



(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 I343328B1

(45) 公告日：中華民國 100 (2011) 年 06 月 11 日

(21) 申請案號：097129669

(22) 申請日：中華民國 97 (2008) 年 08 月 05 日

(51) Int. Cl. : **B41J2/47 (2006.01)****B81B7/02 (2006.01)****G02B26/12 (2006.01)****G02B26/08 (2006.01)**(71) 申請人：一品光學工業股份有限公司 (中華民國) E-PIN OPTICAL INDUSTRY CO., LTD
(TW)

臺北市北投區大業路 166 號 9 樓

(72) 發明人：施柏源 SHIH, BO YUAN (TW)

(74) 代理人：李國光；張仲謙

(56) 參考文獻：

TW I268867

TW I283952

TW M253133

US 2004/0080799A1

申請專利範圍項數：5 項 圖式數：13 共 50 頁

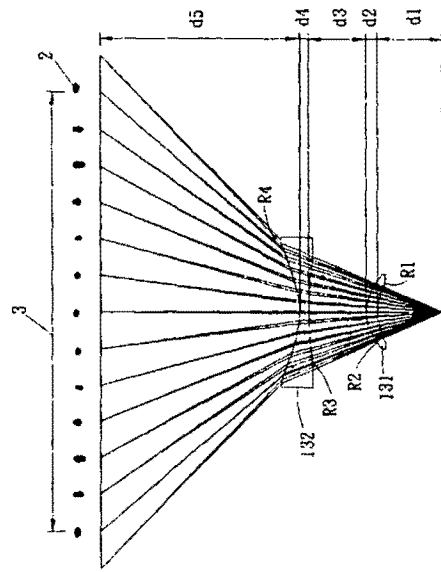
(54) 名稱

微機電雷射掃描裝置之二片式 F θ 鏡片 (二)TWO OPTICAL ELEMENTS F θ LENS OF MEMS LASER SCANNING UNIT 2

(57) 摘要

一種微機電雷射掃描裝置之二片式 f θ 鏡片，第一鏡片為一新月形且凹面在微機電反射鏡側之鏡片及第二鏡片為一雙凹形鏡片所構成，其中第一鏡片具有二個光學面，在主掃描方向至少有一個光學面為非球面所構成，第二鏡片具有二個光學面，在主掃描方向至少有一個光學面為非球面所構成，係主要將微機電反射鏡反射之角度與時間非線性關係之掃描光線光點轉換成距離與時間為線性之掃描光線光點，並修正聚光於目標物上，且第一鏡片及第二鏡片均滿足特定之光學條件，藉由第一鏡片及第二鏡片的設置，可達成線性掃描效果與高解析度掃描之目的。

Two f- θ lens used for micro-electro mechanical system (MEMS) laser scanning unit having a first lens and a second lens, the first lens is a meniscus lens which concave surface towards the MEMS mirror, the second lens is a biconcave lens. The first lens has two optical surfaces, and at least one of the optical surfaces is aspheric surfaces which at the main scanning direction. The second lens has two optical surfaces, which focuses the scanning light to the target by calibrating itself. Both the first lens and the second lens are satisfied the specified optical condition. The purpose of linear scanning and high resolution scanning can be achieved by disposing the first lens and the second lens.



2 . . . 光點

3 . . . 掃描視窗

131 . . . 第一鏡片

132 . . . 第二鏡片

第3圖

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

[0001] 本發明係有關一種微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片，特別指一種用以修正呈簡諧性運動之微機電反射鏡而產生隨時間成正弦關係之角度變化量，以達成雷射掃描裝置所要求之線性掃描效果之二片式 $f\theta$ 鏡片。

【先前技術】

[0002] 目前雷射光束印表機LBP(Laser Beam Print)所用之雷射掃描裝置LSU(Laser Scanning Unit)，係利用一高速旋轉之多面鏡(polygon mirror)以操控雷射光束之掃描動作(laser beam scanning)。美國專利US7079171、US6377293、US6377293、US6377293，或如台灣專利公告號580448所述。其原理如下簡述：利用一半導體雷射發出雷射光束(laser beam)，先經由一準直鏡(collimator)，再經由一光圈(aperture)而形成平行光束，而平行光束再經過一柱面鏡(cylindrical lens)後，能在副掃描方向(sub scanning direction)之Y軸上之寬度能沿著主掃描方向(main scanning direction)之X軸之平行方向平行聚焦而形成一線狀成像(line image)，再投射至一高速旋轉之多面鏡上，而多面鏡上均勻連續設置有多面反射鏡，其恰位於或接近於上述線狀成像(line image)之焦點位置。藉由多面鏡控制雷射光束之投射方向，當連續之複數反射鏡在高速旋轉時可將射至一反射鏡上之雷射光束延著主掃描方向(X軸)之平行方向以同一轉角速度(angular velocity)偏斜反射至一 $f\theta$ 線性掃描鏡片上，而 $f\theta$ 線性

掃描鏡片係設置於多面鏡旁側，可為單件式鏡片結構 (single-element scanning lens) 或為二件式鏡片結構。此 $f\theta$ 線性掃描鏡片之功能在於使經由多面鏡上之反射鏡反射而射入 $f\theta$ 鏡片之雷射光束能聚焦成一橢圓型光點並投射在一光接收面 (photoreceptor drum, 即成像面) 上，並達成線性掃描 (scanning linearity) 之要求。然而，習用之雷射掃描裝置 LSU 在使用上會有下列問題：

- (1)、旋轉式多面鏡之製作難度高且價格不低，相對增加 LSU 之製作成本。
- (2)、多面鏡須具高速旋轉 (如 40000 轉/分) 功能，精密度要求又高，以致一般多面鏡上反射面之鏡面 Y 軸寬度極薄，使習用 LSU 中均需增設一柱面鏡 (cylindrical lens) 以使雷射光束經過柱面鏡能聚焦成一線 (Y 軸上成一點) 而再投射在多面鏡之反射鏡上，以致增加構件成本及組裝作業流程。
- (3)、習用多面鏡須高速旋轉 (如 40000 轉/分)，致旋轉噪音相對提高，且多面鏡從啟動至工作轉速須耗費較長時間，增加開機後之等待時間。
- (4)、習用 LSU 之組裝結構中，投射至多面鏡反射鏡之雷射光束中心軸並非正對多面鏡之中心轉軸，以致在設計相配合之 $f\theta$ 鏡片時，需同時考慮多面鏡之離軸偏差 (off axis deviation) 問題，相對增加 $f\theta$ 鏡片之設計及製作上麻煩。

[0003] 近年以來，為了改善習用 LSU 組裝結構之問題，目前市面

上開發出一種擺動式(oscillatory)的微機電反射鏡(MEMS mirror)，用以取代習用之多面鏡來操控雷射光束掃描。微機電反射鏡為轉矩振盪器(torsion oscillators)，其表層上附有反光層，可藉由振盪擺動反光層，將光線反射而掃描，未來將可應用於影像系統(imaging system)、掃描器(scanner)或雷射印表機(laser printer)之雷射掃描裝置(laser scanning unit，簡稱LSU)，其掃描效率(Scanning efficiency)將可高於傳統的旋轉多面鏡。如美國專利US6,844,951、US6,956,587、US6,956,587、US7,064,876、US7,184,187、US7,190,499、US2006/0113393；或如台灣專利TW 2006/0113393，其係於一LSU模組結構中準直鏡及 $f\theta$ 鏡片之間，利用一微機電反射鏡取代習用旋轉式多面鏡，藉以控制雷射光束之投射方向；或如日本專利JP 2006-201350等。此微機電反射鏡具有元件小，轉動速度快，製造成本低的優點。然而由於微機電反射鏡，在接收一電壓驅動後，將作一簡諧運動，且此簡諧運動(harmonic motion)之方式為時間與角速度呈正弦關係，而投射於微機電反射鏡，其經反射後之反射角度 θ 與時間 t 的關係為：

$$\theta(t) = \theta_s \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$$

(1)

[0004] 其中： f 為微機電反射鏡的掃描頻率； θ_s 為雷射光束經微

機電反射鏡後，單邊最大的掃描角度。

[0005] 因此，在相同的時間間隔下 Δt ，所對應的反射角度係與時間成正弦函數(Sinusoidal)變化，即在相同時間間隔 Δt 時，反射角度變化為：

$$\Delta\theta(t) = \theta_s \cdot (\sin(2\pi \cdot f \cdot t_1) - \sin(2\pi \cdot f \cdot t_2))$$

，而與時間呈非線性關係，亦即當此反射的光線以不同角度投射在目標物時於相同時間間隔內所產生的光點距離間隔並不相同而可能隨時間遞增或遞減。

[0006] 舉例而言，當微機電反射鏡之擺動角度位於正弦波之波峰及波谷時，角度變化量將隨時間遞增或遞減，與習知之多面鏡成等角速度轉動之運動方式不同，若使用習知之 $f\theta$ 鏡片於具有微機電反射鏡之雷射掃描裝置(LSU)上，將無法修正微機電反射鏡所產生之角度變化量，造成投射在成像面上之雷射光速將產生非等速率掃描現象而產生位於成像面上之成像偏差。因此，對於微機電反射鏡所構成的雷射掃描裝置，簡稱為微機電雷射掃描裝置(MEMS LSU)，其特性為雷射光線經由微機電反射鏡掃描後，形成等時間間隔不等角度的掃描光線，因此發展可使用於微機電雷射掃描裝置的 $f\theta$ 鏡片以修正掃描光線，使可在目標物上正確成像，將為迫切所需。

【發明內容】

[0007] 本發明之目的在於提供一種微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片，該二片式 $f\theta$ 鏡片由微機電反射鏡依序起算，係由一新月形且凹面在微機電反射鏡側之第一鏡片及

一雙凹形之第二鏡片所構成，可將微機電反射鏡所反射之掃描光線於目標物上正確成像，而達成雷射掃描裝置所要求之線性掃描效果。

[0008] 本發明之另一目的在於提供一種微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片，係用以縮小投射在目標物上光點(spot)之面積，而達成提高解析度之效果。

[0009] 本發明之再一目的在於提供一種微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片，可畸變修正因掃描光線偏離光軸，而造成於主掃描方向及副掃描方向之偏移增加，使成像於感光鼓之光點變形成類橢圓形之問題，並使每一成像光點大小得以均勻化，而達成提高解像品質(resolution quality)之功效。

[0010] 因此，本發明微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片，適用於至少包含一將發射雷射光束之光源以共振左右擺動將光源發射之雷射光束反射成為掃描光線之微機電反射鏡，以在目標物上成像；對於雷射印表機而言，此目標物常為感光鼓(drum)，即，待成像之光點經由光源發出雷射光束，經由微機電反射鏡左右掃描，微機電反射鏡反射雷射光束形成掃描光線，掃描光線經由本發明之二片式 $f\theta$ 鏡片修正角度與位置後，於感光鼓上形成光點(spot)，由於感光鼓塗有光敏劑，可感應碳粉使其聚集於紙上，如此可將資料列印出。

[0011] 本發明之二片式 $f\theta$ 鏡片包含由微機電反射鏡依序起算之一第一鏡片及一第二鏡片，其中第一鏡片具有一第一光

學面及一第二光學面，該第一光學面與該第二光學面，在主掃描方向至少有一個光學面為非球面所構成，係主要將呈簡諧運動之微機電反射鏡，在成像面上光點間距由原來隨時間增加而遞減或遞增的非等速率掃描現象，修正為等速率掃描，使雷射光束於成像面之投射作等速率掃描。第二鏡片具有一第三光學面及一第四光學面，該第三光學面與該第四光學面，在主掃描方向至少有一個光學面為非球面所構成，主要用以均勻化掃描光線於主掃描方向及副掃描方向因偏移光軸而造成於感光鼓上形成成像偏差，並將第一鏡片之掃描光線修正聚光於目標物上。

【實施方式】

[0012] 請參照圖1，為本發明微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片之光學路徑之示意圖。本發明微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片包含一具有一第一光學面131a及一第二光學面131b之第一鏡片131，與一具有一第三光學面132a及一第四光學面132b之第二鏡片132，係適用於微機電雷射掃描裝置。圖中，微機電雷射掃描裝置主要包含一雷射光源11、一微機電反射鏡10、一柱面鏡16、二光電感測器14a、14b，及一用以感光之目標物。在圖中，目標物係以用感光鼓(drum) 15來實施。雷射光源11所產生之光束111通過柱面鏡16後，投射到微機電反射鏡10上。而微機電反射鏡10以共振左右擺動之方式，將光束111反射成掃描光線113a、113b、113c、114a、114b、115a、115b。其中掃描光線113a、113b、113c、114a、114b、115a、115b在X方向之投影稱之為副掃描

方向(sub scanning direction)，在Y方向之投影稱之為主掃描方向(main scanning direction)，而微機電反射鏡10掃描角度為 θc 。

[0013] 請參照圖1及圖2，其中圖2為一微機電反射鏡掃描角度 θ 與時間t之關係圖。由於微機電反射鏡10呈一簡諧運動，其運動角度隨時間呈一正弦變化，因此掃描光線之射出角度與時間為非線性關係。如圖示中的波峰a-a'及波谷b-b'，其擺動角度明顯小於波段a-b及a'-b'，而此角速度不均等的現象容易造成掃描光線在感光鼓15上生成像偏差。因此，光電感測器14a係設置於微機電反射鏡10最大掃描角度 $\pm\theta p$ 之內，其夾角為 $\pm\theta p$ ，雷射光束由圖2之波峰處開始被微機電反射鏡10所反射，此時相當於圖1之掃描光線115a；當光電感測器14a偵測到掃描光束的時候，表示微機電反射鏡10係擺動到 $+\theta p$ 角度，此時相當於圖1之掃描光線114a；當微機電反射鏡10掃描角度變化如圖2的a點時，此時相當於掃描光線113a位置；此時雷射光源11將被驅動而發出雷射光束111，而掃描至圖2的b點時，此時相當於掃描光線113b位置為止（相當 $\pm\theta n$ 角度內由雷射光源11發出雷射光束111）；當微機電反射鏡10產生反振時，如於波段a'-b'時由雷射光源11被驅動而開始發出雷射光束111；如此完成一個週期。

[0014] 請參照圖1及圖3，其中圖3為通過第一鏡片及第二鏡片之掃描光線之光學路徑圖。其中， $\pm\theta n$ 為有效掃描角度，當微機電反射鏡10之轉動角度進入 $\pm\theta n$ 時，雷射光源11

開始發出雷射光束111，經由微機電反射鏡10反射為掃瞄光線，當掃瞄光線通過第一鏡片131時受第一鏡片131之第一光學面131a與第二光學面131b折射，將微機電反射鏡10所反射之距離與時間成非線性關係之掃描光線轉換成距離與時間為線性關係之掃描光線。當掃描光線通過第一鏡片131與第二鏡片132後，藉由第一光學面131a、第二光學面131b、第三光學面132a、第四光學面132b之光學性質，將掃描光線聚焦於感光鼓15上，而於感光鼓15上形成一系列的光點(Spot) 2。於感光鼓15上，兩最遠光點2之間距稱為有效掃描視窗3。其中， d_1 為微機電反射鏡10至第一光學面131a之間距、 d_2 為第一光學面131a至第二光學面131b之間距、 d_3 為第二光學面131b至第三光學面132a之間距、 d_4 為第三光學面132a至第四光學面132b之間距、 d_5 為第四光學面132b至感光鼓15之間距、 R_1 為第一光學面131a之曲率半徑(Curvature)、 R_2 為第二光學面131b之曲率半徑、 R_3 為第三光學面132a之曲率半徑及 R_4 為第四光學面132b之曲率半徑。

[0015] 請參照圖4，為掃描光線投射在感光鼓上後，光點面積(spot area)隨投射位置之不同而變化之示意圖。當掃瞄光線113a沿光軸方向透過第一鏡片131及第二鏡片132後投射在感光鼓15時，因入射於第一鏡片131及第二鏡片132之角度為零，於主掃描方向所產生之偏移率是零，因此成像於感光鼓15上之光點2a為一類圓形。當掃描光線113b及113c透過第一鏡片131及第二鏡片132後而投射在感光鼓15時，因入射於第一鏡片131及第二鏡片132與光

軸所形成之夾角不為零，於主掃描方向所產生之偏移率不為零，而造成於主掃描方向之投影長度較掃描光線111a所形成的光點為大；此情形在副掃描方向也相同，偏離掃描光線111a之掃描光線所形成的光點，也將較大；所以成像於感光鼓15上之光點2b、2c為一類橢圓形，且2b、2c之面積大於2a。其中， S_{a0} 與 S_{b0} 為微機電反射鏡10反射面上掃描光線的光點在主掃描方向(Y方向)及副掃描方向(X方向)之長度、 G_a 與 G_b 為掃描光線之高斯光束(Gaussian Beams)於光強度為13.5%處在Y方向及X方向之光束半徑，如圖5所示。圖5中僅顯示Y方向的光束半徑之說明。

[0016] 縱上所述，本發明之二片式 $f\theta$ 鏡片將微機電反射鏡10反射之掃描光線，將高斯光束之掃描光線進行畸變(distortion)修正，及將時間-角速度之關係轉成時間-距離之關係。在主掃描方向與副掃描方向，掃描光線在X方向與Y方向之光束半徑經過 $f\theta$ 鏡片的各角度一定的放大率，於成像面上產生光點，以提供符合需求的解析度。

[0017] 為達成上述功效，本發明二片式 $f\theta$ 鏡片在第一鏡片131的第一光學面131a或第二光學面131b及第二鏡片132的第三光學面132a或第四光學面132b，在主掃描方向或副掃描方向，可使用球面曲面或非球面曲面設計，若使用非球面曲面設計，其非球面曲面係以下列曲面方程式：

1：橫像曲面方程式(Anamorphic equation)

$$Z = \frac{(Cx)X^2 + (Cy)Y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + Kx)(Cx)^2 X^2 - (1 + Ky)(Cy)^2 Y^2}} + A_n [(1 - A_p)X^2 + (1 + A_p)Y^2]^2 +$$

$$B_R[(1-B_p)X^2 + (1+B_p)Y^2]^3 + C_R[(1-C_p)X^2 + (1+C_p)Y^2]^4 + D_R[(1-D_p)X^2 + (1+D_p)Y^2]^5 \quad (2)$$

[0018] 其中， Z 為鏡片上任一點以光軸方向至0點切平面的距離 (SAG)； C_x 與 C_y 分別為 X 方向及 Y 方向之曲率 (curvature)； K_x 與 K_y 分別為 X 方向及 Y 方向之圓錐係數 (Conic coefficient)； A_R 、 B_R 、 C_R 與 D_R 分別為旋轉對稱 (rotationally symmetric portion) 之四次、六次、八次與十次幕之圓錐變形係數 (deformation from the conic)； A_p 、 B_p 、 C_p 與 D_p 分別非旋轉對稱 (non-rotationally symmetric components) 之分別為四次、六次、八次、十次幕之圓錐變形係數 (deformation from the conic)；當 $C_x = C_y$ ， $K_x = K_y$ 且 $A_p = B_p = C_p = D_p = 0$ 則簡化為單一非球面。

[0019] 2：環像曲面方程式 (Toric equation)

$$Z = Z_y + \frac{(C_{xy})X^2}{1 + \sqrt{1 - (C_{xy})^2 X^2}}$$

$$C_{xy} = \frac{1}{(1/C_x) - Z_y}$$

$$Z_y = \frac{(C_y)Y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_y)(C_y)^2 Y^2}} + B_4 Y^4 + B_6 Y^6 + B_8 Y^8 + B_{10} Y^{10}$$

(3)

[0020] 其中， Z 為鏡片上任一點以光軸方向至0點切平面的距離

(SAG)； C_y 與 C_x 分別Y方向與X方向之曲率(curvature)

； K_y 為Y方向之圓錐係數(Conic coefficient)； B_4

、 B_6 、 B_8 與 B_{10} 為四次、六次、八次、十次冪之係數

(4th-10th order coefficients)deformation

from the conic)；當 $C_x = C_y$ 且

$K_y = A_p = B_p = C_p = D_p = 0$ 則簡化為單一球面。

[0021] 為能使掃描光線在目標物上之成像面上維持等掃描速度，舉例而言，在兩個相同時間間隔內維持兩個光點的間距相等；本發明之二片式 $f\theta$ 鏡片，將掃描光線113a至掃描光線113b之間，藉由第一鏡片131及第二鏡片132進行掃描光線出射角之修正，使相同的時間間隔的兩掃描光線，經出射角度修正後，於成像的感光鼓15上形成的兩個光點的距離相等。更進一步，當雷射光束111經由微機電反射鏡10反射後，其高斯光束半徑 G_a 與 G_b 較大，如果此掃描光線經過微機電反射鏡10與感光鼓15之距離後，高斯光束半徑 G_a 與 G_b 將更大，不符合實用解析度要求；本發明之二片式 $f\theta$ 鏡片進一步可將微機電反射鏡10反射的掃描光線113a至掃描光線113b之間形成 G_a 與 G_b 較小的高斯光束，進行聚焦於成像的感光鼓15上產生較小的光點；再者，本發明之二片式 $f\theta$ 鏡片更可將成像在感光鼓15上的光點大小均勻化（限制於一符合解析度要求的範圍內），以得最佳的解析效果。

[0022] 本發明之二片式 $f\theta$ 鏡片包含，由微機電反射鏡10依序起

算，為一第一鏡片131及第二鏡片132，第一鏡片131為一新月形且凹面在微機電反射鏡10側之鏡片及第二鏡片為一雙凹形鏡片所構成，其中第一鏡片131具有第一光學面131a及第二光學面131b，係將微機電反射鏡10反射之角度與時間非線性關係之掃描光線光點轉換成距離與時間為線性關係之掃描光線光點；其中第二鏡片132具有第三光學面132a及第四光學面132b，係將第一鏡片131之掃描光線修正聚光於目標物上；藉由該二片式 $f\theta$ 鏡片將微機電反射鏡10反射之掃描光線於感光鼓15上成像；其中，第一光學面131a、第二光學面131b、第三光學面132a及第四光學面132b在主掃描方向至少有一個為非球面所構成之光學面、第一光學面131a、第二光學面131b、第三光學面132a及第四光學面132b在副掃描方向可至少有一個為非球面所構成之光學面或在副掃描方向均使用球面所構成之光學面。更進一步，在第一鏡片131及第二鏡片132構成上，在光學效果上，本發明之二片式 $f\theta$ 鏡片，在主掃描方向進一步滿足式(4)~式(5)條件：

$$0.8 < \frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)Y}} < 1.6 \quad (4)$$

$$-2.0 < \frac{d_5}{f_{(2)Y}} < -1.0 \quad (5)$$

或，在主掃描方向滿足式(6)

$$0.6 < \left| f_{sY} \cdot \left(\frac{(n_{d1} - 1)}{f_{(1)Y}} + \frac{(n_{d2} - 1)}{f_{(2)Y}} \right) \right| < 2.2 \quad (6)$$

且在副掃描方向滿足式(7)

$$7.0 < \left| \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sx} \right| < 10.0$$

(7)

[0023] 其中， $f_{(1)Y}$ 為第一鏡片131在主掃描方向之焦距、 $f_{(2)Y}$ 為第二鏡片132在主掃描方向之焦距、 d_3 為 $\theta = 0^\circ$ 第一鏡片131目標物側光學面至第二鏡片132微機電反射鏡10側光學面之距離、 d_4 為 $\theta = 0^\circ$ 第二鏡片132厚度、 d_5 為 $\theta = 0^\circ$ 第二鏡片132目標物側光學面至目標物之距離， f_{sx} 為二片式 $f\theta$ 鏡片在副掃描方向之複合焦距 (combination focal length)、 f_{sy} 為二片式 $f\theta$ 鏡片在主掃描方向之複合焦距、 R_{ix} 為第 i 光學面在副掃描方向的曲率半徑； R_{iy} 為第 i 光學面在主掃描方向的曲率半徑， n_{d2} 為第一鏡片131與第二鏡片132之折射率 (refraction index)。

[0024] 再者，本發明之二片式 $f\theta$ 鏡片所形成的光點均一性，可以掃描光線在感光鼓15上之光束的最大值與最小值的比值 δ 表示，即滿足式(8)。

$$0.4 < \delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)} \tag{8}$$

[0025] 更進一步，本發明之二片式 $f\theta$ 鏡片所形成的解析度，可使用 η_{\max} 為微機電反射鏡10反射面上掃描光線的光點經掃描在感光鼓15上光點最大值的比值與 η_{\min} 為微機電反射鏡10反射面上掃描光線的光點經掃描在感光鼓15上光點最小值的比值為表示，即可滿足式(9)及(10)，

$$\eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})} < 0.10 \quad (9)$$

$$\eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})} < 0.10 \quad (10)$$

[0026] 其中， S_a 與 S_b 為感光鼓15上掃瞄光線形成的任一個光點在Y方向及X方向之長度、 δ 為感光鼓15上最小光點與最大光點之比值、 η 為微機電反射鏡10反射面上掃瞄光線的光點與感光鼓15上光點之比值； S_{a0} 與 S_{b0} 為微機電反射鏡10反射面上掃瞄光線的光點在主掃描方向及副掃描方向之長度。

[0027] 為使本發明更加明確詳實，茲列舉較佳實施例並配合下列圖示，將本發明之結構及其技術特徵詳述如後：

本發明以下所揭示之實施例，乃是針對本發明微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片之主要構成元件而作說明，因此本發明以下所揭示之實施例雖是應用於一微機電雷射掃描裝置中，但就一般具有微機電雷射掃描裝置而言，除了本發明所揭示之二片式 $f\theta$ 鏡片外，其他結構乃屬一般通知之技術，因此一般在此領域中熟悉此項技藝之人士瞭解，本發明所揭示微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片之構成元件並不限於以下所揭示之實施例結構，也就是該微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片之各構成元件是可以進行許多改變、修改、甚至等效變更的，例如：第一鏡片131及第二鏡片132之曲率半徑設計或面型設計、材質選用、間距調整等並不限制。

[0028] < 第一實施例 >

請參閱圖3及圖6，其中圖6係為本發明通過第一鏡片及第二鏡片之掃描光線之實施例之光學路徑圖。本實施例之二片式 $f\theta$ 鏡片之第一鏡片131及一第二鏡片132，其中第一鏡片131為新月形且凹面在微機電反射鏡10側之鏡片，其中第二鏡片132為一雙凹形鏡片所構成，在第一鏡片131第一光學面131a與第二光學面131b、第二鏡片132第三光學面132a與第四光學面132b均係為非球面，使用式(2)為非球面公式設計。其光學特性與非球面參數如表一及表二。

[0029] 表一、第一實施例之 $f\theta$ 光學特性

光學面 (optical surface)	曲率半徑(mm) (curvature)	d厚度(mm) (thickness)	nd折射率 (refraction index)
MEMS反射面 R	∞	35.00	1
<u>lens 1</u>			1.527
<u>R1(Y Toroid)</u>			
R1x	-65.49	6.21	
R1y*	-29.16		
<u>R2(Y Toroid)</u>			
R2x	-29.08	31.79	
R2y*	-20.33		
<u>lens 2</u>			1.527
<u>R3(Y Toroid)</u>			
R3x	23.44	5.00	
R3y*	-313.47		
<u>R4(Y Toroid)</u>			
R4x	123.02	108.71	
R4y*	38.25		
<u>感光鼓(drum)R5</u>	∞	0.00	

*表示非球面

[0030] 表二、第一實施例之光學面非球面參數

光學面(optical surface)	環像曲面方程式係數Toric equation Coefficient				
	Ky 圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 Order Coefficient (B4)	6th次冪係數 Order Coefficient (B6)	8th次冪係數 Order Coefficient (B8)	10th次冪係數 Order Coefficient
R1*	-4.8995E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R2*	-2.2142E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	1.4721E+01	-3.1146E-07	-4.8494E-11	0.0000E+00	0.0000E+00
R4*	-8.7774E+00	-9.3076E-09	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

[0031] 經由此所構成的二片式 $f\theta$ 鏡片之光學面， $f_{(1)Y} = 102.512$ 、 $f_{(2)Y} = -64.358$ 、 $f_{sX} = 42.255$ 、 $f_{sY} = -600$ (mm) 可將掃描光線轉換成距離與時間為線性之掃描光線光點，並將微機電反射鏡10上光點 $S_{a0} = 18.17(\mu m)$ 、 $S_{b0} = 3918.086(\mu m)$ 掃描成為掃描光線，在感光鼓15上進行聚焦，形成較小的光點6，並滿足式(4)~式(10)之條件，如表三、感光鼓15上以中心軸Z軸在Y方向距離中心軸Y距離(mm)的光點之高斯光束直徑(μm)，如表四；且本實施例之光點分布圖如圖7所示。圖中，單位圓直徑為0.05mm。

[0032] 表三、第一實施例滿足條件表

$\frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)Y}}$	1.4194
$\frac{d_5}{f_{(2)Y}}$	-1.6892
主掃描方向 $\left f_{sY} \cdot \left(\frac{(n_{d1} - 1)}{f_{(1)Y}} + \frac{(n_{d2} - 1)}{f_{(2)Y}} \right) \right $	0.7577
副掃描方向 $\left \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sX} \right $	1.4785
$\delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)}$	0.4728
$\eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0656
$\eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0310

[0033] 表四、第一實施例感光鼓上光點高斯光束直徑的最大值

Y	-108.008	-99.923	-79.633	-59.820	-40.216	-20.360	0.000
Max(2Ga, 2Gb)	2.10E-02	1.94E-02	9.59E-03	1.05E-02	9.16E-03	2.16E-02	2.85E-02

[0034] < 第二實施例 >

本實施例之二片式 $f\theta$ 鏡片之第一鏡片131及一第二鏡片132，其中第一鏡片131為新月形且凹面在微機電反射鏡

10側之鏡片，其中第二鏡片132為一雙凹形鏡片所構成，在第一鏡片131第一光學面131a與第二光學面131b、第二鏡片132第三光學面132a係為非球面，使用式(3)為非球面公式設計；在第二鏡片132第四光學面132b使用式(2)為非球面公式設計。其光學特性與非球面參數如表五及表六。

[0035] 表五、第二實施例之 $f\theta$ 光學特性

光學面 (optical surface)	曲率半徑(mm) (curvature)	d厚度(mm) (thickness)	nd折射率 (refraction index)
MEMS反射面 R	∞	35.00	1
<u>lens 1</u>			1.527
<u>R1 (Y Toroid)</u>			
R1x	-151.54	6.86	
R1y*	-53.55		
<u>R2(Y Toroid)</u>			
R2x	-28.86	30.00	
R2y*	-26.53		
<u>lens 2</u>			1.527
<u>R3(Y Toroid)</u>			
R3x	30.40	6.14	
R3y*	-68.92		
<u>R4(Anamorphic)</u>			
R4x*	7602.53	98.40	
R4y*	48.87		
<u>感光鼓(drum)R5</u>	∞	0.00	

*表示非球面

[0036] 表六、第二實施例之光學面非球面參數

環像曲面方程式係數Toric equation Coefficient					
光學面(optical surface)	Ky 圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 Order Coefficient (B4)	6th次冪係數 Order Coefficient (B6)	8th次冪係數 Order Coefficient (B8)	10th次冪係數 Order Coefficient
R1*	-2.7293E+01	2.7013E-06	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R2*	-4.1136E+00	4.8140E-07	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	2.0319E+00	6.1497E-07	-1.0495E-09	0.0000E+00	-1.5106E-16

橫像曲面方程式係數(Anamorphic equation coefficient)					
	Ky圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 Order Coefficient (AR)	6th次冪係數 Order Coefficient (BR)	8th次冪係數 Order Coefficient (CR)	10th次冪係數 Order Coefficient (DR)
R4*	-1.3336E+01	-3.3632E-07	0.0000E+00	2.1921E-14	-1.5106E-16

	Kx圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 Order Coefficient (AP)	6th次冪係數 Order Coefficient (BP)	8th次冪係數 Order Coefficient (CP)	10th次冪係數 Order Coefficient (DP)
R4*	-3.3236E+04	3.0300E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

[0037] 經由此所構成的二片式 $f\theta$ 鏡片， $f_{(1)Y} = 91.725$ 、 $f_{(2)Y} = -53.286$ 、 $f_{sX} = 40.302$ 、 $f_{sY} = -480$ (mm) 可將掃描光線轉換成距離與時間為線性之掃描光線光點，並將微機電反射鏡10上光點 $S_{a0} = 18.17(\mu m)$ 、 $S_{b0} = 3918.08(\mu m)$ 掃描成為掃描光線，在感光鼓15上進行聚焦，形成較小的光點8，並滿足(4)~式(10)之條件，如表七；感光鼓15上以中心軸Z軸在Y方向距離中心軸Y距離(mm)的光點之高斯光束直徑(μm)，如表八；且本實施例之光點分布圖如圖8所示。圖中，單位圓直徑為0.05mm。

[0038] 表七、第二實施例滿足條件表

$\frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)Y}}$	1.4668
$\frac{d_5}{f_{(2)Y}}$	-1.8466
主掃描方向 $\left f_{sY} \cdot \left(\frac{(n_{d1} - 1)}{f_{(1)Y}} + \frac{(n_{d2} - 1)}{f_{(2)Y}} \right) \right $	1.9894
副掃描方向 $\left \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sX} \right $	1.3486
$\delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)}$	0.4446
$\eta_{max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0698
$\eta_{min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0311

[0039] 表八、第二實施例感光鼓上光點高斯光束直徑的最大值

Y	-107.977	-100.943	-80.187	-59.820	-39.831	-19.959	0.000
Max(2Ga, 2Gb)	1.03E-02	9.37E-03	7.18E-03	9.12E-03	1.27E-02	1.06E-02	7.09E-03

[0040] <第三實施例>

本實施例之二片式 $f\theta$ 鏡片之第一鏡片131及一第二鏡片132，其中第一鏡片131為新月形且凹面在微機電反射鏡10側之鏡片，其中第二鏡片132為一雙凹形鏡片所構成，在第一鏡片131第一光學面131a與第二光學面131b、第二鏡片132第三光學面132a係為非球面，使用式(3)為非球面公式設計；在第二鏡片132第四光學面132b使用式(2)為非球面公式設計。其非球面性參數如表九及表十。

[0041] 表九、第三實施例之 $f\theta$ 光學特性

光學面 (optical surface)	曲率半徑(mm) (curvature)	d厚度(mm) (thickness)	nd折射率 (refraction index)
<u>MEMS反射面 R</u>	∞	33.34	1
<u>lens 1</u>			1.527
<u>R1(Y Toroid)</u>			
R1x	-861.62	7.46	
R1y*	-60.80		
<u>R2(Y Toroid)</u>			
R2x	-30.46	26.44	
R2y*	-29.49		
<u>lens 2</u>			1.527
<u>R3(Y Toroid)</u>			
R3x	31.43	5.00	
R3y*	-65.75		
<u>R4(Anamorphic)</u>			
R4x*	4222.69	104.00	
R4y*	0.02		
<u>感光鼓(drum)R5</u>	∞	0.00	

*表示非球面

[0042] 表十、第三實施例之光學面非球面參數

光學面(optical surface)	環像曲面方程式係數Toric equation Coefficient				
	Ky 圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 Order Coefficient (B4)	6th次冪係數 Order Coefficient (B6)	8th次冪係數 Order Coefficient (B8)	10th次冪係數 Order Coefficient
	R1*	-3.4458E+01	2.7278E-06	0.0000E+00	0.0000E+00
R2*	-4.9048E+00	6.6294E-07	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	1.4352E+00	5.4938E-07	-1.2559E-09	1.9341E-14	-1.6358E-16
	橫像曲面方程式係數(Anamorphic equation coefficient)				
	Ky圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 Order Coefficient (AR)	6th次冪係數 Order Coefficient (BR)	8th次冪係數 Order Coefficient (CR)	10th次冪係數 Order Coefficient (DR)
	R4*	-1.8269E+01	-2.0899E-07	0.0000E+00	3.0720E-14
	Kx圓錐係數 (Conic Coefficient)				
	Kx圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 Order Coefficient (AP)	6th次冪係數 Order Coefficient (BP)	8th次冪係數 Order Coefficient (CP)	10th次冪係數 Order Coefficient (DP)
	R4*	-1.3932E+04	5.9251E-01	0.0000E+00	0.0000E+00

[0043] 經由此所構成的二片式 $f\theta$ 鏡片， $f_{(1)Y} = 100.396$ 、 $f_{(2)Y} = -58.178$ 、 $f_{sX} = 38.34$ 、 $f_{sY} = -318.7$ (mm) 可將掃描光線轉換成距離與時間為線性之掃描光線光點，並將微機電反射鏡10上光點 $S_{a0} = 23.62(\mu m)$ 、 $S_{b0} = 3667.96(\mu m)$ 掃描成為掃描光線，在感光鼓15上進行聚焦，形成較小的光點10，並滿足(4)~式(10)之條件，如表十一；感光鼓15上以中心軸Z軸在Y方向距離中心軸Y距離(mm)的光點之高斯光束直徑(μm)，如表十二；本實施例之光點分布圖如圖9所示。圖中，單位圓直徑為0.05mm。

[0044] 表十一、第三實施例滿足條件表

$\frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)r}}$	1.3491
$\frac{d_5}{f_{(2)r}}$	-1.7875
主掃描方向 $\left f_{sY} \cdot \left(\frac{(n_{d1} - 1)}{f_{(1)y}} + \frac{(n_{d2} - 1)}{f_{(2)y}} \right) \right $	1.2142
副掃描方向 $\left \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sX} \right $	1.2426
$\delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)}$	0.4498
$\eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0732
$\eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0329

[0045] 表十二、第三實施例感光鼓上洗滌高斯光束直徑的最大值

Y	-108.083	-90.623	-69.966	-49.784	-29.882	-9.978	0.000
Max(2Ga, 2Gb)	1.34E-02	1.64E-02	1.88E-02	1.73E-02	2.08E-02	1.99E-02	1.14E-02

[0046] < 第四實施例 >

本實施例之二片式 $f\theta$ 鏡片之第一鏡片 131 及一第二鏡片 132，其中第一鏡片 131 為微機電反射鏡 10 側之鏡片，其中第二鏡片 132 為雙凹形鏡片所構成，在第一鏡片 131 第一光學面 131a 與第二光學面 131b、第二鏡片 132 第三光學面 132a 係為非球面，使用式 (3) 為非球面公式設計；在第二鏡片 132 第四光學面 132b 使用式 (2) 為非球面公式設計。其光學特性與非球面參數如表十三及表十四。

[0047] 表十三、第四實施例之 $f\theta$ 光學特性

光學面 (optical surface)	曲率半徑(mm) (curvature)	d厚度(mm) (thickness)	nd折射率 (refraction index)
<u>MEMS反射面 R</u>	∞	41.93	1
<u>lens 1</u>			1.527
<u>R1 (Y Toroid)</u>			
R1x	-188.48	6.57	
R1y*	-73.02		
<u>R2(Y Toroid)</u>			
R2x	-30.68	24.50	
R2y*	-36.39		
<u>lens 2</u>			1.527
<u>R3(Y Toroid)</u>			
R3x	34.23	5.00	
R3y*	-44.18		
<u>R4(Anamorphic)</u>			
R4x*	31859.04	90.18	
R4y*	111.07		
<u>感光鼓(drum)R5</u>	∞	0.00	

*表示非球面

[0048] 表十四、第四實施例之光學面非球面參數

光學面(optical surface)	環像曲面方程式係數Toric equation Coefficient				
	Ky 圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 Order	6th次冪係數 Order	8th次冪係數 Order	10th次冪係數 Order
R1*	-2.3803E+01	2.7403E-06	1.1204E-09	0.0000E+00	0.0000E+00
R2*	-4.5934E+00	2.5256E-06	5.7439E-11	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	5.5380E-01	3.6151E-06	-2.8152E-09	1.5659E-12	-3.6298E-16
R4*	橫像曲面方程式係數(Anamorphic equation coefficient)				
	Ky圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 Order	6th次冪係數 Order	8th次冪係數 Order	10th次冪係數 Order
R4*	-4.8385E+01	-3.0469E-07	9.4705E-11	4.7886E-16	0.0000E+00
R4*	Kx圓錐係數 (Conic Coefficient)				
	4th次冪係數 Order	6th次冪係數 Order	8th次冪係數 Order	10th次冪係數 Order	
R4*	-2.7900E+06	5.5496E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

[0049] 經由此所構成的二片式 $f\theta$ 鏡片， $f_{(1)Y} = 129.589$ 、
 $f_{(2)Y} = -59.303$ 、 $f_{sX} = 40.549$ 、 $f_{sY} = -157.192$ (mm)
 可將掃描光線轉換成距離與時間為線性之掃描光線光點，
 並將微機電反射鏡10上光點 $S_{a0} = 280.62(\mu m)$ 、 $S_{b0} = 4059.84(\mu m)$ 掃描成為掃描光線，在感光鼓15上進行聚焦，
 形成較小的光點12，並滿足(4)~式(10)之條件，如

表十五；感光鼓15上以中心軸Z軸在Y方向距離中心軸Y距離(mm)的光點之高斯光束直徑(μm)，如表十六；且本實施例之光點分布圖如圖10所示。圖中，單位圓直徑為0.05mm。

[0050] 表十五、第四實施例滿足條件表

$\frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)Y}}$	0.9235
$\frac{d_5}{f_{(2)Y}}$	-1.5207
主掃描方向 $\left f_{sY} \cdot \left(\frac{(n_{d1} - 1)}{f_{(1)Y}} + \frac{(n_{d2} - 1)}{f_{(2)Y}} \right) \right $	0.7577
副掃描方向 $\left \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sX} \right $	1.2105
$\delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)}$	0.5062
$\eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0028
$\eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0014

[0051] 表十六、第四實施例感光鼓上光點高斯光束直徑的最大值

Y	-108.008	-99.923	-79.633	-59.820	-40.216	-20.360	0.000
Max(2Ga, 2Gb)	2.10E-02	1.94E-02	9.59E-03	1.05E-02	9.16E-03	2.16E-02	2.85E-02

[0052] < 第五實施例 >

本實施例之二片式fθ鏡片之第一鏡片131及一第二鏡片132，其中第一鏡片131為新月形且凹面在微機電反射鏡10側之鏡片，其中第二鏡片132為一雙凹形鏡片所構成，在第一鏡片131第一光學面131a與第二光學面131b、第二鏡片132第三光學面132a係為非球面，使用式(3)為非球面公式設計；在第二鏡片132第四光學面132b使用式

(2) 為非球面公式設計。其光學特性與非球面參數如表十七及表十八。

[0053] 表十七、第五實施例之 f θ 光學特性

光學面 (optical surface)	曲率半徑(mm) (curvature)	d厚度(mm) (thickness)	nd折射率 (refraction index)
<u>MEMS反射面 R</u>	∞	35.00	1
<u>lens 1</u>			1.491757
<u>R1 (Y Toroid)</u>			
R1x	-9000.00	7.14	
R1y*	-52.93		
<u>R2(Y Toroid)</u>			
R2x	-29.93	30.00	
R2y*	-25.32		
<u>lens 2</u>			1.491757
<u>R3(Y Toroid)</u>			
R3x	28.88	5.86	
R3y*	-67.92		
<u>R4(Anamorphic)</u>			
R4x*	8037.31	98.41	
R4y*	43.31		
<u>感光鼓(drum)R5</u>	∞	0.00	

*表示非球面

[0054] 表十八、第五實施例之光學面非球面參數

光學面(optical surface)	環像曲面方程式係數Toric equation Coefficient				
	Ky 圓錐係數 (Conic Order Coefficient)	4th次冪係數 (Order Coefficient (B4))	6th次冪係數 (Order Coefficient (B6))	8th次冪係數 (Order Coefficient (B8))	10th次冪係數 (Order Coefficient)
	R1*	-2.9745E+01	2.9200E-06	0.0000E+00	0.0000E+00
R2*	-4.0699E+00	3.9682E-07	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	1.9449E+00	4.4576E-07	-1.1663E-09	0.0000E+00	-2.9472E-16
R4*	橫像曲面方程式係數(Anamorphic equation coefficient)				
	Ky圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 (Order Coefficient (AR))	6th次冪係數 (Order Coefficient (BR))	8th次冪係數 (Order Coefficient (CR))	10th次冪係數 (Order Coefficient (DR))
	-1.1170E+01	-3.9867E-07	0.0000E+00	2.4909E-14	0.0000E+00
R4*	Kx圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 (Order Coefficient (AP))	6th次冪係數 (Order Coefficient (BP))	8th次冪係數 (Order Coefficient (CP))	10th次冪係數 (Order Coefficient (DP))
	-4.3379E+04	2.4718E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

[0055] 經由此所構成的二片式 f θ 鏡片， $f_{(1)Y} = 92.049$ 、 $f_{(2)Y} = -53.487$ 、 $f_{sX} = 40.278$ 、 $f_{sY} = -480$ (mm) 可將掃描光線

轉換成距離與時間為線性之掃描光線光點，並將微機電反射鏡10上光點 $S_{a0} = 18.17(\mu m)$ 、 $S_{b0} = 3918.08(\mu m)$ 掃描成為掃描光線，在感光鼓15上進行聚焦，形成較小的光點12，並滿足(4)~式(10)之條件，如表十九；感光鼓15上以中心軸Z軸在Y方向距離中心軸Y距離(mm)的光點之高斯光束直徑(μm)，如表二十；且本實施例之光點分布圖如圖11所示。圖中，單位圓直徑為0.05mm。

[0056] 表十九、第五實施例滿足條件表

$\frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)r}}$	1.4586
$\frac{d_5}{f_{(2)r}}$	-1.8398
主掃描方向 $\left f_{sr} \cdot \left(\frac{(n_{d1}-1)}{f_{(1)y}} + \frac{(n_{d2}-1)}{f_{(2)y}} \right) \right $	1.8487
副掃描方向 $\left \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sx} \right $	1.4229
$\delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)}$	0.4433
$\eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0717
$\eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0318

[0057] 表二十、第五實施例感光鼓上光點高斯光束直徑的最大值

Y	-108.083	-90.623	-69.966	-49.784	-29.882	-9.978	0.000
Max(2Ga, 2Gb)	0.00E+00	6.35E-03	4.11E-03	7.15E-03	2.82E-03	3.59E-03	4.82E-03

[0058] < 第六實施例 >

本實施例之二片式 $f\theta$ 鏡片之第一鏡片131及一第二鏡片132，其中第一鏡片131為新月形且凹面在微機電反射鏡10側之鏡片，其中第二鏡片132為一雙凹形鏡片所構成，在第一鏡片131第一光學面131a與第二光學面131b、第

二鏡片132第三光學面132a與第四光學面132b係為非球面，使用式(2)為非球面公式設計。其光學特性與非球面參數如表二十一及表二十二。

[0059] 表二十一、第六實施例之fθ光學特性

光學面 (optical surface)	曲率半徑(mm) (curvature)	d厚度(mm) (thickness)	nd折射率 (refraction index)
<u>MEMS反射面 R</u>	∞	35.00	1
<u>lens 1</u>			1.491757
<u>R1 (Anamorphic)</u>			
R1x*	-2287.60	6.97	
R1y*	127.06		
<u>R2 (Anamorphic)</u>			
R2x*	23.72	30.00	
R2y*	36.34		
<u>lens 2</u>			1.491757
<u>R3 (Anamorphic)</u>			
R3x*	-35.40	6.03	
R3y*	70.31		
<u>R4 (Anamorphic)</u>			
R4x*	12242.55	98.55	
R4y*	-49.90		
<u>感光鼓 (drum) R5</u>	∞	0.00	

*表示非球面

[0060] 表二十二、第六實施例之光學面非球面參數

光學面(optical surface)	橫像曲面方程式係數(Anamorphic equation coefficient)				
	Ky圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 (Order Coefficient (AR))	6th次冪係數 (Order Coefficient (BR))	8th次冪係數 (Order Coefficient (CR))	10th次冪係數 (Order Coefficient (DR))
R1*	-3.0641E+01	-2.8449E-06	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R2*	-3.6863E+00	-4.7220E-07	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	1.4891E+00	-6.3868E-06	1.0061E-09	0.0000E+00	2.8649E-16
R4*	-1.0500E+01	4.3018E-07	0.0000E+00	-2.4783E-14	0.0000E+00
光學面(optical surface)	Kx圓錐係數				
	(Conic Coefficient)	4th次冪係數 (Order Coefficient (AP))	6th次冪係數 (Order Coefficient (BP))	8th次冪係數 (Order Coefficient (CP))	10th次冪係數 (Order Coefficient (DP))
R1*	-1.8438E+05	-2.2809E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R2*	1.8753E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	7.1172E-01	-1.0004E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R4*	3.7587E+04	1.1998E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

[0061] 經由此所構成的二片式fθ鏡片， $f_{(1)Y} = 102.145$ 、 $f_{(2)Y} = -59.071$ 、 $f_{sX} = 38.621$ 、 $f_{sY} = -480$ (mm)可將掃

描光線轉換成距離與時間為線性之掃描光線光點，並將微機電反射鏡10上光點 $S_{a0} = 18.17(\mu\text{m})$ 、 $S_{b0} = 3918.08(\mu\text{m})$ 掃描成為掃描光線，在感光鼓15上進行聚焦，形成較小的光點12，並滿足(4)~式(10)之條件，如表二十三；感光鼓上以中心軸Z軸在Y方向距離中心軸Y距離(mm)的光點之高斯光束直徑(μm)，如表二十四；且本實施例之光點分布圖如圖12所示。圖中，單位圓直徑為0.05mm。

[0062] 表二十三、第六實施例滿足條件表

$\frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)r}}$	1.3176
$\frac{d_5}{f_{(2)r}}$	-1.6683
主掃描方向 $\left f_{sr} \cdot \left(\frac{(n_{d1}-1)}{f_{(1)y}} + \frac{(n_{d2}-1)}{f_{(2)y}} \right) \right $	1.6850
副掃描方向 $\left \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sx} \right $	1.1367
$\delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)}$	0.4476
$\eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0853
$\eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0382

[0063] 表二十四、第六實施例感光鼓上光點高斯光束直徑的最大值

Y	-108.005	-100.853	-80.098	-59.819	-39.925	-20.060	0.000
Max(2Ga, 2Gb)	0.00E+00	2.64E-02	2.30E-02	2.02E-02	2.24E-02	2.17E-02	2.51E-02

[0064] <第七實施例>

本實施例之二片式 $f\theta$ 鏡片之第一鏡片131及一第二鏡片132，其中第一鏡片131為新月形且凹面在微機電反射鏡10側之鏡片，其中第二鏡片132為一雙凹形鏡片所構成，

在第一鏡片131第一光學面131a與第二光學面131b、第二鏡片132第三光學面132a係為非球面，使用式(3)為非球面公式設計；在第二鏡片132第四光學面132b使用式(2)為非球面公式設計。其光學特性與非球面參數如表二十五及表二十六。

[0065] 表二十五、第七實施例之f θ 光學特性

光學面 (optical surface)	曲率半徑(mm) (curvature)	d厚度(mm) (thickness)	nd折射率 (refraction index)
<u>MEMS反射面 R</u>	∞	35.00	1
<u>lens 1</u>			1.52996
<u>R1 (Y Toroid)</u>			
R1x	-490.28	8.00	
R1y*	124.37		
<u>R2(Y Toroid)</u>			
R2x	31.40	30.00	
R2y*	35.62		
<u>lens 2</u>			1.52996
<u>R3(Y Toroid)</u>			
R3x	-31.81	5.00	
R3y*	39.55		
<u>R4(Anamorphic)</u>			
R4x*	-1084.88	95.99	
R4y*	-98.74		
<u>感光鼓(drum)R5</u>	∞	0.00	

*表示非球面

[0066] 表二十六、第七實施例之光學面非球面參數

光學面(optical surface)	環像曲面方程式係數Toric equation Coefficient				
	Ky 圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 Order	6th次冪係數 Order	8th次冪係數 Order	10th次冪係數 Order
R1*	0.0000E+00	-3.7954E-07	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R2*	0.0000E+00	-3.7949E-06	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	0.0000E+00	-2.7407E-06	9.4369E-10	0.0000E+00	-1.5635E-16
R4*	橫像曲面方程式係數(Anamorphic equation coefficient)				
	Ky圓錐係數 (Conic Coefficient)	4th次冪係數 Order	6th次冪係數 Order	8th次冪係數 Order	10th次冪係數 Order
R4*	-1.8709E+01	2.9497E-08	0.0000E+00	-1.5049E-14	0.0000E+00
R4*	Kx圓錐係數 (Conic Coefficient)				
	4th次冪係數 Order	6th次冪係數 Order	8th次冪係數 Order	10th次冪係數 Order	
R4*	-4.4249E+03	2.2610E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

[0067] 經由此所構成的二片式 $f\theta$ 鏡片， $f_{(1)Y} = 92.228$ 、 $f_{(2)Y} = -53.135$ 、 $f_{sX} = 39.746$ 、 $f_{sY} = -480$ (mm) 可將掃描光線轉換成距離與時間為線性之掃描光線光點，並將微機電反射鏡10上光點 $S_{a0} = 18.17(\mu m)$ 、 $S_{b0} = 3918.08(\mu m)$ 掃描成為掃描光線，在感光鼓15上進行聚焦，形成較小的光點12，並滿足(4)~式(10)之條件，如表二十七；感光鼓15上以中心軸Z軸在Y方向距離中心軸Y距離(mm)的光點之高斯光束直徑(μm)，如表二十八；且本實施例之光點分布圖如圖13所示。

[0068] 表二十七、第七實施例滿足條件表

$\frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)Y}}$	1.4203
$\frac{d_5}{f_{(2)Y}}$	-1.8066
主掃描方向 $\left f_{sY} \cdot \left(\frac{(n_{d1} - 1)}{f_{(1)Y}} + \frac{(n_{d2} - 1)}{f_{(2)Y}} \right) \right $	2.0293
副掃描方向 $\left \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sY} \right $	1.2463
$\delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)}$	0.4323
$\eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0731
$\eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0316

[0069] 表二十八、第七實施例感光鼓上光點高斯光束直徑的最大值

Y	-107.990	-100.745	-80.240	-59.952	-39.897	-19.940	0.000
Max(2Ga, 2Gb)	0.00E+00	1.23E-02	1.13E-02	1.96E-02	2.20E-02	1.29E-02	1.20E-02

[0070] 藉由上述之實施例說明，本發明至少可達下列功效：
 (1) 藉由本發明之二片式 $f\theta$ 鏡片之設置，可將呈簡諧運動之微機電反射鏡在成像面上光點間距由原來隨時間增

加而遞減或遞增的非等速率掃描現象，修正為等速率掃描，使雷射光束於成像面之投射作等速率掃描，使成像於目標物上形成之兩相鄰光點間距相等。

(2)藉由本發明之二片式 $f\theta$ 鏡片之設置，可畸變修正於主掃描方向及副掃描方向掃描光線，使聚焦於成像的目標物上之光點得以縮小。

(3)藉由本發明之二片式 $f\theta$ 鏡片之設置，可畸變修正於主掃描方向及副掃描方向掃描光線，使成像在目標物上的光點大小均勻化。

以上所述僅為本發明的較佳實施例，對本發明而言僅是說明性的，而非限制性的；本專業技術人員理解，在本發明權利要求所限定的精神和範圍內可對其進行許多改變，修改，甚至等效變更，但都將落入本發明的保護範圍內。

【圖式簡單說明】

- [0071] 圖1為本發明二片式 $f\theta$ 鏡片之光學路徑之示意圖；
- 圖2為一微機電反射鏡掃描角度 θ 與時間 t 之關係圖；
- 圖3為通過第一鏡片及第二鏡片之掃描光線之光學路徑圖及符號說明圖；
- 圖4為掃描光線投射在感光鼓上後，光點面積隨投射位置之不同而變化之示意圖；
- 圖5為光束之高斯分佈與光強度之關係圖；
- 圖6為本發明通過第一鏡片及第二鏡片之掃描光線之實施例之光學路徑圖；
- 圖7為第一實施例之光點示意圖；
- 圖8為第二實施例之光點示意圖；

圖9為第三實施例之光點示意圖；
圖10為第四實施例之光點示意圖；
圖11為第五實施例之光點示意圖；
圖12為第六實施例之光點示意圖；以及
圖13為第七實施例之光點示意圖。

【主要元件符號說明】

- [0072] 10：微機電反射鏡；
11：雷射光源；
111：光束；
113a、113b、113c、114a、114b、115a、115b：掃瞄
光線；
131：第一鏡片；
131a：第一光學面；
131b：第二光學面；
132：第二鏡片；
132a：第三光學面；
132b：第四光學面；
14a、14b：光電感測器；
15：感光鼓；
16：柱面鏡；
2、2a、2b、2c：光點；
3：有效掃描視窗；
d1、d2、d3、d4、d5：間距；以及
R1、R2、R3、R4：曲率半徑。



Intellectual
Property
Office

專利案號: 097129669



日期: 100年02月18日

發明專利說明書

100年2月18日修(更)正本(全份)

※申請案號: 097129669

※IPC分類: B41J 2/47,

※申請日: 97.8.5

B81B 7/02,

G02B 26/12,

G02B 26/08

公告本

一、發明名稱:

微機電雷射掃描裝置之二片式F θ 鏡片(二)TWO OPTICAL ELEMENTS F θ LENS OF MEMS LASER SCANNING
UNIT 2

二、中文發明摘要:

一種微機電雷射掃描裝置之二片式f θ 鏡片，第一鏡片為一新月形且凹面在微機電反射鏡側之鏡片及第二鏡片為一雙凹形鏡片所構成，其中第一鏡片具有二個光學面，在主掃描方向至少有一個光學面為非球面所構成，第二鏡片具有二個光學面，在主掃描方向至少有一個光學面為非球面所構成，係主要將微機電反射鏡反射之角度與時間非線性關係之掃描光線光點轉換成距離與時間為線性之掃描光線光點，並修正聚光於目標物上，且第一鏡片及第二鏡片均滿足特定之光學條件，藉由第一鏡片及第二鏡片的設置，可達成線性掃描效果與高解析度掃描之目的。

三、英文發明摘要:

Two f- θ lens used for micro-electro mechanical system (MEMS) laser scanning unit having a first lens and a second lens, the first lens is a meniscus lens which concave surface towards the MEMS mirror, the second lens is a biconcave lens. The first lens has two optical surfaces, and at least one of the optical surfaces is aspheric surfaces which at the main scanning direction. The second lens has two optical surfaces, which focuses the scanning light to the target by calibrating itself. Both

the first lens and the second lens are satisfied the specified optical condition. The purpose of linear scanning and high resolution scanning can be achieved by disposing the first lens and the second lens.



七、申請專利範圍：

1. 一種微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片，其係適用於一微機電雷射掃描裝置，該微機電雷射掃描裝置至少包含一用以發射光束之光源、一用以共振左右擺動將光源發射之光束反射成為一掃描光線之微機電反射鏡、及一用以感光之目標物；其中該掃描光線於X方向為副掃描方向，於Y方向為主掃描方向；該二片式 $f\theta$ 鏡片包含，由該微機電反射鏡依序起算，係由一新月形且凹面在該微機電反射鏡側之第一鏡片及一雙凹形之第二鏡片所構成，其中該第一鏡片具有一第一光學面及一第二光學面，該第一光學面與該第二光學面，在主掃描方向至少有一個光學面為非球面所構成，係將該微機電反射鏡反射之角度與時間非線性關係之掃描光線光點轉換成距離與時間為線性關係之掃描光線光點；其中該第二鏡片具有一第三光學面及一第四光學面，該第三光學面與該第四光學面，在主掃描方向至少有一個光學面為非球面所構成，係將該第一鏡片之掃描光線修正聚光於該目標物上；藉由該二片式 $f\theta$ 鏡片將該微機電反射鏡反射之掃描光線於該目標物上成像。

2. 如申請專利範圍第1項所述之微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片，在主掃描方向進一步滿足下列條件：

$$0.8 < \frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)Y}} < 1.6 ;$$

$$-2.0 < \frac{d_5}{f_{(2)Y}} < -1.0 ;$$

其中， $f_{(1)Y}$ 為該第一鏡片在主掃描方向之焦距、 $f_{(2)Y}$ 為

該第二鏡片在主掃描方向之焦距、 d_3 為 $\theta = 0^\circ$ 該第一鏡片目標物側光學面至該第二鏡片微機電反射鏡側光學面之距離、 d_4 為 $\theta = 0^\circ$ 該第二鏡片厚度、 d_5 為 $\theta = 0^\circ$ 該第二鏡片目標物側光學面至該目標物之距離。

3. 如申請專利範圍第1項所述之微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片，進一步滿足下列條件：

在主掃描方向滿足

$$0.6 < \left| f_{sy} \cdot \left(\frac{(n_{d1} - 1)}{f_{(1)y}} + \frac{(n_{d2} - 1)}{f_{(2)y}} \right) \right| < 2.2 ;$$

在副掃描方向滿足

$$7.0 < \left| \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sx} \right| < 10.0$$

其中， $f_{(1)y}$ 與 $f_{(2)y}$ 為該第一鏡片及該第二鏡片在主掃描方向之焦距、 f_{sx} 為二片式 $f\theta$ 鏡片在副掃描方向之複合焦距、 f_{sy} 為二片式 $f\theta$ 鏡片在主掃描方向之複合焦距、 R_{ix} 為第 i 光學面在副掃描方向的曲率半徑、 n_{d1} 與 n_{d2} 分別為該第一鏡片與該第二鏡片之折射率。

4. 如申請專利範圍第1項所述之微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片，其中該目標物上最大光點與最小光點大小的比值滿足：

$$0.4 < \delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)} ;$$

其中， S_a 與 S_b 為一感光鼓上掃描光線形成的任一個光點在主掃描方向及副掃描方向之長度、 δ 為該感光鼓上最小光點與最大光點之比值。

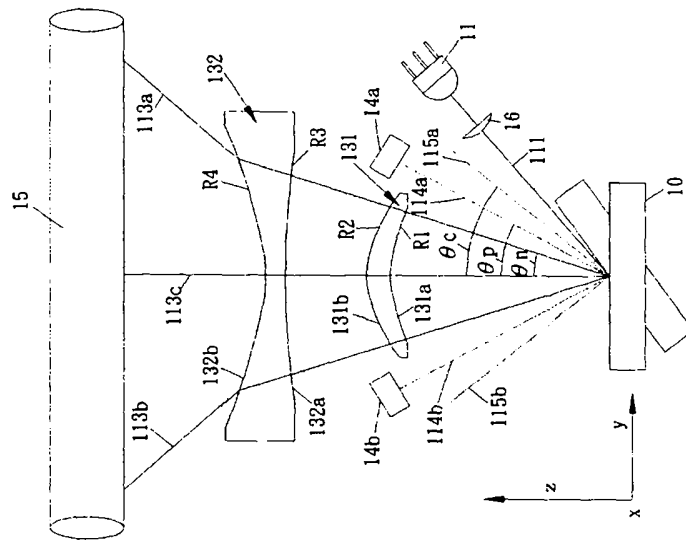
5. 如申請專利範圍第1項所述之微機電雷射掃描裝置之二片式 $f\theta$ 鏡片，其中該目標物上最大光點的比值與在該目標物上最小光點的比值分別滿足

$$\eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})} < 0.10 ;$$

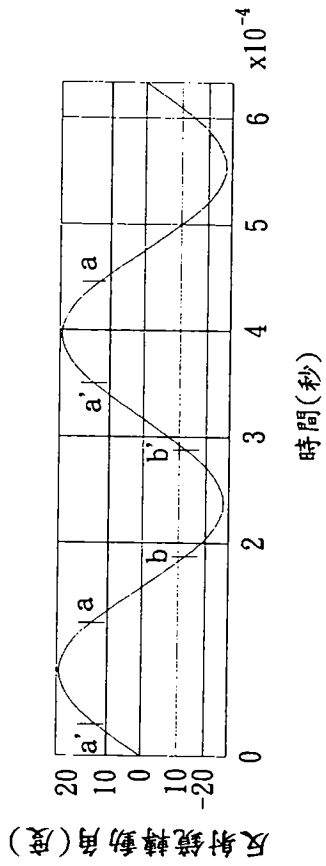
$$\eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})} < 0.10 ;$$

其中， S_{a0} 與 S_{b0} 為該微機電反射鏡反射面上掃描光線的光點在主掃描方向及副掃描方向之長度、 S_a 與 S_b 為一感光鼓上掃描光線形成的任一個光點在主掃描方向及副掃描方向之長度、 η_{\max} 為該微機電反射鏡反射面上掃描光線的光點與在該目標物上最大光點的比值、 η_{\min} 為該微機電反射鏡反射面上掃描光線的光點與在該目標物上最小光點的比值。

八、圖式：

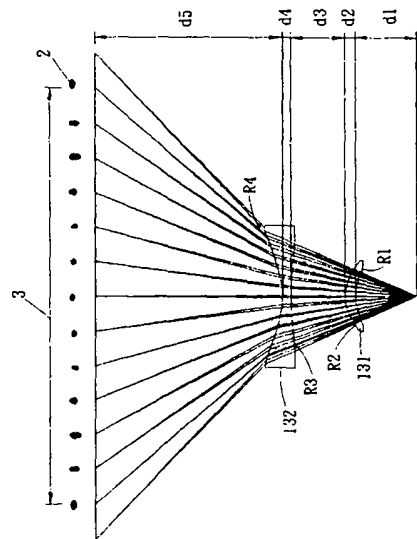


第1圖

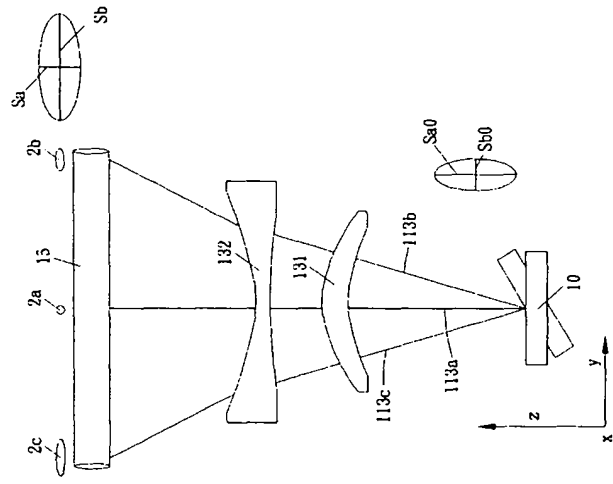


第2圖

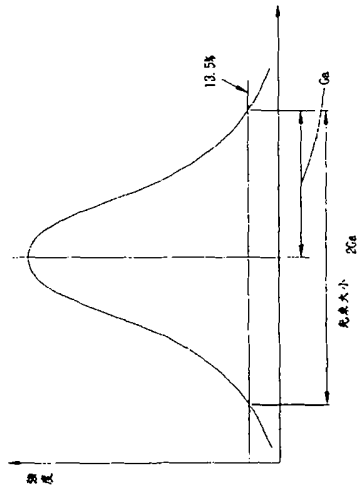
2



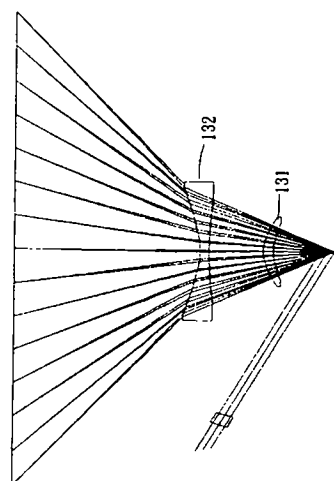
第 3 圖



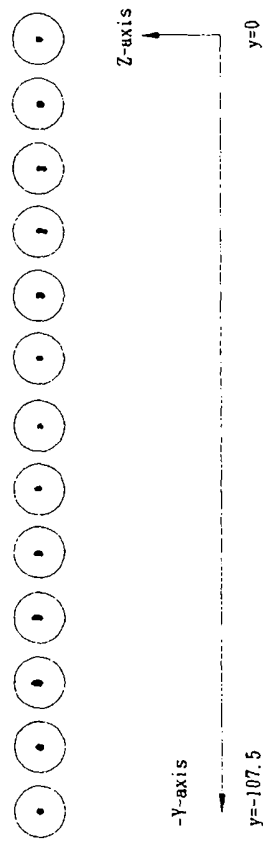
第4圖



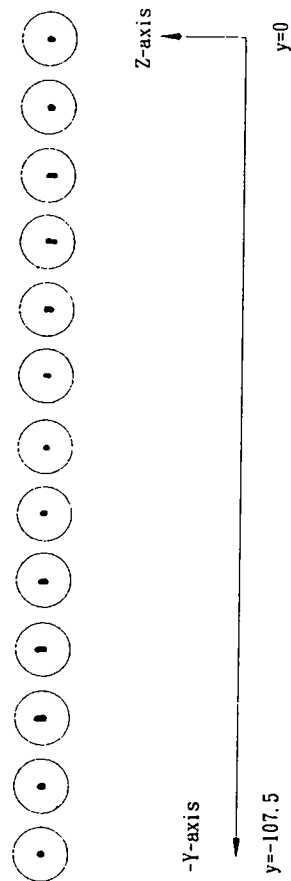
第5圖



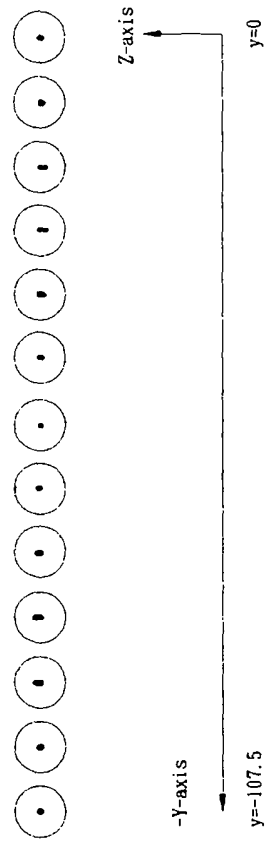
第6圖



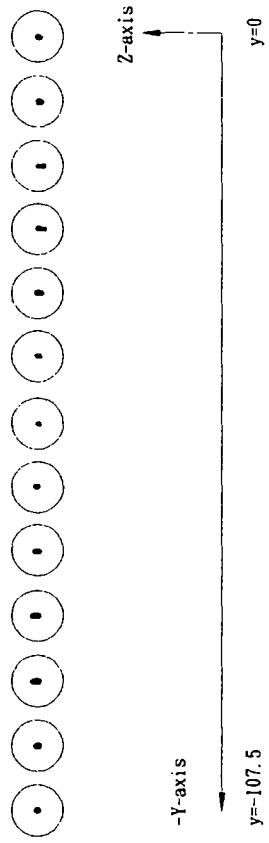
第7圖



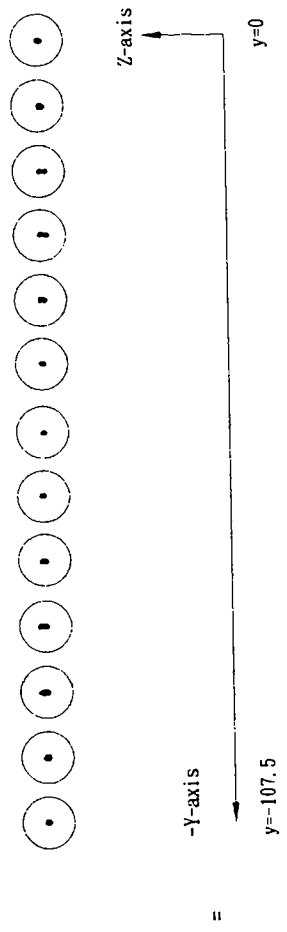
第8圖



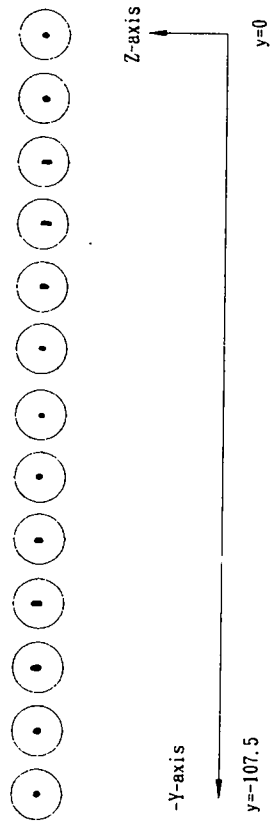
第9圖



第10圖

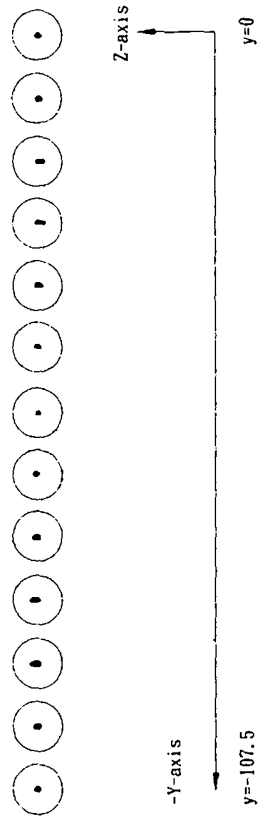


第11圖



12

第 12 圖



13

第 13 圖

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖(3)。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

2：光點；

3：掃描視窗；

131：第一鏡片；以及

132：第二鏡片。

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：