I401481

(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 I401481B1**

(45)公告日： 中華民國 102 (2013) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：097144235 (22)申請日： 中華民國 97 (2008) 年 11 月 14 日

(51)Int. Cl.： *G02B7/04 (2006.01)* *H04N5/225 (2006.01)*

(30)優先權：2007/11/16 日本 2007-298146

(71)申請人：富士軟片股份有限公司 (日本) FUJIFILM CORPORATION (JP)
日本

(72)發明人：米山一也 YONEYAMA, KAZUYA (JP)

(74)代理人：吳冠賜；林志鴻

(56)參考文獻：

WO 99/67743A1 WO 2004/063989A2

審查人員：吳允中

申請專利範圍項數：23 項 圖式數：24 共 0 頁

(54)名稱

攝影系統及其製造方法、攝影裝置、移動終端設備、車載設備、及醫療設備

(57)摘要

本發明係有關於一種攝影系統，其使對投影到受光面上的光學像進行拍攝而獲得的圖像數據的品質容易得到提高。在通過攝影透鏡(10)投影到攝影元件(20)的受光面(21)上的點像(P1)的有效區域的最大直徑是 3 像素以上的大小時，將從攝影元件(20)輸出的第一圖像數據(G1)表示的點像(P1)的狀態對應的復原係數(K)儲存在係數儲存部(30)中。在信號處理部(40)中，利用復原係數(K)對第一圖像數據(G1)實施復原處理(F)，以在攝影透鏡(10)的解析度高時生成與從攝影元件(20)輸出的第一圖像數據同等的第二圖像數據(G2)。攝影透鏡從物側起依次包括：至少由一片透鏡構成的、具有正的光焦度的第一透鏡組；以及至少由一片透鏡構成的、最靠像側的透鏡具有負的光焦度的第二透鏡組。

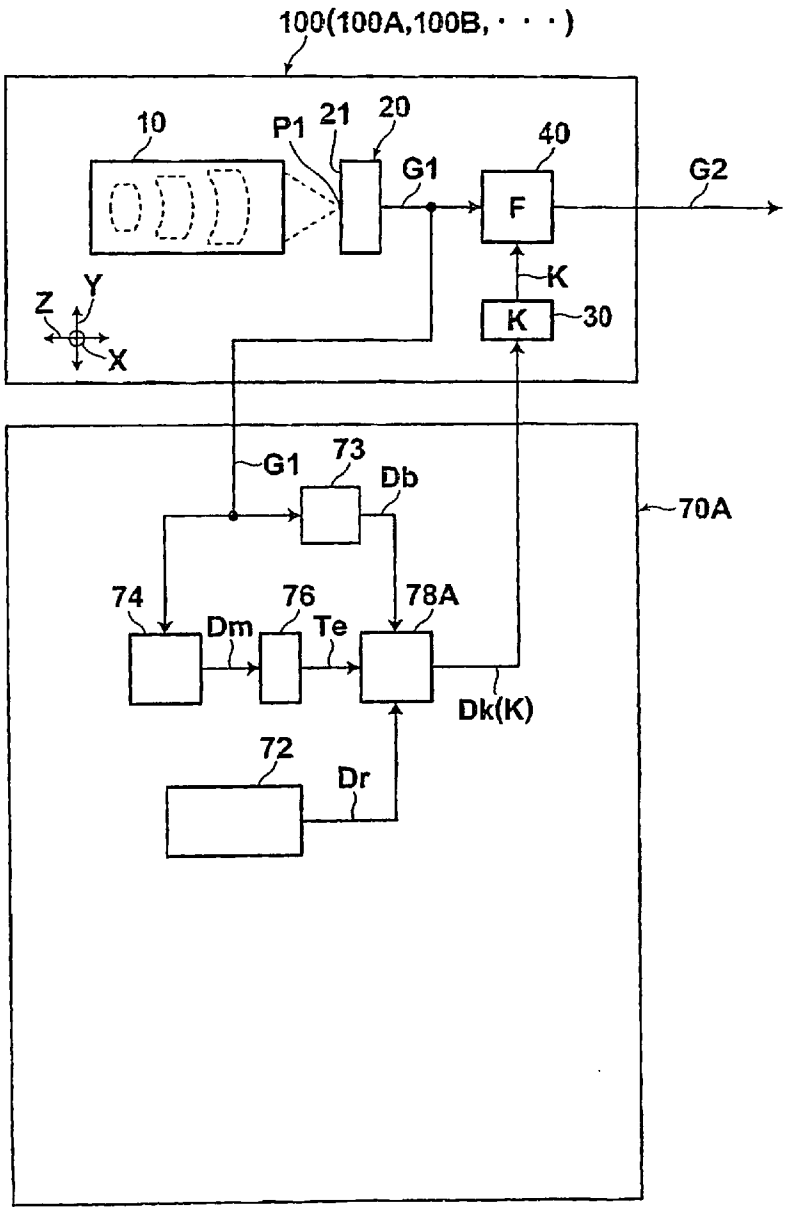

圖1

10・・・攝影透鏡

20・・・攝影元件

21・・・受光面

30・・・係數儲存部

40・・・信號處理部

Te・・・信號

70A・・・第一例的復原係數取得裝置

Dm・・・直徑數據

72・・・理想點像儲存部

73・・・點像模糊狀態取得部 K 復原係數

74・・・點像直徑取得部

76・・・判斷部

Dk・・・係數數據

78・・・復原係數取得部

P1・・・點像

F・・・復原處理

G1・・・第一圖像數據

G2・・・第二圖像數據

Dr・・・設計數據、理想點像狀態數據

Db・・・模糊點像狀態數據

100、100A、100B・・・攝影系統

公告本

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫）

※ 申請案號：97144235

※ 申請日：97.11.14　　※IPC 分類：G02B 7/04 (2006.01)
H04N 5/225 (2006.01)

一、發明名稱：（中文/英文）

攝影系統及其製造方法、攝影裝置、移動終端設備、車載設備、及醫療設備

二、中文發明摘要：

本發明係有關於一種攝影系統，其使對投影到受光面上的光學像進行拍攝而獲得的圖像數據的品質容易得到提高。在通過攝影透鏡(10)投影到攝影元件(20)的受光面(21)上的點像(P1)的有效區域的最大直徑是 3 像素以上的大小時，將從攝影元件(20)輸出的第一圖像數據(G1)表示的點像(P1)的狀態對應的復原係數(K)儲存在係數儲存部(30)中。在信號處理部(40)中，利用復原係數(K) 對第一圖像數據(G1)實施復原處理(F)，以在攝影透鏡(10)的解析度高時生成與從攝影元件(20)輸出的第一圖像數據同等的第二圖像數據(G2)。攝影透鏡從物側起依次包括：至少由一片透鏡構成的、具有正的光焦度的第一透鏡組；以及至少由一片透鏡構成的、最靠像側的透鏡具有負的光焦度的第二透鏡組。

三、英文發明摘要：

四、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：

10 攝影透鏡　20 攝影元件　21 受光面

30 係數儲存部　40 信號處理部　Te 信號

70A 第一例的復原係數取得裝置　Dm 直徑數據

72 理想點像儲存部 73 點像模糊狀態取得部 K 復原係數

74 點像直徑取得部 76 判斷部　Dk 係數數據

78 復原係數取得部 P1 點像　F 復原處理

G1 第一圖像數據　G2 第二圖像數據

Dr 設計數據、理想點像狀態數據

Db 模糊點像狀態數據

100、100A、100B 攝影系統

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種拍攝被攝體的光學像而獲得的圖像數據的品質能夠得到提高的攝影系統、包括該攝影系統的攝影裝置、移動終端設備、車載設備、及醫療設備、以及攝影系統的製造方法。

【先前技術】

眾所周知，利用具有透過二維狀配置多個受光像素而成的受光面的CCD元件或CMOS元件等的攝影元件而對通過攝影透鏡成像在受光面上的被攝體的光學像進行拍攝的攝影系統。

此外，作為這種攝影系統的一例，將透過具有設計成景深變深的攝影透鏡的攝影系統直接安裝在電路基板上而成的車載用照相機或行動電話用照相機等被實用化(參照專利文獻1)。而且，已知搭載增大攝影元件的受光像素數量且提高攝影透鏡的解析度的攝影系統而構成的高性能的車載用照相機或行動電話用照相機。在這種可得到解析度高的圖像的高性能的車載用照相機或行動電話用照相機中，還已知具有攝影透鏡的解析度接近衍射極限的性能的照相機。

專利文獻1：(日本)特表2007-147951號公報

但是，在製造具有這種可形成解析度高的圖像的攝影透鏡的攝影系統中，由於製造的困難性而難以提高合格

率。即，由於不能生成可形成具有預定解析度的圖像的圖像數據，因此有可能產生很多從製造生產線拆下而返回到再調節或再組裝的攝影系統。並且，就從製造生產線拆下的攝影系統而言，透過確定其原因且施以修正，從而得到再生以生成可形成預定解析度的圖像的圖像數據。

但是，從攝影系統輸出的圖像數據表示的圖像的解析度降低的原因有很多，例如考慮構成攝影透鏡的各透鏡的形狀誤差(透鏡的表面形狀誤差、厚度誤差、偏心誤差)、攝影透鏡的組裝、調節誤差(透鏡的偏移誤差、傾斜誤差、透鏡之間的空氣間隔誤差)、攝影元件對攝影透鏡的定位誤差等的各種原因。因此，存在以下問題，即，為了透過確定解析度的降低原因並進行再調節或再組裝，再生以能夠生成可形成預定解析度的圖像的高品質的圖像數據的攝影系統，而龐大的費用產生。

【發明內容】

本發明是鑒於上述問題而做出的，其目的在於，提供一種對投影到受面上的光學像進行拍攝而獲得的圖像數據的品質得到提高的攝影系統、具有該攝影系統的攝影裝置、移動終端設備、車載設備、及醫療設備、以及攝影系統的製造方法。

本發明的第一攝影系統，包括：攝影透鏡；攝影元件，具有二維狀排列多個受光像素而構成的受光面，拍攝通過攝影透鏡投影到受光面上的被攝體的光學像而輸出表示該

被攝體的第一圖像數據；係數儲存單元，在通過攝影透鏡投影到受光面上的點像的有效區域的最大直徑是該受光面上的受光像素的3像素以上的大小時，對與由從攝影元件輸出的第一圖像數據表示的點像的狀態對應的復原係數進行儲存；及信號處理單元，利用儲存在係數儲存單元的復原係數對從攝影元件輸出的第一圖像數據實施在攝影透鏡的解析度高時生成與從攝影元件輸出的第一圖像數據同等的第二圖像數據的復原處理；信號處理單元將由受光面上的縱向3像素以上及橫向3像素以上構成的合計9像素以上的像素區域作為最小單位進行復原處理；攝影透鏡從物側依次包括：由至少一片透鏡構成的、具有正的光焦度的第一透鏡組，以及由至少一片透鏡構成的、位於最靠像側的透鏡具有負的光焦度的第二透鏡組。

係數儲存單元可以按每個攝影系統儲存對該攝影系統單獨求出的復原係數。

此外，係數儲存單元可以儲存與分為多個種類的點像的各狀態對應的各復原係數的候補中的、根據第一圖像數據表示的點像的狀態所選擇出的復原係數。

而且，係數儲存單元可以儲存透過從與分為多個種類的該點像的各狀態對應的多種復原係數的候補中按照第一圖像數據表示的該點像的狀態所選擇出的復原係數進一步根據點像的狀態進行校正而成的已校正的復原係數。

攝影系統還可以包括取得復原係數並儲存在係數儲存單元中的復原係數取得單元。

信號處理單元可以將包含投影到受光面上的點像的有效區域的全部的最小像素區域作為最小單位而執行復原處理。

信號處理單元較佳地執行復原處理，使得第二圖像數據表示的圖像中的點像的有效區域的大小小於第一圖像數據表示的圖像中的點像的有效區域的大小。

第二透鏡組中的位於最靠像側的透鏡面，可以具有軸外曲點；或在該透鏡面的中心部向像側呈凹面而在周邊部向像側呈凸面；或者滿足下述條件式(1)：

$$0.5H<h<H \quad (1)$$

其中，H是第二透鏡組中的位於最靠像側的透鏡面的有效半徑，h是第二透鏡組中的位於最靠像側的透鏡面的從軸外曲點到光軸的距離。

這裡，曲線是透鏡面上的點，該點的切面與光軸C(Z軸)垂直時，將該點稱為曲點。而且，將與透鏡面上的光軸相交的點以外的曲點稱為軸外曲點。

攝影透鏡可以由三片單透鏡構成。

第一透鏡組可以由二片單透鏡構成，第二透鏡組可以由一片單透鏡構成，構成第一透鏡組的二片單透鏡中的位於物側的單透鏡具有正的光焦度、且該單透鏡的物側的透鏡面在物側呈凸面，二片單透鏡中的位於像側的單透鏡是該單透鏡的像側的透鏡面在像側呈凸面。

攝影透鏡可以由四片單透鏡構成。

第一透鏡組可以由三片單透鏡構成，第二透鏡組可以由一片單透鏡構成，構成第一透鏡組的三片單透鏡中的位

於最靠近物側的第一片單透鏡具有正的光焦度、且該單透鏡的物側的透鏡面在物側呈凸面，三片單透鏡中的與第一片單透鏡相鄰的第二片單透鏡具有負的光焦度、且該第二片單透鏡的像側的透鏡面在像側呈凸面，三片單透鏡中的位於最靠像側的第三片單透鏡具有正的光焦度。

本發明的攝影裝置，包括上述攝影系統。

本發明的移動終端設備，包括上述攝影系統。

本發明的車載設備，包括上述攝影系統。

本發明的醫療設備，包括上述攝影系統。

本發明的第二攝影系統，包括：攝影透鏡；攝影元件，包括二維狀排列多個受光像素而構成的受光面，拍攝通過攝影透鏡投影到受光面上的被攝體的光學像而輸出表示該被攝體的第一圖像數據；係數儲存單元，在通過攝影透鏡投影到受光面上的點像的有效區域的最大直徑是3像素以上的大小時，儲存了與由從攝影元件輸出的第一圖像數據表示的點像的狀態對應的復原係數；及信號處理單元，利用復原係數對第一圖像數據實施在攝影透鏡的解析度高時生成與從攝影元件輸出的第一圖像數據同等的第二圖像數據的復原處理；信號處理單元將由受光面上的縱向3像素以上及橫向3像素以上構成的合計9像素以上的像素區域作為最小單位進行復原處理；攝影透鏡從物側依次包括：由至少一片透鏡構成的、具有正的光焦度的第一透鏡組，以及由至少一片透鏡構成的、位於最靠像側的透鏡具有負的光焦度的第二透鏡組。

本發明的攝影系統的製造方法，在第二攝影系統的製造中，透過攝影透鏡將點像投影到攝影元件的受光面上，且在係數儲存單元中儲存與由從該攝影元件輸出的第一圖像數據表示的點像的狀態對應的復原係數。

按每個攝影系統對該攝影系統單獨求出復原係數。

復原係數是從與分為多個種類的點像的各狀態對應的各復原係數的候補中按照第一圖像數據表示的點像的狀態所選擇的。

此外，復原係數是從與分為多個種類的該點像的各狀態對應的多種復原係數的候補中按照第一圖像數據表示的該點像的狀態所選擇出的復原係數進一步根據點像的狀態進行了校正的復原係數。

而且，可以按每個攝影系統對該攝影系統單獨求出復原係數。

投影到受光面上的點像的有效區域的最大直徑可以是投影到受光面上的點像的有效區域在包含最多的受光像素的方向上的該有效區域的直徑，「投影到受光面上的點像的有效區域的最大直徑是3像素以上的大小時」可以是「投影到受光面上的點像的有效區域在包含最多的受光像素的方向上，該有效區域是受光像素的3像素以上的大小時」。

「點像的有效區域」意味著具有表示點像的光強分佈中的峰值強度的$1/e^2$(大約13.5%)以上的光強的區域。

此外，「復原處理」可以採用(日本)特開2000-123168號報、0002~0016段中介紹的圖像復原處理等。並且，在復

原處理的實施中，可以應用後述的非專利文獻[鷲澤嘉一、山下幸彥著，題目「Kernel Wiener Filter」，2003 Workshop on Information-Based Induction Sciences， (IBIS2003)，Kyoto，Japan，Nov 11-12，2003]的技術等。

本發明的第一攝影系統包括：係數儲存單元，在通過攝影透鏡投影到受光面上的點像的有效區域的最大直徑是3像素以上的大小時，儲存與由從攝影元件輸出的第一圖像數據表示的點像的狀態(以後還稱為點像的模糊狀態)對應的復原係數；及信號處理單元，利用復原係數對第一圖像數據實施在攝影透鏡的解析度高時生成與從攝影元件輸出的第一圖像數據同等的第二圖像數據的復原處理；信號處理單元將由受光面上的縱向3像素以上及橫向3像素以上構成的合計9像素以上的像素區域作為最小單位進行復原處理，將攝影透鏡做成從物側起依次包括：至少由一片透鏡構成的具有正的光焦度的第一透鏡組，至少由一片透鏡構成的位於最靠像側的透鏡具有負的光焦度的第二透鏡組，因此，若在係數儲存單元中儲存復原係數，則可以實施利用該復原係數的復原處理，由此，對投影到受光面上的光學像進行拍攝而獲得的圖像數據的品質就能夠容易得到提高。

即，不需要像過去那樣在從攝影系統輸出的第一圖像數據表示的圖像的解析度未達到預定的水平時確定其原因並再調節或再組裝攝影透鏡等，單純地在係數儲存單元中儲存與由攝影系統拍攝的點像的模糊狀態對應的復原係

數，僅對該第一圖像數據實施復原處理(圖像處理)，可以得到表示具有預定的解析度的圖像的第二圖像數據，所以對投影到受光面上的光學像進行拍攝而獲得的圖像數據的品質就可以容易得到提高。

而且，還將「點像的狀態」稱為「點像的模糊狀態」，其理由在於，通過攝影透鏡投影到受光面上的點像、及拍攝該點像而得到的第一圖像數據表示的點像，因圖像透鏡像差的影響等，而其品質與對應於該點像的物點即被攝體相比有些劣化。即，在例如被攝體為解析度圖表時，通過攝影透鏡投影到受光面上的解析度圖表的像、及拍攝該解析度圖表的像而得到的第一圖像數據表示的解析度圖表的圖像的解析度，低於作為被攝體的解析度圖表的解析度。並且，該「點像的狀態」或「點像的模糊狀態」主要表示點像的解析度的劣化狀態。

此外，若係數儲存單元按每個攝影系統儲存對該攝影系統單獨求出的復原係數，則可以更準確地求出復原係數，且可以更準確地執行復原處理，所以對投影到受面光的光學像進行拍攝而獲得的圖像數據的品質就能夠可靠地得到提高。

而且，若係數儲存單元儲存從與分為多個種類的點像的各模糊狀態對應的各復原係數的候補中按照第一圖像數據表示的點像的模糊狀態所選擇出的復原係數，則與對每個攝影系統單獨求出復原係數的情況相比，可以更容易設定復原係數。

這裡，若係數儲存單元儲存：透過從與分為多個種類的該點像的各模糊狀態對應的多種復原係數的候補中按照第一圖像數據表示的該點像的模糊狀態所選擇出的復原係數進一步根據點像的狀態進行校正而成的已校正的復原係數，則與對每個攝影系統單獨求出復原係數的情況相比，可以抑制求出復原係數時的精度下降的同時更容易取得該復原係數。

而且，若攝影系統包括取得復原係數並儲存在係數儲存單元中的復原係數取得單元，則可以更可靠地取得復原係數。

此外，若信號處理單元將包含投影到受光面上的點像的有效區域的全部的最小像素區域作為最小單位執行復原處理，則可以抑制用於執行復原處理的運算量的增大，可以高效率地實施復原處理。

此外，若信號處理單元執行復原處理，使得第二圖像數據表示的圖像中的點像的有效區域的大小小於第一圖像數據表示的圖像中的點像的有效區域的大小，則能夠更可靠地提高對投影到受光面的光學像進行拍攝而得到的圖像數據的品質。

此外，若第二透鏡組中的位於最靠像側的透鏡面，或具有軸外曲點，或在中心部向像側呈凹面而在周邊部向像側呈凸面，或者滿足下述條件式(1)$0.5H<h<H$，則能夠更可靠地提高攝影透鏡的焦闌性，可以更可靠地提高表示被攝體的第一圖像數據的品質。

此外，若攝影透鏡僅由三片單透鏡構成，而且，若第一透鏡組由二片單透鏡構成，第二透鏡組由一片單透鏡構成，假設構成第一透鏡組的二片單透鏡中的位於物側的單透鏡具有正的光焦度、且該單透鏡的物側的透鏡面在物側呈凸面，二片單透鏡中的位於像側的單透鏡做成該單透鏡的像側的透鏡面在像側呈凸面，則可以更可靠地提高攝影透鏡的焦闌性，所以可以更可靠地提高表示被攝體的第一圖像數據的品質。

這裡，若攝影透鏡僅由四片單透鏡構成，而且，假設第一透鏡組由三片單透鏡構成，第二透鏡組由一片單透鏡構成，構成第一透鏡組的三片單透鏡中的位於最靠近物側的第一片單透鏡具有正的光焦度、且該單透鏡的物側的透鏡面在物側呈凸面，三片單透鏡中的與第一片單透鏡相鄰的第二片單透鏡具有負的光焦度、且該第二片單透鏡的像側的透鏡面在像側呈凸面，三片單透鏡中的位於最靠像側的第三片單透鏡具有正的光焦度，則同樣地能夠更可靠地提高攝影透鏡的焦闌性，所以可以更可靠地提高表示被攝體的第一圖像數據的品質。

本發明的攝影裝置、移動終端設備、車載設備、醫療設備的每一個具有攝影系統，這樣，如上所述能容易提高對投影到受光面的光學像進行拍攝而得到的圖像數據的品質。

本發明的第二攝影系統具有：係數儲存單元，在通過攝影透鏡投影到受光面上的點像的有效區域的最大直徑是

3像素以上的大小時，儲存與由從攝影元件輸出的第一圖像數據表示的點像的狀態對應的復原係數；及信號處理單元，利用復原係數對第一圖像數據實施在攝影透鏡的解析度高時生成與從攝影元件輸出的第一圖像數據同等的第二圖像數據的復原處理；若信號處理單元將由受光面上的縱向3像素以上及橫向3像素以上構成的合計9像素以上的像素區域作為最小單位進行復原處理；攝影透鏡從物側起依次具有：由至少一片透鏡構成的、具有正的光焦度的第一透鏡組，以及由至少一片透鏡構成的、位於最靠像側的透鏡具有負的光焦度的第二透鏡組，因此，與第一攝影系統同樣地，可以透過利用復原係數的復原處理的實施，容易地提高對投影到受光面的光學像進行拍攝得到的圖像數據的品質。

本發明的攝影系統的製造方法是在第二攝影系統的製造中，透過攝影透鏡將點像投影到攝影元件的受光面上，在係數儲存單元中儲存與由從該攝影元件輸出的第一圖像數據表示的點像的狀態對應的復原係數，所以可以有效地製造第二攝影系統。

例如，即使在從攝影系統輸出的圖像數據表示的圖像的解析度因製造上的程度等而未達到預定的水平時，可以比過去容易地實施提高圖像的解析度的攝影系統的再生處理。即，透過將復原係數儲存在係數儲存單元的攝影系統，能夠容易地實施提高從該攝影系統輸出的圖像數據的品質的復原處理，所以能夠將圖像解析度未達到預定水平的攝

影系統容易地再生為得到預定水平的圖像解析度的攝影系統，由此可以高效地製造攝影系統。

即，能夠容易地實施從將復原係數儲存在係數儲存單元中的攝影系統輸出的圖像數據的品質的復原處理，所以能夠容易再生攝影系統，並能夠高效地製造攝影系統。

而且，若大量生產攝影系統，則可以高效地製造攝影系統並享受更大的效果。

【實施方式】

下面，利用圖式對本發明的實施方式進行說明。圖1是表示本發明的攝影系統的簡要結構及本發明的攝影系統的製造方法的框圖。

[關於攝影系統的結構]

以下對攝影系統的結構進行說明。

圖1所示的本發明的攝影系統100包括：攝影透鏡10；攝影元件20，包括透過二維狀排列多個受光像素而構成的受光面21，且該攝影元件對通過攝影透鏡10投影到受光面21上的被攝體的光學像P1進行拍攝而輸出顯示該被攝體的第一圖像數據G1；係數儲存部30，在通過攝影透鏡10投影到受光面21上的點像的有效區域的最大徑是3像素以上的大小時，儲存與由攝影元件20輸出的第一圖像數據G1所表示的點像P1的模糊狀態對應的復原係數；及信號處理部40，利用儲存在係數儲存部30中的復原係數K對第一圖像數據G1實施復原處理F，該復原處理在攝影透鏡10的解析度高

時生成與從攝影元件20輸出的第一圖像數據G1同等的第二圖像數據G2。

該信號處理部40將由受光面21上的縱向3像素以上及橫向3像素以上構成的合計9像素以上的像素區域作為最小單位而執行復原處理F。

攝影透鏡10從被攝體側(物側)依次包括：至少由一片透鏡構成的、具有正的光焦度的第一透鏡組；及至少由一片透鏡構成的、且位於最靠像側的透鏡具有負的光焦度的第二透鏡組。

這裡，投影到受光面21上的點像P1的有效區域的最大直徑是投影到受光面21上的點像P1的有效區域在包含最多的受光像素的方向上的該有效區域的直徑。

而且，在圖1中用箭頭Z表示的方向是攝影透鏡10的光軸方向，用箭頭X、Y表示的方向是與受光面21平行的方向。

這裡，設置在攝影系統100的外部的復原係數取得裝置70A，取得與由攝影元件20輸出的第一圖像數據G1所表示的點像P1的模糊狀態對應的復原係數K，且將該復原係數K儲存在係數儲存部30中。

該復原係數取得裝置70A包括：理想點像儲存部72，預先儲存有在包含攝影透鏡10的光學系統中完全沒有誤差時的與點像有關的設計數據、或與優越於它的理想點像狀態有關的理想點像狀態數據中的任一個數據Dr；點像模糊狀態取得部73，對從攝影元件20輸出的第一圖像數據G1表示的點像的模糊狀態進行分析，取得表示該分析結果的模

糊點像狀態數據Db；點像直徑取得部74，用於取得通過攝影透鏡10投影到受光面21上的點像P1的有效區域的最大直徑；判斷部76，判斷通過點像直徑取得部74得到的最大直徑是否是受光面21上的3像素以上的大小；以及復原係數取得部78A，在由判斷部76判斷為最大直徑是受光面21上的3像素以上的大小時，輸入從點像模糊狀態取得部73輸出的模糊點像狀態數據Db及儲存在理想點像儲存部72中的設計數據或理想點像狀態數據即數據Dr並透過利用兩者的運算而取得表示與第一圖像數據G1表示的點像P1的模糊狀態對應的復原係數K的係數數據Dk，且將該係數數據Dk表示的復原係數K儲存在係數儲存部30中。

此外，本發明的攝影系統所使用的攝影透鏡不限於必定通過該攝影透鏡而光學像「準確」地被成像在受光面上的攝影透鏡，即使是通過攝影透鏡而光學像未準確地被「成像」在受光面上的攝影透鏡也可以採用，因此在本發明中採用通過攝影透鏡而將光學像「投影」在受光面上的攝影系統並對其進行說明。「未成像」狀態雖然可以解釋為所謂模糊的像，但是包括例如由製造誤差引起的生成比本來的點像更擴散的點像的狀態、或由於設計性的制約條件(光學系統的大小或成本)只能提供比設計值自身本來想得到的點像大的點像的狀況。

此外，如上所述，主要表示點像的解析度的劣化狀態的模糊點像狀態數據Db，例如可以表示點像P1的有效區域

的大小或點像P1的受光面上的亮度分佈(在圖像中的濃度分佈)等。

[關於攝影系統的作用]

接著，對攝影系統的作用進行說明。

首先，對由復原係數取得裝置求出復原係數而將該復原係數儲存在係數儲存部時的一例進行說明。

通過攝影透鏡10投影到受光面21上的被攝體的光學像由攝影元件20拍攝，從攝影元件20輸出的表示被攝體的第一圖像數據G1被輸入到點像模糊狀態取得部73及點像直徑取得部74。

輸入了第一圖像數據G1的點像模糊狀態取得部73對第一圖像數據G1表示的點像的模糊狀態進行分析並輸出表示其分析結果的模糊點像狀態數據Db。

此外，輸入了第一圖像數據G1的點像直徑取得部74求出投影到受光面21上的點像P1的有效區域的最大直徑而輸出表示該最大直徑的直徑數據Dm。輸入了表示最大直徑的直徑數據Dm的判斷部76判斷點像P1的有效區域的最大直徑是否是受光面21上的3像素以上的大小，在判斷為最大直徑是3像素以上的大小時，輸出信號Te。

輸入了該信號Te的復原係數取得部78A，輸入從點像模糊狀態取得部73輸出的模糊點像狀態數據Db及預先儲存在理想點像儲存部72中的設計數據或作為理想點像狀態數據的數據Dr，並透過利用兩者的運算取得與點像P1的模糊

狀態對應的復原係數K而輸出表示該復原係數K的係數數據Dk。

從復原係數取得部78A輸出的係數數據Dk被輸入到係數儲存部30，且在該係數儲存部30儲存係數數據Dk表示的復原係數K。

並且，作為實現點像模糊狀態取得部73及點像直徑取得部74的功能的例子，舉出後述的DxO Labs公司(法國)製造的DxO分析儀(analyser)。若採用該DxO分析儀，可以透過對攝影元件20所輸出的第一圖像數據G1進行分析來求出投影到受光面21上的點像P1的模糊狀態(解析度的劣化狀態)或有效區域的最大直徑。

如在係數儲存部30中儲存有復原係數K，由此攝影系統100成為可執行復原處理的狀態。

[關於復原處理]

接著，說明利用儲存在係數儲存部30的復原係數K對從攝影元件20輸出的第一圖像數據進行復原處理F而取得解析度比由第一圖像數據表示的圖像更高的圖像的第二圖像數據的情況。而且，在下面的說明中，主要說明對表示點像的第一圖像數據實施復原處理F的情況。

圖2(a)是在縱軸表示光強E、橫軸表示受光面上的X方向的位置的坐標上表示點像的光強分佈的圖。圖2(b)是在縱軸表示受光面上的Y方向的位置、橫軸表示受光面上的X方向的位置的坐標上，表示構成受光面的受光像素的各像素區域(圖中用符號Rg表示)和投影到該受光面的點像的圖；

圖3(a)是在第一圖像數據表示的圖像中所示的點像的圖像的圖；圖3(b)是在第二圖像數據表示的圖像中所示的點像的圖像的圖。並且，圖3(a)和圖3(b)分別表示的圖像中的像素區域(圖中用符號Rg'表示)各自的大小相互一致。並且，構成受光面21的受光像素的各像素區域Rg與第一圖像數據G1或第二圖像數據G2表示的圖像中的圖像區域Rg'成為相互對應的區域。

此外，圖4(a)是在縱軸表示光強E、橫軸表示受光面上的X方向的位置的坐標上，表示在攝影透鏡10的解析度高時會投影到受光面21上的點像的光強分佈的圖。此外，這還可以考慮為與光學系統無關地表示理想的點像狀態。圖4(b)是在縱軸表示受光面上的Y方向的位置、橫軸表示受光面上的X方向的位置的坐標上，表示構成受光面的受光像素的各像素區域(圖中用符號Rg表示)及在攝影透鏡10的解析度高時會投影到受光面21上的點像P2的圖。

通過攝影透鏡10被投影到受光面21上的光學像即點像P1的有效區域R1的最大直徑M1，如圖2(b)所示那樣是構成受光面21的受光像素的連續的3像素的大小。此外，該有效區域R1是由受光面21上的縱向3像素及橫向3像素構成的合計9像素的區域。即，有效區域R1是佔有構成受光面21的受光像素的9像素部分(3像素x3像素)的區域。

此外，如圖2(a)所示，點像P1的有效區域R1是具有表示點像P1的光強分佈H1中的峰值強度Ep1的$1/e^2$以上的光強的區域。

投影到受光面21上的點像P1由攝影元件20拍攝，表示該點像P1的第一圖像數據G1從攝影元件20輸出。

如圖3(a)所示，與該第一圖像數據G1表示的圖像Zg1中所示的點像P1對應的圖像P1'仍表示為該有效區域R1'在圖像中9像素部分(3像素x3像素)的圖像。

接著，輸入了該圖像數據G1的信號處理部40對第一圖像數據G1執行利用復原係數K1的復原處理F而得到第二圖像數據G2。

如圖3(a)、(b)所示，與第一圖像數據G1表示的點像的圖像P1'對應的第二圖像數據G2表示的圖像Zg2中的點像的圖像P2'，該圖像P2'的有效區域R2'與第一圖像數據G1表示的圖像Zg1中的點像的圖像P1'的有效區域R1'相比而減小。因此，在圖像Zg2中表示的點像圖像P2'的最大直徑M2'(圖像區域Rg'的3像素部分的區域)與圖像Zg1中表示的點像的圖像P1'的最大直徑M1'(圖像區域Rg'的1像素部分的區域)相比也減小。

即，該圖3(b)所示的第二圖像數據G2表示的點像的圖像P2'，與對在攝影透鏡10的解析度高時會投影到受光面21上的點像P2(參照圖4)進行拍攝的、且從攝影元件20輸出的第一圖像數據所表示的點像的圖像成為同等的圖像。

更具體地，對拍攝通過攝影透鏡10投影到受光面21上的有效區域R1之9像素部分的點像P1(參照圖2(a)、(b))的、且從攝影元件20輸出的第一圖像數據G1實施利用復原係數K的復原處理F而得到的第二圖像數據G2所表示的點像的

圖像P2'(參照圖3(b))，與對攝影透鏡10的解析度提高時預計投影到受光面21上的點像P2(有效區域R2的最大直徑M2包含在一個像素區域Rg中，參照圖4(a)、(b))進行拍攝的、且從攝影元件20輸出的第一圖像數據G1所表示的點像的圖像成為同等的圖像。

而且，圖4(a)、(b)所示的受光面21上的一個像素區域Rg所包含的點像P2的有效區域R2，與點像P1的情況同樣，是具有點像P2表示的光強分佈H2中的峰值強度Ep2的$1/e^2$以上的光強的區域。這裡，點像P2的有效區域R2是包含在一個像素區域Rg中的大小。

這樣，對第一圖像數據實施復原處理而得到的第二圖像數據所表示的圖像的解析度，可以高於第一圖像數據表示的圖像的解析度。

此外，透過該復原處理F，可以得到與擴大攝影透鏡10的景深時得到的圖像相同的圖像，所以復原處理還稱為實質上放大攝影透鏡10的景深的處理。

並且，在基於信號處理部40的、利用與第一圖像數據G1表示的點像P1的狀態對應的復原係數K的復原處理F中，可以採用上述的特開2000-123168號公報中第0002~0016段所介紹的圖像復原處理等。

在上述說明中對拍攝點像的情況進行了說明，但是，通過攝影透鏡10投影到受光面21上的被攝體的光學像被考慮為表示被攝體的點像的集合，所以無論拍攝的被攝體是哪種物體，也可以對第一圖像數據實施復原處理而生成以

高於該第一圖像數據表示的圖像的解析度表示圖像的第二圖像數據。

[關於復原係數取得裝置的變形例]

下面，對復元係數取得裝置的變形例進行說明。

在係數儲存部30中儲存與由從攝影元件輸出的第一圖像數據表示的點像的模糊狀態對應的復原係數K1的復元係數取得裝置，可以構成為與第一例的復元係數取得裝置70A不同的、下面說明的第二例的復元係數取得裝置70B或第三例的復原係數取得裝置70C。

圖5是表示第二例的復原係數取得裝置70B的圖，圖6是表示第三例的復原係數取得裝置70C的圖。圖7是表示包括復原係數取得裝置的攝影系統的圖，圖8是表示在信號處理部具備復原係數取得裝置及係數儲存部的攝影系統的圖。而且，在圖5~圖8中，包括與第一例的復原係數取得裝置70A相同的功能的構成因素由與該第一例的復原係數取得裝置70A的情況相同的符號表示。

第二例的復原係數取得裝置70B，如圖5所示，包括：候補係數儲存部79，儲存有與預先分為多個種類的點像的各模糊狀態對應的各復原係數的候補K1、K2.....；點像模糊狀態取得部73，分析從攝影元件20輸出的第一圖像數據G1表示的點像的模糊狀態並取得表示其分析結果的模糊點像狀態數據Db而向後述的復原係數取得部78B輸出；點像直徑取得部74，用於取得通過攝影透鏡10投影到受光面21上的點像P1的有效區域的最大直徑；判斷部76，判斷通過

點像直徑取得部74得到的最大直徑是否是受光面21上的3像素以上的大小；以及復原係數取得部78B，在由判斷部76判斷為最大直徑是受光面21上的3像素以上的大小時，從復原係數的候補K1、K2.....中選擇與模糊點像狀態數據Db表示的點像P1的模糊狀態對應的復原係數(例如K1)，且將該復原係數K1儲存在係數儲存部30中。

該復原係數取得裝置70B利用點像直徑取得部74取得通過攝影透鏡10投影到受光面21上的點像P1的有效區域的最大直徑，將表示該最大直徑的直徑數據Dm向判斷部76輸出。輸入了直徑數據Dm的判斷部76判斷最大直徑是否是受光面21上的3像素以上的大小，在判斷是3像素以上的大小時，將表示該情況的信號Te向復原係數取得部78B輸出。輸入了信號Te的復原係數取得部78B，從候補係數儲存部79中儲存的復原係數的候補K1、K2.....中選擇與模糊點像狀態數據Db表示的點像P1的模糊狀態對應的復原係數(例如K1)，且將表示該復原係數K1的係數數據Dk輸出到係數儲存部30中進行儲存。

即，在係數儲存部30中儲存從與分類為多個種類的點像的各模糊狀態分別對應的各復原係數的候補K1、K2.....中按照第一圖像數據G1表示的點像的模糊狀態所選擇的復原係數(例如K1)。

另一方面，第三例的復原係數取得裝置70C，如圖6所示，包括：候補係數儲存部79，儲存有與預先分為多個種類的點像的各模糊狀態對應的各復原係數的候補K1、

K2.....；理想點像儲存部72，預先儲存有在攝影透鏡10的解析度高時與通過該解析度高的攝影透鏡投影到受光面21上的理想的點像有關的設計數據或理想點像狀態數據即數據Dr；點像模糊狀態取得部73，對從攝影元件20輸出的第一圖像數據G1表示的點像的模糊狀態進行分析，取得表示該分析結果的模糊點像狀態數據Db並向後述的復原係數取得部78C輸出；點像直徑取得部74，用於取得通過攝影透鏡10投影到受光面21上的點像P1的有效區域的最大直徑；及判斷部76，判斷通過點像直徑取得部74得到的最大直徑是否是受光面21上的3像素以上的大小。

而且，該復原係數取得裝置70C包括復原係數取得部78C，在由判斷部76判斷為最大直徑是受光面21上的3像素以上的大小時，從復原係數的候補K1、K2.....中選擇與點像模糊狀態取得部73所輸出的模糊點像狀態數據Db表示的點像P1的模糊狀態對應的復原係數(例如K1)，並取得表示透過利用模糊點像狀態數據Db及預先儲存在理想點像儲存部72中的點像的設計數據或理想點像狀態數據即數據Dr的運算對該復原係數K1進行校正而成的已校正的復原係數K1'的係數數據Dk(K1')，將該係數數據Dk(K1')表示的已校正的復原係數K1'儲存在係數儲存部30中。

該復原係數取得裝置70C由點像直徑取得部74取得通過攝影透鏡10投影到受光面21上的點像P1的有效區域的最大直徑，向判斷部76輸出表示該最大直徑的直徑數據Dm。輸入了直徑數據Dm的判斷部76判斷最大直徑是否是受光

面21上的3像素以上的大小，若判斷為是3像素以上的大小時，將表示該情況的信號Te向復原係數取得部78B輸出。輸入了信號Te的復原係數取得部78B從候補係數儲存部79所儲存的復原係數的候補K1、K2.....中選擇與模糊點像狀態數據Db表示的點像P1的模糊狀態對應的復原係數(例如K1)，取得透過利用模糊點像狀態數據Db及預先儲存在理想點像儲存部72中的點像的設計數據或理想點像狀態數據即數據Dr的運算對該復原係數K1進行校正而成的已校正的復原係數K1'，並將該已校正的復原係數K1'儲存在係數儲存部30中。

即，在係數儲存部30中儲存：對從與分為多個種類的點像的各模糊狀態對應的多種復原係數的候補中按照第一圖像數據G1表示的點像P1的模糊狀態所選擇出的復原係數(例如K1)進一步按照點像的模糊狀態進行校正的且已校正的復原係數K1'。

而且，攝影系統100可以是作為其一部分具備復原係數取得裝置70A、70B或70C的系統，也可以是不設置復原係數取得裝置70A、70B及70C中的任一個的系統。

此外，圖7所示的攝影系統100'是將包括復原係數取得裝置70A、70B或70C等相同的功能的復原係數取得裝置70內置在攝影系統的殼體內的系統。攝影系統可以這樣構成。

而且，圖8所示的攝影系統100'是將如上所述的復原係數取得裝置70及係數儲存部30內置在信號處理部40'中的系統。攝影系統也可以這樣構成。

[關於攝影系統的性能]

接著，對攝影系統100所使用的由攝影透鏡10和攝影元件20構成的攝影系統的性能進行說明。

圖9是在橫軸以對數刻度(m)表示從攝影透鏡到物點的光軸方向的距離U、縱軸表示與在受光面上連續排列的像素區域的數量(N)對應的長度的坐標上，示意地示出沿光軸方向移動物點時與投影到受光面上的該物點對應的點像的有效區域的最大直徑的變化的圖。

這裡，將物點從大致與攝影透鏡接觸的近點的位置(接近到大約0.01m的位置)移動到相對於攝影透鏡大致無限遠的遠點的位置(大約相距10m的位置)。

由圖9中的系列A-1、A-2、A-3表示的3種曲線(實線)，示意地示出通過本發明的攝影系統的攝影透鏡10投影到受光面21上的互不相同的特定區域(相互之間像高不相同的受光面上的特定區域)的各點像的有效區域的最大直徑的變化。此外，圖9中的系列Aw所表示的曲線(虛線)，表示透過現有的攝影系統(例如車載用照相機、行動電話用照相機、醫療設備用照相機等)所使用的攝影透鏡投影到受光面上的點像的有效區域的最大直徑的一般變化。

根據圖9可知，在現有的攝影系統中，透過將物點投影在受光面21上而成的點像的有效區域的最大直徑，隨著物點沿光軸方向的移動，從1像素部分的大小到30像素部分的大小為止而變化很大。

另一方面，通過本發明的攝影系統100具備的攝影透鏡10而將物點投影到受光面21上形成的點像的有效區域的最大直徑，對於系列A-1、A-2、A-3中的任一個均是3像素部分以上、10像素部分以下的大小。即，與從攝影透鏡10到物點的距離無關、且與所投影的點像在受光面上的位置(例如受光面上的像高)無關，該受光面上的點像的有效區域的大小的變動較少。而且，對於從X、Y、Z方向的任一位置透過攝影透鏡10投影到受光面上的點像，也可以說成其點像的有效區域的大小變動較少。

圖10是在橫軸以對數刻度(m)表示從攝影透鏡到物點為止的光軸方向的距離U、縱軸表示MTF特性的值(%)的坐標上，示意地示出沿光軸方向移動物點時與投影到受光面上的上述物點的光學像有關的MTF特性的值(%)的變化的圖。

這裡，將物點從大致與攝影透鏡接觸的近點的位置(接近到大約0.01m的位置)移動到相對於攝影透鏡大致無限遠的遠點的位置(大約相距10m的位置)。

由圖10中的系列B-1、B-2、B-3表示的有關本發明的攝影系統的3種曲線(實線)，示意地示出通過攝影透鏡10投影到受光面上的互不相同的特定區域(像高互不相同的特定區域)的有關光學像的MTF特性的值(%)的變化。此外，圖10中的系列Bw所表示的曲線(虛線)，是表示有關現有的攝影系統與投影到受光面上的光學像有關的MTF特性的值(%)的一般變化。

由圖10可知，在現有的攝影系統中，與投影到受光面21上的光學像有關的MTF特性的值(%)從0%到超過80%的值為止而變化很大。而且，在攝影透鏡10和物點接近的近點，關於位於比MTF特性的值成為0%的位置更接近攝影透鏡10的區域(MTF特性的值從0%折反的區域)的物點，產生偽分辨。此外，在攝影透鏡10和物點分離的遠點，關於位於比MTF特性的值成為0%的位置更遠的區域(MTF特性的值從0%折反的區域)的物點，也產生偽分辨。

另一方面，通過本發明的攝影系統100具備的攝影透鏡10投影到受光面21上的光學像有關的MTF特性的值(%)，對於系列B-1、B-2、B-3均為10%以上60%以下的大小，不產生偽分辨。即，與從攝影透鏡10到物點為止的距離無關、且與所投影的光學像的受光面上的位置(像高)無關，與投影到受光面上的光學像有關的MTF特性的值的變動減少，也不產生偽分辨。而且，關於從X、Y、Z方向的任意的位置即三維空間的任意位置通過攝影透鏡10投影到受光面上的光學像有關的MTF特性也可以說變動較少。

如上所述，根據本發明的攝影系統，不需要如過去那樣在攝影系統所輸出的第一圖像數據表示的圖像的解析度未達到預定的水平時確定其原因並再調節或再組裝攝影透鏡等，單純地僅在係數儲存部分中儲存與點像的模糊狀態對應的復原係數而對該第一圖像數據實施復原處理，就可以得到表示具有預定的解析度的圖像的第二圖像數據，所以可以對投影到受光面上的光學像進行拍攝而得到的圖像

數據的品質就容易得到提高。另外，還可以說能夠容易恢復攝影系統的解析度的不足。

[關於攝影系統的製造方法]

下面，參照圖1、5、6等說明本發明的攝影系統的製造方法，即，透過對沒有儲存預定的復原係數的攝影系統儲存預定的復原係數、而製造已儲存復原係數的攝影系統的方法。

該攝影系統的製造方法，是透過在係數儲存部30中儲存復原係數、而製造可執行復原處理的已儲存復原係數的攝影系統100A、100B.....的方法。

而且，攝影系統100A、100B.....是與已經參照圖1~圖10說明的攝影系統100相同的系統。

上述攝影系統的製造方法是攝影系統100A、100B.....的製造方法，該攝影系統包括：攝影透鏡10；攝影元件20，包括透過二維狀排列多個受光像素而構成的受光面21，對通過攝影透鏡10投影到受光面21上的被攝體的光學像進行拍攝而輸出表示該被攝體的第一圖像數據G1；信號處理部40，對第一圖像數據G1以由受光面21上的縱向3像素以上及橫向3像素以上構成的合計9像素以上的像素區域為最小單位實施復原處理F，以在攝影透鏡10的解析度高時生成與從攝影元件20輸出的第一圖像數據G1同等的第二圖像數據G2；及係數儲存部30，儲存有用於復原處理的復原係數K；且上述製造方法利用儲存在係數儲存部30中的復原係數K執行復原處理。

該製造方法通過攝影透鏡10將點像P1投影到受光面21上，在係數儲存部30中儲存與由從攝影元件20輸出的第一圖像數據G1表示的點像P1的狀態對應的復原係數K。

在該攝影系統的製造方法中可以採用利用第一例的復原係數取得裝置70A、第二例的復原係數取得裝置70B、或第三例的復原係數取得裝置70C求出復原係數並將該復原係數儲存在各攝影系統100A、100B.....的係數儲存部的方法。

以下，關於利用第一例的復原係數取得裝置70A、第二例的復原係數取得裝置70B及第三例的復原係數取得裝置70C的攝影系統的製造方法進行具體說明。而且，關於攝影系統100A、100B.....及第一例的復原係數取得裝置70A、第二例的復原係數取得裝置70B、及第三例的復原係數取得裝置70C的結構及作用等，由於與上述的攝影系統100相關的內容相同，所以省略重複的說明，而對與上述攝影系統100的說明不重複的攝影系統的製造方法的內容進行說明。

《關於與第一例的復原係數取得裝置70A對應的攝影系統的製造方法》

在將對每個攝影系統單獨求出的復原係數分別儲存於攝影系統的「一對一」對應的製造程序中，需要進行：

(1)點像測量、判斷畫面內均勻性

(2)導出提供最佳的復原處理的係數組(復原係數)

(3)記錄最佳的係數組

對各功能進行更詳細的說明。

(1)是在各攝影透鏡和攝影元件的組合中，實際測量、判斷成像性能(解析度)的功能。作為基於從攝影元件得到的電信號(第一圖像數據)測量光學點像的機構，有市售的法國DxO公司的DxO分析儀。其是利用了DxO公司提倡的表示所謂BxU的模糊的概念的機構，所以可以根據來自數字照相機的輸出信號求出點像(光學點像、圖像處理後點像均可求出)。

具體地，該DxO分析儀透過對拍攝某個指定的圖表(在白底上排列無數個黑圓點的圖表)而得到的圖像數據(第一圖像數據)進行分析，來計算攝影元件的受光面上的任意的點處的點像大小(http://www.dxo.com/jp/image_quality/dxo_analyzer)。

而且，測量光學點像的機構只要是可以根據來自數字照相機(即傳感器)的輸出信號計算點像的測量機構即可，不問其形式。

另一方面，在按照光學設計值的情況下的點像的大小可以由設計該光學系統的工具計算，所以透過比較由該計算得到的「設計值點像」和由DxO分析儀等的測量器測量的「測量點像」的大小，可以判斷測量點像從設計值偏移哪種程度。例如，在光學部件有組裝誤差情況下的測量點像的大小，多半與設計值點像相比變大。此外，投影到攝影元件的受光面上的點像的有效區域的形狀或亮度分佈本來形成點對稱的形狀或分佈，但是若攝影透鏡傾斜或其軸偏移，則局部地產生前模糊、後模糊，成為所謂的「單模

糊狀態」。通過比較上述「設計值點像」和「測量點像」求出這種距設計值的偏離，進而可以判斷是否能說是正如設計值。此外，即使不拘泥於設計值點像，也可以任意地定義理想狀態，比較其理想狀態(「理想點像」)和「測量點像」來判斷其差異。

(2)是執行以核維納濾波器(Kernel Wiener Filter)為基本的復原處理，且透過計算求出使上述「測量點像」接近「設計值點像」或「理想點像」的係數組(復原係數)的階段。核維納波濾器如文獻(鷲澤嘉一、山下幸彥著，題目「Kernel Wiener Filter」，2003 Workshop on Information-Based Induction Sciences，(IBIS2003)，Kyoto，Japan，Nov 11-12，2003)所示，作為在原信號經過某些濾波而與雜訊一起被觀測時從包含雜訊的觀測信號中推算原信號的技術方法，被廣泛使用。這裡，若將原信號設為「被拍攝的物體」，作為濾波系統設為「攝影透鏡+攝影元件」，將觀測信號設為「圖像信號(第一圖像數據)」，並且將雜訊設為「設計值點像(或者理想點像)和測量點像的差異」，則可以應用核維納濾波器推算「被拍攝的物體」。

若實物的「攝影透鏡+攝影元件」沒有一切誤差原因，則所拍攝的物體就應當是圖像信號，在經過該復原處理之後原理上得到理想的「圖像信號(第二圖像數據)」。實際上，還存在基於原來的(1)的測量誤差等，雜訊成分未被全部除去而殘留一部分，但是測量點像接近設計值點像或理想的點像的事實是可靠的，作為最終的圖像的品質得到提高。

具體地，在由於某種誤差原因而光學點像大於設計值、或者在成像面內不均勻的情況下，也可以透過復原處理將該點像校正為較小、或者在成像面內均勻化，從而可以確保經得起實用的性能。此外，在不僅是基於製造的誤差原因、不得不具有設計上較低的性能(光學點像大於元件間距)的光學系統中，也可以透過校正點像提高外觀上光學性能。若追求該外觀上的光學性能提高，則有可能超越理論上所示的極限解析度，所以在考慮到近年來的像素尺寸的小型化的傾向時非常有用。

這裡，極限解析度由艾瑞盤(Airy Disk)的大小給出，無像差透鏡的點像強度的有效區域(峰值強度x(1/e2))的半徑Re、及成為強度零的半徑Rc由以下式規定。作為攝影元件所使用的最近的CMOS元件的像素間距為2.2微米、1.75微米，今後預計1.4微米、1.0微米成為主流。作為例子，若以F2.8、波長550nm計算Re及Rc，則分別為：

Re(點像強度的有效區域的半徑)＝0.82λF＝0.82x2.8x550x0.001＝1.26微米(點像強度的有效區域的直徑2.52微米)

Rc(點像強度成為零的半徑)＝1.22λF＝1.22x2.8x550x0.001＝1.88微米(點像強度成為零的直徑3.76微米)，

而像素間距已經超過衍射極限。

衍射極限以無像差為前提，但是現實的光學系統沒有無像差的情況，特別是鑒於謀求小型化、低成本化，像差反而殘留，不得已具有妥協的性能。基於核維納濾波器的

復原處理，在這種狀況下，也可以將作為最終的圖像的品質提高到實用性的程度。

上述的復原處理設想在某個特定的像面上或其很近處(前模糊後模糊的範圍)執行，但是在與攝影距離的變動對應的散焦方向的無數的像面組中，若考慮消除測量點像和設計值點像的差的復原處理，則可以擴大焦點深度。

在復原處理的執行中，應消除的雜訊成分根據各「攝影透鏡+攝影元件」各式各樣，希望對每個「攝影透鏡+攝影元件」的組合進行最佳的復原處理。但是，復原處理自身的算法相同即可，因此參照的「係數組」最佳即可。

(3)是實際上使「攝影透鏡+攝影元件」的組組合「最佳的係數組」的階段。為此，應當在某個記錄介質中儲存用於執行最佳的復原處理的係數組且將它加到「攝影透鏡+攝影元件」的組中。因此，需要記錄過程。

這樣，通過將攝影系統作為「攝影透鏡+攝影元件+記錄介質」的組而使用，從而光學性的點像(也稱光學點像)被校正為適合用途的形式，最終可以得到良好的品質的圖像。具體地，提供一種即使因某種理由(製造公差、原來的設計值低)而解析度不滿足但作為處理後的圖像也可實現滿足的解析度的機構。此外，還可以提供與各攝影透鏡和攝影元件的組的特性一致的焦點深度擴大機構。

《關於與第二例的復原係數取得裝置70B對應的攝影系統的製造方法》

敘述製造由攝影透鏡、攝影元件、信號處理電路構成的上述點像校正光學系統的第二較佳地方法，但是作為其定位設想了廉價地生產大量的數位照相機的情況。在其製造程序中需要進行：

(1)構建用於復原處理的係數(復原係數)組的庫

(2)點像測量、判斷畫面內均勻性

(3)從庫中提取提供組單位的最佳的復原處理的係數組

(4)記錄組單位的最佳的係數組。

更詳細地說明各功能。

(1)是預先對大致可收羅整體趨勢的數量的攝影透鏡(例如所有批號的10分之1)進行測量，將其解析度趨勢(不良趨勢)分組。運算對其各組的最佳的復原處理，求出在各組單位的最佳的係數組來構建庫。理想的是，如第一例那樣按「一對一」對應來分配係數組是理想的，但是在大量生產的情況下或要抑製成本時不適合。因此，如本實施例，將整體某種程度上區分為組，做成求出在其組單位下的最佳解的庫。

(2)與第一例的(1)相同，但是，根據測量點像進行屬於在上述第二例的(1)求出的哪個組的判斷。實際上，在進行上述分組時，對於預先測量出的以外也分配到組(例如所有批號的10分之9)。

(3)是從庫中提取在上述(2)判斷的組的最佳的係數組的階段，被選擇的係數組應用於該「攝影透鏡+攝影元件」

的組。這時，不逐一求出對各「攝影透鏡+攝影元件」的組的最佳係數組。由此，可以縮短第一例所需的運算時間，可以廉價地實現大量生產。

(4)與第一例的(3)相同。

《關於與第三例的復原係數取得裝置70C對應的攝影系統的製造方法》

敘述製造由攝影透鏡、攝影元件、信號處理電路構成的上述點像校正光學系統的第三較佳地方法，但是作為其定位設想了廉價地生產大量的數位照相機的情況。在其製造程序中需要進行：

(1)構建用於復原處理的係數(復原係數)組的庫

(2)點像測量、判斷畫面內均勻性

(3)從庫中提取提供最佳的復原處理的係數組

(4)部分修改該係數組

(5)記錄被修改的係數組。

更詳細地說明各功能。

(1)(2)(3)與第二例的(1)(2)(3)相同。

(4)是部分修改提取出的係數組的過程。係數組構成某個數值的排列，但是對僅修改其一部分的「攝影透鏡+攝影元件」加以需要的修改。與將所有係數組最佳化的上述第一例不同，僅部分修改係數，所以時間上較短就可結束。

(5)是記錄修改的已校正的係數組的階段，從而構成「攝影透鏡+攝影元件+記錄介質」的組。

如上述，透過本發明的攝影系統的製造方法製造的攝影系統，可以使對投影到受光面上的光學像進行拍攝得到的圖像數據的品質容易提高。

[關於各構成因素的變形例]

下面，對攝影系統及攝影系統的製造方法中的構成因素的變形例進行說明。

此外，信號處理部不限於將包含投影到受光面上的點像的全部有效區域的最小像素區域作為最小單位執行復原處理的情況，還可以將包含全部有效區域但不是最小的像素區域作為最小單位執行復原處理。

而且，不限於信號處理部執行復原處理以使得第二圖像數據表示的圖像中的點像的有效區域的大小小於第一圖像數據表示的圖像中的點像的有效區域的大小的情況，還可以執行復原處理以使第一圖像數據表示的圖像中的點像的有效區域的大小大於等於第二圖像數據表示的圖像中的點像的有效區域的大小。

而且，具有上述攝影系統的本發明的攝影裝置、移動終端設備、車載設備、及醫療設備等的要求景深深的裝置，能夠以與上述同樣的方式容易地提高各裝置中設置的攝影系統對投影到受光面的光學像進行拍攝而得到的圖像數據的品質。

圖22是表示搭載了包括攝影系統的車載設備的汽車的圖。

如圖22所示，包括本發明的攝影系統的車載設備502~504可以搭載於汽車501等上使用。該汽車501包括用於拍攝副駕駛側的側面的死角範圍的車外照相機即車載設備502、用於拍攝汽車1的後側的死角範圍的車外照相機即車載設備503、及安裝在內視鏡的背面而用於拍攝與駕駛員相同的視野範圍的車內照相機即車載設備504。

圖23是表示包括攝影系統的移動終端設備即行動電話的圖。

如圖所示，該行動電話510在行動電話的殼體511中配置有攝影系統512。

圖24是表示包括攝影系統的醫療設備即內視鏡裝置的圖。

如圖所示，觀察生物組織525的該內視鏡裝置520，在內視鏡裝置520的前端部521配置有用於拍攝由照明光La照亮的生物組織525的攝影系統522。

這樣，如上所述的包括攝影系統的本發明的攝影裝置、移動終端設備、車載設備、及醫療設備，容易與以往公知的攝影裝置、移動終端設備、車載設備、及醫療設備具有的現有攝影系統進行更換。即，以往習知的攝影裝置、移動終端設備、車載設備、及醫療設備的裝置尺寸或形狀等不變更，而將這些裝置具有的現有攝影系統更換為本發明的攝影系統，也可以構成本申請發明的攝影裝置、移動終端設備、車載設備、及醫療設備。

而且，本發明的攝影系統的攝影透鏡和攝影元件也可以如下地構成：例如在關於Z方向被限制在10f以上、關於X、Y方向也限制到某個物體高度的範圍內，對於從物空間的X、Y、Z方向的任意位置投影到受光面上的點像，該點像的有效區域的最大直徑成為形成攝影元件的受光面的受光像素的3像素以上的大小。

此外，攝影透鏡較佳地如下地構成：對於從離開該攝影透鏡的焦距的10倍以上的X、Y、Z方向的任意位置通過該攝影透鏡投影到受光面上的被攝體的光學像，與該光學像有關的MTF特性的值也為正。而且，「離開攝影透鏡的焦距的10倍以上的位置」表示「將構成攝影透鏡的透鏡面中最靠近被攝體側的面和該攝影透鏡的光軸相交的位置作為基準位置，從該基準位置沿著該攝影透鏡的光軸方向(Z軸)向被攝體側離開焦距的10倍以上的位置」。

而且，該攝影系統可以如下地構成：攝影透鏡和攝影元件僅對從關於X、Y、Z方向的至少任意的方向限定的位置透過攝影透鏡投影到受光面上的點像，使該點像的有效區域的最大直徑形成受光面的受光像素的3像素以上的大小。在這種情況下，可以僅對表示投影到受光面上的點像的有效區域的最大直徑成為受光像素的3像素上的大小的區域的第一圖像數據實施復原處理而得到第二圖像數據。

此外，該攝影系統可以構成為僅透過由軸對稱形狀構成的光學部件將被攝體的光學像投影到受光面上，或者可以構成為透過由非軸對稱形狀構成的光學部件將被攝體的

光學像投影到受光面上。而且，上述攝影透鏡較佳地景深深的透鏡。即，即使由於被攝體的移動、或攝影透鏡的焦點調節等，被攝體的光學像投影到受光面上的狀態產生變化，也較佳地將攝影透鏡和攝影元件構成為投影到受光面上的點像的模糊狀態的變化減少。更具體地，較佳地將攝影透鏡和攝影元件構成為投影到受光面上的點像的有效區域的大小及對比度的變化減少。但是，攝影系統不限於具備景深深的攝影透鏡的情況，也可以具備景深淺的攝影透鏡。

此外，用於上述攝影系統的攝影元件可以做成CCD元件、或CMOS元件。

[攝影透鏡的透鏡結構及作用]

接著，對用於上述攝影系統100的實施例一~三的各攝影系統的結構及作用具體地進行說明。用於上述實施例一~三的各攝影系統的後述的各攝影透鏡10A~10C成為上述攝影透鏡10的實施例。

而且，上述攝影系統10從被攝體側(物側)依次包括：由至少一片透鏡構成的、具有正的光焦度的第一透鏡組；及至少由一片透鏡構成的、位於最靠像側的透鏡具有負的光焦度的第二透鏡組。

《關於實施例一的攝影系統》

圖11是表示實施例一的由四片單透鏡構成的攝影透鏡10A的簡要結構的截面圖，圖12(a)~(d)是在橫軸表示通過攝影透鏡10A投影有被攝體的像的受光面的光軸方向(Z軸方

向)的散焦量Ud(μm)、縱軸表示MTF特性的值(%)的坐標上，表示在相對於上述攝影透鏡使受光面散焦時投影到該受光面上的光學像的MTF特性的值(%)的變化的圖。這裡，受光面21A的散焦範圍是400μm。

更詳細地，上述圖12(a)~(d)是表示在固定被攝體相對於攝影透鏡10A的位置的狀態下使受光面21A散焦時的、與投影為各種像高的光學像有關的MTF特性的值(%)的變化的圖。圖12(a)是表示20根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖，圖12(b)是表示30根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖，圖12(c)是表示40根/mm、圖12(d)是表示50根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖。

而且，就圖12所示的表示散焦量的橫軸Ud而言，其值增大的方向(Ud的值接近400μm的方向)表示攝影透鏡和受光面分離開的方向，其值減小的方向(Ud的值接近0的方向)表示受光面和攝影透鏡接近的方向。

如圖11所示，攝影透鏡10A沿著光軸C(Z軸)從被攝體側(圖中箭頭-Z方向側)依次排列有孔徑光闌Sat、第一單透鏡La1、第二單透鏡La2、第三單透鏡La3、第4單透鏡La4、光學部件GLa1。而且，圖11所示的透鏡面R1、R3、R5、R7表示各單透鏡La1~La4的入射側的面，透鏡面R2、R4、R6、R8表示各單透鏡La1~La4的射出側的面。通過上述攝影透鏡10A將被攝體的光學像投影到受光面21A上。

而且，在受光面21A的被攝體側，根據攝影系統的結構較佳地配置蓋玻璃、低通濾波器或紅外線截止濾波器

等，在圖11中示出配置這些在設想下的呈平行平板形狀的不具有光焦度的光學部件GLa1的例子。此外，孔徑光闌Sat不表示其形狀或大小，而表示其在光軸Z上的位置。

此外，在圖11中，從軸上光線Ja1到以最大視場角入射的軸外光線Ja5，從像高低的一側起依次示出五個光線Ja1、Ja2、Ja3、Ja4、Ja5。

而且，圖12(a)中記載的5條MTF曲線Mta20表示在上述5個光線投影到受光面21A上的各位置處的20根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化。圖12(b)中記載的5條MTF曲線Mta30表示在與上述相同的各位置處的30根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化，圖12(c)中記載的5條MTF曲線Mta40也表示在與上述相同的各位置處的40根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化，圖12(d)中記載的5條MTF曲線Mta50也表示在與上述相同的各位置處的50根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化。

此外，在圖11所示的構成例子中，示出在第四單透鏡La4和受光面21A之間配置光學部件GLa1的例子，但是在各透鏡之間也可以配置低通濾波器或截止特定波段的各種濾波器。或者，在從第一單透鏡La1到第四單透鏡La4的任意透鏡的透鏡面上施以具有與各種濾波器同樣的作用的表面處理(塗敷)。

該攝影透鏡10A從物側起依次包括：由三片單透鏡La1、La2、La3構成的、具有正的光焦度的第一透鏡組GFa；及由一片單透鏡La4構成的、具有負的光焦度的第二透鏡組

GRa，第二透鏡組GRa中的位於最靠像側的透鏡面R8具有軸外曲點Qa。

而且，如上所述，曲點是透鏡面上的點，該點的切平面與光軸C(Z軸)垂直的情況下，將該點稱為曲點。而且，將透鏡面上的與光軸相交的點以外的曲點稱為軸外曲點。

就該攝影透鏡10A而言，透鏡面R8是在該透鏡面R8的中心部向像側呈凹面而在周邊部向像側呈凸面的透鏡面。而且，該透鏡面R8滿足下述條件式(1)。

$0.5H<h<H$ .....(1)

其中，

H：透鏡面R8的有效半徑

h：從透鏡面R8的軸外曲點Qa到光軸的距離。

此外，從透鏡面R8的軸外曲點Qa到光軸的距離h還稱為：切平面相對於非球面頂點的切平面(與光軸垂直的平面)的傾斜度成為0的非球面上的點距光軸的高度。

而且，構成該攝影透鏡10A的第一透鏡組GFa的三片單透鏡La1、La2、La3中的位於最靠近被攝體側(圖中箭頭-Z方向的側)的第一片單透鏡La1具有正的光焦度，而且該單透鏡La1的被攝體側的透鏡面R1在被攝體側呈凸面。第一透鏡組GFa中的與第一片單透鏡La1相鄰的第二片單透鏡La2具有負的光焦度，而且該第二片單透鏡La2的像側(圖中箭頭+Z方向的側)的透鏡面R4在像側呈凸面。第一透鏡組GFa中的位於最靠像側的第三片單透鏡La3具有正的光焦度。

以下，對實施例一的攝影透鏡10A的設計數據進行說明。

表1示出透鏡數據及各種數據，表2示出各非球面上的非球面式的各係數，表3示出攝影透鏡10A的簡要規格。

[表1]

實施例一(四片透鏡)

面號碼	Ri	Di	Ndj	νdj
孔徑光闌	∞	0.119		
1*	2.070	1.110	1.47136	76.6
2*	-15.959	0.800		
3*	-2.162	0.679	1.60595	27.0
4*	-9.117	0.100		
5*	6.048	1.000	1.51007	56.2
6*	29.492	0.314		
7*	2.160	1.100	1.51007	56.2
8*	1.782	0.700		
9	∞	0.300	1.51633	64.1
10	∞	0.376		
像面	∞	0.000		

焦距 5.277

F值 2.8

[表2]

實施例一(四片透鏡)

面號碼	K	A3	A4	A5	A6
1	1.21129740	-0.02464958	0.05275897	-0.12023671	0.05100521
2	-10.00343250	-0.00475970	-0.02553074	-0.01379899	-0.01198224
3	1.55127390	-0.00118810	-0.13263220	0.10838046	0.00206148
4	-9.27863960	-0.10122820	-0.11447178	0.12665960	0.00449924
5	-50.08963290	-0.13043949	0.06749931	0.00339300	-0.01076773
6	10.02612250	-0.01717648	-0.00600583	-0.00521320	-0.00090616
7	-10.06977900	0.03412823	-0.07001306	-0.00663654	0.00200906
8	-4.22653160	0.03095479	-0.07589071	0.02710552	-0.00354984

面號碼	A7	A8	A9	A10
1	0.04176113	-0.01010916	-0.04612620	0.01953189
2	0.00539686	0.01124139	-0.01613398	0.00437339
3	-0.04216384	0.00198517	0.04783041	-0.02009110
4	-0.02944682	-0.00473446	0.00920799	0.00141127
5	-0.00966040	-0.00019870	0.00284438	-0.00122221
6	-0.00162871	-0.00057243	0.00043875	-0.00004603
7	0.00239877	-0.00064428	-0.00007006	0.00007089
8	-0.00120134	0.00045058	0.00008157	-0.00003850

[表3]

實施例一　　F值2.8/焦距5.277mm　四片結構

點像的有效區域的最大直徑Dmax(μm)	按各像素區域的每個像素間距換算的、與點像的有效區域的最大徑Dmax對應的像素數量Ngs			最短攝影距離Sk(mm)	焦點深度Sd(μm)	h：H/2
	像素間距Pg=2.2μm換算	像素間距Pg=1.85μm換算	像素間距Pg=1.4μm換算			
10	4.5	5.7	7.1	26f	250	1.73：1.38
7	3.2	4.0	5.0	22f	300	

如表1的透鏡數據的下方所示，攝影透鏡10A的焦距f是5.277mm，F值是2.8。

在表1的透鏡數據中，面號碼表示以最靠近被攝體側的透鏡面為第一個、隨著朝向像側依次增加的第i個(i＝1、2、3、.....)的面號碼。而且，表1還包含記載孔徑光欄Sat和光學部件GLa1，還記載了光學部件GLa1的面號碼(i＝9、10)。

表1的Ri表示第i個(i＝1、2、3、.....)的面的近軸曲率半徑，Di表示第i(i＝1、2、3、.....)個面和第i+1個面的光軸Z上的面間隔。表1的Ri與圖1的符號Ri(i＝1、2、3、.....)對應。

表1的Ndj表示以最靠近被攝體側的光學因素為第一個、隨著朝向像側依次增加的第j個(j＝1、2、3、.....)的光學因素對d線(波長587.6nm)的折射率，νdj表示第j個光學因素的對d線的阿貝數。在表1中，近軸曲率半徑及面間隔的單位是mm，近軸曲率半徑在被攝體側為凸的情況設為正、在像側為凸的情況設為負。而且，對於表1中的記號的含義在後述的實施例中也相同。

在表1的透鏡數據中，非球面在面號碼附加*記號。各非球面由下述非球面式定義。

[數學式1]

$$Z=\frac{Y^2/R}{1+(1-K\cdot Y^2/R^2)^{1/2}}+\sum_{i=3}^{20}AiY^i$$

Z:非球面深度(從高度Y的非球面上的點下垂到非球面頂點相切的與光軸垂直的平面的垂線的長度)；

Y：高度(從光軸的距離)；

R：近軸曲率半徑；

K、Ai：非球面係數(i＝3~20)；

表2表示非球面式中的各非球面的各係數K、A3、A4、A5.....的值。

構成攝影透鏡10A的各單透鏡La1~La4都是入射側及出射側的透鏡面兩者同時呈非球面形狀。

此外，在表3中示出實施例一的攝影系統中的、點像的有效區域的最大直徑Dmax、與點像的有效區域的最大直徑

Dmax對應的像素數量(像素區域的數量)Ngs、最短攝影距離Sk、焦點深度Sd的關係。

而且，表3中的「h：H/2」的欄的「h」表示從光軸到上述透鏡面R8的軸外曲點的距離。此外，「H/2」示出透鏡面R8的有效半徑H的1/2的大小(0.5H的大小)。這裡，可知透鏡面R8滿足上述「0.5H<h<H」的條件式(1)。

此外，就表3中的像素數量Ngs而言，按受光面上的像素區域的每個像素間距Pg(2.2μm、1.85μm、1.4μm)示出與點像的有效區域的最大直徑對應的像素區域的數量。這裡，像素數量Ngs的值根據像素數量Ngs＝最大直徑Dmax/像素間距Pg的式求出。

上述點像的有效區域的最大直徑Dmax是該點像的有效區域包含最多的像素的方向上的點像的有效區域的直徑，像素間距Pg是上述方向上的像素區域(受光像素)的間距。

最短攝影距離Sk是將攝影透鏡供於實用時的推薦值，表示能夠以期望的解析度將被攝體的像投影到受光面上的攝影透鏡到被攝體為止的最短距離。該最短距離由攝影透鏡的最靠近被攝體側的透鏡面(這裡是透鏡面R1)到被攝體為止的距離(攝影距離)表示。

該最短攝影距離包含在拍攝投影到受光面的光學像所獲得的圖像數據的品質由復原處理提高的效果能夠得到的攝影距離的範圍內。

而且，從實施例一到三的攝影系統中，得到透過復原處理提高圖像數據的品質的效果的攝影距離的範圍，是攝影距離0到∞(無限遠)的範圍，是可拍攝被攝體的整個範圍。

焦點深度Sd示出在固定被攝體對攝影透鏡的位置的狀態下使受光面散焦時，能夠以規定以上的解析度將被攝體的像投影到受光面上的散焦的範圍。該焦點深度Sd是在預定位置固定受光面對攝影透鏡的位置的狀態下，被考慮為某種程度上與能夠以預定解析度將被攝體投影到受光面上的攝影距離的範圍對應的值。即，若焦點深度Sd的值增大，則可認為以預定解析度將被攝體投影到受光面上的攝影距離的範圍也擴大。

而且，上述非球面式的定義、及表1、表2、表3中的透鏡數據、各種數據、非球面式的各係數、有關攝影透鏡的簡要規格的式、數值、用語等的含義對於後述的實施例也相同。

根據表3可知，實施例一的攝影系統構成為：在投影到受光面21A上的點像的有效區域是7μm以上、且構成受光面21A的受光像素的像素間距是2.2μm以下時，點像的有效區域的最大直徑為3像素(3.2像素)以上。

此外，最短攝影距離Sk的值在設點像的有效區域的最大直徑Dmax為10μm時是26f(大約137mm)，在設點像的有效區域的最大直徑Dmax為7μm時為22f(大約116mm)。

攝影透鏡10A的焦點深度Sd的值在設點像的有效區域的最大直徑Dmax為10μm時是250μm，在設點像的有效區域的最大直徑Dmax為7μm時為300μm。

關於與上述實施例一的攝影系統有關的MTF特性的值，在使受光面21A與攝影透鏡10A最接近時，即，在圖12(a)~(d)中散焦量Ud的值為0時，空間頻率20~50Line/mm(也稱：根/mm)的所有MTF特性的值為正。

此外，將受光面21A遠離攝影透鏡10A時，即，在圖12(a)~(d)中設散焦量的值為300μm時，空間頻率20~50Line/mm的所有MTF特性的值為正。

即，在散焦量的值為0~300μm的範圍內時，空間頻率在20~50Line/mm的所有MTF特性的值為正。

在散焦量的值是300μm到400μm的範圍時，空間頻率在30~50Line/mm的MTF特性的值從0%反轉並產生偽分辨。用圖中箭頭Gik表示產生偽分辨的範圍。

這裡，在與投影到受光面上的被攝體的像有關的MTF特性的值大於0%時，拍攝該像得到的圖像數據可以說持有有光學意義的信息，所以該圖像數據成為具有實施復原處理而可以提高解析度的可能性的數據。但是，與投影到受光面上的被攝體的像有關的MTF特性的值為0%或從0%折反而產生偽分辨時，拍攝該像得到的圖像數據不持有有光學意義的信息，因此，即使對這種圖像數據實施復原處理，也不能提高圖像數據的品質(圖像數據表示的圖像的解析度)。

根據上述事實，若採用該攝影系統，在受光面21A和攝影透鏡10A的位置關係得到固定的預定的狀態下，使攝影距離變化到22f~∞的範圍時，能夠使通過將被攝體投影到受光面21A上而成的像的MTF特性成為始終比0%大的值(可以使其不產生偽分辨)。

即，在攝影距離為0~∞的範圍，可以使投影到受光面21A上的被攝體的像成為有意義的像。

而且，在0~∞的範圍內改變攝影距離時，投影到該受光面21A上的點像的有效區域成為受光面21A上的3像素以上的大小，所以可以透過對該範圍存在的被攝體進行拍攝得到的圖像數據實施復原處理來提高圖像的解析度。

即，透過實施例一的攝影系統對投影到受光面21A上的包含攝影距離在22f~∞的範圍的各種被攝體的像進行拍攝得到的圖像數據，可以說滿足用於實施復原處理的前提條件(提高解析度的條件)。

而且，透過將投影到受光面21A上的點像的大小變動抑制為較少，可以更容易執行復原處理。即，例如，即使投影到受光面上的像是包含置於互不相同的各種攝影距離的被攝體的像，若構成各被攝體的像的點像的模糊狀態相同，則對於表示位於任何位置的被攝體的圖像數據來說，也可以不變更參數而執行復原處理。由此，可以減輕進行復原處理的運算的信號處理部的負擔。

另一方面，在以始終利用相同的參數執行復原處理為前提的情況下，若投影到受光面上的構成位於互不相同的

各種攝影距離的被攝體的像的點像的模糊狀態相同，則透過實施復原處理，從而對表示位於任何位置的被攝體的圖像數據也可以將表示其被攝體的圖像的解析度同樣地提高。即，透過復原處理的實施，可以關於圖像整體均勻地提高圖像的解析度。

這樣，透過實施增大攝影透鏡10A的焦點深度的設計，從而由對通過攝影透鏡10A投影到受光面21A上的包含攝影距離位於22f~∞的範圍的各種被攝體的像進行拍攝得到的圖像數據所表示的圖像整體的解析度可以利用復原處理得到提高。

此外，根據如上那樣設計的攝影透鏡10A，可以減少入射到受光面21A的光相對於該受光面21A的入射角，即，可以得到焦闌性良好的攝影透鏡。

以下，對實施例二及實施例三的攝影系統進行說明。而且，對於實施例二及實施例三的攝影系統的光學特性等，與上述實施例一的攝影系統的光學特性類似，所以省略詳細的說明。

《關於實施例二的攝影系統》

圖13是表示實施例二的由三片單透鏡構成的攝影透鏡10B的簡要結構的截面圖，圖14(a)~(d)是在橫軸表示受光面的光軸方向(Z軸方向)的散焦量Ud(μm)、縱軸表示MTF特性的值(%)的坐標上，表示在相對於上述攝影透鏡使受光面散焦時投影到該受光面上的光學像的MTF特性的值(%)的變化的圖。這裡，受光面的散焦範圍是400μm。

此外，表示與攝影透鏡10B有關的攝影系統的MTF特性的圖14(a)~(d)對應於表示與上述攝影透鏡10A有關的MTF特性的圖12(a)~(d)。

如圖13所示，攝影透鏡10B沿著光軸C(Z軸)從被攝體側(圖中箭頭-Z方向側)起依次分別排列有孔徑光闌Sbt、第一單透鏡Lb1、第二單透鏡Lb2、第三單透鏡Lb3、第一光學部件GLb1、及第二光學部件GLb2。而且，圖13所示的透鏡面R1、R3、R5表示各單透鏡Lb1~Lb3的入射側的面，透鏡面R2、R4、R6表示各單透鏡Lb1~Lb3的射出側的面。透過上述攝影透鏡10B將被攝體的光學像投影到受光面21B上。

而且，各第一光學部件GLb1、第二光學部件GLb2是由平行平板構成的不具有光焦度的光學部件。

在第三單透鏡Lb3和受光面21B之間配置有不具有光焦度的第一光學部件GLb1、及第二光學部件GLb2。

此外，在圖13中，從軸上光線Jb1到以最大視場角入射的軸外光線Jb5，從像高低的一側起依次示出五個光線Jb1、Jb2、Jb3、Jb4、Jb5。

而且，圖14(a)中記載的5條MTF曲線Mtb20表示上述5個光線投影到受光面21B上的各位置處的20根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化。圖14(b)中記載的5條MTF曲線Mtb30表示與上述相同的各位置處的30根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化，圖14(c)中記載的5條MTF曲線Mtb40也表示與上述相同的各位置處的40根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化，圖14(d)中記載的5條MTF曲線

Mtb50也表示與上述相同的各位置處的50根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化。

該攝影透鏡10B從被攝體側起依次包括：由二片單透鏡Lb1、Lb2構成的、具有正的光焦度的第一透鏡組GFb；及由一片單透鏡Lb3構成的、具有負的光焦度的第二透鏡組GRb，第二透鏡組GRb中的位於最靠像側(圖中箭頭Z+方向)的透鏡面R6具有軸外曲點Qb。

就上述攝影透鏡10B而言，第二透鏡組GRb的位於最靠像側的透鏡面R6，是在該透鏡面R6的中心部向像側呈凹面而在周邊部向像側呈凸面的透鏡面。而且，該透鏡面R6滿足上述條件式(1)「0.5H<h<H」。

而且，構成第一透鏡組GFb的二片單透鏡Lb1、Lb2中的位於被攝體側(圖中箭頭-Z方向的一側)的第一片單透鏡Lb1具有正的光焦度，而且該單透鏡Lb1的被攝體側的透鏡面R1在被攝體側呈凸面。第一透鏡組GFb中的位於像側的第二片單透鏡Lb2，該單透鏡Lb2的像側的透鏡面R4在像側呈凸面。

以下，對實施例二的攝影透鏡10B的設計數據進行說明。

表4示出透鏡數據及各種數據，表5示出各非球面上的非球面式的各係數，表6示出攝影透鏡10B的簡要規格。而且，表4的Ri和圖13中的符號Ri相對應。

[表4]

實施例二(三片透鏡)

面號碼	Ri	Di	Ndj	ν dj
孔徑光闌	∞	-0.120		
1*	1.445	0.791	1.53114	55.4
2*	-3.395	0.223		
3*	-1.560	0.764	1.63178	23.2
4*	-11.065	0.234		
5*	1.703	0.960	1.53114	55.4
6*	1.334	0.396		
7	∞	0.495	1.52000	55.0
8	∞	0.244		
像面	∞	0.000		

焦距 3.312

F值 2.7

[表5]

實施例二(三片透鏡)

面號碼	K	A3	A4	A5	A6
3	0.12852990	0.00976249	-0.03207688	-0.16317950	0.33466830
4	0.09999990	-0.03023295	-0.20760347	-0.06072193	-0.21300370
5	0.10063060	0.07041734	-0.65685088	0.00282485	1.80528090
6	0.09999950	-0.05637836	-0.77217239	0.03211432	2.38962630
7	0.03061670	-0.14017100	-0.88195617	0.01064477	0.95719211
8	0.04380360	-0.03479559	-0.36508266	-0.01863131	0.26961061

面號碼	A7	A8	A9	A10	A11
3	0.07278352	-1.00740680	0.47470325	3.41529050	-3.16337050
4	0.05253407	0.02422838	-0.03140656	0.09130447	-0.23804840
5	0.28010794	-7.67023220	0.16190599	19.86376700	-0.50337009
6	0.00339539	-5.71596040	0.08306921	10.35335700	0.03386329
7	0.01726570	-0.80297213	-0.00067235	0.40314453	0.00388345
8	0.03974424	0.14562228	-4.22996350	24.18613900	-82.26362800

面號碼	A12	A13	A14	A15	A16
3	-14.25336100	5.61940790	64.11670800	3.13869750	-154.71176000
4	0.36479431	0.92530303	0.16338034	1.31874660	-1.09966870
5	-26.23953800	-0.07354199	14.72031400	2.25487560	0.40902761
6	-11.67464600	-0.05449995	6.27414510	-0.11930784	2.16706530
7	-0.02324472	0.00733302	-0.02721805	0.00632184	-0.00035338
8	187.43373000	-300.18131000	345.61445000	-287.81496000	171.95004000

面號碼	A17	A18	A19	A20
3	-1.58385650	210.54242000	-49.25468100	-105.14658000
4	0.07820894	2.68233770	-16.16748300	8.80290720
5	2.07996040	-5.56428710	-8.63704520	4.82174560
6	-0.09071725	-4.49242640	0.05916245	1.59162020
7	0.00058318	-0.00054253	-0.00431963	-0.00138795
8	-71.87173800	19.95655700	-3.30686960	0.24744736

[表6]

實施例二　　F值2.7/焦距3.312mm 三片結構

點像的有效區域的最大直徑Dmax(μm)	按各像素區域的每個像素間距換算的、與點像的有效區域的最大徑Dmax對應的像素數量Ngs			最短攝影距離Sk(mm)	焦點深度Sd(μm)	h：H/2
	像素間距Pg=2.2μm換算	像素間距Pg=1.85μm換算	像素間距Pg=1.4μm換算			
7	3.2	4.0	5.0	16f	250	0.96:0.865

構成各攝影透鏡10B的所有單透鏡中的每個單透鏡都是入射側及出射側的透鏡面兩者均呈非球面形狀。

而且，如表4的透鏡數據的下方所示，攝影透鏡10B的焦距f是3.312mm，F值是2.7。

而且，表4、表5、表6中的透鏡數據、各種數據、非球面式的各係數、有關攝影透鏡的簡要規格的式、數值、用語等的含義與上述實施例一的各表1、2、3相同，所以省略說明。

根據表6可知，實施例二的攝影系統構成為：在投影到受光面21B上的點像的有效區域是7μm以上、且構成受光面21B的受光像素的像素間距是2.2μm以下時，點像的有效區域的最大直徑為3像素(3.2像素)以上。

此外，最短攝影距離Sk的值在設點像的有效區域的最大直徑Dmax為7μm時是16f(大約53mm)。

該最短攝影距離是在對投影到受光面的光學像進行拍攝獲得的圖像數據的品質由復原處理提高的效果能獲得的攝影距離的範圍內所包含的距離。

攝影透鏡10B的焦點深度Sd的值在設點像的有效區域的最大直徑Dmax為7μm時是250μm。

此外，與該實施例二的攝影系統有關的MTF特性的值，在使受光面21B與攝影透鏡10B最接近時，即，在設圖14(a)~(d)中散焦量Ud的值為0μm時，空間頻率20~50Line/mm的所有MTF特性的值為正。

此外，將受光面21B遠離攝影透鏡10B時，即，在圖14(a)~(d)中設散焦量的值為250μm時，空間頻率20~50Line/mm的所有MTF特性的值為5%以上，在散焦量的值為250μm到400μm的範圍內，空間頻率20~50Line/mm的所有MTF特性的值從0%反轉並產生偽分辨。用圖中箭頭Gik表示產生偽分辨的範圍。

而且，在散焦量Ud的值為0μm和250μm之間(上述焦點深度的範圍內)時，空間頻率20~50Line/mm的所有MTF特性的值為正。

如上所述，根據實施例二的攝影系統，在比較寬的散焦範圍(大約250μm)，MTF特性的值成為正。

根據如上述的事實，若採用實施例二的攝影系統，在受光面21B和攝影透鏡10B的位置關係得到固定的預定的狀態下，使攝影距離變化到0~∞的範圍時，能夠使透過將被攝體投影到受光面21B上而成的像的MTF特性成為始終比0%大的值(可以使其不產生偽分辨)。

即，在攝影距離為16 f~∞的範圍，可以使投影到受光面21B上的被攝體的像成為有意義的像。

而且，在16f~∞的範圍內改變攝影距離時，投影到該受光面21B上的點像的有效區域成為受光面21B上的3像素以上的大小，所以對拍攝該範圍存在的被攝體得到的圖像數據實施復原處理，從而可以提高圖像的解析度。即，通過實施例二的攝影系統得到的表示位於攝影距離0~∞的範圍的各種被攝體的圖像數據可以說滿足用於實施復原處理的前提條件(提高解析度的條件)。

這樣，透過實施增大攝影透鏡10B的焦點深度那樣的設計，從而由對攝影距離位於16f~∞的範圍的各種被攝體的像同時進行拍攝得到的圖像數據表示的圖像整體的解析度可以利用復原處理得到提高。

而且，在將實施例二的攝影系統供於實用時，較佳地將攝影距離限定在焦距的10倍(大約33mm(10f))以上，更較佳地如上那樣限定為53mm(16f)以上。

這樣，若將攝影距離限定為33mm~∞的範圍，則可以得到對拍攝被攝體的像得到的圖像數據實施復原處理而提高圖像的解析度的較大的效果。而且，若將攝影距離限定為53mm~∞的範圍，則可以期待對拍攝被攝體的像得到的圖像數據實施復原處理而提高圖像的解析度的更大的效果。

此外，根據如上那樣設計的實施例二的攝影透鏡10B，可以與上述實施例一的情況同樣地減少入射到受光面21B的光相對於該受光面21B的入射角，即，可以得到焦闌性良好的攝影透鏡。

《關於實施例三的攝影系統》

圖15是表示實施例三的由三片單透鏡構成的攝影透鏡10C的簡要結構的截面圖，圖16(a)~(d)是在橫軸表示受光面的光軸方向(Z軸方向)的散焦量Ud(μm)、縱軸表示MTF特性的值(%)的坐標上，表示在相對於上述攝影透鏡使受光面散焦時投影到該受光面上的光學像的MTF特性的值(%)的變化的圖。這裡，受光面的散焦範圍是400μm。

此外，表示與攝影透鏡10C有關的MTF特性的圖16(a)~(d)對應於表示與上述攝影透鏡10A有關的MTF特性的圖12(a)~(d)。

如圖15所示，攝影透鏡10C沿著光軸C(Z軸)從被攝體側(圖中箭頭-Z方向側)起依次分別排列有孔徑光闌Sct、第一單透鏡Lc1、第二單透鏡Lc2、第三單透鏡Lc3、光學部件GLc1。

而且，圖15所示的透鏡面R1、R3、R5表示各單透鏡Lc1~Lc3的入射側的面，透鏡面R2、R4、R6表示各單透鏡Lc1~Lc3的射出側的面。透過上述攝影透鏡10C將被攝體的光學像投影到受光面21C上。

光學部件GLc1是由平行平板構成的不具有光焦度的光學部件。

此外，在圖15中，從軸上光線Jc1到以最大視場角入射的軸外光線Jc5，從像高低的一側起依次示出5個光線Jc1、Jc2、Jc3、Jc4、Jc5。

而且，圖16(a)中記載的5條MTF曲線Mtc20表示在上述5個光線投影到受光面21C上的各位置處的20根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化。圖16(b)中記載的5條MTF曲線Mtc30表示在與上述相同的各位置處的30根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化，圖16(c)中記載的5條MTF曲線Mtc40也表示在與上述相同的各位置處的40根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化，圖16(d)中記載的5條MTF曲線Mtc50也表示在與上述相同的各位置處的50根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化。

該攝影透鏡10C從被攝體側起依次包括：由二片單透鏡Lc1、Lc2構成的、具有正的光焦度的第一透鏡組GFc；及由一片單透鏡Lc3構成的、具有負的光焦度的第二透鏡組GRc，第二透鏡組GRc中的位於最靠像側的透鏡面R6具有軸外曲點Qc。

就上述攝影透鏡10C而言，第二透鏡組GRc的位於最靠像側的透鏡面R6是在該透鏡面R6的中心部向像側呈凹面而在周邊部向像側呈凸面的透鏡面。而且，該透鏡面R6滿足述述條件式(1)「0.5H<h<H」。

而且，構成第一透鏡組GFc的二片單透鏡Lc1、Lc2中的位於被攝體側的第一片單透鏡Lc1具有正的光焦度，而且該單透鏡Lc1的被攝體側的透鏡面R1在被攝體側呈凸面。就第一透鏡組GFc中的位於像側的第二片單透鏡Lc2而言，該單透鏡Lc2的像側的透鏡面R4在像側呈凸面。

以下，對實施例三的攝影透鏡10C的設計數據進行說明。

表7示出透鏡數據及各種數據，表8示出各非球面上的非球面式的各係數，表9示出攝影透鏡10C的簡要規格。而且，表7的Ri和圖15中的符號Ri相對應。

[表7]

實施例三(三片透鏡)

面號碼	Ri	Di	Ndj	νdj
孔徑光闌	∞	-0.120		
1*	1.445	0.791	1.53114	55.4
2*	-3.395	0.223		
3*	-1.560	0.764	1.63178	23.2
4*	-11.065	0.234		
5*	1.703	0.960	1.53114	55.4
6*	1.334	0.396		
7	∞	0.495	1.52000	55.0
8	∞	0.244		
像面	∞	0.000		

焦距　4.043

F值　3.5

[表8]

實施例三(三片透鏡)

面號碼	K	A3	A4	A5	A6
1	1.46821160	-0.02006750	-0.01716269	-0.07488272	-0.00807329
2	5.91246140	0.03858523	-0.00390848	0.00521844	0.42149785
3	2.68478870	-0.01203839	-0.03769086	-0.00672518	-0.10003112
4	-22.94585750	-0.26256773	0.06660669	-0.05308108	0.03934465
5	-4.05769940	-0.31290897	-0.02907510	0.05714552	0.02834143
6	-3.33611150	-0.11799765	-0.09043585	0.08521950	-0.00370655

面號碼	A7	A8	A9	A10
1	0.20927058	-0.00396025	-0.39769240	0.03759849
2	0.16034238	-0.77511754	-1.93911820	3.57739830
3	-0.04142547	0.12137291	0.16117261	-0.24036373
4	-0.01863391	0.01654903	0.02453973	-0.01496812
5	-0.01023398	-0.00261078	0.00553029	-0.00251202
6	-0.01246110	-0.00340986	0.00410789	-0.00065698

[表9]

實施例三　　F值3.5/焦距4.043mm 三片結構

點像的有效區域的最大直徑Dmax(μm)	按各像素區域的每個像素間距換算的、與點像的有效區域的最大徑Dmax對應的像素數量Ngs			最短攝影距離Sk(mm)	焦點深度Sd(μm)	h：H/2
	像素間距Pg=2.2μm換算	像素間距Pg=1.85μm換算	像素間距Pg=1.4μm換算			
10	4.5	5.7	7.1	15f	350	1.04:0.94

構成攝影透鏡10C各自的所有單透鏡中的每個單透鏡都是入射側及出射側的透鏡面兩者同時呈非球面形狀。

而且，如表7的透鏡數據的下方所示，攝影透鏡10C的焦距f是4.043mm，F值是3.5。

而且，表7、表8、表9中的透鏡數據、各種數據、非球面式的各係數、有關攝影透鏡的簡要規格的式、數值、用

語等的含義與上述實施例一的各表1、2、3相同，所以省略其說明。

根據表9可知，實施例三的攝影系統構成為：在投影到受光面21C上的點像的有效區域是10μm以上、且構成受光面21C的受光像素的像素間距是2.2μm以下時，點像的有效區域的最大直徑為3像素(4.5像素)以上。

此外，最短攝影距離Sk的值在設點像的有效區域的最大直徑Dmax為10μm時是15f(大約60mm)。

該最短攝影距離是在對投影到受光面的光學像進行拍攝獲得的圖像數據的品質由復原處理提高的效果能獲得的攝影距離的範圍內所包含的距離。

攝影透鏡10C的焦點深度Sd的值在設點像的有效區域的最大直徑Dmax為10μm時是350μm。

此外，與該實施例三的攝影系統有關的MTF特性的值，在使受光面21C與攝影透鏡10C最接近時，即，在圖16(a)~(d)中散焦量Ud的值為0μm時，空間頻率20~50Line/mm的所有MTF特性的值為正。

此外，將受光面21C遠離攝影透鏡10C時，即，在圖16(a)~(d)中設散焦量的值為300μm時，空間頻率為20~50Line/mm的所有MTF特性的值為數%以上，在散焦量的值為300μm到400μm的範圍內，空間頻率30~50Line/mm的MTF特性的值從0%反轉並產生偽分辨。

如上所述，根據實施例三的攝影系統，在比較寬的散焦範圍(大約300μm)，MTF特性的值成為正。

根據如上所述的事實，若採用該攝影系統，在受光面21C和攝影透鏡10C的位置關係得到固定的預定的狀態下，使攝影距離在15f~∞的範圍變化時，能夠使通過將被攝體投影到受光面21C上而成的像的MTF特性成為始終比0%大的值(可以使其不產生偽分辨)。

即，在攝影距離為15 f~∞的範圍，可以使投影到受光面21C上的被攝體的像成為有意義的像。

而且，在15f~∞的範圍內改變攝影距離時，投影到該受光面21C上的點像的有效區域成為受光面21C上的3像素以上的大小，所以無論對位於任何位置的被攝體進行拍攝得到的圖像數據，都可以透過實施復原處理來提高圖像的解析度。即，透過實施例三的攝影系統得到的所有圖像數據可以說滿足用於實施復原處理的前提條件(提高解析度的條件)。

這樣，透過實施增大攝影透鏡10C的焦點深度那樣的設計，從而由對攝影距離位於15f~∞的範圍的各種被攝體的像同時進行拍攝得到的圖像數據表示的圖像整體的解析度可以透過復原處理得到提高。

而且，透過如上所述地將攝影距離限定為60mm~∞的範圍，則可以得到對拍攝被攝體的像獲得的圖像數據實施復原處理而提高圖像的解析度的更大的效果。

此外，如上那樣設計的實施例三的攝影透鏡10C是可以與上述實施例一的情況同樣地減少入射到受光面21C的光

相對於該受光面21C的入射角的攝影透鏡，即，是焦闌性良好的攝影透鏡。

《關於實施例一~3的攝影透鏡的像差》

圖17是表示與攝影透鏡10A有關的像差的圖，圖18是表示與攝影透鏡10B有關的像差的圖，圖19是表示與攝影透鏡10C有關的像差的圖。在各圖17~19中分別從上依次按照球面像差(也稱球差)、散光像差(也稱像散)、畸變像差(歪曲像差)、倍率色像差的順序示出實施例一~三的攝影透鏡的各像差圖。

各像差圖示出以e線(波長546.07nm)為基準波長的像差，但是在球面像差圖及倍率色像差圖中還表示關於F線(波長486.1nm)、C線(波長656.3nm)的像差。畸變像差的圖利用整個系統的焦距f、半視場角θ(變數處理、$0 \leqq \theta \leqq \omega$)，設理想像高為$f \times \tan\theta$，表示與它的偏差量。

《關於比較例的攝影系統》

下面，作為比較例說明行動電話所使用的照相機等的現有的攝影透鏡。

圖20是表示比較例的由四片單透鏡構成的攝影透鏡的簡要結構的截面圖，圖21(a)~(d)是在橫軸表示受光面的光軸方向(Z軸方向)的散焦量Ud(μm)、縱軸表示MTF特性的值(%)的坐標上，表示在相對於上述攝影透鏡使受光面散焦時投影到該受光面上的光學像的MTF特性的值(%)的變化的圖。這裡，受光面的散焦範圍是400μm。

此外，表示MTF特性的圖21(a)~(d)對應於表示與上述攝影透鏡10A有關的MTF特性的圖12(a)~(d)等。

如圖20所示，比較例的攝影透鏡10H沿著光軸C(Z軸)從被攝體側(圖中箭頭-Z方向側)起依次分別排列有第一單透鏡Lh1、第二單透鏡Lh2、第三單透鏡Lh3、第4單透鏡Lh4、及光學部件GLh1。具有這四片單透鏡的攝影透鏡10H被設計成景深變深。

透過上述攝影透鏡10H，將被攝體的光學像投影到受光面21H上。

光學部件GLh1是由平行平板構成的不具有光焦度的光學部件。

此外，在圖20中，從軸上光線Jh1到以最大視場角入射的軸外光線Jh5，從像高低的一側起依次示出5個光線Jh1、Jh2、Jh3、Jh4、Jh5。

而且，圖21(a)中記載的5條MTF曲線Mth20表示上述5個光線投影到受光面21H上的各位置處的20根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化。圖21(b)中記載的5條MTF曲線Mth30表示與上述相同的各位置處的30根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化，圖21(c)中記載的5條MTF曲線Mth40也表示與上述相同的各位置處的40根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化，圖21(d)中記載的5條MTF曲線Mth50也表示與上述相同的各位置處的50根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化。

此外，與上述比較例的攝影系統有關的MTF特性的值，在使受光面與攝影透鏡接近時，即，針對在圖21(a)~(d)中散焦量的值大約從0到120μm的範圍，關於空間頻率30~50Line/mm的MTF特性成為其值從0%反轉並產生偽分辨的狀態。用圖中箭頭Gik表示產生偽分辨的範圍。

此外，在將受光面遠離攝影透鏡時，即，針對在圖21(a)~(d)中散焦量的值280μm到400μm的範圍，關於空間頻率30~50Line/mm的MTF特性成為其值從0%反轉並產生偽分辨的狀態。用圖中箭頭Gik表示產生偽分辨的範圍。

這裡，散焦量Ud的值在120μm和280μm之間(焦點深度的範圍)時，MTF特性的值為正，各空間頻率的MTF特性的值的變動幅度成為85%(50Line/mm)、90%(40Line/mm)、70%(30Line/mm)、45%(20Line/mm)左右。

如上所述，若採用比較例的攝影系統，則僅在比較窄的散焦範圍(大約160μm的範圍)，MTF特性的值成為正，MTF特性的值的變動量大。

關於MTF特性的值從0%反轉的散焦的範圍(用圖中箭頭Gik表示)，點像是被偽分辨的像，得不到有效區域3像素以上的可特定的具有光學意義的像。

即，僅在非常限定的攝影距離的範圍，MTF特性的值為正，即可以使投影到受光面上的被攝體的像形成有意義的像。此外，投影到受光面上的點像的大小的變動量較大。

此外，該比較例的攝影系統不是構成為在0~∞的範圍改變攝影距離時投影到受光面上的點像的有效區域為該受

光面上的3像素以上的大小，因此，透過這種攝影系統得到的圖像數據不滿足用於實施復原處理的前提條件(提高解析度的條件)。

因此，即使對將透過比較例的攝影系統投影到受光面21H上的被攝體的像進行拍攝得到的圖像數據實施復原處理，也不能得到提高表示該被攝體的圖像的解析度的效果。

而且，在上述實施例中示出以各種條件限制攝影透鏡的例子，但是用於本發明的攝影系統的攝影透鏡是使用從物側起依次包括由至少一片透鏡構成的具有正的光焦度的第一透鏡組、以及由至少一片透鏡構成的且位於最靠像側的透鏡具有負的光焦度的第二透鏡組的透鏡，不限定構成各組的透鏡片數或形狀等。

【圖式簡單說明】

圖1係表示本發明的攝影系統的簡要結構及攝影系統的製造方法的方塊圖。

圖2(a)係表示點像的光強分佈的圖；(b)係表示投影到受光面的點像的圖。

圖3(a)係在第一圖像數據表示的圖像中所示的點像的圖像的圖；(b)係在第二圖像數據表示的圖像中所示的點像的圖像的圖。

圖4(a)係表示在攝影透鏡的解析度高時投影到受光面上的點像的光強分佈的圖；(b)係表示構成受光面的受光像素的

各像素區域及在攝影透鏡的解析度高時會投影到受光面的點像的圖。

圖5係表示第二例的復原係數取得裝置的圖。

圖6係表示第三例的復原係數取得裝置的圖。

圖7係表示包括復原係數取得裝置的攝影系統的圖。

圖8係表示在信號處理部具備復原係數取得裝置及係數儲存部的攝影系統的圖。

圖9係表示在沿光軸方向移動物點時投影到受光面上的該物點的光學像即點像的有效區域的最大直徑的變化的圖。

圖10係表示在沿光軸方向移動物點時投影到受光面上的該物點的光學像有關的MTF特性的值的變化的圖。

圖11係表示配置在實施例一的攝影系統中的攝影透鏡的簡要結構的截面圖。

圖12係表示在使受光面散焦時的MTF特性的值的變化的圖；(a)是表示20根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖；(b)是表示30根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖；(c)是表示40根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖；(d)是表示50根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖。

圖13係表示配置在實施例二的攝影系統中的攝影透鏡的簡要結構的截面圖。

圖14係表示在使受光面散焦時的MTF特性的值的變化的圖；(a)係表示20根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖；(b)係表示30根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變

化的圖；(c)係表示40根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖；(d)係表示50根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖。

圖15係表示配置在實施例三的攝影系統中的攝影透鏡的簡要結構的截面圖。

圖16係表示在使受光面散焦時的MTF特性的值的變化的圖；(a)係表示20根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖；(b)係表示30根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖；(c)係表示40根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖；(d)係表示50根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖。

圖17係實施例一的攝影透鏡有關的像差的圖。

圖18係實施例二的攝影透鏡有關的像差的圖。

圖19係實施例三的攝影透鏡有關的像差的圖。

圖20係表示配置在比較例的攝影系統中的攝影透鏡的簡要結構的截面圖。

圖21係表示在使受光面散焦時的MTF特性的值的變化的圖；(a)係表示20根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖；(b)係表示30根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖；(c)係表示40根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖；(d)係表示50根/mm的空間頻率的MTF特性的值的變化的圖。

圖22係表示搭載了包括攝影系統的車載設備的汽車的圖。

圖23係表示包括攝影系統的移動終端設備即行動電話的圖。

圖24係表示包括攝影系統的醫療設備即內視鏡裝置的圖。

【主要元件符號說明】

10,10A,10B,10C,10H 攝影透鏡　20 攝影元件

21,21A,21B,21C,21H 受光面　30 係數儲存部

40 信號處理部　Te 信號

70 復原係數取得裝置　Dk 係數數據

70A 第一例的復原係數取得裝置　Dm 直徑數據

70B 第二例的復原係數取得裝置　F 復原處理

70C 第三例的復原係數取得裝置　P1,P2 點像

72 理想點像儲存部 73 點像模糊狀態取得部

74 點像直徑取得部 76 判斷部　K,K1,K1' 復原係數

78 復原係數取得部 79 候補係數儲存部 H1,H2 光強分佈

G1 第一圖像數據　G2 第二圖像數據　Ep1,Ep2 峰值強度

Dr 設計數據、理想點像狀態數據　M1,M2 最大直徑

Db 模糊點像狀態數據　R1, R1',R2 有效區域

100,100',100A,100B,512,522 攝影系統　P1' 點像的圖像

Rg 受光像素的各像素區域　Rg' 圖像區域

E 光強　Qa,Qb,Qc 軸外曲點 Aw,Bw 系列

Ja1~Ja5,Jb1~Jb5,Jc1~Jc5,Jh1~Jh5 光線　C 光軸

H 第二透鏡組中的位於最靠像側的透鏡面的有效半徑

h 第二透鏡組中的位於最靠像側的透鏡面的從軸外曲點到光軸的距離

Sat,Sbt,Sct 孔徑光闌

GFa,GFb,GFc 第一透鏡組　　GRa,GRb,GRc 第二透鏡組

GLa1,GLb1,GLb2,Lc1,Lc2,Lc3,GLh1 光學部件

La1~La3,Lb1,Lb2,Lc1~Lc3,Lh1~Lh5 單透鏡

R1 第一個面的近軸曲率半徑

R2 第二個面的近軸曲率半徑

R3 第三個面的近軸曲率半徑

R4 第四個面的近軸曲率半徑

R5 第五個面的近軸曲率半徑

R6 第六個面的近軸曲率半徑

R7 第七個面的近軸曲率半徑

R8 第八個面的近軸曲率半徑

501 汽車　　502,503 車外照相機

504 車內照相機　　510 行動電話

511 殼體　　520 內視鏡裝置

521 前端部　　525 生物組織

101年1月22日修(更)正本

101年1月22日修正頁(本)
第97144235號修正頁

七、申請專利範圍：

1. 一種攝影系統，其包括：

攝影透鏡；

攝影元件，包括二維狀排列多個受光像素而成的受光面，且對通過該攝影透鏡投影到該受光面上的被攝體的光學像進行拍攝而輸出表示該被攝體的第一圖像數據；

係數儲存單元，在通過該攝影透鏡投影到該受光面上的點像的有效區域的最大直徑是3像素以上的大小時，對與由從該攝影元件輸出的第一圖像數據表示的該點像的狀態對應的復原係數進行儲存；及

信號處理單元，利用該復原係數對該第一圖像數據實施在該攝影透鏡的解析度高時生成與從該攝影元件輸出的第一圖像數據同等的第二圖像數據的復原處理；

該信號處理單元將由該受光面上的縱向3像素以上及橫向3像素以上構成的合計9像素以上的像素區域作為最小單位進行該復原處理；

該攝影透鏡從物側起依次包括：由至少一片透鏡構成的、具有正的光焦度的第一透鏡組，以及由至少一片透鏡構成的、位於最靠像側的透鏡具有負的光焦度的第二透鏡組。

2. 如申請專利範圍第1項所述之攝影系統，其中，該係數儲存單元按每個攝影系統儲存對該攝影系統單獨求出的復原係數。

3. 如申請專利範圍第1項所述之攝影系統，其中，該係數儲存單元儲存從與分為多個種類的點像的各狀態對應的各復原係數的候補中按照該第一圖像數據表示的點像的狀態所選擇出的復原係數。

4. 如申請專利範圍第1項所述之攝影系統，其中，該係數儲存單元儲存透過從與分為多個種類的該點像的各狀態對應的多種復原係數的候補中按照該第一圖像數據表示的該點像的狀態所選擇出的復原係數進一步根據點像的狀態進行校正而成的已校正的復原係數。

5. 如申請專利範圍第1項所述之攝影系統，其還包括取得該復原係數並儲存在該係數儲存單元中的復原係數取得單元。

6. 如申請專利範圍第1項所述之攝影系統，其中，該信號處理單元將包含投影到該受光面上的點像的有效區域的全部的最小像素區域作為最小單位而執行該復原處理。

7. 如申請專利範圍第1項所述之攝影系統，其中，該信號處理單元進行該復原處理，使得該第二圖像數據表示的圖像中的該點像的有效區域的大小小於該第一圖像數據表示的圖像中的點像的有效區域的大小。

8. 如申請專利範圍第1項所述之攝影系統，其中，該第二透鏡組中的位於最靠像側的透鏡面具有軸外曲點。

9. 如申請專利範圍第1項所述之攝影系統，其中，該第二透鏡組中的位於最靠像側的透鏡面，在該透鏡面的中心部向像側呈凹面，在周邊部向像側呈凸面。

10. 如申請專利範圍第8項所述之攝影系統，其中，該第二透鏡組中的位於最靠像側的透鏡的透鏡面滿足條件式(1)：$0.5H<h<H$，

式中，H是第二透鏡組中的位於最靠像側的透鏡面的有效半徑，h是第二透鏡組中的位於最靠像側的透鏡面的從軸外曲點到光軸的距離。

11. 如申請專利範圍第1項所述之攝影系統，其中，該攝影透鏡由三片單透鏡構成。

12. 如申請專利範圍第11項所述之攝影系統，其中，該第一透鏡組由二片單透鏡構成，該第二透鏡組由一片單透鏡構成，構成該第一透鏡組的二片單透鏡中的位於物側的單透鏡具有正的光焦度、且該單透鏡的物側的透鏡面在物側呈凸面，該二片單透鏡中的位於像側的單透鏡是該單透鏡的像側的透鏡面在像側呈凸面。

13. 如申請專利範圍第1項所述之攝影系統，其中，該攝影透鏡由四片單透鏡構成。

14. 如申請專利範圍第13項所述之攝影系統，其中，該第一透鏡組由三片單透鏡構成，該第二透鏡組由一片單透鏡構成，構成該第一透鏡組的三片單透鏡中的位於最靠近物側的第一片單透鏡具有正的光焦度、且該單透鏡的物側的透鏡面在物側呈凸面，該三片單透鏡中的與該第

102年1月22日修正頁(本)
第97144235號修正頁

一片單透鏡相鄰的第二片單透鏡具有負的光焦度、且該第二片單透鏡的像側的透鏡面在像側呈凸面，該三片單透鏡中的位於最靠像側的第三片單透鏡具有正的光焦度。

15.一種攝影裝置，其包括有如申請專利範圍第1項至第14項中任一項所述之攝影系統。

16.一種移動終端設備，其包括有如申請專利範圍第1項至第14項中任一項所述之攝影系統。

17.一種車載設備，其包括有如申請專利範圍第1項至第14項中任一項所述之攝影系統。

18.一種醫療設備，其包括有如申請專利範圍第1項至第14項中任一項所述之攝影系統。

19.一種攝影系統，其包括：

攝影透鏡；

攝影元件，包括二維狀排列多個受光像素而成的受光面，對通過該攝影透鏡投影到該受光面上的被攝體的光學像進行拍攝而輸出表示該被攝體的第一圖像數據；

係數儲存單元，在通過該攝影透鏡投影到該受光面上的點像的有效區域的最大直徑是3像素以上的大小時，儲存了與由從該攝影元件輸出的第一圖像數據表示的該點像的狀態對應的復原係數；及

信號處理單元，利用該復原係數對該第一圖像數據實施在該攝影透鏡的解析度高時生成與從該攝影元件輸出的第一圖像數據同等的第二圖像數據的復原處理，並且，

該信號處理單元將由該受光面上的縱向3像素以上及橫向3像素以上構成的合計9像素以上的像素區域作為最小單位進行該復原處理；

該攝影透鏡從物側依次包括：由至少一片透鏡構成的、具有正的光焦度的第一透鏡組，以及由至少一片透鏡構成的、位於最靠像側的透鏡具有負的光焦度的第二透鏡組。

20.一種攝影系統的製造方法，其中，該攝影系統具備：

攝影透鏡，該攝影透鏡從物側依次包括：由至少一片透鏡構成的、具有正的光焦度的第一透鏡組，以及由至少一片透鏡構成的、位於最靠像側的透鏡具有負的光焦度的第二透鏡組；

攝影元件，包括二維狀排列多個受光像素而成的受光面，對通過該攝影透鏡投影到該受光面上的被攝體的光學像進行拍攝而輸出表示該被攝體的第一圖像數據；

係數儲存單元，在通過該攝影透鏡投影到該受光面上的點像的有效區域的最大直徑是3像素以上的大小時，儲存了與由從該攝影元件輸出的第一圖像數據表示的該點像的狀態對應的復原係數；及

信號處理單元，利用該復原係數對該第一圖像數據實施在該攝影透鏡的解析度高時生成與從該攝影元件輸出的第一圖像數據同等的第二圖像數據的復原處理，並且，

該信號處理單元將由該受光面上的縱向3像素以上及橫向3像素以上構成的合計9像素以上的像素區域作為最小單位進行該復原處理；

通過該攝影透鏡投影點像到該攝影元件的受光面上，且在該係數儲存單元中儲存與由該攝影元件所輸出的第一圖像數據表示的該點像的狀態對應的復原係數。

21.如申請專利範圍第20項所述之攝影系統的製造方法，其中，按每個攝影系統對該攝影系統單獨求出該復原係數。

22.如申請專利範圍第20項所述之攝影系統的製造方法，其中，該復原係數是從與分為多個種類的點像的各狀態對應的各復原係數的候補中按照該第一圖像數據表示的點像的狀態所選擇的。

23.如申請專利範圍第20項所述之攝影系統的製造方法，其中，該復原係數是從與分為多個種類的該點像的各狀態對應的多種復原係數的候補中按照該第一圖像數據表示的該點像的狀態所選擇出的復原係數進一步根據點像的狀態進行了校正的復原係數。

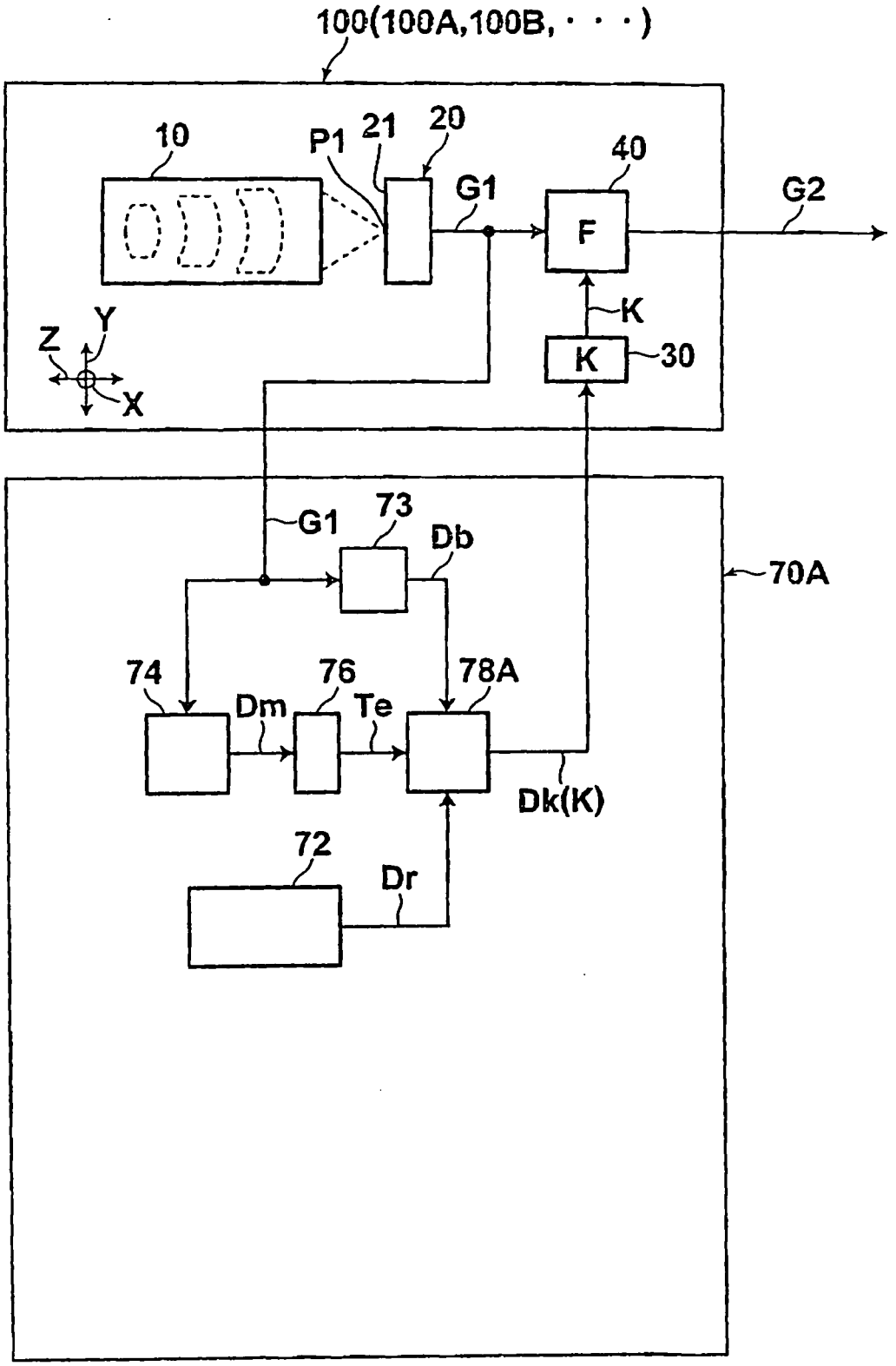
100(100A,100B,・・・)
10
P1
21
20
G1
40
F
G2
K
K
30
Z
Y
X
G1
73
Db
70A
74
76
78A
Dm
Te
Dk(K)
72
Dr

圖1

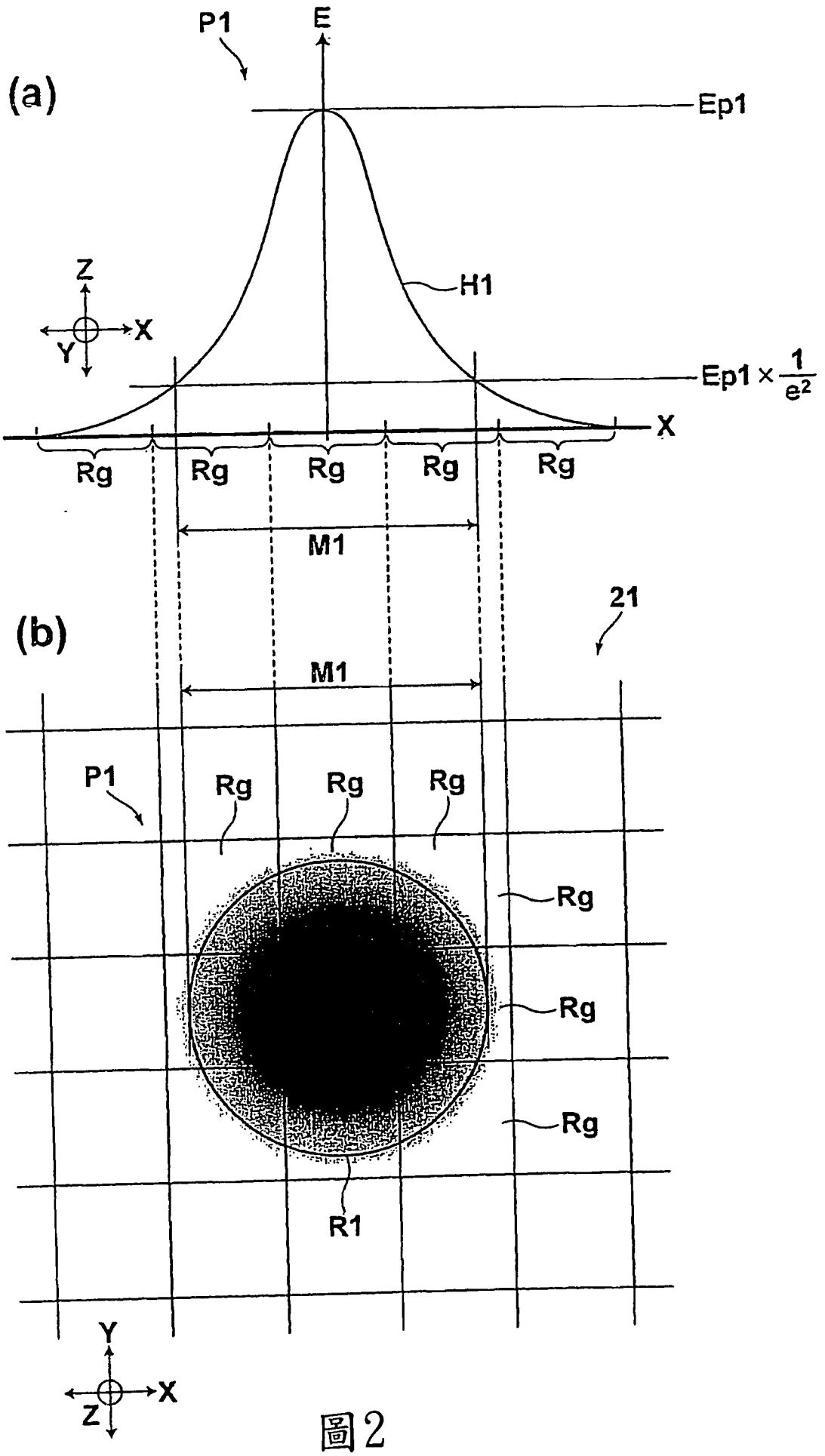
(a)
P1
E
Ep1
H1
Z
X
Y
Ep1 × 1/e²
X
Rg
Rg
Rg
Rg
Rg
M1
(b)
21
M1
P1
Rg
Rg
Rg
Rg
Rg
Rg
R1
Y
X
Z

圖2

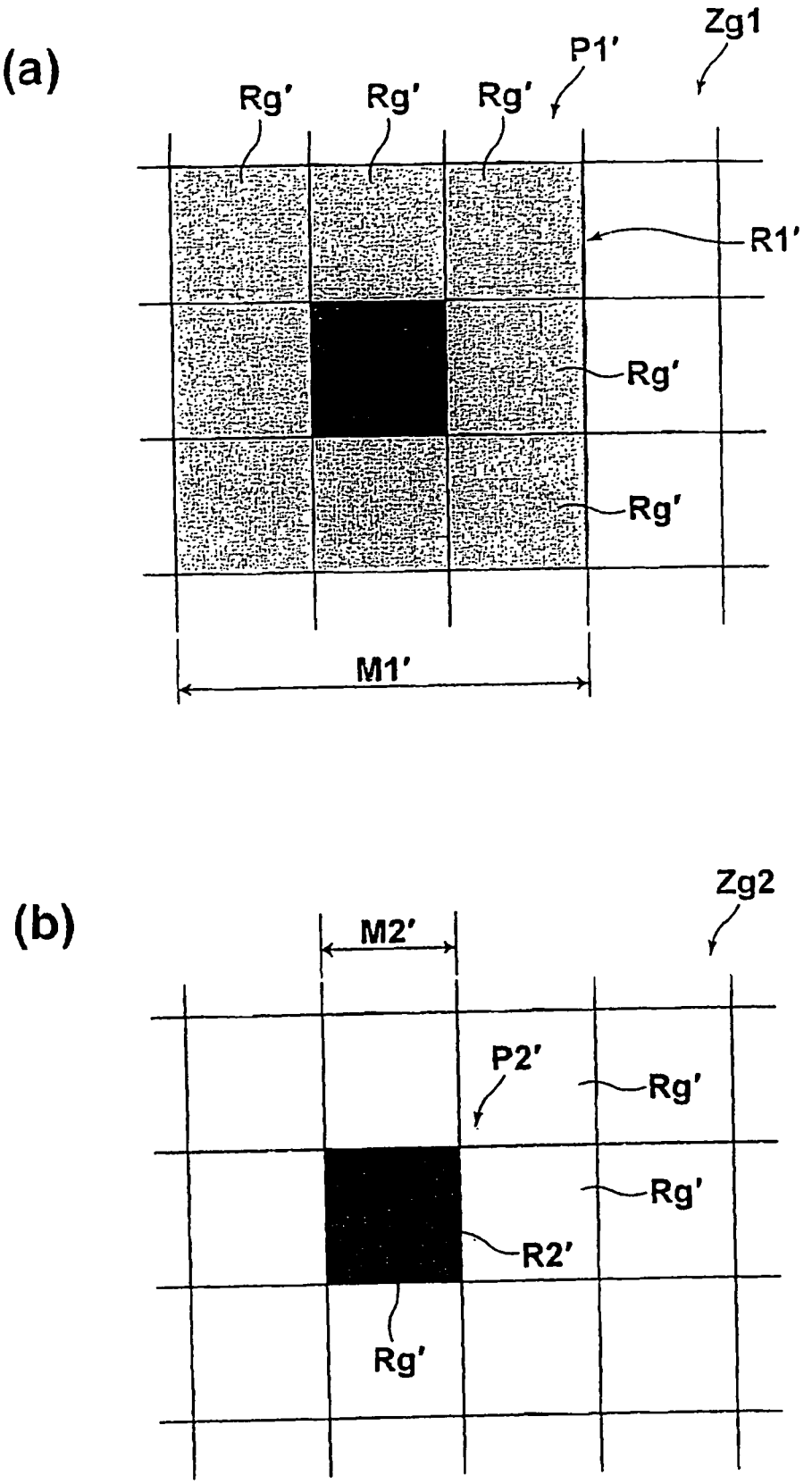

圖3

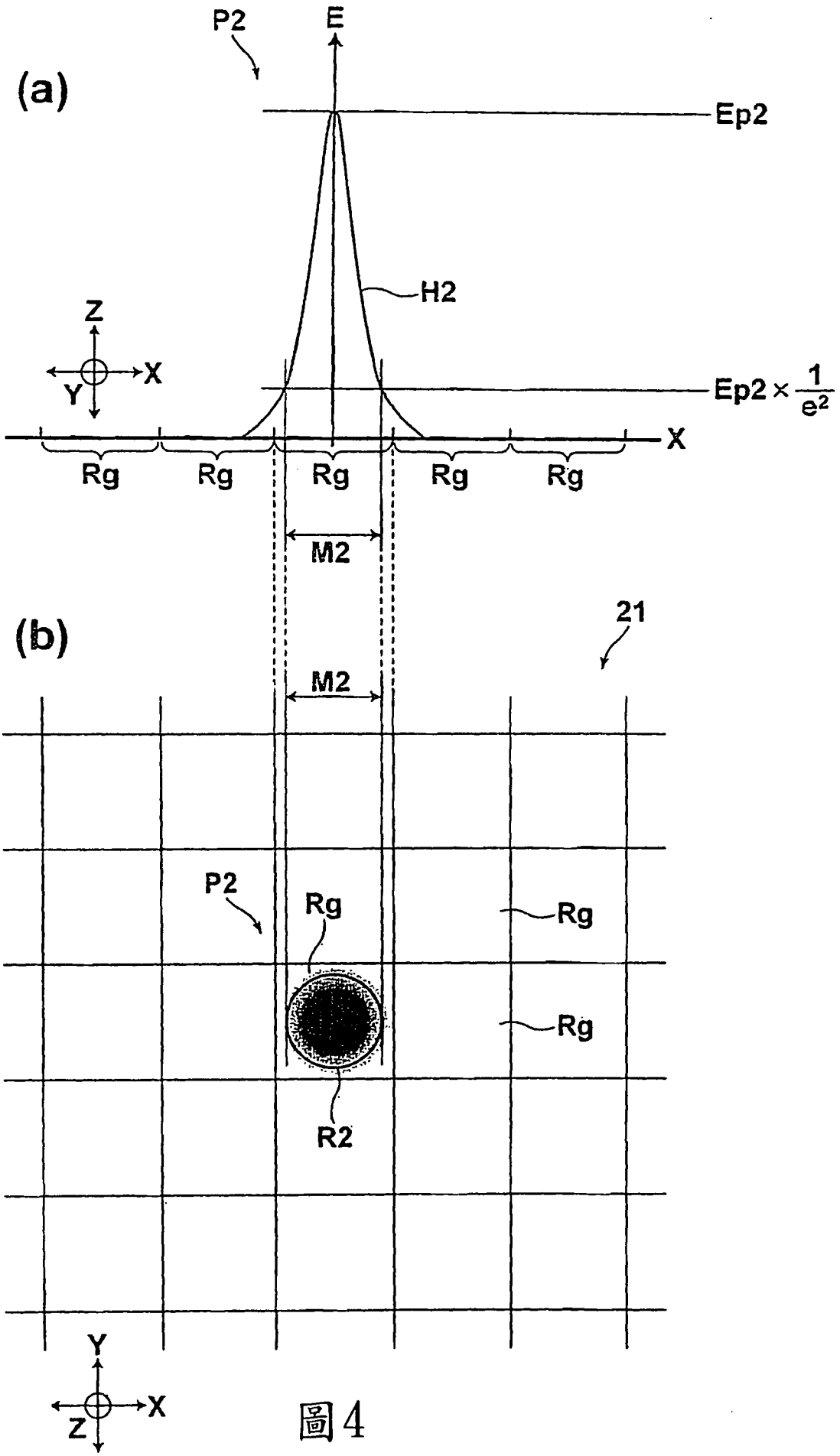

圖4

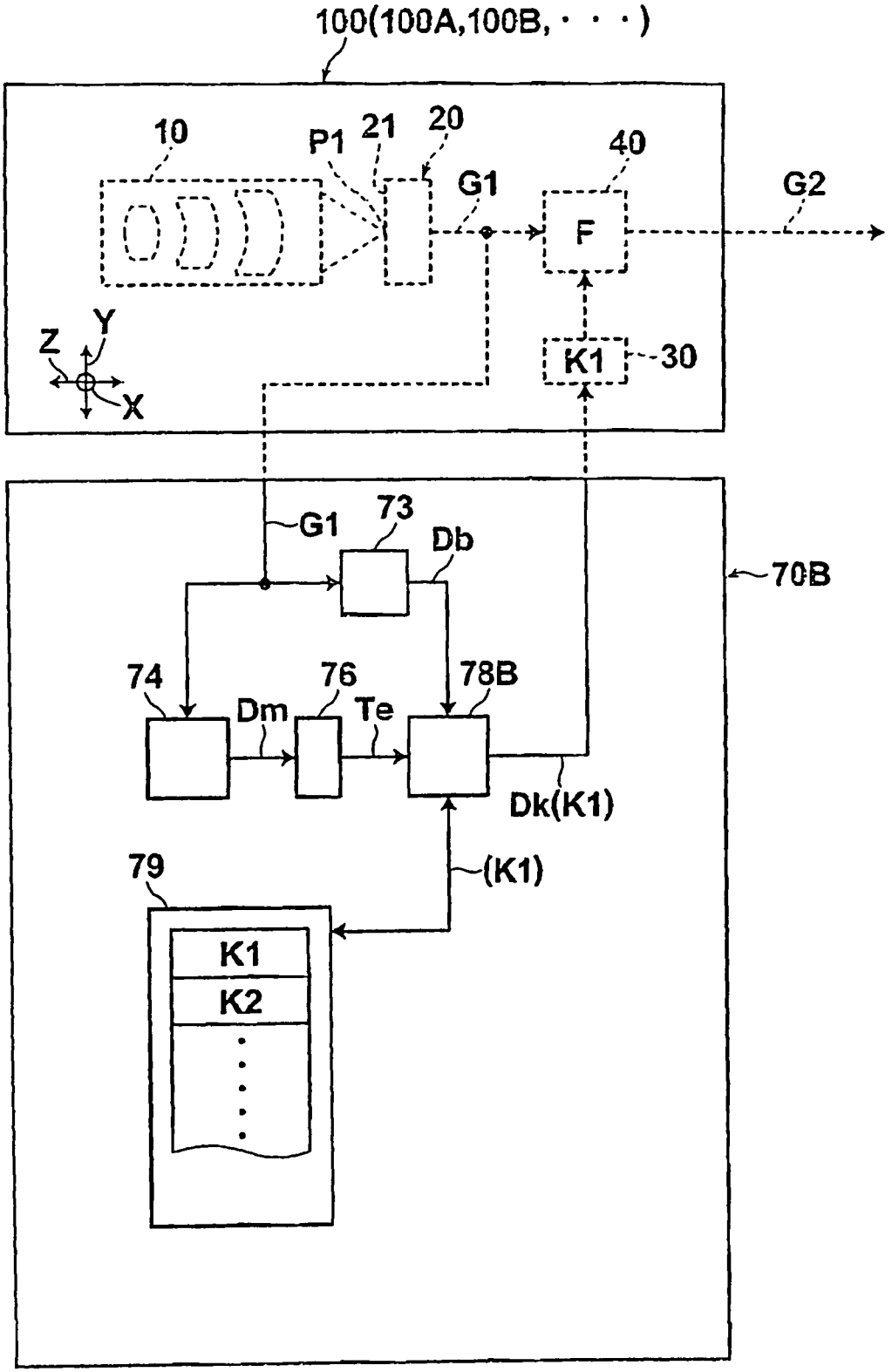
100(100A,100B,・・・)
10
P1
21
20
40
G1
G2
F
Z
Y
X
K1
30
G1
73
Db
70B
74
76
78B
Dm
Te
Dk(K1)
(K1)
79
K1
K2

圖5

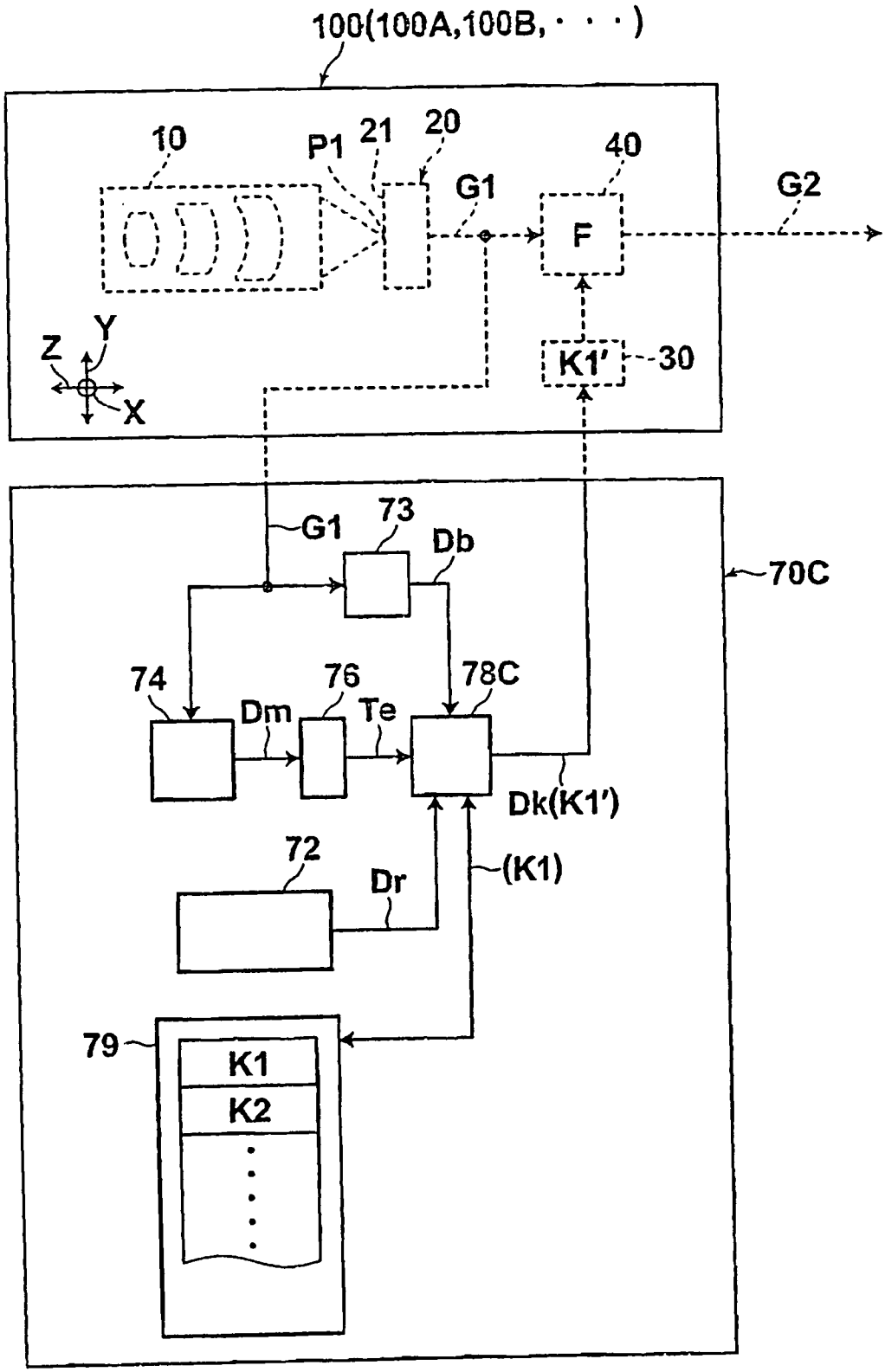
100(100A,100B,・・・)
10
P1
21
20
40
G1
G2
F
Z
Y
X
K1'
30
G1
73
Db
70C
74
76
78C
Dm
Te
Dk(K1')
72
Dr
(K1)
79
K1
K2

圖6

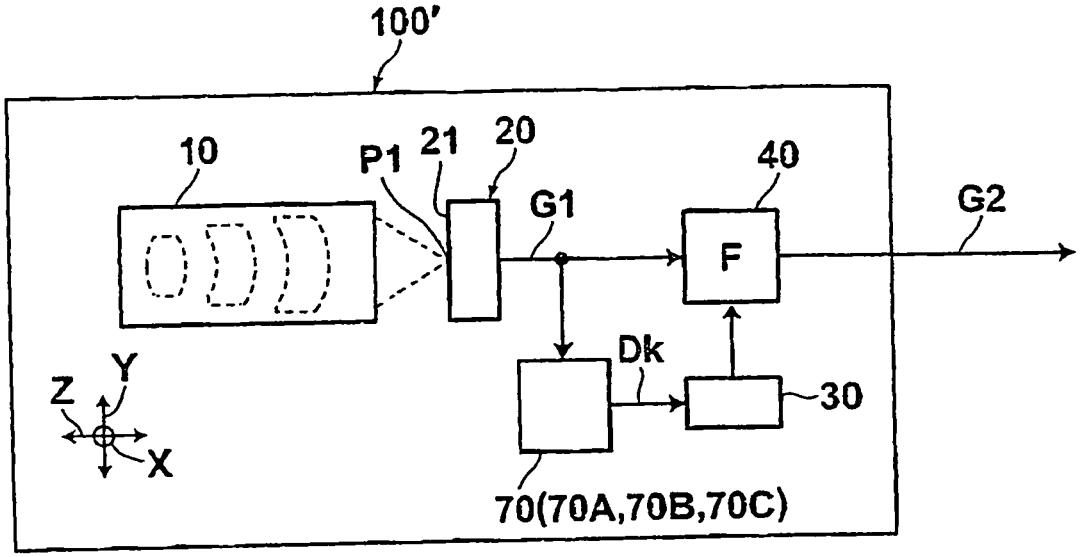
100'
10
P1
21
20
G1
40
F
G2
Dk
30
Z
Y
X
70(70A,70B,70C)

圖7

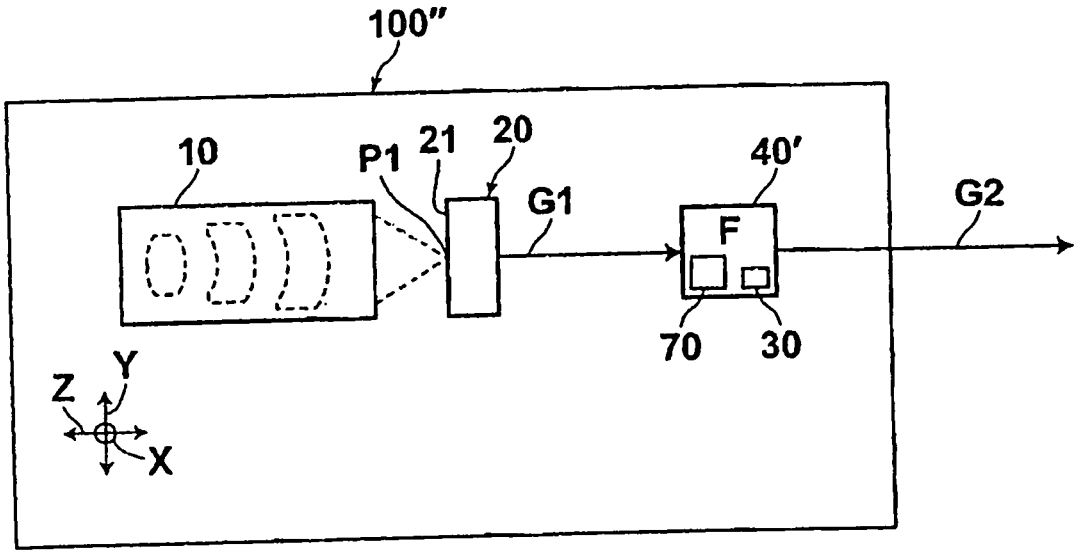
100"
10
P1
21
20
G1
40'
F
G2
70
30
Z
Y
X

圖8

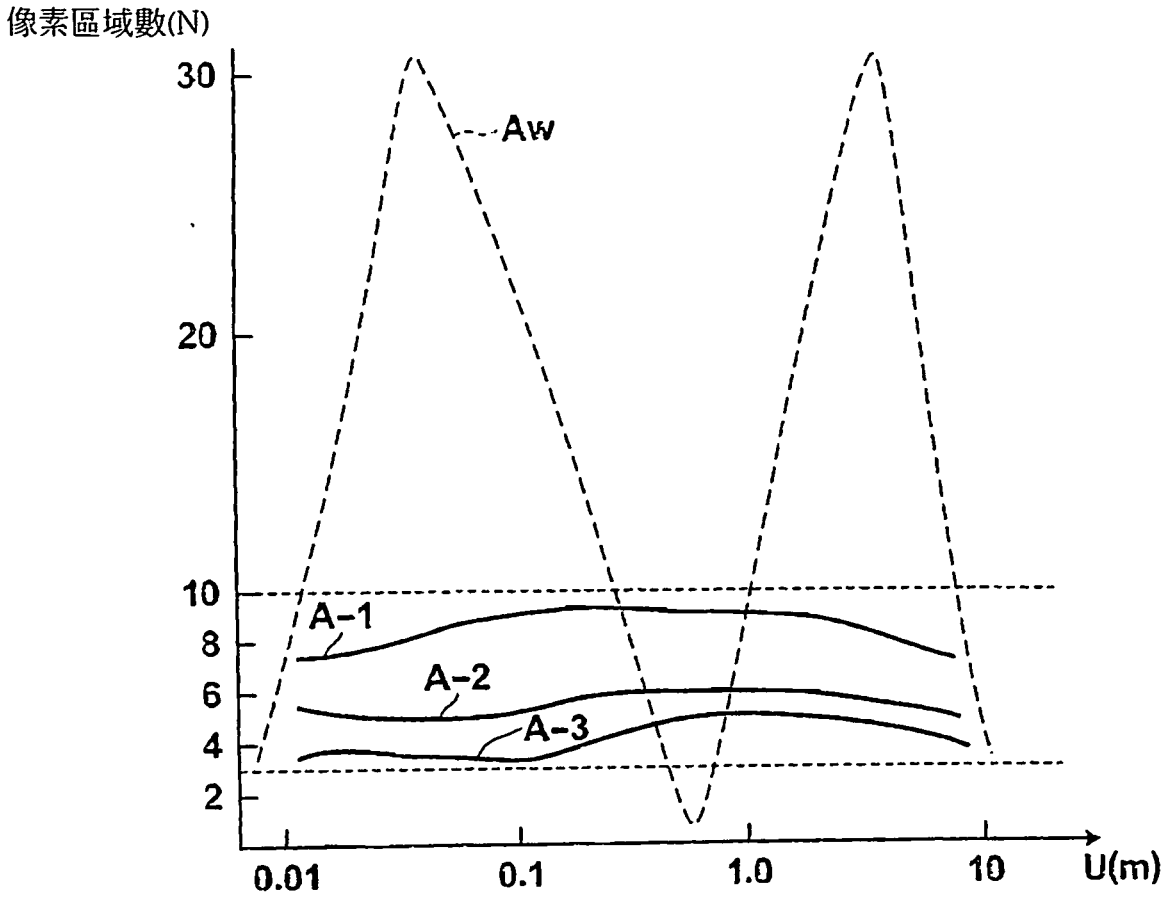
像素區域數(N)
30
20
10
8
6
4
2
Aw
A-1
A-2
A-3
0.01
0.1
1.0
10
U(m)

圖9

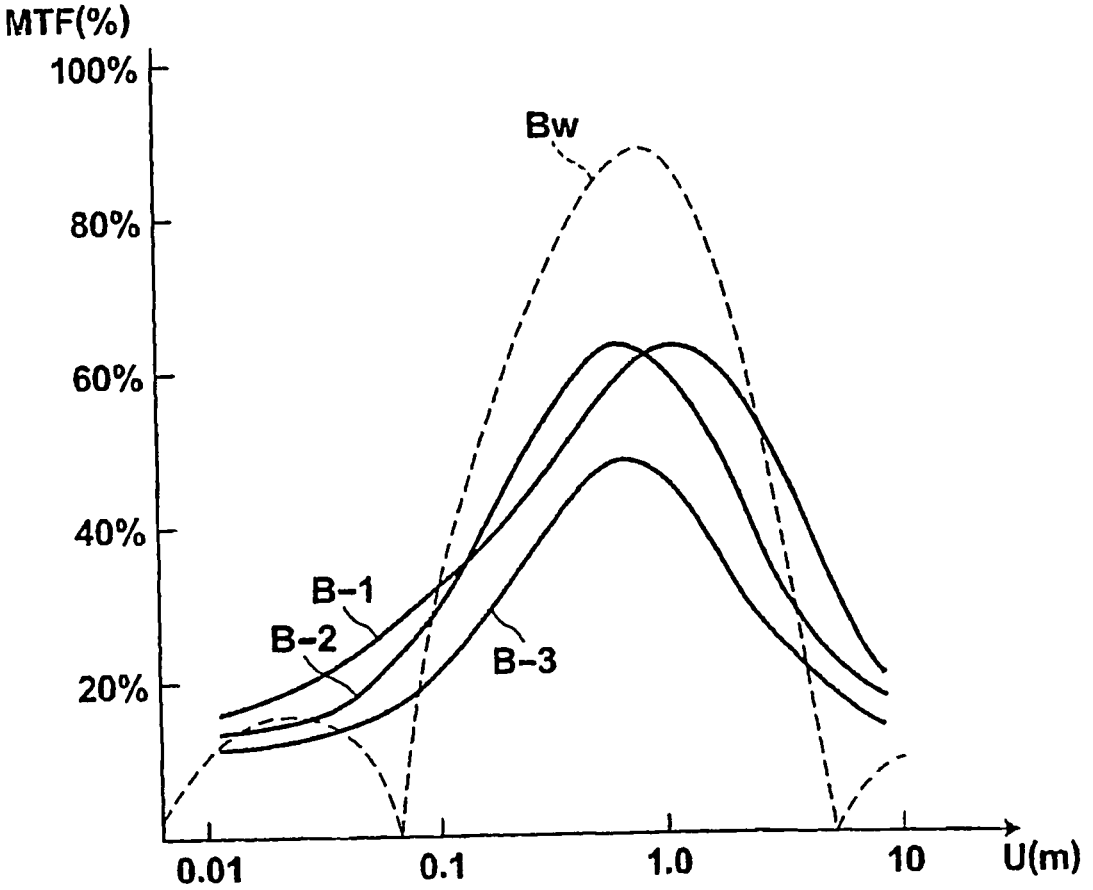
MTF(%)
100%
80%
60%
40%
20%
Bw
B-1
B-2
B-3
0.01
0.1
1.0
10
U(m)

圖10

實施例 1

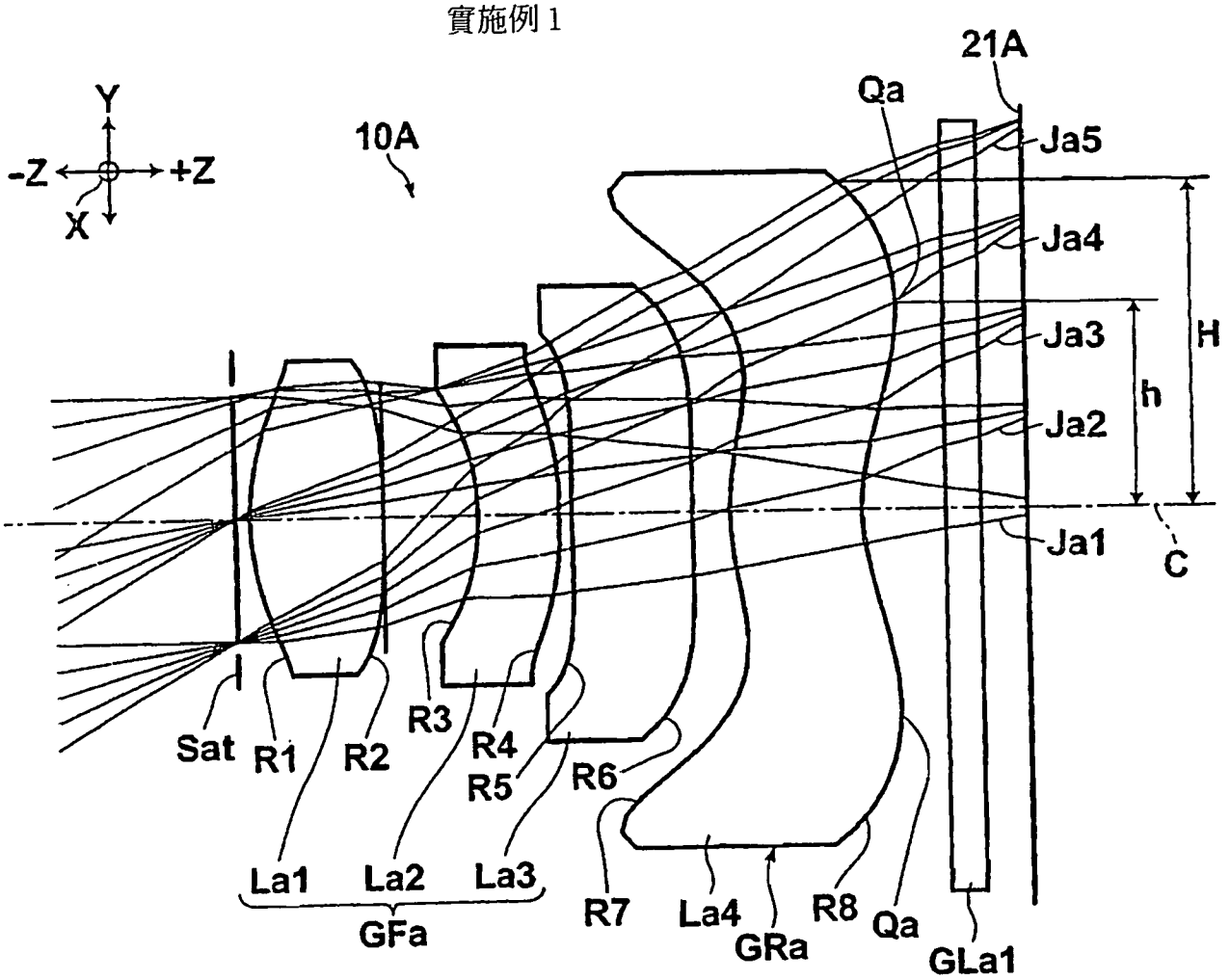
Y
-Z
+Z
X
10A
21A
Qa
Ja5
Ja4
Ja3
Ja2
Ja1
H
h
C
Sat
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
La1
La2
La3
La4
GFa
GRa
Qa
GLa1

圖 11

實施例 1

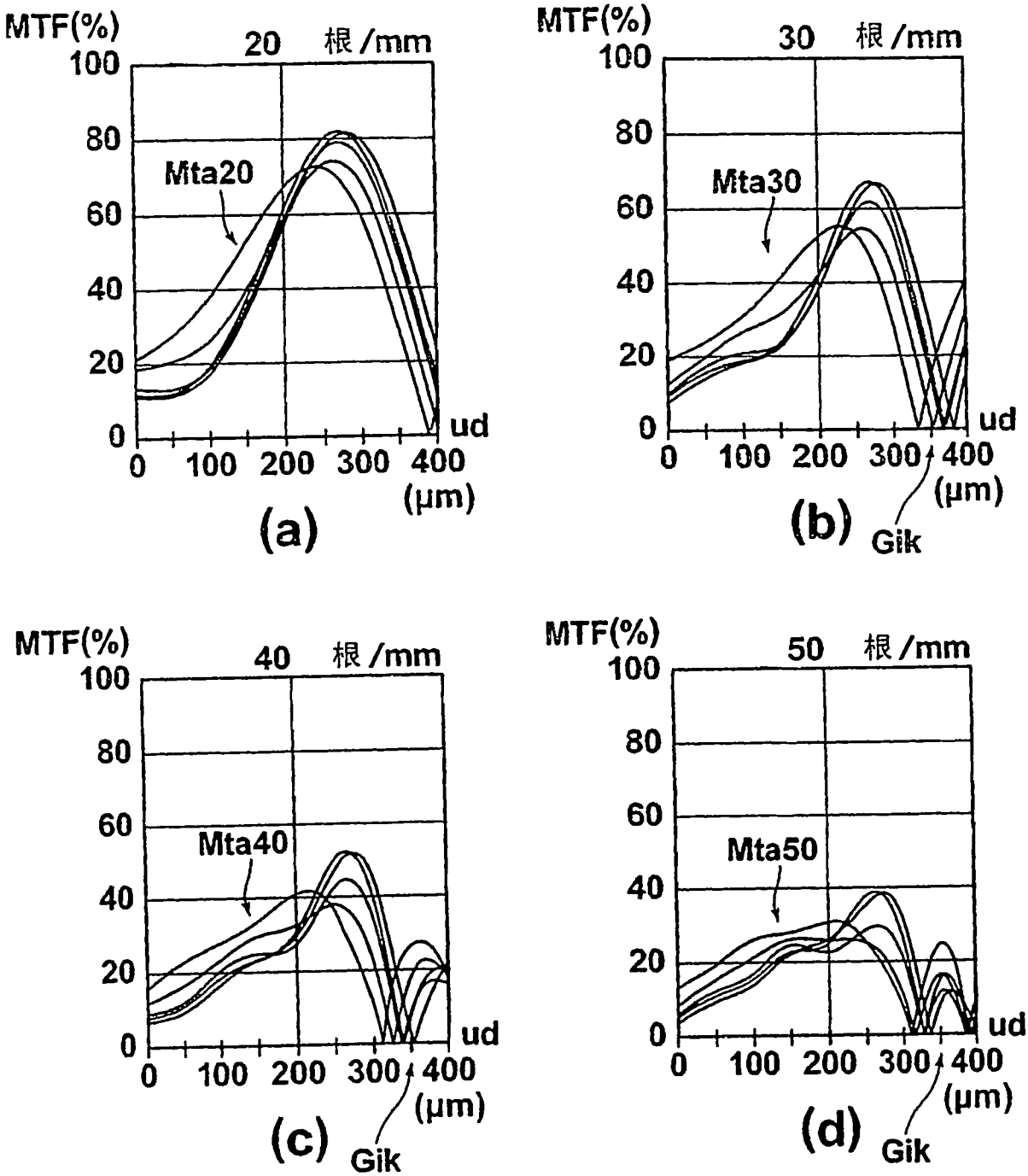
MTF(%)
20 根/mm
100
80
60
40
20
0
Mta20
ud
0 100 200 300 400
(μm)
(a)
MTF(%)
30 根/mm
Mta30
(b)
Gik
MTF(%)
40 根/mm
Mta40
(c)
Gik
MTF(%)
50 根/mm
Mta50
(d)
Gik

圖12

實施例 2

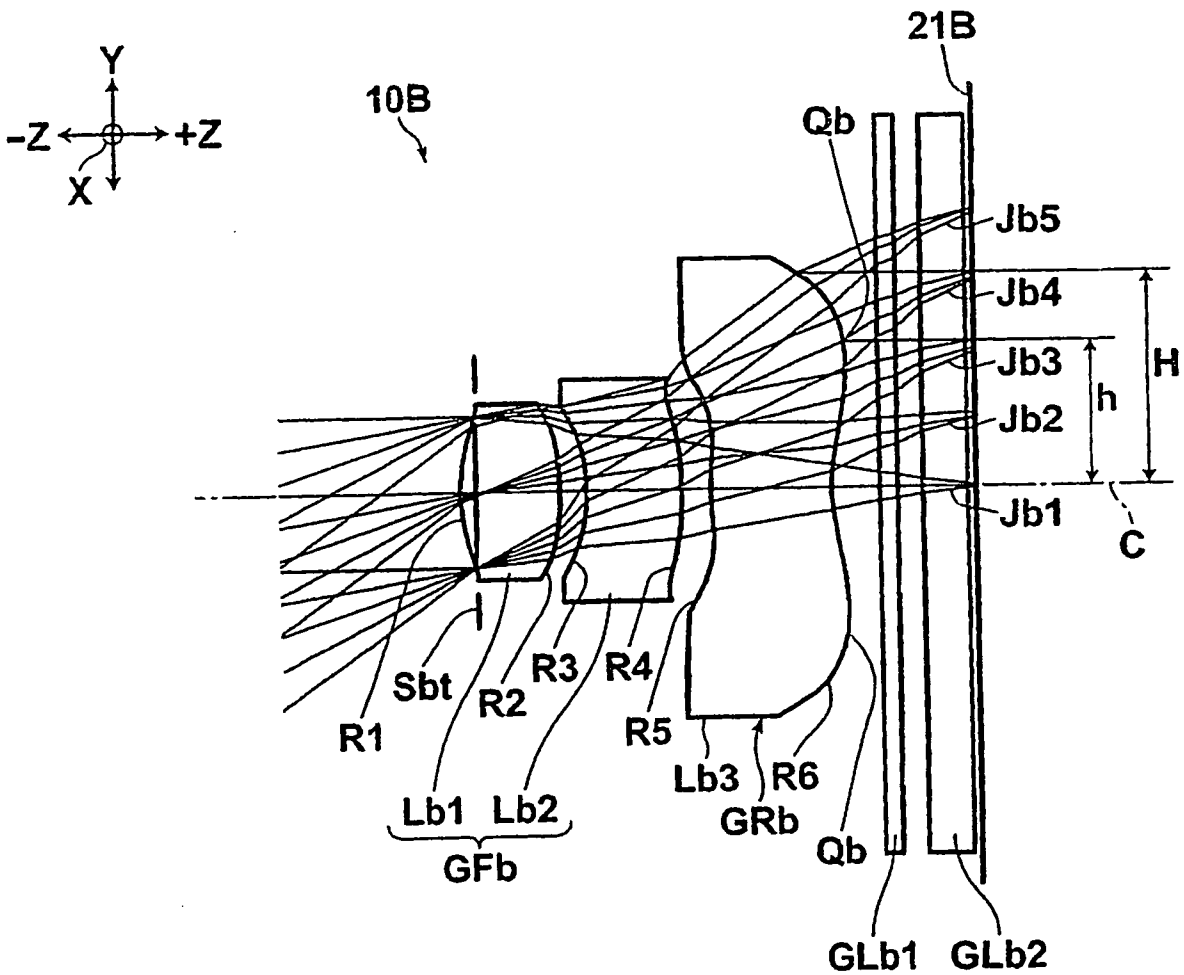
Y
-Z
+Z
X
10B
21B
Qb
Jb5
Jb4
Jb3
Jb2
Jb1
H
h
C
R1
Sbt
R2
R3
R4
R5
Lb3
R6
GRb
Qb
Lb1
Lb2
GFb
GLb1
GLb2

圖13

實施例 2

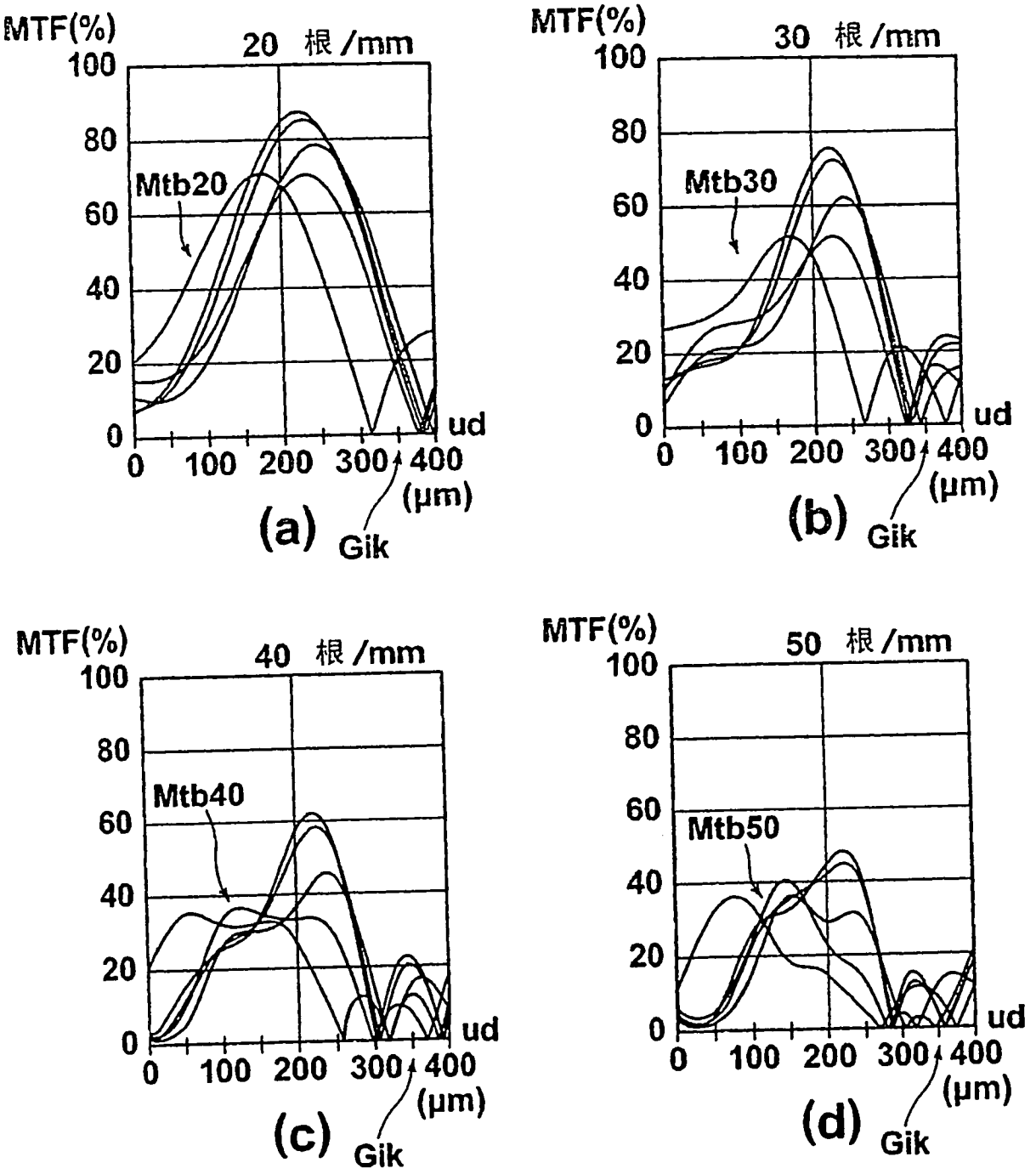
MTF(%)
20 根/mm
100
80
60
40
20
0
Mtb20
0 100 200 300 400
ud
(μm)
(a)
Gik
MTF(%)
30 根/mm
Mtb30
(b)
Gik
MTF(%)
40 根/mm
Mtb40
(c)
Gik
MTF(%)
50 根/mm
Mtb50
(d)
Gik

圖14

實施例 3

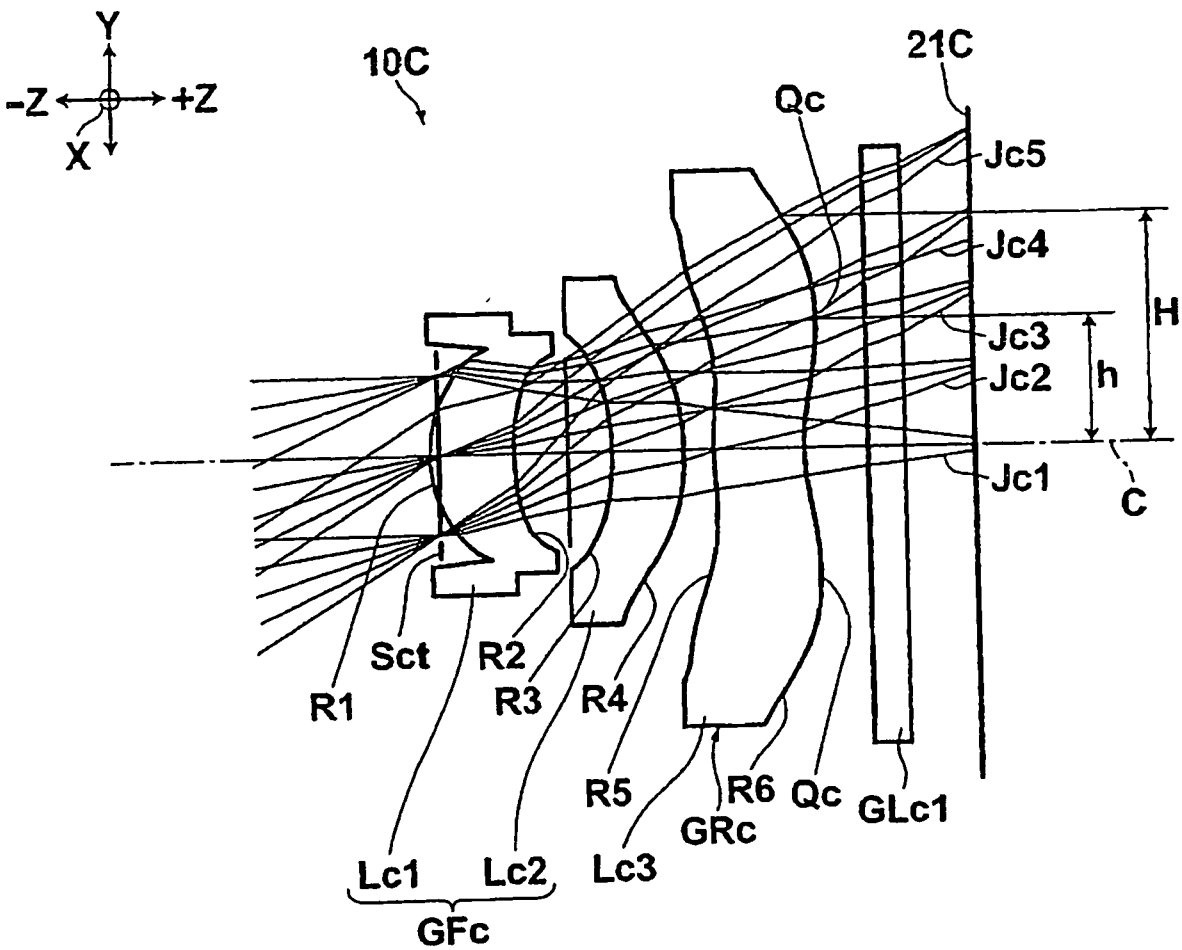
Y
-Z
+Z
X
10C
21C
Qc
Jc5
Jc4
Jc3
Jc2
Jc1
H
h
C
R1
Sct
R2
R3
R4
R5
R6
Qc
GLc1
GRc
Lc1
Lc2
Lc3
GFc

圖15

實施例3

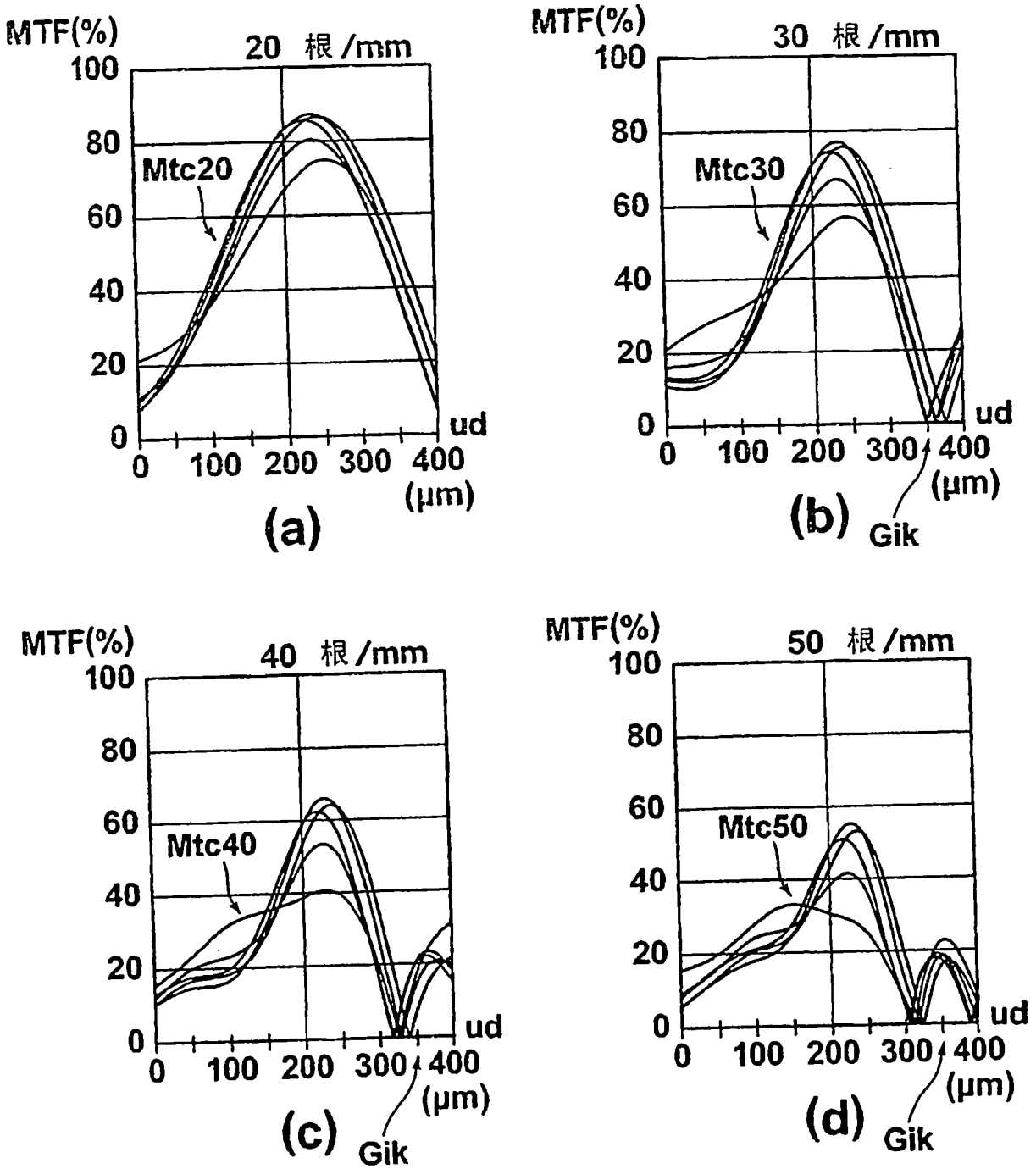
MTF(%)
20 根/mm
100
80
60
40
20
0
Mtc20
ud
0 100 200 300 400
(μm)
(a)
MTF(%)
30 根/mm
Mtc30
(b)
Gik
MTF(%)
40 根/mm
Mtc40
(c)
Gik
MTF(%)
50 根/mm
Mtc50
(d)
Gik

圖16

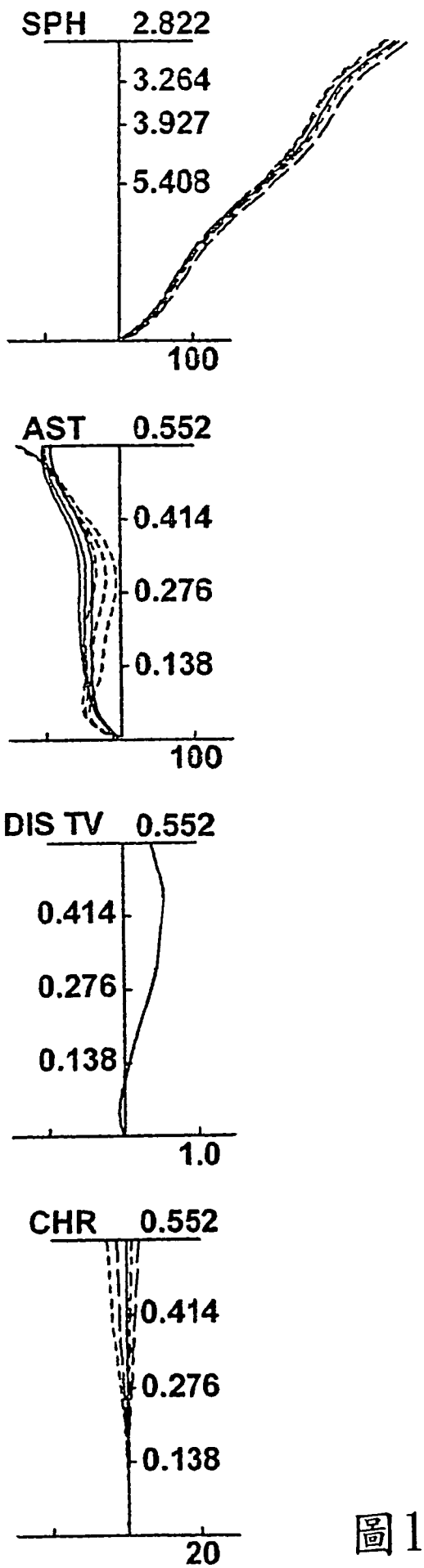
SPH 2.822
3.264
3.927
5.408
100
AST 0.552
0.414
0.276
0.138
100
DIS TV 0.552
0.414
0.276
0.138
1.0
CHR 0.552
0.414
0.276
0.138
20

圖17

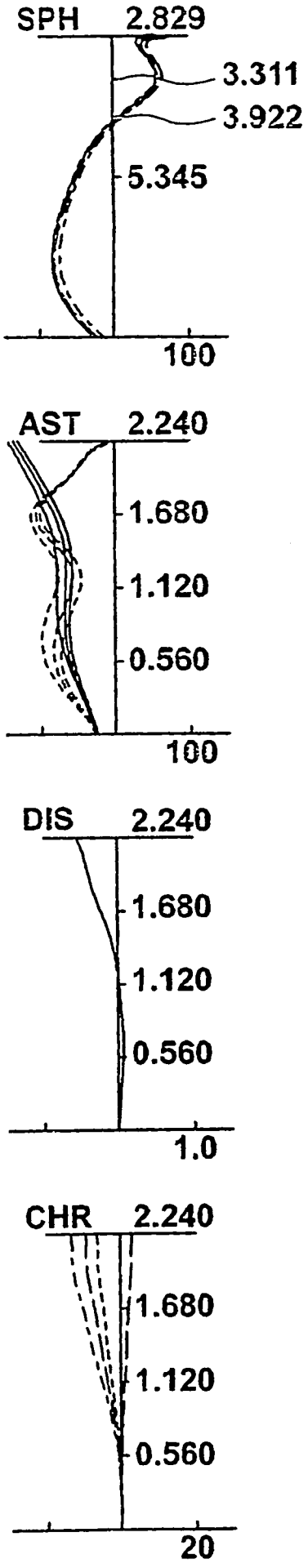
SPH
2.829
3.311
3.922
5.345
100
AST
2.240
1.680
1.120
0.560
100
DIS
2.240
1.680
1.120
0.560
1.0
CHR
2.240
1.680
1.120
0.560
20

圖18

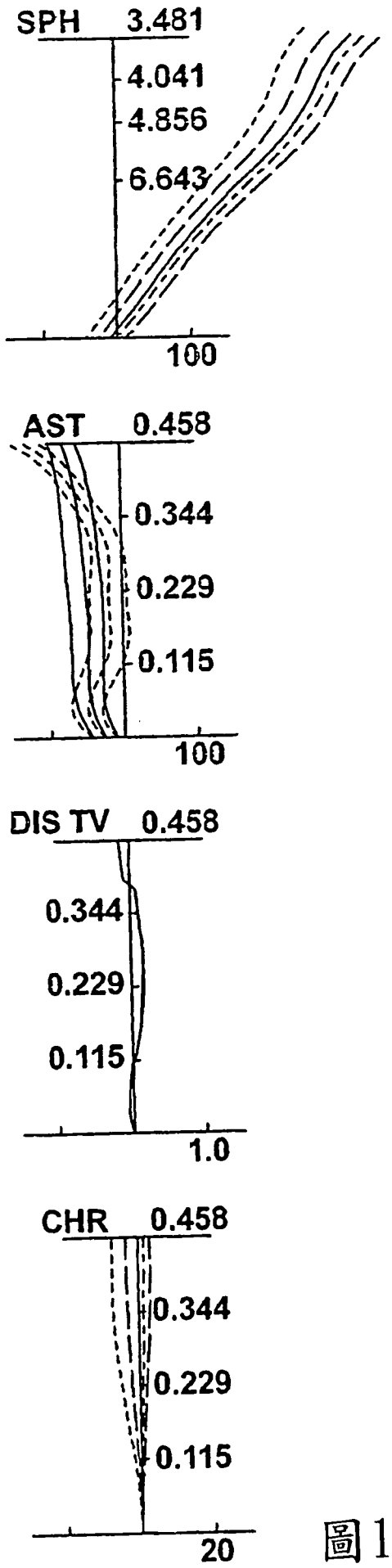
SPH 3.481
4.041
4.856
6.643
100
AST 0.458
0.344
0.229
0.115
100
DIS TV 0.458
0.344
0.229
0.115
1.0
CHR 0.458
0.344
0.229
0.115
20

圖19

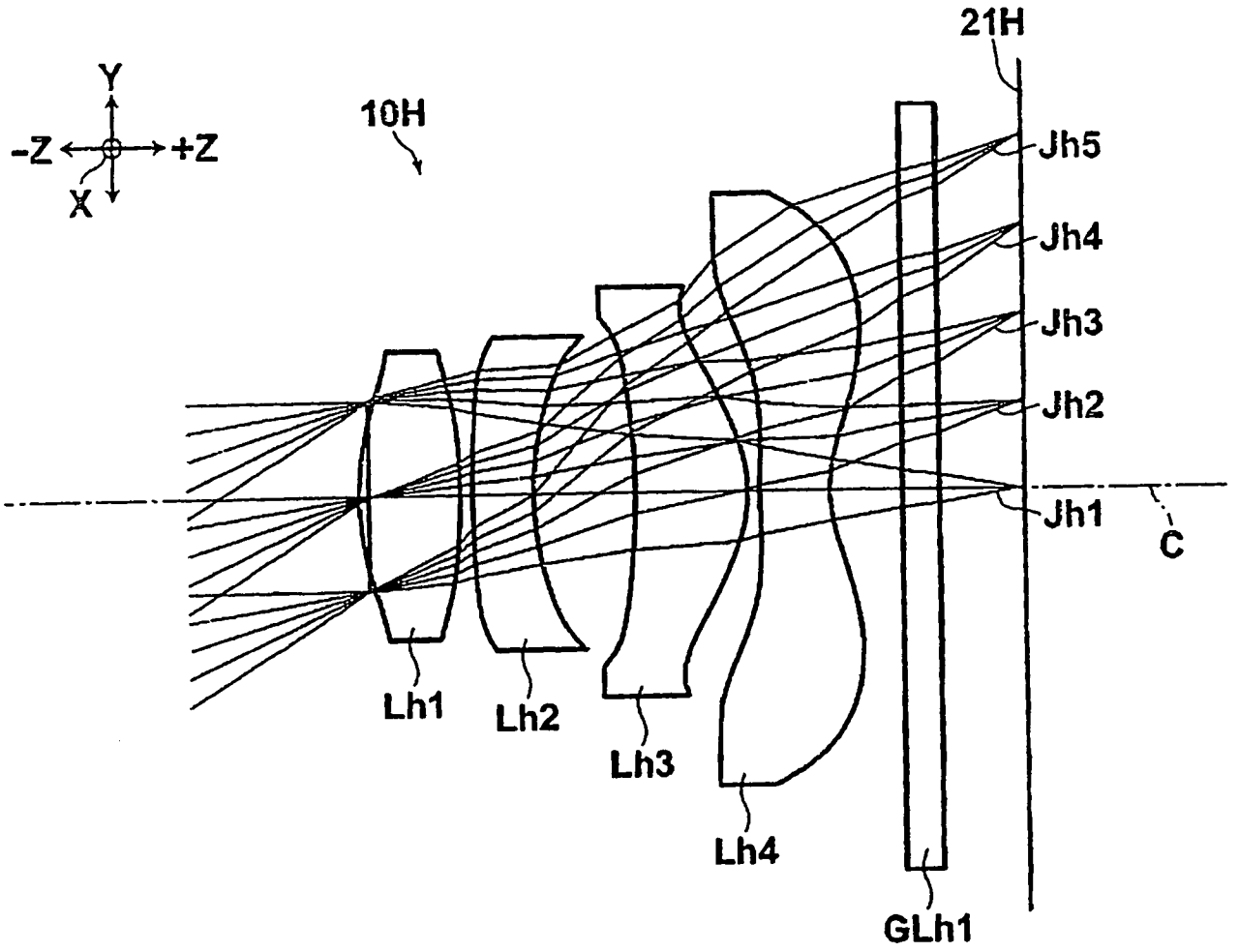

圖20

比較例

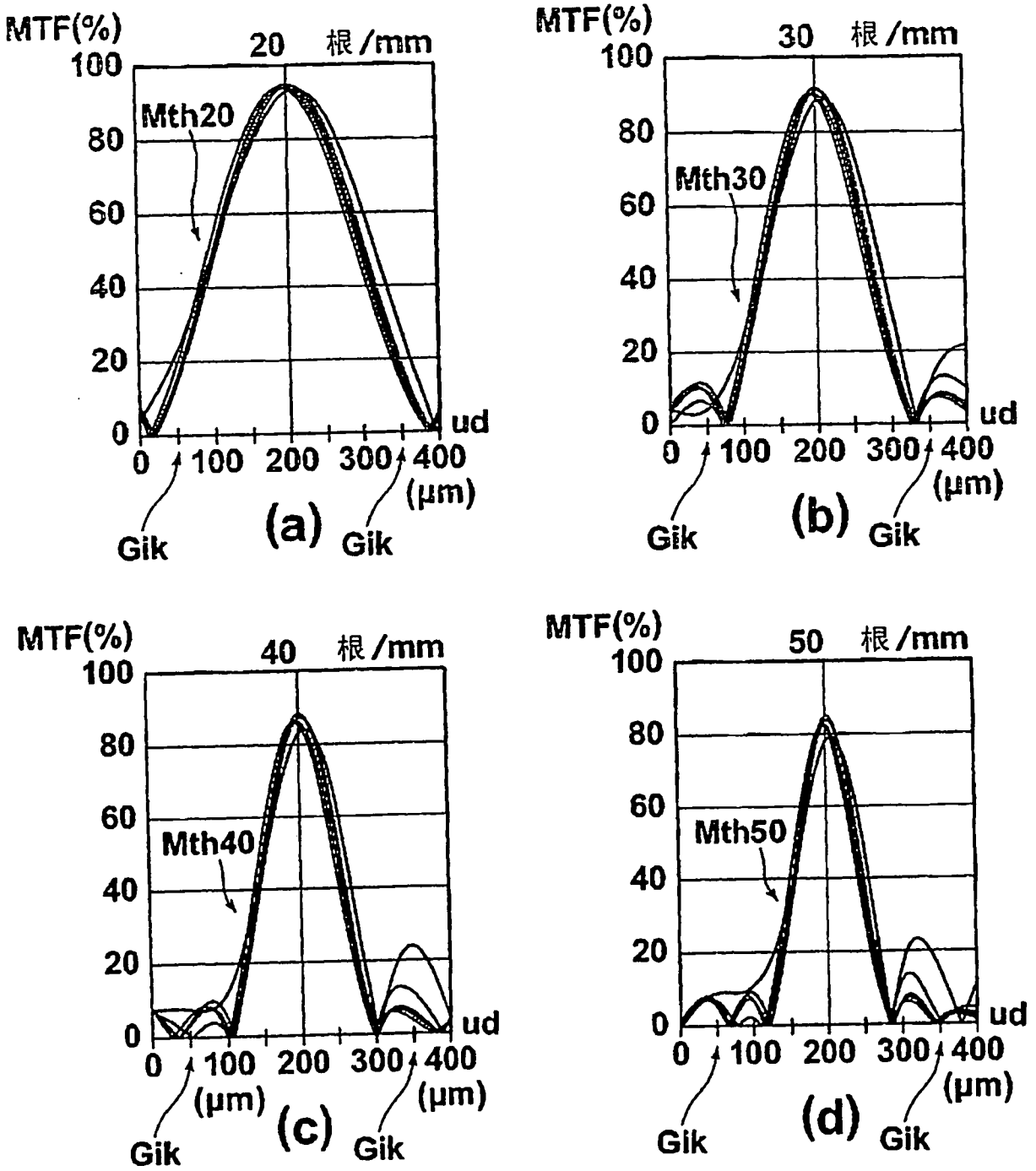
MTF(%)
20 根/mm
100
80
60
40
20
0
Mth20
0 100 200 300 400
ud
(μm)
Gik
(a)
Gik
MTF(%)
30 根/mm
Mth30
(b)
MTF(%)
40 根/mm
Mth40
(c)
MTF(%)
50 根/mm
Mth50
(d)

圖21

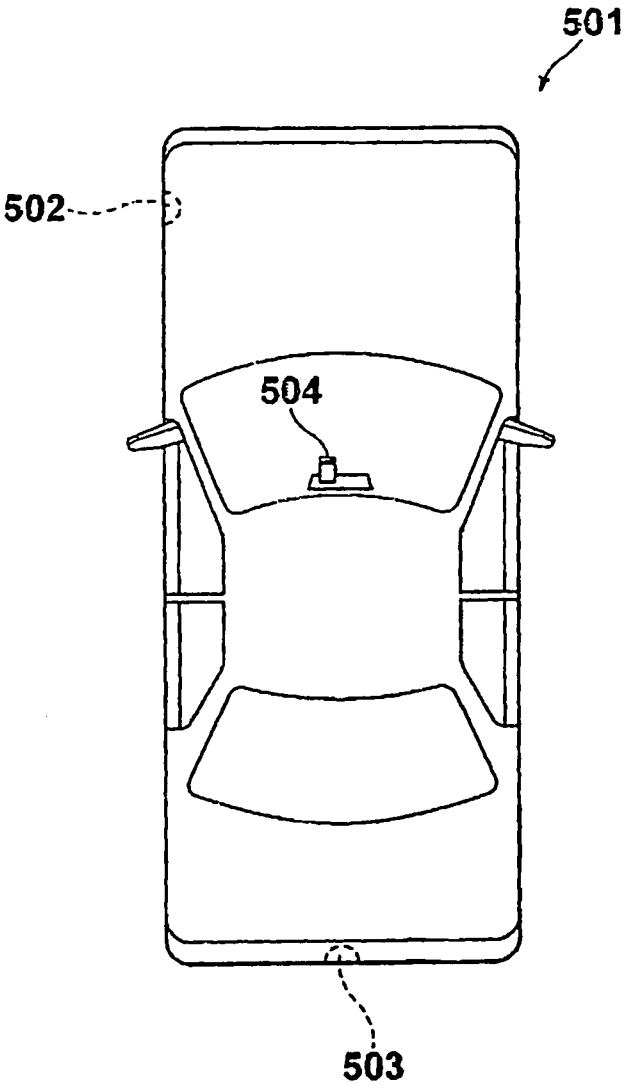

圖22

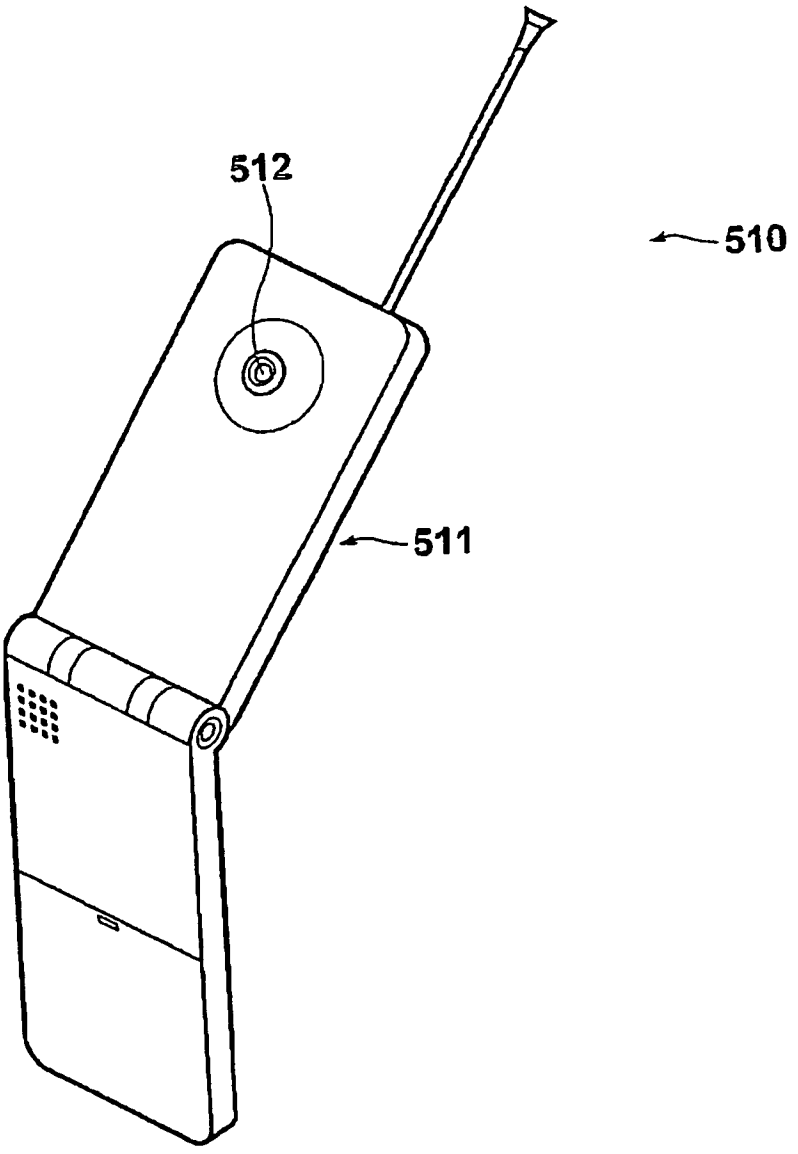

圖23

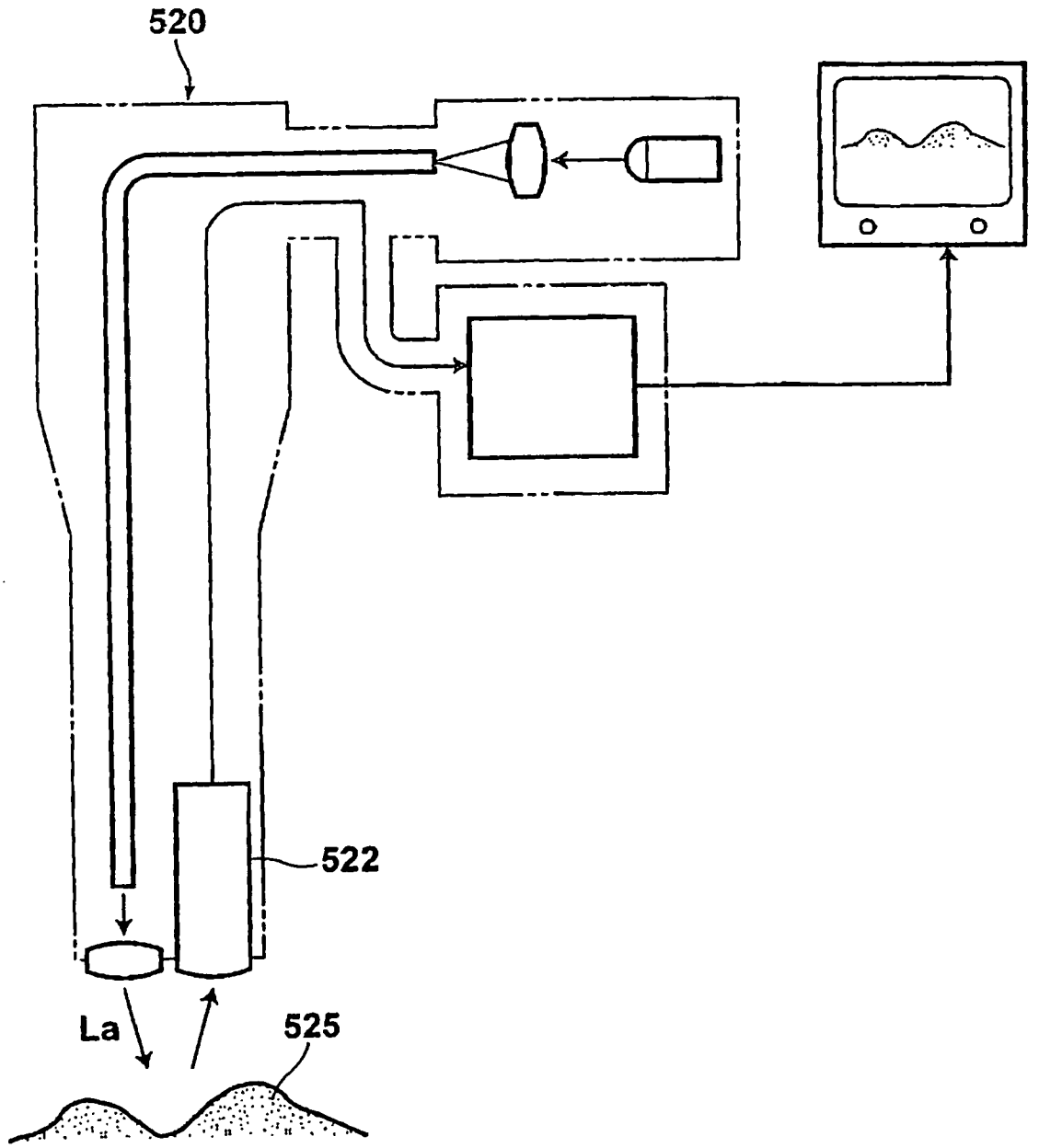

圖24