



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I535338 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 05 月 21 日

(21)申請案號：100119962

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 06 月 08 日

(51)Int. Cl. : **H05G2/00 (2006.01)****H01S3/23 (2006.01)**

(30)優先權：2010/06/24 美國

61/398,452

2011/03/31 美國

13/077,236

(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：侯凱鐘 HOU, KAI-CHUNG (CA)；山德史東 理查 L SANDSTROM, RICHARD L.

(US)；派特洛 威廉 N PARTLO, WILLIAM N. (US)；布朗 丹尼爾 J W

BROWN, DANIEL J. W. (AU)；佛蒙柯維 伊格爾 V FOMENKOV, IGOR V. (US)

(74)代理人：林嘉興

(56)參考文獻：

TW 528636

TW 200822813A

US 4107536

US 2006/0146906A1

US 2009/0095925A1

US 2009/0161201A1

審查人員：王志成

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：16 共 50 頁

(54)名稱

用以產生極紫外(EUV)光之裝置

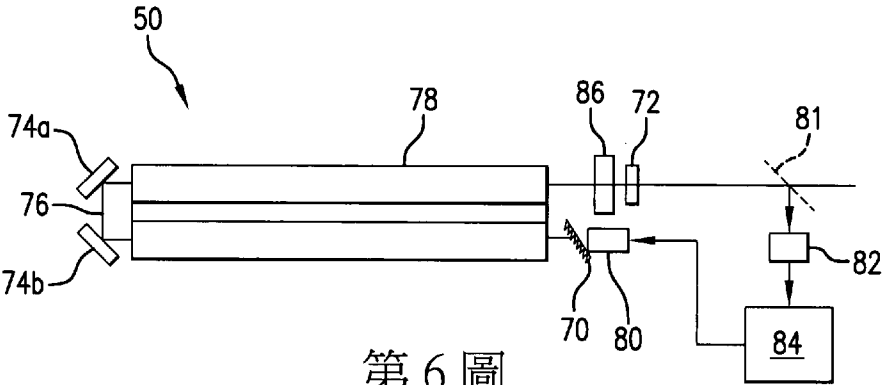
DEVICE FOR PRODUCING EXTREME ULTRAVIOLET (EUV) LIGHT

(57)摘要

本發明揭示一種裝置，其可包括：一光學放大器，其具有包含波長 λ_1 以及 λ_2 ，且 $\lambda_1 \neq \lambda_2$ 之一增益頻帶；一預脈衝種子雷射，其具有一用以調諧一預脈衝輸出為波長 λ_1 之調諧模組；一產生具有波長 λ_2 之雷射輸出的主脈衝種子雷射；以及一光束組合器，其用以經由該光學放大器引導該預脈衝輸出以及該主脈衝輸出至一共同路徑。

A device is described herein which may comprise an optical amplifier having a gain band including wavelengths λ_1 and λ_2 , with $\lambda_1 \neq \lambda_2$; a pre-pulse seed laser having a tuning module for tuning a pre-pulse output to wavelength λ_1 ; a main pulse seed laser generating a laser output having wavelength, λ_2 ; and a beam combiner for directing the pre-pulse output and the main pulse output on a common path through the optical amplifier.

指定代表圖：



第 6 圖

符號簡單說明：

- 50 . . . 預脈衝種子雷射
- 70 . . . 光柵
- 72 . . . 輸出耦合器
- 74a、74b . . . 鏡片
- 76 . . . 光束路徑
- 78 . . . 致動媒體
- 80 . . . 促動器
- 81 . . . 光學元件
- 82 . . . 檢測器
- 84 . . . 控制電路
- 86 . . . 開關
- 90 . . . 完全反射後鏡片
- 92 . . . 輸出耦合器
- 94a、94b . . . 鏡片
- 96 . . . 光束路徑
- 98 . . . 致動媒體

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：100119962

※ 申請日：100.6.8

※ IPC 分類：H05G 2/00 (2006.01)

H01S 3/23 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用以產生極紫外(EUV)光之裝置

Device for Producing Extreme Ultraviolet (EUV) Light

二、中文發明摘要：

本發明揭示一種裝置，其可包括：一光學放大器，其具有包含波長 λ_1 以及 λ_2 ，且 $\lambda_1 \neq \lambda_2$ 之一增益頻帶；一預脈衝種子雷射，其具有一用以調諧一預脈衝輸出為波長 λ_1 之調諧模組；一產生具有波長 λ_2 之雷射輸出的主脈衝種子雷射；以及一光束組合器，其用以經由該光學放大器引導該預脈衝輸出以及該主脈衝輸出至一共同路徑。

三、英文發明摘要：

A device is described herein which may comprise an optical amplifier having a gain band including wavelengths λ_1 and λ_2 , with $\lambda_1 \neq \lambda_2$; a pre-pulse seed laser having a tuning module for tuning a pre-pulse output to wavelength λ_1 ; a main pulse seed laser generating a laser output having wavelength, λ_2 ; and a beam combiner for directing the pre-pulse output and the main pulse output on a common path through the optical amplifier.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (6) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

50…預脈衝種子雷射

70…光柵

72…輸出耦合器

74a、74b…鏡片

76…光束路徑

78…致動媒體

80…促動器

81…光學元件

82…檢測器

84…控制電路

86…開關

90…完全反射後鏡片

92…輸出耦合器

94a、94b…鏡片

96…光束路徑

98…致動媒體

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】

相關申請之相互參考

本申請係主張於2011年3月31日申請在案之美國實用專利申請案第13/077236號之優先權，並且同時也主張於2010年6月24日申請在案之美國暫定申請案第61/398452之優先權，其兩者之標題皆為“具有用於極紫外光源的預脈衝之主振盪器-功率放大器驅動雷射”，其法定代理人編號為2009-0038-01，其完整內容將合併於本文中以為此處之參考。

本申請係關於2007年12月20日申請在案之美國專利申請序號第12/004905案，其標題為：用於極紫外光源之驅動雷射，其法定代理人編號為2006-0065-01；美國專利申請序號第11/786145案，其於2007年4月10日申請在案，其標題為：雷射產生電漿極紫外光源，其法定代理人編號為2007-0010-02；於2007年7月13日申請在案之美國專利申請序號第11/827803案，其標題為：具有使用調變擾波產生之小滴串流的雷射產生電漿極紫外光源，其法定代理人編號為2007-0030-01；於2006年2月21日申請在案之美國專利申請序號第11/358988案，其標題為：具有預脈衝之雷射產生電漿極紫外光源，其法定代理人編號為2005-0085-01；於2005年2月25日申請在案之美國專利申請序號第11/067124案，其標題為：用於極紫外電漿光源目標傳送之方法與裝置，其法定代理人編號為2004-0008-01；於2005年6月29日

之申請在案美國專利申請序號第11/174443案，其標題為：雷射產生電漿極紫外電漿來源材料目標傳送系統，法定代理人編號為2005-0003-01；於2006年2月21日申請在案之美國專利申請序號第11/358983案，其標題為：用於極紫外光源之來源材料分配器，法定代理人編號為2005-0102-01；於2006年2月21日申請在案之美國專利申請序號第11/358992案，其標題為：雷射產生電漿極紫外光源，其法定代理人編號為2005-0081-01；於2005年6月29日申請在案之美國專利申請序號第11/174299案，其標題為，雷射產生電漿極紫外光源驅動雷射系統，其法定代理人編號為2005-0044-01；於2006年4月17日申請在案之美國專利申請序號第11/406216案，其標題為：用於極紫外光源之可選擇之刺激因素，其法定代理人編號為2006-0003-01；於2006年10月13日申請在案之美國專利申請序號第11/580414案，其標題為：用於極紫外光源之驅動雷射傳送系統，其法定代理人編號為2006-0025-01；於2006年12月22日申請在案之美國專利申請序號第11/644153案，其標題為：雷射產生電漿極紫外光源，其法定代理人編號為2006-0006-01；於2006年8月16日申請在案之美國專利申請序號第11/505177案，其標題為：極紫外光，其法定代理人編號為2006-0027-01；於2006年6月14日申請在案之美國專利申請序號第11/452558案，其標題為：用於極紫外光源之驅動雷射技術，其法定代理人編號為2006-0001-01；於2005年8月9日發給Webb等人之美國專利第6928093號案，其標題為：長延遲與高鈦藍寶石

脈衝延伸器；於2006年3月31日申請在案之美國專利申請第11/394512號案，其標題為：共焦脈衝延伸器，其法定代理人編號為2004-0144-01；於2005年5月26日申請在案之美國專利申請第11/138001號案，其標題為：用於實作在如線光束形狀的雷射與沈積在基片上的薄膜之間的互動之系統與方法，其法定代理人編號為2004-0128-01；於2002年5月7日申請在案之美國專利申請第10/141216號案，目前是美國專利第6693939號案，其標題為：具有光束傳送之雷射平版印刷術光源；於2003年9月23日發給Knowles等人之美國專利第6625191號案，其標題為：非常窄頻帶，二個容室，高重複率氣體放電雷射系統；美國專利申請第10/012002號案，其法定代理人編號為2001-0090-01；於2003年4月15日發給Ness等人之美國專利第6549551號案，其標題為：具有精確時序控制之注入式種子雷射，美國專利申請編號第09/848043案，其法定代理人編號為2001-0020-01；於2003年5月20日發給Myers等人之美國專利第6567450號案，其標題為：極窄頻帶，二個容室，高重複率氣體放電雷射系統；美國專利申請編號第09/943343案，其法定代理人編號為2001-0084-01；以及於2006年8月25日申請在案之美國專利申請序號第11/509925案，其標題為：用於雷射產生電漿極紫外線光源之來源材料收集單元，其法定代理人編號為2005-0086-01；其完整內容將各合併於本文中以為此處之參考。

發明領域

本申請係關於極紫外(“EUV”)光源，其從產生自一來源材料的電漿提供極紫外光並且收集與引導至一焦點以供EUV光源容室之外側的使用，例如，供用於半導體積體電路製造之晶圓製版技術，例如，大約在100nm及以下的波長。

【 先 前 技 術 】

發明背景

極紫外(“EUV”)光，例如，電磁幅射線，其具有大約5-100nm或較短之波長(其有時也被稱為柔性x-光)，並且包含大約13nm之波長的光線，其可被使用於晶圓製版技術處理程序中，以於基片，例如矽晶圓中產生極小之特點。

用以產生極紫外線光之方法包含，但不必定受限於，轉換一材料成為電漿狀態，其具有一元素，例如，具有在EUV範圍中之放射線的氫、鋰或錫元素。此一方法，通常被稱為雷射產生電漿(“LPP”)，所需的電漿可藉由利用雷射光束照射一目標材料被產生，例如，以材料小滴、串流或群集之形式被產生。

對於這處理程序，電漿一般於密封容器，例如，真空容室中被產生，並且使用各種型式的計量設備被監控。除了產生EUV幅射線之外，這些電漿處理程序一般也於電漿容室中產生非所需的副產品，其可包含頻帶外幅射線、高能量離子以及殘渣，例如，目標材料之微粒及/或團塊/微滴。

這些電漿形成之副產品可能潛在加熱、損害或減低各種電漿容室光學元件之操作效能，其包含，但是不受限定於，可在正入射及/或切入射鏡有EUV反射光的多層鏡片

(MLM)之集熱鏡、計量檢測器表面、可用於將電漿形成程序成像之窗口、以及雷射輸入窗口。熱量、高能量離子及/或殘渣可能在一些方式上有害於光學元件，包含以降低光傳輸之材料塗層於它們表面、滲透進入它們、以及，例如，損害結構整體性及/或光學性質，例如，鏡片反射此些短波光之能力、侵蝕或腐蝕它們及/或擴散進入它們。因此，一般需要使產生電漿殘渣之數量及/或作用最小化。

迄今，LPP系統已被揭示，其中在小滴串流中之小滴藉由一分別的雷射脈衝被照射以自各小滴形成一電漿。同時，系統也已被揭示，於其中各小滴由多於一個的光脈衝連續地被照射。於一些情況中，各小滴可被曝露至一所謂的“預脈衝”以及一所謂的“主脈衝”，但是，應了解，多於一個的預脈衝可被使用並且多於一個的主脈衝可被使用，並且預脈衝以及主脈衝之功能可有某些程度之重疊。一般，預脈衝可影響一些或所有的目標材料，以加熱、膨脹、氣化、蒸發、離子化、產生弱電漿、及/或產生強電漿，並且主脈衝可作用以轉變多數或所有的預脈衝作用材料成為電漿，並且因而產生EUV光放射。於一些情況中，由於材料之較大的橫截面被曝露至主脈衝，或由於材料之密度減少使主脈衝的大穿透力進入材料，或二者，故預脈衝可能增加材料/脈衝互動之效能。預脈衝另一好處是，其可能擴展目標至聚焦主脈衝之尺度，允許所有的主脈衝參與。如果相對小的小滴被使用作為目標並且照射的光不能聚焦至小滴尺度，則這可是尤其有益的。因此，於一些應用中，

可能需要使用預脈衝以增加轉變效能及/或允許使用相對小的，例如，所謂的質量限定目標。相對小的目標之使用，接著，可被使用於產生較低殘渣及/或減低來源材料消耗。

由於上面的考量，可能需要使用一特定預脈衝能量以照射目標材料。許多因素可能影響這目標預脈衝能量之選擇，如包含目標材料小滴以及對應的預脈衝焦點之尺度、以預脈衝撞擊小滴可達成之精確程度、預脈衝之脈衝持續、預脈衝波長、EUV輸出能量、EUV轉換效能，以及預脈衝及/或主脈衝峰值強度。

如上面之指示，用以產生EUV光之一技術包含照射目標材料。就此而言，二氧化碳雷射，例如，以紅外線波長輸出光，例如，在大約 $9.2\mu\text{m}$ 至 $11.2\mu\text{m}$ 範圍之波長，可作為驅動雷射而在照射LPP處理程序中之目標材料時呈現某些優點。這對於某些目標材料尤其真實的，例如，包含錫之材料。例如，其一優點是可包含在驅動雷射輸入功率以及輸出EUV功率之間產生相對高的轉變效能之能力。二氧化碳驅動雷射之另一優點是，可包含以相對長之波長光自相對粗略表面(例如，已被塗層錫殘粒的反射光學元件)反射的能力(例如，當比較於在 193nm 之深UV時)。這具有 $10.6\mu\text{m}$ 幅射的性質可允許反射鏡接近電漿被採用，以供用於，例如，操縱、聚焦及/或調整驅動雷射光束之焦點功率。

於一些情況中，可能需要採用MoPa(主振盪器-功率放大器)配置，以產生被使用於LPP處理程序中相對高功率主脈衝。於此情況中，同時也可能是有利於某些情況中，以

使用一些或所有的主脈衝放大器而自一預脈衝種子雷射放大預脈衝。於此情況中，可能需要使用預脈衝波長，其不至於顯著地降低供用於主脈衝波長之放大器增益。其他因素可影響對於主脈衝以及預脈衝之波長選擇。例如，一般需要使用主脈衝波長，其將產生最大能量數。同時，當透鏡被使用以聚焦脈衝時，可容忍的色差數量也可能影響主脈衝以及預脈衝波長之選擇。此外，二色性光束切割器/組合器之使用，同時也可引進主脈衝/預脈衝波長選擇上之限定。

最後，其他因素，例如，要求使用具有相對大的脈衝上升時間之預脈衝，可指定所使用之預脈衝種子雷射類型(例如，增益媒體參數、放電類型、光學腔室、等等)。一些型式之種子雷射可僅被操作，以在一限定的輸出能量範圍之內產生種子雷射輸出脈衝能量。例如，脈衝能量範圍可能存在，於其之外雷射是不穩定的，因為其可能不被操作以產生一致的、可重複的雷射參數，例如，脈衝能量。雖然一衰減器可被置放在種子雷射下游，以於一些情況中擴張其之操作範圍，衰減器之使用可能導致非所需的複雜性並且可能非必要的浪費能量。於一些情況中，可能存在脈衝能量範圍，於其之外可能無適當的光學元件(例如，計量檢測器)可用。這些種子輸出脈衝能量的限制，可能接著影響用以產生在放大之後的小滴所需的預脈衝目標能量之所需的預脈衝波長選擇，因為放大器增益是取決於種子脈衝波長。

基於上面之考量，申請人揭示具有用於極紫外光源的預脈衝之主振盪器-功率放大器驅動雷射。

【發明內容】

發明概要

如此處之揭示，於第一論點中，一裝置被揭示，其可包括：一光學放大器，其具有包含波長 λ_1 以及 λ_2 ，且 $\lambda_1 \neq \lambda_2$ 之一增益頻帶；一預脈衝種子雷射，其具有一用以調諧一預脈衝輸出為波長 λ_1 之調諧模組；一主脈衝種子雷射，其產生一具有波長 λ_2 之雷射輸出；以及一光束組合器，其用以經由該光學放大器引導該預脈衝輸出以及該主脈衝輸出至一共同路徑。

於一實施例中，該調諧模組可包括一光柵。

於一特定實施例中，預脈衝種子雷射和該主脈衝種子雷射可具有包括二氧化碳之一增益媒體，並且 λ_1 以及 λ_2 對應至一共同振動支路中的轉動線。

於一實作例中，該預脈衝種子雷射以及該主脈衝種子雷射可具有包括二氧化碳的增益媒體，並且 λ_1 以及 λ_2 對應至不同振動支路中的轉動線。

於一特定實作例中，該預脈衝種子雷射以及該主脈衝種子雷射可具有包括二氧化碳之增益媒體，並且 λ_1 以及 λ_2 對應至不同振動支路中之轉動線，並且其中該等振動支路不共用一共同較高位準。

於一配置中，該預脈衝種子雷射可包括一次大氣壓、密封的、射頻放電之二氧化碳雷射。

於另一論點中，此處同時也揭示，一裝置，其用以照射一目標材料以產生極紫外(EUV)光，該裝置可包括：一光學放大器，其具有包含波長 λ_1 以及 λ_2 ，且 $\lambda_1 \neq \lambda_2$ 的一增益頻帶；一預脈衝種子雷射，其產生一具有波長 λ_1 以及脈衝能量 E_{PP} 之預脈衝輸出；一主脈衝種子雷射，其產生一具有波長 λ_2 以及脈衝能量 E_{MP} 之主脈衝輸出，且 $E_{MP} < 1000 \times E_{PP}$ ；以及其用以經由該光學放大器引導該預脈衝輸出以及該主脈衝輸出至一共同光束路徑上。

於這論點之一實施例中，該預脈衝雷射可包括一調諧模組。

於一特定實施例中，該調諧模組可包括一光柵。

於這論點之一特定實作例中，其中該預脈衝種子雷射以及該主脈衝種子雷射可具有包括二氧化碳之增益媒體，並且 λ_1 以及 λ_2 對應至一共同振動支路中之轉動線。

於一特定實作例中，該光學放大器可具有包括二氧化碳的一增益媒體並且產生一預脈衝放大器輸出脈衝能量 $E_{PP-AMPED}$ 以及一主脈衝放大器輸出脈衝能量 $E_{MP-AMPED}$ ，且 $E_{MP-AMPED} > 10 \times E_{PP-AMPED}$ 。

於這論點之一實作例中， $E_{MP} < 10 \times E_{PP}$ 。

於一特定實作例中，該預脈衝種子雷射可包括一次大氣壓、密封、射頻放電、二氧化碳雷射。

於這論點之一特定實作例中，該預脈衝種子雷射以及該主脈衝種子雷射可具有包括二氧化碳之增益媒體，並且 λ_1 以及 λ_2 對應至不同振動支路中之轉動線。

於這論點之一特定實作例中，該預脈衝種子雷射以及該主脈衝種子雷射可具有包括二氧化碳之增益媒體，並且 λ_1 以及 λ_2 對應至不同振動支路中之轉動線，並且其中該等振動支路不共用一共同較高位準。

於另一論點中，同時此處也揭示，一裝置，其可包括：一光學放大器，其可具有包括二氧化碳之一增益媒體；一預脈衝種子雷射，其產生一具有波長 λ_1 的預脈衝輸出；一主脈衝種子雷射，其產生一具有波長 λ_2 ，且 $\lambda_1 \neq \lambda_2$ 的主脈衝輸出，並且 λ_1 以及 λ_2 對應至一相同二氧化碳增益媒體振動支路中之轉動線；以及一光束組合器，其用以經由該光學放大器引導該預脈衝輸出以及該主脈衝輸出至一共同路徑上。

於這論點之一特定實作例中，該種子雷射可包括一用以調諧該預脈衝輸出至波長 λ_1 之調諧模組。

於這論點之一特定實作例中，該調諧模組可包括一光柵。

於這論點之一實作例中，該預脈衝種子雷射可包括一次大氣壓、密封、射頻放電、二氧化碳雷射。

於這論點之一特定實作例中，該光束組合器可包括一個二色性光束組合器，並且該 λ_1 以及該 λ_2 利用該振動支路中之至少三個轉動線被分離。

圖式簡單說明

第1圖展示依據本發明揭示之一論點的雷射產生電漿EUV光源之簡化分解圖；

第2圖展示一雷射源之實施例的簡化分解圖，該雷射源具有一預脈衝種子雷射、主脈衝種子雷射以及共用放大器；

第3圖展示一雷射源之另一實施例之簡化分解圖，該雷射源具有一預脈衝種子雷射、主脈衝種子雷射以及共用放大器；

第4圖展示一雷射源之另一實施例之簡化分解圖，該雷射源具有一預脈衝種子雷射、主脈衝種子雷射以及共用放大器；

第5圖展示一雷射源之另一實施例之簡化分解圖，該雷射源具有一預脈衝種子雷射、主脈衝種子雷射以及共用放大器；

第6圖展示一波長可調預脈衝種子雷射實施例之簡化分解圖；

第7圖展示一主脈衝種子雷射實施例之簡化分解圖；

第8圖展示用以決定對於一預脈衝種子雷射之一輸出波長 λ_{PP} 的操作步驟範例；

第9圖展示用以決定對於一預脈衝種子雷射之一輸出波長 λ_{PP} 的操作步驟之另一範例；

第10圖展示當一聚焦透鏡被使用以將放大器輸出聚焦於一目標上時，用以決定對於一預脈衝種子雷射之一輸出波長 λ_{PP} 的操作步驟之另一範例；

第11圖展示色差可能導致具有波長 λ_1 之預脈衝光束聚焦在第一位置，而具有波長 λ_2 之主脈衝光束則聚焦在距離該第一位置之一距離“d”的第二位置上；

第12圖展示對於具有一聚焦透鏡之典型LPP系統中所繪製目標(小滴)上之主脈衝雷射強度相對於在預脈衝以及主脈衝之間($\lambda_{MP}-\lambda_{PP}$)的波長差量之圖形；以及

第13-16圖展示列表1-4，其包含對於9R、10R、9P、以及10P振動支路中之轉動線的選擇資料。

【實施方式】

較佳實施例之詳細說明

首先參考至第1圖，其展示一極紫外(EUV)光源，例如，雷射產生電漿EUV光源20實施例之簡化分解圖。如第1圖之展示，LPP光源20可包含系統22，其用以產生光並且將光傳送進入容室26。對於光源20，光可自系統22沿著一個或多個光束路徑行進並且進入容室26，以照射在照射區域28之一分別的目標小滴。可適用於第1圖展示之系統22使用的雷射配置範例將在下面更詳細地被說明。

如第1圖之進一步展示，極EUV光源20同時也可包含目標材料傳送系統24，例如，傳送目標材料之小滴進入容室26內部而至照射區域28，其中該等小滴將與一個或多個光脈衝，例如，零個、一個或多個預脈衝相互作用以及隨後的一個或多個主脈衝，以最後地產生電漿並且產生EUV輻射。關於各種小滴分配器組態以及它們相對優點之更詳細的說明可被發現於於2010年3月10日申請在案之美國專利申請序號第12/721317案中，其標題為：雷射產生電漿極紫外光源，其法定代理人編號為2008-0055-01；於2008年6月19日申請在案之美國專利申請序號第12/214736案，其標題

為：用於雷射產生電漿極紫外光源之目標材料傳送系統與方法，其法定代理人編號為2006-0067-02；於2007年7月13日申請在案之美國專利申請序號第11/827803案，其標題為：具有使用調變擾波產生之小滴串流的雷射產生電漿極紫外光源，其法定代理人編號為2007-0030-01；於2006年2月21日申請在案之美國專利申請序號第11/358988案，其標題為：具有預脈衝之雷射產生電漿極紫外光源，其法定代理人編號為2005-0085-01，並且於2006年11月16日被公開為美國專利第2006/0255298A-1號案；於2005年2月25日申請在案之美國專利申請序號第11/067124案，其標題為：用於極紫外電漿光源目標傳送之方法與裝置，其法定代理人編號為2004-0008-01；接著是為於2008年7月29日頒布之美國專利第7405416號案；以及於2005年6月29日申請在案之美國專利申請序號第11/174443案，其標題為：雷射產生電漿極紫外電漿來源材料目標傳送系統，其法定代理人編號為2005-0003-01，接著是為於2008年5月23日頒布之美國專利第73720563號案；其內容皆包含於本文以作為此處之參考。

目標材料可包含，但是不必受限定於，錫、鋰、氫、或其組合之材料。EUV放射元素，例如，錫、鋰、氫、等等，可以是液態小滴形式及/或包含在液態小滴之內的固態微粒。例如，錫元素可被使用，如純錫、如錫化合物，例如，四溴化錫(SnBr_4)、二溴化錫(SnBr_2)、四氫化錫(SnH_4)，如錫合金，例如，錫-鎳合金、錫-鈮合金、錫-鈮-鎳合金或其組合。依據使用之材料，目標材料可在各種溫度被呈現

至照射區域28，如包含室溫或接近室溫(例如，錫合金、 SnBr_4)，在提升溫度，(例如，純錫)或在室溫之下的溫度，(例如， SnH_4)，並且於一些情況中，可相對地揮發性，例如， SnBr_4 。關於雷射產生電漿極紫外光源中的這些材料使用之更詳細的說明被提供於2006年4月17日申請在案之美國專利申請序號第11/406216案中，其標題為：用於極紫外光源之替代燃料，其法定代理人編號為2006-0003-01，接著是為於2008年12月16日頒布之美國專利第7465946號案，其內容皆包含於本文中以作為此處之參考。

繼續參看第1圖，EUV光源20也可包含光學元件30，例如，近正入射收集鏡，其具有，例如，以鉬與矽交錯層塗層之分級多層的扁長橢圓球體形式(亦即，對其主軸旋轉的橢圓形)之反射表面，並且於一些情況中，具有一個或多個高溫擴散障壁層、平滑層、覆蓋層及/或蝕刻停止層。第1圖展示一光學元件30，其可被形成一隙縫以允許利用系統22產生的光脈衝通過並且抵達照射區域28。如所展示，光學元件30可以是，例如，一扁長橢圓球體鏡，其具有在照射區域28之內或接近之一第一焦點以及在所謂的中間區域40之一第二焦點，於該中間區域，EUV光可自EUV光源20被輸出並且被輸入至使用EUV光之一裝置，例如，積體電路平版印刷術器具(未被展示出)。應了解，其他光學元件亦可被使用以代替扁長橢圓球體鏡以供收集並且引導光至一中間位置以供依序地傳送至利用EUV光之裝置，例如，光學元件可以是對其之主軸附近轉動之一拋物線體或可被組

態以傳送具有環狀橫斷面之一光束至一中間位置，參看，例如，於2006年8月16日申請在案之美國專利申請序號第11/505177案，其標題為：極紫外光，其法定代理人編號為2006-0027-01，其內容將被包含於本文中以為此處之參考。

第1圖同時也展示光源20，其可包含具有一個或多個光學元件之一光束調節單元42而用以擴張、操縱、及/或脈衝成形在系統22以及聚焦單元46之間的光束。一光學隔離器(未被展示出)也可被提供以保護系統22。關於光束調節之進一步的詳細說明被提供於2004年3月17日申請在案之美國專利申請序號第10/803526案中，其標題為：高重覆率雷射產生電漿極紫外光源，其法定代理人編號為2003-0125-01，接著是為於2006年8月8日頒布之美國專利第7087914號案；於2004年7月27日申請在案之美國專利序號第10/900839案，其標題為：極紫外光源，其法定代理人編號為2004-0044-01，接著是為於2007年1月16日頒布之美國專利第7164144號案，以及於2009年12月15日申請在案之美國專利申請序號第12/638092案，其標題為：用於極紫外光源之光束輸送系統，其法定代理人編號為2009-0029-01，其內容皆包含於本文中以為此處之參考。

對於光源22，聚焦單元46可包含一個或多個光學元件，其用以將一光束聚焦至照射地點之一焦點。例如，聚焦單元可包含一個或多個鏡片、透鏡、消色差透鏡，例如，消色差雙合透鏡或其組合。

如此處所使用的，名詞“光學元件”以及其之衍生物包

含，但是不受限定於，反射及/或傳送及/或在入射光上操作之一個或多個構件，並且包含，但是不受限定於，一個或多個透鏡、窗口、過濾器、楔形鏡、稜鏡、稜柵、評級器、傳送光纖、光標準具、擴散器、均質器、探測器以及其他器具構件、鏡頭孔徑、錐透鏡以及包含下述之鏡片，如多層鏡、近正入射鏡片、切入射鏡、反射之反射器、擴散反射器、以及其組合。此外，除非另有指明，否則名詞“光學元件”或其衍生物，如此處所使用的，皆不表示受限定於單獨地操作之構件或有利於在一個或多個特定波長範圍之內的構件，例如，在EUV輸出光波長、照射雷射波長、適用於計量之波長或一些其他的波長。

第2圖展示使用於第1圖展示之光源20中的雷射源22範例。如第2圖之展示，雷射源22可包含一預脈衝種子雷射50(其產生一輸出經由共用放大器54被引導至光束路徑52上)以及一主脈衝種子雷射56(其產生一輸出經由共用放大器54被引導至光束路徑58上)。於一些情況中，一光學隔離器(未被展示出)可被提供在放大器以及種子雷射之間以保護種子雷射。

第3圖展示供第1圖展示之光源20使用的雷射源22'之另一範例。如第3圖之展示，雷射源22'可包含一預脈衝種子雷射50(其產生一輸出，該輸出在自光學元件60反射之後並且經由共用放大器54被引導至共用光束路徑52'上)以及一主脈衝種子雷射56(其產生一輸出，該輸出經由光學元件60以及經由共用放大器54被引導至共用光束路徑58上)。對

於第3圖展示之配置，光學元件60可以是二色性光束組合器、極化識別光束組合器或部份反射光束組合器。應了解，該配置可被修改，以至於預脈衝種子雷射輸出經由光學元件60被傳送並且主脈衝種子雷射輸出利用光學元件60被反射。

第4圖展示供使用於第1圖展示光源20中之雷射源22''的另一範例。如第4圖之展示，雷射源22''可包含一預脈衝種子雷射50(其產生一輸出，該輸出在自光學元件60反射之後並且經由共用放大器54'被引導至共用光束路徑52'上)以及一主脈衝種子雷射56(其產生一輸出，該輸出經由光學元件60以及經由共用放大器54'被引導至共用光束路徑52'上。如進一步的展示，放大器54'可具有二個(或更多)放大單元62、64，其各具有其自己之致動媒體以及激勵源(例如，泵電極)之一容室。對於第3圖展示之配置，光學元件60可以是二色性光束組合器、極化識別光束組合器或部份反射光束組合器。應了解，該等配置可被修改，以至於預脈衝種子雷射輸出經由光學元件60被傳送，並且主脈衝種子雷射輸出可利用光學元件60被反射。

第5圖展示供使用於第1圖展示之光源20中的雷射源22'''之另一範例。如第5圖之展示，雷射源22'''可包含一放大器54''，其具有二個(或更多)放大單元62'、64'，其各具有其自己之致動媒體以及激勵源，例如，泵電極。如進一步的展示，一預脈衝種子雷射50可被提供而產生一輸出，該輸出在自光學元件60'反射之後並且經由共用放大單元

64'被引導至共用光束路徑58'上。第5圖同時也展示一主脈衝種子雷射56，其可被提供而產生一輸出，該輸出經由放大單元64'並且接著經由光學元件60'以及經由共用放大器54'被引導至共用光束路徑58'上。對於第3圖展示之配置，光學元件60'可以是二色性光束組合器、極化識別光束組合器或部份反射光束組合器。應了解，該配置可被修改，以至於預脈衝種子雷射輸出經由光學元件60'被傳送，並且主脈衝種子雷射輸出利用光學元件60'被反射。應進一步地了解，多於一個的放大單元可被置放在光學元件60'以及主脈衝種子雷射56之間，及/或多於一個的共用放大單元可被置放在共用光束路徑58'上以放大預脈衝種子雷射輸出以及放大單元62'之輸出兩者。

第6圖展示波長可調預脈衝種子雷射50之實施例的簡化分解圖。如所展示，預脈衝種子雷射50可包含利用一光柵70、輸出耦合器72、鏡片74a、b以及光束路徑76所定義的光學腔室。如進一步的展示，光束路徑76可通過致動媒體78。對於該配置，輸出耦合器可以是一部份反射光學元件並且70可以是焰光，埃謝勒(eschelle)型式光柵，其相對於入射光束被置放於利特羅(Littrow)配置中。對於預脈衝種子雷射50，促動器80可被提供以轉動光柵70並且改變預脈衝種子雷射輸出之中心波長。例如，促動器可包含步進馬達、壓電式元件/堆疊或組合式步進馬達/壓電。其他促動器之設計亦是有可能的。應了解，其他配置亦可替代利特羅組態之光柵，例如，稜鏡/鏡片配置、一腔內干涉儀或一光

柵/鏡片組合。

第6圖進一步地展示一光學元件81，例如，一部份反射光束切割器或反射鏡可被提供以引導預脈衝種子雷射輸出光束之診斷部份至檢測器82。檢測器82可輸出一中心波長之信號指示至控制電路84，其可依序地產生控制信號以驅動促動器80。第6圖進一步地展示開關86，例如，一聲光調變(AOM)開關可被提供以控制光學腔室之品質，Q，並且提供在20-150kHz範圍之脈衝重覆率的脈衝雷射輸出。

於一結構中，預脈衝種子雷射50可以是二氧化碳雷射，其具有包含在次大氣壓，例如，0.05-0.2atm之二氧化碳密封氣體，其利用射頻放電被泵送。藉由這配置，光柵可轉動以調諧預脈衝種子雷射50至列表1-4展示的轉動線之一者。

第6圖展示之可調種子雷射實施例同時也可被使用作為第2-5圖所展示之配置中的(主脈衝種子雷射56)或第7圖所展示實施例之更簡化的雷射56。如此處之展示，主脈衝種子雷射56可包含一光學腔室，其利用完全反射後鏡片90、輸出耦合器92、鏡片94a、94b以及光束路徑96所定義。如進一步的展示，光束路徑96可通過致動媒體98。對於該配置，輸出耦合器92可以是一部份反射光學元件。第7圖進一步地展示一開關96，例如一聲光調變(AOM)開關，其可被提供以控制光學腔室之品質，Q，並且提供在20-150kHz範圍之脈衝重覆率的脈衝雷射輸出。

於一結構中，主脈衝種子雷射56可以是二氧化碳雷

射，其具有包含在次大氣壓，例如，0.05-0.2atm之二氧化碳的密封氣體，其利用射頻放電被泵送。藉由這配置，主脈衝種子雷射可自我調諧至支配線之一者，例如，具有波長10.5910352之10P(20)線(參看列表1-4)。於一些實例中，一促動器(未被展示出)可被提供以移動後鏡片90而防止模式跳變。

返回參看至第2-5圖，可看見各配置包含一放大器54、54'、54''，其具有一個或多個放大單元54、62、64、62'、64'。對於其中預脈衝種子雷射50以及主脈衝種子雷射56包含如上所述二氧化碳的致動媒體之情況，可適用為放大單元54、62、64、62'、64'使用的雷射，可包含有利用DC或RF激勵被泵送的二氧化碳氣體之致動媒體。於一特定實作例中，放大器可包含多數個，例如三個或四個，軸向流動，射頻-泵送(連續的或具有脈衝調變)二氧化碳放大單元，其具有大約10-25米之總增益長度，並且以相對高功率，例如，10千瓦(kW)或較高，而協調地操作。具有光纖，桿狀，平板狀或圓盤狀致動媒體之其他型式的放大單元亦可被使用。於一些情況中，一固態致動媒體可被採用。

第8圖展示用以決定一輸出波長 λ_{pp} 之操作步驟範例，該輸出波長 λ_{pp} 是供用於一預脈衝種子雷射(雖然第8圖展示以特定順序之步驟安排，應了解，一些或所有的步驟之順序可被修改而不會不利地影響步驟結果)。考慮到這一點，步驟可首先開始於選擇一主脈衝波長， λ_{MP} ，[方塊200]。例如，如上面之指示，其可能是方便於使用一主脈衝種子雷射，

當其通過一放大器時可產生高功率並且自我調諧至一主要波長，例如，10P(20)線，排除對於種子雷射調諧機構之需求。藉由 λ_{MP} 的選擇，用以在，例如，小滴之目標，產生所需的主脈衝能量之所需的放大器增益 $G(\lambda_{MP})$ 可被建立。這依序地決定用於放大器之小信號增益頻帶，並且尤其是，用於各預脈衝種子雷射波長之預期放大器增益 G 。

列表1-4(第13-16圖中之展示)展示估計的小信號增益係數值 g_0 ，其是供用於所選擇的二氧化碳轉動線。更明確地說，列表1-4，與供用於特有二氧化碳雷射的各轉動線之公開的輸出功率一起，而分別地展示對於9R振動支路、10R振動支路、9P振動支路、以及10P振動支路中之轉動線的波長。自這些資料，功率 P ，相對於具有已知放大器小信號增益(SSG)的波長之功率，例如，10P(20)， $P_{10P(20)}$ 可對於各轉動線被計算(參看，例如，列表1；第4行)。列表1同時也展示，相對於一所選擇的線之小信號增益，於此情況中，(10P20)線，可如下所示地使用里格羅德(Rigrod)分析技術被計算(第5行)：

$$I_{out} \propto I_{sat} \times [2g_0 L_{cavity} - \ln(1/R_1 R_2)]$$

其中 L_{cavity} 是光學腔室長度，並且 R_1 以及 R_2 是對特有的二氧化碳雷射之鏡反射率。明確地說，注意， $I=P/A$ ，其中 I 是強度並且 A 是輸出光束之面積，被展示於列表1-4第5行之相對增益(亦即， $I_{out,selected\ line}$ 對 $I_{out,10P20}$ 之比值)可如下所示地自相對功率(列表1-4之第4行)被計算：

$$\frac{I_{out, selected\ line}}{I_{out, 10P20}} = \frac{I_{sat, selected\ line} \times [2g_{o, selected\ line} L_{cavity} - \ln(1/R_1 R_2)]}{I_{sat, 10P20} \times [2g_{o, 10P20} L_{cavity} - \ln(1/R_1 R_2)]}$$

假設， $I_{sat, selected\ line}/I_{sat, 10P20}$ 是接近1，上面之表示式接著可被解出以找到對於各線之 $g_{o, selected\ line}$ ，因為假設 $g_{o, 10P20}$ 是已知的。藉由這小信號增益係數 g_o ，放大器增益 G ，可使用下面之表示式被計算；

$$G = \exp[g_o L]$$

其中 L 是放大器增益媒體之長度。上面之分析假設，對於不同型式的二氧化碳雷射之小信號增益頻帶的一般形狀是大約相同。一另外的方法可涉及量測對於被使用特定放大器中相關特定線之小信號增益係數 g_o 。

繼續於第8圖，可看見下一個程序步驟可包含決定在來源材料目標(例如，小滴)所需的預脈衝能量[方塊202]。例如，在目標所需的主脈衝能量可以是在大約300-700mJ之範圍中並且對於具有直徑大約10-100 μ m範圍之錫小滴，在目標所需的預脈衝能量可以是在大約6-12mJ範圍中。應了解，這些所需的能量可以對於多種係數被調諧，例如，目標材料小滴尺度以及對應的預脈衝與主脈衝焦點尺度、以預脈衝撞擊小滴可達成之精確度位準、在預脈衝以及主脈衝之間的延遲、預脈衝以及主脈衝之脈衝持續、預脈衝波長、EUV輸出能量的所需位準、預脈衝(膨脹)電漿之所需轉變效能(CE)以及所需反射率。

接著，如於第8圖[方塊204]之展示，其可能是適於決定將被採用之特定類型預脈衝種子雷射的操作範圍。明確地說，這可能必需決定輸出脈衝能量範圍，其可在考慮雷射

構件限制及/或穩定的雷射操作之後被達成。應了解，一些係數可能影響預脈衝種子雷射類型，如包含成本、複雜性、效能、可靠度、雷射脈衝參數，例如，升高時間、持續等等。於一些組態中，如上面關於第6圖所述之預脈衝種子雷射50可具有大約0.01-1000 μ J之脈衝能量輸出操作範圍。一些配置可進一步地受限定於大約0.1至100 μ J之脈衝能量輸出範圍。依據被使用之種子雷射類型，種子雷射脈衝能量輸出可能有其他限制。

一旦放大器已對於主脈衝放大之最大能量抽取被最佳化並且預脈衝操作範圍已被建立時，方塊[208]-[216]建議一嘗試以及錯誤方法以選擇預脈衝波長 λ_{PP} 。如所展示，這可涉及選擇用於分析之一啟始預脈衝 λ [方塊208]，使用關於列表1-4之上述方法以估計對於所選擇的 λ 之放大器小信號增益係數 g_0 以及放大器增益 G [方塊210]。接著，在目標得到所需的預脈衝脈衝能量 $E_{PP-TARGET}$ 之必須預脈衝種子輸出脈衝能量 $E_{PP-SEED}$ 可被計算[方塊210]，如下之表示式：

$$E_{PP-SEED} = E_{PP-TARGET} / G$$

並且比較對於預脈衝雷射的輸出脈衝能量操作範圍[決定方塊212]。如果所選擇的預脈衝種子輸出脈衝能量 $E_{PP-SEED}$ 是在輸出脈衝能量操作範圍之內[方塊214]，則所選擇的預脈衝 λ 是適當的。另一方面，如果選擇的預脈衝種子輸出脈衝能量 $E_{PP-SEED}$ 是在輸出脈衝能量操作範圍之外，則所選擇的預脈衝 λ 不是適當並且另一預脈衝波長藉由重新進行方塊[208]、[210]以及[212]而被分析[方塊216]。這處理程序

接著被重複，如必需的話，直至一適當的預脈衝波長被得到為止。

下面的範例展示上述對於具有四個放大單元之放大器的步驟。於一些配置中，放大單元在增益長度、氣體構成、氣壓等等之方面可以是不同的，並且因此可具有不同的小信號增益係數 g_0 ，以及飽和能量 E_{sat} ，例如參看，於2006年6月14日申請在案之美國專利申請序號第11/452558案，其標題為：用於極紫外光源之驅動雷射，其法定代理人編號為2006-0001-01；其內容將被包含以作為此處之參考。例如，一對應至10P(20)線並且被選擇，而且主脈衝目標能量為500mJ之10.5910352 μm 之主脈衝波長 λ_{MP} 被指明。由於這些選擇，增益曲線可被量測並且弗朗茨-諾費克(Frantz-Nodvik)適應參數 G_0 以及 E_{sat} 可對於四個放大單元各者被計算，因為假設一個或多個放大單元將利用主脈衝使飽和。自目標返回工作，對於第四、第三、第二、以及接著第一放大單元所需的輸入能量可使用Frantz-Nodvik適應參數 G_0 以及 E_{sat} 被計算。例如，於具有四個射頻放電之放大器配置中，總長度16m之軸流放大單元，在第一放大單元所需的輸入(亦即，主脈衝種子雷射輸出)被計算而為20 μJ 。對於各放大單元之被計算的Frantz-Nodvik適應參數 G_0 同時也可被相加以得到對於在所選擇的主脈衝波長 λ_{MP} 之放大器的總體小信號增益， $G(\lambda_{MP})$ 。一旦用於主脈衝之小信號放大器增益 $G(\lambda_{MP})$ 被決定，部份或所有的放大器小信號增益頻帶可使用關聯於列表1之說明而在上面被提供的步驟被估計。繼續

具有四個射頻放電之放大器特定範例，總長度16m之軸流放大單元，總體小信號增益 $G(\lambda_{MP})$ 被計算而大約為 6.926×10^7 。

同時，對於這範例，在目標能量10mJ之一預脈衝被指明並且脈衝能量輸出操作範圍0.01-1000 μ J被設定。使用第8圖所展示之步驟，對應至線9R(18)之9.2824434 μ m啟始預脈衝 λ 可被選擇。如於列表1之展示，估計的小信號增益係數1.064936811可被使用以計算 2.47×10^7 之放大器中的小信號增益SSG(λ)。藉由這小信號增益，可知用以產生目標能量10mJ所需的預脈衝種子能量是大約為4E-04 μ J，其是在脈衝能量輸出操作範圍0.01-1000 μ J之外。因此，依照第8圖，另一預脈衝 λ 被選擇。例如，對應至線9R(8)之9.3417579 μ m的預脈衝 λ 可被選擇。如於列表1之展示，估計的小信號增益係數0.661695687可被使用以計算 3.962×10^4 放大器中的小信號增益SSG(λ)。藉由這小信號增益，可知用以產生一目標能量10mJ所需的預脈衝種子能量是大約 $2.5 \times 10^1 \mu$ J，其是在脈衝能量輸出操作範圍0.01-1000 μ J之內。

第9圖展示用以決定對於預脈衝種子雷射之輸出波長 λ_{PP} 的操作步驟之另一範例(雖然第9圖展示依特定順序的步驟安排，應了解一些或所有的步驟順序可被修改而不會不利地影響步驟結果)。第9圖所展示之操作步驟可單獨地被使用以決定對於預脈衝種子雷射的一輸出波長 λ_{PP} ，或可與第8圖之步驟一起被使用。例如，當使用第8圖之步驟有複數個預脈衝波長被發現可接受時，這些波長接著可進一步地以第9圖之步驟被處理以決定適用於兩步驟的一預脈衝

波長。

第9圖之步驟可開始於首先選擇在目標所需的主脈衝能量[方塊300]，以及一主脈衝波長 λ_{MP} [方塊302]。例如，如上面之指示，其可能是方便於使用可產生高功率(當通過一放大器時)的一主脈衝種子雷射，並且其自我調諧至一主要波長，例如，10P(20)線，排除對於種子雷射調諧機構之需求。藉由 λ_{MP} 之選擇，用以在，例如，小滴之目標，產生所需的主脈衝能量之所需的主脈衝種子輸出以及放大器增益 $G(\lambda_{MP})$ 可被建立[方塊304]。這，如上所述，允許用於放大器之小信號增益頻帶的估計，並且尤其是，用於各個預脈衝種子雷射波長之預期放大器增益 G 。

繼續至第9圖，可看見下一個程序步驟可包含決定在來源材料目標(例如，小滴)所需的預脈衝能量[方塊306]。例如，在目標所需的主脈衝能量可以是在大約300-700mJ之範圍中並且對於具有直徑大約10-100 μ m範圍之錫小滴，在目標所需的預脈衝能量可以是在大約6-12mJ範圍中。如上所述，所需的目標能量可對於多種係數被調諧。

接著，如於第9圖[方塊308]之展示，其可能是適於決定一預脈衝雷射輸出脈衝能量對主脈衝雷射輸出脈衝能量的可接受比率。於一些情況中，固定一可接受之比率可提供，預脈衝種子輸出不顯著地耗盡主脈衝波長之放大器增益。

例如，一預脈衝雷射輸出脈衝能量對主脈衝雷射輸出脈衝能量之可接受比率可以是 $E_{PP}/E_{MP} < 1000$ ，並且於一些情況中，一預脈衝雷射輸出脈衝能量對主脈衝雷射輸出脈衝

能量之可接受比率可以是更嚴格地被定義，例如， $E_{PP}/E_{MP} < 10$ 。對於這些比率，同時也被仔細考慮，預脈衝放大器輸出脈衝能量， $E_{PP-AMPED}$ 是否較少於主脈衝放大器輸出脈衝能量 $E_{MP-AMPED}$ 一個強度等級或更多，亦即， $E_{MP-AMPED} > 10 \times E_{PP-AMPED}$ 。

繼續第9圖之步驟，一旦放大器增益頻帶以及預脈衝雷射輸出脈衝能量對主脈衝雷射輸出脈衝能量的可接受比率已被建立，則方塊[310]-[320]建議一嘗試以及錯誤方法以選擇預脈衝波長 λ_{PP} 。如所展示，這可包含使用關於列表1-4之上述方法，以選擇一啟始預脈衝 λ 以供分析[方塊310]，估計供對於所選擇的 λ 之放大器小信號增益係數 g_0 以及放大器增益 G [方塊312]。接著，在目標得到所需的預脈衝脈衝能量 $E_{PP-TARGET}$ 之必須預脈衝種子輸出脈衝能量 $E_{PP-SEED}$ 可被計算[方塊314]，如下之表示式：

$$E_{PP-SEED} = E_{PP-TARGET} / G$$

藉由所計算預脈衝種子輸出脈衝能量[方塊314]以及所計算主脈衝種子能量[方塊304]，它們的比率可被決定並且被比較至預脈衝雷射輸出脈衝能量對主脈衝雷射輸出脈衝能量的可接受比率[方塊316]。

如果該比率是在可接受的範圍之內[方塊318]，則選擇的預脈衝 λ 是適當的。另一方面，如果該比率是在可接受的範圍之外，則選擇的預脈衝 λ 是不適當的，並且另一預脈衝波長藉由重新進行方塊[312]、[314]以及[316]被分析[方塊320]。這處理程序接著被重複，如必須的話，直至一適當

的預脈衝波長被得到為止。

如第9圖步驟之一不同方式，最小預脈衝種子能量可被辨識，以至於主脈衝增益耗盡是可接受的。該最小預脈衝種子能量接著可取代用於第9圖步驟中之預脈衝雷射輸出脈衝能量對主脈衝雷射輸出脈衝能量之可接受比率。

可配合第8、9圖或它們的組合而考慮之另一因素，是增益耗盡效應，其當預脈衝波長以及主脈衝波長共用一共用較高階能量位準時發生。當這發生時，由於預脈衝放大是通常較高於當預脈衝波長以及主脈衝波長不共用一共同較高階能量位準時之增益，故主脈衝增益耗盡。對於二氧化碳雷射，於9R振動支路中的所有轉動線以及10R振動支路中的所有轉動線共用一共同較高階位準。同時，於9P振動支路中的所有轉動線以及10P振動支路中的所有轉動線也共用一共同較高階位準。

當選擇主脈衝以及預脈衝波長是使用二色性切割器以及組合器時，另一因素可被考慮。就此而言，需要在主脈衝以及預脈衝波長之間的最小波長差量，例如，大約 $0.14\mu\text{m}$ ，以得到利用二色性光學元件的 $>90\%$ 組合效能。

第10圖展示當一聚焦透鏡被使用以聚焦一放大器輸出於一目標，例如，小滴上時，用以決定對於一預脈衝種子雷射之一輸出波長 λ_{pp} 的操作步驟之另一範例(雖然第10圖展示以一特定順序的步驟安排，應了解，一些或所有步驟的順序可被修改而不會不利地影響步驟結果)。第10圖展示之操作步驟可單獨的被使用以決定對於一預脈衝種子雷射

的一輸出波長 λ_{pp} ，或可與第8圖或第9圖，或其兩者之步驟一起被使用。此外，即時地在上說明之因素，於選擇適當的預脈衝波長 λ_{pp} 時可被考慮。

第10圖之步驟可開始於首先選擇一主脈衝波長， λ_{MP} ，[方塊400]。例如，如上面之指示，其可以是方便於使用一主脈衝種子雷射，其當通過一放大器時可產生高功率並且自我調諧至一主要波長，例如，10P(20)線，而排除對於種子雷射調諧機構之需要。藉由第10以及11圖之相互參考，其可知，由於 λ_{MP} 被選擇，利用聚焦光學元件46，由於色差在主脈衝以及預脈衝之間有一可接受的焦點間隔， $d_{\text{acceptable}}$ ，可被決定[方塊402]。對於第11圖展示之配置，聚焦光學元件46可包含至少一個透鏡或引入色差之其他元件。如第11圖之展示，色差可導致具有波長 λ_1 之預脈衝光束500沿著小滴路線504聚焦在位置502上，而具有波長 λ_2 之主脈衝光束506則聚焦在位置508上，其距離位置502有一距離“d”。

在可接受的間隔“d”之外，由於在來源材料上之主脈衝強度的減少，EUV輸出可被減低。第12圖展示主脈衝強度，對於具有硒化鋅聚焦透(透明孔徑96mm以及焦點長度300mm)鏡之一般LPP系統之預脈衝以及主脈衝之間的波長差量($\lambda_{MP}-\lambda_{PP}$)而被標繪之圖形。從第12圖，可知對於大約為 $0.1\mu\text{m}$ 的 $\lambda_{MP}-\lambda_{PP}$ ，在目標上標準化二氧化碳強度下降至0.8。對於 $\lambda_{MP}-\lambda_{PP}$ 之另一適當的範圍可以是大約為 $0.2\mu\text{m}$ ，其中標準化二氧化碳輸出強度下降至0.5。二氧化碳強度之

下降，由於在目標上將有較低於最佳的二氧化碳強度，將減低EUV總產率而具有較低的CE。同時，較大的焦點尺度同時也指示出自雷射至目標材料之不良的能量耦合。來自色度分散的兩個結果，皆不是對於EUV功率之產生所需的。於一些實例中，選擇的距離， $d_{\text{acceptable}}$ ，可取決於預電漿膨脹速率、在預脈衝以及主脈衝之間的最佳延遲、以及預脈衝以及主脈衝之強度。

返回參看至第10圖，一旦由於色差之主脈衝以及預脈衝間之一可接受的焦點間隔 $d_{\text{acceptable}}$ 被決定，則方塊[404]-[412]建議一嘗試以及錯誤方法以選擇預脈衝波長 λ_{pp} 。如所展示，這可涉及選擇用於分析之一啟始預脈衝 λ [方塊404]，接著，由於聚焦透鏡之色差，在主脈衝以及預脈衝之間的焦點間隔， $d_{\text{calculated}}$ ，可被計算[方塊406]。如果 $d_{\text{calculated}} \leq d_{\text{acceptable}}$ [方塊408]，則選擇的預脈衝 λ 是適當的[方塊410]。另一方面，如果 $d_{\text{calculated}} > d_{\text{acceptable}}$ ，則選擇的預脈衝 λ 不是適當的，並且另一預脈衝波長藉由重新進行方塊[406]以及[408]而被分析[方塊412]。這處理程序接著被重複，如必須的話，直至適當的預脈衝波長被得到為止。

那些熟習本技術者應明白，上述之實施例是欲僅作為範例並且不欲限制本申請廣泛涉及之主題範疇。那些熟習本技術者應了解，本揭示實施例可有各種添加、刪除與修改而不脫離此處揭示之主題範疇。那些熟習本技術者應明白，附加之申請專利範圍是有意地在範疇中並且意謂著不僅涵蓋所揭示之實施例而同時也此涵蓋此些等效以及其他

的修改與改變。除非明確說明，否則涉及下面的申請專利範圍之單數的一元件或涉及在之前有冠詞“一”之一元件是意指“一個或多個”該(該等)元件。不論所揭示是否在申請專利範圍中明確地被詳細引用，此處提供之揭示並無意提供給公眾。

【圖式簡單說明】

第1圖展示依據本發明揭示之一論點的雷射產生電漿 EUV 光源之簡化分解圖；

第2圖展示一雷射源之實施例的簡化分解圖，該雷射源具有一預脈衝種子雷射、主脈衝種子雷射以及共用放大器；

第3圖展示一雷射源之另一實施例之簡化分解圖，該雷射源具有一預脈衝種子雷射、主脈衝種子雷射以及共用放大器；

第4圖展示一雷射源之另一實施例之簡化分解圖，該雷射源具有一預脈衝種子雷射、主脈衝種子雷射以及共用放大器；

第5圖展示一雷射源之另一實施例之簡化分解圖，該雷射源具有一預脈衝種子雷射、主脈衝種子雷射以及共用放大器；

第6圖展示一波長可調預脈衝種子雷射實施例之簡化分解圖；

第7圖展示一主脈衝種子雷射實施例之簡化分解圖；

第8圖展示用以決定對於一預脈衝種子雷射之一輸出波長 λ_{PP} 的操作步驟範例；

第9圖展示用以決定對於一預脈衝種子雷射之一輸出波長 λ_{PP} 的操作步驟之另一範例；

第10圖展示當一聚焦透鏡被使用以將放大器輸出聚焦於一目標上時，用以決定對於一預脈衝種子雷射之一輸出波長 λ_{PP} 的操作步驟之另一範例；

第11圖展示色差可能導致具有波長 λ_1 之預脈衝光束聚焦在第一位置，而具有波長 λ_2 之主脈衝光束則聚焦在距離該第一位置之一距離“d”的第二位置上；

第12圖展示對於具有一聚焦透鏡之典型LPP系統中所繪製目標(小滴)上之主脈衝雷射強度相對於在預脈衝以及主脈衝之間($\lambda_{MP}-\lambda_{PP}$)的波長差量之圖形；以及

第13-16圖展示列表1-4，其包含對於9R、10R、9P、以及10P振動支路中之轉動線的選擇資料。

【主要元件符號說明】

20…LPP 光源	56…主脈衝種子雷射
22…系統	58、58'…光束路徑
22'、22''、22'''…雷射源	60、60'…光學元件
24…目標材料傳送系統	62、62'…放大單元
26…容室	64、64'…放大單元
28…照射區域	70…光柵
46…聚焦單元	72…輸出耦合器
50…預脈衝種子雷射	74a、74b…鏡片
52、52'…光束路徑	76、96…光束路徑
54、54'、54''…放大器	78…致動媒體

80…促動器	200-216…流程步驟
81…光學元件	300-320…流程步驟
82…檢測器	400-412…流程步驟
84…控制電路	500…預脈衝光束
86…開關	502…小滴位置
90…反射後鏡片	504…小滴路徑
92…輸出耦合器	506…主脈衝光束
94a、94b…鏡片	508…小滴位置
98…致動媒體	G…放大器增益
300…焦點長度	g_0 …小信號增益係數

七、申請專利範圍：

1. 一種用以產生極紫外(EUV)光之裝置，其包含：

一光學放大器，其具有包括波長 λ_1 以及 λ_2 之一增益頻帶，且 $\lambda_1 \neq \lambda_2$ ；

5 一預脈衝種子雷射，其具有用以調諧一預脈衝輸出至波長 λ_1 之一調諧模組；

一主脈衝種子雷射，其產生一具有波長 λ_2 之雷射輸出；以及

10 一光束組合器，其用以經由該光學放大器引導該預脈衝輸出以及該主脈衝輸出在一共同路徑上，

其中該調諧模組藉由至少下列步驟執行該調諧：

a) 為該主脈衝種子雷射擇定該波長 λ_2 ，

15 b) 在該擇定後，反復地使用一試誤法測試多個預脈衝波長以確保利用該等多個預脈衝波長中之一預脈衝波長的一計算出的預脈衝種子輸出脈衝能量滿足一第一條件及一第二條件中之至少一者，該第一條件為基於該預脈衝波長的該計算出的預脈衝種子輸出脈衝能量係在針對該預脈衝種子雷射之一操作輸出能量範圍內，該第二條件為該計算出的預脈衝種子輸出脈衝能量對主脈衝雷射輸出能量之比值係在
20 一預界定範圍內，以及

c) 若該預脈衝波長滿足該第一條件及該第二條件中之至少一者，則把該預脈衝波長指定為該 λ_1 。

2. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該調諧模組包括一

光柵。

3. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該預脈衝種子雷射以及該主脈衝種子雷射具有包含二氧化碳(CO₂)的增益介質，並且 λ_1 以及 λ_2 對應於一共同振動支路中的轉動線。
4. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該預脈衝種子雷射以及該主脈衝種子雷射具有包含二氧化碳的增益介質，並且 λ_1 以及 λ_2 對應於不同振動支路中的轉動線。
5. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該預脈衝種子雷射以及該主脈衝種子雷射具有包含二氧化碳之增益介質，並且 λ_1 以及 λ_2 對應於不同振動支路中之轉動線，並且其中該等振動支路不共用一共同較高位準。
6. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該預脈衝種子雷射包含一個次大氣壓密封射頻放電二氧化碳雷射。
7. 一種用以產生極紫外(EUV)光之裝置，其係照射一目標材料以產生極紫外(EUV)光，該裝置包含：

一光學放大器，其具有包括波長 λ_1 以及 λ_2 之一增益頻帶，且 $\lambda_1 \neq \lambda_2$ ；

一預脈衝種子雷射，其產生具有波長 λ_1 以及脈衝能量 E_{PP} 之一預脈衝輸出；

一主脈衝種子雷射，其產生具有波長 λ_2 以及脈衝能量 E_{MP} 之一主脈衝輸出，且 $E_{MP} < 1000 \times E_{PP}$ ；以及

一光束組合器，其用以經由該光學放大器引導該預脈衝輸出以及該主脈衝輸出在一共同光束路徑上，其中該波長 λ_1 係藉由至少下列步驟決定：

a) 為該主脈衝種子雷射擇定該波長 λ_2 ，

b) 在該擇定後，反復地使用一試誤法測試多個預脈衝波長以確保利用該等預多個脈衝波長中之一預脈衝波長的一計算出的預脈衝種子輸出脈衝能量滿足一第一條件及一第二條件中之至少一者，該第一條件為基於該預脈衝波長的該計算出的預脈衝種子輸出脈衝能量係在針對該預脈衝種子雷射之一操作輸出能量範圍內，該第二條件為該計算出的預脈衝種子輸出脈衝能量對主脈衝雷射輸出能量之比值係在一預界定範圍內，以及

c) 若該預脈衝波長滿足該第一條件及該第二條件中之至少一者，則把該預脈衝波長指定為該 λ_1 。

8. 如申請專利範圍第7項之裝置，其中該預脈衝雷射包含一調諧模組。

9. 如申請專利範圍第8項之裝置，其中該調諧模組包含一光柵。

10. 如申請專利範圍第7項之裝置，其中該預脈衝種子雷射以及該主脈衝種子雷射具有包含二氧化碳之增益介質，並且 λ_1 以及 λ_2 對應於一共同振動支路中之轉動線。

11. 如申請專利範圍第7項之裝置，其中該光學放大器具有包含二氧化碳的一增益介質，並且產生一預脈衝放大器輸出脈衝能量 $E_{PP-AMPED}$ 以及一主脈衝放大器輸出脈衝能量 $E_{MP-AMPED}$ ，且 $E_{MP-AMPED} > 10 \times E_{PP-AMPED}$ 。

12. 如申請專利範圍第7項之裝置，其中 $E_{MP} < 10 \times E_{PP}$ 。

13. 如申請專利範圍第7項之裝置，其中該預脈衝種子雷射包含一個次大氣壓密封射頻放電二氧化碳雷射。

14. 如申請專利範圍第7項之裝置，其中該預脈衝種子雷射以及該主脈衝種子雷射具有包含二氧化碳之增益介質，並且 λ_1 以及 λ_2 對應於不同振動支路中之轉動線。

15. 如申請專利範圍第7項之裝置，其中該預脈衝種子雷射以及該主脈衝種子雷射具有包含二氧化碳之增益介質，並且 λ_1 以及 λ_2 對應於不同振動支路中之轉動線，並且其中該等振動支路不共用一共同較高位準。

16. 一種用以產生極紫外(EUV)光之裝置，其包含：

一光學放大器，其具有包含二氧化碳之一增益介質；

一預脈衝種子雷射，其產生具有波長 λ_1 的一預脈衝輸出；

一主脈衝種子雷射，其產生具有波長 λ_2 的一主脈衝輸出，且 $\lambda_1 \neq \lambda_2$ ，並且 λ_1 以及 λ_2 對應於一相同二氧化碳增益介質振動支路中之轉動線；以及

一光束組合器，其用以經由該光學放大器引導該預脈衝輸出以及該主脈衝輸出在一共同路徑上，其中該波長 λ_1 係藉由至少下列步驟決定：

a) 為該主脈衝種子雷射擇定該波長 λ_2 ，

b) 在該擇定後，反復地使用一試誤法測試多個預脈衝波長以確保利用該等多個預脈衝波長中之一預脈衝波長的一計算出的預脈衝種子輸出脈衝能量滿足一第一條件及一第二條件中之至少一者，該第一條件為基

於該預脈衝波長的該計算出的預脈衝種子輸出脈衝能量係在針對該預脈衝種子雷射之一操作輸出能量範圍內，該第二條件為該計算出的預脈衝種子輸出脈衝能量對主脈衝雷射輸出能量之比值係在一預界定範圍內，以及

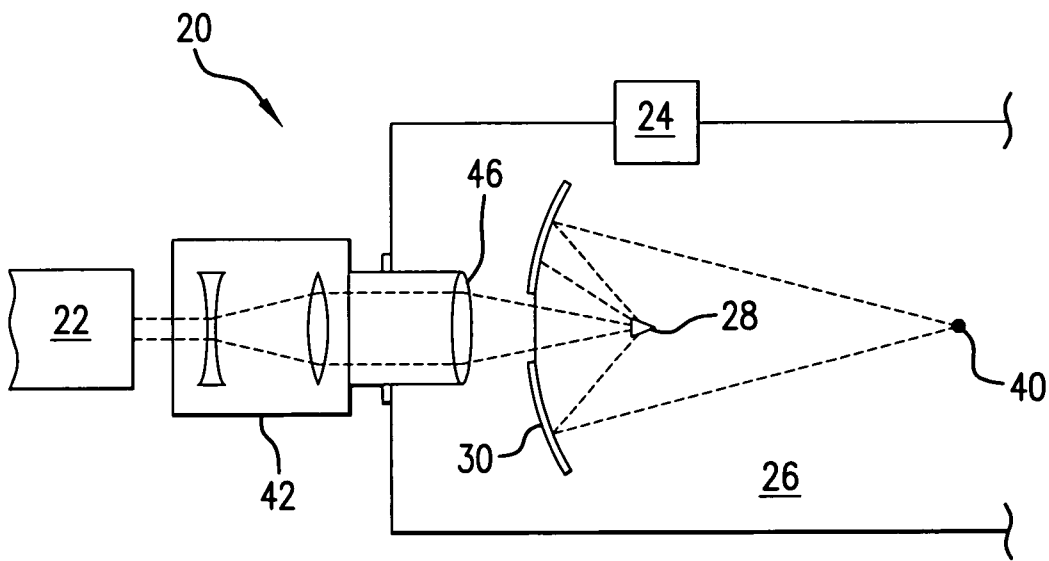
c) 若該預脈衝波長滿足該第一條件及該第二條件中之至少一者，則把該預脈衝波長指定為該 λ_1 。

17. 如申請專利範圍第16項之裝置，其中該種子雷射包含用以調諧該預脈衝輸出至波長 λ_1 之一調諧模組。

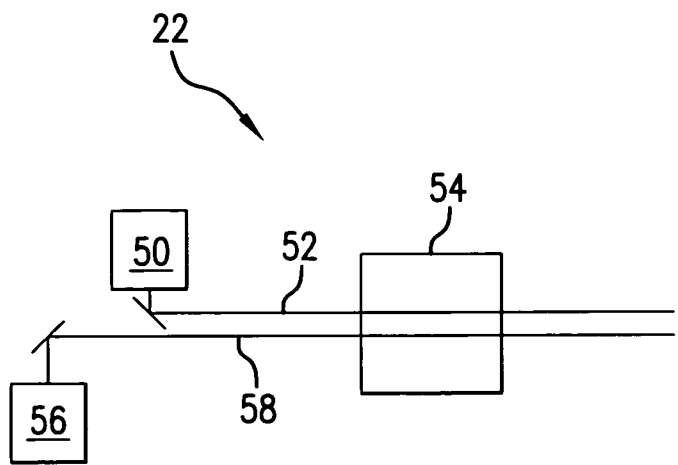
18. 如申請專利範圍第17項之裝置，其中該調諧模組包含一光柵。

19. 如申請專利範圍第16項之裝置，其中該預脈衝種子雷射包含一個次大氣壓密封射頻放電二氧化碳雷射。

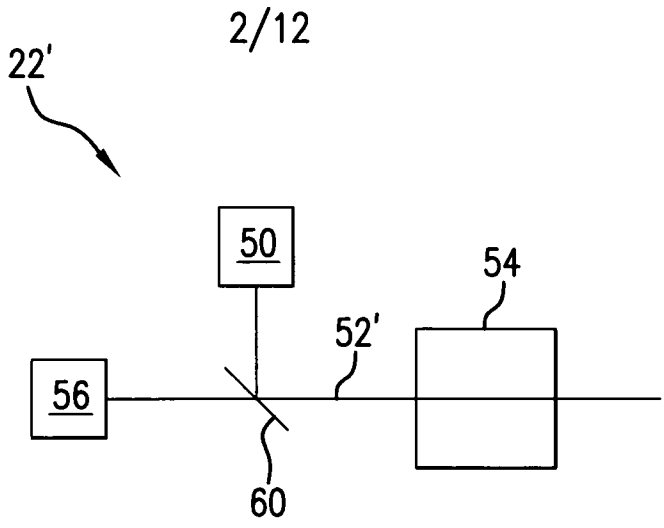
20. 如申請專利範圍第16項之裝置，其中該光束組合器包含一個二色性光束組合器，並且該 λ_1 以及該 λ_2 被該振動支路中之至少三個轉動線隔開。



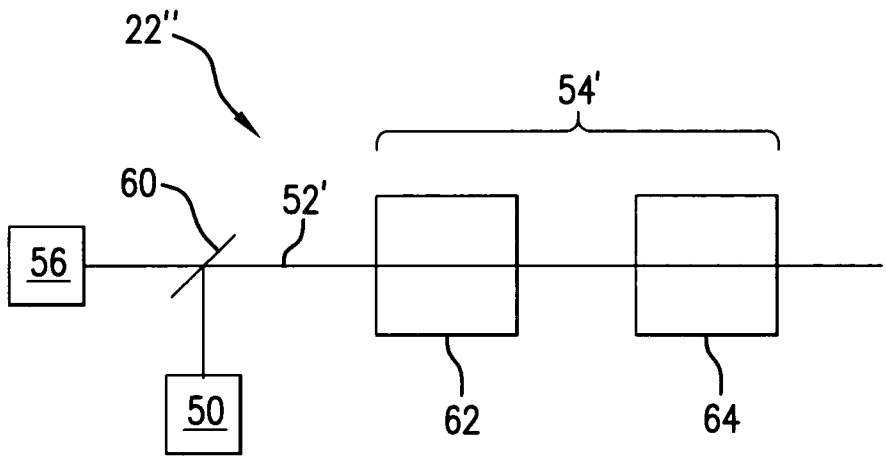
第 1 圖



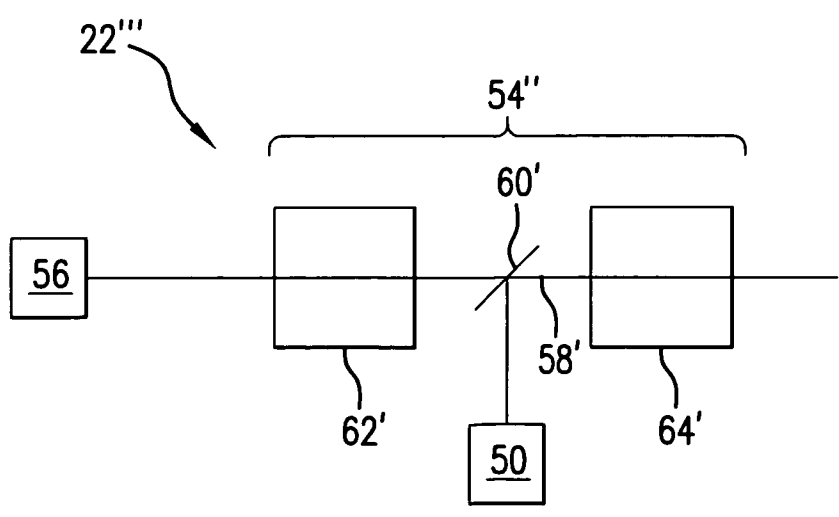
第 2 圖



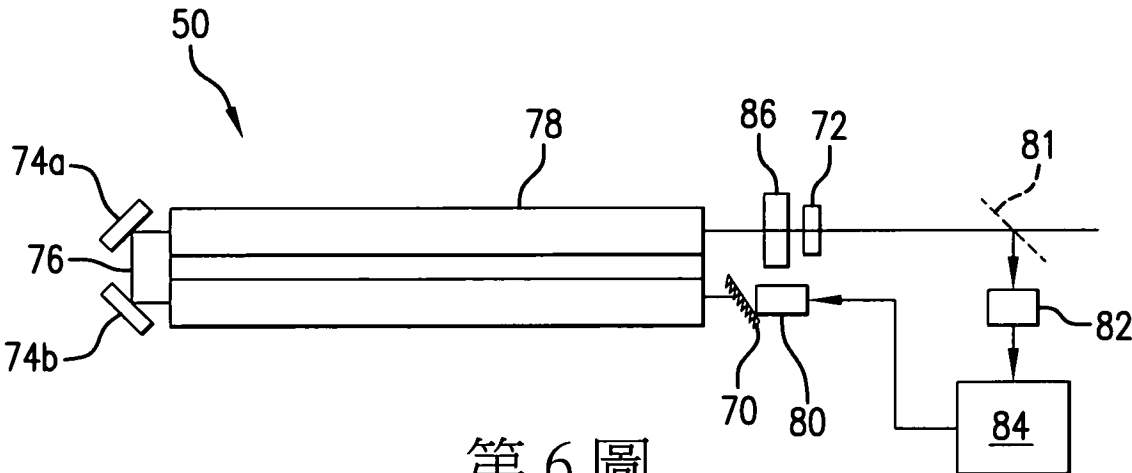
第 3 圖



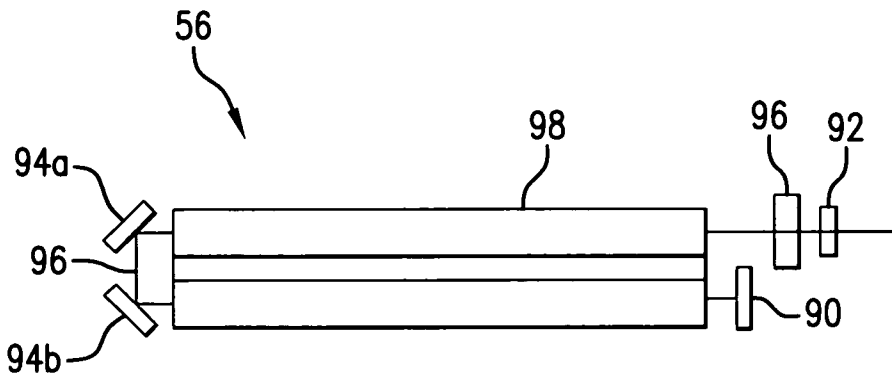
第 4 圖



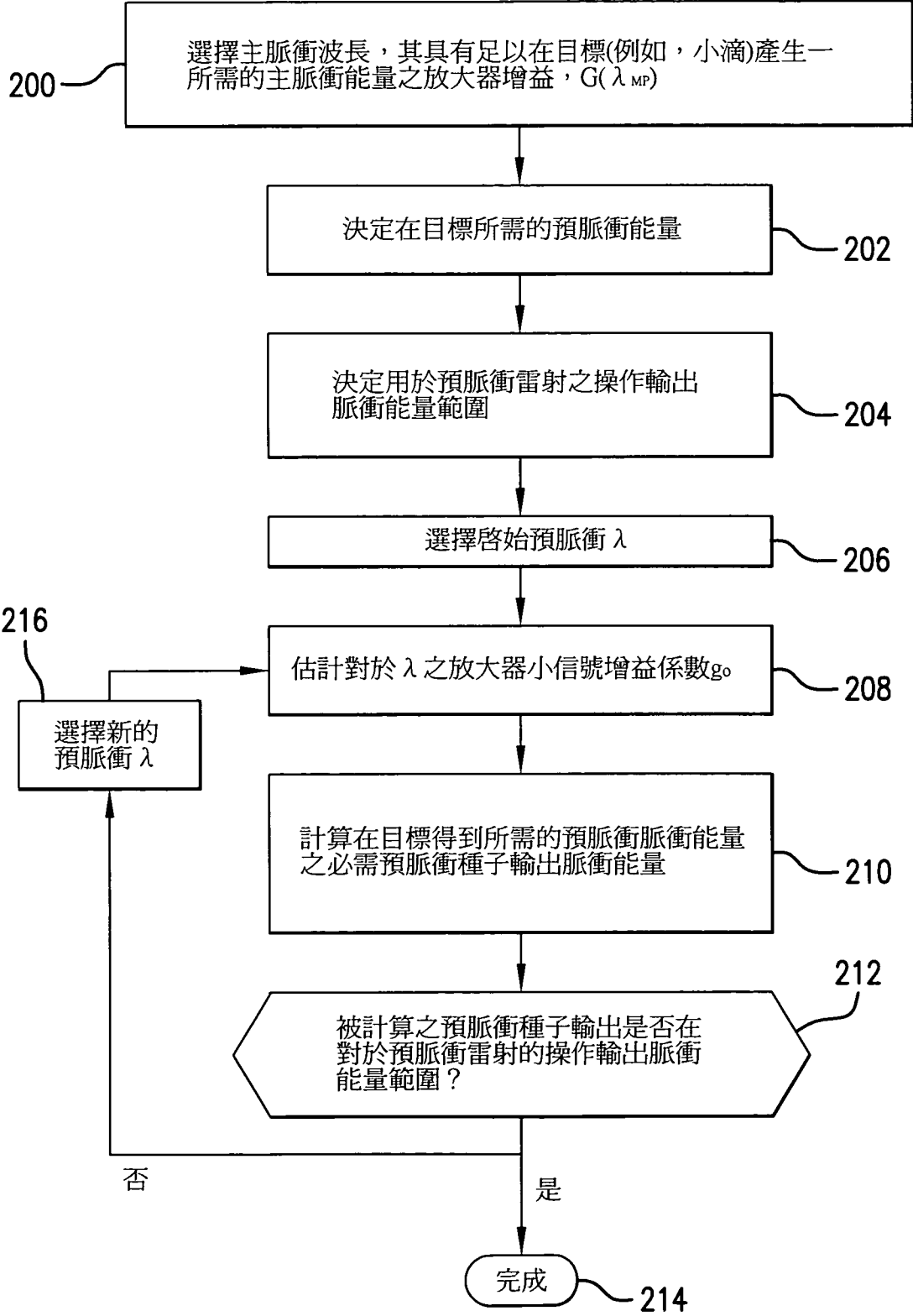
第 5 圖



第 6 圖

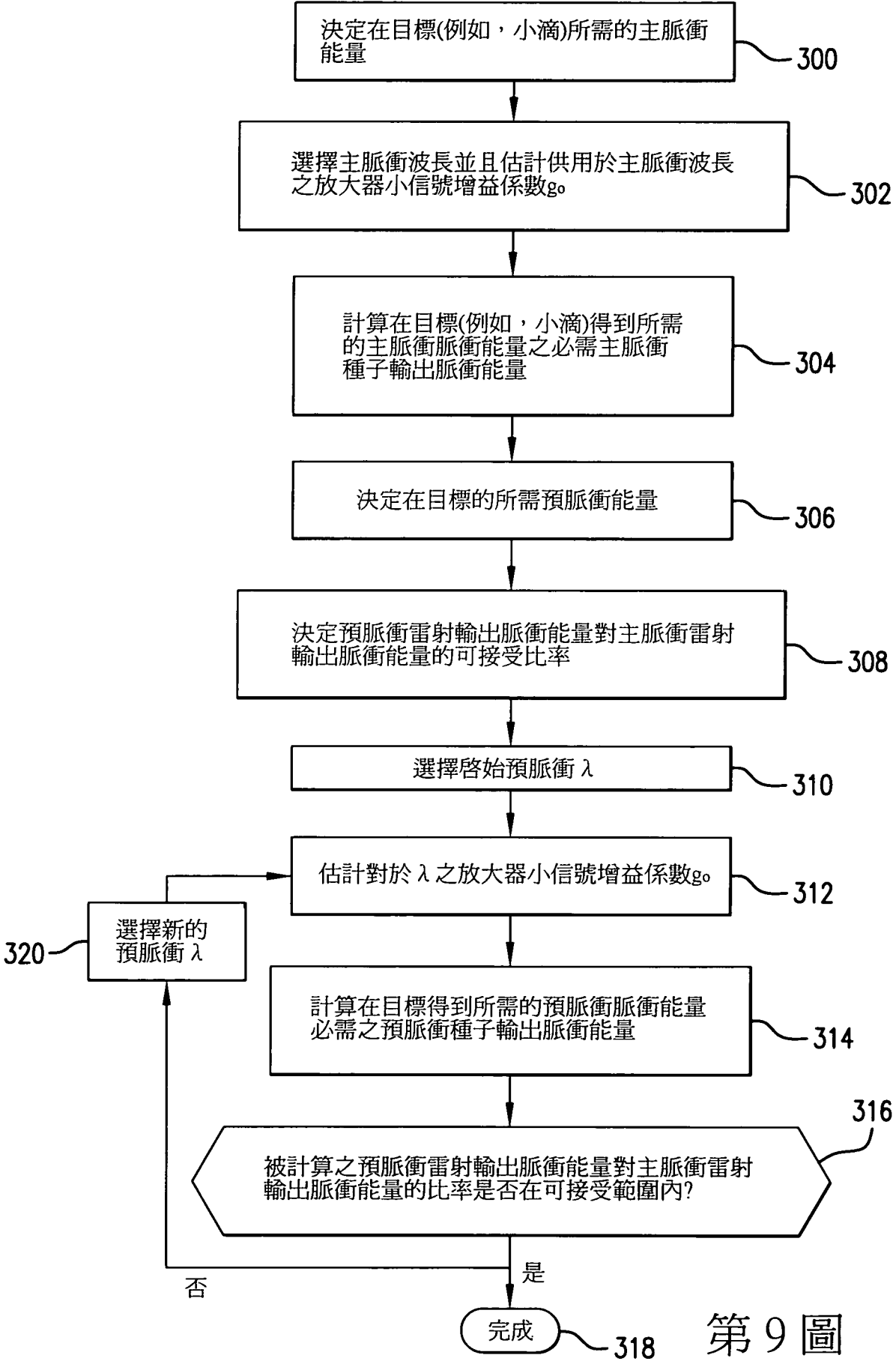


第 7 圖



第 8 圖

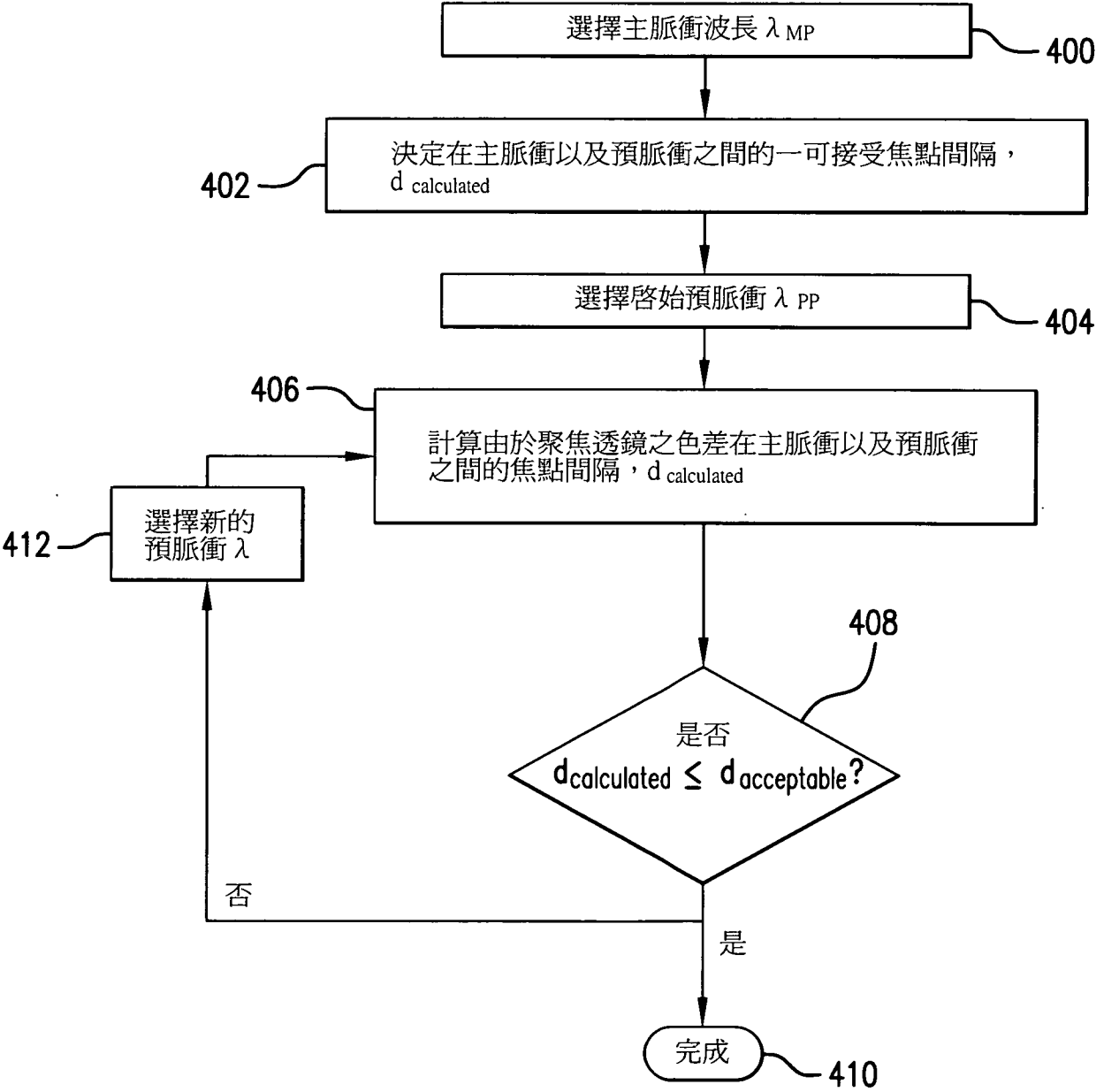
5/12



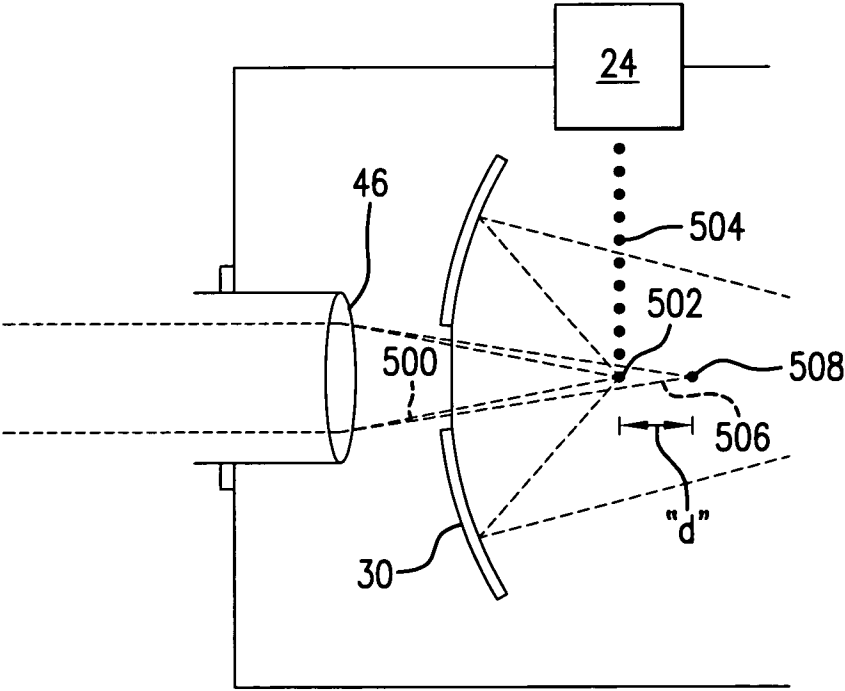
第 9 圖

104 年8月18日修正替換頁

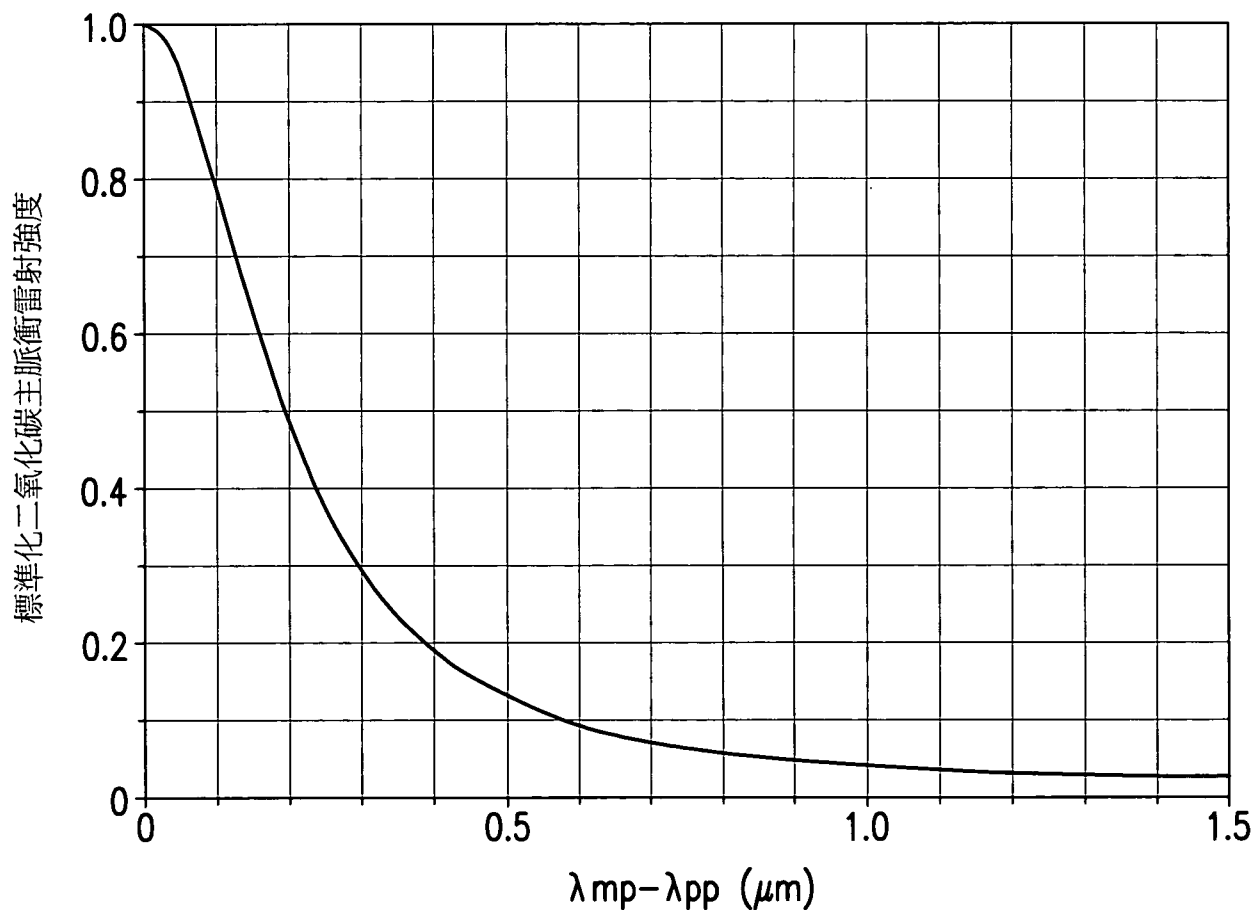
6/12



第 10 圖



第 11 圖



第 12 圖

9/12

列表1

線	波長 (μm)	P (瓦)	P/P (10P20)	相對增益	預期之 g_0
9R(42)	9.1656440				
40	9.1740695				
38	9.1827244				
36	9.1916114	3.55	0.361139369	0.383180061	0.455984273
34	9.2007329	3.84	0.390640895	0.411663784	0.489879903
32	9.2100915	5.44	0.553407935	0.568815361	0.67689028
30	9.2196895	6.22	0.632756867	0.645426755	0.768057838
28	9.2295296	6.82	0.693794507	0.704358596	0.838186729
26	9.2396141	8.08	0.82197355	0.828115463	0.985457401
24	9.2499453	9.31	0.947100712	0.948925738	1.129221628
22	9.2605258	8.51	0.865717192	0.870349949	1.035716439
20	9.2713577	9.41	0.957273652	0.958747711	1.140909776
18	9.2824434	8.76	0.891149542	0.894904883	1.064936811
16	9.2937852	8.63	0.87792472	0.882136317	1.049742218
14	9.3053853	7.47	0.759918616	0.768201424	0.914159695
12	9.3172460	8.75	0.890132248	0.893922686	1.063767996
10	9.3293695	7.48	0.76093591	0.769183622	0.91532851
8	9.3417579	5.31	0.540183113	0.556046796	0.661695687
6	9.3544134	3.05	0.310274669	0.334070193	0.39754353
4	9.3673380				

第 13 圖

10/12

列表2

線	波長 (μm)	P (瓦)	P/P (10P20)	相對增益	預期之 g0
10R(42)	10.1148262	2.05	0.213319459	0.240459938	0.286147326
40	10.1253400	3.69	0.383975026	0.405227888	0.482221186
38	10.1361464	5.23	0.544224766	0.559949011	0.666339324
36	10.1472454	6.04	0.628511967	0.641328304	0.763180682
34	10.1586374	7.09	0.737773153	0.746819979	0.888715775
32	10.1703225	7.47	0.777315297	0.784997919	0.934147523
30	10.1823014	8.23	0.856399584	0.861353798	1.02501102
28	10.1945745	9.02	0.938605619	0.940723725	1.119461233
26	10.2071425	9.32	0.969823101	0.970864204	1.155328403
24	10.2200062	9.52	0.990634755	0.990957856	1.179239849
22	10.2331666	9.68	1.007284079	1.007032778	1.198369006
20	10.2466246	9.83	1.02289282	1.022103018	1.216302591
18	10.2603814	9.73	1.012486993	1.012056191	1.204346868
16	10.2744384	9.50	0.98855359	0.988948491	1.176848704
14	10.2887967	9.65	1.004162331	1.00401873	1.194782289
12	10.3034581	8.90	0.926118626	0.928667534	1.105114365
10	10.3184241	8.63	0.898022893	0.901541103	1.072833913
8	10.3336965	7.71	0.802289282	0.809110302	0.962841259
6	10.3492772	6.96	0.724245578	0.733759105	0.873173335
4	10.3651683	4.80	0.499479709	0.516747659	0.614929714

第 14 圖

列表3

線	波長 (μm)	P (瓦)	P/P (10P20)	相對增益	預期之 g0
9P(6)	9.4433275	2.65	0.275754422	0.300740895	0.357881665
8	9.4580515	4.92	0.511966701	0.52880385	0.629276582
10	9.4730598	6.35	0.660770031	0.672473465	0.800243424
12	9.4883540	8.01	0.833506764	0.83925078	0.998708429
14	9.5039361	8.35	0.868886576	0.87340999	1.039357888
16	9.5198079	9.40	0.978147763	0.978901665	1.164892981
18	9.5359711	10.09	1.049947971	1.048224766	1.247387471
20	9.5524276	9.97	1.037460978	1.036168574	1.233040604
22	9.5691788	9.67	1.006243496	1.006028096	1.197173434
24	9.5882267	10.42	1.084287201	1.081379292	1.286841358
26	9.6035727	10.02	1.042663892	1.041191988	1.239018465
28	9.6212185	9.28	0.96566077	0.966845473	1.150546113
30	9.6391656	8.73	0.90842872	0.911587929	1.084789636
32	9.6574156	7.76	0.807492196	0.814133715	0.968819121
34	9.6750700	7.24	0.753381894	0.761890219	0.90664936
36	9.6948301	6.67	0.694068678	0.704623309	0.838501738
38	9.7139973	5.06	0.52653486	0.542869407	0.646014594
40	9.7334730	3.98	0.414151925	0.434363684	0.516892784
42	9.7532586	3.24	0.337148803	0.36001717	0.428420432
44	9.7733552	2.28	0.237252862	0.263567638	0.313645489

第 15 圖

12/12

列表4

線	波長 (μm)	P (瓦)	P/P (10P20)	相對增益	預期之 g_0
10P(6)	10.4582196	5.52	0.574401665	0.589084807	0.701010921
8	10.4761866	7.02	0.730489074	0.739787201	0.880346769
10	10.4944835	8.10	0.842872008	0.848292924	1.00946858
12	10.5131136	8.39	0.873048907	0.87742872	1.044140177
14	10.5320802	8.28	0.861602497	0.866377211	1.030988881
16	10.5513868	8.67	0.902185224	0.905559834	1.077616202
18	10.5710372	8.78	0.913631634	0.916611342	1.090767497
20	10.5910352	9.61	1	1	1.19
22	10.6113848	8.09	0.841831426	0.847288241	1.008273007
24	10.6320902	8.40	0.87408949	0.878433403	1.045335749
26	10.6531558	8.80	0.915712799	0.918620708	1.093158642
28	10.6745861	8.25	0.858480749	0.863363163	1.027402164
30	10.6963859	7.54	0.784599376	0.792030697	0.94251653
32	10.7185600	6.81	0.708636837	0.718688866	0.85523975
34	10.7411135	5.71	0.594172737	0.608173777	0.723726795
36	10.7640517	4.37	0.454734651	0.473546306	0.563520104
38	10.7873802	4.65	0.483870968	0.501677419	0.596996129
40	10.8111046	3.66	0.380853278	0.40221384	0.478634469
42	10.8352307	2.28	0.341311134	0.3640359	0.433202721
44	10.8597648	1.35	0.140478668	0.170132154	0.202457263

第 16 圖