

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：96125960

※申請日期：96.7.17

※IPC 分類：

一、發明名稱：(中文/英文)

G03B 21/14 (2006.01)

投影光學系統

G02B 27/42 (2006.01)

PROJECTOR OPTICAL SYSTEM

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

尼康股份有限公司

NIKON CORPORATION

☐ 指定 為應受送達人

代表人：(中文/英文) 嶋村 輝郎/SHIMAMURA, TERUO

住居所或營業所位址：(中文/英文)

日本東京都千代田區丸之內 3 丁目 2 番 3 號

2-3, MARUNOUCHI 3-CHOME, CHIYODA-KU, TOKYO, JAPAN

國 籍：(中文/英文) 日本/JP

三、發明人：(共 1 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 鈴木 憲三郎/SUZUKI, KENZABURO

國 籍：(中文/英文) 日本/JP

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 順序注記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 日本；2006/07/19；2006-196567

☐ 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 順序注記】

☐ 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 順序注記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序注記】

☐ 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。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是關於一種在投影儀中所使用的，用於將顯示元件的像在投影屏等上進行擴大投影的投影光學系統。

【先前技術】

投影儀是一種利用液晶元件（LCD、LCOS）或 DMD 等顯示元件作為光導管，並將其顯示圖像藉由投影光學系統而在投影屏等上進行擴大投影的裝置。近年來，隨著顯示元件的高性能化（高像素化），而提出有各種各樣的投影儀，它們具有解像力高、且諸像差得以充分修正的高性能的投影光學系統（例如參照日本專利特開 2004—279958 號公報）。

但是，高性能的投影光學系統存在透鏡的片數多，結果使尺寸增大，而影響投影儀全體的小型化之問題。

【發明內容】

本發明的目的是提供一種鑒於該問題而形成的，利用繞射光學元件而達成良好的成像性能和小型化的投影光學系統。

為了解決前述課題，本發明的投影光學系統提供一種將顯示元件的像進行投影而形成實像的投影光學系統，本投影光學系統是從投影側開始依次由孔徑可變光圈和第 1 透鏡群構成，其中，第 1 透鏡群具有正的折射力，並具有繞射光學面，該繞射光學面是藉由在內部或者投影側或顯示元件側的透鏡面上，使 2 個形成繞射元件要素的繞射柵

格配置成對向之多層式繞射光學元件而形成。而且，採用一種這樣的構成，即，當使光軸上的全長為 L ，從孔徑可變光圈到第 1 透鏡群的最靠近投影側的面之光軸上的距離為 K 時，滿足下式

$$0.1 < K/L < 1.5$$

，且當使 2 個繞射元件要素的對主波長（ d 線）的折射率之差為 ΔNd 時，滿足下式

$$0.01 < \Delta Nd < 0.45。$$

在上述這種本發明的投影光學系統中，繞射光學元件是採用一種繞射柵格緊密貼合的緊貼多層型的構成，且當使 2 個繞射元件要素的阿貝(Abbe)數的差為 Δvd 時，滿足下式

$$50 < \Delta vd / \Delta Nd < 2000 \text{ 較佳。}$$

而且，當使繞射光學面的主波長（ d 線）的繞射效率設計值為 Ed ，在相對於主波長的短波長（ g 線）的繞射效率設計值為 Eg ，在相對於主波長的長波長（ C 線）的繞射效率設計值為 EC 時，滿足下式

$$(Eg + EC) / 2 > 0.85 \times Ed \text{ 較佳。}$$

而且，採用一種最大像高的主光線對光軸相對稱地，通過第 1 透鏡群上所形成的繞射光學面時的光線的角度小於等於 10 度之構成，當使繞射光學面的有效徑（直徑）為 C ，全系統的焦點距離為 f 時，滿足下式

$$0.2 < C/f < 2.0 \text{ 較佳。}$$

而且，當使形成繞射光學面的繞射柵格的柵格高度為

h，並使光軸上的軸上厚度小的一個繞射元件要素的厚度為 d 時，滿足下式

$$0.02 < h/d < 0.9 \text{ 較佳。}$$

另外，在第 1 透鏡群的顯示元件側具有正的折射力之最終透鏡群亦包括在內時較佳。

若本發明的投影光學系統採用以上那樣的構成，則藉由在第 1 透鏡群上設置繞射光學面，從而在較少的透鏡片數的情況下也可得到良好的成像性能，能夠使該投影光學系統全體小型化。

【實施方式】

以下，對本發明的較佳實施形態參照圖式進行說明。投影儀中所用的投影光學系統是對顯示元件照射照明光，並將從該顯示元件所反射或透過的光線的像作為實像而擴大投影，通常，為了確保亮度而要求色像差小，以使 F 號碼小且圖像的色偏差小。而且，因為是搭載在小型的可攜式機器等中，所以小型及輕量化也是重要的。利用圖 1 及圖 2 對本發明的投影光學系統 PS 的構成進行說明。

該投影光學系統 PS 採用從投影側開始依次設置孔徑可變光圈 S 及具有正的折射力的第 1 透鏡群 G1，並將顯示元件 20 所射出的光線進行擴大投影的構成。另外，該圖 1 及圖 2 中所示的投影光學系統 PS，是表示利用反射型液晶元件（LCOS（Liquid Crystal on Silicon，矽基液晶）面板）作為顯示元件 20 時的情況。因此，採用一種在第 1 透鏡群 G1 和顯示元件 20 之間配置著偏振分光稜鏡 P（以下稱作

“稜鏡 P”)，並將光源 30 (例如，白色 LED) 所放射的白色光利用聚光鏡 40 進行聚光，且從側面 (在圖 1、圖 2 中為下方) 入射至該稜鏡 P，再向右方反射而作為照明光以照射在顯示元件 20 上之構成。另外，也可採用在顯示元件 20 中應用 DMD (Digital Micromirror Device，數位微鏡元件)，或者在顯示元件 20 中應用透過型液晶元件 (LCD (Liquid Crystal Display，液晶顯示器) 面板)，並使照明光透過該顯示元件 20 的構成。

而且，在使用這種反射型的液晶元件或透過型的液晶元件作為顯示元件 20 的情況下，為了有效地利用照明光，對顯示元件 20 盡可能成為遠心地 (telecentrically) 配置凸場透鏡較佳。因此，為了提高向顯示元件 20 的遠心性，而在該投影光學系統 PS 的最接近顯示元件 20 的位置上，配置具有正的折射力的最終透鏡群 (凸場透鏡) GL。該最終透鏡群 GL 可如圖 1 所示那樣，可配置在第 1 透鏡群 G1 的正後面，也可如圖 2 所示那樣，使與顯示元件 20 最接近的位置，亦即，使稜鏡 P 的顯示元件 20 側的面上具有凸能量而進行配置。藉由如圖 1 所示那樣進行配置，可更加良好地修正色像差，而藉由如圖 2 所示那樣進行配置，可更加良好地發揮作為場透鏡的效果。另外，在該投影光學系統 PS 中，可如圖 1 所示那樣，在顯示元件 20 和稜鏡 P 之間，配置用於保護該顯示元件 20 的保護玻璃或者濾波器 F。

如上面所說明的，在該投影光學系統 PS 中，通過稜鏡 P 所照射的照明光在顯示元件 20 上反射，且從該顯示

元件 20 所射出的光線藉由最終透鏡群 GL 及第 1 透鏡群 G1 而被擴大，並經由孔徑可變光圈 S 而作為實像被投影在投影屏等上。另外，第 1 透鏡群 G1 及最終透鏡群 GL 可如圖 1 的第 1 透鏡群 G1 所示那樣，由多個透鏡 L1、L2 構成，也可如圖 2 的第 1 透鏡群 G1 所示那樣，由單透鏡 L10 構成。

在構成該投影光學系統 PS 的第 1 透鏡群 G1 中，為了修正色像差，而在內部或前後的透鏡面的某一個上，形成繞射光學面 D。圖 1 所示為在第 1 透鏡群 G1 上，使繞射光學面 D 于平凸透鏡 L1、L2 之間挾持著而形成的情況，圖 2 所示為在第 1 透鏡群 G1 上，于單透鏡（兩凸透鏡）L10 的顯示元件 20 側的面上形成繞射光學面 D 的情況。

通常所知的使光線彎曲的方法是折射和反射，但還有第 3 種方法就是繞射。所說的繞射光學元件，是一種利用光的繞射現象的光學元件，已知會呈現與折射或反射不同的動作。具體地說，在習知技術中已知有繞射柵格或菲涅爾(Fresnel)區板。在本實施例中，是在玻璃或塑膠等光學構件的表面上，創製如繞射柵格或菲涅爾區板那樣，具有應用繞射現象而使光線彎曲之作用的面，並要利用該作用而得到良好的光學性能，且將具有像這樣應用繞射現象而使光線彎曲之作用的面稱作繞射光學面。而且，通常將具有這種面的光學元件稱作繞射光學元件。

已知該繞射光學面的性質是，具有正折射力並具有負的分散值，對色像差修正極為有效。因此，已知可進行普

通玻璃所無法達成的良好的色像差修正，或進行只有利用高價的特殊低分散玻璃才可達成的那種良好的色像差修正。

當將該繞射光學元件組入到光學系統中予以利用時，作為元件用的光學設計上的特性，舉例而言具有負分散、異常分散性或非球面作用。而且，可使珀茲瓦爾和為0，使光的分支、合波容易。另外，可使折射力的溫度變化小，並可實現薄型化。特別是在投影光學系統的應用時，有以下方面值得矚目。第1點是，因為具有負的分散值（阿貝數 $=-3.453$ ），分散大，而且異常分散性（部分分散比 $=0.2956$ ）強，所以具有強力的色像差修正能力。因為玻璃的阿貝數通常為30~80左右，所以繞射光學元件的阿貝數的大小在其1/10倍以下。換言之，在繞射光學元件中，越是長波長的長越容易彎曲。因此，可進行普通的玻璃所無法達成的良好的色像差修正。第2點是，藉由利用該繞射光學元件，可使投影光學系統小型化、輕量化。因為能夠利用繞射柵格的高低差構造或強消色作用而減少接合透鏡，所以可實現薄型化。

但是，副作用是，由於除了特定的次數·圖角·波長以外的繞射光會形成光斑而使畫質下降，所以只限於拾波透鏡那樣的單色的應用。但是，近年來研究發現，藉由將繞射柵格多個重合，可在寬波長頻帶大幅提高繞射效率，拓寬了向投影光學系統等的應用之路。圖3所示為在2個光學元件要素上分別形成繞射柵格，並使該繞射柵格對向配

置之多層型繞射光學元件的例子。圖 3 (a) 所示為在 2 個繞射元件要素 50a、50b 上分別形成繞射柵格，並使該繞射柵格緊密貼合所構成的緊貼多層型，圖 3 (b) 所示為使繞射柵格以規定的間隔相對向地將 2 個繞射元件要素 50a、50b 予以配置後的分離型。另外，本實施例中所示為第 1 透鏡群 G1 上所設置的繞射光學面 D 是由緊貼多層型的繞射光學元件構成的情況。

這裏，對緊貼多層型繞射光學元件的繞射效率進行研討。假設對主波長 (d 線， $\lambda_d=587.6\text{nm}$) 的基準折射率為 N_d ，主分散為 N_F-N_C (N_F 為對 F 線 ($\lambda_F=486.1\text{nm}$) 的折射率， N_C 為對 C 線 ($\lambda_C=656.3\text{nm}$) 的折射率)，如構成緊貼型繞射光學元件的 2 個繞射元件要素 (柵格材料) 的基準折射率的差 ΔN_d ，和主分散 N_F-N_C 的差 $\Delta (N_F-N_C)$ 滿足下式的關係，則可使在 d 線、F 線、C 線的繞射效率為 100%，能夠達成寬頻帶化。

$$\begin{aligned}\Delta N_d / \Delta (N_F - N_C) &= \lambda_d / (\lambda_F - \lambda_C) \\ &= -3.453\end{aligned}$$

亦即，如圖 4 所示，玻璃圖案上的適當的柵格材料的選擇方法表示，只要連結用於形成緊貼多層型繞射光學元件的 2 個柵格材料之直線 X 的斜度為繞射柵格的阿貝數 ($=-3.453$) 即可。另外，只要是在該直線 X 上，柵格材料從哪裏來選擇都可以，而在實用中即使從該直線 X 稍稍偏離，也可使繞射效率足夠高。

通常，使經由光學系統的繞射光學面之光線角度盡可

能小較佳。這是因為，通常柵格的高低差（壁）部分多是與面大致垂直，所以當通過繞射光學面的光線的角度增大時，容易產生因繞射光學面所造成的光斑（閃耀的規定次數以外的光成為有害光並到達投影面的現象），會損害畫質。因此，為了使繞射光學面所產生的光斑幾乎不產生影響而得到良好的圖像，在本投影光學系統 PS 的情況下，最好使通過繞射光學面 D 之光線的角度小於等於 10 度。如能夠滿足這樣的條件，則繞射光學面 D 可配置在第 1 透鏡群 G1 的任何位置，其中，在物體側（亦即，顯示元件 20 側）形成為凸面時，則容易滿足上述條件，所以較佳。另外，為了充分地得到該效果，使通過繞射光學面 D 的光線的角度小於等於 5 度更佳。對該光斑，藉由利用多層型繞射光學元件而將多個繞射柵格重疊，可在寬波長頻帶使繞射效率提高，減少光斑，所以適用於照相機或投影儀的用途。

以下，對用於構成本實施例的投影光學系統 PS 的條件進行說明。該投影光學系統 PS 採用一種在使光學全長（從孔徑可變光圈 S 到顯示元件 20 為止的光軸上的長度）為 L，使孔徑可變光圈 S 到第 1 透鏡群 G1 的最靠近投影側的面為止之光軸上的長度為 K 時，滿足以下的條件式(1)的構成。而且，採用一種當使形成繞射光學面 D 的多層型繞射光學元件的 2 個繞射元件要素之基準折射率 N_d 的折射率差為 ΔN_d 時，滿足以下的條件式（2）之構成。

$$0.1 < K/L < 1.5 \quad \cdots (1)$$

$$0.015 < \Delta Nd < 0.45 \quad \dots (2)$$

條件式(1)規定孔徑可變光圈 S 的位置的適當範圍，對協調象差平衡以得到良好的成像性能是重要的。如超過該條件式(1)的上限，則 K 過大，並使從孔徑可變光圈 S 向照相元件 20 側的光學系統的直徑過大，無法使該投影光學系統 PS 小型化。而且，在圖 1 及圖 2 中，主光線上側的光線容易產生彗形(coma)像差，不太適當。另一方面，如低於條件式(1)的下限，則 K 過小，主光線下側的光線容易產生彗形像差，使失真向正面側變大的傾向增強，不太適當。

條件式(2)規定第 1 透鏡群 G1 中所使用之繞射光學元件的誤差感度的適當範圍，如滿足該條件式(2)，則可減緩製造誤差感度，而且，能夠減小介面上的菲涅爾反射。如超過該條件式(2)的上限，則折射率差 ΔNd 會變得過大，而產生繞射柵格的柵格高度或面粗度的誤差感度變得過大之問題。而且，如低於條件式(2)的下限，則柵格高度會變得過高，則柵格的高低差部分所造成的光斑增大之問題此時會產生。另外，為了充分地發揮該條件式(2)的效果，使上限為 0.3 較佳，而為了進一步地發揮，使上限為 0.2 較佳。

另外，如使該第 1 透鏡群 G1 上所形成的繞射光學面 D，由緊貼多層型的繞射光學元件形成，則與分離型的繞射光學元件相比，即使其中的一柵格高度偏離設計值，另一柵格的高度也自動地形成相同高度，所以可防止繞射效

率的劣化。而且，緊貼多層型由於柵格介面的折射率差小，所以柵格介面粗度的影響小（因為通常認為散射是與折射率差的平方成比例），而且，理論上不會產生 2 個繞射元件要素的偏心，所以兩柵格的位置對合精度也良好（因此，繞射效率的下降少）。

而且，在本實施例中，當利用緊貼多層型繞射光學元件構成第 1 透鏡群 G1 上所設置的繞射光學面 D 時，除了上述的條件式以外，最好還滿足以下的條件式(3)～(5)。另外，在該條件式(3)中， Δv_d 表示用於形成緊貼多層型繞射光學元件的 2 個柵格材料的阿貝數之差。而且，在條件式(4)中， E_d 表示對主波長（d 線）的繞射率設計值， E_g 表示在相對主波長的短波長（g 線， $\lambda_g=435.8\text{nm}$ ）的繞射效率設計值， E_C 表示在相對主波長的長波長（C 線）的繞射效率設計值。另外，在條件式(5)中，C 表示繞射光學面 D 的有效徑（直徑），f 表示本投影光學系統 PS 的全系統的焦點距離。

$$50 < \Delta v_d / \Delta N_d < 2000 \quad \dots(3)$$

$$(E_g + E_C) / 2 > 0.85 \times E_d \quad \dots(4)$$

$$0.2 < C / f < 2.0 \quad \dots(5)$$

條件式(3)是為了在規定的波長範圍內得到高繞射效率，而用於規定構成緊貼多相型繞射光學元件的高折射率低分散的材料和低折射率高分散的材料之光學媒質的適當範圍的一種條件。這可看作是一種這樣的構成，即，當將繞射光學面的 1 次繞射光的繞射效率表示為 $\text{SINC}^2(\alpha$

—1) 時，緊貼型由於 α 為 $(N_{1\lambda} - N_{2\lambda}) h / \lambda$ ，所以利用柵格材料的分散性而大致為一定，使閃耀條件在光波長頻帶成立。如超過該條件式 (3) 的上限，則無法得到在寬波長頻帶的高繞射效率。相反地，如低於條件式 (3) 的下限，則同樣地無法得到在寬波長頻帶的高繞射效率。另外，為了充分地發揮該條件式 (3) 的效果，最好使上限為 1000，下限為 1000。

條件式 (4) 規定寬頻帶化時的、在 d 線、g 線、C 線的繞射效率平衡的適當範圍。如在該範圍內，則在從 g 線到 C 線的波長的範圍內，可得到足夠高且平衡的實用的繞射效率。如超過該條件式 (4) 的上下限的某一個，則會在短波長、長波長的某一個，出現繞射效率低下，繞射光斑增大而損害畫質的問題。另外，為了充分地發揮該條件式 (4) 的效果，最好使右邊的數值（與 Ed 相乘的係數）的下限為 0.9。

條件式 (5) 規定了繞射光學面 D 的有效徑（直徑）的適當範圍。如為該條件式 (5) 的範圍，則製造容易，也可避免成本上升，而且，還可避免因有害光所導致的光斑等問題。如超過該條件式 (5) 的上限，則直徑過大，使繞射光學面的製作變得困難而導致成本上升。而且，有害光容易從外部進入繞射光學面，容易因光斑等而導致畫質下降。相反地，如低於條件式 (5) 的下限，則具有繞射光學面 D 的透鏡（在本實施例中為第 1 透鏡群 G1）的適當的有效直徑變得過小，使繞射光學面的柵格間距變小的傾向

增強，不只是繞射光學面的製作變得困難而導致成本提高，還使繞射光學面的柵格所產生的光斑增大而容易導致畫質下降。另外，為了充分地發揮該條件式(5)的效果，最好使上限為 0.3，下限為 1.0。

另外，在本實施例中，滿足以下所示的條件式(6)～(8)較佳。此時，在條件式(6)中， h 表示用於形成繞射光學面 D 的繞射柵格的柵格高度， d 表示 2 個繞射元件要素(50a、50b)中的、光軸上的厚度薄的繞射元件要素的該厚度。而且，在條件式(7)中， Δ 表示 d 線、g 線、C 線、F 線光譜的光軸方向的分佈寬度。另外，在條件式(8)中， fL 表示較含有繞射光學面 D 的第 1 透鏡群 G1 更靠近顯示元件 20 側所設置的凸透鏡成分(亦即，最終透鏡群 GL)的焦點距離。

$$0.02 < h/d < 0.9 \quad \dots (6)$$

$$0.001 < \Delta/f < 0.03 \quad \dots (7)$$

$$0.3 < fL/L < 5.0 \quad \dots (8)$$

條件式(6)表示形成薄柵格時的適當的柵格高度 h 和厚度 d 的關係。如在條件式(6)的範圍內，則柵格高度不會變得過高，因此，製造容易，且能夠防止因柵格的高低差部分而造成的影子效果(繞射效率的下降)、因散射而造成的光斑。如超出該條件式(6)的上限，則柵格相對地變得過高，不只是柵格形狀製作困難，還使柵格高低差部分增大，出現因照到高低差部分的光所形成的散射等而容易產生漫射光的不適當之問題。相反地，如低於條件式

(6) 的下限，則形成柵格的光學材料相對地變得過厚，依然是不只柵格形狀製作困難，還使材料的內部吸收增加，出現光學系統全體的透過率劣化，或容易產生著色的不適之問題。為了充分地發揮該條件式(6)的效果，最好使上限為 0.5，下限為 0.035。

條件式(7)規定了適當的軸上色像差的修正範圍的條件。如為條件式(7)的範圍，則可使軸上色像差被充分地修正，得到色偏差少的優良的圖像。如超出該條件式(7)的上限，則色像差會變得過大，形成著色的圖像而較大地損害畫質。相反地，如低於條件式(7)的下限，則成為一種柵格間距變得過小的傾向，不只是製造困難，還使窄間距的柵格所產生的光斑增大而損害畫質。另外，為了充分地發揮該條件式(7)的效果，最好使上限為 0.02，下限為 0.002。

條件式(8)規定了最終透鏡群 GL 的適當的焦點距離之修正範圍的條件。藉由滿足該條件式(8)，可謀求成像性能的提高和瞳位置的最佳化。如超過該條件式(8)的上限，則 f_L 變得過大，形成一種瞳接近的傾向，這樣不適當。而且，如低於條件式(8)的下限，則最終透鏡群 GL 的能量變得過小，容易破壞像差平衡。因此，形成一種失真在負側增大的傾向，這樣不適當。為了充分地發揮該條件式(8)的效果，最好使上限為 3.0，下限為 0.8。

在將這種投影光學系統 PS 應用在投影儀中的情況下，最好還滿足以下所示之構成的要件。首先，繞射光學

面 D 在對孔徑可變光圈 S 為同心的球面上進行配置較佳。而且，如採取將繞射光學面 D 的兩側利用玻璃或樹脂等光學材料來密封的構造，則使耐久性提高，所以較佳。而且，為了進行良好的色象差修正，第 1 透鏡群 G1 可為貼合透鏡。此時，可為平凸透鏡和平凸透鏡的貼合透鏡，也可為兩凸透鏡和凹透鏡的貼合透鏡。這裏，在圖 1 中，是使平凸透鏡和平凸透鏡貼合而構成第 1 透鏡群 G1，並在其透鏡接合面上形成繞射光學面 D。亦即，採用一種繞射光學面 D 由 2 個透鏡 L1、L2 挾持配置著，使耐久性或牢固性增加的構成。另外，在該投影光學系統 PS 中，向近距離物體的聚焦（focusing）的最簡單的方式，是利用使第 1 透鏡群 G1 陸續送出到物體側（投影面側）的所謂的前焦點（front focus）方式來進行。

而且，關於本實施例的投影光學系統 PS 也可採用這樣的構成，即，藉由使模糊（blur）檢測裝置、模糊控制裝置及驅動機構進行組合以構成防振透鏡系統，而手持搭載有該投影光學系統 PS 的投影儀來擴大投影，其中，模糊檢測裝置是用於檢測出構成該投影光學系統 PS 的透鏡的模糊，模糊控制裝置是根據來自模糊檢測裝置的信號和來自進行投影儀的動作順序（sequence）的控制用的控制裝置的信號，而確定適當的模糊修正量，驅動機構是根據模糊修正量而使防振透鏡群移動。為了防振，實際上可動的可為第 1 透鏡群 G1，也可為稜鏡 P，也可為顯示元件 20。

而且，在第 1 透鏡群 G1 中，形成繞射光學面 D 的繞

射元件要素（圖 3 中的繞射元件要素 50a、50b）為了良好地保持成形性，並確保優良的量產性，而使構成其中的一個繞射元件要素的材料的粘度（未硬化物粘度）至少大於等於 40 較佳。如該粘度小於等於 40，則在成形中樹脂會容易流動，所以產生難以進行精密形狀的成形的問題。而且，構成另一繞射元件要素的材料的粘度，反而至少大於等於 2000 較佳。另外，形成繞射光學面 D 的繞射元件要素至少使其中的一個由 UV 硬化型樹脂構成，會使生產效率提高，所以在生產上較佳。在這種情況下，可削減工數，並導致成本的降低，較為適當。而且，藉由使兩個繞射元件要素都由 UV 硬化樹脂構成，可進一步提高生產效率。

實際上為了創製繞射光學面，而在透鏡的表面上如菲涅爾區板那樣，製作一種對光軸旋轉對稱的柵格構造，從製作上看容易進行，算是較佳。此時，與製作通常的非球面透鏡同樣地，可進行精研削，也可為玻璃模鑄。另外，也可在透鏡表面上利用薄樹脂層而形成柵格構造。而且，在柵格上並不限於基諾式(kinoform)等單純的單層構造，也可藉由將多個柵格構造重合，而使繞射效率的波長特性或圖角特性提高，所以較為適當。

這裏，形成繞射光學面 D 的繞射柵格的高低差部分，未必一定要對光軸平行，也可參照光束通過的方向並形成角度。此時，假如使該高低差部分朝向光學系統的瞳部，則可期待能夠減輕光斑。另外，也可使形成柵格的一側的繞射元件要素（光學材料）所形成的面成為非球面，以作

為像差修正的自由度而活用。而且，也可在形成柵格的繞射元件要素中，混入用於 UV 截斷的色素，可不在光學系統中配置特別的濾波器構件，以進行帶有過濾效果的畫質改善。

另外，對構成本實施例的投影光學系統 PS 的各透鏡，藉由另外利用繞射率分佈型透鏡等，當然可得到更加良好的光學性能。而且，如將上述光源 30 所射出的光線予以聚光的聚光鏡 40 為菲涅爾透鏡，則可使利用了該投影光學系統 PS 的投影儀更加小型且薄型化。

而且，在以上的說明中，是在顯示元件 20 中利用反射型的 LCOS，並將從光源 30 所射出的白色光利用稜鏡 P 向反射元件 20 照射，且使所反射的光進行投射之構成的情況進行了說明，但也可採用一種構成，其設置紅·藍·綠三色的光源和與該三色的光源相對應的顯示元件，並將從各個顯示元件所射出的光線利用稜鏡 P 予以合成後，再利用本實施例的投影光學系統 PS 來進行投影。另外，不只是反射或透過所利用的液晶元件，也可使用各種自發光型的顯示元件。當利用偏振分光器來構成前述稜鏡 P 時，投影效率好，是一種較佳的情況。而且，當利用線柵 (wire grid) 型偏振分光器來構成前述稜鏡 P 時，投影效率更好，是一種更佳的情況。線柵型偏振分光器是在基板上週期性地排列著由金屬等所製作的子波長間距的細線，可得到高性能的偏光特性。子波長間距為使用光的波長的 $1/10$ 級 (order)，在本申請發明中是使用 50nm、100nm 的子波

長間距，但只要在使用光的波長以下都可使用。另外，偏振分光器並不限定於稜鏡型，也可為透過板型或反射鏡型。

以下所示為關於本發明的投影光學系統 PS 的 2 個實施例，在各實施例中，第 1 透鏡群 G1 中所形成的繞射光學面 D 的相位差，是藉由利用通常的折射率和後述的非球面式 (a) 所進行的超高折射率法而進行計算。所謂的超高折射率法，是利用非球面形狀和繞射光學面的柵格間距之間的一定的等價關係，在本實施例中，是將繞射光學面作為超高折射率法的資料，亦即，是利用後述的非球面式 (a) 及其係數來表示。另外，在本實施例中，是選擇 d 線、g 線、C 線及 F 線作為像差特性的計算對象。在本實施例中所利用的這些 d 線、g 線、C 線及 F 線的波長，和對各光譜線所設定的用於超高折射率法的計算之折射率的值，如以下的表 1 所示。

(表 1)

	波長	折射率 (利用超高折射率法)
d 線	587.562nm	10001
g 線	435.835nm	7418.6853
C 線	656.273nm	11170.4255
F 線	486.133nm	8274.7311

在各實施例中，當非球面以與光軸垂直的方向的高度為 y ，以高度 y 上的沿著從各非球面頂點的切平面到各非球面為止的光軸的距離 (下垂量) 為 $S(y)$ ，以基準面的曲率半徑為 r ，以近軸曲率半徑為 R ，以圓錐係數為 κ ，以

n 次的非球面係數為 C_n 時，由以下的數式 (a)、(b) 來表示。

$$S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - \kappa \cdot y^2/r^2)^{1/2}\} \\ + C_2 \cdot y^2 + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10} + \dots \quad (a)$$

$$R = 1 / ((1/r) + 2C_2) \quad (b)$$

另外，在各實施例中，于形成有繞射光學面的透鏡面上，對表中的面號碼的右側付加 * 標誌，且非球面式 (a) 表示該繞射光學面的性能的諸元。

透鏡資料中的係數 C_2 是用於表示繞射光學面的近軸能量，是一種用於消色的重要的量。在本實施例中，為 $|1 \times 10^{-10}| < C_2 < |1 \times 10^{-4}|$ 的範圍較佳。如超出該範圍，則無法得到良好的消色。而且，為了在寬波長頻帶得到良好的繞射效率，最好使 $\Delta Nd / \Delta (NF - NC)$ 的值在規定的範圍內，在本實施例中，是在 $-15 < \Delta Nd / \Delta (NF - NC) < -2$ 的範圍內較佳。如超出該範圍，則無法在寬波長頻帶得到良好的繞射效率。

第一例

在上述的說明中所利用的圖 1 表示本發明的投影光學系統 PS 的第 1 實施例，所示為從投影側所照射的光線在顯示元件 10 上成像的情況 (亦即，反向光線追蹤的情況)。而且，表 2 中所示的是像這樣在圖 1 中表示的第 1 實施例之投影光學系統 PS 的諸元。在該表 1 中，第 1 欄 m 為從投影側開始的各光學面的號碼 (右邊的 * 號是作為繞射光學面而形成的透鏡面)，並與圖 1 所示的面號碼 1~13 相對應。而且，第 2 欄 r 表示各光學面的曲率半徑 (在繞射

光學面的情況下，為形成作為基底的非球面的基準之球面的曲率半徑），第 3 欄 d 表示從各光學面到下一光學面為止的光軸上的距離，另外，第 4 欄 nd、第 5 欄 ng、第 6 欄 nC 及第 7 欄 nF 分別表示對 d 線、g 線、C 線及 F 線的折射率。而且，在非球面資料中，成為 0 的 n 次非球面係數 Cn 省略。另外，表中還表示與前述條件式 (1) ~ (8) 相對應的值，亦即條件對應值。以上的表的說明在其他的實施例中也是同樣的。

另外，在以下所有的諸元中所揭示的曲率半徑 r、面間隔 d 等的其它長度的單位，如無特別的說明，通常是使用〔mm〕，但由於光學系統即使成比例擴大或成比例縮小，也可得到同等的光學性能，所以單位並不限定於〔mm〕，也可使用其他適當的單位。

(表 2)

m	r	d	nd	ng	nC	nF
1	0.00000	12.00000	1.000000			
2	28.79601	2.81000	1.524700	1.536490	1.521960	1.531290
3	0.00000	0.20000	1.518900	1.538000	1.514400	1.528900
4*	0.00000	0.00000	10001	7418.6853	11170.4255	8274.7311
5	0.00000	0.20000	1.556900	1.570900	1.553600	1.564700
6	0.00000	3.13000	1.524700	1.536490	1.521960	1.531290
7	-28.78899	0.10000	1.000000			
8	25.95000	2.50000	1.516800	1.526690	1.514320	1.522380
9	0.00000	4.53300	1.000000			
10	0.00000	10.00000	1.516330	1.521910	1.526210	1.513860
11	0.00000	2.90960	1.000000			
12	0.00000	0.70000	1.522160	1.533190	1.519460	1.528340
13	0.00000	0.70016	1.000000			

(非球面資料)

$$\text{第 2 面} \quad \kappa = -1.2440 \quad C_4 = 4.75000 \times 10^{-5} \quad C_6 = -1.24690 \times 10^{-6}$$

$$C_8 = 1.36500 \times 10^{-8} \quad C_{10} = -6.23160 \times 10^{-11}$$

$$\text{第 5 面} \quad \kappa = 1.0000 \quad C_2 = 1.49600 \times 10^{-7} \quad C_4 = -1.47720 \times 10^{-9}$$

$$C_6 = 4.37060 \times 10^{-11} \quad C_8 = -5.33850 \times 10^{-13} \quad C_{10} = 2.28480 \times 10^{-15}$$

$$\text{第 7 面} \quad \kappa = -9.3788 \quad C_4 = -7.74480 \times 10^{-6} \quad C_6 = -5.16060 \times 10^{-7}$$

$$C_8 = 5.51070 \times 10^{-9} \quad C_{10} = -2.62390 \times 10^{-11}$$

(條件對應值)

$$K = 12$$

$$L = 39.78276$$

$$\Delta v d = 14.38$$

$$\Delta N d = 0.038$$

$$E_g = 94.372$$

$$E_C = 96.490$$

$$E_d = 99.706$$

$$C = 9$$

$$f = 17.844$$

$$h = 0.015$$

$$d = 0.2$$

$$\Delta = 0.0931$$

$$fL = 50.213$$

$$(1) \quad K/L = 0.3016$$

$$(2) \quad \Delta N d = 0.038$$

$$(3) \quad \Delta v d / \Delta N d = 378.42$$

$$(4) (E_g + E_C) / 2 = 95.431$$

$$0.85 \times E_d = 84.750$$

$$(5) C/f = 0.5044$$

$$(6) h/d = 0.075$$

$$(7) \Delta/f = 0.0052$$

$$(8) fL/L = 1.2622$$

這樣，可知在第 1 實施例中，上述條件式 (1) ~ (8) 全部得到滿足。圖 5 所示為該第 1 實施例的球面像差、非點像差、歪曲像差、彗形像差及倍率色像差，亦即，在無限遠聚焦狀態下的諸像差圖。在各像差圖中，分別以 NA 表示數值孔徑，以 Y 表示像高。另外，在球面像差圖中是表示對最大口徑的 NA 的值，在非點像差圖和歪曲像差中是分別表示像高的最大值，在彗形像差圖是表示各像高的值。而且，在非點像差圖中，是以實線表示弧矢 (sagittal) 像面，以虛線表示子午像面。以上的像差圖的說明在其他的實施例中也是相同的。由該圖 5 中的各像差圖可明確得知，在第 1 實施例中，諸像差被良好地修正而確保優良的成像性能。

第二例

以下，對作為第 2 實施例的，上述說明中所利用的圖 2 所示的投影光學系統 PS 進行說明。在該圖 2 中，也是表示從投影側所照射的光線在顯示元件 10 上成像之反向光線追蹤的情況。表 3 所示的是在該圖 2 中表示的第 2 實施例之投影光學系統 PS 的諸元。另外，表 3 所示的面號碼

是與圖 2 所示的面號碼 1~9 相一致。

(表 3)

m	r	d	nd	ng	nC	nF
1	0.00000	5.00000	1.000000			
2	9.50000	2.00000	1.524700	1.536490	1.521960	1.531290
3	-9.50000	0.10000	1.527600	1.547700	1.523300	1.538500
4*	-9.50000	0.00000	10001	7418.6853	11170.4255	8274.7311
5	-9.50000	0.10000	1.556900	1.571100	1.553700	1.564800
6	-9.50000	1.00000	1.000000			
7	0.00000	5.50000	1.516800	1.526690	1.514320	1.522380
8	0.00000	0.50000	1.491080	1.501900	1.488540	1.497070
9	-20.00000	2.87208	1.000000			

(非球面資料)

第 2 面 $\kappa = -1.2440$ $C_4 = 1.32180 \times 10^{-3}$ $C_6 = -3.18610 \times 10^{-4}$

$C_8 = 3.32800 \times 10^{-8}$ $C_{10} = -1.28000 \times 10^{-6}$

第 4 面 $\kappa = -11.0000$ $C_4 = -2.15510 \times 10^{-4}$ $C_6 = -1.31870 \times 10^{-4}$

$C_8 = 1.29310 \times 10^{-5}$ $C_{10} = -5.65350 \times 10^{-7}$

第 5 面 $\kappa = -11.0000$ $C_2 = -4.46000 \times 10^{-7}$ $C_4 = -2.15510 \times 10^{-4}$

$C_6 = -1.31870 \times 10^{-4}$ $C_8 = 1.29310 \times 10^{-5}$ $C_{10} = -5.65350 \times 10^{-7}$

第 3 面 $\kappa = -11.0000$ $C_4 = -2.15510 \times 10^{-4}$ $C_6 = -1.31870 \times 10^{-4}$

$C_8 = 1.29310 \times 10^{-5}$ $C_{10} = -5.65350 \times 10^{-7}$

第 6 面 $\kappa = -11.0000$ $C_4 = -2.15510 \times 10^{-4}$ $C_6 = -1.31870 \times 10^{-4}$

$C_8 = 1.29310 \times 10^{-5}$ $C_{10} = -5.65350 \times 10^{-7}$

(條件對應值)

$K = 5$

$L = 17.072$

$\Delta v d = 15.46$

$$\Delta Nd = 0.0293$$

$$Eg = 98.221$$

$$EC = 98.233$$

$$Ed = 99.999$$

$$C = 5.49$$

$$f = 8.134$$

$$h = 0.02$$

$$d = 0.1$$

$$\Delta = 0.0289$$

$$fL = 40.727$$

$$(1) K/L = 0.2929$$

$$(2) \Delta Nd = 0.0293$$

$$(3) \Delta vd / \Delta Nd = 527.65$$

$$(4) (Eg + EC) / 2 = 98.227$$

$$0.85 \times Ed = 84.999$$

$$(5) C/f = 0.6749$$

$$(6) h/d = 0.2$$

$$(7) \Delta / f = 0.0036$$

$$(8) fL/L = 2.3856$$

這樣，可知在第 2 實施例中，上述條件式 (1) ~ (8) 全部得到滿足。圖 6 所示為該第 2 實施例的投影光學系統 PS 的無限遠聚焦狀態下之球面像差、非點像差、歪曲像差、彗形像差及倍率色像差，而由各像差圖可明確得知，在第 2 實施例中，也是像差被良好地修正而確保優良的成

像性能。

如以上所說明的，第 1 及第 2 實施例的投影光學系統 PS 藉由在第 1 透鏡群 G1 上設置繞射光學面 D，即使透鏡片數少，也可得到良好的成像性能，能夠使該投影光學系統 PS 全體小型化。

【圖式簡單說明】

圖 1 所示為第 1 實施例的投影光學系統的透鏡構成。

圖 2 所示為第 2 實施例的投影光學系統的透鏡構成。

圖 3 為用於說明多層型繞射光學元件的說明圖，(a) 表示緊貼型，(b) 表示分離型。

圖 4 為用於對構成多層型繞射光學元件的 2 個繞射元件要素之玻璃圖案上的分佈進行說明用的說明圖。

圖 5 為第 1 實施例的投影光學系統的諸像差圖。

圖 6 為第 2 實施例的投影光學系統的諸像差圖。

【主要元件符號說明】

20：顯示元件

30：光源

40：聚光鏡

50a、50b：繞射元件要素

D：繞射光學面

F：濾波器

G1：第 1 透鏡群

GL：最終透鏡群

L1、L2、L10：透鏡

P：偏振分光稜鏡

PS：投影光學系統

S：孔徑可變光圈

五、中文發明摘要：

本發明的目的是提供一種投影光學系統，本投影光學系統 PS 將顯示元件 20 的像進行投影而形成實像，是從投影側開始依次由孔徑可變光圈 S 和第 1 透鏡群 G1 構成，其中，第 1 透鏡群 G1 具有正的折射力，並具有繞射光學面 D，該繞射光學面 D 是藉由在內部或者投影側或顯示元件側的透鏡面上，使 2 個形成繞射元件要素的繞射柵格配置成對向之多層式繞射光學元件而形成。而且，採用一種這樣的構成，即，當使光軸上的全長為 L，從孔徑可變光圈 S 到第 1 透鏡群的最靠近投影側的面為止之光軸上的距離為 K 時，滿足下式

$$0.1 < K/L < 1.5 \quad (1)$$

，且當使 2 個繞射元件要素的對主波長（d 線）的折射率之差為 ΔNd 時，滿足下式

$$0.01 < \Delta Nd < 0.45 \quad (2)。$$

六、英文發明摘要：

A projector optical system PS is provided in this invention, which projects the image of a display element 20 and forms a real image. From the projection side, the project optical system PS is composed sequentially of an aperture stop S and a first lens group G1, which has a positive refraction index and a diffraction optical face D, and the diffraction optical face D is formed at inside or at a lens face located at either the projection side or the display element side by means of multi-layer diffraction optical element that is arranged opposite to a diffraction grating formed on two diffraction elements. Then, if the whole length of the optical axis is L, and the distance on the optical axis from the aperture stop S to the face which is closest to the projection side of the first lens group is K, the formula

$$0.1 < K/L < 1.5 \quad (1)$$

is satisfied, in addition, if the difference, with respect to a main wavelength (d line), of two diffraction elements is ΔNd , the formula

$$0.01 < \Delta Nd < 0.45 \quad (2)$$

is satisfied.

十、申請專利範圍：

1.一種投影光學系統，其用在投影儀中且為一種將顯示元件的像進行投影而形成實像的投影光學系統，

本投影光學系統從投影側開始依次包括：

孔徑可變光圈，

第 1 透鏡群，其具有正的折射力，並具有繞射光學面，該繞射光學面是藉由在內部或者投影側或顯示元件側的透鏡面上，使 2 個形成繞射元件要素的繞射柵格配置成對向之多層式繞射光學元件而形成；

當使 2 個繞射元件要素的對主波長（d 線）的折射率之差為 ΔNd 時，滿足條件式

$$0.01 < \Delta Nd < 0.45。$$

2.如申請專利範圍第 1 項所述的投影光學系統，其中，當使光軸上的全長為 L，由前述孔徑可變光圈到前述第 1 透鏡群的最靠近投影側的面為止之光軸上的距離為 K 時，滿足下式

$$0.1 < K/L < 1.5。$$

3.如申請專利範圍第 1 項所述的投影光學系統，其中，前述繞射光學元件是採用一種前述繞射柵格緊密貼合的緊貼多層型的構成，

當使前述 2 個繞射元件要素的阿貝數的差為 Δvd 時，滿足下式

$$50 < \Delta vd / \Delta Nd < 2000。$$

4.如申請專利範圍第 1 項所述的投影光學系統，其

中，當使前述繞射光學面的主波長（d 線）的繞射效率設計值為 E_d ，在相對前述主波長的短波長（g 線）的繞射效率設計值為 E_g ，在相對前述主波長的長波長（C 線）的繞射效率設計值為 E_C 時，滿足下式

$$(E_g + E_C) / 2 > 0.85 \times E_d。$$

5.如申請專利範圍第 1 項所述的投影光學系統，其中，採用一種最大像高的主光線對光軸相對稱地，通過前述第 1 透鏡群上所形成的前述繞射光學面時的光線的角度小於等於 10 度之構成，

當使前述繞射光學面的有效徑（直徑）為 C ，全系統的焦點距離為 f 時，滿足下式

$$0.2 < C/f < 2.0。$$

6.如申請專利範圍第 1 項所述的投影光學系統，其中，當使形成前述繞射光學面的前述繞射柵格的柵格高度為 h ，並使前述繞射元件要素中光軸上的軸上厚度小的繞射元件要素的厚度為 d 時，滿足下式

$$0.02 < h/d < 0.9。$$

7.如申請專利範圍第 1 項所述的投影光學系統，其中，在前述第 1 透鏡群的顯示元件側具有正的折射力之最終透鏡群包括在所述投影光學系統中。

8.如申請專利範圍第 1 項所述的投影光學系統，其中，前述投影光學系統具有偏振分光器。

9.如申請專利範圍第 8 項所述的投影光學系統，其中，前述偏振分光器為線柵型偏振分光器。

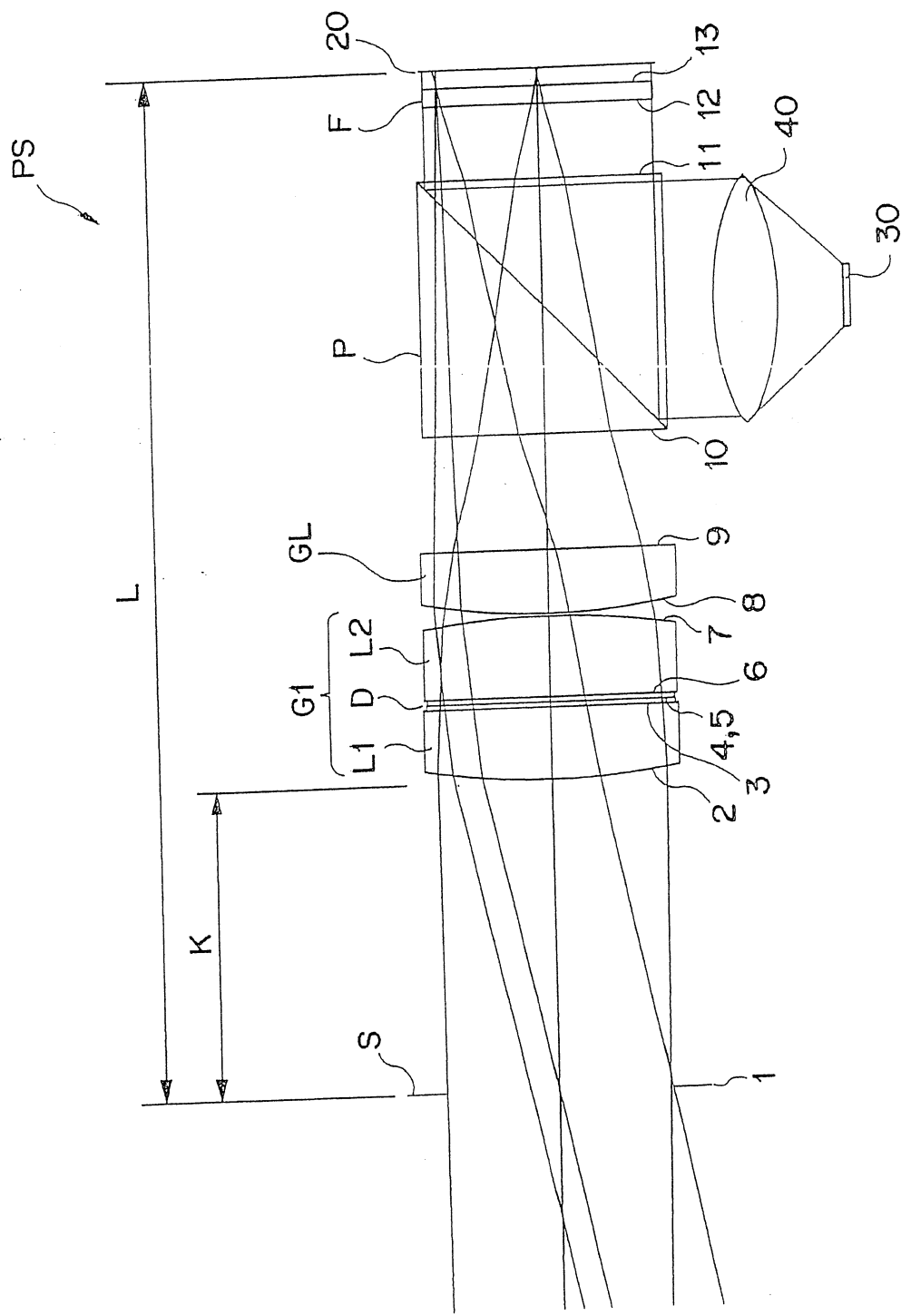


圖 1

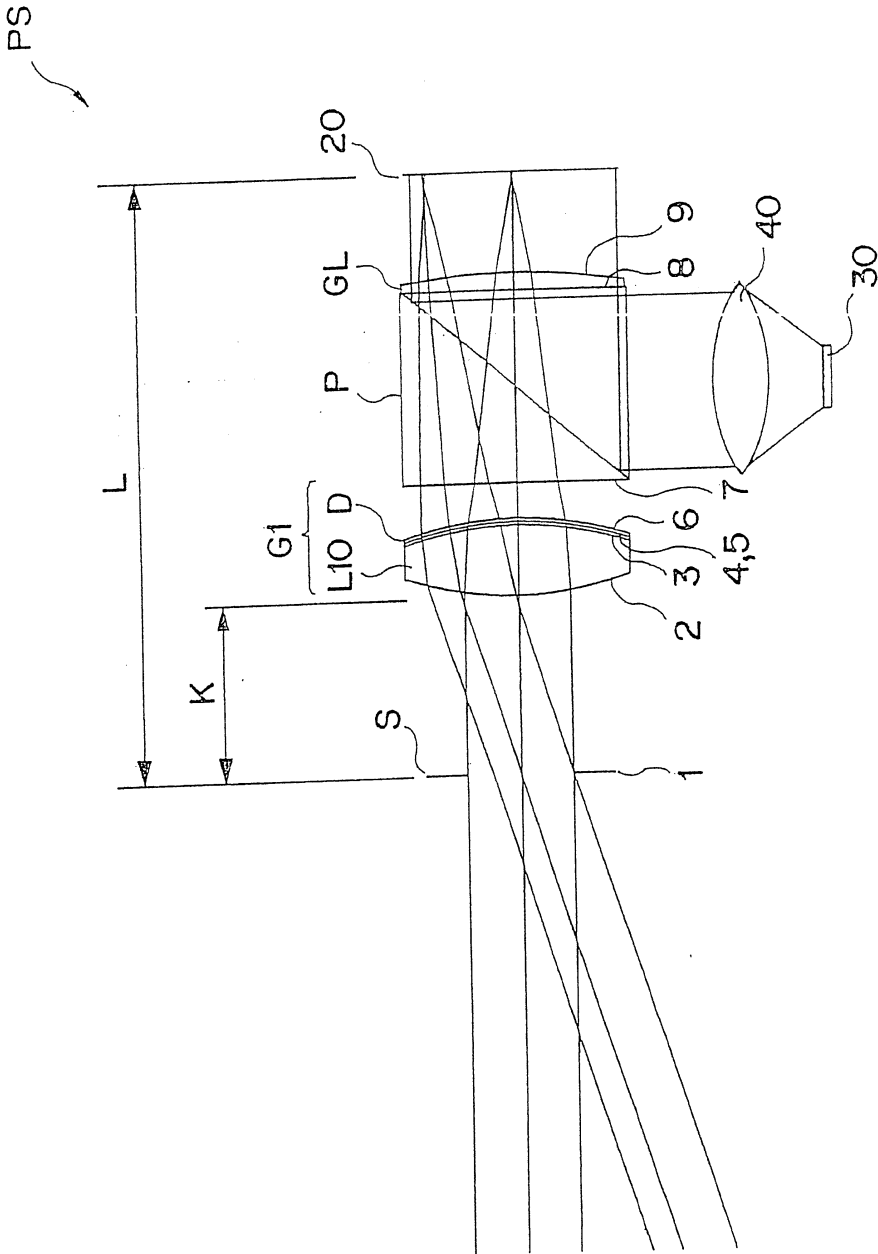
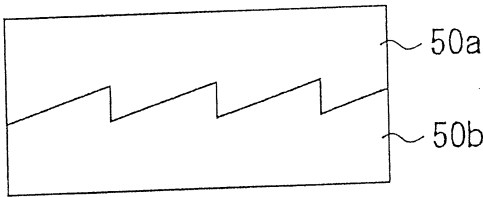


圖 2

(a)



(b)

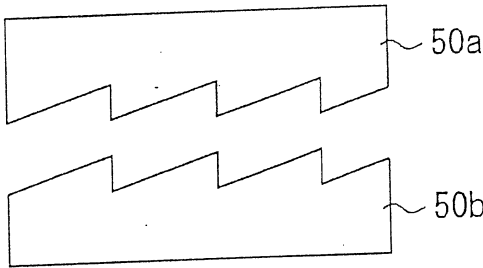


圖 3

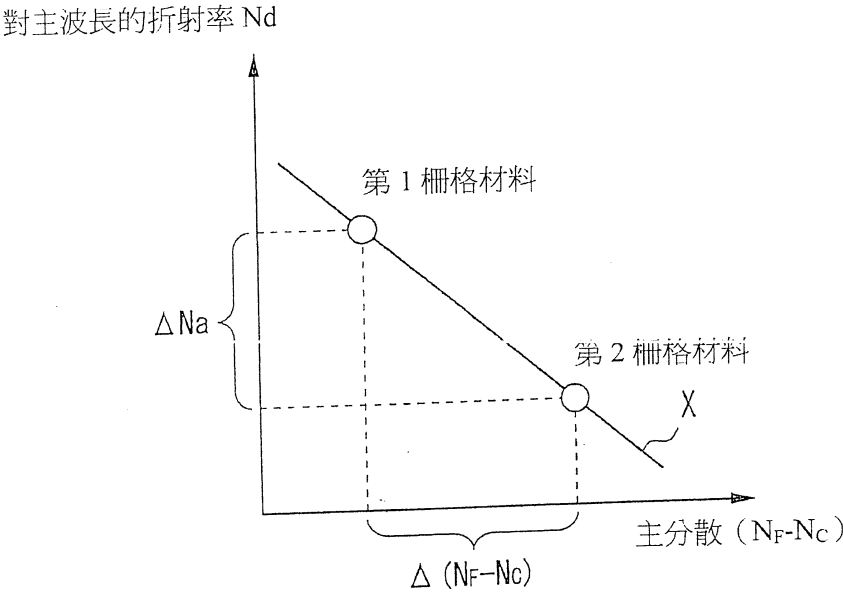
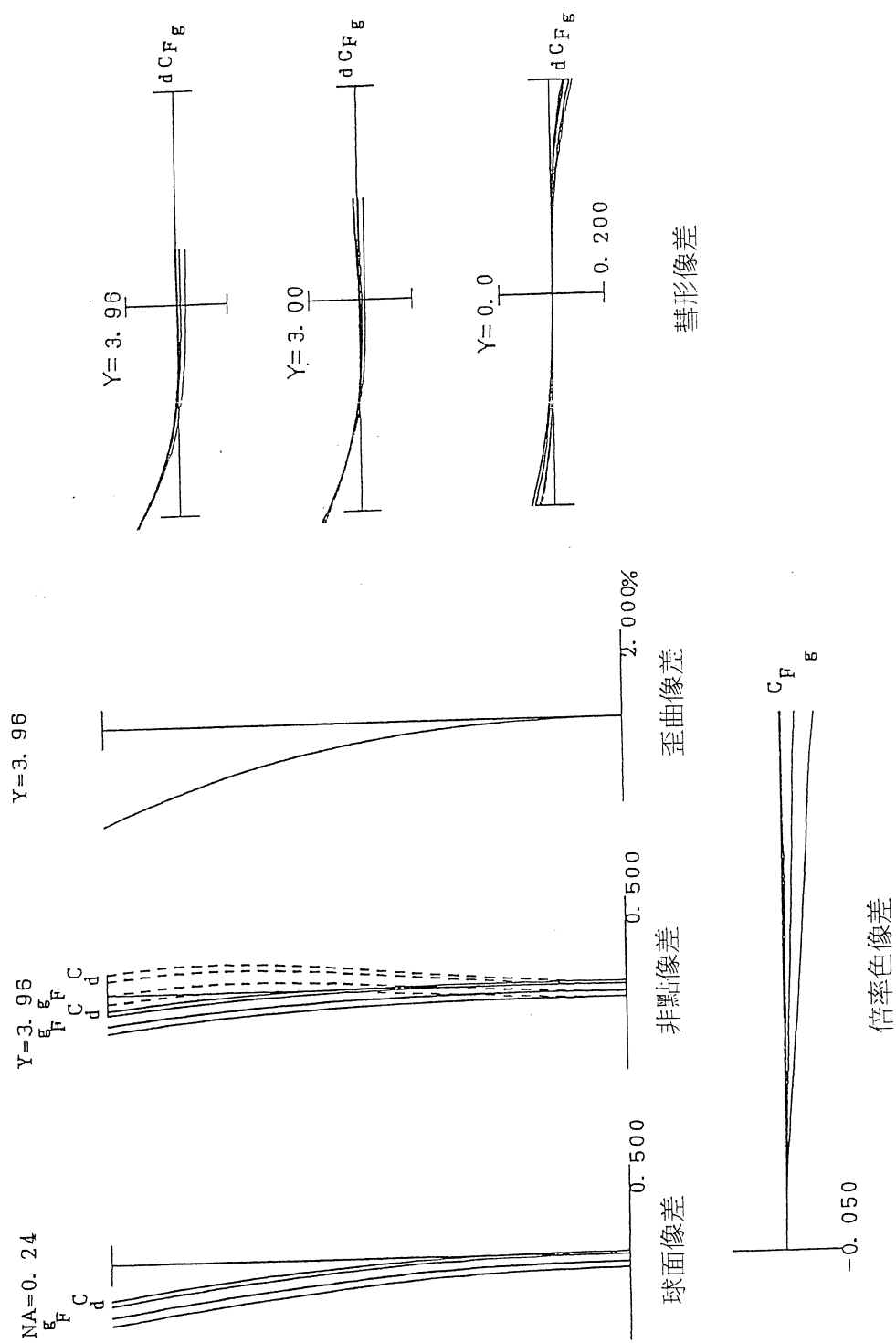


圖 4



五

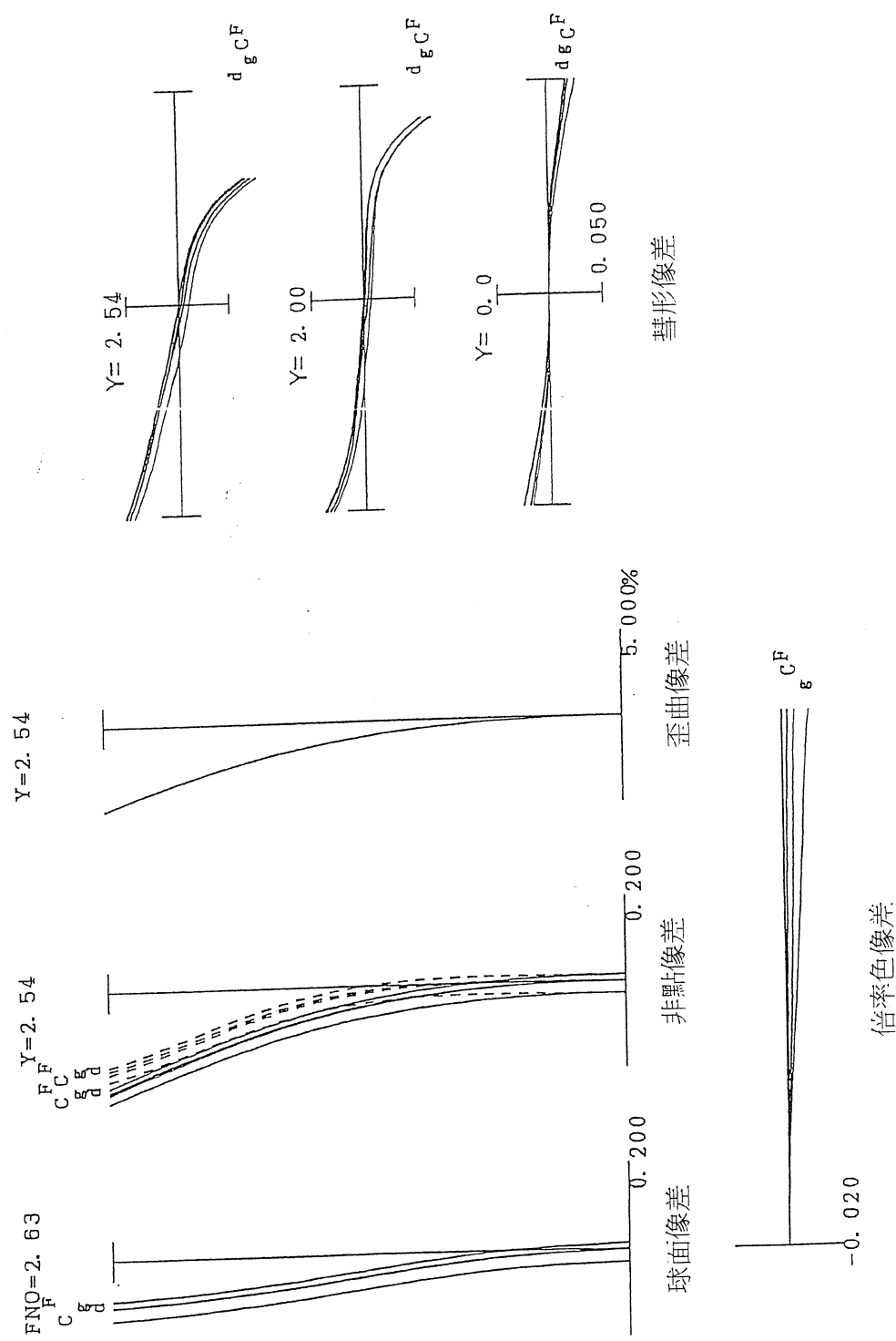


圖 6

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖(1)

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

20：顯示元件

30：光源

40：聚光鏡

D：繞射光學面

F：濾波器

G1：第1透鏡群

GL：最終透鏡群

L1、L2：透鏡

P：偏振分光稜鏡

PS：投影光學系統

S：孔徑可變光圈

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