

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：97137750

※ 申請日期：97.10.1

※IPC 分類：G02B 7/10 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

液體光學變焦透鏡以及成像裝置

LIQUID OPTICS ZOOM LENS AND IMAGING
APPARATUS

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

柏萊克艾光學股份有限公司/BLACKEYE OPTICS, LLC

代表人：(中文/英文)簡納德 詹姆斯 H./JANNARD, JAMES H.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國華盛頓州 98245 伊斯特海灣矢拜登島 P.O.BOX 1389 號

P.O.BOX 1389, SPIEDEN ISLAND, EASTSOUND, WA 98245
USA

國 籍：(中文/英文)美國/US

三、發明人：(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 簡納德 詹姆斯 H./JANNARD, JAMES H.

2. 奈爾 艾恩/NEIL, IAIN

國 籍：(中文/英文)1-2. 美國/US

四、聲明事項：

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

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2007/10/08；60/978,338

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

一種適合與照相機一起使用的高性能變焦透鏡系統。此變焦透鏡系統使用液體光學以及可移動的透鏡組，以提供在從焦距至接近無限大的變焦焦距範圍的光學性能。此系統也通過變焦組的調整為不想要的熱引起的效果提供補償，並且提供在液體透鏡元件中的可變形的光學表面。

六、英文發明摘要：

A high performance zoom lens system suitable for use with a camera is disclosed. The zoom lens systems employs liquid optics and a movable lens group to provide optical performance over the zoom focal length range at focus distances from close to infinity. The system also provides compensation for undesirable thermally induced effects by adjustments of the zoom group and the variably shaped optical surface in the liquid lens cell.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 2

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

G1：物鏡組

G2：變焦透鏡組

G3：後部透鏡組

數字 1-36：像面

後面跟隨數位從 1 至 20 的字母“E”：透鏡組件

數字 50：光學軸線

object space：物件空間

object plane：物體平面

iris：光圈

image space：像空間

image plane：像平面

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明有關於使用液體光學的光學變焦透鏡系統。

【先前技術】

成像應用歷來已經使用兩個或更多的可移動的變焦透鏡組以提供調焦以及不同的焦距。用於聚焦的額外的透鏡組也是必要的。

然而，在使用具有移動的透鏡組的變焦以及焦點透鏡系統方面具有固有的缺陷。尤其是，具有移動的變焦透鏡組需要複雜的機械移動的部件（mechanically moving parts）。每個可移動的透鏡組要求支撐結構以及驅動機件諸如凸輪以及發動機，並且在某些情況下控制電子學以使整個運作便利。這個系統的複雜性可能增加尺寸、重量以及成本，並且可能使系統運作在一個期間內不可靠。這些缺陷連同不必要的限制，諸如焦距的有限範圍、不能在整體的焦距範圍充分聚焦、不能對接近的物體調焦、在整體的焦距範圍以及焦距缺乏充分的光學性能，均存在於一些先前可得到的具有至少兩個移動的變焦透鏡組的變焦透鏡。因此需要一種較低的機械複雜性但高性能的變焦透鏡系統。

【發明內容】

變焦透鏡使用移動的透鏡組，以調整在影像中所看到物體的放大倍數。透鏡主體必須足夠大以容納透鏡組的移動。一個或更多的移動的透鏡組可以用具有可變表面外形

的液體透鏡元件替代。

在一個實施例中，變焦透鏡系統具有向軸方向地可移動的變焦透鏡組以及向軸方向地固定的包括至少一個液體透鏡元件後透鏡組。在另一個實施例中，變焦透鏡具有包括至少一個液體透鏡元件的向軸方向地固定的透鏡組以及向軸方向地可移動的後透鏡組。液體透鏡元件具有第一以及第二接觸液體，以及在接觸液體之間的接觸光學表面具有可變的外形。變焦透鏡組以及向軸方向地固定的透鏡組被設置在共光軸上，並且被設置用於收集發源於對象空間的輻射，然後將此輻射發送至向軸方向地固定的像空間作為實像。變焦透鏡也可以具有向軸方向地固定的物鏡（objective lens）組，其中物鏡組、變焦透鏡組以及向軸方向地固定的液體組件透鏡組被設置在共光軸上。後透鏡組可以包括可調整的光圈。變焦透鏡組的軸向調整以及在接觸液體之間的外形的變化提供調焦以及聚焦。

在接觸液體之間的接觸光學表面的外形可以被電子化控制。查詢表（lookup table）被用於電子化控制接觸光學表面的外形。在查詢表中的一個指數可以相當於焦點設定。在查詢表中的另一個指數可以相當於變焦設定。然而在查詢表中的另一個指數可以相當於熱值。在接觸液體之間的接觸光學表面的外形以及變焦透鏡組的軸線調整可以被一起控制。

在一個實施例中，變焦透鏡系統包括移動的透鏡組以及液體元件透鏡組。可移動的透鏡組以及液體元件透鏡組

可以被設置在共光軸上。可移動的透鏡組以及液體組件透鏡組被一起控制以實現調焦（zooming）以及聚焦（focusing）。調焦可以藉由控制(i)液體元件透鏡組、(ii)可移動的透鏡組、或者(iii)液體組件透鏡組以及可移動的透鏡組之三項中的至少一項而被實現。同樣，聚焦可以藉由控制(i)液體元件透鏡組、(ii)可移動的透鏡組、或者(iii)液體組件透鏡組以及可移動的透鏡組中三項的至少一項而被實現。

在一個實施例中，照相機系統包括具有可移動的透鏡組以及液體元件透鏡組的變焦透鏡，以及被設置在變焦透鏡系統的焦點位置的影像擷取元件（image capture element）。此影像擷取元件可以是電子擷取裝置，諸如CCD，或可以是膠片。

在一個實施例中，調焦透鏡的方法包括以下步驟：沿著光學軸線移動透鏡組以及改變在沿著光學軸線配置的液體透鏡元件組中的接觸表面的外形。改變接觸表面的外形提供聚焦。

在一個實施例中，液體光學允許具有從物距的大約7.5x至接近無限大的變焦焦距範圍。物體變焦透鏡系統從物件空間收集輻射，並在恰位於透鏡之後的像平面上使輻射成像。

在一個實施例中，使用液體光學的物體變焦透鏡，具有從大約5.9mm至45.0mm的焦距變焦範圍。此實施例被挑選作為提供適度廣角透鏡（wide angle lens）具有適度長

焦距，卻在適度的長度保持適度的直徑透鏡。另外，F/2.8 至 F/4.0 的孔徑與電荷耦合裝置（charge-coupled device）（CCD）以及具有較低的光要求而有更高的光敏度的互補金氧半導體（complimentary metal-oxide-semiconductor）（CMOS）偵測器一起使用是可接受的。

好處包括只有一個可移動的變焦透鏡組以及一個或更多的液體透鏡元件，以提供具有較少的機械複雜性、大小以及重量的調焦。另外，當被使用超過持續期後，可靠性可以提高。

變焦透鏡組的軸向位置調整以及在一個或更多的液體透鏡元件的液體之間的表面外形的變化提供調焦。變焦透鏡組的軸向調整或在液體透鏡元件的外形變化（或兩者）提供聚焦以及補償為溫度引起的影響諸如影像散焦以及偏差變化，其未得補償的話可能導致圖像品質的下降。

應該理解的是，於此所描述的實施例只是用於解釋本發明，以及本發明的範疇並不限定於所描述的實施例。為讓本發明之上述和其他目的、特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉較佳實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下。

【實施方式】

本發明可以以許多不同的方式實施以及不應該解釋為限制於此陳述的示例實施例。任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為

准。

圖 1 為具有變焦透鏡 102 的照相機 100 的方塊圖圖解。變焦透鏡是具有改變焦距功能的透鏡元件的集合。單獨的透鏡元件可以安裝在適當的位置，或者沿著透鏡主體向軸方向滑行。透鏡組可以由一個或更多的透鏡元件組成。單獨的透鏡元件可以用固態材料（諸如玻璃、塑膠、晶體或半導體材料）建造，或者可以藉由使用液態的或氣態的材料（諸如水或油）被建造。至少一個可移動的透鏡組提供物體的放大倍率的變化。因為此至少一個透鏡組移動以實現放大倍率，所以焦平面（focal plane）的位置也可以移動。至少一個其他的可移動的透鏡組可以移動，以補償焦平面的移動以維持穩定的焦平面的位置。當透鏡的放大倍數改變時，對焦平面的移動的補償也可以藉由移動整個的透鏡組合而機械地實現。

變焦透鏡將經常具有三個或更多的移動的透鏡組，以實現變焦以及聚焦功能。機械凸輪可以連接兩個可移動的透鏡組以進行調焦，以及第三可移動透鏡組可用於聚焦。

變焦範圍，部分由可移動的透鏡元件的移動範圍所決定。更大的變焦範圍要求額外的空間用於透鏡元件的移動。一個或更多的可移動的透鏡組，可以被使用液體元件技藝的透鏡組所取代。因為液體元件不要求為軸向運動的空間，包括可移動的透鏡組的透鏡設計的長度可以被減小。做為選擇，用於可移動的透鏡組的軸向運動的空間，可以被用於容納額外的光學元件。雖然液體元件不要求用

於運動的空間，但是它也是可移動的透鏡組的部分。

液體元件可以被用於調焦以及聚焦。在一個實施例中，可移動的透鏡組與使用液體元件技藝的透鏡組一起使用。不需要一個可移動的透鏡組的機械凸輪。沒有凸輪可以允許有額外的移動。

一個或更多的可移動的透鏡組，與一個或更多的液體元件一起使用以實現調焦以及聚焦。單一的可移動的透鏡組以及單一的液體元件，可以行調焦以及聚焦。在一個實施例中，變焦系統具有至少第一以及第二透鏡組。第一透鏡組是相對高放大倍數的，以及第二透鏡組是相對低放大倍數的，此透鏡放大倍數與透鏡的焦距相反。第一透鏡組包括習知的玻璃或者其他固體透鏡，以及第二透鏡組包括至少一個液體透鏡。

液體元件使用兩個或更多的液體以形成透鏡。透鏡的焦距部分由在液體之間的接觸的角度以及液體的折射率差異而確定。放大倍數變化幅度受所使用的液體的折射率的差異，以及由於空間限制在液體之間的表面介面的曲率半徑的有限範圍所限制。美國專利 2006/0126190 號，其公開的內容已結合在本申請中，揭露利用通過電濕潤之液滴的變形的透鏡。

目前預期的液體透鏡系統將具有至少大約 0.2，較佳的是至少大約 0.3 以及在一些實施例中至少大約 0.4 的折射率差異。水具有大約 1.3 的折射率，以及添加鹽允許改變折射率至大約 1.48。適宜的光學油 (optical oil) 可以具

有至少大約 1.5 的折射率。即使藉由利用具有更高的、更低的或更高的以及更低的折射指數的液體，例如更高的折射率油，放大倍數變化的範圍是有限的。放大倍數變化的有限的範圍，常常比可移動的透鏡組提供更少的放大倍率改變。因此，在單一的變焦透鏡系統，為提供調焦但保持固定的像平面位置，大多數的放大倍率改變可以由一個可移動的透鏡組提供，並且在像平面大多數的散焦的補償可以通過一個液體元件提供。然而，應該注意的是，更多的可移動的透鏡組或更多的液體元件，或者兩者，可以被使用。

可移動的透鏡組可以具有正或負放大倍率。液體元件可以具有可變放大倍率的範圍，其中放大倍率一直是正的或一直是負的，或從正至負的，反之亦可。適當配置可移動的透鏡組以及液體元件可提供擴大的變焦比率大於 2x 以及較佳的是大於 3x，以在整個變焦範圍提供優良的影像品質。配置，除調焦之外，也可以藉由利用從液體元件、可移動透鏡組或兩者中來的額外的有效放大倍率改變，提供在不同物距在擴大的焦距範圍的聚焦。由液體元件或可移動的透鏡組或兩者為聚焦提供的額外的放大倍率改變是容易被得到。因為一個可移動的透鏡組並不須要凸輪及移動的固定場所，可移動的變焦透鏡組的位置可以為調焦以及聚焦而被調整。高性能成像藉由使用可移動的變焦透鏡組以及液體元件調焦以及聚焦而獲得。

用至少一個液體元件替代可移動的變焦透鏡組也是

可能的。這會增加光學系統的複雜性並且可能導致光學系統具有其他缺陷，諸如減少的光透射。

圖 1 也展示在透鏡 102 中控制透鏡組的移動以及運轉的透鏡控制模組 104。控制模組 104 包括在液體透鏡組件中控制曲率半徑的電子電路學 (electronic circuitry)。電子電路學也可以控制可移動的透鏡組的位置。用於各種焦點位置以及變焦位置的適當的電子訊號位準，可以預先被確定然後被放入在查詢表中。做為選擇，類比電路或電路以及查詢表的組合可以生成適當的訊號位準。在一個實施例中，多項式被用於確定適當的電子訊號位準。通過多項式的點 (points) 可以被存儲在查詢表中或多項式可以與電路一起被使用。

在表面 21 的曲率半徑或可移動透鏡組 G2 的位置或兩者的控制中，也可能要仔細考慮熱效應。多項式或查詢表可以包括涉及熱效應的額外的變數。

控制模組 104 可以包括預先對特定的變焦設定或焦距的控制。這些設定可以通過使用者或照相機製造商被存儲。

圖 1 此外展示接收相當於外觀物體的光學影像的影像擷取模組 (image capture module) 106。影像沿著光學軸線從透鏡 102 被傳導至影像擷取模組 106。影像擷取模組 106 可以使用多種樣式，諸如膠片 (即，膠捲材料或靜止圖像膠片)，或電子影像檢測技藝 (即，CCD 模組或視頻拾音器電路 (video pickup circuit))。光學軸線可能是線的，或可能包括折疊。

影像存儲模組 108 將所擷取的影像保持，例如，在板上記憶體（on-board memory）或在膠片或磁帶上。在一個實施例中，存儲媒體是可移動的（即，快閃記憶體、底片鐵殼或磁帶匣）。

影像轉移模組 110 提供將擷取的影像轉移至其他裝置。例如，影像轉移模組 110 可以使用一種或多種連接諸如 USB 埠、IEEE 1394 多種方式連接、乙太網路埠、藍牙（Bluetooth）無線連接、IEEE 802.11 無線連接、視頻元件連接或 S-Video 連接。

照相機 100 可以以多種方式使用，諸如視訊攝影機（video camera）、手機照相機、數碼照相機或膠片照相機。

變焦透鏡的實施例將在此通過圖樣實施例被描述。首先參考圖 2，每個透鏡元件通過後面跟隨數位從 1 至 20 的字母“E”被識別，以及每個透鏡元件的整體輪廓被描繪，但每個透鏡表面的實際半徑被陳列在以下的表格 1 中。透鏡、物體、光闌（stop）或光圈（iris）以及像面（image surface）通過從 1 至 36 的數位被識別。在圖 2 中，三個透鏡組通過後面跟隨從 1 至 3 數位的字母“G”被識別，以及液體透鏡元件通過字母“LC”被識別並且包括光學表面 19 至 23。在圖 2 光學軸線通過數位 50 被識別。

每個透鏡元件具有相反面，此相反面通過單獨的但連續的表面數位（如圖 2 所示，例如，透鏡元件 E1 具有透鏡表面 2 以及 3、透鏡元件 E9 具有透鏡表面 17 以及 18 等等）被識別。將要被成像的物體的位置，尤其是當它涉及

焦距離 (focus distance) 時，是以通過光學軸線 50 上的垂直線以及數位 1 被識別，而實像面是以數位 36 被識別。除透鏡表面 4 以及 8 (是非球形的、非平的但繞著光學軸線輪轉對稱的非球面) 之外，全部的透鏡表面是球形的或平的。

在描述透鏡組件的詳細特性之前，先對變焦透鏡系統 60 的透鏡組以及它們的軸的位置與移動，液體透鏡元件以及接觸液體的表面外形的變化大概描述。

每個透鏡組的正或負的放大倍率，被確定為焦距的反比。透鏡的每一組因而產生的合成光學放大倍數如下：物鏡組 G1 是正的，變焦透鏡組 G2 是負的以及後部透鏡組 G3 是正的，隨著在液體元件中表面的外形的改變從較低的正值至較高的正值。在圖 2 的上部在兩端具有箭頭的水平箭頭提示變焦透鏡組 G2 在兩個軸向是可移動的。

儘管在圖 2 只有透鏡元件被具體展示，應該理解的是，尚包括用於支援透鏡組件以及在透鏡殼或管中導致可移動的變焦透鏡組的軸向運動的機械裝置以及構造。另外，還有電子電路學改變在液體透鏡元件中的可變形的光學表面的外形。

為以上描述的變焦透鏡系統 60 的透鏡結構以及製作資料展示在下面表 1 中。在表 1 中的資料是在 25° C. (77° F.) 的溫度以及標準大氣壓(760 mm Hg)下設定的。在整個說明中，除波長是以納米 (nm) 為單位以外，測量結果是以毫米 (mm) 為單位的。在表 1 中，第一欄“項目”標示出

每個光學元件以及每個位置，即物體平面、像平面等等，具有與在圖 2 中相同的數位或標誌。第二欄標示出光學元件（透鏡）（具有在圖 2 中使用的相同的數位）所屬的“組”。如在圖 2 中所標示，第三欄“表面”是一欄物體（在圖 2 中的線“1”以及在表格 1 中的“物體”）、光闌（光圈）13 以及透鏡的每個實際表面的表面數字。第四欄“焦點位置”標示為變焦透鏡系統 60 三個典型的焦點位置（F1、F2 以及 F3），其與一些列於第三欄的表面之間的距離（隔開）會改變，另外在第三欄的表面 21 的曲率半徑亦會改變，以下將更詳細地描述。第五欄“隔開”是在表面（第三欄）與下一表面之間的軸的距離。例如，在表面 S2 與表面 S3 之間的距離是 1.725mm。

第 6 欄，標題為“曲率半徑”，是表列每個表面的光學表面曲率半徑，其中如圖 2 所示，減號（-）意味著曲率半徑的中心是在表面的左邊以及“無限大”意味著光學平面（optically flat surface）。表面 4 以及 8 的星號（*）提示為非球面（其曲率半徑是基圓半徑）。非球面的使用為在改正變焦透鏡中的偏差同時使整體的尺寸更小以及構造更簡單。非球面 4 以及 8 的表面輪廓的公式以及係數由以下方程式所支配：

$$z = \frac{cy}{1 + [1 - (1 + \kappa)c^2 y^2]^{1/2}} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12} + Fy^{14}$$

其中：

c = 表面曲率 (c=1/r 其中 r 是曲率半徑)

y = 從 X 以及 Y 軸線測量的表面的徑向孔徑高度，其中：

$$y = (X^2 + Y^2)^{1/2}$$

κ = 圓錐係數

$A, B, C, D, E, F = 4^{\text{th}}, 6^{\text{th}}, 8^{\text{th}}, 10^{\text{th}}, 12^{\text{th}}$ 以及 14^{th} ，各自地，代表級階變形係數

z = 對於已知 y 值的表面輪廓的位置或從表面的極（即，軸的頂點）沿著光學軸線的測量值。

表面 4 的係數是：

$$\kappa = -0.6372$$

$$A = 0.9038 \times 10^{-6}$$

$$B = 0.2657 \times 10^{-8}$$

$$C = -0.1105 \times 10^{-10}$$

$$D = +0.4301 \times 10^{-13}$$

$$E = -0.8236 \times 10^{-16}$$

$$F = 0.6368 \times 10^{-19}$$

表面 8 的係數：

$$\kappa = 0.0000$$

$$A = 0.5886 \times 10^{-4}$$

$$B = -0.5899 \times 10^{-6}$$

$$C = 0.8635 \times 10^{-8}$$

$$D = -0.5189 \times 10^{-10}$$

$$E = -0.1186 \times 10^{-11}$$

$$F = 0.1631 \times 10^{-13}$$

表 1 的欄 7 至 9 有關於在表面（第三欄）與在圖 2 右側的下一個表面之間的“材料”，“類型”欄提示是否有透鏡（玻璃）或空間（空氣）或液體透鏡（液體）在那些兩個表面之間。玻璃以及液體透鏡在“編碼”欄中被識別為光學玻璃。為便利起見，全部的透鏡玻璃已經從 Ohara 公司可得到的玻璃中挑選出來，以及“名稱”欄列出了對每個玻璃的 Ohara 鑒定類型，但應該理解的是，任何相當的、類似的或適當的玻璃可以被使用。同時，透鏡液體的油經從 Cargille Laboratories, Inc. 可得到的液體中挑選出，以及水通常可以從各種來源得到，但應該理解的是，任何相當的、類似的或適當的液體可以被使用。在表面 20 的水液體各自在波長 656.27、589.29、546.07 以及 486.13 納米具有以下折射指數 1.331152、1.332987、1.334468 以及 1.337129。在表面 21 的油液體各自在波長 656.27、589.29、546.07 以及 486.13 納米具有以下折射指數 1.511501、1.515000、1.518002 以及 1.523796。

標題為“孔徑直徑”的表 1 的最後欄，提供光線經過的每個表面的最大直徑。對於在像平面大約 6mm 的最大影像直徑以及 F/2.8 至 F/4.0 以及 F/2.8 至 F/4.0 的光圈數（F-numbers），對於全部變焦以及焦點位置，全部的最大孔徑直徑（除光闌表面 13 之外）是在 546.1 納米的波長下給出的。光闌表面 13 的最大孔徑直徑在表格 1 中對變焦位置 Z1 以及焦點位置 F1 是在 546.1 納米的波長以及 F/2.8

的光圈數下給出的。在像平面 36，在最大孔徑直徑被視為近似值。

表一

光學規定									
項 目	組	表 面	焦 點 位 置	隔距(mm)	曲率半徑 (mm)	材 料			
						類 型	名 稱	編 碼	孔徑 直徑 (mm)
物 體		1	F1	無限大	無限大	空 氣			
			F2	1016.2500					
			F3	378.7500					
E1	G1	2	全 部	1.7250	59.1716	玻 璃	SLAM66	801350	37.161
		3	全 部	0.0750	345954	空 氣			35.567
E2	G1	4	全 部	6.7565	*33.0488	玻 璃	SFPL51	497816	35.618
		5	全 部	0.0750	2758.9929	空 氣			35.182
E3	G1	6	全 部	5.8657	32.7151	玻 璃	SFPL53	439950	33.680
		7	F1	表 2	-2981.4301	空 氣			33.034

			F2	表 2					
			F3	表 2					
E4	G2	8	全 部	0.7652	*461.6464	玻 璃	SLAH64	788474	14.273
		9	全 部	3.8333		空 氣			11.605
E5	G2	10	全 部	2.6582	-12.6370	玻 璃	SFPL53	439950	11.587
E6	G2	11	全 部	3.2165	18.1883	玻 璃	SLAM66	801350	12.383
		12	F1	表 3	-55.4718	空 氣			12.337
			F2	表 3					
			F3	表 3					
光 欄/ 光 圈	G3	13	全 部	0.6317	無 限 大				6.708
E7	G3	14	全 部	5.7168	-26.3844	玻 璃	SLAH65	804466	6.757
E8	G3	15	全 部	2.6250	9.3177	玻 璃	ST1H53	847238	8.304
		16	全 部	0.8432	-16.3366	空 氣			8.533

E9	G3	17	全部	2.5647	-9.2859	玻璃	SLAH58	883408	8.508
		18	全部	2.2767	-11.1961	空氣			9.665
E10	G3	19	全部	0.4500	無限大	玻璃	SBSL7	516641	10.151
E11	G3	20	全部	1.500	無限大	液體	水		10.201
E12	G3	21	F1	1.500	表 4	液體	油	T3000491AB	10.367
			F2		表 4				
			F3		表 4				
E13	G3	22	全部	0.4500	無限大	玻璃	SBSL7	516641	10.584
		23	全部	0.0750	無限大	空氣			10.642
E14	G3	24	全部	3.1583	120.2680	玻璃	SLAH65	804466	10.680
E15	G3	25	全部	0.6000	-7.224	玻璃	ST1H10	728285	10.724
		26	全部	0.0750	13.8153	空氣			10.634
E16	G3	27	全部	3.0844	13.7118	玻璃	SBSM10	623570	10.696

		28	全部	0.3424	-11.1618	空氣			10.713
E17	G3	29	全部	0.6000	-9.5071	玻璃	ST1H13	741278	10.652
		30	全部	0.0750	68.8748	空氣			11.180
E18	G3	31	全部	1.7063	18.2078	玻璃	SLAL13	694532	11.589
		32	全部	26.6908	-115.6915	空氣			11.592
E19	G3	33	全部	3.1085	10.2784	玻璃	SNPH1	808228	9.888
E20	G3	34	全部	2.7193	-9.9003	玻璃	SLAH58	883408	9.581
		35	全部	2.6192	58.0014	空氣			7.805
影像		36	全部	0.0000	無限大	空氣			6.008

統 60 在表面 13 具有光闌，此光闌控制光線可以通過的孔徑的直徑。光闌是物理光圈 (iris) 所在的位置。光圈被設置在後部透鏡組 G3 之前並且與那透鏡組向軸方向地固定。注意到在圖 4A 中，邊緣光線 (rim ray) 通過光闌表面 13 的等值記號 (tic mark) 的軸線側，以便變焦透鏡

系統在任何區域位置、變焦位置以及焦點位置都沒有光束的漸暈 (vignetting)。然而，注意到光圈數 F 而隨變焦以及焦點位置光圈打開或關閉而改變。對於焦點位置 $F1$ 在變焦位置 $Z1-Z8$ 光圈的直徑是 6.71、6.39、5.96、5.53、5.18、4.84、4.63 以及 4.61。這顯示當焦距增加時，位於表面 13 的光圈應該關閉。與焦點位置 $F1$ 相比，對於焦點位置 $F2$ 以及 $F3$ 在焦點位置 $Z1-Z8$ ，光圈的直徑以小於 0.3mm 直徑的小量改變，以維持與對於焦點位置 $F1$ 相同的光圈數 F 。

參照表 1，為說明本發明的的範疇以及多功能性，有 8 個不同的變焦位置 $Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7$ 以及 $Z8$ 以及 3 個不同的焦點位置 $F1, F2$ 以及 $F3$ 展示在資料中，此資料實際上為可移動的變焦透鏡組 $G2$ 以及可變的外形光學表面 21 提供 $24(3 \times 8 = 24)$ 個不同的位置組合的具體資料。

對於變焦位置 $Z1-Z8$ 在焦點位置 $F1$ ，及 546.1 納米的波長，變焦透鏡系統 60 的焦距分別是：5.89、7.50、11.25、15.00、18.75、30.00、41.25 以及 45.00 mm。對於焦點位置 $F1$ 對於變焦位置 $Z1-Z8$ ，在 546.1 納米的波長，相應的光圈數 F 分別是：2.80、2.90、3.05、3.25、3.45、3.70、3.95 以及 4.00。

對於焦點位置 $F1$ ，物體平面 1 隔距被假定是無限大；對於焦點位置 $F2$ ，物體平面 1 是大約 1016.25 mm 的中間距離；以及對於焦點位置 $F3$ ，物體平面 1 是大約 378.75 mm

的近距離（即，距離像平面 378.75 mm）。在這三個焦點位置 F1、F2 以及 F3 中的每一個，透鏡組 G1 以及 G3 在變焦透鏡組 G2 的移動的整個範圍中，保持相同的位置。表格 2 以及 3 提供表面 7 以及 12 的分離值（separation values），而表 4 為變焦位置 Z1-Z8 以及 F1-F3 提供表面 21 的曲率半徑。

表 2

表面	焦點	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
7	F1	0.0832	5.7132	13.7126	18.4633	21.6974	27.4007	30.5400	31.3096
7	F2	0.0902	5.7486	13.6468	18.3289	21.5154	27.0776	30.0174	30.7361
7	F3	0.0750	5.6942	13.4674	18.1217	21.3355	26.7467	29.5798	30.2701

表 3

表面	焦點	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
12	F1	31.5294	25.8992	17.8996	13.1486	9.9140	4.2101	1.0701	0.3000
12	F1	31.5178	25.8581	17.9590	13.2762	10.0892	4.5268	1.5870	0.8729
12	F1	31.5324	25.9120	18.1380	13.4831	10.2689	4.8577	2.0248	1.3384

表 4

表面	焦點	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
21	F1	-33.9902	-40.9700	-60.9667	-84.8892	-106.7630	-101.7297	-58.3998	-48.6792

21	F2	-34.3890	-42.0587	-65.5384	-101.1799	-154.9184	-370.2777	-263.5374	-212.3139
21	F3	-35.0134	-43.6001	-72.6330	-133.7178	-351.2333	214.4454	125.5481	115.8049

當然，還應該理解的是，在末端焦點位置 F1 與 F3 之間連續聚焦是可得到的，在末端變焦位置 Z1 與 Z8 之間連續調焦是可得到的，以及在透鏡系統 60 在所述的焦點以及變焦範圍，任何組合的連續的聚焦以及調焦是可得到的。

在圖 2 展示並且在表 1 被規定的變焦透鏡系統 60 對於透鏡組 G1 以及 G2 具有分別為 54.30 以及 -12.25 mm 的焦距。同樣，由於在液體之間的光學表面 21 的可變外形，透鏡組 G3 具有可變的焦距，此焦距分別在變焦位置 Z1 與焦點位置 F1 以及變焦位置 Z8 與焦點位置 F3 具有 +30.18 mm 的最小值以及 +38.97 mm 的最大值。在圖 3A 以及 3B 中的變焦透鏡系統 60 的液體元件 LC 展示，從表 1 的在液體之間的可變外形光學表面 21 的兩個極端的曲率半徑。在圖 3A 以及 3B 中，表面 21 的兩個曲率半徑分別是 -33.99 and +115.80 mm。液體組件 LC 的兩個極端的焦距，在圖 3A 以及 3B 中，分別是 -185.20 以及 630.97 mm。這差異發生在變焦位置 Z1 與焦點位置 F1，以及，變焦位置 Z8 與焦點位置 F3。在這個實施例中，在表面 20、21 之間以及表面 21、22 之間的兩個液體的體積隨著可變表面的外形改變而改變。然而，同樣可能藉由應用小的、相等的但相反的改變表面 20、21 以及 21、22 之間的軸向距離以維持每個液體固定體積。

參考圖 4A、4B 以及 4C，變焦透鏡系統 60 被展示，有在各種不同的位置的變焦透鏡組，在各種不同的位置的在液體元件的可變表面的外形以及那些位置的光線蹤跡。圖 4A 代表焦點位置 F1 以及變焦位置 Z1，其中上述表 1 的資料設有無限大焦距以及大約 5.9mm 的小焦距。圖 4B 代表從表 1 的具有中間焦點以及大約 11.3mm 焦距的焦點位置 F2 以及變焦位置 Z3。圖 4C 代表從表 1 的具有近焦點以及大約 44.8mm 的焦距的焦點位置 F3 以及變焦位置 Z8。

圖 4A、4B 以及 4C 展示變焦透鏡組 G2 的三個向軸位置，具有對應於可變光學表面 21 的三個表面外形各自的變焦以及焦點位置：Z1, F1、Z3, F2 以及 Z8, F3。

變焦透鏡系統 60 的光學性能被展示在圖 5A、圖 5B 以及 5C 中，其中衍射多色調制傳遞函數 (diffraction based polychromatic modulation transfer function) (“MTF”) 資料 (對空間頻率的調製)，為五個不同的區域位置以在表格 1 中展示的變焦以及焦點位置的三個不同的組合，即為典型實施例的 Z1, F1、Z3, F2 以及 Z8, F3，以百分比 (%) 被顯示。區域位置以兩個值標示，規範化的影像高度 (mm) 以及從光學軸線的實際物件空間角度 (度數)。MTF 百分率是展示在圖 5A, 5B 以及 5C 的頂端右側角的波長以及權重，並且被圖示為在像平面 36 測量的切線 (T) 以及徑向 (R) 方向。注意到切向以及徑向值在向軸區域位置 (AXIS) 是相等的並且只用一小塊 (plot) 描繪。所

示的最大空間頻率是出現在大約 6mm 的影像直徑的 90 週期/mm，以及偵測器圖元尺寸的選擇可以提供高品質的影像，至少達到高清晰度電視（HDTV）解析度，即 1920 水準圖元乘以 1080 垂直圖元。MTF 在空間頻率是光學性能的相對標準測量，其中值“90 週期/mm”意味著在清晰度確定的圖表上每毫米 90 對黑的以及白的線。最高的 MTF 值是於變焦位置 Z1 以及焦點位置 F2 在全輻射區域(radial field)的大約 89%。最低的 MTF 值是對於變焦位置 Z2 以及焦點位置 F3 在全部漫射區域(tangential field)的大約 58%。最小的相對照度是在變焦位置 Z1 以及焦點位置 F1 的大約 75%。一般而言，較高的相對照度值是較好的，因為低的數量意味著光照到像的邊緣之外。高全區域相對照度對於偵測器技術是首選的，其在全部區域具有穩定的光反應，並且忠實地在調焦過程中隨著成像改變在像的邊緣複製陰影。低於 50%的照度可能在電子偵測器導致陰影，但可能對於膠片是可接受的。最高的正變形是在變焦位置 Z3 以及焦點位置 F1 的+3.04%而最低的負變形是在變焦位置 Z1 以及焦點位置 F3 的-2.98%。一般地，透鏡的所謂“呼吸”問題（但這在變焦透鏡中可能更普遍）於變焦透鏡系統 60 中影像從長至短焦距改變尺寸，實質上是不存在的，在變焦範圍的短焦距中最值注目的是大景深問題。最低的呼吸是在變焦位置 Z1 以及焦點位置 F3 的-0.2%而最高呼吸是在變焦位置 Z8 以及焦點位置 F3 的-19.5%。注意

到在無限大焦距 ($F1$)，呼吸是 0 因為那是參考視場 (reference field of view)。

全部的性能資料是在溫度 25°C . (77°F .), 標準大氣壓 (760 mm Hg), 以及在變焦透鏡系統 60 可得到的全孔徑之情況提供的。然而，變焦透鏡系統 60 提供充分穩定的性能，例如 MTF 值，在溫度範圍 $0^{\circ}\text{ to } 40^{\circ}\text{ C}$ ($32^{\circ}\text{ to } 104^{\circ}\text{ F}$.) 以及，如果在性能 (MTF) 有小的降級是可接受的，可操作溫度範圍可以擴大為 $-10^{\circ}\text{ 至 } 50^{\circ}\text{ C}$. ($14^{\circ}\text{ 至 } 122^{\circ}\text{ F}$.) 或更高。為改變溫度，最適宜的性能可以通過變焦透鏡組 G2 的進一步的軸的調整或接觸光學表面 21 的外形的改變，或兩者一起組合而獲得。這可以在全部變焦以及焦點位置發生。在大約 0° C . (32° F .) 或更低的低溫下，為避免結冰 (形成固體)，液體可能需要被加熱，或用摻雜質的液體代替與用低溫運轉防凍劑被添加進汽車散熱器的水中類似的方式。然而，注意到這些材料溫度改變不應該明顯改變液體的光學特性。

儘管使用變焦透鏡系統 60 的所描述的實施例是為使用具有 6mm 直徑 (所謂第三英尺積體電路片感測器 (inch chip sensor)) 的適當的尺寸，這個變焦透鏡系統的尺寸可與各種不同的膠片以及電子偵測器影像格式一起使用適當地擴大或縮小。

在變焦透鏡系統 60 的許多優點中，有只使用一個向軸方向移動變焦透鏡組，提供大範圍焦距的調焦。變焦透鏡系統 60 的設計創造了高性能，以及比多數習知的高性能變

焦透鏡系統（要求至少兩個向軸方向地可移動的變焦透鏡組以及對應的機件）低機械複雜的透鏡系統。變焦透鏡系統 60 的特有透鏡設計，提供在大範圍的焦距離的聚焦而不需要額外的可移動的透鏡組以及對應的機件。所揭露變焦透鏡系統 60 的的設計是傑出的，並且其他設計將列入本發明的範疇。變焦透鏡系統 60 的其他特徵以及優點將通過先前的描述以及附圖展現給熟習此技藝者。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1 繪示為照相機的方塊圖。

圖 2 繪示為使用液體的變焦透鏡系統的光學圖解。

圖 3A 以及圖 3B 繪示為展示在液體之間的表面外形的圖 2 的變焦透鏡系統的液體元件的光學圖解。

圖 4A, 圖 4B 以及圖 4C 繪示為展示變焦透鏡組的不同位置以及在液體之間的表面外形以提供不同焦距以及焦距離的圖 1 的變焦透鏡系統的光學圖解

圖 5A, 圖 5B 以及圖 5C 繪示為圖 4A, 圖 4B 以及圖 4C 的變焦透鏡系統的調變轉移函數性能圖解

【主要元件符號說明】

G1,G2,G3：透鏡組

1~36：像面

E1~E20：透鏡組件

50：光學軸線

十、申請專利範圍：

1. 一種變焦透鏡系統，其包括：

向軸方向地可移動的負放大倍率的變焦透鏡組；以及

向軸方向地固定的透鏡組，其包括至少一個液體透鏡元件，所述至少一個液體透鏡元件包括第一以及第二接觸液體，在接觸液體之間的具有可變外形的接觸光學表面；

其中所述向軸方向地可移動的變焦透鏡組，以及所述向軸方向地固定的透鏡組被設置在共同光軸上，並且被設置用於收集發源於變焦透鏡系統的物側空間的輻射，然後將所述輻射傳送至像側空間且不形成中間像，其中在所述共同光軸上的所述液體透鏡元件位於所述向軸方向地可移動的變焦透鏡組與所述像側空間之間。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之變焦透鏡系統，更包括向軸方向地固定的正放大倍率的物鏡組，其中所述物鏡組、所述變焦透鏡組以及所述向軸方向地固定的透鏡組被設置在共同光軸上。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之變焦透鏡系統，其中所述變焦透鏡組的軸向調整，以及在所述接觸液體之間的所述外形的變化提供調焦。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之變焦透鏡系統，其中所述變焦透鏡組的軸向調整以及在所述接觸液體之間的所述外形的變化提供調焦以及聚焦。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之變焦透鏡系統，其中在所述接觸液體之間的所述外形的變化提供聚焦。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之變焦透鏡系統，其中所述變焦透鏡組的所述位置的軸向調整提供聚焦。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之變焦透鏡系統，其中在所述接觸液體之間的所述接觸光學表面的所述外形被電子化控制。

8. 如申請專利範圍第 7 項所述之變焦透鏡系統，其中有查詢表提供相對於電子化控制所述接觸光學表面的所述外形的值。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之變焦透鏡系統，其中在所述查詢表中的指數相當於變焦設定。

10. 如申請專利範圍第 8 項所述之變焦透鏡系統，其中在所述查詢表中的指數相當於焦點設定。

11. 如申請專利範圍第 8 項所述之變焦透鏡系統，其中在所述查詢表中的指數，相當於變焦設定以及焦點設定。

12. 如申請專利範圍第 8 項所述之變焦透鏡系統，其中在所述查詢表中的第一指數相當於變焦設定，以及在所述查詢表中的第二指數相當於焦點設定。

13. 如申請專利範圍第 8 項所述之變焦透鏡，其中在所述查詢表中的指數相當於與對所述至少一個液體透鏡元件之可變形狀的熱效應相關聯的熱變數。

14. 如申請專利範圍第 1 項所述之變焦透鏡系統，其中在所述接觸液體之間的所述接觸光學表面的所述外形以及所述變焦透鏡組的所述軸向調整一起被電子化控制。

15. 如申請專利範圍第 1 項所述之變焦透鏡系統，其

更包括向軸方向地固定的可調整的光圈。

16. 如申請專利範圍第 1 項所述之變焦透鏡系統，其中所述物側空間包括實物或虛物。

17. 如申請專利範圍第 1 項所述之變焦透鏡系統，其中所述像側空間包括實像或虛像。

18. 如申請專利範圍第 17 項所述之變焦透鏡系統，其中所述像是向軸方向地固定的。

19. 如申請專利範圍第 1 項所述之變焦透鏡系統，其中所述向軸方向地固定的透鏡組包括多個液體透鏡組件。

20. 如申請專利範圍第 1 項所述之變焦透鏡系統，其中所述變焦透鏡系統，具有大於 $2\times$ 的變焦比率。

21. 如申請專利範圍第 1 項所述之變焦透鏡系統，其中所述變焦透鏡系統，具有大於 $3\times$ 的變焦比率。

22. 一種變焦透鏡系統，其包括：

可移動的負放大倍率的變焦透鏡組；以及

液體組件透鏡組，位於所述可移動的變焦透鏡組與像側空間之間，且不形成中間像。

23. 如申請專利範圍第 22 項所述之變焦透鏡系統，其中所述可移動的變焦透鏡組，以及所述液體組件透鏡組被設置在共同光軸上。

24. 如申請專利範圍第 22 項所述之變焦透鏡系統，其中所述可移動的變焦透鏡組以及所述液體組件透鏡組被一起控制以實現調焦。

25. 如申請專利範圍第 22 項所述之變焦透鏡系統，其

中所述可移動的變焦透鏡組以及所述液體組件透鏡組被一起控制以實現聚焦。

26. 如申請專利範圍第 22 項所述之變焦透鏡系統，其中所述可移動的變焦透鏡組以及所述液體組件透鏡組被一起控制以實現調焦以及聚焦。

27. 如申請專利範圍第 22 項所述之變焦透鏡系統，其中調焦藉由控制(i)所述液體組件透鏡組、(ii)所述可移動的變焦透鏡組、或者(iii)所述液體組件透鏡組以及所述可移動的變焦透鏡組三項中的至少一項而被實現。

28. 如申請專利範圍第 22 項所述之變焦透鏡系統，其中聚焦藉由控制(i)所述液體組件透鏡組、(ii)所述可移動的變焦透鏡組、或者(iii)所述液體組件透鏡組以及所述可移動的變焦透鏡組三項中的至少一項而被實現。

29. 一種照相機系統，其包括：

具有可移動的負放大倍率的透鏡組以及液體元件透鏡組的變焦透鏡系統，其中所述液體元件透鏡組位於所述可移動的透鏡組與焦點位置之間，且不形成中間像；以及

被設置在所述變焦透鏡系統的所述焦點位置的影像擷取元件。

30. 如申請專利範圍第 29 項所述之照相機系統，其中所述影像擷取元件是 CCD。

31. 如申請專利範圍第 29 項所述之照相機系統，其中所述影像擷取元件是膠片。

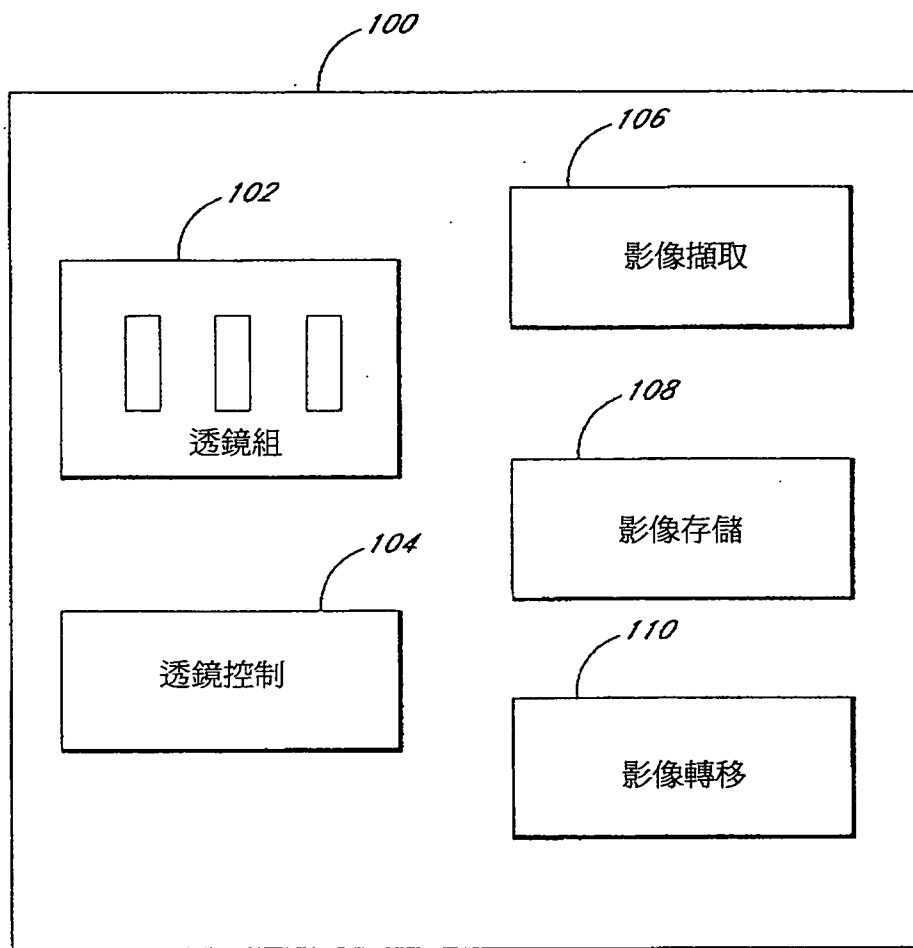


圖 1

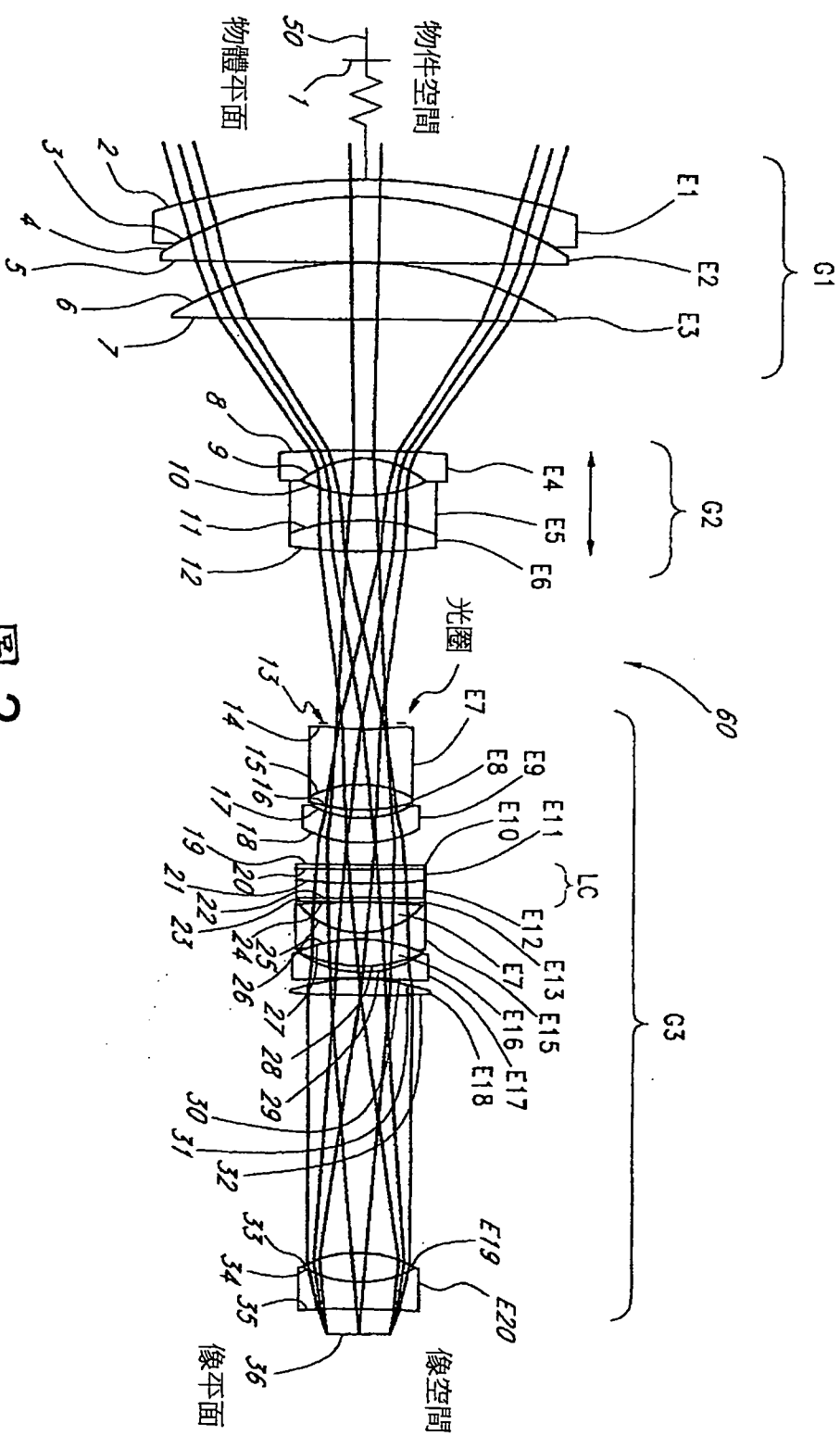


圖 2

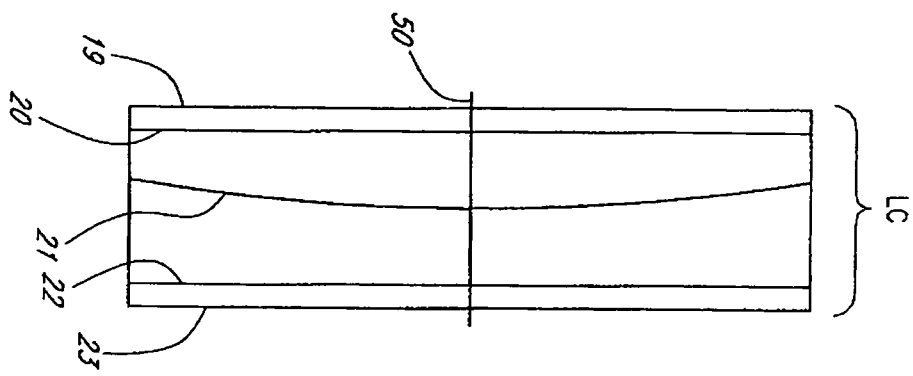


圖 3A

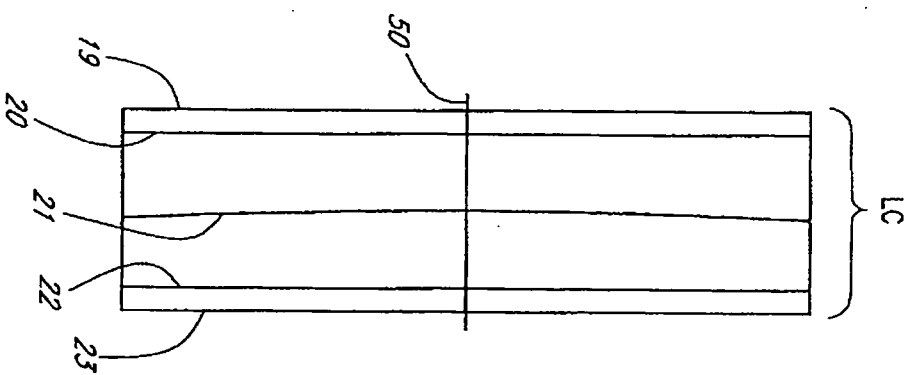


圖 3B

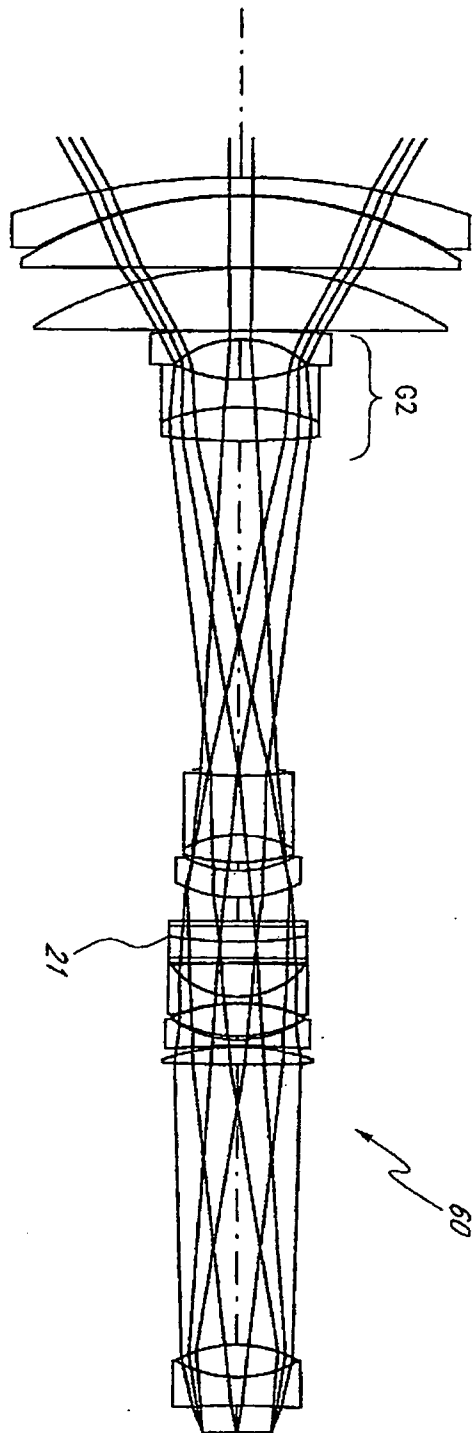


圖 4A

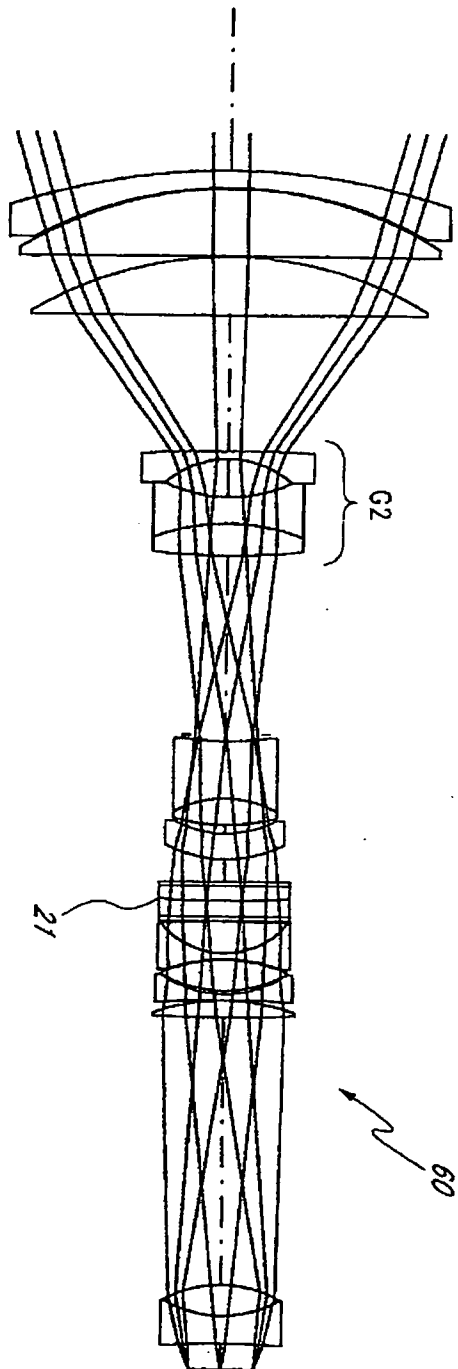


圖 4B

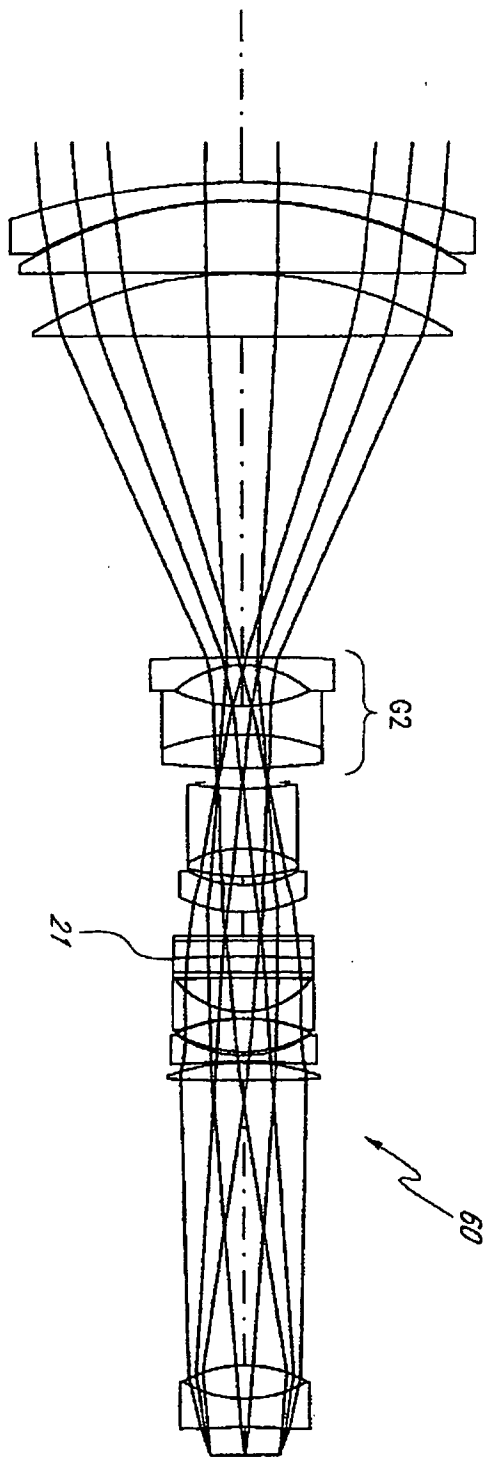


圖 4C

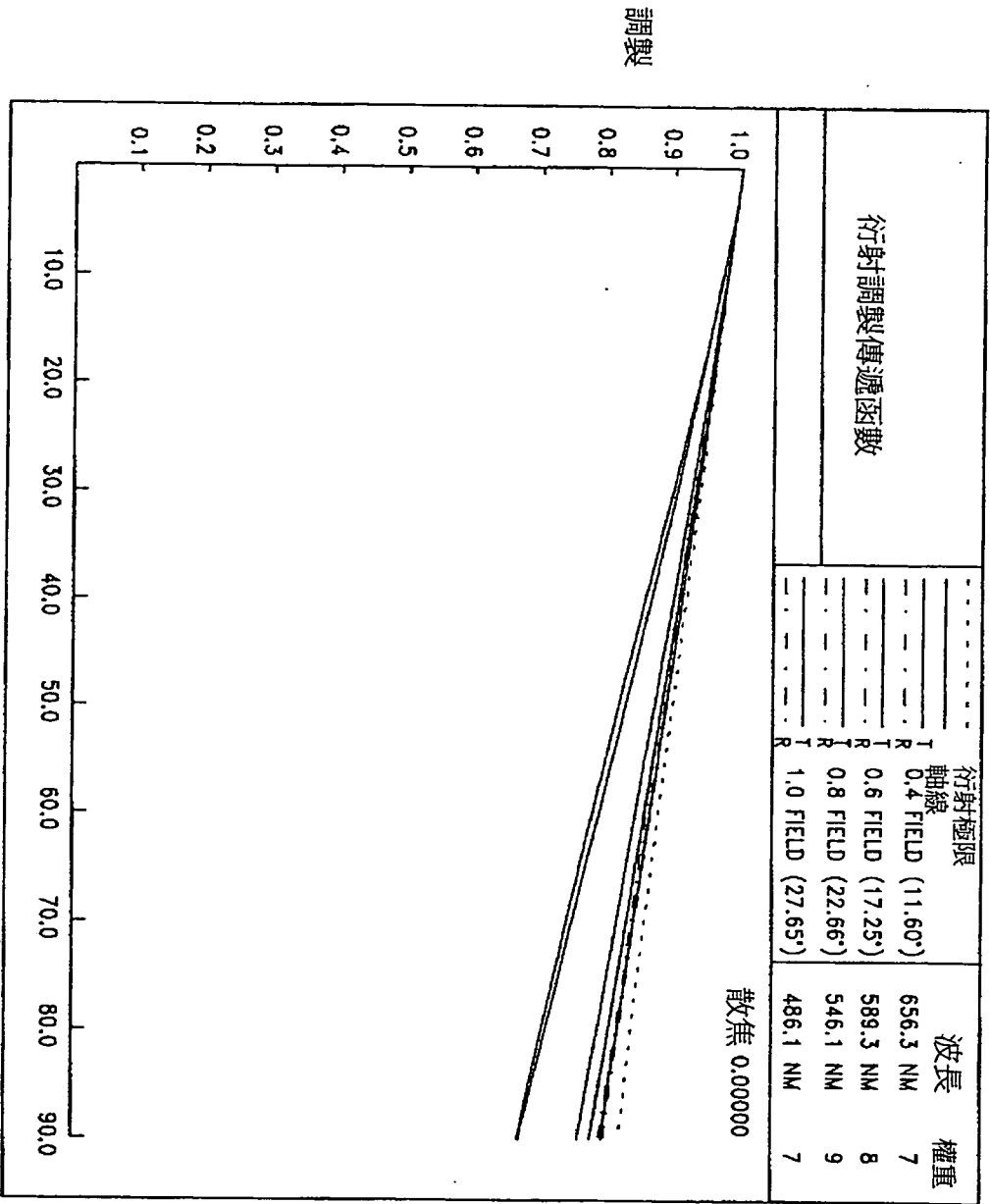


圖 5A

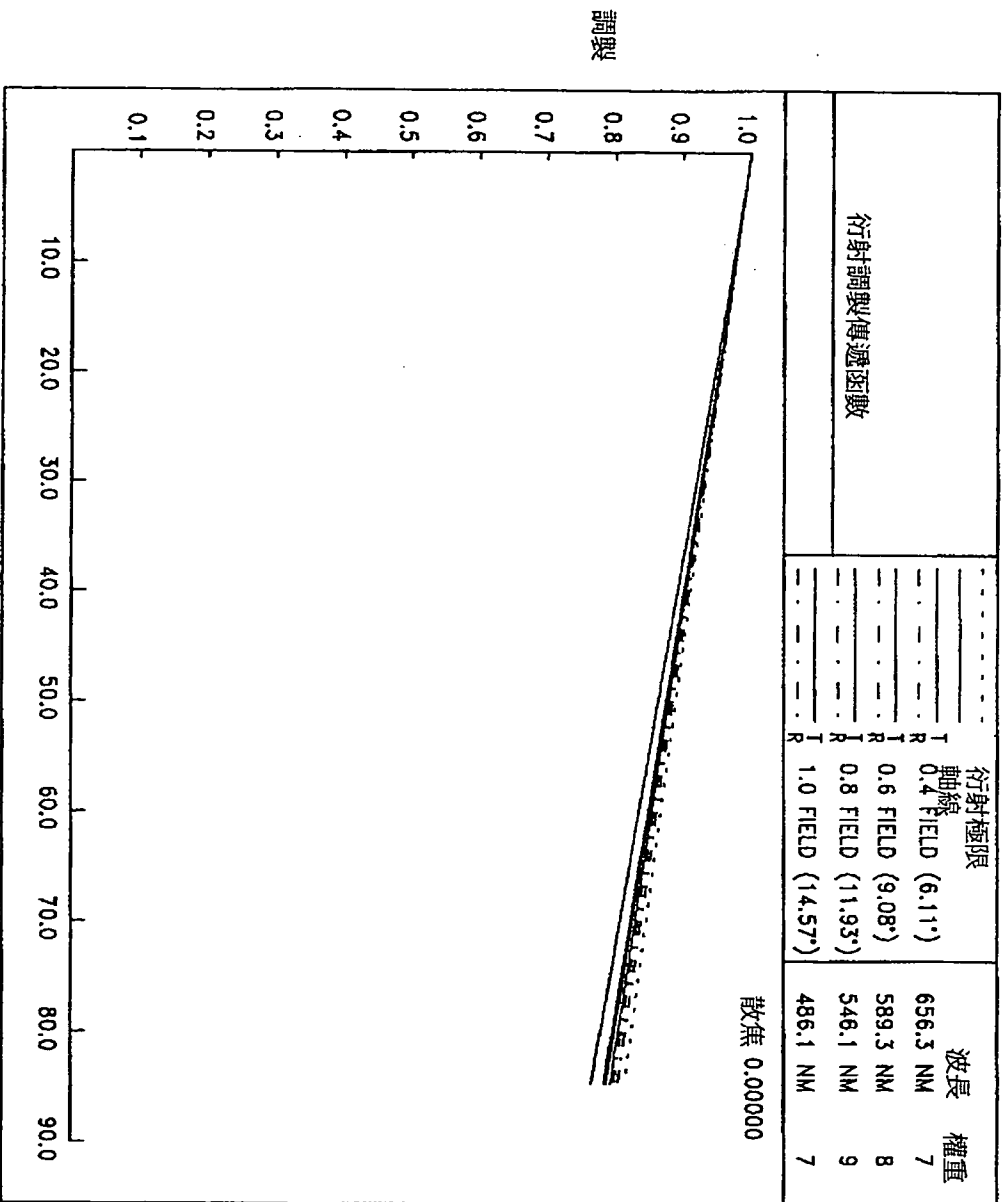


圖 5B

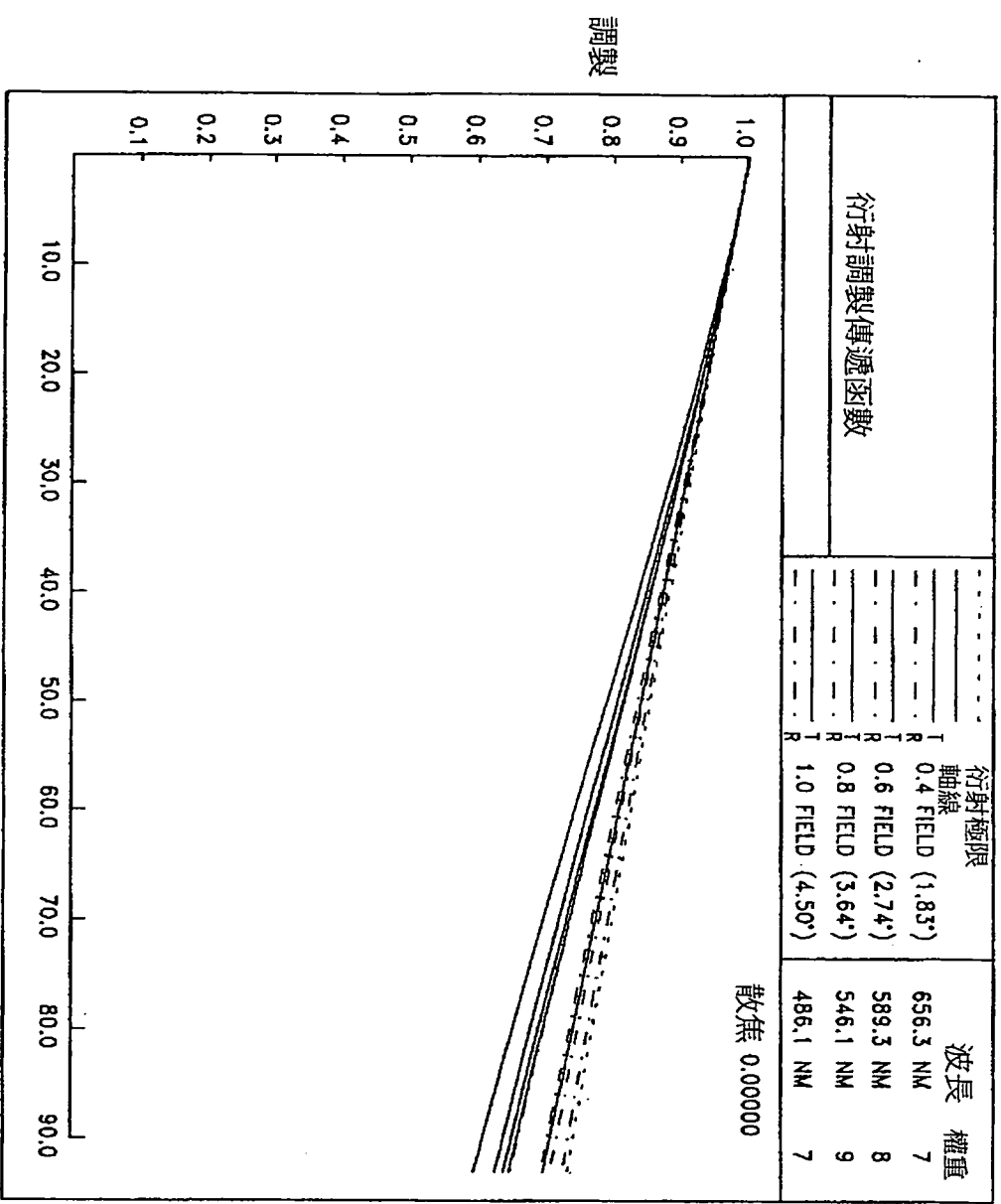


圖 5C