



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201415558 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 04 月 16 日

(21)申請案號：102141287

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 09 月 09 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/324 (2006.01)*

(30)優先權：2008/09/17 美國 12/212,157

2008/09/17 美國 12/212,214

(71)申請人：應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)

美國

(72)發明人：莫非特史帝夫 MOFFATT, STEPHEN (GB)；梅爾艾伯希拉許 J MAYUR, ABHILASH J. (US)；拉瑪姆爾非桑達 RAMAMURTHY, SUNDAR (US)；拉尼許喬瑟夫 RANISH, JOSEPH (US)；漢特亞倫 HUNTER, AARON (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：18 項 圖式數：11 共 62 頁

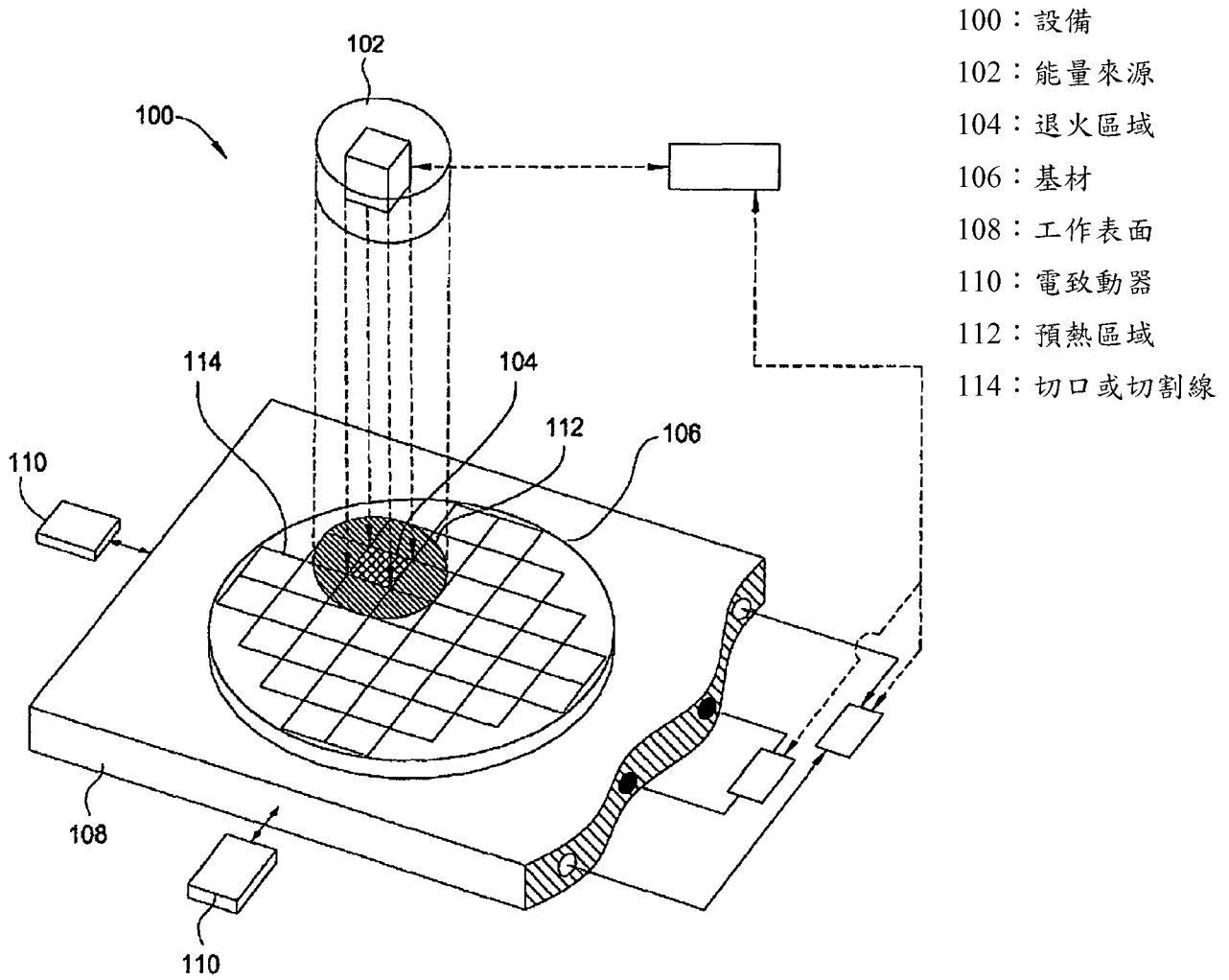
(54)名稱

管理基材退火的熱預算

MANAGING THERMAL BUDGET IN ANNEALING OF SUBSTRATES

(57)摘要

本發明提供一種用於處理一基材之方法及設備。將該基材定位於一熱處理腔室中之一支撐件上。將電磁輻射導向該基材以退火該基材之一部分。將其他電磁輻射導向該基材以預熱該基材之一部分。該預熱降低該預熱區域與該退火區域之間的邊界處之熱應力。按特定實施例之需要，預期任何數量之退火區域及預熱區域，其具有變化之形狀及溫度分佈。可使用諸如雷射、熱燈、白光燈或閃光燈之任何適當之電磁輻射源。



第 1A 圖



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201415558 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 04 月 16 日

(21)申請案號：102141287

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 09 月 09 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/324 (2006.01)*

(30)優先權：2008/09/17 美國 12/212,157

2008/09/17 美國 12/212,214

(71)申請人：應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)

美國

(72)發明人：莫非特史帝夫 MOFFATT, STEPHEN (GB)；梅爾艾伯希拉許 J MAYUR, ABHILASH J. (US)；拉瑪姆爾非桑達 RAMAMURTHY, SUNDAR (US)；拉尼許喬瑟夫 RANISH, JOSEPH (US)；漢特亞倫 HUNTER, AARON (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：18 項 圖式數：11 共 62 頁

(54)名稱

管理基材退火的熱預算

MANAGING THERMAL BUDGET IN ANNEALING OF SUBSTRATES

(57)摘要

本發明提供一種用於處理一基材之方法及設備。將該基材定位於一熱處理腔室中之一支撐件上。將電磁輻射導向該基材以退火該基材之一部分。將其他電磁輻射導向該基材以預熱該基材之一部分。該預熱降低該預熱區域與該退火區域之間的邊界處之熱應力。按特定實施例之需要，預期任何數量之退火區域及預熱區域，其具有變化之形狀及溫度分佈。可使用諸如雷射、熱燈、白光燈或閃光燈之任何適當之電磁輻射源。

發明摘要

※ 申請案號：102141287

※ 申請日：2009年09月09日

※IPC分類：H01L 21/324 (2006.01)

原申請案號：102122198

【發明名稱】（中文/英文）

管理基材退火的熱預算

MANAGING THERMAL BUDGET IN ANNEALING OF
SUBSTRATES

【中文】

本發明提供一種用於處理一基材之方法及設備。將該基材定位於一熱處理腔室中之一支撐件上。將電磁輻射導向該基材以退火該基材之一部分。將其他電磁輻射導向該基材以預熱該基材之一部分。該預熱降低該預熱區域與該退火區域之間的邊界處之熱應力。按特定實施例之需要，預期任何數量之退火區域及預熱區域，其具有變化之形狀及溫度分佈。可使用諸如雷射、熱燈、白光燈或閃光燈之任何適當之電磁輻射源。

【英文】

A method and apparatus are provided for treating a substrate. The substrate is positioned on a support in a thermal treatment chamber. Electromagnetic radiation is directed toward the substrate to anneal a portion of the substrate. Other electromagnetic radiation is directed toward the substrate to preheat a portion of the substrate. The preheating reduces thermal stresses at the boundary

between the preheat region and the anneal region. Any number of anneal and preheat regions are contemplated, with varying shapes and temperature profiles, as needed for specific embodiments. Any convenient source of electromagnetic radiation may be used, such as lasers, heat lamps, white light lamps, or flash lamps.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1A ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 100 設備
- 102 能量來源
- 104 退火區域
- 106 基材
- 108 工作表面
- 110 電致動器
- 112 預熱區域
- 114 切口或切割線

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

between the preheat region and the anneal region. Any number of anneal and preheat regions are contemplated, with varying shapes and temperature profiles, as needed for specific embodiments. Any convenient source of electromagnetic radiation may be used, such as lasers, heat lamps, white light lamps, or flash lamps.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1A ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 100 設備
- 102 能量來源
- 104 退火區域
- 106 基材
- 108 工作表面
- 110 電致動器
- 112 預熱區域
- 114 切口或切割線

【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】(中文/英文)

管理基材退火的熱預算

MANAGING THERMAL BUDGET IN ANNEALING OF
SUBSTRATES

【技術領域】

【0001】 本發明之實施例係關於製造半導體元件之方法。更特定言之，本發明之實施例針對熱處理基材之方法。

【先前技術】

【0002】 積體電路(IC)市場不斷地需要更大之記憶體容量、更快之切換速度及更小之特徵結構尺寸。工業中用以應對該等需要之主要步驟之一為將在大熔爐中批次處理之矽晶圓改變為在小腔室中之處理單晶圓。

【0003】 在該單晶圓處理期間，通常將晶圓加熱至高溫以使得各種化學及物理反應可在該晶圓中界定之多個IC元件中發生。受特定關注的是，IC元件之有利電效能要求對植入之區域進行退火。退火將先前製成爲非晶形之晶圓區域重新產生恢復爲結晶之結構，且藉由將摻雜劑之原子併入至基材或晶圓之結晶晶格中活化摻雜劑。諸如退火之熱製程要求在短時間內爲晶圓提供相對大量之熱能且之後使該晶圓快速冷卻以終止該熱製程。當前所使用之熱製程之實例包括快速熱處理(RTP)及脈衝(尖峰式)退火。雖然該等製程得以廣泛使用，但當前技術對傾向於長時期暴露在高溫下之大基材而言並不

理想。該等問題隨著切換速度之增加及/或特徵結構尺寸之減小而變得更加嚴重。

【0004】 一般而言，該等熱製程係根據預定熱製作方法，在受控條件下加熱基材。該等熱製作方法基本上由以下者組成：半導體基材必須受熱所達之溫度、溫度之變化速率（亦即，溫度上升速率及下降速率）及熱處理系統保持在特定溫度下之時間。舉例而言，一些熱製作方法可能要求整個基材自室溫受熱至 400°C 或 400°C 以上之溫度，歷時超過該基材上形成之元件之熱預算的處理時間。

【0005】 此外，為滿足某些目的，諸如材料在半導體基材之不同區域之間的最小相互擴散，各半導體基材經受高溫之時間量必須受限制。為達成該目的，溫度之變化速率（上升及下降）較佳為高的。換言之，希望在盡可能短之時間內能將基材之溫度自低溫調整至高溫，或反之亦然。

【0006】 對高溫變化速率之要求導致快速熱處理（RTP）之發展，與習知熔爐之 5-15°C/min 相比，快速熱處理的典型溫度上升速率在 200 至 400°C/s 之範圍內變化。典型下降速率在 80-150°C/s 之範圍內。RTP 之缺點為即使 IC 元件僅僅駐留於矽晶圓之頂部幾微米中，該 RTP 仍加熱整個晶圓。此缺點限制熱處理可加熱及冷卻該晶圓之快速程度。此外，一旦整個晶圓處於高溫下，熱僅僅可耗散至周圍空間或結構中。因此，RTP 系統之當今技術現狀為盡力達成 400°C/s 之上升速率及 150°C/s 之下降速率。

【0007】 隨著基材上之元件尺寸在未來變得更小，熱預算亦

必須減小，因為較小元件可能會由於材料之相互擴散而更易降級。溫度上升及下降速率必須增加以壓縮退火時間，例如低於 1 秒。

【0008】 為解決習知 RTP 類型製程中產生之一些問題，各種掃描雷射退火技術已用以退火基材之表面。一般而言，該等技術將恒定能量通量傳遞至基材表面上之小區域，同時相對於傳遞至該小區域之能量來平移或掃描該基材。其他雷射掃描製程使基材保持靜止且移動該雷射橫過該基材表面。由於嚴格的均勻性要求及使橫過該基材表面之經掃描區域之重疊最小化的複雜性，該等類型之製程對該基材表面上形成之接觸級元件（contact level device）之熱處理並不有效。另外，基材中由與極端區域化加熱關聯之高熱梯度產生之熱應力可對該基材產生破壞。

【0009】 鑒於上文，對以高的上升及下降速率來退火半導體基材之新穎設備及方法存在需要。此對較小元件之製造提供更大控制，而該等較小元件產生增大之效能。

【發明內容】

【0010】 本發明之實施例一般而言提供處理基材之方法。本發明之一態樣提供一種處理一基材之方法，包含將該基材定位於一可移動基材支撐件上，將一第一量之加熱能量導向一下伏於該基材之一部分之第一固定位置，將一第二量之加熱能量導向一下伏於該基材之一部分之第二固定位置，移動該基材支撐件以藉由將各所選區域連續定位於該第一固定位置及隨後定位於該第二固定位置處來處理該基材之所選區域，

及將該基材之一部分維持在低於 500°C 之溫度下。

【0011】 其他實施例提供一種處理一基材之方法，包含將該基材定位於一固定基材支撐件上，將加熱能量導向該基材以在該基材表面上形成至少一個熱區及至少一個退火區，及移動該加熱能量以藉由將各所選區域連續定位於該熱區及隨後定位於該退火區來處理該基材之所選區域。

【0012】 其他實施例提供一種用於熱處理一基材之設備，包含一可移動基材支撐件；一第一能量來源，其經定向以將退火能量導向該基材支撐件之一表面之一第一部分；一第二能量來源，其經定向以將預熱能量導向該基材支撐件之該表面之一第二部分；及一光學組件，其容納該第一能量來源及該第二能量來源。

【0013】 其他實施例提供一種用於熱處理一基材之設備，包含一固定基材支撐件；一或多個能量來源，其經定向以將退火能量導向該基材支撐件之一表面之一第一部分且將預熱能量導向該基材支撐件之該表面之一第二部分；一光學組件，其容納該一或多個能量來源；及一致動器，其用於相對於該固定基材支撐件來移動該退火能量及該預熱能量。

【圖式簡單說明】

【0014】 因此，可詳細理解本發明之上述特徵結構之方式，即上文簡要概述之本發明之更特定描述可參照實施例進行，一些實施例圖示於附加圖式中。然而，應注意，附加圖式僅圖示本發明之典型實施例，且因此不欲視為其範疇之限制，因為本發明可允許其他同等有效之實施例。

【0015】 第 1A 圖為根據本發明之一實施例之設備的圖解等角視圖。

【0016】 第 1B 圖為第 1A 圖之能量來源之一實施例的圖解仰視圖。

【0017】 第 2 圖為根據本發明之另一實施例之設備的圖解等角視圖。

【0018】 第 3A 圖為經歷根據本發明之一實施例之製程的基材上之溫度相對位置的圖表。

【0019】 第 3B-3C 圖為經歷根據本發明之兩個實施例之製程的基材之圖解俯視圖。

【0020】 第 4 圖為根據本發明之一實施例之設備的圖解側視圖。

【0021】 第 5 圖為圖示根據本發明之一實施例之處理腔室的圖解橫截面圖。

【0022】 第 6 圖為根據本發明之一實施例之經歷製程的基材之圖解俯視圖。

【0023】 第 7 圖為圖示根據本發明之一實施例之處理腔室的圖解橫截面圖。

【0024】 第 8A-8B 圖為經歷根據本發明之實施例之製程的基材上之溫度相對時間的圖表。

【0025】 第 9 圖為概述根據本發明之一實施例之方法的流程圖。

【0026】 第 10 圖為概述根據本發明之另一實施例之方法的流程圖。

【0027】 第 11 圖為概述根據本發明之另一實施例之方法的流程圖。

【0028】 為便於理解，在可能之處已使用相同元件符號以表示圖式共有之相同器件。預期在一實施例中揭示之器件可在無特定說明之情況下有益地用於其他實施例。

【實施方式】

【0029】 隨著基材上之元件尺寸變得更小且隨著基材自身變得更大，在整個基材上一次執行熱處理變得愈加不切實際。激勵整個表面所需之功率變得過高（prohibitive），並可能產生非均勻處理。因此，諸如 RTP 腔室之熱處理工具有時經組態以輪流處理基材表面之部分。一示範性熱處理設備（諸如，可購自 California，Santa Clara 之 Applied Materials, Inc. 之 DSA[®]腔室）可用於以雷射光輻照基材表面之小部分來退火該表面。在雷射束之邊緣，基材表面可以極端速率加熱，且經輻照部分與未經處理部分之間的溫度梯度可在基材內部引起破壞性熱應力。由於該原因，通常將基材安置於受熱夾盤上，從而維持整個基材處於高的周圍溫度下以減小加熱至退火溫度所產生之應力。然而，維持基材處於高溫下之要求常常減小熱處理之益處。本發明之實施例一般而言涵蓋熱處理基材之改良方式。

【0030】 一般而言，如本文所用之術語「基材」可指由具有一定天然導電能力之任何材料或可經改質以提供導電能力之材料形成的物品。典型基材材料包括（但不限於）半導體，諸如矽（Si）及鍺（Ge）；以及表現出半導體性質之其他化

合物。該等半導體化合物通常包括第 III-V 族及第 II-VI 族之化合物。代表性之第 III-V 族半導體化合物包括（但不限於）砷化鎵（GaAs）、磷化鎵（GaP）及氮化鎵（GaN）。通常，術語「半導體基材」包括塊狀半導體基材以及上面安置有沈積層之基材。為此，在由本發明之方法處理之一些半導體基材中的沈積層係藉由同質磊晶（例如，矽上矽）或異質磊晶（例如，矽上砷化鎵（GaAs））生長來形成。舉例而言，本發明之方法可與由異質磊晶方法形成之砷化鎵及氮化鎵基材一起使用。同樣地，本發明方法亦可用於在絕緣基材（例如，絕緣體上矽 [SOI] 基材）上形成之相對薄的結晶矽層上形成積體元件（諸如薄膜電晶體（TFTs））。

【0031】 本發明之一些實施例提供熱處理基材之方法。第 1A 圖為根據本發明之一實施例之設備 100 的圖解等角視圖。第 1A 圖之特徵為能量來源 102，其經調適以將一定量之能量投射於安置在工作表面 108 上之基材 106 的界定區域或退火區域 104 上。投射於退火區域 104 上之能量之量經選擇以引起該基材 106 之表面的退火。在一些實施例中，由該能量來源傳遞之能量小於熔融基材 106 之部分所需之能量。在其他實施例中，所傳遞之能量經選擇以引起基材 106 之部分的優先熔融。

【0032】 在一些實施例中，能量來源 102 包含如第 1B 中圖示之複數個發射極，其中所展示之發射極 102A-102E 嵌入能量來源 102 中。發射極 102A-102E 通常發射導向至基材 106 上之輻射。在一些實施例中，發射極 102A-102E 之各發射極發

射相同量之能量。在其他實施例中，發射極 102A-102E 可能發射不同量之能量。在一示範性實施例中，發射極 102A 可發射經選擇以退火基材 106 之退火區域 104 的一定量之能量，而發射極 102B-102E 發射經選擇以預熱基材 106 之一或多個部分的一定量之能量，該或該等部分接近退火區域 104、鄰接於退火區域 104 或與退火區域 104 重疊。

【0033】 在一實例中，如第 1A 圖所示，在任何給定時間，僅基材之一個界定區域（諸如退火區域 104）暴露於來自能量來源 102 之輻射。在本發明之一態樣中，基材 106 之多個區域連續暴露於自能量來源 102 傳遞的所要量之能量，從而引起基材之所要區域之優先熔融。在另一態樣中，基材 106 之多個區域連續暴露於來自能量來源 102 的一定量之能量，其經選擇以在無需熔融情況下退火基材所要之區域。

【0034】 一般而言，基材表面上之區域可連續暴露，其係藉由相對於電磁輻射來源（例如，習知 X/Y 載物台，精確載物台）之輸出平移該基材及/或相對於該基材平移輻射源之輸出。通常，一或多個習知電致動器 110（例如，線性 DC 伺服馬達、導螺桿及伺服馬達）係用以控制基材 106 之移動及位置，該或該等習知電致動器可為獨立精確載物台（未圖示）之部分。可用以支撐且定位基材 106 之習知精確載物台可購自 California, Rohnert Park 之 Parker Hannifin Corporation。

【0035】 在其他實施例中，可相對於基材平移電磁輻射之來源。舉例而言，在第 1A 圖之實施例中，能量來源 102 可耦接至諸如笛卡爾框架（Cartesian frame）之定位設備（未圖示），

其經調適以將能量來源 102 定位於基材 106 之所要區域範圍上方。定位設備可另外經組態以調整能量來源於基材 106 上方之高程。

【0036】 再一次參看第 1A 圖，預熱區域 112 界定於基材 106 之表面上。在一些實施例中，預熱區域 112 環繞退火區域 104。在其他實施例中，預熱區域可鄰接於退火區域 104，或可與退火區域 104 重疊。在其他實施例中，預熱區域 112 可在退火區域 104 附近，同時預熱區域 112 與退火區域 104 之間有間隙或間隔。在一些實施例中，預熱區域可與退火區域間隔開。預熱區域可因此具有任何適當的形狀，諸如第 1A 圖之實施例中所示之圓形預熱區域 112。

【0037】 第 2 圖為根據本發明之另一實施例之設備 200 的圖解等角視圖。能量來源 202 經組態以將能量導向安置於工作表面 206 上之基材 204。在一些實施例中，能量來源 202 包含複數個發射極 202A，其發射具有經選擇以熱處理基材 204 之表面之特性的電磁能量。發射極 202A 之至少一者可經調適以退火基材 204 之退火部分 208，而發射極 202A 之至少一者經調適以預熱基材 204 之預熱部分 210。在第 2 圖之實施例中，所展示之預熱部分 210 鄰接於退火部分 208。其他實施例之特徵可為與退火部分 208 重疊或與退火部分 208 間隔開之預熱部分 210。

【0038】 第 3A 圖為展示實施本發明之實施例對基材之效應的概括圖表。如第 3A 圖所示，基材之處於不同區之部分維持在不同溫度下。第 3A 圖之圖表示意地表示基材表面上之點經

歷退火製程後的溫度，該等點佈置於穿越處理區所繪之線上。第一區 302 可維持在經選擇以退火基材表面之高溫下。該區可相應於第 1A 圖之退火區域 104，第 2 圖之退火區域 204，或受熱至高溫之基材的任何區域。

【0039】 第 3A 圖之實施例之特徵為第二區 304 通常維持在不同溫度下，在第 3A 圖之實例中，該不同溫度較低。在一些實施例中，第二區 304 可環繞第一區 302。在其他實施例中，第二區 304 可鄰接於第一區 302，可與第一區 302 重疊，或可與第一區 302 間隔開。第二區 304 之溫度通常比第一區 302 之溫度低。第二區 304 之溫度可經選擇以預熱部分之基材，從而降低基材上歸因於極為突然之溫度改變之熱應力。

【0040】 第三區 306 通常亦界定於基材上。在大多數實施例中，第三區 306 為周圍溫度佔優勢之區。第三區 306 可因此在許多實施例中為周圍區。然而在一些實施例中，第三區 306 亦可接收藉由例如用受熱支撐件之周圍加熱或另外使用電磁能量所施加之熱能。第三區 306 之溫度通常小於第二區 304 之溫度，其遵循以漸進式預熱接近第一區 302 之理念。在一些實施例中，第三區 306 可環繞第二區 304，或在其他實施例中，可鄰接於第二區。在一些實施例中，第三區之溫度維持在約 500°C 以下。

【0041】 第二區 304 可具有介於第一區 302 與第三區 306 之溫度之間的溫度。為達成所要預熱，第二區 304 之溫度可實現介於第三區 306 之溫度至第一區 302 之溫度的完整溫度升高範圍之約 30%與約 70%之間的溫度升高。在一些實施例中，

第二區 304 相對於第三區 306 之溫度升高為第一區 302 相對於第三區 306 之溫度升高之約 50%。

【0042】 在一些實施例中，第一區 302 之溫度可介於約 1,100°C 與約 1,400°C 之間，諸如介於約 1,250°C 與約 1,350°C 之間。在一些實施例中，第一區 302 與周圍溫度之間的溫度差介於基材之熔點與周圍溫度之間的溫度差之約 90%與約 99%之間，諸如約 95%。在一些實施例中，第二區 304 之溫度可介於約 300°C 與約 800°C 之間。第二區 304 之溫度通常經選擇以減小第一區 302 與第二區 304 間之邊界處的熱應力，但該溫度亦通常低於基材之非晶形化部分之溫度水平。第二區 304 之溫度通常經選擇以預熱基材之欲退火部分，同時冷卻已退火部分。第二區 304 之溫度通常低於使原子離開晶格所需之溫度。在一特徵結構為含矽基材之示範性實施例中，第一區 302 之溫度可為約 1,350°C，第二區 304 之溫度為約 650°C，且第三區 306 之溫度為約 20°C 或另一周圍溫度。

【0043】 第 3B 圖及第 3C 圖為各自具有界定於其上之複數個處理區之基材的示意圖。處理區表示正由電磁輻射加熱之基材之區域。第 3B 圖之實施例具有由第二區 304B 及第三區 306B 環繞之第一區 302B。應注意，該等區可具有相似或不同形狀。第 3B 圖之實施例之特徵為矩形第一區 302B 與圓形第二區 304B 及圓形第三區 306B。替代實施例之所有三個區可具有圓形形狀。第 3C 圖之實施例之特徵為矩形第一區 302C 與在一側上鄰接於該第一區 302C 之矩形或正方形第二區 304C，其全部由第三區 306C（為周圍區）環繞。亦應注意，

第二區可始終維持在單一溫度下，或第二區之諸部分可維持在不同溫度下。舉例而言，第 3B 圖之實施例之第二區 304B 可始終為單一溫度，而第 3C 圖之實施例之第二區 304C 之諸部分可處於不同溫度下。若第二區 304C 之一部分欲作為預熱區且另一部分作為冷卻降溫區，則預熱部分可維持在比冷卻降溫部分高之溫度下。應注意，具有任何合理形狀（諸如圓形、矩形或任何其他平面形狀）之基材將受益於本文所述之本發明之實施例。

【0044】 在一些實施例中，周圍區與退火區之間可能存在多個具有高溫之區。一些實施例之特徵可為複數個預熱區與單個退火區。一些實施例之特徵可為第一複數個預熱區及第二複數個冷卻降溫區。在一些實施例中，一個區可環繞具有下一較高溫度之區，以使得各個區環繞另一區且由另一區環繞。該等實施例可具有形狀上近似同心圓或中心處於不同點處之巢式環形（亦即非同心圓）之區。在一些實施例中，具有許多不同形狀之區可為適用的，該等形狀諸如各種不同多邊形形狀，例如三角形、矩形、正方形、梯形、六角形及類似形狀。當然，不同形狀可用於不同區。在其他實施例中，一個區可在一側鄰接於具有下一較高溫度之區且在另一側鄰接於具有下一較低溫度之區。在其他實施例中，一些區可鄰接於其他區，且一些區可環繞其他區。舉例而言，第一區可界定為退火區，而該第一區之第一側上之鄰近第二區用於預熱且該第一區之第二側上之鄰近第二區用於冷卻降溫，同時該等第一及第二區由第三區環繞，該第三區維持在高於周圍

溫度之溫度下，且第四區環繞所有維持在周圍溫度下之其他區。

【0045】 在一示範性實施例中，矩形退火區可由一或多個預熱區環繞，該或該等預熱區形狀類似矩形而相對側上帶有三角形。此類楔形形狀可便於以所要之方式加熱及冷卻基材表面。在另一示範性實施例中，可為矩形或圓形之退火區可由一或多個具有淚珠形狀之預熱區環繞。淚珠形狀之圓形部分可為預熱區，而淚珠之「尾部」可為冷卻降溫區。

【0046】 在一些實施例中，預熱或冷卻降溫區之一或多者可與退火區間隔開，同時退火區與預熱及/或冷卻降溫區之間有間隙。舉例而言，四個區可界定在欲退火之基材表面上，該等區為周圍區、預熱區、退火區及冷卻降溫區。退火區可為矩形，其具有量測為 11 mm 的兩個長邊及量測為 100 μm 之兩個短邊。預熱區可為等腰三角形，其底邊量測為 13 mm 且高為 5 mm，底邊平行於退火區之長邊並與退火區之長邊間隔約 1 mm，且相對於退火區居中以使得二等分該等腰三角形之線亦將退火區二等分為長 5.5 mm 且寬 100 μm 之兩個矩形。冷卻降溫區可同樣為相似於預熱區之等腰三角形。若退火區溫度為 1,200°C，則預熱區之溫度可介於約 600°C 與約 700°C 之間，以使得基材表面之溫度在通過預熱區與退火區之間間隙時輕微下降。例如，基材表面之溫度可在傳至退火區中之前降至約 500°C。此類預熱分佈可適用於最小化深入基材塊體中之原子之擾動同時預熱表面。延長形成預熱區之等腰三角形之底邊的長度可提供對鄰接於退火區之短邊之基材表面的

區域之加熱，以防止基材上之破壞性熱應力。鄰近與預熱區相對之退火區之長邊來定位的相似冷卻降溫區可適用於加速冷卻同時避免破壞性熱應力。

【0047】 一些實施例之特徵可為複數個退火區及具有不同中間溫度之複數個區。視個別實施例之需要而定，各退火區可維持在相同溫度下，或維持在不同溫度下。在該類實施例中，可在退火區之間，退火區之中，退火區周圍，鄰接於退火區，環繞退火區或與退火區間隔開之方式界定預熱區。舉例而言，在一實施例中，基材之四個部分可由一設備處理，該設備在各部分中界定複數個處理區。因此，各部分可具有由預熱區及進一步由周圍區環繞之退火區，該等區平移同時橫過各部分以處理基材。在該實施例中，該等區可以本文其他處所述方式之任何方式來成形及組態，且各部分內之加熱區之位置可維持在距其他部分內之加熱區的預選擇距離處，以便管理基材之總熱預算。

【0048】 在一些實施例中，預熱區或預熱及冷卻降溫區可以便利方式成形。已描述預熱及冷卻降溫區均為矩形且安置於退火區之兩側上之實施例，如第 3C 圖之實施例中所描繪。在其他實施例中，預熱及冷卻降溫區之形狀可自退火區逐漸變窄。在預熱及冷卻降溫區並不環繞退火區之實施例中，預熱及冷卻降溫區通常與退火區之至少一個維度共同延伸。在一些實施例中，預熱及冷卻降溫區可隨著離開退火區之距離而變得較窄。在一些實施例中，預熱及冷卻降溫區可具有三角形、梯形、拋物線、橢圓、卵形或不規則形狀。在其他實施

例中，預熱及冷卻降溫區可具有矩形與半圓形相耦接之形狀。形狀可能為混合式，即預熱區具有一形狀而冷卻降溫區具有另一形狀。在預熱及冷卻降溫區環繞退火區以形成單一中間溫度區之實施例中，單一中間溫度區亦可成形。在一些實施例中，環繞退火區之中間溫度區可具有橢圓、卵形或菱形形狀。在其他實施例中，矩形區可環繞退火區。在其他實施例中，中間溫度區可具有不規則或複合規則形狀，諸如一對鄰接梯形。

【0049】 在一實施例中，中間溫度區可具有大體上為卵形之形狀且可相對於退火區不規則地置放。在該實施例中，退火區之中心經移位以遠離中間溫度區之中心。因此，自中間溫度區之邊緣上之起始點至退火區之邊緣上之終止點所繪的複數個線段（各線段在其各別起始點處垂直於中間溫度區之邊緣）具有在最大值至最小值之範圍內變化的長度。維持退火區之邊緣與中間溫度區之邊緣之間在退火路徑方向上的較大距離係有利的，以便當退火能量橫過基材表面移動時，施加足夠之預熱能量以防止破壞基材，且施加足夠之能量至冷卻降溫區以便於在退火完成後快速冷卻而無破壞。在該實施例中，對基材表面上之特定點而言，溫度相對時間之曲線圖可具有半滴淚珠之形狀。

【0050】 第 4 圖為根據本發明之另一實施例之設備 400 的圖解側視圖。第一能量來源 402 及第二能量來源 404 經安置以分別將能量導向基材 410 之第一表面 406 及第二表面 408。第一能量來源 402 將能量導向基材 410 之第一區 412。第二能量

來源 404 將能量導向基材 410 之第二區 414。在大多數實施例中，第一區 412 小於第二區 414，且第二區 414 之邊界在所有側上均延伸超過第一區 412 之邊界。在大多數實施例中，第一能量來源 402 將電磁能量導向基材 410，用經選擇以加熱第一區 412 至退火溫度之能量來輻照第一區 412，而第二能量來源 404 用經選擇以加熱第二區 414 至中間溫度之能量輻照第二區 414。將第二區 414 加熱至中間溫度係用以預熱基材之欲退火部分，從而避免歸因於在第一區 412 邊緣處之突然的溫度改變之嚴重熱應力。一般而言，旨在退火基材之能量來源將至少 1 W/cm^2 之功率密度傳遞至基材表面，而僅僅旨在加熱基材之能量來源將傳遞至少 0.1 W/cm^2 的功率密度至基材表面但小於退火所需之功率密度。

【0051】 在一態樣中，調整退火區域之尺寸以匹配基材表面上形成的個別晶粒（例如，第 1A 圖中展示 40 個「晶粒」）或半導體元件（例如，記憶體晶片）之尺寸。再一次參看第 1A 圖，在一態樣中，退火區域 104 之邊界經對準且調整尺寸以配合界定各晶粒之邊界之「切口」或「切割」線 114。在一實施例中，在執行退火製程之前，使用通常見於基材表面上之對準標記及其他習知技術將基材對準能量來源 102 之輸出，以便退火區域 104 可與晶粒充分對準。連續置放退火區域 104 以便其僅僅在晶粒之間的天然存在之未用空間/邊界（諸如切割線或切口線 114）中重疊，減少將基材上形成有元件的區域中之能量重疊，因而減少重疊退火區域之間的製程結果之變化。該技術具有超過以雷射能量掃過基材表面之習

知製程之優點，因為對緊密控制鄰接掃描區域之間的重疊以保證橫過基材之所要之區域之均勻退火的需要不再成為問題，此歸因於將重疊限制於晶粒之間的未用空間。相對於利用橫越基材所有區域之鄰接重疊區域之習知掃描退火型方法而言，將重疊限制於晶粒之間的未用空間/邊界亦改良製程均勻性結果。因此，由於改變暴露於自能量來源 102 傳遞以處理基材之關鍵區域的能量之量，製程變化之量得以最小化，因為介於連續置放之退火區域 104 之間的傳遞能量之任何重疊可得以最小化。

【0052】 參看第 1A 圖，在一實例中，連續置放之退火區域 104 之各區域為矩形區域，其尺寸為約 22 mm 乘約 33 mm（例如，726 平方毫米（ mm^2 ）之面積）。在一態樣中，基材表面上形成之連續置放之退火區域 104 的各區域之面積介於約 4 mm^2 （例如，2 mm \times 2 mm）至約 1000 mm^2 （例如，25 mm \times 40 mm）之間。圓形預熱區域 112 可環繞退火區域 104，且可延伸超過退火區域 104 之邊緣至多約 100 mm。在一諸如第 1A 圖所示之實施例中，預熱區域 112 較佳延伸超過退火區域 104 之邊緣不少於約 50 mm。預熱區域或中間溫度區域超過退火區域之程度通常視基材之尺寸及可用能量傳遞資源而定。在大多數實施例中，希望調整各種中間溫度區域之尺寸以便最小化功率需求同時提供該實施例所需之熱預算管理。在一些實施例中，中間溫度區域在至少一個方向上延伸超過退火區域小於 100 mm，諸如小於 50 mm，例如約 30 mm。

【0053】 現參看第 2 圖，在另一實例中，各退火部分 208 可

具有相似於第 1A 圖之退火區域 104 之彼等尺寸的尺寸。所展示之預熱區域 210 在任一側上鄰接於退火部分 208，且與退火部分 208 之一個維度共同延伸。在一些實施例中，預熱區域 210 可延伸超過退火部分 208 之邊緣介於約 50 mm 至約 100 mm 之間。

【0054】 預熱區或區域之尺寸通常經選擇以允許預熱區中之充分預熱。在一些實施例中，各預熱區可大於退火區以便允許充分預熱。在一特徵為連續暴露連串退火區域之實施例中，將預熱區預熱至所要溫度所需之時間可能比將退火區退火所需之時間更長。因此，基材上之個別位置可經受兩次或兩次以上之預熱製程。

【0055】 在大多數實施例中，能量來源通常經調適以傳遞電磁能量以退火基材表面之某些所要之區域。電磁能量之典型來源包括（但不限於）光輻射來源（例如雷射）、電子束來源、離子束來源、微波能量來源、可見光來源及紅外線來源。在一態樣中，基材可暴露於來自雷射之能量脈衝，該雷射在一或多個適當波長下發射輻射歷時所要之時期。在另一態樣中，閃光燈可用以產生在基材上進行脈衝之可見光能量。在一態樣中，來自能量來源之能量脈衝經特製以便傳遞至退火區域之能量的量及/或在脈衝時期範圍內傳遞之能量的量得以最佳化，從而執行所要區域之目標退火。在一態樣中，雷射波長經調諧以便輻射之顯著部分由安置於基材上之矽層吸收。對在含矽基材上執行之雷射退火製程而言，輻射波長通常小於約 800 nm，且可在深紫外（UV）、紅外線（IR）或其

他所要波長下傳遞。在一實施例中，能量來源可為諸如雷射之強光源，其經調適以傳遞處於約 500 nm 至約 11 微米之間的波長下之輻射。在大多數實施例中，退火製程通常發生在基材之給定區域上，而該退火製程歷時相對短的時間，諸如大約 1 秒或 1 秒以下之數量級。

【0056】 在一些實施例中，能量來源包含複數個發射極，其至少一者發射如上所述之退火能量且其至少一者發射預熱能量。預熱能量可為連續波能量或其可以脈衝方式傳遞。預熱能量可為相干或不相干、單色或多色、極化或非極化或其任何組合或程度。預熱能量可作為強白光、紅外光或雷射光來傳遞。強白光可使用氙氣燈傳遞。紅外光可使用熱燈傳遞。在一些實施例中，預熱能量可作為連續波輻射傳遞，而退火能量以脈衝方式傳遞。預熱能量通常經選擇以提高基材退火或熔融所需之一小分量之溫度。在一實施例中，雷射可安置於工作表面上方，同時四個熱燈環繞該雷射以預熱環繞退火區之區域。在另一實施例中，可用四個氙氣燈替代熱燈以傳遞強白光。

【0057】 第 5 圖為圖示適用於實踐本發明之實施例之處理腔室 500 的圖解橫截面圖。處理腔室 500 包含形成於腔室體 504 上之光學透明窗 506。腔室體 504 界定處理容積 502。在一實施例中，處理容積 502 可具有惰性環境，其藉由連接至處理容積 502 之惰性氣體源 512 及真空泵 510 來維持。

【0058】 基材支撐件 508 置於處理容積 502 中。基材支撐件 508 經配置以支撐且移動安置於頂表面 516 上之基材 514。能

量來源 518 定位於腔室體 504 外部且經配置以將能量投射穿越光學透明窗 506。能量來源可經配置以由本文中其他處所述之任何方式來投射退火能量 520 及預熱能量 522。基材支撐件 508 可連接至溫度控制單元 524，該溫度控制單元具有用於安置於基材支撐件 508 上之基材 514 的冷卻及加熱能力。基材支撐件 508 可連接至一或多個高精確載物台 526，該或該等載物台允許在處理期間基材 514 與能量來源 518 之間的精確對準及相對移動。

【0059】 在一實施例中，光學感應器 528 可用以幫助基材 514 與能量來源 518 之對準。光學感應器 528 可定位於光學透明窗 506 附近且連接至控制單元 530，該控制單元進一步連接至高精確載物台 526。在對準期間，光學感應器 528 可穿越光學透明窗 506 來「觀看」以將視覺標記定位於基材 514 上，該等視覺標記例如晶粒周圍之刻痕及切割線。控制單元 530 處理來自光學感應器 528 之信號且產生控制信號至高精確載物台 526 以供對準調整。

【0060】 如上所述，由於功率需求，通常一次將基材退火一部分。各次個別退火後，必須將電磁能量相對於基材平移以照射下一退火部分。第 6 圖為基材 600 之圖解俯視圖，該基材含有佈置成陣列之 40 個矩形晶粒 602。各晶粒 602 由切割線 604 劃界，該等切割線亦界定晶粒之間的未用區域 606。提供第一能量投射區域 608 以將第一量之能量投向單個晶粒 602。一般而言，第一能量投射區域 608 可覆蓋等於或大於各晶粒 602 之面積但小於各晶粒 602 加環繞切割線 604 之未用

區域 606 之面積的面積，以便能量投射區域 608 中傳遞之能量完全覆蓋晶粒 602 同時不與鄰近晶粒 602 重疊。提供環繞第一能量投射區域 608 之第二能量投射區域 610，以將第二量之能量傳遞至基材 600。第一量之能量通常不同於第二量之能量。在一些實施例中，第一量之能量比第二量之能量強度更高且功率更大。在一些實施例中，第一量之能量可經選擇以退火基材表面於第一能量投射區域 608 內部之部分。在其他實施例中，第一量之能量可經選擇以優先熔融基材表面於第一能量投射區域 608 內部之部分。第二量之能量可經選擇以預熱基材表面於第二能量投射區 610 中之部分。第二能量投射區域 610 之預熱溫度升高可能為第一能量投射區域 608 中所達到之溫度升高的一小部分，諸如介於約 30%至約 70%之間，或較佳約 50%。因此，第二能量投射區域 610 維持其中之基材表面之溫度低於第一能量投射區域 608 中所達到之溫度，以使第一能量投射區域與第二能量投射區域之間界面處之溫度梯度在基材中產生之熱應力小於破壞基材所需之熱應力。

【0061】 為對整個基材表面展佈開之多個晶粒 602 執行退火處理，基材及/或能量來源之輸出係相對於各晶粒 602 來定位且對準。在一實施例中，曲線 612 說明在對基材 600 表面上之各晶粒 602 上執行的退火序列期間，基材 600 之晶粒 602 與能量投射區域 608 及 610 之間的相對移動。在一實施例中，相對移動可由在 x 及 y 方向上平移基材來達成以便其遵循曲線 612。在另一實施例中，相對移動可藉由相對於固定基材

600 移動能量投射區域 608 及 610 來達成。能量投射區域 608 及 610 可藉由相對於基材 600 移動能量來源或藉由操作能量自身來移動。在一使用電磁能量之實施例中，可使用光學器件來操作能量而無需移動基材或能量來源。舉例而言，一或多個鏡子或透鏡可在相應地移動能量投射區域 608 及 610 時將所投射之能量導向連串晶粒 602。

【0062】 另外，不同於由曲線 612 所表示之路徑可用以最佳化產量及製程品質，其視晶粒 602 之特定佈置而定。舉例而言，替代退火路徑可遵循實質螺旋之圖案，其以基材 600 之中心附近之晶粒 602 開始且以擴展之圓形圖案前進，或以基材之一邊緣處之晶粒 602 開始且以收縮圓形圖案前進。在一實施例中，沿對角線推進退火路徑，沿穿越晶粒 602 之對角線所繪之路徑前進係有利的。該路徑可最小化連串晶粒 602 上之退火區域之重疊機會。

【0063】 當能量來源沿退火路徑前進時，能量投射區域沿基材之表面移動。第 6 圖之第二能量投射區域 610 在所有方向上皆位於第一能量投射區域 608 之前。因此，第二能量投射區域 610 可用以預熱第一能量投射區域 608 中基材之欲退火部分。預熱降低熱應力對基材之影響，從而防止對退火區域邊緣處之基材的破壞。

【0064】 在替代實施例中，第二能量投射區域可鄰接於第一能量投射區域。舉例而言，第二能量投射區域可處於第一能量投射區域之兩側，並在退火路徑之方向上向外延伸。因此，第二能量投射區域之一部分，即當投射能量沿退火路徑行進

時在第一能量投射區域前方行進之部分，可預熱欲退火之基材的部分，同時另一部分適度冷卻退火區域後方之基材。經調適以執行該類退火製程之設備可有利地具有在達到基材之極端時旋轉能量來源之能力，以便能量來源可在不同方向上行進，而第二能量投射區域繼續領先於第一能量投射區域。

【0065】 在一實施例中，如由第 6 圖之曲線 612 所示，在退火製程期間，基材 600 相對於能量投射區域 608 及 610 移動。當在第一能量投射區域 608 內定位且對準特定晶粒 602 時，能量來源將能量脈衝投向基材 600 以便晶粒 602 暴露於一定量之能量，其歷時根據特定退火製程製作方法定義之持續時間。脈衝能量之持續時間通常足夠短以便基材 600 與第一能量投射區域 608 之間的相對移動並不引起橫過各晶粒 602 之任何「模糊」，亦即，非均勻之能量分佈，且不會造成對基材之破壞。因此，能量投射區域 608 及 610 可相對於基材 600 連續移動，而退火能量之短暫叢發影響第一能量投射區域中之各個晶粒 602。影響第二能量投射區域 610 之能量可同樣呈脈衝形式或為連續的。若呈脈衝形式，則投向第二能量投射區域之能量通常具有一特性，其經選擇以將第二能量投射區域中之基材表面之溫度提高以賦予第一能量投射區域之溫度升高之實質部分（諸如約 30%至約 70%，或較佳約 50%），歷時超過第一能量投射區域之暴露時間，以管理基材之熱預算。

【0066】 舉例而言，若第一能量投射區域經歷將基材之溫度自 20°C 增加至 1,300°C 之入射能的第一脈衝（諸如，10 奈秒

雷射叢發)，則傳遞至第二能量投射區域之入射能的第二脈衝應在第一叢發期間將彼區域中之基材之溫度提高至至少約 600°C。若必要，則第二脈衝可比第一脈衝更長以允許第二能量投射區域有時間加熱升溫。在一些實施例中，第二能量投射區域包圍第一能量投射區域為有利的，並在第一脈衝之前開始且在第一脈衝之後結束，以使得在一包圍第一脈衝之間隔內傳遞之第二脈衝預熱經受第一脈衝之區域連同基材之鄰接區域。

【0067】 在其他實施例中，傳遞至第二能量投射區域之能量可為連續的，而傳遞至第一能量投射區域之能量係呈脈衝形式。在一些實施例中，多次能量脈衝可傳遞至第一能量投射區域，而連續能量傳遞至第二能量投射區域。

【0068】 第 7 圖為根據本發明之另一實施例之設備 700 的圖解橫截面圖。設備 700 包含用於處理基材 704 之腔室 702。基材定位於腔室 702 內部之基材支撐件 706 上。在第 7 圖之實施例中，基材支撐件 706 表示為環，因為第 7 圖之實施例自正面及背面輻照基材 704。在替代實施例中，基材 704 可僅有一側受輻照，且可停置於諸如第 5 圖之示範性基材支撐件 508 之基材支撐件上。具致動器 758 之升降銷 756 將基材支撐件 706 提升及降下以便插入基材及自腔室 702 移除基材。腔室 702 具有下方部分 708 及上方部分 710，該等部分共同界定處理容積 712。上方部分通常具有上壁 726，其在基材 704 上方界定上處理容積 712A。上方部分 710 可具有用於存放及取回基材之開口 714，及自製程氣源 718 提供製程氣體之氣體入口

716。上方部分 710 支撐第一窗 720，該第一窗由針對其透光率及吸收性質來選擇之材料製成。第一能量來源 722 定位於腔室 702 外部以將第一能量 724 導向第一窗 720。第一窗較佳容許第一能量 724 之一些或全部進入腔室 702 中。

【0069】 腔室 702 之下方部分 708 包含下腔室壁 728，其界定下製程容積 712B。下方部分 708 可具有耦接至泵 732 之氣體出口 730 以便自腔室 702 移除製程氣體。腔室 702 之下方部分 708 容納第二能量來源 734。第二能量來源 734 包含用於產生第二能量 738 且將該第二能量 738 導向基材 704 之複數個光源 736。第二窗 740 覆蓋複數個光源 736。各光源容納於管 760 中，其可為反射性的以將能量自光源 736 導向基材 704。光源 736 通常由電源 742 供電。在第 7 圖之實施例中，來自電源 742 之電力經由切換箱 744 導引，該切換箱將來自電源 742 之電力導引至光源 736 之一或多者。藉由控制切換箱 744 之操作，可選擇性地使光源 736 通電。

【0070】 在許多實施例中，光源 736 為紅外光產生器（諸如熱燈），但其亦可經配置以產生寬譜光（broad-spectrum light）、紫外光或橫跨紫外至紅外之寬譜的波長之組合。在一些實施例中，光源 736 可為白光燈，諸如鹵素燈或閃光燈。藉由光源 736 產生之第二能量 738 將基材 704 之部分加熱至不足以退火基材之高溫。因此，光源 736 充當預熱能量來源。藉由第二能量 738 處理之基材 704 之部分因而為預熱區 746。

【0071】 在許多實施例中，第一能量來源 722 可為能夠產生易由基材 704 吸收之波長下之光的雷射。在其他實施例中，

第一能量來源 722 可為閃光燈或白光源。藉由第一能量來源 722 產生之第一能量 724 將基材 704 之部分加熱至足以退火基材 704 之該部分的高溫。因此，第一能量來源 722 充當退火能量來源。藉由第一能量 724 處理之基材 704 之部分因而為退火區 748。

【0072】 如上所述，較佳按部分處理基材 704。提供致動器 750 以將第一能量來源 722 定位於退火區域 748 之上。控制器 752 操作致動器 750 以將第一能量來源 722 定位於退火區 748 之上，且操作切換箱 744 以將電力切換至一或多個光源 736，從而將預熱能量導向預熱區 746。以此方式，在退火之前將基材之部分預熱。控制器 752 操作以將預熱區 746 及退火區 748 一起移動，以便基材 704 之經退火之任何部分前得以首先預熱，但大部分基材 704 仍保持在周圍溫度下，從而界定周圍區 754。

【0073】 第 8A 圖及第 8B 圖為展示本發明之兩個實施例之溫度-時間分佈之圖表。各圖表展示經歷根據本發明之實施例之熱處理的基材表面上之一點之溫度。如上所述，基材相對於將能量導向基材表面之能量來源移動。在第 8A 圖中，當基材表面上之示範性點自周圍區移動至第一預熱區時，彼點之溫度自周圍溫度區間 800 中之周圍溫度移動至第一預熱區間 802 中之第一預熱溫度。如本文中其他處所述，第一預熱溫度通常比退火基材表面所需之溫度低。當示範性點自第一預熱區移動至第二預熱區時，彼點之溫度自第一預熱區間 802 中之第一預熱溫度移動至第二預熱區間 804 中之第二預熱溫

度。第 8A 圖之實施例說明基材表面上界定之四個區，即一個周圍區、兩個預熱區及一個退火區。當基材表面上之示範性點自第二預熱區移動至退火區時，彼點之溫度自第二預熱區間 804 中之第二預熱溫度移動至退火區間 806 中之退火溫度。當示範性點移動出退火區返回至較低溫度區中時，其經歷冷卻而達到第一冷卻降溫區間 808 中之第二預熱區間 804 之條件，達到第二冷卻降溫區間 810 中之第一預熱區間 802 之條件，且最終達到第二周圍區間 812 中之周圍條件。應注意，替代實施例之特徵可能為在冷卻降溫區間 808 及 810 期間之溫度，其不同於預熱區間 802 及 804 中之彼等溫度。因此，冷卻降溫區間 808 中之溫度可比預熱區間 802 中之溫度高或低，且冷卻降溫區間 810 中之溫度可比預熱區間 804 中之溫度高或低。應瞭解，相似實施例之特徵可為僅有一個預熱區間或兩個以上預熱區間。同樣地，一些實施例之特徵可為僅有一個冷卻降溫區間或兩個以上冷卻降溫區間。

【0074】 第 8B 圖之圖表描述經歷根據本發明之另一實施例之熱處理的基材表面上之一點之溫度-時間分佈。在第 8B 圖之實施例中，基材表面上之示範性點自周圍區間 850 移動至第一預熱區間 852，其相似於第 8A 圖之實施例。示範性點隨後移動進入第二預熱區間 854，其特徵為變化的溫度-時間分佈。在該實施例中，當示範性點移動穿越第二預熱區間 854 時，彼點處之溫度自第一預熱溫度升高至第二預熱溫度。升高可如區間 854 所示為線性的，或其可具有一些其他分佈，甚至包括在第二預熱區間 854 之大體而言上升之溫度-時間分

佈內的具有降溫之短區間。示範性點移動進入退火區間 856 中，且隨後進入第一冷卻降溫區間 858 中，該第一冷卻降溫區間亦可具有變化的溫度-時間分佈，其很類似第二預熱區間 854 之分佈。示範性點隨後移動進入第二冷卻降溫區間 860 中，接著進入第二周圍區間 862 中。

【0075】 第 9 圖為展示根據本發明之一實施例之方法 900 的流程圖。在 910，將基材提供予熱處理腔室。在 920，在基材表面上界定複數個區。使用具有不同功率級之電磁能量來處理各個區。在大多數實施例中，存在至少 3 個區，但本發明之實施例之特徵涵蓋兩個區或三個以上的區。在大多數實施例中，至少一個區為退火區，其由經選擇以退火基材表面之電磁能量來處理。在一些實施例中，可能希望熔融至少一個退火區中之基材表面。在大多數實施例中，至少一個區為預熱區。在一些實施例中，一或多個區可為預熱及冷卻降溫組合區，而在其他實施例中，一或多個區可為專門之預熱或冷卻降溫區。

【0076】 在一態樣中，將基材安置於基材支撐件上，且將第一量之電磁能量導向基材之第一部分。另外，將第二量之電磁能量導向基材之第二部分，其中基材之第一部分環繞基材之第二部分，第一量之電磁能量預熱基材之第一部分，且第二量之電磁能量退火基材之第二部分。橫過基材移動第一量及第二量，從而維持該兩個量之能量之間的恒定空間關係，以使得基材於第一部分及第二部分內之區域隨能量移動而移動。

【0077】 在另一態樣中，該兩個量中所傳遞之電磁能量可具有任何所要特性。各個量之能量可在任何程度上為相干或不相干、單色或多色、極化或未極化，及連續或呈脈衝形式的。各個量之能量可由一或多個雷射、強白光燈、閃光燈、熱燈或其組合來傳遞。該兩個量之能量可藉由僅僅強度不同之電磁能量來傳遞，或該兩個量可在上文提及之任何特徵中相差任何所要程度。在一實例中，第一量可藉由一或多個雷射來傳遞，各雷射在小於約 850 nm 之波長下傳遞至少 100 W/cm^2 之功率。雷射可為脈衝能量來源或連續波能量來源。在呈脈衝形式之實施例中，脈衝可藉由對雷射循環供電或借助於間歇阻斷雷射光離開光學組件之光學切換來實現。在另一實例中，第二量可藉由一或多個燈來傳遞，該或該等燈在小於 50 W/cm^2 （諸如約 25 W/cm^2 ）之功率級下將非相干光傳遞至第二部分。

【0078】 第 10 圖為概述根據本發明之另一實施例之方法 1000 的流程圖。在 1010，將基材定位於熱處理腔室中之基材支撐件上。在 1020，將電磁能量之第一來源導向基材之第一部分。在 1030，將電磁能量之第二來源同時導向基材之第二部分。如本文中其他處所述，該等來源之一者可經配置以傳遞退火能量，而另一者經配置以傳遞預熱能量。在 1040，將基材相對於第一能量來源及第二能量來源平移。平移基材引起所傳遞之能量橫過基材表面而平移，從而按部分退火整個表面。在第 10 圖之實施例中，能量來源實質固定，而基材移動，但某些實施例之特徵可為除基材移動之外，能量來源或

能量亦移動。基材之平移通常藉由使用可移動之基材支撐件來完成，該可移動之基材支撐件諸如能夠將基材定位於設備內部之精確位置處之精確載物台。

【0079】 在大多數實施例中，將該等區維持在不同溫度下。在一些實施例中，藉由將各種類型及強度之電磁能量導向基材表面來加熱該等區。在第 9 圖之實施例中，在 930，使用不同功率級之電磁能量來輻照各個區。在其他實施例中，可藉由使用接觸基材背面之受熱基材支撐件將額外的熱賦予基材。在其他實施例中，可藉由接觸基材背面之冷卻基材支撐件來選擇性冷卻基材之部分。該等區之至少一者中之溫度經選擇以退火基材表面。該等區之至少一者中之溫度經選擇以預熱基材表面，且該溫度比退火基材表面所需之溫度低。一可為退火區之區接收最大功率級。其他區接收較低功率級。可為預熱區之一或多個區可接收低於最大級別之功率之高功率級。其他區可接收可忽略之功率，或可經冷卻。一些區可為周圍區，其中將基材之溫度維持在周圍溫度下。

【0080】 在一些實施例中，可使用不同電磁能量來源輻照不同區。一或多個雷射可提供電磁能量。第一雷射可產生用於退火基材於一個區中之部分的能量，且第二雷射可產生用於預熱基材於另一區中之部分的能量。在一替代實施例中，複數個雷射可預熱基材之部分。在另一實施例中，例如第 7 圖之實施例，一或多個熱燈可預熱基材之部分。

【0081】 在複數個區包括退火區之實施例中，提供預熱或冷卻降溫功能之該等區可經成形以便於預熱或冷卻降溫。在退

火區一側上具有預熱區且相對側上具有冷卻降溫區之示範性實施例中，預熱區及冷卻降溫區可具有楔形形狀，且第一邊緣鄰接退火區之邊緣且與退火區之該邊緣共同延伸，且第二邊緣與第一邊緣相對且比第一邊緣短，從而形成梯形形狀。在替代實施例中，預熱及冷卻降溫區之形狀可為三角形，且各區之一邊緣與退火區之邊緣共同延伸。在其他替代實施例中，預熱及冷卻降溫區之楔形末端可彎曲，且在一些實施例中，可為拋物線或半圓形。

【0082】 具有不同溫度及形狀之複數個區通常允許藉由將基材之部分暴露於旨在激發基材晶格中之原子之移動的電磁能量來快速退火基材，同時保持熱應力低於臨限值位準，若超過該臨限值位準，則會破壞基材。預熱及冷卻降溫區允許退火處理自高溫開始，在退火期間加速極限溫度之上升及冷卻降溫。預熱及冷卻降溫區之楔形形狀可用以最小化基材之未經退火部分之熱暴露，此舉將最小化可已由退火製程重新定位之原子或在退火製程之前可能已處於所要位置中之原子的非所欲移動。一般而言，預熱及冷卻降溫區之數量及形狀可經選擇以促進所要退火製程。

【0083】 上文所述之實施例之特徵通常為具有實質恒定溫度之區。第一區維持在第一溫度下，第二區維持在第二溫度下，等等。在其他實施例中，一或多個區可具有溫度梯度以便於退火區附近之加熱或冷卻。舉例而言，在三區實施例中，可為預熱區之第一區可具有溫度梯度，該溫度梯度朝可為退火區之第二區增加。同樣地，可為冷卻降溫區之第三區可具有

朝第二區增加之溫度梯度。溫度梯度提供與上文所述之楔形區形狀相同之一般功能。可藉由使用光學器件調整所傳遞能量而將溫度梯度建立於給定區內以達成所要溫度分佈。

【0084】 在一示範性實施例中，具有充足功率以退火基材之單個能量來源可經定向以將電磁能量導向基材。具有散焦特徵之透鏡可安置於能量來源與基材之間。透鏡可具有第一部分，其將電磁能量之相應第一部分散焦；及第二部分，其進一步將電磁能量之第二部分聚焦或使其不改變。舉例而言，若雷射用作電磁能量之來源，且成形光學器件用以形成直徑 2 mm 之圓形退火能量束，則透鏡可安置於成形光學器件與基材之間，該透鏡具有半徑 0.5 mm 之圓形中心部分，其由半徑 1.5 mm 之同心環形外部部分環繞。必要時，圓形中心部分可具有中性光學器件，或可聚焦入射於彼部分上之退火能量束之部分。透鏡之同心環形外部部分可成形以降低退火能量射束之外部部分之強度。降低強度之能量隨後以足以預熱表面之預熱部分而不使其退火之功率撞擊於基材之表面上，而未改變或聚焦部分退火預熱部分內部之退火部分。

【0085】 第 11 圖為概述根據本發明之另一實施例之方法 1100 的流程圖。在 1102，將基材定位於熱處理腔室中之基材支撐件上。在 1104，在基材表面上界定複數個區。在 1106，將該等區之第一部分維持在周圍溫度下。在一些實施例中，周圍溫度可為室溫，或在其他實施例中，周圍溫度可為高溫。在大多數實施例中，周圍溫度小於約 200°C，但一些實施例之特徵可為高達 350°C 之周圍溫度。可藉由使用受熱基材支撐件

來維持周圍溫度或藉由用適於所要加熱之電磁能量輻照基材來維持周圍溫度。

【0086】 在 1108，將預熱能量提供至所界定區之第二部分以將其加熱至比周圍溫度高之一或多個中間溫度。各區可加熱至相同中間溫度，或加熱至不同中間溫度。接近欲退火區域之區通常維持在與遠離欲退火區域之區的溫度相比較而言相同或更高之溫度下。在第二部分包含一個以上之區的實施例中，中間溫度可以逐步方式自周圍溫度升高至退火溫度。中間溫度與周圍溫度之間的溫度差通常介於退火溫度與周圍溫度之間的溫度差之約 10%與約 90%之間，諸如介於約 30%與約 70%之間，例如約 50%。在第二部分包含兩個區之示範性實施例中，第一中間溫度區與周圍區之間的溫度差可為退火溫度與周圍溫度之間的溫度差之約 40%，而第二中間溫度區與周圍區之間的溫度差為退火溫度與周圍溫度之間的溫度差之約 60%。

【0087】 在 1110，將退火能量提供至所界定區之第三部分以將其加熱至比周圍溫度及中間溫度高之一或多個退火溫度，且該退火能量經選擇以退火基材表面。包含所界定區之第三部分之退火區可具有本文所述之任何空間關係。另外，必要時，不同退火溫度可施加於不同退火區。

【0088】 在 1112，可偵測前述溫度之一或多者且將其用以控制預熱能量、退火能量或兩者之傳遞以使該等區之間的熱梯度保持在臨限值位準以下。在一些實施例中，一或多個熱成像元件可用以偵測各種區之溫度。可將一個區之溫度與另一

區之溫度相比以確定該等區之間的熱梯度是否過度。可基於所偵測之溫度而調節傳遞至所偵測區之一或多者之能量，以增加或減少彼等兩個區之間的熱梯度。若藉由移動能量來源來退火基材，則偵測器可與能量來源共同定位以繞基材沿退火區及預熱區而行。若僅僅藉由移動能量（例如，使用鏡子）來退火基材，則相似之光學器件可用以在控制器之導向下，將偵測器聚焦於基材之所處理部分上，或可對整個基材取樣且使用電腦以確定所關注之熱梯度。

【0089】 實例

【0090】 在一示範性實施例中，基材可定位於熱處理設備中之支撐件上。基材可以此項技術中已知之任何方式保持在原位，該等方式包括靜電或真空方式。雷射安置於基材上方且經定向以使得其產生在實質垂直於基材平面之方向上撞擊該基材之光束。雷射可與光學組件耦接，該光學組件經調適以在三維中定位該雷射。雷射可經調適以將至多 10 kW/cm^2 之雷射能量傳遞至量測為 22 mm 乘 33 mm 之基材的退火區域。雷射較佳經調諧至易由基材吸收之波長，諸如對矽基材而言，小於 800 nm 之波長。

【0091】 操作中，可使用與電源耦接之電氣開關或與該雷射或光學組件耦接之光學開關來切換雷射。該等開關可經配置以在小於 1 微秒 (μsec) 內接通或斷開雷射，以使得雷射可傳遞持續約 1 微秒 至約 10 毫秒 (msec) 之能量脈衝。

【0092】 對該實例而言，預熱光源與光學組件中之雷射共同定位。預熱光源可為另一雷射、氬氣燈或熱燈，且可經調適

以將至多 500 W 之電磁能量傳遞至包圍退火區域且與退火區域同心之實質圓形的區域，該圓形退火區域直徑量測為約 2 cm。可使用適當透鏡及鏡子聚焦預熱光源以俘獲且引導預熱光源之所有能量。預熱光源可位於定位在雷射源附近之外殼中，以使得來自預熱光源之光照射包圍欲退火區域的基材區域。預熱光源可以輕微角度對準繞退火區域之預熱區域中心。或者，預熱光源可將能量以實質垂直於基材平面之方式投射於基材上，光學器件用以將光展佈於包圍退火區域之預熱區域的範圍中。預熱光源可隨後相對於雷射有利地定位，以使得預熱區域在退火路徑方向上延伸遠離退火區域。光學組件可另外經調適而旋轉，以使得在退火路徑改變方向時，預熱光源維持相對於雷射而言之有利位置。

【0093】 處理設備較佳經配置以藉由使用此項技術中已知類型之可移動載物台將基材相對於光學組件平移。操作中，載物台將基材定位於光學組件以下以使得基材之目標區域暴露於該光學組件。當不存在退火能量時，預熱光源可連續發光，以預熱能量來照射基材。連續預熱能量將包圍退火目標區域之區域中的基材表面加熱至至少 600°C。雷射在目標退火區域處發射一或多個脈衝。脈衝可足夠短暫，以便載物台可按照退火路徑連續移動而不使雷射脈衝模糊。預熱區域隨載物台移動而沿基材表面移動，從而在基材之部分接近目標退火區域時，將該等部分加熱至目標預熱溫度。因此，直接鄰接目標退火區域之基材的部分由於在目標退火區域之邊緣處之高熱梯度而不經受破壞性熱應力。

【0094】 在一替代示範性實施例中，在光學組件中在雷射周圍間隔開之 2 至 4 個預熱能量來源可環繞雷射。多個預熱源之使用允許橫過基材之整個預熱區域之均勻預熱。或者，雷射可伴隨有兩個經調適以照射基材之不同區域之不同預熱能量來源。舉例而言，一個預熱能量來源可經調適以照射直徑約 3 cm 之圓形區域，而另一預熱能量來源照射直徑約 1.5 cm 之同心圓形區域，該同心圓形區域亦與退火區域同心。因此，形成兩個預熱區域。兩個預熱源可傳遞相似量之能量，以使得照射較寬區域之預熱源產生比更為集中之預熱源小的溫度升高。在一實施例中，照射寬區域之預熱源可將該區域加熱至 300°C 或 300°C 以上之溫度，而照射寬預熱區域中之較小區域之預熱源可憑藉增量能量 (incremental energy) 將該較小區域加熱至 700°C 或 700°C 以上之溫度。退火脈衝可隨後退火基材，藉由傳遞足夠之能量以將退火區域之溫度提高至 1,200°C 或 1,200°C 以上來退火基材，同時不熔融基材材料。

【0095】 在另一示範性實施例中，可使用單個能量來源。舉例而言，雷射可經調適以產生可用於預熱能量及退火能量兩者之單柱光。包括鏡子、透鏡、濾光器及光束分光器之光學器件通常用以調諧雷射光使其具有所要偏光性或相干性。該等光學器件亦可包括將雷射光之部分散焦之透鏡。雷射光之散焦部分可隨後導向至環繞退火區域之區域。例如，在適當光學器件之配合下，雷射可產生直徑大致 1 mm 之圓柱形相干光束。光束可經由透鏡引導，該透鏡具有直徑大致 0.8 mm 之圓形非折射中央部分，及內徑 0.8 mm 及外徑大於 1 mm 之環

形散焦外部部分。通過透鏡之非折射部分之雷射束的部分繼續傳遞達到基材，從而將該基材之暴露部分退火，而通過透鏡之散焦部分之部分雷射束，其強度降低且展佈於較寬區域上以將彼區域加熱至較低溫度。

【0096】 雖然前文針對本發明之實施例，但是在不脫離本發明之基本範疇之情況下，可設計本發明之其他及另外的實施例。

【符號說明】

【0097】

- 100 設備
- 102 能量來源
- 102A 發射極
- 102B 發射極
- 102C 發射極
- 102D 發射極
- 102E 發射極
- 104 退火區域
- 106 基材
- 108 工作表面
- 110 電致動器
- 112 預熱區域
- 114 切口或切割線
- 200 設備
- 202 能量來源

- 202A 發射極
- 204 基材
- 206 工作表面
- 208 退火部分
- 210 預熱部分
- 302 第一區
- 302B 第一區
- 302C 第一區
- 304 第二區
- 304B 第二區
- 304C 第二區
- 306 第三區
- 306B 第三區
- 306C 第三區
- 400 設備
- 402 第一能量來源
- 404 第二能量來源
- 406 第一表面
- 408 第二表面
- 410 基材
- 412 第一區
- 414 處理腔室
- 502 處理容積
- 504 腔室體

- 506 光學透明窗
- 508 基材支撐件
- 510 真空泵
- 512 惰性氣體源
- 514 基材
- 516 頂表面
- 518 能量來源
- 520 退火能量
- 522 預熱能量
- 524 溫度控制單元
- 526 高精確載物台
- 528 光學感應器
- 530 控制單元
- 600 基材
- 602 晶粒
- 604 切割線
- 606 未用區域
- 608 第一能量投射區域
- 610 第二能量投射區域
- 612 曲線
- 700 設備
- 702 腔室
- 704 基材
- 706 基材支撐件

- 708 下方部分
- 710 上方部分
- 712 處理容積
- 712A 上處理容積
- 712B 下處理容積
- 714 開口
- 716 氣體入口
- 718 製程氣源
- 720 第一窗
- 722 第一能量來源
- 724 第一能量
- 726 上壁
- 728 下腔室壁
- 730 氣體出口
- 732 泵
- 734 第二能量來源
- 736 光源
- 738 第二能量
- 740 第二窗
- 742 電源
- 744 切換箱
- 746 預熱區
- 748 退火區
- 750 致動器

- 752 控制器
- 754 周圍區
- 756 升降銷
- 758 致動器
- 760 管
- 800 周圍溫度區間
- 802 第一預熱區間
- 804 第二預熱區間
- 806 退火區間
- 808 第一冷卻降溫區間
- 810 第二冷卻降溫區間
- 812 第二周圍區間
- 850 周圍區間
- 852 第一預熱區間
- 854 第二預熱區間
- 856 退火區間
- 858 第一冷卻降溫區間
- 860 第二冷卻降溫區間
- 862 第二周圍區間
- 900 方法
- 910 步驟
- 920 步驟
- 930 步驟
- 1000 方法

1010 步驟

1020 步驟

1030 步驟

1040 步驟

1100 方法

1102 步驟

1104 步驟

1106 步驟

1108 步驟

1110 步驟

1112 步驟

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

申請專利範圍

1. 一種用於熱處理一基材之設備，該設備包含：
 - 一可移動的基材支撐件；
 - 一第一能量來源，用以將退火能量導向該基材支撐件之一表面之一第一部分，該第一部分具有一矩形形狀，其中該退火能量小於熔融該第一部分所需之能量；
 - 一第二能量來源，用以將預熱能量導向該基材支撐件之該表面之一第二部分，該第二部分具有一不規則形狀且重疊該第一部分；以及
 - 一光學組件，容納該第一能量來源及該第二能量來源。
2. 如請求項 1 所述之設備，其中該第一能量來源為一雷射且該第二能量來源為一雷射。
3. 如請求項 1 所述之設備，其中該退火能量具有至少 1 W/cm^2 之功率密度。
4. 如請求項 3 所述之設備，其中該預熱能量具有至少 0.1 W/cm^2 之功率密度。
5. 如請求項 1 所述之設備，其中該光學組件進一步包含：
 - 一第一光學調諧器及一第二光學調諧器，該第一光學調諧器用以將該退火能量成形而該第二光學調諧器用以將該預熱能量成形。

6. 如請求項 1 所述之設備，進一步包含：一控制器，該控制器耦接至該基材支撐件，該控制器設以脈衝該預熱能量、該退火能量或兩者。

7. 如請求項 1 所述之設備，其中該第二能量來源包括複數個圍繞該第一能量來源配置的光來源。

8. 一種用於退火一半導體基材之處理腔室，包含：

一基材支撐件，配置於該腔室中並界定一處理區；

一第一能量來源，設以將一第一能量導向該處理區之一第一區域；及

一第二能量來源，設以將一第二能量導向該處理區之一第二區域，其中該第一區域與該第二區域中之至少一者具有一不規則形狀，且該第一區域與該第二區域各自小於該處理區，且其中該第一能量之強度不同於該第二能量。

9. 如請求項 8 所述之腔室，其中該第一區域圍繞該第二區域。

10. 如請求項 8 所述之腔室，其中該第一能量來源包括一雷射且該第二能量來源包括一雷射。

11. 如請求項 8 所述之腔室，進一步包含一光學組件，用以將該第一能量與該第二能量成形。

12. 如請求項 8 所述之腔室，其中該第二能量來源包括複數個圍繞該第一能量來源配置的光來源。

13. 如請求項 8 所述之腔室，其中該第一能量是退火能量且該第二能量是預熱能量。

14. 如請求項 13 所述之腔室，其中該第一能量來源是一雷射且該第二能量來源是一雷射，且該第二能量圍繞該第一能量。

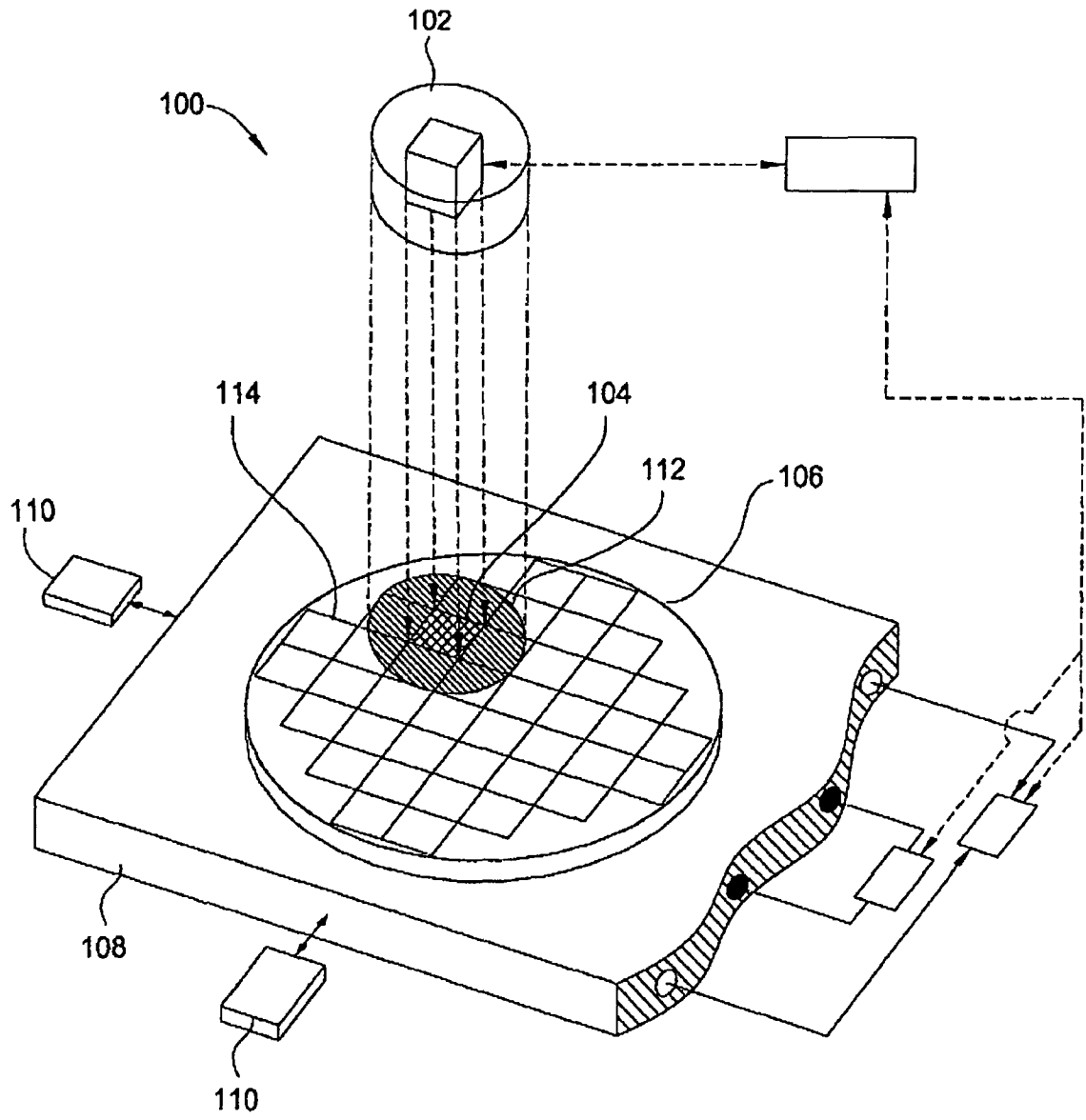
15. 如請求項 14 所述之腔室，進一步包含：一第一光學調諧器及一第二光學調諧器，該第一光學調諧器耦接至該第一能量來源並設以將該第一能量成形，而該第二光學調諧器耦接至該第二能量來源並設以將該第二能量成形。

16. 如請求項 8 所述之腔室，進一步包含：一致動器，該致動器耦接至該基材支撐件並設以相對於該第一能量來源與該第二能量來源移動該基材支撐件。

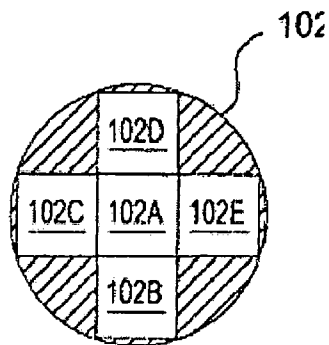
17. 如請求項 16 所述之腔室，進一步包含：一控制器，該控制器耦接至該基材支撐件並耦接至該第一能量來源與該第二能量來源。

18. 如請求項 17 所述之腔室，其中該第一能量來源是一雷射，該第二能量來源是一雷射，且該第二區域圍繞該第一區域。

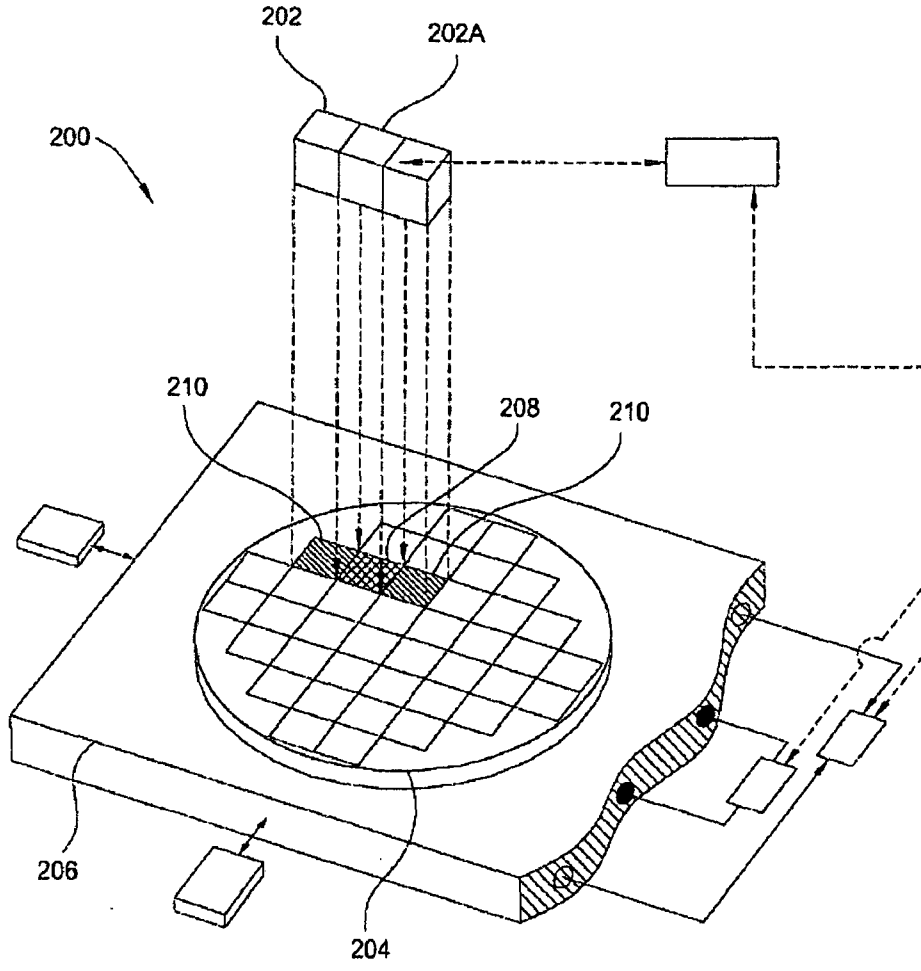
圖式



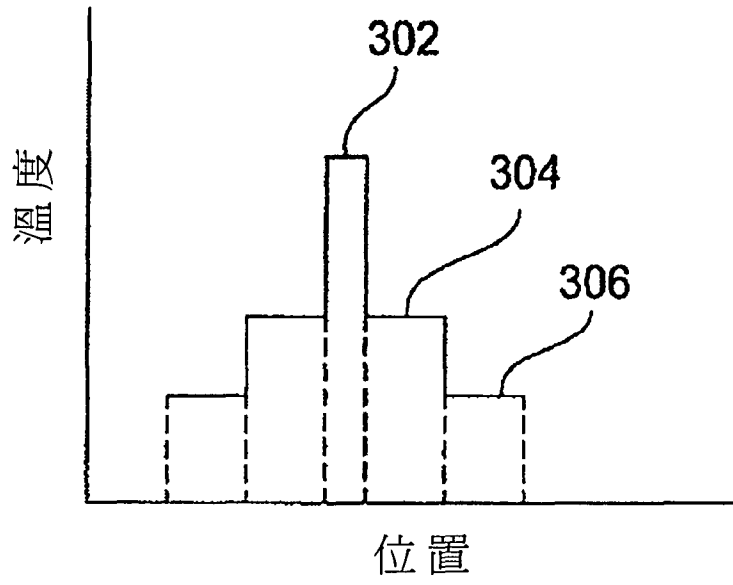
第 1A 圖



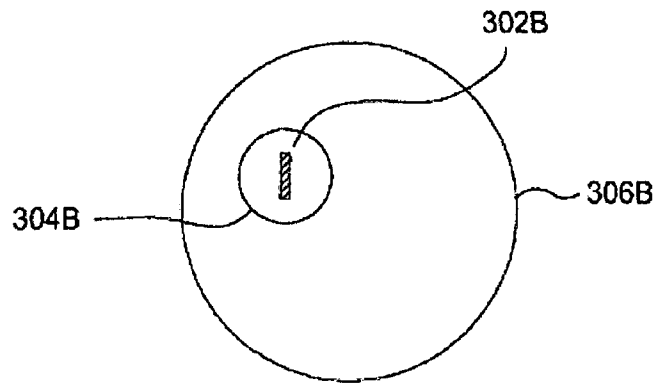
第 1B 圖



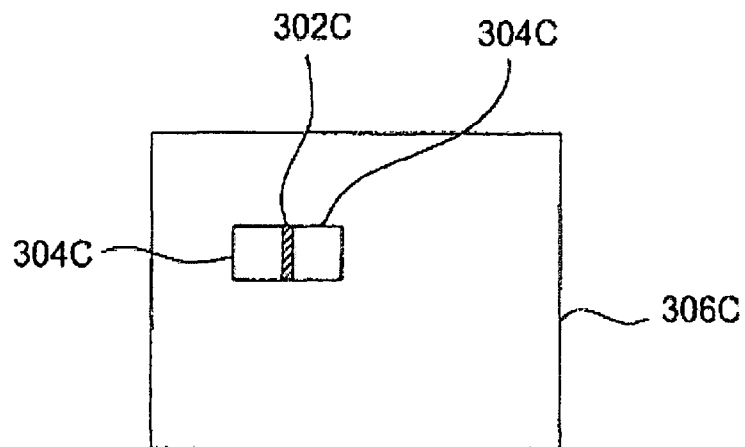
第 2 圖



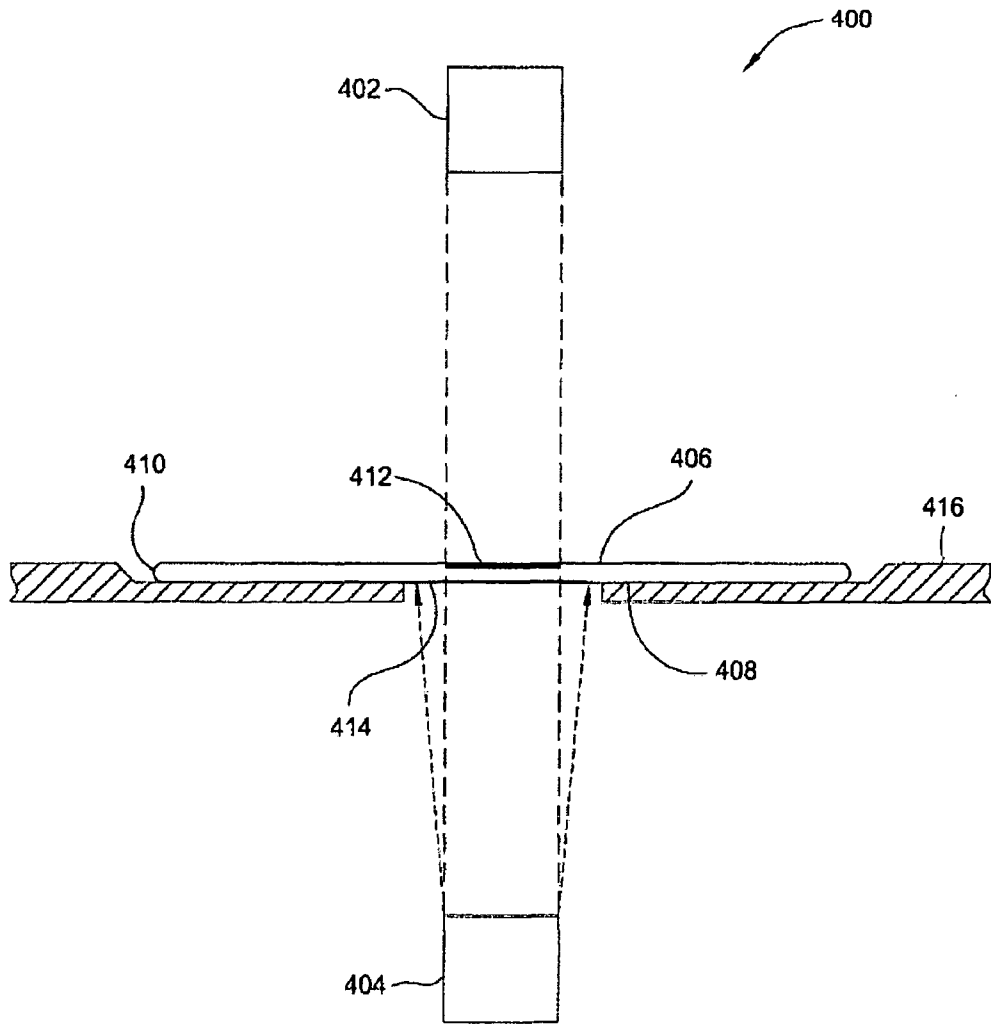
第 3 A 圖



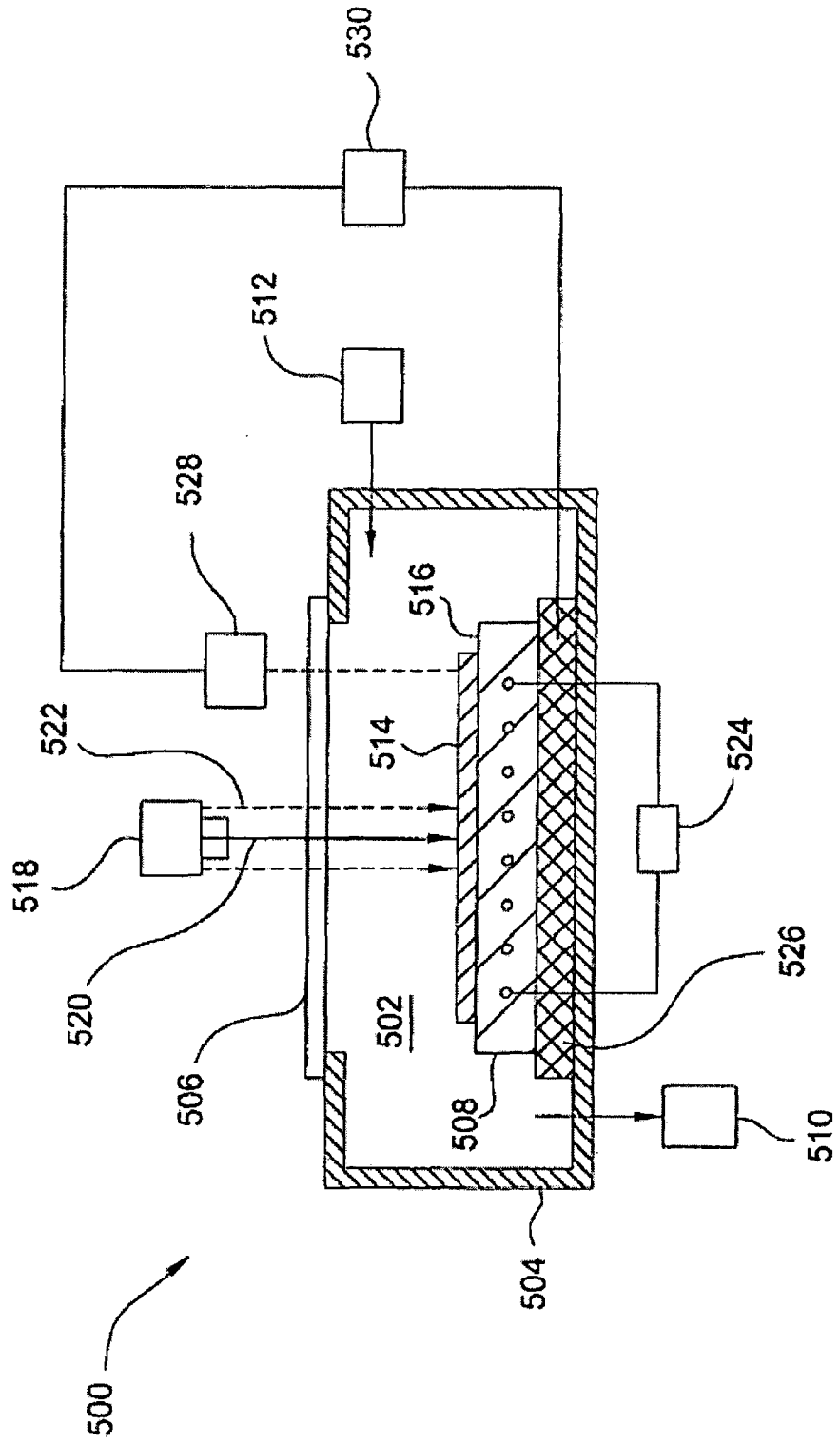
第 3 B 圖



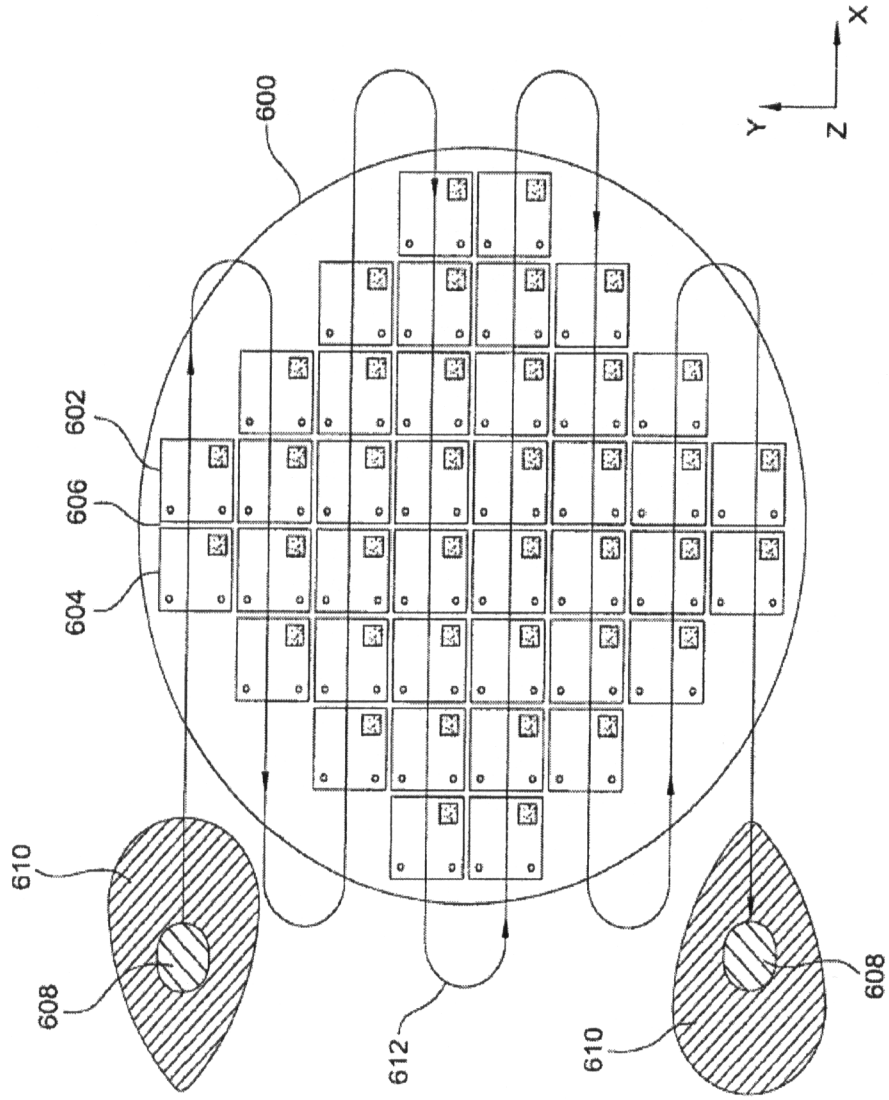
第 3 C 圖



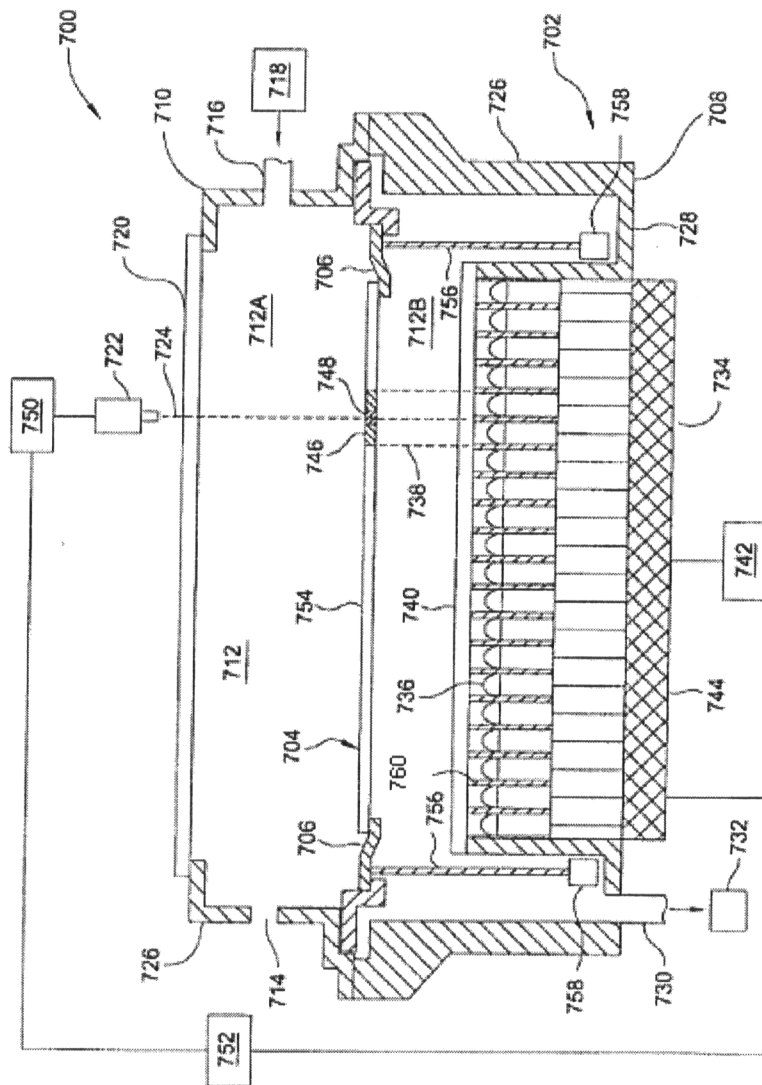
第 4 圖



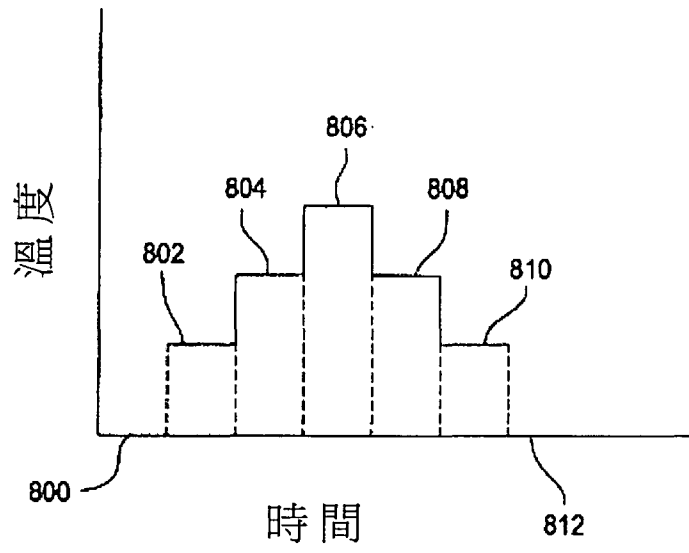
第 5 圖



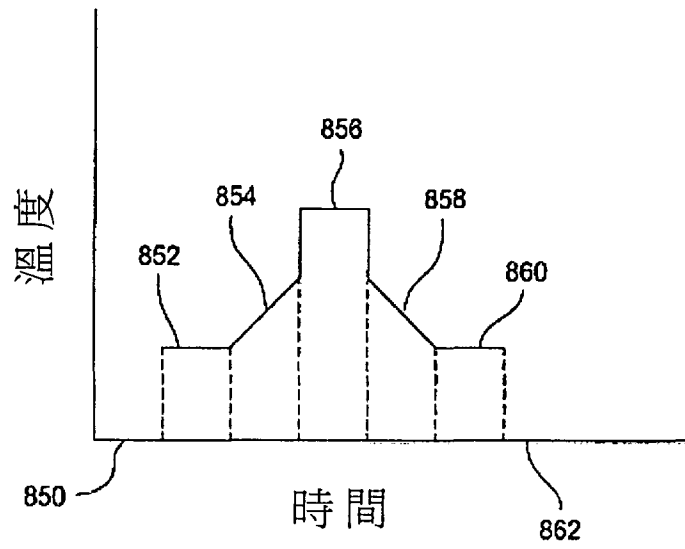
第 6 圖



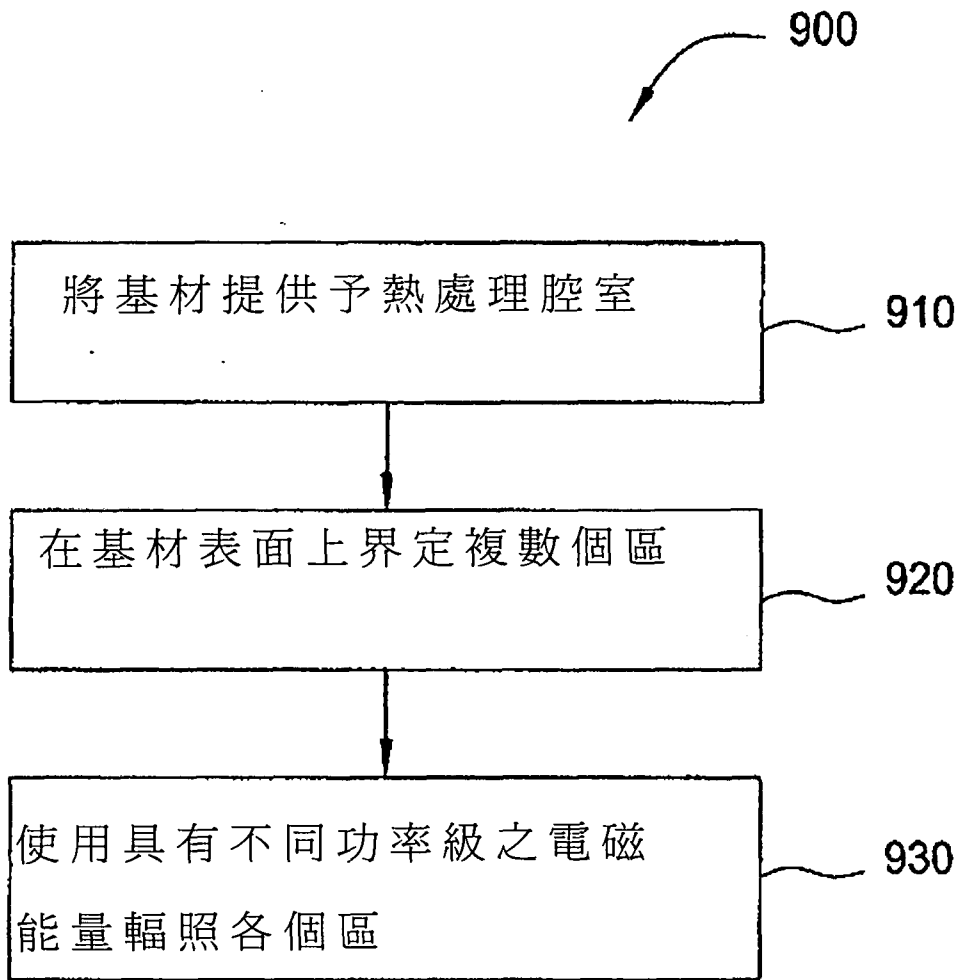
第 7 圖



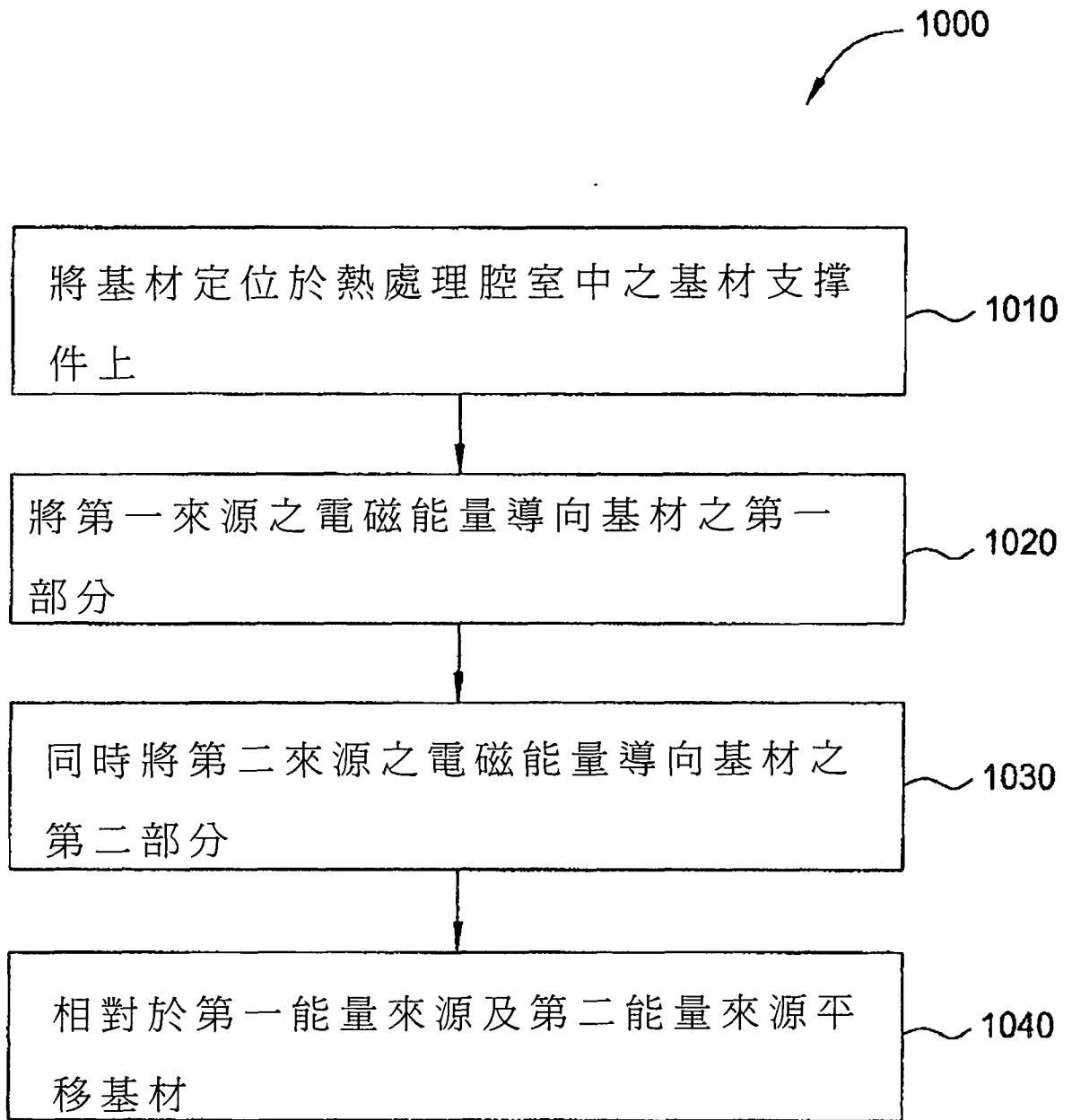
第 8A 圖



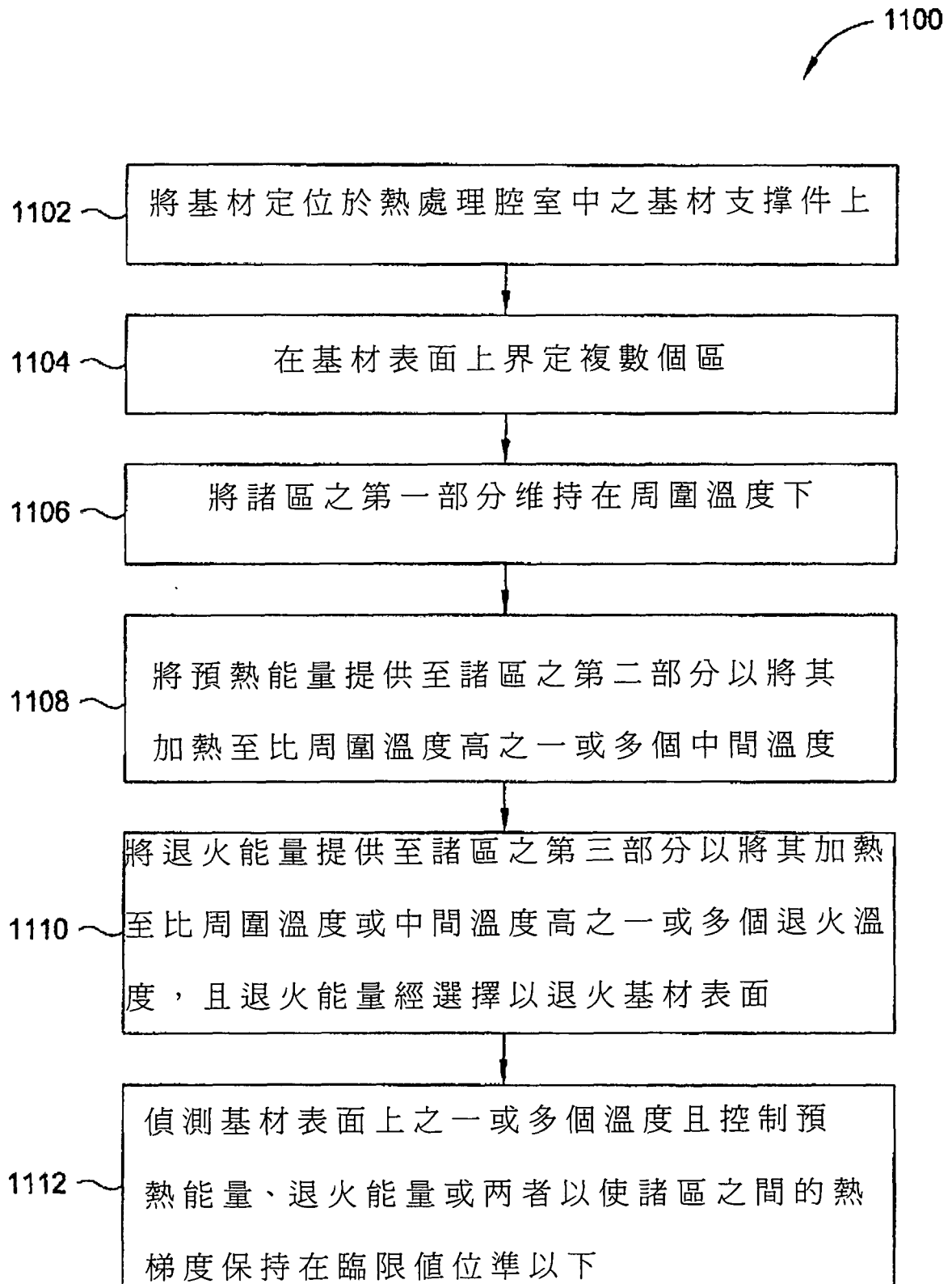
第 8B 圖



第 9 圖



第 10 圖



第 11 圖