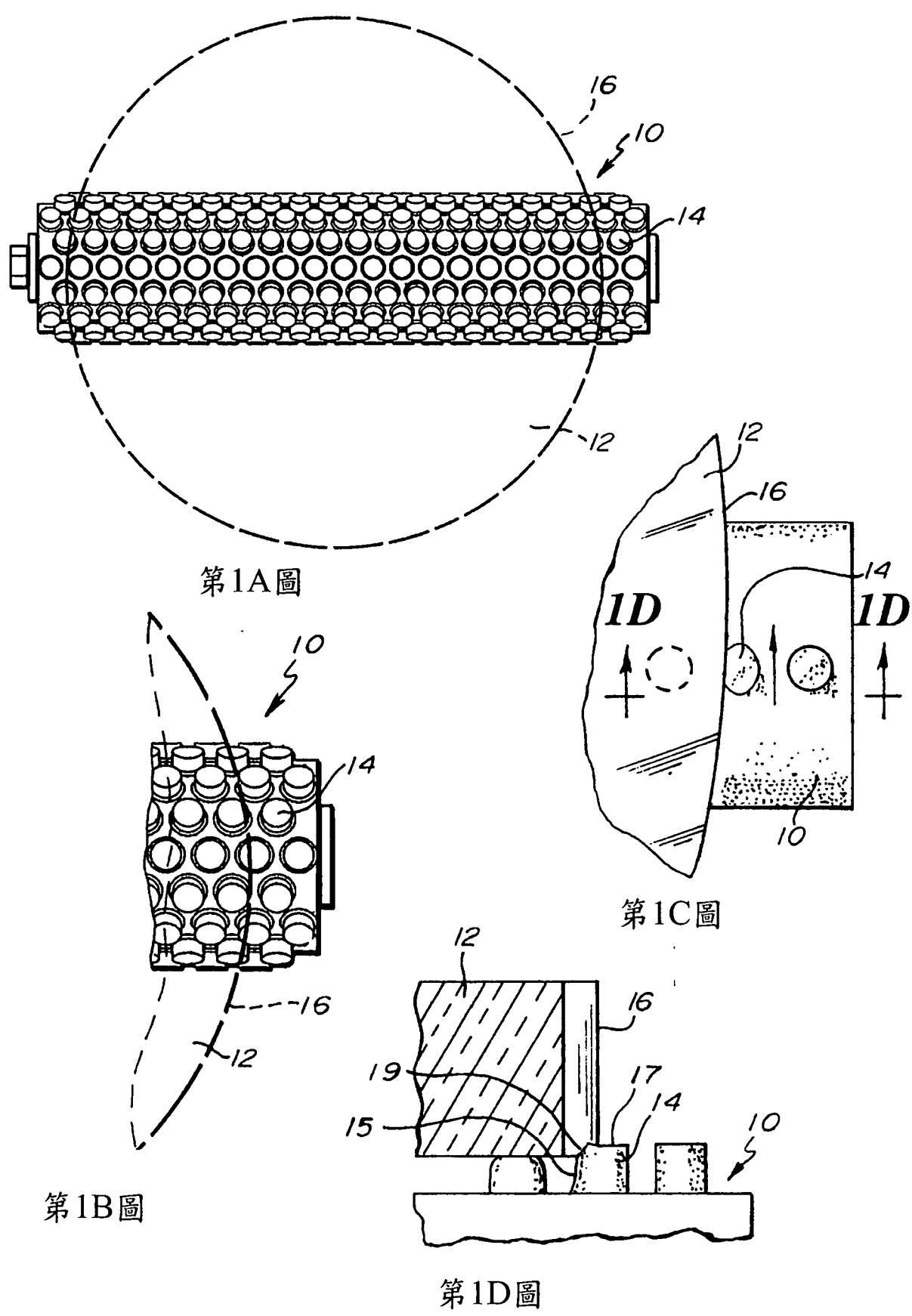
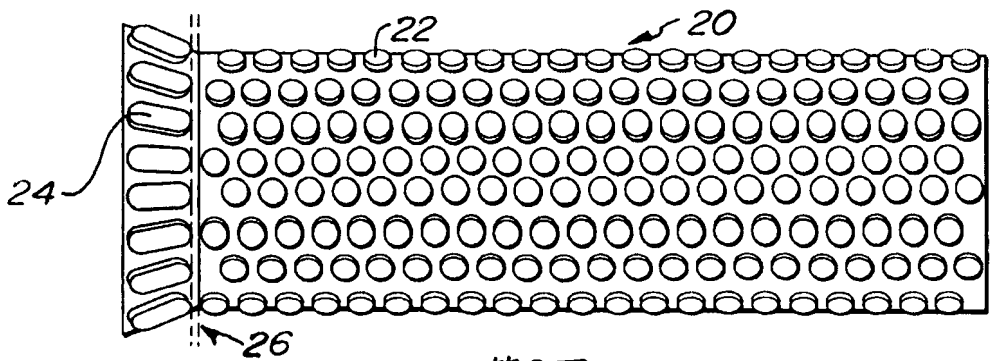
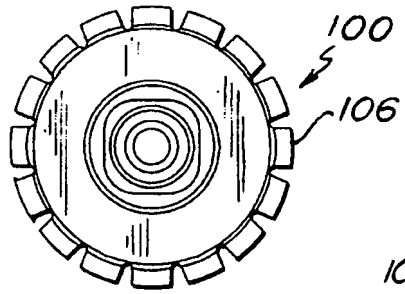


圖式

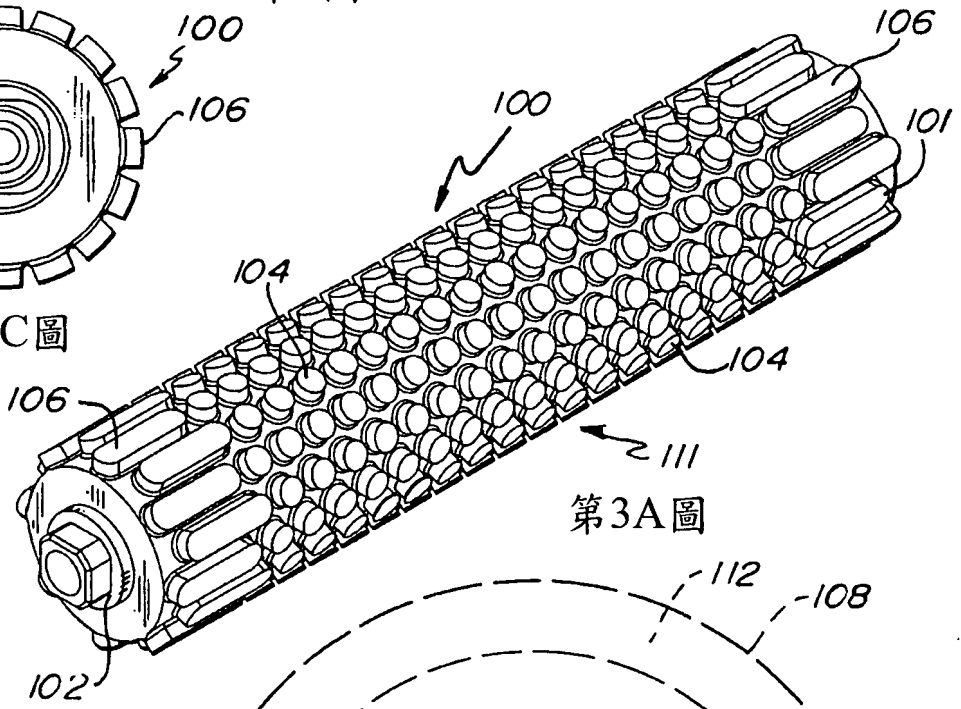




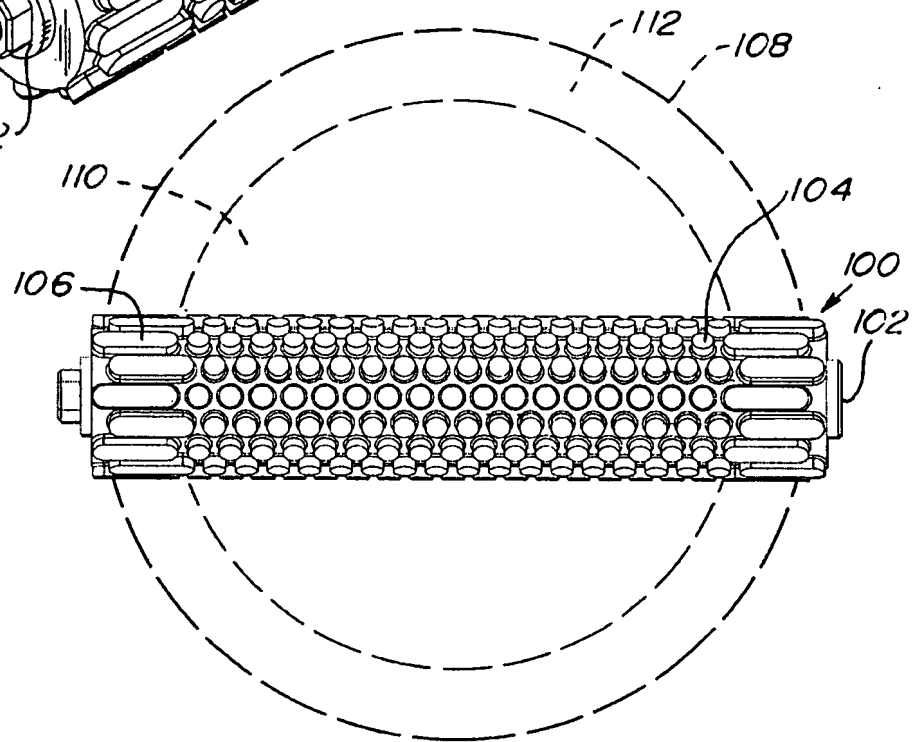
第2圖



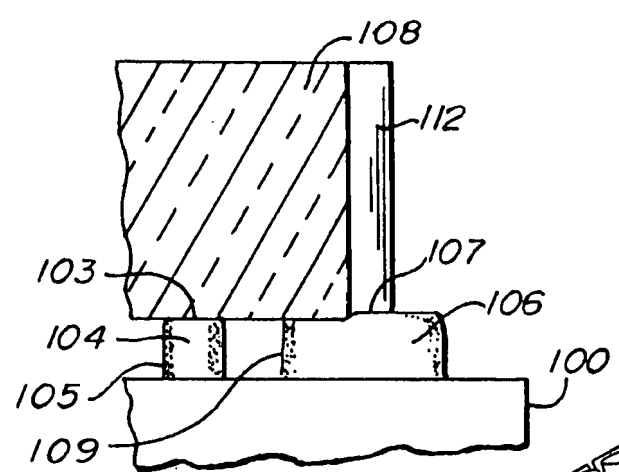
第3C圖



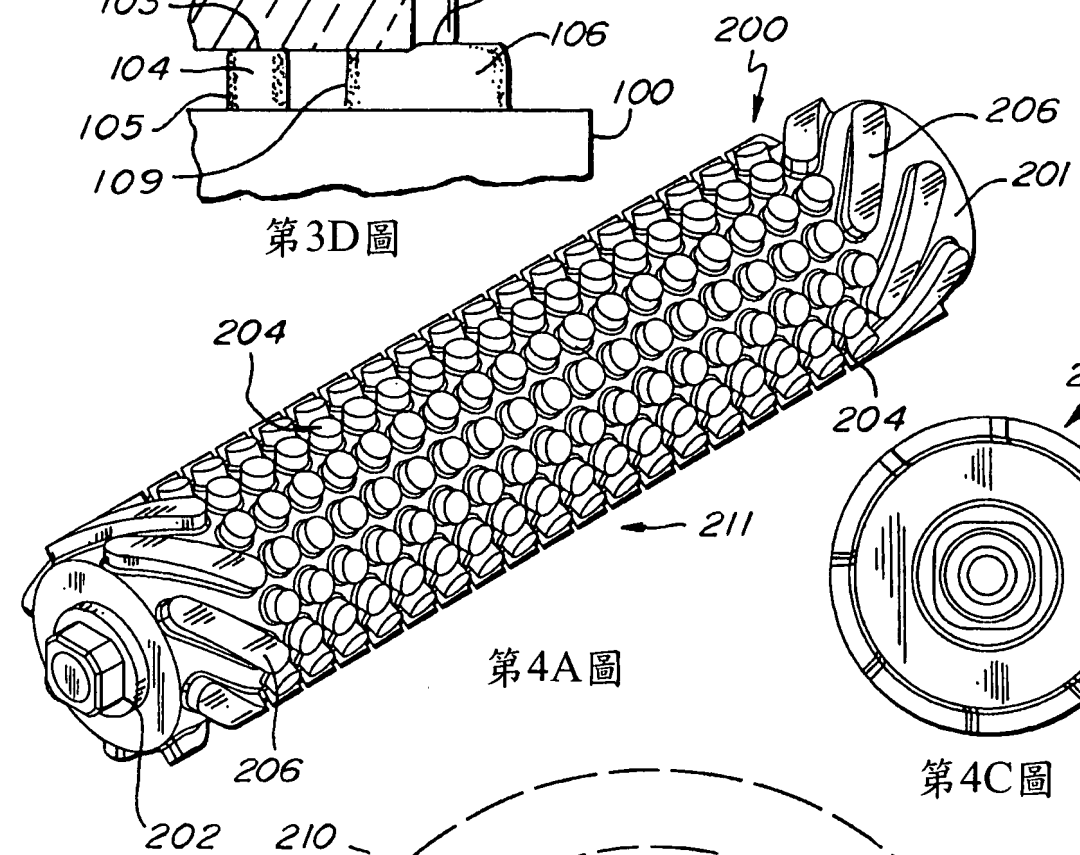
第3A圖



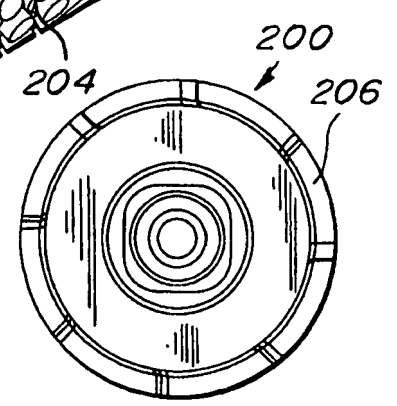
第3B圖



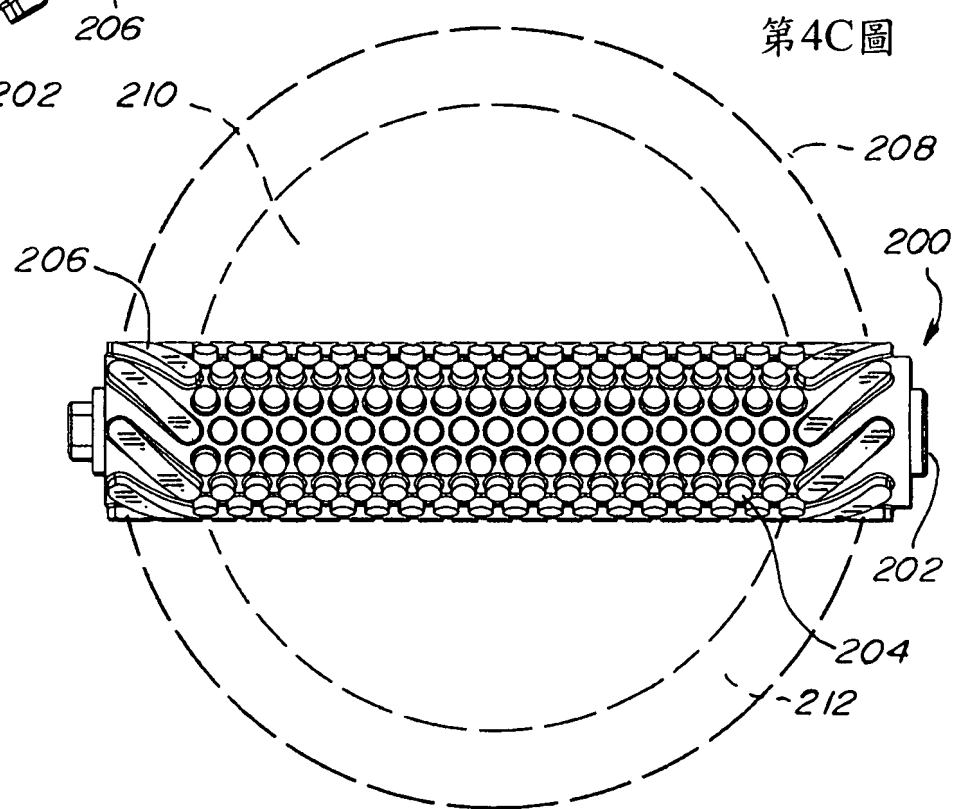
第3D圖



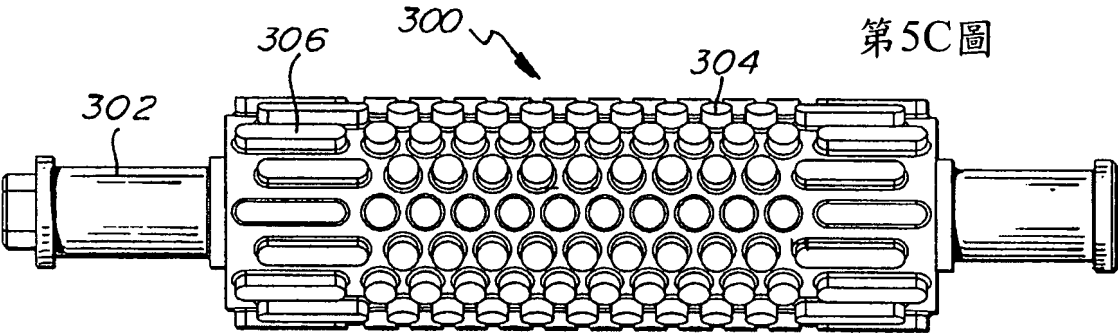
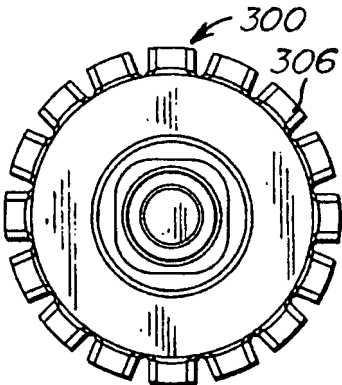
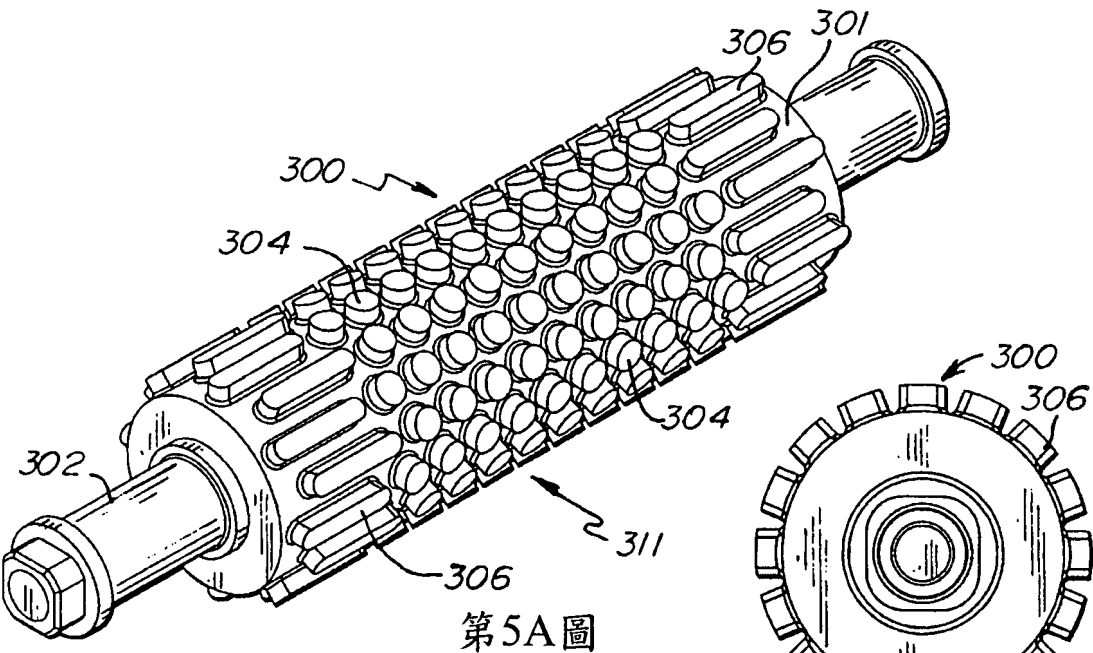
第4A圖



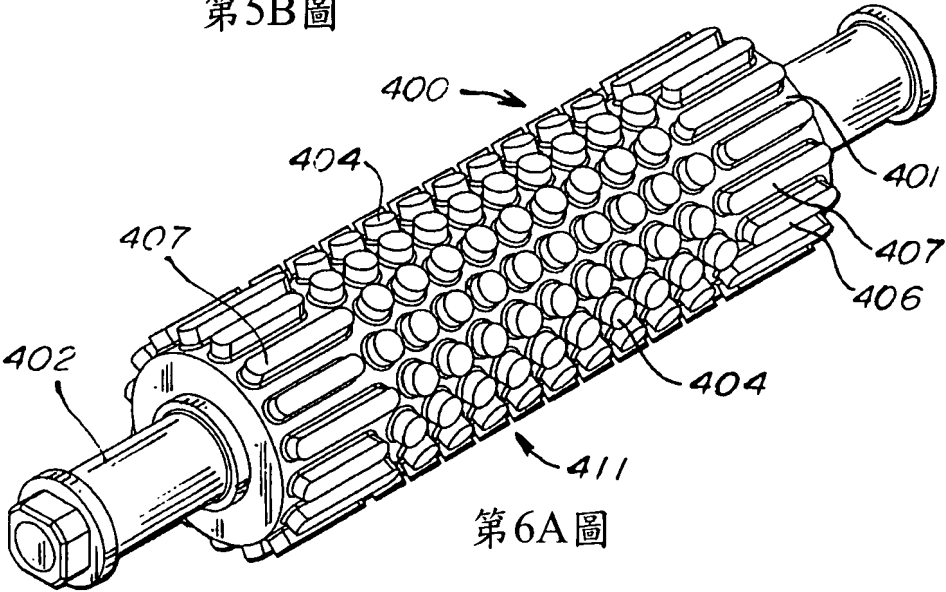
第4C圖



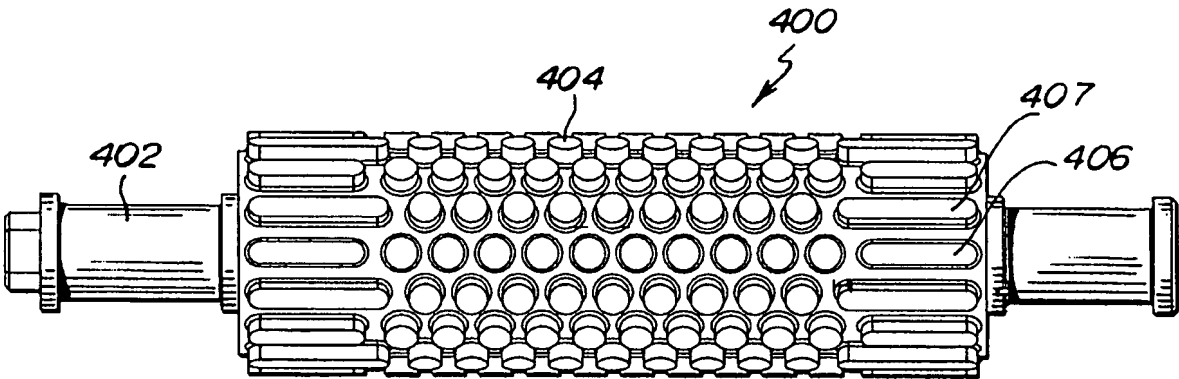
3 第4B圖



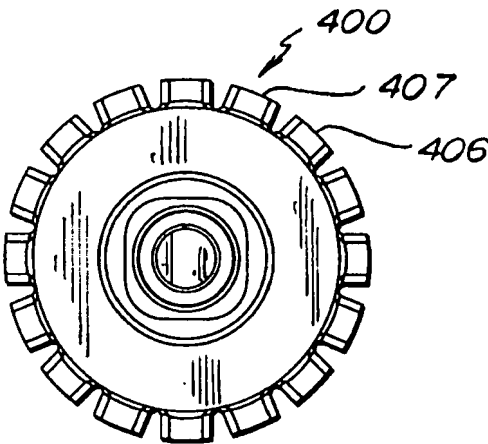
第5B圖



第6A圖



第6B圖



第6C圖

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】 用於基板之化學機械研磨之後段清潔該等基板之刷具、用於對半導體晶圓之表面進行化學機械研磨後段清潔之方法、及用於對晶圓進行化學機械研磨後段清潔之圓柱形泡沫滾筒

A BRUSH FOR CLEANING OF SUBSTRATES FOLLOWING CHEMICAL MECHANICAL POLISHING (POST-CMP) OF THE SUBSTRATES, A METHOD OF POST CMP CLEANING OF A SURFACE OF A SEMICONDUCTOR WAFER AND A CYLINDRICAL FOAM ROLLER FOR POST CMP CLEANING OF WAFERS

【優先權聲明】

本申請案主張於2010年12月21日提出申請之美國臨時申請案第61/425,644號、以及於2010年2月22日提出申請之美國臨時申請案第61/306,582號之優先權，該等美國臨時申請案係以引用之方式全文併入本文中。

【技術領域】

【0001】 本發明概言之係關於基板之化學機械研磨（chemical mechanical polishing；CMP）。更具體而言，本發明係關於一種用於在化學機械研磨之後清潔基板之刷具。

【先前技術】

【0002】 藉由依序沈積導電層、半導體層及絕緣層於晶圓上，可於半導體基板尤其是矽晶圓（silicon wafer）上形成積體電路（integrated circuit；

IC)。可在沈積各該層之後，蝕刻電路部件。在沈積並蝕刻一序列層之後，基板之最上表面可變得越來越不平坦（non-planar）。不平坦之表面可於積體電路製造製程之光刻（photolithographic）步驟中造成問題。因此，需要週期性地平坦化半導體基板表面。

【0003】 鑲嵌（damascene）係為一種藉由絕緣電介質（dielectric）而形成互連金屬線之製程。在鑲嵌中，首先在介電層中以微影方式（lithographically）界定一互連圖案，然後沈積金屬以填充所產生之溝槽。可藉由化學機械研磨（平坦化）而移除過量之金屬。化學機械研磨（CMP）（也被稱為化學機械平坦化）係指一種藉由化學機械研磨而移除固體層之方法，執行該化學機械研磨之目的係使表面平坦化並界定金屬互連圖案。雙鑲嵌（dual damascene）係為鑲嵌製程之一改良形式，用於藉由使用一化學機械研磨（CMP）製程代替金屬蝕刻而形成金屬互連幾何圖形。在雙鑲嵌中，使用二層間電介質圖案化步驟以及一個化學機械研磨步驟便能形成一圖案，而在使用一習知鑲嵌製程時原本將需要二圖案化步驟以及二金屬化學機械研磨步驟才能達成。

【0004】 在一典型之化學機械研磨操作中，使用一旋轉之研磨墊（polishing pad）研磨基板之最外表面，該旋轉之研磨墊接納一化學反應性漿料（slurry）。該基板係定位於該研磨墊之上，並藉由一擋圈（retaining ring）而保持於定位上。通常，該基板及該擋圈係安裝於一載體或研磨頭（polishing head）上。該載體頭對該基板施加一受控之力，以將該基板壓靠於該研磨墊上。該研磨墊於該基板之表面上之移動會使材料藉由化學及機械方式自該基板之表面移除。

【0005】 在研磨之後，傳統上，藉由一擦洗裝置（例如一刷具）自晶

圓表面清潔或擦洗掉漿料殘留物。美國專利第4,566,911號揭露一種具有一齒輪狀構形之清潔刷具滾筒，該清潔刷具滾筒具有多個與滾筒軸線成0度至90度之一夾角而形成之平行凹槽，並且還揭露具有一圓形、橢球形、矩形或菱形等形狀之突起，該等突起之一總表面積係為整個表面積之15%至65%。

【0006】 美國專利第6,299,698號揭露一種晶圓邊緣擦洗刷具，用於同時擦洗一薄盤（例如一半導體晶圓）之平面及異型（例如邊緣）表面。該刷具具有一接觸表面，該接觸表面具有二部分，即一用於接觸一晶圓之一平面之平面部分以及一用於接觸一晶圓之一邊緣表面之異型部分。根據該揭露內容，異型突起較佳為細長的並延伸至該刷具之端部，異型突起（在橫截面中及/或縱向方向上）所具有之一輪廓對應於欲藉由該刷具進行清潔之一晶圓之邊緣區域。該刷具的用於沿一異型平面接觸一晶圓之異型部分在接觸該晶圓之前具有一異型表面。異型突起亦可具有相較平面突起之彈性模量（modulus of elasticity）為高之一彈性模量。

【0007】 然而，在使用傳統之化學機械研磨刷具時，一非所願數量之突起可仍然殘留於經擦洗之基板表面上，尤其殘留於接近邊緣區域中。因此，持續性地需要提供能於基板（例如半導體晶圓）上在中心區域以及邊緣區域中進行均勻清潔之改良方法及刷具。

【發明內容】

【0008】 本發明係為一種可用於清潔例如半導體晶圓、硬碟（hard disk）、平面面板等各種基板之化學機械研磨後段（post-CMP）用之清潔刷具。該化學機械研磨後段用之刷具包含複數中心突起與一或多個邊緣突起之一組合，該等中心突起位於該刷具之一內部區域處，該一或多個邊緣突

起位於該刷具之端部區域處或附近。該等中心突起與該等邊緣突起可相互成一錯列或匹配之排列，並且該刷具上之各該邊緣突起之一上表面較一中心突起之一上表面具有一相等或更大之接觸面積。各該邊緣突起之上表面與一基板邊緣區域之接觸面積係等於或大於一中心突起之上表面與一基板中心區域之接觸面積。該等中心突起之頂部之高度與該等邊緣突起之頂部之高度係實質上相等或差距在約5%或更少之內，一平均高度可為從例如該刷具之一旋轉軸線起所量測之該等突起之一高度。位於該刷具之近端區域處之該等突起不具有該基板之一輪廓。

【0009】 根據本發明之一實施例，一種化學機械研磨後段用之清潔刷具包含一圓柱形泡沫刷具，該圓柱形泡沫刷具具有一第一端以及一第二端，該刷具具有一外表面、以及位於該刷具之一表面上之複數中心突起及複數邊緣突起。該等中心突起係位於該刷具之一中心區域中，並且該等中心突起係藉由複數間隙（gap）而相互隔開。該等邊緣突起係定位為靠近該刷具之第一端以及靠近第二端，並且藉由複數間隙而與該等中心突起隔開。該等中心突起與該等邊緣突起被排列於該刷具之表面上，使中心突起或邊緣突起不形成圍繞該刷具以環形方式延伸之直線通道。該等中心突起具有一頂面以及一中心突起頂面高度，該中心突起頂面高度係自該刷具之一旋轉軸線量測至該中心突起頂面。該等邊緣突起具有一頂面以及一邊緣突起頂面高度，該邊緣突起頂面高度係自該刷具之旋轉軸線量測至該邊緣突起頂面。該中心突起頂面高度與該邊緣突起頂面高度相等或相差一小於該基板之一邊緣輪廓部分之量。一邊緣突起之一頂面之面積係大於一中心突起之一頂面之面積，並且一邊緣突起之頂面之面積係小於由四個或更少中心突起所包圍之面積。

【0010】 在本發明之某些實施例中，中心突起與邊緣突起之排列會產生如下之一刷具：該刷具與一基板間之摩擦力相較於僅具有一中心突起之刷具間之摩擦力之差異約正負10%或更小範圍內。

【0011】 本發明之另一實施例係為一種用於對一半導體晶圓之一表面進行化學機械研磨後段清潔之方法。該方法包含使一旋轉之晶圓和嚙合於其表面之一旋轉圓柱形泡沫滾筒，該圓柱形泡沫滾筒具有沿周向延伸之一列細長突起，該等細長突起圍繞該圓柱形泡沫滾筒延伸。各該突起可具有一側表面及一晶圓嚙合外表面，各該細長突起至少主要地定向於一軸向方向上。該滾筒可定位於該晶圓上，以使該列細長突起被定位成使該晶圓之邊緣僅嚙合該等細長突起之該等晶圓嚙合外表面而非該等側面。在某些實施例中，該列突起可分別以螺旋形式定位於該圓柱形泡沫滾筒上。在該清潔過程中，在該圓柱形泡沫滾筒正在旋轉並嚙合該晶圓時，該圓柱形泡沫滾筒可向外噴射一流體。

【0012】 本發明之另一實施例包含一種用於對晶圓進行化學機械研磨後段清潔之圓柱形泡沫滾筒，該圓柱形泡沫滾筒具有一軸及一圓柱形外基底表面，矩陣配置的複數突起自該圓柱形外表面延伸出。該等突起可全部圍繞該圓柱形泡沫滾筒沿周向自該軸線延伸出一均勻之距離，各該細長突起被定向成在一軸向方向上較在一周向方向上延伸更多的一細長尺寸。在一個實施例中，各該突起皆為一細長突起。

【0013】 在某些實施例中，各該細長突起具有一晶圓嚙合表面，該晶圓嚙合表面具有一跑道（racetrack）形狀之一外周邊。在某些實施例中，該突起矩陣配置包含許多圓柱形突起，該等圓柱形突起自該泡沫滾筒之圓柱形外表面沿徑向向外延伸。在某些實施例中，該矩陣配置包含沿周向延伸

之一列圓柱形突起，該等圓柱形突起鄰近該等沿周向延伸之細長突起，該列圓柱形突起係與該列細長突起交錯排列。矩陣配置之各該突起可具有一晶圓嚙合外表面，各該表面係平行於該泡沫滾筒之該圓柱形外基底表面。矩陣配置之各該突起可具有一晶圓嚙合外表面及一側面，各該表面係為一實質上的平面。

【0014】 本發明各個實施例之一特徵及優點在於，藉由利用該等細長突起之頂面處嚙合晶圓，能防止位於該外表面與晶圓之平面間與該等突起之側面出現剪切力（shear force）以及嚙合晶圓拐角，進而最小化對該等突起之損壞並最大化滾筒之清潔作用。

【0015】 本發明各個實施例之一特徵及優點在於，藉由利用以螺旋形式定向之該等細長突起之頂面處嚙合晶圓，能進一步最小化對突起之損壞，乃因相較於沿軸向（縱向）排列於滾筒上之細長突起或相較於具有一圓形晶圓接觸表面之突起，可更減小晶圓拐角（或邊緣）與突起突然接觸（abruptness）之損壞。

【0016】 本發明各個實施例之一特徵及優點在於，沿周向之複數列細長突起係與沿周向之複數列具有圓形晶圓嚙合表面之突起交錯排列。

【0017】 本發明各個實施例之一特徵及優點在於，一滾筒可全數由複數細長突起構成，該等細長突起係以一矩陣排列方式排列於一化學機械研磨後段用之泡沫清潔滾筒之圓柱形外表面上。該等突起可相互平行地排列。該等突起可以螺旋形式排列。該等突起可為不同之尺寸，包括自圓柱形基底表面沿徑向向外延伸不同之距離。該等細長突起不需均一地定向，亦即其中某些細長突起可沿軸向（縱向）定向，而某些細長突起可為一周向或中間定向（例如螺旋狀的）。

【圖式簡單說明】**【0018】**

第1A圖係為一先前技術化學機械研磨後段用之清潔刷具及一基板（虛線圓圈）之圖式；

第1B圖係為第1A圖之刷具及基板之一邊緣部分之局部視圖；

第1C圖係為第1A圖之刷具及基板之一邊緣部分之局部視圖；

第1D圖係為第1A圖之刷具及基板之一邊緣部分之局部視圖；

第2圖顯示先前技術之另一化學機械研磨後段用之清潔刷具；

第3A圖繪示根據本發明一實施例之一化學機械研磨後段用之清潔刷具位於一刷具芯體上時之立體圖；

第3B圖繪示第3A圖之化學機械研磨後段用之清潔刷具在清潔一基板時之側視圖；

第3C圖繪示第3A圖之化學機械研磨後段用之清潔刷具之端視圖；

第3D圖係為第3A圖之刷具及基板之一邊緣部分之局部視圖；

第4A圖繪示根據本發明一實施例之一化學機械研磨後段用之清潔刷具位於一刷具芯體上時之立體圖；

第4B圖繪示第4A圖之化學機械研磨後段用之清潔刷具在清潔一基板時之側視圖；

第4C圖繪示第4A圖之化學機械研磨後段用之清潔刷具之端視圖；

第5A圖繪示根據本發明一實施例之一化學機械研磨後段用之清潔刷具

位於一刷具芯體上時之立體圖；

第5B圖繪示第5A圖之化學機械研磨後段用之清潔刷具在清潔一基板時之側視圖；

第5C圖繪示第5A圖之化學機械研磨後段用之清潔刷具之端視圖；

第6A圖繪示根據本發明一實施例之一化學機械研磨後段用之清潔刷具位於一刷具芯體上時之立體圖；

第6B圖繪示第6A圖之化學機械研磨後段用之清潔刷具在清潔一基板時之側視圖；以及

第6C圖繪示第6A圖之化學機械研磨後段用之清潔刷具之端視圖。

【實施方式】

【0019】 儘管係闡述各種組成及方法，然而應理解，本發明並不僅限於所述之特定組成、設計、方法或協定（protocol），乃因該等組成、設計、方法或協定可有所變化。亦應理解，本說明中所用之術語僅用於說明特定形式或實施例之目的，而並非旨在限制本發明之範圍，本發明之範圍將僅由隨附申請專利範圍加以限定。如熟習此項技術者將知，可置換「突起（protrusion）」與「突起（nodule）」等術語來說明本文所述化學機械研磨後段（post-CMP）用之清潔刷具之部件。

【0020】 第1A圖至第1D圖繪示一先前技術化學機械研磨後段用之清潔刷具10（其可被稱為一標準刷具）。刷具10包含複數相同之清潔突起14沿刷具之整個長度，俾利用具有相同形狀之突起來清潔一基板12之一中心部分以及基板12之一邊緣部分。由第1B圖、第1C圖及第1D圖可見，在使用中，此種刷具10可使得僅一部分突起14接觸基板12之外邊緣。參照第1D圖，基

板12接觸一突起14之一拐角19，該突起14之一側面15與一頂面或外表面17交匯於拐角19處。此種突起與晶圓邊緣16間之局部邊緣接觸可導致突起14在使用期間變形或破損，並使得基板之端部區域清潔不徹底或不均勻以及對基板本身造成損壞。

【0021】 第2圖繪示另一先前技術化學機械研磨後段用之清潔刷具20。刷具20包含複數標準中心突起22以及複數邊緣突起24，標準中心突起22具有一圓形形狀，邊緣突起24包含與所欲清潔之一基板晶圓之一邊緣對應之外形或輪廓。邊緣突起24之頂面相對於中心突起22之頂面呈一角度或凸起。然而，在該等邊緣突起與該等中心突起之間存在沿周向延伸之一環形或周向直線通道26。此亦可導致對基板之一區域（例如邊緣區域）進行之清潔不均勻。

【0022】 利用該化學機械平坦化後段用之清潔刷具（CMP刷具）來清潔基板之邊緣區域，例如移除一半導體晶圓之邊緣區域的漿料突起，相較傳統之化學機械研磨刷具，會使基板之一中心區域處之清潔度相較該基板之邊緣區域中之清潔度得以提升（清潔度的量測可藉由例如基板上之突起數目或光點缺陷，抑或藉由座滴接觸角度（sessile drop contact angle）），並藉由一化學機械研磨刷具具有複數中心突起與複數邊緣突起之一組合，且該等中心突起位於該刷具之一內部區域處，該等邊緣突起則位於該刷具之近端區域中。其中，該等中心突起與該等邊緣突起係相互成一錯列（或匹配）排列方式，並且該刷具上之各該邊緣突起之一上表面相較一中心突起之一上表面具有相等或一較大之接觸面積。各該邊緣突起之上表面與一基板邊緣區域之接觸面積係等於或大於一中心突起之上表面與一基板中心區域之接觸面積。該化學機械研磨後段用之清潔刷具可為一泡沫刷具。清

潔過程中，滾筒旋轉並嚙合晶圓時，可藉由該泡沫滾筒刷具而向外噴射一流體。

【0023】 第3A圖至第3C圖繪示根據本發明一實施例之一大體圓柱形化學機械研磨後段用之清潔刷具或泡沫滾筒100。刷具100被繪示為安裝於用於旋轉該刷具之一刷具芯體或芯軸102上，並包含一通用圓柱形之本體部分101，本體部分101具有自其突出之一矩陣配置101，矩陣配置101係由複數中心突起104或結節狀物以及複數軸向邊緣突起106或結節狀物構成。由圖可見，刷具100接觸一基板108，俾使中心突起104接觸基板108之一中心區域100且邊緣突起106接觸基板108之一邊緣區域112。中心突起104藉由複數間隙而沿該刷具之長度相互隔開，且複數間隙亦將中心突起104與邊緣突起106隔開。邊緣突起106與基板邊緣區域112之接觸面積係約大於一中心突起104與中心區域108之接觸面積，並且該整個邊緣區域與所有或一部分軸向邊緣突起106接觸。邊緣突起106可設置為一錯列排列方式，俾使某些邊緣突起106延伸至刷具100之邊緣或該邊緣附近，而其他邊緣突起106自刷具100之邊緣偏移開。具有此種偏移、錯列之關係之突起104、106，不會圍繞刷具100形成環形通道。邊緣突起106與中心突起104被繪示為具有大約相同之高度，以及中心突起104與邊緣突起106間之間距係實質上相等。相較如第1圖所示之僅具有中心突起或標準突起之一刷具，化學機械研磨後段用之清潔刷具100之外邊緣處具有較大的突起覆蓋區（foot print），並能藉此增強對基板邊緣部分之清潔並增大與基板之摩擦力或力矩。

【0024】 另外，由第3D圖可見，細長邊緣突起106使得基板邊緣與邊緣突起106之晶圓嚙合頂面或外表面107以及中心突起104之晶圓嚙合頂面或外表面103之間能夠完全接觸。因此，基板108不與邊緣突起106之側面109

或中心突起104之側面105接觸。此能避免在標準刷具中突起及基板損壞之問題，在標準刷具中可能因局部突起邊緣接觸晶圓邊緣上而產生該等問題。儘管未詳細繪示，然而應注意，本文所述之根據本發明各個實施例之所有邊緣突起及中心突起皆包含具有此種晶圓嚙合側面及頂面或外表面之突起，並且在各該實施例中，基板僅接觸該等突起之晶圓嚙合外表面而非側面。

【0025】 現在參照第4A圖至第4C圖，根據本發明另一實施例之一化學機械研磨後段用之清潔刷具或泡沫滾筒200被繪示安裝於一刷具芯體或芯軸202上。刷具200包含一通用圓柱形之本體部分201，本體部分201具有一自其突出之用於清潔一基板208之矩陣配置201，矩陣配置201係由複數中心突起204以及複數螺旋形（spiral）或螺旋狀（helical）邊緣突起206構成。在一個實施例中，邊緣突起206佔據自刷具邊緣朝刷具中心之一距離，該距離在長度上係介於二中心突起204與四個中心突起204（包括間隙）之間。舉例而言，在所示之實施例中，邊緣突起206所具有之一長度係自刷具200之邊緣向內延伸大約三個中心突起204。在該實施例中，邊緣突起206之構形係為基本上為螺旋狀或螺旋形外觀。該等邊緣突起206在基板208之一邊緣區域212上之基板外邊緣211下面/內側提供一接觸面積，該接觸面積係大於一中心突起204與該基板之中心區域210之接觸面積。螺旋形邊緣突起206與中心突起204以一錯列對齊方式排列，俾使中心突起204與邊緣突起206之間不形成環形或周向通道。此外，邊緣突起包括第一組邊緣突起及第二組邊緣突起，該第一組邊緣突起係設置於中心區域與圓柱形本體之一第一端之間，且該第二組邊緣突起設置於中心區域與圓柱形本體之一第二端之間，其中該第一組邊緣突起及該第二組邊緣突起之近端端部係提供一錯列對齊方式沿周緣地圍繞該軸。或者，複數個細長邊緣突起之一列提供一錯

列對齊方式沿周緣地圍繞該圓柱形泡沫滾筒之該軸之一端部延伸，且複數個中心突起之一列提供一錯列對齊方式沿周緣地圍繞該軸靠近該等細長邊緣突起之一列。除此之外，複數個細長邊緣突起包含具有若干細長邊緣突起之一列提供一錯列對齊方式沿周緣地圍繞該軸延伸，且複數個中心突起包含具有若干中心突起之一列提供一錯列對齊方式沿周緣地圍繞該軸延伸。

【0026】 第5A圖至第5C圖繪示根據本發明另一實施例之一化學機械研磨後段用之清潔刷具或泡沫滾筒300，刷具300被繪示為安裝於一用於旋轉刷具300之刷具芯體或芯軸302上。刷具300包含一通用圓柱形之本體301，本體301具有一自其突出之矩陣配置311，矩陣配置311係由複數中心突起304以及複數軸向邊緣突起306構成。邊緣突起306在面積及長度上分別相等並且係以一錯列排列方式設置，俾使某些突起延伸至靠近該刷具之邊緣、而某些突起則偏移開且與中心突起304交疊。一邊緣突起306之頂面之長度（長之尺寸）可小於由四個中心突起304（包括間隙）所包圍之長度。另外，在該實施例中，一邊緣突起306之頂面之寬度（或較短之尺寸）可小於一中心突起304之直徑。由一邊緣突起306之頂面所圍繞之總面積可小於由三個中心突起304（包括間隙）所包圍之總面積。一邊緣突起接觸該基板之部分與該邊緣突起不接觸該基板之部分皆至少與一中心突起一樣大。選擇該等邊緣突起之面積，以在一基板與刷具300之間提供均勻之摩擦力分佈並最小化基板震動，進而使得在該基板之中心區域與邊緣區域之間進行均勻之清潔。在中心突起304與邊緣突起306之間交疊設置，俾使圍繞刷具300延伸之環形或周向連續直通道無法形成。設置於外邊緣處之較大突起覆蓋區能增強對晶圓邊緣之清潔。相較如第1圖所示之一僅具有相同尺寸之中心突起之刷具，該等圖式中之化學機械研磨後段用之清潔刷具300與基板之摩

擦力/力矩大致相同（在 $\pm 10\%$ 範圍內）或更小。

【0027】 現在參照第6A圖至第6C圖，其繪示根據本發明之一化學機械研磨後段用之清潔刷具或泡沫滾筒400之另一實施例，刷具400被繪示為安裝於一用於旋轉刷具400之一刷具芯體或芯軸402上。刷具400包含一通用圓柱形之本體部分401，本體部分401具有一矩陣配置411，矩陣配置411係由複數中心突起404與複數第一軸向邊緣突起406及複數第二軸向邊緣突起407構成，第一軸向邊緣突起406具有一第一長度且第二軸向邊緣突起407具有一第二長度。第一邊緣突起406與第二邊緣突起407皆延伸至靠近刷具400之邊緣，然而，第二邊緣突起407之較大之長度在該等邊緣突起406、407之間提供一偏移量（offset）並提供與中心突起404之一交疊，進而不提供周向或軸向通道。第一邊緣突起406之長度可小於三個中心突起404（包括間隙）之長度，並且第二邊緣突起407之長度可小於由四個中心突起404所包圍之長度。另外，各該邊緣突起406、407之寬度皆可小於一中心突起之直徑。各該邊緣突起406、407之接觸基板邊緣部分之部分以及不接觸該基板之部分皆可至少與一中心突起404一樣大。該等邊緣突起之面積被選擇成使該基板與該清潔刷具間之摩擦力均勻地分佈於該基板上並最小化基板震動，俾在該基板之中心與邊緣處進行相同程度之清潔。該刷具之外邊緣處之較大突起覆蓋區能增強對晶圓邊緣之清潔，且相較利用僅具有中心突起之標準刷具所量測之一摩擦力或力矩，能提供大約相等（在 $\pm 10\%$ 範圍內）或更小的與基板之摩擦力/力矩。

【0028】 中心突起具有一頂面及一高度，該高度可自該刷具之一旋轉軸量測至該頂面。該等邊緣突起類似地具有一頂面及一高度，該高度可自該刷具之旋轉軸量測至該頂面。在某些實施例中，中心突起頂面高度與邊

緣突起頂面高度相等（在約 $\pm 1\%$ 或更小範圍內），或者相差一小於該基板之一邊緣輪廓部分之量。

【0029】 在本發明之某些實施例中，一邊緣突起之一頂面之面積係大於一中心突起之一頂面之面積，並且一邊緣突起之一頂面之面積係小於由四個中心突起所包圍之面積。在某些實施例中，一邊緣突起之一頂面之面積係小於由三個中心突起所包圍之面積。在其他實施例中，該刷具可包含複數具有不同面積之邊緣突起之一組合。舉例而言，如第6A圖至第6C圖所示，某些邊緣突起所具有之一頂面面積可小於由四個或更少中心突起所包圍之面積，並且其他突起所具有之一頂面面積係小於由三個或更少中心突起所包圍之面積。

【0030】 本發明之各種實施例包含複數中心突起與複數邊緣突起之一組合，該等中心突起位於該刷具之內部區域處，該等邊緣突起位於該刷具之一或多個端部區域處，其中該等邊緣突起係與該等中心突起成一錯列構形。此會在該刷具上提供突起輪廓之一變化，該變化可用於由該等突起自基板中心區域至基板邊緣區域形成接觸壓力、摩擦力以及接觸面積之變化。此亦能避免形成一周向通道。在複數列突起之間，可形成複數軸向通道。

【0031】 一般而言，一邊緣突起之接觸面積係大於一中心突起之接觸一基板之面積。一列中之邊緣突起之接觸面積係與相鄰列中之中心突起之一接觸面積局部地交疊，俾在化學機械研磨刷具清潔期間，該等突起完全地接觸覆蓋於基板上。在某些形式中，邊緣突起延伸靠近該刷具之第一端及第二端之端部，如第6A圖至第6C圖所示。在其他形式中，如第5A圖至第5C圖所示，邊緣突起可自該刷具之該等端部偏移開。

【0032】 該刷具之中心區域一般可在該基板之中心部中接觸基板表面積之30%至90%。在某些實施例中，該刷具之中心區域可在該基板之中心區域中接觸基板表面積之55%至65%。更具體而言，該刷具之中心區域可在該基板之中心區域中接觸基板表面積之57%至62%。

【0033】 該刷具之一內部區域處之中心突起可包括以下突起：平面圓形突起、細長之二維或三維突起、截頭圓錐體突起、截平式突起、具有圓形、橢球形、矩形、三角形、圓角矩形、梯形或菱形橫截面之突起、以及本領域已知之其他可輕易模製之形狀之突起。在某些實施例中，該等突起可具有一或多個圓形或半圓形拐角、及其任意組合。各該中心突起皆具有一上表面，該上表面與一基板具有一接觸面積，該接觸面積係等於或小於各該邊緣突起之上表面與該基板之接觸面積。

【0034】 該刷具之近端區域中之複數邊緣突起可包括以下突起：平面圓形突起、細長之二維或三維突起、截頭圓錐體突起、截平式突起、具有圓形、橢球形、矩形、三角形、圓角矩形、梯形或菱形橫截面之突起、以及本領域已知之其他可輕易模製之形狀之突起。在某些實施例中，該等突起可具有一或多個圓形或半圓形拐角、及其任意組合。在某些實施例中，該等邊緣突起所具有之一端部半徑係對應於該刷具之中心區域突起。在其他實施例中，該端部半徑可大於或小於該等中心突起之半徑。各該突起在基板邊緣「下面（underneath）」或內側提供一接觸面積，並且該等邊緣突起所具有之可用接觸面積可自該基板邊緣「下面」延伸出。

【0035】 各該邊緣突起之上表面與基板之接觸面積係大體上等於或大於一中心突起之上表面與該基板之接觸面積。在該化學機械研磨後段用之清潔刷具之某些實施例中，例如第6A圖至第6C圖所示，邊緣突起具有一

第一長度及一第二長度，其中該第一長度不同於該第二長度。某些邊緣突起之頂面亦可具有一第一面積，並且其他邊緣突起之頂面具有一第二面積，其中該第一面積不同於該第二面積。在其他實施例中，所有邊緣突起皆可具有相同之長度及面積，或者可存在具有三或更多個不同長度或頂面面積之複數邊緣突起。

【0036】 該刷具上其中之一或多個邊緣突起實質上至少提供一中心突起與基板接觸之接觸面積。在本發明之某些形式中，一或多個邊緣突起之全部或一部分可延伸至該刷具之端部或延伸靠近該端部。在本發明之某些形式中，邊緣突起可相對於一條延伸穿過一列中心突起之線平行，該等突起被稱為「軸向」邊緣突起。在本發明之其他形式中，一或多個邊緣突起之全部或一部分可沿一條延伸/推延（*extending/extrapolated*）穿過一列中心突起之線開始，並且邊緣突起可沿一條與延伸/推延穿過一或多列相鄰中心突起之線相交之非平行方向延伸；在某些形式中，該等突起被稱為螺旋形邊緣突起或螺旋狀邊緣突起。在其中邊緣突起沿一條與一或多列相鄰中心突起相交之非平行方向延伸之某些形式中，該等邊緣突起之最外部分可或不終止於與該等相鄰中心突起列對齊之形式。邊緣突起不具有與刷具所接觸之基板之邊緣相對應之輪廓。

【0037】 在本發明之某些實施例中，如第3A圖至第3C圖以及第4A圖至第4C圖所示，該等邊緣突起之頂面面積係大於一單一中心突起之面積，並且該等邊緣突起之頂面之長度、寬度及面積係大約等於由三個中心突起（包括間隙）所覆蓋之面積。在本發明之其他實施例中，該等邊緣突起之頂面面積係大於一單一中心突起之面積但小於由四個中心突起（包括間隙）所包圍之面積，且在某些情形中小於由三個中心突起（包括間隙）所包圍

之面積。在某些實施例中，該刷具之邊緣上不存在部分的突起。

【0038】 該刷具上之複數突起完全地接觸覆蓋該基板一突起設置及調整尺寸使得在清潔期間，旋轉之刷具之表面上被一或多個突起接觸整個基板表面。舉例而言，在本發明之一實施例中，在平行於該刷具之旋轉軸線延伸之一列中，該列上複數中心突起可實質上均等地間隔開，其中一單一系列中之該等突起或該突起係藉由一間隙而相互隔開。然後，相鄰各列中之中心突起可逐列地錯列排列，以完全地接觸覆蓋基板表面。在某些實施例中，一系列突起之頂部區域係與相鄰列中之間隔開之突起間之間隙交疊。在該刷具上任何突起皆不形成環形通道，尤其是在有邊緣突起設置之位置上。

【0039】 邊緣突起係位於每一列中心突起之端部處，並藉由一間隙而與中心突起間隔開，該間隙係相似或相同於該等中心突起間之間隙。該等邊緣突起之長度可延伸至該刷具之邊緣或延伸靠近該邊緣，或者該等邊緣突起可自該刷具之邊緣偏移開。

【0040】 在本發明之各種形式中，刷具可被模製成型為一圓柱形本體，該圓柱形本體具有一外表面以及自該外表面延伸之複數中心突起。複數中心突起可以規則的間隔設置於平行或傾斜之列中。該等列間之間距可界定一通道，該通道可相對於該刷具之旋轉軸線而為軸向的、傾斜的或呈不同角度。該等中心突起可在一沿該圓柱形本體之縱向軸線之方向上彼此偏移開，並具有一尺寸，該尺寸使得該等平行列中之突起成一錯列且交疊之排列方式，進而使一或多個突起完全地接觸覆蓋基板表面。該等中心突起之一偏移量可沿該刷具之外部形成螺旋形通道，該等通道係藉由相鄰各列中之複數對中心突起形成。

【0041】 在本發明之各種形式中，中心區域突起與邊緣區域突起之錯列組合在邊緣突起與基板邊緣區域之間提供實質上相同之接觸壓力或摩擦力及延長之接觸時間。此係藉由基板表面上之突起數目或突起增加量、刷具壓縮不足或不存在刷具扭轉、該等中心突起與該基板之內部區域間之接觸壓力或摩擦力、或其任一組合作為量測方式。在具有複數邊緣突起及複數中心突起之化學機械研磨後段用之刷具之各種形式中，該刷具之特徵可在於，在該刷具與一基板之間所量測之摩擦力或力矩係處於在同一基板與一僅具有覆蓋中心區域及邊緣區域之中心突起之刷具（如第1圖所示之標準刷具）之間所量測之摩擦力或力矩相差小於或大約 $\pm 10\%$ 內。

【0042】 本發明之刷具可被製作成滑動至刷具芯體或芯軸上，或者可被澆鑄至芯體上。該等刷具可使用一堅硬、多孔、具有彈性且具有一定之耐摩擦性之適宜材料製成。在本發明之某些形式中，用於該裝置之主要起始原料係為聚乙烯醇（polyvinyl alcohol；PVA）。聚乙烯醇係用於形成一聚乙烯醇縮醛（polyvinyl acetal）多孔彈性材料。該多孔材料在特性根據清潔度、成孔劑或成孔製程之類型、將聚乙烯醇轉變成聚乙烯醇縮醛之醛之類型、以及其他因素而有所變化。可由酸催化劑及醛與聚乙烯醇水溶液相混合而製備PVA海綿材料，該聚乙烯醇水溶液係由多乙酸乙烯酯均聚物（polyvinyl acetate homopolymer）或包含按重量計小於25%之共聚物或摻雜有固體重量不大於10%之水溶性聚合物之多乙酸乙烯酯所製成。其他影響多孔材料之性質之因素亦包括反應物、催化劑之相對比例、反應溫度及時間、以及製造製程中之一般條件及起始材料。製造製程之潔淨度在製造該等裝置時亦頗為重要。亦可使用其他可模製之刷具材料，例如耐綸（nylon）、聚氨基甲酸酯（polyurethane）、或聚氨基甲酸酯與PVA或共聚物之一組合，但不此為限。該等共聚物不會刮傷基板表面並為該製程提供適當之移除材

料，該等材料包括以下專利中所揭露者：Schindler之美國專利第4,083,906號（聚乙二醇-聚丙烯醯胺）、Andros和Nicholas之美國專利第5,311,634號（表面活性劑空氣泡沫系統及核心鑄件）、Rosenblatt、Solomon之美國專利第5,554,659號（表面活性劑空氣泡沫）、Wilson、Christopher之美國專利第2,609,347號（早期表面活性劑泡沫系統）以及Nishimura等人之美國專利第3,663,470號（早期基於澱粉之海綿）。該等美國專利之內容係以引用之方式併入本文中。WO/2005/016599中亦闡述了刷具及其製造方法，WO/2005/016599之內容係以引用之方式併入本文中。

【0043】 基板可為半導體晶圓、光碟（compact disk）、玻璃基板等。上述基板皆可使用一傳統之PVA刷具擦洗器搭配本發明之化學機械研磨後段用之清潔刷具予以清潔。該傳統擦洗器（scrubber）包含一對PVA刷具，且各該刷具皆包含位於其表面上之複數突起以及位於該等突起中間之複數凹部（valleys）。該擦洗器亦包含一用於支撐一晶圓之平台以及一用於旋轉該對PVA刷具之機構。該平台包含複數旋轉機構，以用於旋轉所欲清潔之晶圓或其他適當基板。美國專利第6,299,698號及美國專利第5,675,856號中揭露了刷具盒（brush box）操作之一般操作態樣，該等美國專利係以引用之方式併入本文中。

【0044】 該刷具之中心區域及邊緣區域具有複數突起，該等突起在研磨期間接觸晶圓。一組中心突起位於該刷具之中心部分上。該等突起可界定一平面或圓柱形接觸表面。為易於製造，該等突起之平面或圓柱形接觸表面可為圓形的或對稱的。可形成複數列的圓形平面突起。類似地，一組邊緣突起位於該刷具之邊緣部分上。該等邊緣突起接觸該基板之邊緣區域。在一個實施例中，邊緣突起係為具有輻射狀拐角之矩形。該等邊緣突

起不會受到清潔過程之損壞。

【0045】 一凹陷區域（有時被稱為間隙）環繞中心突起及邊緣突起，以提供一通道來供化學機械研磨後段用之清潔化學品、溶劑、及殘留漿料（被自基板表面移除）以及其他污染物穿過該通道。以此方式，殘留漿料可藉由該等中心突起及該等邊緣突起而自晶圓之平面及晶圓之邊緣表面二者有效地清潔掉。溶劑及殘留漿料可輕易地穿過該凹陷區域及間隙，直至重力及/或一輔助液體流將殘留漿料或其他微粒污染物自每一刷具移除為止。

【0046】 儘管上文係顯示用於體現本發明各個態樣之若干實例性製品、組成、設備及方法，然而當然應理解，本發明並不僅限於該等實施例。熟習此項技術者可尤其根據上文之教示內容而作出各種修飾。舉例而言，一個實施例之組件及特徵可被取代為另一實施例之對應組件及特徵。進一步，本發明可包含該等實施例的任一組合或子組合形式之各種態樣。

【符號說明】

【0047】

10 清潔刷具

12 基板

14 突起

15 側面

16 晶圓邊緣

17 頂面/外表面

- 19 拐角
- 20 清潔刷具
- 22 標準中心突起
- 24 邊緣突起
- 26 環形或周向直線通道
- 100 清潔刷具/泡沫滾筒/中心區域
- 101 本體部分
- 102 刷具芯體/芯軸
- 103 晶圓嚙合頂面或外表面
- 104 中心突起
- 105 側面
- 106 邊緣突起
- 107 晶圓嚙合頂面或外表面
- 108 基板/中心區域
- 109 側面
- 111 矩陣配置
- 112 邊緣區域
- 200 清潔刷具或泡沫滾筒
- 201 本體部分

- 202 刷具芯體或芯軸
- 204 中心突起
- 206 邊緣突起
- 208 基板
- 210 中心區域
- 211 外基板邊緣/矩陣配置
- 212 邊緣區域
- 300 清潔刷具或泡沫滾筒
- 301 本體
- 302 刷具芯體或芯軸
- 304 中心突起
- 306 邊緣突起
- 311 矩陣配置
- 400 清潔刷具/泡沫滾筒
- 401 本體部分
- 402 刷具芯體/芯軸
- 404 中心突起
- 406 第一邊緣突起
- 407 第二邊緣突起

411 矩陣配置

【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】

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

【序列表】(請換頁單獨記載)



I645914

發明摘要

※ 申請案號：104143352

※ 申請日：100年2月22日

※IPC 分類：

【發明名稱】 用於基板之化學機械研磨之後段清潔該等基板之刷具、用於對半導體晶圓之表面進行化學機械研磨後段清潔之方法、及用於對晶圓進行化學機械研磨後段清潔之圓柱形泡沫滾筒

A BRUSH FOR CLEANING OF SUBSTRATES FOLLOWING CHEMICAL MECHANICAL POLISHING (POST-CMP) OF THE SUBSTRATES, A METHOD OF POST CMP CLEANING OF A SURFACE OF A SEMICONDUCTOR WAFER AND A CYLINDRICAL FOAM ROLLER FOR POST CMP CLEANING OF WAFERS

【中文】

本發明之實施例包含一種化學機械研磨（CMP）刷具，該化學機械研磨刷具包含複數中心突起與一或多個邊緣突起之一組合，該等中心突起位於該刷具之一內部區域處，該一或多個邊緣突起位於該刷具之一端部區域處，其中該等中心突起與該等邊緣突起係相互成一錯列或匹配之排列，並且該刷具上之各該邊緣突起之一上表面較一中心突起之一上表面具有相等或更大之一接觸面積。各該邊緣突起之該上表面與基板邊緣區域之接觸面積係等於或大於一中心突起之上表面與基板中心區域之接觸面積。

【英文】

Embodiments of the invention include a CMP brush that has a combination of central nodules at an inner region of the brush and one or more edge nodules at an end region of the brush where the central nodules and edge nodules are in a staggered or matched arrangement with each other and an upper surface of each edge nodule on the brush has the same or a greater contact area than an upper surface of a central nodule. The area of contact of the upper surface of each edge nodule with the substrate edge region is the same or greater than the area of contact of the upper surface of a central nodule with the substrate center region.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（3A）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

100 清潔刷具/泡沫滾筒

101 本體部分

102 刷具芯體/芯軸

104 中心突起/突起

106 邊緣突起/突起

111 矩陣配置

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

申請專利範圍

1. 一種用於基板之化學機械研磨之後段清潔該等基板之一刷具，包含：

一大體圓柱形本體，具有一軸；

複數中心突起，於該圓柱形本體之一中心區域自該圓柱形本體向外突出，該等中心突起係相互間隔並藉由複數中心間隙而隔開；及

複數邊緣突起，自該圓柱形本體向外突出並具有不同於該等中心突起之一形狀，其中各該等邊緣突起係延伸且具有朝向該等中心突起之一近端端部，該等邊緣突起包含一第一組邊緣突起及一第二組邊緣突起，該第一組邊緣突起係設置於該中心區域與該圓柱形本體之一第一端之間，且該第二組邊緣突起設置於該中心區域與該圓柱形本體之一第二端之間，其中該第一組邊緣突起及該第二組邊緣突起之該等近端端部係提供一錯列對齊方式沿周緣地圍繞該軸，該等中心突起係藉由複數邊緣間隙而與各組該邊緣突起間隔，其中：

周向相鄰之該等列之該等中心突起，其中各周向之該等列之該等中心突起包含該等中心突起以一錯列對齊之方式沿周緣地圍繞該軸，且周向的相鄰各列邊緣突起係提供以一錯列、交錯之對齊方式圍繞該圓柱形本體，俾使各該周向的各列邊緣突起之部分及一相鄰列之該等中心突起之部分，間斷地跨過一個垂直於該軸之一單一平面及該周向相鄰各列之該等邊緣突起，該等中心突起不形成圍繞該圓柱形本體沿周向延伸之一環形直線通道；

相較各該中心突起之一頂面之一表面積，各該邊緣突起之一頂面具有適於接觸一基板之一更大表面積；以及

該等邊緣突起之該等頂面與該等中心突起之該頂面自該圓柱形本體之該軸實質上延伸一相同之高度。

2. 如請求項1所述之用於基板之化學機械研磨之後段清潔該等基板之刷具，其中該第一組邊緣突起與該第二組邊緣突起分別為一單周向列邊緣突起。
3. 如請求項1所述之用於基板之化學機械研磨之後段清潔該等基板之刷具，其中各該邊緣突起之該頂面之該表面積係小於由四個中心突起之該頂面及相關聯之中心間隙所包圍之面積。
4. 如請求項3所述之用於基板之化學機械研磨之後段清潔該等基板之刷具，其中各該邊緣突起之該頂面之該表面積係實質上等於由三個中心突起之該頂面以及相關聯之中心間隙所包圍之面積。
5. 如請求項1所述之用於基板之化學機械研磨之後段清潔該等基板之刷具，其中該等邊緣突起及該等中心突起係排列成複數個軸向列，在該等列之間界定複數個軸向通道。
6. 如請求項1所述之用於基板之化學機械研磨之後段清潔該等基板之刷具，其中該第一組邊緣突起與該第二組邊緣突起中之至少其中之一者之該等邊緣突起包含具有一第一長度之邊緣突起以及具有一第二長度之邊緣突起，且該第二長度大於該第一長度。
7. 如請求項6所述之用於基板之化學機械研磨之後段清潔該等基板之刷具，其中具有該第一長度之該等邊緣突起及具有該第二長度之該等邊緣突起在周向上交替圍繞該圓柱形本體，並鄰近該圓柱形本體之一邊緣對齊，而使得具有該第二長度之該等邊緣突起較具有該第一長度之該等邊

緣突起朝該圓柱形本體之該中心區域延伸更遠。

8. 如請求項1所述之用於基板之化學機械研磨之後段清潔該等基板之刷具，其中該第一組邊緣突起與該第二組邊緣突起中之至少其中之一者之該等邊緣突起皆具有一相同長度。
9. 如請求項8所述之用於基板之化學機械研磨之後段清潔該等基板之刷具，其中該相同長度之該等邊緣突起係交替圍繞該圓柱形本體沿周向設置，且鄰近該圓柱形本體之一邊緣對齊並在該圓柱形本體上更向內偏置。
10. 一種用於對一半導體晶圓之一表面進行化學機械研磨後段清潔之方法，該方法包含：

使一旋轉之晶圓之該表面嚙合一旋轉之圓柱形泡沫滾筒，該圓柱形泡沫滾筒具有一軸及一長度，且包含複數細長邊緣突起及複數中心突起，其中各該細長邊緣突起具有較各該中心突起之一不同形狀，且該等細長邊緣突起與該等中心突起皆自該軸徑向地延伸一均勻距離，該等細長邊緣突起之一列提供一錯列對齊方式沿周緣地圍繞該圓柱形泡沫滾筒之該軸之一端部延伸，且該等中心突起之一列提供一錯列對齊方式沿周緣地圍繞該軸靠近該等細長邊緣突起之一列，該等中心突起之該列係周向地交錯，俾使各該等中心突起之該列及該等細長邊緣突起之該列間斷地跨過一單一平面並垂直於該軸，其中各該細長邊緣突起以及各該中心突起具有一側面及一晶圓嚙合外表面，各該細長邊緣突起至少主要地定向於一軸向方向上；以及

定位該滾筒於該晶圓上，以使該列之該等細長邊緣突起被定位成使

該晶圓之該邊緣僅嚙合該晶圓嚙合外表面而非各該列之該等細長邊緣突起之各該等細長邊緣突起之該側面。

11. 如請求項10所述之方法，其中各列之該等細長邊緣突起之該等細長邊緣突起係分別以螺旋形式定位於該圓柱形泡沫滾筒上。
12. 如請求項10所述之方法，更包含在該圓柱形泡沫滾筒正在旋轉並嚙合該晶圓時通過該圓柱形泡沫滾筒向外噴射一流體之步驟。
13. 一種用於對一晶圓進行化學機械研磨後段清潔之圓柱形泡沫滾筒，該圓柱形泡沫滾筒具有一軸及一圓柱形外基底表面，該圓柱形外基底表面具有自該圓柱形外表面延伸出之一突起矩陣配置，且該突起矩陣配置包含複數細長邊緣突起及複數中心突起，各該等細長邊緣突起定義一細長尺寸且具有一頂面，該頂面所具有一表面積係大於各該等中心突起之一頂面之一表面積，其中各該等細長邊緣突起及各該等中心突起之該等頂面全部自該軸線延伸出一均勻之距離，

該等細長邊緣突起包含具有若干細長邊緣突起之一列提供一錯列對齊方式沿周緣地圍繞該軸延伸，且該等中心突起包含具有若干中心突起之一列提供一錯列對齊方式沿周緣地圍繞該軸延伸，其中該等中心突起之該列係沿周緣的與該等細長邊緣突起之該列交錯，俾使各該等中心突起之該列及各該等細長邊緣突起之該列之部分間斷地跨過垂直於該軸之一單一平面，以及

各該等細長邊緣突起係被定向以使其細長尺寸至少一部份主要是在一軸向方向上延伸。

14. 如請求項13所述之圓柱形泡沫滾筒，其中各該等細長邊緣突起之該頂面

係為一晶圓嚙合表面，該晶圓嚙合表面具有一跑道（racetrack）形狀之一外周邊，且其中該等細長邊緣突起之該列具有若干第一細長邊緣突起及若干第二細長邊緣突起，該等第一細長邊緣突起具有一第一長度，該等第二細長邊緣突起具有一第二長度，該第二長度係大於第一長度。

15. 如請求項13所述之圓柱形泡沫滾筒，其中各該等中心突起係為圓柱形，且其中各該邊緣突起之該頂面之該表面積係小於由四個中心突起之該頂面及相關聯之中心間隙所包圍之面積。
16. 如請求項13所述之圓柱形泡沫滾筒，各該等細長邊緣突起係被定向以使其細長尺寸至少一部份是沿著一軸向方向及一周向方向上延伸，其中該細長尺寸在一軸向方向上係比一周向方向上延伸更多。
17. 如請求項13所述之圓柱形泡沫滾筒，其中該突起矩陣配置之各該突起具有一晶圓嚙合外表面，各該晶圓嚙合外表面係平行於該圓柱形泡沫滾筒之該圓柱形外基底表面。
18. 如請求項13所述之圓柱形泡沫滾筒，該等細長邊緣突起之該列係為一第一周向延伸列，且該圓柱形泡沫滾筒更包含該等細長邊緣突起之一第二列與該等中心突起之一第二列，該等細長邊緣突起之該第二列提供一錯列對齊方式沿周緣地圍繞該軸之該圓柱形泡沫滾筒之一第二端部，且該等中心突起之該第二列提供一錯列對齊方式沿周緣地圍繞該軸鄰近該等細長邊緣突起之該第二列延伸，該等中心突起之該第二列係周向地與該等細長邊緣突起之該第二列互相交錯以使各該等中心突起之該第二列及各該等細長邊緣突起之該第二列之部分間斷地跨過垂直於該軸之一單一平面，其中該等中心突起之該列及該等中心突起之該第二列係被

定向於該等細長邊緣突起之該第一周向延伸列與該等細長邊緣突起之該第二列之間。

19. 如請求項14所述之圓柱形泡沫滾筒，其中該等第一細長邊緣突起及該等第二細長邊緣突起交替地周向圍繞該軸且沿著鄰近該圓柱形基底表面之一邊緣對齊，使得該第二細長邊緣突起較該第一細長邊緣突起朝該等中心突起延伸更遠。