

發明專利說明書

(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： 921>6949

※ 申請日期： 92-09-30

※IPC 分類： G01N 21/41

壹、發明名稱：(中文/英文)

垂直入射型折射率測量裝置

貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學

代表人：(中文/英文)

住居所或營業所地址：(中文/英文)

300 新竹市大學路 1001 號

國 籍：(中文/英文) 中華民國

參、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 蘇德欽
2. 許正治
3. 陳坤煌

住居所地址：(中文/英文)

1. 新竹市大學路 1001 號
2. 苗栗縣公館鄉中義村 4 鄰 99-1 號
3. 桃園縣桃園市北華街 39-2 號 5 樓

國 籍：(中文/英文)

(均同)中華民國

肆、聲明事項：

本案係符合專利法第二十條第一項 第一款但書或 第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

本案技術已於 92 年 04 月 01 日公開發表(詳如附件)

伍、中文發明摘要：

本發明係揭露一種垂直入射型折射率測量裝置，其係將由左旋偏光及右旋偏光間有頻差的旋光外差光源所發出來的光線，經一偏光保持光纖將光入射於一測試模組。一檢偏板抽出經高反射面鏡及待測物垂直反射而回光束中相同的偏極光成份，並使之干涉；其干涉信號由光偵測器測得。再利用一相位計分析光偵測器所得的訊號可得到經由待測物所引進的相位差，此相位差與待測物的折射率有關；最後再根據瓊斯計算法（Jones calculus）與斯涅耳方程式所推演出的公式以及由外差干涉術所測出的相位差變化，便可計算出待測物的折射率。由於本發明無須使用造成全反射的稜鏡，所以對於待測物的量測範圍將不會受探頭折射率的限制，故量測範圍較為廣泛並以垂直入射待測物，所以裝置及操作上都更為簡單。

陸、英文發明摘要：

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第一圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

10 旋光外差光源	12 耦合透鏡
14 偏光保持光纖	16 準直透鏡
18 測試模組	181 分光鏡
182 四分之一波片	183 高反射率面鏡
184 檢偏板	185 偵測器
20 待測物	22 相位計
24 單晶片	26 數位顯示器

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

玖、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種測量折射率之儀器，特別是關於一種利用垂直入射旋光外差干涉技術測量待測物之折射率的垂直入射型折射率測量裝置。

【先前技術】

折射率的測量在光學測量、生物醫學及化學工業中佔有相當重要的地位，例如，單純液體種類的辨識與混合液體成分的分析；氣體、液體濃度之測定；生物體的體液分析，都可以藉由折射率的測量來完成。而為了滿足工業界及醫學界快速測量和高精確性的要求，非破壞性、非接觸性及即時測量的系統變得更加的重要。

在一般光學測量文獻中，有許多利用干涉儀測量物體折射率的方法；雖然這些方法有很好的解析度，但這些方法大都屬於接觸式或是斜向入射式的測量方法。由於屬於接觸式的測量方式，因此當在測量不同液體折射率時，常會因為接觸到液體而需要清洗探頭而無法達到即時測量的要求；而在測量固態物體的折射率時，則會因為探頭與固體接觸而造成探頭因摩擦而損壞。當測試光源為斜向入射時，在光學系統中的光路校準上就較易受到外在環境的影響，而降低解析度。

目前市售的折射率計中最常使用的是阿貝 (Abbe) 折射率計，其方式是根據幾何光學中的全反射時之臨界角與斯涅耳定律 (Snell' s law) 而來換算出折射率，操作時必須以望遠鏡或顯

微鏡先定出臨界角的位置進而推算出待測物的折射率。Abbe 折射率計雖然具有體積小的優點，但是它仍有些缺點，例如，由於需要做臨界角角度的測定，所以折射率的精確度將會受限於尺規的最小刻度；再者，由於它是測量光強度的關係，很容易受到環境背景光的干擾，所以必須在隔離其他光源的環境下進行測量，此外它對光源的穩定度要求也相對提高。為了避免受光強度的干擾，目前有利利用測量因待測介質在全反射條件下所引進 p-偏光及 s-偏光間之相位差，進而求出待測物之折射率的方法。由於這些方法必須以斜入射角入射或是必須滿足全反射條件，因此在測量系統中必須精確控制入射角度或是額外加入一個產生全反射的稜鏡。然而，這些因素不但會造成折射率量測上的不便，且待測物的測量範圍仍會受限於稜鏡的折射率。

因此，為改進上述之缺點，本發明提出一種利用垂直入射旋光外差干涉技術測量待測物之折射率的垂直入射型折射率測量裝置，使其具有體積小及精確度高之優點。

【發明內容】

本發明之主要目的係在提供一種垂直入射型折射率測量裝置，其係利用垂直入射旋光外差干涉技術測量待測物之折射率，此方法屬於完全的非破壞性光學檢測，並具有高穩定性、高精確性及無測量範圍限制等之優點。

本發明之另一目的係在提供一種垂直入射型折射率測量裝置，其係利用測量相位的方式來得知待測物之折射率，因此將不

受環境背景光的干擾及測試光源的穩定度所影響，故可以克服習知單純利用斯涅耳方程式及測量光強度變化方式來獲得折射率的缺點。

本發明之再一目的係在提供一種垂直入射型折射率測量裝置，其係不需改變入射角也不需要外加造成全反射之探頭，所以對於待測物的量測範圍將不會受到探頭折射率的限制，故量測範圍將較習知方法來的廣泛；且因不需改變入射角，因此也較一般量測方法簡單且易於校正光路。

為達到上述之目的，本發明係將一旋光外差光源射出之光線經一偏光保持光纖之傳導後入射至一最重要的測試模組，其係由一分光鏡、一四分之一波片、一高反射率面鏡、一檢偏板及一偵測器所組成者；當旋光外差光源入射此一模組時，先被分光鏡分成反射光及透射光兩部分；反射光穿過四分之一波片並經由高反射率面鏡反射再次通過四分之一波片及分光鏡；透射光的部分則直接穿透分光鏡入射至待測物，且分光鏡並不與待測物接觸。這兩道光最後會經分光鏡合併成一束光而通過檢偏板並由偵測器所接收。接收到的測試訊號將傳送至一相位計中，並與相位計中的參考訊號比較後便可得到由待測物引進的相位差大小。最後，將相位計測出的相位差代入由瓊斯計算法（Jones calculus）與斯涅耳方程式（Fresnel's Equation）所推演的公式中，並由一單晶片計算出待測物的折射率，最後以數位顯示器顯示出來，以方

便讀取。

底下藉由具體實施例配合所附的圖式詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

【實施方式】

本發明係提出一種垂直入射型之折射率測量裝置，其係將待測物的反射率直接轉換成干涉訊號的相位差，且精確的被外差干涉術所測量，並根據所測得的相位差值計算求出待測物折射率。本方法係屬於完全的非破壞性光學檢測，並同時具有高穩定性、高精確性及無測量範圍限制等之優點。

第一圖為本發明之結構示意圖，如圖所示，首先，一旋光外差光源 (circularly polarized heterodyne light source) 10，亦即為左旋偏光與右旋偏光間有角頻差 ω 的雷射光源，其所射出之旋光外差光線經一耦合透鏡 (coupling lens) 12 導入一偏光保持光纖 (polarization maintaining fiber) 14 中傳導，再經由一準直透鏡 (collimating lens) 16 將光線準直並射入一測試模組 18 中。接著，光線會經由一分光鏡 181 將此旋光外差光線分成穿透光 (路徑 1) 及反射光 (路徑 2) 兩部分；該穿透光係垂直入射至一待測物 20，經由待測物 20 反射之後，再經過分光鏡 (beam-splitter) 181 反射並穿透一個與水平軸夾 α 角的檢偏板 (analyzer) 184 後進入一光偵測器 185 中，其振幅可表示為

$$E_1 = \begin{bmatrix} (r \cos^2 \alpha) e^{-i(\frac{\phi_r}{2} - \phi_{d1})} \cos \frac{\omega t}{2} - (r \sin \alpha \cos \alpha) e^{i(\frac{\phi_r}{2} + \phi_{d1})} \sin \frac{\omega t}{2} \\ (r \sin \alpha \cos \alpha) e^{-i(\frac{\phi_r}{2} - \phi_{d1})} \cos \frac{\omega t}{2} - (r \sin^2 \alpha) e^{i(\frac{\phi_r}{2} + \phi_{d1})} \sin \frac{\omega t}{2} \end{bmatrix} \quad (1),$$

其中， r 代表待測物 20 的反射係數，根據斯涅耳方程式 (Fresnel' s Equation) 可表示為 $r = \frac{n-1}{n+1}$ ，且 n 為待測物 20 之折射率； ϕ_r 及 ϕ_{d1} 分別代表分光鏡 181 及穿透光 (路徑 1) 所引進的相位差。

另一方面，反射光通過一個快軸與水平軸夾 45 度 (方位角固定在 45 度) 的四分之一波片 (quarter wave plate) 182 之後入射至高反射率面鏡 183，使用四分之一波片 182 之目的是為了使旋光外差光源 10 的水平分量與垂直分量互換；通過四分之一波片 182 之光線再經由一高反射率面鏡 (high reflectance mirror) 183 反射再次通過四分之一波片 182，最後穿過分光鏡 181 及檢偏板 184 之後，進入同一個光偵測器 185 中，其振幅可表示為：

$$E_2 = \begin{bmatrix} (-2ir_m \cos^2 \alpha) e^{i(\frac{\phi_r}{2} + \phi_{d2})} \sin(\frac{\omega t}{2}) + (2ir_m \sin \alpha \cos \alpha) e^{-i(\frac{\phi_r}{2} - \phi_{d2})} \cos \frac{\omega t}{2} \\ (-2ir_m \sin \alpha \cos \alpha) e^{i(\frac{\phi_r}{2} + \phi_{d2})} \sin \frac{\omega t}{2} + (2ir_m \sin^2 \alpha) e^{-i(\frac{\phi_r}{2} - \phi_{d2})} \cos(\frac{\omega t}{2}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中， r_m 代表高反射率面鏡 183 的反射係數； ϕ_{d2} 則代表反射光 (路徑 2) 所引進的相位差。

因此，經由光偵測器 185 所測得的測試光強度可表示為：

$$I_t = |E_1 + E_2|^2 = I_0 [1 + \gamma \cos(\omega t + \phi)] \quad (3),$$

其中， I_0 、 γ 分別為調制訊號之振幅項與對比度 (visibility)； ϕ 為

由待測物 20 所引進水平偏光及垂直偏光間之相位差，其值可分別表示為：

$$I_0 = \left[\frac{1}{2} \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 + 2r_m^2 + 4 \left(\frac{n-1}{n+1} \right) r_m \cos \alpha \sin \alpha \sin(\phi_{d1} - \phi_{d2}) \right] \quad (4a),$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{A^2 + B^2}}{\left[\frac{1}{2} \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 + 2r_m^2 + 4 \left(\frac{n-1}{n+1} \right) r_m \cos \alpha \sin \alpha \sin(\phi_{d1} - \phi_{d2}) \right]} \quad (4b),$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{B}{A} \right), \quad (4c),$$

其中， A 與 B 可表示成：

$$A = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 - 4r_m^2 \right] \cdot (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) \quad (5a),$$

$$B = \left[\left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 - 4r_m^2 \right] \cos \alpha \sin \alpha - 2 \frac{n-1}{n+1} r_m \quad (5b)。$$

因此，根據式(5)所示可將式(4c)改寫成：

$$\phi = \tan^{-1} \left\{ \frac{\left[\left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 - 4r_m^2 \right] \cos \alpha \sin \alpha - 2 \frac{n-1}{n+1} r_m}{\frac{1}{2} \left[\left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 - 4r_m^2 \right] (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha)} \right\} \quad (6)$$

此外，可由一相位計 (phase meter) 22 產生一同步訊號作為參考訊號，其形式可表示為：

$$I_r = \frac{1}{2} [1 + \cos(\omega t)] \quad (7)$$

因此，將光偵測器 185 所測得的測試訊號輸入至相位計 22 中，並與其所產生的同步參考訊號做計算便可以量得由待測物 20 所引進之水平偏光及垂直偏光之相位差 ϕ 。當相位差 ϕ 測出後再將此值代

入由瓊斯計算法(Jones calculus)及該斯涅耳方程式(Fresnel's Equation)所推演的公式(6)中，由一單晶片 24 計算出待測物 20 的折射率，最後由一數位顯示器 26 顯示出來。

本折射率量測裝置中所設計的測試模組 18，其組成包括分光鏡 181、四分之一波片 182、高反射率面鏡 183、檢偏板 184 及偵測器 185 可構成一個體積小，並可設計成一完全密閉且易於連接光源及相位計的獨立硬體測試模組。且準直透鏡 16 可以與測試模組 18 完全連接而降低外來環境對測量結果的影響。另外，進入測試模組 18 的光線可以直接穿透分光鏡 181 後，經待測物 20 反射後由光偵測器 185 接收。由光偵測器 185 所量得的測試訊號可先經鎖相放大器並由單晶片 24 計算之後將折射率值顯示於數位顯示器 20 上。在測量時，測試窗口並不與待測物接觸，因此不會有刮傷測試元件及待測物表面的缺點；同時，待測物可以隨時更換而即時測得其折射率值。

為了改進先前技術之該些缺點並且能夠兼具體積小、精確度高的優點，本發明係利用垂直入射旋光外差干涉技術測量待測物之折射率。由於本發明係利用測量相位的方式，因此將不受環境背景光的干擾及測試光源的穩定度所影響，故可以克服單純利用斯涅耳方程式及測量光強度變化方式來獲得折射率的缺點。此外，本發明不需改變入射角也不需要外加造成全反射之探頭，所以對於待測物的量測範圍將不會受探頭折射率的限制，故量測之

範圍將較一般的方法來的廣泛；且因不需改變入射角，因此也較一般量測方法簡單且易於校正光路。而上述可經由測量待測物折射率而推得的一切物理量，如氣體、液體濃度；液體之酸鹼度；固體、液體之溫度等，皆可以基於本發明之技術而加以達成。

以上所述之實施例僅係為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第一圖為本發明之結構示意圖。

圖號說明：

10 旋光外差光源

12 耦合透鏡

14 偏光保持光纖

16 準直透鏡

18 測試模組

181 分光鏡

182 四分之一波片

183 高反射率面鏡

184 檢偏板

185 偵測器

20 待測物

22 相位計

24 單晶片

26 數位顯示器

拾、申請專利範圍：

1、一種垂直入射型折射率測量裝置，包括：

一旋光外差光源，其係射出左旋偏光與右旋偏光間有角頻差的光線；

一偏光保持光纖，用以引導該旋光外差光源之行進方向；

一測試模組，根據入射之該旋光外差光源來測量一待測物的折射率，並產生一測試訊號；

一相位計，其係產生一參考訊號，並計算該測試訊號與該參考訊號間之相位差；

一單晶片，用以作為數值計算，並根據該相位計產生之相位差計算出該待測物之折射率；以及

一顯示器，其係顯示測量出來的折射率結果。

2、如申請專利範圍第 1 項所述之垂直入射型折射率測量裝置，其中該旋光外差光源所射出之光線更可經一耦合透鏡導入該偏光保持光纖中傳導。

3、如申請專利範圍第 1 項所述之垂直入射型折射率測量裝置，其中經由該偏光保持光纖傳導之光線更可經由一準直透鏡將該光線準直射入該測試模組中。

4、如申請專利範圍第 1 項所述之垂直入射型折射率測量裝置，其中該測試模組更包含一分光鏡將該入射之光線分為穿透光及反射光；該穿透光垂直入射至該待測物，經其反射後再經過該分光鏡反射並穿透一檢偏板進入一光偵測器；且該反射光則通過一四分

之一波片入射至一高反射率面鏡反射後，再依序穿過該四分之一波片、該分光鏡及該檢偏板而進入該光偵測器，使該光偵測器可根據測得的測試光強度而產生該測試訊號。

5、如申請專利範圍第 4 項所述之垂直入射型折射率測量裝置，其中該光線在該測試模組中，經該四分之一波片及該高反射率面鏡的一臂，必須滿足水平偏光分量與垂直偏光分量互換的條件。

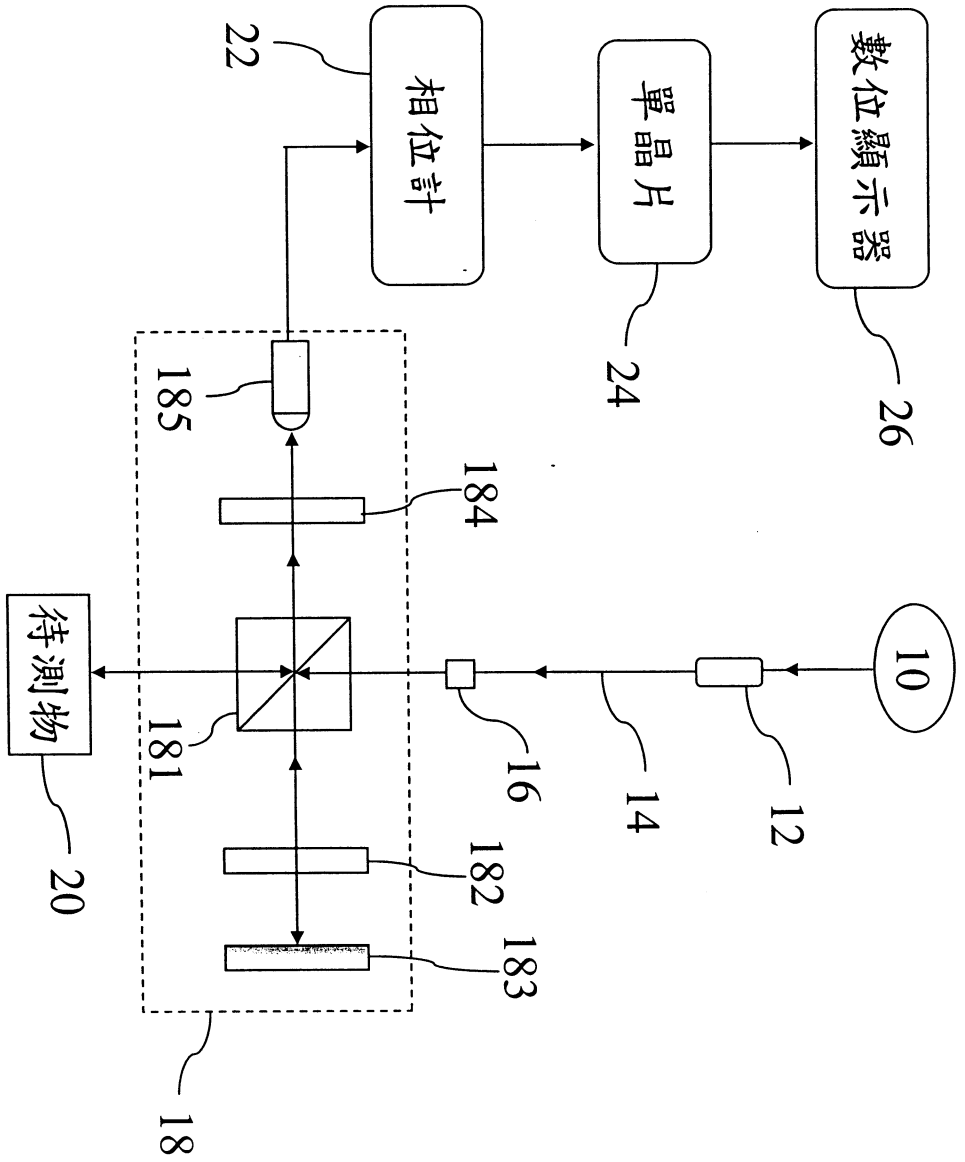
6、如申請專利範圍第 4 項所述之垂直入射型折射率測量裝置，其中該光線在該測試模組中，其強度可轉換成相位項並載於外差干涉信號中之設計。

7、如申請專利範圍第 4 項所述之垂直入射型折射率測量裝置，其中該單晶片之計算方式係將該相位差值 ϕ 代入

$$\phi = \tan^{-1} \left\{ \frac{\left[\left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 - 4r_m^2 \right] \cos \alpha \sin \alpha - 2 \left(\frac{n-1}{n+1} \right) r_m}{\frac{1}{2} \left[\left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2 - 4r_m^2 \right] (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha)} \right\} \text{ 中，而計算出該待測物之折射}$$

率；其中，式中的 n 代表該待測物的折射率、 r_m 代表該高反射率面鏡的反射係數、 α 代表該檢偏板的方位角。

8、如申請專利範圍第 7 項所述之垂直入射型折射率測量裝置，其中該計算公式係利用瓊斯計算法 (Jones calculus) 及該斯涅耳方程式所推演出來的。



第一圖