



(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 I612745 B

(45) 公告日：中華民國 107 (2018) 年 01 月 21 日

(21) 申請案號：103104792 (22) 申請日：中華民國 103 (2014) 年 02 月 13 日

(51) Int. Cl. : **H01S3/109 (2006.01)** **G01N21/88 (2006.01)**
G03F1/84 (2012.01) **G02B17/08 (2006.01)**

(30) 優先權：2013/02/13 美國 61/764,441
2014/01/31 美國 14/170,384

(71) 申請人：克萊譚克公司 (美國) KLA-TENCOR CORPORATION (US)
美國

(72) 發明人：莊勇何 CHUANG, YUNG-HO (US)；阿姆斯特壯 J 喬瑟夫 ARMSTRONG, J.
JOSEPH (US)；鄧宇俊 DENG, YUJUN (CN)；劉典璣 LIOU, JUSTIN DIANHUAN
(TW)；杜立賓斯基 維拉得摩 DRIBINSKI, VLADIMIR (RU)；費爾登 約翰
FIELDEN, JOHN (US)

(74) 代理人：陳長文

(56) 參考文獻：

JP	2007-206452A	US	7304310B1
US	7627007B1	US	2012/0026578A1
WO	2013/015940A2		

審查人員：許勝宗

申請專利範圍項數：28 項 圖式數：15 共 77 頁

(54) 名稱

193 奈米雷射及檢視系統

193NM LASER AND INSPECTION SYSTEM

(57) 摘要

本發明闡述一種用於產生亞 200 奈米光之經改良固態雷射。此雷射使用介於約 1030 奈米與 1065 奈米之間的一基本波波長來產生該亞 200 奈米光。該雷射之最終頻率轉換級藉由混合大致 1109 奈米之一波長與大致 234 奈米之一波長而形成該亞 200 奈米之光。藉由恰當選擇非線性介質，此混合可藉由幾乎非臨界相位匹配來達成。此混合導致高轉換效率、良好穩定性及高可靠性。

An improved solid-state laser for generating sub-200nm light is described. This laser uses a fundamental wavelength between about 1030nm and 1065nm to generate the sub-200nm light. The final frequency conversion stage of the laser creates the sub-200nm light by mixing a wavelength of approximately 1109nm with a wavelength of approximately 234nm. By proper selection of non-linear media, such mixing can be achieved by nearly non-critical phase matching. This mixing results in high conversion efficiency, good stability, and high reliability.

指定代表圖：

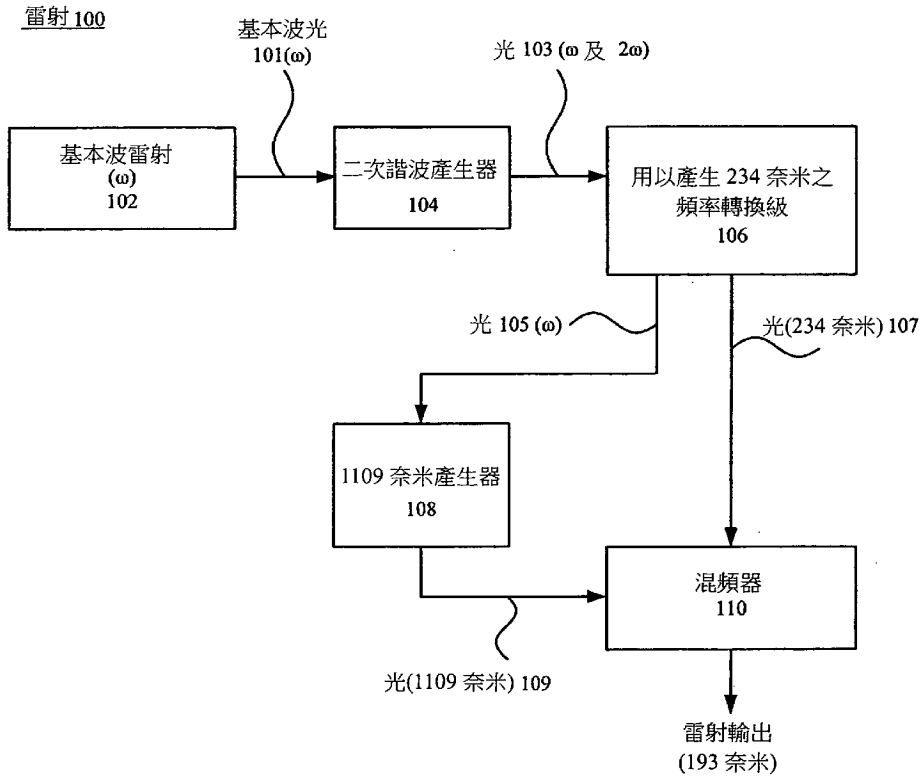


圖 1A

符號簡單說明：

- 100 . . . 雷射
- 101 . . . 基本波光
- 102 . . . 基本波雷射
- 103 . . . 光
- 104 . . . 二次諧波產生器
- 105 . . . 光
- 106 . . . 頻率轉換級/頻率產生器
- 107 . . . 光
- 108 . . . 1109 奈米產生器
- 109 . . . 具有大致 1109 奈米之一波長之光
- 110 . . . 混頻器

發明摘要

※ 申請案號：103104792

※ 申請日：103/02/13

※IPC 分類：
H01S 3/109 (2006.01)
G01N 21/88 (2006.01)
G03F 1/84 (2012.01)
G02B 17/08 (2006.01)

【發明名稱】

193奈米雷射及檢視系統

193NM LASER AND INSPECTION SYSTEM

【中文】

本發明闡述一種用於產生亞200奈米光之經改良固態雷射。此雷射使用介於約1030奈米與1065奈米之間的一基本波波長來產生該亞200奈米光。該雷射之最終頻率轉換級藉由混合大致1109奈米之一波長與大致234奈米之一波長而形成該亞200奈米之光。藉由恰當選擇非線性介質，此混合可藉由幾乎非臨界相位匹配來達成。此混合導致高轉換效率、良好穩定性及高可靠性。

【英文】

An improved solid-state laser for generating sub-200nm light is described. This laser uses a fundamental wavelength between about 1030nm and 1065nm to generate the sub-200nm light. The final frequency conversion stage of the laser creates the sub-200nm light by mixing a wavelength of approximately 1109nm with a wavelength of approximately 234nm. By proper selection of non-linear media, such mixing can be achieved by nearly non-critical phase matching. This mixing results in high conversion efficiency, good stability, and high reliability.

圖式

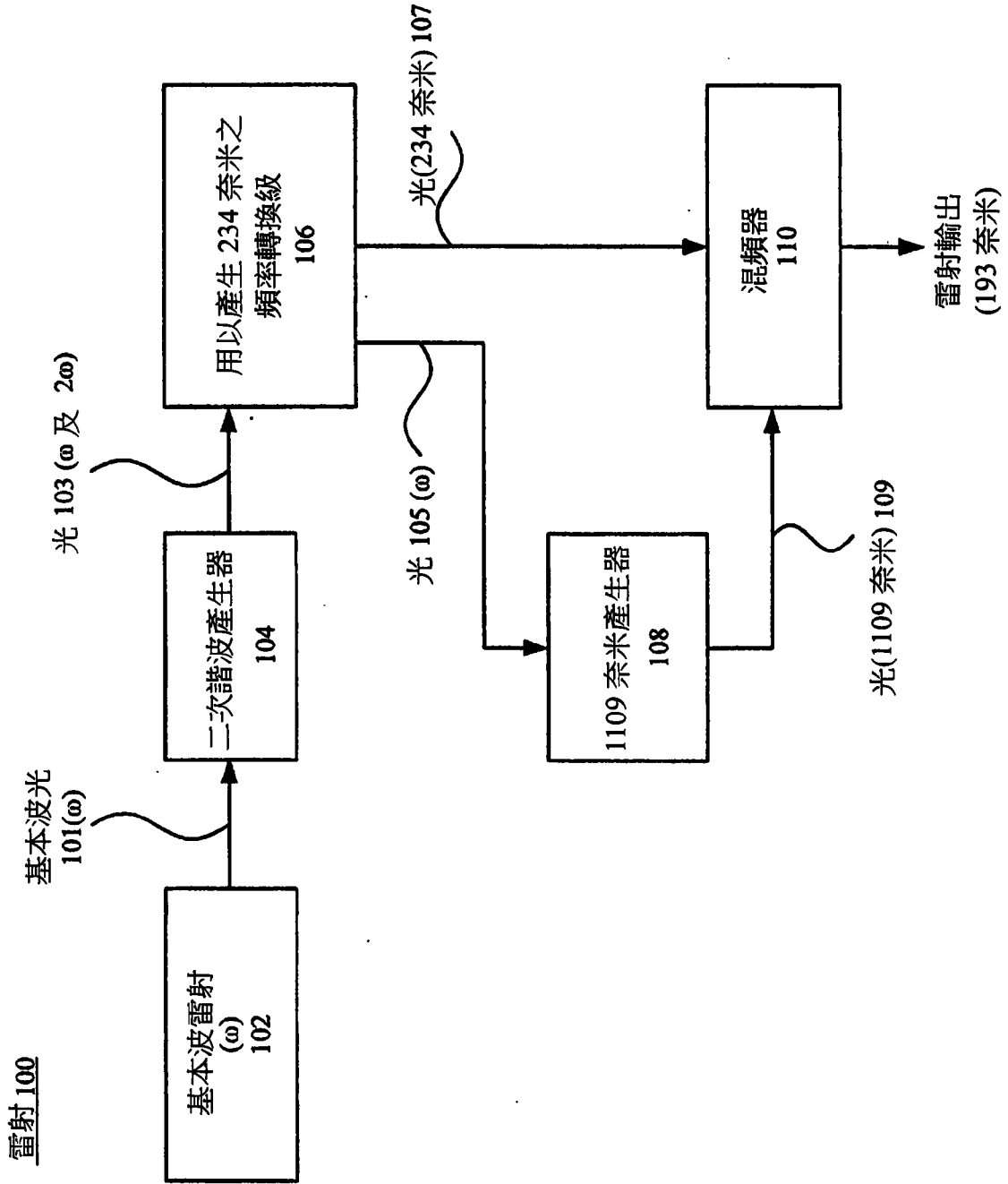


圖 1A

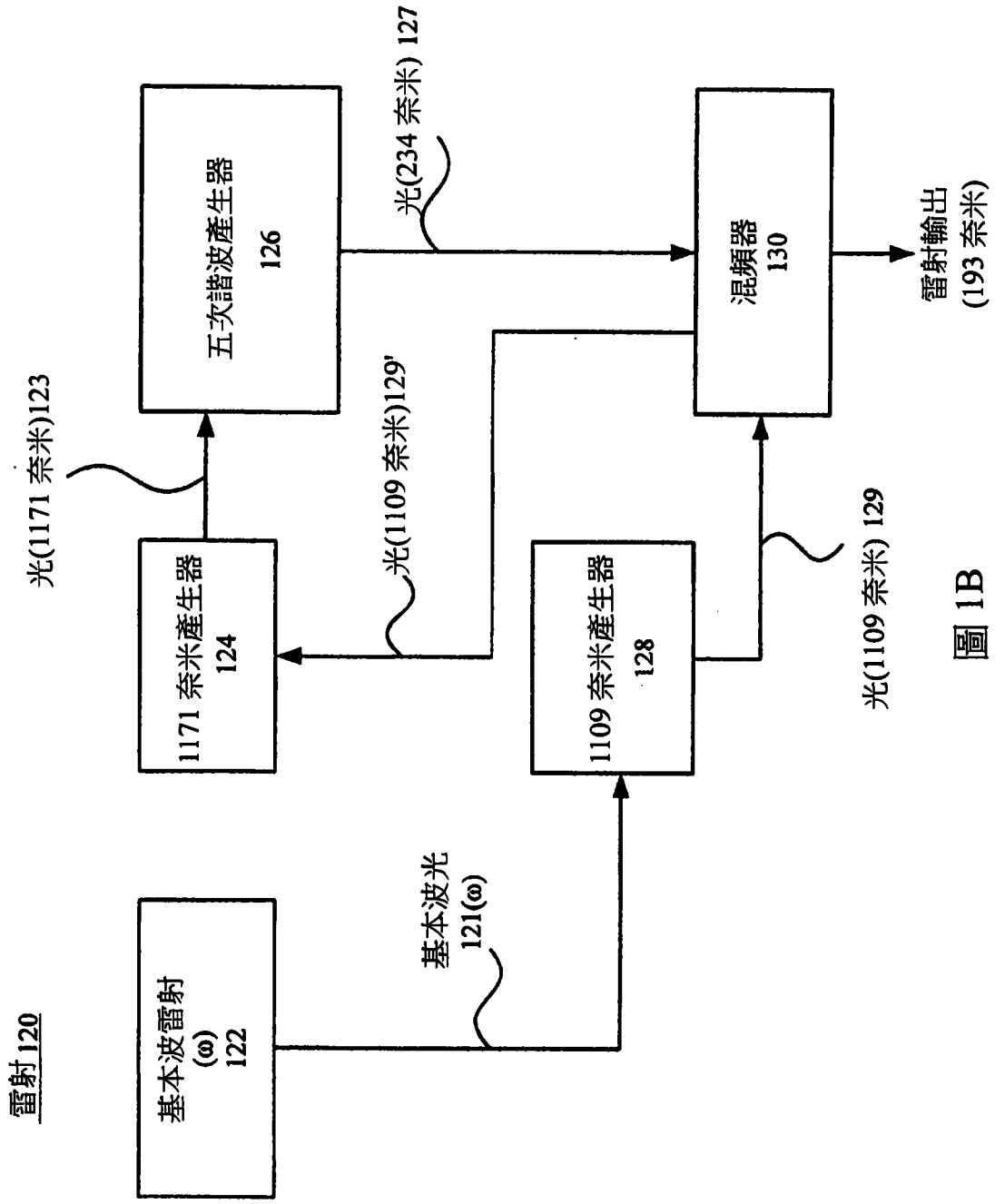
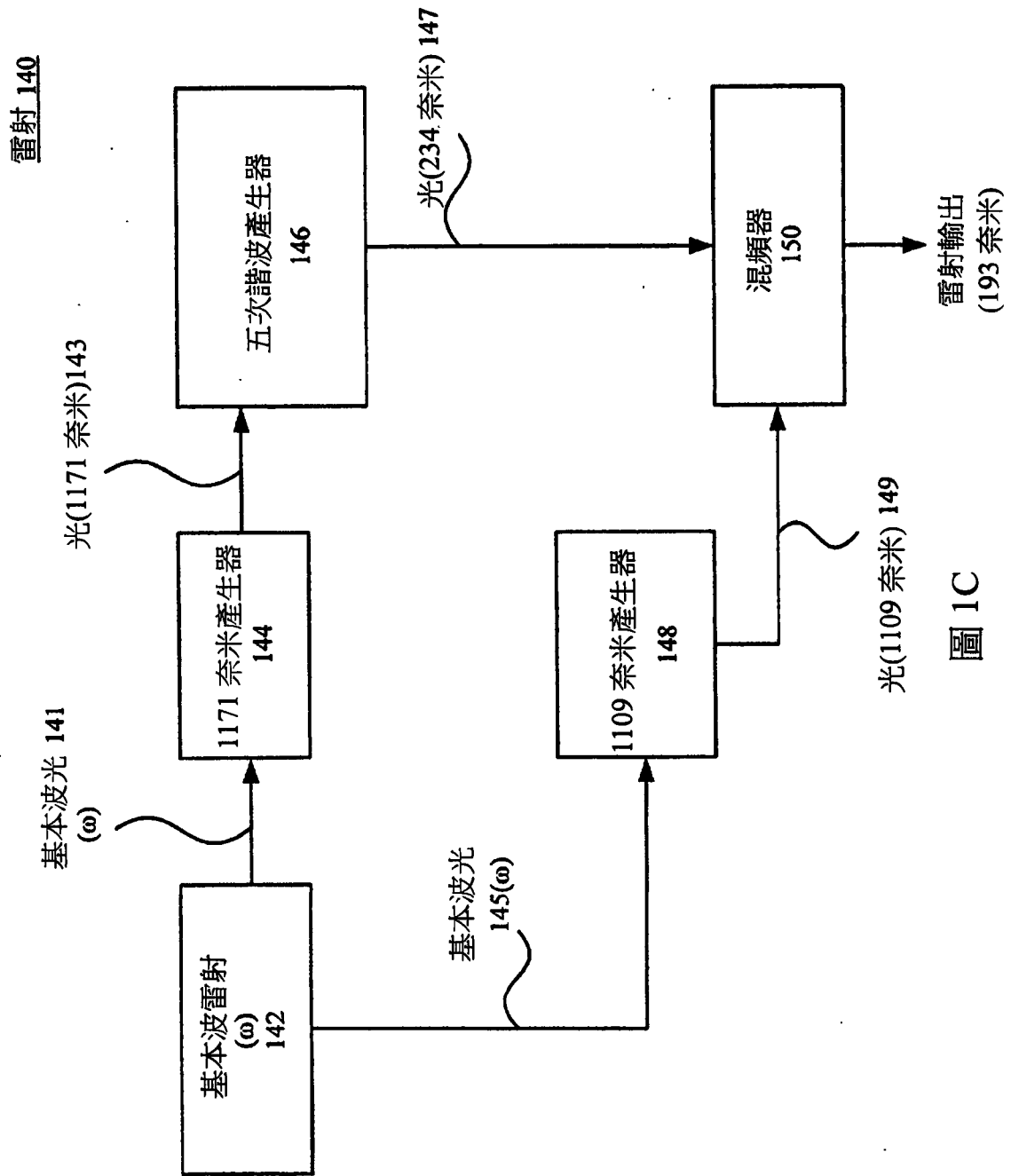


圖 1B





1109 奈米產生器
200

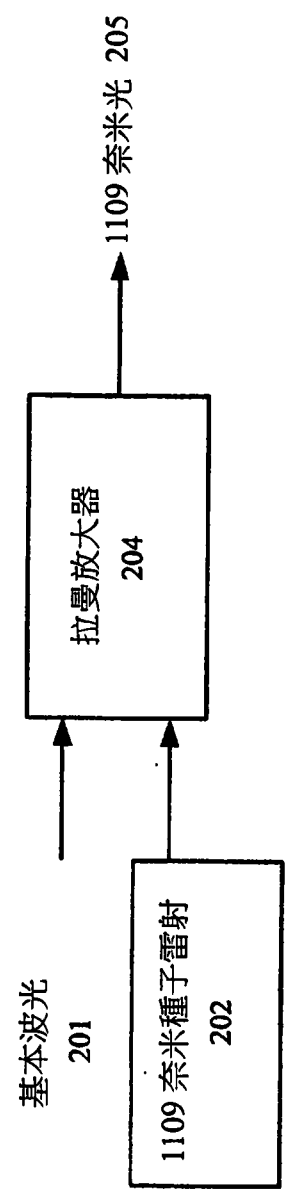


圖 2A

1109 奈米產生器
220

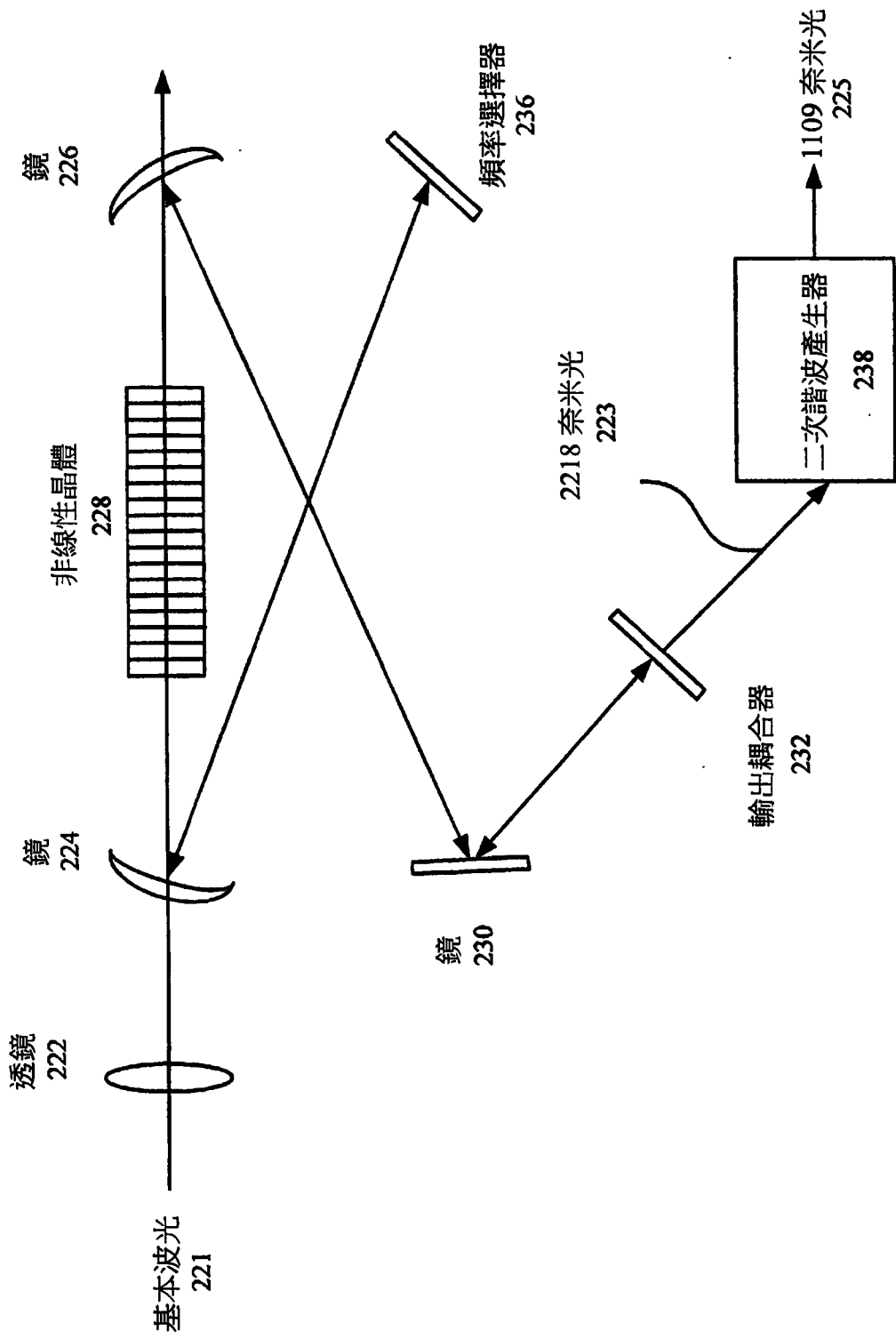


圖 2B

1109 奈米產生器
240

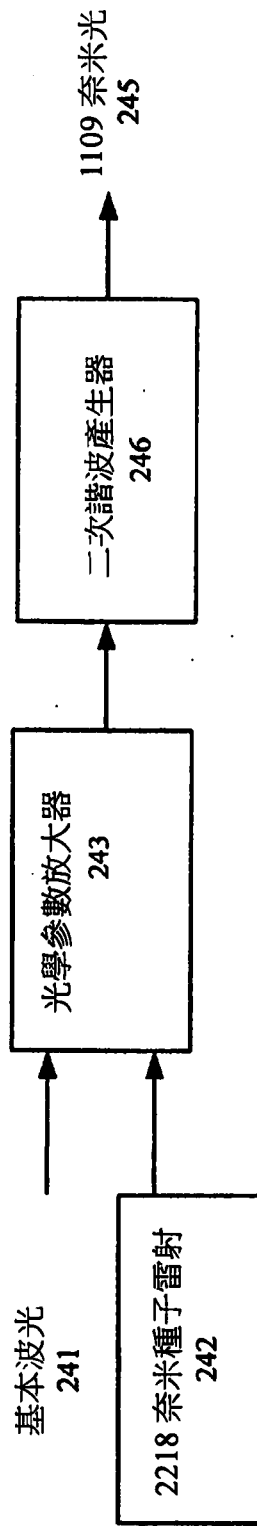


圖 2C

混頻器 300

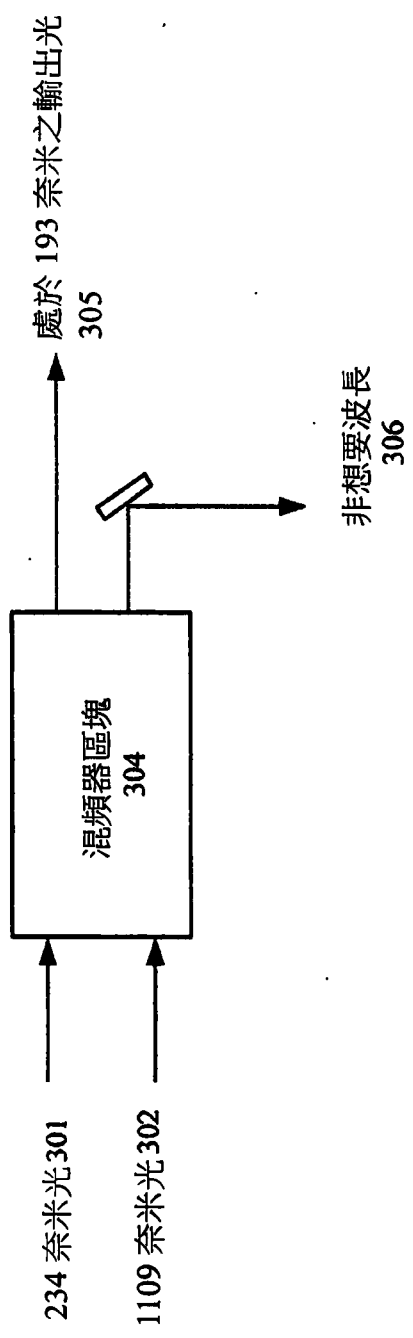


圖 3

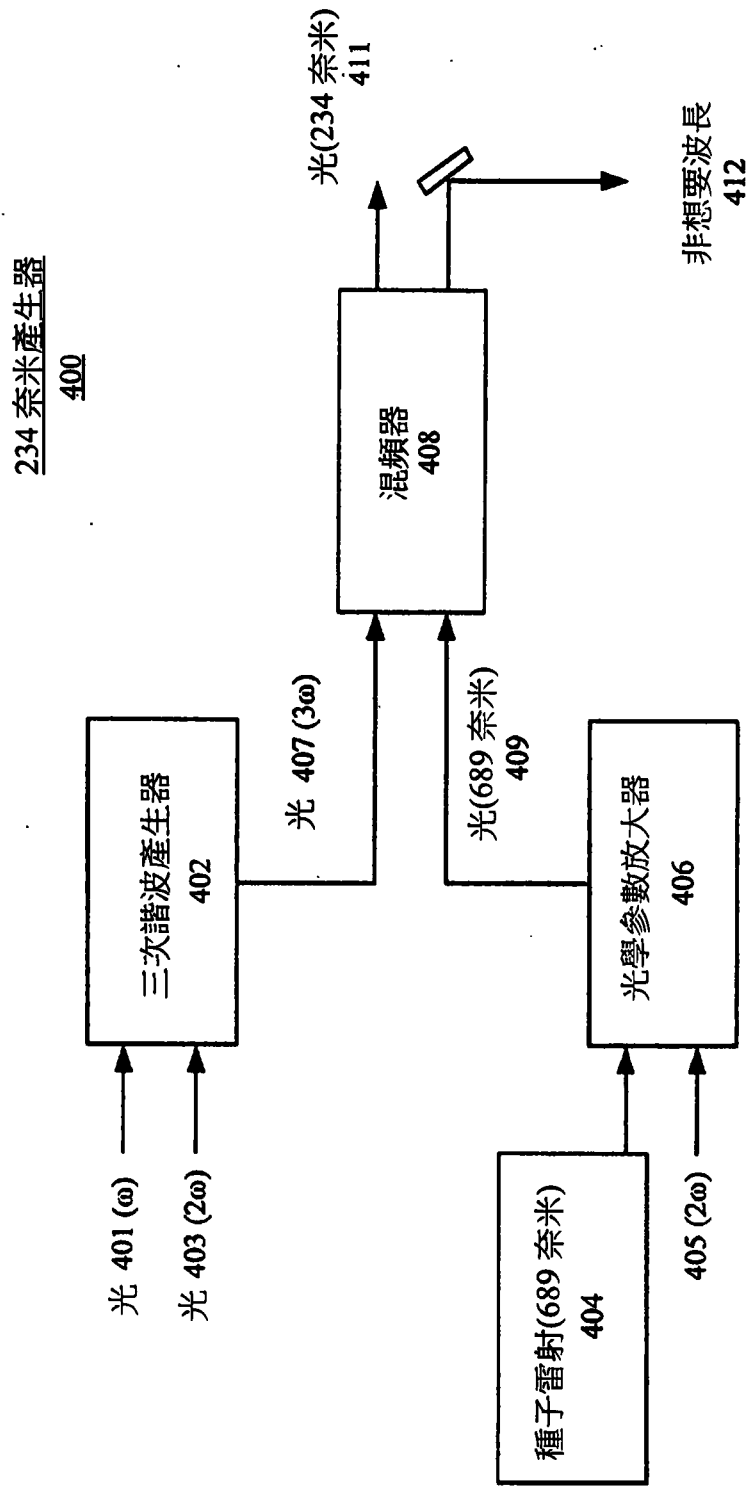


圖 4A

234 奈米產生器

420

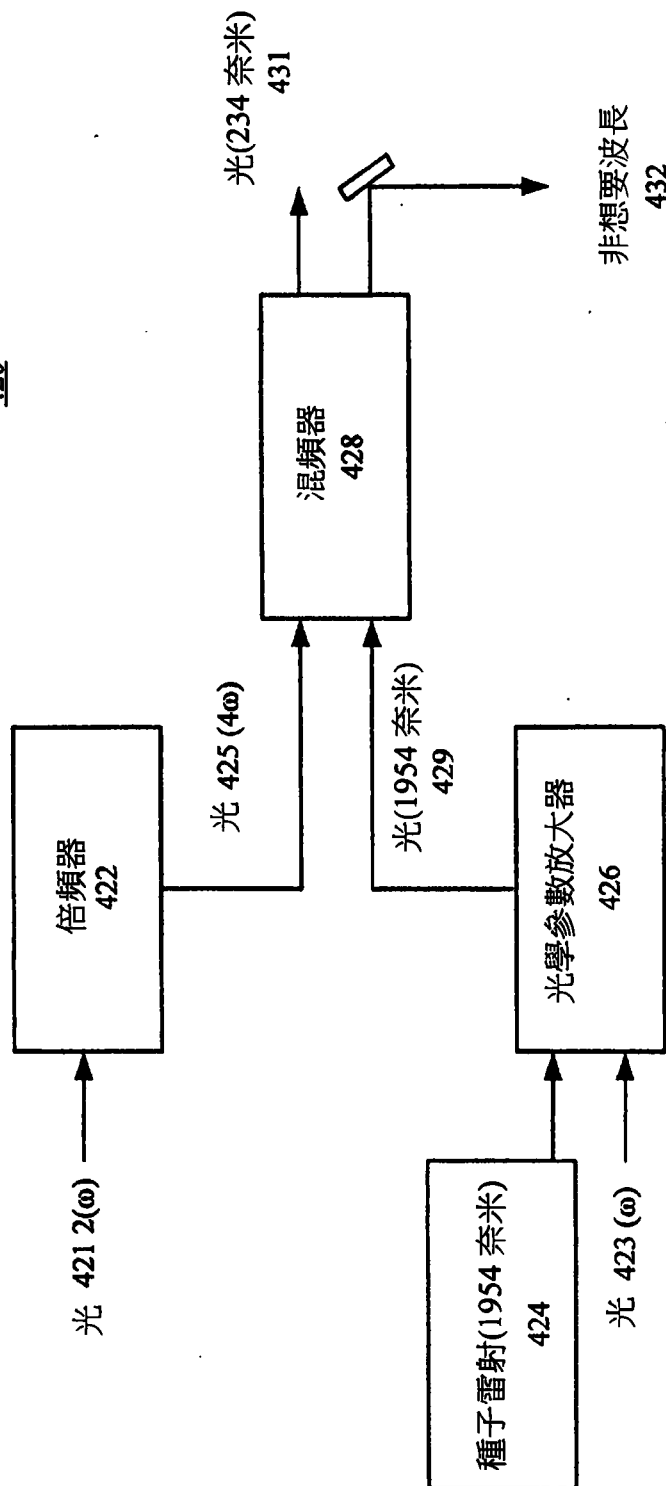


圖 4B

1171 奈米產生器
500

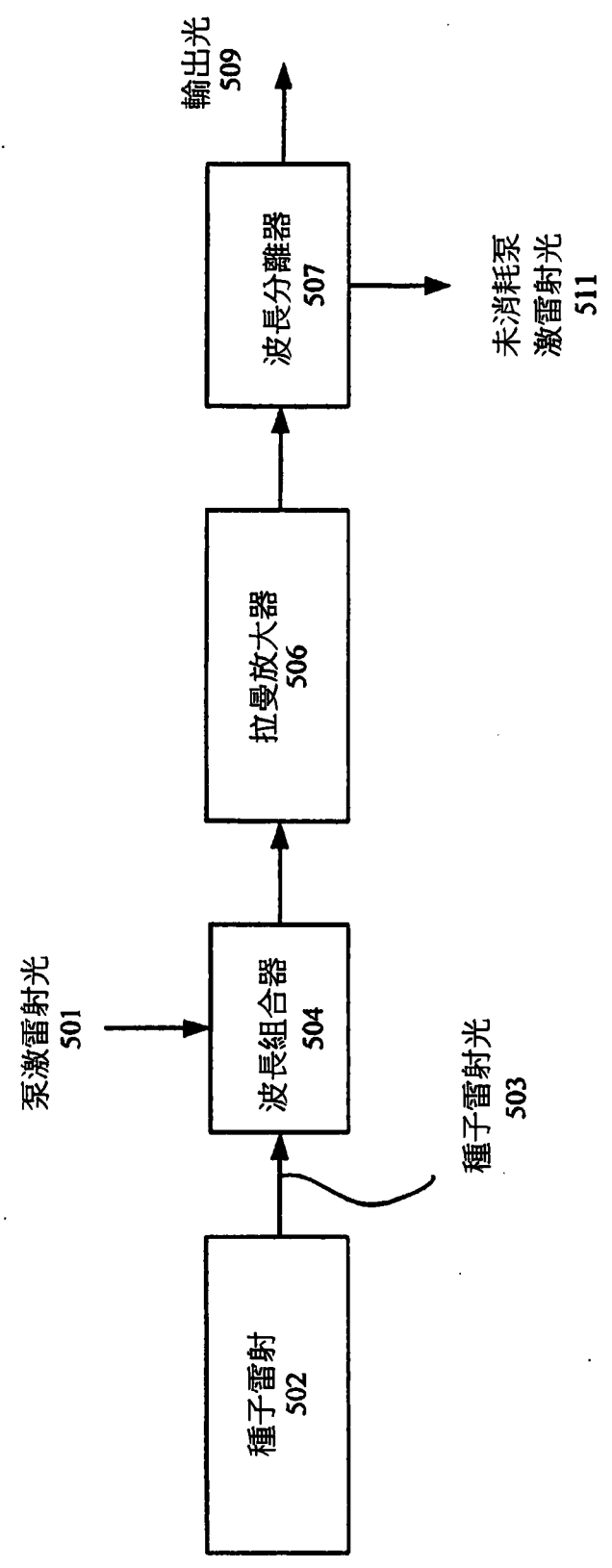


圖 5A



1171 奈米產生器
520

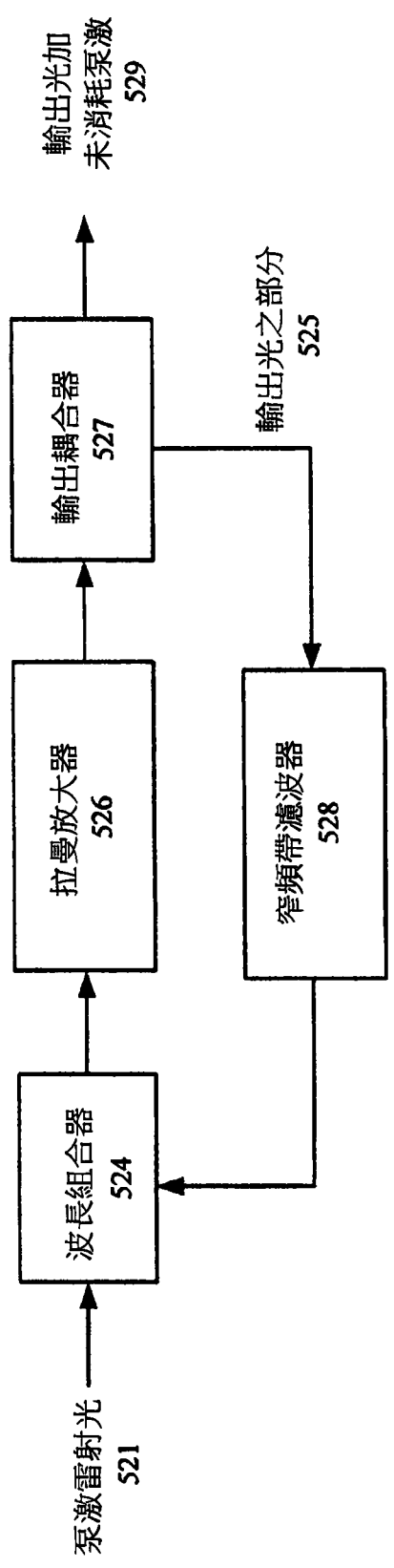


圖 5B

五次諧波產生器 600

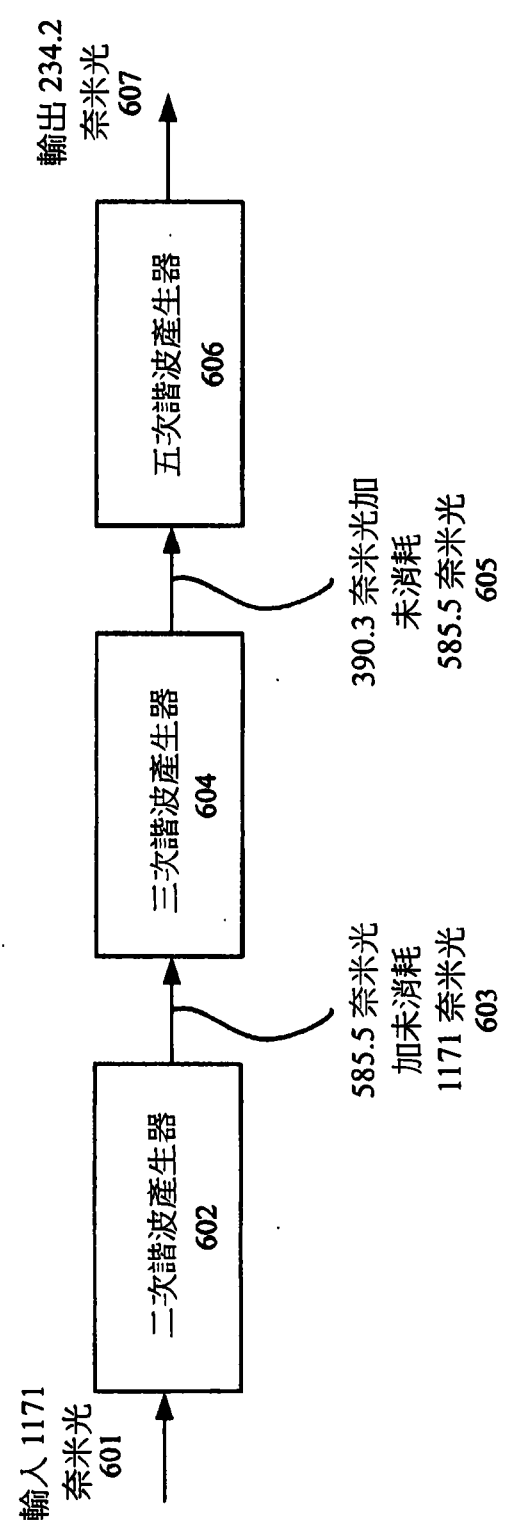


圖 6A



五次諧波產生器
620

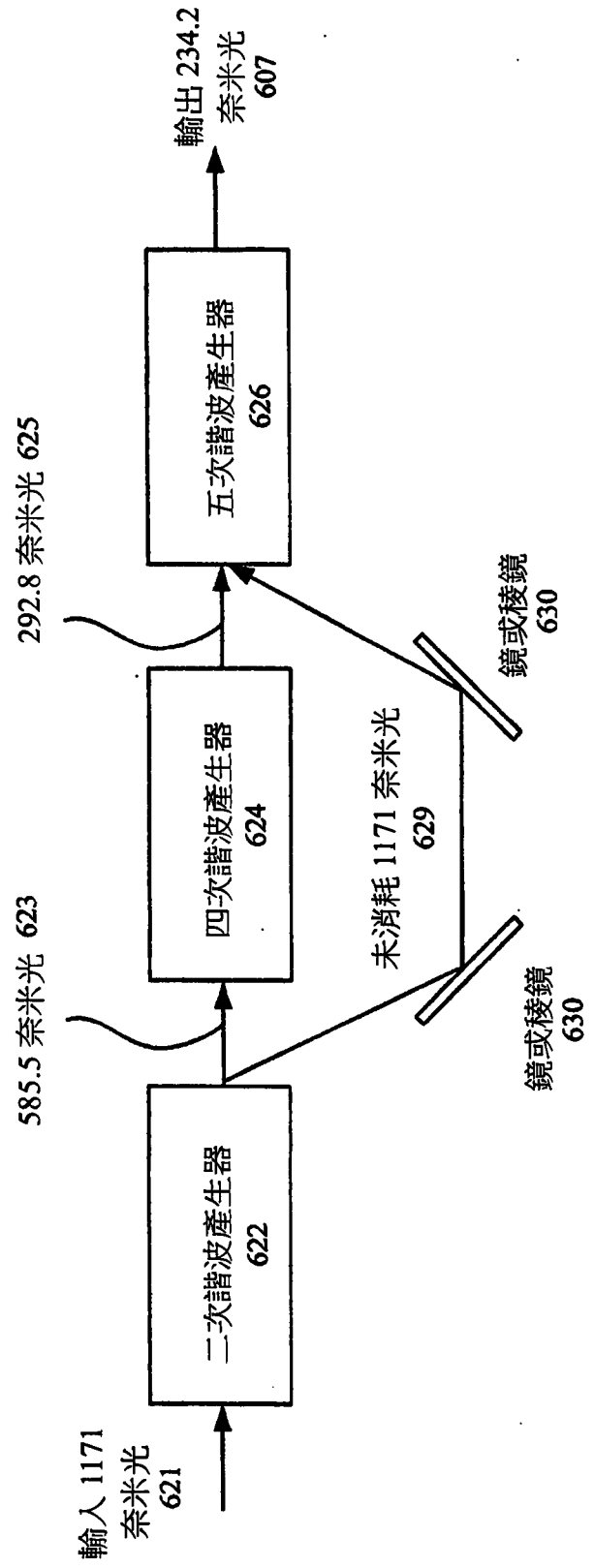


圖 6B



基本波雷射
700

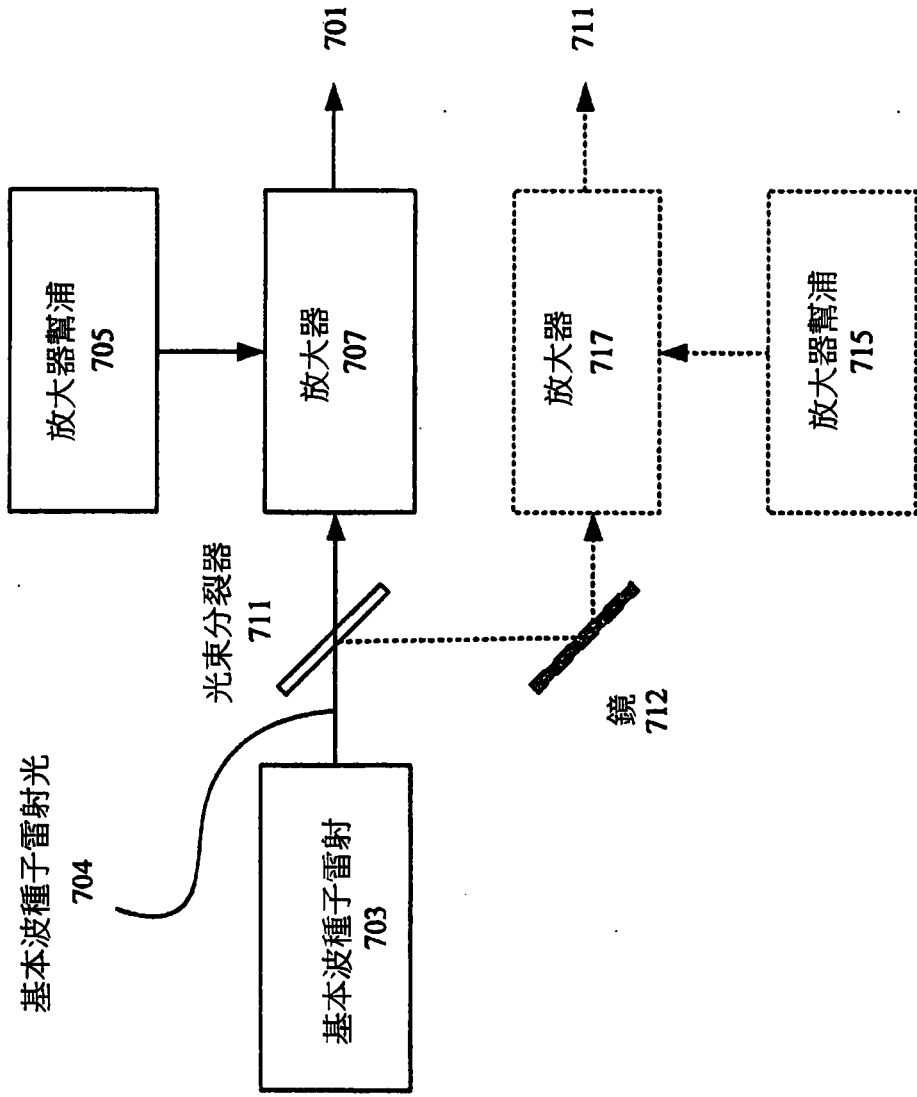


圖 7

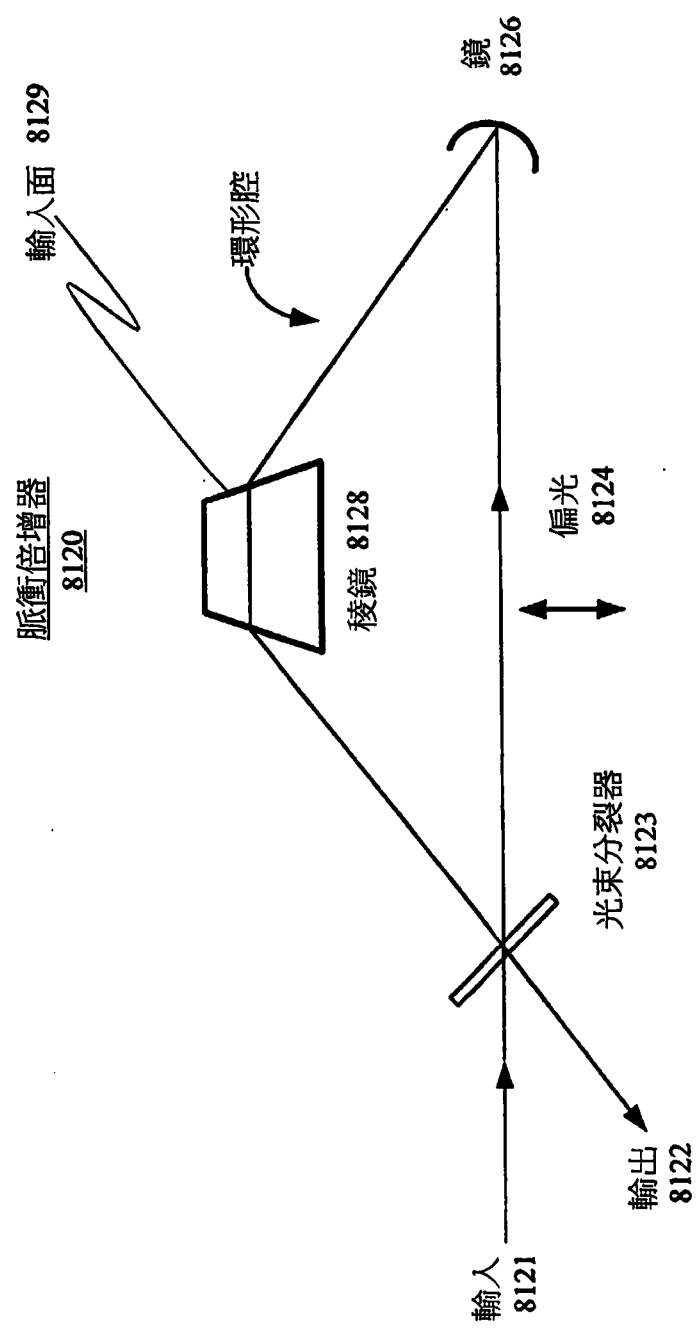


圖 8

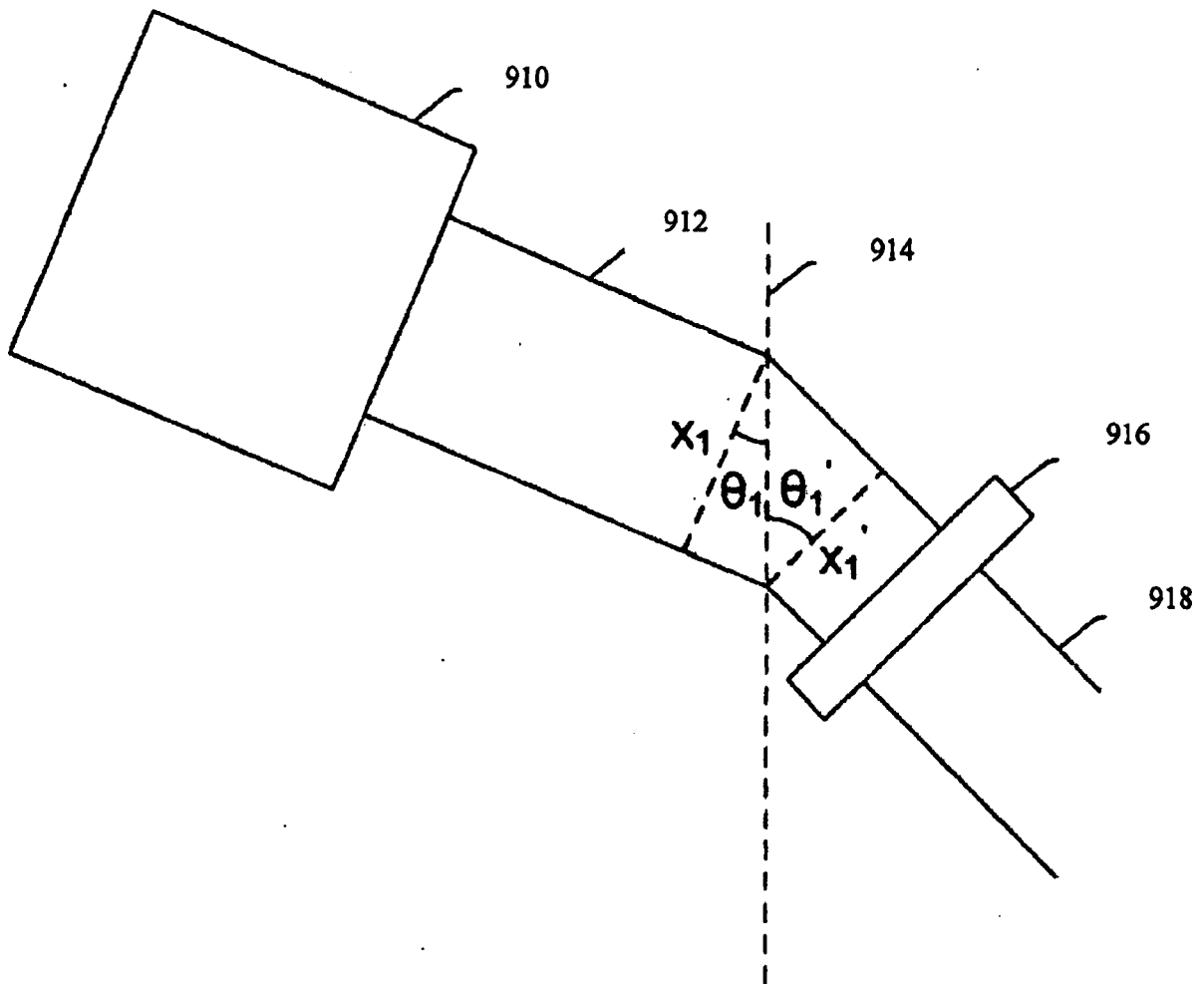


圖 9

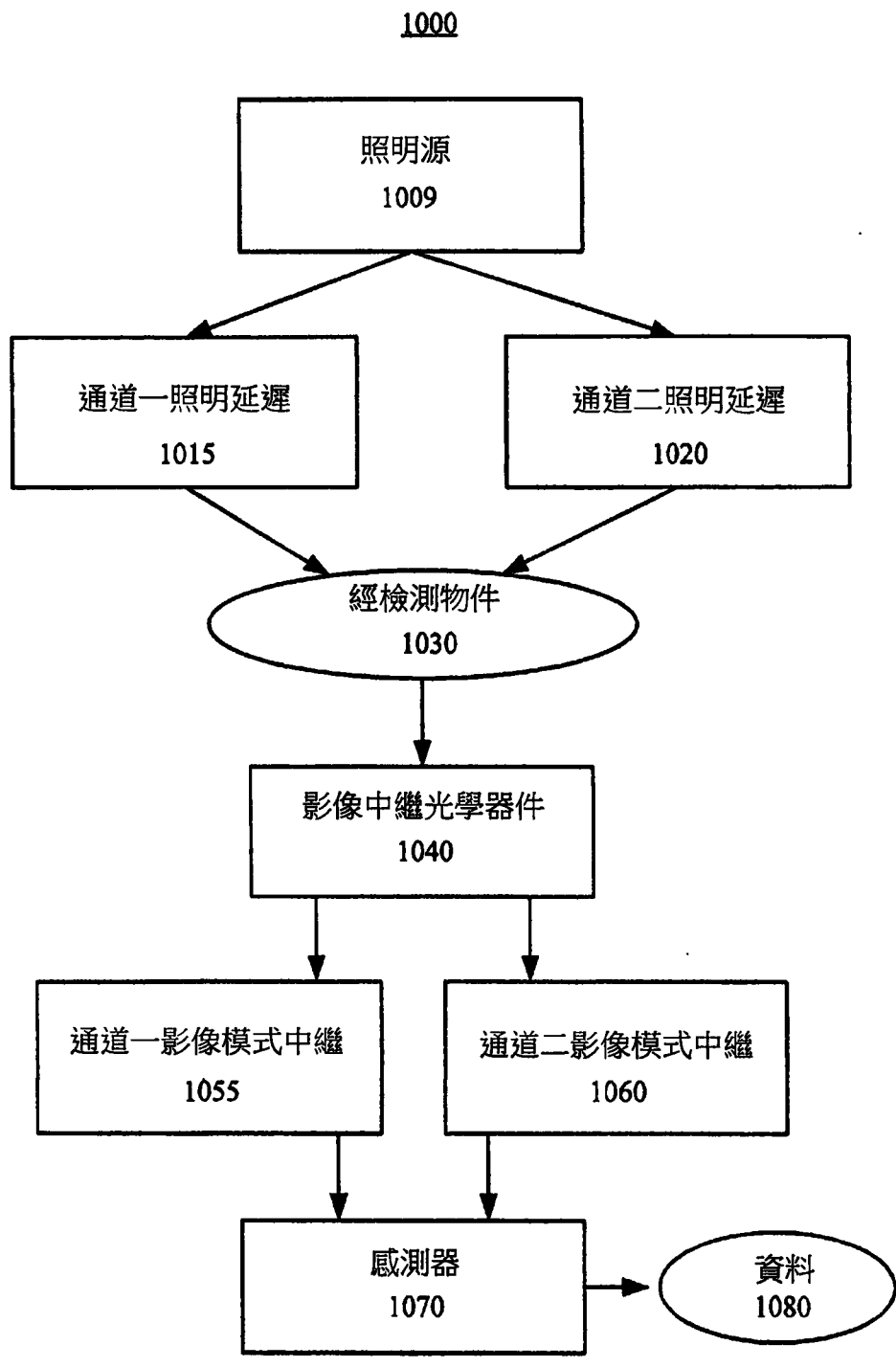


圖 10

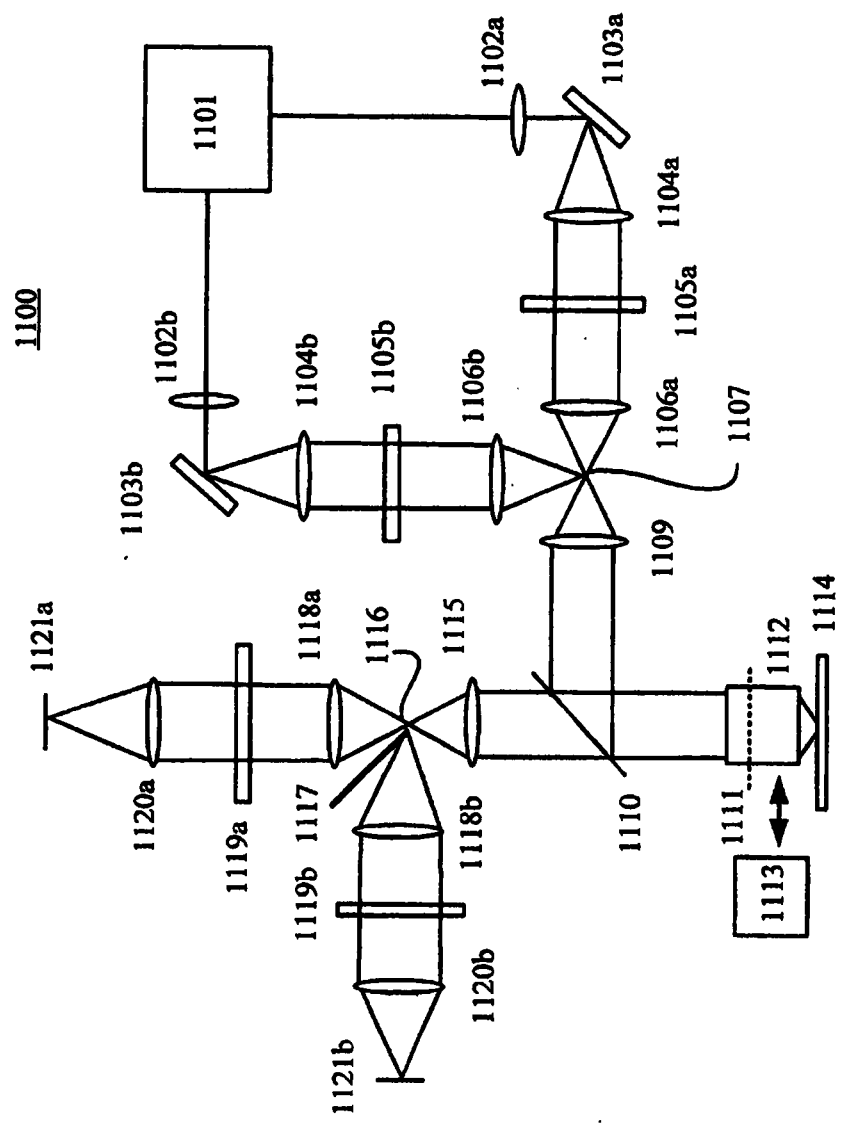


圖 11

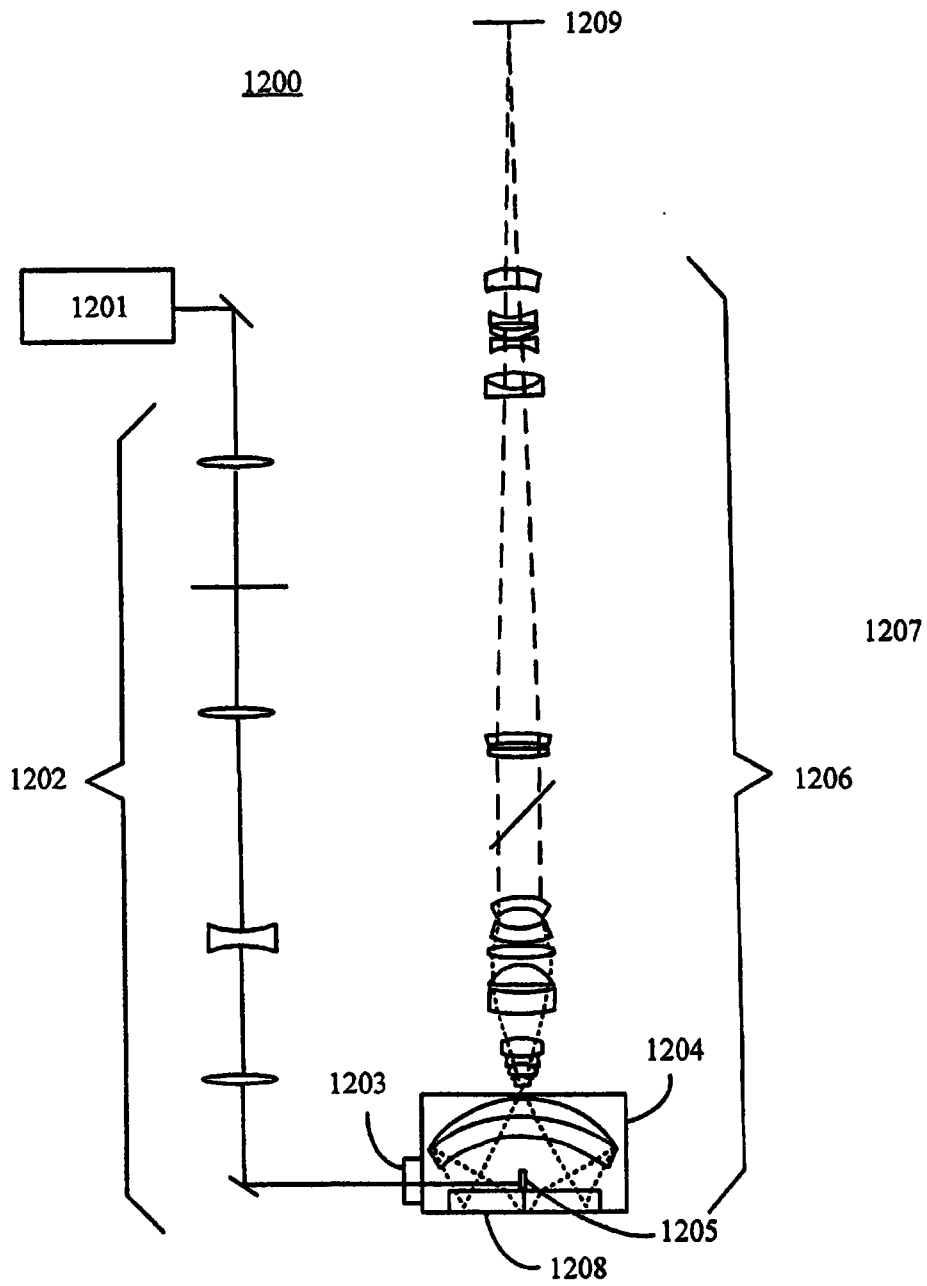


圖 12

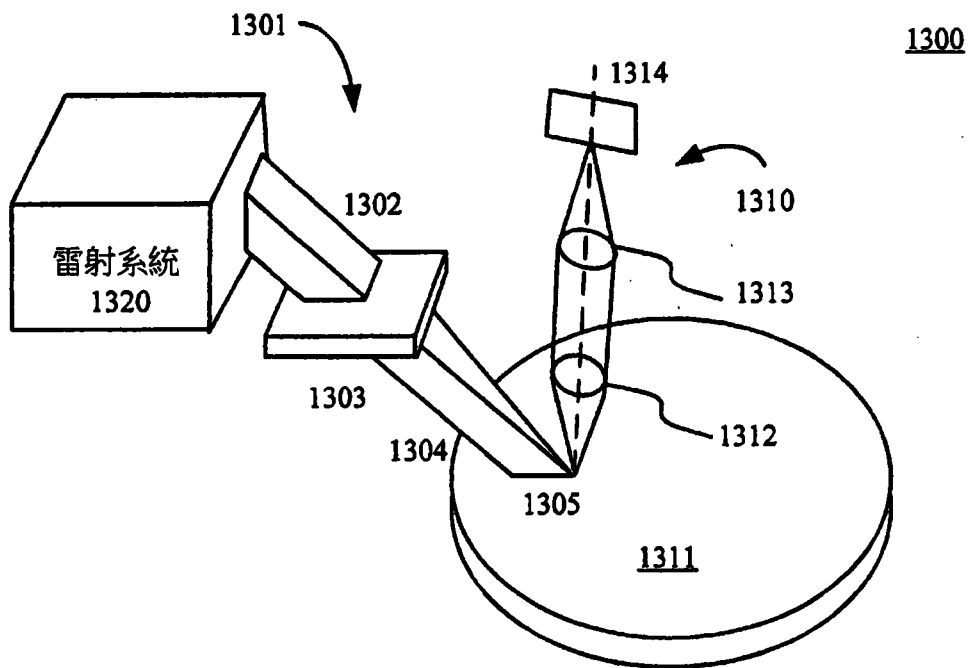


圖 13A

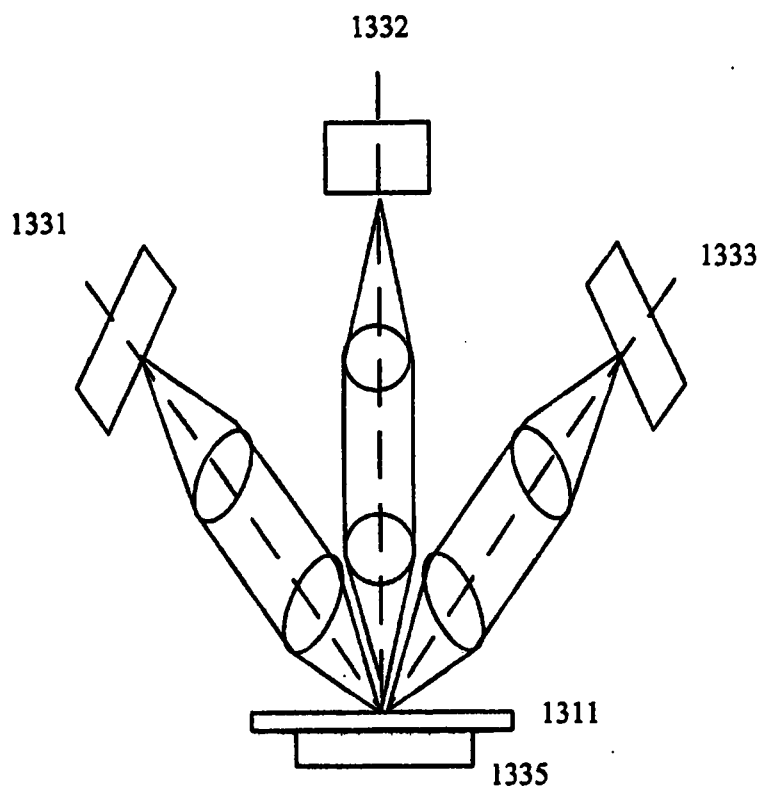


圖 13B

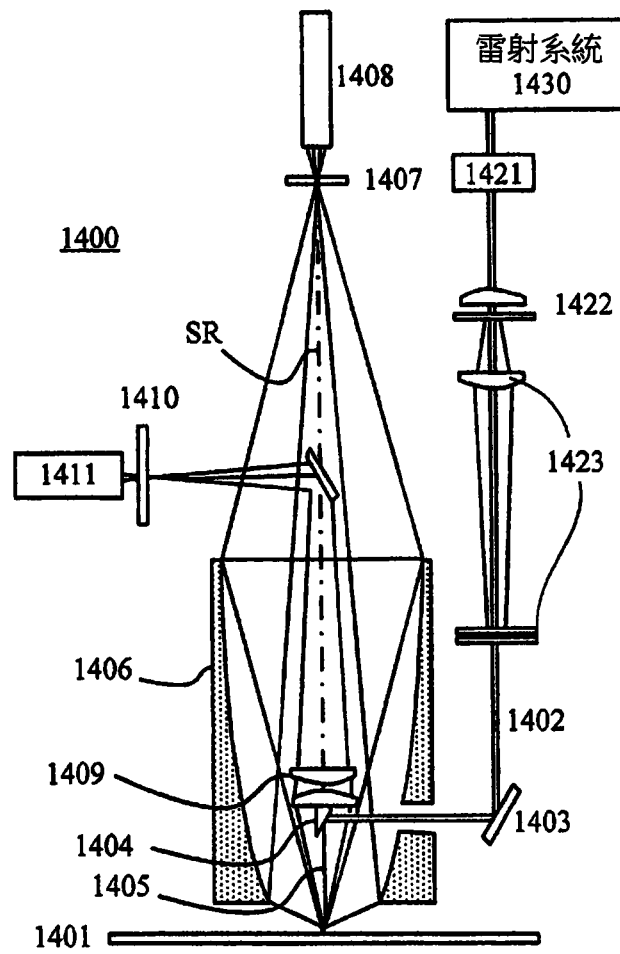


圖 14

1500

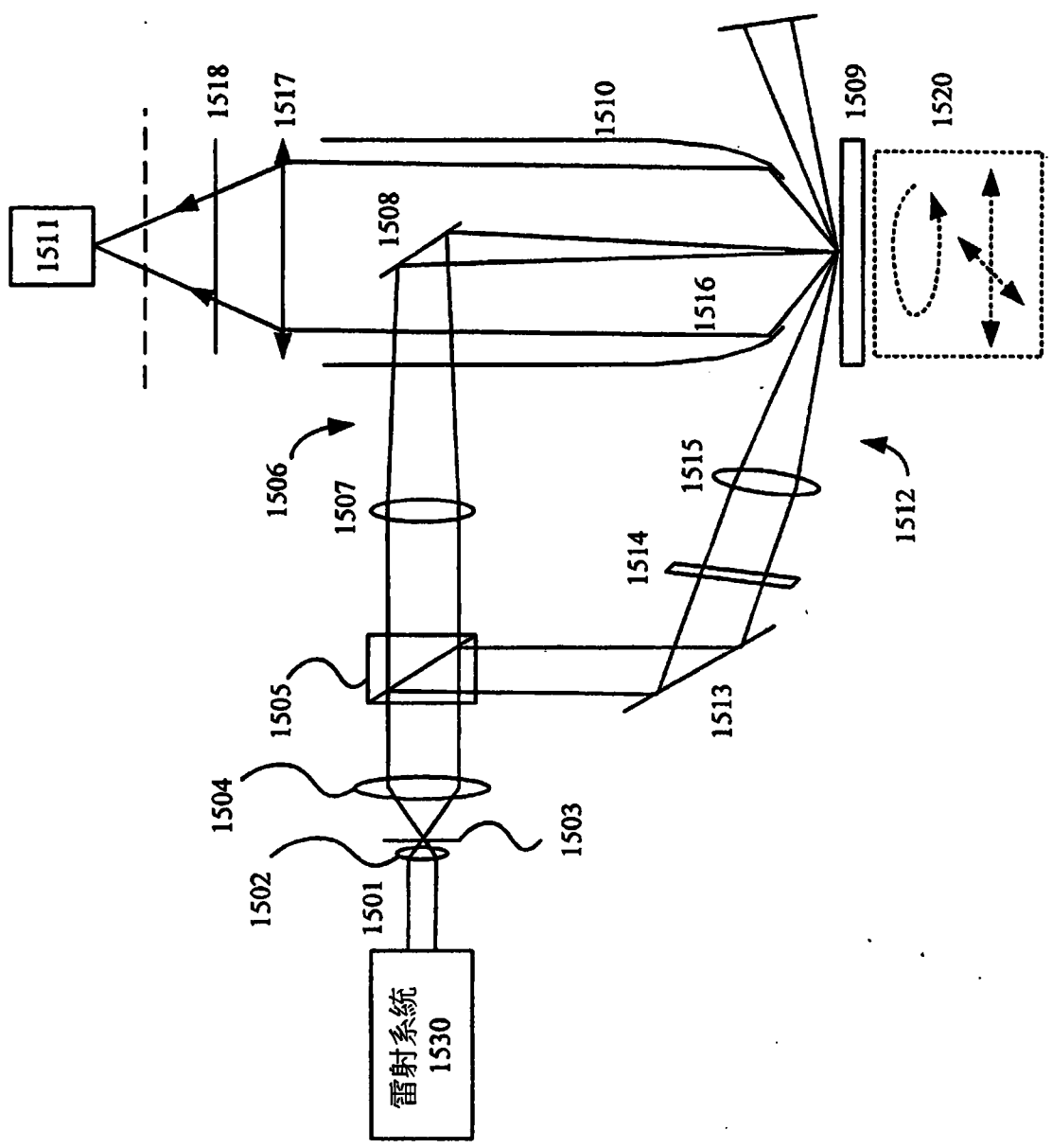


圖 15



【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1A）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 100 雷射
- 101 基本波光
- 102 基本波雷射
- 103 光
- 104 二次諧波產生器
- 105 光
- 106 頻率轉換級/頻率產生器
- 107 光
- 108 1109奈米產生器
- 109 具有大致1109奈米之一波長之光
- 110 混頻器

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

193奈米雷射及檢視系統

193NM LASER AND INSPECTION SYSTEM

優先權申請案

本發明申請案主張於2013年2月13日提出申請且以引用方式併入本文中之美國臨時專利申請案61/764,441之優先權。

相關申請案

本發明申請案係與Chuang等人之標題為「Solid-state 193nm laser and an Inspection System using a Solid-State 193 nm laser」且於2013年5月12日提出申請之序號為13/797,939之美國專利申請案有關，該美國專利申請案以引用方式併入本文中。本申請案亦係與以下專利申請案有關：Dribinski等人之標題為「Coherent light generation below about 200 nm」且於2007年4月16日提出申請之美國專利申請案11/735,967；Lei 等人之且於2012年11月15日公開之PCT公開申請案WO2012/154468；Chuang等人之標題為「Solid-State 193nm Laser And An Inspection System Using A Solid-State 193nm Laser」且於2011年9月23日提出申請之美國臨時申請案61/538,353；Chuang等人之標題為「Solid-State 193nm Laser And An Inspection System Using A Solid-State 193nm Laser」且於2011年11月14日提出申請之美國臨時申請案61/559,292；Chuang等人之標題為「Solid-State 193nm Laser And An Inspection System Using A Solid-State 193nm Laser」且於2012年1月27日提出申請之美國臨時申請案61/591,384；Chuang等人之標題為「Solid-State 193nm Laser And An Inspection System Using A Solid-

State 193nm Laser」且於2012年2月27日提出申請之美國臨時申請案 61/603,911；Chuang 等人之標題為「193nm Laser and Inspection System using 193nm Laser」且於2012年7月25日提出申請之美國專利申請案 13/558,318；Armstrong 之標題為「Scan rate for Continuous Motion of a Crystal in a Frequency Converted Laser」且於2012年6月29日提出申請之美國臨時申請案 61/666,675；Armstrong 之標題為「Solid State Illumination Source And Inspection System」且於2013年9月9日提出申請之美國專利申請案 14/022/190（代理人檔案號碼 KLA-050 P3996）；及 Chuang 等人之標題為「193nm Laser and Inspection System」且於2014年1月17日提出申請之美國專利申請案 14/158,615（代理人檔案號碼 KLA-052 P4060）。上述所有申請案以引用方式併入本文中。

【技術領域】

本申請案係關於一種產生接近193奈米之光且適於供在光罩、標線板或晶圓檢視中使用之一固態雷射。

【先前技術】

積體電路行業需要具有日益較高解析度之檢視工具來解析積體電路、光罩、太陽能電池、電荷耦合裝置等之較小特徵，以及偵測大小係大約或小於特徵大小之缺陷。短波長光源(例如，產生低於200奈米之光之源)可提供此解析度。具體而言針對光罩或標線板檢視，期望使用等於或接近於將用於微影之波長(例如，實質上193.368奈米)之一波長來檢視，此乃因由圖案所致之檢視光之相位移位將等於或極其類似於在微影期間由相同圖案所致之彼等相位移位。然而，能夠提供此短波長光之光源實際上限於準分子雷射及小數目個固態及光纖雷射。令人遺憾地，此等雷射中之每一者具有顯著缺點。

一準分子雷射產生一紫外線光，該紫外線光通常用於積體電路

之生產。一準分子雷射通常使用在高壓狀況下之一惰性氣體及一反應性氣體之一組合來產生紫外線光。產生193奈米波長(其係積體電路行業日益高度期望之一波長)之一習用準分子雷射使用氬(作為惰性氣體)及硫氟(作為反應性氣體)。令人遺憾地，氟係有毒且腐蝕性的，藉此導致高持有成本。此外，由於此等雷射之低重複率(通常自約100Hz至數kHz)及可在檢視期間導致樣本之損壞之極其高峰值功率，因此其並非極其適於檢視應用。此外，高速檢視通常需要多個MHz (例如，在某些情形中大於50 MHz)之最小雷射脈衝檢視率以便允許高速影像或資料獲取而具有較低雜訊。

產生亞200奈米輸出之小數目個固態及基於光纖之雷射在此項技術中係習知的。令人遺憾地，此等雷射中之大部分具有極其低功率輸出(例如，低於60 mW)，或極其複雜設計，諸如兩個不同基本波源或八次諧波產生，其兩者皆係複雜、不穩定、昂貴及/或無商業吸引力。

因此，產生對一種能夠產生193奈米光且克服以上缺點之雷射的需求。

【發明內容】

本發明闡述一種用於產生具有接近193奈米之一真空波長(諸如在介於190奈米與200奈米之間的一波長範圍中)之紫外線光之雷射。此雷射包含用於產生諧頻、和頻及其他頻率之一基本波源極多個級。在較佳實施例中，基本波源可產生對用於大致1064奈米至1065奈米之一波長之一基本波頻率。在其他實施例中，基本波可產生大致1053奈米或大致1047奈米之一波長。在自約1047奈米至1065奈米範圍中之基本波波長可用於本文中所闡述之亞200奈米雷射之一或多個實施例中。可產生此範圍中之波長之雷射包含經Yb摻雜光纖雷射、Nd:YAG雷射(經釹摻雜鈮鋁石榴石)、經釹摻雜釩酸鈮雷射及Nd:YLF (經釹摻雜氟

化鈮鋰)雷射。在本說明書中給出無限定條件之一波長值之情況下，假定波長值係指真空中之波長。

一第一級使用基本波頻率之一部分來產生大致1109奈米之一波長。在一項實施例中，一光纖用於自該基本波波長之一部分產生或放大處於大致1109奈米之一波長之光。在此級之一第二實施例中，一OPO或OPA用於自基本波之一部分產生或放大接近2218奈米之一波長。在此第二實施例中，接近2218奈米之波長經倍頻以形成處於大致1109奈米之一波長之光。

在一項實施例中，一第二級可自基本波頻率之一部分產生一二次諧頻。產生接近1064奈米、1053奈米或1047奈米之一波長之一二次諧波係眾所周知的。數種不同非線性晶體可用於進行此操作，包含但不限於KTP (磷酸鈦氧鉀)、KDP (磷酸二氫鉀)、KBBF (氟硼鉍酸鉀)、CBO (三硼酸銻)、CLBO (硼酸鋰銻)、BBO (β 硼酸鋇)、LBO (三硼酸鋰)及LB4 (四硼酸鋰)。一第三級自該基本波之另一部分及二次諧波產生大致234奈米之一波長。下文闡述用於自基本波及二次諧波產生大致234奈米之一波長之設備及方法。

在一替代實施例中，一第二級可自基頻之一部分或大致1109奈米波長光之一部分產生大致1171奈米之一波長。一第三級產生大致1171奈米波長之五次諧波以便形成大致234奈米之一波長。

在上文所闡述實施例中，一第四級組合接近234奈米之波長與接近1109奈米之波長以產生接近193奈米之一波長。在某些實施例中，在第四級中產生之波長可係大致193.4奈米。在某些較佳實施例中，此頻率組合可使用一CLBO晶體中之接近非臨界相位匹配(相位匹配角在接近120°C之一溫度下係大致85°)來達成。此導致良好轉換效率，低走離及良好穩定性。在某些實施例中，可使用BBO替代CLBO。針對BBO中之第I型混合，相位匹配角在接近120°C之溫度下大致係

57°，走離比CLBO大(與約7 mrad相比，約98 mrad)，但 d_{eff} 係比CLBO大約70% (與約1.1 pm V⁻¹相比，約1.9 pm V⁻¹)。BBO中之第II混合在約63°之一相位匹配角下亦可能具有一較低 d_{eff} (大致0.6 pm V⁻¹)及約85 mrad之一走離角。由於CLBO及BBO係吸濕性材料，因此在一項實施例中，晶體在大約120°C或更高之一溫度下操作以防止自環境吸收水。在另一實施例中，晶體經保持免於受濕度影響，舉例而言，藉由將晶體封圍於一淨化低濕度環境中，且晶體在一較低溫度下操作，諸如接近100°C、80°C或50°C之溫度下。在晶體操作溫度係不同於120°C，必須對相位匹配角作出一適當改變。在某些較佳實施例中，在此及其他頻率轉換級中所使用之非線性晶體係一經氫退火之晶體，如由Chuang等人於2012年6月1日提出申請且主張於2011年10月7日提出申請之美國臨時申請案61/544,425之優先權之同在申請中美國專利申請案13/488,635中所闡述。此等申請案兩者皆以引用方式併入本文中。

在一項實施例中，第三級可組合二次諧頻之一部分與基本波之一部分以產生一三次諧頻。此實施例中，第三級使用二次諧頻之另一部分來使用一OPO或OPA產生或放大接近689奈米之一波長。第三級之此實施例組合三次諧頻與接近689奈米之波長以產生對應於大致234奈米之一波長之一和頻。在某些實施例中，三次諧波與接近689奈米之波長之組合係使用一CLBO晶體進行。在接近120°C之一溫度下，相位匹配角係大致75°， d_{eff} 係約0.9 pm V⁻¹，且走離角係約20 mrad。在其他實施例中，三次諧波與接近689奈米之波長之組合係使用一BBO晶體進行。在接近120°C之一溫度下，相位匹配角係大致55°， d_{eff} 約1.6 pm V⁻¹且走離角係大約85 mrad。

在一替代實施例中，第三級自二次諧頻產生一四次諧頻。在此實施例中，第三級使用基本波之一部分來使用一OPO或OPA來產生或放大接近1954奈米之一波長。第三級之此實施例組合接近1954奈米之

波長與四次諧波組合以產生接近234奈米之一波長。在某些實施例中，四次諧波與接近1954奈米之波長之組合係使用一LBO晶體、一LB4晶體、一CLBO晶體或一BBO晶體進行。

在另一實施例中，第三級自大致1171奈米之一波長產生一五次諧頻。接近1171奈米之一波長之五次諧波具有接近234奈米之一波長。在某些實施例中，大致234奈米波長具有實質上234.2奈米之一波長。接近1171奈米之波長之五次諧波係藉由首先自處於接近1171奈米之一波長之光之一部分形成一二次諧波來形成。此可舉例而言使用LBO進行，LBO針對接近120°C之一溫度以約83°之角度相位匹配，具有約 0.8 pm V^{-1} 之一 d_{eff} ，且具有約6 mrad之一低走離。在一項實施例中，二次諧波經轉換成一四次諧波，且四次諧波與處於1171奈米之光之一部分組合以形成一五次諧波。在另一實施例中，二次諧波之一部分與處於接近1171奈米之一波長之光之一部分組合以形成一三次諧波，然後三次諧波與二次諧波之一部分組合以形成一五次諧波。諸如CLBO及BBO之非線性晶體適於形成一波長1171奈米之三次、四次及五次諧波。諸如LB4之其他非線性材料可適於轉換步驟中某些步驟。

在某些實施例中，二次級自基本波之一部分產生大致1171奈米之一波長。在一項實施例中，處於接近1109奈米之波長之光之一部分藉由一階拉曼位於而移位至接近1171奈米之一波長。一階拉曼移位增益具有接近 440 cm^{-1} 之一寬峰，因此二階拉曼移位對使接近1109奈米之一波長移位至接近1171奈米之一波長極其有效。在另一實施例中，大致1171奈米之波長係藉由基本波波長之一部分之二階拉曼散射產生。二階拉曼移位增益具有接近 880 cm^{-1} 之一寬峰，因此二階拉曼移位可對使接近1064奈米或接近1053奈米之一基本波移位至接近1171奈米之一波長有效。

在另一實施例中，雷射亦可包含用於放大基本波頻率之一光學

放大器。

本發明亦闡述一種產生具有介於約190奈米與200奈米之間的一波長(諸如大致193奈米之一波長)之光之方法。此方法包含：產生大致1064奈米、大致1053奈米或大致1047奈米之一基本波頻率。基本波頻率之一部分可用於產生大致1109奈米之一波長。基本波頻率之另一部分可用於產生一二次諧頻。基本波頻率之另一部分可與二次諧頻組合以產生大致234奈米之一波長。大致1109奈米波長及大致234奈米可經組合以產生大致193.4奈米之一波長。

本發明亦闡述一種產生大致193奈米波長光之替代方法。此方法包含：產生大致1064奈米、大致1053奈米或大致1047奈米之一基本波頻率。基本波頻率之一部分可用於產生大致1109奈米之一波長。基本波頻率之另一部分可用於產生大致1171奈米之一波長。大致1171奈米之波長可轉換成處於大致234奈米之一波長之其五次諧波。大致1109奈米波長及大致234奈米可經組合以產生大致193.4奈米之一波長。

本發明亦闡述一脈衝放大器。此脈衝放大器包含用於產生一規則系列輸入雷射脈衝之一雷射系統。雷射系統可包含處於大致1064奈米、1053奈米或1047奈米之一光源及產生處於大致193奈米之輸入雷射脈衝之頻率轉換級。一光束分裂器可接收輸入雷射脈衝。一組鏡可形成包含光束分裂器之一環形腔，其中光束分裂器將每一輸入脈衝之一部分或實質上全部引導至環形腔中，且其中光束分裂器在每次脈衝橫穿環狀物時進一步自環狀物引導出每一脈衝之一分率。

亦闡述併入有一193奈米雷射之一檢視系統及包括一色散元件及/或一光電調變器之一同調性減少系統。

亦闡述一種用於檢視一光罩、標線板或半導體晶圓之一表面是否有缺陷之光學檢視系統。此系統可包含用於產生處於介於約190奈米與200奈米之間的一波長之一輻射光束之一雷射系統。此雷射系統

可包含用於產生用於形成亞200奈米輻射光束之接近1109奈米之一波長之一產生器。雷射系統可進一步包含一經退火晶體及用以維持晶體之退火狀態之一殼體。自經檢視之物件反射或散射之光可用於判定缺陷之存在。在某些實施例中，所透射光及反射光兩者經收集且一起用於判定缺陷之存在。在某些實施例中，所透射光及反射光經收集於箱體偵測器上以確保兩組資料之間的恰當套合。

亦闡述一種用於檢視一樣本之一表面之檢視系統。此檢視系統包含經組態以產生複數個光通道之一照明子系統，所產生之每一光通道具有不同於至少另一個光能量通道之特性。照明子系統包含用於針對至少一個通道產生193奈米波長光之一雷射。光學器件經組態以接收複數個光通道且將複數個光能量通道組合成一空間分離經組合光束且引導經空間分離組合光束朝向樣本。一資料獲取子系統包含經組態以偵測來自樣本之反射光之至少一個偵測器。資料獲取子系統可經組態以將反射光分離成對應於複數個光通道之複數個接收通道。

亦闡述一種具有暗場照明之折反射成像系統。此系統可包含用於產生紫外線(UV)光之一UV光源。此UV光源可包含用於產生處於介於約190奈米與200奈米之間的一波長之一輻射光束之一雷射系統。此雷射系統可包含用於產生用於形成亞200奈米輻射光束之接近1109奈米之一波長之一產生器。雷射系統可進一步包含一經退火晶體及用以維持晶體之退火狀態之一殼體。自適應光學器件已經提供以控制經檢視表面上之照明光束大小及輪廓。折反射成像系統亦包含彼此操作相關之一折反射物鏡、一聚焦透鏡群組及一變焦鏡筒透鏡區段。一稜鏡可經提供用於沿著法向入射之光軸將UV光引導至一樣本之一表面及沿著一光學路徑將來自該樣本之表面特徵之鏡面反射以及來自該物鏡之光學表面之反射引導至一成像平面。

亦闡述一種表面檢視設備。此設備可包含用於產生處於介於約

190奈米與200奈米之間的一波長之一輻射光束之一雷射系統。此雷射系統可包含用於產生用於形成亞200奈米輻射光束之接近1109奈米之一波長之一產生器。雷射系統可進一步包含一經退火晶體及用以維持晶體之退火狀態之一殼體。一照明系統可經組態以相對於一表面以一非法向入射角聚焦輻射光束以在該表面上實質上在該聚焦光束之一入射平面中形成一照明線。入射平面係由該聚焦光束及穿過該聚焦光束且法向於該表面之一方向界定。

一收集系統可經組態以使照明線成像。在一項實施例中，收集系統可包含用於收集包括照明線之自表面之一區散射之光之一成像透鏡。一聚焦透鏡可經提供用於聚焦所收集光。亦可提供包含一光敏元件陣列之一裝置。在此陣列中，該光敏元件陣列中之每一光敏元件可經組態以偵測照明線之一經放大影像之一對應部分。

亦闡述一種用於偵測一樣本之異常之光學系統。此光學系統包含用於產生亞200奈米波長光之一雷射系統。雷射系統包含一光源、一經退火頻率轉換晶體、一殼體及光束塑形光學器件。殼體經提供以維持晶體之一退火狀態。光束塑形光學器件可經組態以自光源接收一光束且將該光束聚焦至在該晶體中或靠近該晶體之一光束腰處之一橢圓剖面。

第一光學器件可沿著一第一路徑將一第一輻射光束引導至樣本之一表面上之一第一光點上。在某些實施例中，第二光學器件可沿著一第二路徑將一第二輻射光束引導至樣本之一表面上之一第二光點上。第一及第二路徑與樣本之表面成不同入射角。收集光學器件可包含接收來自樣本表面上之第一或第二光點且源自第一或第二光束之散射輻射之一曲面鏡表面。收集光學器件將散射輻射聚焦至一第一偵測器。第一偵測器回應於藉由該曲面鏡表面聚焦至其上之輻射而提供一單個輸出值。可提供導致樣本與第一及第二光束之間的相對運動以使

得該等光點跨越該樣本之表面掃描之一儀器。

【圖式簡單說明】

圖1A圖解說明用於使用接近1064奈米、1053奈米或1047奈米之一基本波波長來產生193奈米光之一例示性雷射之一方框圖。

圖1B圖解說明用於使用接近1064奈米、1053奈米或1047奈米之一基本波波長來產生193奈米光之一替代例示性雷射之一方塊圖。

圖1C圖解說明用於使用接近1064奈米或1053奈米之一基本波波長來產生193奈米光之另一替代例示性雷射之一方框圖。

圖2A圖解說明用於產生大致1109奈米之一波長之一個例示性產生器之一方塊圖。

圖2B圖解說明用於產生大致1109奈米之一波長之一替代例示性產生器之一方塊圖。

圖2C圖解說明用於產生大致1109奈米之一波長之另一替代例示性產生器之一方塊圖。

圖3圖解說明用於藉由混合接近1109奈米之一波長與接近234奈米之一波長來產生193奈米光之一例示性混頻器之一方塊圖。

圖4A圖解說明自基本波及二次諧波產生大致234奈米之一波長之一例示性產生器之一方塊圖。

圖4B圖解說明自基本波及二次諧波產生大致234奈米之一波長之一替代例示性產生器之一方塊圖。

圖5A圖解說明用於產生接近1171奈米之一波長之一例示性產生器。

圖5B圖解說明用於產生接近1171奈米之一波長之一替代例示性產生器。

圖6A圖解說明用於產生大致1171奈米之一波長之5次諧波之一例示性5次諧波產生器。

圖6B圖解說明用於產生大致1171奈米之一波長之5次諧波之一替代例示性5次諧波產生器。

圖7圖解說明基本波雷射之一例示性實施例。

圖8圖解說明可結合亞200奈米雷射及一檢視或度量衡系統使用之一例示性脈衝倍增器。

圖9圖解說明可結合亞200奈米雷射及一檢視或度量衡系統使用之一例示性同調性減少子系統。

圖10圖解說明包含亞200奈米雷射之一例示性檢視系統。

圖11圖解說明包含多個物鏡及亞200奈米雷射之一例示性檢視系統。

圖12圖解說明具有暗場及明場模式且包含亞200奈米雷射之一例示性檢視系統。

圖13A及圖13B圖解說明包含亞200奈米雷射之一例示性暗場經圖案化晶圓檢視系統。

圖14圖解說明包含亞200奈米雷射之一例示性未經圖案化晶圓檢視系統。

圖15圖解說明包含亞200奈米雷射之另一例示性未經圖案化晶圓檢視系統。

【實施方式】

本發明闡述一種用於產生具有接近193奈米之一波長(諸如自190奈米至200奈米之範圍中之一波長)之光之經改良雷射。圖1A圖解說明用於產生193奈米光之一雷射100之一例示性實施例之一簡化方塊圖。此雷射100藉由混合大致1109奈米之一波長與大致234奈米之一波長來產生接近193奈米之輸出波長。大致1109奈米光及大致234奈米光係自相同基本波雷射產生。

在一項實施例中，雷射100包含以接近1064奈米之一波長操作之

一基本波雷射102，該基本波雷射產生處於頻率 ω 之一基本波光101。在其他實施例中，諸如1047奈米或1053奈米之其他波長可用於基本波雷射102。基本波雷射102可係一光纖雷射，或可基於Nd:YAG、經Nd摻雜釩酸釷或Nd:YLF。基本波雷射102較佳係一脈衝式雷射，諸如一鎖模式雷射或一Q切換式雷射。

一二次諧波產生器104形成基本波之二次諧波 2ω 。二次諧波產生器104輸出包含二次諧波 2ω 及在二次諧波產生程序中未消耗之基本波 ω 之一部分之一光103。將來自二次諧波產生器104之光103引導至頻率轉換級106。

藉助光103（亦即，來自基本波 ω 及二次諧波 2ω ），頻率轉換級106產生具有接近234奈米之一波長（諸如實質上234.2奈米之一波長）之一光107。頻率轉換級106亦輸出包含未經消耗基本波（ ω ）之一光105。下文闡述頻率轉換級106之例示性實施例。

一1109奈米產生器108自處於基本波頻率 ω 之光105之一部分產生接近1109奈米之一波長。儘管圖1A展示光105由頻率轉換級106輸出，但在其他實施例（未展示）中未消耗基本波可直接自基本波雷射102或自二次諧波產生器104之輸出獲取。在其他實施例（未展示）中，來自1109奈米產生器108之輸出之未消耗基本波經引導至二次諧波產生器104及/或頻率轉換級106。存在用以在二次諧波產生器104、頻率產生器106及1109奈米產生器108之間引導基本波之諸多不同方式。所有此等不同方案皆在本發明之範疇內。下文闡述1109奈米產生器之例示性實施例。

一混頻器110藉由混合具有大致1109奈米之一波長之光109與具有大致234奈米之一波長之光107來產生具有接近193奈米之一波長之雷射輸出。此混合在接近80°C至120°C之一溫度下在CLBO中幾乎非臨界相位匹配。明顯地，此混合導致良好轉換效率、低走離及良好穩定

性。甚至更低溫度(諸如約30°C至80°C)導致良好轉換效率、低走離及可接收穩定性且可用於某些實施例中。在某些實施例中，可使用BBO替代CLBO。

圖1B圖解說明用於產生193奈米光之一雷射120之一替代實施例之一簡化方塊圖。在此實施例中，雷射120包含以接近1064奈米之一波長操作之一基本波雷射122，該基本波雷射產生處於頻率 ω 之一基本波光121。如上文所闡述，諸如1047奈米或1053奈米之其他波長可用於基本波雷射122。基本波雷射122可係一光纖雷射，或可基於Nd:YAG、經Nd摻雜釩酸鹽或Nd:YLF。基本波雷射122較佳係一脈衝式雷射，諸如一鎖模式雷射或一Q切換雷射。

一1109奈米產生器128自基本波光121產生具有接近1109奈米之一波長之一光129。一混頻器130藉由混合具有大致1109奈米之一波長之光129與具有大致234奈米之一波長之一光127來產生具有接近193奈米之一波長之雷射輸出。此混合在接近80°C至120°C之一溫度下在CLBO中幾乎非臨界相位匹配。明顯地，此混合導致良好轉換效率、低走離及良好穩定性。在某些實施例中，可使用BBO替代CLBO。

在此實施例中，一1171奈米產生器124自處於接近1109奈米之一波長之一光129'之一部分形成具有接近1171奈米之一波長之一光123。光129'可係自來自如所示之混頻級130之未消耗1109奈米獲取，或可直接自1109奈米產生器128(未展示)獲取。1171奈米產生器124輸出處於大致1171奈米之一波長之一光123，該光經引導至一五次諧波產生器126。五次諧波產生器126藉由形成大致1171奈米光之五次諧波來產生接近234奈米(諸如實質上234.2奈米之一波長)之光。下文闡述1171奈米產生器124及五次諧波產生器126之例示性實施例

圖1C圖解說明用於產生193奈米光之一雷射140之另一替代實施例之一簡化方塊圖。在此實施例中，雷射140包含以接近1064奈米之

一波長操作之一基本波雷射142，該基本波雷射產生處於頻率 ω 之一基本波光141。如上文所闡述，諸如1053奈米之其他波長可用於基本波雷射，且上文所闡述雷射中之任一者可用於基本波雷射142。基本波雷射142較佳係一脈衝式雷射，諸如一鎖模式雷射或一Q切換雷射。

一1171奈米產生器144自基本波光141之一部分形成具有接近1171奈米之一波長之一光143。在一項實施例中，基本波光141之此部分可直接自基本波雷射142之輸出獲取。在另一實施例(未展示)中，來自1109奈米產生器148之一未消耗基本波可由1171奈米產生器144使用。1171奈米產生器144輸出處於大致1171奈米之一波長之一光143。藉由形成大致1171奈米光之五次諧波來將光143引導至產生接近234奈米(諸如實質上234.2奈米之一波長)之光之一五次諧波產生器146。五次諧波產生器146可以實質上類似於五次諧波產生器126(圖1B)之一方式起作用。下文闡述1171奈米產生器144及五次諧波產生器146之例示性實施例。

1109奈米產生器148自由基本波雷射142提供之一基本波光145之一部分產生接近1109奈米之一波長。在某些實施例(未展示)中，用於1109奈米產生器148之基本波光145可自來自1171奈米產生器144之一未消耗基本波獲取。在其他實施例(未展示)中，來自1109奈米產生器148之未消耗基本波可經引導至1171奈米產生器144。1109奈米產生器148實質上類似於上文所闡述1109奈米產生器108及128地操作。下文闡述1109奈米產生器148之例示性實施例。

圖2A圖解說明可執行1109奈米產生器108 (圖1A)、1109奈米產生器128 (圖1B)及1109奈米產生器148 (圖1C)之功能之一1109奈米產生器200之一例示性實施例之一簡化方塊圖。在此實施例中，處於大致1109奈米之一波長之一光205係使用一拉曼放大器204自一基本波光

201產生。拉曼放大器204可包含一熔融矽石光纖或一經鍍摻雜熔融矽石光纖。一熔融矽石或經鍍摻雜熔融矽石光纖之拉曼增益具有以接近 440cm^{-1} 之頻率移位為中心之一寬峰。有用增益自約 300cm^{-1} 之一移位延伸至約 500cm^{-1} 之一移位。介於約1050奈米與約1073奈米之間的任何基本波波長在 1109奈米 之 300cm^{-1} 至 500cm^{-1} 內，且因此此等波長理想地適於供用作基本波波長。取決於輸出波長之要求規範，恰好在此範圍外部之波長(諸如1047奈米)可係有用的。約1030奈米之一基本波波長可與一二階拉曼移位一起使用。一經鍍摻雜光纖優於未經摻雜熔融矽石之處在於拉曼增益較高，因此一較短光纖長度可足夠。未經摻雜熔融矽石光纖之優點在於其較不昂貴且其非吸濕性。

拉曼放大器204放大來自一1109奈米種子雷射202之光。種子雷射202係產生處於接近於1109奈米之所期望波長之一光之一穩定窄頻帶雷射。在某些較佳實施例中，種子雷射202之輸出可介於1mW與250mW之間。在較佳實施例中，種子雷射202可係一二極體雷射或一光纖雷射。任何習知技術可用於穩定化種子雷射202之輸出波長，諸如分佈回饋、一光纖布拉格光柵，或一標準具。在較佳實施例中，拉曼放大器204將來自種子雷射202之mW級光放大至處於介於約1W與20W之間的一功率位準之1109奈米光205。

在1109奈米產生器200之其他實施例(未展示)中，未使用種子雷射。替代地，拉曼放大器經操作為其中併入有頻率選擇元件以便限制波寬且控制輸出波長之一拉曼雷射或振盪器。

圖2B圖解說明可執行1109奈米產生器108(圖1A)及1109奈米產生器128(圖1B)之功能之一1109奈米產生器220之一替代實例性實施例之一簡化方塊圖。在此實施例中，處於一波長之一1109奈米光225係自一基本波光221使用一非線性晶體228來產生處於等於所要波長之兩倍的一波長(亦即，大致2218奈米之一波長)之一光223來產生，該光223

然後藉由一二次諧波產生器238在頻率上加倍以產生處於所要波長之1109奈米光225。二次諧波產生器238可使用KTP、LNB (鋰酸鋰)或另一非線性晶體。

基本波光221由一透鏡222聚焦且藉由曲面鏡224及226、一頻率選擇器236、一平面鏡230及一輸出耦合器232形成之一光學腔中。在一項實施例(所展示)中，光學腔進一步包含一非線性晶體228，該非線性晶體包括諸如LNB、經摻雜LNB、鉍酸鋰、經鎂摻雜鉍化鋰或KTP之一材料。在某些實施例中，非線性晶體228可經週期性極化。曲面鏡224及226塗佈有對具有接近2218奈米之一波長之光高度反射但使接近基本波波長及波長接近 $2\ \mu\text{m}$ 之閑波波長之波長(精確波長取決於基本波波長，且將通常位於介於約1980奈米與約2050奈米之範圍中)實質上透過之一塗層。應注意，自此組態中，所要(信號)波長長於非所要(閑波)波長。頻率選擇器236在以接近2218奈米之所要輸出波長為中心之一窄頻帶中高度反射，但針對接近於所要波長之其他波長具有高度透射。頻率選擇器236判定光學參數振盪器之波長及頻寬。在較佳實施例中，頻寬小於1奈米，諸如零點幾奈米。頻率選擇器236可包括一體積布拉格光柵、一雙折性濾波器、一閑波濾波器或一標準具。頻率選擇器236可如所示以反射方式操作，或在頻率選擇器236充當一反射體或鏡之情況下可將一透射式頻率選擇元件放置於光學腔中之一適當位置處。

輸出耦合器232將處於輸出波長之入射光之一分率(諸如大致50%、或介於約5%與95%之間)傳輸至二次諧波產生器236。未被輸出耦合器232透射之處於輸出波長之光經往回反射至光學腔中。鏡230用於沿正確方向引導輸出光。在一項實施例中，可不需要鏡230。在另一實施例中，可使用多個鏡替代鏡230。在又另一實施例中，一或多個透鏡可替代鏡230。

圖2C圖解說明可執行1109奈米產生器108 (圖1A)及1109奈米產生器128 (圖1B)之功能之一1109奈米產生器240之一替代例示性實施例之一簡化方塊圖。在此實施例中，一2218奈米種子雷射242用於產生所要波長及頻寬之一低功率信號，該低功率信號連同一基本波光241之一部分輸入至一光學參數放大器(OPA) 243中。OPA 243以類似於關於圖2B所闡述之組態之一方式操作，但其不需要一窄頻帶波長選擇元件(諸如一體積布拉格光柵)，此乃因2218奈米種子雷射242判定波長及頻寬。OPA 243可使用一類似非線性晶體，諸如如上文所闡述之LNB、鉍酸鋰或KTP (塊狀或週期性極化)。OPA 243之輸出經引導至一二次諧波產生器246，二次諧波產生器246產生一所要1109奈米光245。二次諧波產生器246可以類似方式經組態成二次諧波產生器236 (圖2B)。

圖3展示形成處於接近193奈米之一波長(諸如實質上193.4奈米之一波長)之一輸出光305之一混頻器300之一例示性實施例之一說明性方塊圖。混頻器300可執行混頻器110 (圖1A)及混頻器130 (圖1B)之功能。在此實施例中，一234奈米光301 (諸如接近234.2奈米之一波長)在一混頻器區塊304中與一1109奈米光302混合以形成輸出光305。混頻器方塊304可包含非線性晶體，諸如如上文所闡述之CLBO或BBO。在較佳實施例中，非線性晶體在一控制環境中保持維持一恆定溫度且保護晶體免受濕度及污染物影響。此等保護環境之細節可在於2012年10月30日發佈且以引用方式併入本文中之Armstrong之美國專利8,298,335中找到。在此實施例中，可使用透鏡、偏光光束分裂器或其他構件來將一未消耗輸出光306與輸出光305分離。

圖4A展示形成處於接近234奈米之一波長(諸如實質上234.2奈米之一波長)之光411之234奈米產生器400之一例示性實施例之一說明性方塊圖。234奈米產生器400可執行圖1A之頻率轉換級106之功能。

234奈米產生器400藉由組合基本波頻率之一部分401與二次諧波403來使用一三次諧波產生器402形成一三次諧波407。若基本波接近於1064奈米，則三次諧波將具有接近於355奈米之一波長。若基本波接近於1053奈米，則三次諧波將具有接近於351奈米之一波長。若基本波接近於1047奈米，則三次諧波將具有接近於349奈米之一波長。三次諧波產生器402包含諸如CLBO、BBO或LB4之一非線性晶體。基本波401及二次諧波403可自圖1中所示之二次諧波產生器104之輸出獲取。

基本波頻率之另一部分405由一光學參數放大器或光學參數振盪器406使用以產生處於大致689奈米之一波長之光409。處於大致689奈米之一波長之光409在混頻器408中與三次諧波407混合以產生處於接近234奈米之一波長之輸出光411。未消耗三次諧波與689奈米光可自混頻器408之輸出分離且作為412被摒棄。基本波之部分405可自二次諧波產生器104之輸出、自三次諧波產生器402之輸出、自1109奈米產生器108之輸出、直接自基本波雷射102或任何其他轉換位置獲取。

處於大致689奈米之光409之精確波長應經挑選以便產生411處之所要輸出波長。舉例而言，在較佳實施例中，輸出波長411實質上234.2奈米。在此等實施例中，若(舉例而言)基本波接近於1064.4奈米，則光409應具有實質上689.0奈米之一波長。若基本波接近於1053.0奈米，則光409應具有接近於703.8奈米之一波長。若基本波接近於1047.0奈米，則光409應具有接近於712.0奈米之一波長。

在某些實施例中，在所要頻寬及穩定性之情況下處於大致689奈米之所要波長(諸如接近689.0奈米、703.8奈米或712.0奈米之一波長)之一種子雷射二極體404用於對光學參數放大器或光學參數振盪器406進行播種。在其他實施例中，諸如一體積布拉格光柵或一繞射光柵之波長選擇元件用於判定光學參數放大器或光學參數振盪器406之中心

波長及頻寬。

圖4B展示形成處於接近234奈米之一波長(諸如實質上234.2奈米之一波長)之光431之234奈米產生器420之一替代實例性實施例之一說明性方塊圖。234奈米產生器420可執行圖1A之頻率轉換級106之功能。

234奈米產生器420自倍頻器422中之二次諧波421形成一四次諧波425。若基本波長接近於1064奈米，則四次諧波將具有接近於266奈米之一波長。若基本波接近於1053奈米，則四次諧波將具有接近於263.3奈米之一波長。若基本波接近於1047奈米，則四次諧波將具有接近於261.8奈米之波長。倍頻器422包含諸如CLBO、BBO或LB4之一非線性晶體。二次諧波421可自圖1A中所示之二次諧波產生器104之輸出獲取。

基本波頻率之一部分423由一光學參數放大器或光學參數振盪器426用於產生處於大致1954奈米之一波長之光429。處於大致1954奈米之一波長之光429與四次諧波425在混頻器428中混合以產生處於接近234奈米之一波長之輸出光431。任何未消耗四次諧波及大致1954奈米光可自混頻器428之輸出分離且作為432被摒棄。基本波之部分423可自二次諧波產生器104之輸出、自1109奈米產生器108之輸出、直接自基本波雷射102或任何其他習用位置獲取。

處於大致1954奈米之光429之精確波長應經挑選以便產生431處之所要輸出波長。舉例而言，在較佳實施例中，輸出波長411實質上係234.2奈米。在此等實施例中，若(舉例而言)基本波接近於1064.4奈米，則光429應具有實質上1954奈米之一波長。若基本波接近於1053.0奈米，則光409應具有接近於2122奈米之一波長。若基本波接近於1047.0奈米，則光409應具有接近於2225奈米之一波長。

在某些實施例中，在所有頻寬及穩定性之情況下處於大致1954

奈米之所要波長(諸如接近1954奈米、2122奈米或2225奈米之一波長)之一種子雷射二極體424用於對光學參數放大器或光學參數振盪器426進行播種。在其他實施例中，諸如一體積布拉格光柵或一繞射光柵之波長選擇元件用於判定光學參數放大器或光學參數振盪器426之中心波長及頻寬。

圖5A展示形成處於接近1171奈米之一波長之光509之1171奈米產生器500之一例示性實施例之一說明性方塊圖。1171奈米產生器500可執行圖1B之1171奈米產生器124或圖1C之1171奈米產生器144之功能。1171奈米產生器500藉由在所要中心波長(接近1171奈米)及頻寬之情況下放大種子雷射光503來產生輸出光509。放大係由一拉曼放大器506執行，拉曼放大器可包括一熔融矽石光纖或可包括一經鍍摻雜熔融矽石光纖。一穩定種子雷射502(諸如一穩頻雷射二極體或低功率光纖雷射)產生種子雷射光503。在一項實施例中，種子雷射502可產生介於約1mW與250mW之間的一功率。種子雷射502可係一CW雷射，或可係與基本波雷射同步化之一脈衝式雷射。種子雷射光503藉由一波長組合器504與泵激雷射光501組合。泵激雷射光501可包括處於接近1109奈米之一波長之光或可包括基本波波長且可(舉例而言)自圖1B中之1109奈米產生器128、圖1C之1109奈米產生器148之輸出或來自其之未消耗基本波或直接自基本波雷射122(圖1B)或142(圖1C)獲取。泵激雷射光501亦可自；來自如圖1B中所示之混頻器130之未消耗之1109奈米光129'獲取。如上文所闡述，熔融矽石之二階拉曼移位可與接近1064奈米或接近1053奈米之一泵激波長一起高效使用。波長分離器507將未消耗泵激雷射光511自輸出光509分離。未消耗泵激雷射光511可用作至另一級之一輸入或可丟棄。

圖5B展示形成處於接近1171奈米之一波長之光529之1171奈米產生器520之一替代例示性實施例之一說明性方塊圖。1171奈米產生器

520可執行圖1B之1171奈米產生器124或圖1C之1171奈米產生器144。1171奈米產生器520使用包含一拉曼放大器之一光纖光學參數振盪器來產生處於接近1171奈米之一波長之輸出光529。放大係由一拉曼放大器526執行，該拉曼放大器526以類似於剛剛針對圖5A所闡述之方式之方式在一熔融矽石或經鍍摻雜熔融矽石光纖中自泵激波長產生一一階或二階拉曼移位。接近1171奈米之輸出波長之一部分511藉由一輸出耦合器527回饋。在較佳實施例中，介於約1%與約50%之間的輸出波長可經回饋。一窄頻帶濾波器528 (諸如一光纖布拉格光柵)選擇回饋之波長及頻寬且因此判定輸出之波長及頻寬。經回饋之輸出光之部分511藉由波長組合器524與泵激雷射光521組合。泵激雷射光501係處於大致1109奈米之一波長或處於基本波長之光且可(舉例而言)自圖1B中之1109奈米產生器128、圖1C中之1109奈米產生器148之輸出或來自其之未經消耗基本波或直接來自基本波雷射122 (圖1B)或基本波雷射142 (圖1C)獲取。如上文所闡述，熔融矽石之二階拉曼移位可與接近1064奈米或接近1053奈米之一泵激波長一起高效使用。輸出係處於接近1171奈米之一波長與未消耗泵激波長之一混合物。若期望，則彼等波長可分離。1171奈米產生器520可完全由基於光纖之組件建造。若基本波雷射係一光纖雷射，則此可尤其有利。

圖6A展示自處於1171奈米之一波長之輸入光601形成處於接近於234奈米之一波長(諸如實質上234.2奈米之一波長)之輸出光607之五次諧波產生器600之一例示性較佳實施例之一說明性方塊圖。五次諧波產生器600藉由首先在一二次諧波產生器602中產生處於585.5奈米之一波長之二次諧波來產生五次諧波607。二次諧波產生器602包含一非線性晶體(較佳LBO)，該非線性晶體在約6 mrad之一低走離角之情況下以在約120°C之一溫度下約83°之一角經相位匹配用於產生二次諧波。二次諧波產生器602之輸出603包含未消耗1171奈米光及處於

585.5奈米之一波長之二次諧波。

二次諧波產生器602之輸出603經傳遞至三次諧波產生器604，該三次諧波產生器604藉由混合1171奈米波長與處於585.5奈米之二次諧波來形成三次諧波。三次諧波產生器604包含一非線性晶體(在一項較佳實施例中係CLBO)，該非線性晶體在約15 mrad之一走離角之情況下以在約120°C之一溫度下約77.5°之一角經相位匹配用於產生三次諧波。三次諧波產生器604之輸出605包含未消耗1171奈米及585.5奈米光及處於接近於390.3奈米之一波長之三次諧波。任何未消耗1171奈米光可與輸出分離或若其將不導致任何問題則可傳遞至下一級。

三次諧波產生器604之輸出605經傳遞至五次諧波產生器606，該五次諧波產生器606藉由混合585.5奈米波長二次諧波與390.3奈米波長三次諧波來形成五次諧波607。五次諧波產生器606包含一非線性晶體(較佳地，CLBO)，該非線性晶體在約5 mrad之一走離角之情況下以在約120°C之一溫度下約86.4°之一角經相位匹配用於產生之五次諧波。任何未消耗1171nm、585.5奈米或390.3奈米光可自輸出607分離或濾波。

圖6B展示自處於1171奈米之一波長之輸入光601產生處於接近234奈米之波長(諸如實質上234.2奈米之一波長)之輸出光627之五次諧波產生器620之一替代例示性實施例之一說明性方塊圖。五次諧波產生器620藉由首先在一二次諧波產生器622(其以實質上類似於圖6A之二次諧波產生器602之方式起作用)中產生處於585.5奈米之波長之二次諧波來產生五次諧波627。二次諧波產生器622之輸出處之未消耗1171奈米光629可自二次諧波623分離且使用(舉例而言)鏡及/或稜鏡(諸如標記為630之彼等者)經引導至五次諧波產生器626。在某些實施例中，可能使未消耗1171奈米光629通過四次諧波產生器624，此乃因其未經相位匹配且不實質上干擾頻率轉換。

處於585.5奈米之一波長之二次諧波623經傳遞至四次諧波產生器624。四次諧波產生器624包含諸如CLBO、BBO或KDP (磷酸二氫鉀)之一非線性晶體。四次諧波產生器624形成處於292.8奈米之一波長之四次諧波625。未經消耗二次諧波可自四次諧波產生器624之輸出分離。

四次諧波625經傳遞至五次諧波產生器626，五次諧波產生器626將四次諧波與處於1171奈米之光組合以形成處於接近234.2奈米之一波長之五次諧波輸出627。處於1171奈米或292.8奈米之未消耗光可自輸出分離或濾波。五次諧波產生器626包含諸如KDP、CLBO、BBO或LB4之一非線性晶體。

在某些實施例中，為產生處於基本波波長之充足功率，可使用兩個或兩個以上放大器。應注意，若使用兩個或兩個以上放大器，則一個種子雷射應較佳地用於對所有放大器進行播種以使得來自所有放大器之輸出係相同波長且彼此同步化。此藉由圖7中之方塊圖700加以圖解說明。在由於諸如熱雷射、自相位調變或交叉相位調變之效應所致不能容易使一單個放大器在所需要波寬之情況下以所有功率位準操作時或在其中在一單個放大器中消散之熱使得冷卻彼放大器較困難或昂貴之情形中，多個放大器係有利的。

種子雷射703在接近1064奈米、1053奈米或1047奈米之正確頻寬之情況下產生處於所要基本波波長之光。種子雷射(或振盪器)可係一二極體雷射、一經Nd摻雜釩酸鈣雷射、一Nd:YAG雷射、一Nd:YLF雷射或一光纖雷射。在一項實施例中，種子雷射704之輸出由光束分裂器711劃分且經引導至兩個或兩個以上放大器(諸如707及717)。每一放大器輸出處於基本波波長但處於高於種子雷射703之輸出之一功率之光(分別701及711)。鏡及/或稜鏡(諸如712)可視需要用於將基本波種子光704引導至不同放大器(諸如707及717)。每一放大器具有其特

有之幫浦(經展示為705及715)，該幫浦較佳地包括雷射二極體。

諧波產生器或混頻器中之任何者可使用Dribinski等人之標題為「Laser With High Quality, Stable Output Beam, And Long Life High Conversion Efficiency Non-Linear Crystal」之於2012年3月5日提出且以引用方式併入本文中之申請美國專利申請案13/412,564中所揭示之方法及系統中之某些或全部方法及系統。諧波產生器或混頻器中之任何者(特定而言產生UV波長之彼等者)可有利地使用經氫退火非線性晶體。此等晶體可如Chuang等人之標題為「Hydrogen Passivation of Nonlinear Optical Crystals」且於2012年6月1日提出申請之美國專利申請案13/488,635 (該美國專利申請案以引用方式併入本文中)中所闡述加以處理。

頻率轉換、諧波產生或混頻級中之任何者可處於一保護環境中，諸如‘335專利中所闡述之保護環境。此保護環境在使用或產生短於約300奈米之波長之保護級中尤其有用，此乃因此波長可容易導致光學表面之光污染。保護環境對包含諸如CLBO、LBO或BBO之一吸濕性材料之級亦極其有用。一單個保護環境可保護僅一個級，或可保護多個級。

如熟習此項技術者所習知，鏡或稜鏡可用於視需要引導光。在適當之情況下，可使用透鏡及曲面鏡來將光束腰聚焦至非線性晶體內部或接近於非線性晶體之一點。在需要時，稜鏡、光柵、光束分裂器或繞射光學元件可用於在每一諧波產生器模組之輸出處分離不同波長。稜鏡、光束分裂器、繞射光學元件或二向色鏡可用於視情況組合波長。可視情況使用光束分裂器或經塗佈鏡來將一個波長劃分成兩個光束。

應注意，此等技術及額外細節係例示性且根據本申請案構造之任何雷射可基於實施方案及/或系統約束而變化。上文闡述多個實施

例，圖解說明用於產生接近193奈米之光之此方法之數個變化形式及等效形式。在需要一亞200奈米波長時，諸如在自大致190奈米至大致200奈米之範圍中而非實質上193.4奈米之一波長，可在不背離本發明之範疇之情況下對由光學參數放大器或拉曼移位放大器產生之波長中之一或多者作出小改變。熟習相關技術者將瞭解，可在不背離本發明之範疇之情況下使用不同但實質上等效頻率轉換技術。任何實施例可使用呈一走離補償幾何形狀之多個晶體來改良任何臨界相位匹配級中之頻率轉換效率及光束輪廓。

圖8圖解說明可與上文所闡述雷射實施例中之任何者一起使用以增加一度量衡或檢視系統中之脈衝重複率之一例示性脈衝倍增器8120。增加基本波雷射之重複率同時維持脈衝寬度及維持恆定平均輸出功率將導致減少峰值功率且因此頻率轉換及混頻級之較低效率。脈衝倍增器8120藉由使基本波雷射重複率不改變且將每一輸出脈衝劃分成多個脈衝因此在不減小頻率轉換及混頻級之效率之情況下增加重複率來克服此問題。

脈衝倍增器8120經組態以自每一輸入脈衝產生脈衝列。處於大致193奈米之一波長之輸入脈衝自方向8121到達且照射於一光束分裂器8123，光束分裂器8123沿一輸出方向8122反射每一脈衝至部分，且將部分透射至一環形腔中朝向一鏡8126。輸入及輸出脈衝沿平行於箭頭8124之一方向實質上偏光。因此，輸出偏光實質上平行於輸入偏光。

環形腔包含一鏡8126、一稜鏡8128及光束分裂器8123。鏡8126將在環形腔內循環之光重新聚焦。較佳地，鏡8126之曲率半徑實質上等於環形腔之光學路徑長度之一半以使得圍繞環形腔之每一行程以一放大率1將光束腰重新聚焦。布魯斯特角截切較佳用於稜鏡8128之輸入及輸出表面，藉此最小化或大大地消除彼等面(稜鏡8128之輸入面

經標記為8129)處之反射損失，此乃因入射於稜鏡8128之表面上之光實質上相對於彼面p偏光。在光自稜鏡8128出射之後，該光經往回引導至光束分裂器8123，其中每一脈衝至部分沿輸出方向8122透射穿過光束分裂器8123，且部分經往回反射至環形腔中。

此脈衝倍增器及替代脈衝倍增器組態之細節闡述於Chuang等人之標題為「SEMICONDUCTOR INSPECTION AND METROLOGY SYSTEM USING LASER PULSE MULTIPLIER」之於2012年12月11日提出申請且主張標題為「Semiconductor Inspection And Metrology System Using Laser Pulse Multiplier」且於2012年12月5日提出申請之美國臨時申請案61/733,858之優先權之同在申請中之美國專利申請案13/711,593中，及同在申請中之美國專利申請案13/487,075 (代理人檔案號碼 KLA-034 P3674) 中 Chuang 等人之標題為「Semiconductor Inspection And Metrology System Using Laser Pulse Multiplier」之於2012年6月1日提出申請且主張Chuang等人於2011年6月13日提出申請之美國臨時申請案61/496,446之優先權。此等申請案以引用方式併入本文中。

如'593申請案中所闡述，環形腔之光學路徑長度可經設定成大致等於連續傳入脈衝之間的距離之一整數分率，其中兩個脈衝之間的距離等於光速乘以彼等脈衝之間的時間間隔。舉例而言，在某些實施例中，腔之光學路徑長度可經設定係傳入脈衝之間的距離的大致一半。針對此一環形腔，每第二脈衝將與一到達輸入脈衝大致重合，因此加倍重複率。'593申請案亦闡述可如何將光學腔長度設定成稍微長於或稍微短於傳入脈衝之間的距離的一半以便進一步減少輸出脈衝之峰值功率。

'593申請案闡述在較佳實施例中光束分裂器8123如何反射每一入射脈衝之能量之大致三分之一且透射每一入射脈衝之能量之大致三分

之二以便產生在一脈衝速率加倍器中產生實質上相等能量脈衝之一輸出流。此申請案進一步闡述如何調整光束分裂器8123之透射及反射比率以便在存在光束分裂器及腔損失之情況下達成實質上相等輸出脈衝能量。

圖9圖解說明根據本發明之實施例之適於併入至一檢視或度量衡系統中之結合一脈衝式雷射一起使用之一脈衝塑形或同調性減少裝置之態樣。一光源910包括一193奈米或亞200奈米雷射，如本文中所闡述。光源910產生包括一系列脈衝之一光束912。此實施例之一項態樣係利用該雷射之有限光譜範圍以便執行對一光束912之一實質上快速時間調變(該快速時間調變可依據大致十分之一微微秒時間間隔而改變(十分之一微微秒時間間隔等效於接近於193奈米之一波長之光譜寬度中之約1 pm))，且將時間調變轉變為空間調變。

一色散元件及一光電調變器之使用經提供用於散斑減少及/或脈衝塑形。舉例而言，照明子系統包含定位於同調光脈衝之路徑中之一色散元件。如圖9中所展示，該色散元件可定位於與同調光脈衝之剖面 x_1 成一角度 θ_1 而配置之一平面914處。如圖9中進一步展示，該等光脈衝以角度 θ_1' 且以剖面維度 x_1' 出射該色散元件。在一項實施例中，該色散元件係一稜鏡。在另一實施例中，該色散元件係一繞射光柵。該色散元件經組態以藉由混合該等光脈衝中之光分佈之空間及時間特性來減少該等光脈衝之同調性。特定而言，諸如一稜鏡或繞射光柵之一色散元件提供該等光脈衝之光分佈之空間與時間特性之間的某些混合。該色散元件可包含任一合適稜鏡或繞射光柵，該稜鏡或繞射光柵可取決於照明子系統及度量衡或檢視系統之光學特性而變化。

該照明子系統進一步包含定位於出射該色散元件之光脈衝之路徑中之一光電調變器。舉例而言，如圖9中所展示，該照明子系統可包含定位於出射該色散元件之光脈衝之路徑中一光電調變器916。該

光電調變器經組態以藉由在時間上調變該等光脈衝中之光分佈來減少該等光脈衝之同調性。特定而言，該光電調變器提供該光分佈之一任意時間調變。因此，該色散元件及該光電調變器對由光源所產生之光脈衝具有一組合效應。特定而言，該色散元件與該光電調變器之組合產生一任意時間調變且將該時間調變轉變為對一輸出光束918之一任意空間調變。

在一項實施例中，該光電調變器經組態以十分之一微微秒時間間隔來改變該等光脈衝中之光分佈之時間調變。在另一實施例中，該光電調變器經組態以在對光電調變器之調變之每一週期上提供約1000個不定期樣本藉此提供約 10^{-13} 秒之一去同調性時間。

適合結合一亞200奈米雷射供用於一檢視或度量衡系統中之脈衝塑形及同調性及散斑減少裝置之進一步細節可在皆屬Chuang等人之兩個美國公開專利申請案中找到：2011年11月17日公開之標題為「ILLUMINATION SUBSYSTEMS OF A METROLOGY SYSTEM, METROLOGY SYSTEMS, AND METHODS FOR ILLUMINATING A SPECIMEN FOR METROLOGY MEASUREMENTS」之2011/0279819以及於2011年9月22日公開之標題為「ILLUMINATING A SPECIMEN FOR METROLOGY OR INSPECTION」之2011/0228263。此等申請案兩者以引用方式併入本文中。

圖10至圖15圖解說明可包含上文所闡述193 nm或亞200奈米雷射之系統。此等系統可用於光罩、標線板或晶圓檢視應用中。

根據本發明之某些實施例，併入有一193奈米或亞200奈米雷射之一檢視系統可同時偵測一單個偵測器上之兩個資料通道。此一檢視系統可用於檢視諸如一標線板、一光罩或一晶圓之一基板，且可如於2009年5月15日發佈且以引用方式併入本文中之Brown等人之美國專利7,528,943中所闡述操作。

圖10展示在一個感測器1070上同時偵測兩個影像或信號通道之一標線板、光罩或晶圓檢視系統1000。一照明源1009可包含如本文中所述之一193奈米或亞200奈米雷射。照明源1009可進一步包括一脈衝倍增器及/或一同調性減少方案。兩個通道可在一經檢視物件1030係透明的(舉例而言，一標線板或光罩)時包括反射及透射強度，且可包括兩個不同照明模式，諸如入射角、偏光狀態、波長範圍或其某一組合。

如圖10中所示，照明中繼光學器件1015及1020將照明自照明源1009中繼至經檢視物件1030。經檢視物件1030可係欲檢視之一標線板、一光罩、一半導體晶圓或其他物件。影像中繼光學器件1055及1060將由經檢視物件1030反射及/或透射之光中繼至感測器1070。對應於針對兩個通道之所偵測信號或影像之資料經展示為資料1080且經傳輸至一電腦(未展示)以供處理。

可經組態以量測來自一標線板或光罩之透射及反射光之標線板及光罩檢視系統及方法之其他細節闡述於Kvamme等人之於2008年4月1日發佈之美國專利7,352,457中及Emery等人之於1996年10月8日發佈之美國專利5,563,702中，該等美國專利兩者皆以引用方式併入本文中。

圖11圖解說明包含多個物鏡及以接近193奈米之一波長(諸如介於約190奈米與200奈米之間的波長)操作之上文所闡述雷射中之一者之一例示性檢視系統1100。在系統1100中，來自一雷射源1101之照明發送至照明子系統之多個區段。照明子系統之一第一區段包含元件1102a至1106a。透鏡1102a聚焦來自雷射1101之光。來自透鏡1102a之光然後自鏡1103a反射。出於圖解說明之目的將鏡1103a放置於此位置處，且可將其定位於別處。來自鏡1103a之光然後由透鏡1104a收集，該透鏡形成照明光瞳平面1105a。可取決於檢視模式之需要將用以修

改光之一光圈、濾波器或其他裝置放置於光瞳平面1105a中。來自光瞳平面1105a之光然後通過透鏡1106a且形成照明場平面1107。

照明子系統之一第二區段包含元件1102b至1106b。透鏡1102b聚焦來自雷射1101之光。來自透鏡1102b之光然後自鏡1103b反射。來自鏡1103b之光然後由透鏡1104b收集，該透鏡形成照明光瞳平面1105b。可取決於檢視模式之需要將用以修改光之一光圈、濾波器或其他裝置放置於光瞳平面1105b中。來自光瞳平面305b之光然後通過透鏡1106b且形成照明場平面1107。照明場平面1107處之照明場光能量因此由組合照明區段構成。

場平面光然後在自一光束分裂器1110反射之前由透鏡1109收集。透鏡1106a及1109在物鏡光瞳平面1111處形成第一照明光瞳平面1105a之一影像。同樣，透鏡1106b及1109在物鏡光瞳平面1111處形成第二照明光瞳平面1105b之一影像。一物鏡1112 (或替代地1113)然後獲取光瞳光1111且在樣本1114處形成照明場1107之一影像。物鏡1112或物鏡1113可靠近樣本1114而定位。樣本1114可在一載台(未展示)上移動，該載台使該樣本定位於所要位置中。自樣本1114反射且散射之光由高NA折反射物鏡1112或物鏡1113收集。在點1111處形成一經反射光瞳之後，光能量在成像子系統中形成一內部場1116之前通過光束分裂器1110及透鏡1115。此內部成像場係樣本1114及對應地照明場1107之一影像。此場可空間分離成對應於照明場之多個場。此等場中之每一者可支援一單獨成像模式。舉例而言，一個呈現模式可係一明場成像模式，而另一者可係一暗場成像模式。

可使用鏡1117重新定向此等場中之一者。經重新定向之光然後在形成另一成像光瞳1119b之前通過透鏡1118b。此成像光瞳係光瞳1111及對應地照明光瞳1105b之一影像。可取決於檢視模式之需要將用以修改光之一光圈、濾波器或其他裝置放置於光瞳平面1119b中。來自

光瞳平面1119b之光然後通過透鏡1120b且在感測器1121b上形成一影像。以一類似方式，經過鏡或反射表面1117之光由透鏡1118a收集且形成成像光瞳1119a。來自成像光瞳1119a之光然後在偵測器1121a上形成一影像之前由透鏡1120a收集。成像於偵測器1121a上之光可用於不同於成像於感測器1121b上之光之一不同成像模式。

系統1100中所採用之照明子系統係由雷射源1101、集光光學器件1102至1104、靠近一光瞳平面1105而放置之光束塑形組件及中繼光學器件1106及1109組成。一內部場平面1105位於透鏡1106與1109之間。在一項較佳組態中，雷射源1101可包含上文所闡述之193奈米或亞200奈米雷射中之一者。

關於雷射源1101，雖然經圖解說明為具有兩個輸出之一單個均勻區塊，但實際上此表示能夠提供兩個照明通道之一雷射源，舉例而言，一第一光能量(諸如通過元件1102a至1106a之處於一第一頻率(舉例而言，接近於193奈米之波長)之雷射光能量)通道，及一第二光能量(諸如通過元件1102b至1106b之處於一第二頻率(舉例而言，接近於234奈米之一波長)之雷射光能量)通道。可採用不同照明及偵測模式，諸如在一個通道中之一明場模式及在其他通道中之一暗場模式。

雖然來自雷射源1101之光能量經展示為90度間隔發射，且元件1102a至1106a及1102b至1106b以90度角定向，但實際上光可以各種定向發射，未必呈二維，且組件可以不同於如所示之方式定向。圖11因此簡單地係所採用組件之一表示且所示之角或距離既非按比例調整亦非設計特定要求。

可在使用光圈塑形概念之當前系統中採用靠近光瞳平面1105而放置之元件。使用此設計，可實現均勻照明或接近均勻照明以及個別點照明、環形照明、四極照明或其他所要圖案。

可在一般成像子系統中採用針對該等物鏡之各種實施方案。可

使用一單個固定物鏡。該單個物鏡可支援所有所要之成像及檢視模式。若成像系統支援一相對大的場大小及相對高的數值孔徑，則可達成此一設計。可藉由使用放置於光瞳平面1105a、1105b、1119a及1119b處之內光圈而將數值孔徑減小至一所要值。

亦可使用多個物鏡。舉例而言，儘管展示兩個物鏡1112及1113，但任何數目係可能的。可針對雷射源1101所產生之每一波長來最佳化此一設計中之每一物鏡。此等物鏡可具有固定位置或移動至靠近樣本1114之位置中。為將多個物鏡移動接近於該樣本，可如標準顯微鏡上一樣常見地使用旋轉之鏡頭轉盤。用於將物鏡移動得靠近一樣本之其他設計係可行的，包含但不限於在一載台上橫向平移該等物鏡及使用一測角器沿一弧平移該等物鏡。另外，可根據本系統達成固定物鏡與一鏡頭轉盤上之多個物鏡之任一組合。

當前實施例之最大數值孔徑接近或超過0.97，但可在某些例項中更小。在此高NA折反射成像系統之情況下可能之寬範圍之照明及收集角度連同其大的場大小一起允許該系統同時支援多個檢視模式。如可在先前段落瞭解到，可結合照明裝置使用一單個光學系統或機器來實施多個成像模式。針對照明及收集所揭示之高NA准許使用相同光學系統實施成像模式，從而允許針對不同類型之缺陷或樣本之成像最佳化。

該成像子系統亦包含中間影像形成光學器件1115。影像形成光學器件1115之目的係形成樣本1114之一內部影像1116。在此內部影像1116處，可放置一鏡1117以對應於該等檢視模式中之一者來重新定向光。在此位置重新定向光係可能的，此乃因用於該等成像模式之光係空間分離的。可以數個不同形式來實施影像形成光學器件1118及1120，包含一變焦距縮放鏡、具有聚焦光學器件之多個遠焦鏡筒透鏡或多個影像形成變倍鏡筒。於2009年7月16日公開且以引用方式併入

本文中之美國公開申請案2009/0180176闡述系統1100之額外細節。

圖12圖解說明將法向入射雷射暗場照明添加至一折反射成像系統1200。暗場照明包含一亞200奈米雷射1201、用以控制正檢視之表面上之照明光束大小及輪廓之自適應光學器件1202、一機械殼體1204中之一光圈及窗1203及沿著法向入射之光軸將雷射重新定向至一樣本1208之表面之一稜鏡1205。稜鏡1205亦沿著光學路徑將來自樣本1208之表面特徵之鏡面反射及來自一物鏡1206之光學表面之反射引導至一影像平面1209。可以一折反射物鏡、一聚焦透鏡群組及一變焦鏡筒透鏡區段之一般形式提供用於物鏡1206之透鏡(參見於1999年12月7日發佈且以引用方式併入本文中之美國專利5,999,310)。在一較佳實施例中，雷射1201可包含上文所闡述193奈米或亞200奈米雷射。在某些實施例中，雷射1201可進一步包含上文所闡述脈衝倍增器及/或上文所闡述同調性減少器。於2007年1月4日公開且以引用方式併入本文中之美國公開專利申請案2007/0002465進一步詳細地闡述系統1200。

圖13A圖解說明用於檢視表面1311之區域之包含照明系統1301及收集系統1310之一表面檢測裝置1300。如圖13A中所示，一雷射系統1320引導一光束1302穿過一透鏡1303。在一較佳實施例中，雷射系統1320包含上文所闡述亞200奈米雷射、一經退火晶體及用以維持晶體之經退火狀態之一殼體。第一光束塑形光學器件可經組態以自該雷射接收一光束且將該光束聚焦至在該晶體中或靠近該晶體之一光束腰處之一橢圓剖面。

透鏡1303經定向以使得其主平面實質上平行於一樣本表面1311且因此照明線1305形成於透鏡1303之聚焦平面中之表面1311上。另外，光束1302及經聚焦光束1304以一非正交入射角引導至表面1311。特定而言，光束1302及經聚焦光束1304可以自一法向方向約1度與約85度之間的一角度引導至表面1311。以此方式，照明線1305實質上在經聚

焦光束1304之入射平面中。

收集系統1310包含用於收集自照明線1305散射之光之透鏡1312及用於將來自透鏡1312之光聚焦至包括一光敏偵測器陣列之一裝置(諸如電荷耦合裝置(CCD)或CMOS感測器1314)上之透鏡1313。在一項實施例中，感測器1314可包含一線性偵測器陣列。在此等情形中，CCD或CMOS感測器1314內之線性偵測器陣列可平行於照明線1315而定向。在一項實施例中，可包含多個收集系統，其中該等收集系統中之每一者包含類似組件，但定向不同。

舉例而言，圖13B圖解說明用於一表面檢視設備之一實例性收集系統1331、1332及1333陣列(其中為簡潔起見未展示其照明系統，例如類似於照明系統1301之彼照明系統)。收集系統中之第一光學器件1331可自樣本表面1311上之一線沿著一第一路徑收集一第一輻射光束。收集系統中之第二光學器件1332可自樣本表面1311上之相同線沿著一第二路徑收集一第二輻射光束。收集系統中之第三光學器件1333可自樣本表面1311上之相同線沿著一第三路徑收集一第三輻射光束。應注意，第一、第二及第三路徑與該樣本表面1311呈不同入射角。支撐樣本1311之一平台1335可用於導致多個光束與樣本1311之間的相對運動以使得該線跨越樣本表面1311掃描。於2009年4月28日發佈且以引用方式併入本文中之美國專利7,525,649進一步詳細地闡述表面檢視設備1300及其他多個收集系統。

圖14圖解說明可用於檢視一表面1401上之異常之一例示性表面檢視系統1400。在此實施例中，表面1401可由包括由上文所闡述之193奈米或亞200奈米雷射產生之一雷射光束之一雷射系統1430之一實質上靜止照明裝置部分照明。雷射系統1430之輸出可連續通過偏光光學器件1421、一光束擴張器與光圈1422以及光束形成光學器件1423以擴展並聚焦該光束。

經聚焦雷射光束1402然後被一光束摺疊組件1403及一光束偏轉器1404反射以朝向表面1401引導光束1405以用於照明該表面。在較佳實施例中，光束1405實質上法向或垂直於表面1401，但在其他實施例中光束1405可與表面1401成一傾斜角度。

在一項實施例中，光束1405實質上垂直或法向於表面1401且光束偏轉器1404朝向光束轉彎組件1403反射來自表面1401之光束之鏡面反射，從而用作一屏蔽以防止該鏡面反射到達偵測器。鏡面反射之方向係沿著線SR，該線係法向於樣本之表面1401。在其中光束1405法向於表面1401之一項實施例中，此線SR與照明光束1405之方向一致，其中此共同參考線或方向在本文中稱作檢視系統1400之軸線。在光束1405與表面1401成一傾斜角度之情形下，鏡面反射SR之方向將與光束1405之傳入方向不一致；在此例項中，指示該表面之方向係法向之線SR稱作檢視系統1400之收集部分之主軸線。

由小粒子散射之光係由鏡1406收集且朝向光圈1407及偵測器1408引導。由大粒子散射之光係由透鏡1409收集且朝向光圈1410及偵測器1411引導。應注意，某些大粒子將散射亦經收集且引導至偵測器1408之光，且類似地，某些小粒子將散射亦經收集且引導至偵測器1411之光，但此光相比於各別偵測器經設計以偵測之經散射光之強度具有相對低強度。在一項實施例中，偵測器1411可包含一光敏元件陣列，其中該光敏元件陣列中之每一光敏元件經組態以偵測該照明線之一經放大影像之一對應部分。在一項實施例中，檢視系統1400可經組態以用於偵測未經圖案化之晶圓上之缺陷。於2011年8月7日發佈且以引用方式併入本文中之美國專利6,271,916進一步詳細闡述檢視系統1400。

圖15圖解說明經組態以使用法向及傾斜照明光束兩者來實施異常偵測之另一例示性檢視系統1500。在此組態中，包含上文所闡述之

亞200奈米雷射之一雷射系統1530可提供一雷射光束1501。一透鏡1502透過一空間濾波器1503聚焦光束1501且透鏡1504校準該光束且將其傳送至一偏光光束分裂器1505。光束分裂器1505將一第一偏光分量傳遞至法向照明通道且將一第二偏光分量傳遞至傾斜照明通道，其中第一分量與第二分量正交。在法向照明通道1506中，第一偏光分量係由光學器件1507聚焦且被鏡1508朝向一樣本1509之一表面反射。由樣本1509散射之輻射由一拋物面鏡1510收集且聚焦至一光電倍增管或偵測器1511。

在傾斜照明通道1512中，第二偏光分量被光束分裂器1505反射至一鏡1513，該鏡將此光束反射穿過一半波板1514且由光學器件1515聚焦至樣本1509。源自傾斜通道1512中之傾斜照明光束且被樣本1509散射之輻射由拋物面鏡1510收集且聚焦至光電倍增管1511。光電倍增管1511具有一針孔入口。該針孔及經照明光點(自表面1509上之法向及傾斜照明通道)較佳地在拋物面鏡1510之焦點處。

拋物面鏡1510將來自樣本1509之散射輻射校準成一經校準光束1516。經校準光束1516然後由一物鏡1517聚焦且穿過一分析器1518至光電倍增管1511。應注意，亦可使用具有除拋物面形狀之外的形狀之曲面鏡表面。一儀器1520可提供該等光束與樣本1509之間的相對運動以使得該等光點跨越樣本1509之表面掃描。於2001年3月13日發佈且以引用方式併入本文中之美國專利6,201,601進一步詳細闡述檢視系統1500。

一深UV雷射之最臨界頻率轉換步驟係最終轉換級。在上文所闡述雷射中，此最終轉換級混合大致1109奈米之一波長與大致234奈米之波長。CLBO實現以在大致80°C至120°C之一溫度下大致85°之一相位匹配角將實質上非臨界相位匹配用於彼最終頻率轉換。接近非臨界相位匹配比臨界相位匹配更高效且更穩定，此乃因低走離角(大致7

mrad至9 mrad)允許使用一較長晶體。與臨界相位匹配相比，接近非臨界相位匹配亦較不受對準之小改變影響。應注意，較長晶體亦允許在晶體中使用較低峰值功率密度同時維持相同整體轉換效率，藉此減慢對晶體之損壞累積。明顯地，混合大致1109奈米及大致234奈米之波長比8次諧波產生高效。因此，上文所闡述193奈米及亞200奈米雷射可針對光罩、標線板或晶圓檢視提供顯著系統優點。

上文所闡述之本發明之結構及方法之各種實施例僅圖解說明本發明之原理且並非意欲將本發明之範疇限制於所闡述之特定實施例。舉例而言，除上文所列舉之彼等外之非線性晶體可用於頻率轉換級中之某些頻率轉換級。因此，本發明僅受以下申請專利範圍及其等效形式限制。

【符號說明】

100	雷射
101	基本波光
102	基本波雷射
103	光
104	二次諧波產生器
105	光
106	頻率轉換級/頻率產生器
107	光
108	1109奈米產生器
109	光
110	混頻器
120	雷射
121	基本波光
122	基本波雷射

123	光
124	1171奈米產生器
126	五次諧波產生器
127	光
128	1109奈米產生器
129	光
129'	1109奈米光/光
130	混頻級/混頻器
140	雷射
141	基本波光
142	基本波雷射
143	光
144	1171奈米產生器
145	基本波光
146	五次諧波產生器
148	1109奈米產生器
200	1109奈米產生器
201	基本波光
202	1109奈米種子雷射/種子雷射
204	拉曼放大器
205	光/1109奈米光
220	1109奈米產生器
221	基本波光
222	透鏡
223	光
224	曲面鏡

- 225 1109奈米光
- 226 曲面鏡
- 228 非線性晶體
- 230 平面鏡/鏡
- 232 輸出耦合器
- 236 頻率選擇器/二次諧波產生器
- 238 二次諧波產生器
- 240 1109奈米產生器
- 241 基本波光
- 242 2218奈米種子雷射
- 243 光學參數放大器
- 245 所要1109奈米光
- 246 二次諧波產生器
- 300 混頻器
- 301 234奈米光
- 302 1109奈米光
- 304 混頻器方塊
- 305 輸出光
- 306 未消耗輸出光
- 400 234奈米產生器
- 401 部分/基本波
- 402 三次諧波產生器
- 403 二次諧波
- 404 種子雷射二極體
- 405 部分
- 406 光學參數放大器/光學參數振盪器

- 407 三次諧波
- 408 混頻器
- 409 光
- 411 光/輸出光/輸出波長
- 412 未消耗三次諧波與689奈米光
- 420 234奈米產生器
- 421 二次諧波
- 422 倍頻器
- 423 部分
- 424 種子雷射二極體
- 425 四次諧波
- 426 光學參數放大器/光學參數振盪器
- 428 混頻器
- 429 光
- 431 光/輸出波長
- 432 未消耗四次諧波及大致1954奈米光
- 500 1171奈米產生器
- 501 泵激雷射光
- 502 穩定種子雷射/種子雷射
- 503 種子雷射光
- 504 波長組合器
- 506 拉曼放大器
- 507 波長分離器
- 509 光/輸出光
- 511 未消耗泵激雷射光/部分
- 520 1171奈米產生器

521	泵激雷射光
524	波長組合器
526	拉曼放大器
527	輸出耦合器
528	窄頻帶濾波器
529	光/輸出光
600	五次諧波產生器
601	輸入光
602	二次諧波產生器
603	輸出
604	三次諧波產生器
605	輸出
606	五次諧波產生器
607	輸出光/五次諧波/輸出
620	五次諧波產生器
622	二次諧波產生器
623	二次諧波
624	四次諧波產生器
625	四次諧波
626	五次諧波產生器
629	未消耗1171奈米光
630	鏡/稜鏡
700	方塊圖
701	光
703	種子雷射
704	種子雷射/基本波種子光

705	幫浦
707	放大器
711	光
712	鏡/稜鏡
715	幫浦
717	放大器
8120	脈衝倍增器
8121	方向
8122	輸出方向
8123	光束分裂器
8124	箭頭/方向
8126	鏡
8128	稜鏡
8129	輸入面
910	光源
912	光束
914	平面
916	光電調變器
918	輸出光束
1000	標線板、光罩或晶圓檢視系統
1009	照明源
1015	照明中繼光學器件
1020	照明中繼光學器件
1030	經檢視物件
1055	影像中繼光學器件
1060	影像中繼光學器件

- 1070 感測器
- 1080 資料
- 1100 檢視系統/系統
- 1101 雷射源/雷射
- 1102a 元件/透鏡
- 1102b 元件/透鏡
- 1103a 元件/鏡
- 1103b 元件/鏡
- 1104a 元件/透鏡
- 1104b 元件/透鏡
- 1105a 元件/照明光瞳平面/光瞳平面/第一照明光瞳平面
- 1105b 元件/照明光瞳平面/光瞳平面/第二照明光瞳平面
- 1106a 元件/透鏡
- 1106b 元件/透鏡
- 1107 照明場平面/照明場
- 1109 透鏡/中繼光學器件
- 1110 光束分裂器
- 1111 物鏡光瞳平面/光瞳/點
- 1112 物鏡
- 1113 物鏡
- 1114 樣本
- 1115 透鏡/光學器件
- 1116 內部場/內部影像
- 1117 鏡/反射表面
- 1118a 透鏡
- 1118b 透鏡

- 1119a 成像光瞳/光瞳平面
- 1119b 成像光瞳/光瞳平面
- 1120a 透鏡
- 1120b 透鏡
- 1121a 偵測器
- 1121b 感測器
- 1200 折反射成像系統/系統
- 1201 亞200奈米雷射/雷射
- 1202 自適應光學器件
- 1203 光圈及窗
- 1204 機械殼體
- 1205 稜鏡
- 1206 物鏡
- 1208 樣本
- 1209 影像平面
- 1300 表面檢測裝置
- 1301 照明系統
- 1302 光束
- 1303 透鏡
- 1304 經聚焦光束
- 1305 照明線
- 1310 收集系統
- 1311 表面/樣本表面/表面/樣本
- 1312 透鏡
- 1313 透鏡
- 1314 感測器/電荷耦合裝置/CMOS感測器

- 1320 雷射系統
- 1331 收集系統
- 1332 收集系統
- 1333 收集系統
- 1335 平台
- 1400 表面檢視系統/檢視系統
- 1401 表面
- 1402 經聚焦雷射光束
- 1403 光束摺疊組件/光束轉彎組件
- 1404 光束偏轉器
- 1405 光束/照明光束
- 1406 鏡
- 1407 光圈
- 1408 偵測器
- 1409 透鏡
- 1410 光圈
- 1411 偵測器
- 1421 偏光光學器件
- 1422 光束擴張器與光圈
- 1423 光束形成光學器件
- 1430 雷射系統
- 1500 檢視系統
- 1501 雷射光束/光束
- 1502 透鏡
- 1503 空間濾波器
- 1504 透鏡

1505	偏光光束分裂器/光束分裂器
1506	法向照明通道
1507	光學器件
1508	鏡
1509	樣本/表面
1510	拋物面鏡
1511	光電倍增管/偵測器/光電倍增管
1512	傾斜照明通道/傾斜通道
1513	鏡
1514	半波板
1515	光學器件
1516	經校準光束
1517	物鏡
1518	分析器
1520	儀器
1530	雷射系統
SR	線/鏡面反射
x_1	剖面
x_1'	剖面維度
θ_1	角度
θ_1'	角度

申請專利範圍

1. 一種用於檢視一光罩、標線板或半導體晶圓之一表面是否有缺陷之光學檢視系統，該系統包括：

一光源，其用於發射一入射光束，該光源包含用於組合處於大致1109奈米之一波長之光與處於大致234奈米之一波長之光以產生處於介於190奈米與200奈米之間的一波長之光之一混頻級；

一光學系統，其包含用於將該入射光束引導至該光罩、該標線板或該半導體晶圓之一表面之複數個光學組件；

光學器件，其用於收集自該光罩、該標線板或該半導體晶圓反射或透射之至少兩個光通道，且將彼光中繼至一感測器；及

一感測器，其同時偵測該至少兩個光通道，

其中該等光學器件進一步包括至少一個光電調變器以減少處於介於190奈米與200奈米之間的一波長之該光之一同調性。

2. 一種用於檢視一光罩、標線板或半導體晶圓之一表面是否有缺陷之光學檢視系統，該系統包括：

一光源，其用於發射一入射光束，該光源包含用於組合處於大致1109奈米之一波長之光與處於大致234奈米之一波長之光以產生處於介於190奈米與200奈米之間的一波長之光之一混頻級；

一光學系統，其包含用於將該入射光束引導至該光罩、該標線板或該半導體晶圓之一表面之複數個光學組件；

光學器件，其用於收集自該光罩、該標線板或該半導體晶圓反射或透射之至少兩個光通道，且將彼光中繼至一感測器；及

一感測器，其同時偵測該至少兩個光通道，

其中該至少兩個通道包含自該光罩、該標線板或該等半導體晶圓之該表面反射之光，及透射穿過該光罩、該標線板或該半導體晶圓之光。

3. 一種用於檢視一樣本之一表面之檢視系統，該檢視系統包括：

一照明子系統，其經組態以產生複數個光通道，所產生之每一光通道具有不同於至少另一個光能量通道之特性，該照明子系統包含用於組合處於大致1109奈米之一波長之光與大致234奈米之一波長之光以針對至少一個通道產生處於介於190奈米與200奈米之間之一波長之光之一混頻級；

光學器件，其經組態以接收該複數個光通道且將該複數個光能量通道組合成一空間分離經組合光束且引導該經空間分離組合光束朝向該樣本；及

一資料獲取子系統，其包括經組態以偵測來自該樣本之反射光之至少一個偵測器，

其中該資料獲取子系統經組態以將該反射光分離成對應於該複數個光通道之複數個接收通道。

4. 一種用於產生亞200奈米波長光之雷射，該雷射包括：

一基本波雷射，其經組態以產生一介於1030奈米及1065奈米之間之一基本波波長；

複數個諧波產生器，其等經組態以轉換該基本波波長為具有大致1109奈米之一波長之第一光及具有大致234奈米之一波長之第二光；及

一混頻級，其經組態以將處於大致1109奈米之該波長之該第一光與處於大致234奈米之該波長之該第二光組合以產生於介於190奈米及200奈米之間之一波長之該亞200奈米波長光。

5. 如請求項4之雷射，其中該複數個諧波產生器及該混頻級經組態

使得該亞200奈米波長光具有實質上193.4奈米之一波長。

6. 如請求項4之雷射，其中該複數個諧波產生器包括一第一產生器，其經組態以藉由拉曼移位該基本波波長產生處於大致1109奈米之該波長之該第一光。
7. 如請求項6之雷射，其中該第一產生器包括一拉曼放大器，該拉曼放大器包含一未經摻雜矽石光纖及一經鍺摻雜矽石光纖之一者。
8. 如請求項4之雷射，其中該複數個諧波產生器包括一第二產生器，其包含：
 - 一光學參數振盪器及一光學參數放大器之一者，其由該基本波波長泵激並經組態以產生具有大致上2218奈米之一波長之雙倍波長光；及
 - 一二次諧波產生器，其經組態以接收該雙倍波長光並產生具有大致1109奈米之該波長之該第一光。
9. 如請求項4之雷射，其中該混頻級包含一CLBO（硼酸鋰銻）晶體。
10. 如請求項4之雷射，其中該混頻級包含已在一氫環境中退火之一非線性光學晶體。
11. 如請求項4之雷射，其中該複數個諧波產生器包括一第三產生器，其包含：
 - 一三次諧波產生器，其經組態以產生該基本波波長之一三次諧波；及
 - 一第一混頻器，其經組態以藉由將該基本波波長之該三次諧波與處於大致上689奈米之一波長之光混合而產生處於大致234奈米之該波長之該第二光。
12. 如請求項4之雷射，其中該複數個諧波產生器包括一第四產生

器，其包含：

一四次諧波產生器，其經組態以產生該基本波波長之一四次諧波；及

一第二混頻器，其經組態以藉由將該基本波波長之該四次諧波與處於大致上1954奈米之一波長之光混合而產生處於大致234奈米之該波長之該第二光。

13. 如請求項4之雷射，其中該複數個諧波產生器包括：

一第五產生器，其經組態以產生處於大致1171奈米之一波長之第三光；及

一第五諧波產生器，其經組態以自處於大致上1171奈米之該波長之該第三光產生處於大致234奈米之該波長之該第二光。

14. 如請求項13之雷射，其中該第五產生器包括一光纖光學參數振盪器，其經組態以接收具有藉由該第一光及該基本波頻率判定之一泵激波長之一泵激雷射光，該第五產生器包含一拉曼放大器，其經組態以自該泵激波長產生一一次拉曼移位及一二次拉曼移位。

15. 如請求項14之雷射，其中該第五諧波產生器包括：

一二次諧波產生器，其經組態以接收處於大致1171奈米之該波長之該第三光並產生一二次諧波；

一三次諧波產生器，其經組態以接收該二次諧波並產生一三次諧波；及

一四次諧波產生器，其經組態以接收該三次諧波並產生處於大致234奈米之該波長之該第二光。

16. 如請求項4之雷射，其中該複數個諧波產生器經組態使得處於大致234奈米之該波長之該第二光係於實質上234.2奈米之一波長。

17. 如請求項4之雷射，其中該基本波雷射包括一經鍍摻雜光纖雷

射、一經釹摻雜鈮鋁石榴石雷射、一經釹摻雜釩酸鈮雷射及一經釹摻雜氟化鈮鋰雷射中之一者。

18. 一種產生亞200奈米波長雷射光之方法，該方法包括：

產生介於約1030奈米與1065奈米之間的一基本波波長；

使用該基本波波長以產生處於大致1109奈米之一波長之一第一光；

使用該基本波波長以產生處於大致234奈米之一波長之一第二光；

組合具有大致1109奈米之該波長之該第一光與具有大致234奈米之該波長之該第二光以產生具有介於190奈米與200奈米之間的一波長之該亞200奈米波長雷射光。

19. 如請求項18之方法，其中產生處於大致1109奈米之該波長之該第一光包括藉由拉曼移位該基本波波長。

20. 如請求項19之方法，其中該方法進一步包括使用一光纖放大器、一經摻雜光纖放大器、一經鍍摻雜矽石光纖拉曼放大器及一未經摻雜矽石光纖拉曼放大器中之一者來放大具有大致1109奈米之該波長之該第一光。

21. 如請求項18之方法，其中產生具有大致1109奈米之該波長之該第一光包括倍頻由該基本波波長泵激之一光學參數振盪器或光學參數放大器之輸出而產生。

22. 如請求項18之方法，其中組合具有大致1109奈米之該波長之該第一光與具有大致234奈米之該波長之該第二光包括於一CLBO (硼酸鋰銻)晶體中混合該第一光及該第二光。

23. 如請求項18之方法，其中組合具有大致1109奈米之該波長之該第一光與具有大致234奈米之該波長之該第二光包括於已在一氫環境中退火之一非線性光學晶體中混合該第一光及該第二光。

24. 如請求項18之方法，其中產生具有大致234奈米之該波長之該第二光包括混合該基本波波長之一三次諧波與處於大致689奈米之一波長之光。
25. 如請求項18之方法，其中產生具有大致234奈米之該波長之該第二光包括混合該基本波之一四次諧波與處於大致1954奈米之一波長之光。
26. 如請求項18之方法，其中產生具有大致234奈米之該波長之該第二光包括形成具有大致1171奈米之一波長之光之一五次諧波。
27. 如請求項16之方法，其中產生該基本波波長包括使用一經鎳摻雜光纖雷射、一經釹摻雜鈮鋁石榴石雷射、一經釹摻雜釩酸鈮雷射及一經釹摻雜氟化鈮鋰雷射中之一者。
28. 一種脈衝倍增器，其包括：
 - 一雷射系統，其用於產生由亞200奈米波長光所組成之一系列輸入雷射脈衝，該雷射系統包含：
 - 一基本波雷射，其經組態以產生介於約1030奈米與1065奈米之間之一基本波波長；
 - 複數個諧波產生器，其等經組態以轉換該基本波波長為具有大致1109奈米之一波長之第一光及具有大致234奈米之一波長之第二光；及
 - 一混頻級，其經組態以將處於大致1109奈米之該波長之該第一光與處於大致234奈米之該波長之該第二光組合以產生於介於190奈米及200奈米之間之一波長之該亞200奈米波長光；
 - 一光束分裂器，其經組態以自該雷射系統接收該系列輸入雷射脈衝；及
 - 一環形腔，其包含可操作地光學耦合至該光束分裂器之一或多個光學元件，

其中該光束分裂器經組態以引導每一輸入雷射脈衝之能量之一第一分率作為該脈衝倍增器之一輸出，且將每一輸入雷射脈衝之該能量之一第二分率引導至該環形腔中。