



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201435689 A

(43) 公開日：中華民國 103 (2014) 年 09 月 16 日

(21) 申請案號：102136054

(22) 申請日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 04 日

(51) Int. Cl. : G06F3/042 (2006.01)

G02B6/26 (2006.01)

(30) 優先權：2012/10/04 美國

61/744,877

(71) 申請人：康寧公司 (美國) CORNING INCORPORATED (US)
美國

(72) 發明人：陳明漢 CHEN, MINGHAN (CN)；高力賈奎斯 GOLLIER, JACQUES (BE)；李明軍 LI, MING-JUN (US)；米勒威廉詹姆斯 MILLER, WILLIAM JAMES (US)；諾蘭丹尼爾艾洛伊修斯 NOLAN, DANIEL ALOYSIUS (US)

(74) 代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：28 項 圖式數：28 共 96 頁

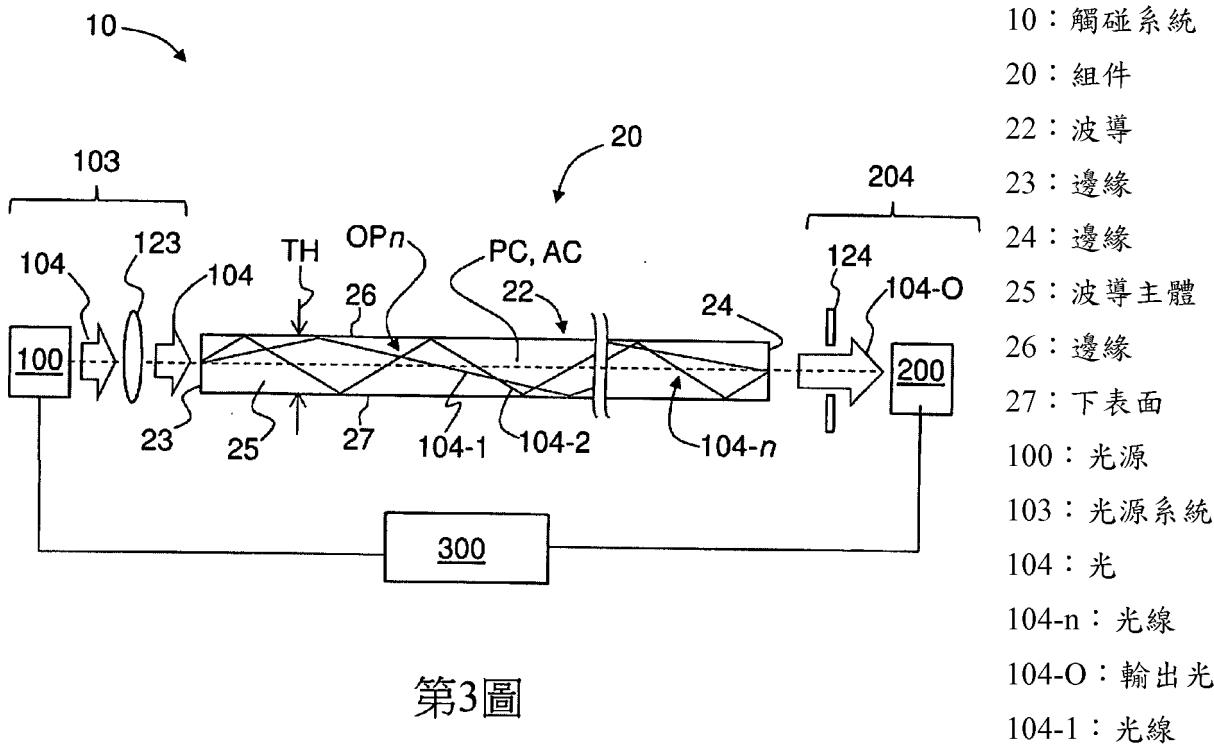
(54) 名稱

壓力感測觸碰系統及方法

PRESSURE SENSING TOUCH SYSTEMS AND METHODS

(57) 摘要

茲揭示用以基於施加在觸碰位置的壓力來感測觸碰事件之發生的壓力感測觸碰系統及方法。該觸碰系統包括操作性地鄰接波導之各個輸入和輸出邊緣所設置的光源系統及偵測器系統，該波導係處於透明片的形式或初形成於透明片中。在該波導上的觸碰位置引起觸碰事件的壓力導致該波導彎曲或撓曲。該波導彎曲導致藉由 FTIR 在該波導中行進的光之光路徑改變。這接著導致該輸出光中的光分佈改變。偵測該光分佈中的改變並使用該改變來測定觸碰事件是否發生以及該觸碰事件之時間進展。該輸出光中的改變可以包括藉由在該觸碰位置施加壓力而由該波導中誘導的雙折射導致的偏振變化。揭示各種偵測器架構，用以感測觸碰事件的位置和壓力。



104-2：光線

123：輸入光學系統

124：輸出光學系統

200：偵測器

204：偵測器系統

300：控制器

AC：中央軸

OPn：光路徑

PC：中央平面

TH：厚度



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201435689 A

(43) 公開日：中華民國 103 (2014) 年 09 月 16 日

(21) 申請案號：102136054

(22) 申請日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 04 日

(51) Int. Cl. : G06F3/042 (2006.01)

G02B6/26 (2006.01)

(30) 優先權：2012/10/04 美國

61/744,877

(71) 申請人：康寧公司 (美國) CORNING INCORPORATED (US)
美國

(72) 發明人：陳明漢 CHEN, MINGHAN (CN)；高力賈奎斯 GOLLIER, JACQUES (BE)；李明軍 LI, MING-JUN (US)；米勒威廉詹姆斯 MILLER, WILLIAM JAMES (US)；諾蘭丹尼爾艾洛伊修斯 NOLAN, DANIEL ALOYSIUS (US)

(74) 代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：28 項 圖式數：28 共 96 頁

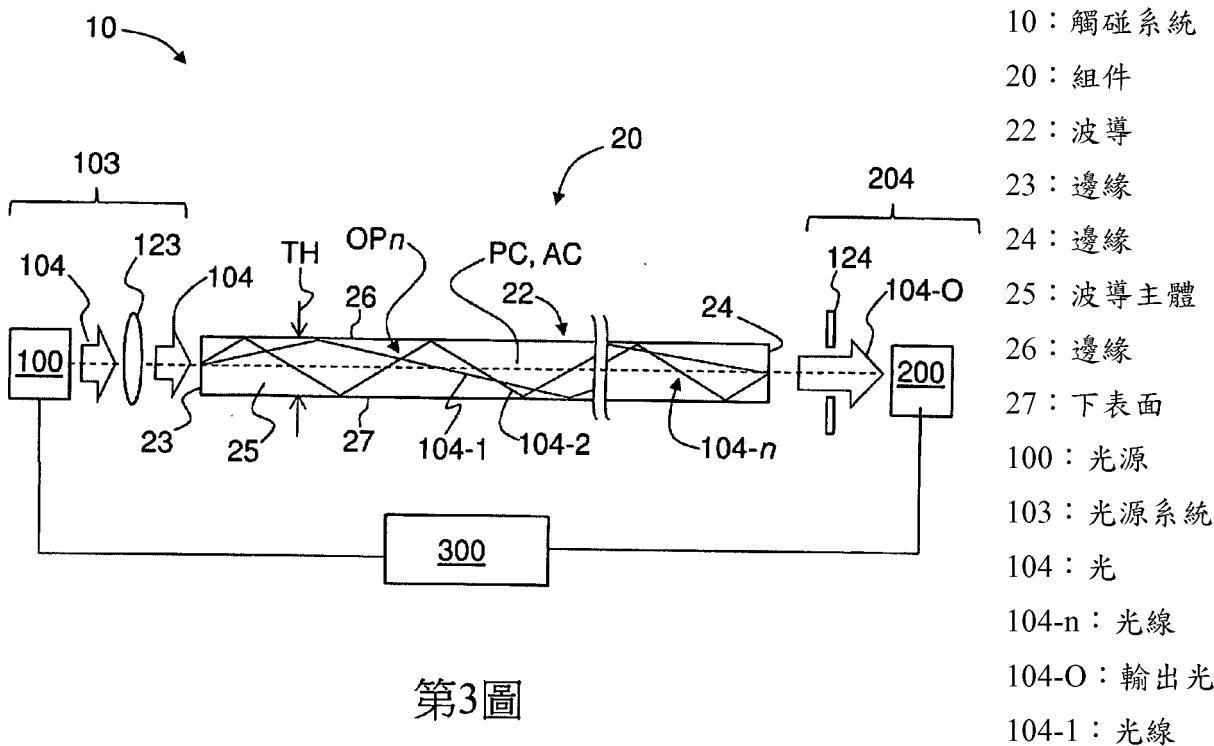
(54) 名稱

壓力感測觸碰系統及方法

PRESSURE SENSING TOUCH SYSTEMS AND METHODS

(57) 摘要

茲揭示用以基於施加在觸碰位置的壓力來感測觸碰事件之發生的壓力感測觸碰系統及方法。該觸碰系統包括操作性地鄰接波導之各個輸入和輸出邊緣所設置的光源系統及偵測器系統，該波導係處於透明片的形式或初形成於透明片中。在該波導上的觸碰位置引起觸碰事件的壓力導致該波導彎曲或撓曲。該波導彎曲導致藉由 FTIR 在該波導中行進的光之光路徑改變。這接著導致該輸出光中的光分佈改變。偵測該光分佈中的改變並使用該改變來測定觸碰事件是否發生以及該觸碰事件之時間進展。該輸出光中的改變可以包括藉由在該觸碰位置施加壓力而由該波導中誘導的雙折射導致的偏振變化。揭示各種偵測器架構，用以感測觸碰事件的位置和壓力。



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）

壓力感測觸碰系統及方法

PRESSURE SENSING TOUCH SYSTEMS AND
METHODS

【相關申請案的交叉引用】

【0001】 本專利申請案根據專利法主張於 2012 年 10 月 4 日提出申請的美國臨時專利申請案序號第 61/744,877 號的優先權權益，該申請案之內容為本案所依據且該申請案之內容以引用方式全部併入本文中。

【技術領域】

【0002】 本揭示係關於觸碰感測裝置，更具體而言，本揭示係關於能夠基於施加在觸碰位置的壓力而在該觸碰位置感測觸碰事件的觸碰系統及方法。

【先前技術】

【0003】 顯示器及其他具有非機械式觸碰功能性的裝置（例如鍵盤）之市場正快速成長。結果，觸碰感測技術已被發展出，以使顯示器及其他裝置具有觸碰功能性。觸碰感測功能性正在行動裝置應用上取得更廣泛的使用，例如智慧型手機、電子書閱讀器、膝上型電腦、平板電腦及類似的裝置。

【0004】 觸碰螢幕形式的觸碰系統已被發展出，觸碰螢幕形式的觸碰系統可回應各種類型的觸碰，例如單一觸碰、多個

觸碰、擦碰、手指觸碰及尖筆觸碰。這些系統中的一些系統依賴光散射及/或光衰減。雖然有效，但對於替代的、基於光學元件的觸碰感測方法來說，仍然有可以基於施加在觸碰位置的壓力來感測觸碰事件的需求。

【發明內容】

【0005】 本揭示係關於觸碰敏感性裝置，特定言之，本揭示係關於基於施加在觸碰事件之觸碰位置的壓力來偵測觸碰事件的觸碰系統。該等系統和方法之態樣利用對該波導施加壓力時在波導內行進的光之偏向、轉向或其他改變。光束的改變包括改變光束路徑、將該路徑分成多個光束、在多個光束之間產生干涉、產生多個輸出光束以及改變輸入光束之偏振狀態。

【0006】 本揭示之態樣包括採用光彎曲效果和光偏振效果的觸碰系統。該觸碰系統包括操作性地鄰接波導之各個輸入和輸出邊緣所設置的光源系統及偵測器系統，該波導係處於透明片的形式。該波導還可以只包括一部份的透明片，例如鄰接該透明片之上表面的經離子交換或薄波導層。在該波導上的觸碰位置引起觸碰事件的壓力導致該波導彎曲或撓曲。該波導彎曲導致在該波導中行進的 FTIR 光之光路徑改變。這接著導致該輸出光中的光分佈改變。偵測該光分佈中的改變並使用該改變來測定觸碰事件是否發生以及該觸碰事件之時間進展。該改變可以包括藉由在該觸碰位置施加壓力而由該波導中誘導的雙折射導致的偏振變化。

【0007】 揭示出本揭示包括各種偵測器架構的態樣，用以感

測觸碰事件之位置和壓力，例如藉由偵測通過該偵測器的條紋移動。同時，可以採用在不同的偵測器偵測輸出光來對給定的觸碰事件量測偵測器訊號之間的時間差，然後使用該時間差來測定該觸碰事件之觸碰位置。揭示各種偵測器架構和偵測器訊號處理技術，以測定在該觸碰事件的壓力量以及該施加壓力的時間進展。

【0008】 將在以下的詳細描述中提出本揭示之其他特徵與優點，並且對於本技術領域中具有通常知識者而言，從該描述，有部分的特徵與優點將是顯而易見的，或者可藉由實施本文中所描述的、包括以下實施方式、申請專利範圍及附圖的揭示內容來認可該等特徵與優點。

【0009】 申請專利範圍及摘要被併入並構成以下提出的實施方式之一部份。

【0010】 以引用方式將本文中引用的所有出版品、文章、專利、公開的專利申請案及類似者全部併入本文中，包括美國專利申請案公開第 2011/0122091 號及美國臨時專利申請案第 61/564,003 號、第 61/564,024 號及第 61/640,605 號。

【圖式簡單說明】

【0011】 第 1A 圖為依據本揭示的示例性觸碰系統之面上 (face-on) 視圖；

【0012】 第 1B 圖為第 1A 圖的觸碰系統之一部分的面上視圖，圖示操作性地配置在波導之各個相對邊緣附近的多光源系統及多偵測器系統之實例；

【0013】 第 2A 圖和第 2B 圖為包括多個光源元件的示例性光

源（第 2A 圖）及包括多個偵測器元件的示例性偵測器（第 2B 圖）之自上而下的視圖；

【0014】 第 3 圖為第 1A 圖的觸碰系統之示例性實施例的剖面圖；

【0015】 第 4A 圖至第 4D 圖為第 1A 圖的觸碰系統之不同示例性實施例的剖面圖；

【0016】 第 5A 圖至第 5C 圖為對於不同的波導彎曲量，在波導之輸出邊緣的輸出光之近區圖像，並且第 5A 圖圖示無彎曲的情況；

【0017】 第 6A 圖和第 6B 圖為波導之示意性側視圖，圖示如何彎曲波導而使在波導中行進的光移動較長的光路徑；

【0018】 第 6C 圖和第 6D 圖為波導的輸入邊緣部分之特寫視圖，圖示在未彎曲波導中無反射行進的準直光（第 6A 圖）如何可以在彎曲波導中反射行進（第 6B 圖）；

【0019】 第 6E 圖為波導的輸出邊緣部分之特寫視圖，圖示來自彎曲波導的輸出光如何離開輸出邊緣並具有不均勻的（不同質的）分佈；

【0020】 第 6F 圖圖示在波導之輸出邊緣的輸出光之強度分佈，並圖示當波導撓曲（彎曲）量增加時輸出光之強度分佈發生的變化；

【0021】 第 6G 圖圖示在示例性波導之輸出邊緣取得的輸出光 104-O 之一系列圖像，並且該等圖像顯示強度分佈中的變化以及強度圖案隨著波導的彎曲增加而平移；

【0022】 第 7A 圖為示例性波導之示意性剖面圖，並且手指

準備好在中央觸碰位置產生一個觸碰事件 TE；

【0023】 第 7B 圖圖示第 7A 圖的波導，並且藉由手指在波導上表面上施加向下的壓力而引發觸碰事件，從而導致波導撓曲；

【0024】 第 7C 圖與第 7B 圖類似，不同之處在於觸碰事件發生在較靠近輸出邊緣的觸碰位置；

【0025】 第 8 圖為對於中心位置(方形)和邊緣位置(菱形)，在給定輸出邊緣位置的輸出光之量測功率 P_M (單位為微瓦， μW) 對比施加的觸碰力 F_T (單位為牛頓，N) 之圖，圖示邊緣位置的功率變化如何小於中心位置的功率變化；

【0026】 第 9A 圖和第 9B 圖為在示意性彎曲波導之輸出邊緣、輸出光的兩個方向(位置)上發射的輸出光之模擬的和量測的遠區圖像；

【0027】 第 9C 圖為對於兩個光方向(位置)，由設置在光點位置的光偵測器測定的功率%對比玻璃變形(mm)之圖；

【0028】 第 10 圖為對於兩個遠區光點中之一者，當施加 1 牛頓的瞬間力於示意性波導時電壓對比時間之圖，該示意性波導係由厚度 TH 為 1.2 mm 的玻璃所製成，其中該電壓表示量測的功率；

【0029】 第 11A 圖和第 11B 圖為示意性波導的輸出邊緣部分之特寫剖面圖，顯示不同量的波導彎曲之模擬光線蹤跡，並圖示偵測器設置在下表面(第 11B 圖)及上和下表面兩者(第 11B 圖)上的實施例；

【0030】 第 12A 圖至第 12C 圖為示意性波導之示意圖，顯示

例如輸入光部分填滿波導（第 12A 圖）、大部分填滿波導（第 12B 圖）及大體上完全填滿波導（第 12C 圖）的模擬光線；

【0031】 第 13 圖與第 11B 圖類似並圖示示意性的偵測器架構，其中設置兩個偵測器使得偵測器訊號為異相；

【0032】 第 14 圖圖示藉由加總輸出光之電場而非強度所獲得的輸出光束之一系列模擬圖像；

【0033】 第 15 圖為包括增強波導能力的上和下包覆層的示意性波導之示意性部分放大側視圖，而且還圖示與包覆的波導之下表面接面的顯示單元；

【0034】 第 16 圖為依賴偏振效應用於觸碰感測的觸碰系統 10 之示意性實施例的示意圖；

【0035】 第 17 圖為來自兩個偵測器（偵測器 A、偵測器 B）的偵測器訊號 SD 之圖，圖示可以如何使用兩個偵測器來提供增強的訊號偵測和量測敏感性；

【0036】 第 18A 圖至第 18E 圖為藉由第 16 圖的觸碰系統偵測的輸出光之圖像，圖示由於在觸碰位置給予波導所引發的應力雙折射，偵測的輸出光量如何隨著波導彎曲增加而變化；

【0037】 第 19A 圖至第 19C 圖為第 16 圖的觸碰系統之示意性實施例的示意性側視圖，並且第 19B 圖和第 19C 圖圖示示意性的離子交換波導；

【0038】 第 20 圖為與第 3 圖和第 4A 圖中圖示的類似的示意性觸碰系統之示意性側視圖，但其中波導區域係形成為鄰接玻璃基板之上表面的薄層；

【0039】 第 21 圖繪製對於第 20 圖的示意性觸碰系統，在中

心和邊緣觸碰位置收集的功率（奈瓦）對比施加力（牛頓）；

【0040】 第 22 圖和第 23 圖為觸碰系統 10 的示意性架構之自上而下的示意圖，其中通道波導區域係形成在玻璃片上；

【0041】 第 24 圖為對於兩個不同的觸碰事件位置偵測器訊號振幅對比時間之圖，圖示不同觸碰位置的偵測器訊號之間如何有可量測的時間落後，從而提供決定觸碰事件位置的手段；

【0042】 第 25A 圖為示意性壓力感測顯示系統之正面視圖，本圖圖示本文中揭示的觸碰系統與顯示單元接面；

【0043】 第 25B 圖為第 16A 圖的壓力感測顯示系統之剖面圖；

【0044】 第 26A 圖為包括傾斜衰減器的示意性觸碰系統之偵測器端的剖面圖，該衰減器位於鄰接偵測器處；

【0045】 第 26B 圖為標準化透射 T 對比衰減過濾器高度之示意性圖式，顯示示意性的過濾器衰減分佈；

【0046】 第 27A 圖至第 27D 圖為對於用以偵測輸出訊號中的條紋的四個不同偵測器架構，偵測器訊號對比框數 (#) 之圖，以測定被施加在觸碰位置的壓力量；以及

【0047】 第 28A 圖至第 28C 圖對本文所述基於偏振的實施例提供補充資訊。

【0048】 為了參照的緣故在某些圖式中顯示直角座標，但並無意圖將直角座標視為有關方向或方位的限制。

【實施方式】

【0049】 參照以下的實施方式、圖式、實例和申請專利範圍

以及先前的和之後的描述可以更容易地瞭解本揭示。然而，在揭示和描述本組合物、物件、裝置及方法之前，應瞭解的是，本揭示並不限於所揭示的特定組合物、物件、裝置及方法，除非另有具體指明，因此本揭示當然可以有所改變。還應瞭解的是，本文中使用的用語只是為了描述特定態樣的目的，並無限制之意圖。

【0050】 提供本揭示之以下描述以本揭示之現有已知實施例作為本揭示之致能教示。為達此目的，在相關技術領域中具有通常知識者將認可和理解的是，可以對本文所述的揭示內容之各種態樣進行許多的改變，同時仍可獲得本揭示之有益效果。還將顯而易見的是，本揭示的一些所需效益可以藉由選擇本揭示的一些特徵而不使用其他的特徵來獲得。因此，本技術領域中之工作者將認可的是，對本揭示內容的許多修改和適變都是可能的，而且在某些情況下甚至會是理想的，並且為本揭示之一部分。因此，提供以下的描述作為本揭示之原理的說明而非本揭示之限制。

【0051】 茲揭示可用於所揭示方法和組合物之實施例的材料、化合物、組合物及元件，可與所揭示方法和組合物之實施例一起使用的材料、化合物、組合物及元件，可用於製備所揭示方法和組合物之實施例的材料、化合物、組合物及元件，或為所揭示方法和組合物之實施例的材料、化合物、組合物及元件。本文中揭示這些及其他材料，而且應瞭解的是，當揭示出這些材料的組合、子集合、交互作用、群組等之時，雖然可能沒有明確揭示具體參照這些化合物的每個各

種個別的和集體的組合和排列，但本文中已具體構思及描述了每一者。

【0052】 因此，假使揭示了一類的取代物 A、B 及 C 以及一類的取代物 D、E 及 F，並且揭示了組合實施例 A-D 之實例，則每一者皆被個別地和集體地構思了。因此，在本實例中，組合 A-E、A-F、B-D、B-E、B-F、C-D、C-E 及 C-F 中之每一者皆被具體構思，而且應被視為從 A、B 及/或 C、D、E 及/或 F、以及示例性組合 A-D 之揭示被揭示。同樣地，這些之任何子集或組合亦被具體構思和揭示。因此，舉例來說，子群組 A-E、B-F 及 C-E 係被具體構思，並且應被視為從 A、B 及/或 C、D、E 及/或 F、以及示例性組合 A-D 之揭示被揭示。此概念適用於本揭示之所有態樣，包括但不限於組合物之任何成分、及製作和使用所揭示組合物的方法中之步驟。因此，假使有各種可被進行的額外步驟，則應瞭解的是，可以與任何特定實施例或所揭示方法之實施例組合一起進行這些額外步驟中之每一者，而且每個這樣的組合係被具體構思並且應被視為已揭示。

壓力感測觸碰系統

【0053】 第 1A 圖為依據本揭示的示例性壓力感測觸碰系統（「觸碰系統」）10 之示意圖。觸碰系統 10 可用於各種的消費性電子物品，例如與用於行動電話的顯示器、鍵盤、觸碰螢幕及其他電子裝置一起使用，該等電子裝置例如這些能夠無線通訊者、音樂播放器、筆記型電腦、行動裝置、遊戲控制器、電腦「鼠」、電子書閱讀器及類似者。

【0054】 第 1A 圖的示例性觸碰系統 10 包括大致平面的光導組件（「組件」）20，細節將在下面描述。組件 20 包括波導 22，並且至少一光源 100 和至少一偵測器 200 位於波導的周邊 P 附近。至少一光源 100 和至少一偵測器 200 係光學性地經由波導耦接，如以下更詳細說明的。

【0055】 藉由舉例的方式將一個光源 100 和一個偵測器 200 圖示在組件 20 中。周邊 P 包括鄰近光源 100 的邊緣（端）23 和鄰近偵測器 200 的邊緣（端）24。周邊 P 可以具有任何合理的形狀，並且藉由舉例的方式將周邊 P 圖示為矩形。組件 20 可以大致上為矩形，並且在圖示的實例中，波導 22 在 X 方向上具有尺寸（長度）LX，在 Y 方向上具有長度 LY。

【0056】 第 1B 圖圖示系統 10 之示例性實施例，其中使用多個光源 100（或等同於可以使用具有多個光源元件的光源）以及使用多個偵測器 200（或等同於具有多個偵測器元件的偵測器）。當需要測定一或多個觸碰事件 TE 的位置時，這種系統 10 的架構是特別有用的。此外，可以將一或多個光源 100 和一或多個偵測器 200 操作性地配置於該組件中，以確保整個（或大體上整個）組件可被用於感測觸碰事件的壓力。這可以包括例如循環光源 100 及/或偵測器 200 之啟動組（例如對），以確保觸碰事件的所有可能位置被涵蓋。在實例中，可以以遠快於觸碰事件之典型持續時間的速率進行該循環，該觸碰事件施加壓力來引起觸碰系統 10 的回應。

【0057】 示例性的偵測器 200 包括光二極體及各種類型的光感測器。示例性的光源 100 包括發光二極體（LED）、雷射二

極體、基於光纖的雷射、延伸的光源及類似者。

【0058】 參照第 2A 圖，光源 100 可以包含一或多個光源元件 102，光源元件 102 被操作性地組裝在撓性電路板（「撓性電路」）110 上，撓性電路板 110 接著被組裝於印刷電路板（PCB）112，印刷電路板 112 被設置於鄰接透明片 20 的邊緣 26。在本文的討論中，光源 100 因此可以指具有一或多個光源元件 102 的光源。同樣地，參照第 2B 圖，偵測器 200 可以包括具有一或多個偵測器元件 202 的偵測器。圖示輸出光 104AB 入射在其中一個偵測器元件 202 上。在實例中，偵測器 200 可以是像素化的偵測器，其中偵測器元件 202 構成偵測器像素。示意性的像素化偵測器 200 為 CMOS 或 CCD 陣列偵測器。

【0059】 在本揭示之示意性實施例中，在與觸碰事件 TE 相關的觸碰位置 TL 施加一定量的壓力（例如相對量的壓力）於平面波導。本揭示之態樣係針對感測觸碰事件 TE 的發生，而其他的態樣包括測定觸碰事件的觸碰位置 TL 之額外功能。本揭示的其他態樣包括感測施加在觸碰事件 TE 的壓力量。

【0060】 在實例中，觸碰系統 10 包括選擇性的蓋體 40，蓋體 40 用以覆蓋光源 100 和 200，所以觀看者（參見例如第 15B 圖的觀看者 500）無法從組件 20 上方看到光源 100 和 200。在實例中，蓋體 40 扮演邊框的角色。在實例中，蓋體 40 可以是用以至少阻擋可見光並設以保持觸碰系統 10 的一些部分不被使用者看見，或阻擋一種波長的光同時傳送另一種波長的光之任何類型的光阻擋構件、膜、塗料、玻璃、元件、材

料、組織、結構等。在第 3 圖中，為了易於圖示，只有圖示出光源 100、偵測器 200 及波導 22。

【0061】 在示例性的實施例中，蓋體 40 可以相對於組件 20 位在任何處，以阻止觀看者看見光源 100 或偵測器 200。蓋體 40 不需要是連續的，而且可以由區段或片段所製成。另外，蓋體 40 可用以遮蔽偵測器 200，以免接收除了來自光源 100 的光 104 以外的光，例如太陽光退回。因此，在實例中，蓋體可以是對於一個波長（例如可見光波長）為實質上不透明的，並且對於另一個波長（例如來自光源 100 的光 104 之紅外線（IR）波長）為實質上透明的。

【0062】 在實例中，蓋體 40 是處於膜的形式，該膜至少在可見光波長為不透明的，並且該膜選擇性地傳送 IR 波長。用於蓋體 40 的示例性膜包含吸收廣範圍波長中的光的黑色塗料，該廣範圍波長中的光包括可見光和 IR 波長。

【0063】 繼續參照第 1 圖，觸碰系統 10 可以包括控制器 300，控制器 300 可操作地連接（例如經由匯流排 301）一或多個光源 100 及一或多個偵測器 200。控制器 300 設以控制觸碰系統 10 的操作。在一些實施例中，控制器 300 包括全部皆可操作地設置的處理器 302、裝置驅動器 304 及介面電路 306。控制器經由光源訊號 SL 控制光源 100，而且還接收和處理來自偵測器 200 的偵測器訊號 SD。

【0064】 在示例性的實施例中，光源 100 係經由控制器 300 的處理器 302 經由光源控制訊號 SL 調整波長。這藉由以選定的方式改變光束 104 的光路徑 OPn 而使輸出光束 104-O 產生

變化。這種選定的變化本身體現於偵測器訊號 SD 中，偵測器訊號 SD 由控制器 300 處理（過濾），以帶出雷射調制頻率。此可例如藉由鎖定放大器來完成。

【0065】 在實例中，控制器 300 包含執行儲存在韌體及/或軟體（未圖示）中的指令之微控制器或電腦。控制器 300 為可程式化的，以進行本文所述的功能，包括觸碰系統的操作及任何需要量測的訊號處理，例如相對壓力量以及觸碰事件的位置，或多個觸碰事件及多個壓力。如本文中使用的，用語電腦並非只限於那些在本技術領域中被指稱為電腦的積體電路，而是廣泛地指稱電腦、處理器、微控制器、微電腦、可程式化邏輯控制器、應用特定的積體電路及其他可程式化電路，而且這些用語在本文中可交換使用。

【0066】 軟體可以實施或有助於進行壓力感測功能及本文所揭示的操作。可以將軟體可操作地安裝在控制器 300 或處理器 302 中。軟體功能性可以涉及程式化，包括可執行的編碼，而且這樣的功能性可被用來實施本文所揭示的方法。這樣的軟體編碼可被通用電腦或下述的處理器單元執行。

【0067】 在操作中，該編碼及可能的相關資料紀錄係儲存在通用電腦平台內、處理器單元內或本端記憶體中。然而，在其他時候，軟體可被儲存在其他的位置及/或被傳送用於載入適當的通用電腦系統。因此，本文中討論的實施例牽涉到形式為一或多個編碼模組的一或多個軟體產品，該一或多個編碼模組係由至少一機器可讀媒體所載。由電腦系統的處理器或由處理器單元執行這樣的編碼使得該平台能夠基本上以本

文所討論和說明的實施例中進行的方式來實施記載及/或軟體下載功能。

【0068】 以下討論的電腦及/或處理器可以每個皆採用電腦可讀媒體或機器可讀媒體，機器可讀媒體係指任何參與提供指令到處理器以用於執行的媒體，該執行包括例如測定與觸碰事件相關的壓力量，如以下所說明。以下討論的任何記憶體皆構成電腦可讀媒體。這樣的媒體可以採取許多的形式，包括但不限於非揮發性媒體、揮發性媒體及傳輸媒體。非揮發性媒體包括例如光碟或磁碟，例如在任何操作作為其中一個以上討論的伺服器平台的一或多個電腦中的任何儲存裝置。揮發性媒體包括動態記憶體，例如這種電腦平台之主記憶體。實體傳輸媒體包括同軸纜線；銅線及光纖，包括在電腦系統內包含匯流排的線路。

【0069】 因此，一般形式的電腦可讀媒體包括例如：軟碟、軟性磁碟、硬碟、磁帶、任何其他的磁性媒體、CD-ROM、DVD、任何其他的光媒體、較不常用的媒體例如打孔卡、紙帶、任何其他具有孔圖案的實體媒體、RAM、PROM、EPROM、快閃 EEPROM、任何其他的記憶體晶片或卡匣、傳送資料或指令的載波、傳送這種載波的纜線或連結，或任何其他電腦可讀取程式化編碼及/或資料的媒體。這些形式的電腦可讀媒體中有許多可能涉及載送一或多個指令之一或多個序列到處理器用於執行。

【0070】 第 3 圖為示例性系統 10 之剖面圖。系統 10 具有波導 22，在實例中波導 22 係處於薄透明片的形式。波導 22 具

有輸入邊緣 23 和輸出邊緣 24。將光源 100 設置於鄰接輸入邊緣 23，同時將偵測器設置於鄰接輸出邊緣 24。波導 22 具有主體 25，主體 25 對於光源 100 發射的光 104 之波長 λ （「操作波長」）為大致上透明的。波導 22 具有被厚度 TH 分隔的上表面 26 和下表面 27。波導 22 具有中央平面 PC，中央平面 PC 平行於上和下表面，並且在上和下表面中間的位置。光源 100 和偵測器 200 沿著中央軸 AC 設置而照亮中央平面 PC。

【0071】 在其他的實施例中，可以將玻璃以外的材料用於波導 22，例如聚合物、塑膠及其他在操作波長 λ 下大致上為透明的非玻璃材料。

【0072】 系統 10 包括輸入光學系統 123，輸入光學系統 123 可操作地設置在光源 100 和輸入邊緣 23 之間。輸入光學系統 123 設以接收（協調一致的）光 104 並將光 104 導入波導 22。系統 10 還包括輸出光學系統 124，輸出光學系統 124 可操作地設置在光源 100 和輸出邊緣 24 之間。輸出光學系統 124 設以接收輸出光 104-O，並將輸出光 104-O 導至偵測器 200 或讓輸出光 104-O 通過偵測器 200。在實例中，輸出光學系統 124 包括如圖示的光圈（光欄）。輸出光學系統 124 還可以包括其他的光導或光調理元件，例如鏡片元件、鏡子等。

【0073】 光源 100 和輸入光學系統 123 的組合界定了光源系統 103，而偵測器 200 和輸出光學系統 124 的組合界定了偵測器系統 204。光源系統 103、偵測器系統 204 及波導 22 構成了觸碰螢幕組件 20。

【0074】 第 3 圖圖示示例性的實施例，其中偵測器系統 204

爲受限制的孔口，所以偵測器 200 只偵測有限部分的、離開輸出邊緣 24 的光 104-O（即輸出光 104-O）。相對於收集基本上全部的光並取得大致上將無變化的整體量測，這允許偵測器 200 偵測輸出光 104-O 中的強度變化之局部變化。這是因爲波導 22 的擾動通常導致波導內的光重新分佈。

【0075】 為了有效率地偵測重新分佈的光 104，孔口 124 的大小需要比波導 20 的厚度 TH 更小。這可以藉由使用孔口 124 結合比波導厚度更大的偵測器來實現，或是藉由僅使用大小比波導厚度更小的偵測器來實現。孔口 124 可以是圓形的，但也可以是矩形的，以最佳化功率收集效率。

【0076】 在以上討論的其他實施例中，偵測器 200 為像素化的，所以較大部分輸出光 104-O 的量測包括能夠感測光在干涉圖案中的分佈（即亮和暗邊），所以當觸碰事件 TE 發生時可以偵測圖案中的變化。因此，在一個示例性實施例中，一或多個部分的輸出邊緣 24 被成像到偵測器 200 上，包括將偵測器 200 放在正上方對著輸出邊緣的不同位置之情況。偵測器 200 還可以具有尺寸小於波導厚度 TH 的光感測表面。

【0077】 架設系統 10，使得光束 104 從輸入邊緣 23 在與光線 104-n 相關的多個光路徑 OPn 上前進通過波導 22 到達輸出邊緣 24，其中 n 為整數並且等於或大於 2。在第 3 圖中，藉由說明的方式以光線 104-n 的兩個光線 104-1 和 104-2 表示光路徑 OPn。在實例中，當在輸入和輸出邊緣 23 和 24 之間前進時，不同光路徑的數字 n 對應於進行不同次數總內部反射（「彈回」）的光線之數字 n。爲了易於說明，使用光線 104-n

來表示不同的 TIR 導引模式，並且用語「光線」和「導引模式」可以交換使用。

【0078】 本技術領域中具有通常知識者將理解的是，由 n 個光線 104-n 表示的導引模式能夠進行光干涉。為達此目的，輸出光學系統 124 設以接收離開輸出邊緣 24 的 n 個光線 104-n 並結合該等光線（導引模式），所以該等光線干涉，從而形成輸出光束 104-O。輸出光束 104-O 被導至偵測器 200，偵測器 200 偵測輸出光束。

【0079】 從電磁觀點來看，當發射光 104 進入波導 22 時，可以以下式表示總電場 E ：

$$E = \sum E_n \exp(-i\beta_n z) \quad (1)$$

其中 E_n 和 β_n 分別為模式 n 的電場分佈和傳播常數。光強度係由下式給出：

$$\begin{aligned} I \propto & E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_1 E_2 \cos(\Delta\beta_{12}z) + E_1 E_3 \cos(\Delta\beta_{13}z) + \\ & \dots E_m E_n \cos(\Delta\beta_{mn}z) \end{aligned} \quad (2)$$

其中 $\Delta\beta$ 為模式 n 和模式 m 之間的傳播常數差。

【0080】 由於不同模式之間的相差，方程式(2)顯示干涉將會在波導 22 的輸出邊緣 24 發生。相差對於外部對波導 22 的擾亂非常敏感，例如彎曲、壓力等。可以在系統 10 中使用這個效果來致能力量敏感或壓力敏感的觸碰應用。

【0081】 在一些實施例中，至少一光線 104-n 表示波導 22 的最低階模式，而其他的光線表示較高階的模式。波導 22 的最低階模式直接沿著中央軸 A1 行進而未進行任何反射。因此，也可以將輸入和輸出光學系統 123 和 124 指稱為模式調節

器，因為輸入和輸出光學系統 123 和 124 分別被用來激發引導的移動並偵測干涉的引導模式。觸碰螢幕組件（「組件」）20 的架構界定了干涉計，其中光線 104-n 在前述的不同光路徑 OPn 上行進並干涉。光路徑 OPn 在波導 22 的主體 25 內重疊。

【0082】 波導 22 通常可以由任何適當的透明材料製成，該透明材料可被成形為平面薄片，例如塑膠、丙烯酸、玻璃等，並且該透明材料支援光束 104-n 的傳輸而不因為散射或吸收而實質喪失。在示例性的實施例中，波導厚度 TH 使得當在觸碰位置 TL 局部施加壓力於上表面 22 時，波導可以撓曲而不破裂。厚度 TH 的示例性範圍是從 0.3 mm 至 1.5 mm。可以採用其他與觸碰系統 10 的特定應用一致的厚度。在實例中，只有頂部波導 22A 具有允許撓曲的厚度，而底部波導 22B 為足夠厚的或是堅硬的，使得底部波導 22B 保持該波導一般平面的架構，甚至當頂部波導由於觸碰事件 TE 而處於撓曲力之下時亦同。

【0083】 在示例性的實施例中，波導 20 可以由化學強化玻璃形成，例如鈉鈣型玻璃。示例性的玻璃為經由離子交換硬化的鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃。這些類型的玻璃可以包含 Na_2O （蘇打）、 CaO （石灰）及 SiO_2 （矽石），但還可以包括氧化物，例如 MgO 、 Li_2O 、 K_2O 、 ZnO 及 ZrO_2 。一旦經由離子交換硬化後，這些類型的玻璃會表現出某種使該等玻璃自身對於觸碰螢幕應用及其他應用（例如作為覆蓋玻璃）為理想的特性。

【0084】 關於適用於作為波導片的鈉鈣型玻璃之配方或生產

或配方及生產兩者的進一步細節可在 2007 年 7 月 31 日提出申請的美國專利申請案第 11/888,213 號；2009 年 8 月 7 日提出申請的美國專利申請案第 12/537,393 號；2009 年 8 月 21 日提出申請的美國專利申請案第 12/545,475 號；以及 2009 年 2 月 25 日提出申請的美國專利申請案第 12/392,577 號之一或多者中找到。本文中使用的示例性玻璃為來自紐約州康寧市康寧公司（Corning, Incorporated, Corning, NY）的 Gorilla® 玻璃。同樣地，諸如低鐵 Gorilla® 玻璃或其他的低鐵離子交換玻璃等示例性玻璃對於紅外線操作波長 λ 為透明的。

【0085】 第 4A 圖為基於第 3A 圖的組件 20 之示例性實施例，但其中光源系統 103 包括單模光纖作為輸入光學系統 123，並且其中偵測器系統 204 包括單模或多模光纖作為輸出光學系統 124。單模或多模光纖 124 用以作為孔口受限的光學系統，以允許進行輸出光 104-O 之局部量測。在替代的實施例中，可以使用多模光纖 124 來在輸出邊緣 24 在不同位置比較強度。這包括例如使用光纖束。

【0086】 第 4B 圖為基於第 3A 圖的組件 20 之另一個示例性實施例，但其中光源系統 103 包括格柵作為輸入光學系統 123，並且其中偵測器系統 204 包括格柵作為輸出光學系統 124。如以上討論的，可以鄰接偵測器 200 使用孔口，以使偵測程序孔口受限，並因而導向局部強度量測。

【0087】 第 4C 圖為與第 4B 圖類似的組件 20 之另一個示例性實施例，但其中光源系統 103 包括設置在下表面 27 上作為輸入光學系統 123 之元件的稜柱，並且其中偵測器系統 204

包括也設置在下表面 27 上作為輸出光學系統 124 之元件的稜柱。如以上所討論的，可以鄰接偵測器 200 使用孔口，以使偵測程序孔口受限，並因而導向局部強度量測。

【0088】 第 4D 圖為與第 4C 圖類似的組件 20 之另一個示例性實施例，但其中輸入和輸出邊緣 23 和 24 傾斜，以界定用以內部反射光 104 的 TIR 表面。來自光源 100 的光 104 在下表面 27 以一個範圍的角度進入波導 22，並在傾斜的邊緣 23 被內部反射。內部反射引導光 104 而使光 104 被導引於光路徑 OPn 上。在偵測器側，作為光線 104-n 行進的光 104 從傾斜的邊緣 24 反射，並且被引導而在下表面 27 離開波導 22，其中輸出光 104-O 在偵測器 200 被偵測。傾斜的邊緣 23 因而界定輸入光學系統 123 的元件，並且傾斜的邊緣 24 界定輸出光學系統 124 的元件。如以上所討論的，可以鄰接偵測器 200 使用孔口，以使偵測程序孔口受限，並因而導向局部強度量測。

觸碰螢幕操作

【0089】 在系統 10 的一般操作中，其中在波導 22 的上表面 26 上沒有發生觸碰事件 TE，與不同導引模式相關的光路徑 OPn 維持恆定，所以在偵測器端離開波導的輸出光 104-O 在時間上維持恆定。第 5A 圖為當沒有觸碰事件 TE 發生時，在波導 22 的輸出邊緣 24 來自輸出光 104-O 的近區干涉圖案之照片。

【0090】 第 5B 圖為對於與第 5A 圖相關的系統 10 來自輸出光 104-O 的近區干涉圖案之照片，但具有以中度壓力量施加

的觸碰事件 TE。可以看出的是，近區干涉圖案的光分佈已經從第 5A 圖的無觸碰事件狀況改變了。第 5C 圖為對於與第 5A 圖和第 5B 圖相關的系統 10 來自輸出光 104-O 的近區干涉圖案之照片，但具有以強大壓力施加的觸碰事件 TE。可以看出的是，近區干涉圖案的光分佈已經從第 5B 圖的中度壓力觸碰事件狀況改變了。

【0091】 輸出光 104-O 中出現光分佈的變化是因為來自觸碰事件 TE 的壓力使波導 22 彎曲，從而導致光線 104-n 的相對光路徑差產生變化。該不同的波導彎曲不同地影響每個光路徑 OP_n，所以現存光路徑差發生變化並引起一組改變的光路徑 OP'_n。輸出光 104-O 因而界定多模干涉圖案，而且當光路徑 OP_n 之間的差改變時此圖案即改變。

【0092】 第 6A 圖為波導 22 的剖面圖，並且光 104 在最低階模式的第一光路徑 OP₁ 上行進，即沿著中央軸 AC 直行通過波導。事實上，在此情況中第一光路徑 OP₁ 和中央軸 AC 是相同的。

【0093】 第 6B 圖係與第 6A 圖相同的波導 22，但其中上表面 26 在中間的觸碰事件位置 TL 接受觸碰事件 TE 並使波導彎曲。假設當沒有觸碰事件 TE 發生時波導 22 具有長度 L。當在觸碰位置 TL 發生觸碰事件 TE 時，波導 22 彎曲而具有相對於中央軸 AC 量測為 R 的曲率半徑。

【0094】 與第 6B 圖的撓曲波導相關的新光路徑 OP_{1'}比第 6A 圖的未撓曲頂部波導之光路徑 OP₁ 更長。假設波導的曲度具有曲率半徑 $R = r + \delta r$ ，並且曲度對向角度 θ ，那麼假使 θ 是

相對較小的角度（即 R 相對較大，此在本例中為合理的假設），則可以輕易顯示的是，從 OPA 到 OPA' 的光路徑中的變化大約為 δr 。

【0095】 因此，由於觸碰事件造成波導 22 彎曲而在光路徑 $OP1$ 和 $OP1'$ 之間產生的光路徑差為約 δr 。假使 δr 為例如約 2.5 微米，則會粗略等於波長 800 微米的紅外光之兩個波長。此光路徑差異量會以輸出光 104-O 中的變化來自身彰顯，該變化例如由於在產生的干涉圖案之偵測部分中的平移條紋，在輸出邊緣 24、在給定點的光功率量變化。此即為第 5A 圖至第 5C 圖中所圖示者。除了最低階光路徑以外，光路徑中的變化以類似的方式改變。

【0096】 型態分解和伴隨的多模干涉是描述光 104 在波導 20 中得到重新分佈的方式之一種方式。在此描述中，可以將輸出光 104-O 想成由於變化的干涉效果而具有變化的圖案。然而，表達光 104 重新分佈的另一種方式是使用基於光線蹤跡的幾何模型。的確，具有 1 mm 等級的波導厚度 TH 則可忽略繞射效果。所以在其他的實施例中，輸出光 104-O 的不同組分（光線）藉由波導 20 的撓曲而被重新引導，並且重新引導改變輸出光的特性，例如強度圖案、強度形心的位置、大致單一的輸出光束分成多個輸出光束等。

【0097】 當將大致準直的光 104 射入平面波導 20 例如透明的玻璃片（參見例如第 6C 圖）時，光行進通過波導 20 而未被反射。在波導 20 的輸出邊緣 24 由輸出光 104-O 界定的生成能量分佈具有大致均勻的分佈。當引入一些彎曲時（參見第

6D 圖），部分的光 104 被反射離開上和下表面 26 和 27。這修改了輸出光 104-O 的能量分佈。

【0098】 第 6F 圖圖示對於不同量的波導彎曲使用光線蹤跡模型測定的示意性圖像輸出光 104-O。對於沒有任何彎曲的波導 20，能量分佈一開始為大致上均勻的（左上圖像）。然後能量分佈變成不對稱，而且最後當彎曲量接近一半的波導厚度時再次成為大致上均勻的。藉由將孔口 124 放在輸出端，可以預期得到類正弦的偵測器訊號 SD 為波導彎曲幅度的函數。

【0099】 第 6F 圖中圖示的結果並未包括任何的干涉效果，因為傳播的全部光線強度被相加。第 14 圖圖示與第 6F 圖類似且模型相同的結果之圖像，不同之處在於光線係以電場相加。如同可看見的，由於以兩個不同角度離開波導 20 之輸出邊緣 24 的兩個光束之間的干涉效果而出現了高頻條紋。

【0100】 系統 10 可以以兩種不同的模式操作。在第一模式中，以相對於波導 20 的某個角度射入近乎準值的光 104，導致非常高頻的條紋形成，此可在第 6G 圖和第 5B 圖看到。藉由將孔口 214 選擇為明顯大於那些條紋的週期，偵測程序變得對條紋不敏感而且只對第 6F 圖預測的外殼移動敏感。在第二模式中，近乎平行於波導 20 射入光 104，並且孔口 214 明顯小於條紋週期。在這種情況下，偵測程序對條紋的移動敏感，這可以改良偵測敏感性。

【0101】 第 6C 圖和第 6D 圖為第 6B 圖的波導 22 之輸入邊緣部分的特寫視圖。第 6C 圖圖示當波導沒有撓曲時，平行的(準

直的) 輸入光 104 在最低階模式中直接行進穿過波導而無任何反射。第 6D 圖圖示撓曲的(彎曲)波導，其中輸入的準直光 104 最終會反射離開上和下表面。這表示光 104 在彎曲波導中的光路徑甚至比直接行進通過彎曲的中央軸 AC 更長。所以波導 22 的彎曲或撓曲可以將準直(最低階模式)的光轉為較高階模式的光。此造成更大量的光路徑變化，進而造成在輸出邊緣 24 的輸出光 104-O 分佈中有更大量的變化。

【0102】 第 6E 圖為波導 22 的輸出邊緣部分之特寫剖面圖，圖示當波導撓曲時基於光蹤跡模型的結果之光線 104-n，如第 6C 圖所示。由於撓曲的波導 22，光線 104-n 呈不均勻分佈。第 6F 圖圖示在輸出邊緣 24 的輸出光 104-O 之強度分佈，並圖示當撓曲(彎曲)量增加時強度分佈中的變化。

【0103】 第 6G 圖圖示在波導 22 之輸出邊緣 24 的輸出光 104-O 之一系列圖像。波導 22 係厚度 $TH = 1.3\text{ mm}$ 的玻璃片。在每個圖像中指出厚度 TH。上和下表面的約略位置係以白色虛線指示。輸出光 104-O 的光分佈開始移往右邊，達到大部分的光集中在玻璃片邊緣的點，然後回到中心。假使吾人保持彎曲，則光會以週期性的方式保持右-左和左-右移動。使光從被集中在玻璃片中心移動到再次被集中在中心所需的彎曲幾乎等於玻璃片的一半厚度，這與該模型非常一致。

【0104】 第 7A 圖為波導 22 之示意性剖面圖，並且手指 50 準備好在中央觸碰位置產生觸碰事件 TE。第 7B 圖圖示由手指 50 引發的觸碰事件在波導 22 上、在上表面 26 上施加向下的壓力，從而導致波導 22 撥曲。第 7C 圖類似於第 7B 圖，不

同之處在於觸碰事件 TE 發生在較靠近輸出邊緣 24 的觸碰位置 TL，即觸碰位置遠離波導 22 的中心。

測定觸碰事件的時間進展

【0105】 本揭示的態樣包括測定觸碰事件 TE 的時間進展。此可用於例如測定由例如手指、尖筆、鉛筆的橡皮擦端或類似的用具施加於波導 22 之上表面 26 的相對壓力量。這裡注意到的是，在頂部波導 22A 施加於組件 30 的壓力可以通過位在上表面 26A 的另一個表面，例如塗層。

【0106】 因此，在示例性的實施例中，使用處理過的偵測器訊號 SD 之時間進展來特性化觸碰事件 TE 之時間進展。例如，當物體（例如手指 50、尖筆等）開始接觸波導 22 的表面 26 時，透明片發生少量的撓曲。當手指 50 持續推入頂部波導 22 時，頂部波導的撓曲量改變，所以光路徑長度 OPn 持續改變。改變的光路徑表現為持續改變的輸出光 104-O 以及因而處理過的偵測器訊號 SD。光路徑中的持續變化改變了輸出光 104-O 的角度及空間分佈。這包括由於光路徑改變產生的干涉圖案及由於光通過製造引起和應力引起的雙折射之不同區域產生的光 104 之偏振狀態。

【0107】 一旦該物體在觸碰位置 TL 施加恆定的壓力，則處理過的偵測器訊號 SD 停止改變。在這個點，可以量測處理過的偵測器訊號 SD 維持恆定的時間量。可以使用這個資訊來例如藉由要求觸碰事件 TE 與不僅某量的壓力關聯而且還要與選定的持續時間關聯來進行功能。進一步在示例性的實施例中，相對於說任意物體下壓在波導 22 的上表面 26 上並且不

慎地引發觸碰事件，可以要求的是觸碰事件在壓力上具有選定的時間進展，該壓力與用以故意引發觸碰事件的手指或尖筆一致。

【0108】 第 8 圖為對於具有多個光源 100 和多個偵測器 200 的示意性系統 10，量測的光功率 P_M （單位為微瓦， μW ）對比施加的觸碰力 F_T （單位為牛頓，N）之圖。該圖包括來自觸碰事件 TE 的資料，觸碰事件 TE 具有在波導 22 中心的觸碰位置，如該圖中的方形所指示並如第 7B 圖所示。該圖還包括來自靠近邊緣的觸碰事件之資料，如該圖中的菱形所指示並如第 7C 圖所示。

【0109】 該圖指出，靠近波導 22 邊緣的觸碰事件 TE 並未在偵測器 200 量測的功率中引起像靠近中心的觸碰事件那麼大的變化。可以使用此資料來建立觸碰事件的一般位置，即是否較靠近波導中心而非波導邊緣。

【0110】 爲了演示系統 10 的觸碰敏感度，採用第 4A 圖中圖示的示意性基於光纖的系統。光源 100 是處在具有 6328 nm 的操作波長之雷射的形式。使雷射 100 帶有尾纖成為單模光纖 123。使用準直鏡片展開成 4" × 4" Gorilla® 玻璃基板作為波導 22。在輸出邊緣 24 將多模光纖 124 毗連耦接到玻璃基板，以收集一部分的輸出光 104-O 並將輸出光 104-O 傳遞到偵測器 200。

【0111】 當波導 22 在觸碰位置 TL 處於壓力（力量）下時，偵測的光強度改變。以上介紹和討論的第 5A 圖至第 5C 圖顯示在玻璃邊緣由偵測器 200 以 CCD 相機的形式取得的亮和暗

干涉圖案之近區圖像。可以看到明顯的圖案變化，並且中心干涉強度最大值從靠近上表面 26 移到靠近下表面 37。

【0112】 有了輸出光 104-O 之強度圖案的變化，可以使用偵測功率中的變化來指示與觸碰事件相關的施加力之大小。

近區和遠區偵測

【0113】 系統 10 的一個示例性實施例偵測「近區」中的輸出光，即靠近輸出邊緣 24，同時在另一個示例性實施例中，該系統偵測「遠區」中的輸出光，即遠離輸出邊緣 24。可以藉由在偵測器 200 前面放置小的孔口 214（即小於波導 22 的厚度 TH）來完成近區偵測。在此架構中，系統 10 的光線蹤跡模型指出，當波導撓曲時，偵測的訊號 SD 為週期性函數，並且週期係接近波導 22 的厚度 TH。

【0114】 可以藉由將大致準直的光 104 射入波導 22 的輸入邊緣 23 並在遠區觀察輸出光 104-O 來完成遠區偵測，預期輸出光 104-O 將在兩個方向集中。該兩個方向分別對應於進行偶數次反射和奇數次反射的光 104。改變波導 22 的彎曲量會改變光功率在該兩個方向的分佈。該兩個方向轉變成兩個位置，取決於偵測輸出光 104-O 的距離。

【0115】 第 9A 圖為對於撓曲的波導在遠區中量測的輸出光 104-O 之模擬，顯示兩個方向（位置）的輸出光。第 9B 圖顯示實際撓曲的波導 22 之量測結果，輸出光 104-O 之強度的遠區分佈極為類似第 9A 圖的模型結果。第 9C 圖為對於兩個光方向由設置在光點位置的第一和第二光偵測器測定的功率 P % 對比玻璃變形 D (mm) (該圖中的曲線 A 和 B)。如同從

該圖可以看出的，在該點的功率量是週期性的，並且兩個週期的相位差為 180 度。

【0116】 第 10 圖為當在由厚度 TH 為 1.2 mm 的玻璃製成的示例性波導 22 施加 1 牛頓的瞬間力時，該兩個遠區光點之一者中的電壓 V 對比時間之圖。電壓表示偵測的光功率。該圖指出陡峭的轉變，這意味著觸碰事件的偵測可以基於不同方向的遠區輸出光 104-O 之間的光功率轉換。

【0117】 還可以設置系統 10 來在上和下表面 26 和 27 中之一者或二者偵測輸出光 104-O。由於彎曲的波導 22 改變了光 104 從上和下表面 26 和 27 反射的方式，所以若可以取出並偵測光的話，則可以使用這種變化來量測波導彎曲。

光線蹤跡模擬

【0118】 第 11A 圖和第 11B 圖繪示基於光 104 射入厚度 TH 為 1.2 mm 的波導 22 之光線蹤跡模擬。以 10 度的角度射入光 104，所以光反射離開上和下表面 26 和 27。第 11A 圖圖示沒有波導彎曲，而第 11B 圖圖示 0.3 mm 的彎曲。圖示偵測器 200 位於鄰接波導 22 的上表面 26。當波導 22 的彎曲程度改變時偵測器訊號 SD 即改變，因為光反射的位置（而且在一些情況中反射的次數）改變了。依據此模型，偵測器訊號 SD 為週期性的，並且週期等於一半的波導厚度 TH。

【0119】 示例性的偵測器 200 在中央軸 AC 的方向上具有長度 LD，並定義為 $LD = TH/(\sin\theta)$ ，其中 TH 為前述的波導厚度並且 θ 為光 104 相對於波導 22 之上和下表面 26 和 27 的角度。

【0120】 第 12A 圖至第 12C 圖圖示在厚度 TH 為 1.2 mm 並且軸向長度為 240 mm 的波導 22 中行進的光 104 之光線蹤跡模擬。以發散（完全）角度為 0 度（第 12A 圖）、0.3 度（第 12B 圖）、0.6 度（第 12C 圖）的均勻照度照射輸入邊緣 23。如可以看到的，在 0.6 度，整個波導充滿光 104，所以由波導彎曲引發的訊號調節消失了。當輸入光束 104 溢出波導厚度 TH 時，最大光束發散 δ 可約略由 $\delta < 2 \cdot TH/L$ 來給出，其中 L 為傳播長度。

【0121】 依據此模型，預期的是，訊號將會是週期性的（與偵測方案無關）。所以，只要是接近週期性函數的零點操作此系統，則訊號將會是大致上線性的。然而，回應函數的相取決於許多的參數，例如玻璃長度，玻璃厚度、入射角度及類似者。在示例性的實施例中，可以使用主動對準來確保系統 10 操作於接近週期性函數的零點。

兩個偵測器的實施例

【0122】 第 13 圖圖示系統 10 的示例性實施例，系統 10 採用位置鄰接上和下表面 26 和 27 的兩個偵測器 200 (200U、200L)。設置偵測器 200U 和 200L，使得偵測器 200U 和 200L 偵測相差為四分之一週期的訊號 SD。在此情況中，我們最終獲得容許回算壓力的餘弦和正弦函數。

【0123】 在第 13 圖中，距離 Dx 表示反射的週期，藉由放置兩個平移 $Dx/4 + nDx$ (n 為整數) 的偵測器，預期的是訊號調節對比施加的力將會有四分之一訊號週期的相差。

【0124】 在示例性的實施例中，例如第 13 圖中圖示的，可以

在上和下表面 26 和 27 中之一者或兩者上採用兩個或更多個偵測器 200。在實例中，使用了三個偵測器 200。可以將三個偵測器 200 中的兩個放在鄰接輸出邊緣 26 的上和下表面 26 和 27 上，同時可以將第三個偵測器 200 設置在或靠近波導 22 中間的上或下表面上。模擬指出的是，這樣的架構允許偵測三個具有相差的週期性偵測器訊號 SD，並且相對的相變化為波導 22 中的彎曲量之函數。

條紋偵測

【0125】 在系統 10 的一個操作態樣中，將光線 104-n 射入波導 22，並基於輸出光 104-O 量測輸出的發光曲線，可以從輸出端 24 及上和下表面 26 和 27 中之一或者輸出輸出光 104-O。結果，干涉效果未被完全考量。在準直光束 104 以兩個不同的角度傳播的情況下，該等光束可以干涉並產生高頻條紋。當使用高倍率在 CCD 相機上對輸出光束攝相時可以看到這些條紋。

【0126】 在實作上，輸出光 104-O 可以界定具有相對高頻的條紋。在使用孔口受限的偵測方案之情況中，用以過濾輸出光 104-O 的孔口 214 通常遠大於條紋的週期。在此情況下，偵測只對輸出光束的外殼之移動敏感。

【0127】 假使可以將輸入光束 104 與波導 22 的中央軸 AC 精確地對準，則低頻條紋將會出現，並且針孔將會過濾條紋。所以，在偵測光束外殼的移動上，該系統也將開始偵測低頻條紋。

【0128】 第 14 圖圖示藉由加總光的電場而非強度所獲得的

輸出光束 104-O 之一系列模擬圖像。在此模擬中，波導厚度為 $TH = 1.2 \text{ mm}$ ，並且輸入光束 104 是準直的且通常入射在輸入端 23，而且照射溢出輸入端。在每個圖像上方顯示彎曲的程度。

【0129】 如同可以看到的，當波導 20 開始彎曲時，條紋出現在圖案中並且通常加入一般的外殼移動。假設近區過濾元件小於條紋週期，則可以偵測高頻調制，使得此量測方案比只偵測光束外殼的移動遠更加敏感。

具有包覆層的波導

【0130】 在系統 10 的實施例中，接近波導的方向射入光 104（即光 104 為大致上準直的），使得光被非常良好地導引。第 15 圖圖示系統 10 之示例性實施例，系統 10 分別包括上和下包覆層 26C 和 27C 中之至少一者。包覆層 26C 和 27C 具有比波導 22 的折射率稍微更低的折射率，從而用以增強波導的波導引性質。這允許黏著層（例如環氧黏結）被施加於該等包覆層中之一或兩者，或添加抗眩層或其他的一或多個此種性能增強層於波導 22 的上或下側而不會擾亂光 104 在其中的傳播。

偏振效應

【0131】 可以藉由另外使用設以偵測偏振效應的偏振光學系統來改良觸碰系統 10，例如輸出光束 104-O 之偏振狀態中的變化。此可藉由改變波導主體 25 中的雙折射並因而在穿過波導時沿著光 104 的光路徑而成為可能。

【0132】 雙折射是材料的光學性質，其中材料的折射率取決

於光的偏振和傳播方向。雙折射亦習知爲光彈性。某些雙折射光學材料例如玻璃由於機械應力是光學非等向性的，同時許多晶體由於該等晶體之晶體結構是雙折射的。在單軸機械應力的情況中，雙折射的值是在平行於應力的方向上振盪的光與在垂直方向上振盪的光之折射率差。

【0133】 在兩個正交方向上振盪的光之間的光路徑差異係習知爲光束的延遲 (Ret)。假使光束爲線性偏振並對準的，使得振盪在應力的方向或垂直於應力的方向上，則偵測不到延遲，因爲只觀察到一個折射率。延遲的量與機械應力和應力光學係數 (K) 成比例。應力光學係數隨著玻璃類型而變化，並且較不隨著溫度和波長變化。

【0134】 可以藉由以下關係式來計算延遲 Ret 的量：

$$Ret = \frac{(n_1 - n_2)d}{\lambda} = \frac{Kd\sigma}{\lambda}$$

其中 Ret 為波的延遲，n 為相對於應力方向的折射率，d 為光路徑長度，λ 為波長，σ 為機械應力（拉伸應力爲正，壓縮應力爲負），以及 K 為光學應力係數。σ 的單位爲 N/mm² 或 MPa（兆帕）。K 的單位爲 mm²/N。一般玻璃類型 BK7 的 K 為約 2.8×10^{-6} ，並且下表爲由於在路徑長度（距離）上的應力雙折射及近紅外線 (IR) 波長的壓力產生的延遲之計算實例。

【0135】 將偏振偵測之簡易實施圖示於第 16 圖。圖示手指 50 引發觸碰事件，該觸碰事件在波導主體 25 中在觸碰位置 TL 及觸碰位置 TL 周圍產生壓力 550°。將第一偏光片 501 配置

在光源 100 和輸入邊緣 24 之間。偏光片 501 設以在與壓力 550 的突出方向（垂直於波導 20 的上表面 22）呈 45° 的方向上線性地偏振光 104。在實例中，光 104 為大致上準直的，以平行於中央軸 AC 行進。

【0136】 系統 10 還包括位在輸出邊緣 24 和偵測器 200 之間的第二偏光片 511（也稱作「分析器」），例如直接鄰接偵測器 200。在一些實施例中，可以將偵測器 200 視為由兩個表示為 200-A 和 200-B 的偵測器所組成。在示例性的實施例中，將第二偏光片 511 設置在第一偏光片 501 相同的 45° ，使得在缺乏光 104 的任何偏振旋轉下，偵測器訊號為最大。然而，第二偏光片 511 可以具有任何的偏振方位。

【0137】 當施加壓力 550 於波導 20 時，光 104 的延遲 Ret 會改變。這意味著偏光片 511 的傳送改變了，而且來自偵測器 200-A 的偵測器訊號 SD_A 也改變了。

【0138】 假使第二（偵測器）偏光片 511 相對於 y 軸朝向 $+45^\circ$ ，並且平行於第一（光源）偏光片 501，則在施加壓力 550 之前相對於最大訊號標準化的偵測器訊號 SD 將等於 1。

【0139】 假使採用前述的第二偵測器 200-B，而且第二偵測器 200-B 包括自身的偵測器偏光片 512，偏光片 512 相對於 y 軸朝向 -45° 並且相對於偏光片 511 朝向 90° ，則在沒有施加壓力 550 時，來自偵測器 200-B 的偵測器訊號 SD_B 將是零。此乃假設在沒有來自玻璃組裝的額外壓力並且玻璃在製造中無雙折射的情況下，以下將進行討論。

【0140】 第 17 圖繪製偵測器 200-A（「det A」）和偵測器

200-B (「det B」) 的偵測器訊號 SD_A 和 SD_B 對比由於壓力 550 的壓縮而沿著光路徑引發的應力延遲。當沿著光路徑 OP 的延遲從零增加時，進入輸入邊緣 23 的線性偏振光 104 變得更橢圓形地偏振，而且當延遲達到四分之一個波時變成圓形。在這個點，兩個正交偏光片 511 和 512 的傳輸是相同的。

【0141】 當壓力 550 增加到在波導主體 25 產生半波長延遲的點時，則光 104 回復到成為線性偏振但相對於光源偏振旋轉 90° 。在這個點，偏光片 511 的傳輸是零，並且偏光片 512 的傳輸是 1。兩個偏光片的傳輸對比延遲為正弦的，並且該兩者為完全異相。

【0142】 具有偵測正交偏振的兩個偵測器 200-A 和 200-B 的優點在於可以採用兩個偵測器訊號 SD_A 和 SD_B 的總和及差。一個偵測器可以測定來自壓力的延遲 Ret 之大小，但兩個偵測器訊號的加總提供在偵測器上的入射光之總強度。這允許延遲變化以及光束轉向遠離或到達偵測器上的資訊來分離位置（觸碰位置 TL）及與觸碰事件 TE 相關的壓力 550 之量。偵測器訊號 SD_A 和 SD_B 之差對於延遲的變化更敏感，而且還有助於分離偵測器訊號之光束轉向及延遲組分。

【0143】 第 18A 圖至第 18E 圖為顯示當波導 20 進行彎曲時經由分析器（偏光片 511）攝相的能量分佈之量測結果的圖像。如同沒有分析器的第 6G 圖，當波導彎曲時光束會移動。然而，在此移動上疊加，形狀和功率也會改變，這表示由於沿著光路徑 OP 的雙折射，光 104 的偏振在改變。這展現具有兩個偵測器 200-A 和 200-B 來追蹤光束轉向和雙折射之訊號

變化的優點。第一個圖像 18A 沒有壓力 550，並且後續的圖像 18B-18E 係以增加的壓力取得。在第 18E 圖中施加的壓力量下圖像強度（對應於偵測器訊號 SD）大為減低，表示由應力雙折射引入了約半波長的延遲。

【0144】 在示例性的實施例中，系統 10 選擇性地包括位在光源偏光片 501 和波導 20 的輸入邊緣 23 之間的四分之一波波板 503（以虛線圖示）。假使將波板 503 設置成該波板之快軸相對於光源偏光片軸朝向 45° ，則圓形的偏振光 104 將被射入波導 20。這允許接近零延遲下對雙折射變化有較大的敏感度。假使水平軸平移 0.25λ ，則可以藉由第 17 圖的圖來描述與偵測器 200-A 和 200-B 相關的偵測器訊號 SD_A 和 SD_B ，使得零延遲位置移至偵測器訊號 SD_A 和 SD_B 相等之處。在此架構中，兩個偵測器訊號 SD_A 和 SD_B 的差是在斜率最高的位置，使得兩個偵測器訊號的比率甚至提供更高的敏感度。接近零延遲，偵測器 200-A 和 200-B 的標準化偵測器訊號之比率的斜率為 4π 。

【0145】 兩個線性正交偏振之間的差係由四個斯托克斯（Stokes）參數中的一個來界定，以特性化偏振的狀態。示例性的觸碰系統 10 包括四個具有剛好放在偵測器偏光片 511 和 512 下游的四分之一波板（未圖示）的偵測器，並且該等偵測器之快軸相對於線性偏光片（「圓形分析器」）朝向 45° 。在此架構中，其中一個偵測器 200 偵測右手圓形偏振的光，而另一個偵測器偵測左手圓形偏振的光。兩個偵測器之間的訊號差定義出另一個斯托克斯參數。

【0146】 可以將這些不同的偏光片和四分之一波板放在四單元偵測器 200 的四個區段。量測兩個斯托克斯參數不僅提供光束 104 的遲延資訊，而且還提供應力向量沿著光路徑投影在垂直於光路徑的平面上的平均轉動。在觸碰事件 TE 的過程中，可以將兩個添加的偵測器提供的額外資訊使用於隔離觸碰位置 TL 以及施加於觸碰位置的壓力 550 之量。

【0147】 第 16 圖的系統 10 之示例性實施例包括至少一支撐構件 520，操作性地安排和設置支撐構件 520，以支撐波導 20。支撐構件 520 的實施例覆蓋波導 20 的整個下表面 24，而且是相對堅硬的。支撐構件 520 用以侷限波導 20 的移動，使得壓力 550 在施加壓力的觸碰位置 TL 以及在波導主體 25 的周圍部分產生壓縮應力。支撐構件 520 也可以處於框的形式或具有除了充滿以外的另一種架構，只要與沒有支撐構件相比支撐構件可增強壓力 550 產生的壓縮應力。

【0148】 第 19A 圖為系統 10 之示意性剖面圖，其中兩個框線支撐構件 520 被操作性地安排在周邊 P(參見第 1 圖) 附近、波導 20 的上和下表面 26 和 27 上。來自任何觸碰事件 TE 的壓力 550 將會明顯地彎曲波導 20，而且將會在整個波導主體 25 產生壓縮和拉伸應力。沿著光路徑 OP 圖示的向量組 551 代表應力的方向以及由於壓力 550 該應力如何在波導主體 25 上變化。來自光路徑差的延遲是附加的，所以拉伸和壓縮區域將會互相補償。

【0149】 靠近觸碰位置 TL 的壓縮壓力將作為向量添加到波導 20 彎曲的較寬壓縮或拉伸壓力。兩個應力源的向量加總的

相對權重將取決於至少一支撐構件 520 所提供的限制。光束 104 在光路徑 OP 上行進時經歷的遲延之附加本質在遲延對比觸碰壓力中產生了連續的變化。

【0150】 在沒有組裝限制或外部壓力之下的玻璃通常將具有來自玻璃製造的一些雙折射量。在將玻璃冷卻成固態的程序中可以形成局部應力區域。用於高性能攝相系統的玻璃往往需要幾週的退火來獲得所需的高度折射率均勻性，並且產生的低應力雙折射通常 $< 2 \text{ nm/cm}$ 。在近紅外線，此應力量在每 50 mm 的路徑長度產生 1/100 的波長。

【0151】 參照第 19B 圖和第 19C 圖，將應力區域 552 形成在以離子交換化學硬化的玻璃板 20 之上和下側上。不像第 19A 圖以向量圖示應力分佈，陰影的陰暗表示應力的大小，並且較暗的顏色表示較大的應力。第 19A 圖和第 19B 圖之間的差異在於壓力 550 彎曲了玻璃（第 19C 圖）並且改變了光 104 通過較高的製造誘導應力雙折射區域的路徑。區域 552 的製造誘導應力藉由向量的本質加到近區壓縮應力和彎曲應力。光束遲延的添加本質將在遲延對比觸碰壓力中產生連續變化。

【0152】 第 28A 圖至第 28C 圖為本文所述基於偏振的實施例提供補充資訊。

薄波導區域

【0153】 第 20 圖為示例性觸碰系統 10 之示意性側視圖，其中波導 20 現在是處於玻璃片的形式，該玻璃片包括鄰接上表面 22 的、相對薄的波導區域 29。與作為波導的整個主體 25

相比，波導區域 29 用以作為相對薄的光波導，如以上各種示例性實施例中所述。

【0154】 可以使用離子交換或層壓的熔融拉伸製程或任何其他本技術領域中用以在基板上形成薄波導結構的習知技術來形成波導區域 29。在實例中，選擇性地經由一段光纖 123 將光源 100 耦接至波導區域 29，光纖 123 具有一端在輸入邊緣 23（以下稱為波導輸入端 23）毗連耦接到波導輸入端。在輸出邊緣 24（以下稱為波導輸出端 24）將偵測器 200 與波導區域 29 光耦接或以其他方式進行光通訊。

【0155】 因此，光 104 在波導區域 29 內行進作為導引光，並且從波導輸出端 24 被輸出作為輸出光 104-O。由於波導區域 29 遠比大塊波導主體 25 更薄，故使用電磁理論可最佳地描述光導引，而非忽略繞射和類似效應的幾何光線方法。

【0156】 在基於第 20 圖之觸碰系統 10 架構的實驗中，使用帶有尾纖的雷射二極體作為光源 100。將 Gorilla[®] 玻璃用於玻璃片 20，並使用離子交換製程來形成波導區域 29。由於波導區域的折射率比主體 25 的折射率大，故光被引導在波導區域 29 內，波導區域 29 界定薄板波導。波導區域 29 具有約 50 μm 的厚度，此厚度遠比玻璃片更薄。因此，波導區域 29 支援多種模式，雖然遠比整個玻璃片用作波導時的模式更少。

【0157】 一旦將觸碰力施加到玻璃片 20 的上表面 22，在波導區域 29 內行進的不同模式之間的相對相差即改變。這可用以改變輸出光 104-O 的特性，在本例中該特性代表干涉圖案。尤其，輸出光中的光分佈會改變。由多模光纖收集的集成(光)

功率 P (nW) 與觸碰力 (牛頓) 大小之間的定量關係係繪示於第 21 圖。光 104 係經由玻璃中心傳播。明顯的是，玻璃片的不同部分（邊緣對比中心）具有不同的觸碰敏感度，而且可以使用此差異來測定在觸碰事件 TE 過程中被施加力的觸碰位置 TL。

【0158】 第 22 圖為形成在玻璃片 20 上的波導區域 29 之替代架構的自上而下視圖。不是設置成表面平板波導，而是將波導區域 29 設置成通道波導，如圖示。可以將通道波導區域 29 設置成玻璃內或玻璃上雕刻。第 23 圖還圖示通道波導區域 29 之替代實施例，其中圖示與兩對光源 100 和偵測器 200 相關聯的兩個分支網絡（扇出）。值得注意的是，通道波導區域 29 的間隔不需要是均勻的，而且可以集中在通常與觸碰事件 TE 較可能發生或設計發生相關的某些位置。

【0159】 取決於通道波導區域 20 的特定圖案，可以採用不同的光源 100 和偵測器 200 來偵測施加力和(x, y)觸碰位置 TL。

【0160】 本揭示的一個態樣係使用兩個或更多個偵測器 200 的時間回應來辨識觸碰事件 TE 的觸碰位置 TL。可以使用這個技術，因為波導/玻璃片 20 的變形從觸碰位置以時間為函數向外進展。這接著對光線 104 通過波導的不同光路徑有不同的影響。結果兩個偵測器的偵測器訊號中有所延遲。

【0161】 第 24 圖繪示對於兩個不同的觸碰事件 TE，在波導/玻璃片 20 上的不同位置，兩個不同的偵測器（圖中的 A 和 B）之偵測器訊號振幅 AMP（任意單位）對比時間 t。可以將 A 和 B 之間的時間落後與波導/玻璃片 20 上的不同位置關聯。

最靠近觸碰事件位置 TL 的光路徑最先回應而引起偵測器訊號中的時間落後。因此，在示例性的實施例中，控制器 300 包括有關各種時間落後的資訊，該等時間落後以可能的觸碰位置 TL 為函數與各種偵測器 200 的偵測器訊號相關。在另一個實例中，控制器 300 設以基於一或多個偵測器訊號中的資訊計算觸碰位置 TL。

壓力感測顯示系統

【0162】 第 25A 圖為藉由操作性地將觸碰系統 10 設置於鄰接傳統的顯示單元 410 並在顯示單元 410 上方（例如頂部上）所形成的壓力感測顯示器 400 之示意性正面視圖，顯示單元 410 例如液晶顯示器，液晶顯示器可以具有傳統基於位置的感測能力。觸碰系統 10 可以是本文所述的任何實施例。

【0163】 第 25B 圖為示例性的觸碰敏感顯示器 400 之示意性剖面部分放大圖，圖示如何將觸碰系統 10 與傳統顯示單元 410 整合的實例。將傳統顯示單元 410 圖示為液晶顯示器的形式，該液晶顯示器包括發射光 416 的背光單元 414、薄膜電晶體（TFT）玻璃層 420、液晶層 430、具有上表面 452 的彩色濾光片玻璃層 450 以及具有上表面 462 的頂部偏光層 460，全部如圖示設置。框 470 位於彩色濾光片玻璃層 450 的周圍。藉由舉例的方式將光源 100 圖示為被操作性地支撐在框 470 內。這形成了具有頂側 482 的整合顯示組件 480。

【0164】 為了形成最終的觸碰敏感顯示器 400，藉由操作性地將組件 20 配置在頂側 482 上而將組件 20 加入傳統顯示單元 410 的整合顯示組件 480。組件 20 可以包括前述形式為紅

外線透明但目視爲不透明層且鄰接光源 100 和偵測器 200 的蓋體 40。

【0165】 在實例中，可以將諸如鍵盤（未圖示）的各種指標或記號（未圖示）在上表面 26 上或經由上表面 26 呈現給使用者 500，以引導使用者與觸碰系統 10 互動。藉由舉例的方式，該記號可以包括在波導 22 之上表面 26 上的區域，將該等區域放在一側，以指示使用者選擇、軟體執行等，或指示使用者應該產生觸碰事件 TE 的區域。舉例來說，這樣的區域在光 104 未到達某部分的上表面 26 之處可能是必要的。

經由條紋偵測估算觸碰事件之施加力

【0166】 在觸碰系統 10 的一些應用中，當在觸碰位置 TL 的施加力（壓力）增加時，至少一偵測器 200 可能無法一致地（平穩地）回應輸出光 104-O 中的強度變化。因此，本揭示之態樣係針對在這樣的情況下使用各種用於偵測輸出光 104-O 的實施例和架構來估算施加力。

【0167】 在第 26A 圖和第 26B 圖中圖示的示例性實施例中，觸碰系統 10 可以在偵測器 200 前面包括有斜率的衰減過濾器（衰減器）125。有斜率的衰減器 125 可以由設有衰減的玻璃所形成，該衰減均勻地從底部邊緣變化到頂部邊緣。第 26B 圖爲透射 T 對比衰減器 125 高度之示例性圖式。由於到達偵測器 200 之光敏區域的總功率爲大致上恆定的，故有斜率的衰減將會導致偵測器訊號 SD 隨著輸出光 104-O 的垂直「質心」而改變。這允許偵測器訊號 SD 被與施加的壓力關聯。

【0168】 在一些情況中，在觸碰位置回應施加壓力的偵測器

可能不是完全單調的。例如，圖像可以在一個方向上移動直到壓力達到某種量，然後跳到玻璃（偵測器）的其他邊緣。由於單調範圍不會太小，而且觸碰力不會立即改變，故本揭示之一態樣包括進行「展開」量測的方法。

【0169】 該方法假設偵測器訊號 SD 被足夠快地取樣，例如 60 Hz 或更快，並且該力相當地大（例如 100 g），而且單調地對比衝動地施加。同時：

- 每當電容觸碰感測沒有觸碰時，重設累積的量測值為 0。
- 假使新的位置相當靠近舊的位置，則可以使用新的位置作為正確的量測。假使舊的位置靠近單調範圍的端點，並且新的位置跳到範圍的其他端點，則將整個範圍加入最近的量測。
- 假使舊的位置靠近開始的單調範圍並且我們所有的估計值比一個範圍更大，而且新的位置跳到範圍的其他端點，則減去整個範圍以獲得最近的估計值。

【0170】 本揭示的另一個態樣採用條紋移動偵測。由於輸出光 104-O 中的條紋傾向於均勻地隨著壓力移動，所以可以採用垂直條紋（線性陣列）的 CMOS 或 CCD 單元。使用幾十個單元即足夠。典型 2D 陣列的、基於像素的偵測器 200 具有幾千的單元。線性陣列偵測器 200 可以提供輸出光 104-O 的垂直強度分佈。該強度分佈具有兩個組分：一個是通常具有一或兩個尖峰的緩慢變化，而第二個表示快速變化的條紋。

【0171】 在示例性的實施例中，使用過濾器來減少緩慢變化的組分。剩下的快速變化組分顯示對應條紋的尖峰。假使對條紋分佈取樣足夠快（例如 60 Hz），則可以計算連續框之間

的相差。積分該相差產出偵測器訊號 SD，偵測器訊號 SD 表示（例如成比例於）在觸碰位置 TL 施加的壓力。

【0172】 因此，示例性的偵測器量測架構及方法包括以下在觸碰事件過程中所進行者，其中壓力被施加於觸碰位置 TL：

- 積分總功率（相當於大面積偵測器）。將此架構稱為 TOTAL
- 積分圖像中間的小面積（相當於小針孔 1）。將此架構稱為 PINHOLE1
- 積分正好在圖像中間上方的小面積（相當於小針孔 2）。將此架構稱為 PINHOLE2。
- 積分衰減垂直變化為 20:1 的大面積（最大的衰減在圖像的頂部）。將此稱為 SLOPE1 架構。
- 積分衰減垂直變化為 20:1 的大面積（最大的衰減在圖像的底部）。將此稱為 SLOPE2 架構。

【0173】 第 27A 圖為總積分功率（亦即 TOTAL 訊號（藍色））以及偵測器中間的小面積積分功率（亦即 PINHOLE1 訊號（橘色））之偵測器訊號 SD（任意單位）對比框數之圖。

【0174】 第 27B 圖為總積分功率（亦即 TOTAL 訊號（藍色））以及正好在偵測器中間上方的小面積積分功率（亦即 PINHOLE2 訊號（橘色））之偵測器訊號 SD（任意單位）對比框數之圖。

【0175】 第 27C 圖為總積分功率（亦即 TOTAL 訊號（藍色））以及具有線性衰減過濾器的訊號（在圖像頂部有高衰減，亦即 SLOPE1 訊號（橘色））之偵測器訊號 SD（任意單位）對

比框數之圖。

【0176】 第 27D 圖為總積分功率(亦即 TOTAL 訊號(藍色))以及具有線性衰減過濾器的訊號(在圖像底部有高衰減，亦即 SLOPE1 訊號(橘色))之偵測器訊號 SD(任意單位)對比框數之圖。

【0177】 第 27A 圖至第 27D 圖的四個不同訊號圖中，SLOPE2 和 PINHOLE1 為適用於估算施加在觸碰位置的壓力量之候選者。同時，PINHOLE 訊號對於位置敏感，所以可以被用來測定觸碰位置 TL 的位置。

【0178】 雖然已經參照特定的態樣和特徵來描述本文中的實施例，但應瞭解的是，這些實施例僅說明所需的原理和應用。因此應瞭解的是，可以對該等說明性實施例進行多種修改，而且在不偏離所附申請專利範圍之精神和範圍下可以設計出其他的配置。

【符號說明】

【0179】

10	觸碰系統	20	組件
22	波導	23	邊緣
24	邊緣	25	波導主體
26	邊緣	26C	上包覆層
27	下表面	27C	下包覆層
29	波導區域	40	蓋體
50	手指	100	光源
102	光源元件	103	光源系統

104	光	104 AB	輸出光
104-1	光線	104-2	光線
104-n	光線	104-O	輸出光
110	撓性電路板	112	印刷電路板
123	輸入光學系統	124	輸出光學系統
125	衰減器	200	偵測器
200-A	偵測器	200-B	第二偵測器
200L	偵測器	200U	偵測器
202	偵測器元件	204	偵測器系統
300	控制器	301	匯流排
302	處理器	304	裝置驅動器
306	介面電路	400	壓力感測顯示器
410	顯示單元	414	背光單元
416	發射光	420	薄膜電晶體玻璃層
430	液晶層	450	彩色濾光片玻璃層
452	上表面	460	頂部偏光層
462	上表面	470	框
480	整合顯示組件	482	頂側
500	觀看者	501	第一偏光片
503	波板	511	第二偏光片
512	偏光片	520	支撐構件
550	壓力	551	向量組
AC	中央軸	Dx	距離
L	傳播長度	LD	長度

201435689

LX	長度	LY	長度
OP1	第一光路徑	OP1'	新光路徑
OPn	光路徑	P	周邊
PC	中央平面	R	曲率半徑
SD	偵測器訊號	SD _A	偵測器訊號
SD _B	偵測器訊號	SL	光源訊號
TE	觸碰事件	TH	厚度
TL	觸碰位置	θ	角度

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

201435689

發明摘要

※ 申請案號：102136054

※ 申請日：2013 年 10 月 4 日

※ I P C 分類：

G06F 3/62 2006.01

G02B 5/36 2006.01

【發明名稱】（中文/英文）

壓力感測觸碰系統及方法

PRESSURE SENSING TOUCH SYSTEMS AND
METHODS

【中文】

茲揭示用以基於施加在觸碰位置的壓力來感測觸碰事件之發生的壓力感測觸碰系統及方法。該觸碰系統包括操作性地鄰接波導之各個輸入和輸出邊緣所設置的光源系統及偵測器系統，該波導係處於透明片的形式或初形成於透明片中。在該波導上的觸碰位置引起觸碰事件的壓力導致該波導彎曲或撓曲。該波導彎曲導致藉由 FTIR 在該波導中行進的光之光路徑改變。這接著導致該輸出光中的光分佈改變。偵測該光分佈中的改變並使用該改變來測定觸碰事件是否發生以及該觸碰事件之時間進展。該輸出光中的改變可以包括藉由在該觸碰位置施加壓力而由該波導中誘導的雙折射導致的偏振變化。揭示各種偵測器架構，用以感測觸碰事件的位置和壓力。

【英文】

Pressure-sensing touch systems and methods are disclosed for sensing the occurrence of a touch event based on

pressure applied at a touch location. The touch system includes a light-source system and a detector system operably disposed adjacent respective input and output edges of a waveguide either in the form of a transparent sheet or as formed in a transparent sheet. Pressure at a touch location on the waveguide that give rise to a touch event causes the waveguide to bend or flex. The waveguide bending causes a change in the optical paths of light traveling by FTIR in the waveguide. This in turn causes the light distribution in the output light to change. The changes in the light distribution are detected and are used to determine whether a touch event occurred, as well as time-evolution of the touch event. The changes in the output light can include polarization changes caused by birefringence induced in the waveguide by the pressure applied at the touch location. Various detector configurations are disclosed for sensing the location and pressure of a touch event.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 3 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

10	觸碰系統	20	組件
22	波導	23	邊緣
24	邊緣	25	波導主體

申請專利範圍

1. 一種用於偵測一觸碰事件的壓力感測觸碰系統，該觸碰事件係藉由在一觸碰位置施加一壓力量所引發，包含：

一波導，具有一上表面、一下表面、一輸入邊緣及一輸出邊緣，其中當在該觸碰位置施加壓力時該波導係可彎曲的；

一光源系統，與該輸入邊緣處於光通訊並設以將光引入該波導，以在該輸出邊緣界定輸出光，其中該輸出光具有一相關的強度分佈，而且由施加該壓力量彎曲該波導導致該強度分佈中產生一變化；

一偵測器系統，與該輸出邊緣處於光通訊並設以偵測至少一部分離開該輸出邊緣的該輸出光及在彎曲該波導後偵測該強度分佈中的該變化，而且回應該變化而產生一偵測器訊號；以及

一控制器，可操作地連接至並設以控制該光源系統和該偵測器系統之操作，而且進一步地設以處理該偵測器訊號，以測定一觸碰事件是否已經發生。

2. 如請求項 1 所述之壓力感測觸碰系統，其中該波導具有一厚度，該厚度係在一從 0.05 mm 至 1.5 mm 的範圍中。

3. 如請求項 2 所述之壓力感測觸碰系統，其中該波導係由一玻璃片所組成，該玻璃片對於來自該光源的光為大致上透明的。

4. 如請求項 1 所述之壓力感測觸碰系統，其中該光源系統包括多個光源並且該偵測器系統包括多個偵測器。
5. 如請求項 1 所述之壓力感測觸碰系統，其中該波導具有一厚度以及其中該偵測器系統包括至少一偵測器，並且鄰接該至少一偵測器設置至少一孔口，其中該至少一孔口具有一小於該玻璃厚度的尺寸。
6. 如請求項 1 所述之壓力感測觸碰系統，其中該波導具有一厚度以及其中該偵測器系統包括至少一偵測器，該至少一偵測器具有一光敏區，該光敏區在至少一方向上係小於該波導厚度。
7. 如請求項 1 所述之壓力感測觸碰系統，其中該光源系統包括一輸入光學系統，該輸入光學系統具有一輸入光纖、一輸入稜柱、一輸入格柵及一傾斜輸入邊緣中之一者，以及其中該偵測器系統包括一輸出光學系統，該輸出光學系統具有一輸出光纖、一輸出稜柱、一輸出格柵及一傾斜輸出邊緣中之一者。
8. 如請求項 1 所述之壓力感測觸碰系統，其中該偵測器系統包括至少一偵測器，該至少一偵測器被可操作地設置在該波導之該上表面上並鄰接該輸出邊緣。

9. 如請求項 8 所述之壓力感測觸碰系統，其中該偵測器系統包括至少一偵測器，該至少一偵測器被可操作地設置在該波導之該下表面上並鄰接該輸出邊緣，其中設置在該上和下表面上的該偵測器，以提供具有相差的各個偵測器訊號。

10. 一種具有壓力感測能力的顯示系統，包含：
依據請求項 1 的該壓力感測觸碰系統；以及
一顯示，具有一顯示器，並且將該壓力感測觸碰系統可操作地設置於鄰接該顯示器。

11. 如請求項 10 所述之顯示系統，其中該顯示單元具有一顯示器，該顯示器包括電容及電阻觸碰感測能力中之一者。

12. 如請求項 10 所述之顯示系統，其中該波導係以環氧黏結於該顯示單元，並且該環氧之一折射率小於該波導之折射率。

13. 如請求項 1 所述之壓力感測觸碰系統，其中該光源在至少一方向上具有一小於 5 度的發散。

14. 如請求項 1 所述之壓力感測觸碰系統，其中該光源包括一發光二極體（LED）或一垂直腔面發射雷射（VCSEL）。

15. 如請求項 1 所述之壓力感測觸碰系統，其中該光源發射一選定偏振的光，及其中該偵測器系統包括一偵測器偏光

片，以及其中該偵測器訊號表示由施加在該觸碰位置的該壓力引發的一誘導雙折射量。

16. 如請求項 15 所述之壓力感測觸碰系統，其中該光源包括一光源偏光片，使得該光源發射該選定偏振的該光。

17. 如請求項 16 所述之壓力感測觸碰系統，其中該偵測器系統包括分別相對於第一和第二偵測器可操作地設置的第一和第二偵測器偏光片。

18. 如請求項 15 所述之壓力感測觸碰系統，進一步包含至少一支撐構件，該至少一支撐構件設以支撐該波導，以促進該誘導雙折射在該波導內形成。

19. 如請求項 1 所述之壓力感測觸碰系統，其中該輸出光之該強度分佈中的該變化包括強度條紋的移動，以及其中該偵測器偵測該強度條紋之移動，以測定與該觸碰事件相關的該壓力量。

20. 如請求項 19 所述之壓力感測觸碰系統，進一步包括一孔口，鄰接該偵測器設置該孔口，以使該偵測孔口受限。

21. 如請求項 19 所述之壓力感測觸碰系統，進一步包括鄰接該偵測器設置一傾斜衰減器，以使該偵測器上的輸出光偵測

爲位置敏感的。

22. 如請求項 1 所述之壓力感測觸碰系統，其中：
該光源發射一選定偏振的光，
該偵測器系統包括一偵測器偏光片，以及
該偵測器訊號表示從藉由在該觸碰位置施加該壓力而導致改變通過該玻璃之不同雙折射區的路徑所產生的偏振狀態中之一變化量。
23. 如請求項 22 所述之壓力感測觸碰系統，其中偏振中的該變化係來自誘導的雙折射以及通過在該玻璃之製造中所形成的不同現存雙折射區之光路徑變化。
24. 如請求項 1 所述之壓力感測觸碰系統，其中：
該光源發射一選定偏振的光，以及
該偵測器系統包括多個前面具有不同偏振光學的偵測器，以允許偵測來自該玻璃的發射光之偏振狀態。
25. 如請求項 24 所述之壓力感測觸碰系統，其中偵測
來自該輸入偏振的延遲大小；
來自該輸入偏振的延遲；
被偏振的光之百分比；以及
來自該玻璃的發射光之強度大小中之一或多者。

26. 如請求項 25 所述之壓力感測觸碰系統，其中偵測來自該輸入偏振的延遲。

27. 一種在一可撓波導上的一觸碰位置感測一觸碰事件之一施加壓力的方法，包含以下步驟：

在多個光路徑上從一輸入邊緣發送光到該可撓波導之一輸出邊緣，以形成在該輸出邊緣具有一強度分佈的輸出光；

藉由對該波導施加壓力而撓曲該波導，從而在該多個光路徑中引起一變化，以導致該輸出光之一強度分佈中產生一變化；

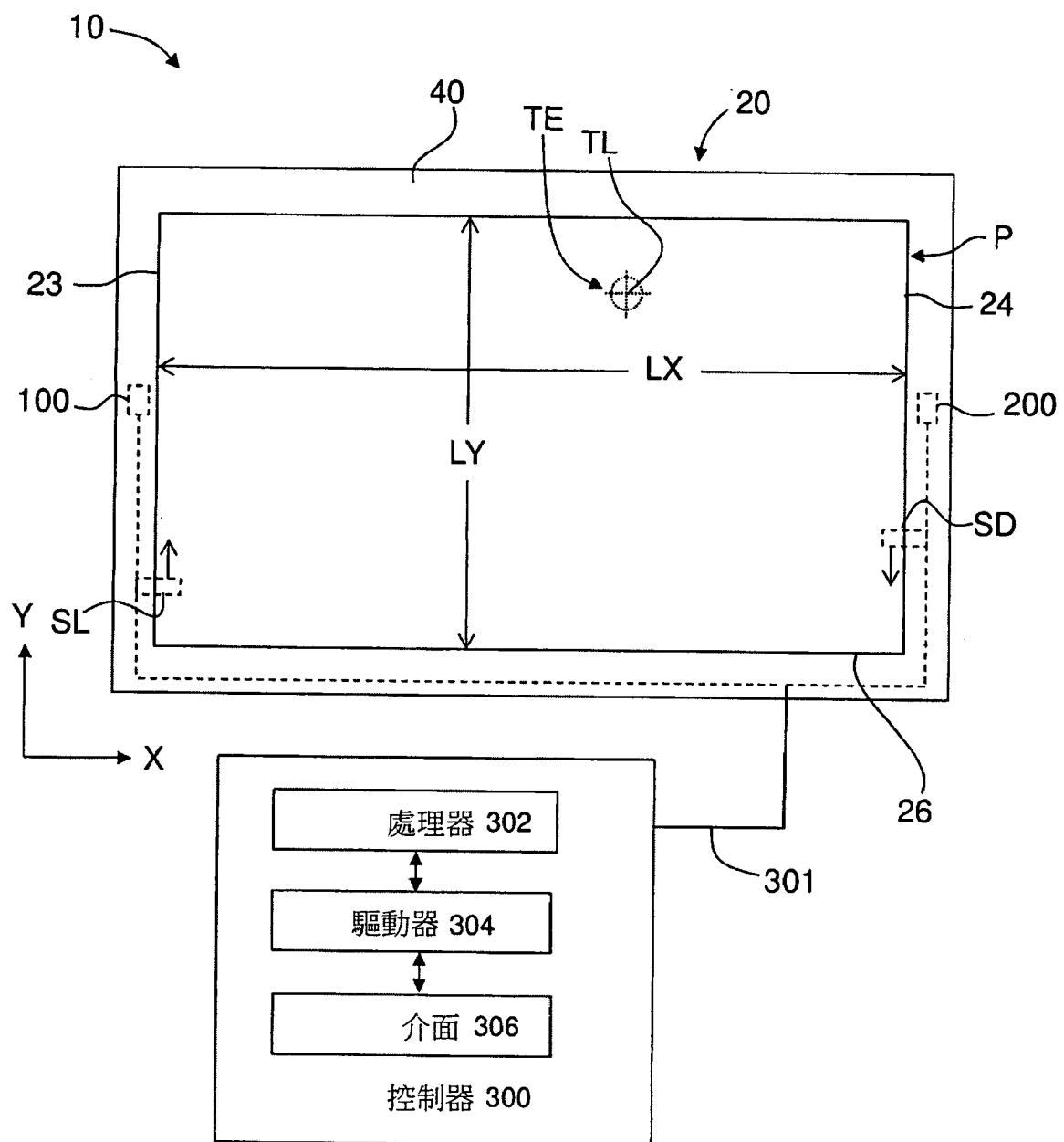
偵測該強度分佈中之該變化，並產生表示該變化的一偵測器訊號；以及

處理該偵測器訊號，以將該強度分佈中之該變化與在該觸碰位置施加之該壓力關聯。

28. 如請求項 27 所述之方法，其中偵測該強度分佈中之該變化之步驟包括以下步驟：在一相對於該輸出邊緣的近區中偵測該輸出光。

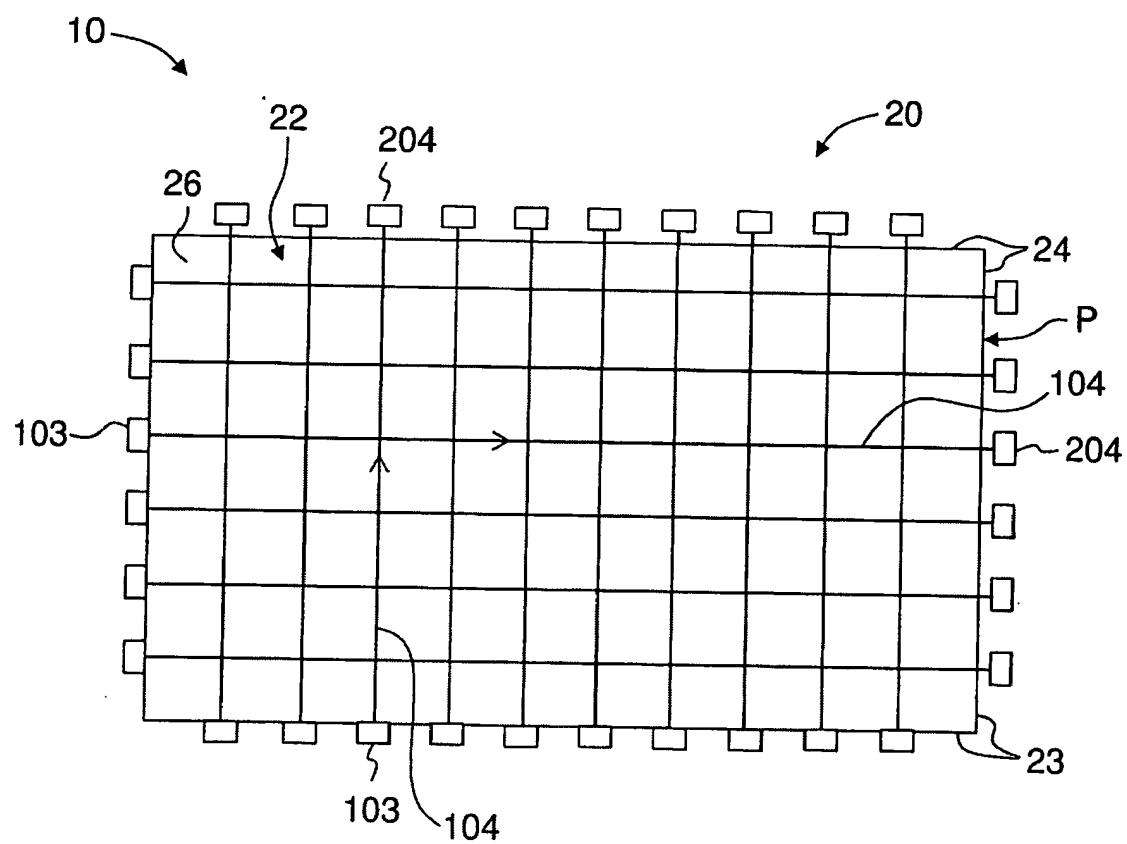
201435689

圖式



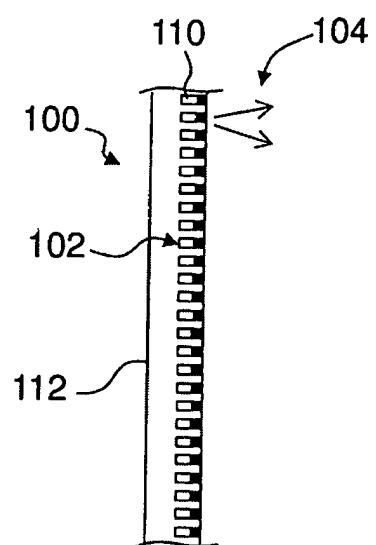
第1A圖

201435689

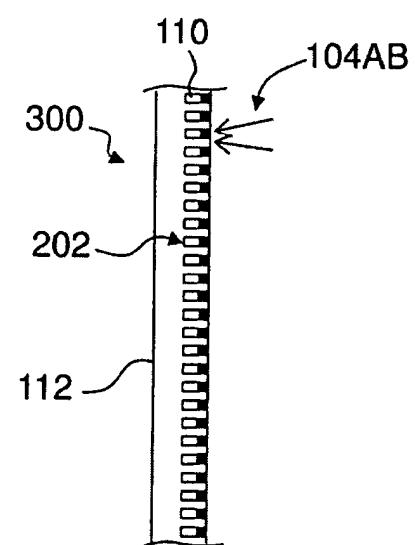


第1B圖

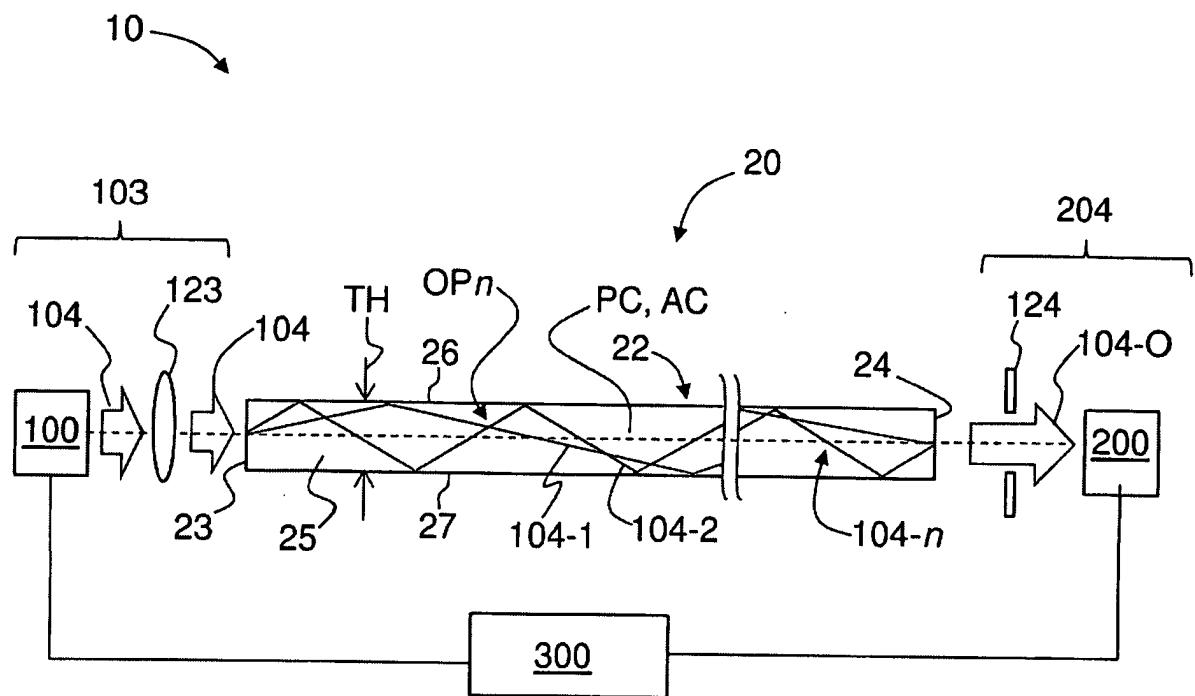
201435689



第2A圖

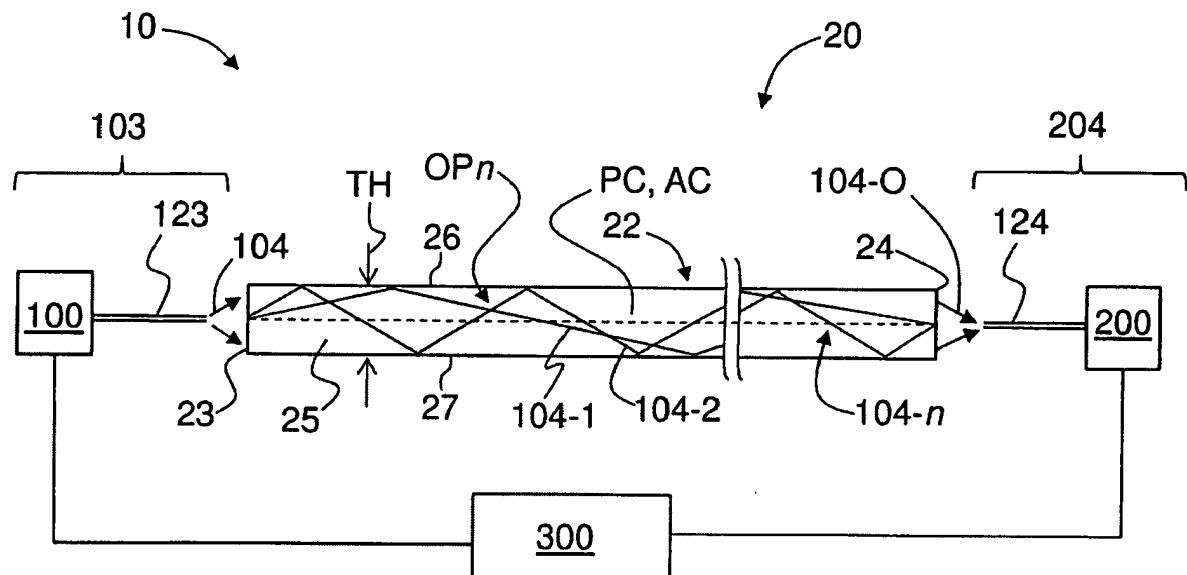


第2B圖

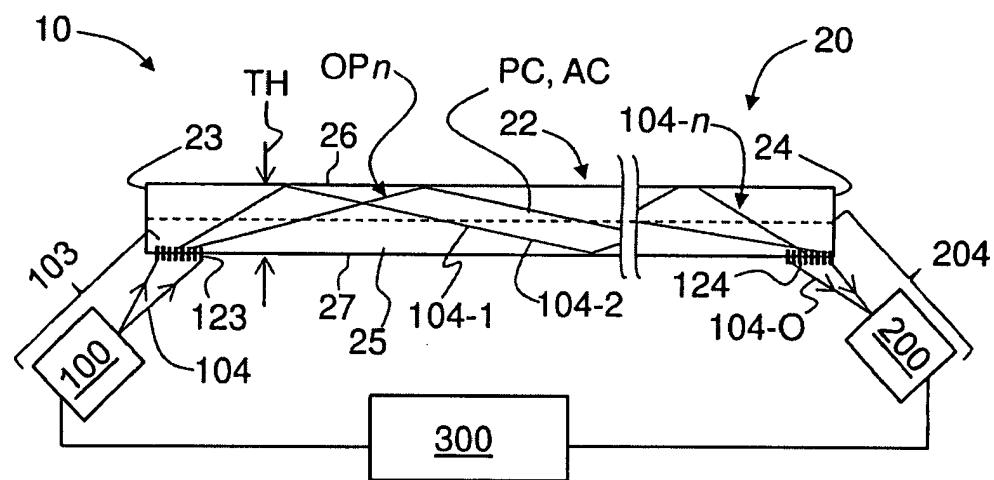


第3圖

201435689

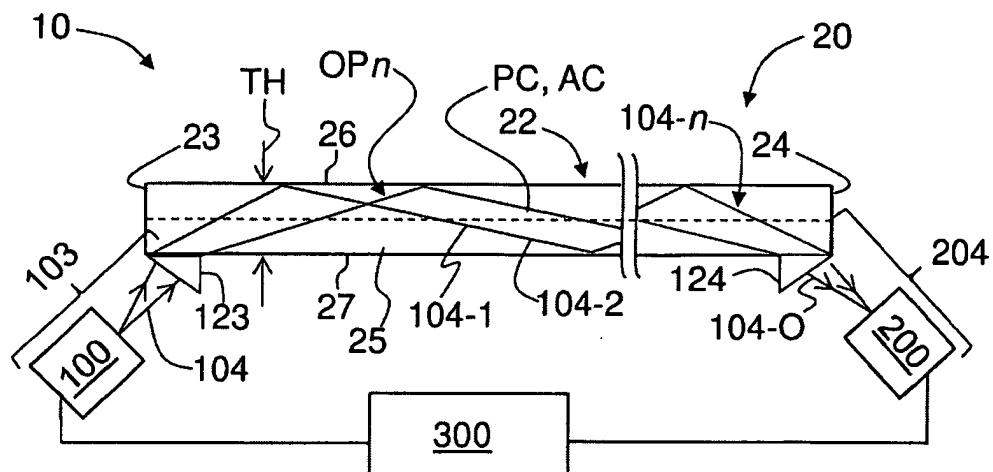


第4A圖

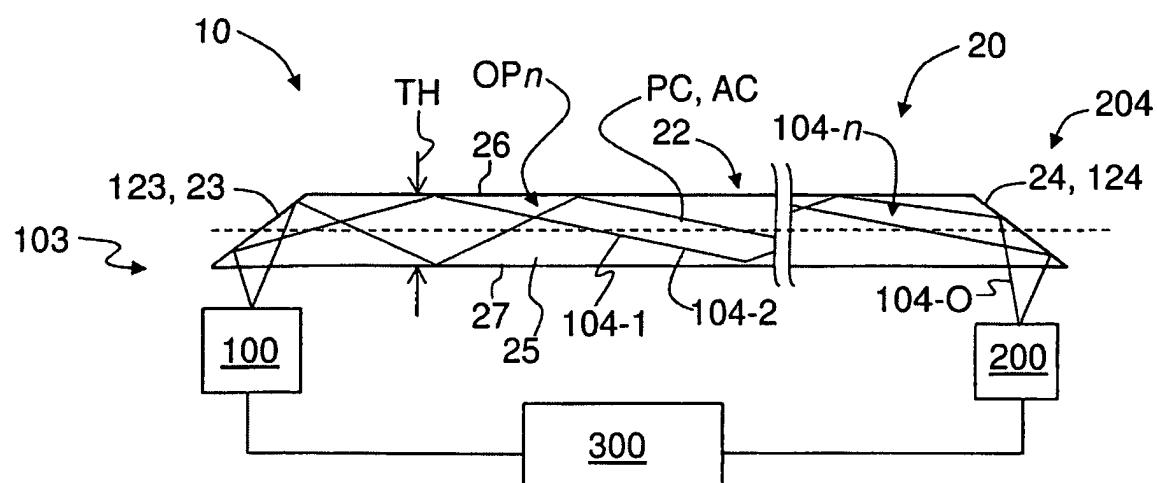


第4B圖

201435689



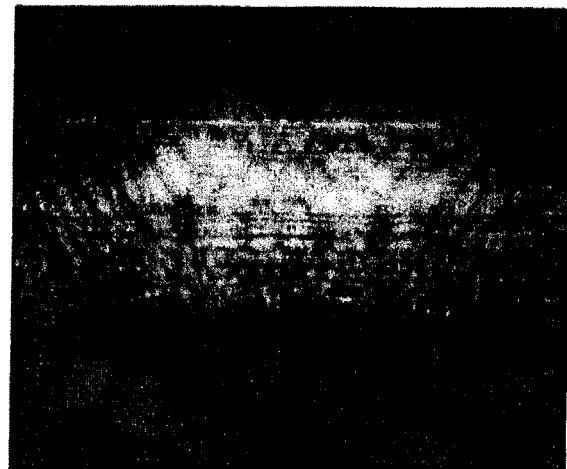
第4C圖



第4D圖

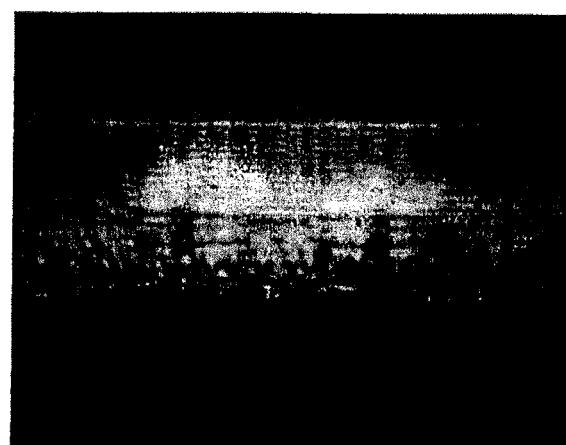
201435689

104-O →



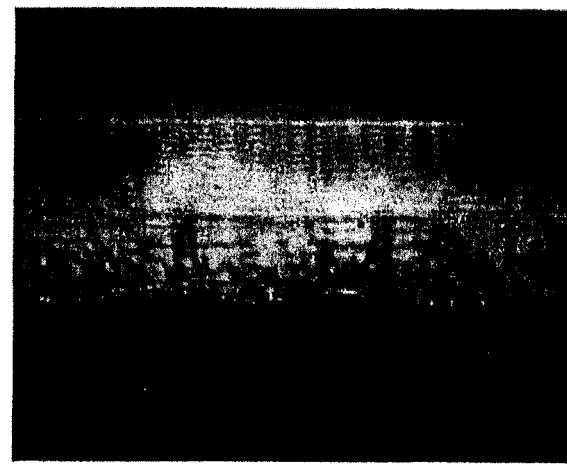
第5A圖

104-O →



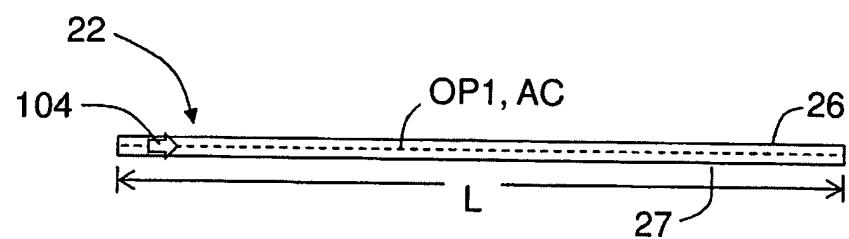
第5B圖

104-O →

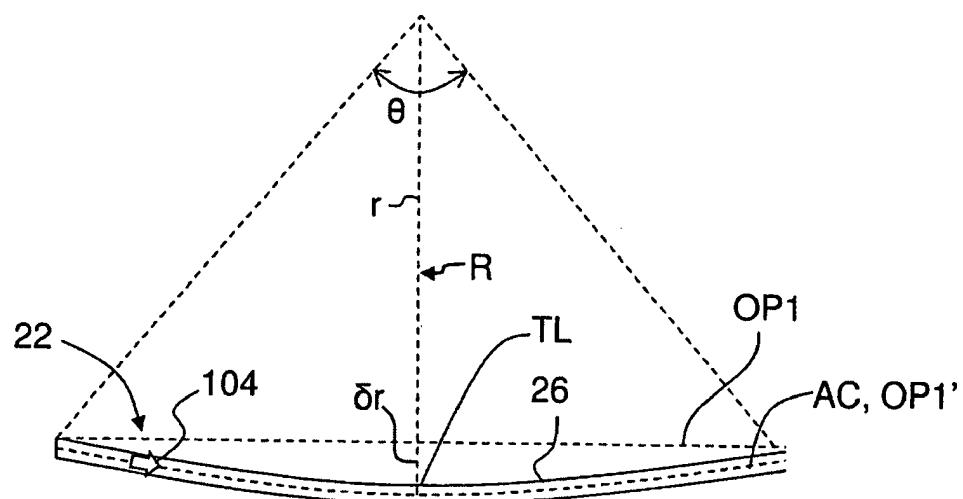


第5C圖

201435689

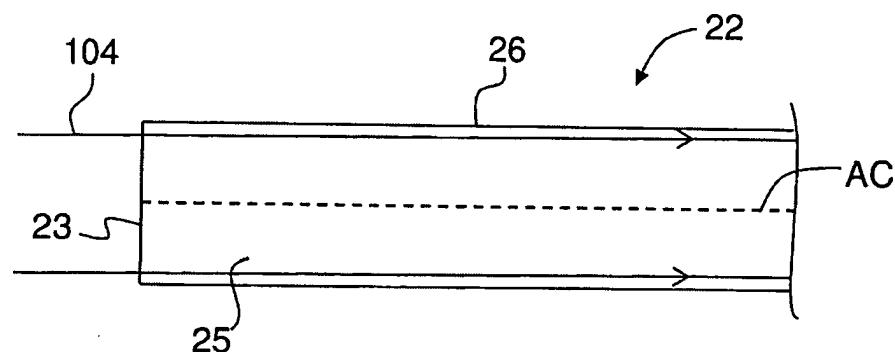


第6A圖

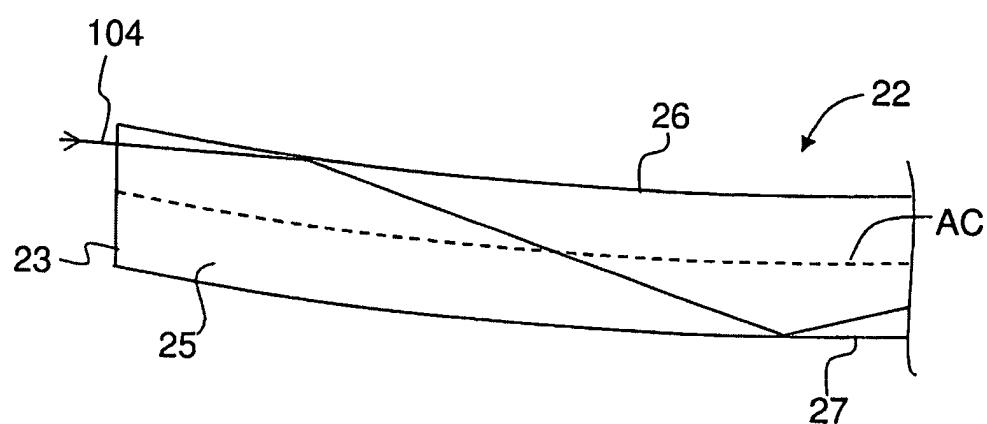


第6B圖

201435689

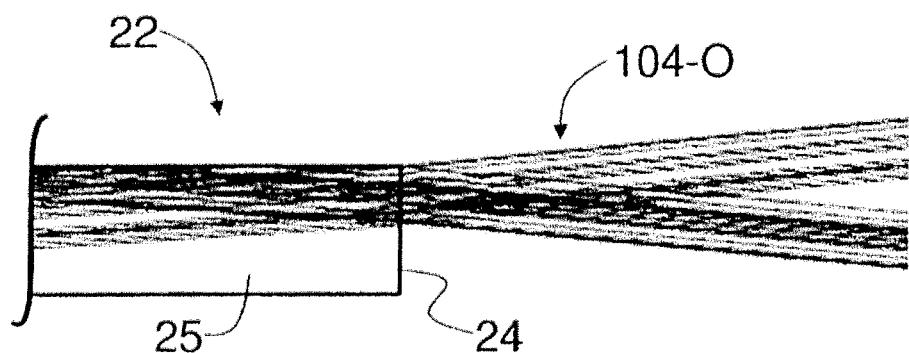


第6C圖

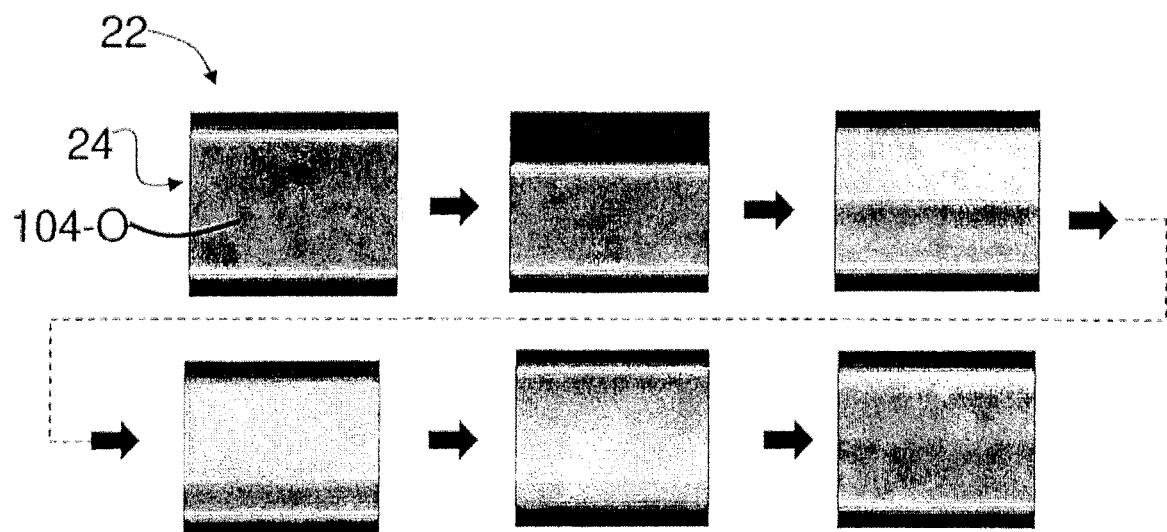


第6D圖

201435689

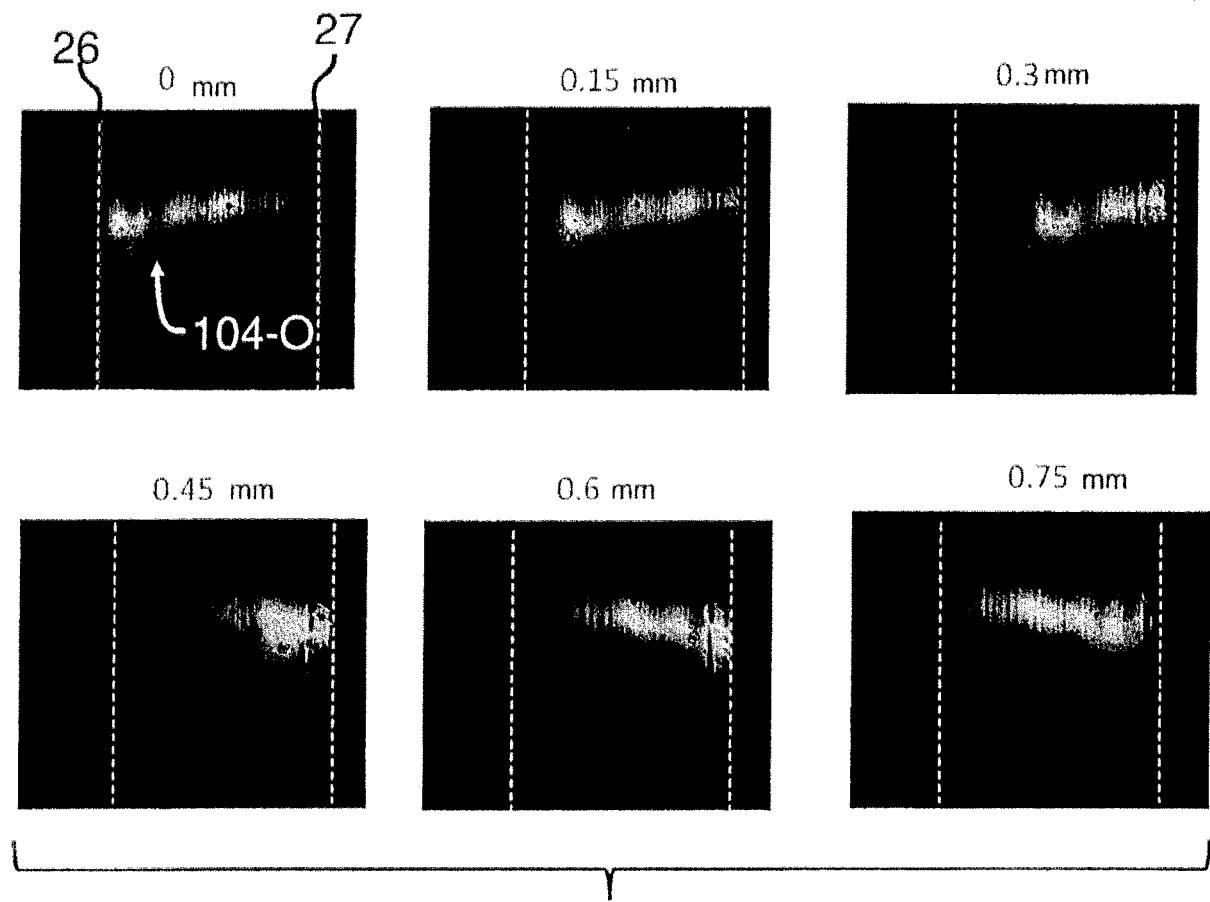


第6E圖



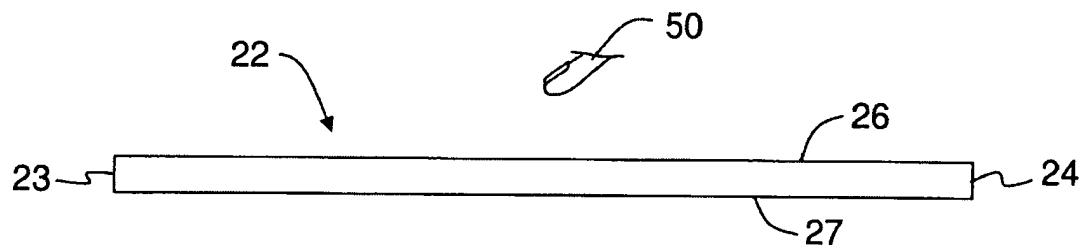
第6F圖

201435689

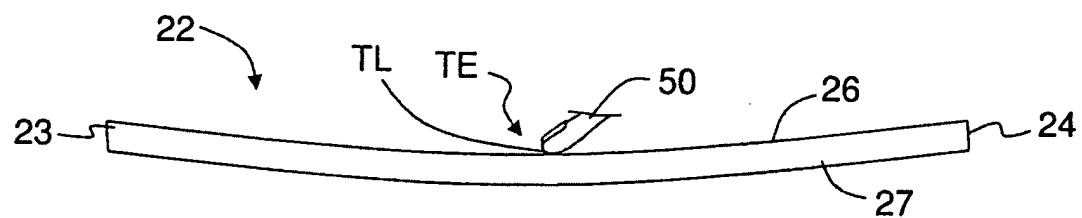


第6G圖

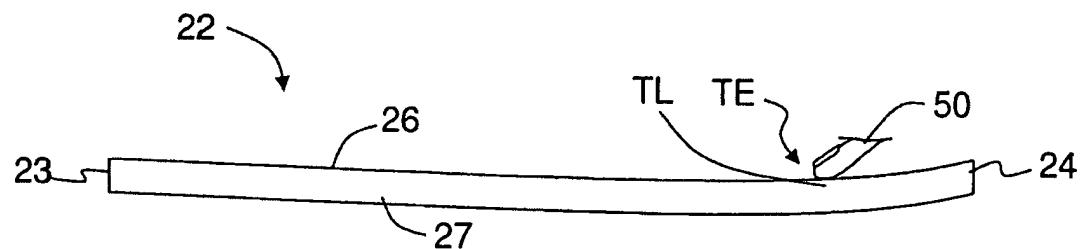
201435689



第7A圖

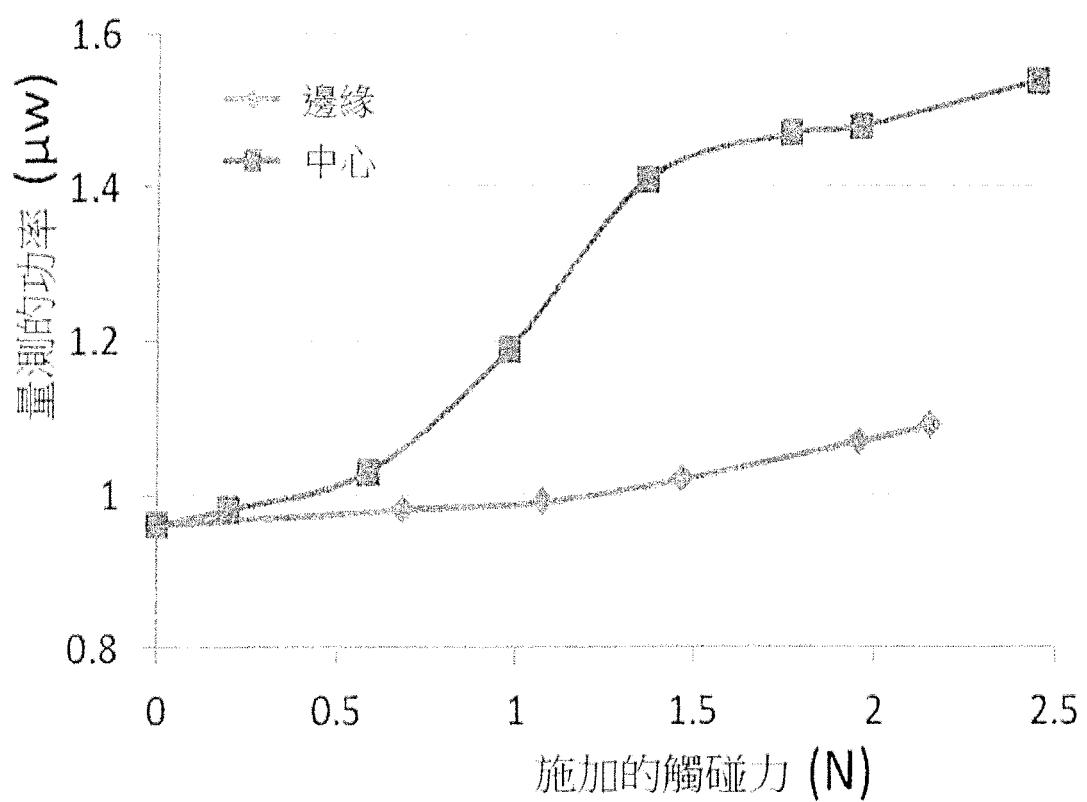


第7B圖



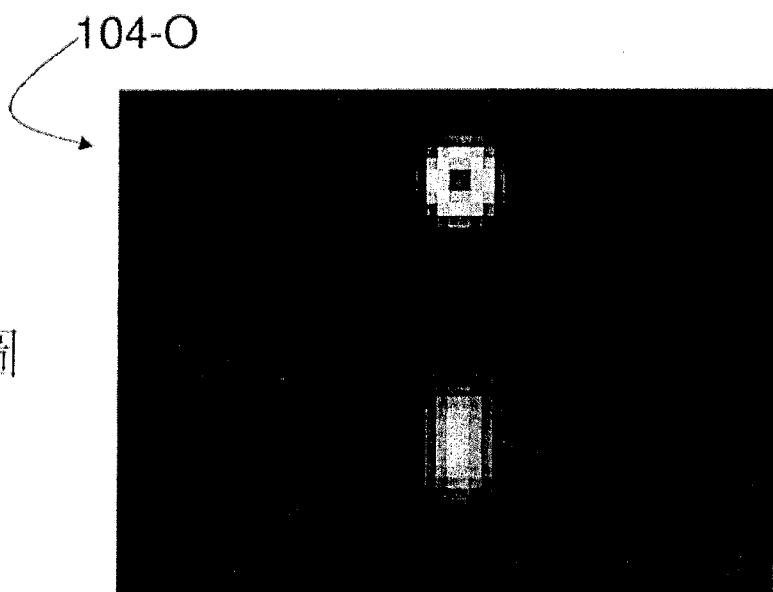
第7C圖

201435689

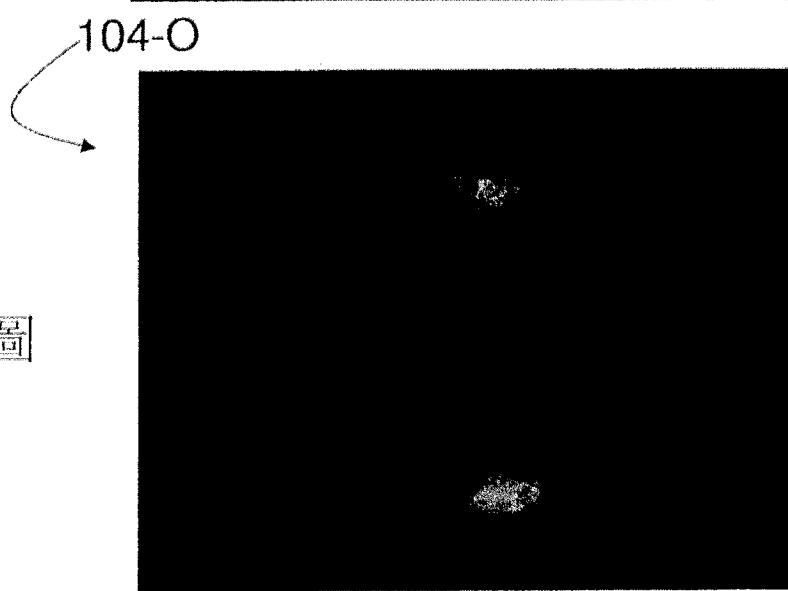


第8圖

201435689

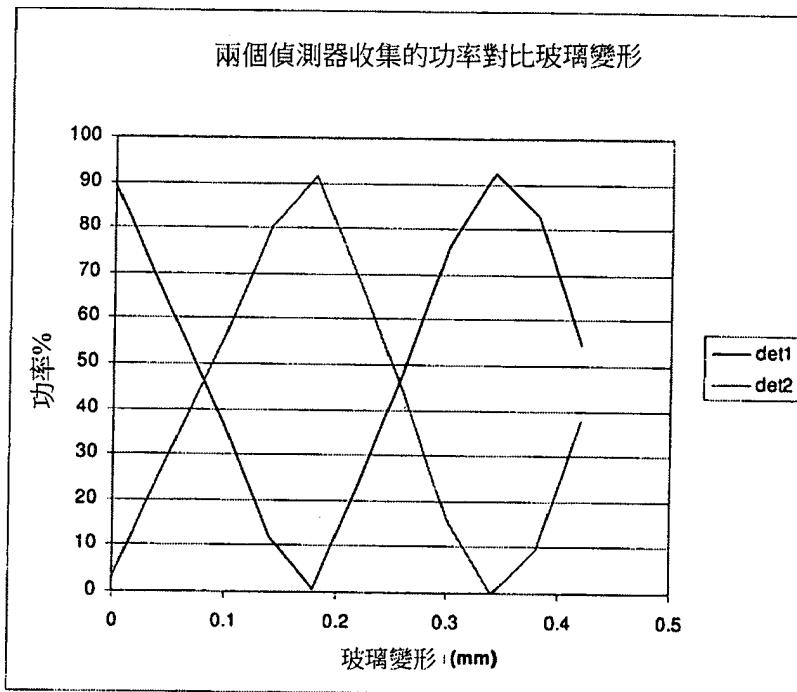


第9A圖

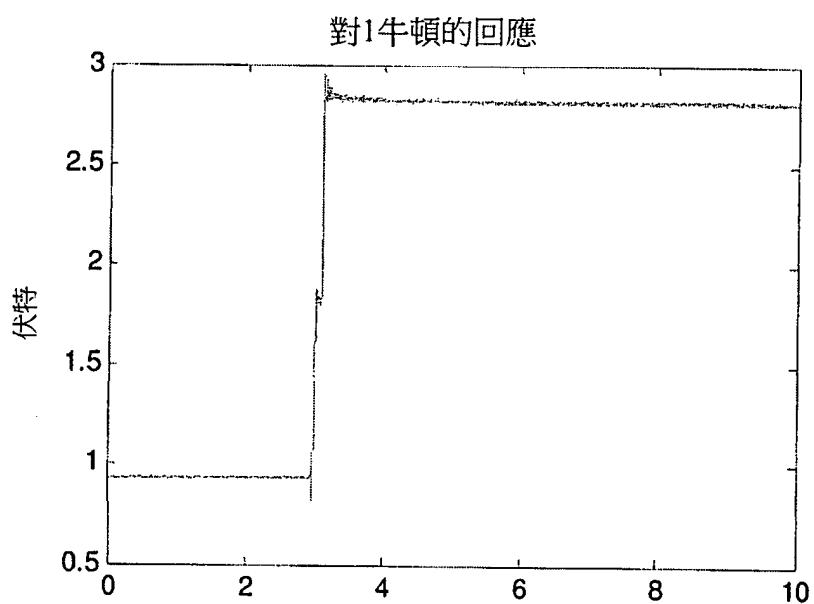


第9B圖

201435689

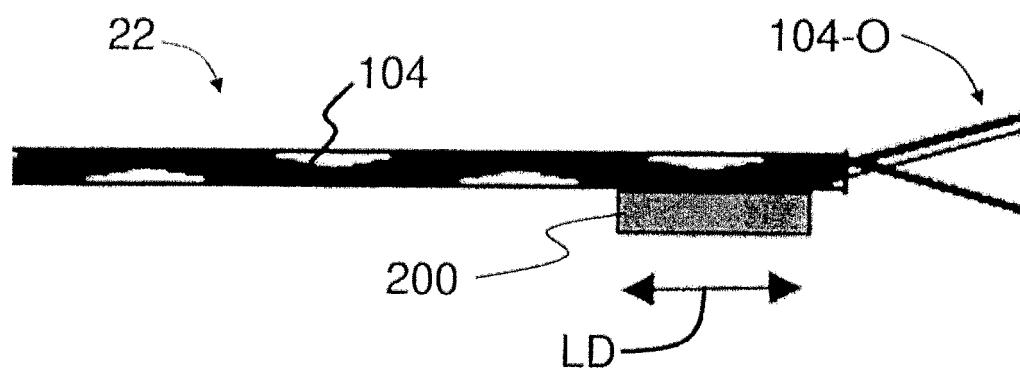


第9C圖

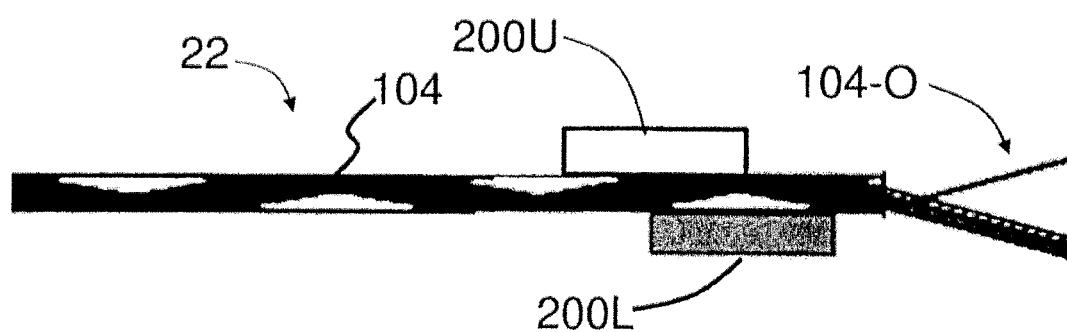


第10圖

201435689



第11A圖



第11B圖

201435689



第12A圖

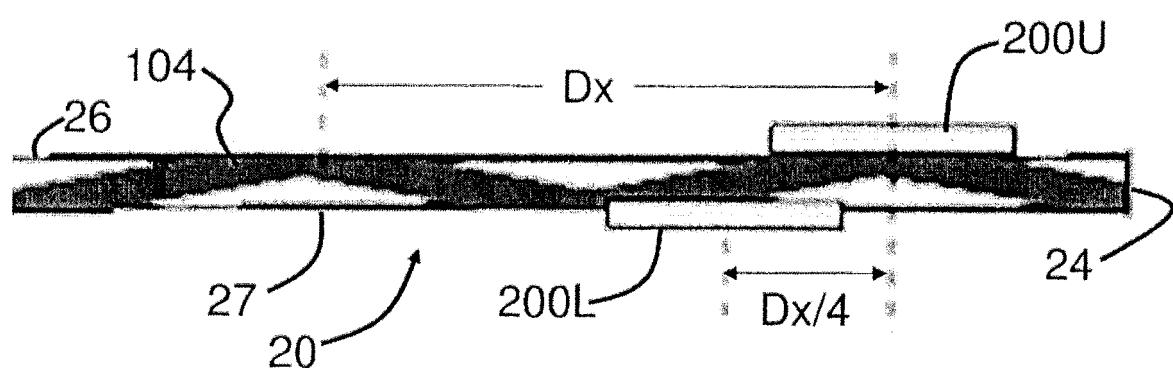


第12B圖



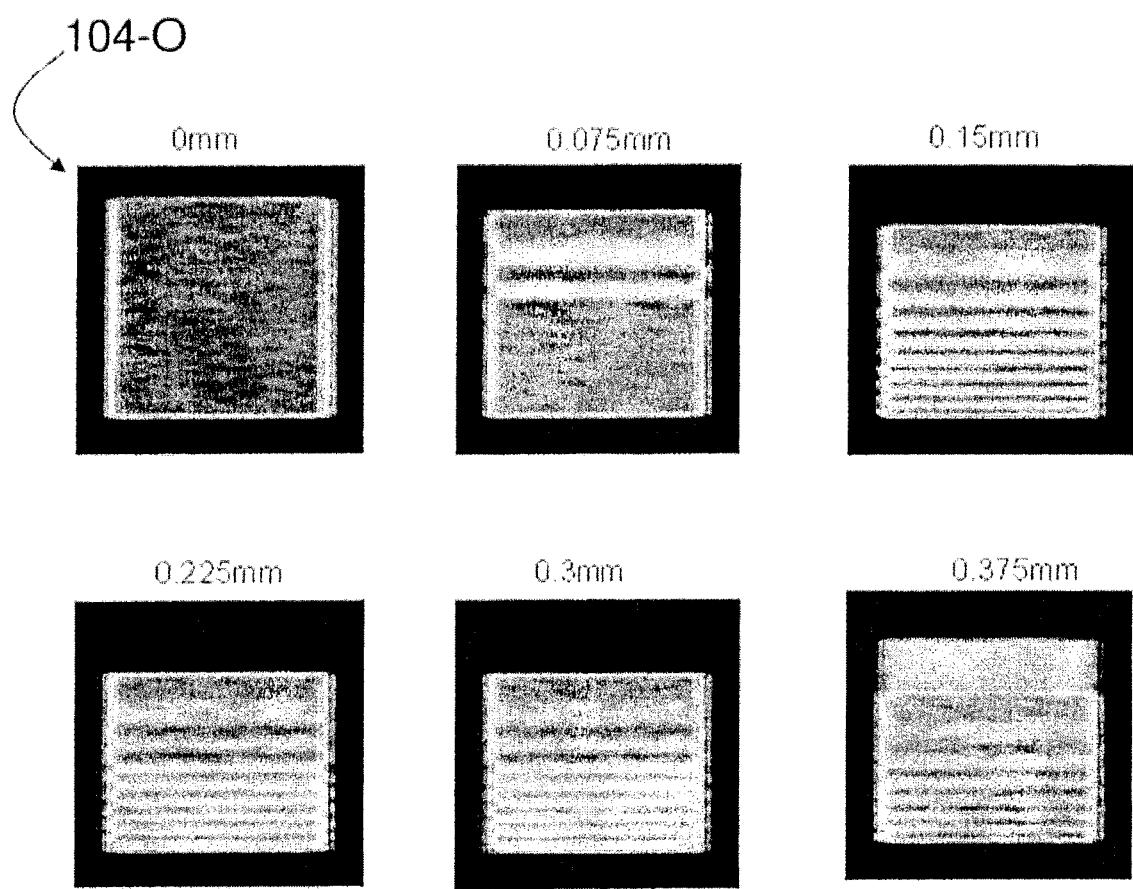
第12C圖

201435689



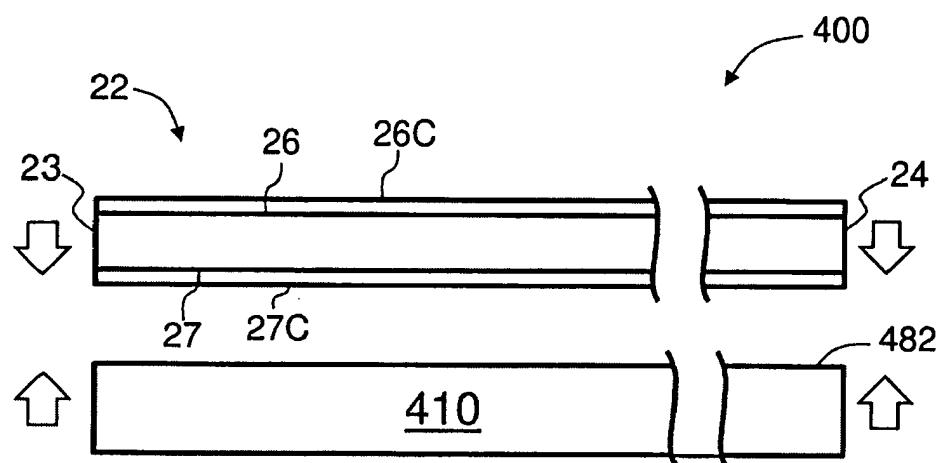
第13圖

201435689



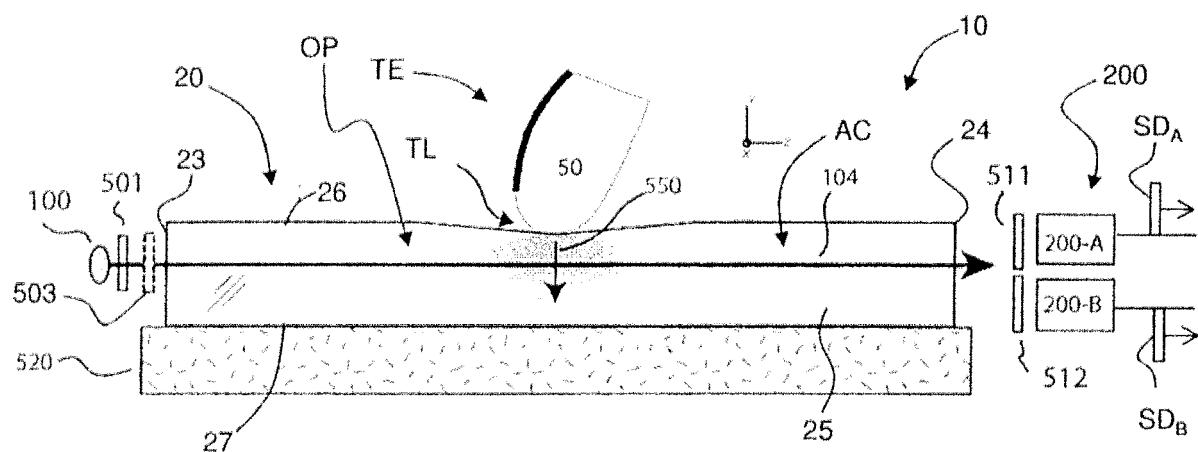
第14圖

201435689

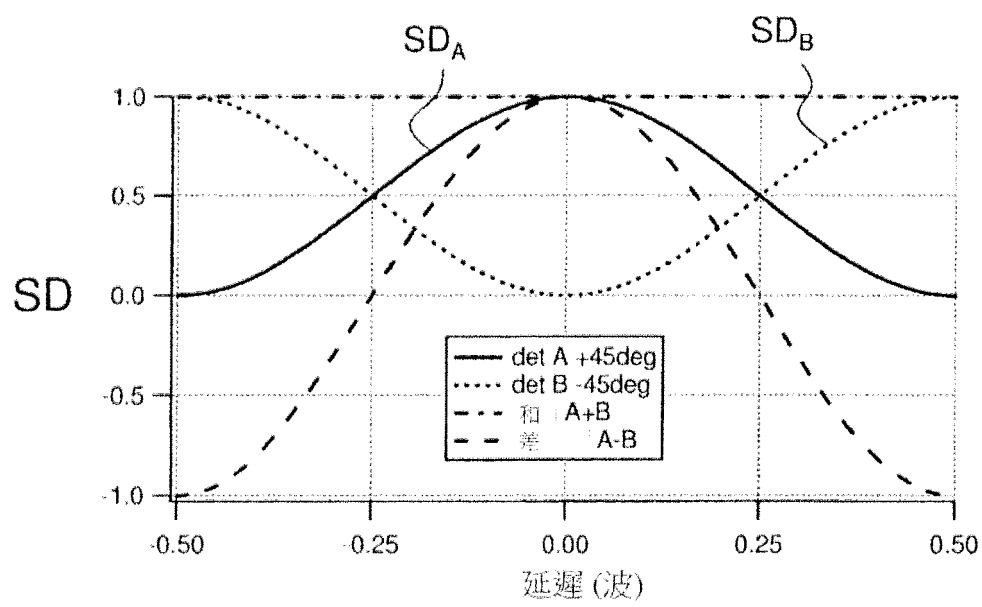


第15圖

201435689



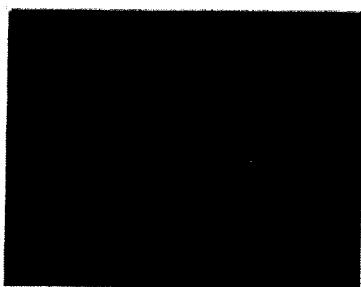
第16圖



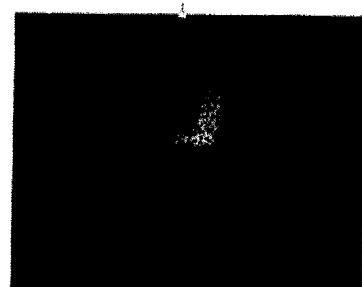
第17圖

201435689

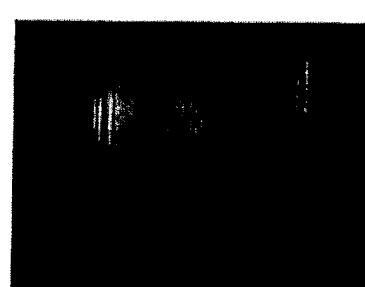
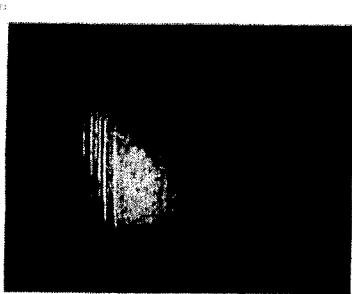
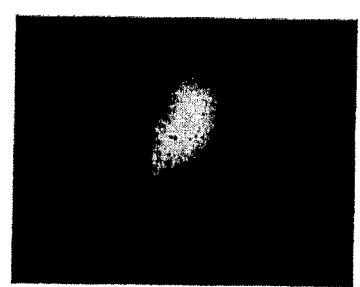
18A



18B



18C

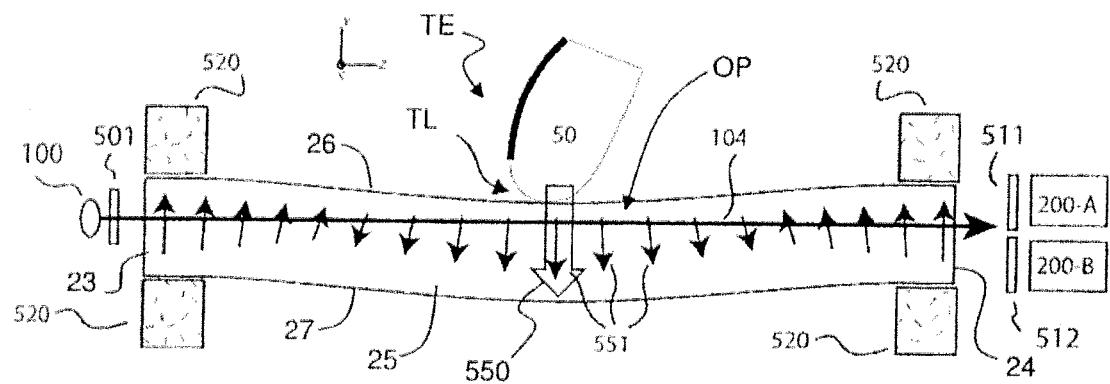


18D

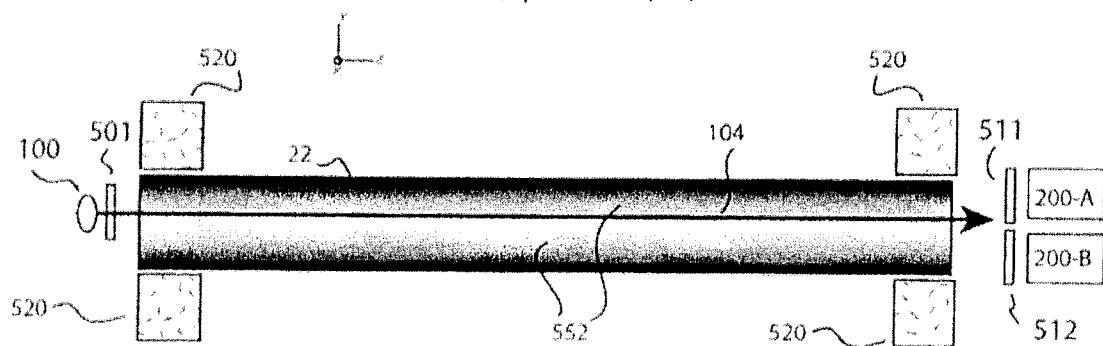
18E

第18A-18E圖

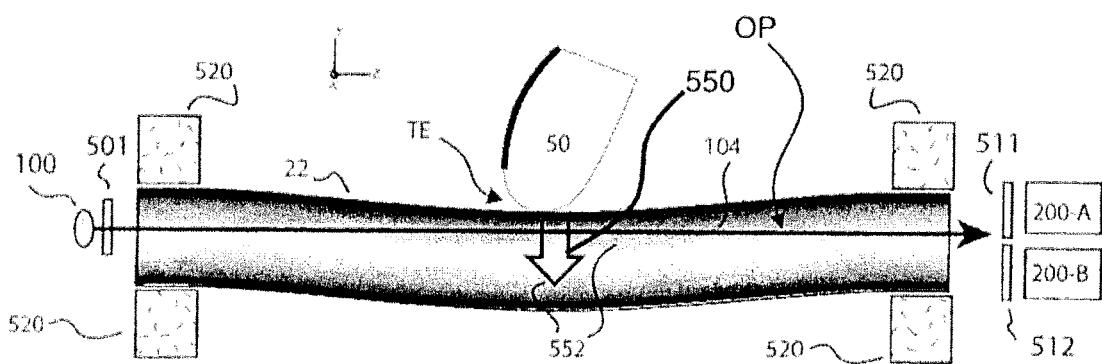
201435689



第19A圖

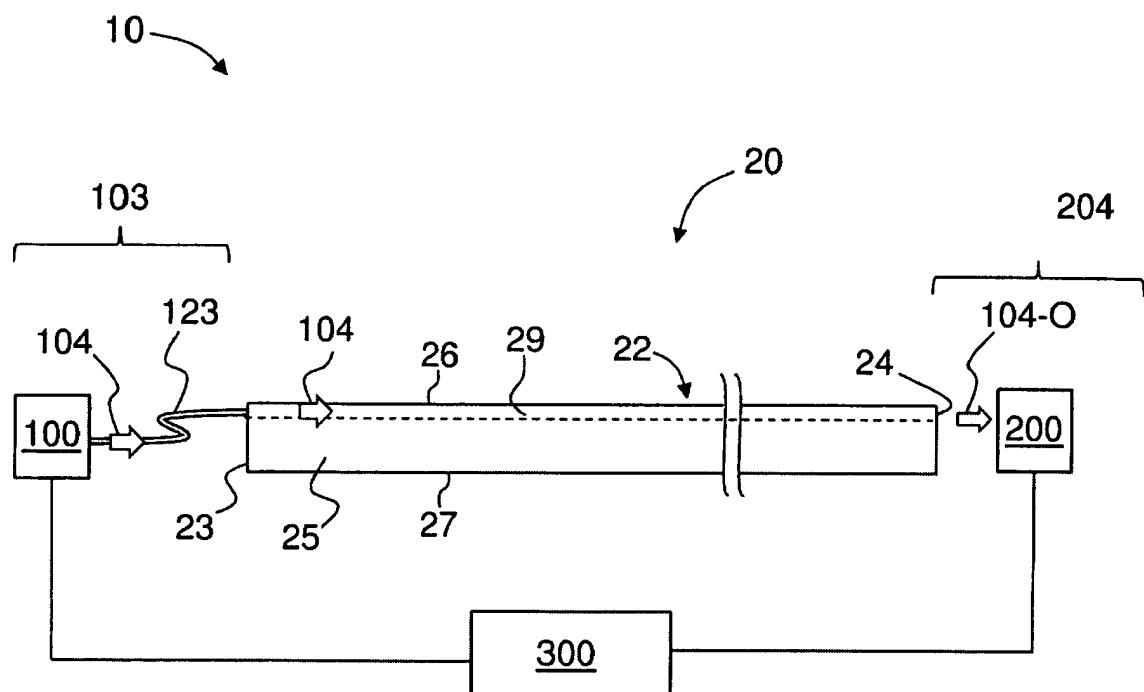


第19B圖



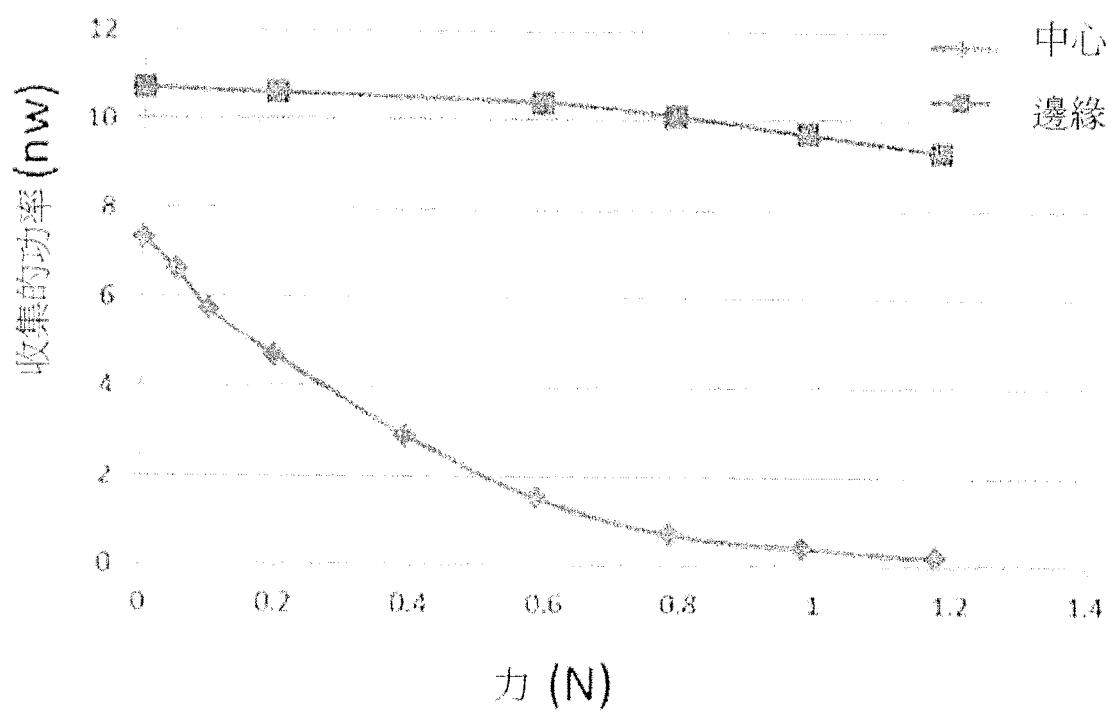
第19C圖

201435689



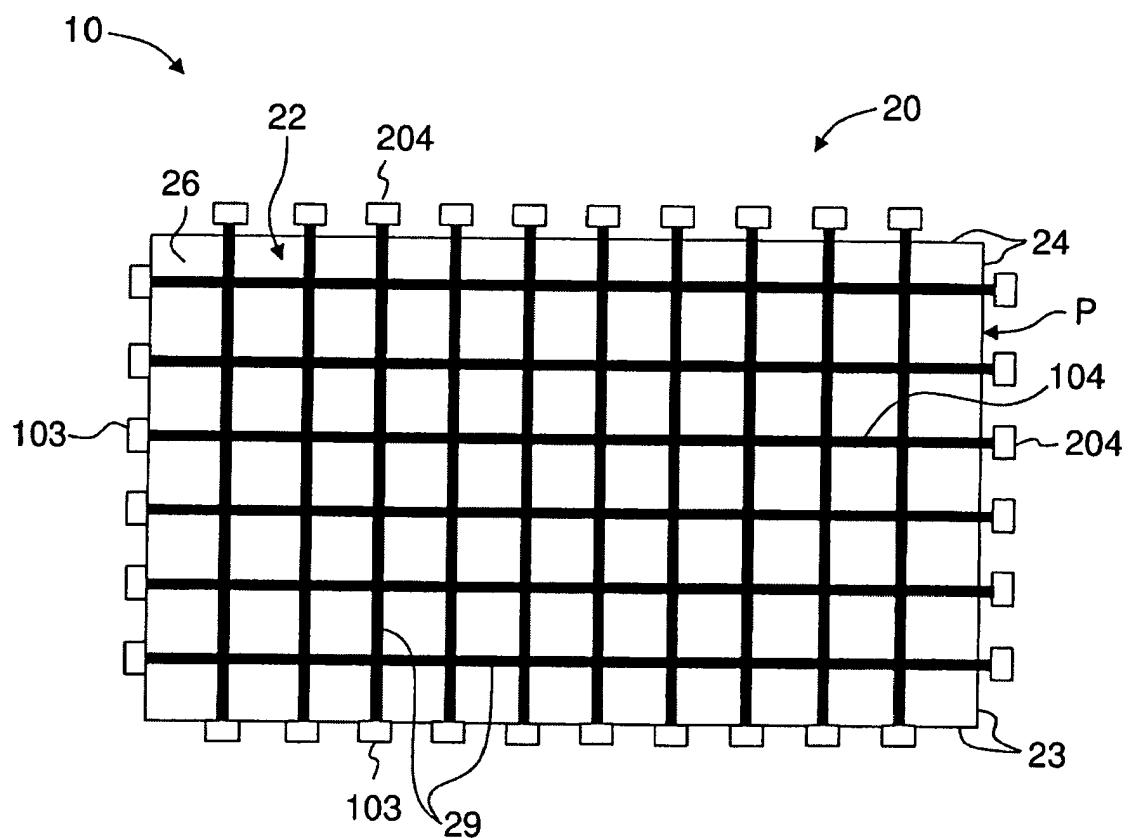
第20圖

201435689



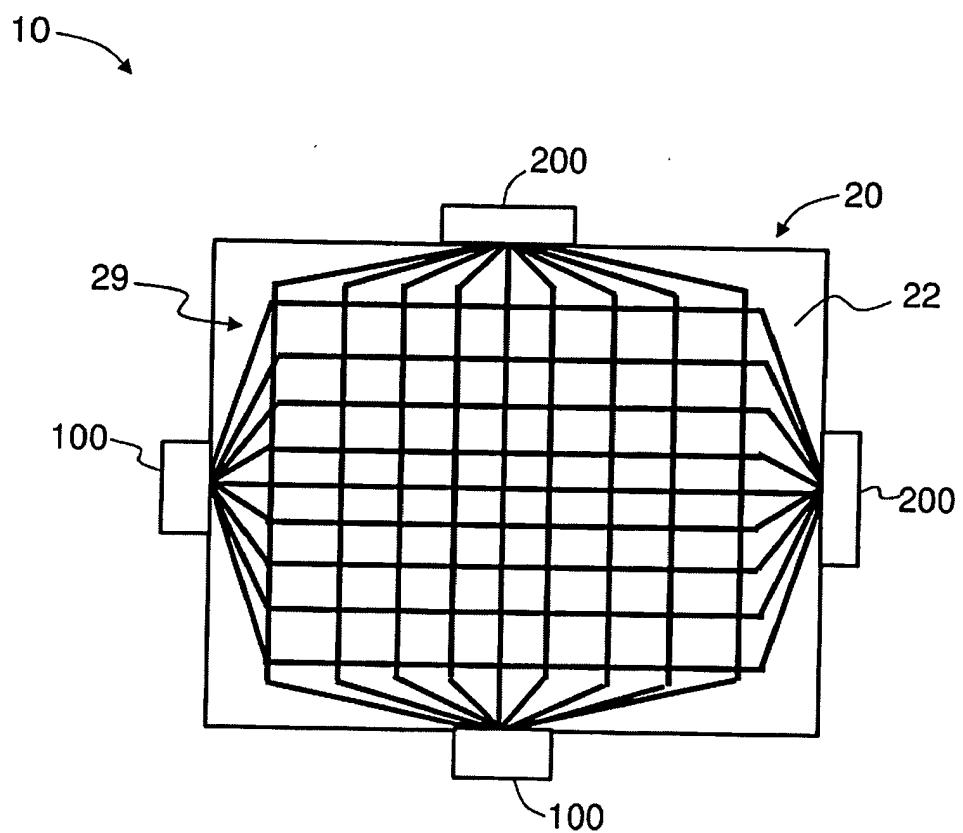
第21圖

201435689



第22圖

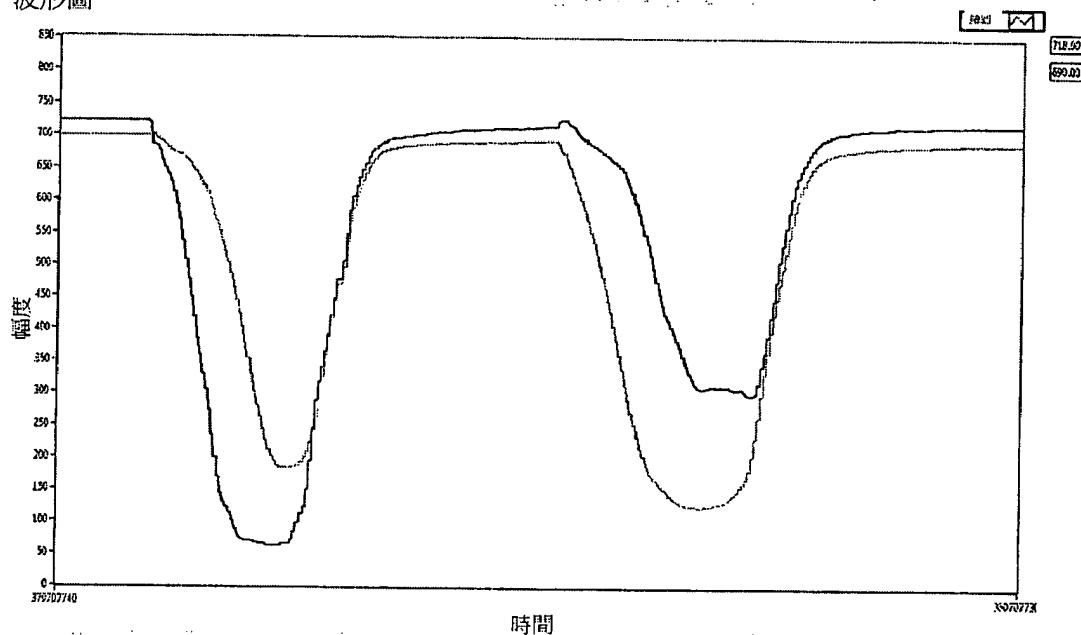
201435689



第23圖

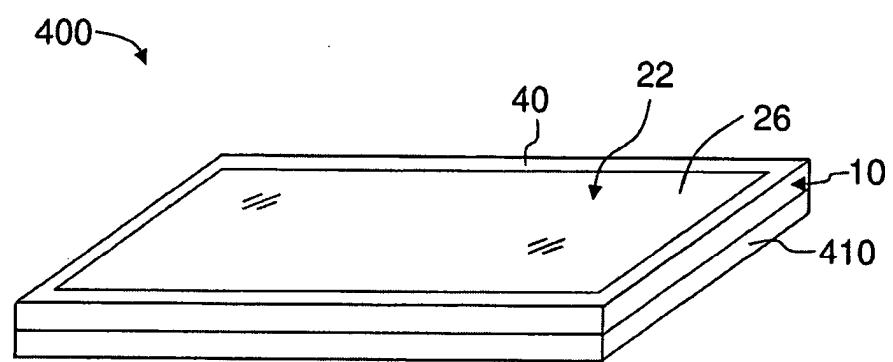
201435689

波形圖



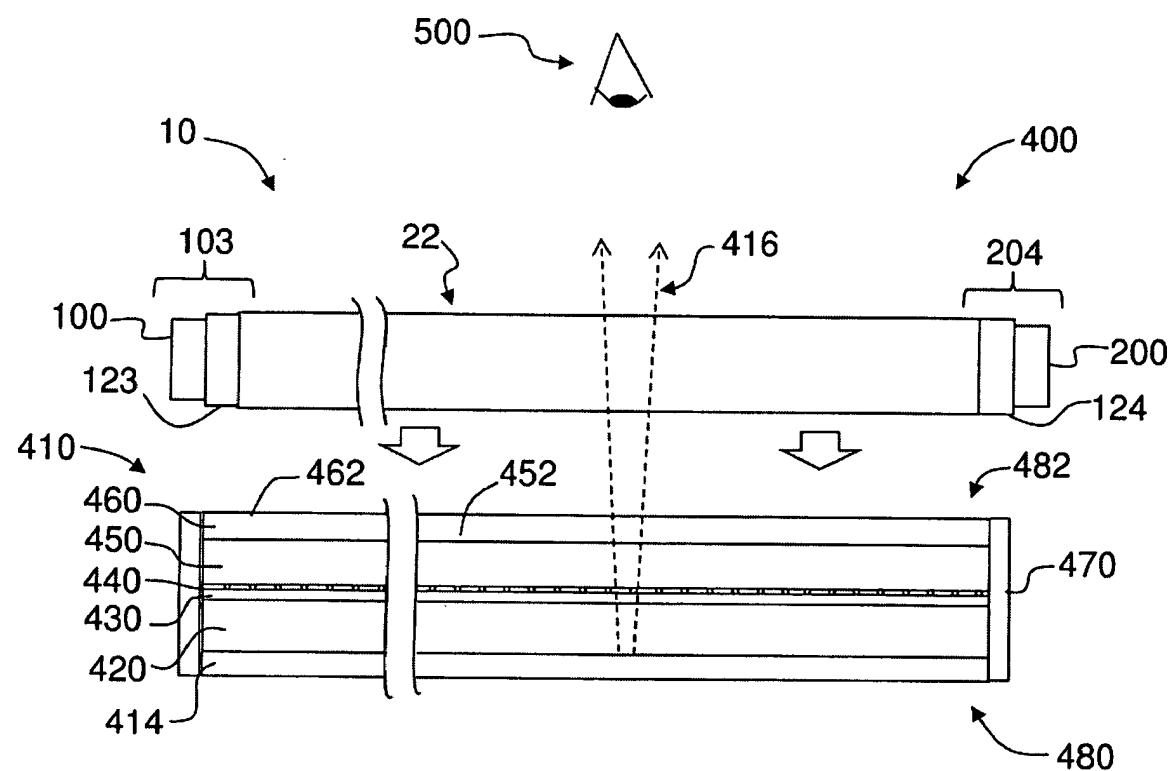
第24圖

201435689



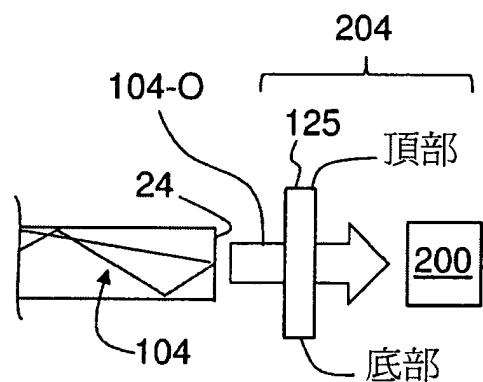
第25A圖

201435689

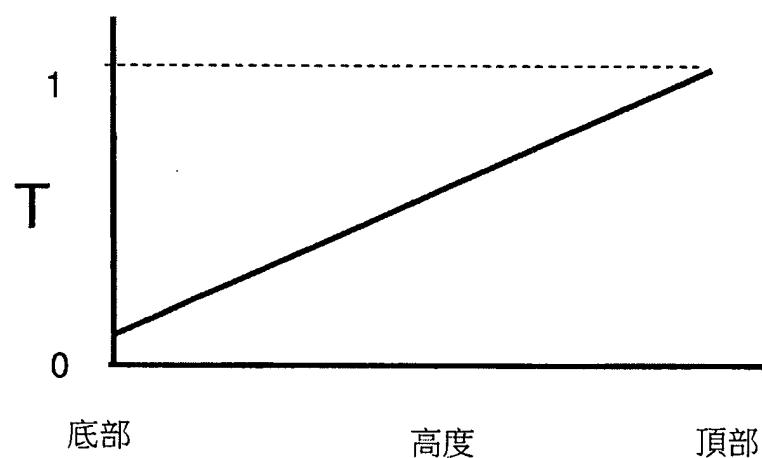


第25B圖

201435689

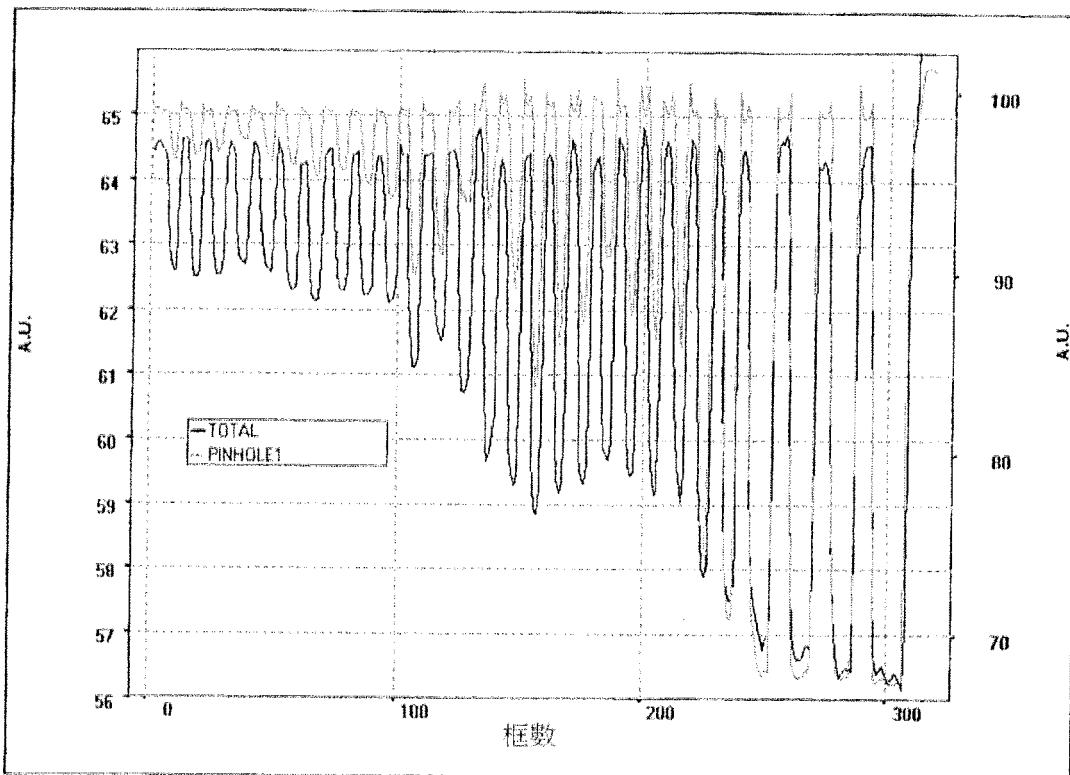


第26A圖



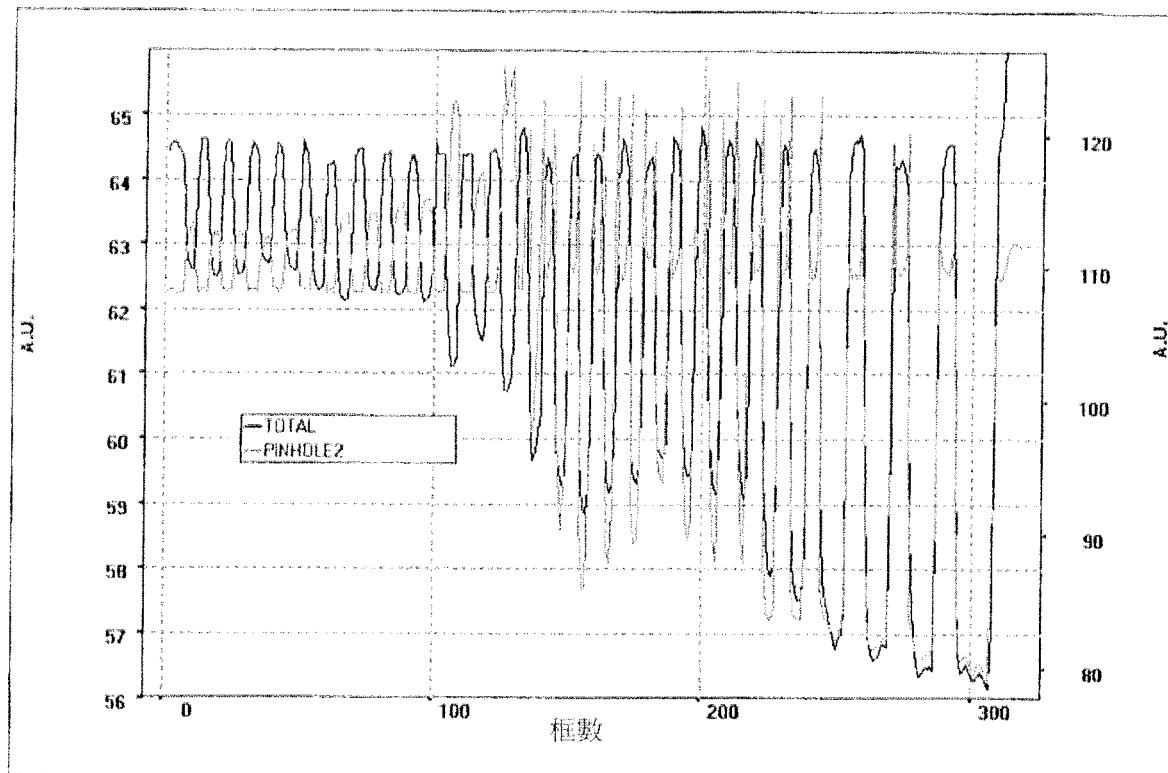
第26B圖

201435689



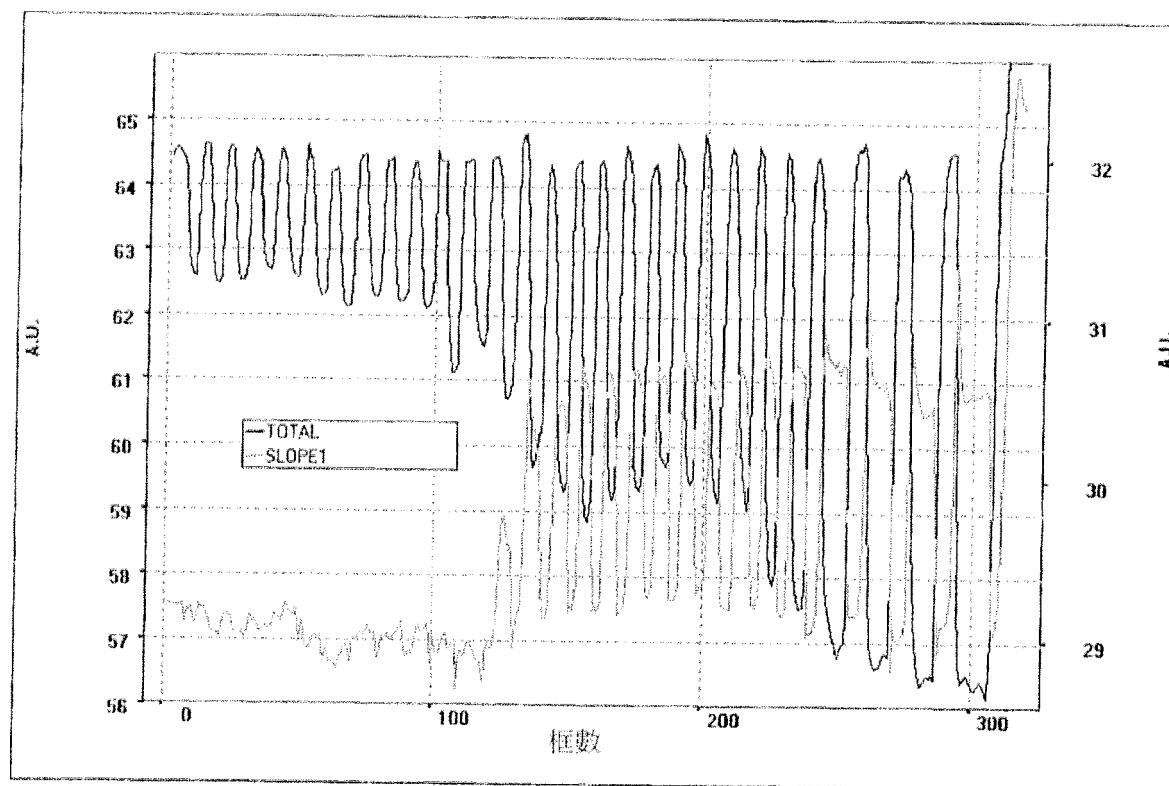
第27A圖

201435689



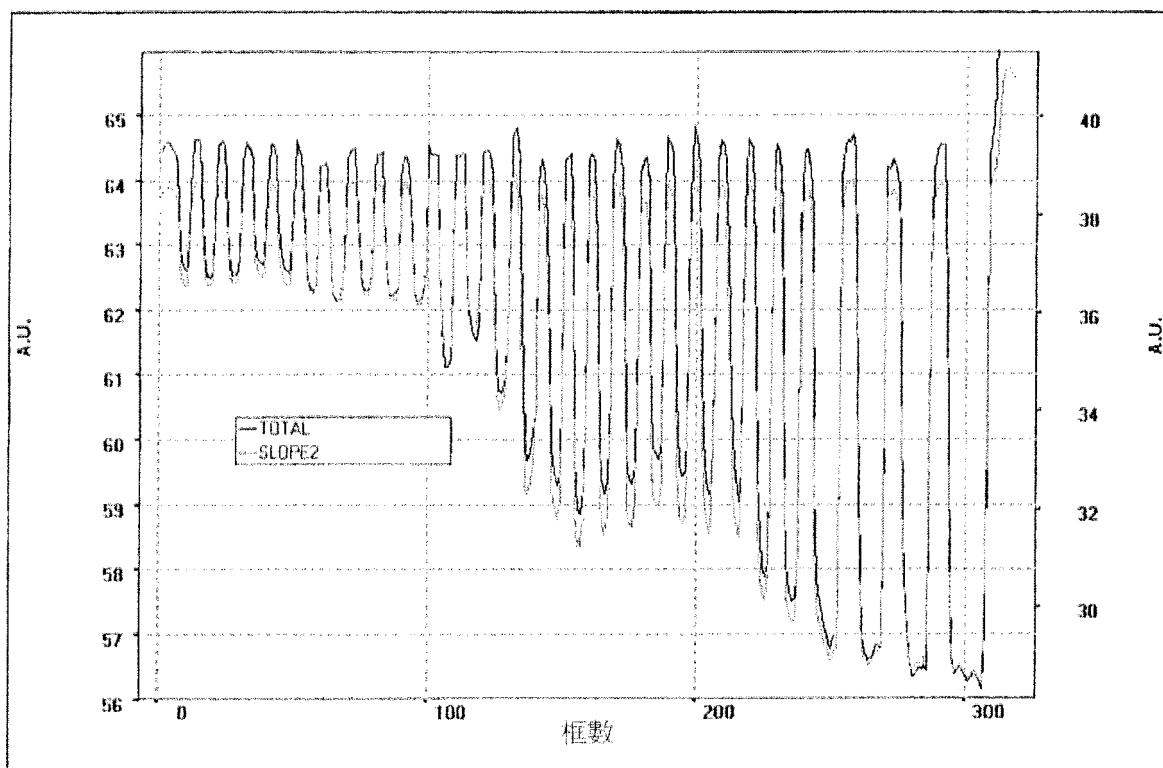
第27B圖

201435689



第27C圖

201435689



第27D圖

在單個軸應力狀態下，應力光學係數K係藉由下列方程式界定

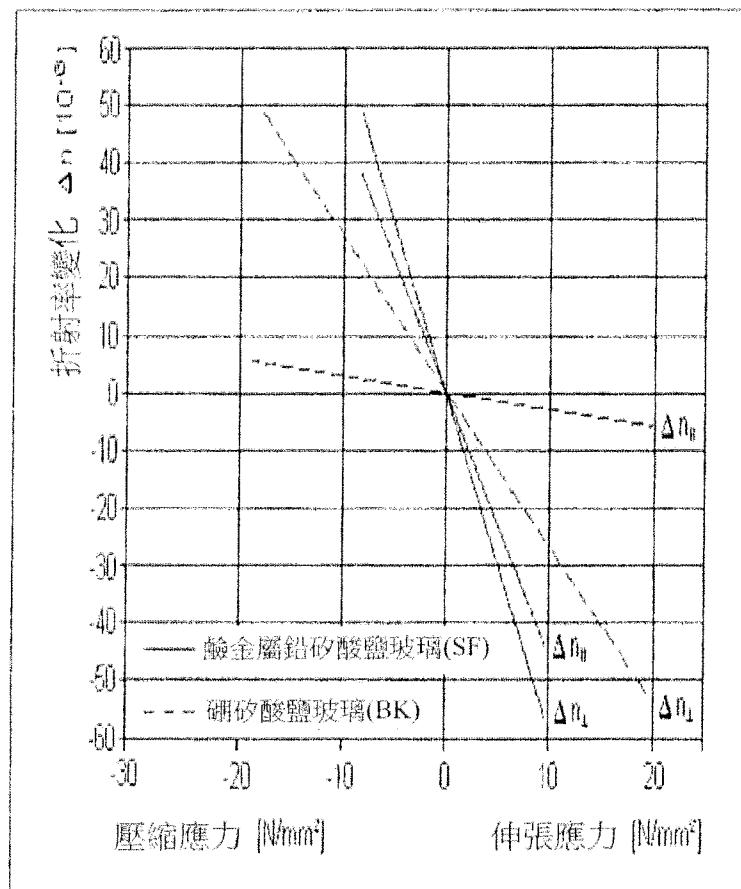
$$\Delta s = (n_{II} - n_I) \cdot d = (K_{II} - K_I) \cdot d \sigma = K \cdot d \sigma$$

且：

- Δs 光學路徑之差
- d 樣本之光路徑長度
- n_{II} 平行於應力方向之振盪光之折射率
- n_I 垂直於應力方向之振盪光之折射率
- K_{II} $(n_{II} - n_0)/G$
- K_I $(n_I - n_0)/G$
- n_0 無應力玻璃之折射率
- σ 機械壓力（對於張應力為正）

應力光學係數K之單位為 mm^2N^{-1} ，應力之單位為 Nmm^{-2} ，或更常見的MPa。

第28A圖



第6圖：有關外部壓縮及/或伸張負載的折射率變化

1 PSI (N/mm^2)	6.89E-03
K for BK7 (mm^2/N)	2.77E-06
K for FS (mm^2/N)	3.50E-06

第28B圖

壓力	
$Pa = Pascal (N/m^2)$	
1 Pa (PSI)	1.45E-04
1 PSI (Pa)	6.89E+03
1 PSI (N/mm^2)	6.89E-03
1 kPa (N/mm^2)	0.001
1 PSI (kPa)	6.895

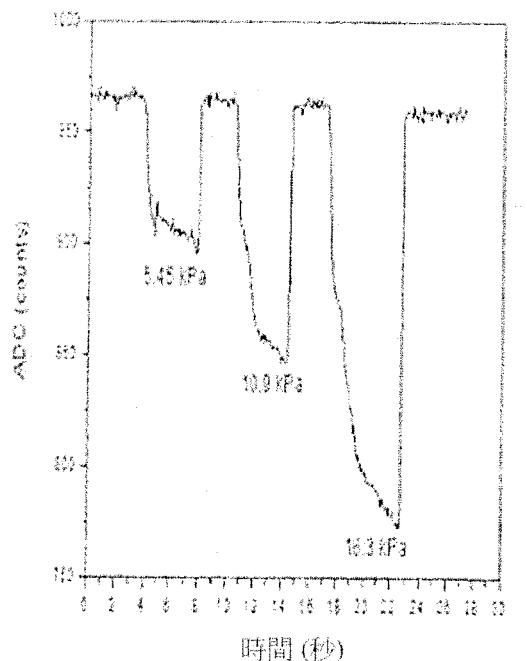
- 使用鉛筆橡皮端 (120mm^2)
- 按壓、釋放且隨後重複三次
- 所量測之熟知施加壓力：

 - 5.45kPa :: 手指平放在表面上
 - 10.9kPa :: 像鍵盤一樣按壓
 - 16.3kPa :: 用力按壓在鍵盤上

5.45kPa~~=67克/2.4oz在橡皮上

- 清楚區分不同的事件。
- 對於手指之類似結果。
- 此方法將僅給出壓力中的相對變化。（非線性的相對變化）

輕觸



第28C圖

pressure applied at a touch location. The touch system includes a light-source system and a detector system operably disposed adjacent respective input and output edges of a waveguide either in the form of a transparent sheet or as formed in a transparent sheet. Pressure at a touch location on the waveguide that give rise to a touch event causes the waveguide to bend or flex. The waveguide bending causes a change in the optical paths of light traveling by FTIR in the waveguide. This in turn causes the light distribution in the output light to change. The changes in the light distribution are detected and are used to determine whether a touch event occurred, as well as time-evolution of the touch event. The changes in the output light can include polarization changes caused by birefringence induced in the waveguide by the pressure applied at the touch location. Various detector configurations are disclosed for sensing the location and pressure of a touch event.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 3 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

10	觸碰系統	20	組件
22	波導	23	邊緣
24	邊緣	25	波導主體

201435689

26	邊緣	27	下表面
100	光源	103	光源系統
104	光	104-1	光線
104-2	光線	104-n	光線
104-O	輸出光	123	輸入光學系統
124	輸出光學系統	200	偵測器
204	偵測器系統	300	控制器
AC	中央軸	OPn	光路徑
PC	中央平面	TH	厚度

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

準備好在中央觸碰位置產生一個觸碰事件 TE；

【0023】 第 7B 圖圖示第 7A 圖的波導，並且藉由手指在波導上表面上施加向下的壓力而引發觸碰事件，從而導致波導撓曲；

【0024】 第 7C 圖與第 7B 圖類似，不同之處在於觸碰事件發生在較靠近輸出邊緣的觸碰位置；

【0025】 第 8 圖為對於中心位置(方形)和邊緣位置(菱形)，在給定輸出邊緣位置的輸出光之量測功率 P_M (單位為微瓦， μW) 對比施加的觸碰力 F_T (單位為牛頓，N) 之圖，圖示邊緣位置的功率變化如何小於中心位置的功率變化；

【0026】 第 9A 圖和第 9B 圖為在示例性彎曲波導之輸出邊緣、輸出光的兩個方向(位置)上發射的輸出光之模擬的和量測的遠區圖像；

【0027】 第 9C 圖為對於兩個光方向(位置)，由設置在光點位置的光偵測器測定的功率%對比玻璃變形(mm) 之圖；

【0028】 第 10 圖為對於兩個遠區光點中之一者，當施加 1 牛頓的瞬間力於示例性波導時電壓對比時間之圖，該示例性波導係由厚度 TH 為 1.2 mm 的玻璃所製成，其中該電壓表示量測的功率；

【0029】 第 11A 圖和第 11B 圖為示例性波導的輸出邊緣部分之特寫剖面圖，顯示不同量的波導彎曲之模擬光線蹤跡，並圖示偵測器設置在下表面(第 11A 圖)及上和下表面兩者(第 11B 圖)上的實施例；

【0030】 第 12A 圖至第 12C 圖為示例性波導之示意圖，顯示

極體、基於光纖的雷射、延伸的光源及類似者。

【0058】 參照第 2A 圖，光源 100 可以包含一或多個光源元件 102，光源元件 102 被操作性地組裝在撓性電路板（「撓性電路」）110 上，撓性電路板 110 接著被組裝於印刷電路板（PCB）112，印刷電路板 112 被設置於鄰接透明片 20 的邊緣 26。在本文的討論中，光源 100 因此可以指具有一或多個光源元件 102 的光源。同樣地，參照第 2B 圖，偵測器 200 可以包括具有一或多個偵測器元件 202 的偵測器。圖示輸出光 104AB 入射在其中一個偵測器元件 202 上。在實例中，偵測器 200 可以是像素化的偵測器，其中偵測器元件 202 構成偵測器像素。示意性的像素化偵測器 200 為 CMOS 或 CCD 陣列偵測器。

【0059】 在本揭示之示意性實施例中，在與觸碰事件 TE 相關的觸碰位置 TL 施加一定量的壓力（例如相對量的壓力）於平面波導。本揭示之態樣係針對感測觸碰事件 TE 的發生，而其他的態樣包括測定觸碰事件的觸碰位置 TL 之額外功能。本揭示的其他態樣包括感測施加在觸碰事件 TE 的壓力量。

【0060】 在實例中，觸碰系統 10 包括選擇性的蓋體 40，蓋體 40 用以覆蓋光源 100 和偵測器 200，所以觀看者（參見例如第 25B 圖的觀看者 500）無法從組件 20 上方看到光源 100 和偵測器 200。在實例中，蓋體 40 扮演邊框的角色。在實例中，蓋體 40 可以是用以至少阻擋可見光並設以保持觸碰系統 10 的一些部分不被使用者看見，或阻擋一種波長的光同時傳送另一種波長的光之任何類型的光阻擋構件、膜、塗料、玻

璃、元件、材料、組織、結構等。在第 3 圖中，為了易於圖示，只有圖示出光源 100、偵測器 200 及波導 22。

【0061】 在示例性的實施例中，蓋體 40 可以相對於組件 20 位在任何處，以阻止觀看者看見光源 100 或偵測器 200。蓋體 40 不需要是連續的，而且可以由區段或片段所製成。另外，蓋體 40 可用以遮蔽偵測器 200，以免接收除了來自光源 100 的光 104 以外的光，例如太陽光退回。因此，在實例中，蓋體可以是對於一個波長（例如可見光波長）為實質上不透明的，並且對於另一個波長（例如來自光源 100 的光 104 之紅外線（IR）波長）為實質上透明的。

【0062】 在實例中，蓋體 40 是處於膜的形式，該膜至少在可見光波長為不透明的，並且該膜選擇性地傳送 IR 波長。用於蓋體 40 的示例性膜包含吸收廣範圍波長中的光的黑色塗料，該廣範圍波長中的光包括可見光和 IR 波長。

【0063】 繼續參照第 1 圖，觸碰系統 10 可以包括控制器 300，控制器 300 可操作地連接（例如經由匯流排 301）一或多個光源 100 及一或多個偵測器 200。控制器 300 設以控制觸碰系統 10 的操作。在一些實施例中，控制器 300 包括全部皆可操作地設置的處理器 302、裝置驅動器 304 及介面電路 306。控制器經由光源訊號 SL 控制光源 100，而且還接收和處理來自偵測器 200 的偵測器訊號 SD。

【0064】 在示例性的實施例中，光源 100 係經由控制器 300 的處理器 302 經由光源控制訊號 SL 調整波長。這藉由以選定的方式改變光束 104 的光路徑 OPn 而使輸出光束 104-O 產生

變化。這種選定的變化本身體現於偵測器訊號 SD 中，偵測器訊號 SD 由控制器 300 處理（過濾），以帶出雷射調制頻率。此可例如藉由鎖定放大器來完成。

【0065】 在實例中，控制器 300 包含執行儲存在韌體及/或軟體（未圖示）中的指令之微控制器或電腦。控制器 300 為可程式化的，以進行本文所述的功能，包括觸碰系統的操作及任何需要量測的訊號處理，例如相對壓力量以及觸碰事件的位置，或多個觸碰事件及多個壓力。如本文中使用的，用語電腦並非只限於那些在本技術領域中被指稱為電腦的積體電路，而是廣泛地指稱電腦、處理器、微控制器、微電腦、可程式化邏輯控制器、應用特定的積體電路及其他可程式化電路，而且這些用語在本文中可交換使用。

【0066】 軟體可以實施或有助於進行壓力感測功能及本文所揭示的操作。可以將軟體可操作地安裝在控制器 300 或處理器 302 中。軟體功能性可以涉及程式化，包括可執行的編碼，而且這樣的功能性可被用來實施本文所揭示的方法。這樣的軟體編碼可被通用電腦或下述的處理器單元執行。

【0067】 在操作中，該編碼及可能的相關資料紀錄係儲存在通用電腦平台內、處理器單元內或本端記憶體中。然而，在其他時候，軟體可被儲存在其他的位置及/或被傳送用於載入適當的通用電腦系統。因此，本文中討論的實施例牽涉到形式為一或多個編碼模組的一或多個軟體產品，該一或多個編碼模組係由至少一機器可讀媒體所載。由電腦系統的處理器或由處理器單元執行這樣的編碼使得該平台能夠基本上以本

文所討論和說明的實施例中進行的方式來實施記載及/或軟體下載功能。

【0068】 以下討論的電腦及/或處理器可以每個皆採用電腦可讀媒體或機器可讀媒體，機器可讀媒體係指任何參與提供指令到處理器以用於執行的媒體，該執行包括例如測定與觸碰事件相關的壓力量，如以下所說明。以下討論的任何記憶體皆構成電腦可讀媒體。這樣的媒體可以採取許多的形式，包括但不限於非揮發性媒體、揮發性媒體及傳輸媒體。非揮發性媒體包括例如光碟或磁碟，例如在任何操作作為其中一個以上討論的伺服器平台的一或多個電腦中的任何儲存裝置。揮發性媒體包括動態記憶體，例如這種電腦平台之主記憶體。實體傳輸媒體包括同軸纜線；銅線及光纖，包括在電腦系統內包含匯流排的線路。

【0069】 因此，一般形式的電腦可讀媒體包括例如：軟碟、軟性磁碟、硬碟、磁帶、任何其他的磁性媒體、CD-ROM、DVD、任何其他的光媒體、較不常用的媒體例如打孔卡、紙帶、任何其他具有孔圖案的實體媒體、RAM、PROM、EPROM、快閃 EEPROM、任何其他的記憶體晶片或卡匣、傳送資料或指令的載波、傳送這種載波的纜線或連結，或任何其他電腦可讀取程式化編碼及/或資料的媒體。這些形式的電腦可讀媒體中有許多可能涉及載送一或多個指令之一或多個序列到處理器用於執行。

【0070】 第 3 圖為示例性系統 10 之剖面圖。系統 10 具有波導 22，在實例中波導 22 係處於薄透明片的形式。波導 22 具

有輸入邊緣 23 和輸出邊緣 24。將光源 100 設置於鄰接輸入邊緣 23，同時將偵測器設置於鄰接輸出邊緣 24。波導 22 具有主體 25，主體 25 對於光源 100 發射的光 104 之波長 λ （「操作波長」）為大致上透明的。波導 22 具有被厚度 TH 分隔的上表面 26 和下表面 27。波導 22 具有中央平面 PC，中央平面 PC 平行於上和下表面，並且在上和下表面中間的位置。光源 100 和偵測器 200 沿著中央軸 AC 設置而照亮中央平面 PC。

【0071】 在其他的實施例中，可以將玻璃以外的材料用於波導 22，例如聚合物、塑膠及其他在操作波長 λ 下大致上為透明的非玻璃材料。

【0072】 系統 10 包括輸入光學系統 123，輸入光學系統 123 可操作地設置在光源 100 和輸入邊緣 23 之間。輸入光學系統 123 設以接收（協調一致的）光 104 並將光 104 導入波導 22。系統 10 還包括輸出光學系統 124，輸出光學系統 124 可操作地設置在偵測器 200 和輸出邊緣 24 之間。輸出光學系統 124 設以接收輸出光 104-O，並將輸出光 104-O 導至偵測器 200 或讓輸出光 104-O 通過偵測器 200。在實例中，輸出光學系統 124 包括如圖示的光圈（光欄）。輸出光學系統 124 還可以包括其他的光導或光調理元件，例如鏡片元件、鏡子等。

【0073】 光源 100 和輸入光學系統 123 的組合界定了光源系統 103，而偵測器 200 和輸出光學系統 124 的組合界定了偵測器系統 204。光源系統 103、偵測器系統 204 及波導 22 構成了觸碰螢幕組件 20。

【0074】 第 3 圖圖示示例性的實施例，其中偵測器系統 204

爲受限制的孔口，所以偵測器 200 只偵測有限部分的、離開輸出邊緣 24 的光 104-O（即輸出光 104-O）。相對於收集基本上全部的光並取得大致上將無變化的整體量測，這允許偵測器 200 偵測輸出光 104-O 中的強度變化之局部變化。這是因爲波導 22 的擾動通常導致波導內的光重新分佈。

【0075】 為了有效率地偵測重新分佈的光 104，孔口 124 的大小需要比波導 22 的厚度 TH 更小。這可以藉由使用孔口 124 結合比波導厚度更大的偵測器來實現，或是藉由僅使用大小比波導厚度更小的偵測器來實現。孔口 124 可以是圓形的，但也可以是矩形的，以最佳化功率收集效率。

【0076】 在以上討論的其他實施例中，偵測器 200 為像素化的，所以較大部分輸出光 104-O 的量測包括能夠感測光在干涉圖案中的分佈（即亮和暗邊），所以當觸碰事件 TE 發生時可以偵測圖案中的變化。因此，在一個示例性實施例中，一或多個部分的輸出邊緣 24 被成像到偵測器 200 上，包括將偵測器 200 放在正上方對著輸出邊緣的不同位置之情況。偵測器 200 還可以具有尺寸小於波導厚度 TH 的光感測表面。

【0077】 架設系統 10，使得光束 104 從輸入邊緣 23 在與光線 104-n 相關的多個光路徑 OPn 上前進通過波導 22 到達輸出邊緣 24，其中 n 為整數並且等於或大於 2。在第 3 圖中，藉由說明的方式以光線 104-n 的兩個光線 104-1 和 104-2 表示光路徑 OPn。在實例中，當在輸入和輸出邊緣 23 和 24 之間前進時，不同光路徑的數字 n 對應於進行不同次數總內部反射（「彈回」）的光線之數字 n。爲了易於說明，使用光線 104-n

來表示不同的 TIR 導引模式，並且用語「光線」和「導引模式」可以交換使用。

【0078】 本技術領域中具有通常知識者將理解的是，由 n 個光線 104- n 表示的導引模式能夠進行光干涉。為達此目的，輸出光學系統 124 設以接收離開輸出邊緣 24 的 n 個光線 104- n 並結合該等光線（導引模式），所以該等光線干涉，從而形成輸出光束 104-O。輸出光束 104-O 被導至偵測器 200，偵測器 200 偵測輸出光束。

【0079】 從電磁觀點來看，當發射光 104 進入波導 22 時，可以以下式表示總電場 E ：

$$E = \sum E_n \exp(-i\beta_n z) \quad (1)$$

其中 E_n 和 β_n 分別為模式 n 的電場分佈和傳播常數。光強度係由下式給出：

$$\begin{aligned} I \propto & E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_1 E_2 \cos(\Delta\beta_{12}z) + E_1 E_3 \cos(\Delta\beta_{13}z) + \\ & \dots E_m E_n \cos(\Delta\beta_{mn}z) \end{aligned} \quad (2)$$

其中 $\Delta\beta$ 為模式 n 和模式 m 之間的傳播常數差。

【0080】 由於不同模式之間的相差，方程式(2)顯示干涉將會在波導 22 的輸出邊緣 24 發生。相差對於外部對波導 22 的擾亂非常敏感，例如彎曲、壓力等。可以在系統 10 中使用這個效果來致能力量敏感或壓力敏感的觸碰應用。

【0081】 在一些實施例中，至少一光線 104- n 表示波導 22 的最低階模式，而其他的光線表示較高階的模式。波導 22 的最低階模式直接沿著中央軸 A1 行進而未進行任何反射。因此，也可以將輸入和輸出光學系統 123 和 124 指稱為模式調節

器，因為輸入和輸出光學系統 123 和 124 分別被用來激發引導的移動並偵測干涉的引導模式。觸碰螢幕組件（「組件」）20 的架構界定了干涉計，其中光線 104-n 在前述的不同光路徑 OPn 上行進並干涉。光路徑 OPn 在波導 22 的主體 25 內重疊。

【0082】 波導 22 通常可以由任何適當的透明材料製成，該透明材料可被成形為平面薄片，例如塑膠、丙烯酸、玻璃等，並且該透明材料支援光束 104-n 的傳輸而不因為散射或吸收而實質喪失。在示例性的實施例中，波導厚度 TH 使得當在觸碰位置 TL 局部施加壓力於上表面 26 時，波導可以撓曲而不破裂。厚度 TH 的示例性範圍是從 0.3 mm 至 1.5 mm。可以採用其他與觸碰系統 10 的特定應用一致的厚度。在實例中，只有頂部波導 22A 具有允許撓曲的厚度，而底部波導 22B 為足夠厚的或是堅硬的，使得底部波導 22B 保持該波導一般平面的架構，甚至當頂部波導由於觸碰事件 TE 而處於撓曲力之下時亦同。

【0083】 在示例性的實施例中，波導 22 可以由化學強化玻璃形成，例如鈉鈣型玻璃。示例性的玻璃為經由離子交換硬化的鹼金屬鋁矽酸鹽玻璃。這些類型的玻璃可以包含 Na_2O （蘇打）、 CaO （石灰）及 SiO_2 （矽石），但還可以包括氧化物，例如 MgO 、 Li_2O 、 K_2O 、 ZnO 及 ZrO_2 。一旦經由離子交換硬化後，這些類型的玻璃會表現出某種使該等玻璃自身對於觸碰螢幕應用及其他應用（例如作為覆蓋玻璃）為理想的特性。

【0084】 關於適用於作為波導片的鈉鈣型玻璃之配方或生產

或配方及生產兩者的進一步細節可在 2007 年 7 月 31 日提出申請的美國專利申請案第 11/888,213 號；2009 年 8 月 7 日提出申請的美國專利申請案第 12/537,393 號；2009 年 8 月 21 日提出申請的美國專利申請案第 12/545,475 號；以及 2009 年 2 月 25 日提出申請的美國專利申請案第 12/392,577 號之一或多者中找到。本文中使用的示例性玻璃為來自紐約州康寧市康寧公司（Corning, Incorporated, Corning, NY）的 Gorilla® 玻璃。同樣地，諸如低鐵 Gorilla® 玻璃或其他的低鐵離子交換玻璃等示例性玻璃對於紅外線操作波長 λ 為透明的。

【0085】 第 4A 圖為基於第 3A 圖的組件 20 之示例性實施例，但其中光源系統 103 包括單模光纖作為輸入光學系統 123，並且其中偵測器系統 204 包括單模或多模光纖作為輸出光學系統 124。單模或多模光纖 124 用以作為孔口受限的光學系統，以允許進行輸出光 104-O 之局部量測。在替代的實施例中，可以使用多模光纖 124 來在輸出邊緣 24 在不同位置比較強度。這包括例如使用光纖束。

【0086】 第 4B 圖為基於第 3A 圖的組件 20 之另一個示例性實施例，但其中光源系統 103 包括格柵作為輸入光學系統 123，並且其中偵測器系統 204 包括格柵作為輸出光學系統 124。如以上討論的，可以鄰接偵測器 200 使用孔口，以使偵測程序孔口受限，並因而導向局部強度量測。

【0087】 第 4C 圖為與第 4B 圖類似的組件 20 之另一個示例性實施例，但其中光源系統 103 包括設置在下表面 27 上作為輸入光學系統 123 之元件的稜柱，並且其中偵測器系統 204

包括也設置在下表面 27 上作為輸出光學系統 124 之元件的稜柱。如以上所討論的，可以鄰接偵測器 200 使用孔口，以使偵測程序孔口受限，並因而導向局部強度量測。

【0088】 第 4D 圖為與第 4C 圖類似的組件 20 之另一個示例性實施例，但其中輸入和輸出邊緣 23 和 24 傾斜，以界定用以內部反射光 104 的 TIR 表面。來自光源 100 的光 104 在下表面 27 以一個範圍的角度進入波導 22，並在傾斜的邊緣 23 被內部反射。內部反射引導光 104 而使光 104 被導引於光路徑 OPn 上。在偵測器側，作為光線 104-n 行進的光 104 從傾斜的邊緣 24 反射，並且被引導而在下表面 27 離開波導 22，其中輸出光 104-O 在偵測器 200 被偵測。傾斜的邊緣 23 因而界定輸入光學系統 123 的元件，並且傾斜的邊緣 24 界定輸出光學系統 124 的元件。如以上所討論的，可以鄰接偵測器 200 使用孔口，以使偵測程序孔口受限，並因而導向局部強度量測。

○ 觸碰螢幕操作

【0089】 在系統 10 的一般操作中，其中在波導 22 的上表面 26 上沒有發生觸碰事件 TE，與不同導引模式相關的光路徑 OPn 維持恆定，所以在偵測器端離開波導的輸出光 104-O 在時間上維持恆定。第 5A 圖為當沒有觸碰事件 TE 發生時，在波導 22 的輸出邊緣 24 來自輸出光 104-O 的近區干涉圖案之照片。

【0090】 第 5B 圖為對於與第 5A 圖相關的系統 10 來自輸出光 104-O 的近區干涉圖案之照片，但具有以中度壓力量施加

的觸碰事件 TE。可以看出的是，近區干涉圖案的光分佈已經從第 5A 圖的無觸碰事件狀況改變了。第 5C 圖為對於與第 5A 圖和第 5B 圖相關的系統 10 來自輸出光 104-O 的近區干涉圖案之照片，但具有以強大壓力施加的觸碰事件 TE。可以看出的是，近區干涉圖案的光分佈已經從第 5B 圖的中度壓力觸碰事件狀況改變了。

【0091】 輸出光 104-O 中出現光分佈的變化是因為來自觸碰事件 TE 的壓力使波導 22 彎曲，從而導致光線 104-n 的相對光路徑差產生變化。該不同的波導彎曲不同地影響每個光路徑 OP_n，所以現存光路徑差發生變化並引起一組改變的光路徑 OP'_n。輸出光 104-O 因而界定多模干涉圖案，而且當光路徑 OP_n 之間的差改變時此圖案即改變。

【0092】 第 6A 圖為波導 22 的剖面圖，並且光 104 在最低階模式的第一光路徑 OP₁ 上行進，即沿著中央軸 AC 直行通過波導。事實上，在此情況中第一光路徑 OP₁ 和中央軸 AC 是相同的。

【0093】 第 6B 圖係與第 6A 圖相同的波導 22，但其中上表面 26 在中間的觸碰事件位置 TL 接受觸碰事件 TE 並使波導彎曲。假設當沒有觸碰事件 TE 發生時波導 22 具有長度 L。當在觸碰位置 TL 發生觸碰事件 TE 時，波導 22 彎曲而具有相對於中央軸 AC 量測為 R 的曲率半徑。

【0094】 與第 6B 圖的撓曲波導相關的新光路徑 OP_{1'}比第 6A 圖的未撓曲頂部波導之光路徑 OP₁ 更長。假設波導的曲度具有曲率半徑 $R = r + \delta r$ ，並且曲度對向角度 θ ，那麼假使 θ 是

相對較小的角度（即 R 相對較大，此在本例中為合理的假設），則可以輕易顯示的是，從 OPA 到 OPA' 的光路徑中的變化大約為 δr 。

【0095】 因此，由於觸碰事件造成波導 22 彎曲而在光路徑 $OP1$ 和 $OP1'$ 之間產生的光路徑差為約 δr 。假使 δr 為例如約 2.5 微米，則會粗略等於波長 800 微米的紅外光之兩個波長。此光路徑差異量會以輸出光 104-O 中的變化來自身彰顯，該變化例如由於在產生的干涉圖案之偵測部分中的平移條紋，在輸出邊緣 24、在給定點的光功率量變化。此即為第 5A 圖至第 5C 圖中所圖示者。除了最低階光路徑以外，光路徑中的變化以類似的方式改變。

【0096】 型態分解和伴隨的多模干涉是描述光 104 在波導 22 中得到重新分佈的方式之一種方式。在此描述中，可以將輸出光 104-O 想成由於變化的干涉效果而具有變化的圖案。然而，表達光 104 重新分佈的另一種方式是使用基於光線蹤跡的幾何模型。的確，具有 1 mm 等級的波導厚度 TH 則可忽略繞射效果。所以在其他的實施例中，輸出光 104-O 的不同組分（光線）藉由波導 22 的撓曲而被重新引導，並且重新引導改變輸出光的特性，例如強度圖案、強度形心的位置、大致單一的輸出光束分成多個輸出光束等。

【0097】 當將大致準直的光 104 射入平面波導 22 例如透明的玻璃片（參見例如第 6C 圖）時，光行進通過波導 22 而未被反射。在波導 22 的輸出邊緣 24 由輸出光 104-O 界定的生成能量分佈具有大致均勻的分佈。當引入一些彎曲時（參見第

6D 圖），部分的光 104 被反射離開上和下表面 26 和 27。這修改了輸出光 104-O 的能量分佈。

【0098】 第 6F 圖圖示對於不同量的波導彎曲使用光線蹤跡模型測定的示意性圖像輸出光 104-O。對於沒有任何彎曲的波導 22，能量分佈一開始為大致上均勻的（左上圖像）。然後能量分佈變成不對稱，而且最後當彎曲量接近一半的波導厚度時再次成為大致上均勻的。藉由將孔口 124 放在輸出端，可以預期得到類正弦的偵測器訊號 SD 為波導彎曲幅度的函數。

【0099】 第 6F 圖中圖示的結果並未包括任何的干涉效果，因為傳播的全部光線強度被相加。第 14 圖圖示與第 6F 圖類似且模型相同的結果之圖像，不同之處在於光線係以電場相加。如同可看見的，由於以兩個不同角度離開波導 22 之輸出邊緣 24 的兩個光束之間的干涉效果而出現了高頻條紋。

【0100】 系統 10 可以以兩種不同的模式操作。在第一模式中，以相對於波導 22 的某個角度射入近乎準值的光 104，導致非常高頻的條紋形成，此可在第 6G 圖和第 5B 圖看到。藉由將孔口 214 選擇為明顯大於那些條紋的週期，偵測程序變得對條紋不敏感而且只對第 6F 圖預測的外殼移動敏感。在第二模式中，近乎平行於波導 22 射入光 104，並且孔口 214 明顯小於條紋週期。在這種情況下，偵測程序對條紋的移動敏感，這可以改良偵測敏感性。

【0101】 第 6C 圖和第 6D 圖為第 6B 圖的波導 22 之輸入邊緣部分的特寫視圖。第 6C 圖圖示當波導沒有撓曲時，平行的（準

直的) 輸入光 104 在最低階模式中直接行進穿過波導而無任何反射。第 6D 圖圖示撓曲的(彎曲)波導，其中輸入的準直光 104 最終會反射離開上和下表面。這表示光 104 在彎曲波導中的光路徑甚至比直接行進通過彎曲的中央軸 AC 更長。所以波導 22 的彎曲或撓曲可以將準直(最低階模式)的光轉為較高階模式的光。此造成更大量的光路徑變化，進而造成在輸出邊緣 24 的輸出光 104-O 分佈中有更大量的變化。

【0102】 第 6E 圖為波導 22 的輸出邊緣部分之特寫剖面圖，圖示當波導撓曲時基於光蹤跡模型的結果之光線 104-n，如第 6D 圖所示。由於撓曲的波導 22，光線 104-n 呈不均勻分佈。第 6F 圖圖示在輸出邊緣 24 的輸出光 104-O 之強度分佈，並圖示當撓曲(彎曲)量增加時強度分佈中的變化。

【0103】 第 6G 圖圖示在波導 22 之輸出邊緣 24 的輸出光 104-O 之一系列圖像。波導 22 係厚度 $TH = 1.3\text{ mm}$ 的玻璃片。在每個圖像中指出厚度 TH。上和下表面的約略位置係以白色虛線指示。輸出光 104-O 的光分佈開始移往右邊，達到大部分的光集中在玻璃片邊緣的點，然後回到中心。假使吾人保持彎曲，則光會以週期性的方式保持右-左和左-右移動。使光從被集中在玻璃片中心移動到再次被集中在中心所需的彎曲幾乎等於玻璃片的一半厚度，這與該模型非常一致。

【0104】 第 7A 圖為波導 22 之示意性剖面圖，並且手指 50 準備好在中央觸碰位置產生觸碰事件 TE。第 7B 圖圖示由手指 50 引發的觸碰事件在波導 22 上、在上表面 26 上施加向下的壓力，從而導致波導 22 撓曲。第 7C 圖類似於第 7B 圖，不

同之處在於觸碰事件 TE 發生在較靠近輸出邊緣 24 的觸碰位置 TL，即觸碰位置遠離波導 22 的中心。

測定觸碰事件的時間進展

【0105】 本揭示的態樣包括測定觸碰事件 TE 的時間進展。此可用於例如測定由例如手指、尖筆、鉛筆的橡皮擦端或類似的用具施加於波導 22 之上表面 26 的相對壓力量。這裡注意到的是，在頂部波導 22A 施加於組件 20 的壓力可以通過位在上表面 26A 的另一個表面，例如塗層。

【0106】 因此，在示例性的實施例中，使用處理過的偵測器訊號 SD 之時間進展來特性化觸碰事件 TE 之時間進展。例如，當物體（例如手指 50、尖筆等）開始接觸波導 22 的表面 26 時，透明片發生少量的撓曲。當手指 50 持續推入頂部波導 22 時，頂部波導的撓曲量改變，所以光路徑長度 OPn 持續改變。改變的光路徑表現為持續改變的輸出光 104-O 以及因而處理過的偵測器訊號 SD。光路徑中的持續變化改變了輸出光 104-O 的角度及空間分佈。這包括由於光路徑改變產生的干涉圖案及由於光通過製造引起和應力引起的雙折射之不同區域產生的光 104 之偏振狀態。

【0107】 一旦該物體在觸碰位置 TL 施加恆定的壓力，則處理過的偵測器訊號 SD 停止改變。在這個點，可以量測處理過的偵測器訊號 SD 維持恆定的時間量。可以使用這個資訊來例如藉由要求觸碰事件 TE 與不僅某量的壓力關聯而且還要與選定的持續時間關聯來進行功能。進一步在示例性的實施例中，相對於說任意物體下壓在波導 22 的上表面 26 上並且不

慎地引發觸碰事件，可以要求的是觸碰事件在壓力上具有選定的時間進展，該壓力與用以故意引發觸碰事件的手指或尖筆一致。

【0108】 第 8 圖為對於具有多個光源 100 和多個偵測器 200 的示意性系統 10，量測的光功率 P_M （單位為微瓦， μW ）對比施加的觸碰力 F_T （單位為牛頓，N）之圖。該圖包括來自觸碰事件 TE 的資料，觸碰事件 TE 具有在波導 22 中心的觸碰位置，如該圖中的方形所指示並如第 7B 圖所示。該圖還包括來自靠近邊緣的觸碰事件之資料，如該圖中的菱形所指示並如第 7C 圖所示。

【0109】 該圖指出，靠近波導 22 邊緣的觸碰事件 TE 並未在偵測器 200 量測的功率中引起像靠近中心的觸碰事件那麼大的變化。可以使用此資料來建立觸碰事件的一般位置，即是否較靠近波導中心而非波導邊緣。

【0110】 為了演示系統 10 的觸碰敏感度，採用第 4A 圖中圖示的示意性基於光纖的系統。光源 100 是處在具有 6328 nm 的操作波長之雷射的形式。使雷射 100 帶有尾纖成為單模光纖 123。使用準直鏡片展開成 $4'' \times 4''$ Gorilla® 玻璃基板作為波導 22。在輸出邊緣 24 將多模光纖 124 毗連耦接到玻璃基板，以收集一部分的輸出光 104-O 並將輸出光 104-O 傳遞到偵測器 200。

【0111】 當波導 22 在觸碰位置 TL 處於壓力（力量）下時，偵測的光強度改變。以上介紹和討論的第 5A 圖至第 5C 圖顯示在玻璃邊緣由偵測器 200 以 CCD 相機的形式取得的亮和暗

干涉圖案之近區圖像。可以看到明顯的圖案變化，並且中心干涉強度最大值從靠近上表面 26 移到靠近下表面 27。

【0112】 有了輸出光 104-O 之強度圖案的變化，可以使用偵測功率中的變化來指示與觸碰事件相關的施加力之大小。

近區和遠區偵測

【0113】 系統 10 的一個示例性實施例偵測「近區」中的輸出光，即靠近輸出邊緣 24，同時在另一個示例性實施例中，該系統偵測「遠區」中的輸出光，即遠離輸出邊緣 24。可以藉由在偵測器 200 前面放置小的孔口 214（即小於波導 22 的厚度 TH）來完成近區偵測。在此架構中，系統 10 的光線蹤跡模型指出，當波導撓曲時，偵測的訊號 SD 為週期性函數，並且週期係接近波導 22 的厚度 TH。

【0114】 可以藉由將大致準直的光 104 射入波導 22 的輸入邊緣 23 並在遠區觀察輸出光 104-O 來完成遠區偵測，預期輸出光 104-O 將在兩個方向集中。該兩個方向分別對應於進行偶數次反射和奇數次反射的光 104。改變波導 22 的彎曲量會改變光功率在該兩個方向的分佈。該兩個方向轉變成兩個位置，取決於偵測輸出光 104-O 的距離。

【0115】 第 9A 圖為對於撓曲的波導在遠區中量測的輸出光 104-O 之模擬，顯示兩個方向（位置）的輸出光。第 9B 圖顯示實際撓曲的波導 22 之量測結果，輸出光 104-O 之強度的遠區分佈極為類似第 9A 圖的模型結果。第 9C 圖為對於兩個光方向由設置在光點位置的第一和第二光偵測器測定的功率 P % 對比玻璃變形 D (mm) (該圖中的曲線 A 和 B)。如同從

該圖可以看出的，在該點的功率量是週期性的，並且兩個週期的相位差為 180 度。

【0116】 第 10 圖為當在由厚度 TH 為 1.2 mm 的玻璃製成的示意性波導 22 施加 1 牛頓的瞬間力時，該兩個遠區光點之一者中的電壓 V 對比時間之圖。電壓表示偵測的光功率。該圖指出陡峭的轉變，這意味著觸碰事件的偵測可以基於不同方向的遠區輸出光 104-O 之間的光功率轉換。

【0117】 還可以設置系統 10 來在上和下表面 26 和 27 中之一者或二者偵測輸出光 104-O。由於彎曲的波導 22 改變了光 104 從上和下表面 26 和 27 反射的方式，所以若可以取出並偵測光的話，則可以使用這種變化來量測波導彎曲。

光線蹤跡模擬

【0118】 第 11A 圖和第 11B 圖繪示基於光 104 射入厚度 TH 為 1.2 mm 的波導 22 之光線蹤跡模擬。以 10 度的角度射入光 104，所以光反射離開上和下表面 26 和 27。第 11A 圖圖示沒有波導彎曲，而第 11B 圖圖示 0.3 mm 的彎曲。圖示偵測器 200 位於鄰接波導 22 的上表面 26。當波導 22 的彎曲程度改變時偵測器訊號 SD 即改變，因為光反射的位置（而且在一些情況中反射的次數）改變了。依據此模型，偵測器訊號 SD 為週期性的，並且週期等於一半的波導厚度 TH。

【0119】 示例性的偵測器 200 在中央軸 AC 的方向上具有長度 LD，並定義為 $LD = TH / (\sin \theta)$ ，其中 TH 為前述的波導厚度並且 θ 為光 104 相對於波導 22 之上和下表面 26 和 27 的角度。

【0120】 第 12A 圖至第 12C 圖圖示在厚度 TH 為 1.2 mm 並且軸向長度為 240 mm 的波導 22 中行進的光 104 之光線蹤跡模擬。以發散（完全）角度為 0 度（第 12A 圖）、0.3 度（第 12B 圖）、0.6 度（第 12C 圖）的均勻照度照射輸入邊緣 23。如可以看到的，在 0.6 度，整個波導充滿光 104，所以由波導彎曲引發的訊號調節消失了。當輸入光束 104 溢出波導厚度 TH 時，最大光束發散 δ 可約略由 $\delta < 2 \cdot TH/L$ 來給出，其中 L 為傳播長度。

【0121】 依據此模型，預期的是，訊號將會是週期性的（與偵測方案無關）。所以，只要是接近週期性函數的零點操作此系統，則訊號將會是大致上線性的。然而，回應函數的相取決於許多的參數，例如玻璃長度，玻璃厚度、入射角度及類似者。在示例性的實施例中，可以使用主動對準來確保系統 10 操作於接近週期性函數的零點。

兩個偵測器的實施例

【0122】 第 13 圖圖示系統 10 的示例性實施例，系統 10 採用位置鄰接上和下表面 26 和 27 的兩個偵測器 200 (200U、200L)。設置偵測器 200U 和 200L，使得偵測器 200U 和 200L 偵測相差為四分之一週期的訊號 SD。在此情況中，我們最終獲得容許回算壓力的餘弦和正弦函數。

【0123】 在第 13 圖中，距離 Dx 表示反射的週期，藉由放置兩個平移 $Dx/4 + nDx$ (n 為整數) 的偵測器，預期的是訊號調節對比施加的力將會有四分之一訊號週期的相差。

【0124】 在示例性的實施例中，例如第 13 圖中圖示的，可以

在上和下表面 26 和 27 中之一者或兩者上採用兩個或更多個偵測器 200。在實例中，使用了三個偵測器 200。可以將三個偵測器 200 中的兩個放在鄰接輸出邊緣 24 的上和下表面 26 和 27 上，同時可以將第三個偵測器 200 設置在或靠近波導 22 中間的上或下表面上。模擬指出的是，這樣的架構允許偵測三個具有相差的週期性偵測器訊號 SD，並且相對的相變化為波導 22 中的彎曲量之函數。

條紋偵測

【0125】 在系統 10 的一個操作態樣中，將光線 104-n 射入波導 22，並基於輸出光 104-O 量測輸出的發光曲線，可以從輸出端 24 及上和下表面 26 和 27 中之一或者輸出輸出光 104-O。結果，干涉效果未被完全考量。在準直光束 104 以兩個不同的角度傳播的情況下，該等光束可以干涉並產生高頻條紋。當使用高倍率在 CCD 相機上對輸出光束攝相時可以看到這些條紋。

【0126】 在實作上，輸出光 104-O 可以界定具有相對高頻的條紋。在使用孔口受限的偵測方案之情況中，用以過濾輸出光 104-O 的孔口 214 通常遠大於條紋的週期。在此情況下，偵測只對輸出光束的外殼之移動敏感。

【0127】 假使可以將輸入光束 104 與波導 22 的中央軸 AC 精確地對準，則低頻條紋將會出現，並且針孔將會過濾條紋。所以，在偵測光束外殼的移動上，該系統也將開始偵測低頻條紋。

【0128】 第 14 圖圖示藉由加總光的電場而非強度所獲得的

輸出光束 104-O 之一系列模擬圖像。在此模擬中，波導厚度為 $TH = 1.2 \text{ mm}$ ，並且輸入光束 104 是準直的且通常入射在輸入端 23，而且照射溢出輸入端。在每個圖像上方顯示彎曲的程度。

【0129】 如同可以看到的，當波導 22 開始彎曲時，條紋出現在圖案中並且通常加入一般的外殼移動。假設近區過濾元件小於條紋週期，則可以偵測高頻調制，使得此量測方案比只偵測光束外殼的移動遠更加敏感。

具有包覆層的波導

【0130】 在系統 10 的實施例中，接近波導的方向射入光 104（即光 104 為大致上準直的），使得光被非常良好地導引。第 15 圖圖示系統 10 之示例性實施例，系統 10 分別包括上和下包覆層 26C 和 27C 中之至少一者。包覆層 26C 和 27C 具有比波導 22 的折射率稍微更低的折射率，從而用以增強波導的波導引性質。這允許黏著層（例如環氧黏結）被施加於該等包覆層中之一或兩者，或添加抗眩層或其他的一或多個此種性能增強層於波導 22 的上或下側而不會擾亂光 104 在其中的傳播。

偏振效應

【0131】 可以藉由另外使用設以偵測偏振效應的偏振光學系統來改良觸碰系統 10，例如輸出光束 104-O 之偏振狀態中的變化。此可藉由改變波導主體 25 中的雙折射並因而在穿過波導時沿著光 104 的光路徑而成爲可能。

【0132】 雙折射是材料的光學性質，其中材料的折射率取決

於光的偏振和傳播方向。雙折射亦習知爲光彈性。某些雙折射光學材料例如玻璃由於機械應力是光學非等向性的，同時許多晶體由於該等晶體之晶體結構是雙折射的。在單軸機械應力的情況中，雙折射的值是在平行於應力的方向上振盪的光與在垂直方向上振盪的光之折射率差。

【0133】 在兩個正交方向上振盪的光之間的光路徑差異係習知爲光束的延遲 (Ret)。假使光束爲線性偏振並對準的，使得振盪在應力的方向或垂直於應力的方向上，則偵測不到延遲，因爲只觀察到一個折射率。延遲的量與機械應力和應力光學係數 (K) 成比例。應力光學係數隨著玻璃類型而變化，並且較不隨著溫度和波長變化。

【0134】 可以藉由以下關係式來計算延遲 Ret 的量：

$$Ret = \frac{(n_1 - n_{\perp})d}{\lambda} = \frac{Kd\sigma}{\lambda}$$

其中 Ret 為波的延遲，n 為相對於應力方向的折射率，d 為光路徑長度，λ 為波長，σ 為機械應力（拉伸應力爲正，壓縮應力爲負），以及 K 為光學應力係數。σ 的單位爲 N/mm² 或 MPa (兆帕)。K 的單位爲 mm²/N。一般玻璃類型 BK7 的 K 為約 2.8×10^{-6} ，並且下表爲由於在路徑長度（距離）上的應力雙折射及近紅外線 (IR) 波長的壓力產生的延遲之計算實例。

【0135】 將偏振偵測之簡易實施圖示於第 16 圖。圖示手指 50 引發觸碰事件，該觸碰事件在波導主體 25 中在觸碰位置 TL 及觸碰位置 TL 周圍產生壓力 550°。將第一偏光片 501 配置

在光源 100 和輸入邊緣 23 之間。偏光片 501 設以在與壓力 550 的突出方向（垂直於波導 22 的上表面 26）呈 45° 的方向上線性地偏振光 104。在實例中，光 104 為大致上準直的，以平行於中央軸 AC 行進。

【0136】 系統 10 還包括位在輸出邊緣 24 和偵測器 200 之間的第二偏光片 511（也稱作「分析器」），例如直接鄰接偵測器 200。在一些實施例中，可以將偵測器 200 視為由兩個表示為 200-A 和 200-B 的偵測器所組成。在示例性的實施例中，將第二偏光片 511 設置在第一偏光片 501 相同的 45° ，使得在缺乏光 104 的任何偏振旋轉下，偵測器訊號為最大。然而，第二偏光片 511 可以具有任何的偏振方位。

【0137】 當施加壓力 550 於波導 22 時，光 104 的延遲 Ret 會改變。這意味著偏光片 511 的傳送改變了，而且來自偵測器 200-A 的偵測器訊號 SD_A 也改變了。

【0138】 假使第二（偵測器）偏光片 511 相對於 y 軸朝向 $+45^\circ$ ，並且平行於第一（光源）偏光片 501，則在施加壓力 550 之前相對於最大訊號標準化的偵測器訊號 SD 將等於 1。

【0139】 假使採用前述的第二偵測器 200-B，而且第二偵測器 200-B 包括自身的偵測器偏光片 512，偏光片 512 相對於 y 軸朝向 -45° 並且相對於偏光片 511 朝向 90° ，則在沒有施加壓力 550 時，來自偵測器 200-B 的偵測器訊號 SD_B 將是零。此乃假設在沒有來自玻璃組裝的額外壓力並且玻璃在製造中無雙折射的情況下，以下將進行討論。

【0140】 第 17 圖繪製偵測器 200-A（「det A」）和偵測器

200-B（「det B」）的偵測器訊號 SD_A 和 SD_B 對比由於壓力 550 的壓縮而沿著光路徑引發的應力延遲。當沿著光路徑 OP 的延遲從零增加時，進入輸入邊緣 23 的線性偏振光 104 變得更橢圓形地偏振，而且當延遲達到四分之一個波時變成圓形。在這個點，兩個正交偏光片 511 和 512 的傳輸是相同的。

【0141】 當壓力 550 增加到在波導主體 25 產生半波長延遲的點時，則光 104 回復到成為線性偏振但相對於光源偏振旋轉 90° 。在這個點，偏光片 511 的傳輸是零，並且偏光片 512 的傳輸是 1。兩個偏光片的傳輸對比延遲為正弦的，並且該兩者為完全異相。

【0142】 具有偵測正交偏振的兩個偵測器 200-A 和 200-B 的優點在於可以採用兩個偵測器訊號 SD_A 和 SD_B 的總和及差。一個偵測器可以測定來自壓力的延遲 Ret 之大小，但兩個偵測器訊號的加總提供在偵測器上的入射光之總強度。這允許延遲變化以及光束轉向遠離或到達偵測器上的資訊來分離位置（觸碰位置 TL）及與觸碰事件 TE 相關的壓力 550 之量。偵測器訊號 SD_A 和 SD_B 之差對於延遲的變化更敏感，而且還有助於分離偵測器訊號之光束轉向及延遲組分。

【0143】 第 18A 圖至第 18E 圖為顯示當波導 22 進行彎曲時經由分析器（偏光片 511）攝相的能量分佈之量測結果的圖像。如同沒有分析器的第 6G 圖，當波導彎曲時光束會移動。然而，在此移動上疊加，形狀和功率也會改變，這表示由於沿著光路徑 OP 的雙折射，光 104 的偏振在改變。這展現具有兩個偵測器 200-A 和 200-B 來追蹤光束轉向和雙折射之訊號

變化的優點。第一個圖像 18A 沒有壓力 550，並且後續的圖像 18B-18E 係以增加的壓力取得。在第 18E 圖中施加的壓力量下圖像強度（對應於偵測器訊號 SD）大為減低，表示由應力雙折射引入了約半波長的延遲。

【0144】 在示例性的實施例中，系統 10 選擇性地包括位在光源偏光片 501 和波導 22 的輸入邊緣 23 之間的四分之一波波板 503（以虛線圖示）。假使將波板 503 設置成該波板之快軸相對於光源偏光片軸朝向 45° ，則圓形的偏振光 104 將被射入波導 22。這允許接近零延遲下對雙折射變化有較大的敏感度。假使水平軸平移 0.25λ ，則可以藉由第 17 圖的圖來描述與偵測器 200-A 和 200-B 相關的偵測器訊號 SD_A 和 SD_B ，使得零延遲位置移至偵測器訊號 SD_A 和 SD_B 相等之處。在此架構中，兩個偵測器訊號 SD_A 和 SD_B 的差是在斜率最高的位置，使得兩個偵測器訊號的比率甚至提供更高的敏感度。接近零延遲，偵測器 200-A 和 200-B 的標準化偵測器訊號之比率的斜率為 4π 。

【0145】 兩個線性正交偏振之間的差係由四個斯托克斯（Stokes）參數中的一個來界定，以特性化偏振的狀態。示例性的觸碰系統 10 包括四個具有剛好放在偵測器偏光片 511 和 512 下游的四分之一波板（未圖示）的偵測器，並且該等偵測器之快軸相對於線性偏光片（「圓形分析器」）朝向 45° 。在此架構中，其中一個偵測器 200 偵測右手圓形偏振的光，而另一個偵測器偵測左手圓形偏振的光。兩個偵測器之間的訊號差定義出另一個斯托克斯參數。

【0146】 可以將這些不同的偏光片和四分之一波板放在四單元偵測器 200 的四個區段。量測兩個斯托克斯參數不僅提供光束 104 的遲延資訊，而且還提供應力向量沿著光路徑投影在垂直於光路徑的平面上的平均轉動。在觸碰事件 TE 的過程中，可以將兩個添加的偵測器提供的額外資訊使用於隔離觸碰位置 TL 以及施加於觸碰位置的壓力 550 之量。

【0147】 第 16 圖的系統 10 之示例性實施例包括至少一支撐構件 520，操作性地安排和設置支撐構件 520，以支撐波導 22。支撐構件 520 的實施例覆蓋波導 22 的整個下表面 27，而且是相對堅硬的。支撐構件 520 用以侷限波導 22 的移動，使得壓力 550 在施加壓力的觸碰位置 TL 以及在波導主體 25 的周圍部分產生壓縮應力。支撐構件 520 也可以處於框的形式或具有除了充滿以外的另一種架構，只要與沒有支撐構件相比支撐構件可增強壓力 550 產生的壓縮應力。

【0148】 第 19A 圖為系統 10 之示意性剖面圖，其中兩個框線支撐構件 520 被操作性地安排在周邊 P(參見第 1 圖) 附近、波導 22 的上和下表面 26 和 27 上。來自任何觸碰事件 TE 的壓力 550 將會明顯地彎曲波導 22，而且將會在整個波導主體 25 產生壓縮和拉伸應力。沿著光路徑 OP 圖示的向量組 551 代表應力的方向以及由於壓力 550 該應力如何在波導主體 25 上變化。來自光路徑差的延遲是附加的，所以拉伸和壓縮區域將會互相補償。

【0149】 靠近觸碰位置 TL 的壓縮壓力將作為向量添加到波導 22 彎曲的較寬壓縮或拉伸壓力。兩個應力源的向量加總的

相對權重將取決於至少一支撐構件 520 所提供的限制。光束 104 在光路徑 OP 上行進時經歷的遲延之附加本質在遲延對比觸碰壓力中產生了連續的變化。

【0150】 在沒有組裝限制或外部壓力之下的玻璃通常將具有來自玻璃製造的一些雙折射量。在將玻璃冷卻成固態的程序中可以形成局部應力區域。用於高性能攝相系統的玻璃往往需要幾週的退火來獲得所需的高度折射率均勻性，並且產生的低應力雙折射通常 $< 2 \text{ nm/cm}$ 。在近紅外線，此應力量在每 50 mm 的路徑長度產生 1/100 的波長。

【0151】 參照第 19B 圖和第 19C 圖，將應力區域 552 形成在以離子交換化學硬化的玻璃板 20 之上和下側上。不像第 19A 圖以向量圖示應力分佈，陰影的陰暗表示應力的大小，並且較暗的顏色表示較大的應力。第 19A 圖和第 19B 圖之間的差異在於壓力 550 彎曲了玻璃（第 19C 圖）並且改變了光 104 通過較高的製造誘導應力雙折射區域的路徑。區域 552 的製造誘導應力藉由向量的本質加到近區壓縮應力和彎曲應力。光束遲延的添加本質將在遲延對比觸碰壓力中產生連續變化。

【0152】 第 28A 圖至第 28C 圖為本文所述基於偏振的實施例提供補充資訊。

薄波導區域

【0153】 第 20 圖為示例性觸碰系統 10 之示意性側視圖，其中波導 22 現在是處於玻璃片的形式，該玻璃片包括鄰接上表面 26 的、相對薄的波導區域 29。與作為波導的整個主體 25

相比，波導區域 29 用以作為相對薄的光波導，如以上各種示例性實施例中所述。

【0154】 可以使用離子交換或層壓的熔融拉伸製程或任何其他本技術領域中用以在基板上形成薄波導結構的習知技術來形成波導區域 29。在實例中，選擇性地經由一段光纖 123 將光源 100 耦接至波導區域 29，光纖 123 具有一端在輸入邊緣 23（以下稱為波導輸入端 23）毗連耦接到波導輸入端。在輸出邊緣 24（以下稱為波導輸出端 24）將偵測器 200 與波導區域 29 光耦接或以其他方式進行光通訊。

【0155】 因此，光 104 在波導區域 29 內行進作為導引光，並且從波導輸出端 24 被輸出作為輸出光 104-O。由於波導區域 29 遠比大塊波導主體 25 更薄，故使用電磁理論可最佳地描述光導引，而非忽略繞射和類似效應的幾何光線方法。

【0156】 在基於第 20 圖之觸碰系統 10 架構的實驗中，使用帶有尾纖的雷射二極體作為光源 100。將 Gorilla[®]玻璃用於玻璃片 20，並使用離子交換製程來形成波導區域 29。由於波導區域的折射率比主體 25 的折射率大，故光被引導在波導區域 29 內，波導區域 29 界定薄板波導。波導區域 29 具有約 50 μm 的厚度，此厚度遠比玻璃片更薄。因此，波導區域 29 支援多種模式，雖然遠比整個玻璃片用作波導時的模式更少。

【0157】 一旦將觸碰力施加到玻璃片 20 的上表面 26，在波導區域 29 內行進的不同模式之間的相對相差即改變。這可用以改變輸出光 104-O 的特性，在本例中該特性代表干涉圖案。尤其，輸出光中的光分佈會改變。由多模光纖收集的集成(光)

功率 P (nW) 與觸碰力 (牛頓) 大小之間的定量關係係繪示於第 21 圖。光 104 係經由玻璃中心傳播。明顯的是，玻璃片的不同部分（邊緣對比中心）具有不同的觸碰敏感度，而且可以使用此差異來測定在觸碰事件 TE 過程中被施加力的觸碰位置 TL。

【0158】 第 22 圖為形成在玻璃片 20 上的波導區域 29 之替代架構的自上而下視圖。不是設置成表面平板波導，而是將波導區域 29 設置成通道波導，如圖示。可以將通道波導區域 29 設置成玻璃內或玻璃上雕刻。第 23 圖還圖示通道波導區域 29 之替代實施例，其中圖示與兩對光源 100 和偵測器 200 相關聯的兩個分支網絡（扇出）。值得注意的是，通道波導區域 29 的間隔不需要是均勻的，而且可以集中在通常與觸碰事件 TE 較可能發生或設計發生相關的某些位置。

【0159】 取決於通道波導區域 29 的特定圖案，可以採用不同的光源 100 和偵測器 200 來偵測施加力和 (x, y) 觸碰位置 TL。

【0160】 本揭示的一個態樣係使用兩個或多個偵測器 200 的時間回應來辨識觸碰事件 TE 的觸碰位置 TL。可以使用這個技術，因為波導/玻璃片 20 的變形從觸碰位置以時間為函數向外進展。這接著對光線 104 通過波導的不同光路徑有不同的影響。結果兩個偵測器的偵測器訊號中有所延遲。

【0161】 第 24 圖繪示對於兩個不同的觸碰事件 TE，在波導/玻璃片 20 上的不同位置，兩個不同的偵測器（圖中的 A 和 B）之偵測器訊號振幅 AMP（任意單位）對比時間 t 。可以將 A 和 B 之間的時間落後與波導/玻璃片 20 上的不同位置關聯。

最靠近觸碰事件位置 TL 的光路徑最先回應而引起偵測器訊號中的時間落後。因此，在示例性的實施例中，控制器 300 包括有關各種時間落後的資訊，該等時間落後以可能的觸碰位置 TL 為函數與各種偵測器 200 的偵測器訊號相關。在另一個實例中，控制器 300 設以基於一或多個偵測器訊號中的資訊計算觸碰位置 TL。

壓力感測顯示系統

【0162】 第 25A 圖為藉由操作性地將觸碰系統 10 設置於鄰接傳統的顯示單元 410 並在顯示單元 410 上方（例如頂部上）所形成的壓力感測顯示器 400 之示意性正面視圖，顯示單元 410 例如液晶顯示器，液晶顯示器可以具有傳統基於位置的感測能力。觸碰系統 10 可以是本文所述的任何實施例。

【0163】 第 25B 圖為示例性的觸碰敏感顯示器 400 之示意性剖面部分放大圖，圖示如何將觸碰系統 10 與傳統顯示單元 410 整合的實例。將傳統顯示單元 410 圖示為液晶顯示器的形式，該液晶顯示器包括發射光 416 的背光單元 414、薄膜電晶體（TFT）玻璃層 420、液晶層 430、具有上表面 452 的彩色濾光片玻璃層 450 以及具有上表面 462 的頂部偏光層 460，全部如圖示設置。框 470 位於彩色濾光片玻璃層 450 的周圍。藉由舉例的方式將光源 100 圖示為被操作性地支撐在框 470 內。這形成了具有頂側 482 的整合顯示組件 480。

【0164】 為了形成最終的觸碰敏感顯示器 400，藉由操作性地將組件 20 配置在頂側 482 上而將組件 20 加入傳統顯示單元 410 的整合顯示組件 480。組件 20 可以包括前述形式為紅

外線透明但目視爲不透明層且鄰接光源 100 和偵測器 200 的蓋體 40。

【0165】 在實例中，可以將諸如鍵盤（未圖示）的各種指標或記號（未圖示）在上表面 26 上或經由上表面 26 呈現給使用者 500，以引導使用者與觸碰系統 10 互動。藉由舉例的方式，該記號可以包括在波導 22 之上表面 26 上的區域，將該等區域放在一側，以指示使用者選擇、軟體執行等，或指示使用者應該產生觸碰事件 TE 的區域。舉例來說，這樣的區域在光 104 未到達某部分的上表面 26 之處可能是必要的。

○ 經由條紋偵測估算觸碰事件之施加力

【0166】 在觸碰系統 10 的一些應用中，當在觸碰位置 TL 的施加力（壓力）增加時，至少一偵測器 200 可能無法一致地（平穩地）回應輸出光 104-O 中的強度變化。因此，本揭示之態樣係針對在這樣的情況下使用各種用於偵測輸出光 104-O 的實施例和架構來估算施加力。

○ 【0167】 在第 26A 圖和第 26B 圖中圖示的示例性實施例中，觸碰系統 10 可以在偵測器 200 前面包括有斜率的衰減過濾器（衰減器）125。有斜率的衰減器 125 可以由設有衰減的玻璃所形成，該衰減均勻地從底部邊緣變化到頂部邊緣。第 26B 圖爲透射 T 對比衰減器 125 高度之示例性圖式。由於到達偵測器 200 之光敏區域的總功率爲大致上恆定的，故有斜率的衰減將會導致偵測器訊號 SD 隨著輸出光 104-O 的垂直「質心」而改變。這允許偵測器訊號 SD 被與施加的壓力關聯。

【0168】 在一些情況中，在觸碰位置回應施加壓力的偵測器

可能不是完全單調的。例如，圖像可以在一個方向上移動直到壓力達到某種量，然後跳到玻璃（偵測器）的其他邊緣。由於單調範圍不會太小，而且觸碰力不會立即改變，故本揭示之一態樣包括進行「展開」量測的方法。

【0169】 該方法假設偵測器訊號 SD 被足夠快地取樣，例如 60 Hz 或更快，並且該力相當地大（例如 100 g），而且單調地對比衝動地施加。同時：

- 每當電容觸碰感測沒有觸碰時，重設累積的量測值為 0。
- 假使新的位置相當靠近舊的位置，則可以使用新的位置作為正確的量測。假使舊的位置靠近單調範圍的端點，並且新的位置跳到範圍的其他端點，則將整個範圍加入最近的量測。
- 假使舊的位置靠近開始的單調範圍並且我們所有的估計值比一個範圍更大，而且新的位置跳到範圍的其他端點，則減去整個範圍以獲得最近的估計值。

【0170】 本揭示的另一個態樣採用條紋移動偵測。由於輸出光 104-O 中的條紋傾向於均勻地隨著壓力移動，所以可以採用垂直條紋（線性陣列）的 CMOS 或 CCD 單元。使用幾十個單元即足夠。典型 2D 陣列的、基於像素的偵測器 200 具有幾千的單元。線性陣列偵測器 200 可以提供輸出光 104-O 的垂直強度分佈。該強度分佈具有兩個組分：一個是通常具有一或兩個尖峰的緩慢變化，而第二個表示快速變化的條紋。

【0171】 在示例性的實施例中，使用過濾器來減少緩慢變化的組分。剩下的快速變化組分顯示對應條紋的尖峰。假使對條紋分佈取樣足夠快（例如 60 Hz），則可以計算連續框之間

的相差。積分該相差產出偵測器訊號 SD，偵測器訊號 SD 表示（例如成比例於）在觸碰位置 TL 施加的壓力。

【0172】因此，示例性的偵測器量測架構及方法包括以下在觸碰事件過程中所進行者，其中壓力被施加於觸碰位置 TL：

- 積分總功率（相當於大面積偵測器）。將此架構稱為 TOTAL
- 積分圖像中間的小面積（相當於小針孔 1）。將此架構稱為 PINHOLE1
- 積分正好在圖像中間上方的小面積（相當於小針孔 2）。將此架構稱為 PINHOLE2。
- 積分衰減垂直變化為 20:1 的大面積（最大的衰減在圖像的頂部）。將此稱為 SLOPE1 架構。
- 積分衰減垂直變化為 20:1 的大面積（最大的衰減在圖像的底部）。將此稱為 SLOPE2 架構。

【0173】第 27A 圖為總積分功率（亦即 TOTAL 訊號（藍色））以及偵測器中間的小面積積分功率（亦即 PINHOLE1 訊號（橘色））之偵測器訊號 SD（任意單位）對比框數之圖。

【0174】第 27B 圖為總積分功率（亦即 TOTAL 訊號（藍色））以及正好在偵測器中間上方的小面積積分功率（亦即 PINHOLE2 訊號（橘色））之偵測器訊號 SD（任意單位）對比框數之圖。

【0175】第 27C 圖為總積分功率（亦即 TOTAL 訊號（藍色））以及具有線性衰減過濾器的訊號（在圖像頂部有高衰減，亦即 SLOPE1 訊號（橘色））之偵測器訊號 SD（任意單位）對

比框數之圖。

【0176】 第 27D 圖為總積分功率(亦即 TOTAL 訊號(藍色))以及具有線性衰減過濾器的訊號(在圖像底部有高衰減，亦即 SLOPE2 訊號(橘色))之偵測器訊號 SD(任意單位)對比框數之圖。

【0177】 第 27A 圖至第 27D 圖的四個不同訊號圖中，SLOPE2 和 PINHOLE1 為適用於估算施加在觸碰位置的壓力量之候選者。同時，PINHOLE 訊號對於位置敏感，所以可以被用來測定觸碰位置 TL 的位置。

【0178】 雖然已經參照特定的態樣和特徵來描述本文中的實施例，但應瞭解的是，這些實施例僅說明所需的原理和應用。因此應瞭解的是，可以對該等說明性實施例進行多種修改，而且在不偏離所附申請專利範圍之精神和範圍下可以設計出其他的配置。

【符號說明】

【0179】

10	觸碰系統	20	組件
22	波導	23	邊緣
24	邊緣	25	波導主體
26	邊緣	26C	上包覆層
27	下表面	27C	下包覆層
29	波導區域	40	蓋體
50	手指	100	光源
102	光源元件	103	光源系統

104	光	104AB	輸出光
104-1	光線	104-2	光線
104-n	光線	104-O	輸出光
110	撓性電路板	112	印刷電路板
123	輸入光學系統	124	輸出光學系統
125	衰減器	200	偵測器
200-A	偵測器	200-B	第二偵測器
200L	偵測器	200U	偵測器
202	偵測器元件	204	偵測器系統
300	控制器	301	匯流排
302	處理器	304	裝置驅動器
306	介面電路	400	壓力感測顯示器
410	顯示單元	414	背光單元
416	發射光	420	薄膜電晶體玻璃層
430	液晶層	450	彩色濾光片玻璃層
452	上表面	460	頂部偏光層
462	上表面	470	框
480	整合顯示組件	482	頂側
500	觀看者	501	第一偏光片
503	波板	511	第二偏光片
512	偏光片	520	支撐構件
550	壓力	551	向量組
AC	中央軸	Dx	距離
L	傳播長度	LD	長度

201435689

LX	長度	LY	長度
OP1	第一光路徑	OP1'	新光路徑
OPn	光路徑	P	周邊
PC	中央平面	R	曲率半徑
SD	偵測器訊號	SD _A	偵測器訊號
SD _B	偵測器訊號	SL	光源訊號
TE	觸碰事件	TH	厚度
TL	觸碰位置	θ	角度

○ 【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

○ 【序列表】(請換頁單獨記載)

無