



(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 I696052 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 06 月 11 日

(21)申請案號：104127980

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 08 月 26 日

(51)Int. Cl. : **G03H1/12 (2006.01)****G03H1/02 (2006.01)**

(30)優先權：2014/08/26 英國

1415083.3

(71)申請人：英商萬佳雷射有限公司 (英國) M-SOLV LIMITED (GB)

英國

(72)發明人：曼尼 大衛 查爾斯 MILNE, DAVID CHARLES (GB)；隆斯畢 菲利普 湯瑪士 RUMSBY, PHILIP THOMAS (GB)；邁爾斯 大衛 湯瑪斯 艾德蒙 MYLES, DAVID THOMAS EDMUND (GB)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201430505A

TW 201430935A

US 2006/0169677A1

US 2008/0218817A1

US 2011/0240611A1

WO 2008/030248A2

WO 2013/108031A2

審查人員：吳彥華

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：11 共 29 頁

(54)名稱

於基材上實施雷射消融的裝置及方法

(57)摘要

本發明揭示實施雷射消融之裝置及方法。在一實例配置中，使用空間光調變器調節來自固態雷射之脈衝雷射束。使用兩階段縮小過程以允許在空間光調變器處保持相對低的輻射強度，同時允許存取中間成像平面中之反饋感測器。

Apparatus and methods are disclosed for performing laser ablation. In an example arrangement a spatial light modulator is used to modulate a pulsed laser beam from a solid state laser. A two-stage de-magnification process is used to allow radiation intensity to be kept relatively low at the spatial light modulator while allowing access to feedback sensors in an intermediate imaging plane.

指定代表圖：

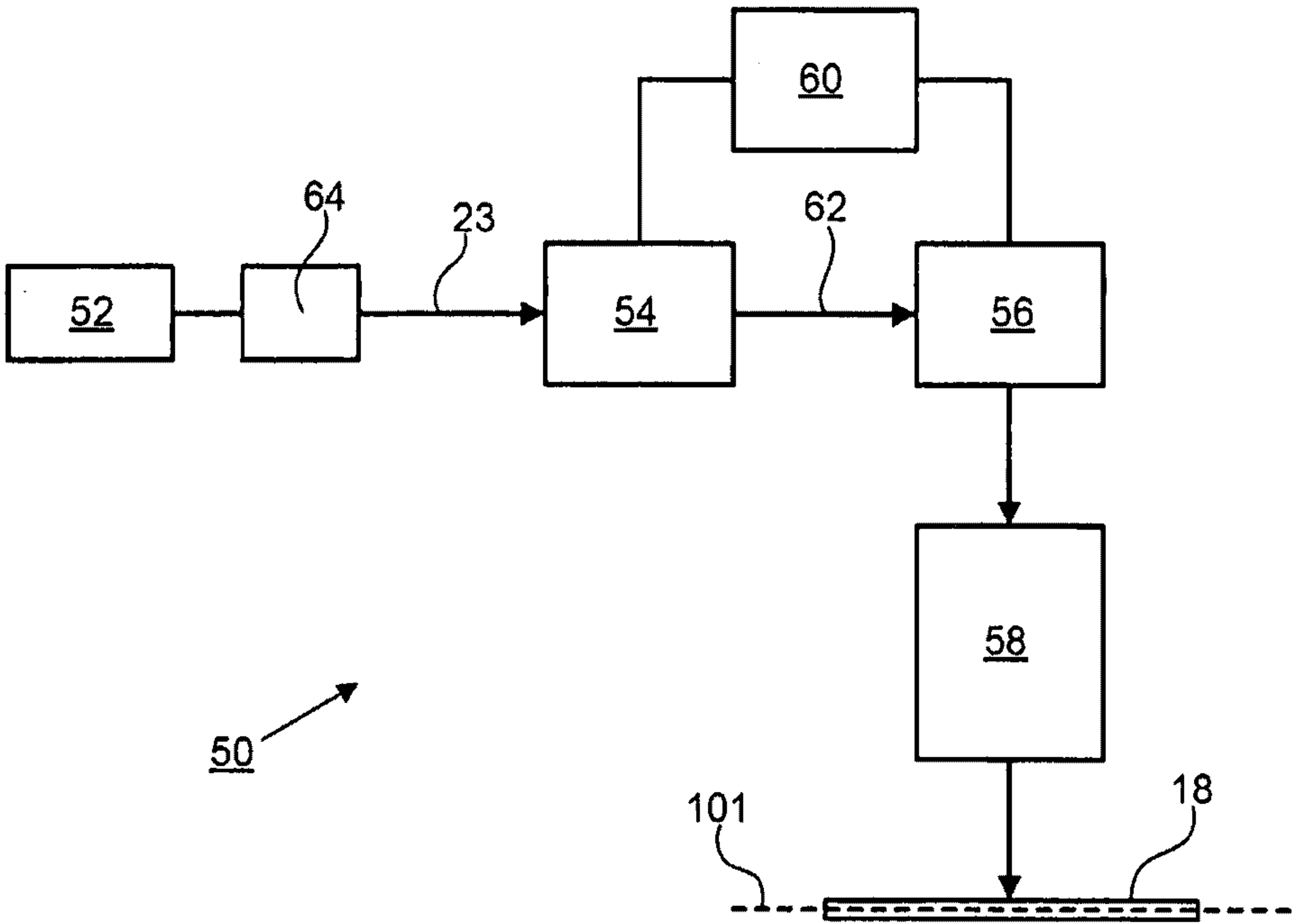


圖9

符號簡單說明：

- 18 . . . 基材
- 23 . . . 光束
- 50 . . . 裝置
- 52 . . . 固態雷射
- 54 . . . 空間光調變器
- 56 . . . 掃描系統
- 58 . . . 第一投影系統
- 60 . . . 控制器
- 62 . . . 第二投影系統
- 64 . . . 感測器
- 101 . . . 第一成像平面

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

【發明名稱】

於基材上實施雷射消融的裝置及方法

APPARATUS AND METHODS FOR PERFORMING LASER
ABLATION ON A SUBSTRATE

【中文】

本發明揭示實施雷射消融之裝置及方法。在一實例配置中，使用空間光調變器調節來自固態雷射之脈衝雷射束。使用兩階段縮小過程以允許在空間光調變器處保持相對低的輻射強度，同時允許存取中間成像平面中之反饋感測器。

【英文】

Apparatus and methods are disclosed for performing laser ablation. In an example arrangement a spatial light modulator is used to modulate a pulsed laser beam from a solid state laser. A two-stage de-magnification process is used to allow radiation intensity to be kept relatively low at the spatial light modulator while allowing access to feedback sensors in an intermediate imaging plane.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（9）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

18	基材
23	光束
50	裝置
52	固態雷射
54	空間光調變器
56	掃描系統
58	第一投影系統
60	控制器
62	第二投影系統
64	感測器
101	第一成像平面

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

於基材上實施雷射消融的裝置及方法

APPARATUS AND METHODS FOR PERFORMING LASER
ABLATION ON A SUBSTRATE

本發明係關於使用固態雷射及可程式化空間光調變器於基材上實施雷射消融。

雷射廣泛用於製造高級印刷電路板(PCB)。尤其眾所周知之實例為在多層PCB中之盲接觸孔(所謂的微通孔)的鑽取。在此情況下，通常使用紫外線(UV)固態雷射經由頂部銅層及下伏介電層鑽孔以允許接觸下部銅層。在某些情況下，藉由使用兩種不同雷射方法移除兩種不同材料而改進此過程的成本效益。通常使用UV二極體泵浦固態(DPSS)雷射在頂部銅層中鑽孔以曝露下部介電層，且在獨立過程中使用CO₂雷射移除曝露於每一孔下之介電材料。

最近已提出一種新型高密度多層電路板製造技術。US2005/0041398A1及出版物「Unveiling the next generation in substrate technology」，Huemoeller等人，2006 Pacific Micro-electronics Symposium描述「雷射嵌入電路技術」之概念。在此新技術中，使用雷射直接消融精細凹槽、較大區域襯墊以及有機介電質基材中之接觸孔。凹槽連接至襯墊及接觸孔，使得在雷射建構及隨後的金屬電鍍之後，由精細導體之複雜圖案及嵌入於介電層之頂表面的襯墊組成的第一層與由連接至下部金屬層的更深接觸孔組成的第二層一起形成。關於此新技術之發展的更多資訊呈現於2011年11月9日至11日在臺灣舉

辦的第12屆世界電子電路大會(Electronic Circuit World Convention)上的論文EU165 (David Baron)及TW086-2 (Yuel-Ling Lee & Barbara Wood)中。

迄今為止，已將脈衝UV雷射用於該等方法中以使用直寫或遮罩成像方法在單一過程中形成凹槽、襯墊及接觸孔。

直寫方法通常使用光束掃描儀跨基材表面移動來自雷射之聚焦光束以對凹槽劃線以及形成襯墊及接觸孔結構。此直寫方法使用來自UV二極體泵浦固態(DPSS)雷射且具有高光束品質之高度可聚焦光束，且因此非常適合精細凹槽劃線過程。其亦能夠很好處理與襯墊及接觸孔結構相關之不同層深度需求。藉由此方法，可容易地形成具有不同深度之凹槽、襯墊及接觸孔。然而，因為UV DPSS雷射之低脈衝能量要求極小聚焦光點以能實現消融(其便於產生窄軌道及孔洞)，因此其並非用於自較大區域特徵及接地平面移除材料的高效方法。此直寫方法亦難以在凹槽與襯墊之間的相交處保持恆定深度。對適於基於嵌入導體產生PCB的直寫雷射設備之描述呈現於2011年11月9日至11日在臺灣舉辦的第12屆世界電子電路大會上的論文TW086-9 (Weiming Cheng & Mark Unrath)中。

遮罩成像方法通常使用UV準分子雷射照射包含電路設計之一層或一個位準的全部細節的遮罩。在基材上縮小遮罩之影像，使得該層上之電路的全部區域再現於具有足以消融介電材料之雷射脈衝能量位準的基材上。在待形成之電路係大型的某些情況下，使用遮罩及基材之相對同步移動以傳遞全部圖案。用於覆蓋大基材區域之準分子雷射遮罩投影及相關策略已被知悉多年。Proc SPIE 1997, 第3223卷, 第26頁(Harvey & Rumsby)給出對此方法之描述。

因為遮罩之整個區域在影像傳遞過程期間得到照射，因此此方法對待形成之個別結構的全部區域不敏感，且因此非常適合於產生精

細凹槽、較大區域襯墊及接地平面。其亦在凹槽與襯墊之間的相交處很好地保持深度恆定性。然而，除電路系統為極其密集的狀況外，此遮罩成像方法比直寫方法明顯更昂貴，因為準分子雷射之購買及操作成本都非常高。遮罩成像亦非常不可改變，因為需要將新遮罩用於電路之每一層。

後一侷限性係在公開案US2008/0145567 A1中所描述的配置中解決。在此情況下，使用準分子雷射掃描遮罩投影系統以形成由處於絕緣層之相同深度的凹槽及襯墊組成的層，且在獨立過程中使用藉由獨立光束傳遞系統傳遞之第二雷射形成穿透下伏金屬層的更深接觸孔。此兩步驟過程為處理不同深度結構需求的方法。然而，其又具有與準分子雷射之使用相關的高成本。

WO 2014/0688274 A1揭示一種替代性方法，其中藉由固態雷射形成之光點為跨遮罩掃描之光柵。藉由固態雷射照射之遮罩圖案之影像隨後投影於基材上，且藉由消融形成對應於遮罩圖案之結構。此方法避免對昂貴準分子雷射之需求但又經受與光罩之使用相關的不可改變性。待形成之結構的每一層需要不同遮罩或遮罩上之不同區域。若需要對所形成之結構的修改，則可需要全新遮罩。若在所形成之結構中偵測到可歸因於遮罩圖案的誤差，則可需要新遮罩。

本發明之一個目標為使用上述先前技術至少部分地解決問題中之一或多者。特定言之，本發明之一個目標為提供用於實施雷射消融之裝置及方法，其允許高產出量、低成本、高不可變性及/或高位準之控制及/或安全性。

根據本發明之一態樣，提供一種於基材上實施雷射消融之裝置，其包含：固態雷射，其經組態以提供脈衝雷射束；可程式化空間光調變器，其經組態以使用藉由輸入至調變器之控制信號界定的圖案調節脈衝雷射束；掃描系統，其經組態以在第一成像平面中之複數個

可能位置中之一者處選擇性地形成圖案之影像；及控制器，其經組態以控制掃描系統及空間光調變器從而在第一成像平面中不同位置依序形成圖案之複數個影像。

固態雷射而非準分子雷射之使用顯著降低業主之成本。另外，準分子雷射將通常必須在其最大電力以下運行以免損壞空間光調變器，藉此減小效率。

空間光調變器之使用允許基材上之消融圖案動態地改變，藉此增加可變性及控制。

使用空間光調變之高分辨率先前技術系統傾向於使用固定光學器件(亦即不具有掃描能力)將藉由空間光調變器界定之圖案投影至用於圖案之靶向物(例如基材)上。固定光學器件可縮小圖案以使得形成於基材上之圖案為界定於空間光調變器上之圖案的較小形式。該縮小有助於使用足夠低脈衝能量密度照射空間光調變器以免對其造成損壞，同時在基材處提供足夠高能量密度以消融基材之表面。縮小率亦有助於在基材上形成精細特徵。若藉由空間光調變器界定之圖案需要形成於基材上之不同位置處，則可相對於空間光調變器掃描基材。固定光學器件之使用簡化對光學器件之設計需求且有助於形成具有高精確性之圖案。然而，在雷射消融之情況下，期望能夠高速地照射基材之較大區域。用於達成此目的的一個方法可為提供具有非常多之單獨可定址元件(例如大量微鏡)的空間光調變器。以此方式，對於基材之每一位置，相比於使用具有少量元件之空間光調變器可能達成的，圖案之更大部分可投影至基材上。然而，提供擁有更多元件之空間光調變器可能更昂貴。空間光調變器可能需要變得更大，其可使得空間光調變器更難以精確地((例如均一地)照射。將藉由該空間光調變器界定之圖案精確地照射至基材上變得更加困難。

替代性方法為更快速地掃描基材。然而，此需要複雜電動機及

基材台佈置以便提供所需加速度及位置精確性。

例如，DPSS雷射在其參數設置中係廣泛可調的。此使得其可能以高頻率遞送相對低脈衝能量，同時保持全功率。以高頻率利用雷射之全功率將通常要求基材與光束之間約為若干公尺每秒的相對速度。僅使用基材掃描難以達成該等相對速度。

根據本實施例提供之解決方案將掃描來自空間光調變器之影像而非掃描基材(或除掃描基材之外還掃描來自空間光調變器之影像)。以此方式，可跨基材上寬廣區域快速形成複雜圖案而不需要具有大量元件的空間光調變器(儘管還可使用此等)或用於快速掃描基材之複雜機構(儘管還可使用此等)。空間光調變器之影像的掃描需要比通常用於固定(非掃描)光學系統的情形更複雜的光學器件，但本發明人已認識到在空間光調變器及/或基材掃描系統(若存在)中之增加之產出量及/或減少之成本及複雜度方面的獲益勝過與實施更複雜光學器件相關的任何挑戰。在如上文所述之實例中，提出DPSS雷射之使用，其將要求以約為若干公尺/秒之速度移動基材。儘管產生處於此等速度之基材的移動可為不切實際的，但基於使用光束掃描儀掃描雷射束而產生等效的掃描速度係很好地處於當前可利用之雷射束掃描儀之操作範圍內。

在一實施例中，基材定位於第一成像平面中。將基材定位於第一成像平面中簡化了裝置的總體光學需求。

在一實施例中，裝置進一步包括投影系統，其經組態以在基材上之不同位置處形成圖案之複數個影像，且投影系統之最終元件經組態以在形成處於第一成像平面中不同位置之圖案的複數個影像時相對於空間光調變器保持靜止。因此，投影系統之最終元件並非直接涉及任何掃描過程。具有投影系統之靜止最終元件(或完全靜止的投影系統)有助於配置用於移除因消熔過程產生之碎屑的裝置(例如抽吸設

備)。

在一替代實施例中，基材設置於第二成像平面中，且裝置進一步包含投影系統，該投影系統將第一成像平面中之影像的縮小版本投影至第二成像平面中之基材上。

因此，空間光調變器之影像形成於成像平面(在此處被稱作第一成像平面)中，該成像平面處於基材與空間光調變器之間的中間位置。此配置使得有可能藉由感測器或其他器件以某種方式存取第一成像平面，若第一成像平面並不設置於中間位置處，則該方式不可行。例如，當基材設置於第一成像平面時，基材之存在抑制感測器或其他器件之存取。允許藉由感測器或其他器件存取由空間光調變器形成之影像使得有可能量測影像之特性。舉例而言，可量測關於影像之品質的參數。可使用該等量測(例如)在反饋配置中控制掃描系統及/或空間光調變器之操作。

在影像已被掃描及/或縮小之後量測(第一成像平面中)影像之特性使得有可能檢測由掃描及/或縮小過程所引入的誤差。在使用並不具有可存取中間成像平面的空間光調變器的系統中，僅可在空間光調變器之輸出處及/或在基材自身處檢查影像。

在此類型之一實施例中，投影系統之最終元件亦可經組態以在形成處於第一成像平面中不同位置之圖案的複數個影像時相對於空間光調變器保持靜止。因此，投影系統之最終元件並非直接包含於任何掃描過程中。如上文所論述，具有投影系統之靜止最終元件(或完全靜止的投影系統)有助於配置用於移除因消融過程產生之碎屑的裝置。

在一實施例中，掃描系統經組態以使得形成於第一成像平面中之圖案的影像相對於空間光調變器處之圖案縮小。空間光調變器處之圖案的縮小減小了空間光調變器處允許消融實施於基材處所需的強

度。對於許多類型之空間光調變器，存在輻射強度之限制，其可藉由空間光調變器處理而不存在損壞或縮短壽命之風險。縮小空間光調變器與第一成像平面之間的圖案有助於在基材上形成更精細結構。

在一實施例中，空間光調變器與第一成像平面之間的圖案的縮小係實施於一實施例之情況下，其中基材設置於第二成像平面中，且裝置進一步包含投影系統，該投影系統將第一成像平面中之影像的縮小版本投影至第二成像平面中之基材上。因此，使用兩階段縮小過程。使用兩階段縮小進一步有助於藉由減小任何一個階段之縮小需求而提供空間光調變器與基材之間的所需總體縮小，以及有助於提供增強之可變性。可根據需求藉由替換或修改兩階段中之一者而非兩階段中之另一者而調節總體縮小。

根據一替代性態樣，提供一種於基材上實施雷射消融之方法，其包含：使用固態雷射提供脈衝雷射束；向可程式化空間光調變器輸入控制信號以使用圖案調節脈衝雷射束；及依序在第一成像平面中形成藉由空間光調變器界定之圖案的複數個影像，該複數個影像係形成於第一成像平面中之不同位置處。

如在上文所述之實施例中，基材可定位於第一成像平面中。如在上文所述之實施例中，基材可替代地設置於第二成像平面中，且該方法可進一步包含將第一成像平面中之影像的縮小版本投影至第二成像平面中的基材上。

【圖式簡單說明】

現將僅藉由實例、參考隨附圖式來進一步描述本發明，在隨附圖式中：

圖1為典型HDI印刷電路板之透視圖，其展示需要在其中形成之結構的類型；

圖2為類似於圖1的透視圖，其中印刷電路板包含上部及下部介

電層；

圖3為另一典型印刷電路板之剖視圖，該印刷電路板在其上形成有薄保護或犧牲層；

圖4為已知用於在介電層中形成嵌入結構之裝置之示意圖；

圖5為另一已知用於在介電層中形成嵌入結構之裝置之示意圖；

圖6為進一步已知用於在介電層中形成嵌入結構之裝置之示意圖；

圖7為進一步已知用於在介電層中形成嵌入結構之裝置之示意圖；

圖8為進一步已知用於在介電層中形成嵌入結構之裝置之示意圖；

圖9為用於根據實施例實施消融之裝置之示意圖；

圖10為用於根據另一個實施例實施消融之裝置之示意圖；

圖11為用於根據另一個實施例實施消融之裝置之示意圖。

圖1展示高密度互連件(HDI)印刷電路板(PCB)或積體電路(IC)基材之部分且指示需要形成之「嵌入」結構的類型。經圖案化以形成電路的銅層1係負載於介電質核心層2上。銅層1上塗有上部介電層3，已藉由雷射消融在其中形成各個結構。凹槽4、4'及4"、大襯墊5及小襯墊6及7都具有相同的深度，該深度小於上部介電層3之全部厚度。對於IC基材，所需要之凹槽寬度及襯墊直徑通常分別處於5至15微米及100至300 μm 之範圍內，具有5至10微米範圍內之深度。對於HDI PCB，凹槽可更寬且更深。藉由雷射消融形成襯墊7內部之接觸孔(或通孔)8至較大深度，使得所有上部介電層材料經移除以曝露以下銅電路之區域。接觸孔深度可通常為襯墊及凹槽之深度的兩倍。

圖2展示與圖1類似的HDI PCB或IC基材之部分，但在此情況下，銅層之頂部上的上部介電層由兩層不同材料構成：上部介電層9及下

部介電層10。凹槽4、4'及4''、大襯墊5及小襯墊6及7都完全穿透上部層9但不明顯地穿透下部層10。接觸孔8完全穿透下部介電層10以曝露以下銅電路之區域。

圖3展示經由HDI PCB之部分，其中已在結構之雷射圖案化之前將材料11之薄保護或犧牲層施加至介電層3之頂面。該等保護層通常至多為僅數微米厚，且其主要目的為保護介電層3之頂部表面免於在雷射消融過程期間損壞。在結構之雷射消融期間，光束穿透保護層之材料且移除材料至以下介電層3中需要之深度。在完成雷射消融過程之後且在後續過程之前，通常移除保護層以曝露介電材料。

圖4展示通常用於在介電層中形成嵌入結構的已知裝置。準分子雷射12發出脈衝UV光束13，其由均勻器單元14整形、由鏡15使之偏離且均一地照亮整個遮罩16。投影系統17縮小經介電質塗佈之基材18的表面的遮罩之影像，使得在基材18處之光束之能量密度足以消融介電材料且在對應於遮罩圖案的層中形成結構。

透鏡19為場透鏡，其用以控制進入透鏡17之光束，使得光束以最優方式執行。在每一雷射脈衝上，遮罩上之圖案經加工至介電質之表面中之定義明確的深度。通常，由每一雷射脈衝加工之深度為一微米之一部分，因此需要許多雷射脈衝以形成具有多個微米之深度的凹槽及襯墊。若需要將不同深度之特徵加工至基材表面中，則界定第一位準之遮罩被另一遮罩20所替換，該遮罩20界定更深位準，之後重複雷射消融過程。

使用一個雷射脈衝照射每一遮罩之全部區域及基材上之相應區域需要來自雷射的具有高能量的脈衝。舉例而言，若待製得的器件之大小為 $10 \times 10 \text{ mm}(1 \text{ cm}^2)$ ，且因為用於高效消融所需之脈衝能量密度為大約 0.5 J/cm^2 ，則在基材處每一脈衝所需要之全部能量為 0.5 J 。由於光學系統中之損耗，每一脈衝需要來自雷射的明顯更多能量。UV準

分子雷射非常適合於本申請案，因為其通常使用高脈衝能量以低重複率操作。可容易地利用重複率高達300Hz之發射高達1J輸出脈衝能量的準分子雷射。已設計多個光學策略以允許製造較大器件或允許使用具有較低脈衝能量之準分子雷射。

圖5展示先前技術，其說明這樣一種情形，其中光束整形光學器件21經配置以在遮罩16之表面形成線光束。此線光束足夠長以覆蓋遮罩之全寬。藉由鏡15之1D移動在垂直於線的方向上在遮罩表面上方掃描線光束。藉由在自位置22至22'之一條線上移動鏡15，依序照射遮罩之整個區域，且相應地依序處理待於基材上加工的整個區域。儘管鏡15為移動的，遮罩、投影系統及基材全都保持靜止。

以一種允許正確次數之雷射脈衝衝擊基材之每一區域以形成需要深度的結構之速度移動鏡。舉例而言，對於在300 Hz操作之準分子雷射及在基材處具有1 mm寬度之線光束，且其中每一雷射脈衝移除材料至0.5微米之深度，則每一區域需要20次雷射脈衝以形成具有10微米深度的結構。此配置需要線光束以15 mm/sec之速度跨基材移動。遮罩處光束的速度比基材處光束的速度大的倍數等於透鏡之縮小因數。

圖6展示另一已知配置且說明處理有限雷射脈衝能量問題之替代性方法。此包含相關於靜止光束以精確連接方式移動遮罩及基材二者。光束整形光學器件21形成具有橫跨遮罩之全寬的長度的線光束。在此情況下，鏡15保持靜止且遮罩16如所展示線性地移動。為了在基材上生成遮罩之精確影像，需要在如所示遮罩相反方向上以與遮罩之速度相差成像透鏡17之縮小因數的速度移動基材18。在用於半導體製造之準分子雷射晶片曝露工具中已熟知該1D遮罩及基材連接移動系統。

在其中待處理之器件的區域非常大且在每一雷射脈衝中存在不

足能量的情況下亦已與2D遮罩及基材掃描方案一起使用準分子雷射以形成跨器件之全寬的線光束。Proc SPIE., 1996 (2921), 第684頁描述該系統。該等系統非常複雜，需要高度精確遮罩及工作件階段控制，且此外在掃描波段重疊的情況下在基材上之區域中獲得均勻消融深度非常難以控制。

圖7展示已知配置，其中使用固態雷射而非UV準分子雷射。該配置另外與圖4、圖5、圖6中展示之彼等者相似，在於使用遮罩投影光學系統界定基材中之電路層的結構。

雷射52發出輸出光束23，該輸出光束23由光學器件24整形以在遮罩16處形成適合大小的圓形或其他形狀之光點，使得在藉由透鏡17在基材表面18上成像之後，能量密度足以消融基材18表面上之材料。2D掃描儀單元25以2D光柵圖案在遮罩16上方移動光點，使得遮罩16之全部區域經覆蓋，且相應地，基材18處待處理之全部區域亦經覆蓋，將遮罩16上之圖案的影像壓印至基材表面中。透鏡17可在影像側具有遠心效能。此意味著平行光束由透鏡所形成，使得距基材之距離的變化不改變影像之大小。此避免了沿光軸極精確地定位基材之需求，且允許調節基材之任何不平整度。

提供透鏡19，其將掃描儀25之鏡子之間的平面成像至透鏡17之入射光瞳26中以使得滿足用於遠心效能之條件。重要的是，透鏡17具有足夠光學解析度以在介電層之表面下5 μm 或小於5 μm 處精確地形成經良好界定之結構。解析度由波長及數值孔徑決定，且對於355nm之雷射波長，此轉換為大約0.15或更大之數值孔徑。

對透鏡17之另一要求為其將遮罩上之圖案縮小至基材上，使得基材處之雷射脈衝的能量密度足夠高以消融材料但在遮罩處之能量密度足夠低，使得遮罩材料(其可為石英基材上之圖案化鉻層)不受損。發現在大多數情況下3倍或更多倍之透鏡放大因數為適合的。在基材

處之 0.5 J/cm^2 的能量密度通常足以消熔大部分聚合物介電材料，且因此使用3倍之透鏡縮小率，允許透鏡中之合理損耗，則遮罩處之相應能量密度小於 0.07 J/cm^2 ，其遠遠低於石英遮罩上之銘的損壞程度。

圖8展示一種使用圖7之配置產生兩層結構的方法。在第一遮罩16之上方掃描其全部區域以形成上部層凹槽及襯墊結構，隨後使用第二遮罩33替換第一遮罩16，該第二遮罩33具有與下部層通孔結構相關之圖案。當然，需要光罩之精確對準，以確保兩個雷射加工圖案精確地疊加於基材表面上。當下部層圖案具有高密度之特徵時，該多重、依序掃描遮罩方法為較佳的，使得掃描下部層遮罩之全部或大部分為高效的。在另一方面，若僅需要少數更深特徵(諸如位於由上部層遮罩界定的襯墊區域內的通孔)，則替代性方法係可能的。舉例而言，可使用「瞄準射擊(point and shoot)」方法，其中在通孔之位置將雷射保持靜止，歷時延長時間段(而非在整個遮罩上方掃描)。

本發明之實施例係描繪於前面的圖9中且在以下得到描述。

提供一種於基材18上實施雷射消熔的裝置50。裝置50包含固態雷射52。固態雷射可經組態以提供脈衝雷射束。固態雷射52可為Q切換CW二極體泵浦固態(DPSS)雷射。該雷射以完全不同於準分子雷射的方法操作，以高(幾kHz至100 kHz)重複率發射具有低能量(例如0.1 mJ至幾十s之mJ)之脈衝。目前可容易地利用多個類型之Q切換DPSS雷射。在一實施例中，使用在UV區域中操作之多模式DPSS雷射。UV適於消熔大範圍介電材料，且成像透鏡之光學解析度相較於更長波長為優越的。此外，多模式雷射束之非相干性質允許照射高解析度影像而不具有繞射效果。單模式雷射不太適於照射影像，儘管其適於聚焦以分散小斑點。亦可使用具有更長波長及具有較低模式光束輸出之其他脈衝DPSS雷射。

舉例而言，可使用UV MM CW二極體泵浦固態雷射，其以355

nm之波長操作，以約10 kHz之重複率產生20、40或80 W功率，因此分別產生2、4及8 mJ輸出脈衝能量。另一實例為MM UV DPSS雷射，其以6 kHz之重複率產生40 W，且因此產生6.7 mJ每次脈衝。其他實例為UV較低模式CW二極體泵浦固態雷射，其可以355 nm之波長操作，以約100 kHz之重複率產生20或28 W之功率，且因此分別產生0.2及0.28 mJ之輸出脈衝能量。

來自雷射52之輸出光束23直接或間接地指向可程式化空間光調變器54。在一實施例中(如所展示)，裝置50包含光束整形器64。光束整形器64可經組態以修改輸出光束23中之能量剖面。舉例而言，光束整形器64可經組態以在光束23上施加頂帽型強度剖面。

空間光調變器為能夠將空間變化調變施加於一束光上之器件。可程式化空間光調變器為可回應於控制信號改變調變之調變器。可由電腦提供控制信號。在一實施例中，調變器54包含微鏡之陣列。在一實施例中，該陣列為二維陣列。微鏡中之每一者可單獨地定址，使得控制信號可為每一鏡分別指明是否該鏡在會引起其到達基材之方向上反射輻射或在會阻止其到達基材之方向上反射輻射(例如藉由將其實際上指向輻射槽，其在該輻射槽中被吸收)。其他形式之空間光調變器亦在此項技術中已知且可用於本發明之實施例的上下文中。

在所展示之實施例中，調變器54經組態以使用由控制器60提供之控制信號所界定的圖案調節脈衝雷射束。來自調變器54之輸出光束62被輸入至掃描系統56中。掃描系統56可包含(例如)二維光束掃描儀。掃描系統56經組態在第一成像平面101之複數個可能位置中之一者處選擇性地形成圖案之影像。在一實施例中，複數個可能位置在調變器54之參考座標系中相對於彼此而不同。控制器60經組態以控制掃描系統56及空間光調變器54以在第一成像平面中之不同位置處依序(在不同時間，例如一個在另一個之後)形成圖案之複數個影像。在一

實施例中，不同位置在調變器54之參考座標系中相對於彼此而不同。在一實施例中，調變器54在於第一成像平面中之不同位置處形成複數個影像期間保持靜止。在圖9展示之實施例中，基材18設置於第一成像平面101中。在其他實施例中，如下所述，基材18可設置於在一個不同平面中。可在光柵掃描圖案中形成影像之序列。視情況，影像經整形以便彼此嵌合。以此方式，可藉由影像之掃描序列以連續方式(不具有間隙)圖案化大於個別影像之區域。舉例而言，個別影像中之每一者可為正方形或矩形，且影像可經掃描以便持續覆蓋由較大正方形或矩形組成之區域。

在一實施例中，掃描系統56經組態以使得形成於第一成像平面101中之圖案的影像相對於空間光調變器54處的圖案而縮小。因此，小於形成於空間光調變器54上之圖案的圖案之影像形成於第一成像平面101上。在圖9展示之實例中，藉由投影系統58中之一或多種適當組態之光學元件獲得縮小。

在一實施例中，在於基材18上方掃描影像期間，投影系統58之最終元件(亦即沿著通向基材之光學路徑的最後元件)經組態以相對於調變器54保持靜止。因而在局部區域(靜止的最終元件下方)發生消融。若允許最終元件移動(例如)以便參與在基材上方掃描圖案，則消融將發生於位置之更寬廣範圍上方。限制可在其上方發生消融的位置的範圍使得更容易安排有效碎屑移除。碎屑移除裝置可為緊密的及/或簡單安裝的(例如在永久性位置中而非按照其可左右移動以便即時追蹤消融過程的方式)。

在一實施例中，控制器60經組態使得形成於基材18上的影像之序列中的每一影像係由來自雷射52之不同單一脈衝而形成。此並非必需的。在其他實施例中，控制器60可按待由來自雷射的兩個或兩個以上不同脈衝形成之影像的序列安排影像之中之一或多者中之每一者。

在一實施例中，調變器54能夠使用雷射52之連續脈衝之間的不同圖案調節脈衝雷射束。此能夠使得圖案自一個脈衝改變至下一脈衝，藉此便於基材上之複雜圖案的幅射(例如根據影像之序列形成的圖案，其自一個影像改變至下一影像，持續影像之序列的至少一個子集)。

圖10描繪配置之實例，其中基材18設置於第二成像平面102中。第二成像平面102位於第一成像平面101之下游。類似於在圖9之實施例中，掃描系統56又經組態以形成圖案之影像，該圖案藉由調變器54在第一成像平面101中之複數個可能位置中之一者處選擇性地形成。提供投影系統62，其將第一成像平面101中之影像的縮小版本投影至第二成像平面102中之基材18上。投影系統62將形成於第一成像平面101中之不同位置處的圖案的複數個影像投影至基材18上之相應複數個位置上。

在圖10中展示之特定實例中，裝置50包含兩個投影系統：第一投影系統58及第二投影系統62。第一投影系統58可以與參考圖9在上文描述之投影系統58相同或類似方式組態。第一投影系統58可(例如)在第一成像平面101中形成在調變器54上所形成之圖案的縮小影像。如上文所描述，第二投影系統將第一成像平面101中之影像的縮小版本投影至基材18上。此實施例因而提供兩階段縮小過程。

如上文在實施方式之介紹性部分所論述，配置裝置50之光學器件，使得第一成像平面101處於基材18與調變器54之間的中間位置，增大第一成像平面101可被存取的範圍。舉例而言，第一成像平面101可能(或更容易)被感測器或其他器件以一種方式存取，若第一成像平面101並非設置於中間位置，則該方式不可行。舉例而言，當基材18設置於第一第一成像平面101處時，基材18之存在抑制感測器或其他器件之存取。

在一實施例中，感測器64設置於第一成像平面101中或鄰近於第

一成像平面101設置。圖11中展示此實施例之實例。感測器64可經組態以量測形成於第一成像平面101中之影像的特性。特性可包含以下之一或多者，例如：焦點之品質的量測，圖案中之一或多種特徵的位置精確性的量測，諸如線或線之間的空間等特徵之寬度(例如極小線寬或空間)的量測，強度精確性(例如區域上之強度的均一性，其意欲具有相同強度)的量測。

在一實施例中，控制器60經組態以使用藉由感測器64量測之測得特性控制調變器54與掃描系統56中之一或兩者之操作。舉例而言，控制器60可經組態以藉由修改掃描系統之操作特徵(諸如標稱掃描路徑)而對由感測器64偵測到之影像品質之偏差作出回應。或者或另外，控制器64可藉由修改調變器54之操作特徵而對偏差作出回應。舉例而言，形成於調變器54上之影像可經修改以補償由感測器64在第一成像平面101中偵測到之失真或其他誤差。可經由連接線66將感測器64連接至控制器60。感測器64可經組態以在反饋迴路中操作。

圖11之實施例與參考圖10在上文描述之實施例相同，不同之處在於感測器64之存在以及感測器64與控制器60之間的連接線66。

在第一成像平面101中之不同位置上方掃描由調變器54界定之影像可向影像引入失真。此可(例如)歸因於存在於調變器54與第一成像平面101內之不同位置之間的不同光學路徑長度而出現。相比於更靠近光軸之掃描位置，進一步遠離光軸之掃描位置處之失真可更大。在一實施例中，此等及/或其他失真可藉由根據圖案之影像將在第一成像平面101中形成之位置調節由調變器54界定之圖案而至少部分得到校正。可進行校準量測以獲得校準資料，該等校準資料界定應怎樣調節由調變器54界定之圖案。

在如上文所述之實施例之任一者中，或在其他實施例中，掃描系統56可為1D、2D或3D掃描系統。掃描系統可(例如)包含1D、2D或

3D光束掃描儀及經組態以自來自光束掃描儀的輸出形成影像的相關光學(例如透鏡)系統。當掃描系統56為1D掃描系統時，掃描系統56可經組態以沿著掃描線(例如直線)在調變器54上掃描圖案之影像，且裝置可經組態以沿著垂直於掃描線之方向移動基材18。該組態可用以(例如)在基材18上形成影像之光柵掃描。當掃描系統56為2D掃描系統時，掃描系統56可能能夠將圖案之影像定位於相對於垂直於第一成像平面中之光軸的兩條彼此垂直軸任意移位的調變器54上。當掃描系統56為3D掃描系統時，掃描系統56可能能夠將圖案之影像定位於任意地在第一成像平面之區域中的三個維度上的調變器上。此組態可能能夠以與2D掃描系統相同的方式定位影像，但另外可能沿著平行於光軸之方向改變聚焦位置。此功能性可用於校正可能會另外歸因於第一成像平面中進一步遠離光軸的位置處光學路徑之增加而出現的聚焦誤差。

【符號說明】

1	銅層
2	核心層
3	介電層
4	凹槽
4'	凹槽
4''	凹槽
5	大襯墊
6	小襯墊
7	小襯墊
8	接觸孔
9	上部介電層
10	下部介電層

11	材料/保護層
12	準分子雷射
13	UV光束
14	均勻器單元
15	鏡
16	遮罩
17	透鏡
18	基材
19	透鏡
20	遮罩
21	光束整形光學器件
22	位置
22'	位置
23	光束
24	光學器件
25	2D掃描儀單元
26	入射光瞳
33	遮罩
50	裝置
52	固態雷射
54	空間光調變器
56	掃描系統
58	第一投影系統
60	控制器
62	第二投影系統
64	感測器

66	連接線
101	第一成像平面
102	第二成像平面

.

.

.

.

申請專利範圍

1. 一種於基材上實施雷射消融的裝置，其包含：
固態雷射，其經組態以提供脈衝雷射束；
可程式化空間光調變器，其經組態以使用藉由輸入至調變器之控制信號界定的圖案調節該脈衝雷射束；
掃描系統，其經組態以在第一成像平面之複數個可能位置中之一者處選擇性地形成該圖案之影像；及
控制器，其經組態以控制該掃描系統及空間光調變器以依序形成處於該第一成像平面中不同位置的該圖案之複數個該等影像，其中：
該裝置進一步包含投影系統，其經組態以縮小形成於該第一成像平面中之該影像且將該縮小影像投影至第二成像平面中之該基材上；
該投影系統經組態以將形成於該第一成像平面中之不同位置處的該圖案之該複數個影像投影至該基材上相應複數個位置上；且
該投影系統之最終元件經組態，以在形成該處於第一成像平面中之不同位置處的該圖案的該複數個影像時，相對於空間光調變器保持靜止。
2. 如請求項1之裝置，其進一步包含經組態以量測形成於該第一成像平面中之該影像的特性之感測器。
3. 如請求項2之裝置，其中該控制器經組態以使用藉由該感測器量測之該測得特性來控制該空間光調變器及該掃描系統中之一或兩者的操作。
4. 如請求項1之裝置，其中該掃描系統經組態以使得相對於該空間

光調變器處之該圖案縮小形成於該第一成像平面中之該圖案的該影像。

5. 如請求項1之裝置，其中該控制器經組態以使得在該序列中之每一影像可由來自該固態雷射之不同單一脈衝形成。
6. 如請求項1之裝置，其中該可程式化空間光調變器經組態以能夠使用該固態雷射之連續脈衝之間的不同圖案調節該脈衝雷射束，使得該圖案可自一個脈衝改變至下一脈衝。
7. 如請求項1之裝置，其中該控制器經組態以控制該空間光調變器，從而根據該圖案待形成於該第一成像平面中的該位置修改待形成於該第一成像平面中的該圖案。
8. 如請求項1之裝置，其中該空間光調變器包含鏡之陣列。
9. 如請求項1之裝置，其中該等不同位置在該可程式化空間光調變器之參考座標系中相對於彼此而不同。
10. 如請求項1之裝置，其中該掃描系統使得該第一成像平面中該掃描系統可形成該圖案之該影像的該複數個可能位置係在該可程式化空間光調變器之該參考座標系中相對於彼此不同的複數個位置。
11. 如請求項1之裝置，其中該掃描系統包含二維光束掃描儀。
12. 如請求項1之裝置，其中該可程式化空間光調變器包含複數個微鏡。
13. 如請求項12之裝置，其中該可程式化空間光調變器包含微鏡的二維陣列。
14. 如請求項1之裝置，其中該可程式化空間光調變器經組態以在形成處於該第一成像平面中之不同位置處的該圖案之該複數個影像期間保持靜止。
15. 一種於基材上實施雷射消融之方法，其包含：

使用固態雷射以提供脈衝雷射束；

向可程式化空間光調變器輸入控制信號以使用圖案調節該脈衝雷射束；及

在第一成像平面中依序形成藉由該空間光調變器界定之圖案的複數個影像，該複數個影像形成於第一成像平面中之不同位置處，其中：

該方法包含將該第一成像平面中之該等影像的縮小版本投影至第二成像平面中之該基材上，其中定位於該第一成像平面中之不同位置處的影像被投影至該基材上之相應地不同位置；及

使用投影系統將該第一成像平面中之該等影像的該等縮小版本投影至該基材上，且在形成處於該第一成像平面中之不同位置處的該圖案的該複數個影像的同時，該投影系統的最終元件相對於該空間光調變器保持靜止。

16. 如請求項15之方法，其進一步包含量測形成於第一成像平面中之該影像的特性及使用該測得特性控制該空間光調變器及該掃描系統中之一或兩者的操作。
17. 如請求項15之方法，其中形成於該第一成像平面中之該圖案的每一影像相對於該陣列處之該圖案而縮小。
18. 如請求項15之方法，其中形成於該第一成像平面中之該等影像相對於彼此嵌合。
19. 如請求項15之方法，其中該等不同位置在該可程式化空間光調變器之該參考座標系中相對於彼此不同。

圖式

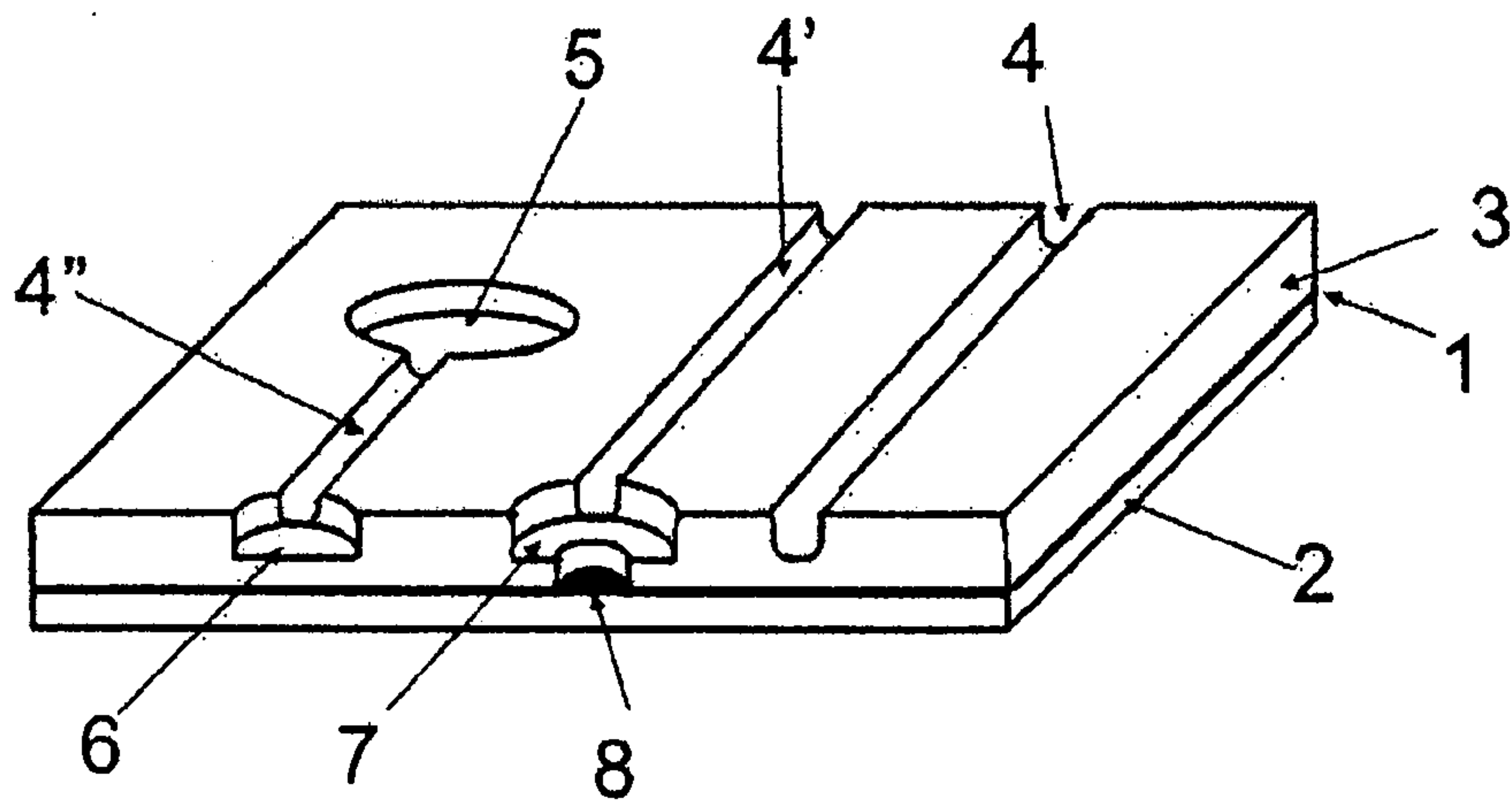


圖1

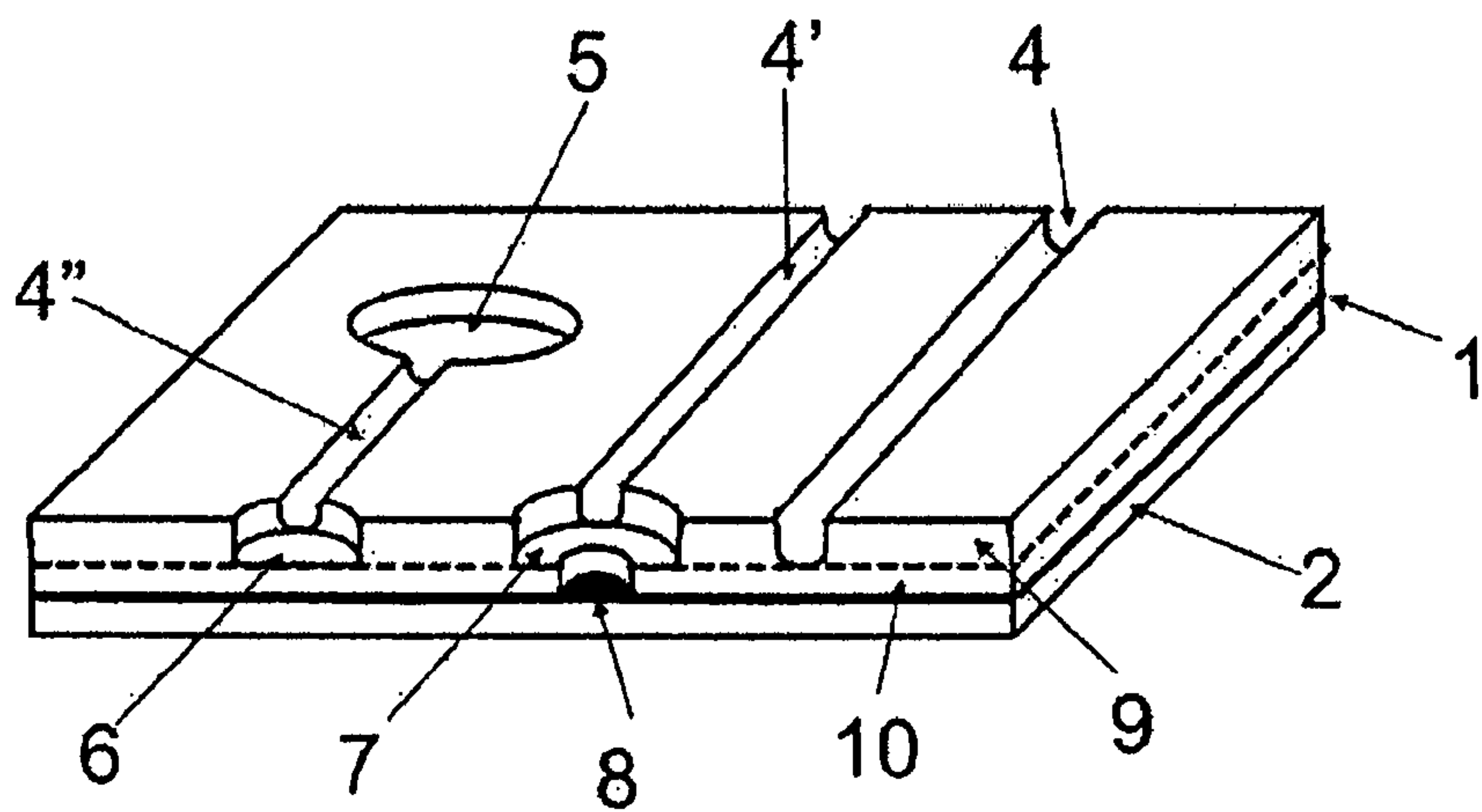


圖2

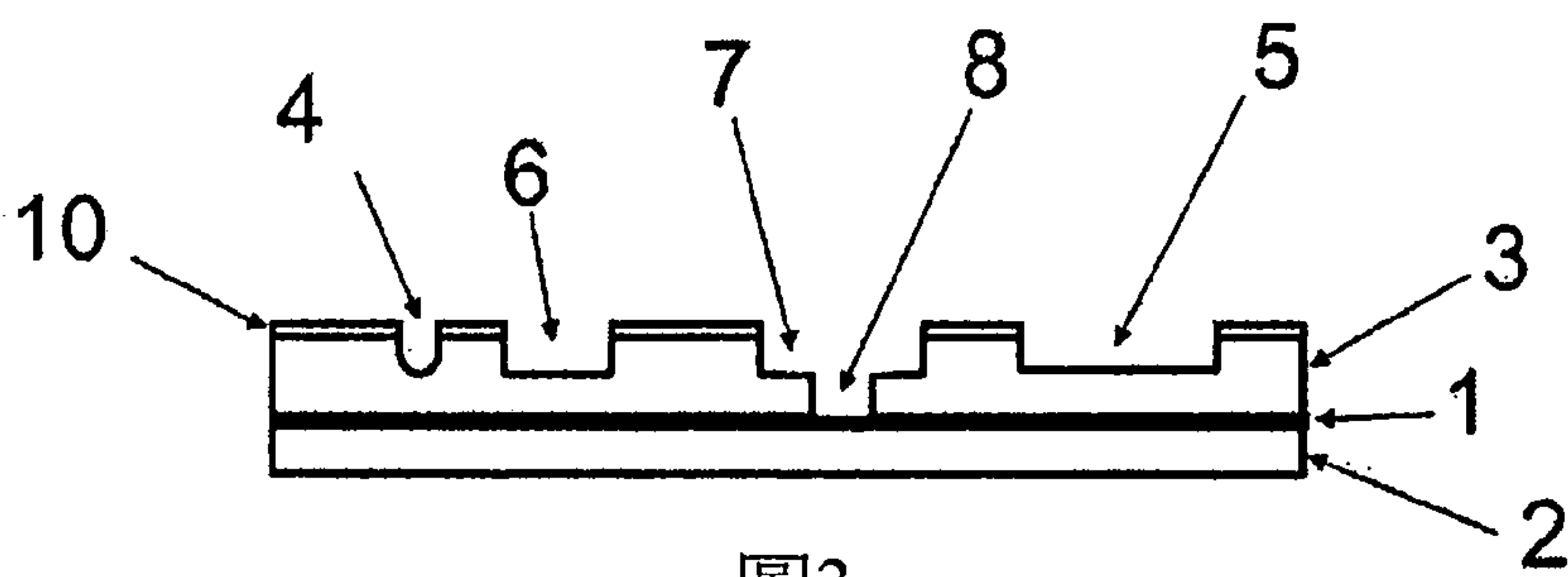


圖3

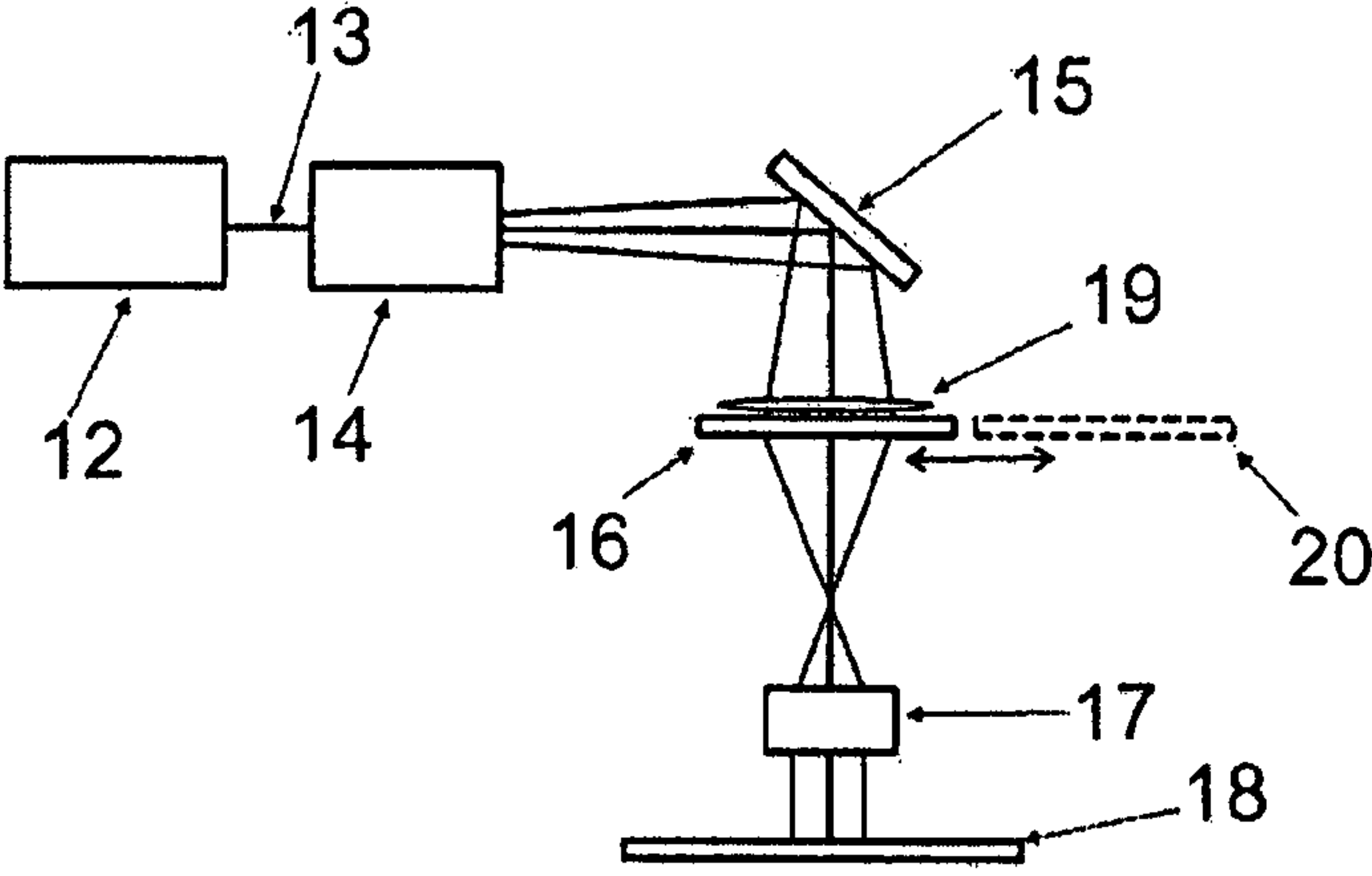


圖4

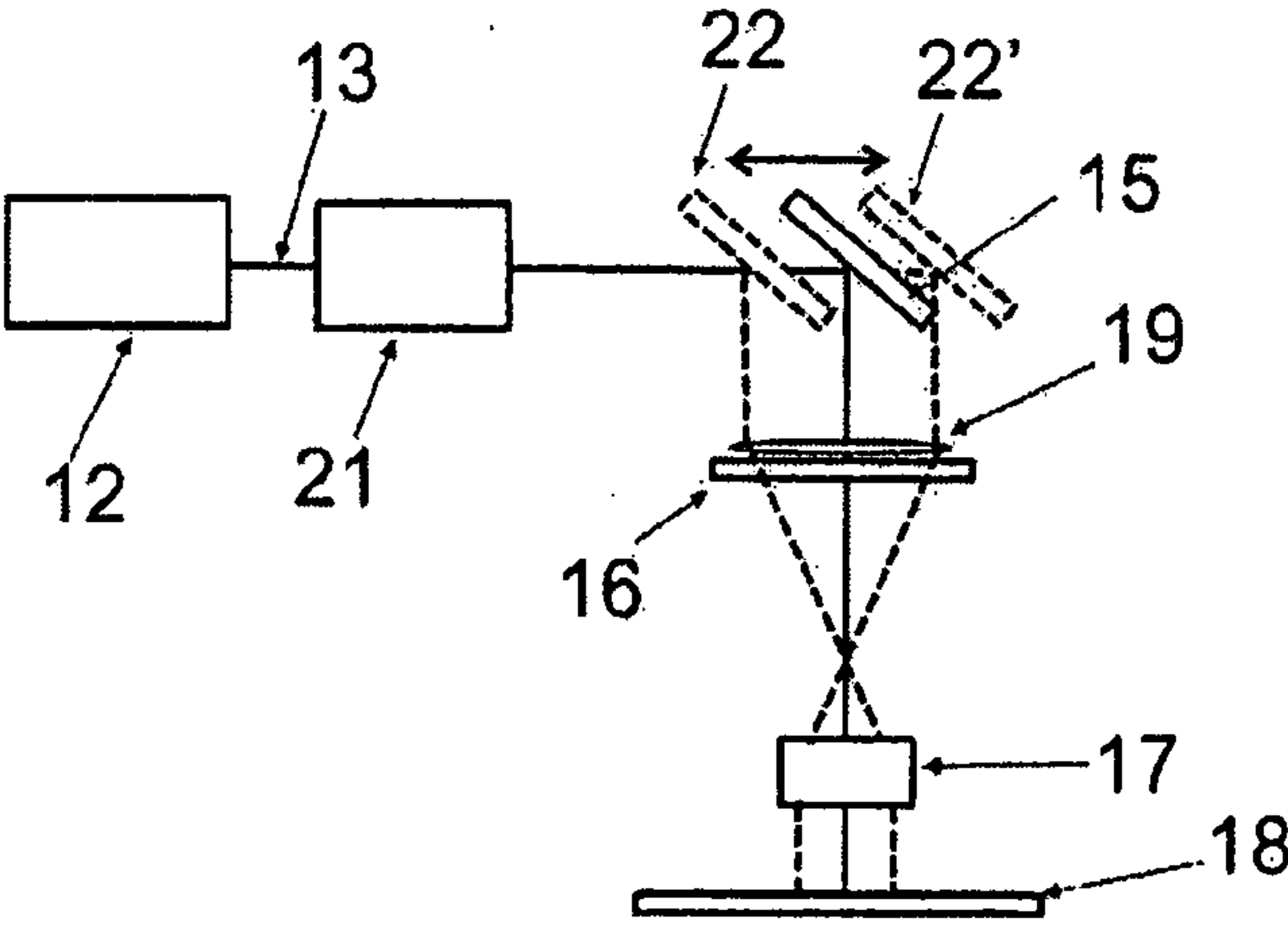


圖5

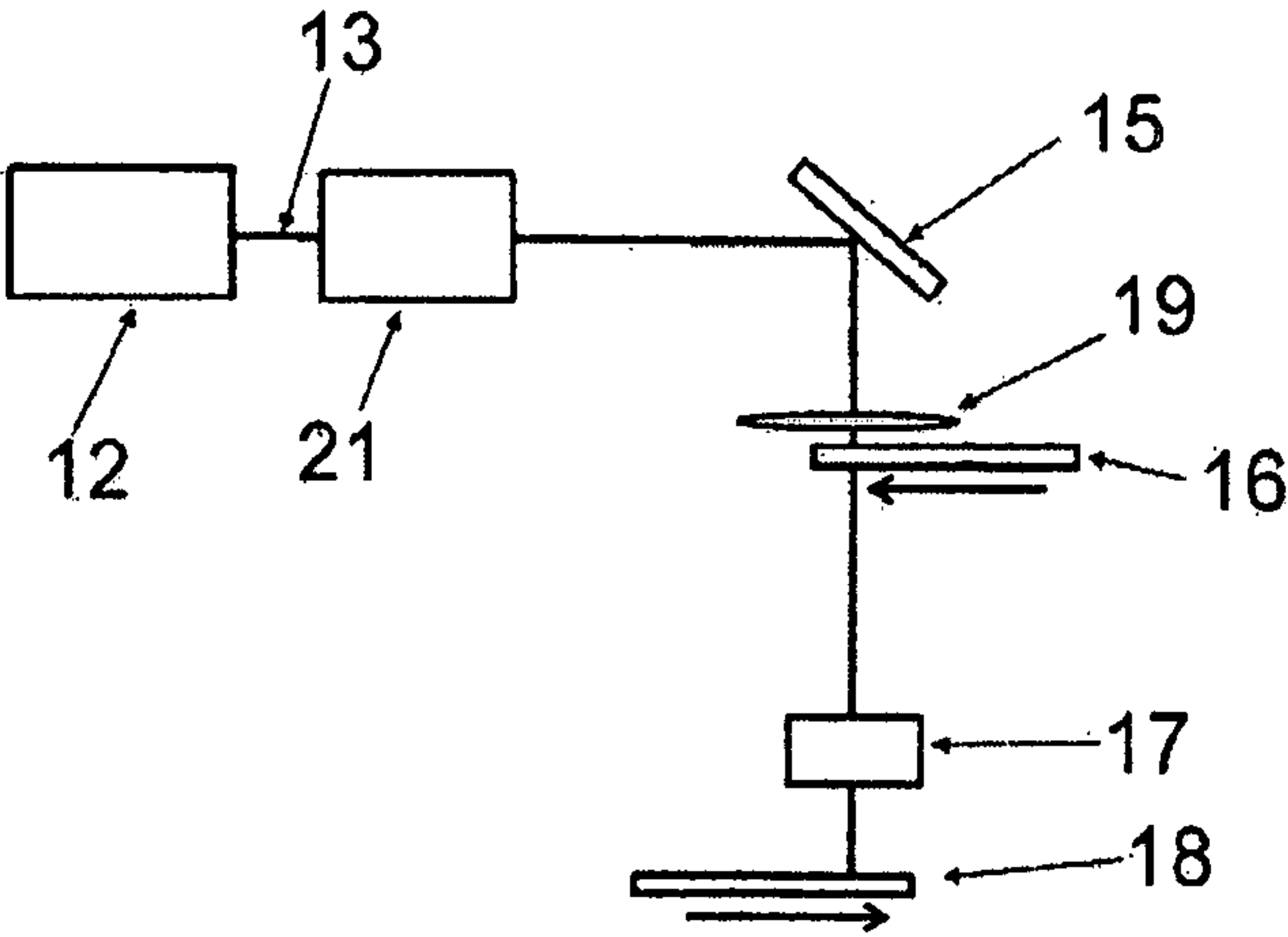


圖6

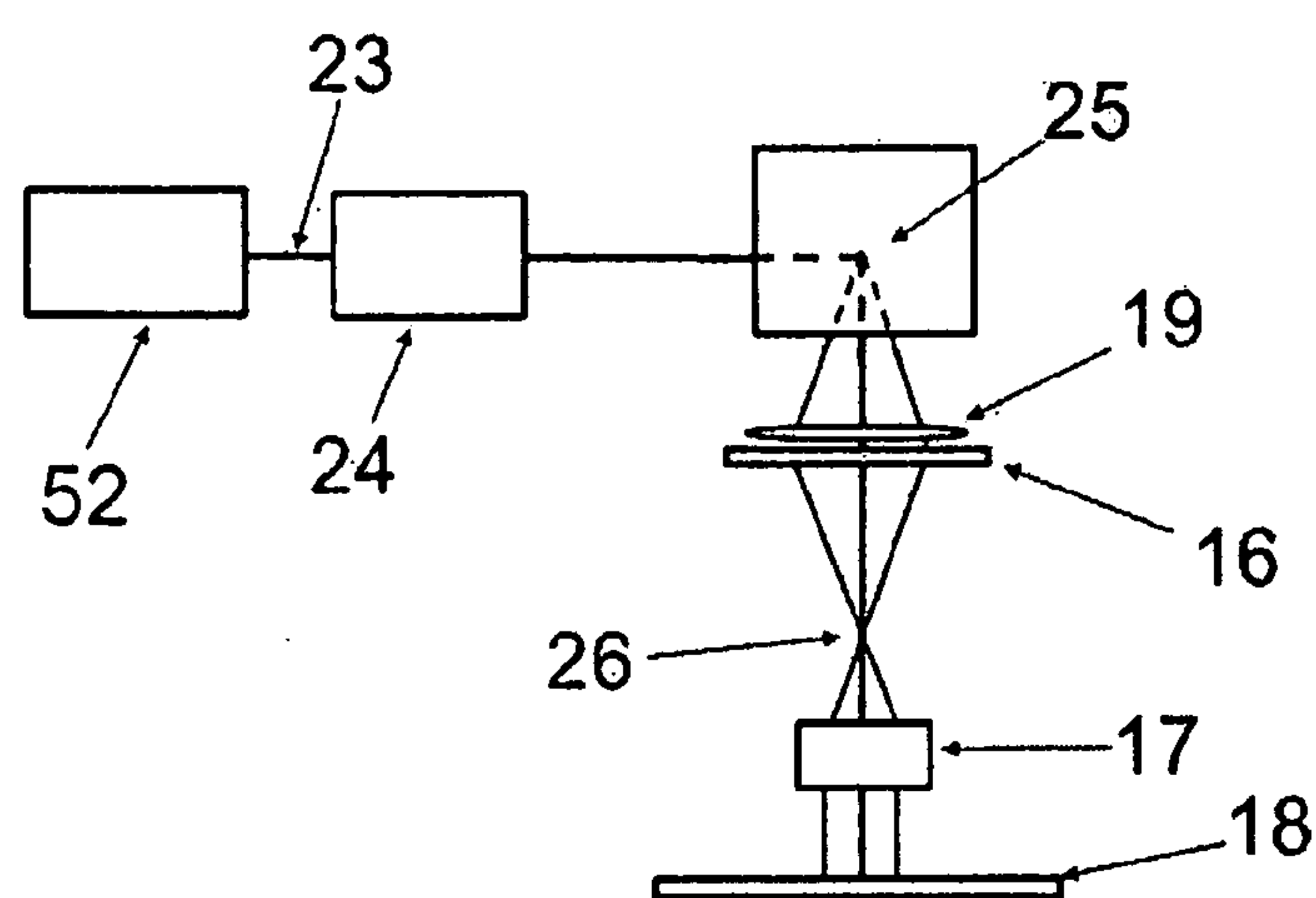


圖7

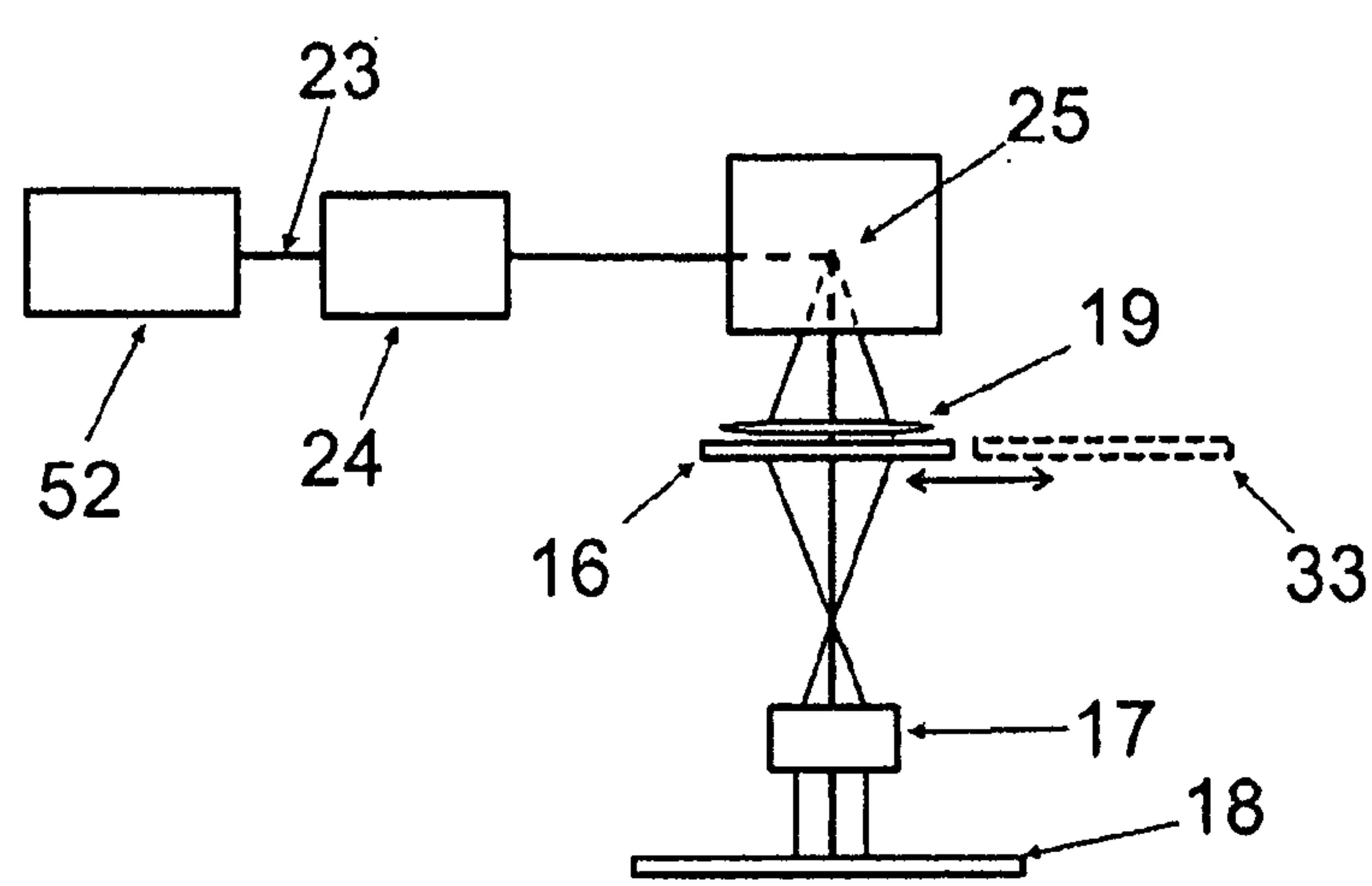


圖8

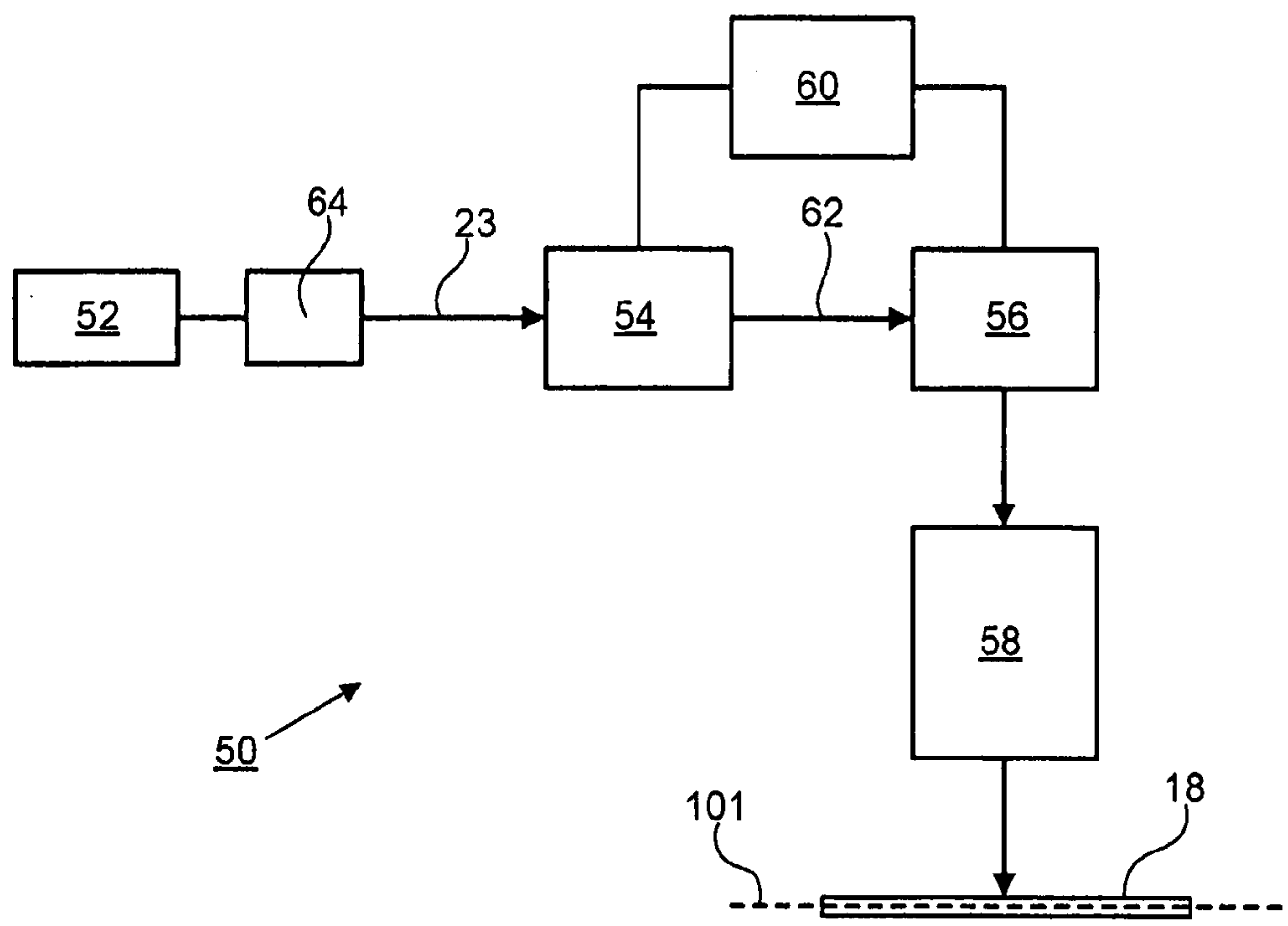


圖 9

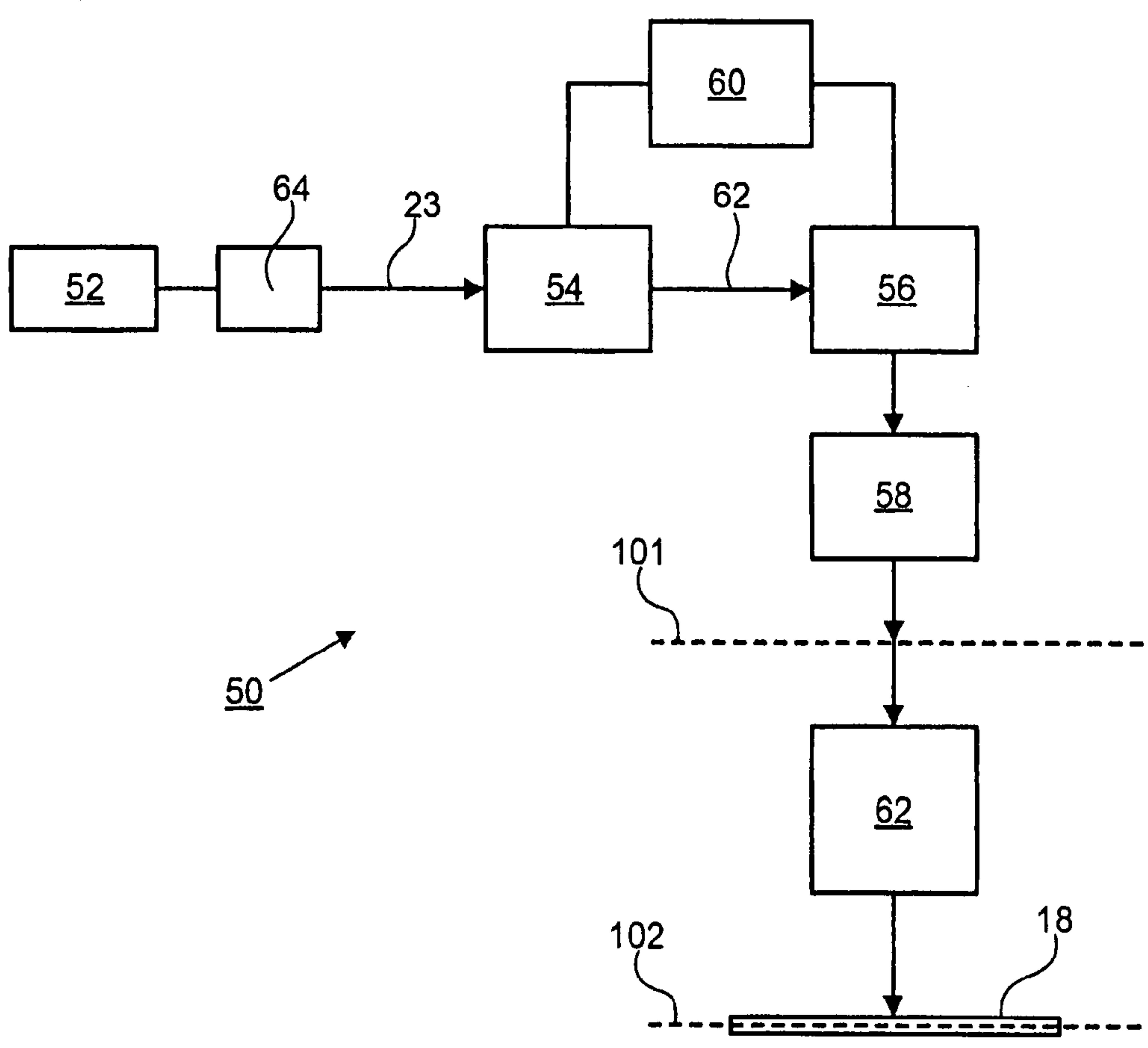


圖 10

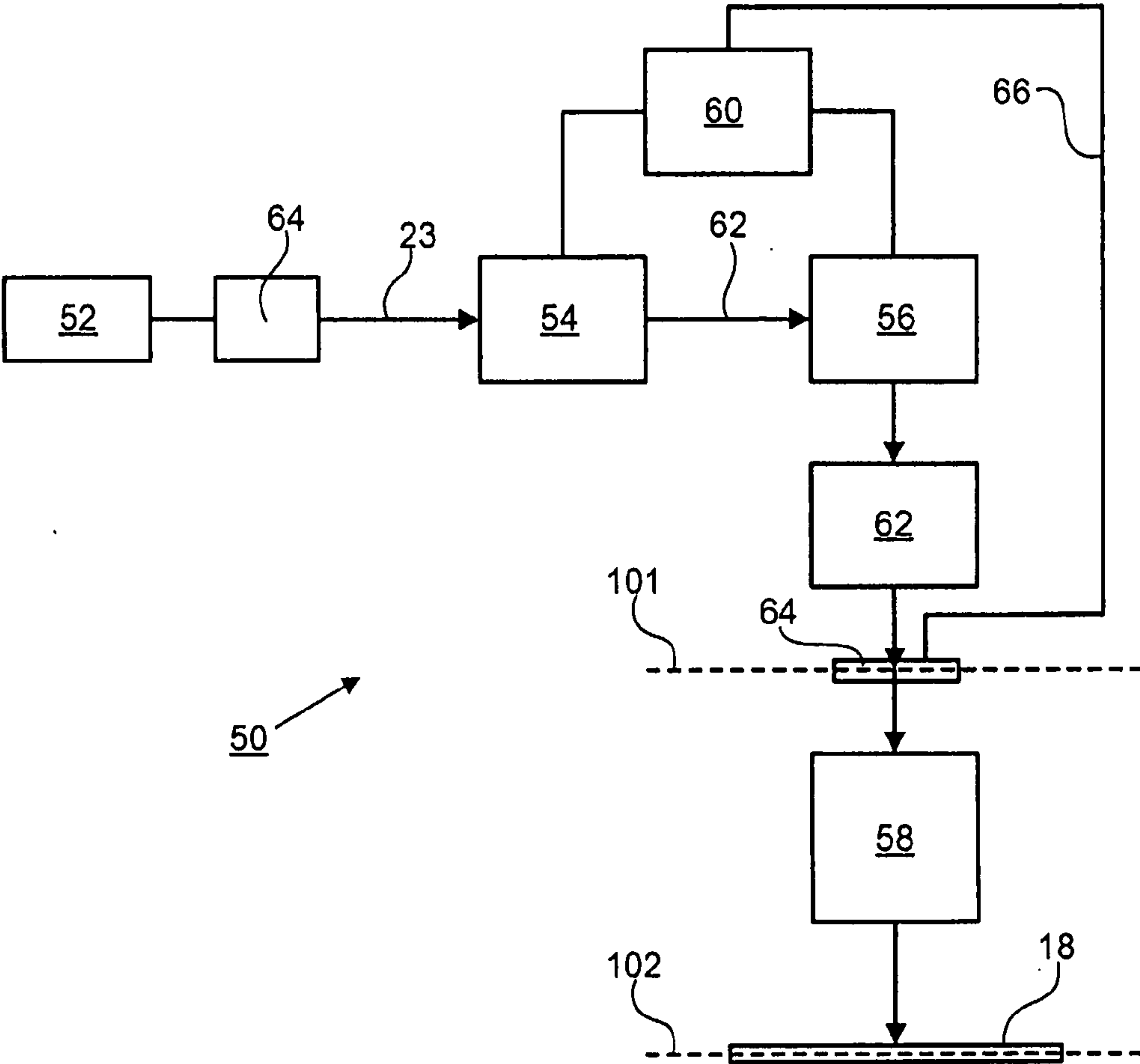


圖 11