



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101650471 B

(45) 授权公告日 2012. 07. 18

(21) 申请号 200810145689. 1

1-5.

(22) 申请日 2008. 08. 15

CN 1316285 C, 2007. 05. 16, 全文.

US 5774248 A, 1998. 06. 30, 全文.

(73) 专利权人 一品光学工业股份有限公司

地址 中国台湾台北市

审查员 喻天剑

(72) 发明人 施柏源

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限

公司 11286

代理人 韩明星 罗延红

(51) Int. Cl.

G02B 26/10(2006. 01)

B41J 2/47(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5696621 A, 1997. 12. 09, 全文.

US 6757089 B2, 2004. 06. 29, 全文.

CN 1658012 A, 2005. 08. 24, 全文.

CN 201293868 Y, 2009. 08. 19, 权利要求

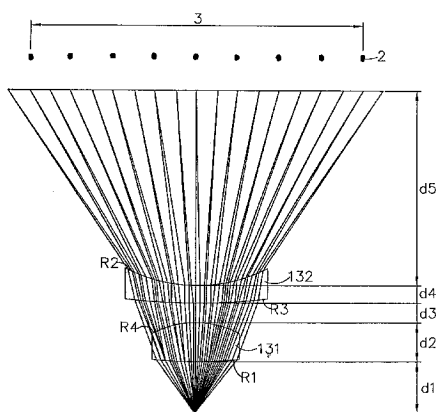
权利要求书 2 页 说明书 17 页 附图 11 页

(54) 发明名称

微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜片

(57) 摘要

本发明涉及一种微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜, 第一镜片为双凸形镜片及第二镜片为新月形且凸面在微机电反射镜侧的镜片, 其中第一镜片具有二个光学面, 在主扫描方向至少有一个光学面由非球面所构成, 第二镜片具有二个光学面, 在主扫描方向至少有一个光学面由非球面所构成, 主要将微机电反射镜反射的角度与时间非线性关系的扫描光线光点转换成距离与时间为线性的扫描光线光点, 修正聚光于目标物上, 且第一镜片及第二镜片均满足特定的光学条件, 通过第一镜片及第二镜片的设置, 可实现线性扫描效果与高分辨率扫描的目的。



1. 一种微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜片,其适用于微机电激光扫描装置,所述微机电激光扫描装置至少包含用以发射光束的光源、用以共振左右摆动将光源发射的光束反射成为扫描光线的微机电反射镜、及用以感光的目标物;所述二片式 $f\theta$ 镜片包含从所述微机电反射镜依次设置的一双凸形的第一镜片及新月形且凸面在所述微机电反射镜侧的第二镜片,其中所述第一镜片具有第一光学面及第二光学面,所述第一光学面与所述第二光学面在主扫描方向至少有一个光学面由非球面所构成,以用于将所述微机电反射镜反射的角度与时间非线性关系的扫描光线光点转换成距离与时间为线性关系的扫描光线光点;所述第二镜片具有第三光学面及第四光学面,所述第三光学面与所述第四光学面在主扫描方向至少有一个光学面由非球面所构成,以用于将所述第一镜片的扫描光线修正聚光于所述目标物上;根据所述二片式 $f\theta$ 镜片将所述微机电反射镜反射的扫描光线成像于所述目标物上。

2. 根据权利要求 1 所述的微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜片,其特征在于在主扫描方向进一步满足下列条件:

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

$$-0.6 < \frac{d_5}{f_{(2)Y}} < 0.2 \quad ;$$

其中, $f_{(1)Y}$ 为所述第一镜片在主扫描方向的焦距、 $f_{(2)Y}$ 为所述第二镜片在主扫描方向的焦距、 d_3 为 $\theta = 0^\circ$ 所述第一镜片目标物侧光学面至所述第二镜片微机电反射镜侧光学面的距离、 d_4 为 $\theta = 0^\circ$ 所述第二镜片的厚度、 d_5 为 $\theta = 0^\circ$ 所述第二镜片目标物侧光学面至所述目标物的距离。

3. 根据权利要求 1 所述的微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜片,其特征在于进一步满足下列条件:

在主扫描方向满足

$$0.3 < \left| f_{sY} \cdot \left(\frac{n_{d1} - 1}{f_{(1)Y}} + \frac{n_{d2} - 1}{f_{(2)Y}} \right) \right| < 0.6 \quad ;$$

在副扫描方向满足

$$0.01 < \left| \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sX} \right| < 0.5 \quad ;$$

其中, $f_{(1)Y}$ 与 $f_{(2)Y}$ 为所述第一镜片及所述第二镜片在主扫描方向的焦距、 f_{sX} 为二片式 $f\theta$ 镜片在副扫描方向的复合焦距、 f_{sY} 为二片式 $f\theta$ 镜片在主扫描方向的复合焦距、 R_{ix} 为第 i 光学面在副扫描方向的曲率半径、 n_{d1} 与 n_{d2} 分别为所述第一镜片与所述第二镜片的折射率。

4. 根据权利要求 1 所述的微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜片,其特征在于所述目标物上最小光点与最大光点大小的比值满足:

$$0.8 < \delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)} \quad ;$$

其中, S_a 与 S_b 为目标物上扫描光线形成的任一个光点在主扫描方向及副扫描方向的长度、 δ 为所述目标物上最小光点与最大光点大小的比值。

5. 根据权利要求 1 所述的微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜片, 其特征在于 η_{\max} 与 η_{\min} 分别满足

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

其中, S_{a0} 与 S_{b0} 为所述微机电反射镜反射面上扫描光线的光点在主扫描方向及副扫描方向的长度、 S_a 与 S_b 为目标物上扫描光线形成的任一个光点在主扫描方向及副扫描方向的长度、 η_{\max} 为扫描在所述目标物上的最大光点大小与所述微机电反射镜反射面上的扫描光线的光点大小的比值、 η_{\min} 为扫描在所述目标物上最小光点大小与所述微机电反射镜反射面上的扫描光线的光点大小的比值。

微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜片

技术领域

[0001] 本发明涉及一种微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜片,尤其涉及一种用以修正呈简谐性运动的微机电反射镜而产生随时间成正弦关系的角度变化量,以实现激光扫描装置所要求的线性扫描效果的二片式 $f\theta$ 镜片。

背景技术

[0002] 目前激光束打印机 (LBP:Laser Beam Print) 所用的激光扫描装置 (LSU:Laser Scanning Unit) 利用高速旋转的多面镜 (polygon mirror),以用于操控激光束的扫描动作 (laser beam scanning),如美国专利 US7079171、US6377293、US6295116,或如台湾专利 I198966 所述。其原理如下:利用半导体激光发出激光束 (laser beam),先经由准直镜 (collimator),再经由光圈 (aperture) 而形成平行光束,而平行光束再经过柱面镜 (cylindrical lens) 后,能够在副扫描方向 (sub scanning direction) 的 Y 轴上的宽度能沿着主扫描方向 (main scanning direction) 的 X 轴的平行方向平行聚焦而形成线状成像 (line image),再投射至高速旋转的多面镜上,而多面镜上均匀连续设置有多面反射镜,其正好位于或接近于上述线状成像 (line image) 的焦点位置。通过多面镜控制激光束的投射方向,当连续的多个反射镜高速旋转时,可将射至反射镜上的激光束沿着主扫描方向 (X 轴) 的平行方向以相同的转角速度 (angular velocity) 偏斜反射至 $f\theta$ 线性扫描镜片上,而 $f\theta$ 线性扫描镜片设置于多面镜侧面,可为单件式镜片结构 (single-element scanning lens) 或为二件式镜片结构。该 $f\theta$ 线性扫描镜片的功能在于使经由多面镜上的反射镜反射而射入 $f\theta$ 镜片的激光束能够聚焦成椭圆型光点并投射在光接收面 (photoreceptor drum,即成像面) 上,并实现线性扫描 (scanning linearity) 的要求。然而,现有技术的激光扫描装置 (LSU) 在使用上会有下列问题:

[0003] (1) 旋转式多面镜的制作难度高且价格不低,相对增加 LSU 的制作成本。

[0004] (2) 多面镜须具备高速旋转 (如 40000 转/分) 的功能,且精密度要求高,导致一般多面镜上反射面的镜面 Y 轴宽度极薄,因而现有技术的 (LSU) 中均需增设柱面镜 (cylindrical lens),以使激光束经过柱面镜能够聚焦成线 (Y 轴上成一点) 而再投射于多面镜的反射镜上,从而导致组件成本的增加及组装作业的增加。

[0005] (3) 由于现有的多面镜须高速旋转 (如 40000 转/分),导致旋转噪音相对提高,且多面镜从启动至工作转速须耗费较长时间,增加开机后的等待时间。

[0006] (4) 现有的 LSU 的组装结构中,投射至多面镜反射镜的激光束中心轴并没有正对多面镜的中心转轴,以致在设计相配合的 $f\theta$ 镜片时,需同时考虑多面镜的离轴偏差 (off axis deviation) 问题,相对增加 $f\theta$ 镜片的设计及制作上难度。

[0007] 近年以来,为了改善现有的 LSU 组装结构的问题,目前市面上开发出一种摆动式 (oscillatory) 的微机电反射镜 (MEMS mirror),用以取代现有的多面镜来操控激光束扫描。微机电反射镜为转矩振荡器 (torsionoscillators),其表层上附有反光层,可通过振荡摆动反光层,将光线反射而扫描,未来可应用于成像系统 (imaging system)、扫

描仪 (scanner) 或激光打印机 (laser printer) 的激光扫描装置 (LSU:laser scanning unit), 其扫描效率 (Scanning efficiency) 将可高于传统的旋转多面镜。如美国专利 US6, 844, 951、US6, 956, 597, 产生至少一个驱动信号, 其驱动频率接近多个微机电反射镜的共振频率, 并以驱动信号驱动微机电反射镜, 以产生扫描路径, 类似的还有美国专利 US7, 064, 876、US7, 184, 187、US7, 190, 499、US2006/0113393 ; 或如台湾专利 TW M253133, 其利用微机电反射镜取代现有的旋转式多面镜设置在 LSU 模块结构中的准直镜及 $f \theta$ 镜片之间, 由此控制激光束的投射方向 ; 或如日本专利 JP 2006-201350 等。所述微机电反射镜具有组件小, 转动速度快, 制造成本低的优点。然而由于微机电反射镜在接收电压驱动后, 将作简谐运动, 且该简谐运动 (harmonic motion) 的方式为时间与角速度呈正弦关系, 因此投射于微机电反射镜的光线经微机电反射镜反射后的反射角度 θ 与时间 t 的关系为 :

$$[0008] \quad \theta(t) = \theta_s \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t) \quad (1)$$

[0009] 其中 : f 为微机电反射镜的扫描频率 ; θ_s 为激光束经微机电反射镜后, 单边最大的扫描角度。

[0010] 因此, 在相同的时间间隔下 Δt , 所对应的反射角度与时间成正弦函数 (Sinusoidal) 变化, 即在相同时间间隔 Δt , 反射角度变化为 : $\Delta \theta(t) = \theta_s \cdot (\sin(2\pi \cdot f \cdot t_1) - \sin(2\pi \cdot f \cdot t_2))$, 因而与时间呈非线性关系, 即当该反射的光线以不同角度投射在目标物时, 在相同时间间隔内所产生的光点距离间隔并不相同而可能随时间递增或递减。

[0011] 例如, 当微机电反射镜的摆动角度位于正弦波的波峰及波谷时, 角度变化量将随时间递增或递减, 与现有的多面镜形成等角速度转动的运动方式不同, 若将现有的 $f \theta$ 镜片应用于具有微机电反射镜的激光扫描装置 (LSU) 上, 将无法修正微机电反射镜所产生的角度变化量, 造成投射在成像面上的激光光速将产生非等速率扫描现象, 导致产生位于成像面上的成像偏差。因此, 对于由微机电反射镜所构成的激光扫描装置, 简称为微机电激光扫描装置 (MEMS LSU), 其特性为激光光线经由微机电反射镜扫描后, 形成等时间间隔不等角度的扫描光线, 因此迫切需要发展可使用于微机电激光扫描装置的 $f \theta$ 镜片, 以修正扫描光线, 从而能够在目标物上正确成像。

发明内容

[0012] 为了解决上述问题, 本发明的目的在于提供一种微机电激光扫描装置的二片式 $f \theta$ 镜片, 该二片式 $f \theta$ 镜片包含从微机电反射镜依次设置的第一镜片为双凸形镜片及第二镜片为新月形且凸面在微机电反射镜侧的镜片, 可使微机电反射镜所反射的扫描光线在目标物上正确成像, 从而实现激光扫描装置所要求的线性扫描效果。

[0013] 本发明的另一个目的在于提供一种微机电激光扫描装置的二片式 $f \theta$ 镜片, 用以缩小投射在目标物上光点 (spot) 的面积, 从而实现提高分辨率的效果。

[0014] 本发明的又一目的在于提供一种微机电激光扫描装置的二片式 $f \theta$ 镜片, 可畸变修正因扫描光线偏离光轴, 而造成在主扫描方向及副扫描方向的偏移增加, 使成像在感光鼓的光点变形呈椭圆形的问题, 并使每一个成像光点大小得以均匀化, 从而实现提升解像质量 (resolution quality) 的效果。

[0015] 因此, 本发明提供的微机电激光扫描装置的二片式 $f \theta$ 镜片, 适用于至少包含将

发射激光束的光源以共振左右摆动,由此使光源发射的激光束反射成为扫描光线的微机电反射镜,以在目标物上成像;对于激光打印机来说,所述目标物通常是感光鼓(drum),即待成像的光点经由光源发出激光束,经由微机电反射镜左右扫描,微机电反射镜反射激光束形成扫描光线,扫描光线经由本发明的二片式 $f\theta$ 镜片修正角度与位置后,在感光鼓上形成光点(spot),由于感光鼓涂有光敏剂,可感应碳粉使其聚集于纸上,如此可打印出数据。

[0016] 本发明的二片式 $f\theta$ 镜片包含从微机电反射镜依次设置的第一镜片及第二镜片,其中第一镜片具有第一光学面及第二光学面,第一光学面与第二光学面,在主扫描方向至少有一个光学面由非球面所构成,主要将呈简谐运动的微机电反射镜在成像面上的光点间距由原来随时间增加而递减或递增的非等速率扫描现象,修正为等速率扫描,从而使激光束在成像面的投射作等速率扫描。第二镜片具有第三光学面及第四光学面,第三光学面与第四光学面在主扫描方向至少有一个光学面由非球面所构成,主要用以均匀化扫描光线在主扫描方向及副扫描方向因偏移光轴而造成在感光鼓上形成成像偏差,并将第一镜片的扫描光线修正聚光于目标物上。

附图说明

[0017] 图1为本发明提供的二片式 $f\theta$ 镜片的光学路径的示意图;

[0018] 图2为微机电反射镜扫描角度 θ 与时间 t 的关系图;

[0019] 图3为通过第一镜片及第二镜片的扫描光线的光学路径图及符号说明图;

[0020] 图4为扫描光线投射在感光鼓上后,光点面积随投射位置的不同而变化的示意图;

[0021] 图5为光束的高斯分布与光强度的关系图;

[0022] 图6为本发明的通过第一镜片及第二镜片的扫描光线的实施例的光学路径图;

[0023] 图7为第一实施例的光点示意图;

[0024] 图8为第二实施例的光点示意图;

[0025] 图9为第三实施例的光点示意图;

[0026] 图10为第四实施例的光点示意图;以及

[0027] 图11为第五实施例的光点示意图。

[0028] 主要符号说明:10为微机电反射镜;11为激光光源;111为光束;113a、113b、113c、114a、114b、115a、115b为扫描光线;131为第一镜片;132为第二镜片;14a、14b为光电传感器;15为感光鼓;16为柱面镜;2、2a、2b、2c为光点;以及3为有效扫描窗口。

具体实施方式

[0029] 参照图1,其为本发明的微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜片的光学路径的示意图。本发明提供的微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜片包含具有第一光学面131a及第二光学面131b的第一镜片131、具有第三光学面132a及第四光学面132b的第二镜片132,适用于微机电激光扫描装置。图中,微机电激光扫描装置主要包含激光光源11、微机电反射镜10、柱面镜16、二个光电传感器14a、14b,及用以感光的目標物。在图中,目标物为感光鼓(drum)15。激光光源11所产生的光束111通过柱面镜16后,投射到微机电反射镜10上。而微机电反射镜10以共振左右摆动的方式,将光束111反射成扫描光线113a、113b、113c、

114a、114b、115a、115b。其中扫描光线 113a、113b、113c、114a、114b、115a、115b 在 X 方向的投影称为副扫描方向 (sub scanning direction), 在 Y 方向的投影称为主扫描方向 (main scanning direction), 而微机电反射镜 10 扫描角度为 θ_c 。

[0030] 参照图 1 及图 2, 其中图 2 为微机电反射镜扫描角度 θ 与时间 t 的关系图。由于微机电反射镜 10 呈简谐运动, 其运动角度随时间呈正弦变化, 因此扫描光线的射出角度与时间为非线性关系。如图示中的波峰 a-a' 及波谷 b-b', 其摆动角度明显小于波段 a-b 及 a'-b', 而这种角速度不均等的现象容易造成扫描光线在感光鼓 15 上产生成像偏差。因此, 光电传感器 14a、14b 设置于微机电反射镜 10 最大扫描角度 $\pm \theta_c$ 之内, 其夹角为 $\pm \theta_p$, 激光束由图 2 的波峰处开始被微机电反射镜 10 所反射, 此时相当于图 1 的扫描光线 115a; 当光电传感器 14a 检测到扫描光束的时候, 表示微机电反射镜 10 摆动到 $+\theta_p$ 角度, 此时相当于图 1 的扫描光线 114a; 当微机电反射镜 10 扫描角度变化如图 2 的 a 点时, 此时相当于扫描光线 113b 位置; 此时激光光源 11 将被驱动而发出激光束 111, 而扫描至图 2 的 b 点时, 此时相当于扫描光线 113c 位置为止 (相当 $\pm \theta_n$ 角度内由激光光源 11 发出激光束 111); 当微机电反射镜 10 产生反向振动时, 如在波段 a'-b' 时, 激光光源 11 被驱动而开始发出激光束 111; 如此完成一个周期。

[0031] 参照图 1 及图 3, 其中图 3 为通过第一镜片及第二镜片的扫描光线的光学路径图。其中, $\pm \theta_n$ 为有效扫描角度, 当微机电反射镜 10 的转动角度进入 $\pm \theta_n$ 时, 激光光源 11 开始发出激光束 111, 经由微机电反射镜 10 反射为扫描光线, 当扫描光线通过第一镜片 131 时受第一镜片 131 的第一光学面 131a 与第二光学面 131b 折射, 将微机电反射镜 10 所反射的距离与时间成非线性关系的扫描光线转换成距离与时间为线性关系的扫描光线。当扫描光线通过第一镜片 131 与第二镜片 132 后, 根据第一光学面 131a、第二光学面 131b、第三光学面 132a、第四光学面 132b 的光学性质, 将扫描光线聚焦于感光鼓 15 上, 从而在感光鼓 15 上形成一系列的光点 (Spot) 2。在感光鼓 15 上, 两个最远光点 2 的间距称为有效扫描窗口 3。其中, d_1 为微机电反射镜 10 至第一光学面 131a 的间距、 d_2 为第一光学面 131a 至第二光学面 131b 的间距、 d_3 为第二光学面 131b 至第三光学面 132a 的间距、 d_4 为第三光学面 132a 至第四光学面 132b 的间距、 d_5 为第四光学面 132b 至感光鼓 15 的间距、 R_1 为第一光学面 131a 的曲率半径 (Curvature)、 R_2 为第二光学面 131b 的曲率半径、 R_3 为第三光学面 132a 的曲率半径及 R_4 为第四光学面 132b 的曲率半径。

[0032] 参照图 4, 其为扫描光线投射在感光鼓上后, 光点面积 (spot area) 随投射位置的不同而变化的示意图。当扫描光线 113a 沿光轴方向透过第一镜片 131 及第二镜片 132 后投射在感光鼓 15 时, 因入射于第一镜片 131 及第二镜片 132 的角度为零, 在主扫描方向所产生的偏移率是零, 因此成像于感光鼓 15 上的光点 2a 为圆形。当扫描光线 113b 及 113c 透过第一镜片 131 及第二镜片 132 后而投射在感光鼓 15 时, 因入射于第一镜片 131 及第二镜片 132 与光轴所形成的夹角不为零, 在主扫描方向所产生的偏移率不为零, 从而造成在主扫描方向的投影长度相对扫描光线 113a 所形成的光点更大; 此情形在副扫描方向也相同, 偏离扫描光线 113a 的扫描光线所形成的光点, 也将较大; 所以成像于感光鼓 15 上的光点 2b、2c 为椭圆形, 且 2b、2c 的面积大于 2a。其中, S_{a0} 与 S_{b0} 为微机电反射镜 10 反射面上扫描光线的光点在主扫描方向 (Y 方向) 及副扫描方向 (X 方向) 的长度。如图 5 所示, G_a 与 G_b 为扫描光线的高斯光束 (Gaussian Beams) 在光强度为 13.5% 处的 Y 方向及 X 方向的光束半径,

图 5 中仅显示 Y 方向的光束半径。

[0033] 综上所述,本发明的二片式 $f\theta$ 镜片可将微机电反射镜 10 反射的扫描光线和高斯光束的扫描光线进行畸变 (distortion) 修正,并将时间-角速度的关系转成时间-距离的关系。扫描光线在主扫描方向 (Y 方向) 与副扫描方向 (X 方向) 的光束经过 $f\theta$ 镜片被放大,在成像面上产生光点,以提供符合需求的分辨率。

[0034] 为实现上述效果,本发明提供的二片式 $f\theta$ 镜片在第一镜片 131 的第一光学面 131a 或第二光学面 132a 及第二镜片 132 的第三光学面 132a 或第四光学面 132b,在主扫描方向或副扫描方向,可使用球面曲面或非球面曲面设计,若使用非球面曲面设计,其非球面曲面满足以下曲面方程式:

[0035] 1:横像曲面方程式 (Anamorphic equation)

$$[0036] \quad Z = \frac{(C_x)X^2 + (C_y)Y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_x)(C_x)^2 X^2 - (1 + K_y)(C_y)^2 Y^2}} + A_R \left[(1 - A_p)X^2 + (1 + A_p)Y^2 \right]^2 +$$

$$[0037] \quad B_R \left[(1 - B_p)X^2 + (1 + B_p)Y^2 \right]^3 + C_R \left[(1 - C_p)X^2 + (1 + C_p)Y^2 \right]^4 +$$

$$[0038] \quad D_R \left[(1 - D_p)X^2 + (1 + D_p)Y^2 \right]^5 \quad (2)$$

[0039] 其中, Z 为镜片上任一点以光轴方向至原点切平面的距离 (SAG); C_x 与 C_y 分别为 X 方向及 Y 方向的曲率 (curvature); K_x 与 K_y 分别为 X 方向及 Y 方向的圆锥系数 (Conic coefficient); A_R 、 B_R 、 C_R 与 D_R 分别为旋转对称 (rotationally symmetric portion) 的四次、六次、八次与十次幂的圆锥变形系数 (deformation from the conic); A_p 、 B_p 、 C_p 与 D_p 分别非旋转对称 (non-rotationally symmetric components) 的分别为四次、六次、八次、十次幂的圆锥变形系数 (deformation from the conic); 当 $C_x = C_y$, $K_x = K_y$ 且 $A_p = B_p = C_p = D_p = 0$, 则简化为单一非球面。

[0040] 2:环像曲面方程式 (Toric equation)

$$[0041] \quad Z = Zy + \frac{(C_{xy})X^2}{1 + \sqrt{1 - (C_{xy})^2 X^2}}$$

$$[0042] \quad C_{xy} = \frac{1}{(1/C_x) - Zy}$$

$$[0043] \quad Zy = \frac{(C_y)Y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_y)(C_y)^2 Y^2}} + B_4 Y^4 + B_6 Y^6 + B_8 Y^8 + B_{10} Y^{10} \quad (3)$$

[0044] 其中, Z 为镜片上任一点以光轴方向至原点切平面的距离 (SAG); C_y 与 C_x 分别 Y 方向与 X 方向的曲率 (curvature); K_y 为 Y 方向的圆锥系数 (Conic coefficient); B_4 、 B_6 、 B_8 与 B_{10} 为四次、六次、八次、十次幂的系数 (4th-10th order coefficients deformation from the conic); 当 $C_x = C_y$ 且 $K_y = A_p = B_p = C_p = D_p = 0$, 则简化为单一球面。

[0045] 为能使扫描光线在目标物上的成像面上维持均等扫描速度,例如,在两个相同的时间间隔内,维持两个光点的间距相等;本发明的二片式 $f\theta$ 镜片可将扫描光线 113a 至扫描光线 113b 之间的光线,通过第一镜片 131 及第二镜片 132 进行扫描光线出射角的修正,使时间间隔相同的两个扫描光线,经出射角度修正后,在感光鼓 15 上形成的两个光点的距离相等。更进一步,当激光束 111 经由微机电反射镜 10 反射后,其高斯光束半径 G_a 与 G_b 较大,如果该扫描光线经过微机电反射镜 10 与感光鼓 15 之间的距离,则高斯光束半径 G_a 与 G_b

将变得更大,导致不符合实用分辨率要求;本发明的二片式 $f\theta$ 镜片进一步可将微机电反射镜 10 反射的扫描光线 113a 至扫描光线 113b 之间的光线形成 G_a 与 G_b 较小的高斯光束,使聚焦后的光线成像的感光鼓 15 上产生较小的光点;尤其,本发明的二片式 $f\theta$ 镜片更可将成像在感光鼓 15 上的光点大小均匀化(限于符合分辨率要求的范围内),以得到最佳的解析效果。

[0046] 本发明的二片式 $f\theta$ 镜片包含,从微机电反射镜 10 依次设置的第一镜片 131 及第二镜片 132,所述第一镜片 131 由双凸形镜片所构成,所述第二镜片 132 由新月形且凸面在微机电反射镜侧的镜片所构成,其中第一镜片 131 具有第一光学面 131a 及第二光学面 131b,以用于将微机电反射镜 10 反射的角度与时间非线性关系的扫描光线光点转换成距离与时间为线性关系的扫描光线光点;其中第二镜片 132 具有第三光学面 132a 及第四光学面 132b,以用于将第一镜片 131 的扫描光线修正聚光于目标物上;根据该二片式 $f\theta$ 镜片将微机电反射镜 10 反射的扫描光线在感光鼓 15 上成像;其中,第一光学面 131a、第二光学面 131b、第三光学面 132a 及第四光学面 132b 在主扫描方向至少有一个由非球面所构成的光学面、第一光学面 131a、第二光学面 131b、第三光学面 132a 及第四光学面 132b 在副扫描方向可至少有一个由非球面所构成的光学面或在副扫描方向均使用球面所构成的光学面。更进一步,在第一镜片 131 及第二镜片 132 构成和在光学效果上,本发明的二片式 $f\theta$ 镜片,在主扫描方向进一步满足式 (4) - 式 (5) 条件:

$$[0047] \quad 0.8 < \frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)Y}} < 1.6 \quad (4)$$

$$[0048] \quad -0.6 < \frac{d_5}{f_{(2)Y}} < 0.2 \quad (5)$$

[0049] 或,在主扫描方向满足式 (6)

$$[0050] \quad 0.3 < \left| f_{sY} \cdot \left(\frac{n_{d1} - 1}{f_{(1)Y}} + \frac{n_{d2} - 1}{f_{(2)Y}} \right) \right| < 0.6 \quad (6)$$

[0051] 且在副扫描方向满足式 (7)

$$[0052] \quad 0.01 < \left| \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sx} \right| < 0.5 \quad (7)$$

[0053] 其中, $f_{(1)Y}$ 为第一镜片 131 在主扫描方向的焦距、 $f_{(2)Y}$ 为第二镜片 132 在主扫描方向的焦距、 d_3 为 $\theta = 0^\circ$ 第一镜片 131 目标物侧光学面至第二镜片 132 微机电反射镜 10 侧光学面的距离、 d_4 为 $\theta = 0^\circ$ 第二镜片 132 厚度、 d_5 为 $\theta = 0^\circ$ 第二镜片 132 目标物侧光学面至目标物的距离、 f_{sx} 为二片式 $f\theta$ 镜片在副扫描方向的复合焦距 (combination focal length)、 f_{sY} 为二片式 $f\theta$ 镜片在主扫描方向的复合焦距、 R_{ix} 为第 i 光学面在副扫描方向的曲率半径; R_{iy} 为第 i 光学面在主扫描方向的曲率半径; n_{d1} 与 n_{d2} 为第一镜片 131 与第二镜片 132 的折射率 (refraction index)。

[0054] 而且,本发明的二片式 $f\theta$ 镜片所形成的光点均一性,可以扫描光线在感光鼓 15 上的光束大小的最大值与最小值的比值 δ 表示,即满足式 (8):

$$[0055] \quad 0.8 < \delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)} \quad (8)$$

[0056] 更进一步,本发明的二片式 $f\theta$ 镜片所形成的分辨率,可使用 η_{\max} 为微机电反射镜 10 反射面上扫描光线的光点经扫描在感光鼓 15 上光点最大值的比值与 η_{\min} 为微机电反射镜 10 反射面上扫描光线的光点经扫描在感光鼓 15 上光点最小值的比值为表示,即可满足式 (9) 及 (10),

$$[0057] \quad \eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})} < 0.10 \quad (9)$$

$$[0058] \quad \eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})} < 0.10 \quad (10)$$

[0059] 其中, S_a 与 S_b 为感光鼓 15 上扫描光线形成的任一个光点在 Y 方向及 X 方向的长度、 δ 为感光鼓 15 上最小光点与最大光点的比值、 η 为微机电反射镜 10 反射面上扫描光线的光点与感光鼓 15 上光点的比值; S_{a0} 与 S_{b0} 为微机电反射镜 10 反射面上扫描光线的光点在主扫描方向及副扫描方向的长度。

[0060] 下面,结合本发明的优选实施例及附图更加详细说明本发明的结构及技术特征。

[0061] 本发明实施例是针对本发明微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜片的主要构成组件而进行说明,因此本发明的实施例虽然应用于微机电激光扫描装置,但通常的微机电激光扫描装置除了本发明提供的二片式 $f\theta$ 镜片之外,其它结构属于公知技术,因此本领域的技术人员应不难理解本发明的内容。而且,本发明所提供的微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜片的构成组件并不限制于下面的实施例,其中,微机电激光扫描装置的二片式 $f\theta$ 镜片的各构成组件可以进行各种改变、修改、甚至等效变更,例如:第一镜片 131 及第二镜片 132 的曲率半径设计或面型设计、材质选用、间距调整等并不限制于本发明的实施例。

[0062] < 第一实施例 >

[0063] 参考图 3 及图 6,其中图 6 为本发明的通过第一镜片及第二镜片的扫描光线的实施例的光学路径图。本实施例的二片式 $f\theta$ 镜片包含第一镜片 131 及第二镜片 132,其中第一镜片 131 为双凸形镜片,第二镜片 132 为新月形且凸面在微机电反射镜 10 侧的镜片,第一镜片 131 的第一光学面 131a 为球面,第二光学面 131b、第二镜片 132 的第三光学面 132a 与第四光学面 132b 均为非球面,利用式 (2) 进行非球面设计。其光学特性与非球面参数如表一及表二所示。

[0064] 表一、第一实施例的 $f\theta$ 光学特性

光学面 (optical surface)	曲率半径(mm) (curvature)	d 厚度(mm) (thickness)	n_d 折射率 (refraction index)
<u>MEMS 反射面 R0</u>	∞	23.95	1
<u>lens 1</u>			1.527
[0065] <u>R1</u>			
R1x	-401.84	20.00	
R1y	400.00		
<u>R2(Anamorphic)</u>			
R2x*	-15.92	10.00	
R2y*	-57.63		

	lens 2		1.527
	<u>R3 (Anamorphic)</u>		
	R3x*	37.66	10.00
	R3y*	243.48	
[0066]	<u>R4(Anamorphic)</u>		
	R4x*	39.94	103.15
	R4y*	94.80	
	感光鼓(drum)R5	∞	0.00

[0067] * 表示非球面

[0068] 表二、第一实施例的光学面非球面参数

[0069]

光学面 (optical surface)	横像曲面方程式系数(Anamorphic equation coefficient)				
	Ky 圆锥系数 (Conic Coefficient)	4th 次幂系数 Order Coefficient (AR)	6th 次幂系数 Order Coefficient (BR)	8th 次幂系数 Order Coefficient (CR)	10th 次幂系数 Order Coefficient (DR)
R2*	-9.9403E-01	-3.0660E-07	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	-2.2425E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R4*	-7.3392E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
	Kx 圆锥系数 (Conic Coefficient)	4th 次幂系数 Order Coefficient (AP)	6th 次幂系数 Order Coefficient (BP)	8th 次幂系数 Order Coefficient (CP)	10th 次幂系数 Order Coefficient (DP)
R2*	-1.2224E+00	-1.4424E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	1.9159E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R4*	-2.1615E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

[0070] 如上所构成的二片式 $f\theta$ 镜片, $f_{(1)Y} = 97.0$ 、 $f_{(2)Y} = -301.45$ 、 $f_{sX} = 27.347$ 、 $f_{sY} = 128.766$ (mm) 可将扫描光线转换成距离与时间为线性关系的扫描光线光点, 并将微机电反射镜 10 上光点 $S_{a0} = 12.902(\mu m)$ 、 $S_{b0} = 4618.848(\mu m)$ 扫描成为扫描光线, 在感光鼓 15 上进行聚焦, 形成较小的光点 6, 并满足式 (4) - 式 (10) 的条件, 如表三所示; 感光鼓 15 上以中心轴 Z 轴在 Y 方向距离中心轴 Y 距离 (mm) 的光点的高斯光束直径 (μm) 如表四所示; 且本实施例的光点分布图如图 7 所示。图中, 单位圆直径为 0.05mm。

[0071] 表三、第一实施例满足条件表

[0072]	$\frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)Y}}$	1.2695
--------	------------------------------------	--------

$$\frac{d_5}{f_{(2)y}} \quad -0.3422$$

$$\text{主扫描方向} \quad \left| f_{sY} \cdot \left(\frac{n_{d1} - 1}{f_{(1)y}} + \frac{n_{d2} - 1}{f_{(2)y}} \right) \right| \quad 0.4744$$

$$\text{副扫描方向} \quad \left| \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sX} \right| \quad 0.1019$$

[0073]

$$\delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)} \quad 0.8858$$

$$\eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})} \quad 0.0362$$

$$\eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})} \quad 0.0320$$

[0074] 表四、第一实施例的感光鼓上光点高斯光束直径的最大值

[0075]	Y	-107.460	-95.784	-84.003	-95.784	-60.222	-48.240	-36.214	-24.158	0.000
	Max(2Ga, 2Gb)	1.08E-02	1.13E-02	7.29E-03	6.17E-03	9.26E-03	4.66E-03	6.24E-03	3.74E-03	5.06E-03

[0076] < 第二实施例 >

[0077] 本实施例的二片式 f θ 镜片包含第一镜片 131 及第二镜片 132, 其中第一镜片 131 为双凸形镜片, 第二镜片 132 为新月形且凸面在微机电反射镜 10 侧的镜片, 所述第一镜片 131 的第一光学面 131a 为非球面, 利用式 (3) 进行非球面设计; 第一镜片 131 的第二光学面 131b、第二镜片 132 的第三光学面 132a 及第四光学面 132b 利用式 (2) 进行非球面公式设计。其光学特性与非球面参数如表五及表六所示。

[0078] 表五、第二实施例的 f θ 光学特性

[0079]

光学面 (optical surface)	曲率半径(mm) (curvature)	d 厚度(mm) (thickness)	n _d 折射率 (refraction index)
<u>MEMS 反射面 R0</u>	∞	32.92	1
<u>lens 1</u>			1.527
<u>R1 (Y Toroid)</u>			
R1x	-141.09	16.51	
R1y*	400.00		
<u>R2 (Anamorphic)</u>			
R2x*	-16.71	10.00	
R2y*	-55.26		
<u>lens 2</u>			1.527

[0080]

<u>R3 (Anamorphic)</u>		
R3x*	39.53	10.00
R3y*	215.41	
<u>R4 (Anamorphic)</u>		
R4x*	38.15	102.34
R4y*	81.87	
<u>感光鼓(drum)R5</u>	∞	0.00

[0081] * 表示非球面

[0082] 表六、第二实施例的光学面非球面参数

[0083]

环像曲面方程式系数 Toric equation Coefficient					
光学面 (optical surface)	Ky 圆锥系 数(Conic Coefficient)	4th 次幂系数 Order Coefficient (B4)	6th 次幂系数 Order Coefficient (B6)	8th 次幂系数 Order Coefficient (B8)	10th 次幂系数 Order Coefficient (B10)
R1*	-1.0000E+01	-3.2009E-07	4.6963E-11	0.0000E+00	0.0000E+00
横像曲面方程式系数(Anamorphic equation coefficient)					
光学面 (optical surface)	Ky 圆锥系 数(Conic Coefficient)	4th 次幂系数 Order Coefficient (AR)	6th 次幂系数 Order Coefficient (BR)	8th 次幂系数 Order Coefficient (CR)	10th 次幂系数 Order Coefficient (DR)
R2*	-1.0058E+00	-5.6043E-07	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	-2.0178E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R4*	-1.7237E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
	Kx 圆锥系 数(Conic Coefficient)	4th 次幂系数 Order Coefficient (AP)	6th 次幂系数 Order Coefficient (BP)	8th 次幂系数 Order Coefficient (CP)	10th 次幂系数 Order Coefficient (DP)
R2*	-1.1181E+00	-1.7599E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	1.6365E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R4*	-3.2735E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

[0084] 如上构成的二片式 $f\theta$ 镜片, $f_{(1)Y} = 93.257$ 、 $f_{(2)Y} = -257.117$ 、 $f_{sX} = 31.0$ 、 $f_{sY} = 128.89$ (mm) 可将扫描光线转换成距离与时间为线性关系的扫描光线光点,并将微机电反射镜 10 上光点 $S_{a0} = 12.902(\mu m)$ 、 $S_{b0} = 4618.848(\mu m)$ 扫描成为扫描光线,在感光鼓 15 上进行聚焦,形成较小的光点 8,并满足 (4) - 式 (10) 的条件,如表七所示;感光鼓 15 上以中心轴 Z 轴在 Y 方向距离中心轴 Y 距离 (mm) 的光点的高斯光束直径 (μm),如表八所示;且本实施例的光点分布图如图 8 所示。图中,单位圆直径为 0.05mm。

[0085] 表七、第二实施例满足条件表

	$\frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)Y}}$	1.3119
	$\frac{d_5}{f_{(2)Y}}$	-0.3980
	主扫描方向 $\left f_{sY} \cdot \left(\frac{(n_{d1}-1)}{f_{(1)y}} + \frac{(n_{d2}-1)}{f_{(2)y}} \right) \right $	0.4744
[0086]	副扫描方向 $\left \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sX} \right $	0.0244
	$\delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)}$	0.8903
	$\eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0295
	$\eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0262

[0087] 表八、第二实施例的感光鼓上光点高斯光束直径的最大值

[0088]

Y	-107.446	-95.780	-84.008	-95.780	-60.226	-48.240	-36.211	-24.153	0.000
Max(2Ga, 2Gb)	8.17E-03	2.71E-03	3.67E-03	3.94E-03	4.95E-03	5.01E-03	4.88E-03	4.86E-03	3.60E-03

[0089] < 第三实施例 >

[0090] 本实施例的二片式 f θ 镜片包含第一镜片 131 及第二镜片 132, 其中第一镜片 131 为双凸形镜片, 第二镜片 132 为新月形且凸面在微机电反射镜 10 侧的镜片, 第一镜片 131 的第二光学面 131b、第二镜片 132 的第三光学面 132a 与第四光学面 132b 为非球面, 利用式 (2) 进行非球面公式设计; 在第一镜片 131 的第一光学面 131a 利用式 (3) 进行非球面公式设计。其光学特性与非球面参数如表九及表十所示。

[0091] 表九、第三实施例的 f θ 光学特性

	光学面 (optical surface)	曲率半径(mm) (curvature)	d 厚度(mm) (thickness)	n _d 折射率 (refraction index)
	<u>MEMS 反射面</u>			
	R0	∞	35.26	1
	<u>lens 1</u>			1.527
	<u>R1 (Y Toroid)</u>			
	R1x	1071.26	17.37	
	R1y*	400.00		

[0093]

<u>R2(Anamorphic)</u>		
R2x*	-19.26	13.06
R2y*	-58.85	
<u>lens 2</u>		1.527
<u>R3 (Anamorphic)</u>		
R3x*	40.83	10.00
R3y*	170.26	
<u>R4 (Anamorphic)</u>		
R4x*	42.16	99.15
R4y*	80.51	
<u>感光鼓(drum)R5</u>	∞	0.00

[0094] * 表示非球面

[0095] 表十、第三实施例的光学面非球面参数

环像曲面方程式系数 Toric equation Coefficient					
光学面 (optical surface)	Ky 圆锥系数 (Conic Coefficient)	4th 次幂系数 Order Coefficient (B4)	6th 次幂系数 Order Coefficient (B6)	8th 次幂系数 Order Coefficient (B8)	10th 次幂 系数 Order Coefficient (B10)
R1*	2.5832E+01	-9.3164E-08	-8.7010E-12	0.0000E+00	0.0000E+00
横像曲面方程式系数(Anamorphic equation coefficient)					
光学面 (optical surface)	Ky 圆锥系数 (Conic Coefficient)	4th 次幂系数 Order Coefficient (AR)	6th 次幂系数 Order Coefficient (BR)	8th 次幂系数 Order Coefficient (CR)	10th 次幂 系数 Order Coefficient (DR)
R2*	-1.2468E+00	-4.7617E-07	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	-9.7449E+00	-3.5514E-07	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R4*	-2.6970E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
光学面 (optical surface)	Kx 圆锥系数 (Conic Coefficient)	4th 次幂系数 Order Coefficient (AP)	6th 次幂系数 Order Coefficient (BP)	8th 次幂系数 Order Coefficient (CP)	10th 次幂 系数 Order Coefficient (DP)
R2*	-1.1889E+00	-5.0499E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	-6.0124E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R4*	-3.3771E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

[0097] 如上构成的二片式 $f\theta$ 镜片, $f_{(1)Y} = 98.585$ 、 $f_{(2)Y} = -301.249$ 、 $f_{sx} = 32.348$ 、 $f_{sy} = 129.09$ (mm) 可将扫描光线转换成距离与时间为线性关系的扫描光线光点, 并将微机电反射镜 10 上光点 $S_{a0} = 12.90$ (μm)、 $S_{b0} = 4618.85$ (μm) 扫描成为扫描光线, 在感光鼓 15 上进行聚焦, 形成较小的光点 10, 并满足 (4)- 式 (10) 的条件, 如表十一所示; 感光鼓 15 上以中心轴 Z 轴在 Y 方向距离中心轴 Y 距离 (mm) 的光点的高斯光束直径 (μm), 如表十二所示; 本实施例的光点分布图如图 9 所示。图中, 单位圆直径为 0.05mm。

[0098] 表十一、第三实施例满足条件表

	$\frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)Y}}$	1.2396
	$\frac{d_5}{f_{(2)Y}}$	-0.3291
	主扫描方向 $\left f_{sY} \cdot \left(\frac{(n_{d1} - 1)}{f_{(1)y}} + \frac{(n_{d2} - 1)}{f_{(2)y}} \right) \right $	0.4641
[0099]	副扫描方向 $\left \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sX} \right $	0.0779
	$\delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)}$	0.8875
	$\eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0279
	$\eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0248

[0100] 表十二、第三实施例的感光鼓上光点高斯光束直径的最大值

[0101]	Y	-107.460	-95.785	-83.993	-95.785	-60.211	-48.240	-36.223	-24.170	0.000
	Max(2Ga, 2Gb)	1.35E-03	1.08E-03	9.67E-04	9.59E-04	7.11E-04	7.26E-04	8.17E-04	8.66E-04	7.85E-04

[0102] < 第四实施例 >

[0103] 本实施例的二片式 f θ 镜片包含第一镜片 131 及第二镜片 132, 其中第一镜片 131 为双凸形镜片, 第二镜片 132 为新月形且凸面在微机电反射镜 10 侧的镜片, 第一镜片 131 的第一光学面 131a 与第二光学面 131b、第二镜片 132 的第三光学面 132a 与第四光学面 132b 为非球面, 利用式 (2) 进行非球面公式设计。其光学特性与非球面参数如表十三及表十四所示。

[0104] 表十三、第四实施例的 f θ 光学特性

	光学面 (optical surface)	曲率半径(mm) (curvature)	d 厚度(mm) (thickness)	n _d 折射率 (refraction index)
	<u>MEMS 反射面 R0</u>	∞	23.78	1
[0105]	<u>lens 1</u>			1.527
	<u>R1(Anamorphic)</u>			
	R1x*	72.91	10.00	
	R1y*	300.00		
	<u>R2(Anamorphic)</u>			

	R2x*	-15.28	15.00
	R2y*	-101.90	
	<u>lens 2</u>		1.527
	<u>R3(Anamorphic)</u>		
[0106]	R3x*	46.38	10.00
	R3y*	83.25	
	<u>R4(Anamorphic)</u>		
	R4x*	48.60	102.57
	R4y*	91.19	
	<u>感光鼓(drum)R5</u>	∞	0.00

[0107] * 表示非球面

[0108] 表十四、第四实施例的光学面非球面参数

[0109]

横像曲面方程式系数(Anamorphic equation coefficient)					
光学面 (optical surface)	Ky 圆锥系数 (Conic Coefficient)	4th 次幂系数	6th 次幂系数	8th 次幂系数	10th 次幂系数
		Order Coefficient (AR)	Order Coefficient (BR)	Order Coefficient (CR)	Order Coefficient (DR)
R1*	6.2310E+00	-1.8496E-07	1.5698E-10	0.0000E+00	0.0000E+00
R2*	1.2741E+00	-1.4151E-06	9.2707E-10	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	-1.0000E+01	-9.5290E-07	4.3587E-11	0.0000E+00	0.0000E+00
R4*	-2.8117E+00	-2.6310E-08	7.2636E-12	0.0000E+00	0.0000E+00
	Kx 圆锥系数 (Conic Coefficient)	4th 次幂系数 Order Coefficient (AP)	6th 次幂系数 Order Coefficient (BP)	8th 次幂系数 Order Coefficient (CP)	10th 次幂系数 Order Coefficient (DP)
R1*	-1.3649E+01	-1.3424E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R2*	-1.5597E+00	3.6520E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	-1.0000E+01	-3.1437E-02	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R4*	3.0879E+00	-3.6877E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

[0110] 如上构成的二片式 $f\theta$ 镜片, $f_{(1)Y} = 145.512$ 、 $f_{(2)Y} = 1264.926$ 、 $f_{sX} = 23.03$ 、 $f_{sY} = 127.674$ (mm) 可将扫描光线转换成距离与时间为线性关系的扫描光线光点, 并将微机电反射镜 10 上光点 $S_{a0} = 12.902$ (μm)、 $S_{b0} = 4618.848$ (μm) 扫描成为扫描光线, 在感光鼓 15 上进行聚焦, 形成较小的光点 12, 并满足 (4)-式 (10) 的条件, 如表十五所示; 感光鼓 15 上以中心轴 Z 轴在 Y 方向距离中心轴 Y 距离 (mm) 的光点的高斯光束直径 (μm), 如表十六所示; 且本实施例的光点分布图如图 10 所示。图中, 单位圆直径为 0.05mm。

[0111] 表十五、第四实施例满足条件表

	$\frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)Y}}$	0.8766
	$\frac{d_5}{f_{(2)Y}}$	0.08108
	主扫描方向 $\left f_{sY} \cdot \left(\frac{(n_{d1} - 1)}{f_{(1)Y}} + \frac{(n_{d2} - 1)}{f_{(2)Y}} \right) \right $	0.5156
[0112]	副扫描方向 $\left \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sX} \right $	0.1018
	$\delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)}$	0.8457
	$\eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0530
	$\eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0449

[0113] 表十六、第四实施例的感光鼓上光点高斯光束直径的最大值

[0114]	Y	-108.353	-96.083	-83.843	-96.083	-59.704	-47.760	-35.840	-23.912	0.000
	Max(2Ga, 2Gb)	5.10E-03	5.08E-03	4.41E-03	3.08E-03	2.29E-03	3.49E-03	4.62E-03	4.95E-03	3.23E-03

[0115] < 第五实施例 >

[0116] 本实施例的二片式 f θ 镜片包含第一镜片 131 及第二镜片 132, 其中第一镜片 131 为双凸形镜片, 第二镜片 132 为新月形且凸面在微机电反射镜 10 侧的镜片, 在第一镜片 131 的第一光学面 131a 与第二光学面 131b、第二镜片 132 的第三光学面 132a 与第四光学面 132b 为非球面, 利用式 (2) 进行非球面公式设计。其光学特性与非球面参数如表十七及表十八所示。

[0117] 表十七、第五实施例的 f θ 光学特性

	光学面 (optical surface)	曲率半径(mm) (curvature)	d 厚度(mm) (thickness)	n _d 折射率 (refraction index)
	<u>MEMS 反射面</u>			
	<u>R0</u>	∞	23.90	1
[0118]	<u>lens 1</u>			1.527
	<u>R1(Anamorphic)</u>			
	R1x*	106.92	10.00	
	R1y*	397.68		
	<u>R2(Anamorphic)</u>			

	R2x*	-16.02	15.00
	R2y*	-91.77	
	lens 2		1.527
	<u>R3(Anamorphic)</u>		
[0119]	R3x*	38.79	10.00
	R3y*	91.39	
	<u>R4(Anamorphic)</u>		
	R4x*	55.66	104.23
	R4y*	96.50	
	<u>感光鼓(drum)R5</u>	∞	0.00

[0120] * 表示非球面

[0121] 表十八、第五实施例的光学面非球面参数

[0122]

横像曲面方程式系数(Anamorphic equation coefficient)					
光学面 (optical surface)	Ky 圆锥系数 (Conic Coefficient)	4th 次幂系数 Order Coefficient (AR)	6th 次幂系数 Order Coefficient (BR)	8th 次幂系数 Order Coefficient (CR)	10th 次幂系 数 Order Coefficient (DR)
R1*	148.724159	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
R2*	3.2591E-01	-9.4116E-07	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	-1.0000E+01	-9.5386E-07	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R4*	-4.5042E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
光学面 (optical surface)	Kx 圆锥系数 (Conic Coefficient)	4th 次幂系数 Order Coefficient (AP)	6th 次幂系数 Order Coefficient (BP)	8th 次幂系数 Order Coefficient (CP)	10th 次幂系 数 Order Coefficient (DP)
R1*	-12.185128	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
R2*	-1.5179E+00	2.9814E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R3*	-6.7785E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
R4*	1.5333E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

[0123] 如上构成的二片式 $f\theta$ 镜片, $f_{(1)Y} = 142.428$ 、 $f_{(2)Y} = 1995.82$ 、 $f_{sx} = 24.312$ 、 $f_{sy} = 129.44$ (mm) 可将扫描光线转换成距离与时间为线性关系的扫描光线光点, 并将微机电反射镜 10 上光点 $S_{a0} = 12.902$ (μm)、 $S_{b0} = 4618.848$ (μm) 扫描成为扫描光线, 在感光鼓 15 上进行聚焦, 形成较小的光点 12, 并满足 (4) - 式 (10) 的条件, 如表十九所示; 感光鼓 15 上以中心轴 Z 轴在 Y 方向距离中心轴 Y 距离 (mm) 的光点的高斯光束直径 (μm), 如表二十所示; 且本实施例的光点分布图如图 11 所示。图中, 单位圆直径为 0.05mm。

[0124] 表十九、第五实施例满足条件表

	$\frac{d_3 + d_4 + d_5}{f_{(1)Y}}$	0.9073
	$\frac{d_5}{f_{(2)Y}}$	0.0533
	主扫描方向 $\left f_{sY} \cdot \left(\frac{(n_{d1} - 1)}{f_{(1)Y}} + \frac{(n_{d2} - 1)}{f_{(2)Y}} \right) \right $	0.5138
[0125]	副扫描方向 $\left \left(\frac{1}{R_{1x}} - \frac{1}{R_{2x}} \right) + \left(\frac{1}{R_{3x}} - \frac{1}{R_{4x}} \right) f_{sX} \right $	0.2618
	$\delta = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{\max(S_b \cdot S_a)}$	0.8756
	$\eta_{\max} = \frac{\max(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0465
	$\eta_{\min} = \frac{\min(S_b \cdot S_a)}{(S_{b0} \cdot S_{a0})}$	0.0407

[0126] 表二十、第五实施例感光鼓上光点高斯光束直径的最大值

[0127]

Y	-107.452	-95.877	-84.041	-95.877	-60.187	-48.234	-36.245	-24.205	0.000
Max(2Ga, 2Gb)	1.01E-02	6.02E-03	5.35E-03	4.34E-03	4.56E-03	6.11E-03	6.32E-03	6.53E-03	6.09E-03

[0128] 由上述实施例说明可知,本发明具有如下的效果:

[0129] 根据本发明的二片式 f θ 镜片的设置,可将呈简谐运动的微机电反射镜在成像面上光点间距由原来随时间增加而递减或递增的非等速率扫描现象,修正为等速率扫描,使激光束在成像面的投射作等速率扫描,使成像于目标物上形成的两相邻光点间距相等。

[0130] (1) 根据本发明的二片式 f θ 镜片的设置,可畸变修正主扫描方向及副扫描方向扫描光线,使聚焦于成像的目标物上的光点得以缩小。

[0131] (2) 根据本发明的二片式 f θ 镜片的设置,可畸变修正主扫描方向及副扫描方向扫描光线,使成像在目标物上的光点大小均匀化。

[0132] (3) 以上所述仅为本发明的优选实施例,对本发明来说,仅是说明性的,而非限制性的;本领域的技术人员在本发明权利要求所限定的精神和范围内可对其进行改变,修改,甚至等效变更,但都属于本发明的保护范围内。

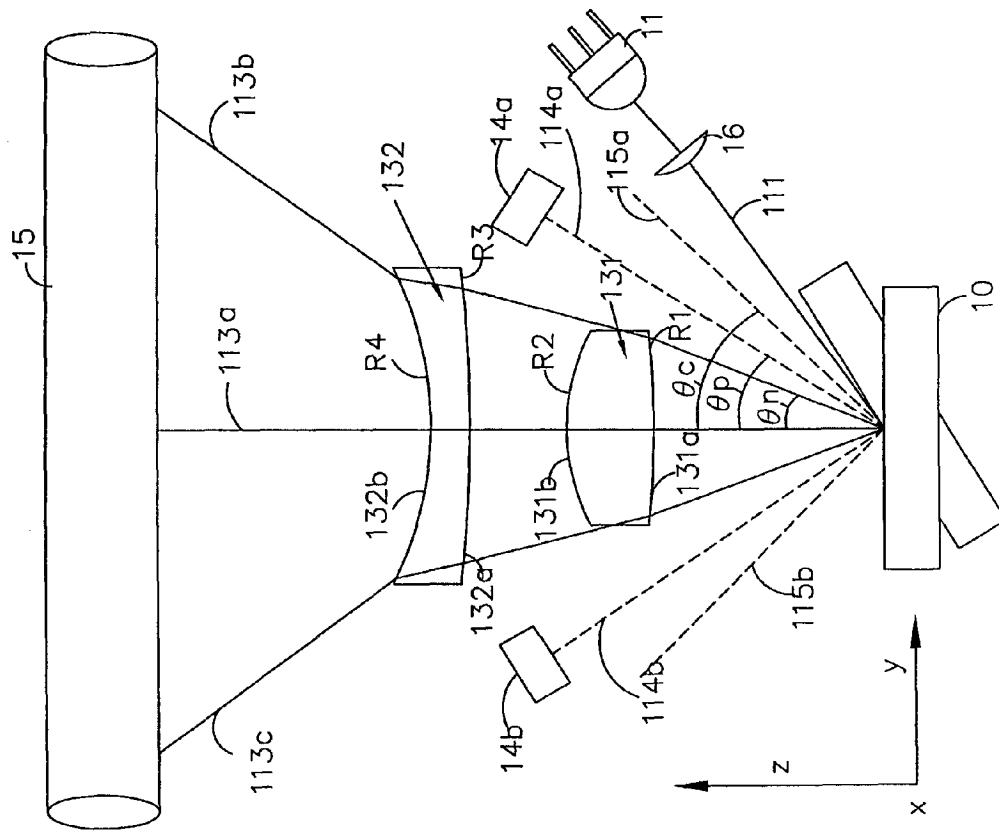


图 1

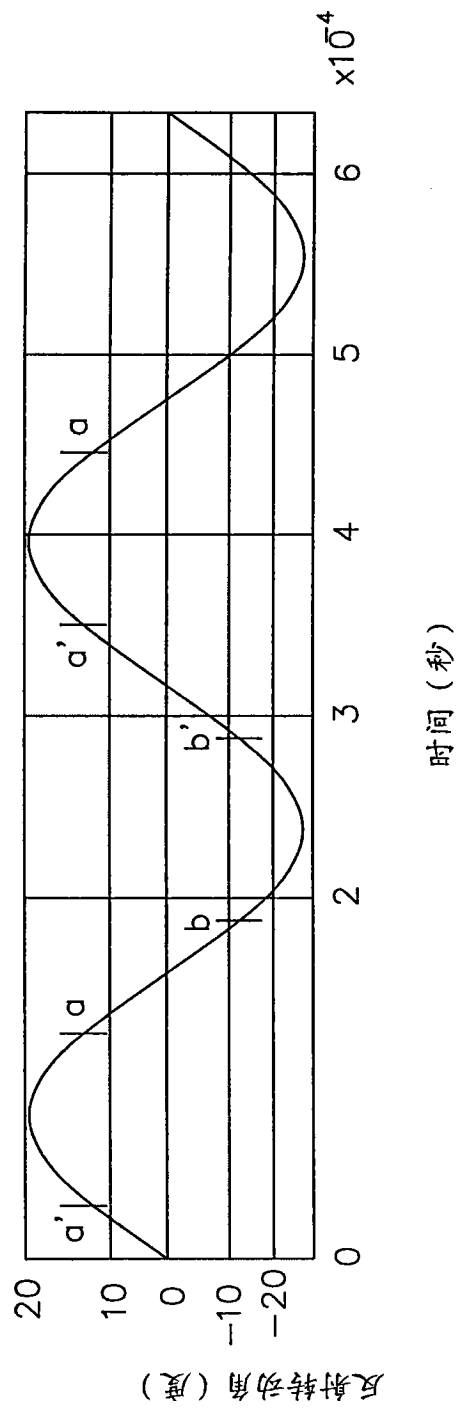


图 2

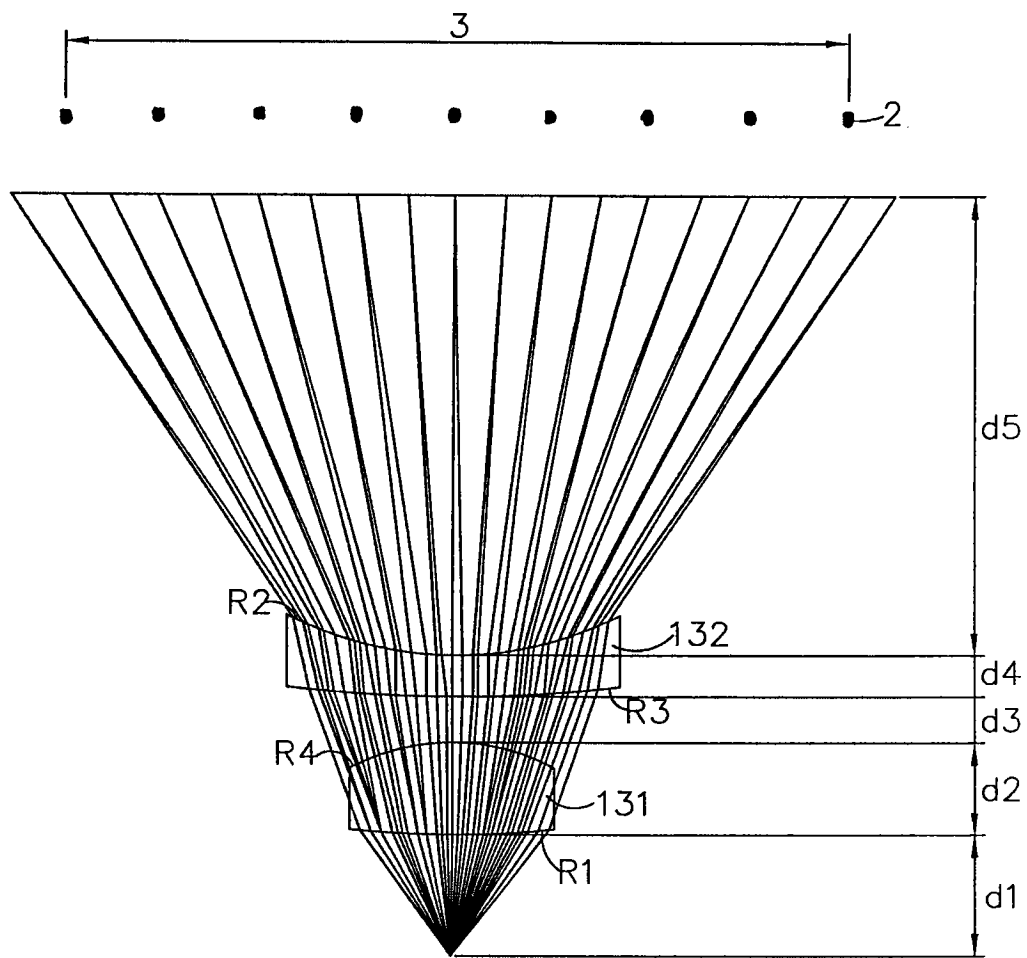


图 3

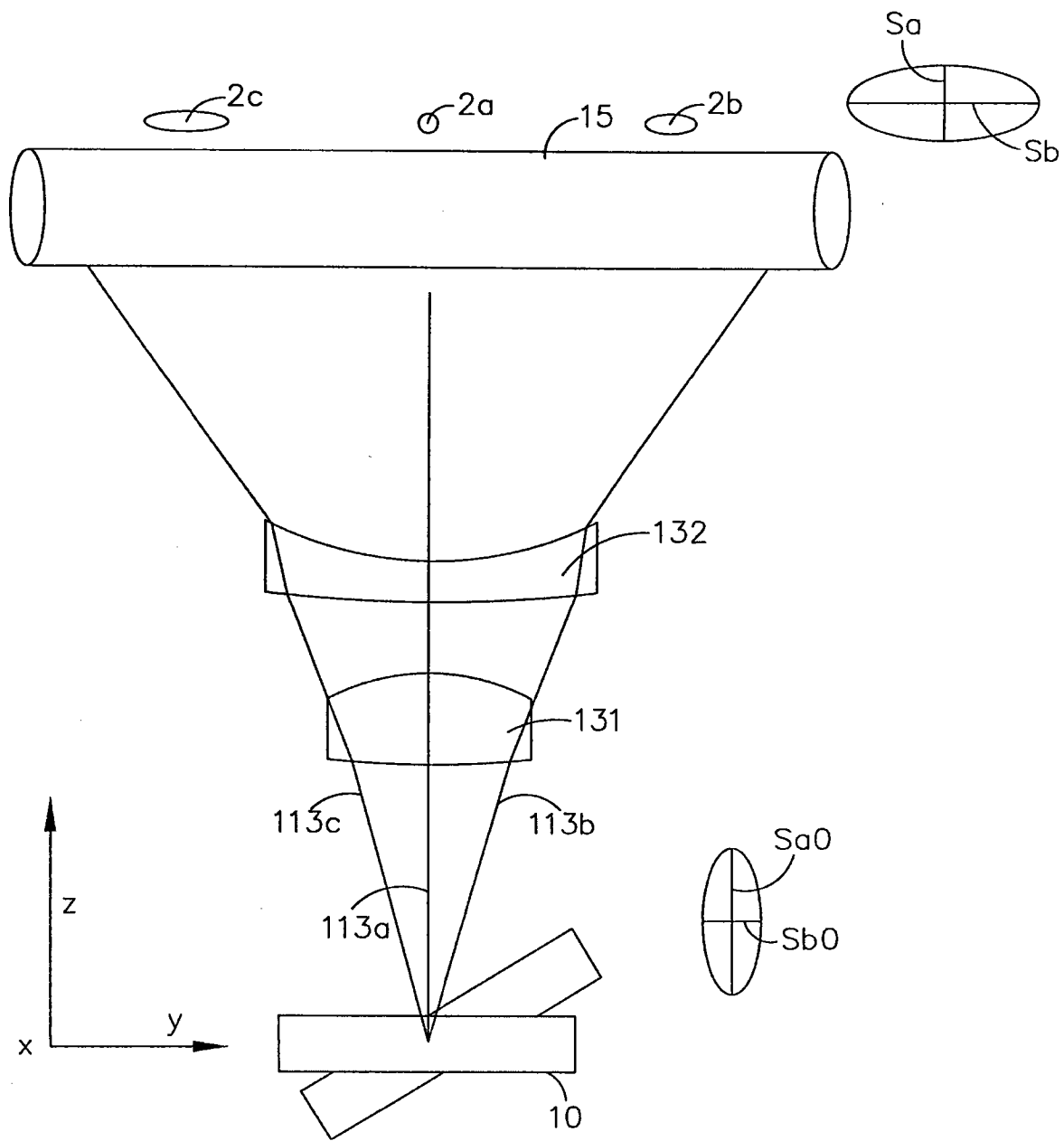


图 4

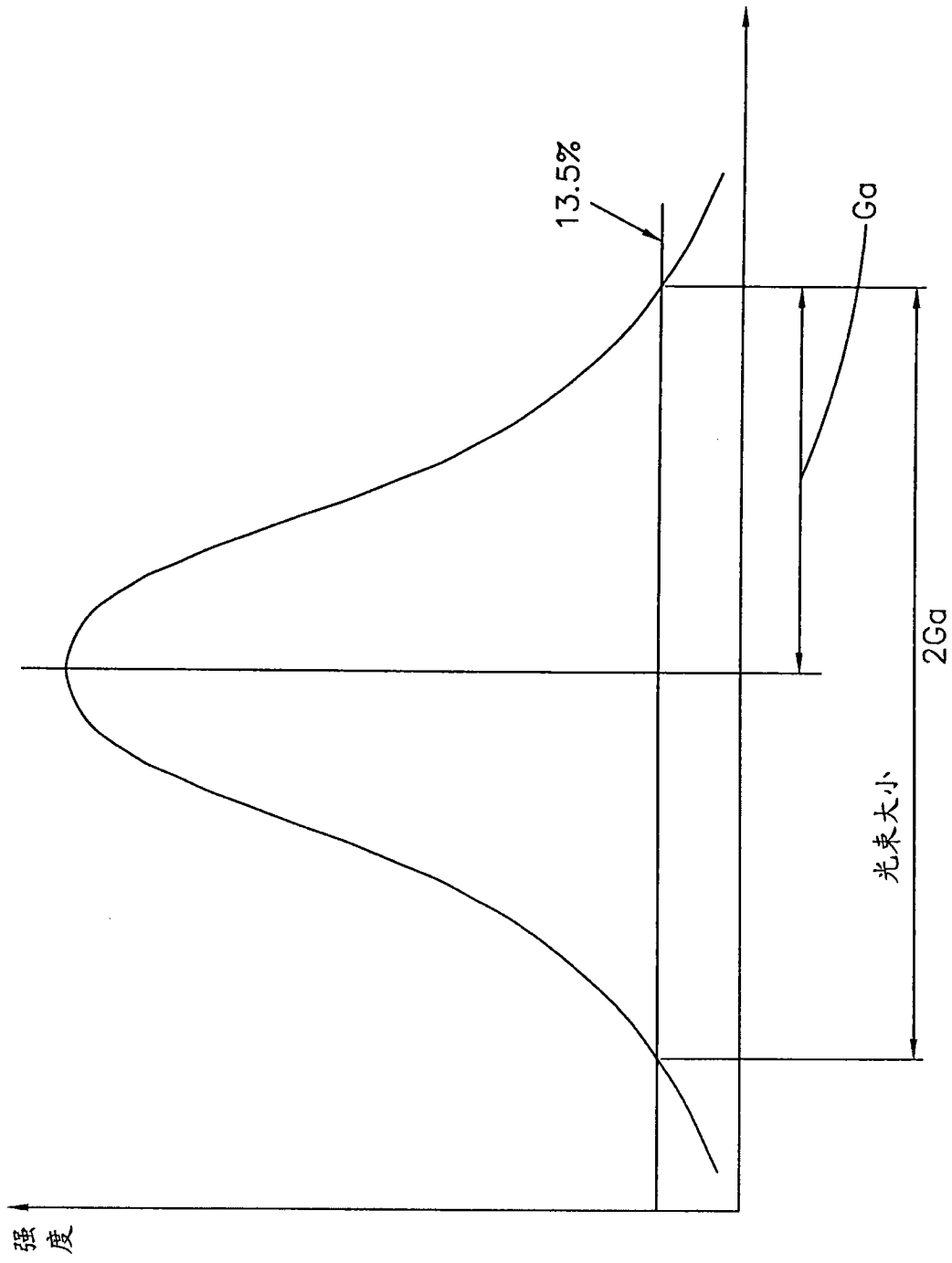


图 5

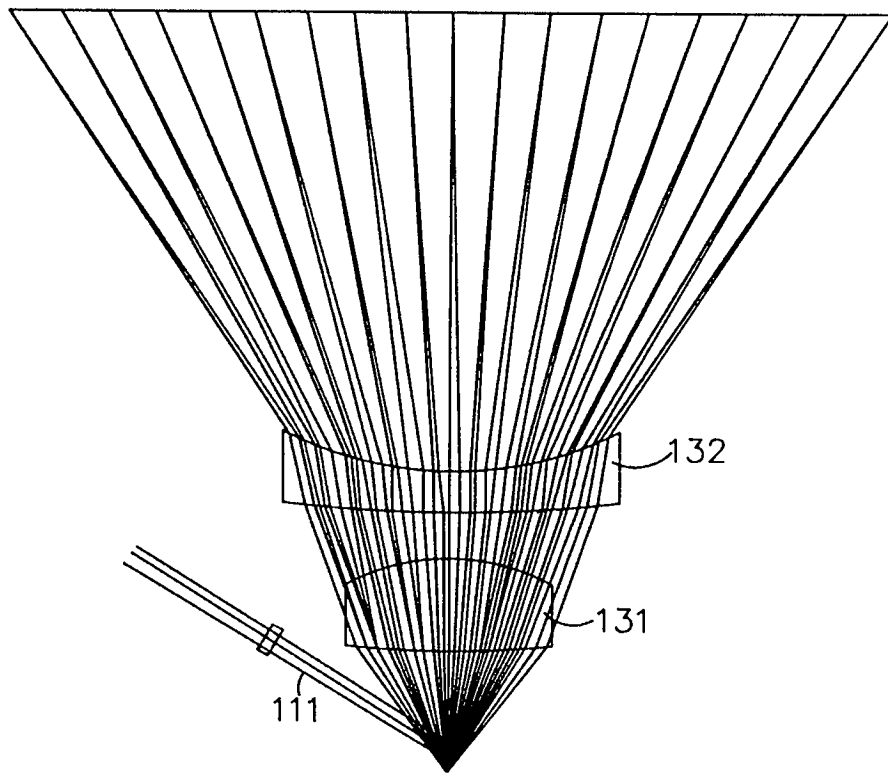


图 6

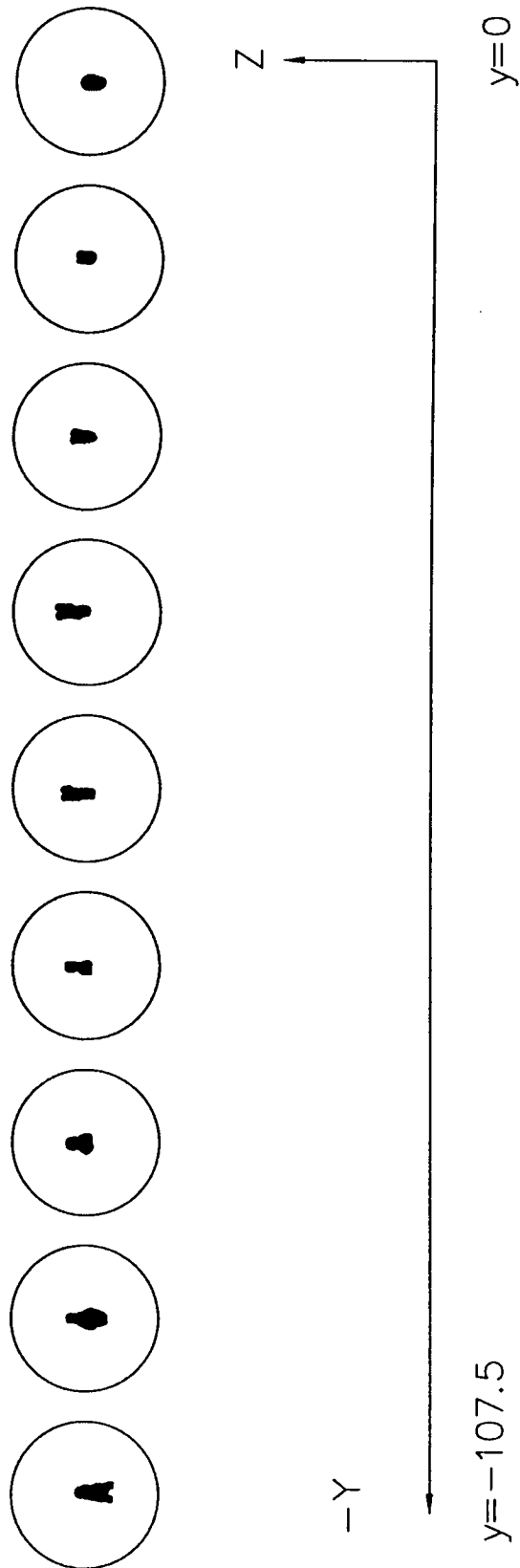


图 7

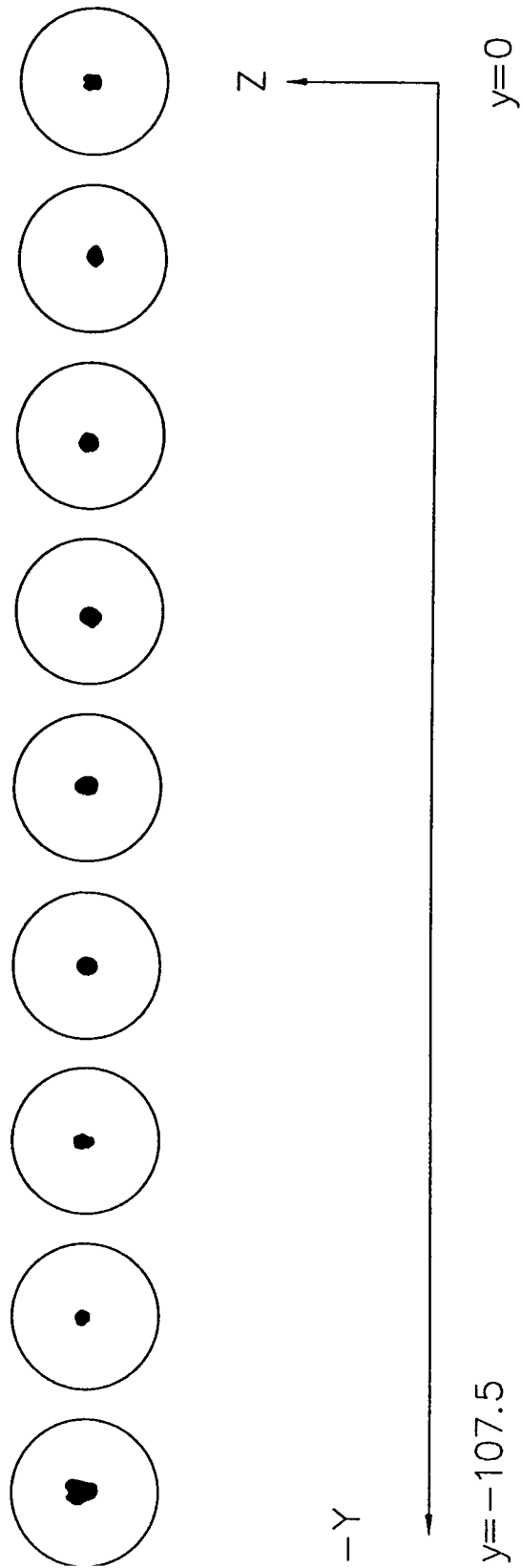


图 8

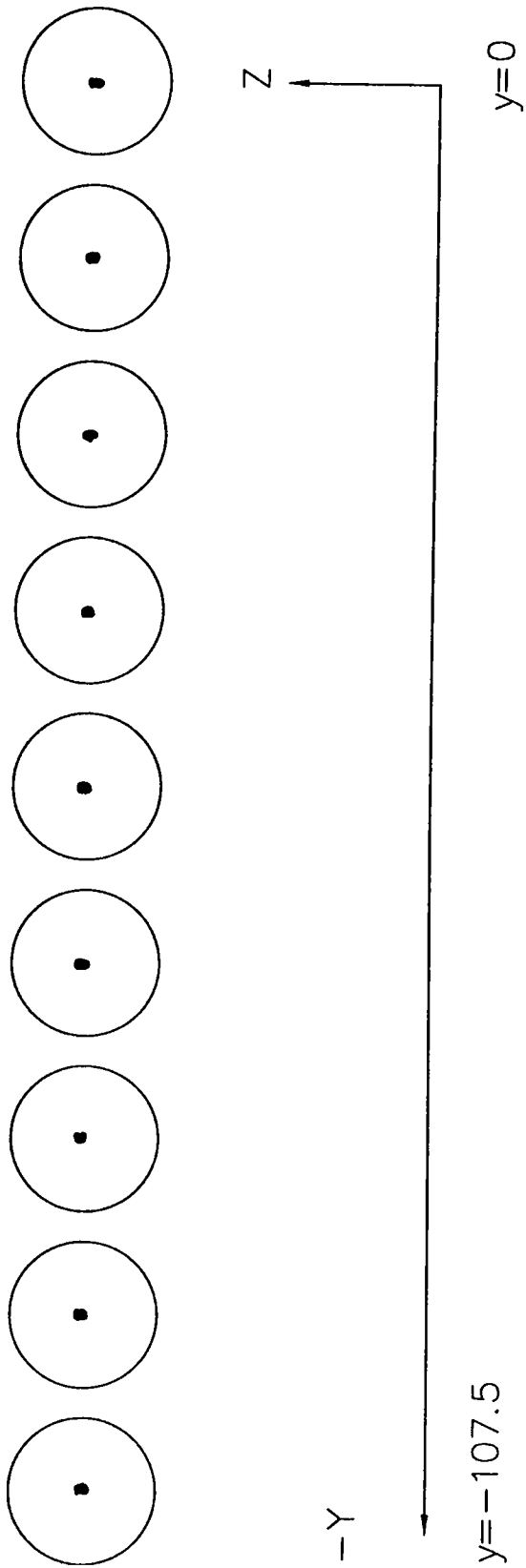


图 9

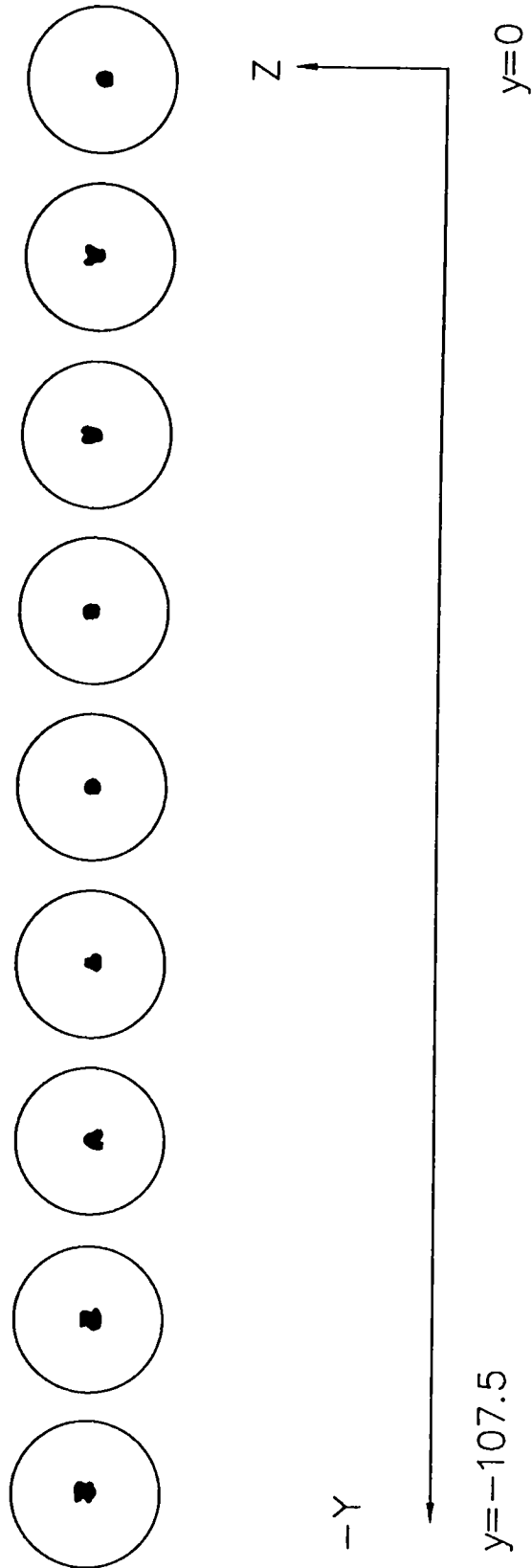


图 10

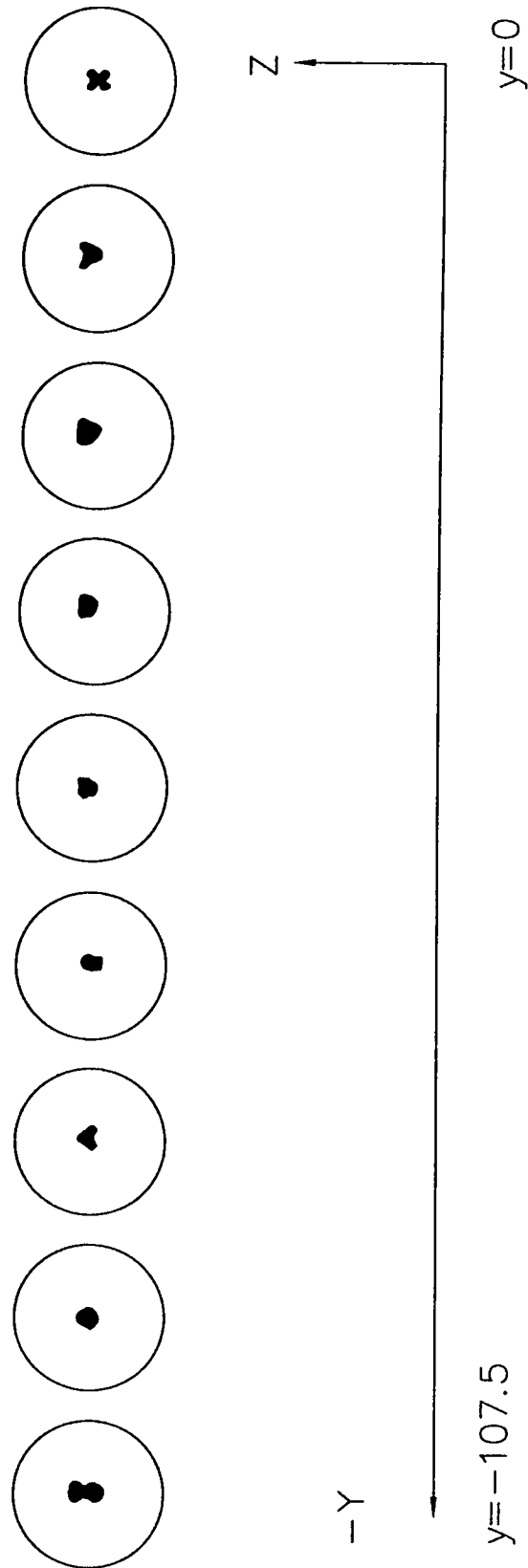


图 11