

公告本

申請日期	89. 5. 25
案 號	89110123
類 別	B23K26/06

A4
C4

482705

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	具有固態紫外高斯光束以形成通孔之光束成形及投影成像
	英 文	BEAM SHAPING AND PROJECTION IMAGING WITH SOLID STATE UV GAUSSIAN BEAM TO FORM BLIND VIAS
二、發明 創作人	姓 名	(1)科瑞M·唐斯奇 (2)劉 新 兵 (3)尼可拉斯J·科洛格里歐 (4)羅 何 韋 (5)布來恩C·剛得朗 (6)久司 松本
	國 籍	美 國
三、申請人	住、居所	(1)美國,奧勒岡州 97201 波特蘭,西南山林路 1870 號 (2)美國,馬里蘭州 01720,亞克東,微風點路 3 號 (3)美國,奧勒岡州 97006 畢佛坦,西南奇列路 1120 號 (4)美國,奧勒岡州 97229 波特蘭,西北惠色勒巷 14275 號 (5)美國,奧勒岡州 97124,小丘郡,西北愛達吉歐路 2881 號 (6)美國,奧勒岡州 97124 小丘郡,西北遠眺路 2599 號
	姓 名 (名稱)	伊雷克托科學工業股份有限公司
三、申請人	國 籍	美 國
	住、居所 (事務所)	美國,奧勒岡州 97229 波特蘭,西北科學園大道 13900 號
三、申請人	代 表 人 姓 名	喬瑟夫L·藍哈特

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6
B6

本案已向：

美 國 (地 區)	申請專利，申請日期：	1999.05.28.	案號：	60/136,568	, ☒ 有 ☐ 無主張優先權
		2000.01.07.		60/175,098	
		2000.03.31.		60/193,668	

有關微生物已寄存於：, 寄存日期：, 寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝
訂
線

五、發明說明 (1)

本專利申請案係從 2000 年 3 月 31 日申請之美國臨時申請案編號 60/193, 660, 2000 年 1 月 7 日申請之美國臨時申請案編號 60/175, 098 以及 1999 年 5 月 28 日申請之美國臨時申請案編號 60/136, 568 取得優先權。

發明之領域

本發明係關於二極體激勵之固態雷射，特別係關於使用此種雷射以產生具有 TEM₀₀ 非散射空間模態之紫外雷射光束以鑽出通孔。

發明背景

Owen 等的美國專利編號第 5, 593, 606 以及 5, 841, 099 號係說明使用紫外雷射系統產生具適當參數之雷射輸出脈衝以在多層元件中至少不同兩層形成貫穿通孔或封閉通孔的技術及優點。這些參數一般包含非激發輸出脈衝，其具有短於 100 奈秒的時間脈衝寬度、光點直徑小於 100 微米的光點面積，以及以大於 200 赫茲之重複頻率而在整個光點面積上大於 100 毫瓦的平均強度或照度。

此處僅藉由產生如圖 1 所示之天然高斯發光輪廓 10 的紫外(UV)二極體激勵(DP)之固態(SS)TEM₀₀ 雷射作為說明範例，但該說明幾乎可適用於任何能產生高斯輸出的雷射。以特別係 UV DPSS 雷射的任何雷射切除特定材料時，係依照傳送之工作部件時超過靶材之切除臨界值的流量或能量密度(一般係以 J/cm² 之單位測量之)而定。藉著以物鏡聚焦未經處理之高斯光束可形成相當小的雷射光點(一般 1/e² 直徑在 10 至 15 微米的數量級)。因此，此小聚焦光點的流量

五、發明說明（ $\searrow$ ）

可輕易地超過一般電子封裝材料的切除臨界值，特別係一般用在金屬導體層的銅。因此，當 UV DPSS 雷射用在未經處理之聚焦光束配置時，係一種在電子封裝工作部件中一或多層銅層鑽出通孔的極佳方法。因該聚焦光點一般係小於所欲之通孔的尺寸，故在空間上以同心圓或“環鋸”圖案移動該聚焦光點以移除足夠之材料以獲得所欲之通孔尺寸。此方法一般稱之為具有未經處理之聚焦光束之螺旋或環鋸鑽孔。螺旋、環鋸以及同心圓製程一般簡單的稱之為“非撞擊式”。

另一種在此技術中著名之方法係使 TEM_{00} 之高斯發光輪廓的雷射光束通過預設直徑 12 的圓形光圈或光罩。接著使用一或多個普通之折射光學透鏡以將被照射之光圈的影像投影在工作表面上。成像之圓形光點的尺寸視該光圈之尺寸以及以該一或多個折射成像透鏡所獲得之光學縮小倍率兩者所決定。此種稱之為投影成像或簡單稱之為成像的技術可藉由調整光圈尺寸或光學縮小倍率兩者直到成像光點尺寸與所欲之通孔尺寸相等而獲得所欲之通孔直徑。因該高斯發光輪廓的低強度“邊緣”係以光圈邊緣遮蔽或修剪，故此成像技術亦稱之為修剪過之高斯成像。

當以成像光點鑽出通孔時，係簡單地以雷射光束在通孔位置施加複數次脈衝直到已移除足夠之材料。此種通常稱之為“撞擊式”的鑽孔方法，可消除以未處理之聚焦光束環鋸或螺旋鑽孔時所需的雷射光點以非常精確以及在通孔內快速移動的要求。因此，以修剪高斯光束鑽出通孔可

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

訂
線

五、發明說明 (3)

減少放置高速光束移位器的需求，因其消除為配合通孔內部移動的複雜之細小半徑、彎曲路徑以及伴隨之高加速性。以投影成像之製程發展亦較簡單，因僅需較佳化較少的製程參數。

修剪高斯光束亦製造出更圓及重複性更高之通孔，因雷射與雷射之間的雷射光點圓形程度的固有變化不再支配通孔之形狀，其圓形程度大部份係由光圈之圓度及用以投射其影像在工作表面上的光學組件之品質所決定。圓形程度亦受到修剪掉未經處理之高斯光束邊緣的產能及程度的影響。圓形程度或圓度可用一般在通孔頂部測量之最小直徑與最大直徑之比值量化之，亦即係 $R=d_{min}/d_{max}$ 。因僅有雷射光束之高斯發光輪廓的中間部份能通過光圈；故該高斯光束的低照度外部區域係被光圈光罩遮蔽或修剪。

然而，修剪高斯光束的問題係，其中間照度遠高於其邊緣照度。此不均勻性對於以該光束所製造之特別係封閉通孔的通孔品質具有不利之影響，將導致通孔具有圓形之底部及崎嶇之邊緣並對下方或附近之基板造成危險性的傷害。

一個使用該修剪高斯技術的雷射系統能夠被實施，使得可藉由光圈遮蔽該高斯光束的不同部份。若巨幅修剪該高斯發光輪廓僅使該輸出光束中間的一小部份通過光圈，則在工作表面上成像的發光輪廓將非常均勻。此均勻性的代價係在光圈光罩處阻擋大部份的能量，並使該能量無法傳遞至工作表面。浪費大部份的光束能量將降低鑽孔速度

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂線

五、發明說明 (4)

。

相反地，若大部份的光束能量可通過光圈，則有較高之流量傳遞至工作表面。然而，在光點中心照度 I_c 以及光點邊緣照度 I_e 之間的差異將較大。通過光圈的能量比例一般稱之為傳輸率 T 。對於高斯光束而言，存在下列之數學關係：

$$T=1-I_e/I_c$$

例如，若通過光圈的光束能量係 70%，則在該成像光點邊緣之照度及流量均僅係該光點中心處的 30%。 I_e 及 I_c 之間的差異將導致在鑽孔製程中的取捨問題。

若使用高雷射能量以快速地鑽孔，則在光點中心處的流量 F_c 將超過在通孔底部之銅金屬開始熔解並重流的流量。同時，若 T 很大(故在該光點內的邊緣對中心之流量比 F_e/F_c 很小)，則該成像光點之邊緣將具有低流量且無法快速地移除有機介電材料。圖 2 係在典型通孔製程參數條件下，該修剪高斯輸出的邊緣流量與光圈直徑的關係圖。因此，需要許多次的脈衝以從通孔底部之邊緣清除該介電材料(例如環氧基樹脂)，並藉此在通孔底部獲得所欲之直徑。然而，施加這些脈衝可能因該通孔中心處的高流量熔解底部銅層而對該區域造成傷害。

因此，修剪高斯技術需要在鑽孔快速但傷害通孔底部中心的高脈衝能量以及低於銅重流臨界流量且鑽孔緩脈並需多次脈衝以清除通孔邊緣的低脈衝能量之間取捨。一般係視通孔尺寸而定，在 30%以及 60%之間的傳輸率可提供

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂 線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (5)

被浪費(被遮蔽)之雷射光束以及與該成像光點內非均勻流量相關之不受歡迎製程現象之間的可接受之解決方案。以低傳輸率(例如，25-30%)可在可接受之速度鑽出細微通孔，並獲得高均勻性之成像光點。然而，在大多數的應用中，傳輸率最好係 $50\% < T < 60\%$ ，以獲得可接受的速度且免於底部銅層傷害的通孔品質。

因此，希望可獲得能量較高且速率較快之用於鑽出通孔的方法。

發明概要

因此，本發明的一個目的係提供一種改善以高斯光束鑽出通孔之速度或效率並同時改善該通孔品質的方法及/或系統。

本發明的另一項目的係提供使用紫外 UV 二極體激勵(DP)之固態(SS)雷射的此種方法或系統。

本發明可增強投影成像技術。在本發明的一個實施例中，UV DPSS 雷射系統係配備繞射光學元件(DOE)以將未經處理之雷射高斯發光輪廓成形為“禮帽式”或非常均勻之發光輪廓。接著，以光圈或光罩修剪成形後之雷射輸出，以提供成像成形輸出光束。該成像成形輸出光束係具有從其中心至其邊緣強度大致上均勻之雷射光點，故能快速地鑽出高品質之通孔而免於底部傷害的危險。

使用光束成形、投影成像或繞射光學元件的傳統系統係採用低亮度非 UV 雷射或高度散光及多模激發雷射，且一般使用在非材料處理的應用中。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明 (6)

在這些試圖獲得近似均勻之發光光束成形的許多應用中，需要空間均勻性以使製程能作用。若否，則在工作表面上流量之非均勻性將導致在聚焦之中心或成像光點過度處理而在其邊緣則處理不足的類似問題。在本發明中，光束成形無法使鑽出通孔製程變得可能。但是，光束成形可藉由使該製程更快且更易控制而增強鑽出通孔製程。因此，本發明提供增加 UV 雷射鑽出通孔製程之品質、速度及耐用性的能力。

雖然已使用具有激發雷射之其它型式的裝置以產生用於材料處理的近似均勻或“均質”之光束，但這些均質器無法配合具有高度一致性且近似 TEM₀₀ 之空間模態的 DPSS 高亮度雷射使用。此外，因為不同於激發雷射光束固有之較大光點，該 TEM₀₀ 之空間模態可高度聚焦，故本發明可使用到比例高很多之入射能量。

從接下來參考附圖的較佳實施例之詳細說明將能更瞭解本發明其它的目的及優點。

圖式簡單說明

圖 1 係顯示典型習知技術之 DPSS 雷射脈衝之三維高斯發光輪廓的立體圖。

圖 2 係顯示在典型通孔製程參數下之修剪高斯輸出之邊緣流量對應光圈直徑的圖形。

圖 3 係顯示在一般雷射工作部件的一部份上鑽出通孔的放大剖面側視圖。

圖 4 係顯示如本發明之用於增加鑽出通孔產能所使用

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明 (7)

之雷射系統之實施例的簡化側視及部份示意圖。

圖 5A-5C 係顯示隨著通過圖 4 之雷射系統之各種系統組件而變的一連串簡化之雷射光束的發光輪廓。

圖 6A-6D 係顯示大致上均勻之方形或圓形之發光輪廓的範例。

圖 7A-7D 係顯示用於變化成像光點尺寸之光束成形系統之四種示範實施例各自的簡化側視及部份示意圖。

圖 8 係顯示使用輔助檢流計反射鏡路徑以允許使用未經處理之聚焦光束之另一種雷射系統的簡化部份示意平面圖。

圖 9 係顯示對於在典型通孔製程參數下的成像成形輸出以及數種典型傳輸率之修剪高斯輸出在光圈面的理想流量分佈比較圖。

圖 10 係顯示修剪高斯以及成像成形通孔鑽出技術之產能曲線的比較圖。

圖 11 係顯示以相對於標稱成像面之工作表面位置為函數之通孔錐形比值的圖形。

圖 12 係顯示以相對於標稱成像面之工作表面位置為函數之通孔直徑的圖形。

圖 13 係顯示以相對於標稱成像面之工作表面位置為函數之通孔圓形程度的圖形。

圖 14 係顯示在 45 微米厚之環氧基樹脂上鑽出 75 微米通孔之電子顯微照相的複製圖。

圖 15 係顯示在厚 150 微米預先蝕刻之銅層開口的 45

五、發明說明 (8)

微米厚之環氧基樹脂上鑽出 75 微米通孔之電子顯微照相的複製圖。

元件符號說明

12	直徑
20a	貫穿通孔
20b	封閉通孔
22	工作部件
24	金屬層
26	有機介電層
28	金屬層
30	補強層
50	雷射系統
52	雷射
54	雷射輸出
56	光束擴展器
58	高平行透鏡
60	平行脈衝
64、64a、64b	光束路徑
70	成形成像系統
72	成像成形輸出
74	光束定位系統
76	移動鏡台定位器
78	快速定位器
79	光學對位反射鏡

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

線

五、發明說明 (9)

- 80 掃描透鏡
- 82 雷射目標位置
- 90 光束成形組件
- 92 發光輪廓
- 94、94a、94b、94c 成像成形輸出
- 96、96a、96b、96c 發光輪廓
- 98 光圈光罩
- 100 邊緣
- 102 發光輪廓
- 110 成像成形脈衝
- 112 收集透鏡
- 120a、120b、120c、120d 變焦透鏡組件
- 122、124、126、128、130、132 透鏡
- 150 雷射系統
- 152、154 檢流計
- 158、162 檢流計反射鏡
- 164、168 反射鏡
- 180 虛線

較佳實施例之詳細說明

圖 3 係在通稱為雷射工作部件 22 的例如 MCM、電路板或半導體微電路封裝上製造出的貫穿通孔 20a 及封閉通孔 20b(一般稱為通孔 20)的側向放大截面圖。簡單地說，工作部件 22 僅具有四層 24、26、28 及 30。

層 24 及 28 可能包含例如鋁、銅、金、鉬、鎳、鈮、

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表

訂

線

五、發明說明 (10)

鉑、銀、鈦、鎢等標準金屬或金屬氮化物或其化合物。傳統金屬層 24 及 28 的厚度可變，一般係在 9-36 微米之間，但亦可能更薄或厚至 72 微米。

層 26 可能係包含例如苯環丁烷(BCB)、二順丁烯二酸？亞胺三氮六環(BT)、硬紙板、氰酸酯、環氧化合物、酚化合物、聚？亞胺、聚四氟乙烯(PTFF)的標準有機介電材料或各種合金聚化物或其化合物。傳統有機介電層 26 有各種不同的厚度，但一般係遠厚於金屬層 24 及 28。有機介電層 26 的典型厚度範圍係在約 30-400 微米，但可疊層至厚 1.6 毫米。

層 26 可能亦包含標準補強成分或“層”30。層 30 可能係例如人造纖維、陶瓷或玻璃的纖維墊或散佈之顆粒或將其散佈在有機介電層 26 內。傳統補強層 30 一般係遠薄於有機介電層 26，其可能在 1-2 微米之數量級並可能厚至 10 微米。熟知此技術者將能瞭解到，可將粉末狀之補強材料加入該有機介電層中。以此種粉末狀補強材料製成之層 30 可能係不連續且不均勻的。熟知此技術者將亦能瞭解到，層 24、26 及 28 的內部亦可能係不連續、不均勻且不水平的。具有數層金屬、介電質及補強材料的堆疊可能厚於 2 毫米。

貫穿通孔 20a 一般係穿透工作部件 22 之頂部 42 至其底部 44 所有的層及材料。封閉通孔 20b 則無穿透所有的層及/或材料。例如在圖 3 中，封閉通孔 20b 停在層 28 之上並且沒有穿透之。通孔 20 之錐形一般係以其底部直徑 d_b

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (11)

對其頂部直徑 d_t 的比值討論之。目前在工業上可接受之標準錐形比值係 66%，而 67-75%之比值則認為係相當良好的。本發明在不傷害層 28 的最大產能下可提供大於 80%之錐形比值，而在不傷害層 28 的情況下可提供大於 95%之錐形比值。

通孔直徑一般係在從 25-300 微米的範圍內，但雷射系統 50(圖 4)可產生小至約 5-25 微米或大於 1 毫米的通孔 20a 及 20b。直徑小於 150 微米之通孔最好係以雷射撞擊製造之。大於 180 微米之通孔則最好以環鋸、同心圓製程或螺旋製程製造之。

參考圖 4，本發明之雷射系統 50 的較佳實施例係包含 Q 開關及二極體激勵(DP)之固態(SS)UV 雷射 52，其最好包含例如 Nd：YAG、Nd：YLF、Nd：YAP 或 Nd：YVO₄ 的固態雷射體或以鈦或鉬摻雜的 YAG 晶體。雷射 52 最好能提供可產生波長在例如 355 奈米(Nd：YAG 之三倍頻)、266 奈米(Nd：YAG 之四倍頻)或 213 奈米(Nd：YAG 之五倍頻)之諧波且主要係 TEM₀₀ 空間模態輪廓的 UV 雷射脈衝或輸出 54。

雖然使用高斯描述雷射輸出 54 之發光輪廓，但熟知此技術者將瞭解到，大多數的雷射 52 無法發出具有 $M^2=1$ 之數值的完美高斯輸出 54。簡單地說，雖然 M^2 值最好係小於 1.3 或 1.2，但此處所使用的術語高斯係包含 M^2 約小於或等於 1.4 的輪廓。熟知此技術者將瞭解到，從其它列示之雷射體可獲得其它的波長。熟知此技術者均熟知雷射共

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明(12)

振腔配置、諧波產生及 Q 開關的操作。一種典型雷射 52 的細節係在 Owen 等的美國專利編號 5, 593, 606 中詳細說明之。

可藉由沿著光束路徑 64 放置包含光束擴展器或高平行透鏡組件 56 及 58(例如, 2 倍的光束擴展係數)的各種已知光學組件將 UV 雷射脈衝 54 轉換成擴展之平行脈衝或輸出 60。平行脈衝 60 係通過成形及成像系統 70 以產生成像成形脈衝或輸出 72, 接著最好藉由光束定位系統 74 使成像成形輸出 72 通過掃描透鏡 80(該掃描透鏡亦稱之為“第二成像”、聚焦、切割或物像透鏡)對準在工作部件 22 之成像平面上的所欲之雷射目標位置 82。

光束定位系統 74 最好包含一個移動鏡台定位器 76 以及一個快速定位器 78。移動鏡台定位器 76 使用至少兩個平台或鏡台以支撐例如 X、Y 及 Z 定位反射鏡並允許光束在相同或不同之電路板或晶片封裝上的目標位置 82 之間快速地移動。在較佳實施例中, 移動鏡台定位器 76 係一種分割軸系統, 其 Y 鏡台支撐並移動工作部件 22, X 鏡台支撐並移動快速定位器 78 及物鏡 80, 在該 X 以及 Y 鏡台之間的 Z 尺寸係可調整的, 而摺疊反射鏡 75 係對準在雷射 52 以及快速定位器 78 之間通過任意次數的光束路徑 64。快速定位器 78 可能包含例如一對的檢流計反射鏡, 其能基於所提供之測試或設計數據而完成單次或重覆之製程操作。這些定位器可獨立地移動或回應設定或未設定之數據而一起協同移動。此種可用於鑽出通孔 20 的較佳之光束定位系

五、發明說明 (13)

統 74 係在 Cutler 等的美國專利編號 5, 751, 585 中詳細說明之。

指示光束定位組件之移動的雷射控制器(未顯示出)最好能將雷射 52 的發射時間與例如 Konecny 在用於發射光束定位及放射協調系統之美國專利編號 5, 453, 594 中所述之光束定位系統 74 的組件動作同步。

在一種包含許多上述系統組件之較佳雷射系統 50 的範例中，其係在美國奧勒崗州波特蘭市 Electro Scientific Industries 股份有限公司製造之型號 5200 或該系列的其它雷射系統內使用型號 45xx UV 雷射(355 奈米)。然而，熟知此技術者將瞭解到，可使用具有高斯光束發光輪廓，但具有例如紅外線的其它波長或其它光束擴展係數的任何其它種雷射。

圖 5A-5C(總稱為圖 5)係顯示隨著通過雷射系統 50 之各種系統組件而變的一連串簡化之雷射光束之發光輪廓 92、96 及 102。圖 5Ba-5Bc 係顯示以相對於 Z_0 之距離 Z 為函數的成像成形輸出 94(分別表示 94a、94b 及 94c)的化簡之發光輪廓 96a-96c。 Z_0 係成像成形輸出 94 在發光輪廓 96b 中所示具最平坦發光輪廓的距離。

再次參考圖 4 及圖 5，一種成形成像系統 70 之較佳實施例係包含一或多個光束成形組件 90，其能在靠近光束成形組件 90 後方的光圈光罩 98 處將具有未經處理之高斯發光輪廓 92 的平行脈衝 60 轉換為具有近似均勻之“禮帽式”輪廓 96b 或超高斯發光輪廓的成形(且聚焦)脈衝或輸出

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂線

五、發明說明 (14)

94b。圖 5Ba 顯示當 $Z < Z_0$ 時的發光輪廓 96a 範例，圖 5Bc 則顯示當 $Z > Z_0$ 時的發光輪廓 96c 範例。

光束成形組件 90 最好係繞射光學元件(DOE)，其能以高效率並準確地實施複雜之光束成形。雖然單一個元件之 DOE 係較佳的，但熟知此技術者將瞭解到，該 DOE 可能包含例如 Dickey 等的美國專利編號 5,864,430 中所揭示之相位板及變形元件等複數個分離之元件，該專利中亦揭示用於設計光束成形之目的 DOE 技術。美國阿拉巴馬州 Huntsville 市 MEMS Optical 股份有限公司能製造適當之 DOE。

圖 6A-6D(總稱為圖 6)係顯示由高斯光束傳播通過如美國專利編號 5,864,430 之 DOE 所產生的大致上均勻之發光輪廓的範例。圖 6A-6C 顯示方形發光輪廓，而圖 6D 顯示圓柱形發光輪廓。圖 6C 之發光輪廓係“相反的”，其邊緣之強度較其中心點為高。熟知此技術者將瞭解到，可將光束成形組件 90 設計成能供應用於特定應用的各種其它之發光輪廓，且這些發光輪廓一般係隨其離 Z_0 的距離而改變。

再次參考圖 4-6，最好將成形脈衝 94 聚焦並通過光圈光罩 98 以使成形脈衝 94 之邊緣銳利。在較佳實施例中，光圈光罩 98 係放置在“標稱光圈平面”，其最好係位在離光束成形組件 90 約 $Z = Z_0$ 、 Z^* 或 Z_0 的距離 Z 上。 Z^* 係約在使得成形脈衝 94 以特定之能量通過設定直徑 d_{ap} 之光圈 98 的距離。 Z_0 通常係當 $Z_0' = Z^*$ 時的距離。

五、發明說明 (15)

雖然對大多數單一雷射系統 50 的應用而言，將光圈 98 放置在距離 Z_0 係較佳的，但對一組雷射系統 50 而言，將光圈 98 放置在距離 Z^* 可滿足雷射 52 與雷射 52 之間以及光束成形組件 90 與光束成形組件 90 之間的輸出變化。因 Z^* 較 Z_0 更為靈敏，故在距離 Z^* 的容忍範圍內調整一般將不會使發光輪廓 96b 之平坦性脫離到明顯地對通孔品質或產能不利的程度，故 Z^* 係較佳的。使用距離 Z^* 用於放置光圈的一項優點係 Z^* 允許具有從雷射 52 而來不同之高斯輸出 54 的各種雷射系統 50 在雷射系統 50 與雷射系統 50 之間使用相同操作的製程參數。因此，使用 Z^* 有助於使用說明、訓練、校正及通孔品質的一致性。

光罩 98 可能包含 UV 反射或 UV 吸收材料，但最好係由以多層高 UV 反射塗層或其它抗 UV 塗層所塗層的例如 UV 級熔合二氧化矽或藍寶石之介電材料所製成。光罩 98 具有直徑 d_{ap} 之圓形光圈，以製造出高度圓形之成像成形脈衝 110。光罩 98 之光圈在其光輸出側可選擇性地向外呈喇叭形展開。但熟知此技術者將瞭解到，光罩 98 之光圈可能係具有其它非圓形形狀的方形，或是當工作部件 22 之表面上需要或接受非圓形光點影像時，甚至可忽略之。直徑 d_{ap} 修剪掉成形脈衝 94 之邊緣 100 以產生光圈化成形輪廓 102，其係以犧牲傳輸能量的代價減少成形脈衝 94 的直徑。

接著藉由焦距 f_1 之“第一成像”或收集透鏡 112 收集所傳輸之光圈化成形脈衝或輸出 110 以產生傳輸通過定位系統 74 的平行之光圈化成形輸出 72，並接著藉由焦距 f_2

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明 (16)

之掃描透鏡 80 重新成像以在工作部件 22 上產生(聚焦之成像成形)光點直徑 d_{spot} 的雷射系統脈衝或輸出 114。在較佳實施例中， $f_1=216$ 毫米而 $f_2=81$ 毫米，但熟知此技術者將瞭解到，可用其它的透鏡組合及焦距替換之。收集透鏡 112 及掃描透鏡 80 的組合可產生較照射光罩 98 之光圈降低倍率係數 M 的均勻之影像(或是當不使用光罩 98 時，則係均勻發光之非圓形光點)，其中， $M=f_1/f_2=d_{ap}/d_{spot}$ 。在較佳實施例中， $M=2.66$ ，但熟知此技術者將瞭解到，可使用其它的降低倍率係數。

在較佳實施例中，光束成形組件 90、光圈光罩 98 及第一成像透鏡 112 係裝設在可交換之成像光學軌道(IOR)上。在其中一種實施例中，距離 Z 、 f_1 及 f_2 係固定的，以允許將在 IOR 內具有不同特性之類似組件的組件製造成具有可交換性以實現不同範圍的光點尺寸 d_{spot} 。光束成形組件 90 的位置亦可變動，故對光束成形組件 90 及光圈直徑 d_{ap} 的每種組合而言，可在 Z 的容忍範圍內調整距離 Z 。透鏡 112 以及 80 之間的實際距離係可變動的。因此，可快速地交換具有不同 IOR 組件之組合的數種 IOR，以允許用於預設之光點尺寸各種範圍的操作。使用不同的組合，故光束形狀或發光輪廓 96 可適用於每種光圈尺寸 d_{ap} ，以使得每次通過光圈之脈衝 62 的能量最大化且因此使得由光圈尺寸限制之修剪掉或浪費掉的能量最小化。此外，為增加該脈衝能量使用之效率，在 IOR 光學組件之間可能需要可調整的協調功能以使任何光罩 98 的適應變化最小化，使得光罩 98

五、發明說明 (17)

可避免雷射之傷害。

然而，此實施例的缺點係需要大量的可交換 IOR 光學組件以用於處理有用之光點尺寸的範圍。例如，每個光束成形組件 90 可能僅對例如三至四種光點尺寸 d_{spot} 有效，而每個光罩 98 可能僅對例如一種光點尺寸 d_{spot} 有效。因此，為涵蓋高達例如 250 微米之大多數有用之光點尺寸 d_{spot} 的範圍，需使用八個光束成形組件 90 以及 25 個光罩 98 的組合，以提供所有需求之組合。

圖 7A-7D 係分別顯示用於變化成像光點之尺寸的成形成像系統 70a、70b、70c 及 70d(一般稱為成形成像系統 70)之四種示範實施例的簡化側視及部份概要圖。參考圖 4 及 7A，係在沿著光束路徑 64 的第一成像透鏡 112 以及掃描透鏡 80 之間放置變焦透鏡或可變光束擴展器 120a(具有嚴格之公差以維持光束準確性)。在這些實施例中，焦距 f_2 係固定的，但焦距 f_1 係可變的，且因而光點尺寸 d_{spot} 係可變的，故每個光束成形組件 90 可有效地配合例如 8—10 種光點尺寸，而每個光圈亦可有效地配合 8—10 種光點尺寸。因此，為涵蓋高達約 250 微米之光點尺寸 d_{spot} 的範圍，將僅需使用數個光束成形組件 90 以及光罩 98。在這些實施例中，可能使用圖中以虛線表示的光學對位反射鏡 79。

在圖 7B 所示之成形成像系統 70b 之實施例的變焦透鏡組件 120b 中，透鏡 80 及透鏡 128 係結合成為在變焦透鏡組件 120b 中的單一透鏡 130。在圖 7C 所示之成形成像系統 70c 之實施例的變焦透鏡組件 120c 中，透鏡 112 及透鏡

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明 (18)

122 係結合成為在變焦透鏡組件 120c 中的單一透鏡 132。在圖 7D 所示之成形成像系統 70d 之實施例的變焦透鏡組件 120d 中，透鏡 80 及透鏡 128 係結合成為單一透鏡 130，而透鏡 112 及透鏡 122 係結合成為單一透鏡 132。熟知此技術者將瞭解到，成形成像系統 70a 及 70c 最適用於較佳之分割軸移動鏡台定位器 76，而成形成像系統 70b 及 70d 則最適用於不具有例如使用固定物鏡 80 之非掃描系統之快速定位器 78 的光束定位系統 74。熟知此技術者將更能瞭解到，可能有其它各種不同的透鏡組合，而使用這些組合並無法脫離本發明的範圍。

雖然圖示之定位系統 74 係沿著光束路徑 64 接在變焦透鏡組件 120 的後方，但其部份的組件可放置在變焦透鏡組件 120 的前方。例如，如部份反射鏡 75 的部份移動鏡台定位器組件可放置在變焦透鏡組件 120 的前方；但快速定位器 78 最好係放置在變焦透鏡組件 120 的後方。熟知此技術者將能瞭解到，這些成形成像系統 70 可能係由允許交換及重新定位光學組件的數個分離之 IOR 或單一個 IOR 系統所構成，且構成該成形成像系統的 IOR 可輕易地移除，以使得雷射系統 50 可提供各種的高斯輸出。

圖 8 係雷射系統 150 的簡化部份概要平面圖，其使用檢流計 152 及 154 以產生可加在圖 4 之雷射系統 50 的輔助檢流計反射鏡路徑 156，以允許在平行之光圈化成形輸出 72 以及未經處理之高斯輸出 60 之間切換。參考圖 8，光束路徑 64a 係直接朝向檢流計反射鏡 158，其使得雷射輸出能

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明 (19)

沿著光束路徑 64b 傳播通過成形成像系統 70 並由檢流計反射鏡 162 接收，或反射雷射輸出使之通過反射鏡 164、可選用之平行透鏡組件 166、反射鏡 168、檢流計反射鏡 162 並朝向工作部件 22。反射鏡 164 及 168 最好能調整以補償傾斜及滾動。

熟知此技術者將能瞭解到，可變動平行透鏡組件 166 以更改空間之光點尺寸 d_{spot} 以適合不同的應用。例如，成形成像系統 70 可沿著路徑 156 放置以實施平行之光圈化成形輸出 72，故未經處理之高斯光束將可沿著光束路徑 64b 傳播。同樣地，可在光束路徑 64b 及路徑 156 兩者均使用成形成像系統 70，而每個成形成像系統 70 係具有可變或不同之焦距以產生不同之光點尺寸 d_{spot} ，用於例如在兩種不同之成像成形光點尺寸 d_{spot} 之間快速地切換。熟知此技術者將亦能瞭解到，除了此處討論的通孔製造應用外，該雷射系統 150 可使用高斯輸出以實施各種的工作。例如，可使用雷射系統 150 以高生產率在平面上切割出圓形。

雷射系統 50 及 150 係能夠製造具有輸出 114 的雷射系統，該輸出 114 具有一般通孔處理窗孔之較佳參數，其可包含在整個光束之光點區域測量到約大於 100 毫瓦，且最好係大於 300 毫瓦的平均功率密度；約從 5 微米至約 18 微米，且最好係從約 25 至 150 微米或大於 300 微米的光點尺寸直徑或空間主軸；約大於 1 仟赫茲，且最好係約大於 5 仟赫茲或甚至高於 30 仟赫茲的重覆率；最好係在約 180 至 355 奈米之間的紫外波長；以及短於 100 奈秒，且最好係從

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

五、發明說明 (5)

約 40 至 90 奈秒或更短的時間脈衝寬度。該雷射系統輸出 114 之較佳參數係試圖防止對通孔 20 或其周圍造成熱破壞而選擇。熟知此技術者將亦能瞭解到，雷射系統輸出 114 之光點區域最好係圓形，但亦可使用例如正方形及長方形的其它簡單形狀，若以適當選擇之光束成形組件 90 配合在光罩 98 上所欲之光圈形狀亦可能有複雜之光束形狀。

上述之處理窗孔係已決定以助於在對紫外線具有不同光學吸收及其它特性的金屬、介電質及其它靶材的廣泛材料上鑽取通孔。無論係以撞擊或非撞擊產生封閉通孔 20b，係以功率密度足以切除金屬的第一雷射輸出移除金屬層。接著，以功率較低無法切除金屬的第二雷射輸出移除介電層，故僅有移除介電層而不傷害到其上之金屬層。因此，即使在完全貫穿介電材料後仍持續著第二雷射功率輸出，但因第二雷射功率輸出無法蒸發金屬底層，故此兩道步驟之機械方法提供一種深度自我限制之封閉通孔。

熟知此技術者將能瞭解到，如本發明之撞擊製程中，最好係依次地連續施加第一及第二雷射輸出，而非每次對空間上分離之靶材位置 82 或工作部件 22 使用連續的第一雷射輸出，接著對整個相同靶材 82 依序地使用連續的第二雷射輸出。但對於非撞擊製程而言，在處理空間上分離之靶材位置 82 的所有層 26 之前，可用第一雷射輸出處理在工作部件 22 之空間上分離之靶材位置 82 的所有層 24。

再次參考圖 3 及 4，在習知技術之修剪高斯光束以及本發明之成像成形輸出 72 之間的一項不同點係脈衝 94 均

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

五、發明說明 (21)

勻地照射所有位置的光罩 98 之光圈。因此，除了非常圓形之形狀以及乾淨俐落之邊緣外，成像成形輸出 72 有助於在層 28 具有非常平坦且均勻之底部 44b 的封閉通孔 20b 的形成。此外，以成像成形輸出 72 所增加之鑽孔速度超過以修剪高斯光束所能獲得。

加入光束成形組件 90 以平坦高斯光束之發光輪廓 10 可將前述之修剪高斯技術所固有之通孔品質以及鑽孔速度之間的製程取捨最小化。可將比率甚高之光束能量傳送至工作部件 22 但影像光點的中心以及邊緣之間不會有很大的流量差異，亦即，增加邊緣對中心之流量比 F_e/F_c 的同時亦可增加傳輸率 T 。本發明允許成像成形輸出 72 具有 70—80% 的傳輸率，而不會明顯地降低邊緣對中心之流量比。

因高傳輸率且近似均勻之流量，故因下列兩個原因，可增加鑽孔速率而不會傷害到特別係其中心的導體層 28。第一，通過光圈之傳輸率係高於修剪高斯技術，故在每個雷射脈衝 114 內可傳送更高之能量至工作部件 22。第二，因光點之邊緣可施加較高之流量，故能更快速地從通孔之底部邊緣清除介電材料。在這兩者之中，第二個效應係較重要的。

圖 9 係顯示對於在典型通孔製程參數下的成像成形輸出 72 以及數種典型傳輸率之修剪高斯輸出在光圈面的理想流量分佈比較圖。在工作部件 22 之流量階度約等於光圈流量階度乘上成像降低倍率係數的平方，其在較佳實施例中係約為 7 倍。對於成像成形輸出 72 以及修剪高斯輸出之光

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (22)

圈邊緣流量係分別約為 1.05 焦耳/平方公分以及 0.6 焦耳/平方公分。因此，在工作部件 22 上，對於成像成形輸出 72 以及修剪高斯輸出之成像光點邊緣的流量係分別約為 7.4 以及 4.3 焦耳/平方公分。典型層 26 之有機介電材料的切除速率在這兩個流量階度之間係明顯地不同。因此，以成像成形輸出 72 可用較少之脈衝 114 完成每個通孔 20 的鑽孔，故增加製程產能。

如本發明之考量的用於以成像成形輸出 72 鑽出通孔 20 的策略範例係在下文說明之。通過整個成像光點之流量可維持在例如發生銅傷害之數值 F_{damage} 的 90%。接著，以不會傷害通孔底部 44b 的條件切除介電材料。對照上來說，當使用 $T=50\%$ 之修剪高斯輸出時，若將光點中心之流量維持在 90%，在這種情況下，邊緣將僅有 F_{damage} 的 45%。或者是，可將光點邊緣提高至 F_{damage} 的 90%，但在這種情況下，中心流量將係傷害臨界流量的 180%，導致大量之傷害。將成像光點之邊緣維持在高流量可用較少之雷射脈衝從通孔邊緣移除介電材料，因每次脈衝可移除更多之材料。因此，成像成形輸出 72 之鑽孔產能可遠高於修剪高斯輸出之之產能。

圖 10 係顯示由成像成形輸出 72 以及修剪高斯輸出用於在縱深 45 微米之環氧基樹脂撞擊直徑 75 微米之通孔 20 所能獲得的產能曲線對照圖。參考圖 10，係測定在每種脈衝重覆頻率 (PRF) 下，為獲得至少為頂部直徑 $d_t 75\%$ 之底部直徑 d_b 所需的最小脈衝次數 N 。鑽孔時間係以在該 PRF 下

五、發明說明 (一)

的數值 N 計算之，並加入 1.0 毫秒的通孔至通孔之移動時間，以獲得產能。

一般而言，隨著雷射 PRF 之增加，每次脈衝之能量以及因此之工作表面流量將穩定地降低。因降低之流量表示每次脈衝移除較少的材料，故需施加較多的脈衝。然而，因 PRF 增加，每單位時間內傳送較多的脈衝。當 PRF 漸增時，其中一項傾向於降低鑽孔速率，而另一項傾向於增加鑽孔速率，其淨結果係兩項競爭效應的總和。圖 10 顯示在測試範圍中間之 PRF 時，該競爭效應可產生最高之產能。

圖 10 亦顯示以成像成形輸出 72 所獲得之產能曲線係較以修剪高斯輸出所獲得的平坦。為控制鑽孔速率以及通孔品質之間的取捨，較平坦之產能曲線係很重要的。為避免傷害底部之金屬層 28，通常希望增加雷射之 PRF，藉此降低每次脈衝之能量，並將工作表面流量減少至低於用於熔化金屬層 28 的能量臨界值。因 PRF 增加時，以成像成形輸出 72 所獲得之產能降低的較以修剪高斯輸出更為緩慢。故當增加 PRF 以維持通孔底部品質時，以成像成形輸出 72 可導致較少的產能損失。

再次參考圖 10，成像成形輸出 72 使得其最高鑽孔產能超過修剪高斯輸出 25%。成像成形輸出 72 亦可較以未經處理之聚焦高斯光束獲得更高之產能，且具有較佳之通孔品質(重現性、側壁錐形、圓形程度)的額外優點。

當考慮到通孔品質時，特別係對封閉通孔 20b 而言，本發明之成像成形輸出亦允許較以修剪高斯輸出時的更高

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (୧୩)

之產率實施較佳之錐形最小化。如上所述，該成像成形輸出除了能從封閉通孔 20b 之底部邊緣更快地清除介電材料外，因脈衝 94 之均勻形狀實際上可消除在通孔 20b 之底部中心的層 28 產生熱光點的可能性，故亦能更完整地從封閉通孔 20b 之底部邊緣清除介電材料而不會傷害到在下層之金屬層 28。在適當流量下的成像成形雷射輸出 72 可無限期地存在，直到獲得所欲之乾淨度及錐形為止。

此外，可選擇光束成形組件 90 以產生具有圖 6C 所示之相反發光輪廓的脈衝，其係修剪外部虛線 180 以助於沿著通孔 20b 之外部邊緣移除介電材料，並藉此進一步改善錐形。本發明在不傷害層 28 的最大產能下允許大於 80% 之錐形比值，而在不傷害層 28 時亦可能有大於 95% 之錐形比值。對於通孔頂部直徑從約 5—18 微米的最小通孔而言，以傳統光學組件可獲得大於 75% 之錐形比值，但產能可能會降低。

圖 11 係顯示以工作表面位置相對於標稱成像面 $z=0$ 為函數的通孔底部直徑對通孔頂部直徑之比值(在 35 微米之特別強化環氧基樹脂上鑽出 62 微米之通孔)。參考圖 11，該標稱成像面係通孔 20 最圓且具有最銳利之頂部邊緣的位置。正值的 z 表示低於該標稱成像面的平面，亦即，將工作部件 22 放置在離系統光學組件較 $z=0$ 之分隔距離更遠的位置。圖示之 3σ 誤差棒係作為參考，因很難確實地測量出底部直徑。

對九種 z 值每種係鑽出並測量 100 個通孔。資料點係

五、發明說明 (✓)

表示平均值，而垂直誤差棒係表示每 100 個樣品數據組離該平均值三個標準差的大小。在 $z=0$ 之成像平面可獲得最大之底部/頂部比值。在整個 ± 400 微米的範圍內，高產能之底部/頂部比值均大於 75%。

圖 12 係顯示以工作表面位置相對於標稱成像面 $z=0$ 為函數的通孔直徑(在 35 微米之特別強化環氧基樹脂上鑽出 62 微米之通孔)。當工作部件 22 朝標稱成像面上方移動時，平均通孔頂部直徑穩定地增加。對於低於 $z=0$ 的位置而言，頂部直徑在低於該成像面至 400 微米時仍相當固定。 3σ 之直徑通常保持在平均值的 ± 3 微米內，但當 $z=+300$ 微米以及 $z=-400$ 微米時除外。相反地，對於底部直徑而言，從高於至低於標稱成像面之位置的平均值係穩定地降低。因通孔底部之直徑及圓度明顯地較通孔頂部之直徑及圓度更難以控制，故圖示之底部直徑僅作為參考。因此，可對雷射系統 50 及 150 施加適合通孔頂部特性的統計處理控制技術。

圖 11 及 12 之數據係建議數種維持用於製程耐用性之焦距的方案。若希望對各種材料厚度及機器條件均維持固定之通孔頂部直徑，則最好在設定製程條件時將工作表面放置在稍微低於標稱成像面，例如 $z=+200$ 微米處。此將產生一個對頂部直徑之影響非常微小的 ± 200 微米之 z 變動的區域。相反地，若較希望維持固定之通孔底部/頂部比值，則最好在設定製程條件時將工作部件 22 恰好放置在標稱成像面上。此將確保至少在 ± 200 微米的 z 變化範圍內，底部

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (7/6)

頂部比值將不會減少超過 5%。這些方案的可行性係依照當工作部件 22 離開標稱成像面時其它的通孔特性是否仍維持在可容許之限制範圍內而定。

另一項主題係在圖 13 中顯示的以在 35 微米之特別強化環氧基樹脂上鑽出 62 微米之通孔的 z 為函數的通孔圓度。參考圖 13，為求表示清楚，底部圓度數據係放置在實際 z 值的右邊。該底部通孔數據僅用於參考。

圖 13 係顯示在所研究的整個 ± 400 微米之 z 範圍內，定義為短軸/長軸的圓度皆至少為 90%。對於 62 微米之平均直徑而言，90%圓度係表示大直徑約較小直徑長 6.5 微米。然而，對於正 z 值(低於標稱成像面的位置)，所統計之通孔與通孔之間圓度的變化係變得相當明顯。圖示之數據點(平均值)上方的誤差棒在超過 100%圓度時係無意義的，但在例如 $z=+300$ 微米時，圖 13 顯示其 3σ 外部可能具有低於 80%的圓度。

一般而言，本發明之成像成形輸出 72 允許通孔 20 在產率高於以修剪高斯輸出所能獲得時仍具有大於 90%的圓形程度或圓度。在許多情況中，成像成形輸出 72 能夠以較高之產率在整個通孔尺寸內獲得甚至大於 95%的圓度。

雖然此處說明的部分範例係提出部分涉及使用到目前所能獲得之 UV DPSS 雷射 52 的最大輸出以及其它要素，但熟知此技術者將能瞭解到，當獲得功率更強之 UV DPSS 雷射 52 時，可增加在這些範例中的通孔直徑及層厚度。

不論成像成形輸出 72 之優點，投影成像可將在每次成

五、發明說明（27）

像成形雷射脈衝 72 中可獲得之能量散佈在較一般由聚焦之未經處理高斯光束之切除部分所涵蓋之區域為大的區域內。因此，UV DPSS 雷射 52 每次脈衝所具有之能量係受限於雷射光點將超過工作部件材料之切除臨界流量的金屬層 24 及 28 的尺寸及厚度。

當考慮到封閉通孔時，舉例來說，可使用流量 10—12 焦耳/平方公分之成像成形輸出 72 以切除直徑最大約 35 微米之小通孔的 5—12 微米厚之頂部銅層 24。熟知此技術者將能瞭解到，此流量範圍暗示著例如約 3—6 仟赫茲的相當緩慢之重覆率。熟知此技術者將亦能瞭解到，較高之流量可能引起例如過熱的不利之結果，而導致的較低之重覆率將降低產能。因以 UV DPSS 雷射 52 所獲得之功率係持續地增加，故將可獲得較高能量之脈衝，其能將該成形成像技術擴展至較大之通孔尺寸的貫穿銅層應用。

此外，用於撞擊具有直徑大於約 35 微米之封閉通孔 20b 之頂部金屬層 24 的較佳方法係使用圖 8 之雷射系統 150。檢流計反射鏡路徑 156 係用以提供聚焦之未經處理之高斯輸出成為雷射系統輸出 114。聚焦之未經處理之高斯輸出係用以貫穿頂部金屬層 24，接著控制檢流計反射鏡 158 及 162 以使得雷射輸出 60 通過用於處理介電層 26 的成像系統 70。

無論如何處理頂部金屬層 24(或係預先蝕刻之)，接著可用流量較低且重覆率較高的成像成形輸出 72 處理在下層之介電層 26，以製造如前所述的具有乾淨之圓形底部以及

五、發明說明 (} °)

整至在工作表面上之周圍流量恰巧高於可引起銅溶解的數值。若靠近檢查該影像可發現，通孔底部邊緣附近的平滑區域係銅層稍微重新流動的區域。此種銅層之稍微重新流動係希望發生的，以確保已從通孔內移除所有的樹脂。將內層銅傷害控制在此種程度係以成像成形輸出 72 製造通孔 20 的典型方法。

對於 HDI 電路板之微通孔而言，在樹脂塗層核心構造中最常見的雷射鑽孔技術係利用在頂部銅層上預先蝕刻之圓形開口。此開口係作為二氧化碳雷射處理之保角光罩使用。層與層之間的配合限制此製程以較大之襯墊尺寸(>200 微米)鑽出較大之通孔(>100 微米)。然而，定位系統 74 允許僅對介電樹脂鑽孔之產能較高之雷射鑽孔系統的層與層之間精確之對位。在此新製程中，外層銅層係預先蝕刻成內層凹陷襯墊的大致尺寸，接著使用雷射在此開口內校準並鑽出較小之通孔。在圖 15 中係顯示以此製程製造之示範通孔 20 的掃描電子顯微照相，其顯示在 150 微米之預先蝕刻銅層開口內穿透 45 微米之環氧基樹脂的成像成形之 75 微米通孔。

熟知此技術者將瞭解到，此處說明之光束成形及成像技術不僅容許增強通孔圓形程度及邊緣品質，亦容許增強重現性及例如襯墊正中心之定位準確性，且在用於改善電子工作部件之阻抗控制及可預測性時係相當有用的。

包含彩色電子顯微照相的成形成像以及修剪高斯技術之間進一步之比較資料可在標題 “High Quality Microvia

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

四、中文發明摘要 (發明之名稱：

具有固態紫外高斯光束以形成通孔之光束成形及投影成像

一種雷射系統(50)之二極體激勵之固態雷射(52)，其提供紫外高斯輸出(54)，該紫外高斯輸出係藉由繞射光學元件(90)而轉換成爲具有均勻之發光輪廓的成形輸出(94)。高比例之成形輸出(94)係聚焦通過光罩(98)之光圈而成像以提供成像之成形輸出(72)。該雷射系統(50)有助於一種增加勝過於以類似之修剪高斯雷射系統所能獲得之通孔鑽出製程之產能的方法。本方法特別有助於鑽出邊緣、底部及錐形品質勝過由修剪高斯雷射系統所製造的封閉通孔(20b)。另一種雷射系統(150)使用一對光束導向檢流計反射鏡(152，154)，其將該高斯輸出導引繞過包含繞射光學元件(90)以及

英文發明摘要 (發明之名稱：BEAM SHAPING AND PROJECTION IMAGING WITH SOLID)
STATE UV GAUSSIAN BEAM TO FORM BLIND VIAS

A diode-pumped, solid-state laser (52) of a laser system(50) provides ultraviolet Gaussian output (54) that is converted by a diffractive optical element (90) into shaped output (94) having a uniform irradiance profile. A high percentage of the shaped output (94) is focused through an aperture of a mask (98) to provide imaged to provide imaged shaped output (72). The laser system (50) facilitates a method for increasing the throughput of a via drilling process over that available with an analogous clipped Gaussian laser system. This method is particularly advantageous for drilling blind vias (20b) that have better edge, bottom, and taper qualities than those produced by a clipped Gaussian laser system. An alternative laser system (150) employs a pair of beam diverting galvanometer mirrors (152, 154) that directs the Gaussian output around a shaped imaging system (70) that includes a diffractive optical element (90) and a mask (98). Laser system (150) provides a user with the option of using either a Gaussian output or an imaged shaped output (72).

四、中文發明摘要 (發明之名稱：)

光罩(98)的成形成像系統(70)。雷射系統(150)提供使用者使用高斯輸出或成像成形輸出(72)的選擇性。

英文發明摘要 (發明之名稱：)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

P01210

A8
B8
C8
D8

六、申請專利範圍

1．一種用於增加在多層之工作部件上鑽出通孔之產能的方法，該工作部件至少包含第一及第二層，而該第一層及該第二層之材料係具有各自之第一及第二切除流量臨界值，該方法包含：

產生具有第一高斯能量且本質上係波長短於 400 奈米之高斯發光輪廓的第一高斯雷射輸出；

將該第一高斯雷射輸出沿著通過繞射光學元件之光學路徑傳播，以將該第一高斯雷射輸出轉換成更均勻之第一成形輸出；

將該第一均勻成形輸出之主要部分傳播通過一個光圈，以將該第一均勻成形輸出轉換成具有第一成像成形能量的第一成像成形輸出，該第一成像成形能量係大於該第一高斯雷射輸出之第一高斯能量的 50%；

將該第一成像成形輸出傳播通過一或多個成像透鏡元件，以提供第一成像成形雷射系統輸出；

將該第一成像成形輸出施加在工作部件上的目標位置，以移除在目標位置內的第一層材料，在第一光點區域內的該第一成像成形輸出係具有第一能量密度，而該第一能量密度係大於該第一切除流量臨界值但小於該第二切除流量臨界值以形成具有最小直徑 $d_{\min}$ 、最大直徑 $d_{\max}$ 及圓形程度大於 0.9 的通孔，其中，該圓形程度等於 $d_{\min}/d_{\max}$ 。

2．如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該通孔具有最小直徑 $d_{\min}$ 、最大直徑 $d_{\max}$ ，且圓形程度大於 0.9，其中，該圓形程度等於 $d_{\min}/d_{\max}$ 。

六、申請專利範圍

3．如申請專利範圍第 2 項之方法，其中，該通孔具有圓形程度大於 0.95。

4．如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該通孔具有底部直徑 d_b 、頂部直徑 d_t 及錐形比值大於 0.5 的通孔，其中，該錐形比值等於 d_b/d_t 。

5．如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該通孔具有大於 0.75 之錐形比值。

6．如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該第一成像成形能量係大於該第一高斯能量的 65%。

7．如申請專利範圍第 6 項之方法，其中，該第一成像成形能量係大於該第一高斯雷射能量的 75%。

8．如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該第一成像成形能量係大於該第一高斯雷射能量的 45%。

9．如申請專利範圍第 8 項之方法，其中，該第一成像成形能量係大於該第一高斯雷射能量的 55%。

10．如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該第一能量密度係小於或約等於 2 焦耳/平方公分。

11．如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該波長係約 355 奈米或 266 奈米。

12．如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該第一層材料係包含介電材料，而該第二層材料係包含金屬。

13．如申請專利範圍第 12 項之方法，其中，介電材料係包含有機介電材料，而該金屬係包含銅。

14．如申請專利範圍第 13 項之方法，其中，該有

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

機介電材料係包含無機補強物質。

1 5 . 如申請專利範圍第 1 項之方法，其更包含：
藉由撞擊移除該第一層材料。

1 6 . 如申請專利範圍第 1 項之方法，其更包含：
藉由非撞擊移除該第一層材料。

1 7 . 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該第一層材料係放置在兩層第二層材料之間，而在產生第一高斯雷射輸出之前，該方法更包含：

產生具有第二高斯能量且本質上係波長短於 400 奈米之高斯發光輪廓的第二高斯雷射輸出；

將該第二高斯雷射輸出沿著通過繞射光學元件之光學路徑傳播，以將該第二高斯雷射輸出轉換成更均勻之第二成形輸出；

將該第二均勻成形輸出之主要部分傳播通過光圈，以將該第二均勻成形輸出轉換成具有第二成像成形能量的第二成像成形輸出，該第二成像成形能量係大於該第二高斯雷射輸出之第二高斯能量的 50%；

將該第一成像成形輸出傳播通過一或多個成像透鏡元件，以提供第一成像成形雷射系統輸出；

將該第二成像成形輸出施加在工作部件上的目標位置，以移除在目標位置內的第二層材料，在光點區域內的該第二成像成形輸出係具有第二能量密度，而該第二能量密度係大於該第二切除流量臨界值以移除第二層材料。

1 8 . 如申請專利範圍第 1 7 項之方法，其中，該第

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

二能量密度係大於或約等於 10 焦耳/平方公分。

1 9 . 如申請專利範圍第 1 7 項之方法，其更包含：
一個以第二脈衝重覆頻率產生該第二高斯雷射輸出；
以及
以高於該第二脈衝重覆頻率之一個第一脈衝重覆頻率
產生該第一高斯雷射輸出。

2 0 . 如申請專利範圍第 1 7 項之方法，其更包含：
依序地導引該第二及第一成像成形雷射系統輸出至
第一目標位置以形成第一個通孔； 以及
依序地導引該第二及第一成像成形雷射系統輸出至第
二目標位置以形成第二個通孔。

2 1 . 如申請專利範圍第 1 7 項之方法，其更包含：
導引該第二成像成形雷射系統輸出至第一目標位置，
以移除該第二層材料；
導引該第二成像成形雷射系統輸出至第二目標位置，
以移除該第二層材料；
然後導引該第一成像成形雷射系統輸出至第一目標位
置，以移除該第一層材料； 及
導引該第一成像成形雷射系統輸出至第二目標位置，
以移除該第一層材料。

2 2 . 如申請專利範圍第 1 7 項之方法，其更包含：
藉由非撞擊移除該第二層材料； 以及
藉由撞擊移除該第一層材料。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

2 3 . 如申請專利範圍第 1 7 項之方法，其更包含：
藉由非撞擊移除該第二及第一層材料。

2 4 . 如申請專利範圍第 1 7 項之方法，其中，該第一及第二高斯能量係不同的。

2 5 . 如申請專利範圍第 1 7 項之方法，其中，該第二成像成形能量係大於該第一高斯能量的 65%。

2 6 . 如申請專利範圍第 2 5 項之方法，其中，該第二成像成形能量係大於該第一高斯雷射能量的 75%。

2 7 . 如申請專利範圍第 1 7 項之方法，其中，該第二成像成形能量係大於該第一高斯雷射能量的 45%。

2 8 . 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該第一層材料係放置在兩層第二層材料之間，而在產生第一高斯雷射輸出之前，該方法更包含：

產生具有第二高斯能量且本質上係波長短於 400 奈米之高斯發光輪廓的第二高斯雷射輸出；

將該第二高斯雷射輸出沿著避開該繞射光學元件以及該光圈的第二光學路徑傳播；

將該第二高斯雷射輸出施加在工作部件上的目標位置以移除在目標位置內的第二層材料，在光點區域內的該第二高斯輸出係具有第二能量密度，而該第二能量密度係大於該第二切除流量臨界值以移除第二層材料；及

由該第二光學路徑改變成該光學路徑，以提供成像成形雷射系統輸出。

2 9 . 如申請專利範圍第 2 8 項之方法，其更包含：

六、申請專利範圍

一個以第二脈衝重覆頻率產生該第二高斯雷射輸出；
以及

以高於該第二脈衝重覆頻率之一個第一脈衝重覆頻率產生該第一高斯雷射輸出。

30．如申請專利範圍第28項之方法，其更包含：
藉由非撞擊移除該第二層材料；以及
藉由撞擊移除該第一層材料。

31．一種雷射系統，其包含：

一個二極體激勵之固態雷射，其係用於產生沿著光學路徑具有高斯能量的紫外高斯雷射輸出；

一個沿著該光學路徑放置之繞射光學元件，其係用於將該高斯雷射輸出轉換成為具有強度高且均勻之中心發光輪廓以及強度低之外部發光輪廓的成形輸出；

一個沿著該光學路徑放置之光圈，其係用於修剪該成形輸出之外部發光輪廓的主要部分，並將至少50%之高斯能量通過該光圈以產生具有成像成形能量之成像成形輸出；

一個或多個成像透鏡元件，其用於轉變該成像成形輸出成為影像成形輸出；及

一個定位系統，其係用於導引該成像成形雷射系統輸出朝向在工作部件上的目標位置以形成通孔。

32．如申請專利範圍第31項之雷射系統，其更包含：

一對沿著該光學路徑放置之光束導向鏡，該繞射光學

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

元件以及該光圈係放置在該光束導向鏡之光學路徑之間，其係用於轉向該高斯雷射輸出沿著避開該繞射光學元件以及該光圈的另一條光學路徑，以使得該光束定位系統將該高斯輸出導向該工作部件。

3 3 . 如申請專利範圍第 3 1 項之雷射系統，其中，該繞射光學元件係一個第一繞射光學元件，該光圈係一個具有第一尺寸之第一光圈，而該第一繞射光學元件以及該第一光圈係配合以決定在該工作部件上之目標位置的第一光點區域之第一能量密度。

3 4 . 如申請專利範圍第 3 3 項之雷射系統，其中，該第一繞射光學元件以及該第一光圈係可移動，且可由第二繞射光學元件以及第二光圈替換之，該第二繞射光學元件以及該第二光圈係配合以決定在該工作部件上之目標位置的第二光點區域之第二能量密度。

3 5 . 如申請專利範圍第 3 3 項之雷射系統，其更包含：

一個用於容納該第一繞射光學元件以及該第一光圈的第一可移動成像光學軌道，該第一可移動成像光學軌道係可由具有第二繞射光學元件以及第二光圈的第二可移動成像光學軌道替換之，該第二繞射光學元件以及該第二光圈係配合以決定在該工作部件上之目標位置的第二光點區域之第二能量密度。

3 6 . 如申請專利範圍第 3 1 項之雷射系統，其更包含：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

一個用於容納該繞射光學元件以及該光圈的可移動成像光學軌道，該成像光學軌道之移動可使得高斯雷射輸出照射在該工作部件上之目標位置。

37．如申請專利範圍第31項之雷射系統，其中，該成像成形能量係大於該高斯能量的65%。

38．如申請專利範圍第37項之雷射系統，其中，該成像成形能量係大於該高斯雷射能量的75%。

39．如申請專利範圍第31項之雷射系統，其中，該通孔係具有最小直徑 $d_{\min}$ 、最大直徑 $d_{\max}$ 及大於 0.9 之圓形程度，其中，該圓形程度等於 $d_{\min}/d_{\max}$ 。

40．如申請專利範圍第31項之雷射系統，其中，該通孔係具有底部直徑 d_b 、頂部直徑 d_t 及大於 0.5 之錐形比值，其中，該錐形比值等於 d_b/d_t 。

41．如申請專利範圍第31項之雷射系統，其中，該第一能量密度係小於或約等於 2 焦耳/平方公分。

42．如申請專利範圍第31項之雷射系統，其中，該波長係約 355 奈米或 266 奈米。

43．如申請專利範圍第31項之雷射系統，其中，該通孔係包含第一及第二層材料，且該第一層材料係包含一介電材料，而該第二層材料係包含一金屬。

44．如申請專利範圍第43項之雷射系統，其中，該介電材料係包含一有機介電材料，而該金屬係包含銅。

45．如申請專利範圍第31項之雷射系統，其進一步包含一個可變光束擴展器，其位於在該通孔及該工件之間之

六、申請專利範圍

該光學路徑。

4 6 . 如申請專利範圍第 3 1 項之雷射系統，其進一步包含快速可變控制電子裝置，用於快速改變一個 Q 開關之控制，以達成於該高斯雷射輸出中之一個快速重複速率改變，以改變其成爲一個具有一第二脈衝能量之第二高斯雷射輸出。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

圖 1

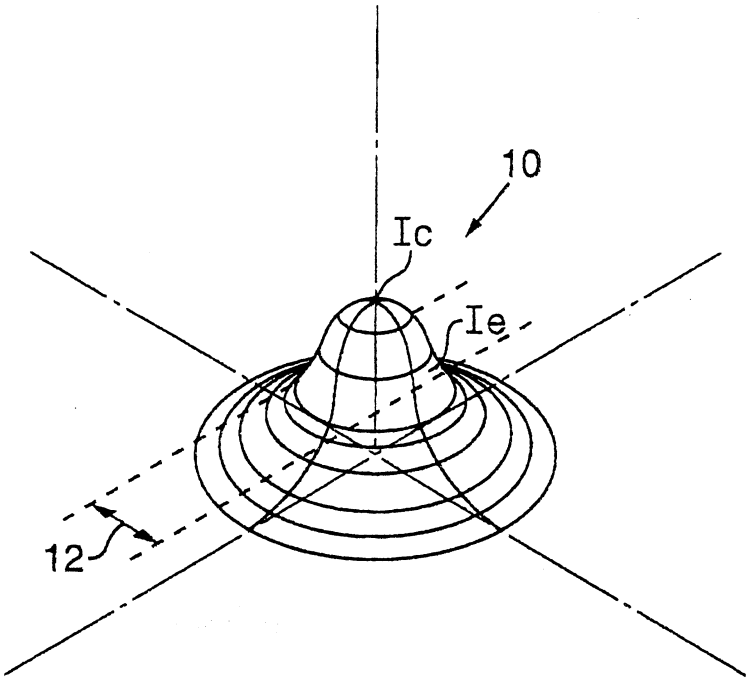


圖 3

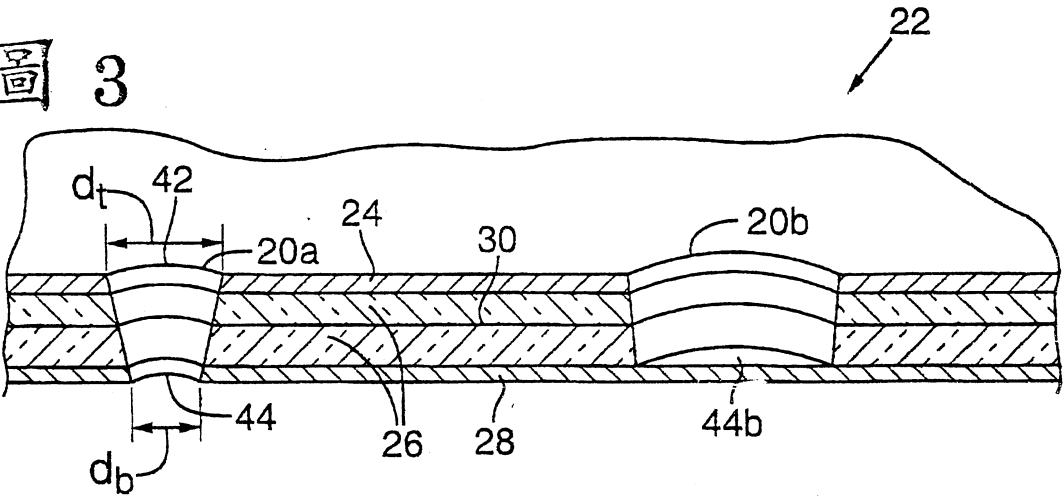
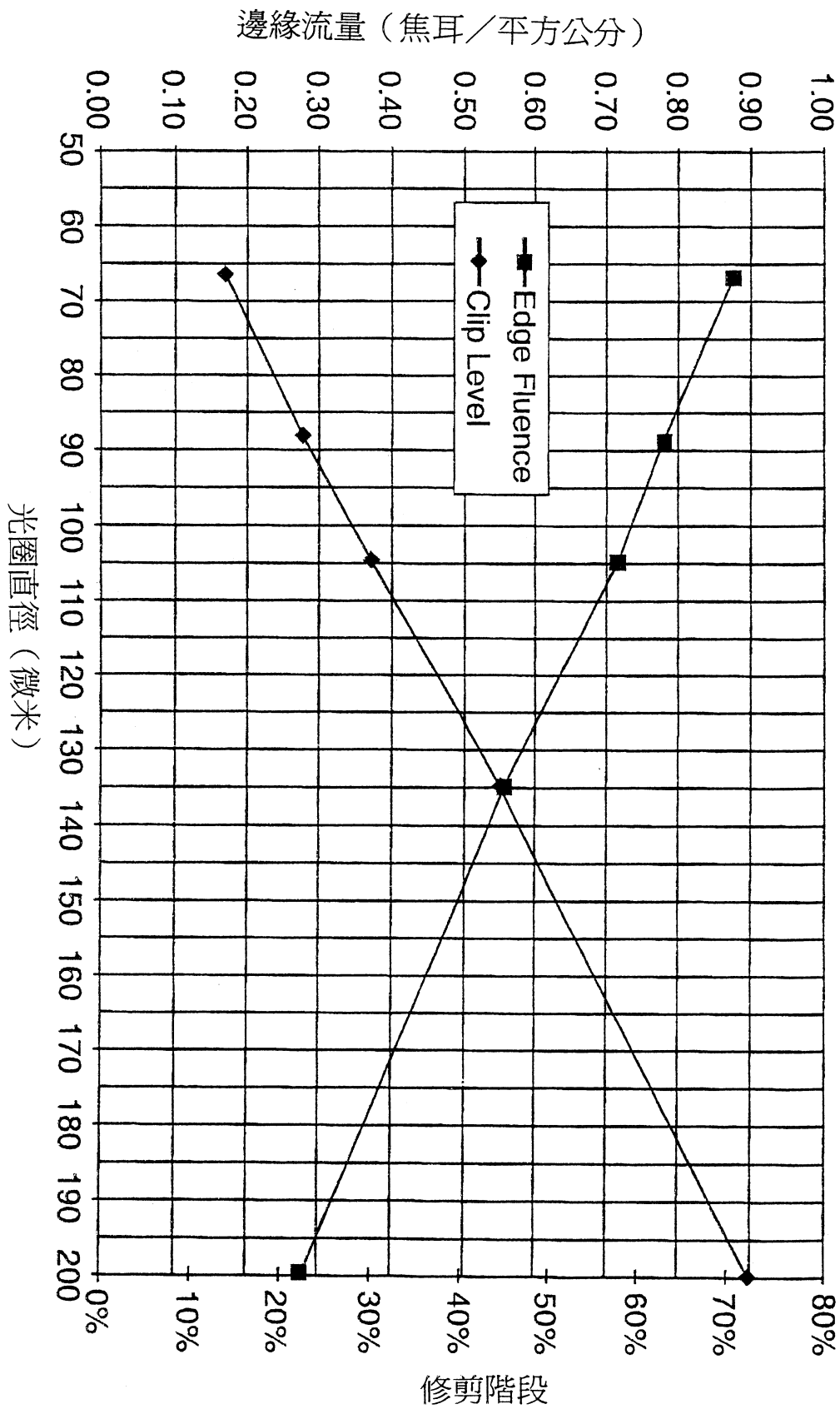
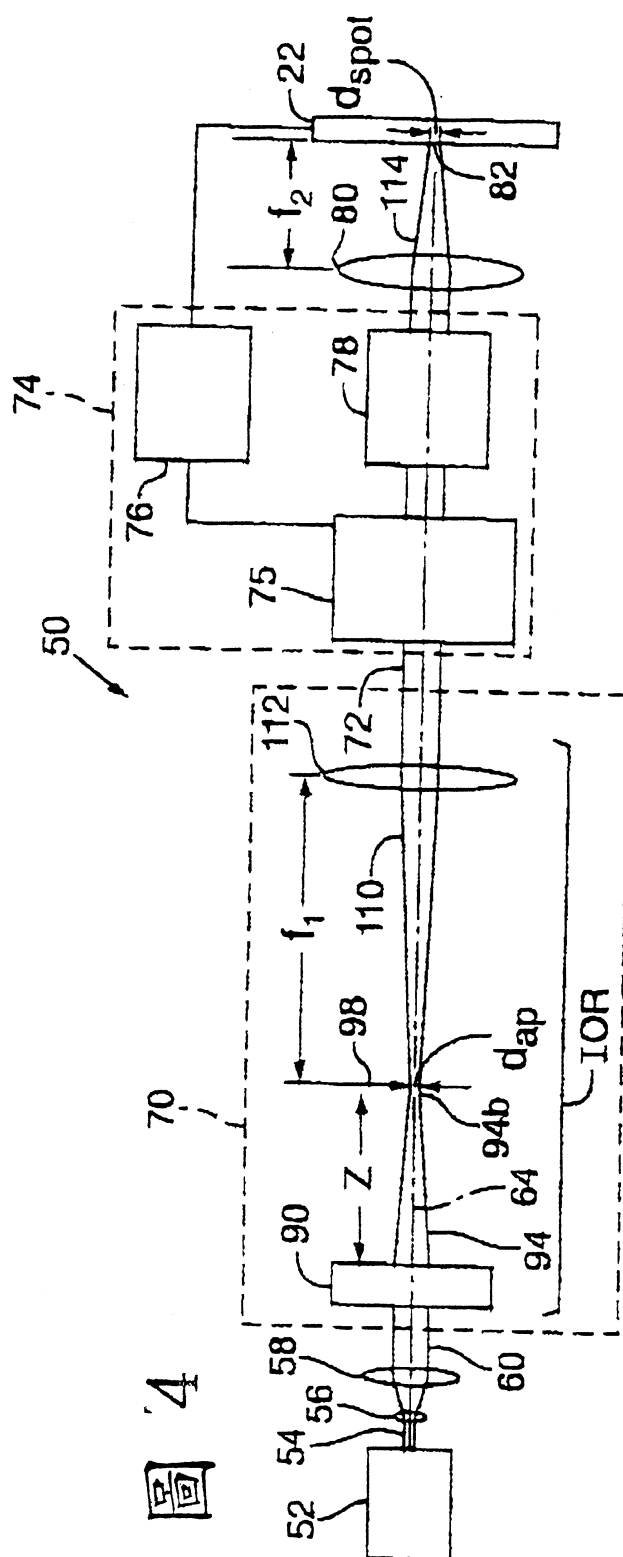


圖 2

邊緣流量對光圈直徑





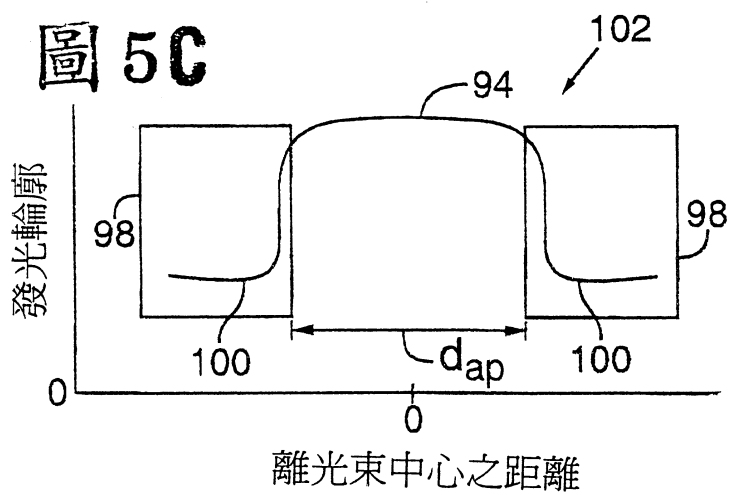
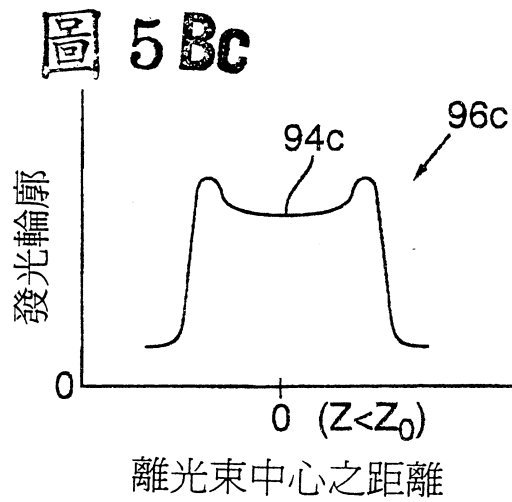
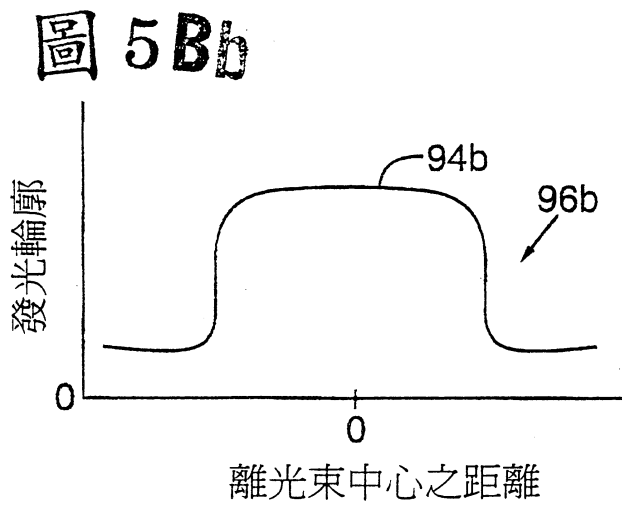
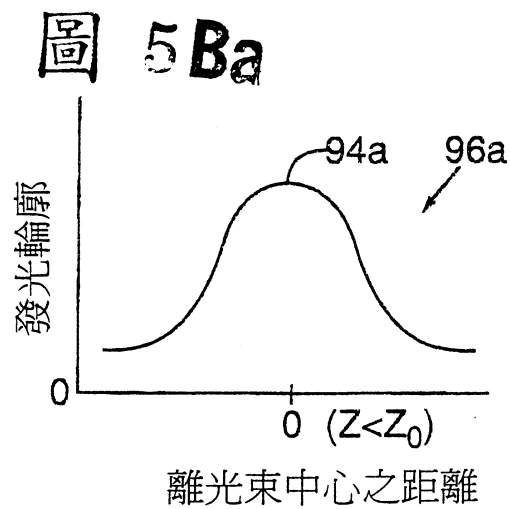
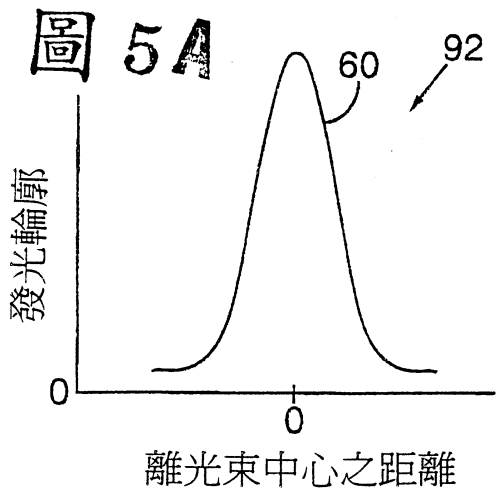


圖 6A

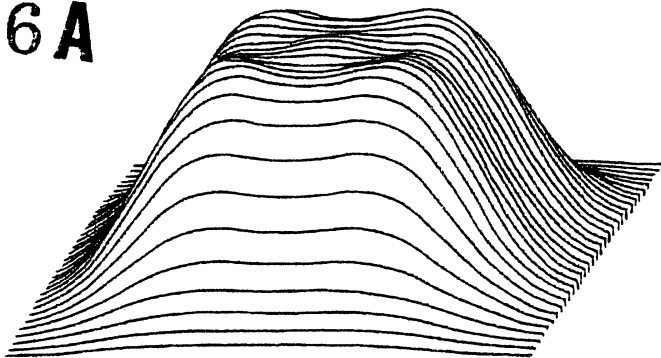


圖 6B

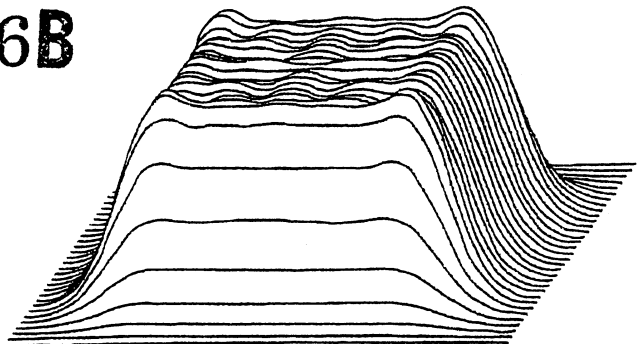


圖 6C

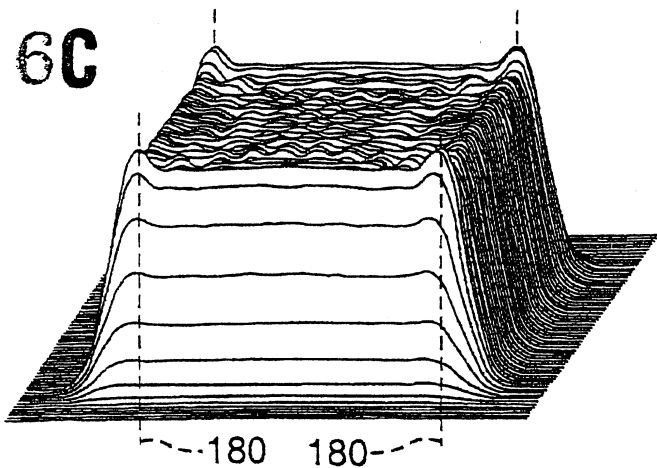


圖 6D

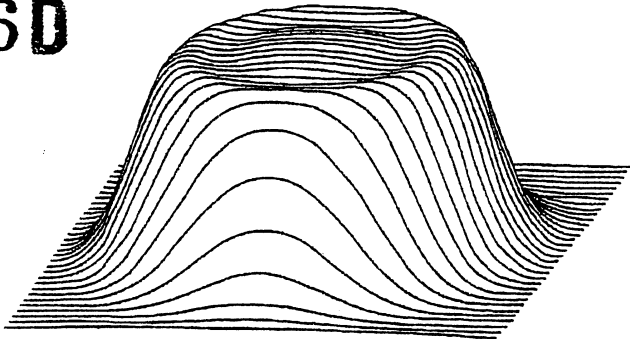


圖 7A

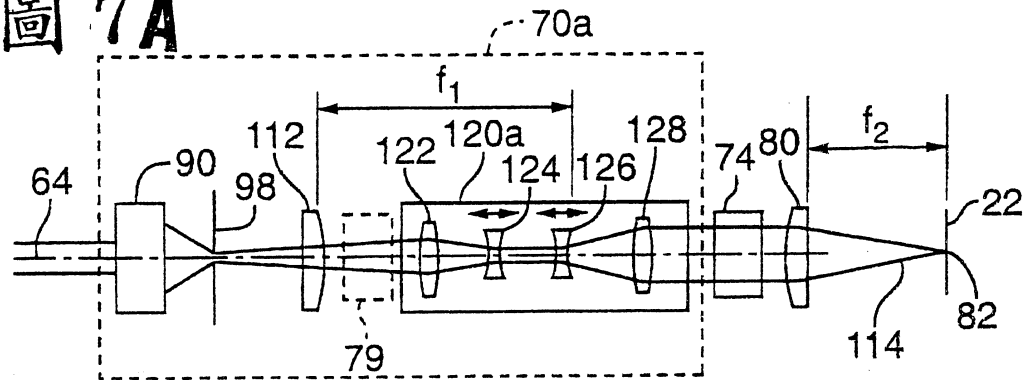


圖 7B

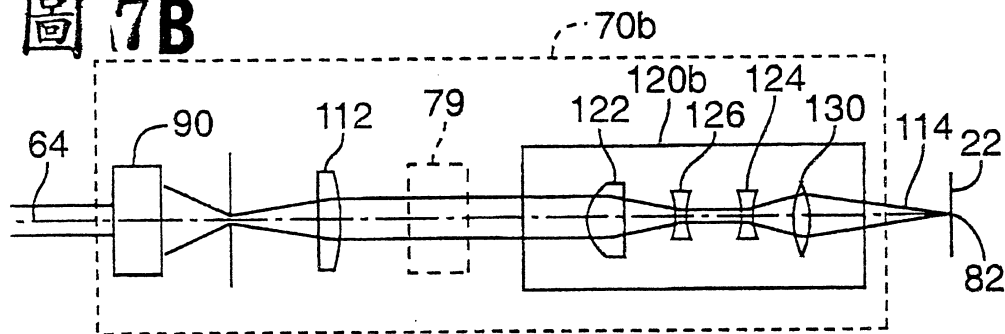


圖 7C

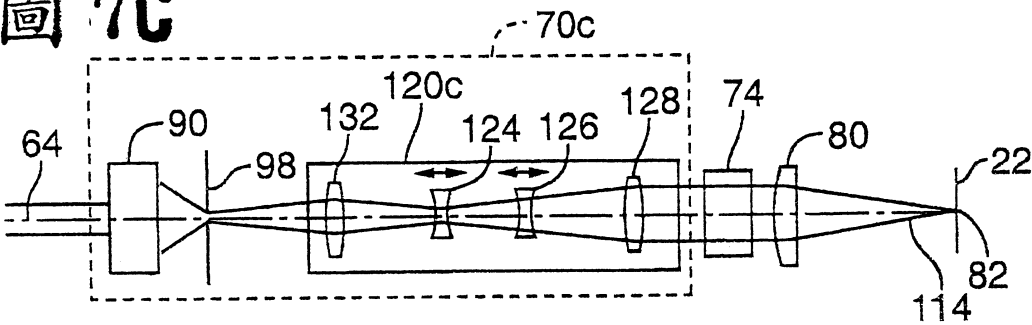
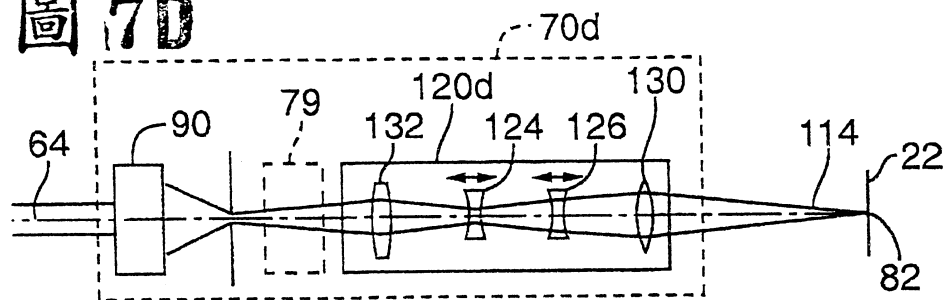


圖 7D



Page 11 of 20

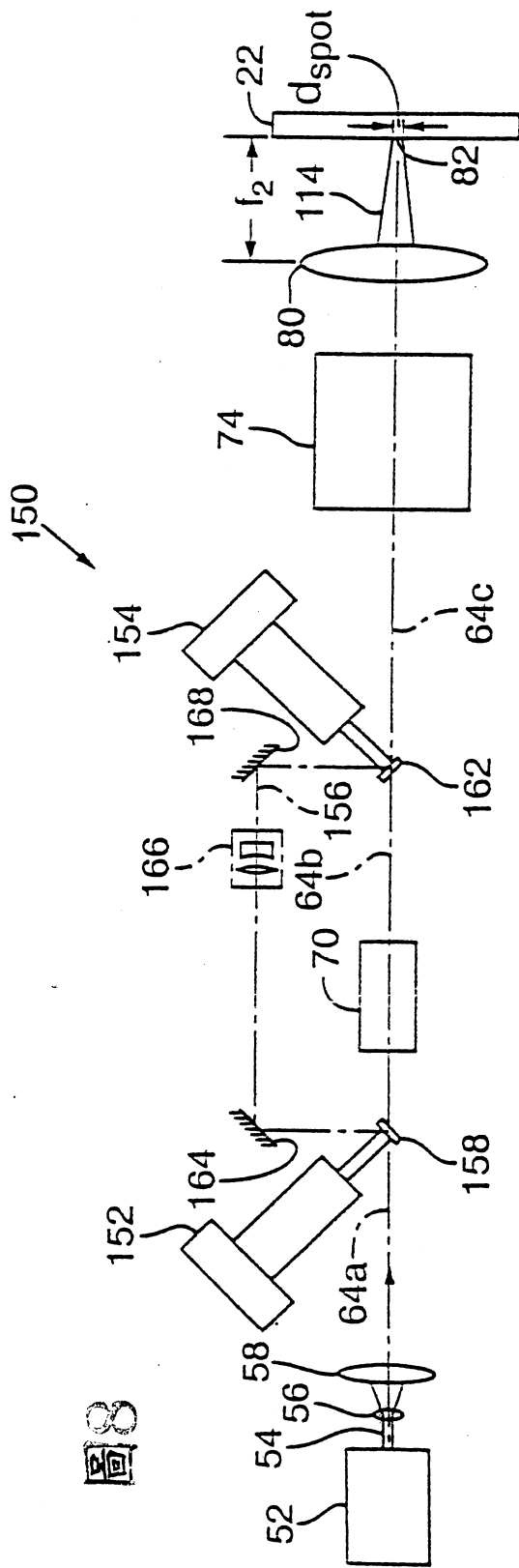


圖 8

圖 9

雷射：1.72 瓦@15 仟赫茲

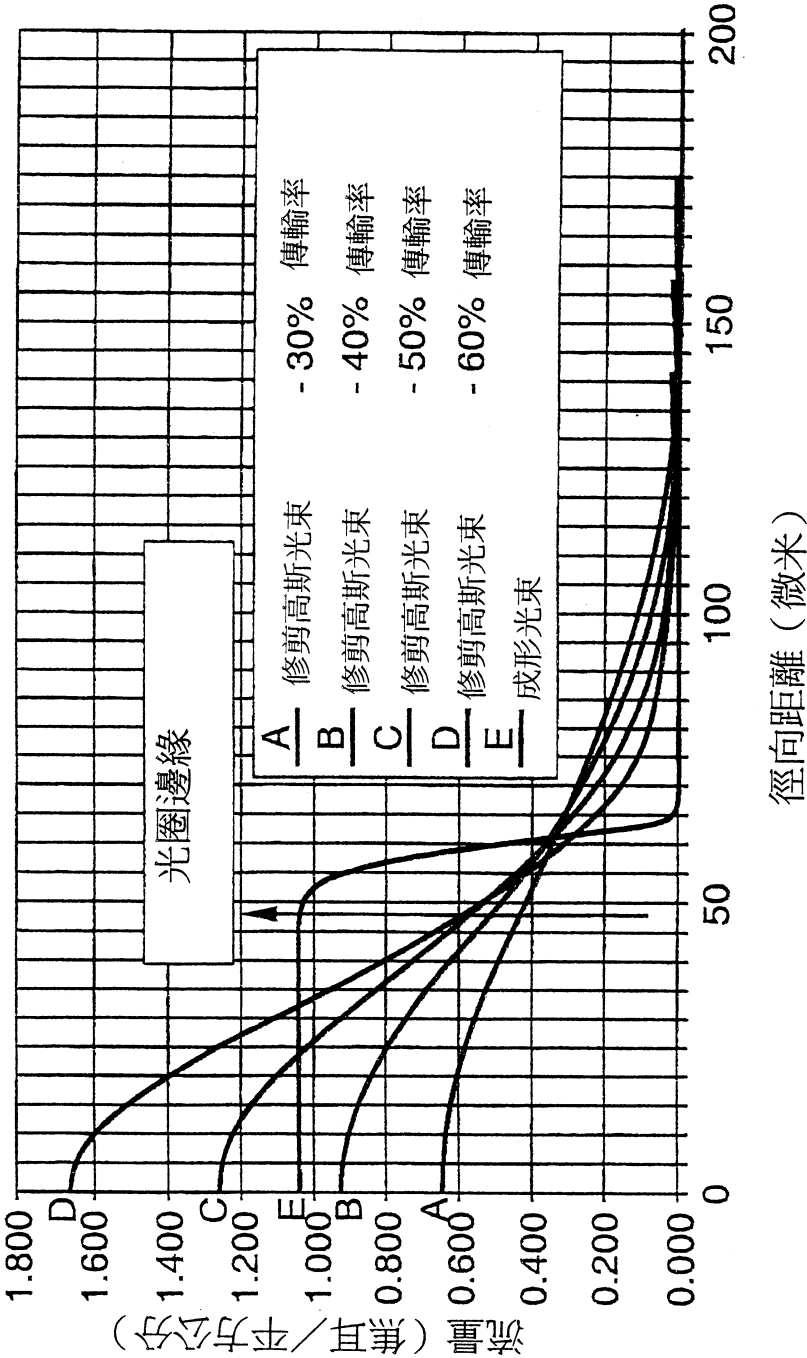


圖 10

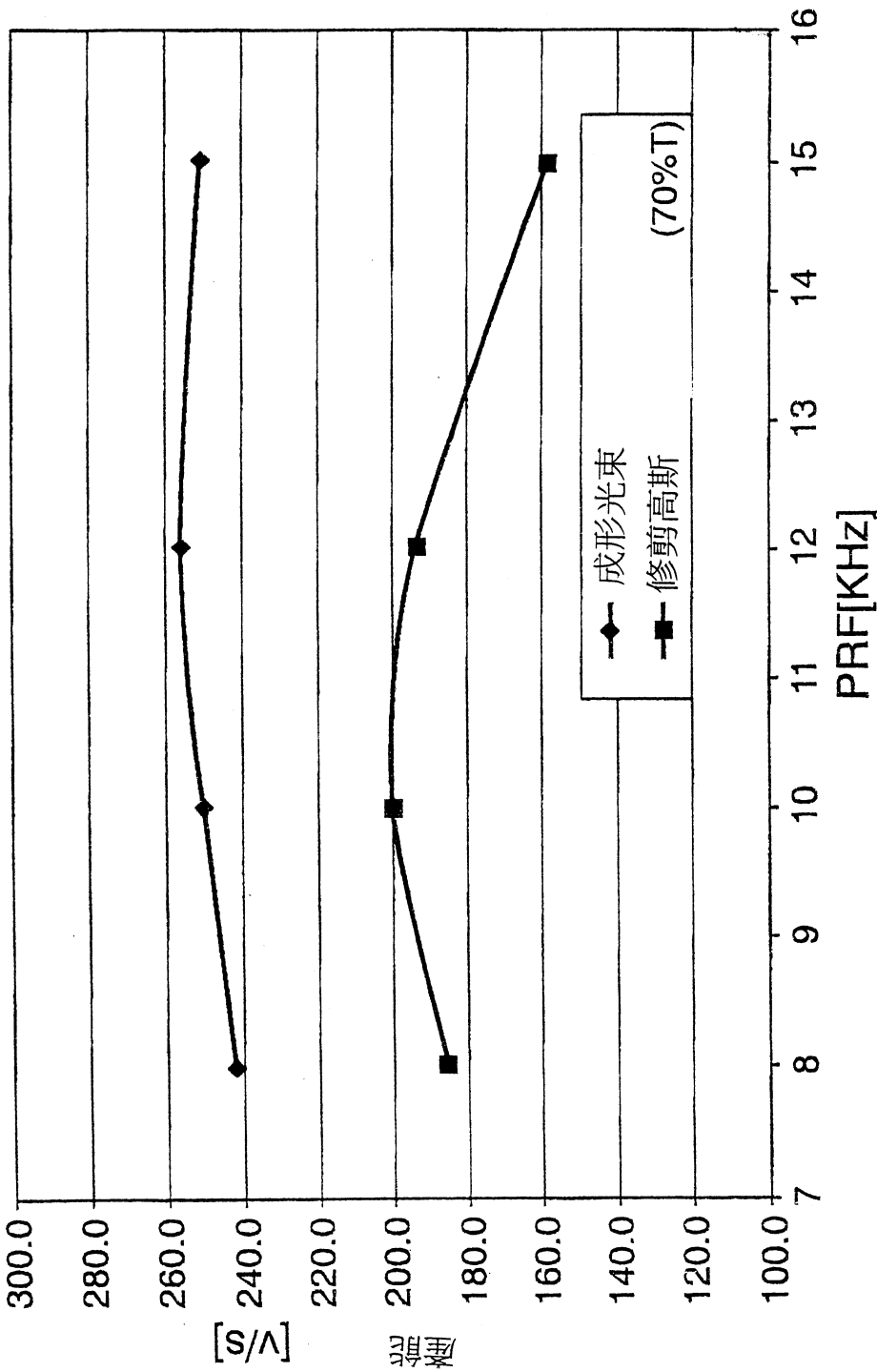
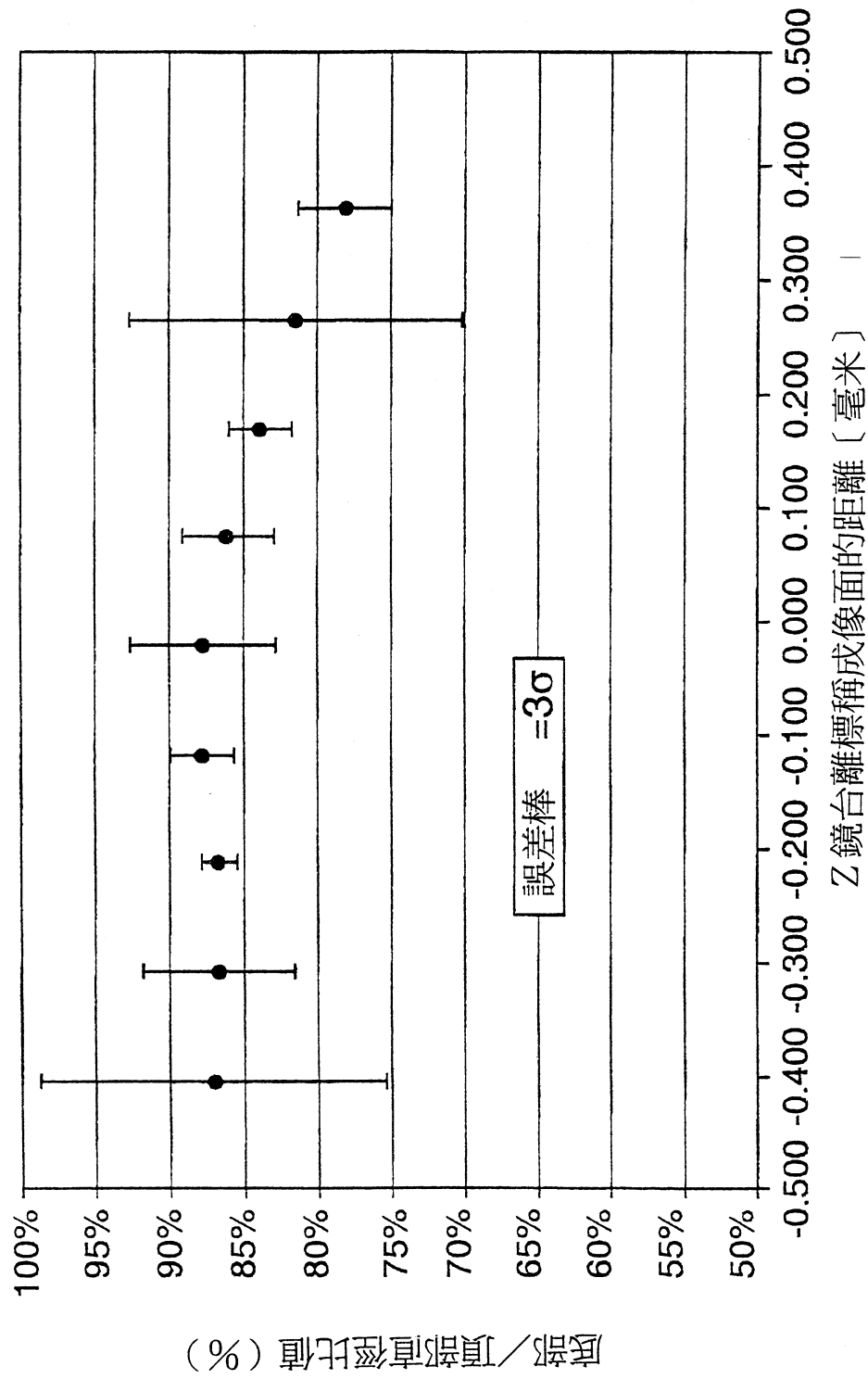


圖 11



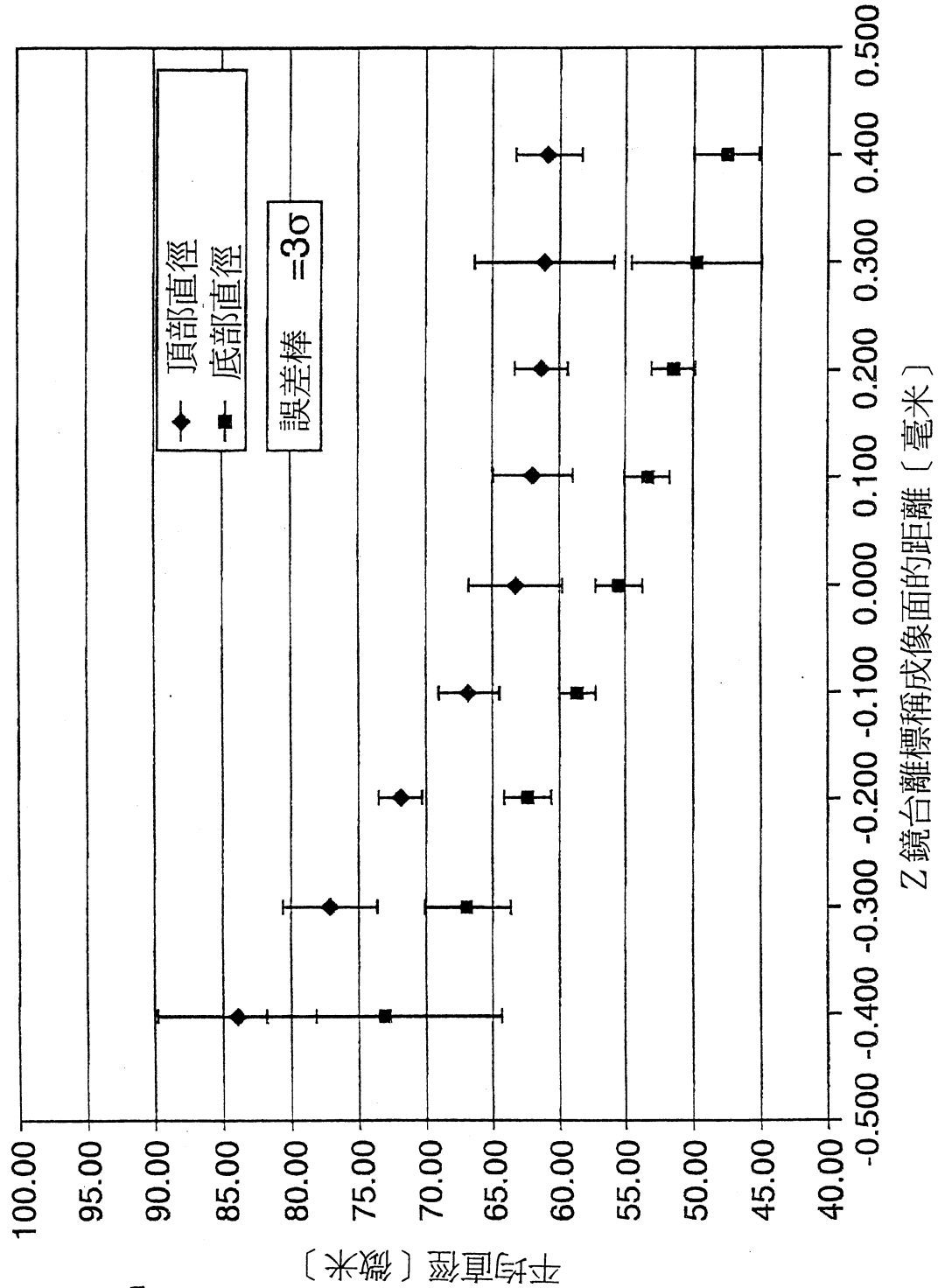


圖 12

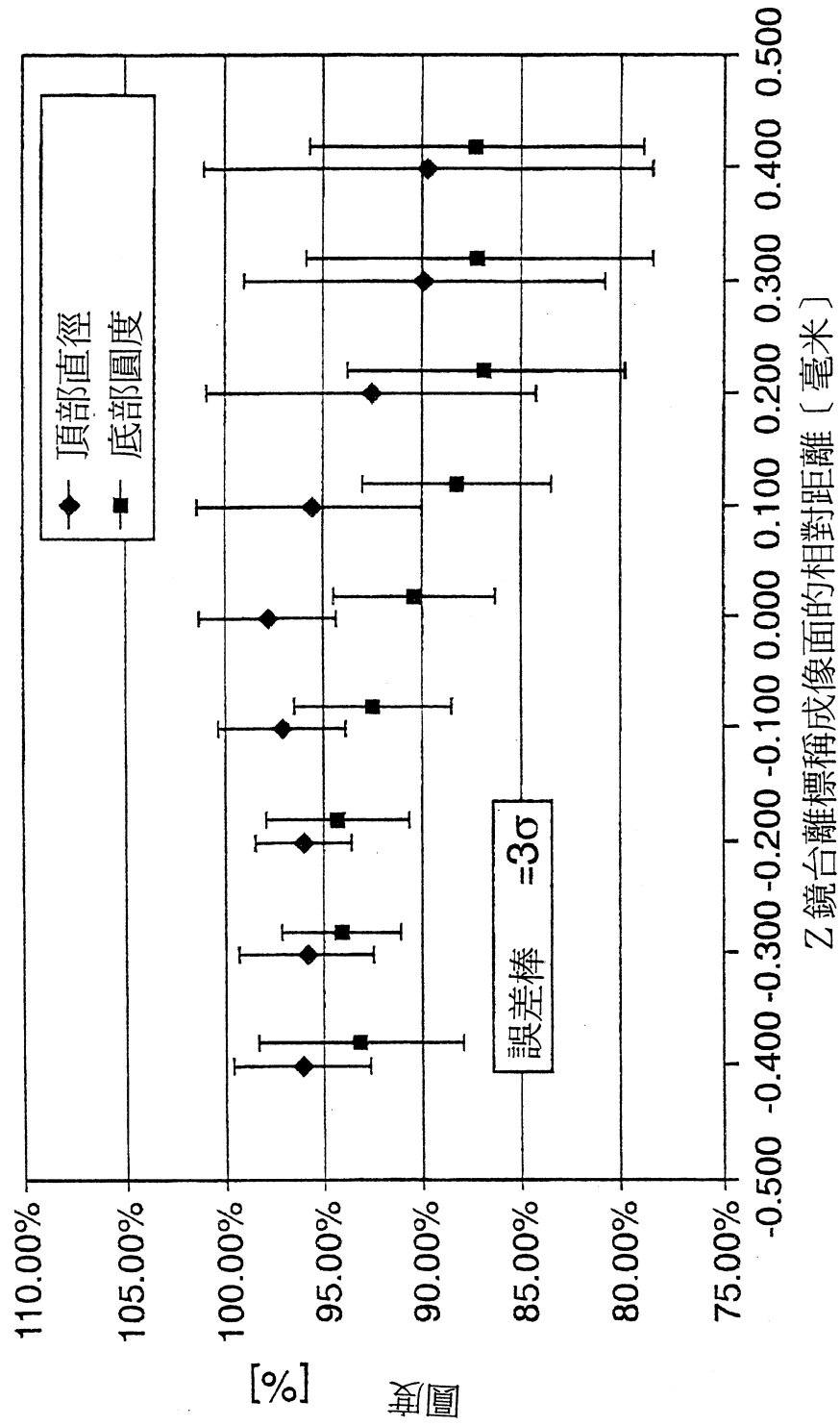
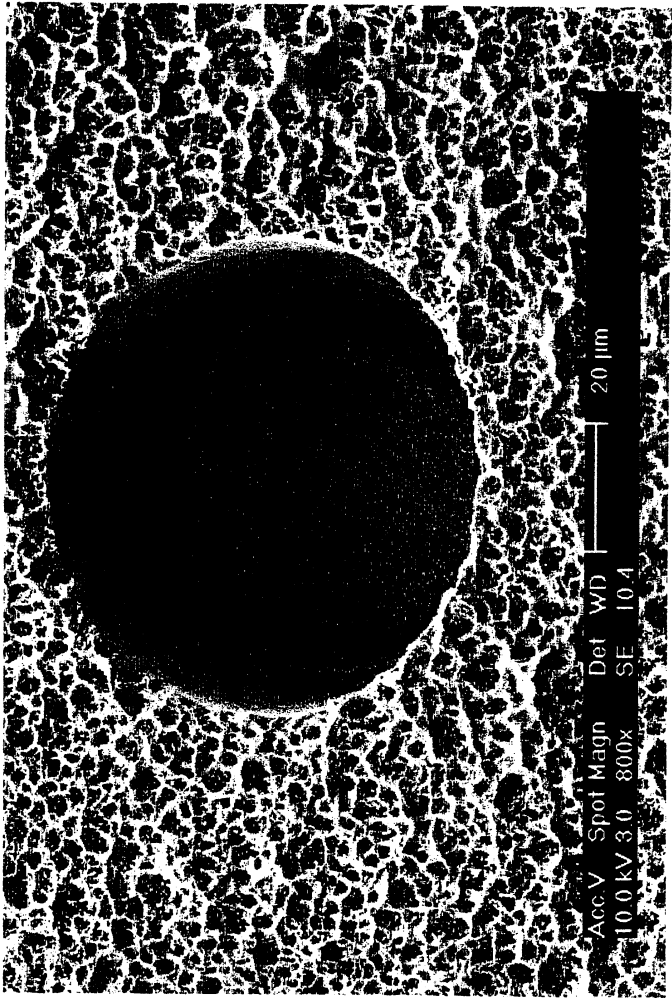


圖 13

圖度

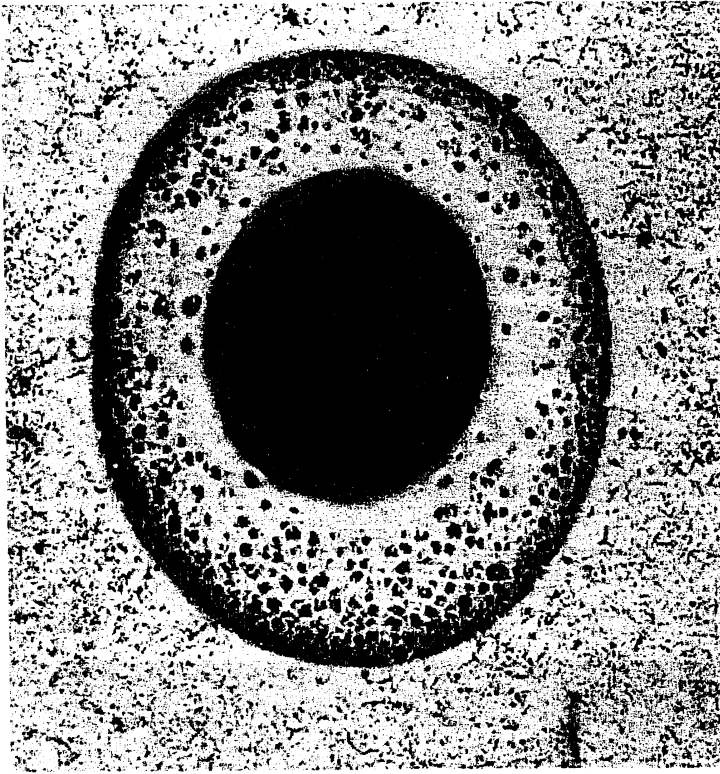
[%]

圖 14



在 45 微米之環氧基樹脂的 75 微米通孔

圖 15



150 微米預先蝕刻之銅層開口內的 75 微米通孔