



(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 I665840 B

(45) 公告日：中華民國 108 (2019) 年 07 月 11 日

(21) 申請案號：104131924 (22) 申請日：中華民國 104 (2015) 年 09 月 25 日

(51) Int. Cl. : **H01S3/108 (2006.01)** **G01N21/84 (2006.01)**
G01N21/95 (2006.01)

(30) 優先權：2014/09/25 美國 62/055,605
2015/03/20 美國 62/136,403
2015/09/18 美國 14/859,122

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

(72) 發明人：鄧 宇俊 DENG, YUJUN (US)；阿姆斯特壯 J 喬瑟夫 ARMSTRONG, J. JOSEPH (US)；莊 勇和 艾力克斯 CHUANG, YUNG-HO ALEX (US)；杜立賓斯基 維拉得摩 DRIBINSKI, VLADIMIR (US)；費爾登 約翰 FIELDEN, JOHN (US)

(74) 代理人：陳長文

(56) 參考文獻：

JP	2009-513995A	US	5864394A
US	2008/0267241A1	US	2011/0267671A1
US	2013/0313440A1		

審查人員：林士淵

申請專利範圍項數：27 項 圖式數：11 共 54 頁

(54) 名稱

使用單體頻寬窄化裝置之雷射總成及檢測系統

LASER ASSEMBLY AND INSPECTION SYSTEM USING MONOLITHIC BANDWIDTH NARROWING APPARATUS

(57) 摘要

一種脈衝 UV 雷射總成包含一部分反射器或分光器，該部分反射器或分光器將各基諧波脈衝分割成兩個子脈衝且將一個子脈衝引導至一布拉格光柵之一端且將另一脈衝引導至該布拉格光柵之另一端(或另一布拉格光柵)，使得兩個子脈衝均被拉伸且接收相反(正及負)頻率啁啾。該兩個經拉伸子脈衝經組合以產生和頻光，其具有比可由直接自該基諧波之二次諧波產生而獲得之頻寬窄之一頻寬。可直接自該和頻光或自併入該和頻光之一諧波轉換方案產生 UV 波長。該 UV 雷射可進一步併入其他頻寬減小方案。該脈衝 UV 雷射可用於一檢測或精密測定系統中。

A pulsed UV laser assembly includes a partial reflector or beam splitter that divides each fundamental pulse into two sub-pulses and directs one sub-pulse to one end of a Bragg grating and the other pulse to the other end of the Bragg grating (or another Bragg grating) such that both sub-pulses are stretched and receive opposing (positive and negative) frequency chirps. The two stretched sub-pulses are combined to generate sum frequency light having a narrower bandwidth than could be obtained by second-harmonic generation directly from the fundamental. UV wavelengths may be generated directly from the sum frequency light or from a harmonic conversion scheme incorporating the sum frequency light. The UV laser may further

incorporate other bandwidth reducing schemes. The pulsed UV laser may be used in an inspection or metrology system.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 100 . . . 檢測系統
- 102 . . . 照明源
- 103 . . . 光學系統 (光學器件)
- 104 . . . 偵測器總成
- 105 . . . 物鏡
- 106 . . . 偵測器
- 108 . . . 樣本
- 112 . . . 載物台
- 114 . . . 運算系統
- 116 . . . 載體媒體
- 118 . . . 程式指令

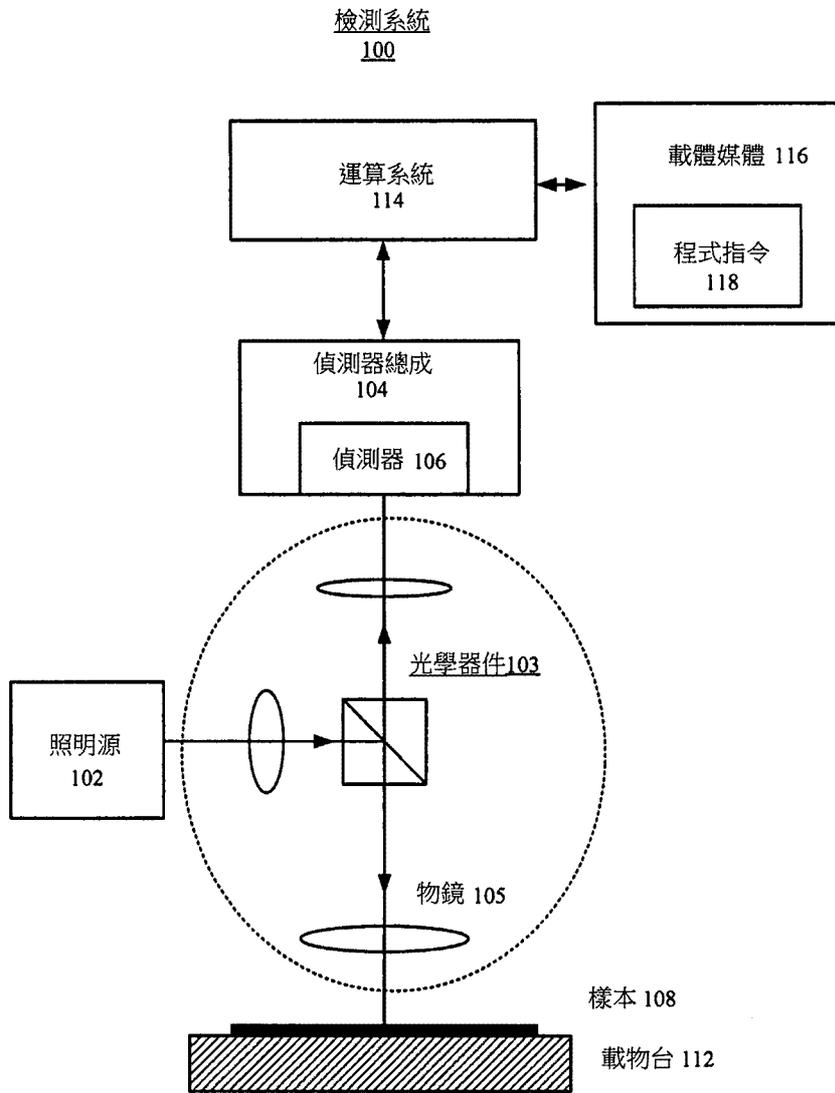


圖 1

I665840

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

【發明名稱】

使用單體頻寬窄化裝置之雷射總成及檢測系統

LASER ASSEMBLY AND INSPECTION SYSTEM USING

MONOLITHIC BANDWIDTH NARROWING APPARATUS

【中文】

一種脈衝UV雷射總成包含一部分反射器或分光器，該部分反射器或分光器將各基諧波脈衝分割成兩個子脈衝且將一個子脈衝引導至一布拉格光柵之一端且將另一脈衝引導至該布拉格光柵之另一端(或另一布拉格光柵)，使得兩個子脈衝均被拉伸且接收相反(正及負)頻率啣啾。該兩個經拉伸子脈衝經組合以產生和頻光，其具有比可由直接自該基諧波之二次諧波產生而獲得之頻寬窄之一頻寬。可直接自該和頻光或自併入該和頻光之一諧波轉換方案產生UV波長。該UV雷射可進一步併入其他頻寬減小方案。該脈衝UV雷射可用於一檢測或精密測定系統中。

【英文】

A pulsed UV laser assembly includes a partial reflector or beam splitter that divides each fundamental pulse into two sub-pulses and directs one sub-pulse to one end of a Bragg grating and the other pulse to the other end of the Bragg grating (or another Bragg grating) such that both sub-pulses are stretched and receive opposing (positive and negative) frequency chirps. The two stretched sub-pulses are combined to generate sum frequency light having a narrower bandwidth than could be obtained by second-harmonic generation directly from the fundamental. UV wavelengths may be generated directly from the sum frequency light or from a harmonic conversion scheme incorporating the sum frequency light. The UV laser may further incorporate other bandwidth reducing schemes. The pulsed UV laser may be used in an inspection or metrology system.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 100 檢測系統
- 102 照明源
- 103 光學系統(光學器件)
- 104 偵測器總成
- 105 物鏡
- 106 偵測器
- 108 樣本
- 112 載物台
- 114 運算系統
- 116 載體媒體
- 118 程式指令

【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】

使用單體頻寬窄化裝置之雷射總成及檢測系統

LASER ASSEMBLY AND INSPECTION SYSTEM USING
MONOLITHIC BANDWIDTH NARROWING APPARATUS

[優先權申請案]

本申請案主張2014年9月25日由Deng等人申請之題為「Method for Reducing the Bandwidth of an Ultra-violet Laser and an Inspection System and Method Using an Ultra-violet Laser」之美國臨時專利申請案62/055,605之優先權，且亦主張2015年3月20日由Deng等人申請之題為「Method for Reducing the Bandwidth of an Ultra-violet Laser and an Inspection System and Method Using an Ultra-violet Laser」之美國臨時專利申請案62/136,403之優先權。

[相關申請案]

本申請案係關於2014年1月17日由Chuang等人申請之題為「193 nm Laser and Inspection System」之美國專利申請案14/158,615、2013年3月12日由Chuang等人申請之題為「Solid-State Laser and Inspection System Using 193 nm Laser」之美國專利申請案13/797,939、2014年1月31日由Chuang等人申請之題為「193 nm Laser and Inspection System」之美國專利申請案14/170,384、2012年12月11日由Chuang等人申請之題為「Semiconductor Inspection and Metrology System Using Laser Pulse Multiplier」之美國專利申請案13/711,593、2012年6月1日由Chuang等人申請之題為「Semiconductor Inspection and Metrology System Using Laser Pulse Multiplier」之美國專利申請案13/487,075、

及2014年6月14日由Deng等人申請之題為「A System and Method for Reducing the Bandwidth of a Laser and an Inspection System and Method Using a Laser」之美國專利申請案14/300,227。全部此等申請案以引用的方式併入本文中。

【技術領域】

本申請案係關於適用於產生處於深UV (DUV)及真空UV (VUV)波長之輻射的雷射，且係關於用於產生處於DUV及VUV波長之雷射光的方法。特定言之，其係關於用於減小及控制DUV及VUV雷射之光譜頻寬之系統及方法。該等雷射特別適用於在包含用於檢測光罩、主光罩、及半導體晶圓之檢測系統的檢測系統中使用。

【先前技術】

積體電路產業要求檢測工具的敏感度愈來愈高以偵測不斷減小之缺陷及顆粒(其等大小可係約100 nm或更小)。此外，此等檢測工具必須高速操作以在一短時間週期(例如，一小時或更少)內檢測光罩、主光罩或晶圓之一大分率或甚至100%的面積。

通常，相較於更長的波長，短波長(諸如，DUV波長及VUV波長)對偵測小缺陷具有更高敏感度。較佳地使用與當自光罩或主光罩印刷時使用之微影所使用之波長相同之波長來完成對一光罩或主光罩之檢測。當前，實質上193.4 nm之一波長用於最臨界微影步驟且實質上248 nm之一波長用於較小臨界微影步驟。在本文中不量化地提及一波長值之情況下，應假設值係指光或輻射之真空波長。

高速檢測要求高功率雷射以以高強度照明被檢測之樣本來偵測自小顆粒或缺陷散射之少量光或允許偵測反射率歸因於圖案中之缺陷的小改變。所要求雷射功率位準可在自用於檢測光罩及主光罩之大約100 mW至用於偵測一裸矽晶圓上之小顆粒及瑕疵之10 W之範圍內。

通常，在半導體產業中之檢測要求具有非常窄頻寬之雷射。此

類檢測系統通常使用具有大視野(通常在尺寸上自幾百微米至幾毫米)之物鏡以允許對一大區域之成像來達成高檢測速度。具有低失真及一大視野之一物鏡係昂貴的且係複雜的。要求物鏡在一大頻寬(諸如，大於幾十 μm)上操作顯著地增加成本及複雜性。具有大約20 μm 或更少之頻寬的DUV雷射非常期望用於半導體產業中之檢測應用。

在本技術中已知 DUV 雷射。1992年9月1日頒予 Lin 之題為「Multiwave Solid State Laser Using Frequency Conversion Techniques」之美國專利案5,144,630及1998年4月21日頒予 Mead 等人之題為「Ultraviolet Solid State Laser Method Of Using Same And Laser Surgery Apparatus」之美國專利案5,742,626描述例示性 DUV 雷射。自在近似1064 nm之一波長處操作的一脈衝基諧波紅外雷射產生四次諧波及五次諧波，藉此導致大約266 nm及213 nm之波長。Lin及 Mead亦教示使用一光學參數振盪器(OPO)而自該基諧波雷射產生長於1064 nm之一紅外波長。

一雷射振盪器之輸出頻寬由其腔內動態判定。在先前技術之脈衝雷射中，為進一步減小雷射頻寬，各種頻寬限制器件(諸如，一標準量具、一雙折射濾光器或一光學光柵)已併入至一雷射腔中。因為全部此等方法具侵略性，所以其等不可避免地將不利影響引入至雷射。此等不利影響包含額外功率損失及更大複雜性，其等通常導致更低雷射效率、不良熱穩定性、更緊密未對準敏感度、及更長雷射系統預熱時間。此外，因為腔內光束大小通常係小的且由雷射腔設計預定，且腔內雷射功率密度一般遠高於雷射輸出功率，所以此等腔內總成更易受損壞影響。

在先前技術之脈衝 DUV 雷射中，DUV 輸出之頻寬直接取決於基諧波紅外雷射之頻寬。即，基諧波雷射之頻寬越寬，DUV 輸出頻寬越寬。減小一雷射之頻寬要求重新設計雷射振盪器腔。由於該腔可控制

雷射之許多性質(包含頻寬、重複率，以及平均功率及峰值功率)，所以重新設計該腔以減小頻寬同時維持其他雷射參數可係一項複雜且耗時任務。此外，使用一易取得紅外基諧波雷射不可達成一特定DUV雷射頻寬規格。

在本技術(參見Raoult等人，Opt.Lett.23，1117-1119 (1998))中已知藉由藉由組合兩個具有相反啁啾之飛秒脈衝的頻率加倍而減小頻寬。一飛秒脈衝首先使用一光柵對拉伸器而經啁啾且經拉伸至約1 ns且接著，在放大之後，分裂成兩個脈衝。該兩個脈衝藉由使用兩個光柵對分散器而被不完全地壓縮成具有相反啁啾之幾十皮秒脈衝。此兩個脈衝之和頻產生導致一更窄頻寬。然而，此方法依賴基於光柵之拉伸器及壓縮器，其等係龐大的且缺乏要求商業工業應用所需之機械穩定性。此外，飛秒脈衝通常不適用於在半導體檢測應用中使用，因為寬頻寬(數nm)使系統光學器件的設計非常複雜化，且高峰值功率可容易地損壞受檢測物件。

因此，產生對克服一些或全部上文缺點之DUV雷射之需要。特定言之，產生對減小或控制一DUV雷射(包含具有在幾皮秒與幾百皮秒之間的脈衝長度之DUV雷射)之頻寬之一構件的需要。

【發明內容】

本發明大體上係關於頻寬窄化裝置及藉由以下方式促進減小及/或控制輸出雷射光之頻寬的方法：將基諧波雷射光脈衝分割成兩個子脈衝、使用一或多個單體光學器件(例如，一或多個啁啾體積布拉格光柵或啁啾光纖布拉格光柵)而拉伸及添加相反啁啾至該兩個子脈衝、且接著重新組合(混合)該等經拉伸/啁啾子脈衝以產生由具有等於該基諧波頻率兩倍之頻率的脈衝(即，其中該等脈衝具有等於該等基諧波雷射光脈衝之基諧波長的一半之波長)組成之和頻(輸出)光。根據本發明之一態樣，使用一和頻模組而執行該兩個子脈衝之混合，該和

頻模組經組態使得在該和頻混合程序期間取消該兩個經拉伸/啁啾子脈衝之該等相反(正及負)啁啾，藉此產生具有遠窄於由直接二次諧波產生而產生之頻寬的一頻寬之和頻輸出光。依此方式產生和頻輸出光之一優點係相較於使用一濾光器或標準量具來僅僅拒絕非所要波長之方法，此方法浪費極少基諧波雷射功率。

根據本發明之例示性實施例，一種雷射總成包含一基諧波雷射及一頻寬窄化裝置，該頻寬窄化裝置大體上由一脈衝分割元件、一單一單體器件(例如，一單體啁啾體積布拉格光柵(單體CBG))、一混頻模組、及額外光學元件(例如，鏡面、偏振分光器、四分之一波片(QWP)及折疊鏡面)(其等經可操作地配置以在該脈衝分割元件與該單體器件之間及在該單體器件與該混頻模組之間提供子脈衝光路徑)組成。該基諧波雷射(例如，一Nd:YAG或一摻釹釩酸雷射，其在一實施例中包含一二次諧波轉換模組)產生由具有安置於一基諧波頻率頻寬內之一頻率的脈衝組成的基諧波光。該頻寬窄化裝置安置於該基諧波雷射的下游(即，該雷射腔外側)以避免腔內頻寬控制器件之不利影響，且亦在不必要重新設計該雷射振盪器腔之情況下促進維持其他雷射參數(即，除頻寬外)。明確言之，該脈衝分割元件(例如，一部分反射器或分光器)經安置以接收該基諧波雷射光，且經組態以將各基諧波雷射光脈衝分割成一對具有大約相等能量之對應(第一及第二)子脈衝。在一目前較佳實施例中，該兩個子脈衝沿單獨光路徑分別被引導至該單體器件之相對表面上，藉此產生兩個相反啁啾經拉伸子脈衝，其等為彼此之鏡像(即，使得該兩個經拉伸子脈衝具有隨時間之頻率改變，該等改變在大小上大約相等但正負號相反)。一單一單體器件依此方式之使用提供優異光學及機械穩定性，且相較於基於光柵的拉伸器及壓縮器方法僅佔據一小部分空間，且保證該兩個經拉伸子脈衝使用實質上鏡像脈衝頻率圖案而啁啾。此外，一適當設計CBG具有遠

高於基於光柵的拉伸器及壓縮器之色散，且可用於拉伸窄頻寬皮秒脈衝，其歸因於缺乏自光柵之角色散而對處理光柵而言仍機具挑戰。接著，該兩個經拉伸、相反啁啾子脈衝沿單獨光路徑被引導至該混頻模組。該脈衝分割元件與該混頻模組之間的該兩個子脈衝光路徑較佳地配置成匹配至該脈衝長度之約10%內，且形成該等光路徑之該等光學元件(例如，鏡面)可容易地經重新定位以改變在該兩個經拉伸子脈衝達到該混頻模組之間的相對時間延遲，藉此促進該等和頻輸出脈衝之中心波長的微調，其對一些要求一精確特定波長(諸如，用於光罩檢測之193 nm光)之應用而言係有利的。該和頻模組(例如，經組態用於I型或II型混頻之一BBO晶體、一LBO晶體或一CLBO晶體、或一週期性極化的非線性晶體(諸如，鋰酸鋰或化學計量鋰酸鋰(SLT)))經組態以將該等對應正啁啾及負啁啾經拉伸子脈衝混合，使得該等所得和頻脈衝具有等於該基諧波頻率兩倍之中心頻率(例如，使得該等和頻脈衝具有等於大約532 nm及大約266 nm之一者的中心波長)。

根據替代特定實施例，各種雷射總成之該等頻寬窄化裝置利用不同光學元件配置以達成不同優點。例如，在一個方法中，形成該兩個子脈衝光路徑之該等光學元件經組態使得該兩個經拉伸子脈衝具有實質上正交偏振且沿共線路徑進入該混頻模組，且該混頻模組經組態以使用II型混頻技術而混合該兩個經拉伸子脈衝。此正交偏振共線路徑方法簡化光學配置且致使該等經拉伸子脈衝在穿過該混頻模組時重疊，其導致作為該基諧波雷射光之一二次諧波之和頻光之有效產生。在一替代方法中，形成該兩個子脈衝光路徑之該等光學元件經組態使得該兩個經拉伸子脈衝具有實質上平行偏振且以一相對銳角(例如，小於約4°)而進入該混頻模組。此平行偏振非共線路徑方法提供促進I型混合之優點(其比II型混合更有效)，且因此促進更短長度晶體之使用或更多輸出功率之產生(即，針對一給定輸入功率及晶體長度)。該

平行偏振非共線路徑方法可在一週期性極化晶體(諸如，週期性極化鋰酸鋯(PPLN)或週期性極化SLT (PPSLT))中執行混頻。週期性極化晶體可具有高於諸如LBO、BBO及CLBO之材料之非線性係數，且可用於更長晶體中，其允許一次諧波至二次諧波的更有效轉換。

根據額外替代特定實施例，本發明之雷射總成利用上文所提及之基於CGB的頻寬窄化裝置結合一諧波轉換模組、一光學頻寬濾光器件及一額外混頻模組之至少一者以達成展現上文所描述之經減小及/或受控頻寬的雷射輸出光，其中該等額外結構促進產生一基諧波光頻率之一更高次(即，高於2次)諧波(即，高於該基諧波頻率之一二次諧波)的雷射輸出光。在一例示性實施例中，一DUV雷射總成利用上文所描述之該等基於CGB的頻寬窄化裝置之一者以產生處於該基諧波光之該二次諧波的和頻光，且接著將該和頻光穿過一諧波轉換模組以產生處於該基諧波光之一更高次(例如，四次)諧波的雷射輸出光。在另一例示性實施例中，一DUV雷射總成將基諧波光引導至一光學頻寬濾光器件(例如，一標準量具)中，該光學頻寬濾光器件反射各基諧波光脈衝之一第一(被拒絕)部分(其具有一窄頻寬外之頻率)且傳遞各基諧波光脈衝之一第二部分(其包含該窄頻寬內之頻率)。各基諧波光脈衝之該被拒絕第一部分(其在習知系統中將被廢棄且因此係浪費的)穿過上文所描述之該等基於CGB的頻寬窄化裝置之一者，藉此該第一部分之先前不可用頻帶外頻率被轉換成具有該窄頻寬內之頻率的可用和頻光。接著，該和頻光穿過一光學諧波轉換模組，且接著離開該光學諧波轉換模組之該和頻光或該(一次)諧波光被傳遞至一第二混頻模組。該第二混頻模組經組態以使該和頻光(或該選用一次諧波)與該第二基諧波光部分(即，由該光學頻寬濾光器件傳遞之該窄頻寬部分)或其一諧波混合以產生雷射輸出光，該雷射輸出光具有比可在不使用該等基於CGB的頻寬窄化裝置之情況下而產生之諧波及能量高之一諧波及能

量。

描述一例示性檢測系統。此檢測系統包含一照明源、光學器件、及一偵測器。該照明源包含一DUV雷射總成，其利用上文所提及之該等基於CGB的頻寬窄化裝置(即，一脈衝分割元件、一或多個單體器件、一混頻模組及相關光學元件)以產生一所要波長及頻寬之DUV輻射。該等光學器件經組態以將來自該照明源之該DUV輻射引導並聚焦至一樣本上。該樣本由一載物台支撐，其在檢測期間相對於該等光學器件移動。該偵測器經組態以自該樣本接收經反射或經散射光，其中該等光學器件進一步經組態以將該經反射或經散射光收集、引導、及聚焦至該偵測器上。該偵測器包含一或多個影像感測器。至少一影像感測器可係一時間延遲積分(TDI)感測器。

該例示性檢測系統可包含一或多個照明源，其等以不同入射角及/或不同方位角及/或以不同波長及/或偏振狀態照明樣本，其中該等照明源之一或多者併入上文所描述之該新穎頻寬控制方法。該例示性檢測系統可包含一或多個集光路徑，其等收集由該樣本在不同方向上反射或散射之光及/或對不同波長及/或對不同偏振狀態敏感。該例示性檢測系統可包含在兩側上具有讀出電路之一TDI感測器，該等讀出電路用於同時讀出兩個不同信號。該例示性檢測系統可包含一電子轟擊影像感測器。

描述一種檢測一樣本之例示性方法。該例示性方法包含：將來自一DUV雷射照明源之輻射引導並聚焦至該樣本上，其中該DUV雷射照明源經組態以依上文所描述之方式實施頻寬控制。該樣本由一載物台支撐，其在檢測期間相對於該等光學器件移動。該方法進一步包含：使用光學器件以將由該樣本反射或散射之光收集、引導、及聚焦至一偵測器上。該偵測器包含一或多個影像感測器。至少一影像感測器係一時間延遲積分(TDI)感測器。該方法進一步包含：使用一啣啣

體積布拉格光柵(CBG)而控制該DUV雷射之頻寬。

【圖式簡單說明】

圖1繪示併入包括一DUV雷射之一照明源之一例示性檢測系統。

圖2A及圖2B繪示使用具有一或多個集光通道之線照明及一DUV雷射之一例示性檢測系統。

圖3繪示使用法線及傾斜照明之一例示性檢測系統。

圖4繪示使用明場及暗場照明通道之一例示性檢測系統。

圖5繪示併入一分裂讀出影像感測器及包括一DUV雷射之一照明源之一例示性檢測系統。

圖6A繪示併入CBG以窄化雷射頻寬之一例示性DUV雷射。

圖6B繪示併入CBG以窄化雷射頻寬之一替代例示性DUV雷射。

圖6C繪示併入CBG以窄化雷射頻寬之一替代例示性DUV雷射。

圖7繪示併入CBG以窄化雷射頻寬之另一例示性DUV雷射。

圖8繪示併入CBG以窄化雷射頻寬之另一例示性DUV雷射。

圖9繪示用於自兩個正交偏振脈衝組合並產生一和頻之一例示性混頻模組。

圖10繪示用於自具有平行偏振之兩個脈衝組合並產生一和頻之一例示性混頻模組。

圖11A及圖11B係描繪一例示性基諧波頻寬及相關二次諧波光譜之圖表。

【實施方式】

本發明係關於用於對半導體檢測系統之感測器之一改良。呈現下列描述以使得熟習此項技術者能夠完成並使用如在一特定應用及其要求的內容脈絡中所提供之本發明。如本文中所使用，方向術語(諸如，「下方」、「向上」、「向下」、「垂直」及「水平」)為描述目的意欲提供相對位置或定向，且不意欲表示一絕對參考系。熟習此項技術者

將明白對較佳實施例之各種修改，且本文中所界定之一般原理可用於其他實施例。因此，本發明不意欲受限於所展示及所描述之特定實施例，而是被賦予與本文中所揭示之原理及新穎特徵一致之最廣範疇。

圖1繪示經組態以量測一樣本108 (諸如，一晶圓、一主光罩或光罩)之一例示性檢測系統100。樣本108放置於一載物台112上以促進樣本108之不同區域在光學器件下方之移動。載物台112可包括一X-Y載物台或一R- θ 載物台。在一些實施例中，載物台112可調整樣本108在檢測期間之高度以維持聚焦。在其他實施例中，一物鏡105可經調整以維持聚焦。

一照明源102可包括一或多個雷射及/或一寬頻光源。照明源102可發射DUV輻射及/或VUV輻射(在本文中統稱為「UV輻射」)。照明源102包含經組態以產生該UV輻射之至少一基諧波雷射，其中該基諧波雷射併入本文中所描述之頻寬控制，且經定位以引導該UV輻射作為一光束，其穿過一光學系統(光學器件) 103至樣本108。光學器件103包含一物鏡105，物鏡105經組態以將UV輻射朝向樣本108引導且將UV輻射聚焦於樣本108上。光學器件103亦可包括鏡面、透鏡、及/或分光器。自樣本108重新引導(即，經反射或經散射)之該UV輻射(下文稱為「光」)之一部分由光學器件103收集、引導、及聚焦至一偵測器106上，偵測器106安置於一偵測器總成104內。

偵測器總成104包含一偵測器106。偵測器106可包含一二維陣列感測器或一一維線感測器。在一實施例中，偵測器106之輸出被提供至一運算系統114，其分析該輸出。運算系統114由程式指令118組態，程式指令118可儲存於一載體媒體116上。

檢測系統100之一實施例照明樣本108上之一線，且在一或多個暗場及/或明場集光通道中收集經散射及/或經反射光。在此實施例中，偵測器106可包含一線感測器或一電子轟擊線感測器。

檢測系統100之另一實施例照明樣本108上之多個光點，且在一或多個暗場及/或明場集光通道中收集經散射及/或經反射光。在此實施例中，偵測器106可包含一二維陣列感測器或一電子轟擊二維陣列感測器。

檢測系統100之各種實施例之額外細節可見於2013年1月17日公開之由Romanovsky等人之題為「WAFER INSPECTION」之美國公開專利申請案2013/0016346、2009年7月16日公開之由Armstrong等人之美國公開專利申請案2009/0180176、2007年1月4日公開之由Chuang等人之美國公開專利申請案2007/0002465、1999年12月7日發證之由Shafer等人之美國專利案5,999,310、及2009年4月28日發證之由Leong等人之美國專利案7,525,649中。全部此等專利案及專利申請案以引用的方式併入本文中。

圖2(A)及圖2(B)繪示根據本發明之其他例示性實施例之暗場檢測系統之態樣，其等併入本文中所描述之雷射總成及/或方法之一者。在圖2(A)中，照明光學器件201包括具有如本文中所描述之頻寬控制之一DUV雷射系統220，其產生光202，其由鏡面或透鏡203聚焦至被檢測之晶圓或光罩(樣本) 211之表面上之一線205中。集光光學器件210使用透鏡及/或鏡面(諸如，212及213)而將自線205散射之光引導至感測器215。該集光光學器件之光學軸214不在線205之照明平面中。在一些實施例中，軸214大致垂直於線205。感測器215包括一陣列感測器(諸如一線性陣列感測器)。

圖2(B)繪示多個暗場集光系統(分別為231、232及233)(各者實質上類似於圖2(A)之集光光學器件210)之一實施例。集光系統231、232及233結合實質上類似於圖2(A)中之照明光學器件201之照明光學器件而使用。樣本211支撐於載物台221上，載物台221移動該等光學器件下方之待檢測區域。載物台221可包括一X-Y載物台或一R- θ 載物台，

其在檢測期間較佳地實質上連續地移動以在最小停滯時間內檢測該樣本之大區域。

根據繪示於圖2(A)及圖2(B)中之該等實施例的檢測系統之更多細節可見於2009年4月28日發證之題為「Surface inspection system using laser line illumination with two dimensional imaging」之美國專利案7,525,649及2003年8月19日發證之題為「System for detecting anomalies and/or features of a surface」之美國專利案6,608,676中。此等專利案兩者以引用的方式併入本文中。

圖3繪示經組態以使用法線及傾斜照明光束而偵測一樣本上之顆粒或缺陷的一檢測系統300。在此組態中，併入如本文中所描述之頻寬控制之一DUV雷射系統330提供一雷射光束301。一透鏡302聚焦光束301，光束301穿過一空間濾光器303。透鏡304準直該光束且將其傳達至一偏振分光器305。分光器305將一第一偏振組分傳遞至法線照明通道且將一第二偏振組分傳遞至傾斜照明通道，其中該第一組分與該第二組分係正交的。在法線照明通道306中，該第一偏振組分由光學器件307聚焦且由鏡面308朝向一樣本309之一表面反射。由樣本309(諸如一晶圓或光罩)散射之輻射由一拋物面鏡310收集並聚焦至一感測器311。

在傾斜照明通道312中，該第二偏振組分由分光器305反射至一鏡面313，鏡面313反射此光束穿過一半波片314且由光學器件315而聚焦至樣本309。源自傾斜通道312中之該傾斜照明光束且由樣本309散射之輻射由拋物面鏡310收集且聚焦至感測器311。該感測器及該被照明區域(自表面309上之該法線照明通道及該傾斜照明通道)較佳地在拋物面鏡310之焦點處。

拋物面鏡310將來自樣本309之該經散射輻射準直成一經準直光束316。準直光束316接著由一物鏡317聚焦且穿過一分析器318至感測

器311。注意，亦可使用具有除拋物面形狀之外之彎曲鏡射表面。一儀器320可提供該等光束與樣本309之間的相對運動，使得跨越樣本309之表面掃描光點。2001年3月13日發證且以引用的方式併入本文中之美國專利案6,201,601進一步詳細描述檢測系統300。

圖4繪示經組態為具有明場及暗場檢測模式之一檢測系統的一例示性折反射式成像系統400。系統400可併入兩個照明源：一雷射系統401、及一寬頻光照明模組420。

在一暗場模式中，調適光學器件402控制被檢測表面上之雷射照明光束大小及輪廓。機械外殼404包含一孔隙與窗403及一稜鏡405以將雷射沿光學軸以法線入射重新引導至一樣本408之表面。稜鏡405亦將自樣本408之表面特徵之鏡面反射引導出物鏡406。物鏡406收集由樣本408散射之光且將其聚焦於感測器409上。可以一折反射物鏡412、一聚焦透鏡群組413、及一管透鏡區段414（其可視情況包含一變焦能力）之一般形式提供用於物鏡406之透鏡。雷射系統401併入如本文中所描述之頻寬控制。

在一明場模式中，寬頻照明模組420將寬頻光引導至分光器410，分光器410將彼光朝向聚焦透鏡群組413及折反射物鏡412反射。折反射物鏡412使用寬頻光照明樣本408。自該樣本反射或散射之光由物鏡406收集並聚焦於感測器409上。寬頻照明模組420包括(例如)一雷射泵浦電漿光源或一弧光燈。寬頻照明模組420亦可包含一自動聚焦系統以提供一信號來控制樣本408相對於折反射物鏡412之高度。

2007年1月4日公佈並以引用的方式併入本文中之一經公開美國專利申請案2007/0002465進一步詳細描述系統400。

圖5展示一主光罩、光罩或晶圓檢測系統500，其同時偵測一感測器570上之兩個影像或信號通道。影像感測器570包括一分裂讀出影像感測器。照明源509併入具有如本文中所描述之頻寬控制之一DUV

雷射系統。該DUV雷射之操作波長可短於200 nm (諸如，大約193 nm 之一波長)。該兩個通道在一被檢測物件530係透明時(例如，一主光罩或光罩)可包括反射及透射強度，或可包括兩個不同照明模式(諸如，入射角、偏振狀態、波長範圍或其某一組合)。該光使用通道1照明中繼515及通道2照明中繼520而被引導至被檢測物件530。

被檢測物件530可係一主光罩、一光罩、一半導體晶圓或其他被檢測物品。影像中繼光學器件540可將由被檢測物件530反射及/或傳輸之光引導至一通道1影像模式中繼555及至一通道2影像模式中繼560。通道1影像模式中繼555經調諧以偵測對應於通道1照明中繼515之反射或透射，而通道2影像模式中繼感測器560經調諧以偵測對應於通道2照明中繼520之反射或透射。通道1影像模式中繼555及通道2影像模式中繼感測器560繼而將其等輸出引導至感測器570。對應於兩個通道之經偵測信號或影像之資料係展示為資料580且被傳輸至一電腦(未展示)用於處理。

在2008年4月1日頒予Kvamme等人之美國專利案7,352,457及1996年10月8日頒予Emery等人之美國專利案5,563,702中描述可經組態以量測來自一主光罩或光罩之透射及反射光之主光罩及光罩檢測系統及方法之其他細節，該等案之兩者以引用的方式併入本文中。

關於影像感測器570之例示性實施例的額外細節提供於2014年6月12日公開之由Brown等人申請之題為「METHOD AND APPARATUS FOR HIGH SPEED ACQUISITION OF MOVING IMAGES USING PULSED ILLUMINATION」之美國公開專利申請案2014/0158864及2009年5月5日發證之由Brown等人之題為「METHOD AND APPARATUS FOR SIMULTANEOUS HIGH-SPEED ACQUISITION OF MULTIPLE IMAGES」之美國專利案7,528,943中。此等專利案及專利申請案以引用的方式併入本文中。

圖6A展示一例示性脈衝雷射總成600A，其包含：一基諧波雷射601；及一頻寬窄化裝置610A，其大體上包含一脈衝分割元件602A、一單體器件607、一混頻模組608A、及各種光學元件，其等經組態以產生由具有安置於一頻寬內之頻率之脈衝LSFP組成的和頻光LSF（或雷射輸出光Lout），該頻寬窄於將由自由一基諧波雷射601產生之基諧波雷射光脈衝601A-LP的直接二次諧波產生而產生的頻寬。

參考圖6A之左側，基諧波雷射601經組態以產生由一系列基諧波雷射光脈衝LP組成之基諧波雷射光L，其中各基諧波雷射光脈衝LP具有一基諧波中心頻率 ν_f 及一基諧波頻率頻寬 $\Delta\nu_f$ （具有一對應基諧波中心波長 λ_f 及一對應基諧波長頻寬 $\Delta\lambda_f$ ）。在一實際實例中，基諧波雷射光脈衝LP具有一脈衝長度（持續時間），其特徵化為大於約1皮秒之一半高全寬值（FWHM） D_f （諸如，在約1皮秒與約10奈秒之間的一FWHM脈衝長度）。在此實例中，該基諧波中心頻率 ν_f 可係光譜之近紅外或可見光部分中之一頻率（諸如，在約150 THz與約750 THz之間的一頻率（即，對應於在約2 μm 與400 nm之間的一波長之一頻率））。該基諧波頻率頻寬可特徵化為約1 THz或更小之一FWHM。通常雷射光脈衝LP之基諧波頻率頻寬將係相同脈衝長度 D_f 之一變換極限雷射脈衝之頻寬的幾倍至約10倍。如由基諧波雷射601與脈衝分割元件602之間的虛線箭頭中之Z字形特徵所指示，循序產生之脈衝由一時間週期間隔開，該時間週期通常遠長於基諧波脈衝長度 D_f 。如下文所解釋，因為雷射總成600A內之光學路徑長度匹配至約10%或更佳，所以雷射總成600A將以任何脈衝重複率起作用。

脈衝分割元件602經定位以接收基諧波雷射光L，且經組態以將各雷射光脈衝LP分割（分裂）成兩個相關子脈衝，下文被稱為第一子脈衝LSP1及第二子脈衝LSP2。在圖6A中所繪示之實施例中，部分反射器602使用一部分反射器實施，該部分反射器經組態以分割各雷射光

脈衝LP，使得子脈衝LSP1及LSP2具有大約相等能量，且使得該兩個子脈衝在不同方向上遠離部分反射器602傳輸(例如，如圖6A中所描繪，第一子脈衝LSP1穿過部分反射器602且水平地引導至右邊，且第二子脈衝LSP2自部分反射器602向上重新引導(重新反射))。在一實施例中，部分反射器602可由一偏振分光器實施，該偏振分光器反射一偏振(例如，垂直偏振)且傳輸正交偏振狀態(例如，水平偏振)。在此實施例中，若基諧波雷射脈衝LP以相對於部分反射器602之一適當角(諸如，以大約45°之一角)偏振，則子脈衝LSP1及LSP2將具有大約相等能量。

由可操作地安置於脈衝分割元件602與單體器件607之間的對應光學元件而將子脈衝LSP1及LSP2沿兩個不同光學路徑引導至單體器件607。如由自脈衝分割元件602往右之單點虛線所描繪，第一子脈衝LSP1自部分反射器602穿過一第一偏振分光器(PBS) 603，且接著藉由穿過一第一四分之一波片(QWP) 604至單體器件607之一第一端表面607-1而轉換成一第一圓偏振子脈衝。相反地，如由自脈衝分割元件602向上延伸之雙點虛線所描繪，第二子脈衝LSP2由平折疊鏡611及612而反射至一第二偏振分光器(PBS) 605，且接著水平地重新引導至左邊且藉由穿過安置成相鄰於單體器件607之一第二端表面607-2之一第二四分之一波片(QWP) 606而轉換成一第二圓偏振子脈衝。該第一圓偏振子脈衝及該第二圓偏振子脈衝因此在相反方向上傳輸至單體器件607之相對表面上。

根據本發明之一態樣，一或多個單體器件經組態且經定位使得相關第一圓偏振子脈衝及第二圓偏振子脈衝轉換成分別具有相反(即，正及負)啁啾之經拉伸子脈衝LSSP1及LSSP2。在圖6A中所展示之單一單體器件實施例中，單體器件607根據已知技術組態使得當自表面607-1反射時，該第一圓偏振子脈衝被拉伸(即，如定位於圖6A之

左下部分之泡中所指示，使得經拉伸子脈衝LSSP1之一持續時間/長度 D_s 大於(例如，大兩倍或兩倍以上)基諧波雷射光脈衝LP之持續時間 D_f)，且經變更以包含一正啁啾(即，具有一隨時間增加之頻率，使得經拉伸子脈衝LSSP1之一初始波長 λ_{sA} 長於經拉伸子脈衝LSSP1之一隨後波長 λ_{sB})。類似地，當自第二表面607-2反射時，該第二圓偏振子脈衝被拉伸且經變更以包含一負啁啾(即，如定位於圖6A之右上部分之泡中所指示，經拉伸子脈衝LSSP2具有一隨時間減小之頻率，使得經拉伸子脈衝LSSP2之一初始波長 λ_{sC} 短於經拉伸子脈衝LSSP2之一隨後波長 λ_{sD})。注意，該拉伸程序較佳地經執行使得經拉伸子脈衝LSSP1及LSSP2具有實質上分別與該第一圓偏振子脈衝及該第二圓偏振子脈衝相同之能量。在一實施例中，單體器件607進一步經組態使得該第一正啁啾經拉伸子脈衝LSSP1及負啁啾經拉伸子脈衝LSSP2經產生具有隨時間之頻率改變，該等頻率改變在大小上大約相等但正負號相反(即，使得正啁啾經拉伸子脈衝LSSP1實質上係負啁啾經拉伸子脈衝LSSP2之一鏡像)。相較於針對單體器件607使用兩個單獨總成，自一單一CBG或啁啾光纖布拉格光柵之相對端反射該兩個子脈衝之一優點係單體器件607將賦予相反啁啾於該兩個子脈衝上，因為該等脈衝自相對端進入該等布拉格光柵且在相反方向上行進至該等布拉格光柵中。

接著，經由對應光學路徑藉由對應光學元件而將經拉伸子脈衝LSSP1及LSSP2自單體器件607引導至混頻模組608A。如由自第一表面607-1水平地延伸之短虛線長虛線所描繪，第一經拉伸子脈衝LSSP1自單體器件607穿過QWP 604至PBS 603，且自PBS 603向下重新引導至折疊鏡面613、自折疊鏡面613至折疊鏡面614、及自折疊鏡面614向上至第二偏振分光器(PBS) 605 (第一經拉伸子脈衝LSSP1自第二偏振分光器(PBS) 605而向右朝向混頻模組608A重新引導)。相反地，如由

自第二表面607-2水平地延伸至右邊之雙短虛線長虛線所描繪，第二經拉伸子脈衝LSSP2自單體器件607穿過QWP 606至PBS 605，且穿過PBS 605至混頻模組608A。注意，在由單體器件607反射及啣啣之後，各經拉伸子脈衝LSSP1及LSSP2藉由對應QWP 604及605轉換回至具有與傳入光束正交之偏振的線性偏振光。此兩個正交偏振脈衝在PBS 605處組合，且被發送至一混頻模組608A以產生和頻光FSF (其具有 $2\nu_f$ 之一中心頻率)。注意，該兩個子脈衝自部分反射器602至其等在PBS 605處重新組合處所循之該等光學路徑長度係實質上相等的，使得該兩個子脈衝實質上重疊地到達混頻模組608A。在一較佳實施例中，該兩個子脈衝行進之該等光學子脈衝光路徑長度匹配於該脈衝長度之約10%內。在一實施例中，基諧波光L之偏振可與部分反射器602A (其包括一偏振分光器)定向成約 45° ，使得基諧波光L之實質上相等部分由部分反射器602A傳輸並反射。在此實施例中，PBS 603應傳輸與部分反射器602相同之偏振且應有效地反射正交偏振。類似地，PBS 605反射由部分反射器602A反射之偏振且將其引導至QWP 606，QWP 606將各脈衝轉換成圓偏振。在自607反射之後，QWP 606將圓偏振轉換成線性偏振，但是相對於其初始偏振旋轉 90° ，使得其穿過PBS 605。自PBS 603反射之光亦自PBS 605反射，使得該兩個正交偏振脈衝實質上共線地一起行進至混頻模組608A中。下文將參考圖9額外詳細描述在PBS 605A處組合該兩個正交偏振脈衝。

參考圖6A之右側，混頻模組608A經組態以將各正啣啣經拉伸子脈衝LSSP1與其對應負啣啣經拉伸子脈衝LSSP2混合，使得混合該兩個經拉伸子脈衝產生和頻光LSF，其由具有等於基諧波雷射光601-L之基諧波頻率 ν_f 兩倍之中心頻率 ν_{sf} (即， $\nu_{sf}=2\nu_f$)的脈衝LSFP組成。即，混頻模組608A經組態以產生具有一輸出頻率之和頻光脈衝LSFP，該輸出頻率係該兩個正交偏振經拉伸子脈衝LSSP1及LSSP2之

該等頻率之總和，藉此和頻光LSF經產生為基諧波雷射光L之二次諧波。因為經拉伸子脈衝LSSP1及LSSP2經正交偏振，所以混頻模組608A較佳地經組態以實施II型混頻。

和頻光脈衝LSFP依上文所描述及下列實例中之方式利用頻寬窄化裝置610A而因此經產生為具有比可在不使用基於單體器件之頻寬窄化裝置610之情況下(即，藉由僅僅使該基諧波之頻率加倍)而產生之頻寬窄的一頻寬。例如，圖11A描繪一例示性經量測基諧波光頻寬，其具有在1064.5 nm之一基諧波中心波長處之大約82 pm之一FWHM頻寬，且圖11B描繪展示圖11A之基諧波光之二次諧波的實驗方法量測之光譜，其中虛線描繪由頻率加倍而產生之一二次諧波(其具有大約33 pm之一經量測FWHM頻寬)，且實線描繪藉由利用根據本發明之一基於CBG的頻寬窄化裝置而產生之一二次諧波(其具有大約9 pm之一FWHM頻寬)。圖11B清楚地展示，相較於僅僅使該基諧波之頻率加倍，本發明將該基諧波頻寬減小至約1/3.7。藉由濾光而將一雷射之頻寬減小3.7倍將要求廢棄各雷射脈衝之能量的70%以上，且因此其將係極低效的。

圖6A中所繪示之例示性實施例之一優點係經拉伸子脈衝LSSP1及LSSP2實質上共線地行進至混頻模組608A中，其致使該等經拉伸子脈衝在其等行進穿過混頻模組608A時重疊且導致和頻光LSF有效產生為基諧波雷射光L之一二次諧波。以一共線配置(諸如，圖6A中所描繪之共線配置)之此兩個光路徑之對準及其等與混頻模組608A之對準可相對簡單。

由圖6A之實施例實施之方法假設基諧波光脈衝LP接近變換極限。單體器件607之該實質上線性啁啾結構使用一實質上線性啁啾拉伸各子脈衝。自一側到達單體器件607之脈衝看見自低頻率(較大光柵節距)啁啾至高頻率(較小光柵節距)之一光柵。自單體器件607之相對

側到達之脈衝看見相反啁啾。因為上啁啾及下啁啾之斜度緊密地匹配，所以此等脈衝之間的和頻產生產生具有較窄頻寬之變換極限脈衝。假設該基諧波光L中之脈衝遠離變換極限，則具有不同啁啾之兩個單獨CBG或光纖布拉格光柵可經使用以確保經反射脈衝獲得匹配相反啁啾。即使具有實質上變換極限基諧波雷射脈衝，亦可代替一單一CBG而使用兩個緊密匹配CBG，其中一CBG經定向用於高至低啁啾且另一者用於低至高啁啾。使用一單一CBG之相對側的該較佳實施例具有下列優點：使該等光學器件更加精巧且比較便宜，及保證該兩個脈衝使用實質上類似啁啾斜度但使用相反正負號啁啾。

在一例示性實施例中，基諧波雷射601係具有一二次諧波轉換模組之一Nd:YAG或摻釹釩酸雷射，且產生在具有幾皮秒與幾十皮秒之間的一脈衝長度(持續時間) D_f (例如，約20 ps之一FWHM脈衝長度 D_f)的大約532 nm之基諧波長 λ_f 處之基諧波光L。包括一CBG之一單體器件607經組態以將532 nm基諧波脈衝拉伸至約10皮秒與約100皮秒之間的一經拉伸FWHM脈衝長度(持續時間) D_s (例如，約80 ps之一FWHM脈衝長度 D_s)。在此情況下，混頻模組608A經組態以產生具有大約266 nm之一波長 λ_{sf} 且具有比將由僅僅加倍基諧波光L之頻率所致的窄之一頻寬及更長之一脈衝長度 D_{sf} 的和頻(輸出)光LSF。在一特定例示性實施例中，使用一 β 硼酸鋇(BBO)晶體實施混頻模組608A，該BBO晶體經臨接地相位匹配用於532 nm之光在約100°C之一溫度、在約82°之一相位匹配角處之II型混合。可經由相位匹配角之一適當調整而使用其他溫度。其他適當非線性光學晶體可使用一適當溫度及相位匹配角而代替該BBO晶體。具有一適當極化週期之一週期性極化非線性晶體亦可代替該BBO晶體。

圖6B展示一替代例示性雷射總成600B，其類似於總成600A (圖6A)，但是包含一頻寬窄化裝置610B，其經修改以藉由針對單體器件

607之一對應表面兩次引導各子脈衝而進一步拉伸該等子脈衝。圖6B之實施例類似於圖6A之實施例，除此傾斜CBG組態外，因此具有與總成600A (圖6A)之對應元件/總成相同之定位並執行與總成600A (圖6A)之對應元件/總成相同之功能的雷射總成600B之全部其他光學元件及總成使用相同元件符號指示，且為避免不必要的重複將不額外詳細描述。

參考圖6B之中心區域，雷射總成600B不同於總成600A之處在於單體器件607配置於一傾斜CBG組態中，且雷射總成600B利用兩個額外鏡面615及616。明確言之，相對於入射子脈衝LSP1及LSP2之(水平)進入路徑而將單體器件607旋轉一角度 α ，使得(如所指示)經反射子脈衝光分別引導至鏡面615及616上，鏡面615及616經安置使得該等經反射入射子脈衝以對應角重新引導返回至單體器件607中，該等對應角致使所得兩次經反射經拉伸子脈衝LSSP1及LSSP2沿(水平)進入路徑分別行進返回至PBS 603及605 (各經拉伸子脈衝自PBS 603及605依與上文所描述的實質上相同之方式而引導至混頻模組608A且轉換成和頻輸出光LSF)。利用此傾斜CBG組態產生具有比由圖6A之實施例產生之脈衝長度(持續時間)長的脈衝長度之經拉伸子脈衝LSSP1及LSSP2，且藉由自單體器件607之相對表面607-1及607-2兩次反射而獲得兩倍啁啾量。因此此組態產生和頻光LSF，其在和頻產生之後具有比可由自相同單體器件607之單一反射而產生之頻寬甚至更窄的一頻寬。為自一單體器件607之單一反射產生雙倍脈衝拉伸及雙倍啁啾將要求約兩倍長之一單體器件607，其實質上無法製造或可能相當昂貴。

圖6C展示另一替代例示性雷射總成600C，其亦類似於總成600A (圖6A)，但是不同於上文所描述之實施例之處在於其利用經組態使得該等子脈衝經受平行偏振(即，與上文所利用之正交偏振相反)之一頻

寬窄化裝置610C。明確言之，頻寬窄化裝置610C不同於兩個先前實施例之處在於其包含一不同部分反射器(脈衝分割元件) 602C，在於光學器件617(如：一單一鏡面)將第一經拉伸子脈衝LSSP1直接反射至混頻模組608C上，且在於混頻模組608C經組態以實施I型混頻(與II型混合相反)。然而，具有與總成600A (圖6A)之對應元件/總成相同之定位並執行與總成600A (圖6A)之對應元件/總成相同之功能的雷射總成600C之全部其他光學元件及總成使用相同元件符號指示，且為避免不必要的重複將不額外詳細描述。

參考圖6C之中心，雷射總成600C經組態使得基諧波光脈衝LP依類似於上文所描述之方式之一方式而引導至部分反射器602C上，且部分反射器602C經組態以將由基諧波雷射601產生之各雷射脈衝LP分割(分裂)成具有大約相等能量之兩個子脈衝LSP1及LSP2，其等隨後依類似於上文參考圖6A所描述之方式之一方式而引導至單體器件607之相對表面607-1及607-2上。然而，在此情況下，部分反射器602C不同於先前實施例之處在於部分反射器602C使用已知技術組態使得子脈衝LSP1及LSP2 (其等分別由部分反射器602C傳輸並反射)之偏振實質上彼此平行(即，與正交偏振相反)。如在上文所描述之實施例中，單一單體器件607賦予相反啣啾於該兩個子脈衝上，且QWP 604及606將該等子脈衝自線性偏振轉換成圓偏振且又轉換回線性偏振，使得各經拉伸子脈衝LSSP1及LSSP2之偏振方向相對於其原始偏振方向旋轉90°。類似於上文所描述之實施例，在自單體器件607之第二表面607-2反射之後，第二經拉伸子脈衝LSSP2沿一第一(例如，水平)方向引導穿過PBS 605且至混頻模組608C中。亦類似於上文所描述之實施例，第一經拉伸子脈衝LSSP1在一水平方向上行進離開單體器件607之第一表面607-1，且接著由PBS 603向下反射，但是第一經拉伸子脈衝LSSP1之路徑在此時不同於先前實施例之處在於包括一或多個鏡面或

稜鏡之光學器件617經定位以以相對於第二經拉伸子脈衝LSSP2在其進入混頻模組608C時之路徑方向之 0° 與小於 4° 之間的一角度 β (即，相對於圖6C中之水平)而將第一經拉伸子脈衝LSSP1直接反射至混頻模組608C上。如在先前實施例中，形成該兩個子脈衝光路徑長度的該等光學元件應實質上類似，使得經拉伸子脈衝LSSP1及LSSP2實質上彼此重疊地到達混頻模組608C。在一較佳實施例中，由該兩個脈衝行進之該等光學路徑長度匹配至該脈衝長度之約10%內。圖10更加詳細展示將具有平行偏振之該兩個脈衝在混頻模組608C中組合。亦類似於先前實施例，混頻模組608C混合經拉伸子脈衝LSSP1與LSSP2以產生和頻輸出光LSF，其係該兩個經拉伸子脈衝之頻率的總和。然而，因為該兩個脈衝具有平行偏振，所以混頻模組608C較佳地使用已知技術組態以實施I型混頻，或經組態以在一週期性極化非線性光學晶體中使用準相位匹配。

圖6C中所繪示之例示性實施例之一優點係可因為該兩個脈衝具有實質上平行偏振而使用I型混頻。在許多非線性晶體中，I型頻率轉換比II型更有效，從而允許針對給定輸入及輸出功率而使用一更短長度晶體以用於混頻，或替代地允許針對一給定輸入功率及晶體長度而產生更多輸出功率。

替代地，圖6C中所繪示之例示性實施例可使用準相位匹配而在一週期性極化非線性光學晶體中執行混頻，其可比在一非極化非線性光學晶體中之1型或2型混頻更加有效。諸如PPLN及PPSLT之週期性極化材料具有比諸如LBO、BBO及CLBO之材料更高之非線性係數。此外，準相位匹配之使用消除走離且可允許使用一更長長度晶體用於混頻。

在又另一例示性實施例(未展示)中，具有實質上平行偏振之兩個脈衝依類似於圖6B中所繪示之方式的一方式兩次自一啁啾體積布拉

格光柵或一啣啣光纖布拉格光柵反射，且接著依類似於圖6C及圖10中所繪示之方式之方式在一混頻模組608C中組合。

圖7展示根據本發明之另一實施例之一例示性DUV雷射總成700，其包含一基諧波雷射601、一基於CBG的頻寬窄化裝置610及一諧波轉換模組703。類似於上文所描述之實施例，頻寬窄化裝置610包含一脈衝分割元件602、一單體器件607及一和頻產生(混合)模組608，其等經組態以產生具有一經減小頻寬(即，相較於將由習知頻率加倍而獲得之頻寬)之和頻光LSF。諧波轉換模組703經定位以接收和頻光LSF，且使用已知技術經組態以將和頻光LSF轉換成雷射輸出光Lout，其具有處於比和頻光LSF更短之一波長之一更高諧波。

在一例示性實施例中，基諧波雷射601及頻寬窄化裝置610之組態類似於上文所描述之雷射總成600A、600B及600C之任一者。在一實施例中，基諧波雷射601係一Nd:YAG或摻釹釩酸雷射，從而產生在具有在幾皮秒與幾十皮秒之間的一脈衝寬度(例如，約20 ps之脈衝長度)之大約1064 nm之一波長處的基諧波光L。

如在上文所描述之實施例中，單體器件607用以將該等基諧波(例如，1064 nm)脈衝拉伸至在幾十皮秒與幾百皮秒之間的一脈衝長度(例如，至約80 ps之一長度)，且混頻模組608用以產生在大約532 nm之一波長處之和頻光LSF。混頻模組608可在三硼酸鋰(LBO)或硼酸鈹鋰(CLBO)中使用II型混頻。例如，LBO可用於在約1064 nm之一波長處之光的II型混頻以在約50°C之一溫度及大約 $\theta=23^\circ$ 及 $\phi=90^\circ$ 之相位匹配角處使用YZ平面產生約532 nm之一波長之光。替代地，混頻模組608可使用一週期性極化SLT晶體。

在一實施例中，諧波轉換模組703經組態以將該和頻光LSF轉換成雷射輸出光Lout，其包括在基諧波光L之四次諧波處(例如，具有大約266 nm之一波長)之脈衝LoutP。諧波轉換模組703可包含一CLBO晶

體，其可經臨界地相位匹配用於在約 61.8° 之一相位匹配角、約 100°C 之一溫度處的 532 nm 之二次諧波之I型產生。可經由相位匹配角之一適當調整而使用其他溫度。當需要 266 nm 之輸出光之一高功率(諸如， 500 mW 或更多)時，CLBO係特別有用，因為CLBO在DUV波長處可具有高於其他材料之一損壞臨限值。經退火、經重氫處理且經氫處理CLBO晶體較佳地用於DUV波長處之約 1 W 或更高的功率位準。關於經退火、經重氫處理且經氫處理CLBO之更多資訊可見於由Dribinski且2015年1月8日公開之題為「CLBO Crystal Growth」之美國公開專利申請案2015/0007765、2014年10月18日發證之Dribinski等人之題為「Laser With High Quality, Stable Output Beam, And Long Life High Conversion Efficiency Non-Linear Crystal」之美國專利案8,873,596、2013年4月11日公開之Chuang等人之題為「Hydrogen Passivation of Nonlinear Optical Crystals」之美國公開專利申請案2013/0088706、及2014年10月16日公開之Chuang等人之題為「Passivation of Nonlinear Optical Crystals」之美國公開專利申請案2014/0305367中。全部此等專利案及/或專利申請案以引用的方式併入本文中。

圖8展示根據本發明之另一實施例之另一例示性DUV雷射總成800，其包含一基諧波雷射601、一基於CBG的頻寬窄化裝置610、一諧波轉換模組806及一第二混頻模組808，其等經組態以產生UV輸出光。該基諧波光L之頻寬藉由穿過(例如)傳輸該雷射頻寬內之波長之一窄範圍之一標準量具(或其他光學頻寬濾光器件)803而窄化。該經窄化基諧波光LN用作為至混頻模組808中之該等輸入之一者。頻帶外被拒絕基諧波LR(其(例如)由標準量具803反射)相較於經窄化基諧波LN具有一更寬頻寬及在其光譜中間之一坑。被拒絕光LR(否則其將被浪費)用作基於CBG的頻寬窄化裝置610之輸入基諧波光，基於CBG的頻寬窄化裝置610包含呈類似於上文參考圖6A、圖6B及圖6C所描述

之組態之任一者的一組態的一脈衝分割元件602、一單體器件607及一混合模組608。該經產生和頻光LSF具有比將在無單體器件607之情況下由直接和頻產生所致之頻寬窄之一頻寬，其隨後導致由諧波轉換模組806產生之一更窄頻寬諧波光Lhar。該雷射輸出光Lout藉由在混頻模組808中將該經窄化基諧波光LN與該經窄化諧波光Lhar混合而產生。

在一例示性實施例中，基諧波雷射601使用(例如)一Nd:YAG或摻釹釩酸雷射而產生基諧波雷射脈衝LP，其具有大約1064 nm之一基諧波長。經產生具有具有大約532 nm之波長之脈衝LSFP的和頻光LSF使用頻寬窄化裝置610產生。諧波轉換模組806使和頻光LSF轉換成大約266 nm之一波長的諧波光Lhar。混頻模組808藉由將在大約1064 nm之一波長處之該經窄化基諧波光LN與在大約266 nm之一波長處之該經窄化諧波光Lhar混合而產生在大約213 nm之一波長處之雷射輸出光Lout。在一較佳實施例中，諧波轉換模組806及混頻模組808之一或兩者包含一CLBO晶體、一經退火CLBO晶體、一經重氫處理CLBO晶體或一經氫處理CLBO晶體。

圖9繪示一例示性混頻模組608A，其經組態以將具有正交偏振之相反啁啾經拉伸子脈衝LSSP1與LSSP2組合(混合)，且依上文參考圖6A及圖6B所介紹之一方式自此兩個脈衝產生和頻光LSF。PBS 605將具有相反啁啾之該兩個正交偏振子脈衝LSSP1與LSSP2組合，使得其等實質上共線地行進至混頻模組608A中。混頻模組608A藉由在一非線性晶體中較佳地使用II型頻率轉換而將經拉伸子脈衝LSSP1及LSSP2之該等頻率總計而產生該二次諧波。取決於該基諧波光之該波長及功率位準，用於II型混頻之適當非線性晶體可包含BBO、三硼酸鋰(LBO)、硼酸鈾鋰(CLBO)及週期極化材料(諸如，鋰酸鋰、化學計量鋰酸鋰、及摻鎂化學計量鋰酸鋰)。

圖10繪示一例示性混頻模組608C，其經組態以將具有平行偏振之相反啁啾經拉伸子脈衝LSSP1與LSSP2組合(混合)，且依上文參考圖6C所介紹之一方式自此兩個脈衝產生和頻光LSF。如上文所描述，該兩個相反啁啾經拉伸子脈衝被引導至混頻模組608C，使得其等在混頻模組608C內匯聚並重疊，混頻模組608C在此實施例中由經組態用於頻率總計之一非線性晶體實施。經拉伸子脈衝LSSP1及LSSP2之行進方向應在該非線性晶體之最佳相位匹配之方向(1001)之相對側上的實質上相等角 β_1 及 β_2 處，使得該和頻二次諧波將實質上沿最佳相位匹配方向1001行進。經拉伸子脈衝LSSP1之方向與最佳相位匹配方向1001之間的角 β_1 應足夠大，使得各脈衝在二次諧波產生之接受角外側到達該非線性晶體，使得該等個別脈衝之僅一最小分率被轉換成二次諧波。經拉伸子脈衝LSSP2之方向與最佳相位匹配方向1001之間的角 β_2 係類似的。二次諧波產生之接受角取決於該晶體材料、該晶體長度及LSSP1、LSSP2及LSF之波長。然而，經拉伸子脈衝LSSP1與LSSP2之間的角 β 不應過大否則導致在該非線性晶體內該兩個脈衝可重疊且產生一和頻所在之僅一小區域。在使用一30 mm長的PPSLT晶體以產生在532 nm之一波長處之和頻光的一較佳實施例中，經拉伸子脈衝LSSP1之方向與最佳相位匹配方向1001之間的角 β_1 (及經拉伸子脈衝LSSP2之方向與最佳相位匹配方向1001之間的角 β_2)係約 1° ，即，經拉伸子脈衝LSSP1與LSSP2之間的角 β 係約 2° 。

取決於該基諧波光之波長及功率位準，用於I型混頻之適當非線性晶體可包含BBO、LBO、CLBO及週期性極化材料(諸如，鈮酸鋰、化學計量鈮酸鋰、及摻鎂化學計量鈮酸鋰)。注意，就週期性極化晶體而言，該和頻光LSF之偏振可垂直於(如所展示)或平行於輸入脈衝LSSP1及LSSP2之偏振，其取決於所使用之材料及準相位匹配。

上文例示性實施例描述產生對應於該基諧波之一整次諧波的一

輸出波長之雷射。本文中所揭示之頻寬窄化裝置及方法可用於產生並非係該基諧波之一整次諧波之輸出頻率的雷射中。例如，一雷射可藉由將該基諧波雷射之一諧波與另一波長(諸如，由一光學參數振盪器、光學參數放大器或由該基諧波之一部分泵浦之拉曼雷射而產生者)混合而產生一輸出波長。在此一雷射中，可使用本文中所揭示之一裝置或方法窄化該諧波之頻寬，因此導致一較窄輸出頻寬。

例如，一雷射可藉由將近似1064 nm之一基諧波之五次諧波與在約1.1 μm 與約3.3 μm 之間的一紅外波長混合而產生約180 nm與約200 nm之間的一輸出波長(諸如，近似193 nm之一波長)。可自併入本文中所描述之頻寬控制裝置及方法受益的產生近似193 nm之波長之雷射之更多詳細描述描述於Dribinski之題為「Coherent light generation below about 200 nm」之美國專利案8,755,417及2013年3月28日公開(目前已放棄)之Chuang等人之題為「Solid-State Laser and Inspection System Using 193nm Laser」之美國公開專利申請案2013/0077086、2013年11月28日公開之Chuang等人之題為「Solid-state laser and inspection system using 193 nm laser」之美國公開專利申請案2013/0313440、Chuang等人之題為「193 nm laser and inspection system」之美國專利案8,929,406、2014年8月14日公開之Chuang等人之題為「193 nm Laser And Inspection System」之美國公開專利申請案2014/0226140、2014年3月13日由Chuang等人申請且題為「A 193nm Laser and an Inspection System Using a 193nm Laser」之美國專利申請案14/210,355中。全部此等專利案及申請案以引用的方式併入本文中。

注意，上文所描述之193 nm雷射可藉由對基諧波波長、信號燈之波長之適當選擇及對該雷射內之混頻模組之適當改變而在短於約200 nm之其他波長處操作。特定言之，可由此等雷射產生短於190 nm之真空UV波長。能夠產生短於約200 nm之波長的雷射亦描述於2014

年10月3日由Chuang等人申請且題為「183nm laser and inspection system」之美國臨時專利申請案62/059,368中。此臨時申請案以引用的方式併入本文中。本文中所描述之頻寬減小裝置及方法可用於此臨時申請案中所描述之雷射中。

適用於在併入本文中所描述之雷射之任一者之一檢測或成像系統中使用之影像感測器之例示性實施例可見於由Chern等人之題為「Back-Illuminated Sensor with Boron Layer」之美國公開專利申請案2013/0264481中，其在2013年10月10日公開且以引用的方式併入本文中。

上文描述之本發明之結構及方法的各種實施例僅圖解說明本發明之原理且並不旨在將本發明之範疇限於所描述之特定實施例。例如，可使用不同諧波轉換方案及/或不同線性晶體。在另一實例中，額外鏡面、稜鏡或其他光學總成可用以在一雷射總成內引導雷射脈衝且調整光學路徑長度以便在需要時適當地匹配。

【符號說明】

100	檢測系統
102	照明源
103	光學系統(光學器件)
104	偵測器總成
105	物鏡
106	偵測器
108	樣本
112	載物台
114	運算系統
116	載體媒體
118	程式指令

- 201 照明光學器件
- 202 光
- 203 鏡面或透鏡
- 205 線
- 210 集光光學器件
- 211 晶圓或光罩(樣本)
- 212 透鏡及/或鏡面
- 213 透鏡及/或鏡面
- 214 光學軸
- 215 感測器
- 220 深紫外雷射系統
- 221 載物台
- 231 暗場集光系統
- 232 暗場集光系統
- 233 暗場集光系統
- 300 檢測系統
- 301 雷射光束
- 302 透鏡
- 303 空間濾光器
- 304 透鏡
- 305 分光器
- 306 法線照明通道
- 307 光學器件
- 308 鏡面
- 309 樣本/表面
- 310 拋物面鏡

- 311 感測器
- 312 傾斜照明通道
- 313 鏡面
- 314 半波片
- 315 光學器件
- 316 準直光束
- 317 物鏡
- 318 分析器
- 320 儀器
- 330 深紫外雷射系統
- 400 折反射式成像系統
- 401 雷射系統
- 402 寬頻光照明模組
- 403 孔隙與窗
- 404 機械外殼
- 405 稜鏡
- 406 物鏡
- 408 樣本
- 409 感測器
- 410 分光器
- 412 折反射物鏡
- 413 聚焦透鏡群組
- 414 管透鏡區段
- 420 寬頻照明模組
- 500 檢測系統
- 509 照明源

- 515 通道1照明中繼
- 520 通道2照明中繼
- 530 被檢測物件
- 540 影像中繼光學器件
- 555 通道1影像模式中繼
- 560 通道2影像模式中繼感測器
- 570 影像感測器
- 580 資料
- 600A 脈衝雷射總成
- 600B 脈衝雷射總成
- 600C 脈衝雷射總成
- 601 基諧波雷射
- 602A 脈衝分割元件
- 602C 脈衝分割元件
- 603 第一偏振分光器
- 604 第一四分之一波片
- 605 第二偏振分光器
- 606 第二四分之一波片
- 607 單體器件
- 607-1 第一端表面
- 607-2 第二端表面
- 608 混頻模組/和頻產生(混合)模組
- 608A 混頻模組
- 608C 混頻模組
- 610 頻寬窄化裝置
- 610A 頻寬窄化裝置

610B	頻寬窄化裝置
610C	頻寬窄化裝置
611	平折疊鏡
612	平折疊鏡
613	折疊鏡面
614	折疊鏡面
615	鏡面
616	鏡面
617	光學器件
700	深紫外雷射總成
703	諧波轉換模組
800	深紫外雷射總成
803	標準量具
806	諧波轉換模組
808	混頻模組
1001	最佳相位匹配方向
Df	半高全寬值/脈衝長度/持續時間/基諧波脈衝長度
Ds	持續時間/長度
Dsf	脈衝長度
L	基諧波雷射光/基諧波光
LN	經窄化基諧波光/經窄化基諧波
Lhar	更窄頻寬諧波光/經窄化諧波光
LR	頻帶外被拒絕基諧波
Lout	雷射輸出光
LoutP	脈衝
LP	基諧波雷射光脈衝/基諧波光脈衝

LSF	和頻光
LSFP	脈衝/和頻光脈衝
LSP1	第一子脈衝
LSP2	第二子脈衝
FSF	和頻光
α	角度
β	角度
β_1	角
β_2	角
ν_f	基諧波中心頻率
$\Delta\nu_f$	基諧波頻率頻寬
ν_{sf}	中心頻率
λ_{sA}	初始波長
λ_{sB}	隨後波長
λ_{sC}	初始波長
λ_{sD}	隨後波長
λ_f	基諧波中心波長
$\Delta\lambda_f$	基諧波長頻寬

申請專利範圍

1. 一種雷射總成，其包括：

一基諧波雷射，其經組態以產生具有安置於一基諧波頻率頻寬內之一基諧波頻率的雷射光脈衝；

一脈衝分割元件，其經組態以將各雷射光脈衝分割成包含一第一子脈衝及一第二子脈衝之一對對應子脈衝；

至少一單體器件，其經組態使得各對對應子脈衝之該第一子脈衝轉換成具有一正啁啾之一第一經拉伸子脈衝，且經組態使得各對對應子脈衝之該第二子脈衝轉換成具有一負啁啾之一第二經拉伸子脈衝；及

一混頻模組，其經組態以使各第一經拉伸子脈衝與其對應該第二經拉伸子脈衝混合，使得該混合產生包含多個和頻脈衝之和頻光，該和頻脈衝具有等於該基諧波頻率兩倍之頻率。

2. 如請求項1之雷射總成，其中該至少一單體器件包括一啁啾體積布拉格光柵及一啁啾光纖布拉格光柵之一者。

3. 如請求項1之雷射總成，其中該脈衝分割元件經組態以分割各脈衝，使得該兩個子脈衝具有大約相等能量。

4. 如請求項3之雷射總成，其中該至少一單體器件進一步經組態使得該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝具有隨時間之頻率改變，該等改變在大小上大致相等但正負號相反。

5. 如請求項3之雷射總成，

其中該至少一單體器件包括包含一啁啾體積布拉格光柵及一啁啾光纖布拉格光柵之一者的一單一單體器件，且

其中該雷射總成進一步包括可操作地安置於該脈衝分割元件與該單一單體器件之間及該單一單體器件與該混頻模組之間的

複數個光學元件，該複數個光學元件經組態以將該第一子脈衝及該第二子脈衝引導至該單一單體器件之相對表面上，且將該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝自該單一單體器件之該等相對表面引導至該混頻模組。

6. 如請求項5之雷射總成，

其中該脈衝分割元件及該複數個光學元件經組態使得該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝一旦進入該混頻模組旋即具有實質上正交偏振，且沿共線路徑而被引導至該混頻模組中，且

其中該混頻模組經組態以對該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝進行II型混頻。

7. 如請求項5之雷射總成，其中該雷射總成經組態使得該等和頻脈衝具有等於大約532 nm及大約266 nm之一者的波長。

8. 如請求項5之雷射總成，其中該雷射總成經組態使得各該和頻脈衝包括該基諧波頻率之一二次諧波，且

其中該雷射總成進一步包括一諧波轉換模組，其經組態以將該和頻光轉換成具有該基諧波頻率之一更高次諧波的輸出光，該更高次諧波大於該和頻光之該二次諧波。

9. 如請求項8之雷射總成，其中該雷射總成進一步經組態使得具有該更高次諧波之該輸出光包括具有大約213 nm之波長的脈衝。

10. 如請求項5之雷射總成，

其中該脈衝分割元件及該複數個光學元件經組態使得該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝一旦進入該混頻模組旋即具有實質上平行偏振，且在間隔小於4°之一角之對應不平行方向上被引導至該混頻模組中，且

其中該混頻模組經組態以對該第一經拉伸子脈衝及該第二經

拉伸子脈衝進行I型混頻。

11. 一種雷射總成，其包括：

一基諧波雷射，其經組態以產生包含具有一基諧波長頻寬內之基諧波長之光脈衝的基諧波光；

一光學頻寬濾光器件，其經組態以重新引導具有安置於一經窄化頻率頻寬外側之頻率的各基諧波光脈衝之一第一部分，且經組態以傳遞來自各基諧波光脈衝的安置於該經窄化頻率頻寬內之一第二部分；

一頻寬窄化裝置，其包含：

一脈衝分割元件，其經組態以將各雷射光脈衝之該第一部分分割成包含一第一子脈衝及一第二子脈衝之一對對應子脈衝；

至少一單體器件，其經組態使得各對對應子脈衝之該第一子脈衝轉換成具有一正啁啾之一第一經拉伸子脈衝，且經組態使得各對對應子脈衝之該第二子脈衝轉換成具有一負啁啾之一第二經拉伸子脈衝；及

一第一混頻模組，其經組態以使各第一經拉伸子脈衝與其對應該第二經拉伸子脈衝混合，使得該混合產生包含多個和頻脈衝之和頻光，該等和頻脈衝具有等於該基諧波頻率兩倍之頻率；及

一第二混頻模組，其經組態以使該和頻光及該和頻光之一諧波之一者與該基諧波光之該第二部分及該第二部分之一諧波之一者混合，使得該混合產生紫外(UV)雷射輸出光。

12. 如請求項11之雷射總成，其中該至少一單體器件包括一啁啾體積布拉格光柵及一啁啾光纖布拉格光柵之至少一者。

13. 如請求項11之雷射總成，其中該脈衝分割元件經組態以分割各脈

衝，使得該兩個子脈衝具有大約相等能量。

14. 如請求項13之雷射總成，其中該至少一單體器件進一步經組態使得該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝具有隨時間之頻率改變，該等頻率改變在大小上大致相等但正負號相反。
15. 如請求項13之雷射總成，

其中該至少一單體器件包括包含一啣啣體積布拉格光柵及一啣啣光纖布拉格光柵之一者的一單一單體器件，且

其中該頻寬窄化裝置進一步包括可操作地安置於該脈衝分割元件與該單一單體器件之間及該單一單體器件與該混頻模組之間的複數個光學元件，該複數個光學元件經組態以將該第一子脈衝及該第二子脈衝引導至該單一單體器件之相對表面上，且將該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝自該單一單體器件之該等相對表面引導至該混頻模組。

16. 如請求項15之雷射總成，其中該基諧波雷射經組態使得該基諧波光之該等光脈衝長於1皮秒。
17. 如請求項16之雷射總成，其中該基諧波雷射包括一光纖雷射、一Nd:YAG雷射或一摻釹釩酸雷射。
18. 如請求項16之雷射總成，其中該雷射總成經組態使得各該和頻脈衝包括具有大約213 nm之一波長。
19. 如請求項16之雷射總成，

其中該脈衝分割元件及該複數個光學元件經組態使得該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝一旦進入該混頻模組旋即具有實質上正交偏振，且沿共線路徑而被引導至該混頻模組中，且

其中該混頻模組經組態以對該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝進行II型混頻。

20. 如請求項16之雷射總成，

其中該脈衝分割元件及該複數個光學元件經組態使得該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝一旦進入該混頻模組旋即具有實質上平行偏振，且在間隔小於 4° 之一角之對應不平行方向上被引導至該混頻模組中，且

其中該混頻模組經組態以對該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝進行I型混頻。

21. 一種用於檢測一樣本之系統，該系統包括：

一照明源，其包括經組態以產生UV輻射之一UV雷射總成；及光學器件，其包含一物鏡，其經組態以將該UV輻射引導並聚焦至該樣本上，且經組態以將自該樣本重新引導之該UV輻射之一部分收集、引導及聚焦至一偵測器；

其中該UV雷射總成包括：

一基諧波雷射，其經組態以產生具有安置於一基諧波頻率頻寬內之基諧波頻率的雷射光脈衝；及

一頻寬窄化裝置，其包含：

一脈衝分割元件，其經組態以將各雷射光脈衝分割成包含一第一子脈衝及一第二子脈衝之一對對應子脈衝；

至少一單體器件，其經組態使得各對對應子脈衝之該第一子脈衝轉換成具有一正啁啾之一第一經拉伸子脈衝，且經組態使得各對對應子脈衝之該第二子脈衝轉換成具有一負啁啾之一第二經拉伸子脈衝；及

一混頻模組，其經組態以使各第一經拉伸子脈衝與其對應該第二經拉伸子脈衝混合，使得該混合產生包含多個和頻脈衝之和頻光，該等和頻脈衝具有等於該基諧波頻率兩倍之頻率。

22. 如請求項21之系統，

其中該至少一單體器件包括包含一啁啾體積布拉格光柵及一啁啾光纖布拉格光柵之一者的一單一單體器件，且

其中該頻寬窄化裝置進一步包括可操作地安置於該脈衝分割元件與該單一單體器件之間及該單一單體器件與該混頻模組之間的複數個光學元件，該複數個光學元件經組態以將該第一子脈衝及該第二子脈衝引導至該單一單體器件之相對表面上，且將該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝自該單一單體器件之該等相對表面引導至該混頻模組。

23. 如請求項22之檢測系統，

其中該脈衝分割元件及該複數個光學元件經組態使得該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝一旦進入該混頻模組旋即具有實質上正交偏振，且沿共線路徑而被引導至該混頻模組中，且

其中該混頻模組經組態以對該第一經拉伸子脈衝及該第二經拉伸子脈衝進行II型混頻。

24. 如請求項21之系統，其中該基諧波雷射經組態以產生大約1064 nm之一基諧波長，且其中該UV雷射總成經組態以產生具有等於大約266 nm及大約213 nm之一者的一波長之一雷射輸出光用於照明該樣本。

25. 如請求項21之系統，其中該偵測器包含一一維或二維影像感測器，該感測器包含一半導體薄膜，該半導體薄膜包含形成於該半導體薄膜之一第一表面上之電路元件及安置於該半導體薄膜之一第二表面上之一純硼層。

26. 如請求項25之檢測系統，其中該影像感測器進一步包括一電子轟擊影像感測器或一突崩影像感測器。

27. 如請求項21之任一者之檢測系統，其中該光學器件將該UV光聚焦至該樣本上之一線中。