I731020

(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 I731020 B**

(45)公告日： 中華民國 110 (2021) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：106100477　(22)申請日： 中華民國 106 (2017) 年 01 月 06 日

(51)Int. Cl.：　*G01B11/28　(2006.01)*　*G01N21/84　(2006.01)*

(30)優先權：2016/01/07　美國　62/275,912

(71)申請人：美商愛克瑪公司 (美國) ARKEMA INC.　(US)
美國

(72)發明人：莫勒　甘特　E MOELLER, GUNTER E. (DE)；可羅可維　羅曼　Y KOROTKOV, ROMAN Y. (US)；史密斯　萊恩　C SMITH, RYAN C. (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW	428079	US	5396080
US	5991018	US	2010/0033735A1
US	2012/0097835A1		

審查人員：張耕誌

申請專利範圍項數：16 項　圖式數：21　共 41 頁

(54)名稱

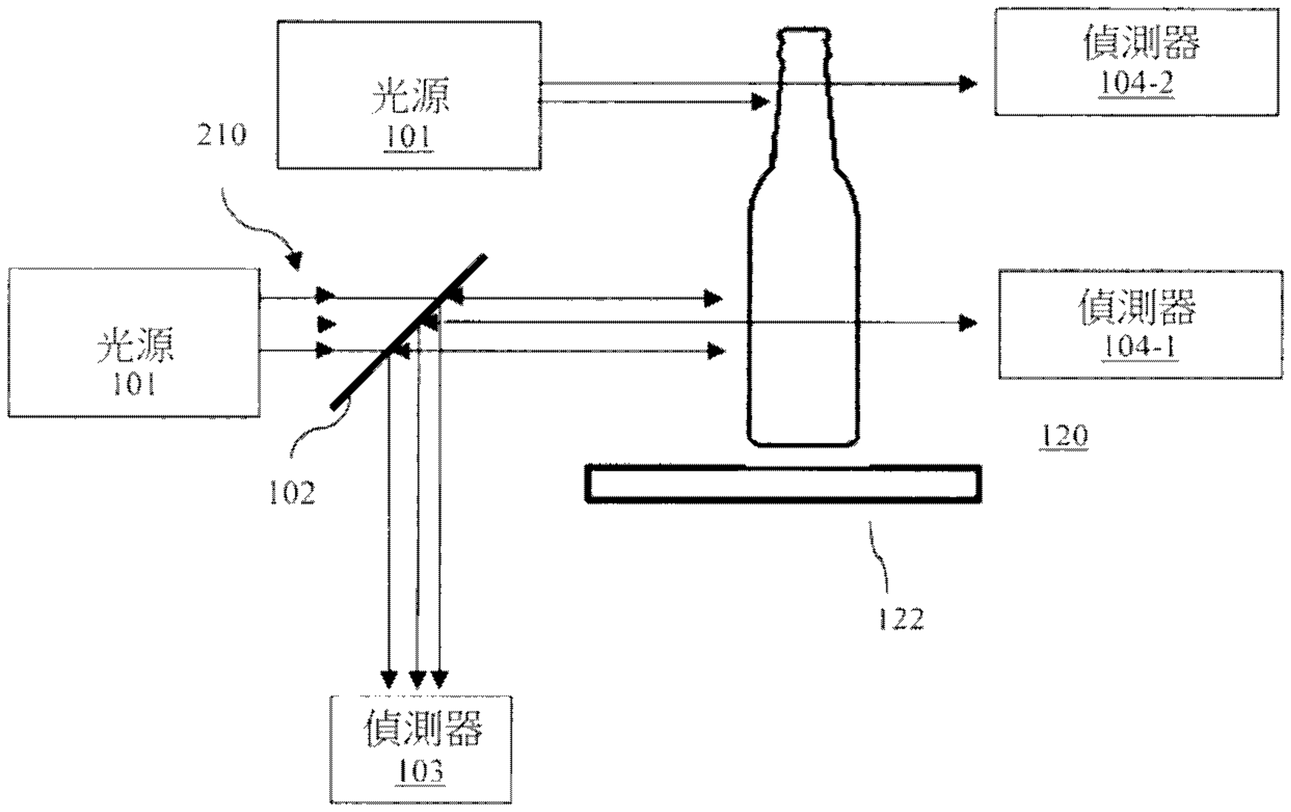
用於測量移動物件上的塗層厚度的設備

(57)摘要

本發明提供用於測量移動物件上之塗層厚度的方法及設備。在該物件上的預定位置處引導光朝向該物件，使得光的一部分與該物件相互作用。捕獲至少一個波長通道之 1D 及/或 2D 最大強度，其由與該物件相互作用之該光的該部分產生。將該等波長通道及/或強度及其多波長通道幾何結構之算術導數的測量平均強度轉換成 1D(平均)及/或 2D 厚度值。基於此等值，評估塗層之接受性且計算厚度。

Methods and apparatus for measuring a thickness of a coating on an moving object are provided. Light is directed toward the object at a predetermined location on the object such that a portion of the light interacts with the object. A 1D and/or 2D maximum intensities for at least one wavelength channel is captured that is produced by the portion of the light interacting with the object. A measured average intensity of the wavelength channel and/or intensities and their arithmetic derivatives of multi wavelength channel geometries is converted into 1D (averaged) and/or 2D thickness values. Based on these values an acceptability of the coating is evaluated and thickness calculated.

指定代表圖：



【圖5A】

符號簡單說明：

101:光源

103:偵測器

104-1:偵測器

104-2:偵測器

120:物件

122:輸送帶

109年12月28日 所提修正

公告本

I731020

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於測量移動物件上的塗層厚度的設備

【英文發明名稱】

APPARATUS FOR MEASURING A THICKNESS OF A COATING ON A MOVING OBJECT

【中文】

本發明提供用於測量移動物件上之塗層厚度的方法及設備。在該物件上的預定位置處引導光朝向該物件，使得光的一部分與該物件相互作用。捕獲至少一個波長通道之1D及/或2D最大強度，其由與該物件相互作用之該光的該部分產生。將該等波長通道及/或強度及其多波長通道幾何結構之算術導數的測量平均強度轉換成1D (平均)及/或2D厚度值。基於此等值，評估塗層之接受性且計算厚度。

【英文】

Methods and apparatus for measuring a thickness of a coating on an moving object are provided. Light is directed toward the object at a predetermined location on the object such that a portion of the light interacts with the object. A 1D and/or 2D maximum intensities for at least one wavelength channel is captured that is produced by the portion of the light interacting with the object. A measured average intensity of the wavelength channel and/or intensities and their arithmetic

derivatives of multi wavelength channel geometries is converted into 1D (averaged) and/or 2D thickness values. Based on these values an acceptability of the coating is evaluated and thickness calculated.

【指定代表圖】

圖5A

【代表圖之符號簡單說明】

101 光源

103 偵測器

104-1 偵測器

104-2 偵測器

120 物件

122 輸送帶

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於測量移動物件上的塗層厚度的設備

【英文發明名稱】

APPARATUS FOR MEASURING A THICKNESS OF A COATING ON A MOVING OBJECT

【技術領域】

本發明係關於在線生產期間用於光學測量移動容器上沈積之塗層厚度的方法及設備。

【先前技術】

在玻璃容器成形製程期間，通常向玻璃容器外部施加金屬氧化物塗料。此類包括錫、鈦或其他反應性金屬化合物或有機金屬化合物之塗料可用於保護玻璃容器免於表面破壞(諸如磨損及刮痕)，此導致玻璃容器的拉伸強度損失。玻璃容器的高拉伸強度是合意的，在容器大量生產、緊靠高速輸送線快速移動、填充有在容器內產生氣態壓力之碳酸飲料、食品等且運送時尤其如此。

當玻璃容器處於來自玻璃器皿成型機的完全成型加熱條件(即處於系統之「熱端」)中時，通常施加金屬氧化物塗料。容器藉由輸送機傳輸離開成型機。玻璃容器之表面存在超過400℃的溫度，使得當向其中施加熱可分解無機金屬或有機金屬化合物時，化合物立即反應且轉化成金屬氧化物塗料。

需要在玻璃成形製程期間週期性檢測塗料。當前品質檢測程序通常涉及離線方法。在容器冷卻至低於約100℃(系統之「冷端」)之後，自生產線週期性牽引一或多個容器。接著測量金屬氧化物塗層之厚度以判斷該厚度是否在厚度容許範圍內。若厚度超出容許範圍，則自最後一次成功檢測以後產生的額外容器必須進行檢測以判斷製程何時不符合標準且可銷毀不合格容器。舉例而言，可以每4至8小時檢測樣品容器。若每分鐘形成約400至500個瓶子(或每小時約25,000至約55,000個瓶子)，則製造之後四小時鑑別的塗層缺陷可能導致顯著庫存損失。亦值得注意的是，視製造商說明書而定，通過與不合格厚度值之間的差異可小至5 CTU (CTU=塗層厚度單位，1 nm等於約3.45 CTU)。因此，瓶子生產製程需要高度可重現的格外靈敏技術。

存在偵測待檢測物件中之缺陷的多種方法。

美國專利第4,651,568號針對玻璃瓶檢測方法及設備，其使用音波脈衝來偵測缺陷。音波距離及缺陷測量設備首先受音波之有效耦接限制且其次受物件尺寸限制。最後的限制與形成良好解析脈衝直接相關。此缺點使當可能需要厚度精確度小於5 nm時，實心物件上塗層厚度的音波偵測侷限於大於0.1 mm。

WO 2004/065902針對用於基於捕獲自容器表面反射的紫外光(UV)輻射非接觸式測量基材(諸如瓶子)上之塗層的方法及設備。此系統限於光譜之UV區，因為其取決於由圖1中透明弗林特(flint)玻璃之透射譜表明的低於約350 nm的玻璃吸光特性。對於波長低於320 nm，玻璃一般透射不超過約10%入射光。參見圖2，對於圓柱形玻璃容器，可能發生多次反射：(1)在第一玻璃「壁」的外表面處，其可經塗佈；(2)在第一「壁」的內表

面處；(3)容器之相對「壁」的內表面處；以及(4)玻璃容器的相對「壁」的外表面處。因為低於320 nm之低透射率，所以反射2-4將極弱且可忽略，可以視為僅自第一界面反射。但對於大於320 nm之波長，全部四個主要散射光線將在反射光學元件中合併。僅機制1與第1界面處的塗層厚度直接相關。其餘造成測量系統的雜訊級。因為玻璃容器並非完美的圓柱，因此雜訊級將增加；實際上，大部分玻璃容器可以由如圖3A-B中所示之正多邊形截面描述。此事實使對反射光之分析變得複雜。因此，申請案WO 2004/065902中所述之方法限於UV，其中二次表面產生的大部分信號由於強吸收而可忽略；且將僅對接近320 nm或更低的波長真正有效。建構320 nm之光學設備成本相當高且需要一些專用光學元件、偵測器及光源。該方法之一個其他限制為作者所證實之測量的距離相關性。在標準製造條件下，容器很少在輸送帶中心處完全對準。恰恰相反，瓶子在與中心線垂直的任一方向中可能有幾吋的變化，圖4。此不一致性將導致容器與定位於輸送機附近的任何測量裝置之間的距離發生顯著變化。距離變化將導致雜訊級進一步提高，此必須為厚度測量中的額外定位系統或複雜校正所考慮。另外，在本發明之申請專利範圍中，作者嚴重依賴於將激發及反射光束外部耦接及耦接至光纖中。吾人已在厚度測量點測得超過70℃之溫度，使得多數纖維耦接由於纖維中的環氧化物失效而不可用。

美國公開案第20090039240號為使用UV激發源及積分球收集之反射光測量的經修正技術。此方法成本高且由於積分球尺寸而難以實施。積分球中製造反射表面所用之大部分黏著劑(PTFE, Spectralon©等)在超過70℃時開始失效，使得在瓶子玻璃工廠環境中不可用。另外，積分球由於長持續性瞬態反應而用作穩態裝置且測量由多個慢射之反射引起的信號『脈衝

拉伸』。同時，通常600個瓶子/分鐘的玻璃製造工廠可能需要低於5毫秒的偵測時間。此方法亦預期受容器與測量系統偵測器之間的可變距離影響。

美國公開案第2013/0222575號針對玻璃瓶檢測設備及方法，其藉由經一個或複數個照明單元及至少一個照相機的成像法偵測玻璃瓶上的缺陷。

美國公開案第2009/0148031號針對表面檢測設備，其用檢測光掃描檢測物件之表面，自表面接收反射光且基於反射的光產生物件表面的二維圖像。設備將二維圖像中之像素分類為頻調對應於物體表面上之缺陷的像素及頻調不對應於缺陷之像素。

美國公開案第2004/0065841號針對測試塑膠容器上之塗層厚度的方法及設備，其藉由通過容器向一或多個紫外光傳感器照射紫外光且基於穿過容器之紫外光的量測定厚度。

美國專利第6,252,237號針對用於測量經塗佈表面上之塗層厚度的方法，其使用感光元件之固態陣列測量自螢光塗料組合物發射的光且測量塗料組合物之強度。

美國專利第6,646,752號針對用於藉由熱處理及橢圓偏振測量法測量超薄閘極氧化物層之厚度的方法及設備。橢圓偏振測量法為極靈敏技術且需要信號中存在具有極少漫射之光散射組分的高品質層構造。亦需要大量時間來獲取反射之信號。由於圖3中之瓶子表面上呈現特定缺陷及不規則性，因此漫射光組分變得顯著。因此，不可能用於在線塗佈表徵。

美國專利第5,208,645號針對用於測量圓柱形物件周圍的塗層厚度之方法及設備，其藉由用平行光射線在與樣本長度垂直的方向中照射物件且測量自樣本折射且經圖像檢測裝置接收之光的光強度的峰值水準進行。

美國專利第5,991,018號針對用於檢測塗層之厚度或劣化情境的設備，其使用圖像拾取單元接收反射光或透射光。圖像拾取信號與參考配方進行比較以測定塗層厚度。檢測設備可測量生產線上的塗層厚度。此技術受限於30度與60度之間的反射幾何形狀。亦需要入射光以某種方式調節，實現完美發光體特性。其亦依賴於參考光束之存在。其亦限於厚度超過40 nm之塗層。舉例而言，雙刺激值X及Y之變化表示厚度分別為零及45 nm之容器的小於7.3%及9%改變。由於圖3中所述之瓶子的複雜光散射，因此此等小變化在測量誤差範圍內。

當前實踐之光學厚度測量方法最通常使用American Glass Research (AGR)供應之計量器，使用直接接觸測量法使用折射率匹配液為處於接近環境溫度(例如<100℃)下的靜態瓶子提供薄塗層厚度(例如小於約20 nm)之精確測量，以及精確鑑別塗層厚度中的小改變。同時，在線生產過程期間系統「熱端」之塗層厚度的精確測定亦高度理想地例如維持塗層在規定容許範圍內且降低庫存損失。

【發明內容】

本發明者已開發出用於測量移動物件上之塗層厚度的非接觸式技術。該技術之態樣使能夠在例如瓶子表面到光學偵測器設備的距離相對大(例如>5 cm)情況下對彎曲表面進行精確塗層厚度測量。該技術依賴於快速偵測自移動物件(例如在<1 m/s下移動)的表面記錄的反射光及透射光。軟體鑑別低於5毫秒之光束的時間範圍上瓶子的位置。該技術實質上對製造設施(諸如玻璃容器工廠)內通常存在的環境光不靈敏。在一些情況下，該技術使能夠測量表面溫度為400-600℃的熱物件之厚度。

本發明之一態樣可以具體化為用於測量物件上之塗層厚度的設備。

該設備包括至少一個光源(101)及若干偵測器。一個測量反射光(103)且一個測量透射光(104)。對於本發明之一些態樣，透射偵測器(104)可省略。如圖5A中所示，入射光及偵測器之位置可在瓶子高度上變化。至少一個光源配置成引導光(在物件上的預定位置處朝向物件偏振及/或非偏振)，使得光的一部分與物件相互作用。收集反射信號之偵測器配置成捕獲由與物件相互作用的光的部分產生的在一個維度(1D)或兩個維度(2D)中具有至少一個色彩通道之圖像。配置成捕獲透射光之偵測器為1D偵測器。測量裝置包括至少一個波長通道。波長通道可為設計成測量窄波長範圍內之強度變化的偵測器。舉例而言，裝備有窄帶通濾光片(405±10 nm)的Si快速反應偵測器允許僅捕獲405±10 nm雷射光源的強度。各波長通道之波長寬度可視本發明之特定實施而變化。在一個實施例中，1D信號或2D圖像使用資料平均策略直接轉換成瓶子上塗層之厚度測量，熟習此項技術者自本文之說明將理解該策略。

本發明之另一態樣可以具體化為用於測量物件上塗層之2D厚度圖的方法。在此實施例中，2D圖係指在預定表面積內厚度變化之測量。在該物件上的預定位置處引導光朝向該物件，使得光的一部分與該物件相互作用。捕獲2D強度圖像(諸如由具有至少一個色彩通道的相機所產生)。此強度圖像隨後經轉換成預定表面積內塗層的厚度圖。此方法允許明確接入彎曲表面上塗層的2D厚度圖。此方法亦可包括使用二、三及n個波長通道偵測器來偵測來自物件之光，諸如習知之彩色相機(3通道設備)及(n通道，電荷耦接裝置(CCD)光譜儀)。

【圖式簡單說明】

當結合隨附圖式閱讀時，可自以下[實施方式]理解本發明。在此強

調，根據慣例，圖式的各種特徵可能未按比例繪製。相對地，為清楚起見，可能任意擴大或減小各種特徵之尺寸。此外，在圖式中，使用共同的元件符號來表示相同特徵。圖式中包括下列圖：

圖1為弗林特(透明)非彩色玻璃瓶之透射譜。

圖2為示意性示出在不同容器表面處的入射光散射機制的圖。

圖3A為完美容器橫截面。

圖3B為現實生活容器橫截面，其示出通用玻璃瓶之多面性多邊形樣表面。

圖4為玻璃輸送機上的俯視圖，其示出沿輸送機之可變瓶子位置的實例。

圖5A為與在圓柱形表面處繪製之法線平行的測量設備之部分示意圖的實例。

圖5B為使用與在圓柱表面上繪製的法線呈小角度入射之光的測量瓶子厚度的部分光學設備的實例。

圖6為用於測量瓶子表面的塗層厚度的光學設備的全局示意圖。

圖7A隨弗林特瓶子的塗層厚度變化的全部4次反射(圖2)之強度。

圖7B隨弗林特瓶子的塗層厚度變化的反射1及2(圖2)之強度。

圖7C隨弗林特瓶子的塗層厚度變化的反射1(圖2)之強度。

圖8A測量隨瓶子與偵測器之間的距離變化的SnO_2的厚度[CTU]。

圖8B隨瓶子與偵測器之間的距離變化的厚度的變化百分比[%]。

圖9A藍色(456 nm)比綠色(556 nm)波長通道比隨AGR測量所測定的琥珀色瓶子上的塗層厚度變化的實例。

圖9B綠色(556 nm)比紅色(663 nm)波長通道比隨AGR測量所測定的

琥珀色瓶子上的塗層厚度變化的實例。

圖10A隨(綠色加紅色)/2光束尺寸變化的與瓶子的距離。

圖10B預測塗層厚度隨AGR測量的塗層厚度的變化。實線關於與資料擬合的直線顯示±50、±10及±5%誤差。

圖11A光學設備的示意圖。

圖11B聚焦於拋物面鏡的光學設備簡圖(圖11A)及雷射光及瓶子相互作用區域的放大部分。

圖12通過在經圓柱形物件反射之前(左)及之後(右)應用豎直槽的雷射光斑形狀改良的示意圖。顯示入射光束及反射光束。

圖13.發生反射3和4阻擋的光學設備的區域。

圖14.設計成在光圈之後彼此獨立反射光束1及2之光學系統的放大示意圖。

圖15.提出阻擋光束3、4之替代方式。

圖16A為說明使用圓形偏振入射光的分別集中於325、454 (紅色)、545 (綠色)及633 (藍色) nm波長的4個波長通道的計算反射率隨著SnO_2塗層厚度變化的曲線圖。

圖16B使用經s偏振之光的不同入射角度的所計算藍色(454 nm)波長通道強度隨以CTU為單位的塗層厚度的變化。

圖17為說明琥珀色瓶子(圖6)的使用反射設備以實驗方式測定的單個(藍色)波長通道強度的厚度校準曲線的曲線圖。

圖18為說明琥珀色瓶子的藍色比紅色平均反射光強度的比率隨SnO_2塗層厚度變化的曲線圖。

圖19A-B 0.75-1 m/s移動瓶子的時間反應。反射及透射信號皆使用

『黑色』及『灰色』色彩流程記錄。

圖20雷射功率隨激光溫度的百分比改變。

圖21A顯示約6000個瓶子的計算塗層厚度的瓶子工廠的試驗樣品。

【實施方式】

本申請案係關於及主張2016年1月7日申請的題為AN OBJECT POSITION INDEPENDENT METHOD TO MEASURE THE THICKNESS OF COATINGS DEPOSITED ON CURVED OBJECTS MOVING AT HIGH RATES的美國臨時申請案第62/275,912號之權益；其內容物出於所有目的以全文引用的方式併入本文中。

例示性設備將參考個別圖描述。圖5A為說明用於測量物件120上之塗層膜厚度的設備100的功能框圖。設備100可包括至少一個光源101。如此圖式中所示，光源可以在沿容器物件之光的任何點處引導。系統可以裝備有1D偵測器。1D偵測器為在其表面內整合全部入射光強度而不使偵測器表面上的特定光位置分化的平坦表面元件。在物件後方測量所產生的供穿過容器光斑透射的整合強度信號。對於反射光，可使用偵測器(103)利用光學幾何形狀之若干型式。在本發明之一些實施例中，需要空間解析厚度圖，選擇2D偵測器(103)。2D偵測器為像素化表面偵測器，其視在偵測器表面上之空間位置而定區分光斑強度。此偵測器可同時收集兩個維度中高達三個不同波長通道。在本發明之另一實施例中，使用一個或兩個收集整合光強度之1D偵測器。各1D偵測器在窄波長帶中具有顯著靈敏度。物件120可安置於輸送帶122上，且可以預定速度移動經過光源101。物件120可包括透明玻璃及/或彩色玻璃。物件120可包括上面安置之塗層，其膜厚度可以藉由設備100測量。

偏振及/或非偏振光源101可組態成產生至少一個在可見及/或Ir光譜內的光束。來自光源101之光束可經任何適合光學組件(諸如透鏡、光束分光器、鏡子等)(未示出)聚焦及/或定向以與物件120相互作用。在一些實例中，光束可自光源101引導穿過物件120，諸如圖5A中所示使用透射偵測器104之測量光束。如圖5B中自圓柱形表面之法線測量，入射角可以自與瓶子表面垂直(零度)至例如±20度變化。在一些實例中，來自光源101之光束可配置成自物件120反射，諸如反射光束引導朝向偵測器103，圖5A-B。測量光束101可配置成藉由掃描物件120表面在預定測量位置處與物件120相互作用。

波長強度通道偵測器103可配置成捕獲具有至少一個色彩通道之圖像。在此情形下，一個波長通道裝置可為(但不限於)裝備有界定所測量之光的波長靈敏度範圍的濾光片的偵測器，或作為2D偵測器之實例的單色相機。在一些情況下，其可由至少兩個波長靈敏偵測器組成。在此情形下，反射光將使用動態濾光片或一連串光束分光器及/或二向色鏡分在不同波長通道中分離。在一些情況下，此多波長通道偵測器可含有更多通道，諸如1D或2D CCD相機。在一些情況下，此等多波長通道偵測器可位於具有R、G及B波長色彩通道之單個裝置內，諸如彩色相機。在一些情況下，多個波長通道中之每一者可位於獨立外殼組件中，諸如裝備有光學濾光片之獨立1D或2D光偵測器。反射光圖像可以自測量光束與物件120在預定測量位置處的相互作用產生。色彩通道可包括近UV (315-400 nm)、可見(400-700 nm)及/或IR光(> 700 nm)譜內的波長。在一個實例中，色彩通道可包括三個色彩通道，包括紅色、綠色及藍色通道。偵測器103可包括(但不限於)電荷耦合裝置(CCD)偵測器或互補金屬氧化物半導體

(CMOS)偵測器。在一些實例中，偵測器103可包括具有上面安置的至少兩個不同彩色濾光片的單色偵測器，在反射圖像中獲得至少兩個色彩通道。在一些實例中，偵測器103可配置成同時捕獲對應於複數個測量位置之複數個圖像圖5A-B。在一些實例中，兩個或更多個偵測器103可用於同時捕獲多個圖像，圖5A。

本發明之態樣係關於測量安置於物件上之膜塗層的厚度的裝置及方法。設備可包括至少一個偏振及非偏振光源、偵測器及耦接到至少一個偵測器之測量裝置。光源可配置成在物件上的預定位置處引導非偏振及/或偏振光朝向物件，使得光的一部分與物件相互作用。與物件相互作用之光的部分在本文中稱為相互作用光。如本文所用，術語光之部分包括全部光或不到全部光(例如百分比)。偵測器可配置成捕獲至少一個波長色彩通道的強度。各波長通道對偵測窄波長範圍內之反射/透射光靈敏。此等波長通道之典型實例為分別在454、545及633 nm處具有透射率強度最大值的R、G及B色彩通道。在本發明之某些實施例中，波長通道裝備有可偵測s-及p-偏振光信號的偏振器。在一些實例中，至少一個波長通道包括1D (偵測器)或2D (單色)相機。偵測器裝備有非偏振或偏振濾光器，其允許收集來自經塗佈物件的在由濾光器特性所定義之窄波長範圍內的反射/透射光。在一些實例中，多波長通道偵測器可由兩個1D偵測器或具有兩個所選波長範圍(諸如，作為實例之R及B)的兩波長通道相機組成。在一些情況下，測量設備包括三波長通道偵測器：1D偵測器及包括紅色、綠色及藍色通道之習知彩色相機。測量裝置可測定各通道之平均光強度及至少一個色彩通道之直方圖圖示中的光強度分佈。測量裝置可測定1D偵測器情況下的厚度或2D相機情況下的2D厚度圖。此等測量將基於所測定的測量

值測定物件上塗層之接受性。

設備100可配置成具有至少一個注入器以及連接至塗佈系統組件的系統之附加件的塗料塗覆系統之部分。舉例而言，光源101以及偵測器103及104可在注入器下游或緊接塗佈系統的出口之後安置於塗佈系統內。塗佈系統可用於經注入器向熱玻璃容器施加保護膜塗層。塗佈系統126可隔離玻璃容器與環境條件，並且可提供受控制的塗層操作氛圍。塗佈系統可包括抽氣系統(未示出)，其捕獲大部分未附著至容器的空氣夾帶之塗料化合物。抽氣系統可使塗料化合物侵蝕構築組件的機會降至最低。塗佈系統可包括諸如鼓風機、吹塑槽及/或抽吸槽的組件來製造一或多個高速空氣迴路，使得注入器分佈之塗料化合物夾帶於空氣流內且適當引導待塗佈之物件120。容器的適合塗佈系統揭示於專利申請案第PCT/US2013/037520號中，其內容以全文引用的方式併入本文中。

預期設備100可配置成連接至全球信息網路，例如網際網路(未示出)，使得捕獲之強度、圖像及/或厚度分析結果亦可傳輸至遠程位置用於進一步處理及/或存儲。

本發明在厚度測量期間具有高雜訊。本發明使用若干新穎方法減少雜訊，向能夠在可見光譜中操作的與距離無關之技術提供反射信號。

在一種方法中，藉由自信號消除雜散反射來減少雜訊。如圖2中所呈現，四個主要反射由光束與透明『弗林特』玻璃容器相互作用產生。在四個反射中，僅第一個與在瓶子前方測定之透明塗層厚度有關。反射2及3表示雜訊且反射4與相對瓶子側的塗層厚度有關。對於完美圓柱形物件，可對此等雜訊相關之反射取平均值。然而，由於玻璃容器中通常存在不完美圓柱形結構，如圖3B之物件橫截面所示，因此此等雜訊反射不能取平均

值且在測定瓶子上的塗層厚度時起界定困難之重要作用。特定言之，由於外部及內部瓶子不規則性及缺陷引起的反射1-4僅部分傳遞至偵測器。舉例而言，圖6中呈現之設備用於收集自圓柱形弗林特瓶子表面反射的光。與塗層厚度相關的所收集之反射強度(包括全部四個反射組分)隨塗層厚度的變化繪製於圖7A中。反射光之強度的增加與塗層厚度有關。然而，由於存在全部四個反射，因此在測量中觀測到顯著程度的雜訊。反射強度相對於塗層厚度之相關性以83.6%的R^2值擬合至直線。

其次，介紹本發明中描述的反射光束阻擋技術。對於此設備，反射3及4藉由光學設備去除且測量反射1及2之總和，圖6。隨塗層厚度變化的所得反射強度校準曲線顯示於圖7B中。測量之雜訊顯著地降低。反射強度相關性以97.78%的R^2值擬合至二次多項式。移除雜訊導致顯著改良具有相當接近厚度(±10 CTU)的塗層的偵測。

第三，圖6中呈現之光學元件設備進一步經改良，以消除全部三種雜訊相關之反射2-4。將反射強度1隨著塗層厚度變化繪製(圖7C)。反射強度使用二次多項式來擬合。擬合的擬合等級R^2 = 98.3%。雜訊程度的顯著降低輕易地容許區別零與10 CTU、10與20 CTU、20與30 CTU等等的塗層厚度。此高擬合等級允許在整個研究範圍內測定在±2-5%內的塗層厚度。

本發明致力於減小非接觸式厚度測量的誤差。此藉由提供用於移除雜訊相關反射的新穎光學設計系統來實現。在四個可能反射中，僅反射1與透明氧化物厚度直接相關，而反射2、3及4代表系統中之雜訊。可無需將激發波長切換至UV光譜區域即實現雜訊減少方法。本發明主要藉由使入射光之透射通過瓶子降至最低來解決雜訊反射之減少(圖1)。圖1指示此可藉由切換至使用UV光來實現，此歸因於此光波長在瓶子內的高吸收。

舉例而言，參看WO 2004/065902及US第2009039240號。除了由使用波長等於或小於320 nm之UV引起的明顯併發情況及安全顧慮之外，激發源及光學透鏡的選擇有限且昂貴。另外，大部分商業偵測器之靈敏度在低至320 nm的波長下一般較低，此導致此等系統中之額外雜訊。

本發明利用可見波長範圍激發光源。此光源便宜且容易自大部分商業光學元件供應器(例如Thorlabs)獲得。另外，大部分光學元件具有官能度最佳化至可見(400-700 nm)範圍內的抗反射塗層，其設計成將雜散反射降至低於0.5%。不使用抗反射塗料或使用設計不佳之塗料，此類用於350 ± 50 nm之UV的400-700 nm抗反射組分，雜散反射增至超過4%，此與待測量之容器的反射相當。本發明設計成分離多個可能反射，圖7A-C。所呈現技術中之每一者針對本發明之態樣的非限制性實例顯示。另外，以往教示一般具有與距離有關之信號特性，使得測量時反射強度隨距離降低。此特性迫使以往工藝與瓶子緊密靠近(約5 cm)放置，此舉在實際瓶子玻璃工廠輸送機情況下是禁止的。本發明允許在距離瓶子0至30 cm的廣泛距離範圍內獲得與距離無關之反射信號效能。在本發明之一個特定實施例中，隨著偵測器與瓶子的距離變化測量405 nm雷射光之反射強度。將瓶子置於圖6中所呈現的允許調整設備中之距離的平移台上。雷射光在離軸拋物面鏡(焦距4-6吋)中經整體饋入。此光學佈置允許消除利用會導致大量雜訊的光束分光器設備的以往發明中觀測到的「重影」信號。拋物面鏡是非彩色的且因此不受光學分散作用的影響。拋物面透鏡之離軸角度為90度，其允許快速且可靠之光學對準。此可與光束分光器設備(圖5)比較，其中反射信號在光束分光器之後持續發散。本發明設計及方法允許使用離軸拋物面鏡對準及彙聚半點光源。來自拋物面鏡之反射光經聚光透鏡(圖6)或

第二拋物面鏡(圖11A)收集。測量之強度轉化成SnO_2塗層之厚度(CTU)，圖8A。接著，將厚度轉化成圖8B中之厚度改變百分比。自本發明之此實施例的此等圖可見，與距離無關之測量操作範圍為0至15 cm，其中厚度波動低於1%。其可進一步延伸至20 cm，其中厚度在15與20 cm之間減小5%。此對比『光束分光器設計』(圖5)顯著改良。

可允許測量系統在垂直方向中相對於輸送帶的另一物理移位以避免對設備的靈敏光學元件及電元件的溫度衝擊。亦可幫助當瓶子在輸送機上位移其位置時避免系統與瓶子直接接觸(圖4)。儘管吾人之光學設計及其改良存在優於前述設計的大量益處，但由於來自圓柱形物件之反射光束的發散特性，反射光完全收集侷限於超過40 cm。

在本發明之另一態樣中，新穎設計及方法允許獲得與距離無關之瓶子塗層厚度以及『無標準』測量技術。當前靜態AGR技術需要使用『0』及『27』塗料標準品來校正塗層厚度的電壓讀數。在此實施例中，使用波長通道強度之算術操作，諸如使用選用於減少雜訊及提高信雜比的比率且開發與距離無關之厚度測量技術。舉例而言，藍色比紅色、綠色比紅色及藍色比綠色波長通道的比率可用於測量塗層之厚度。本發明與瓶子類型無關且因此無需校準，且與塗層厚度有關。其依賴於上文圖5A-B及6所述的光學設備。藍色比綠色及綠色比紅色激發通道的所測量之反射強度比的實例顯示於圖9A及9B中。在此情形下，激發光為用於纖維耦合之白色光源的光。然而，其亦可為上文所述的任何其它光源。波長通道由使用彩色相機3通道2D偵測器系統獲得的R(峰值在663 nm處)、G (456 nm)及B (峰值在445nm處)信號界定。指定比率隨著厚度而提高，圖9A-B。使用所開發之相關性及設備構造，諸如圖5A或圖6，塗層厚度使用對大部分樣品具有

良好相關程度(±10%)之多項式算法計算，圖10B。應注意，各通道之各反射強度無論何時均隨著瓶子與偵測器之距離而降低。強度之比率隨著距離變化而恆定。此設備中的2D偵測器的繼承之特性用於測定瓶子關於鏡子對準系統之位置的距離(圖10A)。此距離藉由整合2D偵測器在測量期間獲取的反射光斑的2D圖像獲得圖像尺寸來測定。使用略微發散之反射光束尺寸，偵測器上的光束尺寸將與到瓶子的距離相關。光束分光器至瓶子的此所測定距離可如圖9B中用於進一步改良瓶子塗層的厚度計算。

實例1

可為使用專用組件之LED雷射光源(404.6 nm)的光源(101)引導至移動容器物件的表面上。在一些情況下，可以接近90度的角度穿過如圖5A中所示之光束分光器到達瓶子表面。在一些情況下，雷射光可在容器表面處以0至15度的小角度引導至在容器表面處繪製的法線，圖5B。在本發明之一些情況下，測量此光之透射率的偵測器置於容器104後方。在一些情況下，重定向及/或收集光學元件用於引導反射光自容器朝向快速偵測器。在一些情況下，窄波長之光及/或一連串窄波長之光源引導穿過拋物面鏡對準/收集系統中之孔，圖6。此等光源可以不同角度引導至位於光源前部的容器表面之法線。自瓶子表面反射之光經鏡子對準/收集系統收集且朝向光束阻擋及/或光束重定向光學元件重定向。

一個代表圖示於圖11A中。雷射光設計成與瓶子表面繪製的法線呈小角度進入拋物面鏡中的孔，圖11B。為了允許此作用，鏡子中的孔具有錐形截面。此實施例不受錐形截面限制，但亦可經允許形成豎直對準光源之矩形截面界定。雷射光在進入整個拋物面鏡之前可經調節。光束可藉由穿過豎直槽及/或豎直對準型圓柱形鏡子轉化成矩形形狀(顯示光束外形之圖

11 A及圖12)。置於拋物面鏡前面的一組水平槽設計成允許來自反射光撞擊鏡子(圖11B)之前的容器相對壁的反射3及4(圖2)的比重減少。水平槽將光束形狀轉化成延長之矩形形狀且光圈去除激光與拋物面鏡內部之孔相互作用引起的光的雜散反射，圖11。90度離軸拋物面鏡經對準以重定向來自瓶子表面的水平面的反射光朝向簡圖頂部。全部1、2、3及4反射均由瓶子發射。在水平槽之後，大部分反射1及2中僅有小比重來自3及4反射。反射1及2經拋物面鏡朝向光重定向組件(光束分光器)重定向，圖10A。此等組件使樣品收集反射光且將其與去除反射之光進行比較。舉例而言，總信號在此光束分光器之後收集(1+2+3+4)。阻擋反射之後，其變得可能藉由自總反射減去反射2+3+4來復原反射1。在簡圖之頂部，存在提供反射光束1-2與3-4幾乎完全分離的光圈，圖13。圖7中呈現之弗林特瓶子的實驗反射經圖10A中所述之設置收集，其中反射1+2+3+4在光束分光器之後收集(圖7A)。反射1及2在光圈之後收集，圖7B。在此實例中觀測到信雜比的大改進。

光圈之後，專用光學系統允許將反射1及2進一步彼此分離。此方法之示意性方塊圖顯示於圖14-15中。此等分離允許進一步改良信雜比，圖7C。當第1拋物面鏡到瓶子的距離大於焦距時，反射光束會聚於鏡子之後，將其幾何形狀自具有長水平軸之橢圓形改變為具有長豎直軸線之橢圓形。此光學幾何方向允許使用豎直槽及光圈過濾反射3及4，圖14-15。

實例2

使用與實例1中所述類似之設備且不分離多個反射，塗層厚度事先藉由標準AGR計測量之琥珀色瓶子在與光學收集/重定向系統及瓶子表面的可變距離處進行測量。在兩種不同偵測器至瓶子距離範圍上計算已知

AGR塗層厚度與本發明之非接觸式偵測系統測量的厚度之間的相關性。對於緊密偵測器距離範圍(7-32 mm)，相關性的R^2值為98.4%。對於較遠偵測器距離範圍(150-185 mm)，兩個測量之間的相關性的R^2值為97.9%。因此，當偵測器與瓶子的距離高達20 cm時使用本發明容易獲得與偵測器幾乎接觸容器(<1 cm)時類似的塗層厚度測量結果。

實例3

針對反射光，基於波長通道之平均強度對塗層厚度進行光學計算的若干實例呈現於圖15A中。使用瓊斯矩陣形式體系(Jones matrix formalism)及平坦鹼石灰基材上的SnO_2塗層的分散參數使用常規程序產生資料。SnO_2塗層之厚度使用已知轉化關係(3.45 CTU = 1 nm)自奈米轉化成CTU。此圖中呈現四個非偏振波長通道，認為在325、454、545及663 nm處具有峰值強度。選擇各通道之寬度為1 nm。顯而易見，基於二氧化錫塗層之分散參數，反射光的強度隨著塗層厚度在0至50 CTU之間增加而增加。使用325 nm波長通道證實最大增加。舉例而言，對於325之最大比最小比率，B、G及R波長通道分別為3.7、1.73、1.38及1.24。此等數值在一些情況下可表示顯示厚度分佈於0與50 CTU之間的最大可能信號比的品質因數。此數值越高，影響儀器設備之雜訊越小。

實例4

在下一實例中，使用偏振光。此幫助進一步改良品質因數。在此實例中，使用圖11A中所描繪之設備，其中經p偏振之入射角在零至70度之間變化。使用與實例1中類似之技術，使反射光強度與塗層厚度相關。p偏振光顯示對0-80 CTU厚度範圍的SnO_2塗層因數為9的品質因數。p偏振光提供入射角超過60度的從塗層反射之最高品質因數(圖16B)。

實例5

在隨後實例中，藍色(454 nm)通道之強度使用圖5A中所示之反射設置在無反射光束分離的情況下測量。在此實驗中，非偏振(圓形偏振)光經光束分光器引導與直徑62 mm的琥珀色瓶子的表面呈零度角。來自瓶子的反射信號使用光束分光器引導與彩色2D相機呈90度角。對具有不同厚度之瓶子進行表徵且產生厚度校準曲線。理論與實驗資料充分一致，圖17。除了一個通道的平均強度測量之外，亦使用兩個波長通道。對具有不同塗層厚度之一連串瓶子測定藍色及紅色(663 nm)波長通道。計算藍色比紅色算術比且在圖18中繪圖。比率隨著塗層厚度的線性增加與理論預測(圖16A)以及實例1中所描述之結果充分相關。此基於強度比之實驗與瓶子距離無關。

實例6

製造圖6 (單個拋物面鏡)及圖11A (雙拋物面鏡)中詳細描述之光學原型且對在偵測器前方自左向右以0.75-1 m/s的速度掃描的單個瓶子進行測試。此等速度預期與在約600個瓶子/分鐘下行進的瓶子輸送機相當。在圖19中隨時間變化記錄反射及透射405 nm雷射光強度。當瓶子不在偵測器前方時，透射之激光強度用作入射雷射功率的監測機制。電腦程式測量雷射功率之調節且調整所計算之塗層厚度。由於在瓶子工廠生產線測量的雷射溫度顯著變化，因此此步驟是重要的(圖20)。當系統溫度自25℃增加至76℃時，觀測到雷射功率中高達35%的降低。針對入射雷射功率(圖20)校正的反射峰值強度(圖19)的最大值用於重新計算專用瓶子的以CTU為單位的塗層厚度。使用此方法，在實際瓶子玻璃工廠線上記錄傳遞630個瓶子/分鐘的輸送機的琥珀色瓶子的SnO_2塗層厚度。在試驗期間記錄超過

100,000個瓶子的厚度。此研究的6,000個瓶子樣品顯示於圖21中。觀測到瓶子厚度有一些波動。藉由觀測信號的峰值寬度來移除一些雜訊資料(圖19)。使用電腦算法移除特定寬度以外的峰值，獲得平均值約35.5±0.5 CTU的緊湊資料點(圖21)。除了時間-寬度峰值校正之外，藉由設定最大峰值強度臨限值高於具有現有塗層之瓶子的最大值，移除一些雜散反射。此等方法幫助提高光學系統之信雜比。

【符號說明】

1	反射
2	反射
3	反射
4	反射
101	光源
103	偵測器
104	透射偵測器
104-1	偵測器
104-2	偵測器
120	物件
122	輸送帶

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種用於測量移動物件上的塗層厚度的設備，該設備包含：

至少一個光源，其經配置成在該物件上的預定位置處引導光實質上垂直地朝向該移動物件，該光的一部分與該物件相互作用；

波長偵測器，其經配置成捕獲由與該物件相互作用的該光的該部分產生的包含至少一個通道的強度信號；以及

耦接至該波長偵測器的測量裝置，其經配置成：

基於由該至少一個通道的各通道捕獲之平均最大峰值強度測定該至少一個通道的光強度，其中，對於各通道，該平均最大峰值強度係沿該通道的峰值獲取的多個最大波長通道強度的平均值；以及

基於該等所測定之強度測定該物件上之該塗層的該厚度或接受性中之至少一者，其中該設備經配置成當該物件被放置在距離該光源及該波長檢測器之各個距離處時，用以測量該物件上的塗層厚度。

【第2項】

如請求項1之設備，其進一步包含顯示器，該顯示器經配置成顯示所測定的厚度、厚度圖、所測定的厚度係可接受的指示或所測定的厚度係不可接受的指示中之至少一者。

【第3項】

如請求項1之設備，其中與該物件相互作用之該光的該部分包括穿過該物件之該光的部分或自該物件反射之該光的部分中之至少一者。

【第4項】

如請求項1之設備，其進一步包含：

耦接到該光源、該波長偵測器及該測量裝置的控制器，該控制器經配置成控制該光源、該波長偵測器及該測量裝置，使得該測量裝置自對應於該物件上的複數個位置的各別複數個一維(1D)或二維(2D)圖測定複數個相對波長通道強度，

其中該測量裝置基於該複數個相對波長通道強度的平均最大波長強度測定該物件上的該塗層厚度，且對應於該複數個位置的該複數個1D或2D強度圖係依序捕獲、同時捕獲或其組合。

【第5項】

如請求項1之設備，其中該物件上的該塗層厚度係基於所測定的相對最大值波長通道強度與塗層厚度之間的預定關係來測定。

【第6項】

如請求項1之設備，其中該光源係經配置成在包括可見光或紅外光中之至少一者的預定波長範圍內透射。

【第7項】

如請求項1之設備，其進一步包含位置感測器，該位置感測器經配置成藉由測量該波長偵測器之表面上的反射光斑的尺寸來偵測該物件處於該預定位置，其中該波長偵測器係2D偵測器。

【第8項】

如請求項1之設備，其中該設備進一步包含(i)一拋物面鏡，其經配置成位於該光源及該物件之間，在其中心具有一開口，以允許入射光束通過該拋物面鏡(ii)豎直槽，其經配置成位於該光源及該拋物面鏡之間，以調節該光源之光斑而在穿過該拋物面鏡中之開口之前達成具有豎直對準之長軸的半矩形形狀，該豎直槽係阻擋與反射雜訊相關之反射，該拋物面鏡係

經配置成收集來自該移動物件之反射光且引導該反射光實質上90度地朝向由聚光透鏡及／或與聚光透鏡組合之第二拋物面鏡形成的偵測光學元件。

【第9項】

如請求項1之設備，其中該設備進一步包含塗佈罩。

【第10項】

如請求項1之設備，其中該塗層之材料係選自由金屬氧化物及其混合物所組成之群。

【第11項】

如請求項1之設備，其係經配置成位於或接續鄰接於玻璃容器形成設備之塗佈系統之熱端。

【第12項】

如請求項1之設備，其中該物件係玻璃容器，及該設備係構成玻璃容器生產方法期間用以測量玻璃容器上塗層厚之在線系統的一部分，毋須從該玻璃容器之生產線移走該玻璃容器。

【第13項】

如請求項1之設備，其中該設備進一步包含一拋物面鏡，其經配置成位於該光源及該物件之間，該拋物面鏡具有一開口，其係經配置成將光從該光源引導至該物件上，及該拋物面鏡進一步經配置成收集來自該物件之反射光。

【第14項】

如請求項13之設備，其中該物件係位於沿著帶行進軸移動的輸送帶上，且該光源係沿著與該帶行進軸正交的光路徑軸將光導向該物件，及，其中該拋物面鏡係經配置為沿著該光路徑軸。

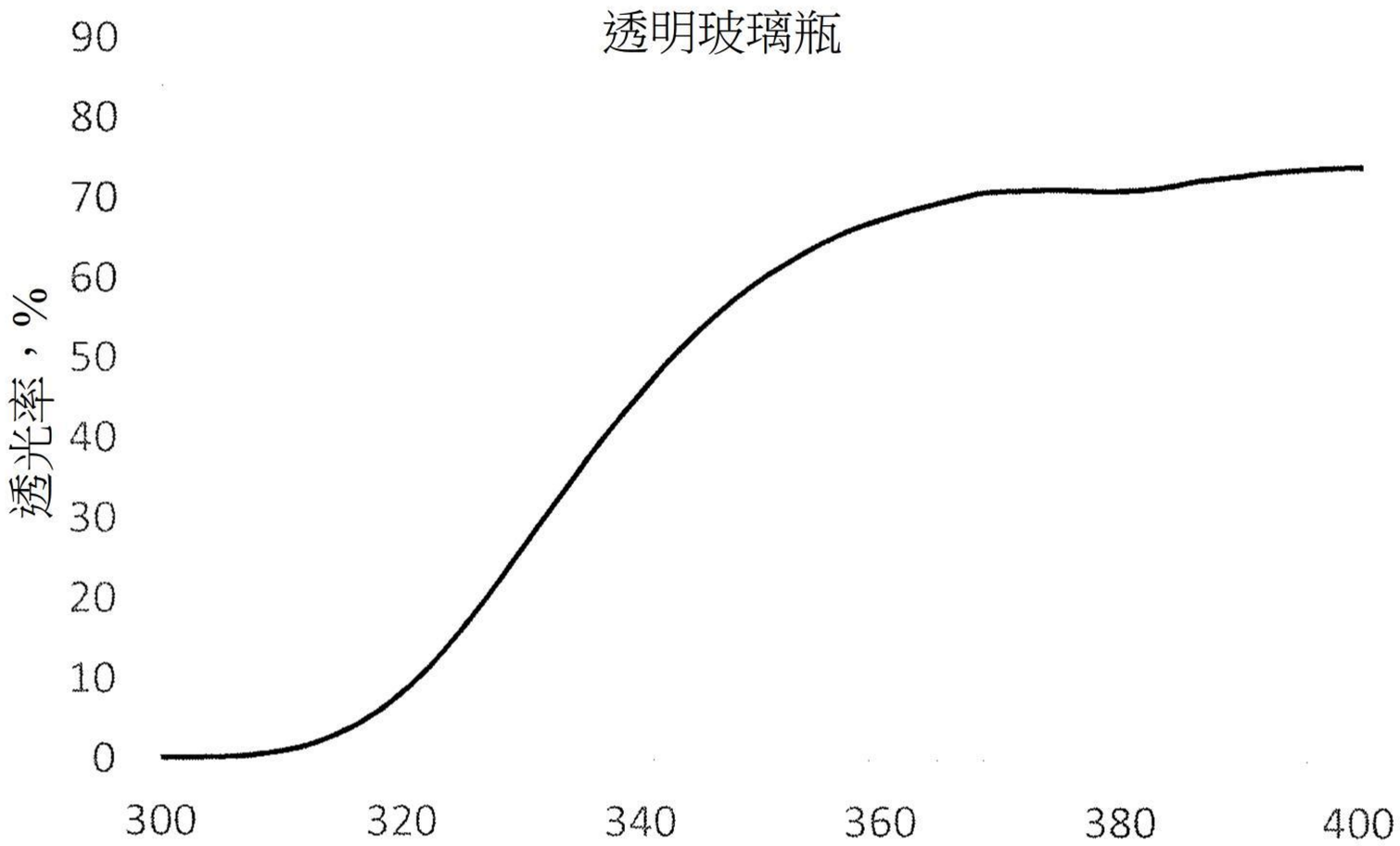
【第15項】

如請求項13之設備，其中該拋物面鏡係經配置為引導該反射光實質上90度地朝向該波長偵測器。

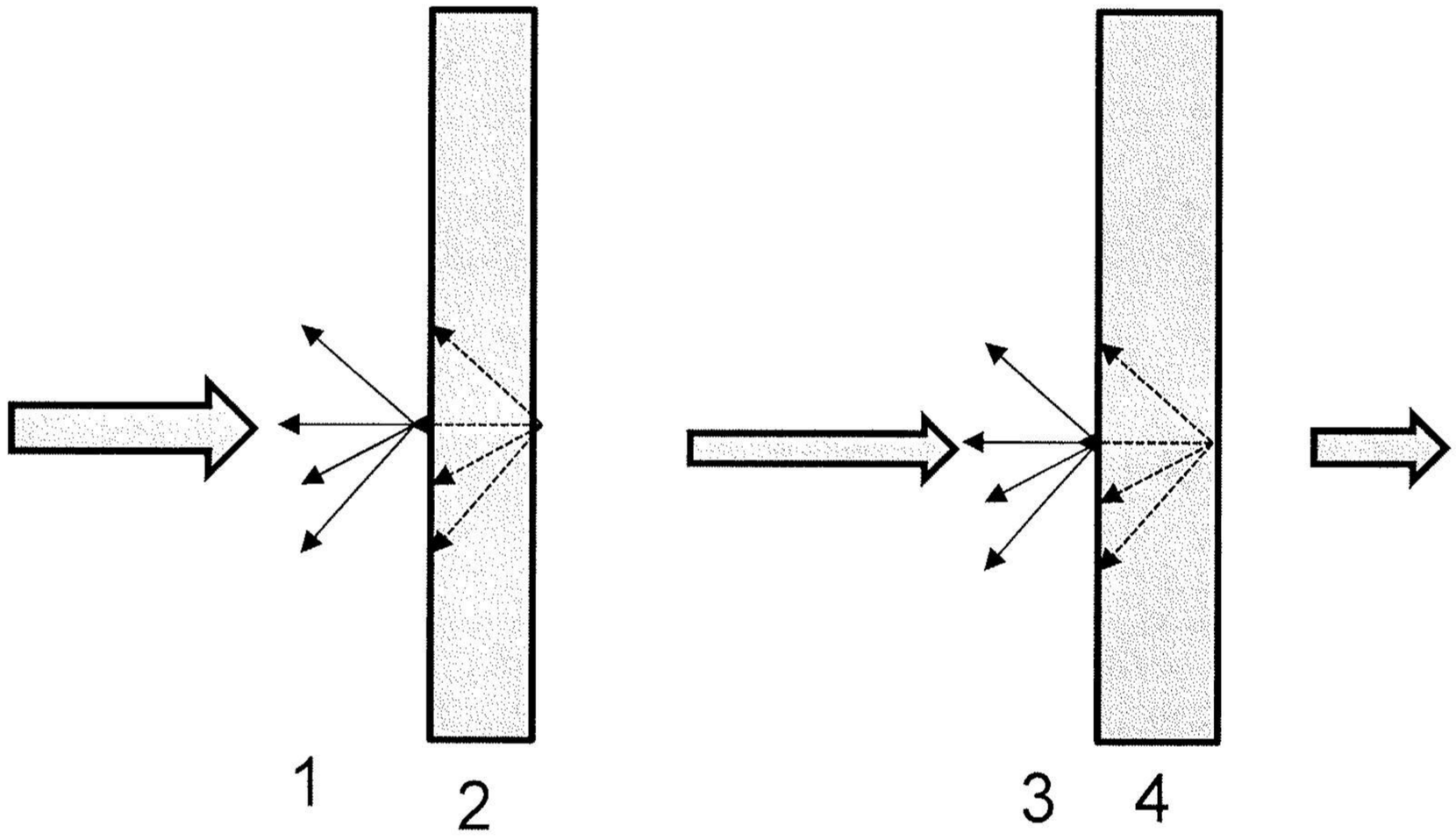
【第16項】

如請求項13之設備，其中該物件係位於沿著帶行進軸移動的輸送帶上，且該光源係沿著與該帶行進軸正交的光路徑軸將光導向物件。

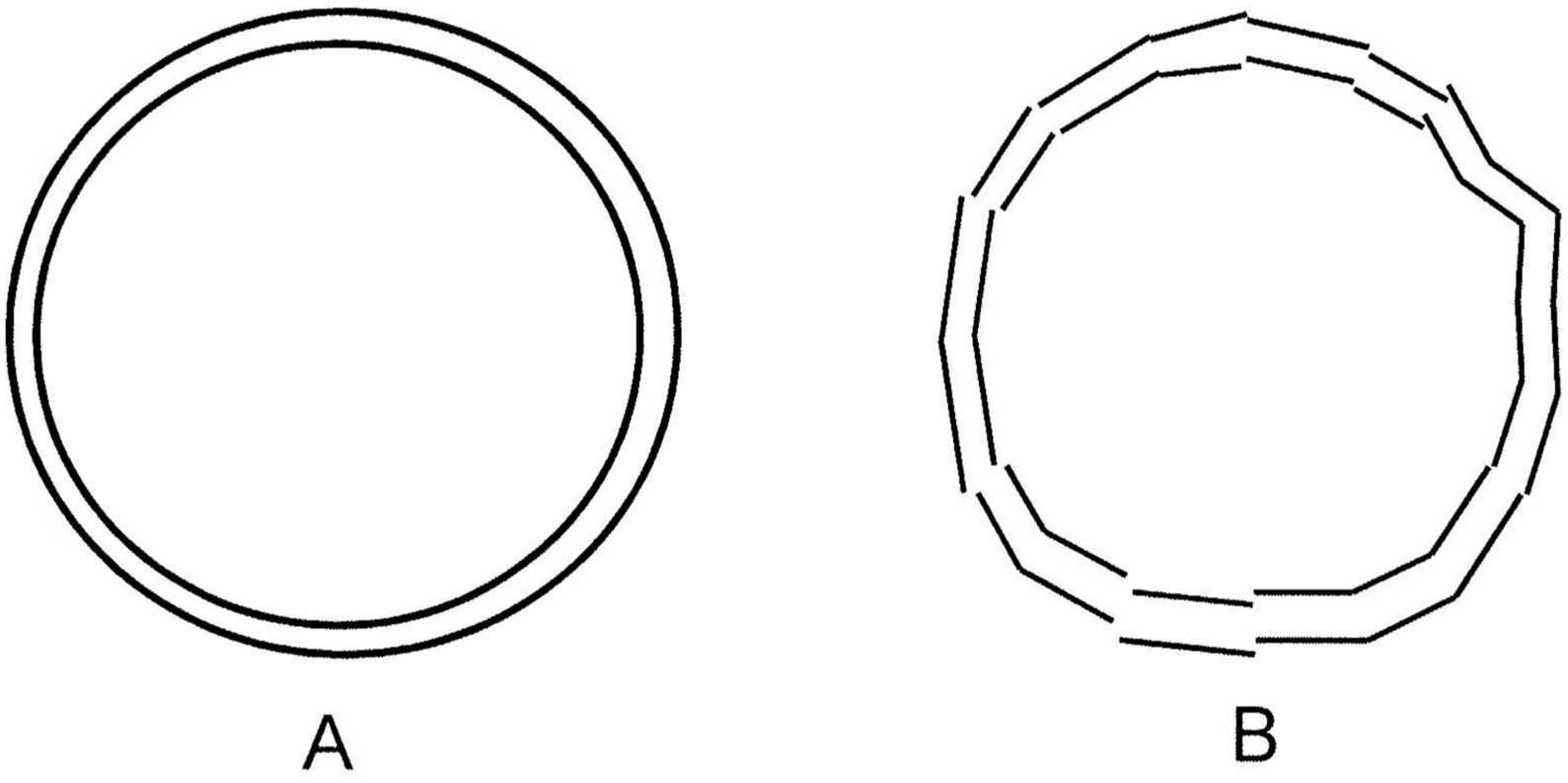
【發明圖式】


透明玻璃瓶
透光率，%
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
300
320
340
360
380
400
波長，nm

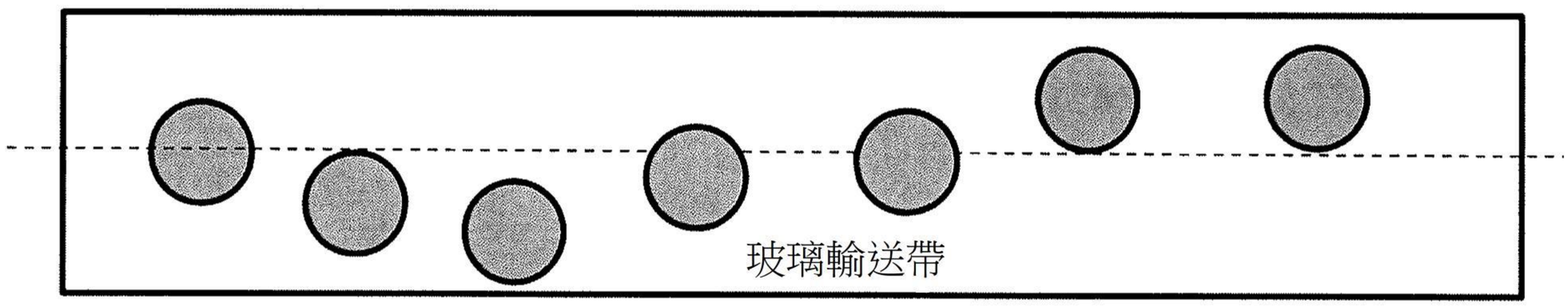
【圖1】


1
2
3
4

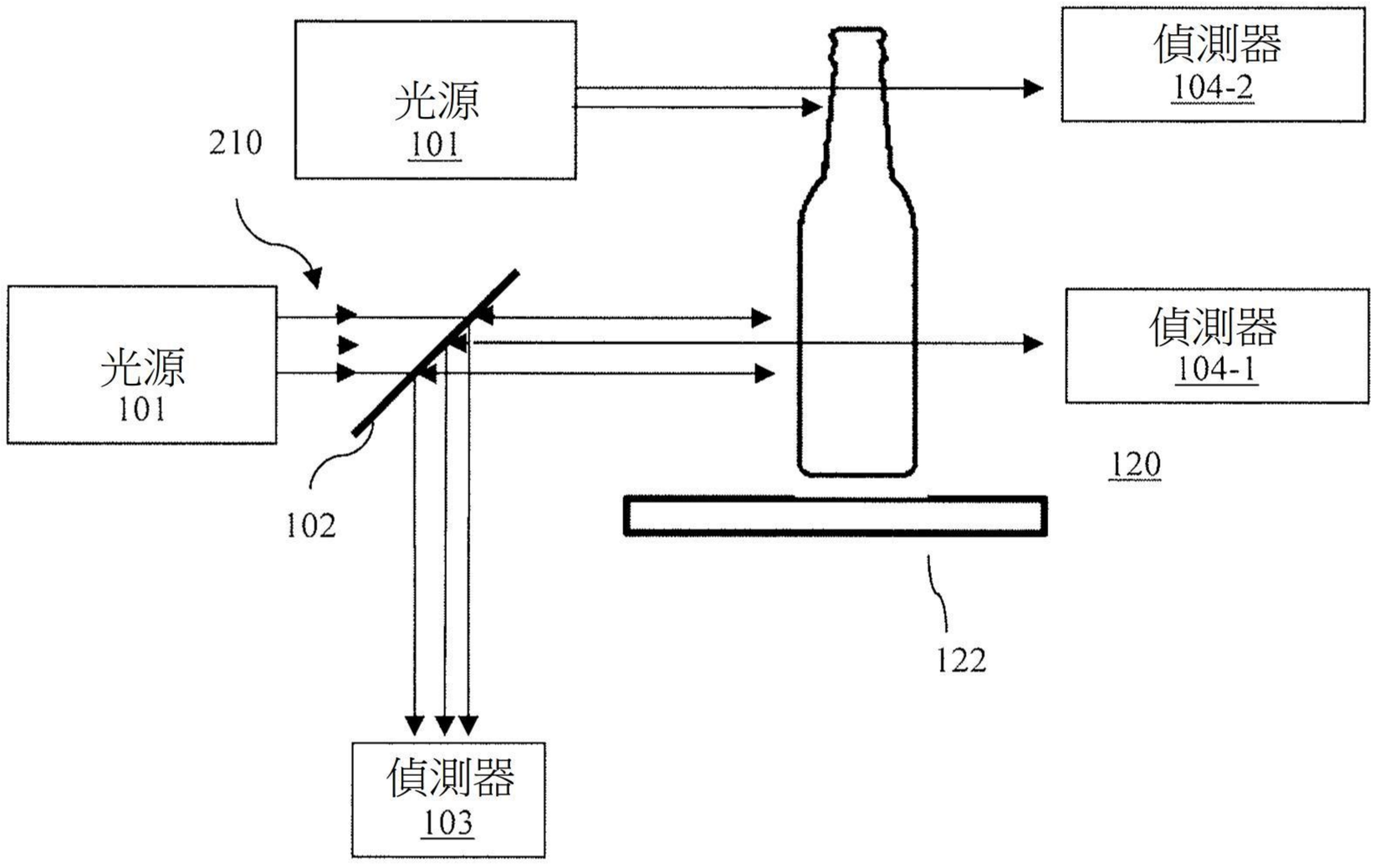
【圖2】



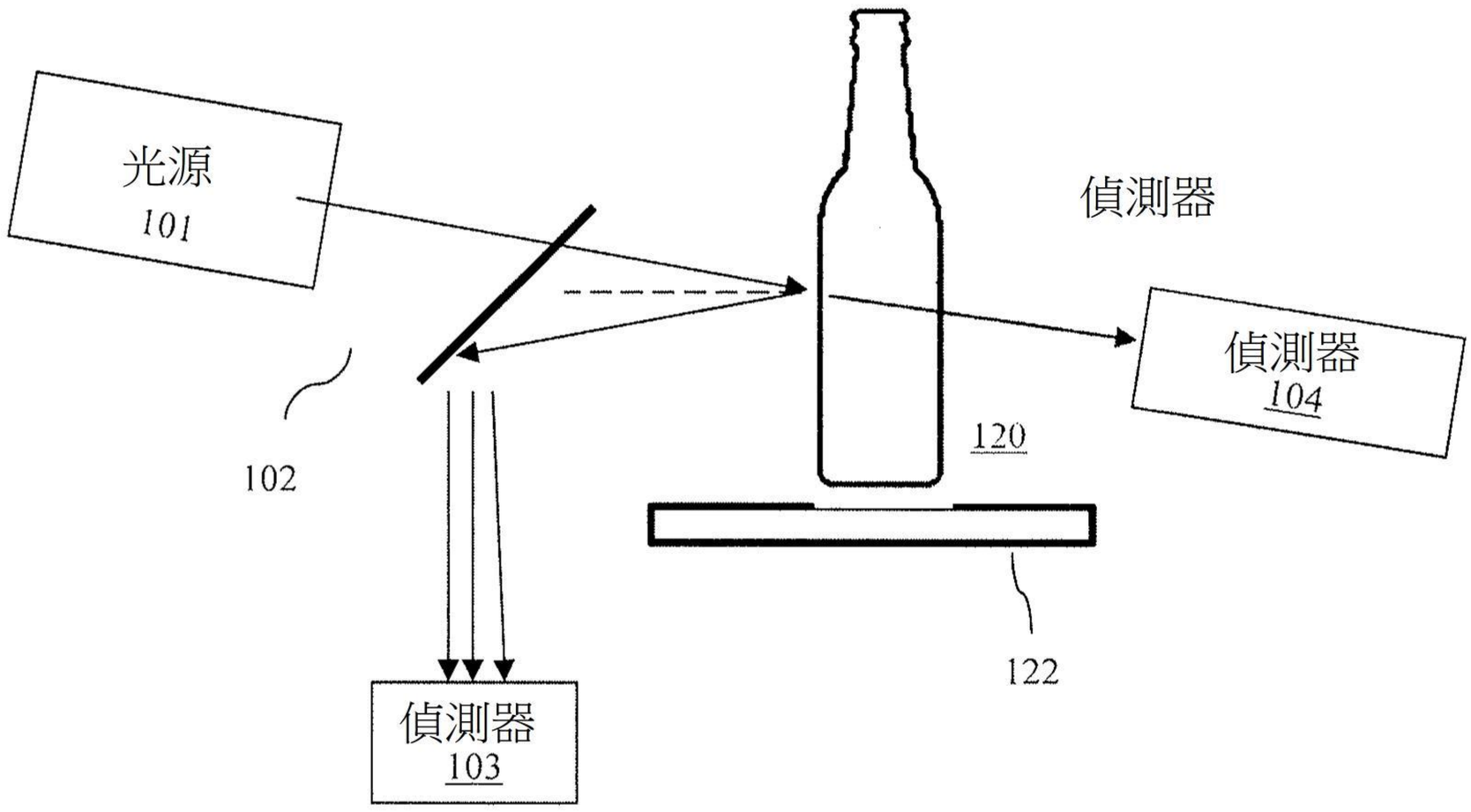
【圖3】



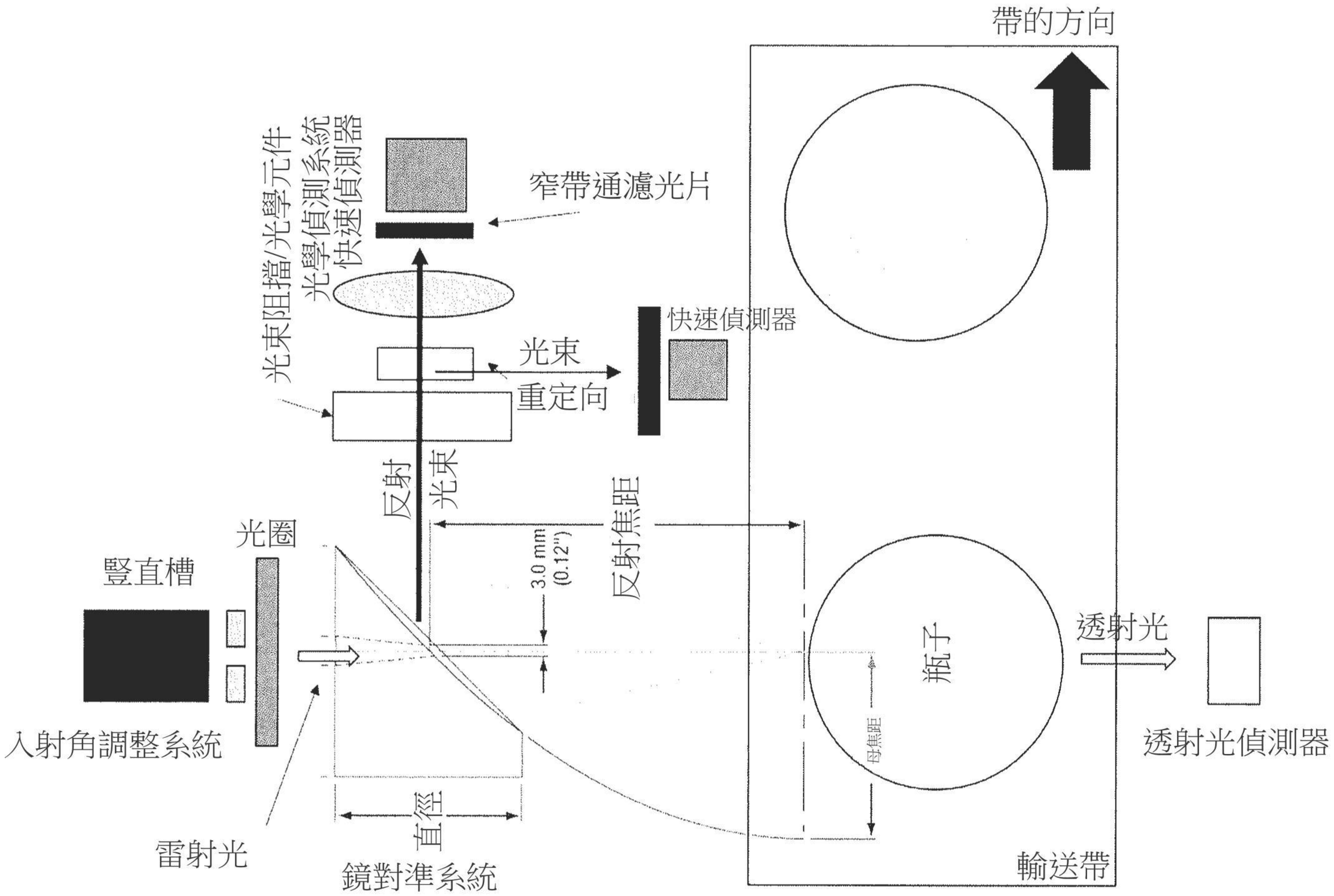
【圖4】


光源
101
210
偵測器
104-2
光源
101
偵測器
104-1
120
102
偵測器
103
122

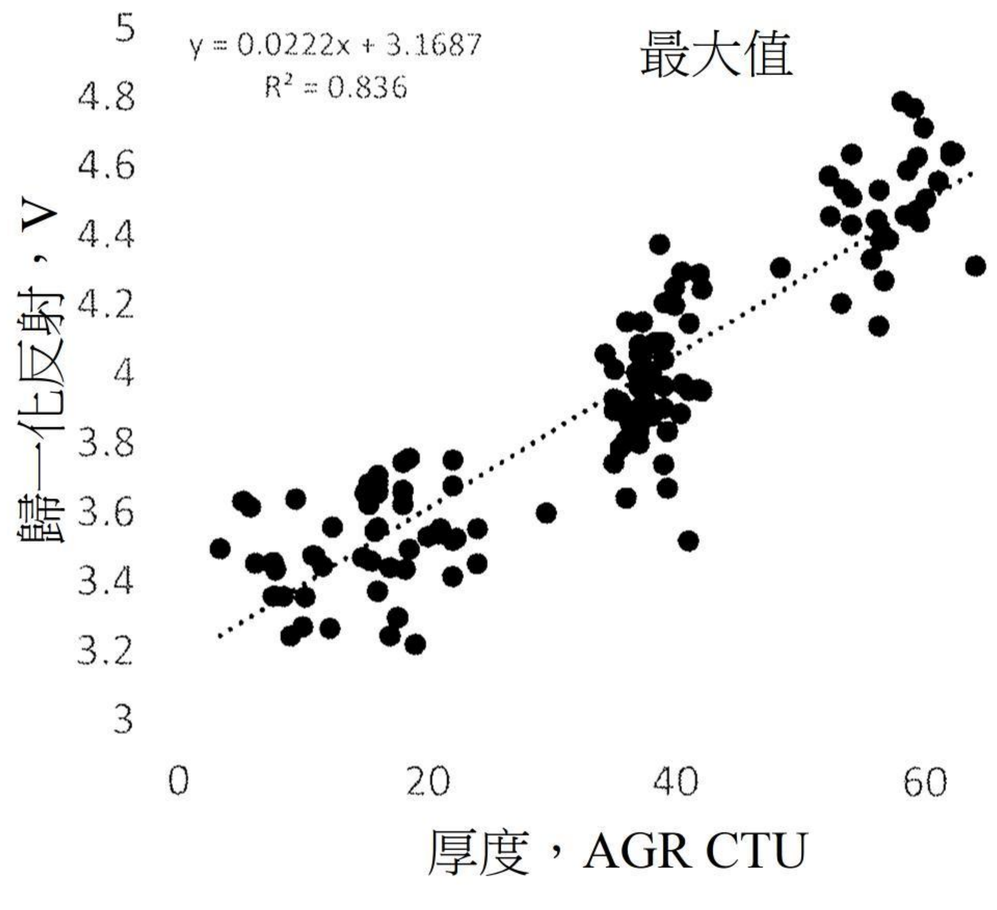
【圖5A】


光源
101
偵測器
偵測器
104
120
102
偵測器
103
122

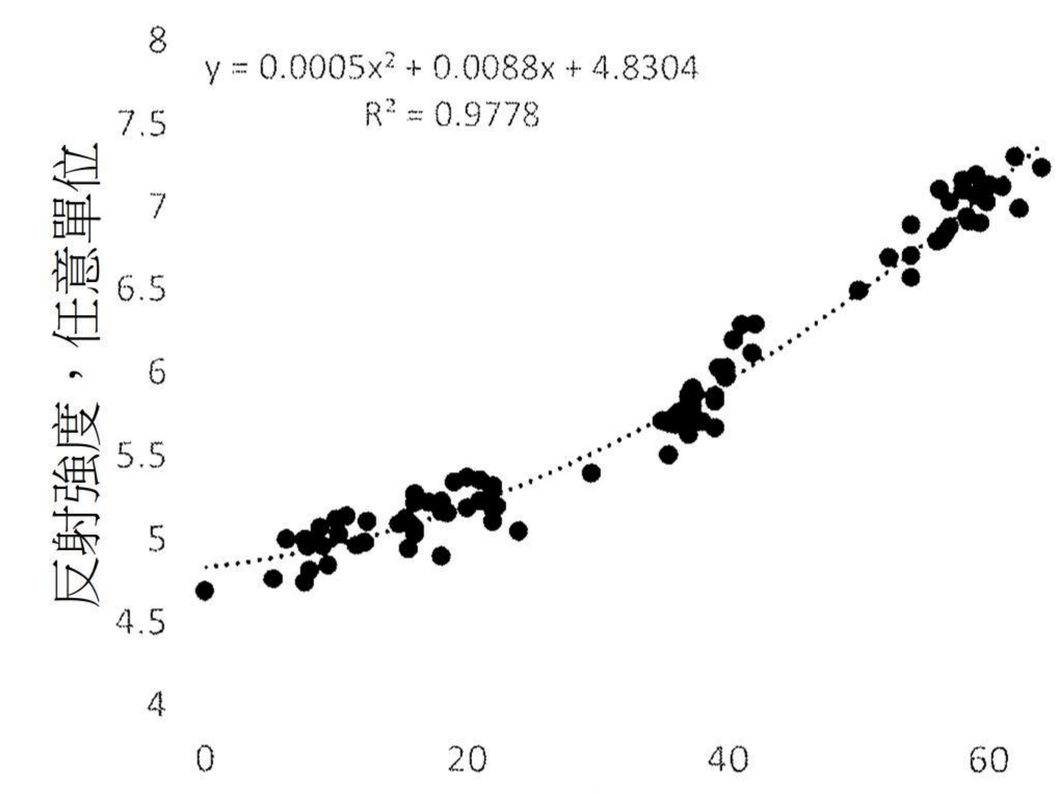
【圖5B】


帶的方向
窄帶通濾光片
光束阻擋/光學元件
光學偵測系統
快速偵測器
光束
重定向
快速偵測器
反射
光束
光圈
豎直槽
3.0 mm
(0.12")
反射焦距
瓶子
透射光
透射光偵測器
入射角調整系統
母焦距
直徑
雷射光
鏡對準系統
輸送帶

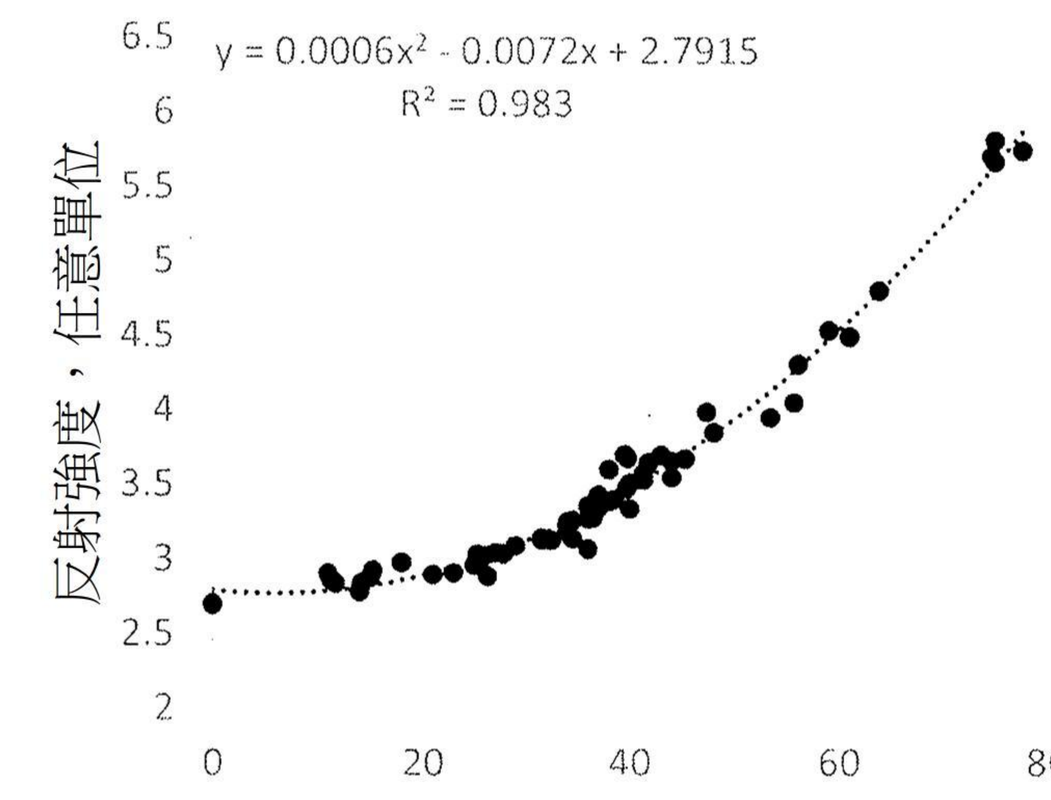
【圖6】


y = 0.0222x + 3.1687
R² = 0.836
最大值
歸一化反射，V
厚度，AGR CTU

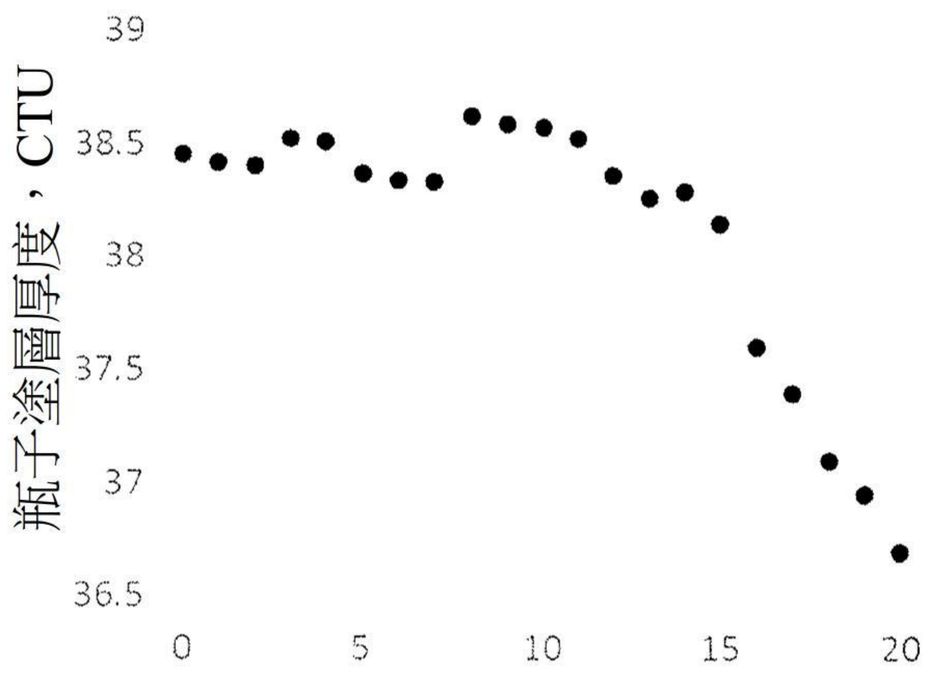
【圖7A】


y = 0.0005x² + 0.0088x + 4.8304
R² = 0.9778
反射強度，任意單位
AGR厚度，CTU

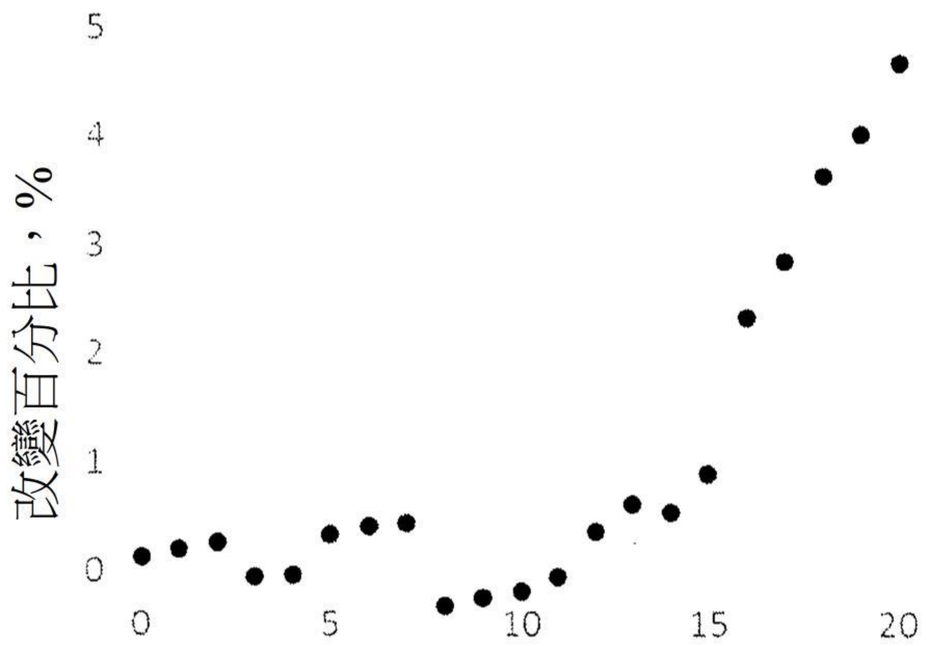
【圖7B】


y = 0.0006x² - 0.0072x + 2.7915
R² = 0.983
反射強度，任意單位
AGR厚度，CTU

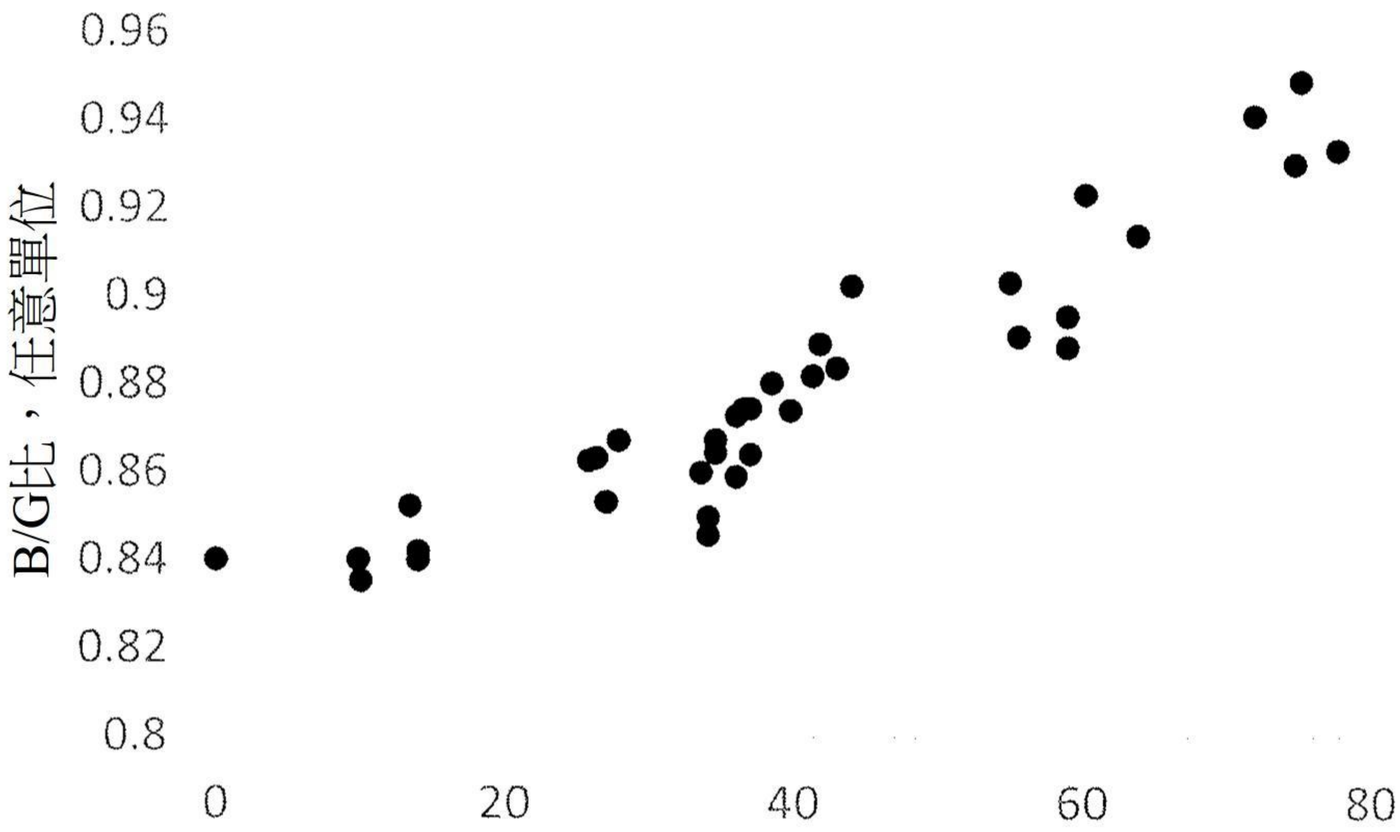
【圖7C】


瓶子塗層厚度，CTU
39
38.5
38
37.5
37
36.5
0
5
10
15
20
與偵測器之距離，cm

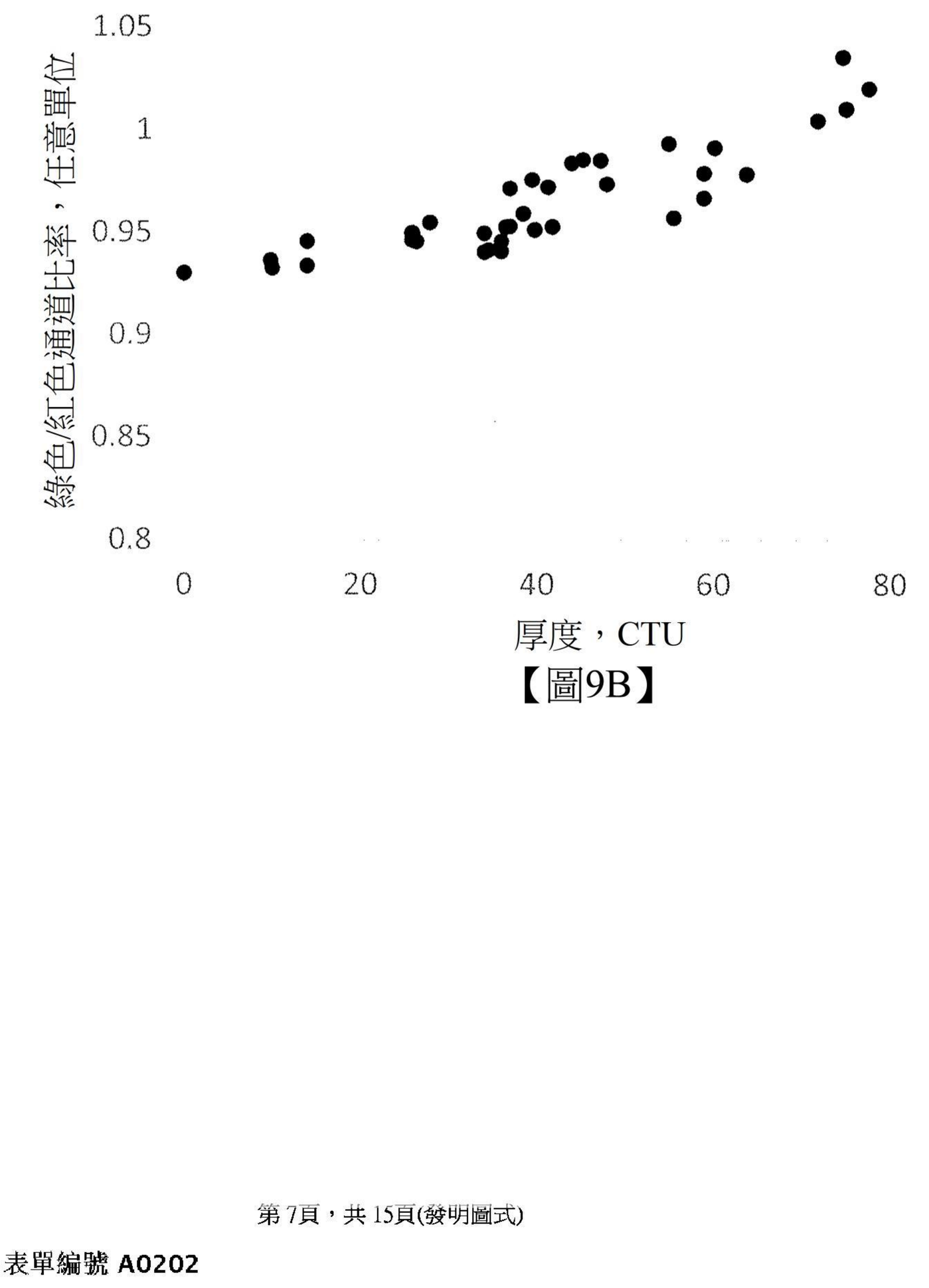
【圖8A】


改變百分比，%
5
4
3
2
1
0
0
5
10
15
20
與偵測器之距離，cm

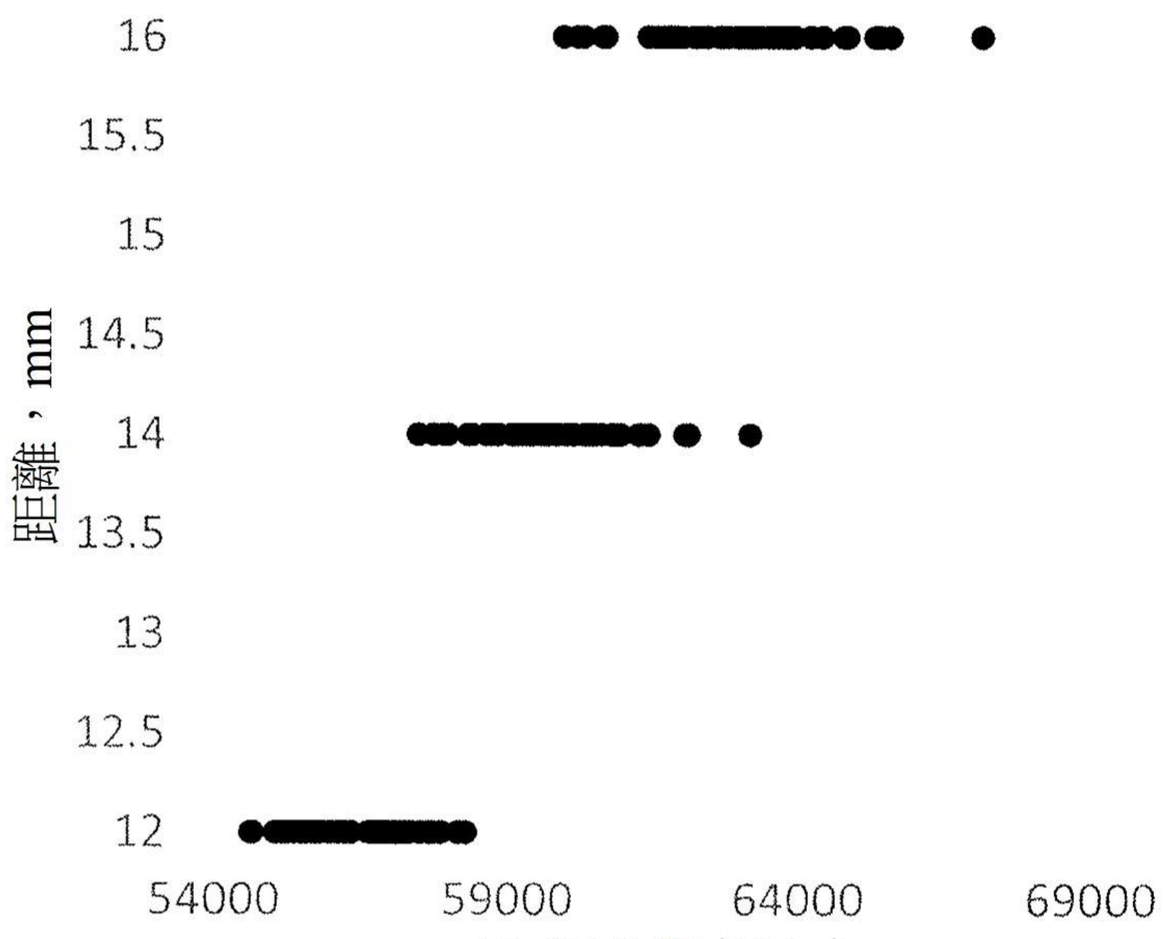
【圖8B】


0.96
0.94
0.92
0.9
0.88
0.86
0.84
0.82
0.8
B/G比，任意單位
0
20
40
60
80
厚度(AGR)，CTU

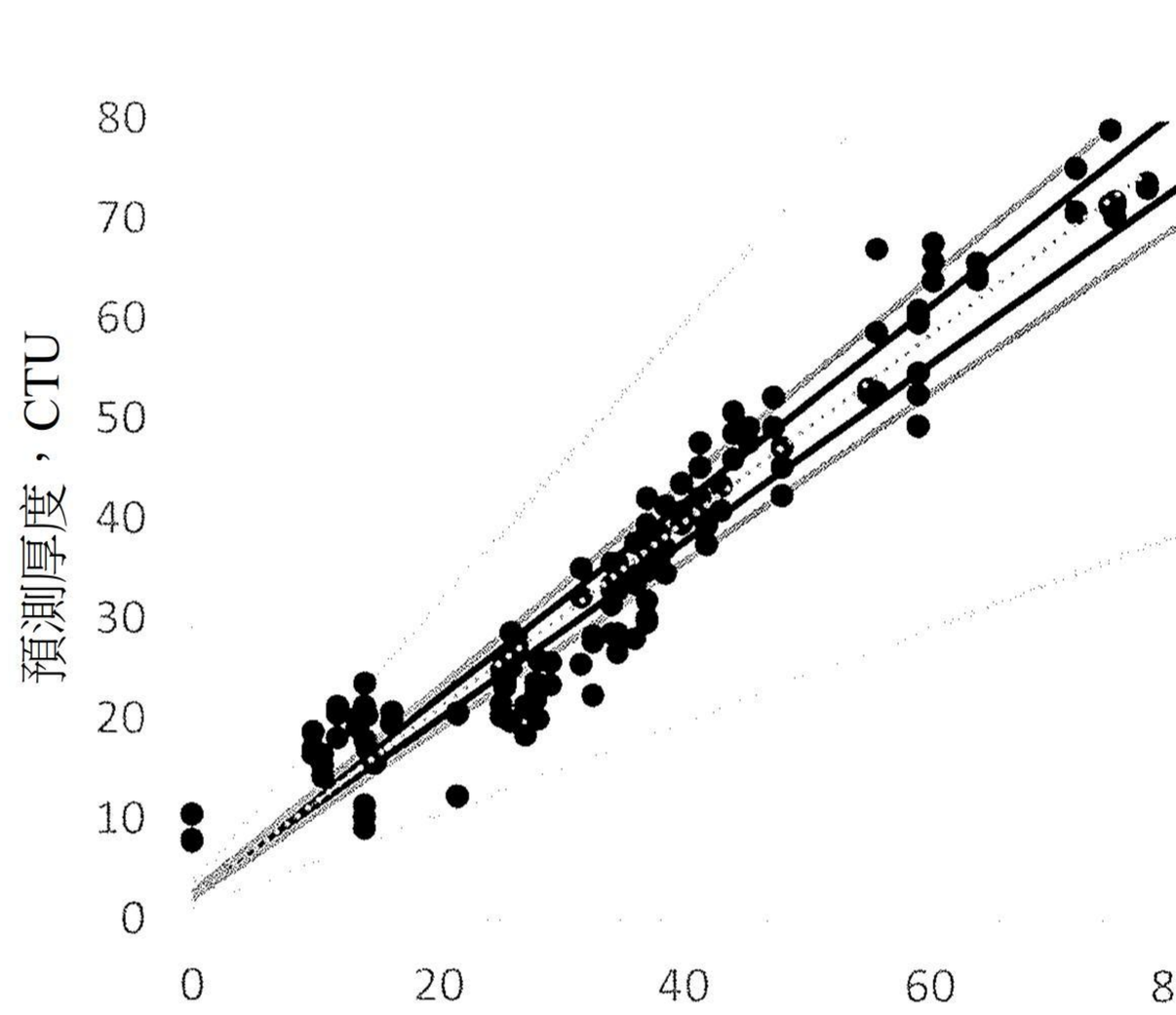
【圖9A】


1.05
1
0.95
0.9
0.85
0.8
綠色/紅色通道比率，任意單位
0
20
40
60
80
厚度，CTU

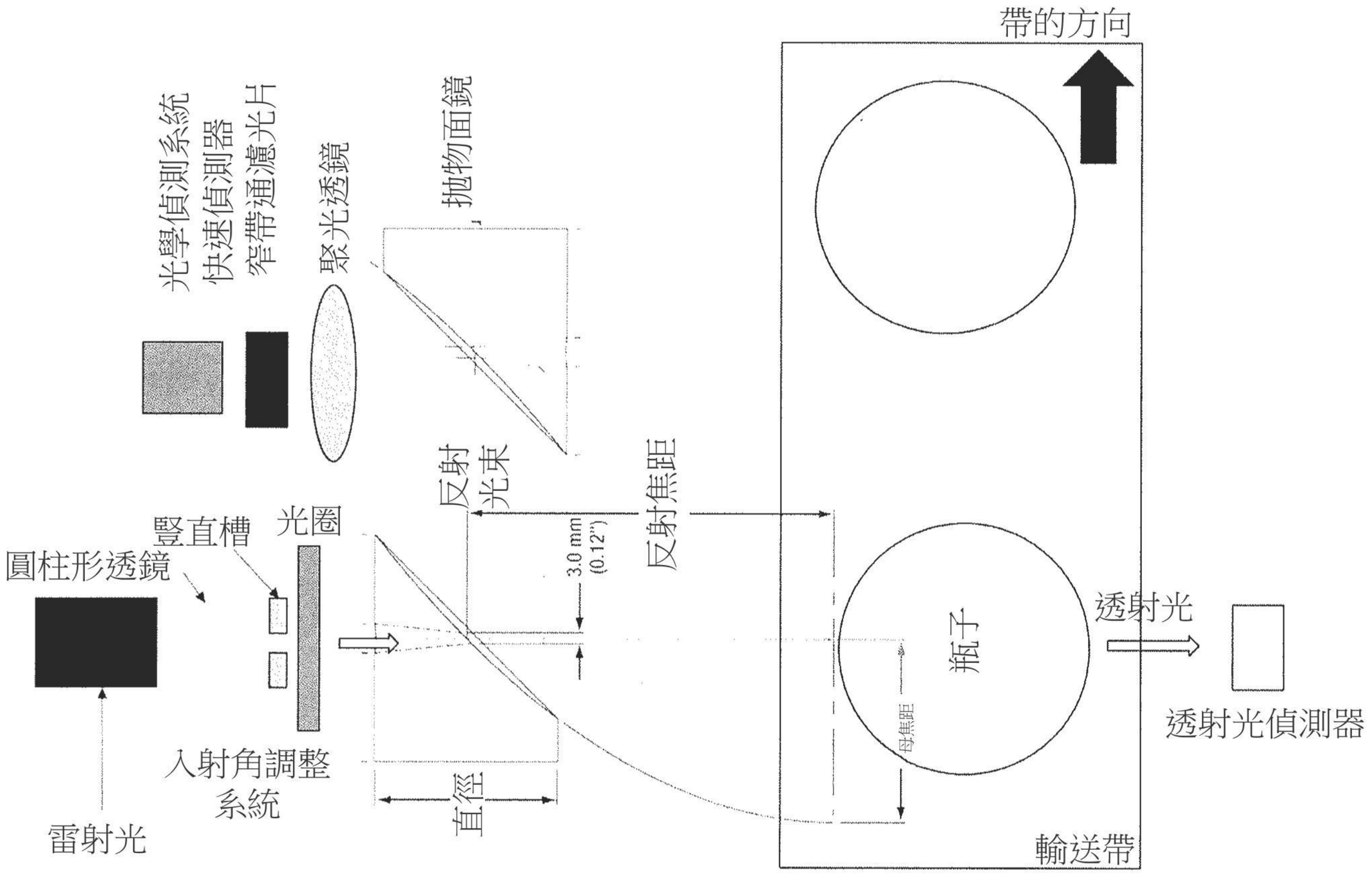
【圖9B】


16
15.5
15
14.5
14
13.5
13
12.5
12
mm
距離，
54000
59000
64000
69000
(G+R)/2光束尺寸

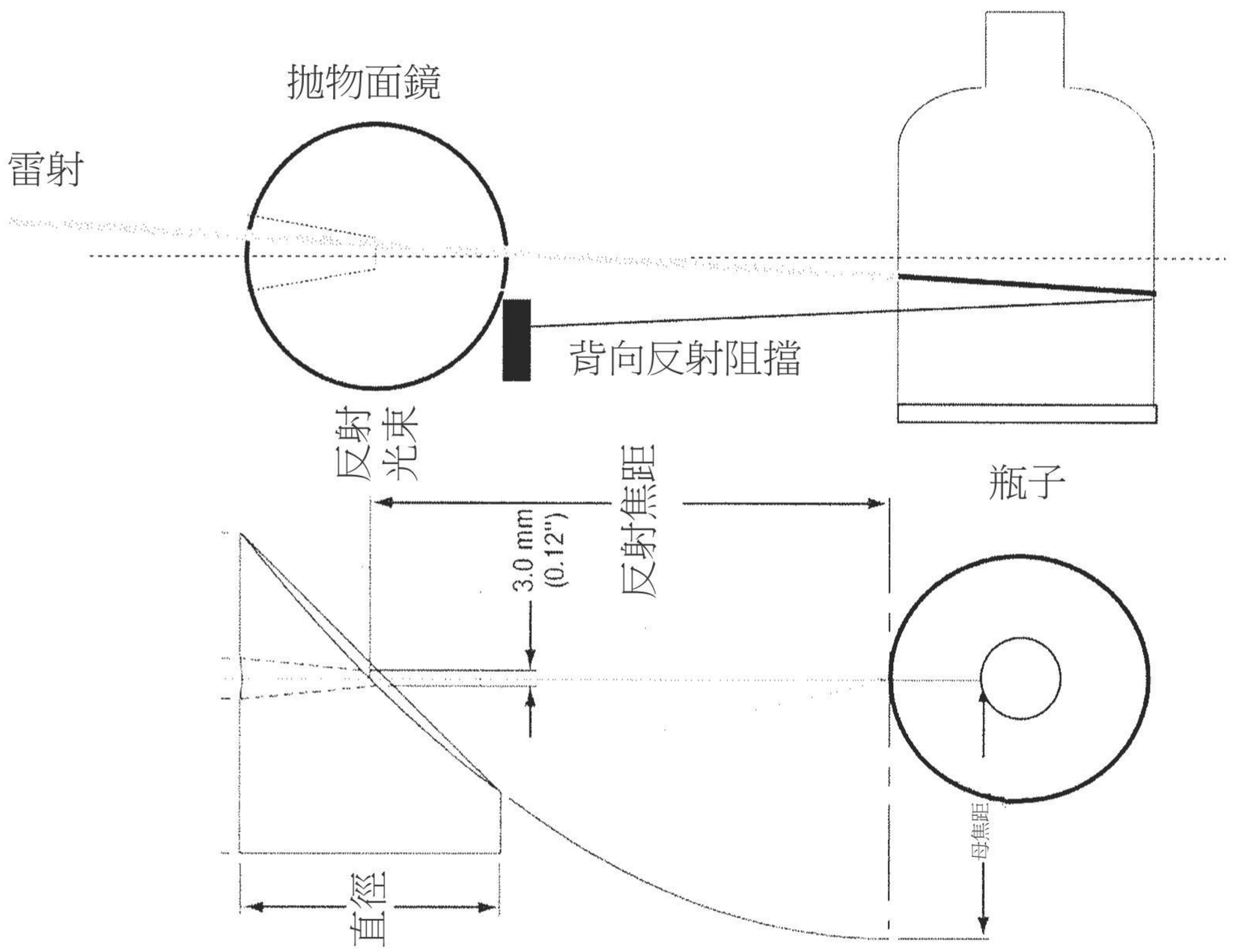
【圖10A】


80
70
60
50
40
30
20
10
0
預測厚度，CTU
0
20
40
60
80
AGR厚度，CTU

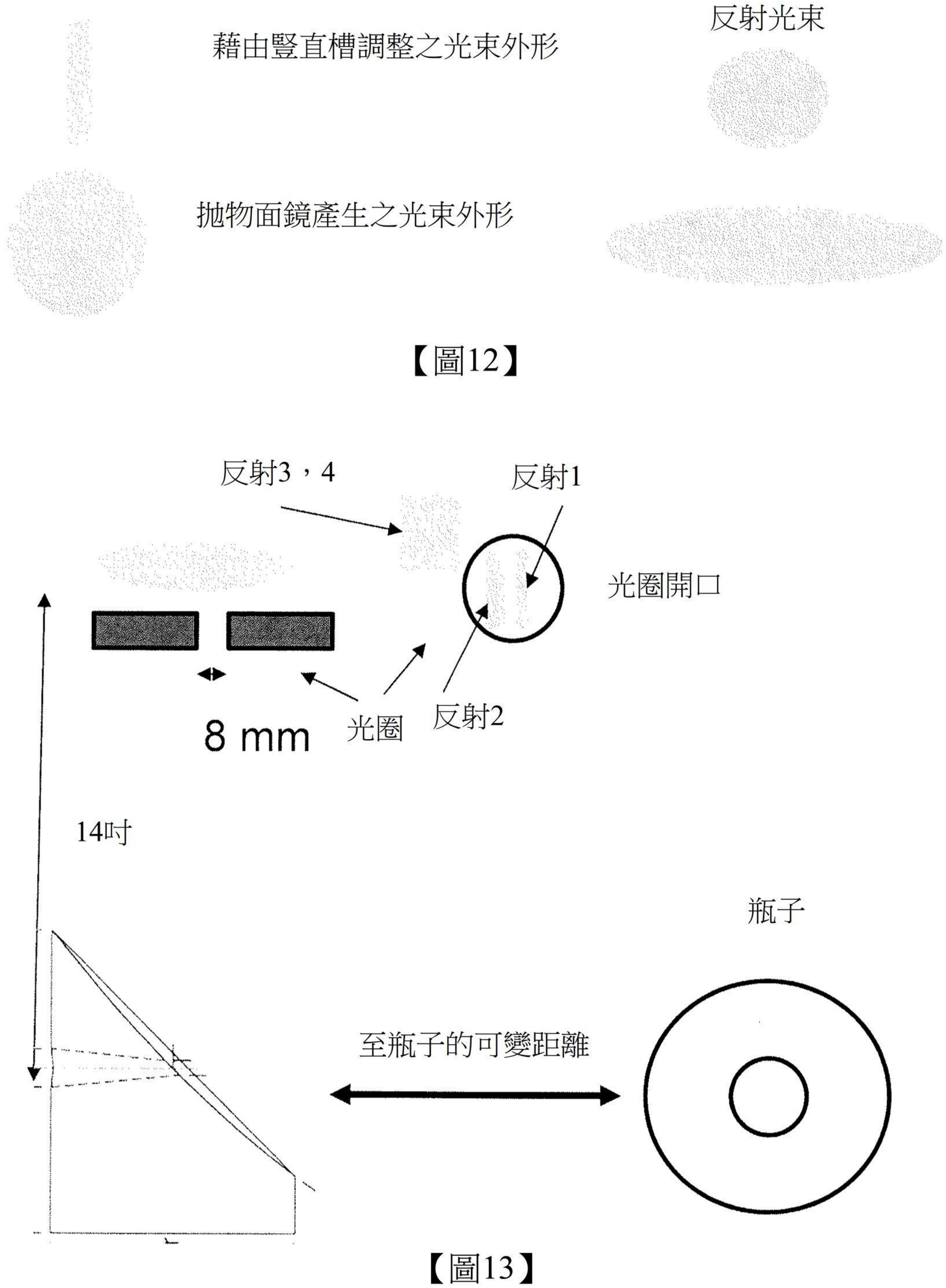
【圖10B】


光學偵測系統
快速偵測器
窄帶通濾光片
聚光透鏡
拋物面鏡
反射光束
反射焦距
3.0 mm (0.12")
豎直槽
光圈
圓柱形透鏡
入射角調整系統
雷射光
直徑
帶的方向
瓶子
母焦距
透射光
透射光偵測器
輸送帶

【圖11A】

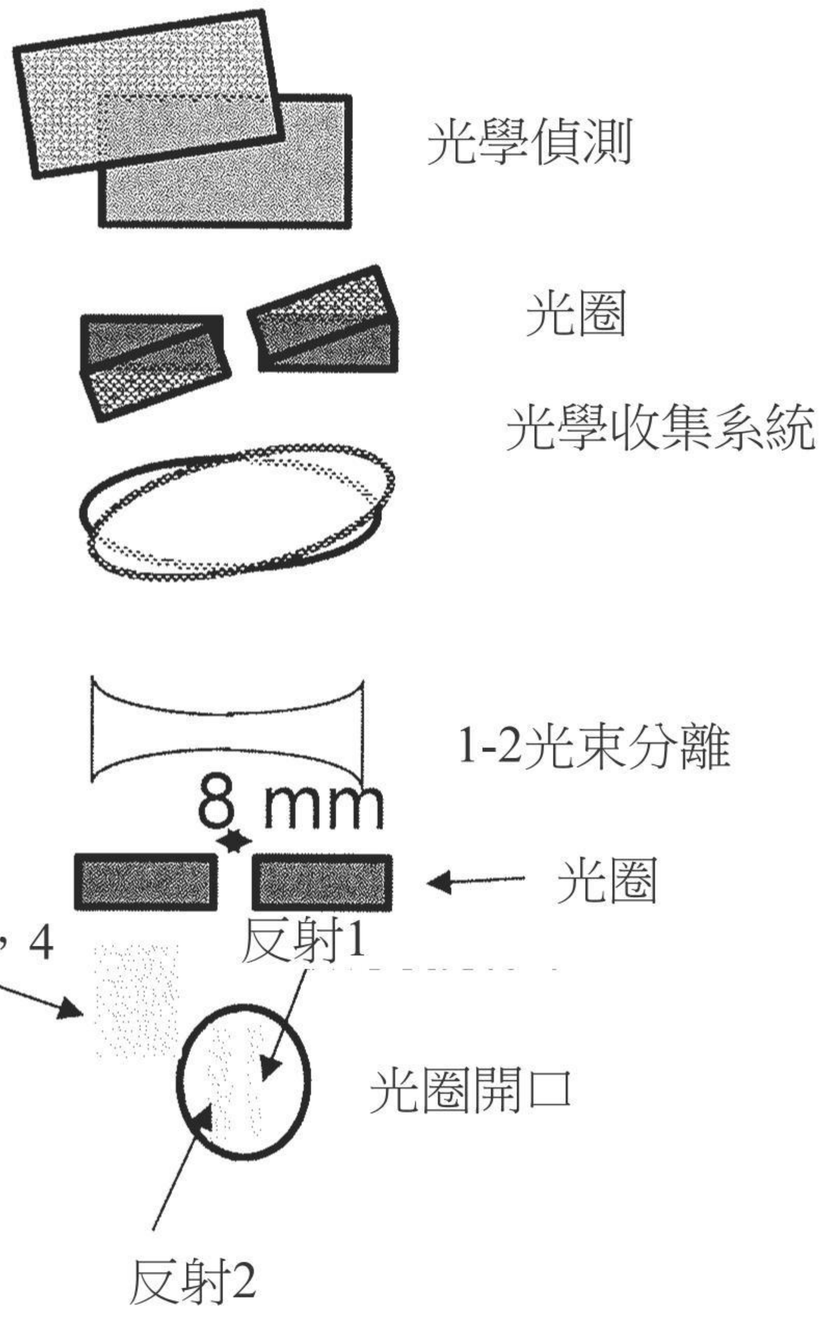

拋物面鏡
雷射
背向反射阻擋
反射光束
反射焦距
瓶子
3.0 mm (0.12")
直徑
母焦距

【圖11B】

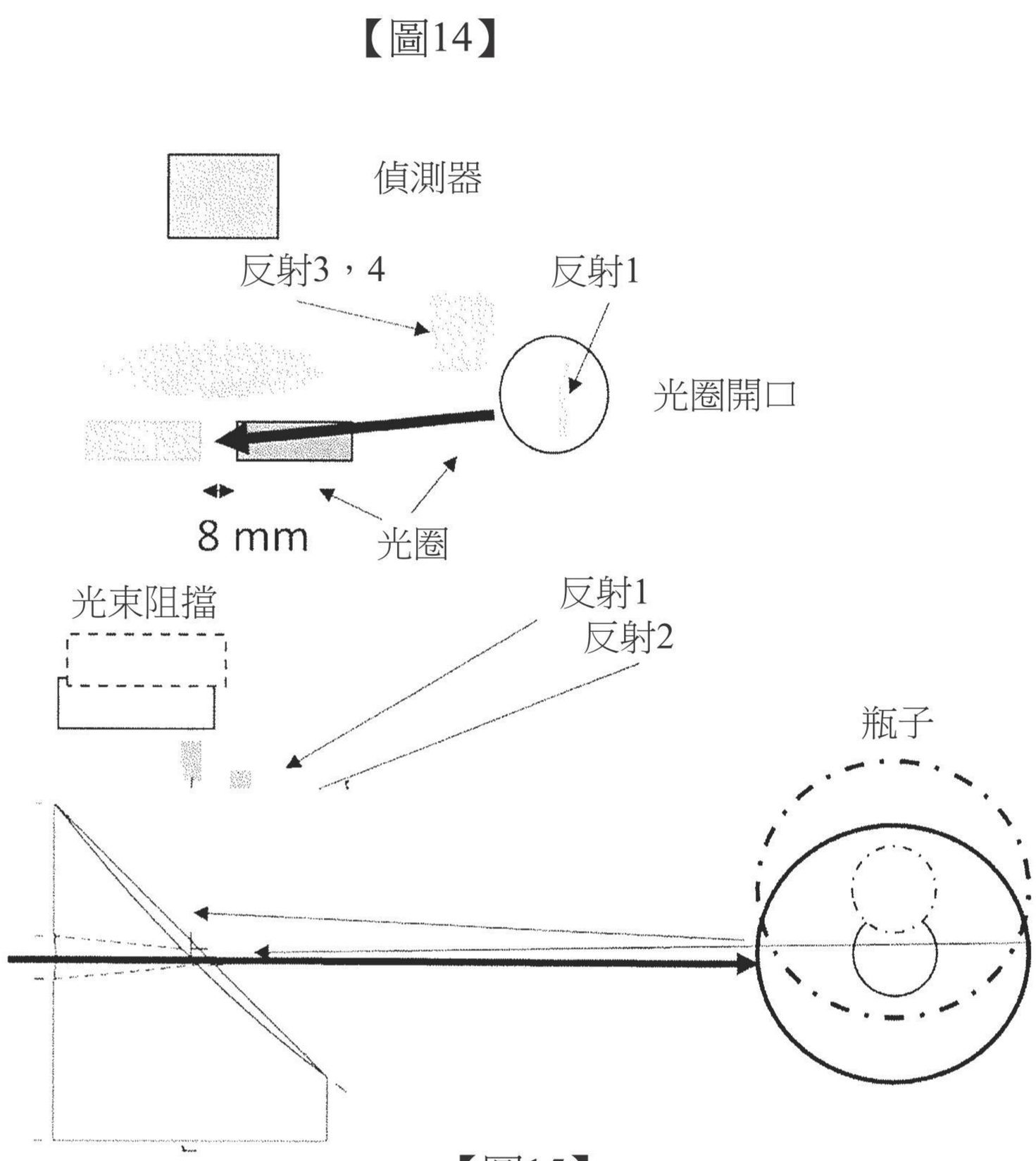

藉由豎直槽調整之光束外形
反射光束
拋物面鏡產生之光束外形
反射3，4
反射1
光圈開口
8 mm
光圈
反射2
14吋
瓶子
至瓶子的可變距離

【圖12】

【圖13】


光學偵測
光圈
光學收集系統
1-2光束分離
8 mm
光圈
反射3，4
反射1
光圈開口
反射2

【圖14】


偵測器
反射3，4
反射1
光圈開口
8 mm
光圈
光束阻擋
反射1
反射2
瓶子

【圖15】

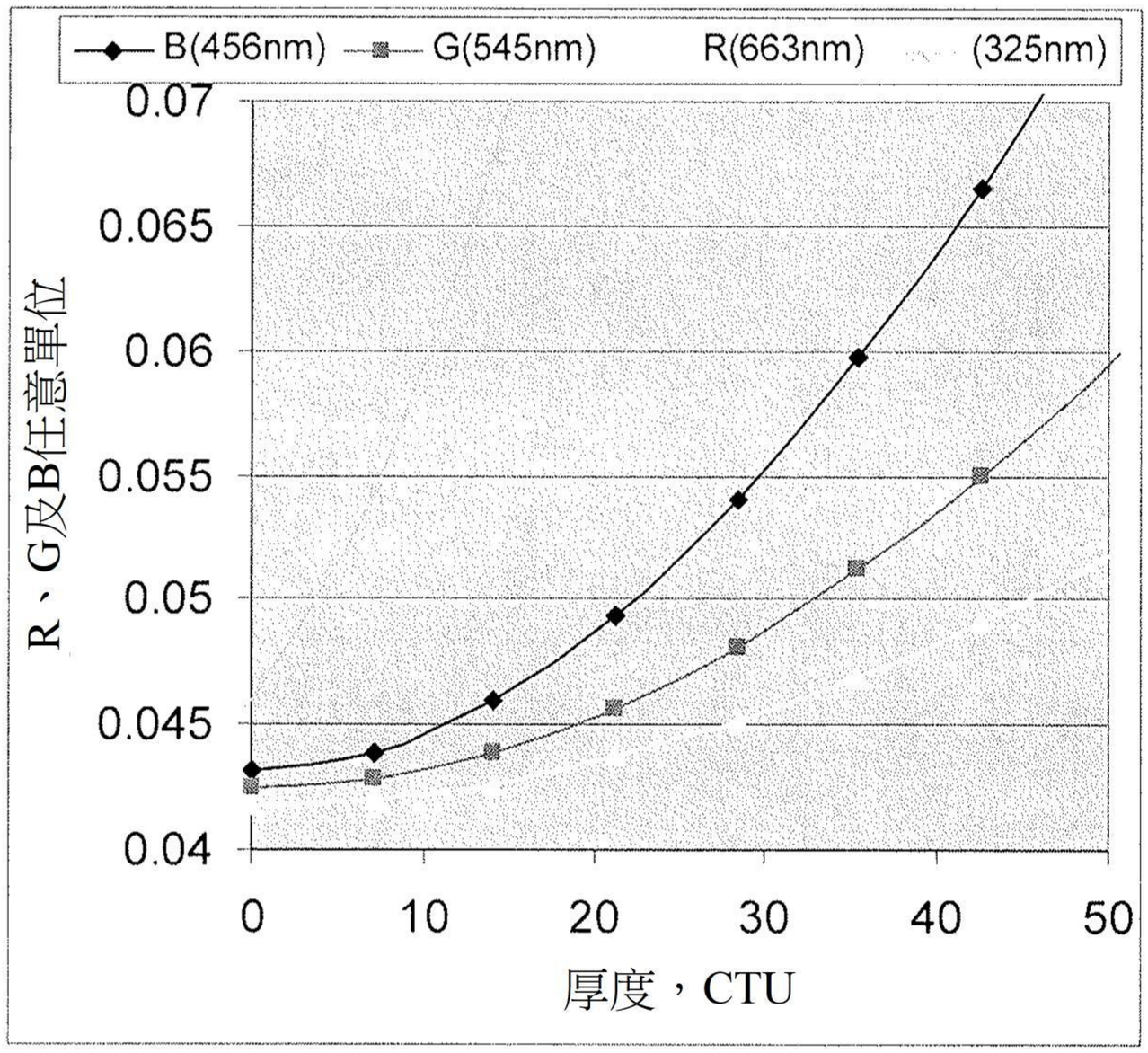


圖16A以零度入射之非偏振激發光源的R、G、B及325 nm波長通道強度

【圖16A】

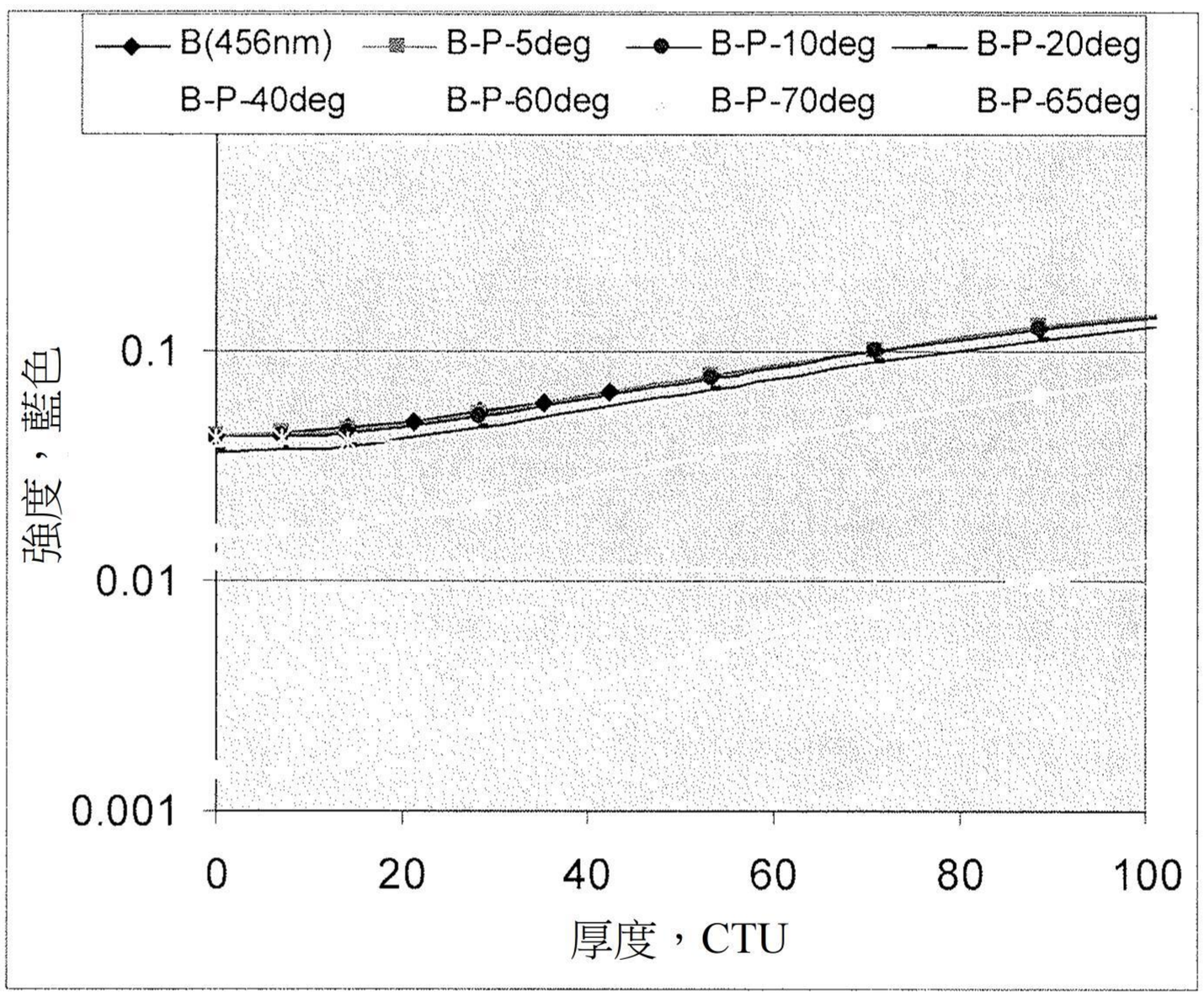


圖16B p偏振入射光之藍色(454nm)波長通道強度

【圖16B】

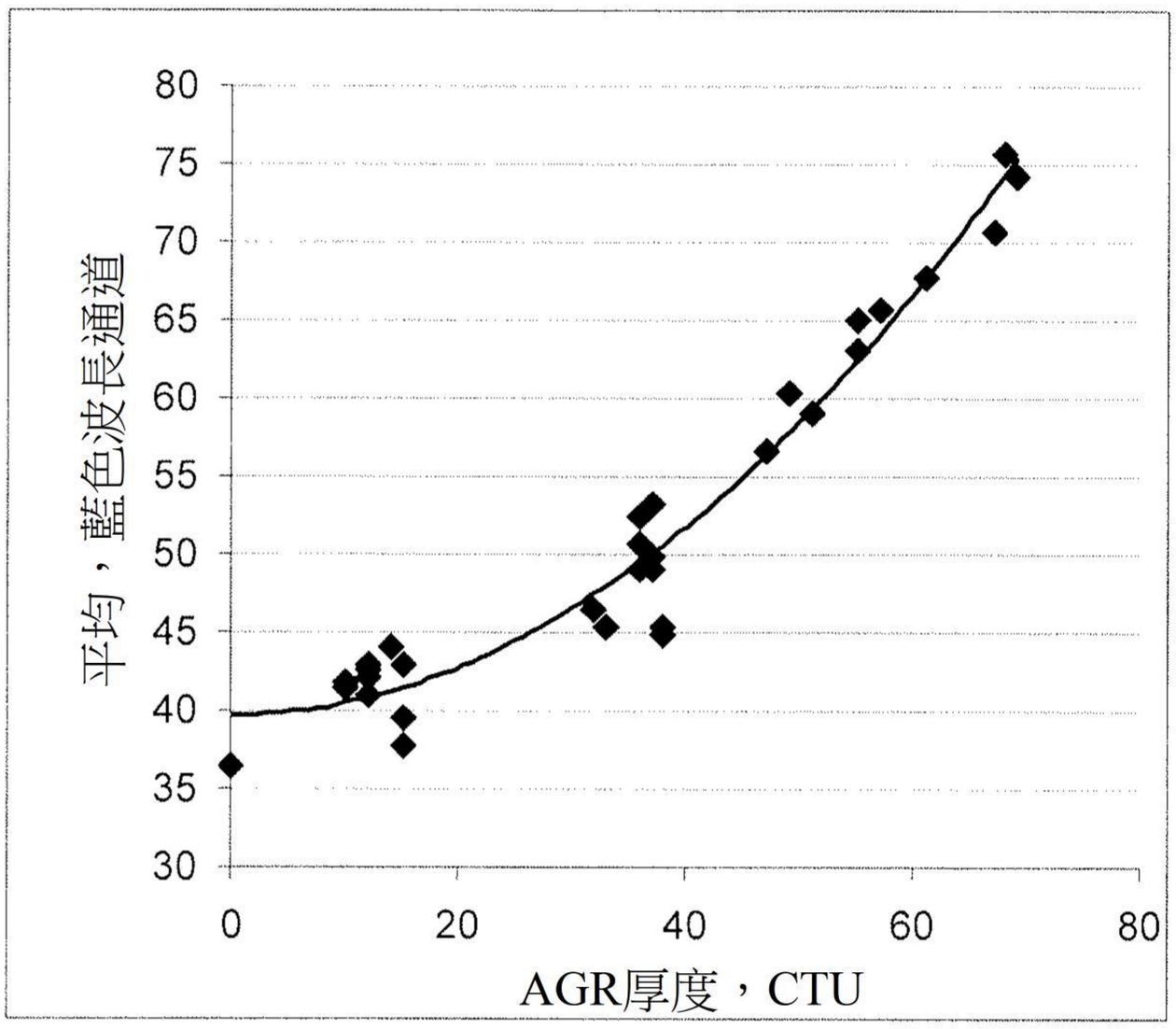


圖17隨塗層厚度變化之測量之藍色(454 nm)波長通道強度

【圖17】

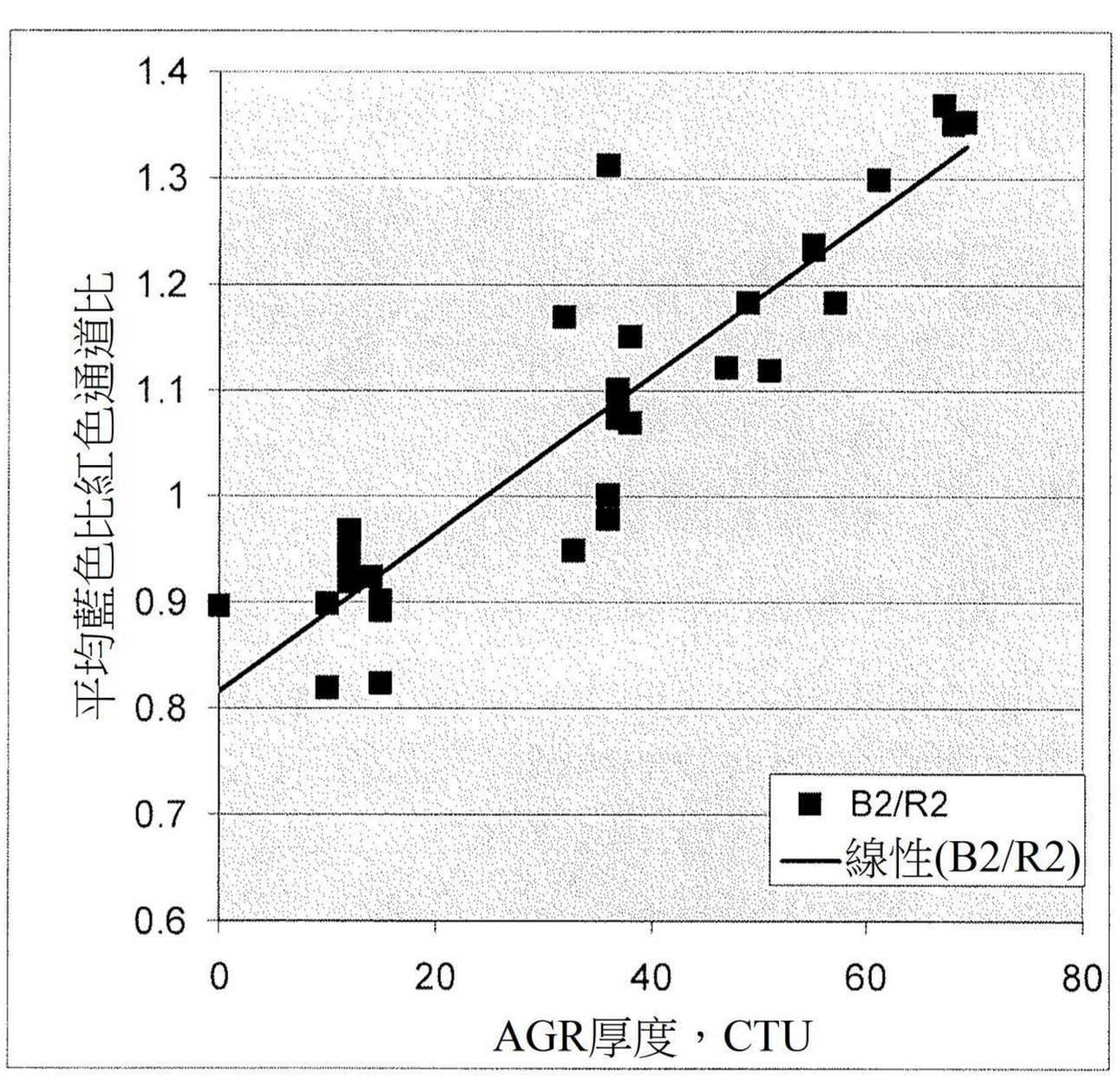
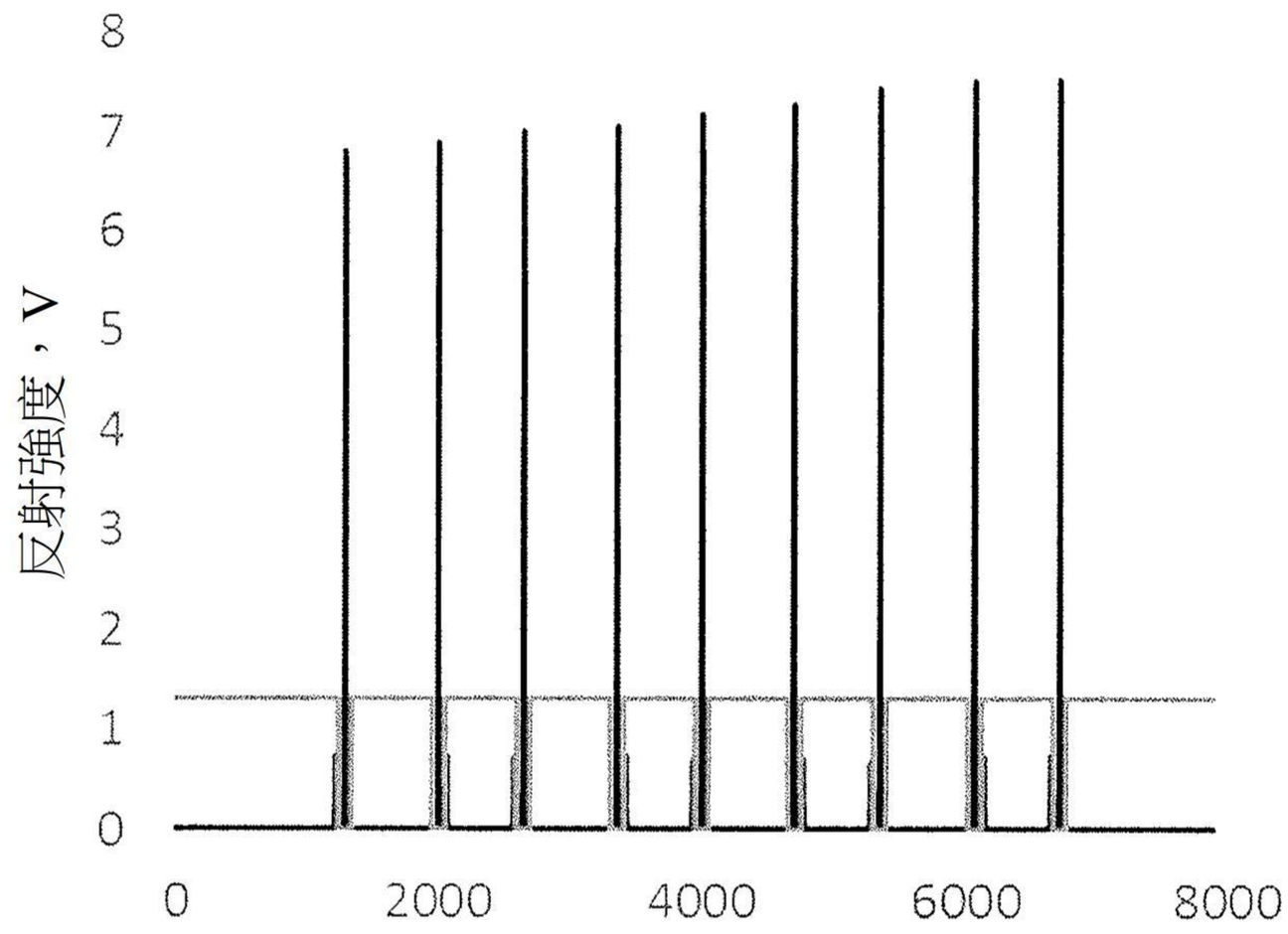
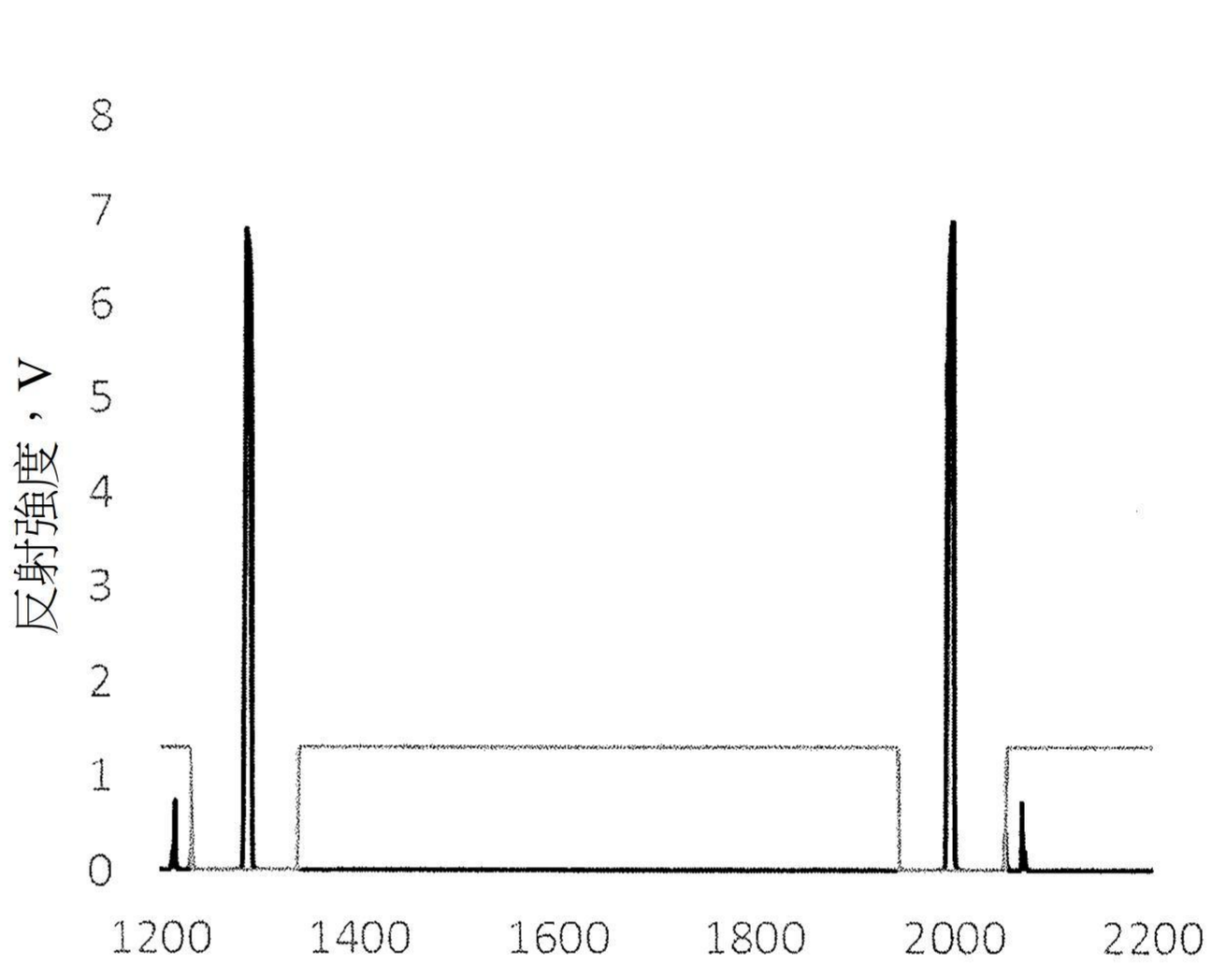


圖18 隨塗層厚度變化之測量之藍色(454 nm)/紅色(663nm)波長通道強度比

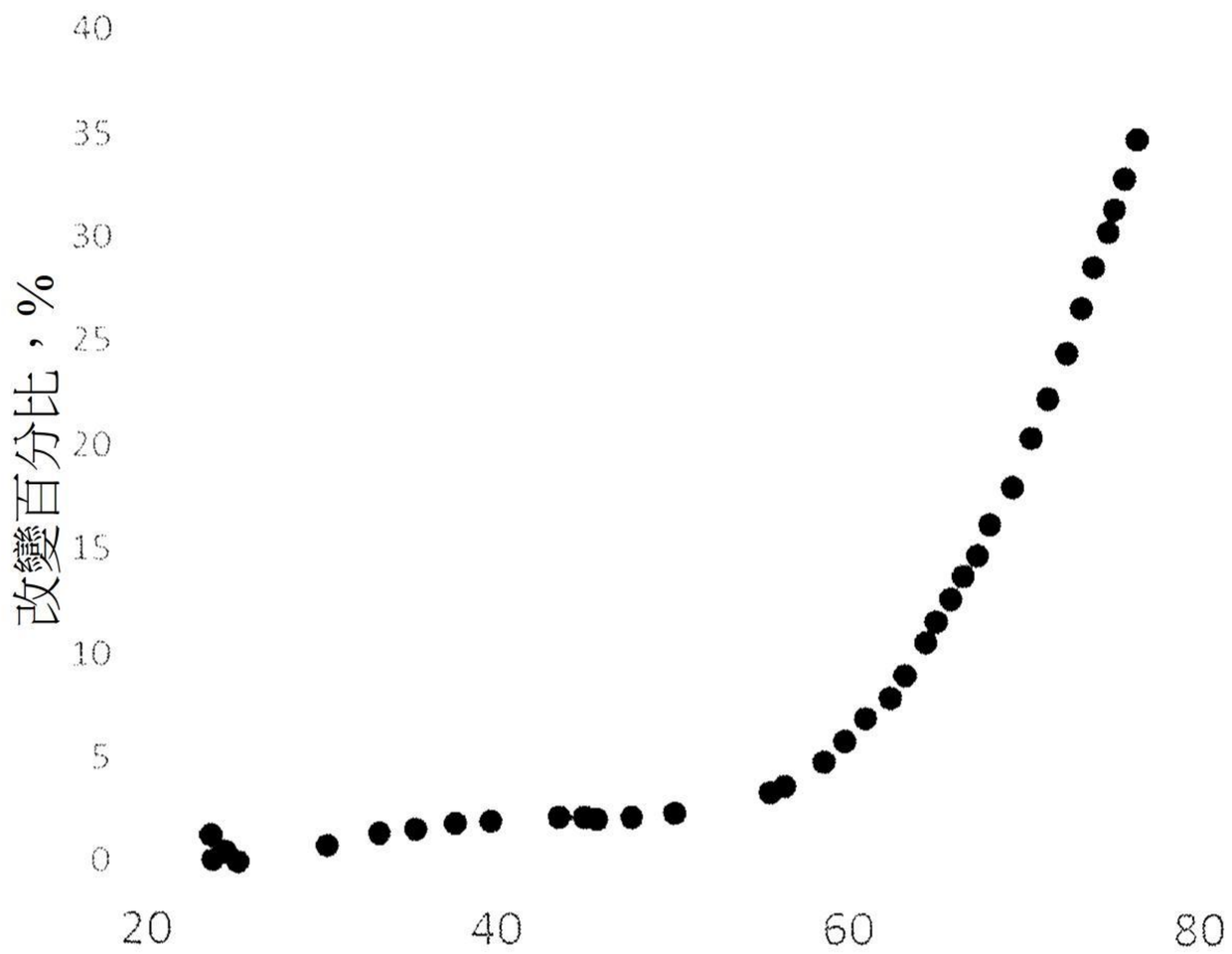
【圖18】


反射強度，V
8
7
6
5
4
3
2
1
0
0
2000
4000
6000
8000
時間，ms

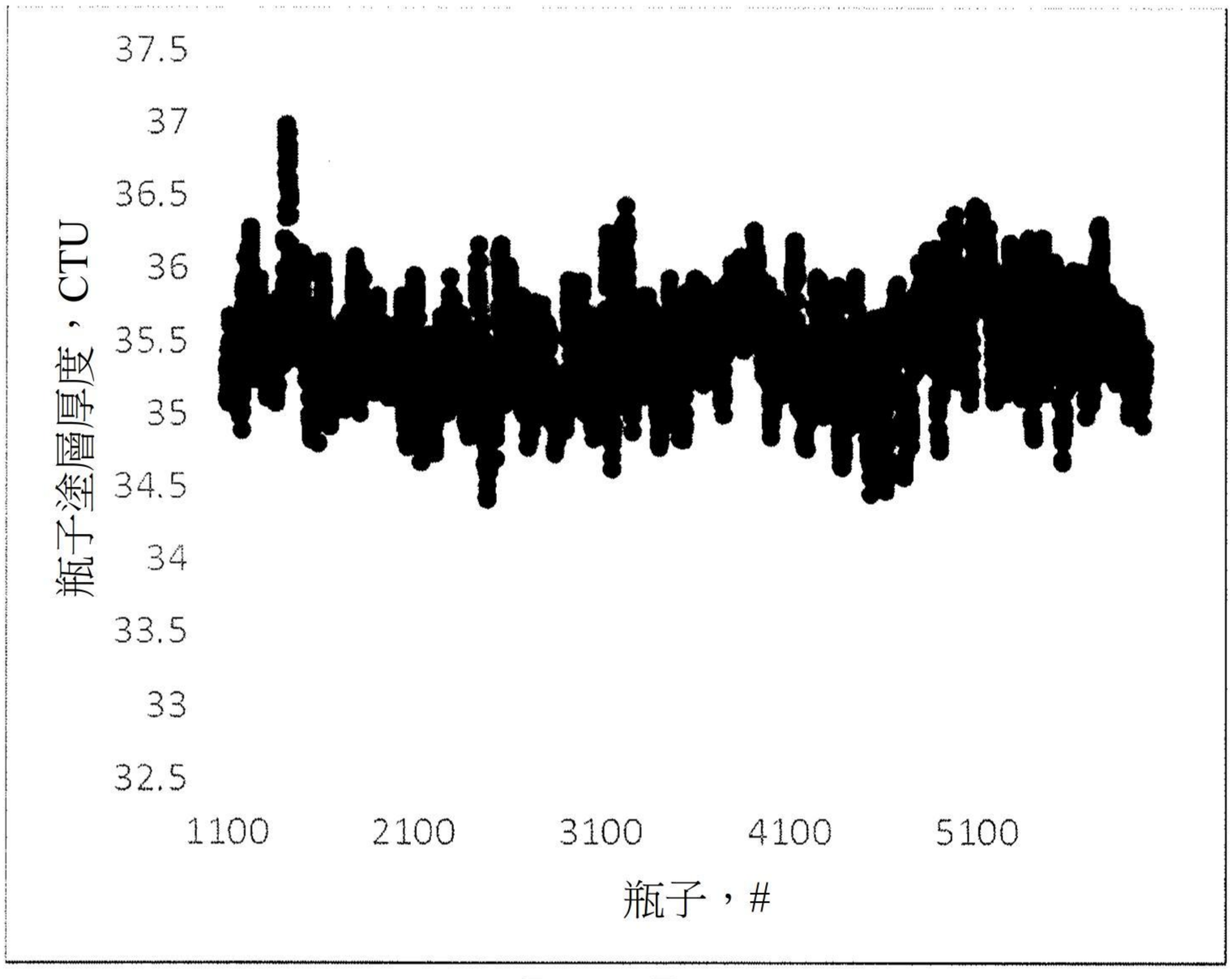
【圖19A】


反射強度，V
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1200
1400
1600
1800
2000
2200
時間，ms

【圖19B】


改變百分比，%
40
35
30
25
20
15
10
5
0
20
40
60
80
溫度，C

【圖20】


瓶子塗層厚度，CTU
37.5
37
36.5
36
35.5
35
34.5
34
33.5
33
32.5
1100
2100
3100
4100
5100
瓶子，#

【圖21】