



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I534465 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 05 月 21 日

(21)申請案號：103128301

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 08 月 18 日

(51)Int. Cl. : G02B13/00 (2006.01)

H04N5/225 (2006.01)

(30)優先權：2013/09/18 日本

2013-193518

(71)申請人：東芝股份有限公司 (日本) KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA (JP)
日本(72)發明人：上野梨紗子 UENO, RISAKO (JP)；本多浩大 HONDA, HIROTO (JP)；小林光吉
KOBAYASHI, MITSUYOSHI (JP)；鈴木和拓 SUZUKI, KAZUHIRO (JP)；權鎬楠
KWON, HONAM (KR)；舟木英之 FUNAKI, HIDEYUKI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 200825449A

TW 201226962A

TW 201307888A

CN 1879047A

CN 101883215A

CN 101888481A

審查人員：陳繹安

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：39 共 95 頁

(54)名稱

成像透鏡及固態成像裝置

IMAGING LENS AND SOLID STATE IMAGING DEVICE

(57)摘要

依據一實施例，成像透鏡包括第一光學系統及微透鏡陣列。第一光學系統包括光軸。微透鏡陣列被提供於第一光學系統與成像元件之間。微透鏡陣列包括提供於第一平面中之微透鏡單元。成像元件包括像素群組。像素群組之每一者包括像素。微透鏡單元個別地重疊像素群組，當投射於第一平面上時。第一光學系統包括孔徑光闌、及第一、第二、和第三透鏡。第一透鏡被提供於孔徑光闌與微透鏡陣列之間，並具有正折射能力。第二透鏡被提供於第一透鏡與微透鏡陣列之間，並具有負折射能力。第三透鏡被提供於第二透鏡與微透鏡陣列之間，並具有正折射能力。

According to one embodiment, an imaging lens includes a first optical system and a microlens array. The first optical system includes an optical axis. The microlens array is provided between the first optical system and an imaging element. The microlens array includes microlens units provided in a first plane. The imaging element includes pixel groups. Each of the pixel groups includes pixels. The microlens units respectively overlap the pixel groups when projected onto the first plane. The first optical system includes an aperture stop, and first, second, and third lenses. The first lens is provided between the aperture stop and the microlens array, and has a positive refractive power. The second lens is provided between the first lens and the microlens array, and has a negative refractive power. The third lens is provided between the second lens and the microlens array, and has a positive refractive power.

指定代表圖：

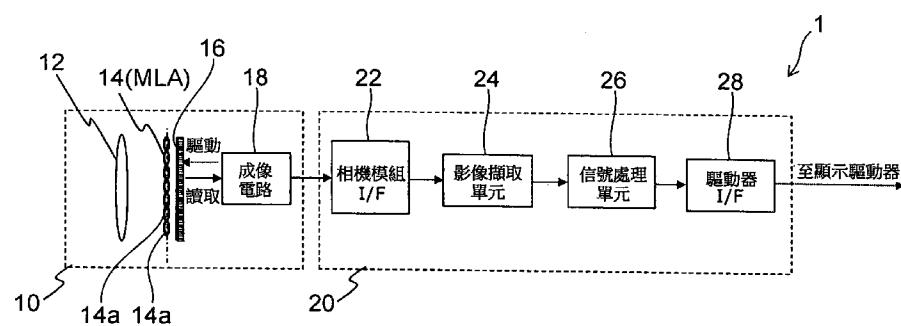


圖 1

符號簡單說明：

- 1 · · · 固態成像裝置
- 10 · · · 成像模組單元
- 12 · · · 成像光學系統
- 14 · · · 微透鏡陣列
- 14a · · · 微透鏡單元
- 16 · · · 固態成像元件
- 18 · · · 成像電路
- 20 · · · 影像信號處理器(ISP)
- 22 · · · 相機模組 I/F
(介面)
- 24 · · · 影像擷取單元
- 26 · · · 信號處理單元
- 28 · · · 驅動器 I/F

公告本

發明摘要

※申請案號：103128301

※申請日：103 年 08 月 18 日

※IPC 分類：

G02B 13/00 (2006.01)

H04N 5/225 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

成像透鏡及固態成像裝置

Imaging lens and solid state imaging device

【中文】

依據一實施例，成像透鏡包括第一光學系統及微透鏡陣列。第一光學系統包括光軸。微透鏡陣列被提供於第一光學系統與成像元件之間。微透鏡陣列包括提供於第一平面中之微透鏡單元。成像元件包括像素群組。像素群組之每一者包括像素。微透鏡單元個別地重疊像素群組，當投射於第一平面上時。第一光學系統包括孔徑光闌、及第一、第二、和第三透鏡。第一透鏡被提供於孔徑光闌與微透鏡陣列之間，並具有正折射能力。第二透鏡被提供於第一透鏡與微透鏡陣列之間，並具有負折射能力。第三透鏡被提供於第二透鏡與微透鏡陣列之間，並具有正折射能力。

【英文】

According to one embodiment, an imaging lens includes a first optical system and a microlens array. The first optical system includes an optical axis. The microlens array is provided between the first optical system and an imaging element. The microlens array includes microlens units provided in a first plane. The imaging element includes pixel groups. Each of the pixel groups includes pixels. The microlens units respectively overlap the pixel groups when projected onto the first plane. The first optical system includes an aperture stop, and first, second, and third lenses. The first lens is provided between the aperture stop and the microlens array, and has a positive refractive power. The second lens is provided between the first lens and the microlens array, and has a negative refractive power. The third lens is provided between the second lens and the microlens array, and has a positive refractive power.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1：固態成像裝置

10：成像模組單元

12：成像光學系統

14：微透鏡陣列

14a：微透鏡單元

16：固態成像元件

18：成像電路

20：影像信號處理器（ISP）

22：相機模組I/F（介面）

24：影像擷取單元

26：信號處理單元

28：驅動器I/F

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

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)

成像透鏡及固態成像裝置

Imaging lens and solid state imaging device

【技術領域】

文中所述之實施例一般係有關成像透鏡及固態成像裝置。

【先前技術】

各種方法被使用為可獲得主體之深度方向上的長度為二維資訊（距離影像）諸如使用參考光束以測量來自該主體之反射光強度及/或返回時間的技術、使用多重相機之立體測距技術，等等。藉由使用距離影像資訊較藉由使用從一般相機所獲得之影像資訊更可能有較佳的主體辨識。因此，將距離影像資訊應用為器具、遊戲、工業應用等相對低價產品之新的輸入資訊之需求正在增加。

於距離成像方法之中，包括成像光學系統及多重光學系統之固態成像裝置已被提議為一種組態，其中單一相機被使用以獲得多組視差且測距係根據三角測量而被執行。於此一固態成像裝置中，多重光學系統被配置為介於成像光學系統與成像元件之間的再成像光學系統。例如，其中多個微透鏡被形成於一平面上之微透鏡陣列被使用為多重

光學系統。

多重像素被配置於每一微透鏡下方。由成像光學系統所去放大之影像係由微透鏡陣列成像於成像元件上。被成像之單眼影像具有由於各微透鏡之配置位置而存在之視差量所偏移的觀點。

使用三角測量之原理得以進行主體之距離估計，其係藉由執行從多個微透鏡所獲得之視差影像群組的影像之信號處理。此外，得以藉由執行影像處理以將影像連結在一起來將影像重建為二維影像。

於成像透鏡及固態成像裝置中，希望獲取高精確度的距離影像及良好的可見影像。

【圖式簡單說明】

圖 1 為一方塊圖，其闡明依據實施例之固態成像裝置；

圖 2 為一概略橫斷面視圖，其闡明依據實施例之固態成像裝置；

圖 3A 及圖 3B 闡明介於光射線群組與從主體至成像透鏡的距離之間的關係；

圖 4 闡明成像透鏡之光軸中心上的微透鏡之幾何光學關係；

圖 5A 至圖 5C 闡明微透鏡之重疊觀看域關係；

圖 6A 至圖 6E 闡明用以重建二維影像之方法；

圖 7 闡明算術平均；

圖 8 顯示通過透鏡橫斷面之光射線的高度；

圖 9 顯示出射光瞳之平坦化；

圖 10 諷明依據實施例之成像透鏡的組態；

圖 11 為概略平面圖，其闡明微透鏡單元之配置；

圖 12 為微透鏡之射線圖；

圖 13 為微透鏡之射線圖；

圖 14 為微透鏡之射線圖；

圖 15 顯示微透鏡之像差曲線；

圖 16 為微透鏡之射線圖；

圖 17 顯示微透鏡之像差曲線；

圖 18 為微透鏡之射線圖；

圖 19 顯示微透鏡之像差曲線；

圖 20 諷明依據第一範例之成像透鏡的組態；

圖 21 為依據第一範例之成像透鏡的各個像差圖；

圖 22 為依據第一範例之成像透鏡的各個像差圖；

圖 23 諷明依據第一範例之成像透鏡的出射光瞳位置；

圖 24 諷明依據第一範例之成像透鏡的出射光瞳之組態及數值；

圖 25 諷明依據第二範例之成像透鏡的組態；

圖 26 為依據第二範例之成像透鏡的各個像差圖；

圖 27 為依據第二範例之成像透鏡的各個像差圖；

圖 28 諷明依據第二範例之成像透鏡的出射光瞳位置；

圖 29 閣明依據第二範例之成像透鏡的出射光瞳之組態及數值；

圖 30 閣明依據第三範例之成像透鏡的組態；

圖 31 為依據第三範例之成像透鏡的各個像差圖；

圖 32 為依據第三範例之成像透鏡的各個像差圖；

圖 33 閣明依據第三範例之成像透鏡的出射光瞳位置；

圖 34 閣明依據第三範例之成像透鏡的出射光瞳之組態及數值；

圖 35 閣明依據第四範例之成像透鏡的組態；

圖 36 為依據第四範例之成像透鏡的各個像差圖；

圖 37 為依據第四範例之成像透鏡的各個像差圖；

圖 38 閣明依據第四範例之成像透鏡的出射光瞳位置；及

圖 39 閣明依據第四範例之成像透鏡的出射光瞳之組態及數值。

【發明內容與實施方式】

依據一實施例，成像透鏡包括第一光學系統及微透鏡陣列。第一光學系統包括光軸。微透鏡陣列被提供於第一光學系統與成像元件之間。微透鏡陣列包括提供於第一平面中之複數微透鏡單元。成像元件包括複數像素群組。像素群組之每一者包括複數像素。微透鏡單元個別地重疊像素群組，當投射於第一平面上時。第一光學系統包括孔徑

光闌、第一透鏡、第二透鏡、及第三透鏡。第一透鏡被提供於孔徑光闌與微透鏡陣列之間，並具有正折射能力。第一透鏡具有第一表面、及第二表面，該第一表面正對著孔徑光闌，第二表面被提供於第一表面與微透鏡陣列之間。第二透鏡被提供於第一透鏡與微透鏡陣列之間，並具有負折射能力。第二透鏡具有第三表面、及第四表面，該第三表面正對著第二表面，第四表面被提供於第三表面與微透鏡陣列之間。第三透鏡被提供於第二透鏡與微透鏡陣列之間，並具有正折射能力。第三透鏡具有第五表面、及第六表面，該第五表面正對著第四表面，第六表面被提供於第五表面與微透鏡陣列之間。第一表面之曲率半徑為正。第三表面之曲率半徑及第四表面之曲率半徑為負。第五表面之曲率半徑及第六表面之曲率半徑為正。從第一至第六表面所選擇之至少一者具有非球面組態。公式(1)至(6)被滿足，其中 f 為第一光學系統之聚焦長度， f_1 為第一透鏡之聚焦長度， f_2 為第二透鏡之聚焦長度， f_3 為第三透鏡之聚焦長度， TL 為介於孔徑光闌與成像元件之間的距離， D_2 為介於第二透鏡與第三透鏡之間沿著光軸的距離，及 D_5 為沿著第三透鏡之光軸的厚度：

$$0.6 < f_1/f < 0.9 \quad (1)$$

$$1.0 < |f_2|/f < 3.0 \quad (2)$$

$$2.0 < f_3/f < 200 \quad (3)$$

$$f/TL < 1.3 \quad (4)$$

$$0 < D_2/f < 0.2 \quad (5)$$

$$0 < D_5/f < 0.5 \quad (6)$$

於下文中將參考後附圖形以描述各個實施例。於下文之描述中，類似的構件被標示以類似的參考數字，且一旦被描述後便適當地省略其描述。

相機模組之組態

圖 1 為一方塊圖，其闡明依據實施例之固態成像裝置。

圖 1 中所示之固態成像裝置 1 為（例如）相機模組。

如圖 1 中所示，固態成像裝置 1 包括成像模組單元 10 及成像信號處理器（於下文中，亦稱為 ISP（影像信號處理器））20。

成像模組單元 10 包括成像光學系統（第一光學系統）12、微透鏡陣列 14（於下文中，亦稱為 MLA（微透鏡陣列））、成像元件（固態成像元件）16、及成像電路 18。

成像光學系統 12 作用為一種將光線從主體導引至固態成像元件 16 上之成像光學系統。固態成像元件 16 作用為一種將其由成像光學系統 12 所導引的光轉換為信號電荷之元件。多重像素（例如，使用為光電轉換元件之光二極體）被配置於沿著光接收表面之二維陣列組態中。

微透鏡陣列 14 包括（例如）多重微透鏡單元 14a。微透鏡單元 14a 可為諸如稜鏡等微光學系統。微透鏡陣列 14 之個別微透鏡單元 14a 將光射線群組去放大，該光射線群組係藉由成像光學系統 12 而被成像於成像平面（虛

擬成像平面) 上。由每一微透鏡單元 14a 所去放大之影像被成像在一相應於微透鏡單元 14a 之像素區塊(多重像素之群組)上。

成像電路 18 包括驅動電路單元(未顯示)，其係驅動固態成像元件 16 之像素陣列的像素；及像素信號處理電路單元(未顯示)，其係處理輸出自像素區之信號。

驅動電路單元包括(例如)垂直選擇電路，其依序地選擇將由水平線(列)單元所驅動於垂直方向的像素；水平選擇電路，其依序地選擇將由行單元所驅動的像素；及 TG(時序產生器)電路，其係藉由各種脈衝以驅動垂直選擇電路及水平選擇電路。

像素信號處理電路單元包括 AD 轉換電路，其係執行來自像素區之類比電信號的數位轉換；增益控制/放大器電路，其係執行增益控制及/或放大器操作；及數位信號處理器電路，其係執行數位信號之校正處理，等等。

ISP 20 包括相機模組 I/F(介面) 22、影像擷取單元 24、信號處理單元 26、及驅動器 I/F 28。影像擷取單元 24 從相機模組 I/F 22 擷取其藉由成像模組單元 10 之成像而獲得的原始影像。

信號處理單元 26 實施其由影像擷取單元 24 所擷取之原始影像的信號處理。驅動器 I/F(介面) 28 將其已經歷信號處理單元 26 之信號處理的影像信號輸出至一未顯示的顯示驅動器。顯示驅動器顯示其由固態成像裝置 1 所成像之影像。

相機模組之構件組態

圖 2 為一概略橫斷面視圖，其闡明依據實施例之固態成像裝置。

於依據如圖 2 所示之實施例的固態成像裝置 1 中，固態成像元件 16 被形成於半導體基底 16a 中。固態成像元件 16 包括多重像素群組 16e。多重像素群組 16e 之每一者包括多重像素 16b。多重像素 16b 包括光二極體且被提供於半導體基底 16a 上。介於相鄰像素 16b 之間的節距（像素節距）為（例如）不小於約 0.7 微米（ μm ）且不大於約 2.7 μm 。固態成像元件 16 之尺寸為（例如）不小於約 3.0 毫米（mm）且不大於約 6.0 mm 於縱向以及不小於約 4.0 mm 且不大於約 8.0 mm 於橫向。整個固態成像裝置 1 之體積為（例如）約 1 立方厘米（ cm^3 ）。

驅動像素 16b 並讀取來自像素 16b 之信號的驅動/讀出電路（未顯示）被形成於半導體基底 16a 上。

於多重像素 16b 之每一者上，R（具有針對紅波長光區之光的高透射率）、G（具有針對綠波長光區之光的高透射率）、B（具有針對藍波長光區之光的高透射率）或 W（透射紅、綠、及藍波長光）之濾色器 16c 係針對每一像素 16b 而形成。像素集中微透鏡 16d 可被形成於每一像素 16b 之濾色器 16c 的上部分上。

微透鏡陣列 14 被配置於濾色器 16c 上。微透鏡陣列 14 包括可見光透射基底 14b，且微透鏡單元 14a 被形成於

可見光透射基底 14b 上。微透鏡單元 14a 被配置於固態成像元件 16 側，當從可見光透射基底 14b 觀看時。多重微透鏡單元 14a 被提供於第一平面 14p 中。多重微透鏡單元 14a 被配置於可見光透射基底 14b 上之二維陣列組態中。微透鏡單元 14a 被提供以相應於其由設於半導體基底 16a 上之多重像素 16b 所組成的像素區塊。換言之，多重微透鏡單元 14a 個別地重疊多重像素群組 16e，當投射至第一平面 14p 上時。微透鏡單元 14a 之每一者係作用為一執行去放大並成像至相應像素區塊上的光學系統。

可見光透射基底 14b 被提供為分離自固態成像元件 16。包括樹脂材料等之間隔物 42 被提供於可見光透射基底 14b 與半導體基底 16a 之間，其中係形成固態成像元件 16。可見光透射基底 14b 係經由間隔物 42 而被接合至半導體基底 16a。當接合半導體基底 16a 與可見光透射基底 14b 時之對準係使用（例如）對準標記等為參考來執行。

可見光透射基底 14b 可為一種不僅透射可見光並同時切斷（例如）不需要的近紅外線光的材料。透射可見光並反射近紅外線光之多層膜或單層膜可被形成於可見光透射基底 14b 中。

同時，光學過濾器 43 被提供於可見光透射基底 14b 之上部分上，如所需。於範例中，光學過濾器 43 被提供於成像光學系統 12 與微透鏡陣列 14 之間。於其中可見光透射基底 14b 並未作用以切斷近紅外線光之情況下，具有類似功能之光學過濾器 43 被分離地配置。

此外，用以讀取像素 16b 之電極墊 44 被提供於半導體基底 16a 中。電連接至處理及驅動器晶片之垂直電連接 46 被形成於電極墊 44 之下部分中以穿透半導體基底 16a。

半導體基底 16a 係經由垂直電連接 46 及凸塊 48 而被電連接至處理及驅動器晶片 50。在處理及驅動器晶片 50 中形成驅動處理電路（成像電路 18），其係驅動固態成像元件 16 並處理其被讀取之信號。介於半導體基底 16a 與處理及驅動器晶片 50 之間的電連接不限於垂直電連接 46；並可藉由金屬佈線等來形成電連接於兩個晶片上所提供的電極墊之間。

成像光學系統 12 被提供於可見光透射基底 14b 之上。成像光學系統 12 包括多重透鏡。成像光學系統 12 被安裝至透鏡光學柱 62。透鏡光學柱 62 被安裝至透鏡支架 64。由於插入壓力與輸出影像之間的關係，成像光學系統 12 之安裝位置可被調整在當安裝透鏡支架 64 時。

遮蔽不需要的光之遮光罩 52 被安裝於半導體基底 16a、可見光透射基底 14b、和處理及驅動器晶片 50 周圍。將處理及驅動器晶片 50 電連接至外部之模組電極 54 被提供於處理及驅動器晶片 50 之下部分中。

微透鏡幾何光學關係圖

現在將描述實施例之固態成像裝置 1 的光學系統（虛擬影像光學系統）之幾何光學關係。

圖 3A 及圖 3B 閣明介於光射線群組與從主體至成像透鏡的距離之間的關係。

圖 4 閣明成像透鏡之光軸中心上的微透鏡之幾何光學關係。

圖 5A 至圖 5C 閣明微透鏡之重疊觀看域關係。

成像光學系統 12 具有光軸 Ox 。於下文之描述中，僅描述鄰近成像光學系統 12 之透鏡的光軸之區域以利簡化。

當僅考量成像光學系統 12 時，來自光軸上之主體點 P 的主要射線及來自如該主要射線的光射線之相同家族的周邊光線被成像於虛擬成像平面 70 上，該虛擬成像平面 70 係由成像光學系統之聚焦長度 f 及介於成像光學系統 12 與主體點 100P 之間的距離 A 所判定以致公式 1 之關係被滿足。

[公式1]

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{A} + \frac{1}{B}$$

於此， f 為成像光學系統 12 之聚焦長度， A 為從成像光學系統 12 之物體側主平面 12a 至主體點 100P 的距離，而 B 為從成像光學系統 12 之影像側主平面 12a 至虛擬成像點 $P'70$ 的距離。成像光學系統 12 之影像放大率（水平放大率）係由底下所述之公式 2 所表示。

[公式2]

$$M = \frac{B}{A}$$

於此，於實施例中，成像光學系統 12 之虛擬成像點 P'70 被置於固態成像元件 16 之後方（於主體 100 之相反側上）。換言之，固態成像元件 16 被提供於虛擬成像點 P'70 與成像光學系統 12 之間。例如，虛擬成像點 P'70 為一被置於距離成像光學系統 12 之聚焦長度 f 上的點。於此一情況下，因為微透鏡單元 14a 被配置於虛擬成像點 P'70 之前方，光被集中於其包括像素之固態成像元件 16 的表面上且被置於虛擬成像平面 70 之前方。於此一情況下，光射線群組 80 及 82 被去放大且被成像以虛擬影像關係。微透鏡單元 14a 之光學成像系統係由底下所述之公式 3 所表示。

[公式3]

$$\frac{1}{g} = -\frac{1}{C} + \frac{1}{D}$$

於此，g 為微透鏡單元 14a 之聚焦長度，C 為從微透鏡單元 14a 之物體側主平面至虛擬成像點 P'70 的距離，而 D 為從微透鏡單元 14a 之影像側主平面至微透鏡之光學成像點的距離。於此一情況下，由於微透鏡單元 14a 之光學成像系統所致的影像放大率係由底下所述之公式 4 所表示。

[公式4]

$$N = \frac{D}{C}$$

於此，底下所述之公式 5 的變數 E 被引入自幾何光學關係。變數 E 是在其中光學系統為固定焦點光學系統之情

況下的固定設計值。

[公式5]

$$E = B - C$$

於此，針對兩個相鄰微透鏡單元 $14a$ ， L_{ML} 為微透鏡單元 $14a$ 之配置節距或者介於微透鏡單元 $14a$ 之間的距離。於此一情況下，被射出自相同主體之光射線群組 $84a$ 、 $84b$ 、 $84c$ 及 86 係由相鄰的多重微透鏡單元 $14a$ 所分佈以便成像於影像點 p_1 、 p_2 、 $p_3\dots$ 之多重位置上。於此， L_{ML} 及一側上之影像移位長度 Δ 被表示以底下所述之公式 6，從針對圖 4 中所示之每一微透鏡單元 $14a$ 的主射線 $84a$ 、 $84b$ 、及 $84c$ 的幾何光學關係。

[公式6]

$$\frac{C}{L_{ML}} = \frac{D}{\Delta}$$

從公式 1、公式 2、及公式 6，影像之移位長度 Δ 與從成像光學系統 12 至主體之距離 A 具有底下所述之公式 7 中所示之關係。

[公式7]

$$A = \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{B} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{E + C} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{E + \frac{DL_{ML}}{\Delta}} \right)^{-1}$$

於公式 7 中， f 、 E 、及 L_{ML} 為設計之參數且為已知的固定值；而 Δ 及 D 被獨特地判定自 A 。

於此， D 可被取為固定值 D_0 ，因為 D 之改變量相較

於 A 之改變量是極小的。D₀ 為從微透鏡單元 14a 之影像側主平面至固態成像元件 16 之表面的距離。於此一情況下，公式 7 被表示為底下所述之公式 8。

[公式8]

$$A = \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{B} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{E+C} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{E + \frac{D_0 L_{ML}}{\Delta}} \right)^{-1}$$

於此，因為 f、E、D₀、及 L_{ML} 為設計值且為已知的，所以假如影像之移位長度 Δ 可從成像元件表面所感應則主體距離 A 為可計算的。

介於由成像元件所記錄之相鄰微透鏡的影像之間的影像匹配被用以判定介於影像之間的移位長度 Δ ，當使用成像透鏡及微透鏡以將射出自 P₁、P₂、P₃... 上之一主體點 P 的光射線成像時。

針對影像匹配，可使用一種眾所周知的模板匹配方法，其係判定（例如）介於兩影像間之類似度的程度及/或不類似度的程度。再者，當更精確地判定移位位置時，移位長度可藉由下列方式而被更精確地判定：使用連續配適函數等以內插其針對各像素單元所獲得之類似度的程度及/或不類似度的程度、及判定其中該配適函數為最大值及/或最小值之子像素位置。

用以重建二維影像之方法

現在將參考圖 5A 至圖 5C 以描述一種用以重建二維

影像而不重疊自微透鏡影像群組（當相同主體被多重地成像時）之方法。

考量之情況係其中：有三個相鄰的微透鏡單元 14a；及該些三個相鄰的微透鏡單元 14a 於固態成像元件 16 之表面上個別地形成微透鏡影像 91a、91b、及 91c，如圖 5B 中所示。

因此，為了形成微透鏡影像而不重疊，則使成像光學系統 12 之 F 數與微透鏡之 F 數匹配是足夠的。

於虛擬成像平面 70 上之觀看域 93a、觀看域 93b、及觀看域 93c 為其中微透鏡之影像 91a、91b、及 91c 被成像的觀看域且為其重疊如圖 5C 中所示的區域。圖 5B 及圖 5C 顯示其中影像去放大比 N 為 0.5 之情況；且各觀看域被乘以 0.5 而被成像為一關係以致各主體點重疊二或更多次。針對關係式 $N = 0.5$ ，虛擬成像平面 70 上之影像可藉由將各微透鏡影像乘以 $1/N$ （亦即，2）而被再生。

影像去放大比 N 可從成像後之微透鏡影像群組所得知，因為底下所述之公式 9 可從公式 4 及公式 6 之關係所求得。

[公式9]

$$N = \frac{D}{C} = \frac{\Delta}{L_{ML}}$$

因為微透鏡之節距 L_{ML} 是已知的，所以影像去放大比 N 可藉由從影像判定相同主體之移位長度 Δ 而被判定。節距 L_{ML} 為（例如）不小於約 $10\mu m$ 且不大於約 $60\mu m$ 。

用以重建二維影像之合成方法

現在將描述用以重建二維影像之影像合成方法。

圖 6A 至圖 6E 閻明用以重建二維影像之方法。

圖 6A 顯示影像合成方法之流程圖。圖 6B 顯示全光影像之範例；圖 6C 顯示像素信號之放大和算術平均範例；圖 6D 顯示像素之信號的像素對應之範例；及圖 6E 顯示二維影像之範例。

首先，如圖 6A 中所示，從成像元件獲得全光影像（參考圖 6B）之輸出（步驟 S101）。全光影像為（例如）原始影像。全光影像包括多數圖片單元（像素）；且多數像素之每一者相應於來自彼此不同的多數顏色之一選定者（例如，紅、綠、及藍）。接著，輸出自成像元件之全光原始影像的白平衡處理被執行以調整 B（藍）、G（綠）、及 R（紅）之信號平衡（步驟 S102）。換言之，白平衡處理調整介於多數顏色之間的信號平衡。

接著，例如，因為於 R 像素之位置上並無 G 和 B 信號資訊，所以去馬賽克（demosaicing）被執行以形成 G 和 B 信號，藉由參考配置於 R 像素周圍之像素以估計 G 和 B 信號（步驟 S103）。換言之，例如，多數像素包括相應於第一顏色（例如，紅）之第一像素（第一圖片單元）。去馬賽克係藉由參考配置於第一像素周圍之多數像素的像素以估計第一像素之第二顏色（例如，綠或藍）的信號。雖然僅需執行處理以從周圍像素找出平均即足夠，

但依需求可能有各種方法，諸如加寬其被參考之像素區域等等（參考圖 6C）。去馬賽克被類似地執行於 G 像素及 B 像素。

接著，相應於一主體點 P（第一點）之影像點 p_1 、 p_2 、...、 p_n （諸如圖 6D 中所示者）具有與信號 S'_{p_i} 之 n 比 1 對應，在其由成像元件所記錄的像素信號值 S_{p_1} 、 S_{p_2} 、...、 S_{p_n} 之合成（S104）以後。亦即，全光影像包括相應於主體之主體點 P 的多數影像點 p_1 、 p_2 、...、 p_n 。於步驟 S104 計算其介於第一點與多數影像點 p_1 、 p_2 、...、 p_n 的每一者之間的對應。對應方法係藉由從如上所述之影像感應影像點移位長度 Δ 的關係或者觀看域的重疊關係來執行。

接著，執行二維影像合成（步驟 S105）；獲得二維影像（參考圖 6E）；且流程結束。例如，多數影像點 p_1 、 p_2 、...、 p_n 之像素值係根據步驟 S104 中所計算之對應而被合成。藉此，相應於主體點 P 之後合成信號被計算。因此，二維影像被計算。

現在將描述二維影像合成。

圖 7 閲明算術平均。

於此，像素之像素信號值 S_{p_1} 、 S_{p_2} 、...、 S_{p_n} 及雜訊值 N_{p_1} 、 N_{p_2} 、...、 N_{p_n} 被使用於此描述中。首先，執行各像素信號值及雜訊值之亮度校正處理。接著，亮度校正係數 a_1 、 a_2 、...、 a_n 被個別地乘以像素信號值 S_{p_1} 、 S_{p_2} 、...、 S_{p_n} 。

接著，藉由在如底下所述之公式 10 所示的乘法後之值的算術平均來計算後合成信號值 S'_p 。同時，此刻於後合成信號值中所包括之雜訊值係如公式 11 中所示。

[公式10]

$$S'_p = (a_1 \cdot S_{p1} + a_2 \cdot S_{p2} + \dots + a_n \cdot S_{pn})/n$$

[公式11]

$$N'_p = (a_1^2 \cdot n_{p1}^2 + a_2^2 \cdot n_{p2}^2 + \dots + a_n^2 \cdot n_{pn}^2)^{0.5}/n$$

介於測距性能與出射光瞳的組態之間的關係

圖 8 顯示通過透鏡橫斷面之光射線的高度。

圖 9 顯示出射光瞳之平坦化。

如圖 8 中所示，成像光學系統 12 包括孔徑光闌 S、第一透鏡 L1、第二透鏡 L2、及第三透鏡 L3。第一透鏡 L1 被提供於孔徑光闌 S 與微透鏡陣列 14 之間。第二透鏡 L2 被提供於第一透鏡 L1 與微透鏡陣列 14 之間。第三透鏡 L3 被提供於第二透鏡 L2 與微透鏡陣列 14 之間。

包括第一透鏡 L1、第二透鏡 L2、及第三透鏡 L3 之透鏡群組為主要透鏡。如圖 8 所示，於其中虛擬平面 12p 被配置於離軸光射線所通過的第二透鏡 L2 與第三透鏡 L3 之間的空間中之情況下，針對其通過虛擬平面之光射線做出下列定義。

例如，考量行進於與光軸 Ox 相交之方向上的離軸光射線。離軸光射線 L23 包括上光射線 L23u、下光射線 L23d、及主射線 L23m。下光射線 L23d 被置於上光射線 L23u 與虛擬平面上的光軸 Ox 之間。主射線 L23m 被置於

上光射線 L23u 與虛擬平面上的下光射線 L23d 之間。

h (G23iCR) 為離軸光射線之主射線 L23m 通過虛擬平面所處的高度。

h (G23iUR) 為離軸光射線之上光射線 L23u 通過虛擬平面所處的高度。

h (G23iDW) 為離軸光射線之下光射線 L23d 通過虛擬平面所處的高度。

針對其傳播入頁表面之離軸光射線的主射線做出下列定義。

hx (G23iURX) 為其中垂直平面內部之光射線（通過縱切面）通過虛擬平面的深度方向上之長度。

圖 9 中所示之出射光瞳 EP 的組態為離軸光射線之虛擬平面上的組態。出射光瞳 EP 之組態被（例如）視為橢圓。於此一情況下，出射光瞳 EP 之組態具有第一直徑及第二直徑。第一直徑為沿著出射光瞳 EP 之虛擬平面中的第一方向（X 方向）之直徑。第二直徑為沿著出射光瞳 EP 之虛擬平面中的第二方向（Y 方向）之直徑。針對出射光瞳 EP 之平坦化做出下列定義。

第一直徑之 $1/2$ 倍為 a 。於其中出射光瞳 EP 被視為實質上圓或橢圓的情況下，第一直徑為出射光瞳位置上之光瞳的長度之主要直徑；及 $a = hx$ (G23iURX)。

第二直徑之 $1/2$ 倍為 b 。於其中出射光瞳 EP 被視為實質上圓或橢圓的情況下，第二直徑為出射光瞳位置上之光瞳的長度之次要直徑；及 $b = (hy$ (G23iUR) - hy

(G23iDW)) /2。

平坦化 ρ 被定義為 $\rho = |1 - b/a|$ ，針對半徑 a 及半徑 b 。

通過出射光瞳 EP 之光射線群組的均勻性針對介於平坦化與測距性能之間的關係是重要的。如圖 8 中所示，為了較高的測距精確度，重要的是設計以使得 b'/b'' 相對於 b/b 之比例接近 1，其中通過孔徑光闌（孔徑光闌 S）之光射線群組的位置比例為 b/b 。

於光軸附近， b'/b'' 相對於 b/b 之比例的改變很小；且由於失真所致之問題不容易發生。另一方面，在具有高視角之位置上， b'/b'' 相對於 b/b 之比例的改變很大；且由於失真所致之測距誤差很容易發生。因此，光射線群組之圓形橫斷面需盡可能不會平坦化或具有均勻內部，從光軸附近至具有高視角之位置。

透鏡組態之公式及參數

於下列描述中，透鏡之光軸方向被取為 Z 方向；光軸之一法線方向被取為 Y 方向；及正交於 Z 方向和 Y 方向之方向被取為 X 方向。Z 方向之正方向為從主要透鏡群組之物體側朝向影像平面之方向。

從物體側計算，第 i 表面（包括孔徑光闌表面）之曲率半徑為 R_i ；介於第 i 與第 $i+1$ 表面之間沿著光軸的表面間隔為 D_i ；及從物體側計算，第 j 透鏡之折射指數及阿貝數（Abbe number）個別為 n_j 及 v_j 。

[公式12]

$$Z = \frac{cY^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)c^2 Y^2}} + a_4 Y^4 + a_6 Y^6 + \cdots + a_{20} Y^{20}$$

於公式 12 中，c 為非球表面頂點之曲率，K 為錐形常數，aI 為非球常數，Y 為距離光軸之高度，及 Z 為從正切平面至透鏡表面頂點上之非球表面上的點之距離。

● 透鏡組態

現在將描述特定透鏡組態。

圖 10 閷明依據實施例之成像透鏡的組態。

如圖 10 中所示，成像透鏡 110 包括微透鏡陣列 MLA (14) 及成像光學系統 12，其為第一光學系統。於圖 10 中，S 為孔徑光闌，R1 為第一透鏡 L1 之物體側上的表面 (第一表面)，R2 為第一透鏡 L1 之影像側上的表面 (第二表面)，R3 為第二透鏡 L2 之物體側上的表面 (第三表面)，R4 為第二透鏡 L2 之影像側上的表面 (第四表面)，R5 為第三透鏡 L3 之物體側上的表面 (第五表面)，R6 為第三透鏡 L3 之影像側上的表面 (第六表面)，R7 為封蓋玻璃 CG 之物體側上的表面 (第七表面)，R8 為封蓋玻璃 CG 之影像側上的表面 (第八表面)，R9 為微透鏡陣列 MLA 之物體側上的表面 (第九表面)，R10 為微透鏡陣列 MLA 之影像側上的表面 (第十表面)，及 DT 為固態成像元件 16 之成像平面。成像平面為其中多數像素被提供之平面。

第一表面 R1 正對著孔徑光闌 S。第二表面 R2 被提供於第一表面 R1 與微透鏡陣列 MLA 14 之間。

第三表面 R3 正對著第二表面 R2。第四表面 R4 被提供於第三表面 R3 與微透鏡陣列 MLA (14) 之間。

第五表面 R5 正對著第四表面 R4。第六表面 R6 被提供於第五表面 R5 與微透鏡陣列 MLA (14) 之間。

依據實施例之成像透鏡 110 可獲取高精確度距離影像及良好可見影像兩者。

成像光學系統 12 包括孔徑光闌 S、具有正折射能力之第一透鏡 L1、具有負折射能力之第二透鏡 L2、及具有正折射能力之第三透鏡 L3，其係依此順序被配置從物體側朝向影像平面側。包括第一透鏡 L1、第二透鏡 L2、及第三透鏡 L3 之透鏡群組為主要透鏡。

微透鏡陣列 MLA (14) 及固態成像元件 16 被配置於成像光學系統 12 之影像側上。

微透鏡陣列 MLA (14) 被配置於成像光學系統 12 與包括多數像素的固態成像元件 16 之間。微透鏡陣列 MLA (14) 被提供於成像光學系統 12 與成像光學系統 12 的焦點位置之間。換言之，微透鏡陣列 MLA (14) 被配置於成像光學系統 12 之焦點位置的物體側上。微透鏡陣列 MLA (14) 包括多重微透鏡單元 14a。一微透鏡單元 14a 重疊二或更多像素，如從光軸方向所見。多數微透鏡單元 14a 之每一者係重疊多數像素 16b 之至少兩像素，當投射至第一平面 14p 之上時。

於實施例中，主要透鏡可包括實質上不具有能力之透鏡。同時，整個透鏡組態可包括一實質上不具有能力之透鏡（例如，封蓋玻璃 CG）。

於此，由三個透鏡所組成之主要透鏡的透鏡之定向係如下。

第一透鏡 L1 之物體側上的表面（第一表面）之曲率半徑為正。

第二透鏡 L2 之物體側上的表面（第三表面）及第二透鏡 L2 之影像側上的表面（第四表面）之曲率半徑均為負。

第三透鏡 L3 之物體側上的表面（第五表面）及第三透鏡 L3 之影像側上的表面（第六表面）之曲率半徑均為正。

希望介於成像光學系統 12 與微透鏡陣列 MLA (14) 之間的配置係使得當微透鏡陣列 MLA (14) 將其通過成像光學系統 12 之影像去放大時的去放大比 N_f 是不小於 0.001 且不大於 0.87。

因此，主要透鏡之基本組態係由正第一透鏡 L1、負第二透鏡 L2、及正第三透鏡 L3 所形成且具有三重透鏡組態。藉由此一組態，獲得了具有適當後焦點及短總透鏡長度之薄成像透鏡 110。

由於考量性能為最高優先權及尺寸減小為優先權，主要透鏡之透鏡數被設為三。於其中主要透鏡之透鏡數為二或更少的情況下，難以減小場曲率；且周邊性能降低。在

其中主要透鏡之透鏡數為三或更多的情況下性能是較佳的。另一方面，總長度增加，其可能造成重量增加。因此，藉由使用一種其中得以減小場曲率及失真像差的三透鏡組態，則主要透鏡之尺寸被減小且良好周邊性能被提供。

希望主要透鏡中所包括之第一透鏡 L1、第二透鏡 L2、及第三透鏡 L3 的表面 (R1 至 R6) 之至少一表面為非球表面。同時，希望來自物體側及影像平面側之至少一選定者上的一表面為非球表面。

藉由使用非球表面於正第一透鏡 L1 中、使用具有負折射能力之非球表面於第二透鏡 L2 中、及使用具有正折射能力之非球表面於第三透鏡 L3 中，可獲得一種成像透鏡，其中各種像差（且特別是像散及失真像差）被校正；透鏡系統之總長度很短；且固態成像元件 16 之成像平面 DT 上的成像之成像放大具有針對 30 度或更小的微透鏡陣列 MLA (14) 上之入射角的去放大比。

此外，藉由利用非球表面於具有負折射能力之第二透鏡 L2 中並藉由適當地配置介於第一透鏡 L1 與第二透鏡 L2 之間的間隔以及介於第二透鏡 L2 與第三透鏡 L3 之間的間隔，則可藉由利用發生於軸上射線與邊際射線的傳輸高度之間的差異來校正光軸末端之螢幕周邊部分的各種像差（慧形像差、像散、及失真像差）。

希望第一透鏡 L1 係由玻璃材料或塑膠材料所組成而第二透鏡 L2 及第三透鏡 L3 係由塑膠材料所組成。包括玻

璃材料及塑膠材料之透鏡亦包括其中將塑膠材料之表面塗佈以防止反射並增加表面硬度之透鏡。

透鏡很小；且於小透鏡之生產時，塑膠材料可藉由射出模製等來製造，且較玻璃材料更適於大量生產。此外，塑膠透鏡適於具有低製造成本之大量生產。

孔徑光闌 S 調整其通過微透鏡陣列 MLA (14) 並到達固態成像元件 16 之主體光量。孔徑光闌 S 被配置於主要透鏡之物體側上。換言之，孔徑光闌 S、第一透鏡 L1、第二透鏡 L2、及第三透鏡 L3 依序從物體側被配置於成像透鏡 110 中。

於成像透鏡 110 中，微透鏡陣列 MLA (14) 上之入射角被減小，因為孔徑光闌 S 被配置在物體側上之最遠處。亦即，從成像平面至出射光瞳位置之距離針對其中孔徑光闌 S 被配置在物體側上之最遠處的類型是較長的，相較於針對其中孔徑光闌被提供於第一透鏡 L1 與第三透鏡 L3 之間的中間光闌類型。

於其中出射光瞳遠離成像平面之情況下，從成像透鏡 110 之最終表面所射出的光射線之主射線被入射於微透鏡陣列 MLA (14) 以一幾乎垂直的角度，亦即，介於成像透鏡 110 的出射光瞳與微透鏡陣列 MLA (14) 之單一透鏡（微透鏡單元 14a）的出射光瞳之間的移位可被減少；並可確保良好的像差性能。

微透鏡陣列 MLA (14) 被配置於成像光學系統 12 與固態成像元件 16 之間。通過微透鏡陣列 MLA (14) 之影

像被成像於固態成像元件 16 上成為虛擬影像且被成像以一去放大比。藉此，成像透鏡 110 之原始中央性能及周邊性能可被校正為甚至更好。

微透鏡陣列

現在將描述應用於成像透鏡 110 之微透鏡陣列 MLA。

圖 11 為概略平面圖，其闡明微透鏡單元之配置。

圖 12 至圖 13 為微透鏡之射線圖。

如圖 11 中所示，微透鏡陣列 MLA (14) 具有一種使用多數微透鏡單元 14a 之透鏡光學系統配置。透鏡光學系統配置係使得微透鏡單元 14a 之每一者的軸向上之光到達針對各觀看域之各分段的相同位置。於多重光學系統配置中，多數多重光學系統被均勻地配置自多重光學系統配置之中心，且被配置（例如）於諸如圖 11 中所示之六角配置中。於其中多數微透鏡單元 14a 被封裝於無間隙之六角配置中的情況下，微透鏡單元 14a 之每一者的外周圍之組態為六角形。

微透鏡陣列 MLA (14) 係由折射光學系統所形成。微透鏡陣列 MLA (14) 被配置於成像光學系統 12 與固態成像元件 16 之間；且成像元件上之成像是以虛擬影像放大。微透鏡陣列 MLA (14) 將來自具有不同視角之成像光學系統 12 的光射線成像於固態成像元件 16 上。因為其位於微透鏡陣列 MLA (14) 內部之微透鏡單元 14a 被設

置為六角配置，所以在觀看域周邊上之微透鏡單元 14a 上的入射角係隨著視角增加而增加。

圖 12 顯示當來自成像光學系統 12 之主射線以 0 度之角度被入射於微透鏡陣列 MLA (14) 上時之射線圖。

圖 13 顯示當來自成像光學系統 12 之主射線以 30 度之角度被入射於微透鏡陣列 MLA (14) 上時之射線圖。

形成於微透鏡陣列 MLA (14) 中之折射光學系統係以適當虛擬影像放大被配置於成像光學系統 12 與固態成像元件 16 之間，且被組態成具有適當的聚焦長度及 F 數以致來自成像光學系統 12 之觀看域外部的光射線可盡可能有效率地到達成像元件。

於依據實施例之成像透鏡 110 中，微透鏡陣列 MLA (14) 之微透鏡單元 14a 的聚焦長度及 F 數被設定以致在影像側上之其主射線的入射角為 20 度至 30 度之內的光射線可有效地到達固態成像元件 16。舉例而言，表 1 顯示其以 0.5 倍之虛擬影像放大來成像的微透鏡陣列 MLA (14) 之單一透鏡（一微透鏡單元 14a）的規格。

表 1 中所述之參數代表以下。

N_d 為透鏡之光學材料的 d 線 (587.6 奈米 (nm)) 折射指數。

ν_d 為針對 d 線之透鏡的光學材料之阿貝數。

R 為有效半徑 (毫米 (mm))，亦即，光射線所通過之圓形區域的半徑。

f 為聚焦長度 (mm)。

[表 1]

表面數	徑向厚度	材料
0 (物體表面)	- 0. 0 5	空氣
1 (孔徑光闌)	無限大 (∞) 0. 1 5	合成石英 ($N_d = 1. 45844$)
2	- 0. 0 3 5 3 6	空氣
3 (影像平面)	無限大	空氣

f/d (d -線焦點距離) 0. 0 6 8 mm (d -線波長 $\lambda: 587.56\text{nm}$)

F -數 2. 2

有效孔徑直徑 $\Phi 0. 0 3 0 \text{mm}$

圖 14 為微透鏡之射線圖。

圖 14 為表 1 中所示之微透鏡陣列 MLA 的單一透鏡之射線圖，針對 0 度之主射線角。

圖 15 顯示微透鏡之像差曲線。

圖 15 為表 1 中所示之微透鏡陣列 MLA 的單一透鏡之像差圖（針對 0 度之主射線角）。

圖 16 為微透鏡之射線圖。

圖 16 為表 1 中所示之微透鏡陣列 MLA 的單一透鏡之射線圖，針對 20 度之主射線角。

圖 17 顯示微透鏡之像差曲線。

圖 17 為表 1 中所示之微透鏡陣列 MLA 的單一透鏡之像差圖（針對 20 度之主射線角）。

圖 18 為微透鏡之射線圖。

圖 18 為表 1 中所示之微透鏡陣列 MLA 的單一透鏡之射線圖，針對 30 度之主射線角。

圖 19 顯示微透鏡之像差曲線。

圖 19 為表 1 中所示之微透鏡陣列 MLA 的單一透鏡之像差圖（針對 30 度之主射線角）。

第一光學系統（成像光學系統 12）之條件公式

現在將描述成像光學系統 12 之條件公式。

如圖 10 中所示，依據實施例之成像透鏡 110 包括（依序從物體側朝向影像平面側）孔徑光闌 S、第一透鏡 L1，其具有正折射能力及其中物體側上之表面的曲率半徑為正之組態、第二透鏡 L2，其具有負折射能力及其中物體側表面及影像側表面兩者的曲率半徑均為負之組態、及第三透鏡 L3，其具有正折射能力及其中物體側表面及影像側表面兩者的曲率半徑均為正之組態；且微透鏡陣列 MLA (14) 及固態成像元件 16 被配置於這些透鏡後方。

於成像透鏡 110 中，微透鏡陣列 MLA (14) 被配置於成像光學系統 12 與固態成像元件 16 之間。希望放大率不小於 0.001 且不大於 0.87，於其中由成像光學系統 12 所形成之影像將被微透鏡陣列 MLA (14) 所去放大的情況下。

於此一光學系統中，成像透鏡 110 滿足底下所述之條件公式 (1) 至 (6)。

$$0.6 < f_1/f < 0.9 \quad (1)$$

$$1.0 < |f_2|/f < 3.0 \quad (2)$$

$$2.0 < f_3/f < 200 \quad (3)$$

$$TL/f < 1.3 \quad (4)$$

$$0 < D_2/f < 0.2 \quad (5)$$

$$0 < D_5/f < 0.5 \quad (6)$$

於上述條件公式（1）至（6）中， f 為成像光學系統 12 之整個系統的聚焦長度， f_1 為第一透鏡 L1 之聚焦長度， f_2 為第二透鏡 L2 之聚焦長度， f_3 為第三透鏡 L3 之聚焦長度， TL 為介於孔徑光闌 S 與成像平面 DT（固態成像元件 16）之間的距離， D_2 為沿著第二透鏡 L2 與第三透鏡 L3 間之光軸 O_x 的距離， D_5 為沿著第三透鏡 L3 之光軸 O_x 的厚度。

實施例之成像透鏡 110 的透鏡組態之基本特性係由以下所形成：具有大的正能力之第一透鏡 L1、具有相對大的負能力之第二透鏡 L2、及具有小的正能力之第三透鏡 L3，於最鄰近影像之側上；且能力配置為一種所謂的正-負-正三重類型。

此外，成像透鏡 110 具有藉由第一透鏡 L1（其具有大的能力）、第二透鏡 L2 及第三透鏡 L3 以執行去色差來校正色差之特性。

因此，第一透鏡 L1 及第二透鏡 L2 具有主要地校正球

面像差、慧形像差、及鄰近於光軸的色差之效果；而第三透鏡 L3 具有主要地校正失真像差（其為離軸像差）並維持良好遠心性之效果。

條件公式（1）、（2）及（3）係調節用以獲得良好光學性能之最佳折射能力配置，於包括少數透鏡之成像透鏡中。

條件公式（1）為關於針對整個透鏡系統之結合的聚焦長度之第一透鏡 L1 的能力之條件公式。於其中第一透鏡 L1 之能力增加且條件係低於條件公式（1）之下限的情況下，上光射線之慧形像差及球面像差、慧形像差、及色差變大；性能不利地降低；校正很困難；且整個螢幕之對比減少。同時，第一透鏡 L1 之透鏡之球表面的曲率半徑變小；且圖案化很困難。

另一方面，於其中第一透鏡 L1 之能力減小且條件公式（1）之上限被超過的情況下，後焦點變長；透鏡系統之總長度變大；緊密度喪失；光射線之慧形像差變大；且性能不利地降低。因此，難以減小成像透鏡 110 之總長度。

於條件公式（1）中，更理想的是範圍為 $0.6 < f_1/f < 0.8$ ，且甚至更理想的是範圍為 $0.7 < f_1/f < 0.8$ 。

以上所述之條件公式（2）為關於針對整個透鏡系統之結合的聚焦長度之第二透鏡 L2 的能力之絕對值的條件公式。條件公式（2）係調節第二透鏡 L2 之負能力。負第二透鏡 L2 之能力需能校正由於第一透鏡 L1 之正透鏡而發

生的像差。於其中第二透鏡 L2 之負能力被設為強的情況下，性能會不利地降低，因為負能力相對於負透鏡之校正效果是過度的。特別地，光軸上之色差及放大之色差降低。此外，成像平面上之入射角變為太大。因此，希望將第二透鏡 L2 之負能力設為相當弱。因此，希望滿足條件公式（2）。

於其中第二透鏡 L2 之能力很強且條件係低於條件公式（2）之下限的情況下，總長度變長；周邊光射線之光射線高度變高；像散之校正困難；且整個螢幕之對比減少。此外，第二透鏡 L2 之透鏡之球表面的曲率半徑變小；且圖案化很困難。此外，固態成像元件 16 上之入射角變大；且不希望地難以確認影像平面側上之遠心特性。

於其中條件公式（2）之上限被超過的情況下，軸上像差與離軸像差之像差校正平衡降低；且離軸像差無法被輕易地校正。

於條件公式（2）中，更理想的是範圍為 $1.0 < |f_2|/f < 2.5$ ，而甚至更理想的是範圍為 $1.5 < |f_2|/f < 2.5$ 。

條件公式（3）為用以調節正第三透鏡 L3 之折射能力的條件公式。條件公式（3）提供介於正第一透鏡 L1 的折射能力與負第二透鏡 L2 的折射能力之間的平衡。於其中介於第一透鏡 L1 的能力與第二透鏡 L2 的能力之間的平衡降低之情況下，成像光學系統之總長度增加或者性能不利地降低。

於其中第三透鏡 L3 之能力很大且該些條件低於條件

公式（3）之下限的情況下，此對於尺寸減小是有利的，但是難以校正周邊部分之遠心性及失真像差。此外，因為像散是低於校正的，所以無法確保良好性能。

於其中第三透鏡 L3 之能力很小且條件公式（3）之上限被超過的情況下，正第三透鏡 L3 之能力變得太弱；固態成像元件 16 上之入射角不利地變得太大；且慧形像差及像散之校正是不足的。整個透鏡系統之後焦點不利地變長，其對於成像光學系統之總長度是不利的。

於條件公式（3）中，更理想的是範圍為 $2.0 < f_3/f < 150$ ，且甚至更理想的是範圍為 $2.0 < f_3/f < 100$ 。

條件公式（4）調節成像光學系統 12 之透鏡系統的總長度。於其中條件公式（4）之上限被超過的情況下，緊密度是不可能的，因為總透鏡長度變大。因此，依據滿足條件公式（4）之組態，易於使得成像透鏡更小且更薄。

於條件公式（4）中，更理想的是當 $f/TL < 1.2$ ，而甚至更理想的是當 $f/TL < 1.0$ 。

條件公式（5）為用以調節介於第二透鏡 L2 與第三透鏡 L3 之間的間隔之條件公式。於其中條件公式（5）之上限被超過的情況下，介於軸上像差與離軸像差之間的像差校正平衡降低；且離軸像差無法被輕易地校正。另一方面，當條件低於條件公式（5）之下限時，因為發生大的場曲率且像散未被足夠的校正所以周邊性能降低。

於條件公式（5）中，更理想的是範圍為 $0 < D_2/f < 0.15$ ，且甚至更理想的是範圍為 $0 < D_2/f < 0.10$ 。

條件公式（6）為用以調節沿著第三透鏡 L3 之光軸的厚度之條件公式。於其中條件公式（6）之上限被超過的情況下，介於軸上像差與離軸像差之間的像差校正平衡降低；且放大色差無法被輕易地校正。此外，因為離軸光射線之出射光瞳組態顯著地變形，所以當與 MLA 透鏡結合時周邊上之色差無法被輕易地校正。

於條件公式（6）中，更理想的是範圍為 $0 < D5/f < 0.4$ ，且甚至更理想的是範圍為 $0 < D5/f < 0.3$ 。

同時，於依據實施例之成像透鏡 110 中，希望其通過第二透鏡 L2 之主射線的高度位置滿足底下所述之條件公式（7）。

$$0.3 < hc(G2R)D(D1 + D2 + D3) < 0.6 \quad (7)$$

於條件公式（7）中， $hc(G2R)$ 為最大視角之離軸光射線的主射線通過第二透鏡 L2 之影像側上的表面（第四表面）之高度。換言之， $hc(G2R)$ 為介於光軸 Ox 與其中離軸光射線之主射線與第四表面相交的位置之間的距離。 $D1 + D2 + D3$ 為沿著光軸 Ox 從孔徑光闌 S 至第二透鏡 L2 之影像側上的表面（第四表面）之距離。 $D1$ 為沿著第一透鏡 L1 之光軸 Ox 的厚度。 $D2$ 為介於第一透鏡 L1 與第二透鏡 L2 之間沿著光軸 Ox 的空氣間隔。換言之， $D2$ 為介於第一透鏡 L1 與第二透鏡 L2 之間沿著光軸 Ox 的距離與介於第一透鏡 L1 與第二透鏡 L2 之間之區域的折射指數之乘積。 $D3$ 為沿著第二透鏡 L2 之光軸 Ox 的厚度。

於此，條件公式（7）為用以控制離軸主射線通過第二透鏡 L2 之高度的條件公式。條件公式（7）為用以盡可能防止色差之發生的條件，當通過成像透鏡 110 之離軸光射線被入射於微透鏡陣列 MLA（14）上時；且條件公式（7）限制離軸光射線之出射光瞳的組態。

於其中條件公式（7）之上限被超過且通過第二透鏡 L2 之影像側上的表面（第四表面）之最大視角的離軸光射線之主射線的高度變高之情況下，第三透鏡 L3 之物體側上的表面（第五表面）上之入射高度變高；且必須釋放第三透鏡 L3 之物體側上的表面（第五表面）之折射能力。雖然因為此部分之折射能力變弱而使慧形像差之發生增加，但是離軸光射線之出射光瞳的組態不會顯著地改變。

於其中該些條件低於條件公式（7）之下限的情況下，於第三透鏡 L3 之物體側上的表面（第五表面）上之光射線高度減少；且必須增加第三透鏡 L3 上之光射線的折射能力。因為此部分之折射能力被增加，所以難以確保光射線至入射角朝向指定的影像高度，亦即，CRA（主射線角（影像平面上之主射線的入射角））。因為必須增加第二透鏡 L2 負折射能力以確保第三透鏡 L3 上之入射高度，所以發生了離軸光射線之大的慧形像差；且離軸光射線之出射光瞳的組態不利地顯著改變。

於條件公式（7）中，更理想的是其範圍為 $0.3 < h_c (G2R) / D (D1 + D2 + D3) < 0.5$ ，而甚至更理想的是

其範圍為 $0.3 < h_c (G2R) / D (D_1 + D_2 + D_3) < 0.4$ 。

出射光瞳之組態為成像光學系統 12 之出射光瞳上的離軸光射線之組態。出射光瞳平面為（例如）成像光學系統 12 之出射光瞳所被成像於上之平面。出射光瞳之組態被（例如）視為橢圓。於此一情況下，出射光瞳之組態具有第一直徑及第二直徑。第一直徑為沿著出射光瞳之出射光瞳平面中的第一方向（X 方向）之直徑。第二直徑為沿著出射光瞳之出射光瞳平面中的第二方向（Y 方向）之直徑。

於依據實施例之成像透鏡 110 中，希望其出射光瞳之位置上的出射光瞳組態滿足底下所述之條件公式（8）。

$$0 \leq \rho < 0.3 \quad (8)$$

於條件公式（8）中， ρ 為平坦化。平坦化 ρ 為 $\rho = |1 - b/a|$ 。 a 為正交於出射光瞳位置上通過出射光瞳之離軸光射線的光軸之第一方向上的半徑。 b 為正交於出射光瞳位置上通過出射光瞳之離軸光射線的光軸之第二方向（正交於第一方向）上的半徑。

a 為 $1/2$ 乘以第一直徑。當出射光瞳被視為實質上圓或橢圓時，第一直徑為出射光瞳位置上之光瞳的長度之主要直徑。半徑 a 被表示為 $a = h_x (EXTPURX)$ 。

b 為 $1/2$ 乘以第二直徑。當出射光瞳被視為實質上圓或橢圓時，第二直徑為出射光瞳位置上之光瞳的長度之次要直徑。半徑 b 被表示為 $b = (hy (EXTPiUR) - hy (EXTPiDW)) / 2$ 。

h (EXTPiCR) 為離軸光射線之主射線通過出射光瞳平面的高度。

h (EXTPiUR) 為離軸光射線之上光射線通過出射光瞳平面的高度。

h (EXTPiDW) 為離軸光射線之下光射線通過出射光瞳平面的高度。

hx (EXTPURX) 為垂直其通過出射光瞳平面之離軸光射線的主射線之平面中的光射線之深度方向上的長度。

hx (EXTPURX) 為 $1/2$ 乘以出射光瞳平面中沿著離軸光射線 L23 之第一方向 (X 方向) 的長度。

例如，hy (EXTPiUR) 為離軸光射線之上光射線通過出射光瞳平面的第二方向上之高度。hy (EXTPiUR) 為介於光軸 Ox 與其中上光射線 L23u 通過出射光瞳平面的位置之間沿著第二方向 (Y 方向) 的距離。hy (EXTPiDW) 為離軸光射線之下光射線通過出射光瞳平面的第二方向上之高度。hy (EXTPiDW) 為介於光軸 Ox 與其中下光射線 L23d 通過出射光瞳平面的位置之間沿著第二方向的距離。

條件公式 (8) 為依據實施例之成像透鏡 110 的出射光瞳之位置上的出射光瞳之組態的條件公式。

當來自成像光學系統 12 之光射線被微透鏡陣列 MLA (14) 去放大且成像於固態成像元件 16 上時，成像光學系統 12 之出射光瞳的組態與微透鏡陣列 MLA (14) 上的單一透鏡之進入光瞳的組態最好是吻合以致光射線有效地

到達固態成像元件 16。

然而，實際上，因為微透鏡陣列 MLA (14) 之單一透鏡的配置具有六角封裝密度，所以即使微透鏡陣列 MLA (14) 上之單一透鏡中心與固態成像元件 16 之中心對齊，其具有大視角之離軸光射線的主射線具有相對於微透鏡陣列 MLA (14) 之單一透鏡的光軸之大入射角且被入射以相對於微透鏡陣列 MLA (14) 之光軸的 20 度至 30 度之傾斜；而因此，難以使微透鏡陣列 MLA (14) 之進入光瞳位置與成像光學系統 12 之出射光瞳位置對齊。

針對成像光學系統 12 而被傾斜射出之離軸光射線的光瞳組態為橢圓（諸如橫向長的貓眼之組態），由於漸暈的效果。為了致使來自成像光學系統 12 之離軸光射線被盡可能有效地入射於微透鏡陣列 MLA (14) 之單一透鏡上，則來自成像光學系統 12 之出射光瞳的組態必須為盡可能接近圓的組態。條件公式 (8) 調節此一光瞳組態。

於其中條件公式 (8) 之上限被超過的情況下，成像光學系統 12 之出射光瞳的組態顯著地移位自微透鏡陣列 MLA (14) 之單一透鏡的出射光瞳的組態。因此，難以致使光射線通過微透鏡陣列 MLA (14) 並有效地到達固態成像元件 16。

於條件公式 (8) 中，更理想的是範圍為 $0 \leq \rho < 0.2$ ，而甚至更理想的是範圍為 $0 \leq \rho < 0.15$ 。

於依據實施例之成像透鏡 110 中，希望底下所述之條件公式 (9) 被滿足。

$$0 \leq v1 - v2 \quad (9)$$

於條件公式（9）中，v1 為第一透鏡 L1 之阿貝數；而 v2 為第二透鏡 L2 之阿貝數。

條件公式（9）調節正第一透鏡 L1 及負第二透鏡 L2 中所包括的材料之阿貝數。藉由滿足條件公式（9），得以校正光軸上之色差及放大率之離軸色差。

依據實施例之成像透鏡 110 可被組態成滿足底下所述之條件公式（10）。

$$20^\circ \leq \alpha i \leq 30^\circ \quad (10)$$

於條件公式（10）中， αi 為其以最大視角（最大影像高度）在成像平面 DT 上之離軸光射線的主射線之入射角。

於依據實施例之成像透鏡 110 中，於其中固態成像元件 16 與微透鏡陣列 MLA（14）被組合使用的情況下，當從成像光學系統 12 所射出之離軸光射線被入射以相對於微透鏡陣列 MLA（14）的大角度並通過微透鏡陣列 MLA（14）而被成像在固態成像元件 16 上時，其可被微透鏡陣列 MLA（14）所忍受的離軸光射線之視角不利地顯著移位；且影像之亮度不利地不同於影像中央部分與影像周邊部分之間。當微透鏡陣列 MLA（14）上之入射角小時，此問題被減少，但光學系統之總長度不利地變大。因此，希望滿足條件公式（10）。

因此，依據實施例之成像透鏡 110 及其包括成像透鏡 110 之固態成像裝置 1，低數目的透鏡及簡單的透鏡組態

是可能的；諸如 F 數較小等高性能可被達成；且透鏡系統本身可小型化。同時，可獲得高精確度的距離影像及良好的可見影像。

依據實施例之成像透鏡 110 及固態成像裝置 1 可應用於各種電子裝置，諸如（例如）可攜式終端（諸如行動電話、輸入板終端、數位相機，等等）、視頻裝置、工業機器人、機器手臂、醫療裝置（諸如內視鏡），等等。

現在將描述成像光學系統 12 之數字範例為一範例。

第一範例

圖 20 開明依據第一範例之成像透鏡的組態。

圖 21 及圖 22 為依據第一範例之成像透鏡的各個像差圖。

圖 23 開明依據第一範例之成像透鏡的出射光瞳位置。

圖 24 開明依據第一範例之成像透鏡的出射光瞳之組態及數值。

底下所述之表 2 係顯示依據第一範例之成像光學系統 12 的表面之曲率半徑 R_i 、間隔 D_i 、折射指數 n_d 、及分散值 v_d 。

[表 2]

$f = 4.56\text{mm}$ $F\text{-數} = 2.24$ $\omega = 32^\circ$

表面	R i	D i	n d	v d
孔徑光闌 (s)	無限大	0.00000		
1	1.56915	1.08739	1.52528	55.95
2	6.38856	0.47016		
3	-2.31466	0.39136	1.61421	25.58
4	-5.17862	0.42580		
5	3.24713	1.25821	1.52528	55.95
6	3.76960	0.33796		
7 (CG)	無限大	0.30000	1.51680	64.17
8	無限大	0.50000		
9 (MLA)	無限大	0.15000	1.45844	67.83
10	無限大	0.30000		

以下為依據第一範例之成像光學系統 12 的非球表面資料。

第一表面：

$$K = -0.20635$$

$$a_4 = 0.0026523617$$

$$a_6 = 0.0007572847$$

$$a_8 = 0.0291724751$$

$$a_{10} = -0.088437280$$

$$a_{12} = 0.0936050540$$

$$a_{14} = -0.037365195$$

第二表面：

$$K = -26.44687$$

$$a_4 = -0.019607836$$

$$a_6 = -0.059941816$$

$$a_8 = 0.0683856688$$

$$a_{10} = -0.23123545$$

$$a_{12} = 0.1976539207$$

$$a_{14} = -0.055919811$$

第三表面：

K = -1.07394
a4 = -0.186694844
a6 = -0.209825776
a8 = 0.6492044946
a10 = -0.648835892
a12 = -0.527660809
a14 = 1.5596893775
a16 = -0.812155745

第四表面：

K = 10.90861
a4 = -0.257661814
a6 = 0.2041165409
a8 = -0.066789470
a10 = 0.0058690518
a12 = 0.0254239177
a14 = 0.0371547120
a16 = -0.019455088

第五表面：

K = -16.94786
a4 = -0.56635536
a6 = 0.670840323
a8 = -1.47204909
a10 = 1.549708682
a12 = 0.150886336
a14 = -1.06494220
a16 = -0.72016649
a18 = 1.717681955
a20 = -0.65311677

第六表面：

$K = -6.37821$
 $a_4 = -0.1369577$
 $a_6 = -0.02239878$
 $a_8 = 0.033002391$
 $a_{10} = -0.01986092$
 $a_{12} = 0.008995937$
 $a_{14} = -0.000399589$
 $a_{16} = 0.001095174$
 $a_{18} = -0.00012917$
 $a_{20} = -0.00000215$

$f_1/f = 0.801$
 $|f_2|/f = 1.561$
 $f_3/f = 5.311$
 $f/TL = 1.121$
 $D_2/f = 0.093$
 $D_5/f = 0.276$
 $hc(G2R)/(D_1 + D_2 + D_3) = 0.418$
 $\nu_1 - \nu_2 = 30.37$
 $\rho = 0.163$

CRA (影像平面上之主射線的入射角) (31 度之視角) = 27.168° 。

如上所述，以上所述之條件公式(1)至(10)被滿足於範例中。如上所述，可看出依據第一範例之成像光學系統 12 具有良好的性能。

第二範例

圖 25 闡明依據第二範例之成像透鏡的組態。

圖 26 及圖 27 為依據第二範例之成像透鏡的各個像差圖。

圖 28 阐明依據第二範例之成像透鏡的出射光瞳位置。

圖 29 阐明依據第二範例之成像透鏡的出射光瞳之組態及數值。

底下所述之表 3 係顯示依據第二範例之成像光學系統 12 的表面之曲率半徑 R_i 、間隔 D_{ic} 、折射指數 nd 、及分散值 vd 。

[表 3]

$f = 4.59\text{mm}$ $F\text{-數} = 2.24$ $\omega = 32.03^\circ$

表面	R_i	D_i	nd	vd
孔徑光闌 (s)	無限大	0.00000		
1	1.489118	0.82969	1.54413	55.98
2	4.730869	0.55525		
3	-2.670959	0.39136	1.61421	25.58
4	-5.242258	0.47714		
5	4.805683	1.29150	1.54413	55.98
6	4.431227	0.53605		
7 (CG)	無限大	0.30000	1.51680	64.17
8	無限大	0.30000		
9 (MLA)	無限大	0.15000	1.45844	67.83
10	無限大	0.31326		

以下為依據第二範例之成像光學系統 12 的非球表面資料。

第一表面：

$$K = -0.38494$$

$$a_4 = 0.0171071031$$

$$a_6 = 0.0036350659$$

$$a_8 = 0.0363451319$$

$$a_{10} = -0.085885467$$

$$a_{12} = 0.0917809567$$

$$a_{14} = -0.034697572$$

$$a_{16} = -0.000087116$$

第二表面：

$K = 14.26463$
 $a_4 = -0.015181501$
 $a_6 = -0.019061020$
 $a_8 = 0.0440043763$
 $a_{10} = -0.145180982$
 $a_{12} = 0.1838550056$
 $a_{14} = -0.101532532$

第三表面：

$K = 0.84715$
 $a_4 = -0.105398051$
 $a_6 = -0.095650008$
 $a_8 = 0.5354757811$
 $a_{10} = -0.652596321$
 $a_{12} = -0.164674543$
 $a_{14} = 0.9793333945$
 $a_{16} = -0.606186909$

第四表面：

$K = 4.05765$
 $a_4 = -0.167280149$
 $a_6 = 0.1612834476$
 $a_8 = -0.036538152$
 $a_{10} = 0.0077283823$
 $a_{12} = 0.0091569156$
 $a_{14} = 0.0138977112$
 $a_{16} = -0.00545494$

第五表面：

$K = -83.08277$
 $a_4 = -0.36728695$
 $a_6 = 0.318695236$
 $a_8 = -1.06102987$
 $a_{10} = 1.371938273$
 $a_{12} = 0.013873971$
 $a_{14} = -0.99872086$
 $a_{16} = -0.61335553$
 $a_{18} = 1.68667291$
 $a_{20} = -0.67437564$

第六表面：

$K = -32.8186$
 $a_4 = -0.0721218$
 $a_6 = -0.06358615$
 $a_8 = 0.037227031$
 $a_{10} = -0.00605082$
 $a_{12} = -0.00148953$
 $a_{14} = -0.00135596$
 $a_{16} = 0.001342416$
 $a_{18} = -0.00036955$
 $a_{20} = 0.000031273$

$f_1/f = 0.794$
 $|f_2|/f = 2.033$
 $f_3/f = 103.683$
 $TL/f = 1.096$
 $D_2/f = 0.104$
 $D_5/f = 0.281$
 $hc(G2R)/(D_1 + D_2 + D_3) = 0.467$
 $\nu_1 - \nu_2 = 30.37$
 $\rho = 0.179$

CRA (影像平面上之主射線的入射角) (31 度之視角) = 26.12° 。

如上所述，以上所述之條件公式(1)至(10)被滿

足於範例中。如上所述，可看出依據第二範例之成像光學系統 12 具有良好的性能。

第三範例

圖 30 闡明依據第三範例之成像透鏡的組態。

圖 31 及圖 32 為依據第三範例之成像透鏡的各個像差圖。

圖 33 闡明依據第三範例之成像透鏡的出射光瞳位置。

圖 34 闡明依據第三範例之成像透鏡的出射光瞳之組態及數值。

底下所述之表 4 係顯示依據第三範例之成像光學系統 12 的表面之曲率半徑 R_i 、間隔 D_{ic} 、折射指數 nd 、及分散值 vd 。

[表 4]

$f = 4.565\text{mm}$ $F\text{-數} = 2.22$ $\omega = 32.15^\circ$

表面	R_i	D_i	nd	vd
孔徑光闌 (s)	無限大	0.00000		
1	1.55020	1.04433	1.52528	55.95
2	7.22780	0.53487		
3	-1.77007	0.39136	1.61422	25.58
4	-3.83009	0.37033		
5	2.89854	1.30455	1.52528	55.95
6	3.70629	0.52540		
7 (CG)	無限大	0.30000	1.51680	64.17
8	無限大	0.30000		
9 (MLA)	無限大	0.15000	1.45844	67.83
10	無限大	0.31088		

以下為依據第三範例之成像光學系統 12 的非球表面資料。

第一表面：

K = -0.20245
a4 = 0.003229775
a6 = 0.001694589
a8 = 0.02561581
a10 = -0.08767680
a12 = 0.097495696
a14 = -0.04023964

第二表面：

K = -6.895721
a4 = -0.01976406
a6 = -0.07477942
a8 = 0.104317366
a10 = -0.23078865
a12 = 0.171090494
a14 = -0.04583522

第三表面：

K = -1.09407719
a4 = -0.1864082
a6 = -0.2045030
a8 = 0.704900832
a10 = -0.62715201
a12 = -0.60554692
a14 = 1.57819371413
a16 = -0.81214824

第四表面：

K = 7.945479347
a4 = -0.290128124
a6 = 0.266293358
a8 = -0.05940777
a10 = -0.00351743
a12 = 0.015588693
a14 = 0.034025947
a16 = -0.01389210

第五表面：

K = -21.9355106
a4 = -0.6349963
a6 = 0.793265391
a8 = -1.4705880
a10 = 1.530192682
a12 = 0.140633914
a14 = -1.07426579
a16 = -0.7284073
a18 = 1.71623391
a20 = -0.64358185

第六表面：

K = -23.3394184
a4 = -0.12023343
a6 = -0.02629781
a8 = 0.037999974
a10 = -0.02143799
a12 = -0.008517051
a14 = -0.00388616
a16 = 0.001166162
a18 = -0.00012250
a20 = -0.00001139

$$\begin{aligned}
 f_1/f &= 0.770 \\
 |f_2|/f &= 1.254 \\
 f_3/f &= 3.545 \\
 TL/f &= 1.121 \\
 D_2/f &= 0.081 \\
 D_5/f &= 0.286 \\
 hc(G2R)/(D_1 + D_2 + D_3) &= 0.433 \\
 v_1 - v_2 &= 30.37 \\
 \rho &= 0.166
 \end{aligned}$$

CRA (影像平面上之主射線的入射角) (31 度之視角) = 25.9° 。

如上所述，以上所述之條件公式(1)至(10)被滿足於範例中。如上所述，可看出依據第三範例之成像光學系統 12 具有良好的性能。

第四範例

圖 35 闡明依據第四範例之成像透鏡的組態。

圖 36 及圖 37 為依據第四範例之成像透鏡的各個像差圖。

圖 38 闡明依據第四範例之成像透鏡的出射光瞳位置。

圖 39 闡明依據第四範例之成像透鏡的出射光瞳之組態及數值。

底下所述之表 5 係顯示依據第四範例之成像光學系統 12 的表面之曲率半徑 R_i 、間隔 D_{ic} 、折射指數 nd 、及分散值 v_d 。

[表 5]

$f = 4.565\text{mm}$ $F - \text{數} = 2.19$ $\omega = 32.15^\circ$

表面	R i	D _i	n _d	v d
孔徑光闌 (s)	無限大	0.00000		
1	1.520799	0.72273	1.52528	55.95
2	5.224694	0.65994		
3	-1.884574	0.39136	1.61422	25.58
4	-2.749460	0.54507		
5	3.673851	1.30454	1.52528	55.95
6	3.272634	0.14555		
7 (CG)	無限大	0.20000	1.51680	64.17
8	無限大	0.30000		
9 (MLA)	無限大	0.15000	1.45844	67.83
10	無限大	0.78034		

以下為依據第四範例之成像光學系統 12 的非球表面資料。

第一表面：

$$K = -0.14556925$$

$$a_4 = 0.00865748$$

$$a_6 = 0.01535309$$

$$a_8 = 0.022838803$$

$$a_{10} = -0.0807432$$

$$a_{12} = 0.101719532$$

$$a_{14} = -0.04098285$$

第二表面：

$$K = -64.93822$$

$$a_4 = 0.065296325$$

$$a_6 = -0.04793898$$

$$a_8 = 0.072653147$$

$$a_{10} = -0.13704764$$

$$a_{12} = 0.185529421$$

$$a_{14} = -0.11017364$$

第三表面：

K = 0.421682639
a4 = -0.0838032
a6 = -0.15298818
a8 = 0.671464289
a10 = -0.7491886
a12 = -0.3598329
a14 = 1.378890211
a16 = -0.8109447

第四表面：

K = -9.97319261
a4 = -0.23169433
a6 = 0.181826267
a8 = -0.06421142
a10 = 0.018411689
a12 = 0.002007272
a14 = 0.007578708
a16 = -0.00430411

第五表面：

K = -41.3232311
a4 = -0.38012889
a6 = 0.473270827
a8 = -1.27740830
a10 = 1.500018546
a12 = 0.119769405
a14 = -1.18479210
a16 = -0.66533645
a18 = 1.948821319
a20 = -0.85388631

第六表面：

$K = -9.37636765$
 $a_4 = -0.17333756$
 $a_6 = 0.0800088524$
 $a_8 = -0.06665131$
 $a_{10} = 0.02565206$
 $a_{12} = 0.006098033$
 $a_{14} = -0.00750137$
 $a_{16} = 0.000734333$
 $a_{18} = 0.000627152$
 $a_{20} = -0.00013698$

$f_1/f = 0.834$
 $|f_2|/f = 2.560$
 $f_3/f = 101.258$
 $TL/f = 1.139$
 $D_2/f = 0.119$
 $D_5/f = 0.286$
 $hc(G2R)/(D_1 + D_2 + D_3) = 0.462$
 $v_1 - v_2 = 30.37$
 $\rho = 0.174$

CRA (影像平面上之主射線的入射角) (31 度之視角) = 25.3° 。

如上所述，以上所述之條件公式(1)至(10)被滿足於範例中。如上所述，可看出依據第四範例之成像光學系統 12 具有良好的性能。

表 6 顯示範例之條件公式的值。

[表 6]

	第一範例	第二範例	第三範例	第四範例
條件公式 (1)	0.8	0.794	0.77	0.834
條件公式 (2)	1.56	2.03	1.26	2.57
條件公式 (3)	5.31	103.68	3.55	103.93
條件公式 (4)	1.12	1.095	1.12	1.12
條件公式 (5)	0.093	0.104	0.081	0.119
條件公式 (6)	0.276	0.281	0.285	0.284
條件公式 (7)	0.42	0.467	0.433	0.46
條件公式 (8)	0.16	0.17	0.16	0.16
條件公式 (9)	30.37	30.37	30.37	30.37
條件公式 (10)	27.2°	26.1°	25.8°	25.2°

如表 6 中所示，以上所述之條件公式（1）至（10）的每一者被滿足於第一至第四範例中。

依據如上所述之依據實施例的成像透鏡及固態成像裝置，可獲得高精確度的距離影像及良好的可見影像。

雖然實施例及範例被描述於上文中，本發明不限於這些範例。例如，雖然以上所述之實施例及範例係闡明其中提供蓋玻璃（CG）及微透鏡陣列（MLA）之範例，但亦可使用一種僅包括微透鏡陣列（MLA）之組態。同時，以上所述之範例中所闡明的值僅為範例；且只要滿足本發明之條件則其他值可被使用。此外，有關上述實施例及範例之由熟悉此項技術人士所適當地進行的實施例之組件的加入、刪除、或設計修改或者特徵的適當組合均落入本發明之精神所包括之程度的本發明範圍內。

雖已描述某些實施例，但這些實施例僅藉由範例方式來呈現，而並非用以限制本發明之範圍。確實，文中所述之新穎實施例可被實施以多種其他形式；再者，可以文中

所述實施例之形式進行各種省略、取代及改變而不背離本發明之精神。後附申請專利範圍及其同等物係為了涵蓋此類形式或修改如將落入本發明之範圍及精神內。

【符號說明】

1：固態成像裝置

10：成像模組單元

12：成像光學系統

12a：物體側主平面

14：微透鏡陣列

14a：微透鏡單元

14b：可見光透射基底

16：固態成像元件

16a：半導體基底

16b：多重像素

16c：濾色器

16d：像素集中微透鏡

16e：多重像素群組

18：成像電路

20：影像信號處理器（ISP）

22：相機模組 I/F（介面）

24：影像擷取單元

26：信號處理單元

28：驅動器 I/F

- 42 : 間隔物
43 : 光學過濾器
44 : 電極墊
46 : 垂直電連接
48 : 凸塊
50 : 處理及驅動器晶片
52 : 遮光罩
54 : 模組電極
62 : 透鏡光學柱
64 : 透鏡支架
70 : 虛擬成像平面
80、82 : 光射線群組
84a、84b、84c、86 : 光射線群組
91a、91b、91c : 微透鏡影像
100 : 主體
110 : 成像透鏡

申請專利範圍

1. 一種成像透鏡，包含：

第一光學系統，其包括光軸；及

微透鏡陣列，其係提供於該第一光學系統與成像元件之間，

該微透鏡陣列包括提供於第一平面中之複數微透鏡單元，

該成像元件包括複數像素群組，

該些像素群組之每一者包括複數像素，

該些微透鏡單元個別地重疊該些像素群組，當投射於該第一平面上時，

該第一光學系統包括：

孔徑光闌；

第一透鏡，其係提供於該孔徑光闌與該微透鏡陣列之間，該第一透鏡具有第一表面、第二表面、及正折射能力，該第一表面正對著該孔徑光闌，該第二表面係提供於該第一表面與該微透鏡陣列之間；

第二透鏡，其係提供於該第一透鏡與該微透鏡陣列之間，該第二透鏡具有第三表面、第四表面、及負折射能力，該第三表面正對著該第二表面，該第四表面係提供於該第三表面與該微透鏡陣列之間；及

第三透鏡，其係提供於該第二透鏡與該微透鏡陣列之間，該第三透鏡具有第五表面、第六表面、及正折射能力，該第五表面正對著該第四表面，該第六表面係提供於

該第五表面與該微透鏡陣列之間，

該第一表面之曲率半徑為正，

該第三表面之曲率半徑及該第四表面之曲率半徑的每一者均為負，

該第五表面之曲率半徑及該第六表面之曲率半徑的每一者均為正，

從該些第一至第六表面所選擇之至少一者具有球面組態，

滿足公式（1）至（6），其中

f 為該第一光學系統之聚焦長度，

f_1 為該第一透鏡之聚焦長度，

f_2 為該第二透鏡之聚焦長度，

f_3 為該第三透鏡之聚焦長度，

TL 為介於該孔徑光闌與該成像元件之間的距離，

D_2 為介於第二透鏡與第三透鏡之間沿著光軸的距離，及

D_5 為沿著該第三透鏡之該光軸的厚度：

$$0.6 < f_1/f < 0.9 \quad (1)$$

$$1.0 < |f_2|/f < 3.0 \quad (2)$$

$$2.0 < f_3/f < 200 \quad (3)$$

$$f/TL < 1.3 \quad (4)$$

$$0 < D_2/f < 0.2 \quad (5)$$

$$0 < D_5/f < 0.5 \quad (6)$$

其中該微透鏡陣列將一由該第一光學系統所形成之影像去放大，及

由於該微透鏡陣列所致之該影像的去放大比係不小於 0.001 且不大於 0.87。

2. 如申請專利範圍第 1 項之透鏡，其中
該第一透鏡包括選自玻璃和樹脂之至少一者，及
該第二透鏡及該第三透鏡之每一者包括樹脂。

3. 如申請專利範圍第 1 項之透鏡，其中
在該第一光學系統之出射光瞳平面上的離軸光射線之組態具有第一直徑及第二直徑，當該組態被視為橢圓時，該些離軸光射線與該光軸相交，該第一直徑係沿著該出射光瞳平面中的第一方向，該第二直徑係沿著一正交於該第一方向的第二方向且於該出射光瞳平面中，

滿足公式 (8)，其中
a 為 $1/2$ 乘以該第一直徑，
b 為 $1/2$ 乘以該第二直徑，

ρ 為平坦化，

$a = hx(\text{EXTPURX})$ ，

$b = (hy(\text{EXTPiUR}) - hy(\text{EXTPiDW})) / 2$ ，及

$\rho = |1 - b/a|$ ，

該些離軸光射線包括：

上光射線；

下光射線，其係位於該上光射線與該出射光瞳平面上的光軸之間；及

主射線，其係位於該上光射線與該出射光瞳平面上的該下光射線之間，

$hy(\text{EXTPiUR})$ 為介於該光軸與其中該上光射線通過該出射光瞳平面的位置之間沿著該第二方向的距離，

$hy(\text{EXTPiDW})$ 為介於該光軸與其中該下光射線通過該出射光瞳平面的位置之間沿著該第二方向的距離，及

$hx(\text{EXTPURX})$ 為 $1/2$ 乘以該出射光瞳平面上沿著該離軸光射線之該第一方向的長度：

$$0 \leq \rho < 0.3 \quad (8)$$

4. 如申請專利範圍第 1 項之透鏡，其中

滿足公式 (9)，其中

v_1 為該第一透鏡之阿貝數，及

v_2 為該第二透鏡之阿貝數：

$$0 \leq v_1 - v_2 \quad (9)$$

5. 如申請專利範圍第 1 項之透鏡，其中

滿足公式 (10)，其中

αi 為其中像素被提供之表面上的主射線之入射角，及該主射線為最大視角之離軸光射線的主射線，該些離軸光射線係行進於一與該光軸相交之方向：

$$20^\circ \leq \alpha i \leq 30^\circ \quad (10)$$

6. 如申請專利範圍第 1 項之透鏡，進一步包含一提供於該第一光學系統與該微透鏡陣列之間的光學過濾器。

7. 如申請專利範圍第 1 項之透鏡，其中該成像元件被提供於該第一光學系統與該第一光學系統的虛擬成像點之間。

8. 一種固態成像裝置，包含：

如申請專利範圍第 1 項之透鏡；及
固態成像元件，用以將其通過該成像透鏡之光轉換為電信號。

9. 如申請專利範圍第 8 項之裝置，其中該固態成像元件係輸出全光影像。

10. 如申請專利範圍第 9 項之裝置，其中
該全光影像包括複數圖片單元，
該些圖片單元之每一者係相應於選自複數顏色之一者，該些顏色係彼此不同，及

該裝置係調整介於該全光影像的該些顏色之間的信號平衡。

11. 如申請專利範圍第 9 項之裝置，其中
該全光影像包括複數圖片單元，其包括相應於第一顏色之信號的第一圖片單元，及

該裝置係藉由參考配置於該第一圖片單元周圍的圖片單元以估計該第一圖片單元之第二顏色的信號，該第二顏色係不同於該第一顏色。

12. 如申請專利範圍第 9 項之裝置，其中該全光影像包括複數影像點，其係相應於主體上之第一點，及

該裝置係計算介於該第一點與每一該些影像點之間的對應。

13. 如申請專利範圍第 12 項之裝置，其中該裝置係藉由根據該對應以合成每一該些影像點之圖片單元值並計算相應於該第一點之後合成信號來計算二維影像。

圖式

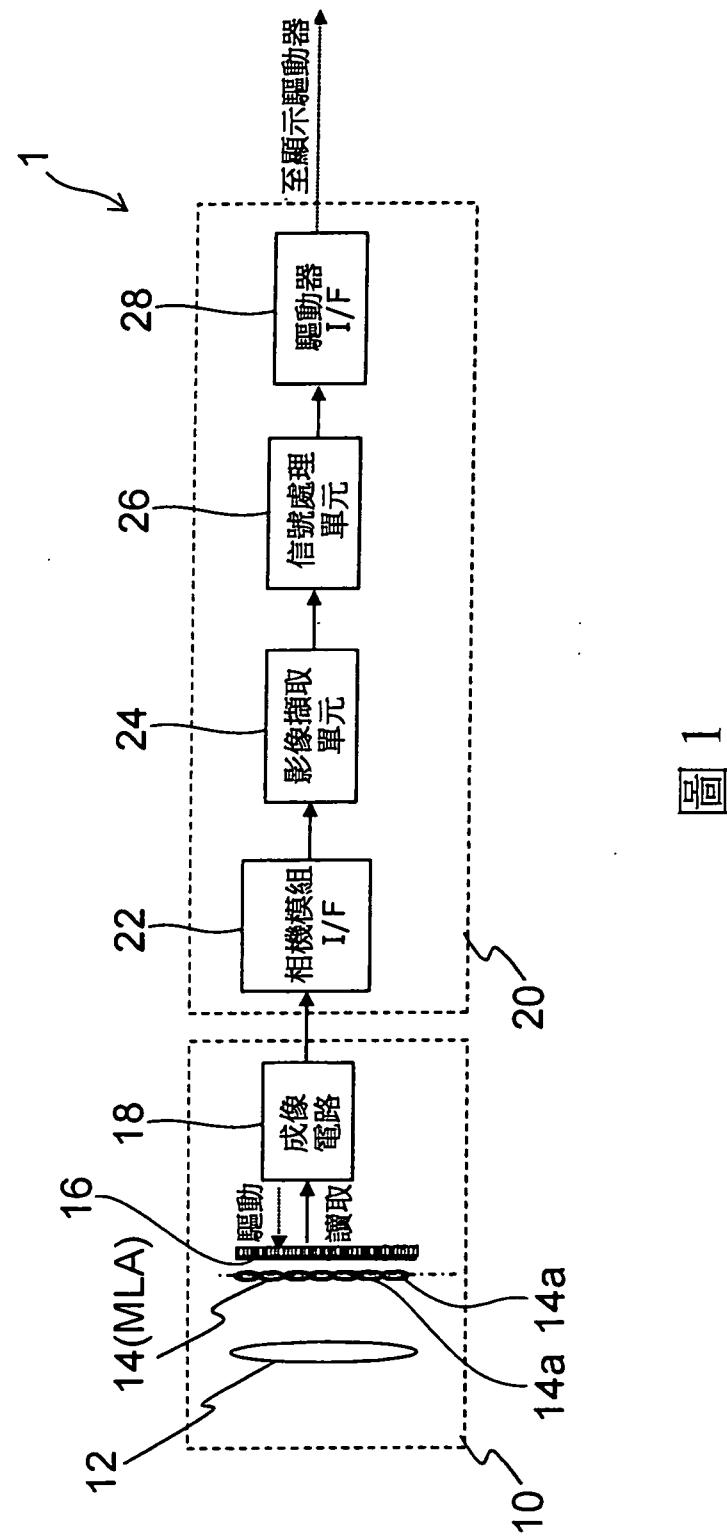


圖 1

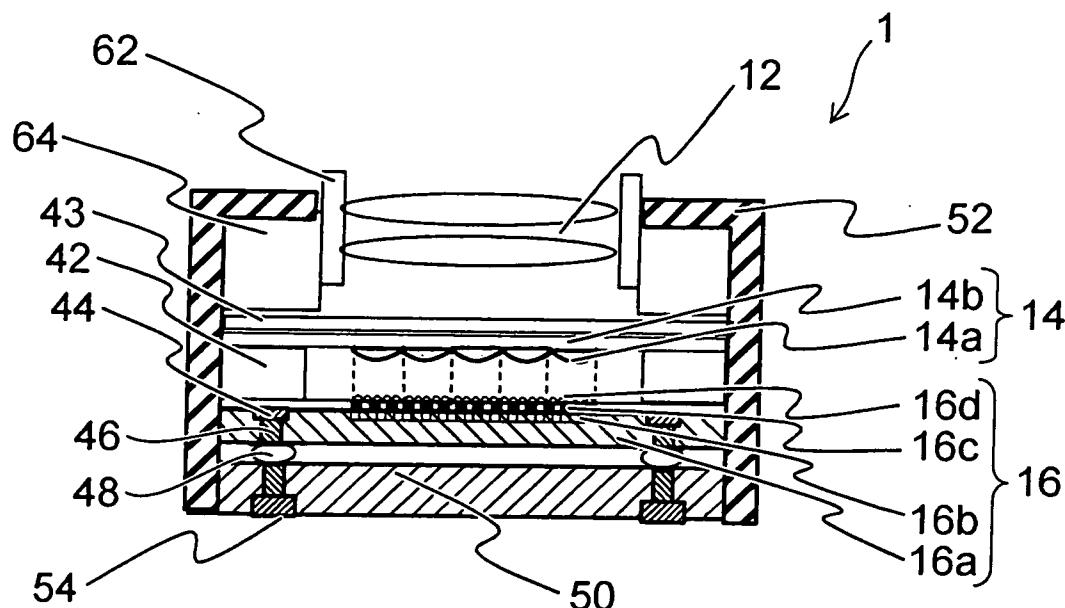


圖 2

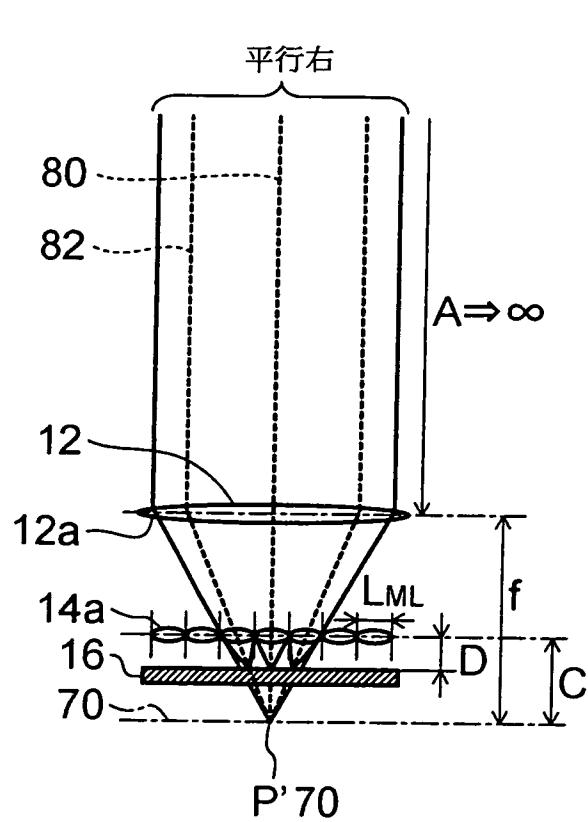


圖 3A

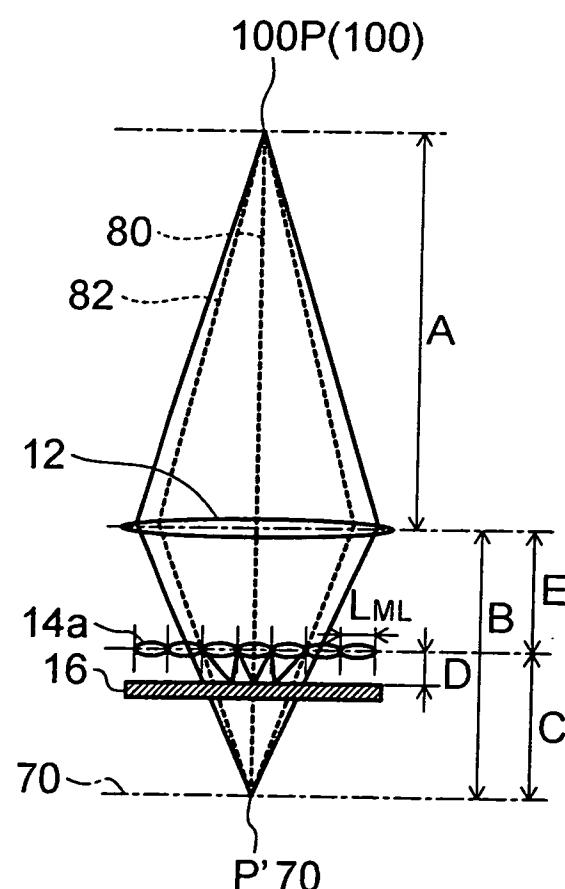


圖 3B

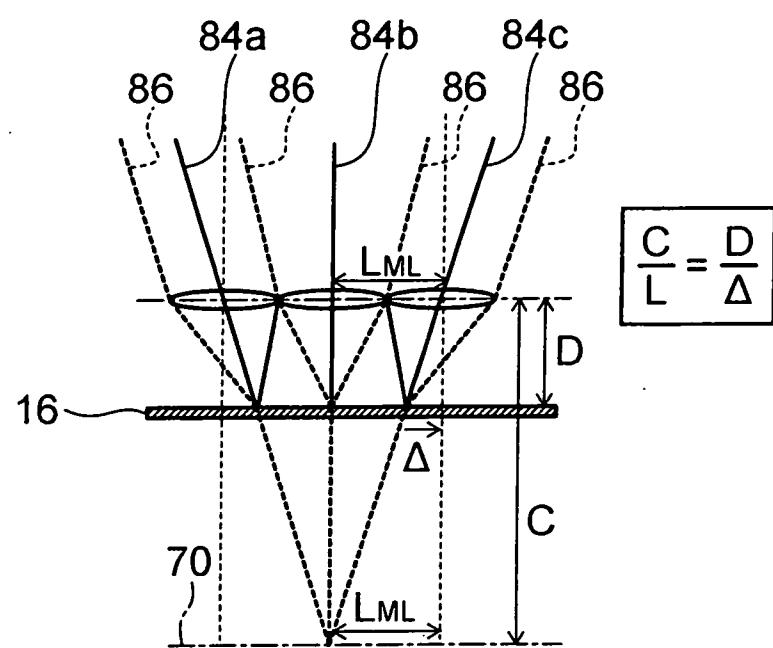
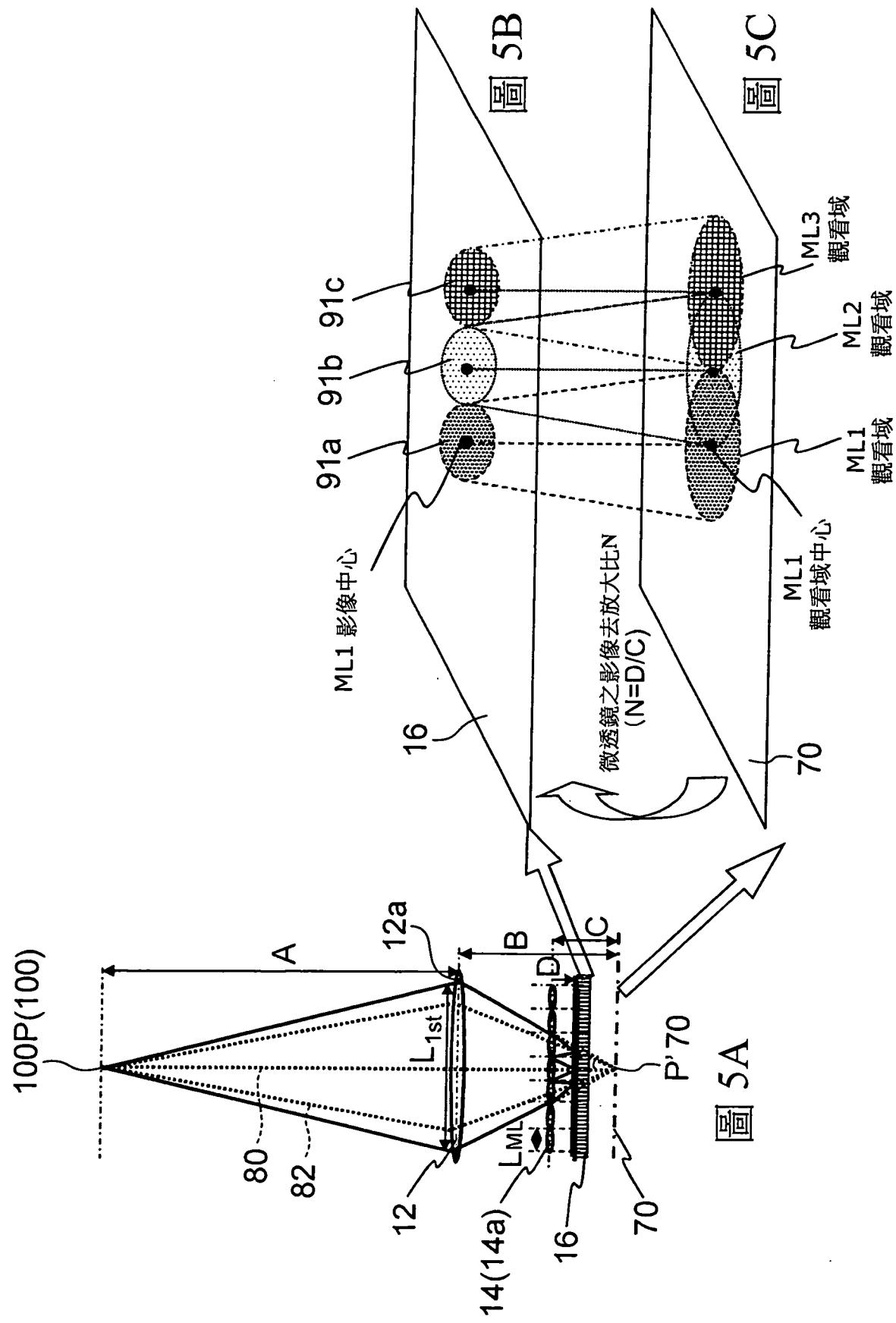
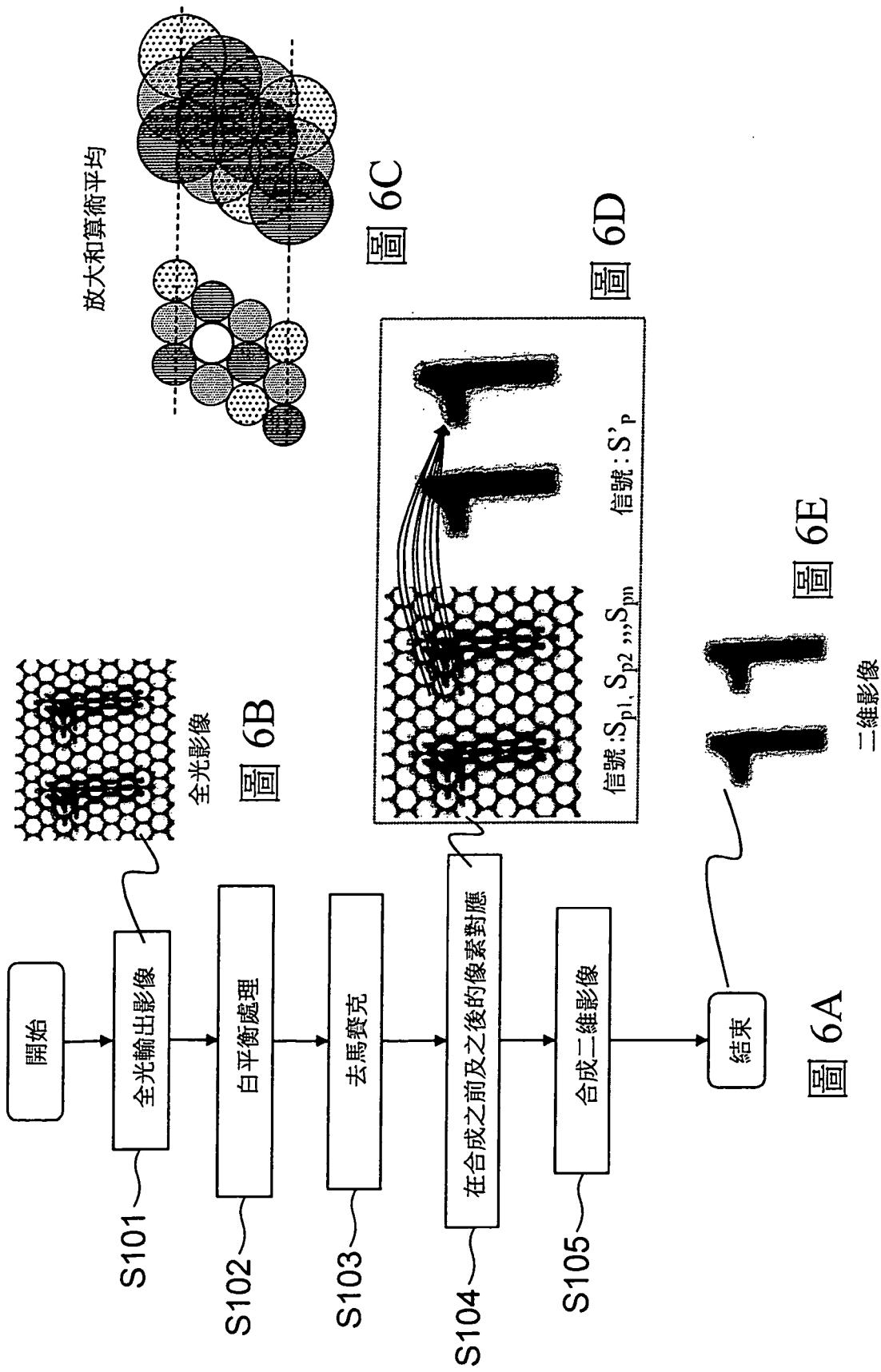


圖 4





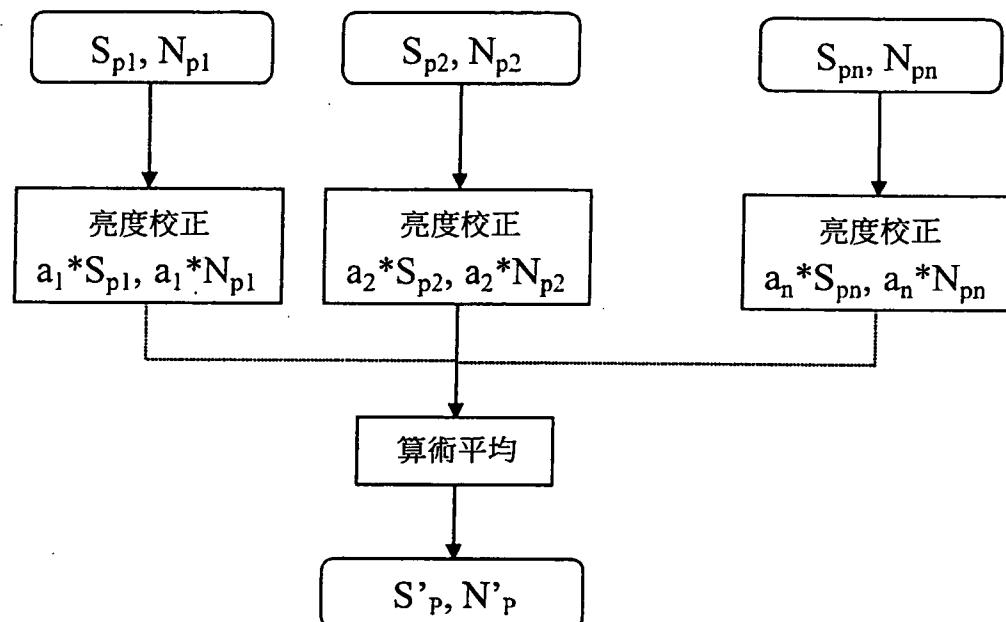


圖 7

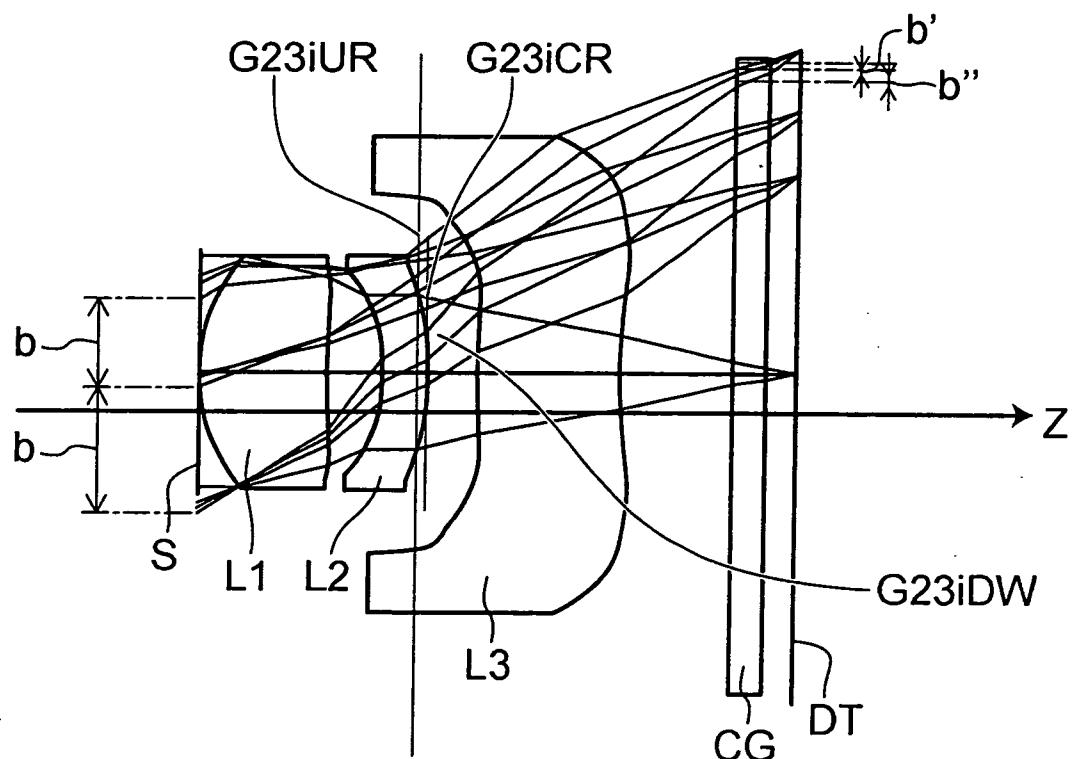


圖 8

I534465

圖 9

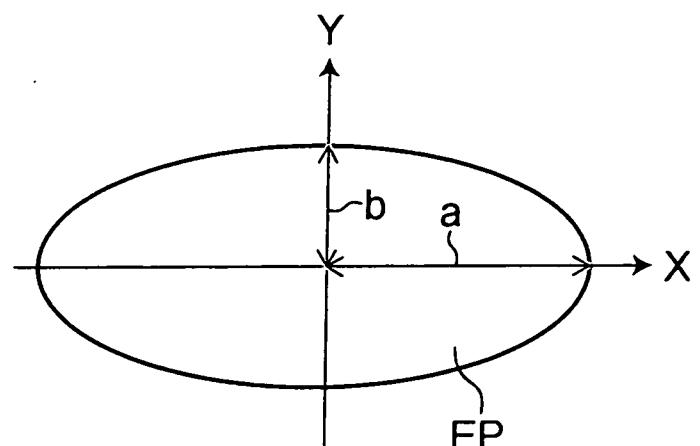
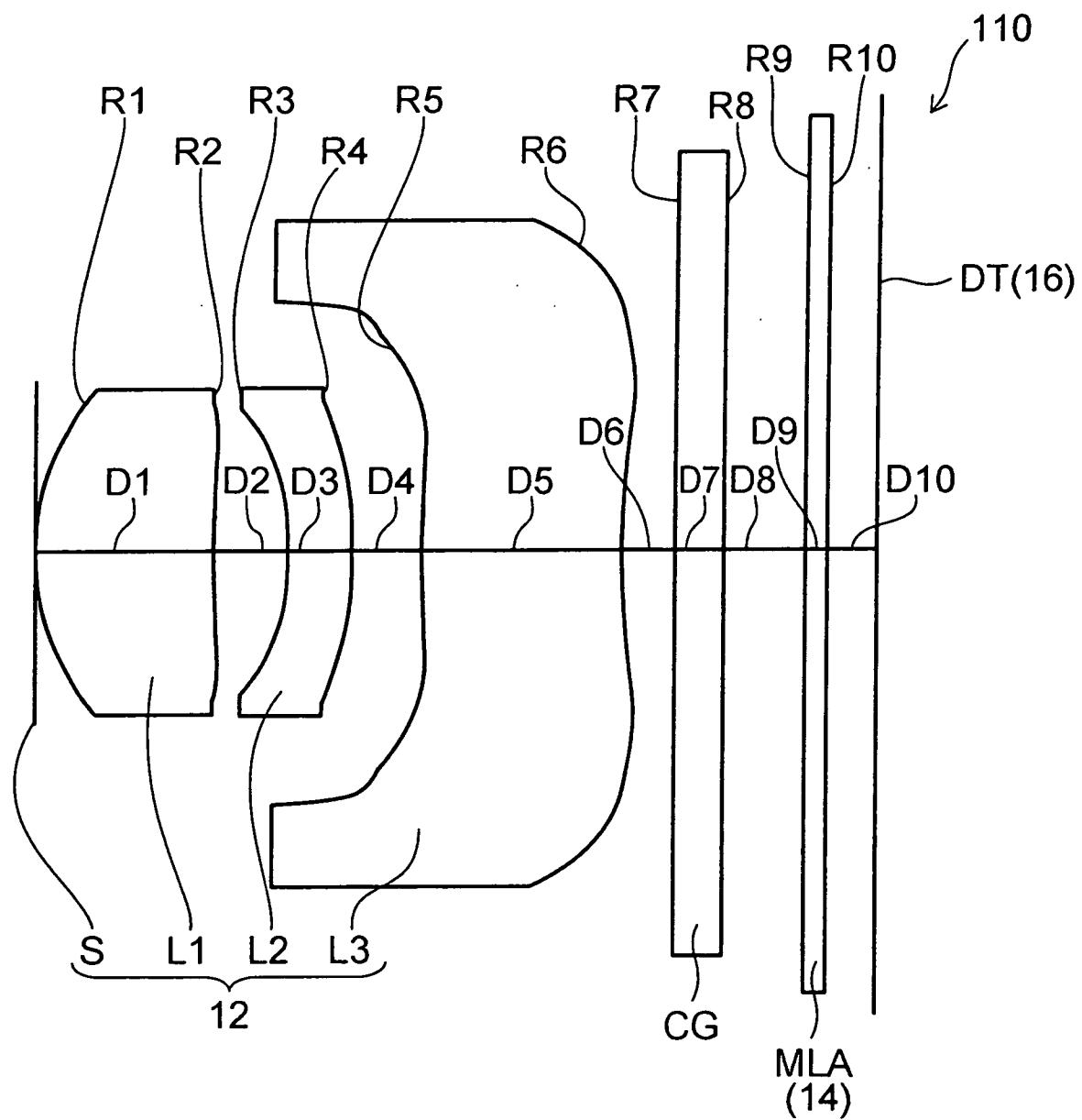


圖 10



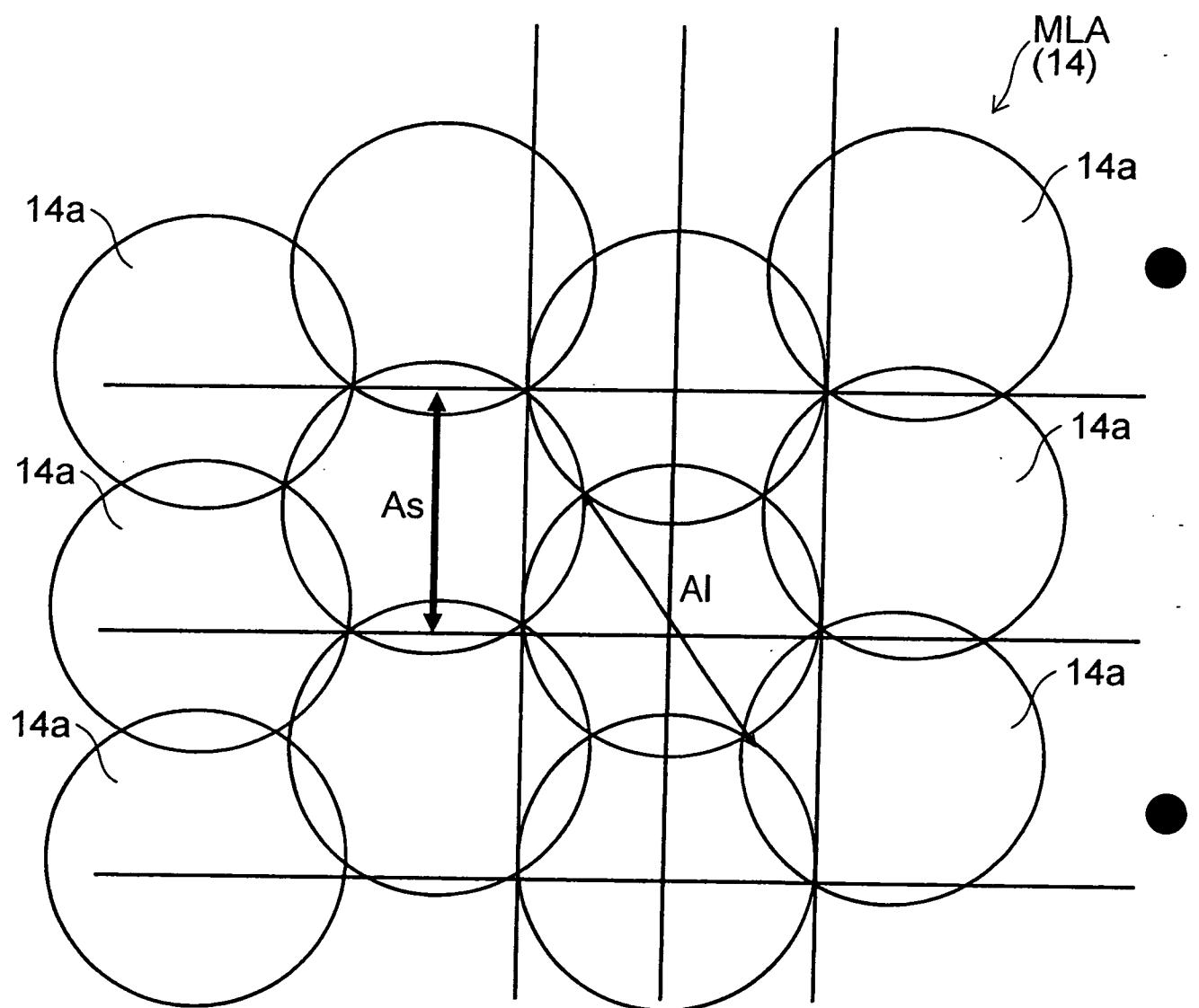


圖 11

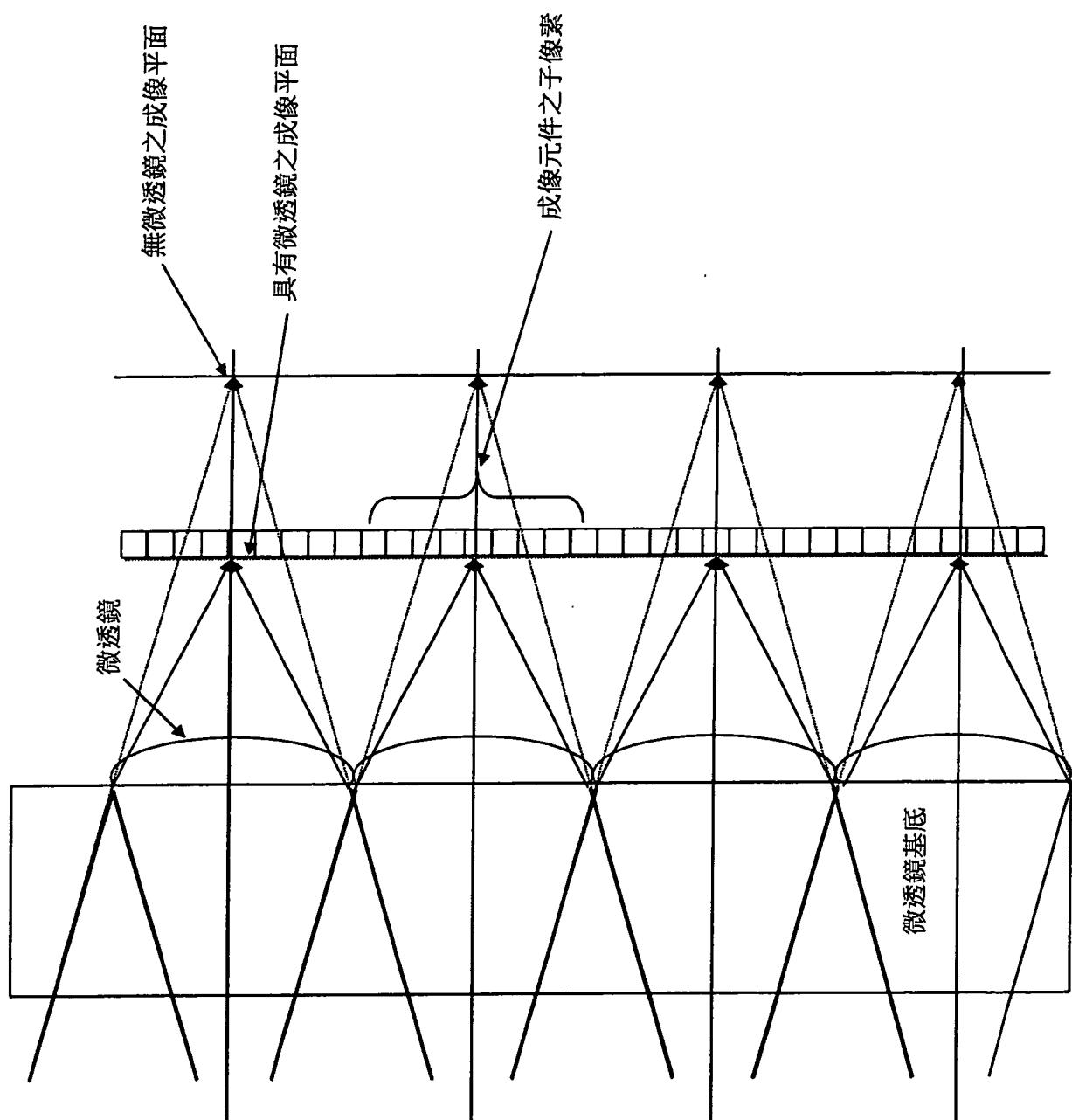


圖 12

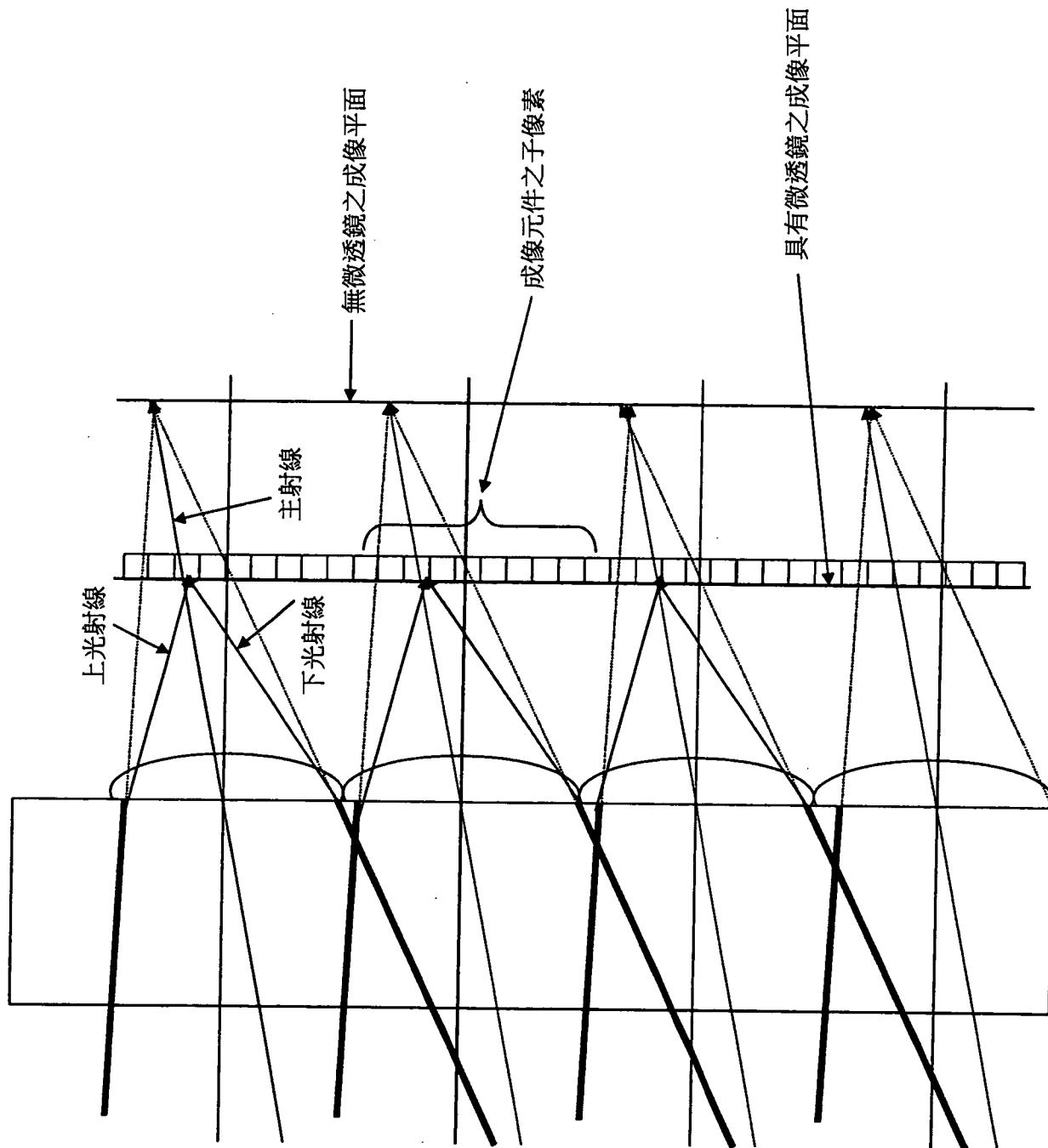


圖 13

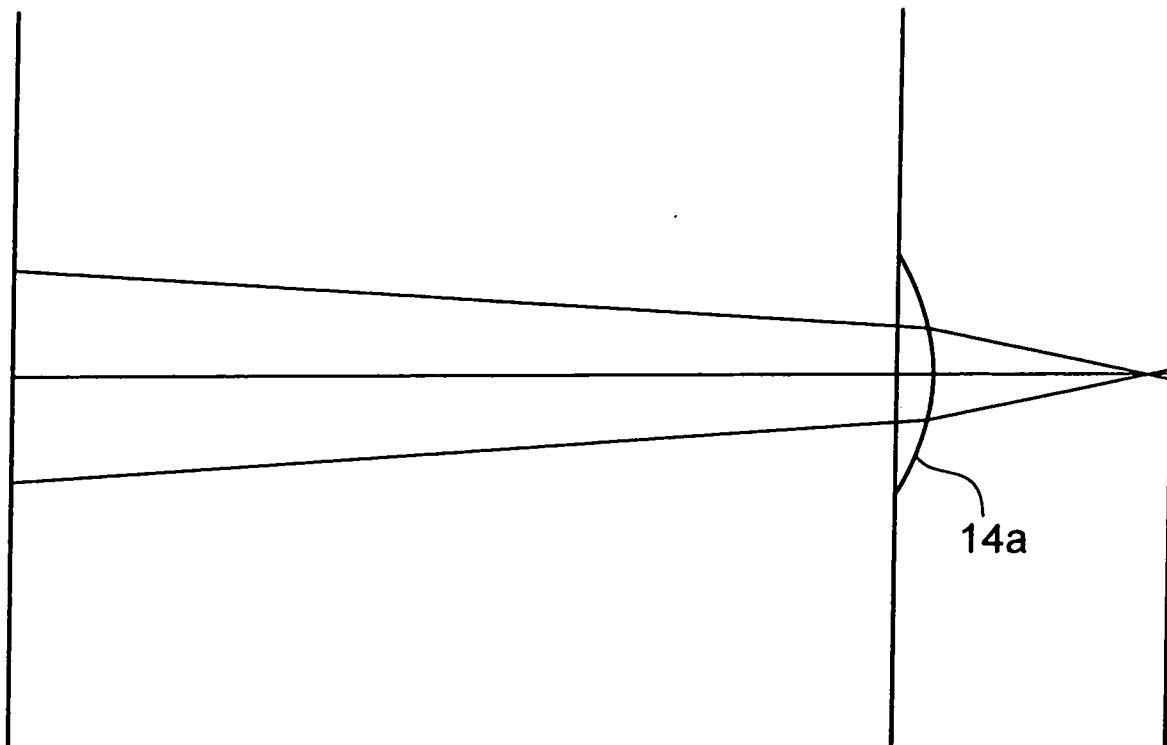


圖 14

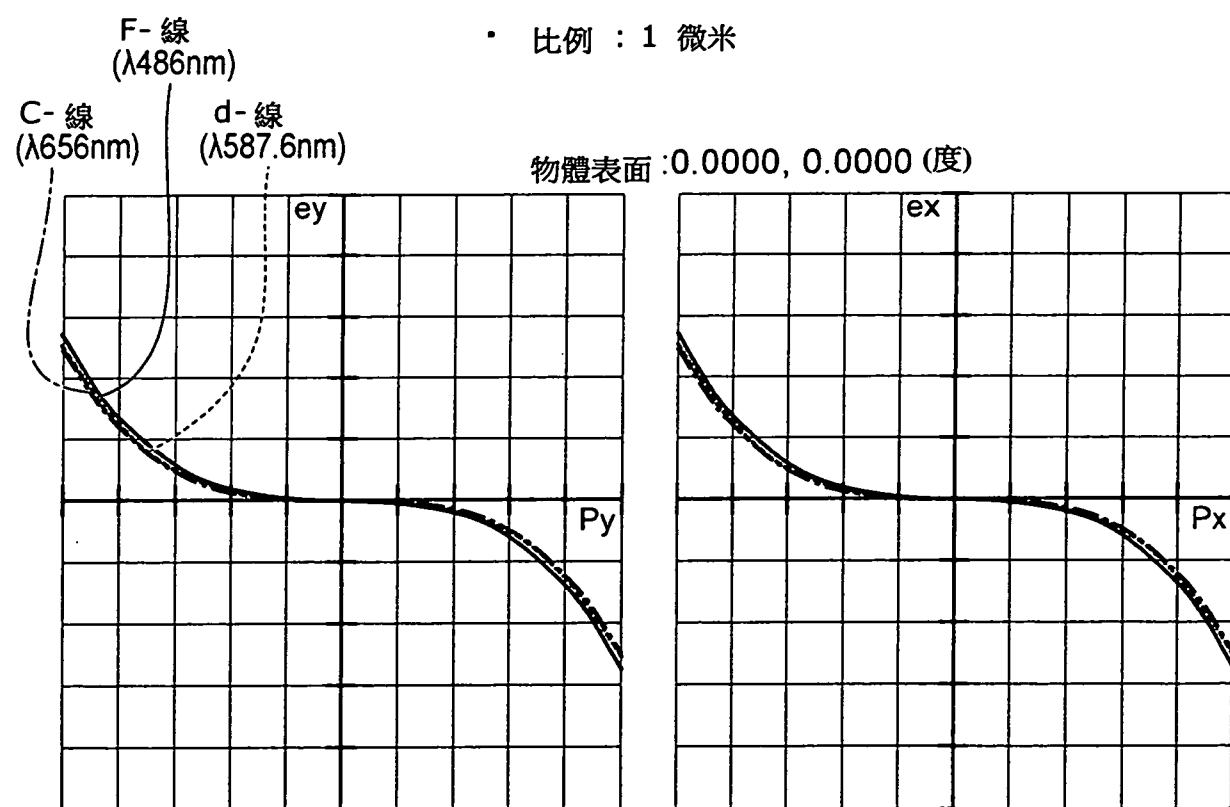


圖 15

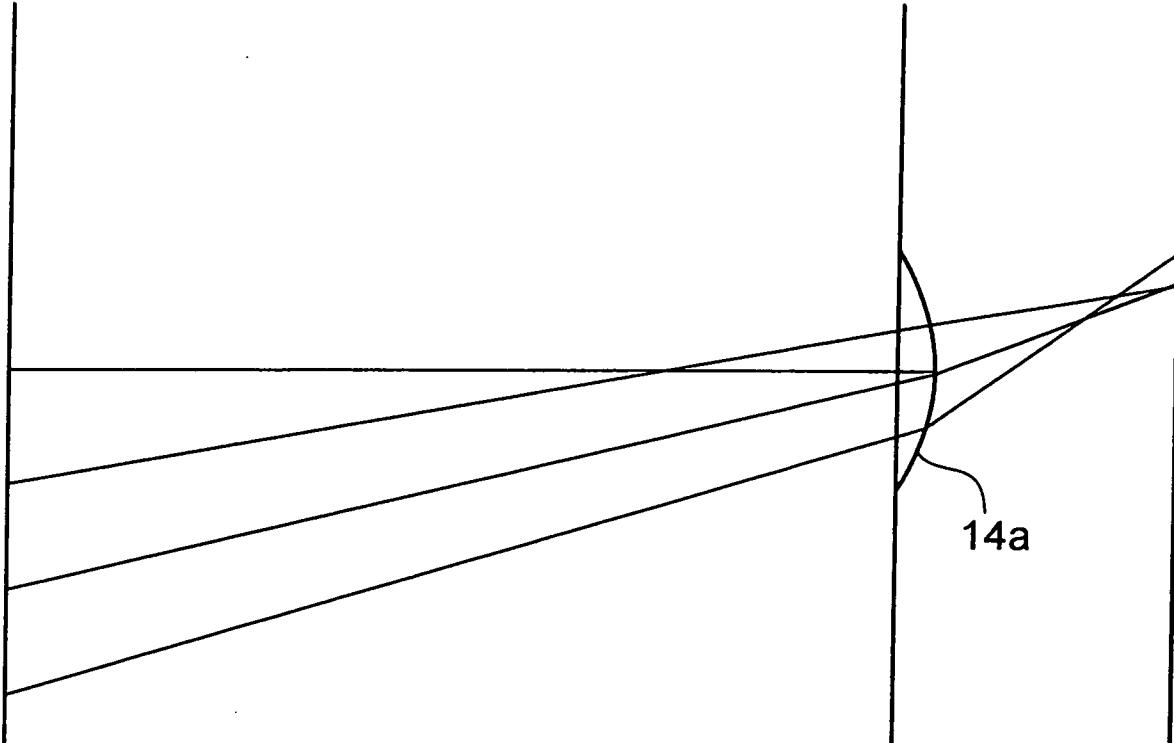


圖 16

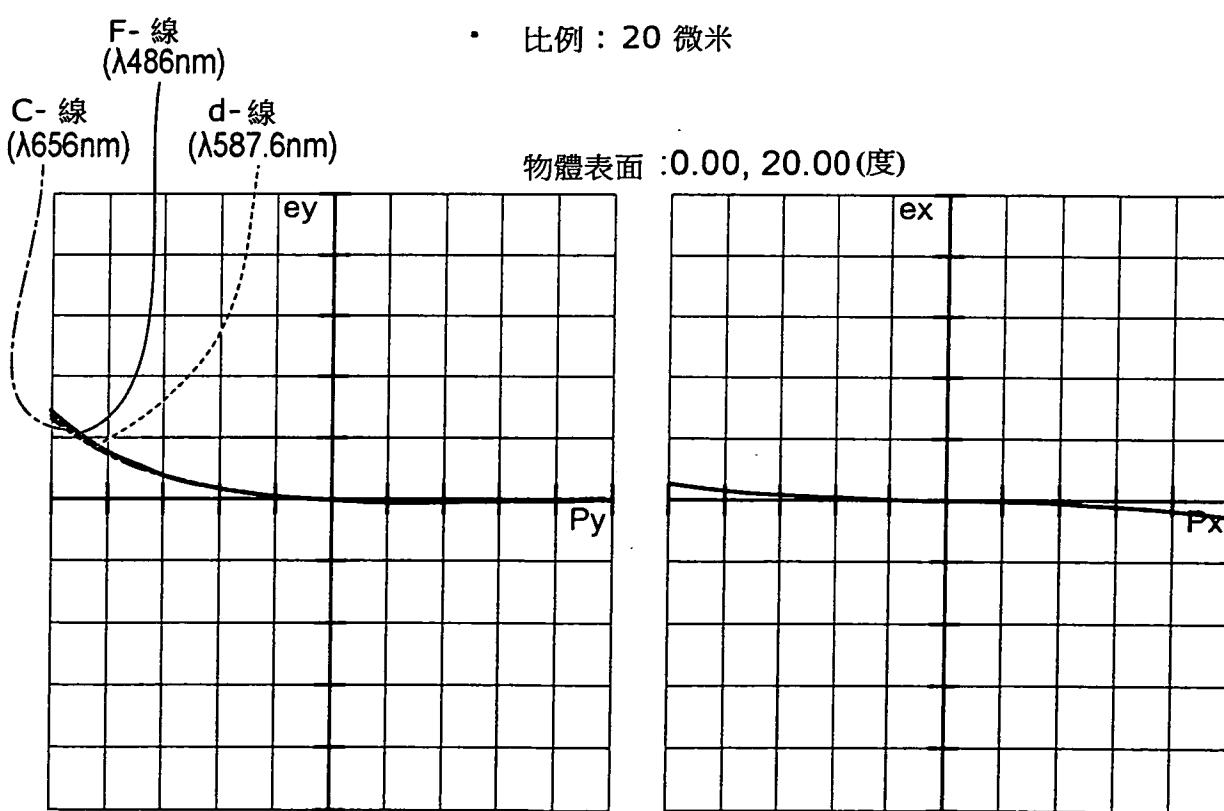


圖 17

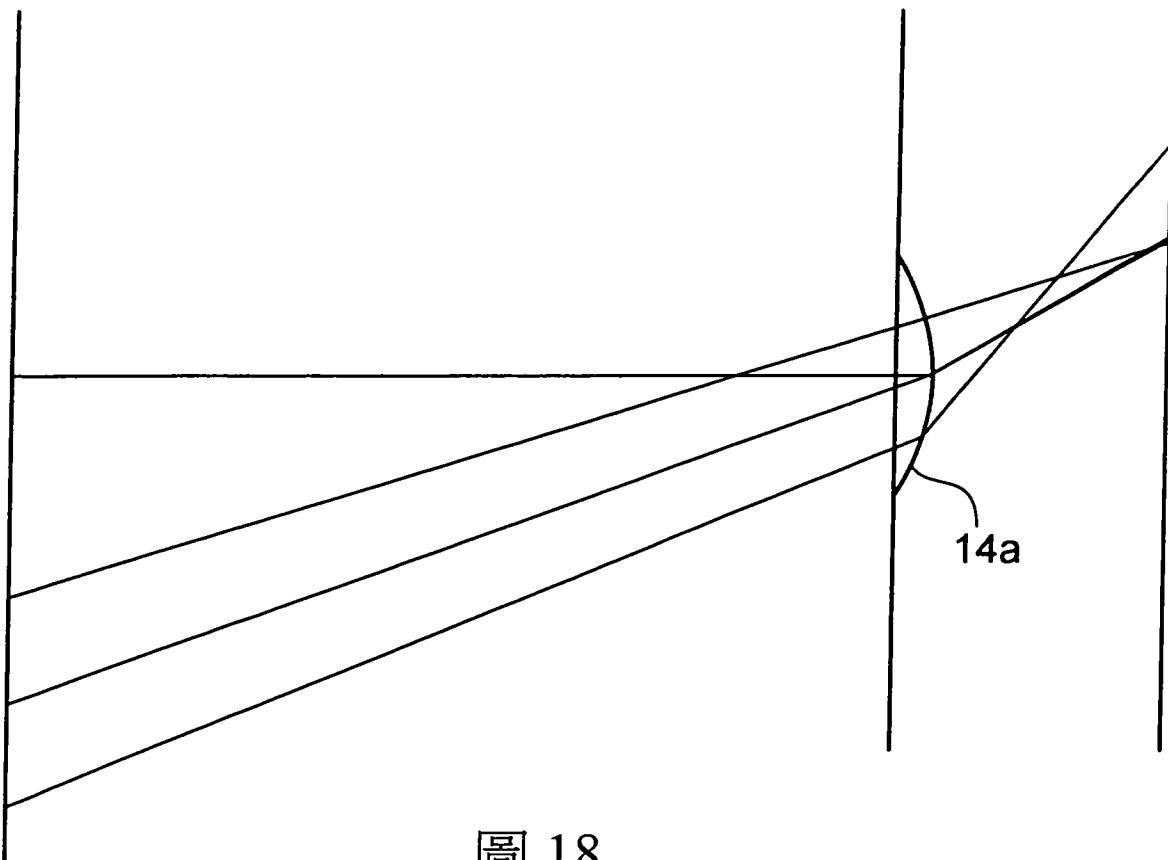


圖 18

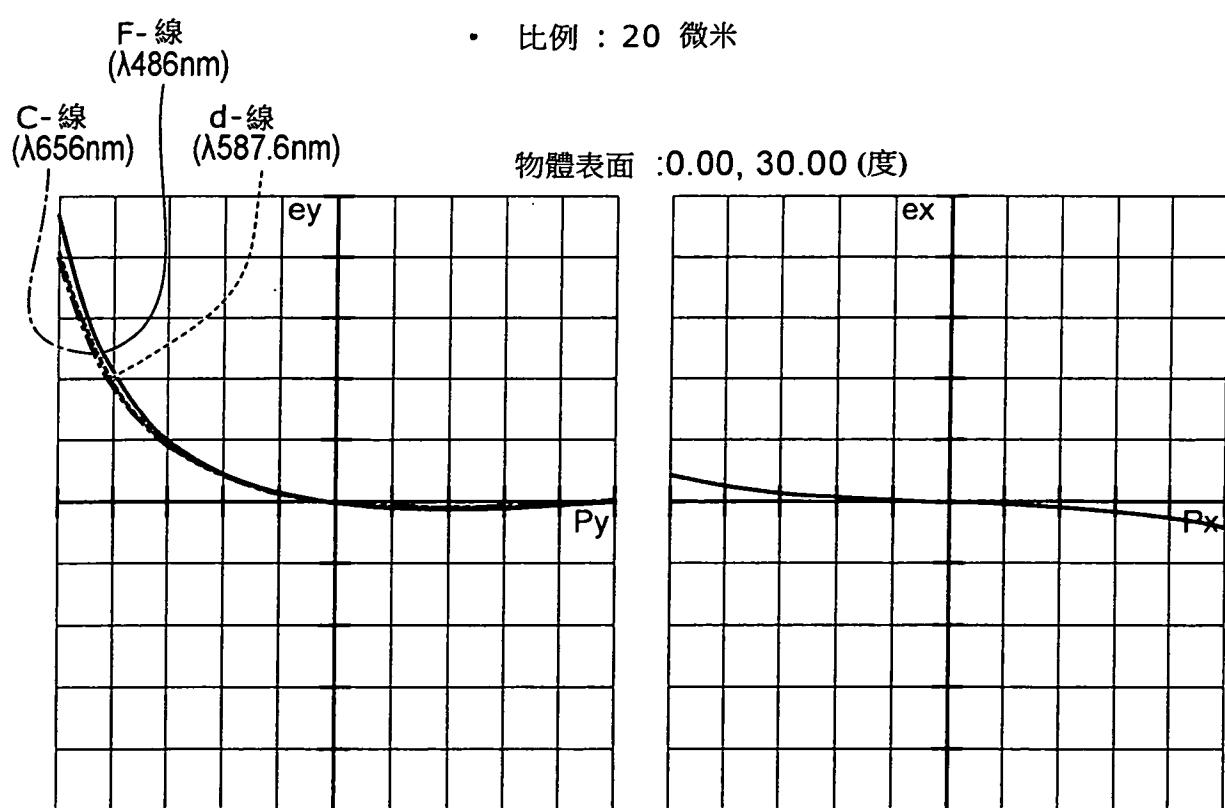


圖 19

I534465

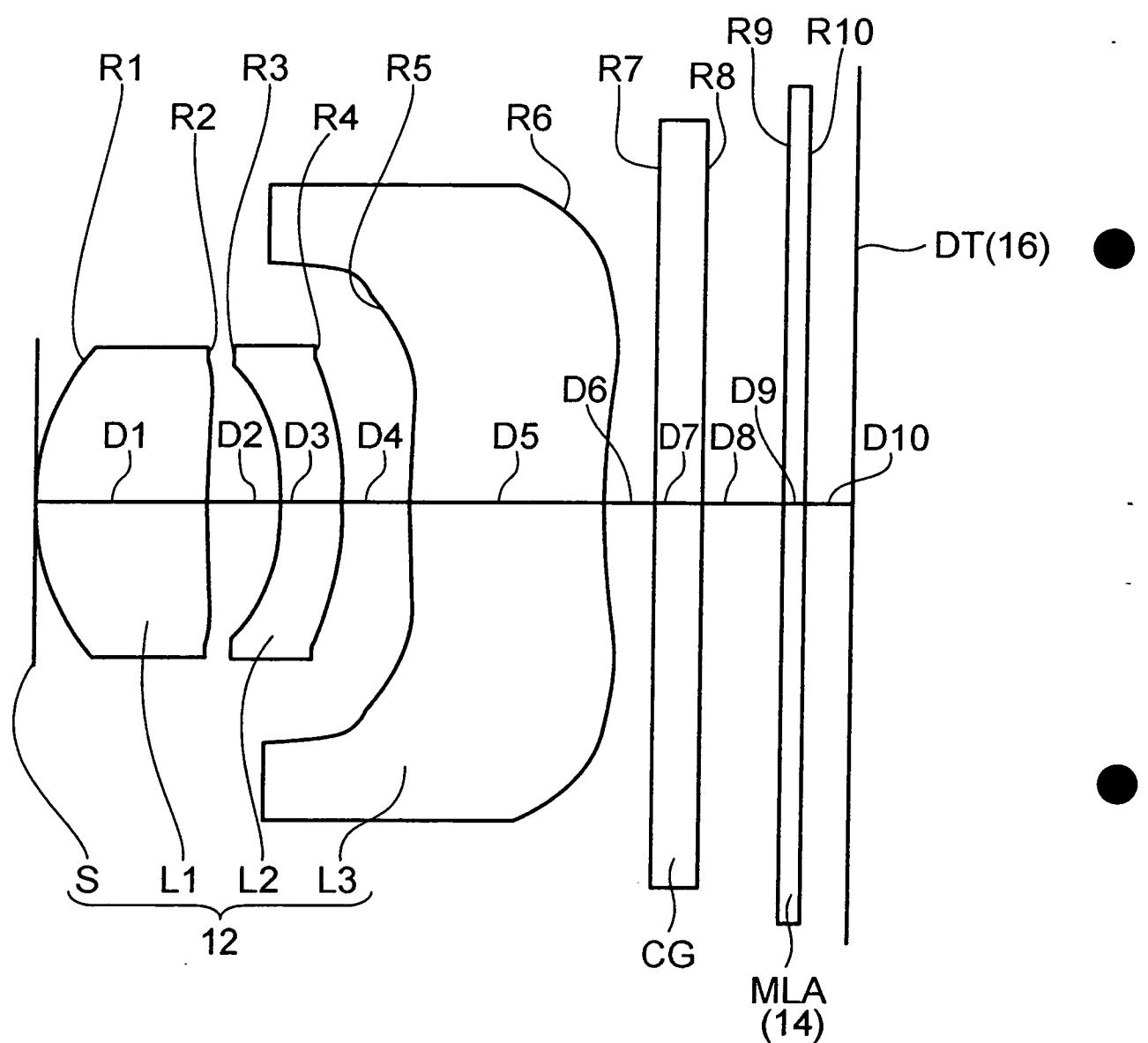
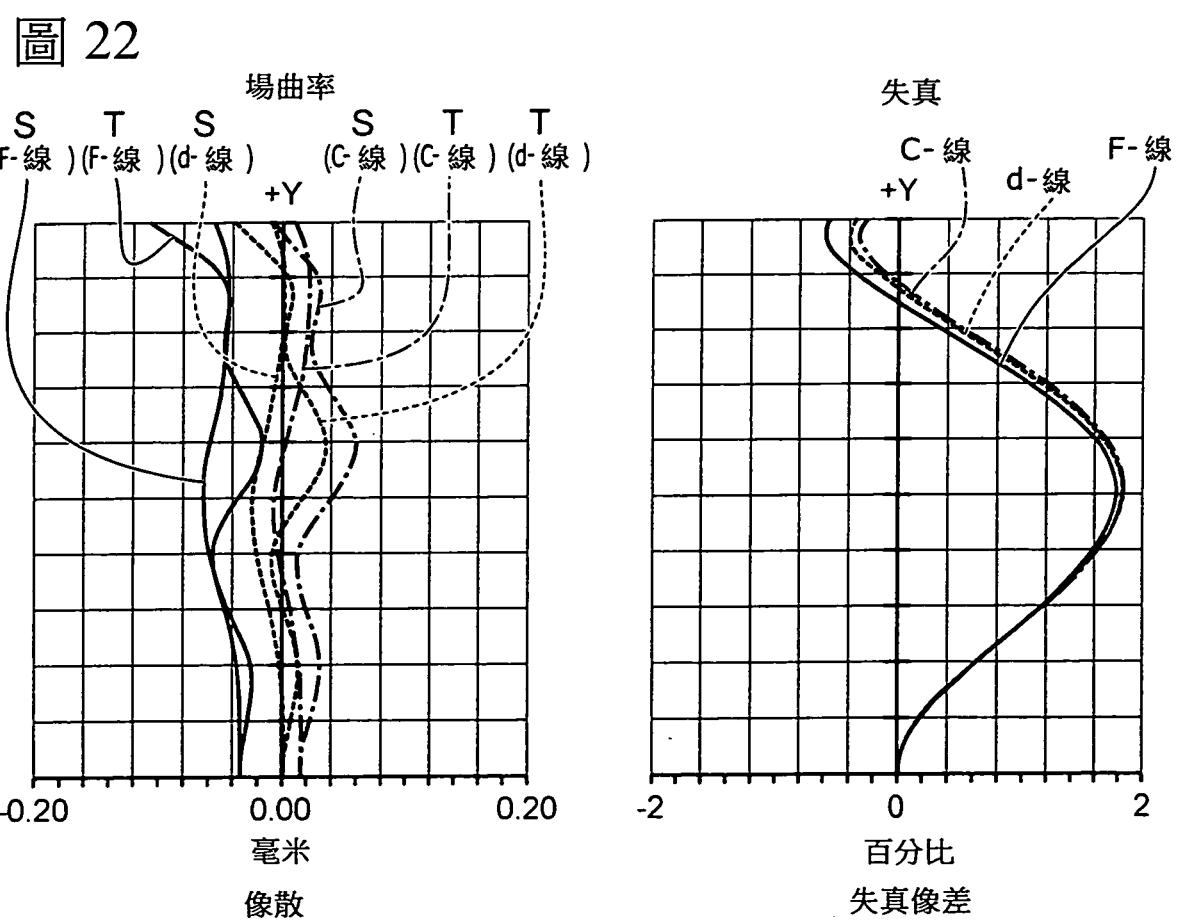
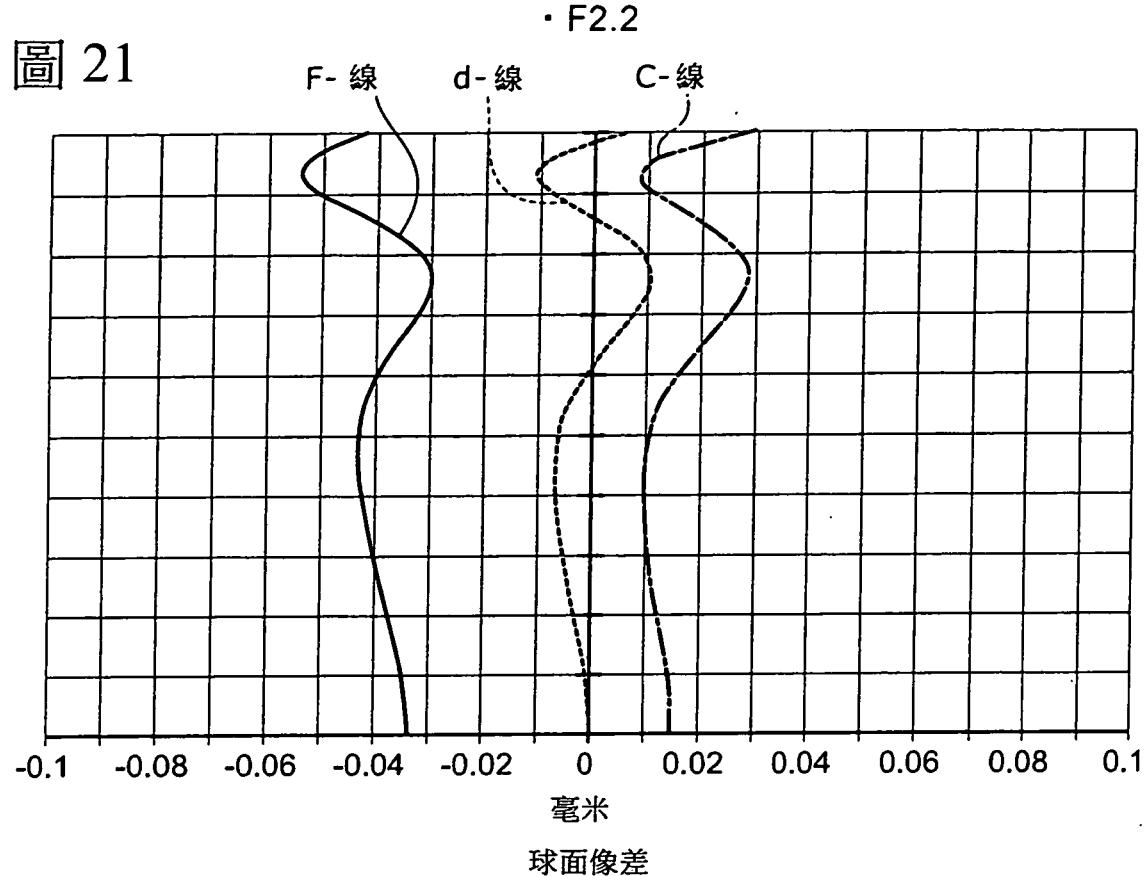


圖 20



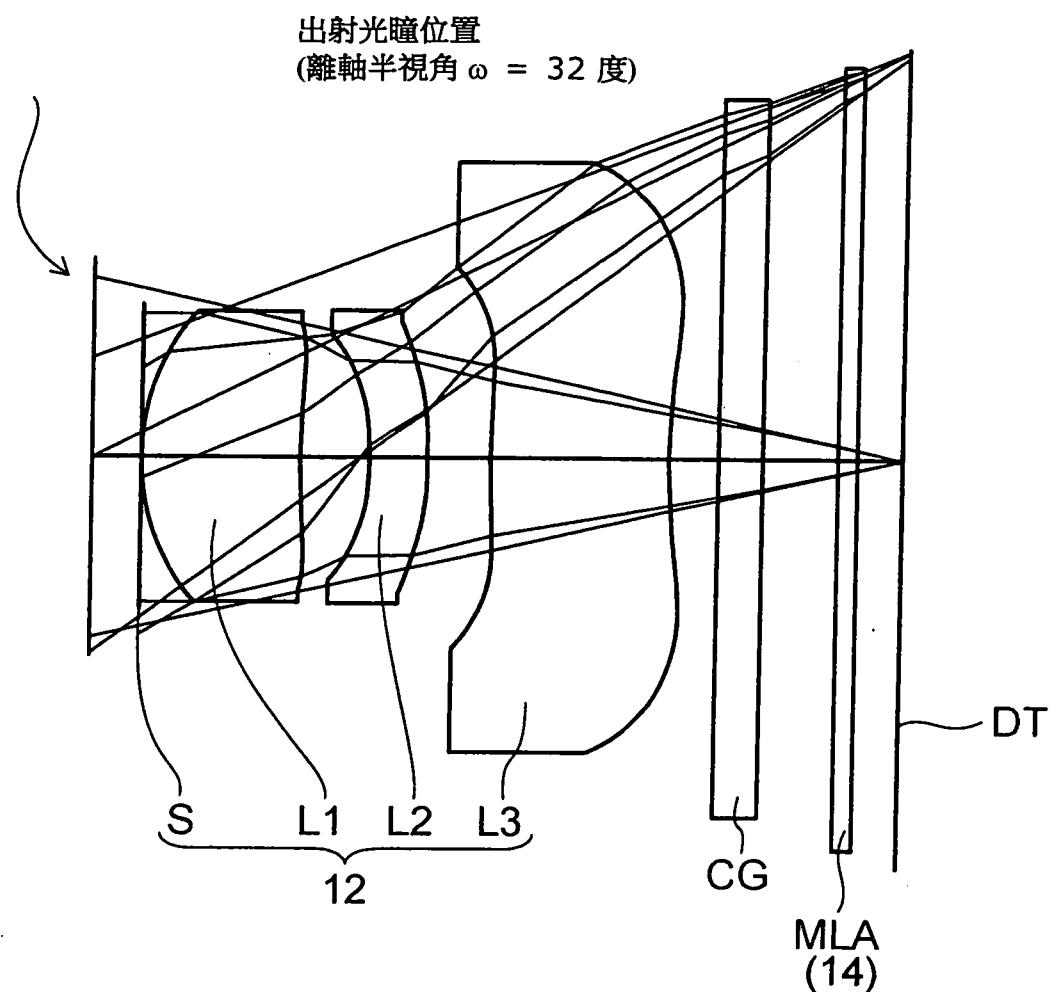
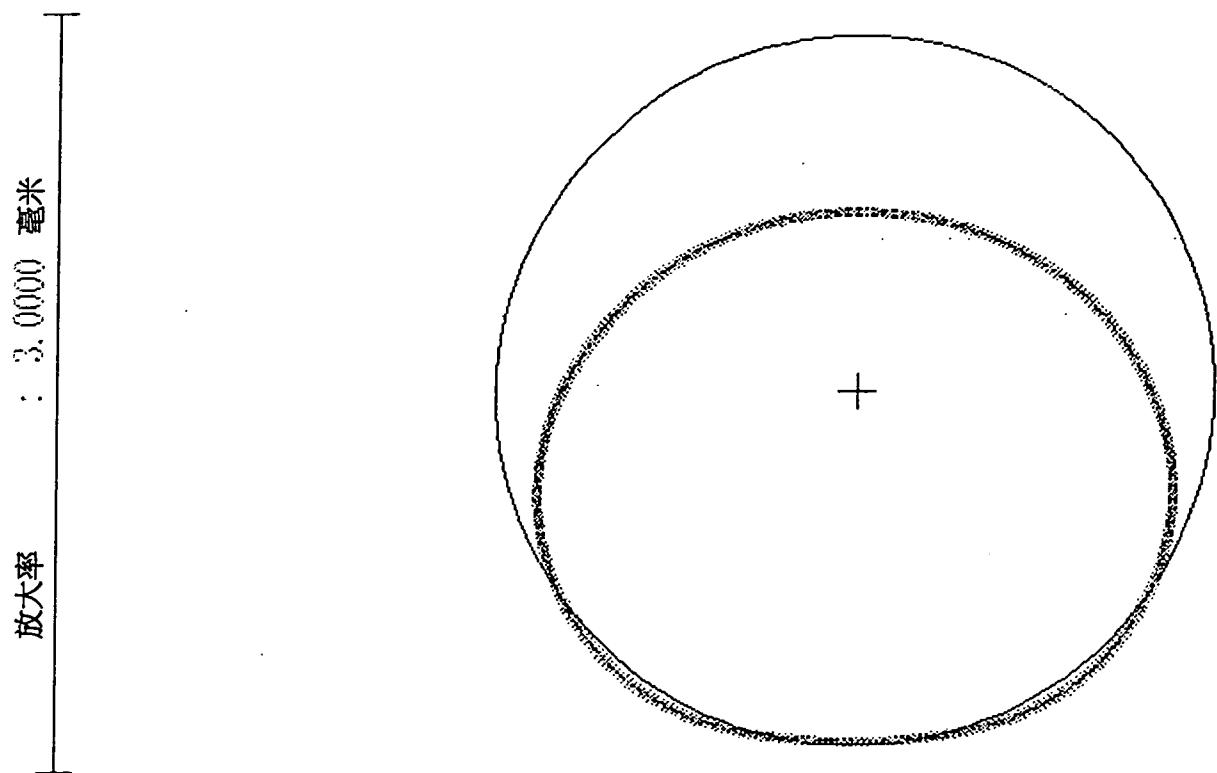


圖 23



光射線X最小值 = -1.2432 光射線X最大值 = 1.2432

光射線Y最小值 = -1.3917 光射線Y最大值 = 0.7090

- $a = 1.2432$ $b = (0.7090 + 1.3917)/2 = 1.05035$

- $\rho = |1 - 1.05035/1.2432| = 0.155$

圖 24

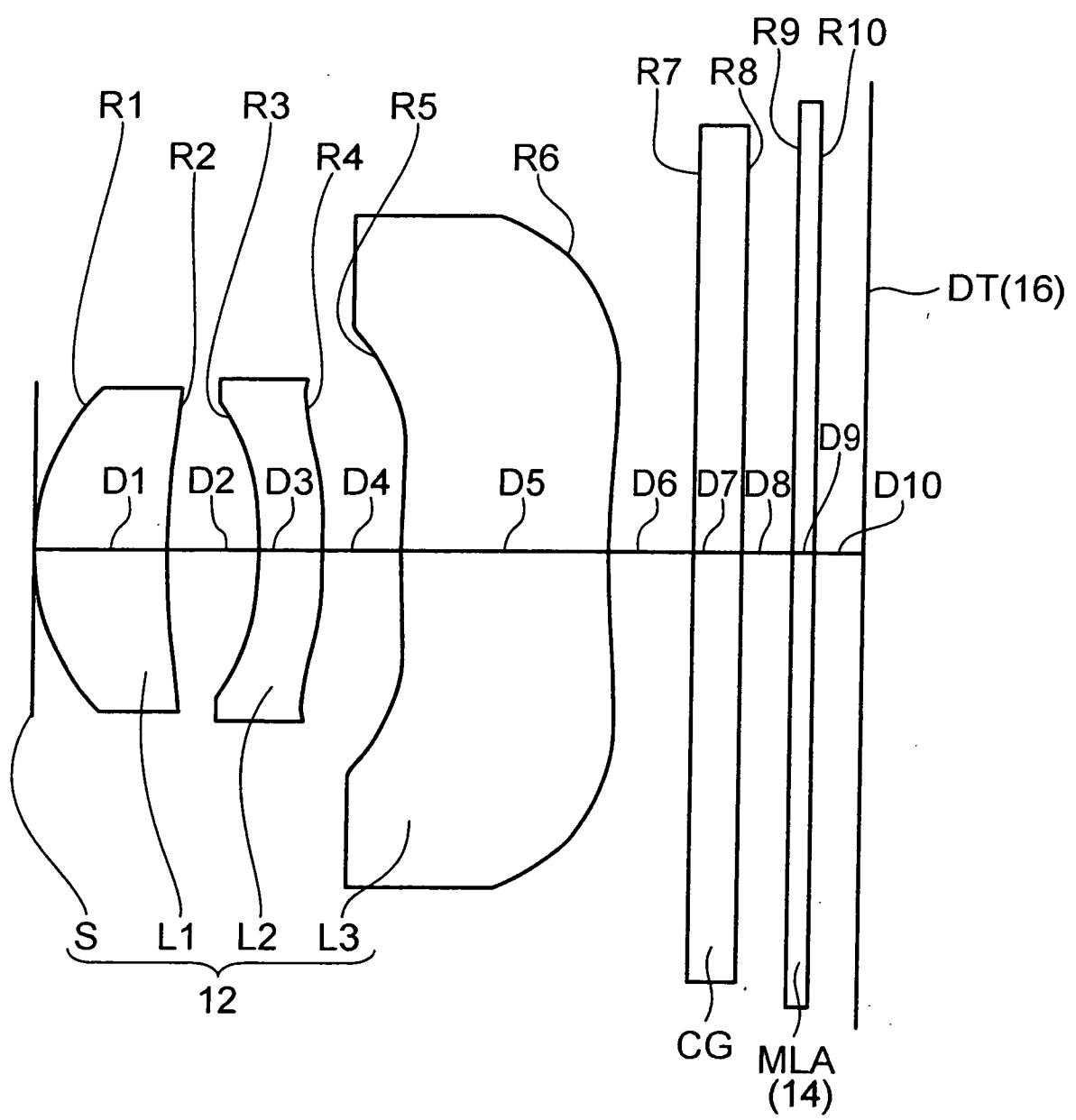


圖 25

• F2.24

圖 26

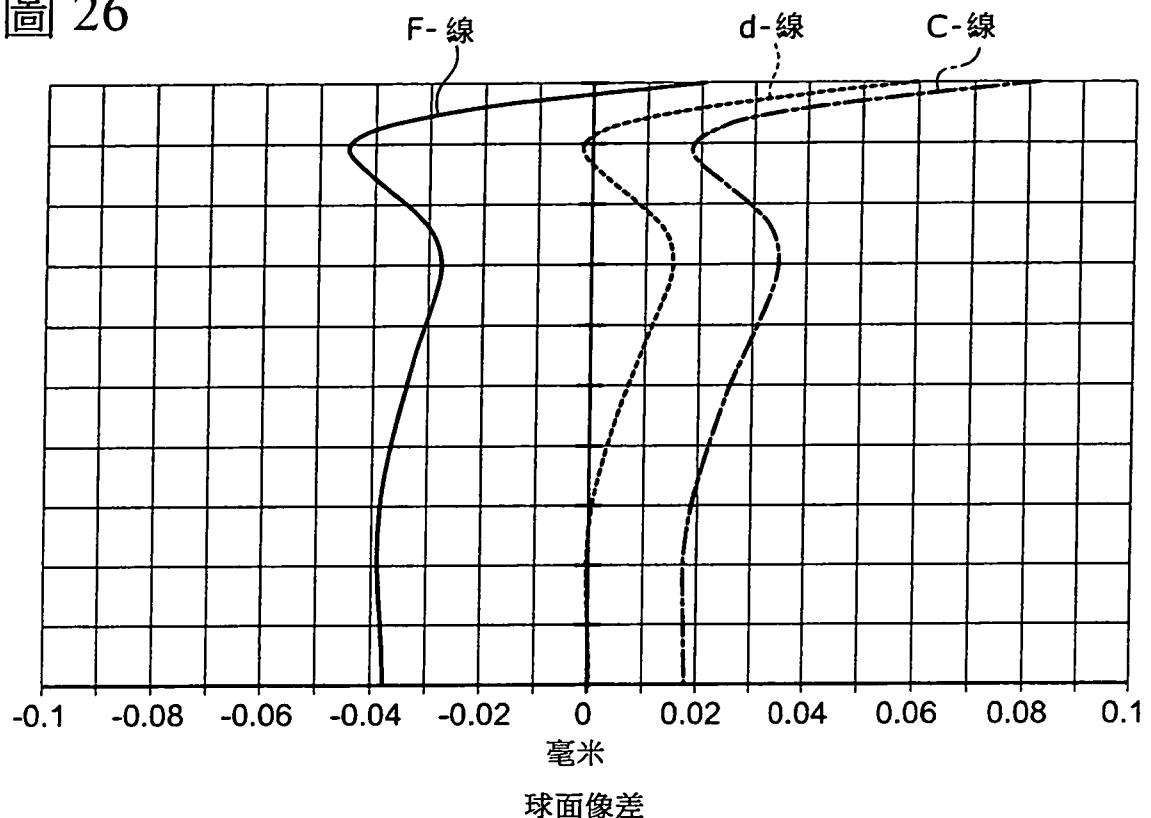
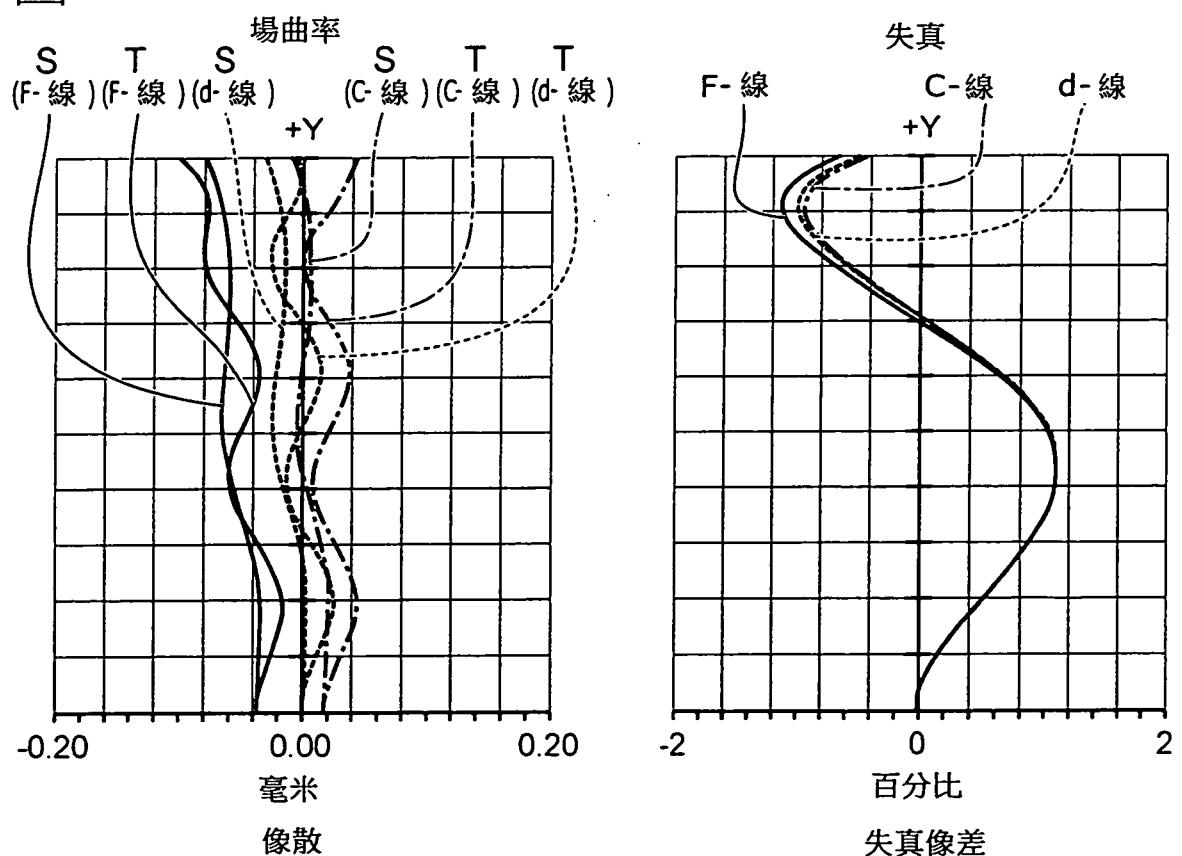


圖 27



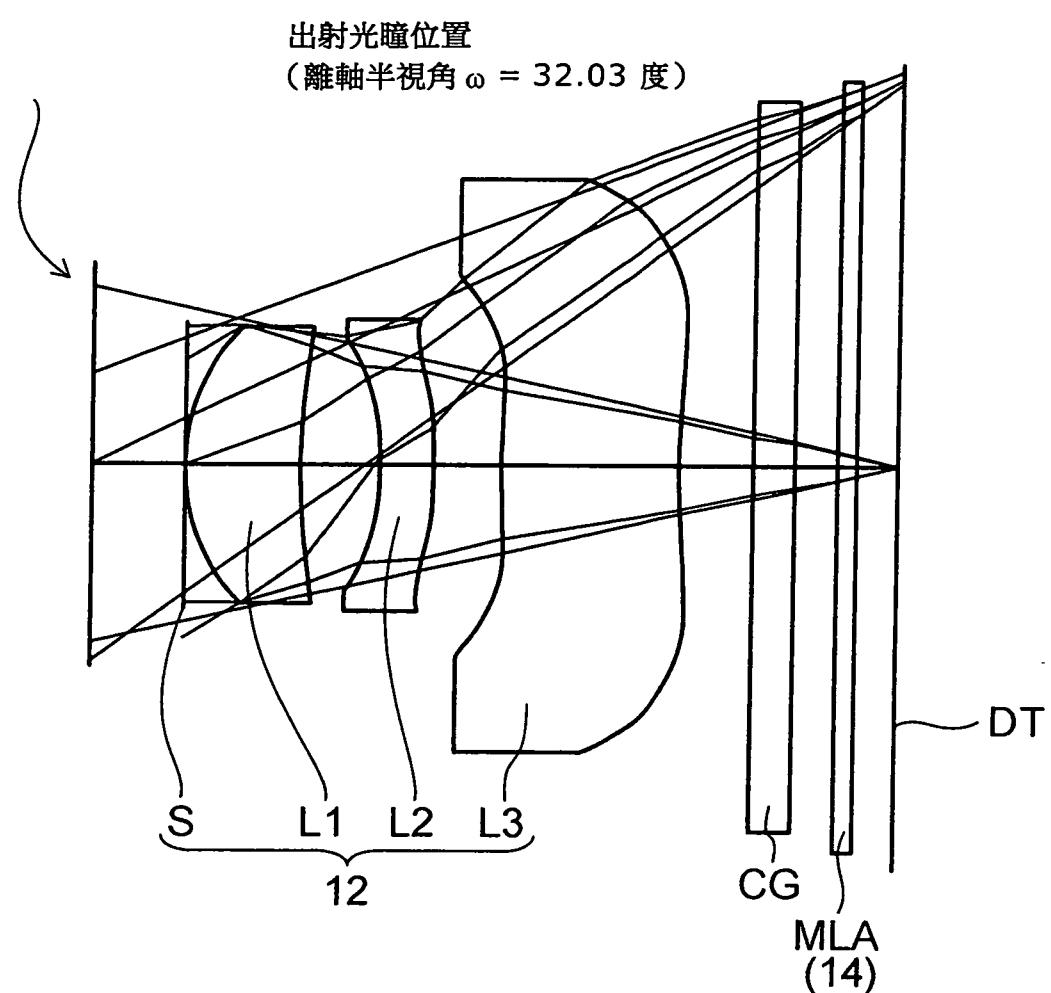
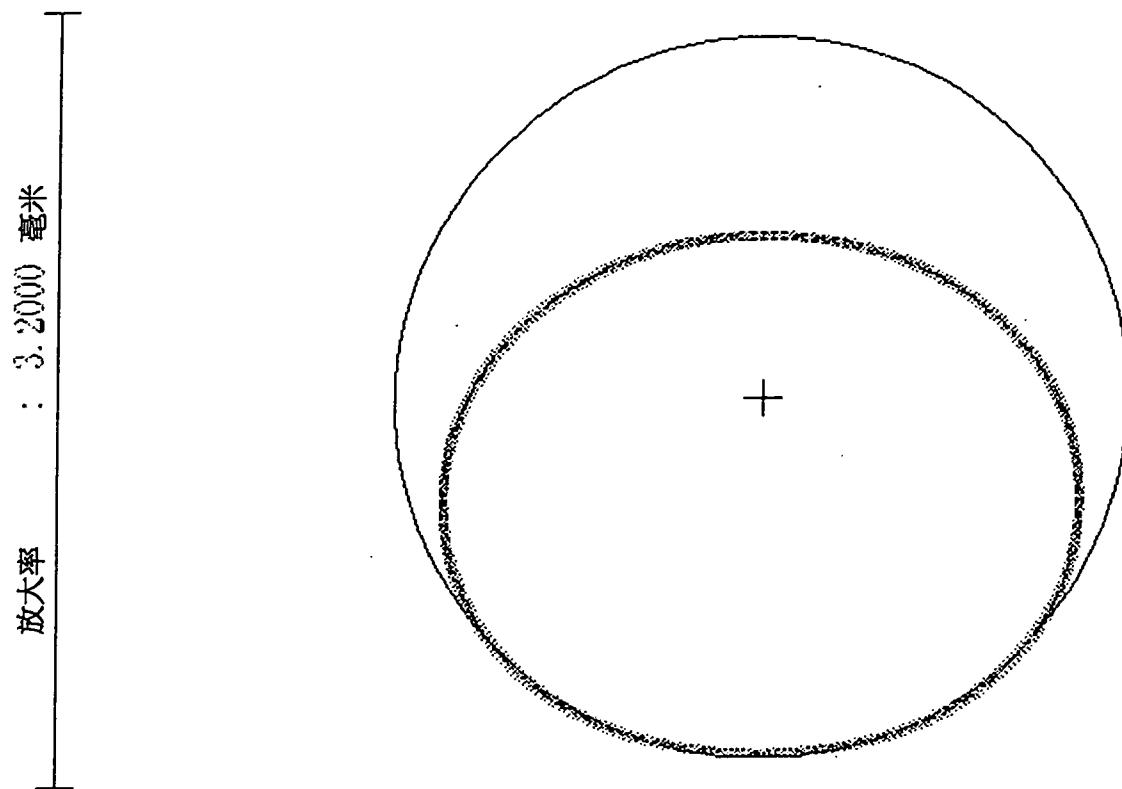


圖 28



光射線X最小值 = -1.2884

光射線Y最小值 = -1.4698

光射線X最大值 = 1.2884

光射線Y最大值 = 0.6706

- $a = 1.2884$ $b = (0.6706 + 1.4698) / 2 = 1.0702$
- $\rho = |1 - 1.0702 / 1.2884| = 0.169$

圖 29

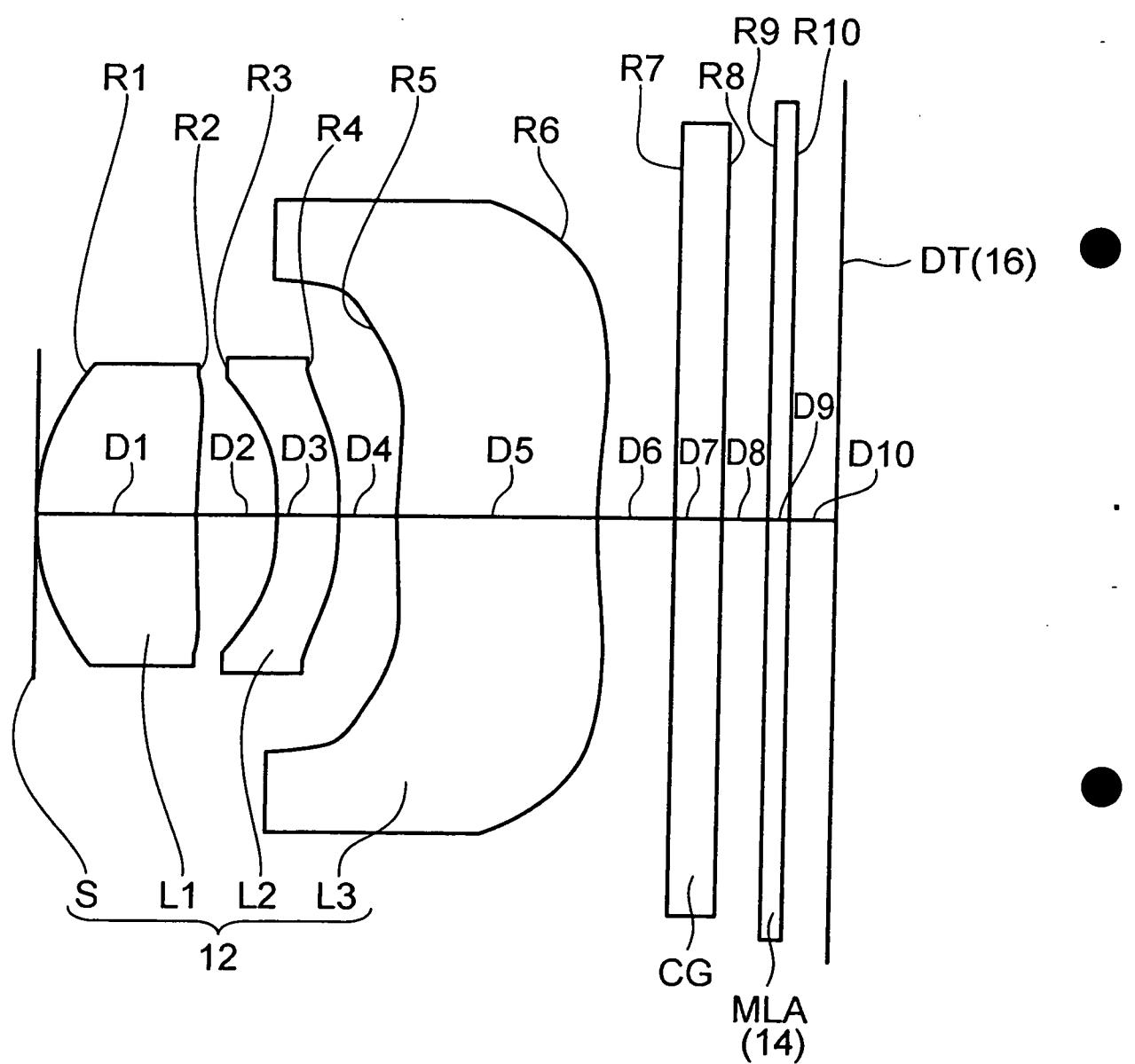


圖 30

• F2.24

圖 31

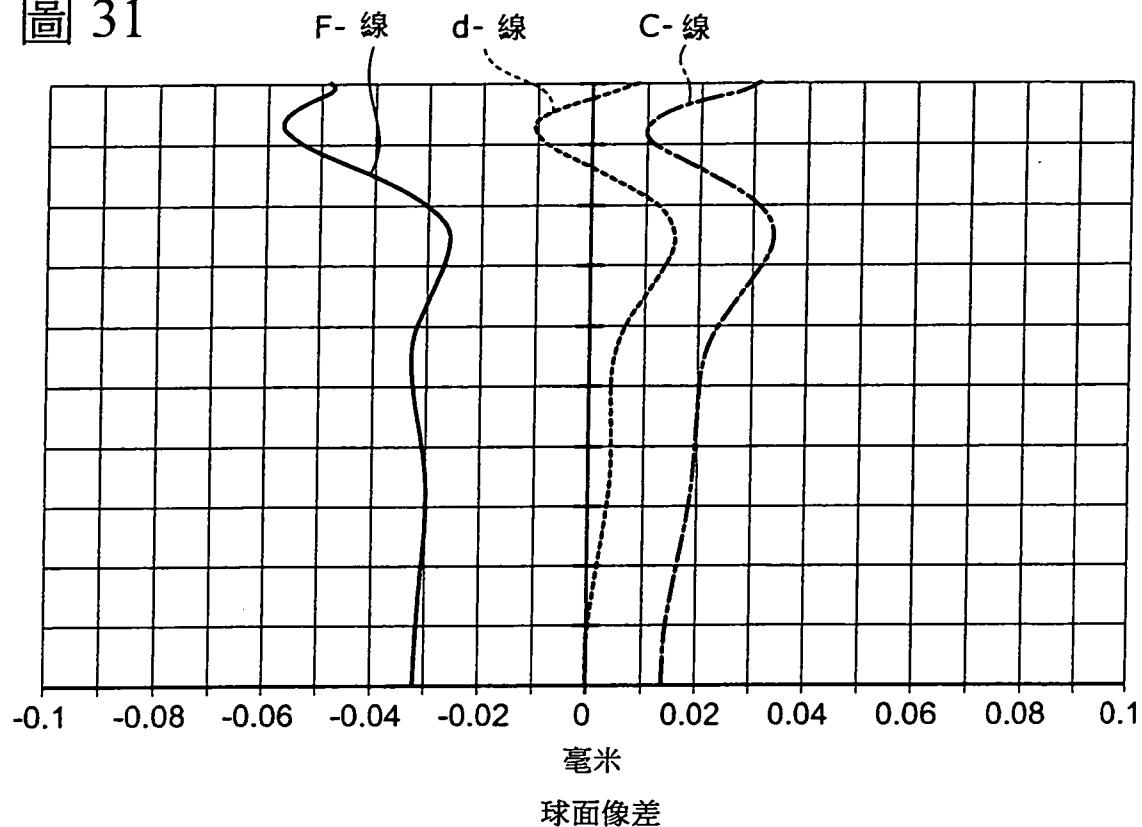
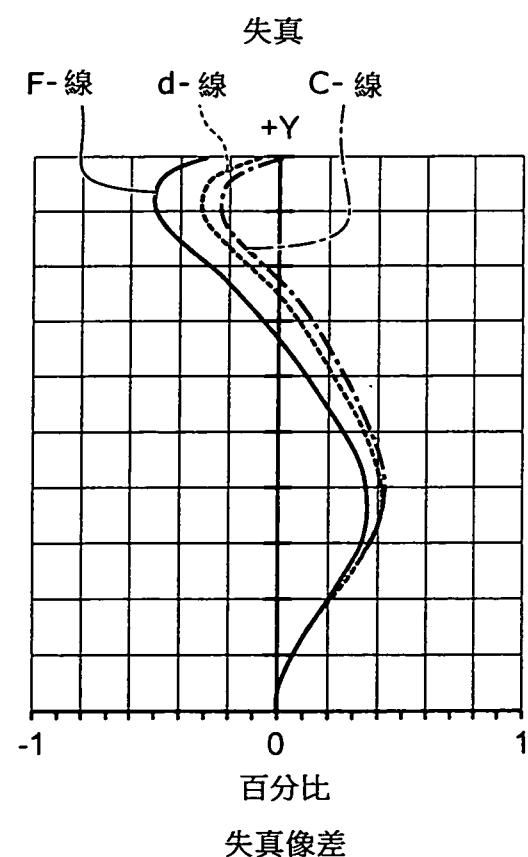
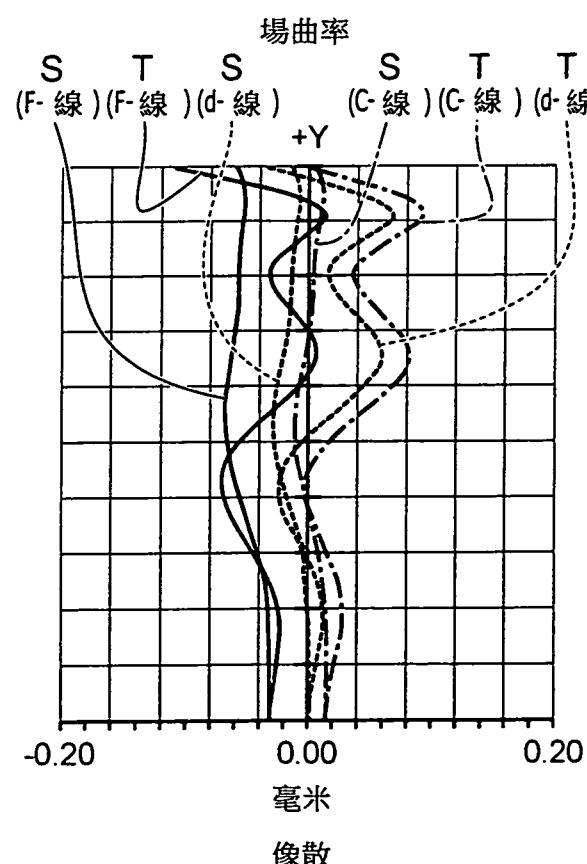


圖 32



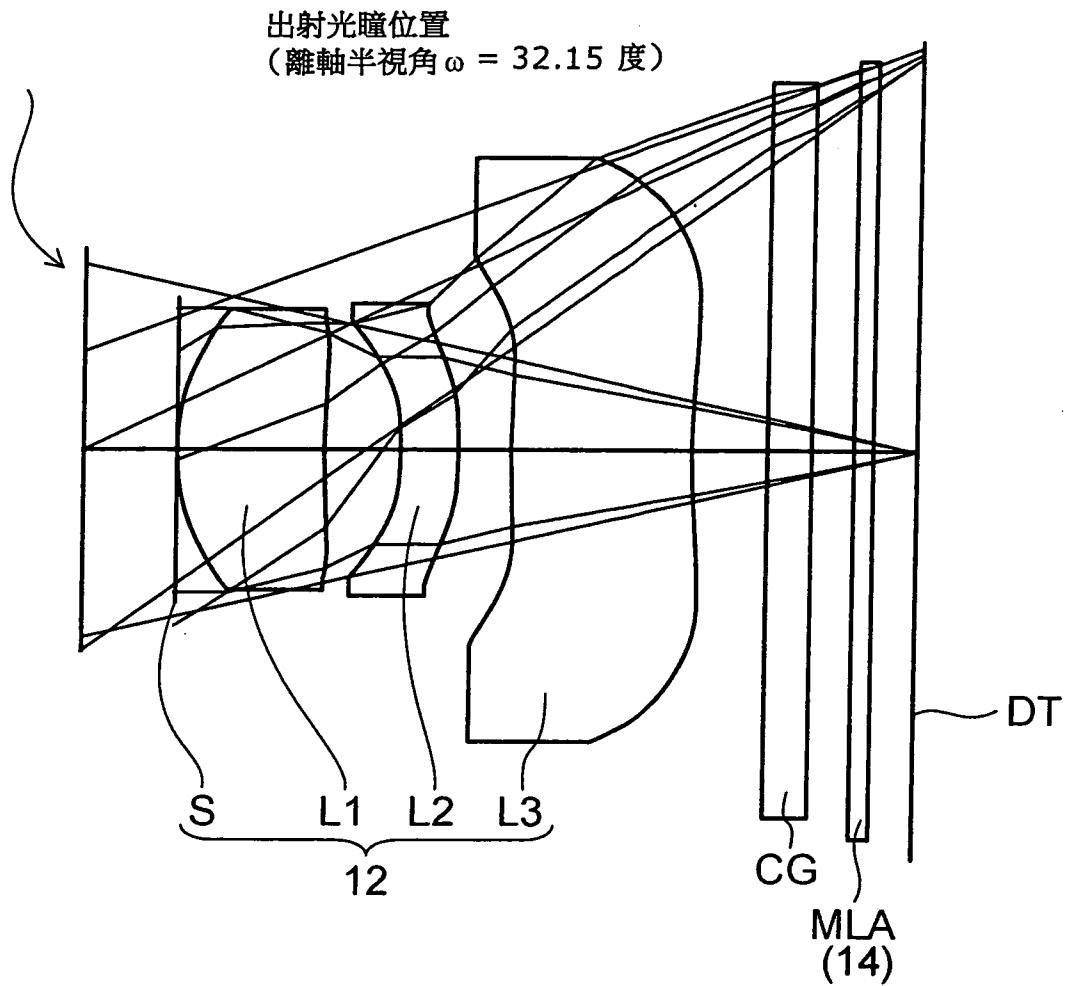
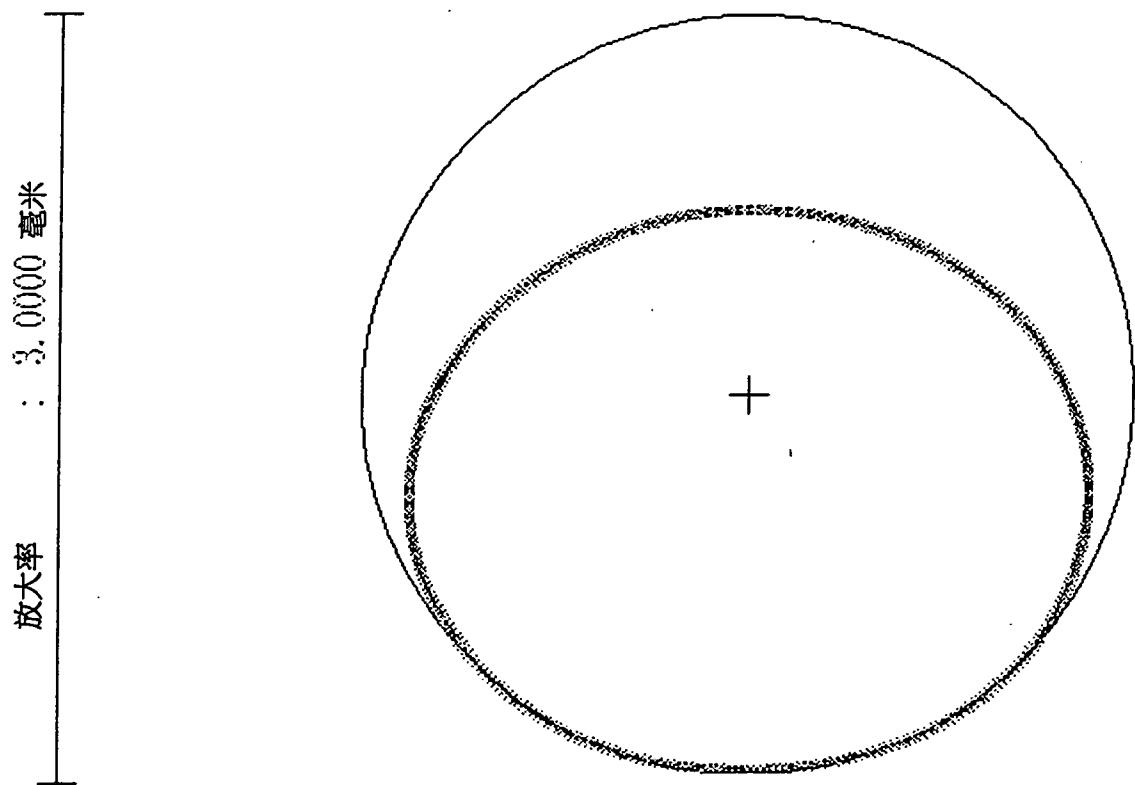


圖 33



光射線X最小值 = -1.3061 光射線X最大值 = 1.3061

光射線Y最小值 = -1.4657 光射線Y最大值 = 0.7228

- $a = 1.3061$ $b = (0.7228 + 1.4657)/2 = 1.09425$
- $\rho = |1 - 1.09425/1.3061| = 0.162$

圖 34

I534465

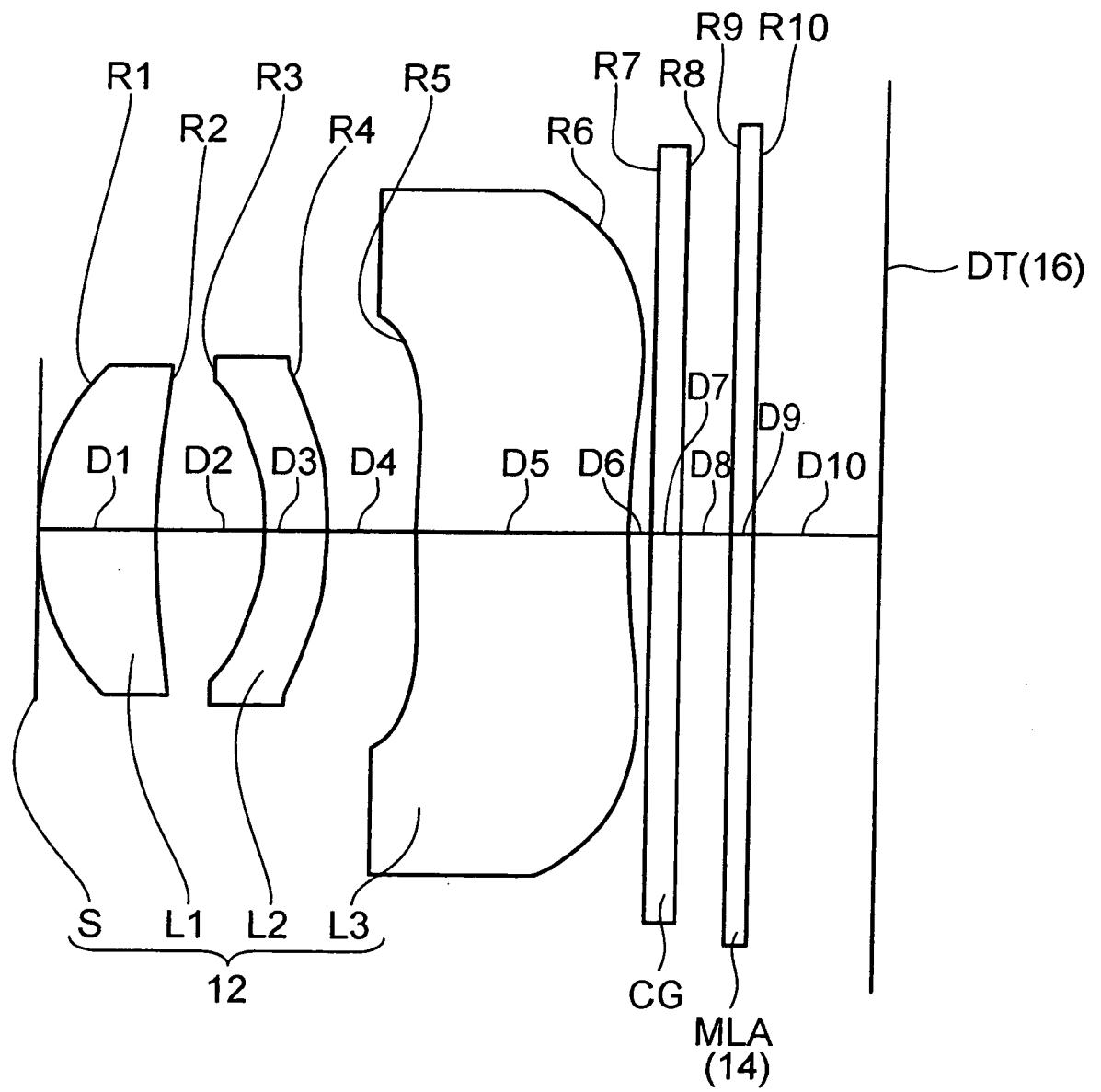


圖 35

圖 36

• F2.19

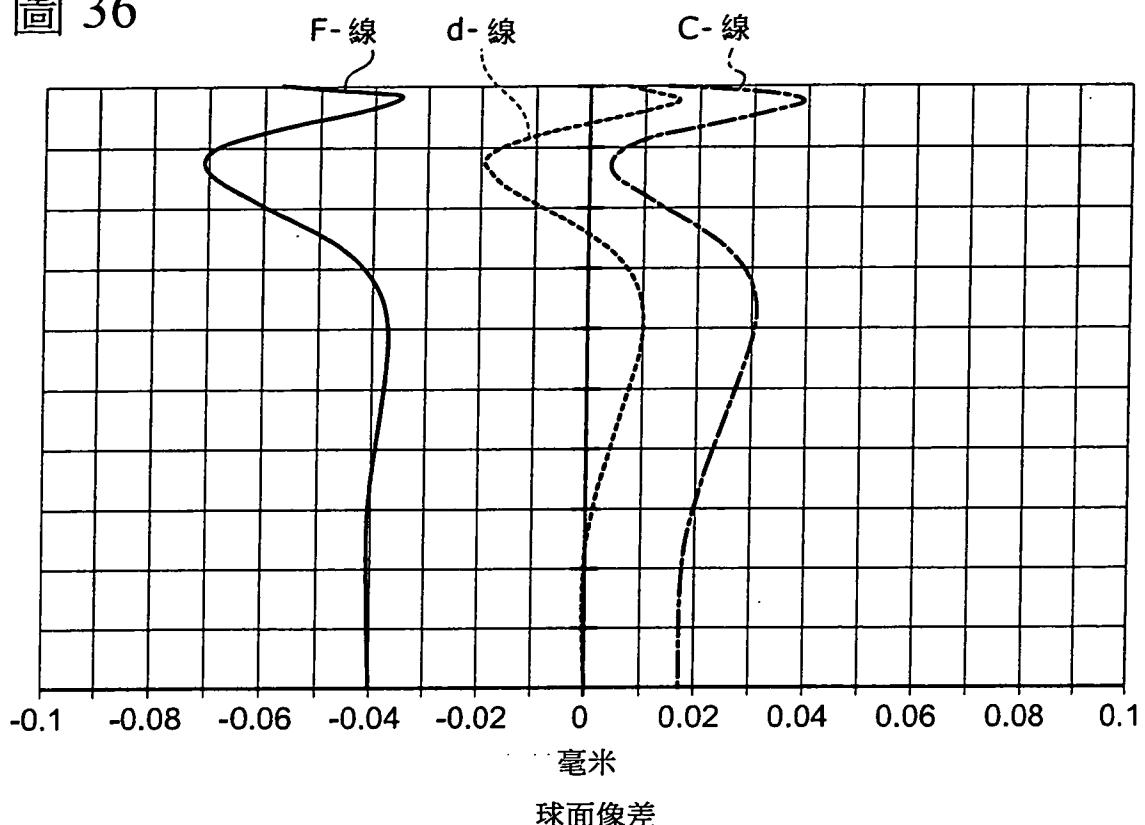
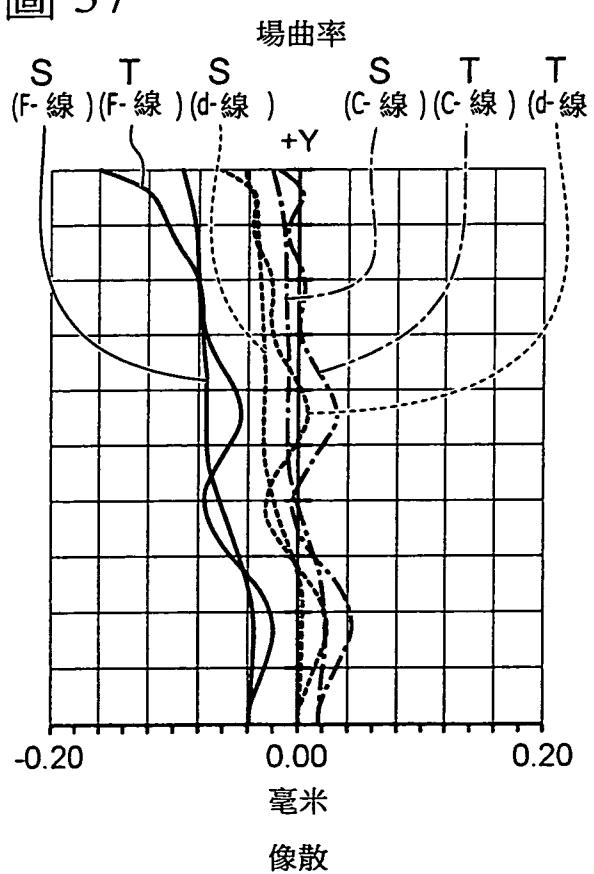
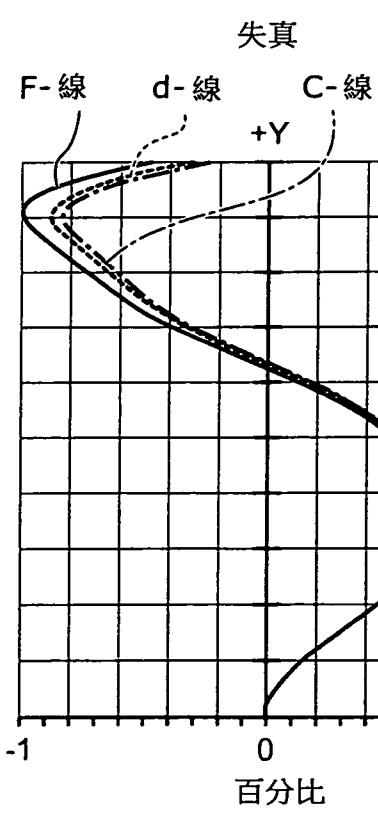


圖 37



球面像差



失真像差

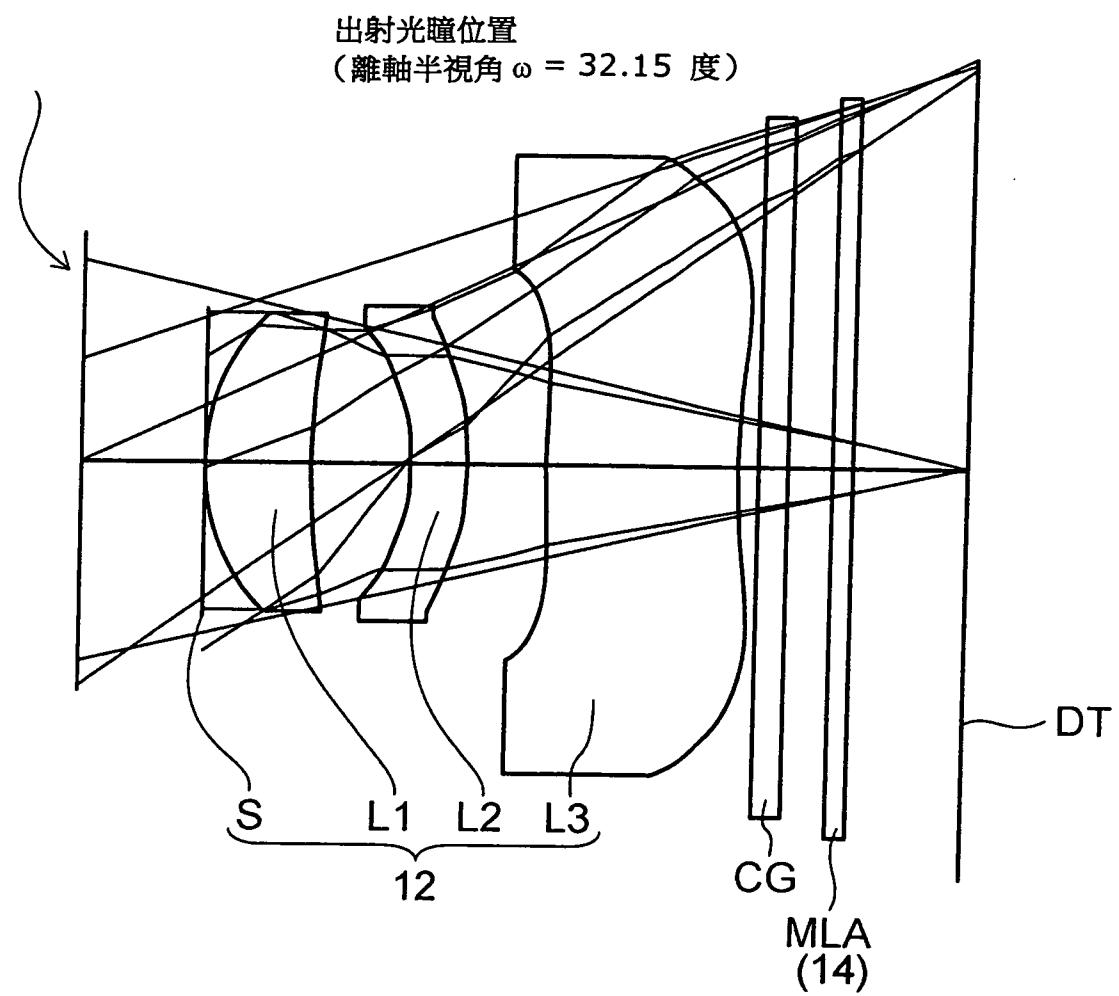
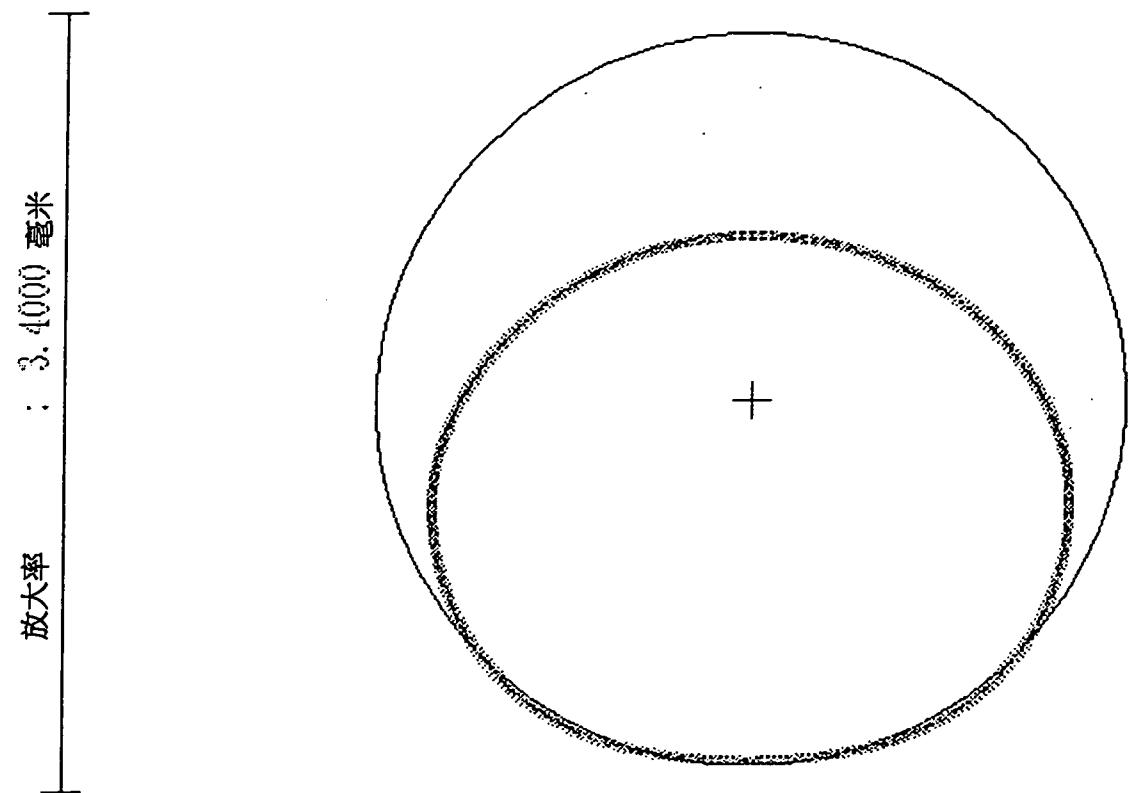


圖 38



光射線X最小值 = -1.3621

光射線X最大值 = 1.3621

光射線Y最小值 = -1.5788

光射線Y最大值 = 0.7192

- $a = 1.3621$
- $b = (0.7192 + 1.5788)/2 = 1.149$
- $\rho = |1 - 1.149/1.3621| = 0.1564$

圖 39