

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

**特許第3770752号
(P3770752)**

(45) 発行日 平成18年4月26日(2006.4.26)

(24) 登録日 平成18年2月17日(2006.2.17)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 4 B 37/00 (2006.01)

B 2 4 B 37/00 A

B 2 4 B 37/04 (2006.01)

B 2 4 B 37/04 A

H O 1 L 21/304 (2006.01)

H O 1 L 21/304 6 2 1 C

H O 1 L 21/304 6 2 2 F

請求項の数 12 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願平11-101276	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成11年4月8日(1999.4.8)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2000-117616(P2000-117616A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成12年4月25日(2000.4.25)	(74) 代理人	110000350
審査請求日	平成15年9月16日(2003.9.16)		特許業務法人 日東国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	特願平10-226872	(74) 代理人	100068504
(32) 優先日	平成10年8月11日(1998.8.11)		弁理士 小川 勝男
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100061893
			弁理士 高橋 明夫
		(74) 代理人	100086656
			弁理士 田中 恭助
		(72) 発明者	安井 感
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所 中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法及び加工装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

砥粒、当該砥粒を保持するための物質及び研磨加工屑を排出するポケットを形成する気孔から構成される砥石を、基板の表面に凹凸パターンが形成された半導体ウエハの表面上に押しつけて相対運動させて研磨し、上記凹凸パターンを平坦化する工程を有する半導体装置の製造方法において、

上記研磨中において、前記砥粒が遊離することにより研磨レートの低下した前記砥石の表面層を削り、新たな砥粒及びポケットを含む層を前記砥石の表面に露出させる表面活性化処理を行い、

当該表面活性化処理が施された表面を用いて前記半導体ウエハを研磨することを特徴とする半導体装置の製造方法。

10

【請求項2】

上記砥石の表面活性化処理は、ブラシを上記砥石に押し付けて行うことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】

上記研磨の状態を検出し、該検出した値に基づいて、上記砥石を表面活性化処理する条件を制御し、上記砥粒を砥石から遊離させる量を制御して研磨することを特徴とする請求項1または2に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】

上記検出する研磨の状態は、半導体ウエハの膜厚であり、上記制御は、半導体ウエハを

20

平坦化する工程が終了して後に行うことを特徴とする請求項 3 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

表面に凹凸パターンが形成された半導体ウエハを保持する第 1 の手段と、

砥粒、当該砥粒を保持するための物質及び研磨加工屑を排出するポケットを形成する気孔により構成され、更に該気孔が、体積換算で全気孔の 95% の径が 1 μ m 以下である砥石と、

上記半導体ウエハ表面を上記砥石に押しつけ、相対運動させる第 2 の手段と、

上記砥粒が遊離することによって研磨レートの低下した前記砥石の表面層を削り、新たな砥粒及びポケットを含む層を前記砥石の表面に露出させる表面活性化処理を行うための
ブラシを有することを特徴とする加工装置。 10

【請求項 6】

表面に凹凸パターンが形成された半導体ウエハを保持する第 1 の手段と、

砥粒、当該砥粒を保持するための物質及び研磨加工屑を排出するポケットを形成する気孔により構成され、更に該気孔が、体積換算で全気孔の 95% の径が 1 μ m 以下である砥石と、

上記半導体ウエハ表面を上記砥石に押しつけ、相対運動させる第 2 の手段と、

超音波又は振動数 10 kHz 以上の音波を発生する手段と、

上記超音波又は音波を上記砥石に伝達することにより、前記砥粒が遊離することによって研磨レートの低下した前記砥石の表面層を削り、新たな砥粒及びポケットを含む層を前記砥石の表面に露出させる表面活性化処理を行なうためのブラシを有することを特徴とする加工装置。 20

【請求項 7】

請求項 1 に記載の半導体製造方法において、

前記砥石表面に対して定寸法の切り込みを行うことにより前記砥石表面の高さを一定にするツルージング処理を行うことを特徴とする半導体装置の研磨方法。

【請求項 8】

上記ツルージング処理により、上記砥石の平坦度は 10 μ m 以下とされることを特徴とする請求項 7 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】 30

半導体基板に、素子分離領域となる溝部を形成する工程と、

上記溝部から上記溝の外周部にかけて、絶縁膜を形成する工程と、

砥粒、当該砥粒を保持するための物質及び研磨加工屑を排出するポケットを形成する気孔から構成される砥石に上記半導体基板を押しつけながら研磨して、上記絶縁膜を研磨する工程と、

上記素子分離領域以外の領域に、電界効果トランジスタを形成する工程とを備え、

更に、上記研磨工程中において、前記砥粒が遊離することにより研磨レートの低下した前記砥石の表面層を削り、新たな砥粒及びポケットを含む層を前記砥石の表面に露出させる表面活性化処理を行い、上記絶縁膜を研磨することを特徴とする半導体装置の製造方法。 40

【請求項 10】

上記表面活性化処理は、上記砥石にブラシを押しつけて行うことを特徴とする請求項 9 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

上記表面活性化処理は、超音波又は振動数 10kHz 以上の音波を上記砥石に伝達して行うことを特徴とする請求項 9 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 12】

請求項 5 または 6 に記載の加工装置において、

上記砥石の表面に対して定寸法の切り込みを行うことにより前記砥石表面の高さを一定にする定寸切り込み加工を行う手段を有することを特徴とする加工装置。 50

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体集積回路の製造の際に、表面パターンの平坦化を行う研磨加工工程を有する半導体装置の製造方法及びその加工を行うに適した加工装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体装置の製造工程は多くのプロセス処理工程からなるが、研磨加工工程を用いる一例として配線工程について図2を用いて説明する。

【0003】

図2(a)は一層目の配線が形成されているウエハの断面図を示している。トランジスタ部(図示せず)が形成されているウエハ基板1の表面には絶縁膜2が形成されており、その上にアルミニウム等の配線層3が設けられている。トランジスタとの接合をとるために絶縁膜2にホールが開けられているので、配線層のホール上の部分3'は多少へこんでいる。図2(b)に示す二層目の配線工程では、一層目の上に絶縁膜4、金属アルミ層5を形成し、さらに、この金属アルミ層5を配線パターン化するために露光用ホトレジスト層6を付着する。次に図2(c)に示すように、ステップ7を用いて回路パターンを上記ホトレジスト6上に露光転写する。この場合、ホトレジスト層6の表面の凹部と凸部8では同時に焦点が合わないことになり、解像不良という重大な障害となる。

【0004】

上記の不具合を解消するため、次に述べるような基板表面の平坦化処理が行われる。図2(a)に示した処理工程の次に、図2(d)に示すように、絶縁層4を形成後、図中の目標レベル9まで平坦となるように後述する方法によって研磨加工し、図2(e)に示すように、絶縁膜4の表面を平坦にする。その後金属アルミ層5とホトレジスト層6を形成し、図2(f)に示すように、ステップ7で露光する。この状態ではホトレジスト層6の表面が平坦であるので上記解像不良の問題は生じない。

【0005】

図3に、上記絶縁膜パターンを平坦化するため従来一般的に用いられていたCMP(化学機械研磨)加工法を示す。研磨パッド11を定盤12上に貼り付けて回転させておく。この研磨パッドとしては、例えば発泡ウレタン樹脂を薄いシート状にスライスして形成したものがあ

り、被加工物の種類や仕上げたい表面粗さの程度によってその材質や微細な表面構造を種々選択して使い分ける。他方、加工すべきウエハ基板1は弾性のあるバッキングパッド13を介してウエハホルダ14に固定する。このウエハホルダ14を回転させながら研磨パッド11表面に荷重し、さらに研磨パッド11の上に研磨スラリ15を供給しウエハ表面の絶縁膜4の凸部を研磨除去し、平坦化する。

【0006】

二酸化珪素等の絶縁膜をCMP加工法によって研磨する場合、一般的に研磨スラリとしてはフュームドシリカが用いられる。フュームドシリカは直径30nm程度の微細なシリカ粒子をアンモニアや水酸化カリウム等のアルカリ水溶液に懸濁させたものであり、加工ダメージの少ない平滑面を得られる。

【0007】

遊離砥粒を用いたCMP加工法では研磨パッドと被加工物の間に研磨スラリを供給しながら研磨を行うが、この研磨パッドと研磨スラリを用いることに起因して次のような問題がある。

まず、研磨パッドの弾性率が低いために平坦化の能力が十分でないことが挙げられる。研磨パッドは加工時にウエハ表面の凸部のみだけでなく凹部にも接触して加重するため、必ずしもパターンが完全に平坦にはならない。特にパターンサイズが大きくなるに従いこの傾向が顕著となる。研磨パッドを用いた方法では平坦化可能なパターンの最大サイズは幅数mmまでであり、DRAM等に見られる数cm幅に渡るより大きなパターンを完全

10

20

30

40

50

に平坦化することは難しい。次に、研磨スラリに対しては取り扱いに特別の注意が必要でありコスト増を招く問題がある。研磨スラリは乾燥すると容易に除去できず、発塵源となりクリーンルーム内の異物が増加する。また、研磨スラリ中の砥粒が時間とともに凝集することによりスクラッチ（引っ掻き傷）等のダメージを発生しやすくなる。研磨スラリは通常アルカリを含むためこれに対する対策も必要である。結果として、専用の研磨スラリ供給設備を用意せねばならず、また研磨スラリ自体も高価であるために遊離砥粒を用いたCMP加工法のコストは高いものになる。さらに研磨パッドの表面形状が加工と共に変化し、研磨レート（研磨の能率）が低下することが挙げられる。このため通常は、ウエハ基板一枚加工毎或いは加工と同時にドレッシングと呼ばれる研磨パッド表面の再生処理が行われる。ドレッシングにはダイヤモンドの砥粒を電着したドレッサーと呼ばれるヤスリが用いられ、これで研磨パッドの表面を荒らすことにより研磨レートを回復させる。

10

【0009】

上記遊離砥粒によるCMP加工法の問題を解決するためのウエハ基板平坦化加工技術として、本発明者等の一部の者は、砥石を用いた固定砥粒による平坦化技術を提案した（国際公開番号；WO97/10613）。

【0010】

図4は、この砥石を用いた平坦化加工方法を説明する模式図である。基本的な装置の構成は研磨パッドを用いる遊離砥粒によるCMP研磨技術と同様であるが、研磨パッドの代わりに回転する定盤上に酸化セリウム等からなる砥粒を含む砥石16を取り付ける点が異なる。また研磨液としてフュームドシリカ等の代わりに、砥粒を含まない純水を供給するだけでも加工が可能である。この砥石を研磨加工具として用いる方法は、パターン段差を平坦化する能力に優れており、従来難しかった数mm幅以上のパターンを完全に平坦化することが可能である。また砥粒の利用効率が低い研磨スラリの代わりとして、砥粒の利用効率の高い砥石を用いることによりコストを低下させることができる。

20

【0011】

なお、研削の従来技術として特開平7-249601号が挙げられ、これには、ベアウエハの研削砥石の洗浄を、高圧流体噴射によって、あるいはブラシを用いて行うことが記載されているが、これはデバイスが形成されたウエハを研削するものでも、平坦化するための研削でもない。

【0012】

一方、米国特許公報5624303号には、砥粒脱落を防止する処理を施した砥粒入り研磨パッドを用いる方法が、また米国特許公報5782675号には、砥粒入り研磨パッドの砥粒脱落を防ぐためのコンディショニングの方法について記載されている。

30

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

上記の砥石を用いて研磨加工する従来技術は、低コストで平坦化能力に優れるが、次のような問題がある。

【0014】

まず、加工液に純水のみを用いると得られる研磨レートが遊離砥粒を用いる加工法の1/3程度と低いことが挙げられる。また、砥石を用いた研磨加工法においても研磨パッドと研磨スラリを用いた研磨加工法と同様に、研磨レートが加工に伴い低下する。研磨レートが一定の値で安定しなければ研磨量を所望の値に制御することは難しい。

40

【0015】

砥石を用いた場合の研磨レート低下のメカニズムは、研磨パッドと研磨スラリを用いた場合のそれとは必ずしも同じではない。研磨パッドと研磨スラリの組み合わせの場合、砥粒は研磨加工具である研磨パッドには固着せず遊離した状態で研磨が行われるのに対して、砥石の場合は砥粒が研磨加工具自体に保持されており、固定砥粒が研磨に関与しているという点が大きく異なる。研磨パッドと砥粒を含む加工液（スラリ）を用いた場合の研磨レート低下は、研磨パッド表面の形状が変化することによる砥粒保持力の低下や実効的な接触面積の増加が原因である。これに対して砥石の場合には、研磨レート低下の主要因は、

50

砥石表面に現れている砥粒数の減少や砥粒形状、砥粒表面の化学的活性の変化である。砥石に対して研磨レートが低下しないようにその表面を活性化するためには、研磨パッドの場合とは異なった原理に基づく方法が必要になる。

【0016】

本発明の第1の目的は、研磨加工工程において、高研磨レートで、かつ、研磨量を制御性よく加工する半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0017】

本発明の第2の目的は、研磨加工を高研磨レートで、かつ、研磨量を制御性よく加工することのできる加工装置を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】

上記第1の目的を達成するために、本発明の半導体装置の製造方法は、表面に凹凸パターンが形成された半導体ウエハを、砥粒とこれら砥粒を保持するための物質から構成される砥石の表面上に押しつけて相対運動させて研磨し、凹凸パターンを平坦化するとき、この砥石の表面活性化処理を行うようにしたものである。

【0019】

砥石の表面活性化処理は、ブラシを砥石に押し付けて行っても、超音波又は振動数10kHz以上の音波を砥石に伝達して行ってもよい。表面活性化処理はこれらの方法に限られず、その他ダイヤモンド砥石を上記砥石に押し付ける等の方法を採用することができる。

【0020】

砥粒としては、二酸化珪素、酸化セリウム、酸化アルミニウム、シリコンカーバイド、マンガン酸化物、ジルコニア等の1種又は2種以上の混合物が好ましく、砥粒を保持するための物質は有機樹脂が好ましい。さらに、砥石としては上記PCT出願；PCT/JP95/01814号（国際公開番号WO97/10613号公報）記載の砥石を用いることができる。また、砥石は気孔を含み、この気孔は、体積換算で全気孔の95%（2）の径が1μm以下であることが好ましい。砥石表面上には加工液として、純水、あるいは純水に添加剤を加えた液体を供給する。

【0021】

また、上記第2の目的を達成するために、本発明の半導体装置の加工装置は、表面に凹凸パターンが形成された半導体ウエハを保持する第1の手段と、砥粒とこれら砥粒を保持するための物質から構成される砥石と、半導体ウエハ表面を砥石に押しつけ、相対運動させる第2の手段と、砥石の表面活性化処理を行う第3の手段とを有するようにしたものである。

【0022】

上記の第3の手段としては、ブラシ又は超音波又は振動数10kHz以上の音波を発生する手段とこの超音波又は音波を砥石に伝達する手段等が挙げられる。また、砥石としては上述の砥石が用いられる。

【0023】

砥石の表面活性化処理において、砥石表面には、純水、又は純水に添加剤を加えた液体の加工液を供給する。なお、添加剤としては、分散剤やpH調整剤が挙げられる。加工液の供給量は、砥石の単位面積あたり毎分0.14ml/cm²以下に制限することが好ましい。表面活性化処理によって砥石表面からは、砥石に弱く結合している砥粒と樹脂が大量に遊離する。この遊離砥粒濃度の増加が研磨レートの増加に寄与する。遊離砥粒濃度を高い状態に維持するために、砥石表面への加工液の供給量は過剰にならないことが好ましい。図21には供給する液量と、研磨レートとの関係を示した。高い研磨レートを得るためには供給液量に最適値があり、過剰な液供給は研磨レートを低下させる。

【0024】

上記の表面活性化処理手段の内、ブラシは毛の先端が砥石表面に接触する位置からさらに一定距離だけ砥石側に押し付ける。押し付け距離は0.1～5mmの範囲が好ましい。これ以下ではブラシが安定して接触せず研磨レートが低下し、これ以上では砥石にダメージ

10

20

30

40

50

を与える可能性がある。

【 0 0 2 5 】

本発明でのブラシの役割は、加工屑や脱落した砥粒を掻き出し、新たな砥粒表面を露出させることにある。前述の米国特許公報 5 7 8 2 6 7 5 号に記載の、固定砥粒を用いた研磨パッドをブラシでコンディショニングする方法では、ブラシは固定砥粒を脱落させないソフトなコンディショニングのために用いており、本願発明とは原理が異なっている。

【 0 0 2 6 】

また、砥石は表面形状を修正し、平坦に維持するため、ツルーイングと呼ぶ処理を定期的に行う。ツルーイングによって、砥石面の平面度は $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。ツルーイングの方法は、定寸切り込みによる方法を用いることができる。この方法は、ダイヤモンド等の硬質の砥粒を埋め込んだ直径 $30\sim 70\text{ mm}$ のリング又はディスクを、毎分 $3000\sim 10000$ 回転の高速で回転させながら、工具と砥石の距離を一定に保ち砥石面内を相対的に移動させて切り込む方法で、砥石面を精度良くツルーイングすることが出来る。このような定寸加工では、工具高さの位置決め精度を高めれば、原理的により高い平坦度が得られる。本発明では、工具高さの位置決め精度は $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。なお、ラッピング加工や、CMP などの研磨加工で工具面の修正に従来一般的に用いられてきた修正リングあるいはドレッサーは、一定の圧力で工具面を切り込む（定圧加工）ために高い平坦度を得られない。前述の米国特許公報 5 7 8 2 6 7 5 号記載の固定砥粒研磨パッドとブラシを用いる方法も、ブラシの圧力を設定する定圧加工に属するため、研磨パッド面に高い平坦度は期待できない。

【 0 0 2 7 】

上記の定寸切り込みによるツルーイング処理を行うことによって、スクラッチ等のウエハの加工欠陥が減少し、ウエハ面内での加工量の均一性も向上する。また、上記ツルーイング処理による砥石の除去量は砥石表面から数 μm 以下と少ないため、砥石の寿命も長くなる。

【 0 0 2 8 】

砥石の表面処理方法として、液体以外の砥粒供給源を用いた表面処理を行うことも出来る。砥粒供給源としては、砥粒を樹脂等で結合した砥石、砥粒を含む液を凍結させた氷状物質、砥粒を含む液のゲルあるいはエアロゾルを用いることが出来る。

【 0 0 2 9 】

半導体ウエハ研磨用の上記砥石に代えて、研磨パッドと液体以外の砥粒供給源を用いた表面処理を行い、上記第 1、第 2 の目的を達成することも出来る。このとき、砥粒供給源としては、砥粒を樹脂等で結合した砥石、砥粒を含む液を凍結させた氷状物質、砥粒を含む液のゲルあるいはエアロゾルを用いることが出来る。

【 0 0 3 0 】

【 発明の実施の形態 】

（実施例 1）

以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。図 1 は、本発明の一実施例の加工装置の基本的構成を示す模式図である。この加工装置は、砥石 16、砥石が接着され回転運動を行う研磨定盤 12、ウエハホルダ 14、ウエハホルダ 14 を駆動し、回転、揺動等の動作を行わせるアーム 17、砥石 16 の表面に作用するブラシ 21、ブラシが取り付けられているブラシアーム 22、ツルーイングユニット 36 等からなる。砥石 16、研磨定盤 12 は砥石駆動モーター 40 により、ブラシ 21 は図示しないモーターにより、ウエハホルダ 14 はウエハを保持したまま図示しないモーターによりそれぞれ回転運動を行う。アーム 17 はアーム駆動モーター 39 により駆動される。ウエハのウエハホルダ 14 への着脱はウエハロード・アンロードユニット 37 のウエハ搬送ロボット 38 により行われる。このウエハの着脱は従来の装置と同様であるので説明は省略する。加工中は加工液供給ユニット 20 を通して純水 18 が供給される。

【 0 0 3 1 】

ウエハはウエハホルダ 14 によって砥石 16 に対して表面を向けて保持される。加工中の

10

20

30

40

50

ウエハは裏面から均等に加圧され、砥石 16 に押し当てられる。砥石 16 とウエハホルダ 14 は加工中回転運動を行うが、両者の回転数が等しくなるように設定されており、ウエハホルダ 14 に保持されているウエハはその任意の点で砥石に対する相対速度が等しく、ウエハ全面が均一に研磨される。

【0032】

ブラシ 21 は、加工中常時砥石 16 の加工面上に押し当てられ回転運動を行うと同時に、ブラシアーム 22 によってその回転中心が揺動し、砥石の有効使用面をくまなく処理する。

【0033】

砥石は、砥粒とこれら砥粒を保持するための物質から構成される。砥粒としては、二酸化珪素、酸化セリウム、酸化アルミニウム、シリコンカーバイド、マンガン酸化物、ジルコニア等の 1 種又は 2 種以上の混合物が好ましく、砥粒を保持するための物質は有機樹脂が好ましい。さらに、砥石としては上記 PCT 出願；PCT/JP95/01814（国際公開番号；WO97/10613 号公報）記載の砥石を用いることができる。

【0034】

ここで図 5 を用いて、ブラシの役割を説明する。図 5 は、砥石表面の断面拡大概念図である。砥石を構成する砥粒 23 と、砥粒を保持する樹脂 24 は均等に混合され、砥石中には無数の微細な気孔が形成されている。図 5（a）は加工前で研磨レートが高い状態の砥石表面を表しており、砥石表面 25 上に砥粒 23 が多数露出し、加工屑が排出されてポケット 26 が空いた状態になっている。図 5（b）は加工に用いられた後の状態の砥石表面を表しており、砥石の加工面上には砥粒が見られず、加工屑が排出されるべきポケットも埋まってしまい、いわゆる目詰まりした状態になっている。このような状態では研磨レートは著しく低下し実用的でないため、何らかの表面活性化処理が必要となる。本実施例においては砥石表面の表面活性化処理としてブラシを用いたブラシドレッシングと呼ぶ処理を行う。表面に露出した砥粒が少なく、加工屑を排出するポケットが埋まった図 5（b）に示した状態の砥石に対して、ブラシドレッシングを行い砥石表面を活性化している状態を図 5（c）に示す。ブラシによってポケットに埋まった加工屑や脱落した砥粒は掻き出され、適度なブラシの荷重により、もはや砥粒を保持していない砥石表面の樹脂層だけが削られ、速やかに新たな砥粒が表面に露出する。こうしてブラシの毛 29 により表面を処理することで研磨レートが回復し、その時間的な変動を抑制することが可能になる。なお、砥石表面 25 の位置は、図 5（b）、（c）になると共に下方に下がっている。

【0035】

図 6 は、ブラシ処理の有無による研磨レートの時間的変化を示す図である。横軸は時間を表し、縦軸は研磨レートを表す。実験開始よりブラシ処理を継続して行い、図示した破線の時点でブラシ処理のみを中止した。研磨レートはブラシ処理を行っている間は安定して高いが、ブラシ処理を中断した瞬間より急激に低下する。ブラシの有無による研磨レートの差は 5 倍以上であり、ブラシ無しの場合は加工と共に研磨レートが低下する。

【0036】

用いるブラシの形状としては、図 7 に示すように円盤形状の台板 27 全面に毛 29 を配置したブラシ 21 を用い、加工中はこれを図 1 に示したブラシアーム 22 によって揺動させることで砥石の広範囲な面積を均一に活性化処理することが出来る。またブラシとしては、図 8 に示すようなリング形状をしたブラシ 28 を用いてもよい。リング形状の場合には、砥石とブラシの接触総面積は減少するが、砥石の半径方向にブラシの滞留時間分布がより均一になり表面処理が砥石上でより均一に行われ得る。

【0037】

ブラシのサイズとして砥石の半径に準ずるサイズの大径ブラシを用いた場合、ブラシ自身を砥石上で揺動させなくても比較的均一に砥石面の活性化処理を行える長所がある。また、例えば直径 5 cm 程度の小径ブラシを用いた場合は図 1 に示したアーム 22 等の機械的手段により揺動を行う必要があるが、加工装置全体のサイズが小さくなる。ブラシの回転数は 20 ~ 100 rpm の範囲が好ましい。この範囲外では研磨レートが低下する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

(実施例 2)

ブラシによる表面活性化処理の第二の実施例として図 9 に、ウエハホルダの周囲にブラシを設置した例を示す。図 9 はウエハホルダ 1 4 をウエハを保持する下面から見た図である。ウエハウエハホルダ 1 4 の外周部には加工中のウエハ外れを防止するためにリテーナリング 3 0 が設けられており、さらにその外周にブラシ 3 1 を設け、砥石表面の活性化処理を行う。この場合にはウエハ加工のためのウエハホルダと砥石表面処理のためのブラシが一体化され、独立したブラシ揺動手段を設ける必要がない。

【 0 0 3 9 】

(実施例 3)

ブラシによる表面活性化処理の第三の実施例として、図 1 0 に直線形ブラシ 3 2 を設ける方法を示す。上記実施例の円形又はリング形のブラシに代えて、直線形ブラシ 3 2 を砥石上に配置する。直線形ブラシは円形のブラシのようにブラシ自身を回転させる必要なく、同様の効果が得られる。直線形ブラシの長さを砥石半径並みとすれば揺動の必要がない。より小型のブラシを用い半径方向に揺動してもよい。

【 0 0 4 0 】

上記第一から第三の実施例において、ブラシの毛 2 9 の材質としては有機樹脂が適している。ブラシの毛の素材に求められる適度な硬さと安定性及び半導体用途に適用可能な程度に低不純物濃度であるものとして、上記実施例ではナイロンからなるブラシを用いた。ブラシの毛の直径としては、0 . 0 5 ~ 2 m m の範囲が適している。

【 0 0 4 1 】

(実施例 4)

第四の実施例として、表面活性化処理手段に超音波加振装置を用いる方法を示す。図 1 1 に表されるように超音波加振装置 3 3 を砥石上に配置し、純水等の加工液 1 8 を超音波加振装置 3 3 から供給する。超音波は加工液 1 8 を介して砥石 1 6 の表面まで伝達される。超音波加振により、砥石表層の砥粒及び砥粒を結合する樹脂が激しく振動し、砥石本体より脱離、遊離砥粒化し、加工屑が排出され新たな砥石表面が露出するために研磨レートが向上する。超音波加振装置では、ブラシ摩耗等による経時劣化が原理的になく、表面処理を長期にわたり安定して行うことが出来る。またブラシに見られる異物付着、付着砥粒の乾燥による凝集塊が原因となる不良が発生しない特徴がある。

【 0 0 4 2 】

なお、本実施例は、超音波の例を示したが、振動数 1 0 k H z 程度以上の音波でも有効である。また、超音波としては振動数 1 0 0 k H z 以下であることが適している。これは純水中にキャビテーションを起こさせることで、砥粒の遊離、加工屑の排出効率が向上するためである。特に好ましい振動数の範囲は 2 0 から 5 0 k H z である。これについては以下の説明でも同様である。

【 0 0 4 3 】

表面活性化処理手段による砥石表面活性化の強度は次の点を考慮し決定する。

【 0 0 4 4 】

砥石を用いた研磨加工法においては、図 1 2 に示すように、ウエハ 1 枚の加工毎或いは加工と同時に砥石表面形状の修正を目的としたツルーイングと呼ばれる処理を行う。これはダイヤモンド等の砥粒が付着した研削工具 3 4 を用い砥石表面に対して定寸の切り込みを行うことで砥石表面形状を平坦にそろえる操作である。この操作により砥石表面の形状を高さ方向に数 μ m 以下の精度となるように平坦化し、ウエハがその全面で均一に加工されることを保証する。ツルーイングによる砥石の摩耗量は通常 1 0 μ m 以下である。ここでブラシ、超音波等による表面活性化処理は砥石の平坦度を低下させない範囲で表面を活性化する必要がある。よって表面活性化処理の深さ方向の影響範囲は図 1 3 に示すようにツルーイングによる砥石の摩耗量以下となるように制御する。具体的には、ブラシの押圧力、ブラシ回転数、ブラシ硬さ、或いは超音波の振動数、パワーを制御し、これら表面活性化処理手段による表面活性化の影響深さ 3 5 (b) をツルーイングによる砥石摩耗量 (a

10

20

30

40

50

）以下、すなわち $a > b$ とする。図 1 に示したツルージングユニット 36 はこのツルージングを行う手段である。

【0045】

上記実施例の表面活性化処理手段が特に有効である砥石として、気孔を含み、体積換算で全気孔の 95% (2) の径が $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下であるような超微細気孔砥石が挙げられる。気孔径が非常に小さく、平均的な砥粒のサイズである $0.1 \sim 2\text{ }\mu\text{m}$ と同等以下であると、ブラシ等の表面処理手段の深さ方向影響範囲を砥石表面より数 μm の極表層のみに留めることが可能となる。このため表面処理による砥石面形状の崩れが少なく、研磨レート向上効果が空間的に均一に現れ、しかも持続しやすい特徴がある。なお、気孔径は、水銀圧入法 (ポロシメーター) により測定した。

10

【0046】

上記実施例では砥石の活性化処理方法としてブラシ又は超音波を用いたが、砥石表面に新しい砥粒や微細気孔の口を露出させて、研磨能率を高い状態に保つという意味においては、活性化処理手段としてはブラシに限らず、ダイヤモンド砥石或いはその他の砥粒を含む砥石、PVA ブラシ、スポンジブラシ、ウォータージェット等の方法を用いることが可能である。ただし、前述のように表面活性化処理の深さ方向の影響範囲を砥石のツルージング量である $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度以下に留めつつ、十分に砥石表面の活性化を行うという点ではブラシ又は超音波による表面活性化処理が適している。図 14 に主な表面活性化処理手段による研磨レートの向上率の比較結果を示す。処理手段なしの場合に比べ、ブラシ、超音波、ダイヤモンド砥石の順に高い研磨レート向上効果が得られる。また、活性化処理を行う

20

【0047】

(実施例 5)

本発明の第五の実施例として、図 15 に示すように、加工中の研磨状態のモニタより得られる情報をフィードバックして表面活性化処理手段の操作条件を決定する方法を示す。フィードバックに用いるモニタ可能な情報として、ウエハにかかる摩擦力、ウエハホルダの振動、排出される加工液の砥粒濃度等があり、これに対して制御可能な表面活性化処理手段の主な操作条件には、ブラシ回転数、ブラシ押し付け力、ブラシ押し付け高さ (ブラシ - 砥石垂直距離)、ブラシ揺動範囲、ブラシ揺動速度、同時使用ブラシ数、超音波周波数、超音波出力がある。ブラシ等の表面活性化処理手段を砥石加工では、表面活性化処理手段なしの場合に比べ加工に伴う研磨レートの変動は小さい。しかしながら、例えばブラシ処理を用いた場合でも、ウエハ一枚を加工する間に 5% 程度の研磨レートの低下は避けられない。研磨レートの低下はウエハ - 砥石間の摩擦力低下として検出可能であり、摩擦力は、図 1 に示したウエハホルダ 14 を駆動するモーターの付加電流或いはアーム 17 の歪み量として半導体歪みゲージを用いて測定できる。従って、検出された摩擦力の低下に応じてブラシの押し付け高さを下げてより強力にブラシ処理を行って研磨レートを安定化することができる。例えば、5% の研磨レート低下は $100\text{ }\mu\text{m}$ 程度ブラシ高さを下げて研磨レートを増加することで補償可能である。

30

40

【0048】

また、研磨状態のモニタを使用しない場合には、加工後のウエハ膜厚を測定して求めた研磨レートの変動値を元に、次のウエハ加工時の表面活性化処理条件を決定する方法を取ればよい。図 16 に、ウエハ一枚加工毎にブラシの押し付け高さを下げて研磨レート低下を補償した場合の研磨レート変動とブラシ処理条件が一定で研磨レート変動の補償をしなかった場合の研磨レート変動を示す。図に見られるように、ブラシ処理条件をウエハ一枚加工毎に制御した場合の研磨レートの変動を $\pm 3\%$ 以内に抑制することができた。

【0049】

上記実施例のブラシを用いる砥石の表面活性化処理においては、表面活性化処理と同時に砥石上に供給する加工液の量を、毎分 0.14 ml/cm^2 以下に制限した。実験では、

50

直径700mm、内径200mmの砥石の場合に加工液の供給量が500ml/min以下であれば、ブラシによる研磨レート向上効果を損なわなかった。この値を砥石単位面積あたりに換算すると、毎分0.14ml/cm²以下となる。

【0050】

(実施例6)

本発明の第六の実施例として、砥石の表面活性化処理手段として固体又はゲル、エアロゾル上の砥粒供給源を用いる方法を示す。

【0051】

図17には、固体砥粒供給源として砥石41を用いた場合の実施例を示す。この砥粒供給源の砥石41をウエハ加工中に、ウエハ加工用の砥石16に接触、相対運動させる。砥石16の表面上の加工屑や古い砥粒は排出され新たな面が露出し、遊離砥粒濃度が増加して研磨レートが向上する。

10

【0052】

ここで、砥粒供給源の砥石41はウエハを加工する砥石16の砥粒と同一の砥粒を用い、これらの砥粒を、ウエハ加工用と砥石と同等又はより弱く結合する樹脂を用いて砥石化した。砥粒供給源用に用いる砥粒はウエハ加工用の砥石16と同等以下の粒径の砥粒で、気孔径も砥石16と同等以下の微細気孔の砥石とすることで、スクラッチ等の研磨キズを防止した。

【0053】

(実施例7)

本発明の第七の実施例として、砥石の表面活性化処理手段として氷状の砥石を用いた例を示す。

20

【0054】

砥粒供給源の砥石41(図17)として、砥粒を含む液体を凍結させた氷状の砥石を用いた。実施例6で示した樹脂で結合した砥石に比べ、樹脂を含まないため、加工に必要な砥粒と液のみを供給でき、効率よく遊離砥粒濃度を高めることが出来た。

【0055】

(実施例8)

本発明の第八の実施例として、砥粒を含む液体をゲル状としたものを用いた例を示す。ここでは、ゲル状砥粒供給源として、ウエハ加工用の砥粒である平均粒径0.3ミクロンの酸化セリウムを純水に分散させたものに、平均粒径0.1ミクロンの酸化マグネシウムMgOを加えゲル化したものを用いた。この柔らかいゲル状の砥粒供給源を用いることで、ウエハ加工用の砥石16への表面ダメージを最小に押さえることができ、砥石16の寿命延長とスクラッチ防止に効果があった。

30

【0056】

(実施例9)

本発明の第九の実施例として、複数のノズルからエアロゾル状の砥粒供給源を用いた例を示す。

【0057】

ウエハ加工用の砥石16の表面に遊離砥粒を最も均一に供給する目的で、次に述べるエアロゾル状の砥粒供給源を用いる方法が効果があった。図18に示すように、砥石16上に複数のノズル42を設け、このノズル42から砥粒と加工液をエアロゾル上に噴射した。ノズルの周囲は図示しないカバーで覆い、雰囲気中への砥粒の拡散を防止した。砥石16面上には砥粒が均一に噴射され、遊離砥粒濃度の分布が均一になったため、研磨レート向上効果に加えてウエハ1上での加工量分布が均一となる効果が得られた。

40

【0058】

(実施例10)

本発明の第10の実施例として、半導体ウエハの凹凸パターン平坦化用の研磨パッドと、固体又は、ゲル、エアロゾル状の砥粒供給源を用いる方法を示す。ここでは従来一般的であった、砥粒を含む液体であるスラリーを使用しない。スラリーに代えて、砥粒を樹脂で結合

50

した砥石、又は砥粒を含む加工液を凍結させた氷状砥石、砥粒と加工液からなるゲル、砥粒と加工液からなるエアロゾル、のいずれか一種又はこれらの組み合わせを用いて砥粒を研磨パッド上に供給した。

【0059】

まず、研磨パッド上への砥粒供給源を砥石、又は氷状砥石、砥粒と加工液のゲル、とした場合を図19に示す。砥粒供給源45を回転する研磨パッド11に接触しながら押し当てることで、砥粒を砥粒供給源45から研磨パッド11へ供給する。

【0060】

砥粒供給源45が、砥粒と樹脂からなる砥石の場合には、研磨パッドに比べ相対的に硬い砥石を押し当てる効果で、摩滅した研磨パッド表面の目立て（ドレッシング）と砥粒の供給を同時に行うことができた。この方法は、取扱性の悪いスラリに代えて砥石を砥粒供給源としたため、自動化により適している。

【0061】

（実施例11）

本発明の第11の実施例として、柔らかい膜を研磨する例を示す。

【0062】

加工対象となるウエハ上の膜が、例えばBPSG膜やアルミ膜のように柔らかいものである場合、砥粒供給源には砥粒と加工液を凍結させた氷状砥石を用いた。氷状砥石は砥粒を結合する樹脂を含まず、砥粒と樹脂からなる凝集砥石片の発生がない。また、柔らかい膜の加工に適した柔らかい研磨パッドの表面を必要以上の荒らさず、研磨パッド表面へ与えるダメージが少ない。氷状砥石の使用により、スクラッチ等の研磨キズを発生させずに柔らかい膜の加工を行うことが出来た。

【0063】

（実施例12）

本発明の第12の実施例として、柔らかい膜を研磨する別の例を示す。

【0064】

柔らかい膜に対して、さらにダメージを少なく加工するために、砥粒供給源として砥粒を含む液体をゲル状としたものを用いた。ここでは、ゲル状砥粒供給源として、ウエハ加工用の砥粒である平均粒径0.3ミクロンの酸化マグネシウムMgOを加えゲル化したものを用いた。この柔らかいゲル状の砥粒供給源を用いることで、研磨パッド11への表面ダメージを最小に抑えることができ、研磨パッド11の寿命を延長し、スクラッチを防止する効果が得られた。

【0065】

（実施例13）

本発明の第13の実施例として、複数のノズルからエアロゾル状の砥粒供給源を用いた例を示す。

【0066】

研磨パッド11の表面に遊離砥粒を最も均一に供給する目的で、次に述べるエアロゾル状の砥粒供給源を用いる方法が効果があった。図20に示すように、研磨パッド11上に複数のノズル46を設け、このノズル46から砥粒と加工液をエアロゾル状に噴射した。ノズルの周囲は図示しないカバーで覆い、雰囲気中への砥粒の拡散を防止した。研磨パッド11面上には砥粒が均一に噴射され、遊離砥粒濃度の分布が均一になったため、ウエハ1上での加工量分布が均一となる効果が得られた。

【0067】

（実施例14）

本発明の第14の実施例として、上記の加工法を用いて製造した、半導体装置の製造方法を示す。図22(a)から(d)は、ウエハ基板にトランジスタ等を形成する前の、素子分離工程の説明図である。何れもウエハ表面を拡大し断面方向から見ている。図22(a)は、ウエハ基板1に素子分離目的の浅溝50をドライエッチングにより形成した段階である。後にトランジスタ等を形成する素子形成領域53は、CVD法で堆積した窒化膜5

10

20

30

40

50

1により保護してある。この後、ウエハ全面に熱酸化及びCVD法により二酸化珪素の絶縁膜2を堆積し、浅溝50に絶縁膜1を埋め込んだ状態が図22(b)である。ここで本発明の加工法を用いて図22(b)中の54の位置まで研磨、平坦化し、浅溝50以外の不要な絶縁膜2を除去すると図22(c)の状態になる。その後、熱リン酸などのエッチング液により窒化膜51を除去し、熱酸化膜除去、ゲート酸化膜堆積、イオン打ち込み等の多数の工程を経て素子形成領域53にトランジスタ52等の素子を形成した状態が図22(d)である。浅溝中の絶縁膜2の表面は、その後形成する素子の性能を損なわないために高度な平坦性と無欠陥性が要求される。同時にスループットも要求されるため、この平坦化工程への本発明の適用は効果的であった。

【0068】

10

この他、配線層間の絶縁膜の平坦化工程においても、本発明を適用することで効果が得られるのは言うまでもない。

【0069】

また、本発明は、絶縁膜に限らず、ダマシン加工の銅配線やアルミニウム膜等、導電膜の研磨に用いることも勿論可能である。

【0070】

【発明の効果】

本発明の半導体装置の製造方法によれば、半導体集積回路の製造工程で用いられる研磨加工法によるウエハ表面パターンの平坦化技術の内の砥石を用いた平坦化加工法において、砥石表面の活性化処理手段を導入することにより、研磨加工の能率が向上し、低コストな平坦化加工が可能になる。また加工中の砥石表面の活性化処理手段の導入により研磨レートの安定化が達成されるため、総研磨量を所望の値に制御することが容易になる。その結果研磨残り或いは過剰研磨の可能性が減少し、不良発生率が低下する。研磨残りによる再研磨工程が不必要になるために全体の工程数を減らすこともできる。また例えば、被加工物である半導体ウエハ上の絶縁膜厚さを精密に制御することが可能になるため、膜の電気的特性を最適化し半導体装置の生産歩留まりを向上させることができる。

20

【0071】

また、本発明の加工装置によれば、ウエハの研磨加工の能率が向上し、また、研磨量の制御が容易に行えるので、装置のスループットが向上する。

【図面の簡単な説明】

30

【図1】本発明の一実施例の加工装置の構成を示す模式図である。

【図2】ウエハ表面の平坦化工程の説明図である。

【図3】従来の化学機械研磨法を説明する図である。

【図4】従来の砥石を用いた平坦化加工法を説明する図である。

【図5】砥石表面の活性化処理を概念的な説明図である。

【図6】ブラシによる活性化処理の効果の説明図である。

【図7】砥石表面の活性化処理を行う円形状のブラシの説明図である。

【図8】砥石表面の活性化処理を行うリング形のブラシの説明図である。

【図9】砥石表面の活性化処理を行うウエハホルダー体型ブラシの説明図である。

【図10】砥石表面の活性化処理を行う直線形ブラシの説明図である。

40

【図11】超音波加振装置を用いた砥石表面の活性化処理の説明図である。

【図12】砥石表面のツルージング処理を説明する図である。

【図13】砥石表面活性化処理の深さを説明する図である。

【図14】表面活性化処理手段の効果を比較する説明図である。

【図15】研磨モニタ情報より表面活性化処理手段の操作条件を制御する流れ図である。

【図16】加工毎に表面活性化処理条件を制御する加工方法の効果の説明図である。

【図17】砥石の表面活性化処理に、固体砥粒供給源を用いた実施例の説明図である。

【図18】砥石の表面活性化処理に、エアロゾル状の砥粒供給源を用いた実施例の説明図である。

【図19】研磨パッドに対し、固体状の砥粒供給源を用いた実施例の説明図である。

50

【図 2 0】研磨パッドに対し、エアロゾル状の砥粒供給源を用いた実施例の説明図である。

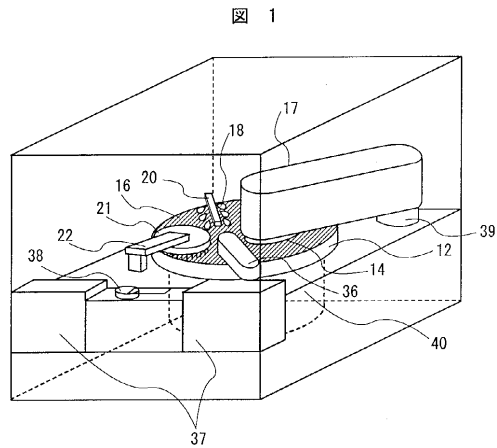
【図 2 1】砥石上への供給液量と研磨レートとの関係を示した図である。

【図 2 2】本発明を素子分離工程へ適用した実施例の説明図である。

【符号の説明】

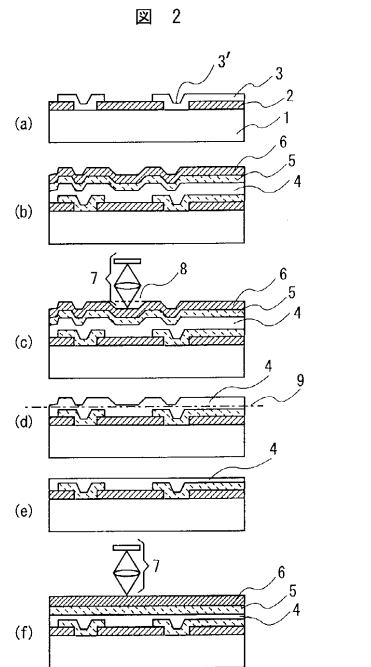
1 ... ウエハ基板	
2、4 ... 絶縁膜	
3 ... 配線層	
3' ... ホール上の部分	
5 ... 金属アルミ層	10
6 ... ホトレジスト層	
7 ... ステッパ	
8 ... 凸部	
9 ... 目標レベル	
11 ... 研磨パッド	
12 ... 定盤	
13 ... バックアップパッド	
14 ... ウエハホルダ	
15 ... 研磨スラリ	
16 ... 砥石	20
17 ... アーム	
18 ... 加工液	
20 ... 加工液供給ユニット	
21、28、31 ... ブラシ	
22 ... ブラシアーム	
23 ... 砥粒	
24 ... 樹脂	
25 ... 砥石表面	
26 ... ポケット	
27 ... 台板	30
29 ... 毛	
30 ... リテーナーリング	
32 ... 直線形ブラシ	
33 ... 超音波加振装置	
34 ... 研削工具	
35 ... 深さ	
36 ... ツルージングユニット	
37 ... ウエハロード・アンロードユニット	
38 ... ウエハ搬送ロボット	
39 ... アーム駆動モーター	40
40 ... 砥石駆動モーター	
41 ... 固体砥粒供給源の砥石	
42 ... 砥石へのエアロゾル供給ノズル	
45 ... 研磨パッド上への砥粒供給源	
46 ... 研磨パッドへのエアロゾル供給ノズル	
50 ... 浅溝	
51 ... 窒化膜	
52 ... トランジスタ	
53 ... 素子形成領域	
54 ... 素子分離工程の平坦化目標レベル	50

【図 1】



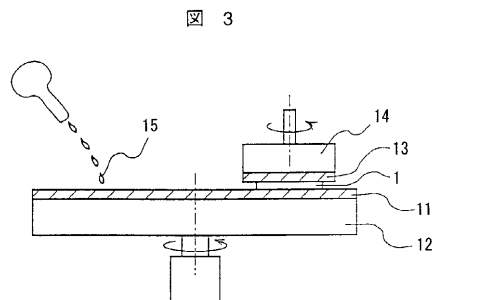
12…定盤 14…ウエハホルダ 16…砥石 17…アーム
18…加工液 20…加工液供給ユニット 21…ブラシ
22…ブラシアーム 36…ツールイングユニット
37…ウエハロード・アンロードユニット
38…ウエハ搬送ロボット 39…アーム駆動モーター
40…砥石駆動モーター

【図 2】



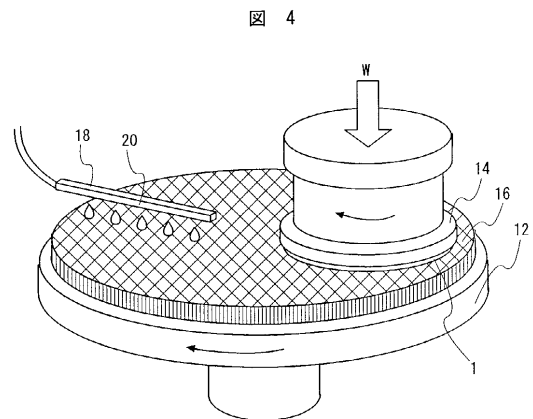
1…ウエハ基板 2…絶縁膜 3…配線層 4…絶縁膜
5…金属アルミ層 6…ホトレジスト層 7…ステッパ
8…凸部 9…目標レベル

【図 3】



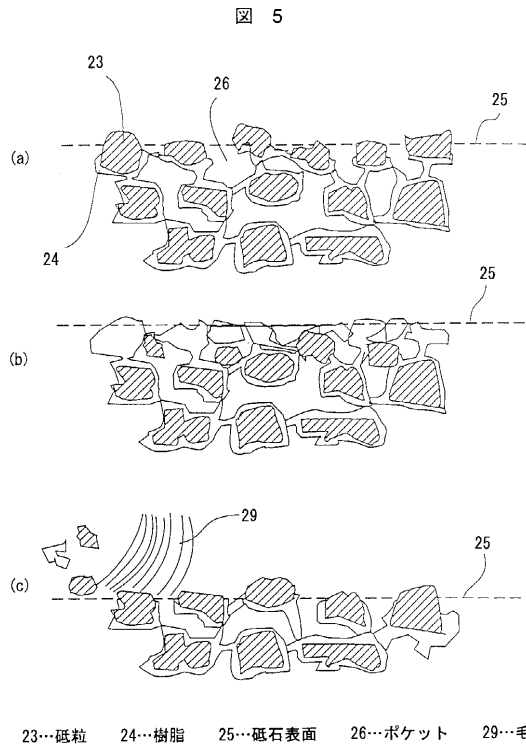
1…ウエハ基板 11…研磨パッド 12…定盤 13…バックング
パッド 14…ウエハホルダ 15…研磨スラリー

【図 4】

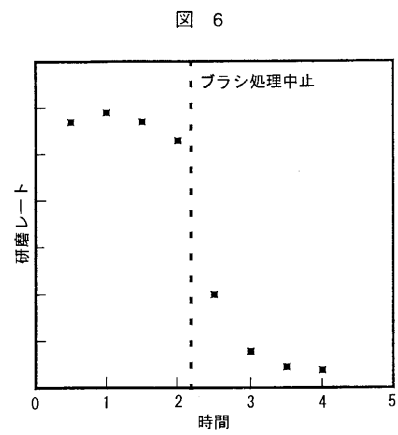


1…ウエハ基板 12…定盤 14…ウエハホルダ
16…砥石 18…加工液 20…加工液供給ユニット

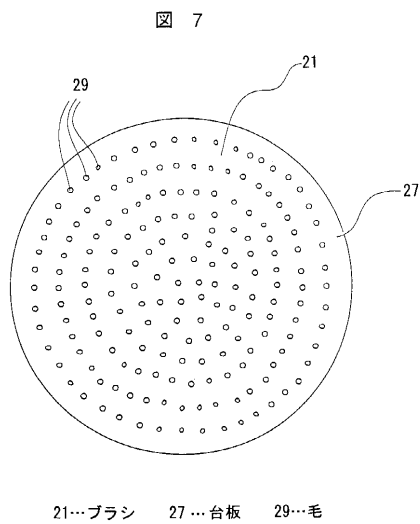
【図 5】



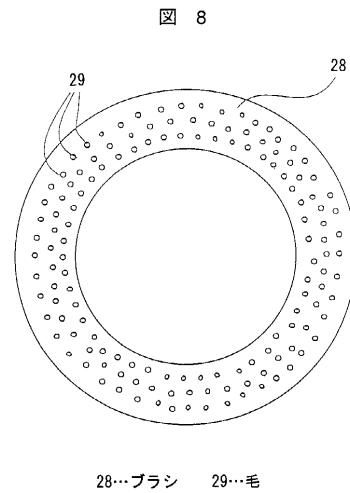
【図 6】



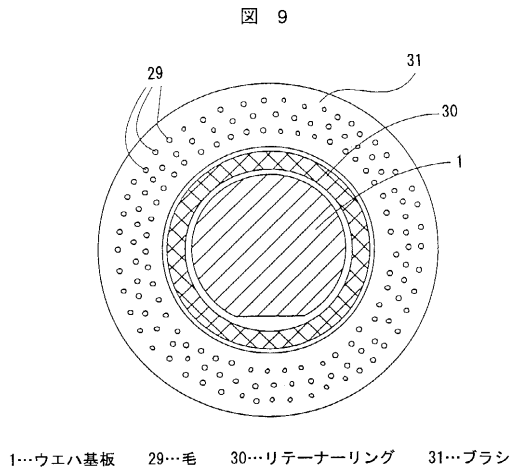
【図 7】



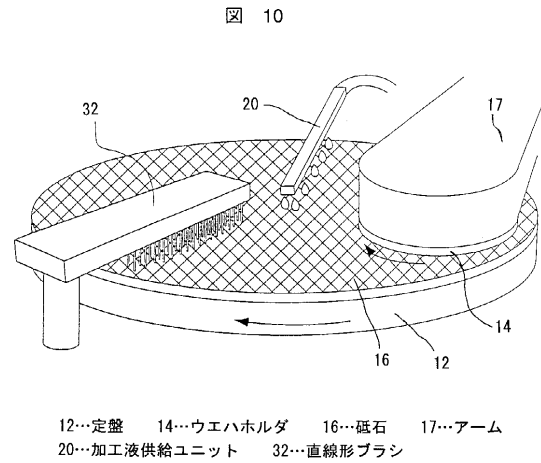
【図 8】



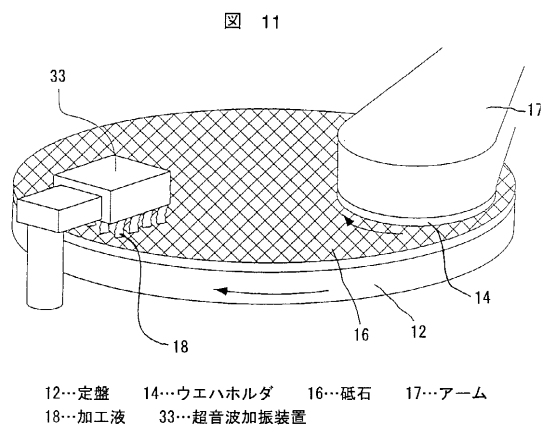
【図 9】



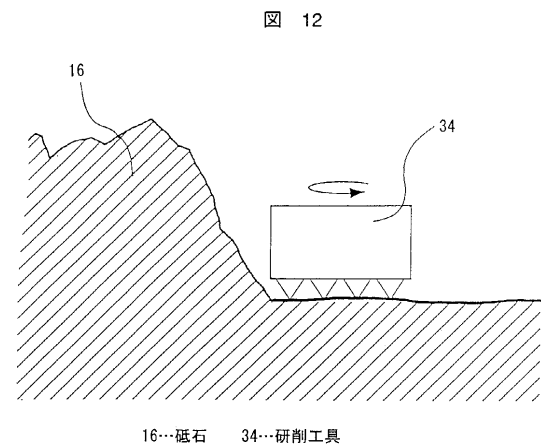
【図 10】



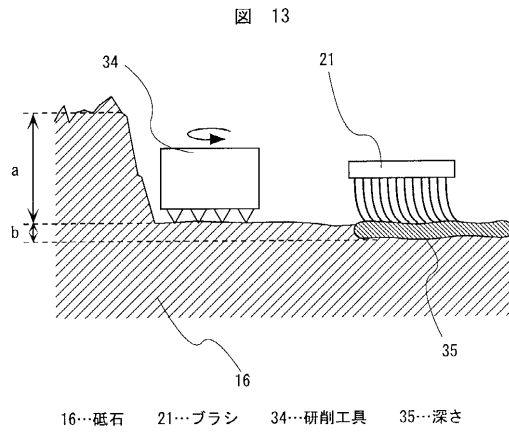
【図 11】



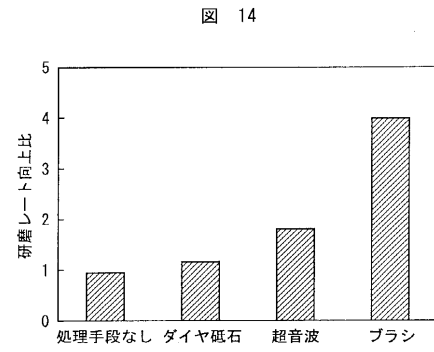
【図 12】



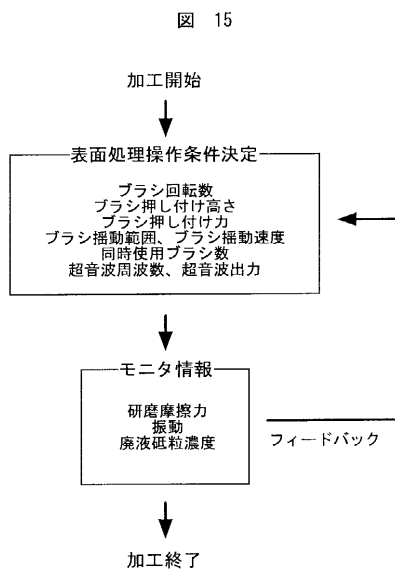
【図 13】



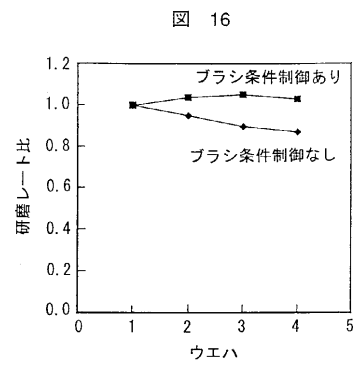
【図 14】



【図 15】

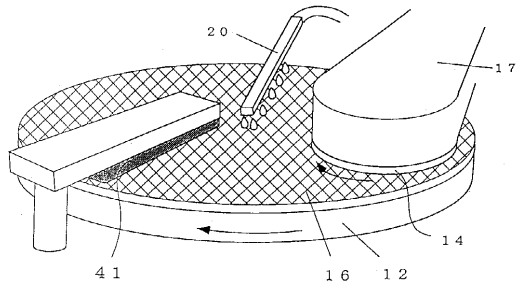


【図 16】



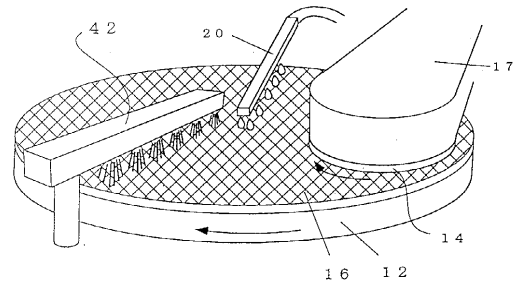
【図 17】

図 17



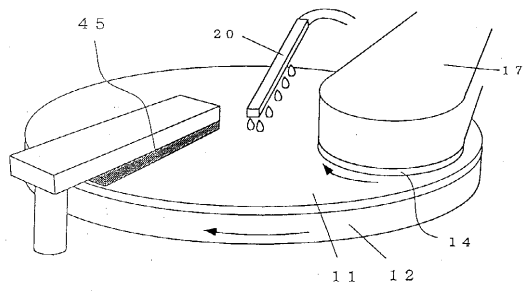
【図 18】

図 18



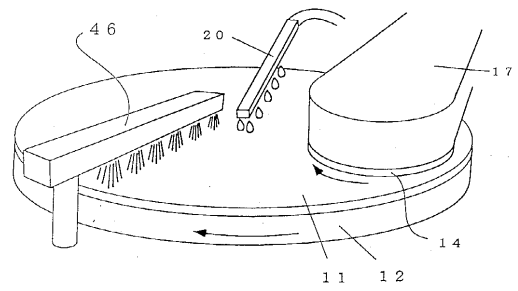
【図 19】

図 19

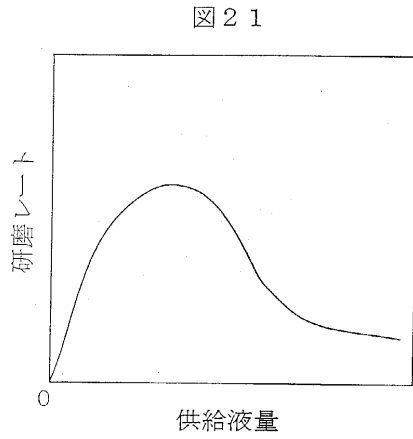


【図 20】

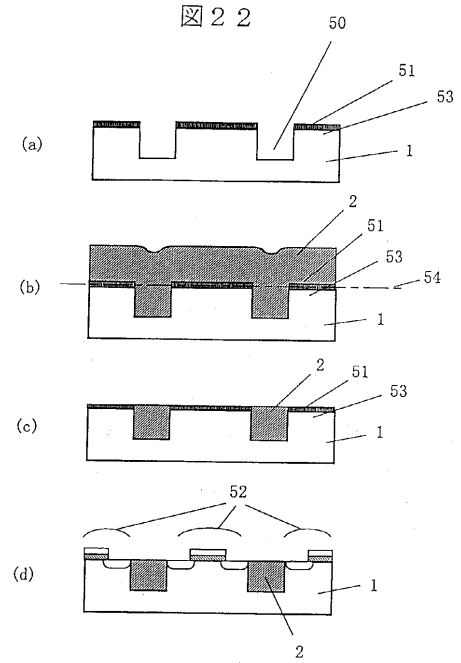
図 20



【図 2 1】



【図 2 2】



- 1 … ウエハ基板 2 … 絶縁膜
 50 … 浅溝 51 … 窒化膜
 52 … トランジスタ 53 … 素子形成領域
 54 … 素子分離工程の平坦化目標レベル

フロントページの続き

- (72)発明者 片桐 創一
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内
- (72)発明者 森山 茂夫
茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会社日立製作所 計測器事業部内
- (72)発明者 河村 喜雄
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内
- (72)発明者 河合 亮成
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 佐藤 雅彦
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 西村 貞之
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 株式会社日立製作所内

審査官 中島 成

- (56)参考文献 米国特許第05782675(US, A)
特開昭59-134650(JP, A)
特開昭50-156082(JP, A)
特開昭56-052183(JP, A)
特開昭54-053390(JP, A)
特開平07-009326(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B24B 37/00 - 37/04
B24B 53/00 - 57/04
H01L 21/304