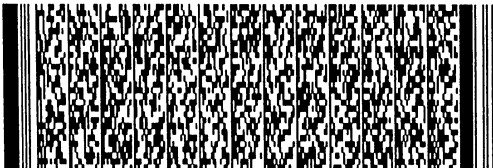
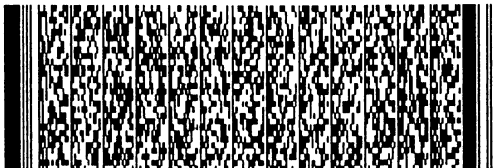


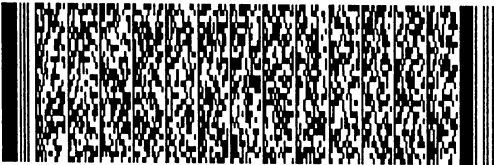
申請日期: 91.5.9	案號: P1107726
類別: G02B1/02, G03F7/20	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書		591242
一、發明名稱	中文	具氟化物晶體透鏡之物鏡
	英文	
二、發明人	姓名 (中文)	1. 丹尼爾·克雷默爾 2. 托拉夫·格魯內爾 3. 威廉·烏爾里希 4. 比爾吉特·恩基施
	姓名 (英文)	1. Daniel KRÄHMER 2. Toralf GRUNER 3. Wilhelm ULRICH 4. Birgit ENKISCH
	國籍	1. 德國 2. 德國 3. 德國 4. 德國
	住、居所	1. 德國阿倫D-73431黑格爾街28號 2. 德國克姆尼茨D-09122法雷斯卡-邁寧街128號 3. 德國阿倫D-73434雷德瑞克林44號 4. 德國奧伯科赫恩D-73447阿倫爾街20號
三、申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 德商 卡爾蔡司半導體製造科技有限公司 2. 德商 卡爾蔡司公司
	姓名 (名稱) (英文)	1. Carl Zeiss Semiconductor Manufacturing Technologies AG 2. Carl-Zeiss-Stiftung trading as Carl Zeiss
	國籍	1. 德國 2. 德國
	住、居所 (事務所)	1. 德國奧伯科赫恩73447卡爾蔡司街22號 2. 德國海登漢D-89518
	代表人 姓名 (中文)	1. 菲爾特爾; 2. 佛圖 2. 慕勒雷斯曼博士 2. 道寧格
	代表人 姓名 (英文)	1. Fürter 2. Fatum 2. Dr. Werner Muller Rißmann 2. Wolfgang Thallinger
 		

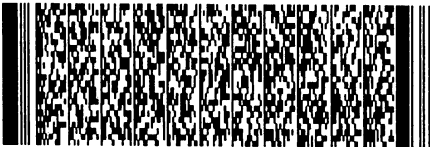
申請日期：	案號：
類別：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書		
一、發明名稱	中文	
	英文	
二、發明人	姓名 (中文)	5. 麥可·格哈德 6. 馬丁·布魯諾特爾 7. 克里斯蒂安·瓦格納 8. 溫弗里德·凱澤
	姓名 (英文)	5. Michael GERHARD 6. Martin BRUNOTTE 7. Christian WAGNER 8. Winfried KAISER
	國籍	5. 德國 6. 德國 7. 荷蘭 8. 德國
	住、居所	5. 德國阿倫D-73432比爾街4號 6. 德國阿倫D-73431埃格爾蘭德街32號 7. 荷蘭埃爾席爾NL-5521史坦街131號 8. 德國阿倫D-73431費爾巴赫街150號
三、申請人	姓名 (名稱) (中文)	
	姓名 (名稱) (英文)	
	國籍	
	住、居所 (事務所)	
	代表人姓名 (中文)	
	代表人姓名 (英文)	
		

申請日期：	案號：
類別：	

(以上各欄由本局填註)

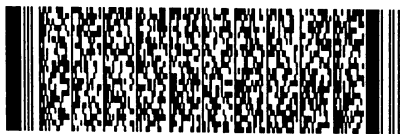
發明專利說明書		
一、 發明名稱	中 文	
	英 文	
二、 發明人	姓 名 (中文)	9. 曼弗瑞德·毛爾 10. 克里斯托夫·扎策克
	姓 名 (英文)	9. Manfred MAUL 10. Christoph ZACZEK
	國 籍	9. 德國 10. 德國
	住、居所	9. 德國阿倫D-73434埃爾赫路29號 10. 德國豪巴赫D-73540勞特內爾街37號
三、 申請人	姓 名 (名稱) (中文)	
	姓 名 (名稱) (英文)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代表人 姓 名 (中文)	
	代表人 姓 名 (英文)	
		

本案已向

國(地區)申請專利	申請日期	案號	主張優先權
德國 DE	2001/05/15	10123725.1	有
德國 DE	2001/05/15	10123727.8	有
德國 DE	2001/05/23	10125487.3	有
德國 DE	2001/06/06	10127320.7	有
德國 DE	2002/03/12	10210782.3	有

有關微生物已寄存於	寄存日期	寄存號碼
-----------	------	------

無



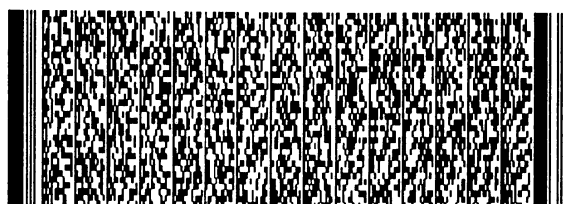
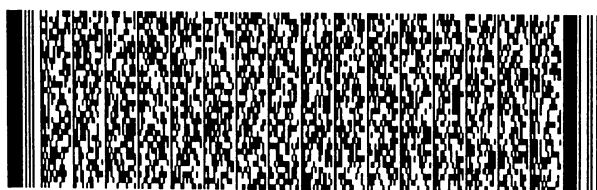
五、發明說明 (1)

本發明為一種具有申請專利項目1之特徵的物鏡。

此類投影物鏡在專利US 6201634中已有提及。這個專利指出，製造氟化物晶體透鏡最好是使透鏡軸垂直整準氟化物晶體的 $\{111\}$ -晶體平面，以降低應力雙重折射。專利US 6201634的基本假設是氟化物晶體並沒有本質雙重折射效應。

但是從在Internet-Publikation發表的一篇文章"氟化鈣的本質雙重折射的初步測定"("Preliminary Determination of an Intrinsic Birefringence in CaF_2 ", 作者: John H. Burnett, Eric L. Shirley, Zachary H. Lewin, NIST Gaithersburg MD 20899 USA, 發表日期: 2001年5月7日)可以得知，氟化鈣單晶體除了應力感應產生的雙重折射外，也具有本質雙重折射。該文作者在文章中發表的量測結果顯示，光束的波長 $\lambda = 156.1\text{nm}$ 、 193.09nm 、 253.65nm 時，氟化鈣晶體會使在 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向的光束傳播分別產生 $(6.5 \pm 0.4)\text{nm/cm}$ 、 $(3.6 \pm 0.2)\text{nm/cm}$ 、 $(1.2 \pm 0.1)\text{nm/cm}$ 的雙重折射。但是氟化鈣晶體並不會使在 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向和 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向的光束傳播產生本質雙重折射，這個實驗結果與理論預測的結果相符。因此吾人可得知，本質雙重折射受光束方向的影響很大，而且波長變小時，本質雙重折射會明顯變大。

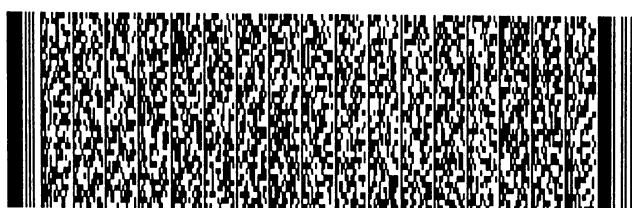
以下在提及晶體方向時以" $\langle \rangle$ "符號表示，提及晶體平面時以" $\{ \}$ "符號表示。一個晶體平面的晶體方向是指垂直



五、發明說明 (2)

於該晶體平面的平面垂線，因此晶體方向 $\langle 100 \rangle$ 所指的方向就是晶體平面 $\{100\}$ 的平面垂線方向。本文所討論的立方晶體具有 $\langle 110 \rangle$ 、 $\langle 1' 10 \rangle$ 、 $\langle 100 \rangle$ 、 $\langle 1' 1' 0 \rangle$ 、 $\langle 101 \rangle$ 、 $\langle 101' \rangle$ 、 $\langle 1' 01 \rangle$ 、 $\langle 1' 01' \rangle$ 、 $\langle 011 \rangle$ 、 $\langle 01' 1 \rangle$ 、 $\langle 011' \rangle$ 、 $\langle 01' 1' \rangle$ 、 $\langle 111 \rangle$ 、 $\langle 1' 1' 1' \rangle$ 、 $\langle 1' 1' 1 \rangle$ 、 $\langle 1' 11' \rangle$ 、 $\langle 11' 1' \rangle$ 、 $\langle 1' 11 \rangle$ 、 $\langle 11' 1 \rangle$ 、 $\langle 111' \rangle$ 、 $\langle 100 \rangle$ 、 $\langle 010 \rangle$ 、 $\langle 001 \rangle$ 、 $\langle 1' 00 \rangle$ 、 $\langle 01' 0 \rangle$ 等主晶體方向。由於立方晶體具有旋轉對稱性，因此主晶體方向 $\langle 100 \rangle$ 、 $\langle 010 \rangle$ 、 $\langle 001 \rangle$ 、 $\langle 1' 00 \rangle$ 、 $\langle 01' 0 \rangle$ 、 $\langle 001' \rangle$ 是相同的，以下出現的晶體方向如果是屬於這些主晶體方向，都會加上一個“(100)-”的前綴。垂直於這些主晶體方向的晶體平面也都加上一個“(100)-”的前綴。同樣的，主晶體方向 $\langle 110 \rangle$ 、 $\langle 1' 10 \rangle$ 、 $\langle 1' 10 \rangle$ 、 $\langle 1' 1' 0 \rangle$ 、 $\langle 101 \rangle$ 、 $\langle 101' \rangle$ 、 $\langle 1' 01 \rangle$ 、 $\langle 1' 01' \rangle$ 、 $\langle 011 \rangle$ 、 $\langle 01' 1 \rangle$ 、 $\langle 011' \rangle$ 、 $\langle 01' 1' \rangle$ 等也都是相同的，以下出現的晶體方向如果是屬於這些主晶體方向，都會加上一個“(110)-”的前綴。垂直於這些主晶體方向的晶體平面也都加上一個“(110)-”的前綴。同樣的，主晶體方向 $\langle 111 \rangle$ 、 $\langle 1' 1' 1' \rangle$ 、 $\langle 1' 1' 1 \rangle$ 、 $\langle 1' 11' \rangle$ 、 $\langle 11' 1' \rangle$ 、 $\langle 1' 11 \rangle$ 、 $\langle 11' 1 \rangle$ 、 $\langle 111' \rangle$ 等也都是相同的，以下出現的晶體方向如果是屬於這些主晶體方向，都會加上一個“(111)-”的前綴。垂直於這些主晶體方向的晶體平面也都加上一個“(111)-”的前綴。以下關於任何一個主晶體方向的說明同樣亦適用於其他與其相同的主晶體方向。

專利登記PCT/EP00/13184(WO 150171 A1)的登記人及



五、發明說明 (3)

其在所登記的專利說明書中引用的文件都有提及投影物鏡及微影蝕刻之投影曝光裝置。此專利登記提出的一種實施方式為一種數值孔徑為0.8及0.9、工作波長157nm的純折射及卡塔屈光投影物鏡。

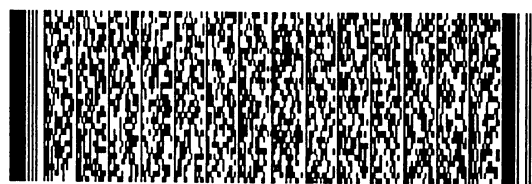
在"微影蝕刻之投影曝光裝置，光學系統及其製造方法"(專利登記DE 10123725.1，登記人文件編號01055P，專利登記收件日期：2001年5月15日)中有提及旋轉透鏡元件以補償/抵消雙重折射效應的方法。

本發明的目的是提出一種微影蝕刻之投影曝光裝置的投影物鏡，這種投影物鏡能夠將雙重折射的影響(特別是本質雙重折射的影響)大幅降低。

使用具有申請專利項目1，8，32，67，93之特徵的物鏡、具有申請專利項目49之特徵的微影蝕刻之投影曝光裝置、具有申請專利項目50之特徵的半導體元件製造方法、具有申請專利項目51之特徵的物鏡製造方法、具有申請專利項目55之特徵的雙重折射效應補償/抵消方法、具有申請專利項目56、832、83之特徵的透鏡製造方法、具有申請專利項目69之特徵的光學毛胚製造方法以及按照這種方法製造出的申請專利項目80的光學晶錠即可達到本發明的目的。

本發明之其他申請專利項目均為本發明的各種有利的實施方式。

為了減低本質雙重折射的影響，申請專利項目提出的方法是使氟化物晶體透鏡的透鏡軸與<100>-晶體方向重

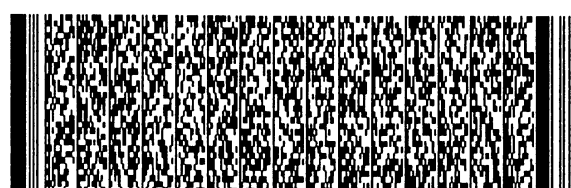


五、發明說明 (4)

合。此處所謂的"重合"是指透鏡軸與一主晶體方向之間的最大夾角只要小於5度，就可以說此透鏡軸與晶體方向重合。並不是物鏡所有的氟化物晶體透鏡都必須這樣與晶體平面對齊。在以下的說明中將透鏡軸垂直於 $\{100\}$ -晶體平面的透鏡稱為 (100) -透鏡。使透鏡軸與 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向對齊的好處是，在 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向的光束傳播的本質雙重折射造成的干擾效應要在孔徑角較大的時候才會變得比較明顯；但如果透鏡軸是與 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向對齊，則在孔徑角相當小的時候本質雙重折射造成的干擾效應就已經相當明顯了。此處所謂的孔徑角是指光束與位於透鏡之外的光學軸之間的夾角，以及光束與位於透鏡內的透鏡軸之間的夾角。只有當孔徑角介於 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向及 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向所夾的角度之間時，相應的光束才會感受到雙重折射的影響。在上述情況中， $\langle 100 \rangle$ -晶體方向及 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向所夾的角度為45度。但如果透鏡軸是與 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向對齊，則在較小的孔徑角時就已經可以感受到本質雙重折射的干擾效應，這是因為此時 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向及 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向所夾的角度只有35度。

如果雙重折射(特別是應力雙重折射)與角度的相關性是因為氟化物晶體的製造方法或透鏡所承受的機械應力所造成，則本發明提出的方法當然也可以用來減低此種因素造成的雙重折射的干擾效應。

透鏡軸可以是一旋轉對稱透鏡的對稱軸。如果透鏡沒有對稱軸，則可以用一入射光束的中心或是一條直線作為



五、發明說明 (5)

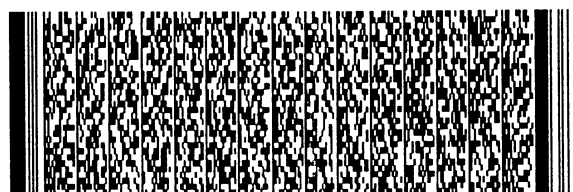
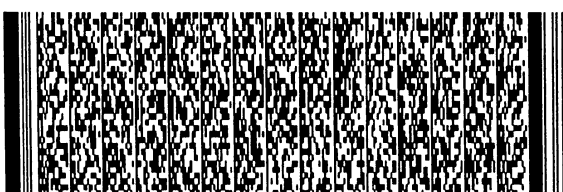
透鏡軸，條件是以此透鏡軸為準的透鏡內所有光束的射束角都最小。折射透鏡、繞射透鏡、以及具有自由形狀校正面的校正板均可作為以上提及的透鏡。設置在物鏡光程內的平板也可以被視為是透鏡。平板的透鏡軸垂直於平坦的透鏡表面。不過最適用於本發明的透鏡仍為具有旋轉對稱性的透鏡。

物鏡具有一個從物平面往像平面延伸的光學軸。最好是以這個光學軸為中心將(100)-透鏡環繞設置，這樣就可以使透鏡軸與光學軸重合。

由於微影蝕刻之投影曝光裝置的投影物鏡對於解析度的要求特別高，因此將本發明提應用於微影蝕刻之投影曝光裝置的投影物鏡是十分有利的。但是以試驗物鏡為例，以投影物鏡之透鏡經由大孔徑量測波前所作的試驗顯示，雙重折射仍然會造成干擾。

像側數值孔徑較大(特別是大於0.7)的物鏡，大於25度(特別是大於35度)的孔徑角會出現在(100)-透鏡內。在這種大孔徑角的情況下，可以按本發明提出的方式將透鏡軸對齊<100>-晶體方向。如果透鏡軸是對齊<111>-晶體方向，而且沒有採取以下說明的任何一種校正措施，那麼只要光束的孔徑角大於25度(特別是大於35度)，就會明顯的感受到雙重折射的干擾效應。

由於本質雙重折射的干擾效應在孔徑角為45度時會達到最大，因此在設置投影物鏡時使所有光束的孔徑角都小於45度是一種有利的方式，而且最好是小於或等於 $\sin^{-1}$



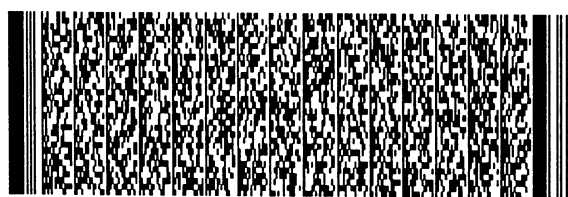
五、發明說明 (6)

(NA/n_{FK}) ，式中 NA 代表像側數值孔徑， n_{FK} 代表氟化物晶體的折射率。當光束在一平坦的臨界面被折射時， $\sin^{-1}(NA/n_{FK})$ 即為相應於一氟化物晶體透鏡內的像側數值孔徑的孔徑角。若設置在像平面附近的透鏡具有會聚透鏡表面、平坦的透鏡表面、或最多是輕微散射的透鏡表面，且沿著光束的方向在散射的透鏡表面之後接著一個強烈的會聚透鏡表面，就會出現上一句的情況。

大孔徑角主要是出現在設置在場平面(特別是像平面)附近的透鏡。因此最好是將(100)-透鏡設置在場平面的範圍內。從透鏡直徑與光闌直徑的比例即可計算出(100)-透鏡的設置範圍。(100)-透鏡的透鏡直徑最大不應超出光闌直徑的85%，而且最好是不要超出光闌直徑的80%。

投影物鏡中最大孔徑角通常出現在最靠近像平面的透鏡內。因此這個透鏡的透鏡軸最好是對齊 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向。

氟化物晶體透鏡的本質雙重折射除了與光束的孔徑角有關外，也與光束的方位角有關。因此每一個氟化物晶體透鏡的雙重折射分佈都可以用 $\Delta n(\alpha_L, \theta_L)$ 來表示，也就是說氟化物晶體透鏡的雙重折射分佈既是孔徑角 θ_L 的函數，同時也是方位角 α_L 的函數。雙重折射 Δn 的值表示一經由孔徑角 θ_L 和方位角 α_L 決定的光束方向的兩個相互垂直的線性極化狀態的光學路徑差與光束在氟化物晶體內行經的物理光程的比值[單位：nm/cm]。因此本質雙重折射與光程和透鏡的形狀都無關。將雙重折射與光束行經的光

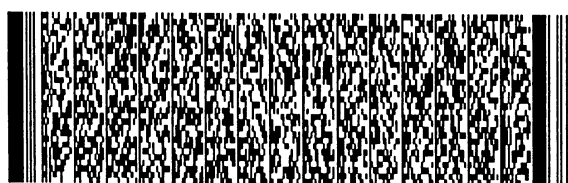


五、發明說明 (7)

程相乘即可算出一光束的光學路徑差。孔徑角 θ_L 是光束方向及透鏡軸之間的夾角，方位角 α_L 是投射入與透鏡軸垂直的晶體平面的光束方向及一個與透鏡固定聯結的基準方向之間的夾角。

單一氟化物晶體透鏡的雙重折射分佈與角度的相關性會使會聚在物鏡像平面上的像點的光束經歷兩個相互垂直的線性極化狀態與角度相關的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 。光學路徑差 ΔOPL 是孔徑角 θ_R 及方位角 α_R 的函數。光束的孔徑角 θ_R 是光束方向及像平面內光學軸之間的夾角，方位角 α_R 是投射入像平面的光束方向及像平面內的一個固定的基準方向之間的夾角。如果物鏡至少具有兩個氟化物晶體製的透鏡(或透鏡構件)，則一種有利的情況是，透鏡(或透鏡構件)的透鏡軸向一個主晶體方向對齊，同時將透鏡(或透鏡構件)設置在繞透鏡軸相互旋轉的位置上，使光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈遠小於透鏡(或透鏡構件)的透鏡軸也是向同一個主晶體方向對齊，但是透鏡(或透鏡構件)則是設置在同一個方向上的方式的光學路徑差分佈。由於透鏡的雙重折射分佈與方位角有關，因此經由透鏡的相互旋轉設置方式可以使光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈的最大值比將透鏡設置在同一個方向的方式降低20%，特別是降低25%。

所謂透鏡構件有數種可能，例如利用光膠將兩個或兩個以上的單一透鏡以無光學接縫的方式黏貼在一起形成一個(總合)單一透鏡，則這些構成這個(總合)單一透鏡的各

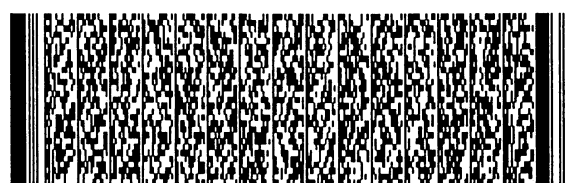
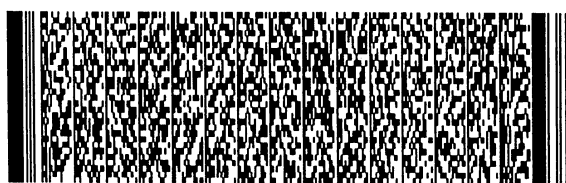


五、發明說明 (8)

個單一透鏡均稱為透鏡構件。因此可將透鏡構件視為構成(總合)單一透鏡的元件，且透鏡構件的透鏡軸與(總合)單一透鏡的透鏡軸的方向相同。

利用將氟化物晶體透鏡相互旋轉的設置方式可以使光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈與方位角 α_R 的相關性明顯降低，因此可以形成一接近旋轉對稱的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈。在同樣的孔徑角 θ_R 之下，光學路徑差最好能夠與光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈的最大值相差30%(特別是20%)，實際數值視方位角 α_R 而定。

如果透鏡軸的方向與一主晶體方向相同，則透鏡的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha_L, \theta_L)$ 具有一k重方位對稱性。例如一個透鏡軸為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向的(100)-透鏡的雙重折射分佈具有一四重方位對稱性；一個透鏡軸為 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向的(111)-透鏡的雙重折射分佈具有一三重方位對稱性；一個透鏡軸為 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向的(110)-透鏡的雙重折射分佈具有一雙重方位對稱性。吾人可以將同一組的各個透鏡或透鏡構件按照其方位對稱的多重性相互繞一給定的旋轉角 γ 設置在環繞透鏡軸的位置上。旋轉角 γ 可以由兩個透鏡或兩個透鏡構件的基準方向之間所夾的角度來決定，或是經由量測而得。同一組透鏡中各透鏡的透鏡軸均朝向一個相同或相等的主晶體方向。同一組透鏡中各透鏡的基準方向與透鏡之間的聯結關係是，在一特定的孔徑角 θ_0 下的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha_L, \theta_0)$ 具有相皺的方位變化。因此同一組透鏡中所有透鏡的最大雙重折射的方位範圍都是出現在



五、發明說明 (9)

相同的方位角。利用下式可以計算出在有 n 個透鏡的透鏡組中每兩個透鏡之間的旋轉角 γ ：

$$\gamma = (360^\circ / k \times n) + m \times (360^\circ / k) + /-10^\circ$$

上式中 k 代表方位對稱的多重性， n 代表同一透鏡組中的透鏡數， m 代表一任意整數。 $+/-10$ 度的容許誤差代表在某些情況下旋轉角有必要與理論最佳值有所出入，以便能夠與物鏡校正時的其他邊界條件配合。與理論最佳值有所出入的旋轉角會使透鏡組的透鏡的光學路徑差無法獲得最佳的方位角平衡/補償，但這在一定範圍內是可以接受的。

(100)-透鏡的旋轉角 γ 的計算式如下：

$$\gamma = (90^\circ / n) + m \times 90^\circ + /-10^\circ$$

如果一個透鏡組具有兩個(100)-透鏡，則這兩個透鏡之間的旋轉角為45度，及/或135度、225度……

(111)-透鏡的旋轉角 γ 的計算式如下：

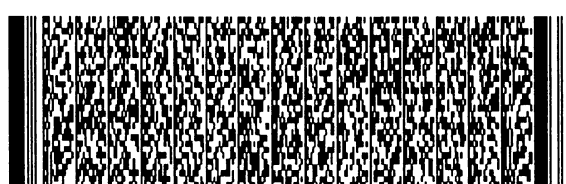
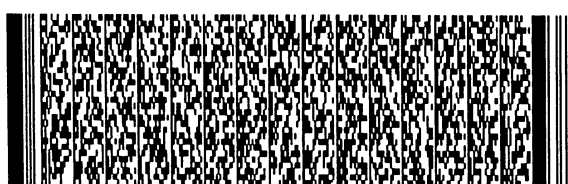
$$\gamma = (12^\circ / n) + m \times 120^\circ + /-10^\circ$$

(110)-透鏡的旋轉角 γ 的計算式如下：

$$\gamma = (180^\circ / n) + m \times 180^\circ + /-10^\circ$$

光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈也可以只用來說明單一透鏡組造成的影響，此時在計算雙重折射時只需將這個透鏡組內的透鏡考慮進去，其他透鏡則放假定不會產生雙重折射。

可以用此種方式測定一透鏡組的透鏡：一光束的最外圍孔徑光束在這些透鏡內具有相近的孔徑角。孔徑角的變化範圍以控制在這個透鏡組內最大孔徑角的30%的範圍內



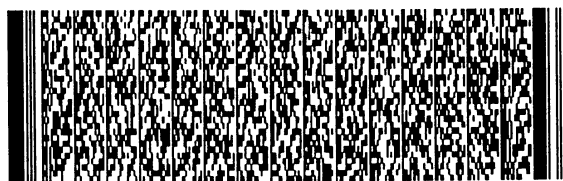
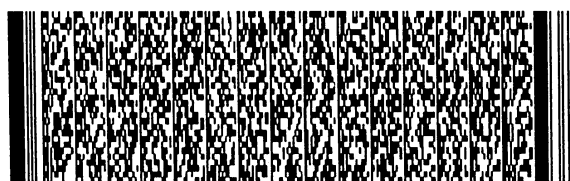
五、發明說明 (10)

為佳(最好是20%)。在這些透鏡內的最外圍孔徑光束的孔徑角以大於15度為佳(最好是大於20度)。所謂最外圍孔徑光束是指從一個物點出發、且其在光闌平面內的光束高度相當於光闌半徑的光束，因此最外圍孔徑光束在像平面內具有一依據像側數值孔徑而定的角度。由於最外圍孔徑光束的最大孔徑角通常是出現在透鏡內部，並因此而受到雙重折射的最大干擾，因此可利用最外圍孔徑光束來定義透鏡組。對於最外圍孔徑光束的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差的測定使吾人可以得出雙重折射對一波前造成的最大干擾。

另外一種有利的方式是使最外圍孔徑光束在這些透鏡內行經一類似大小的光程。光程的變化範圍以控制在這個透鏡組內最大光程的30%的範圍內為佳(最好是20%)。經由這些措施可以使因透鏡組內單一透鏡造成的光學路徑差分佈獲得一良好的方位角影響平衡/補償，因此最後可以得到一個近似旋轉對稱的光學路徑差分佈。

另外一種有利的方式是使最外圍孔徑光束在透鏡組內每一個方向相同的透鏡內的兩個相互垂直的線性極性狀態具有類似大小的光學路徑差。光學路徑差的變化範圍以控制在這個透鏡組內最大光學路徑差的30%的範圍內為佳(最好是20%)。如果符合這個條件，則這些透鏡的旋轉配置就能夠達到最理想的方位角影響平衡/補償。

如果是厚度相同的平面平行的相鄰(100)-透鏡或(111)-透鏡，或是4個厚度相同的平面平行的相鄰(110)-

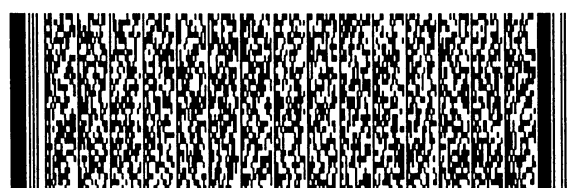
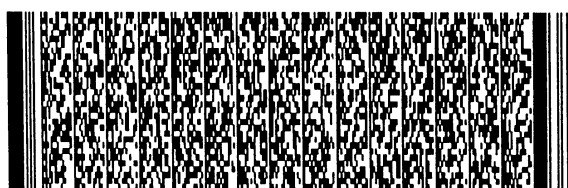


五、發明說明 (11)

透鏡，則按照前述的公式旋轉透鏡即可獲得一旋轉對稱的光學路徑差 ΔOPL 分佈。即使是鏡面彎曲的透鏡也可以經由適當的選擇透鏡組內的透鏡、或是經由選擇適當的透鏡厚度及半徑方式，達到以旋轉透鏡的方式使兩個透鏡的光學路徑差 ΔOPL 分佈成為近似旋轉對稱的目的。如果使用的是(100)-透鏡或(111)-透鏡，則一個透鏡組內的透鏡數以兩個為佳。如果使用的是(110)-透鏡，則由4個透鏡構成的透鏡組可以形成一近似旋轉對稱的光學路徑差分佈。

將透鏡相鄰排列可以產生更好的旋轉效果。一種特別有利的方式是將一個透鏡分解成兩個部分(透鏡構件)，再以適當的方法(例如以光膠黏貼)將這兩個部分(透鏡構件)以光學無接縫的方式相互旋轉接合在一起。

如果一個透鏡組內所有透鏡的透鏡軸方向均與一主晶體方向或該主晶體方向的等效方向相同，則一種有利的方式是將這個透鏡組內的透鏡分成 n 個子透鏡組，這樣做可以使兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差分佈為一近似旋轉對稱的狀態。一個子透鏡組至少含有一個透鏡，也可以是含有兩個或3個透鏡。一個子透鏡組內的透鏡因為方位對稱的微不足道的角度偏差並未相互旋轉設置。同一個子透鏡內透鏡之間的旋轉角 $\gamma = l \times (360^\circ / k)$ $+/-10^\circ$ ，式中 l 代表一任意整數， k 代表一透鏡之雙重折射分佈 $\Delta OPL(\alpha_L, \theta_L)$ 的方位對稱的多重性。分屬兩個不同子透鏡組的兩個透鏡之間的旋轉角 $\gamma = 360^\circ / (k \times n) + m \times (360^\circ / k) +/-10^\circ$ ，式中 m 代表一任意整數。如

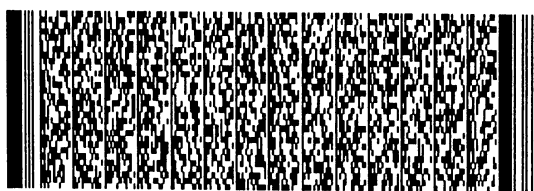


五、發明說明 (12)

果子透鏡組僅含有一個透鏡，則可以得出和前面已經討論過的透鏡組構成透鏡選擇方法一樣的方法。例如，如果兩個透鏡的相互旋轉無法獲得一近似旋轉對稱的光學路徑差分佈，則可以將另外一個透鏡歸入子透鏡組，以達到使光學路徑差分佈為一近似旋轉對稱狀態的目的。不過其前提是各單一子透鏡組的光學路徑差分佈的最大值和分佈情況都十分接近。將一子透鏡組內的透鏡與另一子透鏡組內的透鏡相互旋轉，最後即可獲得一近似旋轉對稱的光學路徑差分佈。一個由子透鏡組構成的透鏡組具有 n 個透鏡，透鏡與透鏡之間的旋轉角 $\gamma = 360^\circ / (k \times n) + m \times (360^\circ / k) + /-10^\circ$ 。這些 n 個透鏡並不是一定必須產生近似旋轉對稱的光學路徑差分佈。

如果一個投影物鏡具有許多個透鏡的，則最好將這些透鏡分為數個透鏡組。同一透鏡組內的透鏡繞透鏡軸的配置方式需使總光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈幾乎不受方位角的任何影響。

在將各透鏡組內的透鏡相互旋轉，以使各透鏡組產生的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈幾乎不受方位角的任何影響的同時，也可以利用在投影物鏡內至少設置一個(100)-透鏡組和至少一個(111)-透鏡組的方式，使整個投影物鏡的總光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈的最大值被大幅降低。同樣的，如果是在投影物鏡內設置一個(100)-透鏡組和一個(110)-透鏡組，也可以達到很好的補償/抵消效果。

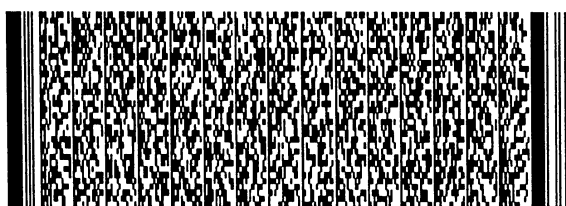


五、發明說明 (13)

之所以能夠產生補償/抵消的效果是因為雙重折射除了具有絕對值之外，還具有方向。所以如果由所有含(100)-透鏡之透鏡組的透鏡或透鏡構件產生的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈，以及由所有含(111)-透鏡或(110)-透鏡之透鏡組的透鏡或透鏡構件產生的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈的最大值十分接近的話，就能夠對雙重折射造成的干擾效應達到最理想的補償/抵消效果。

另外一種可以降低雙重折射造成的干擾效應的方法是在投影物鏡的一個光學元件上加上一層補償鍍膜。這種方法的立論基礎是，不論是那一種光學鍍膜(例如抗反射鍍膜或反射鏡鍍膜)，除了具有各自的反射及透射等光學性質外，也一定會對兩個相互垂直線性極性狀態造成光學路徑差。這個光學路徑差會因光束(s極化光束和p極化光束)而有所不同，同時也會受光束在鍍膜上的入射角的影響。也就是說利用鍍膜可以產生一與入射角相關的雙重折射。對一中心光束以0度的入射角照在補償鍍膜上的光束而言，所產生的雙重折射值及雙重折射的方向均以中心光束準呈旋轉對稱的關係。入射角的定義是入射光束及入射光束與鍍膜表面相交點所在平面之平面垂線之間的夾角。加在光學元件上的補償鍍膜的特性應為光束之孔徑角的一個函數，且此一函數的變化應以雙重折射的程度為準。

為此首先要確定光束在投影物鏡的像平面內的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈。光束的孔徑角 θ_R 是指光束方向與像平面內的光學軸



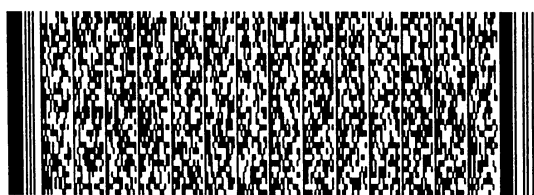
五、發明說明 (14)

之間的夾角，方位角 α_R 是指投影在像平面上的光束方向與像平面內的一個固定的基準方向之間的夾角。光束在投影物鏡的像平面內的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈可以描述氟化物晶體透鏡的本質雙重折射、應力雙重折射、以及加在光學元件上的鍍膜（例如加在透鏡上的抗反射鍍膜或反射鏡鍍膜）等所有因素造成的影響。

從光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈可以決定加在具有一元件軸的光學元件上的補償鍍膜的有效雙重折射分佈。折射透鏡、繞射透鏡、平板、反射鏡等均可作為此處的光學元件。光學元件的光學面是指光學元件上可以被光學利用的範圍，因此通常是指光學元件的正面和背面。元件軸通常是指旋轉對稱的透鏡的對稱軸。如果透鏡沒有對稱軸，則可以入射光束的中心線、或是一條直線（所有光束以這條直線為準的射束角最小）作為元件軸。有效雙重折射值係由以垂直於元件軸的基準方向為準的方位角 α_F 及以元件軸為準的孔徑角 θ_F 決定。

在光學元件上的一組值 (α_F, θ_F) 相當於光束在像平面內的一組值 (α_R, θ_R) 。

決定補償鍍膜的有效雙重折射分佈的出發點是，補償鍍膜的有效雙重折射分佈必需能夠使加上補償鍍膜後的整個系統的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差分佈大幅小於加上補償鍍膜前的整個系統的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差分佈。含有一加上補償鍍膜的光



五、發明說明 (15)

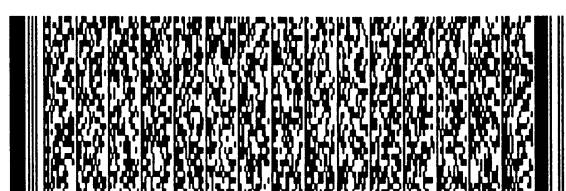
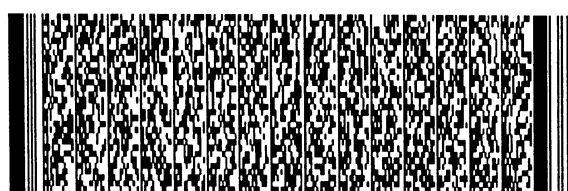
學元件的物鏡的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈的最大值可以比不含加上補償鍍膜的光學元件的物鏡的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈的最大值小20%(甚至是25%)。

補償鍍膜的材料、厚度變化、以及蒸鍍時每一個塗層的蒸鍍角等因素都會對補償鍍膜的有效雙重折射分佈造成影響。補償鍍膜的塗層設計和過程參數都可以利用塗層設計電腦軟體來決定，這個軟體會依據有效雙重折射分佈、光學元件的材料和輪廓等條件計算出每一個塗層的厚度變化及過程參數。

也可以將補償鍍膜加在數個光學元件上。這樣做會增加在決定塗層設計時的自由度，而且除了要考慮補償鍍膜的補償作用外，也要確保補償鍍膜具有足夠大的透光度。

孔徑角 $\theta_R = 0$ 度時，兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 的典型分佈的光學路徑差很小。因此一種有利的方式是使補償鍍膜的雙重折射作用在孔徑角 $\theta_F = 0$ 度時幾乎完全消失。要達到這個目的需注意在製作補償鍍膜時不要使用過大的蒸鍍角，因此要加上補償鍍膜的光學元件的光學面的彎曲度應盡可能的小。

如前面所述，將(100)-方向或(111)-方向的透鏡相互旋轉可以使像平面內的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈近似於旋轉對稱，而且只與孔徑角 θ_R 具有相關性。利用有效雙重折射分佈只與孔徑角 θ_F 具有相關性的加在光學元件上的補償鍍膜可以進一步降低光學路徑差。要達到這個目的，加在光學元件上的補償鍍膜的每一個塗層的材質都



五、發明說明 (16)

要均勻，而且同一個塗層的厚度不能有變化。

本發明的一種有利的方式是，加上補償鍍膜的光學元件為一易於更換的光學元件。

另外一種有利的方式是將補償鍍膜加在最靠近像平面的光學元件上。

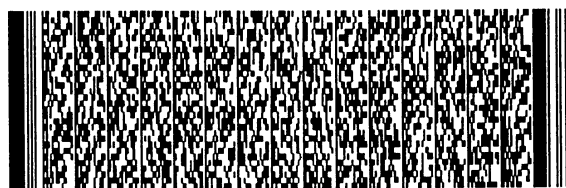
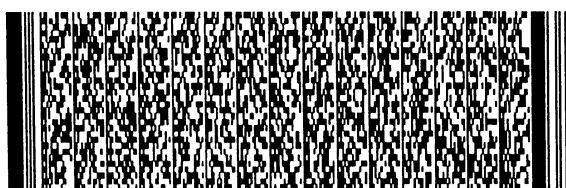
前面提出的方法的第一個步驟是來定光束在像平面內的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈。這個步驟需將物鏡內所有光學元件及補償鍍膜的影響都考慮進去。在後續的步驟中將被加上補償鍍膜的光學元件亦位於光束的光程(射線路徑)上。

第二個步驟是利用前面說明過的方法計算出補償鍍膜的有效雙重折射分佈，並據此確定各個塗層的厚度變化及製作各個塗層所使用的過程參數。

第三個步驟是將位於光程上的光學元件，並加上補償鍍膜。如果光學元件的光學面上原先就已經有塗層，則在加上補償鍍膜之前必須先將這個塗層去除。

第四個步驟是將加上補償鍍膜的光學元件重新放回在物鏡內的原來位置。

設置在投影物鏡內的透鏡最好是以氟化鈣為材料製成，這是因為氟化鈣與石英共同使用且在工作波長193nm時具有很好的色彩修正效果，若是工作波長為157nm，則具有足夠的透光性。除了氟化鈣晶體外，氟化鋁晶體和氟化鋇晶體也都是適當的卻料，因為這3種晶體都具有相同的立方形晶體型式。



五、發明說明 (17)

如果光束在透鏡內具有較大的孔徑角，則本質雙重折射造成的干擾效應會變得更為明顯。對像側數值孔徑大於0.7的投影物鏡(特別是大於0.8的投影物鏡)而言，這種現象尤其明顯。

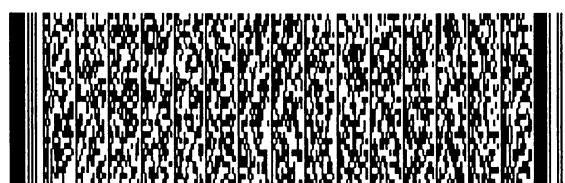
本質雙重折射會隨著工作波長變小而明顯變大。例如，工作波長為193nm時的本質雙重折射是工作波長為248nm時的本質雙重折射的兩倍多，而工作波長為157nm時的本質雙重折射是工作波長為248nm時的本質雙重折射的5倍多。因此本發明的方法特別適用於工作波長小於200nm的情況，如果工作波長小於160nm則更為有利。

使用本發明之方法的物鏡可能是一種純折射投影物鏡(由許多繞光學軸旋轉對稱設置的透鏡構成)，或是一種卡塔屈光投影物鏡。

這兩種投影物鏡均適合用在由光源(照明)系統、掩膜定位系統、掩膜、投影物鏡、物鏡定位系統、以及感光基質構成的微影蝕刻-投影曝光裝置中。

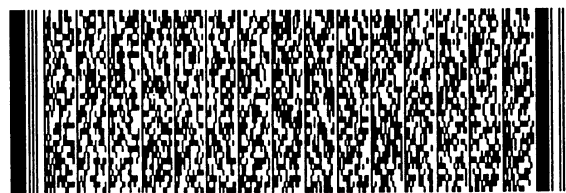
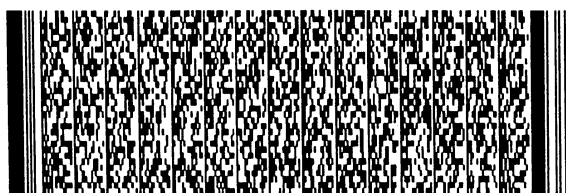
這種微影蝕刻-投影曝光裝置是用來製造半導體元件之用。

本發明亦提出一種製造透鏡的方法。這種方法的特徵是：將透鏡軸的方向與一主晶體方向相同的氟化物晶體透鏡(或透鏡構件)繞透鏡軸相互旋轉設置，使其光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈比透鏡軸也是指向同一個主晶體方向的氟化物晶體透鏡，同時透鏡係設置在同一個方向上的配置方式的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈小很多。



五、發明說明 (18)

這種方法還進一步提出將透鏡分為(100)-透鏡組、(111)-透鏡組、(110)-透鏡組，並同時使用這些透鏡組的方式。例如這種方法可應用於含有至少兩個<100>-方向的氟化物晶體透鏡及至少兩個<111>-方向的氟化物晶體透鏡的投影物鏡。這些透鏡的基準方向的位置均為已知。這種方法充分利用到本發明提出的知識，即經由繞光學軸旋轉氟化物晶體透鏡可以使光學路徑差 $\Delta \text{OPL}(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈的最大值大幅降低。經由適當的模擬方法可使一道從一個物點發出的光束穿過一投影物鏡，再依據已知的氟化物晶體透鏡的光學性質，即可確定在像平面的光學路徑差 $\Delta \text{OPL}(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈。接下來的最佳化步驟是持續改變氟化物晶體透鏡之間的旋轉角，直到雙重折射值縮小到可以容許的程度為止。這個最佳化步驟還可以將其他的邊界像件考慮進去，例如要消除因旋轉透像造成的非旋轉對稱的透鏡像差。與將所有的氟化物晶體透鏡都設置在同一個方向的投影物鏡相比，這個最佳化步驟可以將光學路徑差 $\Delta \text{OPL}(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈的最大值降低30%-50%。在這個最佳化步驟中還可以加入一個中間步驟。這個中間步驟是將氟化物晶體透鏡分為數個透鏡組，使同一個透鏡組內的透鏡能夠使設置在同一方向的透鏡的最外圍孔徑光束在兩個相互垂直的線性極性狀態之間產生一相似的光學路徑差。經過中間步驟後，在接下來的最佳化步驟中僅旋轉同一個透鏡組內的透鏡，以降低光學路徑差。也就是首先旋轉(100)-透鏡，以降低因(100)-透鏡造成的光學路徑差；接著旋轉



五、發明說明 (19)

(111)-透鏡，以降低因(111)-透鏡造成的光學路徑差。經過最佳化步驟後，(100)-方向的氟化物晶體透鏡的光學路徑差 $\Delta OPL_{100}(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈和(111)-方向的氟化物晶體透鏡的光學路徑差 $\Delta OPL_{111}(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈都必須受到很大程度的補償/抵消。以上說明的步驟亦適用於同時使用的(100-透鏡及(111)-透鏡。

本發明亦涉及一種製造透鏡的方法。這種方法的第一個步驟是將多片氟化物晶體製的平板以無光學接縫的方式接合成一個毛胚。第二個步驟是利用已知的製造方法將毛胚製作成透鏡。在製作時，這些平板和前面說明過的透鏡(或透鏡構件)一樣被繞平面垂線相互旋轉配置。

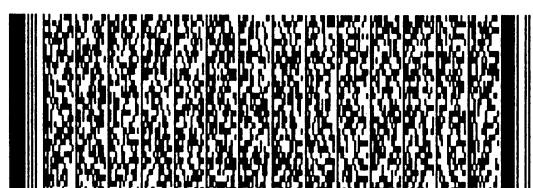
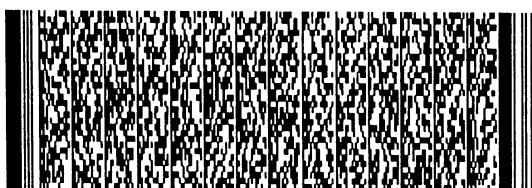
平面垂線指向相同主晶體方向或等效主晶體方向的平板通常具有相同的軸向厚度。

若是將(100)-平板及(111)-平板以無光學接縫的方式接合在一起，則(111)-平板的總厚度與(100)-平板的總厚度的比值應為 1.5 ± 0.2 。

若是將(100)-平板及(110)-平板以無光學接縫的方式接合在一起，則(110)-平板的總厚度與(100)-平板的總厚度的比值應為 4.0 ± 0.4 。

本發明亦提出一種以具有立方晶體結構的晶體材料製造透鏡(或透鏡構件)的方法，將這種透鏡(或透鏡構件)設置在前面說明過的物鏡中，對於降低雙重折射造成的干擾效應可以產生很好的效果。

本發明是以使同一個透鏡組內的透鏡之間產生相互旋

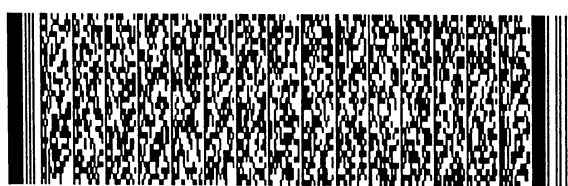


五、發明說明 (20)

轉的方式作為降低雙重折射造成的干擾效應的基本方法，在此方法中，在同一個晶體方向上的透鏡的透鏡軸最好具有同一個主晶體方向。為了能夠調整一個透鏡組內各個透鏡之間的旋轉角，需要知道每一個透鏡的基準方向。以下將說明如何確定一適當的基準方向，以及在透鏡(或透鏡構件)上做記號的方法。

透鏡(或透鏡構件)在形成其最終形狀之前需要經過許多道成型與表面加工驟。以晶體材料製成的透鏡(或透鏡構件)通常是以單晶體塊作為原材料。第一個步驟通常是以鋸開和研磨的方式將單晶體塊製作成光學毛胚。所謂光學毛胚是指透鏡(或透鏡構件)的前身。一個光學毛胚可以被製作成一個或數個透鏡(或透鏡構件)。如果要將一個光學毛胚製作成數個透鏡(或透鏡構件)，則要先用鋸子將光學毛胚鋸成數個較小的光學毛胚，再對這些較小的光學毛胚進行研磨或/或拋光加工，以便能夠在這些較小的光學毛胚的加工表面上進行所需的光學量測。經過這些加工步驟的光學毛胚均為圓柱形。

一種有利的方式是對光學毛胚進行加工，使其具有一光學粗糙面，此光學粗糙面的平面垂線指向晶體結構內部的第一個晶體方向。這個晶體方向最好是一個主晶體方向，例如 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向、 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向、或是 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向。為達到此目的，第一個步驟是要在光學毛胚上確定第一個晶體方向的方向。這個步驟可以在光學毛胚被鋸成數個較小的光學毛胚之前進行，也可以先將光學毛胚



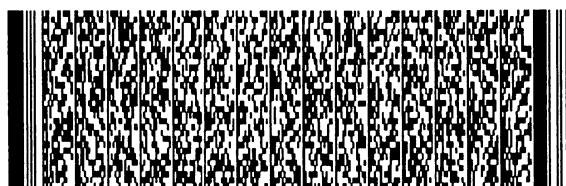
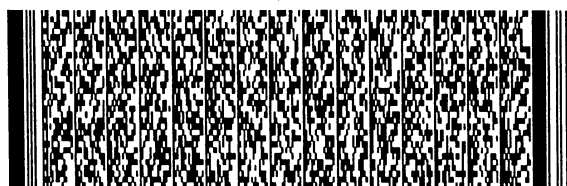
五、發明說明 (21)

被鋸成數個較小的光學毛胚，然後再分別對每一個較小的光學毛胚進行這個步驟。接著以鋸開和研磨的方式對光學毛胚進行加工，使第一個晶體方向垂直於光學毛胚的光學粗糙面(± 5 度以內的角度偏差是可以接受的)。光學粗糙面就是圓柱形光學毛胚的正面和背面。

下一個步驟是確定一垂直於第一個晶體方向的基準方向。這個基準方向是第二個晶體方向在一特定平面上的投影，此一特定平面的平面垂線的方向與第一個晶體方向相同。第一個晶體方向與第二個晶體方向之間的夾角為0度。第二個晶體方向也可以是一個主晶體方向，或是一個在晶體結構內部的一個特定的晶體方向，例如 $\langle 331 \rangle$ -晶體方向。

基準方向確定後，以適當的方法(例如刻劃法)在光學毛胚上做一表示此基準方向的記號。如果將光學毛胚固定在一個固定架上，也可以將記號做在這個固定架上。

在測定第一個晶體方向時，可以用一道從一個特定方向射過來的量測光束照射光學毛胚。量測光束會在晶體方向所屬的晶體平面(例如 $\{111\}$ -晶體平面)上被反射，並產生一相應的布拉格反射(Bragg-Reflex)。由於量測光束的入射角及光學毛胚的材料均為已知，因此可以依據布拉格反射定律(Bragg-Reflektions-Gesetz)計算出布拉格反射(Bragg-Reflex)的理論額定角度。只有在光學粗糙面的平面垂線與第一個晶體方向完全一致時，才能夠在額定角度測得被反射的量測光束。必要時可以用研磨方式對光學毛



五、發明說明 (22)

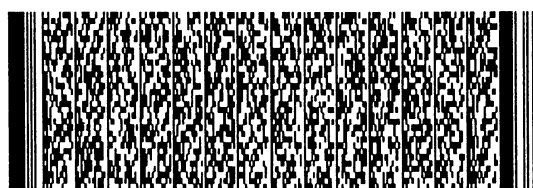
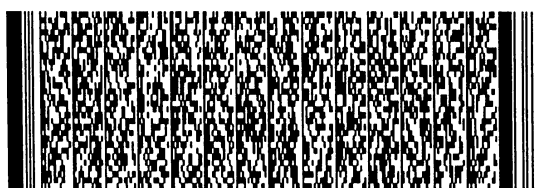
胚再度進行加工，以使其光學粗糙面的平面垂線與第一個晶體方向完全一致。

一種有利的實施方式是使光學毛胚可以繞一個垂直於光學毛胚的光學粗糙面的軸旋動。然後在不同的旋轉角下測定布拉格反射(Bragg-Reflex)，最簡單的情況是在旋轉角為0度和90度下測定布拉格反射(Bragg-Reflex)。

同樣的，也可以經由布拉格反射(Bragg-Reflex)來確定基準方向。此時應使量測光束在第二個晶體方向所屬的晶體平面上被反射。

另外一種可行方式是利用勞埃法(Laue-Verfahren)來確定基準方向的位置。

選擇基準方向的一種有利方式是選擇能夠使光束在透鏡內由於雙重折射而經歷兩個相互垂直的線性極性狀態的最大光學路徑差的基準方向，前提是這個光束在一垂直於第一個晶體方向的平面上的投影平行於基準方向。在使用前面說明過的補償/抵消方法(將透鏡相互旋轉)的時候，表示此基準方向的記號可以使調整旋轉角的工作變得比較容易。另外一種可能的方式是選擇能夠使光束經歷最小光學路徑差的基準方向，前提是這個光束在一垂直於第一個晶體方向的平面上的投影平行於基準方向。如果第一個晶體方向與 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向(或是其等效晶體方向)或 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向(或是其等效晶體方向)相同，則一種有利的方式是，第二個晶體方向在一垂直於第一個晶體方向的平面上的投影平行於 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向(或是其等效晶體方向)在同



五、發明說明 (23)

一個平面上的投影。平行於 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向(或是其等效晶體方向)的光束會經歷最大光學路徑差。

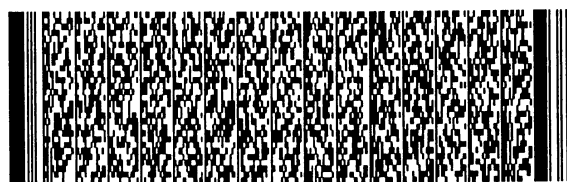
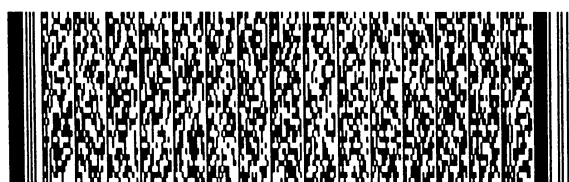
如果第一個晶體方向與 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向(或是其等效晶體方向)相同，則一種有利的方式是，第二個晶體方向與 $\langle 331 \rangle$ -晶體方向(或是其等效晶體方向)相同。

由於測定布拉格反射(Bragg-Reflex)。用的量測光束可能會對光學粗糙面的材料造成損壞，因此在完成布拉格反射(Bragg-Reflex)測定後，最好對量測光束通過的光學粗糙面進行研磨或拋光加工。

按照本發明提出的方式完成上述的加工步驟後，光學毛胚就成為製造物鏡用的透鏡(或透鏡構件)的最初產品。

若要將經過上述加工的光學毛胚製造成透鏡(或透鏡構件)，在加工透鏡(或透鏡構件)的鏡面時應使透鏡軸與第一個光學方向平行(容許偏差為 ± 5 度)，及/或平行於光學粗糙面的平面垂線(容許偏差為 ± 5 度)。經過研磨及拋光後，光學毛胚的光學粗糙面就成為彎曲的透鏡鏡面。如果是旋轉對稱鏡面，則透鏡軸即為對稱軸。

另外一種可行方式是基準方向也可以在透鏡(或透鏡構件)上被測定及做記號。以具有立方晶體結構的晶體材料製作的光學毛胚經過研磨和拋光後就成為透鏡的鏡面。在對毛胚的光學粗糙面進行研磨和拋光時，應使透鏡軸平行於第一個晶體方向(而且最好是一個主晶體方向)。具有旋轉對稱鏡面的透鏡係以透鏡軸為對稱軸。接著要在透鏡(或透鏡構件)上確定一個基準方向。基準方向垂直於



五、發明說明 (24)

第一個晶體方向，而且是第二個晶體方向在一垂直於第一個晶體方向的平面上的投影。因此第一個晶體方向和第二個晶體方向之間的夾角為0度。接著將表示基準方向的記號做在透鏡(或透鏡構件)上。如果將透鏡固定在一個固定架上，也可以將記號做在這個固定架上。

可以利用前面已經說明過的用於光學毛胚的方法來測定基準方向。如果可以調整透鏡的位置，使量測光束能夠照射在彎曲的透鏡鏡面上的特定位置，則測定布拉格反射(Bragg-Reflex)的工作將變得更為容易。如果要在不同的透鏡旋轉位置進行量測，最好能夠調整透鏡的位置，使量測光束照射在鏡面頂點上。

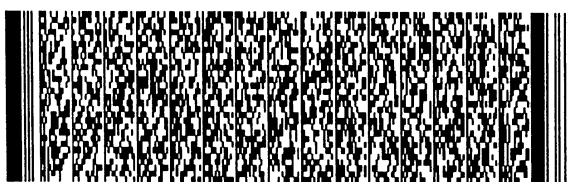
為了避免凹透鏡鏡面本身的遮蔽作用造成干擾，最好能夠選擇適當的第二個晶體方向，使用來測定第一個晶體方向及/或基準方向的入射量測光束及反射光束不會受到透鏡輪廓的干擾。

利用本發明的方法將透鏡(或透鏡構件)相互旋轉以降低雙重折射造成的干擾效應的物鏡，最好能夠使用有標有基準方向的記號的透鏡(或透鏡構件)。這個記號可以使旋轉透鏡(或透鏡構件)的工作變得更簡單。

以下配合圖式對本發明的特徵及方法作進一步的說明。

第一圖：一個穿過垂直於 $\{100\}$ -晶體平面之氟化物晶體塊及一投影物鏡的一個透鏡的斷面示意圖。

第二圖A-第二圖C：以三度空間示意圖的方式分別顯



五、發明說明 (25)

示一平面平行的(100)-、(111)-、及(110)-透鏡。

第三圖：一個用來定義孔徑角及方位角用的座標系統。

第四圖A-第四圖F：以不同的表現方式顯示(100)-透鏡的雙重折射分佈，以及兩個相互旋轉45度的(100)-透鏡的雙重折射分佈。

第五圖A - 第五圖F：以不同的表現方式顯示(111)-透鏡的雙重折射分佈，以及兩個相互旋轉60度的(111)-透鏡的雙重折射分佈。

第六圖A-圖式G：以不同的表現方式顯示(110)-透鏡的雙重折射分佈，以及兩個相互旋轉90度的(100)-透鏡的雙重折射分佈，及/或4個相互旋轉45度的(110)-透鏡。

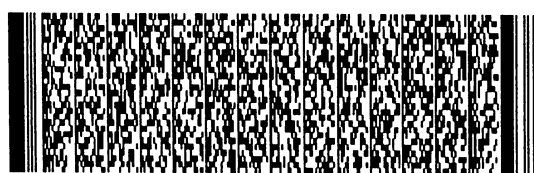
第七圖：顯示一折射投影物鏡的透鏡斷面。

第八圖：顯示一卡塔屈光投影物鏡的透鏡斷面。

第九圖：一微影蝕刻之投影曝光裝置的示意圖。

第一圖為一個穿過氟化物晶體塊(3)的斷面示意圖。第一圖選擇的斷面剛好使{100}-晶體平面(5)在圖面上看起來是一條條的直線，也就是說使{100}-晶體平面垂直於圖面。氟化物晶體塊(3)係作為(100)-透鏡(1)的毛胚或原材料之用。第一圖中的(100)-透鏡(1)是一個透鏡軸EA同時也是對稱軸的雙凹透鏡。以氟化物晶體塊(3)製作出的透鏡(1)的透鏡軸EA垂直於{100}-晶體平面。

從第二圖A的三度空間示意圖可以看出當透鏡軸EA的方向和<100>-晶體方向相同時，本質雙折射與晶體方向的

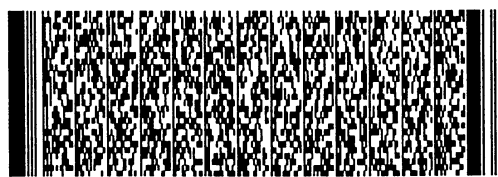


五、發明說明 (26)

關聯。第二圖A中的圓形平面平行板(201)係以氟化鈣製成。透鏡軸EA所指的方向即為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向。除了 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向外，第二圖A中亦以箭頭表示出 $\langle 101 \rangle$ -、 $\langle 11'0 \rangle$ -、 $\langle 101' \rangle$ -、 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向。本質雙折射是以4個"波瓣"(203)來表示。波瓣(203)的表面積代表其相應之光束方向的本質雙重折射的量。本質雙重折射的最大值會出現在 $\langle 101 \rangle$ -、 $\langle 11'0 \rangle$ -、 $\langle 101' \rangle$ -、 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向，也就是在透鏡內孔徑角為45度，方位角為0度、90度、180度、270度的光束。本質雙重折射的最小值則是出現在方位角為45度、135度、225度、315度的時候。孔徑角為0度時，本質雙重折射就會消失。

從第二圖B的三度空間示意圖可以看出當透鏡軸EA的方向和 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向相同時，本質雙折射與晶體方向的關聯。第二圖B中的圓形平面平行板(205)係以氟化鈣製成。透鏡軸EA所指的方向即為 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向。除了 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向外，第二圖B中亦以箭頭表示出 $\langle 011 \rangle$ -、 $\langle 101 \rangle$ -、 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向。本質雙折射是以3個"波瓣"(207)來表示。波瓣(207)的表面積代表其相應之光束方向的本質雙重折射的量。本質雙重折射的最大值會出現在 $\langle 011 \rangle$ -、 $\langle 101 \rangle$ -、 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向，也就是在透鏡內孔徑角為35度，方位角為0度、120度、240度的光束。本質雙重折射的最小值則是出現在方位角為60度、80度、300度的時候。孔徑角為0度時，本質雙重折射就會消失。

從第二圖C的三度空間示意圖可以看出當透鏡軸EA的

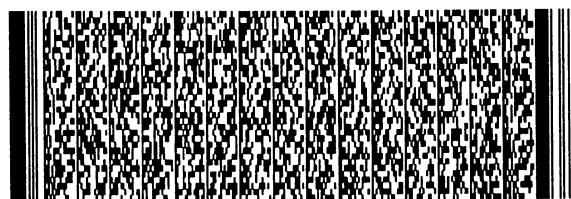
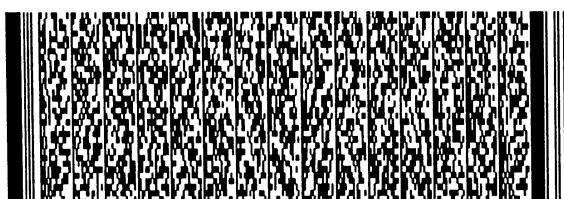


五、發明說明 (27)

方向和 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向相同時，本質雙折射與晶體方向的關聯。第二圖C中的圓形平面平行板(209)係以氟化鈣製成。透鏡軸EA所指的方向即為 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向。除了 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向外，第二圖C中亦以箭頭表示出 $\langle 011' \rangle$ -、 $\langle 101' \rangle$ -、 $\langle 101 \rangle$ -、 $\langle 011 \rangle$ -晶體方向。本質雙折射是以5個"波瓣"(211)來表示。波瓣(211)的表面積代表其相應之光束方向的本質雙重折射的量。本質雙重折射的最大值會出現在透鏡軸EA的方向，以及 $\langle 101 \rangle$ -、 $\langle 11' 0 \rangle$ -、 $\langle 101' \rangle$ -、 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向，也就是在透鏡內孔徑角為0度及/或60度，4個方位角為 $\langle 011' \rangle$ -、 $\langle 101' \rangle$ -、 $\langle 101 \rangle$ -、 $\langle 011 \rangle$ -晶體方向在 $\{110\}$ -晶體平面的投影產生的夾角的光束。由於晶體的折射率會將最大孔徑角限制在小於45度的範圍內，因此事實上這麼大的孔徑角並不會出在在晶體材料內。

第三圖是說明孔徑角 θ 和方位角 α 的定義。對第二圖的(100)-透鏡而言，z軸為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向，x軸所指的方向則為 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向在 $\{100\}$ -晶體平面上的投影的方向。此時z軸的方向與透鏡軸的方向相同，x軸的方向與基準方向相同。

前面提及的在Internet-Publikation發表的一篇文章指出，波長 $\lambda = 156.1 \text{ nm}$ 時，氟化鈣晶體會使在 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向的光束傳播產生 $(6.5 \pm 0.4) \text{ nm/cm}$ 的雙重折射。以這個量測值作為標準值，可以從理論上推導出氟化物晶體透鏡的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha, \theta)$ 與晶體方向的相關性。此推導工作使用的公式是晶體光學常用的折射率橢圓



五、發明說明 (28)

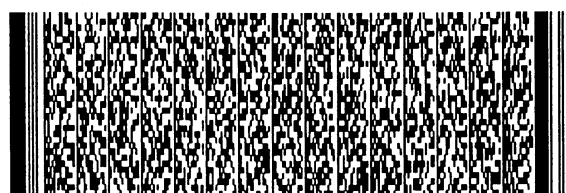
球公式。此推導工作的理論基礎可以參見"Lexikon Optik"(光學百科全書, 出版社: Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin, 1999 年版)中關於"晶體光學"的說明。

專利登記人所作的新量測顯示, 波長 $\lambda = 156.1 \text{ nm}$ 時, 氟化化鈣晶體會使在 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向的光束傳播產生 11 nm/cm 的本質雙重折射。以下以 $\Delta n_{\text{max}} = 6.5 \text{ nm/cm}$ 為標準值所得出的結論可以毫無困難的用另外一個標準值 $\Delta n_{\text{max}} = 11 \text{ nm/cm}$ 來換算。

第四圖A顯示方位角 $\alpha = 0$ 度時, (100) -透鏡的本質雙重折射值與孔徑角 θ 的關係。從圖上的曲線可看出, 本質雙重折射為 6.5 nm/cm 時, 孔徑角 $\theta = 45$ 度, 這個關係與量測結果相符。圖中的曲線是依據已知的晶體光學公式計算出來的。

第四圖B顯示孔徑角 $\theta = 45$ 度時, (100) -透鏡的本質雙重折射值與方位角 α 的關係。從圖中可顯而易見的看出其四重方位對稱性。

第四圖C顯示 (100) -透鏡之單一光束方向在 (θ, α) -角度區內的雙重折射分佈 $\Delta n(\theta, \alpha)$ 。圖中每一條線段都代表一個孔徑角為 θ 、方位角為 α 的光束方向的值和方向。線段長度與雙重折射的質成正比, 及/或與相交橢圓的主軸長度的差成正比; 線段的方向則代表相交橢圓的較長主軸的方向。使方向為 (θ, α) 的光束的折射率橢圓與一垂直於此光束方向並穿過折射率橢圓的中心的平面相交



五、發明說明 (29)

即可獲得相交橢圓。不論是線段的方向或長度均顯示雙重折射分佈的四重性。線段的長度(即雙重折射的值)在方位角為0度、90度、190度、270度時達到最大。

第四圖D顯示當兩個相鄰且厚度相同的(100)-透鏡被旋轉45度時的雙重折射分佈 $\Delta n(\theta, \alpha)$ 。此雙重折射分佈 $\Delta n(\theta, \alpha)$ 與方位角 α 無關。相交橢圓的較長主軸指向切線方向。將雙重折射值與光束在平面平行(100)-透鏡內行經的物理光程相乘即可計算出兩個相互垂直的極性狀態的光學路徑差。將n個厚度相同的平面平行(100)-透鏡按照以下的公式設置，即可得出雙重折射分佈的旋轉對稱性：

$$\beta = (90^\circ / n) + m \times 90^\circ + / - 5^\circ$$

上式中 β 代表兩個透鏡間的旋轉角，n代表平面平行(100)-透鏡的數量，m代表一個任意的整數。與將所有的透鏡均設置在同一個方向的配置方式相比，在孔徑角 $\theta = 30$ 度時，上述的配置方式可以使雙重折射的最大值降低30%。如果所有的光束在透鏡內的角度都十分相近，而且在透鏡內行經的光程長度也十分接近，則任意透鏡均可形成在兩個相互垂直的線性極性狀態下的近似旋轉對稱的光學路徑差分佈。為此應將透鏡組成一透鏡組，以便盡可能的使光束能夠符合上述的條件。

第四圖E顯示方位角 $\alpha = 0$ 度時，第四圖D中兩個厚度相同的相鄰平面平行(100)-透鏡的本質雙重折射值與孔徑角 θ 的關係。從圖上的曲線可看出，孔徑角 $\theta = 41$ 度時，



五、發明說明 (30)

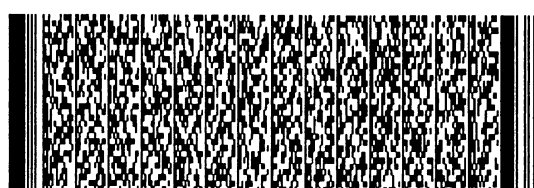
本質雙重折射的最大值為 4.2nm/cm ，這個數值比第四圖A中的最大值 6.5nm/cm 小了35%。

第四圖F顯示孔徑角 $\theta = 41$ 度時，第四圖D中兩個厚度相同的相鄰平面平行(100)-透鏡的本質雙重折射值與方位角 α 的關係。從圖上的直線可看出，本質雙重折射與方位角 α 無關。

第五圖A顯示方位角 $\alpha = 0$ 度時，(111)-透鏡的本質雙重折射值與孔徑角 θ 的關係。從圖上的曲線可看出，本質雙重折射為 6.5nm/cm 時，孔徑角 $\theta = 35$ 度，這個關係與量測結果相符。圖中的曲線是依據已知的晶體光學公式計算出來的。

第五圖B顯示孔徑角 $\theta = 35$ 度時，(111)-透鏡的本質雙重折射值與方位角 α 的關係。從圖中可顯而易見的看出其三重方位對稱性。

第五圖C顯示(111)-透鏡之單一光束方向在 (θ, α) -角度區內的雙重折射分佈 $\Delta n(\theta, \alpha)$ ，此種顯示方式與第四圖C的方式相同。圖中線段的方向和長度均顯示雙重折射分佈的三重對稱性。線段的長度(即雙重折射的值)在方位角為0度、120度、240度時達到最大。與(100)-透鏡相反的是，如果光束是以180度的方位角通過透鏡，而不是以0度的方位角通過透鏡，則雙重折射的方向會旋轉90度。例如將一光束在兩個透鏡之間的射束角的正負號互換，就可以經由兩個相同方向的(111)-透鏡使雙重折射被補償/抵消，特別是當從位於光學軸上的一個物點發出的



五、發明說明 (31)

光束的最大直徑或最小直徑位於這兩個方向相同的(111)-透鏡之間時，就一定會是這種情況。折射投影物鏡具有多個正光焦度及負光焦度的透鏡組。光束的最大直徑通常出現在具有正光焦度的透鏡組內，光束的最小直徑則通常出現在具有負光焦度的透鏡組內。一個典型的微影蝕刻-投影物鏡通常具有一個正光焦度的透鏡組(第一個透鏡組)、一個負焦度的透鏡組(第二個透鏡組)、一個正光焦度的透鏡組(第三個透鏡組)、一個負焦度的透鏡組(第四個透鏡組)、以及一個正光焦度的透鏡組(第五個透鏡組)。一個最大光束直徑會出現在第一個透鏡組內，一個最小光束直徑會出現在第二個透鏡組內，一個最大光束直徑會出現在第三個透鏡組內，一個最小光束直徑會出現在第四個透鏡組內，一個最大光束直徑會出現在第五個透鏡組內。因此一種有利的方式是，在光束方向上一個具有最大光束直徑(或最小光束直徑)的位置的前面及後面設置方向相同的(111)-透鏡及/或相互旋轉角 $\gamma = l \times 120^\circ + /-10^\circ$ (l 一整數)的(111)-透鏡。由於(111)-透鏡的雙重折射分佈具有三重對稱性，因此旋轉 $\gamma = l \times 120^\circ$ 並不會對(111)-透鏡的雙重折射效應造成影響。孔徑角近乎相等，但方位角在相同方向的(111)-透鏡之間改變180度的光束，至少會經歷到兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差的部分補償/抵消。

第五圖D顯示當兩個相鄰且厚度相同的(111)-透鏡被旋轉60度時的雙重折射分佈 $\Delta n(\theta, \alpha)$ 。此雙重折射分



五、發明說明 (32)

佈 $\Delta n(\theta, \alpha)$ 與方位角 α 無關。相交橢圓的較長主軸並非如第四圖C般的指向切線方向，而是指向徑向方向。將雙重折射值與光束在平面平行(111)-透鏡內行經的物理光程相乘即可計算出兩個相互垂直的極性狀態的光學路徑差。將n個厚度相同的平面平行(111)-透鏡按照以下的公式設置，即可得出雙重折射分佈的旋轉對稱性：

$$\gamma = (120^\circ / k) + l \times 120^\circ + / - 5^\circ$$

上式中 γ 代表兩個透鏡間的旋轉角，k代表平面平行(111)-透鏡的數量，l代表一個任意的整數。與將所有的透鏡均設置在同一個方向的配置方式相比，在孔徑角 $\theta = 30$ 度時，上述的配置方式可以使雙重折射的值降低68%。如果所有的光束在透鏡內的角度都十分相近，而且在透鏡內行經的光程長度也十分接近，則任意透鏡均可形成在兩個相互垂直的線性極性狀態下的近似旋轉對稱的光學路徑差分佈。為此應將透鏡組成一透鏡組，以便盡可能的使光束能夠符合上述的條件。

第五圖E顯示方位角 $\alpha = 0$ 度時，第五圖D中兩個厚度相同的相鄰平面平行(111)-透鏡的本質雙重折射值與孔徑角 θ 的關係。從圖上的曲線可看出，孔徑角 $\theta = 41$ 度時，本質雙重折射的最大值為 2.8 nm/cm ，這個數值比第五圖A中的最大值 6.5 nm/cm 小了57%。

第五圖F顯示孔徑角 $\theta = 41$ 度時，第五圖D中兩個厚度相同的相鄰平面平行(111)-透鏡的本質雙重折射值與方位角 α 的關係。從圖上的直線可看出，本質雙重折射與方位



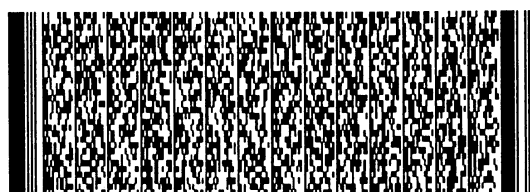
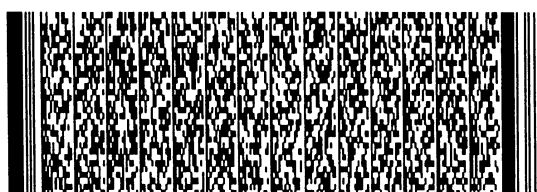
五、發明說明 (33)

角 α 無關。

如果在投影物鏡內將(100)-透鏡組和(111)-透鏡組作適當的組合，則因這些透鏡造成的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差可以獲得更大程度的補償/抵消。為此首先要旋轉這些透鏡組內的透鏡，以獲得一近似旋轉對稱的光學路徑分佈，然後再將一個(100)-透鏡組和一個(111)-透鏡組組合在一起，使兩個光學路徑差分佈得以相互補償/抵消。之所以能達到這種效果是因為吾人充分利用一特性，即由被旋轉的透鏡構成的(100)-透鏡組的雙重折射分佈相交橢圓的較長的主軸方向垂直於由被旋轉的透鏡構成的(111)-透鏡組的雙重折射分佈相交橢圓的較長的主軸方向，此點可從第四圖D及第五圖D清楚的看出。使兩個光學路徑差分佈得以相互補償/抵消的最重要的兩個條件是，第一，在(100)-透鏡組和(111)-透鏡組內均形成一近似旋轉對稱的光學路徑分佈；第二，(100)-透鏡組造成的總本質雙重折射值和(111)-透鏡組造成的總本質雙重折射值幾乎相等。

第六圖A顯示方位角 $\alpha = 0$ 度時，(110)-透鏡的本質雙重折射值與孔徑角 θ 的關係。從圖上的曲線可看出，本質雙重折射為 6.5 nm/cm 時，孔徑角 $\theta = 0$ 度，這個關係與量測結果相符。圖中的曲線是依據已知的晶體光學公式計算出來的。

第六圖B顯示孔徑角 $\theta = 35$ 度時，(110)-透鏡的本質雙重折射值與方位角 α 的關係。從圖中可顯而易見的看出



五、發明說明 (34)

其雙重方位對稱性。

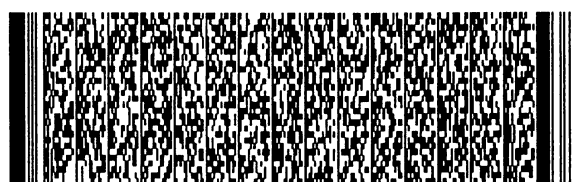
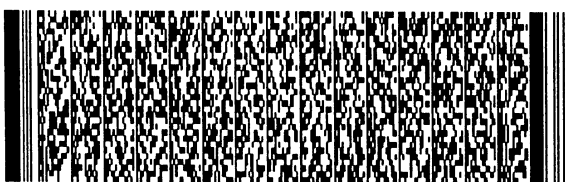
第六圖C顯示(110)-透鏡之單一光束方向在 (θ, α) -角度區內的雙重折射分佈 $\Delta n(\theta, \alpha)$ ，此種顯示方式與第四圖C的方式相同。圖中線段的方向和長度均顯示雙重折射分佈的雙重對稱性。線段的長度(即雙重折射的值)在孔徑角為0度時達到最大。

第六圖D顯示當兩個相鄰且厚度相同的(110)-透鏡被旋轉90度時的雙重折射分佈 $\Delta n(\theta, \alpha)$ 。此雙重折射分佈 $\Delta n(\theta, \alpha)$ 具有一四重方位對稱性。最大雙重折射值出現在方位角為 $\alpha = 45$ 度、135度、225度、315度時，此時若孔徑角 $\theta = 40$ 度，則雙重折射值為2.6nm/cm。

第六圖E顯示當第六圖C的兩個厚度相同的平面平行(110)-透鏡與另外兩個厚度相同的平面平行(110)-透鏡組合在一起時的雙重折射分佈 $\Delta n(\theta, \alpha)$ 。每兩個(110)-透鏡之間的旋轉角均為45度。此雙重折射分佈 $\Delta n(\theta, \alpha)$ 與方位角 α 無關。相交橢圓的較長主軸並非如第四圖C般的指向切線方向，而是類似於第五圖C般的指向徑向方向。將雙重折射值與光束在平面平行(110)-透鏡內行經的物理光程相乘即可計算出兩個相互垂直的極性狀態的光學路徑差。將 $4n$ 個厚度相同的平面平行(110)-透鏡按照以下的公式設置，即可得出雙重折射分佈的旋轉對稱性：

$$\beta = (45n) + m \times 90^\circ / -5^\circ$$

上式中 β 代表兩個透鏡間的旋轉角， $4n$ 代表平面平行(110)-透鏡的數量， m 代表一個任意的整數。如果所有的



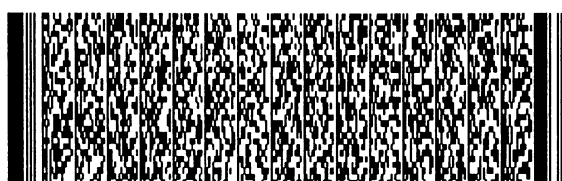
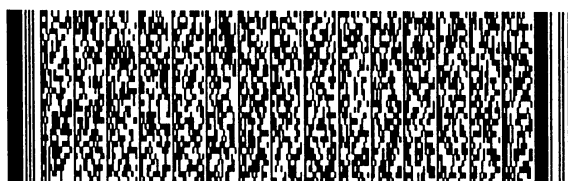
五、發明說明 (35)

光束在透鏡內的角度都十分相近，而且在透鏡內行經的光程長度也十分接近，則任意透鏡均可形成在兩個相互垂直的線性極性狀態下的近似旋轉對稱的光學路徑差分佈。為此應將透鏡組成一透鏡組，以便盡可能的使光束能夠符合上述的條件。

第六圖F顯示方位角 $\alpha = 0$ 度時，第六圖E中4個厚度相同的相鄰平面平行(110)-透鏡的本質雙重折射值與孔徑角 θ 的關係。從圖上的曲線可看出，孔徑角 $\theta = 41$ 度時，本質雙重折射值為 1.0 nm/cm ，這個數值比第五圖A中的最大值 6.5 nm/cm 小了84%。

第六圖G顯示孔徑角 $\theta = 41$ 度時，第六圖E中4個厚度相同的相鄰平面平行(110)-透鏡的本質雙重折射值與方位角 α 的關係。從圖上的直線可看出，本質雙重折射與方位角 α 無關。

如果在投影物鏡內將(110)-透鏡組和(100)-透鏡組作適當的組合，則因這些透鏡造成的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差可以獲得更大程度的補償/抵消。為此首先要旋轉這些透鏡組內的透鏡，以獲得一近似旋轉對稱的光學路徑分佈，然後再將一個(110)-透鏡組和一個(100)-透鏡組組合在一起，使兩個光學路徑差分佈得以相互補償/抵消。之所以能達到這種效果是因為吾人充分利用一特性，即由被旋轉的透鏡構成的(110)-透鏡組的雙重折射分佈相交橢圓的較長的主軸方向垂直於由被旋轉的透鏡構成的(100)-透鏡組的雙重折射分佈相交橢圓的較長的



五、發明說明 (36)

主軸方向，此點可從第四圖D及第六圖E清楚的看出。使兩個光學路徑差分佈得以相互補償/抵消的最重要的兩個條件是，第一，在(100)-透鏡組和(111)-透鏡組內均形成一近似旋轉對稱的光學路徑分佈；第二，(110)-透鏡組造成的總本質雙重折射值和(100)-透鏡組造成的總本質雙重折射值幾乎相等。

第七圖顯示一波長157nm用的折射投影物鏡(611)的透鏡斷面。此投影物鏡的所有光學數據均詳列於表1。此種實施方式係摘錄自專利登記人在專利登記PCT/EP00/13148 (WO 15017 A1)之第七圖及表6所舉的實施例。關於此投影物鏡之作用方式的詳細說明請參見專利登記PCT/EP00/13148 (WO 15017 A1)。這個投影物鏡的所有透鏡均由氟化鈣晶體製成。此投影物鏡的像側數值孔徑為0.9。經過校正後，波長為157nm時，此投影物鏡的成像性能可以達到與一理想球面波的波前只有 $1.8m\lambda$ 的差異的程度。像這種高性能的投影物鏡有必要將本質雙重折射造成的干擾效應盡可能的消除掉。

在第七圖的實施例中，透鏡L601--L630的最外圍孔徑光束(609)的孔徑角 θ 和光程(RLL)均被計算出來。最外圍孔徑光束(609)從物點(座標 $x = 0\text{mm}$ ， $y = 0\text{mm}$)出發，並在像平面內與光學軸夾一相當於像側數值孔徑的角度。之所以使用最外圍孔徑光束(609)是因為可以產生透鏡內的最大孔徑角。

表2



五、發明說明 (37)

透鏡	孔徑 角 θ [°]	光程 RL_L [mm]	光學 路徑差 (111)- 透鏡 $\alpha_L =$ 0°[nm]	光學 路徑差 (111)- 透鏡 $\alpha_L =$ 60°[nm]	光學 路徑差 (100)- 透鏡 $\alpha_L =$ 0°[nm]	光學 路徑差 (100)- 透鏡 $\alpha_L =$ 45°[nm]	光學 路徑差 (110)- 透鏡 $\alpha_L =$ 0°[nm]	光學 路徑差 (110)- 透鏡 $\alpha_L =$ 45°[nm]	光學 路徑差 (110)- 透鏡 $\alpha_L =$ 90°[nm]	光學 路徑差 (110)- 透鏡 $\alpha_L =$ 135°[nm]
L601	8.1	15.1	2.9	-2.2	-0.8	-0.4	-9.0	-9.0	-9.1	-9.0
L602	8.7	8.2	1.7	-1.2	-0.5	-0.2	-4.9	-4.8	-4.9	-4.8
L603	7.8	9.5	1.7	-1.3	-0.4	-0.2	-5.7	-5.7	-5.7	-5.7
L604	10.7	7.2	1.9	-1.3	-0.6	-0.3	-4.1	-4.1	-4.1	-4.1
L605	9.4	6.5	1.5	-1.0	-0.4	-0.2	-3.8	-3.8	-3.8	-3.8
L606	10.3	8.5	2.1	-1.4	-0.7	-0.3	-4.8	-4.8	-4.8	-4.8
L607	21.8	12.7	6.6	-2.7	-3.9	-1.8	-4.2	-4.2	-4.3	-4.2
L608	25.4	22.2	12.8	-4.4	-8.7	-3.9	-5.3	-5.7	-5.8	-5.7
L609	16.3	36.1	14.3	-7.6	-6.8	-3.3	-16.5	-16.5	-16.7	-16.5
L610	12.2	15.2	4.5	-2.9	-1.7	-0.8	-8.2	-8.2	-8.2	-8.2
L611	2.3	26.6	1.4	-1.3	-0.1	-0.1	-17.2	-17.2	-17.2	-17.2
L612	2.3	32.2	1.6	-1.5	-0.1	-0.1	-20.8	-20.8	-20.8	-20.8
L613	-18.3	30.4	-6.6	13.5	-7.0	-3.3	-12.5	-12.6	-12.7	-12.6
L614	-18.7	22.0	-4.8	10.0	-5.3	-2.5	-8.9	-8.9	-9.0	-8.9
L615	-14.0	10.2	-2.0	3.5	-1.5	-0.7	-5.1	-5.1	-5.2	-5.1
L616	-1.3	29.8	-0.8	0.9	0.0	0.0	-19.3	-19.3	-19.3	-19.3
L617	26.4	31.6	18.6	-6.1	-13.0	-5.7	-6.7	-7.6	-7.5	-7.6
L618	33.5	14.3	9.3	-2.0	-7.9	-3.1	-0.6	3.2	-1.4	3.2
L619	26.5	7.5	4.4	-1.4	-3.1	-1.4	-1.6	-1.8	-1.8	-1.8
L620	19.3	6.4	3.0	-1.4	-1.6	-0.8	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5
L621	6.7	8.0	1.3	-1.0	-0.3	-0.1	-4.9	-4.9	-4.9	-4.9
L622	-10.3	7.7	-1.3	1.9	-0.6	-0.3	-4.4	-4.4	-4.4	-4.4
L623	-11.9	9.6	-1.8	2.8	-1.0	-0.5	-5.2	-5.2	-5.2	-5.2
L624	0.3	17.8	0.1	-0.1	0.0	0.0	-11.6	-11.6	-11.6	-11.6
L625	6.0	16.3	2.3	-1.8	-0.5	-0.2	-9.9	-9.9	-10.0	-9.9
L626	-24.0	9.0	-1.9	5.0	-3.2	-1.5	-2.5	-2.6	-2.6	-2.6
L627	-35.6	8.0	-0.9	5.2	-4.7	-1.7	0.1	2.1	-0.5	2.1
L628	-39.4	12.0	-1.0	7.6	-7.5	-2.5	1.0	4.0	-0.3	4.0
L629	-35.3	27.3	-3.3	17.7	-15.7	-5.9	0.5	6.9	-1.9	6.9
L630	-35.3	26.0	-3.1	16.9	-15.0	-5.6	0.4	6.5	-1.9	6.5
合計			64.5	42.3	112.9	47.4	-198.2	-178.7	-208.0	-178.8



五、發明說明 (38)

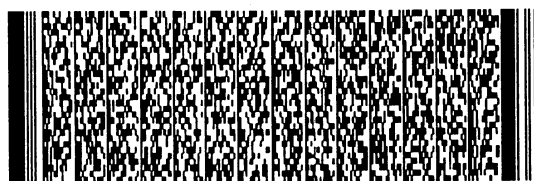
除了最外圍孔徑光束的孔徑角 θ 和光程(RL_L)外，表2還列出在不同透鏡方向下，兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差。在表2中列出的是(111)-透鏡、(100)-透鏡、(110)-透鏡的光學路徑差，最外圍孔徑光束在(111)-透鏡內的方位角 α_L 為0度和60度；最外圍孔徑光束在(100)-透鏡內的方位角 α_L 為0度和45度；最外圍孔徑光束在(110)-透鏡內的方位角 α_L 為0度、45度、90度、135度。

從表2可以得知，透鏡L608、L617、L618、L619、L627、L628、L629、L630的孔徑角 θ 均大於25度，其中透鏡L618、L627、L628、L629、L630甚至大於30度。在這個實施例中最靠近像平面的透鏡L627--L630具有很大的孔徑角。

透過投影物鏡的設計可以使所有光束的孔徑角均小於45度。透鏡L628最外圍孔徑光束的最大孔徑角為39.4度。在像平面的正前方設置兩個平面透鏡(L629，L630)有很大的幫助。

介於透鏡L621及透鏡L622之間的光闌直徑為270mm。透鏡L618的直徑為207mm，透鏡627-630的直徑均小於190mm。從以上數據可以得知，所有具有大孔徑角的透鏡的直徑均小於光闌直徑的80%。

從表2可以得知，將具有大孔徑角的透鏡設置在(100)-方向是比較有利的作法，因為這樣可以使總雙重折射值變得較低。這是因為對(100)-透鏡而言， $\langle 110 \rangle$ -晶體方向

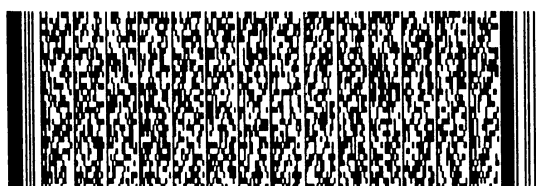


五、發明說明 (39)

的影響要在孔徑角較大時才會變得比較明顯；不像(111)-透鏡， $\langle 110 \rangle$ -晶體方向的影响在孔徑角較小時也相當明顯。例如透鏡L608、L609、L617的光學路徑差可以降低30%以上。

利用兩個平面透鏡(L629，L630)可以清楚的說明如何經由透鏡的相互旋轉使雙重折射被大幅降低。這兩個透鏡的最外圍孔徑光束的孔徑角均為35.3度，且光程亦相近(L629為27.3mm，L630為26.0mm)。如果這兩個透鏡都是方向相同的(100)-透鏡，則會產生30.7nm的光學路徑差，但只要將這兩個(100)-透鏡相互旋轉45度，光學路徑差就會降低成20.9nm，相當於降低32%。如果這兩個透鏡都是方向相同的(111)-透鏡，則會產生34.6nm的光學路徑差，但只要將這兩個(111)-透鏡相互旋轉60度，光學路徑差就會降低成13.6nm，相當於降低61%。

如果將透鏡L629分解成透鏡構件L6291及透鏡構件L6292，以及將透鏡L630分解成透鏡構件L6301及透鏡構件L6302，其中透鏡構件L6291為一厚度9.15mm的(100)-透鏡、透鏡構件L6292為一厚度13.11mm的(111)-透鏡、透鏡構件L6301為一厚度8.33mm的(100)-透鏡、透鏡構件L6302為一厚度12.95mm的(111)-透鏡，則因為透鏡L629及透鏡L630的本質雙重折射造成的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差幾乎可以被全補償/消除。將透鏡構件L6291及透鏡構件L6301相互旋轉45度，透鏡構件L6292及透鏡構件L6302相互旋轉60度。這種組合方式可以使最大光學路

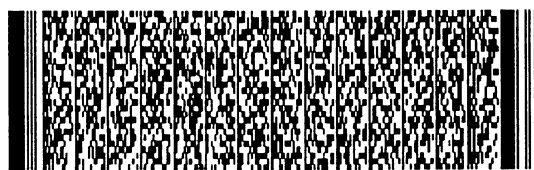


五、發明說明 (40)

徑差降低至 0.2nm 。利用光膠可以將透鏡構件L6291及透鏡構件L6292以無光學接縫的方式結合在一起；同樣的也可以利用光膠將透鏡構件L6301及透鏡構件L6302以無光學接縫的方式結合在一起。

這個原理也可以應用在只有一個晶體透鏡的投影物鏡，其方式是將這個晶體透鏡至少分解成兩個相互旋轉配置的透鏡。利用光膠即可將分解開的透鏡結合在一起。另外一種可能的方式是，先將具有吾人所欲之晶體方向的單片平板以無光學接縫的方式接合在一起，然後以這些彼此接合在一起的平板來製作透鏡。

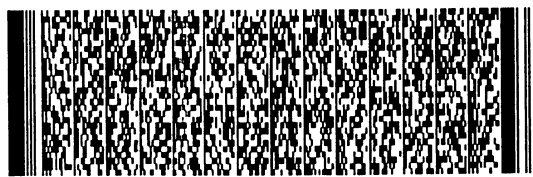
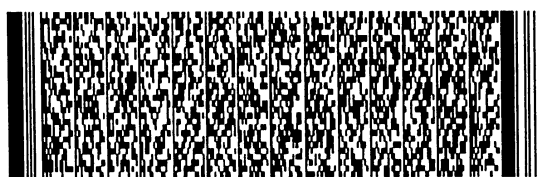
另外一種可以降低透鏡L629及透鏡630的本質雙重折射造成的干擾效應的可能方式是，將透鏡L629分解成透鏡構件L6293及透鏡構件L6294，以及將透鏡L630分解成透鏡構件L6303及透鏡構件L6304，其中透鏡構件L6293為一厚度 11.13mm 的(100)-透鏡、透鏡構件L6294為一厚度 11.13mm 的(110)-透鏡、透鏡構件L6303為一厚度 10.62mm 的(110)-透鏡、透鏡構件L6304為一厚度 10.62mm 的(110)-透鏡。將透鏡構件L6293及透鏡構件L6294相互旋轉 90° ，透鏡構件L6303及透鏡構件L6304相互旋轉 90° ，透鏡6293及透鏡6303之間的旋轉角為 45° 。這種組合方式可以使最大光學路徑差降低至 0.4nm 。利用光膠可以將透鏡構件L6293及透鏡構件L6294以無光學接縫的方式結合在一起；同樣的也可以利用光膠將透鏡構件L6303及透鏡構件L6304以無光學接縫的方式結合在一起。



五、發明說明 (41)

如果將透鏡L629分解成3個透鏡構件L6295、L6296、L6297，以及將透鏡L630分解成3個透鏡構件L6305、L6306、L6307，其中透鏡構件L6295為一厚度4.45mm的(100)-透鏡、透鏡構件L6296及透鏡構件L6297均為厚度8.90mm的(110)-透鏡、透鏡構件L6305為一厚度4.25mm的(100)-透鏡、透鏡構件L6306及透鏡構件L6307均為厚度8.49mm的(110)-透鏡，則因為高負荷的透鏡L629及透鏡L630造成的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差幾乎可以被全補償/消除。將透鏡構件L6296及透鏡構件L6305相互旋轉45度，透鏡構件L6295、L6297、L6306、L6307中每兩個透鏡構件均相互旋轉45度。這種組合方式可以使最大光學路徑差降低至小於0.1nm的程度。利用光膠可以將透鏡構件L6295-L6297以無光學接縫的方式結合在一起；同樣的也可以利用光膠將透鏡構件L6305-L6307以無光學接縫的方式結合在一起。

另外一種可以降低透鏡L629及透鏡630的本質雙重折射造成的干擾效應的可能方式是，以一個(100)-透鏡來補償兩個(110)-透鏡。將這兩個(110)-透鏡相互旋轉90度，(100)-透鏡及(110)-透鏡之間的旋轉角為 $45^\circ + m \times 90^\circ$ ，此式中m皮表一任意整數。為此應將透鏡L629分解成透鏡構件L6298及透鏡構件L6299，以及將透鏡L630分解成透鏡構件L6308及透鏡構件L6309，其中透鏡構件L6298為一厚度17.40mm的(110)-透鏡、透鏡構件L6299為一厚度4.87mm的(110)-透鏡、透鏡構件L6308為一厚度12.53mm的



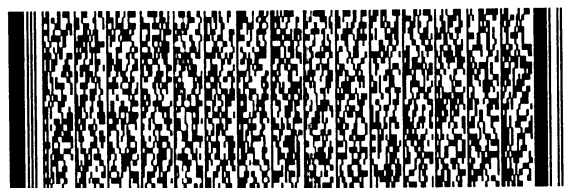
五、發明說明 (42)

(110)-透鏡、透鏡構件L6309為一厚度8.70mm的(100)-透鏡。這種組合方式可以使最大光學路徑差降低至3.1nm。利用光膠可以將透鏡構件L6298及透鏡構件L6299以無光學接縫的方式結合在一起；同樣的也可以利用光膠將透鏡構件L6308及透鏡構件L6309以無光學接縫的方式結合在一起。

第八圖顯示一波長157nm用的卡塔屈光投影物鏡(711)的透鏡斷面。此投影物鏡的所有光學數據均詳列於表3。此種實施方式係摘錄自專利登記人在專利登記PCT/EP00/13148 (WO 15017 A1)之第九圖及表8所舉的實施例。關於此投影物鏡之作用方式的詳細說明請參見專利登記PCT/EP00/13148 (WO 15017 A1)。這個投影物鏡的所有透鏡均由氟化鈣晶體製成。此投影物鏡的像側數值孔徑為0.8。

在第八圖的實施例中，透鏡L801-L617的最外圍上孔徑光束(713)及最外圍下孔徑光束(715)的孔徑角 θ 和光程(RLL)均被計算出來。這兩個最外圍孔徑光束(713, 715)從物點(座標 $x = 0\text{mm}$, $y = -82.15\text{mm}$)出發，並在像平面內分別與光學軸夾相當於像側數值孔徑的角度。由於此情況係一遠離軸的物場，因此孔徑光束並非對稱於光學軸(不像第七圖的實施例中，最外圍孔徑光束係對稱於光學軸)，所以最外圍上孔徑光束及最外圍下孔徑光束是被計算出來的。

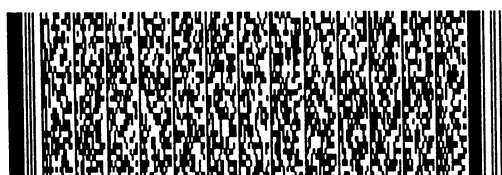
最外圍上孔徑光束的光學數據詳列於表4，最外圍下



五、發明說明 (43)

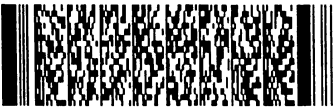
孔徑光束的光學數據詳列於表5。除了最外圍孔徑光束的孔徑角 θ 和光程(RL_L)外，表4及表5還列出在不同透鏡方向下，兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差。在表4及表5中列出的是(111)-透鏡、(100)-透鏡、(110)-透鏡的光學路徑差，最外圍孔徑光束在(111)-透鏡內的方位角 α_L 為0度和60度；最外圍孔徑光束在(100)-透鏡內的方位角 α_L 為0度和45度；最外圍孔徑光束在(110)-透鏡內的方位角 α_L 為0度、45度、90度、135度。

表4



五、發明說明 (44)

透鏡	孔徑 角 θ [°]	光程 RL_L [mm]	光學 路徑 差 (111)- 透鏡 $\alpha_L = 0^\circ$ [nm]	光學 路徑 差 (111)- 透鏡 $\alpha_L = 60^\circ$ [nm]	光學 路徑 差 (100)- 透鏡 $\alpha_L = 0^\circ$ [nm]	光學 路徑 差 (100)- 透鏡 $\alpha_L = 45^\circ$ [nm]	光學 路徑 差 (110)- 透鏡 $\alpha_L = 0^\circ$ [nm]	光學 路徑 差 (110)- 透鏡 $\alpha_L = 45^\circ$ [nm]	光學 路徑 差 (110)- 透鏡 $\alpha_L = 90^\circ$ [nm]	光學 路徑 差 (110)- 透鏡 $\alpha_L = 135^\circ$ [nm]
801	1.4	28.1	0.8	-0.8	0.0	0.0	-18.2	-18.2	-18.2	-18.2
802	-10.8	30.7	-5.3	8.0	-2.7	-1.3	-17.2	-17.2	-17.3	-17.2
803	-15.6	32.4	-6.8	12.4	-5.7	-2.7	-15.3	-15.3	-15.4	-15.3
803	-24.4	31.8	-6.5	17.8	-11.7	-5.2	-8.4	-8.8	-9.0	-8.8
802	-19.5	26.6	-5.8	12.4	-6.8	-3.2	-10.2	-10.3	-10.4	-10.3
804	6.4	20.1	3.0	-2.4	-0.6	-0.3	-12.4	-12.4	-12.4	-12.4
805	10.8	34.4	9.0	-6.0	-3.0	-1.5	-19.3	-19.3	-19.3	-19.3
806	0.2	10.0	0.1	-0.1	0.0	0.0	-6.5	-6.5	-6.5	-6.5
807	-11.1	22.0	-3.9	5.9	-2.1	-1.0	-12.2	-12.2	-12.3	-12.2
808	0.1	18.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-12.0	-12.0	-12.0	-12.0
809	-0.8	9.0	-0.1	0.2	0.0	0.0	-5.8	-5.8	-5.8	-5.8
810	1.1	12.4	0.3	-0.3	0.0	0.0	-8.0	-8.0	-8.0	-8.0
811	-16.8	9.4	-2.0	3.8	-1.9	-0.9	-4.2	-4.2	-4.2	-4.2
812	-10.4	29.8	-5.0	7.5	-2.4	-1.2	-16.9	-16.9	-16.9	-16.9
813	-8.8	34.7	-5.2	7.3	-2.1	-1.0	20.5	20.5	20.5	20.5
814	-9.4	17.5	-2.8	4.0	-1.2	-0.6	-10.2	-10.2	-10.2	-10.2
815	-27.4	28.1	-5.3	16.9	-12.2	-5.3	-5.2	-6.4	-6.1	-6.4
816	-28.7	40.2	-7.1	24.8	-18.6	-7.9	-6.2	-8.5	-7.6	-8.5
817	-30.8	39.0	-6.3	24.7	-19.6	-8.1	-3.9	-8.0	-5.7	-8.0
合計			-48.9	136.1	-90.9	-40.3	-212.9	-220.9	-218.0	-220.9



五、發明說明 (45)

表 5

透鏡	孔徑 角 θ [°]	光程 RL_L [mm]	光學 路徑差 (111)- 透鏡 $\alpha_L =$ 0°[nm]	光學 路徑差 (111)- 透鏡 $\alpha_L =$ 60°[nm]	光學 路徑差 (100)- 透鏡 $\alpha_L =$ 0°[nm]	光學 路徑差 (100)- 透鏡 $\alpha_L =$ 45°[nm]	光學 路徑差 (110)- 透鏡 $\alpha_L =$ 0°[nm]	光學 路徑差 (110)- 透鏡 $\alpha_L =$ 45°[nm]	光學 路徑差 (110)- 透鏡 $\alpha_L =$ 90°[nm]	光學 路徑差 (110)- 透鏡 $\alpha_L =$ 135°[nm]
801	-11.6	32.1	-5.8	9.0	-3.2	-1.6	-17.6	-17.6	-17.6	-17.6
802	19.5	28.3	13.3	-6.1	-7.3	-3.4	-10.9	-10.9	-10.9	-10.9
803	24.7	33.8	19.1	-6.9	-12.7	-5.7	-8.6	-9.2	-9.3	-9.2
803	17.7	34.3	14.7	-7.4	-7.5	-3.6	-14.6	-14.6	-14.8	-14.6
802	12.7	31.6	9.7	-6.0	-3.8	-1.8	-16.7	-16.7	-16.8	-16.7
804	-5.2	27.7	-2.7	3.3	-0.6	-0.3	-17.4	-17.4	-17.4	-17.4
805	-4.5	34.6	-3.0	3.5	-0.5	-0.3	-21.9	-21.9	-21.9	-21.9
806	-8.6	19.5	-2.9	4.0	-1.1	-0.6	-11.6	-11.6	-11.6	-11.6
807	-0.5	16.5	-0.2	0.2	0.0	0.0	-10.7	-10.7	-10.7	-10.7
808	-8.2	25.6	-3.7	5.0	-1.4	-0.7	-15.3	-15.3	-15.3	-15.3
809	-7.5	10.1	-1.3	1.8	-0.4	-0.2	-6.1	-6.1	-6.1	-6.1
810	-9.1	13.1	-2.0	2.9	-0.8	-0.4	-7.7	-7.7	-7.7	-7.7
811	9.0	9.9	2.1	-1.5	-0.6	-0.3	-5.8	-5.8	-5.8	-5.8
812	2.6	30.7	1.8	-1.6	-0.2	-0.1	-19.8	-19.8	-19.8	-19.8
813	0.9	34.0	0.6	-0.6	0.0	0.0	-22.1	-22.1	-22.1	-22.1
814	1.3	10.4	0.3	-0.3	0.0	0.0	-6.7	-6.7	-6.7	-6.7
815	23.5	16.3	8.9	-3.4	-5.7	-2.6	-4.7	-4.8	-4.9	-4.8
816	24.6	37.2	21.0	-7.6	-13.9	-6.2	-9.6	-10.2	-10.3	-10.2
817	29.4	29.6	18.5	-5.1	-14.1	-5.9	-4.0	-6.2	-5.2	-6.2
合計			88.3	-16.8	-73.7	-33.5	-231.9	-235.4	-235.2	-235.4



五、發明說明 (46)

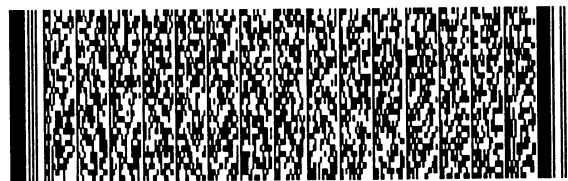
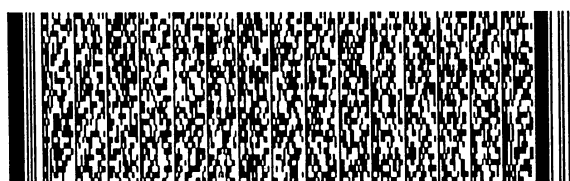
從表4及表5可以得知，透鏡L815-L817的孔徑角 θ 均大於25度。在這個實施例中也是最靠近像平面的透鏡L815-L817具有很大的孔徑角。透過透鏡L815--L817的設計可以使最大孔徑角小於等於 $\sin^{-1}\{NA/n_{FK}\} = \sin^{-1}\{0.8/1.5597\} = 30.9$ 度。透鏡L817最外圍孔徑光束的最大孔徑角為30.8度。

介於透鏡L811及透鏡L812之間的光闌直徑為193mm。透鏡L815--L817的直徑均小於162mm。從以上數據可以得知，所有具有大孔徑角的透鏡的直徑均小於光闌直徑的85%。

從表4及表5可以得知，將具有大孔徑角的透鏡設置在(100)-方向是比較有利的作法，因為這種配置方式的總雙重折射值會小於(111)-透鏡的總雙重折射值。例如透鏡L815--L817的光學路徑差比(111)-透鏡的光學路徑差低20%以上。

以下根據第八圖的實施例說明，如何經由同時配置具有相互旋轉之(100)-透鏡的透鏡組及具有相互旋轉之(111)-透鏡的透鏡組的方式使本質雙重折射大幅降低。

首先將所有氟化鈣透鏡設置在(111)方向，且(111)-透鏡沒有相互旋轉。在這種情況下，兩個相互垂直的線性極性狀態的最大光學路徑差為135nm。旋轉(111)-透鏡可以使最大光學路徑差降低至38nm左右。此種方式係將透鏡L801及L804歸為一組，將透鏡L802及L803歸為另外一組，同組中的兩個透鏡之間的旋轉角均為60度；將透鏡L808、

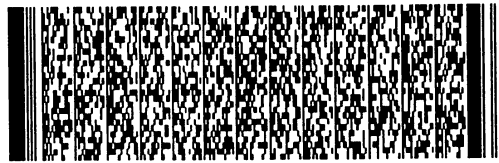
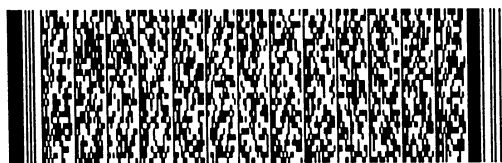


五、發明說明 (47)

L809、L810，以及透鏡L815、L816、L817歸為兩個各含3個透鏡的透鏡組，且同組中的任兩個透鏡之間的旋轉角均為40度。透鏡L811、L812、813、L814歸為一個含4個透鏡的透鏡組，且同組中的任兩個透鏡之間的旋轉角均為30度。

如果將所有氟化鈣透鏡設置在(100)方向，且(100)-透鏡沒有相互旋轉，則兩個相互垂直的線性極性狀態的最大光學路徑差為90.6nm。旋轉(100)-透鏡可以使最大光學路徑差降低至40nm左右。此種方式係將透鏡L801及L804歸為一組，將透鏡L802及L803歸為另外一組，同組中的兩個透鏡之間的旋轉角均為45度；將透鏡L808、L809、L810，以及透鏡L815、L816、L817歸為兩個各含3個透鏡的透鏡組，且同組中的任兩個透鏡之間的旋轉角均為30度。透鏡L811、L812、813、L814歸為一個含4個透鏡的透鏡組，且同組中的任兩個透鏡之間的旋轉角均為22.5度。

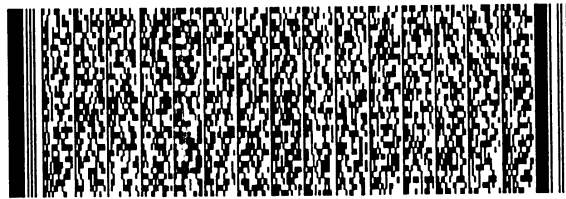
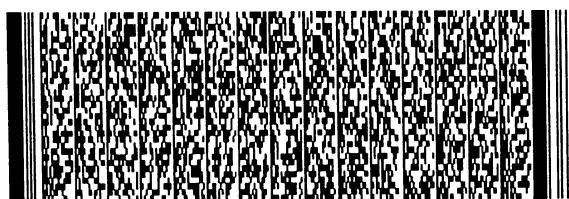
將(100)-透鏡組成的透鏡組及(111)-透鏡組成的透鏡組組合在一起，可以使兩個相互垂直的線性極性狀態的最大光學路徑差降低至只有7nm。此種方式係將透鏡L801及L804歸為一個(111)-透鏡組，且二者之間的旋轉角為60度。將透鏡L802及L803歸為一個(100)-透鏡組，且二者之間的旋轉角為45度。將透鏡L808、L809、L810歸為一個含3個透鏡的(100)-透鏡組，且其任兩個透鏡之間的旋轉角均為30度。將透鏡L815、L816、L817歸為一個含3個透鏡的(111)-透鏡組，且其任兩個透鏡之間的旋轉角均為40



五、發明說明 (48)

度。將透鏡L811、L812、813、L814歸為一個含4個透鏡的(100)-透鏡組，且同組中的任兩個透鏡之間的旋轉角均為22.5度。透鏡L805、L806、L807未被歸入任何一個透鏡組，其中透鏡L805及L807的透鏡軸方向均為<111>-晶體方向，L806的透鏡軸方向則為<100>-晶體方向。各個透鏡組均可繞光學軸相互旋轉配置。這3個自由度可以被充分利用來補償/抵消非旋轉對稱像差(例如因透鏡的固定架造成的像差)。

以下以一種已知其光學設計的物鏡來說明另外一種決定(100-、(111)-、(110)-透鏡組的方法。這個物鏡具有多個有雙重折射性的氟化鈣晶體透鏡，這些透鏡的雙重折射性均為已知。本質雙重折射造成的影響與一光束的孔徑角及方位角的相關性可以從理論加以預測。也可以經由實驗量測得知透鏡的雙重折射性。由於透鏡的雙重折射性係已知，因此一光束在物鏡內經歷的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差亦為已知。以下將這個光學路徑差當作最佳值，也就是說應以將光學路徑差降低至這個最佳值的絕對值為目標。利用相似的方式也可以對由多道光束組成的射束的光學路徑差進行最佳化處理。透鏡之間的旋轉角度及透鏡軸以主晶體方向為準的方向均為此最佳化處理可使用的自由度。依據前面說明過的基本原則得出的一種有利方式是，一方面使透鏡軸的方向與主晶體方向對齊，另一方面使透鏡之間的旋轉角與透鏡軸方向的相關性為不連續的值。



五、發明說明 (49)

透鏡軸的方向有3個自由度可供選擇，即(100)-晶體方向、即(111)-晶體方向、以及(110)-晶體方向。

將所有透鏡軸均指向相同或相等之主晶體方向的透鏡歸為同一個透鏡組，且每一個透鏡組至少含有兩個透鏡。

同一透鏡組的透鏡間的不連續旋轉角是由透鏡軸的方向決定。

依下式可計算出由n個(100)-透鏡組成的透鏡組的最佳旋轉角：

$$\gamma = (90^\circ / n) + m \times 90^\circ + / - 10^\circ$$

上式中m為一任意整數。如果這個透鏡組含有兩個(100)-透鏡，則這兩個透鏡之間的最佳旋轉角為45度，及/或135度、225……

依下式可計算出由n個(111)-透鏡組成的透鏡組的最佳旋轉角：

$$\gamma = (120^\circ / n) + m \times 120^\circ - 10^\circ$$

上式中m為一任意整數。

依下式可計算出由n個(110)-透鏡組成的透鏡組的最佳旋轉角：

$$\gamma = (180^\circ / n) + m \times 180^\circ + / - 10^\circ$$

上式中m為一任意整數。

因此透鏡間的不連續旋轉角及不連續的晶體方向均為可供使用的自由度。

從上述參數中(透鏡的旋轉角及晶體方向)找出能夠使光學路徑差之最佳值為最低者及/或低於一臨界下限值者



五、發明說明 (50)

的組合。

每一個物鏡都有一個特定的最佳解決方案，也就是使整個射束的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差最小的解決方案。

但是要找出這個最佳解決方案是非常費事的，特別是在物鏡含有許多個透鏡時更是麻煩(例如第七圖及第八圖的物鏡)。

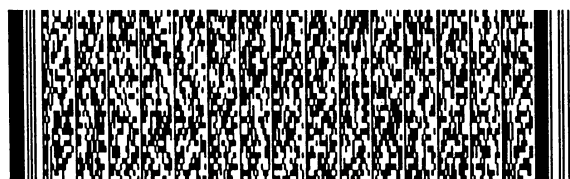
因此有必要找出實際可行的最佳化方法，這些方法並不一定要能夠提供最佳的解決方案，但卻一定要能夠提供對所使用的物鏡而言實際可行且足夠好的解決方案。在文獻中有一個久為人知的數學問題"推銷員的難題"與我們現在碰到的問題十分類似。在"推銷員的難題"中，解題者必須在一張題目給定的地圖上找出能夠經過所有指定城市的最短路線。

可以使用以下的方法進行最佳化，以下的最佳化方法的名單均來自於文獻記載：

1. Monte-Carlo 查找
2. 模擬退火("Simulated Annealing")
3. 膨脹接受("Treshold accepting")
4. 中間有加熱的模擬退火
5. 遺傳學計數法

在第一個實施例中每一個透鏡都有4個自由度(FGH)可供選擇，以補償/抵消本質雙重折射造成的干擾效應：

FGH1：(111)-透鏡，旋轉角0度



五、發明說明 (51)

FGH2 : (111)-透鏡，旋轉角60度

FGH3 : (100)-透鏡，旋轉角0度

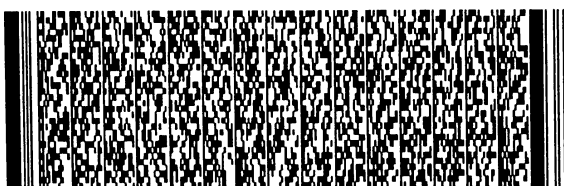
FGH4 : (100)-透鏡，旋轉角45度

以上的旋轉角都是以物平面內一個固定的基準方向為準。

利用"Monte-Carlo 查找"方法及所給定的4個自由度 (FGH1-FGH2) 找出第八圖投影物鏡(711)的透鏡軸最佳晶體方向，以及透鏡對物平面內一個固定的基準方向的旋轉角 β_L 。表6詳列出透鏡L801-L817的透鏡軸晶體方向及旋轉角 β_L 。表6還同時列出每一個透鏡的最外圍上下孔徑光束的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差。從表6中可得知最大總光學路徑差為5nm。

表6

透鏡	透鏡軸的方向	旋轉角 β_L [°]	最外圍上孔徑 光束的光學路 徑差 [nm]	最外圍下孔徑 光束的光學路 徑差 [nm]
L801	<100>	45	0.0	-3.1
L802	<111>	60	-13.0	29.7
L803	<100>	0	-15.1	-27.6
L803	<100>	0	-26.0	-19.2
L802	<111>	60	28.3	-14.2
L804	<111>	0	-7.6	9.8
L805	<100>	45	-3.1	-1.0
L806	<100>	0	0.0	-2.1
L807	<111>	60	-7.8	1.0
L808	<100>	45	0.0	-1.1
L809	<100>	0	0.0	-0.7
L810	<100>	0	-0.1	-1.5
L811	<100>	0	-3.9	-1.7
L812	<111>	0	15.4	-5.0
L813	<100>	0	-3.7	-0.2
L814	<100>	0	-2.1	-0.1
L815	<100>	45	-11.4	-6.6
L816	<111>	60	-16.8	49.6
L817	<111>	0	55.7	-12.2
合計			-5.0	-2.7



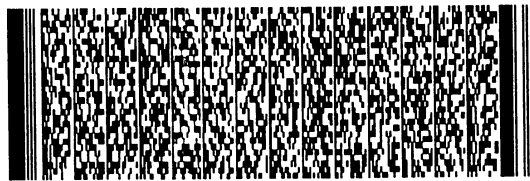
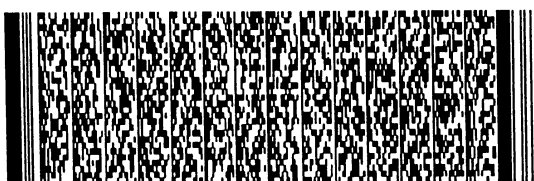
五、發明說明 (52)

如果將透鏡分成數個透鏡組，則可以得到更多的自由度。分組方式是將透鏡軸方向為同一個主晶體方向的透鏡歸為同一個透鏡組。將同一個透鏡組內的透鏡旋轉配置，使這個透鏡組造成的兩個相互垂直的線性極性狀態的光學路徑差的分佈近似於旋轉對稱。此時即可任意調整各透鏡組之間的旋轉角，這個額外增加的自由度(各透鏡組之間的旋轉角)可以進一步的校正像差(例如因透鏡的製造條件造成的額外像差)。

在表6的實施例中，兩個(100)-透鏡L801及L814構成第一個透鏡組，且這兩個透鏡係以相互旋轉45度的方式配置。

4個(111)-透鏡L802、L804、L807、L812構成第二個透鏡組。第二個透鏡組內的透鏡L802和L807，以及透鏡L804和L812分別再構成一個子透鏡鏡組。這兩個子透鏡組內的透鏡之間並未相互旋轉，或是最多相互旋轉一旋轉角 $\gamma = 1 \times 120^\circ + /-10^\circ$ (1為一整數)。這兩個子透鏡之間相互旋轉60度，因此不同子透鏡的兩個透鏡之間的旋轉角 $\gamma = 60^\circ + m \times 120^\circ + /-10^\circ$ (m為一整數)。

3個(100)-透鏡L803、L805、L815構成第三個透鏡組。第三個透鏡組內的透鏡L803，以及透鏡L805和L815分別再構成一個子透鏡鏡組。這兩個子透鏡組內的透鏡之間並未相互旋轉，或是最多相互旋轉一旋轉角 $\gamma = 1 \times 90^\circ + /-10^\circ$ (1為一整數)。這兩個子透鏡之間相互旋轉45度，因此不同子透鏡的兩個透鏡之間的旋轉角 $\gamma = 45^\circ + m \times$



五、發明說明 (53)

$90^\circ + / - 10^\circ$ (m 為一整數)。

3 個(100)-透鏡L808、L809、L811構成第四個透鏡組。第四個透鏡組內的透鏡L808，以及透鏡L809和L811分別再構成一個子透鏡鏡組。這兩個子透鏡組內的透鏡之間並未相互旋轉，或是最多相互旋轉一旋轉角 $\gamma = l \times 90^\circ + / - 10^\circ$ (l 為一整數)。這兩個子透鏡之間相互旋轉45度，因此不同子透鏡的兩個透鏡之間的旋轉角 $\gamma = 45^\circ + m \times 90^\circ + / - 10^\circ$ (m 為一整數)。

兩個(111)-透鏡L816及L817構成第五個透鏡組，且這兩個透鏡係以相互旋轉60度的方式配置。

在第二個實施例中每一個透鏡都有8個自由度(FGH)可供選擇：

FGH1：(111)-透鏡，旋轉角0度

FGH2：(111)-透鏡，旋轉角60度

FGH3：(100)-透鏡，旋轉角0度

FGH4：(100)-透鏡，旋轉角45度

FGH5：(110)-透鏡，旋轉角0度

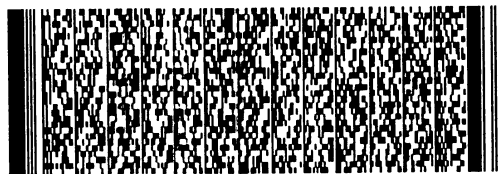
FGH6：(110)-透鏡，旋轉角90度

FGH7：(110)-透鏡，旋轉角45度

FGH8：(110)-透鏡，旋轉角135度

自由度的數量愈多，最佳化的效果就愈好，但是作業的費事程度也會呈指數關係增加。如果要再增加自由度的數量，可以將旋轉角的分級分得更精細即可達到目的。

在進行最佳化作業時也可以將應力雙重折射的量測



五、發明說明 (54)

值、透鏡或反射鏡的鏡面數據、及/或透鏡材料的不均勻性等因素考慮進去。利用這種方式可以掌握所有可以出現的干擾，並利用自由度求得能夠產生良好的成像品質的物鏡狀態。

以下逐步說明最佳化的方法：

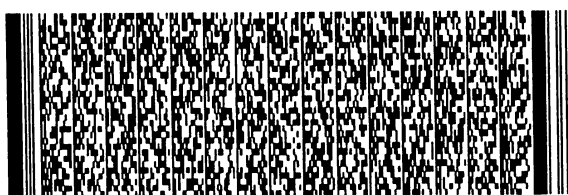
第一個步驟是計算出一個其所含之透鏡的雙重折射性為已知的物鏡的目的函數。目的函數是雙重折射造成的干擾效應的一個標準。例如，一最外圍光束的兩個相互垂直的線性極化狀態的光學路徑差即可用來作為目的函數。也可以用整個射束的光學路徑差分佈的最大值或最小值作為目的函數。將此物鏡狀態的透鏡旋轉角、晶體方向、以及目的函數等資料均分別儲存起來。

每一種目的函數都有一個下限值，只要低於這個下限值就表示該目的函數對應的雙重折射的干擾效應是在可以容忍的程度。

第二個步驟是檢驗目的函數值是否低於下限值，如果是，則最佳化作業即告結束，如果不是，則進入第三個步驟。

第三個步驟是依據所給定的自由度改變透鏡之間的旋轉角及物鏡內的晶體方向，此步驟可使用前面提及的任何一種最佳化方法(例如"Monte-Carlo 查找"方法)來進行。

第三個步驟結束後(第一個迴路結束)就又回到第一個步驟(第二個迴路開始)。如果所進行的迴路次數大於一事先設定的最大迴路次數，則最佳化作業即告結束。

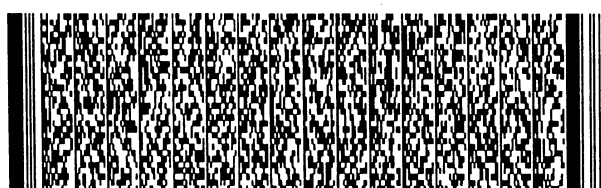


五、發明說明 (55)

有兩種情況會使最佳化作業結束，一是目的函數值低於下限值，二是所進行的迴路次數大於一事先設定的最大迴路次數。如果是因為超過最大迴路次數而結束最佳化作業，則會輸出一個詳細列出各種物鏡狀態及其對應的目的函數值的數據表。

以下利用折射物鏡(611)來說明如何經由在一個光學元件上塗上補償鍍膜(613)而達到將雙重折射造成的干擾效應大幅降低的方法。在此例中僅針對透鏡L629及L630的雙重折射效應作處理(透鏡L629及L630均為氟化鈣透鏡，因此都會產生雙重折射)。在這個實施例中，透鏡L629及L630都是(111)-方向，且相互旋轉60度。此種配置方式可以使光學路徑差 ΔOPL 形成一近似旋轉對稱的分佈。最外圍孔徑光束的最大光學路徑差 ΔOPL 介於13.6nm-14.6nm之間(視方位角 α_L 而定)。在透鏡L630面對像平面0'的鏡面塗上一層補償鍍膜(613)。在表7中可以查到關於補償鍍膜(613)的詳細資料。補償鍍膜(613)是由15個氟化鎂(MgF₂)及氟化鏷(LaF₃)的塗層所構成。表7中的n及k分別代表折射率的實數部分和虛數部分。構成補償鍍膜(613)的15個塗層每一層的厚度都很均勻，因此沒有橫向厚度變化。以蒸鍍法將各個塗層蒸鍍在透鏡L630的鏡面上時，所使用的蒸鍍角度為垂直於透鏡L630的鏡面。加上補償鍍膜後，透鏡L629及L630造成的總光學路徑差僅為1.1nm，遠低於沒有加上補償鍍膜的物鏡造成的光學路徑差。

表7



五、發明說明 (56)

塗層	厚度 [nm]	材料
	基質	CaF2
1	103.54	MgF2
2	41.54	LaF3
3	33.35	MgF2
4	30.8	LaF3
5	39.53	MgF2
6	35.34	LaF3
7	32.05	MgF2
8	27.25	LaF3
9	28.57	MgF2
10	26.48	LaF3
11	27.64	MgF2
12	26.17	LaF3
13	27.36	MgF2
14	26.11	LaF3
15	8.66	MgF2

光學常數	n	k
LaF3	1.760026	0.00118471
MgF2	1.506675	0.00305275



五、發明說明 (57)

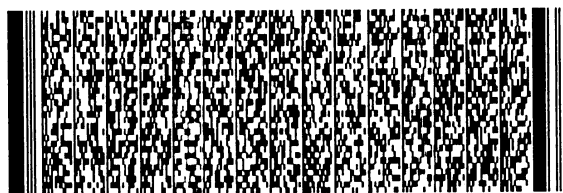
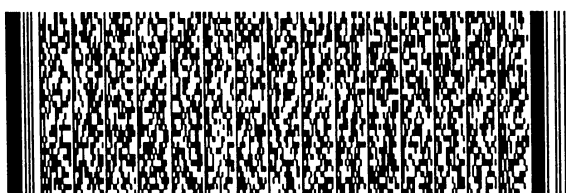
也可以利用類似的方法對整個物鏡進行處理，而不是像上面的例子僅對最後兩個透鏡進行處理。也不一定要像上面的例子一樣，只在一個光學元件上加上對雙重折射具有補償/抵消作用的補償鍍膜，而是在多個光學元件上加上補償鍍膜。

上述方法亦可用來補償/抵消整個系統的雙重折射，此雙重折射的原因可能是來自於應力雙重折射、本質雙重折射、以及系統中其他塗層產生的雙重折射。

在系統完成最終校正後，即可確定一道或多道光束在像平面內的光學路徑差 ΔOPL 的分佈。利用最佳化塗層程式計算出必需的補償塗層數，再將塗層蒸鍍在適當的光學元件表面上(例如最靠近像平面的光學元件表面)。最靠近像平面的光學元件最好是一種易於更換的光學元件。因此即使是在物鏡開始使用後才產生的雙重折射效應也可以經由這種方式被校正。

為了補償/抵消紫晶體在紫外線中產生的雙重折射，可以像前面說明過的方式一樣，將具有不同晶體軸方向的晶體元件依次排列。在一個光學系統將具有不同晶體方向的晶體元件依次排列會碰到的一個問題是，由於光束係以不同的角度穿透過透鏡，因此所能達到的補償/抵消效果可能會受到限制。對於只含有一個晶體透鏡的光學系統而言，這種補償/抵消的方式是根本不可能的。

一種可能的解決方式是，將一個透鏡分解成兩個透鏡構件，將兩個透鏡構件相互旋轉，然後再以光膠結合在一



五、發明說明 (58)

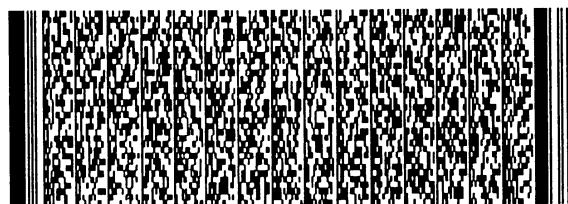
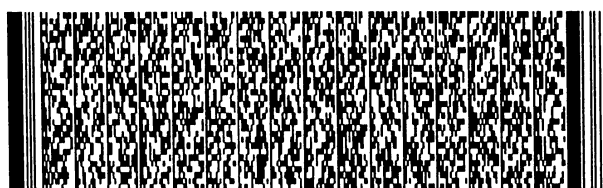
起。但是這在實務上卻很難做到，因為分解透鏡時產生的應力會使透鏡構件的變形，而兩個透鏡構件結合的橫向精確度必須精確到微米(μm)的程度。

一種值得建議的解決方式是，將彼此以光膠結合在一起、並以晶體軸的方向為準相互旋轉的單片平板製作成若干個毛胚，然後再經過銑削和拋光等步驟製成透鏡。前面關於方向的所有說明此處亦適用。除了製造光學鏡組常用的光膠接合(滑規黏合)技術外，其他所有符合密切接合及只產生極小應力等條件的接合技術也都可以用於單片平板的接合。光膠接合法特別適用於石英玻璃。重要的是，接合處不能出現會造成干擾的折射或反射。

方向的選擇適用前面說明過的規則。

在第八圖的投影物鏡中，透鏡L816係以毛胚製作而成。透鏡L816的正面為一頂點半徑為342.13mm的非球面形凹面，背面為一頂點半徑為449.26mm的球面形凹面。透鏡L816的直徑為141mm，軸向厚度為37.3mm。透鏡L816的製造材料為氟化鈣。用來製作透鏡L816的毛胚總厚度至少要有45mm，直徑至少要有150mm。可以將兩片厚度均為9.0mm、相互旋轉45度的(100)-平板，以及兩片厚度均為13.5mm、相互旋轉60度的(111)-平板以無光學接縫的方式接合在一起成為此處所需的毛胚。(100)-平板及(111)-平板應相鄰設置在一起。

另外一種可能的毛胚製作方式是以6片厚度均為3.0mm、相互旋轉45度的(100)-平板，以及6片厚度均為4.



五、發明說明 (59)

5mm、相互旋轉60度的(111)-平板以無光學接縫的方式接合在一起，且其排列方式為在每兩片(100)-平板之後接兩片(111)-平板。

另外一種可能的毛胚製作方式是以4片厚度均為9.0mm、相互旋轉45度的(110)-平板，以及兩片厚度均為4.5mm、相互旋轉45度的(100)-平板以無光學接縫的方式接合在一起，且其排列方式為兩片(100)-平板接在4片(110)-平板之後。

另外一種可能的毛胚製作方式是以8片厚度均為4.5mm、相互旋轉45度的(110)-平板，以及4片厚度均為2.25mm、相互旋轉45度的(100)-平板以無光學接縫的方式接合在一起，且其排列方式為在每4片(110)-平板之後接兩片(100)-平板。

為了能夠按照需要調整透鏡之間(或透鏡構件之間)的旋轉角，以下將說明如何在透鏡、透鏡構件、或是透鏡(或透鏡構件)的固定架上加上相應的記號。此處以透鏡軸的方向為 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向的氟化鈣透鏡的製造方法為例來說明。這種製造氟化鈣透鏡的方法也可以用來製造以其他具有立方體結構的晶體材料(例如氟化鋇、氟化鋁)為材料的透鏡。另外，透鏡軸的方向也可以是 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向。這種製造透鏡的方法可以用於平面平行透鏡、曲面透鏡、以及透鏡構件的製造。

第一個步驟是確定一光學毛胚(在此處為一氟化鈣圓片)的 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向的方向。利用高精密度的結晶學方

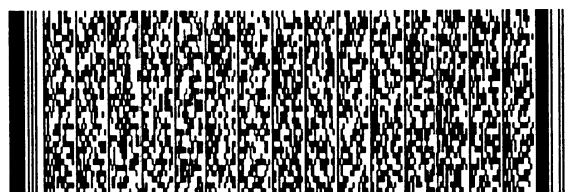


五、發明說明 (60)

法，如找出晶體裂開面或是形成腐蝕小坑，即可達到此目的。另外一種更好的方向確定方法是X射線繞射法。利用單色X射線再配合測角計即可利用X射線繞射法確定方向。查閱記載於相關文獻的表格數據可以確定出現在 $\{111\}$ -晶體平面上的布拉格反射(Bragg-Reflex)。從上句的表格可以查出在不同的反射變址下的入射角。量測時應使氟化鈣圓片繞一垂直於氟化鈣圓片的軸旋轉。這樣就可以得出在不同的旋轉角下， $\langle 111 \rangle$ -晶體方向與氟化鈣圓片的平面垂線之間的偏差量。一種有利的方式是，至少在兩個不同的旋轉位置量測 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向與氟化鈣圓片的平面垂線之間的偏差量。此實施例係在旋轉位置為0度及90度時進行量測。為了要提高量測的精確度，可以另外在180度及270度的旋轉位置進行量測。

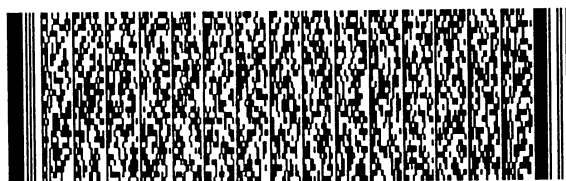
第二個步驟是對氟化鈣圓片進行加工，使氟化鈣圓片的平面垂線與 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向平行。前面量測得的偏差量可作為加工目標的基本依據，也就是說以依據這個偏差量來決定對氟化鈣圓片加工的方式(鋸開或研磨)和程度。經過這個加工步驟後，氟化鈣圓片的平面垂線與 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向之間的偏差量須小於5度。

第三個步驟是要在氟化鈣圓片上確定一個基準方向。如果氟化鈣圓片的平面垂線與 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向平行，一個有利的方式是，找出 $\langle 110 \rangle$ -、 $\langle 011 \rangle$ -、 $\langle 101 \rangle$ -等3個晶體方向及/或 $\langle 100 \rangle$ -、 $\langle 010 \rangle$ -、 $\langle 001 \rangle$ -等3個晶體方向中的一個繞 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向呈三重對稱性的晶體方向。這將是一



五、發明說明 (61)

件非常有趣的事，因為光束以 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向或與此方向等效的晶體方向經過一個氟化鈣透鏡，則這個光束會經歷因為本質雙重折射對兩個相互垂直的線性極性狀態造成的最大光學路徑差。如果這個光束的方向是 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或與此方向等效的晶體方向經過一個氟化鈣透鏡，則不會經歷任何光學路徑差。 $\langle 110 \rangle$ -、 $\langle 011 \rangle$ -、 $\langle 101 \rangle$ -等3個晶體方向與 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向之間的角度為35度， $\langle 100 \rangle$ -、 $\langle 010 \rangle$ -、 $\langle 001 \rangle$ -等3個晶體方向與 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向之間的角度為55度。由於物理上的原因， (110) -晶體平面及 (100) -晶體平面的X射線反射都是量測不到的。因此必須借助來自與 (110) -晶體平面及/或 (100) -晶體平面有特定關係的其他晶體平面的布拉格反射(Bragg-Reflex)，例如可利用 (331) -布拉格反射(Bragg-Reflex)。 $\langle 331 \rangle$ 、 $\langle 133 \rangle$ 、 $\langle 313 \rangle$ 等3個晶體方向與 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向之間的角度為22度。單色銅K α -射線(8048 eV)在氟化鈣上出現的 (331) -布拉格反射(Bragg-Reflex)小於38度。由此產生一相對於由氟化鈣圓片表面所定義的基準面為16度的入射角及60度的檢測角。若將氟化鈣圓片繞平面垂線360度，可以在3個旋轉角位置測得布拉格反射(Bragg-Reflex)。這個事實指出，3個 (331) -晶體平面中的一個方向向量係位於布拉格量測的入射面內。這3個 (331) -晶體平面在氟化鈣圓片表面上的投影均平行於 $\langle 110 \rangle$ -、 $\langle 011 \rangle$ -、 $\langle 101 \rangle$ -等3個晶體方向在氟化鈣圓片表面上的投影。因此只要能確定 $\langle 331 \rangle$ -、 $\langle 133 \rangle$ -、 $\langle 313 \rangle$ -等3個晶體方向的投影方向，

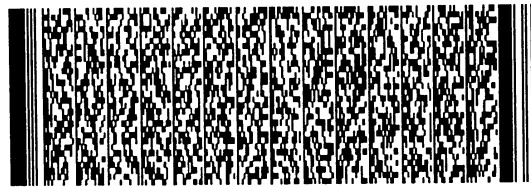
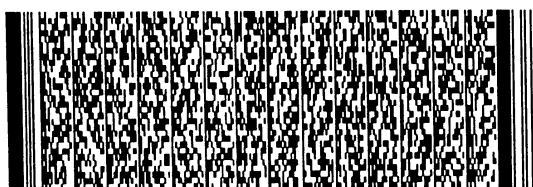


五、發明說明 (62)

就等於確定了 $\langle 110 \rangle$ -、 $\langle 011 \rangle$ -、 $\langle 101 \rangle$ -等3個晶體方向的投影方向。在進行上述步驟時，必須追蹤及校正因(光)源及檢測器造成的平面垂線與 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向之間的角度偏差。

另一種方法是利用勞埃圖(Laue-Bild)來確定晶體方向。和前面說明的以單色X射線量測布拉格反射(Bragg-Reflex)的方法不一樣的是，以勞埃圖(Laue-Bild)進行的勞埃法所用的是"白色"的寬帶X光。利用白色X光照射可以從不同的平面組獲得布拉格反射(Bragg-Reflex)，因此而形成一個能夠反應材料特性的勞埃圖(Laue-Bild)。如果 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向與入射方向平行，就會成一個具有三重對稱性的勞埃圖(Laue-Bild)。如果 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向與平面垂線之間有若干度的角度偏差，就會成一個輕微變形/失真的勞埃圖(Laue-Bild)。只要正確的分析勞埃圖(Laue-Bild)(例如以適當的軟體來分析)，就可確定 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向與平面垂線之間的角度偏差。除此之外，分析勞埃圖(Laue-Bild)還可以確定 $\langle 110 \rangle$ -、 $\langle 011 \rangle$ -、 $\langle 101 \rangle$ -等3個晶體方向及/或 $\langle 100 \rangle$ -、 $\langle 010 \rangle$ -、 $\langle 001 \rangle$ -等3個晶體方向，進而確定氟化鈣圓片的方向。

第四個步驟是在氟化鈣圓片上至少做一個記號，以表示 $\langle 110 \rangle$ -、 $\langle 011 \rangle$ -、 $\langle 101 \rangle$ -等3個投影晶體方向及/或 $\langle 100 \rangle$ -、 $\langle 010 \rangle$ -、 $\langle 001 \rangle$ -等3個投影晶體方向中的一個投影方向。有多種做記號的方法，例如刻劃、腐蝕、標示等



五、發明說明 (63)

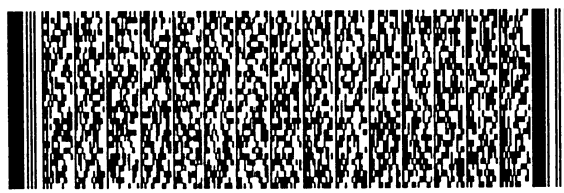
都是可行的方法。做記號的位置是在氟化鈣圓片的圓柱體邊緣。也可以將記號做在氟化鈣圓片的固定架上。

第五個步驟是對氟化鈣圓片製的透鏡進行加工，使其透鏡軸與 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向平行，而且這個加工過程不能損及上一個步驟所做出的記號。要達到這個要求並不困難，因為許多加工方法（例如研磨及拋光）都只觸及透鏡的頂面和底面，不會觸及透鏡的圓柱體邊緣。如果氟化鈣圓片的圓柱體邊緣也要被加工（例如旋轉），則需以很高的精確度將記號先移到氟化鈣圓片的固定，待加工完成後再移回圓柱體邊緣。

在另一個實施例中，氟化鈣圓片製的透鏡的透鏡軸的方向本來就已經與 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向相同，而且記號是在透鏡製作完成後加上去的。

第一個步驟是以氟化鈣圓片製作透鏡，且此透鏡的透鏡軸方向與 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向相同。

第二個步驟是確定基準方向。這個步驟的進行方法與上一個實施例在氟化鈣圓片上確定基準方向的方法相同。但是要注意的是，X射線在透鏡鏡面上的聚焦點的高度必須調整的十分精確。因此透鏡的支承面的高度必須是可以調整的。量測透鏡的彎曲鏡面上的多個不同點，就可以透鏡的彎曲輪廓上進行掃描。另外要注意的是，彎曲的鏡面可能會對入射光束或出射光束造成遮蔽的作用，但只要選擇適當的布拉格反射(Bragg-Reflex)及因此而形成的量輪廓，即可避免遮蔽作用的出現。



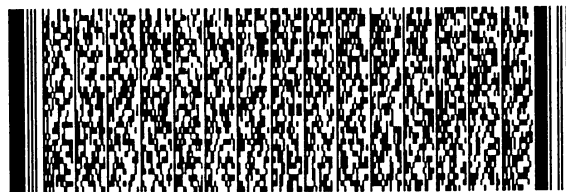
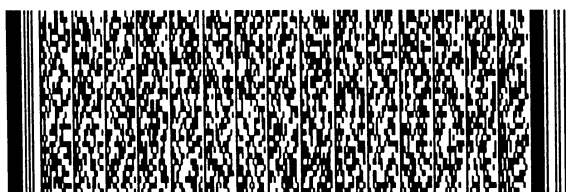
五、發明說明 (64)

對平面平行的平板而言，以測角計可以利用前面說明的方法對平板表面上的任何一點進行量測。

在對光學毛胚和透鏡進行加工時需注意，以X射線照射氟化鈣可能會產生染料中心。以Cu-K α 射線照射氟化鈣的入射深度約為30 μm 。為了避免染料中心的出現，最好是只對在接下來的步驟中會有材料損耗的氟化鈣毛胚或透鏡進行X射線分析。以Cu-K α 射線照射意味材料損耗約為30 μm 。

現依據第九圖說明微影蝕刻-投影裝置的基本構造。投影曝光裝置(81)具有一照明裝置(83)及一投影物鏡(85)。投影物鏡(85)具有一帶有孔徑光闌AP的透鏡裝置(819)。透鏡配置(819)具有一光學軸(87)。第七圖及第八圖的透鏡配置方式均為透鏡配置(819)的可能實施方式。在照明裝置(83)及投影物鏡(85)之間設有一由掩膜固定架(811)固定在光程(射線路徑)上的掩膜(89)。這種用於微影蝕刻的掩膜(89)具有一微米(μm)-納米(nm)結構，此微米(μm)-納米(nm)結構會被投影物鏡(85)縮小4倍或5倍成像在像平面(813)上。像平面(813)內有一由基質固定器(817)定位的感光基質(815，通常為晶圓)。

能夠被解析的最小結構係由照明光束的波長 λ 及投影物鏡(85)的像側數值孔徑決定，因此投影曝光裝置(81)能夠達到的最大解析度會隨著照明裝置(83)的照明光束波長 λ 的變小和投影物鏡(85)的像側數值孔徑的變大而變大。利用第七圖及第八圖的透鏡配置方式都可以達到小於

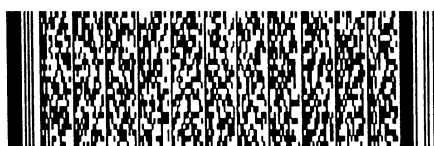


五、發明說明 (65)

150nm 的解析度，因此必須消除/縮小本質雙折射效應。利用本發明的方法可以大幅降低本質雙折射對具有較大像側數值孔徑的投影物鏡造成的干擾效應。

表 1

透鏡	半徑	厚度	玻璃	折射率 (波長 157.629nm)	1/2 自由 直徑
0	0.000000000 0.000000000	27.171475840 0.602670797	N2 N2	1.00031429 1.00031429	46.200 52.673
L601	900.198243311AS -235.121108435	15.151284556 9.531971079	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	53.454 54.049
L602	-167.185917779 -132.673519510	8.294716452 14.020355779	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	54.178 54.901
L603	-333.194588652 -155.450516203	9.893809820 15.930502944	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	53.988 54.132
L604	-73.572316296 -68.248613899AS	7.641977580 2.881720302	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	53.748 55.167
L605	-86.993585564AS -238.150965327	5.094651720 5.379130780	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	52.580 53.729
L606	-163.613920870 153.417884485	5.094651720 34.150169591	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	53.730 56.762
L607	-92.061009990 8491.086261873AS	5.094651720 19.673523795	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	58.081 74.689
L608	-407.131300451 -140.620317156	30.380807138 0.761662684	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	87.291 91.858
L609	-4831.804853654AS -192.197373609	50.269660218 1.688916911	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	117.436 121.408
L610	-367.718684892 -233.628547894	21.227715500 2.224071019	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	127.704 129.305
L611	709.585855080 1238.859445357	28.736922725 9.120684720	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	137.016 137.428
L612	1205.457051945 -285.321880705	49.281218258 1.625271224	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	138.288 138.379
L613	137.549591710 -4380.301012978AS	56.718543740 0.623523902	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	108.652 106.138
L614	2663.880214408 149.184979730	6.792868960 15.779049257	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	103.602 84.589
L615	281.093108064 184.030288413	6.792868960 32.341552355	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	83.373 77.968
L616	-222.157416308 101.254238115AS	5.094651720 56.792834221	CaF2 N2	1.55929035 1.00031429	77.463 71.826



五、發明說明 (66)

L617	-106.980638018	5.094651720	CaF2	1.55929035	72.237
	1612.305471130	20.581065398	N2	1.00031429	89.760
L618	-415.596135628	26.398111993	CaF2	1.55929035	96.803
	-204.680044631	0.713343960	N2	1.00031429	103.409
L619	-646.696622394	25.867340760	CaF2	1.55929035	116.636
	-231.917626896	0.766268682	N2	1.00031429	118.569
L620	-790.657607677	23.400482872	CaF2	1.55929035	128.806
	-294.872053725	0.721402031	N2	1.00031429	130.074
L621	782.625567756	40.932308205	CaF2	1.55929035	141.705
	-431.247283013	12.736629300	N2	1.00031429	142.089
	0.000000000	-8.491086200	N2	1.00031429	134.586
L622	295.022653593AS	20.185109438	CaF2	1.55929035	139.341
	449.912291916	0.619840486	N2	1.00031429	137.916
L623	358.934076212	48.662890509	CaF2	1.55929035	136.936
	-622.662989878	30.955714157	N2	1.00031429	135.288
L624	-224.404889753	12.736629300	CaF2	1.55929035	134.760
	-251.154571510AS	16.079850229	N2	1.00031429	134.853
L625	-193.582989843AS	16.510083506	CaF2	1.55929035	134.101
	-198.077570749	0.880353872	N2	1.00031429	136.109
L626	206.241795157	19.927993542	CaF2	1.55929035	101.240
	338.140581666	0.925956949	N2	1.00031429	97.594
L627	111.017549581	24.580089962	CaF2	1.55929035	85.023
	169.576109839	0.777849447	N2	1.00031429	81.164
L628	117.982165264	31.161065630	CaF2	1.55929035	75.464
	921.219058213AS	6.934980174	N2	1.00031429	69.501
L629	0.000000000	22.260797322	CaF2	1.55929035	63.637
	0.000000000	4.245543100	N2	1.00031429	48.606
L630	0.000000000	21.227715500	CaF2	1.55929035	41.032
	0.000000000	8.491086200	N2	1.00031429	26.698
	0.000000000	0.000000000		1.00000000	11.550



五、發明說明 (67)

以上之波長及折射率均為真空狀態下的波長及折射率。

續〈表1〉

非球面常數

透鏡L601的非球面常數

K0.0000

C11.28594437e-007

C28.50731836e-013

C31.16375620e-016

C42.28674275e-019

C5 -1.23202729e-022

C63.32056239e-026

C7 -4.28323389e-030

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000

透鏡L604的非球面常數

K -1.3312

C1 -4.03355456e-007

C22.25776586e-011

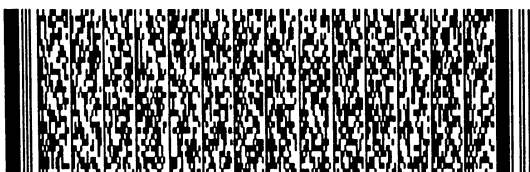
C3 -2.19259878e-014

C44.32573397e-018

C5 -7.92477159e-022

C67.57618874e-026

C7 -7149627979e-030



五、發明說明 (68)

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000

透鏡L605的非球面常數

K -1.1417

C11.33637337e-007

C21.56787758e-011

C3 -1643624848e-014

C43.59793786e-018

C5 -5.11312568e-022

C61.70636633e-026

C71.82384731e-030

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000

續<表1>

透鏡L607的非球面常數

K0.0000

C11.34745120e-007

C2 -2.19807543e-011

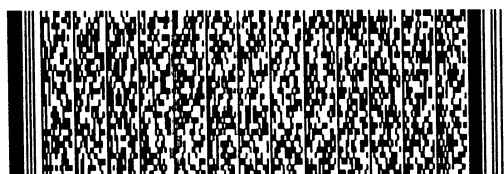
C31.20275881e-015

C44.39597377e-020

C5 -2371328199e-023

C62.87510939e-027

C7 -1.42065162e-031



五、發明說明 (69)

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000

透鏡L609的非球面常數

K0.0000

C16.85760526e-009

C2 -4.84524868e-013

C3 -6.28751350e-018

C4 -3.72607209e-022

C53.25276841e-026

C6 -4.05509974e-033

C7 -3.98843079e-035

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000

透鏡L613的非球面常數

K0.0000

C12.24737416e-008

C2 -4.45043770e-013

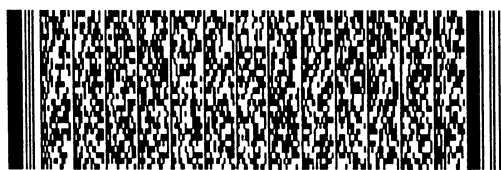
C3 -4.10272049e-017

C44.31632628e-021

C5 -3.27538237e-025

C61.44053025e-029

C7 -2.76858490e-034



五、發明說明 (70)

C80.000000000e-000

C90.000000000e-000

續<表1>

透鏡L616的非球面常數

K0.0000

C1 -2.83553693e-008

C2 -1.12122261e-011

C3 -2.05192812e-016

C4 -1.55525080e-020

C5 -4.77093112e-024

C68.39331135e-028

C7 -8.97313681e-032

C80.000000000e-000

C90.000000000e-000

透鏡L622的非球面常數

K0.0421

C17.07310826e-010

C2 -2.00157185e-014

C3 -9.33825109e-020

C41.27125854e-024

C51.94008709e-027

C6 -6.11989858e-032

C72.92367322e-036



五、發明說明 (71)

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000

透鏡L624的非球面常數

K0.0000

C13.02835805e-010

C2 -2.40484062e-014

C3 -3.22339189e-019

C41.64516979e-022

C5 -8.51268614e-027

C62.09276792e-031

C7 -4.74605669e-036

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000

續<表1>

透鏡L625的非球面常數

K0.0000

C1 -3.99248993e-010

C25.79276562e-014

C63.535241478-018

C4 -4.57872308e-023

C5 -6.29695208e-027

C61.57844931e-031

C7 -2.19266130e-036



五、發明說明 (72)

 $C80.00000000e-000$ $C90.00000000e-000$

透鏡L628的非球面常數

 $K0.0000$ $C14.40737732e-008$ $C21.52385268e-012$ $C3-5.44510329e-016$ $C46.32549789e-020$ $C5-4.58358203e-024$ $C61.92230388e-028$ $C7-3.11311258e-033$ $C80.00000000e-000$ $C90.00000000e-000$

表3



五、發明說明 (73)

透鏡	半徑	厚度	玻璃	折射率 (波長 157.13nm)	1/2 自由 直徑
0	0.000000000	34.000000000		1.000000000	82.150
	0.000000000	0.100000000		1.000000000	87.654
L801	276.724757380	40.000000000	CaF2	1.55970990	90.112
	1413.944109416AS	95.000000000		1.000000000	89.442
SP1	0.000000000	11.000000000		1.000000000	90.034
	0.000000000	433.237005445		1.000000000	90.104
L802	-195.924336384	17.295305525	CaF2	1.55970990	92.746
	-467.658808527	40.841112468		1.000000000	98.732
L803	-241.385736441	15.977235467	CaF2	1.55970990	105.512
	-857.211727400AS	21.649331094		1.000000000	118.786
SP2	0.000000000	0.000000000		1.000000000	139.325
	253.074839896	21.649331094		1.000000000	119.350
L803'	857.211727400AS	15.977235467	CaF2	1.55970990	118.986
	241.385736441	40.841112468		1.000000000	108.546
L802'	467.658808527	17.295305525	CaF2	1.55970990	102.615
	195.924336384	419.981357165		1.000000000	95.689
SP3	0.000000000	6.255658280		1.000000000	76.370
	0.000000000	42.609155219		1.000000000	76.064
Z1	0.000000000	67.449547115		1.000000000	73.981
L804	432.544479547	37.784311058	CaF2	1.55970990	90.274
	-522.188532471	113.756133662		1.000000000	92.507
L805	-263.167605725	33.768525968	CaF2	1.55970990	100.053
	-291.940616829AS	14.536591424		1.000000000	106.516
L806	589.462961222AS	20.449887046	CaF2	1.55970990	110.482
	-5539.698828792	443.944079795		1.000000000	110.523



五、發明說明 (74)

L807	221.780582003 153.071443064	9.000000000 22.790060084	CaF2	1.55970990 1.00000000	108.311 104.062
L808	309.44697518 -2660.227900099	38.542735318 0.100022286	CaF2	1.55970990 1.00000000	104.062 104.098
L809	23655.354584194 -1473.189213176	12.899131182 9.318886362	CaF2	1.55970990 1.00000000	104.054 103.931
L810	-652.136459374 -446.489459129	16.359499814 0.100000000	CaF2	1.55970990 1.00000000	103.644 103.877
L811	174.593507050 392.239615259AS 0.000000000	25.900313780 14.064505431 2.045119392	CaF2	1.55970990 1.00000000 1.00000000	99.267 96.610 96.552
L812	7497.306838492 318.210831711	16.759051656 8.891640764	CaF2	1.55970990 1.00000000	96.383 94.998
L813	428.724465129 3290.097860119AS	41.295806263 7.377912006	CaF2	1.55970990 1.00000000	95.548 95.040
L814	721.012739719 -272.650872353	33.927118706 6.871397517	CaF2	1.55970990 1.00000000	95.443 95.207
L815	131.257556743 632.112566477AS	38.826450065 4.409527396	CaF2	1.55970990 1.00000000	81.345 74.847
L816	342.127616157AS 449.261078744	37.346293509 4.859754445	CaF2	1.55970990 1.00000000	70.394 54.895
L817	144.034814702 -751.263321098AS	34.792179308 11.999872684	CaF2	1.55970990 1.00000000	48.040 33.475
0'	0.000000000	0.000127776		1.00000000	16.430



五、發明說明 (75)

續〈表3〉

非球面常數

透鏡L801的非球面常數

K0.0000

C14.90231706e-009

C23.08634889e-014

C3 -9.53005325e-019

C4 -6.06316417e-024

C56.11462814e-028

C6 -8.64346302e-032

C70.00000000e-000

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000

透鏡L803的非球面常數

K0.0000

C1 -5.33460884e-009

C29.73867225e-014

C3 -3.28422058e-018

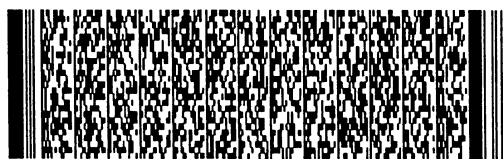
C41.50550421e-022

C50.00000000e-000

C60.00000000e-000

C70.00000000e-000

C80.00000000e-000



五、發明說明 (76)

C90.00000000e-000

透鏡L803' 的非球面常數

K0.0000

C1 5.33460884e-009

C2 -9.73867225e-014

C3 3.28422058e-018

C4 -1.50550421e-022

C50.00000000e-000

C60.00000000e-000

C70.00000000e-000

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000

續<表3>

透鏡L805 的非球面常數

K0.0000

C1 2.42569449e-009

C2 3.96137865e-014

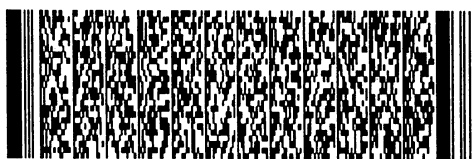
C3 -2.47855149e-018

C4 7.95092779e-023

C50.00000000e-000

C60.00000000e-000

C70.00000000e-000



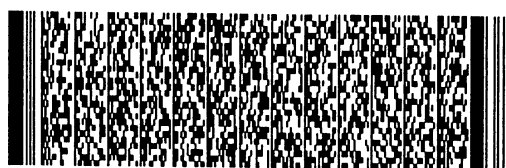
五、發明說明 (77)

 $C80.00000000e-000$ $C90.00000000e-000$

透鏡L806的非球面常數

 $K0.0000$ $C1-6.74111232e-009$ $C2-2.57289693e-014$ $C3-2.81309020e-018$ $C46.70057831e-023$ $C55.06272344e-028$ $C6-4.81282974e-032$ $C70.00000000e-000$ $C80.00000000e-000$ $C90.00000000e-000$

透鏡L811的非球面常數

 $K0.0000$ $C12.28889624e-008$ $C2-1.88390559e-014$ $C32.86010656e-017$ $C4-3.18575336e-021$ $C51.45886017e-025$ $C6-1.08492931e-029$ $C70.00000000e-000$ 

五、發明說明 (78)

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000

續<表3>

透鏡L813的非球面常數

K0.0000

C13.40212872e-008

C2 -1.08008877e-012

C34.33814531e-017

C4 -7.40125614e-021

C55.66856812e-025

C60.00000000e-000

C70.00000000e-000

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000

透鏡L815的非球面常數

K0.0000

C1 -3.15395039e-008

C24.30010133e-012

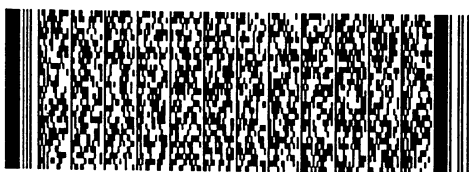
C33.11663337e-016

C4 -3.64089769e-020

C51.06073268e-024

C60.00000000e-000

C70.00000000e-000



五、發明說明 (79)

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000

透鏡L816的非球面常數

K0.0000

C1 -2.16574623e-008

C2 -6.67182801e-013

C34.46519932e-016

C4 -3.71571535e-020

C50.00000000e-000

C60.00000000e-000

C70.00000000e-000

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000

續<表3>

透鏡L817的非球面常數

K0.0000

C12.15121397e-008

C2 -1.65301726e-011

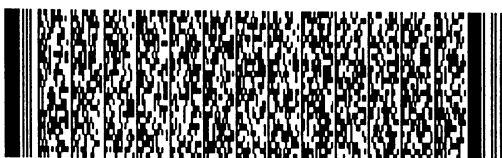
C3 -5.03883747e-015

C41.03441815e-017

C5 -6.29122773e-021

C61.44097714e-024

C70.00000000e-000



五、發明說明 (80)

C80.00000000e-000

C90.00000000e-000



圖式簡單說明

第一圖：一個穿過垂直於 $\{100\}$ -晶體平面之氟化物晶體塊及一投影物鏡的一個透鏡的斷面示意圖。

第二圖A-第二圖C：以三度空間示意圖的方式分別顯示一平面平行的 (100) -、 (111) -、及 (110) -透鏡。

第三圖：一個用來定義孔徑角及方位角用的座標系統。

第四圖A-第四圖F：以不同的表現方式顯示 (100) -透鏡的雙重折射分佈，以及兩個相互旋轉45度的 (100) -透鏡的雙重折射分佈。

第五圖A-第五圖F：以不同的表現方式顯示 (111) -透鏡的雙重折射分佈，以及兩個相互旋轉60度的 (111) -透鏡的雙重折射分佈。

第六圖A-圖式G：以不同的表現方式顯示 (110) -透鏡的雙重折射分佈，以及兩個相互旋轉90度的 (100) -透鏡的雙重折射分佈，及/或4個相互旋轉45度的 (110) -透鏡。

第七圖：顯示一折射投影物鏡的透鏡斷面。

第八圖：顯示一卡塔屈光投影物鏡的透鏡斷面。

第九圖：一微影蝕刻之投影曝光裝置的示意圖。

元件符號說明

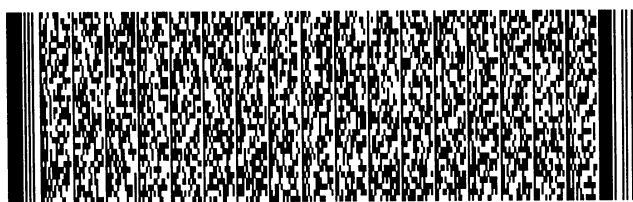
1、L601~L630：透鏡

3：穿過氟化物晶體塊

5：晶體平面

207：波瓣

609、713、715：最外圍孔徑光束



圖式簡單說明

611：折射投影物鏡透鏡

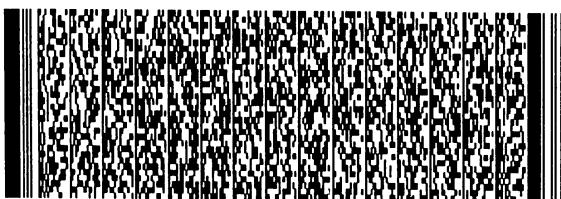
L6291、L6292、L6293、L6294、L6295、L6296、L6297、
L6298、L6299、L6301、L6302、L6303、L6304、L6305、
L6306、L6307、L6308：透鏡構件



四、中文發明摘要 (發明之名稱：具氟化物晶體透鏡之物鏡)

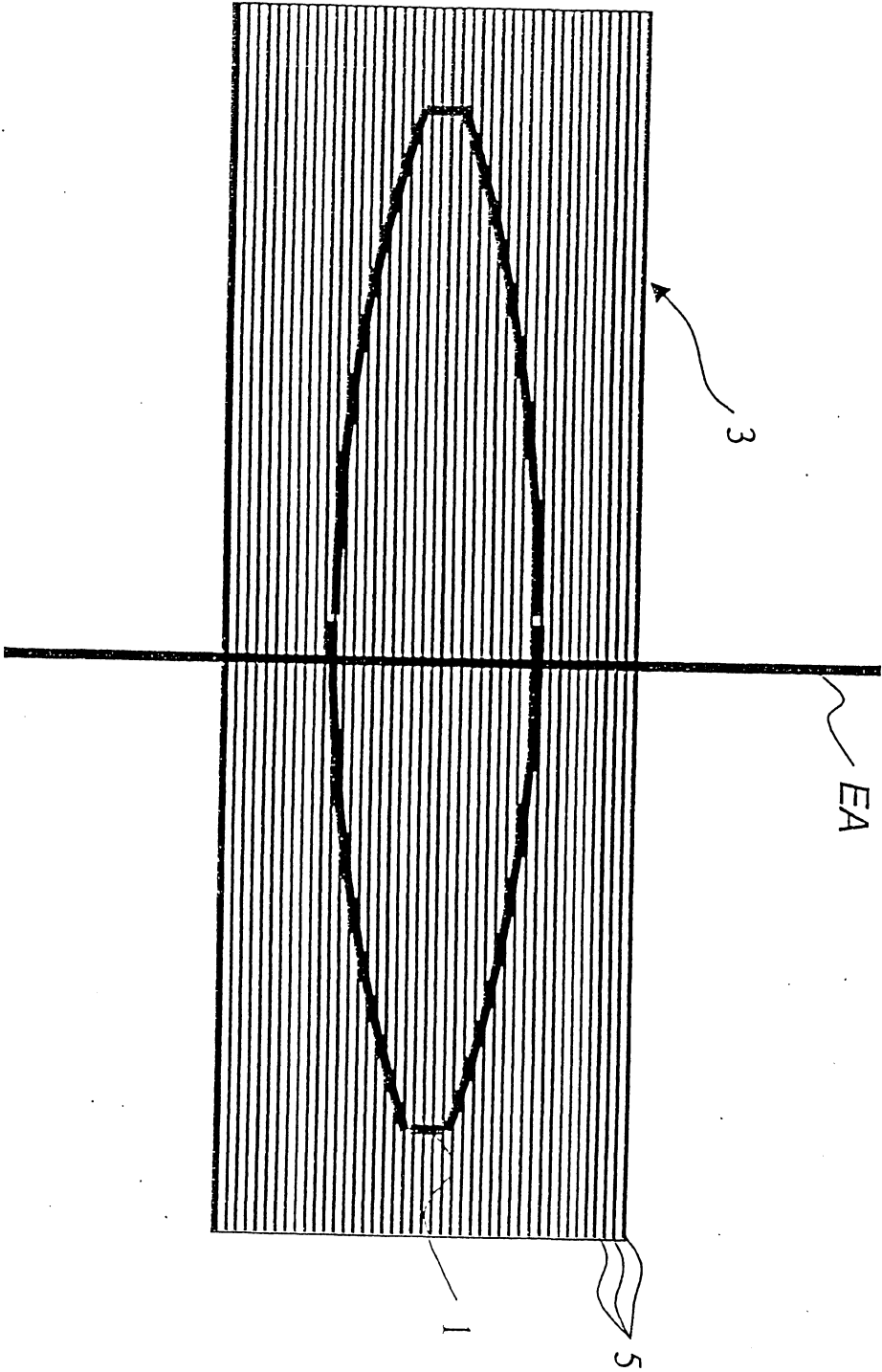
物鏡，特別是微影蝕刻-投影曝光裝置用的投影物鏡，至少具有一個氟化物晶體透鏡。若此透鏡為一(100)-透鏡，且其透鏡軸近似垂直於氟化物晶體的{100}-晶體平面或其等效晶體平面，即可達到降低雙重折射造成的干擾效應的目的。對至少具有兩個氟化物晶體透鏡的物鏡而言，將這些氟化物晶體相互旋轉設置是一種有利的方式。除了指向(100)-晶體方向外，這些氟化物晶體的透鏡軸也可以指向(111)-晶體方向或(110)-晶體方向。同時裝置相互旋轉的(100)-透鏡組及相互旋轉的(111)-透鏡組(或相互旋轉的(110)-透鏡組)可以進一步降低雙重折射造成的干擾效應。將補償鍍膜加在光學元件上也可以進一步降低雙重折射造成的干擾效應。

英文發明摘要 (發明之名稱：)

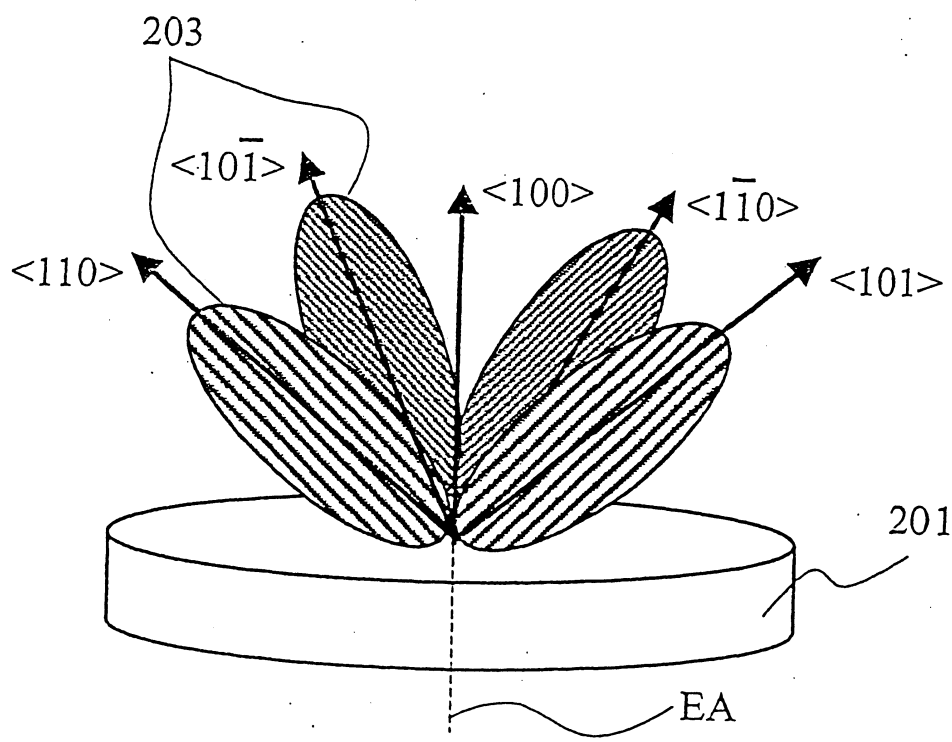


圖式

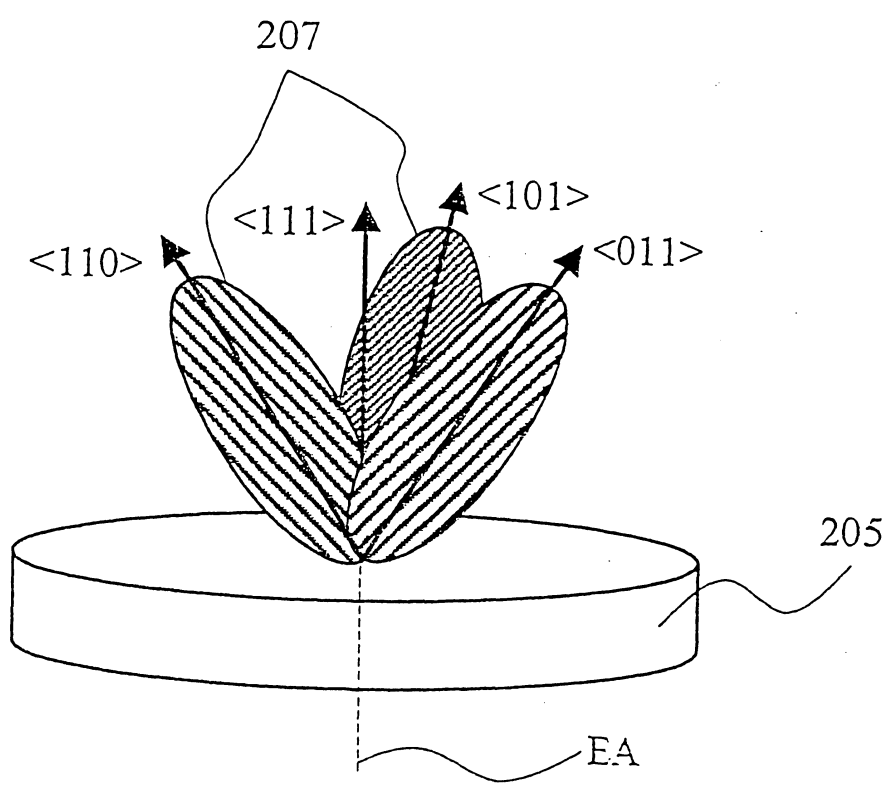
第一圖



圖式

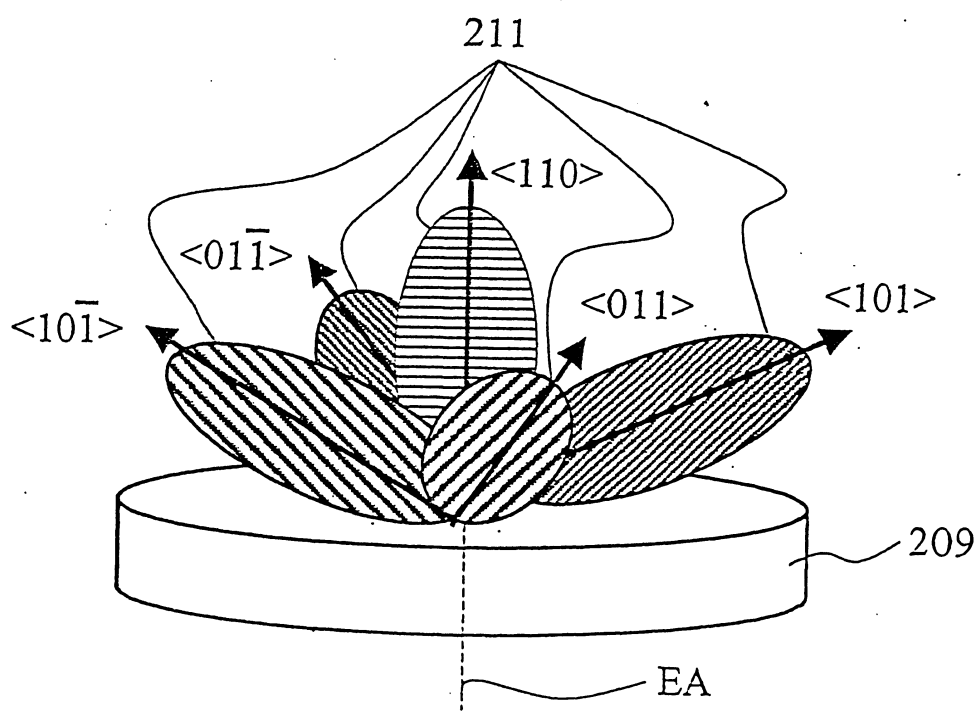


第二圖A

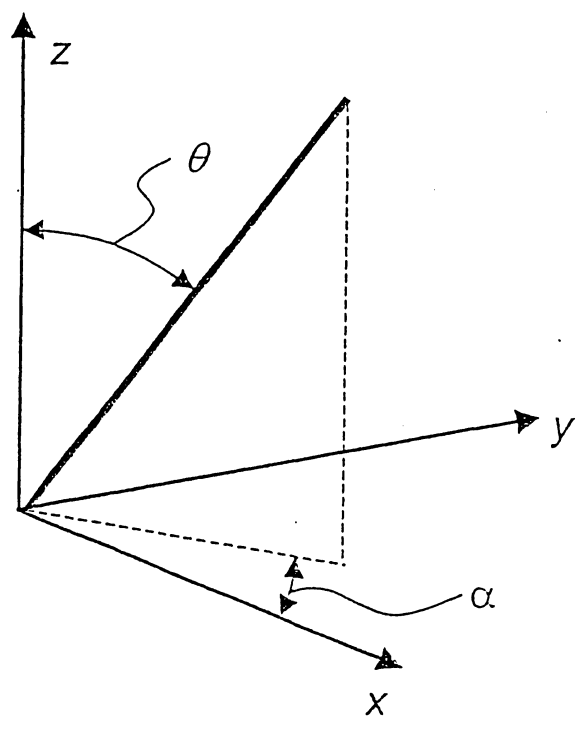


第二圖B

圖式

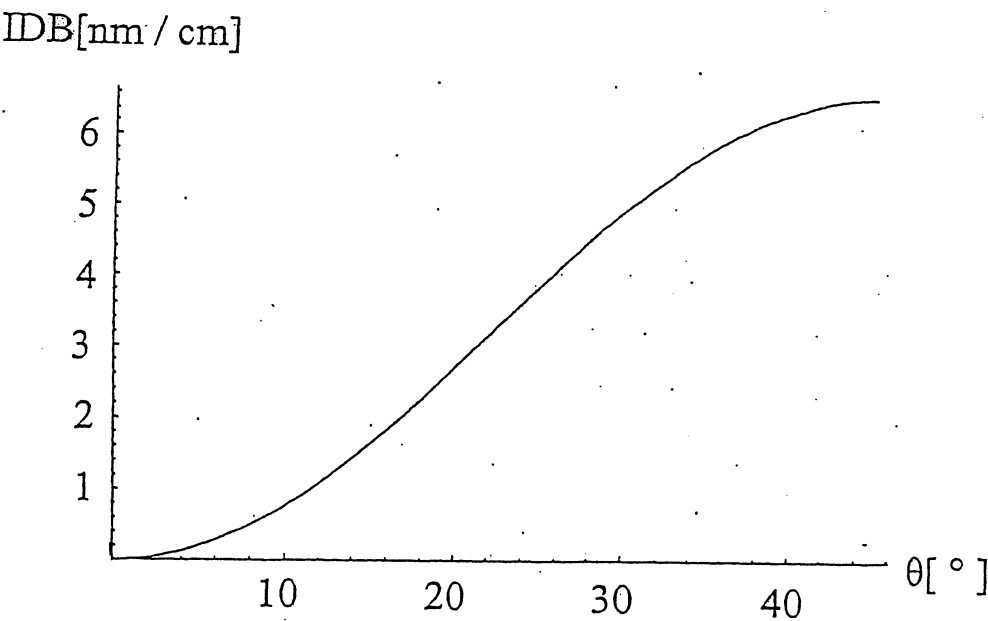


第二圖C

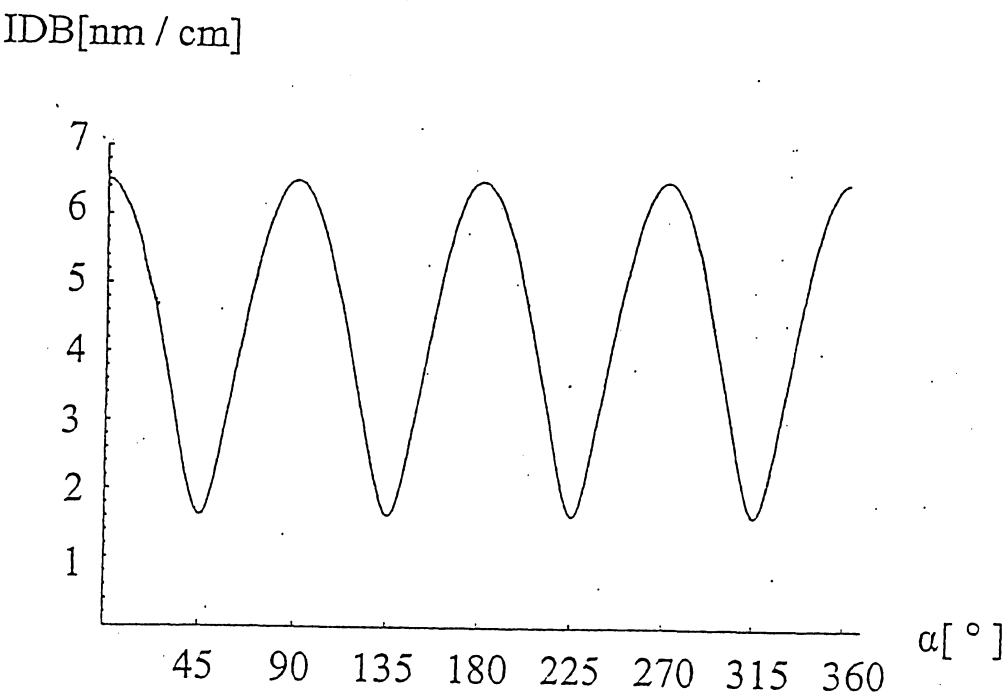


第三圖

圖式

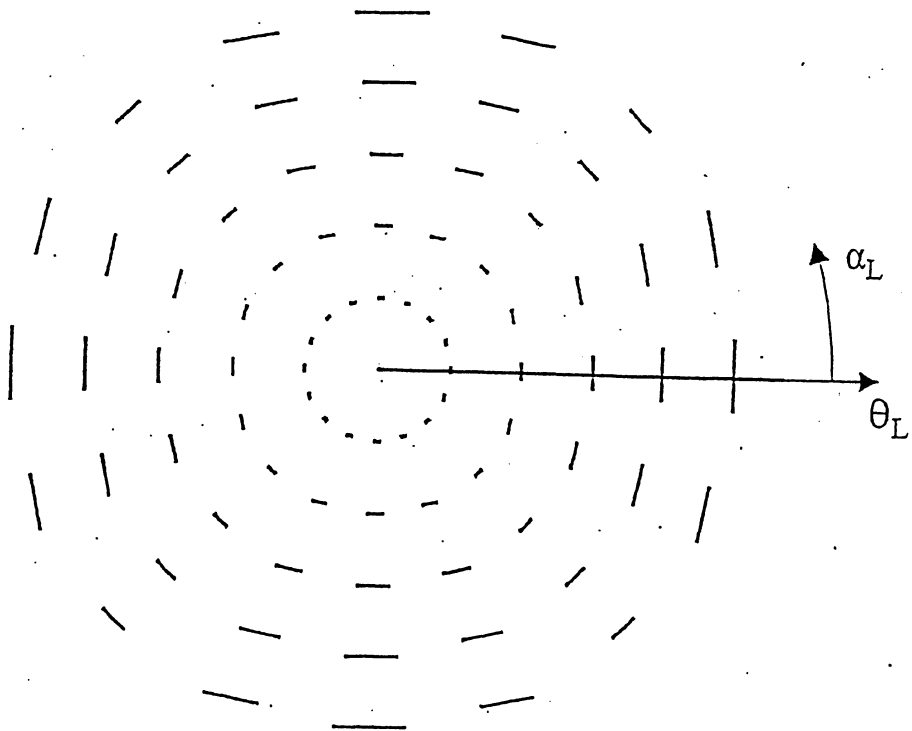


第四圖A

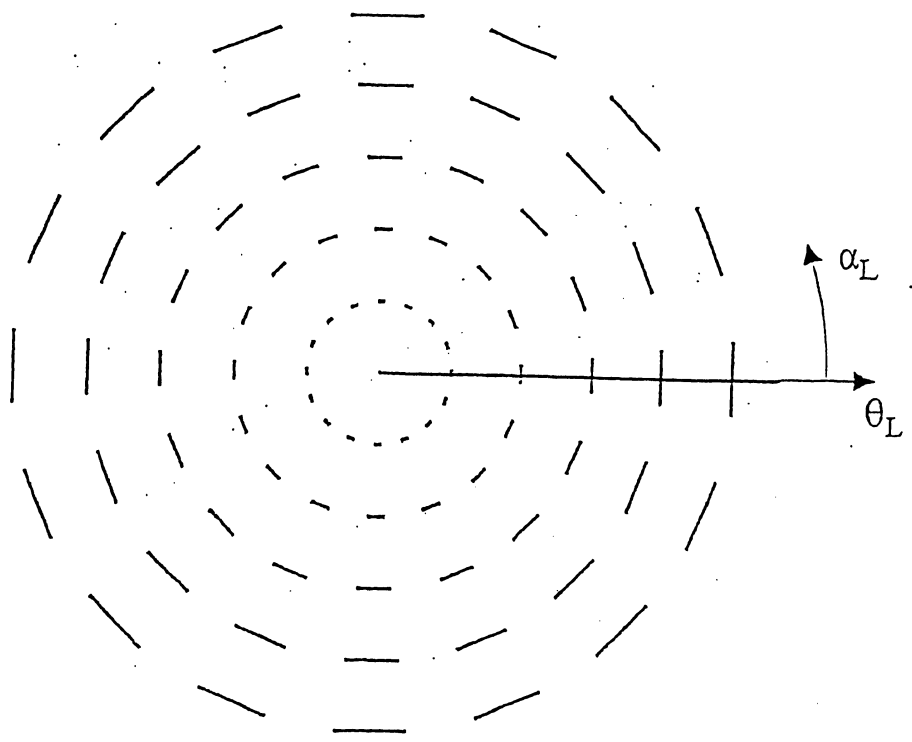


第四圖B

圖式

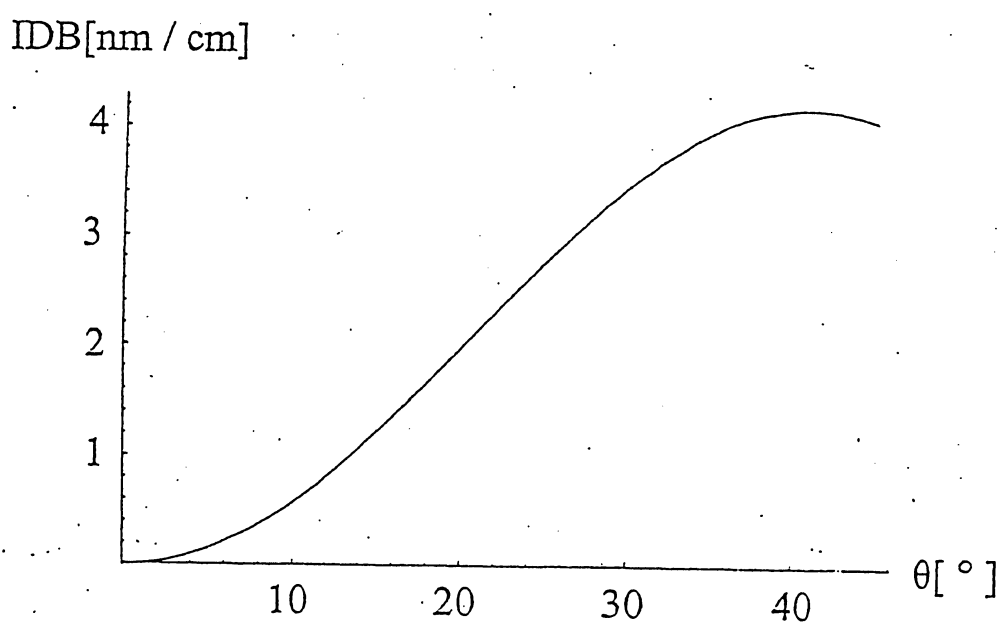


第四圖C

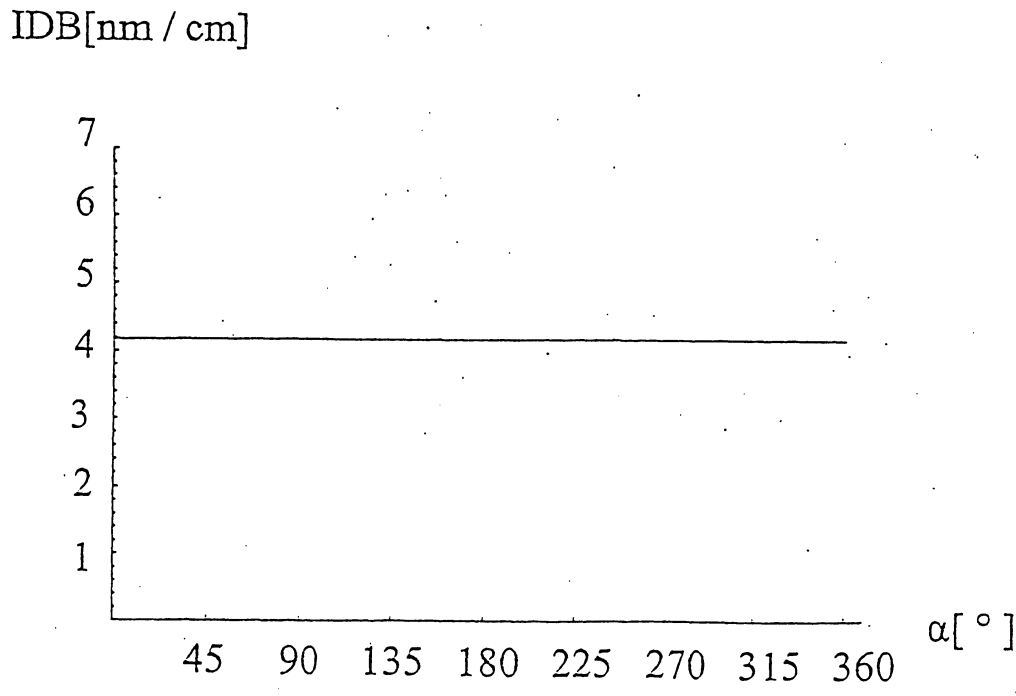


第四圖D

圖式

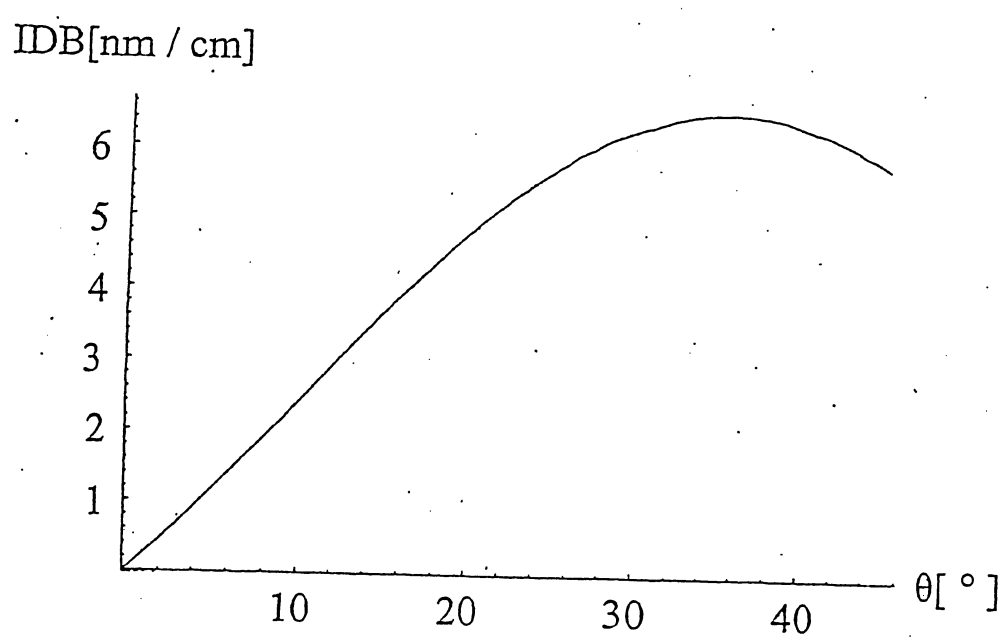


第四圖E

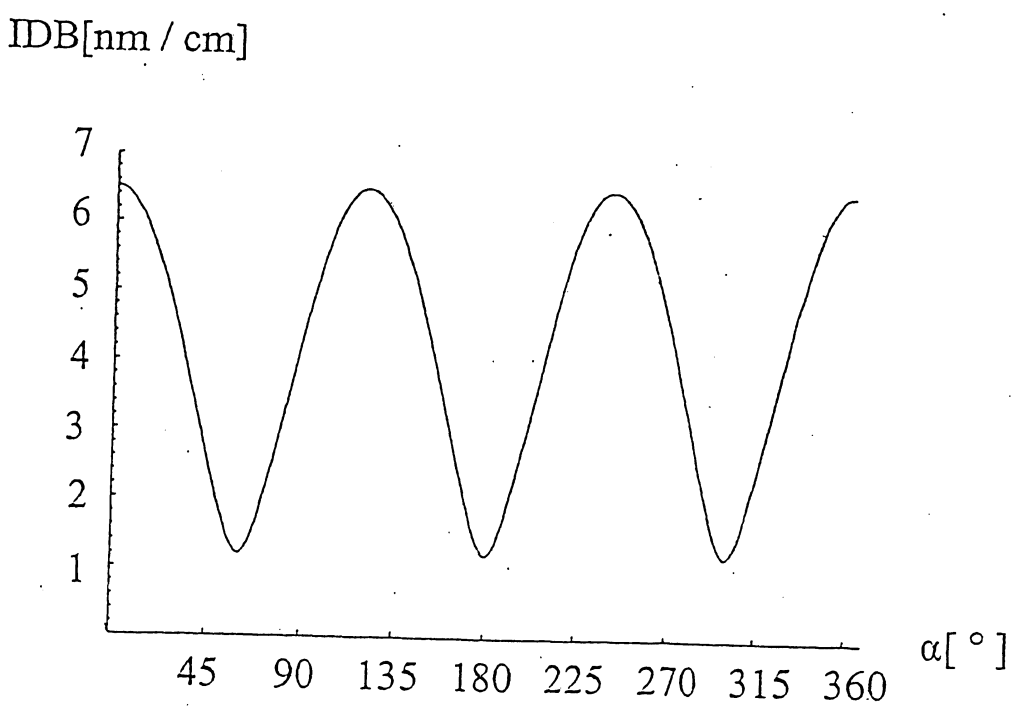


第四圖F

圖式

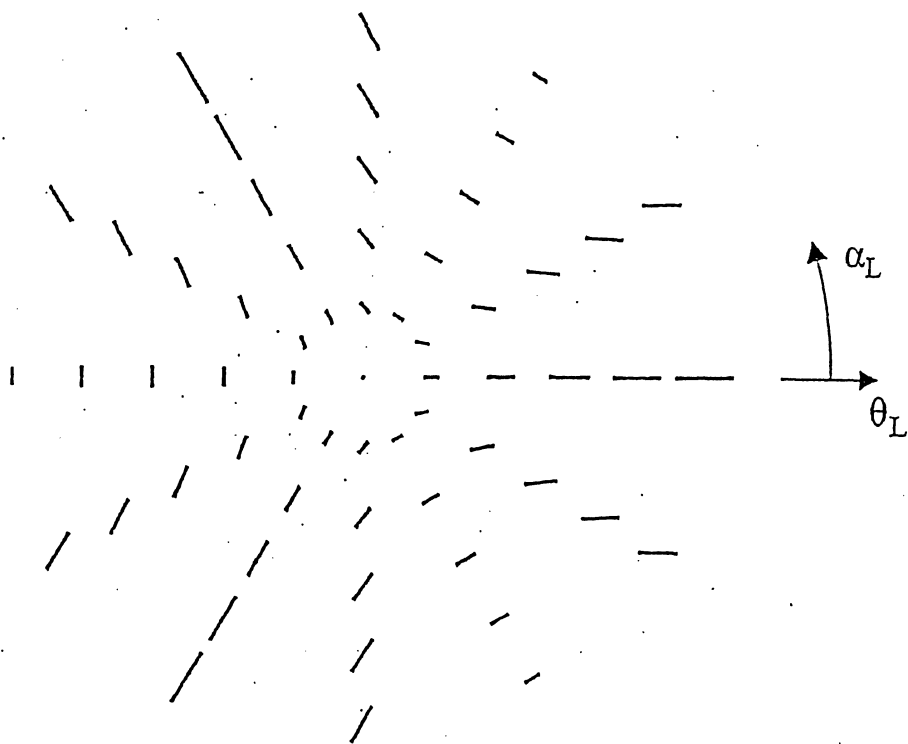


第五圖A

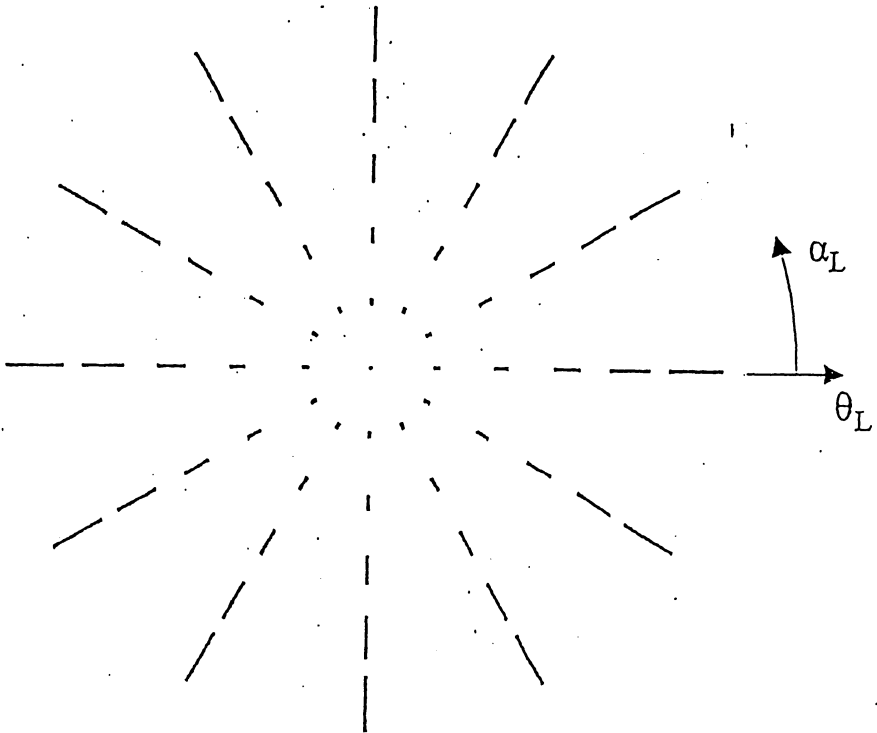


第五圖B

圖式

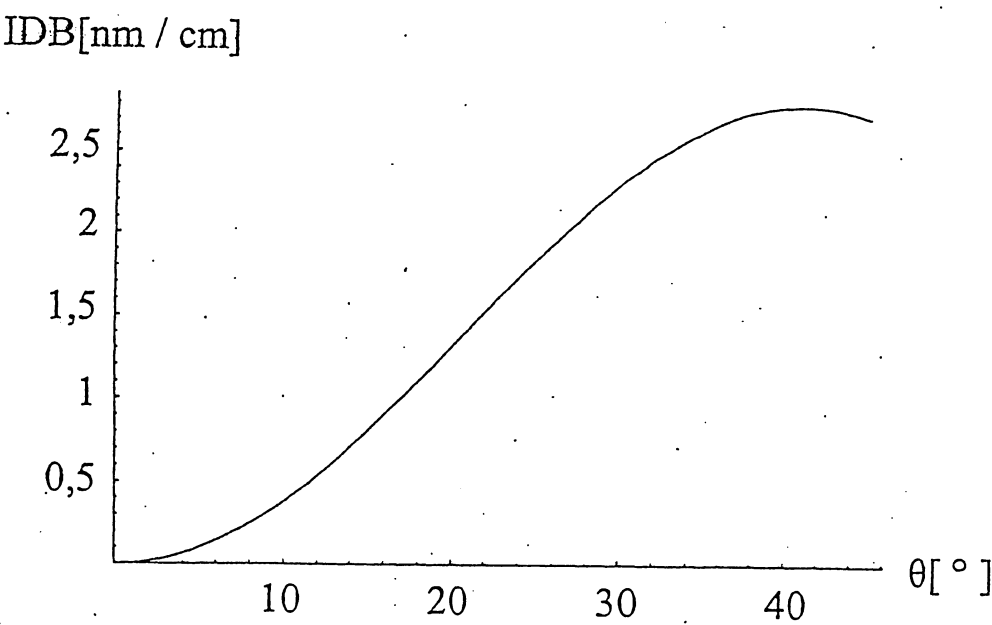


第五圖C

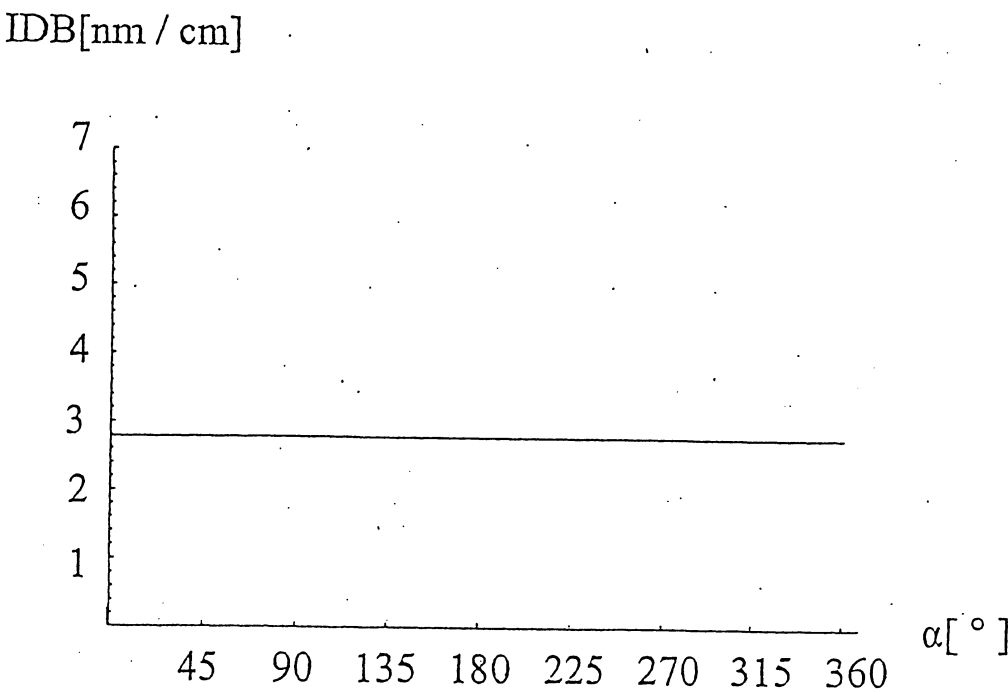


第五圖D

圖式

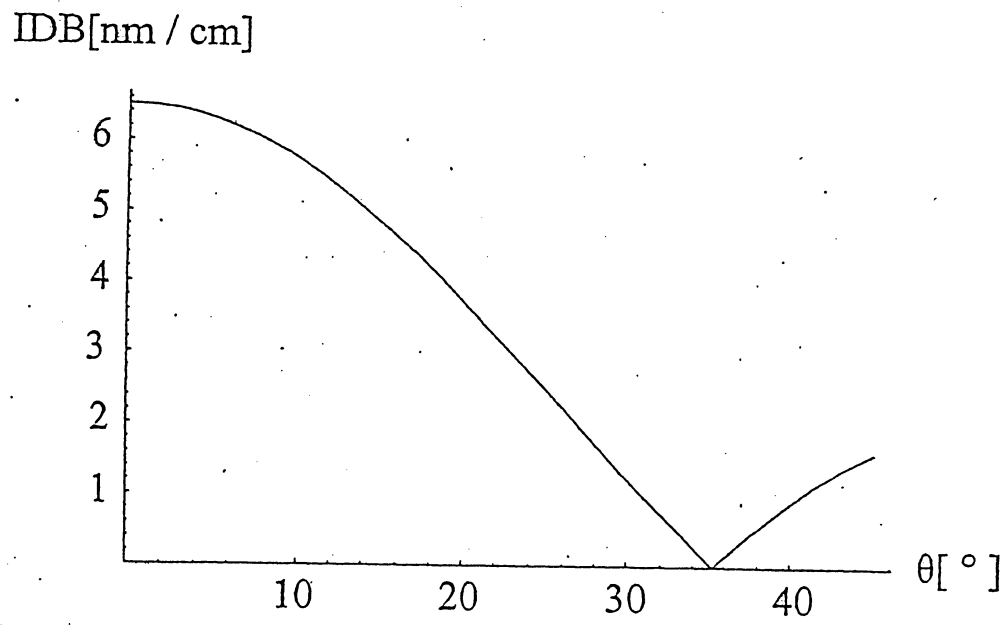


第五圖E

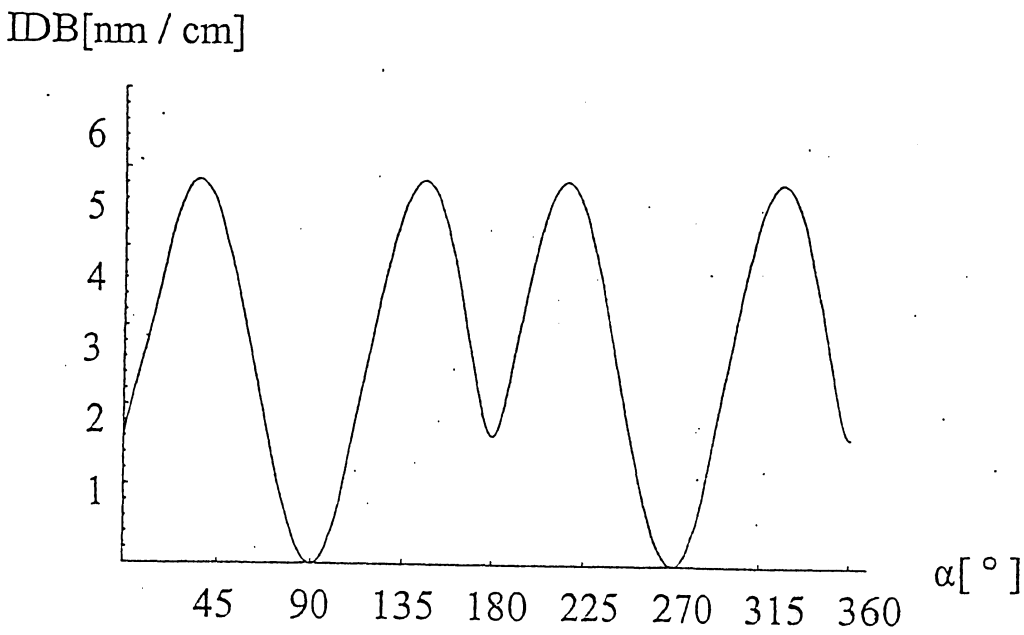


第五圖F

圖式

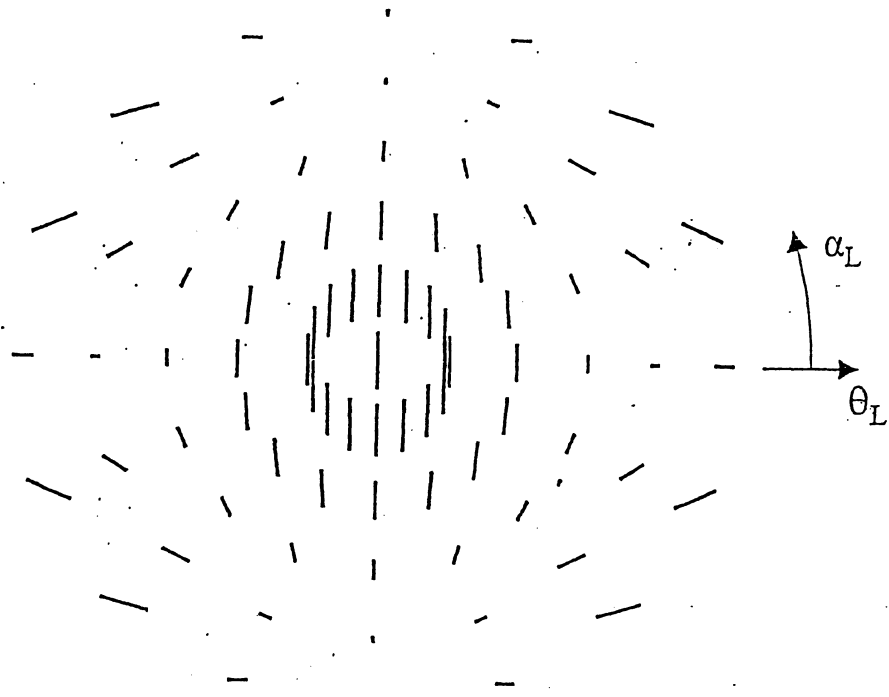


第六圖A

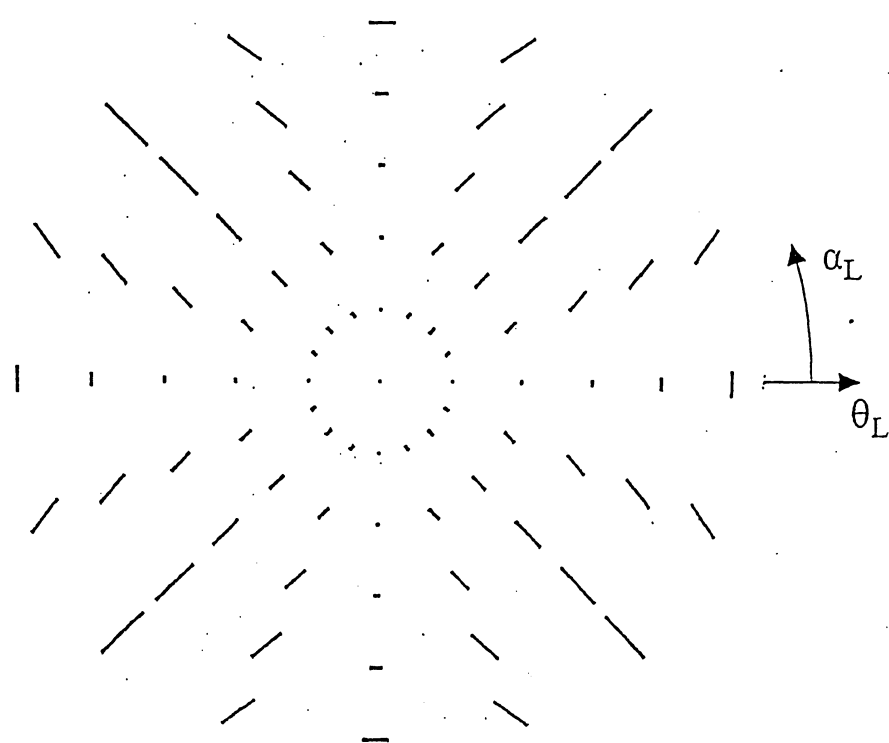


第六圖B

圖式

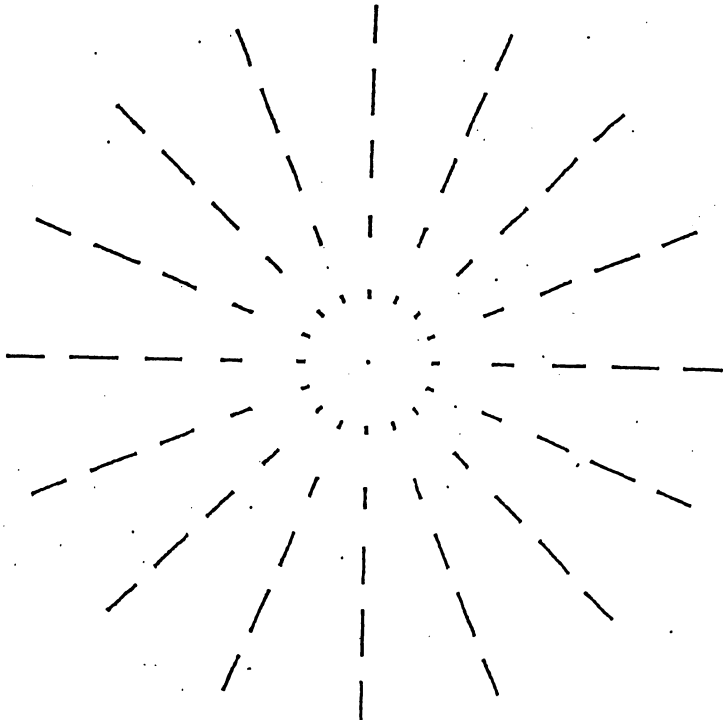


第六圖C



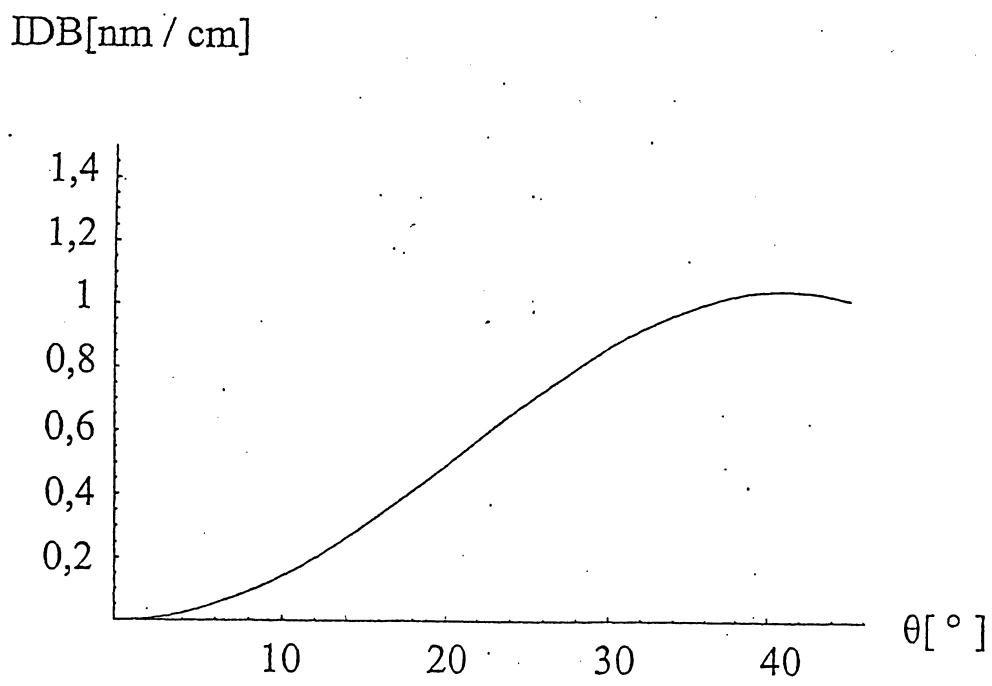
第六圖D

圖式

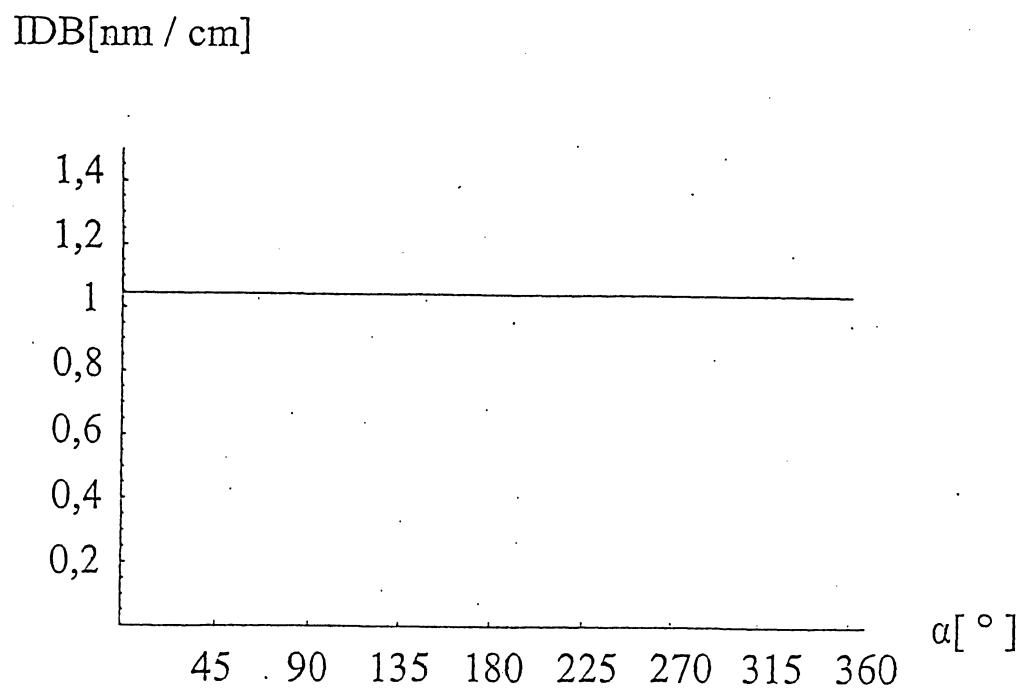


第六圖E

圖式

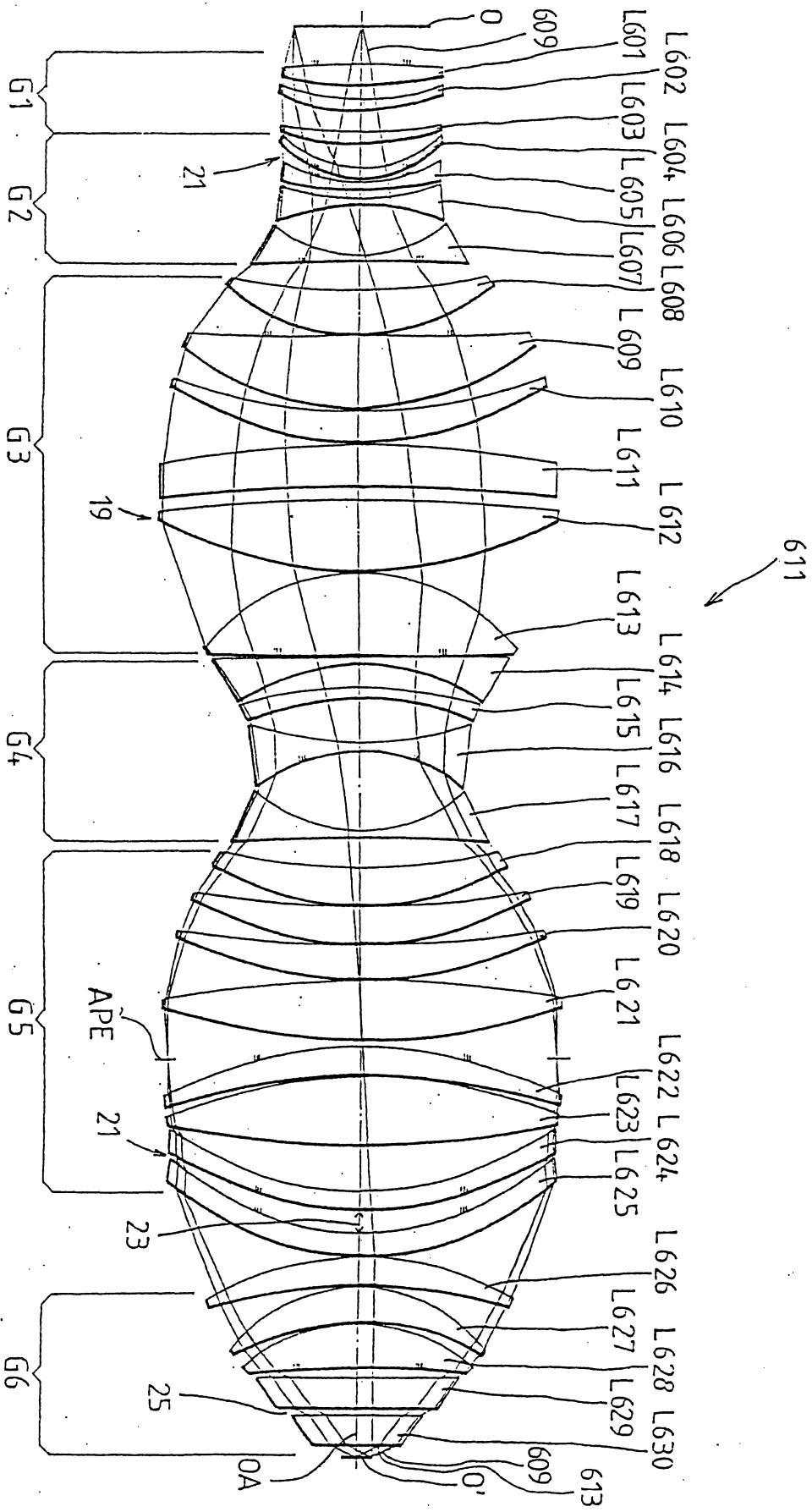


第六圖F



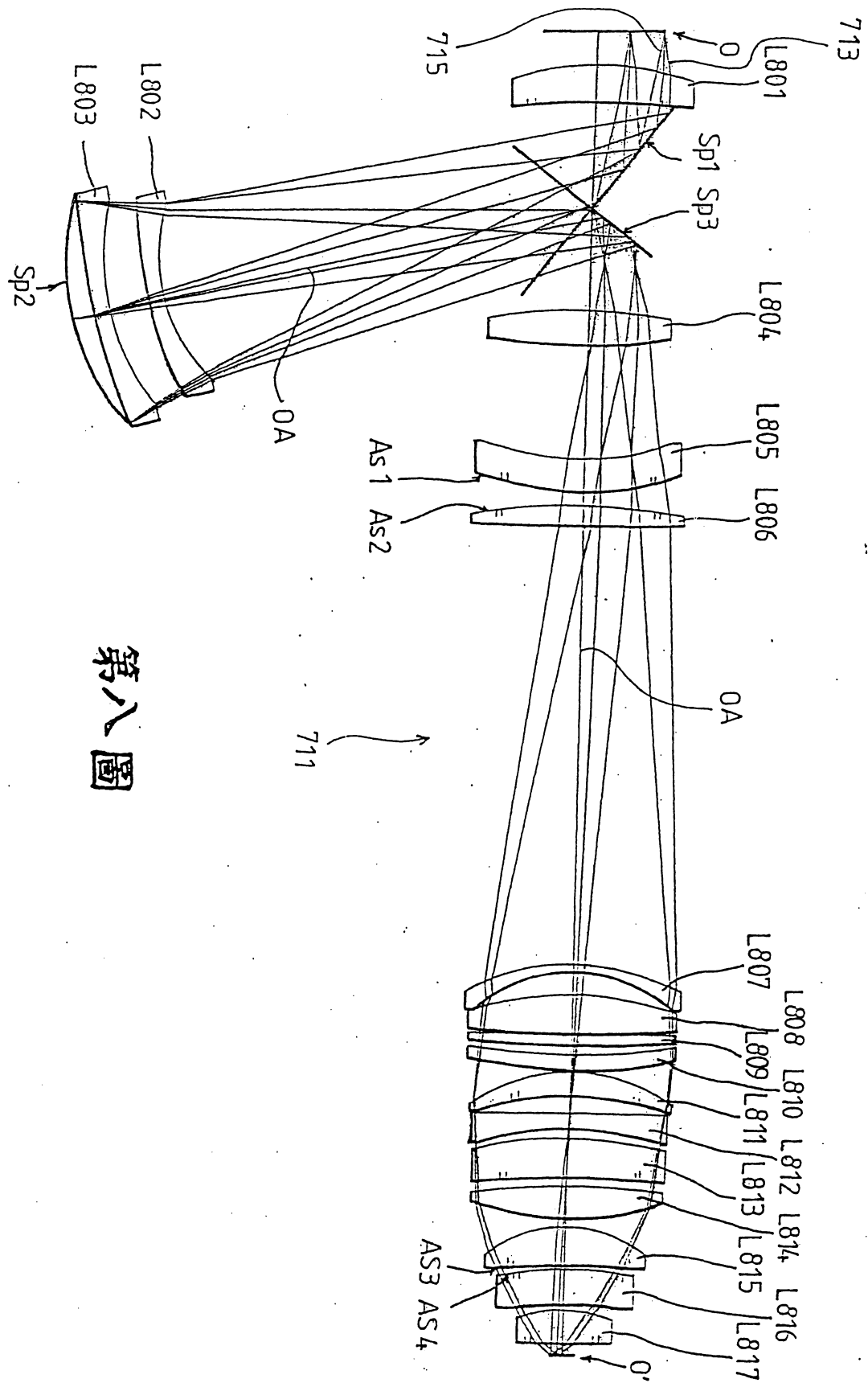
第六圖G

圖式



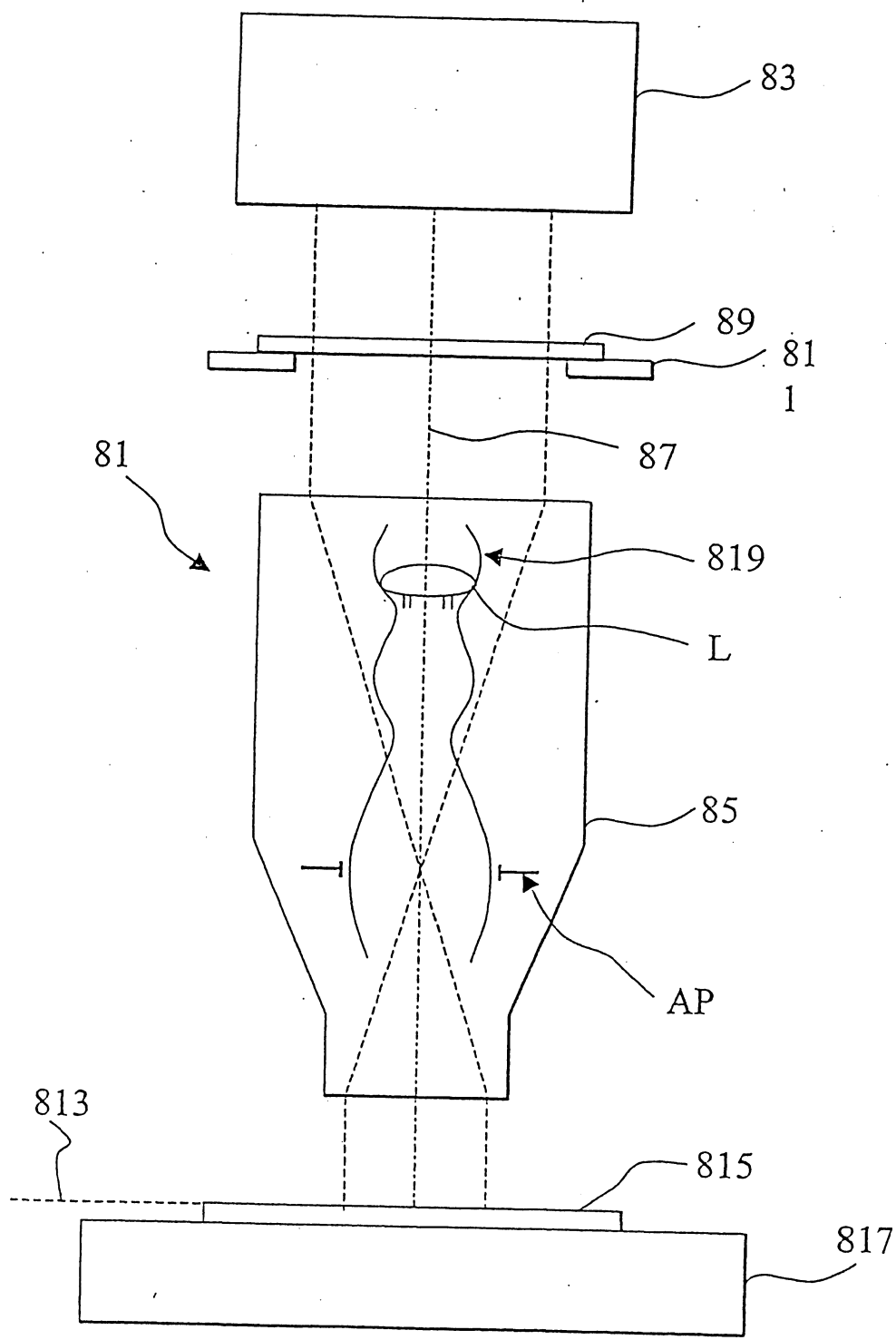
第七圖

圖式



第八圖

圖式



第九圖

六、申請專利範圍

1. 物鏡(611, 711), 特別是微影蝕刻-投影曝光裝置(81)用的一種投影物鏡, 具有多個透鏡(L601--L630, L801-L817), 至少具有一個氟化物晶體製的透鏡(1), 其特徵為: 數量至少為一個的透鏡(1)為一具有透鏡軸(EA)的(100)-透鏡, 且透鏡軸(EA)近似垂直於氟化物晶體的{100}-晶體方向或其等效晶體方向。
2. 如申請專利範圍第1項的物鏡(611, 711), 其特徵為: (100)-透鏡為一具有對稱軸的旋轉對稱透鏡, 而且此對稱軸與(100)-透鏡的透鏡軸(EA)重合。
3. 如申請專利範圍第1項的物鏡(611, 711), 其特徵為: 物鏡(611, 711)具有一光學軸(OA), 且(100)-透鏡的透鏡軸(EA)與物鏡(611, 711)的光學軸(OA)重合。
4. 如申請專利範圍第1項的物鏡(611, 711), 其特徵為: 在物鏡(611, 711)內, 光束係由物平面(0)往像平面(0')前進, 且至少有一道光束(609, 713, 715)在(100)-透鏡內與透鏡軸夾一大於25度(特別是介於30度至90度之間)的射束角。
5. 如申請專利範圍第1項的物鏡(611, 711), 其特徵為: 在物鏡(611, 711)內, 光束係由物平面(0)往像平面(0')前進, 且所有的光束均在(100)-透鏡內與透鏡軸夾一射束角, 射束角的最大值為45度, 特別是 $\sin^{-1}(NA/n_{FK})$ 的最大值, 式中NA代表像側數值孔徑, n_{FK} 代表氟化物晶體的折射率。
6. 如申請專利範圍第1項的物鏡(611, 711), 其特徵為:



六、申請專利範圍

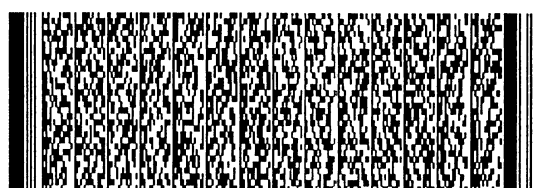
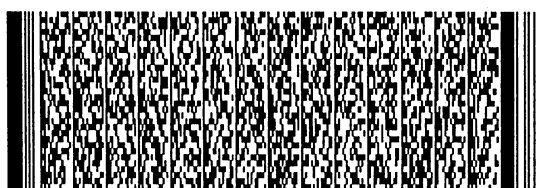
具有一光闌平面(APE)，此光闌平面(APE)具有一光闌直徑，且(100)-透鏡具有一透鏡直徑，此透鏡直徑小於光闌直徑的85%(特別是小於光闌直徑的80%)。

7. 如申請專利範圍第1項的物鏡(611, 711)，其特徵為：具有一像平面(O')，且(100)-透鏡(L630, L817)為最靠近像平面(O')的透鏡。

8. 物鏡(611, 711)，特別是微影蝕刻-投影曝光裝置(81)用的一種投影物鏡，至少具有兩個氟化物晶體製的透鏡或透鏡構件，透鏡或透鏡構件具有透鏡軸，這些透鏡軸的方向都很接近一主晶體方向，會聚在像平面(O')上的一個像點的光束具有方位角 α_R 、孔徑角 θ_R 、以及兩個相互垂直的線性極化狀態的光學路徑差 ΔOPL ，其特徵為：光束的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈為方位角 α_R 及孔徑角 θ_R 的函數，透鏡或透鏡構件繞透鏡軸被相互旋轉，使其光束的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈比所有的透鏡軸均指向同一個主晶體方向、且沒有繞透鏡軸被相互旋轉的透鏡或透鏡構件的光束的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈小很多。

9. 如申請專利範圍第8項的物鏡(611, 711)，其特徵為：在孔徑角 θ_0 固定不變的情況下，光學路徑差 ΔOPL 為方位角 α_R 的函數，且變動範圍在30%以內(最好是在20%以內)。

10. 如申請專利範圍第8項的物鏡(611, 711)，其特徵為：透鏡或透鏡構件具有一雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha_L,$



六、申請專利範圍

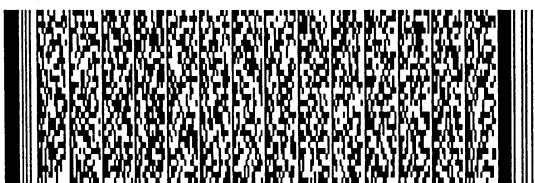
θL)，雙重折射值 Δn 與以垂直於透鏡軸的基準方向為準的方位角 αL 及以透鏡軸為準的孔徑角 θR 具有相關性；雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$ 具有 k 重方位對稱性；旋轉角 γ 是由透鏡或透鏡構件之間的基準方向所定義；在由 n 個透鏡或 n 個透鏡構件組成的一個透鏡組內，所有透鏡或透鏡構件的透鏡軸均指向同一個主晶體方向或其等效主晶體方向，且在此透鏡組內以基準方向為準的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$ 具有相同的方位角變化；同一個透鏡組內的兩個透鏡或兩個透鏡構件之間的旋轉角 $\gamma = (360^\circ / k \times n) + m \times (360^\circ / k) + /-10^\circ$ ，其中 m 代表一任意整數。

11. 如申請專利範圍第10項的物鏡，其特徵為：透鏡或透鏡構件內的最外圍孔徑光束(609, 713, 715)具有一孔徑角 θL ，且透鏡組或透鏡構件組內的孔徑角 θL 的最大變化範圍在30%以內(最好是20%以內)。

12. 如申請專利範圍第10項的物鏡(611, 711)，其特徵為：透鏡或透鏡構件內的最外圍孔徑光束(609, 713, 715)行經一光程 RLL ，且透鏡組或透鏡構件組內的光程 RLL 的最大變化範圍在30%以內(最好是20%以內)。

13. 如申請專利範圍第10項的物鏡(611, 711)，其特徵為：在旋轉角 $\gamma = 0$ 度時，透鏡組或透鏡構件組內的最外圍孔徑光束(609, 713, 715)的光學路徑差 ΔOPL 的最大變化範圍在30%以內(最好是20%以內)。

14. 如申請專利範圍第10項的物鏡(611, 711)，其特徵為：除第一個透鏡組或透鏡構件組外，還具有第2-第4個



六、申請專利範圍

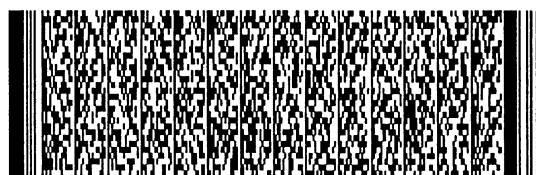
透鏡組或透鏡構件組。

15. 如申請專利範圍第14項的物鏡(611, 711)，其特徵為：屬同一透鏡組的透鏡(L629, L630)或透鏡構件的彼此相鄰，且最好是以光膠接合在一起。

16. 如申請專利範圍第8項的物鏡(711)，其特徵為：透鏡或透鏡構件具有一雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$ ，雙重折射值 Δn 與以垂直於透鏡軸的基準方向為準的方位角 αL 及以透鏡軸為準的孔徑角 θR 具有相關性；雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$ 具有 k 重方位對稱性；旋轉角 γ 是由透鏡或透鏡構件之間的基準方向所定義；在由 n 個子透鏡組組成的一個透鏡組內，所有透鏡或透鏡構件的透鏡軸均指向同一個主晶體方向或其等效主晶體方向，且在此透鏡組內以基準方向為準的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$ 具有相同的方位角變化； n 個子透鏡組各含有至少一個透鏡或透鏡構件；同一個子透鏡組內的透鏡或透鏡構件之間的旋轉角 $\gamma = 1 \times (360^\circ / k) + /-10^\circ$ ，其中 1 代表一任意整數；分屬不同子透鏡組的兩個透鏡或兩個透鏡構件之間的旋轉角 $\gamma = (360^\circ / k \times n) + m \times (360^\circ / k) + /-10^\circ$ ，其中 m 代表一任意整數。

17. 如申請專利範圍第10項的物鏡(611, 711)，其特徵為：物鏡(611, 711)至少具有兩個含有相互旋轉的透鏡或透鏡構件的透鏡組。

18. 如申請專利範圍第16項的物鏡(611, 711)，其特徵為：物鏡(611, 711)至少具有兩個含有相互旋轉的透鏡或



六、申請專利範圍

透鏡構件的透鏡組。

19. 如申請專利範圍第8項的物鏡(611, 711)，其特徵為：透鏡軸的方向為 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且透鏡或透鏡構件的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$ 具有三重方位對稱性。

20. 如申請專利範圍第10項的物鏡(611, 711)，其特徵為：透鏡軸的方向為 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且透鏡或透鏡構件的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$ 具有三重方位對稱性。

21. 如申請專利範圍第16項的物鏡(611, 711)，其特徵為：透鏡軸的方向為 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且透鏡或透鏡構件的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$ 具有三重方位對稱性。

22. 如申請專利範圍第8項的物鏡(611, 711)，其特徵為：透鏡軸的方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且透鏡或透鏡構件的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$ 具有4重方位對稱性。

23. 如申請專利範圍第10項的物鏡(611, 711)，其特徵為：透鏡軸的方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且透鏡或透鏡構件的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$ 具有4重方位對稱性。

24. 如申請專利範圍第16項的物鏡(611, 711)，其特徵為：透鏡軸的方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且透鏡或透鏡構件的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$



六、申請專利範圍

具有4重方位對稱性。

25. 如申請專利範圍第8項的物鏡(611, 711)，其特徵為：透鏡軸的方向為 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且透鏡或透鏡構件的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$ 具有雙重方位對稱性。

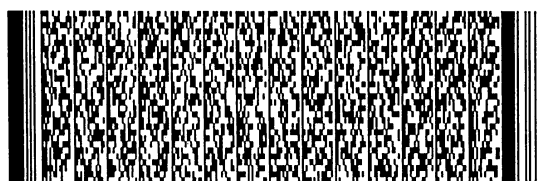
26. 如申請專利範圍第10項的物鏡(611, 711)，其特徵為：透鏡軸的方向為 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且透鏡或透鏡構件的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$ 具有雙重方位對稱性。

27. 如申請專利範圍第16項的物鏡(611, 711)，其特徵為：透鏡軸的方向為 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且透鏡或透鏡構件的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha L, \theta L)$ 具有雙重方位對稱性。

28. 如申請專利範圍第8項的物鏡(611, 711)，其特徵為：第一個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且第二個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向。

29. 如申請專利範圍第10項的物鏡(611, 711)，其特徵為：第一個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且第二個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向。

30. 如申請專利範圍第16項的物鏡(611, 711)，其特徵



六、申請專利範圍

為：第一個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且第二個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向。

31. 如申請專利範圍第8項的物鏡(611, 711)，其特徵為：第一個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且第二個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向。

32. 如申請專利範圍第10項的物鏡(611, 711)，其特徵為：第一個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且第二個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向。

33. 如申請專利範圍第16項的物鏡(611, 711)，其特徵為：第一個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且第二個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向。

34. 如申請專利範圍第28項的物鏡(711)，其特徵為：光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha R, \theta R)$ 分佈係由所有第一個透鏡組的透鏡或透鏡構件產生的第一個光學路徑差 $\Delta OPL1(\alpha R, \theta R)$ 分佈及由所有第二個透鏡組的透鏡或透鏡構件產生的第二個光學路徑差 $\Delta OPL2(\alpha R, \theta R)$ 分佈所構成，其中第



六、申請專利範圍

一個光學路徑差 $\Delta OPL1(\alpha R, \theta R)$ 分佈的最大值與第二個光學路徑差 $\Delta OPL2(\alpha R, \theta R)$ 分佈的最大值最多相差30% (最好是20%)。

35. 如申請專利範圍第31項的物鏡(711)，其特徵為：光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha R, \theta R)$ 分佈係由所有第一個透鏡組的透鏡或透鏡構件產生的第一個光學路徑差 $\Delta OPL1$

($\alpha R, \theta R$) 分佈及由所有第二個透鏡組的透鏡或透鏡構件產生的第二個光學路徑差 $\Delta OPL2(\alpha R, \theta R)$ 分佈所構成，其中第一個光學路徑差 $\Delta OPL1(\alpha R, \theta R)$ 分佈的最大值與第二個光學路徑差 $\Delta OPL2(\alpha R, \theta R)$ 分佈的最大值最多相差30%(最好是20%)。

36. 如申請專利範圍第8項的物鏡(611)，其特徵為：透鏡或透鏡構件為多個具有光學面的光學元件，且其中至少有一個光學面有加上補償鍍膜(613)，此補償鍍膜(613)可以使光束的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha R, \theta R)$ 分佈的值比未加上補償鍍膜的物鏡的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha R, \theta R)$ 分佈的值小很多(光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha R, \theta R)$ 是方位角 αR 及孔徑角 θR 的函數)。

37. 如申請專利範圍第36項的物鏡(611)，其特徵為：具有補償鍍膜(613)的光學元件(L630)具有一元件軸，且補償鍍膜(613)具有一有效雙重折射分佈，其有效雙重折射值與以一垂直於元件軸的基準方向為準的方位角 αF 及以元件軸為準的孔徑角 θF 具有相關性。

38. 如申請專利範圍第37項的物鏡(611)，其特徵為：若



六、申請專利範圍

孔徑角 $\theta_F = 0$ 度，補償鍍膜(613)具有一有效雙重折射分佈非常接近0。

39. 如申請專利範圍第37項的物鏡(611)，其特徵為：有效雙重折射分佈基本上只與孔徑角 θ_F 具有相關性。

40. 如申請專利範圍第37項的物鏡(611)，其特徵為：具有補償鍍膜(613)的光學元件(L630)為一氟化物晶體透鏡，且其元件軸即為此氟化物晶體透鏡的透鏡軸。

41. 如申請專利範圍第36項的物鏡(611)，其特徵為：有多個光學元件具有補償鍍膜。

42. 如申請專利範圍第36項的物鏡(611)，其特徵為：所有的光學元件均具有補償鍍膜。

43. 如申請專利範圍第1項的物鏡(611, 711)，其特徵為：氟化物晶體係一氟化鈣晶體、氟化鋇晶體、或是氟化鋇晶體。

44. 如申請專利範圍第8項的物鏡(611, 711)，其特徵為：氟化物晶體係一氟化鈣晶體、氟化鋇晶體、或是氟化鋇晶體。

45. 物鏡(611)，特別是微影蝕刻-投影曝光裝置用的一種投影物鏡，具有多個光學元件，特別是具有光學面的氟化物晶體透鏡，會聚在像平面(O')上的一個像點的光束具有方位角 α_R 、孔徑角 θ_R 、以及兩個相互垂直的線性極化狀態的光學路徑差 ΔOPL ，其特徵為：至少有一個光學面有加上補償鍍膜(613)，此補償鍍膜(613)可以使光束的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈的值比未加上補償鍍膜的物



六、申請專利範圍

鏡的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha R, \theta R)$ 分佈的值小很多。

46. 如申請專利範圍第45項的物鏡(611)，其特徵為：具有補償鍍膜(613)的光學元件(L630)具有一元件軸，且補償鍍膜(613)具有一有效雙重折射分佈，其有效雙重折射值與以一垂直於元件軸的基準方向為準的方位角 αF 及以元件軸為準的孔徑角 θF 具有相關性。

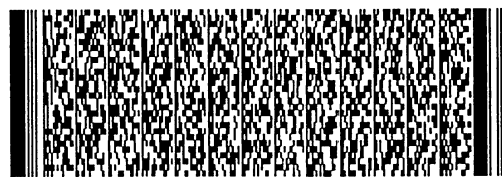
47. 如申請專利範圍第46項的物鏡(611)，其特徵為：若孔徑角 $\theta F = 0$ 度，補償鍍膜(613)具有一有效雙重折射分佈非常接近0。

48. 如申請專利範圍第46項的物鏡(611)，其特徵為：補償鍍膜(613)的有效雙重折射分佈基本上只與孔徑角 θF 具有相關性。

49. 如申請專利範圍第45項的物鏡(611)，其特徵為：具有補償鍍膜(613)的光學元件(L630)係一可拆下更換之元件。

50. 如申請專利範圍第45項的物鏡(611)，其特徵為：至少有兩個光學元件為氟化物晶體製的透鏡或透鏡構件，且這些透鏡或透鏡構件均具有透鏡軸，光束的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha R, \theta R)$ 分佈為方位角 αR 及孔徑角 θR 的函數，透鏡或透鏡構件繞透鏡軸被相互旋轉，使其光束的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha R, \theta R)$ 分佈比所有的透鏡軸均指向同一個主晶體方向、且沒有繞透鏡軸被相互旋轉的透鏡或透鏡構件的光束的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha R, \theta R)$ 分佈小很多。

51. 如申請專利範圍第50項的物鏡(611)，其特徵為：在



六、申請專利範圍

孔徑角 θ_0 固定的情況下，光學路徑差 ΔOPL 為方位角 α_R 的函數，且變動範圍在30%以內(最好是在20%以內)。

52. 如申請專利範圍第50項的物鏡(611)，其特徵為：透鏡或透鏡構件具有一雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha_L, \theta_L)$ ，雙重折射值 Δn 與以垂直於透鏡軸的基準方向為準的方位角 α_L 及以透鏡軸為準的孔徑角 θ_R 具有相關性；雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha_L, \theta_L)$ 具有k重方位對稱性；旋轉角 γ 是由透鏡或透鏡構件之間的基準方向所定義；在由n個透鏡或n個透鏡構件組成的一個透鏡組內，所有透鏡或透鏡構件的透鏡軸均指向同一個主晶體方向或其等效主晶體方向，且在此透鏡組內以基準方向為準的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha_L, \theta_L)$ 具有相同的方位角變化；同一個透鏡組內的兩個透鏡或兩個透鏡構件之間的旋轉角 $\gamma = (360^\circ / k \times n) + m \times (360^\circ / k) + /-10^\circ$ ，其中m代表一任意整數。

53. 如申請專利範圍第50項的物鏡(611)，其特徵為：透鏡或透鏡構件具有一雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha_L, \theta_L)$ ，雙重折射值 Δn 與以垂直於透鏡軸的基準方向為準的方位角 α_L 及以透鏡軸為準的孔徑角 θ_R 具有相關性；雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha_L, \theta_L)$ 具有k重方位對稱性；旋轉角 γ 是由透鏡或透鏡構件之間的基準方向所定義；在由n個子透鏡組組成的一個透鏡組內，所有透鏡或透鏡構件的透鏡軸均指向同一個主晶體方向或其等效主晶體方向，且在此透鏡組內以基準方向為準的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha_L, \theta_L)$ 具有相同的方位角變化；n個子透鏡組各含有至少一個透鏡或透鏡構



六、申請專利範圍

件；同一個子透鏡組內的透鏡或透鏡構件之間的旋轉角 $\gamma = 1 \times (360^\circ / k) + / - 10^\circ$ ，其中1代表一任意整數；分屬不同子透鏡組的兩個透鏡或兩個透鏡構件之間的旋轉角 $\gamma = (360^\circ / k \times n) + m \times (360^\circ / k) + / - 10^\circ$ ，其中m代表一任意整數。

54. 如申請專利範圍第50項的物鏡(611)，其特徵為：具有補償鍍膜(613)的光學元件(L630)為一氟化物晶體透鏡，且其元件軸即為此氟化物晶體透鏡的透鏡軸。

55. 如申請專利範圍第45項的物鏡(611)，其特徵為：有多個光學元件具有補償鍍膜。

56. 如申請專利範圍第1至55項中任一項的物鏡(611，711)，其特徵為：物鏡(611，711)具有一像側數值孔徑(NA)，且此像側數值孔徑(NA)於0.7(特別是大於0.8)。

57. 如申請專利範圍第1至55項中任一項的物鏡(611，711)，其特徵為：物鏡(611，711)之工作波長小於200nm。

58. 如申請專利範圍第1至55項中任一項的物鏡(611，711)，其特徵為：物鏡(611，711)之工作波長小於160nm。

59. 如申請專利範圍第1至55項中任一項的物鏡(611)，其特徵為：物鏡(611)為一折射物鏡。

60. 如申請專利範圍第1至55項中任一項的物鏡(711)，其特徵為：物鏡(711)為一具有多個透鏡及至少一個反射鏡(Sp2)之卡塔屈光物鏡(711)。



六、申請專利範圍

61. 如申請專利範圍第1至55項中任一項的物鏡(611, 711), 其特徵為: 所有的透鏡均為以氟化鈣製成的透鏡。
62. 微影蝕刻-投影曝光裝置(81), 包括照明系統(83)及如申請專利範圍第1項的物鏡(85); 物鏡(85)可將帶有圖案的掩膜(89)成像在感光基質(815)上。
63. 微影蝕刻-投影曝光裝置(81), 包括照明系統(83)及如申請專利範圍第8項的物鏡(85); 物鏡(85)可將帶有圖案的掩膜(89)成像在感光基質(815)上。
64. 微影蝕刻-投影曝光裝置(81), 包括照明系統(83)及如申請專利範圍第45項的物鏡(85); 物鏡(85)可將帶有圖案的掩膜(89)成像在感光基質(815)上。
65. 利用申請專利範圍第62至64項中任一項的微影蝕刻-投影曝光裝置(81)製造半導體元件的方法。
66. 製造物鏡(611, 711)的方法, 特別是製造微影蝕刻-投影曝光裝置用的投影物鏡的方法, 至少具有兩個氟化物晶體製的透鏡或透鏡構件, 透鏡或透鏡構件具有透鏡軸, 這些透鏡軸的方向都很接近一主晶體方向, 其特徵為: 在像平面上具有方位角 α_R 、孔徑角 θ_R 、以及兩個相互垂直的線性極化狀態的光學路徑差 ΔOPL 的光束可以確定透鏡或透鏡構件的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈; 透鏡或透鏡構件繞透鏡軸被相互旋轉, 使其光束的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈比所有的透鏡軸均指向同一個主晶體方向、且沒有繞透鏡軸被相互旋轉的透鏡或透鏡構件的光束的光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈小很多。



六、申請專利範圍

67. 如申請專利範圍第66項的方法，其特徵為：物鏡(611，711)具有一個由透鏡(或透鏡構件)組成的第一個透鏡組及一個由透鏡(或透鏡構件)組成的第二個透鏡組，第一個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且第二個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向。

68. 如申請專利範圍第66項方法，其特徵為：物鏡(611，711)具有一個由透鏡(或透鏡構件)組成的第一個透鏡組及一個由透鏡(或透鏡構件)組成的第二個透鏡組，第一個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，且第二個透鏡組所屬之透鏡或透鏡構件的透鏡軸的方向為 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向。

69. 如申請專利範圍第66項的方法，其特徵為：在像平面上具有方位角 α_R 、孔徑角 θ_R 、以及兩個相互垂直的線性極化狀態的光學路徑差 ΔOPL 的光束具有一光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈；由光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈可以確定具有降低光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 之作用的補償鍍膜的有效雙重折射分佈；補償鍍膜的有效雙重折射值與以一垂直於光學元件之元件軸的基準方向為準的方位角 α_F 及以光學元件之元件軸為準的孔徑角 θ_F 具有相關性；由雙重折射分佈可以確定補償鍍膜(613)的構造；物鏡(611)的光學元件(L630)具有補償鍍膜(613)。

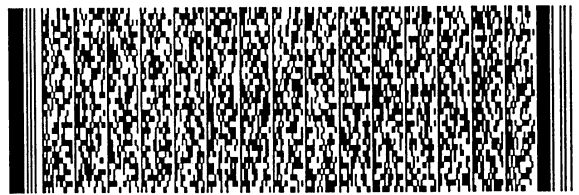


六、申請專利範圍

70. 補償/抵消物鏡(611)(特別是微影蝕刻-投影曝光裝置用的投影物)內的雙重折射效應的方法,其特徵為:物鏡(611)有多個具有光學面的光學元件(特別是氟化物晶體製的透鏡),其中至少有一個光學元件(L630)是可以更換的;會聚在像平面(O')上的一個像點的光束具有方位角 α_R 、孔徑角 θ_R 、以及兩個相互垂直的線性極化狀態的光學路徑差 ΔOPL ;由此可確定光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈;由光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 分佈可以確定具有降低光學路徑差 $\Delta OPL(\alpha_R, \theta_R)$ 之作用的補償鍍膜(613)的有效雙重折射分佈;補償鍍膜的有效雙重折射值與以一垂直於光學元件之元件軸的基準方向為準的方位角 α_F 及以光學元件之元件軸為準的孔徑角 θ_F 具有相關性;由雙重折射分佈可以確定補償鍍膜(613)的構造;可更換的光學元件(613)自物鏡中被取出;將補償鍍膜(613)加在可更換的光學元件(613)上;將加上補償鍍膜(613)後可更換的光學元件(613)重新裝回物鏡(611)內。

71. 製造透鏡的方法,其特徵為:將多片由以晶體方向為準相互旋轉的晶體材料(以氟化物晶體為佳,且最好是氟化鈣)製成的平板以無光學接縫的方式接合在一起(最好是以光膠接合),然後將這些接合在一起的平板視為一個單一的毛胚進行切割和拋光加工。

72. 如申請專利範圍第71項的透鏡製造方法,其特徵為:平板具有一具有一雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha_L, \theta_L)$,雙重折射值 Δn 與以垂直於透鏡軸的基準方向為準的方位角 α_L 及



六、申請專利範圍

以透鏡軸為準的孔徑角 θ_R 具有相關性；雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha_L, \theta_L)$ 具有 k 重方位對稱性；有 n 片平板的平面垂線均指向同一個主晶體方向或其等效主晶體方向，且以基準方向為準的雙重折射分佈 $\Delta n(\alpha_L, \theta_L)$ 具有相同的方位角變化；旋轉角 γ 係由各平板的基準方向間的夾角來定義，兩片平板間的旋轉角 $\gamma = (360^\circ / k \times n) + m \times (360^\circ / k) + /-10^\circ$ ，其中 m 代表一任意整數。

73. 如申請專利範圍第72項的透鏡製造方法，其特徵為：兩片平板以無光學接縫的方式接合在一起。

74. 如申請專利範圍第72項的透鏡製造方法，其特徵為：各平板的厚度十分接近。

75. 如申請專利範圍第71項的透鏡製造方法，其特徵為：所有第一片平板的平面垂線均指向 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，所有第二片平板的平面垂線均指向 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向。

76. 如申請專利範圍第75項的透鏡製造方法，其特徵為：所有第一片平板的第一個厚度都十分接近，同時所有第二片平板的第二個厚度也都十分接近，且第一個厚度之總和與第二個厚度之總合的比值為 $1.5 + /-0.2$ 。

77. 如申請專利範圍第71項的透鏡製造方法，其特徵為：所有第一片平板的平面垂線均指向 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向，所有第二片平板的平面垂線均指向 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向或其等效主晶體方向。

78. 如申請專利範圍第77項的透鏡製造方法，其特徵為：



六、申請專利範圍

所有第一片平板的第一個厚度都十分接近，同時所有第二片平板的第二個厚度也都十分接近，且第一個厚度之總和與第二個厚度之總合的比值為 4.0 ± 0.4 。

79. 如申請專利範圍第77項的透鏡製造方法，其特徵為：兩個第一片平板與一個第二片平板以無光學接縫的方式接合在一起。

80. 如申請專利範圍第77項的透鏡製造方法，其特徵為：4個第一片平板與兩個第二片平板以無光學接縫的方式接合在一起。

81. 透鏡，其特徵為：按照申請專利範圍第71至80項中任一項的製造方法製造。

82. 物鏡(611, 711)，特別是微影蝕刻-投影曝光裝置(81)用的一種投影物鏡，其特徵為：具有一個申請專利範圍第81項的透鏡。

83. 如申請專利範圍第1至55項中至少任一項的物鏡(611, 711)，其特徵為：具有一個申請專利範圍第81項的透鏡(L629, L630)。

84. 以具有立方晶體結構的晶體材料製造光學毛胚的方法，此種光學毛胚可以被進一步製作成物鏡(611, 711)（特別是微影蝕刻-投影曝光裝置用的投影物鏡）的透鏡或透鏡構件，其特徵為以下的製造步驟：

- a) 確定晶體結構內的第一個晶體方向；
- b) 對光學毛胚進行加工，使第一個晶體方向近似垂直於光學毛胚的一個光學粗糙面；



六、申請專利範圍

c) 確定一垂直於第一個晶體方向的基準方向，這個基準方向是第二個晶體方向在一垂直於第一個晶體方向的平面上的投影，第一個晶體方向與第二個晶體方向之間的夾角為0度；

d) 在光學毛胚或光學毛胚的固定架上做記號表示基準方向。

85. 如申請專利範圍第84項的方法，其特徵為：經由量測第一個晶體方向所屬的第一個晶體平面組上的布拉格反射(Bragg-Reflex)的方向，以確定第一個晶體方向的位置。

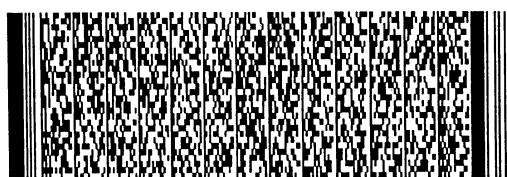
86. 如申請專利範圍第85項的方法，其特徵為：經由比較在若干個量測點測得的平面組上的布拉格反射(Bragg-Reflex)的方向，以確定第一個晶體軸的位置，這些量測點位於以垂直於光學毛胚的一個光學入射面的軸為中心的相互旋轉位置上。

87. 如申請專利範圍第84項的方法，其特徵為：第一個晶體方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向、 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向、 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向、或是這3個晶體方向之一的等效晶體方向。

88. 如申請專利範圍第84項的方法，其特徵為：所使用的晶體材料為氟化鈣、氟化鋁、或是氟化鋇。

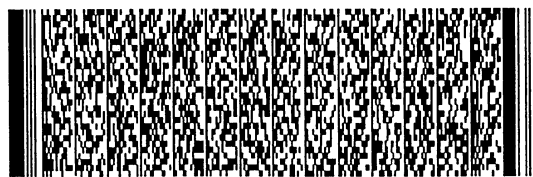
89. 如申請專利範圍第84項的方法，其特徵為：經由量測第二個晶體軸所屬的晶體平面組上的布拉格反射(Bragg-Reflex)的方向，以確定基準方向的位置。

90. 如申請專利範圍第84項的方法，其特徵為：利用勞埃法(Laue-Verfahren)確定基準方向的位置。



六、申請專利範圍

91. 如申請專利範圍第84項的方法，其特徵為：在垂直於第一個晶體方向的一個平面上的投影平行於基準方向的光束會經歷兩個相互垂直的線性極性狀態的最大或最小光學路徑差。
92. 如申請專利範圍第84項的方法，其特徵為：第一個晶體軸的方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向、 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向、或是這兩個晶體方向之一的等效晶體方向，且第二個晶體方向在垂直於第一個晶體方向的一個平面上的投影平行於 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向或其等效晶體方向在垂直於第一個晶體方向的一個平面上的投影。
93. 如申請專利範圍第87項的方法，其特徵為：第一個晶體軸的方向為 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向或其等效晶體方向，第二個晶體方向為 $\langle 331 \rangle$ -晶體方向或其等效晶體方向。
94. 如申請專利範圍第85項的方法，其特徵為：光學毛胚上被布拉格量測光束穿過的區域的材料會受損，故將此部分的材料去除。
95. 將以具有立方結構的晶體材料製成的光學毛胚進一步製作成物鏡(611, 711)(特別是微影蝕刻-投影曝光裝置用的投影物鏡)用的透鏡或透鏡構件，其特徵為：光學毛胚或光學毛胚的固定架上有一個表示基準方向的記號，此基準方向垂直於第一個晶體方向，而且是第二個晶體方向在一垂直於第一個晶體方向的平面上的投影，第一個晶體方向與第二個晶體方向之間的夾角為0度。
96. 如申請專利範圍第95項的光學毛胚，其特徵為：係按



六、申請專利範圍

照申請專利範圍第84至94項中任一項的方法製造。

97. 將申請專利範圍第95項的光學毛胚進一步製作成透鏡或透鏡構件的方法，其特徵為以下的製造步驟：

e) 對透鏡或透鏡構件進行成形加工，使第一個晶體軸近似平行於透鏡軸。

98. 將以具有立方晶體結構的晶體材料製造的光學毛胚進一步製作成透鏡或透鏡構件的方法，其特徵為以下的製造步驟：

a1) 對透鏡或透鏡構件進行成形加工，使晶體結構內的第一個晶體軸近似平行於透鏡軸；

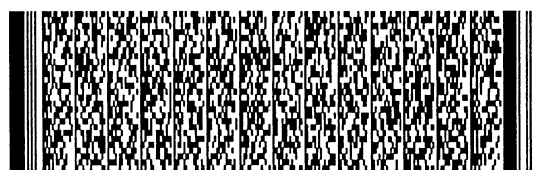
b1) 確定一垂直於第一個晶體方向的基準方向，這個基準方向是第二個晶體方向在一垂直於第一個晶體方向的平面上的投影，第一個晶體方向與第二個晶體方向之間的夾角為0度；

c1) 在透鏡或透鏡構件、或是透鏡或透鏡構件的固定架上做記號表示基準方向。

99. 如申請專利範圍第98項的方法，其特徵為：第一個晶體方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向、 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向、 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向、或是這3個晶體方向之一的等效晶體方向。

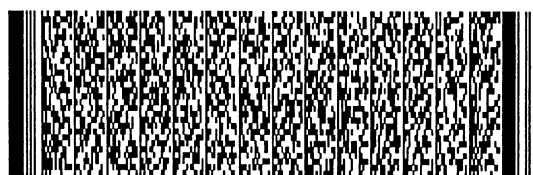
100. 如申請專利範圍第98項的方法，其特徵為：所使用的晶體材料為氟化鈣、氟化鋇、或是氟化鋇。

101. 如申請專利範圍第98項的方法，其特徵為：經由量測第二個晶體軸所屬的晶體平面組上的布拉格反射(Bragg-Reflex)的方向，以確定基準方向的位置。



六、申請專利範圍

102. 如申請專利範圍第98項的方法，其特徵為：利用勞埃法(Laue-Verfahren)確定基準方向的位置。
103. 如申請專利範圍第98項的方法，其特徵為：在垂直於第一個晶體方向的一個平面上的投影平行於基準方向的光束會經歷兩個相互垂直的線性極性狀態的最大或最小光學路徑差。
104. 如申請專利範圍第98項的方法，其特徵為：第一個晶體軸的方向為 $\langle 100 \rangle$ -晶體方向、 $\langle 111 \rangle$ -晶體方向、或是這兩個晶體方向之一的等效晶體方向，且第二個晶體方向在垂直於第一個晶體方向的一個平面上的投影平行於 $\langle 110 \rangle$ -晶體方向或其等效晶體方向在垂直於第一個晶體方向的一個平面上的投影。
105. 如申請專利範圍第101項的方法，其特徵為：成形加工時透鏡或透鏡軸上被布拉格量測光束穿過的區域的材料會受損，故將此部分的材料去除。
106. 物鏡(611, 711)(特別是微影蝕刻-投影曝光裝置用的投影物鏡)用的透鏡或透鏡構件，其特徵為：透鏡或透鏡構件或是透鏡或透鏡構件的固定架上有一個表示基準方向的記號，此基準方向垂直於第一個晶體方向，而且是第二個晶體方向在一垂直於第一個晶體方向的平面上的投影，第一個晶體方向與第二個晶體方向之間的夾角為0度。
107. 如申請專利範圍第106項的透鏡或透鏡構件，其特徵為：透鏡或透鏡構件係按照申請專利範圍第97至105項中



六、申請專利範圍

任一項的方法製造而成。

108. 如申請專利範圍第8至55項中任一項的物鏡(611, 711), 其特徵為: 物鏡(611, 711)具有一個按照申請專利範圍第106項的方法製造的透鏡或透鏡構件。

