



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I484220 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 05 月 11 日

(21)申請案號：102118925 (22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 29 日

(51)Int. Cl. : G02B27/10 (2006.01) G03F7/20 (2006.01)

(30)優先權：2012/05/30 美國 61/653,020

(71)申請人：精微超科技公司 (美國) ULTRATECH, INC. (US)
美國

(72)發明人：賽特斯 大衛 STITES, DAVID G. (US)

(74)代理人：李文賢

(56)參考文獻：

TW 200615577A JP 2006-512618A

US 2012/0063010A1

審查人員：劉宇軒

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：15 共 57 頁

(54)名稱

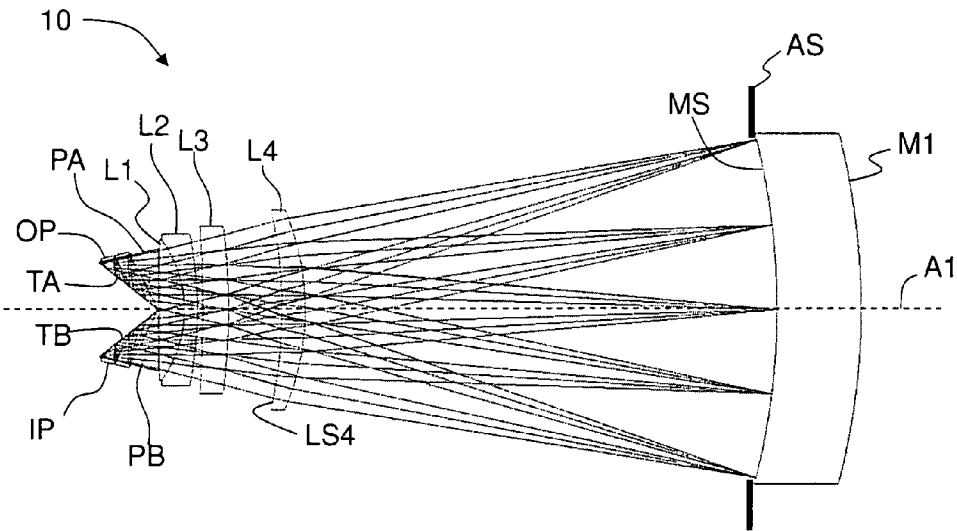
用於微影蝕刻的具等倍放大率之大尺寸折反射透鏡

UNIT-MAGNIFICATION LARGE-FORMAT CATADIOPTRIC LENS FOR MICROLITHOGRAPHY

(57)摘要

一種用於微影蝕刻之 Wynn-Dyson 透鏡，具等倍放大率且具有一成像區域大小控制在包含四至六個尺寸為 26 毫米乘上 36 毫米的晶粒。所述透鏡具有由三或四個折射透鏡元件組成的一凸透鏡組，且所述透鏡元件之其中之一係最靠近透主鏡面並且具有一朝向稜鏡的非球面凹面。二保護窗係分別對應設置於物件平面與對應稜主鏡面之間以及成像平面與對應稜主鏡面之間。所述透鏡係用於校準至少 LED 之 i-line 譜線或其餘類似的由 LED 所產生的波長。

A unit magnification Wynn-Dyson lens for microlithography has an image field sized to accommodate between four and six die of dimensions 26 mm x 36 mm. The lens has a positive lens group that consists of either three or four refractive lens elements, with one of the lens elements being most mirror-wise and having a prism-wise concave aspheric surface. Protective windows respectively reside between object and image planes and the corresponding prism faces. The lens is corrected for at least the i-line LED wavelength spectrum or similar LED-generated wavelengths.



第2A圖

- 10 . . . 系統
- A1 . . . 光學軸
- M1 . . . 主凹面鏡
- AS . . . 孔徑欄
- MS . . . 主鏡面
- L1 . . . 第一折射透鏡元件
- L2 . . . 第二折射透鏡元件
- L3 . . . 第三折射透鏡元件
- L4 . . . 第四折射透鏡元件
- LS4 . . . 第四透鏡表面
- PA . . . 第一稜鏡
- PB . . . 第二稜鏡
- TA . . . 第一全內反射面
- TB . . . 第二全內反射面
- OP . . . 物件平面
- IP . . . 成像平面

發明摘要

※ 申請案號：102118925

G02B 27/10 2006.01

※ 申請日：102. 5. 29

※ IPC 分類：G03F 7/12 2006.01

【發明名稱】用於微影蝕刻的具等倍放大率之大尺寸折反射透鏡/

UNIT-MAGNIFICATION LARGE-FORMAT CATADIOPTRIC LENS FOR
MICROLITHOGRAPHY

【中文】一種用於微影蝕刻之 Wynn-Dyson 透鏡，具等倍放大率且具有一成像區域大小控制在包含四至六個尺寸為 26 毫米乘上 36 毫米的晶粒。所述透鏡具有由三或四個折射透鏡元件組成的一凸透鏡組，且所述透鏡元件之其中之一係最靠近透主鏡面並且具有一朝向稜鏡的非球面凹面。二保護窗係分別對應設置於物件平面與對應稜主鏡面之間以及成像平面與對應稜主鏡面之間。所述透鏡係用於校準至少 LED 之 i-line 譜線或其餘類似的由 LED 所產生的波長。

【英文】

A unit magnification Wynn-Dyson lens for microlithography has an image field sized to accommodate between four and six die of dimensions 26 mm x 36 mm. The lens has a positive lens group that consists of either three or four refractive lens elements, with one of the lens elements being most mirror-wise and having a prism-wise concave aspheric surface. Protective windows respectively reside between object and image planes and the corresponding prism faces. The lens is corrected for at least the i-line LED wavelength spectrum or similar LED-generated wavelengths.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（2A）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

系統	10
光學軸	A1
主凹面鏡	M1
孔徑欄	AS
主鏡面	MS
第一折射透鏡元件	L1
第二折射透鏡元件	L2
第三折射透鏡元件	L3
第四折射透鏡元件	L4
第四透鏡表面	LS4
第一稜鏡	PA
第二稜鏡	PB
第一全內反射面	TA
第二全內反射面	TB
物件平面	OP
成像平面	IP

發明專利說明書

【發明名稱】用於微影蝕刻的具等倍放大率之大尺寸折反射透鏡

【技術領域】

【0001】 本發明係有關於使用於微影蝕刻的透鏡，特別係為一種使用於微影蝕刻且具有等倍放大率以及可容納多晶粒的大尺寸區域之折反射透鏡。

【先前技術】

【0002】 於積體電路之製程中，光微影蝕刻工具係用以於半導體（例如：矽）晶圓上進行小尺寸的圖形印刷。光微影蝕刻工具亦被用於涉有成型圖樣（patterns）的後段製程當中而定義出層互聯件；其中，所述層互聯件係提供電源而可驅動積體電路（IC）。於後段製程中，光微影蝕刻工具亦被用於高速傳輸匯流排中的金屬通道之圖樣成型，其中，所述高速傳輸匯流排中的金屬通道係用以傳輸積體電路之控制邏輯與數據之輸入/輸出（I/O）。

【0003】 過去約二十年以來，製程中所使用的矽晶圓尺寸係從 8 吋（200 毫米）成長至 12 吋（300 毫米），而現下 16 吋（450 毫米）的矽晶圓製程實現亦不遠了。影響積體電路的製造成本主要有兩項關鍵因子：產率與產能（亦即，單位工時內所耗用之晶圓）。於理想情況下，假設產率接近百分之百時，則主要影響積體電路的成本因素為製程的產能。

【0004】 增加晶圓上的晶粒 (die) 尺寸大小為增加製程產能的其中一種方式。另外一種方式則是使一次的成像中所能曝光的晶粒數量增加。為了同時達成以上兩種方式，光微影蝕刻工具必須支援複數大尺寸晶粒的形式，而可以縮短曝光 (掃描) 單一晶圓所需的時間。而對於可用具有等倍放大率 (即放大倍率為 1 時) 之光微影蝕刻工具進行加工之較粗糙的後段的各層而言，則可簡易達成。

【發明內容】

【0005】 本發明之一發明概念係揭露一種微影蝕刻透鏡，其用以於位於一成像平面之一成像區域之一光罩成像，該光罩於一物件平面上定義出複數晶粒，該微影蝕刻透鏡沿一光學軸包括一凹面鏡，具有一非球狀凹面。一凸透鏡組係與該凹面鏡之非球狀凹面相間隔。一第一全內反射稜鏡與一第二全內反射稜鏡係相鄰設置於相對該凹面鏡之該凸透鏡組，且位於該光學軸之二側。該第一全內反射稜鏡具有一第一表面鄰近該物件平面，該第二全內反射稜鏡具有一第二表面鄰近該成像平面。其中，該凸透鏡組係由三或四個空氣間隔設置的透鏡元件所組成，該些透鏡元件的其中之一透鏡元件係為一最靠近凹面鏡之透鏡元件，其具有一正彎月形並包括一朝向稜鏡之非球狀凹面。該成像區域的大小係控制在包含四至六個晶粒，且每一該晶粒之標稱尺寸為 26 毫米乘上 34 毫米。該微影蝕刻透鏡實質上具有標稱數值光圈為 0.32 的等倍放大率，且其中該微影蝕刻透鏡至少對於光線之一 i-line 譜線而言，於該成像區

域具有大於 0.95 的斯特列爾比 (Strehl ratio)。

【0006】本發明之一發明概念係揭露一種微影蝕刻透鏡，用以於位於一成像平面之一成像區域之一光罩成像，該光罩於一物件平面上定義出複數晶粒，該微影蝕刻透鏡沿一光學軸包括：一凹面鏡，具有一非球狀凹面；一凸透鏡組係與該凹面鏡之非球狀凹面相間隔並由三個空氣間隔設置的透鏡元件所組成，包括一最靠近主鏡面之透鏡元件具有一正彎月形並包括一朝向稜鏡之非球狀凹面；一第一全內反射稜鏡與一第二全內反射稜鏡係相鄰設置於相對該凹面鏡之該凸透鏡組，且位於該光學軸之二側，且該第一全內反射稜鏡具有一第一表面鄰近該物件平面，該第二全內反射稜鏡具有一第二表面鄰近該成像平面。其中，該成像區域的大小係控制在包含六個晶粒，且每一該晶粒標稱尺寸為 26 毫米乘上 34 毫米，該微影蝕刻透鏡實質上具有標稱數值光圈為 0.32 的等倍放大率。該微影蝕刻透鏡對於一 LED 光譜之 i-line 譜線或是波長為 g-line、h-line 及 i-line 的光線而言，於該成像區域具有大於 0.95 的斯特列爾比。

【0007】本發明之一發明概念係揭露一種微影蝕刻透鏡，用以於位於一成像平面之一成像區域之一光罩成像，該光罩於一物件平面上定義出複數晶粒，該微影蝕刻透鏡沿一光學軸包括：一凹面鏡，具有一非球狀凹面；一第一全內反射稜鏡與一第二全內反射稜鏡位於該光學軸之二側，且該第一全內反射稜鏡具有一第一表面鄰近該物件平面，該第二全內反射稜鏡具有一第二表面鄰近該成像平

面；一凸透鏡組係與該凹面鏡之非球狀凹面相間隔並設置於該些稜鏡與該凹面鏡之間，該凸透鏡組係由四個空氣間隔設置的透鏡元件所組成，包括：一最靠近主鏡面之透鏡元件，具有一正彎月形並包括一朝向稜鏡之非球狀凹面；以及一最靠近稜鏡之透鏡元件，具有一朝向稜鏡之凹面並相鄰於該些稜鏡。其中，該成像區域的大小係控制在包含四個晶粒，且每一晶粒標稱尺寸為 26 毫米乘上 34 毫米。該微影蝕刻透鏡實質上具有標稱數值光圈為 0.32 的等倍放大率，且其中該微影蝕刻透鏡對於一 LED 光譜之 i-line 譜線或是波長為 g-line、h-line 及 i-line 的光線而言，於該成像區域具有大於 0.95 的斯特列爾比。

【0008】所述之發明概念具有以下設計特點。

【0009】於數值孔徑為 0.32 的情況下以及使用包含 g-line、h-line 與 i-line（436 奈米、405 奈米與 365 奈米）的光化汞弧光源以及僅有 i-line 的紫外 LED 時，等倍放大率相對於汞弧光源而言，大約為 2 至 3 倍。另外，可以於同一時間內同時進行 g-line、h-line、i-line 的曝光（亦即利用一 GHI 同時光源）。

【0010】具有可以容納四或六個晶粒的區域。晶粒之標稱尺寸為 26 毫米乘上 36 毫米。對於密集性最高或是最佳表現的光學系統而言，晶粒方位係為最適合其光學形式。

【0011】於某些發明揭露內容中，畸變量小於 50 奈米，而於某些發明揭露內容中，畸變量則小於 10 奈米。

【0012】於物件平面（即於光罩或倍縮光罩上）與成像

平面（即晶圓）需要遠心光束（telecentric ray bundles）。於四晶粒形式之發明揭露內容中，其係可藉由一般的最佳化程序而達成且不具有其他限制。六晶粒形式的發明揭露內容實質上為具有遠心度(telecentric)的，也就是說，其係包含相對焦距改變時的成像大小改變時，可以被忽略的微小非遠心度。

【0013】具有微小非遠心度的其中之一優點為，於物件平面及成像平面沿光學軸以相同方向進行等距離移焦時，可以精密的調整系統的放大倍率，而可以將圖樣的重疊誤差達到最小化。而對於一完美遠心性的光學系統而言，在不影響焦距與成像品質的前提下，藉由調整光學元件改變放大倍率是不可能達成的。

【0014】於一例示之系統的非遠心度，使得該等倍放大率實質上可以百萬分之五（ppm）進行調整。

【圖式簡單說明】

【0015】

第 1A 圖為當數值光圈（NA）為 0.24、0.32、0.40 及 0.50 時稜鏡厚度（THp）與其折射率（n）之關係圖，並顯示隨著數值光圈增加時，稜鏡厚度亦增加。

第 1B 圖為對於數值光圈為 0.3 至 0.55 及對於不同 i-line 玻璃材料，在 i-line 譜線下其最小稜鏡折疊角（ θ_{FM} ，單位：度）對折射率之作圖。

第 2A 圖為本發明第一實施例中具有等倍放大率之 Wynn-Dyson 折反射光學系統之示意圖。

第 2B 圖為第一實施例中之一稜鏡組與複數透鏡元件之放大圖，其顯示位於二相對稜鏡之間的二保護窗以及成像平面與物件平面，並同時繪出折疊角（ θ_F ）。

第 2C 圖為類似第 2B 圖之側視放大圖，其顯示第一實施例中的二稜鏡、空氣間隔設置之透鏡元件以及於成像平面與物件平面匯聚的光束，所述成像平面與物件平面分別置放有晶圓與倍縮光罩。

第 3A 圖為第一實施例之一例示稜鏡之正視放大圖，其顯示成像平面、成像區域以及四個晶粒位於成像平面的成像區域內。

第 3B 圖為第一實施例之二稜鏡與複數第一透鏡元件之放大圖，其顯示尺寸為四晶粒大小的成像區域與物件區域。

第 3C 圖係類似第 3A 圖，其顯示第一實施例中的光束於成像區域中的四晶粒之轉角處匯聚。

第 3D 圖為位於成像區域（或物件區域）的四個晶粒之示意圖，並顯示光線的匯聚（或發散）發生於四晶粒的轉角處。

第 4 圖為第一實施例的柵格畸變（grid distortion, GD）示意圖。

第 5A 圖為第一實施例中對於不同波長（355 奈米至 375 奈米，5 奈米為一間隔單位）之切向光束 T 與徑向光束 S 的場曲/像散圖。

第 5B 圖為第一實施例中畸變量做為場高（最大高度

為 79 毫米) 的函數之作圖。

第 6A 圖為第一實施例中之多色調制傳遞函數圖。

第 6B 圖為第一實施例中之多色方均根 (RMS) 斑點大小 (單位: 微米) 對不同波長 (奈米) 與區域位置之作圖。

第 7A 圖為第一實施例中 LED 的 i-line 譜線之傅立葉多色線擴散函數, 並顯示具有 0.55 微米的半高全寬 FWHM。

第 7B 圖為第一實施例中, 於 i-line 譜線下 (365 奈米) 過焦點的斯特列爾比對區域位置之作圖。

第 8A 圖及第 8B 圖則與第 5A 圖及第 5B 圖類似, 其係分別顯示第一實施例中 GHI 同時光源之場曲與畸變量。

第 9A 圖係與第 6A 圖類似, 其為第一實施例中於波長為 355 奈米至 450 奈米時之多色調制傳遞函數圖。

第 9B 圖係與第 6B 圖類似, 其為第一實施例中汞弧燈光譜 (虛線) 與 LED 光譜 (點虛線) 的多色方均根斑點尺寸 (單位: 微米) 對不同波長 (單位: 奈米) 與區域位置之作圖。

第 10A 圖係與第 7A 圖類似, 為第一實施例中傅立葉線擴散函數, 具有大約 6 微米的半高全寬。

第 10B 圖係與第 7B 圖類似, 其為第一實施例中, 於 h-line 譜線下 (405 奈米) 過焦點的斯特列爾比對區域位置之作圖, 且於焦深範圍內斯特列爾比大於或等於

0.95。

第 11A 圖為本發明第二實施例之具有等倍放大率之 Wynn-Dyson 折反射光學系統之示意圖。

第 11B 圖係與第 2C 圖類似，其顯示二稜鏡，三個以空氣間隔的透鏡元件，以及位於物件平面的倍縮光罩與位於成像平面的晶圓。

第 12 圖為第二實施例中位於成像區域或物件區域的六個晶粒之對應轉角處之入射光束之示意圖。

第 13 圖係與第 4 圖類似，其為第二實施例的柵格畸變示意圖。

第 14A 圖為第二實施例中對於 355 奈米至 375 奈米波長的多色調制傳遞函數圖。

第 14B 圖為第二實施例中 LED 光譜（點虛線）的多色方均根斑點（單位：微米）對波長（單位：奈米）與區域位置之作圖。

第 15 圖為第二實施例中 LED 的 i-line 譜線之傅立葉多色線擴散函數，並顯示具有 0.48 微米的半高全寬。

【實施方式】

【0016】 本創作係有關於使用於微影蝕刻的透鏡，特別係為一種使用於微影蝕刻且具有等倍放大率以及可容納多個晶粒的區域之折反射透鏡。

【0017】 以下所提出的申請專利範圍係構成實施方式的一部分。

【0018】 於此，「光罩」與「倍縮光罩」係為等義。

【0019】 晶粒一詞於半導體製程中通常表示半導體晶圓之一部份，而其上係製作有功能性的積體電路。於此，晶粒一詞亦可指涉包含有圖樣的倍縮光罩之一部份，所述圖樣用以於晶圓上成像而可形成所述晶粒。因此，為了敘述上的簡便，且此處所述之光學系統乃具有標稱等倍放大率，晶粒一詞可以指涉為倍縮光罩的晶粒圖樣亦可為晶圓上所形成的晶粒。於以下一實施例中，倍縮光罩可具有四至六個晶粒，因此可於晶圓上成像四至六個晶粒。也就是說，於不同實施例中，光學系統的成像與物件區域的大小係控制在包含四或六個晶粒。此即所稱四晶粒形式或所稱六晶粒形式。於一實施例中，每一晶粒具有標稱尺寸為 26 毫米乘上 36 毫米。

【0020】 朝向鏡子（mirror-wise）一詞意為面對鏡子，而朝向稜鏡（prism-wise）一詞意為面對稜鏡。因此，當所稱一透鏡具有朝向稜鏡之一凹面時，則表示此透鏡具有一凹面，而此凹面朝向稜鏡。

【0021】 以下所列舉之專利文獻與專利文件在此係為

本發明之參考依據。如下：

【0022】 J. Dyson, "Unit Magnification Optical System without Seidel Aberrations," Journal of the Optical Society of America, July 1959.

【0023】 Zhang Yudong et al., "A new family of 1:1 catadioptric broadband deep UV high NA lithography lenses," SPIE 1463 (1991) : 688-694.

【0024】 R.M.H. New et al., "Analytic optimization of Dyson optics," Optical Society of America 31 "Applied Optics," no. 10: 1444-1449.

【0025】 Zhang et al., "Some Developments for a Unit Magnification Optical System," published by the Optical Society of America, Applied Optics 34, no. 7, March 1, 1995.

【0026】 美國專利證號 1,401,345; 1,783,998; 2,742,817; 7,148,593; and 7,573,655.

光學設計之考量

【0027】 實施例示為數個具等倍放大率之光微影蝕刻工具，其包含複數折反射系統而可於汞弧燈波長下（g-line 譜線為 436 奈米、h-line 譜線為 405 奈米、i-line 譜線則為 365 奈米）成像，而將大小極值為 0.75 微米至 2 微米的圖樣製作於矽晶圓上。近年來，由於紫外發光二極體（UV light-emitting diodes）的可利用性之提升，使得 i-line 譜線之成像可以從汞弧燈過渡到其他更為穩定的固態光源，例

如各式 LED。於一實施例中，LED 光譜的 i-line 譜線之半高全寬（full-width half-max, FWHM）約為 9 奈米，範圍自 357 奈米至 374 奈米，且其峰值位於 365 奈米。此一略寬之 i-line 譜線導致結果所得的成像品質需要額外的去色化需求，亦須要較為繁複的光學設計，特別是給予較高晶圓產能比率的大尺寸以及容納複數晶粒的形式之尺寸大小。

【0028】此處所揭示的光學系統是以 Wynn-Dyson 的設計為基礎，其具有一設置於一光學軸之凹面鏡以及位於光學軸二側之分離式稜鏡組。分離式稜鏡組是用於隔開物件平面與成像平面，否則物件平面與成像平面會在光學軸上重疊。

【0029】於中紫外光的光化光譜區域中（365 奈米至 435 奈米），Wynn-Dyson 光學系統的光學設計係粗略受限於複數個高度透明光學玻璃、一個非晶相的透明陶瓷加上一個透明晶體，如下表 1 所列。表 1 例示了於所述光化光譜區域中的 16 個候選材料之光學與熱學性質。

表 1					
材料	nnnvvv	τ_i (25 毫米)	n_i (365 奈米)	$CTE \times 10E^{-7}/C$ (-30~+70)	$dn/dT \times 10^{-6}/C$ i (20~40)
S-FPL51Y	497811	0.993	1.511854	136	-6.1
S-FSL5Y	487703	0.997	1.504044	89	0.1
BSL7Y	516643	0.995	1.535739	68	4.4
BAL15Y	557587	0.984	1.580115	76	4.6
BAL35Y	589612	0.990	1.612606	57	5.4

BSM51Y	603606	0.987	1.627426	63	4.7
PBL1Y	548457	0.994	1.579306	93	5.0
PBL6Y	532490	0.994	1.559593	83	5.3
PBL25Y	581408	0.986	1.619284	87	7.0
PBL26Y	567428	0.989	1.602169	89	5.7
PBM2Y	620363	0.965	1.666350	86	9.3
PBM8Y	596393	0.977	1.636037	85	7.7
PBM18Y	596387	0.983	1.636558	88	8.4
PBL35Y	582409	0.993	1.619370	91	6.1
熔融石英	458678	0.999	1.474555	0.49	11.2
氟化鈣	434952	0.999	1.444893	18.7	-10.6

【0030】上述材料可自分布於全球各地之以下製造商取得：i-line 的玻璃產品係購自日本的 Ohara Glass 公司；各種不同類型與級別的非晶相透明熔融石英陶瓷則購自德國的 Heraeus 公司與美國的 Corning 公司；氟化鈣的立方單晶購自美國的 Corning 與德國的 Helma。上述每一材料製作之達成係結合熔融、化學蒸鍍法或火焰水解法，亦或是一個適當的晶體生長方法。僅有具有最高內折射率勻相性（約 1ppm）的材料才適合製作所述光學系統；又，因為材料本身的光學厚度的關係，此類型的光學系統具有相當大的尺寸。

表 1 中具有最高穿透率（材料厚度為 25 毫米時穿透率超過 0.99）的材料在最初四個欄位係以粗體表示，且所述材料係最適合用於製造厚的透鏡元件，尤其是製造用於一環場式折反射鏡系統的透鏡元件，而由於在物件與晶圓上的成

像間，光線係自主鏡來回經過所述透鏡元件，因此所述環場式折反射鏡系統的有效厚度係乘以 2 倍。標示 nnnvvv 的欄位為國際玻璃碼，其為合併材料於氦燈的 d 線光譜(587.6 奈米) 下的折射率小數點後三碼以及材料的阿貝數 (Abbe Number, Vd) 的小數點後三碼，而阿貝數是用來衡量該材料於可見光區的光譜相對色散程度。波長較短時色散程度增加，特別是在紫外光區，因此，儘管是位於 365 奈米至 435 奈米之間的光譜帶，其與 450 奈米至 650 奈米的可見光區相比，消除色差仍困難許多。 τ_i (25 毫米) 的數值表示於各材料厚度為 25 毫米時的內部穿透率，而 n_i 的數值則表示對於汞燈的 i-line 譜線 (365 奈米)，各材料的折射率。

【0031】選擇材料時，基於使用以及製造上溫度穩定性的立場，應該將熱學性質納入考量。粗體顯示的數值表示材料的熱膨脹係數 (coefficient of thermal expansion, CTE) 及折射率溫度係數 (dn/dT) 偏離平均值，特別是熱膨脹係數幾乎接近零與折射率溫度係數小於零的材料，例如：熔融石英。

【0032】厚的光學元件對於小的溫度梯度十分敏感，而小的溫度梯度則會使得表面的幾何結構與折射率 (漸變折射率) 發生變化。雖然熔融石英被認為是一種低熱膨脹係數之材料，但於表 1 所列之 16 個材料之中，其具有最高的折射率溫度係數。而對於氟化鈣來說，單就數值大小而言，

其折射率溫度係數值大小係與熔融石英相當，但為負值；且，其又具有極高的熱膨脹係數，因此導致氟化鈣在遇到製造或使用時有溫度驟變之情況（例如冷卻降溫）時，極易碎裂。

【0033】第 1A 圖為對一具有 52 毫米高之稜鏡與二晶粒形式之系統，於數值光圈不同時，亦即數值光圈為 0.24、0.32、0.40 及 0.50 時，稜鏡厚度 THp 與其折射率之關係圖。

【0034】對於分離式稜鏡組的材料選擇，需要考慮每一稜鏡的內反射面的光學行為，也就是說，其內反射面對於表面誤差感測要比其折射面敏感五至六倍。於法線入射時，關聯一內反射波前之波前誤差（wavefront error, WFE）如下：

$$\text{WFE}_{\text{rfl}} = 2 \cdot n \cdot e$$

而對於法線入射的折射於一表面時，其表示為：

$$\text{WFE}_{\text{rfr}} = (n-1) \cdot e.$$

e 為表面誤差（以波計），而 n 為於該波長之折射率。

【0035】其相對的誤差感測之敏感度為：

$$\sigma = 2 \cdot n / (n-1) ,$$

且 n 等於 1.44 時， σ 為 6.54 倍， n 為較高之 1.61 時， σ 為 5.3 倍。

【0036】另一個影響材料選擇的因素則是，折射率是否足夠高而可讓所有的光線在不需使用一反射鍍層的情況下可於稜鏡的反射面達成全內反射（total internal reflection, TIR）。當入射角度較臨界角低時，則無法達成全內反射。

此時，則需要所述反射鍍層來避免光線經由所述反射面折射，因而導致某些成像有漸暈的情況發生。

【0037】於全內反射會發生時，臨界角 φ_c 表示如下：

$$\varphi_c \geq \text{asin}(1/n),$$

其中臨界角係相對表面法線進行量測。

【0038】圖 1B 為不同 i-line 材料其折射率與最小全內反射折疊角 θ_{FM} 的作圖（係以反序呈現，且圖 2B 揭示折疊角的量測方式）。可達成全內反射的最小折疊角 θ_{FM} 如下式：

$$\theta_{FM} = 2 * [\text{asin}(1/n) + \text{asin}(NA/n) + K],$$

其中 n 為可支援的最長波長之折射率， NA 為系統的數值光圈， K 則是由偏離遠心性的設計餘量與其他容忍值所貢獻的額外補正值。圖 1B 為於數值光圈為 0.30 至 0.55 時，i-line 光學材料之最小全內反射折疊角 θ_{FM} 對其折射率 n （於 i-line 譜線）的作圖，如同圖上之備註所述。

【0039】當折疊角 θ_F 愈大時，稜鏡的厚度愈厚，則折射率減小。由於當數值光圈極大時，光線不再能夠於稜鏡內部平行稜鏡的入射面，導致稜鏡的形狀不再最佳化。這造成了系統中稜鏡的高度與厚度增加，而不利於整體的光學元件設計。

【0040】最佳的稜鏡折疊角 θ_F 係以 θ_{FO} 表示，且相對數值光圈折射較低的光線係平行於稜鏡的入射面。此一解

空間可以最小折疊角 θ_{FM} 與最佳折疊角 θ_{FO} 表示，如下：

$$(\theta_{FO} - \theta_{FM}) = 2 * \{ [45^\circ + (1/2) * \text{asin}(NA')] - \varphi_C \}$$

上式係以角度表示，其中 NA' 為物件（光線）於稜鏡內折射的數值光圈，亦即 $\text{asin}(1/n)$ ，而 n 為折射率。最佳臨界角 φ_{CO} 於此一解空間內具有一限制範圍，亦即最佳臨界角數值大於數值光圈遠大於 0.24 時的臨界角數值 ($\varphi_{CO} > \varphi_C$ for $NA \gg 0.24$)，而折射率係大於 1.54。為了於較低折射率的介質中或是較高的數值光圈下達成全內反射，需要較厚且較不緊密的稜鏡組；但在數值光圈更高的情況下，最終仍需要添加前述之反射鍍層於稜鏡表面，始可達成全內反射。

【0041】 表 2 所列之 12 個玻璃材料為 Ohara glass 公司中於數值光圈為 0.24 時，滿足最佳臨界角條件的玻璃材料。劃有底線的材料於數值光圈為 0.32 時可滿足最佳臨界角，而對於大於 0.37 的數值光圈而言，所列 12 個材料則都無法滿足最佳臨界角。

表 2	
玻璃	折射率
BSL7Y	1.535739
PBL6Y	1.559593
<u>PBL1Y</u>	<u>1.579306</u>
<u>BAL15Y</u>	<u>1.580115</u>
<u>PBL26Y</u>	<u>1.602169</u>
<u>PBL25Y</u>	<u>1.619284</u>



<u>PBL35Y</u>	<u>1.61937</u>
<u>BAL35Y</u>	<u>1.612606</u>
<u>BSM51Y</u>	<u>1.627426</u>
<u>PBM18Y</u>	<u>1.636558</u>
<u>PBM8Y</u>	<u>1.636037</u>
<u>PBM2Y</u>	<u>1.66635</u>

【0042】 前述的部分更進一步意味熔融石英或是氟化鈣（即具有最高穿透率的材料）並不一定是稜鏡材料的最佳選擇，特別是當全內反射是稜鏡材料所需具備的條件時。低折射率的稜鏡需要較大的折疊角，且此類稜鏡的形狀會偏離最佳態樣，因而相較高折射率的材料需要較厚的厚度。稜鏡材料可能會導致整體設計的最佳化連同其他材料的組合、透鏡與鏡體之組合、表面形狀的匹配等無法達成。

【0043】 當一標稱稜鏡的幾何結構已根據一較佳的材料而被建立，其厚度係隨著剩餘透鏡元件的設計參數（如：半徑、厚度、彼此空氣間隔距離以及非球面係數）而達成最佳化。稜鏡厚度對於球面像差、珀茲伐和（Petzval sum）以及其他賽得像差（Seidel aberrations）具有極大影響。因此，稜鏡厚度被允許可相對其標稱幾何結構進行調整，而可使由不同類型材料所組成的透鏡元件設計可全面地達成最佳化。

【0044】 由於最佳化的過程是逐步漸增的，因此可以根據謹慎選擇最適合的材料參數而替換所有適合的玻璃材料，所述材料參數主要為光譜穿透率。其他因子像是成本

(對於熔融石英或氟化鈣而言)、熱學性質及製程的考量則應以類似手法進行處理。

【0045】上述公式集可被編入標準透鏡設計軟體之透鏡設計最佳化的優質函數內，而使得透鏡設計軟體可以於光學設計中對應不同限制條件而動態地進行調整。因此，設計軟體可以根據最佳化參數（例如折射的點擴散函數（diffraction point spread function）或是斯特列爾比（Strehl Ratio, SR））所構成的矩陣針對最佳的材料組合進行全球性地搜尋，使得設計不再只是單純地降低成像標準。而其他最佳化參數，例如畸變量與遠心度則必須在需要時進行監控與限制。關於全內反射的極化效應，若對於非極化光線（如 LED 或弧燈）而言，相偏移的程度過大而會導致成像的品質的降低時，則藉由於稜鏡的反射面施用一相位保持鍍層來處理。

【0046】以上所述之考量係套用至以下所述之兩實施例，其係皆為等倍放大率的 Wynn-Dyson 光學系統，且數值光圈均為 0.32。其中之一為用於 LED 的 i-line 譜線及 GHI 同時光源之四晶粒形式；另一則為單純用於 LED 的 i-line 譜線之六晶粒形式。

第一實施例

【0047】第 2A 圖為根據本發明第一實施例之 Wynn-Dyson 折反射光學系統（以下簡稱系統 10），其具有等倍放大率。系統 10 包含一主凹面鏡 M1 位於一光學軸 A1 之中心處，主凹面鏡 M1 具有一主鏡面 MS。一孔徑欄

AS 位於主鏡面 MS 上。系統 10 係包含有於主凹面鏡 M1 之凹面側沿光學軸 A1 排列並軸向地與主鏡面 MS 間隔設置的四個折射透鏡元件 L1~L4 (第一折射透鏡元件 L1、第二折射透鏡元件 L2、第三折射透鏡元件 L3、第四折射透鏡元件 L4)。系統 10 包含為分離式型態之第一稜鏡 PA 與第二稜鏡 PB，其係鄰近設置於第一折射透鏡元件 L1 但分別位於光學軸 A1 之兩側。第一稜鏡 PA 與第二稜鏡 PB 具有對應的第一全內反射面 TA 與第二全內反射面 TB 而可籠罩系統 10，而使得一成像平面 IP 與一物件平面 OP 不會在光學軸 A1 上重疊。

【0048】第 2B 圖為第一稜鏡 PA 與第二稜鏡 PB 以及相對應的物件平面 OP 與成像平面 IP 之放大圖。第一稜鏡 PA 包含一第一稜鏡平面 PA1 鄰近第一折射透鏡元件 L1 之一透鏡表面 LS1。第一稜鏡 PA 亦包含一第二稜鏡平面 PA2 鄰近物件平面 OP。同樣地，第二稜鏡 PB 包含一第三稜鏡平面 PB1 鄰近第一折射透鏡元件 L1 之第一透鏡表面 LS1。第二稜鏡 PB 亦包含一第四稜鏡平面 PB2 鄰近成像平面 IP。

【0049】於一實施例中，系統 10 包含第一保護窗 WA 與第二保護窗 WB (舉例而言，第一保護窗 WA、第二保護窗 WB 之標稱厚度係為 1 毫米厚)。第一保護窗 WA 位於第一稜鏡 PA 的第二稜鏡平面 PA2 與物件平面 OP 之間。第二保護窗 WB 位於第二稜鏡 PB 的第四稜鏡平面 PB2 與成像平面 IP 之間。於實施例中，第一保護窗 WA 與第二保護窗 WB 係由熔融石英製成。

【0050】 實施例中之系統 10 於 LED 的 i-line 譜線或 GHI 同時光源具有一四晶粒形式，並且數值光圈為 0.32。四晶粒形式係表示物件區域 OF 與成像區域 IF 可以涵蓋四個標稱尺寸為 26 毫米乘上 36 毫米的晶粒。於成像平面 IP 或物件平面 OP 上之區域大小為 66 毫米乘上 52 毫米，並具有 73%的穿透率。第四折射透鏡元件 L4 之第四透鏡表面 LS4 係為凹面並且為非球面。相同地，主鏡面 MS 亦為非球面。在此須說明的是，由於系統 10 具有等倍放大率，因此物件區域 OF 與成像區域 IF 係具有相同尺寸。

【0051】 系統 10 的工作距離 WD 為 5 毫米，焦距 FD 為 5 毫米，折疊角 θ_F 為 103.5 度，實際路徑長度（物件平面 OP 至主凹面鏡 M1 頂點之距離）為 1212.5 毫米，孔徑欄 AS 之孔徑為 596.2 毫米，主凹面鏡 M1 直徑為 620 毫米，厚度為 150 毫米。第一稜鏡 PA 與第二稜鏡 PB 的路徑長為 105 毫米。二非球面分別為第四折射透鏡元件 L4 之第四透鏡表面 LS4 與主凹面鏡 M1 之主鏡面 MS，且具有 12 階之非球面，如同以下以弛垂方程式表示之非球面方程式。

【0052】 表 3 為第一實施例之系統 10 的光學元件設計之詳細規格資訊，單位係以毫米表示。

表 3					
序號	名稱	半徑	厚度	玻璃材料	半直徑
1	數值光圈為 0.32 的物件平面		0.000		86.006
2	物件工作距離 WD		5.000		93.506
3	第一保護窗 WA		1.000	熔融石英	95.295



4	空氣間隔		1.000		95.529
5	稜鏡入射面 PA2		105.000	PBL1Y	95.887
6	第一全內反射面 TA		0.000	主凹面鏡	143.761
7	稜鏡出射面/空氣間隔		-2.580		118.842
8	第一折射透鏡元件 L1	4946.	-43.113	S-FPL51Y	125.000
9	空氣間隔	212.3	-0.455		125.000
10	第二折射透鏡元件 L2	211.3	-22.453	PBL1Y	125.000
11	空氣間隔	706.7	-9.706		135.000
12	第三折射透鏡元件 L3	2333.	-45.977	S-FPL51Y	148.000
13	空氣間隔	1145.	-95.049		148.000
14	第四折射透鏡元件 L4 與其	829.0	-41.202	PBL1Y	172.000
15	空氣間隔	454.8	-839.951		177.500
16	數值光圈為 0.32 的孔徑欄	---	---	---	298.107
17	主凹面鏡 M1 的非球面	1214.	839.951	主凹面鏡	310.000
18	反射成像路徑	---	---	---	---
19	第四折射透鏡元件 L4 反射	454.8	41.202	PBL1Y	177.500
20	空氣間隔	829.0	95.049		172.000
21	第三折射透鏡元件 L3 反射	1145.	45.977	S-FPL51Y	148.000
22	空氣間隔	2333.	9.706		148.000
23	第二折射透鏡元件 L2 反射	706.7	22.453	PBL1Y	135.000
24	空氣間隔	211.3	0.455		125.000
25	第一折射透鏡元件 1 反射面	212.3	43.113	S-FPL51Y	125.000
26	空氣間隔	4946.	2.580		125.000
27	稜鏡入射面		0.000	PBL1Y	118.842
28	第二全內反射面 TB		-105.000		143.762
30	稜鏡出射面/空氣間隔		-1.000		95.887
31	第二保護窗 WB		-1.000	熔融石英	95.529
32	像後焦距		-5.000		95.295
33	成像平面 IM、晶圓		0.000		86.006

【0053】 第一稜鏡 PA 與第二稜鏡 PB 具有等腰幾何型態，且頂角分別為 51.75 度、76.5 度與 51.75 度，高度為

85.1274 毫米；其第一全內反射面 TA 與第二全內反射面 TB 寬度為 133.70398 毫米，稜鏡入射面與稜鏡出射面為 52.7019 毫米，折疊角 θ_F 為 103.5 度。其聚焦平面傾斜度為 X，即對於 52 毫米高度之成像為正 0.6 微米。焦深與景深相同，其係為 3 微米。

【0054】第四折射透鏡元件 L4 之第四透鏡表面 LS4 與主凹面鏡 M1 之主鏡面 MS 的非球面係藉由弛垂方程式 Z 加以定義如下，其中 $c=1/R$ ，R 為基礎曲率半徑， ρ 為相對 Z 軸的極半徑，r 為徑向座標，k 為圓錐常數，而 α_i 則是第 i 階的非球面係數。Z 為光學軸 A1 與極切平面之間的距離。

$$Z = c^2/((1+\text{SQRT}(1-(1+k)c^2/r^2)))+ \alpha_1r^2+ \alpha_2r^4+ \alpha_3r^6+ \alpha_4r^8+ \alpha_5r^{10}+ \alpha_6r^{12}$$

下列表 3 則分別示出第四折射透鏡元件 L4 之第四透鏡表面 LS4 與主凹面鏡 M1 之主鏡面 MS 的非球面數據。

表 3 -非球面數據						
表面	k	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
14 (LS)	0	5.6040E-10	1.3502E-15	-1.5854E-20	7.4217E-25	-7.8041E-30
17 (MS)	0	-8.5462E-13	1.1996E-18	-2.9985E-23	2.6641E-28	-9.0952E-34

【0055】第 2C 圖為側視放大圖，係與第 2B 圖類似並示出第一稜鏡 PA、第二稜鏡 PB 與前述折射透鏡元件 L1~L4。光束 RB 係匯聚於物件平面 OP 與成像平面 IP 上，折射透鏡元件 L1~L4 之間具有空氣間隔。第一折射透鏡元件 L1 之第一透鏡表面 LS1 鄰近第一稜鏡平面 PA1 與第三



稜鏡平面 PB1。第一透鏡表面 LS1 係呈微凹，並且於一實施態樣中具有針對最佳化光學表現而選得之曲率半徑。折射透鏡元件 L1~L4 底部係為截平之態樣（以實線表示，標號為 TR），而使 300 毫米大小之晶圓 100 可使用於成像平面 IP。一倍縮光罩（或稱光罩）110 置於物件平面 OP。倍縮光罩 110 之一例示為 0.25 吋（6 毫米）之厚度。5 毫米之焦距 FD 提供了 3 毫米的空隙而可將一薄膜（圖未示出）容納於倍縮光罩 110 上。第一保護窗 WA 與第二保護窗 WB 係用以保護系統 10 中的光學元件，避免受到揮發性有機化合物與除氣之傷害。

【0056】第 3A 圖為第二稜鏡 PB 之正視放大圖，並顯示出成像平面 IP 以及位於成像平面 IP 上所形成的成像區域 IF 之四個晶粒 D1~D4。第 3B 圖為一正視放大圖，係與第 3A 圖類似並顯示出第一稜鏡 PA、第二稜鏡 PB 以及與其相鄰的第一折射透鏡元件 L1 及第一透鏡表面 LS1，晶粒 D1~D4 分別顯示於第一稜鏡 PA 與第二稜鏡 PB 上，且位於倍縮光罩（此圖未示出）之晶粒係與成像於晶圓（此圖未示出）上之晶粒具有相同大小。

【0057】第 3C 圖係與第 3A 圖類似，並包含聚焦於成像平面 IP 的成像區域 IF 之光束 RB。第 3D 圖顯示位於成像平面 IP 的成像區域 IF（或物件平面 OP 的物件區域 OF）之四晶粒 D1~D4，並同時示出九條光束 RB 匯聚於四晶粒 D1~D4 之轉角處。如圖所示，四晶粒 D1~D4 係位於成像區域 IF 或物件區域 OF。需要注意的是，為求容易理解，此

處所述之晶粒 D1~D4 係可指涉位於倍縮光罩 110 之晶粒圖樣或是位於晶圓 100 的晶粒圖樣。

【0058】第 4 圖為柵格畸變圖，其中 X 記號表示相對一完美柵格之主光束位置。第 4 圖所顯示之柵格畸變圖係被放大 340000 倍。圖上最小的長方格之實際大小係為 10 奈米（水平線）乘上 7.6 奈米（垂直線）。

【0059】第 5A 圖為切向光束（以 T 表示）與徑向光束（以 S 表示）的場曲/像散（field curvature/astigmatism）圖，其最大區域尺寸為 79 毫米。曲線表示自 355 奈米至 375 奈米之光束，並以 5 奈米為一單位級距。第 5B 圖為畸變量（以毫米表示）作為區域高度（最大高度為 79 毫米）之函數作圖。於第 5B 圖中，不同波長的曲線係有重疊的情況。

【0060】第 6A 圖係為對不同的區域位置而言，於 355 奈米至 375 奈米的波長區間，其多色調制傳遞函數（polychromatic modulus of the optical transfer function, polychromatic MTF or |OTF|）對空間頻率（單位：周期/毫米）之作圖。當不同波長曲線之間愈密合，則表示對於不同波長與不同區域位置其具有高的調制傳遞函數數值。如圖所示，本例示之系統 10 係具有繞射極限（diffraction limit），且截止頻率為 1800 週期/毫米。

【0061】第 6B 圖為多色方均根（RMS）斑點大小 SS（單位：微米）對不同波長（單位：奈米）與區域位置 F1~F9 之作圖，區域位置 F1~F9 如下表所列。區域尺寸為 79 毫米。

表 4 – 區域位置 F1-F9		
區域	X (mm)	Y (mm)
F1	0	-27
F2	0	-53
F3	0	-79
F4	-34	-27
F5	-34	-53
F6	-34	-79
F7	34	-27
F8	34	-53
F9	34	-79

【0062】虛線表示汞弧燈光譜而點虛線則表示 LED 的 i-line 譜線。於圖上，繞射極限係以 DL 之標號表示並且繞射極限半徑為 0.65 微米。於 365 奈米時，所設計之方均根半徑約為三分之一的繞射極限。

【0063】第 7A 圖為 LED 的 i-line 譜線之傅立葉多色線擴散函數 (Fourier polychromatic i-line LED line-spread function)，其係以相對輻照度 I_R 對譜線寬度 x 之作圖並顯示 0.55 微米的半高全寬 (full-width half-max, FWHM)。

【0064】第 7B 圖為於 i-line 譜線 (365 奈米) 下，不同區域位置之斯特列爾比對焦距 F 作圖。設計目標為使焦深範圍內之斯特列爾比等於或大於 0.95。

【0065】第 8A 圖與第 8B 圖類似第 5A 圖與第 5B 圖，其分別為 GHI 同時光源的光譜之場曲與畸變情況。

【0066】第 9A 圖係與第 6A 圖類似，顯示於波長為 355 奈米至 450 奈米時之多色調制傳遞函數圖，空間頻率範圍為 0 至 1800 週期/毫米。

【0067】第 9B 圖係與第 6B 圖類似，並顯示汞弧燈光譜（虛線）與 LED 光譜（點虛線）的多色方均根斑點尺寸 SS（微米）對不同區域位置的波長（奈米）之作圖。繞射極限半徑為 0.7 微米。於 405 奈米時，所設計之方均根半徑約為二分之一的繞射極限。

【0068】第 10A 圖係與第 7A 圖類似並且為傅立葉線擴散函數，顯示半高寬約為 6 微米。

【0069】第 10B 圖係與第 7B 圖類似，其為於 h-line 波長下（405 奈米）下，不同區域位置之斯特列爾比對焦距 F 作圖，設計目標為使焦深範圍內之斯特列爾比等於或大於 0.95。

第一實施例之特點與優點

【0070】第一實施例之系統 10 具有之特點與優點整理如下。

【0071】數值為 0.32 的適中數值光圈使得於 i-line 譜線時，譜線寬度與斑點尺寸小於 0.75 微米；於 GHI 同時光源照射時，譜線寬度與斑點尺寸小於 0.2 微米。

【0072】大小尺寸為 68 毫米乘上 52 毫米的四晶粒形式將單位時間內所能曝光的晶圓數量（wafer/hour exposure rate）相較於單晶粒形式提升了四倍，亦即於一次曝光程序中，可同時完成四個晶粒之曝光。

【0073】設計係基於支持全內反射的分離式之第一稜鏡 PA 與第二稜鏡 PB，同時將第一稜鏡 PA 與第二稜鏡 PB 的光學路徑之光譜穿透率最大化。

【0074】 焦深允許真空壓平的晶圓 100 可以有大約 3 微米之殘餘晶圓彎曲 (residual wafer bow)。

【0075】 系統 10 支援 LED 的 i-line 譜線，其譜帶寬度為汞弧燈之兩倍。

【0076】 系統 10 支援具有汞弧燈光源或多波長 LED 光源之 GHI 同時光源的曝光。

【0077】 實施例之設計採用最高等級的 i-line 光線用之玻璃材料而達成最大的穿透率與折射率均勻性。

【0078】 系統 10 規避使用高價位的熔融石英，而是使用能夠提供高折射率、足夠的內穿透率以及優越的折射率溫度係數（亦即對於溫度梯度較不敏感）的 i-line 光學玻璃材料。

【0079】 非球面之使用僅限於二凹光學表面（即第四透鏡表面 LS4 與主鏡面 MS），可將最適球面偏離量（departure from a best-fit-sphere）減至最低而便於製造過程中之測試，製造過程之測試則可將光學元件（透鏡與平面鏡）於使用後的自重彎曲（gravitational self-weight bending）情況納入考量。

【0080】 藉由將折射透鏡元件 L1~L4 彼此以空氣間隔，而無須使用易受到紫外光傷害的光學黏著劑，進而使系統 10 具有較長之使用壽命。

【0081】 系統 10 中聚焦平面傾斜係被最佳化而可針對軸外區域（off-axis field）補償珀茲伐曲率（Petzval curvature）的任何剩餘偏移成分並做效實際的系統調校程

序。

【0082】對多晶粒的曝光而言，其可忽略的光學畸變量（例如，小於 10 奈米的光學畸變量）確保了最大重疊準確性（maximum overlap accuracy）。

【0083】第一保護窗 WA 與第二保護窗 WB 的使用（其係可替換）係避免光學元件於蝕刻過程中受到揮發性有機化合物（例如各種類型的光阻劑等化學物質）或是除氣的損害，因此光學元件具有較長之壽命；此外，也不需要頻繁清潔或更換光學零件，並確保光學系統的密封而可避免光學元件受到前述污染的發生。

【0084】大數值的工作距離 WD 與焦距 FD（5 毫米）為保護窗以及與保護窗相鄰的晶圓 100 或倍縮光罩薄膜提供了足夠的物理清晰度。上述優點使得由微粒所導致的外觀不良不會影響曝光並造成製程缺陷（process defects）。

第二實施例

【0085】第 11A 圖係類似第 2A 圖，其繪示出第二實施例之系統 10，其係包含三個空氣間隔設置的折射透鏡元件 L1~L3。系統 10 係被設置而對於 LED 的 i-line 譜線或是 GHI 同時光源之譜帶可提供六晶粒之形式。其區域尺寸為 102 毫米乘上 52 毫米，且區域尺寸對於 i-line 譜線具有 75% 的穿透率。工作距離 WD 為 6 毫米。系統 10 包含前述之第一保護窗 WA 與第二保護窗 WB，於一實施例中第一保護窗 WA 與第二保護窗 WB 的厚度為 1 毫米且由熔融石英製成。折疊角 θ_F 為 103 度。實際路徑長度為 1417.5 毫米。孔

徑欄 AS 之孔徑為 749.8 毫米，主凹面鏡 M1 孔徑為 780 毫米，厚度為 175 毫米。第一稜鏡 PA 與第二稜鏡 PB 的路徑長為 107 毫米。第三折射透鏡元件 L3 具有一第三透鏡曲面 LS3，其係為非球面。主凹面鏡 M1 之主鏡面 MS 亦為非球面。數值光圈為 0.32。由於系統 10 對稱之緣故，鏡後焦距 FD 係與工作距離 WD 等長。

【0086】表 5 為第二實施例之系統 10 的光學元件設計之詳細規格資訊，單位係以毫米表示。

表 5					
序號	名稱	半徑	厚度	玻璃材料	半直徑
1	數值光圈為 0.32 的物件平面 OP		0.0000		96.566
2	物件工作距離 WD		6.0000		104.066
3	第一保護窗 WA		1.0000	融熔石英	106.343
4	空氣間隔		1.5000		106.591
5	稜鏡入射面		107.0000	PBL35Y	107.160
6	第一全內反射面 TA		0.0000	主凹面鏡	151.237
7	稜鏡出射面/空氣間隔		-3.7640		129.472
8	第一折射透鏡元件 L1	348.0068	-68.0765	融熔石英	145.000
9	空氣間隔	251.5685	-225.7860		145.000
10	第二折射透鏡元件 L2	309.5053	-63.5867	PBL35Y	175.000
11	空氣間隔	1124.9733	-63.4603		200.000
12	第三折射透鏡元件 L3 與其非球面	934.5878	-54.0829	PBL6Y	230.000
13	空氣間隔	1417.0000	-823.2103		230.000
14	數值光圈為 0.32 的孔徑欄 AS	---	---	---	374.913

15	主凹面鏡 M1 的非球面	1417.0807	832.2103	主凹面鏡	390.000
16	反射成像路徑	---	---	---	---
17	第三折射透鏡元件 L3 反射面	1124.9733	54.0829	PBL6Y	230.000
18	非球面/空氣間隔	309.5053	63.4603		230.000
19	第二折射透鏡元件 L2 反射面	251.5685	63.5867	PBL35Y	200.000
20	空氣間隔	348.0068	225.7860		175.000
21	第一折射透鏡元件 L1 反射面		68.0765	融熔石英	145.000
22	空氣間隔		3.7640		145.000
23	稜鏡入射面		0.0000	PBL35Y	129.476
24	第二全內反射面 TB		-107.000	主凹面鏡	150.085
25	稜鏡出射面/空氣間隔		-1.5000		103.790
26	第二保護窗 WB		-1.0000	融熔石英	103.220
28	像後焦距		-6.0008		102.973
29	成像平面 IP		0.0000		93.197

【0087】 第一稜鏡 PA 與第二稜鏡 PB 具有等腰幾何型態，且具有以下設計參數：頂角為 51.5 度、77 度與 51.5 度，高度為 87.3504 毫米，長度為 170.0 毫米；第一全內反射面 TA 與第二全內反射面 TB 之寬度為 136.7224 毫米。其聚焦平面傾斜度為 X，即對於 68 毫米高度之物件或成像為正負 0.40 微米。焦深為 2.5 微米。

【0088】 非球面係以弛垂方程式加以描述如下，但額外具有 14 階與 16 階參數 $\alpha_7\rho^{14}$ 與 $\alpha_8\rho^{16}$ ，非球面數據係如下表 6 所列。

表 6

表面	k	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8
12 (LS3)	0	6.9262E-11	5.2170E-17	-2.4905E-21	1.4863E-25	-5.2515E-30	9.0087E-35	-5.7562E-40
15 (MS)	0	-3.7538E-13	-2.9662E-18	5.5504E-23	-6.2595E-28	3.8523E-33	-1.1861E-38	1.3622E-44

【0089】第 11B 圖係與第 2C 圖類似並顯示第一稜鏡 PA 與第二稜鏡 PB，三個空氣間隔的折射透鏡元件 L1~L3，以及位於物件平面 OP 的倍縮光罩 110 與位於成像平面 IP 的晶圓 100。鄰近第一稜鏡 PA 與第二稜鏡 PB 的第一折射透鏡元件 L1 之第一透鏡表面 LS1 係為平坦面。於此實施例之設計中，第一透鏡表面 LS1 不宜為曲面。如同第一實施例，折射透鏡元件 L1~L3 底部係為截平之態樣(標號為 TR)而可使 300 毫米大小之晶圓 100 可被使用。位於物件平面 OP 的倍縮光罩 110 厚度為 0.25 毫米。6 毫米之焦距 FD 則為倍縮光罩薄膜(圖未示出)提供了 4 毫米的空隙。

【0090】第 12 圖係為一示意圖，其顯示於成像區域 IF 或物件區域 OF 的六晶粒 D1~D6 之相對應轉角處之入射光束 RB。其中，大四方形為位於物件平面 OP 或成像平面 IP 的稜鏡入射面或稜鏡出射面(即第二稜鏡平面 PA2 或第四稜鏡平面 PB2)。小的四方形則是保護窗 WA 或保護窗 WB。

【0091】第 13 圖係類似第 4 圖，其為柵格畸變圖，其中 X 記號表示主光束偏離理想格之情況。如第 4 圖所示，其畸變誤差係被放大 510000 倍而可容易觀察。圖上長方格大小係為 10 奈米(水平線)乘上 5.1 奈米(垂直線)。

【0092】第 14A 圖係類似第 9A 圖，其為於 355 奈米至

375 奈米之間對於不同區域位置的多色調制傳遞函數圖。
第二實施例的系統 10 具有繞射極限，其截止頻率為 1800 週期/毫米。再次地，由不同的調制傳遞函數曲線所集結而成的群集顯示了對於此波長區間與成像區域 IF 良好的校準效果。

【0093】第 14B 圖係與第 9B 圖類似，並顯示 LED 光譜（點虛線）的多色方均根斑點尺寸 SS（微米）對不同區域位置的波長（奈米）之作圖。其繞射極限半徑為 0.62 微米。於 365 奈米時，所設計之方均根半徑約為三分之一的繞射極限。

【0094】第 15 圖係類似第 10A 圖，並顯示 LED 的 i-line 譜線之傅立葉多色線擴散函數，其半高寬為 0.48 微米。

第二實施例之特點與優點

【0095】第二實施例之系統具有之特點與優點整理如下。

【0096】數值為 0.32 的適中數值光圈使得於 i-line 譜線下，譜線寬度與斑點尺寸 SS 係小於 0.5 微米。

【0097】簡化的設計只需要折射透鏡元件 L1~L3、分離式的第一稜鏡 PA、第二稜鏡 PB 與主凹面鏡 M1。

【0098】大小尺寸為 102 毫米乘上 52 毫米的六晶粒形式將單位時間內所能曝光的晶圓數量相較於單晶粒形式提升了六倍，亦即於一次曝光程序中，可同時完成六個晶粒之曝光。

【0099】設計係基於支持全內反射的分離式之第一稜

鏡 PA 與第二稜鏡 PB，同時將第一稜鏡 PA 與第二稜鏡 PB 的光學路徑之光譜穿透率最大化。

【00100】 焦深允許真空壓平的晶圓 100 可以有大約 3 微米之殘餘晶圓彎曲。

【00101】 系統 10 可於 LED 的 i-line 譜線下進行操作，其譜帶寬度為汞弧燈的 i-line 之兩倍。

【00102】 實施例之系統 10 係混合使用最高等級的 i-line 光線用玻璃材料而達成最大的穿透率與折射率均勻性。

【00103】 系統 10 僅需使用一個融熔石英透鏡元件，剩餘的二個透鏡元件則可使用 i-line 光學玻璃材料，例如 Ohara 公司中具有較低的折射率溫度係數之 i-line 玻璃材料。並消除了譜帶寬度相比汞弧燈而言的較寬 LED 的 i-line 譜線之色差。

【00104】 非球面之使用僅限於二凹光學表面（即第三透鏡曲面 LS3 與主鏡面 MS），而可將最適球面偏離量減至最低而便於製造過程中之測試，而製造過程之測試則可將對於光學元件（透鏡與平面鏡）於使用後的自重彎曲情況納入考量。

【00105】 藉由將折射透鏡元件 L1~L3 彼此以空氣間隔，而無須使用易受到紫外光傷害的光學黏著劑，而可使系統 10 具有較長之使用壽命。

【00106】 系統 10 中聚焦平面傾斜彌補了軸外場的珀茲伐曲率之其餘偏移成分並倣效實際的系統調校程序。

【00107】 對多晶粒的曝光而言，其光學畸變量係可忽略（例如，小於 10 奈米的光學畸變量）而確保了最大重疊準確性。

【00108】 第一保護窗 WA 與第二保護窗 WB 的使用（其係可替換）係避免光學元件於蝕刻過程中受到揮發性有機化合物（例如各種類型的光阻劑等化學物質）或是除氣的損害，因此光學元件具有較長之壽命；此外，也不需要頻繁清潔或更換光學零件，並確保光學系統的密封而可避免光學元件受到前述污染的發生。

【00109】 本光學設計為保護窗以及與保護窗相鄰的晶圓 100 或倍縮光罩薄膜提供了足夠的物理清晰度。上述優點使得由微粒所導致的外觀不良不會影響曝光並造成製程缺陷。

【00110】 略偏離遠心度而非完美遠心之設計使得共軛焦點可以位移而以正負十微米調整放大倍率，使多晶粒形式吻合晶圓 100 的幾何型態因而減少重疊誤差。於先前技術中，放大倍率、遠心的等倍放大率與折反射中繼鏡是無法變換的。

【00111】 雖然本發明的技術內容已經以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神所作些許之更動與潤飾，皆應涵蓋於本發明的範疇內，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

系統	10
晶圓	100
倍縮光罩	110
光學軸	A1
主凹面鏡	M1
孔徑欄	AS
主鏡面	MS
第一折射透鏡元件	L1
第二折射透鏡元件	L2
第三折射透鏡元件	L3
第四折射透鏡元件	L4
第一透鏡表面	LS1
第三透鏡曲面	LS3
第四透鏡表面	LS4
第一稜鏡	PA
第二稜鏡	PB
第一稜鏡平面	PA1
第二稜鏡平面	PA2
第三稜鏡平面	PB1
第四稜鏡平面	PB2
第一全內反射面	TA
第二全內反射面	TB
物件平面	OP
成像平面	IP

工作距離	WD
焦距	FD
折疊角	θ_F
第一保護窗	WA
第二保護窗	WB
晶粒	D1、D2、D3、D4、D5、D6
光束	RB
斑點尺寸	SS
區域位置	F1、F2、F3、F4、F5、F6、F7、F8、F9

申請專利範圍

1. 一種微影蝕刻透鏡，用以於位於一成像平面之一成像區域之一光罩成像，該光罩於一物件平面上定義出複數晶粒，該微影蝕刻透鏡沿一光學軸包括：

一凹面鏡，具有一非球狀凹面；

一凸透鏡組係與該凹面鏡之非球狀凹面相間隔；

一第一全內反射稜鏡與一第二全內反射稜鏡係相鄰設置於相對該凹面鏡之該凸透鏡組，且位於該光學軸之二側，且該第一全內反射稜鏡具有一第一表面鄰近該物件平面，該第二全內反射稜鏡具有一第二表面鄰近該成像平面；

其中，該凸透鏡組係由三或四個空氣間隔設置的透鏡元件所組成，該些透鏡元件的其中之一透鏡元件係為一最靠近凹面鏡之透鏡元件，其具有一正彎月形並包括一朝向稜鏡之非球狀凹面；以及

其中，該成像區域的大小係控制在包含四至六個晶粒，且每一該晶粒之標稱尺寸為 26 毫米乘上 34 毫米，該微影蝕刻透鏡實質上具有標稱數值光圈為 0.32 的等倍放大率，且其中該微影蝕刻透鏡至少對於光線之一 i-line 譜線而言，於該成像區域具有大於 0.95 的斯特列爾比。

2. 如請求項 1 所述之微影蝕刻透鏡，更包括波長為 365 奈米時，解析度實質上為 1 微米。
3. 如請求項 1 所述之微影蝕刻透鏡，更包括對於光線具有 g-line、h-line 以及 i-line 時，解析度實質上為 2 微米。
4. 如請求項 1 所述之微影蝕刻透鏡，更包括一畸變量，於該成

像區域下小於 100 奈米。

5. 如請求項 1 所述之微影蝕刻透鏡，更包括一畸變量，於該成像區域下小於 50 奈米。
6. 如請求項 1 所述之微影蝕刻透鏡，更包括一畸變量，於該成像區域下小於 10 奈米。
7. 如請求項 1 所述之微影蝕刻透鏡，更包括一景深，於該成像區域下實質上不小於 3 微米。
8. 如請求項 1 所述之微影蝕刻透鏡，其中該微影蝕刻透鏡於一 LED 光譜之 i-line 譜線下成像。
9. 如請求項 1 所述之微影蝕刻透鏡，更包含：
一第一保護窗，位於該物件平面與該第一表面之間；以及
一第二保護窗，位於該成像平面與該第二表面之間。
10. 如請求項 9 所述之微影蝕刻透鏡，其中該第一保護窗與該第二保護窗係由熔融石英製成並具有實質上一毫米之厚度。
11. 如請求項 1 所述之微影蝕刻透鏡，其中其中該微影蝕刻透鏡具有一非遠心度使得該等倍放大率實質上以百萬分之五進行調整。
12. 如請求項 1 所述之微影蝕刻透鏡，其中該些透鏡元件的其中之一透鏡元件包括一凹表面或一平面緊鄰該第一全內反射稜鏡與該第二全內反射稜鏡。
13. 如請求項 1 所述之微影蝕刻透鏡，其中該成像區域之標稱尺寸為 68 毫米乘上 52 毫米並且可容納四個晶粒。
14. 如請求項 1 所述之微影蝕刻透鏡，其中該成像區域之標稱尺寸為 102 毫米乘上 52 毫米並且可容納六個晶粒。

15. 一種微影蝕刻透鏡，用以於位於一成像平面之一成像區域之一光罩成像，該光罩於一物件平面上定義出複數晶粒，該微影蝕刻透鏡沿一光學軸包括：

一凹面鏡，具有一非球狀凹面；

一凸透鏡組係與該凹面鏡之非球狀凹面相間隔並由三個空氣間隔設置的透鏡元件所組成，包括一最靠近主鏡面之透鏡元件具有一正彎月形並包括一朝向稜鏡之非球狀凹面；以及

一第一全內反射稜鏡與一第二全內反射稜鏡係相鄰設置於相對該凹面鏡之該凸透鏡組，且位於該光學軸之二側，且該第一全內反射稜鏡具有一第一表面鄰近該物件平面，該第二全內反射稜鏡具有一第二表面鄰近該成像平面；

其中，該成像區域的大小係控制在包含六個晶粒，且每一該晶粒標稱尺寸為 26 毫米乘上 34 毫米，該微影蝕刻透鏡實質上具有標稱數值光圈為 0.32 的等倍放大率，且其中該微影蝕刻透鏡對於一 LED 光譜之 i-line 譜線或是波長為 g-line、h-line 及 i-line 的光線而言，於該成像區域具有大於 0.95 的斯特列爾比。

16. 如請求項 15 所述之微影蝕刻透鏡，其中該微影蝕刻透鏡具有一非遠心度使得該等倍放大率實質上以百萬分之五進行調整。

17. 如請求項 15 所述之微影蝕刻透鏡，其中該成像區域之標稱尺寸為 102 毫米乘以 52 毫米。

18. 一種微影蝕刻透鏡，用以於位於一成像平面之一成像區域之

一光罩成像，該光罩於一物件平面上定義出複數晶粒，該微影蝕刻透鏡沿一光學軸包括：

一凹面鏡，具有一非球狀凹面；

一第一全內反射稜鏡與一第二全內反射稜鏡位於該光學軸之二側，且該第一全內反射稜鏡具有一第一表面鄰近該物件平面，該第二全內反射稜鏡具有一第二表面鄰近該成像平面；以及

一凸透鏡組係與該凹面鏡之非球狀凹面相間隔並設置於該些稜鏡與該凹面鏡之間，該凸透鏡組係由四個空氣間隔設置的透鏡元件所組成，包括：

一最靠近主鏡面之透鏡元件，具有一正彎月形並包括一朝向稜鏡之非球狀凹面；以及

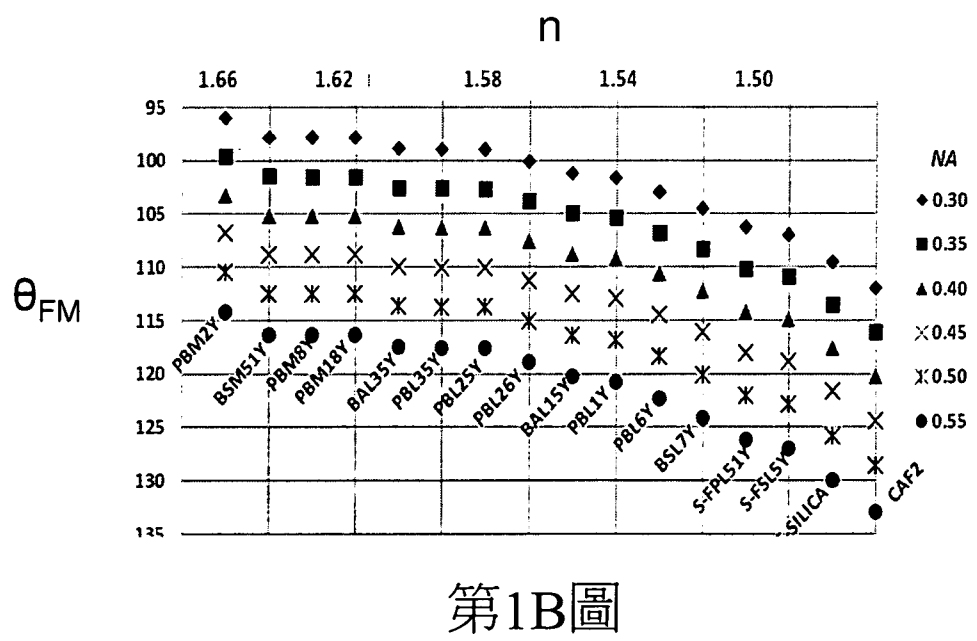
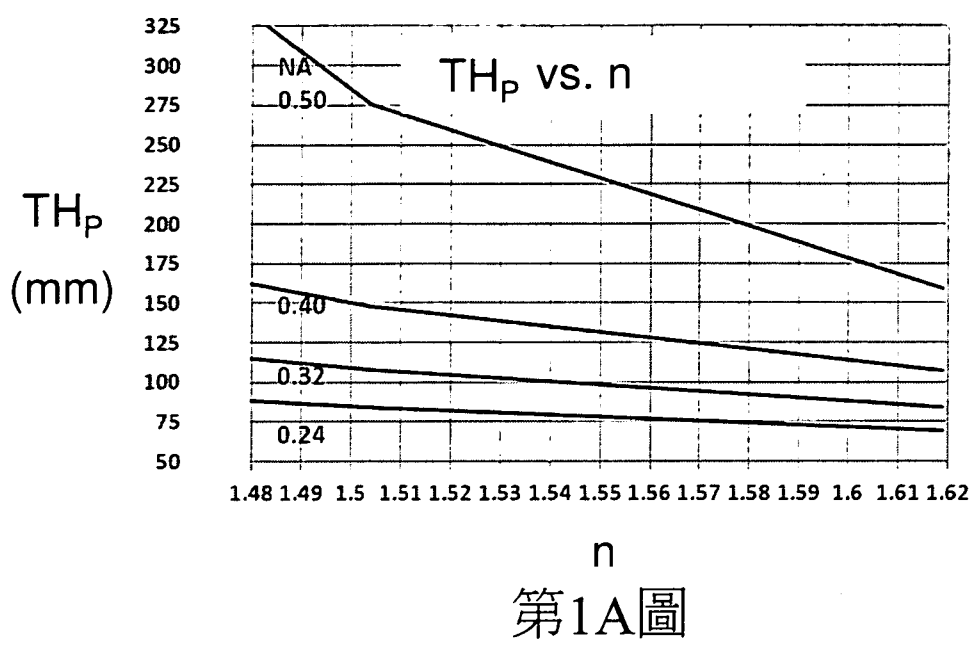
一最靠近稜鏡之透鏡元件，具有一朝向稜鏡之凹面並相鄰於該些稜鏡；

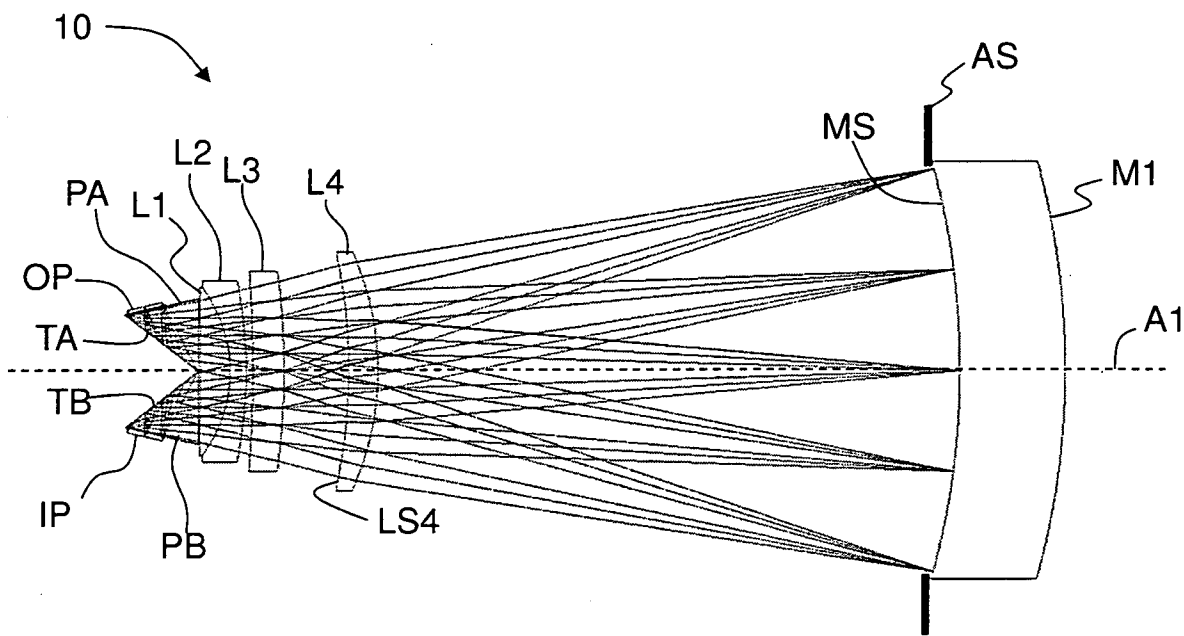
其中，該成像區域的大小係控制在包含四個晶粒，且每一晶粒標稱尺寸為 26 毫米乘上 34 毫米，該微影蝕刻透鏡實質上具有標稱數值光圈為 0.32 的等倍放大率，且其中該微影蝕刻透鏡對於一 LED 光譜之 i-line 譜線或是波長為 g-line、h-line 及 i-line 的光線而言，於該成像區域具有大於 0.95 的斯特列爾比。

19. 如請求項 18 所述之微影蝕刻透鏡，其中該成像區域之標稱尺寸為 68 毫米乘上 52 毫米。

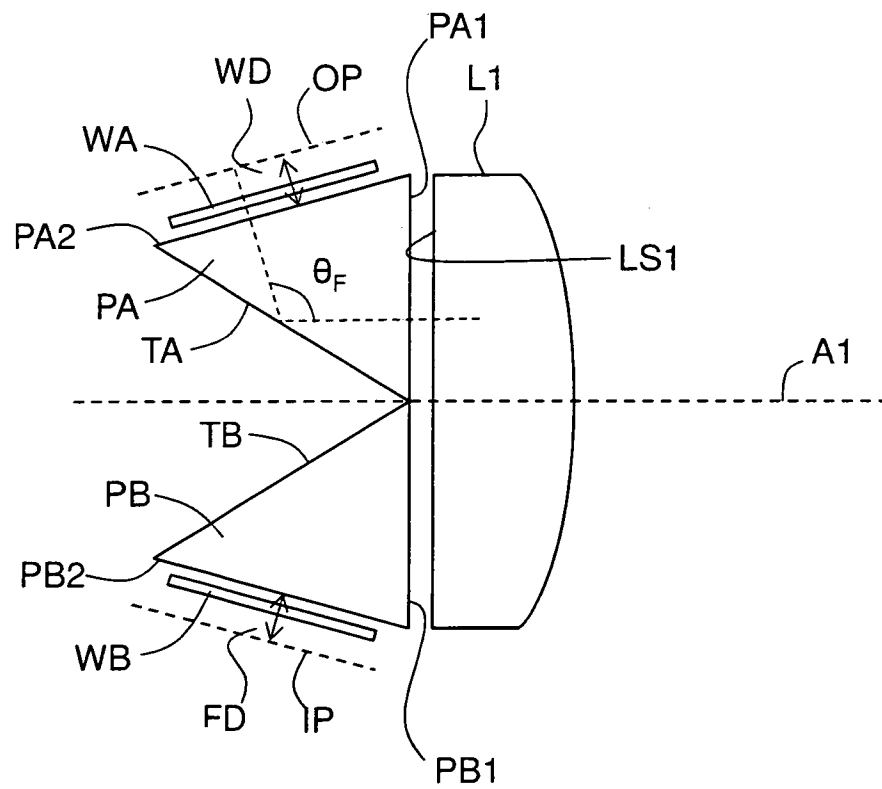
20. 如請求項 18 所述之微影蝕刻透鏡，更包括一畸變量，於該成像區域下小於 10 奈米。

圖式：

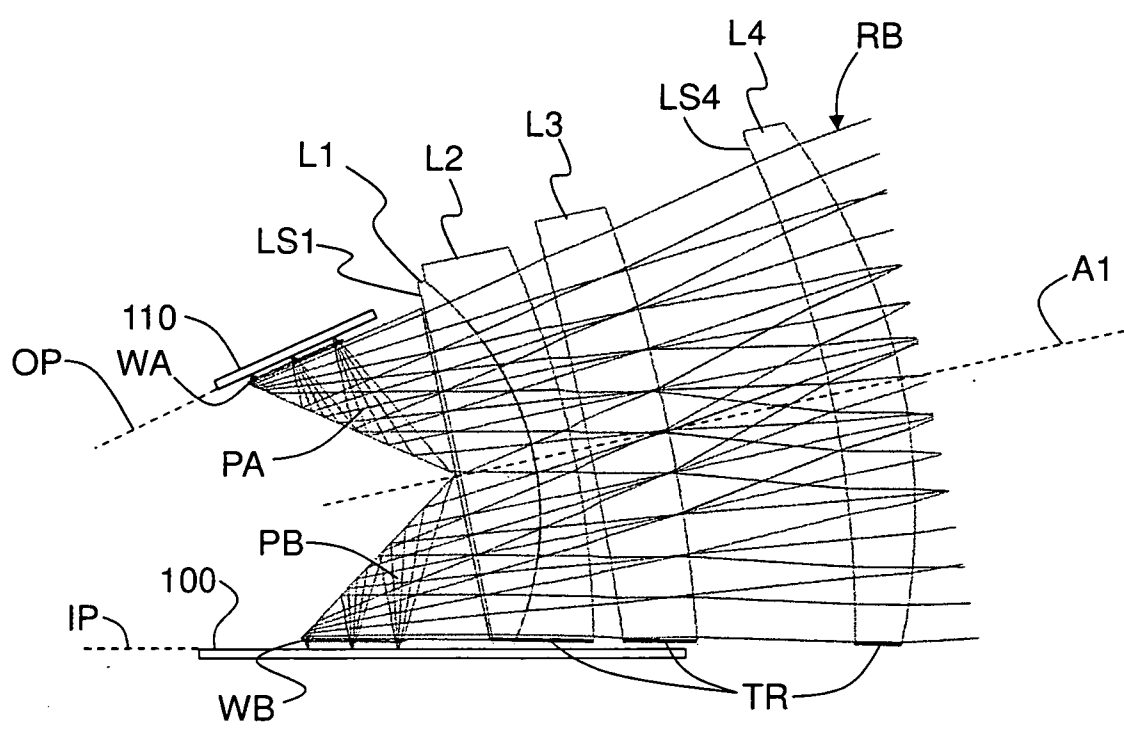




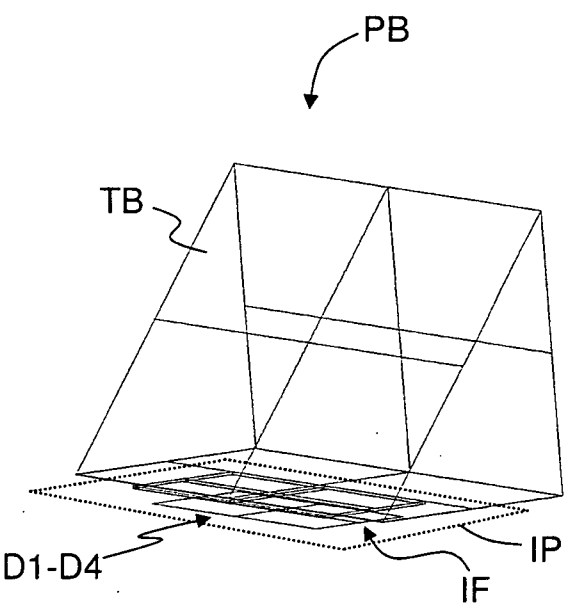
第2A圖



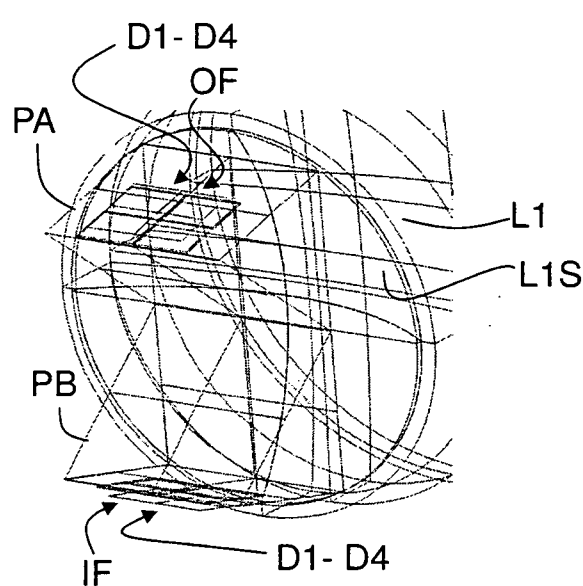
第2B圖



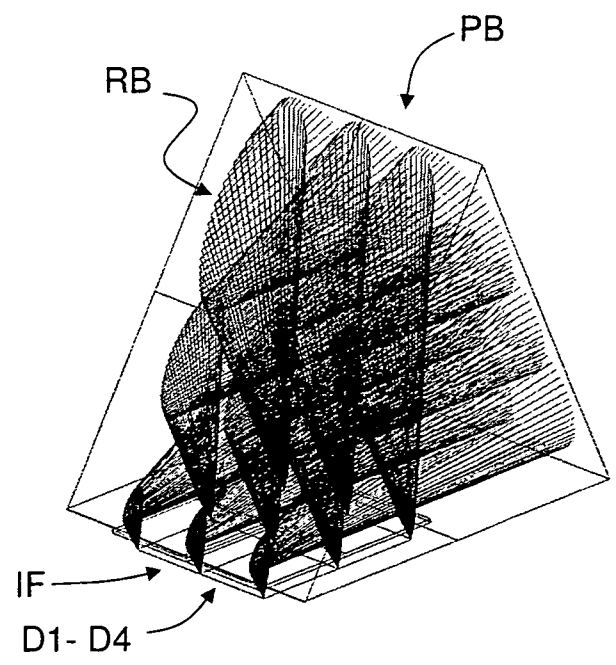
第2C圖



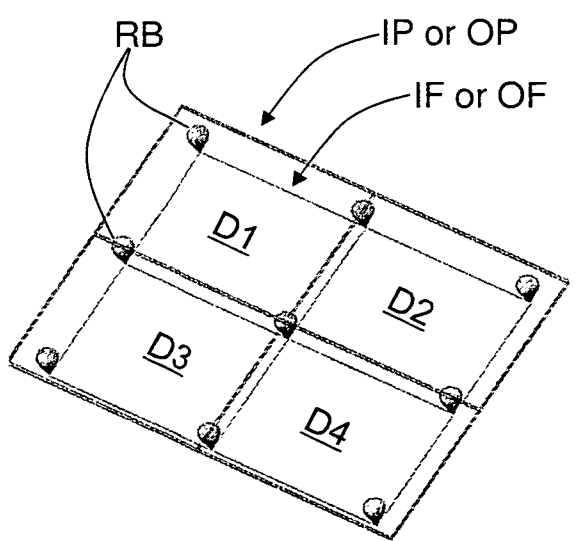
第3A圖



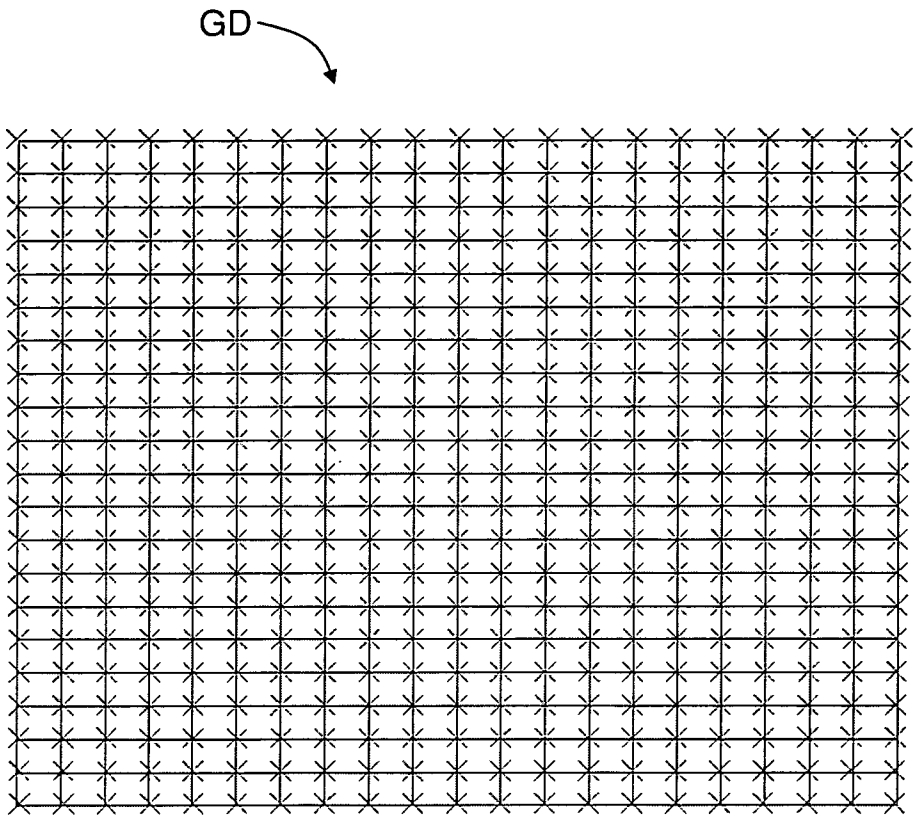
第3B圖



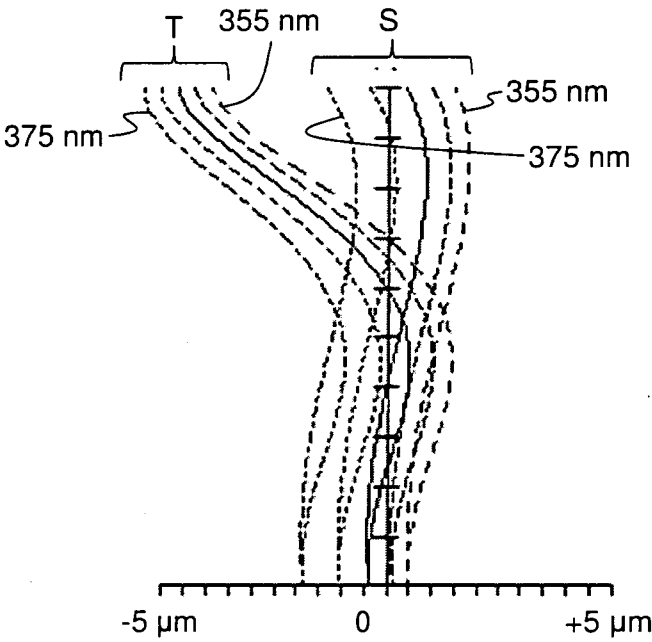
第3C圖



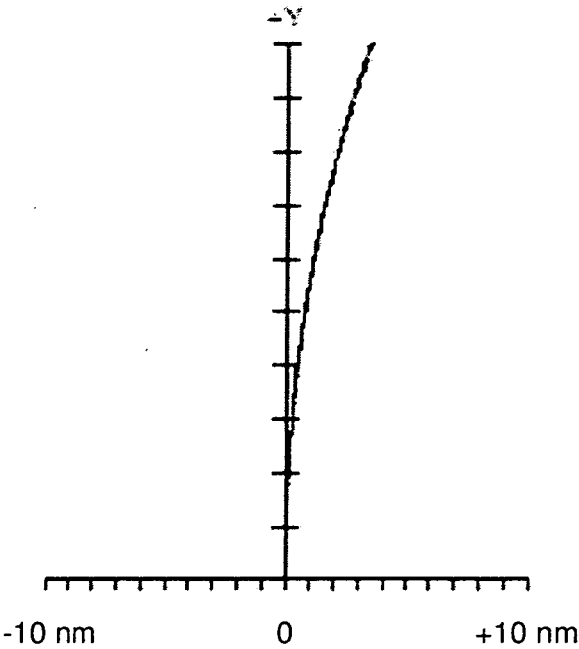
第3D圖



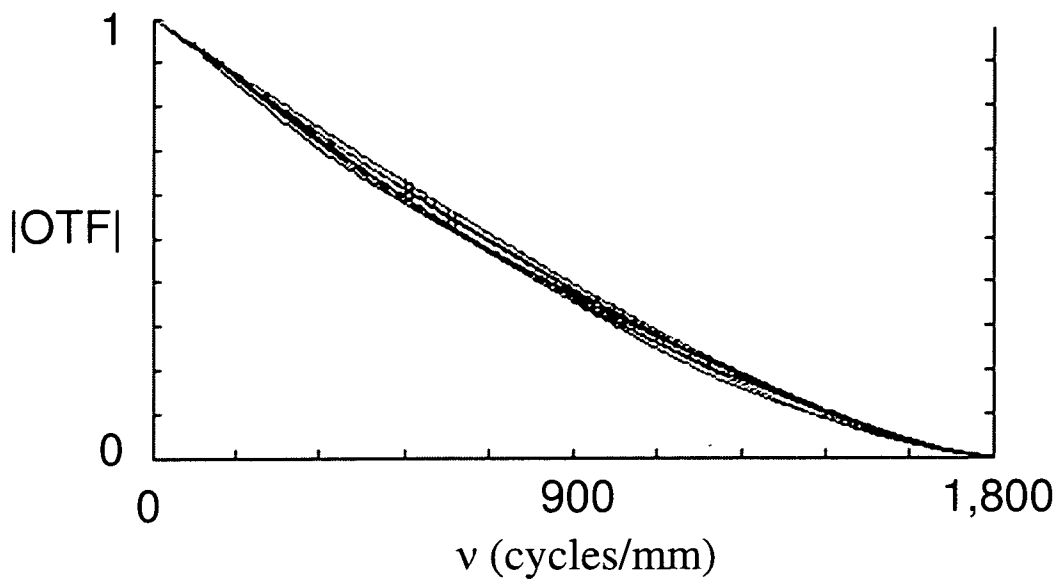
第4圖



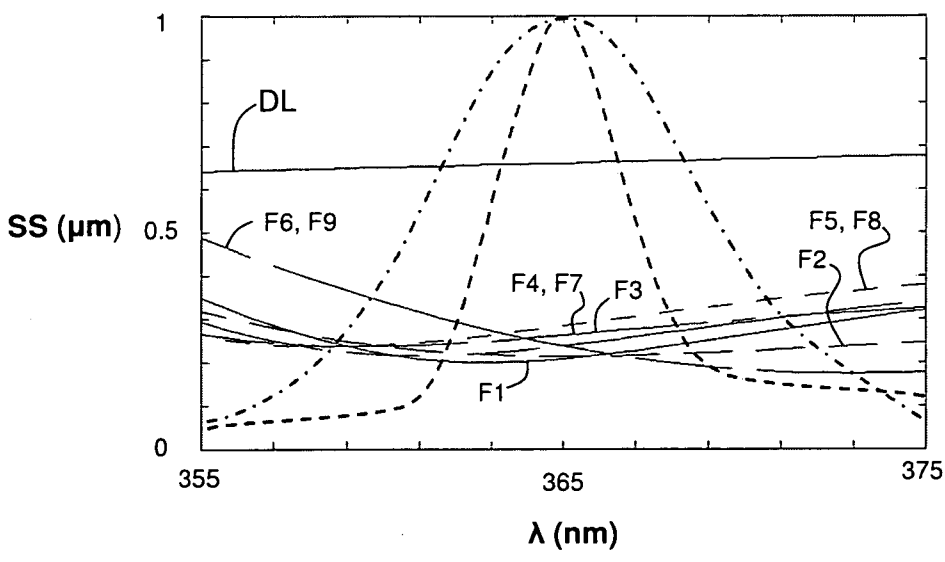
第5A圖



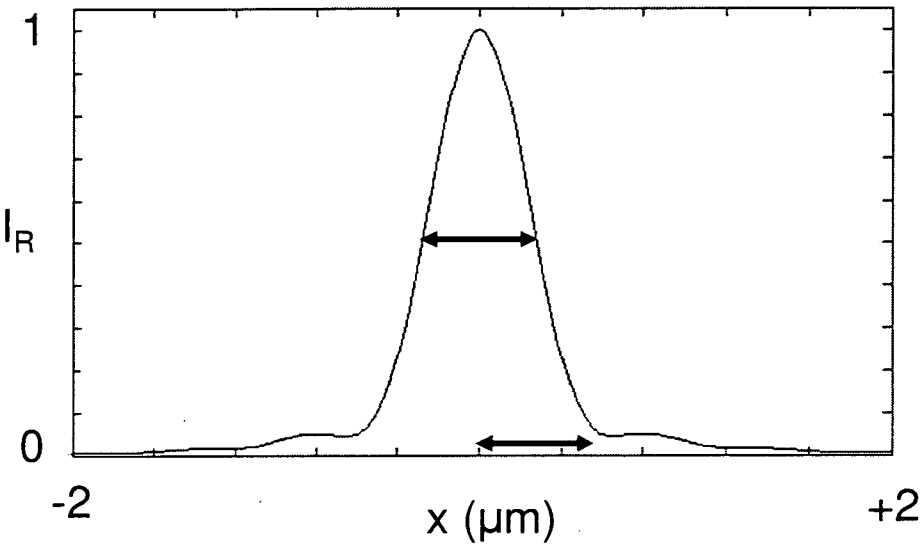
第5B圖



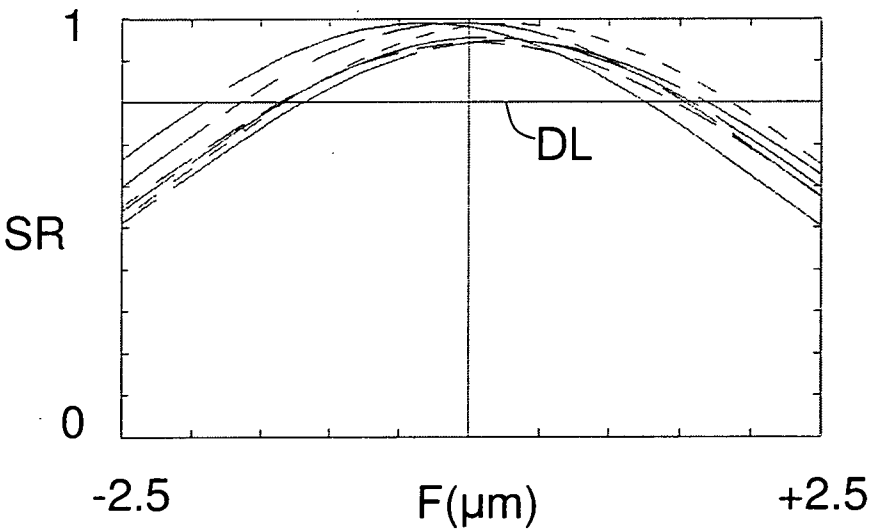
第6A圖



第6B圖

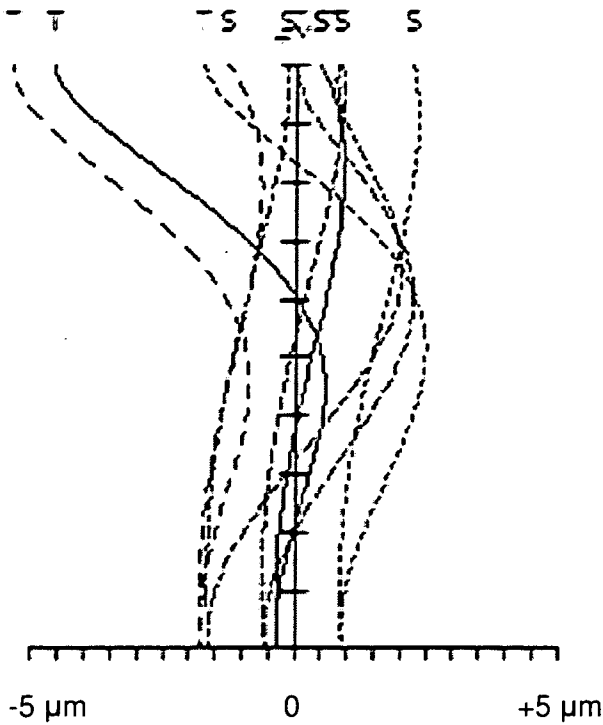


第7A圖

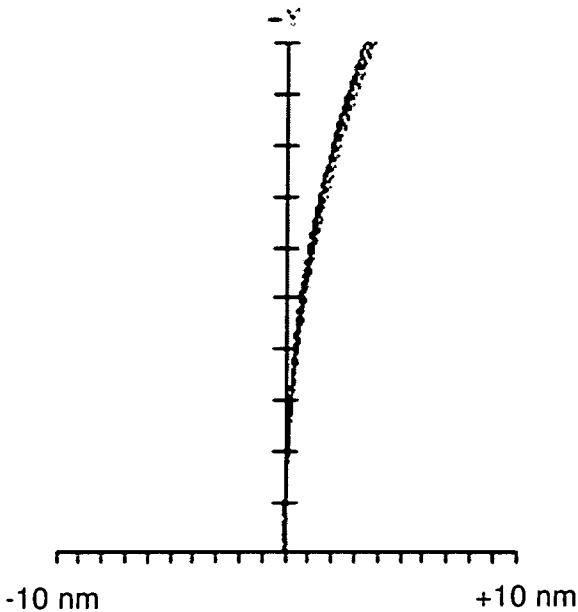


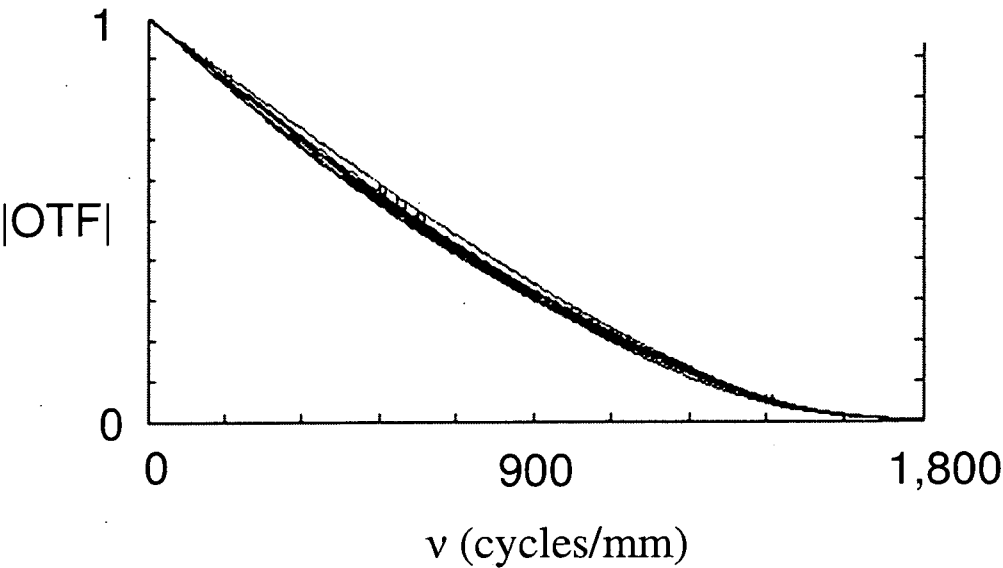
第7B圖

第8A圖

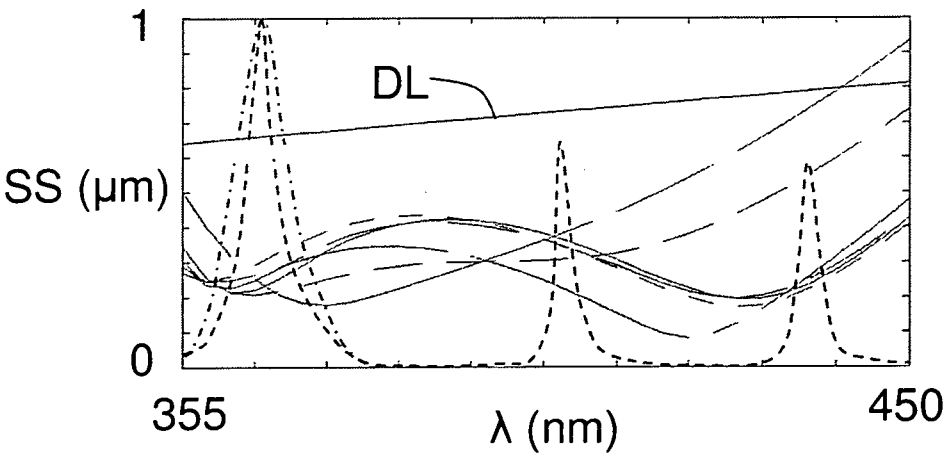


第8B圖

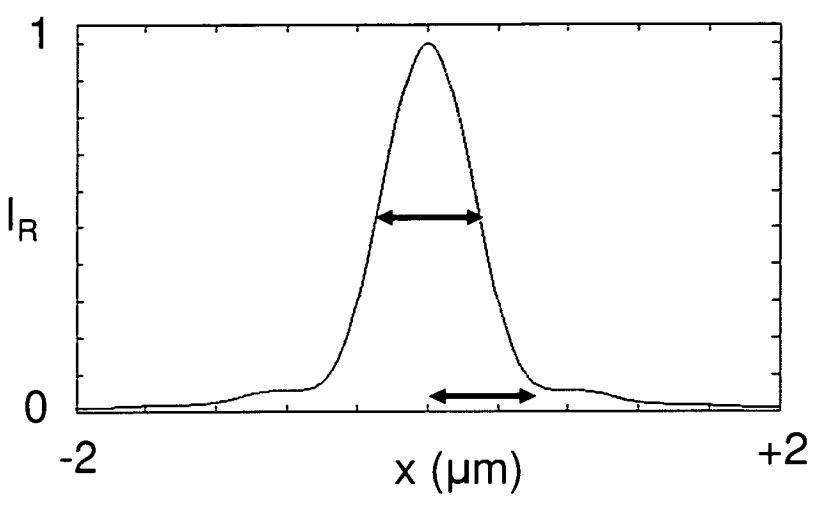




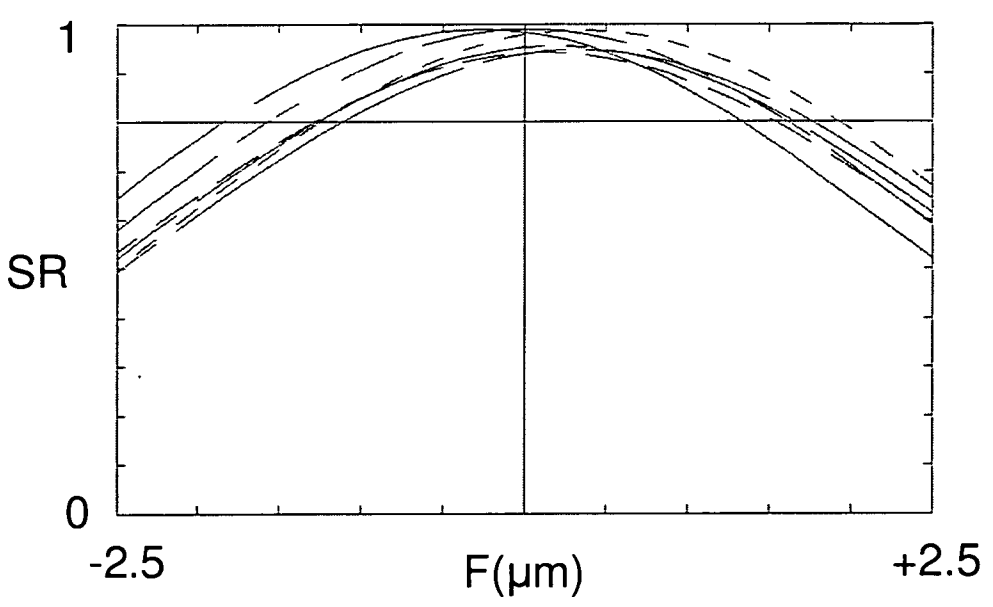
第9A圖



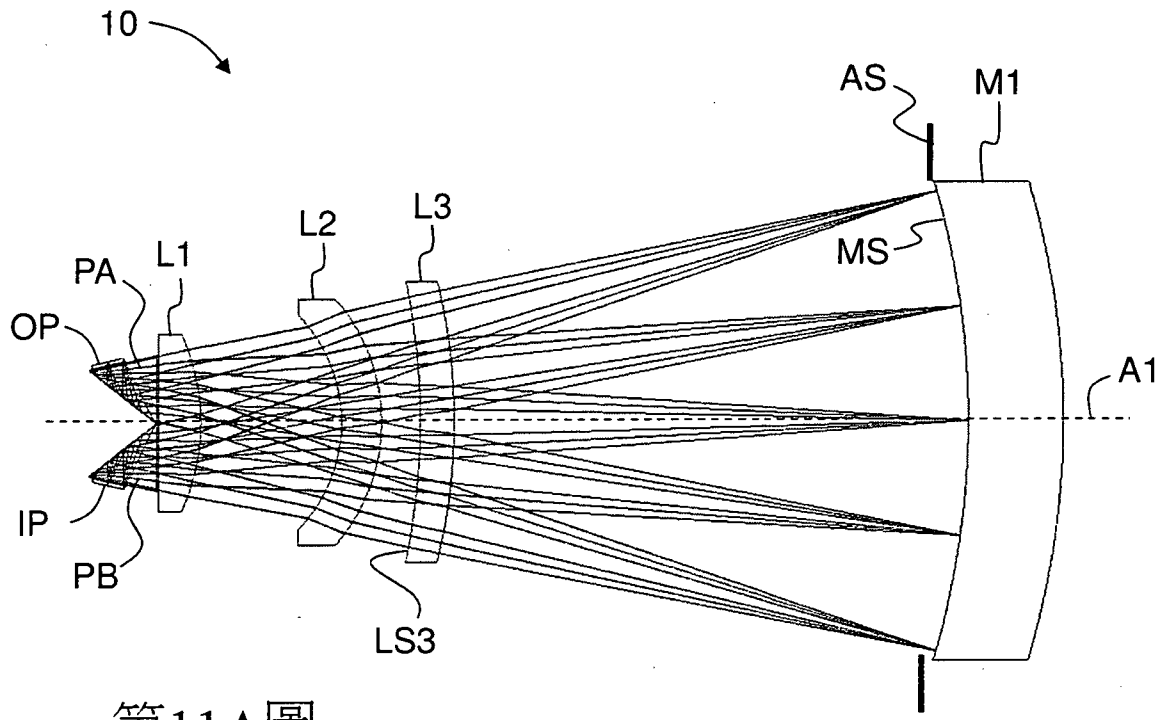
第9B圖



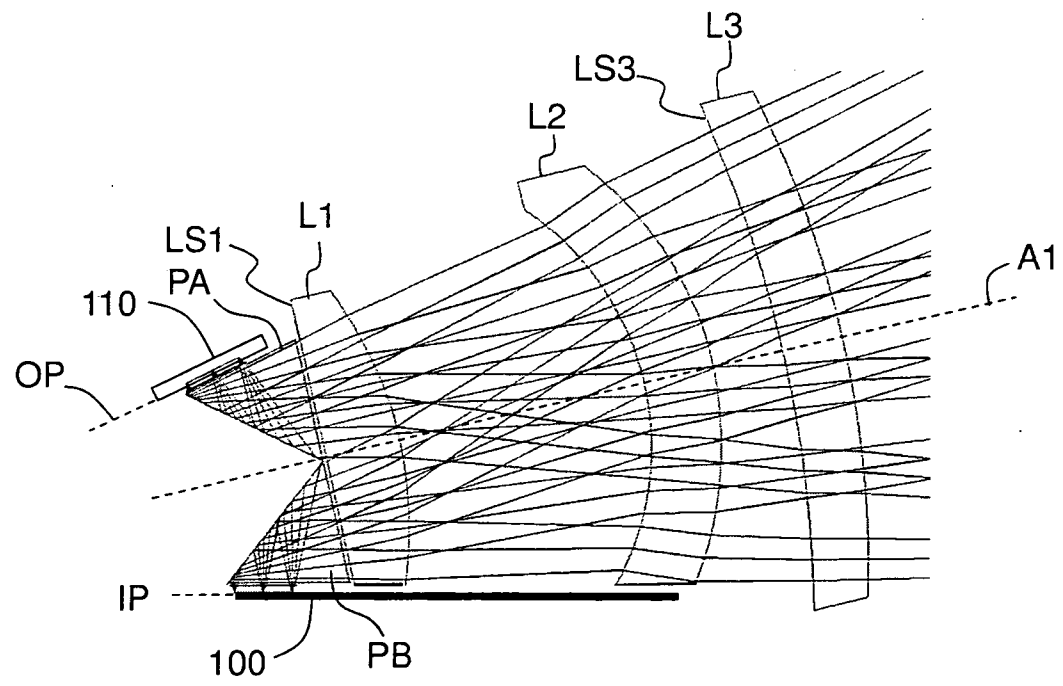
第10A圖



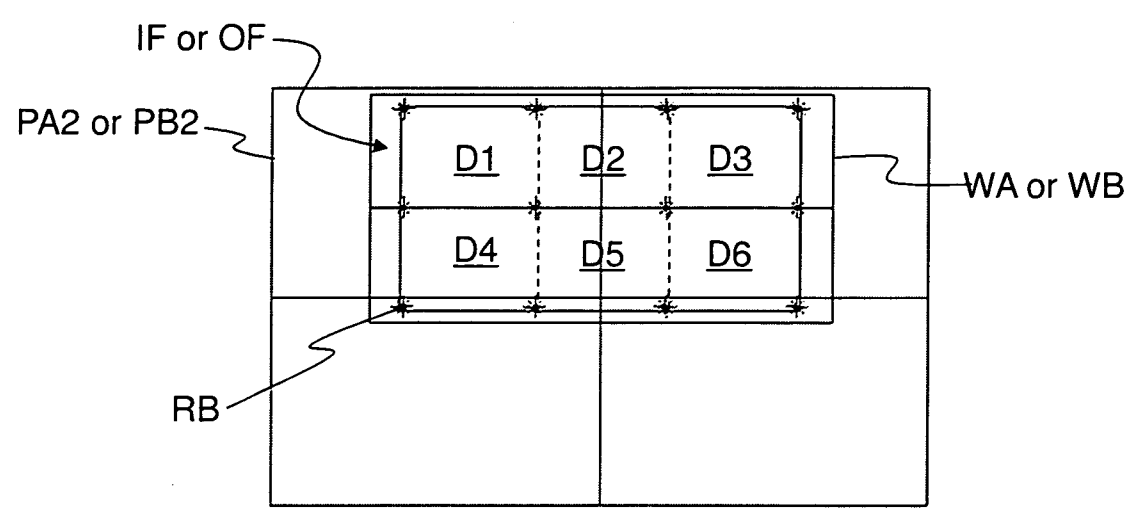
第10B圖



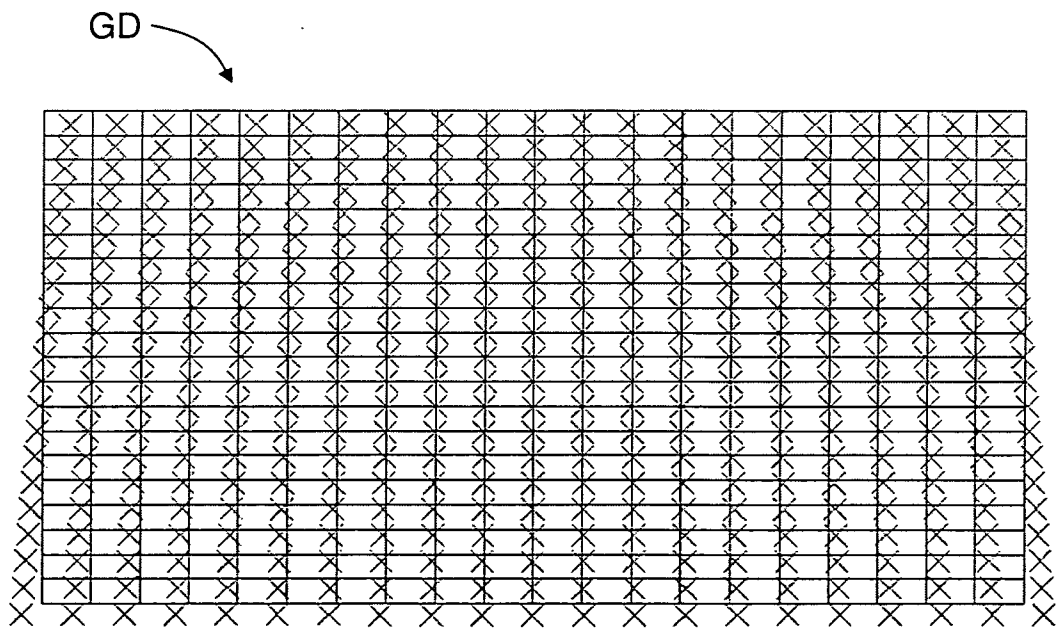
第11A圖



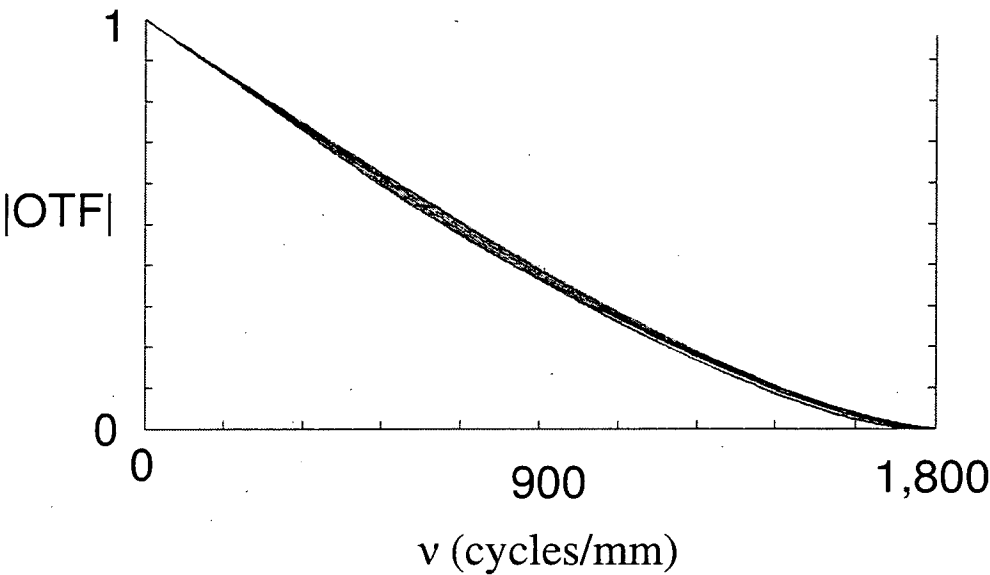
第11B圖



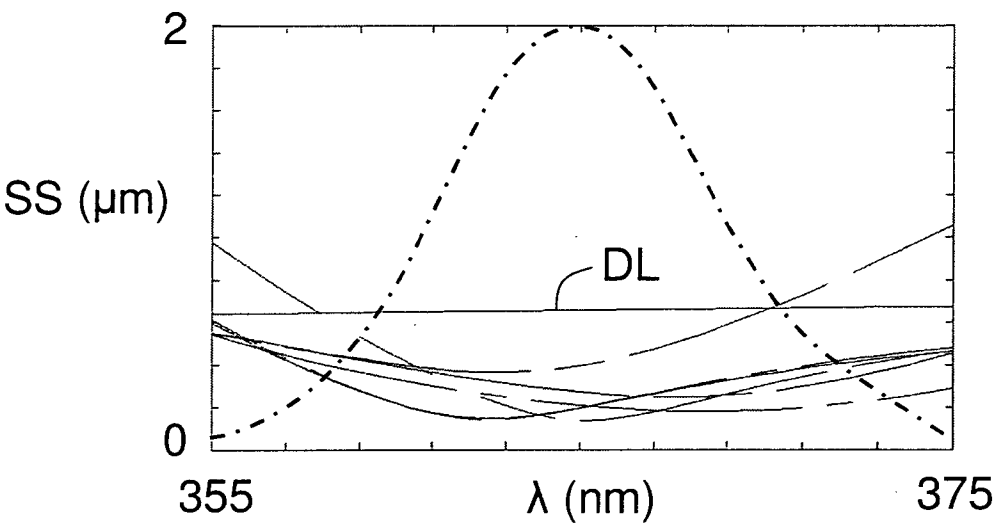
第12圖



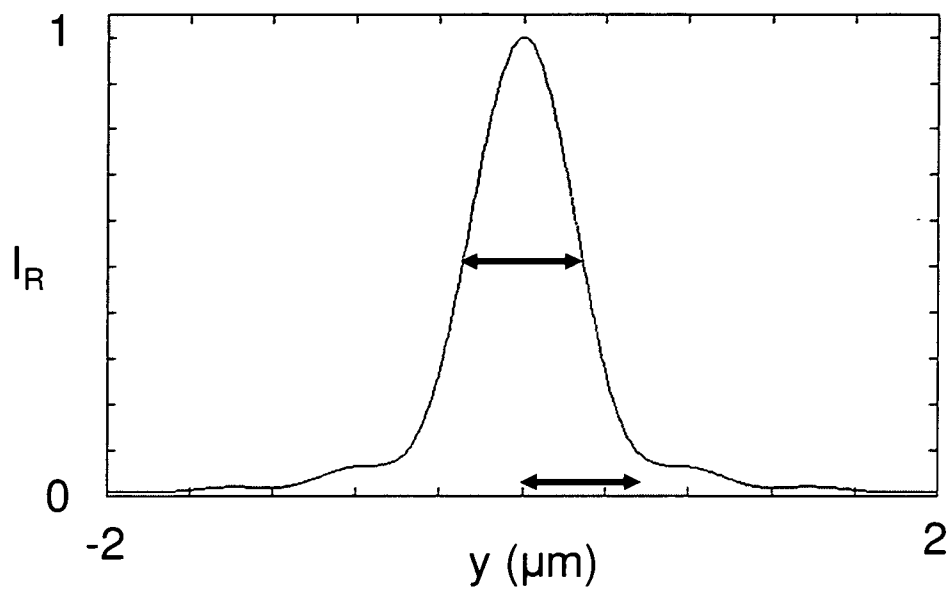
第13圖



第14A圖



第14B圖



第15圖