



發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：

※ 申請日期：

93.9.22

※IPC 分類：

H01L 21/268

一、發明名稱：(中文/英文)

微量摻雜矽基材的雷射熱退火技術

LASER THERMAL ANNEALING OF LIGHTLY DOPED SILICON SUBSTRATES

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

烏翠泰克股份有限公司/ ULTRATECH, INC.

代表人：(中文/英文)

馬克里 大衛 A./MARKLE, DAVID A.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州聖約瑟市蘭卡路 3050 號

3050 Zanker Road, San Jose, CA 95134, USA

國 籍：(中文/英文) 美國/USA

三、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 泰沃 索米特/ TALWAR, SOMIT

2. 湯普生 麥可 O./ THOMPSON, MICHAEL O.

3. 葛瑞克 伯里斯/ GREK, BORIS

4. 馬可 大衛 A./MARKLE, DAVID A.

國 籍：(中文/英文)

1. 印度/INDIA

2. 3. 4. 美國/U. S. A.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項☐第一款或☐第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2003, 09, 29；10/674, 106

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

相關申請案

- 本專利申請案係關於2002年11月6日提申之美國專利
5 申請案序列編號10/287,864。

發明領域

本發明係關於雷射熱退火，且係特別是關於諸等於周遭下實質不會吸收退火照射光束之基材施行雷射熱退火之裝置及方法。

10 【先前技術】

發明背景

- 雷射熱退火或LTA(亦稱為“雷射熱處理”)是一種藉由快速升高及降低一基材表面溫度來產生一性質改變之技術。一實例係包含使用退火處理及/或活化電晶體源極、汲
15 極或閘極區域摻雜物來形成積體裝置或電路。雷射熱退火(LTA)亦可被使用來形成積體裝置或電路內的矽化區域、降低多晶矽基材絕緣性、或引發一化學反應來形成或自一基材(或晶圓)移除物質。

- 雷射熱退火(LTA)係使退火週期能夠較諸傳統退火技
20 術加速1000倍，且藉此可實際避免摻雜物雜質於矽晶圓進行退火或活化週期時進行擴散。結果是一更清晰之摻雜物輪廓，於某些情形中，會產生一較高之活化等級。此係代表積體電路具有較高之性能(例如：更快速)。

美國專利申請案序列編號：10/287,864係揭露使用二氧

化碳(CO₂)雷射照射來施行摻雜矽基材雷射熱退火(LTA)。

該被聚焦成一細窄直線之雷射照射是以固定速度且呈一光柵圖案來掃瞄基材。然而，此方法僅能於該具有相當大量摻雜(意即一摻雜物濃度是大約 3×10^{17} 個原子/立方公分或更高)之基材上良好運作，且其中摻雜矽所吸收之雷射照射長度會低於或約略等於熱擴散長度。相反地，對於微量摻雜(意即一摻雜物濃度是大約 1×10^{16} 個原子/立方公分或更低)之基材而言，二氧化碳(CO₂)雷射照射將在不施加適宜能量給基材之下通過基材。

- 10 因此，需求一有效施行微量摻雜矽基材雷射熱退火(LTA)之方法，該方法所使用之照射是不加熱(例如)波長10.6微米(μm)之二氧化碳(CO₂)雷射照射。

【發明內容】

發明概要

- 15 本發明第一方面是一種用以於一具有一表面之基材施行雷射熱退火之裝置。該裝置係包含一能夠產生連續式退火照射之雷射，該雷射照射波長係實質於室溫下不會被基材吸收。該裝置亦包含一退火光學系統，該系統可供用以接收退火照射及形成一能夠於該基材表面形成一第一影像
- 20 之退火照射光束，且其中該第一影像會被掃瞄於該基材表面。該裝置更進一步係包含一用以將至少一部分基材加熱至一臨界溫度之加熱裝置，藉此使該照射於該加熱部分之退火照射光束可於掃瞄期間被鄰近之該基材表面實質吸收。於一實施具體例中，可迅即於長波長退火光束之前，

預先使用一短波長雷射二極體光束來加熱該一部分基材。

本發明第二方面是一種雷射熱退火一基材之方法。該方法係包含：提供一來自一雷射波長實質於室溫下不會被基材吸收之雷射熱退火光束、以及將至少一部分基材加熱至一臨界溫度，藉此使該加熱部分之退火照射光束能夠被鄰近之該基材表面實質吸收。該方法亦包含：藉由迅即於該退火照射光束掃瞄基材之前，預先加熱該一部分基材，來啟動一自我維持退火條件。

圖式簡單說明

10 第1A圖是一本發明雷射熱退火(LTA)裝置實施具體例之剖面圖，該裝置係包含一雷射熱退火(LTA)光學系統以及一以該系統來處理之矽基材，其中該雷射熱退火(LTA)裝置係包含：一用以支撐及預熱該基材之加熱基座、以及一藉由包圍該基座來降低照射涉及該其餘裝置及增進有效加熱
15 該基材之可選擇加熱擋板；

第1B圖是一類似第1A圖所顯示之本發明雷射熱退火(LTA)裝置具體例之剖面圖，該裝置係包含一包圍該基材且用以預熱該基材之加熱罩；

第1C圖是一類似第1A圖所顯示之本發明雷射熱退火(LTA)裝置具體例之剖面圖，其中該加熱基座及可選擇加熱擋板被置換為一使用一預熱照射光束來預先加熱至少一部分基材之可選擇加熱系統；
20

第2圖是使用一波長10.6微米(μm)之退火照射光束時，一未摻雜矽基材之吸收路徑長度 L_A 微米(μm)對比基材

溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 作圖，以及該使用一滯留時間200微秒(μs)之照射光束之擴散長度 L_D 對比基材溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 作圖；

- 第3圖是一對比深度微米(μm)以及退火照射光束位置微米(μm)之電腦模擬基材溫度曲線圖，其係闡釋該自我維持退火條件所涉及之退火照射光束材形成基材"熱點"；

第4A圖是一示意圖，其係顯示一預熱光束及退火照射光束曲線之相對強度對比基材表面位置作圖；

- 第4B圖是一基材放大剖面圖，其係闡釋該運作自我維持退火條件是如何於退火照射光束之前以來自預熱照射光束之加熱影像來增進基材吸收退火照射光束；

第5圖是一使用一波長10.6微米(μm)之退火照射光束照射一大量摻雜矽基材所產生之基材溫度極大值 $T_{\text{MAX}}(^{\circ}\text{C})$ 對比該退火照射光束之入射能量 P_I (瓦/公分(W/cm))之作圖；

- 第6圖是一未摻雜基材以不同入射能量 P_I (瓦/公分(W/cm))之退火照射光束照射所產生基材溫度極大值 $T_{\text{MAX}}(^{\circ}\text{C})$ 對比起始基材溫度 T_I 作圖所獲得之有限元素模擬圖；

- 第7圖是使用一波長780奈米(nm)之預熱照射光束照射矽之吸收長度 L_A 微米(μm)對比基材溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 作圖；

第8A圖是一第1C圖光學轉接系統具體例之Y-Z二維平面剖面圖；

第8B圖是一第1C及8A圖光學轉接系統具體例之X-Z二維平面剖面圖；

第9A圖是一加熱照射光源及柱狀透鏡陣列之X-Z二維平面放大剖面圖；

第9B圖是一加熱照射光源及柱狀透鏡陣列之Y-Z二維平面

5 第10A圖是一放大示意圖，其係顯示進行直射基材之預熱照射光源、轉接透鏡及預熱照射光束，且其等係更進一步包含一配置於預熱照射光束內之偏光板及四分之一波片，此二者係用以降低預熱照射自基材反射及返回預熱照射光源之數量；以及

10 第10B圖是一放大示意圖，其係顯示進行近似直射基材之預熱照射光源、轉接透鏡及預熱照射光束，且其等係更進一步包含一配置於預熱照射光束內之偏光板及法拉第旋轉器(Faraday rotator)，此二者係用以降低預熱照射自基材散射及返回預熱照射光源之數量。

15 圖式所闡釋之多種元件係僅為圖式代表而非真實尺寸。其某些比例被誇大而某些則被減小。此等圖式係意欲用以闡釋多項本發明具體例，其等係能夠被那些熟習此項技藝人士瞭解及進行適宜之實施。

【實施方式】

20 較佳實施例之詳細說明

本發明係關於基材雷射熱退火(LTA)，且特別係關於諸等用以施行微量摻雜矽基材雷射熱退火(LTA)之裝置及方法。術語“微量摻雜”於本案係意指一摻雜物濃度是大約 10^{16} 個原子/立方公分或更低。基材內摻雜物濃度係涉及一般基

材製造所欲達到之絕緣等級及基材型態(意即N-型或P-型)。

於下述實施方式內容中，係描述一本發明雷射熱退火(LTA)裝置之代表具體例，以及描述一據認為是由本發明所創造之“自我維持退火條件”。接續是諸等本發明實施具體例。本發明係更進一步將就數種不同基材溫度作圖，來闡釋矽基材吸收照射之性質。其後將論述諸等測定預熱照射光束所具有之適宜能量等級的方法，接續之實施具體例是於一預熱照射光束內使用一加熱透鏡來加熱基材。其後將詳細描述該等預熱及退火照射光束之較佳掃描及定向方法。

I.雷射熱退火(LTA)裝置之代表具體例

第1A圖是一本發明雷射熱退火(LTA)裝置8以及一欲進行退火之基材10之剖面圖。基材10係具有一頂面12及一未摻雜之實體(基材)區域16，或者更嚴格而言，該未摻雜是較諸該典型僅於一非常淺的區域內包含非常高摻雜等級之非常小的接面區域或裝置更微量之摻雜。標號字母N係意指垂直基材頂面12。於一實施具體例中，基材10是一矽晶圓。

雷射熱退火(LTA)裝置8係包含一雷射熱退火(LTA)光學系統25，該系統係具有一退火照射光源26及一沿一光軸A1配置之雷射熱退火(LTA)透鏡27。透鏡27會接收該來自退火照射光源26之連續式(意即非脈衝式)退火照射，然後於基材表面12產生一形成一影像30(例如：一直線影像)之連續式退火照射光束20。退火照射光束20入射頂面12之角度是一垂直面N與光軸A1所夾之入射角度 θ_{20} 。

箭頭22係標指一退火照射光束20相對於基材表面12之移動方向實例。基材10是以一基座28來支撐，支撐該基座28是一搭配一平臺驅動器29來運作之可移動平臺MS，藉此可以選定之速度及方向來進行相對於退火照射光束20或某些其他參數之平臺移動。箭頭22'係標指可移動平臺MS進行掃瞄移動。於一實施具體例中，平臺MS能夠進行至少二維移動。

於實施具體例中，雷射熱退火(LTA)裝置8係包含一反射照射監測器M1及一溫度監測器M2。反射照射監測器M1被設置來接收來自基材表面12且被標指為照射20R之反射照射。溫度監測器M2被設置來量測基材表面12之溫度，且於一實施具體例中是沿垂直面N設置來坐落於或鄰近於該退火照射光束20形成影像30。監測器M1與M2是搭接一控制器(下文即將論述)來提供諸等如下文將更詳細論述以量測之反射照射20R數量及/或量測之基材表面12溫度為基準之伺服調控。

於一實施具體例中，雷射熱退火(LTA)裝置8係更進一步包含一控制器32，該控制器之運作係搭配退火照射光源26、平臺驅動器29、監測器M1與M2、以及一裝設於透鏡27內且供用為一入射能量監測器之可選擇監測器M3。控制器32係可以是(例如)：一搭接一記憶體之微處理器、可程式邏輯陣列(PLA)、場效型可程式邏輯陣列(FPLA)、程式陣列邏輯(PAL)或其他控制裝置(沒有顯示)。控制器32可以兩種模式進行運作：1)開放迴路，於該運作中，以退火照射光束

20傳送至基材10係維持固定能量，且係經由平臺驅動器29維持一固定之掃瞄速率；以及2)封閉迴路，於該運作中，基材表面12維持一固定之溫度極大值，或者基材吸收能量維持定值。吸收能量會直接改變基材溫度極大值，且基材

5 溫度極大值係與掃瞄速率平方根成反比。

於一實施具體例中，封閉迴路控制被使用來維持該退火照射光束20入射基材之吸收能量對比該掃瞄速率平方根是一固定比例。意即，設若 P_{20} 是該退火照射光束20之能量數量，而 P_{30} 是反射能量，則吸收能量 $P_a = P_{20} - P_{30}$ 。設若 V

10 是該退火照射光束20掃瞄基材10之速率，則當該 $P_a/V^{1/2}$ 比例被維持一定值時，可間接令溫度維持一定值。

就以一直接量測溫度最大值為主之封閉迴路運作而言，控制器32會接收一訊號(例如：一電子訊號)，其係(例如)經由該來自溫度監測器M2之訊號S2，其後藉由控制入射

15 能量或掃瞄速率來維持一固定之基材溫度最大值。就吸收能量 P_a 是得自 $P_i - P_{30}$ 而言， P_{30} 是經由反射照射監測器M1所產生之訊號S1所測得之反射退火照射光束20R能量，而退火照射光束20入射能量 P_i 是經由訊號S4取樣一部分退火照射光束所測得。

20 再者，控制器32可供用以計算諸等以其接收訊號及輸入參數為主之參數(例如：所欲之吸收能量等級及滯留時間)。控制器32亦可搭接來接收一來自一運作器或來自一構成部分之一較大型裝置或處理器之主機控制器(沒有顯示)之外部訊號S3。此參數係指示該欲供應來處理基材之預設

退火照射20劑量(數量)或所欲基材溫度極大值。此參數訊號亦指示一輸送至基材10之預設退火照射20劑量(數量)的強度、掃描速率、掃描速度、及/或掃描數量。

於一實施具體例中，退火照射光源26是一種二氧化碳
5 (CO₂)雷射，因此退火照射光束20之波長是10.6微米(μm)。然而，退火照射光源26係大致上可以是任何一種連續式照射光源，其發射照射波長係於室溫下實質不會被一基材吸收，但該照射波長卻可被一處於較高溫度之相同基材或該
10 基材頂部之一充足部分實質吸收。於一較佳具體例中，退火照射光源26是一雷射。

雷射熱退火(LTA)裝置8係可供用以有利地吸收鄰近基材頂部之退火照射光束20，俾以於不實質改變基材實體溫度之下，能夠有效地升高基材頂部溫度。換句話說，當基材是一半導體晶圓時，本發明係針對在不加熱晶圓實體之
15 下，於或鄰近該形成裝置(例如：電晶體)之表面升高晶圓溫度。

然而，由於長波長照射光束會在不適宜加熱該頂面之下直接通過基材，因此微量摻雜或未摻雜基材是難以於周遭溫度下進行退火的。另一方面，由於入射退火照射會被
20 起始100微米左右的材料吸收，然後令溫度升高至所欲之退火溫度，因此大量摻雜基材並不會難以進行退火。

由於基材10之實體(基材)16不會吸收該來自光束之適宜照射且不會被加熱，因此當基材不再施加退火照射光束20時，該實體16可供用以快速冷卻該頂面區域。本發明係

利用微量摻雜矽會視基材溫度來吸收某些波長之遠紅外線照射(例如：具有波長10.6微米(μm)之二氧化碳(CO_2)雷射)之特性。於進行適宜吸收退火照射光束20之後，基材表面溫度會迅即上升，而導致更強烈吸收，此更強烈吸收將導致更強烈加熱基材表面，以及如此一直接續下去。

II. 自我維持退火條件

第2圖是以一波長10.6微米(μm)退火照射光束時，一矽基材之吸收長度 L_A 微米(μm)[縱軸]對比基材溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 之作圖。該圖亦包含該滯留時間200微秒(μs)之擴散長度 L_D 微米(μm)對比基材溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 作圖。吸收長度 L_A 是令退火照射光束20之強度減退 $1/e$ 所需之厚度。熱擴散長度 L_D 是一瞬間表面溫度上升於經歷某一滯留時間後傳導入一材料之深度。值得注意的是：於一溫度 $T_s \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之下， L_A 與 L_D 係具有大約相同是 ~ 60 微米(μm)之數值。

該受基材溫度 T_s 強烈改變之吸收長度 L_A 會造成兩種可能的安定狀態，其為：(1)退火照射光束20會在實質不被吸收之下通過基材，且因此不會產生實質加熱，或者(2)退火照射光束20會於鄰近基材表面12被實質吸收，藉此於且於對應影像30之正下方產生一"熱點"，該影像30是隨退火照射光束20於基材表面移動(意即被掃描)來進行移動。

第3圖是一對比深度微米(μm)以及退火照射光束位置微米(μm)之電腦模擬基材溫度($^{\circ}\text{C}$)曲線圖。該溫度曲線是該於基材表面且通過基材表面12來進行移動之熱點(標號31)。移動熱點31係藉由熱擴散來加熱該落在前進影像30前

端之基材區域(參閱下文論述之第4B圖)。該與熱點31前進有關之基材預熱可容許退火照射光束20之照射能夠於該光束掃瞄該基材表面時被鄰近頂面12有效吸收。一安定狀態條件(2)之產生是考量使用裝置8及本發明方法，且於本案稱為“自我維持退火條件”。

該產生一自我維持退火條件之本發明代表方法係包含：將基材10(或選定區域或其部分)加熱至一臨界溫度 T_c (例如：350°C或更高，如下文之更詳細論述)，藉此基材可實質吸收退火照射光束20，意即吸收該啟動自我維持退火條件之點。

精確之臨界溫度 T_c 數值是視基材內溫度分佈、基材摻雜物濃度、及退火照射光束強度而定。因此，於一實施具體例中，臨界溫度 T_c 是進行試驗來測定。這係包含(例如)：量測一退火照射光束所產生之測試基材溫度極大值，該量測所使用之測試基材係具有多種起始溫度條件或一固定起始溫度條件，且量測是使用多種退火及預熱照射光束強度。該藉由預熱基材10來產生自我維持退火條件可以數種方式來予以達成。數種雷射熱退火(LTA)裝置8之實施具體例係包含：諸等加熱基材10之加熱裝置，其係如下文所述是用以施行該產生自我維持退火條件之方法，藉此達到對微量摻雜矽基材施行雷射熱退火(LTA)之目的。

III.具有可選擇加熱擋板之加熱基座具體例

參照第1A圖來看，一基座28實施具體例是熱傳導型，且係包含一搭接一電源52之加熱元件50，該電源又搭接且

受控制器32調控。一包圍該基座28底部及側邊之絕熱層53可限制不欲之平臺加熱及基座損失熱量。

於運作時，控制器32會啟動電源52，該電源繼之供應電力來加熱元件50。其效應是加熱元件50產生熱56。於一
5 實施具體例中，產生熱56之數量會受一基座內溫度感應器57調控，該感應器57係以搭接電源52(或者可選擇搭接控制器32)來進行運作，藉此將基座溫度限定於某一預設極大值。迅即於基材載置於基座上之後，基材溫度會快速達到等同基座之溫度。基座溫度(T_{CH})係典型是大約400°C。

10 於另一實施具體例中，裝置8亦可選擇具有一被支撐於基材12頂部之加熱擋板62，俾以將熱56反射回基材。此結果是基材加熱會更均勻，且降低擋板背面之裝置組件受熱。於一實施具體例中，加熱擋板62是一塗覆金之玻璃板。加熱擋板62係包含一可容許退火照射光束20到達基材10表
15 面12之孔洞64。

IV. 加熱罩具體例

參照第1B圖來看，於另一實施具體例中，裝置8係包含一加熱罩80(例如：一烤箱)，該加熱罩係具有一足以容納基材10與基座28或者該基材、基座與平臺MS之內部區域82。
20 加熱罩80係包含諸等搭接電源52之額外的加熱元件50(較佳是於基座28以外另加之加熱元件)。電源52會搭接控制器32。於一實施具體例中，加熱罩80係包含一可容許退火照射光束20到達基材10表面12之窗口或孔洞84。一如上文參照第1A圖所論述之絕熱層53係較佳是存在於該基座底部及

側邊，俾以限制不欲之熱量自基座流失至平臺。

於運作時，控制器32會啟動電源52，該電源繼之供應電力來加熱元件50。其效應是加熱元件50產生熱56，藉此使基座溫度、基材及鄰近周遭升溫至一臨界溫度極大值(T_C)是大約400°C。加熱罩80係較佳是具有絕熱性，俾以藉由將熱56維持侷限於內部區域82，來促進有效及均勻加熱基材。

V.預熱照射光束具體例

現在參照第1C圖來看，於另一實施具體例中，裝置8係包含一預熱光學轉接系統140，該系統係具有一預熱照射光源142以及一沿一光軸A2配置之轉接透鏡143。預熱照射光源142是一種發射照射147之光源，該照射147會迅即於退火照射光束加熱基材之前，由轉接透鏡施加預熱照射光束150來預熱基材。厚度100 μm 或更薄之矽可以容易地(實質)吸收照射147之波長。於一實施具體例中，預熱照射光源142是一雷射二極體陣列，其發射之預熱照射147波長是0.8 μm (800nm)或0.78 μm (780nm)。下述是一轉接透鏡143之實施具體例。預熱照射光源142與轉接透鏡143可搭接第1A圖所顯示之控制器32、以及監測器M1與M2與平臺驅動器29來進行運作(其等為方便闡釋而沒有顯示於第1C圖)。

於運作時，預熱照射光源142會發射照射147，該照射147會被轉接透鏡143接收。轉接透鏡143會產生一預熱照射光束150，該光束會於基材表面12形成一影像160(例如：一直線影像)。預熱照射光束150入射頂面12之角度是一以偏離垂直面N來量測之入射角度 θ_{150} 。

於一實施具體例中，由退火照射光束20所形成之影像30與由預熱照射光束150所形成之影像160的情形是如第1C圖所顯示之並排於基材表面12上。因此，預熱照射光束150係供用於退火照射光束20照射部分之前，迅即進行局部預熱基材部分或區域。箭頭22'係闡釋基材10之移動(例如：經由可移動基座28、參閱第1圖，該箭頭22'於一實施具體例中是於固定照射光束20與150 (或等同是固定影像30與160)之下進行移動，藉此達成以此等光束(或影像)來進行掃描。

於另一實施具體例中，預熱照射光束150與退火照射光束20會部分重疊，例如：如第4A圖所闡釋，是以個別之光束強度剖面之 $1/e^2$ 強度外緣。

第4B圖是一受光束20與150照射基材之實施具體例的放大剖面圖。第4B圖係闡釋該來自預熱照射光束150且投射影像於退火照射光束20前端之熱166如何增進該鄰近基材頂面吸收退火照射光束。該來自預熱照射光束150之熱166會擴散進入該領先退火照射光束20之基材10。當照射光束沿該箭頭22'所標指之方向來進行相對基材移動時，退火照射光束20會穿射進入該受預熱照射光束150預先加熱之區域(意即基材部分)。此方法被使用來使基材表面及鄰近基材表面之基材溫度升高至超過該臨界溫度(T_c)。如該吸收退火照射光束20'(虛線)所標指，這可容許基材有效吸收退火照射光束20。此於鄰近基材表面12之基材10進行相當快速吸收退火照射光束20'，係供用以將退火照射光束移動路徑邊緣之基材表面溫度快速升高至一極大值，該極大值將高達

一退火溫度 T_A (例如：大約 1600°K)。這將導致基材內特定區域達成退火，例如：藉由活化該植入基材頂面之摻雜物。

VI. 基材溫度作圖

第5圖是是一以一波長 $10.6\mu\text{m}$ 退火照射光束照射一大量摻雜矽基材所產生之基材溫度極大值 $T_{\text{MAX}}(^{\circ}\text{C})$ 對比該退火照射光束之入射能量 P_1 (瓦/公分(W/cm))之作圖。使用一二維有限元素模擬程式來產生數據。該模擬係假設一無限長之退火照射光束。因此，光束能量是以瓦/公分(W/cm)而非瓦/平方公分(W/cm^2)來量測。該模擬亦假設退火照射光束20之高斯光束曲線半幅值全寬(FWHM)是 $120\mu\text{m}$ ，且該光束掃描通過基材頂面12之速度是 $600\text{mm}/\text{s}$ ，產生一滯留時間是 $200\mu\text{s}$ 。於本案，“滯留時間”是該退火照射光束20所形成影像30落在一基材表面12特定點之時間長度。於此情形中，第5圖顯示入射能量 P_1 與基材溫度極大值 T_{MAX} 是呈一近似直線之關係。由於二維模型假設退火照射光束20是無限長，因此直線影像30之端部不會有額外的能量損失。一有限光束長度會導致光束端部某些額外的熱損失，且因此會使一特定之入射能量等級 P_1 之溫度極大值降低。

第5圖係顯示於一組特定條件下，一吸收性(意即大量摻雜)基材自周遭溫度達到高達 427°C 基材溫度極大值 T_{MAX} 所需之入射能量 P_1 是大約 $500\text{瓦}/\text{公分}(\text{W}/\text{cm})$ 。此對於同一組特定條件下需求以大約 $1150\text{瓦}/\text{公分}(\text{W}/\text{cm})$ 來達到矽熔點 1410°C 而言是合理的。

就一具有寬度與滯留時間等同退火照射光束20之預熱照射光束150而言，第5圖所顯示是一良好之近似關係。於兩種情形中，熱擴散是熱分佈於基材內之主要機制。由於基材溫度極大值分佈是於基材內以一約略等於熱擴散距離 L_D 來消散入周遭，因此一400°C之基材溫度極大值 T_{MAX} 不會產生等同一具有均一400°C基材溫度所產生之退火照射光束20吸收。

第6圖是一未摻雜基材使用兩種不同入射能量 P_I 之波長10.6微米(μm)退火照射光束20照射所產生基材溫度極大值 $T_{MAX}(^{\circ}C)$ 對比起始基材溫度 T_I 作圖。該圖亦得自一二維有限元素模型。就低於327°C之溫度而言，入射照射幾近不產生任何效應，因此溫度極大值 T_{MAX} 係幾近等於起始基材溫度 T_I 。換句話說，退火照射光束20會穿過基材10，且不會適宜加熱該基材。然而，於一起始基材溫度 T_I 落在377-477°C時，會視退火照射光束之入射能量數量，來發生適宜吸收退火照射光束20。其結果是基材溫度極大值 T_{MAX} 明顯增加。迅即於發生高吸收高溫轉變之後，更進一步之退火照射光束20照射會直線增高溫度極大值 T_{MAX} 。

值得注意的是，第5與第6圖所使用之能量單位是瓦/公分(W/cm)。此能量是意指掃描影像30(例如：一直線影像)單位長度內所具有之能量。因此，一寬度120微米(μm)之影像30所具有之1150瓦/公分(W/cm)能量係相當於一平均強度是95,833瓦/平方公分(W/cm^2)。

該必須由預熱照射光源142加熱基材至臨界溫度來產

生自我維持退火條件之溫度，可以由第6圖之資料來進行估算。本案第6圖指出：當一基材達到一均一溫度是 427°C 時，基材溫度極大值 T_{MAX} 會突然上升，此係意指達到自我維持退火條件。設若使用一雷射二極體光源來提供所需之預熱，則將由於二極體光源產生一以大約是一熱擴散長度消散入周遭之非均一溫度分佈，而必須達到一顯著更高之溫度。

第7圖是是以一波長780奈米(nm)預熱照射光束照射矽之吸收長度 L_A 微米(μm)對比基材溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 作圖。波長800奈米(nm)之吸收會非常類似波長780奈米(nm)。由第7圖可以看出，甚至就室溫吸收長度 L_A 是大約10微米(μm)而言，此短距吸收長度係充分確保會加熱基材表面區域以及會進行一大致以熱擴散時間長度是200微秒(μs)及更長來測定之溫度分佈。

為了使一具有(例如)以一雷射二極體光源(例如用以產生預熱照射光束150之光源)所產生之一非均一溫度分佈之未摻雜基材能夠充分吸收一二氧化碳(CO_2)雷射光束(例如：退火照射光束20)，因此據估算一所需溫度是相當於一吸收長度大約100微米(μm)之溫度。一大約 550°C 之基材溫度極大值 $T_{\text{MAX}}(^{\circ}\text{C})$ 可達到此種吸收。再度參照第5圖來看，一 550°C 之基材溫度極大值 $T_{\text{MAX}}(^{\circ}\text{C})$ 所需之預熱照射光束150能量是大約600瓦/公分(W/cm)(50,000瓦/平方公分(W/cm^2))。

VII. 測定預熱照射光束強度

於施行時，測定該達到有效耦合退火照射光束20來照射基材所需之預熱照射光束150能量最低值是一件簡單的工作。於一實施具體例中，退火照射光束20會予以設定至一能夠有效令一吸收基材進行退火之能量等級，然後以預熱照射光束150及退火照射光束20來照射一於室溫下實質不會吸收退火照射光束20波長之基材。增高該預熱照射光束150之能量等級，直至基材達到退火溫度。此可藉由(例如)使用第1A圖所顯示之溫度監測器M2量測基材溫度來予以達成。

由基材幾近沒有(或完全沒有)耦合退火照射光束至基材表面充分耦合係典型是相當突然的。設若基材溫度 T_s 太低，則不會發生一轉變至退火溫度或一突然轉變至基材熔點。當基材溫度更進一步上升時，會產生一容許於低於熔點之下安定運作之窄範圍退火能量等級。一更進一步增高基材溫度將會增加該退火溫度之退火能量等級範圍。因此，就預熱照射光束150引發基材轉變吸收退火照射光束20或者可選擇性導致基材轉變至退火溫度而言，並沒有明顯界定之能量等級。然而，存有一施加能量等級最低值，於低於該最低值時，將不能容易地達到所欲之退火溫度範圍。於一實施具體例中，預熱照射光束150之能量等級被設定在略微超過此所需之能量等級最低值，俾以確保基材會充分吸收退火照射光束，且藉此可容易地達到一大範圍之退火溫度。

於一實施具體例中，引發自我維持退火條件所需之預

熱照射光束150的入射能量數量 P_1 是產生一 550°C 基材溫度極大值 T_{MAX} 所需之能量數量。假設滯留時間是200微秒(μs)，則第5圖所指示之此能量數量是相當於一具有大約600瓦/公分(W/cm)之入射能量。就以一具有強度大約600瓦/公分(W/cm)之預熱照射光束150產生一影像160能夠獲得一寬度相當於退火照射光束影像30而言，並不如初步看來如此容易。於一實施具體例中，所欲是令預熱照射光束150之入射角度 θ_{150} 呈一或近似於矽之布魯斯特角(Brewster's angle)，該角度是大約 75° 。此角度會使反射照射降至最低，且使諸等可能存在於基材上之結構型態等同基材內所吸收能量。以一大約 75° 之入射角度 θ_{150} ，預熱照射光束150可分散於基材表面12，且覆蓋體積將增加大約4倍，而強度亦會等比例下降。

就增加預熱照射光束150總能量而言，可藉由(例如)加大預熱光源(例如：增加額外的雷射二極體橫列)。然而，這亦會等比例增加預熱照射光束150之寬度。預熱照射光束150寬度增加會增加滯留時間及熱擴散深度，這會更進一步增加該達到一特定溫度極大值所需之能量。因此，必需設計轉接透鏡143，俾使其能夠使用該可使用之預熱照射光源142來提供一具有足以加熱基材至臨界溫度範圍內之預熱照射光束150。下文係即將描述一此種本發明轉接透鏡實例。

VIII. 光學轉接系統實施具體例

第8A及8B圖係分別是一光學轉接系統140實施具體例

與基材之剖面圖。第8A圖是一Y-Z平面，而第8B是一X-Z平面圖。於第8A及8B圖中，轉接系統被區分為兩部分，俾以配合頁寬，而該具有鏡面s13與s14之元件則於兩部分皆有顯示。

- 5 於一實施具體例中，預熱照射光源142係包含一個二維雷射二極體陣列，例如：可購自 Coherent Semiconductor Group(Patrick Henry Drive, Santa Clara, CA 95054 之 LightStack™ 7 x 1/L PV陣列。LightStack™陣列係包含7列
10 水冷式雷射二極體，其個別之長度是10釐米(mm)，且配置間隔是1.9釐米(mm)。個別之二極體橫列係能夠發射80瓦(watt)之光學能量。轉接透鏡143係包含一物件平面OP(於該平面安裝預熱照射光源142)、一影像平面IP(於該平面安裝基材)、以及由連接影像及物件平面所構成之光軸A2。

- 於一如上文所論述之實施具體例中，轉接透鏡143之設計
15 計是用以產生一以形成影像160(例如：一直線影像)來掃描基材10之預熱照射光束150。可使用數種方法來進行影像160掃描，例如：經由可移動平臺MS來令基座28進行相對轉接透鏡143(第1C圖)之移動。由於達到加熱基材一相當小影像區域所需之高光束強度較為容易，因此就一次照射整
20 個基材而言，較佳是以影像160來局部照射基材10。因此，該轉接透鏡143所提供之局部預熱必須與該使用退火照射光束20照射基材是同步進行。

 由於雷射二極體之發射性質是異向性且X與Y平面內鄰近二極體之間的間隔具有大幅差異，因此轉接透鏡143必

須進行橫向擠壓(anamorphic)，俾以有效於基材10上形成影像。再者，就達到所需基材10影像160強度而言，影像平面IP會需求一相當高的數值孔徑(numerical aperture)。

因此，參照第9A及9B圖來看，轉接透鏡143係包含一
5 依序來自預熱照射光源142且沿光軸A2之柱狀透鏡陣列200，該陣列200係具有一對應該構成預熱照射光源142之雷射二極體198橫列數目之小透鏡。柱狀透鏡陣列200之X-Z平面能量係用以令個別自照射光源142發散之預熱照射光束147於X-Z平面內形成平行(第9A圖)，且容許該照射於於
10 Y-Z平面內形成一 10° 之錐形角(第9B圖)。該由二極體陣列與柱狀透鏡陣列所構成之組合將輸入一橫向擠壓(anamorphic)轉接，該轉接會再度將該柱狀透鏡陣列之影像形成於基材上。

表1列述一如第8A及8B圖所闡釋之轉接透鏡143實施
15 具體例的透鏡設計數據。

表 1: 第 8A 及 8B 圖所闡釋之轉接光學系統 143 實施具體例所
使用之透鏡設計數據

鏡面編號 (s#)	半徑(RDY, RDX)	TH	玻璃	元件
1	RDY= RDX = 8	3.100	NBK7	透鏡202
2	RDY= RDX = -142.696	0.500		
3	RDY= RDX = 8	5.800	NBK7	透鏡204
4	RDY= -30.060 RDX = 8	107.027		
6	RDY= 544.836 RDX = 8	7.800	B270	透鏡206
7	RDY= -47.730 RDX = 8	113.564		
8	RDY= 99.955 RDX = 8	8.00	NBK7	透鏡208
9	RDY= 1309.204 RDX = 8	52.015		
11	RDY= 8 RDX = 38.835	9.900	NBK7	透鏡210
12	RDY= RDX = 8	6.946		
13	RDY= RDX = -199277.3	9.600	NBK7	透鏡212
14	RDY= RDX = -13.079	338.951		
15	RDY= RDX = 50.084	6.749	NBK7	透鏡214
16	RDY= RDX = 693.301	19.454		
17	RDY= RDX = 21573827	3.000	NBK7	透鏡216
18	RDY= RDX = 34.369	5.895		
19	RDY= RDX = 946.3332	9.000	NBK7	透鏡218
20	RDY= RDX = -84.838	.500		
21	RDY= RDX = 46.343	6.370	發煙氧化矽	透鏡220
22	RDY= RDX = 22.240	42.168		
23	RDY= RDX = 4434.483	8.000	發煙氧化矽	透鏡222
24	RDY= RDX = 8	21.000		
	影像平面			

再次參照第 8A 與 8B 圖來看，轉接透鏡 143 係由 2 個呈一系列且具有一共同中間影像平面 IM 之次轉接 R1 與 R2 所構成。次轉接 R1 是一個橫向擠壓轉接，其主要係使用於 Y-Z 及 X-Z 平面具有不同能量之柱狀透鏡元件，而次轉接 R2 則是一個傳統轉接，其係使用球形元件且具有一縮小比例是

1:6。該橫向擠壓轉接R-1係具有一Y-Z平面放大比例是1:1，以及一X-Z平面縮小比例是1:10。轉接透鏡143係遠距對準物件平面OP及影像聚焦平面。

遠距對準物件平面OP及影像平面IP是以一緊鄰預熱照射光源142配置之球面透鏡202(鏡面s1-s2)及一柱狀透鏡204(鏡面s3-s4)來予以達成。柱狀透鏡204係僅於Y-Z平面具有能量，且於Y-Z平面之s5形成一透光影像。接續是兩個柱狀透鏡206與208(鏡面s6-s9)，二者具有之Y-Z平面能量會再度將二極體陣列以1:1成像於該中間影像平面。鏡面s10會辨識一落在X-Z平面之透光平面。接續此等是一對柱狀透鏡210與212(鏡面s11-s14)，二者具有之X-Z平面能量會再度將二極體陣列以一縮小比例10:1成像於該中間影像平面。該中間影像平面是藉由一群組之球形透鏡214-222(鏡面s15-s24)來再度成像於最終影像平面，該球形透鏡群組會形成一縮小比例是6:1之次轉接。因此，該轉接於該由二極體橫列所構成之平面之總縮小比例是6:1，而於該垂直個別二極體橫列之平面的縮小比例是60:1。

該Y-Z平面縮小比例6:1會使該預熱照射光源142之未平行化(緩行軸)所具有的10釐米(mm)尺寸，由物件平面OP之10釐米(mm)降低至影像平面IP之1.67釐米(mm)。同時，以該相同平面，該發射自預熱照射光源142且於物件平面OP是呈 10° 錐形角之照射，將於影像平面IP增加至 60° 。

該X-Z平面縮小比例是60:1。因此，該構成有效光源220之雷射二極體陣列於物件平面OP所具有之11.4釐米(mm)，

會於影像平面IP縮減為0.19釐米(mm)。此外，該以1°半幅值全寬(FWHM)分散於經平行化光束內之有效光源220會於影像平面IP增加為60°。

設若假設該自照射光源142之物件平面OP傳輸預熱照射147至基材10影像平面IP之總效率是50%(其包含於基材表面12進行反射之損失)，則第8A與8B圖轉接透鏡143能夠使影像160攜帶280瓦(W)。就該影像160尺寸是1.6釐米(mm) x 0.19釐米(mm)而言，這將達到一能量密度是921瓦/平方釐米(W/mm²)。於直射($\theta_{150}=0^\circ$)時，此能量密度會以假設滯留時間是大約200微秒(μ s)來使一室溫(意即~20°C)之矽基材10溫度上升大約500°C，而達到一接近520°C之溫度。這已超過該啟動自我維持退火條件所需之臨界均一溫度 $T_c=400^\circ\text{C}$ ，且係落在該(例如)落在退火雷射影像30正前方之二極體陣列影像160所產生之非均一溫度分佈的右邊界。於此情形中，係設定預熱照射光束150領先退火照射光束20(意即於前方進行掃瞄)。以此種方式，該由預熱照射光束所產生之溫度極大值 T_{MAX} 會迅即於退火照射光束20照射相同預熱基材部分之前達到。於一實施具體例中，預熱與退火照射光束之相對位置是於每一次掃瞄方向逆轉時互相調換，俾使預熱照射光束永遠領先退火照射光束。

IX.照射光束掃瞄及定向

如上文所述，於一實施具體例中，以預熱照射光束150所形成之影像160來掃瞄基材10。就此而言，以退火照射光束20所形成之影像30掃瞄基材10是入射至基材經預熱照射

光束預熱之部分。

於一實施具體例中，掃瞄是呈一螺旋、光柵或牛耕式轉行書寫法(boustrophedonic)圖案來進行掃瞄基材。於一牛耕式轉行書寫法圖案中，於每一回掃瞄之後，逆轉掃瞄方向並延伸轉行掃瞄位置。於此情形中，如上文所述，於每一次掃瞄方向逆轉時皆必須對調預熱照射光束150與退火照射光束20之相對位置。於一實施具體例中，這是藉由改變整個轉接透鏡143的位置來予以達成。當退火照射光束20之半幅值全寬(FWHM)是120微米(μm)，且該預熱照射光束150之寬度(帽頂剖面)是大約190微米(μm)時，轉接透鏡143必需呈一平行掃瞄之方向來移動，其移動距離是掃瞄中心之間距離的大約2倍或者是大約393微米(μm)。此可藉由(例如)一來自控制器32之訊號來予以達成，該控制器32是藉由搭接預熱轉接透鏡143之運作來移動轉接透鏡(第1C圖)。以一類似之方式，控制器32會於掃瞄之前，藉由調整基材之焦點、斜率及偏斜參數來控制預熱照射光束150之對焦。

如上文美國專利申請案序列編號：10/287,864所論述，所欲是令入射基材10之預熱照射光束150呈一或近似於矽之布魯斯特角(Brewster's angle)，且與入射面平行(P-polarized)。這是因為於退火期間將於一基材上遭遇之薄膜疊層係於此等條件下具有一低反射率及一低反射率變異值。

於一實施具體例中，預熱照射光束150會以一類似退火照射光束20之方式來調整其入射基材角度 θ_{150} 是一或近似

於矽之布魯斯特角(Brewster's angle)。此角度大致上會降低該等可能會存在於活化(退火)步驟之前之基材不同薄膜疊層之間的反射率變異值。雖然退火波長可良好運作此光束定向(角度)，然而預熱所使用波長卻無法如此有效運作。該

5 預熱照射光束波長與用以製造半導體結構之薄膜厚度之間的概略相關性會導致所有入射角度皆產生一較高之基材反射率。再者，一或近似於矽之布魯斯特角(Brewster's angle)之入射基材角度 θ_{150} 所散佈之影像160面積會是直射(意即 $\theta_{150}=0^\circ$)的3或4倍，而使一對應數量之能量密度降低。由於

10 通常是以退火照射光束幾何來設定，因此當掃瞄速率不改變時，溫度極大值亦會下降。

一以直射或接近直射來運作之問題是：照射之反射比例會相當高，而可能會於其返回至照射光源(例如：二極體陣列)時引發嚴重的損害。第10A及10B圖是一闡釋預熱轉接

15 光學系統140實施具體例之示意圖，該系統可供用以降低預熱照射反射或散射返回預熱照射光源142(第1C圖)。參照第10A圖來看，於一實施具體例中，預熱照射光束150之直射入射角度 $\theta_{150} = 0^\circ$ 。一直射入射角度會導致呈一數量之預熱照射光束150自基材反射(該反射預熱照射光束被標指為

20 150R)，然後朝向預熱照射光源142來進行反射。當反射預熱照射光束150R返回至預熱照射光源142時，其會加速該光源壽命殆盡。設若發射之預熱照射147是偏振照射時(例如二極體之情形)，則於一實施具體例中，該反射預熱照射光束150R返回至預熱照射光源之數量會減少，該減少是藉由

配置一對齊該預熱照射光束偏振方向之偏光板143P以及一配置於該偏光板與基材之間之四分之一波片143WP。該四分之一波片會將該自偏光板朝向基材移動之照射，於基材處轉變為環狀偏振照射。任何自基材返回之照射皆會於通過該四分之一波片之後轉變回直線偏振照射。然而，該返回照射之偏振方向會與原來的方向垂直。因此，該偏光板不會傳輸該反射光束，且該反射光束亦不會到達雷射二極體陣列。

現在參照第10B圖來看，甚至為了使反射(反射性)預熱照射150無法返回預熱照射光源而選擇入射角度 θ_{150} 不是直射角度時，散射(或非反射性)預熱照射150S返回預熱照射光源亦會造成一問題。即使一少量照射返回某些型態之預熱照射光源(例如：雷射)皆會引發運作不安定性。同時，為了增加基材吸收照射比例及降低基材結構所引發之吸收差異，因此所欲是於非直射運作時使用與入射面平行(P-polarized)之預熱照射。

因此，於一實施具體例中，該預熱照射150S返回預熱照射光源142之數量會降低，此降低是藉由添加一配置於轉接透鏡143下游之偏光板143P以及一法拉第旋轉器(Faraday rotator)143F。該法拉第旋轉器143F是配置於偏光板143P與基材10之間。於運作時，該法拉第旋轉器143F會於通過旋轉器兩次之後將預熱照射光束150之偏振旋轉 90° ，且該偏光板會阻擋該經旋轉偏振之預熱照射150S返回預熱照射光源142。以非直射之預熱照射光束150來運作光學轉接系統

140，亦可供用以量測該反射率預熱照射150R之能量，該能量量測是一種有用的診斷。

量測入射預熱照射光束150及反射率預熱照射150R之能量，可供用以計算基材10吸收之能量。其後此吸收能量可用以估算預熱照射光束150所產生之溫度極大值。藉由預熱照射光束150之吸收能量維持超過某一最低限值，可確保預熱可充分引發基材強力吸收退火照射光束20。

於上述實施方式中，多種特徵於多項實施具體例中，係為了能夠容易瞭解而予以歸納在一起。由詳細說明可明顯知悉該等本發明特徵及優點，且因此所欲是以該遵照本發明精義及範圍之檢附申請專利範圍來涵概所有本發明裝置之此等特徵及優點。再者，由於那些熟習此項技藝人士可容易進行數種修改及變化，因此本發明不意欲受限是本案所述之特定構造及運作。因此，檢附申請專利範圍內將涵概其他的具體例。

【圖式簡單說明】

第1A圖是一本發明雷射熱退火(LTA)裝置實施具體例之剖面圖，該裝置係包含一雷射熱退火(LTA)光學系統以及一以該系統來處理之矽基材，其中該雷射熱退火(LTA)裝置係包含：一用以支撐及預熱該基材之加熱基座、以及一藉由包圍該基座來降低照射涉及該其餘裝置及增進有效加熱該基材之可選擇加熱擋板；

第1B圖是一類似第1A圖所顯示之本發明雷射熱退火(LTA)裝置具體例之剖面圖，該裝置係包含一包圍該基材且

用以預熱該基材之加熱罩；

第1C圖是一類似第1A圖所顯示之本發明雷射熱退火(LTA)裝置具體例之剖面圖，其中該加熱基座及可選擇加熱擋板被置換為一使用一預熱照射光束來預先加熱至少一部分基材之可選擇加熱系統；

第2圖是使用一波長10.6微米(μm)之退火照射光束時，一未摻雜矽基材之吸收路徑長度 L_A 微米(μm)對比基材溫度 $T_S(^{\circ}\text{C})$ 作圖，以及該使用一滯留時間200微秒(μs)之照射光束之擴散長度 L_D 對比基材溫度 $T_S(^{\circ}\text{C})$ 作圖；

第3圖是一對比深度微米(μm)以及退火照射光束位置微米(μm)之電腦模擬基材溫度曲線圖，其係闡釋該自我維持退火條件所涉及之退火照射光束形成基材"熱點"；

第4A圖是一示意圖，其係顯示一預熱光束及退火照射光束曲線之相對強度對比基材表面位置作圖；

第4B圖是一基材放大剖面圖，其係闡釋該運作自我維持退火條件是如何於退火照射光束之前以來自預熱照射光束之加熱影像來增進基材吸收退火照射光束；

第5圖是一使用一波長10.6微米(μm)之退火照射光束照射一大量摻雜矽基材所產生之基材溫度極大值 $T_{MAX}(^{\circ}\text{C})$ 對比該退火照射光束之入射能量 P_I (瓦/公分(W/cm))之作圖；

第6圖是一未摻雜基材以不同入射能量 P_I (瓦/公分(W/cm))之退火照射光束照射所產生基材溫度極大值 $T_{MAX}(^{\circ}\text{C})$ 對比起始基材溫度 T_I 作圖所獲得之有限元素模擬

圖；

第7圖是使用一波長780奈米(nm)之預熱照射光束照射矽之吸收長度 L_A 微米(μm)對比基材溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 作圖；

第8A圖是一第1C圖光學轉接系統具體例之Y-Z二維平面剖面圖；

第8B圖是一第1C及8A圖光學轉接系統具體例之X-Z二維平面剖面圖；

第9A圖是一加熱照射光源及柱狀透鏡陣列之X-Z二維平面放大剖面圖；

第9B圖是一加熱照射光源及柱狀透鏡陣列之Y-Z二維平面

第10A圖是一放大示意圖，其係顯示進行直射基材之預熱照射光源、轉接透鏡及預熱照射光束，且其等係更進一步包含一配置於預熱照射光束內之偏光板及四分之一波片，此二者係用以降低預熱照射自基材反射及返回預熱照射光源之數量；以及

第10B圖是一放大示意圖，其係顯示進行近似直射基材之預熱照射光源、轉接透鏡及預熱照射光束，且其等係更進一步包含一配置於預熱照射光束內之偏光板及法拉第旋轉器(Faraday rotator)，此二者係用以降低預熱照射自基材散射及返回預熱照射光源之數量。

【主要元件符號說明】

8…雷射熱退火(LTA)裝置	82…加熱罩內部區域
10…基材	84…加熱罩孔洞
12…基材頂面	140…預熱光學轉接系統
16…未摻雜實體區域	142…預熱照射光源
20…退火照射光束	143…轉接透鏡
20'…吸收退火照射光束	143F…法拉第旋轉器
20R…反射退火照射光束	143P…偏光板
22…退火光束移動箭頭	143WP…四分之一波片
22'…平臺掃瞄箭頭	147…預熱照射
22'…基材移動箭頭	147…個別之預熱照射光束
25…退火光學系統	150…預熱照射光束
26…退火照射光源	150S…散射預熱照射
27…退火透鏡	160…預熱影像
28…基材基座	166…預熱照射光束之熱
29…平臺驅動器	198…雷射二極體
30…退火影像	200…柱狀透鏡陣列
32…控制器	202…球面透鏡(鏡面 s1-s2)
50…加熱元件	204…柱狀透鏡(鏡面 s3-s4)
52…電源	206, 208…兩柱狀透鏡(鏡面 s6-s9)
53…絕熱層	210, 212…一對柱狀透鏡(鏡面 s11-s14)
56…熱	214-222…一群組球形透鏡(鏡面 s15-s24)
57…感應器	220…有效光源
62…加熱擋板	
64…加熱擋板孔洞	
80…加熱罩	

A1…光軸

A2…光軸

IM…中間影像平面

OP…物件平面

IP…影像平面

R1, R2…次轉接系統

M1…反射照射監測器

M2…溫度監測器

M3…入射能量監測器

MS…可移動平臺

S1…M1 訊號

S2…M2 訊號

S3…外部訊號

S4…退火照射能量訊號

θ_{20} …退火光束入射角度

θ_{150} …預熱光束入射角度

五、中文發明摘要：

使用一實質於室溫下不會被該基材吸收之退火照射光束來施行雷射熱退火(LTA)一基材之裝置及方法。本發明方法是利用某些基材(例如：未摻雜矽基材)吸收長波長(1微米或更長)照射是明顯受一溫度影響。本發明方法係包含將該基材加熱至一實質能夠吸收長波長退火照射之臨界溫度，以及其後以該退火照射照射該基材，來產生一能夠退火該基材之溫度。

六、英文發明摘要：

Apparatus and method for performing laser thermal annealing (LTA) of a substrate using an annealing radiation beam that is not substantially absorbed in the substrate at room temperature. The method takes advantage of the fact that the absorption of long wavelength radiation (1 micron or greater) in some substrates, such as undoped silicon substrates, is a strong function of temperature. The method includes heating the substrate to a critical temperature where the absorption of long-wavelength annealing radiation is substantial, and then irradiating the substrate with the annealing radiation to generate a temperature capable of annealing the substrate.

十、申請專利範圍：

1. 一種用以於一具有一表面之基材施行雷射熱退火之裝置，其係包含：

5 一能夠產生連續式退火照射之雷射，該雷射照射波長係實質於室溫下不會被該基材吸收；

一退火光學系統，該系統供用以接收該退火照射及形成一於該基材表面形成一第一影像之退火照射光束，且其中該第一影像被掃瞄於該基材表面；以及

10 一加熱裝置，該裝置供用以將至少一部分基材加熱至一臨界溫度，藉此使該照射於該加熱部分之退火照射光束可於掃瞄期間被鄰近之該基材表面實質吸收。

2. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該退火照射光束波長是大於1微米(μm)。

15 3. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該基材是以一可移動平臺支撐，該平臺是藉由使基材進行相對該退火照射光束之移動來達成該掃瞄。

4. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該退火照射光束波長是10.6微米(μm)。

20 5. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該基材是未摻雜或微量摻雜矽。

6. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該由退火照射光束所形成之第一影像是一直線影像。

7. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該加熱裝置係包含一用以支撐及加熱該基材至該臨界溫度之加熱基座。

8. 如申請專利範圍第7項之裝置，其中該加熱裝置又包含一加熱擋板，該擋板係用以將該來自基材之熱反射回該基材。
- 5 9. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該加熱裝置係包含一用以包圍該基材及加熱該基材至該臨界溫度之加熱罩。
- 10 10. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該加熱裝置係包含：
一用以發射預熱照射之預熱照射光源；以及
一轉接透鏡，其供用以接收預熱照射及形成一於該
10 基材表面形成一第二影像之預熱照射光束，且其中該第二影像會被掃瞄於該基材表面，藉此可預熱一部分基材，該預熱部分係領先或部分重疊該掃瞄第一影像；且
其中該預熱照射波長係實質於室溫下不會被該基材吸收。
- 15 11. 如申請專利範圍第10項之裝置，其中該第二影像是一直線影像。
12. 如申請專利範圍第10項之裝置，其中該預熱照射光束波長是780或800奈米(nm)。
- 20 13. 如申請專利範圍第10項之裝置，
其中該轉接透鏡之配置可使該預熱照射光束垂直射入該基材；且
其又包含：
一偏光板；以及
一四分之一波片；

其中該偏光板及該四分之一波片是配置於該預熱照射光束中，以降低一自基材反射到達該預熱照射光源之預熱照射數量。

14. 如申請專利範圍第10項之裝置，其中一偏光板及一法拉第旋轉器(Faraday rotator)係被配置於該預熱照射光束中，以實質避免預熱照射返回該預熱照射光源。

15. 如申請專利範圍第10項之裝置，其中：

該預熱照射光源是一雷射二極體陣列；且

10 該轉接透鏡具有橫向擠壓(anamorphic)性且於該基材形成之第二影像係有如一雷射二極體陣列之直線影像。

16. 如申請專利範圍第10項之裝置，其中該轉接透鏡係包含可調整來維持該第二影像對焦之元件。

17. 如申請專利範圍第1項之裝置，其又包含：

15 一支撐該基材之基座；

一支撐該基座之可移動平臺；以及

一平臺驅動器，其係以可操作式地連接該可移動平臺，以選擇性移動該平臺，藉此可選擇性移動該該基材來進行該掃描。

20 18. 一種雷射熱退火一基材之方法，其係包含：

提供一來自一雷射波長實質於室溫下不會被該基材吸收之雷射熱退火光束；

將至少一部分基材加熱至一臨界溫度，藉此使該加熱部分之退火照射光束能夠被鄰近之該基材表面實質

吸收；以及

藉由退火照射光束掃瞄該基材加熱部分來啟動一自我維持退火條件。

19. 如申請專利範圍第18項之方法，其中該基材是未摻雜或
5 微量摻雜矽。
20. 如申請專利範圍第18項之方法，其中該加熱係包含經由一支撐該基材之加熱基座來對該基材提供熱。
21. 如申請專利範圍第20項之方法，其係包含自該基材反射回該基材之反射熱。
- 10 22. 如申請專利範圍第18項之方法，其中該加熱係包含經由一包圍該基材之加熱罩來對該基材提供熱。
23. 如申請專利範圍第18項之方法，其中該加熱係包含以一波長實質於室溫下不會被該基材吸收之預熱照射光束來照射該部分基材。
- 15 24. 如申請專利範圍第23項之方法，其中該預熱照射光束波長是780或800奈米(nm)。
25. 如申請專利範圍第23項之方法，其係包含使用一雷射二極體陣列來產生該預熱照射光束。
26. 如申請專利範圍第23項之方法，其中該退火照射光束會
20 於該基材形成一第一影像，該預熱照射光束會於該基材形成一第二影像，且其中該第一及第二影像會掃瞄於該基材上。
27. 如申請專利範圍第26項之方法，其中該第二影像會於掃瞄期間維持領先或部分重疊該第一影像。

28. 如申請專利範圍第18項之方法，其中該其中該退火照射光束波長是大於1微米(μm)。

29. 如申請專利範圍第28項之方法，其中該退火照射光束波長是10.6微米(μm)。

5 30. 如申請專利範圍第23項之方法，其係包含：

以試驗來測定下列至少一項：i)一由該預熱照射光束所產生且可啟動一自我維持退火條件之臨界溫度，以及ii)藉由使用一對應群組之退火照射光束及一組具有選定強度之預熱照射光束照射一組測試基材，來測定該
10 預熱照射光束達到啟動一自我維持退火條件所需之能量最低值。

31. 如申請專利範圍第18項之方法，其中該臨界溫度是360°C或更高。

15 32. 如申請專利範圍第26項之方法，其中該掃描之施行是呈一選自該包含光柵、牛耕式轉行書寫法(boustrophedonic)、及螺旋之群組的圖案。

33. 如申請專利範圍第26項之方法，其中該掃描是藉由選擇性移動一可移動式基材平臺來進行，該平臺係藉由支撐一基座來支撐該基材。

20 34. 如申請專利範圍第23項之方法，其中該預熱照射光束具有一能量等級，且其中該能量等級之設定是藉由：

以一能量足以退火一吸收性基材之退火照射光束來掃描該基材；

提高該預熱照射光束之能量等級，直至於該基材表

面達到一退火溫度為止；以及

以至少能夠達到該退火溫度來設定該能量等級。

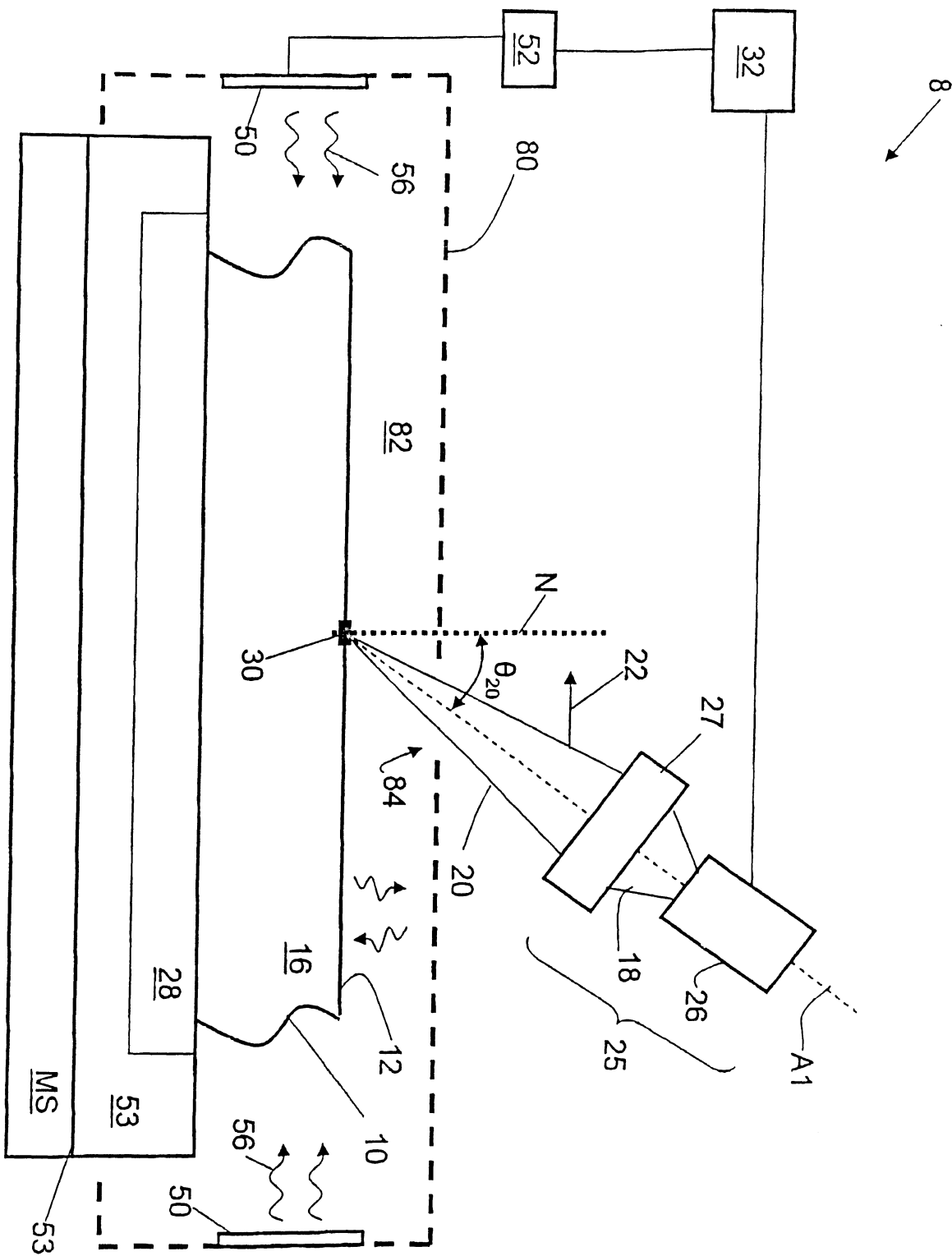
35. 一種雷射熱退火一具有一溫度之基材的方法，其係包含：

5 提供一來自一雷射波長實質於室溫下不會被該基材吸收之雷射熱退火光束；

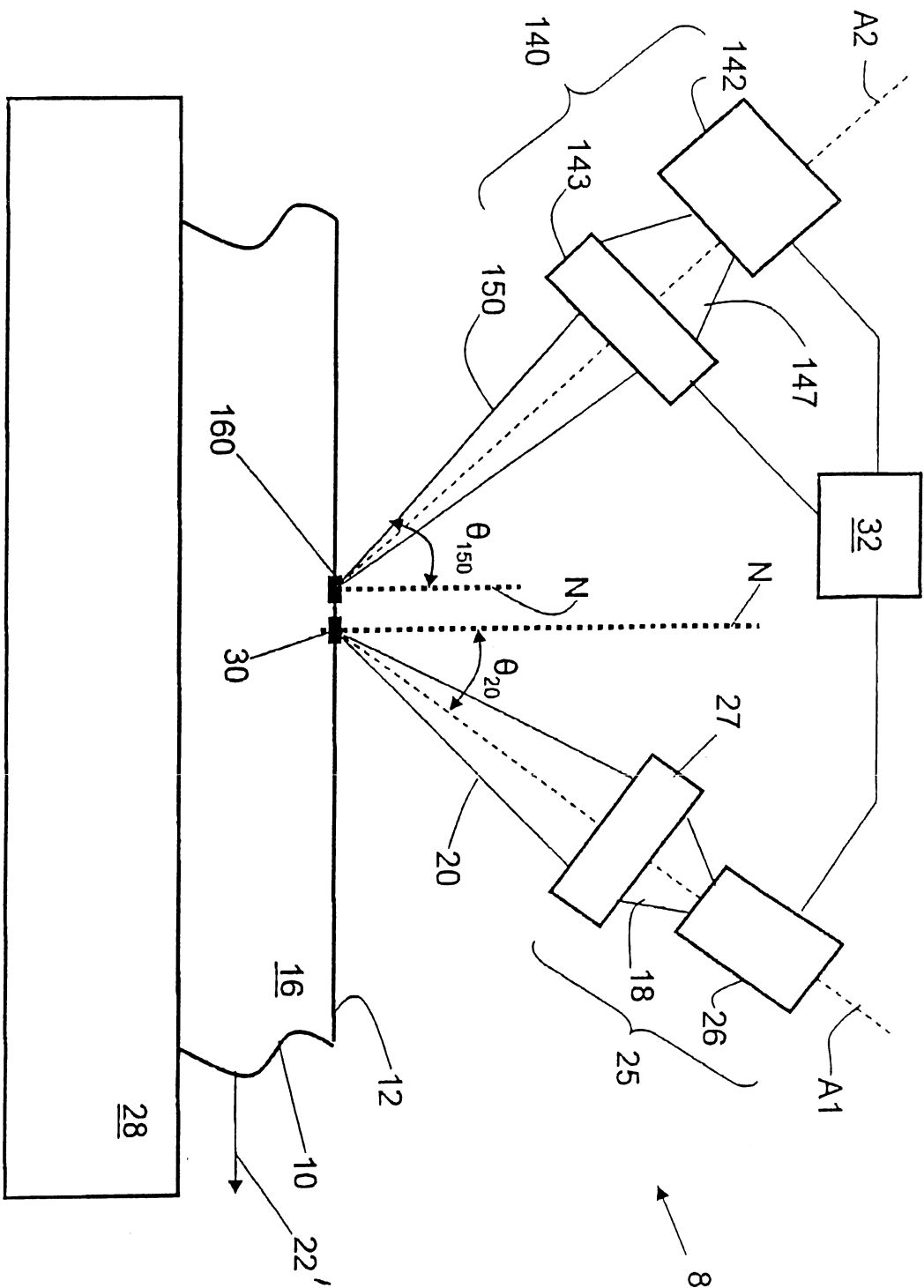
 以一波長實質於室溫下不會被該基材吸收之掃描預熱照射光束來照射一部分基材，藉此使該基材溫度上升至一臨界溫度，且藉此可使該退火照射光束能夠被鄰近之該基材表面實質吸收；以及

10

 藉由該退火照射光束進行接續或部分重疊該預熱照射光束之掃描來啟動一自我維持退火條件。

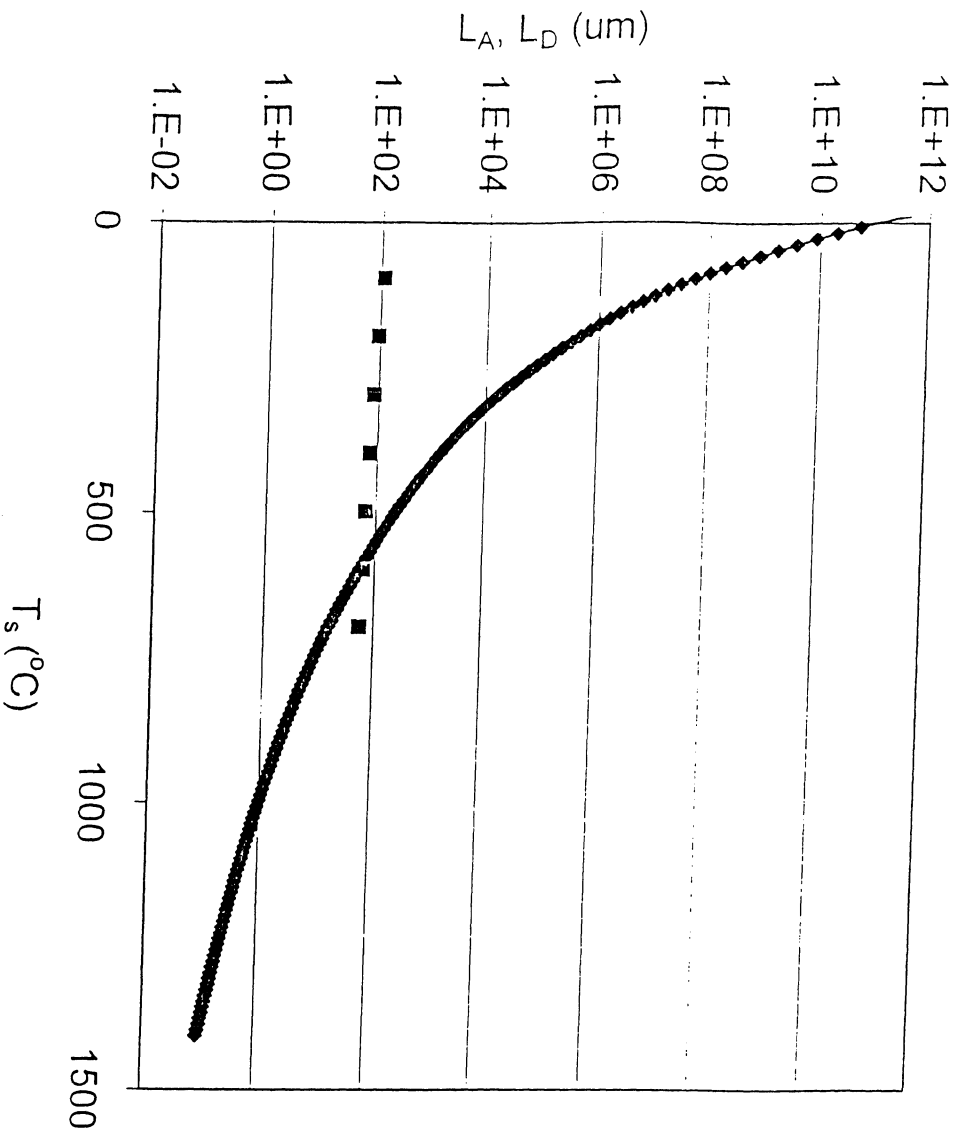


第 1B 圖

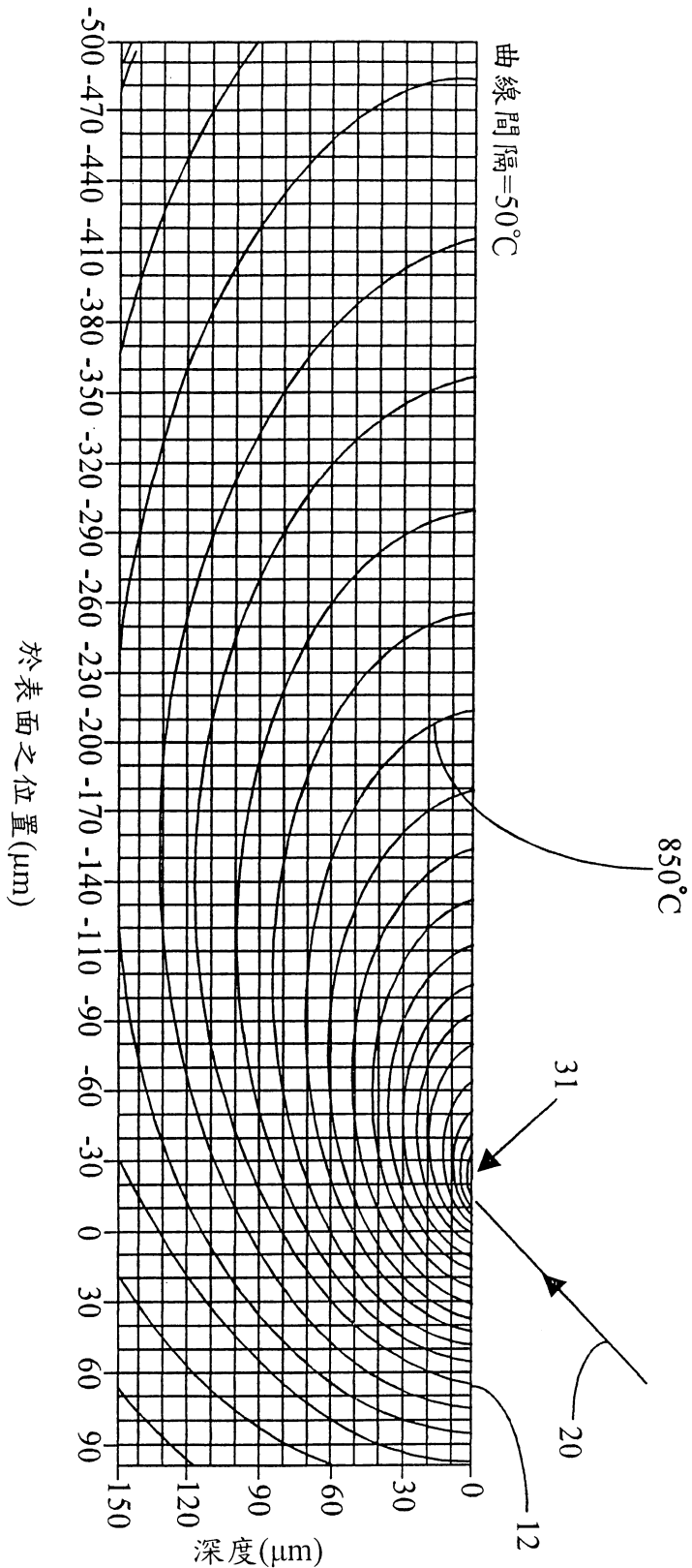


第 1C 圖

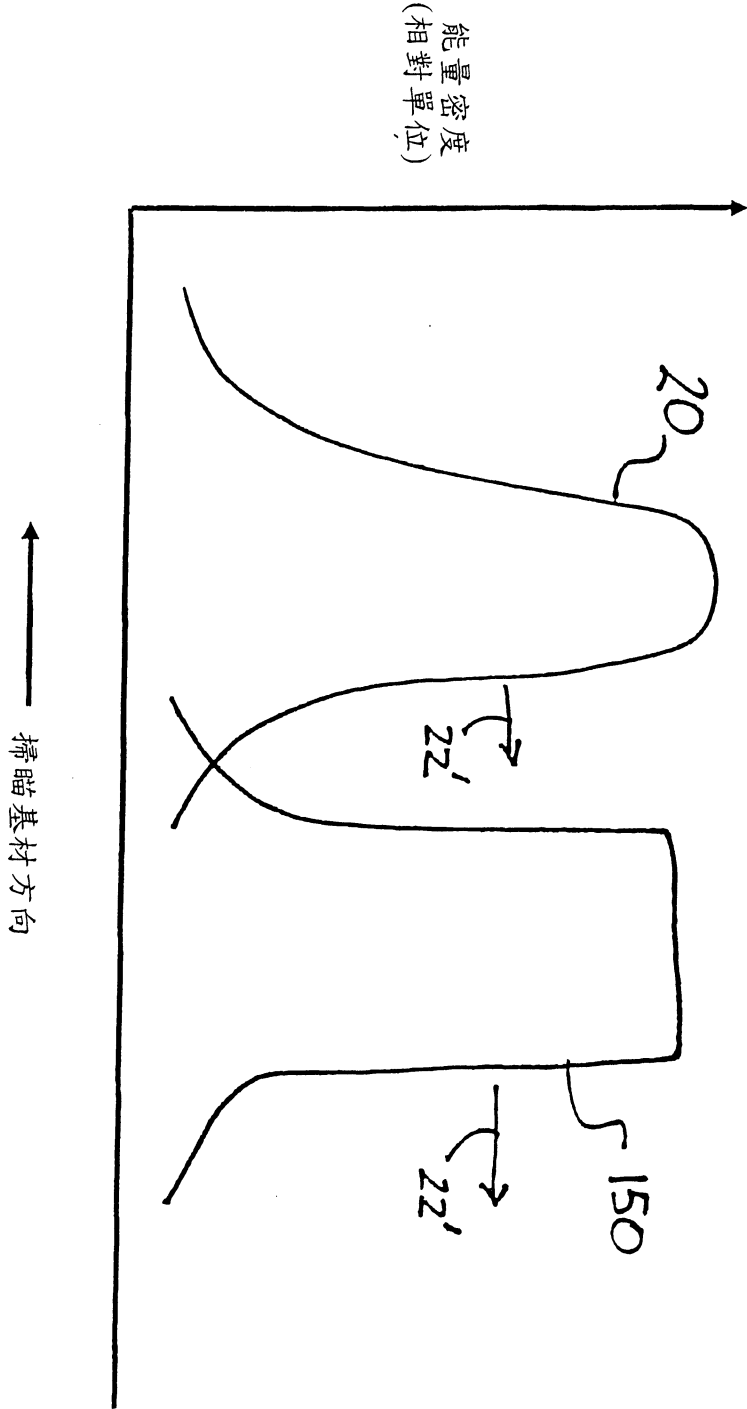
第 2 圖



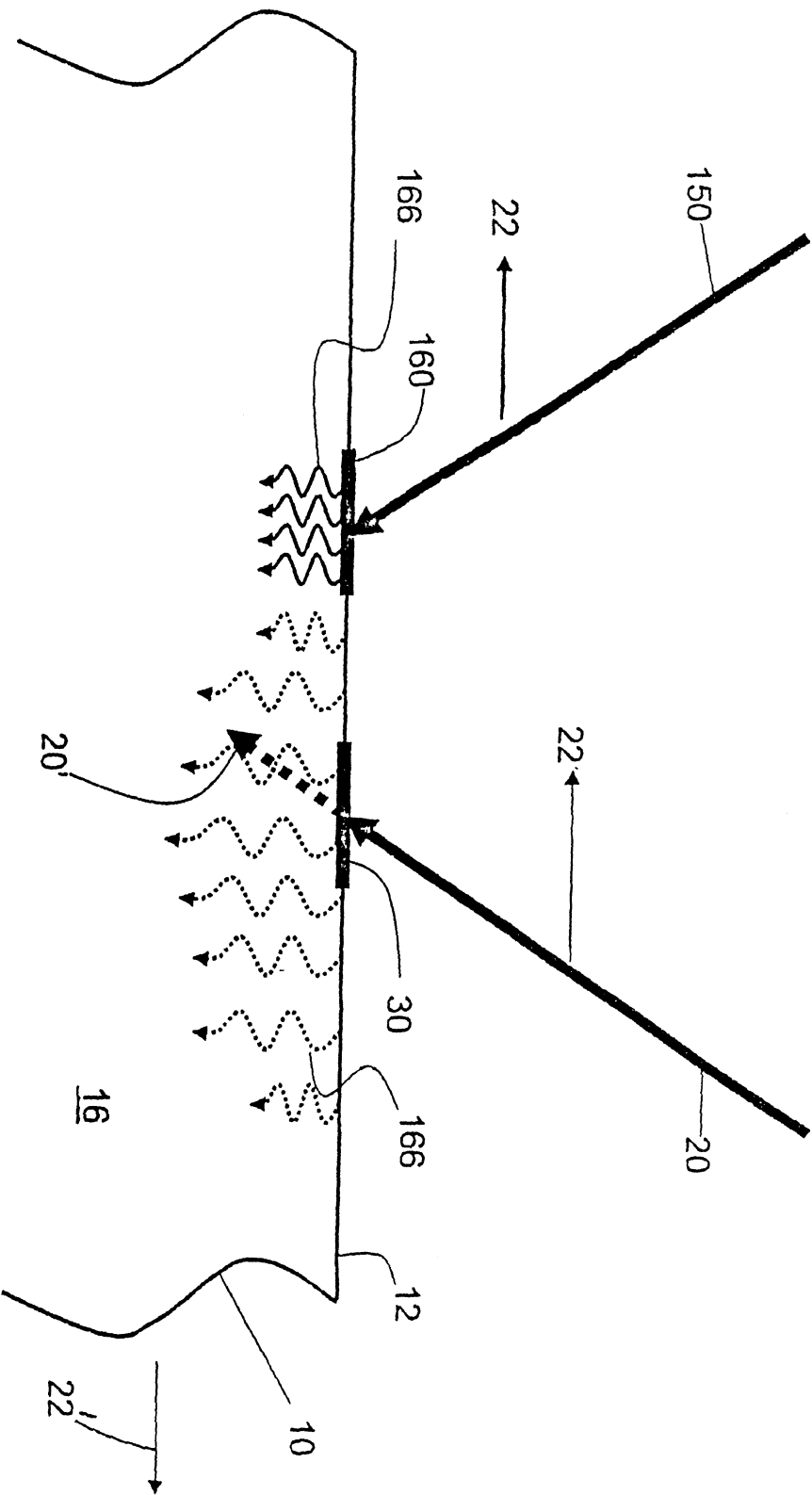
—◆— 吸收長度 $L_A(\mu m)$
—■— 擴散長度 $L_D(\mu m)$



第 3 圖

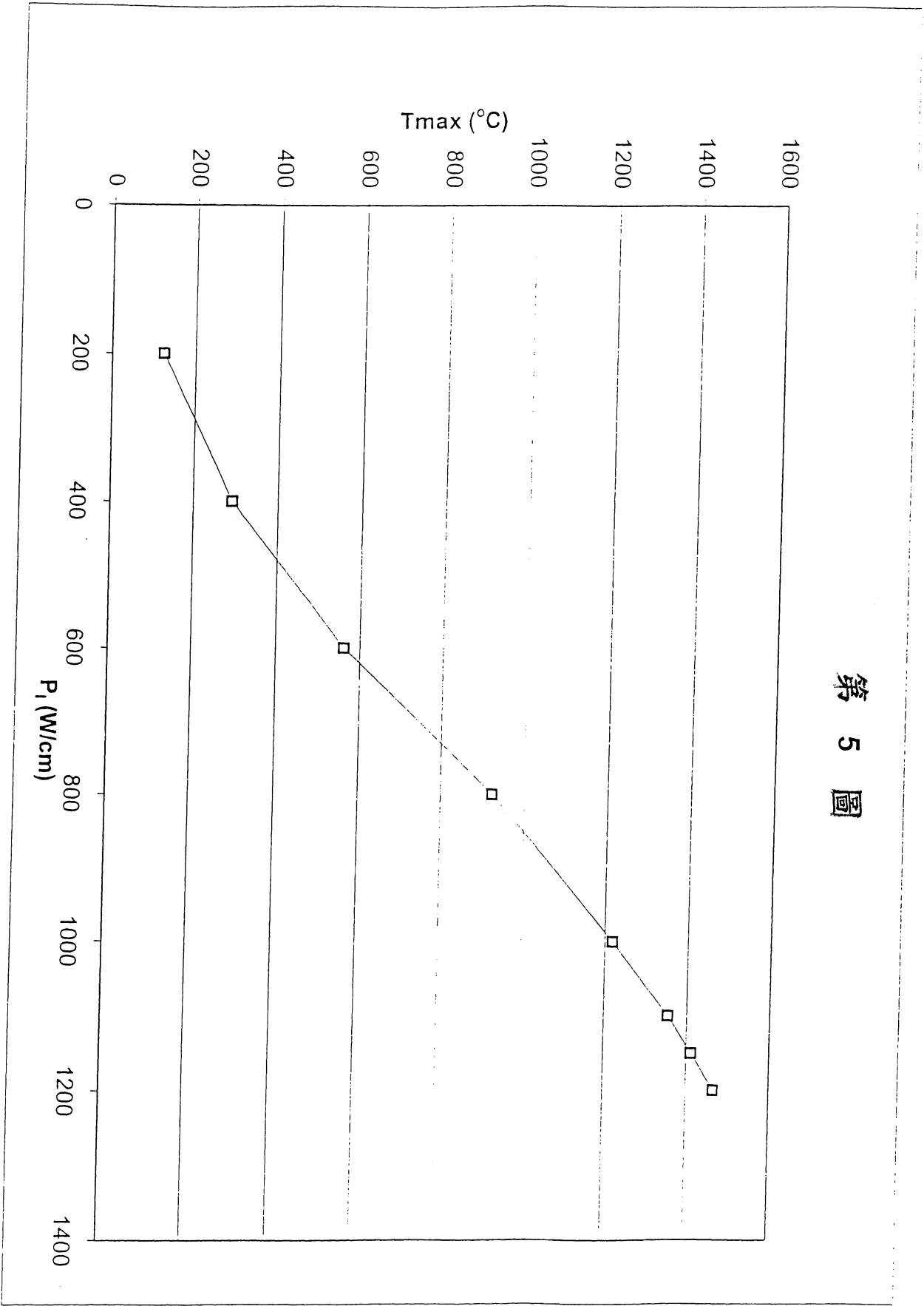


第 4A 圖

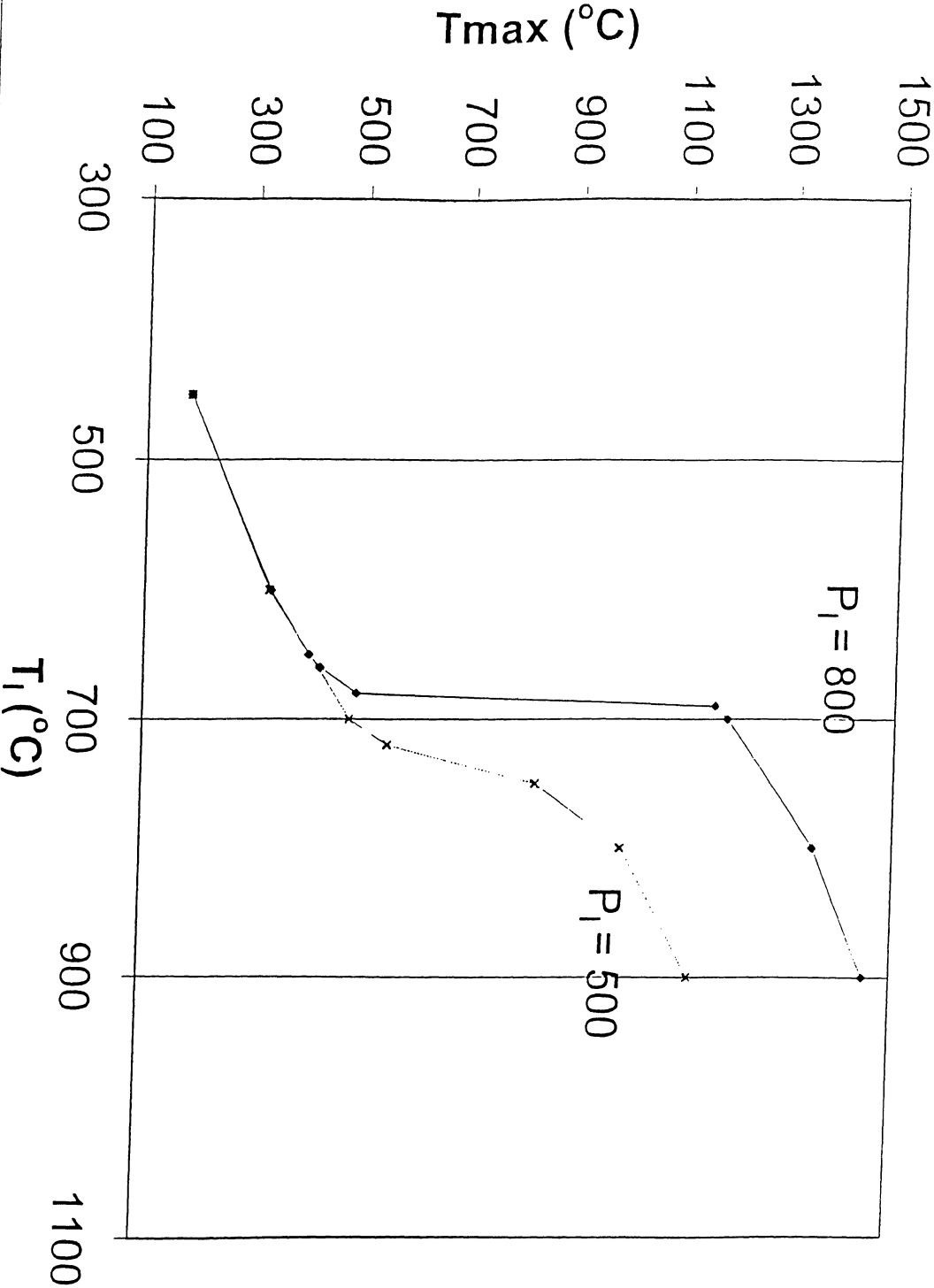


第 4B 圖

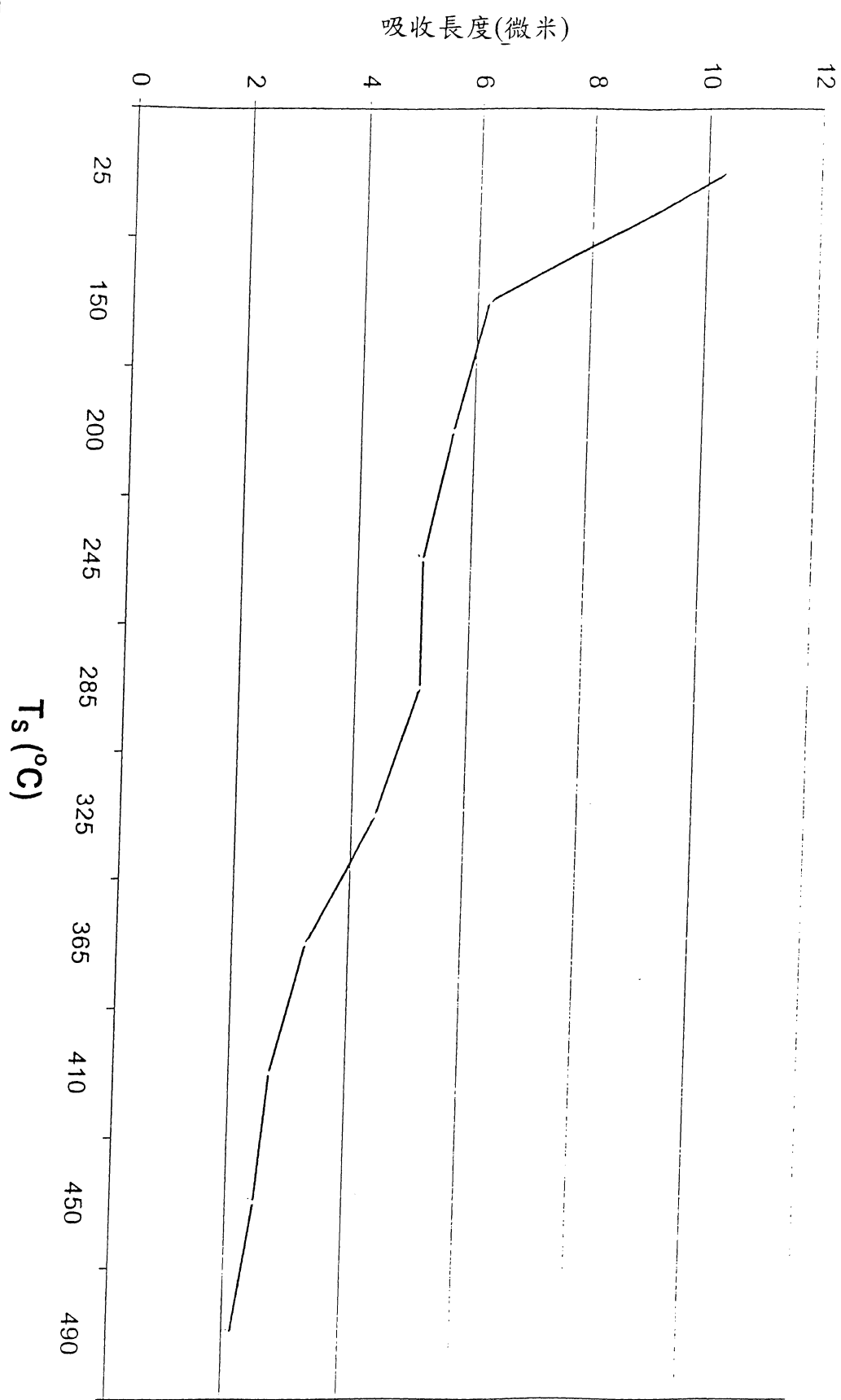
第 5 圖

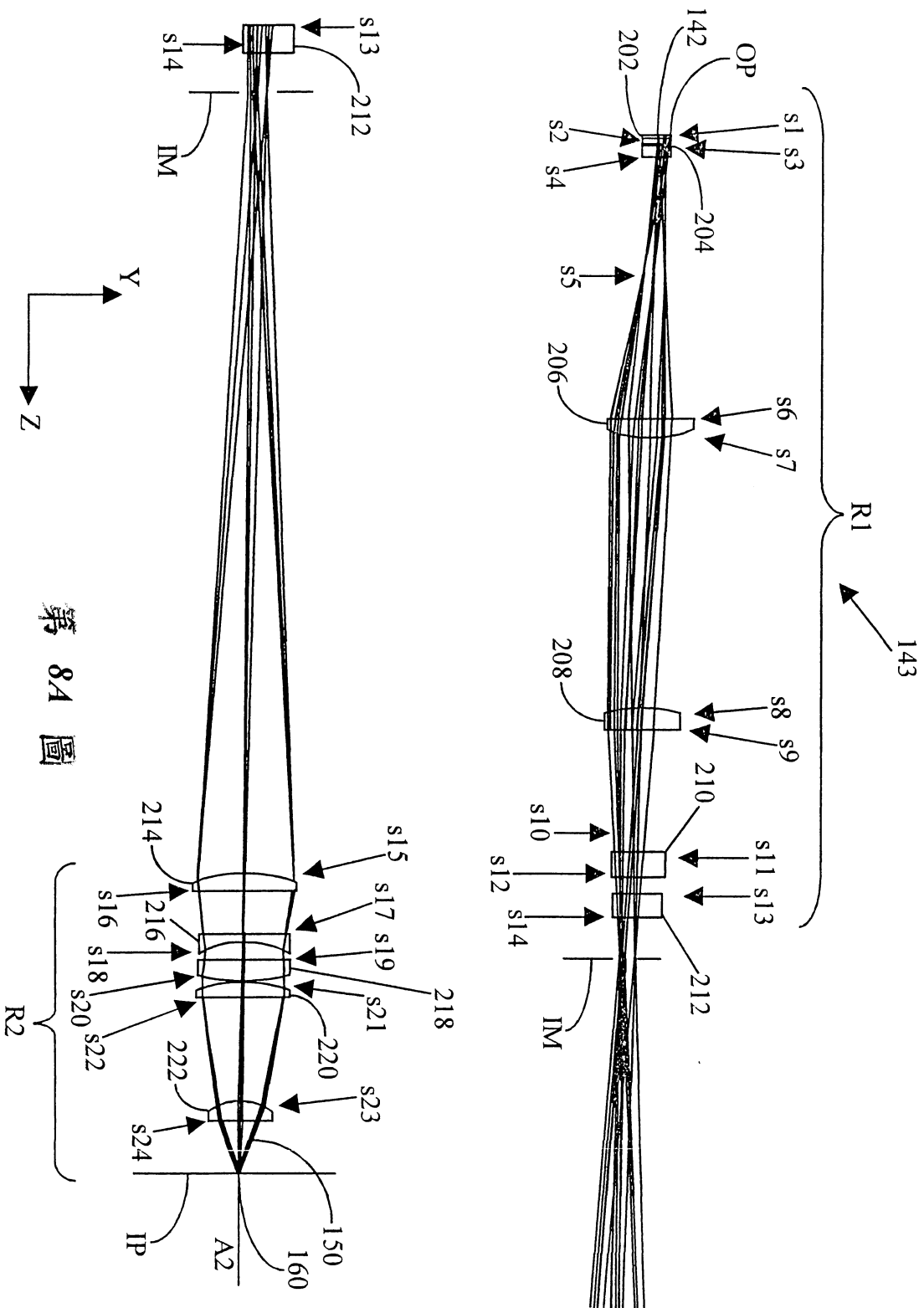


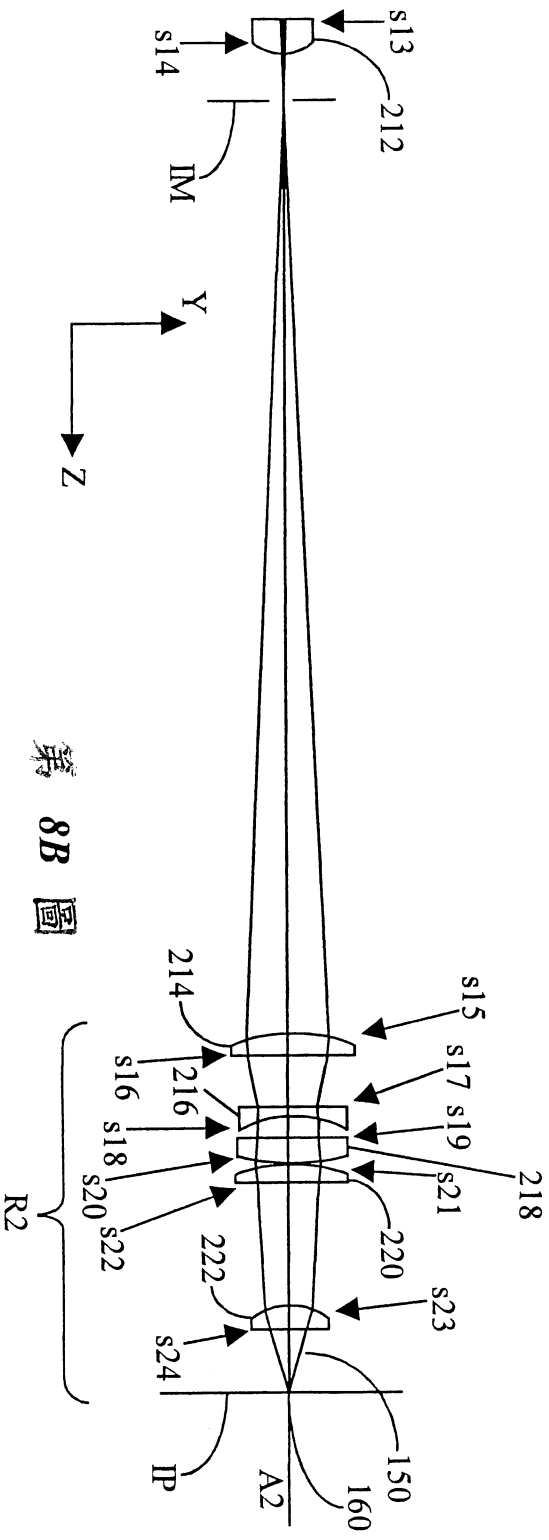
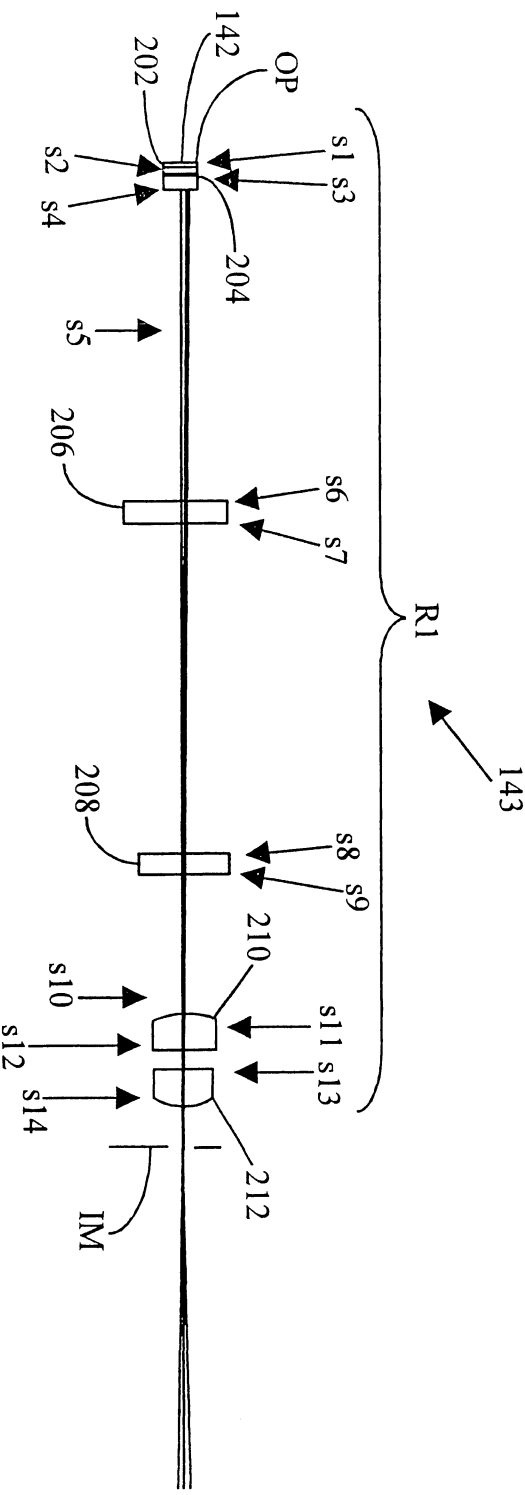
第 6 圖



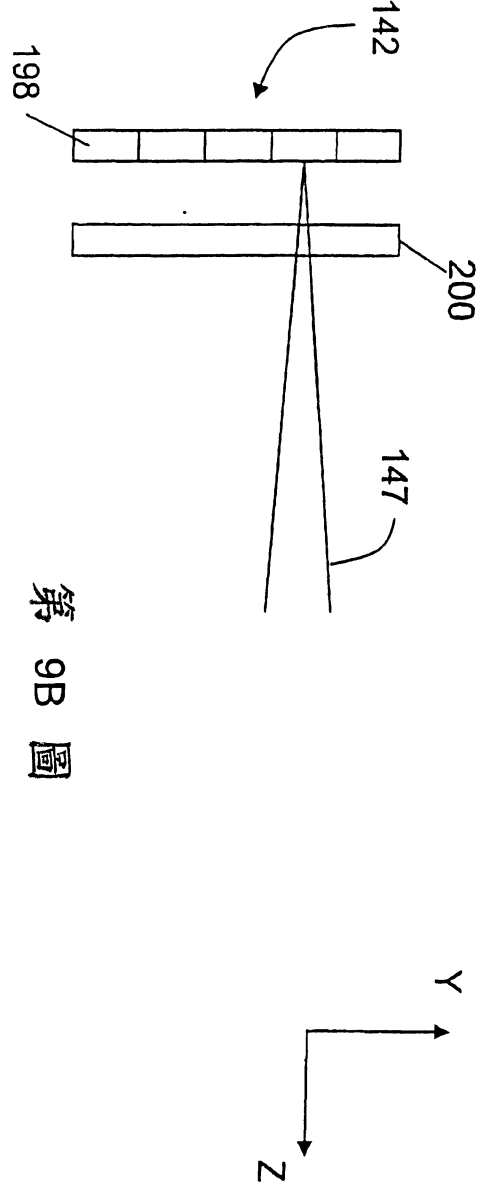
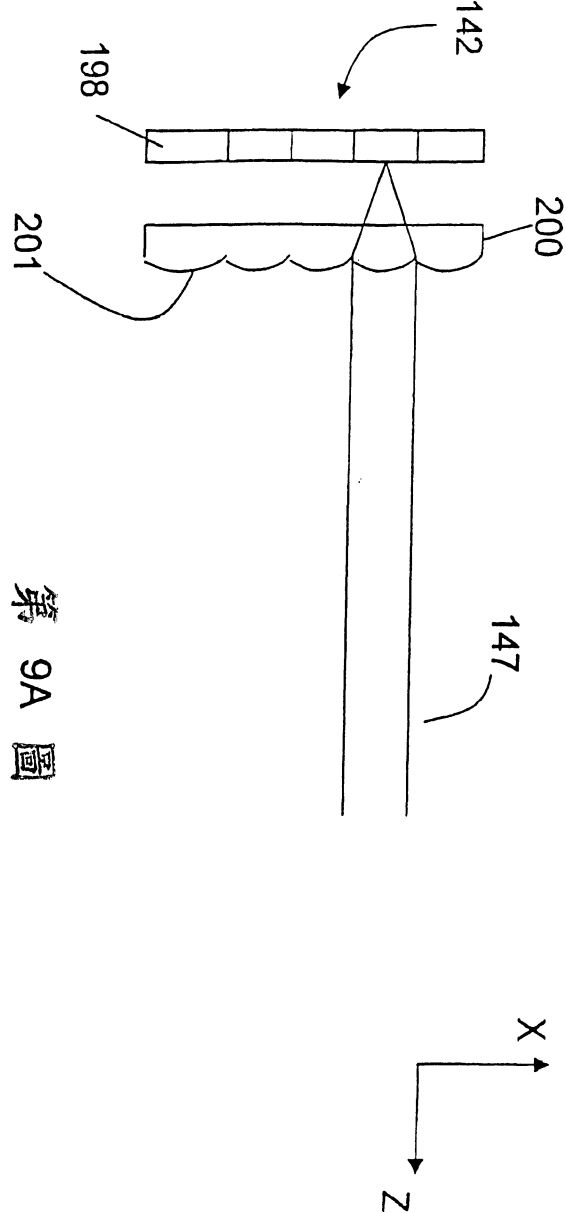
第 7 圖

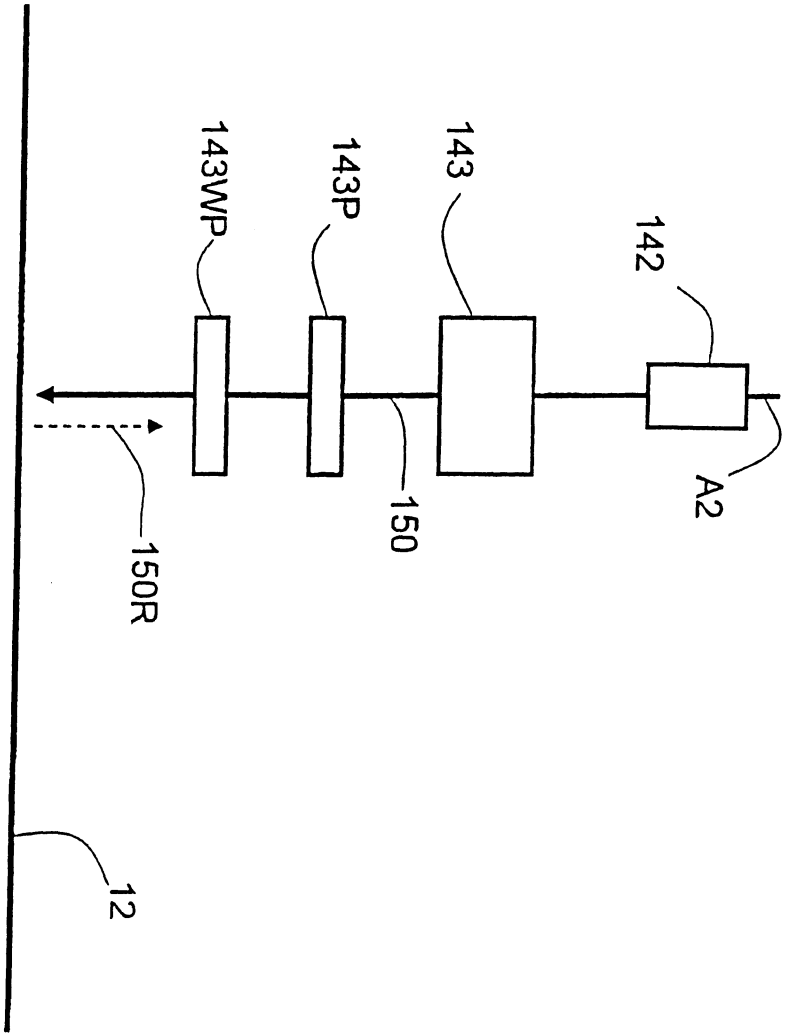




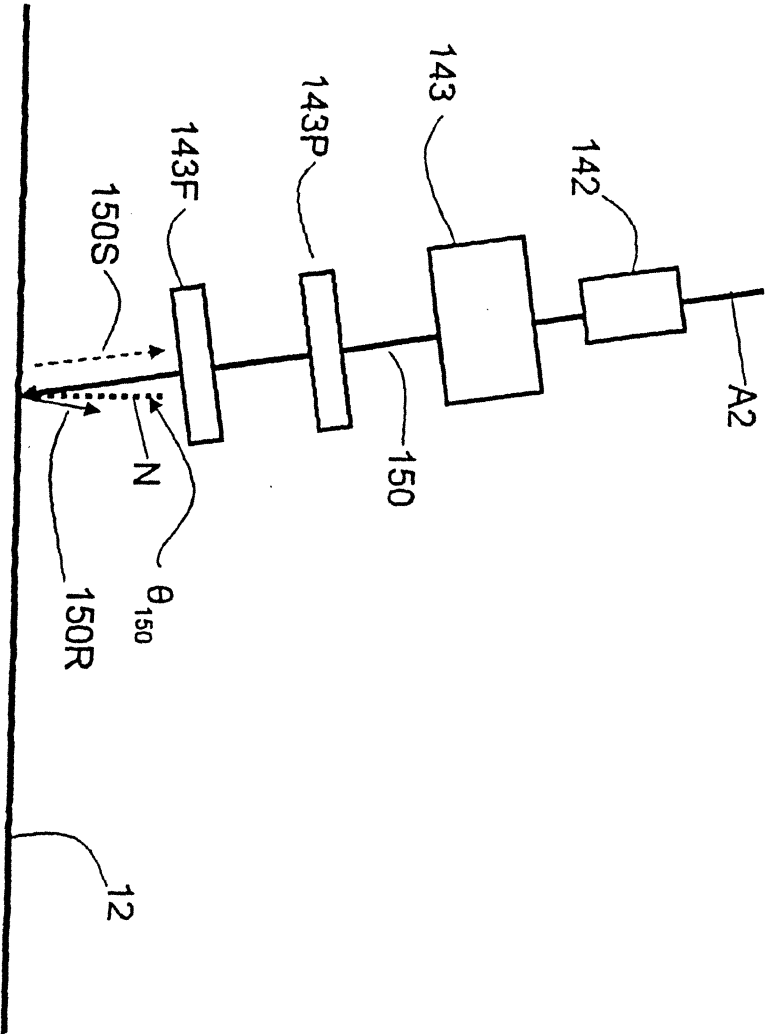


第 8B 圖





第 10A 圖



第 10B 圖

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1A)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

8…雷射熱退火(LTA)裝置	52…電源
10…基材	53…絕熱層
12…基材頂面	56…熱
16…未摻雜實體區域	57…感應器
20…退火照射光束	62…加熱擋板
20R…反射退火照射光束	64…加熱擋板孔洞
22…退火光束移動箭頭	A1…光軸
22'…平臺掃瞄箭頭	M1…反射照射監測器
25…退火光學系統	M2…溫度監測器
27…退火透鏡	M3…入射能量監測器
28…基材基座	MS…可移動平臺
29…平臺驅動器	S1…M1 訊號
30…退火影像	S2…M2 訊號
32…控制器	S3…外部訊號
50…加熱元件	S4…退火照射能量訊號

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：