

發明專利說明書

100年3月1日修正替換頁

(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)

公告本

※ 申請案號：96129912

※ 申請日期：96年08月14日

※IPC 分類：G02B 13/14 (2006.01)

G02B 3/00 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

微影成像投影曝光裝置之投影物鏡

PROJECTION OBJECTIVE OF A MICROLITHOGRAPHIC

PROJECTION EXPOSURE APPARATUS

二、申請人：(共 1 人)**姓名或名稱：**(中文/英文)

卡爾蔡司SMT有限公司

CARL ZEISS SMT GMBH

代表人：(中文/英文)

1. 喬瑟夫 法圖 / FATUM, JOSEPH

2. 克里斯汀 馬汀 / MARTIN, CHRISTIAN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

德國奧柏柯程魯道夫艾伯街2號

Rudolf-Eber-Straße 2, D-73447 Oberkochen, Germany

國 籍：(中文/英文)

德國 / DE

三、發明人：(共 2 人)**姓 名：**(中文/英文)

1、凱何姆 / KRAEHMER, DANIEL

2、羅歐夫 / RUOFF, JOHANNES

國 籍：(中文/英文)

1、2 皆為德國 / DE

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；西元 2006 年 8 月 15 日；60/822,427
2. 德國；西元 2006 年 8 月 15 日；10 2006 038 398.2

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明係關於一種微影成像投影曝光裝置之投影物鏡，用以將可置放於物平面之光罩的影像投射至可置放於像平面之感光塗層上，其中該投影物鏡具有一光軸(OA)。為了得以利用高折射率晶體材料，且同時限制其本質雙折射性之負面效應，本發明一態樣所涉及之投影物鏡乃包含至少一透鏡(143, 255, 360, 470)，其至少具有一曲面透鏡表面，且由至少四個之本質雙折射材料製成的透鏡元件(143a-143d, 255a-255d, 360a-360d, 470a-470d)置放在一起，其配置方式令彼等沿著光軸(OA)相互接鄰跟隨，其中四個透鏡元件乃由兩對透鏡元件所組成，而該兩對具有彼此互異之晶體切向，且各對中之透鏡元件具有相同晶體切向且沿著光軸以一旋轉偏移值彼此相對配置。

六、英文發明摘要：

The invention relates to a projection objective of a microlithographic projection exposure apparatus, which serves to project an image of a mask which can be positioned in an object plane onto a light-sensitive coating which can be positioned in an image plane, wherein the projection objective has an optical axis (OA). To make it possible to use highly refractive crystal materials while at the same time limiting the negative effects of intrinsic birefringence, a projection objective according to one aspect of the invention comprises at least one lens (143, 255, 360, 470) which has at least one curved lens surface and is put together of at least four lens elements (143a-143d, 255a-255d, 360a-360d, 470a-470d) of intrinsically birefringent material which are arranged so that they follow each other in mutually adjacent relationship along the optical axis (OA), wherein the four lens elements are made up of two pairs of lens elements, wherein the two pairs have crystallographic cuts being different from each other, and wherein the lens elements of each pair have the same crystallographic cut and are arranged relative to each other with a rotary offset about the optical axis (OA).

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：

100	投影物鏡
110	第一部分光學系統
111	折射透鏡
112	折射透鏡
113	折射透鏡
114	折射透鏡
115	折射透鏡
116	折射透鏡
117	折射透鏡
118	折射透鏡
120	第二部分光學系統
121	第一凹鏡
122	第二凹鏡
130	第三部分光學系統
131	折射透鏡
132	折射透鏡
133	折射透鏡
134	折射透鏡
135	折射透鏡
136	折射透鏡
137	折射透鏡
138	折射透鏡
139	折射透鏡
140	折射透鏡
141	折射透鏡

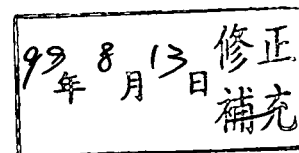
142	折射透鏡
143	折射透鏡
143a	透鏡元件
143b	透鏡元件
143c	透鏡元件
143d	透鏡元件
IMI1	第一中間像
IMI2	第二中間像
IP	像平面
OA	光軸
OP	物平面

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】



本發明係關於一種微影成像投影曝光裝置之投影物鏡。

【先前技術】

微影成像投影(Microlithographic projection)曝光裝置，乃用以製造微型結構組件，諸如積體電路或液晶顯示器之組件。此類投影曝光裝置包含一照明器具及一投影物鏡。在微影成像技術之製程中，由照明器具所照出之光罩(亦稱為微影線(reticle))影像，乃藉投影物鏡予以投射至基板(例如矽晶圓)之上，該基板則塗佈感光塗層(光阻)，並配置於投影物鏡之像平面中，因而可將光罩結構轉移至感光塗層上。

目前最為時新之微影成像物鏡(尤指數值孔徑(NA)超過 1.4 之浸沒物鏡)正日益需要使用高折射率材料，特別是對物鏡影像一側最末端之光學元件而言。此種情況下，所謂高折射率意指在一定波長下，其數值高於石英之折射率(波長 193 奈米時約為 1.56)。一種可以考慮的材料即如鎳鋁石榴石 ($\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)，其折射率於波長 193 奈米時約為 2.14。然而，透鏡元件採用此等材料卻可能出現問題；以其立方晶體結構，所呈現的本質雙折射性(intrinsic birefringence; IB)於短波長下便告增強。舉例言之，對鎳

鋁石榴石進行測量，已顯示其最大 IB 相關延遲為 30.1 nm/cm。「延遲(retardation)」一詞，此處意指二正交偏光狀態其光學路徑長度間之差。

為了設法減低氟化物晶體透鏡之本質雙折射性對光學影像所產生的不利影響，WO 02/093209 A2 尤其揭露具有相同之晶體切向(例如，100 方向或 111 方向)的氟化物晶體透鏡配置在彼此旋轉的位置上(所謂「時標(clocking)」)，以及依照彼此間不同晶體切向(例如，[100]透鏡與[111]透鏡之群組)，組合此等配置為多元群組。

在 WO 02/099500 A2 中所揭露之技術，則是沿著球形分離面拆分出一個或一個以上之晶體 100 或 110 切向的透鏡，並以一互相間的旋轉偏移值再予彼此相對結合在一起。

【發明內容】

本發明之一目的，在於提供微影成像投影曝光裝置之投影物鏡，俾得以利用高折射率晶體材料，同時限制本質雙折射性之不利影響。

依據本發明之第一態樣的投影物鏡(具有一光軸)，係用以將可置放於物平面之光罩投影至可置放於像平面之感光塗層，包含：

至少一透鏡，其至少具有一曲面透鏡表面，且由至少四個之本質雙折射材料製成的透鏡元件置放在一

起，其配置方式令彼等沿著光軸相互接鄰跟隨；

其中四個透鏡元件乃由兩對透鏡元件所組成，而該兩對具有彼此互異之晶體切向，且各對中之透鏡元件具有相同晶體切向且沿著光軸以一旋轉偏移值彼此相對配置。

此處所用「光軸(optical axis)」一詞，意指一條直線或一系列直線段，穿過該投影物鏡之旋轉對稱光學元件之曲率中心。

由至少四個透鏡元件置放在一起而形成一透鏡，而透鏡元件彼此相對成時標關係(clocked)，其所達成之第一效益即是本質雙折射性的補償，此就一位於影像一側最末端且具有相對較大厚度及較高折射率之該透鏡而言，尤其有效。由於根據本發明之透鏡乃以若干殼體置放在一起(可比擬成洋蔥)，故其本質雙折射性之補償可因透鏡本身已有之前述配置方式而達成(亦即，實質上甚或無須在投影物鏡之他處另行補償)。

依據一實施例，四個透鏡元件中兩個具有晶體[111]切向，而該等四個透鏡元件中另外兩個具有晶體[100]切向。就一般術語之意義而言，晶體[111]切向可如個別透鏡元件其晶體[111]軸與透鏡軸一致(或者分別與投影物鏡之光軸一致)。再者，如果透鏡軸間之角度小於 5° ，則個別晶體軸與透鏡軸或光軸可分別考慮為一致。

依據一實施例，四個透鏡元件以相對於其個別晶體切

向之交替順序彼此跟隨。有關此種殼體配置方式，可進一步用以觀察依照透鏡元件相對於其晶體切向進行交替之順序，若相較於一種配置方式其中具有相同晶體切向之透鏡元件乃經分組以便彼此直接跟隨，則 IB 補償之剩餘誤差典型上可減少約 2 階之因數。此一效應(藉由一個異常清楚的定量結果而彰顯)於物理上可歸因於瓊斯矩陣(Jones matrices)，此一矩陣用以描述因本質雙折射性所導致之偏光並不適用數學上之交換律，此即意指，其於乘法運算上之順序更動，無法因而不改變結果(亦即 $A*B \neq B*A$)。

依據一實施例，根據本發明之透鏡有一曲凸面朝向物平面一側。此種形狀之透鏡表面，可依高孔徑角接受光線，因而在高孔徑系統中特具優點。理想上，此一透鏡為一平凸透鏡，配置於像平面一側最末位置之浸沒物鏡中，其平面光出射浸沒媒體之表面邊界。

依據一實施例，此一透鏡乃配置於投影物鏡像平面一側之最末位置。尤其在像平面一側之最末透鏡之中，採用相對較高折射率之材料特別重要；而考量本情形中所擬議之材料，能夠補償相對強烈之本質雙折射性亦屬重要。因此，本發明所述及之設計組態，就此一透鏡而言尤佔優點。

依據一實施例，透鏡元件之製成材料乃選自含有石榴石(garnet)(尤指鎳鋁石榴石($\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)與釔鋁石榴石($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$))、鋰鋇氟化物(LiBaF_3)與尖晶石(尤指鎂尖晶石

(MgAl_2O_4))之群組。此等展現相對顯著之雙折射性材料中，本發明所述及之組態證明特佔優點，因而在本質雙折射性獲得有效補償之情況下，即可使用折射率相對較高之材料。

5 依據一實施例，透鏡元件沿著光軸以相互接鄰關係予以配置；亦即，於該等透鏡元件間並未進一步配置光學元件。

● 依據一實施例，在至少四個之透鏡元件中，至少兩個乃以光學地無隙縫方式接合在一起。此種情況下，所組合之透鏡元件即有若洋蔥狀透鏡組態中之蔥殼，進行操作時亦有若標量相位(亦即波前)之單一透鏡，因而透鏡元件間光線於過渡期產生非所要之介面相關偏轉即可避免。

● 依據進一步之實施例，在至少四個之透鏡元件中，至少兩個以一間隙彼此分離，因而較諸以輕迫技術將透鏡元件無隙縫接合在一起，其製造成本乃告降低。此種情況下，為了避免非所要之光線介面相關偏轉，理想上填入該間隙之液體其所具有之折射率相較於伴隨透鏡元件之材料折射率，所差並不超過 30%，更好為不超過 20%，而最佳情況則是不超過 10%。視伴隨透鏡元件之折射率而定，適用之液體可如所謂之高折射率液體；該類液體乃充當接鄰晶圓平面之浸沒液體，諸如環己烷(波長 193 奈米時 $n \approx 1.57$)或十氫萘(波長 193 奈米時 $n \approx 1.65$)。

依據一實施例，四個透鏡元件中兩個乃屬晶體[111]

切向，另外兩個則屬[100]切向。此種情況下，四元件中相對於光傳遞方向之第一位置，該透鏡元件可屬[111]切向，或者亦屬[100]切向。

四個透鏡元件中，各元件至少可有一球面透鏡表面(尤指二球面透鏡表面)，令透鏡在生產及彼此匹配上相對簡單。而四個透鏡元件中至少一個屬非球面透鏡表面，亦有可能(唯仍以旋轉對稱者為佳)。雖則因此提高製造成本，卻有可能令偏振相關光學性質得以最佳化；亦即，由於非球面設計獲致額外自由度，而可進一步減少 IB 相關剩餘延遲。

依據本發明之進一步態樣，微影成像投影曝光裝置之投影物鏡(有一光軸)用以將可置放於物平面之光罩投影至可置放於像平面之感光塗層，包含：

至少一透鏡，其中至少有四個由本質雙折射材料製成的透鏡元件置放在一起，其配置方式令彼等沿著光軸相互接鄰跟隨；

其中就該等四個透鏡元件之中的至少一個而言，該光軸乃平行於該透鏡元件之晶體方向，且此一方向有別於晶體[100]方向、晶體[110]方向、及晶體[111]方向，亦有別於同等於晶體[100]、[110]或[111]方向之個別晶體方向。

因而，就此一態樣而言，本發明係關於一投影物鏡，有一透鏡包含至少四個透鏡元件，其中至少有一透鏡元件

「自由(free)」晶體方向一意即並未依循主要晶體切向[100]、[110]及[111]中之任一方向進行切割。此種「自由」晶體方向乃導致額外自由度，因而提高最佳化之可能性(有些類似於以非球面透鏡表面取代球面透鏡表面)。再者，由於此一創造性轉換至「自由」晶體方向，令瓊斯光瞳之相位可能縮小，也因而更有可能符合進一步加諸光學影像之特定需求。

依據此一態樣及其優點，在有關投影物鏡較佳之實施例上，讀者可參照前述有關第一態樣之較佳實施例及優點。

本發明進一步適用於具有前述特色之透鏡，其中有關較佳實施例及其優點方面，讀者可參照前此關於投影物鏡之展現。本發明之範疇亦涵蓋一微影成像投影曝光裝置、一微結構化組件之微影成像製造方法、以及一微結構化組件。

本發明之進一步實施例可見諸說明部份及申請專利範圍。

【實施方式】

圖 1 所顯示之投影物鏡 100，乃依據本發明之第一實施例。此一投影物鏡 100 之設計資料，於表 1 中列出。

第 1 欄位中所顯示者為折射表面(否則即是其他具有光學意義之表面)之順序編號；第 2 欄為這些表面之個別

半徑(以毫米為單位)；第 3 欄為個別表面至其後續次一表面之距離(稱為厚度，以毫米為單位)；第 4 欄為個別表面隨後之材料；第 5 欄為此種材料於 $\lambda=193$ nm(奈米)時之折射率；而第 6 欄則為該光學組件之光學可用自由半直徑(free half-diameter)。半徑、厚度及半直徑，皆以毫米為單位。

表 2 中標明列出之表面乃屬非球面曲面；此等表面之曲率則以下列公式描述其非球面性：

$$P(h) = \frac{(1/r) \cdot h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + cc)(1/r)^2 h^2}} + C_1 h^4 + C_2 h^6 + \dots \quad (1)$$

其中 P 代表個別表面平行於光軸之弧矢高度(sagittal height)， h 代表對光軸之徑向距離， r 為個別表面之曲率半徑， cc 為錐削度常數(conicity constant)，而 $C_1, C_2, \dots$ 則為表 2 列出之非球面常數。

依據圖 1 所示，以反射折射式設計(catadioptric design)之投影物鏡 100 具有第一部分光學系統 110、第二部分光學系統 120、以及第三部分光學系統 130。此處所使用之「部分光學系統(partial optical system)」一詞，意指光學元件之一配置方式，實物之實像或中間像賴以形成者。換言之，各部分光學系統恆包含，起自特定物平面或中間像平面，以迄後續次一實像或中間像之所有光學元件。

第一部分光學系統 110 配置折射透鏡 111 至 118 (以

SiO₂ 製成，於表 1 中稱為 SILUV)，並將物平面"OP"投影至第一中間像 IMI1 (其約略位置於圖 1 中以箭頭標示)。此第一中間像 IMI1 乃由第二部分光學系統 120 予以投影至第二中間像 IMI2 (其約略位置同樣於圖 1 中以箭頭指出)。第二部分光學系統 120 包含第一凹鏡 121 及第二凹鏡 122，各皆以垂直於光軸之方向切割，因而光線得以持續通過其由個別反射表面至像平面 IP 之路徑。第二中間像 IMI2 則由第三部分光學系統 130 予以投影至像平面 IP。

第三部分光學系統 130 配置折射透鏡 131 至 143 其中像平面一側最末位置之透鏡 143 係一平凸透鏡，其透鏡凸曲面朝向物平面。本發明所述之此一透鏡 143，乃包含整個四個透鏡元件，將參照圖 2 所示予以說明。透鏡 143 之出射光表面與感光塗層之間(感光塗層於投影物鏡 100 操作時配置於像平面 IP 中)有一浸沒液體，在本範例中其折射率 $n_{\text{Imm}} \approx 1.65$ (於表 1 中稱為 HIINDEX)。適合此一用途之一浸沒液體例子，通稱十氫萘(decaline)。另一適用之浸沒液體則是環己烷(cyclohexane)，於波長 193 奈米操作時其 $n_{\text{Imm}} \approx 1.57$ 。

圖 2 顯示，圖 1 投影物鏡 100 中，位於影像一側末端該透鏡 143 之詳細透鏡剖面。透鏡 143 包含整個四個透鏡元件 143a, 143b, 143c 及 143d，其配置方式令彼等沿著光軸 OA 相互跟隨。透鏡元件 143a 至 143d，全部皆由鋤鋁石榴石 (Lu₃Al₅O₁₂)所製成，於波長 193 奈米時其最大本質雙折射率為 30.1 nm/cm。示例中個別透鏡元件 143a 至

143d，其透鏡表面或操作光學表面基於製造上理由乃選為球面狀；但作為替代選擇也可屬非球面，以便其偏振相關(polarization-related)光學性質甚至可達成更深入之最佳化，亦即進一步降低剩餘延遲。

5 若說另須特加注意者，即是透鏡 143 之透鏡元件 143a 至 143d 乃以直接接觸方式彼此跟隨，因而經由輕迫(wringing)技術可達成以光學地無隙縫(seamless)過渡方式彼此接合。另外情況下，該等透鏡元件亦可由一間隙予以分離，而較佳於其間填入液體，其折射率與接合透鏡元件材料之折射率相差不超過 30%，更好為不超過 20%，強烈希望不超過 10%。

透鏡元件 143a 至 143d 之個別透鏡參數係於表 3 中列出。第 1 欄位中顯示透鏡元件表面之順序編號；第 2 欄為此等表面之各自半徑(以毫米為單位)；第 3 欄為由各表面至隨後次一表面之距離(以毫米為單位)，又稱為厚度；第 4 欄為跟隨各自表面之後該透鏡元件之光學可用自由半直徑；而第 5 欄則為透鏡元件之方向(晶體切向)。半徑、厚度及半直徑，亦皆以毫米為單位。

20 依據圖 2 與表 3 之範例，透鏡元件 143a 至 143d 乃由兩對透鏡元件所組成，各對中之元件皆有其相同晶體切向，且沿著光軸 OA 旋轉彼此相對設置。

更具體而言，透鏡元件 143a 與 143c 沿著光線傳遞方向之光軸 OA 而居第一及第三位置，皆屬晶體[111]切向；此即意指，該等透鏡元件中，其晶體[111]軸乃平行於投影物鏡 100 之光軸 OA。透鏡元件 143b 與 143d 沿著光線傳遞方向之光軸 OA 而居第二及第四位置，皆屬晶體[100]切向；此即意指，該等透鏡元件中，其晶體[100]軸乃平行於投影物鏡 100 之光軸 OA。因此，四個透鏡元件 143a-143d 乃依彼等之晶體切向，以交替順序進行配置。

再者，透鏡元件 143a 與 143c 其晶體具有[111]切向，乃沿著光軸 OA 以一 60° 角彼此相對旋轉(亦即時標)；而透鏡元件 143b 與 143d 其晶體具有[100]切向，乃沿著光軸 OA 以一 45° 角彼此相對旋轉。依據[111]透鏡中雙折射率之三重(3-fold)對稱性，二[111]透鏡間 60° 之時標角得以 $60^\circ + m \cdot 120^\circ$ (m 為整數)時標角取代之。進一步而言，依據[100]透鏡中雙折射率之四重(4-fold)對稱性，二[100]透鏡間 45° 之時標角得以 $45^\circ + n \cdot 90^\circ$ (n 為整數)時標角取代之。

雖則前述晶體[111]切向透鏡元件之旋轉角度(時標角) 60° (或 $60^\circ + m \cdot 120^\circ$)，以及晶體[100]切向透鏡元件之 45° (或 $45^\circ + m \cdot 90^\circ$)，代表在最小化 IB 相關剩餘延遲方面所選定配置之最佳值，本發明自當不致受限於此等角度，原因在於部份補償作法已可達成，即若旋轉角度偏離此等數值

時亦然。

透鏡 255 實施例之進一步範例，可如依據本發明於圖 1 投影物鏡 100 中位於像平面一側最末位所使用者，其中包含透鏡元件 255a-255d (如圖 3 所示)，且透鏡元件 255a-255d 之透鏡參數亦於表 4 中列出。同樣，透鏡元件 255a-255d 亦以鎳鋁石榴石 ($\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$) 製成。

依據圖 3 與表 4 之範例，透鏡元件 255a-255d 亦同樣由兩對透鏡元件所組成，各對中之元件皆有其相同晶體切向，且沿著光軸 OA 旋轉彼此相對設置。更具體而言，透鏡元件 255a 與 255c 沿著光線傳遞方向之光軸 OA 而居第一及第三位置，皆屬晶體[100]切向；此即意指，該等透鏡元件中，其晶體[100]軸乃平行於投影物鏡 100 之光軸 OA。透鏡元件 255b 與 255d 沿著光線傳遞方向之光軸 OA 而居第二及第四位置，皆屬晶體[111]切向；此即意指，該等透鏡元件中，其晶體[111]軸乃平行於投影物鏡 100 之光軸 OA。因此，此四個透鏡元件乃依彼等之晶體切向，以交替順序進行配置。再者，類似於圖 2 之實施例，透鏡元件 255a 與 255c 其晶體具有[100]切向，乃沿著光軸 OA 以一 45° 角彼此相對旋轉(亦即時標)；而透鏡元件 255b 與 255d 其晶體具有[111]切向，則沿著光軸 OA 以一 60° 角彼此相對旋轉。

本發明並未受限於圖 2 與圖 3 所示之晶體切向[100]與[111]。反之，採用此等實施之變異方式亦屬可行；其中本創新組態之透鏡藉以置放在一起之該等至少四個透鏡元件，亦可有成對透鏡元件共用相同晶體切向，唯所稱切向不同於[100]或[111]，而且各對之中透鏡元件乃沿著光軸旋轉彼此相對配置。再者，類似於圖 2 與圖 3，透鏡元件可依彼等之晶體切向，以交替順序進行配置。

圖 6a 與圖 6b 顯示圖 1 投影物鏡中所產生之延遲，就一源自物視場中心之光線束而言(圖 6a)，以及就一源自物視場邊界之光線束而言(圖 6b)，且依據本發明圖 2 所示，考量影像一側最末透鏡符合其設計。為比較起見，圖 4 顯示傳統設計透鏡具晶體切向[111]之延遲情形；亦即，未有至少四個透鏡元件彼此相對旋轉之創新配置方式。

圖 7a 與圖 7b 顯示圖 1 投影物鏡中所產生之延遲，就一源自物視場中心之光線束而言(圖 7a)，以及就一源自物視場邊界之光線束而言(圖 7b)，且依據本發明圖 3 所示，考量影像一側最末透鏡符合其設計。為比較起見，圖 5 顯示傳統設計透鏡具晶體切向[100]之延遲情形；亦即，未有至少四個透鏡元件彼此相對旋轉之創新配置方式。

比較圖 4-5 結果與圖 6-7 結果，首先得一結論：依據本發明所設計之透鏡，由至少四個透鏡元件彼此相對旋轉

所構成，若相較於傳統設計之具晶體切向[111]或[100]，顯然其所產生之剩餘延遲大為降低。

圖 8 與圖 9 分別說明最末端透鏡 360 與 470 之更詳盡透鏡剖面。該等透鏡同樣分別包含整個四個透鏡元件 360a-360d 與 470a-470d，唯其配置方式相對於其晶體切向而言乃屬非交替順序。換句話說，透鏡元件經配置後，其具同一晶體切向者乃成對彼此伴隨。在圖 8 所說明之透鏡 360 中，首對透鏡元件 360a 與 360b 具有晶體 [111]切向；而在圖 9 所說明之透鏡 470 中，首對透鏡元件 470a 與 470b 則具有晶體[100]切向。透鏡元件 360a-360d 與 470a-470d 之個別透鏡參數，分別於表 5 與表 6 中列出。

圖 10a 與圖 10b 顯示，如果採用圖 8 中所示之透鏡設計其所產生之延遲，就一源自物視場中心之光線束而言(圖 10a)，以及就一源自物視場邊界之光線束而言(圖 10b)。圖 11a 與圖 11b 顯示，如果採用圖 9 中所示之透鏡設計其所產生之延遲，就一源自物視場中心之光線束而言(圖 11a)，以及就一源自物視場邊界之光線束而言(圖 11b)。

將圖 6, 7 結果與圖 10, 11 結果作一比較，就至少四個透鏡元件彼此相對旋轉所構成之透鏡而言，若透鏡元件乃依其晶體方向(如圖 6 與圖 7 情況)作交替配置，則相較於透鏡元件以相同晶體方向(如圖 10 與圖 11 情況)成對設

置，顯然其所達成之延遲值小約一個 2 階因數。

依據進一步之實施例，以本發明所述而構成之透鏡，其中一個或全部透鏡元件亦有可能具有自由晶體方向，一如以下針對圖 12 至 14 所要探討者。

5 圖 12 顯示位於影像一側最末端之透鏡 580 其詳細透鏡剖面；此一透鏡，於類似圖 1 組態之投影物鏡中同樣可以使用。透鏡 580 亦包含全部四個透鏡元件 580a, 580b, 10 580c 及 580d，其配置方式可令彼等沿著光軸 OA 相互跟隨。透鏡元件 580a 至 580d，全部同樣由鎳鋁石榴石 ($\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$) 所製成。示例中個別透鏡元件 580a 至 580d 之透鏡表面或操作光學表面，亦基於製造上理由而再度選為球面；唯作為替代選擇也可選用非球面，以達成偏振相關光學性質之更深入最佳化，亦即進一步降低剩餘延遲。再者，本實施例中透鏡 580 之透鏡元件 580a 至 580d，亦以直接接觸而相互跟隨；例如，藉由輕迫技術，而以光學地無隙縫過渡方式彼此接合。另如，該等透鏡元件亦可由一15 間隙予以分離，而該間隙則填以液體(如前所述)。

透鏡元件 580a-580d 之個別透鏡參數係於表 7 中列出。第 1 欄位中顯示透鏡元件表面之順序編號；第 2 欄為20 此等表面之各自半徑(以毫米為單位)；第 3 欄為由各表面至隨後次一表面之距離(以毫米為單位)，又稱為厚度；第

4 欄為跟隨各自表面之後，該透鏡元件之光學可用自由半
直徑；而第 5 欄則為透鏡元件之晶體方向。半徑、厚度及
半直徑，亦皆以毫米為單位。表 7 亦顯示晶體方向，以三
個尤拉角 φ , θ , ϕ 列出。尤拉角(Euler angles)意即一座標系
5 統，原等同於空間中固定之參考系統(x, y, z)，經旋轉變成
晶體之主軸系統(x', y', z')：(1) 繞著 z 軸旋轉 φ 角度；
(2) 繞著 x 軸旋轉 θ 角度；以及(3) 繞著 z 軸旋轉 ϕ 角度。
一個具有[100]方向之晶體，可藉尤拉角描述為 $\varphi = 0^\circ$, $\theta = 0^\circ$, $\phi =$ 可任意選擇；而一個具有[111]方向之晶體，則可描述
10 為 $\varphi = 45^\circ$, $\theta = 54.736^\circ$, $\phi =$ 可任意選擇。

與前述實施例不同，在透鏡 580 之透鏡元件
580a-580d 中，其光學系統軸 OA 並未指向晶體方向[100],
[110]或[111]之任一方向，亦未指向同等於晶體方向[100],
[110]或[111]任一方向之該一主晶體方向(因於立方晶體之
對稱性)。雖然圖 12 實施例中，所有透鏡元件 580a-580d
於其晶體方向上偏離前述之一主晶體方向(僅透鏡元件
580a 趨近於晶體[111]切向)，此並非意指對本發明加諸限
制。反之，本發明亦已涵蓋代表圖 12 具體實例之各種變
異情況；意即，就四個透鏡元件之至少一個而言，光學系
20 統軸並未平行於前述之一主晶體方向。

圖 13a 至 13c 說明，就自由晶體方向之透鏡 580 而

言，源自物視場中心之光線束所產生之延遲(圖 13a)以及(1, 1)瓊斯光瞳之相位(圖 13b)與振幅(圖 13c)。圖 14a 至 14c 以類似方式，說明透鏡 580 其源自物視場邊界之光線束所產生之延遲(圖 14a)以及(1, 1)瓊斯光瞳之相位(圖 14b)與振幅(圖 14c)。一如 13b 與 14b 所明示，在本實施例中，相位已縮小至不超過 1.5 奈米之甚小範圍。而象限處(45° 位置)之振幅則達到 0.9 左右—此僅屬成像過程之少許結果，因為主要乃在於使用光瞳中之 x 軸與 y 軸區域。

如圖 15 所示，投影曝光裝置 600 包含照明器具 601 及投影物鏡 602。投影物鏡 602 涵蓋透鏡配置 603(僅以輪廓圖示)，藉此可界定光軸 OA。配置於照明器具 601 與投影物鏡 602 之間者，即是光罩 604，並藉光罩架 605 予以支撐於光線路徑上。光罩 604 含有線條結構(大小在微米與奈米之間)，其中影像乃藉由投影物鏡 602 投射至像平面 IP，因而可縮小一 4 或 5 階之因數。感光基板 606 (尤指晶圓)，由基板架 607 予以定位於像平面 IP 上。

即使本發明乃經由特定實施例之展現予以描述，唯擅長有關技術者亦將體認眾多實施上之可能變異或替代方式；例如，將個別實施例之特色加以組合或互換。因此，務請認清，此等變異或替代實施例乃視為包含於本發明之中，且本發明之範圍僅受限於隨附之申請專利範圍及其等效。

表1 (圖1之設計資料)

(NA = 1.55 ; 波長 193 nm)

表面	半徑	厚度	材料	折射率	半直徑
0	0.000000	52.291526			62.5
1	185.414915	36.606310	SILUV	1.560364	93.9
2	-2368.330782	103.305956			94.5
3	1135.440971	81.730311	SILUV	1.560364	101.4
4	-836.574481	7.626264			101.9
5	642.761068	10.166290	SILUV	1.560364	94.3
6	-28777.509893	17.021812			92.4
7	374.784051	23.493394	SILUV	1.560364	88.9
8	-739.574652	12.599110			86.7
9	0.000000	0.000000	SILUV	1.560364	82.0
10	0.000000	35.701682			82.0
11	-287.062457	8.020868	SILUV	1.560364	87.6
12	-260.605102	8.348886			89.8
13	356.037256	34.761348	SILUV	1.560364	102.3
14	-1139.573155	45.988038			103.0
15	-297.853763	10.898517	SILUV	1.560364	100.8
16	-286.492576	442.012212			102.4
17	-186.492728	-232.661918	REFL		162.7
18	213.357562	272.661219	REFL		150.8
19	186.190755	63.407664	SILUV	1.560364	143.4
20	559.595962	102.212676			138.9
21	336.987586	10.146122	SILUV	1.560364	98.0
22	98.067417	59.917522			83.0
23	2014.227818	10.231531	SILUV	1.560364	83.9
24	209.706892	5.218396			88.7
25	187.199398	16.497859	SILUV	1.560364	90.5
26	563.378273	25.195888			92.4
27	-358.535155	9.999385	SILUV	1.560364	95.4
28	-369.270277	4.329131			104.5
29	6342.575536	49.942200	SILUV	1.560364	124.0
30	-323.631832	0.997442			127.3
31	-503.301175	35.880564	SILUV	1.560364	129.5
32	-236.865310	0.997844			132.5
33	-1601.468501	29.219759	SILUV	1.560364	133.0
34	-298.758201	1.000000			134.0
35	808.661277	24.892404	SILUV	1.560364	130.1
36	-2015.744411	1.000000			128.8
37	232.975060	41.179286	SILUV	1.560364	120.7
38	2382.195206	1.000000			116.6
39	192.288001	45.336304	SILUV	1.560364	110.2
40	-1085.511304	1.000000			107.6
41	139.778134	25.996093	SILUV	1.560364	84.0
42	482.429105	1.000000			78.8
43	83.925256	60.000000	LUAG	2.143500	60.2
44	0.000000	3.100000	HIINDEX	1.650000	24.1
45	0.000000	0.000000			15.6

表2 (圖1之非球面參數):

表面	1	4	6	8	12
K	0	0	0	0	0
C1	-6.447148E-08	-1.825065E-07	7.288539E-08	1.468587E-07	-8.341858E-09
C2	3.904192E-12	1.875167E-12	4.464300E-12	-6.136079E-12	3.035481E-12
C3	-1.742805E-16	9.471479E-16	-3.280221E-16	-6.664138E-16	1.950958E-16
C4	-2.099949E-21	-3.417617E-20	-1.914887E-20	-1.246213E-20	6.966650E-21
C5	1.526611E-24	-3.618274E-24	5.811541E-24	4.088277E-24	1.855444E-24
C6	-1.341115E-28	3.456865E-28	-6.504073E-28	7.614765E-29	-1.407831E-28
C7	3.864081E-33	-8.427102E-33	3.066152E-32	-1.622968E-32	-3.044932E-33

表面	14	15	17	18	20
K	0	0	-1.9096	-0.5377	0
C1	-5.818454E-08	-3.254341E-08	-2.658999E-08	-1.536262E-10	-8.785831E-09
C2	-2.919573E-13	3.968952E-13	1.561056E-13	-2.682680E-15	5.646919E-13
C3	-3.209102E-17	-2.807842E-17	-4.132973E-18	-3.645198E-20	-6.454482E-18
C4	3.126755E-22	4.190647E-21	5.067872E-23	1.499409E-24	-2.410154E-22
C5	3.818902E-25	-3.741144E-25	-9.622504E-28	1.222432E-28	1.104073E-26
C6	-8.486242E-30	3.532694E-29	1.189984E-32	-6.277586E-33	-2.437139E-31
C7	-2.419178E-34	-1.204525E-33	-1.166383E-37	1.594458E-37	2.163229E-36

表面	21	23	25	28	29
K	0	0	0	0	0
C1	6.965245E-08	-9.869141E-08	-3.835477E-08	1.214957E-07	5.348537E-08
C2	-2.619816E-13	3.468310E-12	-7.670508E-12	1.647962E-12	2.629539E-12
C3	9.867326E-18	-1.114544E-15	7.876676E-16	-5.350727E-16	-5.067530E-16
C4	-6.513277E-21	1.484338E-19	-1.643323E-19	3.115581E-20	4.241183E-20
C5	1.222326E-25	-2.541221E-23	1.862076E-23	-6.028858E-24	-2.286931E-24
C6	-7.772178E-30	2.753259E-27	-1.538795E-27	5.836667E-28	6.869266E-29
C7	-1.760691E-33	-1.058751E-31	6.396967E-32	-1.784413E-32	-8.391190E-34

表面	31	33	36	38	40
K	0	0	0	0	0
C1	3.570488E-09	-1.108288E-08	1.098120E-08	3.498535E-09	4.009017E-08
C2	-2.899790E-13	-5.556755E-13	-8.319264E-13	1.277784E-12	-5.714125E-12
C3	1.081327E-16	-3.884368E-18	3.311901E-17	-7.357487E-17	6.202718E-16
C4	-1.172829E-20	1.842426E-21	7.733186E-23	1.115535E-21	-5.344939E-20
C5	2.404194E-25	3.001406E-27	-1.051458E-26	2.894369E-25	3.354852E-24
C6	1.461820E-29	-7.804121E-30	-4.556477E-30	-1.579978E-29	-1.359158E-28
C7	-5.103661E-34	2.042295E-34	1.779547E-34	3.499951E-34	2.690400E-33

表面	42
K	0
C1	6.190270E-09
C2	1.866031E-11
C3	-3.186549E-15
C4	5.219881E-19
C5	-6.008898E-23
C6	4.502251E-27
C7	-1.632255E-31

表3：(圖2之設計資料)

表面	半徑	厚度	半直徑	方向
43	83.925256	18.811177	59.352000	[111], 0°
43-1	71.231464	12.333822	47.005000	[100], 0°
43-2	67.178888	17.981551	39.406000	[111], 60°
43-3	112.134029	10.873450	29.975000	[100], 45°

表4：(圖3之設計資料)

表面	半徑	厚度	半直徑	方向
55	83.925256	12.607042	59.352000	[100], 0°
55-1	77.135134	17.932508	51.420000	[111], 0°
55-2	69.245362	12.671515	40.045000	[100], 45°
55-3	83.666266	16.788934	33.150000	[111], 60°

表5：(圖8之設計資料)

表面	半徑	厚度	半直徑	方向
60	83.925256	19.035457	59.352000	[111], 0°
60-1	76.747847	18.570918	47.807000	[111], 60°
60-2	79.720372	11.251608	36.706000	[100], 0°
60-3	89.328649	11.142019	29.359000	[100], 45°

表6：(圖9之設計資料)

表面	半徑	厚度	半直徑	方向
70	83.925256	12.393240	59.352000	[100], 0°
70-1	76.816691	13.261777	51.476000	[100], 45°
70-2	77.973028	17.501591	44.111000	[111], 0°
70-3	82.294822	16.843390	33.101000	[111], 60°

表7：(圖12之設計資料)

表面	半徑	厚度	半直徑	尤拉角 ϕ, θ, ψ
80	83.925255	18.511684	59.352	45.00°, 54.74°, 0°
80-1	88.452895	10.271444	49.77	68.67°, -1.62°, -64.28°
80-2	88.273071	15.476090	43.292	43.54°, 55.62°, 61.84°
80-3	67.128546	15.740778	31.226	31.43°, 4.97°, 14.66°

【圖式簡單說明】

本發明於此將作更詳細說明，並參照圖式附件中所描述之實施範例，其中包含：

圖 1 顯示，依據本發明之一實施例，一完整反射折射式投影物鏡之整個子午切面；

圖 2 顯示，圖 1 投影物鏡其影像一側最末透鏡之詳細透鏡剖面；

圖 3 顯示，依據進一步之實施例，影像一側最末透鏡之詳細透鏡剖面；

圖 4 顯示，在透鏡元件未相互旋轉配置時，一透鏡具有習見[111]方向構造其延遲情形(以奈米為單位)；

圖 5 顯示，在透鏡元件未相互旋轉配置時，一透鏡具有習見[100]方向構造其延遲情形(以奈米為單位)；

圖 6a, b 顯示圖 1 投影物鏡中所產生之延遲(以奈米為單位)，就一源自物視場中心之光線束而言(圖 6a)，以及就一源自物視場邊界之光線束而言(圖 6b)，且依據本發明圖 2 所示，考量影像一側最末透鏡符合其設計；

圖 7a, b 顯示圖 1 投影物鏡中所產生之延遲(以奈米為單位)，就一源自物視場中心之光線束而言(圖

7a)，以及就一源自物視場邊界之光線束而言(圖 7b)，且依據本發明圖 3 所示，考量影像一側最末透鏡符合其設計；

圖 8, 9 各顯示，在個別透鏡元件非交替配置下，影像一側最末透鏡之詳細透鏡剖面；

圖 10a, b 顯示，如果採用圖 8 中所示之透鏡設計，其所產生之延遲(以奈米為單位)，就一源自物視場中心之光線束而言(圖 10a)，以及就一源自物視場邊界之光線束而言(圖 10b)；

圖 11a, b 顯示，如果採用圖 9 中所示之透鏡設計，其所產生之延遲(以奈米為單位)，就一源自物視場中心之光線束而言(圖 11a)，以及就一源自物視場邊界之光線束而言(圖 11b)；

圖 12 顯示，依據本發明於自由晶體方向下之一實施例，影像一側最末透鏡之詳細透鏡剖面；

圖 13a-c 說明，依據本發明圖 12 所示，自由晶體方向之透鏡其所產生之延遲(圖 13a，以奈米為單位)，以及(1, 1)瓊斯光瞳之相位(圖 13b，以奈米為單位)與振幅(圖 13c)，就一源自物視場中心之光線束而言；

圖 14a-c 說明，依據本發明圖 12 所示，自由晶體方向之透鏡其所產生之延遲(圖 14a，以奈米為單位)，以及(1, 1)瓊斯光瞳之相位(圖 14b，以奈米為單位)

位)與振幅(圖 14c)，就一源自物視場邊界之光線束而言；以及

圖 15 以實體圖說明，一微影成像投影曝光裝置之整體設計概念。

5

【主要元件符號說明】

- 100 投影物鏡
- 110 第一部分光學系統
 - 111 折射透鏡
 - 112 折射透鏡
 - 113 折射透鏡
 - 114 折射透鏡
 - 115 折射透鏡
 - 116 折射透鏡
 - 117 折射透鏡
 - 118 折射透鏡
- 120 第二部分光學系統
 - 121 第一凹鏡
 - 122 第二凹鏡
- 130 第三部分光學系統
 - 131 折射透鏡
 - 132 折射透鏡
 - 133 折射透鏡
 - 134 折射透鏡
 - 135 折射透鏡
 - 136 折射透鏡
 - 137 折射透鏡

138	折射透鏡
139	折射透鏡
140	折射透鏡
141	折射透鏡
142	折射透鏡
143	折射透鏡
143a	透鏡元件
143b	透鏡元件
143c	透鏡元件
143d	透鏡元件
255	透鏡
255a	透鏡元件
255b	透鏡元件
255c	透鏡元件
255d	透鏡元件
360	透鏡
360a	透鏡元件
360b	透鏡元件
360c	透鏡元件
360d	透鏡元件
470	透鏡
470a	透鏡元件
470b	透鏡元件
470c	透鏡元件
470d	透鏡元件
580	透鏡
580a	透鏡元件
580b	透鏡元件
580c	透鏡元件
580d	透鏡元件

IMI1	第一中間像
IMI2	第二中間像
IP	像平面
OA	光軸
OP	物平面

十、申請專利範圍：

1. 一種微影成像投影曝光裝置之投影物鏡，具有一光軸(OA)，而用以進行投影，將可置放於物平面之光罩的影像投射至可置放於像平面之感光塗層上，該投影物鏡包含：

至少一透鏡(143, 255, 360, 470)，其至少具有一曲面透鏡表面，且由至少四個之本質雙折射材料製成的透鏡元件(143a-143d, 255a-255d, 360a-360d, 470a-470d)置放在一起，其配置方式令彼等沿著光軸(OA)相互接鄰跟隨；

其中四個透鏡元件乃由兩對透鏡元件所組成，而該兩對具有彼此互異之晶體切向，且各對中之透鏡元件具有相同晶體切向且沿著光軸(OA)以一旋轉偏移值彼此相對配置；

其中該等四個透鏡元件之中兩個具有晶體[111]切向，而此四個透鏡元件中另外兩個具有晶體[100]切向；以及

其中該等透鏡元件中的三個具有凸面，其係朝向該等透鏡元件中之一個接鄰的元件的凹面。

2. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中該等四個透鏡元件以相對於其個別晶體切向之交替順序，彼此跟隨。
3. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中該等透鏡元件之中的至

少兩個乃由曲面邊界予以彼此分離。

4. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中該等透鏡元件之中的所有接續的透鏡元件由曲面邊界予以彼此分離。
5. 依據請求項 3 之投影物鏡，其中該邊界或該等邊界分別相對於光軸(OA)乃屬旋轉對稱。
6. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中相互面對且屬於該等透鏡元件中之接鄰之該等元件之至少兩個表面具有曲率半徑，使得該等曲率半徑之絕對值差異少於該等半徑中較大者之 10%，更好為少於 3%，最佳情況則是少於 1%。
7. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中相互面對且屬於該等透鏡元件中之接鄰之該等元件之至少兩個表面具有相同絕對值之曲率半徑。
8. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中相互面對且屬於該等透鏡元件中之接鄰之該等元件之至少兩個表面，於該等表面其中之一的各點處，於該表面之法線方向上具有一距離，該距離少於 2 毫米(mm)，更好為少於 1 毫米(mm)，最佳情況則是少於 0.5 毫米(mm)。
9. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中至少兩個該等透鏡元件係以相對於光軸(OA)呈旋轉對稱之方式來配置。
10. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中所有該等透鏡元件係以相對於光軸(OA)呈旋轉對稱之方式來配置。

11. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中該等透鏡元件之中的至少一元件具有至少一個球面透鏡表面。
12. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中該等透鏡元件之中的各個皆具有至少有一個球面透鏡表面。
- 5 13. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中該等透鏡元件之中的至少一元件具有至少一個非球面透鏡表面。
14. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中該等透鏡元件之中的至少兩個係以光學地無隙縫(seamless)方式結合在一起。
15. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中該等透鏡元件之中的所有
10 元件係以光學地無隙縫方式結合在一起。
16. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中該等透鏡元件之中的至少兩個係以一間隙而彼此分離。
17. 依據請求項 16 之投影物鏡，其中該間隙係以液體充填。
18. 依據請求項 17 之投影物鏡，其中該液體其折射率與接
15 鄰之該等透鏡元件的材料之折射率相差不超過 30%，尤指不超過 20%，特別是不超過 10%。
19. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中該透鏡(143, 255, 360, 470, 580)具有朝向物平面一側之一曲凸透鏡表面(43, 55, 60, 70, 80)。
20. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中該透鏡(143, 255, 360,
- 20

470, 580)係一平凸透鏡。

21. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中該透鏡(143, 255, 360, 470, 580)乃位於該投影物鏡(100)之像平面一側之最末位置。

5 22. 依據請求項 1 之投影物鏡，其中該等透鏡元件其製成材料乃選自含有石榴石(尤指鐳鋁石榴石($\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)與釔鋁石榴石($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$))、鋰鋇氟化物 (LiBaF_3)與尖晶石(尤指鎂尖晶石(MgAl_2O_4))之群組。

10 23. 一種含有一照明器具及一投影物鏡之微影成像投影曝光裝置，其中該投影物鏡之組構方式係依照請求項 1 至 22 中之任一項。

24. 一種用於微結構化組件之微影成像製造方法，包含下列步驟：

15 提供一基板(606)，其中至少部份由感光材料之塗層予以覆蓋；

提供一光罩(604)，其所含結構係供影像之形成；

提供如請求項 23 所述之一投影曝光裝置(600)；以及

20 藉由投影曝光裝置(600)將光罩(604)之至少一部份投影至一塗層區。

圖1

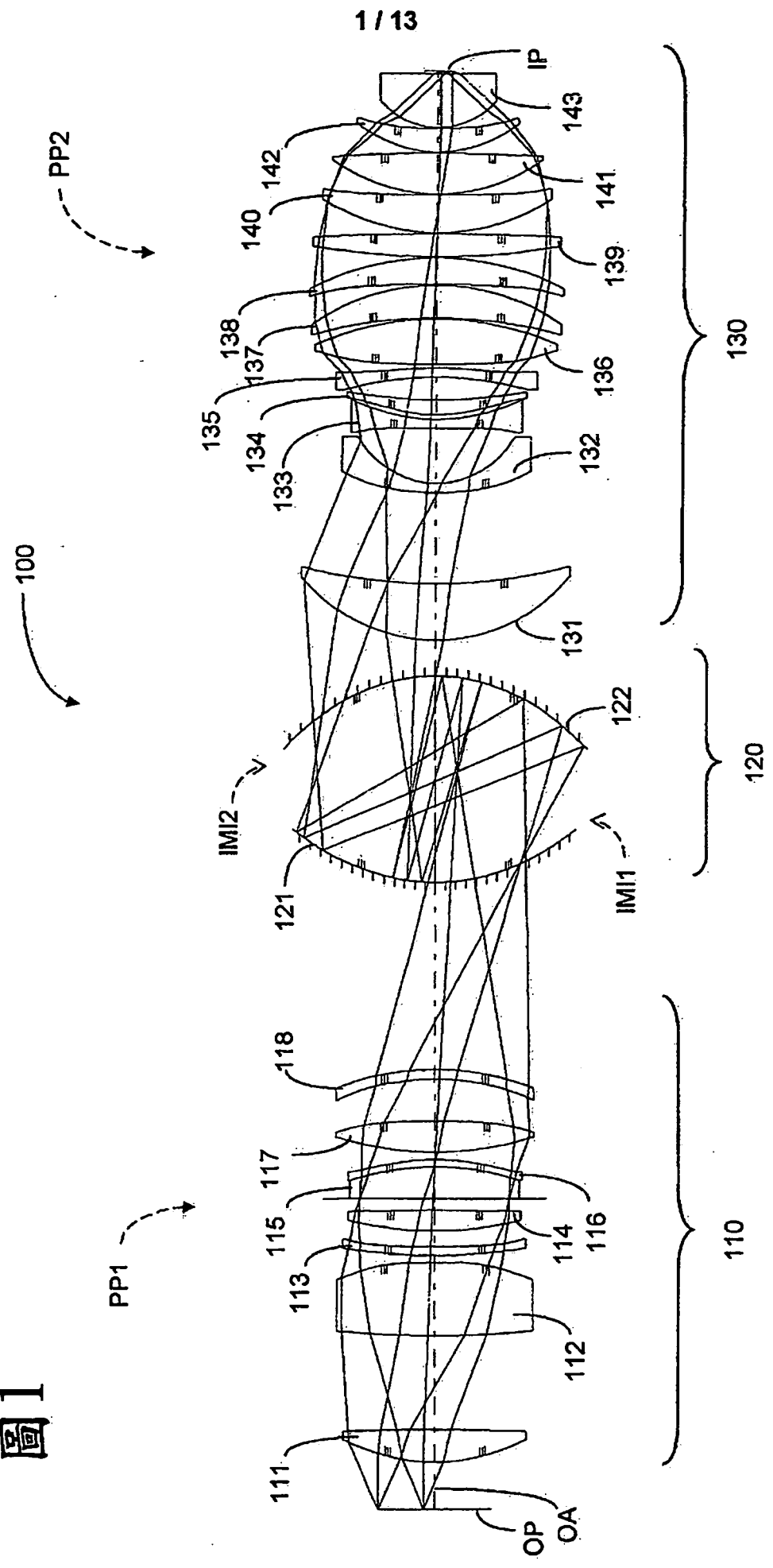


圖2

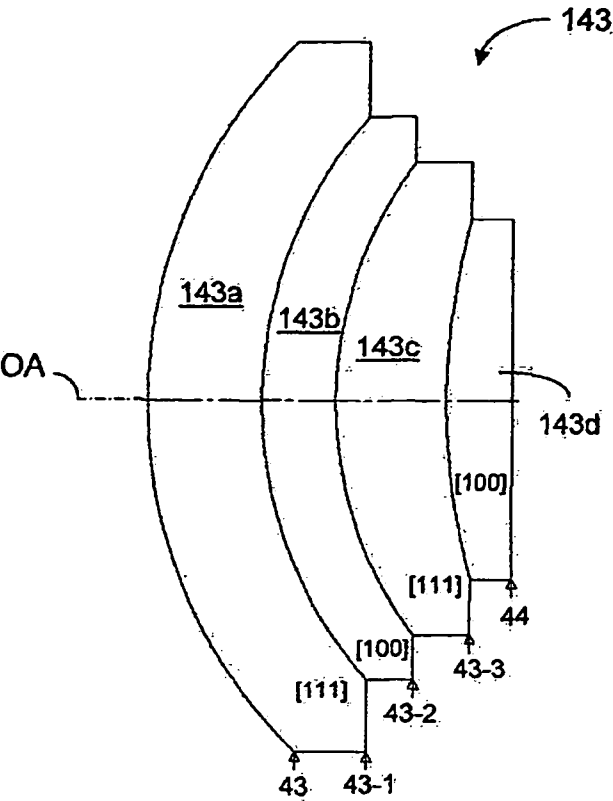


圖3

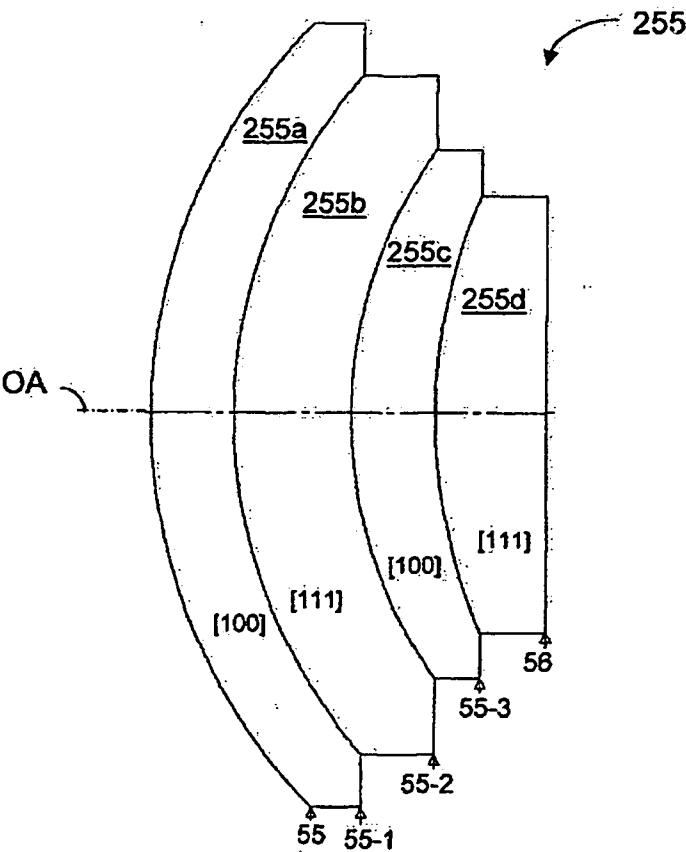


圖 4

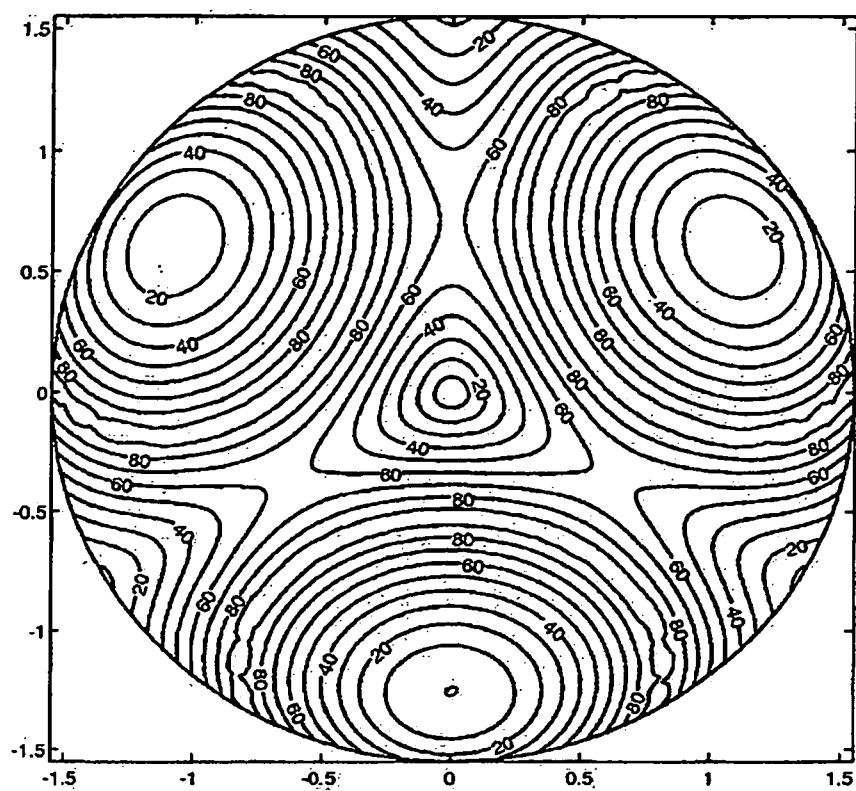


圖 5

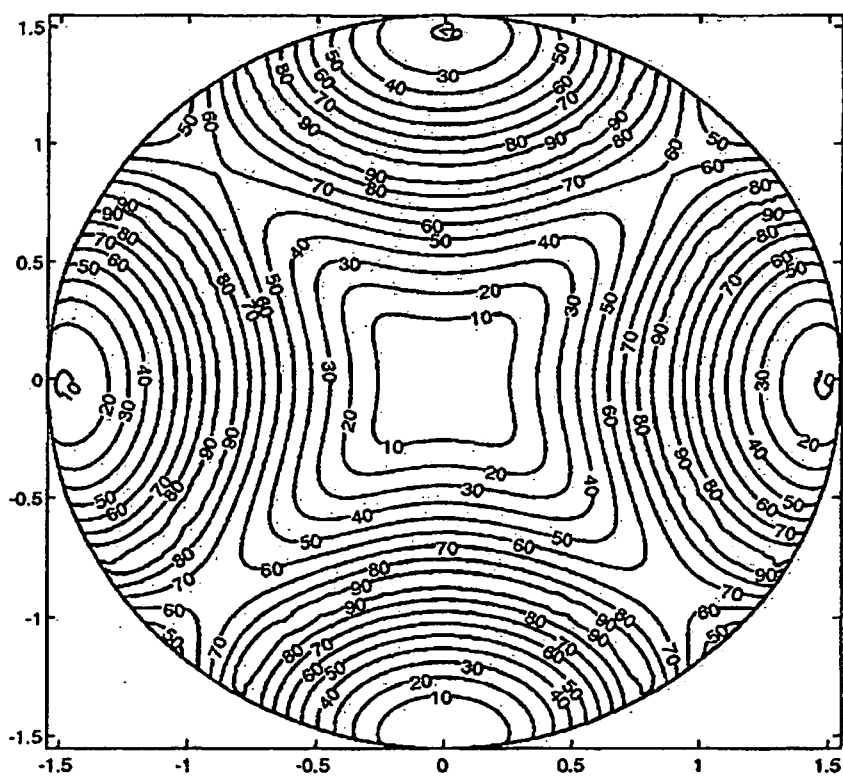


圖 6a

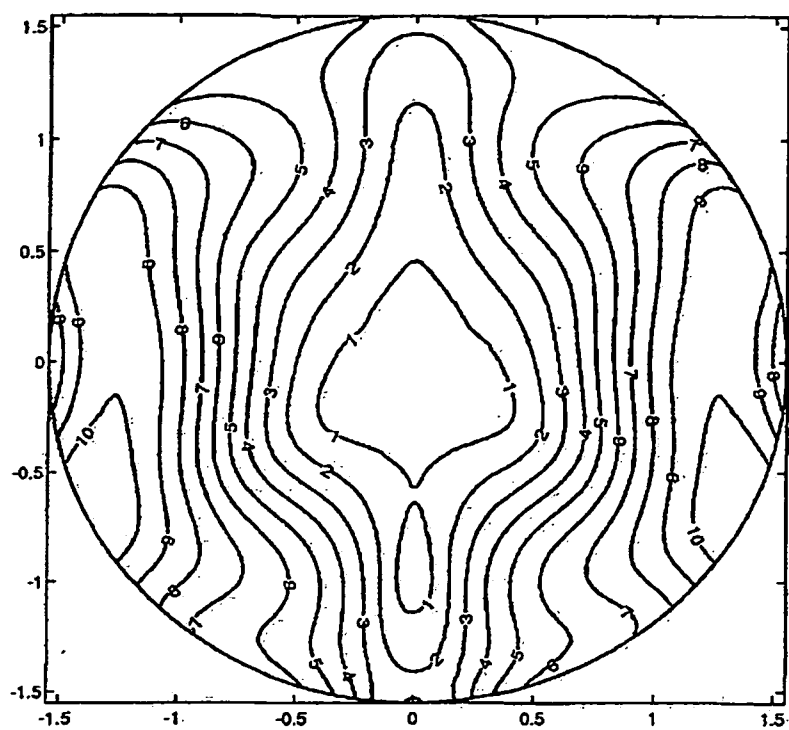


圖 6b

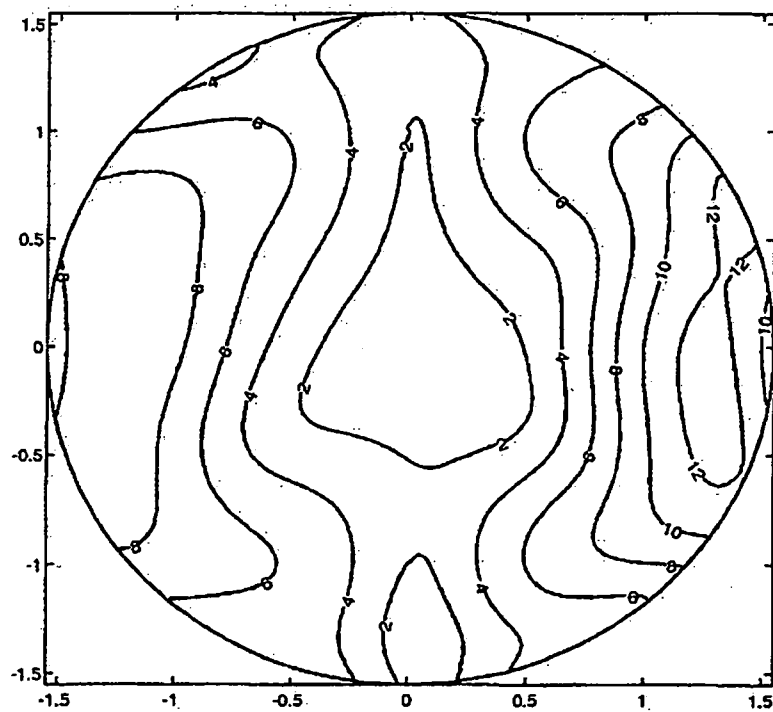


圖 7a

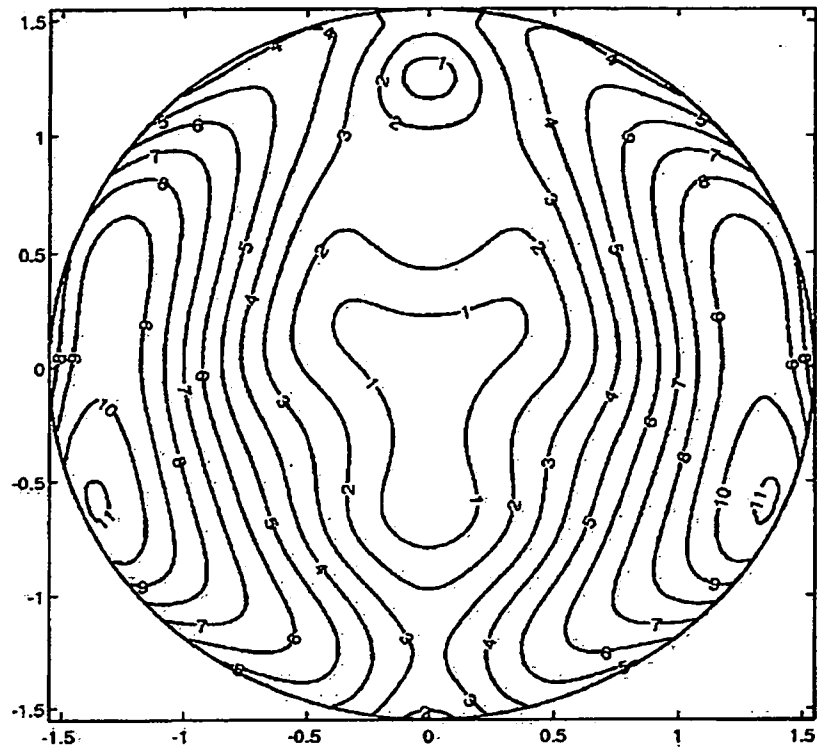


圖 7b

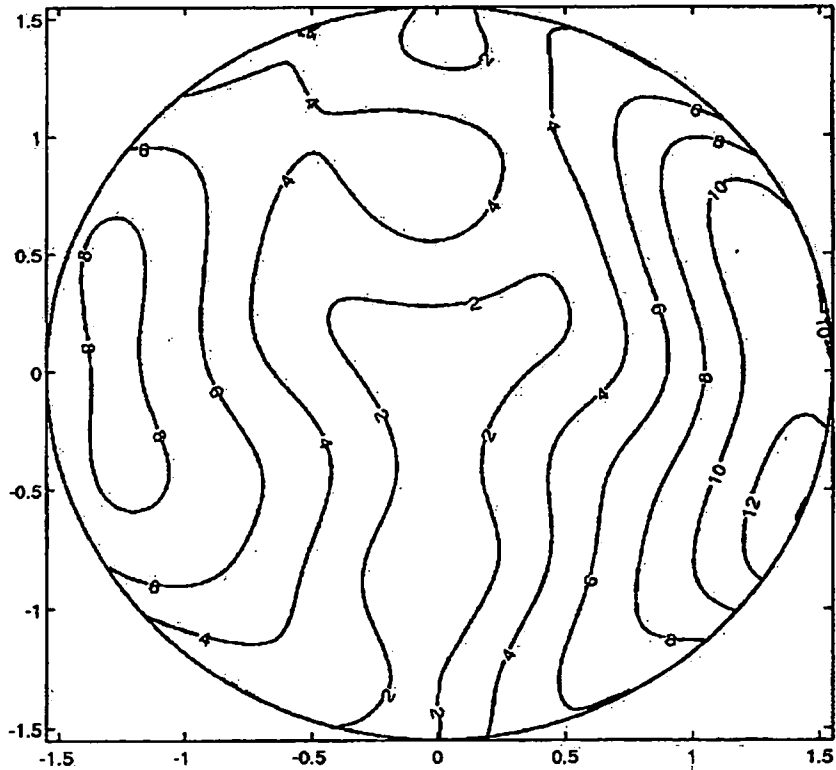


圖8

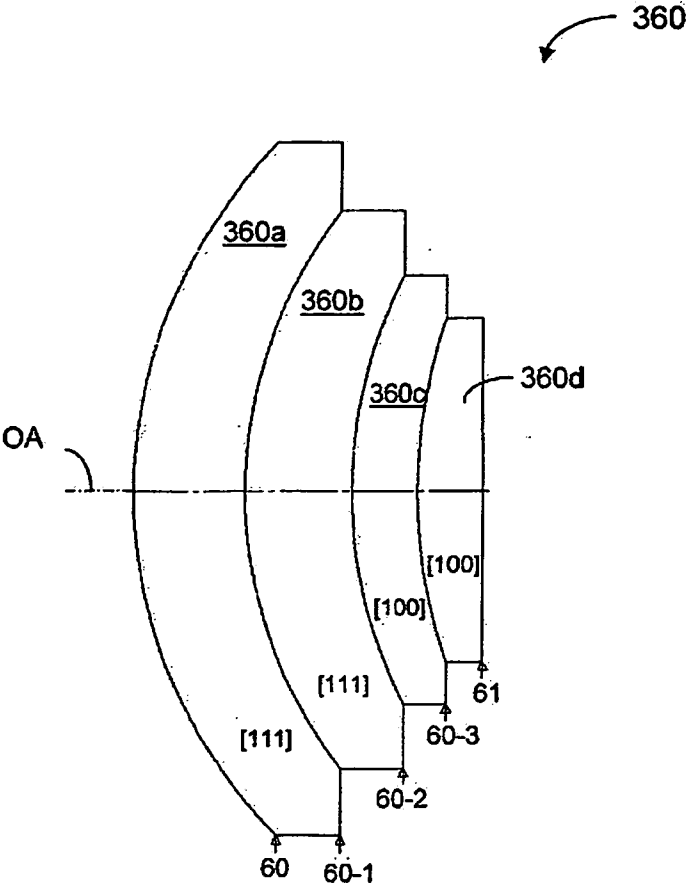


圖9

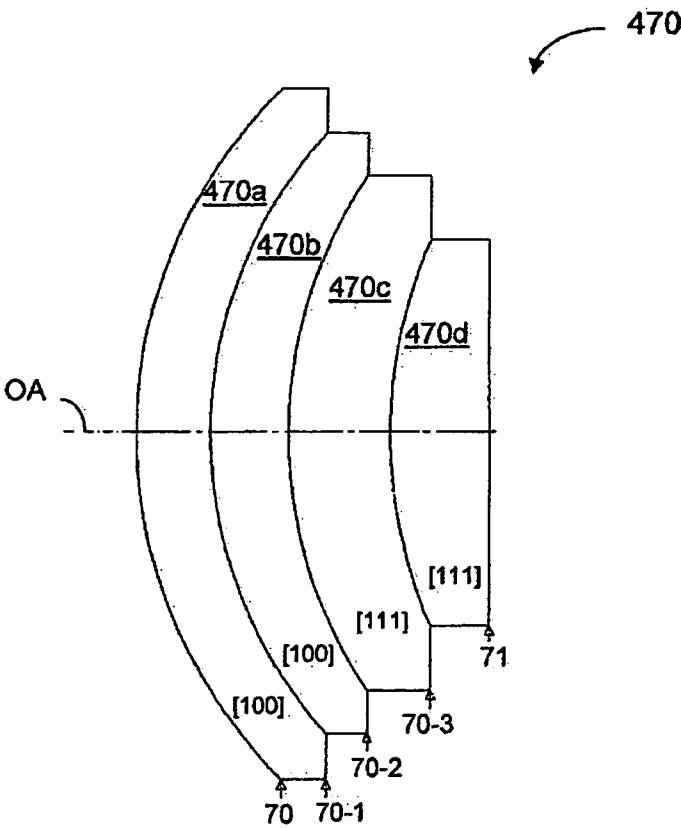


圖 10a

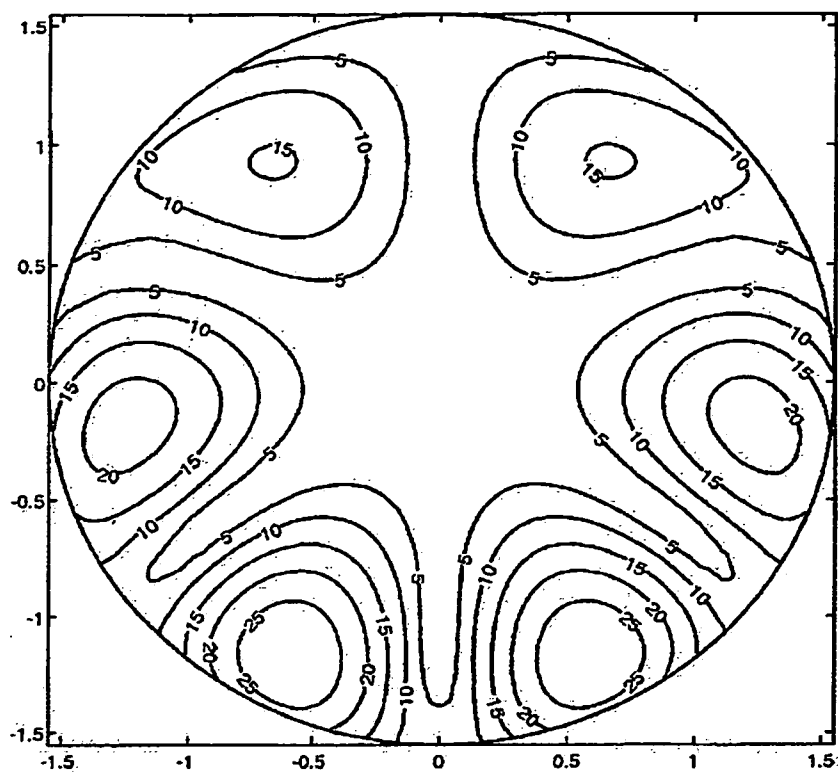


圖 10b

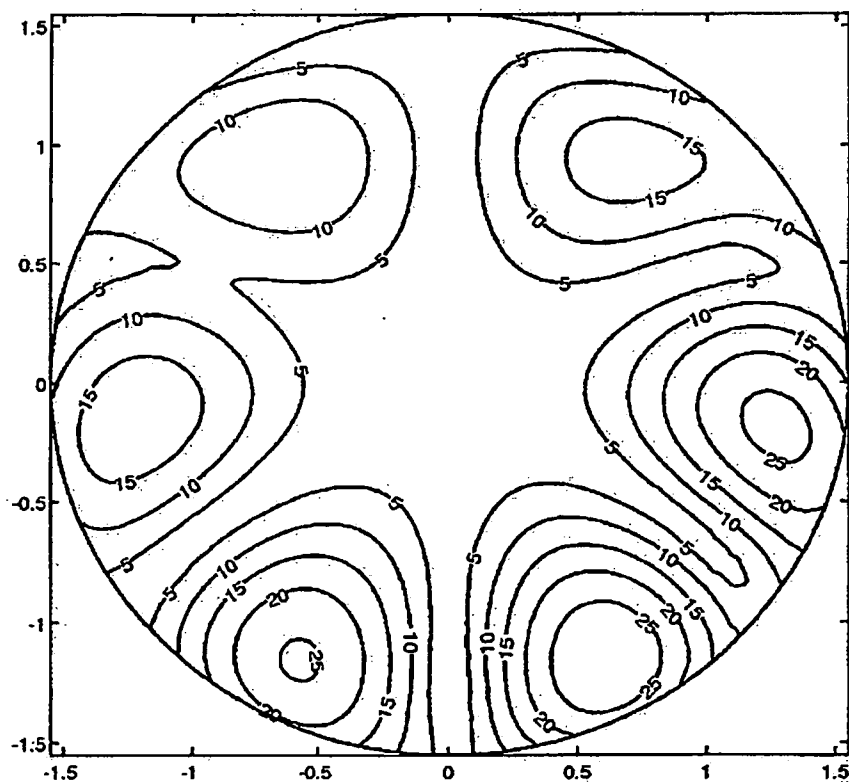


圖 11a

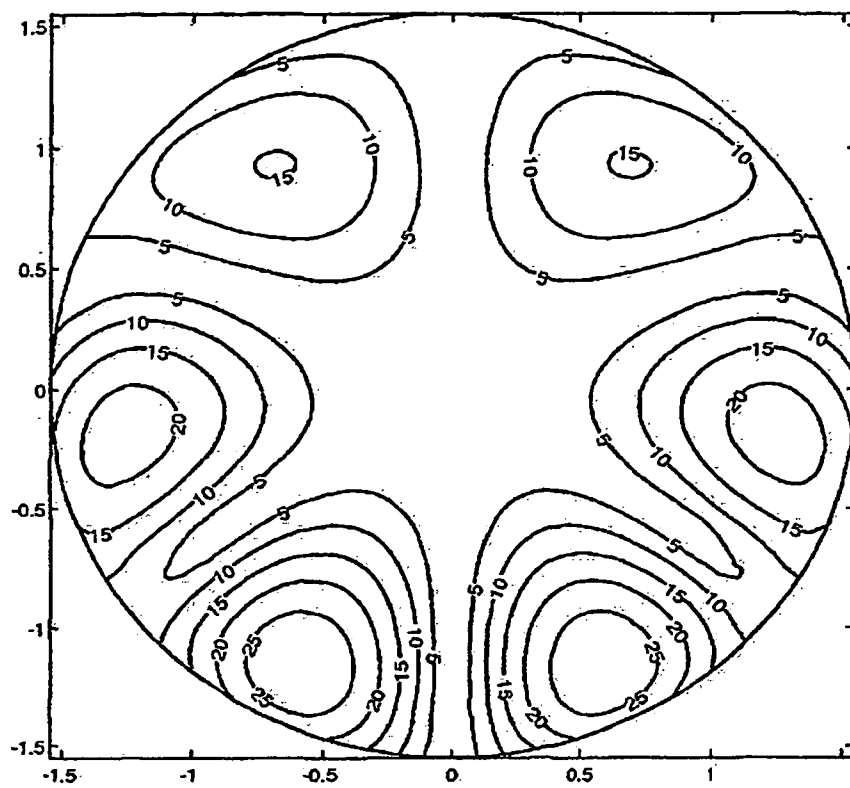


圖 11b

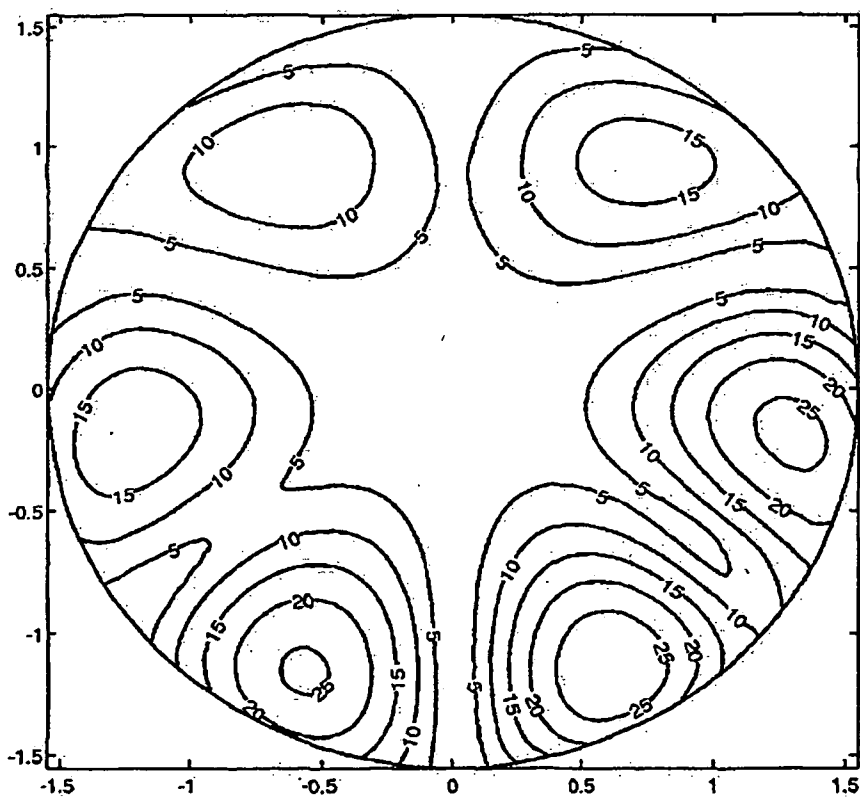


圖 12

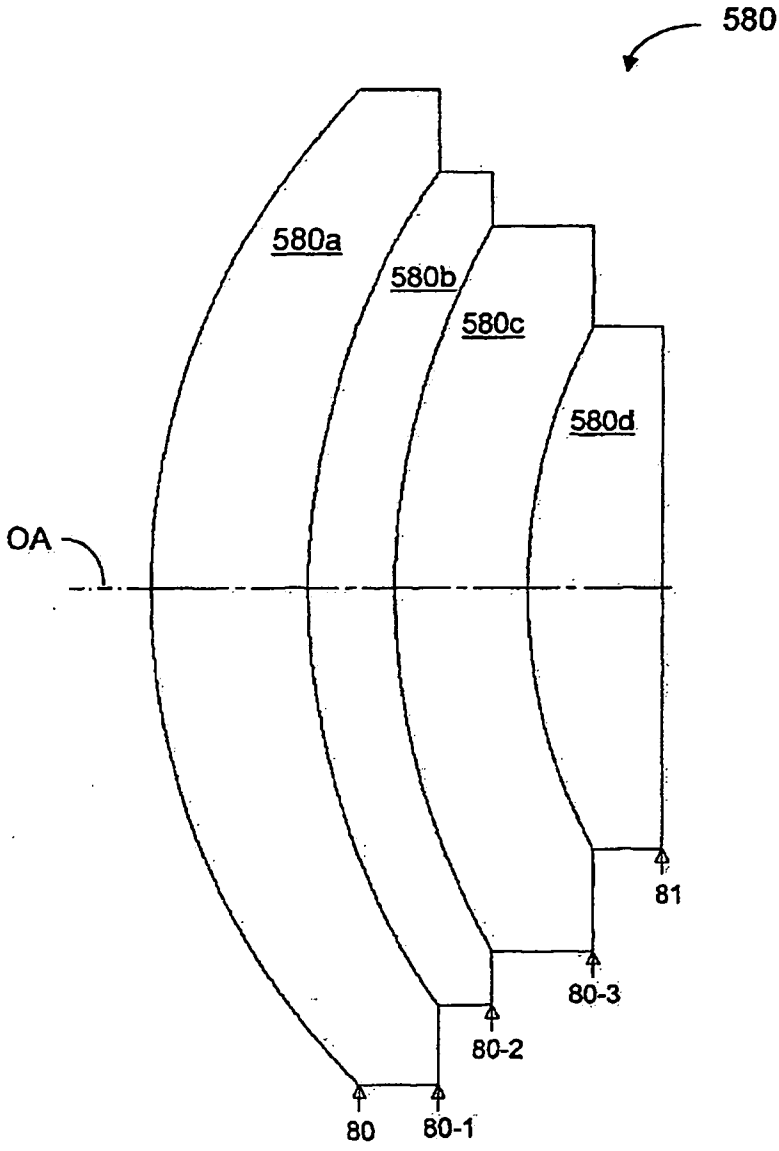


圖 13a

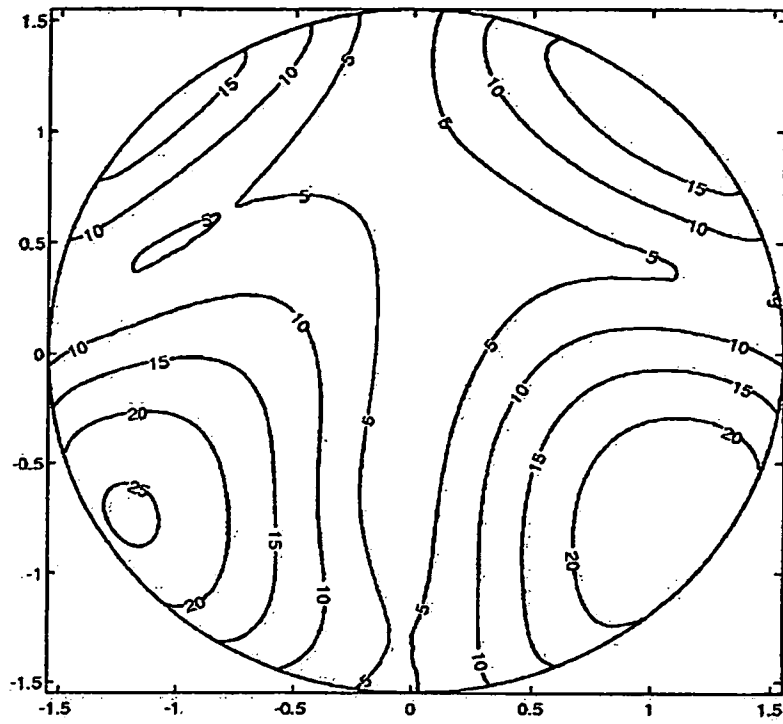


圖 13b

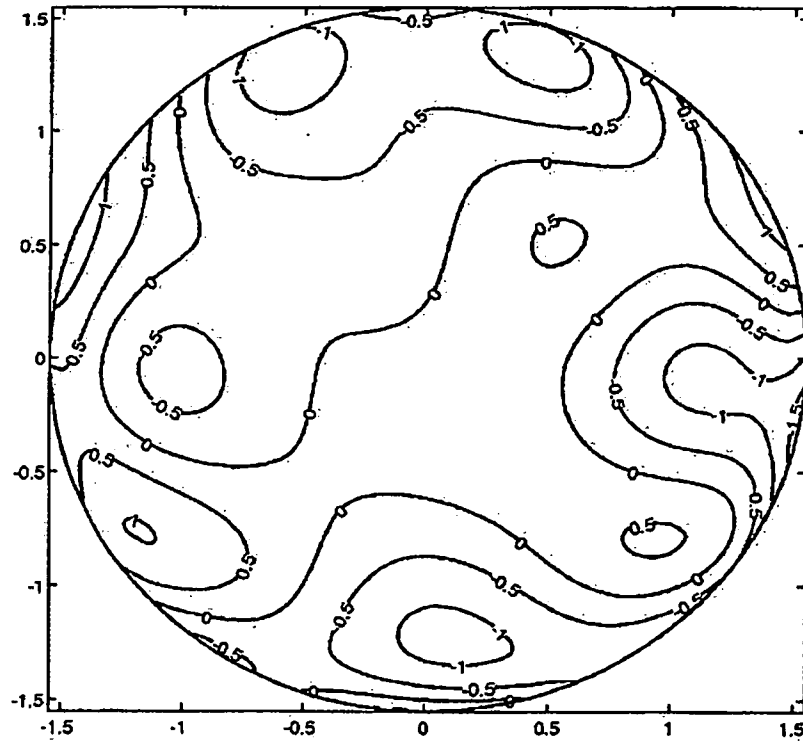


圖 13c

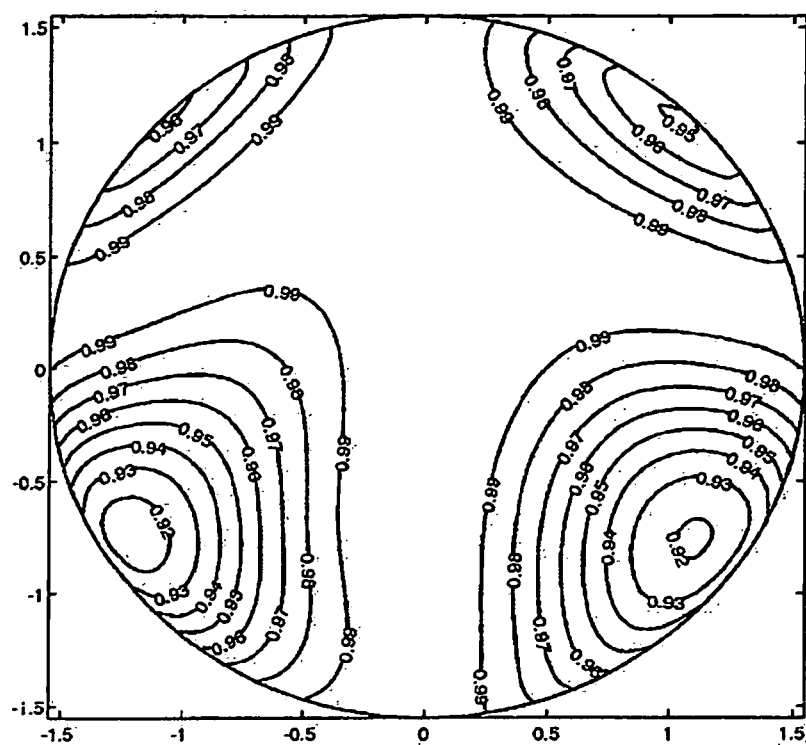


圖 14a

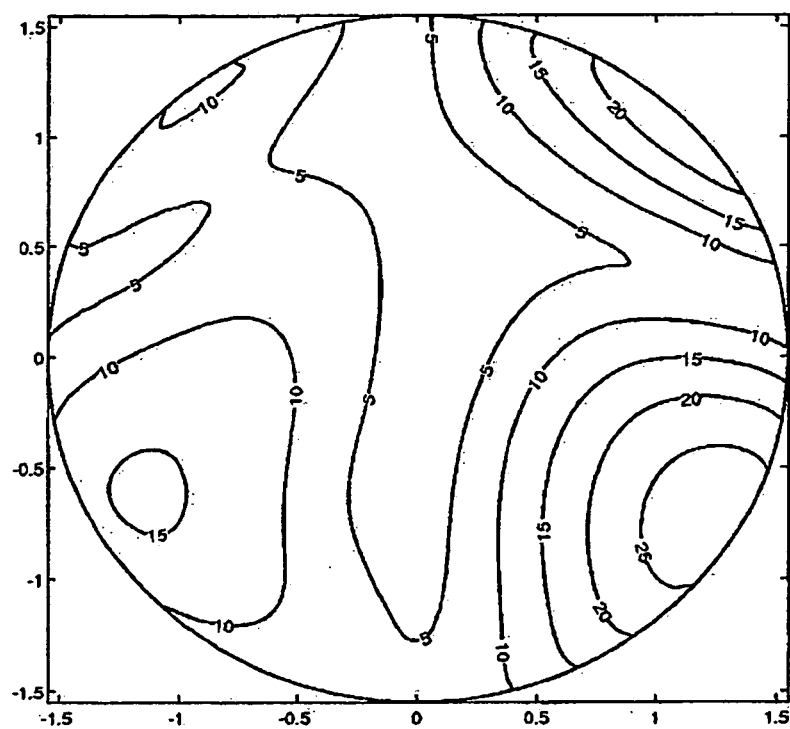


圖 14b

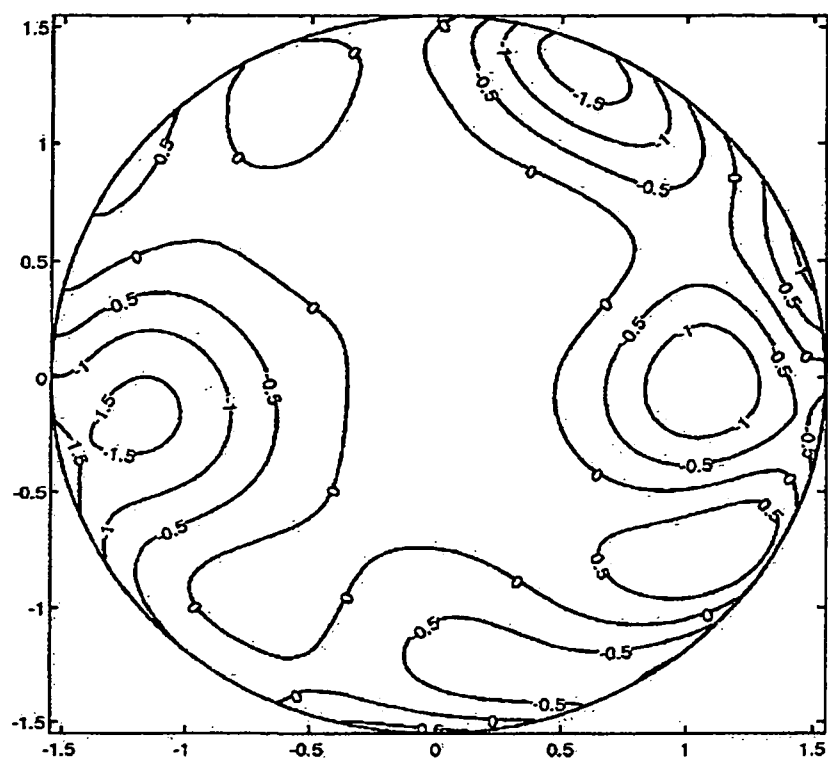


圖 14c

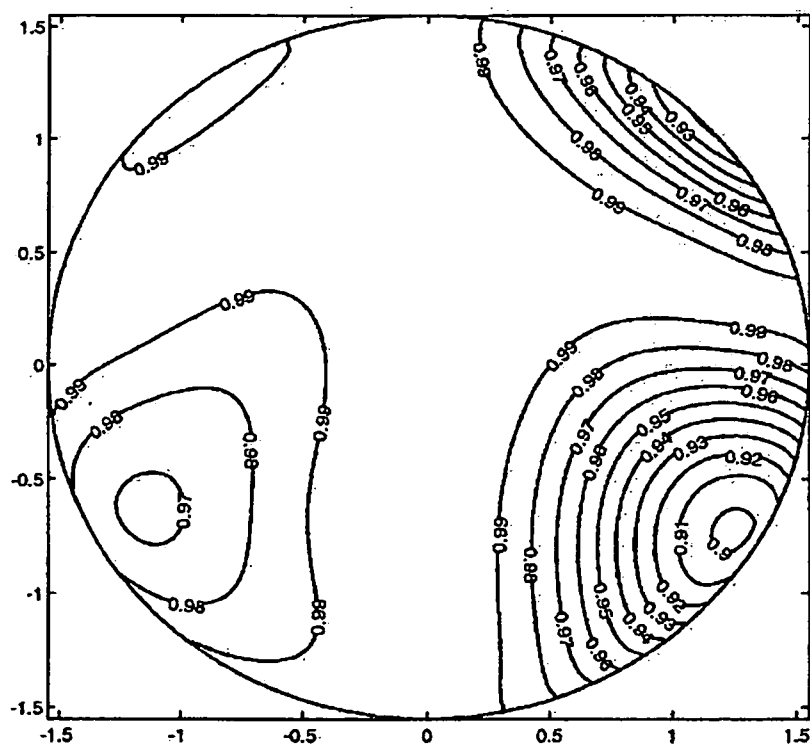


圖 15

