



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I741753 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：109128822

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 08 月 24 日

(51)Int. Cl. : **B24B37/24 (2012.01)**

(30)優先權：2019/10/29 南韓 10-2019-0135512

2019/10/30 南韓 10-2019-0136302

(71)申請人：南韓商 S K C 索密思股份有限公司 (南韓) SKC SOLMICS CO., LTD. (KR)
南韓(72)發明人：尹晟勳 YUN, SUNGHOON (KR)；許惠映 HEO, HYE YOUNG (KR)；徐章源 SEO,
JANG WON (KR)

(74)代理人：劉法正；尹重君

(56)參考文獻：

TW 201623442A

TW 201829123A

TW 201900336A

CN 109689299A

JP 2018-51726A

US 2019/0321937A1

審查人員：劉添雷

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：4 共 51 頁

(54)名稱

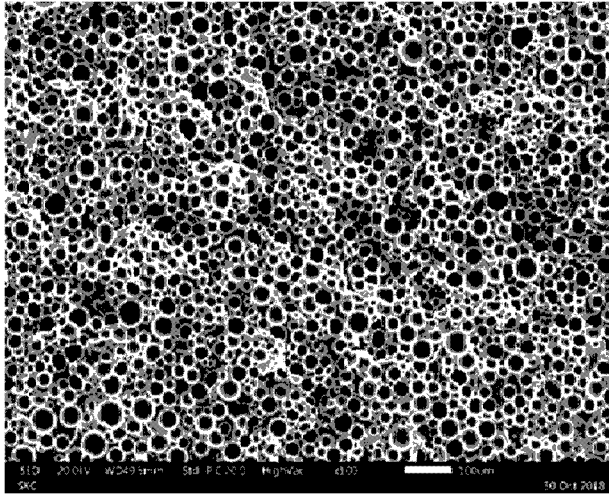
研磨墊、製造該研磨墊之方法及使用該研磨墊以製造半導體裝置之方法

(57)摘要

實施例關於用於半導體的化學機械平坦化(CMP)方法中的研磨墊、製造該研磨墊之方法及使用該研磨墊以製造半導體裝置之方法。在根據實施例的研磨墊中，複數個孔洞的尺寸(或直徑)和分佈可被調整，藉其可進一步增進研磨性能，例如研磨速率和晶圓內不均勻性。

Embodiments relate to a polishing pad for use in a chemical mechanical planarization (CMP) process of semiconductors, a process for preparing the same, and a process for preparing a semiconductor device using the same. In the polishing pad according to the embodiment, the size (or diameter) and distribution of a plurality of pores are adjusted, whereby the polishing performance such as polishing rate and within-wafer non-uniformity can be further enhanced.

指定代表圖：



【圖3】



I741753

【發明摘要】**【中文發明名稱】**

研磨墊、製造該研磨墊之方法及使用該研磨墊以製造半導體裝置之方法

【英文發明名稱】

POLISHING PAD, PROCESS FOR PREPARING THE SAME, AND PROCESS FOR PREPARING A SEMICONDUCTOR DEVICE USING THE SAME

【中文】

實施例關於用於半導體的化學機械平坦化(CMP)方法中的研磨墊、製造該研磨墊之方法及使用該研磨墊以製造半導體裝置之方法。在根據實施例的研磨墊中，複數個孔洞的尺寸(或直徑)和分佈可被調整，藉其可進一步增進研磨性能，例如研磨速率和晶圓內不均勻性。

【英文】

Embodiments relate to a polishing pad for use in a chemical mechanical planarization (CMP) process of semiconductors, a process for preparing the same, and a process for preparing a semiconductor device using the same. In the polishing pad according to the embodiment, the size (or diameter) and distribution of a plurality of pores are adjusted, whereby the polishing performance such as polishing rate and within-wafer non-uniformity can be further enhanced.

【指定代表圖】 圖3

【代表圖之符號簡單說明】

(無)

【特徵化學式】

(無)

【發明說明書】

【中文發明名稱】

研磨墊、製造該研磨墊之方法及使用該研磨墊以製造半導體裝置之方法

【英文發明名稱】

POLISHING PAD, PROCESS FOR PREPARING THE SAME, AND
PROCESS FOR PREPARING A SEMICONDUCTOR DEVICE USING THE
SAME

【技術領域】

技術領域

【0001】 實施例關於用於半導體的化學機械平坦化方法中的研磨墊、製造該研磨墊之方法及使用該研磨墊以製造半導體裝置之方法。

【先前技術】

背景技術

【0002】 製造半導體之方法中的化學機械平坦化(CMP)方法是指以下步驟，在該步驟中，將例如一晶圓之半導體基板固定至一頭部並與安裝在一平台上的研磨墊的表面接觸，然後藉由在該平台和該頭部相對移動的同時供應一漿料來化學處理該晶圓，以藉此機械平坦化該半導體基材上的不規則物。

【0003】 研磨墊是在此類CMP方法中扮演重要角色的關鍵構件。一般而言，研磨墊係由聚胺基甲酸酯系樹脂構成且具有在其表面上用於使漿料大量流動的凹槽和用於支撐其細微流動的孔洞。

【0004】 研磨墊中的孔洞可藉由使用具有空隙的固相發泡劑、填充有揮發性液體、惰性氣體、纖維等的液相發泡劑，或者藉由化學反應產生氣體來形成。

【0005】 作為固相發泡劑，使用藉由熱膨脹來調整尺寸的微膠囊(即受熱膨脹的微膠囊)。由於呈現已膨脹之微氣球結構的受熱膨脹的微膠囊具有均勻的顆

粒直徑，因此可均勻地控制孔洞直徑。然而，受熱膨脹的微膠囊的缺點在於，由於微膠囊的形狀在100°C高溫或更高的反應條件下會改變，因此難以控制欲形成的孔洞。此外，即使已達到就孔洞的尺寸和分佈而言的品質均一性，孔洞的設計自由度也不佳，且在控制孔洞分佈方面有限制。

【0006】 例如，韓國專利公開案號2016-0027075揭示了一種使用惰性氣體和引發孔洞的聚合物製造低密度研磨墊的方法以及一種低密度研磨墊。然而，該專利公開案在調整孔洞的尺寸和分佈有侷限，且沒有教示研磨墊的研磨速率。

【0007】 同樣地，韓國專利號10-0418648揭示了一種使用兩種具有不同顆粒直徑的固相發泡劑製造研磨墊的方法。然而，此專利在藉由調整孔洞的尺寸和分佈來增強研磨性能也具有侷限。

【發明內容】

技術問題

【0008】 據此，實施例的目的係提供一種研磨墊，其研磨速率和晶圓內不均勻性係藉由調整孔洞的尺寸和分佈來增強、一種製造該研磨墊之方法及一種使用該研磨墊以製造半導體裝置之方法。

問題解決方案

【0009】 為了實現上述目的，一實施例係提供一種研磨墊，其包含了包含複數個孔洞的一研磨層，其中研磨表面的每單位面積(mm²)的孔洞總面積為40%至60%，由以下方程式1表示的D_q值為5 μm至15 μm，由以下方程式2表示的D_{sk}值為大於0.3至小於1，且由以下方程式3表示的D_{ka}值為大於1至小於5：

[方程式1]

$$D_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}}$$

[方程式2]

$$D_{sk} = \frac{1}{nD_q^3} \left(\sum_{i=1}^n d_i^3 \right)$$

[方程式3]

$$D_{ku} = \frac{1}{nD_q^4} \left(\sum_{i=1}^n d_i^4 \right)$$

【0010】 在方程式1至3中，d是由各個孔洞直徑減去複數個孔洞的數字平均直徑所獲得的值，且n是每單位面積(mm²)的孔洞總數量。

【0011】 另一個實施例係提供一種研磨墊，其包含了包含複數個孔洞的一研磨層，其中，在基於研磨表面的複數個孔洞的直徑分佈中，該複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)為15 μm至50 μm，且具有大於該複數個孔洞的該數字平均直徑至少200%的一直徑的孔洞(A_n)係以該研磨表面的總面積之0.9%至小於12%的面積比例被包含。

【0012】 另一個實施例係提供一種製造一研磨墊的方法，其包含混合包含胺基甲酸酯系預聚物、固化劑和發泡劑之一組成物；以及在預定壓力條件下將該組成物填入並注入一模具中以形成一研磨層，其中該研磨層包含複數個孔洞，研磨表面的每單位面積(mm²)的孔洞總面積為40%至60%，由上述方程式1表示的D_q值為5 μm至15 μm，由上述方程式2表示的D_{sk}值為大於0.3至小於1，且由上述方

程式3表示的 D_{ku} 值為大於1至小於5。

【0013】 另一個實施例係提供一種製造一研磨墊的方法，其包含混合包含胺基甲酸酯系預聚物、固化劑和固相發泡劑之一組成物；以及在減壓下將該組成物填入並注入一模具中以形成一研磨層，其中該減壓係於 0.6 kgf/cm^2 至小於 1 kgf/cm^2 之真空度執行，該研磨墊包含了包含複數個孔洞的一研磨層，在基於研磨表面的複數個孔洞的直徑分佈中，該複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)為 $15 \mu\text{m}$ 至 $50 \mu\text{m}$ ，且具有大於該複數個孔洞的該數字平均直徑至少200%的一直徑的孔洞(A_u)係以該研磨表面的總面積之0.9%至小於12%的面積比例被包含。

【0014】 另一個實施例係提供一種製造半導體裝置之方法，其包含將包含了包含複數個孔洞的一研磨層的一研磨墊安裝在一平台上；以及在該研磨層的研磨表面和一晶圓的表面彼此接觸的同時使彼等相對地旋轉以研磨該晶圓的表面，其中該研磨層的該研磨表面的每單位面積(mm^2)的孔洞總面積為40%至60%，由上述方程式1表示的 D_q 值為 $5 \mu\text{m}$ 至 $15 \mu\text{m}$ ，由上述方程式2表示的 D_{sk} 值為大於0.3至小於1，且由上述方程式3表示的 D_{ku} 值為大於1至小於5。

【0015】 另一個實施例係提供一種製造半導體裝置之方法，其包含將包含了包含複數個孔洞的一研磨層的一研磨墊安裝在一平台上；以及在該研磨層的研磨表面和一晶圓的表面彼此接觸的同時使彼等相對地旋轉以研磨該晶圓的表面，其中在基於研磨表面的複數個孔洞的直徑分佈中，該複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)為 $15 \mu\text{m}$ 至 $50 \mu\text{m}$ ，且具有大於該複數個孔洞的該數字平均直徑至少200%的一直徑的孔洞(A_u)係以該研磨表面的總面積之0.9%至小於12%的面積比例被包含。

發明的有利效果

【0016】 根據該等實施例，包含在研磨墊中的複數個孔洞的尺寸(或直徑)和分佈可被調整。結果，在研磨墊中，由方程式1至3的 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 表示的每單

位面積的孔洞總面積和孔洞分佈具有在一定範圍內之值，或者複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)及具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞可被控制，藉其可進一步增進研磨性能，例如研磨速率與晶圓內不均勻性。

【0017】此外，有可能使用該研磨墊高效地製造具有優異品質的半導體裝置。

【圖式簡單說明】

【0018】圖1示意地例示根據一實施例之製造半導體裝置之方法。

【0019】圖2是顯示根據本發明一實施例之使用模具的模製方法的示意圖。

【0020】圖3是範例1-1製造之研磨墊的孔洞的掃描電子顯微鏡(SEM)影像。

【0021】圖4是使用掃描電子顯微鏡(SEM)在範例1-1之研磨墊的1 mm²研磨表面上放大100倍的影像。

【實施方式】

執行發明的最佳模式

【0022】下文，將詳細說明本發明。

【0023】於以下實施例之說明中，在各個層或墊被提及形成於另一層或墊「上(on)」或「下(under)」的情況下，其不僅意指一元件係直接形成於另一元件上或下，亦意指一元件係間接形成於另一元件上或下且其他(多個)元件夾置於彼等之間。

【0024】相對於各個元件的術語上或下方可參照圖式。為了說明，附圖中的個別元件的尺寸可能被誇大地描繪而非指示實際尺寸。

【0025】如本案所用的術語「複數個」是指多於一個。

【0026】於本說明書中，當一部件被稱為「包含」一元件，需瞭解其可包

含其他元件，而非排除其他元件，除非另有特別陳述。

【0027】此外，與本案所用之組分的物理性質、尺度等有關之所有數值範圍需瞭解係藉由術語「約」修飾，除非另作指示。

【0028】下文，藉由以下實施例詳細解釋本發明。實施例可修改為各種形式，只要不改變本發明的主旨即可。

研磨墊

【0029】根據一實施例的研磨墊包含了包含複數個孔洞的一研磨層，其中研磨表面的每單位面積(mm²)的孔洞總面積為40%至60%，由以下方程式1表示的D_q值為5 μm至15 μm，由以下方程式2表示的D_{sk}值為大於0.3至小於1，且由以下方程式3表示的D_{ku}值為大於1至小於5。

[方程式1]

$$D_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}}$$

[方程式2]

$$D_{sk} = \frac{1}{nD_q^3} \left(\sum_{i=1}^n d_i^3 \right)$$

[方程式3]

$$D_{ku} = \frac{1}{nD_q^4} \left(\sum_{i=1}^n d_i^4 \right)$$

【0030】在方程式1至3中，d是由各個孔洞直徑減去複數個孔洞的數字平均直徑所獲得的值，且n是每單位面積(mm²)的孔洞總數量。

【0031】 方程式1至3的 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 可使用個別孔洞直徑、複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)及每單位面積的孔洞總數量來計算。

【0032】 孔洞直徑、複數個孔洞的數字平均直徑及孔洞總數量可藉由測量使用掃描電子顯微鏡(SEM)在 1 mm^2 研磨表面的基礎上觀察到的個別孔洞的孔洞直徑和孔洞數量及影像分析軟體來計算。研磨表面可指在研磨層的厚度方向上連續的任何一個表面。此外，研磨表面可為在製造研磨墊不久之後露出的最外表面，或者是在執行一定時間的研磨方法之後露出的最外表面。

【0033】 研磨漿料的流動性和研磨效率取決於在研磨墊表面上露出的孔洞的直徑和分佈程度。亦即，研磨液的流動性受到研磨墊表面上露出的孔洞的直徑的影響，且待研磨物體的表面上刮痕的發生和研磨速率可藉由孔洞直徑的分佈決定。

【0034】 在根據一實施例的研磨墊中，藉由調整複數個孔洞的數字平均直徑和每單位面積的孔洞總數量，可將孔洞的總面積和例如方程式1至3的 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 參數設計成分別具有特定之範圍。結果，可實現優異的研磨速率和晶圓內不均勻性。

【0035】 於是，控制孔洞的直徑和孔洞在研磨墊中的分佈程度是非常重要的。特別地，為了增進研磨性能，在CMP方法中根據漿料和半導體基材之間的研磨機制來設計孔洞直徑是非常重要的。

【0036】 由上述方程式1表示的 D_q 值是與孔洞分佈中的孔洞直徑緊密相關的參數。其為相對於孔洞的數字平均直徑，有多少孔洞分佈在孔洞分佈圖中的量度。 D_q 值越大，孔洞的分佈程度越大。 D_q 值越小則分佈程度越小。

【0037】 D_q 值可由研磨表面的孔洞直徑與複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)之間的差 d 的均方根(rms)來計算。根據一實施例的 D_q 值可為 $5\text{ }\mu\text{m}$ 至 $15\text{ }\mu\text{m}$ ，具體而言為 $7\text{ }\mu\text{m}$ 至 $14\text{ }\mu\text{m}$ ，更具體而言為 $7\text{ }\mu\text{m}$ 至 $13\text{ }\mu\text{m}$ 、大於 $10\text{ }\mu\text{m}$ 至 $15\text{ }\mu\text{m}$ 、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 至

10 μm 或8 μm 至12 μm 。假使 D_q 值係於上述範圍內，則例如研磨速率與晶圓內不均勻性之研磨性能可為優異的。假使 D_q 值超過15 μm ，需要物理性CMP的研磨性能，特別是鎢層被研磨時的研磨速率可能過度增加，且氧化物層和鎢層的晶圓內不均勻性可能劣化。另一方面，假使 D_q 值小於5 μm ，則每面積之墊所攜帶的漿料量係少，使得鎢層被研磨時的研磨速率可能過度降低，或者氧化物層的晶圓內不均勻性可能劣化。

【0038】 在方程式1中，研磨表面上的複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)可定義為1 mm^2 研磨表面上的複數個孔洞的直徑總和除以孔洞數量所獲得的平均值。根據一實施例， D_a 可為15 μm 至25 μm ，具體而言為18 μm 至25 μm ，更具體而言為18 μm 至23 μm 或18 μm 至22 μm 。假使研磨墊具有於上述範圍內的 D_a ，則可增進研磨速率和晶圓內不均勻性。假使 D_a 小於15 μm ，則鎢層被研磨時的研磨速率可能過度降低，且氧化層的晶圓內不均勻性可能劣化。另一方面，假使超過25 μm ，則鎢層和氧化物層的研磨速率和晶圓內不均勻性皆可能變差。

【0039】 此外，由上述方程式2表示的 D_{sk} 值可指相對於孔洞分佈圖中的孔洞的數字平均直徑的孔洞分佈圖的傾斜程度。具體而言， D_{sk} 是指出相對於孔洞分佈圖中的孔洞的數字平均直徑，孔洞分佈圖朝著較小或較大的一側傾斜了多少的量度。假使小於1，則與相對於正常分佈的孔洞的數字平均直徑相比，孔洞分佈圖是朝較小側傾斜。假使大於1，則與相對於正常分佈的孔洞的數字平均直徑相比，孔洞分佈圖是朝較大側傾斜。

【0040】 根據一實施例的 D_{sk} 值可大於0.3至小於1，具體而言為大於0.4至小於1，更具體而言為0.4至0.9、大於0.6至小於1或大於0.3至0.6。假使 D_{sk} 值係於上述範圍內，則大於孔洞的數字平均直徑的孔洞數量較多，在該情況下，則例如研磨速率與晶圓內不均勻性之研磨性能可為優異的。假使 D_{sk} 值為0.3或更小時，則小於孔洞的數字平均直徑的孔洞數量較多，在該情況下，每面積之墊所攜帶的漿

料量係少，尤其是鎢層被研磨時的研磨速率可能明顯減少。假使 D_{sk} 值為1或更多，則鎢層被研磨時的研磨速率可能過度增加，且鎢層和氧化物層的晶圓內不均勻性可能劣化。

【0041】同時，由上述方程式3表示的 D_{ku} 值係指示整體孔洞分佈擴展之程度。假使小於3，則與平均孔洞直徑之正常分佈相比，孔洞分佈係尖。假使大於3，則相對於正常分佈的孔洞分佈係寬。

【0042】根據本發明的實施例， D_{ku} 值係接近3，其可為大於1至小於5、大於2至小於5、2.5至4.5、大於3.5至小於5、大於1至3.5、大於1至4、大於2至3或大於3至小於4.5。假使 D_{ku} 值滿足上述範圍，則研磨漿料的流動性優異，藉此增進了研磨速率和晶圓內不均勻性。假使 D_{ku} 值為1或更小時，鎢層被研磨時的研磨速率可能過度降低。假使 D_{ku} 值為5或更多時，孔洞直徑不均勻，其可能不利地影響研磨漿料的流動性，導致欲研磨物體的表面上有刮痕。於是，研磨速率和晶圓內不均勻性可能劣化。

【0043】根據一實施例，方程式1至3中的 n 代表每單位面積(mm^2)的孔洞總數量，可為700至2,500，具體而言為750至2,200。此外，代表各個孔洞直徑與複數個孔洞的數字平均直徑之間的差的 d 可為-30至60，具體而言為-20至50。

【0044】此外，研磨墊中的研磨表面的每單位面積的孔洞總面積可為40%至60%，具體而言為40%至55%，更具體而言為40%至50%、大於50%至60%或45%至53%。假使孔洞總面積小於40%，則鎢層被研磨時的研磨速率可能過度降低，且氧化層的晶圓內不均勻性可能劣化。另一方面，假使孔洞總面積超過60%，則鎢層被研磨時的研磨速率可能過度增加，或者氧化層被研磨時的研磨速率過度降低。此外，鎢層的晶圓內不均勻性可能顯著地劣化。

【0045】在根據本發明實施例的研磨墊中，研磨表面的每單位面積的孔洞總面積和方程式1至3中的 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 必須滿足上述範圍。

【0046】 根據一實施例，在研磨墊中，研磨表面的每單位面積的孔洞總面積可為40%至60%， D_q 值可為大於10 μm 至15 μm ， D_{sk} 值可為大於0.6至小於1，且 D_{ku} 值可為大於3.5至小於5。

【0047】 根據另一個實施例，在研磨墊中，研磨表面的每單位面積的孔洞總面積可為大於50%至60%， D_q 值可為5 μm 至10 μm ， D_{sk} 值可為大於0.3至0.6，且 D_{ku} 值可為大於1至3.5。

【0048】 根據另一個實施例的研磨墊包含了包含複數個孔洞的一研磨層，其中，在基於研磨表面的複數個孔洞的直徑分佈中，該複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)為15 μm 至50 μm ，且具有大於該複數個孔洞的該數字平均直徑至少200%的一直徑的孔洞(A_u)係以該研磨表面的總面積之0.9%至小於12%的面積比例被包含。

【0049】 複數個孔洞的數字平均直徑及面積比例可藉由測量使用掃描電子顯微鏡(SEM)觀察到的個別孔洞的孔洞直徑和影像分析軟體來計算。研磨表面可指在研磨層的厚度方向上連續的任何一個表面。此外，研磨表面可為在製造研磨墊不久之後露出的最外表面，或者是在執行一定時間的研磨方法之後露出的最外表面。

【0050】 研磨漿料的流動性和研磨效率取決於在研磨墊表面上露出的孔洞的直徑。亦即，研磨液的流動性受到研磨墊表面上露出的孔洞的直徑的影響，且待研磨物體的表面上刮痕的發生和研磨速率可藉由孔洞直徑的分佈決定。特別地，假使孔洞不均勻，則可能損害研磨性能的均勻性。在根據一實施例的研磨墊中，具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞係經控制，藉此增進孔洞的均勻性以及研磨性能的均勻性。結果，可實現優異的研磨速率和晶圓內不均勻性。

【0051】 根據本發明的實施例，研磨墊包含了包含複數個孔洞的一研磨層，

其中由上述方程式1表示的 D_q 值為5 μm 至15 μm ，由上述方程式2表示的 D_{sk} 值為大於0.3至小於1，由上述方程式3表示的 D_{ku} 值為大於1至小於5，在基於研磨表面的複數個孔洞的直徑分佈中，該複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)為15 μm 至50 μm ，且具有大於該複數個孔洞的該數字平均直徑至少200%的一直徑的孔洞(A_u)係以該研磨表面的總面積之0.9%至小於12%的面積比例被包含。此外，研磨表面的每單位面積(mm^2)的孔洞總面積為40%至60%。

【0052】 由於由方程式1至3的 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 表示的孔洞分佈被滿足，且具有大於複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)至少200%的直徑的孔洞係經控制，因此可增進研磨性能的均勻性，並可進一步增進研磨性能，例如研磨速率與晶圓內不均勻性。

【0053】 在基於研磨墊之研磨表面的複數個孔洞的直徑分佈中，複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)可為15 μm 至50 μm 、15 μm 至30 μm 、15 μm 至25 μm 、15 μm 至23 μm 、15 μm 至21 μm 或18 μm 至25 μm 。

【0054】 D_a 是複數個孔洞的數字平均直徑，其可定義為複數個孔洞的直徑總和除以孔洞數量所獲得的平均值。

【0055】 假使根據本發明實施例的研磨墊具有上述範圍內的 D_a ，則可增進研磨速率和晶圓內不均勻性。假使 D_a 小於15 μm ，則氧化物層被研磨時的研磨速率可能過度增加，或鎢層被研磨時的研磨速率可能過度降低，且晶圓內不均勻性可能過度劣化。另一方面，假使 D_a 超過50 μm ，則鎢層被研磨時的研磨速率可能過度增加，或晶圓內不均勻性可能過度降低。

【0056】 具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞(A_u)在本說明書中可稱為異常孔洞。其面積比例 A_u (%)可藉由以下方程式4計算：

[方程式4]

$$A_u \% = \frac{A_u (\mu\text{m}^2)}{A_t (\mu\text{m}^2)} \times 100 (\%)$$

【0057】 在方程式4中， $A_t (\mu\text{m}^2)$ 是總測量面積，且 $A_u (\mu\text{m}^2)$ 是具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%之直徑的孔洞的面積。

【0058】 A_u (%)可為研磨表面的總面積之0.9%至小於12%、0.9%至小於10%、1%至小於12%、1%至10%、0.9%至小於5%、0.9%至小於4%、2%至10%、5%至11%或6%至11%。假使研磨墊具有上述範圍內的 A_u (%)時，則有可能滿足孔洞的整體均勻性，再者，可增進CMP方法中的均勻的研磨性能。假使研磨墊具有超過上述範圍的 A_u (%)，則可能損害孔洞的整體均勻性，使得難以實現均勻的研磨性能。結果是，鎢層和氧化物層的晶圓內不均勻性可能過度劣化，且氧化物層被研磨時的研磨速率可能降低。另一方面，假使研磨墊具有小於上述範圍的 A_u (%)，則鎢層被研磨時的研磨速率可能過度降低，且氧化物層被研磨時的研磨速率可能過度增加，因而不利地影響研磨性能。

【0059】 根據一實施例， A_u 的直徑(D_u)係大於複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)的兩倍， D_u 可藉由以下不等方程式5計算：

[不等方程式5]

$$D_u > D_a \times 2$$

【0060】 在不等方程式5中， D_u 是具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%之直徑的孔洞的直徑， D_a 是複數個孔洞的數字平均直徑。

【0061】 根據一實施例， D_u 可為100 μm 或更多，具體而言為100 μm 至150 μm 。

【0062】 複數個孔洞的總面積比例(A_p (%))可為研磨表面的總面積之30%至55%、35%至55%、35%至53%、35%至50%、35%至小於45%、45%至55%或46%至53%。可藉由以下方程式6計算：

[方程式6]

$$A_p \% = \frac{A_p(\mu\text{m}^2)}{A_t(\mu\text{m}^2)} \times 100(\%)$$

【0063】 在方程式6中， $A_t(\mu\text{m}^2)$ 是總測量面積，且 $A_p(\mu\text{m}^2)$ 是複數個孔洞的總面積。

【0064】 同時，具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞以外的孔洞(A_n)在本說明書中可稱為正常孔洞。其面積比例 $A_n(\%)$ 可藉由以下方程式7計算：

[方程式7]

$$A_n \% = \frac{A_n(\mu\text{m}^2)}{A_t(\mu\text{m}^2)} \times 100(\%)$$

【0065】 在方程式7中， $A_t(\mu\text{m}^2)$ 是總測量面積，且 $A_n(\mu\text{m}^2)$ 是具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%之直徑的孔洞以外的孔洞的面積。

【0066】 $A_n(\%)$ 可為研磨表面的總面積之34%至54%、34%至45%、35%至50%、大於39%至52%或大於39%至小於50%。

【0067】 同時，基於研磨表面的複數個孔洞的直徑分佈中的最大峰處的孔洞直徑可為10 μm 至150 μm 。此外，最大峰處的孔洞直徑可被定義為具有截面積總和之最高比例的孔洞直徑。

【0068】 基於研磨表面的複數個孔洞的直徑分佈中的最大峰處的孔洞直徑可為例如10 μm 至150 μm ，例如15 μm 至40 μm ，例如17 μm 至30 μm 。此外，基於研磨表面的複數個孔洞的直徑分佈中的最大峰處的孔洞直徑可為60 μm 至150 μm ，具體而言為60 μm 至100 μm 。

【0069】 根據一實施例，假使由方程式1至3的 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 表示的孔洞分佈被滿足，則基於研磨表面的複數個孔洞的直徑分佈中的最大峰處的孔洞直徑可

為例如10 μm 至50 μm 。

【0070】 根據另一個實施例，假使複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)為15 μm 至50 μm 且假使具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞(A_u)係以研磨表面的總面積之0.9%至小於12%的面積比例被包含，則基於研磨表面的複數個孔洞的直徑分佈中的最大峰處的孔洞直徑可為60 μm 至150 μm 。

【0071】 此外，最大峰處的孔洞直徑可大於或小於複數個孔洞的數字平均直徑達5 μm 至30 μm 。或者，最大峰處的孔洞直徑可大於或小於複數個孔洞的數字平均直徑達10 μm 至20 μm 。

【0072】 根據上述實施例，包含在研磨墊中的複數個孔洞的直徑和分佈可經調整，藉其研磨表面的每單位面積的孔洞總面積之特定範圍、方程式1至3中的 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 的範圍及/或複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)和具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞的面積比例係被滿足。結果是，可進一步增進研磨速率和晶圓內不均勻性。

【0073】 當鎢層被研磨時，研磨墊可具有600 $\text{\AA}/\text{min}$ 至900 $\text{\AA}/\text{min}$ 的研磨速率。當氧化物層被研磨時，研磨墊可具有2,700 $\text{\AA}/\text{min}$ 至3,300 $\text{\AA}/\text{min}$ 的研磨速率。

【0074】 例如，假使研磨墊滿足了研磨表面的每單位面積的孔洞總面積之特定範圍及方程式1至3中的 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 的範圍，則可進一步增進研磨速率和晶圓內不均勻性。具體而言，當鎢層被研磨時，研磨墊可具有720 $\text{\AA}/\text{min}$ 至860 $\text{\AA}/\text{min}$ 、具體而言為730 $\text{\AA}/\text{min}$ 至850 $\text{\AA}/\text{min}$ 、更具體而言為750 $\text{\AA}/\text{min}$ 至850 $\text{\AA}/\text{min}$ 的研磨速率。

【0075】 此外，當氧化物層被研磨時，研磨墊可具有2,750 $\text{\AA}/\text{min}$ 至3,300 $\text{\AA}/\text{min}$ 、具體而言為2,800 $\text{\AA}/\text{min}$ 至3,200 $\text{\AA}/\text{min}$ 、更具體而言為2,900 $\text{\AA}/\text{min}$ 至3,200 $\text{\AA}/\text{min}$ 或2,900 $\text{\AA}/\text{min}$ 至3,150 $\text{\AA}/\text{min}$ 的研磨速率。

【0076】 再者，關於例如晶圓之半導體基材的晶圓內不均勻性(WIWNWU)，

其指示晶圓表面中的研磨均勻性，對於鎢層，晶圓內不均勻性可小於12%，例如小於11%，例如小於10%，例如小於9%，例如小於5%、4.8%或更小或4.5%或更小。此外，當氧化層被研磨時，晶圓內不均勻性可為10%或更小，例如小於10%，例如小於9%，例如小於6%，例如小於4.5%、4.0%或更小、或3.8%或更小。

【0077】 同時，根據上述實施例，假使包含在研磨墊中的複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)和具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞係經控制，則可進一步增進研磨速率和晶圓內不均勻性。具體而言，當鎢層被研磨時，研磨墊可具有610 Å/min至900 Å/min、610 Å/min至850 Å/min、610 Å/min至820 Å/min或615 Å/min至800 Å/min的研磨速率。

【0078】 此外，當氧化層被研磨時，研磨墊可具有2,860 Å/min至3,250 Å/min、2,900 Å/min至3,200 Å/min或2,920 Å/min至3,200 Å/min的研磨速率。

【0079】 再者，關於晶圓內不均勻性(WIWNNU)，其指示半導體基材表面中的研磨均勻性，對於鎢層，晶圓內不均勻性可小於10%、小於9%、4.5%或更小、或小於4.3%。此外，當氧化層被研磨時，晶圓內部不均勻性可小於12%、小於10%、小於9%、小於8%、小於6%、小於5%或小於4%。

【0080】 研磨墊可進一步包含選自由三級胺系化合物和有機金屬化合物組成的群組中之至少一個反應速率控制劑；和矽氧烷系表面活性劑。

[製造研磨墊之方法]

【0081】 製造一研磨墊的方法可包含混合包含胺基甲酸酯系預聚物、固化劑和發泡劑之一組成物；以及在預定壓力或減壓條件下將該組成物填入並注入一模具中以形成一研磨層。

【0082】 根據一實施例的製造一研磨墊的方法包含混合包含胺基甲酸酯系預聚物、固化劑和發泡劑之一組成物(步驟1)；以及在預定壓力條件下將該組成物填入並注入一模具中以形成一研磨層(步驟2)，其中該研磨層包含複數個孔洞，

研磨表面的每單位面積(mm^2)的孔洞總面積為40%至60%，由上述方程式1表示的 D_q 值為5 μm 至15 μm ，由上述方程式2表示的 D_{sk} 值為大於0.3至小於1，且由上述方程式3表示的 D_{ku} 值為大於1至小於5。

【0083】 根據另一個實施例的製造一研磨墊的方法可包含混合包含胺基甲酸酯系預聚物、固化劑和發泡劑之一組成物(步驟1)；以及在減壓下將該組成物填入並注入一模具中以形成一研磨層(步驟2)，其中該減壓可於0.6 kgf/cm^2 至小於1 kgf/cm^2 之真空度執行。根據上述製造方法，有可能藉由調整減壓條件來控制複數個孔洞的數字平均直徑和具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞。

【0084】 根據另一個實施例的製造一研磨墊的方法可包含上述步驟1和2，其中由方程式1至3的 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 表示的孔洞分佈被滿足，且具有大於複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)至少200%的直徑的孔洞被控制在上述範圍。

【0085】 根據本發明的一實施例，孔洞特性可藉由調整胺基甲酸酯系預聚物、固化劑和發泡劑的含量來控制。具體而言，在上述製造方法中，發泡劑，尤其是固相發泡劑及/或氣相發泡劑的類型和含量係經調整，若有必要，反應速率控制劑的含量係經調整，且模具中的壓力係經調整，藉此調整孔洞直徑、複數個孔洞的數字平均直徑、每單位面積的孔洞總數量和孔洞總面積。於是，有可能控制 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 的特定值及/或複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)和具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞，藉其可增進研磨性能，例如研磨速率與晶圓內不均勻性。

【0086】 此外，由於方法的不穩定性，可能會意外地形成具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的異常孔洞。例如，由於壓力條件的不適當控制而注入過多的孔洞、固相發泡劑膨脹至異常尺寸或由於固相發泡劑變形而形成開孔之種種原因，異常孔洞可能會增加。根據本發明的一實施例，該等

異常孔洞可藉由控制經由高壓注入引入空氣或氣泡及藉由減壓排出而調整至適當範圍，且孔洞分佈可藉由適當地控制固相發泡劑的尺寸而調整至適當範圍。

【0087】 具體而言，根據一實施例的製造研磨墊的方法可包含混合包含胺基甲酸酯系預聚物、固化劑和發泡劑之一組成物(步驟1)。

【0088】 步驟1是混合個別組分的步驟，經由該步驟，有可能獲得包含胺基甲酸酯系預聚物、發泡劑和固化劑之混合物的一組成物。固化劑可和胺基甲酸酯系預聚物與固相發泡劑一起添加，或者可先混合胺基甲酸酯系預聚物和固相發泡劑，接著再混合固化劑。

【0089】 作為範例，可將胺基甲酸酯系預聚物、固相發泡劑和固化劑實質上同時置入混合步驟中。

【0090】 作為另一個範例，可預先混合胺基甲酸酯系預聚物和固相發泡劑，隨後可引進固化劑。亦即，固化劑可不與胺基甲酸酯系預聚物預先混合。假使固化劑與胺基甲酸酯系預聚物預先混合，則可能難以控制反應速率。特別地，具有異氰酸酯端基的預聚物的穩定性可能顯著受損。

【0091】 製造混合物的步驟是藉由將胺基甲酸酯系預聚物和固化劑混合並均勻地分散固相發泡劑來引發其反應的步驟。具體而言，該混合可以1,000 rpm至10,000 rpm或4,000 rpm至7,000 rpm的速度執行。在上述速度範圍內，使固相發泡劑均勻地分散在原料中可為更有利的。

【0092】 胺基甲酸酯系預聚物和固化劑可以基於各分子中的反應性基團的莫耳數之1:0.8至1:1.2的莫耳當量比或1:0.9至1:1.1的莫耳當量比混合。在此，「各分子中的反應性基團的莫耳數」是指例如胺基甲酸酯系預聚物中的異氰酸酯基的莫耳數和固化劑中的反應性基團(譬如胺基、醇基等)的莫耳數。因此，胺基甲酸酯系預聚物和固化劑可藉由控制進料速率在混合方法期間以恆定速率進料，俾使胺基甲酸酯系預聚物和固化劑以滿足上文所例示之莫耳當量比的每單位時

間的份量進料。

【0093】 下文，將詳細說明研磨墊中所運用的特定組分。

胺基甲酸酯系預聚物

【0094】 預聚物一般是指具有相對低分子量的聚合物，其中為了在其生產方法中方便地模製產品，故將聚合程度調整至中等位準。預聚物可自身模製成型，或在與另一可聚合化合物反應後模製成型。例如，可藉由使異氰酸酯化合物與多元醇反應來製造預聚物。

【0095】 例如，可用於製造胺基甲酸酯系預聚物的異氰酸酯化合物可為選自由下列組成的群組中之至少一個異氰酸酯：甲苯二異氰酸酯(TDI)、萘-1,5-二異氰酸酯、對苯二異氰酸酯、甲苯胺二異氰酸酯、4,4'-二苯基甲烷二異氰酸酯、六亞甲基二異氰酸酯、二環己基甲烷二異氰酸酯和異佛爾酮二異氰酸酯。

【0096】 例如，可用於製造胺基甲酸酯系預聚物的多元醇可為選自由下列組成的群組中之至少一個多元醇：聚醚多元醇、聚酯多元醇、聚碳酸酯多元醇和丙烯酸類多元醇。多元醇可具有300克/莫耳至3,000克/莫耳的重量平均分子量(Mw)。

【0097】 如上所述，可藉由使異氰酸酯化合物與多元醇反應來製造胺基甲酸酯系預聚物。異氰酸酯化合物和多元醇的特定類型係如上述關於研磨墊所例示者。

【0098】 胺基甲酸酯系預聚物可具有500克/莫耳至3,000克/莫耳的重量平均分子量。具體而言，胺基甲酸酯系預聚物可具有600克/莫耳至2,000克/莫耳或800克/莫耳至1,000克/莫耳的重量平均分子量(Mw)。

【0099】 作為範例，胺基甲酸酯系預聚物可為具有500克/莫耳至3,000克/莫耳的重量平均分子量(Mw)的聚合物，其係由作為異氰酸酯化合物的甲苯二異氰酸酯和作為多元醇的聚四亞甲基醚二醇聚合。

固化劑

【0100】 固化劑可為胺化合物和醇化合物中之至少一者。具體而言，固化劑可包含選自由芳香胺、脂族胺、芳香醇和脂族醇組成的群組中之至少一個化合物。

【0101】 例如，固化劑可包含選自於由以下組成的群組中之至少一者：4,4'-亞甲基雙(2-氯苯胺) (MOCA)、二乙基甲苯二胺、二胺基二苯基甲烷、二胺基二苯基砜、間二甲苯二胺、異佛爾酮二胺、乙二胺、二仲乙三胺、三仲乙四胺、聚丙烯二胺、聚丙烯三胺、乙二醇、二乙二醇、二丙二醇、丁二醇、己二醇、甘油及三羥甲基丙烷。

發泡劑

【0102】 發泡劑是用於在研磨層中形成孔洞結構的組分。只要其慣常用於在研磨墊中形成空隙即可，並無特別限制。

【0103】 例如，發泡劑可為選自以下之至少一者：具有中空結構的固相發泡劑、使用揮發性液體的液相發泡劑及惰性氣體。具體而言，發泡劑可包含氣相發泡劑、固相發泡劑、或兩者皆具。

固相發泡劑

【0104】 固相發泡劑是受熱膨脹的(即，尺寸經控制)微膠囊，並可為具有5 μm 至200 μm 之平均孔洞尺寸的微型氣球結構。該受熱膨脹的(即，尺寸經控制的)微膠囊可藉由使受熱可膨脹的微膠囊受熱膨脹來獲得。

【0105】 該受熱可膨脹的微膠囊可包含一外殼，該外殼包含熱塑性樹脂；及囊封在該外殼內部的發泡劑。熱塑性樹脂可為選自於由以下組成的群組中之至少一者：偏二氯乙烯系共聚物、丙烯腈系共聚物、甲基丙烯腈系共聚物及丙烯酸系共聚物。另外，囊封在內部中的發泡劑可為選自於由具有1至7個碳原子之烴類組成的群組中之至少一者。具體而言，囊封在內部中的發泡劑可選自於由以下

組成的群組：低分子量烴，例如乙烷、乙烯、丙烷、丙烯、正丁烷、異丁烷、丁烯、異丁烯、正戊烷、異戊烷、新戊烷、正己烷、庚烷、石油醚等；氯氟烴，例如三氯氟甲烷(CCl_3F)、二氯二氟甲烷(CCl_2F_2)、氯三氟甲烷(CClF_3)、四氟乙烯($\text{CClF}_2\text{-CClF}_2$)等；以及四烷基矽烷，例如四甲基矽烷、三甲基乙基矽烷、三甲基異丙基矽烷、三甲基正丙基矽烷等。

【0106】 根據本發明之一實施例，固相發泡劑可具有 $20\ \mu\text{m}$ 至 $50\ \mu\text{m}$ 之平均顆粒直徑(D50)。在此，術語D50可指顆粒直徑分佈的第50個百分數(中值)的體積分率。更具體而言，固相發泡劑可具有 $25\ \mu\text{m}$ 至 $48\ \mu\text{m}$ 的D50。甚至更具體而言，固相發泡劑可具有 $25\ \mu\text{m}$ 至 $40\ \mu\text{m}$ ； $28\ \mu\text{m}$ 至 $40\ \mu\text{m}$ ；或 $30\ \mu\text{m}$ 至 $40\ \mu\text{m}$ 的D50。假使固相發泡劑的D50滿足上述範圍，則可進一步增進研磨速率和晶圓內不均勻性。假使固相發泡劑的D50小於上述範圍，則孔洞的數字平均直徑小，這可能影響研磨速率和晶圓內不均勻性。假使超過上述範圍，則孔洞的數字平均直徑過大，這可能影響研磨速率和晶圓內不均勻性。

【0107】 此外，固相發泡劑的平均顆粒直徑的標準偏差可為15或更小、13或更小、11或更小、7至11或7.5至10.4。

【0108】 固相發泡劑可以基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之0.5重量份至3重量份的量運用。

【0109】 固相發泡劑可以基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之大於0.5重量份至小於2.5重量份、0.6重量份至2.3重量份、0.8重量份至2重量份、0.8重量份至1.8重量份、1.0重量份至2.0重量份或1.0重量份至1.5重量份的量運用。

【0110】 或者，固相發泡劑可以基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之0.5重量份至2.7重量份、0.8重量份至2.6重量份或1.5重量份至3重量份的量運用。

【0111】 固相發泡劑可為具有外殼的中空微粒。外殼的玻璃轉化溫度(T_g)可為 70°C 至 110°C 、 80°C 至 110°C 、 90°C 至 110°C 、 100°C 至 110°C 、 70°C 至 100°C 、

70°C至90°C或80°C至100°C。假使固相發泡劑的外殼的玻璃轉化溫度在上述較佳範圍內，則藉由在製造研磨墊的方法期間施加適當的壓力和填料條件，可實現在上述目標範圍內的研磨表面的孔洞分佈，以防止微孔變形。

【0112】 根據本發明的一實施例，有可能藉由單獨使用固相發泡劑作為發泡劑而不使用氣相發泡劑來控制具有上述特性的孔洞的尺寸(直徑)和尺寸分佈。特別地，當組成物被填入並注入模具中時，有可能藉由調整固相發泡劑的類型和含量及/或填料速率和真空度而如本發明所期望地控制孔洞的尺寸分佈。

氣相發泡劑

【0113】 氣相發泡劑可包含惰性氣體。當胺基甲酸酯系預聚物、固化劑、固相發泡劑、反應速率控制劑和矽氧烷系表面活性劑混合並反應時，投入氣相發泡劑以藉此形成孔洞。惰性氣體的種類並無特別限制，只要是不參與預聚物與固化劑之間的反應的氣體即可。例如，惰性氣體可為選自於由以下組成的群組中之至少一者：氮氣(N₂)、氬氣(Ar)、及氦氣(He)。具體而言，惰性氣體可為氮氣(N₂)或氬氣(Ar)。

【0114】 惰性氣體可基於組成物(即原料混合物)的總體積，具體而言是胺基甲酸酯系預聚物、發泡劑、反應速率控制劑、固化劑及/或表面活性劑的總體積之5%至30%的體積進料。

【0115】 具體而言，惰性氣體可以基於組成物的總體積之大於5體積%至20體積%、大於5體積%至18體積%、具體而言為6體積%至15體積%、更具體而言為6體積%至13體積%或7.5體積%至10體積%的體積進料。

【0116】 或者，惰性氣體可以基於組成物的總體積之6體積%至25體積%，具體而言為8體積%至25體積%的體積進料。

反應速率控制劑

【0117】 根據本發明的一實施例，該組成物可包含反應速率控制劑。

【0118】反應速率控制劑可為反應促進劑或反應延緩劑。具體而言，反應速率控制劑可為反應促進劑。例如，其可為選自由三級胺系化合物和有機金屬化合物組成的群組中之至少一個反應速率控制劑。

【0119】具體而言，反應速率控制劑可包含選自於由以下組成的群組中之至少一者：三仲乙二胺、二甲基乙醇胺、四甲基丁二胺、2-甲基-三仲乙二胺、二甲基環己胺、三乙胺、三異丙醇胺、1,4-二氮雜雙環(2,2,2)辛烷、雙(2-甲基胺基乙基)醚、三甲基胺基乙基乙醇胺、N,N,N,N,N"-五甲基二仲乙三胺、二甲基胺基乙胺、二甲基胺基丙胺、苄基二甲胺、N-乙基嗎啉、N,N-二甲基胺基乙基嗎啉、N,N-二甲基環己胺、2-甲基-2-氮雜降冰片烷、二月桂酸二丁基錫、辛酸亞錫、二乙酸二丁基錫、二乙酸二辛基錫、馬來酸二丁基錫、二-2-乙基己酸二丁基錫和二硫醇二丁基錫。具體而言，反應速率控制劑可包含選自於由以下組成的群組中之至少一者：二甲苄胺、N,N-二甲基環己胺和三乙胺。

【0120】反應速率控制劑可以基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之0.05重量份至2重量份的量運用。

【0121】具體而言，反應速率控制劑可以基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之大於0.1重量份至2重量份、大於0.1重量份至1.8重量份，具體而言為0.3重量份至1.8重量份，更具體而言為大於0.3重量份至小於1.8重量份或0.5重量份至1.5重量份的量運用。

【0122】反應速率控制劑可以基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之0.05重量份至1.8重量份、0.05重量份至1.7重量份、0.05重量份至1.6重量份、0.1重量份至1.5重量份、0.1重量份至0.3重量份、0.2重量份至1.8重量份、0.2重量份至1.7重量份、0.2重量份至1.6重量份、0.2重量份至1.5重量份或0.5重量份至1重量份的量運用。

【0123】假使反應速率控制劑係以上述範圍內的量運用，則混合物(譬如胺

基甲酸酯系預聚物、固化劑、固相發泡劑、反應速率控制劑和矽氧烷系表面活性劑)的反應速率(即混合物的固化時間)係經適宜地控制，藉其可形成具有所欲尺寸的孔洞。

表面活性劑

【0124】 根據本發明的一實施例，該組成物可包含表面活性劑。表面活性劑可作用於避免待形成的孔洞彼此重疊和聚結。表面活性劑的種類並無特別限制，只要其慣常用於製造研磨墊即可。例如，表面活性劑可包含矽氧烷系表面活性劑。市售的矽氧烷系表面活性劑的例子包括由Evonik製造的B8749LF、B8736LF2與B8734LF2。

【0125】 矽氧烷系表面活性劑可以基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之0.2重量份至2重量份的量運用。具體而言，矽氧烷系表面活性劑可以基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之0.2重量份至1.9重量份、0.2重量份至1.8重量份、0.2重量份至1.7重量份、0.2重量份至1.6重量份、0.2重量份至1.5重量份或0.5重量份至1.5重量份的量使用。假使矽氧烷系表面活性劑係以上述範圍內的量運用，則衍生自氣相發泡劑的孔洞可在模具中穩定地形成並維持。

孔洞的反應和形成

【0126】 胺基甲酸酯系預聚物和固化劑在混合時彼此反應形成固體聚胺基甲酸酯，然後使其形成片材或類似物。具體而言，胺基甲酸酯系預聚物中的異氰酸酯端基可與固化劑中的胺基、醇基等反應。在此類情況下，包含惰性氣體的氣相發泡劑和固相發泡劑均勻地分散在原料中，以物理方式形成孔洞結構，而不參與胺基甲酸酯系預聚物和固化劑之間的化學反應。

【0127】 研磨墊的孔洞結構可確定為由製造研磨墊的方法中的壓力及/或填料條件引起的固相發泡劑的尺寸改變或為外部氣體滲透到由固相發泡劑形成的孔洞結構孔中的孔洞。

【0128】同時，在使用氣相發泡劑的情況下，包含惰性氣體的氣相發泡劑也均勻地分散在原料中，而不參與胺基甲酸酯系預聚物與固化劑的反應以形成孔洞，氣相發泡劑的孔洞結構的尺寸係藉由在製造研磨墊的方法中可能對研磨墊的孔洞結構具有影響的壓力及/或填料條件來調整。

【0129】此外，在使用反應速率控制劑的情況下，反應速率控制劑係藉由促進或延緩胺基甲酸酯系預聚物與固化劑之間的反應來調整孔洞的尺寸。例如，假使反應速率控制劑是用於延遲反應的反應延緩劑，則精細分散在原料中的惰性氣體彼此結合的時間延長了，使得可增加孔洞的平均直徑。另一方面，假使反應速率控制劑是用於促進反應的反應促進劑，則精細分散在原料中的惰性氣體彼此結合的時間縮短了，使得可減少孔洞的平均直徑。

【0130】同時，根據本發明一實施例的製造研磨墊的方法可包含在預定壓力或減壓條件下將組成物填入並注入一模具中以形成一研磨層(步驟2)。

【0131】模具中的壓力或減壓條件可經調整，藉此調整孔洞直徑、複數個孔洞的數字平均直徑、每單位面積的孔洞總數量和孔洞總面積。於是，有可能控制 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 的特定值及/或複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)和具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞，藉其可增進研磨性能，例如研磨速率與晶圓內不均勻性。

【0132】特別是，由於方法的不穩定性，可能會意外地形成具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的異常孔洞。根據本發明的一實施例，該等異常孔洞可藉由控制經由高壓注入引入空氣或氣泡及藉由減壓排出而調整至適當範圍，藉其可進一步增進研磨墊的性能。

模製

【0133】圖2是顯示根據本發明一實施例之使用模具的模製方法的示意圖。

【0134】參照圖2，模製可使用模具(100)來執行。具體而言，可將在混合頭

或類似物中充分攪拌的原料(即組成物)填料(b)至模具中以填充其內部。在此類情況下，可調整填料速率，其可影響異常孔洞的控制。此外，該等異常孔洞可藉由控制經由高壓注入引入空氣或氣泡及藉由減壓排出(a)而調整至適當範圍，藉其可進一步增進研磨墊的性能。

【0135】 填料(b)和注入時的填料速率可為5 kg/min至20 kg/min，具體而言為8 kg/min至18 kg/min，更具體而言為8 kg/min至15 kg/min或10 kg/min至12 kg/min。假使填料速率超過上述範圍，則施加的負載很大，其可能導致方法出現問題。假使填料速率小於上述範圍，則胺基甲酸酯系預聚物與固化劑之間的反應快速進行，使得聚合物太容易硬化。

【0136】 此外，藉由減壓排出(a)時的真空度可在0.6 kgf/cm²至小於1 kgf/cm²、具體而言0.6 kgf/cm²至0.9 kgf/cm²，更具體而言0.7 kgf/cm²至0.9 kgf/cm²的範圍內執行。真空度在控制孔洞直徑時可能扮演重要角色。亦即，減壓步驟排出能夠生成大型孔洞的空氣和氣泡，藉此控制具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的異常孔洞的面積比例(A_u(%))。於是，減壓是在上述範圍內之真空度執行，A_u(%)可被控制至0.9%至小於12%的面積比例。假使真空度超過上述範圍，則A_u(%)增加，A_n(%)相對降低，使得鎢層被研磨時的初始研磨速率可能過度增加，且氧化物層被研磨時的初始研磨速率可能過度降低。此外，研磨性能可能不均勻，且鎢層和氧化物層的晶圓內不均勻性可能劣化。此外，假使真空度小於上述範圍，則A_u(%)降低，使得鎢層被研磨時的初始研磨速率可能過度降低，且氧化物層被研磨時的初始研磨速率可能過度增加。此外，研磨性能可能不均勻，且鎢層和氧化物層的晶圓內不均勻性可能劣化。

【0137】 此外，模具中的壓力可被調整至0.6 kgf/cm²至1.2 kgf/cm²。此外，模具中的壓力可為0.8 kgf/cm²至1.1 kgf/cm²、0.8 kgf/cm²至1.0 kgf/cm²、0.6 kgf/cm²至1.0 kgf/cm²、1.0 kgf/cm²至1.2 kgf/cm²或0.9 kgf/cm²至1.1 kgf/cm²。此外，模具

中的壓力可例如在1 kgf/cm²的條件下執行。

【0138】 假使壓力小於0.6 kgf/cm²， D_q 值可能過度增加。假使壓力超過1.2 kgf/cm²，孔洞的數字平均直徑可能過度減小。結果， D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 可能受到影響。此外，例如研磨速率和晶圓內不均勻性之研磨特性可能變動。

【0139】 胺基甲酸酯類預聚物與固化劑之間的反應係於模具中完成，藉此生產順應模具形狀的固化塊狀物形式的模製體。

【0140】 之後，依此獲得的模製體可被適當地切片或切割成研磨層以供生產研磨墊。作為範例，在具有最終欲生產之研磨墊的厚度的5至50倍高度的模具中製造模製體，然後切片成相同厚度以一次生產用於研磨墊的複數個片材。在此類情況下，反應延緩劑可用作反應速率控制劑，以確保足夠的固化時間。於是，模具的高度可為最終欲生產之研磨墊的厚度的約5倍至約50倍，以製造用於該研磨墊之研磨層。然而，取決於模具內部的模製位置，研磨層可具有不同直徑的孔洞。亦即，在模具的下方位置模製的研磨層具有精細直徑的孔洞，而在模具的上方位置模製的研磨層可具有相較於下方位置形成的研磨層所具者之較大直徑的孔洞。

【0141】 此外，為了使各個研磨層或片材具有均勻直徑的孔洞，較佳使用能夠例如藉由一次模製成型生產一份片材的模具。為此，模具的高度可與最終欲生產之研磨墊的厚度無明顯差異。例如，可使用具有最終欲生產之研磨墊的厚度的1至3倍高度的模具執行模製。更具體而言，模具可具有最終欲生產之研磨墊的厚度的1.1至2.5倍或1.2至2倍的高度。在此類情況下，反應促進劑可用作反應速率控制劑，以形成具有更均勻直徑的孔洞。

【0142】 之後，可分別切掉由該模具獲得的模製體的頂端和底端。例如，可將模製體的頂端和底端中的各者切掉佔模製體總厚度的1/3或更少、1/22至3/10或1/12至1/4。

【0143】 作為特定實施例，使用具有最終欲生產之研磨墊的厚度的1.2至2倍高度的模具執行模製，然後執行將由該模具獲得的模製體的頂端和底端中的各者切掉佔模製體總厚度的1/12至1/4的另外步驟。

【0144】 在上述切割步驟之後，上述製造方法可更包含以下步驟：在模製體的表面上切削出凹槽、與下部結合、檢查、包裝等。該些步驟可以習用方式執行以製造研磨墊。

研磨墊的物理性質

【0145】 如上所述，假使根據一實施例的研磨墊中的每單位面積的孔洞總面積和包括方程式1至3中的 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 的孔洞分佈參數 q 在上述範圍內，則可顯著地增進研磨性能，例如研磨速率與晶圓內不均勻性。

【0146】 或者，假使根據一實施例的研磨墊中的 D_a 與 A_u (%)在上述範圍內，則有可能實現均勻的研磨性能，藉其可顯著地增進研磨墊的研磨速率和晶圓內不均勻性。

【0147】 或者，假使根據一實施例的研磨墊滿足上述所有物理性質，則可進一步增進研磨墊的性能。

【0148】 研磨墊可具有研磨墊的每單位面積(mm^2)為600或更多的孔洞總數量。更具體而言，研磨墊的每單位面積(mm^2)的孔洞總數量可為700或更多、750或更多或800或更多。此外，研磨墊的每單位面積(mm^2)的孔洞總數量可為900或更多，但不限於此。此外，研磨墊的每單位面積(mm^2)的孔洞總數量可為2,500或更少，具體而言為2,200或更少、1,500或更少或1,200或更少，但不限於此。於是，研磨墊的每單位面積(mm^2)的孔洞總數量可為700至2,500，例如750至2,200、800至1,500或800至1,200，但不限於此。

【0149】 具體而言，研磨墊可具有60 kgf/cm^2 或更多的彈性模量。更具體而言，研磨墊可具有100 kgf/cm^2 或更多的彈性模量，但不限於此。研磨墊的彈性模

量的上限可為150 kgf/cm²，但不限於此。

【0150】此外，根據一實施例的研磨墊在研磨性能以及研磨墊的例如擊穿電壓、比重、表面硬度、抗拉強度和伸長率之基本物理性質方面可為優異的。

【0151】研磨墊的例如比重和硬度之物理性質可經由異氰酸酯和多元醇之間的反應所聚合的胺基甲酸酯系預聚物的分子結構來控制。

【0152】具體而言，研磨墊可具有30 Shore D至80 Shore D的硬度。更具體而言，研磨墊可具有40 Shore D至70 Shore D的硬度，但不限於此。

【0153】具體而言，研磨墊可具有0.6 g/cm³至0.9 g/cm³的比重。更具體而言，研磨墊可具有0.7 g/cm³至0.85 g/cm³的比重，但不限於此。

【0154】具體而言，研磨墊可具有10 N/mm²至100 N/mm²的抗拉強度。更具體而言，研磨墊可具有15 N/mm²至70 N/mm²的抗拉強度。甚至更具體而言，研磨墊可具有20 N/mm²至70 N/mm²的抗拉強度，但不限於此。

【0155】具體而言，研磨墊可具有30%至300%的伸長率。更具體而言，研磨墊可具有50%至200%的伸長率。

【0156】研磨墊可具有14 kV至23 kV的擊穿電壓，1.5 mm至2.5 mm的厚度，0.7 g/cm³至0.9 g/cm³的比重，25°C下為50 shore D至65 shore D的表面硬度，15 N/mm²至25 N/mm²的抗拉強度以及80%至250%的伸長率，但不限於此。

【0157】研磨墊可具有1 mm至5 mm的厚度。具體而言，研磨墊可具有1 mm至3 mm、1 mm至2.5 mm、1.5 mm至5 mm、1.5 mm至3 mm、1.5 mm至2.5 mm、1.8 mm至5 mm、1.8 mm至3 mm或1.8 mm至2.5 mm的厚度。假使研磨墊的厚度在上述範圍內，則可充分展現出作為研磨墊的基本物理性質。

【0158】研磨墊可具有位於其表面上之凹槽以用於機械研磨。凹槽可具有機械研磨所需的深度、寬度和間隔，其並無特別限制。

【0159】根據一實施例的研磨墊可同時具有如上所述的研磨墊的物理性

質。

[製造半導體裝置之方法]

【0160】 根據一實施例之製造半導體裝置之方法包含使用根據該實施例的研磨墊研磨半導體基材的表面。

【0161】 亦即，根據一實施例之製造半導體裝置之方法包含將包含了包含複數個孔洞的一研磨層的一研磨墊安裝在一平台上；以及在該研磨層的研磨表面和一晶圓的表面彼此接觸的同時使彼等相對地旋轉以研磨該晶圓的表面，其中該研磨層的該研磨表面的每單位面積(mm²)的孔洞總面積為40%至60%，由上述方程式1表示的D_q值為5 μm至15 μm，由上述方程式2表示的D_{sk}值為大於0.3至小於1，且由上述方程式3表示的D_{ku}值為大於1至小於5。

【0162】 根據另一實施例之製造半導體裝置之方法包含將包含了包含複數個孔洞的一研磨層的一研磨墊安裝在一平台上；以及在該研磨層的研磨表面和一晶圓的表面彼此接觸的同時使彼等相對地旋轉以研磨該晶圓的表面，其中，在基於研磨表面的複數個孔洞的直徑分佈中，該複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)為15 μm至50 μm，且具有大於該複數個孔洞的該數字平均直徑至少200%的一直徑的孔洞(A_u)係以該研磨表面的總面積之0.9%至小於12%的面積比例被包含。

【0163】 根據另一實施例之製造半導體裝置之方法包含將包含了包含複數個孔洞的一研磨層的一研磨墊安裝在一平台上；以及在該研磨層的研磨表面和一晶圓的表面彼此接觸的同時使彼等相對地旋轉以研磨該晶圓的表面，其中由方程式1至3的D_q、D_{sk}與D_{ku}表示的孔洞分佈被滿足，且具有大於複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)至少200%的直徑的孔洞被控制在上述範圍。

【0164】 圖1示意地例示根據一實施例之製造半導體裝置之方法。參照圖1，一旦將根據一實施例的研磨墊(110)附接至平台(120)，半導體基材(130)即設置在研磨墊(110)上。在此類情況下，半導體基材(130)的表面與研磨墊(110)的研磨表

面係直接接觸。可經由噴嘴(140)將研磨漿料(150)噴灑在研磨墊上以用於研磨。經由噴嘴(140)供應的研磨漿料(150)的流速可根據目的在約 $10\text{ cm}^3/\text{min}$ 至約 $1,000\text{ cm}^3/\text{min}$ 的範圍內選擇。例如，可為約 $50\text{ cm}^3/\text{min}$ 至約 $500\text{ cm}^3/\text{min}$ ，但不限於此。

【0165】 之後，半導體基材(130)和研磨墊(110)彼此相對旋轉，使得半導體基材(130)的表面被研磨。在此類情況下，半導體基材(130)的旋轉方向和研磨墊(110)的旋轉方向可為相同方向或相反方向。半導體基板(130)和研磨墊(110)的旋轉速度可根據目的在約 10 rpm 至約 500 rpm 的範圍內選擇。例如，其可為約 30 rpm 至約 200 rpm ，但不限於此。

【0166】 將安裝在研磨頭(160)上的半導體基材(130)以預定載重壓抵研磨墊(110)的研磨表面以和其接觸，然後可研磨其表面。藉由研磨頭(160)經由半導體基材(130)的表面施加至研磨墊(110)的研磨表面上的載重可根據目的在約 $1\text{ gf}/\text{cm}^2$ 至約 $1,000\text{ gf}/\text{cm}^2$ 的範圍內選擇。例如，其可為約 $10\text{ gf}/\text{cm}^2$ 至約 $800\text{ gf}/\text{cm}^2$ ，但不限於此。

【0167】 在一實施例中，為了使研磨墊(110)的研磨表面保持在適用於研磨的狀態，製造半導體裝置之方法可更包含：在研磨半導體基材(130)的同時，以調理劑(170)加工研磨墊(110)的研磨表面。

【0168】 根據該實施例，包含在研磨墊中的複數個孔洞的尺寸(或直徑)和分佈可被調整。結果，在研磨墊中，由方程式1至3的 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 表示的每單位面積的孔洞總面積和孔洞分佈具有在一定範圍內之值，或者複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)及具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞可被控制，藉其可進一步增進研磨性能，例如研磨速率與晶圓內不均勻性。此外，有可能使用該研磨墊高效地製造具有優異品質的半導體裝置。

執行發明的實施例

【0169】 下文，將參照範例詳細說明本發明。列出該些範例係用以例示

本發明，本發明之範疇不限於此。

範例1-1

【0170】 在配備有用於胺基甲酸酯系預聚物、固化劑、惰性氣體和反應速率控制劑的進料管線的鑄造機中，將具有9.1重量%的未反應NCO含量的PUGL-550D (SKC)填至預聚物槽，並將4,4'-亞甲基雙(2-氯苯胺) (MOCA; Ishihara)填至固化劑槽。準備作為惰性氣體氮(N₂)以及作為反應速率控制劑的反應促進劑(三級胺化合物；製造商：Air Products，產品名：A1)。此外，將基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之1重量份固相發泡劑(製造商：AkzoNobel，產品名：Expancel 461 DET 20 d40，平均顆粒尺寸：20 μm)和1重量份矽氧烷系表面活性劑(製造商：Evonik，產品名：B8462)預先混合，然後填入預聚物槽。

【0171】 在胺基甲酸酯系預聚物、固化劑、固相發泡劑、反應速率控制劑、矽氧烷系表面活性劑和惰性氣體經由個別的進料管線以恆定速率進料到混合頭的同時攪拌彼等。在此類情況下，將胺基甲酸酯系預聚物中的NCO基與固化劑中的反應性基團的莫耳當量比例調整成1:1，並使總進料速率維持在10 kg/min的速率。此外，基於胺基甲酸酯系預聚物、固化劑、固相發泡劑、反應速率控制劑和矽氧烷系表面活性劑的總體積，以10體積%恆定地供給惰性氣體。反應速率控制劑係以基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之0.5重量份的量進料。

【0172】 在10 kg/min的填料速率及模具中的壓力調整成1.0 kgf/cm²的條件下，將攪拌的原料填至模具(長1,000 mm，寬1,000 mm，高3 mm)。待反應完成，獲得多孔聚胺基甲酸酯模製體。之後，使用研磨機研磨該多孔聚胺基甲酸酯模製體的表面，然後使用尖端開槽，使得其平均厚度被調整成2 mm。

【0173】 在120°C下以熱熔膜(製造商：SKC，產品名：TF-00)將多孔聚胺基甲酸酯層和基材層(平均厚度：1.1 mm)受熱黏結，以製成研磨墊。

範例1-2

【0174】 以與範例1-1相同的方式製造研磨墊，不同之處在於如下表1所示調整反應速率控制劑、氣相發泡劑和固相發泡劑的含量。

範例1-3

【0175】 在範例1-1的鑄造機中，將用於惰性氣體和反應速率控制劑的進料管線截斷。將具有9.1% NCO含量的PUGL-600D (由SKC製造，重量平均分子量為1,500 g/mol)填至預聚物槽，並將4,4'-亞甲基雙(2-氯苯胺) (由TCI (Tokyo Chemical Industry)製造)填至固化劑槽。

【0176】 而且，將基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之1.5重量份固相發泡劑(由AkzoNobel製造，產品名為Expancel 461 DET 20 d40，平均顆粒尺寸為40 μm)預先混合，然後將其填至預聚物槽。

【0177】 在混合有固相發泡劑和固化劑的胺基甲酸酯系預聚物經由個別的進料管線以恆定速率進料到混合頭的同時攪拌彼等。混合頭的旋轉速率為約5,000 rpm。在此類情況下，將胺基甲酸酯系預聚物中的NCO基與固化劑中的反應性基團的莫耳當量比例調整成1:1，並使總進料速率維持在10 kg/min的速率。

【0178】 在10 kg/min的填料速率及模具中的壓力調整成0.8 kgf/cm²的條件下，將攪拌的原料填至模具(長1,000 mm，寬1,000 mm，高3 mm)。待反應完成，獲得多孔聚胺基甲酸酯模製體。之後，使用研磨機研磨該多孔聚胺基甲酸酯模製體的表面，然後使用尖端開槽，使得其平均厚度被調整成2 mm。

【0179】 在120°C下以熱熔膜(製造商：SKC，產品名：TF-00)將多孔聚胺基甲酸酯層和基材層(平均厚度：1.1 mm)受熱黏結，以製成研磨墊。

範例1-4

【0180】 以與範例1-3相同的方式製造研磨墊，不同之處在於如下表1所示調整固相發泡劑的含量和模具中的真空度。

範例2-1

【0181】 在配備有用於胺基甲酸酯系預聚物、固化劑、惰性氣體和反應速率控制劑的進料管線的鑄造機中，將具有9.1重量%的NCO含量的PUGL-600D (由SKC製造，重量平均分子量為1,500克/莫耳)填至預聚物槽，將4,4'-亞甲基雙(2-氯苯胺) (由TCI (Tokyo Chemical Industry)製造)填至固化劑槽，並準備作為惰性氣體的氮(N₂)。此外，運用由Sigma Aldrich Corporation供應的三伸乙二胺(TEDA)作為反應速率控制劑。

【0182】 此外，將基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之1重量份固相發泡劑(由AkzoNobel製造，產品名為Expancel 461 DET 20 d40，平均顆粒直徑為40 μm)和0.5重量份矽氧烷表面活性劑(由Evonik Industries製造，產品名為B8462)預先混合，然後填入預聚物槽。

【0183】 在胺基甲酸酯系預聚物、固化劑、固相發泡劑、反應速率控制劑和惰性氣體經由個別的進料管線以恆定速率進料到混合頭的同時攪拌彼等。混合頭的旋轉速率為約5,000 rpm。在此類情況下，將胺基甲酸酯系預聚物中的NCO基與固化劑中的反應性基團的莫耳當量比例調整成1:1，並使總進料速率維持在10 kg/min的速率。此外，基於具有聚胺基甲酸酯片的目標比重為0.8 g/cm³之胺基甲酸酯系預聚物、固化劑、固相發泡劑、反應促進劑和矽氧烷表面活性劑的總體積，以21體積%恆定地供給惰性氣體。反應速率控制劑係以基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之0.5重量份的量進料。

【0184】 在10 kg/min的填料速率及模具中的真空度調整成0.8 kgf/cm²的條件下，將攪拌的原料填至模具(長1,000 mm，寬1,000 mm，高3 mm)。待反應完成，獲得固體塊狀形式的模製體。之後，將該模製體的頂部和底部各自研磨0.5 mm的厚度，以獲得厚度為2 mm的上墊。

【0185】 之後，使上墊經歷表面銑削和凹槽形成步驟，並藉由熱熔黏合劑將其與下墊層壓，藉此製造研磨墊。

範例2-2

【0186】 以與範例2-1相同的方式製造研磨墊，不同之處在於如下表2所示將填料速率調整為12 kg/min。

範例2-3

【0187】 以與範例2-1相同的方式製造研磨墊，不同之處在於如下表2所示將填料速率調整為12 kg/min及將真空度調整為0.7 kgf/cm²。

範例2-4

【0188】 以與範例2-1相同的方式製造研磨墊，不同之處在於如下表2所示將填料速率調整為10 kg/min及將真空度調整為0.9 kgf/cm²。

範例2-5

【0189】 在範例2-1的鑄造機中，將用於惰性氣體和反應速率控制劑的進料管線截斷。將具有9.1% NCO含量的PUGL-600D (由SKC製造，重量平均分子量為1,500 g/mol)填至預聚物槽，並將4,4'-亞甲基雙(2-氯苯胺) (由TCI (Tokyo Chemical Industry)製造)填至固化劑槽。

【0190】 而且，將基於100重量份胺基甲酸酯系預聚物之1.5重量份固相發泡劑(由AkzoNobel製造，產品名為Expancel 461 DET 20 d40，平均顆粒尺寸為40 μm)預先混合，然後將其填至預聚物槽。

【0191】 在混合有固相發泡劑和固化劑的胺基甲酸酯系預聚物經由個別的進料管線以恆定速率進料到混合頭的同時攪拌彼等。混合頭的旋轉速率為約5,000 rpm。在此類情況下，將胺基甲酸酯系預聚物中的NCO基與固化劑中的反應性基團的莫耳當量比例調整成1:1，並使總進料速率維持在10 kg/min的速率。

【0192】 在10 kg/min的填料速率及模具中的真空度調整成0.8 kgf/cm²的條件下，將攪拌的原料填至模具(長1,000 mm，寬1,000 mm，高3 mm)。待反應完成，獲得固體塊狀形式的模製體。之後，將該模製物件的頂部和底部各自研磨0.5

mm的厚度，以獲得厚度為2 mm的上墊。

【0193】 之後，使上墊經歷表面銑削和凹槽形成步驟，並藉由熱熔黏合劑將其與下墊層壓，藉此製造研磨墊。

比較例1-1至1-8

【0194】 以與範例1-1相同的方式製造研磨墊，不同之處在於如下表1所示調整模具中的真空度以及反應速率控制劑、氣相發泡劑和固相發泡劑的含量。

比較例1-9和1-10

【0195】 以與範例1-3相同的方式製造研磨墊，不同之處在於如下表1所示調整固相發泡劑的含量和模具中的真空度。

比較例2-1

【0196】 以與範例2-1相同的方式製造研磨墊，不同之處在於如下表2所示將真空度調整為大氣壓力。

比較例2-2

【0197】 以與範例2-5相同的方式製造研磨墊，不同之處在於如下表2所示將填料速率調整為12 kg/min及將真空度調整為0.5 kgf/cm²。

比較例2-3

【0198】 以與範例2-5相同的方式製造研磨墊，不同之處在於如下表2所示將真空度調整為大氣壓力。

測試例

(1)孔洞的特性

<複數個孔洞的數字平均直徑和每單位面積的孔洞總面積>

【0199】 將研磨墊切成1 mm × 1 mm的正方形(厚度：2 mm)，並以掃描電子顯微鏡(SEM)由放大100倍的影像觀察切成1 mm²的研磨表面的截面。

【0200】 從使用影像分析軟體獲得的影像測量整個孔洞的直徑，自其獲得

平均孔洞直徑、以孔洞直徑計的孔洞截面積總和的分佈、孔洞數量和孔洞總面積。

【0201】 - 孔洞的截面積總和的比例：獲自SEM影像的孔洞係以1 μm 單位分類。

【0202】 - 數字平均直徑(D_n)：在1 mm^2 研磨表面上之複數個孔洞的直徑總和除以孔洞數量獲得的平均值

【0203】 - 孔洞的數量：SEM影像上之每單位面積(mm^2)的全部孔洞的數量

【0204】 - 每單位面積(mm^2)的孔洞總面積：相對於SEM影像總面積之孔洞面積百分比

【0205】 圖3和圖4分別是範例1-1的研磨墊的孔洞的掃描電子顯微鏡(SEM)影像以及使用SEM將範例1-1的研磨墊的1 mm^2 研磨表面放大100倍的影像。從圖3和圖4可看出，範例1-1的研磨墊顯示出均勻的孔洞分佈。

【0206】 在範例2-1的研磨墊中，具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞係經控制，類似於圖3和圖4，顯示出均勻的孔洞分佈。

<具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞(A_u)的面積比例(A_u (%))>

【0207】 A_u (%)可藉由以下方程式4計算：

[方程式4]

$$A_u \% = \frac{A_u(\mu\text{m}^2)}{A_t(\mu\text{m}^2)} \times 100(\%)$$

【0208】 在方程式4中， A_t (μm^2)是總測量面積，且 A_u (μm^2)是具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%之直徑的孔洞的面積。

<總面積比例(A_p (%))>

【0209】 A_p (%)可藉由以下方程式6計算：

[方程式6]

$$A_p \% = \frac{A_p(\mu\text{m}^2)}{A_t(\mu\text{m}^2)} \times 100(\%)$$

【0210】 在方程式6中， $A_t(\mu\text{m}^2)$ 是總測量面積，且 $A_p(\mu\text{m}^2)$ 是複數個孔洞的總面積。

<具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞以外的孔洞(A_n)的面積比例($A_n(\%)$)。>

【0211】 $A_n(\%)$ 可藉由以下方程式7計算：

[方程式7]

$$A_n \% = \frac{A_n(\mu\text{m}^2)}{A_t(\mu\text{m}^2)} \times 100(\%)$$

【0212】 在方程式7中， $A_t(\mu\text{m}^2)$ 是總測量面積，且 $A_n(\mu\text{m}^2)$ 是具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%之直徑的孔洞以外的孔洞的面積。

(2) 鎢層和氧化物層的研磨速率

【0213】 將具有藉由CVD方法形成的鎢(W)層、尺寸為300 mm的矽晶圓設置在CMP研磨機中。將矽晶圓設置在安裝在平台上的研磨墊上，而矽晶圓的鎢層面朝下。之後，以2.8 psi的研磨載重研磨鎢層，同時平台以115 rpm的速度旋轉30秒，並以190 ml/min的速率在研磨墊上供應經煅燒的二氧化矽漿料。研磨完成後，使矽晶圓脫離載體、安裝在旋轉乾燥器中，以去離子水(DIW)洗滌，然後以空氣乾燥15秒。在研磨前後，使用接觸型薄層電阻測定儀(4點探針)測量乾燥矽晶圓的層厚度。然後，藉由以下方程式8計算研磨速率。

[方程式8]

$$\text{研磨速度}(\text{\AA}/\text{min}) = \text{研磨前後的厚度差}(\text{\AA}) / \text{研磨時間}(\text{分鐘})$$

【0214】 此外，在同一裝置中，使用具有藉由TEOS-電漿CVD方法形成的

氧化矽(SiO_x)層、具有300 mm尺寸的矽晶圓代替具有鎢層的矽晶圓。將矽晶圓設置在安裝在平台上的研磨墊上，而矽晶圓的氧化矽層面朝下。之後，以1.4 psi的研磨載重研磨氧化矽層，同時平台以115 rpm的速度旋轉60秒，並以190 ml/min的速率在研磨墊上供應經煅燒的二氧化矽漿料。研磨完成後，使矽晶圓脫離載體、安裝在旋轉乾燥器中，以去離子水(DIW)洗滌，然後以空氣乾燥15秒。在研磨前後，使用光譜反射儀型厚度測量儀器(製造商：Kyence，型號：SI-F80R)測量乾燥矽晶圓的膜厚度的差異。然後，藉由上述算式8計算研磨速率。

(3)鎢層和氧化物層的晶圓內不均勻性

【0215】 以與上述測試例(2)相同的方式製造的具有鎢層的矽晶圓與具有二氧化矽(SiO_x)層的矽晶圓被各自塗覆1 μm (10,000 Å)的熱氧化物層，其在如上所述的條件下研磨1分鐘。測量該晶圓在98個點的面內膜厚度，以藉由以下方程式9計算晶圓內不均勻性(WIWNNU)：

[方程式9]

晶圓內不均勻性(WIWNNU) (%) = (經研磨厚度的標準偏差/平均經研磨厚度) × 100 (%)

【0216】 範例1-1至1-4和比較例1-1至1-10製造的研磨墊的性質是根據以下條件和流程測量。結果顯示於下表1。

[表1]

	範例				比較例									
	1-1	1-2	1-3	1-4	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10
固相發泡劑的顆粒直徑(μm)	32.67	34.06	34.7	33.81	31.83	33.27	32.67	32.67	31.83	31.83	33.06	33.06	33.7	33.81
固相發泡劑的標準偏差	10.31	7.95	10.37	9.87	10.57	8.57	10.31	10.31	10.57	10.57	10.15	10.15	10.37	9.87
反應速率控制劑 (重量份)	0.5	1.5	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.1	0.5	1.0	0.0	0.0
氣相發泡劑的進料速率 (體積%)	10.0	7.5	0.0	0.0	5.0	5.0	10.0	10.0	10.0	10.0	1.0	30	0.0	0.0
固相發泡劑的進料速率 (重量份)	1.0	1.5	1.5	2.0	0.5	2.5	1.0	1.0	1.0	1.0	2.5	-	0.5	2.5
真空壓力(kgf/cm ²)	1	1	0.8	1	1	1	1.2	0.8	1	1	1	1	1	1
孔洞的數字平均直 徑(μm)	20.74	21.52	19.5	19.32	20.43	22.54	17.57	20.42	22.57	28.51	21.52	45.74	19.58	19.72
每單位的孔洞總面 積%為(%)	49.81	52.17	40.75	59.05	35.25	60.15	55.18	50.54	58.42	57.52	57.27	59.46	30.54	60.05
D _q (μm)	11.02	8.61	11.52	12.81	7.57	13.95	4.05	15.92	5.27	14.42	14.32	14.85	4.49	4.59
D _{sk}	0.87	0.49	0.80	0.98	0.35	0.97	0.37	0.85	0.25	1.23	0.18	0.87	0.50	0.54
D _{Ku}	4.02	3.06	4.20	4.52	2.86	4.89	1.52	4.98	1.50	4.90	0.84	5.51	3.57	3.79
鎢層的研磨速率 (Å/min)	787	810	750	815	620	950	711	920	701	870	707	932	601	950
鎢層的晶圓內不均 勻性(%)	4.5	3.0	3.1	3.8	3.5	12.5	3.5	10.5	4.8	8.5	3.5	11.1	3.5	10.8
氧化層的研磨速率 (Å/min)	2931	2950	2850	3150	2215	2705	3050	2850	2800	2815	2700	2530	2235	3215
氧化層的晶圓內不 均勻性(%)	3.8	3.7	3.7	4.5	4.2	10.8	10.2	7.5	4.5	9.5	4.3	9.8	5.5	10.1

【0217】從表1中可看出，相較於比較例1-1至1-10的研磨墊，範例1-1至1-4的研磨墊(其中研磨表面的每單位面積的孔洞總面積和方程式1至3的 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 值落入本發明的範圍內)對於鎢層和氧化物層的研磨速率和晶圓內不均勻性皆顯著地優異。

【0218】具體而言，範例1-1至1-4的研磨墊具有分別對於鎢層和氧化物層為750 Å/min至815 Å/min和2,850 Å/min至3,150 Å/min的研磨速率。對於鎢層和氧化物層，彼等亦具有4.5%或更少的優異的晶圓內不均勻性。

【0219】反之，比較例1-1的研磨墊(其中研磨表面的每單位面積的孔洞總面積小於40%)具有對於鎢層和氧化物層分別為620 Å/min與2,215 Å/min的研磨率，其明顯低於範例1-1至1-4的研磨墊的研磨率。

【0220】另一方面，比較例1-2的研磨墊(其中研磨表面的每單位面積的孔洞總面積大於60%)具有對於鎢層的12.5%的晶圓內不均勻性，其明顯低於範例1-2的研磨墊對於鎢層所具者。再者，鎢層被研磨時的研磨速率為950 Å/min，其相較於範例1-1至1-4的研磨墊係太高，而氧化物層的研磨速率則非常低，為2,705 Å/min。

【0221】同時，比較例1-3的研磨墊(其中 D_q 值小於5 μm)在鎢層被研磨時具有711 Å/min的研磨速率，其低於範例1-1至1-4的研磨墊所具者，以及氧化層的晶圓內不均勻性為10.2%，顯著劣於範例1-1和1-2的研磨墊所具者。

【0222】比較例1-4的研磨墊(其中 D_q 值超過15 μm)在鎢層被研磨時具有920 Å/min的研磨速率，其明顯大於範例1-1至1-4的研磨墊所具者，以及鎢層和氧化物層的晶圓內不均勻性分別為10.5%和7.5%，劣於範例1-1至1-4所具者。

【0223】此外，比較例1-5的研磨墊(其中 D_{sk} 值為0.3或更小)鎢層被研磨時具有很差的研磨速率。比較例1-6的研磨墊(其中 D_{sk} 值為1或更多)在鎢層被研磨時具有過高的研磨速率，以及鎢層和氧化物層的晶圓內不均勻性顯著劣於範例1-1至

1-4的研磨墊所具者。

【0224】同時，比較例1-7的研磨墊(其中 D_{ku} 值為1或更小)在鎢層被研磨時具有差劣的研磨速率。比較例1-8的研磨墊(其中 D_{ku} 值為5或更多)在鎢層和氧化物層的研磨速率與晶圓內不均勻性方面具有極差的性質。

【0225】此外，在範例1-3和1-4的研磨墊中，即便不使用反應速率控制劑和氣相發泡劑，藉由調整真空壓力和固相發泡劑的進料速率，也可有效地增進研磨速率和晶圓內不均勻性。

【0226】反之，在比較例1-9和1-10的研磨墊(其中如同範例1-3和1-4，並未使用反應速率控制劑和氣相發泡劑)中，當固相發泡劑的進料速率太小或太大時，每單位面積的孔洞總面積和 D_q 值落在本發明的範圍之外。在此情況下，研磨速率和晶圓內不均勻性係劣化。

【0227】據此，假使研磨表面的每單位面積的孔洞總面積及方程式1至3的 D_q 、 D_{sk} 與 D_{ku} 值中的任一者落在本發明的範圍之外，將對研磨性能，例如研磨速率和晶圓內不均勻性具有重大影響。

【0228】範例2-1至2-5和比較例2-1至2-3製造的研磨墊的性質是根據上述條件和流程測量。結果顯示於下表2。

[表2]

		範例					比較例		
		2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-1	2-2	2-3
組成	發泡劑	氣體+ 固體	氣體+ 固體	氣體+ 固體	氣體+ 固體	固體	氣體+固體	固體	固體
	表面活性劑	○	○	○	○	×	○	×	×
	反應速率控制劑	○	○	○	○	×	○	×	×
填料速率(kg/min)		10	12	12	10	10	10	12	10
真空度(kgf/cm ²)		0.8	0.8	0.7	0.9	0.8	大氣壓力	0.5	大氣壓力
墊的孔洞特性	$D_a(\mu\text{m})$	20.74	21.52	18.54	24.52	15.14	31.32	14.58	14.32
	$A_t(\mu\text{m}^2)$	326048	326048	326048	326048	326048	326048	326048	326048
	$A_p(\mu\text{m}^2)$	162403	171732	167653	172838	115831	172343	120510	118832

	A_n (μm^2)	130331	161884	162502	138864	112799	130923	113680	108957
	A_u (μm^2)	32072	9848	5152	33974	3032	41420	6830	9875
	A_p (%)	49.81%	52.67%	51.42%	53.01%	35.53%	52.86%	36.96%	36.45%
	A_n (%)	39.97%	49.65%	49.84%	42.59%	34.60%	40.15%	34.87%	33.42%
	A_u (%)	9.84%	3.02%	1.58%	10.42%	0.93%	12.71%	2.09%	3.03%
墊的研磨特性	鎢層的研磨速率($\text{\AA}/\text{min}$)	790	795	709	810	615	815	635	641
	鎢層的晶圓內不均勻性(%)	4.2%	2.9%	3.8%	9.8%	4.1%	10.3%	4.5%	4.2%
	氧化層的研磨速率($\text{\AA}/\text{min}$)	2931	2950	2912	2910	3151	2854	3121	3225
	氧化層的晶圓內不均勻性(%)	3.7%	3.8%	7.2%	9.52%	5.1%	12.9%	10.1%	11.5%
D_a (μm): 孔洞的數字平均直徑(μm) A_t (μm^2): 總測量面積 A_p (μm^2): 複數個孔洞的總面積 A_n (μm^2): 具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞以外的孔洞的面積 A_u (μm^2): 具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞的面積 A_p (%): 複數個孔洞的總面積比例 A_n (%): 具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞以外的孔洞(A_n)的面積比例 A_u (%): 具有大於複數個孔洞的數字平均直徑至少200%的直徑的孔洞(A_u)的面積比例									

【0229】 從表2可看出，在範例2-1至2-5中， D_a 在15 μm 至50 μm 的範圍內，且 A_u (%)係為佔研磨表面總面積的0.9%至小於12%的範圍內。此外，相較於比較例2-1至2-3，當 D_a 和 A_u (%)在上述範圍內時，鎢層和氧化物層的研磨速率和晶圓內不均勻性皆顯著優異。

【0230】 具體而言，範例2-1至2-5的研磨墊具有分別對於鎢層和氧化物層為615 $\text{\AA}/\text{min}$ 至810 $\text{\AA}/\text{min}$ 和2,910 $\text{\AA}/\text{min}$ 至3,151 $\text{\AA}/\text{min}$ 的研磨速率。相較於比較例2-1至2-3的研磨墊，彼等亦具有對於鎢層和氧化物層的優異的晶圓內不均勻性。

【0231】 反之，比較例2-1的研磨墊(其中 A_u (%)超過12%)具有對於氧化物層為2,854 $\text{\AA}/\text{min}$ 的研磨速率和12.9%的晶圓內不均勻性，其明顯低於該等範例所具者。特別是，鎢層和氧化物層的晶圓內不均勻性比起範例2-2的研磨墊的晶圓內不均勻性差了3.5倍。此可歸因於相較於範例2-1，由於真空度調整成大氣壓力而

使 A_u (%)落於本發明的範圍以外的事實。

【0232】 同時，由於 Da 值太低，即便 A_u (%)落於本發明的範圍以內，比較例2-2和2-3的研磨墊，其中 Da (μm)值小於 $15 \mu\text{m}$ ，氧化物層的晶圓內不均勻性係明顯劣於範例。此可歸因於相較於範例2-5，由於真空度太低或調整成大氣壓力而使 Da (μm)值落於本發明的範圍以外的事實。

【0233】 同時，在範例2-5的研磨墊中，藉由調整填料速率和真空度，即便不使用氣相發泡劑、表面活性劑和反應速率控制劑，也有可能實現落於本發明的範圍以內的 Da (μm)與 A_u (%)值。

【0234】 據此，已發現藉由控制固相發泡劑的含量、組成物被填入並注入模具中時的填料速率以及真空度，即便不使用氣相發泡劑，也可實現令人滿意的研磨性能。

【符號說明】

【0235】

100: 模具

a: 藉由減壓排放

b: 填料

110: 研磨墊

120: 平台

130: 半導體基材

140: 噴嘴

150: 研磨漿料

160: 研磨頭部

170: 調理劑

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種研磨墊，其包含了包含複數個孔洞的一研磨層，其中研磨表面的每單位面積(mm²)的孔洞總面積為40%至60%，

由以下方程式1表示的D_q值為5 μm至15 μm，

由以下方程式2表示的D_{sk}值為大於0.3至小於1，且

由以下方程式3表示的D_{ku}值為大於1至小於5：

[方程式1]

$$D_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}}$$

[方程式2]

$$D_{sk} = \frac{1}{nD_q^3} \left(\sum_{i=1}^n d_i^3 \right)$$

[方程式3]

$$D_{ku} = \frac{1}{nD_q^4} \left(\sum_{i=1}^n d_i^4 \right)$$

在方程式1至3中，d是由各個孔洞直徑減去複數個孔洞的數字平均直徑所獲得的值，且n是每單位面積(mm²)的孔洞總數量，

其中該複數個孔洞的該數字平均直徑為15 μm至25 μm。

【請求項2】 如請求項1之研磨墊，其中n為700至2,500，且d為-30至60。

【請求項3】 如請求項1之研磨墊，其中，在基於該研磨表面的該複數個孔洞的直徑分佈中，最大峰處的孔洞直徑為10 μm至150 μm。

【請求項4】 一種研磨墊，其包含了包含複數個孔洞的一研磨層，

其中，在基於研磨表面的複數個孔洞的直徑分佈中，該複數個孔洞的數字平均直徑(D_a)為15 μm 至50 μm ，且具有大於該複數個孔洞的該數字平均直徑至少200%的一直徑的孔洞(A_u)係以佔該研磨表面之總面積的0.9%至小於12%的面積比例被包含。

【請求項5】 如請求項4之研磨墊，其中該複數個孔洞的總面積比例係佔該研磨表面之總面積的30%至55%，或具有大於該複數個孔洞的該數字平均直徑至少200%的一直徑的孔洞的直徑(D_u)為100 μm 或更多，或在基於該研磨表面的該複數個孔洞的直徑分佈中的最大峰處的孔洞直徑為60 μm 至150 μm 。

【請求項6】 如請求項4之研磨墊，其中該研磨層包含了包含胺基甲酸酯系預聚物、固化劑和固相發泡劑之一組成物的一固化產物；以及

該固相發泡劑具有20 μm 至50 μm 的D50，或該固相發泡劑為具有一外殼的一中空微粒，以及外殼的玻璃轉化溫度(T_g)為70°C至110°C。

【請求項7】 一種製造如請求項1或4之研磨墊的方法，其包含混合包含胺基甲酸酯系預聚物、固化劑和發泡劑之一組成物；以及

在減壓條件下將該組成物填入並注入一模具中以形成一研磨層。

【請求項8】 如請求項7之製造研磨墊之方法，其中該發泡劑包含一氣相發泡劑、一固相發泡劑或兩者，該固相發泡劑具有20 μm 至50 μm 的D50，且該組成物包含基於100重量份的該胺基甲酸酯系預聚物之大於0.5重量份至小於2.5重量份的該固相發泡劑。

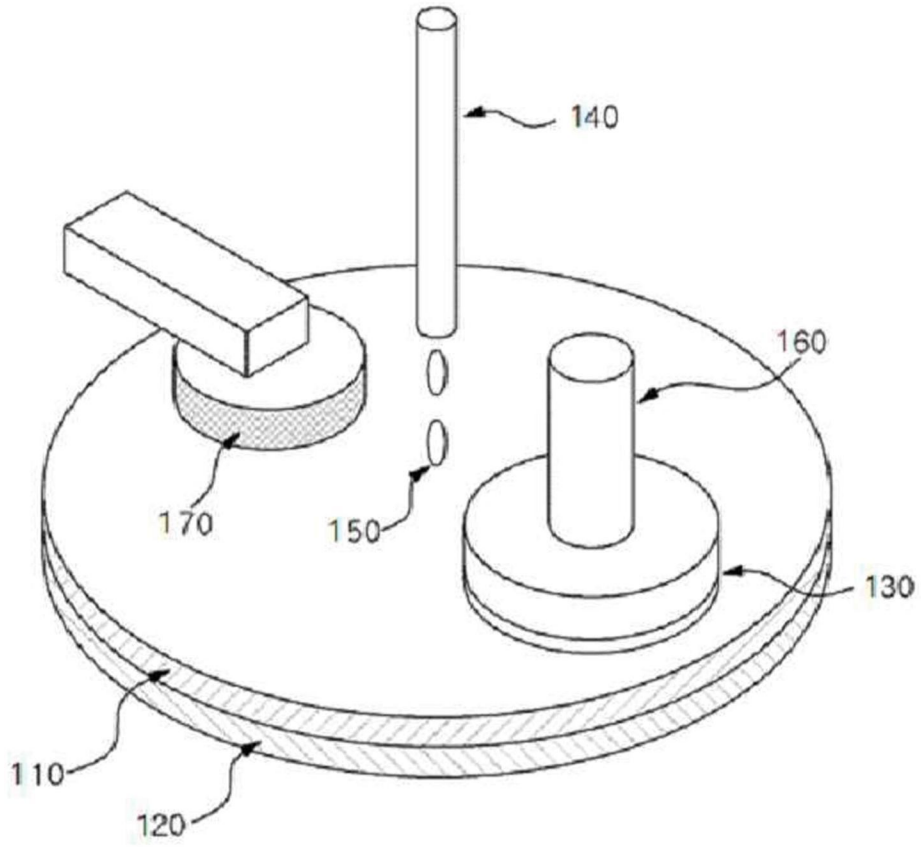
【請求項9】 如請求項7之製造研磨墊之方法，其中該減壓是在0.6 kgf/cm^2 至小於1 kgf/cm^2 的範圍內的真空度下執行。

【請求項10】 一種使用如請求項1或4的研磨墊以製造半導體裝置之方法，其包含將包含一研磨層的該研磨墊安裝在一平台上，該研磨層包含複數個孔洞；

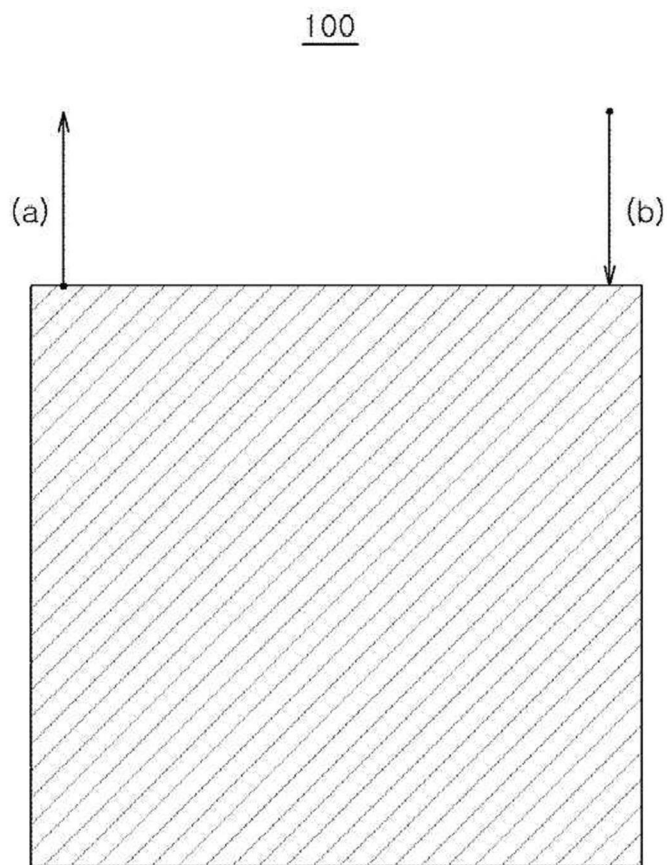
以及

在該研磨層的研磨表面和一晶圓的表面彼此接觸的同時使彼等相對地旋轉，以研磨該晶圓的該表面。

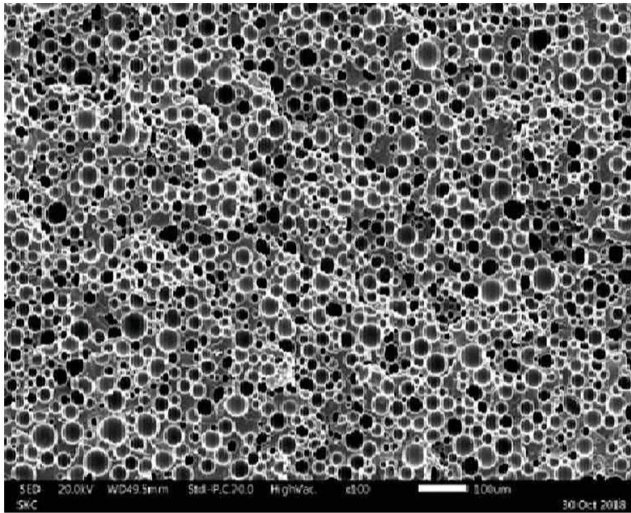
【發明圖式】



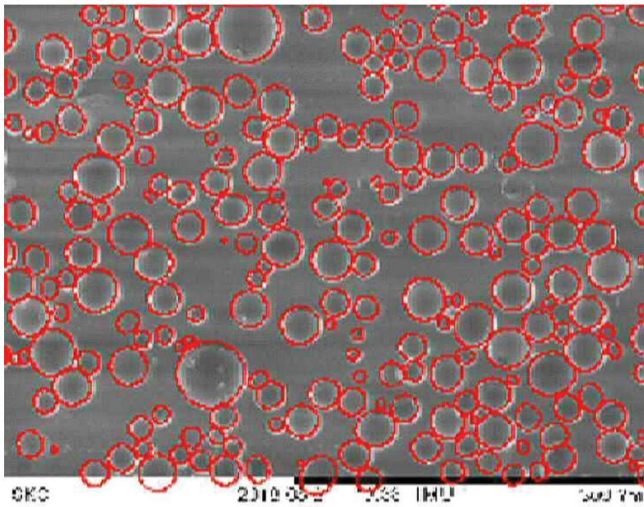
【圖1】



【圖2】



【圖3】



【圖4】