

**發明專利說明書** 200530653

(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：93133502

※ 申請日期：93.11.3

※IPC 分類：G02B 7/4

**一、發明名稱：**(中文/英文)

三元件光學系統

A THREE ELEMENT OPTICAL SYSTEM

**二、申請人：**(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商柯達公司

EASTMAN KODAK COMPANY

代表人：(中文/英文)

J 傑佛瑞 豪利

HAWLEY, J. JEFFREY

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國紐約州羅徹斯特市史谷特街343號

343 STATE STREET ROCHESTER, N.Y. 14650, U. S. A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

**三、發明人：**(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 史考特 C 卡哈爾

CAHALL, SCOTT C.

2. 卡爾 F 雷丁

LEIDIG, CARL F.

國 籍：(中文/英文)

1.2. 均美國 U.S.A.

#### 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；2003年11月04日；60/517,242

2. 美國；2004年10月27日；10/974,630

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

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。

## 九、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明一般而言係關於光學元件，且更準確地說，係關於適用於，例如，光敏接收器及/或感測器之具有至少三個透鏡元件之光學系統。

### 【先前技術】

適用於，例如，光敏接收器及/或感測器之光學系統係已知。例如，美國專利第6,560,037號揭示具有一孔徑光闌鄰接透鏡元件之末端表面之單一元件透鏡。然而，例如，由美國專利第6,560,037號所揭示之單一均質透鏡並不會影響在使用很多畫素之感測器上產生最佳解析度所需之光學影像校正度。

具有雙透鏡組或透鏡元件之光學系統亦已知。例如，美國專利US 5,677,798、US 5,812,327、US 6,181,477、US 6,097,551、及美國專利申請案US 2002/0018303中有揭示雙透鏡組或元件反面遠攝設計。一般反面遠攝透鏡構形被描述為當自該透鏡之最末端連續進行至感測器時，第一透鏡組或元件之功率具負電性，而第二透鏡組或元件之功率具正電性之構形。此種配置會使該透鏡系統之後焦點比該焦距還長。該反面遠攝構形為可以使感測器與最接近感測器之透鏡元件之間得到大的空間之設計型式；通常使用該空間以定位額外光學元件，例如，紅外線帶阻濾波器或感測器防護板。此外，反面遠攝透鏡構形有助於減少投射於感測器之斜射線角度之大小。

揭示其它雙透鏡元件設計，其並不具有上述反面遠攝構形。美國專利US 5,251,069、US 6,515,809、及美國專利申請案2003/0016452、2003/0048549為此種由雙組/元件組成之非反面遠攝設計型式之實例。雖然這些最近的設計型式並未具有反面遠攝透鏡之相同一般有利構形，但是其強調其它特點方面，例如，可製性增強、成本減少或更小型的尺寸。在幾乎不需要透鏡後之空間(就厚板而言)或對於投射於感測器之主光線之角度有嚴格限制要求之光學系統中，該非反面遠攝設計型式較佳。然而，使用任何雙組/元件設計型式皆有限制；其影像品質通常不如使用三或更多透鏡組/元件之影像品質。就為一般具有百萬畫素或更高之小型感測器所設計之小型透鏡而言，較佳為可得到適合高之影像解析度之三或更多透鏡元件之設計。

具有至少三種透鏡元件之光學系統亦已知。美國專利US 6,441,971 B2、US 6,282,033、US 6,414,802、US 6,476,982、及日本專利JP2002162561揭示為使用感測器呈象所設計之三及四透鏡元件/組系統，自感測器算起，其孔徑光闌通常位於或接近於透鏡之最末端表面處。

如US 6,282,033、US 6,414,802、US 6,476,982、及JP 2002162561中所揭示之設計通常具有由四或更多個別透鏡元件(其被組裝成具有孔徑為F/4或更小之至少三組)所組成之種類。雖然使用足夠多的光學表面通常可得到優異的影像品質，但是由於需要被製造及組裝之透鏡元件數，與使用較少元件之設計比較，這些設計很昂貴。而且，就特定

應用而言，當使用更多透鏡元件時，很難得到短的總透鏡長度。在比較透鏡設計之短處時之有用靈敏值為總系統長度 $L$ (自最末端之頂點至影像平面之距離)對透鏡 $f_0$ 之有效焦距之比。應用此種度量方法，US 6,282,033揭示一種總系統長度為約8毫米及焦距為約4.5毫米之透鏡。此透鏡總系統長度相對於焦距之比例係稍小於2。而且，US 6,282,033之較佳具體實施例為一種包含全部由具有球形表面之玻璃製成之透鏡之具體實施例。自玻璃製備所有元件之費用高於自樹脂材料大量生產元件之費用。如US 6,476,982及JP2002162561所揭示之設計考慮借助於球形表面以在塑膠透鏡元件上進行像差校正之混合玻璃-塑膠型式。JP2002162561揭示焦距為約5.6毫米及總系統長度稍大於10毫米之透鏡；因此，總系統長度對焦距之比稍低於2。US 6,476,982揭示焦距為約5.7毫米及總系統長度為約7.35毫米，因此，總系統長度對焦距之比為約1.3。如US 6,414,802 B1所揭示之設計係由全部為塑膠元件所組成。所揭示透鏡之總系統長度低如15毫米，其焦距為10毫米；因此，總系統長度對焦距之比為約1.5。部分由於使用許多透鏡元件及不能將該設計壓縮成短長度，所以這些透鏡缺乏可以使總系統長度對焦距比減至最小之區域。

如US 6,441,971所揭示之其它透鏡設計僅由三透鏡元件組成，且其具有相當高之集光孔徑( $F/2.8$ )及廣視野。僅使用三透鏡元件有助於形成比使用更多元件之透鏡還小之設計。US 6,441,971所揭示之設計之總系統長度對焦距之比為

約 1.25。達成此相當短長度之部分原因為透鏡材料之選用。所揭示該設計係在離感測器最末端之位置使用正電功率之玻璃透鏡元件，其折射率大於大多數塑膠及許多玻璃之一般折射率。例如，在所揭示設計中使用  $N_d=1.62041$  之 SK16 或  $N_d=1.80279$  之 C-ZLAF2，然而最常使用之塑膠（例如，丙烯酸及聚苯乙烯）之  $N_d < 1.6$ 。此外，最便宜之玻璃材料種類 BK7 之  $N_d=1.517$ 。當折射率較高時，空氣-材料界面之折射力更大，因此由於通常可減少透鏡厚度，所以有助於更小型系統之設計；然而，此種設計優點之產生必需犧牲該玻璃元件(群)之製造及材料成本之優勢。使用具  $N_d < 1.6$  之便宜塑膠樹膠（例如，丙烯酸、聚碳酸酯）之設計或包含一種使用最便宜玻璃種類（例如，BK7）之透鏡元件之設計通常具有較低總成本。

US 6,441,971 所揭示設計之缺點在於其並不能解決對於許多感測器之功用而言，很重要的一項問題，亦即，使投射於感測器之光線角度明顯縮小之問題。這些設計之角度超過 20 度。基於幾項原因，重要的是減少投射於感測器之光線角度。其中一項原因為減少該投射角度有助於改良感測器上之照明均勻性，致使相對於中央處之各角度可經適當照亮。此外，任何二向色型濾波器（例如，某些紅外線帶阻濾波器）具有可以隨入射角改變之性質；較佳使這些差異減至最低。而且，投射於具有集光透鏡（亦即，微微透鏡陣列）之感測器之斜射線會由於與一畫素上之一個微透鏡有關之光線成為鄰接畫素上之影像而產生問題。

為了克服這些問題，通常較佳儘可能使投射於感測器之全部光線角度儘可能小。通常將此種需求簡化成對最大主光線角度之一項限制。可藉由透鏡出射光瞳位置設定主光線角度。出射光瞳位置接近無限之透鏡可提供接近零之主光線角度，且其通常為遠化透鏡。實際上而言，具有高度遠心性之透鏡有增加複雜性及總長度之傾向。由於這些是許多成像應用(例如，能夠攝影的電話及PDAs)中之主要驅動器，就特定透鏡解決法而言，在其與遠心程度之間必需有一些妥協(雖然較佳使最大主光線角度小於約20度)。

#### 【發明內容】

根據本發明第一方面，自物件側至鏡像側按順序，光學系統包括具有正電功率、新月形形狀、及物件側表面之第一透鏡元件。該第一透鏡元件之物件側表面係凸面朝向物件側。第二透鏡元件具有負電功率、新月形形狀、及物件側表面。該第二透鏡元件之物件側表面係凹面朝向物件側。第三透鏡元件具有正電功率。一孔徑光闌位於第一透鏡元件之物件側之上方或前方。

#### 【實施方式】

本說明文係特別關於形成根據本發明之裝置之部分或可更直接與其合作的元件。必需瞭解未特定顯示或說明之元件可為熟悉本技藝者所熟知之各種型式。

分別在圖1-10、及表1-10中說明本發明之實施方式具體實施例。圖1-10及表1-10中，光學系統10包括沿著光軸15自光學系統10之物件側20至光學系統10之影像側30按順序

排列之三透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$ 。孔徑光闌40位於透鏡元件 $E_1$ 之物件側上，而至少一個擋板50位於透鏡元件 $E_1$ 與 $E_2$ 之間。光敏接收器60(例如，影像感測器或膜)位於透鏡元件 $E_3$ 之影像側上。一額外元件70(例如，覆蓋板及/或濾波器)位於光敏接收器60與透鏡元件 $E_3$ 之間。典型的濾波器包括紅外線帶阻濾波器及/或光線模糊濾波器(例如，低通濾波器、帶通濾波器等等)。光學系統10之各透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$ 之表面半徑 $R$ 於物件側20開始被編號，並在影像側30上結束。在表1-10中，透鏡元件之厚度 $T_n$ 及各透鏡元件間之空間皆被稱為"厚度"，且被列示在同一行上，該行上表面係位於厚度之前。例如，表1之第一厚度等於透鏡元件 $E_1$ 之厚度。同樣，表1之第二厚度等於透鏡元件 $E_1$ 與擋板50間之空間。提供在表1-10中之所有厚度係以毫米表示。所有指數及 $V$ -數(亦稱為阿貝數(Abbe number))係表示於587.6奈米波長下該光譜之氬 $d$ 線。

分別參考圖1及2與表1及2，其係表示第一及第二實施方式具體實施例。光學系統10自物件側20至影像側30包括透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$ 。透鏡元件 $E_1$ 為具有正電功率且其新月形形狀係凸面朝向物件側20之球形單鏡片透鏡元件。透鏡元件 $E_2$ 為具有負電功率且其新月形形狀係凹面朝向物件側20之雙非球形單鏡片透鏡元件。透鏡元件 $E_3$ 為具有正電功率之球形單鏡片透鏡元件。

孔徑光闌40位於透鏡元件 $E_1$ 之物件側表面上。或者，孔徑光闌40之位置可以與透鏡元件 $E_1$ 之物件側表面控一定距

離隔開。擋板 50(例如，光線漸暈孔徑)位於透鏡元件  $E_1$  與  $E_2$  之間。或者，擋板 50 可位於透鏡  $E_1$  及  $E_2$  中任一個或兩者之表面上。

透鏡元件  $E_1$ 、 $E_2$ 、及  $E_3$  分別自玻璃、樹脂材料(例如、塑膠)、及樹脂材料製成。然而，亦可使用其它材料組合。例如，透鏡元件  $E_1$ 、 $E_2$ 、及  $E_3$  可分別自玻璃、樹脂材料、及玻璃製成。或者，透鏡元件  $E_1$ 、 $E_2$ 、及  $E_3$  可分別自樹脂材料、樹脂材料、及玻璃製成。透鏡元件  $E_1$ 、 $E_2$ 、及  $E_3$  各可自樹脂材料製成。當使用樹脂材料時，該樹脂材料可以是玻璃轉移溫度 ( $T_g$ )  $> 300^\circ\text{F}$  之種類。亦可以在任一種或全部透鏡元件  $E_1$ 、 $E_2$ 、及  $E_3$  中使用奈米複合光學材料。

圖 1 及 2 與表 1 及 2 中分別描述之光學系統 10 在物空間中之半視野為至少 25 度；相對孔徑小於  $f/4$ ；最大折射率小於 1.60。此外，光學系統 10 可滿足  $L/f_0 < 1.25$  之條件，其中  $L$  為自最末端頂點至影像面之總系統長度，而  $f_0$  為透鏡之有效焦距。

透鏡  $E_1$ 、 $E_2$ 、及 / 或  $E_3$  可以自很低色散性之材料(例如，Abbe V-數 ( $V_d$ )  $> 65$ ) 製成。例如，在圖 2 及表 2 中所示之實施方式具體實施例中，透鏡元件  $E_1$  為球形，且自很低色散性材料 (Abbe V-數 ( $V_d$ )  $> 65$ ，且更佳 Abbe V-數 ( $V_d$ )  $> 80$ ) 製成。雖然與圖 1 及表 1 所示之具體實施例類似，很低色散性材料用於透鏡元件  $E_1$  之用途可改良光學系統 10 之多向色性。

參考圖 3 及表 3，其係顯示第三實施方式具體實施例。光學系統 10 自物件側 20 至影像側 30 包括透鏡元件  $E_1$ 、 $E_2$ 、及

$E_3$ 。透鏡元件 $E_1$ 為具有正電功率，且其新月形形狀之凸面朝向物件側20之雙非球形單鏡片透鏡元件。透鏡元件 $E_2$ 為具有負電功率，且其新月形形狀之凹面朝向物件側20之球形單鏡片透鏡元件。透鏡元件 $E_3$ 為具有正電功率之非球形單鏡片透鏡元件。

孔徑闌40位於透鏡元件 $E_1$ 之物件側表面上。或者，孔徑闌40可以以一定距離與透鏡元件 $E_1$ 之物件側表面隔開。擋板50(例如，光線漸暈孔徑)位於透鏡元件 $E_1$ 與 $E_2$ 之間。或者，擋板50可位於透鏡元件 $E_1$ 及 $E_2$ 之任一個或兩者之表面上。

透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$ 分別自樹脂材料(例如、塑膠)、樹脂材料及樹脂材料製成。然而，亦可使用其它材料組合。例如，透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$ 可分別自樹脂材料、玻璃、樹脂材料製成。當使用樹脂材料時，該樹脂材料可以是玻璃轉移溫度( $T_g$ ) $>300^\circ\text{F}$ 之種類。亦可以在任一種或全部透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$ 中使用奈米複合光學材料。或者，透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及/或 $E_3$ 可以自很低色散性材料(例如，Abbe V-數( $V_d$ ) $>65$ )製成。

圖3表3中分別描述之光學系統10在物空間中之半視野為至少25度；相對孔徑小於 $f/4$ ；最大折射率小於1.60。此外，光學系統10可滿足 $L/f_0 < 1.25$ 之條件，其中 $L$ 為自最末端頂點至影像面之總系統長度，而 $f_0$ 為透鏡之有效焦距。

分別參考圖4及5與表4及5，其係顯示第四及第五實施方式具體實施例。光學系統10自物件側20至影像側30包括透

鏡元件  $E_1$ 、 $E_2$ 、及  $E_3$ 。透鏡元件  $E_1$  為具有正電功率，且其新月形形狀之凸面朝向物件側 20 之雙非球形單鏡片透鏡元件。透鏡元件  $E_2$  為具有負電功率，且其新月形形狀之凹面朝向物件側 20 之雙非球形單鏡片透鏡元件。透鏡元件  $E_3$  為具有正電功率之球形單鏡片透鏡元件。

孔徑闌 40 位於透鏡元件  $E_1$  之物件側表面上。或者，孔徑闌 40 可以以一定距離與透鏡元件  $E_1$  之物件側表面隔開。擋板 50 (例如，光線漸暈孔徑) 位於透鏡元件  $E_1$  與  $E_2$  之間。或者，擋板 50 可位於透鏡元件  $E_1$  及  $E_2$  之任一個或兩者之表面上。

透鏡元件  $E_1$ 、 $E_2$ 、及  $E_3$  分別自樹脂材料 (例如、塑膠)、樹脂材料、及樹脂材料製成。然而，亦可使用其它材料組合。例如，透鏡元件  $E_1$ 、 $E_2$ 、及  $E_3$  可分別自樹脂材料、樹脂材料、及玻璃製成。亦可以在任一種或全部透鏡元件  $E_1$ 、 $E_2$ 、及  $E_3$  中使用奈米複合光學材料。或者，透鏡元件  $E_1$ 、 $E_2$ 、及 / 或  $E_3$  可以自很低色散性材料 (例如，Abbe V-數 ( $V_d$ )  $> 65$ ) 製成。

圖 4 及 5 與表 4 及 5 中分別描述之光學系統 10 在物空間中之半視野為至少 25 度；相對孔徑小於  $f/4$ ；最大折射率小於 1.60。此外，光學系統 10 可滿足  $L/f_0 < 1.25$  之條件，其中  $L$  為自最末端頂點至影像面之總系統長度，而  $f_0$  為透鏡之有效焦距。

當使用樹脂材料時，該樹脂材料可以是玻璃轉移溫度 ( $T_g$ )  $> 300^\circ\text{F}$  之種類。例如，在圖 5 及表 5 中所示之實施方式具

體實施例中，全部三透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$ 由玻璃轉移溫度( $T_g$ ) $>300^\circ\text{F}$ 之樹脂材料製成，因此可進行高溫組裝操作、貯存、或使用。

分別參考圖6、7、及8與表6、7、及8，其係顯示第六、第七、及第八實施方式具體實施例。光學系統10自物件側20至影像側30包括透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$ 。透鏡元件 $E_1$ 為具有正電功率，且其新月形形狀之凸面朝向物件側20之非球形單鏡片透鏡元件。透鏡元件 $E_1$ 之任一處或兩處表面可以呈非球形。透鏡元件 $E_2$ 為具有負電功率，且其新月形形狀之凹面朝向物件側20之非球形單鏡片透鏡元件。透鏡元件 $E_2$ 之任一處或兩處表面可以呈非球形。透鏡元件 $E_3$ 為具有正電功率之非球形單鏡片透鏡元件。透鏡元件 $E_3$ 之任一處或兩處表面可以呈非球形。

孔徑闌40位於透鏡元件 $E_1$ 之物件側表面上。或者，孔徑闌40可以以一定距離與透鏡元件 $E_1$ 之物件側表面隔開。擋板50(例如，光線漸暈孔徑)位於透鏡元件 $E_1$ 與 $E_2$ 之間。或者，擋板50可位於透鏡元件 $E_1$ 及 $E_2$ 之任一個或兩者之表面上。

透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$ 各自樹脂材料(例如，塑膠)製成。當使用樹脂材料時，該樹脂材料可以是玻璃轉移溫度( $T_g$ ) $>300^\circ\text{F}$ 之種類。亦可以在任一種或全部透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$ 中使用奈米複合光學材料。或者，透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及/或 $E_3$ 可以自很低色散性材料(例如，Abbe V-數( $V_d$ ) $>65$ )製成。

圖 6、7 及 8 與表 6、7 及 8 中分別描述之光學系統 10 在物空間中之半視野為至少 25 度；相對孔徑小於  $f/4$ ；最大折射率小於 1.60。此外，光學系統 10 可滿足  $L/f_0 < 1.25$  之條件，其中  $L$  為自最末端頂點至影像面之總系統長度，而  $f_0$  為透鏡之有效焦距。

分別再參考圖 1-8 及表 1-8，光學系統 10 之各實施方式具體實施例自透鏡元件  $E_1$  之物件側表面至光敏接收器 60 之總系統長度  $L$  為約 6 毫米，且這些實例之有效焦距  $f_0$  各為約 5 毫米，因此其  $L/f_0$  比小於 1.20。各實施方式具體實施例之半視野為至少 28 度，且  $F/2.8$  或更快，並在角落之相對照明度為該影像中央之照明度之約 50% (或更高)，其最大畸變量小於 4%，並迫使於光敏接收器 10 或感測器平面之最大主光射角度小於約 20 度 (相對於感測器面之法線而言)。

參考圖 9 及表 9，其係顯示第九實施方式具體實施例。光學系統 10 自物件側 20 至影像側 30 包括透鏡元件  $E_1$ 、 $E_2$ 、及  $E_3$ 。透鏡元件  $E_1$  為具有正電功率，且其新月形形狀之凸面朝向物件側 20 之非球形單鏡片透鏡元件。在本具體實施例中，透鏡元件  $E_1$  之影像側表面呈非球形；然而，透鏡元件  $E_1$  之任一表面皆可以呈非球形。透鏡元件  $E_2$  為具有負電功率，且其新月形形狀之凹面朝向物件側 20 之雙非球形單鏡片透鏡元件。透鏡元件  $E_3$  為具有正電功率之非球形單鏡片透鏡元件。在本具體實施例中，透鏡元件  $E_3$  之影像側表面呈非球形；然而，透鏡元件  $E_3$  之任一表面皆可呈非球形。

孔徑闌 40 以一定距離與透鏡元件  $E_1$  之物件側表面隔開。

或者，孔徑闌40可以位於透鏡元件 $E_1$ 之物件側表面上。擋板(群)50(例如，光線漸暈孔徑)位於透鏡元件 $E_1$ 及 $E_2$ 之間。或者，擋板50可位於透鏡元件 $E_1$ 及 $E_2$ 中任一種或兩種之表面上。另一擋板(群)50(例如，光線漸暈孔徑及/或眩光闌)位於透鏡元件 $E_2$ 之影像側表面上。或者，該擋板(群)50可位於透鏡元件 $E_2$ 與 $E_3$ 之間，或在透鏡元件 $E_3$ 之表面上。

透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 及 $E_3$ 各自樹脂材料(例如，塑膠)製成。當使用樹脂材料時，該樹脂材料可以是玻璃轉移溫度( $T_g$ ) $>300^\circ\text{F}$ 之種類。亦可以在透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$ 中使用奈米複合光學材料。或者，透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及/或 $E_3$ 可以自很低色散性材料(例如，Abbe V-數( $V_d$ ) $>65$ )製成。

圖9及表9中所描述之光學系統10在物空間中之半視野為至少25度；相對孔徑小於 $f/4$ ；最大折射率小於1.60。此外，光學系統10可滿足 $L/f_0 < 1.25$ 之條件，其中 $L$ 為自最遠頂點至影像面之總系統長度，而 $f_0$ 為透鏡之有效焦距。光學系統10自孔徑光闌40至光敏接收器60之總系統長度 $L$ 為約6.3毫米，且有效焦距 $f_0$ 為約5.3毫米，因此， $L/f_0$ 之比小於1.20。本實施方式具體實施例之半視野為至少29度， $F/2.8$ 或更快，且在角落之相對照明度為於該影像中央之照明度之約50% (或更高)，其最大畸變量小於4%，且可迫使於光敏接收器10或感測器面之最大主光線角度小於約22度(相對於感測器面之法線而言)。

參考圖10及表10，其係顯示第十實施方式具體實施例。光學系統10自物件側20至影像側30包括透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、

及 $E_3$ 。透鏡元件 $E_1$ 為具有正電功率，且其新月形形狀之凸面朝向物件側20之非球形單鏡片透鏡元件。在本具體實施例中，透鏡元件 $E_1$ 之影像側表面呈非球形；然而，透鏡元件 $E_1$ 之任一表面皆可以呈非球形。透鏡元件 $E_2$ 為具有負電功率，且其新月形形狀之凹面朝向物件側20之雙非球形單鏡片透鏡元件。透鏡元件 $E_3$ 為具有正電功率之非球形單鏡片透鏡元件。在本具體實施例中，透鏡元件 $E_3$ 之影像側表面呈非球形；然而，透鏡元件 $E_3$ 之任一表面皆可呈非球形。

孔徑闌40以一定距離與透鏡元件 $E_1$ 之物件側表面隔開。或者，孔徑闌40可以位於透鏡元件 $E_1$ 之物件側表面上。擋板(群)50(例如，光線漸暈孔徑)位於透鏡元件 $E_1$ 及 $E_2$ 之間。或者，擋板50可位於透鏡元件 $E_1$ 及 $E_2$ 中任一種或兩種之表面上。另一擋板(群)50(例如，光線漸暈孔徑及/或眩光闌)位於透鏡元件 $E_2$ 之影像側表面上。或者，該擋板(群)50可位於透鏡元件 $E_2$ 與 $E_3$ 之間，或在透鏡元件 $E_3$ 之表面上。

透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 及 $E_3$ 各自樹脂材料(例如，塑膠)製成。當使用樹脂材料時，該樹脂材料可以是玻璃轉移溫度( $T_g$ ) $>300^\circ\text{F}$ 之種類。亦可以在透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$ 中使用奈米複合光學材料。或者，透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及/或 $E_3$ 可以自很低色散性材料(例如，Abbe V-數( $V_d$ ) $>65$ )製成。

圖10及表10中所描述之光學系統10在物空間中之半視野為至少25度；相對孔徑小於 $f/4$ ；最大折射率小於1.60。此外，光學系統10可滿足 $L/f_0 < 1.25$ 之條件，其中 $L$ 為自最遠頂點至影像面之總系統長度，而 $f_0$ 為透鏡之有效焦距。光學系

統10自孔徑光闌40至光敏接收器60之總系統長度 $L$ 為約7.13毫米，且有效焦距 $f_0$ 為約6.0毫米，因此， $L/f_0$ 之比小於1.20。本實施方式具體實施例之半視野為至少30度， $F/2.8$ 或更快，且在角落之相對照明度為於該影像中央之照明度之約50% (或更高)，其最大畸變量小於4%，且可迫使於光敏接收器10或感測器面之最大主光線角度小於約22度(相對於感測器面之法線而言)。

分別再參考圖1-10及表1-10，各該實施方式具體實施例中所描述之各球形透鏡元件係自低指數材料( $N_d < 1.6$ )製成。因此。各球形元件可以自光學玻璃或樹脂材料製成，且這些元件僅產生很小的曲線變化，而光學系統10之其它透鏡元件仍維持固定(若必要)。因此，可以使用，例如，雙玻璃球形透鏡元件及一塑膠透鏡元件製成光學系統10之原型。然後，在製造時，可以使用球形塑膠元件取代該雙玻璃球形透鏡元件，且其它光學元件(群)並未改變，所安裝硬體(機桶、隔片等等)有極小或完全沒有改變。

使用此種方法，若必要可以於製造壽命週期之任一時間利用光學玻璃元件或塑膠樹脂元件之獨特優點在光學系統10之各具體實施例之間轉換以使額外成本減至最低。通常，就玻璃而言，主要優點為1)更具熱安定性之設計、2)不昂貴的原型、及3)可更快製造原型。就塑膠樹脂而言，其主要優點為1)不昂貴的大量製造設計及2)重量較輕之設計。

光學系統10之具有非球形表面(群)之透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及/或 $E_3$ 通常係自樹脂材料製成。或者，這些元件可以自玻璃

製成；然而，成本的問題會妨礙此種製法。若必要，光學系統10之具有球形表面(群)之透鏡元件 $E_1$ 、 $E_2$ 、及/或 $E_3$ 可以自低指數玻璃或樹脂材料製成。

適合之光敏接收器60包括，例如，電荷耦合裝置(CCDs)及互補金屬氧化物感測器(CMOS)。而且，可調整上述光學系統10以便與這些具有主動對角線大小小於約8毫米之光敏接收器(感測器)產生作用。或者，可以使上述光學系統10按比例增大或減小以便與具有較大或較小主動對角線大小之光敏接收器(感測器)產生作用。

上述光學系統10本身適用於各種膜及/或電子成像應用。光學系統10特別適用於消費性行動成像應用，例如，可攝影之行動電話及個人數位助理器(PDAs)

圖11-20分別為圖1-10及表1-10所述具體實施例之直通焦點MTF標繪圖，其呈多向色性(於0.35處為486奈米，於1.00處為538奈米，於0.50處為597奈米)。所顯示該MTF圖為每毫米33個線對。

雖然已特別參考特定較佳具體實施例詳細說明本發明，但是可瞭解只需不違背本發明範圍，可以有變異及修飾。

表 1

表面	清楚孔徑	半徑	厚度	$N_d$	$V_d$
OBJ	INF	INF	INF		
1	0.899(1)	1.484628	1.0480	1.517	64.2
2	0.701	3.87226	0.2052		
3	0.670(2)	PLANO	0.8341		
4	0.841	-1.050646(3)	0.6998	1.590	30.8
5	1.334	-1.709228(3)	0.0808		
6	2.305	4.370839	1.4786	1.530	55.9
7	2.403	22.94755	1.2229		
8	2.645	PLANO	0.4060	1.517	64.2
9	2.703	PLANO	0.0250		
10	2.709	PLANO			

註：

1) 孔徑 闌

2) 光線 漸 暈 孔 徑

3) 由 垂 度 方 程 式 說 明 之 非 球 形 表 面：

$$X(Y) = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14} + JY^{16}$$

表面4	C=-0.951795 k= 0.000000	D= 0.74240079E-02 E= 0.10314786E00 F=-0.28038367E00 G=-0.93836004E-01	H=0.5618976E00 I= 0.16700731E00 J=-0.90214939E00
表面5	C=-0.585059 k= 0.000000	D= 0.48190457E-01 E=-0.26627216E-01 F= 0.16146376E-01 G= 0.51990544E-02	H=-0.29898661E-02 I=-0.2458555E-02 J= 0.10958537E-02

表 2

表面	清楚孔徑	半徑	厚度	$N_d$	$V_d$
OBJ	INF	INF	INF		
1	0.893(1)	1.476838	1.0756	1.497	81.6
2	0.702	4.122071	0.1710		
3	0.680(2)	PLANO	0.8626		
4	0.842	-0.9384097(3)	0.6563	1.590	30.8
5	1.294	-1.458057(3)	0.0989		
6	2.239	4.379582	1.3959	1.530	55.9
7	2.340	22.64364	1.3088		
8	2.620	PLANO	0.4060	1.517	64.2
9	2.690	PLANO	0.0250		
10	2.700	PLANO			

註：

1) 孔徑闌

2) 光線漸暈孔徑

3) 由垂度方程式說明之非球形表面：

$$X(Y) = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14} + JY^{16}$$

表面4      C=-1.065633      D= 0.90752938E-01      H= 0.10958098E00  
                  k= 0.000000      E=-0.75719461E-01      I= -0.11614418E00  
    F= 0.15407556E00      J=-0.88493986E-01  
    G=-0.89984897E-02

表面5      C=-0.685844      D= 0.58081303E-01      H=-0.26990959E-02  
                  k= 0.000000      E=-0.18125923E-01      I=-0.3983865E-02  
    F= 0.20405245E-01      J= 0.18216606E-02  
    G=0.75292315E-02

表 3

表面	清楚孔徑	半徑	厚度	N <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>
OBJ	INF	INF	INF		
1	0.919(1)	1.376075(3)	1.2964	1.530	55.9
2	0.702	2.472313(3)	0.2841		
3	0.700(2)	PLANO	0.5129		
4	0.874	-1.421446	0.7083	1.590	30.8
5	1.394	-3.015075	0.0929		
6	2.190	3.894110(3)	1.8301	1.530	55.9
7	2.560	-100.1805(3)	0.8372		
8	2.689	PLANO	0.4060	1.517	64.2
9	2.718	PLANO	0.0250		
10	2.721	PLANO			

註：

1) 孔徑闌

2) 光線漸暈孔徑

3) 由垂度方程式說明之非球形表面：

$$X(Y) = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14} + JY^{16}$$

表面1	C=0.7497196	D=0.00000000	H=0.00000000
	k=0.1708289	E=0.00000000	I=0.00000000
		F=0.00000000	J=0.00000000
		G=0.00000000	
表面2	C=0.4153024	D= 0.97584476E-01	H=0.00000000
	k=6.5910530	E=-0.41616868E00	I=0.00000000
		F= 0.11126273E01	J=0.00000000
		G=-0.87165891E00	
表面6	C=0.2567981	D= 0.21889224E-02	H=0.00000000
	k=-8.2623730	E=-0.28440338E-03	I=0.00000000
		F= 0.58408327E-04	J=0.00000000
		G=-0.23654137E-04	
表面7	C=-0.0099923	D= 0.47131521E-02	H=0.00000000
	k=0.0000000	E=-0.24283270E-02	I=0.00000000
		F= 0.27429091E-03	J=0.00000000
		G=-0.24515189E-04	

表 4

表面	清楚孔徑	半徑	厚度	$N_d$	$V_d$
OBJ	INF	INF	INF		
1	0.891(1)	1.359797(3)	0.9992	1.530	55.9
2	0.714	2.439054(3)	0.2824		
3	0.710(2)	PLANO	0.7366		
4	0.865	-1.103848(3)	0.7315	1.590	30.8
5	1.316	-1.60816(3)	0.0791		
6	2.106	4.776113	1.4501	1.530	55.9
7	2.263	20.49335	1.2851		
8	2.606	PLANO	0.4060	1.517	64.2
9	2.693	PLANO	0.0250		
10	2.703	PLANO			

註：

1) 孔徑闌

2) 光線漸暈孔徑

3) 由垂度方程式說明之非球形表面：

$$X(Y) = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14} + JY^{16}$$

表面1	C=0.735404	D=0.00000000	H=0.00000000
	k=0.201923	E=0.00000000	I=0.00000000
		F=0.00000000	J=0.00000000
		G=0.00000000	
表面2	C=0.409995	D=0.00000000	H=0.00000000
	k=6.603307	E=0.00000000	I=0.00000000
		F=0.00000000	J=0.00000000
		G=0.00000000	
表面4	C=-0.905922	D=0.00000000	H=0.00000000
	k=0.1618255	E=0.00000000	I=0.00000000
		F=0.00000000	J=0.00000000
		G=0.00000000	
表面5	C=-0.6218287	D=0.00000000	H=0.00000000
	k=-0.3796216	E=0.00000000	I=0.00000000
		F=0.00000000	J=0.00000000
		G=0.00000000	

表 5

表面	清楚孔徑	半徑	厚度	N <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>
OBJ	INF	INF	INF		
1	0.885(1)	1.359797(3)	0.9992	1.530	56.0
2	0.713	2.439054(3)	0.2824		
3	0.710(2)	PLANO	0.7366		
4	0.866	-1.103848(3)	0.7315	1.560	32.0
5	1.314	-1.60816(3)	0.0791		
6	2.090	4.776113	1.4501	1.530	56.0
7	2.248	20.49335	1.2150		
8	2.574	PLANO	0.4060	1.517	64.2
9	2.664	PLANO	0.0250		
10	2.673	PLANO			

註：

1) 孔徑 闌

2) 光線 漸 暈 孔 徑

3) 由 垂 度 方 程 式 說 明 之 非 球 形 表 面：

$$X(Y) = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14} + JY^{16}$$

表面1	C=0.735404 k=0.201923	D=0.00000000 E=0.00000000 F=0.00000000 G=0.00000000	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000
表面2	C=0.409995 k=6.603307	D=0.00000000 E=0.00000000 F=0.00000000 G=0.00000000	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000
表面4	C=-0.905922 k=0.1618255	D=0.00000000 E=0.00000000 F=0.00000000 G=0.00000000	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000
表面5	C=-0.6218287 k=-0.3796216	D=0.00000000 E=0.00000000 F=0.00000000 G=0.00000000	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000

表 6

表面	清楚孔徑	半徑	厚度	$N_d$	$V_d$
OBJ	INF	INF	INF		
1	0.912(1)	1.372571(3)	1.1998	1.530	55.9
2	0.702	2.521081(3)	0.2651		
3	0.700(2)	PLANO	0.6574		
4	0.875	-1.180721	0.8072	1.590	30.8
5	1.395	-1.900876(3)	0.0979		
6	2.222	4.776188(3)	1.5097	1.530	55.9
7	2.530	-100.073(3)	0.9695		
8	2.688	PLANO	0.4060	1.517	64.2
9	2.721	PLANO	0.0250		
10	2.724	PLANO			

註：

1) 孔徑 闌

2) 光線漸暈孔徑

3) 由垂度方程式說明之非球形表面：

$$X(Y) = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14} + JY^{16}$$

表面1	C=0.7285598 k=0.1488323	D=0.00000000 E=0.00000000 F=0.00000000 G=0.00000000	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000
表面2	C=0.3966552 k=5.7201660	D= 0.7911972E-01 E=-0.30868440E00 F= 0.89123850E00 G=-0.68632905E00	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000
表面5	C=0.5260732 k=0.0000000	D=0.94505070E-02 E=0.85824134E-04 F=0.68959484E-03 G=0.54915085E-03	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000
表面6	C= 0.2093720 k=-5.7449510	D= 0.10169544E-02 E=-0.29482389E-03 F= 0.70745860E-04 G=-0.23252482E-04	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000
表面7	C=-0.0099927 k= 0.0000000	D= 0.4427226E-02 E=-0.21136467E-02 F= 0.21423077E-03 G=-0.24599791E-04	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000

表 7

表面	清楚孔徑	半徑	厚度	N <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>
OBJ	INF	INF	INF		
1	0.927(1)	1.662800	1.1590	1.530	55.9
2	0.774	5.720000(3)	0.2000		
3	0.752(2)	PLANO	0.7570		
4	0.897	-1.078370(3)	0.6980	1.590	30.8
5	1.366	-1.541550(3)	0.0850		
6	2.440(2)	8.132540	1.6720	1.530	55.9
7	2.752	-13.63016(3)	1.2700		
8	3.040	PLANO	0.4000	1.517	64.2
9	3.103	PLANO	0.0250		
10		PLANO			

註：

1) 孔徑 闌

2) 光線 漸 暈 孔 徑

3) 由 垂 度 方 程 式 說 明 之 非 球 形 表 面：

$$X(Y) = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14} + JY^{16}$$

表面2	C= 0.1748252 k=19.206420	D= -.10243737E-01 E=-0.92708580E-02 F=-0.12141643E-01 G=-0.47005287E-02	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000
表面4	C=-0.9273255 k= 0.0000000	D= 0.44252743E-01 E= 0.68139433E-01 F= 0.24501737E-01 G=-0.59331288E-01	H=0.35363612E-03 I=0.35807664E-01 J=0.00000000
表面5	C=-0.6486977 k= 0.0000000	D= 0.59612810E-01 E= 0.16783025E-01 F= 0.1574746E-01 G=-0.30817803E-02	H=-0.3108184E-02 I=0.15326313E-02 J=0.00000000
表面7	C=0.07336671 k=0.0000000	D=-0.18042455E-01 E= 0.14764062E-02 F=-0.17633960E-03 G= 0.70521326E-05	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000

表 8

表面	清楚孔徑	半徑	厚度	N <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>
OBJ	INF	INF	INF		
1	0.927(1)	1.662800	1.1590	1.530	55.9
2	0.774	5.720000(3)	0.2000		
3	0.752(2)	PLANO	0.7570		
4	0.873	-1.078370(3)	0.6980	1.590	30.8
5	1.310(2)	-1.541550(3)	0.0850		
6	2.462	8.132540	1.6720	1.530	55.9
7	2.751(2)	-13.63016(3)	1.2700		
8	3.041	PLANO	0.4000	1.517	64.2
9	3.103	PLANO	0.0250		
10		PLANO			

註：

1) 孔徑 闌

2) 光線 漸 暈 孔 徑

3) 由 垂 度 方 程 式 說 明 之 非 球 形 表 面：

$$X(Y) = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14} + JY^{16}$$

表面2	C=0.1748252 k=19.206420	D=-.10243737E-01 E=-0.92708580E-02 F=-0.12141643E-01 G=-0.47005287E-02	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000
表面4	C=-0.9273255 k=0.0000000	D=0.44252743E-01 E=0.68139433E-01 F=0.24501737E-01 G=-0.59331288E-01	H=0.35363612E-03 I=0.35807664E-01 J=0.00000000
表面5	C=-0.6486977 k=0.0000000	D=0.59612810E-01 E=0.16783025E-01 F=0.1574746E-01 G=-0.30817803E-02	H=-0.3108184E-02 I=0.15326313E-02 J=0.00000000
表面7	C=0.07336671 k=0.0000000	D=-0.18042455E-01 E=0.14764062E-02 F=-0.17633960E-03 G=0.70521326E-05	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000

表 9

表面	清楚孔徑	半徑	厚度	$N_d$	$V_d$
OBJ	INF	INF	INF		
STO	0.981(1)	INF	0.050		
2	1.003	1.66280	1.159	1.530	55.9
3	0.822	5.72000(4)	0.153		
4	0.800(2)	INF	0.076		
5	0.800(2)	INF	0.728		
6	0.907	-1.11970(4)	0.698	1.583	30.1
7	1.362	-1.61415(4)	-0.316		
8	1.431(3)	INF	0.401		
9	2.155	8.13254	1.765	1.530	55.9
10	2.578	9.83558(4)	1.273		
11	2.900	PLANO	0.300	1.523	58.6
12	2.943	PLANO	0.025		
IMA	2.949	PLANO			

註：

1) 孔徑闌

2) 光線漸暈孔徑

3) 眩光闌

4) 由垂度方程式說明之非球形表面：

$$X(Y) = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2Y^2}} + DY^4 + EY^6 + FY^8 + GY^{10} + HY^{12} + IY^{14} + JY^{16}$$

表面3	C=0.1748252 k=19.206420	D=-0.10243737E-01 E=-0.92708580E-02 F=-0.12141643E-01 G=-0.47005287E-02	H=0.00000000 I=0.00000000 J=0.00000000
表面6	C=-0.8930964 k=0.0000000	D=0.41014658E-01 E=0.81738929E-01 F=-0.31897343E-00 G=0.80497156E-00	H=-0.86008994E-00 I=0.30775966E-00 J=0.00000000
表面7	C=-0.6195211 k=0.0000000	D=0.64314342E-01 E=-0.53249786E-02 F=0.37429655E-01 G=-0.19403391E-01	H=0.3905023E-02 I=0.3341013E-04 J=0.00000000
表面10	C=0.1016717 k=0.0000000	D=-0.18420485E-01 E=0.14508599E-02 F=-0.17794895E-03 G=0.70228893E-05	H=0.20077432E-07 I=0.56230036E-08 J=0.599365E-09



**【圖式簡單說明】**

在上述之本發明較佳具體實施例之詳細說明文中，可參考以下附圖，其中：

圖 1 為該光學系統之第一實施方式具體實施例之橫斷面圖；

圖 2 為該光學系統之第二實施方式具體實施例之橫斷面圖；

圖 3 為該光學系統之第三實施方式具體實施例之橫斷面圖；

圖 4 為該光學系統之第四實施方式具體實施例之橫斷面圖；

圖 5 為該光學系統之第五實施方式具體實施例之橫斷面圖；

圖 6 為該光學系統之第六實施方式具體實施例之橫斷面圖；

圖 7 為該光學系統之第七實施方式具體實施例之橫斷面圖；

圖 8 為該光學系統之第八實施方式具體實施例之橫斷面圖；

圖 9 為該光學系統之第九實施方式具體實施例之橫斷面圖；

圖 10 為該光學系統之第十實施方式具體實施例之橫斷面圖；

圖 11 為圖 1 所示具體實施例之直通焦點 MTF 標繪圖；

圖 12 為圖 2 所示具體實施例之直通焦點 MTF 標繪圖；  
 圖 13 為圖 3 所示具體實施例之直通焦點 MTF 標繪圖；  
 圖 14 為圖 4 所示具體實施例之直通焦點 MTF 標繪圖；  
 圖 15 為圖 5 所示具體實施例之直通焦點 MTF 標繪圖；  
 圖 16 為圖 6 所示具體實施例之直通焦點 MTF 標繪圖；  
 圖 17 為圖 7 所示具體實施例之直通焦點 MTF 標繪圖；  
 圖 18 為圖 8 所示具體實施例之直通焦點 MTF 標繪圖；  
 圖 19 為圖 9 所示具體實施例之直通焦點 MTF 標繪圖；及  
 圖 20 為圖 10 所示具體實施例之直通焦點 MTF 標繪圖；

**【主要元件符號說明】**

10	光學系統
15	光軸
20	物件側
30	影像側
40	孔徑光闌
50	擋板(群)
60	光敏接收器
70	額外元件
$E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$	透鏡元件
$R_1 \dots R_n$	表面半徑

## 五、中文發明摘要：

本發明係提供一種光學系統。自物件側至影像側，該光學系統按順序包括具有正電功率、新月形形狀、及物件側表面之第一透鏡元件。該第一透鏡元件之物件側表面係凸面朝向物件側。第二透鏡元件具有負電功率、新月形形狀、及物件側表面。該第二透鏡元件之物件側表面係凹面朝向物件側。第三透鏡元件具有正電功率。一孔徑光闌位於第一透鏡元件之物件側之上方或前方。

## 六、英文發明摘要：

## 十、申請專利範圍：

1. 一種光學系統，其自物件側至影像側按順序包含：
  - 具有正電功率、新月形形狀、及物件側表面之第一透鏡元件，該第一透鏡元件係物件側表面係凸面朝向物件側；
  - 具有負電功率、新月形形狀、及物件側表面之第二透鏡元件，該第二透鏡之物件側表面係凹面朝向物件側；
  - 具有正電功率之第三透鏡元件；及
  - 位於第一透鏡元件之物件側上之孔徑光闌。
2. 如請求項1之光學系統，其中該第一透鏡元件為單鏡片。
3. 如請求項1之光學系統，其中該孔徑光闌位於第一透鏡元件之物件側表面上。
4. 如請求項1之光學系統，其進一步包含：
  - 位於第一與第二透鏡元件間之光線漸暈孔徑。
5. 如請求項1之光學系統，其中該第一、第二、及第三透鏡元件係自樹脂材料製成。
6. 如請求項1之光學系統，該光學系統具有有效焦距 $f_0$ 、定義該第一透鏡元件之物件側表面之頂點與位於空氣等效後焦點之影像面間之距離之總長度 $L$ ，其中該光學系統滿足 $L/f_0 < 1.20$ 之條件。
7. 如請求項6之光學系統，其中該第一透鏡元件係自Abbe V-數( $V_d$ ) $> 65$ 之材料製成。
8. 如請求項1之光學系統，其中該光學系統在物空間內之半視野為至少25度。

9. 如請求項1之光學系統，其中該光學系統之相對孔徑小於  $f/4$ 。
10. 如請求項1之光學系統，其中所有透鏡元件之折射率小於 1.60。
11. 如請求項1之光學系統，其中該第一透鏡元件係自 Abbe  $V$ -值 ( $V_d$ ) $>65$ 之材料製成。
12. 如請求項1之光學系統，其中至少一種透鏡元件係自玻璃轉移溫度 ( $T_g$ ) $>300^\circ\text{F}$ 之樹脂材料製成。
13. 如請求項1之光學系統，其中至少一種透鏡元件係自奈米複合光學材料製成。
14. 如請求項1之光學系統，其中該第一透鏡元件呈球形，第二透鏡元件呈非球形，而第三透鏡元件呈球形。
15. 如請求項1之光學系統，其中該第一透鏡元件呈球形，第二透鏡元件呈雙非球形，而第三透鏡元件呈球形。
16. 如請求項15之光學系統，其中該第一透鏡元件係自玻璃製成，第二透鏡元件係自樹脂材料製成，而第三透鏡元件係自玻璃製成。
17. 如請求項15之光學系統，其中該第一透鏡元件係自玻璃製成，第二透鏡元件係自樹脂材料製成，而第三透鏡元件係自樹脂材料製成。
18. 如請求項15之光學系統，其中該第一透鏡元件係自樹脂材料製成，第二透鏡元件係自樹脂材料製成，而第三透鏡材料係自玻璃製成。
19. 如請求項15之光學系統，其中該第一、第二、及第三透

鏡元件係自樹脂材料製成。

20. 如請求項1之光學系統，其中該第一透鏡元件呈非球形、第二透鏡元件呈球形、而第三透鏡元件呈非球形。
21. 如請求項20之光學系統，其中該第一透鏡元件係自樹脂材料製成，第二透鏡元件係自玻璃製成，而第三透鏡元件係自樹脂材料製成。
22. 如請求項20之光學系統，其中該第一、第二、及第三透鏡元件係自樹脂材料製成。
23. 如請求項1之光學系統，其中該第一透鏡元件呈非球形，第二透鏡元件呈非球形，而第三透鏡元件呈球形。
24. 如請求項23之光學系統，其中該第一透鏡元件係自樹脂材料製成，第二透鏡元件係自樹脂材料製成，而第三透鏡元件係自玻璃製成。
25. 如請求項23之光學系統，其中該第一、第二、及第三透鏡元件係自樹脂材料製成。
26. 如請求項1之光學系統，其中該第一透鏡元件呈非球形，第二透鏡元件呈非球形，而第三透鏡元件呈非球形。
27. 如請求項26之光學系統，其中該第一、第二、及第三透鏡元件係自樹脂材料製成。
28. 如請求項1之光學系統，其中相對於該影像面法線，在空氣中該最大主光線角度小於 $20^\circ$ ，其中主光線之定義為通過孔徑光闌之中央之光線。



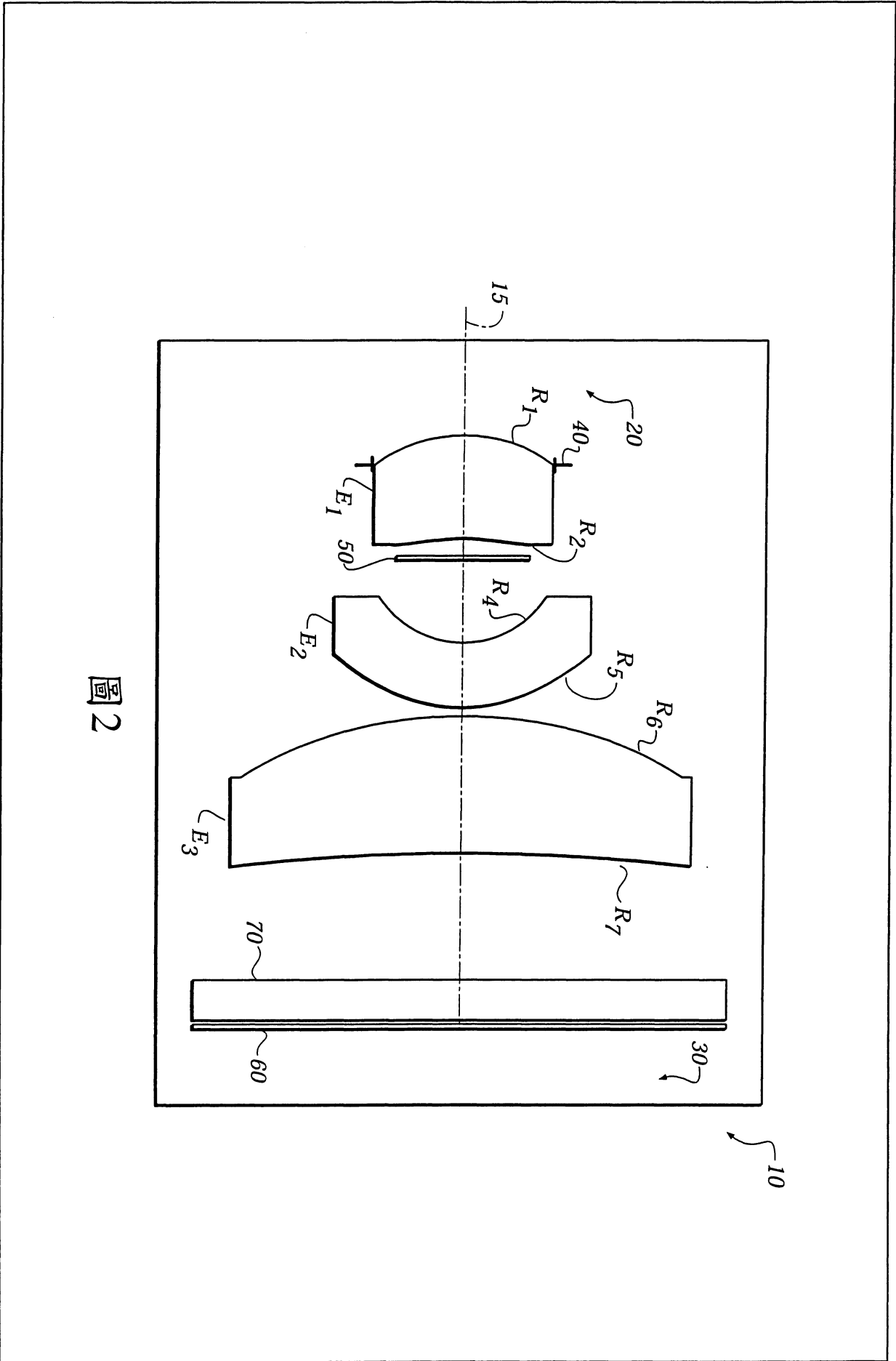


圖 2

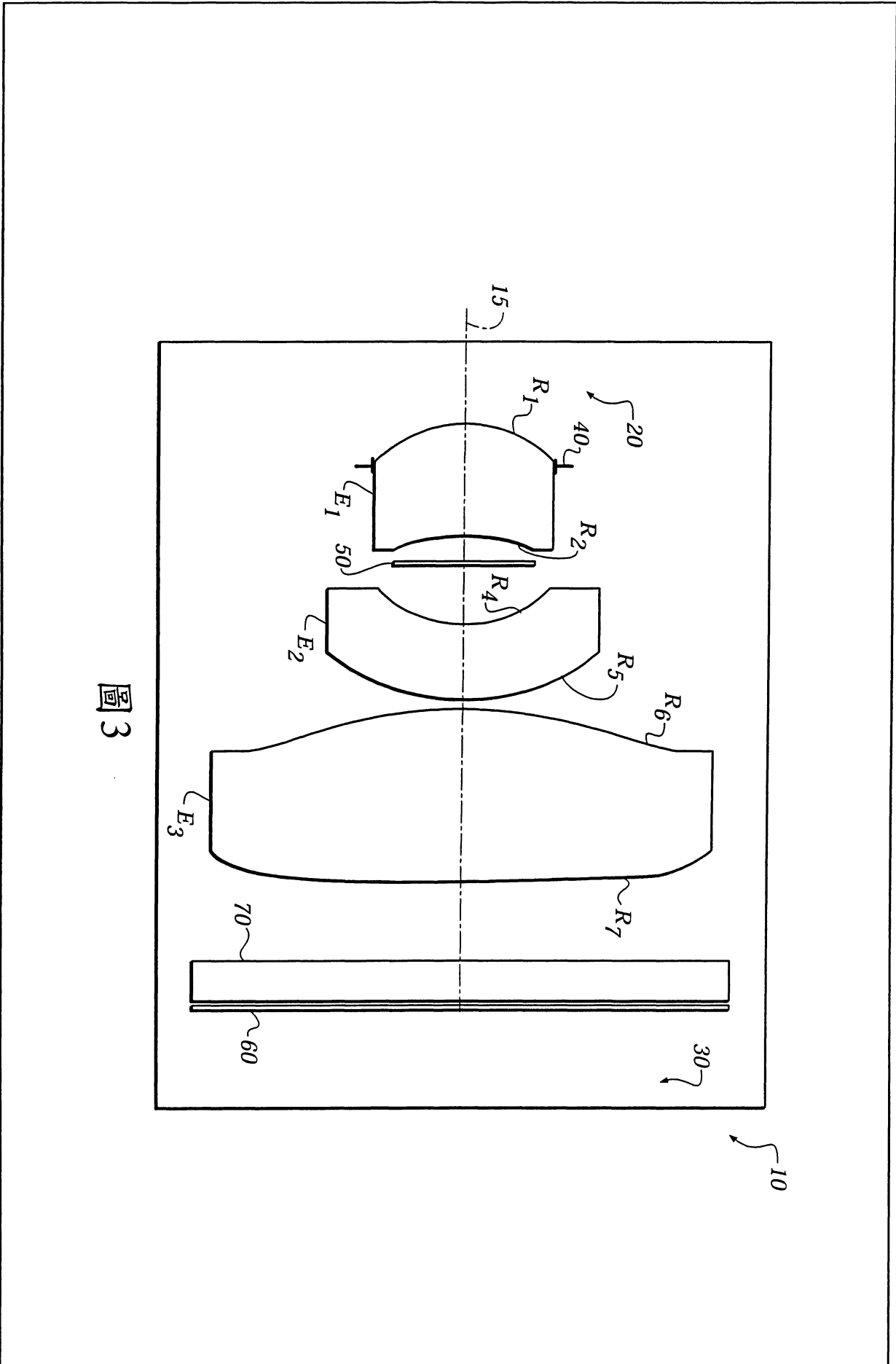


圖 3

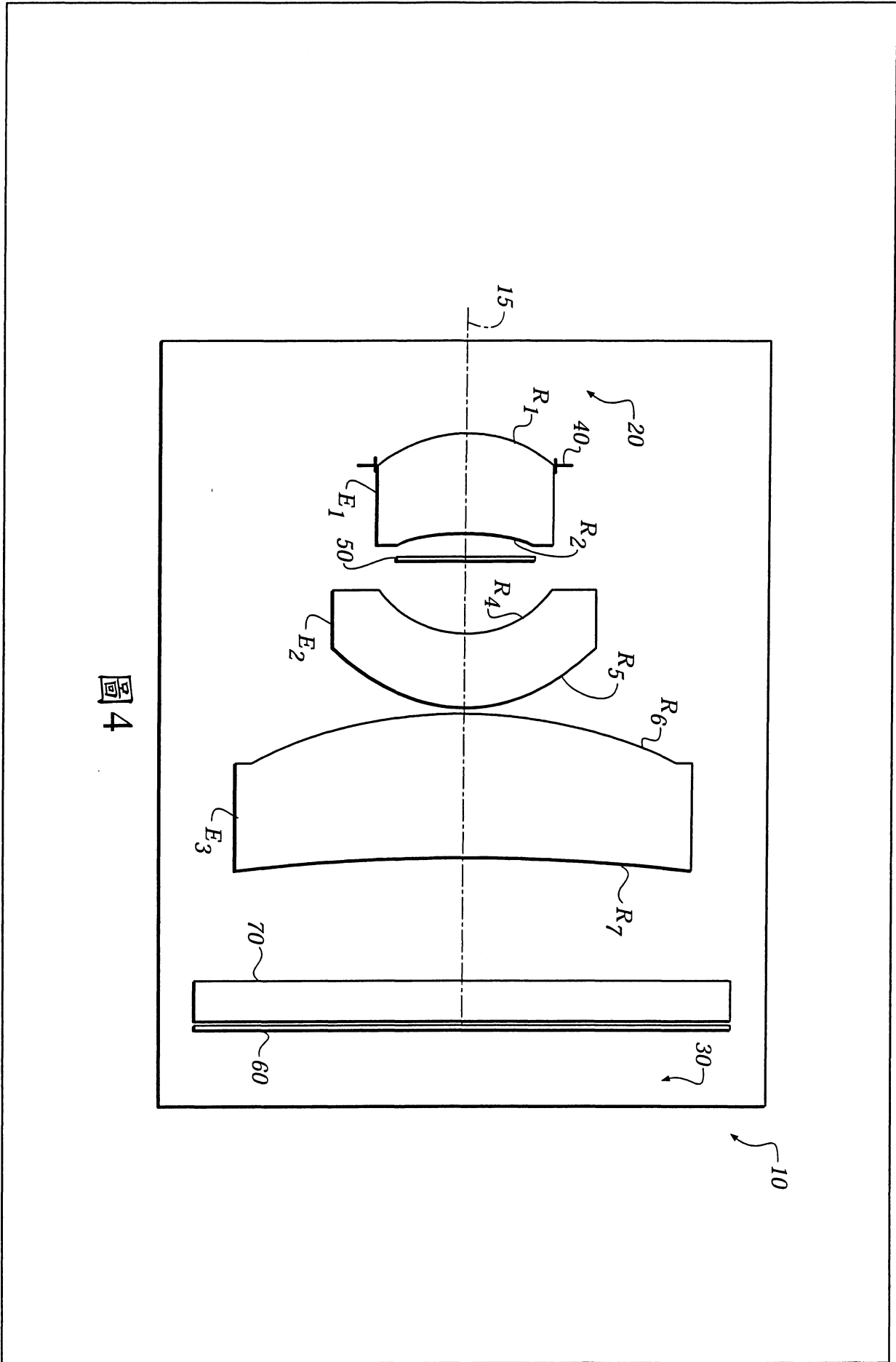


圖 4

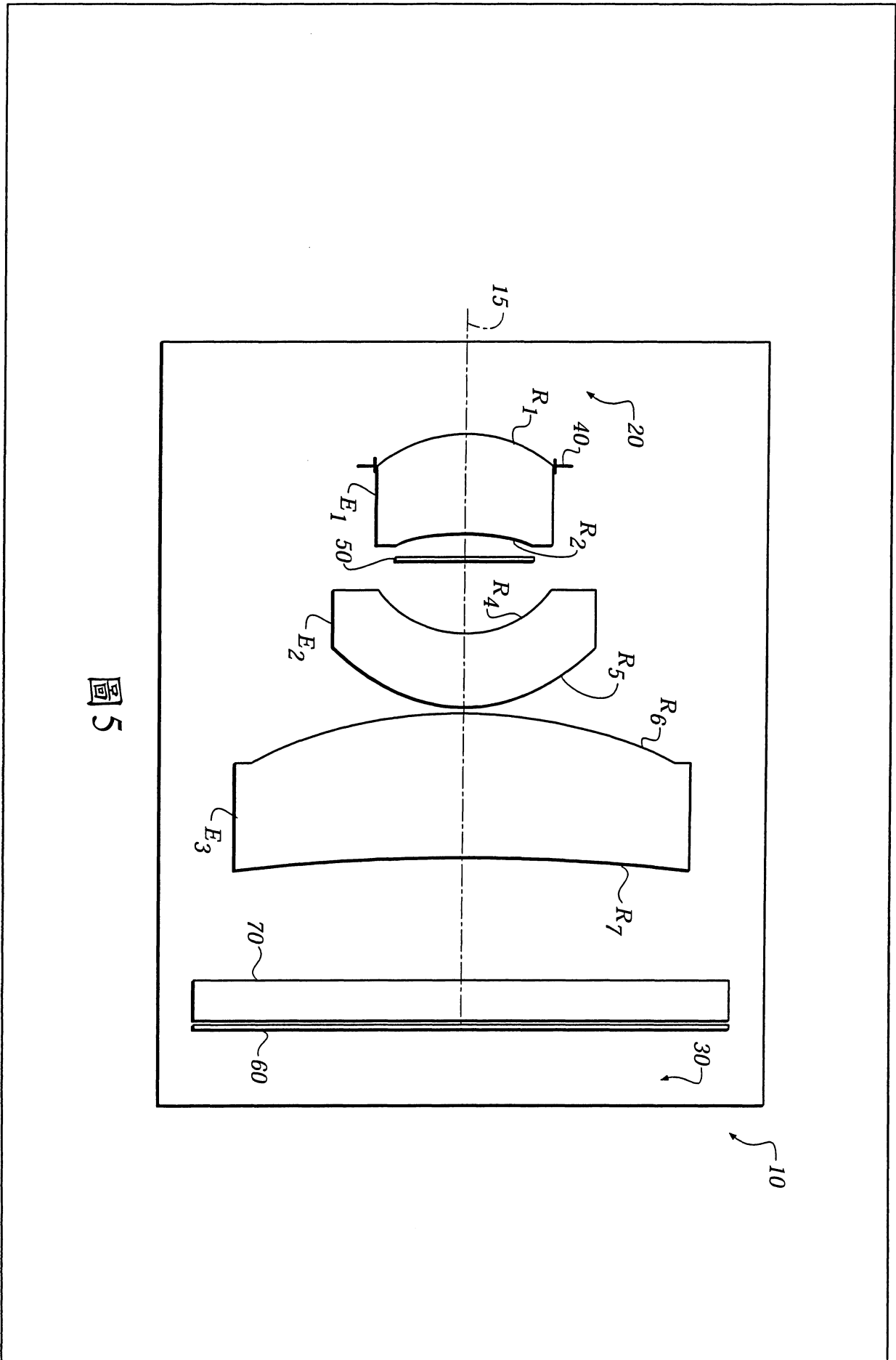


圖5

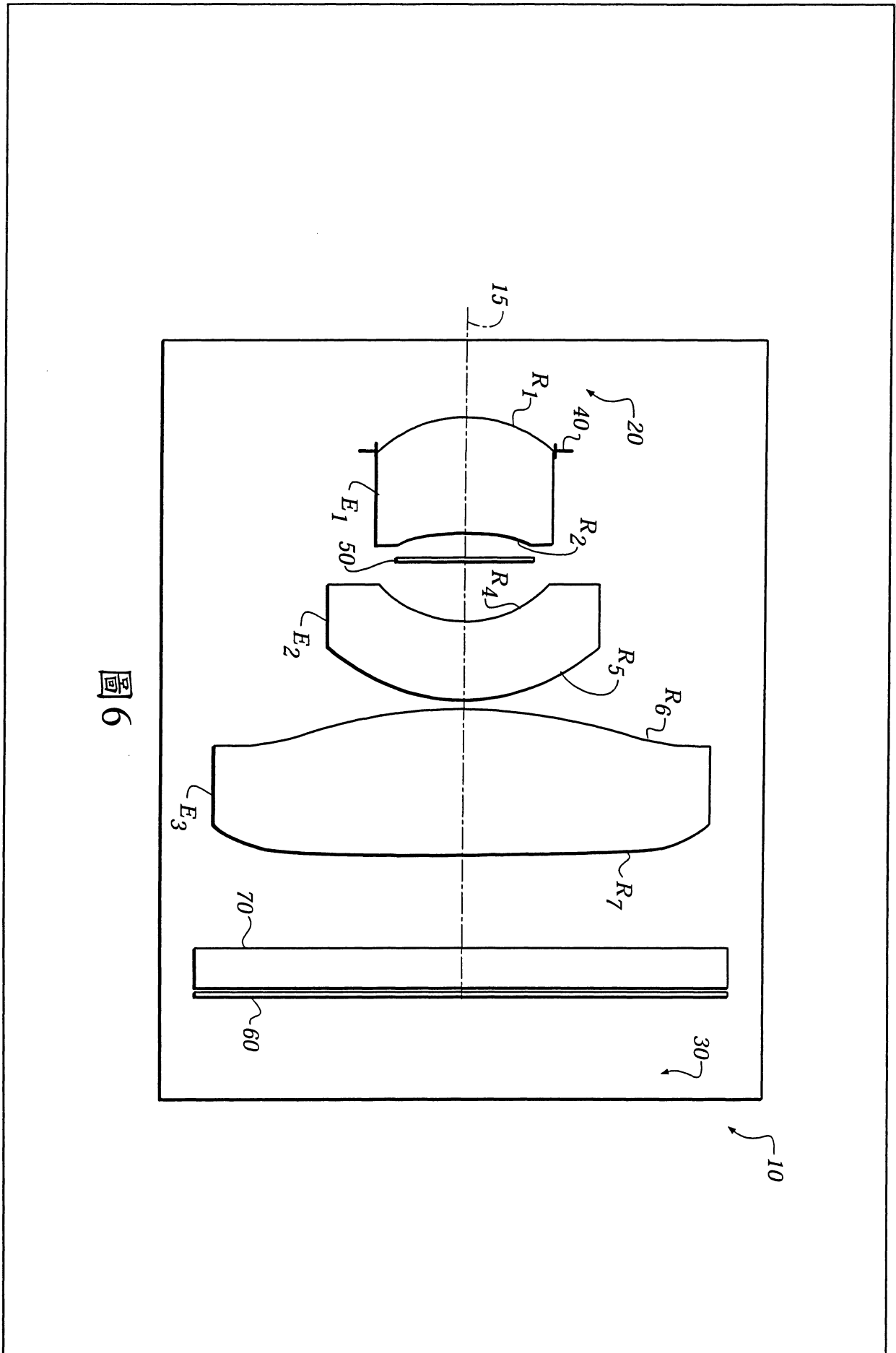


圖 6

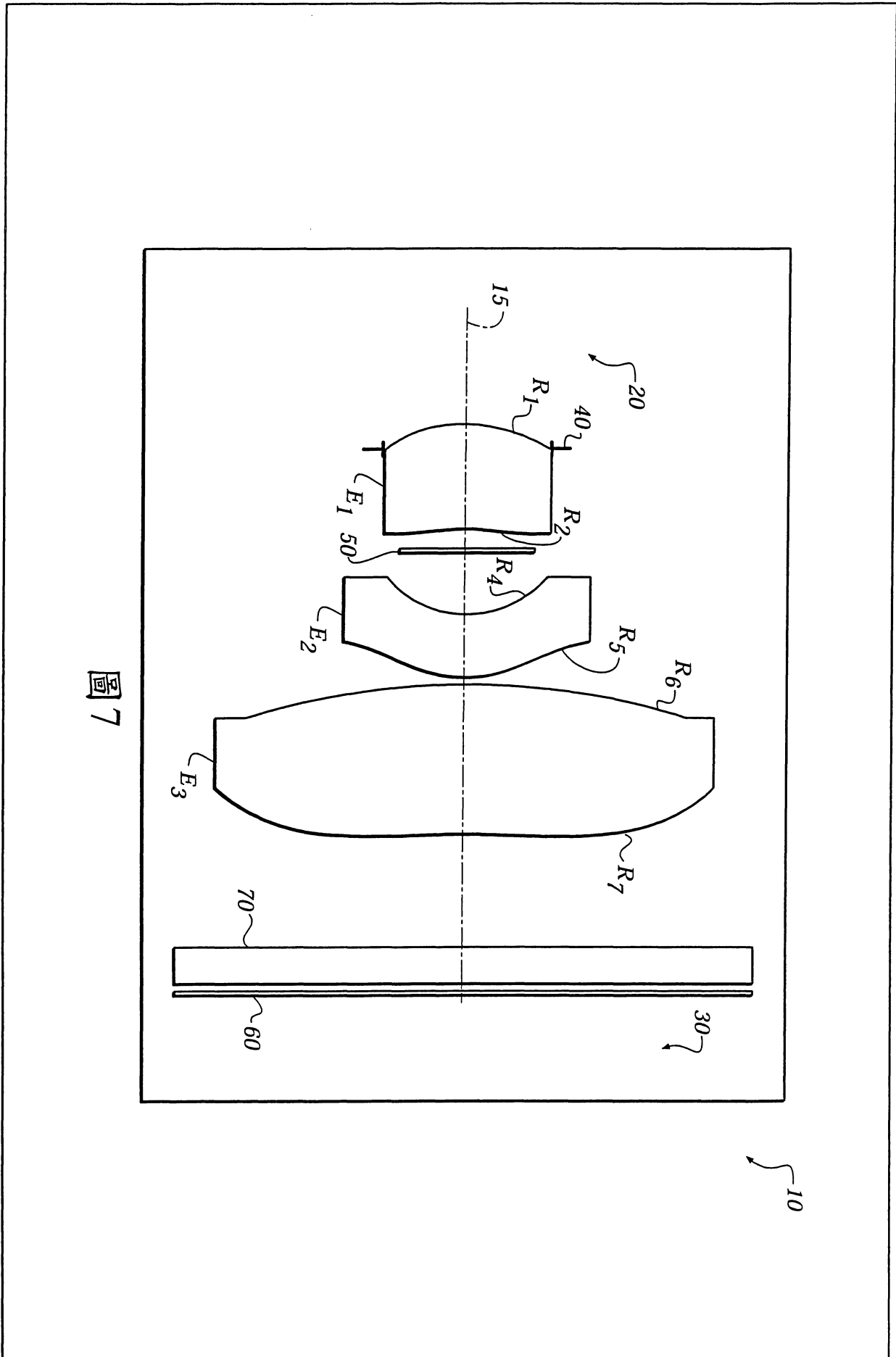
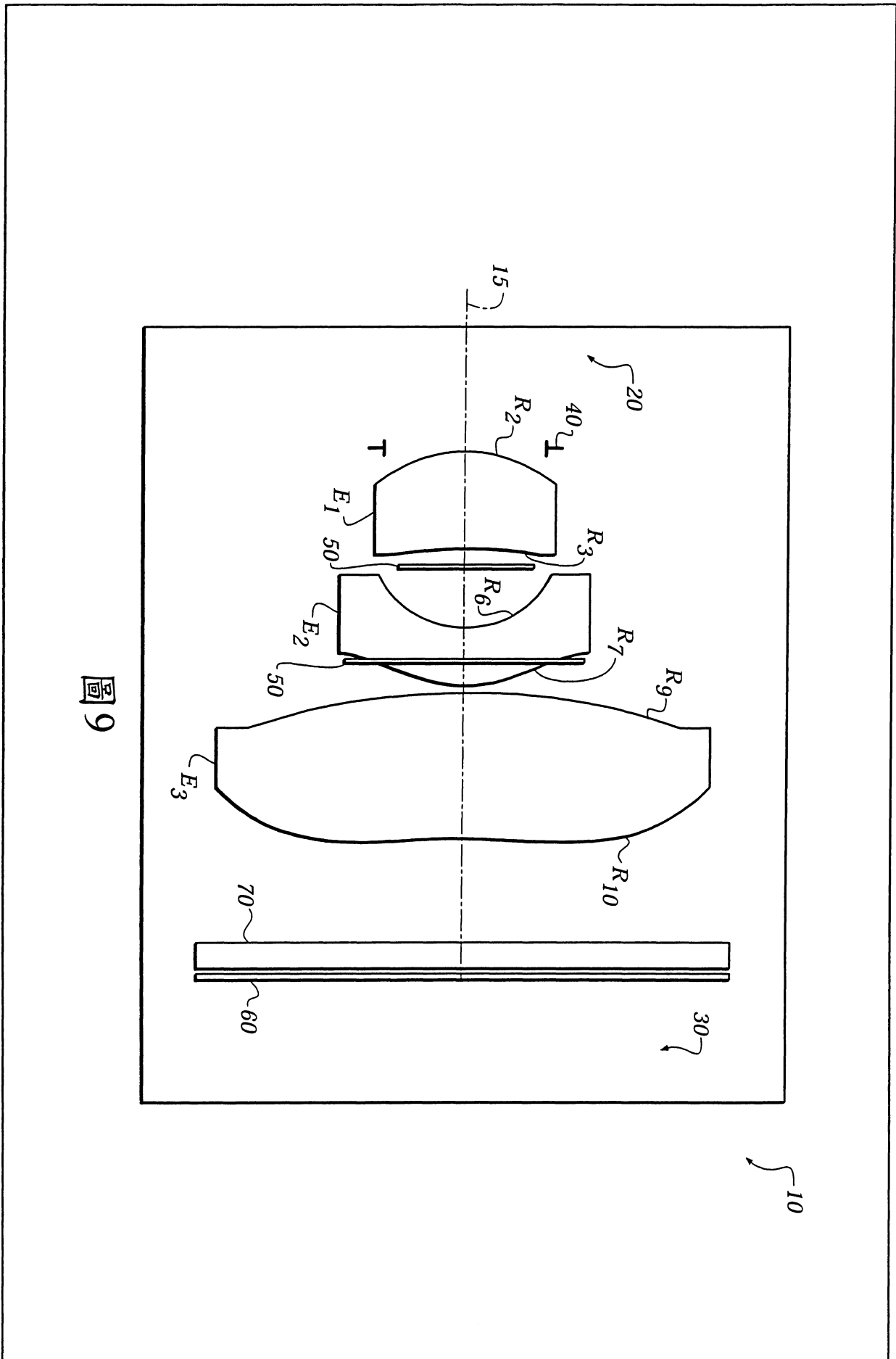


圖 7





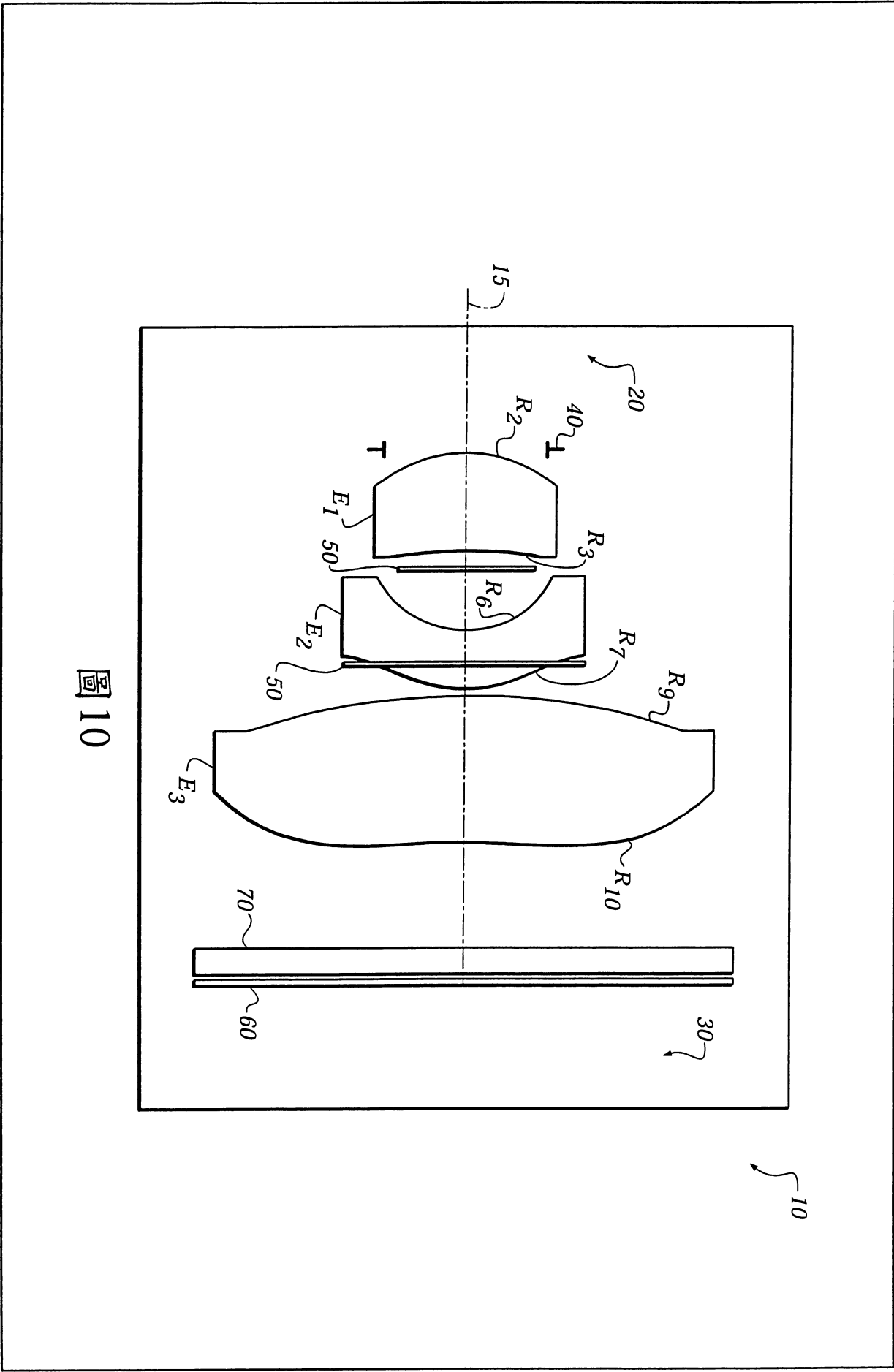
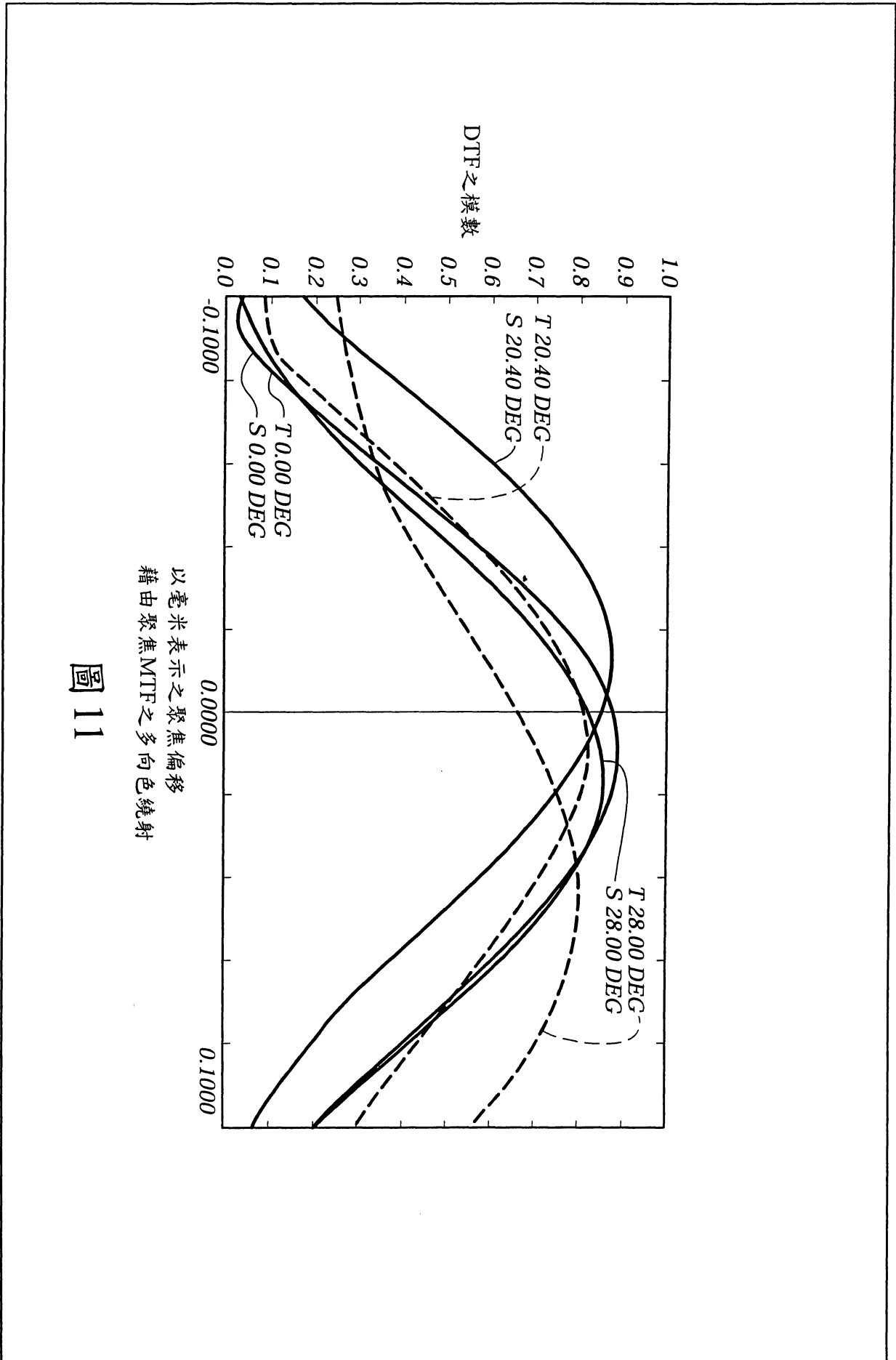
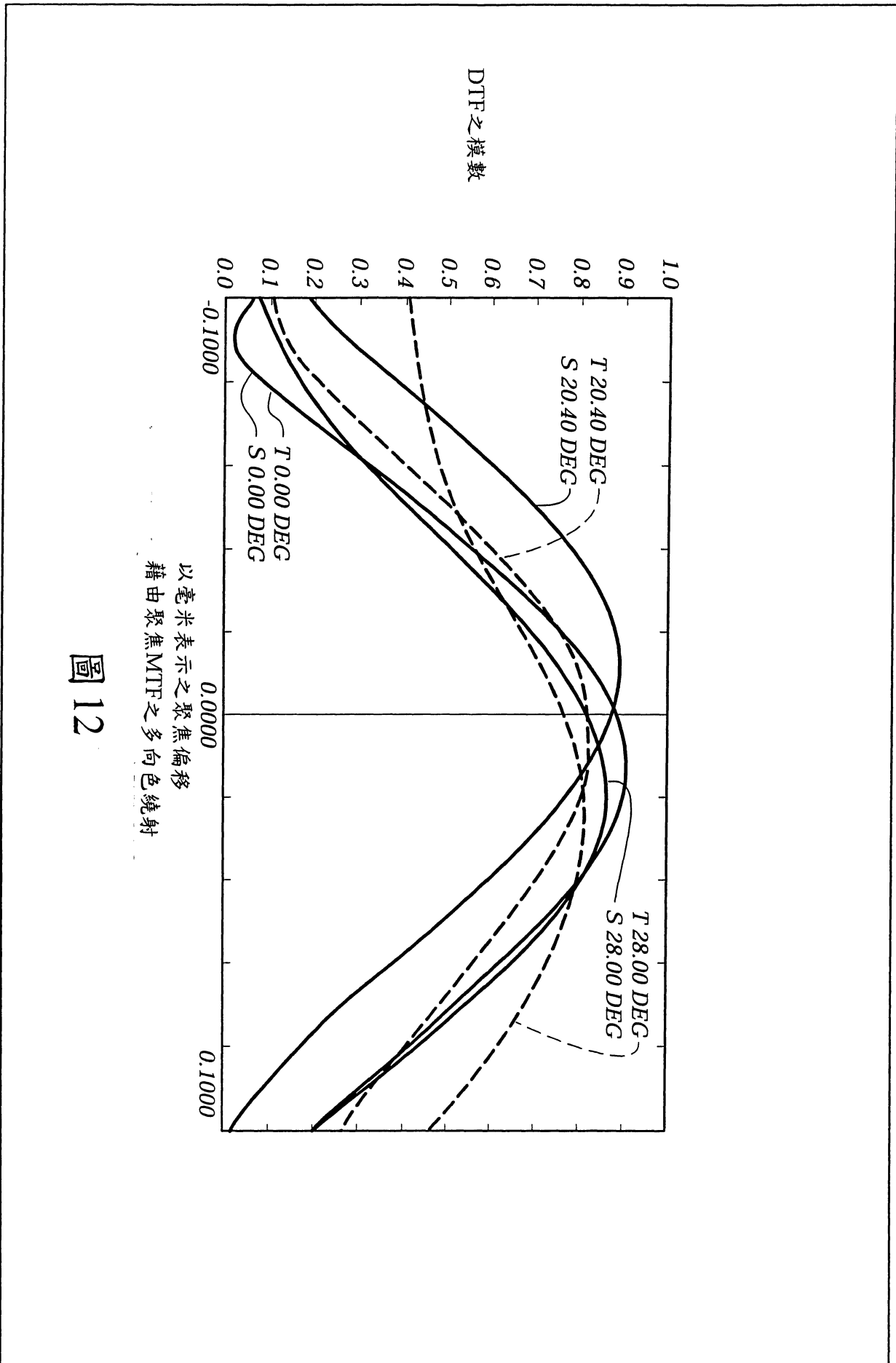


圖 10



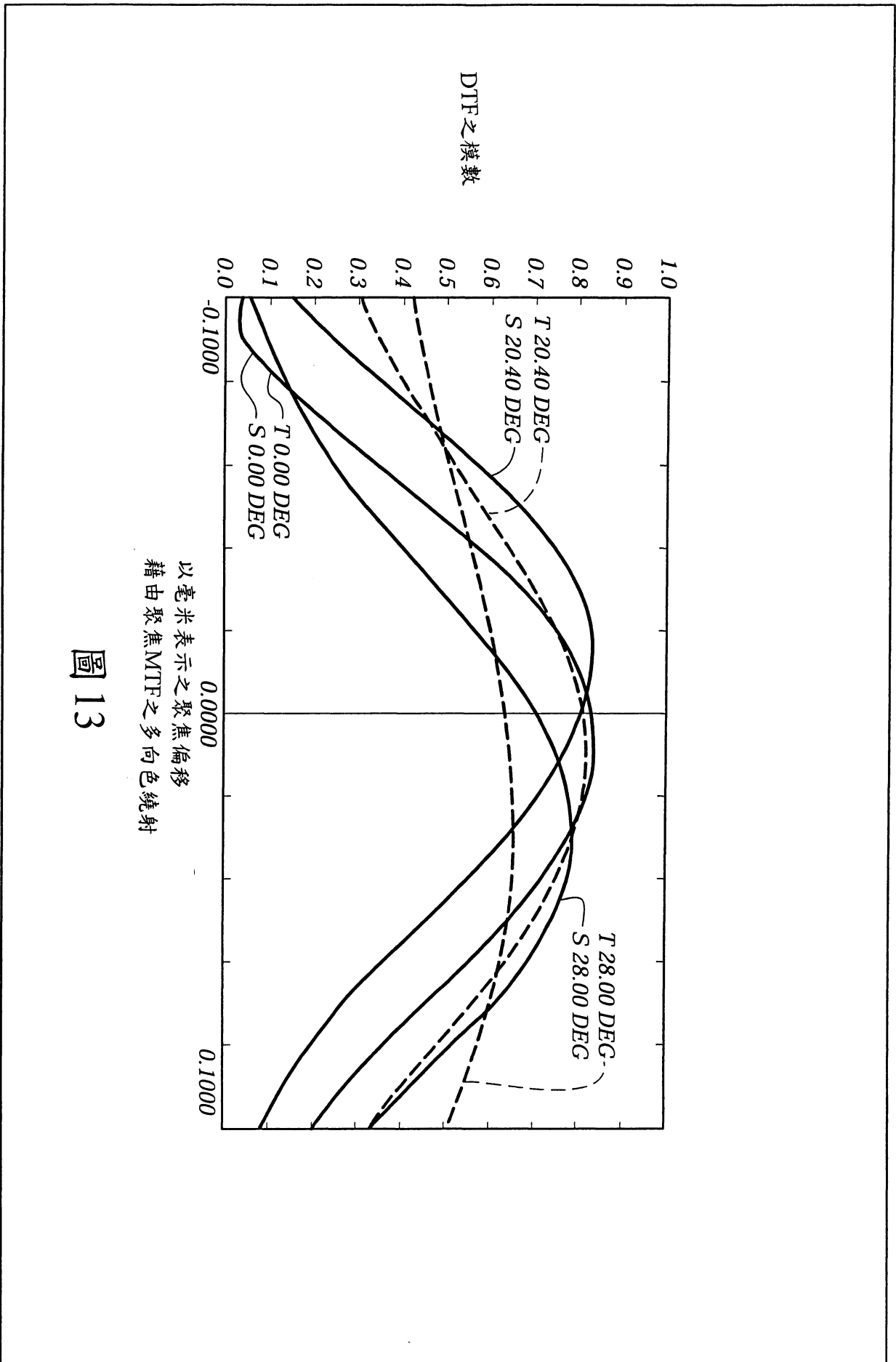
以毫米表示之聚焦偏移  
藉由聚焦MTF之多向色繞射

圖 11



以毫米表示之聚焦偏移  
藉由聚焦MTF之多向色繞射

圖 12



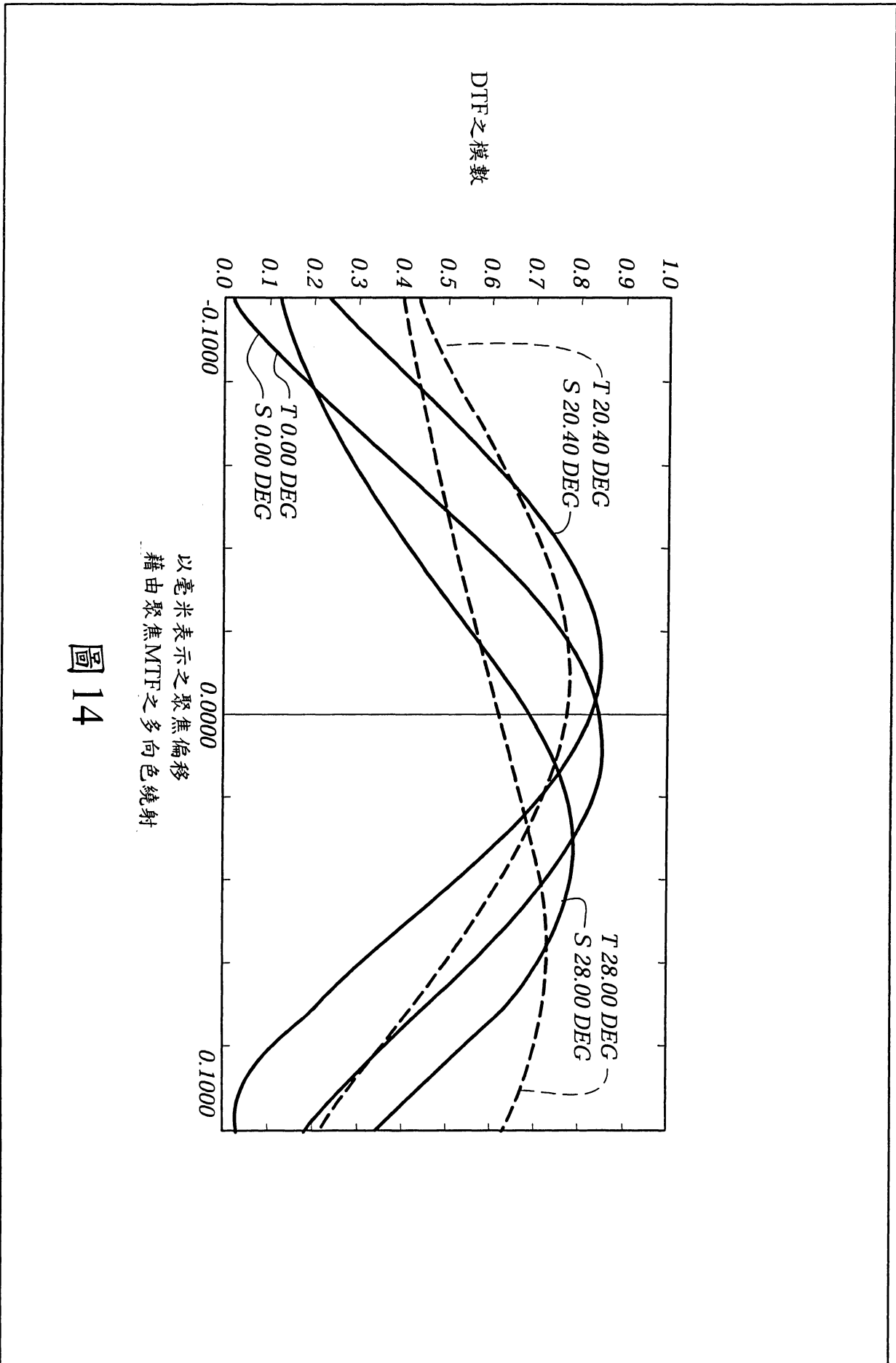
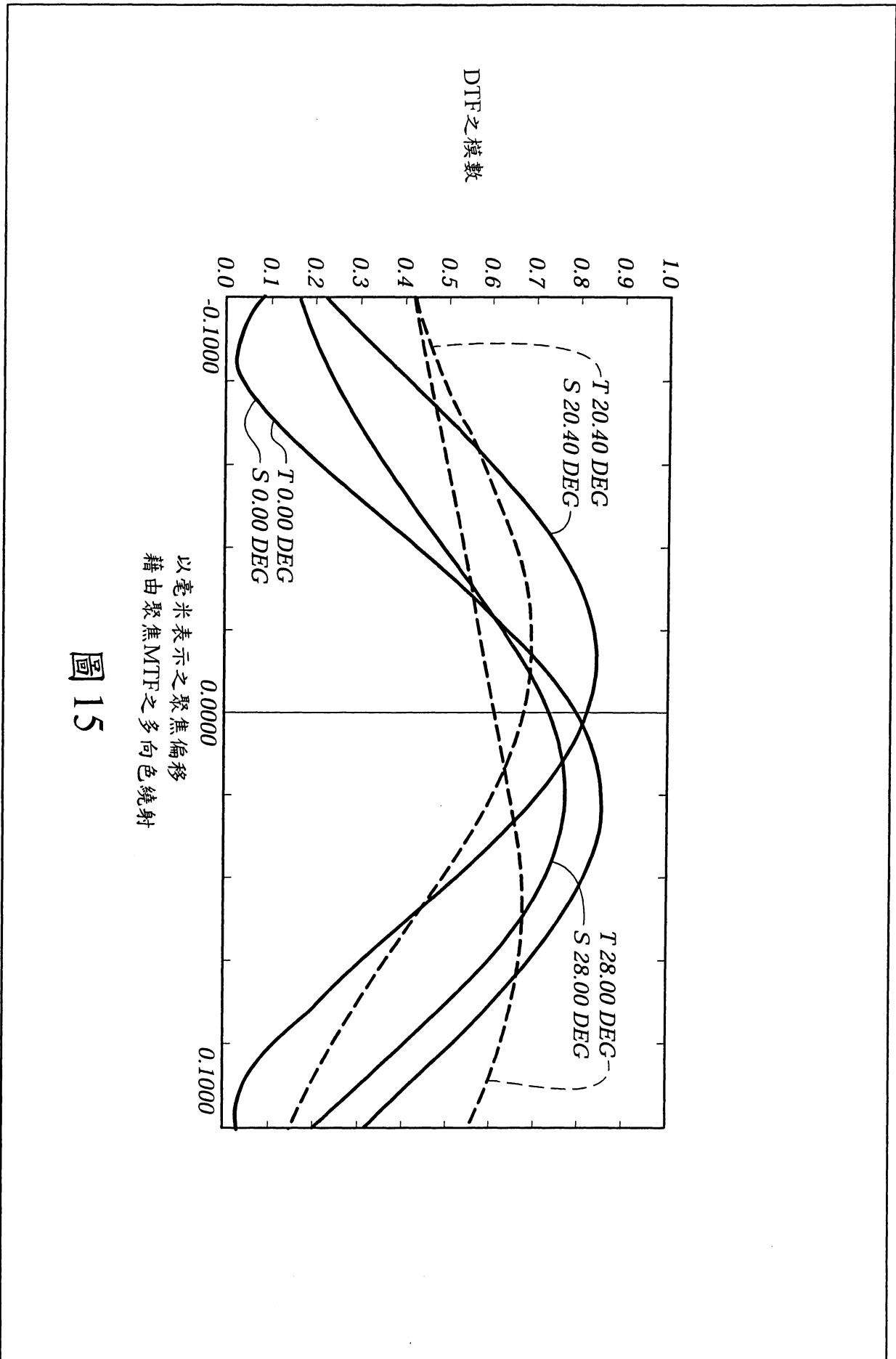
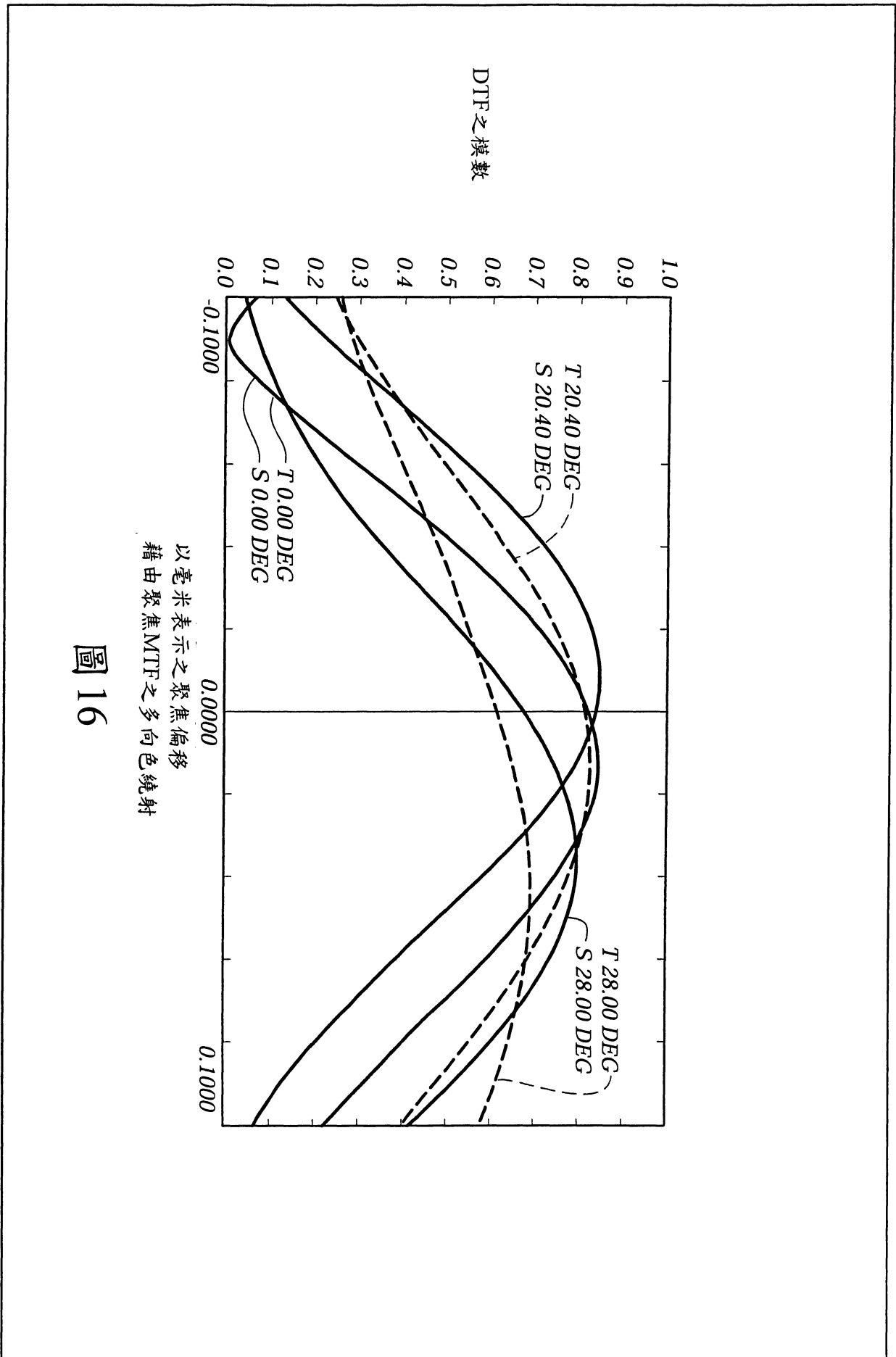


圖 14





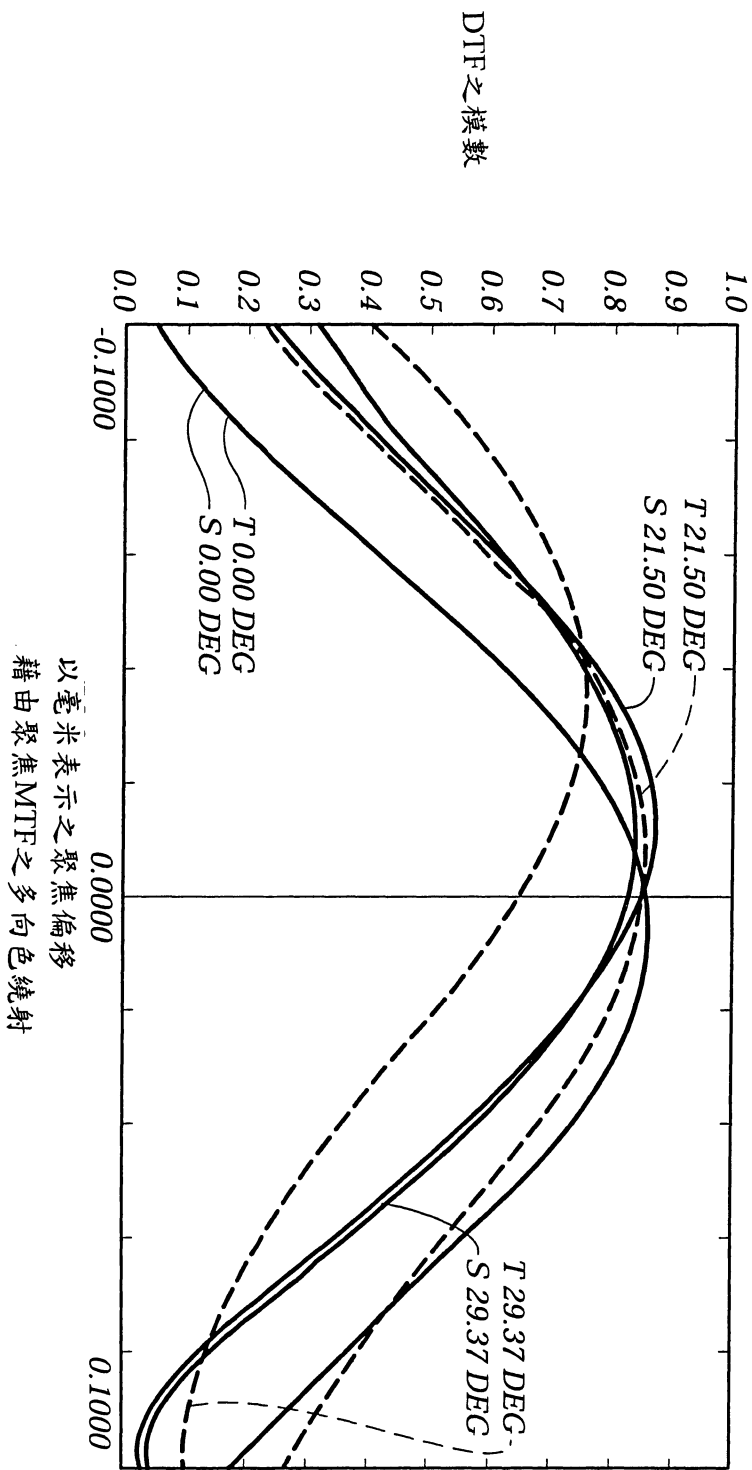


圖 17

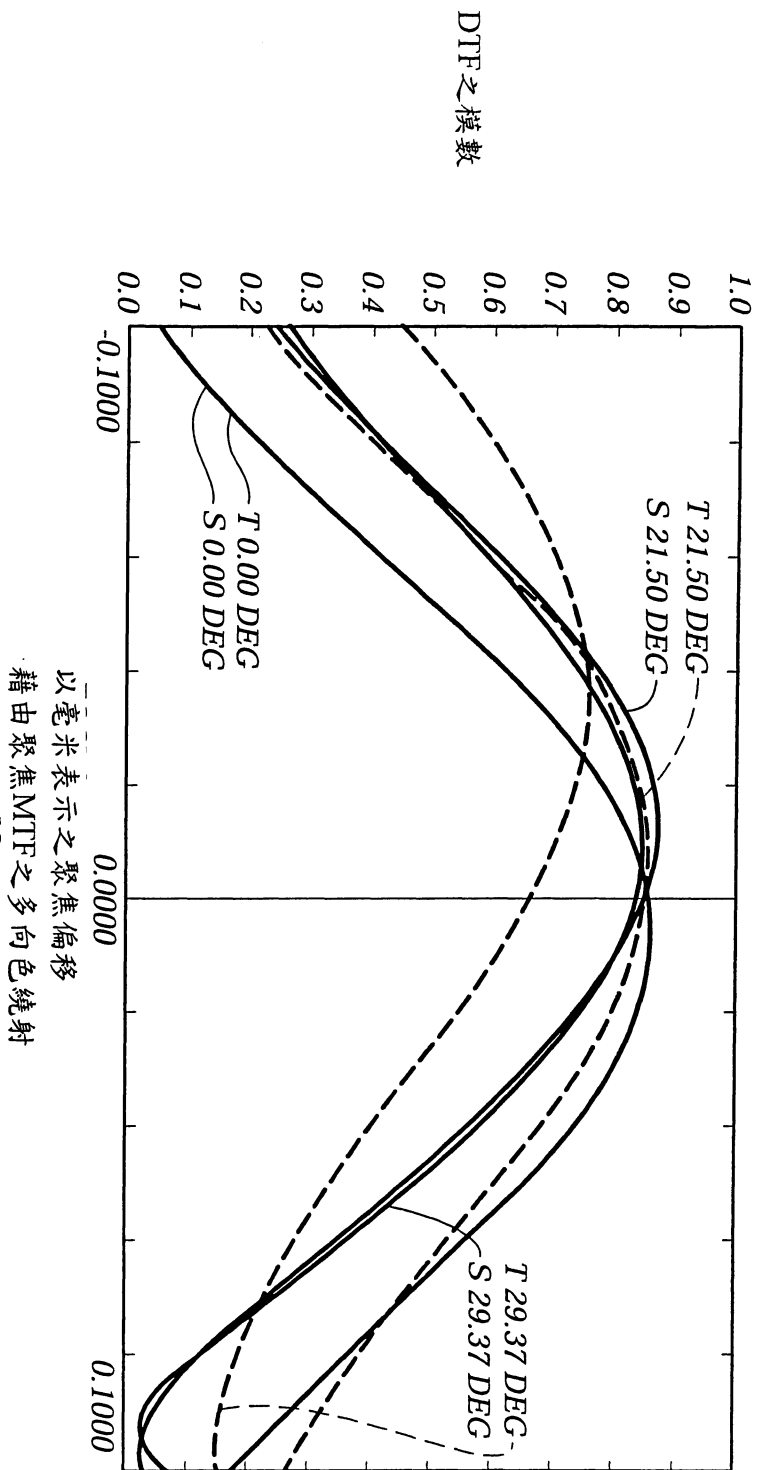
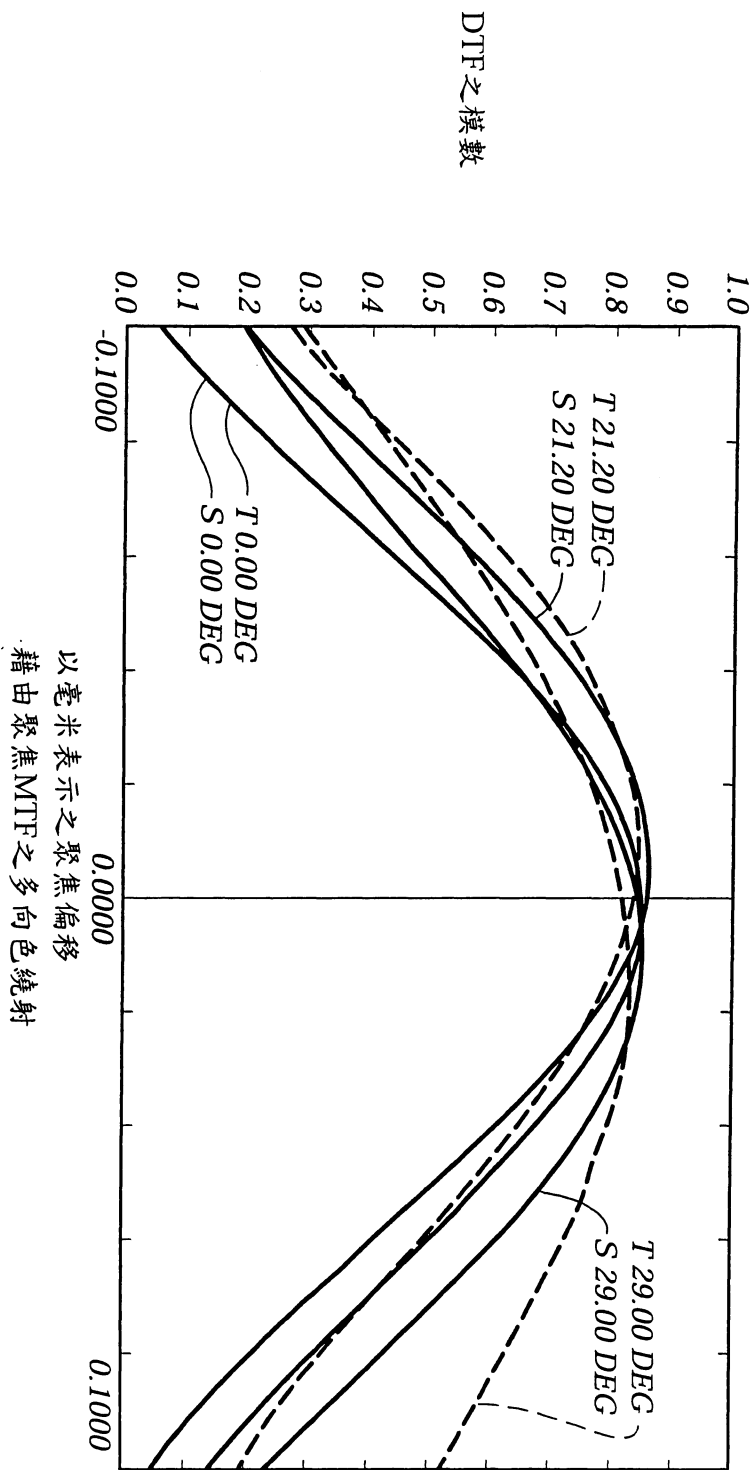


圖 18



以毫米表示之聚焦偏移  
藉由聚焦MTF之多向色繞射

圖 19

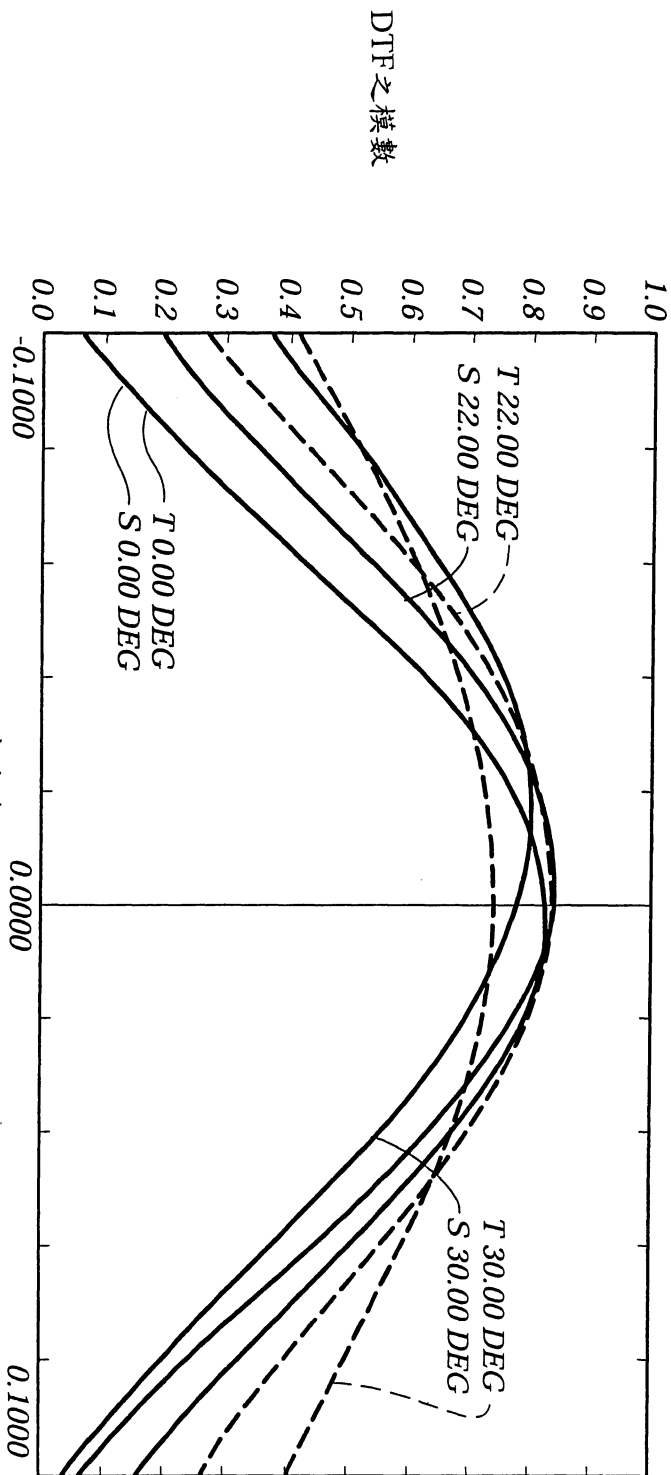


圖 20

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 1 ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10	光學系統
15	光軸
20	物件側
30	影像側
40	孔徑光闌
50	擋板(群)
60	光敏接收器
70	額外元件
$E_1$ 、 $E_2$ 、及 $E_3$	透鏡元件
$R_1 \dots R_n$	表面半徑

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)