



(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 I876830 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 03 月 11 日

(21)申請案號：113100966

(22)申請日：中華民國 113 (2024) 年 01 月 09 日

(51)Int. Cl. : G01B9/02 (2022.01)

A61B3/10 (2006.01)

(71)申請人：國立臺灣大學(中華民國) NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY (TW)

臺北市羅斯福路四段1號

(72)發明人：陳庭皓 CHEN, TING-HAO (TW)；李翔傑 LEE, HSIANG-CHIEH (TW)；王泰昂

WANG, TAI-ANG (TW)

(74)代理人：卓俊傑

(56)參考文獻：

TW M455474U1

US 2018/0049642A1

US 2021/0007601A1

US 2023/0400293A1

審查人員：曾錦豐

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：9 共 38 頁

(54)名稱

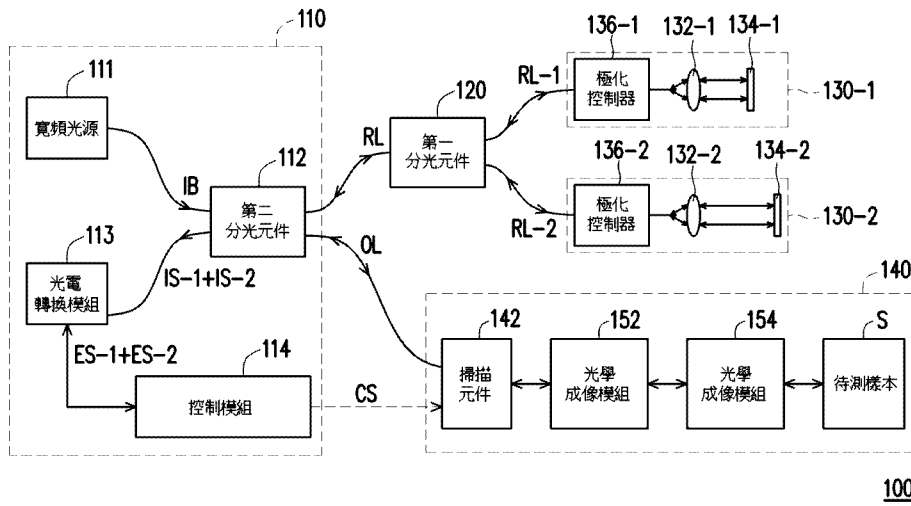
低同調干涉儀成像系統

(57)摘要

一種低同調干涉儀成像系統，包括成像引擎、第一分光元件、多個參考端、樣本端以及多個光學成像模組。成像引擎用以產生參考光束及物體光束。第一分光元件設置在參考光束的光路上，且用以使參考光束通過後產生多個子參考光束。光學成像模組用以被設置在樣本端中。被反射後的子參考光束藉由成像引擎與被反射後的物體光束形成多個干涉訊號。成像引擎分析干涉訊號後產生多個影像。光學成像模組的其中之一先設置在樣本端中，其餘的光學成像模組再以光路串聯方式依序設置在樣本端中，使這些影像在光學成像模組設置前後且成像引擎設置參數不變下具有不同成像視野。

A low coherence interferometer imaging system including an imaging machine, a first beam splitting element, a plurality of reference ends, a sample end, and a plurality of optical imaging modules is provided. The imaging machine is configured to generate a reference beam and an object beam. The first beam-splitting element is disposed on an optical path of the reference beam and is configured to generate a plurality of sub-reference beams after the reference beam passes through. The optical imaging module is configured to be disposed in the sample end. The reflected sub-reference beams form a plurality of interference signals with the reflected object beam by the imaging machine. The imaging machine analyzes the interference signals and generates a plurality of images. One of the optical imaging modules is first disposed in the sample end, and the remaining optical imaging modules are then sequentially disposed in the sample end in an optical-path series manner so that the images have different imaging field of views before and after the optical imaging module is disposed and disposed parameters of the imaging machine remain unchanged.

指定代表圖：



【圖1B】

符號簡單說明：

100:低同調干涉儀成像系統

110:成像引擎

111:寬頻光源

112:第二分光元件

113:光電轉換模組

114:控制模組

120:第一分光元件

130-1、130-2:參考端

132-1、132-2:準直透鏡

134-1、134-2:反射元件

136-1、136-2:極化控制器

140:樣本端

142:掃描元件

152、154:光學成像模組

CS:控制訊號

ES-1、ES-2:電訊號

IB:照明光束

IS-1、IS-2:干涉訊號

OL:物體光束

RL:參考光束

RL-1、RL-2:子參考光束

S:待測樣本



I876830

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 低同調干涉儀成像系統**【英文發明名稱】** LOW COHERENCE INTERFEROMETER IMAGING SYSTEM

【中文】 一種低同調干涉儀成像系統，包括成像引擎、第一分光元件、多個參考端、樣本端以及多個光學成像模組。成像引擎用以產生參考光束及物體光束。第一分光元件設置在參考光束的光路上，且用以使參考光束通過後產生多個子參考光束。光學成像模組用以被設置在樣本端中。被反射後的子參考光束藉由成像引擎與被反射後的物體光束形成多個干涉訊號。成像引擎分析干涉訊號後產生多個影像。光學成像模組的其中之一先設置在樣本端中，其餘的光學成像模組再以光路串聯方式依序設置在樣本端中，使這些影像在光學成像模組設置前後且成像引擎設置參數不變下具有不同成像視野。

【英文】 A low coherence interferometer imaging system including an imaging machine, a first beam splitting element, a plurality of reference ends, a sample end, and a plurality of optical imaging modules is provided. The imaging machine is configured to generate a reference beam and an object beam. The first beam-splitting element is disposed on an optical path of the

reference beam and is configured to generate a plurality of sub-reference beams after the reference beam passes through. The optical imaging module is configured to be disposed in the sample end. The reflected sub-reference beams form a plurality of interference signals with the reflected object beam by the imaging machine. The imaging machine analyzes the interference signals and generates a plurality of images. One of the optical imaging modules is first disposed in the sample end, and the remaining optical imaging modules are then sequentially disposed in the sample end in an optical-path series manner so that the images have different imaging field of views before and after the optical imaging module is disposed and disposed parameters of the imaging machine remain unchanged.

【指定代表圖】圖1B。

【代表圖之符號簡單說明】

100:低同調干涉儀成像系統

110:成像引擎

111:寬頻光源

112:第二分光元件

113:光電轉換模組

114:控制模組

120:第一分光元件

130-1、130-2:參考端

132-1、132-2:準直透鏡

134-1、134-2:反射元件

136-1、136-2:極化控制器

140:樣本端

142:掃描元件

152、154:光學成像模組

CS:控制訊號

ES-1、ES-2:電訊號

IB:照明光束

IS-1、IS-2:干涉訊號

OL:物體光束

RL:參考光束

RL-1、RL-2:子參考光束

S:待測樣本

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】低同調干涉儀成像系統

【英文發明名稱】LOW COHERENCE INTERFEROMETER
IMAGING SYSTEM

【技術領域】

【0001】本發明是有關於一種成像系統，且特別是有關於一種低同調干涉儀成像系統。

【先前技術】

【0002】基於低同調干涉術的光學同調斷層掃描術（Optical Coherence Tomography, OCT），分類有時域式、頻域式與掃頻式三類。這三類干涉儀的樣本端設計成傳統光學顯微鏡形式。藉由切換物鏡改變成像視野。然而該設計增加樣本端重量與體積，不適用較為輕便的樣本端設計，如手持式探頭。相對地，採用體積小的樣本端設計時，也不易更換原光學成像模組中的光學元件或物鏡。另一方面，在單一參考端長度固定的架構下，更換上述原成像模組中的光學元件或物鏡，往往會因為樣本端與參考端的光程差，基於頻域式 OCT 的頻譜儀的特性或是掃頻式 OCT 由於所使用之掃頻雷射光源造成之較短瞬時同調長度因素，使得成像位置隨深度發生改變後，進一步造成影像強度發生變化的問題。相對地，在單一參考端長度可變的架構下，更換上述原成像模組中的

光學元件或物鏡，若需維持原成像深度位置不變仍須調整參考端長度，以維持原成像位置不變，操作上仍有其不便利性。

【發明內容】

【0003】 本發明提供一種低同調干涉儀成像系統，其可在整體光學系統體積較小或光學元件排列複雜不易更換的情況下快速切換成像視野。

【0004】 本發明的一實施例提供一種低同調干涉儀成像系統，其包括成像引擎、第一分光元件、多個參考端、樣本端以及多個光學成像模組。成像引擎用以產生參考光束及物體光束。第一分光元件設置在參考光束的光路上，且用以使參考光束通過後產生多個子參考光束。參考端分別設置在子參考光束的光路上，且用以接收子參考光束再反射回第一分光元件。被反射的子參考光束再藉由第一分光元件傳遞至成像引擎。樣本端設置在物體光束的光路上。樣本端接收物體光束後，物體光束被傳遞至待測樣本。待測樣本反射物體光束，被反射的物體光束再藉由樣本端傳遞至成像引擎。光學成像模組用以被設置在樣本端中。被反射後的子參考光束藉由成像引擎與被反射後的物體光束形成多個干涉訊號。成像引擎分析干涉訊號後產生多個影像。光學成像模組的數量等於參考端的數量。光學成像模組其中之一先設置在樣本端中，其餘的光學成像模組再以光路串聯方式依序設置在樣本端中，使這些影像在光學成像模組設置前後且成像引擎設置參數不變下具有

不同成像視野。

【0005】 基於上述，在本發明的一實施例中，低同調干涉儀成像系統包括成像引擎、第一分光元件、多個參考端、樣本端以及多個光學成像模組。其中，將光學成像模組設計為：依序被設置在樣本端中，使來自不同參考端的子參考光束與來自樣本端的物體光束合成後的干涉訊號或分析干涉訊號產生的影像在光學成像模組設置前後且成像引擎設置參數不變下具有不同成像視野。也就是說，低同調干涉儀成像系統可透過例如串聯/串接光學成像模組的方式來產生不同的成像視野。因此，當整體光學系統體積較小或光學元件排列複雜不易更換時，將光學成像模組設計為串聯/串接的方式可達到快速切換成像視野的功能且同時可進一步縮減系統體積。

【圖式簡單說明】

【0006】

圖 1A 是根據本發明的第一實施例的低同調干涉儀成像系統在光學成像模組 152 被設置在樣本端 140 的示意圖。

圖 1B 是根據本發明的第一實施例的低同調干涉儀成像系統在光學成像模組 152、154 被設置在樣本端 140 的示意圖。

圖 2A 是根據本發明的一實施例的低同調干涉儀成像系統所產生的影像之間的成像深度位置的一種示例在成像視野 FOV-1 下的示意圖。

圖 2B 是根據本發明的一實施例的低同調干涉儀成像系統所產生的影像之間的成像深度位置的一種示例在成像視野 FOV-2 下的示意圖。

圖 3A 是根據本發明的一實施例的低同調干涉儀成像系統所產生的影像之間的成像深度位置的另一種示例在成像視野 FOV-1 下的示意圖。

圖 3B 是根據本發明的一實施例的低同調干涉儀成像系統所產生的影像之間的成像深度位置的另一種示例在成像視野 FOV-2 下的示意圖。

圖 4 是根據本發明的第二實施例的低同調干涉儀成像系統的示意圖。

圖 5 是根據本發明的第三實施例的低同調干涉儀成像系統的示意圖。

圖 6 是根據本發明的第四實施例的低同調干涉儀成像系統的示意圖。

圖 7 是根據本發明的第五實施例的低同調干涉儀成像系統的示意圖。

圖 8 是根據本發明的第六實施例的低同調干涉儀成像系統的示意圖。

圖 9A 是根據本發明的一實施例的低同調干涉儀成像系統所產生的影像之間的成像深度位置的又一種示例在成像視野 FOV-1 下的示意圖。

圖 9B 是根據本發明的一實施例的低同調干涉儀成像系統所產生的影像之間的成像深度位置的又一種示例在成像視野 FOV-2 下的示意圖。

【實施方式】

【0007】 圖 1A 是根據本發明的第一實施例的低同調干涉儀成像系統在光學成像模組 152 被設置在樣本端 140 的示意圖。圖 1B 是根據本發明的第一實施例的低同調干涉儀成像系統在光學成像模組 152、154 被設置在樣本端 140 的示意圖。請參考圖 1A 與圖 1B，本發明的一實施例提供一種低同調干涉儀成像系統 100，其包括成像引擎 110、第一分光元件 120、多個參考端 130-1、130-2、樣本端 140 以及多個光學成像模組 152、154。

【0008】 在本實施例中，成像引擎 110 用以產生參考光束 RL 及物體光束 OL。第一分光元件 120 設置在參考光束的光路上，且用以使參考光束 RL 通過後產生多個子參考光束 RL-1、RL-2。參考端 130-1、130-2 分別設置在子參考光束 RL-1、RL-2 的光路上，且用以接收子參考光束 RL-1、RL-2 再反射回第一分光元件 120。被反射的子參考光束 RL-1、RL-2 再藉由第一分光元件 120 傳遞至成像引擎 110。樣本端 140 設置在物體光束 OL 的光路上。樣本端 140 接收物體光束 OL 後，物體光束 OL 被傳遞至待測樣本 S。待測樣本 S 反射物體光束 OL，被反射的物體光束 OL 再藉由樣本端 140 傳遞至成像引擎 110。

【0009】 在本實施例中，光學成像模組 152、154 用以被設置在樣本端 140 中。每一光學成像模組 152、154 例如是包括具有屈光度的一或多個光學鏡片的組合。光學鏡片例如包括雙凹透鏡、雙凸透鏡、凹凸透鏡、凸凹透鏡、平凸透鏡以及平凹透鏡等非平面鏡片的各種組合。本發明對光學成像模組 152、154 的型態及其種類並不加以限制。在其他實施例中，光學成像模組 152、154 也可包括針對特殊應用如功能型 OCT 的元件或其他有助於成像的元件，例如波片、極化元件、元件間或模組間的緊固機構等。

【0010】 在本實施例中，被反射後的子參考光束 RL-1、RL-2 藉由成像引擎 110 與被反射後的物體光束 OL 形成多個干涉訊號 IS-1、IS-2。成像引擎 110 分析干涉訊號 IS-1、IS-2 後產生多個影像。

【0011】 在本實施例中，光學成像模組 152、154 的數量等於參考端 130-1、130-2 的數量。光學成像模組 152、154 依序被設置在樣本端 140，使這些影像在光學成像模組 152、154 設置前後且成像引擎 110 設置參數不變下具有不同成像視野。也就是說，這些光學成像模組 152、154 的其中之一先設置在樣本端 140 中，其餘的光學成像模組 154 再以光路串聯/串接的方式依序設置在樣本端 140 中。例如，在圖 1A 中，光學成像模組 152 先被設置在樣本端 140 中。接著，在圖 1B 中，光學成像模組 154 再與光學成像模組 152 串聯/串接。

【0012】 詳細來說，在本實施例中，每一參考端 130-1、130-2 包括準直透鏡 132-1、132-2 以及反射元件 134-1、134-2。準直透鏡

132-1、132-2 分別設置在子參考光束 RL-1、RL-2 的其中之一的光路上。其中，準直透鏡 132-1、132-2 例如是可使光束準直化的透鏡。準直透鏡 132-1、132-2 分別在子參考光束 RL-1、RL-2 的該其中之一的光路上設置在第一分光元件 120 與反射元件 134-1、134-2 之間。反射元件 134-1、134-2 分別用以接收並反射子參考光束 RL-1、RL-2 的該其中之一。其中，反射元件 134-1、134-2 為具有反射功能的光學元件。在本實施例中，反射元件 134-1、134-2 例如是金屬塊，金屬的材料例如是金（即金鏡）、銀（即銀鏡）。在其他的實施例中，反射元件 134-1、134-2 亦可以是表面上鍍上一層具有高反射率的反射物，反射元件 134-1、134-2 亦可以由多層介電材料模組成，本發明並不以此為限。

【0013】 在另一實施例中，每一參考端 130-1、130-2 更包括極化控制器 136-1、136-2，分別在子參考光束 RL-1、RL-2 的該其中之一的光路上設置在第一分光元件 120 與準直透鏡 132-1、132-2 之間。

【0014】 在本實施例中，樣本端 140 包括掃描元件 142。掃描元件 142 在物體光束 OL 的光路上被設置在成像引擎 110 與光學成像模組 152、154 之間，且與成像引擎 110 電性連接。其中，掃描元件 142 為可改變光束在待測樣本 S 上的照射位置的機構元件。在一實施例中，掃描元件 142 可包括二片彼此垂直擺設的高反射鏡片（Galvanometer Mirror，亦被稱為振鏡），分別稱為第一、第二高反射鏡片，各高反射鏡片具有轉動軸且可依據轉動軸來回振動。

在另一實施例中，掃描元件 142 亦可包括一高反射鏡片與用以使此高反射鏡片在二維平面內位移的一位移模組。在又一實施例中，掃描元件例如是可在二個不同方向上轉動的微機電反射鏡(MEMS mirror)，本發明並不以此為限。

【0015】 在本實施例中，成像引擎 110 包括寬頻光源 111、第二分光元件 112、光電轉換模組 113 以及控制模組 114。寬頻光源 111 用以產生照明光束 IB。寬頻光源 111 的種類可包括發光二極體 (Light Emitting Diode, LED)、超流明二極體 (Superluminescent LED)、短脈衝雷射光源 (Short Pulse Laser) 或其他合適的發光元件，為具有寬頻寬的特性。在本實施例中，當低同調干涉儀成像系統 100 被用來量測人體組織時，寬頻光源 111 的主要發光波長的波段較佳是選擇可見光波段 (390 奈米至 700 奈米) 或近紅外光波段 (700 奈米至 1700 奈米)，其中中心波長 (Central Wavelength) 為寬頻光源 111 的光強度頻譜中光強度最強所對應的波長。在其他實施例中，寬頻光源 111 的中心波長的選擇可根據不同的待測樣本 S 而決定，本發明並不以此為限。

【0016】 在本實施例中，第二分光元件 112 設置在照明光束 IB 的光路上，且用以使照明光束 IB 通過後產生參考光束 RL 及物體光束 OL。第二分光元件 112 接收 (來自第一分光元件 120 的) 被反射後的子參考光束 RL-1、RL-2 與 (來自掃描元件 142 的) 被反射後的物體光束 OL 形成干涉訊號 IS-1、IS-2。

【0017】 在本實施例中，光電轉換模組 113 設置在干涉訊號 IS-1、

IS-2 的光路上，且用以將干涉訊號 IS-1、IS-2 的合成訊號轉換為多個電訊號 ES-1、ES-2。其中，光電轉換模組 113 可由一個或多個影像感測器組成。例如，由多個沿單方向排列的影像感測器組成的線掃描相機（Line Scan Camera）。影像感測器的種類可包括互補式金氧半導體（Complementary Metal-Oxide-Semiconductor, CMOS）型影像感測元件或電荷耦合器件（Charge-coupled Device, CCD）型影像感測元件，但本發明並不此為限。

【0018】 在本實施例中，控制模組 114 例如是包括微控制器單元（Microcontroller Unit, MCU）、中央處理單元（Central Processing Unit, CPU）、微處理器（Microprocessor）、數位訊號處理器（Digital Signal Processor, DSP）、可程式化控制器、可程式化邏輯裝置（Programmable Logic Device, PLD）、現場可程式化邏輯閘陣列（Field Programmable Gate Array, FPGA）或其他類似裝置或這些裝置的組合，本發明並不加以限制。此外，在一實施例中，控制模組 114 的各功能可被實作為多個程式碼。這些程式碼會被儲存在一個記憶體/儲存單元中，由控制模組 114 來執行這些程式碼。或者，在一實施例中，控制模組 114 的各功能可被實作為一或多個電路。本發明並不限制用軟體或硬體的方式來實作控制模組 114 的各功能。在一實施例中，控制模組 114 還可包括資料擷取卡（Data Acquisition Card）、電腦、平板、智慧型手機等電子裝置。

【0019】 在本實施例中，控制模組 114 電性連接至光電轉換模組 113 與掃描元件 142，用以將電訊號 ES-1、ES-2 轉換為影像，並

用輸出控制訊號 CS 控制掃描元件 142，以控制物體光束 OL 入射在待測樣本 S 上的位置。

【0020】 除此之外，在本實施例中，低同調干涉儀成像系統 100 中的各光學元件之間可藉由光纖等光傳輸元件連接。因此，第一分光元件 120 或第二分光元件 112 例如是 50/50 光纖耦合器，也就是說，其可使入射此 50/50 光纖耦合器的光束的以 50：50 分光比例均勻分配至兩輸出端，藉此以分光。或者，當待測樣本 S 的反射率較低時，第一分光元件 120 可為其他比例的光纖耦合器。例如，第一分光元件 120 可為 30/70 或其他合適比例的光纖耦合器，以提高對應於樣本端 140 的照射功率。反之，若不同入射方向的光束入射此第一分光元件 120 或第二分光元件 112，光束可被此分光元件合併，而形成合成光束。其中，圖 1A 與圖 1B 簡單示意了兩個參考端 130-1、130-2。當低同調干涉儀成像系統 100 中具有更多參考端時，第一分光元件 120 可由多個分光元件組成、由多個雙輸出分光元件組合或一個 1 對多輸出的分光元件，以將參考光束 RL 分為相同於參考端的數量的子參考光束。

【0021】 在另一實施例中，低同調干涉儀成像系統 100 中的各光學元件之間可為自由空間 (Free Space)。或者，低同調干涉儀成像系統 100 中的各光學元件之間可為自由空間，且可設置反射元件等用於改變光行進方向的元件來調整低同調干涉儀成像系統 100 中的各光學元件的設置位置。

【0022】 圖 2A 是根據本發明的一實施例的低同調干涉儀成像系

統所產生的影像之間的成像深度位置的一種示例在成像視野 FOV-1 下的示意圖。圖 2B 是根據本發明的一實施例的低同調干涉儀成像系統所產生的影像之間的成像深度位置的一種示例在成像視野 FOV-2 下的示意圖。其中，為方便說明參考端 130-1、130-2 之間具有不同的光程長度，在圖 1A 與圖 1B 中參考端 130-1、130-2 被繪示為具有不同的長度，使被反射的子參考光束 RL-1 與被反射的物體光束 OL 之間的光程差不同於被反射的子參考光束 RL-2 與被反射的物體光束 OL 之間的光程差。但在其他實施例中，可將參考端 130-1、130-2 設計為相同長度但具有不同折射率，使參考端 130-1、130-2 之間具有不同的光程長度。再者，參考端 130-1/干涉訊號 IS-1 所對應的影像具有成像深度位置 DR-1、DR-1'，且參考端 130-2/干涉訊號 IS-2 所對應的影像具有成像深度位置 DR-2、DR-2'。其中，成像深度位置 DR-1、DR-2、DR-1'、DR-2' 可定義為影像的最小成像深度至最大成像深度之間的範圍。此外，當光學成像模組 152 被設置在樣本端 140 中時，干涉訊號 IS-1、IS-2 所對應的影像具有成像視野 FOV-1，如圖 1A 所示。當光學成像模組 152 及 154 被設置在樣本端 140 中時，干涉訊號 IS-1、IS-2 所對應的影像具有成像視野 FOV-2，如圖 1B 所示。

【0023】 請參考圖 1A 至圖 2B，在此實施例中，參考端 130-1、130-2 分別具有不同的光程長度，且這些影像的成像深度位置 DR-1、DR-2、DR-1'、DR-2' 隨光學成像模組 152、154 依序被設置在樣本端 140 而改變。而且，隨光學成像模組 152、154 依序被設置在樣

本端 140，影像的成像深度範圍（可定義為最大成像深度至最小成像深度之間的差值）也可隨之改變。例如，圖 2B 除了示意成像視野 FOV-2 變小（小於圖 2A 的成像視野 FOV-1），且影像的成像深度範圍也變小。此外，這些影像具有不同的成像深度位置 DR-1、DR-2、DR-1'、DR-2'，且這些影像的其中之一的成像深度位置 DR-1、DR-2、DR-1'、DR-2' 與這些影像的其中之另一的成像深度位置 DR-1、DR-2、DR-1'、DR-2' 彼此不互相重疊。

【0024】 在一實施例中，這些影像具有不同的成像深度位置 DR-1、DR-2、DR-1'、DR-2'，且這些影像的其中之一的影像強度低於或等於影像背景雜訊強度。例如，在圖 1A 及圖 2A 中，干涉訊號 IS-2 因滾降效應(roll-off effect)而使訊號強度接近影像背景雜訊強度，進而無法清楚成像。同理，在圖 1B 及圖 2B 中，干涉訊號 IS-1 因滾降效應而使訊號強度接近影像背景雜訊強度，進而無法清楚成像。然而，在另一實施例中，低同調干涉儀成像系統 100 也可被設計為：圖 1A 及圖 2A 中的干涉訊號 IS-2 或圖 1B 及圖 2B 中的干涉訊號 IS-1 雖因滾降效應而訊號強度較低但仍可清楚成像，因此干涉訊號 IS-1、IS-2 皆可清楚成像。

【0025】 圖 3A 是根據本發明的一實施例的低同調干涉儀成像系統所產生的影像之間的成像深度位置的另一種示例在成像視野 FOV-1 下的示意圖。圖 3B 是根據本發明的一實施例的低同調干涉儀成像系統所產生的影像之間的成像深度位置的另一種示例在成像視野 FOV-2 下的示意圖。圖 3A 與圖 3B 相似於圖 2A 與圖 2B，

其主要差異在於：在本實施例中，這些影像具有不同的成像深度位置 DR-1、DR-2、DR-1'、DR-2'，且這些影像的其中之一的成像深度位置 DR-1、DR-2、DR-1'、DR-2'與這些影像的其中之另一的成像深度位置 DR-1、DR-2、DR-1'、DR-2'部分重疊。

【0026】也就是說，利用頻域 OCT 或掃頻 OCT 的靈敏度滾降的特性，訊噪比（Signal-to-Noise Ratio, SNR）會隨深度下降。再依照頻域 OCT 中頻譜儀特性或是掃頻 OCT 中掃頻光源的特性，訊噪比可能是急遽下降，或緩慢下降。因此，依照系統的靈敏度滾降的特性，藉由調整兩個參考端的長度差異，本發明一實施例的低同調干涉儀成像系統 100 可產生圖 2A 至圖 3B 的效果。

【0027】基於上述，在本發明的一實施例中，低同調干涉儀成像系統 100 包括成像引擎 110、第一分光元件 120、多個參考端 130-1、130-2、樣本端 140 以及多個光學成像模組 152、154。成像引擎 110 用以產生參考光束 RL 及物體光束 OL。第一分光元件 120 用以使參考光束 RL 通過後產生多個子參考光束 RL-1、RL-2。參考端 130-1、130-2 用以接收子參考光束 RL-1、RL-2 再反射回第一分光元件 120 及成像引擎 110。樣本端 140 接收物體光束 OL 後，待測樣本 S 反射物體光束 OL，被反射的物體光束 OL 再傳遞至成像引擎 110。被反射後的子參考光束 RL-1、RL-2 藉由成像引擎 110 與被反射後的物體光束 OL 形成多個干涉訊號 IS-1、IS-2，成像引擎 110 分析干涉訊號 IS-1、IS-2 後產生多個影像。光學成像模組 152、154 依序被設置在樣本端 140，使這些影像在光學成像模組 152、154 設

置前後且成像引擎 110 設置參數不變下具有不同成像視野 FOV-1、FOV-2。也就是說，低同調干涉儀成像系統 100 可透過例如串聯/串接光學成像模組 152、154 的方式來產生不同的成像視野 FOV-1、FOV-2。因此，當整體光學系統體積較小或光學元件排列複雜不易更換時，將光學成像模組 152、154 設計為串聯/串接的方式可達到快速切換成像視野 FOV-1、FOV-2 的功能且同時可進一步縮減系統體積。

【0028】圖 4 是根據本發明的第二實施例的低同調干涉儀成像系統的示意圖。請參考圖 4，低同調干涉儀成像系統 100A 與圖 1B 的低同調干涉儀成像系統 100 大致相同，其主要差異在於：在本實施例中，成像引擎 110A 中的光電轉換模組 113A 為一維頻譜儀。一維頻譜儀 113A 例如可包括繞射光柵及一維陣列影像感測器。該一維陣列影像感測器感測寬頻光源光訊號。感測器具有有限個數的像素，每個像素不是轉換單一頻率的光訊號，而是轉換具有一定帶寬的光訊號。此具有帶寬的光訊號造成後續還原的待測樣本影像具有靈敏度滾降的特性。而繞射光柵將干涉訊號 IS-1、IS-2 分光。被分光後的光訊號可沿不同方向被傳遞至一維陣列影像感測器，一維陣列影像感測器再將這些光訊號轉換為電訊號 ES-1+ES-2。也就是說，低同調干涉儀成像系統 100A 為頻域光學同調斷層掃描 (Spectral Domain Optical Coherence Tomography, SD-OCT) 成像系統。

【0029】圖 5 是根據本發明的第三實施例的低同調干涉儀成像系

統的示意圖。請參考圖 5，低同調干涉儀成像系統 100B 與圖 1B 的低同調干涉儀成像系統 100 大致相同，其主要差異在於：在本實施例中，成像引擎 110B 中的光電轉換模組 113B 為二維頻譜儀，且成像引擎 110B 更包括柱狀透鏡 116B。柱狀透鏡 116B 在照明光束 IB 的光路上設置在寬頻光源 111 與第二分光元件 112 之間，且干涉訊號 IS-1、IS-2 同時來自於待測樣本 S 不同的橫向位置。也就是說，低同調干涉儀成像系統 100B 為線場頻域光學同調斷層掃描（Line-field Spectral Domain Optical Coherence Tomography, LF-SD-OCT）成像系統。

【0030】圖 6 是根據本發明的第四實施例的低同調干涉儀成像系統的示意圖。請參考圖 6，低同調干涉儀成像系統 100C 與圖 1B 的低同調干涉儀成像系統 100 大致相同，其主要差異在於：在本實施例中，成像引擎 110C 中的寬頻光源 111C 為掃頻光源。掃頻光源 111C 用以傳送一個或多個觸發訊號 TS 至控制模組 114，其中光電轉換模組 113C 為光電感測器。掃頻光源 111C 用以產生掃頻的照明光束 IB'。例如，掃頻光源 111C 可從 A 波長到 B 波長依時間順序發出不同波長的光束，且每次發出的光束都是近似於單一波長且具有帶寬。因此，該帶寬造成後續還原的待測樣本影像具有靈敏度滾降的特性。第二分光元件 112 所接收到的被反射後的子參考光束 RL-1、RL-2 與被反射後的物體光束 OL 以及干涉訊號 IS-1、IS-2 都來自於不同波長的光訊號。再者，光電感測器 113C 設置在干涉訊號 IS-1、IS-2 的光路上，且用以將干涉訊號 IS-1、

IS-2 轉換為電訊號 ES-1+ES-2。也就是說，低同調干涉儀成像系統 100C 為掃頻式光學同調斷層掃描(Swept-Source Optical Coherence Tomography, SS-OCT) 成像系統。

【0031】 圖 7 是根據本發明的第五實施例的低同調干涉儀成像系統的示意圖。請參考圖 7，低同調干涉儀成像系統 100D 與圖 1B 的低同調干涉儀成像系統 100 大致相同，其主要差異在於：在本實施例中，成像引擎 110D 包括寬頻光源 111、第二分光元件 112、極化分光元件 115D、多個光電轉換模組 113 以及控制模組 114。其中，低同調干涉儀成像系統 100D 中的寬頻光源 111、第二分光元件 112 及控制模組 114 的作用與低同調干涉儀成像系統 100 相同，在此不再贅述。

【0032】 此外，極化分光元件 115D 設置在干涉訊號 IS-1、IS-2 的光路上。極化分光元件 115D 接受（來自第二分光元件 112 的）干涉訊號 IS-1、IS-2，並輸出多個不同極化的干涉訊號 IS-1、IS-2。光電轉換模組 113 設置在不同極化的干涉訊號 IS-1、IS-2 的光路上，且用以將不同極化的干涉訊號 IS-1、IS-2 轉換為多個電訊號 ES-1、ES-2。也就是說，低同調干涉儀成像系統 100D 為極化光學同調斷層掃描（ Polarization-Sensitive Optical Coherence Tomography, PS-OCT ） 成像系統。

【0033】 圖 8 是根據本發明的第六實施例的低同調干涉儀成像系統的示意圖。圖 9A 是根據本發明的一實施例的低同調干涉儀成像系統所產生的影像之間的成像深度位置的又一種示例在成像視野

FOV-1 下的示意圖。圖 9B 是根據本發明的一實施例的低同調干涉儀成像系統所產生的影像之間的成像深度位置的又一種示例在成像視野 FOV-2 下的示意圖。請參考圖 8 至圖 9B，低同調干涉儀成像系統 100E 與圖 1B 的低同調干涉儀成像系統 100 大致相同，其主要差異在於：在本實施例中，至少兩個參考端 130-1'、130-2' 具有相同的光程長度。這些影像的成像深度位置 DR-1、DR-2、DR-1'、DR-2' 隨光學成像模組 152、154 依序被設置在樣本端 140 而改變，且該至少兩個參考端 130-1'、130-2' 具有相同的成像深度位置 DR-1、DR-2、DR-1'、DR-2'。如圖 9A 與圖 9B 所示，DR-1 成像深度等於 DR-2，而 DR-1' 成像深度等於 DR-2'。然而，DR-1 成像深度不等於 DR-1'。

【0034】 此外，在本實施例中，第一分光元件 120E 為極化分光元件。極化分光元件 120E 使該至少兩個參考端 130-1'、130-2' 中的光極化互相垂直，例如 P 極化或 S 極化，但本發明不侷限該至少兩個參考端 130-1'、130-2' 中的光極化的特性。由於該至少兩個參考端 130-1'、130-2' 所產生的影像是同一成像深度位置 DR-1、DR-2、DR-1'、DR-2'，因此影像疊加後可以降低待測樣本 S 對極化敏感的假影 (Artifact)。

【0035】 綜上所述，在本發明的一實施例中，低同調干涉儀成像系統包括成像引擎、第一分光元件、多個參考端、樣本端以及多個光學成像模組。成像引擎用以產生參考光束及物體光束。第一分光元件用以使參考光束通過後產生多個子參考光束。參考端用

以接收子參考光束再反射回第一分光元件及成像引擎。樣本端接收物體光束後，被待測樣本反射的物體光束再傳遞至成像引擎。被反射後的子參考光束藉由成像引擎與被反射後的物體光束形成多個干涉訊號，成像引擎分析干涉訊號後產生多個影像。光學成像模組依序被設置在樣本端，使這些影像在光學成像模組設置前後且成像引擎設置參數不變下具有不同成像視野。也就是說，低同調干涉儀成像系統可透過例如串聯/串接光學成像模組的方式來產生不同的成像視野。因此，當整體光學系統體積較小或光學元件排列複雜不易更換時，將光學成像模組設計為串聯/串接的方式可達到快速切換成像視野的功能且同時可進一步縮減系統體積。

【符號說明】

【0036】

100、100A、100B、100C、100D、100E:低同調干涉儀成像系統

110、110A、110B、110C、110D:成像引擎

111:寬頻光源

111C:寬頻光源/掃頻光源

112:第二分光元件

113:光電轉換模組

113A:光電轉換模組/一維頻譜儀

113B:光電轉換模組/二維頻譜儀

113C:光電轉換模組/光電感測器

114:控制模組

115D:極化分光元件

116B:柱狀透鏡

120:第一分光元件

120E:第一分光元件/極化分光元件

130-1、130-1'、130-2、130-2':參考端

132-1、132-2:準直透鏡

134-1、134-2:反射元件

136-1、136-2:極化控制器

140:樣本端

142:掃描元件

152、154:光學成像模組

CS:控制訊號

DR-1、DR-1'、DR-2、DR-2':成像深度位置

ES-1、ES-2:電訊號

FOV-1、FOV-2:成像視野

IB、IB':照明光束

IS-1、IS-2:干涉訊號

OL:物體光束

RL:參考光束

RL-1、RL-2:子參考光束

S:待測樣本

TS:觸發訊號

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種低同調干涉儀成像系統，包括：

一成像引擎，用以產生一參考光束及一物體光束；

一第一分光元件，設置在該參考光束的光路上，且用以使該參考光束通過後產生多個子參考光束；

多個參考端，分別設置在該些子參考光束的光路上，且用以接收該些子參考光束再反射回該第一分光元件，被反射的該些子參考光束再藉由該第一分光元件傳遞至該成像引擎；

一樣本端，設置在該物體光束的光路上，其中該樣本端接收該物體光束後，該物體光束被傳遞至一待測樣本，該待測樣本反射該物體光束，被反射的該物體光束再藉由該樣本端傳遞至該成像引擎；以及

多個光學成像模組，用以被設置在該樣本端中，

其中被反射後的該些子參考光束藉由該成像引擎與被反射後的該物體光束形成多個干涉訊號，該成像引擎分析該些干涉訊號後產生多個影像，

其中該些光學成像模組的數量等於該些參考端的數量；

其中該些光學成像模組的其中之一先設置在該樣本端中，其餘的該些光學成像模組再以光路串聯方式依序設置在該樣本端中，使該些影像在該些光學成像模組設置前後且該成像引擎設置參數不變下具有不同成像視野。

【請求項2】 如請求項1所述的低同調干涉儀成像系統，其中該些參考端分別具有不同的光程長度，且該些影像的成像深度位置隨該些光學成像模組依序被設置在該樣本端而改變。

【請求項3】 如請求項2所述的低同調干涉儀成像系統，其中該些影像具有不同的成像深度位置，且該些影像的其中之一的影像強度低於或等於影像背景雜訊強度。

【請求項4】 如請求項2所述的低同調干涉儀成像系統，其中該些影像具有不同的成像深度位置，且該些影像的其中之一的成像深度位置與該些影像的其中之另一的成像深度位置部分重疊或彼此不互相重疊。

【請求項5】 如請求項1所述的低同調干涉儀成像系統，其中每一參考端包括：

一準直透鏡，設置在該些子參考光束的其中之一的光路上；

以及

一反射元件，其中該準直透鏡在該些子參考光束的該其中之一的該光路上設置在該第一分光元件與該反射元件之間，該反射元件用以接收並反射該些子參考光束的該其中之一。

【請求項6】 如請求項5所述的低同調干涉儀成像系統，其中該每一參考端更包括：

一極化控制器，在該些子參考光束的該其中之一的該光路上設置在該第一分光元件與該準直透鏡之間。

【請求項7】 如請求項1所述的低同調干涉儀成像系統，其中該樣本端包括：

一掃描元件，在該物體光束的該光路上設置在該成像引擎與該些光學成像模組之間，且與該成像引擎電性連接。

【請求項8】 如請求項7所述的低同調干涉儀成像系統，其中該成像引擎包括：

一寬頻光源，用以產生一照明光束；

一第二分光元件，設置在該照明光束的光路上，且用以使該照明光束通過後產生該參考光束及該物體光束，該第二分光元件接收被反射後的該些子參考光束與被反射後的該物體光束形成該些干涉訊號；

一光電轉換模組，設置在該些干涉訊號的光路上，且用以將該些干涉訊號的合成訊號轉換為多個電訊號；以及

一控制模組，電性連接至該光電轉換模組與該掃描元件，用以將該些電訊號轉換為該些影像，並用以控制該掃描元件，以控制該物體光束入射在該待測樣本上的位置。

【請求項9】 如請求項8所述的低同調干涉儀成像系統，其中該光電轉換模組為一一維頻譜儀。

【請求項10】 如請求項8所述的低同調干涉儀成像系統，其中該光電轉換模組為一二維頻譜儀，且該些干涉訊號同時來自於該待測樣本不同的橫向位置。

【請求項11】 如請求項8所述的低同調干涉儀成像系統，其中該寬頻光源為一掃頻光源，該掃頻光源用以傳送一個或多個觸發訊號至該控制模組，其中該光電轉換模組為一光電感測器。

【請求項12】 如請求項7所述的低同調干涉儀成像系統，其中該成像引擎包括：

一寬頻光源，用以產生一照明光束；

一第二分光元件，設置在該照明光束的光路上，且用以使該照明光束通過後產生該參考光束及該物體光束，該第二分光元件接收被反射後的該些子參考光束與被反射後的該物體光束形成該些干涉訊號；

一極化分光元件，設置在該些干涉訊號的光路上，該極化分光元件接受該些干涉訊號，並輸出多個不同極化的干涉訊號；

多個光電轉換模組，設置在該些不同極化的干涉訊號的光路上，且用以將該些不同極化的干涉訊號轉換為多個電訊號；以及

一控制模組，電性連接至該些光電轉換模組與該掃描元件，用以將該些電訊號轉換為該些影像，並用以控制該掃描元件，以控制該物體光束入射在該待測樣本上的位置。

【請求項13】 如請求項7所述的低同調干涉儀成像系統，其中該些參考端中的至少兩個參考端具有相同的光程長度，該些影像的成像深度位置隨該些光學成像模組依序被設置在該樣本端而改變，且該至少兩個參考端具有相同的成像深度位置。

【請求項14】 如請求項13所述的低同調干涉儀成像系統，其中該第一分光元件為一極化分光元件。

【請求項15】 如請求項14所述的低同調干涉儀成像系統，其中該成像引擎包括：

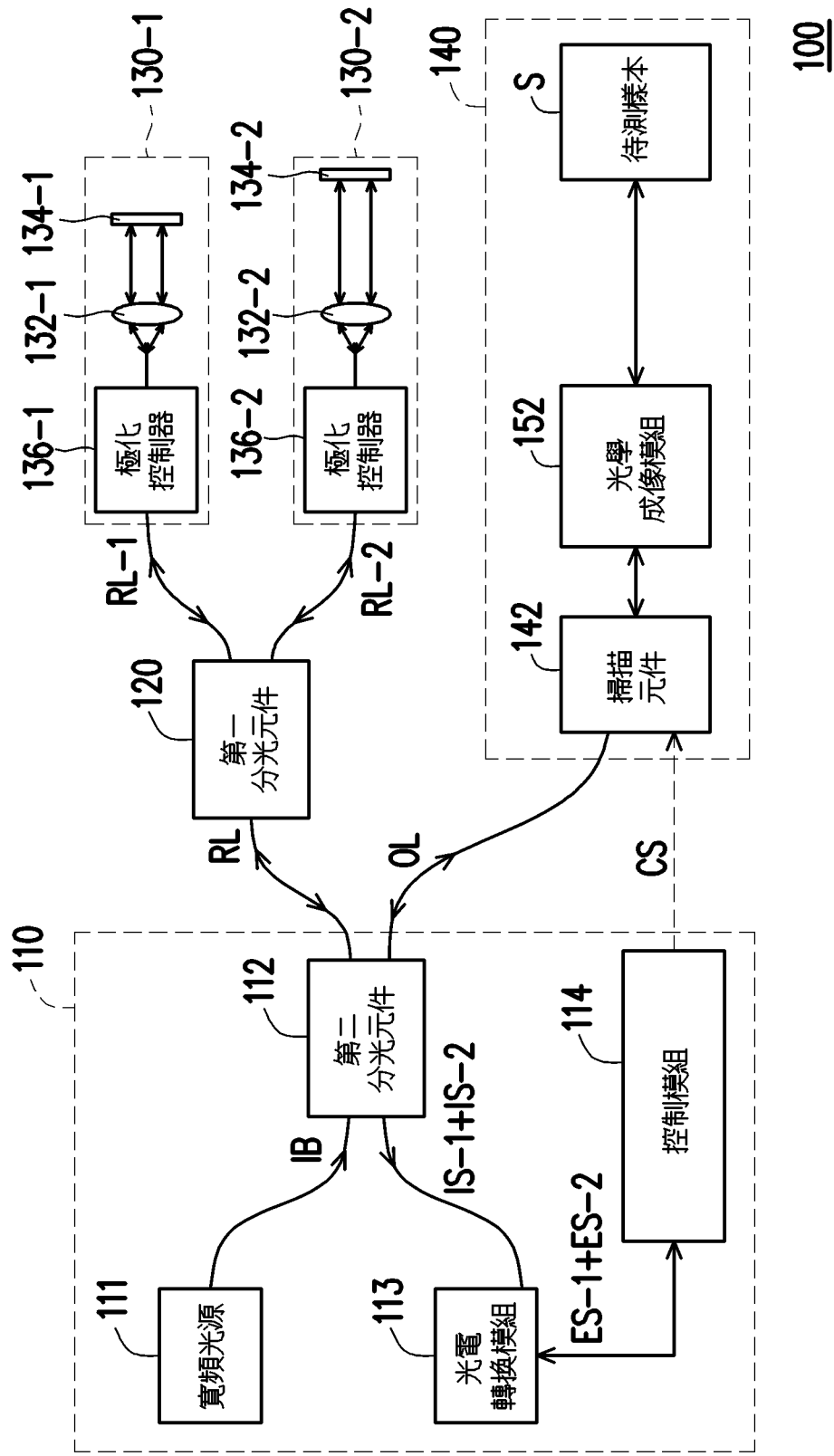
一寬頻光源，用以產生一照明光束；

一第二分光元件，設置在該照明光束的光路上，且用以使該照明光束通過後產生該參考光束及該物體光束，該第二分光元件接收被反射後的該些子參考光束與被反射後的該物體光束形成該些干涉訊號；

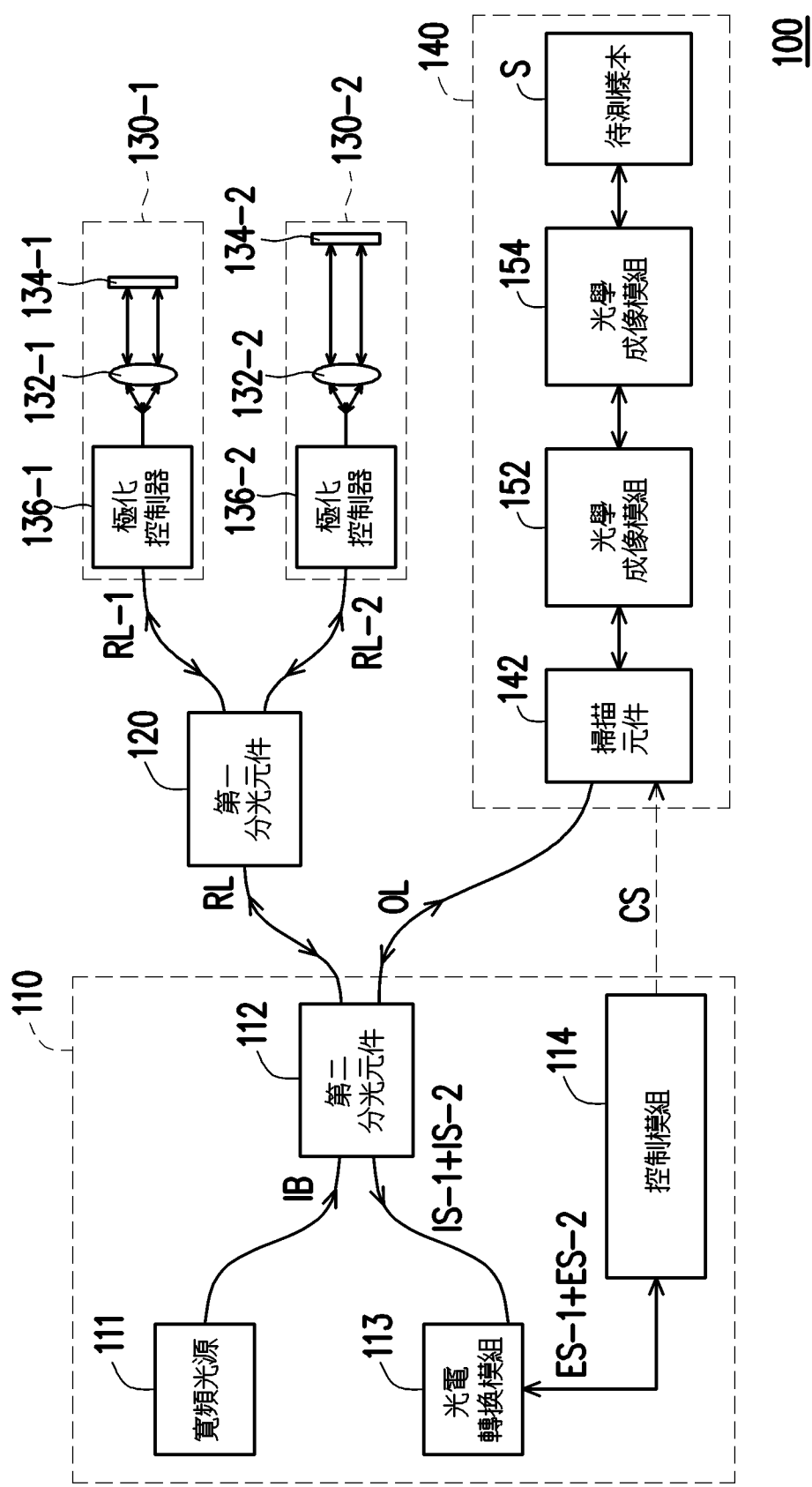
一光電轉換模組，設置在該些干涉訊號的光路上，且用以將該些干涉訊號的合成訊號轉換為多個電訊號；以及

一控制模組，電性連接至該光電轉換模組與該掃描元件，用以將該些電訊號轉換為該些影像，並用以控制該掃描元件，以控制該物體光束入射在該待測樣本上的位置。

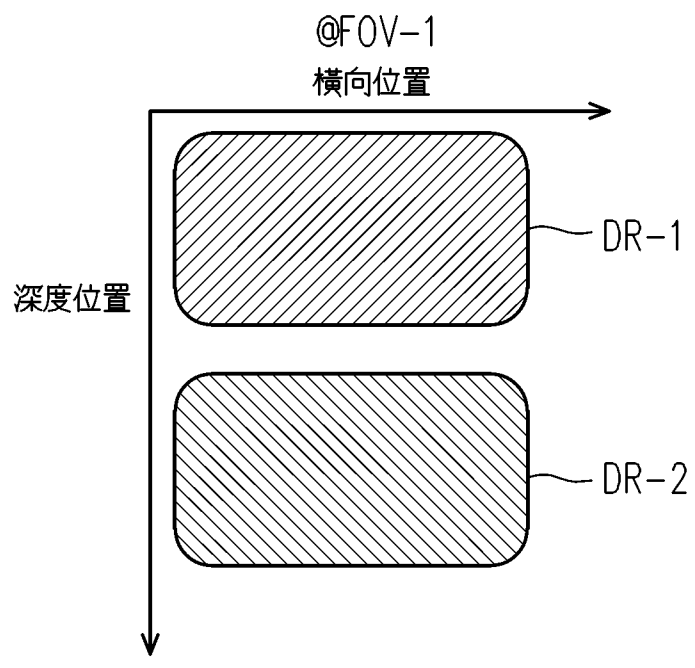
【發明圖式】



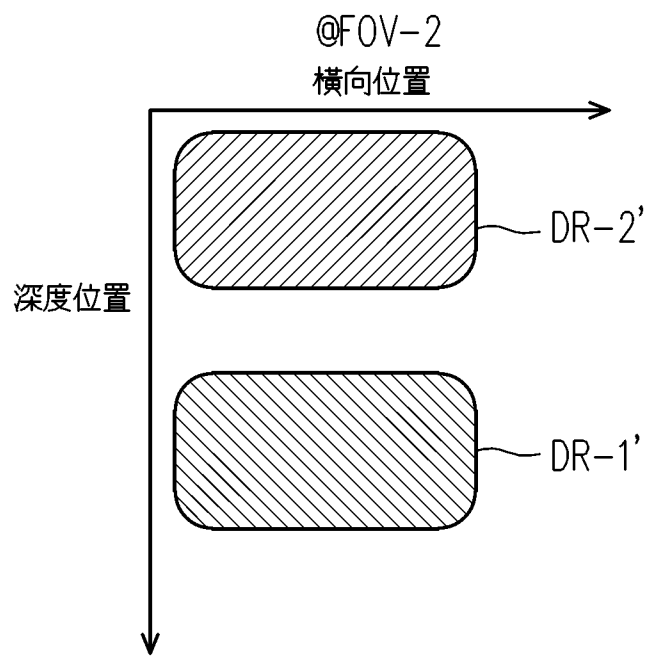
【圖1A】



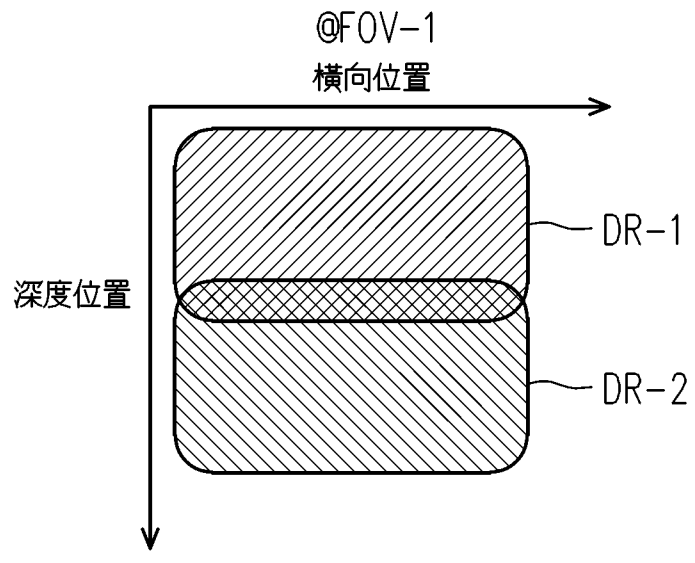
【圖1B】



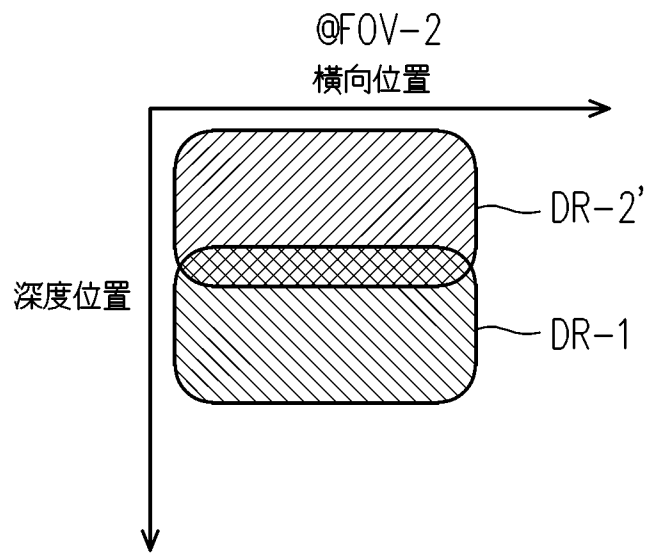
【圖2A】



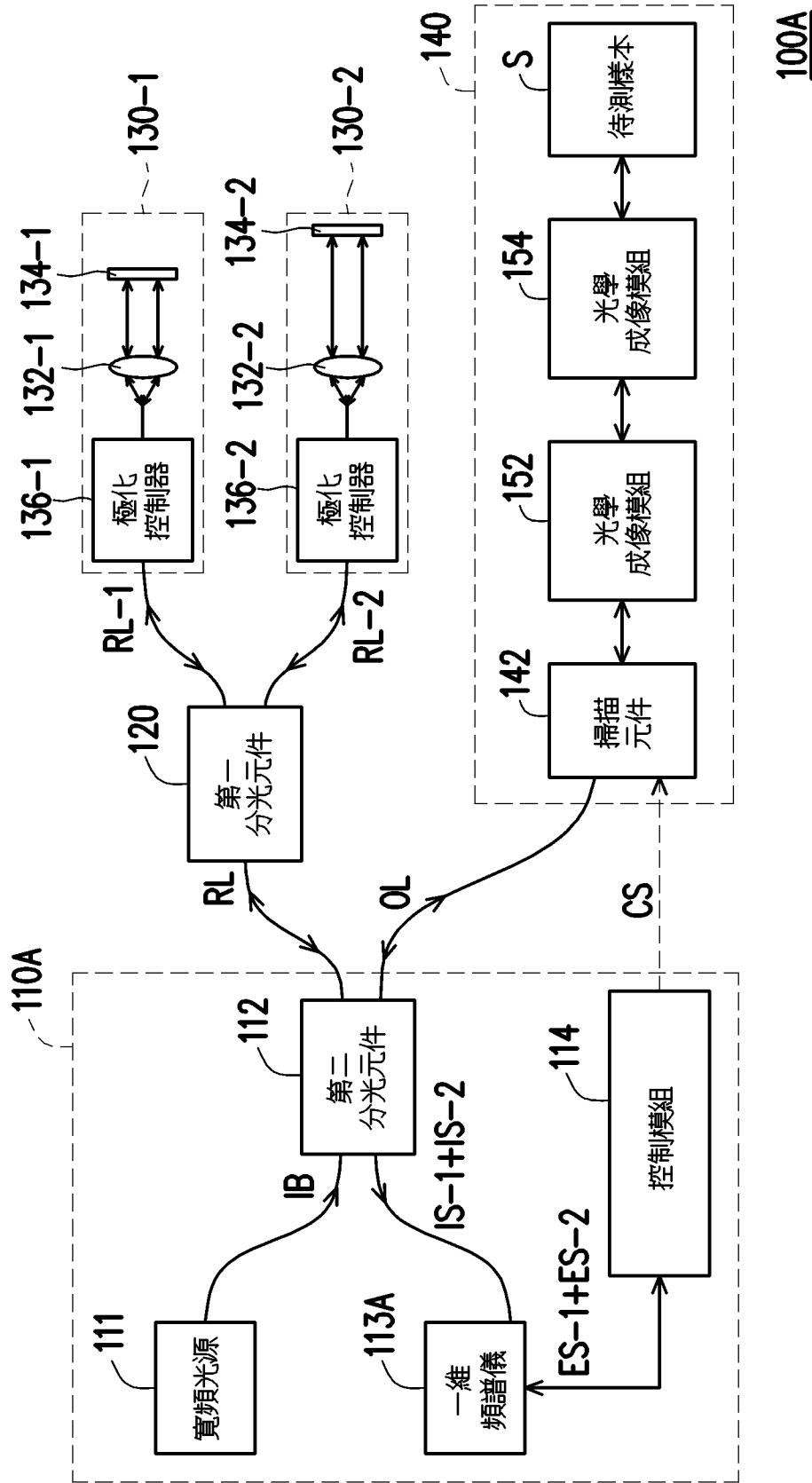
【圖2B】



【圖3A】

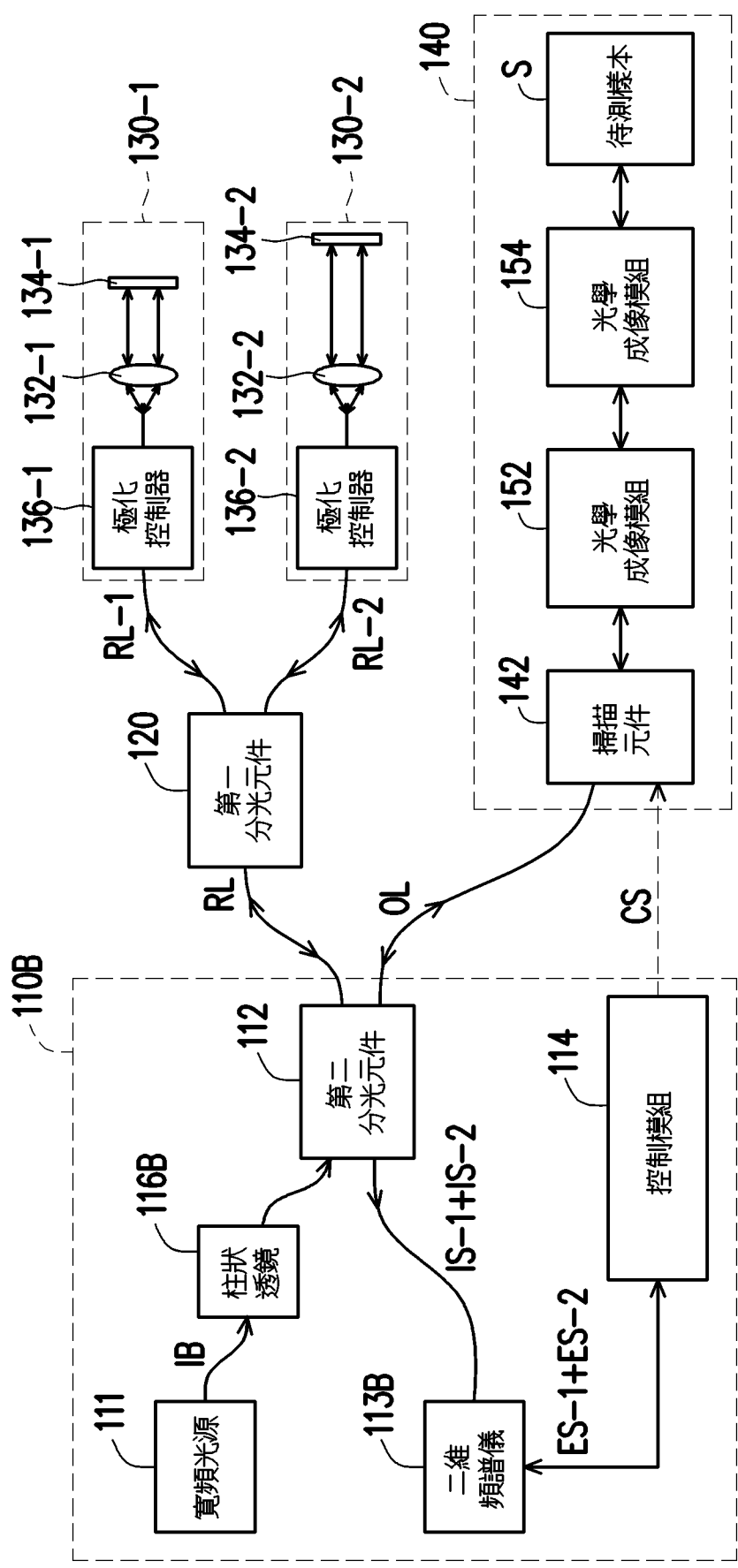


【圖3B】



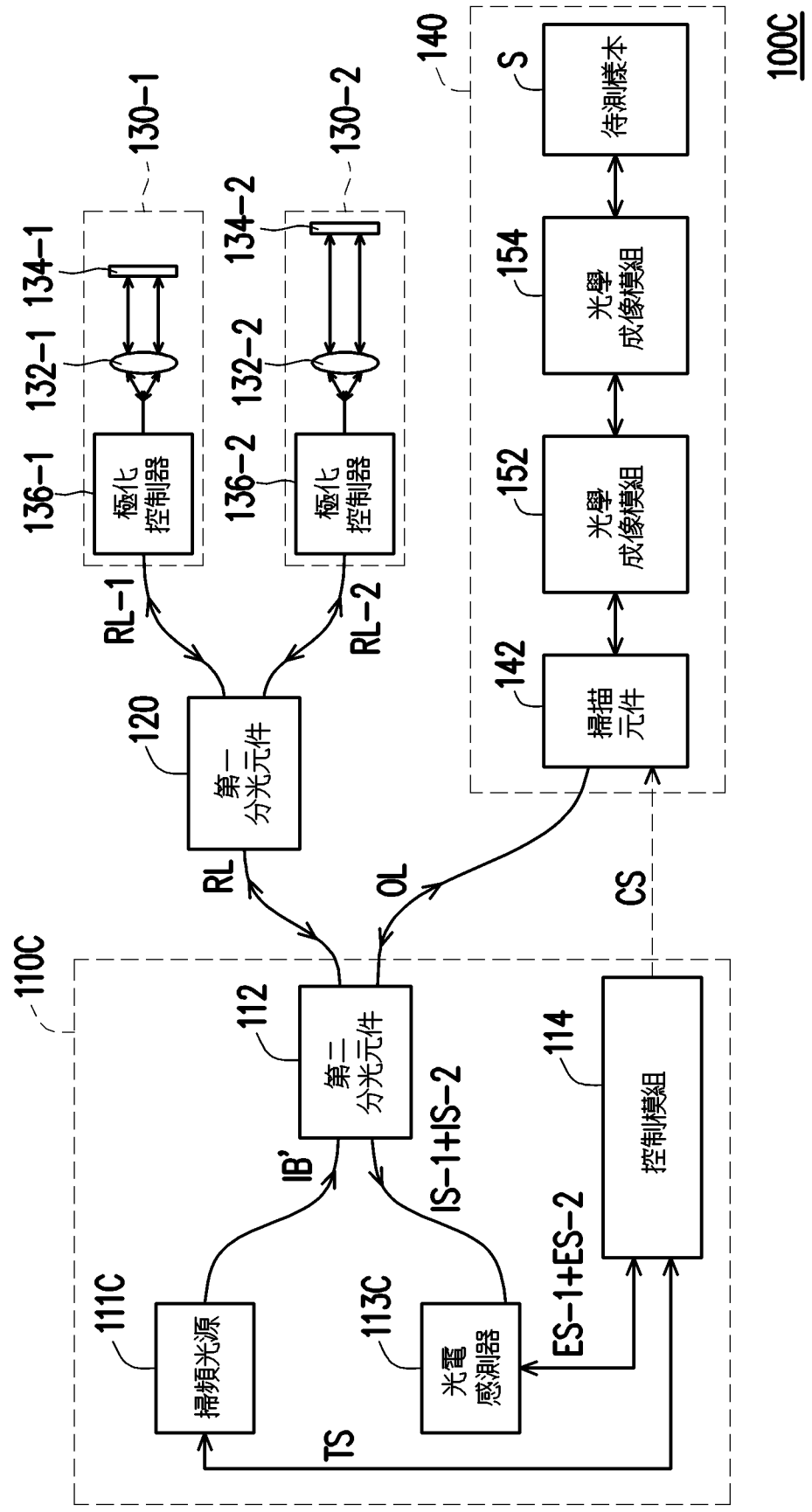
【圖4】

100A

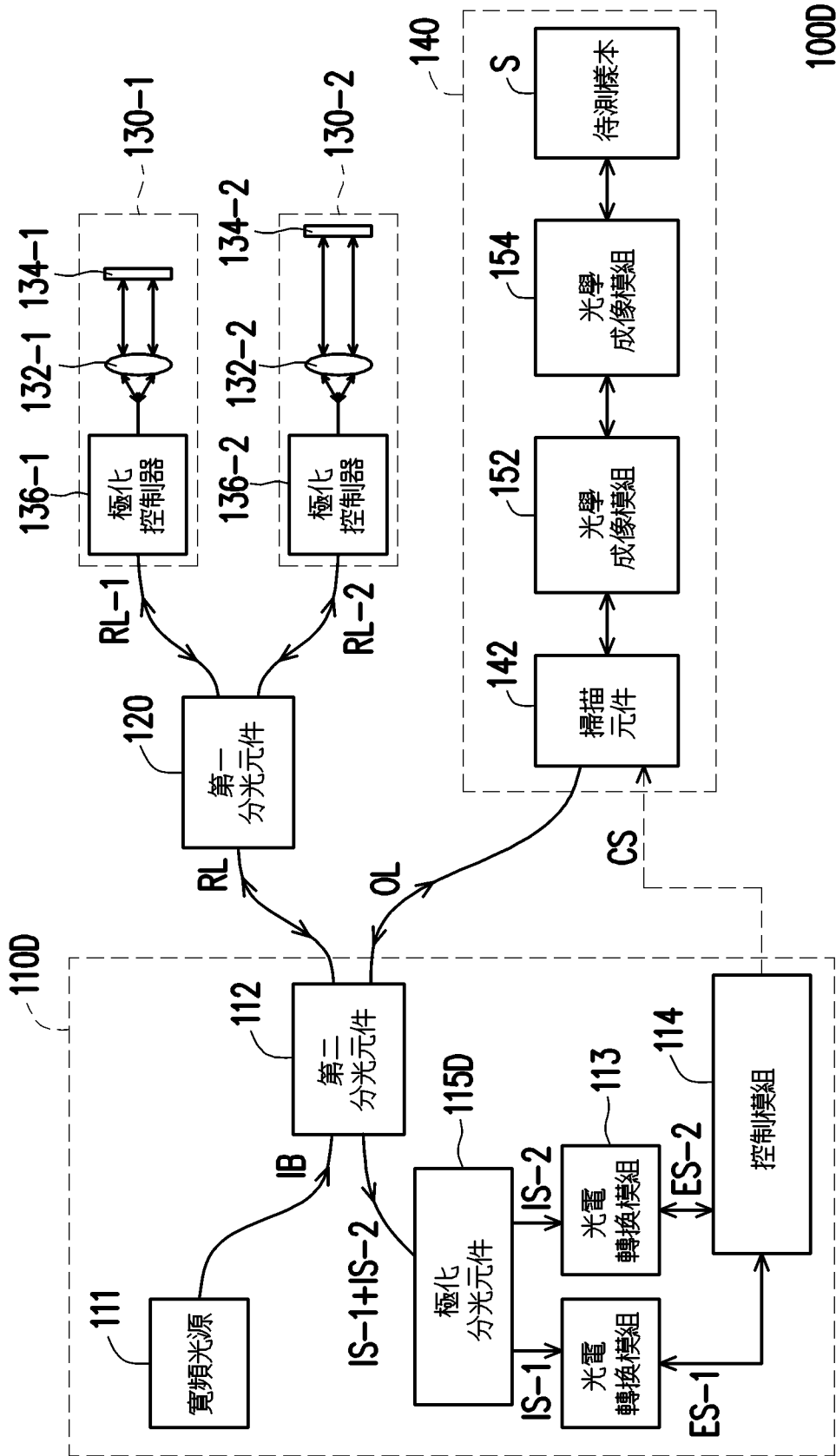


100B

【圖5】

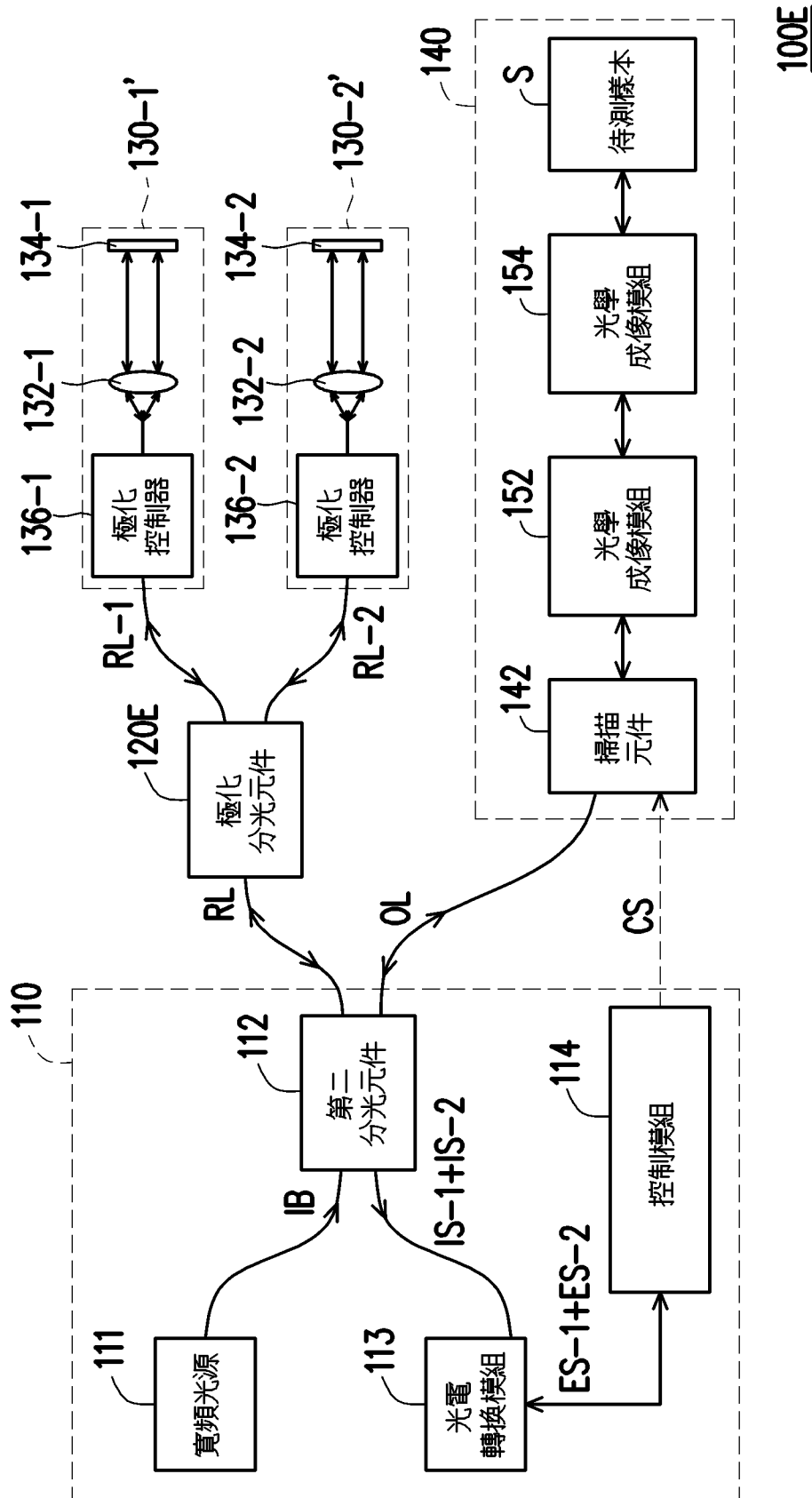


【圖6】



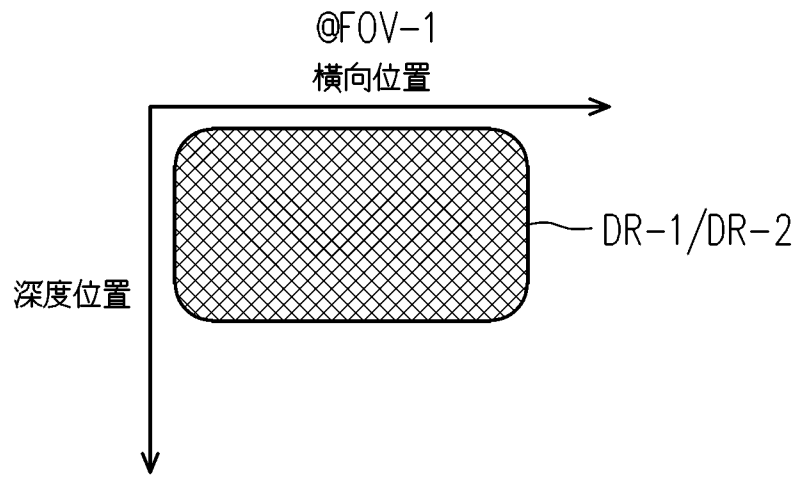
100D

【圖7】

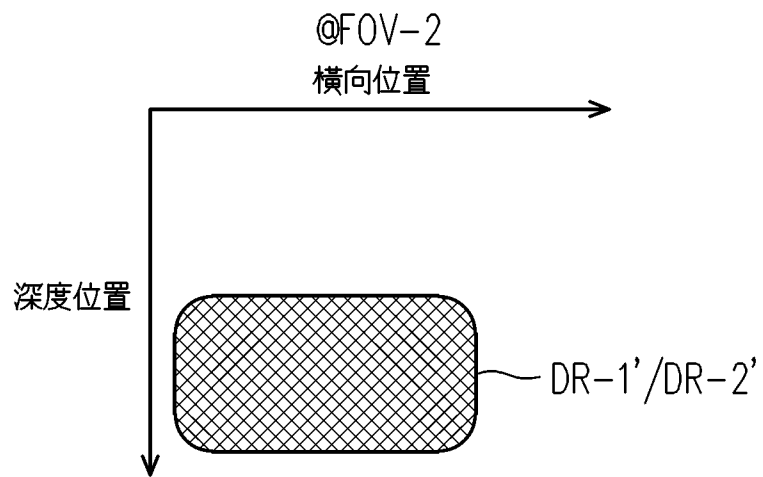


【圖8】

100E



【圖9A】



【圖9B】