



(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 I850632 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：111107908

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 03 月 04 日

(51)Int. Cl. : G03F7/20 (2006.01)

G03F1/22 (2012.01)

(30)優先權：2021/03/16 歐洲專利局

21162934.0

(71)申請人：荷蘭商 A S M L 荷蘭公司 (荷蘭) ASML NETHERLANDS B.V. (NL)
荷蘭(72)發明人：倪 永鋒 NI, YONGFENG (NL)；邦德 威廉 里察 PONGERS, WILLEM
RICHARD (NL)

(74)代理人：林嘉興

(56)參考文獻：

CN 109313390A

期刊 Ciriolo et al., "Generation of ultrashort pulses by four wave mixing in a gas-filled hollow core fiber", Journal of Optics, Volume 20, Number 12, Institute of Physics Publishing, Bristol GB, 14 November 2018, pages 125503-1 to 125503-9

期刊 Li et al., "Cascaded four-wave mixing seeded by two continuous wave signals", Applied Optics, Volume 53, Number 8, Optical Society of America, Washington, DC, US, 10 March 2014, pages 1583 to 1590

期刊 Cholan et al., "Self-seeded four-wave mixing cascades with low power consumption", Journal of Optics, Volume 16, Number 10, Institute of Physics Publishing, Bristol GB, 27 August 2014, pages 105203-1 to 105203-6

審查人員：許哲睿

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：12 共 53 頁

(54)名稱

光源裝置、產生包含離散波長帶之輻射的方法及度量衡裝置

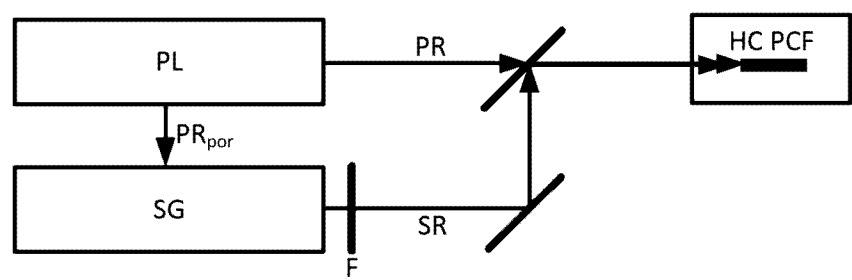
(57)摘要

一種用於產生包含複數個離散輸出波長帶之輸出輻射的多波長光源裝置及相關聯方法。該多波長光源裝置包含：一泵浦輻射源配置，其經組態以產生包含至少一第一頻率分量及一第二頻率分量之輸入輻射；及一空芯光子晶體纖維，其經組態以約束一工作介質。該空芯光子晶體纖維經組態以接收該輸入輻射且在該工作介質中經由一種子輔助級聯四波混頻(FWM)程序產生遍及一所關注波長範圍而分佈的該複數個離散輸出波長帶。

A multiple wavelength light source device and associated method for generating output radiation comprising a plurality of discrete output wavelength bands. The multiple wavelength light source device comprises a pump radiation source arrangement configured to generate input radiation comprising at least a first frequency component and a second frequency component; and a hollow-core photonic crystal fiber configured to confine a working medium. The hollow-core photonic crystal fiber is configured to receive said input radiation and to generate said plurality of discrete output wavelength bands distributed over a

wavelength range of interest via a seed-assisted cascaded four wave mixing (FWM) process in said working medium.

指定代表圖：



符號簡單說明：

- F:濾光器
- PL:泵浦雷射
- PR:泵浦輻射
- PR_{por}:部分
- SG:種子產生元件
- SR:種子輻射

【圖10】



I850632

【發明摘要】

【中文發明名稱】

光源裝置、產生包含離散波長帶之輻射的方法及度量衡裝置

【英文發明名稱】

LIGHT SOURCE DEVICE, METHOD OF GENERATING RADIATION COMPRISING DISCRETE WAVELENGTH BANDS, AND METROLOGY DEVICE

【中文】

一種用於產生包含複數個離散輸出波長帶之輸出輻射的多波長光源裝置及相關聯方法。該多波長光源裝置包含：一泵浦輻射源配置，其經組態以產生包含至少一第一頻率分量及一第二頻率分量之輸入輻射；及一空芯光子晶體纖維，其經組態以約束一工作介質。該空芯光子晶體纖維經組態以接收該輸入輻射且在該工作介質中經由一種子輔助級聯四波混頻(FWM)程序產生遍及一所關注波長範圍而分佈的該複數個離散輸出波長帶。

【英文】

A multiple wavelength light source device and associated method for generating output radiation comprising a plurality of discrete output wavelength bands. The multiple wavelength light source device comprises a pump radiation source arrangement configured to generate input radiation comprising at least a first frequency component and a second frequency component; and a hollow-core photonic crystal fiber configured to confine a working medium. The hollow-core photonic crystal fiber is configured to receive said input radiation and to generate said plurality of

discrete output wavelength bands distributed over a wavelength range of interest via a seed-assisted cascaded four wave mixing (FWM) process in said working medium.

【指定代表圖】

圖10

【代表圖之符號簡單說明】

F: 濾光器

PL: 泵浦雷射

PR: 泵浦輻射

PR_{por}: 部分

SG: 種子產生元件

SR: 種子輻射

【發明說明書】

【中文發明名稱】

光源裝置、產生包含離散波長帶之輻射的方法及度量衡裝置

【英文發明名稱】

LIGHT SOURCE DEVICE, METHOD OF GENERATING RADIATION COMPRISING DISCRETE WAVELENGTH BANDS, AND METROLOGY DEVICE

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種基於空芯光子晶體纖維之多波長輻射產生器，且特定言之，係關於與積體電路製造中之度量衡應用有關的此多波長輻射產生器。

【先前技術】

【0002】 微影設備為經建構以將所要圖案塗覆至基板上之機器。微影設備可用於例如積體電路(integrated circuit, IC)製造中。微影設備可例如將圖案化裝置(例如，遮罩)處之圖案(常常亦稱為「設計佈局」或「設計」)投影至提供於基板(例如，晶圓)上之一層輻射敏感材料(抗蝕劑)上。

【0003】 為了將圖案投影至基板上，微影設備可使用電磁輻射。此輻射之波長決定可形成於基板上之特徵的最小大小。當前在使用中之典型波長係365 nm (i線)、248 nm、193 nm及13.5 nm。相比於使用例如具有193 nm之波長之輻射的微影設備，使用具有介於4 nm至20 nm之範圍內之波長(例如6.7 nm或13.5 nm)之極紫外線(EUV)輻射的微影設備可用於在基板上形成較小特徵。

【0004】 低 k_1 微影可用於處理尺寸小於微影設備之典型解析度極限

的特徵。在此程序中，可將解析度公式表達為 $CD = k_1 \times \lambda / NA$ ，其中 λ 為所使用輻射之波長， NA 為微影設備中之投影光學裝置之數值孔徑， CD 為「臨界尺寸」(通常為經印刷之最小特徵大小，但在此狀況下為半間距)且 k_1 為經驗解析度因數。一般而言， k_1 愈小，則愈難以在基板上再生類似於由電路設計者規劃之形狀及尺寸以便達成特定電功能性及效能的圖案。為了克服此等困難，可將複雜微調步驟應用於微影投影設備及/或設計佈局。此等步驟包括例如但不限於： NA 之最佳化、自訂照明方案、相移圖案化裝置之使用、設計佈局之各種最佳化，諸如設計佈局中之光學近接校正(OPC，有時亦被稱作「光學及程序校正」)，或通常被定義為「解析度增強技術」(RET)之其他方法。替代地，用於控制微影設備之穩定性之嚴格控制環路可用於改良在低 k_1 下之圖案之再生。

【0005】 度量衡工具用於IC製造程序之許多態樣中，例如作為用於在曝光之前適當定位基板的對準工具、用以量測基板之表面拓樸的調平工具、用於例如在程序控制中檢測/量測經曝光及/或經蝕刻產品之基於聚焦控制及散射量測的工具。在每一情況下，皆需要輻射源。出於包括量測魯棒性及準確度之各種原因，多波長輻射源逐漸用於此類度量衡應用。將需要對現存裝置進行改良以用於多波長輻射產生。

【發明內容】

【0006】 在本發明之第一態樣中，提供一種多波長光源裝置，其經組態用於產生包含複數個離散輸出波長帶之輸出輻射，該多波長光源裝置包含：一泵浦輻射源配置，其經組態以產生包含至少一第一頻率分量及一第二頻率分量之輸入輻射；及一空芯光子晶體纖維，其經組態以約束一工作介質；其中該空芯光子晶體纖維經組態以接收該輸入輻射且在該工作介

質中經由一種子輔助級聯四波混頻(FWM)程序產生遍及一所關注波長範圍而分佈的該複數個離散輸出波長帶。

【0007】 在本發明之第二態樣中，提供一種產生包含複數個離散輸出波長帶之輸出輻射的方法，該方法包含：產生包含至少一第一頻率分量及一第二頻率分量之輸入輻射；及利用該輸入輻射激發一經約束工作介質以在該工作介質內經由一種子輔助級聯四波混頻(FWM)程序產生遍及一所關注波長範圍而分佈的該複數個離散輸出波長帶。

【0008】 本發明之其他態樣包含度量衡裝置，該度量衡裝置包含第一態樣之寬頻光源裝置。

【圖式簡單說明】

【0009】 現在將參考隨附示意性圖式而僅藉助於實例來描述本發明之實施例，在該等圖式中：

- 圖1描繪微影設備之示意性綜述；
- 圖2描繪微影單元之示意性綜述；
- 圖3描繪整體微影之示意性圖示，其表示最佳化半導體製造之三種關鍵技術之間的協作；
- 圖4描繪可包含根據本發明之實施例的輻射源之用作度量衡裝置的散射量測設備之示意性綜述；
- 圖5描繪根據本發明之實施例的可包含輻射源之位階感測器設備的示意性綜述；
- 圖6描繪根據本發明之實施例的可包含輻射源之對準感測器設備的示意性綜述；
- 圖7為可在橫向平面中(亦即，垂直於光纖之軸線)形成根據一實施

例之輻射源之部分的空芯光纖的示意性橫截面圖；

- 圖8描繪用於提供寬頻輸出輻射之根據一實施例之輻射源的示意性表示；
- 圖9為諸如可在根據一實施例之方法中經由種子輔助級聯四波混頻(FWM)程序獲得的輸出光譜；
- 圖10為根據一實施例之輻射源配置之示意性說明；
- 圖11為說明用於獲得所要光譜特性之此等參數之特定組合區的纖維長度對脈衝能量之標繪圖；且
- 圖12描繪根據一實施例之用於控制輻射源之電腦系統的方塊圖。

【實施方式】

【0010】 在本文檔中，術語「輻射」及「光束」用以涵蓋所有類型的電磁輻射，包括紫外輻射(例如具有365、248、193、157或126 nm之波長)及極紫外光輻射(extreme ultra-violet radiation, EUV，例如具有介於約5至100 nm之範圍內的波長)。

【0011】 如本文中所採用之術語「倍縮光罩」、「遮罩」或「圖案化裝置」可廣泛地解釋為指代可用於向入射輻射光束賦予經圖案化橫截面之通用圖案化裝置，該經圖案化橫截面對應於待在基板之目標部分中產生的圖案。在此上下文中，亦可使用術語「光閥」。除經典遮罩(透射或反射、二元、相移、混合式等)以外，其他此類圖案化裝置之實例包括可程式化鏡面陣列及可程式化LCD陣列。

【0012】 圖1示意性地描繪微影設備LA。該微影設備LA包括：照明系統(亦被稱作照明器) IL，其經組態以調節輻射光束B (例如UV輻射、DUV輻射或EUV輻射)；遮罩支撐件(例如遮罩台) MT，其經建構以支撐

圖案化裝置(例如遮罩) **MA**且連接至經組態以根據某些參數來準確地定位該圖案化裝置**MA**之第一定位器**PM**；基板支撐件(例如晶圓台) **WT**，其經建構以固持基板(例如抗蝕劑塗佈晶圓) **W**且連接至經組態以根據某些參數來準確地定位基板支撐件之第二定位器**PW**；及投影系統(例如折射投影透鏡系統) **PS**，其經組態以將由圖案化裝置**MA**賦予至輻射光束**B**之圖案投影至基板**W**之目標部分**C** (例如包含一或多個晶粒)上。

【0013】 在操作中，照射系統**IL**例如經由光束遞送系統**BD**自輻射源**SO**接收輻射光束。照射系統**IL**可包括用於引導、塑形及/或控制輻射之各種類型之光學組件，諸如折射、反射、磁性、電磁、靜電及/或其他類型之光學組件或其任何組合。照明器**IL**可用於調節輻射光束**B**以在圖案化裝置**MA**之平面處在其橫截面中具有所要之空間及角強度分佈。

【0014】 本文所使用之術語「投影系統」**PS**應被廣泛地解釋為涵蓋適於所使用之曝光輻射及/或適於諸如浸潤液體之使用或真空之使用之其他因素的各種類型之投影系統，包括折射、反射、反射折射、合成、磁性、電磁及/或靜電光學系統或其任何組合。可認為本文中對術語「投影透鏡」之任何使用與更一般之術語「投影系統」**PS**同義。

【0015】 微影設備**LA**可屬於一種類型，其中基板的至少一部分可由具有相對高折射率之例如水之液體覆蓋，以便填充投影系統**PS**與基板**W**之間的空間——此亦稱為浸潤式微影。在以引用之方式併入本文中的US6952253中給出關於浸潤技術之更多資訊。

【0016】 微影設備**LA**可屬於具有兩個或多於兩個基板支撐件**WT** (亦稱為「雙載物台」)之類型。在此「多載物台」機器中，可並行地使用基板支撐件**WT**，及/或可對位於基板支撐件**WT**中之一者上的基板**W**進行

準備基板W之後續曝光的步驟，同時將另一基板支撐件WT上之另一基板W用於在該另一基板W上曝光圖案。

【0017】除基板支撐件WT以外，微影設備LA亦可包含量測載物台。該量測載物台經組態以固持感測器及/或清潔裝置。感測器可經配置以量測投影系統PS之屬性及/或輻射光束B之屬性。量測載物台可固持多個感測器。清潔裝置可經配置以清潔微影設備之部分，例如投影系統PS之部分或提供浸潤液體之系統之部分。當基板支撐件WT遠離投影系統PS時，量測載物台可在投影系統PS之下移動。

【0018】在操作中，輻射光束B入射於固持在遮罩支撐件MT上之圖案化裝置(例如，遮罩) MA上，且藉由存在於圖案化裝置MA上之圖案(設計佈局)圖案化。在已橫穿遮罩MA的情況下，輻射光束B穿過投影系統PS，該投影系統PS將光束聚焦於基板W之目標部分C上。藉助於第二定位器PW及位置量測系統IF，可準確地移動基板支撐件WT，例如以便在聚焦卻對準之位置處在輻射光束B之路徑中定位不同目標部分C。類似地，第一定位器PM及可能之另一位置感測器(其未在圖1中明確地描繪)可用於相對於輻射光束B之路徑來準確地定位圖案化裝置MA。可使用遮罩對準標記M1、M2及基板對準標記P1、P2來對準圖案化裝置MA及基板W。儘管如所說明之基板對準標記P1、P2佔據專用目標部分，但其可定位於目標部分之間的空間中。當基板對準標記P1、P2位於目標部分C之間時，將該等基板對準標記P1、P2稱為切割道對準標記。

【0019】如圖2中所展示，微影設備LA可形成微影單元LC (有時亦被稱作微影單元(lithocell)或微影(litho)叢集)之部分，該微影單元LC通常亦包括用以對基板W執行曝光前程序及曝光後程序之設備。習知地，此等

包括沈積抗蝕劑層之旋塗器SC、顯影經曝光之抗蝕劑的顯影器DE、例如用於調節基板W之溫度(例如用於調節抗蝕劑層中之溶劑)的冷卻板CH及烘烤板BK。基板處置器或機器人RO自輸入/輸出埠I/O1、I/O2拾取基板W、在不同程序設備之間移動基板W且將基板W遞送至微影設備LA之裝載區LB。微影單元中常常亦統稱為塗佈顯影系統之裝置通常處於塗佈顯影系統控制單元TCU之控制下，該塗佈顯影系統控制單元TCU自身可受到監督控制系統SCS控制，該監督控制系統SCS亦可例如經由微影控制單元LACU來控制微影設備LA。

【0020】 為了正確且一致地曝光由微影設備LA曝光之基板W，合乎需要的係檢測基板以量測經圖案化結構之屬性，諸如後續層之間的疊對誤差、線厚度、臨界尺寸(CD)等等。出於此目的，可在微影單元LC中包括檢測工具(未展示)。若偵測到誤差，則可對後續基板之曝光或對待對基板W執行之其他處理步驟進行例如調整，在同一批量或批次之其他基板W仍待曝光或處理之前進行檢測的情況下尤其如此。

【0021】 亦可被稱作度量衡設備之檢測設備用於判定基板W之屬性，且尤其判定不同基板W之屬性如何變化或與同一基板W之不同層相關聯之屬性在不同層間如何變化。檢測設備可替代地經建構以識別基板W上之缺陷，且可例如為微影單元LC之部分，或可整合至微影設備LA中，或可甚至為獨立裝置。檢測設備可量測潛影(在曝光之後在抗蝕劑層中之影像)上之屬性，或半潛影(在曝光後烘烤步驟PEB之後在抗蝕劑層中之影像)上之屬性，或經顯影抗蝕劑影像(其中抗蝕劑之曝光部分或未曝光部分已被移除)上之屬性，或甚至經蝕刻影像(在諸如蝕刻之圖案轉印步驟之後)上之屬性。

【0022】 典型地，微影設備LA中之圖案化程序係在處理中之最關鍵步驟中的一者，其需要基板W上之結構之尺寸標定及置放的高準確度。為了確保此高準確度，可將三個系統組合於如圖3中示意性地描繪之所謂的「整體」控制環境中。此等系統中之一者係微影設備LA，其(實際上)連接至度量衡工具MT (第二系統)且連接至電腦系統CL (第三系統)。此「整體」環境之關鍵在於最佳化此等三個系統之間的合作以增強總體程序窗且提供嚴格控制迴路，以確保由微影設備LA執行之圖案化保持在程序窗內。程序窗定義一系列程序參數(例如劑量、焦點、疊對)，在該等程序參數內，特定製造程序產生經定義結果(例如功能性半導體裝置)--通常在該經定義結果內，允許微影程序或圖案化程序中之程序參數變化。

【0023】 電腦系統CL可使用待圖案化之設計佈局(之部分)以預測使用哪種解析度增強技術且執行計算微影模擬及計算以判定哪種遮罩佈局及微影設備設定達成圖案化程序之最大總體程序窗(在圖3中藉由第一標度SC1中之雙箭頭描繪)。典型地，解析度增強技術經配置以匹配微影設備LA之圖案化可能性。電腦系統CL亦可用以偵測微影設備LA當前正在程序窗內之何處操作(例如使用來自度量衡工具MT之輸入)以預測是否可能存在歸因於例如次佳處理的缺陷(由第二標度SC2中指向「0」之箭頭描繪於圖3中)。

【0024】 度量衡工具MT可將輸入提供至電腦系統CL以實現準確模擬及預測，且可將回饋提供至微影設備LA以識別例如在微影設備LA之校準狀態下的可能漂移(在圖3中由第三標度SC3中之多個箭頭描繪)。

【0025】 在微影程序中，需要頻繁地對所產生結構進行量測，例如以用於程序控制及驗證。用以進行此類量測之工具通常稱為度量衡工具

MT。用於進行此類量測之不同類型之度量衡工具MT已為吾人所知，包括掃描電子顯微鏡或各種形式之散射計度量衡工具MT。散射計為多功能器具，其允許藉由在光瞳或與散射計之接物鏡之光瞳共軛的平面中具有感測器來量測微影程序之參數(量測通常被稱作以光瞳為基礎之量測)，或藉由在影像平面或與影像平面共軛之平面中具有感測器來量測微影程序之參數，在此狀況下量測通常被稱作以影像或場為基礎之量測。以全文引用之方式併入本文中之專利申請案US20100328655、US2011102753A1、US20120044470A、US20110249244、US20110026032或EP1,628,164A中進一步描述此類散射計及相關量測技術。前述散射計可使用來自軟x射線及對近IR波長範圍可見的光來量測光柵。

【0026】 在第一實施例中，散射計MT為角解析散射計。在此散射計中，重建構方法可應用於經量測信號以重建構或計算光柵之屬性。此重建構可例如由模擬散射輻射與目標結構之數學模型之相互作用且比較模擬結果與量測之彼等結果而引起。調整數學模型之參數，直至經模擬相互作用產生與自真實目標觀測到之繞射圖案類似的繞射圖案為止。

【0027】 在第二實施例中，散射計MT為光譜散射計MT。在此光譜散射計MT中，由輻射源發射之輻射經導向至目標上且來自目標之反射或散射輻射經導向至光譜儀偵測器上，該光譜儀偵測器量測鏡面反射輻射之光譜(亦即隨波長而變之強度之量測)。自此資料，可例如藉由嚴密耦合波分析(Rigorous Coupled Wave Analysis)及非線性回歸或藉由與經模擬光譜庫比較來重建構產生偵測到之光譜的目標之結構或輪廓。

【0028】 在第三實施例中，散射計MT為橢圓量測散射計。橢圓量測散射計允許藉由量測針對每一偏振狀態之散射輻射來判定微影程序之參

數。此度量衡設備藉由在度量衡設備之照明區段中使用例如適當偏振濾光器來發射偏振光(諸如線性、圓形或橢圓)。適用於度量衡設備之源亦可提供偏振輻射。現有橢圓量測散射計之各種實施例描述於以全文引用之方式併入本文中之美國專利申請案11/451,599、11/708,678、12/256,780、12/486,449、12/920,968、12/922,587、13/000,229、13/033,135、13/533,110及13/891,410中。

【0029】 在散射計MT之一個實施例中，散射計MT適用於藉由量測反射光譜及/或偵測組態中之不對稱性(該不對稱性與疊對之範圍有關)來量測兩個未對準光柵或週期性結構之疊對。可將兩個(通常重疊)光柵結構應用於兩個不同層(未必為連續層)中，且該兩個光柵結構可形成為實質上處於晶圓上之相同位置。散射計可具有如例如在共同擁有之專利申請案EP1,628,164A中所描述之對稱偵測組態，使得任何不對稱性為可明確區別的。此提供用以量測光柵中之未對準的直接方式。可在全文係以引用方式併入本文中之PCT專利申請公開案第WO 2011/012624號或美國專利申請案第US 20160161863號中找到關於含有作為目標之週期性結構之兩個層之間的疊對誤差經由該等週期性結構之不對稱性予以量測的另外實例。

【0030】 其他所關注參數可為焦點及劑量。可藉由如以全文引用的方式併入本文中之美國專利申請案US2011-0249244中所描述之散射術(或替代地藉由掃描電子顯微法)同時判定焦點及劑量。可使用具有針對焦點能量矩陣(FEM，亦稱為焦點曝光矩陣)中之每一點的臨界尺寸及側壁角量測之獨特組合的單一結構。若臨界尺寸及側壁角之此等唯一組合為可獲得的，則可根據此等量測唯一地判定聚焦及劑量值。

【0031】 度量衡目標可為藉由微影程序主要在抗蝕劑中形成且亦在

例如蝕刻程序之後形成之複合光柵的集合。通常，光柵中之結構之間距及線寬很大程度上取決於量測光學裝置(尤其光學裝置之NA)以能夠捕獲來自度量衡目標之繞射階。如較早所指示，繞射信號可用於判定兩個層之間的移位(亦稱為『疊對』)或可用於重建構如由微影程序產生的原始光柵之至少一部分。此重建構可用於提供微影程序之品質的導引，且可用於控制微影程序之至少一部分。目標可具有經組態以模仿目標中之設計佈局之功能性部分的尺寸之較小子分段。歸因於此子分段，目標將表現得更類似於設計佈局之功能性部分，使得總體程序參數量測與設計佈局之功能性部分更佳地相似。可在填充不足模式中或在填充過度模式中量測目標。在填充不足模式下，量測光束產生小於總體目標之光點。在填充過度模式中，量測光束產生大於總體目標之光點。在此填充過度模式中，亦有可能同時量測不同目標，藉此同時判定不同處理參數。

【0032】 使用特定目標之微影參數之總體量測品質至少部分地由用於量測此微影參數的量測配方來判定。術語「基板量測配方」可包括量測自身之一或多個參數、經量測之一或多個圖案之一或多個參數，或此兩者。舉例而言，若用於基板量測配方中之量測為基於繞射的光學量測，則量測之參數中的一或多者可包括輻射之波長、輻射之偏振、輻射相對於基板之入射角、輻射相對於基板上之圖案的定向等。用以選擇量測配方的準則中之一者可例如為量測參數中之一者對於處理變化的敏感度。在以全文引用方式併入本文中之美國專利申請案US2016-0161863及已公開之US專利申請案US 2016/0370717A1中描述更多實例。

【0033】 圖4中描繪度量衡設備，諸如散射計。該散射計包含將輻射投影至基板6上之寬頻(白光)輻射投影儀2。將經反射或經散射輻射傳遞

至光譜儀偵測器4，該光譜儀偵測器量測鏡面反射輻射之光譜10 (亦即，依據波長變化的之強度之量測)。自此資料，可由處理單元PU重建構引起經偵測光譜之結構或輪廓，例如，藉由嚴密耦合波分析及非線性回歸，或藉由與圖3之底部處所展示之經模擬光譜庫的比較。一般而言，對於重建構，結構之一般形式係已知的，且根據用於製造結構之程序之知識來假定一些參數，從而僅留下結構之幾個參數以待根據散射量測資料予以判定。此散射計可經組態為正入射散射計或斜入射散射計。

【0034】經由量測度量衡目標之微影參數的整體量測品質係至少部分地由用於量測此微影參數之量測配方來判定。術語「基板量測配方」可包括量測自身之一或多個參數、經量測之一或多個圖案之一或多個參數，或此兩者。舉例而言，若用於基板量測配方中之量測為基於繞射的光學量測，則量測之參數中的一或多者可包括輻射之波長、輻射之偏振、輻射相對於基板之入射角、輻射相對於基板上之圖案的定向等。用以選擇量測配方的準則中之一者可例如為量測參數中之一者對於處理變化的敏感度。更多實例描述於以全文引用之方式併入本文中的美國專利申請案US2016/0161863及公開的美國專利申請案US 2016/0370717A1中。

【0035】用於IC製造中之另一種類型的度量衡工具為構形量測系統、位階感測器或高度感測器。此類工具可整合於微影設備中，用於量測基板(或晶圓)之頂部表面之構形。基板之構形的映圖(亦被稱作高度圖)可由指示依據基板上之位置而變的基板之高度的此等量測產生。此高度圖隨後可用於在將圖案轉印於基板上期間校正基板之位置，以便在基板上之恰當聚焦位置中提供圖案化裝置的空中影像。應理解，「高度」在此內容背景中係指相對於基板大致在平面之外的尺寸(亦稱為Z軸)。通常，位階或

高度感測器在固定位置(相對於其自身光學系統)處進行量測，且基板與位階或高度感測器之光學系統之間的相對移動引起跨越基板之位置處的高度量測。

【0036】 圖5中示意性地展示如此項技術中已知之位階或高度感測器LS之實例，其僅說明操作原理。在此實例中，位階感測器包含光學系統，該光學系統包括投影單元LSP及偵測單元LSD。投影單元LSP包含提供輻射光束LSB之輻射源LSO，該輻射光束LSB由投影單元LSP之投影光柵PGR賦予。輻射源LSO可為例如窄帶或寬頻光源，諸如超連續譜光源，偏振或非偏振、脈衝或連續，諸如偏振或非偏振雷射光束。輻射源LSO可包括具有不同顏色或波長範圍之複數個輻射源，諸如複數個LED。位階感測器LS之輻射源LSO不限於可見光輻射，但可另外地或替代地涵蓋UV及/或IR輻射及適合於自基板之表面反射的任何波長範圍。

【0037】 投影光柵PGR為包含引起具有週期性變化強度之輻射光束BE1之週期性結構的週期性光柵。具有週期性變化強度之輻射光束BE1經導向基板W上之量測位置MLO，該輻射光束具有0度與90度之間，通常70度與80度之間的相對於垂直於入射基板表面之軸線(Z軸)的入射角ANG。在量測位置MLO處，經圖案化輻射光束BE1由基板W反射(由箭頭BE2指示)且經引導朝向偵測單元LSD。

【0038】 為了判定量測位置MLO處之高度位階，位階感測器進一步包含偵測系統，該偵測系統包含偵測光柵DGR、偵測器DET及用於處理偵測器DET之輸出信號的處理單元(未展示)。偵測光柵DGR可與投影光柵PGR相同。偵測器DET產生偵測器輸出信號，該偵測器輸出信號指示所接收之光，例如指示所接收之光之強度，諸如光偵測器，或表示所接收之強

度之空間分佈，諸如攝影機。偵測器DET可包含一或多種偵測器類型之任何組合。

【0039】 藉助於三角量測技術，可判定量測位置MLO處之高度位階。偵測到之高度位階通常與如藉由偵測器DET所量測之信號強度相關，該信號強度具有尤其取決於投影光柵PGR之設計及(傾斜)入射角ANG的週期性。

【0040】 投影單元LSP及/或偵測單元LSD可沿著投影光柵PGR與偵測光柵DGR之間的經圖案化輻射光束之路徑包括其他光學元件，諸如透鏡及/或鏡面(未展示)。

【0041】 在一實施例中，可省略偵測光柵DGR，且可將偵測器DET置放於安置偵測光柵DGR之位置處。此類組態提供投影光柵PGR之影像之較直接偵測。

【0042】 為了有效地覆蓋基板W之表面，位階感測器LS可經組態以將量測光束BE1之陣列投影至基板W之表面上，藉此產生覆蓋較大量測範圍之量測區域MLO或光點的陣列。

【0043】 例如在兩者以引用方式併入的US7265364及US7646471中揭示一般類型之各種高度感測器。使用UV輻射代替可見或紅外輻射之高度感測器揭示於以引用之方式併入的US2010233600A1中。在以引用方式併入的WO2016102127A1中，描述使用多元件偵測器來偵測及辨識光柵影像之位置而無需偵測光柵的緊湊型高度感測器。

【0044】 用於IC製造中之另一種類型之度量衡工具為對準感測器。因此，微影設備之效能的關鍵態樣為能夠相對於置於先前層中(藉由相同設備或不同微影設備)之特徵恰當且準確地置放經施加圖案。為此目的，

基板具備一或多組標記或目標。每一標記為稍後可使用通常為光學位置感測器之位置感測器來量測位置的結構。位置感測器可稱為「對準感測器」，且標記可稱為「對準標記」。

【0045】 微影設備可包括可藉以準確地量測提供於基板上之對準標記之位置的一或多個(例如，複數個)對準感測器。對準(或位置)感測器可使用諸如繞射及干涉之光學現象，以自形成於基板上之對準標記獲得位置資訊。用於當前微影設備中之對準感測器的實例係基於如US6961116中所描述之自參考干涉計。已開發出位置感測器之各種增強及修改，例如，如US2015261097A1中所揭示。所有此等公開案之內容係以引用之方式併入本文中。

【0046】 圖6為諸如在例如US6961116中所描述且以引用之方式併入之已知對準感測器AS之一實施例的示意性方塊圖。輻射源RSO提供具有一或多個波長之輻射光束RB，該輻射光束藉由轉向光學裝置轉向至標記(諸如位於基板W上之標記AM)上作為照明光點SP。在此實例中，轉向光學裝置包含光點鏡面SM及物鏡OL。藉以照明標記AM之照明光點SP之直徑可稍微小於標記自身之寬度。

【0047】 經對準標記AM繞射之輻射(在此實例中經由物鏡OL)經準直成資訊攜載光束IB。術語「繞射」意欲包括來自標記之零階繞射(其可稱為反射)。例如上文所提及之US6961116中所揭示之類型的自參考干涉計SRI以自身干涉光束IB，其後光束由光偵測器PD接收。可包括額外光學裝置(未展示)以在由輻射源RSO產生多於一個波長之狀況下提供單獨光束。光偵測器可為單個元件，或其視需要可包含多個像素。光偵測器可包含感測器陣列。

【0048】 在此實例中包含光點鏡面SM之轉向光學裝置亦可用以阻擋自標記反射之零階輻射，以使得資訊攜載光束IB僅包含來自標記AM之高階繞射輻射(此對於量測並非必需，但提高信雜比)。

【0049】 將強度信號SI供應至處理單元PU。藉由區塊SRI中進行之光學處理與在單元PU中進行之演算處理的組合而輸出基板相對於參考框架之X位置及Y位置的值。

【0050】 所說明類型之單一量測僅將標記之位置固定於對應於該標記之一個節距的某一範圍內。結合此量測來使用較粗略量測技術，以識別正弦波之哪一週期為含有經標記位置之週期。可在不同波長下重複較粗略及/或較精細層級之同一程序，以用於提高準確度及/或用於穩固地偵測標記，而無關於製成標記之材料及供標記提供於上方及/或下方之材料。可光學地多工及解多工波長以便同時處理該等波長，及/或可藉由分時或分頻來多工該等波長。

【0051】 在此實例中，對準感測器及光點SP保持靜止，而基板W移動。因此，對準感測器可剛性且準確地安裝至參考框架，同時在與基板W之移動方向相對之方向上有效地掃描標記AM。在此移動中藉由基板W安裝於基板支撐件上且基板定位系統控制基板支撐件之移動來控制基板W。基板支撐件位置感測器(例如干涉計)量測基板支撐件之位置(未展示)。在一實施例中，一或多個(對準)標記設置於基板支撐件上。對設置於基板支撐件上之標記之位置的量測允許校準如由位置感測器所判定之基板支撐件的位置(例如相對於對準系統所連接之框架)。對設置於基板上之對準標記之位置的量測允許判定基板相對於基板支撐件之位置。

【0052】 上文所提及之度量衡工具MT (諸如散射計、構形量測系統

或位置量測系統)可使用源自輻射源之輻射來進行量測。藉由度量衡工具使用之輻射之屬性可影響可執行之量測的類型及品質。對於一些應用，使用多個輻射頻率來量測基板可為有利的，例如可使用寬頻輻射。多個不同頻率可能夠在不干涉其他頻率或最少干涉其他頻率之情況下傳播、輻照及散射開度量衡目標。因此，可例如使用不同頻率來同時獲得更多度量衡資料。不同輻射頻率亦可能夠查詢及發現度量衡目標之不同屬性。寬頻輻射可用於諸如位階感測器、對準標記量測系統、散射量測工具或檢測工具之度量衡系統MT中。寬頻輻射源可為超連續譜源。

【0053】 例如超連續譜輻射之高品質寬頻輻射可能難以產生。用於產生寬頻輻射之一種方法可為例如利用非線性高階效應來增寬高功率窄頻帶或單頻輸入輻射。輸入輻射(其可使用雷射來產生)可被稱作泵浦輻射。替代地，輸入輻射可被稱作種子輻射。為獲得用於增寬效應之高功率輻射，可將輻射約束至小區域中以使得達成很大程度上經局域化的高強度輻射。在彼等區域中，輻射可與增寬結構及/或形成非線性媒體之材料相互作用以便形成寬頻輸出輻射。在高強度輻射區域中，不同材料及/或結構可用於藉由提供合適的非線性媒體來實現及/或改良輻射增寬。

【0054】 在一些實施中，在光子晶體纖維(PCF)中產生寬頻輸出輻射。在若干實施例中，此光子晶體纖維在其纖芯周圍具有微結構，其輔助限制穿過纖芯中之纖維的輻射。纖芯可由具有非線性屬性且當高強度泵浦輻射透射穿過纖芯時能夠產生寬頻輻射之固體材料製成。儘管在實芯光子晶體纖維中產生寬頻輻射為可實行的，但使用固體材料可存在幾個缺點。舉例而言，若在實芯中產生UV輻射，則此輻射可不存在於光纖之輸出光譜中，因為輻射由大多數固體材料吸收。

【0055】 在一些實施中，如下文參看圖8進一步論述，用於增寬輸入輻射之方法及設備可使用光纖用於限制輸入輻射且用於將輸入輻射增寬以輸出寬頻輻射。該纖維可為空芯纖維，且可包含用以在纖維中達成輻射之有效引導及限制的內部結構。該纖維可為空芯光子晶體纖維(hollow core photonic crystal fiber；HC-PCF)，其尤其適合於主要在纖維之空芯內部進行強輻射限制，從而達成高輻射強度。纖維之空芯可經氣體填充，該氣體充當用於增寬輸入輻射之增寬介質。纖維之輻射輸入可為電磁輻射，例如在紅外光譜、可見光譜、UV光譜及極UV光譜中之一或多者中的輻射。輸出輻射可由多個離散波長組成或包含多個離散波長。

【0056】 一些實施例係關於包含光纖之此寬頻輻射源之新穎設計。該光纖為空芯光子晶體纖維(HC-PCF)。特定而言，該光纖可為包含用於限制輻射之反共振結構之類型的空芯光子晶體纖維。包含反共振結構之此類纖維在此項技術中已知為反共振纖維、管狀纖維、單環纖維、負曲率纖維或抑制耦合纖維。此類纖維之各種不同設計在此項技術中已知。替代地，光纖可為光子帶隙纖維(HC-PBF，例如Kagome纖維)。

【0057】 可工程設計多種類型之HC-PCF，每種基於不同物理導引機制。兩個此類HC-PCF包括：空芯光子帶隙纖維(HC-PBF)及空芯反共振反射纖維(HC-ARF)。HC-PCF之設計及製造上之細節可見於以引用之方式併入本文中之美國專利US2004/015085A1 (針對HC-PBF)及國際PCT專利申請案WO2017/032454A1 (針對空芯反共振反射纖維)中。

【0058】 現將參看圖7描述用於輻射源中之光纖的實例，該圖為橫向平面中光纖OF之示意性橫截面圖。類似於圖7之纖維之實際實例的其他實施例揭示於WO2017/032454A1中。

【0059】 光纖OF可包含細長主體，光纖OF在一個維度上比光纖OF之其他兩個維度相比更長。此更長維度可稱為軸向方向，且可限定光纖OF之軸。兩個其他維度界定可被稱作橫向平面之平面。圖7展示光纖OF在經標記為x-y平面之此橫向平面(亦即，垂直於軸線)中之橫截面。光纖OF之橫向橫截面沿著纖維軸線可為實質上恆定的。

【0060】 應瞭解，光纖OF具有一定程度之可撓性，且因此，一般而言，軸線之方向沿著光纖OF之長度將不均勻。諸如光軸、橫向橫截面及其類似者之術語應理解為意謂局部光軸、局部橫向橫截面等。此外，在組件經描述為成圓柱形或管狀之情況下，此等術語應理解為涵蓋當光纖OF彎曲時可能已變形的此類形狀。

【0061】 光纖OF可具有任何長度且將瞭解，光纖OF之長度可取決於應用。光纖OF可具有1 cm與10 cm之間的長度，例如光纖OF可具有1 cm與7 cm或1 cm與5 cm之間的長度。

【0062】 光纖OF包含：空芯HC；包圍空芯HC之包層部分；及包圍且支撐包層部分之支撐部分SP。可將光纖OF視為包含具有空芯HC之主體(包含包層部分及支撐部分SP)。該包層部分包含用於導引輻射穿過空芯HC之複數個反共振元件。特定言之，複數個反共振元件經配置以約束主要在空芯HC內部傳播通過光纖OF之輻射，且經配置以沿著光纖OF導引輻射。光纖OF之空芯HC可實質上安置於光纖OF之中心區中，以使得光纖OF之軸線亦可限定光纖OF之空芯HC之軸線。

【0063】 該包層部分包含用於導引傳播穿過光纖OF之輻射的複數個反共振元件。特定而言，在此實施例中，包層部分包含六個管狀毛細管CAP之單環。管狀毛細管CAP中之每一者充當反共振元件。

【0064】毛細管CAP亦可被稱作管。在橫截面中，毛細管CAP可為圓形的，或可具有另一形狀。每一毛細管CAP包含大體上圓柱形壁部分WP，該大體上圓柱形壁部分WP至少部分地限定光纖OF之空芯HC且將空芯HC與毛細管空腔CC分離。將瞭解，壁部分WP可充當用於輻射之抗反射法布里-珀羅(Fabry-Perot)共振器，該輻射傳播通過空芯HC（且該輻射可以一掠入射角入射於壁部分WP上）。壁部分WP之厚度可為合適的，以便確保大體上增強返回空芯HC之反射，而大體上抑制進入毛細管空腔CC之透射。在一些實施例中，毛細管壁部分WP可具有在0.01 μm 至10.0 μm 之間的厚度。

【0065】應瞭解，如本文中所使用，術語包層部分意欲意謂光纖OF之用於導引傳播穿過光纖OF之輻射的部分(亦即，將該輻射約束於空芯HC內之毛細管CAP)。輻射可以橫向模式之形式受約束，從而沿纖維軸線傳播。

【0066】支撐部分大體上為管狀的且支撐包層部分之六個毛細管CAP。六個毛細管CAP均勻分佈在內部支撐部分SP之內表面周圍。六個毛細管CAP可描述為以大體上六邊形之形式安置。

【0067】毛細管CAP經配置以使得每一毛細管不與其他毛細管CAP中之任一者接觸。毛細管CAP中之每一者與內支撐部分SP接觸，且與環結構中之相鄰毛細管CAP間隔開。此配置因為可增加光纖OF之透射頻寬(相對於例如毛細管彼此接觸之配置)而可為有益的。替代地，在一些實施例中，毛細管CAP中之每一者可與環結構中之相鄰毛細管CAP接觸。

【0068】包層部分之六個毛細管CAP以環結構安置於空芯HC周圍。毛細管CAP之環結構之內表面至少部分地界定光纖OF之空芯HC。空

芯HC之直徑 d (其可界定為對置毛細管之間的最小尺寸，由箭頭 d 指示)可在 $10\text{ }\mu\text{m}$ 與 $1000\text{ }\mu\text{m}$ 之間。空芯HC之直徑 d 可影響空芯HC光纖OF之模場直徑、衝擊損失、分散度、模態多元性及非線性屬性。

【0069】 在此實施例中，包層部分包含毛細管CAP (其充當反共振元件)之單環配置。因此，自空芯HC之中心至光纖OF之外部的任何徑向方向上的線通過不超過一個毛細管CAP。

【0070】 應瞭解，其他實施例可具備反共振元件之不同配置。此等配置可包括具有反共振元件之多個環之配置及具有嵌套式反共振元件的配置。此外，儘管圖7中所展示之實施例包含六個毛細管之環，但在其他實施例中，包含任何數目之反共振元件(例如4、5、6、7、8、9、10、11或12個毛細管)的一或多個環可設置於包層部分中。

【0071】 圖8描繪用於提供寬頻輸出輻射之輻射源RDS。輻射源RDS包含：脈衝式泵浦輻射源PRS或能夠產生所要長度及能量位準之短脈衝的任何其他類型之源；具有空芯HC之光纖OF (例如圖7中所展示之類型)；及安置於空芯HC內之工作介質WM (例如氣體)。儘管在圖8中輻射源RDS包含圖7中所展示之光纖OF，但在替代實施例中，可使用其他類型之空芯HC光纖OF。

【0072】 脈衝式泵浦輻射源PRS經組態以提供輸入輻射IRD。光纖OF之空芯HC經配置以容納來自脈衝式泵浦輻射源PRS之輸入輻射IRD，且增寬輸入輻射IRD以提供輸出輻射ORD。工作介質WM能夠增寬所接收輸入輻射IRD之頻率範圍以便提供寬頻輸出輻射ORD。

【0073】 輻射源RDS進一步包含儲集器RSV。光纖OF安置於儲集器RSV內部。儲集器RSV亦可稱為殼體、容器或氣胞。儲集器RSV經組態以

含有工作介質WM。儲集器RSV可包含此項技術中已知的用於控制、調節及/或監測儲集器RSV內部之工作介質WM (其可為氣體)之組成的一或多個特徵。儲集器RSV可包含第一透明窗TW1。在使用時，光纖OF安置於儲集器RSV內部，以使得第一透明窗TW1接近於光纖OF之輸入端IE處定位。第一透明窗TW1可形成儲集器RSV之壁的部分。第一透明窗TW1可至少對於所接收輸入輻射頻率為透明的，以使得所接收輸入輻射IRD (或至少其較大部分)可耦合至位於儲集器RSV內部之光纖OF中。將瞭解，可提供用於將輸入輻射IRD耦合至光纖OF中之光學裝置(未展示)。

【0074】 儲集器RSV包含形成儲集器RSV之壁之部分的第二透明窗TW2。在使用時，當光纖OF安置於儲集器RSV內部時，第二透明窗TW2位於接近於光纖OF之輸出端OE處。第二透明窗TW2至少對於設備120之寬頻輸出輻射ORD之頻率可為透明的。

【0075】 替代地，在另一實施例中，光纖OF之兩個對置末端可置放於不同儲集器內部。光纖OF可包含經組態以接收輸入輻射IRD之第一末端區段，及用於輸出寬頻輸出輻射ORD之第二末端區段。第一末端區段可置放於包含工作介質WM之第一儲集器內部。第二末端區段可置放於第二儲集器內部，其中第二儲集器亦可包含工作介質WM。儲集器之運作可如上文關於圖8所描述來進行。第一儲集器可包含第一透明窗，該第一透明窗經組態以對於輸入輻射IRD為透明的。第二儲集器可包含第二透明窗，該第二透明窗經組態為對於寬頻輸出輻射ORD為透明的。第一儲集器及第二儲集器亦可包含可密封開口，以准許光纖OF部分地置放於儲集器內部且部分地置放於儲集器外部，使得氣體可密封於儲集器內部。光纖OF可進一步包含不含於儲集器內部之中間區段。使用兩個單獨氣體

儲集器之此配置對於其中光纖OF相對較長(例如當長度超過1 m時)之實施例可為尤其便利的。將瞭解，對於使用兩個單獨氣體儲集器之此類配置，可將兩個儲集器(其可包含此項技術中已知的用於控制、調節及/或監測兩個儲集器內部之氣體之組成的一或多個特徵)視為提供用於提供光纖OF之空芯HC內工作介質WM的設備。

【0076】 在此上下文中，若窗上某一頻率之入射輻射之至少50%、75%、85%、90%、95%或99%透射通過該窗，則窗對於彼頻率可為透明的。

【0077】 第一TW1及第二TW2透明窗兩者可在儲集器RSV之壁內形成氣密密封，以使得可在儲集器RSV內含有工作介質WM (其可為氣體)。應瞭解，氣體WM可在不同於儲集器RSV之環境壓力的壓力下包含於儲集器RSV內。

【0078】 工作介質WM可包含：諸如氫氣、氮氣及氬氣之惰性氣體；諸如氫氣、氖氣及氮氣之拉曼(Raman)活性氣體；或諸如氫氣/氬氣混合物、氬氣/氖氣混合物、氮氣/氬氣混合物或氮氣/氬氣混合物之氣體混合物。取決於填充氣體之類型，非線性光學程序可包括調變不穩定性(MI)、孤立子自壓縮、孤立子分裂、克爾(Kerr)效應、拉曼效應及分散性波產生(DWG)，其詳細內容描述於WO2018/127266A1及US9160137B1 (兩者皆特此以引用之方式併入)中。由於可藉由改變儲集器RSR中之工作介質WM壓力(亦即氣胞壓力)來調諧填充氣體之分散，因此可調整所產生之寬頻脈衝動態及相關光譜增寬特性，以便最佳化頻率轉換。

【0079】 在一個實施中，工作介質WM可至少在接收用於產生寬頻輸出輻射ORD之輸入輻射IRD期間安置於空芯HC內。應瞭解，當光纖OF

不接收用於產生寬頻輸出輻射之輸入輻射IRD時，氣體WM可全部或部分地不存在於空芯HC中。

【0080】 為了達成頻率增寬，可需要高強度輻射。具有空芯HC光纖OF之優勢為，其可經由對傳播穿過光纖OF之輻射的強空間限制而達成高強度輻射，從而達成高局域化輻射強度。光纖OF內部之輻射強度可較高，例如歸因於高接收輸入輻射強度及/或歸因於光纖OF內部之輻射的強空間約束。空芯光纖之優勢為其可導引具有比實芯纖維更廣之波長範圍之輻射，且特定而言，空芯光纖可導引在紫外及紅外範圍兩者中之輻射。

【0081】 使用空芯HC光纖OF之優勢可為在光纖OF內部導引之大部分輻射被限制在空芯HC中。因此，光纖OF內部之輻射之相互作用的大部分係與工作介質WM進行，該工作介質WM經設置於光纖OF之空芯HC內部。因此，可增加工作介質WM對輻射之增寬效應。

【0082】 所接收輸入輻射IRD可為電磁輻射。輸入輻射IRD可作為脈衝輻射接收。舉例而言，輸入輻射IRD可包含例如由雷射產生之超快脈衝。

【0083】 輸入輻射IRD可為相干輻射。輸入輻射IRD可為準直輻射，且其優勢可為促進且提高將輸入輻射IRD耦合至光纖OF中之效率。輸入輻射IRD可由雷射產生。類似地，輸出輻射ORD可為準直及/或可為相干的。

【0084】 通常，對於設計此輻射源之度量衡應用，需要使輻射源提供複數個(例如，窄)離散波長帶。舉例而言，一些度量衡工具可使用自3或4達至30、達至20或達至15之任何數目個此等離散波長帶(例如根據一或多個偏振狀態)。一個特定度量衡工具(對準感測器)使用12個此等離散波

長帶(及兩個偏振狀態；總共24個照明設定)。

【0085】 用於產生多個(例如，窄)離散波長帶之所要光譜的本發明方法包含：產生超連續譜輸出(例如，使用超連續譜輻射源及如已描述之相關聯技術)；及例如使用靜態光學濾光器(具有多層塗層)根據此超連續譜輸出濾出所要波長帶。然而，此濾光為獲得所要光譜之低效方法。通常，舉例而言，超連續譜輸出可小於10 W功率(使用>20 W泵浦源獲得)，其中僅1至2 W包含可見或以其他方式可用之波長。在濾光之後，實際可用之光可小於100 mW。

【0086】 除此低效之外，任何經濾光帶之中心波長亦將取決於(複雜)多層塗層之容許度且因此並不簡單進行組態。並且，基於電流調變不穩定性(MI)之超連續譜產生技術需要長纖維長度(數十cm)以便產生平滑光譜。此使得該設計極為繁瑣。拉伸良好品質纖維亦具有挑戰性。

【0087】 為了解決此等問題，提議在(例如，填充有惰性氣體之)空芯纖維中使用種子輔助級聯四波混頻(FWM)程序來直接產生多波長頻帶之所要光譜。此類方法依賴於加壓氣體之3階非線性 χ^3 。

【0088】 舉例而言，假定泵浦雷射包含第一頻率分量 f_0 。正常FWM程序通常產生滿足 $f_m + f_k = 2*f_0$ 之其他頻率(簡併FWM)。換言之，頻率 f_0 之兩個光子之能量轉換成頻率 f_m 及 f_k 之兩個新光子。

【0089】 所提議方法包含將具有稍微去諧之第二頻率分量 f_1 之種子輻射提供至系統中。頻率 f_1 充當種子頻率，使得連同泵浦頻率分量 f_0 ，發生最終種子輔助FWM程序，其產生滿足 $f_m + f_k = f_0 + f_1$ 的新頻率。頻率 f_1 可表示為泵浦頻率 f_0 與小頻率差量 Δf 之總和，亦即 $f_1 = f_0 + \Delta f$ 。發生級聯效應，其中每一新近產生頻率將進一步相互作用以在原始泵浦頻率之每一側

處產生後續頻率(『級聯』)，且鄰近產生頻率之間具有 Δf 之分離。

【0090】圖9為說明此級聯效應之輸出光譜之示意圖。泵浦或第一頻率分量 f_0 及種子或第二頻率分量 $f_0+\Delta f$ 一起產生在 $f_0-\Delta f$ 及 $f_0+2\Delta f$ 下之頻率；[亦即， $f_0+(f_0+\Delta f)=(f_0-\Delta f)+(f_0+2\Delta f)$]。泵浦頻率 f_0 及產生頻率 $f_0+2\Delta f$ 一起產生在 $f_0-\Delta f$ 及 $f_0+3\Delta f$ 下之頻率；[亦即， $f_0+(f_0+2\Delta f)=(f_0-\Delta f)+(f_0+3\Delta f)$]。泵浦頻率 f_0 及產生頻率 $f_0-\Delta f$ 一起產生在 $f_0-2\Delta f$ 及 $f_0+\Delta f$ 下之頻率；[亦即， $f_0+(f_0-\Delta f)=(f_0-2\Delta f)+(f_0+\Delta f)$]。此處理級聯以便產生多個離散頻率；取決於與纖維及工作介質有關之數個參數(例如，氣體壓力及纖維長度)產生(在可用功率下)之離散頻率的數目，如下文將描述。

【0091】圖10為根據此實施例之多波長光源裝置之示意性說明。可經由泵浦雷射以各種方式產生種子輻射，且應瞭解，此僅為實例配置。來自泵浦雷射PL之泵浦輻射PR之一部分 PR_{por} 引導至種子產生元件SG以產生增寬輻射。在一實施例中，種子產生元件SG包含一(例如，短)段實芯PCF或其他適合的光譜增寬元件。所提議方法僅需要少量去諧(例如，就波長而言：10 nm與200 nm之間，50 nm與200 nm之間或大約100 nm去諧)，此可藉由若干cm之PCF達成。在此之後，可使用濾光器F濾出所要種子波長以獲得種子輻射SR。泵浦輻射及種子輻射兩者可接著用於激發纖維HC-PCF中之工作介質。用於種子產生的替代方法包括頻率混合程序，諸如差頻產生DFG、光參數產生OPG或放大OPA，或光參數振盪OPO。

【0092】在一實施例中，為了獲得所要光譜特性，脈衝能量與纖維長度的組合應使得存在有效混合，該有效混合延伸達700 nm或更低、600 nm或更低或500 nm或更低之波長範圍，同時避免過多自相位調變(SPM)使得光譜帶重疊。因此，脈衝能量及纖維長度可使得充分避免SPM，使得

每一波長帶為離散的且不與鄰近波長帶重疊(至少在所關注波長範圍內，諸如100 nm至4000 nm、200 nm至2000 nm、400 nm至900 nm或500 nm至900 nm之間的範圍)。

【0093】 圖11說明脈衝能量及纖維長度之間相對於所要光譜特性的關係。在圖之頂部處為纖維長度對脈衝能量之標繪圖。虛線表示此空間中之所要區DES，其中脈衝能量與纖維長度的組合產生第一所要光譜：光譜A (PSD對波長 λ 之第一標繪圖)。此光譜包含處於或低於500 nm波長之離散可用頻帶。此光譜亦包含針對每一頻帶的良好光譜形狀(例如，包含單個波峰)。在一些應用中，每頻帶之此良好光譜形狀可為合乎需要的，此係因為其指示良好頻帶穩定性。然而，在許多其他情況下，此並不十分重要。舉例而言，所要區DES中之另一所要光譜產生用於至少一些波長帶之較不界限分明的光譜形狀(如藉由光譜B所說明)。此類光譜仍可極佳地使用，且甚至在一些情況下，(例如，歸因於其更扁平輪廓及/或更寬峰)而優於藉由光譜A展示之特性。

【0094】 在所要區DES上方，將存在過多自相位調變，且波長帶開始重疊。在此區下方，光譜不充分平坦，且在光譜之下端處無離散(例如可用)帶，例如處於或低於500 nm波長，如藉由光譜C所指示。

【0095】 一般而言，泵浦雷射之脈衝寬度判定每一離散輸出波長帶之頻寬，使得較大脈衝寬度產生較小頻寬，且反之亦然。藉由種子設定波長與泵浦波長之間的差來判定頻帶分離。藉由氣體壓力來判定朝向UV之延伸。脈衝能量可與纖維長度(較小脈衝能量，需要較長纖維)交換，如已描述。因此，除已描述之所要光譜特性(可經由纖維長度及脈衝能量調諧)之外，可藉由種子設定波長與泵浦波長之間的差來選擇所要波長範圍內之

波長帶的數目。波長帶之峰值隨輸入輻射之脈衝重複率縮放且可因此經由控制此參數而控制。

【0096】 實例配置可獲得5個與30個波長帶之間或10個與20個波長帶之間(例如，12個離散波長帶)之輻射，其覆蓋以下之所關注波長範圍：200 nm至2000 nm、400 nm至2000 nm、400 nm至1200 nm、400 nm至1000 nm、500 nm至1200 nm、400至900或500 nm至900 nm。

【0097】 光纖OF或HC-PCF的長度可在1 cm與30 cm、1 cm與20 cm、1 cm與10 cm之間，在1 cm與7 cm或1 cm與5 cm之間。此比當前設計短得多；能夠使用由所提議之種子輔助級聯四波混頻(FWM)程序產生的較短纖維。

【0098】 總體而言，本文中所揭示之方法比濾波之當前方法能量高效得多，從而濾出大量輻射。方法僅需要若干公分之HC-PCF。相較於HC-PCF通常長40 cm以上之當前配置，此顯著減小所需體積。此使得HC-PCF之製造更容易。相較於當前雜訊觸發MI超連續譜程序，雜訊小得多。利用此程序，可產生穩定的多個頻帶。該程序為彈性的，且因此每一頻帶之中心波長僅取決於種子雷射之去諧。其比不輔助之四波混頻更有效。

【0099】 圖12為說明可輔助實施本文中所揭示之方法及流程的電腦系統1600的方塊圖。電腦系統1600包括用於傳達資訊之匯流排1602或其他通信機構及與匯流排1602耦接以用於處理資訊之處理器1604 (或多個處理器1604及1605)。電腦系統1600亦包括耦接至匯流排1602以用於儲存待由處理器1604執行之資訊及指令的主記憶體1606，諸如隨機存取記憶體(RAM)或其他動態儲存裝置。主記憶體1606亦可用於在待由處理器1604

執行之指令的執行期間儲存暫時性變數或其他中間資訊。電腦系統1600進一步包括耦接至匯流排1602以用於儲存用於處理器1604之靜態資訊及指令的唯讀記憶體(ROM) 1608或其他靜態儲存裝置。提供諸如磁碟或光碟之儲存裝置1610，且儲存裝置1610耦接至匯流排1602以用於儲存資訊及指令。

【0100】 電腦系統1600可經由匯流排1602耦接至用於向電腦使用者顯示資訊之顯示器1612，諸如陰極射線管(CRT)或平板顯示器或觸控面板顯示器。包括文數字按鍵及其他按鍵之輸入裝置1614耦接至匯流排1602以用於將資訊及命令選擇傳達至處理器1604。另一類型之使用者輸入裝置為用於將方向資訊及命令選擇傳達至處理器1604且用於控制顯示器1612上之游標移動的游標控制件1616，諸如滑鼠、軌跡球或游標方向按鍵。此輸入裝置通常具有在兩個軸線(第一軸(例如，x)及第二軸(例如，y))上之兩個自由度，從而允許裝置指定平面中之位置。觸控面板(螢幕)顯示器亦可用作輸入裝置。

【0101】 如本文中所描述之方法中之一或多者可由電腦系統1600回應於處理器1604執行主記憶體1606中所含有之一或多個指令的一或多個序列來執行。可將此類指令自另一電腦可讀媒體(諸如儲存裝置1610)讀取至主記憶體1606中。主記憶體1606中含有之指令序列的執行使得處理器1604執行本文中所描述之程序步驟。呈多處理配置之一或多個處理器亦可用以執行主記憶體1606中所含有的指令序列。在替代性實施例中，可代替或結合軟體指令而使用硬連線電路。因此，本文之描述不限於硬體電路及軟體之任何特定組合。

【0102】 如本文中所使用之術語「電腦可讀媒體」係指參與將指令

提供至處理器1604以供執行之任何媒體。此媒體可呈許多形式，包括但不限於非揮發性媒體、揮發性媒體及傳輸媒體。非揮發性媒體包括例如光碟或磁碟，諸如儲存裝置1610。揮發性媒體包括動態記憶體，諸如主記憶體1606。傳輸媒體包括同軸纜線、銅線及光纖，包括包含匯流排1602之導線。傳輸媒體亦可呈聲波或光波之形式，諸如在射頻(RF)及紅外(IR)資料通信期間產生之聲波或光波。電腦可讀媒體之常見形式包括例如軟磁碟、軟性磁碟、硬碟、磁帶、任何其他磁媒體、CD-ROM、DVD、任何其他光學媒體、打孔卡、紙帶、具有孔圖案之任何其他實體媒體、RAM、PROM及EPROM、FLASH-EPROM、任何其他記憶體晶片或卡匣、如下文所描述之載波或可供電腦讀取之任何其他媒體。

【0103】 各種形式之電腦可讀媒體可涉及將一或多個指令之一或多個序列攜載至處理器1604以供執行。舉例而言，可初始地將指令承載於遠端電腦之磁碟上。遠端電腦可將指令載入至其動態記憶體內，且使用數據機經由電話線來發送指令。電腦系統1600本端之數據機可接收電話線上之資料，且使用紅外線傳輸器將資料轉換成紅外線信號。耦接至匯流排1602之紅外偵測器可接收紅外信號中所攜載之資料且將資料置放於匯流排1602上。匯流排1602將資料攜載至主記憶體1606，處理器1604自該主記憶體1606擷取並執行指令。由主記憶體1606接收之指令可視情況在由處理器1604執行之前或之後儲存於儲存裝置1610上。

【0104】 電腦系統1600亦較佳地包括耦接至匯流排1602之通信介面1618。通信介面1618提供與網路鏈路1620之雙向資料通信耦合，網路鏈路1620連接至區域網路1622。舉例而言，通信介面1618可為整合式服務數位網路(ISDN)卡或數據機以提供對對應類型之電話線之資料通信連

接。作為另一實例，通信介面1618可為將資料通信連接提供至相容LAN的區域網路(LAN)卡。亦可實施無線鏈路。在任何此類實施中，通信介面1618發送且接收攜載表示各種類型之資訊之數位資料串流的電信號、電磁信號或光信號。

【0105】 網路鏈路1620通常經由一或多個網路將資料通信提供至其他資料裝置。舉例而言，網路鏈路1620可經由區域網路1622向主機電腦1624或向由網際網路服務提供者(ISP) 1626操作之資料設備提供連接。ISP 1626又經由全球封包資料通信網路(現在通常稱作「網際網路」1628)提供資料通信服務。區域網路1622及網際網路1628兩者皆使用攜載數位資料串流之電信號、電磁信號或光信號。經由各種網路之信號及在網路鏈路1620上且經由通信介面1618之信號(該等信號將數位資料攜載至電腦系統1600且自電腦系統1600攜載數位資料)為輸送資訊的例示性形式之載波。

【0106】 電腦系統1600可經由網路、網路鏈路1620及通信介面1618發送訊息且接收包括程式碼之資料。在網際網路實例中，伺服器1630可經由網際網路1628、ISP 1626、區域網路1622及通信介面1618而傳輸用於應用程式之所請求程式碼。舉例而言，一種此類經下載應用程式可提供本文中所描述之技術中的一或多者。所接收程式碼可在其經接收時由處理器1604執行，及/或儲存於儲存裝置1610或其他非揮發性儲存器中以供稍後執行。以此方式，電腦系統1600可獲得呈載波之形式之應用程式碼。

【0107】 在經編號條項之後續清單中揭示另外實施例：

1. 一種多波長光源裝置，其經組態用於產生包含複數個離散輸出波長帶之輸出輻射，該多波長光源裝置包含：

泵浦輻射源配置，其經組態以產生包含至少第一頻率分量及第二頻率分量之輸入輻射；及

空芯光子晶體纖維，其經組態以約束工作介質；

其中空芯光子晶體纖維經組態以接收該輸入輻射且在該工作介質中經由種子輔助級聯四波混頻(FWM)程序產生遍及所關注波長範圍而分佈的該複數個離散輸出波長帶。

2.如條項1之多波長光源裝置，該複數個離散輸出波長帶數目在5個與30個波長帶之間。

3.如條項1之多波長光源裝置，該複數個離散輸出波長帶數目在10個與20個波長帶之間。

4.如任一前述條項之多波長光源裝置，其中空芯光子晶體纖維包含1 cm與30 cm之間的長度。

5.如任一前述條項之多波長光源裝置，其中空芯光子晶體纖維包含1 cm與10 cm之間的長度。

6.如任一前述條項之多波長光源裝置，其中輸入輻射之脈衝能量與空芯光子晶體纖維之長度的組合係使得該複數個離散輸出波長帶中之至少一個離散輸出波長帶居中於700 nm或更低處。

7.如條項1至5中任一項之多波長光源裝置，其中輸入輻射之脈衝能量與空芯光子晶體纖維之長度的組合係使得該複數個離散輸出波長帶中之至少一個離散輸出波長帶居中於600 nm或更低處。

8.如條項1至5中任一項之多波長光源裝置，其中輸入輻射之脈衝能量與空芯光子晶體纖維之長度的組合係使得該複數個離散輸出波長帶中之至少一個離散輸出波長帶居中於500 nm或更低處。

9. 如任一前述條項之多波長光源裝置，其中輸入輻射之脈衝能量與空芯光子晶體纖維之長度的組合係使得避免自相位調變。

10. 如條項9之多波長光源裝置，其中自相位調變之該避免係使得該所關注波長範圍內之離散波長帶並不重疊。

11. 如任一前述條項之多波長光源裝置，其中泵浦輻射源包含可操作以輸出包含該第一頻率分量之泵浦輻射的泵浦輻射源；且

種子產生元件，其可操作以自該泵浦輻射產生該第二頻率分量。

12. 如條項11之多波長光源裝置，其中種子產生元件包含：

光譜增寬元件，其可操作以增寬該泵浦輻射之一部分之光譜；及

濾光器，其可操作以將第二頻率分量與增寬輻射分離。

13. 如條項12之多波長光源裝置，其中該光譜增寬元件包含實芯光子晶體纖維。

14. 如條項11之多波長光源裝置，其中該種子產生元件包含差分頻率產生器、光參數產生器、光參數放大器或光參數振盪器中之一者。

15. 如任一前述條項之多波長光源裝置，其中該第一頻率分量與該第二頻率分量之間的頻率差介於10 nm與200 nm之間。

16. 如任一前述條項之多波長光源裝置，其中該所關注波長範圍包含至少400 nm與2000 nm之間的波長。

17. 如條項1至15中任一項之多波長光源裝置，其中該所關注波長範圍包含至少400 nm與1200 nm之間的波長。

18. 如條項1至15中任一項之多波長光源裝置，其中該所關注波長範圍包含至少500 nm與1000 nm之間的波長。

19. 一種產生包含複數個離散輸出波長帶之輸出輻射的方法，該方

法包含：

產生包含至少第一頻率分量及第二頻率分量之輸入輻射；及

利用該輸入輻射激發經約束工作介質以在該工作介質內經由種子輔助級聯四波混頻(FWM)程序產生遍及所關注波長範圍而分佈的該複數個離散輸出波長帶。

20. 如條項19之方法，該複數個離散輸出波長帶數目在5個與30個波長帶之間。

21. 如條項19之方法，該複數個離散輸出波長帶數目在10個與20個波長帶之間。

22. 如條項19至21中任一項之方法，其中工作介質經約束在具有1 cm與30 cm之間的長度的空芯光子晶體纖維內。

23. 如條項19至21中任一項之方法，其中工作介質經約束在具有1 cm與10 cm之間的長度的空芯光子晶體纖維內。

24. 如條項22或23之方法，其包含最佳化輸入輻射之脈衝能量與空芯光子晶體纖維之長度的組合，使得該複數個離散輸出波長帶中之至少一個離散輸出波長帶居中於700 nm或更低處。

25. 如條項22或23之方法，其包含最佳化輸入輻射之脈衝能量與空芯光子晶體纖維之長度的組合，使得該複數個離散輸出波長帶中之至少一個離散輸出波長帶居中於600 nm或更低處。

26. 如條項22或23之方法，其包含最佳化輸入輻射之脈衝能量與空芯光子晶體纖維之長度的組合，使得該複數個離散輸出波長帶中之至少一個離散輸出波長帶居中於500 nm或更低處。

27. 如條項23至26中任一項之方法，其包含最佳化輸入輻射之脈衝

能量與空芯光子晶體纖維之長度的組合，使得避免自相位調變。

28. 如條項27之方法，其中自相位調變之該避免係使得該所關注波長範圍內之該等離散波長帶並不重疊。

29. 如條項19至28中任一項之方法，其包含藉由適當設定輸入輻射之脈衝寬度來設定每一離散輸出波長帶之頻寬。

30. 如條項19至29中任一項之方法，其中藉由設定該第一頻率分量與該第二頻率分量之間的頻率差來設定鄰近離散輸出波長帶之間的頻帶分離。

31. 如條項30之方法，其中該第一頻率分量與該第二頻率分量之間的頻率差設定為介於10 nm與200 nm之間。

32. 如條項19至31中任一項之方法，其包含自可操作以僅在該第一頻率下輸出泵浦輻射的單個泵浦輻射源產生該第一頻率分量及該第二頻率分量。

33. 如條項32之方法，其包含藉由光譜地增寬該泵浦輻射之一部分而自該泵浦輻射源產生該第二頻率分量；及將第二頻率分量與增寬輻射分離。

34. 如條項32之方法，其包含藉由以下中之一者自該泵浦輻射源產生該第二頻率分量：差頻產生、光參數產生、光參數放大或光參數振盪。

35. 如條項19至34中任一項之方法，其中該所關注波長範圍包含至少400 nm與2000 nm之間的波長。

36. 如條項19至34中任一項之方法，其中該所關注波長範圍包含至少400 nm與1200 nm之間的波長。

37. 如條項19至34中任一項之方法，其中該所關注波長範圍包含至

少500 nm與1000 nm之間的波長。

38. 一種度量衡裝置，其包含：

基板支撐件，其用於支撐基板；

如條項1至18中任一項之多波長光源裝置；

至少一個光學系統，其可操作以將輸出輻射自多波長光源裝置引導至基板且捕獲已自該基板散射之輻射。

39. 如條項38之度量衡裝置，其中該度量衡裝置可操作為散射計度量衡設備。

40. 如條項38之度量衡裝置，其中該度量衡裝置可操作為位階感測器或對準感測器。

41. 一種微影設備，其包含用於執行對準及/或位階量測度量衡的如條項40之至少一個該度量衡裝置。

42. 一種微影單元，其包含如條項41之微影設備及如條項39之度量衡裝置。

【0108】 儘管可在本文中特定地參考在IC製造中微影設備之使用，但應理解，本文中所描述之微影設備可具有其他應用。可能其他應用包括製造整合式光學系統、用於磁疇記憶體之導引及偵測、平板顯示器、液晶顯示器(LCD)、薄膜磁頭，等等。

【0109】 儘管在本文中可特定地參考在微影設備之上下文中的本發明的實施例，但本發明的實施例可以在其他設備中使用。本發明之實施例可形成遮罩檢測設備、度量衡設備或量測或處理諸如晶圓(或其他基板)或遮罩(或其他圖案化裝置)之物件之任何設備之部分。此等設備可通常被稱作微影工具。此微影工具可使用真空條件或環境(非真空)條件。

【0110】 儘管上文可能已經特定地參考在光學微影之上下文中對本發明之實施例的使用，但應瞭解，在上下文允許之情況下，本發明不限於光學微影，且可用於其他應用(例如壓印微影)中。

【0111】 儘管上文已描述本發明之特定實施例，但將瞭解，可以與所描述不同之其他方式來實踐本發明。以上描述意欲為說明性，而非限制性的。因此，對於熟習此項技術者將顯而易見，可在不脫離下文所闡述之申請專利範圍之範疇的情況下對所描述之本發明進行修改。

【符號說明】

【0112】

2: 寬頻輻射投影儀

4: 光譜儀偵測器

6: 基板

1600: 電腦系統

1602: 匯流排

1604: 處理器

1605: 處理器

1606: 主記憶體

1608: 唯讀記憶體

1610: 儲存裝置

1612: 顯示器

1614: 輸入裝置

1616: 游標控制件

1618: 通信介面

1620: 網路鏈路
1622: 區域網路
1624: 主機電腦
1626: 網際網路服務提供者
1628: 網際網路
1630: 伺服器
A: 光譜
AM: 標記
AS: 對準感測器
ANG: 入射角
B: 輻射光束/光譜
BD: 光束遞送系統
BE1: 輻射光束
BE2: 箭頭
BK: 烘烤板
C: 目標部分/光譜
CAP: 毛細管
CC: 毛細管空腔
CH: 冷卻板
CL: 電腦系統
d: 直徑
DE: 顯影器
DET: 偵測器

DES: 所要區

DGR: 偵測光柵

F: 濾光器

f_0 : 第一頻率分量

f_1 : 第二頻率分量

HC: 空芯

I/O1: 輸入/輸出埠

I/O2: 輸入/輸出埠

IB: 資訊攜載光束

IE: 輸入端

IF: 位置量測系統

IL: 照射系統

IRD: 輸入輻射

LA: 微影設備

LACU: 微影控制單元

LB: 裝載區

LC: 微影單元

LS: 位階或高度感測器

LSB: 輻射光束

LSD: 偵測單元

LSO: 輻射源

LSP: 投影單元

M1: 遮罩對準標記

M2: 遮罩對準標記

MA: 圖案化裝置

MLO: 量測區域/量測位置

MT: 遮罩支撐件/散射計/度量衡工具

OE: 輸出端

OF: 光纖

OL: 物鏡

ORD: 寬頻輸出輻射

P1: 基板對準標記

P2: 基板對準標記

PD: 光偵測器

PGR: 投影光柵

PL: 泵浦雷射

PM: 第一定位器

PR: 泵浦輻射

PR_{por}: 部分

PRS: 泵浦輻射源

PS: 投影系統

PU: 處理單元

PW: 第二定位器

RB: 輻射光束

RDS: 輻射源

RO: 機器人

RSO: 輻射源

RSV: 儲集器

SC: 旋塗器

SC1: 第一標度

SC2: 第二標度

SC3: 第三標度

SCS: 監督控制系統

SG: 種子產生元件

SI: 強度信號

SM: 光點鏡面

SO: 輻射源

SP: 照明光點/支撐部分

SR: 種子輻射

SRI: 自參考干涉計

TCU: 塗佈顯影系統控制單元

TW1: 第一透明窗

TW2: 第二透明窗

W: 基板

WM: 工作介質

WP: 壁部分

WT: 基板支撐件

Δf : 頻率差量

λ : 波長

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種多波長光源裝置，其經組態用於產生包含複數個離散(discret)輸出波長帶之輸出輻射，該多波長光源裝置包含：

一泵浦輻射源配置，其經組態以產生包含至少一第一頻率分量及一第二頻率分量之輸入輻射；及

一空芯光子晶體纖維，其經組態以約束一工作介質；

其中該空芯光子晶體纖維經組態以接收該輸入輻射且在該工作介質中經由一種子輔助級聯四波混頻(seed-assisted cascaded four wave mixing; FWM)程序產生遍及(over)一所關注波長範圍而分佈的該複數個離散輸出波長帶。

【請求項2】

如請求項1之多波長光源裝置，該複數個離散輸出波長帶數目在5個與30個波長帶之間。

【請求項3】

如請求項1或2之多波長光源裝置，其中該空芯光子晶體纖維包含1 cm與30 cm之間的一長度。

【請求項4】

如請求項1或2之多波長光源裝置，其中該輸入輻射之脈衝能量與該空芯光子晶體纖維之長度的一組合係使得該複數個離散輸出波長帶中之至少一個離散輸出波長帶居中於700 nm或更低處。

【請求項5】

如請求項1或2之多波長光源裝置，其中該輸入輻射之脈衝能量與該

空芯光子晶體纖維之長度的一組合係使得避免自相位調變。

【請求項6】

如請求項5之多波長光源裝置，其中自相位調變之該避免係使得該所關注波長範圍內之該等離散波長帶並不重疊。

【請求項7】

如請求項1或2之多波長光源裝置，其中該泵浦輻射源包含可操作以輸出包含該第一頻率分量之泵浦輻射的一泵浦輻射源；及

一種子產生元件，其可操作以自該泵浦輻射產生該第二頻率分量。

【請求項8】

如請求項7之多波長光源裝置，其中該種子產生元件包含：

一光譜增寬元件，其可操作以增寬該泵浦輻射之一部分之光譜；及

一濾光器，其可操作以將該第二頻率分量與該增寬輻射分離。

【請求項9】

如請求項8之多波長光源裝置，其中該光譜增寬元件包含一實芯光子晶體纖維。

【請求項10】

如請求項7之多波長光源裝置，其中該種子產生元件包含一差頻產生器、光參數產生器、光參數放大器或光參數振盪器中之一者。

【請求項11】

如請求項1或2之多波長光源裝置，其中該第一頻率分量與該第二頻率分量之間的一頻率差介於10 nm與200 nm之間。

【請求項12】

如請求項1或2之多波長光源裝置，其中該所關注波長範圍包含至少

400 nm與2000 nm之間的波長。

【請求項13】

一種產生包含複數個離散輸出波長帶之輸出輻射的方法，該方法包含：

產生包含至少一第一頻率分量及一第二頻率分量之輸入輻射；及

利用該輸入輻射激發一經約束工作介質以在該工作介質內經由一種子輔助級聯四波混頻(FWM)程序產生遍及一所關注波長範圍而分佈的該複數個離散輸出波長帶。

【請求項14】

如請求項13之方法，其包含自可操作以僅在該第一頻率分量下輸出泵浦輻射的一單個泵浦輻射源產生該第一頻率分量及該第二頻率分量。

【請求項15】

一種度量衡裝置，其包含：

一基板支撐件，其用於支撐一基板；

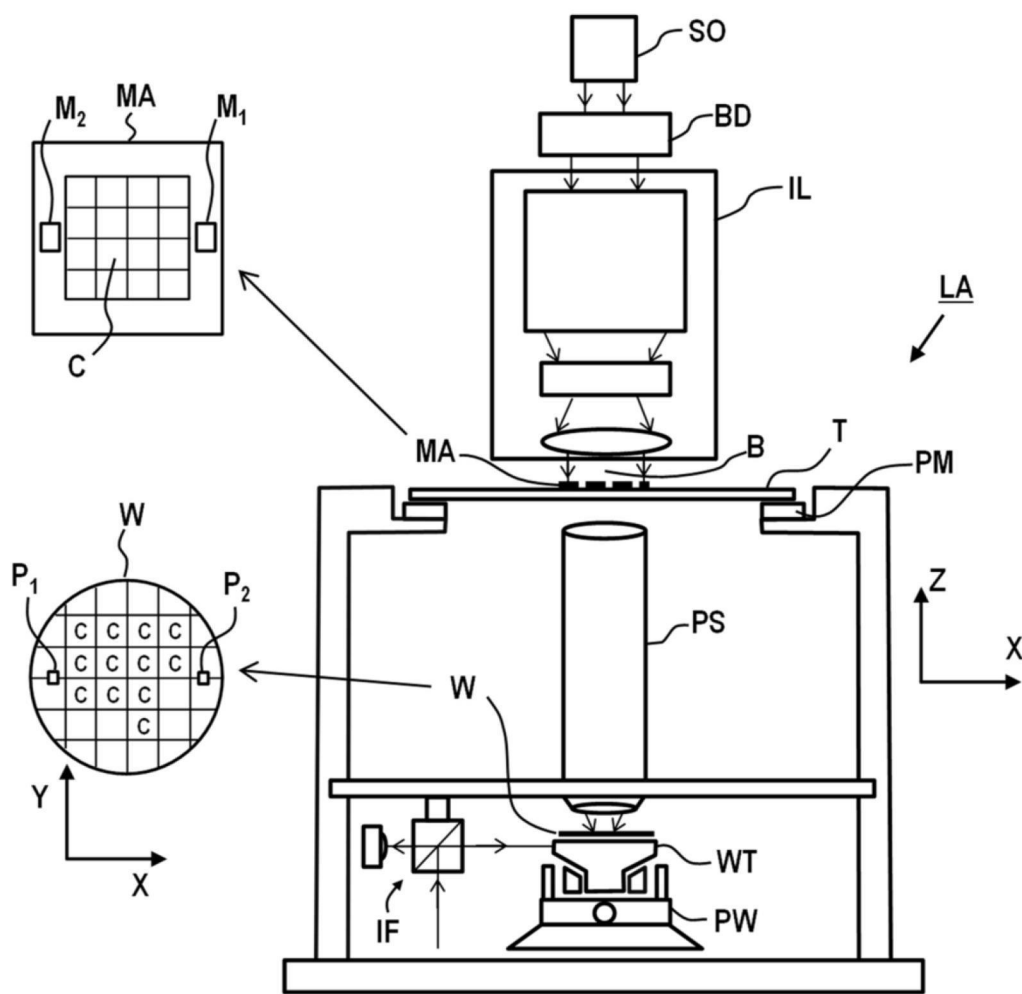
如請求項1至12中任一項之多波長光源裝置；

至少一個光學系統，其可操作以將該輸出輻射自該多波長光源裝置引導至該基板且捕獲已自該基板散射之輻射。

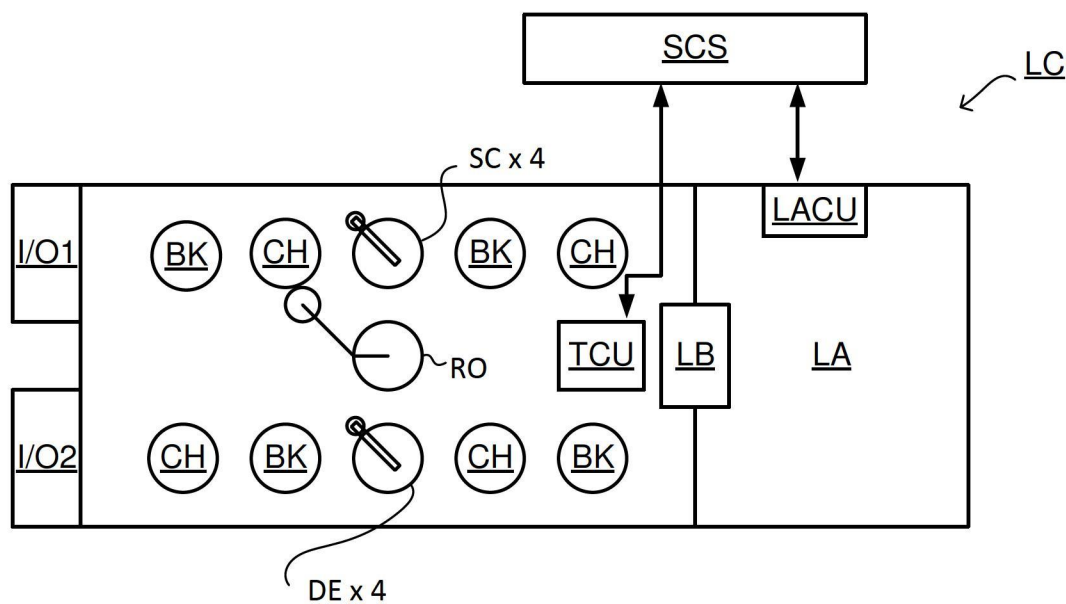
【請求項16】

如請求項15之度量衡裝置，其中該度量衡裝置可操作為散射計度量衡設備、一位階感測器或一對準感測器。

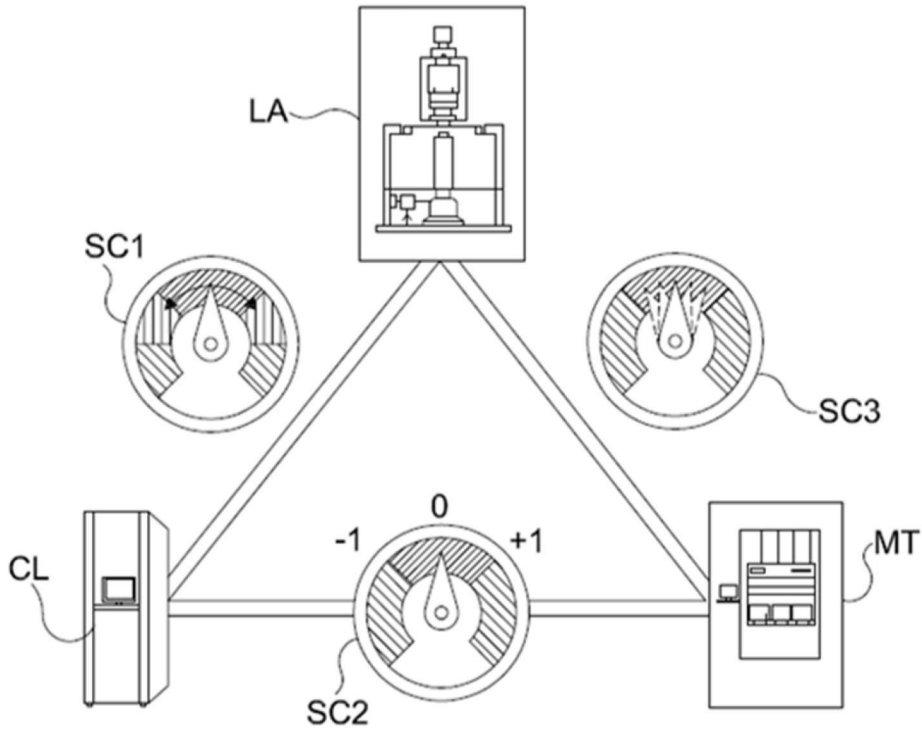
【發明圖式】



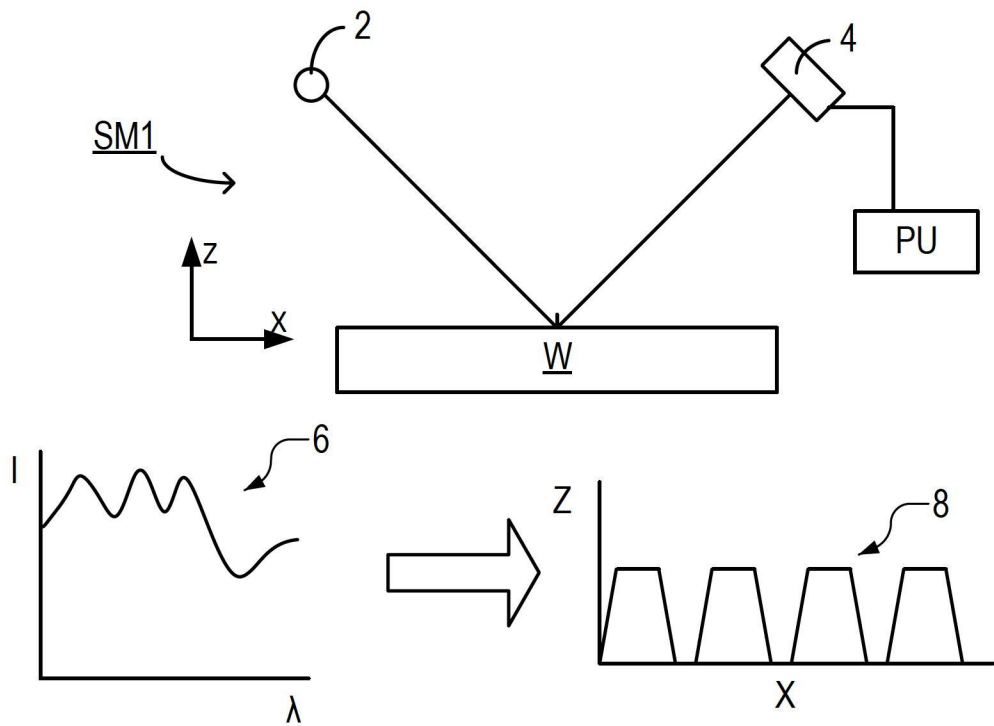
【圖1】



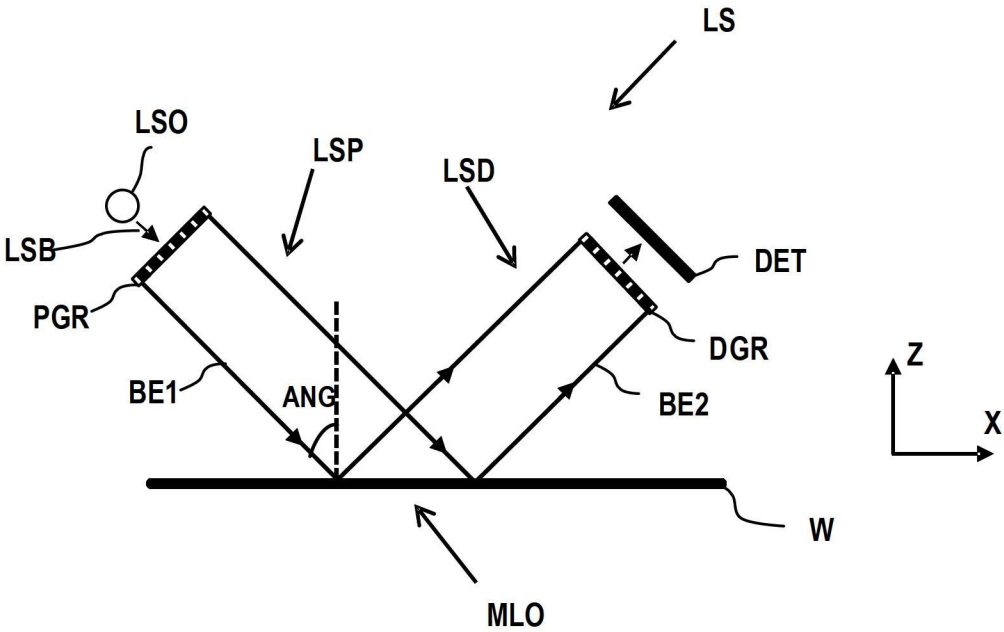
【圖2】



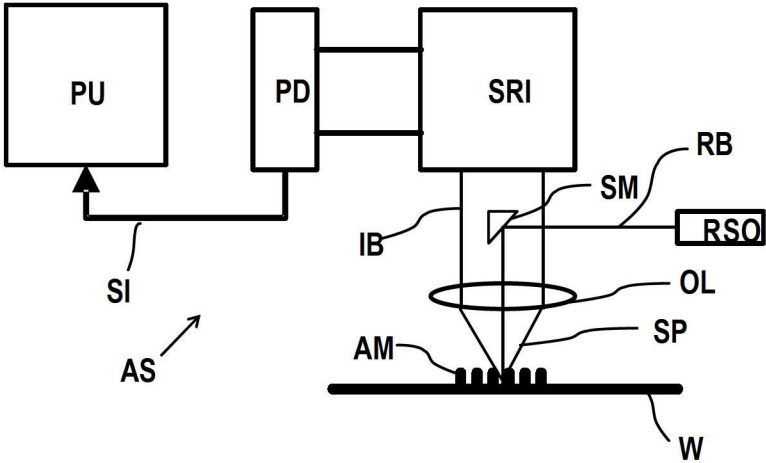
【圖3】



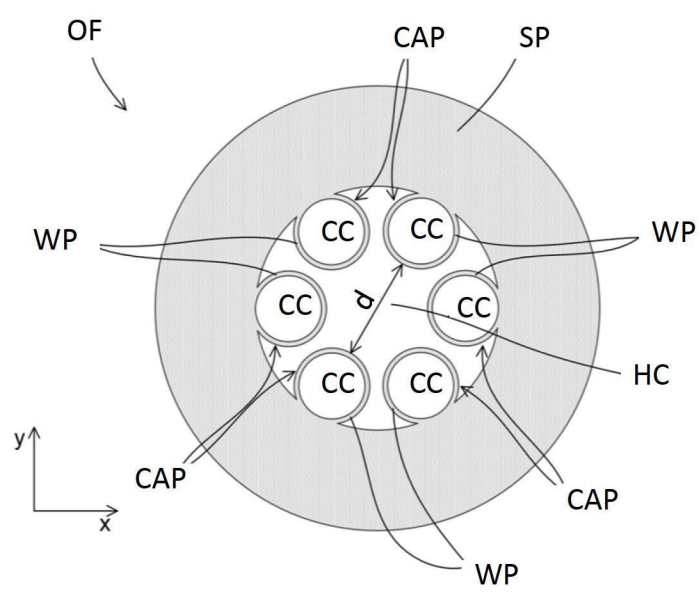
【圖4】



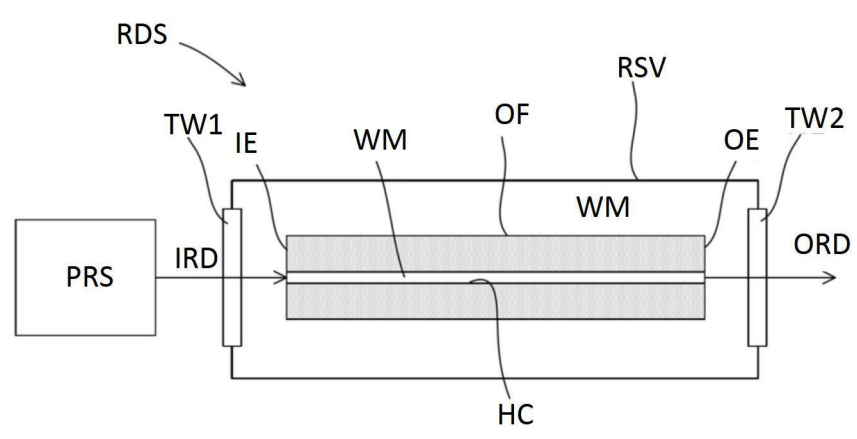
【圖5】



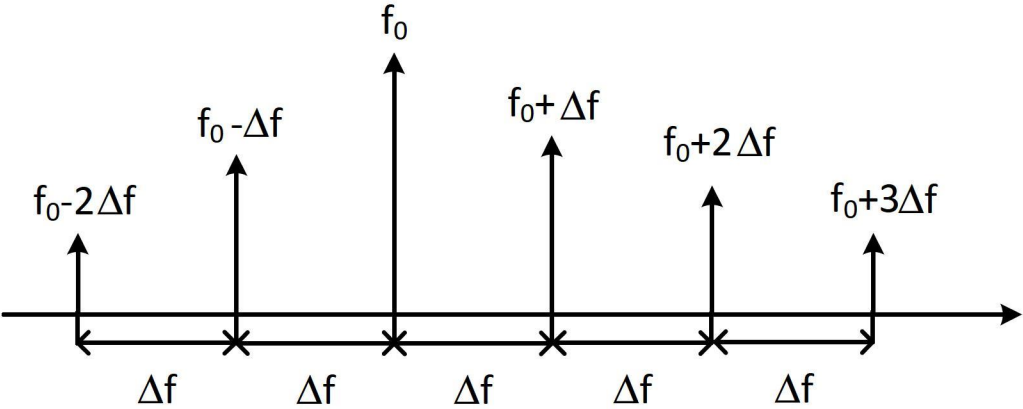
【圖6】



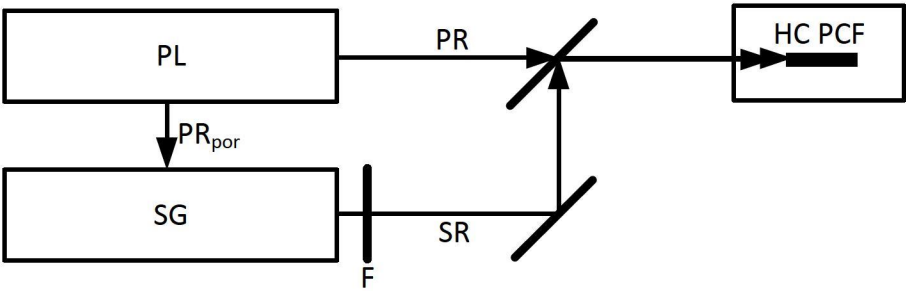
【圖7】



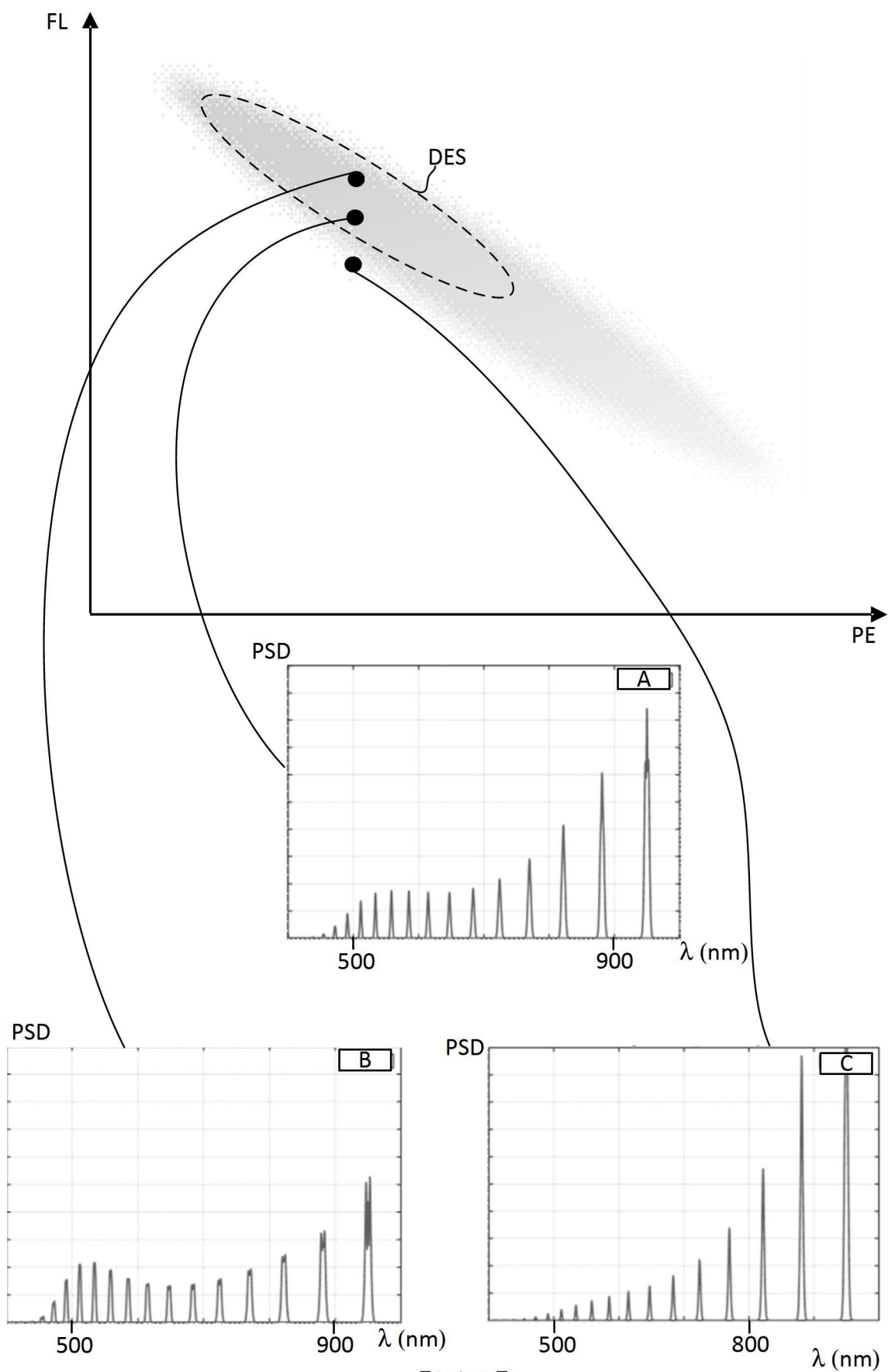
【圖8】



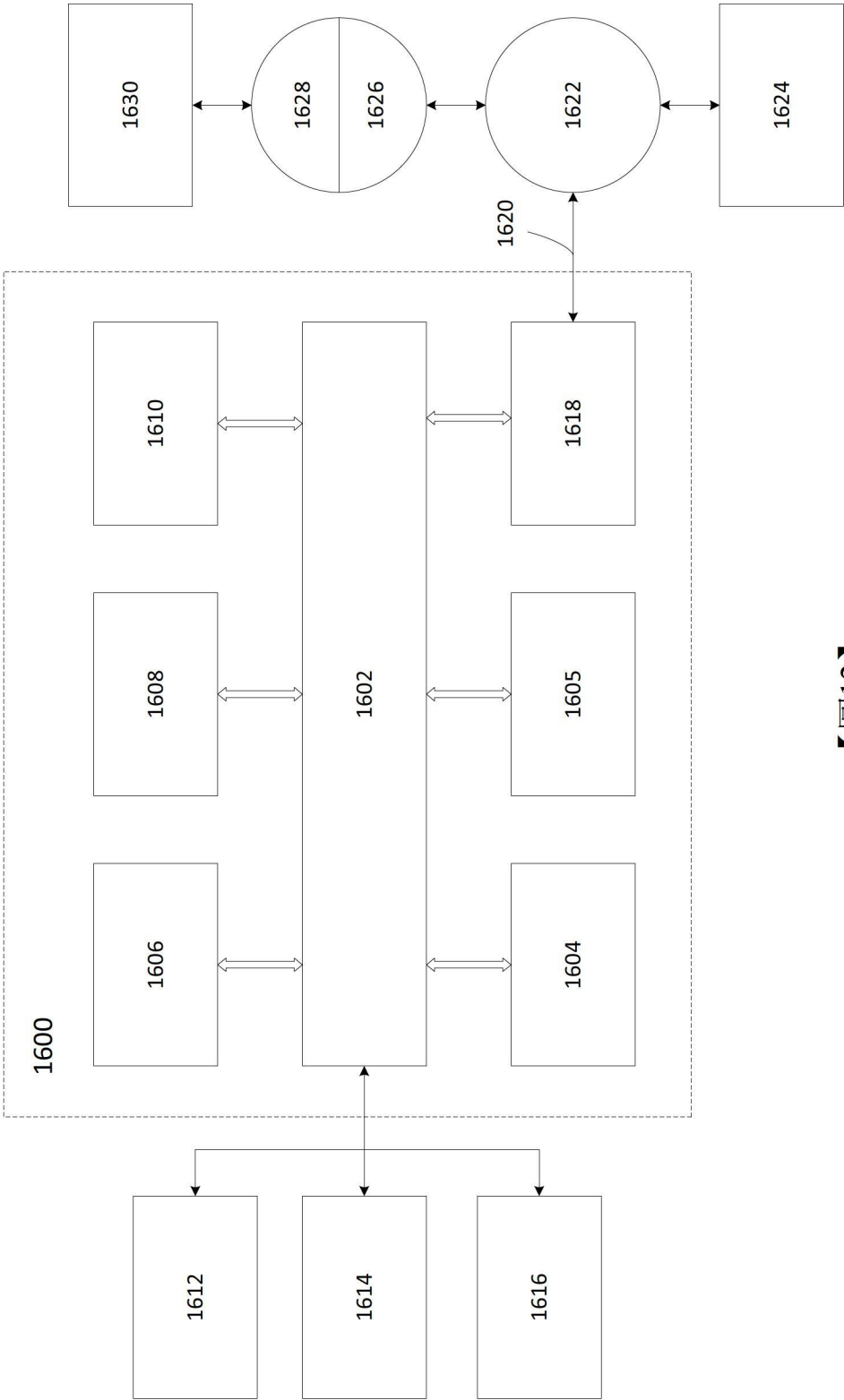
【圖9】



【圖10】



【圖11】



【圖12】