

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-24078
(P2019-24078A)

(43) 公開日 平成31年2月14日(2019.2.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/304 (2006.01)	HO 1 L 21/304 6 2 2 F	3 C 1 5 8
B 2 4 B 37/24 (2012.01)	HO 1 L 21/304 6 2 2 X	4 F 0 7 4
B 2 4 B 37/10 (2012.01)	B 2 4 B 37/24 C	4 J 0 3 4
CO 8 J 9/32 (2006.01)	B 2 4 B 37/24 A	5 F 0 5 7
CO 8 G 18/00 (2006.01)	B 2 4 B 37/10	

審査請求 有 請求項の数 11 O L 外国語出願 (全 48 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2018-101665 (P2018-101665)
 (22) 出願日 平成30年5月28日 (2018.5.28)
 (31) 優先権主張番号 10-2017-0066076
 (32) 優先日 平成29年5月29日 (2017.5.29)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(71) 出願人 508148079
 エスケイシー・カンパニー・リミテッド
 SKC CO., LTD.
 大韓民国16336キョンギド、スウォン
 シ、チャンアング、チャンアンロ309ボ
 ンギル84
 (74) 代理人 100145403
 弁理士 山尾 憲人
 (74) 代理人 100132263
 弁理士 江間 晴彦
 (72) 発明者 アン・ジェイン
 大韓民国13113キョンギド、ソンナム
 シ、スジョング、ソンナムデロ1542ボ
 ンギル35、301ホ

最終頁に続く

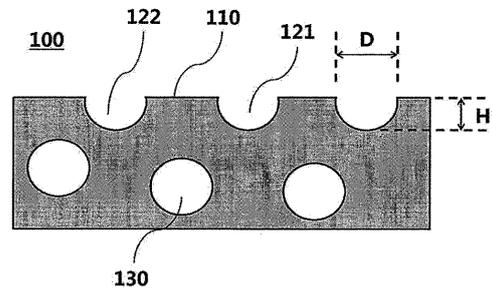
(54) 【発明の名称】 多孔質ポリウレタン研磨パッドおよびそれを用いて半導体デバイスを調製するための方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 多孔質ポリウレタン研磨パッド、およびそれを用いて半導体デバイスを調製する。

【解決手段】 多孔質ポリウレタン研磨パッド100は、ウレタン系プレポリマーおよび硬化剤を含んで成り、1.5~2.5mmの厚さ、平均径10~60μmの多数の孔130、0.7~0.9g/cm³の比重、45~65シヨアDの25における表面硬さ、15~25N/mm²の引張強度、80~250%の伸びを有しており、研磨される対象物と直接的に接する研磨面110から所定深さ1~10μmまでで測定されるAFM(原子間力顕微鏡)弾性係数が101~250MPaである。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多孔質ポリウレタン研磨パッドであって、

ウレタン系プレポリマーおよび硬化剤を含んで成り、

1.5 ~ 2.5 mmの厚さ、平均径10 ~ 60 μm の多数の孔、0.7 ~ 0.9 g/cm^3 の比重、45 ~ 65 ショアDの25 における表面硬さ、15 ~ 25 N/mm^2 の引張強度、80 ~ 250 %の伸びを有しており、研磨される対象物と直接的に接する研磨面から所定深さ1 ~ 10 μm まで測定されるAFM（原子間力顕微鏡）弾性係数が101 ~ 250 MPaである、多孔質ポリウレタン研磨パッド。

【請求項 2】

ウレタン系プレポリマーの100重量部を基準にして、0.5 ~ 10重量部の量の固相発泡剤を含んで成る、請求項1に記載の多孔質ポリウレタン研磨パッド。

【請求項 3】

固相発泡剤が、10 ~ 60 μm の平均粒径を有する、請求項2に記載の多孔質ポリウレタン研磨パッド。

【請求項 4】

研磨面のAFM硬さが、50 ~ 150 MPaである、請求項1に記載の多孔質ポリウレタン研磨パッド。

【請求項 5】

研磨面のAFM平方根平均粗さが30 ~ 110 nmである、請求項1に記載の多孔質ポリウレタン研磨パッド。

【請求項 6】

前記研磨パッドは、外部に露出する多数の開口孔を含んで成り、該開口孔が、互いに隣接しつつも互いに離隔する第1開口孔と第2開口孔とを有して成り、

第1開口孔と第2開口孔との間に研磨面が配置されている、請求項1に記載の多孔質ポリウレタン研磨パッド。

【請求項 7】

研磨面の領域が、研磨パッドの上面における全領域の30 ~ 70 %である、請求項6に記載の多孔質ポリウレタン研磨パッド。

【請求項 8】

開口孔は、10 ~ 30 μm の平均径および8 ~ 28 μm の平均深さを有する、請求項6に記載の多孔質ポリウレタン研磨パッド。

【請求項 9】

半導体デバイスを調製するための方法であって、

多孔質ポリウレタン研磨パッドを供すること、

研磨される対象物を研磨パッドに配置すること、

研磨される対象物を研磨パッドに対して相対的に回転させ、該対象物を研磨することを含んで成り、

研磨パッドは、

ウレタン系プレポリマーおよび硬化剤を含んで成り、

1.5 ~ 2.5 mmの厚さ、平均径10 ~ 60 μm の多数の孔、0.7 ~ 0.9 g/cm^3 の比重、45 ~ 65 ショアDの25 における表面硬さ、15 ~ 25 N/mm^2 の引張強度、80 ~ 250 %の伸びを有しており、研磨される対象物と直接的に接する研磨面から所定深さ1 ~ 10 μm まで測定されるAFM（原子間力顕微鏡）弾性係数が101 ~ 250 MPaである、半導体デバイスの調製方法。

【請求項 10】

研磨される対象物は金属層を有して成り、

金属層が研磨面に直接的に接し、該金属層が研磨される、請求項9に記載の半導体デバイスの調製方法。

【請求項 11】

10

20

30

40

50

金属層がタングステンを含んで成る、請求項 10 に記載の半導体デバイスの調製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明に係る態様は、半導体の化学機械平面化(CMP)のプロセスに使用される多孔質ポリウレタン研磨パッド(または多孔ポリウレタン研磨パッド、porous polyurethane polishing pad)、および、それを用いて半導体デバイスを調製(または製造)するための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体を調製する方法において化学機械平面化(CMP)プロセスは、プラテン(platen)に設けた研磨パッドの表面に接するようにウェハをヘッドに固定し、次いで、プラテンとヘッドとを相対的に動かしつつスラリーを供給することによってウェハを化学的に処理し、それによって、ウェハ表面の凹凸を機械的に平坦化するようなステップのことを指している。

【0003】

研磨パッドは、そのようなCMPプロセスで重要な役割を果たす本質的な部材である。一般的に、研磨パッドは、ポリウレタン系樹脂から構成され、その表面にスラリーの大きな流れのための溝、および、スラリーの小さい流れ(細かい流れ)のための孔を有している。

【0004】

ポイドを有する固相発泡剤、揮発性液体で充たされた液相発泡剤、不活性ガス、ファイバーまたはそれらと同等なものを用いることによって、あるいは、化学反応によりガスを発生させることによって、研磨パッドの孔は形成され得る。

【0005】

不活性ガスまたは揮発性の液相発泡剤を用いて孔を形成する手法は、CMPプロセスに影響を与え得る材料が生じない利点を有する。しかしながら、孔の径およびパッドの密度を正確に制御することは難しい。気相で処理することが不可欠であり、都合の良く制御されないからである。50 μm以下の一様な孔(または均一な孔)を形成することは特に難しい。さらに、研磨パッドのポリウレタン・マトリックスの組成を変更することなく孔の径およびパッドの密度を制御することは非常に難しい。

【0006】

固相発泡剤として、熱膨張によりサイズが調整されているマイクロカプセル(すなわち、熱膨張マイクロカプセル)が用いられる。既に膨張したマイクロバルーンの構造において熱膨張マイクロカプセルは、一様な粒径を有しているため、孔の直径を一様に制御することができる。例えば、韓国特許第1608901号では、固相発泡剤を用いて形成され、一様な径となった孔を有して成る研磨パッドが開示されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

したがって、本発明に係る態様では、向上した研磨効率を有する多孔質ポリウレタン研磨パッド、および、それを用いて半導体デバイスを調製するための方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

ある態様に従うと、多孔質ポリウレタン研磨パッドであって、ウレタン系プレポリマーおよび硬化剤を含んで成り、

1.5 ~ 2.5 mmの厚さ(thickness)、平均径10 ~ 60 μmの多数の孔(a number of pores)、0.7 ~ 0.9 g/cm³の比重(specific gravity)、45 ~ 65 ショアDの25における表面硬さ(surface hardness)、15 ~ 25 N/mm²の引張強度(tensi

10

20

30

40

50

le strength)、80～250%の伸び(elongation)を有しており、研磨される対象物と直接的に接する研磨面(または研磨表面もしくはポリッシュ面、polishing surface)から所定深さ1～10 μ mまで測定されるAFM弾性係数(またはAFM弾性率、AFM elastic modulus)が101～250MPaである、多孔質ポリウレタン研磨パッドが提供される。

【0009】

別の態様では、半導体デバイスを調製するための方法であって、
 多孔質ポリウレタン研磨パッドを供すること、
 研磨される対象物を多孔質ポリウレタン研磨パッドに配置すること、
 研磨される対象物を多孔質ポリウレタン研磨パッドに対して相対的に回転させ、その対象物を研磨(またはポリッシュ)すること
 を含んで成り、

多孔質ポリウレタン研磨パッドは、

ウレタン系プレポリマーおよび硬化剤を含んで成り、

1.5～2.5mmの厚さ、平均径10～60 μ mの多数の孔、0.7～0.9g/cm³の比重、45～65 μ mにおける表面硬さ、15～25N/mm²の引張強度、80～250%の伸びを有しており、研磨される対象物と直接的に接する研磨面から所定深さ1～10 μ mまで測定されるAFM弾性係数が101～250MPaである、半導体デバイスの調製方法が提供される。

【発明の効果】

【0010】

上記態様の多孔質ポリウレタン研磨パッドは、そのパッドの厚さ、比重、表面硬さ、引張強度、伸び、AFM(原子間力顕微鏡)弾性係数、孔サイズの調整により研磨パッドの研磨性能(すなわち、研磨速度(polishing rate))の制御を行うことができる。特に、研磨面、すなわち、研磨される対象物と直接的に接する領域に関するAFM弾性係数などは、適切に調整されるので、ウェハまたはそれと同等な物に対して効率的な研磨を行うことができる。特に、多孔質ポリウレタン研磨パッドは、タングステンまたはそれと同等な物などの金属を含む層を効果的に研磨できる。さらに、研磨パッドは、ウェハまたはそれと同等な物で生じ得るスクラッチまたはそれと同等なものを防止できる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、ある態様の研磨パッドの頂面(または上面)を示す模式図である。

【図2】図2は、ある態様の研磨パッドの断面を示す模式図である。

【図3】図3は、ある態様の研磨パッドを用いて研磨対象物を研磨するプロセスを示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明に係る態様の説明を通じ、パッド、層、孔または膜の各々について、別のパッド、層、孔または膜の“上”または“下”に形成されることにつき述べられている場合においては、1つの要素が別の要素の上または下に直接的に形成されていることのみならず、1つの要素が別の要素の上または下に他の要素(1つか又は複数の要素)が介在して間接的に形成されていることを意味している。また、各要素について用いる「上」または「下」といった用語は、図面を参照して解され得る。図面における個々の要素のサイズは、説明のために誇張して描かれ得るものであり、実際のサイズを示していない。

【0013】

以下において、ある態様に関して本発明を詳細に説明する。なお、説明する態様は、本発明の要旨が変更されない限り種々の形態へと変更することができる。

【0014】

ある態様に従った多孔質ポリウレタン研磨パッドは、ウレタン系プレポリマーおよび硬化剤を含んで成る。さらに、図1～図3に示すように、かかる態様の研磨パッドは、多数

の孔（または多くの孔）を有して成る。

【0015】

ある態様の多孔質ポリウレタン研磨パッドは、

(1) ウレタン系プレポリマー、硬化剤、固相発泡剤を含んで成る混合物をモールド（または型）に注入（または射出）し、その混合物を成型に付すこと、ならびに

(2) 混合物を硬化させること

を含んで成る、多孔質ポリウレタン研磨パッドの調製プロセスで調製され得る。

【0016】

プレポリマー

プレポリマーは、比較的小さい分子量を有するポリマーであって、その調製プロセスで最終的に製造される成型品が常套的に成型されることになる中間レベルに重合程度が調整されているポリマーのことを指している。プレポリマーは、それ自体で成型されたり、あるいは、それが別の重合可能な化合物との反応後に成型されたりするものであってよい。例えば、プレポリマーは、イソシアネート化合物をポリオールと反応させることによって調製されてよい。

10

【0017】

例えば、ウレタン系プレポリマーの調製で使用され得るイソシアネート化合物は、トルエンジイソシアネート（TDI）、ナフタレン-1,5-ジイソシアネート、p-フェニレンジイソシアネート、トリジンジイソシアネート、4,4'-ジフェニルメタンジイソシアネート、ヘキサメチレンジイソシアネート、ジシクロヘキシルメタンジイソシアネート、および、イソホロンジイソシアネートから成る群から選択される少なくとも1種であってよい。

20

【0018】

例えば、ウレタン系プレポリマーの調製で使用され得るポリオールは、ポリエーテルポリオール、ポリエステルポリオール、ポリカーボネートポリオール、および、アクリルポリオールから成る群から選択される少なくとも1種であってよい。ポリオールは、300~3000g/molの重量平均分子量（Mw）を有してよい。

【0019】

ウレタン系プレポリマーは、500~3000g/molの重量平均分子量を有してよい。具体的には、ウレタン系プレポリマーは、600~3000g/mol、600~2500g/mol、600~2000g/mol、700~1500g/molまたは800~1500g/molの重量平均分子量（Mw）を有してよい。

30

【0020】

例示にすぎないが、ウレタン系プレポリマーは、イソシアネート化合物としてトルエンジイソシアネート、および、ポリオールとしてポリテトラメチレンエーテルグリコールから重合され、500~3000g/molの重量平均分子量（Mw）を有するポリマーであってよい。

【0021】

硬化剤

硬化剤は、アミン化合物およびアルコール化合物の少なくとも一方であってよい。具体的には、硬化剤は、芳香族アミン、脂肪族アミン、芳香族アルコールおよび脂肪族アルコールから成る群から選択される少なくとも1種の化合物を含んで成るものであってよい。

40

【0022】

例えば、硬化剤は、4,4'-メチレンビス（2-クロロアニリン）（MOCA）、ジエチルトルエンジアミン、ジアミノジフェニルメタン、ジアミノジフェニルスルホン、m-キシリレンジアミン、イソホロンジアミン、エチレンジアミン、ジエチレントリアミン、トリエチレントトラミン、ポリプロピレンジアミン、ポリプロピレントリアミン、エチレングリコール、ジエチレングリコール、ジプロピレングリコール、ブタンジオール、ヘキサジオール、グリセリン、トリメチロールプロパン、および、ビス（4-アミノ-3-クロロフェニル）メタンから成る群から選択される少なくとも1種を含んで成るものであ

50

てよい。

【0023】

固相発泡剤

固相発泡剤は、熱膨張マイクロカプセルであり、5～200 μm の平均粒径（または平均粒子径）を有するマイクロバルーン（micro-balloons）の構造を有し得る。具体的には、固相発泡剤は、10～150 μm 、10～100 μm または10～60 μm の平均粒子径を有し得る。より具体的には、固相発泡剤は、20～60 μm 、20～50 μm 、10～50 μm 、または、25～45 μm の平均粒径を有し得る。さらに、熱膨張マイクロカプセルは、熱的に膨張可能なマイクロカプセルを熱的に膨張させることによって得られ得る。

10

【0024】

熱膨張マイクロカプセルは、熱可塑性樹脂を含んで成るシェル、および、該シェルの内側にカプセル化された発泡剤を有して成るものであってよい。熱可塑性樹脂は、ビニリデンクロライド系コポリマー、アクリロニトリル系コポリマー、メタクリロニトリル系コポリマー、および、アクリル系コポリマーから成る群から選択される少なくとも1種であり得る。さらに、内側にてカプセル化された発泡剤は、1～7つの炭素原子を有する炭化水素、および、ハロゲンまたはヘテロ原子で置換された炭化水素から成る群から選択される少なくとも1種を含んで成り得る。具体的には、内側にてカプセル化された発泡剤は、エタン、エチレン、プロパン、プロペン、*n*-ブタン、イソブタン、ブテン、イソブテン、*n*-ペンタン、イソペンタン、ネオペンタン、*n*-ヘキサン、ヘブタン、石油エーテル、および、それらと同等なものなどの低分子量炭化水素；トリクロロフルオロメタン（ CCl_3F ）、ジクロロジフルオロメタン（ CCl_2F_2 ）、クロロトリフルオロメタン（ CClF_3 ）、テトラフルオロエチレン（ $\text{CClF}_2\text{-CClF}_2$ ）、および、それらと同等なものなどのクロロフルオロ炭化水素；ならびに、テトラメチルシラン、トリメチルエチルシラン、トリメチルイソプロピルシラン、トリメチル-*n*-プロピルシラン、および、それらと同等なものなどのテトラアルキルシランから成る群から選択される少なくとも1種を含んで成るものであってよい。

20

【0025】

固相発泡剤は、ウレタン系プレポリマーの100重量部を基準として、0.5～10重量部、0.5～5重量部、0.5～3重量部、0.5～2.5重量部、1～5重量部、1～3重量部、1.3～2.7重量部、1.5～2.5重量部となる量で用いられ得る。

30

【0026】

原料の供給

ステップ（1）では、混合物がモールド内に注入されるに際して不活性ガスがモールド内に供給されてよい。ウレタン系プレポリマーと硬化剤と固相発泡剤とが混合され反応するに際して不活性ガスが加えられてよく、それによって、研磨パッドに孔が形成される。

【0027】

ウレタン系プレポリマーと硬化剤との反応に寄与しないものであれば、不活性ガスの種類は特に制限されない。例えば、不活性ガスは、窒素ガス（ N_2 ）、アルゴンガス（Ar）、およびヘリウム（He）から成る群から選択される少なくとも1種を含んで成り得る。具体的には、不活性ガスは、窒素ガス（ N_2 ）またはアルゴンガス（Ar）を含んで成り得る。さらに具体的には、不活性ガスは、窒素ガス（ N_2 ）またはアルゴンガス（Ar）を含んで成るものであってよい。

40

【0028】

不活性ガスは、混合物の全体積基準で5～30%の体積で供給され得る。具体的には、不活性ガスは、ポリウレタンシート of 目標比重が0.7～0.9 g/cm^3 または約0.8 g/cm^3 となるように、混合物の全体積基準で5～25%、5～20%、10～30%、10～25%、または10～20%の体積でもって供給され得る。

【0029】

反応速度制御剤

50

混合物は、さらに、反応速度制御剤を含んでいてよい。反応速度制御剤は、第3アミン系化合物および有機金属系化合物から成る群から選択される少なくとも1種であってよい。なお、反応速度制御剤は、反応促進剤または反応抑制剤であってよい。具体的には、反応速度制御剤は、反応促進剤であってよい。

【0030】

例えば、反応速度制御剤は、トリエチレンジアミン(TEEA)、ジメチルエタノールアミン(DMEA)、テトラメチルブタンジアミン(TMEDA)、2-メチル-トリエチレンジアミン、ジメチルシクロヘキシルアミン(DMCHA)、トリエチルアミン(TEA)、トリエチルプロピルアミン(TIPA)、1,4-ジアザビシクロ(2,2,2)オクタン、ビス(2-メチルアミノエチル)エーテル、トリメチルアミノエチルエタノールアミン、N,N,N,N,N'-ペンタメチルジエチレントリアミン、ジメチルアミノエチルアミン、ジメチルアミノプロピルアミン、ベンジルジメチルアミン、N-エチルモルホリン、N,N-ジメチルアミノエチルモルホリン、N,N-ジメチルシクロヘキシルアミン、2-メチル-2-アザノルボルナン、ジブチル錫ジラウレート、第一錫オクトアート、ジブチル錫ジアセテート、ジオクチル錫ジアセテート、ジブチル錫マレエート、ジブチル錫ジ-2-エチルヘキサノエート、および、ジブチル錫ジメルカプチドから成る群から選択される少なくとも1種を含んで成り得る。具体的には、反応制御速度剤は、ベンジルジメチルアミン、N,N-ジメチルシクロヘキシルアミン、および、トリエチルアミンから成る群から選択される少なくとも1種を含んでいてよい。

10

20

【0031】

反応速度制御剤は、ウレタン系プレポリマーの100重量部を基準にして、0.1~2重量部となる量で用いられ得る。具体的には、反応速度制御剤は、ウレタン系プレポリマーを100重量部とすると、0.2~1.8重量部、0.2~1.7重量部、0.2~1.6重量部、0.2~1.5重量部、0.3~1.5重量部、0.3~1重量部、0.3~0.8重量部となる量で用いられ得る。そのような範囲の量で反応速度制御剤が用いられると、混合物(すなわち、ウレタン系プレポリマーと硬化剤と固相発泡剤と反応速度制御剤とシリコン界面活性剤)の反応速度(すなわち、固化のための時間)が適切に制御され、その結果、所望サイズの孔を有する研磨パッドを形成することができる。

【0032】

界面活性剤

混合物は、さらに、界面活性剤(または表面活性剤)を含んで成っていてもよい。界面活性剤は、孔が互いに重なったり凝集したりすることを防止しつつ孔形成がなされるように作用し得る。具体的には、界面活性剤は、好ましくは、シリコン系の非イオン界面活性剤である。しかしながら、研磨パッドに求められる物理的性質に応じて、他の界面活性剤が種々に選択され得る。

30

【0033】

シリコン系の非イオン界面活性剤として、ヒドロキシル基を有するシリコン系の非イオン界面活性剤は、その単独で用いてよく、あるいは、ヒドロキシル基を有さないシリコン系の非イオン界面活性剤と組み合わせて用いてもよい。

【0034】

ヒドロキシル基を有するシリコン系の非イオン界面活性剤は、ポリウレタン技術工業にて広く用いられているものであれば特に制限されない。なぜなら、そのようなヒドロキシル基を有するシリコン系の非イオン界面活性剤は、イソシアネート含有化合物および活性水素化合物との適合性に優れているからである。ヒドロキシル基を有するシリコン系の非イオン界面活性剤として、市販されているものでいえば、ダウ・コーニング社によって製造されているダウ・コーニング193(DOW CORNING 193:25の比重が1.07、20の粘度が465 mm²/s、および引火点が92である液相のシリコングリコールコポリマー)(以下では、「DC-193」とも称する)、および、エポニック社(Evonik Industries)のB8462、ならびに、それらと同様なものを挙げるることができる。

40

50

【0035】

ヒドロキシル基を有さないシリコン系の非イオン界面活性剤は、市販されているものでいえば、ダウ・コーニング社によって製造されているダウ・コーニング190 (DOW CORNING 190: 25 の比重が1.037、25 の粘度が2000 mm²/s、および引火点が63 以上、そして、逆溶解点(1.0%水溶液)が36 であり、ガードナー色数2のシリコングリコールコポリマー)(以下では、「DC-190」とも称する)、およびそれと同様なものを挙げるができる。

【0036】

界面活性剤は、ウレタン系プレポリマーの100重量部を基準として、0.2~2重量部となる量で用いられ得る。具体的には、界面活性剤は、ウレタン系プレポリマーを100重量部とすると、0.2~1.9重量部、0.2~1.8重量部、0.2~1.7重量部、0.2~1.6重量部、0.2~1.5重量部、0.2~1重量部、0.3~0.8重量部、または0.4~0.8重量部となる量で用いられ得る。そのような範囲の量で界面活性剤が用いられると、気相発泡剤に起因する孔をモールド内で安定的に形成および維持することができる。

10

【0037】

例示にすぎないが、ウレタン系プレポリマーと硬化剤と固相発泡剤と反応速度制御剤と界面活性剤と不活性ガスとを実質的に同時に混合ステップに付してよい。

【0038】

別の例示としては、ウレタン系プレポリマーと固相発泡剤と界面活性剤とを予め混合した後に、硬化剤と反応速度制御剤と不活性ガスとを供給してもよい。

20

【0039】

混合によって、ウレタン系プレポリマーと硬化剤との反応が開始され、原料中で固相発泡剤および不活性ガスが一様に分散する。かかる場合では、反応速度制御剤は、ウレタン系プレポリマーと硬化剤との間の反応においてその反応初期から介在し得、それによって、反応速度が制御される。具体的には、混合は、1000~10000 rpm、2000~10000 rpm、2000~7000 rpm、2000~5000 rpm、または2000~4000 rpmの速度で実施されてよい。かかる速度の範囲内では、不活性ガスおよび固相発泡剤が原料中で一様に分散するのにより有利となり得る。

【0040】

ウレタン系プレポリマーおよび硬化剤は、各分子における反応基のモル数基準で、1:0.8~1.2のモル当量比、または、1:0.9~1.1のモル当量比で混合され得る。ここでいう「各分子における反応基のモル数」とは、例えば、ウレタン系プレポリマーにおけるイソシアネート基のモル数、および、硬化剤における反応基(例えば、アミノ基、アルコール基など)のモル数のことを指している。それゆえ、ウレタン系プレポリマーおよび硬化剤が上記で例示したモル当量比を満たす量で単位時間当たりで供給されるように供給速度が制御されることによって、混合工程の間で一定速度でウレタン系プレポリマーおよび硬化剤を供給してよい。

30

【0041】

反応および孔の形成

ウレタン系プレポリマーおよび硬化剤は、混合された際に相互に反応することになり、固体のポリウレタンが形成され、その後、その固体のポリウレタンは、シートまたはそれと同等なものへと形成される。具体的には、ウレタン系プレポリマーにおけるイソシアネート末端基は、硬化剤のアミン基、アルコール基やそれらと同等なものとは反応することができる。かかる場合において、不活性ガスおよび固相発泡剤は原料中で一様に分散し、ウレタン系プレポリマーと硬化剤との反応に関与することなく孔を形成する。

40

【0042】

さらに、反応速度制御剤は、ウレタン系プレポリマーと硬化剤との反応を促進または遅延させることによって孔の径を調整する。例えば、反応速度制御剤が、反応を遅くさせるための反応遅延剤である場合、原料中で細かく分散する不活性ガスが相互に組み合わせられ

50

るための時間が長くなり、その結果、孔の平均径が増加し得る。一方、反応速度制御剤が、反応を促す反応促進剤である場合、原料中で細かく分散する不活性ガスが相互に組み合わせられるための時間が短くなり、孔の平均径が減じられ得る。

【0043】

成形

成形はモールドを用いて行われる。具体的には、混合ヘッドまたはそれと同様なもので十分に攪拌された原料（すなわち、ウレタン系プレポリマー、硬化剤および固相発泡剤を含んで成る混合物）がモールド内へと注入され、それによって、かかる原料がモールド内に満たされる。

【0044】

混合物は硬化され、固形化されたケーキ形態で成形体を得られる。具体的には、ウレタン系プレポリマーと硬化剤との反応がモールド内で完了し、その結果、モールド形状に沿って固形化したケーキ形態の成形体を得ることができる。

【0045】

次いで、このようにして得られた成形体は、研磨パッドの製造のためにシートへと適切にスライスまたは切断され得る。例示にすぎないが、成形体は、最終的に製造される研磨パッドの厚さの5～50倍の高さを有するモールド内で調製され、次いで、同じ厚さにスライスして、研磨パッドのため複数のシートを一度に得る。モールドは、シートにされるべく最終的に形成される研磨パッドの厚さの約5倍～約50倍の高さを有するものであってよい。しかしながら、スライスされたシートは、モールドの内側の成形された位置に応じて異なる径の孔を有し得る。つまり、モールドのより低い位置で成形されたシートは、微細な径の孔を有する一方、モールドのより高い位置で成形されたシートは、より低い位置で形成されたシートよりも大きい径の孔を有し得る。

【0046】

それゆえ、各々のシートが一様な径の孔を有するように1つの成形ごとで1つのシートを形成できるモールドを使用することが好ましい。かかる目的のため、モールドの高さは、最終的に製造される多孔質ポリウレタン研磨パッドの厚さと大きく異なるものであってよい。例えば、最終的に製造される多孔質ポリウレタン研磨パッドの厚さの1～3倍の高さを有するモールドを用いて成形を実施してよい。より具体的には、モールドは、最終的に製造される研磨パッドの厚さの1.1～2.5倍または1.2～2倍の高さを有するものであってよい。かかる場合、より均一な径を有する孔が形成されるように、反応促進剤が反応速度制御剤として使用されてよい。

【0047】

次いで、モールドから得られた成形体の上端部および底端部は、それぞれ切り取られ得る。例えば、成形体の上端部および底端部の各々は、成形体の全厚さの1/3以下、1/22～3/10、1/20～1/3、1/15～3/10、または、1/12～1/4で切り取られてよい。

【0048】

具体的な例として挙げると、最終的に製造される多孔質ポリウレタン研磨パッドの厚さの1.2～2倍の高さを有するモールドで成形を実施し、次いで、成形体の全厚さの1/12～1/4となるように、成形を通じてモールドから得られた成形体の上端部および下端部の各々を切り取る更なる工程が行われ得る。

【0049】

上記製造プロセスは、切断工程後にて成形体の表面の溝加工、下方部との結合、検査、パッキンなどの工程を更に含んでいてよい。このような工程は、研磨パッドを調製する常套的な手法で行ってよい。

【0050】

多孔質ポリウレタン研磨パッド

ある態様の多孔質ポリウレタン研磨パッドを調製するプロセスは、製造される研磨パッドの孔のサイズおよび分布を調整することによって研磨パッドの研磨特性（または研磨速

10

20

30

40

50

度)を制御できる。

【0051】

詳細に言えば、ある態様の研磨パッドの研磨性能は、製造される研磨パッドの厚さ、比重、表面硬度、引張強度、伸び、AFM弾性係数、孔サイズおよび孔分布を調整することによって制御できる。特に、研磨面のAFM弾性係数、すなわち、研磨される対象物と直接的に接する研磨パッド領域が適切に調整されるので、ウェハまたはそれと同等なものが効率的に研磨される。多孔質ポリウレタン研磨パッドは、金属を含有する層を効果的に研磨できる。さらに、研磨パッドは、ウェハまたはそれと同等なものに生じ得るスクラッチまたはそれと同等なものを防ぐことができる。

【0052】

より詳細には、研磨パッドは、1.5～2.5mmの厚さ、平均径10～60 μm の多数の孔、0.7～0.9 g/cm^3 の比重、45～65ショアDの25における表面硬さ、15～25 N/mm^2 の引張強度、80～250%の伸びを有しており、研磨される対象物と直接的に接する研磨面から所定深さ1～10 μm までにおいて測定されるAFM(原子間力顕微鏡)弾性係数が101～250MPaである。

【0053】

多孔質ポリウレタン研磨パッドは、1.5～2.5mmの厚さを有している。具体的には、多孔質ポリウレタン研磨パッドは、1.8～2.5mmの厚さを有している。研磨パッドの厚さが上記範囲内にあると、研磨パッドとして基本的な物理的特性が十分に呈され得る。

【0054】

図1～3で示されるように、研磨パッド(100)は、多くの孔(121, 122および130)を有して成る。具体的には、研磨パッドは、45～50体積%の多孔率(または多孔度、porosity)を有するように多数の孔を有して成り得る。

【0055】

孔の平均径は10～60 μm であり得る。より詳細には、孔の平均径は、15～60 μm 、15～55 μm 、または15～50 μm であり得る。より詳細には、孔の平均径は、15～45 μm 、15～40 μm 、15～38 μm 、15～35 μm 、15～30 μm 、または15～25 μm であり得る。

【0056】

孔は、閉じた孔(130)および開いた孔(121, 122)を有して成り得る。閉じた孔は研磨パッドの内側に設けられている。複数の孔の大部分は閉じた孔である。

【0057】

開いた孔(即ち、開口孔)は、研磨パッドの上面または下面に配置されており、外部(または外側)へと露出したものとなっている。具体的には、開いた孔は、研磨パッドの上面に設けられた第1開口孔(121)および開口孔(122)を有して成り得る。より具体的には、第1開口孔および第2開口孔は互いに隣接しつつ互いに離隔してよい。

【0058】

開口孔(121, 122)は、10～30 μm の平均径(D)および8～28 μm の平均深さ(H)を有してよい。

【0059】

研磨面(110)は、第1開口孔と第2開口孔との間の領域(area)に相当する。つまり、研磨面は、第1開口孔と第2開口孔との間のフラットな面(またはフラットな表面、flat surface)であってよい。詳細には、研磨面は、上面のうちで開口孔以外の領域であってよい。より詳細には、研磨面の領域は、研磨パッドの上面における全領域の30～70%、30～60%、40～60%または45～55%であってよい。

【0060】

研磨面は、ウェハ(200)またはそれと同等なものなどの研磨対象物と直接的に接することができる表面である。つまり、研磨面は、ウェハなどの研磨対象物と直接的に接して、研磨対象物の研磨に直接的に寄与することができる。

10

20

30

40

50

【0061】

研磨パッドの比重は、 $0.7 \sim 0.9 \text{ g/cm}^3$ であってよい。詳細には、研磨パッドの比重は、 $0.70 \sim 0.87 \text{ g/cm}^3$ または $0.75 \sim 0.87 \text{ g/cm}^3$ であってよい。より詳細には、研磨パッドの比重は、 $0.75 \sim 0.87 \text{ g/cm}^3$ 、 $0.77 \sim 0.85 \text{ g/cm}^3$ 、または $0.77 \sim 0.83 \text{ g/cm}^3$ であってよい。

【0062】

研磨パッドの表面硬さは、25 にて $45 \sim 65$ ショアD であってよい。より詳細には、研磨パッドの表面硬さは、25 にて $45 \sim 62$ ショアD、 $48 \sim 65$ ショアD、または $48 \sim 62$ ショアD であってよい。より詳細には、研磨パッドの表面硬さは、25 にて $48 \sim 60$ ショアD、 $50 \sim 62$ ショアD または $50 \sim 60$ ショアD である。

10

【0063】

研磨パッドの引張強度は、 $15 \sim 25 \text{ N/mm}^2$ である。より詳細には、研磨パッドの引張強度は、 $16 \sim 25 \text{ N/mm}^2$ 、 $16 \sim 24 \text{ N/mm}^2$ または $16 \sim 23 \text{ N/mm}^2$ であってよい。

【0064】

研磨パッドの引張弾性係数は $600 \sim 700 \text{ MPa}$ である。より詳細には、研磨パッドの引張弾性係数は $600 \sim 690 \text{ MPa}$ 、 $610 \sim 700 \text{ MPa}$ 、 $610 \sim 690 \text{ MPa}$ 、 $620 \sim 700 \text{ MPa}$ 、または、 $620 \sim 690 \text{ MPa}$ であってよい。

【0065】

研磨パッドの圧縮弾性率は、 $60 \sim 90 \text{ kPa}$ であってよい。より詳細には、研磨パッドの圧縮弾性率は、 $60 \sim 85 \text{ kPa}$ 、 $60 \sim 80 \text{ kPa}$ 、 $65 \sim 85 \text{ kPa}$ 、 $60 \sim 80 \text{ kPa}$ 、または $70 \sim 85 \text{ kPa}$ であってよい。

20

【0066】

研磨パッドのポアソン比は、 $0.35 \sim 0.40$ であってよい。より詳細には、研磨パッドのポアソン比は $0.36 \sim 0.39$ 、または $0.36 \sim 0.38$ であってよい。

【0067】

研磨パッドの伸びは $80 \sim 250\%$ であってよい。より詳細には、研磨パッドの伸びは $85 \sim 250\%$ 、 $85 \sim 200\%$ 、 $85 \sim 150\%$ 、 $90 \sim 250\%$ 、 $90 \sim 240\%$ 、または $92 \sim 230\%$ であってよい。より詳細には、研磨パッドの伸びは $95 \sim 230\%$ 、 $95 \sim 200\%$ 、 $100 \sim 200\%$ 、 $100 \sim 150\%$ 、または $100 \sim 120\%$ であってよい。

30

【0068】

研磨面から所定深さまでにおいて測定される AFM 弾性係数は $101 \sim 250 \text{ MPa}$ であってよい。より詳細には、研磨面から所定深さまでで測定される AFM 弾性係数は $101 \sim 240 \text{ MPa}$ 、 $103 \sim 240 \text{ MPa}$ 、または $105 \sim 240 \text{ MPa}$ であってよい。より詳細には、研磨面から所定深さまでにおいて測定される AFM 弾性係数は $110 \sim 240 \text{ MPa}$ 、 $120 \sim 240 \text{ MPa}$ または $110 \sim 230 \text{ MPa}$ であってよい。より詳細には、研磨面から所定深さまでで測定される AFM 弾性係数は $120 \sim 230 \text{ MPa}$ 、 $130 \sim 230 \text{ MPa}$ 、 $130 \sim 200 \text{ MPa}$ または $130 \sim 180 \text{ MPa}$ であってよい。

【0069】

上記の所定深さは $1 \sim 10 \mu\text{m}$ である。より詳細には、かかる所定深さは $1 \sim 8 \mu\text{m}$ 、 $3 \sim 10 \mu\text{m}$ 、 $3 \sim 8 \mu\text{m}$ 、または $3 \sim 6 \mu\text{m}$ であってよい。より詳細には、かかる所定深さは $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 、 $3.5 \sim 5 \mu\text{m}$ または $3.5 \sim 4.5 \mu\text{m}$ であってよい。より詳細には、かかる所定深さは約 $4 \mu\text{m}$ であってよい。

40

【0070】

AFM 弾性係数は、ウレタン系プレポリマーの NCO%、硬化剤の種類、孔の平均径および分布、多孔率、開口孔の平均径および平均深さ、研磨面領域の割合、ならびにそれらと同等なものによって制御することができる。例えば、AFM 弾性係数が上記範囲内に収まるように、ウレタン系プレポリマーにおける未反応 NCO の含率が $9.0 \sim 10$ 重量% であってよく、孔の平均径が $10 \sim 30 \mu\text{m}$ であってよく、上記平均径よりも約 $3 \mu\text{m}$ 小

50

さい径の第1孔の領域割合が10~20%であってよく、上記平均径よりも約3 μ m大きい径の第2孔の領域割合が20~30%であってよく、多孔率が45~50体積%であってよく、開口孔の平均径が10~30 μ mであってよく、開口孔の平均深さが8~28 μ mであってよく、上面における研磨面の割合が45~55%であってよい。つまり、AFM弾性係数は、ウレタン系プレポリマーのNC O、平均孔径、孔分布、多孔率、開口孔の径および深さ、ならびに研磨面領域の割合によって決まり得るものの、それらに限定されない。AFM弾性係数は種々の手法で制御することができる。

【0071】

研磨パッドは、ウレタン系プレポリマーの100重量部を基準にして、0.5~10重量部の固相発泡剤を含んで成っていてよい。かかる場合、固相発泡剤の平均粒径は10~50 μ mであってよい。

10

【0072】

研磨面のAFM硬さは50~150MPaであってよい。より詳細には、研磨面のAFM硬さは50~145MPa、55~150MPa、55~145MPa、60~150MPa、60~145MPa、65~150MPa、または65~145MPaであってよい。

【0073】

研磨面のAFM平方根平均粗さ(AFM square root mean roughness)が30~110nmである。詳細には、研磨面のAFM平方根平均粗さが30~100nm、30~95nm、30~90nm、34~100nm、34~95nm、34~90nm、または30~85nmであってよい。

20

【0074】

AFM弾性係数は、カンチレバーの先端(tip)を研磨面に接触させることによって測定される弾性係数である。カンチレバー先端は、研磨パッドよりも硬い材料から形成されたものであってよい。カンチレバー先端は、研磨面の弾性の測定のため、研磨面に対して直交する方向に力を加えるものであってよい。かかる場合、カンチレバー先端は、AFM弾性係数の測定のため、研磨面の所定深さまで力を加えるものであってよい。かかる所定深さは1~10 μ m、3~6 μ m、または3~5 μ mであってよい。

【0075】

具体的には、カンチレバー先端は、アルミニウムなどの金属から形成されたものであってよい。カンチレバー先端の端部(end)は、放物形を有するものであってよく、カンチレバー先端の曲率半径が10nm以下であってよい。例えば、カンチレバーの先端として使用できる市販の製品は、PPP-CONTSCR(NANOSENSORS製)である。

30

【0076】

AFM硬さは、カンチレバー先端およびAFM機器によって測定され得る。

【0077】

より詳細には、AFM弾性係数およびAFM硬さは、Oliver & Pharr手法で算出することができる。

【0078】

AFM平方根平均粗さは、AFM機器によって測定することができる。

40

【0079】

多孔質ポリウレタン研磨パッドは、ポリウレタン樹脂から構成され、かかるポリウレタン樹脂は、イソシアネート末端基を有するウレタン系プレポリマーに起因するものであってよい。かかる場合、ポリウレタン樹脂は、ウレタン系プレポリマーを構成するモノマー単位を含んで成る。

【0080】

ポリウレタン樹脂は、500~3000g/モルの重量平均分子量を有してよい。具体的には、ポリウレタン樹脂は、600~2000g/モルまたは700~1500g/モルの重量平均分子量(Mw)を有してよい。

50

【0081】

多孔質ポリウレタン研磨パッドは、機械的な研磨のためその表面に溝（grooves）を有するものであってよい。特に制限されるわけではないが、かかる溝は機械的研磨のために所望の深さ、幅および間隔を有するものであってよい。

【0082】

ある態様の多孔質ポリウレタン研磨パッドは、その厚さ、比重、表面硬さ、引張強度、伸び、AFM弾性係数、孔サイズおよび孔分布を調整することによって、研磨パッドの研磨性能（即ち、研磨速度）を制限することができる。特に、AFM弾性係数は、ウレタン系プレポリマーのNC0%、硬化剤の種類、平均孔径、孔分布、多孔率、開口孔の平均径および平均深さ、ならびに研磨面領域の割合によって制御できるので、ある態様の多孔質ポリウレタン研磨パッドは、ウェハなどの研磨対象物を効果的に研磨することができる。

10

【0083】

つまり、研磨パッドの研磨性能は、研磨対象物と直接的に接する領域である研磨面の特性に大きく依存している。特に、ある態様の研磨パッドは上述の特性を有するので、金属を含む層を効果的に研磨できる。更に、研磨パッドはウェハまたはそれと同等な物で生じ得るスクラッチまたはそれと同等なものを防止することができる。

【0084】

半導体デバイスを調製するための方法

ある態様の半導体デバイスの調製方法は、

多孔質ポリウレタン研磨パッドを供すること、

研磨される対象物を研磨パッドに配置すること、

研磨される対象物を研磨パッドに対して相対的に回転させ、該対象物を研磨することを含んで成り、

研磨パッドは、

ウレタン系プレポリマーおよび硬化剤を含んで成り、

1.5 ~ 2.5 mmの厚さ、平均径10 ~ 60 μmの多数の孔、0.7 ~ 0.9 g/cm³の比重、45 ~ 65 ショアDの25における表面硬さ、15 ~ 25 N/mm²の引張強度、80 ~ 250%の伸びを有しており、研磨される対象物と直接的に接する研磨面から所定深さ1 ~ 10 μmまでで測定されるAFM（原子間力顕微鏡）弾性係数が101 ~ 250 MPaである。

30

【0085】

多孔質ポリウレタン研磨パッドの特性は上述した通りである。

【0086】

多孔質ポリウレタン研磨パッドをプラテンに載せた後、「研磨される層（210）を有して成り、タンゲステンなどの金属を含むウェハ（200）」を、研磨パッド（100）に配置する。図3参照のこと。かかる場合、研磨される層は、研磨パッドの研磨面と直接的に接する。さらに、研磨パッドには研磨スラリーがスプレーされる。次いで、ウェハと研磨パッドとを相対的に回転させ、その結果、研磨される層が研磨される。この場合、研磨される層は、研磨パッドの研磨面と直接的に接している。

40

【0087】

研磨される対象物は、金属層を有して成るものであってよい。かかる金属層は研磨面と直接的に接し、その結果、金属層が研磨される。詳細には、金属層はタンゲステンを含んで成るものであってよい。

【0088】

以下では、実施例を用いて本発明を詳細に説明する。しかしながら、本明細書の実施例は、本発明を例証するために載せているにすぎず、本発明の範囲はかかる実施例に限定されない。

【実施例】

【0089】

実施例1：多孔質ポリウレタン研磨パッドの調製

50

1 - 1 : デバイスの構成

ウレタン系プレポリマーの供給ラインを備えたキャスト機では、硬化剤、不活性ガス、および、反応速度制御剤、9.1重量%の未反応NCO含量を有するPUGL-600D(1500g/モルの重量平均分子量を有するSKC製)をプレポリマー・タンクに仕込み、4,4'-メチレンビス(2-クロロアニリン)(TCI東京化学工業製)を硬化剤タンクに仕込んだ。不活性ガスとしては窒素(N₂)を用意した。さらに、シグマ・アルドリッチ社から販売されているトリエチレンジアミン(TEDA; 反応促進剤)を反応速度制御剤として用いた。

【0090】

さらに、ウレタン系プレポリマーの100重量部を基準に、2重量部の固相発泡剤(アクゾノーベル製、20μmの平均粒径のエクспанセル461DET 20 d20の名称)および0.5重量部のシリコン界面活性剤(エポニック社製、B8462の名称)が予め混合され、プレポリマー・タンクへと仕込まれた。

10

【0091】

1 - 2 : シートの生成

ウレタン系プレポリマー、硬化剤、固相発泡剤、反応速度制御剤、および不活性ガスを混合した。なお、それらは個々の供給ラインから一定速度でミキシング・ヘッドから供給した。ミキシング・ヘッドの回転速度は、約3000rpmとした。かかる場合、硬化剤において反応基に対するウレタン系プレポリマーのNCO基のモル当量比は、1:1に調製され、トータルの供給量は10kg/分の速度に維持された。さらに、ポリウレタンシートの目標比重を0.8g/cm³として、不活性ガスは、ウレタン系プレポリマー、硬化剤、固相発泡剤、反応促進剤およびシリコン界面活性剤の全体積基準で15%の体積で供給した。反応促進剤は、ウレタン系プレポリマーの100重量部を基準にして0.5重量部の量で供給した。

20

【0092】

混合された原料はモールド(1000mmの幅、1000mmの長さ、および3mmの高さ)内へと注入することで、固化に付し、それによってシートを得た。その後、シートの表面はグラインダーを用いてグラインドに付し、チップ(tip)を用いて溝付けした。これにより、平均厚さ2mmの多孔質ポリウレタン研磨パッドを調製した。

【0093】

30

実施例2および実施例3

固相発泡剤、界面活性剤、不活性ガスおよび反応促進剤の含量を表1で示すように調整したこと以外は実施例1と同様の方法でもって、平均厚さ2mmを有する多孔質ポリウレタン研磨パッドを調製した。

【0094】

比較例1

平均径40μmの固相発泡剤を使用する一方で、界面活性剤、不活性ガスおよび反応促進剤を使用しなかったこと以外は実施例1と同様の方法で多孔質ポリウレタン研磨パッドを調製した。

【0095】

40

【表 1】

	固相発泡剤の含量 (径)	界面活性剤 の含量	不活性ガス の含量	反応促進剤 の含量
実施例 1	2 重量部 (20 μm)	0. 5 重量部	1 5 体積%	0. 5 重量部
実施例 2	1. 9 重量部 (20 μm)	0. 5 重量部	1 6 体積%	0. 4 重量部
実施例 3	2. 1 重量部 (20 μm)	0. 5 重量部	1 3 体積%	0. 6 重量部
比較例 1	1 0 重量部 (40 μm)	-	-	-

10

【 0 0 9 6 】

試験

実施例および比較例で調製した研磨パッドの性質を以下の条件および手法で測定した。結果を表 2 ~ 表 4 に示す。

【 0 0 9 7 】

(1) 表面硬さ

ショア D 硬さを測定した。研磨パッドを 2 c m × 2 c m のサイズ (厚さは約 2 m m) にカットし、温度 2 5 ° C および湿度 5 0 ± 5 % の条件下で 1 6 時間置いた。その後、硬度メーター (D タイプ硬度計) を用いて研磨パッドの硬さを測定した。

20

【 0 0 9 8 】

(2) 比重

研磨パッドを 4 c m × 8 . 5 c m の矩形 (厚さは 2 m m) にカットし、温度 2 3 ± 2 ° C および湿度 5 0 ± 5 % の条件下で 1 6 時間置いた。比重計を用いて研磨パッドの比重を測定した。

【 0 0 9 9 】

(3) 引張強度

万能試験機 (U T M) を用いて 5 0 m m / 分の速度で研磨パッドを試験に付してフラクチャー (fracture) する直前の極限強度を測定した。

30

【 0 1 0 0 】

(4) 伸び

引張強度測定と同じ方法で試験を実施した。フラクチャー直前の最大変形量を測定した。初期長さに対する最大変形量の比について百分率 (%) で表した。

【 0 1 0 1 】

(5) 平均孔径

研磨パッドを 2 c m × 2 c m の正方形 (厚さは 2 m m) にカットし、走査電子顕微鏡 (S E M) を用いて 1 0 0 倍率で観察した。画像解析ソフトを用いて画像解析し、トータルの孔径を画像から測定した。その後、平均孔径を算出した。

【 0 1 0 2 】

(6) A F M 弾性係数、A F M 硬さ、および A F M 平方根平均粗さ (A F M R M S)

Park Systems 製の X E - 1 5 0 を A F M 機器として使い、A F M 機器に NANOSENSORS 製の PPP-CONTSCR をカンチレバーとして設けた。さらに、カンチレバーで力を加え、研磨パッドの研磨面から 4 μ m の深さまで力を加えた。A F M 弾性係数および A F M 硬さをカンチレバーで測定した。さらに、A F M 平方根平均粗さを A F M 機器を用いて測定した。

40

【 0 1 0 3 】

研磨パッドを 2 c m × 1 . 5 c m の矩形 (厚さは 2 m m) にカットし、A F M 弾性係数、A F M 硬さおよび A F M 平方根平均粗さを、試験サンプルの上面中央における 1 c m × 1 c m の正方形内で任意に選択した 1 0 点に対して測定した。1 0 点の値は平均化した。結果を表 3 に示す。

50

【 0 1 0 4 】

(7) タングステンの研磨速度

スパッタリング・プロセスによって形成したタングステン薄層（またはタングステン・フィルム）を含む直径 300 mm のシリコン・ウェハを、CMP 研磨機のプラテンに設けた多孔質ポリウレタン研磨パッドにセットした（シリコン・ウェハのタングステン薄層が下側に向くようにしてセットした）。次いで、シリコン・ウェハを 121 rpm の速度およびプラテンを 115 rpm の速度でもって 60 秒回転させ、焼成シリカ・スラリーを 190 mL / 分の速度で供給しつつ、1.4 psi の研磨荷重下でシリコン酸化物薄層を研磨した。研磨が完了したら、シリコン・ウェハをキャリアから取り外し、スピン・ドライヤーに載せ、精製水（DIW）で洗浄し、そして、窒素で 15 秒間乾燥させた。分光反射率型の厚さ測定機（Kyence 製、型式 SI-F80R）を用いて乾燥後のシリコン・ウェハにおける薄層厚さを研磨前後で測定し、それから研磨速度を算出した。研磨速度は、以下の式 1 を用いた算出した。

10

[式 1]

研磨速度 = 「シリコン・ウェハの研磨された厚さ ()」 / 「研磨時間 (分)」

【 0 1 0 5 】

(8) ポアソソ比

ひずみゲージおよび万能試験機（UTM）を用い、試験速度 1 mm / 分、グリップ距離 115 mm、ロードセル 30 N、温度 23 ± 2 および湿度 $45 \pm 5\%$ の条件下でポアソソ比を測定した。

20

【 0 1 0 6 】

(9) 引張弾性係数および圧縮弾性係数

引張試験または圧縮試験のための治具、および万能試験機（UTM）を用い、試験速度 500 mm / 分、グリップ距離 70 mm、ロードセル 1 kN、温度 23 ± 2 および湿度 $45 \pm 5\%$ の条件下で引張弾性係数および圧縮弾性係数を測定した。

【 0 1 0 7 】

【 表 2 】

	孔の平均径 (μm)	比重 (g/cm^3)	表面硬さ (25°C) (シヨアD)	伸び (%)	引張強度 (N/mm^2)
実施例 1	20	0.8	58	110	21
実施例 2	20	0.8	58	105	20
実施例 3	20	0.8	58	101	19
比較例 1	40	0.8	58	103	20

30

【 0 1 0 8 】

【 表 3 】

	AFM 弾性係数 (MPa)	AFM 硬さ (MPa)	AFM RMS (nm)
実施例 1	171	143	80
実施例 2	136	70	44
実施例 3	164	129	35
比較例 1	83	41	52

40

【 0 1 0 9 】

【表 4】

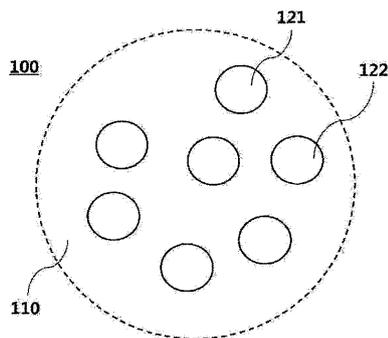
	引張弾性係数 (MPa)	圧縮弾性率 (kPa)	ポアソン比	酸化物の研磨速度 (Å/分)
実施例 1	6 4 5	7 7	0. 3 7 5	1, 1 2 0
実施例 2	6 5 2	7 9	0. 3 6 9	1, 2 3 0
実施例 3	6 6 1	8 0	0. 3 7 1	1, 3 0 0
比較例 1	4 3 9	4 8	0. 3 7 3	9 5 0

【 0 1 1 0 】

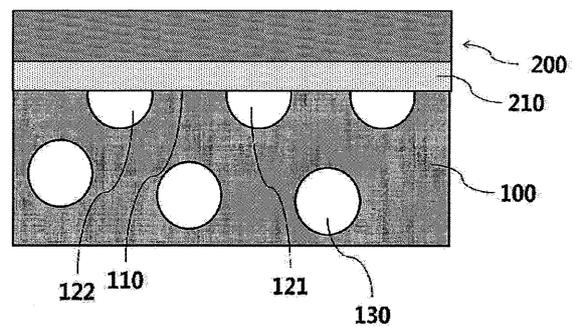
10

表 2 ~ 4 に示されるように、実施例 1 ~ 3 の研磨パッドは、比較例 1 の研磨パッドと比べ、高い A F M 弾性係数値およびタンゲステンに対する高い研磨速度を有するものであった。

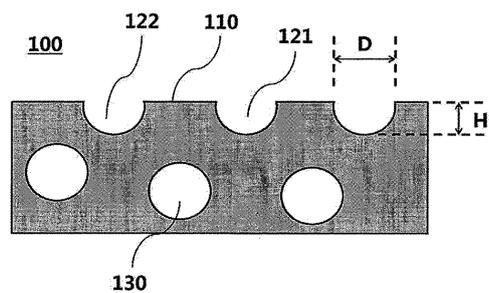
【 図 1 】



【 図 3 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)
C 0 8 G 18/10	(2006.01)	C 0 8 J	9/32	C F F
C 0 8 G 101/00	(2006.01)	C 0 8 G	18/00	H
		C 0 8 G	18/10	
		C 0 8 G	101:00	

(72)発明者 ソ・チャンウォン

大韓民国 4 8 0 5 0 プサン、ヘウンデグ、センナム・チュンアン口 1 4 5、1 1 2 - 5 0 0 1

(72)発明者 ユン・ソンファン

大韓民国 1 3 5 1 9 キョンギド、ソンナムシ、プンダング、パンギョ口 5 1 9、7 0 1 - 1 1 0 3

(72)発明者 ムン・スヨン

大韓民国 1 3 9 8 8 キョンギド、アニャンシ、マナング、ヤンファ口 1 1 6 ボンギル 7 1、2 0 2
ホ

(72)発明者 キョン・ミヨンオク

大韓民国 1 6 3 2 7 キョンギド、スウォンシ、チャンアング、チョンチョン口 7 4 ボンギル 3 5、
8 1 2 - 1 1 0 2

Fターム(参考) 3C158 AA07 BA04 BA05 CB02 CB03 CB10 DA12 DA17 EA11 EB12
EB19 EB20 EB26 EB28 EB29 ED10
4F074 AA78 BA33 BB01 BC05 CB52 CB53 CB62 CC06Y CC06Z CC22X
CC22Y DA02 DA03 DA08 DA09 DA56
4J034 BA02 BA03 CA04 CA15 CB03 CC03 CC22 CD08 CD13 DF01
DF02 DH00 HA01 HA07 HC03 HC12 HC13 HC17 HC22 HC46
HC52 HC61 HC64 HC67 HC71 JA41 NA01 QB01 QB14 QB16
QC01 RA14
5F057 AA03 AA24 BA15 BB25 BB34 CA12 DA03 EB03 EB07 EB08
EB13 EB30 FA41

【外国語明細書】

Description**Title of the Invention**

POROUS POLYURETHANE POLISHING PAD AND PROCESS FOR PREPARING
5 A SEMICONDUCTOR DEVICE BY USING THE SAME

Technical Field

Embodiments relate to a porous polyurethane polishing pad for use in a chemical
mechanical planarization (CMP) process of semiconductors and a process for preparing
10 a semiconductor device by using the same.

Background Art

The chemical mechanical planarization (CMP) process in a process for preparing
semiconductors refers to a step in which a wafer is fixed to a head and in contact with
15 the surface of a polishing pad mounted on a platen, and the wafer is then chemically
treated by supplying a slurry while the platen and the head are relatively moved to
thereby mechanically planarize the irregularities on the wafer surface.

A polishing pad is an essential member that plays an important role in such a CMP
process. In general, a polishing pad is composed of a polyurethane-based resin and has
20 grooves on its surface for a large flow of a slurry and pores for supporting a fine flow
thereof.

The pores in a polishing pad may be formed by using a solid phase foaming agent
having voids, a liquid phase foaming agent filled with a volatile liquid, an inert gas, a
fiber, or the like, or by generating a gas by a chemical reaction.

25 The technique of forming pores using an inert gas or a volatile liquid phase
foaming agent has the advantage that any material that may affect the CMP process is
not discharged. However, it is difficult to precisely control the diameter of pores and the
density of the pad since it is inevitable to deal with a gas phase, which is not

conveniently controlled. It is particularly difficult to produce uniform pores of 50 μm or less. In addition, there is a problem that it is very difficult to control the diameter of pores and the density of the pad without changing the composition of the polyurethane matrix of the polishing pad.

5 As the solid phase foaming agent, microcapsules (i.e., thermally expanded microcapsules), whose size has been adjusted by a thermal expansion, are used. Since the thermally expanded microcapsules in a structure of already expanded micro-
balloons have a uniform particle diameter, the diameter of pores can be uniformly controlled. For example, Korean Patent No. 1608901 discloses a polishing pad, which is
10 formed using a solid phase foaming agent and comprises pores having a uniform diameter.

Disclosure of the Invention

Technical Problem

15 Accordingly, the embodiments aim to provide a porous polyurethane polishing pad having improved polishing efficiency and a process for preparing a semiconductor device by using the same.

Solution to the Problem

20 According to an embodiment, there is provided a porous polyurethane polishing pad, which comprises a urethane-based prepolymer and a curing agent, and which has a thickness of 1.5 to 2.5 mm, a number of pores whose average diameter is 10 to 60 μm , a specific gravity of 0.7 to 0.9 g/cm^3 , a surface hardness at 25°C of 45 to 65 Shore D, a tensile strength of 15 to 25 N/mm^2 , an elongation of 80 to 250%, an AFM (atomic force
25 microscope) elastic modulus of 101 to 250 MPa measured from a polishing surface in direct contact with an object to be polished to a predetermined depth wherein the predetermined depth is 1 to 10 μm .

According to another embodiment, there is provided a process for preparing a

semiconductor device, which comprises providing a porous polyurethane polishing pad; disposing an object to be polished on the polishing pad; and relatively rotating the object to be polished with respect to the polishing pad to polish the object, wherein the polishing pad comprises a urethane-based prepolymer and a curing agent, and the
5 polishing pad has a thickness of 1.5 to 2.5 mm, a number of pores whose average diameter is 10 to 60 μm , a specific gravity of 0.7 to 0.9 g/cm^3 , a surface hardness at 25°C of 45 to 65 Shore D, a tensile strength of 15 to 25 N/mm^2 , an elongation of 80 to 250%, an AFM elastic modulus of 101 to 250 MPa measured from a polishing surface in direct contact with the object to be polished to a predetermined depth wherein the
10 predetermined depth is 1 to 10 μm .

Advantageous Effects of the Invention

The porous polyurethane polishing pad according to the embodiments is capable of controlling the polishing performance (i.e., polishing rate) of the polishing pad by
15 adjusting the thickness, specific gravity, surface hardness, tensile strength, elongation, AFM (atomic force microscope) elastic modulus, and pore size of the polishing pad. In particular, since the AFM elastic modulus and the like of a polishing surface, i.e., an area in direct contact with the object to be polished, is appropriately adjusted, a wafer or the like can be efficiently polished. Especially, the porous polyurethane polishing
20 pad can effectively polish a layer containing a metal such as tungsten or the like. Further, the polishing pad can prevent scratches or the like that may be generated on a wafer or the like.

Brief Description of the Drawings

25 Fig. 1 is a schematic view showing the top surface of a polishing pad according to an embodiment.

Fig. 2 is a schematic view showing the cross-section of a polishing pad according to an embodiment.

Fig. 3 is a schematic view showing a process of polishing an object to be polished using a polishing pad according to an embodiment.

Detailed Description for Carrying out the Invention

5 Throughout the description of the embodiments, in the case where each pad, layer, pore, or membrane is mentioned to be formed “on” or “under” another pad, layer, pore, or membrane, it means not only that one element is directly formed on or under another element, but also that one element is indirectly formed on or under another element with other element(s) interposed between them. Also, the term “on” or “under”
10 with respect to each element may be referenced to the drawings. For the sake of description, the sizes of individual elements in the appended drawings may be exaggeratingly depicted and do not indicate the actual sizes.

Hereinafter, the present invention will be described in detail with reference to embodiments. The embodiments can be modified into various forms as long as the gist
15 of the invention is not changed.

The porous polyurethane polishing pad according to an embodiment comprises a urethane-based prepolymer and a curing agent. Further, as shown in Figs. 1 to 3, the polishing pad according to the embodiment comprises a number of pores.

The porous polyurethane polishing pad according to an embodiment may be
20 prepared by a process for preparing a porous polyurethane polishing pad, which comprises (1) injecting a mixture comprising a urethane-based prepolymer, a curing agent, and a solid phase foaming agent into a mold and molding the mixture; and (2) curing the mixture.

25 Prepolymer

A prepolymer generally refers to a polymer having a relatively low molecular weight wherein the degree of polymerization is adjusted to an intermediate level so as to conveniently mold a molded article finally produced in the process of preparing the

same. A prepolymer may be molded by itself or after a reaction with another polymerizable compound. For example, a prepolymer may be prepared by reacting an isocyanate compound with a polyol.

For example, the isocyanate compound that may be used in the preparation of the urethane-based prepolymer may be at least one isocyanate selected from the group consisting of toluene diisocyanate (TDI), naphthalene-1,5-diisocyanate, *p*-phenylene diisocyanate, tolidine diisocyanate, 4,4'-diphenylmethane diisocyanate, hexamethylene diisocyanate, dicyclohexylmethane diisocyanate, and isophorone diisocyanate.

For example, the polyol that may be used in the preparation of the urethane-based prepolymer may be at least one polyol selected from the group consisting of a polyether polyol, a polyester polyol, a polycarbonate polyol, and an acryl polyol. The polyol may have a weight average molecular weight (Mw) of 300 to 3,000 g/mole.

The urethane-based prepolymer may have a weight average molecular weight of 500 to 3,000 g/mole. Specifically, the urethane-based prepolymer may have a weight average molecular weight (Mw) of 600 to 3,000 g/mole, 600 to 2,500 g/mole, 600 to 2,000 g/mole, 700 to 1,500 g/mole, or 800 to 1,500 g/mole.

As an example, the urethane-based prepolymer may be a polymer polymerized from toluene diisocyanate as the isocyanate compound and polytetramethylene ether glycol as the polyol and having a weight average molecular weight (Mw) of 500 to 3,000 g/ mole.

Curing agent

The curing agent may be at least one of an amine compound and an alcohol compound. Specifically, the curing agent may comprise at least one compound selected from the group consisting of an aromatic amine, an aliphatic amine, an aromatic alcohol, and an aliphatic alcohol.

For example, the curing agent may comprise at least one selected from the group consisting of 4,4'-methylenebis(2-chloroaniline) (MOCA), diethyltoluenediamine,

diaminodiphenyl methane, diaminodiphenyl sulphone, *m*-xylylene diamine, isophoronediamine, ethylenediamine, diethylenetriamine, triethylenetetramine, polypropylenediamine, polypropylenetriamine, ethylene glycol, diethylene glycol, dipropylene glycol, butanediol, hexanediol, glycerin, trimethylolpropane, and bis(4-amino-3-chlorophenyl)methane.

Solid phase foaming agent

The solid phase foaming agent is thermally expanded microcapsules and may have a structure of micro-balloons having an average particle diameter of 5 to 200 μm . Specifically, the solid phase foaming agent may have an average particle diameter of 10 to 150 μm , 10 to 100 μm , or 10 to 60 μm . More specifically, the solid phase foaming agent may have an average particle diameter of 20 to 60 μm , 20 to 50 μm , 10 to 50 μm , or 25 to 45 μm . In addition, the thermally expanded microcapsules may be obtained by thermally expanding thermally expandable microcapsules.

The thermally expandable microcapsule may comprise a shell comprising a thermoplastic resin; and a foaming agent encapsulated inside the shell. The thermoplastic resin may be at least one selected from the group consisting of a vinylidene chloride-based copolymer, an acrylonitrile-based copolymer, a methacrylonitrile-based copolymer, and an acrylic-based copolymer. Furthermore, the foaming agent encapsulated in the inside may comprise at least one selected from the group consisting of hydrocarbons having 1 to 7 carbon atoms and the hydrocarbons substituted with a halogen or a heteroatom. Specifically, the foaming agent encapsulated in the inside may comprise at least one selected from the group consisting of a low molecular weight hydrocarbon such as ethane, ethylene, propane, propene, *n*-butane, isobutane, butene, isobutene, *n*-pentane, isopentane, neopentane, *n*-hexane, heptane, petroleum ether, and the like; a chlorofluorohydrocarbon such as trichlorofluoromethane (CCl_3F), dichlorodifluoromethane (CCl_2F_2), chlorotrifluoromethane (CClF_3), tetrafluoroethylene ($\text{CClF}_2\text{-CClF}_2$), and the like; and a tetraalkylsilane such as

tetramethylsilane, trimethylethylsilane, trimethylisopropylsilane, trimethyl-*n*-propylsilane, and the like.

The solid phase foaming agent may be employed in an amount of 0.5 to 10 parts by weight, 0.5 to 5 parts by weight, 0.5 to 3 parts by weight, 0.5 to 2.5 parts by weight, 5 1 to 5 parts by weight, 1 to 3 parts by weight, 1.3 to 2.7 parts by weight, or 1.5 to 2.5 parts by weight, based on 100 parts by weight of the urethane-based prepolymer.

Feeding of raw materials

In the step (1), an inert gas may be fed into the mold when the mixture is injected 10 into the mold. The inert gas may be added while the urethane-based prepolymer, the curing agent, and the solid phase foaming agent are mixed and reacted, to thereby form pores in the polishing pad.

The kind of the inert gas is not particularly limited as long as it is a gas that does not participate in the reaction between the prepolymer and the curing agent. For 15 example, the inert gas may comprise at least one selected from the group consisting of nitrogen gas (N₂), argon gas (Ar), and helium (He). Specifically, the inert gas may comprise nitrogen gas (N₂) or argon gas (Ar). More specifically, the inert gas may be nitrogen gas (N₂) or argon gas (Ar).

The inert gas may be fed in a volume of 5 to 30% based on the total volume of the 20 mixture. Specifically, the inert gas may be fed in a volume of 5 to 25%, 5 to 20%, 10 to 30%, 10 to 25%, or 10 to 20% based on the total volume of the mixture, with a target specific gravity of the polyurethane sheet of 0.7 to 0.9 g/cm³ or about 0.8 g/cm³.

Reaction rate controlling agent

25 The mixture may further comprise a reaction rate controlling agent. The reaction rate controlling agent may be at least one selected from the group consisting of a tertiary amine-based compound and an organometallic-based compound. In addition, the reaction rate controlling agent may be a reaction promoter or a reaction retarder.

Specifically, the reaction rate controlling agent may be a reaction promoter.

For example, the reaction rate controlling agent may comprise at least one selected from the group consisting of triethylene diamine (TEDA), dimethyl ethanol amine (DMEA), tetramethyl butane diamine (TMBDA), 2-methyl-triethylene diamine, 5 dimethyl cyclohexyl amine (DMCHA), triethyl amine (TEA), triisopropanol amine (TIPA), 1,4-diazabicyclo(2,2,2)octane, bis(2-methylaminoethyl) ether, trimethylaminoethylethanol amine, N,N,N,N,N'-pentamethyldiethylene triamine, dimethylaminoethyl amine, dimethylaminopropyl amine, benzyldimethyl amine, N-ethylmorpholine, N,N-dimethylaminoethylmorpholine, N,N-dimethylcyclohexyl amine, 10 2-methyl-2-azanorbornane, dibutyltin dilaurate, stannous octoate, dibutyltin diacetate, dioctyltin diacetate, dibutyltin maleate, dibutyltin di-2-ethylhexanoate, and dibutyltin dimercaptide. Specifically, the reaction rate controlling agent may comprise at least one selected from the group consisting of benzyldimethyl amine, N,N-dimethylcyclohexyl amine, and triethyl amine.

15 The reaction rate controlling agent may be employed in an amount of 0.1 to 2 parts by weight based on 100 parts by weight of the urethane-based prepolymer. Specifically, the reaction rate controlling agent may be employed in an amount of 0.2 to 1.8 parts by weight, 0.2 to 1.7 parts by weight, 0.2 to 1.6 parts by weight, 0.2 to 1.5 parts by weight, 0.3 to 1.5 parts by weight, 0.3 to 1 parts by weight, or 0.3 to 0.8 parts by weight, based 20 on 100 parts by weight of the urethane-based prepolymer. If the reaction rate controlling agent is employed in an amount within the above range, the reaction rate (i.e., the time for solidification) of the mixture (i.e., the urethane-based prepolymer, the curing agent, the solid phase foaming agent, the reaction rate controlling agent, and a silicone surfactant) is properly controlled, so that a polishing pad having pores of a desired size 25 can be produced.

Surfactant

The mixture may further comprise a surfactant. The surfactant may act to prevent

the pores to be formed from overlapping and coalescing with each other. Specifically, the surfactant is preferably a silicone-based nonionic surfactant. But other surfactants may be variously selected depending on the physical properties required for the polishing pad.

5 As the silicone-based nonionic surfactant, a silicone-based nonionic surfactant having a hydroxyl group may be used alone or in combination with a silicone-based nonionic surfactant having no hydroxyl group.

The silicone-based nonionic surfactant having a hydroxyl group is not particularly limited as long as it is widely used in the polyurethane technology industry since it is excellent in compatibility with an isocyanate-containing compound and an active
10 hydrogen compound. Examples of the silicone-based nonionic surfactant having a hydroxyl group, which is commercially available, include DOW CORNING 193 (a silicone glycol copolymer in a liquid phase having a specific gravity at 25°C of 1.07, a viscosity at 20°C of 465 mm²/s, and a flash point of 92°C) (hereinafter referred to as
15 DC-193) manufactured by Dow Corning, B8462 of Evonik Industries, and the like.

Examples of the silicone-based nonionic surfactant having no hydroxyl group, which is commercially available, include DOW CORNING 190 (a silicone glycol copolymer having a Gardner color number of 2, a specific gravity at 25°C of 1.037, a viscosity at 25°C of 2,000 mm²/s, a flash point of 63°C or higher, and an inverse
20 solubility point (1.0% water solution) of 36°C (hereinafter referred to as DC-190) manufactured by Dow Corning and the like.

The surfactant may be employed in an amount of 0.2 to 2 parts by weight based on 100 parts by weight of the urethane-based prepolymer. Specifically, the surfactant may be employed in an amount of 0.2 to 1.9 parts by weight, 0.2 to 1.8 parts by weight, 0.2
25 to 1.7 parts by weight, 0.2 to 1.6 parts by weight, 0.2 to 1.5 parts by weight, 0.2 to 1 parts by weight, 0.3 to 0.8 parts by weight, or 0.4 to 0.8 parts by weight, based on 100 parts by weight of the urethane-based prepolymer. If the amount of the surfactant is within the above range, pores derived from the gas phase foaming agent can be stably

formed and maintained in the mold.

As an example, the urethane-based prepolymer, the curing agent, the solid phase foaming agent, the reaction rate controlling agent, the surfactant, and the inert gas may be put into the mixing step substantially at the same time.

As another example, the urethane-based prepolymer, the solid phase foaming agent, and the surfactant may be mixed in advance, followed by feeding of the curing agent, the reaction rate controlling agent, and the inert gas.

The mixing initiates the reaction of the urethane-based prepolymer and the curing agent by mixing them and uniformly disperses the solid phase foaming agent and the inert gas in the raw materials. In such event, the reaction rate controlling agent may intervene in the reaction between the urethane-based prepolymer and the curing agent from the beginning of the reaction, to thereby control the reaction rate. Specifically, the mixing may be carried out at a speed of 1,000 to 10,000 rpm, 2,000 to 10,000 rpm, 2,000 to 7,000 rpm, 2,000 to 5,000 rpm, or 2,000 to 4,000 rpm. Within the above speed range, it may be more advantageous for the inert gas and the solid phase foaming agent to be uniformly dispersed in the raw materials.

The urethane-based prepolymer and the curing agent may be mixed at a molar equivalent ratio of 1:0.8 to 1.2, or a molar equivalent ratio of 1:0.9 to 1.1, based on the number of moles of the reactive groups in each molecule. Here, "the number of moles of the reactive groups in each molecule" refers to, for example, the number of moles of the isocyanate group in the urethane-based prepolymer and the number of moles of the reactive groups (e.g., amine group, alcohol group, and the like) in the curing agent. Therefore, the urethane-based prepolymer and the curing agent may be fed at a constant rate during the mixing step by controlling the feeding rates such that the urethane-based prepolymer and the curing agent are fed per unit time in amounts satisfying the molar equivalent ratio exemplified above.

Reaction and formation of pores

The urethane-based prepolymer and the curing agent react with each other upon the mixing to form a solid polyurethane, which is then formed into a sheet or the like. Specifically, the isocyanate terminal group in the urethane-based prepolymer can react
5 with the amine group, the alcohol group, and the like in the curing agent. In such event, the inert gas and the solid phase foaming agent are uniformly dispersed in the raw materials to form pores without participating in the reaction between the urethane-based prepolymer and the curing agent.

In addition, the reaction rate controlling agent adjusts the diameter of the pores by
10 promoting or retarding the reaction between the urethane-based prepolymer and the curing agent. For example, if the reaction rate controlling agent is a reaction retarder for delaying the reaction, the time for which the inert gas finely dispersed in the raw materials are combined with each other is prolonged, so that the average diameter of the pores can be increased. On the other hand, if the reaction rate controlling agent is a
15 reaction promoter for expediting the reaction, the time for which the inert gas finely dispersed in the raw materials are combined with each other is shortened, so that the average diameter of the pores can be reduced.

Molding

20 The molding is carried out using a mold. Specifically, the raw materials (i.e., a mixture comprising the urethane-based prepolymer, the curing agent, and the solid phase foaming agent) sufficiently stirred in a mixing head or the like may be injected into a mold to fill the inside thereof.

The mixture is cured to produce a molded body in the form of a solidified cake.
25 Specifically, the reaction between the urethane-based prepolymer and the curing agent is completed in the mold, so that a molded body in the form of a solidified cake that conforms to the shape of the mold can be obtained.

Thereafter, the molded body thus obtained may be appropriately sliced or cut into a

sheet for the production of a polishing pad. As an example, a molded body is prepared in a mold having a height of 5 to 50 times the thickness of a polishing pad to be finally produced and is then sliced in the same thickness to produce a plurality of sheets for the polishing pads at a time. The height of the mold may be about 5 to about 50 times the thickness of the polishing pad finally produced to prepare sheets therefor. However, the sliced sheets may have pores of different diameters depending on the molded location inside the mold. That is, a sheet molded at the lower position of the mold has pores of a fine diameter, whereas a sheet molded at the upper position of the mold may have pores of a larger diameter than that of the sheet formed at the lower position.

Therefore, it is preferable to use a mold capable of producing one sheet by one molding in order for each sheet to have pores of a uniform diameter. To this end, the height of the mold may not significantly differ from the thickness of the porous polyurethane polishing pad to be finally produced. For example, the molding may be carried out using a mold having a height of 1 to 3 times the thickness of the porous polyurethane polishing pad to be finally produced. More specifically, the mold may have a height of 1.1 to 2.5 times, or 1.2 to 2 times, the thickness of the polishing pad to be finally produced. In such event, a reaction promoter may be used as the reaction rate controlling agent to form pores having a more uniform diameter.

Thereafter, the top and bottom ends of the molded body obtained from the mold can be cut out, respectively. For example, each of the top and bottom ends of the molded body may be cut out by $1/3$ or less, $1/22$ to $3/10$, $1/20$ to $1/3$, $1/15$ to $3/10$, or $1/12$ to $1/4$ of the total thickness of the molded body.

As a specific example, the molding is carried out using a mold having a height of 1.2 to 2 times the thickness of the porous polyurethane polishing pad to be finally produced, and a further step of cutting out each of the top and bottom ends of the molded body obtained from the mold upon the molding by $1/12$ to $1/4$ of the total thickness of the molded body may then be carried out.

The above production process may further comprise the steps of machining grooves on the surface of the molded body after the cutting step, bonding with the lower part, inspection, packaging, and the like. These steps may be carried out in a conventional manner for preparing a polishing pad.

Porous polyurethane polishing pad

The process for preparing a porous polyurethane polishing pad according to an embodiment is capable of controlling the polishing performance (or polishing rate) of the polishing pad by adjusting the size and distribution of pores in the polishing pad thus produced.

In detail, the polishing performance of the polishing pad according to the embodiment can be controlled by adjusting the thickness, specific gravity, surface hardness, tensile strength, elongation, AFM elastic modulus, and pore size and distribution of the polishing pad thus produced. Especially, since the AFM elastic modulus of a polishing surface, i.e., an area in direct contact with the object to be polished, of the polishing pad is appropriately adjusted, a wafer or the like can be efficiently polished. The porous polyurethane polishing pad can effectively polish a layer containing a metal. Further, the polishing pad can prevent scratches or the like that may be generated on a wafer or the like.

In more detail, the polishing pad has a thickness of 1.5 to 2.5 mm, a number of pores whose average diameter is 10 to 60 μm , a specific gravity of 0.7 to 0.9 g/cm^3 , a surface hardness at 25°C of 45 to 65 Shore D, a tensile strength of 15 to 25 N/mm^2 , an elongation of 80 to 250%, an AFM (atomic force microscope) elastic modulus of 101 to 250 MPa measured from a polishing surface in direct contact with an object to be polished to a predetermined depth wherein the predetermined depth is 1 to 10 μm .

The porous polyurethane polishing pad has a thickness of 1.5 to 2.5 mm. Specifically, the porous polyurethane polishing pad may have a thickness of 1.8 to 2.5

mm. If the thickness of the polishing pad is within the above range, the basic physical properties as a polishing pad can be sufficiently exhibited.

As depicted in Figs. 1 to 3, the polishing pad (100) comprises a number of pores (121, 122, and 130). Specifically, the polishing pad may comprise a number of pores such that it has a porosity of 45 to 50% by volume.

The average diameter of the pores may be 10 to 60 μm . In more detail, the average diameter of the pores may be 15 to 60 μm , 15 to 55 μm , or 15 to 50 μm . In more detail, the average diameter of the pores may be 15 to 45 μm , 15 to 40 μm , 15 to 38 μm , 15 to 35 μm , 15 to 30 μm , or 15 to 25 μm .

The pores may comprise closed pores (130) and open pores (121, 122). The closed pores are disposed inside the polishing pad, and most of the pores are closed pores.

The open pores are disposed on the upper surface or the lower surface of the polishing pad and are exposed to the outside. Specifically, the open pores may comprise a first open pore (121) and a second open pore (122) disposed on the upper surface of the polishing pad. More specifically, the first open pore and the second open pore may be adjacent to each other and spaced from each other.

The open pores (121, 122) may have an average diameter (D) of 10 to 30 μm and an average depth (H) of 8 to 28 μm .

A polishing surface (110) corresponds to the area between the first open pore and the second open pore. That is, the polishing surface may be a flat surface between the first open pore and the second open pore. In detail, the polishing surface may be the area of the upper surface other than the open pores. In more detail, the area of the polishing surface may be 30 to 70%, 30 to 60%, 40 to 60%, or 45 to 55% of the total area of the upper surface of the polishing pad.

The polishing surface is a surface that can be in direct contact with an object to be polished such as a wafer (200) or the like. That is, the polishing surface is in direct

contact with the object to be polished such as a wafer and can directly participate in the polishing of the object to be polished.

The specific gravity of the polishing pad may be 0.7 to 0.9 g/cm³. In detail, the specific gravity of the polishing pad may be 0.70 to 0.87 g/cm³ or 0.75 to 0.87 g/cm³. In more detail, the specific gravity of the polishing pad may be 0.75 to 0.87 g/cm³, 0.77 to 0.85 g/cm³, or 0.77 to 0.83 g/cm³.

The surface hardness of the polishing pad may be 45 to 65 shore D at 25°C. In detail, the hardness of the polishing pad at 25°C may be 45 to 62 shore D, 48 to 65 shore D, or 48 to 62 shore D. In more detail, the hardness of the polishing pad at 25°C may be 48 to 60 shore D, 50 to 62 shore D, or 50 to 60 shore D.

The tensile strength of the polishing pad is 15 to 25 N/mm². In more detail, the tensile strength of the polishing pad may be 16 to 25 N/mm², 16 to 24 N/mm², or 16 to 23 N/mm².

The tensile elastic modulus of the polishing pad is 600 to 700 MPa. In more detail, the tensile elastic modulus of the polishing pad may be 600 to 690 MPa, 610 to 700 MPa, 610 to 690 MPa, 620 to 700 MPa, or 620 to 690 MPa.

The compressive elastic modulus of the polishing pad may be 60 to 90 kPa. In more detail, the compressive elastic modulus of the polishing pad may be 60 to 85 kPa, 60 to 80 kPa, 65 to 85 kPa, 60 to 80 kPa, or 70 to 85 kPa.

The Poisson's ratio of the polishing pad may be 0.35 to 0.40. In more detail, the Poisson's ratio of the polishing pad may be 0.36 to 0.39 or 0.36 to 0.38.

The elongation of the polishing pad may be 80 to 250%. In more detail, the elongation of the polishing pad may be 85 to 250%, 85 to 200%, 85 to 150%, 90 to 250%, 90 to 240%, or 92 to 230%. In more detail, the elongation of the polishing pad may be 95 to 230%, 95 to 200%, 100 to 200%, 100 to 150%, or 100 to 120%.

The AFM elastic modulus measured from a polishing surface to a predetermined depth may be 101 to 250 MPa. In more detail, the AFM elastic modulus measured from

the polishing surface to the predetermined depth may be 101 to 240 MPa, 103 to 240 MPa, or 105 to 240 MPa. In more detail, the AFM elastic modulus measured from the polishing surface to the predetermined depth may be 110 to 240 MPa, 120 to 240 MPa, or 110 to 230 MPa. In more detail, the AFM elastic modulus measured from the polishing surface to the predetermined depth may be 120 to 230 MPa, 130 to 230 MPa, 130 to 200 MPa, or 130 to 180 MPa.

The predetermined depth is 1 to 10 μm . In more detail, the predetermined depth may be 1 to 8 μm , 3 to 10 μm , 3 to 8 μm , or 3 to 6 μm . In more detail, the predetermined depth may be 3 to 5 μm , 3.5 to 5 μm , or 3.5 to 4.5 μm . In more detail, the predetermined depth may be about 4 μm .

The AFM elastic modulus can be controlled by the NCO% of the urethane-based prepolymer, the kind of the curing agent, the average diameter and distribution of the pore, the porosity, the average diameter and the average depth of the open pores, the area ratio of the polishing surface, and the like. For example, in order for the AFM elastic modulus to fall within the above range, the content of unreacted NCO in the urethane-based prepolymer may be 9.0 to 10% by weight, the average diameter of the pores may be 10 to 30 μm , the area ratio of first pores with diameters smaller than the above average diameter by about 3 μm may be 10 to 20%, the area ratio of second pores with diameters larger than the above average diameter by about 3 μm may be 20 to 30%, the porosity may be 45 to 50% by volume, the average diameter of the open pores may be 10 to 30 μm , the average depth of the open pores may be 8 to 28 μm , and the ratio of the polishing surface in the upper surface may be 45 to 55%. That is, the AFM elastic modulus can be determined by the NCO content of the urethane-based prepolymer, the average pore diameter, the pore distribution, the porosity, the diameter and depth of the open pores, and the ratio of the polishing surface, but it is not limited thereto. The AFM elastic modulus can be controlled in various ways.

The polishing pad may comprise 0.5 to 10 parts by weight of the solid phase

foaming agent based on 100 parts by weight of the urethane-based prepolymer. In such event, the average particle diameter of the solid phase foaming agent may be 10 to 50 μm .

The AFM hardness of the polishing surface may be 50 to 150 MPa. In detail, the
5 AFM hardness of the polishing surface may be 50 to 145 MPa, 55 to 150 MPa, 55 to 145 MPa, 60 to 150 MPa, 60 to 145 MPa, 65 to 150 MPa, or 65 to 145 MPa.

The AFM square root mean roughness (RMS) of the polishing surface may be 30 to 110 nm. In detail, the AFM square root mean roughness of the polished surface may be 30 to 100 nm, 30 to 95 nm, 30 to 90 nm, 34 to 100 nm, 34 to 95 nm, 34 to 90 nm, or
10 30 to 85 nm.

The AFM elastic modulus is an elastic modulus measured by bringing a cantilever tip into contact with the polishing surface. The cantilever tip may be made of a harder material than the polishing pad. The cantilever tip may apply a force in the direction perpendicular to the polishing surface to measure the elasticity of the polishing surface.
15 In such event, the cantilever tip may apply a force to a predetermined depth of the polishing surface to measure the AFM elastic modulus. The predetermined depth may be 1 to 10 μm , 3 to 6 μm , or 3 to 5 μm .

Specifically, the cantilever tip may be made of a metal such as aluminum. The end of the cantilever tip may have a parabolic shape, and the radius of curvature of the end
20 of the cantilever tip may be 10 nm or less. For example, a commercially available product that can be used as the cantilever tip is PPP-CONTSCR manufactured by NANOSENSORS.

The AFM hardness may be measured by the cantilever tip and an AFM instrument.

In more detail, the AFM elastic modulus and the AFM hardness may be calculated
25 by the Oliver-Pharr Method.

The AFM square root mean roughness can be measured by an AFM instrument.

The porous polyurethane polishing pad is composed of a polyurethane resin, and

the polyurethane resin may be derived from a urethane-based prepolymer having an isocyanate terminal group. In such event, the polyurethane resin comprises a monomer unit constituting the urethane-based prepolymer.

The polyurethane resin may have a weight average molecular weight of 500 to 3,000 g/mole. Specifically, the polyurethane resin may have a weight average molecular weight (Mw) of 600 to 2,000 g/mole or 700 to 1,500 g/mole.

The porous polyurethane polishing pad may have grooves on its surface for mechanical polishing. The grooves may have a depth, a width, and a spacing as desired for mechanical polishing, which are not particularly limited.

The porous polyurethane polishing pad according to the embodiments is capable of controlling the polishing performance (i.e., polishing rate) of the polishing pad by adjusting the thickness, specific gravity, surface hardness, tensile strength, elongation, AFM elastic modulus, and pore size and distribution of the polishing pad. In particular, since the AFM elastic modulus can be controlled by the NCO% of the urethane-based prepolymer, the kind of the curing agent, the average diameter and distribution of the pores, the porosity, the average diameter and the average depth of the open pores, the area ratio of the polishing surface, and the like, the porous polyurethane polishing pad according to the embodiments can effectively polish an object to be polished such as a wafer.

That is, the polishing performance of the polishing pad significantly hinges on the characteristics of a polishing surface, which is an area in direct contact with the object to be polished. Especially, since the polishing pad according to the embodiments has the characteristics as described above, it is possible to effectively polish a layer containing a metal. In addition, the polishing pad can prevent scratches or the like that may be generated on a wafer or the like.

Process for preparing a semiconductor device

The process for preparing a semiconductor device according to an embodiment

comprises providing a porous polyurethane polishing pad; disposing an object to be polished on the polishing pad; and relatively rotating the object to be polished with respect to the polishing pad to polish the object, wherein the polishing pad comprises a urethane-based prepolymer and a curing agent, and the polishing pad has a thickness of
5 1.5 to 2.5 mm, a number of pores whose average diameter is 10 to 60 μm , a specific gravity of 0.7 to 0.9 g/cm^3 , a surface hardness at 25°C of 45 to 65 Shore D, a tensile strength of 15 to 25 N/mm^2 , an elongation of 80 to 250%, an AFM elastic modulus of 101 to 250 MPa measured from a polishing surface in direct contact with the object to be polished to a predetermined depth wherein the predetermined depth is 1 to 10 μm .

10

The characteristics of the porous polyurethane polishing pad are as described above.

After the porous polyurethane polishing pad is mounted on a platen, a wafer (200) comprising a layer (210) that is to be polished and contains a metal such as tungsten is
15 disposed on the polishing pad (100), as depicted in Fig. 3. In such event, the layer to be polished is in direct contact with the polishing surface of the polishing pad. Further, a polishing slurry is sprayed on the polishing pad. Then, the wafer and the polishing pad rotate relatively to each other, so that the layer to be polished is polished. In such event, the layer to be polished is in direct contact with the polishing surface of the polishing
20 pad.

The object to be polished may comprise a metal layer. The metal layer is in direct contact with the polishing surface, so that the metal layer may be polished. In detail, the metal layer may comprise tungsten.

25 Hereinafter, the present invention is explained in detail by the following Examples. However, these examples are set forth to illustrate the present invention, and the scope of the present invention is not limited thereto.

[Example]**Example 1: Preparation of a porous polyurethane polishing pad**1-1: Configuration of the device

In a casting machine equipped with feeding lines for a urethane-based prepolymer,
5 a curing agent, an inert gas, and a reaction rate controlling agent, PUGL-600D
(manufactured by SKC with a weight average molecular weight of 1,500 g/mole)
having an unreacted NCO content of 9.1% by weight was charged in the prepolymer
tank, and 4,4'-methylenebis(2-chloroaniline) (manufactured by TCI (Tokyo Chemical
Industry)) was charged in the curing agent tank. Nitrogen (N₂) was prepared as an inert
10 gas. In addition, triethylene diamine (TEDA; a reaction promoter) supplied by Sigma
Aldrich Corporation was employed as a reaction rate controlling agent.

Furthermore, 2 part by weight of a solid phase foaming agent (manufactured by
AkzoNobel under the brand name of Expancel 461 DET 20 d20 with an average particle
diameter of 20 μm) and 0.5 part by weight of a silicone surfactant (manufactured by
15 Evonik Industries under the brand name of B8462) were mixed in advance based on 100
parts by weight of the urethane-based prepolymer and then charged into the prepolymer
tank.

1-2: Formation of a sheet

20 The urethane-based prepolymer, the curing agent, the solid phase foaming agent,
the reaction rate controlling agent, and the inert gas were stirred while they were fed to
the mixing head at constant speeds through the respective feeding lines. The rotation
speed of the mixing head was about 3,000 rpm. In such event, the molar equivalent ratio
of the NCO group in the urethane-based prepolymer to the reactive groups in the curing
25 agent was adjusted to 1:1, and the total feeding amount was maintained at a rate of 10
kg/min. In addition, the inert gas was fed in a volume of 15% based on the total volume
of the urethane-based prepolymer, the curing agent, the solid phase foaming agent, the
reaction promoter, and the silicone surfactant with a target specific gravity of a

polyurethane sheet of 0.8 g/cm³. The reaction promoter was fed in an amount of 0.5 part by weight based on 100 parts by weight of the urethane-based prepolymer.

The mixed raw materials were injected into a mold (having a width of 1,000 mm, a length of 1,000 mm, and a height of 3 mm) and solidified to obtain a sheet. Thereafter, the surface of the sheet was ground using a grinder and then grooved using a tip, to thereby prepare a porous polyurethane polishing pad having an average thickness of 2 mm.

Examples 2 and 3

A porous polyurethane polishing pad having an average thickness of 2 mm was prepared in the same manner as in Example 1, except that the contents of the solid phase foaming agent, the surfactant, the inert gas, and the reaction promoter were adjusted as shown in Table 1.

Comparative Example 1

A porous polyurethane polishing pad was prepared in the same manner as in Example 1, except that a solid phase foaming agent having an average diameter of 40 μm was used and that a surfactant, an inert gas, and a reaction promoter were not used.

[Table 1]

	Content of solid phase foaming agent (diameter)	Content of surfactant	Content of inert gas	Content of reaction promoter
Ex. 1	2 part by weight (20 μm)	0.5 part by weight	15% by volume	0.5 part by weight
Ex. 2	1.9 parts by weight (20 μm)	0.5 part by weight	16% by volume	0.4 part by weight
Ex. 3	2.1 parts by weight (20 μm)	0.5 part by weight	13% by volume	0.6 part by weight
C. Ex. 1	10 parts by weight (40 μm)	-	-	-

20

Test Example

The properties of the polishing pads prepared in the Examples and the

Comparative Example were measured according to the following conditions and procedures. The results are shown in Tables 2 to 4.

(1) Surface hardness

5 The Shore D hardness was measured. The polishing pad was cut into a size of 2 cm × 2 cm (in a thickness of about 2 mm) and then allowed to stand for 16 hours under the conditions of a temperature of 25°C and a humidity of 50 ± 5%. Thereafter, the hardness of the polishing pad was measured using a hardness meter (D-type hardness meter).

10

(2) Specific gravity

The polishing pad was cut into a rectangle of 4 cm × 8.5 cm (in a thickness of 2 mm) and then allowed to stand for 16 hours under the conditions of a temperature of 23 ± 2°C and a humidity of 50 ± 5%. The specific gravity of the polishing pad was measured using a gravimeter.

15

(3) Tensile strength

The ultimate strength immediately before the fracture was measured while the polishing pad was tested at a rate of 50 mm/min using a universal testing machine (UTM).

20

(4) Elongation

The test was carried out in the same manner as the tensile strength measurement. The maximum deformation amount immediately before the fracture was measured, and the ratio of the maximum deformation amount to the initial length was expressed in percent (%).

25

(5) Average pore diameter

The polishing pad was cut into a square of 2 cm × 2 cm (in a thickness of 2 mm) and observed with a scanning electron microscope (SEM) at a magnification of 100 times. An image was obtained using an image analysis software, and the total pore diameter was measured from the image. Then, the average pore diameter was then
5 calculated.

(6) AFM elastic modulus, AFM hardness, and AFM square root mean roughness (RMS)

XE-150 manufactured by Park Systems was used as an AFM instrument, and
10 PPM-CONTSCR manufactured by NANOSENSORS was installed as a cantilever in the AFM instrument. Further, a force was applied by the cantilever to a depth of 4 μm from the polishing surface of the polishing pad, and the AFM elastic modulus and the AFM hardness were measured using the cantilever. In addition, the AFM square root mean roughness was measured using the AFM instrument.

15 The polishing pad was cut into a rectangle of 2 cm × 1.5 cm (in a thickness of 2 mm), and the AFM elastic modulus, the AFM hardness, and the AFM square root mean roughness were measured for 10 points randomly selected within a square of 1 cm × 1 cm at the center of the upper surface of the sample. The values for the 10 points were averaged, and the results are shown in Table 3.

20

(7) Polishing rate of tungsten

A silicon wafer having a diameter of 300 mm with a tungsten film formed by a sputtering process was set on the porous polyurethane polishing pad mounted on the platen in a CMP polishing machine, while the tungsten film of the silicon wafer faced
25 downward. Thereafter, the silicon oxide film was polished under a polishing load of 1.4 psi while the silicon wafer was rotated at a speed of 121 rpm, the platen was rotated at a speed of 115 rpm for 60 seconds, and a calcined silica slurry was supplied on the polishing pad at a rate of 190 ml/min. Upon completion of the polishing, the silicon

wafer was detached from the carrier, mounted in a spin dryer, washed with purified water (DIW), and then dried with air for 15 seconds. The film thickness of the dried silicon wafer was measured before and after the polishing using a spectral reflectometer type thickness measuring instrument (Manufacturer: Kyence, Model: SI-F80R), and the polishing rate was calculated therefrom. The polishing rate was calculated using the following Equation 1.

[Equation 1]

$$\text{Polishing rate} = \text{polished thickness of a silicon wafer (\AA)} / \text{polishing time (minute)}$$

10 (8) Poisson's ratio

The Poisson's ratio was measured using a strain gauge and a universal testing machine (UTM) under the conditions of a test speed of 1 mm/min, a grip distance of 115 mm, a load cell of 30 N, a temperature of $23 \pm 2^\circ\text{C}$, and a humidity of $45 \pm 5\%$.

15 (9) Tensile elastic modulus and compressive elastic modulus

The tensile elastic modulus and compressive elastic modulus were measured using a jig for tensile experiments or a jig for compressive experiments and a universal testing machine (UTM) under the conditions of a test speed of 500 mm/min, a grip distance of 70 mm, a load cell of 1 kN, a temperature of $23 \pm 2^\circ\text{C}$, and a humidity of $45 \pm 5\%$.

20 [Table 2]

	Average diameter of pores (μm)	Specific gravity (g/cm^3)	Surface hardness (25°C) (Shore D)	Elongation (%)	Tensile strength (N/mm^2)
Ex. 1	20	0.8	58	110	21
Ex. 2	20	0.8	58	105	20
Ex. 3	20	0.8	58	101	19
C. Ex. 1	40	0.8	58	103	20

[Table 3]

	AFM elastic modulus (MPa)	AFM hardness (MPa)	AFM RMS (nm)
Ex. 1	171	143	80

Ex. 2	136	70	44
Ex. 3	164	129	35
C. Ex. 1	83	41	52

[Table 4]

	Tensile elastic modulus (MPa)	Compressive elastic modulus (kPa)	Poisson's ratio	Polishing rate of oxide (Å/min)
Ex. 1	645	77	0.375	1,120
Ex. 2	652	79	0.369	1,230
Ex. 3	661	80	0.371	1,300
C. Ex. 1	439	48	0.373	950

As shown in Tables 2 to 4, the polishing pads of Examples 1 to 3 had higher AFM
5 elastic modulus values and higher polishing rates of tungsten than those of the polishing
pad of Comparative Example 1.

Claims:

[Claim 1]

A porous polyurethane polishing pad, which comprises a urethane-based prepolymer and a curing agent, and which has a thickness of 1.5 to 2.5 mm, a number of pores whose average diameter is 10 to 60 μm , a specific gravity of 0.7 to 0.9 g/cm^3 , a surface hardness at 25°C of 45 to 65 Shore D, a tensile strength of 15 to 25 N/mm^2 , an elongation of 80 to 250%, an AFM (atomic force microscope) elastic modulus of 101 to 250 MPa measured from a polishing surface in direct contact with an object to be polished to a predetermined depth wherein the predetermined depth is 1 to 10 μm

[Claim 2]

The porous polyurethane polishing pad of claim 1, which comprises a solid phase foaming agent in an amount of 0.5 to 10 parts by weight based on 100 parts by weight of the urethane-based prepolymer.

[Claim 3]

The porous polyurethane polishing pad of claim 2, wherein the solid phase foaming agent has an average particle diameter of 10 to 60 μm .

[Claim 4]

The porous polyurethane polishing pad of claim 1, which has an AFM hardness of the polishing surface of 50 to 150 MPa.

[Claim 5]

The porous polyurethane polishing pad of claim 1, which has an AFM square root mean roughness of the polishing surface of 30 to 110 nm.

[Claim 6]

The porous polyurethane polishing pad of claim 1, wherein the polishing pad comprise a number of open pores exposed to the outside, the open pores comprise a first open pore and a second open pore that are adjacent to each other and spaced from each other, and the polishing surface is disposed between the first open pore and the second open pore.

[Claim 7]

The porous polyurethane polishing pad of claim 6, wherein the area of the polishing surface is 30 to 70% of the total area of the upper surface of the polishing pad.

[Claim 8]

The porous polyurethane polishing pad of claim 6, wherein the open pores have an average diameter of 10 to 30 μm and an average depth of 8 to 28 μm .

[Claim 9]

A process for preparing a semiconductor device, which comprises providing a porous polyurethane polishing pad; disposing an object to be polished on the polishing pad; and relatively rotating the object to be polished with respect to the polishing pad to polish the object, wherein the polishing pad comprises a urethane-based prepolymer and a curing agent, and the polishing pad has a thickness of 1.5 to 2.5 mm, a number of pores whose average diameter is 10 to 60 μm , a specific gravity of 0.7 to 0.9 g/cm^3 , a surface hardness at 25°C of 45 to 65 Shore D, a tensile strength of 15 to 25 N/mm^2 , an elongation of 80 to 250%, an AFM (atomic force microscope) elastic modulus of 101 to 250 MPa measured from a polishing surface in direct contact with the object to be polished to a predetermined depth wherein the predetermined depth is 1 to 10 μm .

[Claim 10]

The process for preparing a semiconductor device of claim 9, wherein the object to be polished comprises a metal layer, and the metal layer is in direct contact with the polishing surface, so that the metal layer is polished.

[Claim 11]

The process for preparing a semiconductor device of claim 10, the metal layer comprises tungsten.

Abstract

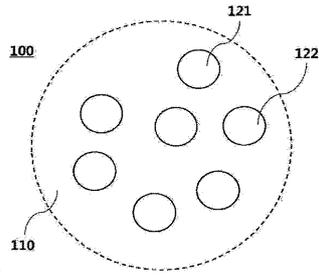
The embodiments relate to a porous polyurethane polishing pad and a process for preparing a semiconductor device by using the same. The porous polyurethane polishing pad comprises a urethane-based prepolymer and a curing agent, and has a
5 thickness of 1.5 to 2.5 mm, a number of pores whose average diameter is 10 to 60 μm , a specific gravity of 0.7 to 0.9 g/cm^3 , a surface hardness at 25°C of 45 to 65 Shore D, a tensile strength of 15 to 25 N/mm^2 , an elongation of 80 to 250%, an AFM (atomic force microscope) elastic modulus of 101 to 250 MPa measured from a polishing surface in direct contact with an object to be polished to a predetermined depth wherein
10 the predetermined depth is 1 to 10 μm .

[Representative Drawing]

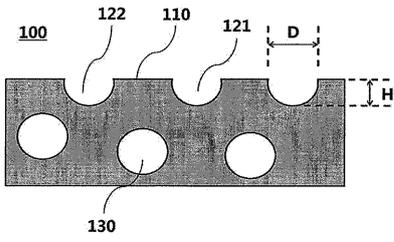
Fig. 2

Drawings

[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]

