



(21) 申請案號：105103123

(22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 02 月 01 日

(51) Int. Cl. : **G01J3/02 (2006.01)** **G01J3/12 (2006.01)**
G01J3/28 (2006.01)

(30) 優先權：2015/04/17 美國 14/689,229

(71) 申請人：雷神公司 (美國) RAYTHEON COMPANY (US)
美國

(72) 發明人：庫克 雷西 G COOK, LACY G. (US)

(74) 代理人：憚軼群；劉法正

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：18 項 圖式數：5 共 30 頁

(54) 名稱

用於多通道雙程散佈光譜儀的光學構形

OPTICAL FORMS FOR MULTI-CHANNEL DOUBLE-PASS DISPERSIVE SPECTROMETERS

(57) 摘要

一種基於再成像或是中繼全反射光學構形的多通道雙程成像光譜儀，諸如四鏡消像散透鏡(4MA)或五鏡消像散透鏡(5MA)。於一實例中，該一光譜儀包括一狹縫，入射的電磁輻射經由該狹縫進入該光譜儀，一定位在該光譜儀之一與該狹縫共置的影像平面處的成像探測器，以及雙程全反射再成像光學元件，其經組配以接收來自於該狹縫的電磁輻射以及輸出準直的電磁輻射光束，並且進一步經組配以產生定位在該雙程全反射再成像光學元件與該影像平面之間的一再成像光瞳。該光譜儀進一步包括至少一散佈元件，其經組配在光譜上將位於每一通道中該紅外線電磁輻射分散以及係經定向以引導該分散輸出通過該雙程全反射再成像光學元件至該影像平面。

A multi-channel double-pass imaging spectrometer based on a reimaging or relayed all-reflective optical form, such as a four-mirror anastigmat (4MA) or five-mirror anastigmat (5MA). In one example, such a spectrometer includes a slit through which incident electromagnetic radiation enters the spectrometer, an imaging detector positioned at an image plane of the spectrometer co-located with the slit, and double-pass all-reflective reimaging optics configured to receive the electromagnetic radiation from the slit and to output a collimated beam of the electromagnetic radiation, and further configured to produce a reimaged pupil positioned between the double-pass all-reflective reimaging optics and the image plane. The spectrometer further includes at least one dispersive element configured to spectrally disperse the infrared electromagnetic radiation in each channel and being oriented to direct the dispersed output through the double-pass all-reflective reimaging optics to the image plane.

指定代表圖：

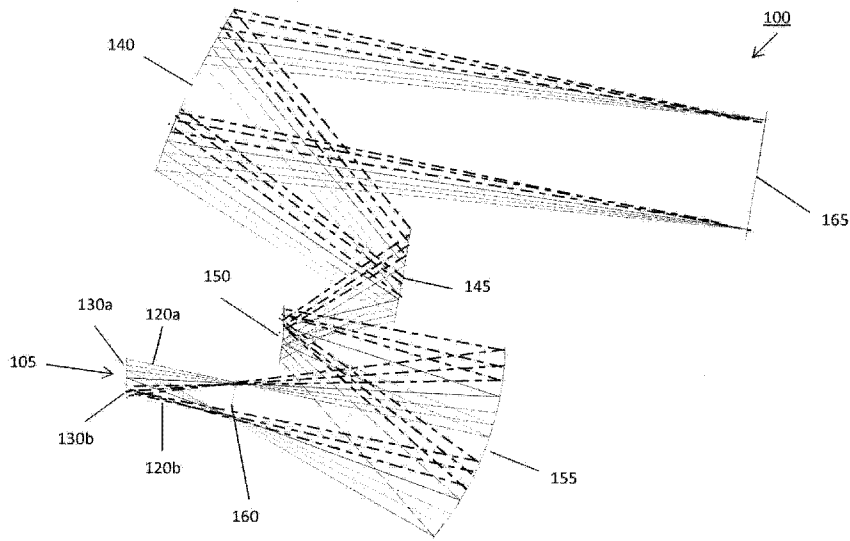


圖 1A

符號簡單說明：

100 . . . 光譜儀

105 . . . 電磁輻射

120a . . . 第一光譜帶

120b . . . 第二光譜帶

130a, 130b . . . 成像探測器

140 . . . 主要鏡

145 . . . 次級鏡

150 . . . 第三鏡

155 . . . 第四鏡

160 . . . 再成像光瞳

165 . . . 實入光瞳

發明摘要

※ 申請案號：105103123

G01J 3/02 (2006.01)

※ 申請日：105.02.01

※IPC 分類：G01J 3/12 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

G01J 3/28 (2006.01)

用於多通道雙程散佈光譜儀的光學構形/ OPTICAL FORMS FOR
MULTI-CHANNEL DOUBLE-PASS DISPERSIVE SPECTROMETERS

【中文】

一種基於再成像或是中繼全反射光學構形的多通道雙程成像光譜儀，諸如四鏡消像散透鏡(4MA)或五鏡消像散透鏡(5MA)。於一實例中，該一光譜儀包括一狹縫，入射的電磁輻射經由該狹縫進入該光譜儀，一定位在該光譜儀之一與該狹縫共置的影像平面處的成像探測器，以及雙程全反射再成像光學元件，其經組配以接收來自於該狹縫的電磁輻射以及輸出準直的電磁輻射光束，並且進一步經組配以產生定位在該雙程全反射再成像光學元件與該影像平面之間的一再成像光瞳。該光譜儀進一步包括至少一散佈元件，其經組配在光譜上將位於每一通道中該紅外線電磁輻射分散以及係經定向以引導該分散輸出通過該雙程全反射再成像光學元件至該影像平面。

【英文】

A multi-channel double-pass imaging spectrometer based on a reimaging or relayed all-reflective optical form, such as a four-mirror anastigmat (4MA) or five-mirror anastigmat (5MA). In one example, such a spectrometer includes a slit through which incident electromagnetic radiation enters the spectrometer, an imaging detector positioned at an image plane of the spectrometer co-located with the slit, and double-pass all-reflective reimaging optics configured to receive the electromagnetic radiation from the slit and to output a collimated beam of the electromagnetic radiation, and further configured to produce a reimaged pupil positioned between the double-pass all-reflective reimaging optics and the image plane. The spectrometer further includes at least one dispersive element configured to spectrally disperse the infrared electromagnetic radiation in each channel and being oriented to direct the dispersed output through the double-pass all-reflective reimaging optics to the image plane.

【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...光譜儀	145...次級鏡
105...電磁輻射	150...第三鏡
120a...第一光譜帶	155...第四鏡
120b...第二光譜帶	160...再成像光瞳
130a,130b...成像探測器	165...實入光瞳
140...主要鏡	

【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】(中文/英文)

用於多通道雙程散佈光譜儀的光學構形

OPTICAL FORMS FOR MULTI-CHANNEL DOUBLE-PASS
DISPERSIVE SPECTROMETERS

【技術領域】

[0001]本發明係有關於用於多通道雙程散佈光譜儀的光學構形。

【先前技術】

[0002]典型地，一種成像光譜儀係由一物鏡或是成像光學模組，其在一狹縫處形成一場景影像，以及一光譜光學模組，其接收來自於物鏡的線視野並準直，隨著波長變化將輻射分散或是隔開，並且將之成像在一二維探測器陣列上，所組成。一種雙程技術有時係用於光譜光學元件。例如，美國專利第5,260,767號揭示使用非中繼反射性三重鏡光學構形作為雙程、單通道散佈光譜儀。就另一實例而言，美國專利第7,382,498號揭示使用非中繼反射性三重鏡光學構形作為雙程，雙通道散佈光譜儀。當該反射性三重鏡光學構形係非再成像(非中繼)，在用於紅外線應用時，整個光譜儀光學元件串必需經冷卻，一般而言位在一冷凍真空(cryo-vac)外殼中。此需求導致測量數小時的一冷卻時間，其可能嚴厲地限制了在某些應用或是環境中使用該儀器。

【發明內容】

[0003]本發明之觀點與具體實施例係針對於雙程散佈

光譜儀中使用一種再成像或是中繼的全反射性光學構形，包括一四鏡消像散透鏡(4MA)或是五鏡消像散透鏡(5MA)。就紅外線應用而言，該4MA或5MA之中繼本質容許由該冷卻室(例如，冷凍真空外殼)取出光學元件，致使能夠使用一個更小的僅包覆該等狹縫及成像探測器/感應器之室，諸如一策略樣式杜爾管(tactical-style Dewar)，例如，並且大大地減少冷卻的時間。例如，可以達到數分鐘的冷卻時間。此外，該等全反射4MA或5MA光學構形可保存該傳統式反射性三重鏡光學構形之優點(諸如幾乎沒有光譜限制及多通道能力)，同時容納較大格式的成像探測器並提供快速的光學速度，如以下進一步地討論。

[0004]根據一具體實施例，多通道雙程成像光譜儀包含至少一狹縫，入射的電磁輻射經由該狹縫進入該光譜儀，至少一定位在該光譜儀之一影像平面處的成像探測器，該影像平面係與該至少一狹縫共置，雙程全反射再成像光學元件經組配以接收來自於該至少一狹縫的電磁輻射以及輸出準直的電磁輻射光束，並且進一步經組配以產生定位在該雙程全反射再成像光學元件與該影像平面之間的一再成像光瞳，一分光鏡其經組配以將該準直的電磁輻射光束分開成一第一光譜帶以及一第二光譜帶，一第一散佈元件其經組配在光譜上將該電磁輻射之第一光譜帶分散以提供一第一分散輸出，該第一散佈元件係經定向以引導該第一分散輸出通過該雙程全反射再成像光學元件至該影像平面，以及一第二散佈元件其經組配在光譜上將該電磁輻射之第

二光譜帶分散以提供一第二分散輸出，該第二分散元件係經定向以引導該第二分散輸出通過該雙程全反射再成像光學元件至該影像平面。

[0005]於一實例中，該多通道雙程成像光譜儀進一步包含一冷卻室其定位在該再成像光瞳與該至少一狹縫之間，該至少一成像探測器係位設在該冷卻室內。

[0006]於一實例中，該雙程全反射再成像光學元件包括一四鏡消像散透鏡。該四鏡消像散透鏡可包括，例如，一具有正光學倍率的主要鏡、一第貳鏡、一具有負光學倍率的第參鏡以及一具有正光學倍率的第肆鏡。於一實例中，該第貳鏡係無倍率的。於另一實例中，該主要鏡、第貳鏡、第參鏡以及第肆鏡之光學倍率的總和係為零。

[0007]於另一實例中，該雙程全反射再成像光學元件包括一五鏡消像散透鏡。該五鏡消像散透鏡可包括，例如，一具有正光學倍率的第一鏡、一具有負光學倍率的第二鏡、一具有正光學倍率的第三鏡、一具有負光學倍率的第四鏡以及一具有正光學倍率的第五鏡。於一實例中，該第一、第二、第三、第四以及第五鏡之光學倍率的總和係為零。

[0008]於一實例中，該第一及第二散佈元件係為稜鏡。於另一實例中，該第一及第二散佈元件係為繞射光柵。

[0009]該至少一成像探測器，例如，可包括一焦點平面陣列感應器。

[0010]該雙程全反射再成像光學元件可進一步包括一實入光瞳(real entrance pupil)，並經組配以在該實入光瞳處

輸出準直的電磁輻射光束。於一實例中，該第一及第二散佈元件係位設鄰近該實入光瞳。

[0011]根據另一具體實施例，一雙程紅外線成像光譜儀包含至少一狹縫，入射的紅外線電磁輻射通過該狹縫進入該光譜儀，至少一定位在該光譜儀之一影像平面的成像探測器，該影像平面係與該至少一狹縫共置，雙程全反射再成像光學元件，其經組配用以自該至少一狹縫接收該紅外線電磁輻射以及用以在一實入光瞳處輸出一準直的紅外線電磁輻射光束，並且進一步經組配用以產生定位在該雙程全反射再成像光學元件與該影像平面之間的一再成像光瞳，至少一定位在接近該實入光瞳的散佈元件並經組配用以在光譜上分散該紅外線電磁輻射以提供一分散輸出，該散佈元件係經定向用以引導該分散輸出通過該雙程全反射再成像光學元件至該影像平面，以及一冷卻室其定位在該再成像光瞳與該至少一狹縫之間，至少一定位在該冷卻室內的成像探測器，以及該雙程全反射再成像光學元件係定位在該冷卻室的外側。

[0012]於一實例中，該雙程全反射再成像光學元件包括一四鏡消像散透鏡。於另一實例中，該雙程全反射再成像光學元件包括一五鏡消像散透鏡。

[0013]該雙程紅外線成像光譜儀，例如，可為雙通道光譜儀。於該一實例中，該雙通道雙程紅外線成像光譜儀可進一步包含一分光鏡其經組配以將該準直的紅外線電磁輻射光束分開成一第一光譜帶以及一第二光譜帶。該至少一

散佈元件可包括一第一散佈元件其經組配在光譜上將該電磁輻射之第一光譜帶分散以提供一第一分散輸出，該第一散佈元件係經定向以引導該第一分散輸出通過該雙程全反射再成像光學元件至該影像平面，以及一第二散佈元件其經組配在光譜上將該電磁輻射之第二光譜帶分散以提供一第二分散輸出，該第二分散元件係經定向以引導該第二分散輸出通過該雙程全反射再成像光學元件至該影像平面。

[0014] 以下詳細論及仍有的其他觀點、具體實施例以及該等示範性觀點與具體實施例之優點。於此揭示的具體實施例可以與於此揭示的至少一原理相一致的任何方式和其他的具體實施例結合，以及參考“一具體實施例”、“一些具體實施例”、“一可交替具體實施例”、“一可交替具體實施例”、“不同的具體實施例”、“一個具體實施例”或諸如此類者並非必然地互斥並係意欲指示於至少一具體實施例中可包括所說明的特別特性、結構或是特徵。於此該等項目的外觀並非必然地皆參考該相同的具體實施例。

【圖式簡單說明】

[0015] 至少一具體實施例之不同的觀點係於以下參考伴隨圖式加以說明，該等圖式並不意欲按比例繪製。該等圖式係包括以提供圖解以及該等不同觀點及具體實施例之進一步的瞭解，並係併入及構成此說明書的一部分，但並不意欲作為本發明之限制的定義。於該等圖式中，於不同圖式中所圖示的每一相同或是近似相同的組件係以一相同的代表符號表示。為了清晰的目的，並未於每一圖式中標

示每一組件。該等圖式中：

圖1A係為根據本發明之觀點於子午面中使用該四鏡消像散透鏡光學構形的一雙通道雙程光譜儀的一實例之一光追蹤段；

圖1B係為圖1A之該光追蹤的一平面視圖；

圖2係為根據本發明之觀點圖1A及1B之該光譜儀的一實例之一光追蹤段；

圖3係為使用一反射三重鏡光學構形的一傳統式雙通道光譜儀的一光追蹤段；

圖4A係為根據本發明之觀點於矢狀面中使用該五鏡消像散透鏡光學構形的一雙通道雙程光譜儀的一實例之一光追蹤段的一平面視圖；

圖4B係為圖4A之該光追蹤段的一子午面視圖；以及

圖5係為根據本發明之觀點圖4A及4B之該光譜儀的一實例之一光追蹤段。

【實施方式】

[0016]本發明之觀點及具體實施例係針對中繼光學構形的使用，諸如於雙程、多通道、散佈成像光譜儀中的一四鏡消像散透鏡(four-mirror anastigmat, 4MA)或五鏡消像散透鏡(five-mirror anastigmat, 5MA)。於此揭示及使用的該4MA或5MA光學構形係為全反射以及平場的(flat-field)，並提供一實入光瞳，如以下進一步地論及。美國專利第5,550,672號詳細地揭示該4MA光學構形的結構與功能性特徵。同樣地，美國專利第6,902,282號詳細地揭示該5MA光

學構形的結構與功能性特徵。該4MA及5MA光學構形的中繼性質提供容許周圍光學元件供紅外光應用的優點；益處顯著地超越傳統式非再成像光學構形，諸如該反射三重鏡。此外，如以下進一步論及，相對於該反射三重鏡，於該4MA及5MA光學構形中所包括的該等附加鏡可容納較大形式狹縫及FPA構態以及更快速的光學速度。

[0017]美國專利第8,507,866號揭示一種具有周圍光學元件的紅外線光譜儀；然而該構態具有光譜的限制並且可能不適用於多通道操作。此外，使用“水仙鏡(narcissus mirror)”狹縫基板，如於美國專利第8,507,866號中所揭示，可能提出對於具有大格式的光譜儀之困難性。於此揭示使用該等4MA或5MA光學構形的該等光譜儀之具體實施例可避免該等缺點並保留與傳統式反射三重鏡光學構形相關聯的益處，同時提供附加的能力，如以下更為詳細的討論。

[0018]可察知的是於此論及的方法與裝置之具體實施例在應用上並未限制在於以下的描述中所提出該等組件之構造與佈置的細節上或是在該等伴隨圖式中所圖解者。該等方法與裝置能夠施用在其他具體實施例中並且以不同的方式實踐或是完成。於此提供的具體施用之實例係僅針對圖解的目的並不意欲具限制性。並且，本文所使用的措辭和術語是爲了描述的目的，而不應被視爲限制性的。本文中使用的“包括”、“包含”、“具有”、“含有”、“涉及”以及其變體在本文中的使用是表示包羅其後所列的各項及其等效項以及額外項。對於“或者”的參考用語可視爲包括的，因

此使用“或者”所描述的任何項目可指示為單數、一個以上以及所有的該等描述項目的任一種。對於前與後、左及右、頂部與底部、上及下、以及垂直與水平係意欲針對方便描述，而非限制本系統及方法或是其之組件在任何一個位置或是空間的定向上。

[0019]如以上論及，根據一具體實施例，一多通道散佈成像光譜儀係使用全反射4MA光學構形施作。參考圖1A及1B，圖示使用該全反射4MA光學構形的一雙通道雙程光譜儀的一實例。於該圖示的實例中，該光譜儀100於該子午面中係為雙通道；然而，熟知此技藝之人士將輕易地察知的是該光譜儀可交替地於該矢狀面中能夠為雙通道。來自一看到的景象的電磁輻射係，如箭頭105指示，經由一狹縫110，輸入至該光譜儀。於該圖示的實例中，該光譜儀100係為一雙通道光譜儀，並且因此，該電磁輻射可分開成一第一光譜帶(通道)120a以及一第二光譜帶120b。二成像感應器或探測器130a及130b，每一光譜通道一個感應器，可位設在實質上與該狹縫110共置的一共同影像面處。

[0020]於該圖示的實例中，該光譜儀光學元件包括由一主要鏡140、一第貳鏡145、一第參鏡150以及一第肆鏡155所組成的一4MA 170，其係以一雙程構態佈置並在160處構成一再成像光瞳。該光譜儀100進一步包括一實入光瞳165，於該處可安置一對反射性散佈元件，每一光譜通道一個元件，並且其在光譜上分散該電磁輻射以及往回折射該分散的輻射通過該4MA 170至該成像探測器130a、130b。圖2圖

示該光譜儀100的一實例，分別地顯示第一及第二散佈元件210及215，連同一分光鏡220其經組配用以將該電磁輻射分開成該二光譜帶120a、120b並引導每一光譜帶至該各別的散佈元件。該等散佈元件210、215，例如，可為繞射光柵或是稜鏡。再次參考圖1A及1B，該電磁輻射120a、120b經由該狹縫110進入該光譜儀系統以及該4MA 170之該等鏡合作以將該入射輻射準直至該實入光瞳165以及散佈元件210及215，並往回至與該狹縫110相鄰的該等成像探測器130a、103b。該4MA 170因而係稱為雙程，因為該電磁輻射在至該等散佈元件210、215途中經準直並返回通過該4MA成像在該等成像探測器130a、103b所位設處的該共同影像面上。

[0021]於一實例中，該等成像探測器130a、130b係為焦面陣列(FPA)成像感應器。於該圖示的實例中，該光譜儀100包括二成像感應器130a、130b，該二光譜通道之每一通道一個感應器；然而，於其他的實例中，可使用一單一雙帶FPA或是其他的成像感應器。

[0022]根據一具體實施例，該主要鏡140、第參鏡150以及第肆鏡155之倍率分布係分別為正值、負值以及正值。該第貳鏡145優選地係為無倍率的，但能夠具有一些微的正值或是負值倍率，以及其可具有一較高階非球面面形。該等鏡140、145、150及155的精確倍率可經選定以致該等倍率的總和係為零。零總和提供珀茲伐和(Petzval sum)之修正，致使於該焦面中的一零曲率(亦即，一實質上平場狀況)。該

主要鏡140之橫截面可為圓錐形(例如，拋物面、雙曲面或是橢面的)或是一較高階非球面。該第參鏡150之橫截面可為雙曲面，但亦能夠為一較高階非球面。該第肆鏡155之橫截面可為橢面的，但亦能夠為一較高階非球面。該第貳鏡145，雖然正常地為平坦的，一般地可配置具有一非球面。該非球面亦容許該第貳鏡145減小該光瞳影像中的像差。可隨著光學設計者的意見選定該等鏡之幾何形狀。該等鏡140、145、150及155之布局係視該光譜儀100所意欲之應用而定。例如，就紅外線應用，能夠以諸如玻璃、塑膠、金屬或是先進複合材料的材料製成該等鏡140、145、150及155。製作該等鏡140、145、150及155的方法可視該複合材料而定。製程，例如，可包括傳統式拋光、電腦控制拋光、精密加工、複製以及成型加工(molding)。

[0023]該4MA 170提供小型化、再成像、全反射光學元件，其經組配以將一寬廣視野成像在一平場上，因而極為適於多通道光譜儀應用。此外，該4MA 170之中繼性質，利用其之相關聯的再成像光瞳160，容許該(等)狹縫110以及該等成像感應器130a、130b位在一冷卻室內側，同時該光學元件串能夠保持位在周圍溫度下。例如，參考圖2，包覆該等成像探測器130a、130b的一相對小的冷卻室230(或腔室)可定位在該再成像光瞳160與該(等)狹縫110之間。該室230，例如，可為一策略性杜爾管或是其他型式的冷凍真空室。該室230可包括該電磁輻射120a、120b透通的一第一窗245以及一第二窗240，以容許該電磁輻射進入及離開該室。

於一實例中，該第一窗245可定位在該(等)狹縫110之前但實質上接近該(等)狹縫110，以及該第二窗240可定位在該再成像光瞳160之後但實質上接近該再成像光瞳160。該等鏡140、145、150及155，連同該等散佈元件210、215以及該分光鏡220係位設在該冷卻室230之外側並因此係處於周圍溫度下。由該(等)狹縫110至該等散佈元件210、215並回至該等成像探測器130a、130b的該電磁輻射可完全地侷限在該4MA之該周圍低放射率鏡表面，因而該等成像探測器130a、130b“見到”最小的熱放射背景輻射。

[0024]圖3圖示包括二成像探測器310a、310b以及基於該反射三重鏡光學構形的一傳統式雙通道成像光譜儀300的一實例。於此實例中，入射電磁輻射經由一入口光瞳320進入該光譜儀，係藉由一以鏡330、335、340組成的傳統式三鏡式反射三重鏡在其至散佈元件350、355的途中經準直，並經由該反射三重鏡返回成像在該等成像探測器310a、310b所位設的一共同影像面上。分光鏡360係用以將該電磁輻射分開成二光譜通道。與以上所論及基於該4MA 170的該光譜儀100之具體實施例成對比，該傳統式光譜儀300的該反射三重鏡(由鏡330、335、340組成)係非再成像並且無法產生一中間影像面或是再成像光瞳。因此，就紅外線應用而言，整個光學元件串必需在一大的冷卻室370內冷卻，如圖3中所示。該冷卻室370包括一透光窗375其定位在該入口光瞳320之前但實質上接近該入口光瞳320。圖2與3之間的比較圖示基於該4MA光學構形的該光譜儀100的一優點，

亦即大部分的光學組件係處於周圍溫度下而使用更小的冷卻室230(與該冷卻室370比較)的能力。因此，用於該光譜儀100的冷卻時間可以分計，而非典型地如用於傳統式光譜儀300的情況以小時計。

[0025]根據另一具體實施例，可使用一全反射5MA光學構形以一雙程構態實作一多通道散佈成像光譜儀。圖4A及4B圖示使用該5MA光學構形的一雙通道雙程光譜儀400的一實例。於該圖示的實例中，該光譜儀400係為在矢狀面雙通道，並且包括一對狹縫110a、110b；然而，熟知此技藝之人士將立即地察知的是該光譜儀可交替地能夠為在子午面為雙通道。來自於一觀視景象的電磁輻射係經由該(等)狹縫110輸入至該光譜儀400，如箭頭105所指示。於該圖示的實例中，該光譜儀400係為一雙通道光譜儀，因此，例如，該電磁輻射可使用一分光鏡220分開成一第一光譜帶(通道)120a以及一第二光譜帶120b，如以上論及並如於圖5中所圖示。二成像探測器130a及130b，每一光譜通道一個探測器，可位設在實質上與該等狹縫110a、110b共置的影像面處。

[0026]於該圖示的實例中，該光譜儀光學元件包括一5MA 410，其係由以一雙程構態佈置的一第一鏡420、一第二鏡425、一第三鏡430、一第四鏡435以及一第五鏡440組成，具有一入口光瞳165以及一再成像光瞳160。該第一鏡420反射該電磁輻射至一實入光瞳165以及反射來自於一實入光瞳的該電磁輻射。於一實例中，該第一鏡420具有正光

學倍率。該第二鏡425反射該電磁輻射至該第一鏡420以及反射來自於該第一鏡420的該電磁輻射。於一實例中，該第二鏡425具有負光學倍率。該第三鏡430反射該電磁輻射至該第二鏡425以及反射來自於該第二鏡425的該電磁輻射。於一實例中，該第三鏡430具有正光學倍率。該第四鏡435反射該電磁輻射至該第三鏡430以及反射來自於該第三鏡430的該電磁輻射。於一實例中，該第四鏡435具有負光學倍率。該第五鏡440反射該電磁輻射至該第四鏡435以及反射來自於該第四鏡435的該電磁輻射。於一實例中，該第五鏡440具有正光學倍率。該第五鏡440進一步接收來自於該(等)狹縫110的電磁輻射，並且，在返回的路徑上，將該電磁輻射反射朝向該等成像探測器130a及130b。合意地，所有該等鏡420、425、430、435及440之該等光學倍率的總和實質上係為零。如此滿足該實質上為零的該珀茲伐和基準，在該等成像探測器130a及130b所位設的該(等)影像面處構成一平坦影像。

[0027]該光譜儀400進一步包括一對反射散佈元件，每一光譜通道一個元件，位設在或是接近該實入光瞳165以及其光譜上分散該電磁輻射並將該分散的輻射往回反射通過該5MA 410至該等成像探測器130a、130b。圖5圖示該光譜儀400的一實例，分別地顯示第一及第二散佈元件210及215，以及一分光鏡220其經組配以將該電磁輻射分開成二光譜帶120a、120b並引導每一光譜帶至該各別的散佈元件。

[0028]因此，該5MA 410提供全反射再成像光學元件，

其經組配以將一寬廣視野成像在一平場上，如同該4MA 170，並且極為適於多通道光譜儀應用。此外，與該4MA 170相似，該5MA 410之中繼性質，容許該(等)狹縫110以及該等成像感應器130a、130b位在一冷卻室內側的位置，同時該光學元件串能夠保持位在周圍溫度下。例如，參考圖5，包覆該等成像探測器130a、130b的一相對小的冷卻室510可定位在該再成像光瞳160與該(等)狹縫110之間。該室510，例如，可為一策略性杜爾管或是其他型式的冷凍真空室。該5MA 410，連同該等散佈元件210、215以及該分光鏡220係位設在該冷卻室510之外側並因此係處於周圍溫度下。由該(等)狹縫110至該等散佈元件210、215並回至該等成像探測器130a、130b的該電磁輻射可完全地侷限在該5MA之該周圍低放射率鏡表面，因而該等成像探測器130a、130b“見到”最小的熱放射背景輻射。圖5與3之間的比較圖示基於該5MA光學構形的該光譜儀400的一優點，亦即大部分的光學組件係處於周圍溫度下而使用更小的冷卻室510(與該冷卻室370比較)的能力。因此，用於該光譜儀400的冷卻時間可以分計，而非典型地如用於傳統式光譜儀300的情況以小時計。

[0029]此外，該5MA 410之該五個鏡提供相對於該4MA 170之附加的設計選擇以及自由度，並且相對於傳統式三鏡反射三重鏡更有甚者。因此，該5MA 410可提供強化的修正像差及/或失真的能力，以及使用該5MA 410用於該光譜儀400容許該光譜儀400容納較大的狹縫及FPA格式以及更

快速的光學速度。此外，使用該全反射5MA 410維持該傳統式反射三重鏡構態的所有能力(例如，無光譜上限制以及多通道作業)，同時容許該光譜儀光學元件被安置在該冷卻室的外側，如以上論及。

[0030]以下表1提供使用該5MA 410之實例的光譜儀構態之二個設計實例。實例1與F/2.5的一光學速度相對應，以及實例2與F/2.0的一光學速度相對應。於每一例子中，該5MA 410之尺寸範圍(於圖4B中由該第一鏡420測量至該第五鏡440之下尖端)係大約為71公分。

表1

特徵	實例1	實例2
孔徑(光柵)	10.3公分	12.8公分
光學速度	F/2.5	F/2.0
焦距	25.75公分	25.52公分
格式	3.7公分x8.37公分	3.7公分x8.37公分
視野(FOV)	8.2x18.5度	8.2x18.5度
腔室光瞳	6.2公分	7.9公分
光瞳放大率	1.66X	1.62X
腔室長度	15.6公分	15.7公分
繞射限制在	2.26微米	2.85微米
失真平均值	4微米	7微米
光瞳誤差平均值	0.4公厘	0.5公厘

[0031]因此，觀點與具體實施例提供用於多通道雙程成像光譜儀的光學構形，使能夠設計及施用具有多數優點的

一小型、高性能光譜儀。如以上論及，針對高度地需要成像感應器之冷卻以及典型地必需獲得合格性能的紅外線應用，使用該4MA或5MA再成像光學構形容許該光譜儀光學元件保持在周圍溫度下，而一僅包覆該等成像感應器之相對地小的冷卻室，以及可任擇地與該等成像感應器相關聯的狹縫及/或一些小組件(例如，過濾器)，能夠使用以提供所需的冷卻。如此對於紅外線應用引人注目地減少冷卻時間及能量同時維持高的性能。此外，該等全反射4MA或5MA光學構形具有極少甚至沒有光譜限制(與包括折射元件，其係在光譜上高度地依賴的/可變化的光學構形不同)以及易與多通道應用相容。因此，基於該等4MA或5MA光學構形的光譜儀，如本文所揭示，可提供超越傳統式基於該反射三重鏡，或是其他非再成像及/或折射光學構形的成像光譜儀的多種優點。

[0032]以上已說明至少一具體實施例之複數的觀點，但應察知的是熟知此技藝之人士將輕易地對之作不同的改變、修改及改良。該等改變、修改及改良係意欲成爲此揭示內容的一部分並係意欲涵蓋於本發明之範疇內。因此，該前述說明及圖式係僅用於舉例說明，而本發明之範疇應由附加的申請專利範圍之正確構造，以及其之等效物所確定。

【符號說明】

100...光譜儀	120a...第一光譜帶
105...電磁輻射	120b...第二光譜帶
110,110a,110b...狹縫	130a,130b,310a,310b...成像探測器

140...主要鏡	300...傳統式雙通道成像光譜儀
145...次級鏡	320...入口光瞳
150...第三鏡	330,335,340...鏡
155...第四鏡	350,355...散佈元件
160...再成像光瞳	375...透光窗
165...實入光瞳	400...雙通道雙程光譜儀
170...四鏡消像散透鏡	410...五鏡消像散透鏡
210...第一散佈元件	420...第一鏡
215...第二散佈元件	425...第二鏡
220,360...分光鏡	430...第三鏡
230,370...冷卻室	435...第四鏡
240...第二窗	440...第五鏡
245...第一窗	

申請專利範圍

1. 一種多通道雙程成像光譜儀，其包含：

至少一狹縫，入射的電磁輻射經由該狹縫進入該光譜儀；

至少一成像探測器，其定位在該光譜儀之一影像平面處，該影像平面係與該至少一狹縫共置；

雙程全反射再成像光學元件，其經組配以接收來自於該至少一狹縫的電磁輻射以及輸出準直的電磁輻射光束，並且進一步經組配以產生一定位在該雙程全反射再成像光學元件與該影像平面之間的再成像光瞳；

一分光鏡，其經組配以將該準直的電磁輻射光束分開成一第一光譜帶以及一第二光譜帶；

一第一散佈元件，其經組配在光譜上將該電磁輻射之第一光譜帶分散以提供一第一分散輸出，該第一散佈元件係經定向以引導該第一分散輸出通過該雙程全反射再成像光學元件至該影像平面；以及

一第二散佈元件，其經組配在光譜上將該電磁輻射之第二光譜帶分散以提供一第二分散輸出，該第二分散元件係經定向以引導該第二分散輸出通過該雙程全反射再成像光學元件至該影像平面。

2. 如請求項1之多通道雙程成像光譜儀，其進一步包含一冷卻室，其定位在該再成像光瞳與該至少一狹縫之間，該至少一成像探測器係位設在該冷卻室內。

3. 如請求項1之多通道雙程成像光譜儀，其中該雙程全反射再成像光學元件包括一四鏡消像散透鏡。
4. 如請求項3之多通道雙程成像光譜儀，其中該四鏡消像散透鏡包括：
 - 一具有正光學倍率的主要鏡；
 - 一第貳鏡；
 - 一具有負光學倍率的第參鏡；以及
 - 一具有正光學倍率的第肆鏡。
5. 如請求項4之多通道雙程成像光譜儀，其中該第貳鏡係無倍率的。
6. 如請求項5之多通道雙程成像光譜儀，其中該主要鏡、第貳鏡、第參鏡以及第肆鏡之光學倍率的總和係為零。
7. 如請求項1之多通道雙程成像光譜儀，其中該雙程全反射再成像光學元件包括一五鏡消像散透鏡。
8. 如請求項7之多通道雙程成像光譜儀，其中該五鏡消像散透鏡包括：
 - 一具有正光學倍率的第一鏡；
 - 一具有負光學倍率的第二鏡；
 - 一具有正光學倍率的第三鏡；
 - 一具有負光學倍率的第四鏡；以及
 - 一具有正光學倍率的第五鏡。
9. 如請求項8之多通道雙程成像光譜儀，其中該第一、第二、第三、第四以及第五鏡之光學倍率的總和係為零。
10. 如請求項1之多通道雙程成像光譜儀，其中該第一及第

二散佈元件係為稜鏡。

11. 如請求項1之多通道雙程成像光譜儀，其中該第一及第二散佈元件係為繞射光柵。
12. 如請求項1之多通道雙程成像光譜儀，其中該至少一成像探測器包括一焦點平面陣列感應器。
13. 如請求項1之多通道雙程成像光譜儀，其中該雙程全反射再成像光學元件進一步包括一實入光瞳，並經組配以在該實入光瞳處輸出準直的電磁輻射光束。
14. 如請求項13之多通道雙程成像光譜儀，其中該第一及第二散佈元件係位設成鄰近該實入光瞳。
15. 一種雙程紅外線成像光譜儀；其包含：

至少一狹縫，入射的紅外線電磁輻射通過該狹縫進入該光譜儀；

至少一成像探測器，其定位在該光譜儀之一影像平面，該影像平面係與該至少一狹縫共置；

雙程全反射再成像光學元件，其經組配用以自該至少一狹縫接收該紅外線電磁輻射以及用以在一實入光瞳處輸出一準直的紅外線電磁輻射光束，並且進一步經組配用以產生一定位在該雙程全反射再成像光學元件與該影像平面之間的再成像光瞳；

至少一散佈元件，其定位成接近該實入光瞳並經組配用以在光譜上分散該紅外線電磁輻射以提供一分散輸出，該散佈元件係經定向用以引導該分散輸出通過該雙程全反射再成像光學元件至該影像平面；以及

一冷卻室，其定位在該再成像光瞳與該至少一狹縫之間，該至少一成像探測器係定位在該冷卻室內，以及該雙程全反射再成像光學元件係定位在該冷卻室的外側。

16. 如請求項15之雙程紅外線成像光譜儀，其中該雙程全反射再成像光學元件包括一四鏡消像散透鏡。
17. 如請求項15之雙程紅外線成像光譜儀，其中該雙程全反射再成像光學元件包括一五鏡消像散透鏡。
18. 如請求項15之雙程紅外線成像光譜儀，其中該光譜儀係為雙通道光譜儀並且進一步包含一分光鏡，該分光鏡經組配以將該準直的紅外線電磁輻射光束分開成一第一光譜帶以及一第二光譜帶；以及

其中該至少一散佈元件包括：

一第一散佈元件，其經組配在光譜上將該電磁輻射之第一光譜帶分散以提供一第一分散輸出，該第一散佈元件係經定向以引導該第一分散輸出通過該雙程全反射再成像光學元件至該影像平面，以及

一第二散佈元件，其經組配在光譜上將該電磁輻射之第二光譜帶分散以提供一第二分散輸出，該第二分散元件係經定向以引導該第二分散輸出通過該雙程全反射再成像光學元件至該影像平面。

圖式

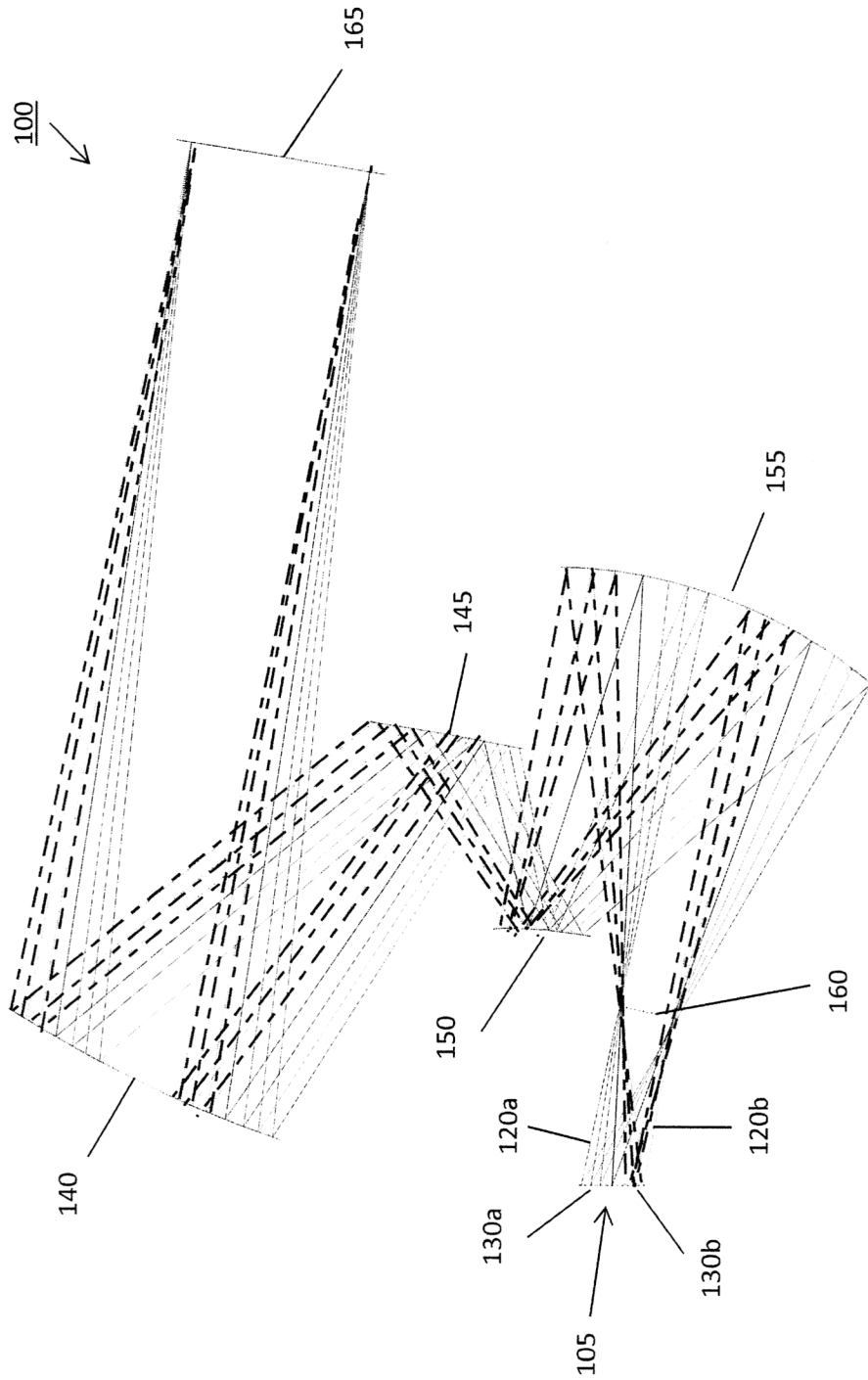


圖 1A

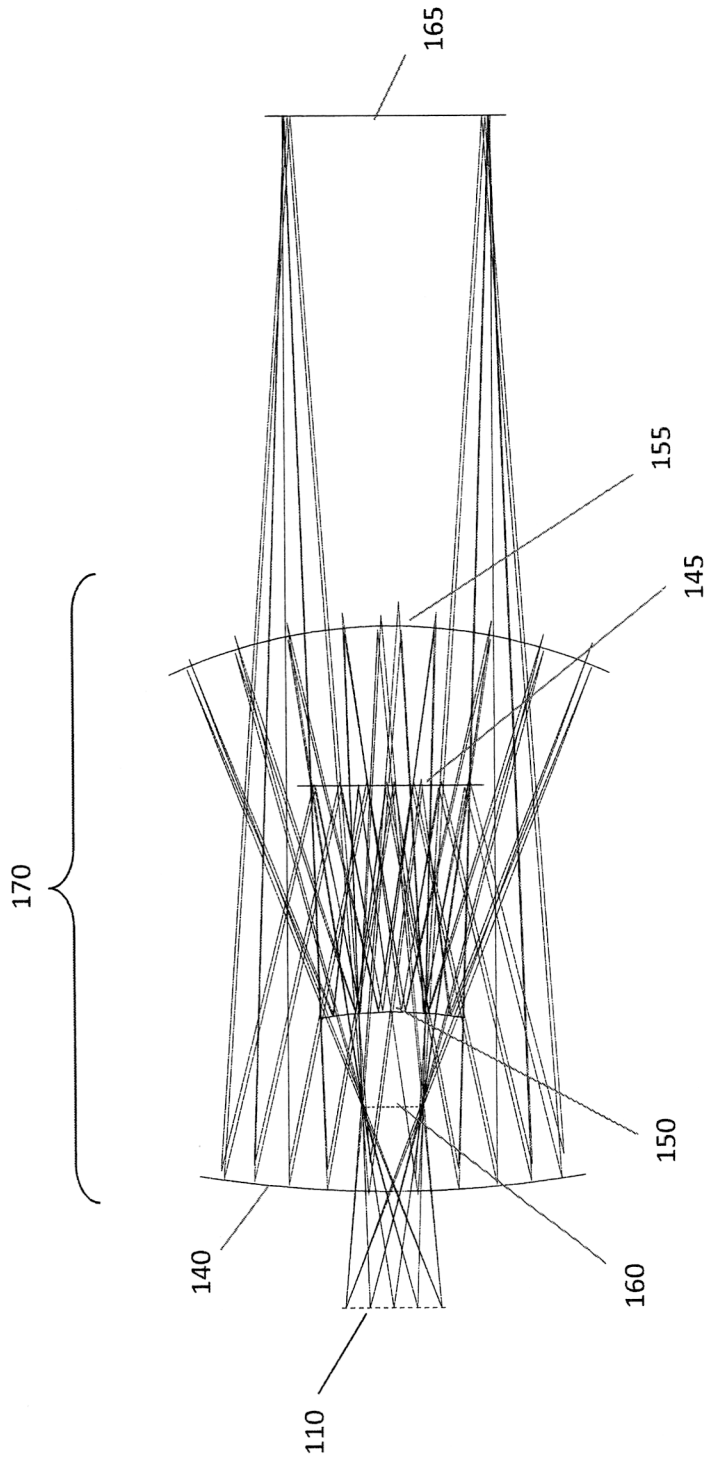


圖 1B

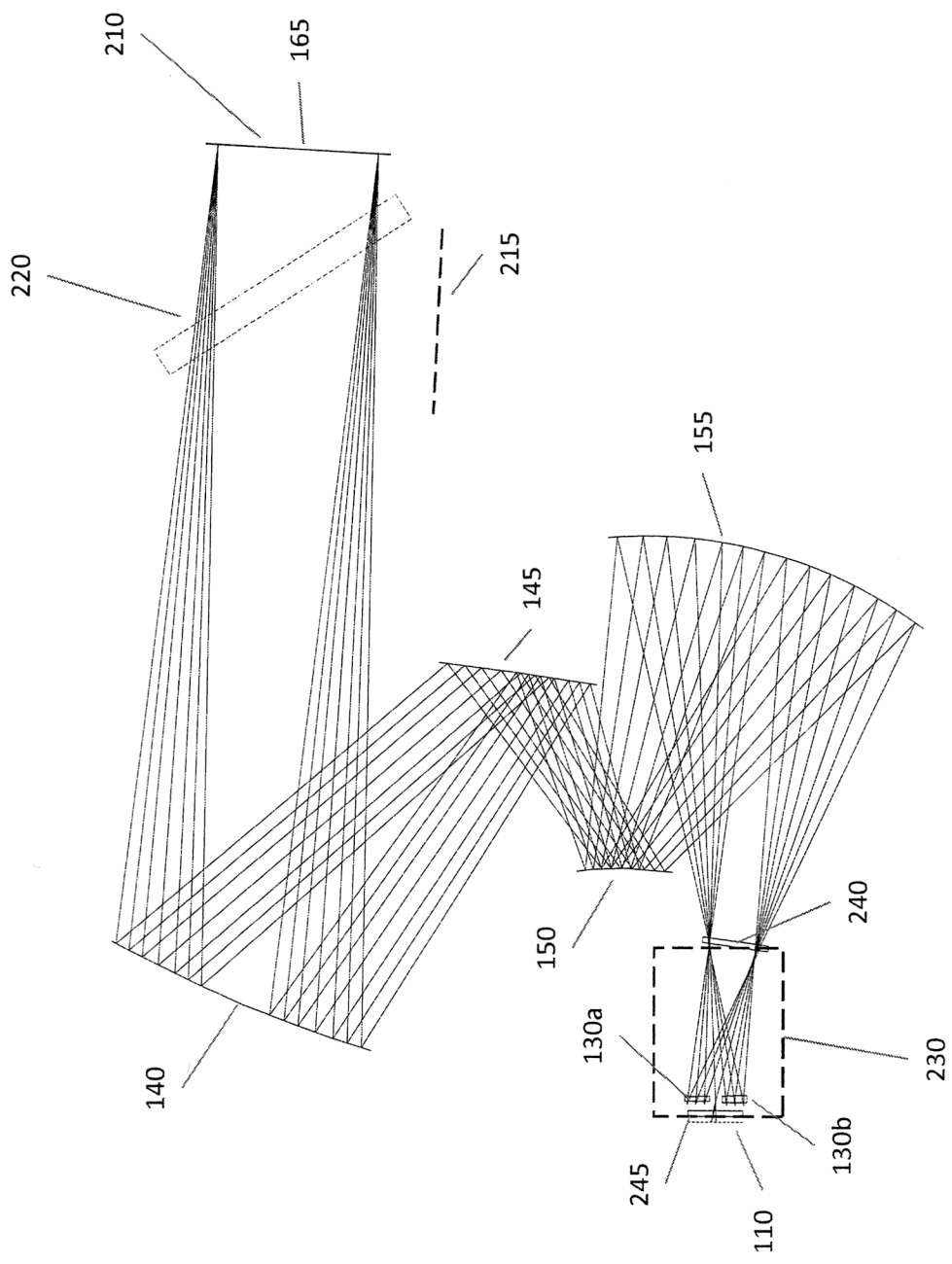


圖 2

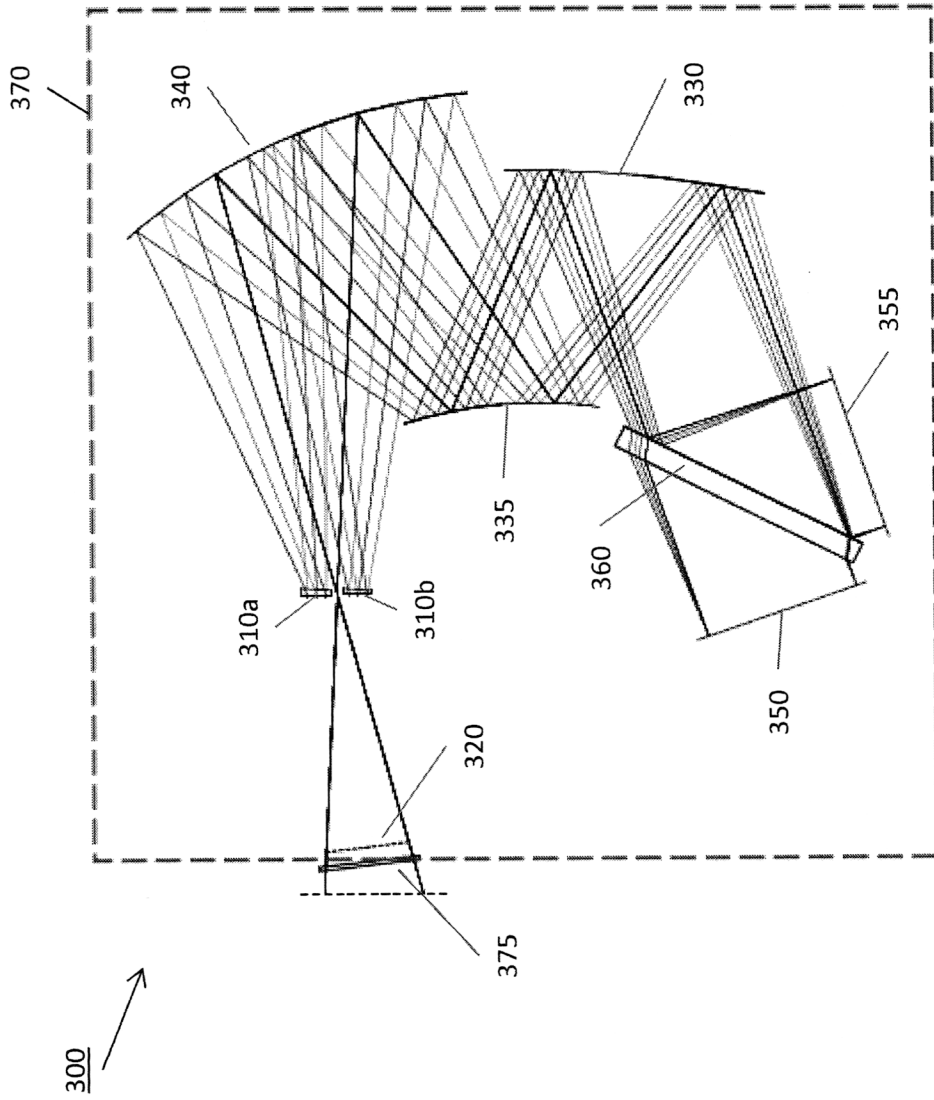


圖 3

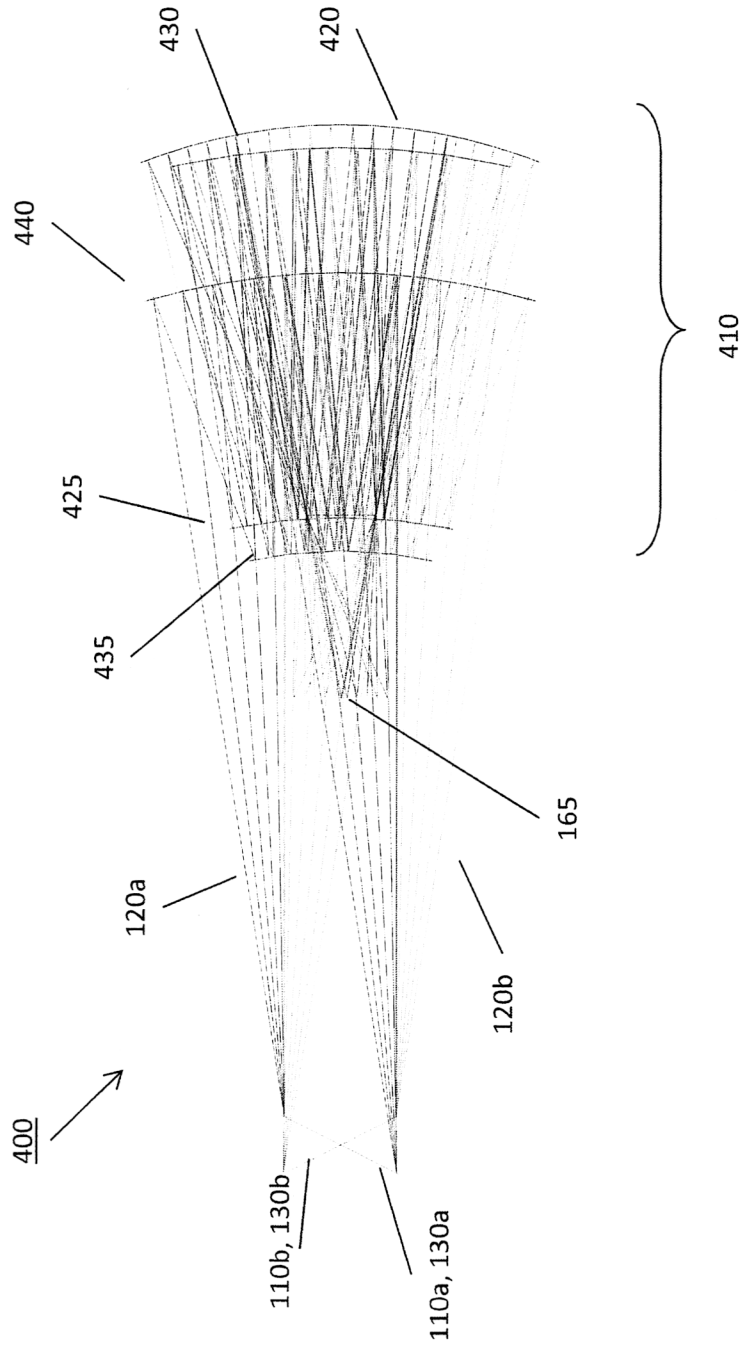


圖 4A

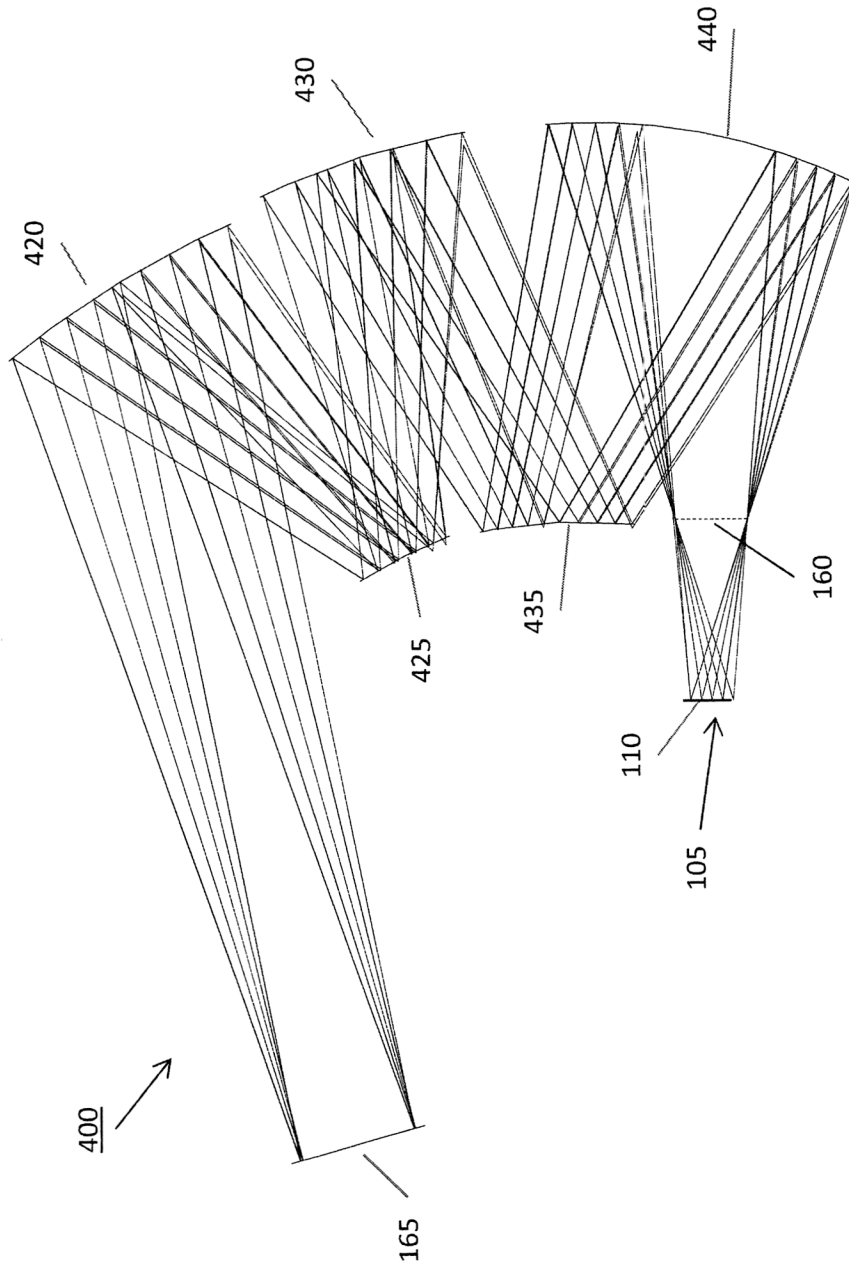


圖 4B

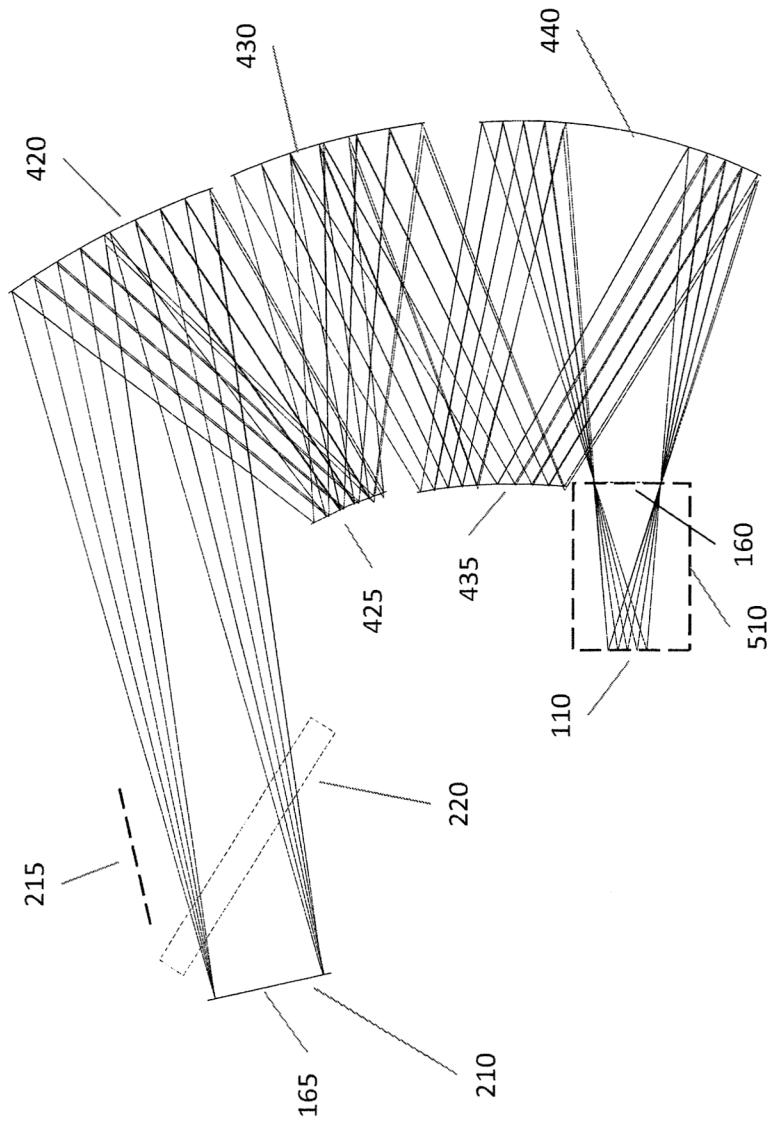


圖 5