\text{W}/\text{cm}^2$ 之一照射度。

16. 如申請專利範圍第1項所述之雷射器，其中從該再生環型共振器輸出之該雷射光束具有大於 $40\text{W}$ 之一平均輸出功率。

17. 一種調整一電氣放電氣體雷射器之一雷射光束之方法，該方法包含以下步驟：

引導一雷射光束穿過一再生環型共振器之一光耦

合器；

引導穿過該光耦合器之該雷射光束通過一放電腔室且返回該光耦合器，使得從該放電腔室照射到該光耦合器上之光之至少一些反射回來通過該放電腔室，以及從該放電腔室照射到該光耦合器上之光之至少一些通過該光耦合器傳播；及

橫向地擴展該雷射光束之一輪廓，使得近場雷射光束輪廓均勻地填滿該雷射器內之每一光孔，且使得當以在該再生環型共振器內導致元件熱透鏡化出現的功率操作該雷射器時，該再生環型共振器保持條件性穩定或邊際性不穩定。

18. 如申請專利範圍第17項所述之方法，其中橫向地擴展該雷射光束之輪廓之步驟包含：

在引導該雷射光束通過該放電腔室之前，藉由使來自該光耦合器的該雷射光束穿過一稜鏡組之第一及第三稜鏡而壓縮該雷射光束之輪廓；及

在該雷射光束通過該放電腔室之後，藉由在該雷射光束到達該光耦合器之前，使該雷射光束穿過該稜鏡組之該第三稜鏡及穿過一第二稜鏡來擴展該雷射光束之輪廓。

19. 如申請專利範圍第18項所述之方法，其中擴展該雷射光束之輪廓之步驟包括將該雷射光束之輪廓擴展到比輸入到該稜鏡組之該雷射光束之輪廓還大的一尺寸。

20. 如申請專利範圍第17項所述之方法，其中如果在透

過該光耦合器自該再生環型共振器被解耦出之前，該雷射光束之橫向輪廓尺寸在該雷射光束行經該再生環型共振器之至少一部分時增大，但該雷射光束之橫向輪廓尺寸並不超過該再生環型共振器內任何光學組件之橫向尺寸，則該再生環型共振器保持邊際性不穩定。

21. 如申請專利範圍第17項所述之方法，其中橫向地擴展該雷射光束之輪廓之步驟包括將一負曲率賦予在該再生環型共振器內循環之該雷射光束之波前。

22. 一種在雷射光束之路徑中之再生環型共振器，該共振器包含：

一放電腔室，其具有電極及介於該等電極之間之一增益介質；

一光耦合器，其係部分反射性，使得自該放電腔室照射到該光耦合器之光之至少一些遭反射回來通過該放電腔室，且自該放電腔室照射到該光耦合器之該光之至少一些通過該光耦合器傳播；及器在該雷射光束之該路徑中之一光束調整光學系統；

其中該光束調整光學系統受組配以橫向擴展該雷射光束之一輪廓，使得該近場雷射光束輪廓均勻地填滿該共振器內之每一光孔，及使得當以在導致該再生環型共振器內部之元件出現熱透鏡之功率操作雷射器時，該再生環型共振器保持條件性穩定或邊際性不穩定。

23. 如申請專利範圍第22項所述之共振器，其中該光束調整光學系統在該光耦合器與一光束轉向光學元件之間，該光

束轉向光學元件位於該放電腔室之與面向該光耦合器之一側相對的一側上。

24. 如申請專利範圍第22項所述之共振器，其中該光束調整光學系統受組配以將一負曲率賦予在該再生環型共振器內循環之該雷射光束之波前。

25. 如申請專利範圍第24項所述之共振器，其中該光束調整光學系統包含一高反射凸面鏡。

26. 如申請專利範圍第22項所述之共振器，其中如果在透過該光耦合器自該再生環型共振器被解耦出之前，該雷射光束之橫向輪廓尺寸在該雷射光束行經該再生環型共振器之至少一部分時增大，但該雷射光束之橫向輪廓尺寸並不超過該再生環型共振器內任何光學組件之橫向尺寸，則該再生環型共振器保持邊際性不穩定。

27. 如申請專利範圍第22項所述之共振器，其中該光束調整光學系統包含一組稜鏡。

28. 如申請專利範圍第27項所述之共振器，其中該組稜鏡包含遭組配及安排之第一、第二及第三稜鏡，使得該第一及第三稜鏡減小沿著一第一方向行進通過該光束調整光學系統之該雷射光束之輪廓的橫向尺寸，且該第三及第二稜鏡增大沿著一第二方向行進通過該光束調整光學系統之該雷射光束之輪廓的橫向尺寸。

29. 如申請專利範圍第28項所述之共振器，其中一個或多個第一、第二及第三稜鏡係被調整使得沿著該第二方向行進且離開該組稜鏡之該雷射光束之輪廓的橫向尺寸係大

於沿著該第一方向從該光耦合器行進到該組稜鏡之該雷射光束之輪廓的橫向尺寸。

30. 一種再生環型共振器，其包含：

一放電腔室，其具有電極及介於該等電極之間之一增益介質；

一光耦合器，其係部分反射性，使得來自該放電腔室照射到該光耦合器上之一雷射光束之至少一部分反射回來通過該放電腔室，以及來自該放電腔室照射到該光耦合器上之該雷射光束之至少一部分通過該光耦合器傳播；及

一光束調整光學系統，其於介於光學腔室與該光耦合器之間的該雷射光束之路徑中，該光束調整光學系統包括一鏡面，該鏡面藉由負向地改變該雷射光束之一波前曲率使得該雷射光束之散度係沿著至少一橫向方向增加，以橫向地擴展該雷射光束之一輪廓。

31. 如申請專利範圍第30項所述之共振器，其中該鏡面係一高反射鏡。

32. 如申請專利範圍第31項所述之共振器，其中該高反射鏡沿著橫向擴展的方向有凸面。

33. 如申請專利範圍第31項所述之共振器，其中該高反射鏡具有大於94%之表面反射率。

34. 如申請專利範圍第30項所述之共振器，其中該光束調整光學系統亦包括一組稜鏡。

35. 如申請專利範圍第30項所述之共振器，其進一步包



含在該放電腔室外部且在該放電腔室之與面向該光束調整光學系統之一側相對的一側上之該雷射光束之路徑中的一光束轉向光學元件。

36. 一種再生環型共振器，包含：

一放電腔室，其具有電極及介於該等電極之間之一增益介質；

一光耦合器，其係部分反射性，使得自該放電腔室照射到該光耦合器之一雷射光束之至少一部分遭反射回來通過該放電腔室，且自該放電腔室照射到該光耦合器之該雷射光束之至少一部分通過該光耦合器傳播；及

一光束調整光學系統，其於介於光學腔室與該光耦合器之間的該雷射光束之路徑中，該光束調整光學系統包括一光學組件，該光學組件藉由負向地改變該雷射光束之一波前曲率使得該雷射光束之散度係沿著至少一橫向方向增加，以橫向地擴展該雷射光束之一輪廓；

其中該雷射光束之該輪廓係被橫向地擴展，使得在透過該光耦合器自該再生環型共振器被解耦出之前，該雷射光束之橫向輪廓尺寸在該雷射光束行經該再生環型共振器之至少一部分時增大，但該雷射光束之橫向輪廓尺寸並不超過該再生環型共振器內任何光學組件之橫向尺寸。

37. 一種再生環型共振器，包含：

一放電腔室，其具有電極及介於該等電極之間之一增益介質；

一光耦合器，其係部分反射性，使得自該放電腔室照射到該光耦合器之一雷射光束之至少一部分遭反射回來通過該放電腔室，且自該放電腔室照射到該光耦合器之該雷射光束之至少一部分通過該光耦合器傳播；及

一光束調整光學系統，其於介於光學腔室與該光耦合器之間的該雷射光束之路徑中，該光束調整光學系統包括一光學組件，該光學組件藉由負向地改變該雷射光束之一波前曲率使得該雷射光束之散度係沿著至少一橫向方向增加，以橫向地擴展該雷射光束之一輪廓；

其中在透過該光耦合器自該再生環型共振器被解耦出之前，該雷射光束之橫向輪廓尺寸在該雷射光束行經該再生環型共振器之一部分時增大，但該雷射光束之橫向輪廓尺寸並不超過該再生環型共振器內任何光學組件之橫向尺寸。

38. 一種再生環型共振器，包含：

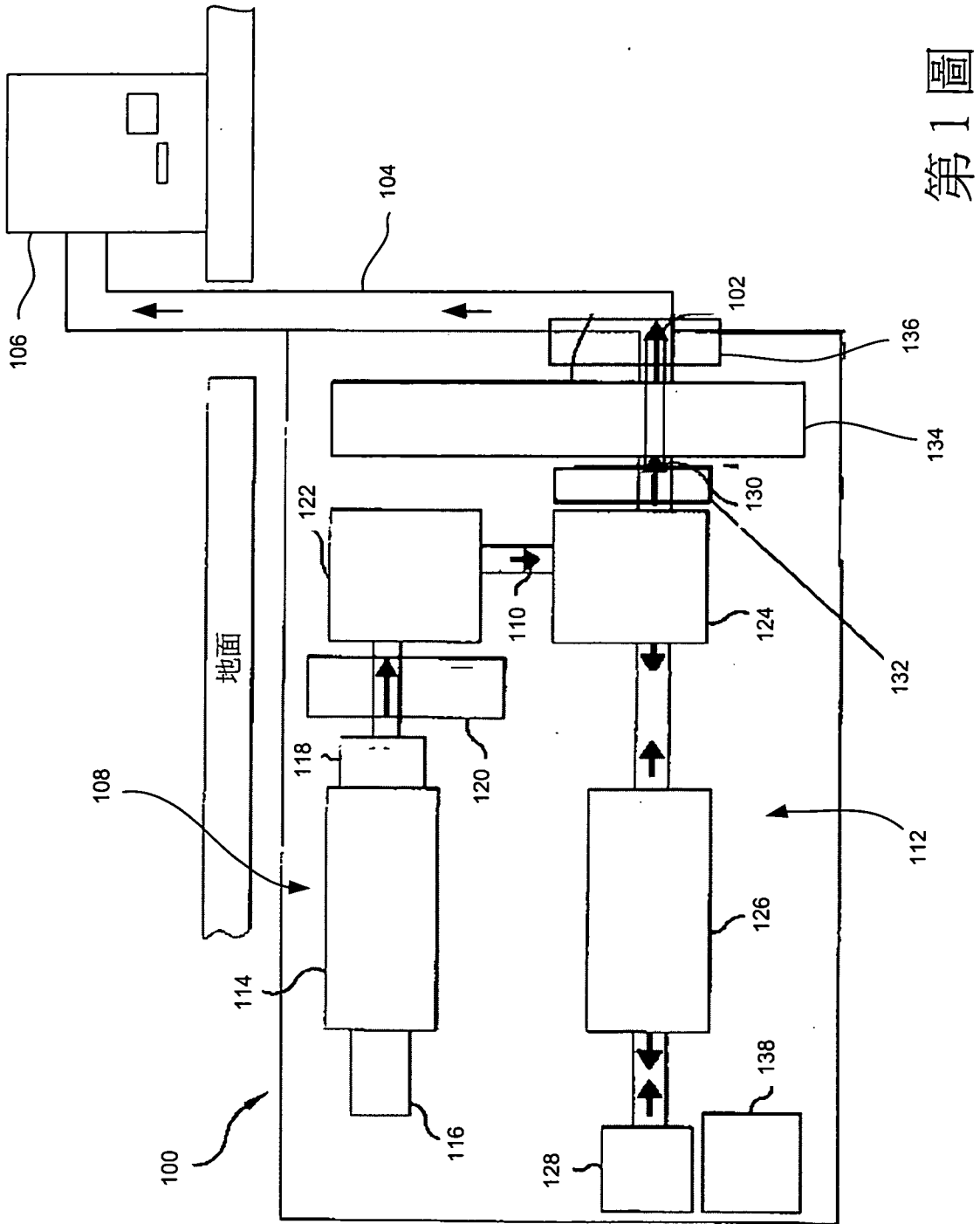
一放電腔室，其具有電極及介於該等電極之間之一增益介質；

一光耦合器，其係部分反射性，使得自該放電腔室照射到該光耦合器之一雷射光束之至少一部分遭反射回來通過該放電腔室，且自該放電腔室照射到該光耦合器之該雷射光束之至少一部分通過該光耦合器傳播；及

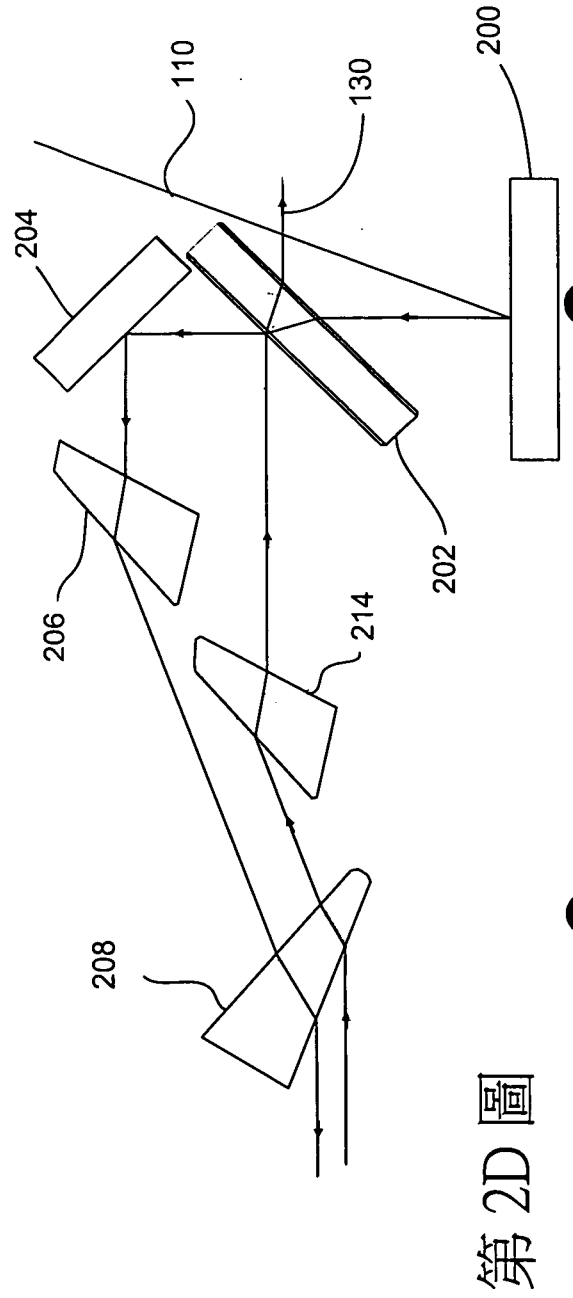
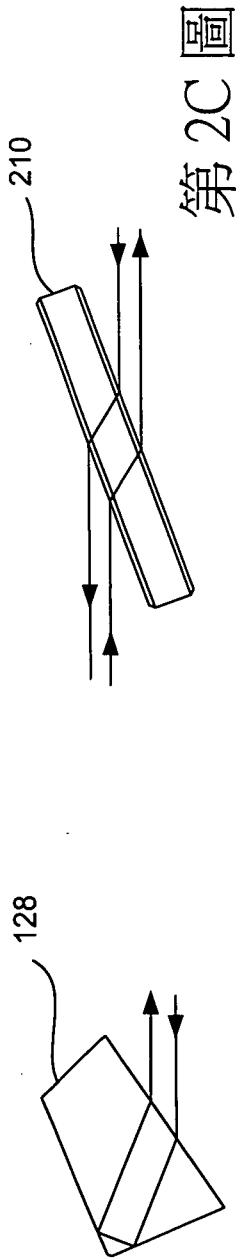
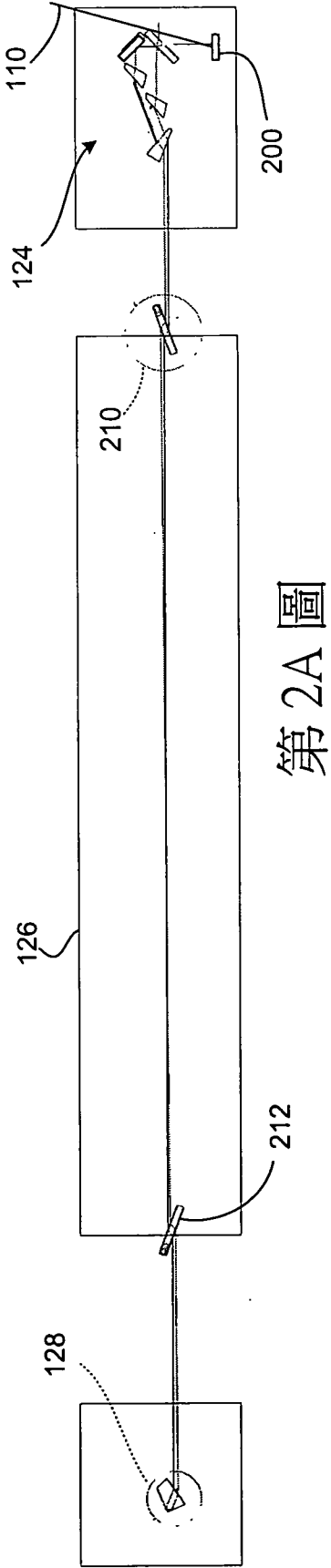
一光束調整光學系統，其於介於光學腔室與該光耦合器之間的該雷射光束之路徑中，該光束調整光學系統包括一光學組件，該光學組件藉由相對於進入該光束調

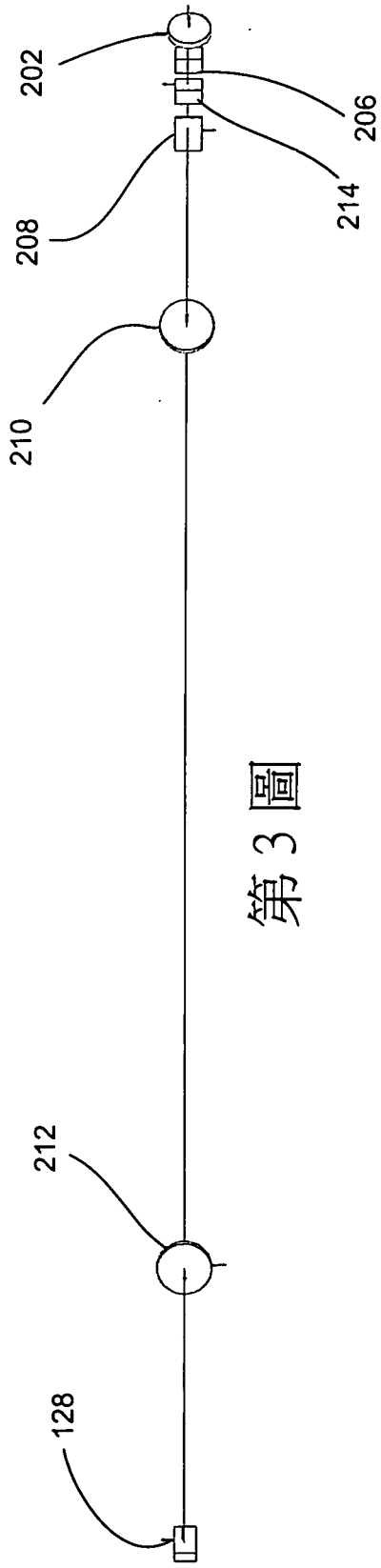
整光學系統之該雷射光束放大離開該光束調整光學系統之該雷射光束，以橫向地擴展該雷射光束之一輪廓；

其中該光學組件包括設置在該光耦合器與該放電腔室間的多個稜鏡，且該等多個稜鏡包含遭組配及安排之第一、第二及第三稜鏡，使得該第一及第三稜鏡減小沿著一第一方向行進通過該光束調整光學系統之該雷射光束之輪廓的橫向尺寸，該第一方向進入該光束調整光學系統，以及使得該第三及第二稜鏡增大沿著一第二方向行進通過該光束調整光學系統之該雷射光束之輪廓的橫向尺寸，該第二方向離開該光束調整光學系統。

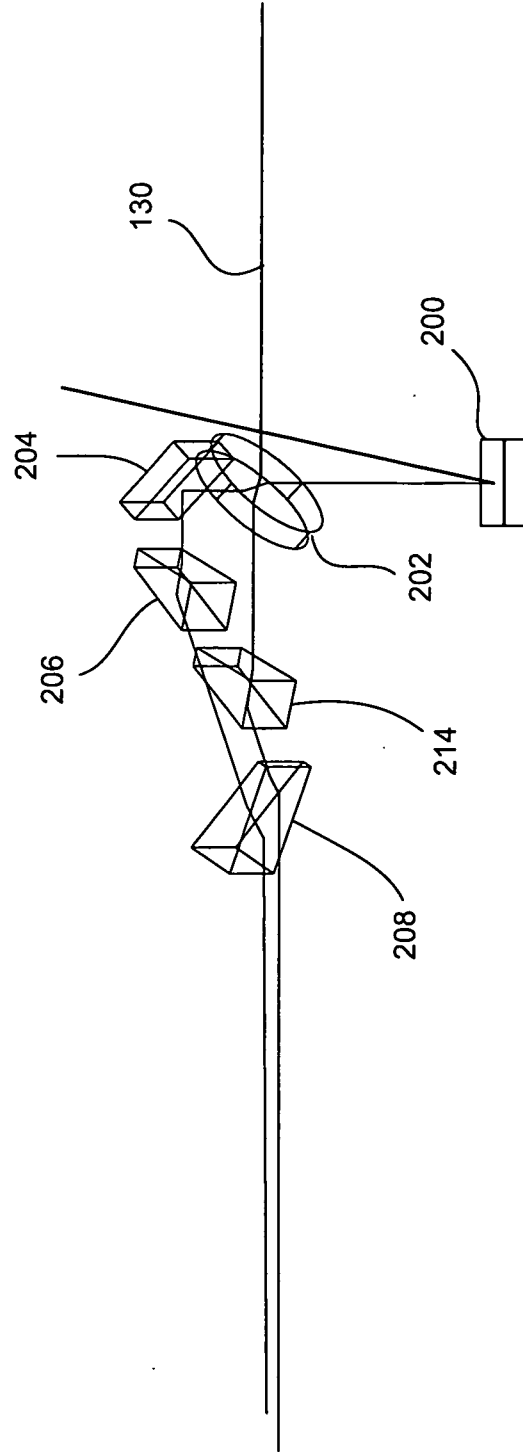


第1圖

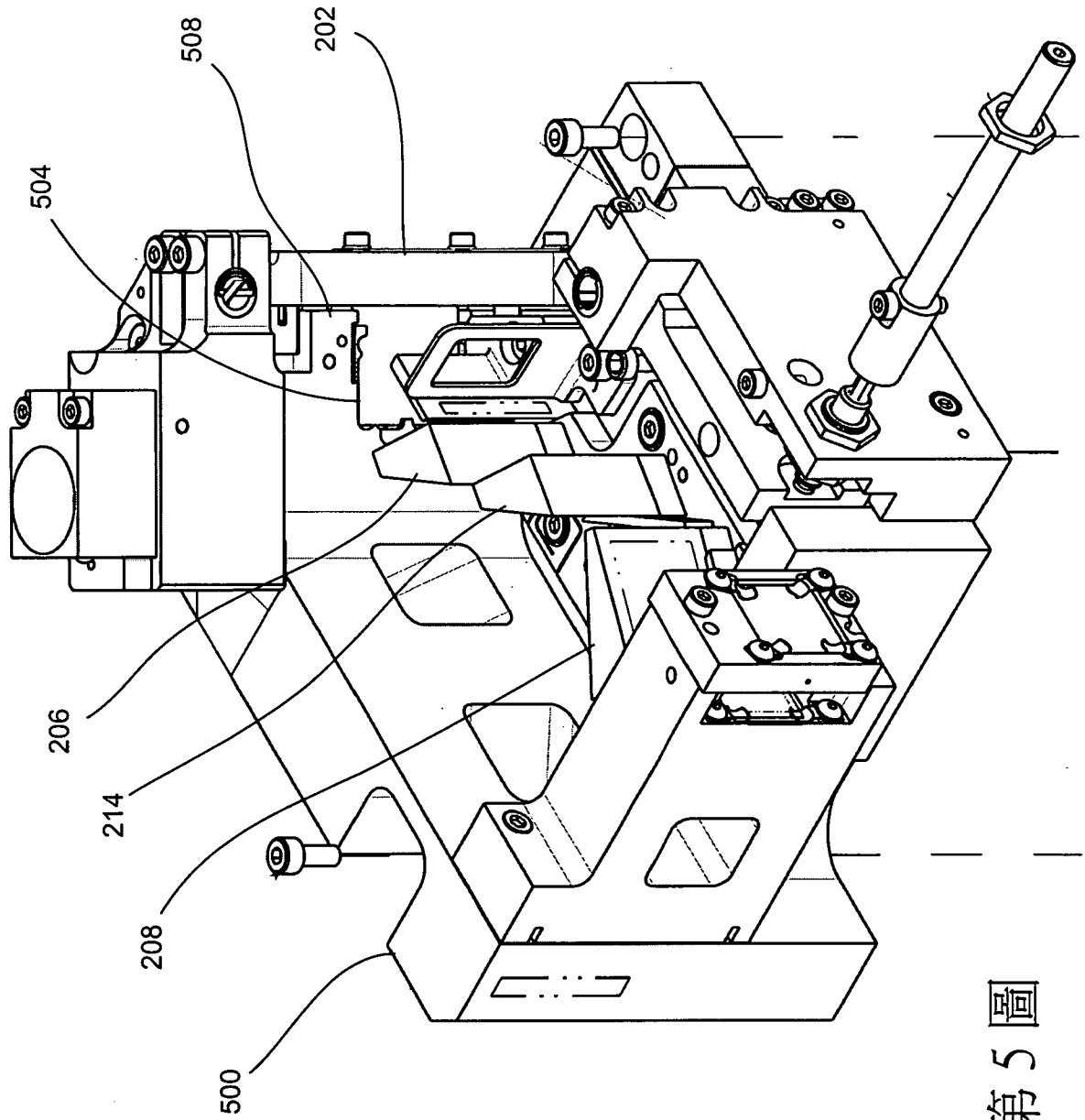




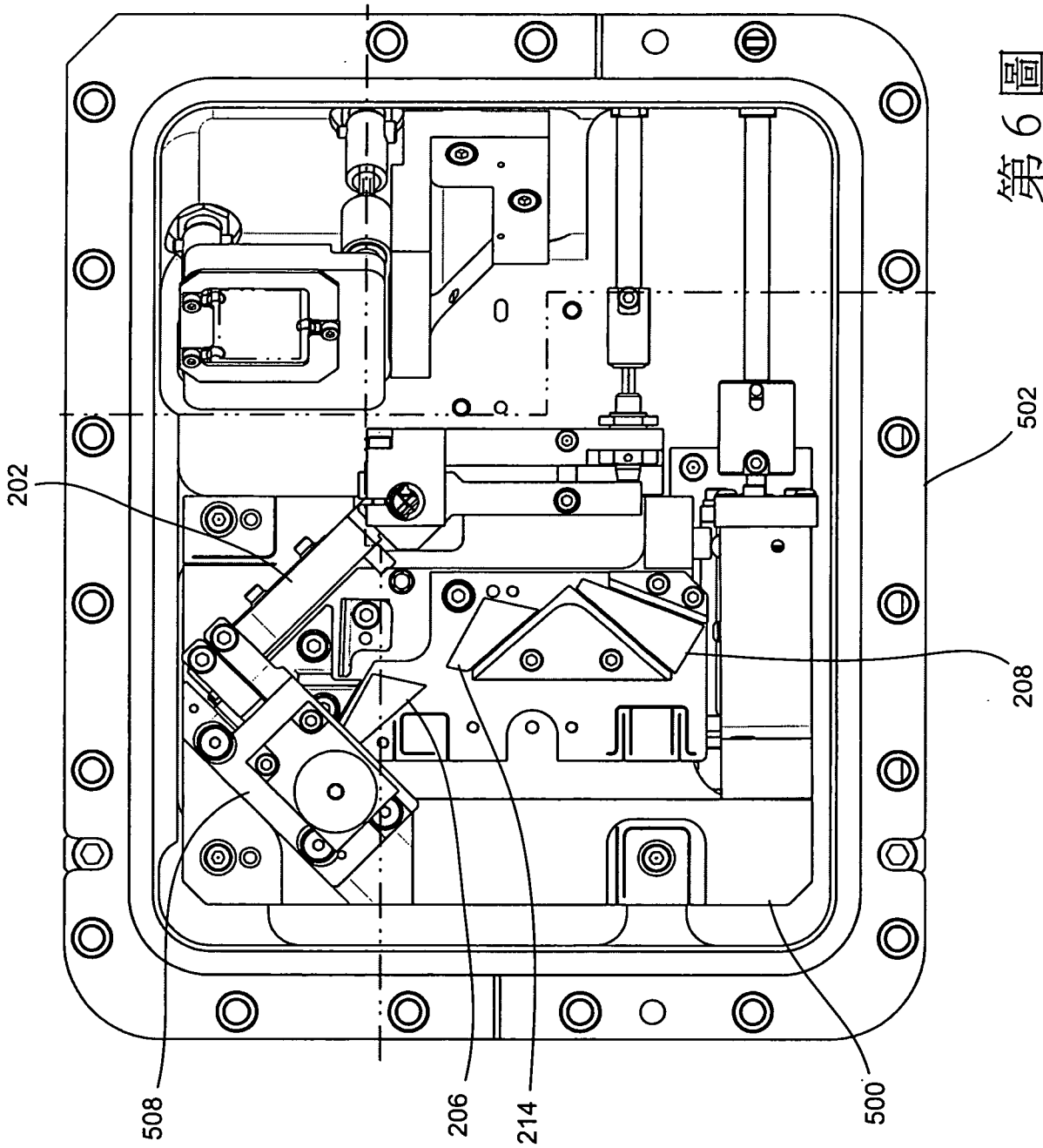
第 3 圖



第 4 圖

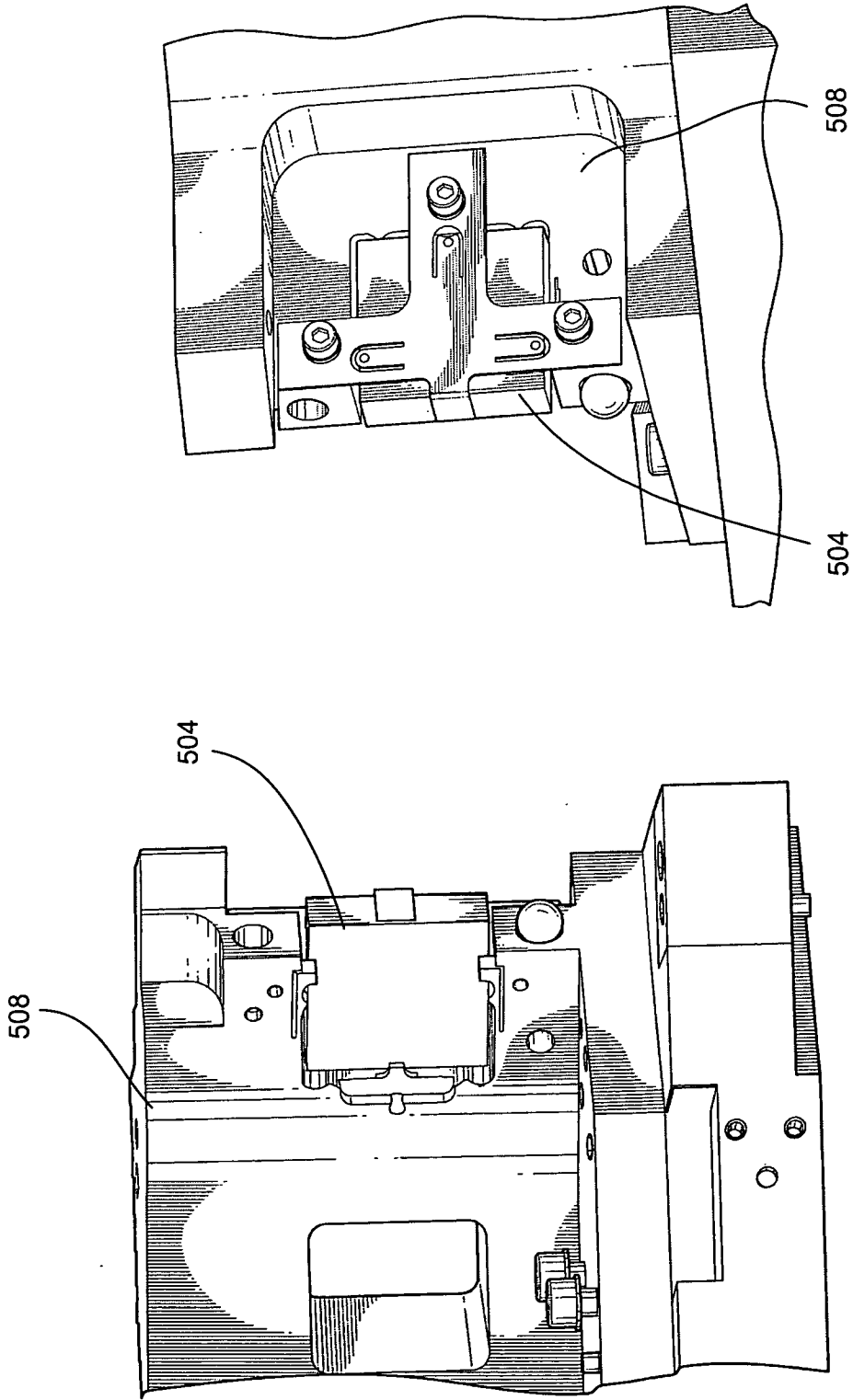


第5圖



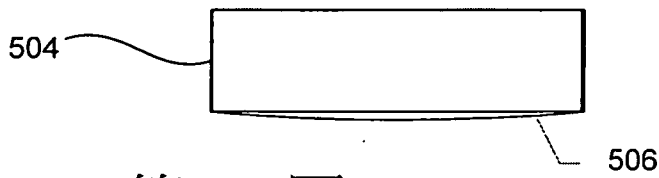
第6圖



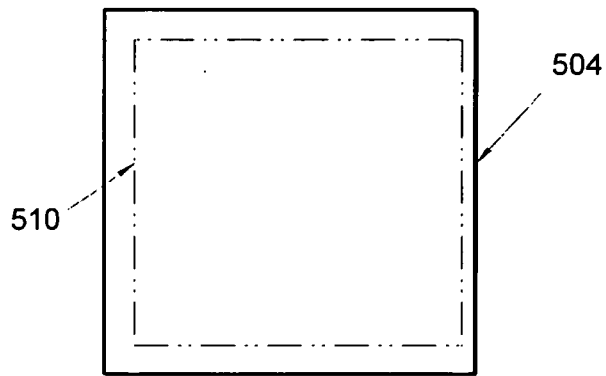


第7B圖

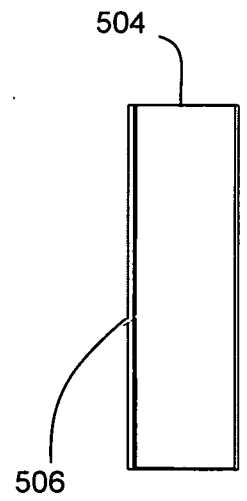
第7A圖



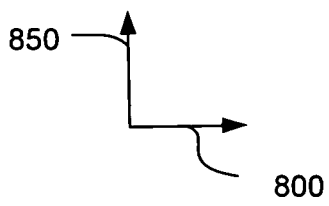
第 8B 圖

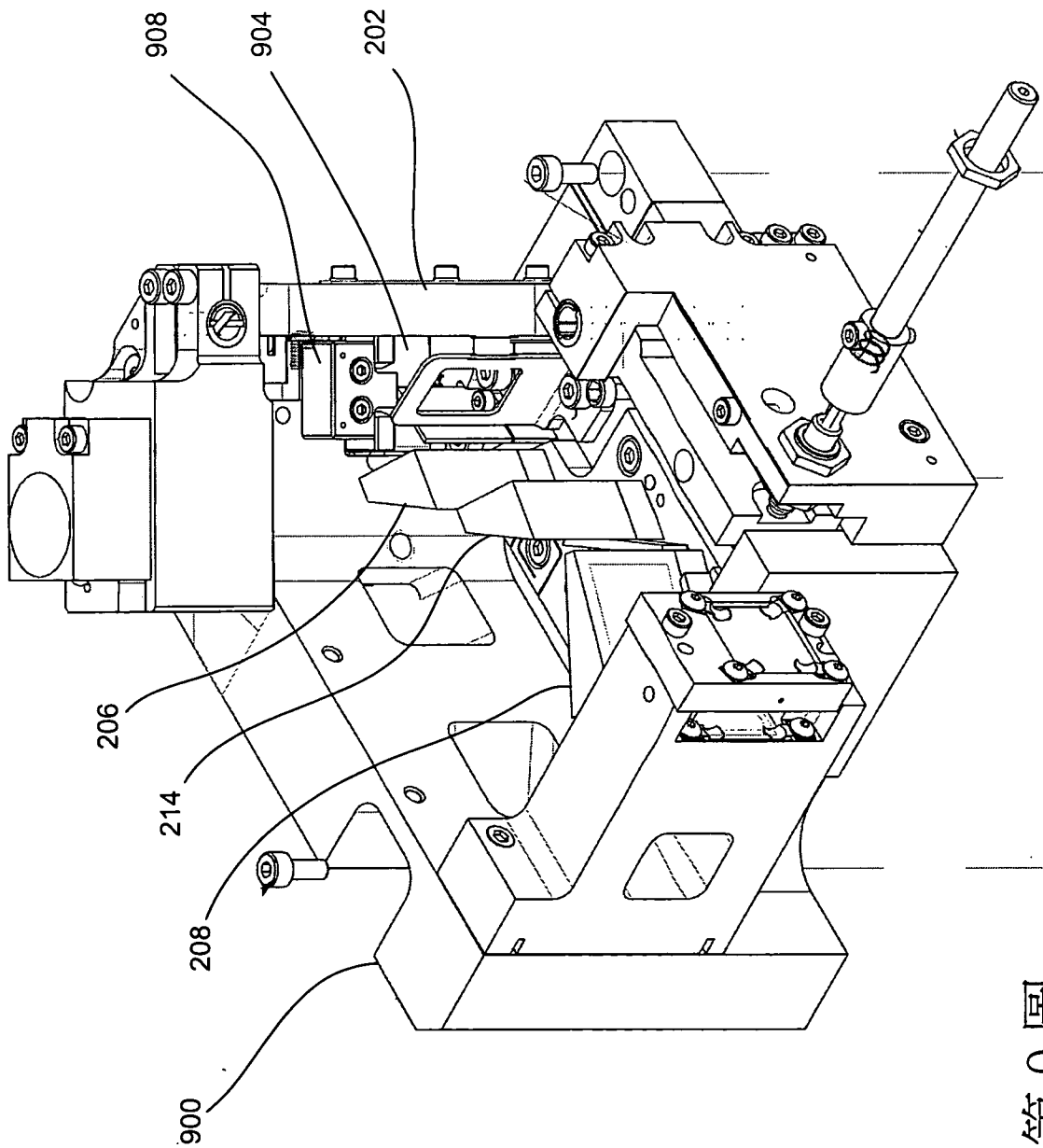


第 8A 圖

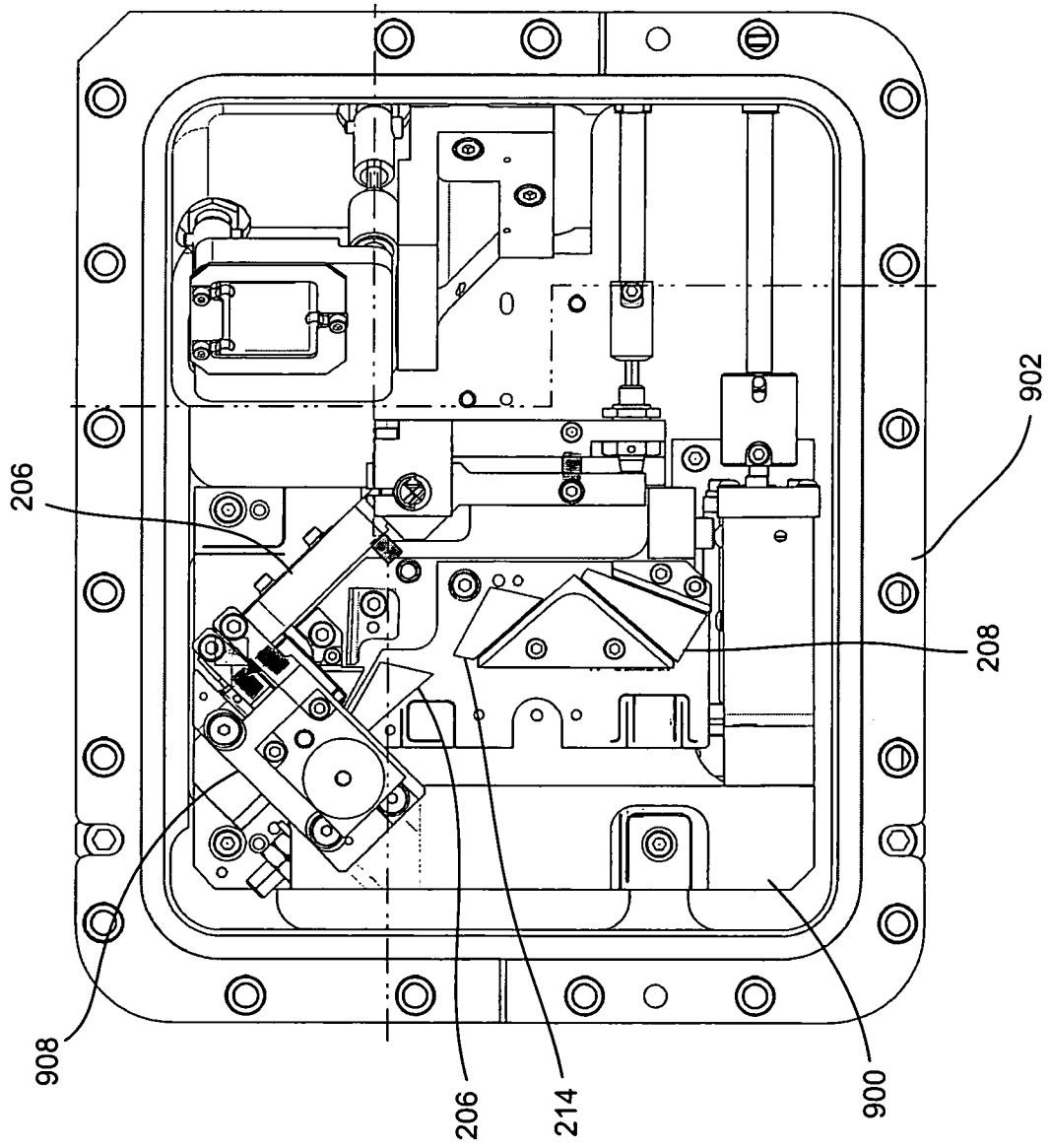


第 8C 圖

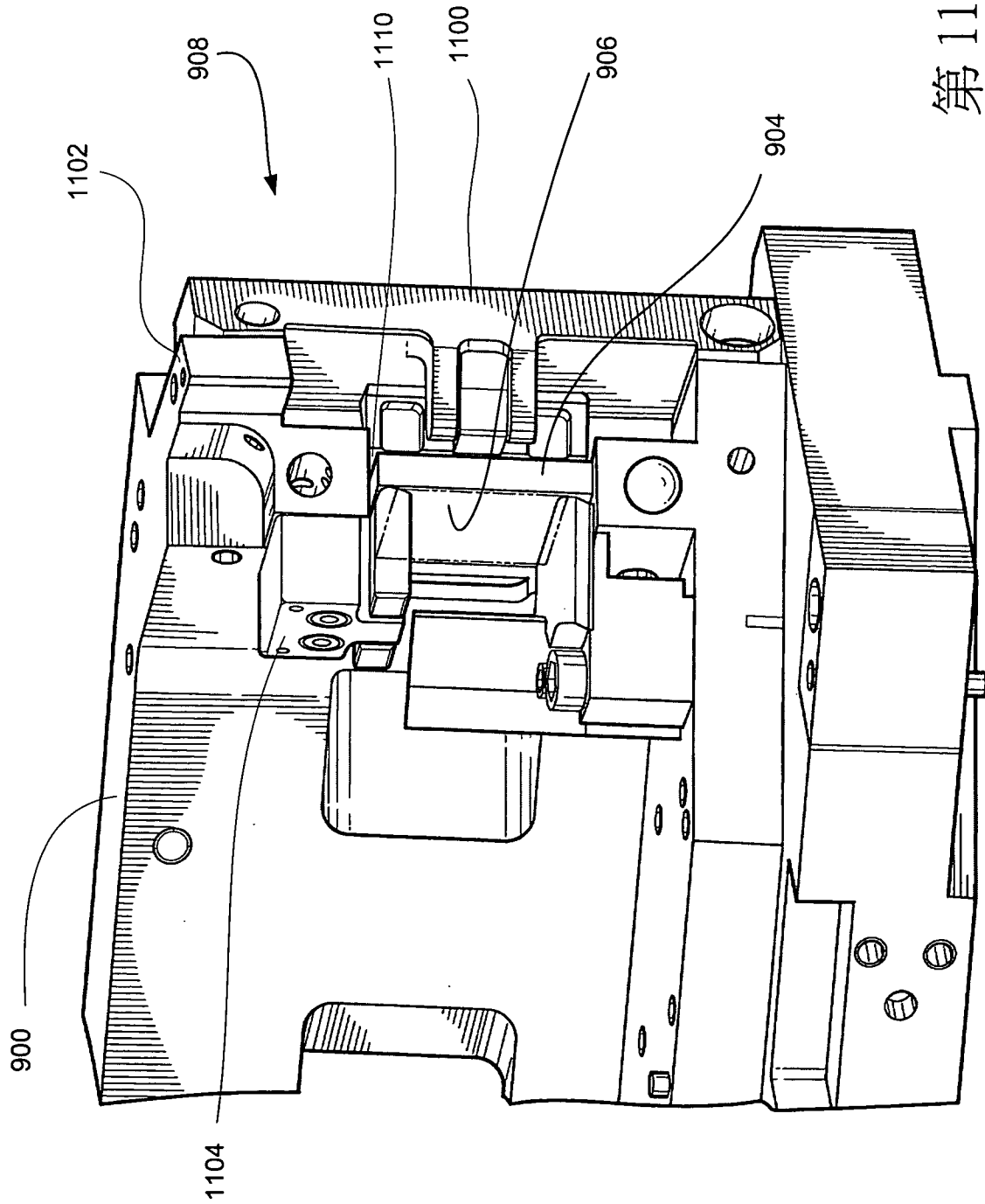




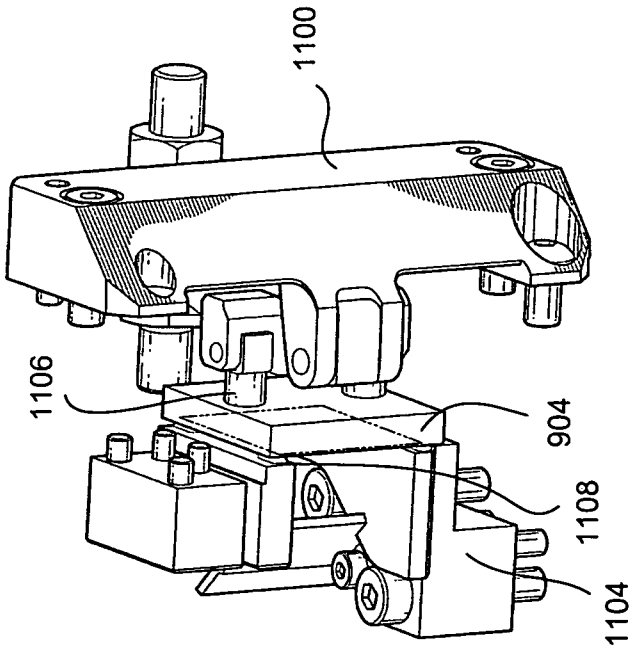
第9圖



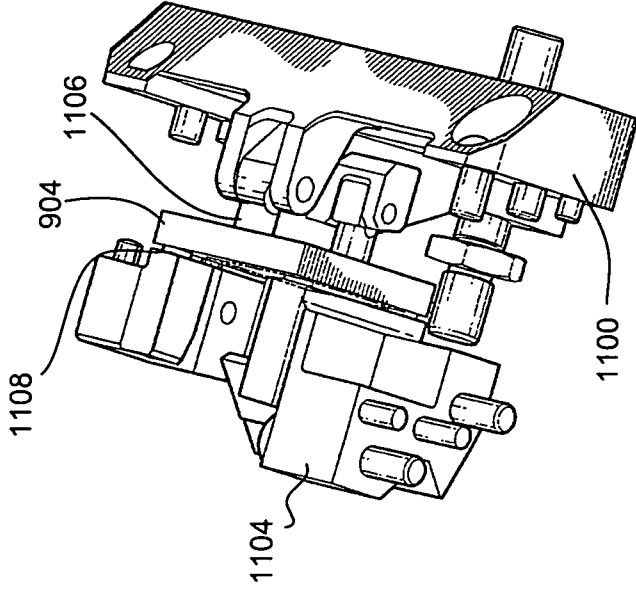
第 10 圖



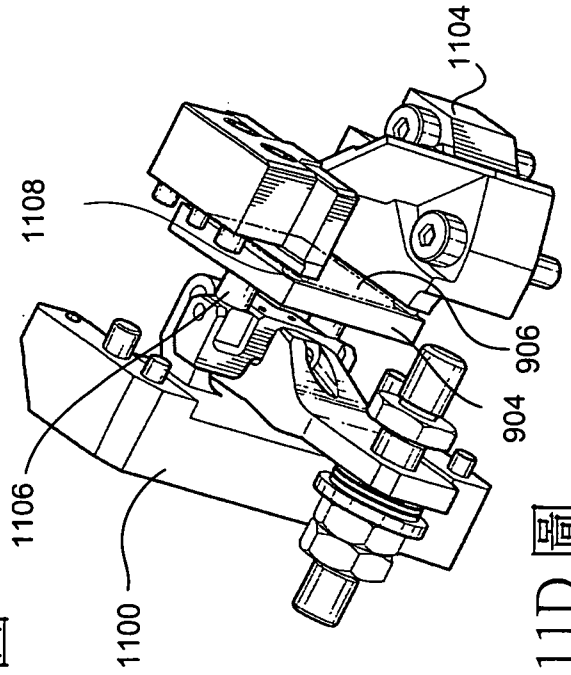
第11A圖



第 11B 圖

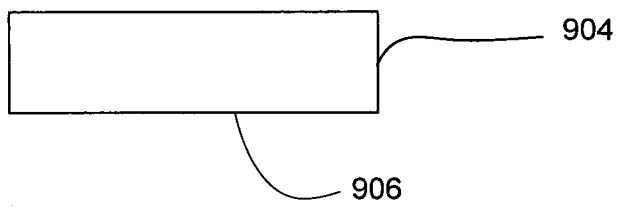


第 11C 圖

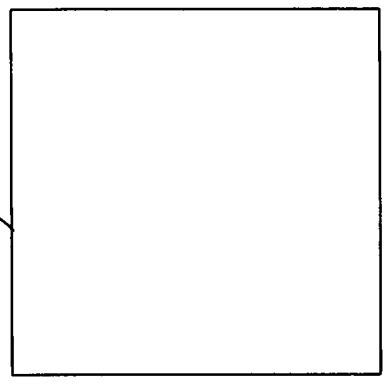


第 11D 圖

第 12B 圖



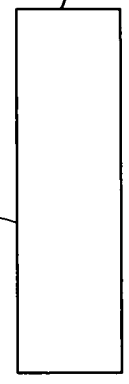
904



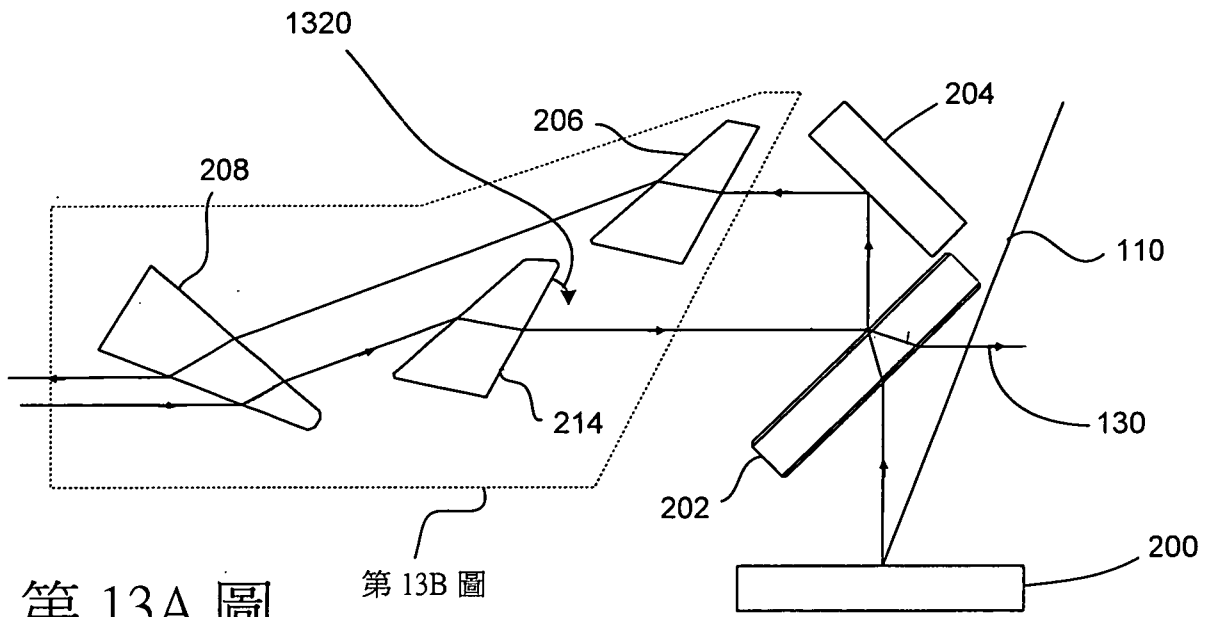
第 12A 圖

904

906

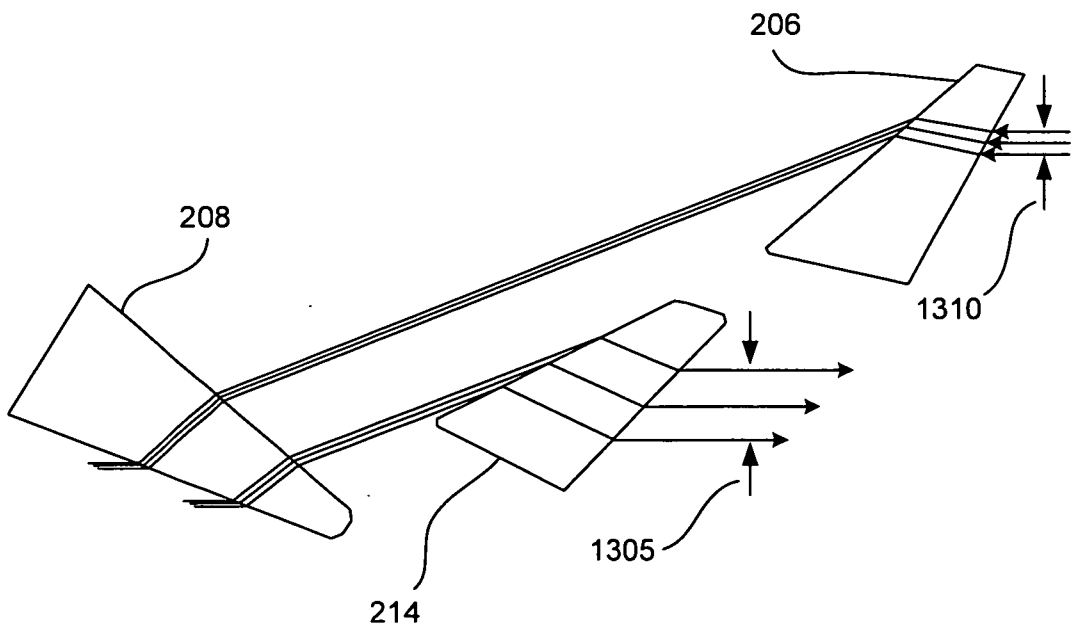


第 12C 圖



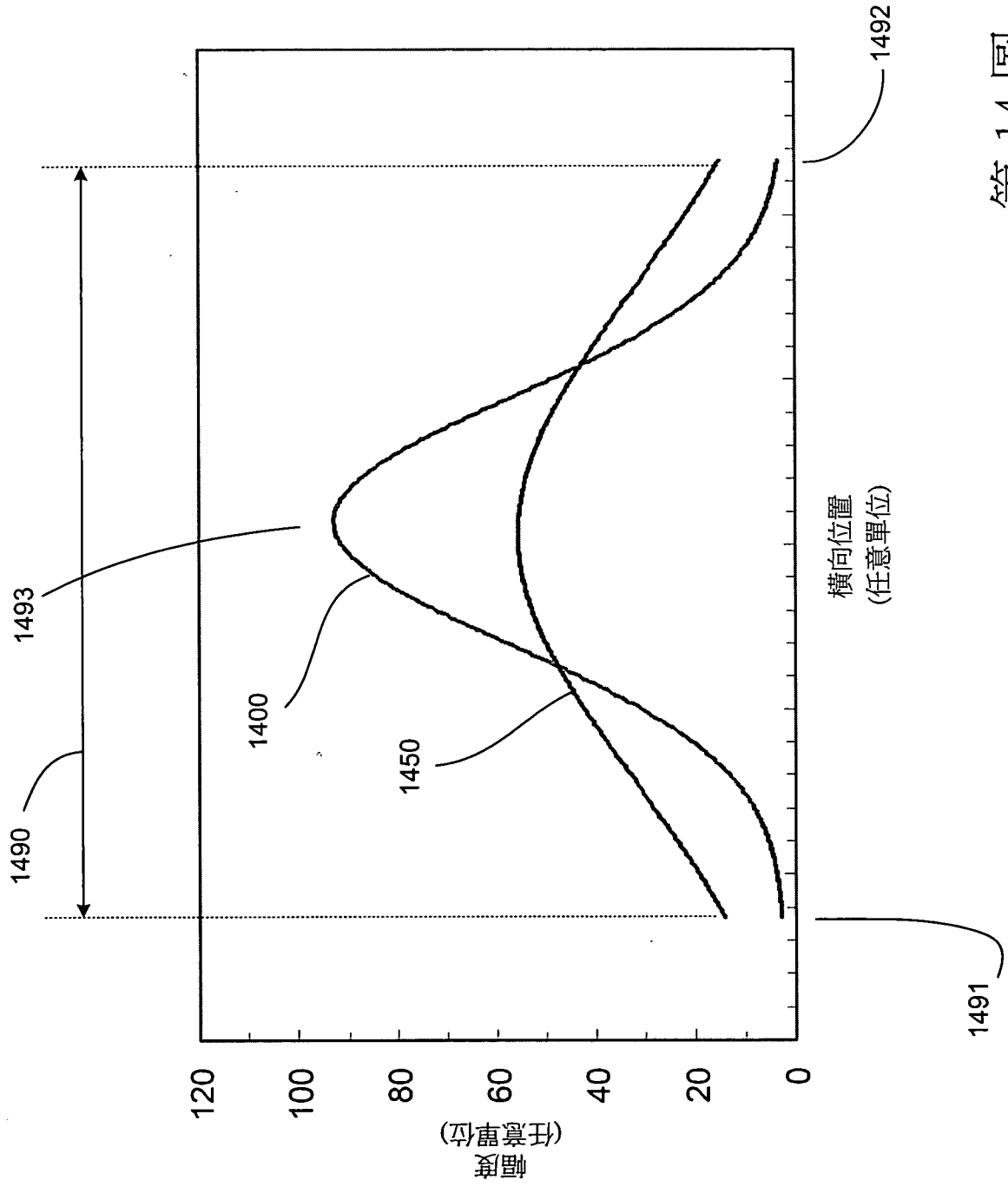
第 13A 圖

第 13B 圖



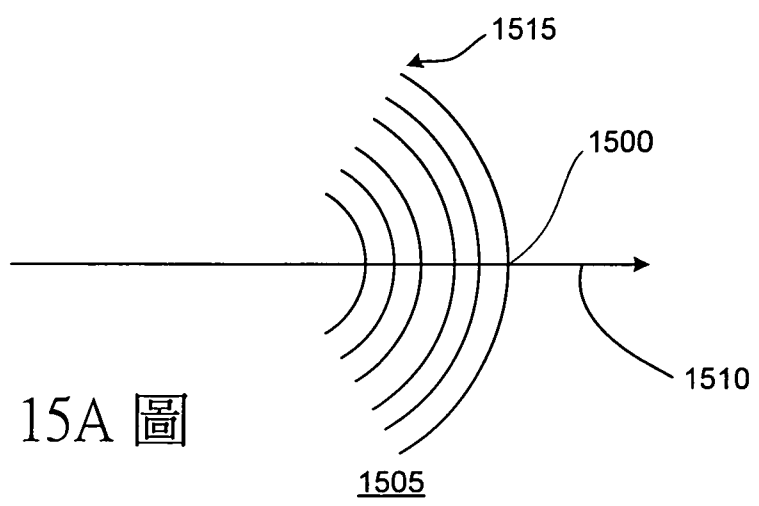
第 13B 圖



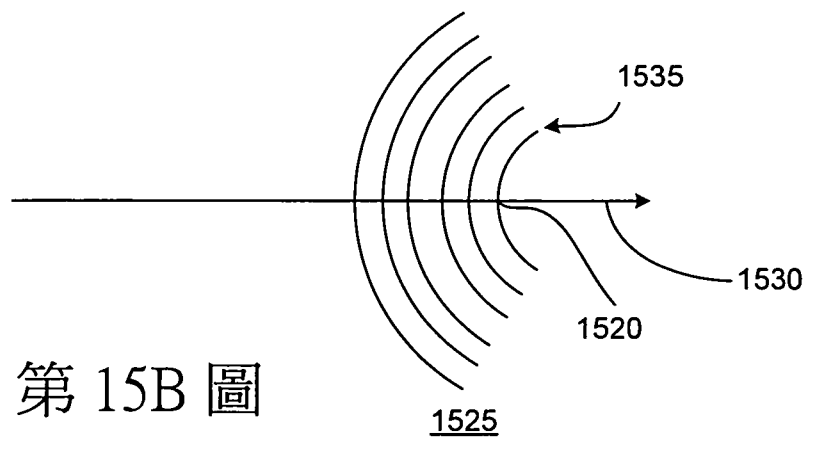


第14圖

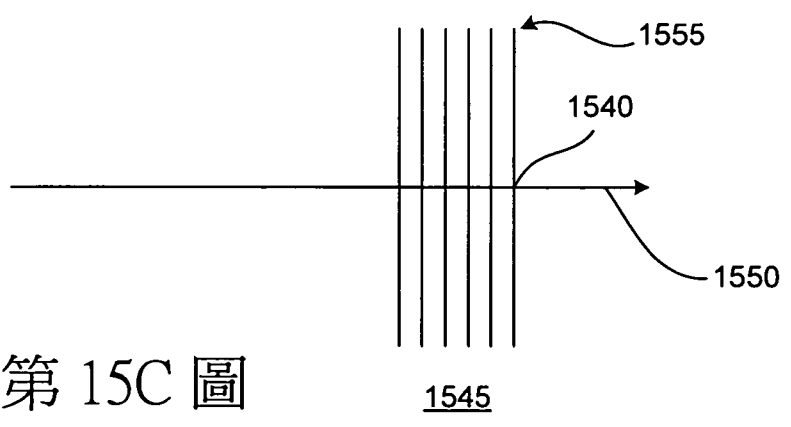
15/15



第 15A 圖



第 15B 圖



第 15C 圖