I844642

(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 I844642 B**

(45)公告日： 中華民國 113 (2024) 年 06 月 11 日

(21)申請案號：109108596 (22)申請日： 中華民國 109 (2020) 年 03 月 16 日

(51)Int. Cl.： ***G02B27/09 (2006.01)*** ***H01S3/00 (2006.01)***
B23K26/064 (2014.01) ***B23K26/073 (2006.01)***
G02B27/18 (2006.01)

(30)優先權：2019/03/18 德國 10 2019 106 875.4
2019/12/20 歐洲專利局 19 218 582.5

(71)申請人：德商ＬＩＭＯ顯示有限責任公司 (德國) LIMO DISPLAY GMBH (DE)
德國

(72)發明人：艾凡南寇 米克海爾 IVANENKO, MIKHAIL (DE)；格林姆 泛亞卡斯洛夫 GRIMM, VIACHESLAV (RU)；維斯納 馬庫斯 WIESNER, MARKUS (DE)；卡里斯 漢寧 KALIS, HENNING (DE)；高斯曼 費邊 GAUSSMANN, FABIAN (DE)；賽克 佛羅里恩 SECK, FLORIAN (DE)

(74)代理人：閻啓泰；林景郁

(56)參考文獻：

TW	200602673A	CN	1249483C
US	9069105B2	US	2012/0057345A1

審查人員：蔡志明

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：12 共 26 頁

(54)名稱

在工作平面上產生線性強度分佈的裝置

(57)摘要

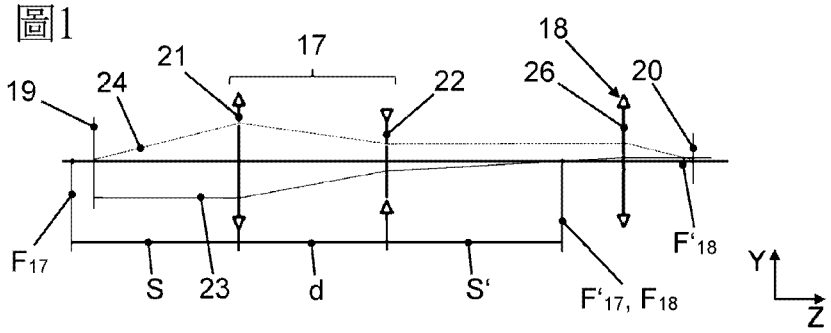
本發明揭示一種在工作平面（20）上產生線性強度分佈的裝置，其包括：至少一個雷射光源（11）；光學元件（14），所述光學元件在第一方向（X）上及/或在第二方向（Y）上將由該至少一個雷射光源（11）發出的光（12）塑形；光束變換裝置（13），其相對於該第一方向（X）增加光束品質因數（M_x^2）且相對於該第二方向（Y）縮減光束品質因數（M_y^2）；以及在該第二方向（Y）上作用的物鏡（17）及在該第二方向（Y）上作用的聚焦裝置（18），該聚焦裝置配置在該物鏡（17）後面，其中該物鏡（17）及該聚焦裝置（18）將在該光束變換裝置（13）後面的平面（19）成像至該工作平面（20）中，其中該第二方向（Y）上的該光（12）具有帶有超高斯輪廓或帶有類似於超高斯輪廓的輪廓的強度分佈。

Device for generating a linear intensity distribution in a working plane (20), comprising at least one laser light source (11), optics (14) which shape the light (12) emitted by the at least one laser light source (11) in a first direction (X) and/or in a second direction (Y), a beam transformation device (13) increasing the beam quality factor (Mx2) with respect to the first direction (X) and decreasing the beam quality factor (My2) with respect to the second direction (Y), as well as an objective (17) acting in the second direction (Y) and a focusing device (18) acting in the second direction (Y), which is arranged behind the objective (17), wherein the objective (17) and the focusing device (18) image into the working plane (20) a plane (19)

behind the beam transformation device (13) in which the light (12) in the second direction (Y) has an intensity distribution with a super-Gaussian profile or with a profile similar to a super-Gaussian profile.

指定代表圖：

圖1



符號簡單說明：

17:物鏡

18:聚焦裝置

19:平面

20:工作平面

21:柱狀透鏡

22:柱狀透鏡

23:光束

24:光束

26:柱狀透鏡

d:距離

F_{17}:前焦平面

F'_{17}:後焦平面

F_{18}:前焦平面

F'_{18}:後焦平面

S:距離

S':距離

專利案號：109108596

公告本

I844642

【發明摘要】

【中文發明名稱】 在工作平面上產生線性強度分佈的裝置

【英文發明名稱】 DEVICE FOR GENERATING A LINEAR INTENSITY DISTRIBUTION IN A WORKING PLANE

【中文】

本發明揭示一種在工作平面（20）上產生線性強度分佈的裝置，其包括：至少一個雷射光源（11）；光學元件（14），所述光學元件在第一方向（X）上及/或在第二方向（Y）上將由該至少一個雷射光源（11）發出的光（12）塑形；光束變換裝置（13），其相對於該第一方向（X）增加光束品質因數（M_x^2）且相對於該第二方向（Y）縮減光束品質因數（M_y^2）；以及在該第二方向（Y）上作用的物鏡（17）及在該第二方向（Y）上作用的聚焦裝置（18），該聚焦裝置配置在該物鏡（17）後面，其中該物鏡（17）及該聚焦裝置（18）將在該光束變換裝置（13）後面的平面（19）成像至該工作平面（20）中，其中該第二方向（Y）上的該光（12）具有帶有超高斯輪廓或帶有類似於超高斯輪廓的輪廓的強度分佈。

【英文】

Device for generating a linear intensity distribution in a working plane (20), comprising at least one laser light source (11), optics (14) which shape the light (12) emitted by the at least one laser light source (11) in a first direction (X) and/or in a second direction (Y), a beam transformation device (13) increasing the beam quality factor (Mx2) with respect to the first direction (X) and decreasing the beam quality factor (My2) with respect to the second direction (Y), as well as an objective (17)

acting in the second direction (Y) and a focusing device (18) acting in the second direction (Y), which is arranged behind the objective (17), wherein the objective (17) and the focusing device (18) image into the working plane (20) a plane (19) behind the beam transformation device (13) in which the light (12) in the second direction (Y) has an intensity distribution with a super-Gaussian profile or with a profile similar to a super-Gaussian profile.

【指定代表圖】　　圖1

【代表圖之符號簡單說明】

17:物鏡

18:聚焦裝置

19:平面

20:工作平面

21:柱狀透鏡

22:柱狀透鏡

23:光束

24:光束

26:柱狀透鏡

d:距離

F_{17}:前焦平面

F'_{17}:後焦平面

F_{18}:前焦平面

F'_{18}:後焦平面

S:距離

S':距離

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 在工作平面上產生線性強度分佈的裝置

【英文發明名稱】 DEVICE FOR GENERATING A LINEAR INTENSITY DISTRIBUTION IN A WORKING PLANE

【技術領域】

【0001】 本發明關於一種根據申請專利範圍第1項的前言的用於產生線性強度分佈的裝置。

【先前技術】

【0002】 定義：在雷射輻射的傳播方向上意指雷射輻射的平均傳播方向，特別在其並非平面波或至少部分發散的情況下。

【0003】 舉例而言，表面處理（諸如雷射剝離或顯示面板的Si退火）通常需要具有30 μm至70 μm的橫向線寬度FW_y的極其窄的雷射線。圖5示意性地說明此類雷射線，其在橫向方向上具有寬度FW_y且在縱向方向上具有寬度FW_x。在橫向方向上，窄雷射線通常示出高斯強度分佈。使用高斯輪廓時，由於輪廓中間的強度增加，可能會對經處理材料產生不良的熱副作用。

【0004】 同時，由於欲處理的面板不平整以及掃描期間中的振動，大面積應用亦需要相當大的焦點深度。通常所需要景深至少為0.5 mm，較大值為有利的。景深與線寬FW_y的平方成比例，且與雷射光束的光束品質因數M2成反比。對於諸如固態雷射的高功率多模雷射，M2 >> 1，通常為15至30。此使得難以或實際上不可能實現橫向方向FW_y上的小線寬以及同時所需大景深。

【0005】 為了滿足兩個要求，可以應用無損不對稱模式變換。自US 7 782 535中已知此類用於具有高斯剖面的雷射線的裝置。利用其中所描述的方法，聚

焦方向或橫向方向Y的M2因數縮減數倍，例如20倍，因此大大增加聚焦性能及景深。

【0006】 自US 8 270 084已知上文所提及類型的裝置。其中所描述的光束變換裝置允許在光束變換裝置之後形成可變的線剖面、尖端形狀或類似高頂禮帽。

【0007】 目前最佳技術的主要思想為在光束變換裝置後面使用可移動的柱狀透鏡1（參見圖11），其例如可以對應於圖10中所示出的光束變換裝置2。取決於柱狀透鏡1沿著光軸Z的位置（參見點線或連點線位置1'及1"），光軸Z會產生傅立葉變換或針對Y方向緊在光束變換裝置之後產生光場影像。在柱狀透鏡1的後面存在一投影系統，該投影系統由柱狀透鏡3及4（參見圖11）組成，在入口及出口處具有主光束的遠心路線。投影系統將在柱狀透鏡1後面的平面5、5'、5"以針對Y方向強烈縮減方式透射至所要工作平面6、6'、6"。取決於柱狀透鏡1的位置，在工作平面6、6'、6"中可能會出現針對Y方向對應於高頂禮帽分佈的傅立葉變換的峰形強度分佈7b（參見圖12b）或類超高斯強度分佈7d（參見圖12d）。

【0008】 超高斯線剖面，例如圖4中所示出的沿線橫向具有超高斯因數G = 4的能量密度8，與具有超高斯因數G = 2的高斯能量密度9相比，提供很大優勢，因為平坦的強度分佈提供更寬的作用範圍而沒有熱副作用。超高斯因數G由以下能量密度公式得出：

$$\epsilon(y) = \mathcal{N}(G) \cdot \exp\left(-2\left[\frac{|y - y_0|}{FW}\right]^G\right)$$

其中，對於超高斯分佈，與其中G = 2的高斯分佈相比，G = 3且G = 4，其中y為沿線的橫向方向的座標，且其中FW為沿Y方向的寬度FW_y，其中能量密度已降至$1/e^2$。

【0009】 超高斯分佈的生產率藉由以下事實得以提高：所需過程能量密度∈P可以用比高斯強度分佈更寬的線來實現。

【0010】 為了關於超高斯線剖面進一步評估，應考慮以下光學實例組態：根據US 8 270 084，裝置應緊在光束變換裝置之後具有超高斯強度分佈7a，如圖12a中所示出，例如在Y方向上具有1mm的寬度FW_y。

【0011】 在所說明位置1"（其較佳配置在光束變換裝置之後480 mm），焦距為f = 160 mm的柱狀透鏡1將縮減到1/2且在柱狀透鏡1後面240 mm的超高斯強度分佈成像至平面5"中。

【0012】 由例如具有焦距為4,332 mm及195 mm的柱狀透鏡3及4組成的遠心系統以強烈縮減大小將區域5"透射至目標區域或工作平面6。因為Γ = 4332/195，所以縮減因數Γ可以為22。由於縮減2且縮減22，粗略估計超高斯線寬FW_y =1mm/2/22 = 23μm。

【0013】 此方案的主要缺點存在於以下事實：在將柱狀透鏡1配置在透鏡位置1"中在範圍5、5'、5"中的情況下，亦存在峰形強度分佈，即在後焦平面中，該峰形強度分佈配置在柱狀透鏡1後面大約160 mm，因此大約在超高斯分佈前面80 mm的距離Δz處。在目標空間或工作平面6、6'、6"中，此距離與Γ^2成反比縮減小，以使得目標空間中之距離為$\Delta z'=\Delta z/\Gamma^2$。因此，距離Δz'= 80mm/222 = 0.17 mm。因此，兩個分佈在目標空間中沒有充分分離。

【0014】 另外，超高斯強度分佈不對應於最高強度或最窄線。在實例中，在最窄點處線寬度僅為約2*160*(NA=0.0003)/22 = 4.3 μm。因此，超高斯分佈的景深極其小。

【0015】 對於所描述實例中，光線追蹤模擬結果的圖9A至圖9d示出沿著光軸Z超高斯輪廓改變。在光線追蹤模擬中，針對點Δz'=0處線寬度獲得值26 pm。事實證明，已在距離Δz' = 0.2 mm處，線寬度為約58 pm或在距離Δz' = -0.2 mm處，線寬度為約10 μm。因此，超高斯分佈隨距點Δz'= 0的距離增加而迅速衰減。

【發明內容】

【0016】 在此目前較佳技術的基礎上，本發明的任務係，以如下方式進一步研發開頭所提及類型的裝置：工作平面上之強度分佈在線橫向方向上具有較大景深及/或工作平面上之強度分佈具有最高強度，特別是其中強度分佈對應於超高斯分佈。

【0017】 根據本發明，上述情形係藉助於開頭所提及類型的具有申請專利範圍第1項的特性的裝置來實現。附屬項是關於本發明的較佳形式。

【0018】 根據申請專利範圍第1項，該裝置包含在第二方向上作用的物鏡及在第二方向上作用並配置在物鏡之後的聚焦裝置，該物鏡及聚焦裝置將在光束變換裝置後面的平面成像至工作平面中，其中第二方向上的光具有強度分佈，該強度分佈具有超高斯輪廓或具有類似於超高斯輪廓的輪廓。

【0019】 此設計允許超高斯輪廓沿著光軸或光的傳播方向盡可能緩慢地改變，以使得實現最大可能景深。超高斯輪廓可以對應於最高線強度的位置，且僅在距焦點距離處緩慢改變。由物鏡及聚焦裝置形成的投影系統可將來自光束變換裝置的近場的超高斯分佈成像至工作平面中。同時，光束變換裝置的類高斯遠場分佈可被成像遠離所要景深之外的焦點。

【0020】 物鏡可以為長焦距物鏡，特別是該物鏡的焦距在2,000 mm與30,000 mm之間，較佳地在5,000 mm與20,000 mm之間，例如在7,000 mm與13,000 mm之間的情況下。

【0021】 可以規定，物鏡包含至少兩個透鏡，該兩個透鏡經特定設計為在第二方向上作用的柱狀透鏡。

【0022】 亦可規定，物鏡包含三個透鏡，特定而言在第二方向上作用的三個柱狀透鏡，其中之至少一個、較佳地至少兩個，可相對於其他透鏡移動，以使線寬在第二方向上變化。因此，較佳長焦距的透鏡可經設計為具有可變焦距

以使線寬變化的變焦透鏡。

【0023】 可以規定，聚焦裝置包含一或多個在第二方向上作用的透鏡，特定而言柱狀透鏡。

【0024】 物鏡的後焦平面可以與聚焦裝置的前焦平面重合。此外，由物鏡及聚焦裝置在工作平面中成像的平面可以配置在物鏡的前焦平面與物鏡的第一透鏡之間。

【0025】 可以規定，在工作平面中，強度分佈的輪廓（特定而言超高斯輪廓或類似於超高斯輪廓的輪廓）的景深大於0.1 mm，較佳地大於0.5 mm，此範圍中之超高斯因數G較佳地> 3。此類景深及超高斯因數導致大多數應用具有較高生產率。

【0026】 強度分佈，特別是超高斯強度分佈或類似於超高斯強度分佈的強度分佈，可在工作平面中具有比緊接在其之前或之後的平面中更大的強度。

【0027】 雷射光源可能為多模雷射光源，例如多模固態雷射。此雷射光源的雷射光束具有高功率及例如在15與30之間光束品質因數M^2，以使得其適合於所述裝置所提供的光束變換。

【0028】 可以將光學元件提供為變形光學元件，特別是安置在雷射光源與光束變換裝置之間的變形光學器件。舉例而言，可以使用變形光學元件在第一方向上產生細長強度分佈，該強度分佈關於第一方向在光束變換裝置之前或直接在光束變換裝置中被劃分成多個部分光束。

【0029】 該裝置可能包括在第一方向上作用的均質裝置。均質化裝置可以特別被配置在光束變換裝置之後，且較佳地在物鏡之前。均質機可包含兩個柱狀透鏡陣列及在第一方向上作用的傅立葉透鏡。均質化裝置可以確保沿著工作平面中之第一方向的高度均質強度分佈。

【圖式簡單說明】

【0030】 藉由以下參考所揭示圖式對較佳具體實例的描述，可以說明本發明的其他特徵及優點。其中示出：

[圖1]為根據本發明的裝置的第一具體實例的一部分的示意性側視圖，該側視圖示出物鏡及聚焦裝置；

[圖2]為根據本發明的裝置的第一具體實例的示意性側視圖，其中說明可選均質化裝置；

[圖3a]為根據本發明的裝置的第二具體實例的一部分的示意性側視圖，該側視圖示出物鏡及聚焦裝置，其中物鏡的透鏡處於第一位置中；

[圖3b]為圖3a中所示出裝置的示意性側視圖，物鏡的透鏡在第二位置中；

[圖3c]為圖3a中所示出裝置的示意性側視圖，物鏡的透鏡在第三位置中；

[圖4]示意地示出在因數G的不同值下超高斯及高斯輪廓的能量密度分佈；

[圖5]示意性地示出線性強度分佈，其中說明縱向方向上的線寬及橫向方向上的線寬；

[圖6]示意性地示出光束變換裝置的三個透鏡之後的近場中之強度分佈；

[圖7a至圖7h]射線追蹤模擬結果，說明對於根據圖1的裝置的實例組態，超高斯輪廓沿著光軸變化；

[圖8]為示出超高斯因數G沿著光軸的改變的圖；

[圖9a至圖9d]射線追蹤模擬結果，其對於根據US 8 270 084的裝置的實例組態，說明超高斯輪廓沿著光軸的改變；

[圖10]為例示性光束變換裝置的透視圖；

[圖11]為根據US 8270 084的裝置的一部分的示意性側視圖；

[圖12a至圖12d]針對根據圖11的裝置的柱狀透鏡的不同位置的線橫向方向上的強度分佈。

【0031】 在諸圖中，相同的及功能相同的部件設有相同的參考標記。另外，為了闡明，一些圖具有繪製至其中的笛卡爾座標系統。

【實施方式】

【0032】 具體實例揭示一種在工作平面上產生具有線性強度分佈的雷射光束的裝置。圖5示意性地且不按比例地示出此一線性強度分佈，該線性強度分佈在對應於線的縱向方向的第一方向X上具有寬度FW_x，且在垂直於對應於線的橫向方向的第一方向X上的第二方向Y上具有寬度FW_y。在工作平面中，雷射輻射分別在橫向方向或第二方向Y上具有超高斯強度分佈。

【0033】 所示出具體實例包括一或多個雷射光源11，諸如多模固態雷射發光12（參見圖2）。特定而言，光源11可以具有光束品質因數$M^2 >> 1$。

【0034】 所示出具體實例進一步包括用於改良在窄軸線或Y方向上的光束品質並用於在長軸或X方向上的模式富集(mode enrichment)的光束變換裝置13。

【0035】 變形光學元件14設置在雷射光源11與光束變換裝置13之間。變形光學元件14形成用於下游光束變換裝置13的第一方向X及第二方向Y所需光束剖面及發散度。

【0036】 在第一方向X上，例如，產生細長強度分佈，該細長強度分佈相對於第一方向X在光束變換裝置13之前或直接在光束變換裝置13中以相同寬度劃分成N個部分光束。將強度分佈以相同寬度劃分成N個部分光束。光束變換裝置13以如下方式在空間上重新配置此等部分光束，針對第二方向Y的$M'\ y^2$變成顯著較小且針對第一方向X的$M'\ x^2$明顯大於原始雷射光束的$M^2 : M'_y{}^2 = M^2/N$且$M'_x{}^2 = M^2*N$。

【0037】 光束變換裝置13例如可以如US 8 270 084中所描述或圖10中所說

明設計為折射柱狀透鏡陣列望遠鏡，其中柱狀透鏡的柱面軸繞Z方向旋轉45°或包括與第一方向X及第二方向Y成45°角。

【0038】 亦可能提供其他折射或反射光束變換裝置，諸如在US 5 825 551中，其執行相同功能。

【0039】 光束變換裝置13在近場的輸出側在第二方向Y（參見圖6）上產生具有類超高斯輪廓的一系列大小相等的部分光束15。舉例而言，遠場經配置在光束變換裝置13之後數米的距離處，且可以具有高斯分佈。

【0040】 在第一方向X上作用的可選均質化裝置16設置在光束變換裝置13之後，該均質化裝置16可以經設計為例如成像均質機，且可以具有兩個柱狀透鏡陣列及在第一方向X上作用的一傅立葉透鏡。均質化裝置16例如可以經設計為成像均質機，且可以具有兩個柱狀透鏡陣列以及在第一方向X上作用的傅立葉透鏡。均質化裝置16的任務為確保沿第一方向X在工作平面中的高度均質強度分佈，且藉由混合部分光束15，亦補償部分光束15在第二方向Y上的任何不對稱性（例如，比較圖6中之左及右部分光束15），以使得沿著整條線實現相同的超高斯剖面。

【0041】 所示出裝置亦包括分別用於第二方向Y或線的橫向方向的長焦距物鏡17及聚焦裝置18。物鏡17及聚焦裝置18分別配置在光束變換裝置13之後及均質化裝置16之後。

【0042】 物鏡17及聚焦裝置18一起形成用於第二方向Y的投影系統。該投影系統將來自光束變換裝置13的近場（參見圖1中之平面19）的超高斯強度分佈成像至工作平面20中，從而在光束變換裝置13後面的類高斯遠場分佈經定位遠離所要場深之外的焦點。

【0043】 舉例而言，物鏡17可以具有兩個柱狀透鏡21、22，其在Z方向上以距離d一個接一個地配置。舉例而言，聚焦裝置18可以具有沿著第二方向Y作

用的一個柱狀透鏡26或數個柱狀透鏡（參見圖1及圖3）。物鏡的後焦平面F'_{17}對應於聚焦裝置18的前焦平面F_{18}。配置有來自光束變換裝置13的近場的超高斯強度分佈的平面19位於物鏡17的前焦平面F_{17}與物鏡17的第一柱狀透鏡21之間。

【0044】 圖1藉由光束23說明投影系統自光束變換裝置13的遠場向無限遠透射類高斯分佈。圖1進一步藉由光束24說明投影系統將具有超高斯分佈的光束變換裝置13的近場自平面19成像至聚焦裝置18的後焦平面F'_{18}的區域中。

【0045】 對於物鏡的後焦平面F'_{17}及聚焦裝置18的前焦平面F_{18}在空間上具有相同位置的此類投影系統的放大率V對於平面19相對於柱狀透鏡21的任何位置皆保持恆定：

$$V = -f'_{17}/f'_{18} = FW_y/FW'_y \qquad (1)$$

其中f'_{17}為物鏡17的有效焦距，f'_{18}為聚焦裝置18的焦距，FW_y為平面19中線性強度分佈的寬度，且FW'_y為工作平面20中線性強度分佈的寬度。

【0046】 從（1）得出，在平面19中超高斯分佈的給定寬度FW_y下，產生聚焦裝置的焦距f'_{18}及物鏡17的所需有效焦距f'_{17}在工作平面20中所需線寬FW'_y：

$$f'_{17} = (FW_y/FW'_y)\, f'_{18} \qquad (2)$$

【0047】 若平面19與物鏡17的前焦平面F_{17}重合，則柱狀透鏡21、22使光準直，從而聚焦裝置18將超高斯分佈成像至其後焦平面F'_{18}中。

【0048】 若平面19經定位在距物鏡17的前焦平面F_{17}一距離z_{SG}處，則成像發生在距聚焦裝置的後焦平面F'_{18}一距離$\Delta z_{SG} = z_{SG}\,(f'_{17}/f'_{18})^2$處。當平面19位於物鏡17的前焦平面$F_{17}$與第一柱狀透鏡21之間時將存在的正$z_{SG}$會增加投影系統的工作距離。

【0049】 具有類高斯強度分佈的光束變換裝置13的遠場藉由柱狀透鏡21、22轉移至物鏡17的後焦平面F'_{17}。由於此焦平面F'_{17}與聚焦裝置18的前焦平面F_{18}重合，因此聚焦裝置18後面的類高斯分佈經成像至無限遠處。

【0050】 因此，在聚焦裝置18的後焦平面F'_{18}附近，僅存在一個強度分佈，其為超高斯強度分佈。強度在此點上取最大值，因此超高斯參數G對應於在平面19的輸入處的值。

【0051】 在下文中，實例應被視為在其中在物鏡17的有效焦距f'_{17}為f'_{17} = 8,664 mm且聚焦裝置18的焦距f'_{18}為f'_{18} = 195 mm的情況下在投影系統中發生形成具有沿橫向方向的寬度FW_y為FW_y = 26 pm的超高斯分佈。因此，柱狀透鏡21的焦距f'_{21}應為f'_{21} = 500 mm，且柱狀透鏡21、22之間的距離d為d = 300 mm。此導致第二柱狀透鏡22的焦距f'22為f'_{22} = -212 mm，以及第一柱狀透鏡21與物鏡17的前焦平面F_{17}之間的距離S為S = -20,910 mm，且第二柱狀透鏡22與物鏡的後焦平面F'_{17}之間的距離S'為S'= 3,466 mm。

【0052】 由於其中配置來自光束變換裝置13的近場的超高斯強度分佈的平面19在長度有限的真實光學系統中通常距柱狀透鏡21不能超過1000 mm，因此出口處的高斯分佈未配置在聚焦裝置18的後焦平面F'_{18}中，而是在其後距離$(20910 - 1000)/(8664/195)^2$ = 10 mm處。

【0053】 若在工作平面20附近沿著Z軸期望穩定超高斯分佈，例如在±DOFSG之內（其中DOFSG對應於超高斯分佈的景深），則高斯分佈必須配置在輸入側在距平面19顯著大於DOF_{SG} $(f'_{17}/f'_{18})^2$的距離處。舉例而言，對於DOF_{SG} = 0.5 mm，此為$0.5*(8664/195)^2$ = 987 mm。實際上，在最佳設計情況下，高斯分佈距光束變換裝置13數遠，例如超過3米。因此，滿足了規定的景深條件。

【0054】 圖7a至圖7h示出針對FW_y = 26μm所描述的實例性系統，超級高斯分佈在橫向方向或在Y方向針對距工作平面20不同距離Δz'的改變。圖7e示出Δz' = 0的工作平面20中的輪廓，而圖7a示出針對Δz' = -0.5 mm的輪廓且圖7h示出針對Δz' = 0.4 mm的輪廓。結果表明，輪廓在±0.5 mm的範圍內幾乎沒有改變。

【0055】 圖8說明超高斯因數G隨距工作平面20的距離Δz'的改變。示出，

對於上文所提及±0.5 mm的範圍，超高斯因數G基本上大於4。

【0056】 在圖3a至圖3c中所示出的具體實例中，將長焦距物鏡17設計為Y方向具有可變有效焦距$f'_{min} < f'_{17} < f'_{max}$的變焦物鏡。舉例而言，物鏡17具有三個柱狀透鏡21、22、25，其距離可以至少部分地改變以使線寬變化。物鏡17可以以如下方式構造：當藉由分別沿著光軸或沿著Z方向移位第二柱狀透鏡22及第三柱狀透鏡25來改變放大率時，後物鏡焦平面F'_{17}保持在與聚焦裝置18的前焦平面相對應的幾乎不變的位置中。

【0057】 因此，系統對平面19的輸入側位置保持相對不敏感，在平面19中，配置來自光束變換裝置13的近場的超高斯強度分佈，當線寬變化時，線焦點保持在相同Z位置中。

【0058】 亦可以藉由移位第一柱狀透鏡21及第二柱狀透鏡22或藉由移位第一柱狀透鏡21及第三柱狀透鏡25來改變物鏡17的焦距。

【0059】 圖3a至圖3c示出經設計為具有不同放大率的變焦透鏡的物鏡17的三種組態，此導致超高斯線在工作平面20中之不同寬度。第二柱狀透鏡22及第三柱狀透鏡25在所示版本中為可移動的。三個放大率$V = FW'_y / FW_y = f'_{18} / f'_{17}$由透鏡17的三個不同焦距$f'_{17}$實現。

【0060】 舉例而言，物鏡17的柱狀透鏡21、22、25可以具有焦距$f'_{21} = -450$ mm、$f'_{22} = 216$ mm及$f'_{25} = -123$ mm，且聚焦裝置18可以具有焦距$f'_{18} = 195$ mm。

【0061】 對於根據圖3a的第一組態，這導致更長的焦距$f'_{17} = 12{,}878$ mm及距離$S' = 4{,}239$ mm。

【0062】 對於根據圖3b的第二組態，存在中等焦距$f'_{17} = 10{,}009$ mm，且距離$S' = 4{,}284$ mm。

【0063】 對於根據圖3c的第三組態，產生較短的焦距$f'_{17} = 7{,}912$ mm及距離$S' = 4190$mm。

【0064】 在超高斯分佈的輸入側寬度FW_y = 2.2 mm的情況下，超高斯線寬FW_y可以隨變焦物鏡在34 pm與55 pm之間變化。

【0065】 在上述實例中，在極端變焦組態中，物鏡17的後焦平面F'_{17}移位高達相對於聚焦裝置18的前焦平面F_{18} ±47 mm。此移位亦影響聚焦裝置18後面的高斯分佈的位置。若對於中等變焦組態（例如，根據圖3b），其中類高斯遠場影像位於無限遠處，則極端變焦組態的高斯分佈可以位於相對於工作平面20中之超高斯分佈$\pm (f'_{18})^2/\Delta z = \pm 809$ mm的Z位置中。由於此距離與所要DOF_{SG}相比較大，因此不會影響超高斯分佈的景深。

【符號說明】

【0066】

1:柱狀透鏡

1':點線或連點線位置

1":點線或連點線位置

2:光束變換裝置

3:柱狀透鏡

4:柱狀透鏡

5:平面

5':平面

5":平面

6:工作平面

6':工作平面

6":工作平面

7a:超高斯強度分佈

7b:峰形強度分佈

7d:類超高斯強度分佈

8:能量密度

9:高斯能量密度

11:雷射光源

12:光

13:光束變換裝置

14:光學元件

15:部分光束

16:均質化裝置

17:物鏡

18:聚焦裝置

19:平面

20:工作平面

21:柱狀透鏡

22:柱狀透鏡

23:光束

24:光束

25:柱狀透鏡

26:柱狀透鏡

d:距離

F_{17}:前焦平面

F'_{17}:後焦平面

F_{18}:前焦平面

F'_{18}:後焦平面

$FW_{x:}$寬度

$FW_{y:}$寬度

$FW'_{y:}$寬度

S:距離

S':距離

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種在工作平面（20）上產生線性強度分佈的裝置，其包含

-至少一個雷射光源（11），在該裝置的操作期間從所述至少一個雷射光源發出光（12），

-光學元件（14），其將由該至少一個雷射光源（11）發射的該光（12）相關於在第一方向（X）上及/或在第二方向（Y）上的光束剖面及發散度而塑形，該兩個方向（X，Y）彼此垂直並垂直於該光（12）的傳播方向（Z），該工作平面（20）中之該第一方向（X）對應於線縱向方向，且該第二方向（Y）對應於線橫向方向，及

-光束變換裝置（13），由所述光學元件（14）塑形後的該光（12）入射在該光束變換裝置上，該光束變換裝置（13）相關於該第一方向（X）增加光束品質因數（M_x^2），且在該裝置的操作期間相關於該第二方向（Y）降低光束品質因數（M_y^2），

其中，該裝置包含在該第二方向（Y）上作用的物鏡（17）及在該第二方向（Y）上作用的聚焦裝置（18），該聚焦裝置配置在該物鏡（17）後面，其中該物鏡（17）及該聚焦裝置（18）將在該光束變換裝置（13）後面的平面（19）成像至該工作平面（20）中，其中在該第二方向（Y）上的該光束（12）具有強度分佈，所述強度分布帶有超高斯輪廓或帶有類似於超高斯輪廓的輪廓，

且其中，由該物鏡（17）及該聚焦裝置（18）在該工作平面（20）中所成像的該平面（19）被配置在該物鏡（17）的前焦平面（F_{17}）與該物鏡（17）的第一透鏡之間。

【請求項2】如請求項1之裝置，其中，該物鏡（17）為長焦距物鏡（17），特別是其中該物鏡（17）的焦距（f'_{17}）在2,000 mm與30,000 mm之間，較佳地在5,000 mm與20,000 mm之間，例如在7,000 mm與13,000 mm之間。

【請求項3】如請求項1或2中一項之裝置，其中，該物鏡（17）包含至少兩個透鏡，該至少兩個透鏡特定而言經設計為在該第二方向（Y）上作用的柱狀透鏡（21、22、25）。

【請求項4】如請求項1或2中一項之裝置，其中，該物鏡（17）包含三個透鏡，特別是在該第二方向（Y）上作用的三個柱狀透鏡（21、22、25），其中之至少一個，較佳地至少兩個可以相對於其他透鏡移動，以便使在該第二方向（Y）上的線寬（FW'_y）變化。

【請求項5】如請求項1或2中一項之裝置，其中，該聚焦裝置（18）包含在該第二方向（Y）上作用的一或多個透鏡，特別是柱狀透鏡（26）。

【請求項6】如請求項1或2中一項之裝置，其中，該物鏡（17）的後焦平面（F'_{17}）與該聚焦裝置（18）的前焦平面（F_{18}）重合。

【請求項7】如請求項1或2中一項之裝置，其中，在該工作平面（20）中，該強度分佈的該輪廓，特別是超高斯輪廓或類似於超高斯輪廓的輪廓，的景深大於0.1 mm，較佳地大於0.5 mm，在此區域中超高斯因數G較佳地>3。

【請求項8】如請求項1或2中一項之裝置，其中，該強度分佈，特別是超高斯強度分佈或類似於一超高斯強度分佈的強度分佈，在該工作平面（20）中具有比緊接在該工作平面（20）之前或之後的平面中更大的強度。

【請求項9】如請求項1或2中一項之裝置，其中，該雷射光源（11）為多模雷射光源，諸如多模固態雷射。

【請求項10】如請求項1或2中一項之裝置，其中，所述光學元件（14）為變形光學元件（14）。

【請求項11】如請求項1或2中一項之裝置，其中，所述光學元件（14）安置在該雷射光源（11）與該光束變換裝置（13）之間。

【請求項12】如請求項1或2中一項之裝置，其中，該裝置包含在該第一方

向（X）上作用的均質化裝置（16）。

【請求項13】如請求項12之裝置，其中，該均質化裝置（16）配置在該光束變換裝置（13）後面，且較佳地在該物鏡（17）的前面。

【請求項14】如請求項12之裝置，其中，該均質化裝置（16）包含兩個柱狀透鏡陣列及在該第一方向（X）上作用的傅立葉透鏡。

【發明圖式】

圖1

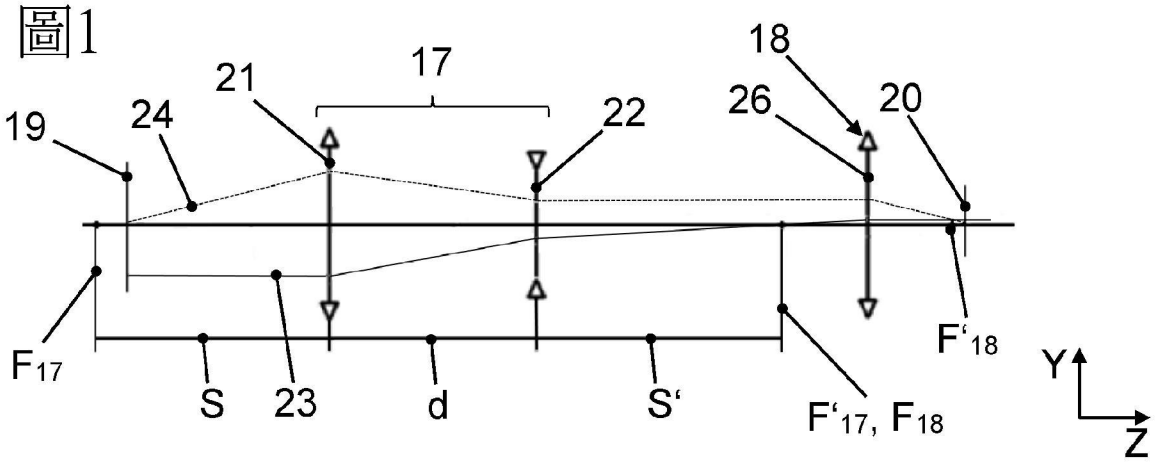


圖2

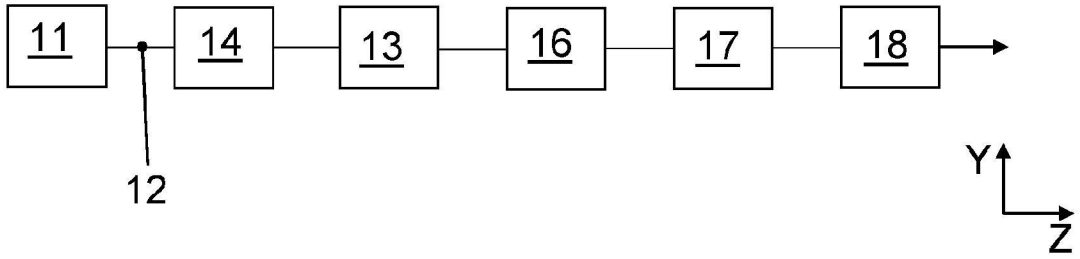


圖3a

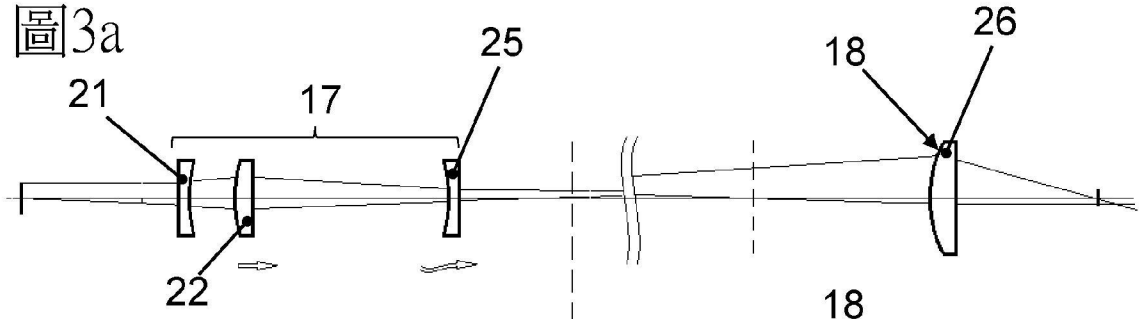


圖3b

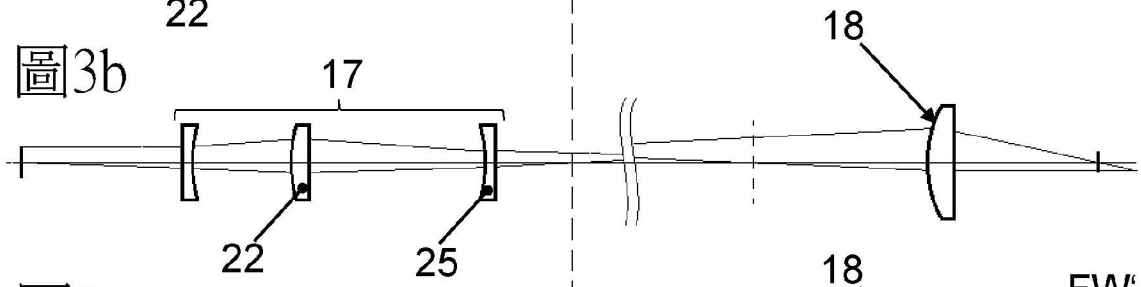
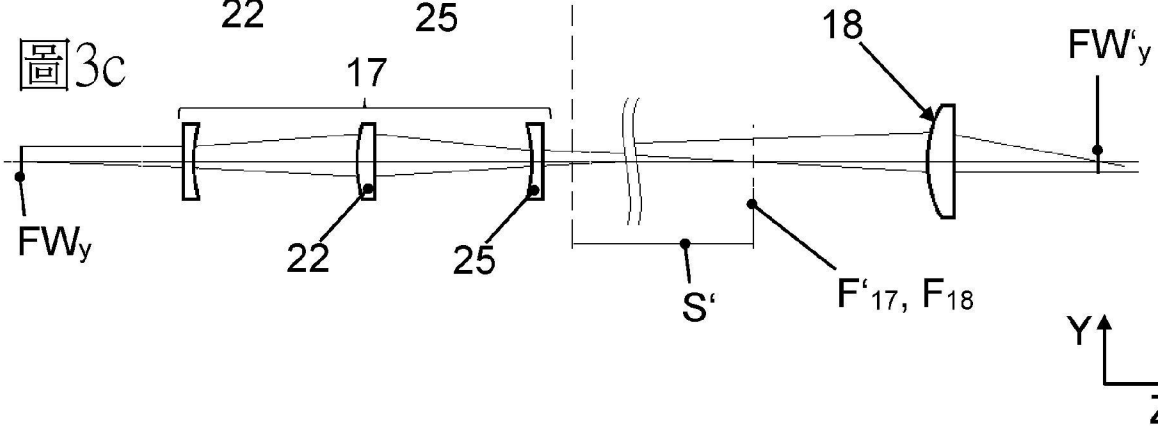


圖3c



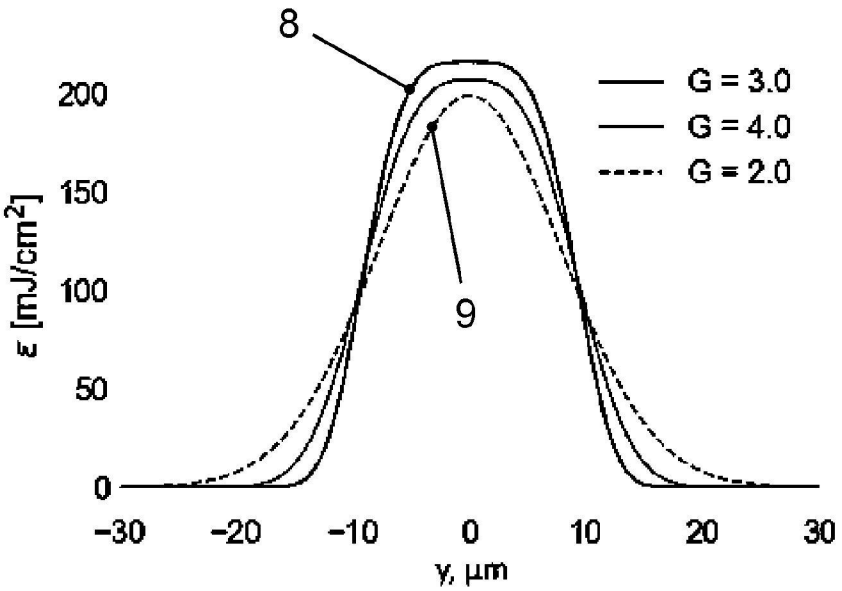

8
9
G = 3.0
G = 4.0
G = 2.0
ε [mJ/cm²]
200
150
100
50
0
−30
−20
−10
0
10
20
30
y, µm

圖4

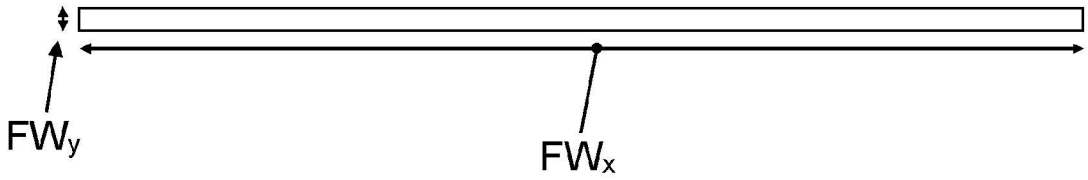

FWy
FWx

圖5

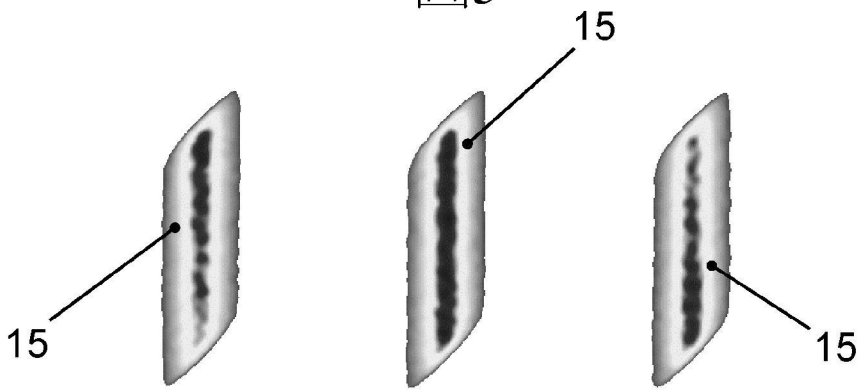
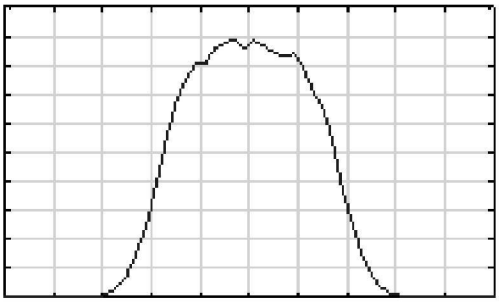
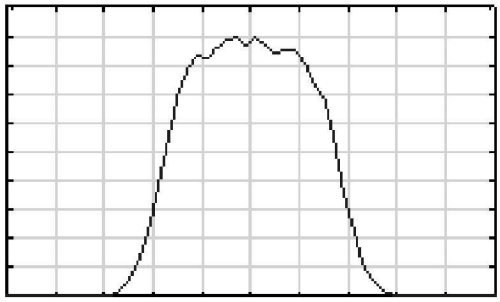

15
15
15

圖6



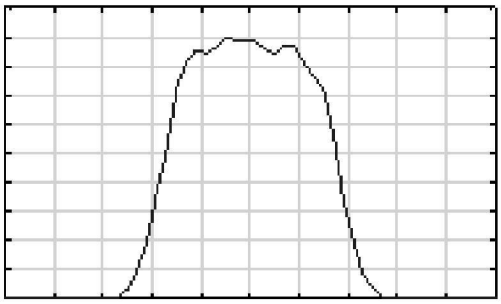
Δz‘ = -0,5 mm

圖7a



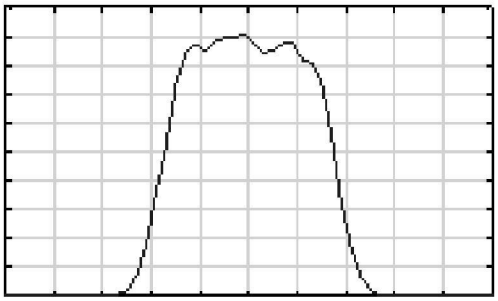
Δz‘ = -0,4 mm

圖7b



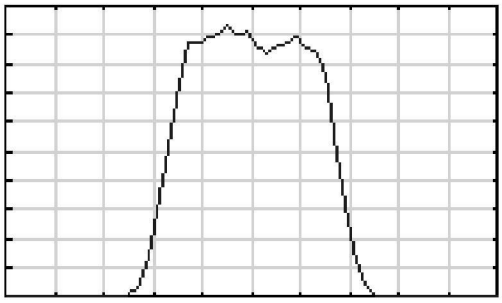
Δz‘ = -0,3 mm

圖7c



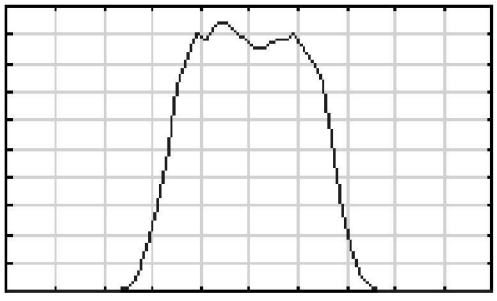
Δz‘ = -0,2 mm

圖7d



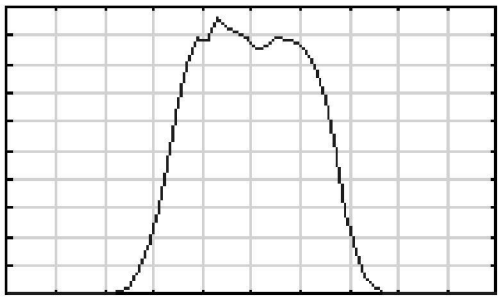
Δz‘ = 0 mm

圖7e



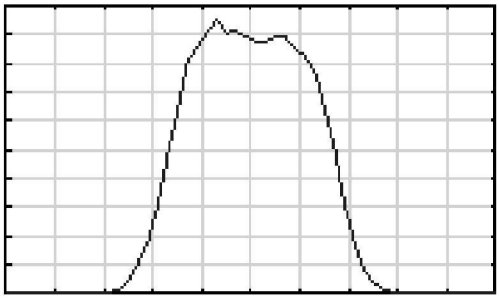
Δz‘ = 0,2 mm

圖7f



Δz‘ = 0,3 mm

圖7g



Δz‘ = 0,4 mm

圖7h

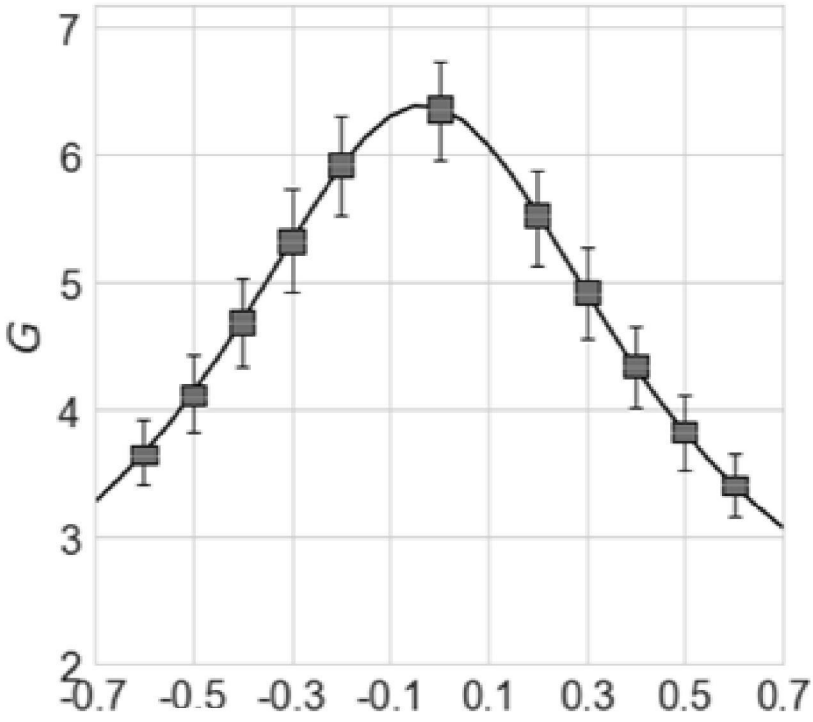
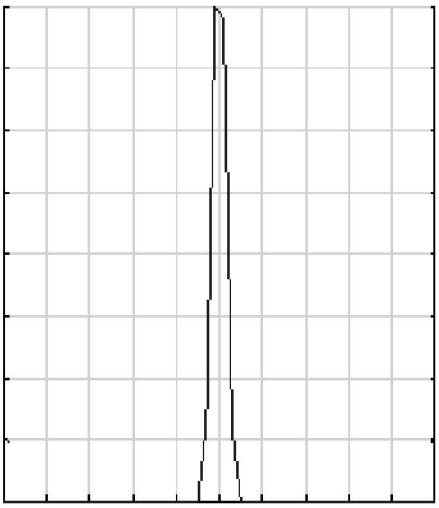
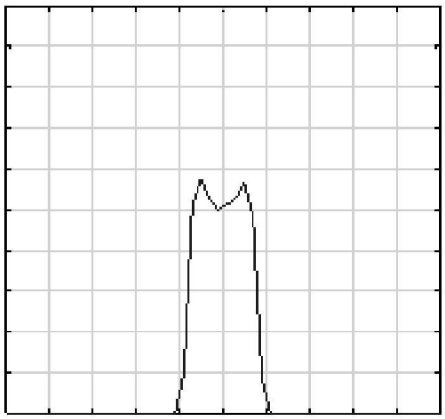


圖8



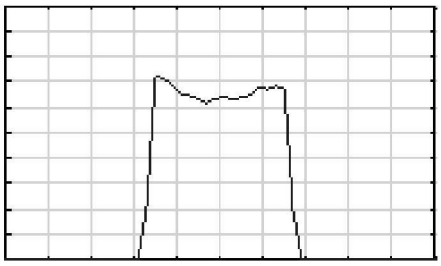
Δz‘ = -0,2 mm

圖9a



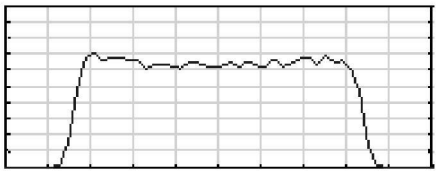
Δz‘ = -0,1 mm

圖9b



Δz‘ = 0 mm

圖9c



Δz‘ = 0,2 mm

圖9d

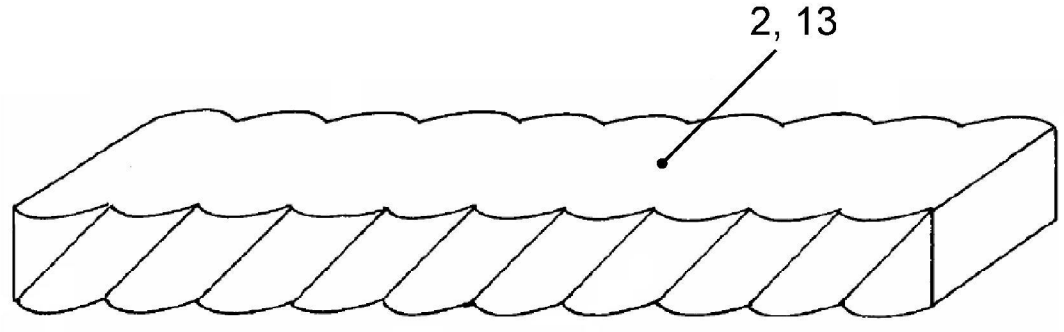


圖10

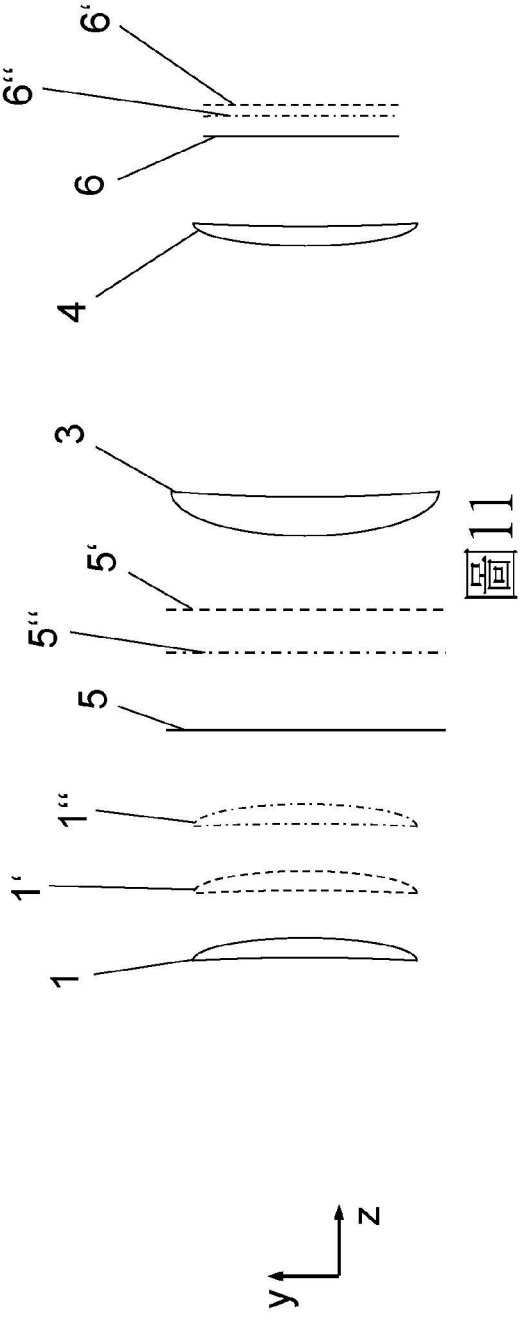


圖11

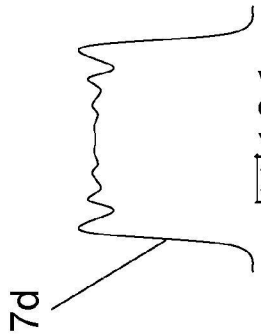


圖12d

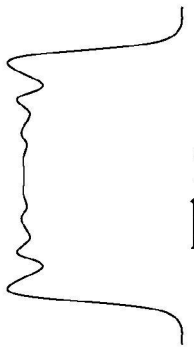


圖12c

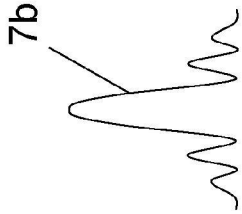


圖12b

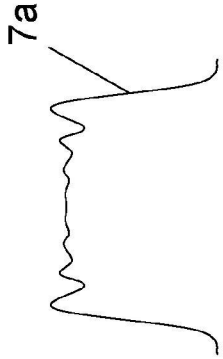


圖12a