

發明專利說明書

中文說明書替換頁(102年5月 7日)

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：096131097

※ 申請日期：96.8.22

※IPC 分類：

G11B 7/135 (2012.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

光學擷取裝置

OPTICAL PICK-UP APPARATUS

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商JDS尤尼費斯公司

JDS UNIPHASE CORPORATION

代表人：(中文/英文)

克里斯多夫 德威斯

DEWEES, CHRISTOPHER S.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州謬佩塔斯市北麥卡錫大道430號

430 N. MCCARTHY BOULEVARD, MILPITAS, CA 95035, U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 譚錦樑
TAN, KIM LEONG
2. 凱倫 丹妮斯 漢崔克
HENDRIX, KAREN DENISE

國 籍：(中文/英文)

1. 馬來西亞 MALAYSIA
2. 美國 U.S.A.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2006年08月23日；60/823,326

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明揭示一種光學擷取，其包括一具有一消色差四分之一波板塗層之折疊式反射鏡。為了讓該薄膜塗層有效地提供四分之一波延遲作用，該光學擷取係經組態，使在該折疊式反射鏡上所入射之光之偏光係在一預定角度下。依據一具體實施例，該預定角度係藉由旋轉該等光源來提供。依據另一具體實施例，該預定角度係藉由旋轉一包含該等光源及該等光束組合器之平面來提供。在各具體實施例中，該等光束組合器及該折疊式反射鏡係沿相同軸而配置以進一步改良效率。

六、英文發明摘要：

An optical pick-up including a fold mirror having an achromatic quarter-wave plate coating is provided. To allow the thin film coating to efficiently provide the quarter-wave retardation, the optical pick-up is configured such that the polarization of light incident on the fold mirror is at a predetermined angle. According to one embodiment, the predetermined angle is provided by rotating the light sources. According to another embodiment, the predetermined angle is provided by rotating a plane containing the light sources and the beam combiners. In each embodiment, the beam combiners and the fold mirror are arranged along the same axis to further improve efficiency.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (5) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

500	OPU系統
511	雷射二極體(LD)
512	雷射二極體(LD)
513	雷射二極體(LD)
531	第一PBC
532	第二PBC
533	第三PBC
540	反射器
550	旋轉光碟
560	準直透鏡
570	主光二極體
585	角度
586	角度
595	雙箭頭
596	雙箭頭

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明一般而言係關於光學擷取單元，且特定言之係關於利用薄膜塗層來提供一延遲組件之光學擷取單元。

【先前技術】

光碟(CD)發明於1980年代以允許全數位記錄音訊信號。用於音訊CD及/或CD-ROM之光學擷取單元(OPU)使用一近紅外(NIR)(例如780 nm、785 nm、790 nm)半導體雷射來讀出編碼數位資訊。物鏡之數值孔徑(NA)大約為0.45，從而取決於離碟片中心的徑向距離而允許一測量為大約100 nm深、500 nm寬及80 nm至3500 nm長的凹坑(碟片上的一編碼單元)。

最初的商用數位多功能碟片(DVD)出現於1990年代，具有至關重要的光學設計變化以允許大約為CD 3.5倍的一實體記錄密度增加。該實體密度增益係藉有採用一更短波長的半導體(SC)雷射(例如比較音訊CD中的780 nm近紅外頻帶(NIR)，650 nm、660 nm紅頻帶等)與一更大NA透鏡(例如要求一0.6 mm厚DVD碟片之0.6 NA)。一向後相容DVD/CD光碟擷取單元採用兩個封裝成一單一組件或離散的雷射光源，其讀取光束係藉由偏極光束組合器(PBC)及/或二色光束組合器(DBC)來加以耦合。

DVD媒體格式範圍之後繼者從藍光碟片(BD)延伸至高密度HD-DVD。在該些系統中，讀取/寫入SC雷射波長係進一步減小至大約405~410 nm藍紫頻帶而NA係增加至大約

0.85。在BD或HD-DVD向後相容DVD/CD系統中，要求一第三波長雷射(例如相對於前二者雷射共同封裝或離散)以支援所有三個碟片媒體格式。

參考圖1，顯示一先前技術3波長HD-DVD/DVD/CD光學擷取單元(OPU)之一範例。OPU 100包括一半導體雷射光源陣列110(即顯示為三個離散雷射二極體(LD)，包括一 $\lambda=780\text{ nm}$ 的第一LD 111、一 $\lambda=660\text{ nm}$ 的第二LD 112及一 $\lambda=405\text{ nm}$ 的第三LD 113)，其輸出係藉由一偏光光束組合器(PBC)立方體陣列130來加以空間多工，經一透鏡系統160準直並藉由一漏光鏡面140來折疊，之後經由一物鏡161而成像(聚焦)在旋轉碟片媒體150上的一單一"凹坑"區域上。漏光鏡面140允許一較小部分(例如5%)的入射光束能量分流並經由另一透鏡165而聚焦在一監控光二極體(PD)175上。

來自LD光源陣列110之輸出實質上係線性偏極(例如相對於PBC斜邊表面"S"偏極)。在到達PBC立方體陣列130之前，該些線性偏極光束係透過一低規格板偏光器陣列120而透射，該板偏光器陣列保護該等LD光源不受不必要回授(例如"P"偏極光)的影響。傳統上，該等防護性濾光器120係具有一10:1偏光消光比的簡單二色性吸收板偏光器。

來自該等LD光源110之各光源之主光線係沿共用路徑180而導向碟片媒體150。在到達四分之一波板(QWP)145之前，該光係實質上線性偏光。在穿過QWP 145之後，該

線性偏光(LP)光係轉換成圓形偏光(CP)光。該CP光之偏手性取決於該QWP之光軸定向(對於一給定S或P偏光輸入)。在所示範例中，將"S"偏光輸入至該QWP後，若該QWP之慢軸相對於PBC之p平面以逆時針(CCW)45°而對齊，則在該QWP之出射口處產生一左手圓形(LHC)偏極光(LHC，具有一瓊斯(Jones)向量 $[1 \ j]^T/\sqrt{2}$ 並在看著光束去往觀察者時假定直覺RH-XYZ座標系統)。

在一預記錄CD及/或DVD碟片中，在存在一記錄凹坑之一實體凹痕之情況下，在一凹坑與其周圍"平台"之間的1/6至1/4波光程長度差提供至少部分破壞性干擾並減小位於PBC立方體陣列130之第二埠處的主光二極體170所偵測到的光。另一方面，在其返回PBC立方體陣列130過程中，在實質相同光功率下，缺乏一凹坑會引起CP偏手性變化。在兩趟中該光已由該QWP有效地加以變換，以在其返回至PBC陣列130過程中將最初S偏極光轉換成P偏極光。

參考圖2，顯示一先前技術OPU之另一範例，其提供BD/HD-DVD讀取及/寫入存取與舊有CD/DVD向後相容性。OPU 200包括一三波長雷射二極體210(即三個共同封裝SC雷射在該等發光接面之間具有極小的橫向偏移)、一第一立方體偏光分光器(PBS)231，其用於將寫入光束及讀取光束分成兩個正交路徑、一第二立方體二色性分光器(DBS)232，其用於將讀取光束進一步分成一至BD/HD-DVD碟片光二極體271之第一路徑與一至CD/DVD舊有碟片光二極體272之第二路徑(即一浸沒於玻璃媒介內的長波通

(LWP)濾光器，其透射較長的CD/DVD波長並反射較短的BD/HD-DVD波長)。寫入光束穿過一準直透鏡系統260、一45度稜鏡240及一物鏡261，之後到達碟片媒體262。如此項技術中所熟知，剩餘組件包括一繞射光柵與各種透鏡。一QWP 245係插入於準直透鏡系統260與物鏡261之間。如上述，該QWP之快/慢軸係相對於系統"S"及"P"軸成大約 ± 45 度對齊，以便在第一次穿過該處時提供圓形偏極光。

在圖1及2中所示之該等OPU系統之各系統中，該QWP藉由在一第一趟中將具有一第一偏光狀態之線性偏極光變換成一圓形偏極光，然後在一第二趟中將圓形偏極光變換成具有一第二正交偏光狀態之線性偏極光而用作一偏光轉換器。傳統上，QWP係由雙折射元件形成，諸如無機晶體(例如單晶石英、單晶 MgF_2 、 LiNbO_3 等)、液晶或延展聚合物膜(例如聚碳酸酯、聚乙烯醇等)。不幸的係，傳統QWP僅在一較小波長頻帶內有效發揮功能。

據此，諸如圖1及2所示之OPU系統經常使用一消色差QWP(AQWP)，其在一個以上波長頻帶下及/或在一相對較寬波長頻帶上提供四分之一波延遲。傳統上，AQWP係藉由將二或多個不同波板層疊在一起來加以製造(例如將兩個不同指數散佈雙折射材料(例如石英與 MgF_2)之一半波板層及一四分之一波板層使用一黏合劑而接合在一起，同時其光軸相互正交，或類似雙折射層之二或更多層在預定方位角偏移下對齊)。然而，儘管層疊AQWP結構確實提供一

增加帶寬，但其也與較差的環境抵抗性相關聯。此外，使用二或更多波板層由於所需厚度及方位角偏移容限而增加該等AQWP之製造成本。

在目前高密度光學儲存系統(即包括一HD-DVD或BD碟片讀取/寫入通道的系統)中，QWP元件之可靠性在高功率藍紫光雷射輸出(例如240 mW或更高功率以獲得更快讀取/寫入速度)下變成一關鍵因素。此外，還要求用於所有光通道(藍紫光405 nm、紅光660 nm及NIR 780 nm)之AQWP產生大約100 nm、165 nm及200 nm的延遲作用數量。從一高可靠性雙折射組件並在一低消費電子整合成本下獲得的該些全異延遲作用數量要求推動單晶材料及延展性有機箔外的替代性QWP技術之研究。一解決方案可能涉及將具有其自身OPU之短波長藍紫光通道與具有一傳統OPU之舊有紅光/NIR DVD/CD通道分離，包括一延展箔AQWP。然而，由於存在多個冗餘光學組件、折疊式反射鏡、透鏡等，此方案會增加成本。

在產業中熟知一具有一系列均質、各向同性介電層並藉由高度真空沈積製程所製造之光學薄膜在反射及透射時會產生不同相位變化，以獲得一平行於入射平面(P偏光)及垂直於入射平面(S偏光)而對齊之線性偏光。在非法線入射時反射及透射中相位變化的基本原因係用於P偏光及S偏光之有效折射率變化作為入射角之一函數：

$$n_p = \frac{n}{\cos(\theta)} \text{ 且 } n_s = n \cos(\theta),$$

其中 n_p 及 n_s 係在與層法線成折射角 θ 時的有效指數， θ 係藉

由司乃耳(Snell)定律而與入射角 θ_0 相關，

$$n_0 \sin(\theta_0) = n \sin(\theta),$$

其中 n_0 係入射媒介之折射率而 n 係一均質薄膜層之折射率。

假設此歷史知識，可設計用於透射或反射操作之一薄膜堆疊，其中除了濾光功率特性(例如短波通、帶通、抗反射、高反射等)外，還獲得非法線入射下的延遲作用效能。一此類設計範例係見諸於授予 Southwell 的美國專利第 4,312,570 號，其教導在 $10.6 \mu\text{m}$ 波長下利用一系列小於四分之一波光學厚度(QWOT)層，在 45 度入射角下設計一 QWP(即 90° 延遲器)。在此設計中，該膜堆疊係本質上透明且高反射率係實質上藉由下面銀基板而獲得。此外，此設計係固有窄帶(即相對於可獲得功率及延遲作用特性之設計中心波長的小部分有用波長)。另一設計範例係見諸於授予 Yeh 等人的美國專利第 5,196,953 號，其教導使用一系列交替指數薄層來形成雙折射以在一較大頻帶上在多角度下提供淨延遲作用。另一設計範例係提供於 2007 年 5 月 25 申請的美國專利序號 11/753,946 中，其係以引用形式併入本文。使用該些均質介電薄膜塗層，只能實現所謂的 C 板雙折射對稱性。該薄膜堆疊係一正或一負 C 板，其 C 軸(一有效單軸光率體之光軸)平行於基板法線而對齊。

若檢查一傳統 OPU 系統之佈局，則存在自然的光束折疊位置，其中橫過全部組裝一給定平面(例如水平平面)的一系列光學組件之光束係透過一 90° 方向變化行進，以便存

取碟片媒體。該折疊式光學元件一般係一45度傾斜的高反射器板或一傾斜表面塗布一高反射器膜之三角形稜鏡。

在一OPU系統中使用一薄膜AQWP取代一獨立傳統AQWP由於數個原因而較吸引人。該薄膜AQWP可由高可靠性介電層製成；其不涉及生長並拋光雙折射晶體板，因此其可在一更低成本下製造；以及其不像在延展性聚合物箔中受藍紫光雷射之光化學劣化的影響。由於該些原因，使用一具有一相移特性之傾斜薄膜塗布板來取代傳統AQWP的興趣一直不斷增加。

在美國專利申請案第2004/0246876號中，Kim等人顯示一2波長DVD/CD OPU，其使用一相移塗層來在P及S偏極光之間產生一90度相位遲滯。該些相移塗層(他們聲明可將其形成於任一數目的組件上)係用以取代傳統消色差四分之一波板，從而降低一製造成本。在一具體實施例中，該相移塗層係形成於該折疊式反射鏡上，使光以一45度角入射其上。在此具體實施例中，習知此項技術者期望該相移塗層用作C板。不幸的係，所提出OPU佈局無法解決傾斜C板之慢及快軸受平行及垂直於其傾斜軸約束之事實。據此，儘管併入一相移塗層，但所提出OPU設計在從該折疊式反射鏡反射離開時不會將線性偏極光輸入轉換成左或右手圓形偏極輸出且反之亦然。沒有此延遲作用效應，不存在第一趟入射光束與第二返回光束之偏光變化，故來自二DVD/CD雷射發射器之所有光束均返回至該等雷射光束而不是經由一偏光分光器向偵測器行進。

在美國專利申請案第2006/0126459號中，Moon等人顯示一使用一相移鏡面之2波長DVD/CD OPU，該鏡面還在其表面上包括一對應於一四分之一波板之塗層。對比美國專利申請案第2004/0246876號中所提出之設計，此組態處理線性偏極光必須以其偏光方向以一預定角度(例如45度)傾斜而入射在該相移鏡面上之事實，從而解決C板之慢及快軸受其傾斜軸約束之事實。不幸的係，儘管此設計確實提供一改良，但其不足之處在於其係有損耗、相對複雜的，且僅侷限於兩個波長。關於前者，大多數損耗似乎源自使用一分光板，其將位於該分光板之一側的所有雷射光源光學元件與位於該分光板之一第二另一側的偵測器分離。該分光板係相對於立方體分光器成角度，使得相對於立方體分光器之S偏光及P偏光光束二者係在從該等雷射光源至碟片媒體的第一趟中作為大約半S偏光及半P偏光而入射在該分光板上，並使該分光板用作一非偏極分光器(例如50:50強度分割)。此強度分割遭遇兩次，造成明顯的光損耗。

在美國專利申請案第2006/0039265號中，Lee還揭示一不使用一傳統、獨立AQWP之OPU。更明確而言，Lee揭示沿雷射二極體與碟片媒體之間的光路徑使用多個光學薄膜，包括偏光分光器(PBS)立方體及折疊式鏡面反射器板，以產生累積的90度S偏光對P偏光相差。不幸的係，該包括至少一PBS立方體的設計一般未將該(等)PBS立方體之雙衰減效應考慮在內。由於聲明大致為90%(即反射0% S偏光並反射90% P偏光)之雙衰減，衰減線性偏光方向之相位

變化無關。在衰減方向上沒有反射光引起雙折射效應。因此，該等PBS立方體之輸出嚴格地為P偏光或S偏光。應注意，Lee還無法相對於折疊式反射鏡上的部分QWP相位塗層來提供入射線性偏光之一方位角偏移。因此，從折疊式反射鏡所反射之光不會從線性變成圓形偏光。來自碟片媒體之返回光將會由於無變化的偏光而向該等雷射光源行進，而非偵測器。

本發明之一目標係提供一併入一塗層之OPU，其使用一組態來實質上提供四分之一波延遲(即一90度相移)，從而消除先前技術之上述問題之至少某些問題。

【發明內容】

依據本發明之一方面，提供一種光學擷取裝置，其包含複數個光源，該複數個光源包括一用於在一第一波長下發光之第一光源與一用於在一第二其他波長下發光之第二光源；至少一光束組合器，其用於在一平行於一第一軸之第一方向上沿一共用光程透射從該複數個光源中各光源所發射之光；一反射器，其用於在一第二方向上再次引導在該第一方向上所透射之光，該第二方向平行於一實質上垂直於該第一軸之第二軸，該反射器包括一塗層，用於在一預定入射角在該等第一及第二波長下提供實質上四分之一波延遲作用；一物鏡，其用於將該反射器所再次引導之光聚焦在一光碟上；及至少一光偵測器，其用於偵測從該光碟所反射之光，其中該至少一光束組合器與該反射器係沿該第一軸而置放，其中該至少一光束組合器在該第一方向上

所反射之光包括線性偏極光，其電場向量實質上垂直於該第一軸並與該第二軸成一斜角。

對於下面所定義之術語，應適用該些定義，除非在申請專利範圍中或在本說明書中他處給出不同定義。

術語"雙折射"應理解為係指具有多個不同的折射率。一般而言，雙折射引起具有正交線性偏光之光(例如S及P偏極光)透過一媒介以不同速率傳播。此不同速率導致該等兩個正交偏光之間的一相位差。

術語"延遲"應理解為係指兩個正交線性偏光成分之間的相位差。延遲係經常表述為一波之一部分(例如單位度或奈米)。

術語"延遲作用"應理解為係指二正交折射率之間的差乘以光學元件厚度。或者，術語"延遲作用"應理解為係指該等兩個正交線性偏光成分之間的正負相位差。應注意，即便在本申請案之範圍，術語"延遲作用"與術語"延遲"經常互換使用。

術語"單軸"應理解為係指具有二不同折射率(例如，其中 n_x 、 n_y 與 n_z 中之至少二者係實質上相等)。

術語"平面內"應理解為說明平行於組件平面，例如平面內雙折射、平面內延遲等。

術語"平面外"應理解為說明平行於組件法線，例如平面外雙折射、平面外延遲等。

術語"平面內延遲作用"應理解為係指二正交平面內折射率之間的差乘以光學元件厚度之乘積。

術語"平面外延遲作用"應理解為係指沿光學元件厚度方向(z方向)之折射率與一平面內折射率之差乘以光學元件厚度之乘積。或者是，此術語應理解為係指沿光學元件厚度方向(z方向)之折射率與平面內折射率之平均數之差乘以光學元件厚度之乘積。

術語"A"板應理解為包括一其C軸平行於器件平面而對齊之光學延遲器。

術語"C板"應理解為包括一其C軸平行於器件法線方向而對齊之光學延遲器(即非常折射率 n_e 之軸垂直於光學延遲器平面)。在非常指數 n_e 大於正常指數 n_o 之情況下一C板係視為正而在非常指數 n_e 小於正常指數 n_o 之情況下視為負。或者，在延遲隨入射角增加而增加之情況下一C板係視為正，而在延遲隨入射角減小而減小之情況下視為負。

【實施方式】

參考圖3，顯示依據本發明之一OPU系統500之一具體實施例。OPU系統500，其具有一類似於圖1所示系統100之組態，包括至少一光源510、一防護性濾光器陣列520、一偏光光束組合器陣列530、一反射器540、一旋轉光碟550、一準直透鏡560、一物鏡561、一聚焦透鏡565、一主光二極體570及一監控光二極體575。

該至少一光源510，其係顯示為一三個離散雷射二極體(LD)511、512及513之陣列，在一或多個不同波長下(例如分別在780 nm、660 nm及405 nm下)提供線性偏極光。或者，該至少一光源510包括三個共同封裝LD。此外或者，

該至少一光源510包括多於或少於三個的LD。

防護性濾光器陣列520係用於阻障來自碟片媒體之不必要反射光向該至少一光源510行進(例如P偏極光)。傳統上，該等防護性濾光器520係在法線入射下使用的簡單二色性吸收板偏光器。或者，該等防護性濾光器520係略微傾斜邊緣濾光器。在任一實例中，該等濾光器520一般會具有一大約10:1的一偏光消光比。應注意，略微傾斜邊緣濾光器係期望比染料摻雜二色性吸收偏光器更可靠，特別在更短HD-DVD波長範圍內。圖4說明一傾斜邊緣濾光器之使用。在一正向傳播方向上，傾斜薄膜塗層520通過從一第一LD 511所透射之區域P偏光，並將其透射至一第一偏光光束組合器531。在一向後傳播方向上，藉由濾光器520來保護LD 511不受正交偏光光束(例如區域S偏光)的影響。在區域RH-XYZ座標系統中，濾光器520係圍繞X軸而CW或CCW旋轉一小角度A。較有利的係，使用傾斜邊緣濾光器520與C板薄膜塗層592增加該光學系統中的全介電組件的數目，從而提供一高可靠性OPU。當然，不論使用或不使用C板薄膜塗層(即一傳統消色差四分之一波板)，使用傾斜邊緣濾光器均會有好處。

偏光光束組合器(PBC)陣列530，其包括一第一PBC 531、一第二PBC 532及一第三PBC 533，係用於空間多工LD陣列510之輸出並將其沿一共用光路徑580引導。對比一始終反射一偏光(例如S偏光)並透射正交偏光(例如P偏光)的傳統MacNeille型PBC立方體，該偏光光束組合器陣

列530係波長依賴的。例如，在一前進傳播方向上，第一PBC立方體531藉由在 λ_1 下反射S偏極光將光 λ_1 從第一LD 511耦合至共用路徑580。在一向後傳播方向上，第一PBC立方體531在 λ_1 下透射P偏極光，以及在分別與LD 512及513相關聯之 λ_2 及 λ_3 下透射P偏極光。同樣地，PBC立方體532藉由在 λ_2 下反射S偏極光並在 λ_1 、 λ_2 及 λ_3 下透射P偏極光以及在 λ_1 下透射S偏極光將 λ_2 耦合至共用路徑580，而PBC立方體533藉由在 λ_3 下反射S偏極光並在 λ_1 、 λ_2 及 λ_3 下透射P偏極光以及在 λ_1 及 λ_2 下透射S偏極光將 λ_3 耦合至共用路徑580。

反射器540透過一90度光束折疊將從該等PBC 530所透射之光再次引導至旋轉光碟550。反射器540包括一薄膜塗層592，其提供實質上四分之一波延遲作用用於至少一波長通道(例如用於圖3所示OPU系統之大約405 nm、660 nm及780 nm的三個波長)。依據一具體實施例，薄膜塗層592包括複數個具有對比性折射率之交替層，其係併入一濾光器內(例如短波通或長波通、帶通、高反射等)並沈積在一透明基板上。該透明基板可以係一平行板或一近45°稜鏡(例如薄膜塗層592可沈積在一稜鏡之成角度刻面上)。在此具體實施例中，該濾光器用作一漏光鏡面並允許一小部分(例如5%)的入射光束能量分流並聚焦在監控光二極體575上。在另一具體實施例中，該高反射器將實質上全部入射光(S偏光及P偏光)向光碟550再次引導至正交光束路徑。

剩餘光學組件，包括準直透鏡560、物鏡561、聚焦透鏡

565及光二極體(PD)570、575，均類似於先前技術所使用的該等光學組件。應注意，出於說明目的，已在某種程度上簡化圖3所示之系統500。例如，在商用OPU中，一般將LD輸出扇出至多個光斑(例如3)用於追蹤凹坑車道線，並將輔助光二極體元件安裝在偵測器平面處以決定正確追蹤。此外，一光二極體陣列可用於取代主PD 570，以結合在偵測器平面處的圓柱形聚焦透鏡來輔助物鏡聚焦。

在操作中，來自各LD 511、512、513之線性偏極光透射係作為偏極光(例如S偏極光)透過防護性濾光器陣列520，並藉由PBC陣列530加以空間多工，然後沿共用光程580來加以引導。接著藉由準直透鏡560來準直該線性偏極光，並將其透射至具有C板QWP塗層592之漏光鏡面540。漏光鏡面540將該線性偏極光變換成圓形偏極光並經由物鏡561將其再次引導至光碟550。光碟550所反射之光係重新透射過物鏡561並從反射器540向準直透鏡560而反射。在漏光鏡面540之兩次通過/反射之後，將該圓形偏極光再次變換成具有一線性偏極光(例如將會係P偏極光)，其具有一正交於入射光之偏光狀態。該PBC陣列在該等多個波長之各波長下通過該P偏極光並將其引導至主光二極體570。

應注意，此光學系統500之效能係取決於在反射器540之組件上游與反射器540之組件下游之間的一角偏移。為了促進關於各種系統組件之方位角定向之後續論述，將該等光學系統100/500示意性地分成一提供光束多工及讀出光束偵測之光源/偵測器片斷及一將多工光束準直並轉發至

光碟媒體之碟片讀取/寫入片斷。再次參考圖1及3，該光源/偵測器片斷可包括在該PBC陣列之反射埠左邊(例如在共用路徑標記180/580左邊)的該等光學組件，而該碟片讀取/寫入片斷可包括在共用路徑標記180/580右邊的該等光學組件。取決於準直透鏡160/560之位置，其可屬於任一片斷。一般而言，該碟片讀取/寫入片斷將會包括反射器540及/或實質上圓形偏極之光束。

在圖1中，出於說明目的，顯示反射器140在圖1平面內以一直角(例如 -90° 極角)折疊光路徑(例如，方位角旋轉 0°)。實務中，更常見的係將光路徑折疊至圖1平面之外(例如方位角旋轉 90°)以維持包含該等光學組件之平面至一傳統光碟托盤之寬度/長度尺寸及/或將讀取/寫入光引導至碟片托盤。或者，在方位角旋轉 -90° 、 0° 或 180° 下，以 -90° 極角來折疊光路徑。在各情況下，使用RH-XYZ座標系統，相對於z軸來說明極角及/或方位角。

類似於圖1所示具體實施例中的反射器140，圖3所示反射器540以一直角(例如 -90° 極角)來折疊光路徑。然而，不使用 -90° (或其 90° 倍數)方位角偏移，在圖3中的該等PBC 530係成角度，使得在該讀取/寫入與該光源/偵測器片斷之間存在 -45° (或其 90° 倍數)方位角偏移(例如方位角旋轉 $\pm 45^\circ$ 、 $\pm 135^\circ$)。該碟片讀取/寫入片斷與該光源/偵測器片斷共享相同的Z軸，直至漏光折疊式反射鏡540，在此點，相對於共用路徑580，沿該等方位角 $\pm 45^\circ$ 或 $\pm 135^\circ$ 之任一者，區域Z軸獲得 -90° 方向變化。

此 45° 偏移經由角度 585 更清楚地說明於圖 5 中。更明確而言，圖 5 顯示已相對於 RH-XYZ 座標系統將該光源/偵測器片斷 CCW 旋轉 45° 。因此，在共用路徑上的線性偏光 (LP) 係包括在 135° 方位角定向下。該共用路徑已相對於所示 RH-XYZ 座標系統，沿 90° 方位角折疊 90° (如角度 586 所示)。XZ 平面一般係光碟系統中的碟片托盤平面。讀取/寫入光束係向上導引至碟片托盤。在該光源/偵測器片斷中第一趟及第二趟光束之該等線性偏光向量係分別描述為雙箭頭 595 及 596。該些偏光軸沿共用光束路徑 580 相對於 X 及 Y 軸形成一大約 $\pm 45^\circ$ 的偏移。

傳統上，相對於光學系統 100，光學系統 500 之 $\pm 45^\circ$ 方位角偏移允許反射器 540 在多個碟片存取波長下用作一消色差 QWP。更明確而言，該 $\pm 45^\circ$ 偏移解決 AQWP 塗層之慢/快軸受傾斜平面 (及其正交者) 約束之事實。該傾斜平面係定義為包含斜角之平面，諸如用於圖 5 中 AQWP 折疊式反射鏡 540 之 YZ 平面。該等快/慢軸之實際對齊係依賴於 C 板延遲之符號：對於一 +C 板元件，慢軸 (SA) 係平行於傾斜平面而對齊而其快軸 (FA) 係平行於旋轉軸而對齊且對於 -C 板元件反之亦然。

第一趟光束 LP、該 AQWP 之慢/快軸及第二趟光束 LP 之方位角定向係針對組態 100 及 500 分別如圖 6 及 7 所示。

在圖 1 中，從 PBC 133 透射的在該光源/偵測器片斷內的多工雷射光束係正交於繪製平面 (即相對於 PBC 斜邊 S 偏極)，而透射至 PBC 133 之讀出光束係平行於繪製平面 (即

相對於PBC斜邊P偏極)。該些兩個方位角定向係在圖6中分別描述為a及c。消色差QWP 145之慢軸(在b中顯示為實雙箭頭係相對於正X軸以逆時針(CCW)45°對齊，還平行於PBC斜邊之p平面。由此，一左手圓形偏極光束從AQWP 145射出(當看著光束往觀察者而去時假定直覺RH-XYZ座標系統)。AQWP 145之快軸與AQWP 145之慢軸偏移90°方位角。此在圖6的b中顯示為虛雙箭頭，其相對於正X軸以順時針(CW)45°對齊，還平行於PBC斜邊之p平面。如上述，假定從0度標稱偏移起，該碟片讀取/寫入片斷與該光源/偵測器片斷方位角偏移任一多個90°。所有方位角參考係相對於全域RH-XYZ座標系統。

在圖3中，從PBC 533透射的在該光源/偵測器片斷內的多工雷射光束具有其電場向量實質上垂直於Z軸並與Y軸成一+45度角(即相對於PBC斜邊S偏極，其圍繞Z軸CCW旋轉45度)。透射至PBC 533的讀出光束具有其電場向量實質上垂直於Z軸並與Y軸成一-45度角(即相對於PBC斜邊P偏極，其已圍繞Z軸CCW旋轉45度)。該些兩個方位角定向係在圖7中分別描述為a及c。AQWP 540之慢軸係在b中顯示為實雙箭頭，而AQWP 540之快軸係在圖7之b中顯示為虛雙箭頭。如上述，假定該碟片讀取/寫入片斷與該光源/偵測器片斷方位角偏移±45度(以90度為模)。所有方位角參考係相對於全域RH-XYZ座標系統。

應注意，對於一在該光源/偵測器片斷中利用偏光光束組合器之OPU系統，標稱±45度方位角平面偏移還在該光

源/偵測器片斷與該讀取/寫入片斷之間產生一等效入射平面偏移。此OPU系統配置致動利用該反射性AQWP/折疊式反射鏡之實質90度相位延遲，用於在第一趟中將該光源/偵測器片斷中的線性偏光轉換成在該讀取/寫入片斷中的圓形偏光且對於第二趟反之亦然。還應注意，該反射性AQWP/折疊式反射鏡(顯示其快軸平行於該折疊式反射鏡之傾斜平面而對齊)僅係相對於該傾斜平面的一說明性快/慢軸指派。一般而言，在一多通道OPU系統中的任一或全部波長通道可假定與圖7所示圖式相反的快/慢指派組(即具有慢軸平行於該傾斜平面而對齊的指派)。此用於不同波長通道之指派自由度及/或混合不會在從該雷射光源至光碟並返回偵測器而兩次穿過該反射性AQWP/折疊式反射鏡時削弱該90度線性偏光旋轉功能。

參考圖8，顯示依據本發明之一OPU系統600之另一具體實施例。如參考圖3所示光學系統500所述，OPU系統600包括至少一光源510、一防護性濾光器陣列520、一漏光鏡面540、一旋轉光碟550、一準直透鏡560、一物鏡561、一聚焦透鏡565、一主光二極體570及一監控光二極體575。此外，OPU系統600還包括一板偏光器陣列630，其包括第一偏光器631、一第二偏光器632及一第三偏光器633。

在板偏光器陣列630內的各偏光器係一偏光光束組合器(PBC)，其利用介電塗層(例如邊緣濾光器)之非法線入射特性來在一標稱45°入射角(AOI)下提供分離S及P反射頻譜。例如，在一空氣中45°AOI下，對於S偏光該薄膜堆疊

中的有效指數比(例如高指數對低指數)會增加，而相對於法線入射下的指數比，對於P偏光之有效指數比會減小。因此，與S偏光相關聯之帶寬會增加而與P偏光相關聯之帶寬會減小。此開啟一可定位多個LD光源510之任一者的波長窗，其中該薄膜提供一高S偏光反射與高P偏光透射。

在一正向傳播方向上，第一PBC板631藉由在 λ_1 下反射S偏極光將光 λ_1 從第一LD 511耦合至共用路徑580。在一向後傳播方向上，第一PBC板631在 λ_1 下透射P偏極光，以及在分別與LD 512及513相關聯之 λ_2 及 λ_3 下透射P偏極光。同樣地，PBC板632藉由在 λ_2 下反射S偏極光並在 λ_1 、 λ_2 及 λ_3 下透射P偏極光以及在 λ_1 下透射S偏極光將 λ_2 耦合至共用路徑580，而PBC板633藉由在 λ_3 下反射S偏極光並在 λ_1 、 λ_2 及 λ_3 下透射P偏極光以及在 λ_1 及 λ_2 下透射S偏極光將 λ_3 耦合至共用路徑580。一般而言，面向該等濾光器520之各PBC板之表面將會塗布有高反射邊緣濾光器設計，而該等基板之第二相對表面將使用一AR塗層來塗布以增加S偏極光透射率。應注意，P偏極光透射率已經較高，因為入射角接近用於玻璃基板的布魯斯特(Brewster)角。

一適合在一45度入射角下使用的PBC板範例之理論反射率頻譜係如圖9所示。該PBC板在一大約405 nm的波長頻帶下反射S偏極光並透射P偏極光，並還在大約660 nm及780 nm的頻帶上同時透射S及P偏極光。因此，此板滿足板偏光器633之頻譜反射率功能性，該板偏光器用於將藍紫雷射光束耦合於共用路徑內，同時對其他波長通道之任一

偏極光透明。應注意，各板偏光器僅須對位於共用路徑內上游(例如在圖8中633左側)之波長通道之S偏極光透明。各板偏光器還須反射該波長通道之S偏光，其中該板偏光器係用作一光束組合器/分光器以及通過所有波長通道之透射P偏極光。

較有利的係，該些PBC板之製造不要求塗布大量表面(例如對比浸沒式偏光器立方體)，因而更具成本效益。此外，由於該等PBC板基板係相對較細薄，故減小熱致雙折射(例如尤其在可記錄/可再寫光碟媒體存取之讀取或抹除模式下)。此外較有利的係，使用PBC板630與反射性AQWP 540及/或傾斜邊緣濾光器520會增加光學系統中全介電組件的數目，從而提供一高可靠性OPU。

不幸的係，圖8所示組態可能由於透過傾斜板成像一會聚/發散錐體之相關聯像散及慧差而劣化該OPU系統之調變轉移函數(MTF)。當一板係相對於光軸傾斜使用時，沿切線平面(還平行於入射平面，該傾斜板之"P")以及沿弧矢平面(還垂直於入射平面，該傾斜板之"S")存在兩個焦線。此係像散。在弧矢焦點與切線焦點之間的影像點透過圓形/橢圓形形狀而變化。此像差係由於在錐體之相同極角但在相對方位角下，對於各光線角，在傾斜板處的入射不對稱性所引起。使用傾斜板之一次效應係對於各物件點沿傾斜平面的一彗星狀閃光。在此情況下，該物件點係略微不同放大地成像。此係慧差。

參考圖10，顯示依據本發明之一OPU系統700之另一具

體實施例，其補償像差。如參考圖3所示光學系統500所述，OPU系統700包括至少一光源510、一防護性濾光器陣列520、一漏光鏡面540、一旋轉光碟550、一準直透鏡560、一物鏡561、一聚焦透鏡565、一主光二極體570及一監控光二極體575。此外，OPU系統700包括一第一板偏光器731、一第二板偏光器732、一第三板偏光器733及一第四板739。該等板偏光器731至733係類似於參考圖9所述之該等板偏光器631至633。板739係設計使得厚度及折射率上大約匹配該等板偏光器731至733內所使用的該等板。該等板731至733及739係配置使得各連續薄板係圍繞正交座標軸而旋轉大約 ± 45 度。更明確而言，第一板偏光器731及第四板739係定向使得在連續透過該等板731至733及739透射時切換弧矢及切線平面之作用。

在正交軸下傾斜之交替偏極光束組合器(PBC)配置係進一步說明於圖11A所示之透視圖中。應注意，二傾斜板PBC 732及733已顯示圍繞Y軸旋轉-45度(從標稱平行於XY平面起)。依據圖11B所示之另一具體實施例，組態700A係設計使得板PBC 732A係旋轉大約+45度，而板PBC 733圍繞Y軸透過-45度以進一步減小像散。在圖11A及11B中，暗示該等讀取/寫入及光源/偵測器片斷之間的 ± 45 度偏移。

在操作中，來自LD 513(例如藍光通道)之線性偏極光係作為偏極光(例如S偏極光)而透射，經板偏光器733反射，沿共用光程580而引導至準直透鏡560、漏光鏡面540、物鏡561及光碟550，在該光碟處其被反射。在兩次穿過漏光

鏡面540之後，將該反射光變換成線性偏極，其具有一正交於從LD 513所反射之光的偏光狀態。此線性偏極光透過四個板(例如733、731、732/732A及739/739A)而透射，之後到達偵測器570。同樣地，來自LD 512(例如紅光通道)之線性偏極光係作為偏極光(例如S偏極光)而透射，經分光板732反射，透過分光板731及733透射並沿共用光程580引導至準直透鏡560、漏光鏡面540、物鏡561及光碟550，在該光碟處其被反射。在兩次穿過漏光鏡面540之後，將該反射光變換成線性偏極，其具有一正交於從LD 512所反射之光的偏光狀態。此線性偏極光穿過四個板(例如733、731、732/732A及739/739A)，之後到達偵測器570。同樣地，來自LD 511(例如NIR通道)之線性偏極光係作為偏極光(例如S偏極光)而透射，經分光板731反射，透過分光板733透射並沿共用光程580引導至準直透鏡560、漏光鏡面540、物鏡561及光碟550，在該光碟處其被反射。在兩次穿過漏光鏡面540之後，將該反射光變換成線性偏極，其具有一正交於從LD 511所反射之光的偏光狀態。此線性偏極光透過四個板(例如733、731、732/732A及739/739A)而透射，之後到達偵測器570。

應注意，從藍光通道(即LD 513)與紅光通道(即LD 512)二者所透射之光在第一趟中穿過一偶數數目的板。因此，引發一可忽略數目的像散。對比之下，NIR通道(即LD 511)穿過一奇數數目的板，從而引起像散像差。然而，由於NIR通道對應於一相對較長波長，故該像差不像對於該

等藍光及/紅光通道那樣關鍵。視需要地，將一額外板置放於NIR LD 511與對應PBC 731之間。

較有利的係，選擇板斜角、板厚度、板光學指數及板分離提供其中一像散自補償之系統。

參考圖12，顯示依據本發明之一OPU系統800之另一具體實施例。OPU系統800包括一整合光源/偵測器單元陣列810、一二色性光束組合器陣列830、一漏光鏡面840、一偏極全像885、一旋轉光碟850、一準直透鏡860、一物鏡861、一聚焦透鏡865及一監控光二極體875。

該整合光源/偵測器單元陣列810包括一第一單元811、一第二單元812及一第三單元813。各整合單元包括一光源(例如一LD)及一共同封裝光偵測器(例如一光二極體(PD))。該整合單元陣列810在該等OPU波長之各波長下(例如分別在780 nm、660 nm及405 nm下)提供線性偏極光束。或者，陣列810包括多於或少於三個的整合單元。

二色性光束組合器(DBC)陣列830，其包括一第一DBC 831、一第二DBC 832及一第三DBC 833，係用於空間多工來自LD陣列810之輸出並將其沿一共用光路徑880引導。各DBC 831/832/833使用夾置於二稜鏡之間的二色性介面來透射或反射來自整合陣列810之光。應注意，該等DBC並非偏光分光立方體，而是用作一類型的二色性帶通濾光器，以取決於波長來透射及/或反射入射光。

反射器840將從該等DBC 830所透射之光再次引導至旋轉光碟850。反射器840包括一薄膜塗層，其在該等三個

OPU波長(例如 405 nm、660 nm及 780 nm)下實質上提供四分之一波延遲作用。依據一具體實施例，該薄膜塗層包括複數個具有對比折射率之交替層，其係併入一濾光器內(例如短波通或長波通、帶通、高反射等)並沈積在一透明基板上。該透明基板可以係一平行板或一近 45° 稜鏡(例如該薄膜塗層可沈積在一稜鏡之成角度刻面上)。在此具體實施例中，該濾光器用作一漏光鏡面並允許一小部分(例如 5%)的入射光束能量分流並聚焦在監控光二極體(PD)875上。在另一具體實施例中，該高反射器將實質上全部入射光(S偏光及P偏光)向光碟550再次引導至正交光束路徑。

在此具體實施例中，OPU 800係經組態使得在該光源/偵測器片斷與該碟片讀取/寫入片斷之間的角偏移係大約0度(如圖 12所示)、 ± 90 或 180 度(即不存在圖 3所示之 ± 45 度偏移)。由此，此光學系統800之效能係取決於從該等整合單元810所發射之線性偏極光之偏光。邊緣發射半導體雷射二極體一般平行於該等磊晶層來產生一線性偏極輸出光束。為了解決該AQWP塗層之慢/快軸受該傾斜平面(及其正交者)約束之事實，該等LD光源之封裝需要該等雷射晶片圍繞輸出光束軸旋轉 ± 45 度。或者，在相關聯雷射波長下的一半波板可用以相對於晶片規則XY斷面尺寸，將0度或 90 度偏極光輸出光束轉換成 ± 45 度。在圖 12所示具體實施例中，對於LD光源812及813，該偏光係大約在Y軸與Z軸中間而對於LD 811，係大約在X軸與Y軸中間(例如其經由使用一虛及雙頭箭頭顯示為大約等份的S偏光及P偏

光)。

偏極全像885係設計用以在該一或多個不同波長下(例如在780 nm、660 nm及405 nm下)繞射從光碟850所反射之光，使得將該等反射光束引導至該等整合單元之PD部分而非LD部分。偏極全像，例如其可包括一形成於一雙折射基板上之繞射光柵，在此項技術中為人所熟知，故不作進一步詳細論述。應注意，該偏極全像之偏光選擇性線性方向係平行於該第一線性偏光而對齊以在第一趟中獲得非繞射，且平行於該第二線性偏光以在第二趟中獲得繞射。一般而言，該偏極全像之繞射平面(及光柵向量)可組態成任意方位角。較有利的係，該繞射平面係平行(如圖12所示)或正交(未顯示)於反射器840之入射平面而對齊。在此情況下，該等偏光選擇性方向係與該偏極全像之該等光柵線成 ± 45 度而對齊。更佳的係，該繞射平面相對於反射器840之入射平面以 ± 45 度而對齊(此處未顯示)。在此情況下，該等偏光選擇性方向係從該偏極全像之該等光柵線起以0及90度而對齊。此繞射平面組態允許同步旋轉共同封裝的LD及PD整合單元 ± 45 度。剩餘光學組件，包括準直透鏡860、物鏡861、聚焦透鏡865及光二極體575，均類似於先前技術所使用的該等光學組件。

在操作中，來自整合單元811之線性偏極光係透過DBC陣列830而透射並沿共用光程880而引導。該線性偏極光接著藉由準直透鏡860來加以準直，未被繞射地穿過偏極全像885，並透射至具有該AQWP塗層之漏光鏡面840。漏光

鏡面 840 將該線性偏極光變換成圓形偏極光並經由物鏡 861 將其再次引導至光碟 850。光碟 850 所反射之光係透過物鏡 861 再次透射並透過偏極全像 885 從反射器 840 向準直透鏡 860 反射。由於具有該 AQWP 塗層之反射器 840 在兩次通過其時改變該線性偏極光之偏光狀態，故偏極全像 885 會繞射反射光，使得略微偏移其光程並將該線性偏極光成像在整合單元 811 之光二極體部分上。

同樣地，來自整合單元 812 之線性偏極光係從第一 DBC 832 反射，穿過第二 DBC 833，並沿共用光程 880 而加以引導。該線性偏極光接著藉由準直透鏡 860 來加以準直，未被繞射地穿過偏極全像 885，並透射至具有該 AQWP 塗層之漏光鏡面 840。漏光鏡面 840 將該線性偏極光變換成圓形偏極光並經由物鏡 861 將其再次引導至光碟 850。光碟 850 所反射之光係透過物鏡 861 再次透射並透過偏極全像 885 從反射器 840 向準直透鏡 860 反射。由於具有該 AQWP 塗層之反射器 840 在兩次通過其時改變該線性偏極光之偏光狀態，故偏極全像 885 會繞射反射光，使得略微偏移其光程並將該線性偏極光成像在整合單元 812 之光二極體部分上。

最後，來自整合單元 813 之線性偏極光受第二 DBC 833 反射並沿共用光程 880 而引導。該線性偏極光接著藉由準直透鏡 860 來加以準直，穿過偏極全像 885，並透射至具有該 AQWP 塗層之漏光鏡面 840。漏光鏡面 840 將該線性偏極光變換成圓形偏極光並經由物鏡 861 將其再次引導至光碟

850。光碟 850 所反射之光係透過物鏡 861 再次透射並透過偏極全像 885 從反射器 840 向準直透鏡 860 反射。由於具有該 AQWP 塗層之反射器 840 在兩次通過其時改變該線性偏極光之偏光狀態，故偏極全像 885 會繞射反射光，使得略微偏移其光程並將該線性偏極光成像在整合單元 813 之光二極體部分上。

或者，位於共用路徑 880 內的單一偏極全像 885 可由多個偏極全像來取代，各位於該光源 LD 與其相關聯二色性光束組合器之間。在此情況下，該等二色性光束組合器及折疊式反射鏡串列可設計成用以在各雷射波長下提供一淨四分之一波延遲(例如當在該折疊式反射鏡上設計該塗層時，將該等二色性光束組合器所固有提供之相移考慮在內)。各偏極全像係位於一線性偏光光束片斷內。該二色性光束組合器及折射鏡面串列允許該線性偏光透過一橢圓性中間狀態從線性演化以在第一趟中在該折疊式反射鏡之外最終輸出一圓形偏光，並在第二趟中提供反向圓形至線性偏光轉換。除了不使用任何偏光器作為光束組合構件外，此淨 ± 90 度相移係藉由使該塗布表面串列之該等 S 及 P 平面平行或正交對齊而成為可能。或者，不論是否利用一或多個偏極全像，在該折疊式反射鏡係設計以提供一 ± 90 度相位延遲之情況下，可設計該二色性光束組合器串列，以在從 LD 輸出正好穿越至該折疊式反射鏡前之各雷射光束下提供一 0 淨延遲(即個別二色性光束組合器不須提供一 0 度相移，只要該光束組合器串列提供一 0 淨延遲)。

參考圖 13，顯示依據本發明之一 OPU 系統 900 之另一具體實施例。OPU 系統 900 包括一第一整合光源/偵測器單元 911/921、一第二整合光源/偵測器單元 912/922、一第三整合光源/偵測器單元 913/923、一第一二色性光束組合板 931、一第二二色性光束組合板 932、一用於減小像散之板 939、一折疊式反射鏡 940、一偏極全像 985、一旋轉光碟 950 及一物鏡 961(未顯示)。

各整合單元包括一光源(例如一 LD)及一共同封裝光偵測器(例如一光二極體(PD))。該等整合單元 910 在該等 OPU 波長之各波長下(例如分別在 780 nm、660 nm 及 405 nm 下)提供線性偏極。

該等板二色性光束組合器(DBC)係用於空間多工來自該等整合陣列之輸出並沿一共用光路徑 980 來引導。各板 DBC 包括一二色性塗層，用於取決於波長來通過或反射光。較有利的係，該等 DBC 板允許消除在浸沒入射下設計及製造有效率透射 S 偏光並反射 P 偏光之立方體 DBC 中的難點。

反射器 940 將從該等板 DBC 所透射之光再次引導至旋轉光碟 950。反射器 940 包括一薄膜塗層，其在該等三個 OPU 波長(例如 405 nm、660 nm 及 780 nm)下實質上提供四分之一波延遲作用。依據一具體實施例，該薄膜塗層包括複數個具有對比折射率之交替層，其係併入一濾光器內(例如短波通或長波通、帶通、高反射等)並沈積在一透明平行板基板上。

在此具體實施例中，OPU 900係還經組態使得在該光源/偵測器片斷與該碟片讀取/寫入片斷之間的角偏移係大約0度(如圖13所示)、 ± 90 或 180 度(即不存在圖3所示之 ± 45 度偏移)。由此，此光學系統900之效能係取決於從該等整合單元911/912/913所發射之線性偏極光之偏光。邊緣發射半導體雷射二極體一般平行於該等磊晶層來產生一線性偏極輸出光束。為了說明該AQWP塗層之慢/快軸受傾斜平面(及其正交者)約束之事實，該等LD光源之封裝需要該等雷射晶片圍繞輸出光束軸而旋轉 ± 45 度。或者，在相關聯雷射波長下的一半波板可用以相對於晶片規則XY斷面尺寸，將0度或90度偏極光輸出光束轉換成 ± 45 度。在圖13所示之具體實施例中，對於LD光源913，該偏光係大約在Y軸與Z軸中間，對於LD光源911，係大約在X軸與Z軸中間，對於LD光源912，係大約在X軸與Y軸中間(即相對於各相關聯二色性光束組合器大約等份的S偏光及P偏光)。

偏極全像985係設計用以在該一或多個不同波長下(例如在780 nm、660 nm及405 nm下)繞射從光碟950所反射之光，使得將該等反射光束引導至該等整合單元之PD部分而非LD部分。偏極全像，例如其可包括一形成於一雙折射基板上之繞射光柵，在此項技術中為人所熟知，故不作進一步詳細論述。應注意，該偏極全像之偏光選擇性線性方向係平行於該第一線性偏光而對齊以在第一趟中獲得非繞射，並平行於該第二線性偏光以在第二趟中獲得繞射。一般而言，該偏極全像之繞射平面(及光柵向量)可組態成任

意方位角。較有利的係，該繞射平面係正交(如圖 13所示)或平行(未顯示)於反射器 940之入射平面而對齊。在此情況下，該等偏光選擇性方向係與該偏極全像之該等光柵線成 ± 45 度而對齊。剩餘光學組件，包括該等準直透鏡(未顯示)及該等物鏡(未顯示)均類似於先前技術中所使用的該等光學組件。

更佳的係，該繞射平面係相對於反射器 940之入射平面以 ± 45 度對齊，如 OPU系統 900A所示且如圖 14所示。除了偏極全像 985A及光偵測器 921A、922A及 923A外，系統 900A內的所有其他光學組件與系統 900中所示該等光學組件相同。

偏極全像 985A係經組態用以沿 XY平面具有與 X軸及 Y軸正交之光柵線。相比之下，偏極全像 985係經組態用以沿 XY平面具有平行(如圖 13所示)或正交(未顯示)Y軸之光柵線。光偵測器 921A、922A及 923A係分別沿 XZ、XY及 YZ平面而正交定位。相比之下，光偵測器 921、922及 923係沿 X、Y及 Z軸之一或多個軸而定位。在此組態下，該等偏光選擇性方向係與該偏極全像之該等光柵線成 0及 90度而對齊。此繞射平面組態允許將共同封裝的 LD及 PD整合單元同步旋轉 ± 45 度。

在操作中，來自二光學系統佈局 900及 900A內的該等整合單元之線性偏極光穿過該 DBC陣列並沿共用光程 980而引導。該線性偏極光接著藉由該準直透鏡(未顯示)來加以準直，穿過偏極全像 985/985A，並透射至具有該 AQWP

塗層之漏光鏡面940。漏光鏡面940將該線性偏極光變換成圓形偏極光並經由物鏡(未顯示)將其再次引導至光碟950。光碟950所反射之光係透過該物鏡(未顯示)再次透射並透過偏極全像985/985A從反射器940向準直透鏡(未顯示)反射。由於具有該AQWP塗層之反射器940在兩次通過其時改變該線性偏極光之偏光狀態，故偏極全像985/985A會繞射反射光，使得略微偏移其光程並將該線性偏極光成像在對應整合單元之光二極體部分上。

或者，位於共用路徑980內的單一偏極全像985/985A可由多個偏極全像來取代，各位於光源LD與其相關聯二色性光束組合器之間。在此情況下，該二色性光束組合器及折疊式反射鏡串列可設計成用以在各雷射波長下提供一淨四分之一波延遲(例如當在該折疊式反射鏡上設計該塗層時，將該等二色性光束組合器所固有提供之相移考慮在內)。各偏極全像係位於一線性偏光光束片斷內。該二色性光束組合器及折射鏡面系列允許該線性偏光透過一橢圓性中間狀態從線性演化，以在第一趟中在該折疊式反射鏡之外最終輸出一圓形偏光，並在第二趟中提供反向圓形至線性偏光轉換。除了不使用任何板偏光器作為光束組合構件外，此淨 ± 90 度相移係藉由使該塗布表面串列之該等S及P平面平行或正交對齊而成為可能。或者，不論是否利用一或多個偏極全像，在該折疊式反射鏡係設計以提供一 ± 90 度相位延遲之情況下，可設計該二色性光束組合器串列，以在從LD輸出正好穿越至該折疊式反射鏡前之各雷

射光束下提供一0淨延遲(即個別二色性光束組合器不須提供一0度相移，只要該光束組合器串列提供一0淨延遲)。

在圖3、8、10、12、13及14中所述之該等具體實施例之各具體實施例中，該PBC/DBC陣列空間多工從該等三個光源所透射之光並在一平行於一第一軸(例如全域Z軸)之第一方向上引導多工光束。該具有AQWP塗層之折疊式反射鏡在一平行於一第二軸(例如全域Y軸)之第二方向上反射在該第一方向上透射的光，使其透過一物鏡射透並聚焦在光碟上。從光碟所反射之光透過該物鏡再次透射並再次由該折疊式反射鏡反射。在兩次從該折疊式反射鏡反射之後，該多工光之偏光將會變換成一正交偏光，因而將會從產生光源轉向一光學偵測器(例如經由該PBC或該偏極全像)。

較有利的係，該些組態之各組態允許入射在該折疊式反射鏡上的多工光束(及其成分)之電場向量(即偏光)實質上垂直於該第一軸(例如全域Z軸)並與該第二軸(例如全域Y軸)成一斜角(例如45度)。例如在圖3、8及10所示之該等具體實施例中，一45度方位角偏移係提供於該讀取/寫入片斷與該光源/偵測器片斷之間，而在參考圖12、13及14所述具體實施例中，旋轉該等雷射光源自身(例如整合單元811係圍繞區域光學光束軸而旋轉)。因此該多工光束(或其成分)將會以一解決該AQWP塗層之慢/快軸受該傾斜平面(及其正交者)約束之事實之方式撞擊該折疊式反射鏡，從而提供有效率的線性至圓形偏光轉換。由於該些組態有效

率地使用該AQWP塗層，故取消對一傳統獨立AQWP之需要，故減小所需組件數目。

此外較有利的係，由於該等PBC/DBC陣列及該折疊式反射鏡係沿相同軸(例如Z軸)而置放，故該讀取/寫入及光源/偵測器片斷之對齊相對較容易。特定言之，在該讀取/寫入片斷與該光源/偵測器片斷之間相對較容易地提供一45度方位角偏移。而且，藉由沿相同軸定位該等PBC/DBC陣列及該折疊式反射鏡，容易地擴展光學佈局以容納額外波長通道。沿相同軸或在相同平面(例如YZ)內定位該PBC/DBC陣列及該折疊式反射鏡之另一明顯優點在於其消除對Moon等人所教導之分光板之需求。因此，該系統更少損耗且更簡單。

在上述具體實施例之各具體實施例中，該等AQWP塗層較佳的係設計使得在該等三個OPU波長(例如405 nm、660 nm及780 nm)下實質上提供四分之一波延遲作用之薄膜C板塗層係併入一設計成一高反射器之薄膜塗層內。因此，容易地獲得在該等三個OPU波長(及/或額外波長)下的四分之一波延遲作用。更明確而言，頃發現整合C板功能與高反射器功能在各波長通道之帶寬內設計一較寬及/或相對較平直延遲輪廓過程中提供更大控制。此外，此整合允許將該反射性AQWP設計成一漏光鏡面。適當薄膜塗層之某些範例係圖15及16所示。該三波長頻帶設計係針對BD/HD-DVD、DVD及CD光碟驅動系統。在具有一 $\pm 2\%$ 帶寬之各波長中心內的反射率係大約95%，從而解決5%的分流輸出。

藍光及NIR通道的反射延遲係大約+90度，而紅光通道的延遲值係-90度。正負差異表明反射AQWP在藍光/NIR通道處具有一平行於傾斜平面而對齊之慢軸，而快軸係在紅外通道內平行於傾斜平面而對齊。延遲正負差異表明在第一趟透過反射AQWP之後產生的圓形偏光中存在一對應符號變化。然而，假定與該傾斜平面存在一大約 ± 45 度進入線性偏光軸偏移，係使用二 ± 90 度延遲來獲得在兩趟中所需90度線性偏光旋轉。

一針對一舊有二波長DVD/CD光碟驅動系統之適當薄膜塗層之另一範例係如圖17所示。如該等類比曲線所示，該高反射器塗層可設計成用以從650 nm至790 nm波長，對於S偏光及P偏光輸入本質反射100%光，同時強加一恆定90度延遲至反射光。對比先前技術相移塗層設計，此類寬頻設計較容忍製造誤差。

在上述具體實施例之各具體實施例中，該等AQWP塗層一般使用真空沈積技術來製造，包括(但不限於)化學汽相沈積(CVD)、電漿增強CVD、電子束蒸發、熱蒸發、噴濺及/或原子層沈積。視需要地，將該等塗層沈積在一關注波長區域上透明的基板上並可由各種材料製成，包括(但不限於)玻璃、石英及塑膠。一般而言，用於該等薄膜之材料係無機或有機介電材料，其在550 nm下具有在1.3至大於4.0範圍內的折射率。例如，某些適當材料包括氧化矽(SiO_2 ， $n=1.46$)、氧化鉭(Ta_2O_5 ， $n=2.20$)、氧化鋁(Al_2O_3 ， $n=1.63$)、氧化鈦(HfO_2 ， $n=1.85$)、氧化鈦(TiO_2 ，

$n=2.37$)、氧化鈮 (Nb_2O_5 , $n=2.19$) 及氟化鎂 (MgF_2 , $n=1.38$)。當然，其他介電材料及/或聚合物也適用。視需要地，在一商用電腦程式(例如 Software Spectra Inc. 的 TFCalcTM)的輔助下設計該AQWP塗層。

當然，該等上述具體實施例一直僅作為範例範例。習知此項技術者應瞭解將會運用多種修改、替代性組態及/或等效物而不會脫離本發明之精神及範疇。例如，儘管利用偏光光束組合器的該等具體實施例之各具體實施例提供一各偏光分光器反射相同偏光狀態之組態/塗層設計，但還預期其他組態/塗層設計。特定言之，依據一類似於圖5所示之具體實施例，切換NIR光源511與光偵測器570之位置。在此具體實施例中，若NIR光源511發射S偏極光，則偏光分光立方體531將會在第一趟中在780 nm下透射S偏光並在第二趟中在所有三個波長下反射P偏光。或者，若NIR光源511係旋轉以發射P偏極光，則偏光分光立方體531將需要在第一趟中在780 nm下透射P偏光並在第二趟中在780 nm下反射S偏光，以及在第二趟中反射二其他不同波長(例如藉由二色性)。如上述，該AQWP塗層之效能係取決於入射光，其包括其電場向量與鏡面傾斜平面成一斜角(例如 ± 45 度)的線性偏極光。視需要地，該OPU係經組態使得不同波長在不同斜角下入射(例如一波長在 $+45$ 度下而另一波長在 -45 度下)。此外，還預期其他光源/偵測器佈局，諸如圖2所示該等佈局。據此，因而希望本發明之範疇僅受隨附申請專利範圍之範疇限制。

【圖式簡單說明】

結合附圖，根據上面詳細說明，已明白本發明之進一步特徵及優點，其中：

圖1顯示一先前技術3波長HD-DVD/DVD/CD光學擷取系統之一範例；

圖2顯示一先前技術3波長HD-DVD/DVD/CD光學擷取系統之另一範例；

圖3顯示依據本發明之一具體實施例之一OPU；

圖4說明依據本發明之一OPU之一子系統，其中該等防護性濾光器係傾斜邊緣濾光器；

圖5係說明該碟片讀取/寫入片斷相對於該光源/偵測器片斷之 45° 相對方位角偏移之一透視圖；

圖6說明對於圖1所示之組態，第一趟光束LP、該AQWP之慢/快軸及第二趟光束LP之方位角定向；

圖7說明對於圖3所示之組態，第一趟光束LP、該AQWP之慢/快軸及第二趟光束LP之方位角定向；

圖8顯示依據本發明之另一具體實施例之一利用偏光光束組合板之OPU；

圖9顯示在一 ± 5 度錐體內在45度下的一PBC板之理論反射率，其在一405 nm頻帶上反射S偏極光並透射P偏極光，並在660 nm及780 nm上透射S及P偏極光二者；

圖10顯示依據本發明之另一具體實施例之一利用偏光光束組合板之OPU；

圖11A係圖10所示組態之一透視圖；

圖 11B 係圖 10 所示 OPU 之一替代性組態之一透視圖；

圖 12 顯示依據本發明之另一具體實施例之一 OPU；

圖 13 顯示依據本發明之另一具體實施例之一 OPU；

圖 14 顯示依據本發明之另一具體實施例之一 OPU；

圖 15 顯示在三個波長：405 nm、660 nm 及 780 nm (如垂直虛線所指示) 下一具有 90 度延遲 (例如用作一消色差 QWP) 之設計之 45 度入射角下的理論反射率及反射延遲；

圖 16 顯示在 a) 405 nm BD/HD-DVD 波長頻帶、b) 660 nm DVD 波長頻帶及 c) 780 nm CD 波長頻帶下一全介電質反射性消色差 QWP 之理論延遲頻譜 (頂部列)、測量延遲頻譜 (中間列) 及測量雙衰減頻譜 (底部列)；以及

圖 17 顯示用於依據本發明之一具體實施例之一反射性 AQWP/折疊式反射鏡設計之一 S 偏光及 P 偏光理論反射率及反射延遲頻譜，該設計在 660 nm 及 780 nm DVD/CD 波長下提供一高反射率以及大約 -90 度延遲。

應注意，在所有附圖中，相同特徵係藉由相同參考數位來加以識別。

【主要元件符號說明】

100	OPU
110	半導體雷射光源陣列
111	第一 LD
112	第二 LD
113	第三 LD
120	防護性濾光器

130	偏光光束組合器(PBC)立方體陣列
140	漏光鏡面
145	四分之一波板(QWP)
150	旋轉碟片媒體
160	透鏡系統
161	物鏡
165	透鏡
175	監控光二極體(PD)
180	共用路徑
200	OPU
210	三波長雷射二極體
231	第一立方體偏光分光器(PBS)
232	第二立方體二色性分光器(DBS)
240	45度稜鏡
245	QWP
260	準直透鏡系統
261	物鏡
262	碟片媒體
271	BD/HD-DVD碟片光二極體
272	CD/DVD舊有碟片光二極體
500	OPU系統
510	至少一光源
511	雷射二極體(LD)
512	雷射二極體(LD)

513	雷射二極體(LD)
520	防護性濾光器陣列
530	偏光光束組合器陣列
531	第一PBC
532	第二PBC
533	第三PBC
540	反射器
550	旋轉光碟
560	準直透鏡
561	物鏡
565	聚焦透鏡
570	主光二極體
575	監控光二極體
580	共用光路徑
585	角度
586	角度
592	C板薄膜塗層
595	雙箭頭
596	雙箭頭
600	OPU系統
630	板偏光器陣列
631	第一偏光器
632	第二偏光器
633	第三偏光器

700	OPU系統
700A	組態
731	第一板偏光器
732	第二板偏光器
732A	板PBC
733	第三板偏光器
739	第四板
739A	板
800	OPU系統
810	整合光源/偵測器單元陣列
811	第一單元
812	第二單元
813	第三單元
830	二色性光束組合器陣列
831	第一PBC
832	第二PBC
833	第三PBC
840	漏光鏡面
850	旋轉光碟
860	準直透鏡
861	物鏡
865	聚焦透鏡
875	監控光二極體
880	共用光路徑

885	偏極全像
900	OPU系統
900A	OPU系統
910	整合單元
911	第一整合光源/偵測器單元
912	第二整合光源/偵測器單元
913	第三整合光源/偵測器單元
921	第一整合光源/偵測器單元
921A	光偵測器
922	第二整合光源/偵測器單元
922A	光偵測器
923	第三整合光源/偵測器單元
923A	光偵測器
931	第一二色性光束組合板
932	第二二色性光束組合板
939	板
940	折疊式反射鏡/反射器
950	旋轉光碟
980	共用光路徑
985	偏極全像
985A	偏極全像

十、申請專利範圍：

1. 一種光學擷取裝置，其包含：

複數個光源，其包括一用於在一第一波長下發光之第一光源與一用於在一第二其他波長下發光之第二光源；

至少一光束組合器，其用於在一平行於一第一軸之第一方向上沿一共用光程(path)來透射(transmitting)該複數個光源內各光源所發射之光；

一反射器，其用於在一第二方向上再次引導在該第一方向上所透射之光，該第二方向係平行於一實質上垂直於該第一軸之第二軸，該反射器包括一塗層，用於以一預定入射角在該等第一及第二波長下提供實質上四分之一波延遲作用；

一物鏡，其用於將該反射器所再次引導之光聚焦在一光碟上；以及

至少一光偵測器，其用於偵測該光碟所反射之光，

其中該至少一光束組合器及該反射器係沿該第一軸而置放且其中自該至少一光束組合器在該第一方向上所透射之光包括線性偏極(polarized)光，其電場向量實質上垂直於該第一軸並與該第二軸成一斜角，

其中該塗層包括一第一複數個具有對比折射率之交替各向同性材料層，在該第一複數個層中各層之一厚度及折射率係選擇使得該塗層在該等第一及第二波長下用作一 C 板。

2. 如請求項 1 之光學擷取裝置，其中該複數個光源包括一

第三光源，其用於在一第三波長下發射一第三光束，該等第一、第二及第三波長之各波長係不同。

3. 如請求項2之光學擷取裝置，其中該至少一光束組合器包括一第一光束組合器，其用於接收從該第一光源所發射之光、一第二光束組合器，其用於接收從該第二光源所發射之光、及一第三光束組合器，其用於接收從該第三光束所發射之光，該等第一、第二及第三光束組合器之各組合器係沿該第一軸而置放。
4. 如請求項3之光學擷取裝置，其中該等第一、第二及第三光束組合器係波長取決偏光光束組合器，用於在一第一趟中將光從該等第一、第二及第三光源導向該反射器，並在一第二趟中，取決於該反射器所提供之一實質90度相移，在該等第一、第二及第三波長下將光從該反射器導向該至少一光偵測器。
5. 如請求項3之光學擷取裝置，

其中該第一光束組合器係用於在該第一波長下將具有一第一偏光之光從該第一光源反射至該第二光束組合器，並用於在該等第一、第二及第三波長下將具有一第二正交偏光之光從該第二光束組合器傳遞至該至少一光偵測器，

其中該第二光束組合器係用於在該第二波長下將具有該第一偏光之光從該第二光源反射至該第三光束組合器，用於在該第一波長下將具有該第一偏光之光從該第一光束組合器傳遞至該第三光束組合器，並用於在該等

第一、第二及第三波長下將具有該第二正交偏光之光從該第三光束組合器傳遞至該第一光束組合器，以及

其中該第三光束組合器係用於在該第三波長下將具有該第一偏光之光從該第三光源反射至該反射器，用於在該第一及第二波長下將具有該第一偏光之光從該第二光束組合器傳遞至該反射器，並用於在該等第一、第二及第三波長下將具有該第二正交偏光之光從該反射器傳遞至該第二光束組合器。

6. 如請求項3之光學擷取裝置，其中該等第一、第二及第三光束組合器之各組合器係定向以提供線性偏極光，其電場向量實質上垂直於該第一軸並與該第二軸成一斜角。
7. 如請求項1至6中任一項之光學擷取裝置，其中在該複數個光源內的各光源及該至少光束組合器係置放於相同平面內，該相同平面以一實質上等於該斜角之角度相對於該第二軸圍繞該第一軸而旋轉。
8. 如請求項2至6中任一項之光學擷取裝置，其中該等第一、第二及第三光束組合器之各光束組合器包括一偏光分光立方體。
9. 如請求項2至6中任一項之光學擷取裝置，其中該等第一、第二及第三光束組合器之各光束組合器包括一偏光分光板，各偏光分光板係與該第一軸成實質上等於 ± 45 度之角度而置放。
10. 如請求項9之光學擷取裝置，其包括一用於減小像差之

板，該板與該偏光分光板一起沿該第一軸而置放，使得各連續板係圍繞一正交軸而傾斜。

11. 如請求項2之光學擷取裝置，其中該至少一光偵測器包括一與該第一光源共同封裝的第一光二極體、一與該第二光源共同封裝的第二光二極體、及一與該第三光源共同封裝的第三光二極體。
12. 如請求項11之光學擷取裝置，其中該至少一光束組合器包括一沿該第一軸而置放的第一二色性分光立方體，該第一二色性分光立方體包括一介面，用於在該第一波長下通過光並在該第二波長下反射光。
13. 如請求項12之光學擷取裝置，其中該至少一光束組合器包括一沿該第一軸而置放的第二二色性分光立方體，該第二二色性分光立方體包括一介面，用於在該第一及第二波長下通過光並用於在該第三波長下反射光。
14. 如請求項11至13中任一項之光學擷取裝置，其包括一偏極全像，用於依賴於該反射器所提供之一實質90度相移，在該等第一、第二及第三波長下繞射光，該偏極全像係選擇用於在該第一波長下將該繞射光導向該第一光二極體，在該第二波長下將該繞射光導向該第二光二極體，並在該第三波長下將該繞射光導向該第三光二極體。
15. 如請求項11至13中任一項之光學擷取裝置，其中在該複數個光源內的該等光源之各光源與該至少一光束組合器係置放於一實質上垂直於該第二軸之平面內。

16. 如請求項11至13中任一項之光學擷取裝置，其中在該複數個光源內的該等光源之各光源係旋轉使得該至少一光束組合器在該第一方向上所透射之線性偏極光使其電場向量實質上垂直於該第一軸並與該第二軸成一斜角。
17. 如請求項1至6中任一項之光學擷取裝置，其包括至少一傾斜邊緣濾光器，用於保護該等第一及第二光源不受從該至少一光束組合器所反射之光影響。
18. 如請求項1至6中任一項之光學擷取裝置，其中該斜角係實質上等於45度。
19. 如請求項1至6中任一項之光學擷取裝置，其中該預定角度係實質上等於45度。
20. 如請求項1至6中光學擷取裝置，其中該塗層係設計成用以允許分流在該第一方向上透射並入射在該反射器上之光之一部分。
21. 如請求項1之光學擷取裝置，其中該塗層包括一第二複數個具有對比折射率之交替各向同性材料層，在該第一複數個層中各層之一厚度及折射率係選擇使得該塗層在該等第一及第二波長下用作一高反射器。
22. 如請求項21之光學擷取裝置，其中該第一及第二複數個交替層係選擇使得整合該C板功能性及該高反射器功能性。

十一、圖式：

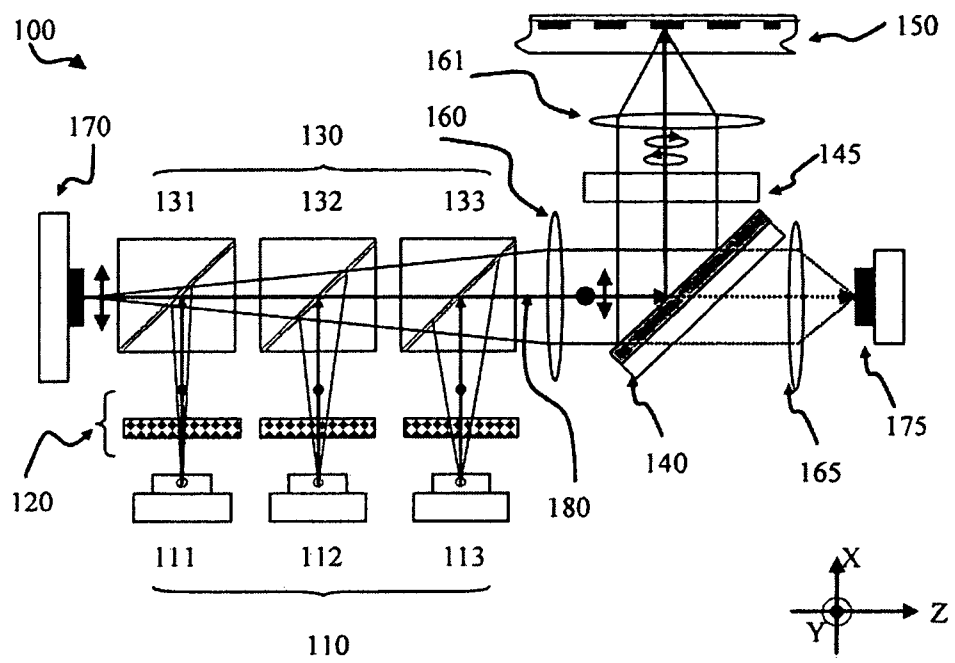


圖 1

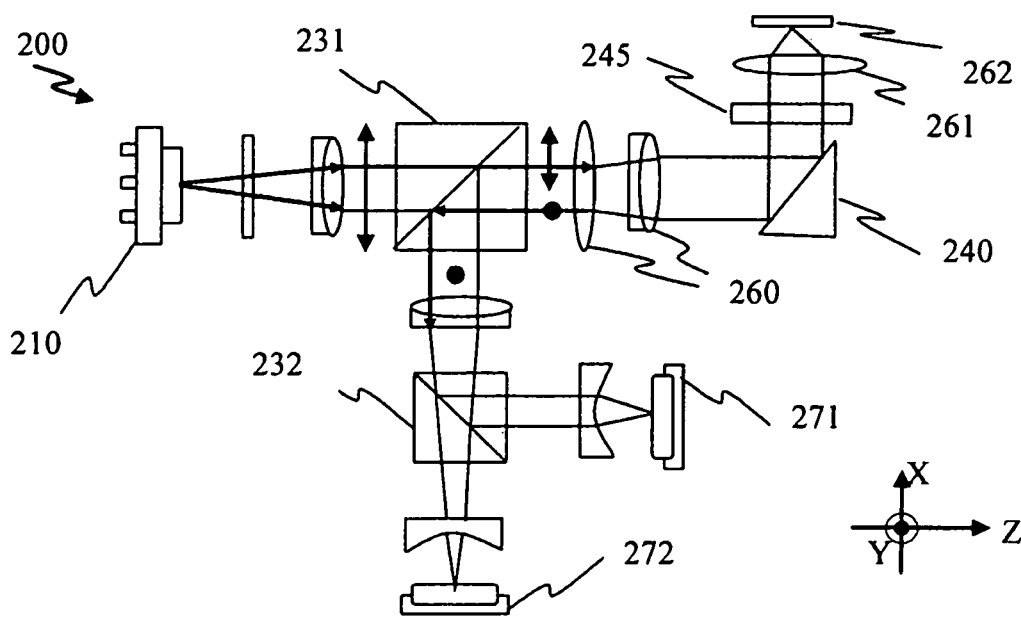


圖 2

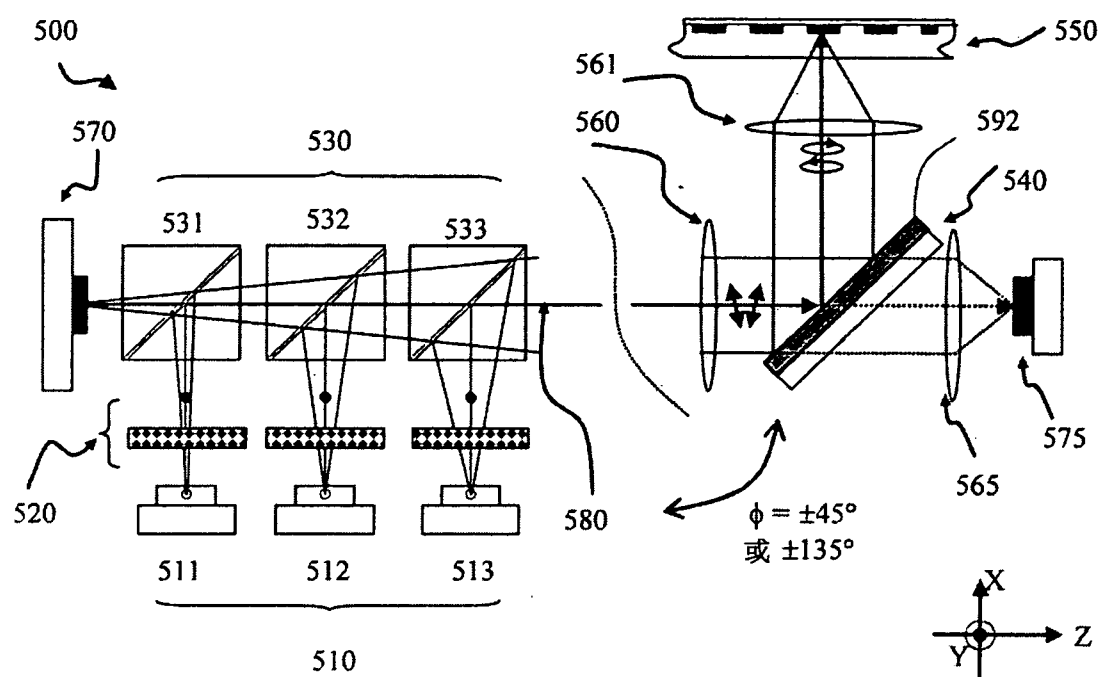


圖 3

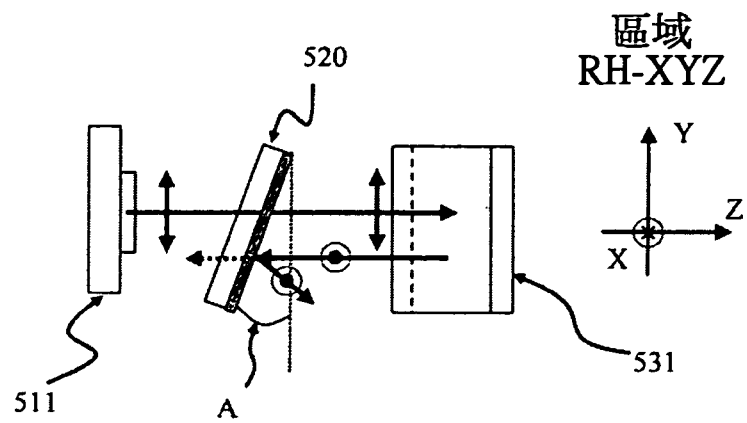


圖 4

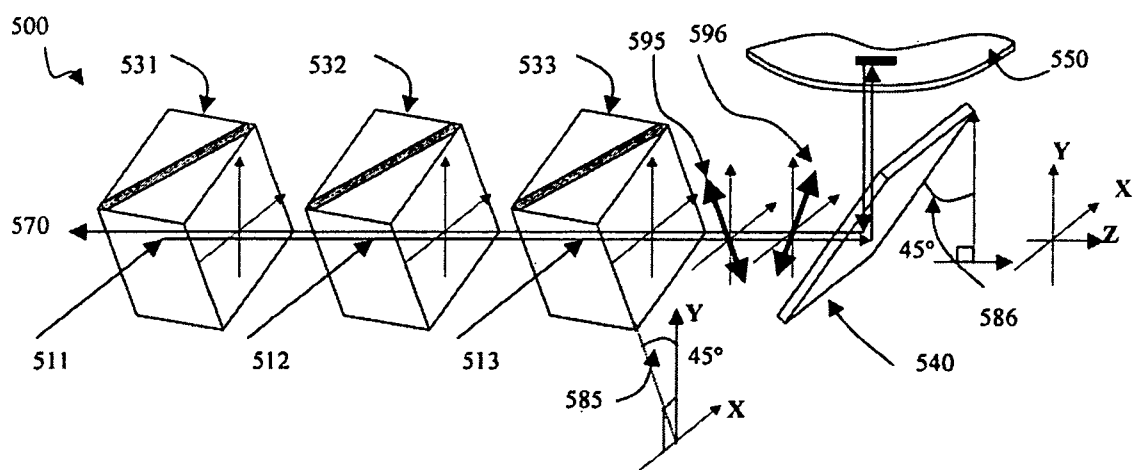


圖 5

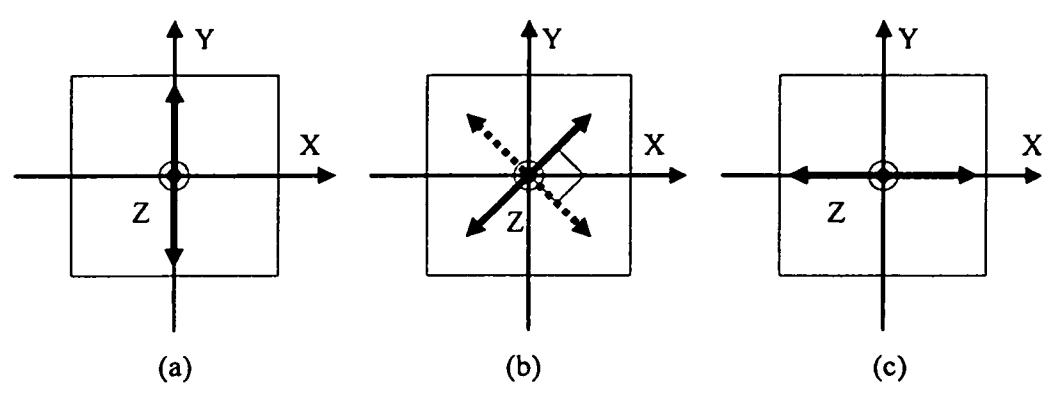


圖 6

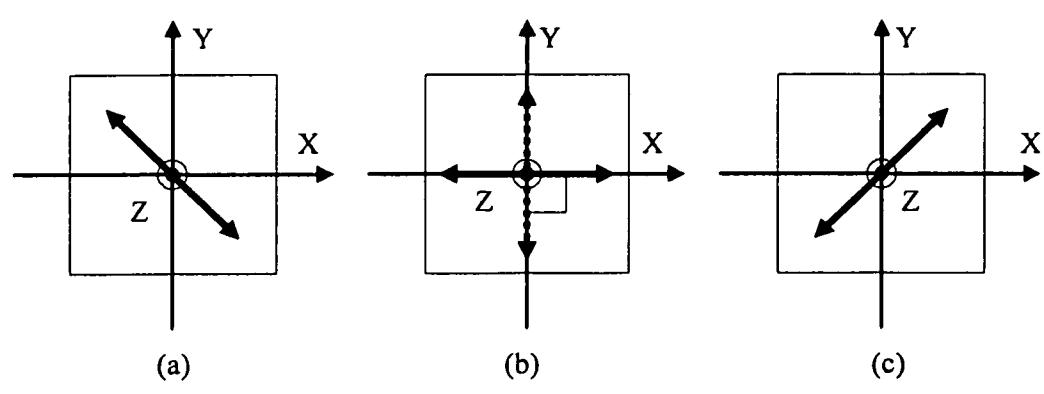


圖 7

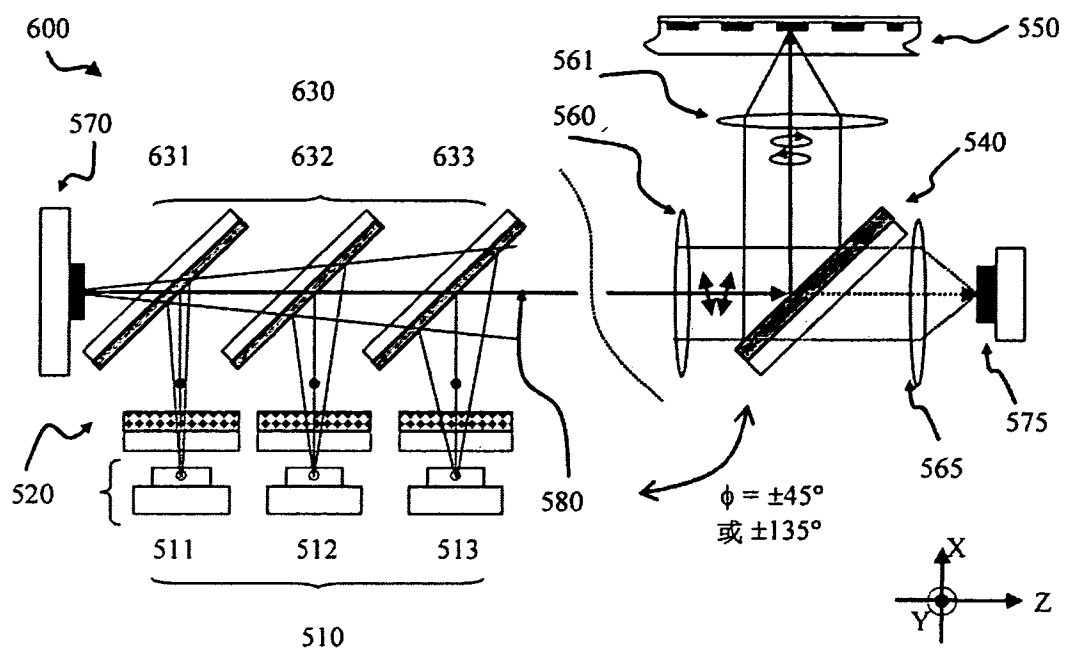


圖 8

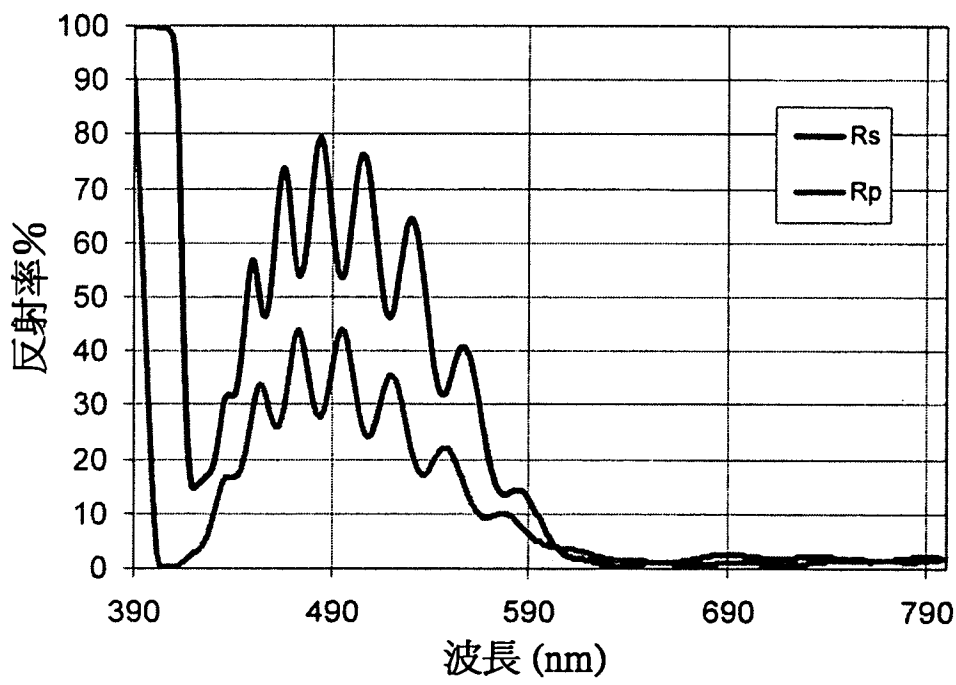


圖 9

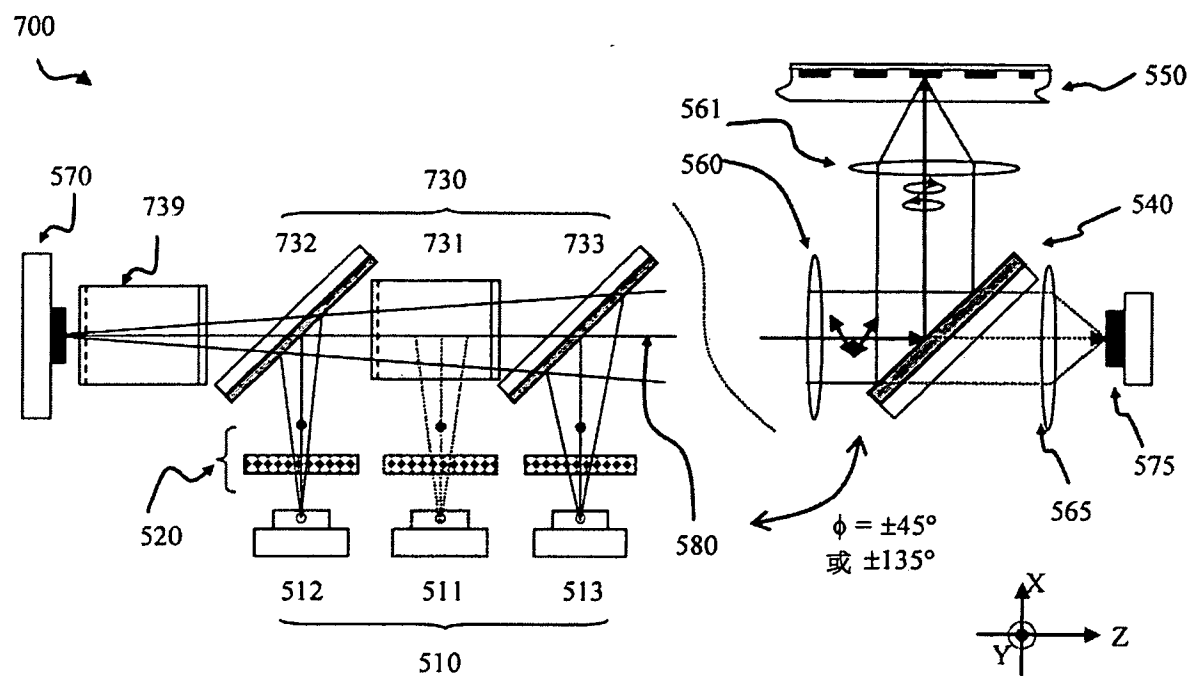


圖 10

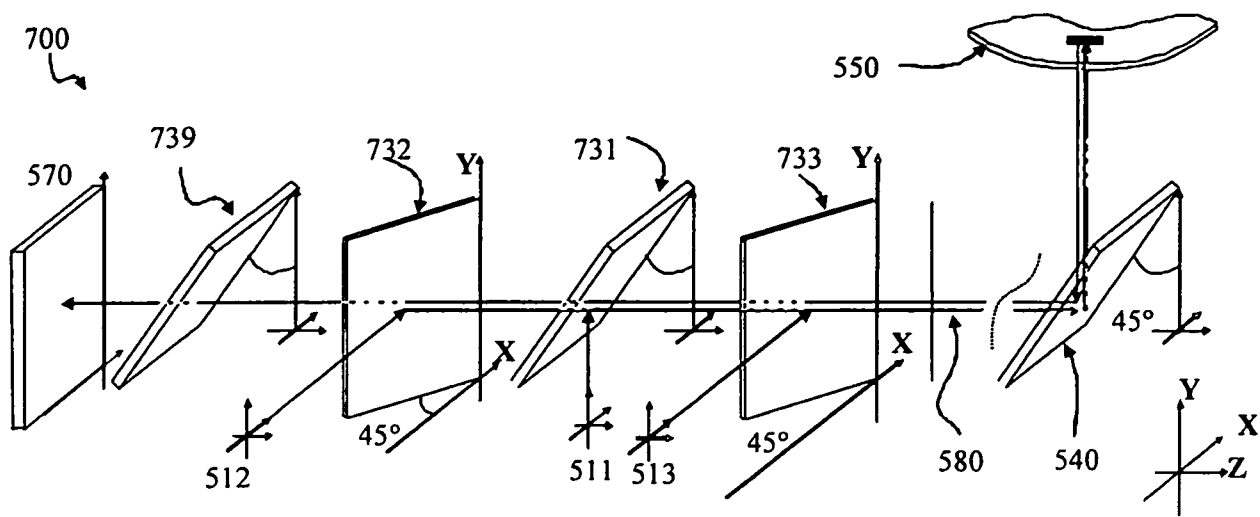


圖 11A

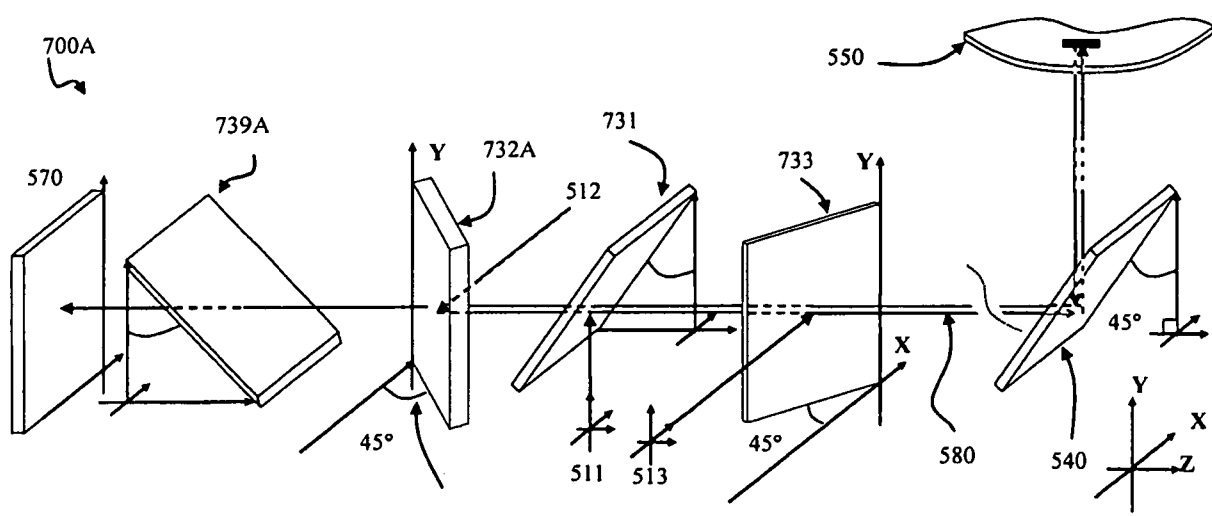


圖 11B

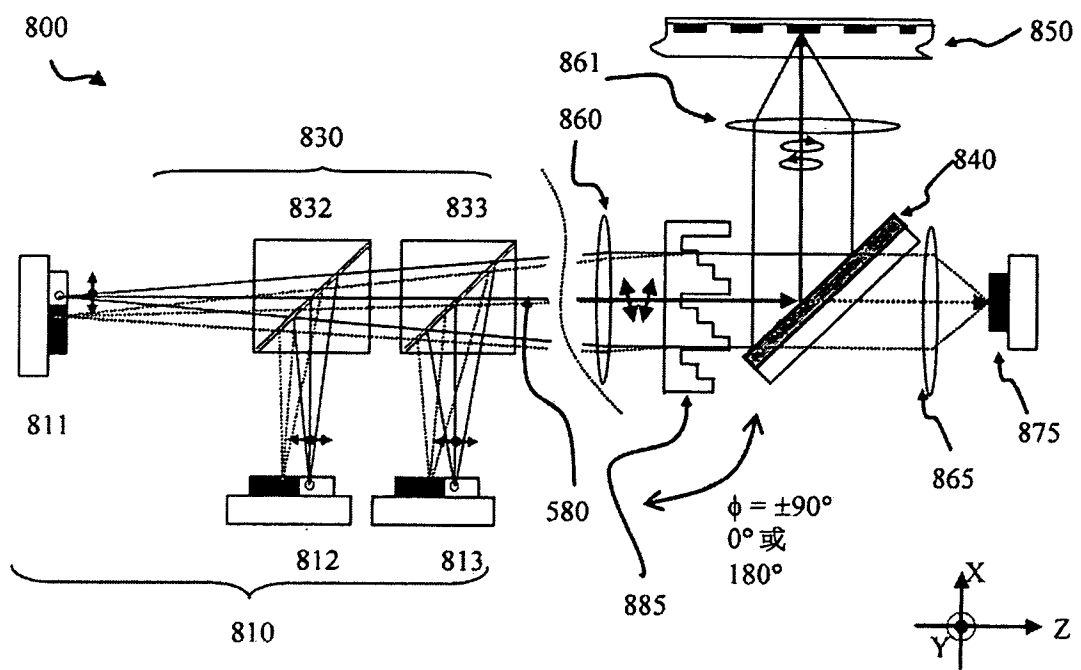


圖 12

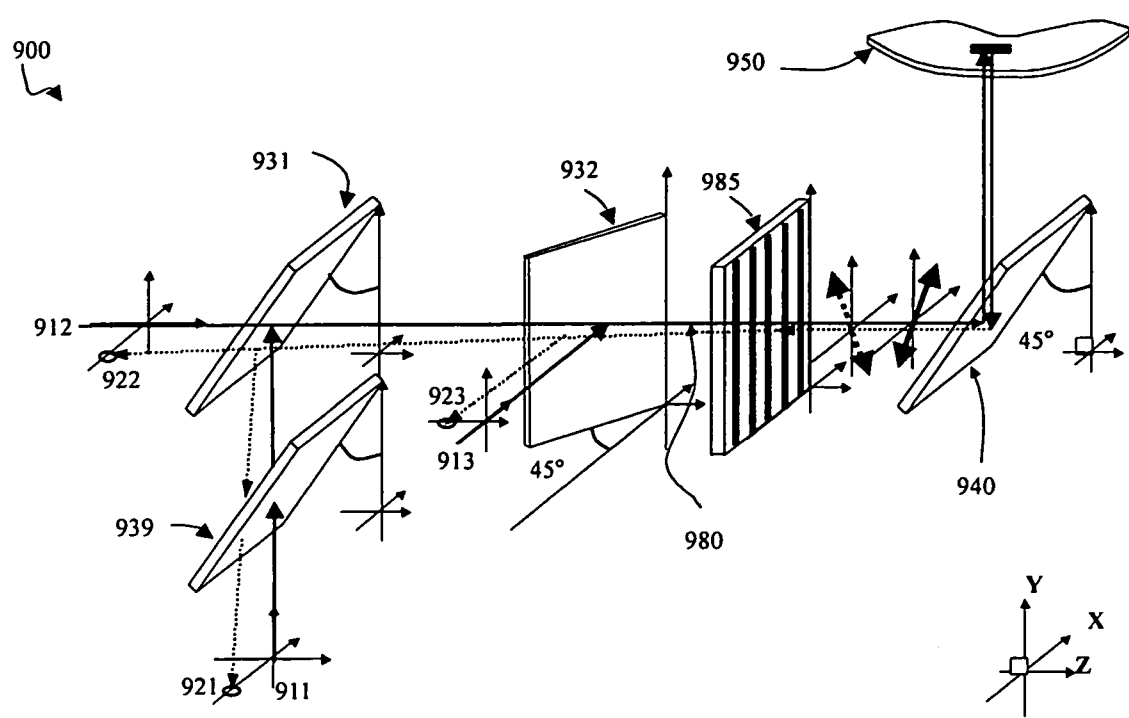


圖 13

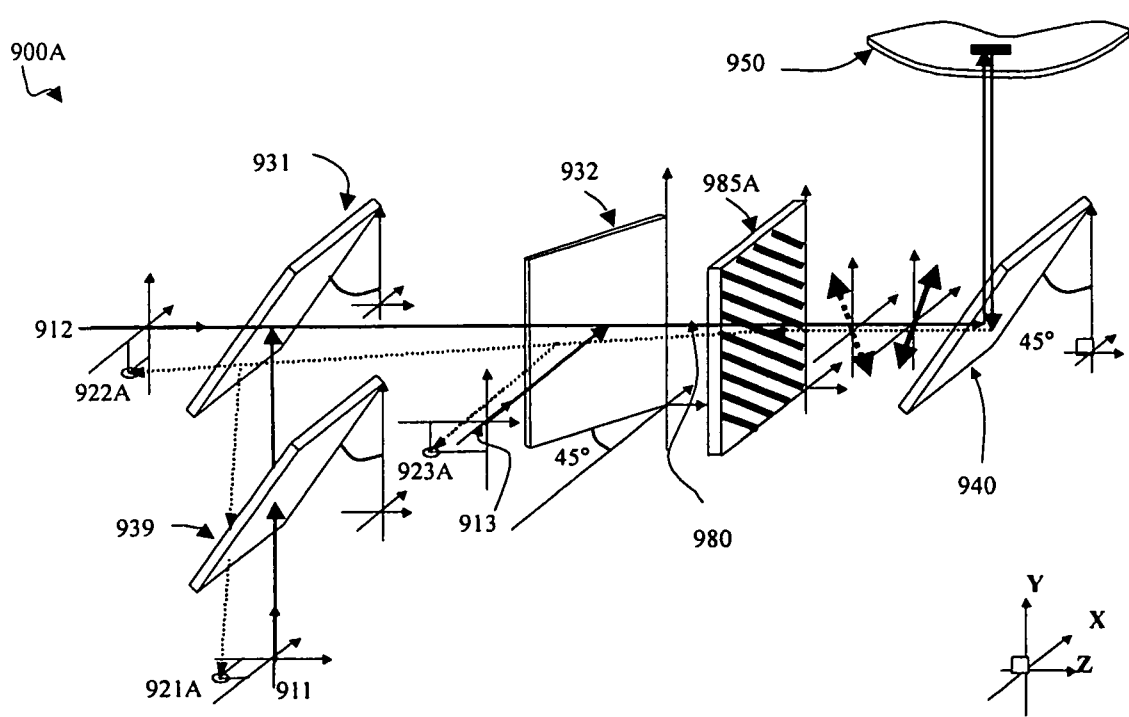


圖 14

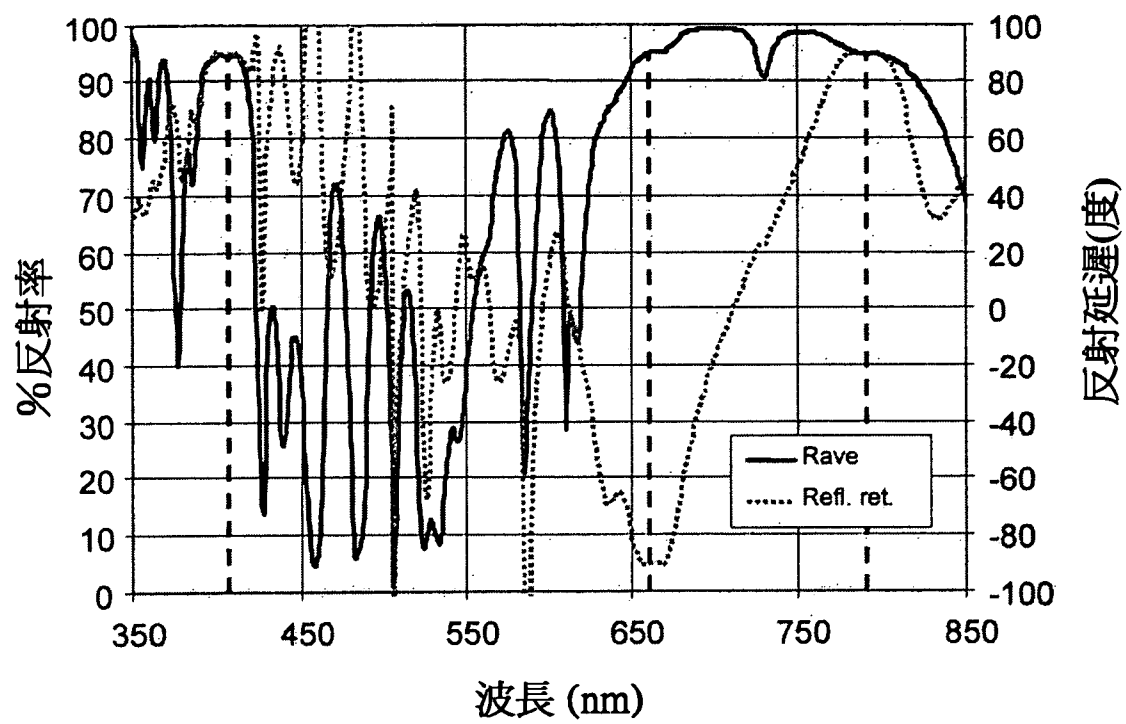


圖 15

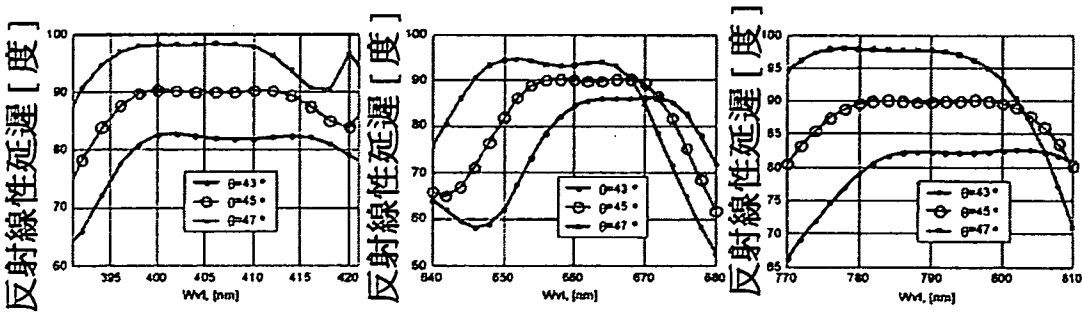


圖 16a(i) 圖 16b(i) 圖 16c(i)

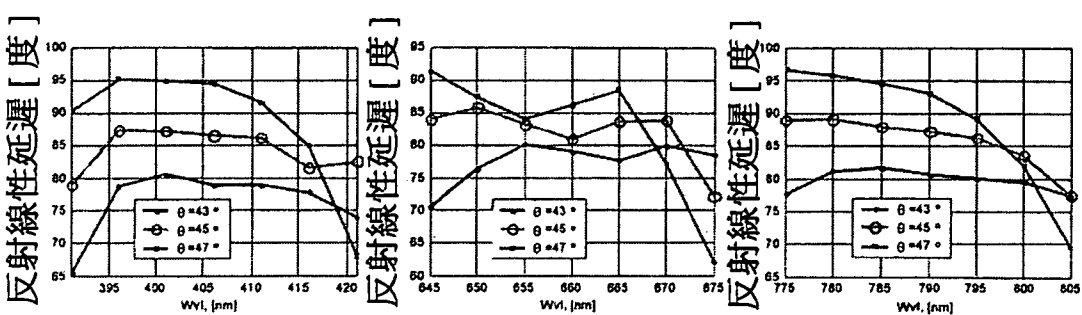


圖 16a(ii) 圖 16b(ii) 圖 16c(ii)

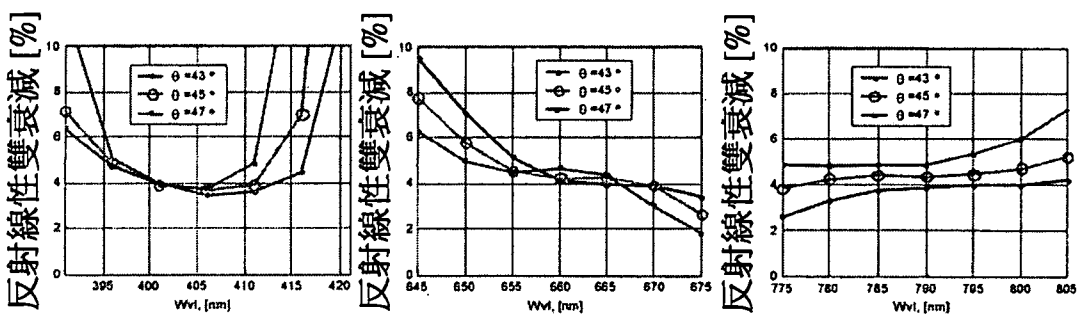


圖 16a(iii) 圖 16b(iii) 圖 16c(iii)



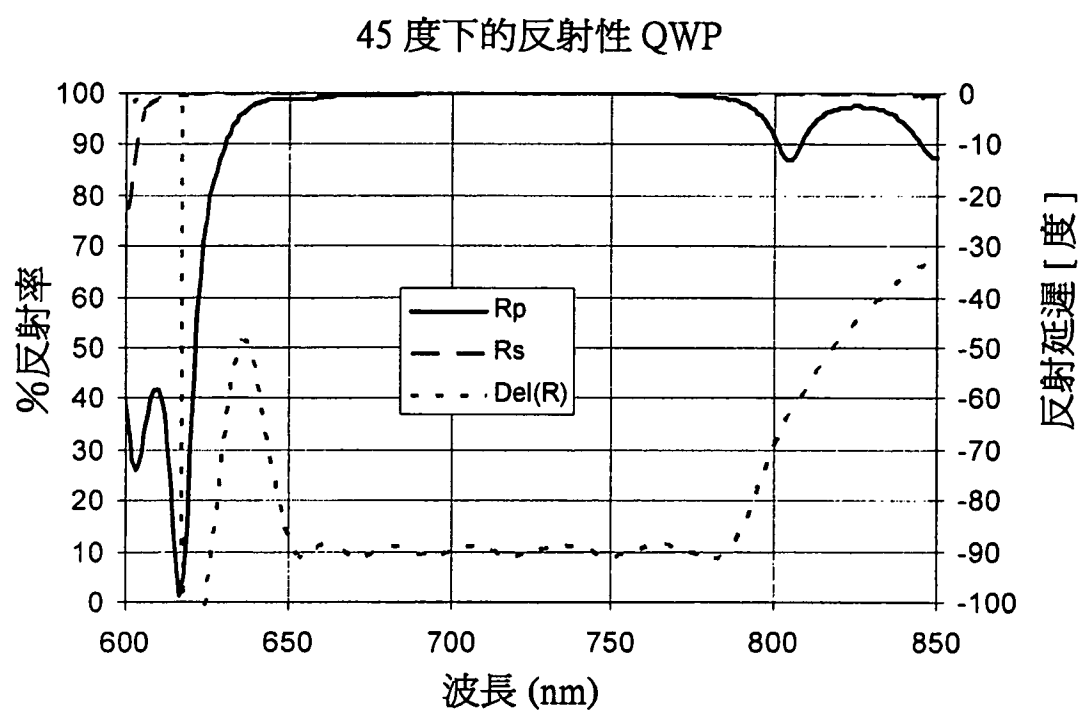


圖 17