



(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 I485374 B

(45) 公告日：中華民國 104 (2015) 年 05 月 21 日

(21) 申請案號：103102899

(22) 申請日：中華民國 103 (2014) 年 01 月 27 日

(51) Int. Cl. : G01J4/04 (2006.01)

G01N21/21 (2006.01)

(71) 申請人：國立交通大學 (中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72) 發明人：趙于飛 CHAO, YU FAYE (TW) ; 謝美莉 HSIEH, MEI LI (TW) ; 韓建遠 HAN, CHIEN YUAN (TW)

(74) 代理人：陳昭誠

(56) 參考文獻：

TW 428082

TW 452649

TW 531638

WO 2012/158279A2

審查人員：林秀峰

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：2 共 17 頁

(54) 名稱

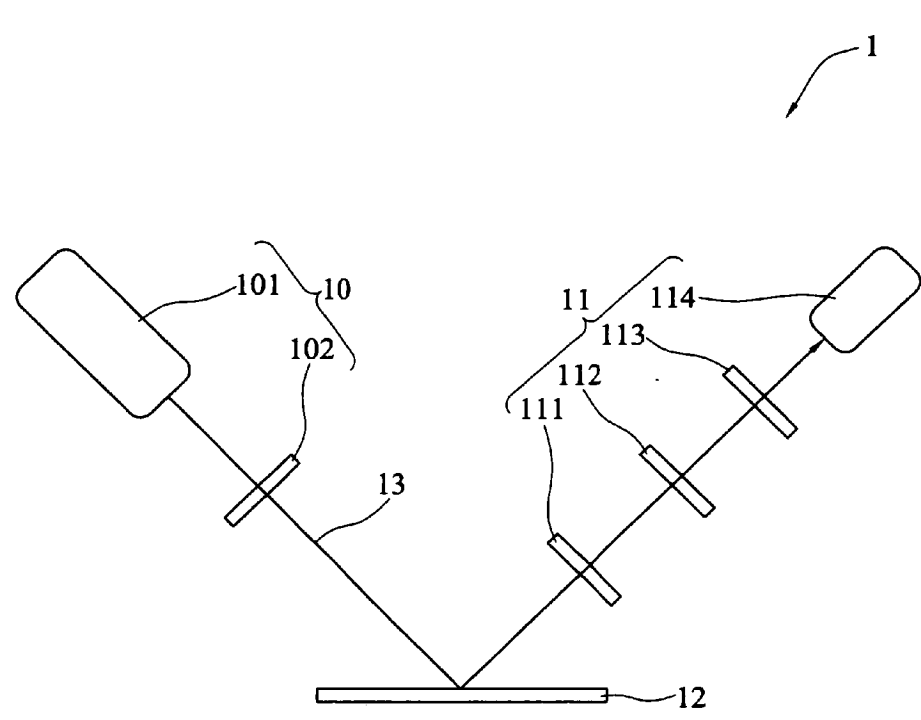
橢圓偏光儀及運用該橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法

ELLIPSOMETER AND ELLIPSOMETRIC PARAMETERS MEASURING METHOD UTILIZING THE SAME

(57) 摘要

一種橢圓偏光儀及運用該橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法，該橢圓偏光儀之偵測單元係包含一液晶片、四分之一波片及析光片。本案藉由控制液晶片之相位延遲電壓所得到之三個亮度值，即可直接換算出橢圓偏光參數。本案之橢圓偏光儀不需旋轉系統中的任何元件(偏光片、析光片、補波片及液晶片)即能具備即時監測之功效。

An ellipsometer and ellipsometric parameters measuring method utilizing the same are disclosed. The detection unit of the ellipsometer comprises a liquid crystal retarder, one quarter wave plate and an analyzer. The ellipsometer can obtain three intensities by controlling the voltage of the phase retardation of the liquid crystal retarder to calculate the ellipsometric parameters. The ellipsometer can have the effectiveness of real-time monitoring without rotating the polarizer and the analyzer.



- 1 . . . 橢圓偏光儀
- 10 . . . 偏光單元
- 101 . . . 照明源
- 102 . . . 偏光片
- 11 . . . 偵測單元
- 111 . . . 液晶片
- 112 . . . 補波片
- 113 . . . 析光片
- 114 . . . 檢測器
- 12 . . . 待測物
- 13 . . . 偏極光

第1圖

發明摘要

※ 申請案號：103102899

※ 申請日：103.1.27.

※ IPC 分類：

G01J 4/04 (2006.01)

G01N 21/11 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

橢圓偏光儀及運用該橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法

ELLIPSOMETER AND ELLIPSOMETRIC PARAMETERS

MEASURING METHOD UTILIZING THE SAME

【中文】

一種橢圓偏光儀及運用該橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法，該橢圓偏光儀之偵測單元係包含一液晶片、四分之一波片及析光片。本案藉由控制液晶片之相位延遲電壓所得到之三個亮度值，即可直接換算出橢圓偏光參數。本案之橢圓偏光儀不需旋轉系統中的任何元件（偏光片、析光片、補波片及液晶片）即能具備即時監測之功效。

【英文】

An ellipsometer and ellipsometric parameters measuring method utilizing the same are disclosed. The detection unit of the ellipsometer comprises a liquid crystal retarder, one quarter wave plate and an analyzer. The ellipsometer can obtain three intensities by controlling the voltage of the phase retardation of the liquid crystal retarder to calculate the ellipsometric parameters. The ellipsometer can have the effectiveness of real-time monitoring without rotating the polarizer and the analyzer.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- | | |
|-----|-------|
| 1 | 橢圓偏光儀 |
| 10 | 偏光單元 |
| 101 | 照明源 |
| 102 | 偏光片 |
| 11 | 偵測單元 |
| 111 | 液晶片 |
| 112 | 補波片 |
| 113 | 析光片 |
| 114 | 檢測器 |
| 12 | 待測物 |
| 13 | 偏極光 |

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

本案無化學式

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)

橢圓偏光儀及運用該橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法
ELLIPSOMETER AND ELLIPSOMETRIC PARAMETERS
MEASURING METHOD UTILIZING THE SAME

【技術領域】

本案係有關一種橢圓偏光儀及運用該橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法。

【先前技術】

橢圓偏光儀為一種光學檢測工具，其具備高靈敏度、與待測物質係非接觸、不會破壞待測物質、較不受光源不穩之影響等優點。橢圓偏光儀的原理係利用一已知偏極態 (polarized state) 的光源入射至待測物質表面時，因待測物質自身的光學特性，會使得反射後的偏極態產生改變，經由量測反射光及入射光之間的偏極態的變化，進而可計算出待測物質之光學特性。近年來，橢圓偏光儀在與電腦結合後，達到測量及計算步驟更為簡化且迅速之功效，在各領域中，例如半導體、機械、物理、化學、材料、生物學等等，得到了廣泛的應用。

然而，現有之橢圓偏光儀皆利用如偏光片 (polarizer) 或補波片 (wave plate) 等偏光元件來檢測反射光及入射光之間的偏振態變化。為了求得待測物的橢圓偏光參數，在亮比式的橢圓偏光儀中，其檢測方法多以旋轉偏光元件 (如偏光片或析光片) 之方式，來取得反射後之偏極光的亮度變化，以進行橢圓偏光參數之計

算。若將現有之亮比式的橢圓偏光儀應用在例如半導體領域之金屬化學氣相沉積 (MOCVD) 設備中監控磊晶過程，亮比式的橢圓偏光儀此種旋轉偏光元件之技術手段容易受到機械式旋轉速度的限制，而造成檢測速度大幅降低、易受到機器旋轉影響而有誤差產生等問題，而無法達到即時檢測之功效。

是以，如何提出一種橢圓偏光儀能在不旋轉偏光元件之情形下，即時檢測取得待測物之橢圓偏光參數，為目前待解決之問題之一。

【發明內容】

有鑑於上述問題，本案係提供一種橢圓偏光儀及運用該橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法，藉由液晶片之相位延遲能以電壓控制之特性，在不旋轉任何元件之情形下，即時檢測取得待測物之橢圓偏光參數。

為達上述目的或其他目的，本案主要在於提供一種橢圓偏光儀，包含：一偏光單元，包含一照明源及一偏光片，該偏光片位於該照明源之一側，用以將該照明源所提供之光源轉換成偏極光；以及一偵測單元，用以連續量測三組偏極光的亮度值，該偵測單元包含一液晶片、一補波片、一析光片及一檢測器，該三組偏極光係分別由該偏光單元發出且經一待測物反射後，再依序通過該液晶片、該補波片、該析光片而到達該檢測器，以供該檢測器進行量測而取得該三組偏極光的亮度值後，依據該三組偏極光的亮度值以一演算法計算出該待測物之橢圓偏光參數；其中，該三組偏極光係分別在該液晶片之彼此相隔 60 度之不同相位延遲時通過該液晶片。

於一實施型態中，該液晶片之不同相位延遲係以液晶相位延遲器控制該液晶片兩側之電壓所得者。

於一實施型態中，該補波片及該析光片的光軸方位角皆設置在 0 度，且該液晶片的光軸方位角係設置在 45 度。

於一實施型態中，該偏光片之偏光角係設置在 45 度。

於一實施型態中，該補波片係為四分之一波片。

於一實施型態中，該三組偏極光係分別在該液晶片之相位延遲為 60 度、120 度及 180 度時通過該液晶片。

於一實施型態中，該檢測器為光電倍增管、光電二極體或電荷耦合器。

於一實施型態中，該演算法之公式為 $I(\Delta_1) = I_0 \{1 - 2 \tan \psi (\sin \Delta \cos \Delta_1 + \cos \Delta \sin \Delta_1)\}$ ， Δ_1 為該液晶片之相位延遲。

本案更提供一種運用如申請專利範圍第 1 項所述之橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法，該橢圓偏光參數量測方法之步驟包含：(1) 傳遞第一偏極光朝向一待測物，以由該第一偏極光反射離開該待測物，藉此形成一第一反射光；(2) 傳遞該第一反射光朝向一液晶片，且該第一反射光係在該液晶片之第一相位延遲時通過該液晶片，且接續通過一補波片、一析光片；(3) 令一檢測器收集通過該液晶片、該補波片、該析光片的該第一反射光，以計算並取得該第一反射光之第一亮度值；(4) 重複步驟(1)至(3)，以取得第二偏極光對應該液晶片之第二相位延遲的第二亮度值以及第三偏極光對應該液晶片之第三相位延遲的第三亮度值；以及(5) 根據一演算法處理該第一亮度值、該第二亮度值及該第三亮度值，以取得該待測物之橢圓偏光參數。

於一實施型態中，該第一相位延遲、該第二相位延遲及該第三相位延遲係彼此相隔 60 度，該演算法之公式為 $I(\Delta_1) = I_0 \{1 - 2 \tan \psi (\sin \Delta \cos \Delta_1 + \cos \Delta \sin \Delta_1)\}$ ， Δ_1 為該液晶片之相位延遲， I 為該偏極光之亮度， I_0 為該偏極光之總亮度。

藉由本案所提供的橢圓偏光儀及運用該橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法，利用液晶片之相位延遲以電壓控制之特性，能夠解決亮比式橢圓偏光儀必須旋轉偏光元件才能計算取得待測物之橢圓偏光參數之問題，亦可同時消除亮比式橢圓偏光儀的轉動元件，進而加快速度並減少轉動噪音。此外，本案所提供的橢圓偏光儀及運用該橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法係為直接量測亮度值，可用於任何入射角之偏極光，且僅需三個亮度量測即可迅速地計算出待測物之橢圓偏光參數，進而能達到快速即時檢測之功效。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係為本案橢圓偏光儀的概括示意圖；以及

第 2 圖係為運用本案橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法的流程圖。

【實施方式】

以下藉由特定之具體實施例加以說明本案之實施方式，而熟悉此技術之人士可由本說明書所揭示之內容輕易地瞭解本案之其他優點和功效，亦可藉由其他不同的具體實施例加以施行或應用。因此，以下本案涵蓋本文揭示的任何特定實施例之任何部件或方法，可與本文揭示的任何其他實施例之任何部件或方法相結合。

請參閱第 1 圖，第 1 圖係為本案橢圓偏光儀的概括示意圖。該橢圓偏光儀 1 係包含偏光單元 10 及偵測單元 11。偏光單元 10 包含照明源 101 及偏光片 102 (polarizer)。照明源 101 係用以提供光源，該光源係可為單一波長的雷射光，亦可為白光產生器加上單光儀 (monochromator)，藉此調變出所需之光的波長。於一實施例中，照明源 101 可提供氦氖雷射光 (He-Ne laser)，但本案並不以此為限。由於一般光源所發出的光為非偏極光，因此必須藉由偏光片 102，將光源轉換成線性偏極光 (linearly polarized light)。而本案之偏光片 102 係位於照明源 101 之一側，能夠將照明源 101 所提供之光源，轉換成一偏極光 13。

偵測單元 11 包含液晶片 111、補波片 112、析光片 113 及檢測器 114，該偵測單元 11 用以連續量測三組偏極光的亮度。照明源 101 所發出的光源經偏光片 102 轉換成偏極光 13 後，該偏極光 13 係射向一待測物 12。由於待測物 12 之光學特性，反射後的偏極光 13 其偏極態已不同於反射前的偏極光 13，而反射後的偏極光 13 則會依序通過液晶片 111、補波片 112、析光片 113 而到達檢測器 114，該檢測器 114 可量測反射後的偏極光 13 的亮度。於一實施例中，該檢測器 114 為光電倍增管、光電二極體，但本案並不以此為限，該檢測器亦可為電荷耦合器 (CCD)，即可依據影像畫面作進一步的分析。

由於液晶具有晶體特殊的光學異方向性質，所以能夠利用外加電場的方式，控制液晶的排列方向，使得光線穿過液晶時光學特性會改變，即利用外加電場產生光的調變，故液晶片 111 能夠藉由液晶相位延遲器控制液晶片 111 兩側的電壓，進而能控制液

晶片 111 之相位延遲。而偵測單元 11 用以連續量測三組偏極光的亮度，係指三組分別在液晶片 111 不同之相位延遲的條件下通過該液晶片 111 的偏極光 13。於一實施例中，三組偏極光 13 係在液晶片 111 之彼此相隔 60 度之不同相位延遲時通過液晶片 111、補波片 112、析光片 113 而到達檢測器 114。例如，第一組偏極光係在液晶片 111 之相位延遲為 60 度時通過，接著第二組偏極光則在液晶片 111 之相位延遲為 120 度時通過，最後第三組偏極光係在液晶片 111 之相位延遲為 180 度時通過。因此，檢測器 114 可量測得到三組在不同的液晶片 111 之相位延遲下通過的偏極光的亮度數值。在量測得到三組偏極光的亮度數值後，直接以檢測器 114 進行計算，或可透過連接橢圓偏光儀 1 的電腦，以一演算法將該三組亮度數值進行計算，進而求出待測物 12 之橢圓偏光參數 ψ 、 Δ (ellipsometric parameters)，其中，該演算法之公式為 $I(\Delta_1) = I_0 \{1 - 2 \tan \psi (\sin \Delta \cos \Delta_1 + \cos \Delta \sin \Delta_1)\}$ ， Δ_1 為該液晶片之相位延遲， I 為該偏極光之亮度， I_0 為該偏極光之總亮度。運用該演算法計算出橢圓偏光參數，其詳細計算步驟將於後詳述。

然而，為了運用演算法之公式以計算出橢圓偏光參數，液晶片 111、補波片 112、析光片 113 的光軸方位角亦有特殊的設置角度，以配合該演算法之公式。補波片 112 及析光片 113 的光軸方位角皆設置在 0 度，而液晶片 111 的光軸方位角係設置在 45 度。而偏光片 102 之偏光角係設置在 45 度。於一實施例中，補波片 112 (或稱為延相器 Retarder) 係為四分之一波片 (Quarter Wave Plate)，其作用主要為將待測物所反射出的偏極光轉為線性偏極光，以確定入射該析光片 113 之前的光為線性偏極光。

將分別通過液晶片 111 相位延遲於 60 度、120 度、180 度時量測所得的三組偏極光的亮度數據，代入 $I(\Delta_1) = I_0 \{1 - 2 \tan \psi (\sin \Delta \cos \Delta_1 + \cos \Delta \sin \Delta_1)\}$ 進行演算。由於 Δ_1 為該液晶片之相位延遲，因此分別代入 60 度、120 度、180 度的數據後，可得到下列三式：

$$I(60) = I_0 \left\{ 1 - 2 \tan \psi \frac{1}{2} \sin \Delta - 2 \tan \psi \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \Delta \right\}$$

$$I(120) = I_0 \left\{ 1 + 2 \tan \psi \frac{1}{2} \sin \Delta - 2 \tan \psi \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \Delta \right\}$$

$$I(180) = I_0 \{1 + 2 \tan \psi \sin \Delta\}$$

令 $2 \tan \psi \sin \Delta = x$ ， $2 \tan \psi \cos \Delta = y$ 後，即可利用下列亮度比公式計算出橢圓偏光參數：

$$\frac{I(120) - I(60)}{I(180)} = \frac{x}{1+x} = \alpha$$

$$\frac{I(120) + I(60)}{I(180)} = \frac{2 - \sqrt{3}y}{1+x} = \beta$$

本案再提供一種利用前述橢圓偏光儀進行橢圓偏光參數的量測方法。請參閱第 2 圖，第 2 圖係為運用本案橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法的流程圖。首先於步驟 S201 中，在液晶片之第一相位延遲時取得待測物反射之第一偏極光的第一亮度值。詳言之，利用橢圓偏光儀發出光源，而光源在經過偏光片後，則會產生已知偏極態的第一偏振光，進而朝向一待測物。由於待測物的光學特性，會將第一偏極光的偏極態有所改變而反射離開該待測物，而反射之第一偏極光則會形成第一反射光。接著該第一反射

光會朝向一液晶片，並在液晶片處於第一相位延遲時通過該液晶片，接著再依序通過一補波片、一析光片以分析第一反射光的偏振狀態，最後經由一檢測器偵測第一反射光的強度分佈值，以計算取得第一反射光的第一亮度值。於一實施例中，檢測器為光電倍增管、光電二極體或電荷耦合器，補波片係為四分之一波片，液晶片之相位延遲係以液晶相位延遲器控制該液晶片兩側之電壓所得者。此外，補波片及析光片的光軸方位角皆設置在 0 度，液晶片的光軸方位角係設置在 45 度，且偏光片之偏光角係設置在 45 度。

接著進行步驟 S202，橢圓偏光儀再發出光源並經偏光片後，產生已知偏極態的第二偏振光，而第二偏振光經待測物反射後會形成第二反射光。第二反射光則會在液晶片處於第二相位延遲時依序通過該液晶片、補波片、析光片，最後再由檢測器計算取得第二反射光的第二亮度值。在步驟 S203 中，亦是由橢圓偏光儀產生的第三偏振光，經待測物反射形成第三反射光，而該第三反射光會在液晶片處於第三相位延遲時依序通過該液晶片，最後則由檢測器計算取得第三反射光的第三亮度值。其中，第一相位延遲、第二相位延遲及第三相位延遲彼此之間相隔 60 度。於一實施例中，第一相位延遲、第二相位延遲及第三相位延遲分別為 60 度、120 度、180 度，但本案並不以此為限。

在取得分別對應不同液晶片相位延遲的第一亮度值、第二亮度值、第三亮度值後，即可進行步驟 S204，根據一演算法處理第一亮度值、第二亮度值、第三亮度值。該演算法之公式為 $I(\Delta_1) = I_0 \{1 - 2 \tan \psi (\sin \Delta \cos \Delta_1 + \cos \Delta \sin \Delta_1)\}$ ，其中 Δ_1 為該液晶片之相位延

遲， I 為該偏極光之亮度， I_0 為該偏極光之總亮度。計算步驟詳如上述，於此不再贅述。經過演算法之計算後，能夠取得待測物之橢圓偏光參數。

藉由本案之橢圓偏光儀及運用該橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法，在現有之亮比式橢圓偏光儀的偵測端加上一液晶片及一四分之一波片，並固定該四分之一波片、液晶片、析光片的光軸方位角，以及固定偏光片的偏光角後，利用電壓控制液晶片之相位延遲，以取得三組偏極光分別在液晶片之相位延遲彼此相隔 60 度時通過液晶片、補波片、析光片後到達檢測器所量測的亮度數據後，即可將所量測之三組亮度數據配合本案特有的演算法計算出待測物的橢圓偏光參數，進一步可達成不需旋轉偏光元件而能取得橢圓偏光參數之功能，並達到去除機械式旋轉速度之物理限制以提高即時檢測速度、減少轉動噪音、能用於任何入射角之偏極光的技術功效。

上述實施形態僅為例示性說明本案之技術原理、特點及其功效，並非用以限制本案之可實施範疇，任何熟習此技術之人士均可在不違背本案之精神與範疇下，對上述實施形態進行修飾與改變。然任何運用本案所教示內容而完成之等效修飾及改變，均仍應為下述之申請專利範圍所涵蓋。而本案之權利保護範圍，應如下述之申請專利範圍所列。

【符號說明】

1	橢圓偏光儀
10	偏光單元
101	照明源

- 102 偏光片
- 11 偵測單元
- 111 液晶片
- 112 補波片
- 113 析光片
- 114 檢測器
- 12 待測物
- 13 偏極光
- S201 至 S204 步驟

申請專利範圍

1. 一種橢圓偏光儀，包含：

一偏光單元，包含一照明源及一偏光片，該偏光片位於該照明源之一側，用以將該照明源所提供之光源轉換成偏極光；
以及

一偵測單元，用以連續量測三組偏極光的亮度值，該偵測單元包含一液晶片、一補波片、一析光片及一檢測器，該三組偏極光係分別由該偏光單元發出且經一待測物反射後，再依序通過該液晶片、該補波片、該析光片而到達該檢測器，以供該檢測器進行量測而取得該三組偏極光的亮度值後，依據該三組偏極光的亮度值以一演算法直接計算出該待測物之橢圓偏光參數；

其中，該三組偏極光係分別在該液晶片之彼此相隔 60 度之不同相位延遲時通過該液晶片。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之橢圓偏光儀，其中，該液晶片之不同相位延遲係以液晶相位延遲器控制該液晶片兩側之電壓所得者。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之橢圓偏光儀，其中，該補波片及該析光片的光軸方位角皆設置在 0 度，且該液晶片的光軸方位角係設置在 45 度。

4. 如申請專利範圍第 3 項所述之橢圓偏光儀，其中，該偏光片之偏光角係設置在 45 度。

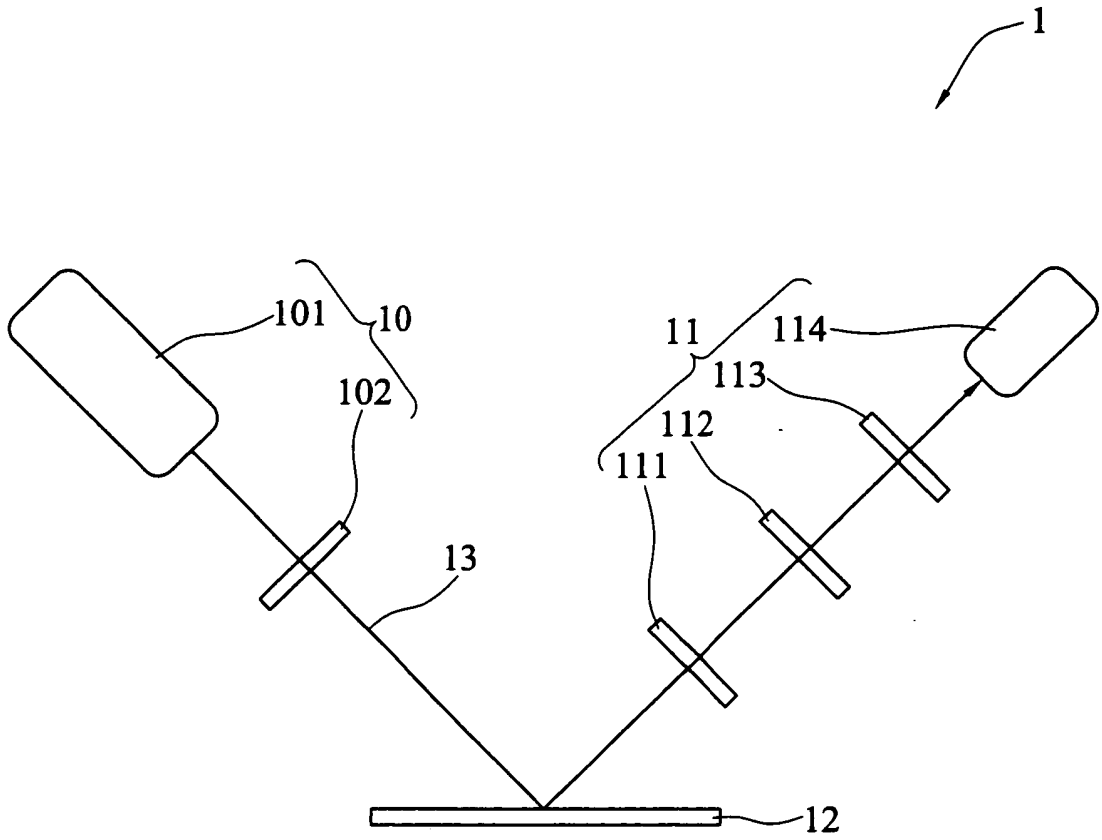
5. 如申請專利範圍第 4 項所述之橢圓偏光儀，其中，該補波片係為四分之一波片。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之橢圓偏光儀，其中，該三組偏極光係分別在該液晶片之相位延遲為 60 度、120 度及 180 度時通過該液晶片。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述之橢圓偏光儀，其中，該檢測器為光電倍增管、光電二極體或電荷耦合器。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述之橢圓偏光儀，其中，該演算法之公式為 $I(\Delta_1) = I_0 \{1 - 2 \tan \psi (\sin \Delta \cos \Delta_1 + \cos \Delta \sin \Delta_1)\}$ ， Δ_1 為該液晶片之相位延遲， I 為該偏極光之亮度， I_0 為該偏極光之總亮度。
9. 一種運用如申請專利範圍第 1 項所述之橢圓偏光儀之橢圓偏光參數量測方法，該橢圓偏光參數量測方法之步驟包含：
 - (1) 傳遞第一偏極光朝向一待測物，以由該第一偏極光反射離開該待測物，藉此形成一第一反射光；
 - (2) 傳遞該第一反射光朝向一液晶片，且該第一反射光係在該液晶片之第一相位延遲時通過該液晶片，且接續通過一補波片、一析光片；
 - (3) 令一檢測器收集通過該液晶片、該補波片、該析光片的該第一反射光，以計算並取得該第一反射光之第一亮度值；
 - (4) 重複步驟 (1) 至 (3)，以取得第二偏極光對應該液晶片之第二相位延遲的第二亮度值以及第三偏極光對應該液晶片之第三相位延遲的第三亮度值；以及
 - (5) 根據一演算法處理該第一亮度值、該第二亮度值及該第三亮度值，以取得該待測物之橢圓偏光參數。
10. 如申請專利範圍第 9 項所述之橢圓偏光參數量測方法，其中，

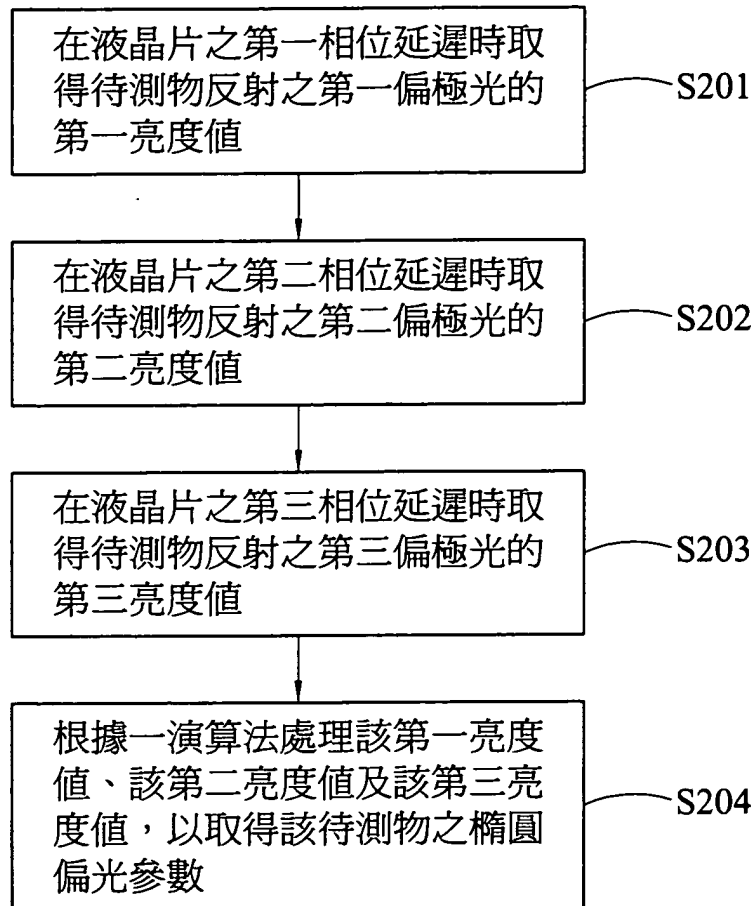
該第一相位延遲、該第二相位延遲及該第三相位延遲係彼此相隔 60 度，該演算法之公式為 $I(\Delta_1) = I_0 \{1 - 2 \tan \psi (\sin \Delta \cos \Delta_1 + \cos \Delta \sin \Delta_1)\}$ ， Δ_1 為該液晶片之相位延遲， I 為該偏極光之亮度， I_0 為該偏極光之總亮度。

106年1月19日修(更)正替換頁

圖式



第1圖



第2圖