

(此處由本局於收
文時黏貼條碼)

公告本

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：97130775

※申請日期：97.8.13

※IPC 分類：B24B 37/24 (2012.01)
B24B 37/26 (2012.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

化學機械研磨方法

CHEMICAL MECHANICAL POLISHING METHOD

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

羅門哈斯電子材料 CMP 控股公司

ROHM AND HAAS ELECTRONIC MATERIALS CMP HOLDINGS, INC.

代表人：(中文/英文)(簽章) 班德門 布萊克 T / BIEDERMAN, BLAKE
T.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國·德拉瓦州 19713·紐渥克·貝樂夫路 451 號

451 Bellevue Road, Newark, DE 19713, U.S.A.

國籍：(中文/英文) 美國/U.S.A.

三、發明人：(共 2 人)

姓名：(中文/英文)

1. 莫唐尼 葛列格里 P / MULDOWNY, GREGORY P.

2. 帕拉帕西 拉菲恰爪 V / PALAPARTHI, RAVICHANDRA V.

國籍：(中文/英文) 1. 美國/U.S.A 2. 印度/INDIA

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 2007 年 8 月 15 日 11/838,954 （主張優先權）

2. 美國 2008 年 4 月 15 日 12/103,232 （主張優先權）

☐ 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。

五、中文發明摘要：

提供一種形狀記憶化學機械研磨方法，該方法使用具有處在緻密狀態中的研磨層的形狀記憶化學機械研磨墊，其中，監控該研磨墊厚度及/或溝槽深度且選擇性外露該研磨層於活化刺激而導致從該緻密狀態轉變至回復狀態。

六、英文發明摘要：

Shape memory chemical mechanical polishing methods are provided that use shape memory chemical mechanical polishing pads having a polishing layer in a densified state, wherein the polishing pad thickness and/or groove depth is monitored and the polishing layer is selectively exposed to an activating stimulus causing a transition from the densified state to a recovered state.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (14) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100	研磨設備	110	形狀記憶化學機械研磨墊
112、125、135、167	中心軸		
114	基層	116	研磨層
118	研磨表面	120	研磨平台
130	晶圓載體	140	傳送手臂
150	半導體晶圓	155	監控器
160	來源	165	修整設備
170	控制器		

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

本案無代表化學式

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係大體上關於化學機械研磨的領域，特別是，本發明係針對磁性、光學和半導體基材的化學機械研磨方法。

【先前技術】

在積體電路與其他電子裝置的製造中，導電、半導體和介電材料的複數層係沉積在半導體晶圓的表面上並從其上移除。導電、半導體和介電材料的薄層係可使用許多種沉積技術來沉積。現代晶圓製程中常見的沉積技術包含物理氣相沉積(physical vapor deposition; PVD)(也稱為濺鍍(sputtering))、化學氣相沉積(chemical vapor deposition; CVD)、電漿增強化學氣相沉積(plasma-enhanced chemical vapor deposition; PECVD)及電化學電鍍(electrochemical plating)。常見的移除技術尤其包括濕式和乾式的等向性(isotropic)與非等向性(anisotropic)蝕刻。

當材料層相繼地沉積與移除時，該晶圓的最上表面變成非平面(non-planar)。因為隨後的半導體製程(例如金屬化)需要該晶圓具有平坦表面，所以需要平坦化該晶圓。平坦化係有利於移除不想要的表面形貌(topography)與表面缺陷，例如粗糙表面、結塊物質、晶格(crystal lattice)損壞、刮傷與受污染的層或物質。

化學機械平坦化、或化學機械研磨(chemical mechanical polishing; CMP)是使用來平坦化或研磨例如半

導體晶圓的工作件(workpiece)的常見技術。在傳統的 CMP 中，晶圓載體(wafer carrier)、或研磨頭(polishing head)係裝在載體組套件(carrier assembly)上。該研磨頭支撐該晶圓且將該晶圓定位成接觸研磨墊的研磨層，該研磨墊係裝在 CMP 設備內的桌子上或平台上。該載體組套件在該晶圓和研磨墊之間提供可控制的壓力。同時，研磨介質(polishing medium)係分配至該研磨墊上且被拉引到該晶圓和研磨層之間的間隙中。為了實現研磨，該研磨墊和晶圓典型上係相對彼此地旋轉。當該研磨墊在該晶圓之下旋轉時，該晶圓掃出典型環狀研磨軌跡、或研磨區域，其中，該晶圓的表面直接面對該研磨層。藉由該研磨層和該表面上的研磨介質的化學與機械作用，將該晶圓表面研磨與平坦化。

在 CMP 製程中的該基材物質移除速率係由接受處理的該旋轉基材與具有該流動研磨介質的該研磨墊之間的該接觸的流體動力學(hydrodynamic)狀態來決定。此接觸的流體動力學狀態係由該研磨介質的流體動力學與該接觸力學(在該研磨墊和該基材之間)之間的平衡所決定，該平衡係以反索末菲數(inverse Sommerfeld number)來描述。較低數值的該反索末菲數代表該基材的水漂現象(hydroplaning)遍及該滑動研磨墊的表面與較低的基材物質移除速率。較高數值的該反索末菲數代表該研磨墊和該基材之間更緊密的接觸與增加的基材物質移除速率。該反索末菲數係由在研磨過程中該研磨墊和該基材之間的間隙內的每單位面積

可容納的研磨介質的總體積所決定。

研磨墊的研磨表面通常具有一或更多的溝槽(groove)。在已知的一組研磨條件之下，該溝槽體積加上在該研磨墊的微紋理(microtexture)中的體積(兩者都是每單位面積)決定了該反索末菲數及在該研磨墊和該接受處理的基材之間的接觸的流體動力學狀態。

在化學機械研磨墊的研磨表面中加上溝槽是有許多理由的，其包含：(A)在接受研磨的該基材和該研磨墊之間的接觸提供必須的流體動力學狀態--(如果該研磨墊是無溝槽的或無穿孔的，導致水漂現象的研磨介質連續層可存在於該基材和該研磨墊之間，這防止了該研磨墊和該基材之間的均勻緊密接觸，並大大地降低了該基材物質移除速率)；(B)確保該研磨介質是均勻地分佈遍及於該研磨墊的該研磨表面，且有足夠的研磨介質到達該基材的中心--(當研磨例如銅的反應性金屬時，這是特別重要的，因為其中該研磨的化學因素與機械因素一樣有關鍵性；為了在該基材的該中心和邊緣處達成相同的研磨速率需要研磨介質均勻分佈遍及該基材；然而，該研磨介質層的厚度不應該太大以免阻止了該研磨墊和該基材之間的直接接觸)；(C)控制該研磨墊的整體和局部兩者的剛性(stiffness)--(控制遍及該基材表面的研磨均勻性以及控制該研磨墊平坦化不同高度的基材特徵的能力以造成高度平坦表面)；以及(D)扮演從該研磨墊表面移除研磨碎屑的通道--(碎屑的累積增加了基材刮傷和其他瑕疵的可能性)。

決定溝槽研磨墊有效期的一個因素是該溝槽的深度。也就是說，可接受的研磨效能只能維持到該研磨墊磨損至該溝槽具有不足夠的剩餘深度而無法有效地分配研磨介質、移除研磨碎屑與防止水漂現象的臨界點之前。因此，應該顯而易見較深溝槽與較長研磨墊有效期有密切關係。但是，該溝槽可有多深是有實際上的限制的。在該研磨層中挖出溝槽會有效地減低該研磨層的剛性。也就是，在研磨過程中因為由該研磨表面和該基材之間的該動態接觸所施加的壓力，該溝槽的地域會有些許的移動。在一些時候，當該研磨墊在研磨過程中動態地接觸基材時，該溝槽深度的增加將引出無法接受的該地域的切斷(shearing)量或該溝槽側壁的倒塌量。這些現象有效地限制了已知研磨應用的初始溝槽深度。再者，深溝槽造成墊的清潔挑戰。研磨介質中的研磨料(abrasive)與研磨碎屑有聚集在該溝槽中的傾向。當該溝槽變得更深時，從該溝槽中移除研磨碎屑變得更具挑戰性，因而會導致研磨瑕疵的增加。

研磨墊表面的「修整(conditioning)」或「修飾(dressing)」對於維持帶來穩定研磨效能的一致研磨表面是具有關鍵性的。該研磨墊的該研磨表面隨著時間磨損，該研磨表面的微紋理變得平滑—此現象稱為「研光(glazing)」。該研光的起因是由於在該研磨墊和該工作件之間的接觸點處的摩擦熱和剪力(shear)所導致的該聚合材料的塑性流(plastic flow)。此外，來自該CMP製程中的研磨碎屑可阻塞表面空隙及微通道，研磨介質係經由該表面空隙與該微通道而

流貫該研磨表面。當此現象發生時，該 CMP 製程的研磨速率降低，且可導致不均勻的研磨。修整可在該研磨表面上產生新的紋理，該紋理對於維持該 CMP 製程中所需要的研磨速率和均勻性是有用的。

在傳統 CMP 中的研磨磨損與表面修整會導致溝槽深度隨著時間不斷地衰退。典型的鑽石碟片表面修整會造成 10 至 50 微米/小時的研磨墊材料厚度削減速率。當該溝槽深度(也就是每單位面積的溝槽容積)隨著時間減小時，在該研磨墊和該接受研磨的基材之間的流體動力學接觸狀態減小。因此以該移除速率和均勻性為特徵的該 CMP 製程效能係隨著該溝槽深度的持續衰退而持續地改變。

一種改進 CMP 製程均勻性的方法揭露在 Chandrasekaran 等人的第 2007/0238297 號美國專利申請公開案中。Chandrasekaran 等人揭露在微電子裝置製造中以機械式及/或化學-機械式平坦化或研磨基材的製程墊 (processing pad)、製造該墊的方法、以及利用與合併該製程墊的方法、設備、和系統。具體說來，該製程墊包含在磨擦表面中的溝槽或其他開口，該磨擦表面內含可依需要而選擇性移除的固體狀或半固體狀填充材料，用來在該墊的有效期裡的多重製程和修整應用中，使該填充物與該墊的該磨擦表面維持大約固定的距離或設定的距離，以及維持該墊的開口有大約固定的深度。

對於能增進更均勻和一致的基材製程的改良 CMP 研磨墊和 CMP 研磨方法仍然有持續的需求。

【發明內容】

本發明提供一種研磨基材的方法，其中，在複數研磨循環過程中可維持一致的研磨墊厚度及/或溝槽深度。藉由在複數研磨循環過程中維持一致的研磨墊厚度及/或溝槽深度，可減輕在傳統研磨墊的有效期中的典型上發現的變化以及研磨墊厚度及/或溝槽深度的衰退。舉例來說，在研磨表面處具有溝槽的傳統化學機械研磨墊中，當該研磨墊磨損時，溝槽容積和深度兩者將減少。因此，在該研磨過程中，從事研磨的人必須變化其他製程條件以維持想要的流體動力學狀態。本發明提供一種方法，用以在該研磨墊有效期內的研磨過程中降低該溝槽容積和深度減少的程度。舉例來說，對於本發明具有由熱敏形狀記憶材料 (temperature-sensitive shape memory material) 所製成的熱處理 (預先壓緊 (pre-compressed)) 研磨層的形狀記憶 (shape memory) 化學機械研磨墊，可藉著優先地加熱靠近該研磨表面的區域來抵銷由於研磨和修整所造成的該溝槽容積和深度的損失，而維持一致的溝槽容積和深度。該研磨墊的選擇性表面加熱係將該加熱區域中的墊材料從緻密 (densified) 狀態轉變至復原 (recovered) 狀態，從而增加了該溝槽容積和深度。因此在相似的條件下，使用具有形狀復原性的形狀記憶化學機械研磨墊可最小化或消除在研磨運作過程中該溝槽容積和深度減少的速率。

在本發明的一個態樣中，提供一種研磨基材的方法，包括：提供選自磁性基材、光學基材和半導體基材中的至

少一種基材；提供具有墊厚度 PT 的形狀記憶化學機械研磨墊；其中，該研磨墊包括在緻密狀態中的研磨層，其中，該研磨層包括具有初始形狀和程式化形狀(programmed shape)的形狀記憶基質材料(shape memory matrix material)；其中，當該形狀記憶基質材料在它的初始形狀時，該研磨層顯現出初始厚度 OT；其中，當該形狀記憶基質材料設定在該程式化形狀時，該研磨層顯現出在該緻密狀態中的緻密厚度 DT；其中，該 $DT \leq$ 該 OT 的 80%；在該研磨層的研磨表面與該基材之間產生動態接觸以研磨該基材的表面；監控選自研磨墊厚度和至少一溝槽深度的至少一研磨墊特性；以及，外露緊鄰該研磨表面的該研磨層的至少一部份於活化刺激；其中，該外露於該活化刺激並緊鄰該研磨表面的研磨層的部份從該緻密狀態轉變至復原狀態。

在本發明的另一態樣中，提供一種研磨基材的方法，包括：提供選自磁性基材、光學基材和半導體基材中的至少一種基材；提供具有墊厚度 PT 的形狀記憶化學機械研磨墊；其中，該研磨墊包括在緻密狀態中的研磨層，其中，該研磨層包括具有初始形狀和程式化形狀的形狀記憶基質材料；其中，當該形狀記憶基質材料在它的初始形狀時，該研磨層顯現出初始厚度 OT；當該形狀記憶基質材料設定在該程式化形狀時，該研磨層顯現出在該緻密狀態中的緻密厚度 DT；其中，該 $DT \leq$ 該 OT 的 80%；提供控制器；提供能夠監控選自研磨墊厚度和至少一溝槽深度的至少一

研磨墊特性的量測裝置；提供能夠產生活化刺激的來源；在該研磨層的研磨表面與該基材之間產生動態接觸以研磨該基材的表面；監控至少一研磨墊特性；以及，外露該緊鄰該研磨表面的該研磨層的至少一部份於該活化刺激；其中，在該動態接觸該基材之後，該研磨墊的至少一部份的該至少一研磨墊特性減小；其中，該量測裝置和該來源與該控制器通訊；其中，該量測裝置輸入關於該至少一研磨墊特性的資訊至該控制器；而其中，該控制器依據來自該量測裝置的該資訊輸入來控制該來源，以促進選擇性外露該研磨墊的至少一部份於該活化刺激，從而增大該至少一研磨墊特性。

【實施方式】

使用在此與附加的申請專利範圍中的用語「纖維形態 (fibrillar morphology)」意指一種相 (phase) 的形態，其中，該相領域 (phase domain) 具有其中維度 (one dimension) 遠大於其他兩個維度的三維形狀。

使用在此與附加的申請專利範圍中的關於化學機械研磨墊的該用語「初始厚度 (initial thickness)」意指該研磨墊和接受研磨的該第一基材之間的該第一動態相互作用之前，當下的該研磨墊的該平均實際厚度。

使用在此與該附加的申請專利範圍中的關於化學機械研磨墊的該用語「初始溝槽深度 (initial groove depth)」意指該研磨墊和接受研磨的該第一基材之間的該第一動態相互作用之前，當下的該研磨墊的該平均實際溝槽深度。

使用在此與該附加的申請專利範圍中的關於 CMP 製程的該用語「非原位(ex situ)」係描述在該 CMP 製程中的間歇暫停過程中當停止研磨時所履行的動作(例如監控、量測)。

使用在此與該附加的申請專利範圍中的關於 CMP 製程的該用語「原位(in situ)」係描述在該 CMP 製程進行中當正在研磨時所履行的動作(例如監控、量測)。

使用在此與該附加的申請專利範圍中的該用語「研磨介質(polishing medium)」係包括含微粒研磨溶液(particle-containing polishing solution)與無含微粒溶液，例如無研磨料(abrasive-free)研磨溶液與反應液體(reactive-liquid)研磨溶液。

使用在此與該附加的申請專利範圍中的該用語「實質鬆弛(substantial relaxation)」係意指在該研磨層中的該形狀記憶基質材料中足夠鬆弛而導致使用花崗石基礎比較器(granite base comparator)(例如芝加哥刻度盤指示器型錄 #6066-10(Chicago Dial Indicator Cat#6066-10))所量測的該研磨層的平均厚度有 $\geq 2\%$ 的增加。

使用在此與該附加的申請專利範圍中的關於該研磨表面的該用語「實質環形截面(substantially circular cross section)」係意指從該研磨表面的該中心軸至該外部周圍的該截面的該半徑 r 的變化 $\leq 20\%$ 的該截面。(見第 4 圖)

本發明的形狀記憶基質材料的玻璃轉移溫度(“Tg”)(glass transition temperature)的量測係藉由微差掃描

熱量測定法(differential scanning calorimetry, 簡稱 DSC) 選取熱流相對溫度轉移的中點為 T_g 值。

使用在此與該附加的申請專利範圍中的關於本發明的形狀記憶化學機械研磨墊的研磨層的該用語「最初狀態(original state)」係意指在使它受到外力以「封鎖(lock-in)」可逆的形狀變形以使該研磨層處於緻密狀態之前的一種與製造狀態相同之狀態。

使用在此與該附加的申請專利範圍中的關於該研磨表面的該用語「微紋理(microtexture)」係意指該研磨表面製造後的固有微塊狀紋理。影響該研磨表面的靜態形態或微塊狀紋理的一些因素為本質與紋理，包含波(wave)、洞(hole)、皺摺(crease)、隆起部(ridge)、裂縫(slits)、凹陷(depression)、突出(protrusion)與間隙(gap)、以及單獨特徵或加工物(artifact)的大小、形狀和分佈、頻率或間隔。該微紋理典型上大部份是無規則的且是該研磨層的製造過程中本質因素的結果。

使用在此與該附加的申請專利範圍中的關於該研磨表面的該用語「巨觀紋理(macrottexture)」係意指較大尺寸紋理的加工物，其可藉由壓紋(embossing)、削(skiving)、穿孔(perforating)及/或機械加工(machining)研磨表面而施加。

使用在此與該附加的申請專利範圍中的該用語「溝槽化的圓周分量(circumference fraction grooved)」或「CF」係由下列方程式來定義：

$$CF = \left\{ \frac{\text{(已知半徑R的圓周之橫跨任何溝槽的部分)}}{\text{(已知半徑R的圓周的全長)}} \right\}$$

要注意的是，如果 CF 固定已知形狀記憶化學機械研磨墊的該研磨表面的半徑的函數，則在已知半徑處的有溝槽(或無溝槽)的該研磨表面的該分量部分也將固定為半徑的函數。

使用在此與該附加的申請專利範圍中的該用語「形狀記憶基質材料(shape memory matrix material)」係意指具有顯現形狀記憶效果的能力的材料。也就是，顯現下列特性的任何材料或材料的組合：(1)當受到外力時能夠在至少一空間維度中變形；(2)在移除該外力後能夠封鎖並維持在至少一空間維度中之某種程度的變形的能力，以及(3)當收到活化刺激時能夠在至少一空間維度中顯現復原的能力。形狀記憶基質材料是智慧材料的一種，其設計與製造成依據它們環境的改變來以預定方式反應。形狀記憶基質材料可從初始形狀變形並固定至暫時的(程式化的)形狀，且在外露到活化刺激之後立即反應以回復至近似該初始形狀的回復形狀。

該形狀記憶效應係涉及在形狀記憶基質材料中的「程式化的形狀」的程式化(programming)且隨後在該形狀記憶基質材料外露到活化刺激之後立即造成該形狀記憶基質材料回復至「回復形狀」(其近似該初始形狀)。形狀記憶基質材料藉由傳統方法加工成為該初始形狀。隨後其受到外力而變形且固定在想要的程式化形狀。後面的這個過程在

此稱為程式化(programming)。

本發明的形狀記憶基質材料的該「儲存模數(storage modulus)」是該形狀記憶基質材料中的該儲存彈性能量的量測值。該儲存模數代表在相(具有應變(strain))中的應力對於施加應變的比值且是使用 TA Q800 動態機械分析器(Dynamic Mechanical Analyzer)的單一懸臂夾具(single-cantilever clamp)設定與多頻率應變(multi-frequency-strain)測試模式來量測。

在本發明的一些實施例中，提供了一種研磨基材的方法，包括：提供選自磁性基材、光學基材和半導體基材中的至少一種基材；提供具有墊厚度 PT 的形狀記憶化學機械研磨墊；其中，該研磨墊包括在緻密狀態中的研磨層，其中，該研磨層包括具有初始形狀和程式化形狀的形狀記憶基質材料；其中，當該形狀記憶基質材料在它的初始形狀時，該研磨層顯現出初始厚度 OT；其中，當該形狀記憶基質材料設定在該程式化形狀時，該研磨層顯現出在該緻密狀態中的緻密厚度 DT；其中，該 $DT \leq$ 該 OT 的 80%；在該研磨層的研磨表面與該基材之間產生動態接觸以研磨該基材的表面；監控選自研磨墊厚度和至少一溝槽深度的至少一研磨墊特性；以及，外露緊鄰該研磨表面的該研磨層的至少一部份於活化刺激；其中，外露於該活化刺激並緊鄰該研磨表面的該研磨層的該部份從該緻密狀態轉變至復原狀態。在這些實施例的一些態樣中，對於該至少一研磨墊特性的監控是選自連續監控、週期性監控與間歇監控

(intermittent monitor)。在這些實施例的一些態樣中，該監控是連續監控。在這些實施例的一些態樣中，該監控是週期性監控。在這些實施例的一些態樣中，該監控是間歇監控。在這些實施例的一些態樣中，該監控是原位履行。在這些實施例的一些態樣中，該監控是非原位履行。

在本發明的一些實施例中，該至少一研磨墊特性的監控係包含量測該至少一研磨墊特性。在這些實施例的一些態樣中，該至少一研磨墊特性是在該研磨墊上的複數個位置處量測。在這些實施例的一些態樣中，使用該在複數個位置處量測該研磨墊特性以決定遍及該研磨表面的均勻性。

在本發明的一些實施例中，該至少一研磨墊特性的監控係使用超音波探針組套件來履行。在這些實施例的一些態樣中，該超音波探針組套件包含超音波源和超音波偵測器。該超音波探針組套件傳送超音波訊號至該研磨墊的該研磨表面上。一些經傳送的超音波訊號自該研磨表面反射並由該超音波偵測器來偵測。在這些實施例的一些態樣中，即時分析該反射的超音波訊號以提供該研磨墊的即時的原位監控。舉例來說，可藉由將該反射的超音波訊號聯結至研磨墊位置資料(也就是量測執行的位置)以提供研磨墊等高線圖(contour map)與輪廓。此外，可從該反射的超音波訊號來決定即時的原位研磨墊特性(例如墊厚度及/或溝槽深度)。

在本發明的一些實施例中，研磨基材的該方法復包

括：修整該研磨層的該研磨表面。在這些實施例的一些態樣中，該修整是磨擦修整。在這些實施例的一些態樣中，該修整是選自鑽石碟片修整與高壓噴水修整(high pressure water jet conditioning)。在這些實施例的一些態樣中，在該研磨墊的該有用有效期的研磨過程中，修整是幫助最小化該墊厚度及/或溝槽深度的任何改變。在這些實施例的一些態樣中，由於該研磨與修整處理，該研磨墊的該厚度(及/或溝槽深度)減少了。經由將部份的該研磨層從該緻密狀態變換至回復狀態的本發明方法抵銷來自該研磨與修整處理的該厚度(及/或溝槽深度)的損失。在這些實施例的一些態樣中，該研磨表面的該修整發生在(a)外露該研磨層的至少一部份至該活化刺激的過程中；(b)外露該研磨層的至少一部份至該活化刺激之後；(c)外露該研磨層的至少一部份至該活化刺激的同時；或(d)(a)至(c)其中至少兩者的組合。在這些實施例的一些態樣中，該研磨表面的該修整是發生在外露該研磨層的至少一部份至該活化刺激之後。在這些實施例的一些態樣中，該研磨墊的厚度(及/或溝槽深度)的減少量是多於外露該研磨層至該活化刺激之後的回復量；該研磨墊之後受到磨擦修整，以磨擦掉該研磨墊的該增加的厚度(及/或溝槽深度)，而使在該活化刺激與該隨後的磨擦修整之後的該研磨墊的該厚度(及/或溝槽深度)是相等於該研磨墊的有用有效期中(例如在研磨超過 1000 個晶圓之後)的該初始厚度(及/或初始溝槽深度)的 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 。

本發明的一些實施例中，研磨基材的該方法復包括：提供能夠產生該活化刺激的來源。在這些實施例的一些態樣中，該研磨墊係以原位、非原位或其組合而外露於該活化刺激。在這些實施例的一些態樣中，該活化刺激選自外露於熱、光、磁場、電場、水、pH、與其組合。在這些實施例的一些態樣中，該活化刺激是外露於熱。有許多能夠將熱源運作成活化刺激的已知傳統裝置(例如來自俄亥俄州 Micropyratics Heaters International 公司的型號#GPIR 的電子控制紅外線基礎加熱裝置)。在這些實施例的一些態樣中，該活化刺激是外露於熱且該來源加熱該研磨介質，其隨後加熱緊鄰該研磨表面的該研磨層而造成該研磨層的一部份變換至回復狀態。在這些實施例的一些態樣中，該活化刺激是外露於熱且該來源直接加熱緊鄰該研磨表面的該研磨層的至少一部份而造成一部份的該研磨層變換至回復狀態。

本發明的一些實施例中，研磨基材的該方法復包括：提供控制器；提供能夠監控該至少一研磨墊特性的量測裝置；提供能夠產生該活化刺激的來源；其中，在 CMP 過程中，屬於該研磨墊的至少一部份的該至少一研磨墊特性受到修改的力量(modifying force)(例如磨擦接觸該基材，磨擦修整)；其中，該量測裝置和該來源與該控制器通訊；其中，該量測裝置輸入關於該至少一研磨墊特性的資訊至該控制器；而其中，該控制器依據自該量測裝置輸入的該資訊來控制該來源，以促進選擇性外露該研磨層的至少一

部份於該活化刺激，從而增大或維持一致的該至少一研磨墊特性。在這些實施例的一些態樣中，該控制器是控制系統。在這些實施例的一些態樣中，該控制系統含有第一閉迴路回饋程序(closed-loop feedback process)，其用以監控研磨墊厚度(及/或溝槽深度)中的相對改變，及藉由調整該來源而造成緊鄰該研磨表面的該研磨層的至少一部份變換至回復狀態而逆轉那個改變。在這些實施例的一些態樣中，該第一閉迴路回饋程序包括：i)施加控制訊號至該控制器；及 ii)處理來自該控制器的輸出訊號以調整該來源。在這些實施例的一些態樣中，調整該來源以產生活化刺激並選擇性地外露緊鄰該研磨表面的該研磨層的至少一部份於該活化刺激。在這些實施例的一些態樣中，調整該來源以控制該活化刺激的大小與外露於該活化刺激的該研磨層在時間、體積和面積方面的程度。

本發明的一些實施例中，提供一種研磨基材的方法，包括：提供選自磁性基材、光學基材和半導體基材中的至少一種基材；提供具有墊厚度 PT 的形狀記憶化學機械研磨墊；其中，該研磨墊包括在緻密狀態中的研磨層，其中，該研磨層包括具有初始形狀和程式化形狀的形狀記憶基質材料；其中，當該形狀記憶基質材料在它的初始形狀時，該研磨層顯現出初始厚度 OT；當該形狀記憶基質材料設定在該程式化形狀時，該研磨層顯現出在該緻密狀態中的緻密厚度 DT；其中，該 $DT \leq$ 該 OT 的 80%；提供控制器；提供能夠監控選自研磨墊厚度和至少一溝槽深度的至少一

研磨墊特性的量測裝置；提供能夠產生活化刺激的來源；在該研磨層的研磨表面與該基材之間產生動態接觸以研磨該基材的表面；監控該至少一研磨墊特性；外露緊鄰該研磨表面的該研磨層的至少一部份於該活化刺激；以及，磨擦修整該研磨表面；其中，由於該研磨與磨擦修整製程，該研磨墊的至少一部份的該至少一研磨墊特性減小；其中，該量測裝置和該來源與該控制器通訊；其中，該量測裝置輸入關於該至少一研磨墊特性的資訊至該控制器；而其中，該控制器依據自該量測裝置輸入的該資訊來控制該來源，以促進選擇性外露該研磨墊的至少一部份於該活化刺激，從而增大該至少一研磨墊特性。在這些實施例的一些態樣中，磨擦修整跟隨在外露該研磨層的至少一部份於活化刺激之後。在這些實施例的一些態樣中，磨擦修整是在外露該研磨層的至少一部份於活化刺激之前。在這些實施例的一些態樣中，該研磨層是同時受到磨擦修整與外露於活化刺激。在這些實施例的一些態樣中，該磨擦修整是選自鑽石碟片修整與高壓噴水修整。在這些實施例的一些態樣中，該控制器是控制系統。在這些實施例的一些態樣中，該控制系統含有如上文中描述的第一閉迴路回饋程序。在這些實施例的一些態樣中，該控制系統復含有第二閉迴路回饋程序，其用以監控在研磨墊厚度(及/或溝槽深度)中的相對改變並調整該磨擦墊的修整。在這些實施例的一些態樣中，該第二閉迴路回饋程序包括：i)施加控制訊號至該控制器；及 ii)處理來自該控制器的輸出訊號以調整

該磨擦墊的修整。在這些實施例的一些態樣中，該控制系統在該第一閉迴路回饋程序與該第二閉迴路回饋程序之間交替。在這些實施例的一些態樣中，該控制系統同時運作該第一閉迴路回饋程序與該第二閉迴路回饋程序。

本發明的一些實施例中，該方法復包括將該形狀記憶化學機械研磨墊與研磨機器的平台接合(interfacing)。在這些實施例的一些態樣中，該方法復包括使用感壓膠(pressure sensitive adhesive)與真空的其中之一以將該形狀記憶化學機械研磨墊與研磨機器的平台接合。在這些實施例的一些態樣中，該研磨墊厚度及/或溝槽深度係藉由下列方式來監控與控制：a)提供適於決定從感應器至物件的相對距離的非接觸式量測系統；b)配置該感測器靠近於該研磨墊的該研磨表面，且該感測器距離與該研磨墊接合的該平台有一段指定的距離；c)量測從該感測器至該研磨表面的該距離以決定選自墊厚度(也就是初始墊厚度)與至少一溝槽深度(也就是初始溝槽深度)的至少一研磨墊特性的初始值；d)以該研磨表面研磨至少一基材；e)重新量測從該感測器至該研磨表面的該距離以決定該至少一研磨墊特性的改變；f)(1)依據藉由比較該量測(c)與該重新量測(e)而得到決定研磨墊條件的該量測的比較，來控制活化刺激的來源以選擇性外露緊鄰該研磨表面的該研磨層的至少一部份於該活化刺激；以及g)重複(d)至(f)進行複數研磨運作。在這些實施例的一些態樣中，f)復包括(2)控制磨擦修整裝置以選擇性修整該研磨表面。在這些實施例的一些態

樣中，該閉迴路回饋程序促進至少一研磨運作過程中的該至少一研磨墊特性的該連續監控與控制。在這些實施例的一些態樣中，該量測系統包括提供輻射來源的輻射源。在這些實施例的一些態樣中，該輻射源產生超音波能量與電磁能量的至少其中之一。在這些實施例的一些態樣中，該電磁能量是選自由可見光、紫外光與紅外光所組成之群組。

第 21 圖係提供能由本發明的一些實施例認知到的優勢的說明與示意圖(也就是隨時間而有更一致的研磨墊溝槽深度，其幫助在該研磨墊的該有用有效期中達成更一致的 CMP 製程效能)。具體地說，在第 21 圖中所描述的該曲線顯示對於不同的 CMP 製程，該研磨墊的溝槽深度是如何地隨著時間而衰退。在第 21 圖中的曲線 A 表示該形狀記憶化學機械研磨墊的溝槽深度在本發明使用不具摩擦修整的該研磨表面的形狀記憶回復的 CMP 製程中是如何地隨著時間而衰退，其中，該溝槽深度隨著研磨的時間而衰退並且經由外露該研磨表面於活化刺激以週期性地回復。在第 21 圖中的曲線 B 表示該形狀記憶化學機械研磨墊的溝槽深度在本發明結合使用磨擦修整(例如鑽石碟片修整)的該研磨表面的形狀記憶回復的 CMP 製程中是如何地隨時間而衰退，其中，該溝槽深度隨著研磨時間而衰退，並且經由外露該研磨表面於活化刺激以週期性地回復，另外又經由摩擦修整而週期性地減少。在第 21 圖中的曲線 C 表示使用摩擦修整(例如鑽石碟片修整)的傳統 CMP 製程中，具有由微球(microballon)所銼平(file)的研磨層的傳統研磨

墊，其該溝槽深度是如何地隨著時間而衰退，其中，該溝槽深度隨著研磨時間而衰退並且經由摩擦修整而週期性地減少。在這樣的傳統 CMP 製程中，藉由磨去厚度相似於該微球的平均直徑(例如約 50 微米)的研磨墊材料層以週期性地再生該研磨表面是常見的實行方式。

在本發明的一些實施例中，研磨基材的該方法復包括：在該研磨表面和該基材的該表面之間的介面處提供研磨介質。在這些實施例的一些態樣中，該研磨介質是含微粒研磨溶液與無含微粒溶液(例如無研磨料研磨溶液與反應液體研磨溶液)的至少其中一者。在這些實施例的一些態樣中，該研磨介質是含微粒水漿(aqueous slurry)。在這些實施例的一些態樣中，該研磨介質是含有小於 3.0 wt%(重量百分比)的研磨料的反應液體研磨溶液。在這些實施例的一些態樣中，該研磨介質是含有小於 0.1 wt%的研磨料的反應液體研磨溶液。在這些實施例的一些態樣中，該研磨介質是不含研磨料的。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊包括研磨層，該研磨層包括含有至少一聚合物的形狀記憶基質材料。在這些實施例的一些態樣中，該形狀記憶基質材料包括至少一聚合物，該聚合物選自含有至少一硬片段(segment)與至少一軟片段的分段的嵌段共聚物(segmented block copolymer)。在這些實施例的一些態樣中，該形狀記憶基質材料包括選自以下所列的聚合物的其中之一，該聚合物包括聚酯系熱塑性聚胺酯(polyester

based thermoplastic polyurethane)、聚醚系聚胺酯(polyether based polyurethane)、聚乙烯氧化物(polyethylene oxide)、聚醚酯嵌段共聚物(poly(ether ester)block copolymer)、聚醯胺(polyamide)、聚醯胺酯(poly(amide esters))、聚醚醯胺共聚物(poly(ether amide)copolymer)、聚乙烯醇(polyvinyl alcohol)、聚乙烯四氫咯酮(polyvinyl pyrrolidone)、聚乙烯吡啶(polyvinyl pyridine)、聚丙烯酸(polyacrylic acid)、聚甲基丙烯酸(polymethacrylic acid)、聚天冬胺酸(polyaspartic acid)、順丁烯二酐甲基乙烯醚共聚物(maleic anhydride methylvinyl ether copolymers)、聚丙烯酸和聚丙烯系酯的聚乙烯甲基醚共聚物、苯乙烯系聚合物(styrenic polymers)、環氧化物系聚合物(epoxide based polymers)、聚三聚氰酸(polycyanurates)、以及其組合(例如共聚物與混合物)。在這些實施例的一些態樣中，該形狀記憶基質材料包括含有至少一硬片段與至少一軟片段的分段的嵌段共聚物，其中，該軟片段或硬片段的任一者或兩者都包含刺激反應性的(stimuli responsive)官能基(functional group)或受體位置(receptor site)，也就是其當外露於活化刺激時啟動想要的形狀回復量。在這些實施例的一些態樣中，該活化刺激選自外露於熱、光、磁場、電場、水、pH、與其組合。在這些實施例的一些態樣中，該活化刺激是外露於熱。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊包括研磨層，該研磨層包括含有分段之嵌段共聚物的形狀記憶基質材料。在這些實施例的一些態樣中，該

分段之嵌段共聚物是選自聚胺酯彈性體(polyurethane elastomer)、聚醚基彈性體、聚醚醯胺彈性體、聚醚聚酯彈性體、聚醯胺系彈性體、熱塑性聚胺酯、聚醚醯胺嵌段共聚物、熱塑性橡膠(例如非交聯聚烯烴(un-crosslinked polyolefins))、苯乙烯-丁二烯共聚物(styrene-butadiene copolymer)、矽橡膠(silicon rubber)、人造橡膠(synthetic rubbers)(例如腈橡膠(nitrile rubber)與丁基橡膠(butyl rubber))、乙烯-乙酸乙烯酯共聚物(ethylene-vinyl acetate copolymer)、苯乙烯-異戊二烯共聚物(styrene-isoprene copolymers)、苯乙烯-乙烯-丁烯共聚物(styrene-ethylene-butylene copolymers)及其組合。在這些實施例的一些態樣中，該形狀記憶基質材料復包括非彈性(non-elastomeric)聚合物。在這些實施例的一些態樣中，該非彈性聚合物是選自聚乙烯氧化物、聚乳酸(polylactic acid)的共聚物及其組合。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊包括研磨層，該研磨層包括含有聚胺酯的形狀記憶基質材料。在這些實施例的一些態樣中，該聚胺酯是選自聚酯系芳香族的聚胺酯(polyester-based aromatic polyurethanes)、聚酯系脂肪族的聚胺酯(polyester-based aliphatic polyurethanes)、聚醚系的脂肪族與芳香族的聚胺酯、及其組合。

在本發明的一些實施例中，該形狀記憶基質材料包括混合物的反應產物，該混合物含有聚醚系之甲苯二異氰酸

鹽末端之液體胺酯預聚合物(toluene diisocyanate terminated liquid urethane prepolymer)、以及 4,4'-伸甲基-雙(2-氯苯胺)(4,4'-methylene-bis(2-chloroaniline))。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊包括含有形狀記憶基質材料的研磨層，該形狀記憶基質材料包括混合物的反應產物，該混合物包含丙氧化甘油(glycerol propoxylate)、聚碳二醯亞胺-修飾的二苯甲烷二異氰酸鹽(polycarbodiimide-modified diphenylmethane diisocyanate)、及聚四氫呋喃(polytetrahydrofuran)與聚己內酯(polycaprolactone)的至少其中之一。在這些實施例的一些態樣中，該形狀記憶基質材料包括混合物的反應產物，該混合物包括丙氧化甘油、聚碳二醯亞胺-修飾的二苯甲烷二異氰酸鹽、及聚四氫呋喃。在這些實施例的一些態樣中，該形狀記憶基質材料包括混合物的反應產物，該混合物包括丙氧化甘油、聚碳二醯亞胺-修飾的二苯甲烷二異氰酸鹽、及聚己內酯。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊如上所述包括含有形狀記憶基質材料的研磨層，及複數個微元素(microelement)。在這些實施例的一些態樣中，該複數個微元素是均勻地分佈在該研磨層內。在這些實施例的一些態樣中，該複數個微元素是選自入陷氣泡(entrapped gas bubble)、中空核聚合材料、液體填入之中空核聚合材料、水溶性材料與不可溶相材料(insoluble phase material)(例如礦物油)。在這些實施例的一些態樣中，該複

數個微元素包括均勻分佈遍及該研磨層的中空核心聚合材料。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊包括在緻密狀態中的研磨層，其中，該研磨層包括可在初始形狀(也就是如製造的形狀)與程式化形狀之間變換的形狀記憶基質材料，其中，當該形狀記憶基質材料在它的初始形狀時，該研磨層顯現出初始厚度 OT；其中，當該形狀記憶基質材料是在該程式化形狀時，該研磨層顯現出在該緻密狀態中的緻密厚度 DT；其中，該 $DT \leq OT$ 的 80%；以及其中，該研磨層具有適合研磨該基材的研磨表面。在這些實施例的一些態樣中，該緻密厚度 DT 是 $\leq$ 該初始厚度 OT 的 70%。在這些實施例的一些態樣中，該緻密厚度 DT 是介於該初始厚度 OT 的 70% 和 40% 之間。在這些實施例的一些態樣中，該基材是半導體基材。在這些實施例的一些態樣中，該基材是半導體晶圓。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊包括含有形狀記憶基質材料的研磨層，該形狀記憶基質材料係經選擇使 T_g 顯現為 $\geq 45^\circ\text{C}$ 和 $\leq 80^\circ\text{C}$ ；其中，該活化刺激是外露於熱。在這些實施例的一些態樣中，該形狀記憶基質材料係經選擇使 T_g 顯現為 $\geq 45^\circ\text{C}$ 和 $\leq 75^\circ\text{C}$ ； $\geq 50^\circ\text{C}$ 和 $\leq 75^\circ\text{C}$ ； $\geq 55^\circ\text{C}$ 和 $\leq 75^\circ\text{C}$ ； $\geq 55^\circ\text{C}$ 和 $\leq 70^\circ\text{C}$ ；或 $\geq 55^\circ\text{C}$ 和 $\leq 65^\circ\text{C}$ 。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊包括：在緻密狀態中的研磨層；其中，該研磨層

包括可在初始形狀與程式化形狀之間變換的形狀記憶基質材料；其中，當該形狀記憶基質材料在它的初始形狀時，該研磨層顯現出初始厚度 OT ；其中，當該形狀記憶基質材料是在該程式化形狀時，該研磨層顯現出在該緻密狀態中的緻密厚度 DT ；其中，該 $DT < OT$ 的 80%；其中，當該形狀記憶基質材料的溫度從 $(T_g - 20)^\circ\text{C}$ 升到 $(T_g + 20)^\circ\text{C}$ 時，該形狀記憶基質材料顯現出儲存模數 $\geq 70\%$ 之減少；其中，該活化刺激是外露於熱；及其中，該研磨層具有適合研磨該基材的研磨表面。在這些實施例的一些態樣中，當該形狀記憶基質材料的溫度從 $(T_g - 20)^\circ\text{C}$ 升到 $(T_g + 20)^\circ\text{C}$ 時、從 $(T_g - 10)^\circ\text{C}$ 升到 $(T_g + 10)^\circ\text{C}$ 時、或從 $(T_g - 5)^\circ\text{C}$ 升到 $(T_g + 5)^\circ\text{C}$ 時，該形狀記憶基質材料顯現出儲存模數 $\geq 75\%$ 之減少、 $\geq 80\%$ 之減少、 $\geq 85\%$ 之減少、或 $\geq 90\%$ 之減少。在這些實施例的一些態樣中，該儲存模數減少的幅度是 ≥ 800 百萬帕 (MPa)； $\geq 900\text{MPa}$ ； $\geq 1,000\text{MPa}$ ； $\geq 800\text{MPa}$ 和 $\leq 10,000\text{MPa}$ ； $\geq 800\text{MPa}$ 和 $\leq 5,000\text{MPa}$ ；或 $\geq 800\text{MPa}$ 和 $\leq 2500\text{MPa}$ 。在這些實施例的一些態樣中，當該形狀記憶基質材料的溫度從 $(T_g - 10)^\circ\text{C}$ 升到 $(T_g + 10)^\circ\text{C}$ 時，該形狀記憶基質材料顯現出儲存模數 $\geq 90\%$ 之減少，其中，該儲存模數減少的大小是 $\geq 800\text{MPa}$ 。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊具有中心軸且適合繞該中心軸旋轉。(見第 4 圖)。在這些實施例的一些態樣中，該形狀記憶化學機械研磨墊的該研磨層 210 是位在本質上垂直該中心軸 212 的平面。

在這些實施例的一些態樣中，該研磨層 210 適合在與該中心軸 212 夾有角度 γ 為 80° 至 100° 的平面中旋轉。在這些實施例的一些態樣中，該研磨層 210 適合在與該中心軸 212 夾有角度 γ 為 85° 至 95° 的平面中旋轉。在這些實施例的一些態樣中，該研磨層 210 適合在與該中心軸 212 夾有角度 γ 為 89° 至 91° 的平面中旋轉。在這些實施例的一些態樣中，該研磨層 210 具有研磨表面 214，該研磨表面 214 具有垂直該中心軸 212 的實質環形截面。在這些實施例的一些態樣中，垂直該中心軸 212 的該研磨表面 214 的該截面的半徑 r 之變化 $\leq$ 該截面的 20%。在這些實施例的一些態樣中，垂直該中心軸 212 的該研磨表面 214 的該截面的該半徑 r 之變化 $\leq$ 該截面的 10%。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊具有顯現巨觀紋理的研磨表面。在這些實施例的一些態樣中，設計該巨觀紋理以減輕至少一水漂現象；以影響研磨介質流；以修改該研磨層的剛性；以減低邊緣效應；以及，以促進該研磨碎屑從該研磨表面與該基材之間的該區域移除。在這些實施例的一些態樣中，該巨觀紋理包括至少一溝槽。在這些實施例的一些態樣中，該至少一溝槽具有 ≥ 20 密爾(mil)的初始溝槽深度。在這些實施例的一些態樣中，該至少一溝槽具有 20 至 100 密爾的初始深度。在這些實施例的一些態樣中，該至少一溝槽具有 20 至 60 密爾的初始溝槽深度。在這些實施例的一些態樣中，該至少一溝槽具有 20 至 50 密爾的初始溝槽深度。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊包括具有巨觀紋理的研磨層，該巨觀紋理包括溝槽圖案。在這些實施例的一些態樣中，該溝槽圖案包括至少一溝槽。在這些實施例的一些態樣中，該溝槽圖案包括複數溝槽。在這些實施例的一些態樣中，該至少一溝槽是選自彎曲溝槽、直線溝槽與這些的組合。在這些實施例的一些態樣中，該溝槽圖案是選自以下所列的溝槽設計，包括例如同中心的(concentric)溝槽(可為圓形或螺旋形)、彎曲溝槽、平行線相交(cross-hatch)溝槽(例如在整個該墊表面排列如同 X-Y 座標的方格)、其他規則設計(例如六角形、三角形)、輪胎紋(tire-tread)類型圖案、不規則設計(例如不規則碎片形(fractal)圖案)、與這些的組合。在這些實施例的一些態樣中，該溝槽圖案是選自無規則形、同中心形、螺旋形、平行線相交形、X-Y 座標方格形、六角形、三角形、不規則碎片形與這些的組合。在這些實施例的一些態樣中，該溝槽縱斷面是選自具有筆直側壁的矩形或該溝槽剖面可為 V 形、U 形、三角形、鋸齒形、與這些的組合。在這些實施例的一些態樣中，該溝槽圖案是在該研磨表面的每一處都有變化的溝槽設計。在這些實施例的一些態樣中，該溝槽設計是為特定應用來建造。在這些實施例的一些態樣中，在特定設計中的該溝槽尺寸可在該墊表面的每一處都有變化以產生不同溝槽密度的區域。

在本發明的一些實施例中，該形狀記憶化學機械研磨墊具有包括溝槽圖案的巨觀紋理，該溝槽圖案包括至少一

溝槽，其中，CF 維持在其平均值的 25%範圍內、較佳為 10%範圍內、更佳為 5%範圍，該 CF 是研磨墊半徑 R 的函數，該研磨墊半徑 R 位在延伸自該研磨表面的外部半徑 R_o 至該研磨表面中心處的原點 O 的主要距離的區域中。在這些實施例的一些態樣中，CF 維持在其平均值的 25%範圍內，較佳為 10%範圍內、更佳為 5%範圍，該 CF 是研磨墊半徑 R 的函數，該 R 係位在從基半徑 R_B 延伸至外半徑 R_o 的區域中。(參見第 9 圖)

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊具有通過該墊的穿孔，其引入導線 (conductive-lined) 溝槽或結合傳導體(例如傳導纖維、傳導網路、金屬網或金屬線)而可轉變該形狀記憶化學機械研磨墊成為 eCMP(電化學機械平坦化(electrochemical mechanical planarization))研磨墊。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊包括與基層接合的研磨層。在這些實施例的一些態樣中，使用黏著劑將該研磨層貼至該基層。在這些實施例的一些態樣中，該黏著劑選自感壓黏著劑、熱融黏著劑、接觸黏著劑與這些的組合。在這些實施例的一些態樣中，該黏著劑是熱融黏著劑。在這些實施例的一些態樣中，該黏著劑是接觸黏著劑。在這些實施例的一些態樣中，該黏著劑是感壓黏著劑。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊包括研磨層、基層與插入在該基層與該研磨層之

間的至少一額外層。

在本發明的一些實施例中，使所用的該形狀記憶化學機械研磨墊適於與研磨機器的平台接合。在這些實施例的一些態樣中，使該形狀記憶化學機械研磨墊適於貼附至該平台。在這些實施例的一些態樣中，使該形狀記憶化學機械研磨墊適於使用感壓黏著劑與真空的其中之一來貼附至該平台。

在本發明的一些實施例中，可藉由下列製程來產生所用的該形狀記憶化學機械研磨墊，該製程包括：提供可在初始形狀與程式化形狀之間變換的形狀記憶基質材料；準備在初始狀態中並顯現初始厚度 OT 的研磨層，該研磨層包括在該初始形狀中的該形狀記憶基質材料；加熱該研磨層的至少一部份至 $\geq (T_g + 10)^\circ\text{C}$ 的溫度；使該研磨層受到外力，其中，該外力是軸向壓擠該研磨層的軸向力；設定該形狀記憶基質材料成該程式化形狀以提供在緻密狀態中的該研磨層，其中，該研磨層顯現緻密厚度 DT ；冷卻該研磨層至 $< (T_g - 10)^\circ\text{C}$ 的溫度，同時維持該軸向力以設定該研磨層處於該緻密狀態中；以及，移除該外力；其中， T_g 是該形狀記憶基質材料的該玻璃轉移溫度；其中，該 $DT \leq$ 該 OT 的 80%；以及，其中，該研磨層具有研磨表面，該研磨表面適合研磨選自磁性基材、光學基材和半導體基材中的至少一種基材。在這些實施例的一些態樣中，加熱該研磨層至 $\geq (T_g + 10)^\circ\text{C}$ 的溫度，但低於該形狀記憶基質材料的分解(decomposition)溫度。在這些實施例的一些態樣中，

加熱該研磨層並在厚度方向上加壓以促進程式化該形狀記憶基質材料，及將該研磨層從該初始狀態變換至該緻密狀態。在這些實施例的一些態樣中，該基材是半導體基材。在這些實施例的一些態樣中，該基材是半導體晶圓。

在本發明的一些實施例中，可藉由下列製程來產生所用的該形狀記憶化學機械研磨墊，該製程包括：提供可在初始形狀與程式化形狀之間變換的形狀記憶基質材料；準備在初始狀態中並顯現初始厚度 OT 的研磨層，該研磨層包括在該初始形狀中的該形狀記憶基質材料；使該研磨層受到外力；設定該形狀記憶基質材料成該程式化形狀以提供在緻密狀態中的該研磨層，其中，該研磨層顯現緻密厚度 DT ；移除該外力；其中，該 $DT \leq$ 該 OT 的 80%；其中，當該形狀記憶基質材料的溫度是從 $(T_g - 20)^\circ\text{C}$ 升到 $(T_g + 20)^\circ\text{C}$ 時，該形狀記憶基質材料顯現儲存模數 $\geq 70\%$ 之減少；以及其中，該研磨層具有研磨表面，該研磨表面適合研磨選自磁性基材、光學基材和半導體基材中的至少一種基材。在這些實施例的一些態樣中，該緻密厚度 $DT \leq$ 該初始厚度 OT 的 70%。在這些實施例的一些態樣中，該緻密厚度 DT 是介於該初始厚度 OT 的 70% 和 40% 之間。在這些實施例的一些態樣中，當該形狀記憶基質材料的溫度是從 $(T_g - 20)^\circ\text{C}$ 升到 $(T_g + 20)^\circ\text{C}$ 時、從 $(T_g - 10)^\circ\text{C}$ 升到 $(T_g + 10)^\circ\text{C}$ 時、或從 $(T_g - 5)^\circ\text{C}$ 升到 $(T_g + 5)^\circ\text{C}$ 時，該形狀記憶基質材料顯現儲存模數 $\geq 75\%$ 之減少、 $\geq 80\%$ 之減少、 $\geq 85\%$ 之減少、或 $\geq 90\%$ 之減少。在這些實施例的一些態樣中，該儲存模數減少的

幅度是 $\geq 800\text{MPa}$; $\geq 900\text{MPa}$; $\geq 1,000\text{MPa}$; $\geq 800\text{MPa}$ 和 $\leq 10,000\text{MPa}$; $\geq 800\text{MPa}$ 和 $\leq 5,000\text{MPa}$; 或 $\geq 800\text{MPa}$ 和 $\leq 2,500\text{MPa}$ 。在這些實施例的一些態樣中，當該形狀記憶基質材料的溫度是從 $(T_g-10)^\circ\text{C}$ 升到 $(T_g+10)^\circ\text{C}$ 時，該形狀記憶基質材料顯現儲存模數 $\geq 90\%$ 之減少，其中，該儲存模數減少的大小是 $\geq 800\text{MPa}$ 。在這些實施例的一些態樣中，該基材是半導體基材。在這些實施例的一些態樣中，該基材是半導體晶圓。

在本發明的一些實施例中，可藉由包括施加外力至該研磨層的應用以設定該形狀記憶基質材料處於該程式化形狀中之製程來產生所用的該形狀記憶化學機械研磨墊。在這些實施例的一些態樣中，該外力是將 $\geq 150\text{psi}$ 的額定壓力 (nominal pressure) 施加於該研磨層上的一種額定軸向力。在這些實施例的一些態樣中，施加在該研磨層上的該額定壓力是 $\geq 300\text{psi}$ 。在這些實施例的一些態樣中，施加在該研磨層上的該額定壓力是 150 至 10,000psi。在這些實施例的一些態樣中，施加在該研磨層上的該額定壓力是 300 至 5,000psi。在這些實施例的一些態樣中，施加在該研磨層上的該額定壓力是 300 至 2,500psi。

在本發明的一些實施例中，藉由任何已知方式來使用在初始形狀中的形狀記憶基質材料，以準備所用的該形狀記憶化學機械研磨墊，從而提供在該初始狀態中並顯現初始厚度 OT 的該研磨層。在這些實施例的一些態樣中，藉由製程來製成該研磨層，該製程選自鑄造 (casting)、射出

成型(injection molding)(包含反應射出成型(reaction injection molding))、擠製(extruding)、網塗(web-coating)、光聚合(photo-polymerizing)、燒結(sintering)、印刷(包含噴墨印刷與網印)、旋轉塗佈、織造(weaving)、削片(skiving)與這些的組合。在這些實施例的一些態樣中，該研磨層是藉由鑄造與削片的組合來準備。

在本發明的一些實施例中，藉由下列方法製造所用的該形狀記憶化學機械研磨墊，該方法包括在該形狀記憶基質材料的該玻璃轉移溫度 T_g 附近或之上的溫度，施加力量壓縮該研磨層以將該研磨層從具有初始厚度 OT 的該初始狀態轉變成具有緻密厚度 DT 的緻密狀態；冷卻該研磨層至低於該 T_g 的溫度以鎖定於該緻密厚度 DT ；以及移除壓縮該研磨層的該施加力量。

在本發明的一些實施例中，所用的該形狀記憶化學機械研磨墊具有併入至該研磨層的巨觀紋理。在這些實施例的一些態樣中，當該研磨層在初始狀態中時，將該巨觀紋理併入至該研磨層中。在這些實施例的一些態樣中，當該研磨層在緻密狀態中時，將該巨觀紋理併入至該研磨層中。在這些實施例的一些態樣中，當該研磨層在初始狀態中時，將一些該巨觀紋理併入至該研磨層中，且當該研磨層在緻密狀態中時，將一些該巨觀紋理併入至該研磨層中。在這些實施例的一些態樣中，使用切割鑽頭(cutting bit)併入該巨觀紋理至該研磨層中。在這些實施例的一些態樣中，可能需要冷卻該切割鑽頭或該研磨層或該兩者以最小

化由於該巨觀紋理結合製程而從程式化形狀變換至回復形狀的任何形狀記憶基質材料的量。在這些實施例的一些態樣中，併入該巨觀紋理至該研磨層中的該製程包括冷卻該切割鑽頭、冷卻該研磨層鄰近該切割鑽頭的區域或這些的組合。在這些實施例的一些態樣中，可經由不同技術來達成該冷卻，舉例來說，在該切割鑽頭上方吹壓縮空氣以促進對流、在該切割鑽頭上方吹冷凍氣體、用水噴灑該切割鑽頭或在該切割鑽頭上吹冷卻氣體。在這些實施例的一些態樣中，藉由直接在該切割鑽頭上、該研磨墊鄰近該切割鑽頭的區域上或這些的組合上吹冷卻、液態或低溫

(cryogenic)氣體(例如氫氣、二氧化碳、氮氣)以達成該冷卻。在這些實施例的一些態樣中，該冷卻、液態或低溫氣體是經由特定單一噴嘴或複數噴嘴來噴灑，其中，該氣體迅速地擴張、冷卻、並形成固態晶體或液體以促進熱轉移。在這些實施例的一些態樣中，該冷卻技術的使用是涉及產生材料(例如氣體、液體或晶體)流(flow)並引導該流接觸該切割鑽頭、該研磨墊鄰近該切割鑽頭的區域或此兩者。在這些實施例的一些態樣中，將該材料流導引至該研磨墊鄰近該切割鑽頭的區域處具有幫助移除在該巨觀紋理併入製程中所形成的碎片的額外效應。移除這些碎片可有利於減低該碎片藉由例如熔化、熔和(fusing)或焊接而再黏貼至該研磨層的可能性。某種程度上，由於在該巨觀紋理併入製程中移除了碎片而減低再黏貼至該研磨層的碎片數量，所以可避免隨後使用該研磨層的研磨運作中的瑕疵。在這些

實施例的一些態樣中，該整個研磨層都是被低溫冷卻的。在這些實施例的一些態樣中，該整個研磨層與用來供給該切割鑽頭動力的機械加工設備都是被低溫冷卻的。

在參照圖示於此描述的該具體實施例中，該活化刺激是外露於熱。儘管在此提供了給予的教示，熟知此技術領域之人士將知道如何利用其他活化刺激，例如外露於光、磁場、電場、及/或水。

第 1 圖中提供形狀記憶化學機械研磨墊的研磨層的立視圖的比較描述。具體來說，第 1 圖提供在初始狀態 10 中具有初始厚度 OT 的研磨層與在緻密狀態 20 中具有緻密厚度 DT 的相同研磨層的比較。

第 2 圖中提供形狀記憶化學機械研磨墊的研磨層的立視圖的比較描述。具體來說，第 2 圖提供在初始狀態 30 中具有初始厚度 OT 的研磨層對比於在緻密狀態 40 中具有緻密厚度 DT 的相同研磨層，對比於在部份回復狀態 50 中具有總回復厚度 TRT 的相同研磨層(緊鄰該研磨表面 32 的該回復部份具有回復厚度 RT)。在第 2 圖中所描述的該研磨層包括分散在形狀記憶基質材料 36 內的複數個微元素 34。

第 3 圖中提供形狀記憶化學機械研磨墊的立視圖。具體來說，在第 3 圖中的該形狀記憶化學機械研磨墊 60 包括具有研磨表面 72 的研磨層 70，其中，該研磨層包括均勻分散於遍及形狀記憶基質材料 74 的複數個微元素 76。在第 3 圖中的該形狀記憶化學機械研磨墊 60 復包括與該研磨

層 70 接合的基層 90。具體來說，該基層 90 藉由黏著層 80 以黏著至該研磨層 70。

第 4 圖中提供形狀記憶化學機械研磨墊的側向透視圖。具體說來，第 4 圖描述在緻密狀態中具有緻密厚度 DT 的單一層形狀記憶化學機械研磨墊 210。該形狀記憶化學機械研磨墊 210 具有研磨表面 214 與中心軸 212。該研磨表面 214 具有實質環形截面，其與該中心軸 212 夾 γ 角度的平面上具有從該中心軸 212 至該研磨表面的外周圓 215 的半徑 r。

第 5 圖中提供形狀記憶化學機械研磨墊的俯視平面圖。具體來說，第 5 圖描述具有研磨表面 302 的形狀記憶化學機械研磨墊 300，該研磨表面 302 具有複數個彎曲溝槽 305 的溝槽圖案。

第 6 圖中提供形狀記憶化學機械研磨墊的俯視平面圖。具體來說，第 6 圖描述具有研磨表面 312 的形狀記憶化學機械研磨墊 310，該研磨表面 312 具有複數個同心圓溝槽 315 的溝槽圖案。

第 7 圖中提供形狀記憶化學機械研磨墊的俯視平面圖。具體來說，第 7 圖描述具有研磨表面 322 的形狀記憶化學機械研磨墊 320，該研磨表面 322 具有呈 X-Y 座標方格形圖案的複數個直線溝槽 325 的溝槽圖案。

第 8 圖中提供形狀記憶化學機械研磨墊的俯視平面圖。具體來說，第 8 圖描述具有研磨表面 332 的形狀記憶化學機械研磨墊 330，該研磨表面 332 具有複數個穿孔 338

與複數個同心圓溝槽 335 的組合。

第 9 圖提供本發明的一些實施例的形狀記憶化學機械研磨墊 400 的俯視平面圖，其中，該研磨墊 400 具有包括溝槽圖案(包括至少一溝槽 404)的巨觀紋理。該研磨墊 400 具有外半徑 R_o 與研磨表面 402，該研磨表面 402 具有至少一形成於其中的溝槽 404。雖然第 9 圖中只描述單一溝槽 404，但是該溝槽圖案可包括兩個以上的溝槽 404。(參見第 10 至 12 圖)。該研磨墊半徑 R 是從該研磨表面 402 的該中心處的原點 O 處量測起。第 9 圖中也顯示畫在半徑 R 處具有圓周 $2\pi R$ 的圓形 C_R (虛線)。該研磨墊 400 的外半徑是 R_o 。溝槽 404 從基半徑 R_B 延伸至定義該研磨表面 402 的外周圍 406 的外半徑 R_o 。在這些實施例的一些態樣中，該溝槽 404 從基半徑 R_B 延伸至外周圍 406(如第 9 至 12 圖中所描述)。在這些實施例的一些態樣中，該溝槽 404 從該原點 O 與該基半徑 R_B 之間的點延伸至外周圍 406。在這些實施例的一些態樣中，該溝槽 404 從原點 O 延伸至外周圍 406。第 13 圖描述第 9 圖的溝槽 404 的溝槽片段的特寫圖，其顯示溝槽 404 的小微分(differential)片段 410。在已知半徑 R 處，溝槽 404 具有已知寬度 W 與中心軸 A ，該中心軸 A 相對於連接該原點 O 至該已知半徑 R 的徑向(radial)線 L 形成角度 θ (「溝槽角」)。在這些實施例的一些態樣中，該形狀記憶化學機械研磨墊具有包括溝槽圖案的巨觀紋理，其中， CF 維持在其平均值的 25% 內、較佳為 10% 內、更佳為 5%，該 CF 是研磨墊半徑 R 的函數，該研磨墊半徑

R 位在延伸自該研磨表面的外部半徑 R_o 至該研磨表面中心處的原點 O 主要距離的區域中。在這些實施例的一些態樣中，該形狀記憶化學機械研磨墊具有包括溝槽圖案的巨觀紋理，其中，CF 維持在其平均值的 25% 內，較佳為 10% 內、更較佳為 5%，該 CF 是研磨墊半徑 R 的函數，該 R 係位在從基半徑 R_B 延伸至外半徑 R_o 的區域中。

第 14 圖中提供利用形狀記憶化學機械研磨墊來研磨半導體晶圓的研磨機器的描述。具體來說，第 14 圖描述具有形狀記憶化學機械研磨墊 110 的研磨設備 100，該研磨墊 110 具有中心軸 112、具有研磨表面 118 的研磨層 116 與基層 114。第 14 圖復描述貼附有該基層 114 的研磨平台 120。該研磨平台 120 具有的中心軸 125 係對應至該研磨墊 110 的該中心軸 112。該研磨設備 100 復包括具有中心軸 135 的晶圓載體 130。該晶圓載體 130 載有半導體晶圓 150。該晶圓載體 130 裝設於傳送手臂 140，用以相對該研磨墊 110 橫向移動該晶圓載體。該晶圓載體 130 與該平台 120 (其上貼附有研磨墊 110) 是設計成相對於它們各自的中心軸作旋轉移動與促進該研磨表面 118 與該半導體晶圓 150 之間的動態接觸。該監控器 155 係相對於該研磨表面來放置 (視需要可移動地放置) 以促進量測選自研磨墊厚度與溝槽深度的至少一研磨墊特性。該來源 160 是可移動地放置在鄰近該研磨表面 118 處以促進選擇性外露該研磨層於活化刺激，從而使該研磨層的該外露部份從緻密狀態轉變至回復狀態。具有中心軸 167 的該修整設備 165 提供磨

擦修整該研磨表面 118。該控制器 170 與該監控器 155、該來源 160 和該修整設備 165 間有主動通訊；且經程式化以維持一致的研磨墊厚度及/或溝槽深度。

第 15 圖中提供描述利用形狀記憶化學機械研磨墊且結合研磨介質的研磨設備。具體來說，第 15 圖描述包括單一層形狀記憶化學機械研磨墊 210 的設備 200，該研磨墊 210 具有研磨表面 214 與外周圍 215。該研磨墊 210 與平台 220 接合。該研磨墊 210 具有的中心軸 212 係對應至該平台 220 的中心軸 225。該設備 200 復包括具有中心軸 235 的晶圓載體 230。該晶圓載體 230 抓住半導體晶圓 250。該設備 200 復包括研磨介質 260 與用以分配該研磨介質至該研磨表面 214 上的漿分配器 270。在研磨該半導體晶圓 250 的過程中，該平台 220 與該研磨墊 210 係相對於它們各自的中心軸旋轉而該晶圓載體則是相對於它的中心軸旋轉。在研磨過程中，該研磨墊與該晶圓放置成彼此有動態接觸且引入該研磨介質至該系統以使該研磨介質可在該半導體晶圓與該研磨墊的該研磨表面之間通過。該監控器 280 相對於該研磨表面來放置(視需要可移動地放置)以幫助量測選自研磨墊厚度與溝槽深度的至少一研磨墊特性。該來源 285 是可移動地放置在鄰近該研磨表面 214 處以促進選擇性外露該研磨層於活化刺激，從而使該研磨層的該外露部份從緻密狀態轉變至回復狀態。具有中心軸 295 的該修整設備 290 提供磨擦修整該研磨表面 214。該控制器 298 與該監控器 280、該來源 285 和該修整設備 290 間有主動通

訊；且經程式化以維持一致的研磨墊厚度及/或溝槽深度。

本發明的一些實施例現在將詳細敘述在下列例子中。

例子 1：形狀記憶研磨墊

測試樣本是準備自商業可取得的填充有聚胺酯的研磨墊(可取自 Rohm and Haas 電子材料 CMP 公司的 IC1000TM)。該測試樣本包括從該 IC1000TM 墊中壓模(die-stamp)出來具有半徑約 12.7 公釐的圓形碟片。

例子 2：形狀記憶研磨墊材料準備

形狀記憶基質材料藉由在約 50°C 與大氣壓力時混合下列物品來準備：227 公克的甘油丙氧酯(平均 $M_n \sim 266$)、279 公克的聚四氫呋喃(平均 $M_n \sim 650$)、與 494 公克的聚碳二醯亞胺-修飾的二苯甲烷二異氰酸鹽(可取自 The Dow Chemical Company 的 Isonate® 143L)。此混合物接著使用非接觸式行星高剪力混合器(non-contact planetary high shear mixer)在 2000rpm 來混合 18 公克的中空彈性聚合微球(可取自 Akzo Nobel 的 Expancel®551DE)以均勻地分配該微球在該形狀記憶基質材料中。該最終的混合物隨後傾注到間隔 2.54 公釐的兩平坦玻璃表面之間並允許形成的 ~254 公釐直徑的傾注薄板膠化約 10 分鐘。隨後將該 2.54 公釐厚的傾注薄板連同該玻璃表面放在硬化(curing)烤箱中並在約 105°C 中硬化約 16 至 18 小時。隨後將該硬化薄板在室溫中冷卻約 8 小時直到該薄板溫度約為 25°C。

例子 3：形狀記憶研磨墊材料準備

形狀記憶基質材料藉由在約 50°C 與大氣壓力處混合

下列物品來準備：216 公克的甘油丙氧酯(平均 $M_n \sim 266$)、315 公克的聚(己內酯)二醇(平均 $M_n \sim 775$)、與 469 公克的聚碳二醯亞胺-修飾的二苯甲烷二異氰酸鹽(可取自 The Dow Chemical Company 的 Isonate® 143L)。此混合物接著使用非接觸式行星高剪力混合器在 2000rpm 來混合 18 公克的中空彈性聚合微球(可取自 Akzo Nobel 的 Expancel®551DE)以均勻地分配該微球在該形狀記憶基質材料中。該最終的混合物隨後傾注到間隔 2.54 公釐的兩平坦玻璃表面之間並允許形成的該~254 公釐直徑的傾注薄板膠化約 10 分鐘。如例子 2 般硬化該薄板。

例子 4：儲存模數對溫度量測的關係

使用動態機械分析器(DMA, TA 儀器 Q800 型號)來對於使用在取自 Rohm and Haas 電子材料 CMP 公司的商業用 IC1000™ 研磨墊中的該形狀記憶基質材料(但沒有加入 Expancel®材料)畫出儲存模數(MPa)與溫度(°C)的關係曲線。該畫出的曲線提供在第 16 圖。

例子 5：儲存模數對溫度量測的關係

使用動態機械分析器(DMA, TA 儀器 Q800 型號)來對於例子 2 和 3 中所準備的該形狀記憶基質材料(但沒有加入 Expancel®材料)畫出儲存模數(MPa)與溫度(°C)的關係曲線。該畫出的曲線提供在第 17 圖。

例子 6：形狀記憶基質材料準備

形狀記憶基質材料藉由(在約 50°C 與大氣壓力處)混合下列物品來準備：175 公克的甘油丙氧酯(平均 $M_n \sim 266$)、

349 公克的聚己內酯(平均 $M_n \sim 530$ -b-530)、與 476 公克的聚碳二醯亞胺-修飾的二苯甲烷二異氰酸鹽(可取自 The Dow Chemical Company 的 Isonate® 143L)。

例子 7：儲存模數對溫度量測的關係

使用動態力學分析器(DMA, TA 儀器 Q800 型號)來對於例子 6 中所準備的該形狀記憶基質材料畫出儲存模數(MPa)與溫度($^{\circ}\text{C}$)的關係曲線。該畫出的曲線提供在第 18 圖。

例子 8：在緻密狀態中的研磨墊的準備

將根據例子 1 所準備的形狀記憶化學機械研磨墊樣本放置在英斯特強力試驗機(Instron Tester)直徑為 2 英吋(2")的頂部與底部平台之間。可控制內部溫度的加熱腔室圍住橫跨該平台與該樣本墊的空間。該樣本墊加熱至 120°C 經 20 分鐘並使用該平台來施加軸向力至該樣本墊。此軸向力施加額定壓力在該樣本墊上,其足以壓縮該樣本墊至它們的初始厚度的約 50%。施加在該樣本墊上的該額定壓力在 1000 至 5000psi 附近。維持該壓力的同時,冷卻該樣本墊至室溫而設定其中的該形狀記憶基質材料至程式化形狀且提供處於緻密狀態的該樣本墊。

例子 9：提供在緻密狀態中的研磨墊

從根據例子 2 與 3 而製造的該薄板衝出(punch)直徑 12.5 公釐的樣本墊。該樣本墊隨後放置在英斯特強力試驗機直徑為 2 英吋的頂部與底部平台之間。可控制內部溫度的加熱腔室圍住橫跨該平台與該樣本墊的空間。該樣本墊

隨後加熱至 90°C 經 20 分鐘並使用該平台來施加軸向力至該樣本墊。此軸向力施加額定壓力在該樣本墊上，其足以壓縮該樣本墊至它們的初始厚度的約 50%。由該軸向力施加在該樣本墊上的該壓力在 1,000 至 5,000psi 附近。維持此施加壓力的同時，冷卻該樣本墊至室溫而設定該樣本墊中的該形狀記憶材料處於程式化狀態且提供處於緻密狀態的樣本墊。

例子 10：回復研磨墊至回復狀態

以 120°C 在烤箱中加熱根據例子 8 所準備的處於緻密狀態中的該研磨墊樣本 10 至 20 分鐘。隨後量測每個該研磨墊樣本的厚度。可觀察到每個該研磨墊樣本已經轉變成回復狀態並具有總回復厚度 > 它們的初始厚度的 99%。

例子 11：回復研磨墊至回復狀態

以 90°C 在烤箱中加熱根據例子 9 所準備的處於緻密狀態中的該研磨墊樣本 10 至 20 分鐘。隨後量測每個該研磨墊樣本的厚度。可觀察到每個該研磨墊樣本已經轉變成回復狀態並具有總回復厚度 > 它們的初始厚度的 99%。

例子 12：回復墊厚度與溝槽深度

從商業上可取得的填充式聚胺酯研磨墊(可取自 Rohm and Haas 電子材料 CMP 公司的內部割有圓形溝槽的 IC1010™)中準備三個測試樣本。該測試樣本包括具有半徑約 12.7 公釐的圓形碟片(從該 IC1010™ 墊中壓模 (die-stamp) 出來)。每個這些直徑 12.7 公釐的樣本都具有來自該原始墊的圓形溝槽部份。根據描述在例子 8 中的方法

來壓縮這些樣本並根據描述在例子 10 的方法來予以回復。在下列的每個狀態下量測該個別樣本的該樣本厚度與該溝槽深度：壓縮之前，分別是初始厚度(OT)與初始溝槽深度(OGD)；壓縮之後，分別是緻密厚度(DT)與緻密溝槽深度(DGD)；以及回復之後，分別是總回復厚度(TRT)與總回復溝槽深度(TRGD)。厚度與溝槽深度兩者都是使用光學顯微鏡來量測。該資料以圖形形式顯示在第 19 與 20 圖中。要注意的是，呈現在第 19 與 20 圖中的該樣本厚度與該溝槽深度已經使用壓縮前的各自的初始值予以標準化(normalize)。該資料指出，對於不同的壓縮層次來說，該 $TRT \geq$ 該 OT 的 95%，而該 $TRGD \geq$ 該 OGD 的 91%。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為化學機械研磨墊的研磨層在初始狀態與緻密狀態中的立視圖的比較描述；

第 2 圖為化學機械研磨墊的研磨層在初始狀態、緻密狀態與部份回復狀態中的立視圖的比較描述；

第 3 圖為形狀記憶化學機械研磨墊的立視圖；

第 4 圖為形狀記憶化學機械研磨墊的側向透視圖；

第 5 圖為形狀記憶化學機械研磨墊的俯視平面圖，用以描述該研磨表面中的溝槽圖案；

第 6 圖為形狀記憶化學機械研磨墊的俯視平面圖，用以描述該研磨表面中的溝槽圖案；

第 7 圖為形狀記憶化學機械研磨墊的俯視平面圖，用以描述該研磨表面中的溝槽圖案；

第 8 圖為形狀記憶化學機械研磨墊的俯視平面圖，用以描述該研磨表面中的穿孔與溝槽圖案的組合；

第 9 圖為本發明的一個實施例的形狀記憶化學機械研磨墊的俯視平面圖，在該研磨表面中具有溝槽圖案；

第 10 圖為本發明的一個實施例的形狀記憶化學機械研磨墊的俯視平面圖，在該研磨表面中具有溝槽圖案，其中，該研磨墊顯現出 24 英吋的墊外半徑 R_o 與 10 英吋的基半徑 R_B 與 8 個彎曲溝槽；

第 11 圖為本發明的一個實施例的形狀記憶化學機械研磨墊的俯視平面圖，在該研磨表面中具有溝槽圖案，其中，該研磨墊顯現出 24 英吋的墊外半徑 R_o 、6 英吋的基半徑 R_B 與 8 個彎曲溝槽；

第 12 圖為本發明的一個實施例的形狀記憶化學機械研磨墊的俯視平面圖，在該研磨表面中具有溝槽圖案，其中，該研磨墊顯現出 24 英吋的墊外半徑 R_o 與 2 英吋的基半徑 R_B ；

第 13 圖為第 9 圖的溝槽 404 的溝槽片段特寫圖；

第 14 圖描述研磨設備，其利用形狀記憶化學機械研磨墊來研磨半導體晶圓；

第 15 圖描述研磨設備，其利用結合研磨漿的形狀記憶化學機械研磨墊來研磨半導體晶圓；

第 16 圖為商業用 IC1000™ 研磨墊使用成分的儲存模數與溫度的關係曲線圖；

第 17 圖為兩個形狀記憶基質材料的儲存模數與溫度

的關係曲線圖；

第 18 圖為另一個形狀記憶基質材料的儲存模數與溫度的關係曲線圖；

第 19 圖為顯示三個不同測試樣本的該初始厚度(OT)、緻密厚度(DT)和總回復厚度(TRT)的長條圖，該測試樣本是用從 Rohm and Haas 電子材料 CMP 公司取得的 IC1010™研磨墊來製備；

第 20 圖為顯示三個不同測試樣本的該初始溝槽深度(OGD)、緻密溝槽深度(DGD)和總回復溝槽深度(TRGD)的長條圖，該測試樣本是用從 Rohm and Haas 電子材料 CMP 公司取得的 IC1010™研磨墊來製備；以及

第 21 圖為本發明的一個察覺的優勢的說明與圖形表示(也就是隨時間而有更一致的研磨墊溝槽深度)。

【主要元件符號說明】

10、30	初始狀態	20、40	緻密狀態
32、72、118、214、302、312、322、332、402	研磨表面		
34、76	微元素	36、74	形狀記憶基質材料
50	部份回復狀態		
60、110、210、300、310、320、330、400	形狀記憶化學機械研磨墊		
70、116、210	研磨層	80	黏著層
90、114	基層	100	研磨設備
112、125、135、167、212、225、235、295	中心軸		
120、220	研磨平台	130、230	晶圓載體

140	傳送手臂	150、250	半導體晶圓
155、280	監控器	160、285	來源
165、290	修整設備	170、298	控制器
200	設備	215、406	外周圍
260	研磨介質	270	漿分配器
305	彎曲溝槽	315、335	同心圓溝槽
325	直線溝槽	338	穿孔
410	片段	404	溝槽
θ 、 γ	角度	A	中心軸
C_R	圓形	DGD	緻密溝槽深度
DT	緻密厚度	L	徑向線
O	原點	OGD	初始溝槽深度
OT	初始厚度	R	研磨墊半徑
R_B	基半徑	R_o	外半徑
RT	回復厚度	r	半徑
TRGD	總回復溝槽深度		
TRT	總回復厚度	W	寬度

十、申請專利範圍：

1. 一種研磨基材的方法，包括：

提供選自磁性基材、光學基材和半導體基材中的至少一種基材；

提供具有墊厚度 PT 的形狀記憶化學機械研磨墊；其中，該形狀記憶化學機械研磨墊包括封鎖在緻密狀態中的研磨層，其中，該研磨層包括具有初始形狀和程式化形狀的形狀記憶基質材料；其中，當該形狀記憶基質材料在它的初始形狀時，該研磨層顯現出初始厚度 OT；其中，當該形狀記憶基質材料固定在該程式化形狀時，該研磨層顯現出在該緻密狀態中的緻密厚度 DT；其中，該 $DT \leq$ 該 OT 的 80%；

在該研磨層的研磨表面與該基材之間產生動態接觸以研磨該基材的表面；

監控選自研磨墊厚度和至少一溝槽深度的至少一研磨墊特性；以及

外露緊鄰該研磨表面的該研磨層的至少一部份於活化刺激；其中，外露於該活化刺激並緊鄰該研磨表面的該研磨層的該部份從該緻密狀態轉變至復原狀態。

2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，復包括：

修整該研磨層的該研磨表面，其中，該修整是磨擦修整。

3. 如申請專利範圍第 1 項之方法，復包括：

提供控制器；

提供能夠監控該至少一研磨墊特性的量測裝置；

提供能夠產生該活化刺激的來源；

其中，在該動態接觸該基材之後，該研磨墊的至少一部份的該至少一研磨墊特性減小；其中，該量測裝置和該來源與該控制器通訊；其中，該量測裝置輸入關於該至少一研磨墊特性的資訊至該控制器；而其中，該控制器依據自該量測裝置輸入的該資訊來控制該來源，以促進選擇性外露該研磨墊的至少一部份於該活化刺激，從而增大該至少一研磨墊特性。

4. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該活化刺激選自外露於熱、光、磁場、電場、水、pH、與這些的組合。
5. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該研磨墊特性在多重研磨運作期間維持在其初始值的 $\pm 5\%$ 之範圍內。
6. 如申請專利範圍第 1 項之方法，復包括：

在該研磨表面與該基材的表面之間的介面處提供研磨介質。

7. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該基材包括一系列圖案化的半導體晶圓。
8. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中，外露於該活化刺激的該研磨層之一部份顯現出溫度 $\geq$ 該形狀記憶基質材料的玻璃轉移溫度。
9. 一種研磨基材的方法，包括：

提供選自磁性基材、光學基材和半導體基材中的至少一種基材；

提供具有墊厚度 PT 的形狀記憶化學機械研磨墊；其中，該研磨墊包括封鎖在緻密狀態中的研磨層，其

中，該研磨層包括具有初始形狀和程式化形狀的形狀記憶基質材料；其中，當該形狀記憶基質材料在它的初始形狀時，該研磨層顯現出初始厚度 OT；當該形狀記憶基質材料固定在該程式化形狀時，該研磨層顯現出在該緻密狀態中的緻密厚度 DT；其中，該 $DT \leq$ 該 OT 的 80%；

提供控制器；

提供量測裝置，該量測裝置能夠監控選自研磨墊厚度和至少一溝槽深度的至少一研磨墊特性；

提供能夠產生活化刺激的來源；

在該研磨層的研磨表面與該基材之間產生動態接觸以研磨該基材的表面；

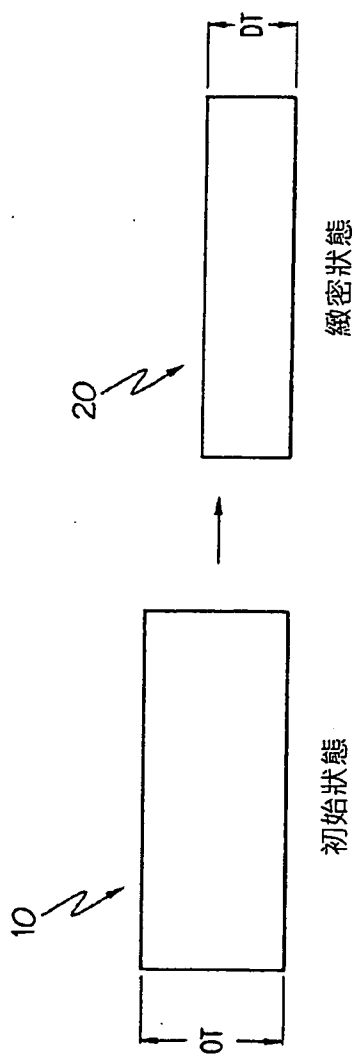
監控該至少一研磨墊特性；以及

外露緊鄰該研磨表面的該研磨層的至少一部份於該活化刺激；

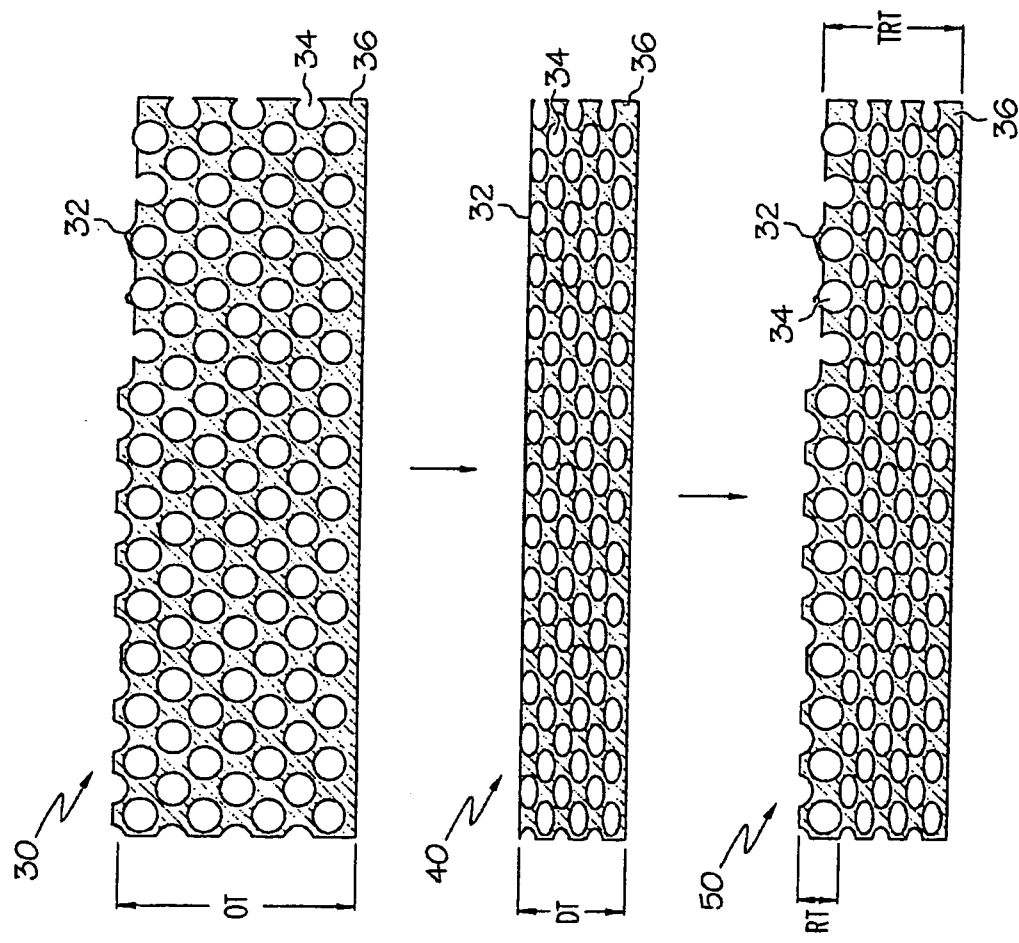
其中，在該動態接觸該基材之後，該研磨墊的至少一部份的該至少一研磨墊特性減小；其中，該量測裝置和該來源與該控制器通訊；其中，該量測裝置輸入關於該至少一研磨墊特性的資訊至該控制器；而其中，該控制器依據自該量測裝置輸入的該資訊來控制該來源，以促進選擇性外露該研磨墊的至少一部份於該活化刺激，從而增大該至少一研磨墊特性。

10. 如申請專利範圍第 9 項之方法，復包括：

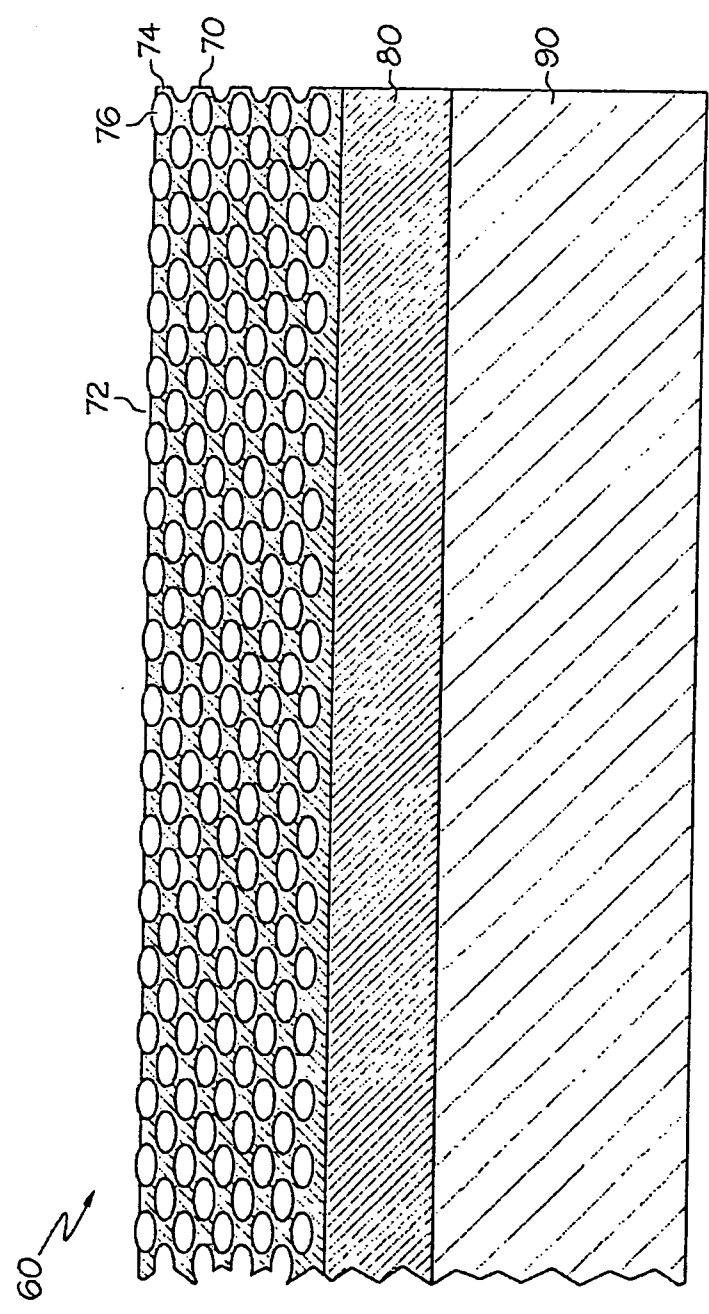
修整該研磨表面，其中，該修整是磨擦修整。



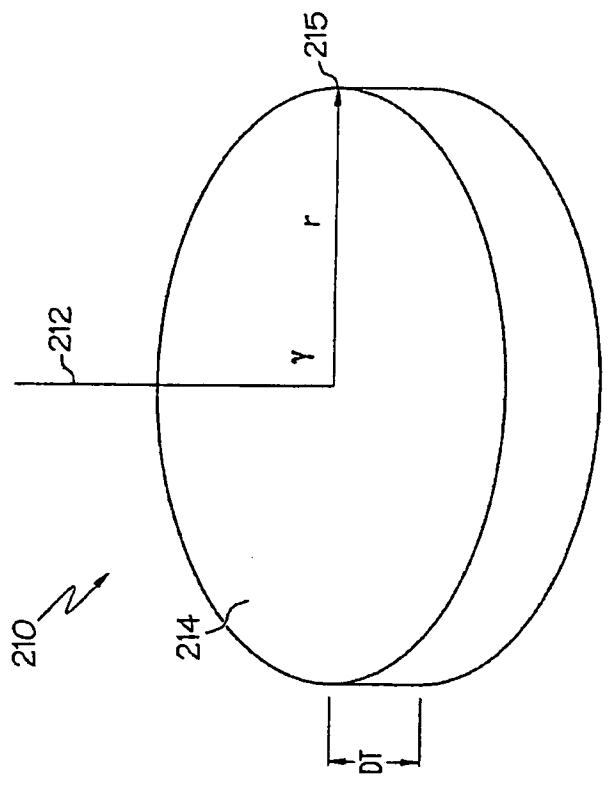
第1圖



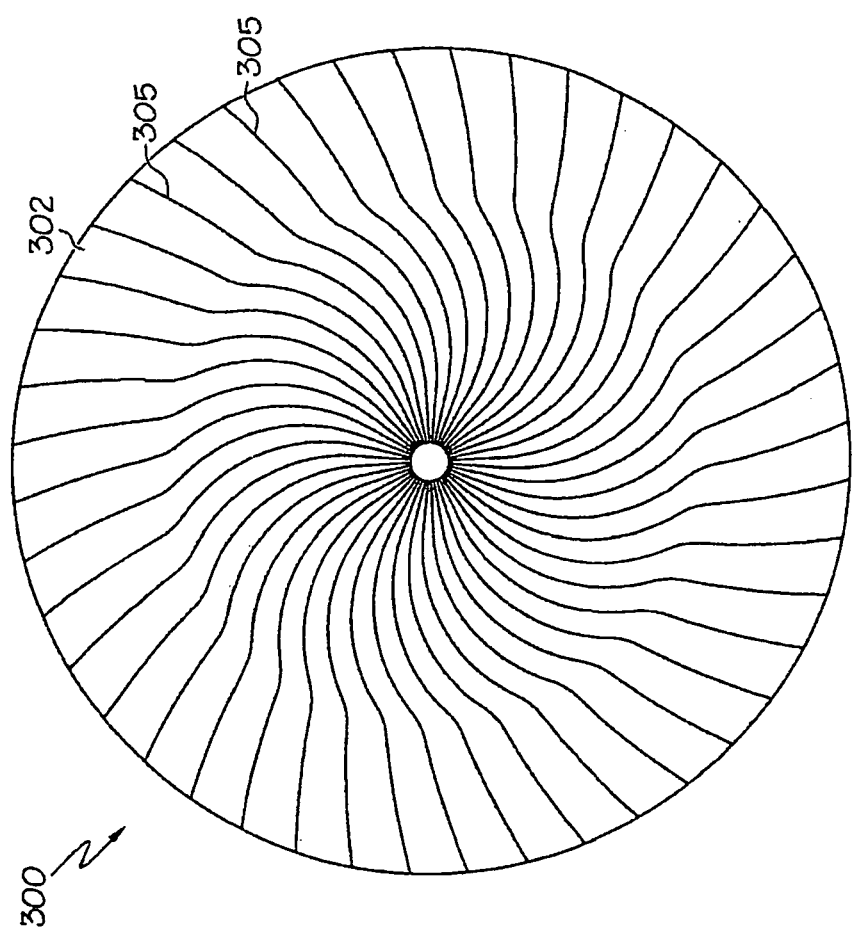
第2圖



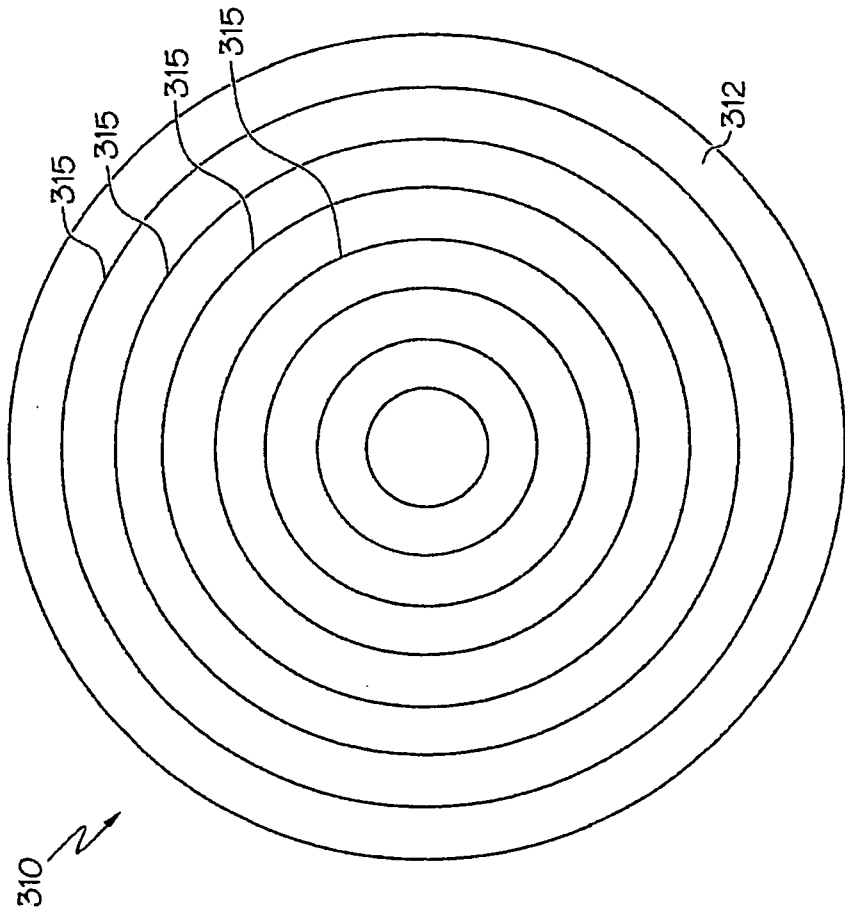
第3圖



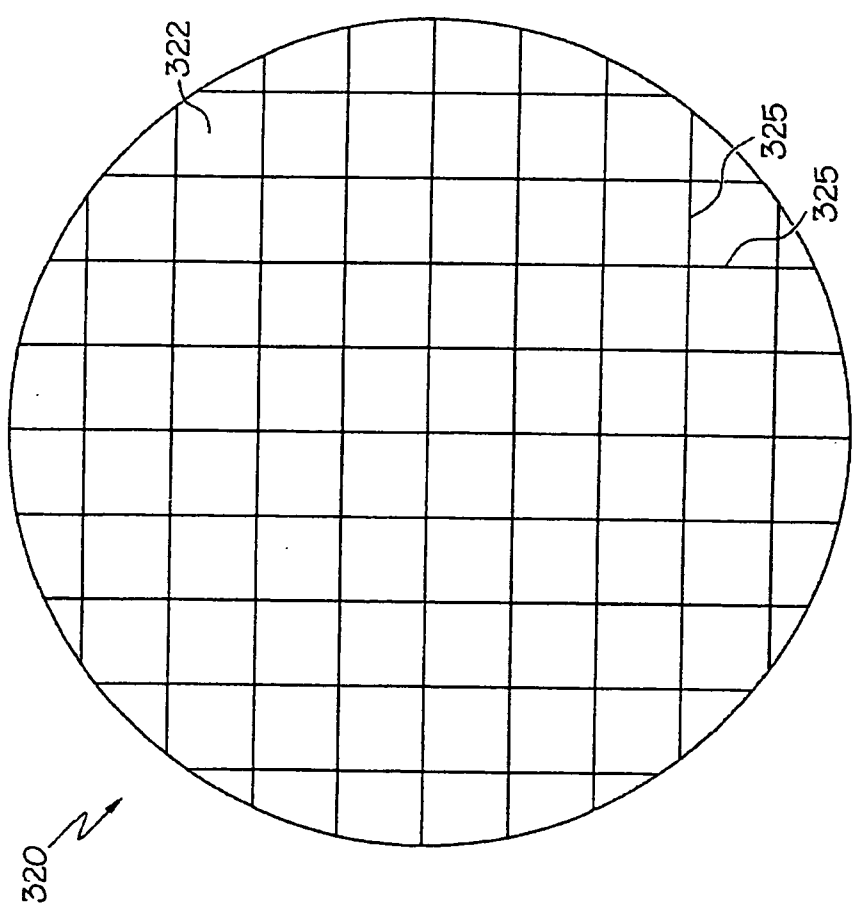
第4圖



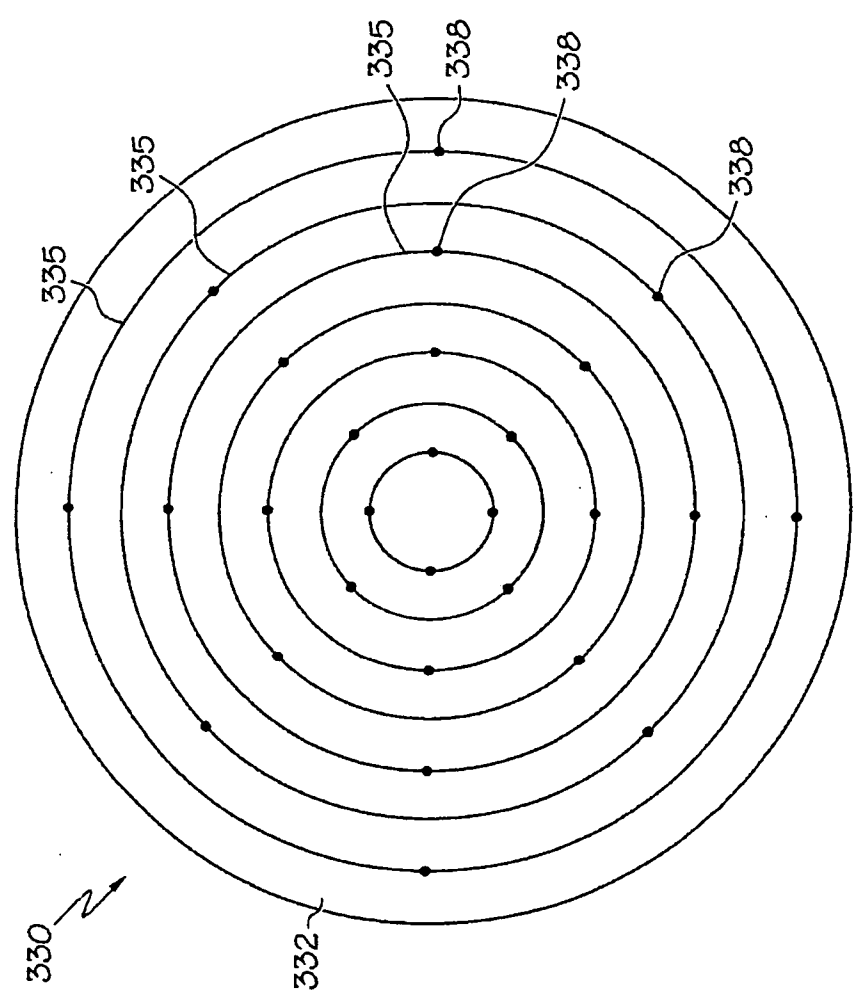
第5圖



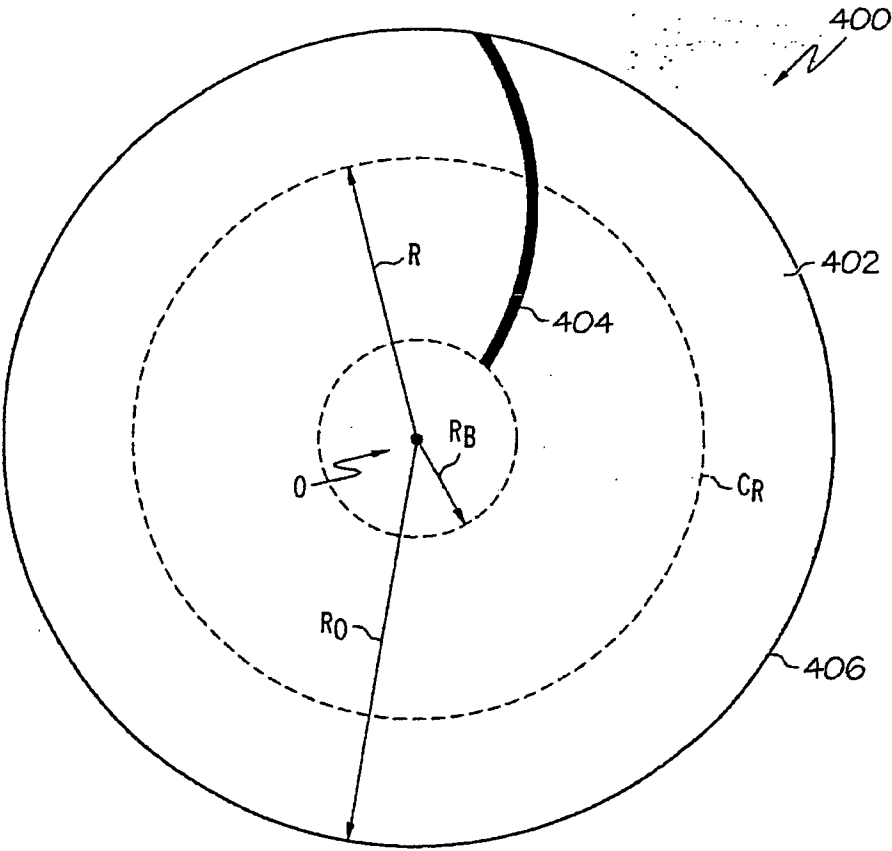
第6圖



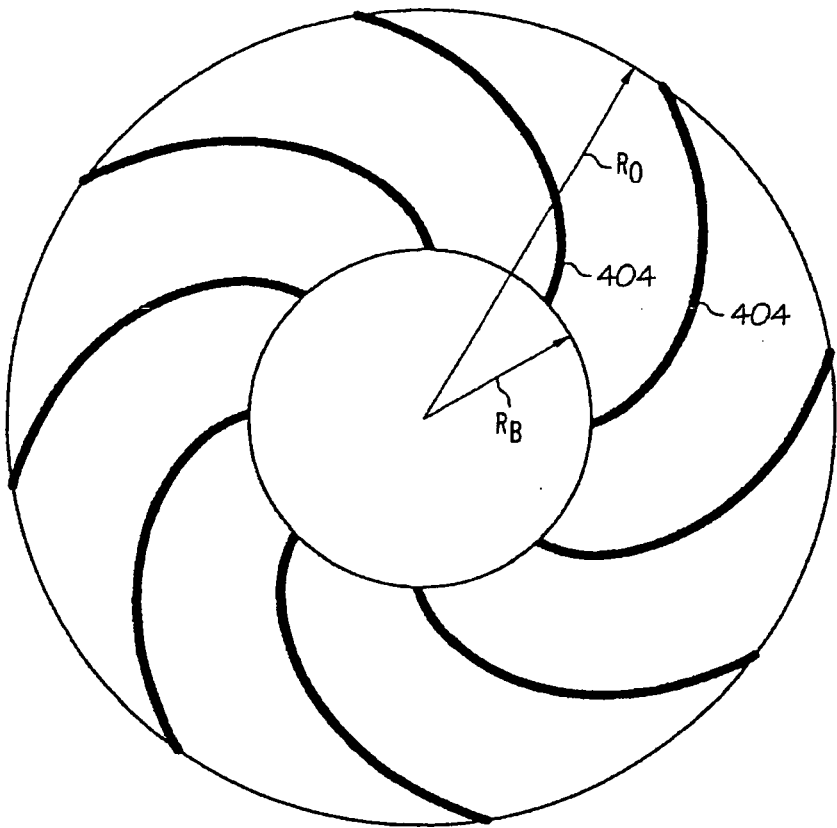
第7圖



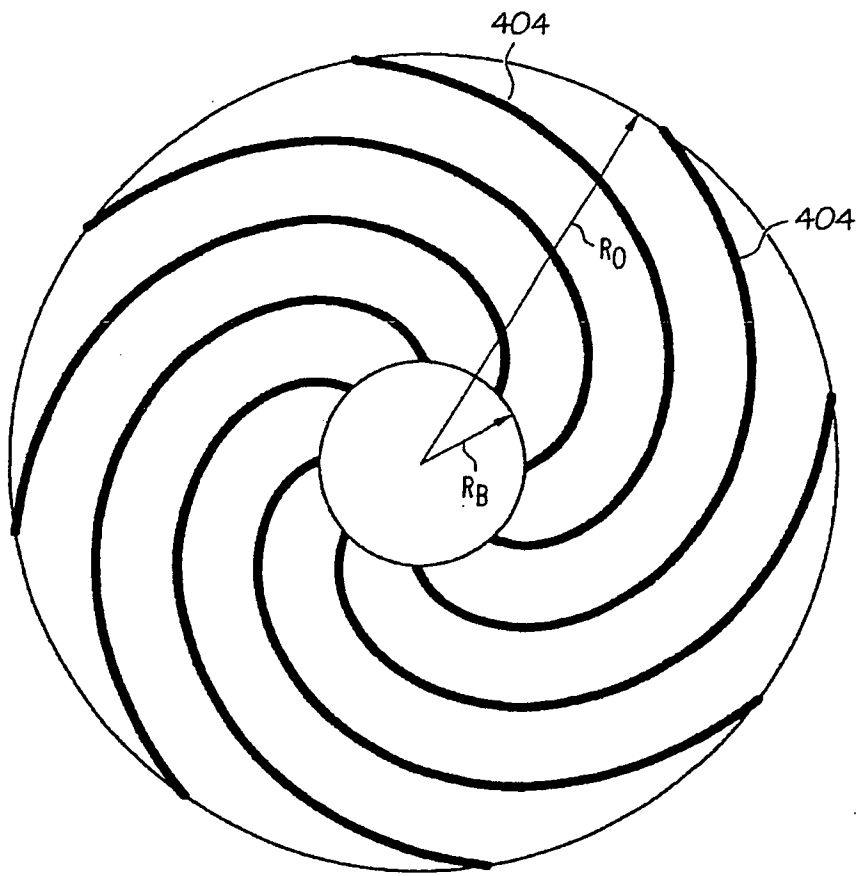
第8圖



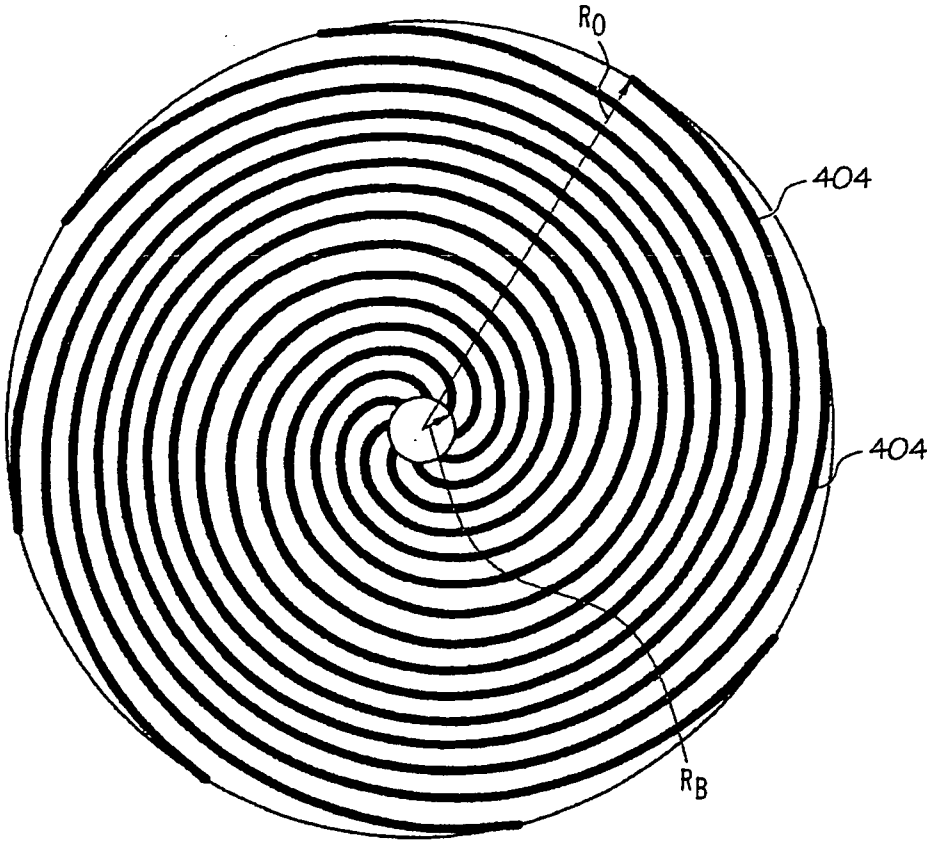
第9圖



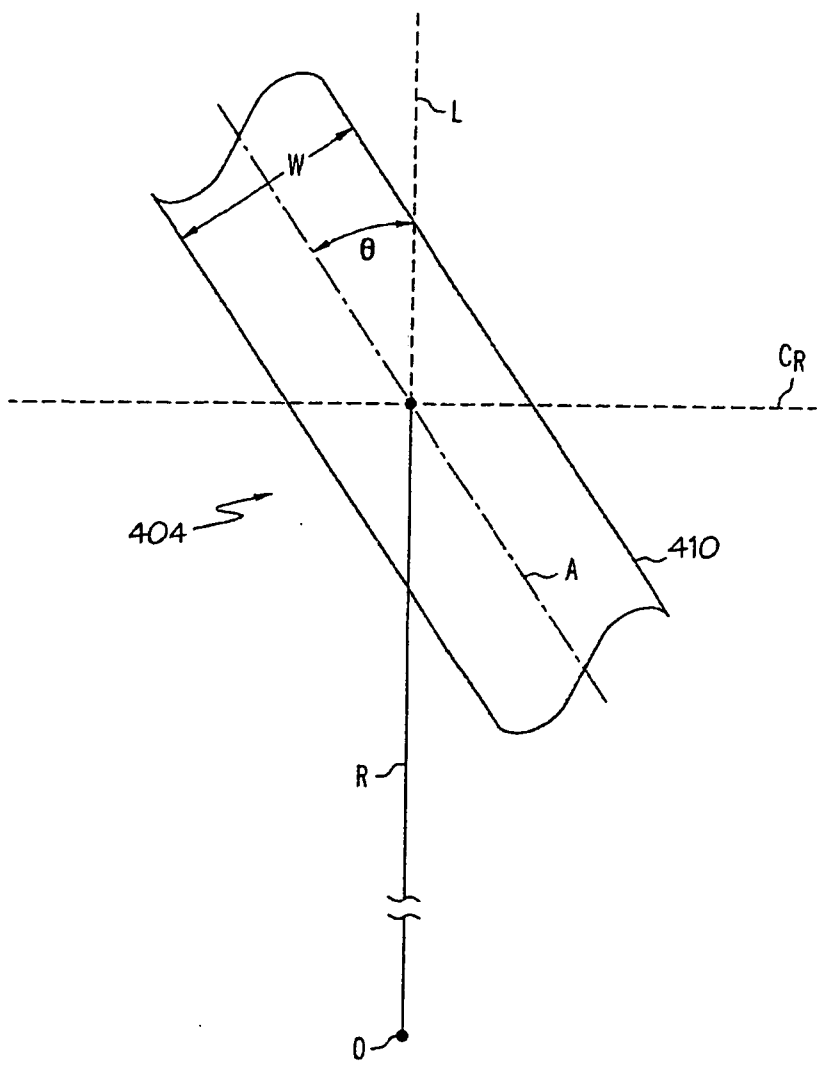
第10圖



第11圖



第12圖



第13圖

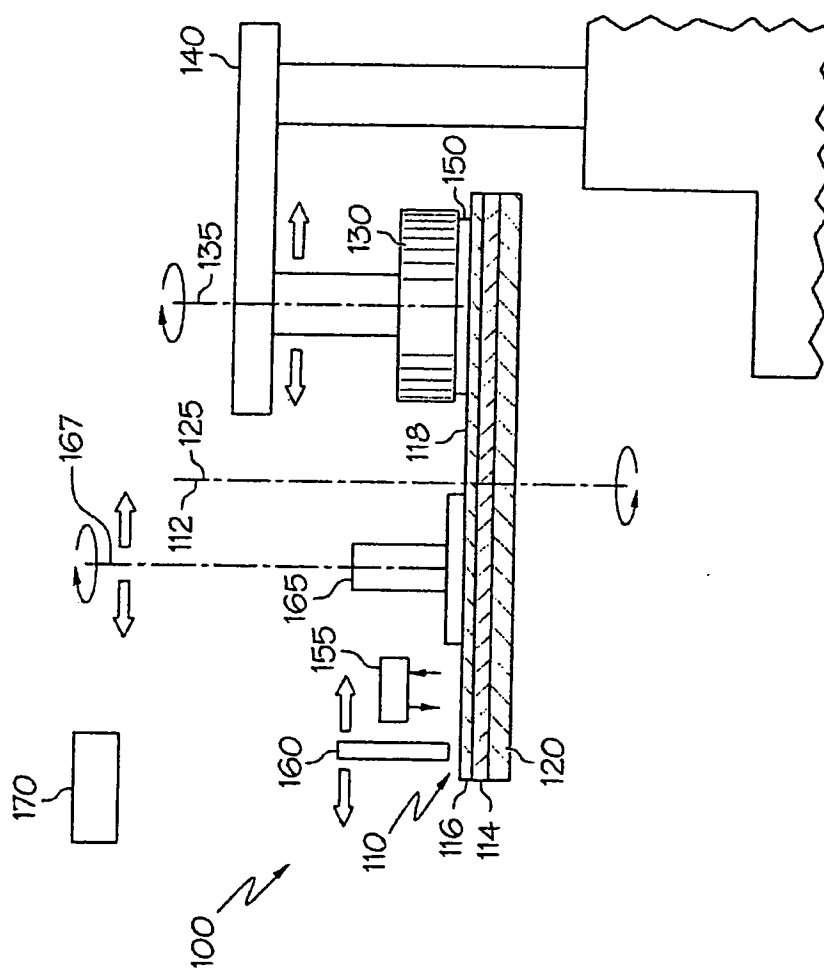
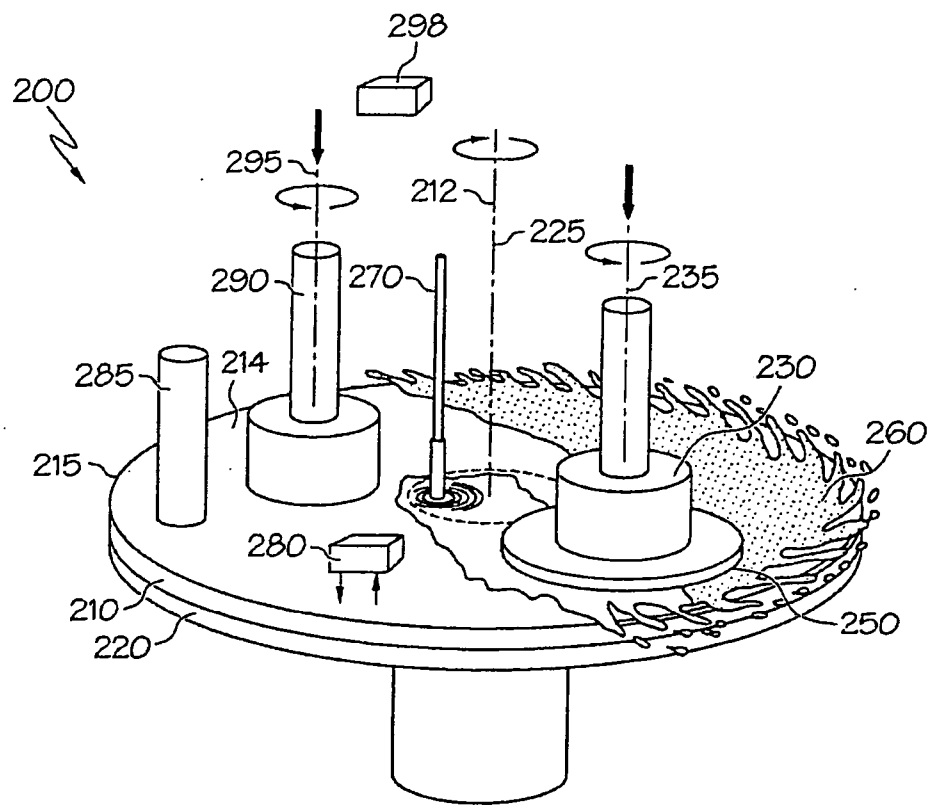
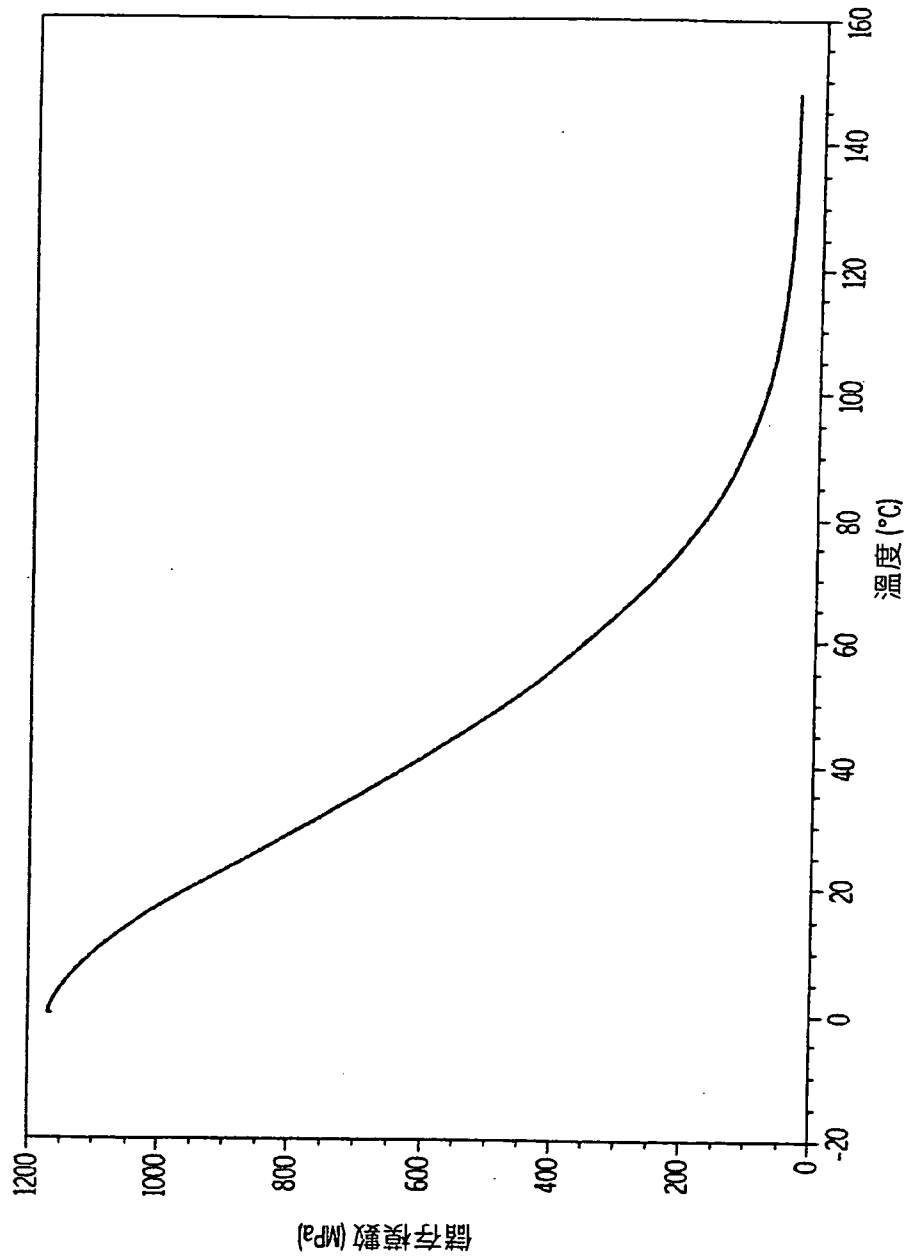


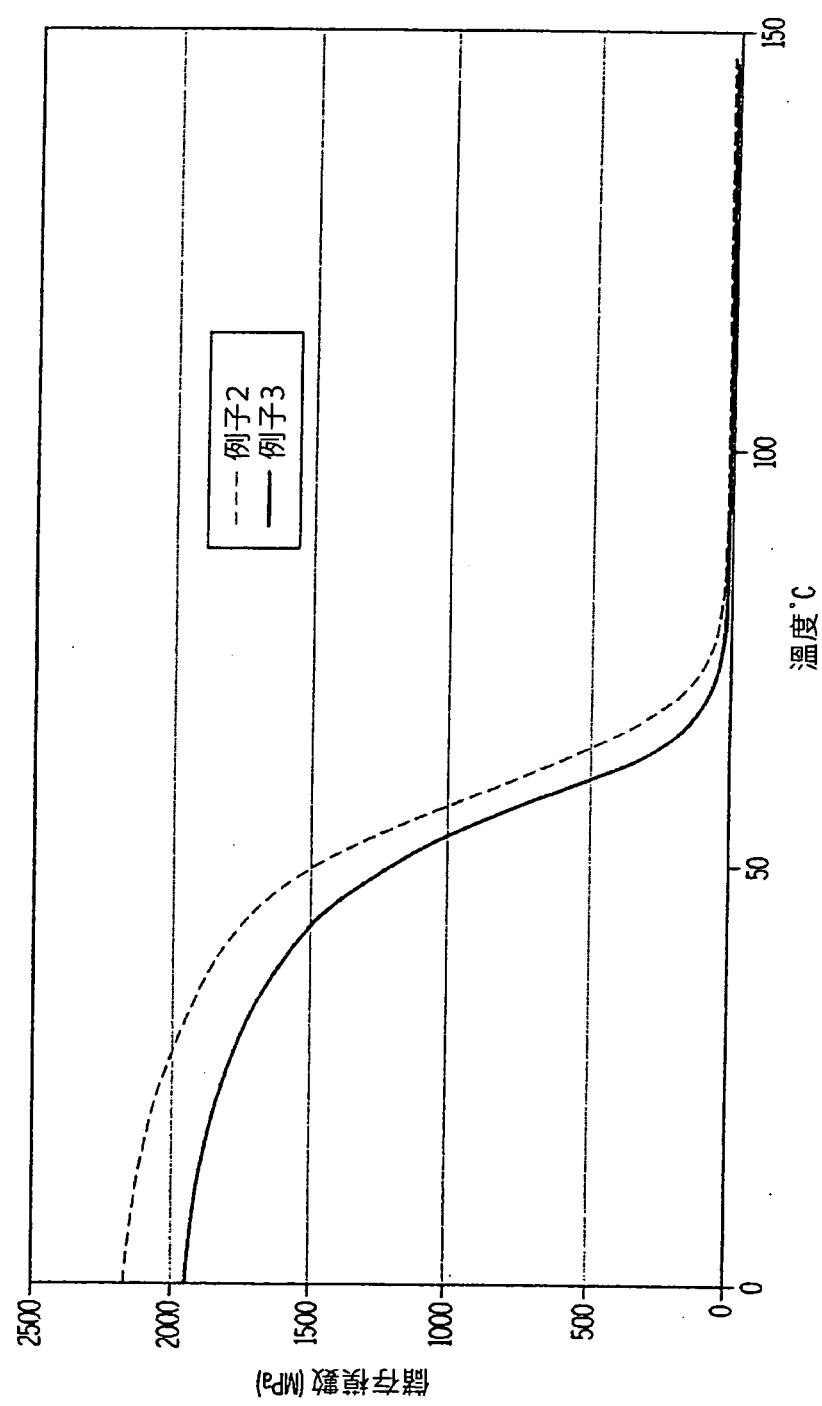
圖 14 築



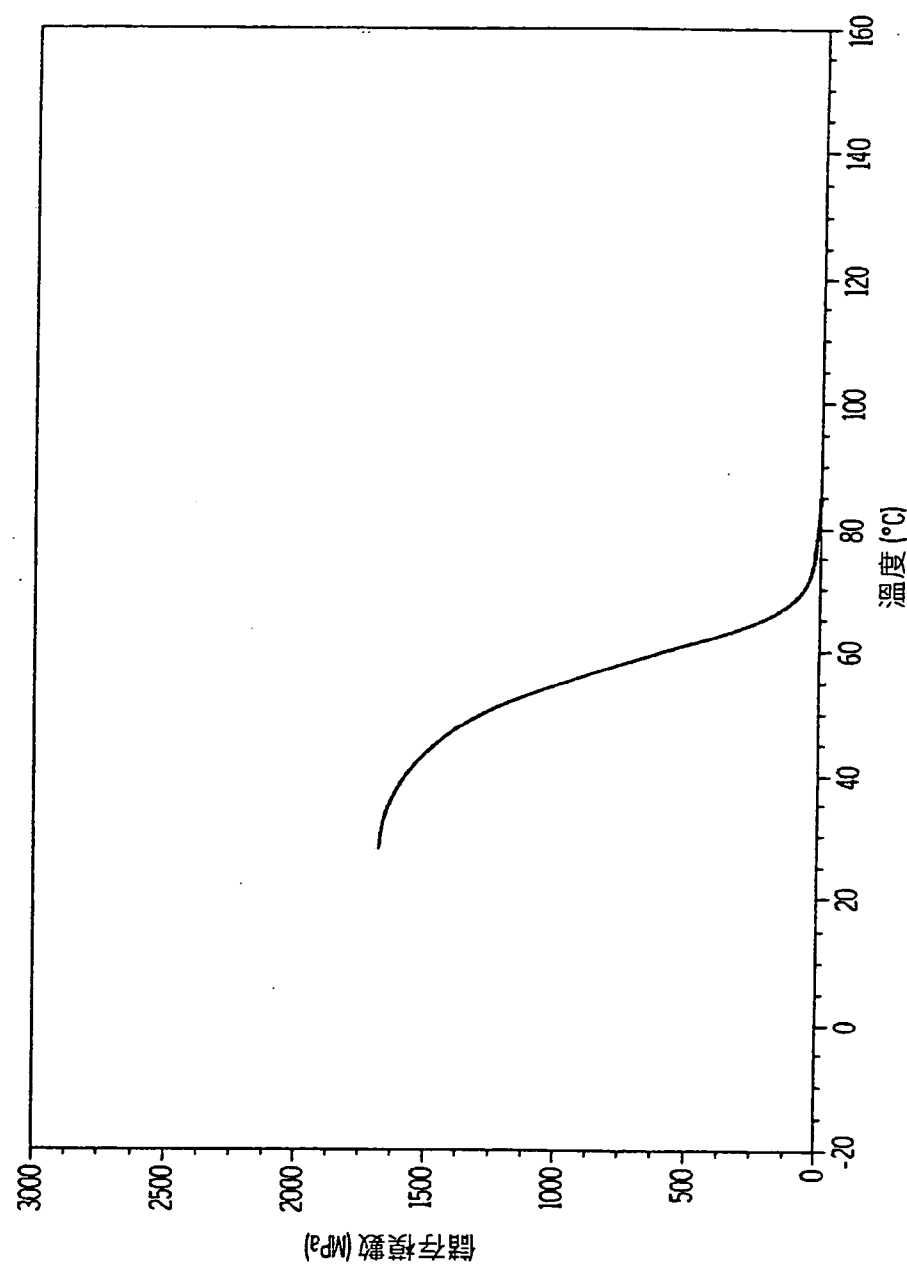
第15圖



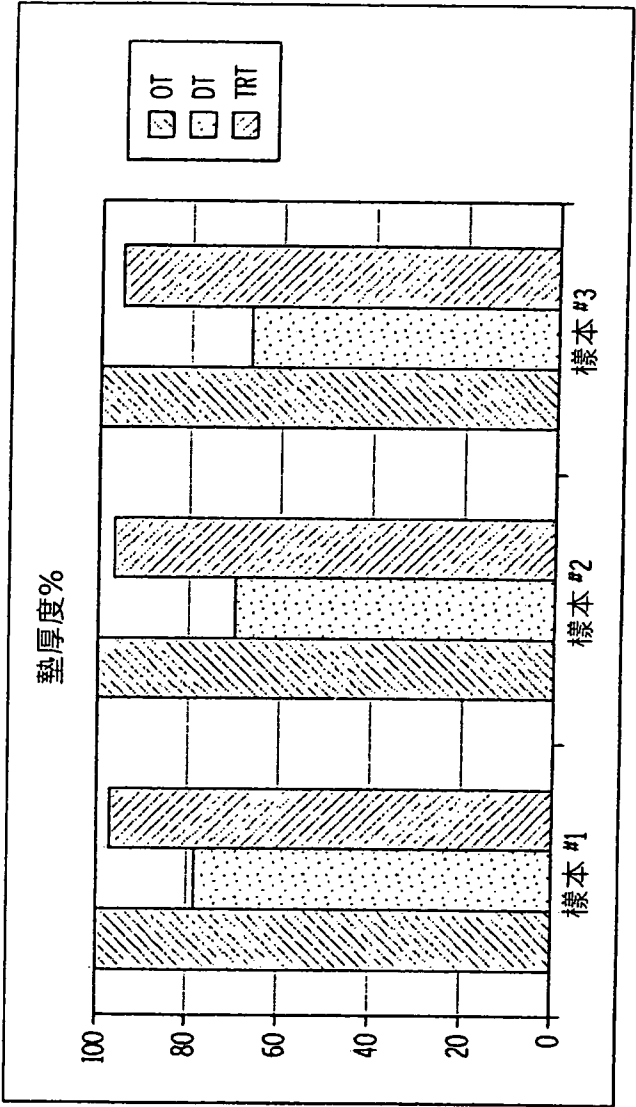
第16圖



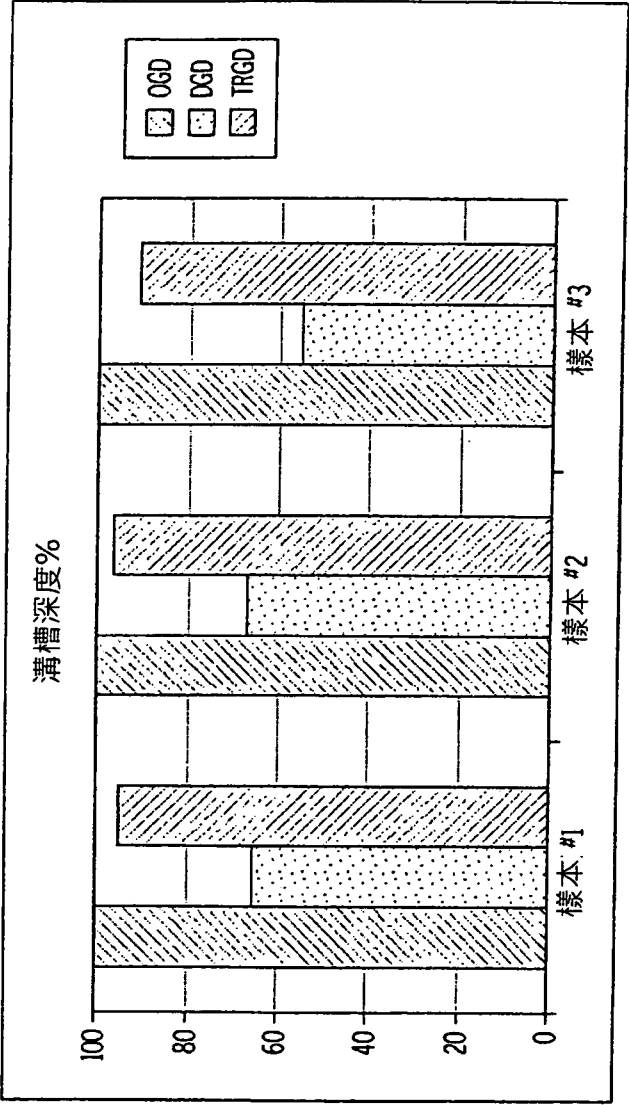
第17圖



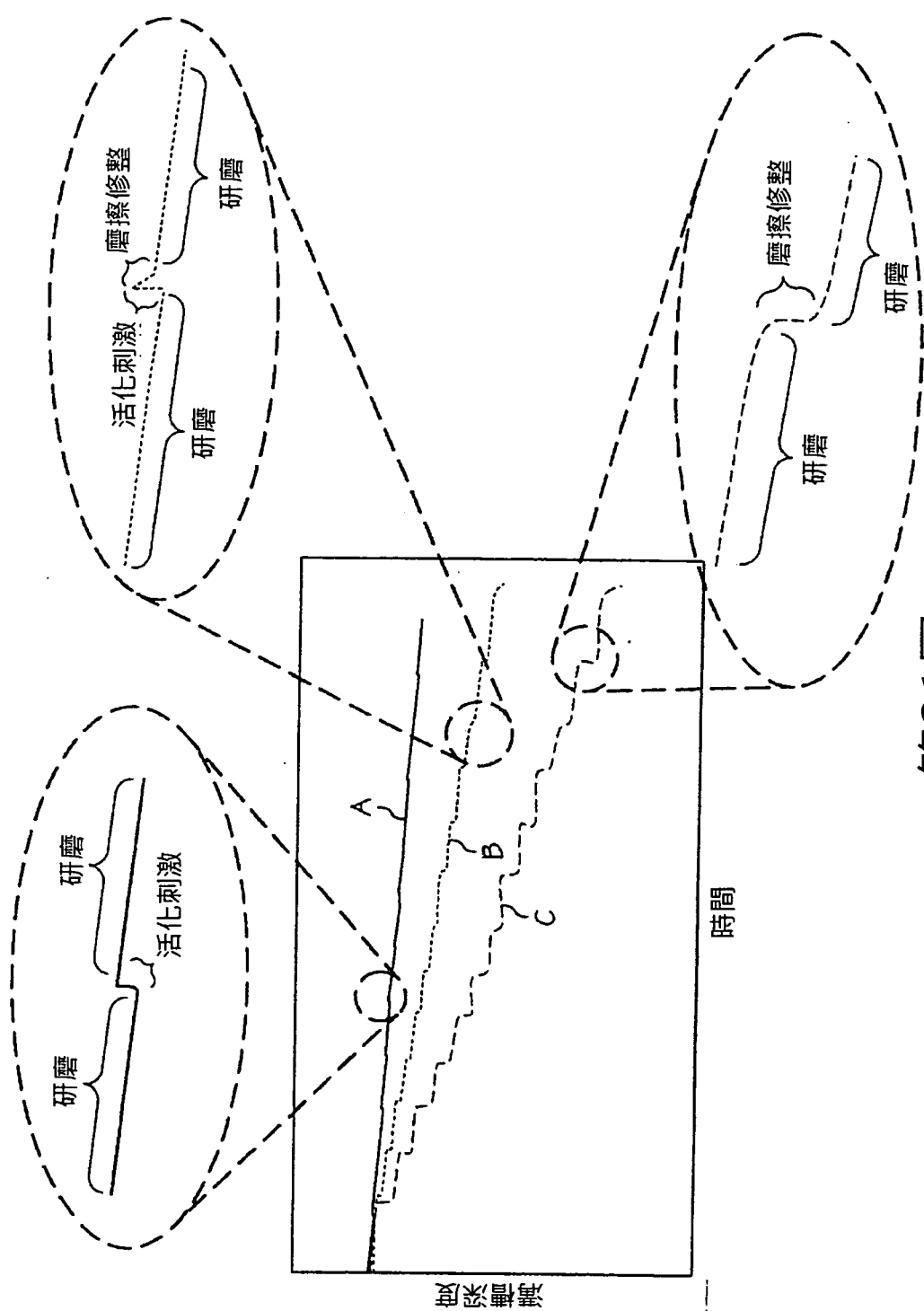
第18圖



第19圖



第20圖



第21圖