

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：94101533

※申請日期：94.1.19

※IPC 分類：H01L²¹/₃₂₄ (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

輕度摻雜矽之基板的雷射熱退火

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 2 人)

姓名：(中文/英文)

1. 塔瓦 瑟密特/TALWAR, SOMIT

2. 馬克里 大衛 A./MARKLE, DAVID A.

國籍：(中文/英文)

1. 印度/India

2. 美國/USA

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; 2004,01,22; 10/762,861

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】

本申請案係提申於2003年9月29日之美國專利申請案(序號10/674,106)的部分繼續申請案。

5 發明領域

本發明係有關用於雷射熱退火，且特別有關於在環境溫度下不會有效率地吸收退火輻射光的基板進行雷射熱退火的裝置及方法。

【先前技術】

10 發明背景

雷射熱退火或LTA(亦稱做“雷射熱處理”)為用來快速升高並降低一基板表面溫度來產生性質變化的技術。一實施例可包括退火及/或活化在用來形成積體元件或電路之電晶體源極、汲極或閘極區域的摻雜物。LTA亦可被用來在
15 形成積體元件或電路中之矽化物區域，來降低多晶矽流道電阻，或觸發一化學反應來形成或移除基板(或晶圓)的物質。

LTA提供較傳統退火技術加速1000倍之退火週期的可能性，因此實際地消除了矽晶圓上使用之摻雜不純物在退火或活化週期時的擴散。此結果為更陡峭之摻雜分佈，
20 及在某些情況較高程度的活化。此會造成積體電路有較佳的表現(如較快)。

U.S. Patent Application Serial No. 10/287,864揭示利用CO₂雷射進行LTA摻雜矽基板。該雷射輻射被聚焦至一窄線，其在一光柵圖案且在一固定速度下掃瞄橫越該基板。

然而，此只在相對較重摻雜基板(即約 3×10^{17} 原子/cm³或更多之摻雜濃度)有用，其在被摻雜矽之雷射輻射吸收長度小於或大約和熱擴散長度相等。相反地，對於輕摻雜基板(即約 1×10^{16} 原子/cm³或更少之摻雜濃度)，該CO₂雷射輻射會經過基板而不會給予該基板相當的能量。

因此所需要的是利用諸如經過基板而不加熱之具有波長 $10.6\mu\text{m}$ 之CO₂雷射輻射，對輕摻雜矽基板進行有效率的LTA。

【發明內容】

發明概要

10 本發明之一觀點為進行熱處理一具有一表面之基板的裝置。該裝置包括一可產生具有在室溫下不大量被基板吸收之波長的連續退火輻射之雷射。該裝置亦包括適於得到該退火輻射並形成一退火輻射光，其在基板表面上形成一第一影像的退火光學系統，且其中該第一影像掃瞄橫越該

15 基板表面。該裝置更包括一用來加熱該基板至少一部分至一臨界溫度之加熱元件，使在掃瞄時該退火輻射光入射在被加熱部分被該基板附近表面大量地吸收。在一實施具體例可利用一短波長雷射二極體光立即在長波長退火輻射光之前方來完成加熱該基板之一部分。

20 本發明之另一觀點為一種雷射熱退火一基板的方法。該方法包括由一具有提供在室溫下不大量被基板吸收之波長的雷射提供一退火輻射光，並加熱該基板至少一部分基板至一臨界溫度，使在該退火輻射光可在該加熱部分該基板附近表面大量地吸收。該方法亦包括由在退火輻射光掃

瞄該基板前，立刻加熱該基板表面之一部分起始自我維持退火狀態。

圖式簡單說明

第1A圖為本發明LTA裝置實施具體例的截面圖，其包括一LTA光學系統及被該系統處理之矽基板，其中該LTA裝置包括一被加熱夾盤來支撐並預熱該基板，及一可選擇之隔熱屏障環繞該夾盤來減少輻射傳輸至其餘裝置並促進基板加熱效率；

第1B圖為類似於第1A圖之本發明LTA裝置實施具體例的截面圖，其包括一在基板周圍用來預熱該基板之加熱套件；

第1C圖為類似於第1A圖之本發明LTA裝置實施具體例的截面圖，其中該被加熱夾盤及可選擇之隔熱屏障被一光學加熱系統取代，適於利用預熱輻射光預熱至少一部分基板；

第2圖為 $10.6\mu\text{m}$ 波長之退火輻射光在一未摻雜矽基板之吸收長度 $L_A(\mu\text{m})$ 對基板溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 的圖，及在 $200\mu\text{s}$ 暫留時間之擴散長度 $L_D(\mu\text{m})$ 對基板溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 的圖；

第3圖為電腦模擬基板溫度以深度 (μm) 及退火輻射光位置 (μm) 為函數之曲線，顯示由退火輻射光伴隨自我維持退火狀態在基板上形成之“熱點”；

第4A圖為一簡圖顯示一實施具體例中，以基板表面上位置為函數之預熱及退火輻射光的相對強度及光曲線；

第4B圖為基板的放大截面圖說明由在退火輻射光20前

方之預熱輻射光150的熱，如何促進基板對退火輻射光的吸收進行自我維持退火狀態；

第5圖為由具有 $10.6\mu\text{m}$ 波長之退火輻射光照射一重摻雜矽基板產生之最高基板溫度 $T_{\text{MAX}}(^{\circ}\text{C})$ ，對該退火輻射光之入射能量 $P_1(\text{W}/\text{cm})$ 的圖；

第6圖為由二維有限元素模擬得到最高基板溫度 $T_{\text{MAX}}(^{\circ}\text{C})$ ，對由不同入射能量 P_1 之退火輻射光在未摻雜基板之初始溫度的圖；

第7圖為 780nm 預熱輻射光之吸收長度 $L_A(\mu\text{m})$ 對基板溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 的圖；

第8A圖為第1C圖之光學替續系統具體例的截面圖，其係在Y-Z平面上的圖；

第8B圖為第1C圖及第8A圖之光學替續系統具體例的截面圖，其係在X-Z平面上的圖；

第9A圖為加熱輻射源及圓柱透鏡陣列在X-Z平面之放大截面圖；

第9B圖為加熱輻射源及圓柱透鏡陣列在Y-Z平面之放大截面圖；

第10A圖為預熱輻射源，替續透鏡及垂直入射基板之預熱輻射光之放大簡圖，更包括一偏振片及配置於預熱輻射光，用來減少由基板反射及回到該預熱輻射源之預熱輻射的量之四分之一波片；

第10B圖為預熱輻射源，替續透鏡及垂直入射基板之預熱輻射光之放大簡圖，更包括一偏振片及配置於預熱輻射

光，用來減少由基板散射及回到該預熱輻射源之預熱輻射的量之法拉第旋轉器；

第11圖為顯示反射率差異 $R(\%)$ 對矽基板上純矽和厚度為300nm，400nm及500nm之場氧化層薄膜實施例之入射角 θ_{150} (度)的圖；

第12圖為類似第11圖的圖，顯示130nm厚層之多晶矽和在基板上分別具有300nm，400nm及500nm厚度之氧化層之反射率；

第13圖為本發明類似第10B圖之LTA裝置實施具體例的放大簡圖，但其包括一配置來得到反射預熱輻射150R並將其導引回至基板之循環光學系統300；

第14圖為第13圖之循環輻射光系統實施具體例之截面圖，其包括一直角反射鏡及一收集/聚焦透鏡；

第15圖為在第14圖顯示實施具體例之變形之截面圖，其中直角反射鏡相對於軸A3展開(偏離)一 ΔD 的量，造成介於直接入射及循環預熱輻射光間之入射角偏離；

第16圖為第13圖中該循環光學系統另一實施具體例之截面圖，其包括一收集/聚焦透鏡及一光柵；

第17圖為一用來預熱基板的實施具體例之配置截面簡圖，其使用運用由基板法線兩端相似入射角之兩預熱光學替續系統。

在圖式中描述之不同元件係僅用來表現而不需照比例繪製。其特定部分可能會被放大，而其他可能會被縮小。該些圖式係用來說明本發明之不同實施方法，其可被熟習

此技藝者瞭解並使用。

【實施方式】

較佳實施例之詳細說明

本發明係有關基板的雷射熱退火(LTA)，且特別相關於
5 進行輕摻雜矽晶圓(基板)之LTA的裝置及方法。在此“摻雜”
這個名詞係指約 10^{16} 原子/cm³或更少之摻雜濃度。該基板中
之摻雜濃度係和一般生產基板來達到所欲電阻程度及基板
型態(即N-型或P-型)有關。

在以下之詳細說明，說明本發明一LTA裝置之一般具
10 體例，和由本發明產生之“自我維持退火狀態”來說明。此
係伴隨本發明各種不同實施具體例。本發明更和數個不同
基板溫度的圖顯示被矽基板吸收之輻射的主要性質來說
明。再說明決定預熱輻射光中適當之能量大小的方法，再
接著一用於實施具體例來和預熱輻射光加熱該基板之加熱透
15 鏡實施例。再詳細說明預熱及退火輻射光較佳之掃描及方位。

I. 一般的LTA裝置

第1A圖為本發明之LTA裝置8一具體例及被將被退火
基板10的截面圖。基板10具有一較上表面12及一體(塊材)
區域16，其係“未摻雜”，或更嚴格地說，其較在一很淺的
20 區域典型含有非常高摻雜程度之非常小的接合區域或元件
更輕摻雜。參考之N字母指較上表面12之法線。在一實施具
體例中，基板10為一矽晶圓。

LTA裝置8包括一沿光軸A1配置之具有一退火輻射源
26及一LTA透鏡27之LTA光學系統25。透鏡27由退火輻射源

26得到連續(即非脈衝)退火輻射18,並產生一連續退火輻射光20來在基板表面12上形成一影像30(如一線影像)。退火輻射光20以相對於表面法線N及光軸A1在入射角 θ_{20} 入射至較高表面12。

5 箭頭22表示退火輻射光20相對於基板表面12之一示範移動方向。基板10係由一夾盤28支撐,其依序被一可動載台MS所支撐,該載台操作性地連接至一載台驅動器29,其造成該載台(並因此該基板)在選擇之速度及相對於退火輻射光20或其他參考之方向移動。可動載台MS之掃瞄移動係
10 由箭頭22'來表示。在一實施具體例中,載台MS至少可二維的移動。

在一實施具體例中,LTA裝置8包括一反射輻射監視器M1及一溫度監視器M2。反射輻射監視器M1係被配置來得到由基板表面12反射之輻射,如輻射20R所示。溫度監視器
15 M2係沿該表面法線N被配置來測量基板表面12的溫度,且在一實施具體例中,沿表面法線N配置來在由退火輻射光20形成之影像30之入射法線或接近處觀察。監視器M1及M2被連接至一控制器(將緊接著說明),根據測量到之反射輻射20R及/或測量到之基板表面12溫度來提供回饋控制,如以
20 下較之詳細說明。

在一實施具體例中,LTA裝置8更包括操作性地被連接至退火輻射源26,載台驅動器29,及如同在透鏡27包含之選擇監視器M3作為入射能量監視器之的監視器M1和M2之控制器32。控制器32可為連接至一記憶體之微處理器,或

一微控制器，可程式邏輯陣列(PLA)，場效可程式邏輯陣列(FPLA)，可程式陣列邏輯(PAL)或其他控制元件(未顯示)。

該控制器32可在兩模式下操作：1)開放式迴路，其中保持一固定能量藉由退火輻射光20，經由載台驅動器29在固定
5 掃瞄速率傳給基板10；及2)封閉迴路，其中在基板表面12上保持一固定最高溫度，或在該基板中保持一固定被吸收能量。該最高基板溫度直接隨被吸收能量改變並和掃瞄速度平方根成反比。

在一實施具體例中，封閉迴路控制被用來使在退火輻
10 射光20入射該基板之被吸收能量和掃瞄速度之方根比例保持固定。即若 P_{20} 為退火輻射光20能量的量，而 P_{30} 為反射之能量，則該被吸收能量為 $P_a = P_{20} - P_{30}$ 。若基板之掃瞄速度相對於退火輻射光為 V ，則比值 $P_a/V^{1/2}$ 被保持固定來間接地保持溫度的固定。

15 根據直接測量最高溫度之封閉迴路操作，控制器32得到一訊號(如一電子訊號)，如同由溫度監視器M2經由訊號S2之最高基板溫度，並控制入射能量或掃瞄速率來保持一最高基板溫度。該被吸收能量 P_a 係經由訊號S4取樣部分之退火輻射光得到之退火輻射光20入射能量 P_1 ，減去由反射
20 輻射鏡M1產生之訊號S1之反射輻射光20R能量 P_{30} 得到。

此外，控制器32係適於根據得到之訊號及輸入之參數(如所欲吸收能量的量及暫留時間)來計算參數。該控制器32亦被連接來由一操作器或由一較大組件或製程工具一部分之主控制器(未顯示)得到一額外訊號S3。此參數係表示提供

來處理該基板或所欲之最高基板溫度之退火輻射20預先決定的用量(大小)。該參數訊號亦可表示用來傳輸退火輻射20至基板10之預先決定用量的強度、掃瞄速率、掃瞄速度及/或掃瞄次數。

5 在一實施具體例中，退火輻射源26為一CO₂雷射，所以退火輻射光20具有10.6μm的波長。然而，一般退火輻射源26可為任何連續輻射源，其放射輻射具有在室溫下不大量被基板所吸收之波長，但是當基板，或基板頂端充足的部分在較高的溫度下，會大量被相同的基板所吸收。

10 LTA裝置8係適於具有在基板頂端附近所吸收之退火輻射光20，來有效率地升高基板頂端溫度的優點，而該基板體的溫度完全的不變。換句話說，當基板為一半導體晶圓，本發明係直接增加晶圓表面在元件(如電晶體)形成或附近的溫度，而非加熱該晶圓體。

15 然而，在環境溫度下，輕摻雜及未摻雜基板不易退火，因為長波長輻射光經過該基板而不會大幅加熱頂表面。另一方面，重摻雜基板退火並不困難，因為該入射退火輻射被在最初100微米左右的材料所吸收，並增加其溫度至所欲之退火溫度。

20 基板10之體(塊材)區域16並不由光吸收大量之輻射且並不被加熱，其當退火輻射光20不再提供至該基板時，用來快速冷卻該頂表面區域。本發明的優點在於輕摻雜矽在某些紅外線波長下，諸如有10.6μm波長的CO₂雷射，輻射之吸收度強烈的和基板溫度有關。當大量之退火輻射光20吸

收發生時，該基板表面溫度增加，其造成較強之吸收，其在基板表面依序造成較強之加熱等等。

II. 自我維持退火狀態

第2圖為10.6 μm 波長輻射在一矽基板之吸收長度 $L_A(\mu\text{m})$ (垂直軸)對基板溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 的圖。同樣包括在圖中的點為在200 μs 暫留時間之擴散長度 $L_D(\mu\text{m})$ 對基板溫度 T_s 的函數。該吸收長度 L_A 係為減少該退火輻射光20強度至1/e所需之深度。該熱擴散長度 L_D 為在某些暫留時間表面溫度瞬間升高並傳送至材料的深度。注意 L_A 及 L_D 在 $T_s\sim 600^{\circ}\text{C}$ 的溫度具有大約相同的值 $\sim 60\mu\text{m}$ 。

隨基板溫度 T_s 而強烈變化之吸收長度 L_A 產生了兩種可能的穩定狀態，即:(1) 退火輻射光20經過基板而不被大量地吸收，且因此不大量地產生加熱，或(2) 退火輻射光20在基板表面12附近被大量地吸收，因此在基板表面或下方相對於影像30，隨退火輻射光20在基板表面移動一致的移動(即掃瞄)產生一“熱點”。

第3圖為電腦模擬基板溫度($^{\circ}\text{C}$)以深度(μm)及退火輻射光位置(μm)為函數之曲線。該溫度曲線為熱點(由31所示)，其經過基板內部並橫越基板表面12。移動之熱點31係利用熱擴散來預熱在影像30前方之基板10區域(視第4B圖，以下將說明)。基板之預熱連同熱點31的傳播，可使退火輻射光20中之輻射在該輻射掃瞄該基板表面時被較上表面12有效率地吸收。穩定狀態(2)係吾人利用本發明之裝置8及伴隨之方法所追求產生的，且在此稱做“自我維持退火狀態”。

根據本發明產生自我維持退火狀態的一般方法，包括加熱基板10(或其之選擇區域或部分)至一臨界溫度 T_C (如 350°C 或更高，如以下更詳細之說明)，使退火輻射光20大量地被該基板吸收，即被自我維持退火狀態起始的點所吸收。

5 精確的 T_C 值係根據基板內溫度的分佈，其摻雜物濃度，及該退火輻射光強度決定。因此，在一實施具體例中，該臨界溫度 T_C 係由經驗決定的。此可包括如測量由一退火輻射光在一具有不同初始溫度狀態或固定初始溫度狀態之
10 測試基板，及不同退火或預熱輻射光強度所產生之最高溫度。基板10的預熱可以數種方法達到增加自我維持退火狀態。數種包括用來加熱基板10之加熱元件來實行在輕摻雜矽基板10產生自我維持退火狀態的方法，來進行LTA目的之LTA裝置8之實施具體例陳述如下。

III. 具有隔熱屏障之加熱夾盤具體例

15 再參照第1A圖，在一實施具體例中，夾盤28具導熱性並包括一連接至電源供應器52之加熱元件50，該電源依序被連接至控制器32並被其控制。在夾盤28底部及側邊周圍圍繞一絕熱層53，來限制非所欲之載台加熱及由該夾盤之熱損失。

20 操作時，控制器32使電源供應器52動作，其依序提供電源至加熱元件50。加熱元件50產生熱56來回應。在一實施具體例中，產生之熱56的量係由在夾盤中並操作性地連接至電源供應器52(或可替代之控制器32)之溫度感測器57來控制，使該夾盤溫度被限制在一定的、預先決定的最高

溫度。當基板被裝置於該夾盤上時，其溫度快速地達到和夾盤相同的溫度。典型地，該夾盤溫度 T_{CH} 約為 400°C 。

在另一實施具體例中，裝置8亦選擇性地包括一支撐在基板12上方之隔熱屏障62來將熱56反射回到基板。此造成
5 基板更均勻的加熱及在該屏障另一端之裝置組件較少的加熱。在一實施具體例中，隔熱屏障62包括一孔徑64使退火輻射光20到達基板10的表面12。

IV. 加熱套件具體例

參照第1B圖，在另一實施具體例中，裝置8包括一具有
10 夠大之內部空間82來包圍基板10及夾盤28或基板、夾盤及載台MS之加熱套件80(如一爐)。套件80包括連接至電源供應器52之額外之加熱元件50(特別是包含在夾盤28之外的加熱組件)。電源供應器52係連接至控制器32。在一實施具體例中，套件80包括一窗或孔徑84使退火輻射光20到達基
15 板10之表面12。如上所述，在第1A圖中說明之絕熱層53較佳地存在於該夾盤側邊或底部，來限制由該夾盤至載台非所欲之熱損失。

操作時，控制器32使電源供應器52動作，其依序提供
20 電源至加熱元件50。加熱元件50產生熱56來回應，因此升高夾盤，基板及鄰近周圍的溫度至 $^{\circ}\text{C}$ 約400之最高臨界溫度 T_C 。套件80較佳地為絕熱，使熱56仍保持在內部空間82裡，因此促進該基板加熱的效率及均勻性。

V. 預熱輻射光具體例

現在參照第1C圖，在另一實施具體例中，裝置8包括一

第4B圖為基板被光20及150照射之實施具體例的放大截面圖。第4B圖說明由在退火輻射光20前方之預熱輻射光150的熱，如何促進接近基板表面頂端對退火輻射光的吸收。由預熱輻射光150之熱166在退火輻射光20前方擴散至

5 基板10內。當該輻射光相對於基板移動，如箭頭22'所示，退火輻射光20進入先由預熱輻射光150加熱之區域(即基板部分)。此製程係用來增加基板在或接近基板表面的溫度超過該臨界溫度 T_C 。此可使退火輻射光20有效率地被基板吸收，如被吸收退火輻射光20'所示(虛線)。被吸收退火輻射

10 光20'在基板10之基板表面12附近相對的快速吸收，用來在該退火輻射光尾端快速地增加基板表面溫度至一最高值，至一退火溫度 T_A (如約 1600°C)。此造成選擇之區域形成退火，如由活化植入基板表面頂端之摻雜物。

VI. 基板溫度圖

15 第5圖為由 $10.6\mu\text{m}$ 輻射照射一重摻雜矽基板產生之最高基板溫度 $T_{\text{MAX}}(^{\circ}\text{C})$ ，對該輻射之入射能量 $P_1(\text{W}/\text{cm})$ 的圖。其係使用一二維有限元素模擬程式得到這些數據。該模擬係假設一無限長之退火輻射光。因此，該光能量係以

20 Watts/cm量測而非 watts/cm^2 。該模擬亦假設退火輻射光20具有一具有 $120\mu\text{m}$ 半高寬之高斯光波形，且在 $600\text{mm}/\text{s}$ 的速度下橫越基板較上表面掃瞄，產生一 $200\mu\text{s}$ 的暫留時間。在此“暫留時間”為退火輻射光20產生之影像30停留在基板表面12上特定點的時間長度。在此情況，該圖顯示在該入射能量 P_1 及最高基板溫度 T_{MAX} 大約為一線性關係。因為二維

模型假設退火輻射光20為無限長，在線影像30端點並無能量損失。一有限光長度會在光的端點造成一些額外熱損失，因此造成給定之入射能量 P_1 有較低的最高溫度。

第5圖顯示在一可吸收(即高摻雜)基板，在一些特定情況下，需要大約 500W/cm 之入射能量 P_1 將最高基板溫度 T_{MAX} 由環境溫度升至 427°C 。此約和一樣情況下 1150W/cm 將溫度升至矽的熔點 1410°C 相同。

第5圖中顯示之關係類似於和退火輻射光20具有相同寬度及暫留時間之預熱輻射光150。在兩者情況下熱擴散為熱分佈的主要機制。一 400°C 的基板溫度 T_{MAX} 峰並不產生和一均勻的基板溫度 T_s 。400°C的退火輻射光20幾乎相同的吸收，因為前者之溫度分佈，在基板內部大約和熱擴散長度 L_D 相等的距離已降至環境溫度。

第6圖為最高基板溫度 $T_{\text{MAX}}(^{\circ}\text{C})$ ，對由兩不同入射能量 P_1 波長為 $10.6\mu\text{m}$ 之退火輻射光20，在未摻雜矽基板之初始溫度的圖。此亦由一二維有限元素模型得到。當溫度低於約 327°C ，入射輻射幾乎不產生影響，且最高基板溫度 $T_{\text{MAX}}(^{\circ}\text{C})$ 幾乎和初始基板溫度 T_1 相等。換句話說，退火輻射光20經過基板10且不明顯地加熱基板。然而，在一介於 377°C 及 477°C 之初始基板溫度 T_1 ，發生大量的退火輻射光20吸收，其係根據退火輻射光中入射能量 P_1 的大小。此結果為最高基板溫度 T_{MAX} 陡峭的上升。當發生高吸收，高溫度變化，由退火輻射光20照射會更線性地增加最高溫度 T_{MAX} 。

注意在第5及6圖能量使用之單位為每公分 Watts

(W/cm)。此能量意指包含在半能量點之間的掃瞄影像30(如線影像)每單位長度的能量。因此，一1150W/cm的影像30能量相對於一95,833W/cm²的平均強度具有120μm的寬度。

為了產生自我維持退火狀態，所需要由預熱輻射源142
5 產生的溫度來加熱基板至臨界溫度 T_C ，可由第6圖中的資訊來計算。在此的圖係指當一基板達到約427°C的均勻溫度 T_I ，會有一突然增加之基板溫度 T_{MAX} 表示自我維持退火狀態的開始。若使用一雷射二極體源來提供所需之預熱，則由於該二極體源產生一不均勻溫度分佈，在約一熱擴散長
10 度時降至環境溫度，因此可預測一明顯較高的溫度。

第7圖為780nm輻射在未摻雜矽之吸收長度 L_A (μm)對基板溫度 T_S (°C)的圖。在800nm的吸收特性非常相似於其在780nm。由圖可看出，即使在室溫的吸收長度 L_A 約為10μm，其已足夠短來確保有效率加熱基板表面區域，且在時間比
15 例為200μs及以上主要由熱擴散決定之溫度分佈。

為了在具有不均勻溫度分佈之未摻雜矽基板得到有效率的CO₂雷射光(如退火輻射光20)吸收，如同其由雷射二極體源產生(如用來產生預熱輻射光150)，量測到一相對於約100μm之吸收長度的溫度。此係由一約550°C之基板溫度
20 T_{MAX} 峰達成。再參照第5圖，500°C之最高基板溫度 T_{MAX} 可能需要約600W/cm(50,000W/cm²)能量之預熱輻射光150。

VII. 決定預熱輻射光能量

決定預熱輻射光150所需達到有效率的結合退火輻射光20至基板的最小能量，實際上是容易的事。在一實施具

體例中，當退火輻射光20設定在充分退火一可吸收基板的能量，在室溫下在退火輻射光20波長不大量吸收之基板被預熱輻射光150及退火輻射光20照射。該預熱輻射光150的能量被增加直到在基板上偵測到退火溫度。此可由如在第5 1A圖顯示之溫度監視器M2測量基板溫度來達成。

該退火輻射光和該基板由一點或不結合，到轉變為有效率的和該基板結合係典型地相當突然。若該基板溫度 T_s 太低，則不會轉變至退火溫度或會發生突然轉變至該基板熔點溫度。當基板溫度更增加時，會有一窄的退火能量範圍允許在低於熔點溫度下穩定的操作。更進一步增加基板溫度會增加退火能量的範圍及相對之退火溫度範圍。因此，並無精確地定義之預熱輻射光150的能量，來在基板起始退火輻射光20吸收轉變，或另一方面，其會造成在基板的退火溫度。然而會有一最小實際能量低於所欲退火溫度範圍而無法確實地得到。在一實施具體例中，預熱輻射光150之能量被設定在稍高於所需來確保該退火輻射光被基板有效率地吸收，且容易得到大範圍之退火溫度。

在一實施具體例中，預熱輻射光150需要開始自我維持退火狀態之能量 P_1 ，即所需產生 550°C 之最高基板溫度 T_{MAX} 。假定在 $200\mu\text{s}$ 的暫留時間，在第5圖之圖形表示其係相當於約 $600\text{W}/\text{cm}$ 的入射能量。然而，在預熱輻射光150中得到一 $600\text{W}/\text{cm}$ 的強度來產生具有寬度和退火輻射光影像30相當的影像160，並不像其第一次出現般容易。在一實施具體例中，該預熱輻射光150較佳地在矽上具有入射角 θ_{150}

為或接近Brewster's angle，其大約為75°。此角度減少了反射輻射並使欲在基板上出現之結構種類吸收的能量均勻。在大約75°的入射角 θ_{150} ，預熱輻射光150抹過基板12並增加四倍的覆蓋區域，且強度成比例的減少。

- 5 預熱輻射光150中的總能量可被增加，例如利用加入額外雷射二極體列來使該預熱源較大。然而，此成比例增加了預熱輻射光150的寬度。增加的預熱輻射光寬度會增加暫留時間及熱擴散深度，其會更進一步增加欲得到給定最高溫度之所需能量。因此，替續透鏡143需被設計使其可提供
- 10 一具有足夠強度之預熱輻射光150，利用可用之預熱輻射源142加熱基板至該臨界溫度範圍之內。根據本發明之替續透鏡的實施例將在以下說明。

VIII. 光學替續系統之實施具體例

- 第8A及8B圖分別為光學替續系統140及基板10之實施
- 15 具體例的截面圖。第8A圖為在Y-Z平面的圖，而第8B圖為在X-Z平面的圖。在第8A及8B圖中，該替續透鏡皆被分成兩部分來符合版面，且具有表面S13及S14之透鏡元件皆在兩部分顯示。

- 在該實施具體例中，預熱輻射源142包括一2-維雷射二
- 20 極體陣列，諸如由Coherent Semiconductor Group. 5100 Patrick Henry Drive, Santa Clara, CA95054之LightStack™ 7×1/L PV陣列。該LightStack™陣列包含7列各10mm長且彼此距離1.9mm之水冷雷射二極體。各二極體列可放射80瓦之光學能量。替續透鏡143包括一物平面OP(其中配置預熱

輻射源142)，一影像平面IP(其中配置基板10)，及一連接該影像及物平面之光軸A2。

在一實施具體例及以上所述，替續透鏡143被設計來產生形成影像60(如一線影像)且在基板10上掃瞄之預熱輻射光150。影像160的掃瞄可由任何數目的方法來完成，諸如利用相對於替續透鏡143(第1C圖)移動夾盤28(經由移動載台MS)。利用影像160區域地照射基板10較一次照射整個基板為佳，因為在相對較小影像區域較容易達到加熱基板至所需之高光束強度。因此，由替續透鏡143提供之區域預熱必須和利用退火輻射光20照射基板同步。

由於雷射二極體放射的性質為非等向性且鄰近二極體間的空間在X及Y平面的差異很大，替續透鏡143需要變形來有效率地在基板10上形成影像160。此外，為了達到影像160在基板10所需之強度，在影像平面IP上需要相對高的數值孔徑。

因此，同樣參照第9A及9B圖，替續透鏡143由預熱輻射源142，沿光軸A2依序包括一具有和作為預熱輻射源142之雷射二極體列198相同數目之透鏡201的圓柱透鏡陣列200。圓柱透鏡陣列200在Y-X-Z平面具有能量並用來準直由各預熱輻射源142在X-Z平面放射之預熱輻射光147(第9A圖)，而使該輻射在X-Z平面具有 10° 的圓錐角(第9B圖)。該二極體陣列及該圓柱透鏡陣列的結合係輸入至變形替續透鏡，其再顯影該圓柱透鏡陣列至該基板上。

表1列出如第8A及8圖說明之替續透鏡143實施具體例

面IP的1.61mm。同樣的，在相同平面上由該預熱輻射源142放射之輻射在物平面OP 10° 的圓錐角，在影像平面IP增加至 60° 。

5 在X-Z平面的縮放比為60:1。因此，11.4mm尺寸(如在X-方向橫越7列二極體所量測)之雷射二極體組成，在物平面OP之有效射源220在影像平面IP被減至0.19mm。此外，準直光在有效射源200中 1° 之FWHM角散佈，在影像平面IP會被增加至 60° 的圓錐角。

若假設由在物平面OP之輻射源142產生的預熱輻射光10 147至在影像平面IP之基板10全部有效之傳輸為50%(包括在基板表面12之反射損失)，則第8A及8B圖之替續透鏡143可帶280W至影像160。對1.6mm乘0.19mm尺寸的影像160實施例，此可達到 $921\text{W}/\text{mm}^2$ 的能量密度。在垂直入射($\theta_{150}=0^\circ$)，此能量密度，假定暫留時間為0.2ms，會增加一15 室溫(即 $\sim 20^\circ\text{C}$)矽基板10由約 500°C 的溫度至接近 520°C 。此會超過所需開始自我維持退火狀態之臨界、均勻的溫度 $T_C 400^\circ\text{C}$ ，且在由諸如二極體陣列影像160產生位於該退火雷射影像30前方之非均勻溫度分佈範圍內。在此情況，係假設該預熱輻射光150在退火輻射光20之前(即在其之前掃20 瞄)。由此方法，在退火輻射光20照射基板相同預熱部分前，可達到由該預熱輻射光產生之最高溫度 T_{MAX} 。在一實施具體例中，在每次掃瞄方向相反時該預熱及退火輻射光之相對位置為相反，由此使該預熱輻射光永遠在該退火輻射光之前。

IX. 輻射光掃瞄及方位

如上所述，在一實施具體例中，由預熱輻射光150形成之影像160掃瞄該基板10。與之同時，由退火輻射光20形成之影像30同樣掃瞄該基板，使其入射在被預熱輻射光預熱的區域。

在一實施具體例中，掃瞄係由以螺旋，柵狀，或折行圖案的方向移動該基板。在一折行掃瞄圖案，該掃瞄方向為相反且雙掃瞄位置在每次掃瞄後會增加。在此情況，如上所述，在每次掃瞄間需改變該預熱輻射光150及退火輻射光20之相對位置。在一實施具體例中，此可由移動整個替續透鏡143的位置來達成。在退火輻射光20為約 $120\mu\text{m}$ 寬(FWHM)且預熱輻射光250為約 $190\mu\text{m}$ 寬(平坦曲線)，則替續透鏡143需要移動大約兩光中心兩倍距離，或平行該掃瞄方向的方向約 $393\mu\text{m}$ 。此可經由如控制器32的訊號來完成，其係操作性地連接預熱替續透鏡143來完成該替續透鏡(第1C圖)的移動。在類似的方法，控制器32藉由在掃瞄前調整基板之焦聚，尖端及傾斜參數來控制預熱輻射光150的焦聚。

如上述U.S. Patent Application Serial No. 10/287,864所說明，退火輻射光20在基板10上以在或接近Brewster's angle的入射角入射，且被P-偏振為佳。這是因為退火時在基板遇到的堆疊薄膜具有低反射率，且在這些情況下小的反射率差異。

在一實施具體例中，預熱輻射光150被配置使其類似退

火輻射光20在或接近Brewster's angle的入射角 θ_{150} 照射基板。一般地，此角度會降低在活化(退火)步驟前，在基板上可看到之不同堆疊薄膜間反射率。然而，雖然此光方位(角度)在該退火波長的效果很好，其在用來預熱之波長並非一樣有效。預熱輻射光波長和用來製造半導體結構(如元件14，諸如電晶體)的薄膜厚度大約相等，會導致在所有入射角度下基板反射率較大的差異。此外，在或接近Brewster's angle的入射角 θ_{150} 會擴展影像160較垂直入射(即 $\theta_{150}=0^\circ$)3到4倍大的區域，且降低一相對量的能量密度。若保持掃描速率不變，由於其通常被退火輻射光結構設定，則最高溫度同樣被降低。

在垂直入射或接近垂直入射下操作產生的一個問題，係輻射的反射比例會很高，且若其回到輻射源(如二極體陣列)會造成嚴重的破壞。第10A及10B圖為說明用來減少反射之預熱輻射的量，或散射回到預熱輻射源142(第1C圖)之預熱光學替續系統140實施例的簡圖。由參照第10A圖，在一較佳具體例，預熱輻射光150具有一 $\theta_{150}=0^\circ$ 之垂直入射角。垂直的入射角會導致一部分預熱輻射光150被基板反射(被反射預熱輻射光以150R標示)，並被傳送回到該預熱輻射源142，其會加速該源破壞的時間。在一實施具體例中，當放射之預熱輻射147被偏振(諸如雷射二極體的情況)，回到預熱輻射源之被反射預熱輻射光150R，可藉由配置在預熱輻射光偏振方向校準之偏振片143P，及位於該偏振片及該基板間之四分之一波片143WP來減少。該四分之一波片將由

偏振片往基板之輻射轉變為在基板之圓形偏振輻射。任何由基板返回之輻射在經過該四分之一波片後被轉變回線性偏振輻射。然而，返回輻射之偏振方向為正交方向。因此該返回光並不通過偏振片而不到達該雷射二極體陣列。

5 現在參照第10B圖，即使選擇偏離垂直入射之入射角 θ_{150} 使被反射(反射的)預熱輻射光150無法回到該預熱輻射源，回到預熱輻射源之散射(或非反射)預熱輻射光150S會造成一個問題。即使一小量的輻射回到一些預熱輻射源型式(諸如雷射)會造成操作的不穩定性。同樣的，當偏離垂直入
10 射來操作，較佳地使用p-偏振預熱輻射來增加在基板被吸收輻射之比例，並減少因為基板不同結構造成的吸收差異。

因此，在一實施具體例中，回到預熱輻射源142之預熱輻射150S，藉由在替續透鏡143後段增加一偏振片143P及一法拉第旋轉器143F來減少。該法拉第旋轉器143F位於該偏
15 振光143P及該基板10之間。操作時，經過穿過兩次旋轉器後，該法拉第旋轉器143F將預熱輻射光150之偏振旋轉 90° ，且該偏振片阻擋該偏振旋轉之預熱輻射光150S回到預熱輻射源142。藉由操作光學替續系統140使預熱輻射光150偏離垂直入射，亦幫助被反射預熱輻射光150R能量的量
20 測，其係有助於分析。

測量入射之預熱輻射光150及被反射預熱輻射光150R的能量，可以用來計算被基板10吸收的能量。此再被用來計算由預熱輻射光150產生之最高溫度。藉由固定預熱輻射光150被吸收的能量在一最小臨界值以上，可確保充分的預

熱來激發基板強的退火輻射光20吸收。

雖然利用預熱輻射光150在一角度 θ_{150} 照射基板10使預熱輻射光的反射最小為佳，然而此並非永遠方便或可能。此係因為基板10之反射率係根據表面12的本質，在其上可具有各種不同薄膜或其他結構。

這些結構包含在接合區域之純矽，場氧化物，場氧化物上之多晶矽。已計算在一典型的積體電路中包含30%至50%場氧化物，約15%至20%純矽或多晶矽在矽上，剩餘部分為在場氧化物上之多晶矽。然而這些性質在每個電路甚至至在一個電路中都不同。

第11圖為顯示反射率差異 $R(\%)$ 對純矽和場氧化層薄膜(300nm, 400nm及500nm)實施例之入射角 θ_{150} (度)的圖，其係典型地顯示在準備接合活化之矽基板上。第11圖假設入射在基板上之輻射具有800nm的波長且為P-偏振。可由圖看出，對這些薄膜最佳操作點相當於約 55° 的入射角 θ ，該角度所有之反射率皆約等於14%。

第12圖為類似第11圖的圖，並顯示130nm厚層之多晶矽在基板上具有300nm, 400nm及500nm厚度之氧化層之反射率。在此情況並無理想的操作入射角，然而 55° 為一合理的選擇。實際上，活化之摻雜物在多晶矽及矽層中的存在，提供使這些區域更類似金屬並提高在所有入射角度的反射率。

簡單的參照第16圖，其將在以下更詳細說明，為了由預熱輻射源142傳輸足夠能量至基板10，預熱輻射光150需

要使用在基板大的入射角範圍，即預熱透鏡143具有大的數值孔徑 $NA=\sin\phi_{150}$ ，其中 ϕ_{150} 為由軸A2及預熱輻射光150之外側光束150A或150B形成之半角。注意該入射角 θ_{150} 係在表面法線N及軸A2間量測，其中後者亦代表預熱輻射光150之光束軸。在此指的介於光束軸及表面法線間的角度係“圓心角”的角度範圍。

在一實施具體例中，若考慮在入射平面 -20° 範圍之圓心角，則在第11圖中推測一好的選擇來減少介於各種堆疊薄膜的反射率差異，其入射角 θ_{150} 的範圍為由約 42° 至約 62° ，中間值約為 52° 。

由於實際上不容易去除由基板反射之預熱輻射，本發明之一實施具體例係有關捕捉被反射預熱輻射光150R並將其導引回至基板作為“循環輻射光150RD”，其可被吸收並用來加熱基板。

因此，現在參照第13圖，其顯示本發明一LTA裝置8之實施具體例的放大簡圖，類似於第10B圖，其包括一配置來得到預熱輻射光150及被反射預熱輻射光150R，並將其導引回到基板作為循環輻射光150RD之循環輻射光系統300。循環光系統300沿軸A3配置產生相對於表面法線一角度 θ_{150} 。為了使循環輻射光系統300得到最佳被反射預熱輻射光150R，在一實施具體例中使角度 θ_{150RD} 相等於預熱輻射光入射角 θ_{150} 。

第14圖為循環輻射光系統300實施具體例之截面圖，其包括一中空直角反射鏡310及一具有和透鏡至基板表面12

距離一致之聚焦長度F的收集/聚焦透鏡316。中空直角反射鏡310具有3個垂直相交之反射表面，為了簡化圖示，在第14圖中只顯示兩表面312及314。

5 操作時，透鏡316收集由基板表面12之被反射預熱輻射光150R，並將其導引至直角反射鏡表面312及314作為平行光320。該平行光由3反射鏡表面反射並被導引回相反方向至透鏡316作為平行光320'，其現在組成循環預熱輻射光150RD。平行光320'被透鏡316收集並再聚焦在基板表面12原來的點。

10 第15圖為在第14圖顯示實施具體例之變形之截面圖，其中直角反射鏡310相對於軸A3展開(偏離) ΔD 的量。此造成在基板上，介於被反射預熱輻射光150R及循環預熱輻射光150RD間之入射角偏離。注意該光在基板上的位置仍然相同-只有入射角改變。可利用介於兩光之間的入射角相對
15 偏離來避免被反射入射輻射光回到預熱輻射源142並造成該輻射源之不穩定。在此特別之實施具體例中，一運用全部內部反射之直角折射並無作用，因為其無法維持光的偏振。

20 第16圖為包括另一具有一收集/聚焦透鏡450，及一具有光柵表面462之光柵460的實施具體例之截面圖。在一實施具體例中，透鏡450為具有第一及第二470及472之高解析度，遠心替續透鏡，及一位於該第一及第二透鏡間之孔徑光攔474。此外在該實施具體例中，透鏡在基板側具有聚焦長度F1且在光柵側具有聚焦長度F2，且該些透鏡被配置使

基板表面12位於離透鏡470沿軸A3量測F1之距離，且光柵460位於離透鏡472沿軸A3量測F2之距離。該兩透鏡470及472同樣被分離至和其兩焦聚長度總和相同的距離。

5 光柵表面462較佳地適於使繞射預熱輻射光150中輻射光波長最佳化，且限制該輻射光入射在光柵表面上被繞射來沿入射路徑返回。

最佳之光柵週期P為 $P=n\lambda/2\sin\phi_G$ 其中 λ 為預熱輻射光之波長， ϕ_G 為相對於光柵表面法線 N_G 入射之光柵的角度，且n為在光柵周圍介質之折射係數(對空氣時 $n=1$)。光柵的目的係補償在基板上被傾斜之聚焦平面，其另一方面根據第16圖中介於影像點468及替續透鏡450之軸平面距離的量，會導致返回影像失焦。注意在此結構中，替續透鏡450在-1X， $\phi_G=\phi_{14B}=\phi_{23R}=\phi_{23RD}$ 操作。一般 $\tan\phi_G=M\tan\phi_{23R}$ ，其中M為由基板至光柵替續透鏡450之放大倍率。

15 操作時，被反射輻射光150R利用遠心替續透鏡450收集，其包括透鏡470及透鏡472，其將輻射光帶至光柵表面462上之一焦點。光柵表面462改變方向(或更精確地說，繞射)該輻射光回到替續透鏡450，其導引現在之循環預熱輻射光15RD回到基板表面12於或接近點468，其係反射輻射
20 光生成之處。

第16圖之具體例缺點為被反射預熱輻射光150R在光柵上形成很小的影像，在連續的原理可能造成光柵最終熔化或其他損壞。利用垂直入射鏡(未顯示)代替光柵會遭遇類似的問題。因此，在利用第16圖之實施具體例時，需小心操

作裝置8。

第17圖為一用來預熱基板10的實施具體例之配置截面簡圖，其中裝置使用具有分別具有預熱輻射源142及142'之兩預熱光學替續系統140及140'，且分別放射預熱輻射光150及150'，其分別在基板上形成影像160及160'。在一實施具體例中，預熱系統140及140'被配置使其各在基板上形成至少彼此部分重疊之影像160及160'。此種配置減少了所需由預熱輻射源142及142'輸出之高能量預熱輻射光147及147'。在一實施具體例中，預熱輻射源142及142'各為雷射二極體陣列。在該實施具體例中，該雷射二極體陣列放射波長為780nm-840nm之輻射。預熱輻射源142及142'皆操作性地連接至控制器32。

在一實施具體例中，退火輻射光20(第1C圖)在入射角 θ_{20} 為或接近矽的Brewster's angle(即在 $10.6\mu\text{m}$ 時 $\theta_{20}\sim 75^\circ$)入射基板表面12。第17圖之預熱輻射光150及150'在 θ_{150} 及 $\theta_{150'}$ 角度下入射，其會和Brewster's angle不同，因為在預熱光有較大之角分散。在一實施具體例中，入射角 θ_{150} 及 $\theta_{150'}$ 為相等(如約 52°)，而在另一實施具體例中，入射角 θ_{150} 及 $\theta_{150'}$ 為不同。

在一實施具體例中，影像160及160'在影像30前(即在掃瞄方向前端)形成，使當光相對於基板表面掃瞄時，基板在到達退火輻射光20(其係伴隨影像30)照射基板之預熱區域前被預熱。

第17圖之具體例並不限制於兩預熱輻射光150及

150'。通常，任何合理數目的預熱輻射光可用來在基板表面上形成相對之影像，來達到所欲之預熱效果。

在上述之詳細說明，為了方便瞭解，在不同實施具體例中組合了各種不同型態。本發明許多特徵及優點已由詳細說明來具體說明，因此，其意指由附加之申請專範圍來函蓋遵循本發明真正精神及範疇說明之裝置所有特徵及優點。此外，由於在熟習此技藝者會很快想到數種改良品及改變，故毋須限制本發明在此說明之實際構造及操作。據此，其他具體例皆在附加之申請專利範圍內。

10 表1:如圖式第8A及8B圖所示之替續透鏡143實施例的鏡片設計數值

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

【圖式簡單說明】

第1A圖為本發明LTA裝置實施具體例的截面圖，其包括一LTA光學系統及被該系統處理之矽基板，其中該LTA裝置包括一被加熱夾盤來支撐並預熱該基板，及一可選擇之隔熱屏障環繞該夾盤來減少輻射傳輸至其餘裝置並促進基板加熱效率；

第1B圖為類似於第1A圖之本發明LTA裝置實施具體例的截面圖，其包括一在基板周圍用來預熱該基板之加熱套件；

第1C圖為類似於第1A圖之本發明LTA裝置實施具體例的截面圖，其中該被加熱夾盤及可選擇之隔熱屏障被一光學加熱系統取代，適於利用預熱輻射光預熱至少一部分基板；

第2圖為 $10.6\mu\text{m}$ 波長之退火輻射光在一未摻雜矽基板之吸收長度 $L_A(\mu\text{m})$ 對基板溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 的圖，及在 $200\mu\text{s}$ 暫留時間之擴散長度 $L_D(\mu\text{m})$ 對基板溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 的圖；

第3圖為電腦模擬基板溫度以深度 (μm) 及退火輻射光位置 (μm) 為函數之曲線，顯示由退火輻射光伴隨自我維持退火狀態在基板上形成之“熱點”；

第4A圖為一簡圖顯示一實施具體例中，以基板表面上位置為函數之預熱及退火輻射光的相對強度及光曲線；

第4B圖為基板的放大截面圖說明由在退火輻射光20前方之預熱輻射光150的熱，如何促進基板對退火輻射光的吸收進行自我維持退火狀態；

第5圖為由具有 $10.6\mu\text{m}$ 波長之退火輻射光照射一重摻雜矽基板產生之最高基板溫度 $T_{\text{MAX}}(^{\circ}\text{C})$ ，對該退火輻射光之入射能量 $P_1(\text{W}/\text{cm})$ 的圖；

第6圖為由二維有限元素模擬得到最高基板溫度 $T_{\text{MAX}}(^{\circ}\text{C})$ ，對由不同入射能量 P_1 之退火輻射光在未摻雜基板之初始溫度的圖；

第7圖為 780nm 預熱輻射光之吸收長度 $L_A(\mu\text{m})$ 對基板溫度 $T_s(^{\circ}\text{C})$ 的圖；

第8A圖為第1C圖之光學替續系統具體例的截面圖，其係在Y-Z平面上的圖；

第8B圖為第1C圖及第8A圖之光學替續系統具體例的截面圖，其係在X-Z平面上的圖；

第9A圖為加熱輻射源及圓柱透鏡陣列在X-Z平面之放大截面圖；

第9B圖為加熱輻射源及圓柱透鏡陣列在Y-Z平面之放大截面圖；

第10A圖為預熱輻射源，替續透鏡及垂直入射基板之預熱輻射光之放大簡圖，更包括一偏振片及配置於預熱輻射光，用來減少由基板反射及回到該預熱輻射源之預熱輻射的量之四分之一波片；

第10B圖為預熱輻射源，替續透鏡及垂直入射基板之預熱輻射光之放大簡圖，更包括一偏振片及配置於預熱輻射光，用來減少由基板散射及回到該預熱輻射源之預熱輻射的量之法拉第旋轉器；

第11圖為顯示反射率差異 $R(\%)$ 對矽基板上純矽和厚度為300nm，400nm及500nm之場氧化層薄膜實施例之入射角 θ_{150} (度)的圖；

5 第12圖為類似第11圖的圖，顯示130nm厚層之多晶矽和在基板上分別具有300nm，400nm及500nm厚度之氧化層之反射率；

第13圖為本發明類似第10B圖之LTA裝置實施具體例的放大簡圖，但其包括一配置來得到反射預熱輻射150R並將其導引回至基板之循環光學系統300；

10 第14圖為第13圖之循環輻射光系統實施具體例之截面圖，其包括一直角反射鏡及一收集/聚焦透鏡；

第15圖為在第14圖顯示實施具體例之變形之截面圖，其中直角反射鏡相對於軸A3展開(偏離) $-\Delta D$ 的量，造成介於直接入射及循環預熱輻射光間之入射角偏離；

15 第16圖為第13圖中該循環光學系統另一實施具體例之截面圖，其包括一收集/聚焦透鏡及一光柵；

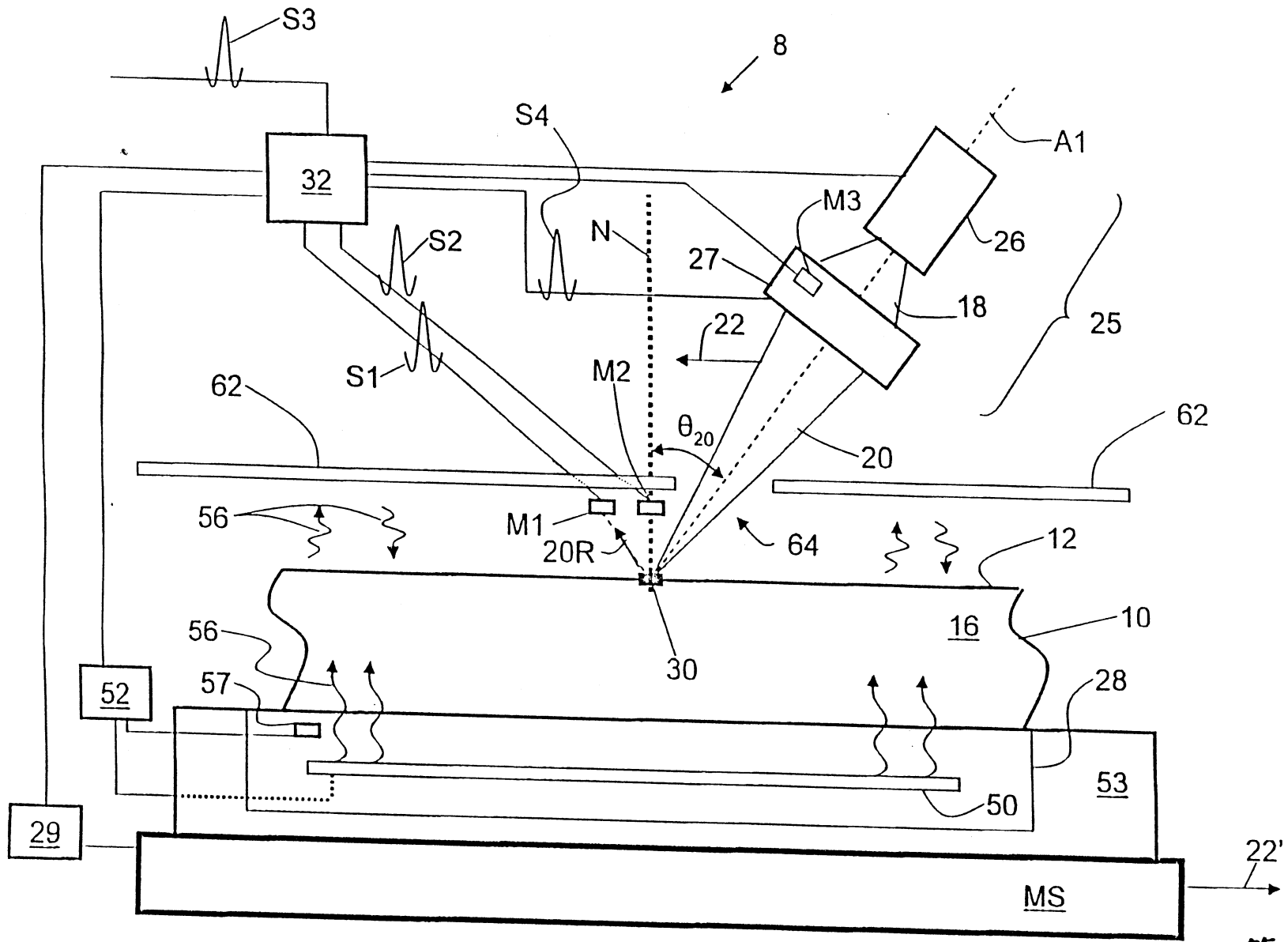
第17圖為一用來預熱基板的實施具體例之配置截面簡圖，其使用運用由基板法線兩端相似入射角之兩預熱光學替續系統。

20

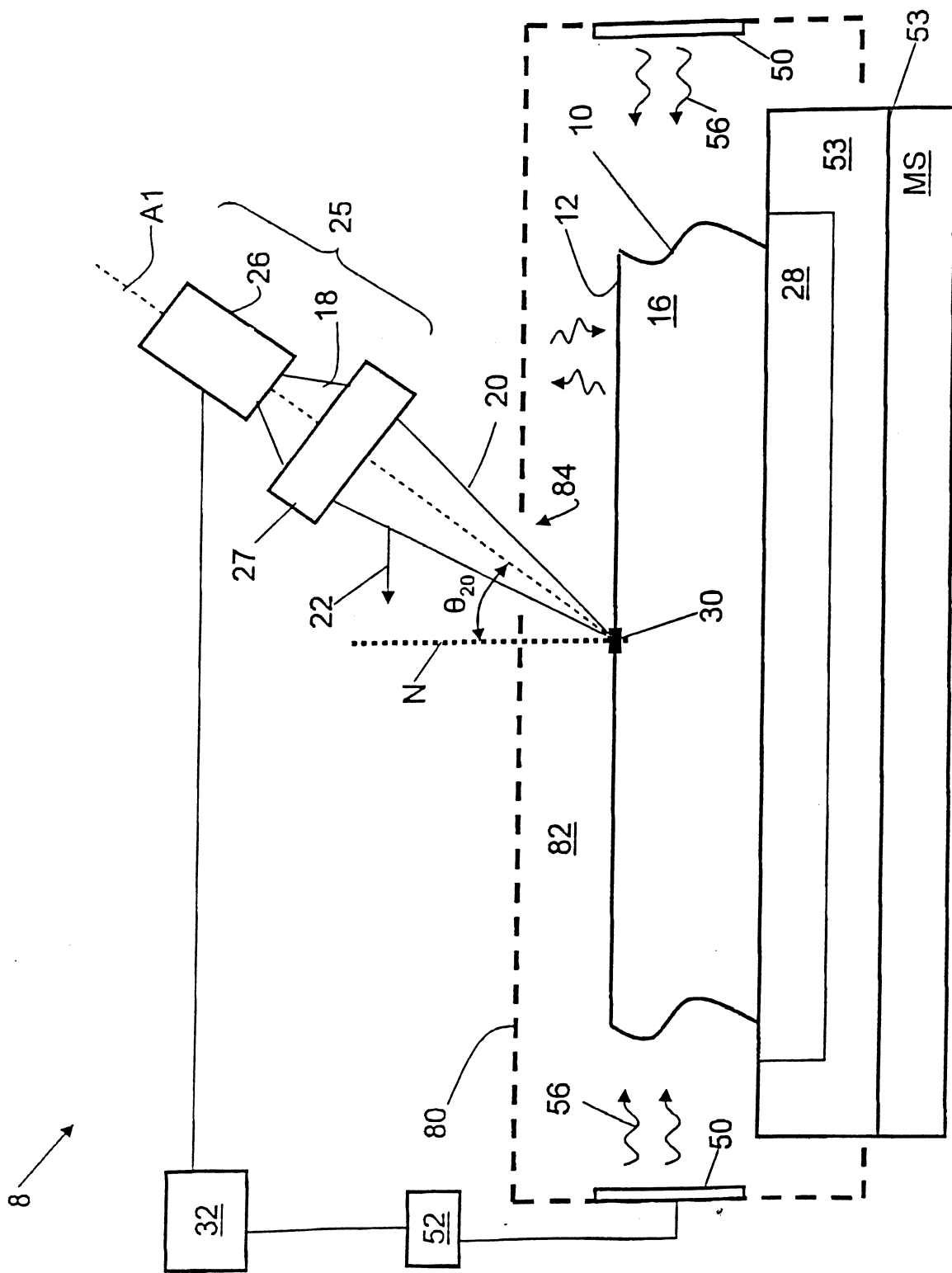
【主要元件符號說明】

8…裝置	62…隔熱屏障
10…基板	64…孔徑
12…基板表面	80…加熱套件
16…體區域	82…內部空間
18…連續退火輻射	84…窗或孔徑
20…連續退火輻射光	140…光學替續系統
20R…反射輻射	140'…光學替續系統
20'…被吸收退火輻射光	142…預熱輻射源
22…箭頭	142'…預熱輻射源
22'…箭頭	143…替續透鏡
25…LTA光學系統	143P…偏振片
26…退火輻射源	143WP…四分之一波片
27…LTA透鏡	143F…法拉第旋轉器
28…夾盤	147…輻射光
29…載台驅動器	150…預熱輻射光
30…影像	150'…預熱輻射光
31…熱點	150R…被反射預熱輻射光
32…控制器	150S…預熱輻射光
50…加熱元件	150RD…循環輻射光
52…電源供應器	160…影像
53…絕熱層	160'…影像
56…熱	166…熱
57…溫度感測器	198…雷射二極體列

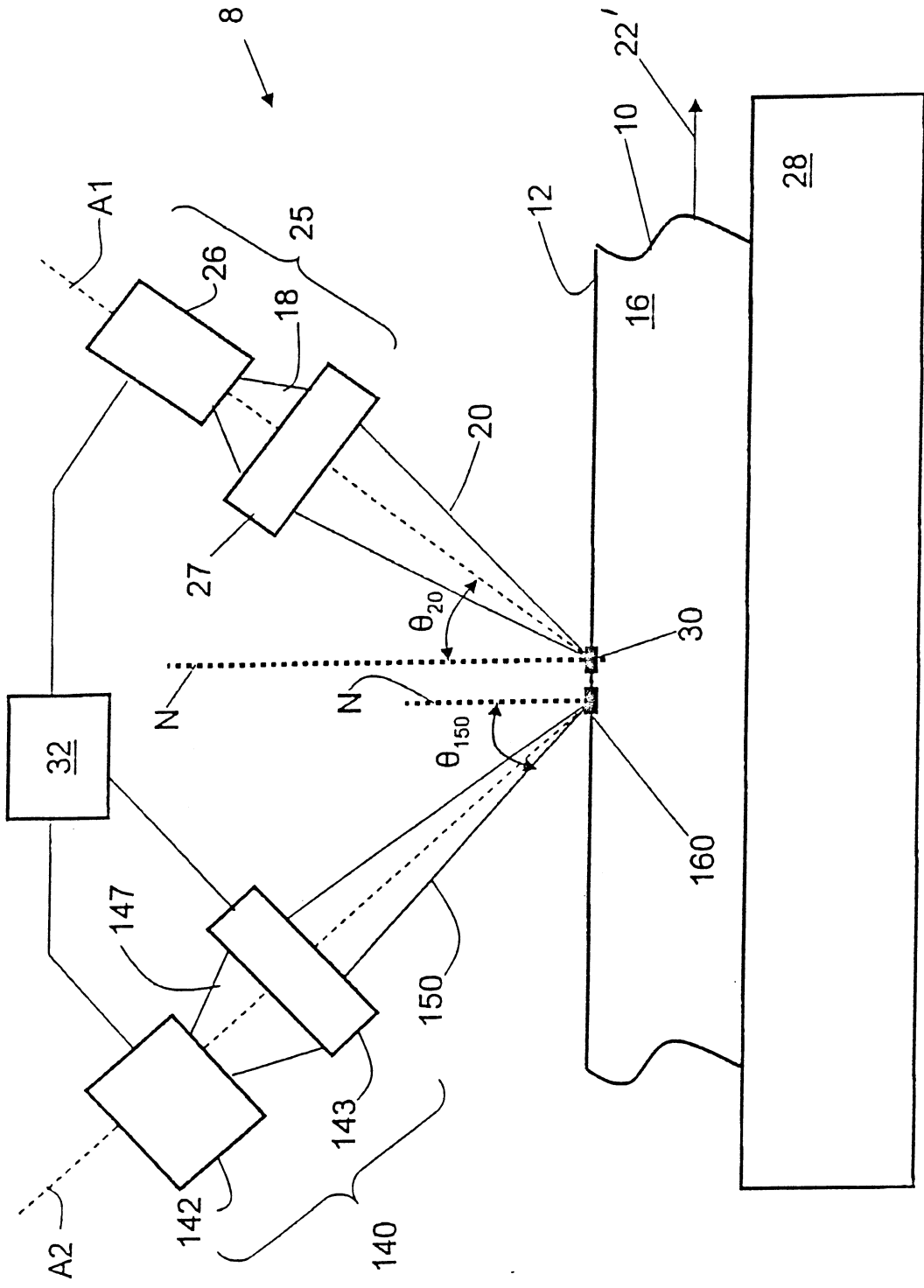
- 200...圓柱透鏡陣列
- 201...透鏡
- 202...球狀場透鏡
- 204...圓柱透鏡
- 206...圓柱透鏡
- 208...圓柱透鏡
- 210...圓柱透鏡
- 212...圓柱透鏡
- 214-222...球狀透鏡
- 250...預熱輻射光
- 300...循環輻射光系統
- 310...中空直角反射鏡
- 312...直角反射鏡表面
- 314...直角反射鏡表面
- 316...收集/聚焦透鏡
- 320...平行光
- 320'...平行光束
- 450...收集/聚焦透鏡
- 460...光柵
- 462...光柵表面
- 468...影像點
- 470...第一透鏡
- 472...第二透鏡
- 474...孔徑光攔



第 1A 圖

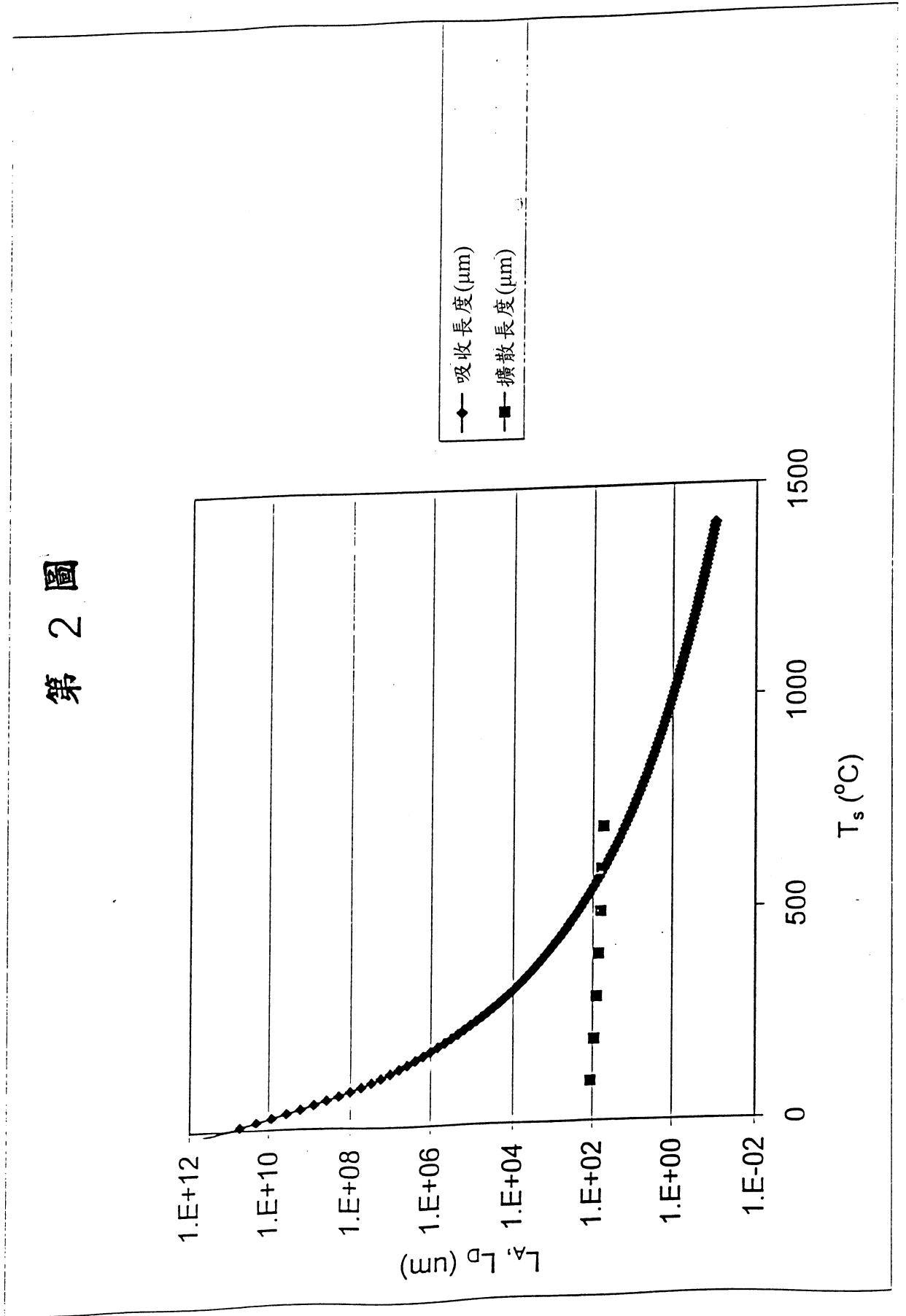


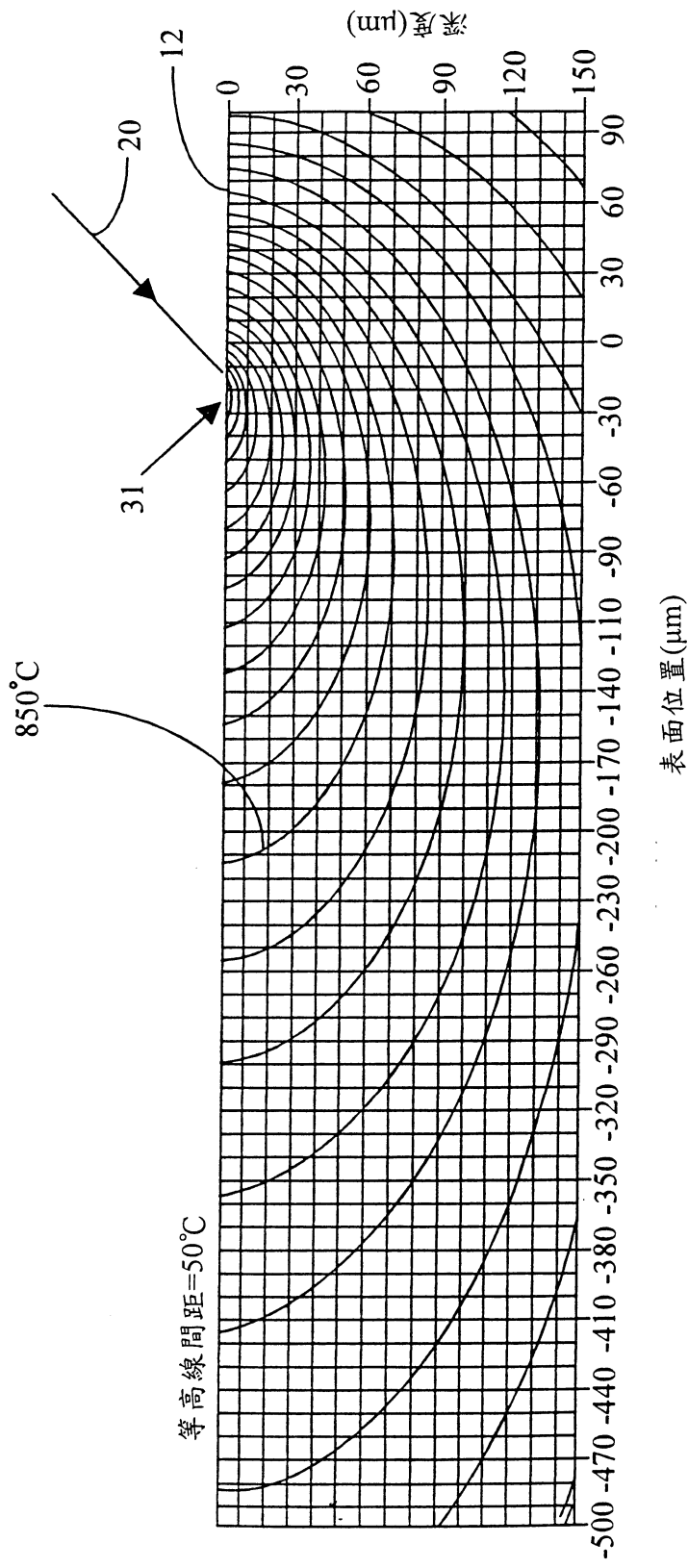
第 1B 圖



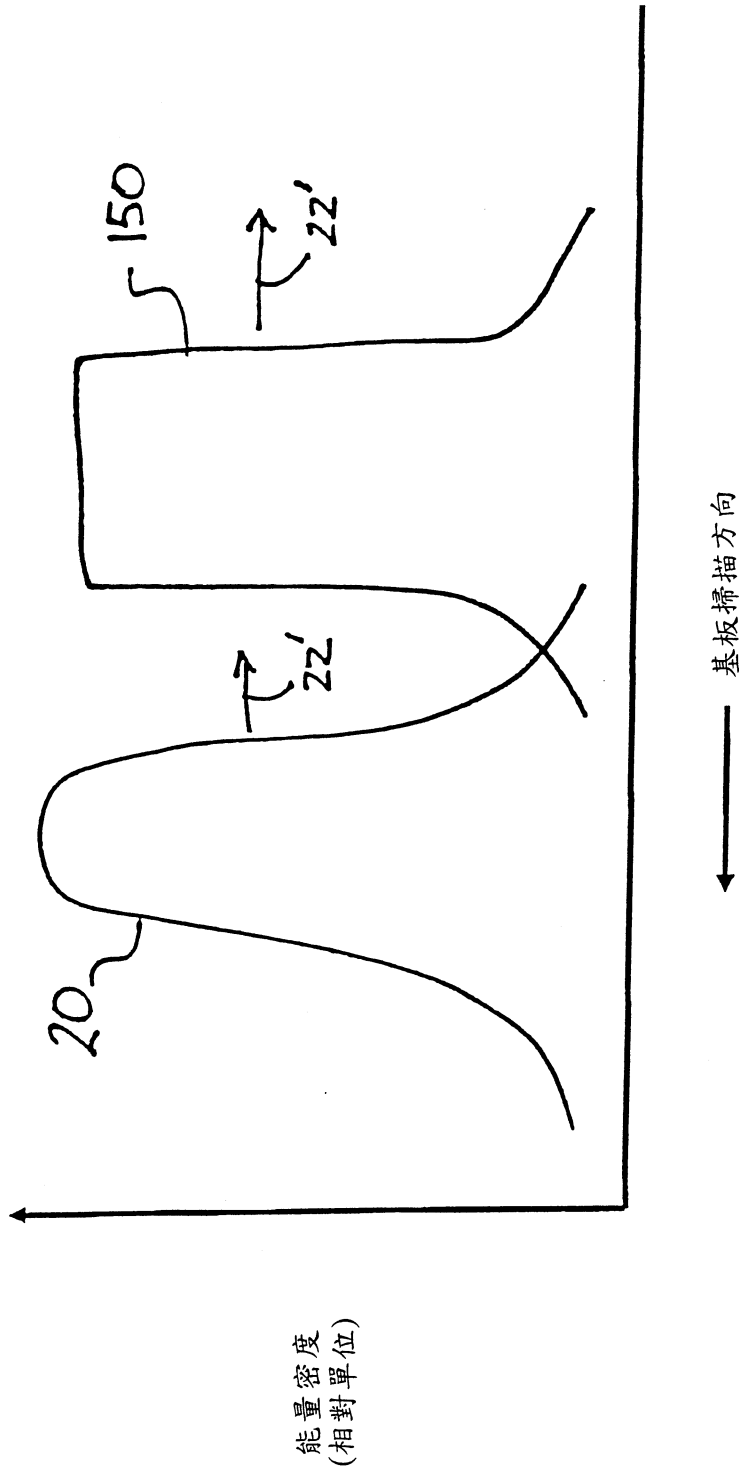
第 1C 圖

第 2 圖

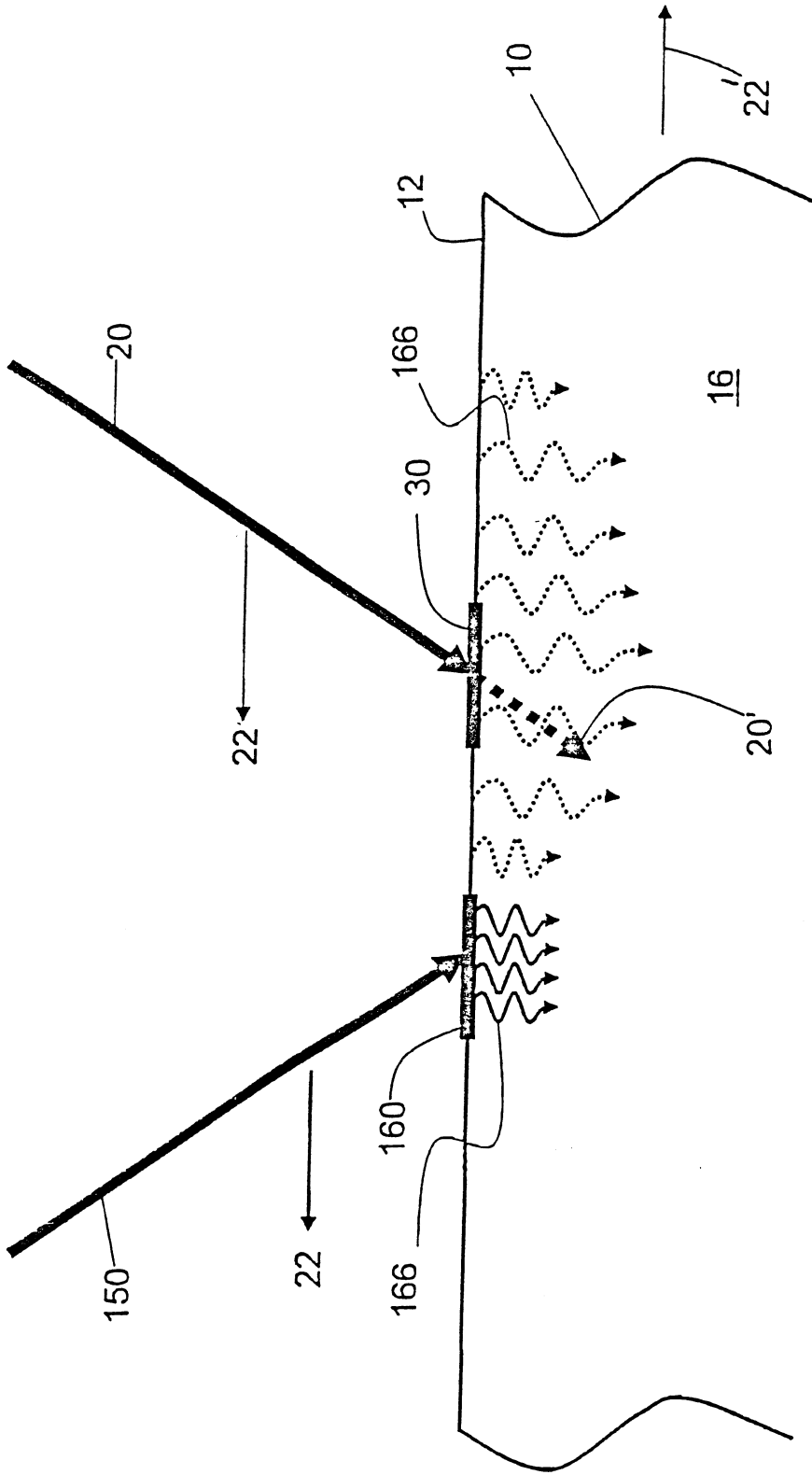




第 3 圖

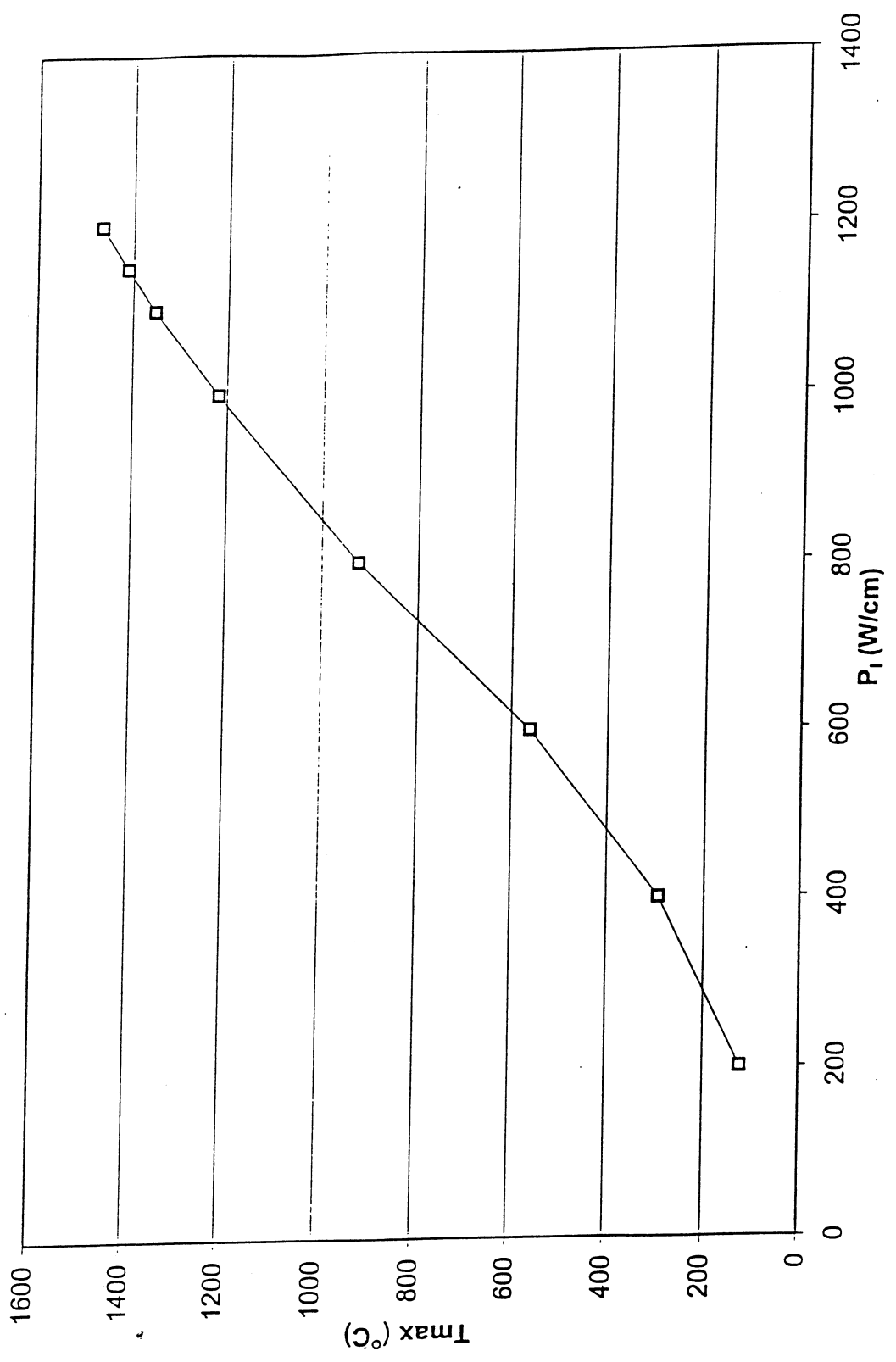


第 4A 圖

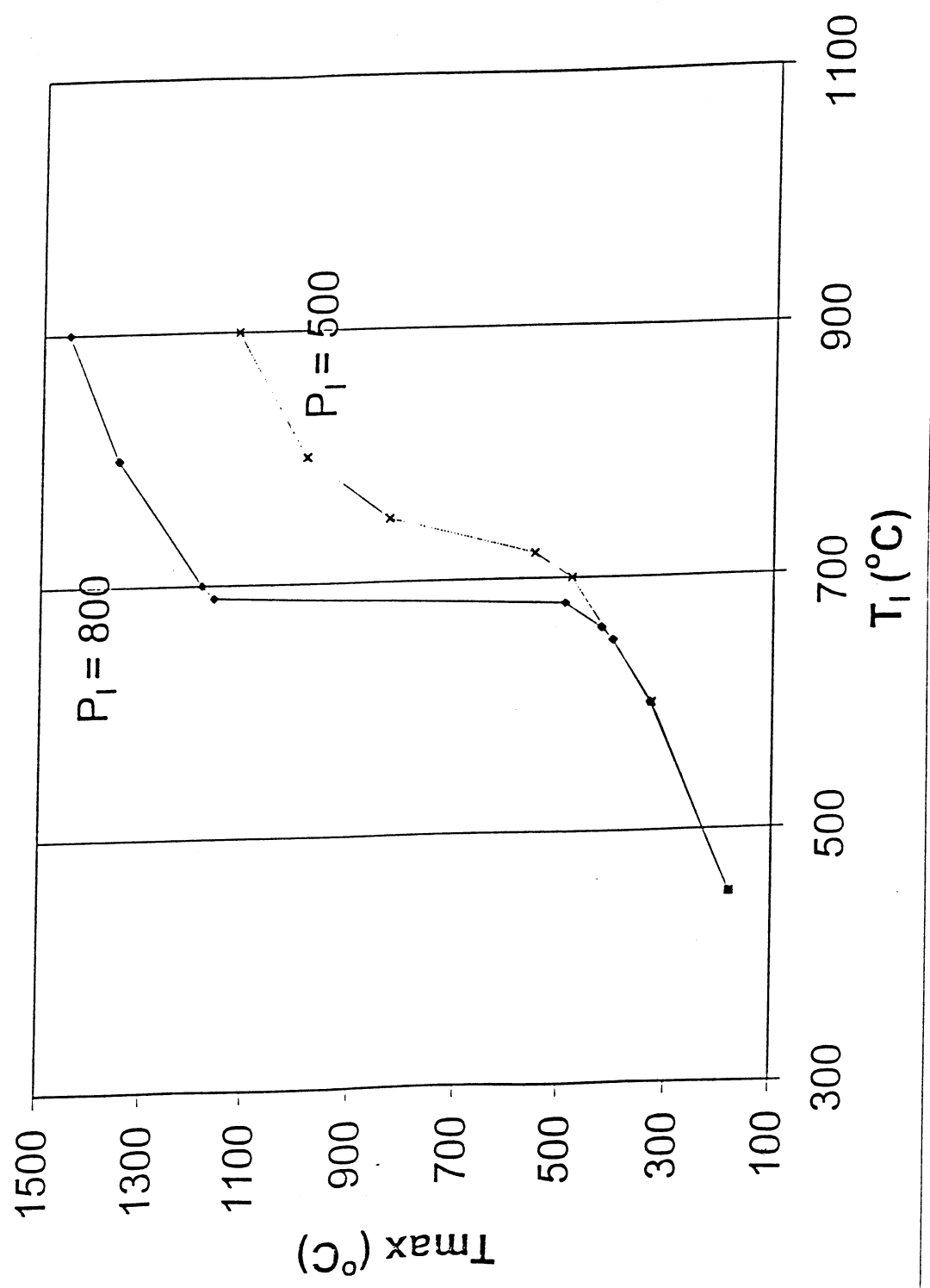


第 4B 圖

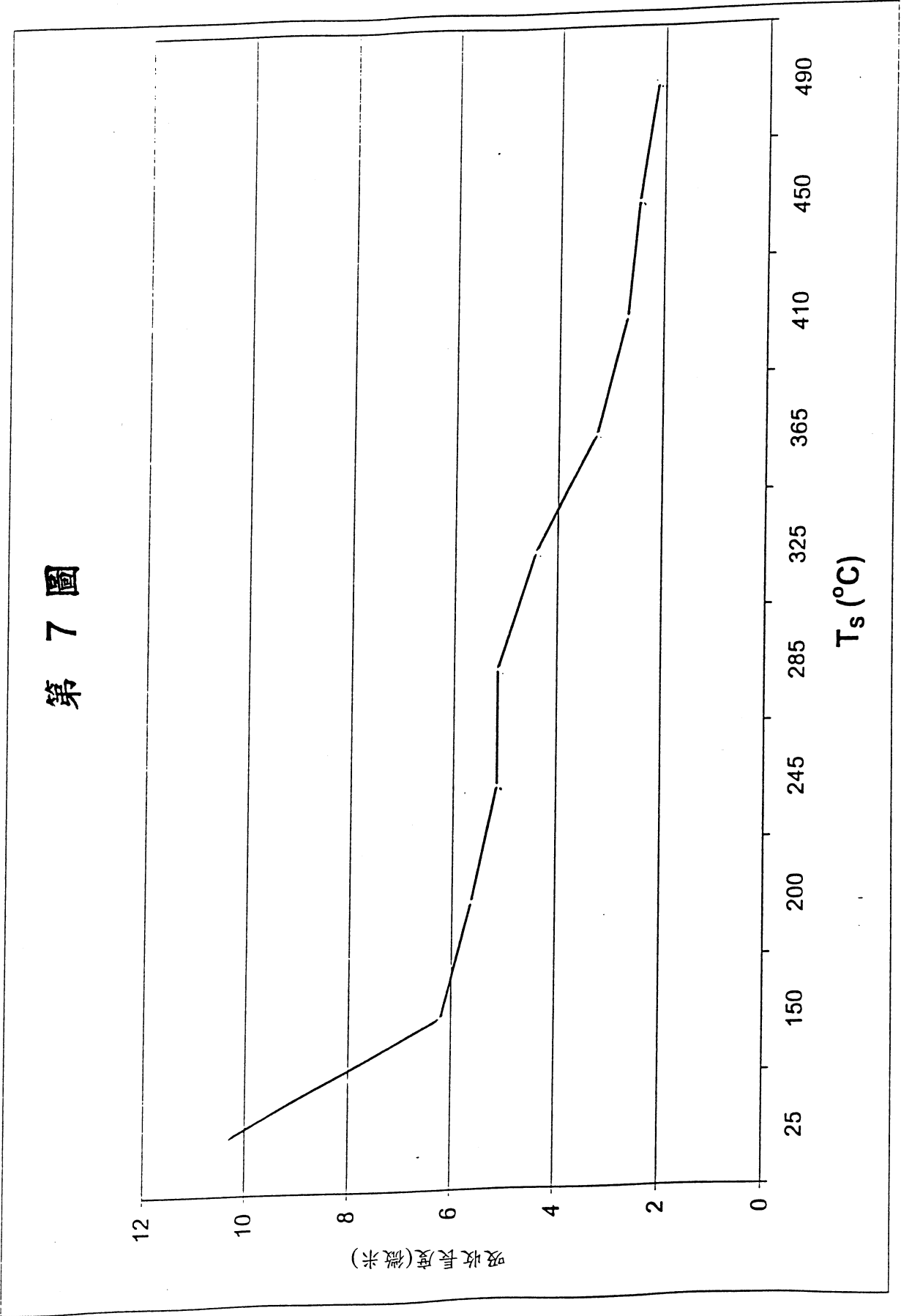
第 5 圖

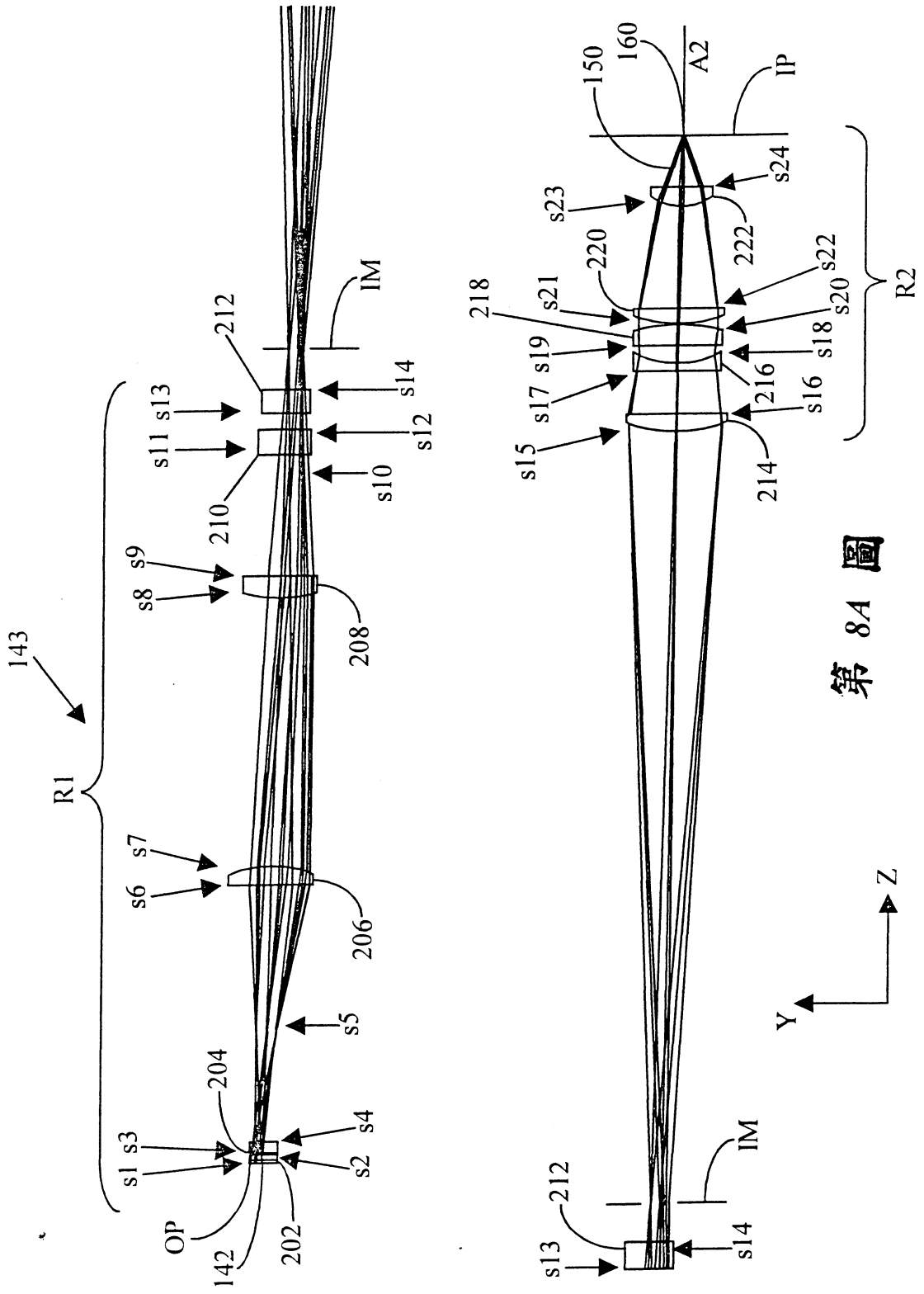


第 6 圖

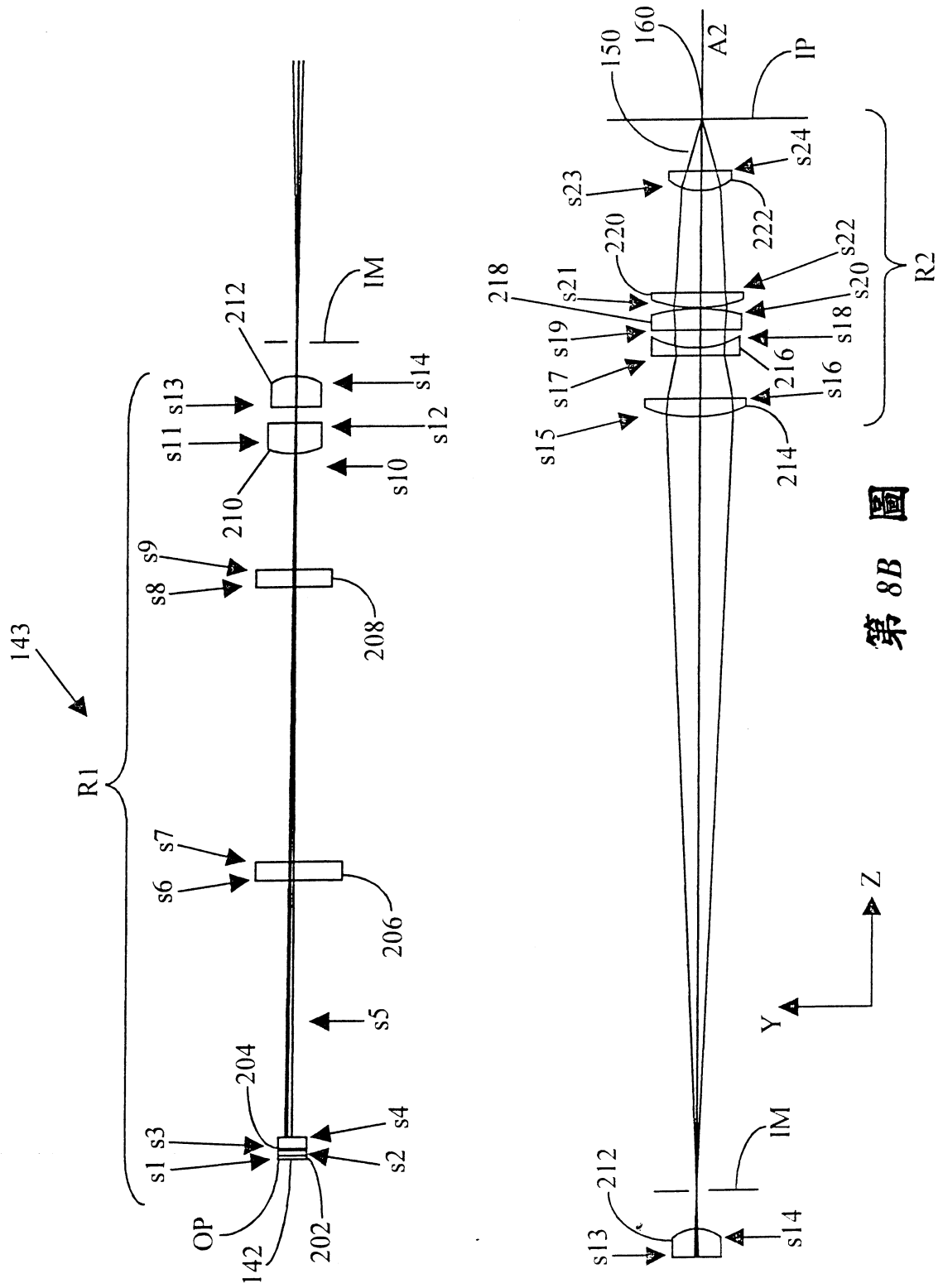


第 7 圖

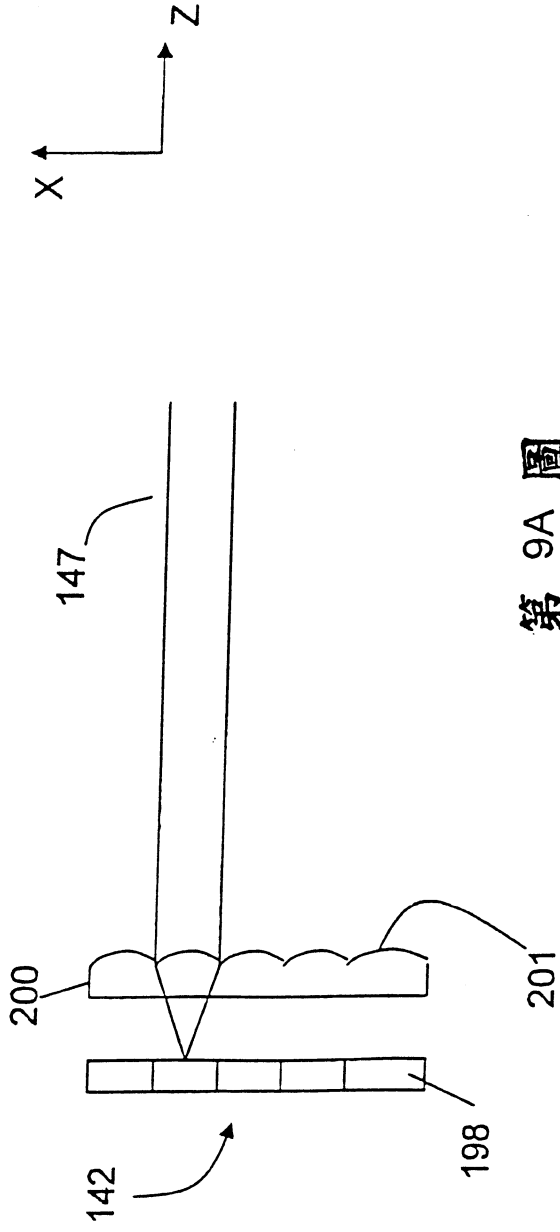




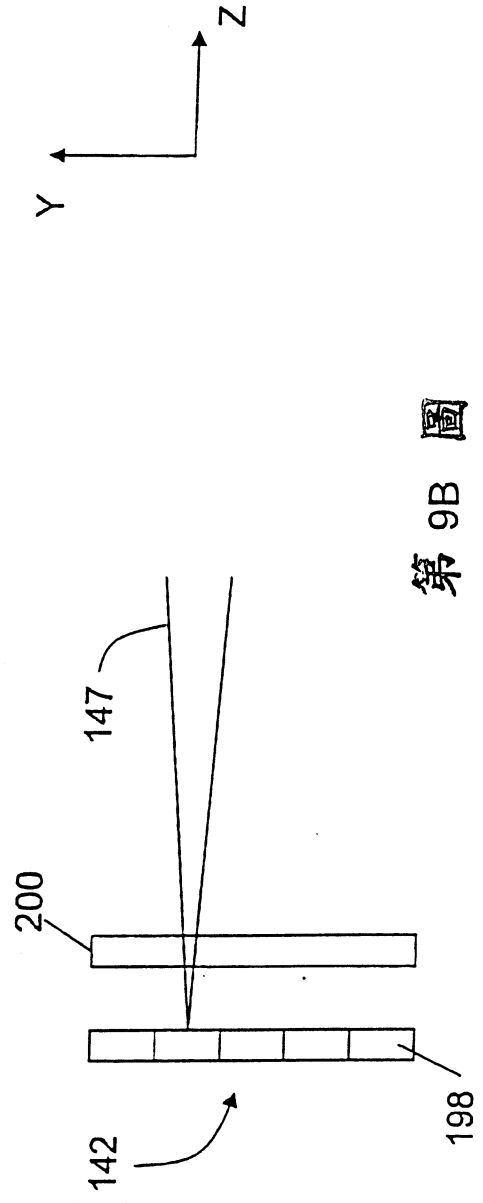
第 84 圖



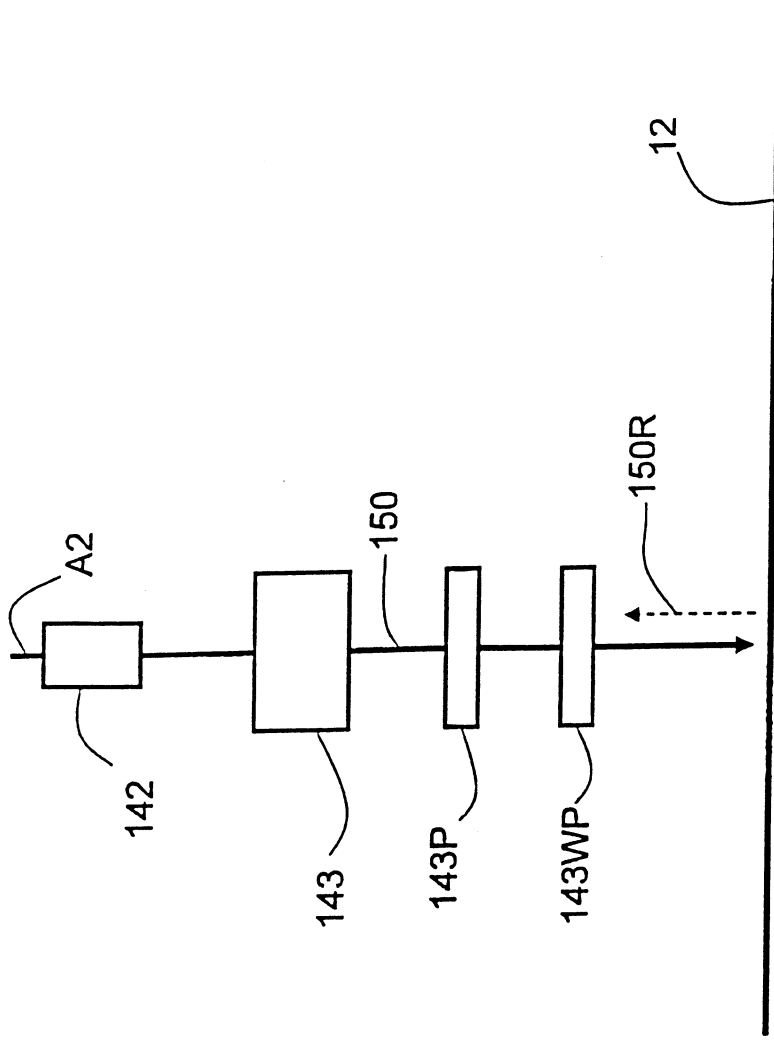
第 8B 圖



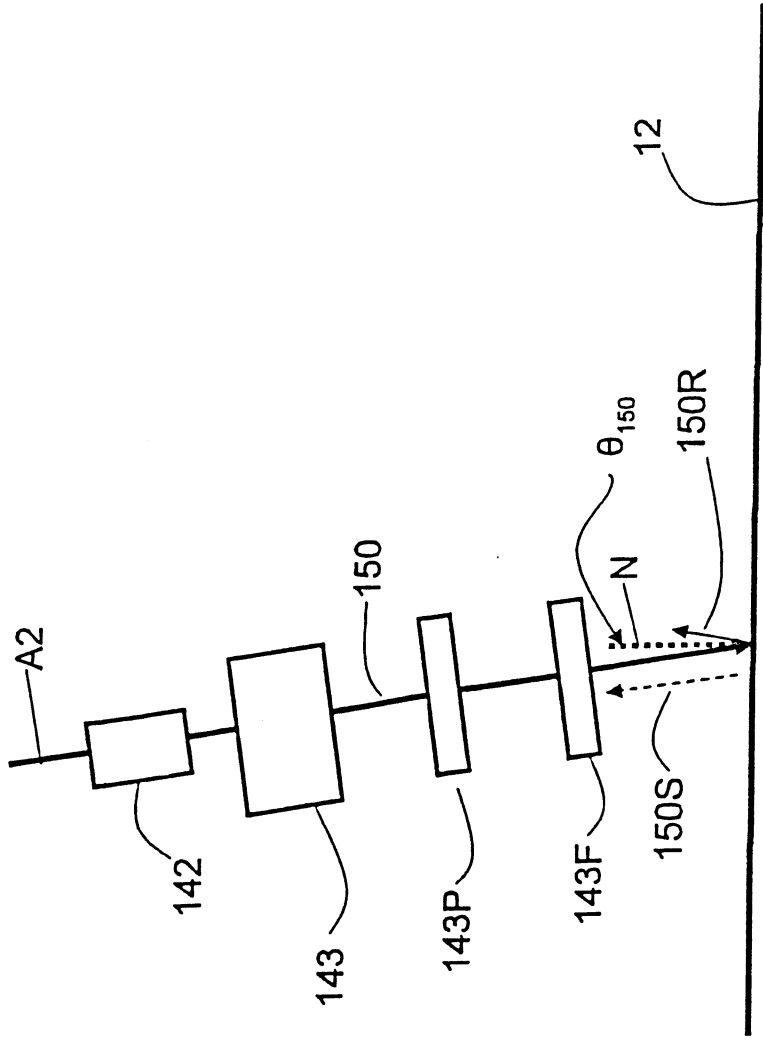
第 9A 圖



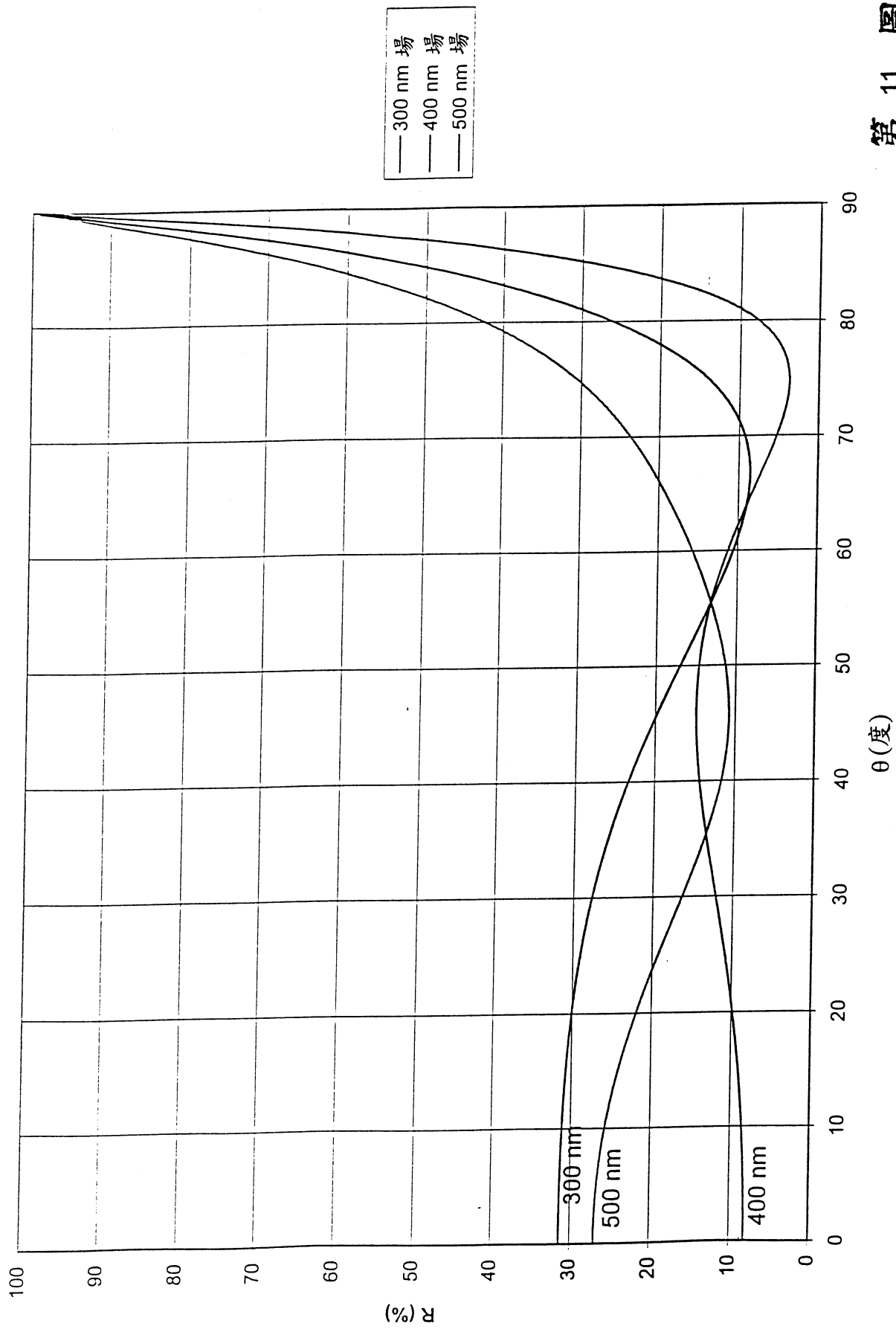
第 9B 圖



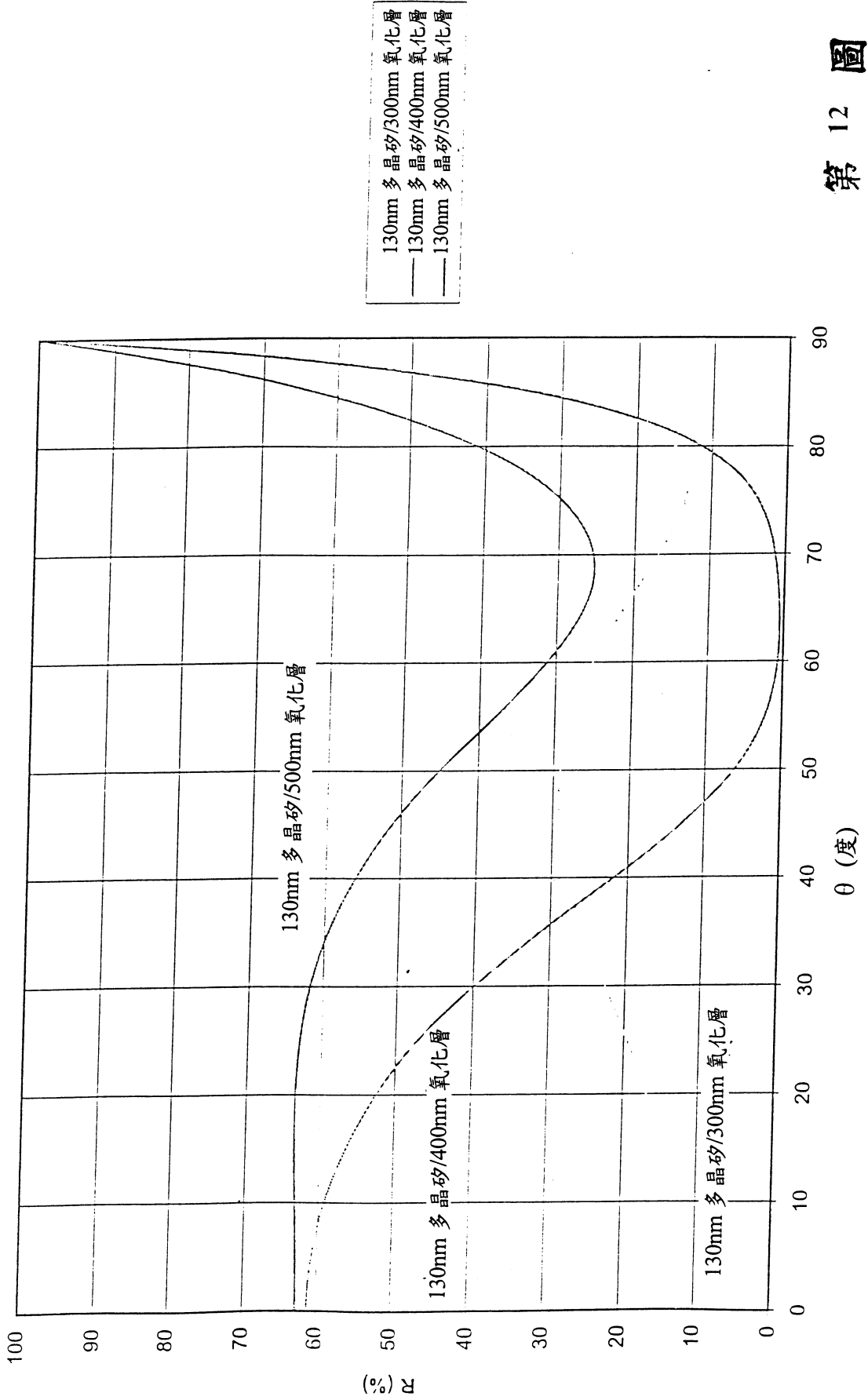
第 10A 圖



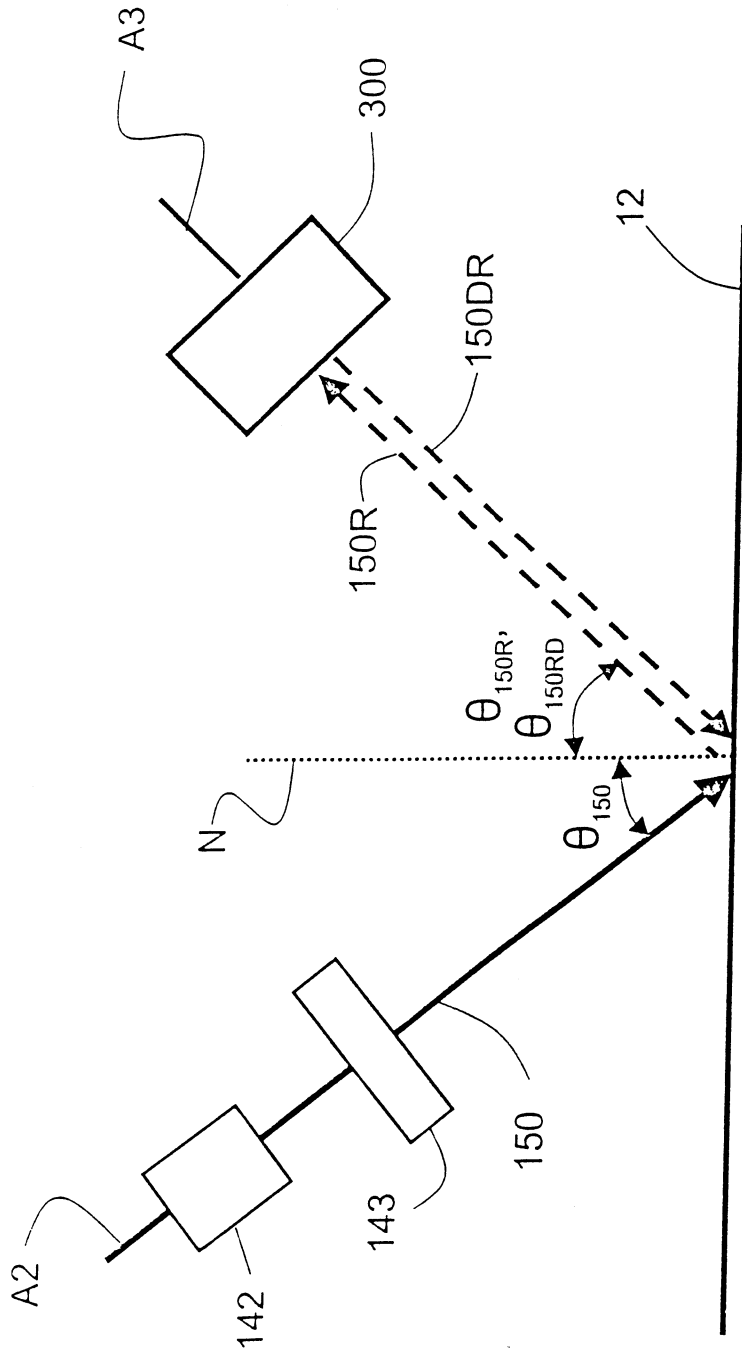
第10B圖



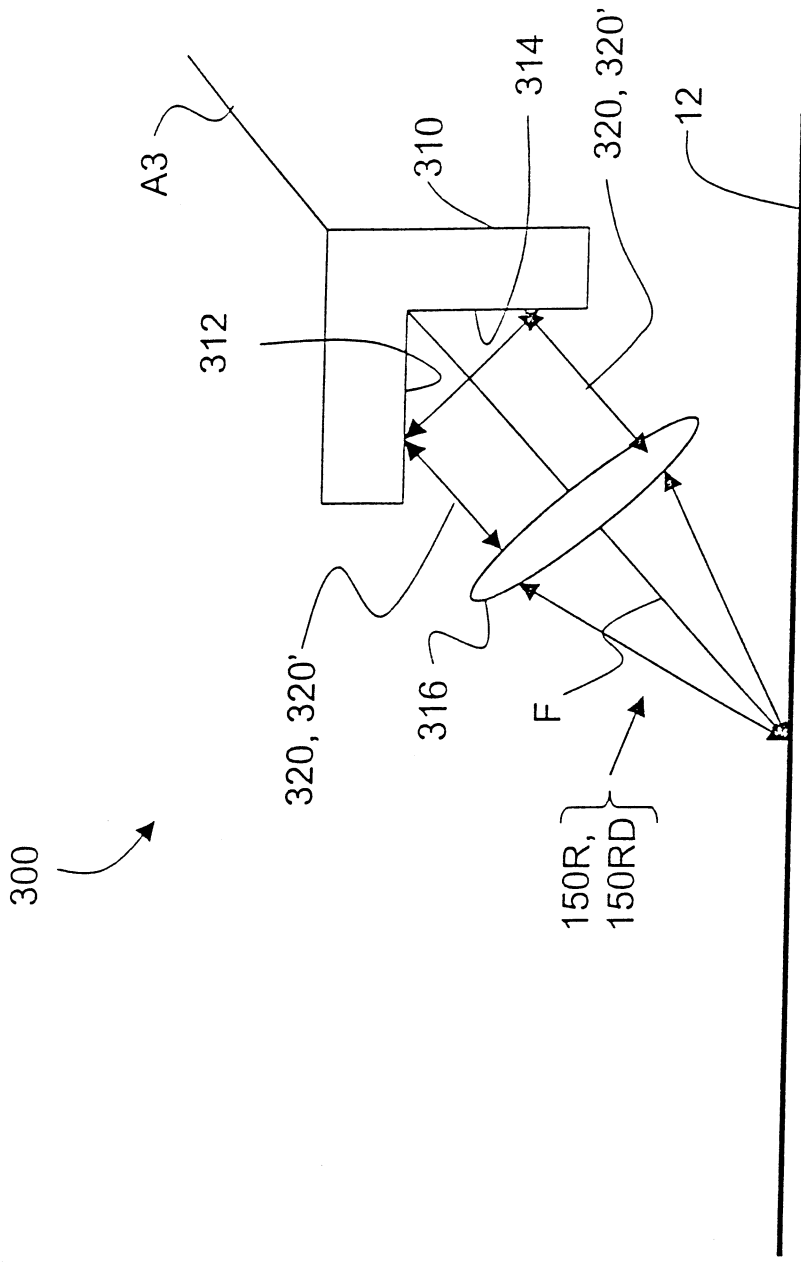
第 11 圖



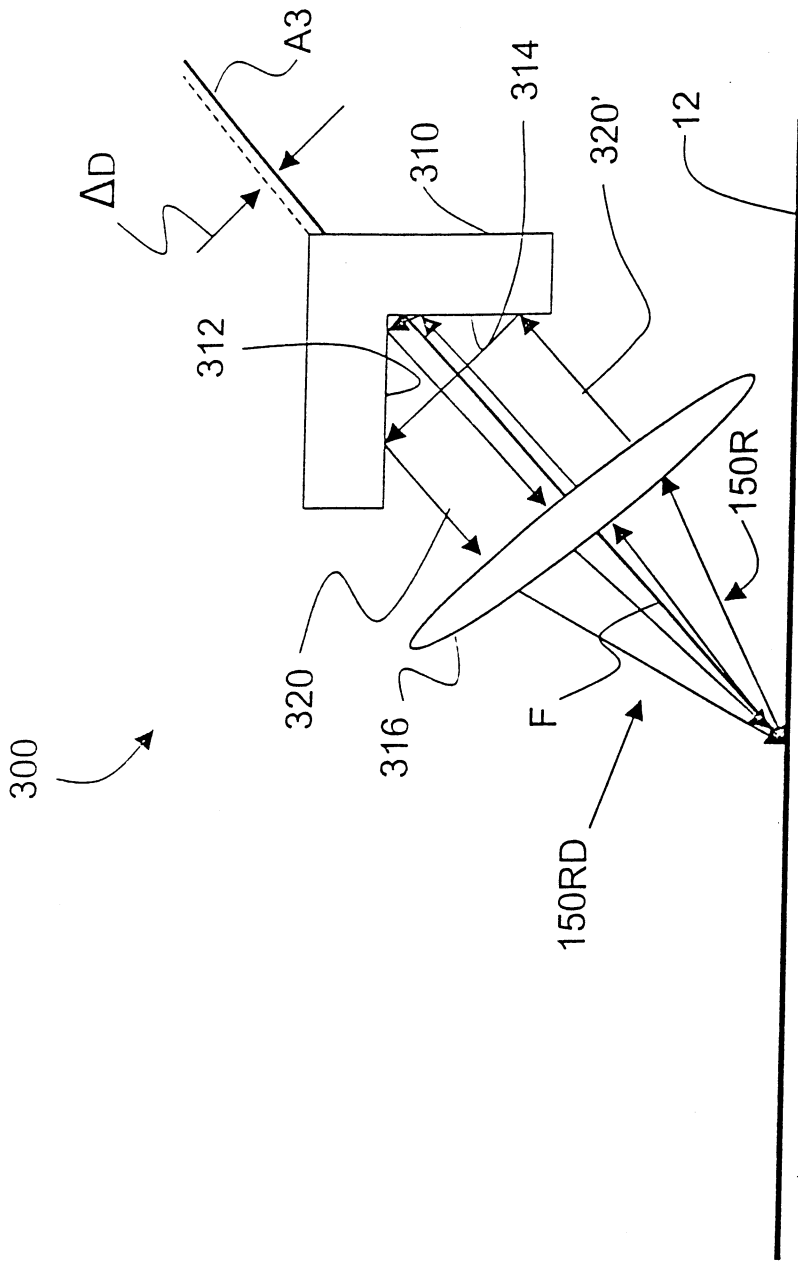
第 12 圖



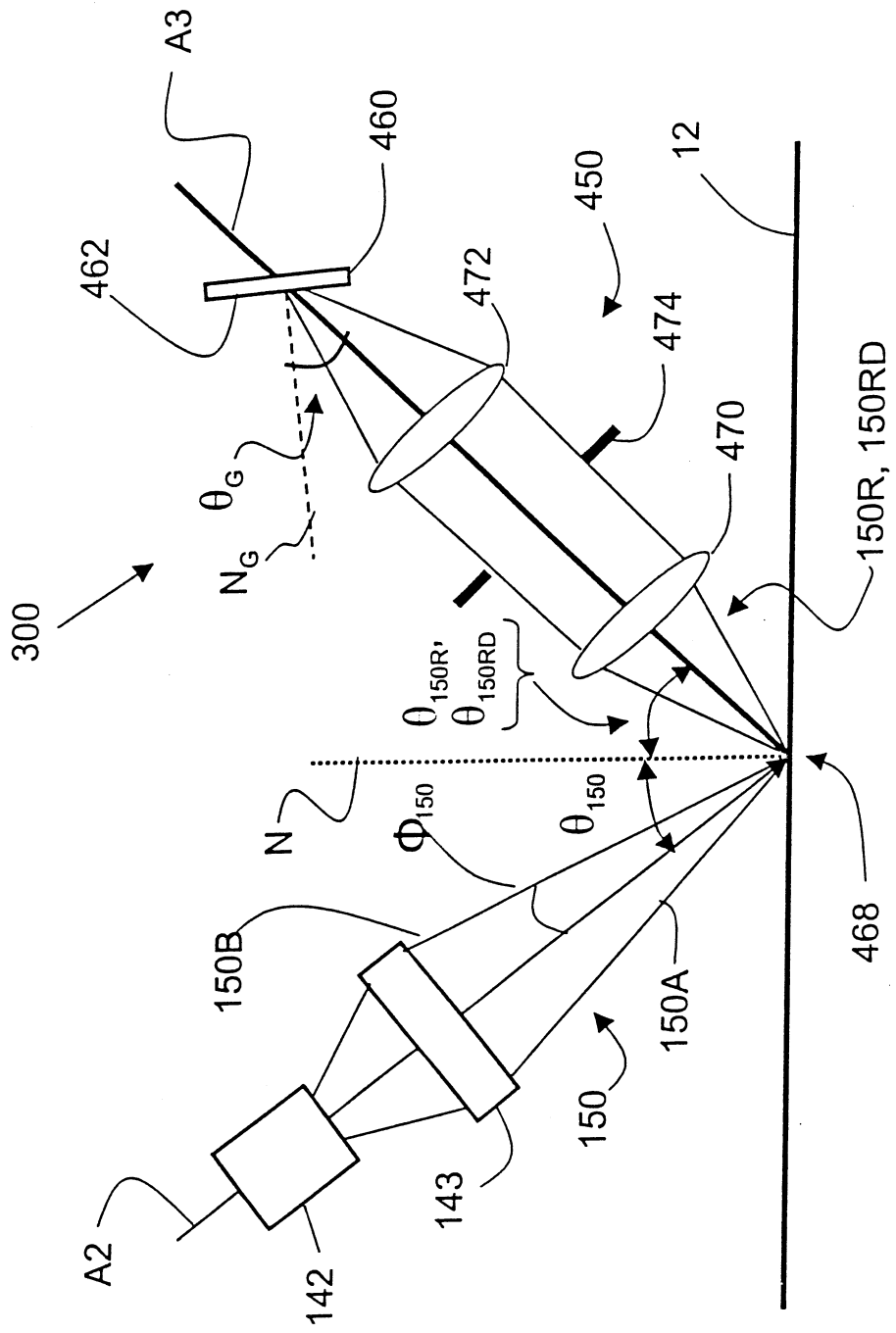
第 13 圖



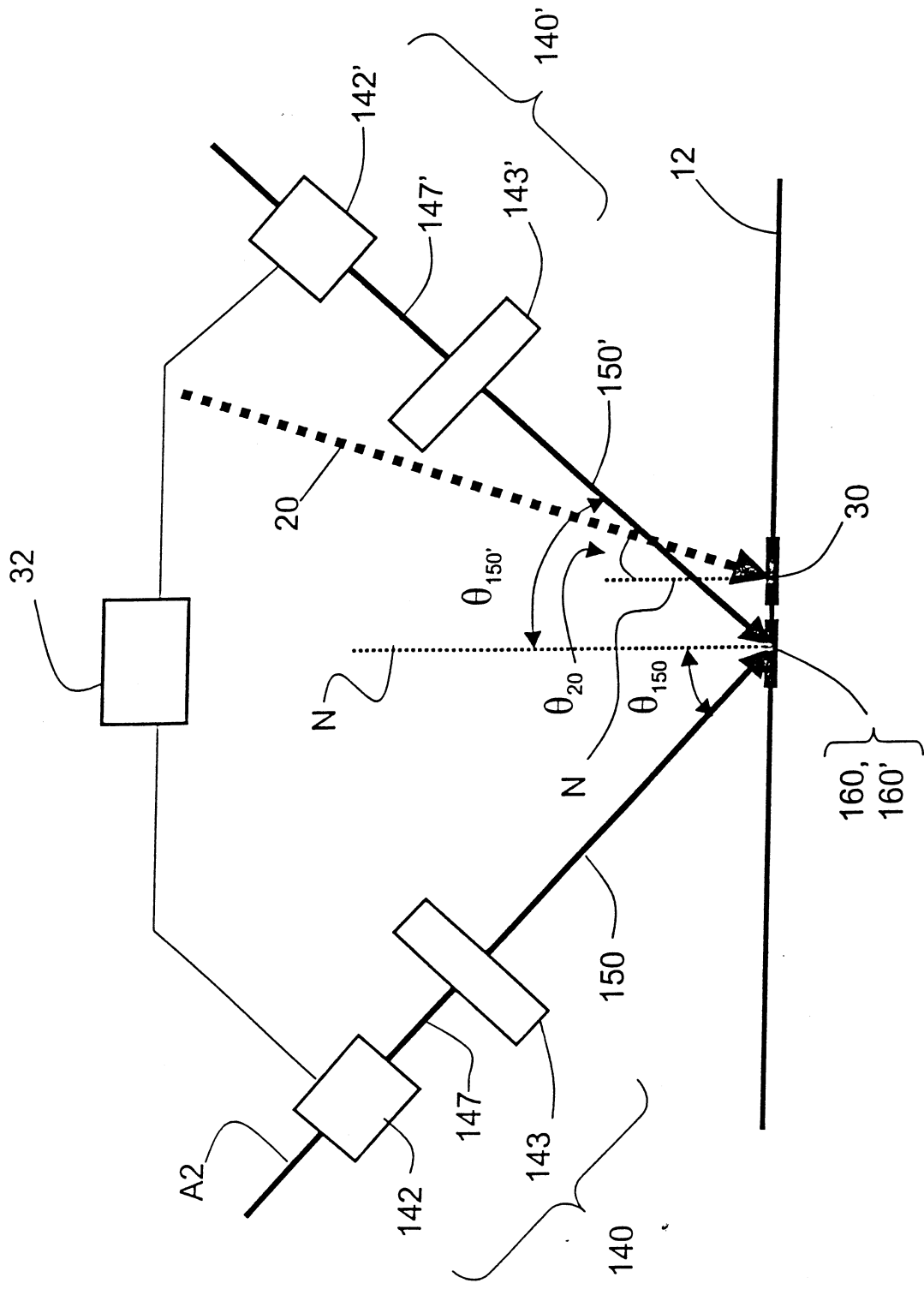
第 14 圖



第 15 圖



第 16 圖



第 17 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...裝置 | 28...夾盤 |
| 10...基板 | 29...載台驅動器 |
| 12...基板表面 | 30...影像 |
| 16...體區域 | 31...熱點 |
| 18...連續退火輻射 | 32...控制器 |
| 20...連續退火輻射光 | 50...加熱元件 |
| 20R...反射輻射 | 52...電源供應器 |
| 20'...被吸收退火輻射光 | 53...絕熱層 |
| 22...箭頭 | 56...熱 |
| 22'...箭頭 | 57...溫度感測器 |
| 25...LTA光學系統 | 62...隔熱屏障 |
| 26...退火輻射源 | 64...孔徑 |
| 27...LTA透鏡 | |

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

94年6月14日修正替換頁 94.6.14

具有沿光軸A2配置之預熱輻射源142及替續透鏡143之預熱光學替續系統140。預熱輻射源142為在基板被退火輻射光加熱前，放射輻射147來提供替續透鏡143預熱輻射光150，並由此來預熱該基板。輻射147具有容易(大量地)被100 μm 或更少的矽吸收之波長。在一實施具體例中，預熱輻射源142為一放射波長為0.8 μm (800nm)或0.78 μm (780nm)之預熱輻射147的雷射二極體陣列。以下說明在一實施具體例之替續透鏡143。預熱輻射源142及替續透鏡143係可操作地沿監視器M1及M2，及顯示於第1A圖之載台驅動器29連接至控制器32，為了容易說明，並未顯示於第1C圖。

操作時，預熱輻射源142放射輻射光147，其被替續透鏡143所得到。替續透鏡143產生一預熱輻射光150來在基板表面12上形成一影像160(如一線影像)。預熱輻射光150在相對於基板法線N測量之入射角 θ_{150} 入射基板表面12。

在一實施具體例中，由退火輻射光20形成之影像30及由預熱輻射光150形成之影像160，係並列於基板表面12上，如第1C圖所示。因此，預熱輻射光150作為區域性的預熱該基板正要被退火輻射光20照射前的部分或區域。箭頭22'顯示基板10的移動方向(如經由可動夾盤28；視第1圖)，其在一實施具體例中係在固定之輻射光20及150(或相當於固定之影像30及160)移動來實行這些光(或影像)的掃瞄。

在另一實施具體例中，預熱輻射光150及退火輻射光20有部分地重疊，如在各光強度曲線之 $1/e^2$ 強度輪廓，如第4A圖所示。

94年6月14日修(文)正替換頁

之透鏡設計的數據。

再參照第8A及8B圖，替續透鏡143係由兩個和一般中間影像面IM串連之影像次替續透鏡R-1及R-2所組成。次替續透鏡R-1為主要使用在Y-Z及X-Z平面完全不同能量之圓柱透鏡元件的變形替續透鏡，而次替續透鏡R-2為一使用球狀元件且具有1:6縮放比之傳統替續透鏡。該變形替續透鏡R-1在Y-Z平面上具有1:1縮放比，且在X-Z平面上具有1:10縮放比。該替續透鏡143在物平面OP及影像聚焦平面IP為遠心。

10 在緊鄰預熱輻射源142配置一球狀場透鏡202(表面s1-s2)及一圓柱透鏡204(表面s3-s4)，可達到該物平面OP及該影像平面IP皆為遠心。該圓柱透鏡204只在Y-Z平面具有能量，且在Y-Z平面之s5形成光瞳影像。其次兩在Y-Z平面具有能量之圓柱透鏡206及208(表面s6-s9)，以1:1再顯影該
15 二極體陣列在中間影像平面。表面s10分辨在X-Z平面之光瞳影像。再由一對在X-Z平面具有能量之圓柱透鏡210及212(表面s11-s14)，以10:1縮放比再顯影該二極體陣列在中間影像平面。該中間影像由一群球狀透鏡214-222(表面s15-s24)形成之次替續透鏡，以6:1縮放比再顯影在最終影
20 像平面上。因此該替續透鏡在含有二極體列的平面具有一總的6:1的縮放比，且在垂直各二極體列的平面具有60:1的縮放比。

在Y-Z平面的6:1縮放比減少了10mm大小的未準直光(慢軸)預熱輻射源142，由在物平面OP的10mm到在影像平

五、中文發明摘要：

本發明係有關於一種利用退火輻射光來對基板進行雷射熱退火(LTA)的裝置及方法，在某些諸如未摻雜的矽基板之基板中，該退火輻射光並非實質上被吸收的長波長輻射，本發明之裝置及方法與溫度非常相關。該方法包括加熱該基板至長波長退火輻射大量被吸收的臨界溫度，再利用該退火輻射照射該基板來產生可使該基板退火的溫度。

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 of long wavelength radiation (1 micron or greater) in some substrate, 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. 一種用來預熱一具有一表面之基板的裝置，其利用在室溫下實質上不被基板吸收之退火輻射光來對基板進行雷射熱退火，該裝置包含：

5 一預熱輻射源，其適於放射在室溫下實質上被基板吸收之預熱輻射；

 一替續透鏡，其適於接收該預熱輻射並形成一在該基板上形成一第一影像之預熱輻射光，其中該第一影像在該基板表面上方被掃描，以預熱由該退火輻射光所形成之掃描的第二影像的前方或部分重疊之一部份表面；及

10

 一循環光學系統，其被配置來接收由該基板反射之預熱輻射，並導引該經反射的預熱輻射回到基板作為一循環輻射光。

15 2. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該循環光學系統包括一收集/聚焦透鏡及一直角反射鏡。

 3. 如申請專利範圍第2項之裝置，其中該循環輻射光及該預熱輻射光各自具有入射角，該循環光學系統具有一光軸，且其中該直角反射鏡相對於該光軸被移動，以至少

20 部分地分離該循環及預熱輻射光之入射角。

 4. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中該循環光學系統包括一遠心替續透鏡及一繞射光柵。

 5. 一種用來預熱一具有一表面之基板的裝置，其利用在室溫下實質上不被基板吸收之退火輻射光來對基板進行

雷射熱退火，該裝置包含：

第一及第二預熱光學系統，其等各自配置以利用各具有在室溫下實質上被基板吸收的波長之第一及第二預熱輻射光，來照射該基板之一部分；及

5 其中當在該預熱輻射光及該退火輻射光相對於基板掃瞄時，該第一及第二預熱輻射光形成個別的第一及第二經掃描的影像，該等影像被保持在由退火輻射光所形成的第三經掃描的影像之前方。

6. 如申請專利範圍第5項之裝置，其中該第一及第二預熱
10 輻射光被p-偏振，且在使基板表面上存在的結構吸收度差異減小的角度下入射該基板表面。

7. 如申請專利範圍第5項之裝置，其中第一及第二預熱輻射光具有相等且相對之入射角。

8. 一種用來預熱一具有一表面之基板的裝置，以利用在室
15 溫下實質上不被基板吸收之退火輻射光來對基板進行雷射熱退火，該裝置包含：

數個預熱光學系統，其等各自配置以利用具有在室溫下實質上被基板吸收的波長之數個預熱輻射光照射基板之一部分；及

20 其中當該預熱輻射光及該退火輻射光相對於基板掃瞄時，該數個預熱輻射光形成被保持在一退火輻射光影像前方之個別的影像。

9. 一種預熱一基板表面的方法，其利用在室溫下實質上不被基板吸收之退火輻射光來對基板進行雷射熱退火，該

方法包含：

利用一預熱輻射光照射該基板之一部分；

接收由部份基板反射之預熱輻射光；及

導引經接收的輻射回到該部份基板。

5 10. 如申請專利範圍第9項之方法，其中導引經接收的輻射
回到該部份基板的步驟包括利用一直角反射鏡反射經
接收的輻射。

11. 如申請專利範圍第9項之方法，其中導引經接收的輻射
回到該部份基板的步驟包括反射由一屋脊鏡及一圓柱
10 鏡所接收的輻射。

12. 如申請專利範圍第9項之方法，其中導引經接收的輻射
回到該基板部分的步驟包括利用繞射光柵繞射經接收
的輻射，該繞射光柵係相對於經接收的輻射傾斜使被導
引回到基板的輻射在基板表面保持聚焦。

15 13. 一種用來預熱一具有一表面之基板的方法，其利用在室
溫下實質上不被基板吸收之退火輻射光來對基板進行
雷射熱退火，該方法包含：

利用各具有在室溫下實質上被基板吸收的波長之
第一及第二預熱輻射光來照射該基板之第一部分；及

20 當該預熱輻射光及該退火輻射光相對於基板表面
掃瞄時，保持該第一部分在由一退火輻射光照射基板表
面之第二部分的前方，由此當退火輻射光遇到已加熱之
第一部分時該退火輻射光實質上會被該基板吸收。

14. 如申請專利範圍第13項之方法，其中該第一及第二預熱

輻射光具有相同的波長。

15. 如申請專利範圍第13項之方法，其中該退火輻射光在 Brewster's angle 入射該基板，且其中各預熱輻射光在一超過包括中心角的角度範圍入射該基板，其中各角度範圍之中心角相異於 Brewster's angle。
5
16. 如申請專利範圍第13項之方法，其中該退火輻射光及該預熱輻射光分別以使基板表面上存在的結構吸收度差異減小的角度入射該基板。
17. 如申請專利範圍第13項之方法，包括形成該第一及第二預熱輻射光，其各具有 i) 在該基板上介於 0.15 及 0.5 之數值孔徑及 ii) 約 52° 之入射角。
10