

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4369378号  
(P4369378)

(45) 発行日 平成21年11月18日(2009.11.18)

(24) 登録日 平成21年9月4日(2009.9.4)

(51) Int.Cl.	F I
<b>H O 1 L 21/304 (2006.01)</b>	H O 1 L 21/304 6 3 1
<b>B 2 4 B 7/04 (2006.01)</b>	H O 1 L 21/304 6 2 1 A
	H O 1 L 21/304 6 2 2 K
	B 2 4 B 7/04 A

請求項の数 10 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2005-31112 (P2005-31112)	(73) 特許権者	599119503
(22) 出願日	平成17年2月7日(2005.2.7)		ジルトロニック アクチエンゲゼルシャフト
(65) 公開番号	特開2005-223344 (P2005-223344A)		Siltronic AG
(43) 公開日	平成17年8月18日(2005.8.18)		ドイツ連邦共和国 ミュンヘン ハンスーザイデループラッツ 4
審査請求日	平成17年2月7日(2005.2.7)		Hanns-Seidel-Platz
(31) 優先権主張番号	102004005702.8		4, D-81737 Muenchen, Germany
(32) 優先日	平成16年2月5日(2004.2.5)	(74) 代理人	100061815
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		弁理士 矢野 敏雄
		(74) 代理人	100094798
			弁理士 山崎 利臣
		(74) 代理人	100099483
			弁理士 久野 琢也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体ウェーハ、該半導体ウェーハを製造するための装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体ウェーハを製造するための方法において、半導体ウェーハを、最初は粗研削砥石を用いて、引き続き精密研削砥石を用いて両面同時に研削し、半導体ウェーハを粗研削砥石および精密研削砥石によって研削する間、該半導体ウェーハを自由にフローティングするように保持し、粗研削砥石を用いた半導体ウェーハの粗研削から、精密研削砥石を用いた半導体ウェーハの精密研削への移行時に、精密研削砥石を半導体ウェーハの表側と裏側とに係合させて、半導体ウェーハを軸方向で案内する収容クッションの間での、応力なしの中央位置から半導体ウェーハが離脱しないようにし、粗研削砥石を用いた半導体ウェーハの粗研削から、精密研削砥石を用いた半導体ウェーハの精密研削への移行時に、粗研削砥石および精密研削砥石を、一定の負荷をかけて半導体ウェーハに係合させることを特徴とする、半導体ウェーハを製造するための方法。

【請求項 2】

それぞれ粗研削砥石と精密研削砥石とを備えた2つのダブルスピンドルの間で半導体ウェーハを研削する、請求項1記載の方法。

【請求項 3】

半導体ウェーハを両面同時研削の後で研磨する、請求項1または2記載の方法。

【請求項 4】

半導体ウェーハのエッジを両面同時研削の前または後にエッジラウンディングする、請求項1から3までのいずれか1項記載の方法。

## 【請求項 5】

半導体ウェーハを両面同時研削の後にエッチング剤で処理し、半導体ウェーハの片面または両面から材料を除去する、請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項記載の方法。

## 【請求項 6】

半導体ウェーハを粗研削砥石によって研削して非プレーナな中間形状を形成し、精密研削砥石によってプレーナなウェーハを形成する、請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項記載の方法。

## 【請求項 7】

両面同時研削の後に半導体ウェーハの形状偏差を局所的に後加工する、請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項記載の方法。

10

## 【請求項 8】

半導体ウェーハに両面同時研削の後に、材料除去ポリシングと精密ポリシングとを施す、請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項記載の方法。

## 【請求項 9】

材料除去ポリシングを両面ポリシングまたは片面ポリシングとして実施する、請求項 8 記載の方法。

## 【請求項 10】

材料除去ポリシングを、半導体ウェーハの裏面のポリシングとしてのみ実施する、請求項 8 記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

20

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明の対象は、良好なナノトポロジ (Nanotopologie) と、機械的な加工の後のダメージの少ない「フィニッシュ (Finish)」とを有する、特に平坦な半導体ウェーハを製造するための方法、このような半導体ウェーハおよび扁平なワークを両面研削するための装置である。

## 【背景技術】

## 【0002】

エレクトロニクス、マイクロエレクトロニクスおよび (マイクロ) エレクトロメカニクスのためには、グローバルな平坦度およびローカルな平坦度、厚さ分布、片面に関するローカルな平坦度 (ナノトポロジ)、粗さおよび清浄度に対して極端な要求を課せられた出発材料 (基板) が必要とされる。基板としては、使用目的に応じて、金属、絶縁体または半導体材料から成る「ウェーハ (Wafer)」が使用される。半導体材料としては、特にガリウムヒ素のような化合物半導体が使用されるが、しかし多くの場合、シリコンのような元素半導体および時々ゲルマニウムも使用される。さらに、人工的に形成された層構造体を有する基板、たとえば二酸化ケイ素上のシリコン (SOI、silicon on insulator)、有利にはエピタキシャル的に製造されたシリコン・ゲルマニウム混合結晶 (格子歪み型のシリコン、「ストレインドシリコン」; strained silicon) および二酸化シリコン上のシリコン・ゲルマニウム混合結晶 (sSOI、ストレインドSOI) を有する基板も「半導体ウェーハ」であると解釈される。半導体ウェーハは特にマイクロエレクトロニクスにおける使用時では、特に厚さ一定で、グローバルにもローカルにも平坦で、平滑でかつ清浄に形成されていなければならない。

30

40

## 【0003】

たとえば 2 mm × 2 mm または 10 mm × 10 mm の、表面に配置された測定窓内での半導体ウェーハの、表面 (構成部分側) に関する平坦度は、S E M I (Semiconductor Equipment and Materials International) 規格によれば「ナノトポロジ」と呼ばれる。最も小さく、かつなお規定された状態でかつ再現可能に製造された構造体延在長さに応じて呼称される、それぞれ新しい構成部分世代 (「デザインルール」) が生まれるたびに、ナノトポロジに対してはその都度厳格化された要求が課されている。現在では、既に 130 nm 世代、90 nm 世代および 65 nm 世代のための要求が満たされなければならない

50

。

## 【0004】

公知先行技術によれば、シリコンから成る半導体ウェーハは連続する多数のプロセスステップにおいて製造される。これらのプロセスステップは一般に次のようなグループに仕分けすることができる：

- a) 単結晶シリコンインゴットの製造（結晶成長）
- b) シリコンインゴットの、個々のウェーハへの分断（「スライシング」、「ソーイング」）
- c) 機械的な加工（メカニカル加工）
- d) 化学的な加工（ケミカル加工）
- e) 化学機械的な加工（ケモメカニカル加工）
- f) 場合によってはコーティング。

10

## 【0005】

これに加えて、多数のサブステップ、たとえばクリーニング、分級、測定、パッケージング等が挙げられるが、しかしこれらのサブステップはウェーハ平坦度および特にナノトポロジに対しては直接的な影響を持たないので、以下、これらのサブステップについては取り上げない。

## 【0006】

単結晶のシリコンインゴットの製造は通常、るつぼ引上げ（チョクラルスキ法）により行われる。さらに、ゾーン引上げ（多結晶シリコンから成るインゴットの再結晶）によっても 200 mm の直径を有するインゴットが製造される。

20

## 【0007】

有利な分断法は、ワイヤソーイング（「マルチワイヤスライシング」、MWS）、特に微粒子を有するワイヤソーイング（「スラリ」式MWS）または結合された粒子を有するワイヤソーイング（ダイヤモンドワイヤ式MWS）である。

## 【0008】

機械的な加工は、ソーイングうねり（ソーマーク）の除去、より粗いソーイングプロセスに基づき結晶にダメージを受けた表面層またはソーシングワイヤにより汚染された表面層の除去、およびとりわけ半導体ウェーハのグローバルな平坦化のために役立つ。この場合、シーケンシャルな片面研削法（「single-side grinding」、SSG）および同時両面研削法（「double-disk grinding」、DDG）ならびにラッピングおよび平面ホーニングが使用される。

30

## 【0009】

片面研削の場合、半導体ウェーハの裏面はベース（「チャック」）上に保持され、表面はカップ形研削砥石または（あまり使用されていないが）外部研削砥石によってベースおよび研削砥石の回転下およびゆっくりとした半径方向の送り下に平坦化される。

## 【0010】

たとえば欧州特許出願公開第 8 6 8 9 7 4 号明細書に記載されている同時両面研削の場合には、半導体ウェーハが、互いに向かい合って位置するコリニア（共線的）なスピンドルに組み付けられた 2 つの砥石車の間に自由フローティング式に支承されて同時に両面加工され、そしてこの場合、ほとんど強制力なしに表側および裏側で作用するウォータクッション（ハイドロスタティック原理）またはエアクッション（エアロスタティック原理）の間で軸方向に案内され、半径方向では周囲の薄いガイドリングまたは個々の半径方向のスポークによってルーズに保持されてフロートアウェイ（浮動離反）が阻止される。半導体ウェーハは研削の間、その対称軸線を中心にして回転する。この回転は表側に作用する摩擦車と裏側に作用する摩擦車とにより行われるか、半導体ウェーハに設けられた向き認識切欠き（「ノッチ」）内に係合する連行体（「ノッチフィンガ」）を介して行われるか、または半導体ウェーハの周面に部分的に巻き掛けられた摩擦ベルトにより行われる。半導体ウェーハの極めて良好なジオメトリ値およびナノトポロジ値を得るために DDG 原理にとって特に重要となるのは、スピンドル相互の正確な位置整合（共線性）および研削砥石

40

50

間の中央平面と半導体ウェーハの中心平面との正確な位置整合（共面性）である。さらに、エアクッションまたはウォータクッション（「ハイドロパッド」）の配置、圧力、厚さ、通流速度および同一性も特に重要となる。このエアクッションまたはウォータクッションを形成するための装置は、剛性的に配置されていてよく、その場合、半導体ウェーハの厚さが減少するにつれて、エアクッションまたはウォータクッションの厚さは研削の間、増大するか、または（有利には材料除去の間、エアクッションまたはウォータクッションの一定の厚さに合わせて制御されて）研削の間、追従される。正確な位置整合を保證するためには、一連の種々の測定装置が使用される。これらの測定装置は半導体ウェーハの位置を監視し、そしてスピンドルの軸方向移動により、発生した非対称性を阻止する。半導体ウェーハの位置の絶対測定に対して付加的に、一般に半導体ウェーハの厚さも、表側および裏側の同期的なプロービングによりその場で求められ、そして研削プロセスステップ（スピンドル送り）の制御および特に目標厚さに正確な最終スイッチオフのために使用される。

10

## 【 0 0 1 1 】

半導体ウェーハの縁部は一般にやはり加工されなければならない（エッジラウンディング）。このためには、プロファイリングされた研削ディスクを用いたコンベンショナルな研削ステップ、連続的な工具送りまたは周期的な工具送りを行うベルト研削法または統合されたエッジラウンディング法（エッジ研削とエッジ研磨とを1つのステップで行う）が使用される。

## 【 0 0 1 2 】

20

化学的な加工ステップのグループは、特に不純物の除去、ダメージを受けた表面層の除去および表面粗さの低減のためのクリーニング・エッチングステップを有している。エッチングの場合には、アルカリ性媒体を用いたエッチングステップ、特にNaOH、KOHまたはテトラメチルアンモニウム - ヒドロキシド（TMAH）を主体としたアルカリ性媒体を用いたエッチングステップおよび酸性媒体、特にHNO<sub>3</sub> / HFの混合物を主体とした酸性媒体を用いたエッチングステップまたはこれらのエッチングステップの組合せが使用される。時折、プラズマエッチングのような別のエッチング法も使用される。

## 【 0 0 1 3 】

ケモメカニカルな加工ステップのグループはポリシングステップを有している。ポリシングステップを用いて、部分的に化学的な反応と部分的に機械的な材料除去（砥粒切削；Abrasion）とによって表面が平滑化される。片面ポリシング（single-side polishing、SSP）の場合には、半導体ウェーハの裏面が加工の間、キャリアプレート上に接着剤、真空または粘着によって保持される。両面ポリシング（DSP）の場合には、半導体ウェーハが薄い歯付ディスク内にルーズに嵌め込まれ、そして研磨布で被覆された上下の両研磨定盤の間で「自由フローティング式」に表側と裏側とで同時に研磨される。研磨は一般に1回または複数回の前研磨ステップ（除去研磨）およびヘイズフリー研磨ステップ（精密研磨）および場合によってはさらに中間ステップ（「パフ研磨」）を有している。前研磨は単ウェーハ式または多ウェーハ式のSSPまたはDSPとして実施され得る。ヘイズフリー研磨では、より高い摩擦力（より柔らかい研磨布）に基づき、単ウェーハ研磨または多ウェーハ研磨の形のSSPしか使用されない。

30

40

## 【 0 0 1 4 】

特に要求の多い用途では、上記方法を超えて半導体ウェーハの精密後加工が必要となり得る。この精密後加工を用いて形状偏差が的確に局所的に後加工される。このようないわゆる「サブアパーチュア法（Sub-Aperture-Verfahren）」の例は「プラズマ・アシステッド・ケミカル・エッチング（PACE）」および類似のプラズマエッチング法、たとえば「ジェット・エッチ法（jet-etch-Verfahren）」である。大きなポテンシャルを有する比較的新しいサブアパーチュア法が磁気レオロジ「フィニッシング」（MRF）である。このMRFは、たとえば国際公開第2003/060020号パンフレットに詳しく説明されており、単ウェーハ式または多ウェーハ式の加工法として実施され得る。MRF法は局所的な材料除去のために磁気レオロジ液体（強磁性流体）を利用する。磁気レオロジ流体（MR流体）の

50

粘度は磁界内では磁界強度に関連して最大数オーダだけ増大する。これによって、局部的に、剛性的な（磁氣的に「濃縮された」）「研削工具」を形成することができる。この「研削工具」を用いて半導体ウェーハの表面が研削除去される。MRF法を用いて得られる平坦度は、かなり大きな加工手間（サイクル時間）をかけた場合、ポリシングにより得られる平坦度よりも最大1オーダ分だけすぐれている。

【0015】

良好なナノトポロジを有する特に平坦な半導体ウェーハを製造するためには、多段式の機械的な材料除去加工ステップが使用されると有利である。たとえば米国特許第5942445号明細書に記載の方法は、第1の研削機械における第1の粗い研削ステップ（この場合、有利にはDDGが使用される）と、その後第2の研削機械で行われる、微細な研削砥石を用いた両面のシーケンシャルなSSGとから成る一連のプロセスを有している。しかし、このような多段式の連続プロセスは複雑であり、あまり自在性を有しておらず、しかも繰り返される切込み・仕上げ研削（Ein-und Ausschleifen）に基づき、総合的には極めて高い材料除去量を必要とする。しかし、特にSSGは先行したDDGの利点の大部分を再び無効にしてしまう。

10

【0016】

米国特許第6066565号明細書には、2段式の機械的なプラナリゼーションステップを有するプロセス経過が記載されている。この場合、半導体ウェーハのエッジラウンディングは第1の機械的なプラナリゼーションステップと第2の機械的なプラナリゼーションステップとの間に実施される。両プラナリゼーションステップはそれぞれ独立して、提案された機械的な加工プロセスのグループ全体から選出される。このグループはDDG、SSG、ラッピングならびにプラズマエッチングを包含している。このプロセス経過も複雑で、材料集中的であり、しかも故障が発生し易く、かつ高価である。

20

【特許文献1】欧州特許出願公開第868974号明細書

【特許文献2】国際公開第2003/060020号パンフレット

【特許文献3】米国特許第5942445号明細書

【特許文献4】米国特許第6066565号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

本発明の課題は、特に良好なナノトポロジと、逐次プロセスステップにおいて場合によってはなお必要となる材料除去の低減を可能にする、機械的な加工の後のダメージの少ない「フィニッシュ」とを有する、特に平坦な半導体ウェーハを経済的に製造するための方法および装置を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0018】

上記課題を解決するために本発明の方法では、半導体ウェーハの両面研削を包含する、半導体ウェーハを製造するための方法であって、半導体ウェーハを研削工具によって両面同時に、最初は粗くかつ引き続き精密に研削する形式の方法において、粗研削と精密研削との間に半導体ウェーハを研削機械にチャックしたまま残し、粗研削から精密研削への移行時にほぼ一定の、つまりほぼ不変の負荷をかけて研削工具を係合させるようにした。

40

【0019】

上記課題を解決するために本発明の装置では、扁平なワークを両面研削するための装置であって、それぞれ内側の部分スピンドルと外側の部分スピンドルとを備えた2つのダブルスピンドルと、ワークのローディングおよびアンローディングのための装置と、両ダブルスピンドルの間に配置されたワーク収容部とが設けられており、該ワーク収容部によってワークが研削ステップの間、自由にフローティング（浮動）するように保持されている形式のものにおいて、部分スピンドルが同軸的に配置されていて、ワークの互いに背中合わせに位置する面を研削するための研削砥石を支持しており、ダブルスピンドル1つ当たりそれぞれ少なくとも一方の部分スピンドルがダブルスピンドルの他方の部分スピンドル

50

とは別個に独立して軸方向に移動可能であるようにした。

【発明の効果】

【0020】

本発明による装置は、たとえば米国特許第3885925号明細書および国際公開第99/39873号パンフレットに代表される公知先行技術とは、特に2つのダブルスピンドルが配置されている点で異なっている。このような特徴によってはじめて、本発明による方法も実現可能となる。

【0021】

本発明による方法の第1の実施態様では、半導体ウェーハの粗研削と精密研削とを包含する同時両面研削が、中断なしの作業ステップで1つの機械において実施され、この場合、半導体ウェーハはコリニアに、つまり共線的に配置された一对のダブルスピンドルの間で研削される。半導体ウェーハの中心平面と各研削砥石(ホイール)の間の中央平面とはコプレーナ、つまり共面的である。

10

【0022】

本発明による方法の第2の実施態様では、半導体ウェーハの粗研削と精密研削とを包含する同時両面研削が、中断なしの作業ステップで1つの機械において実施され、この場合、半導体ウェーハは一对のダブルスピンドルの間で研削され、半導体ウェーハの中心平面と各研削砥石(ホイール)の間の中央平面とはコプレーナ、つまり共面的である。第1の実施態様とは異なり、ダブルスピンドルは粗研削の間、コリニア配置から傾倒されており、そして精密研削時に再びコリニアに位置整合されている。

20

【0023】

本発明による方法は特に、半導体ウェーハの同時両面加工が粗研削から精密研削へのチェンジ時にほとんど負荷交番なしに、つまり中断なしの作業ステップの形で行われることにより特徴付けられている。粗研削から精密研削へのチェンジ時では、ダブルスピンドルの両精密研削砥石が表側と裏側とで係合させられ、この場合、半導体ウェーハは係合交番時の間、半導体ウェーハを軸方向で案内する収容クッションの間での、応力なしの中央位置から離脱せず、したがって変形を招くという理由で望ましくないといわれる合成強制力が半導体ウェーハに加えられることはない。このためには、研削砥石前縁部の実際の位置、つまり研削パッドの摩耗に基づき位置変化を受ける実際の位置が、半導体ウェーハの位置および厚さの監視によってそれぞれ測定されかつ追従され、この場合、研削砥石の侵入前に常に最小のかつ有利には極僅かな安全マージンを持って(「エアカット」)、研削を行うことができる。

30

【0024】

このように本発明による方法は負荷交番をほとんど有していないが、このことは本発明による方法の第2の実施態様では、粗研削時にダブルスピンドルの傾斜を調節することによって半導体ウェーハの非プレーナ(非平坦)な形状が意図的に調節され、そして粗研削された半導体ウェーハのこのような形状に基づき、精密研削時には精密研削砥石が半導体ウェーハと広範囲にわたって完全に係合するのではなく、ゆっくりとかつ連続的な、急激でない力交番下に、前研削された非プレーナな半導体ウェーハに侵入するようになり(「切込み」)、精密研削時にはじめて半導体ウェーハの最終的に所望される平行平面性が形成されることにより達成される。

40

【0025】

応力なしのワーク案内と同時の表面・裏面加工とを有する粗研削および精密研削のためのそれぞれ2つの研削砥石を備えたダブルスピンドルを用いる、十分に負荷交番なしの、多段式でかつ中断なしの本発明による加工(Dual spindle Double-Disk Grinding、DDDG)に基づき、種々の機械において種々の工具を用いて行われる多段式の加工法の前記欠点が回避され、そして特に以下に述べるような利点が得られる。

【0026】

すなわち、迅速な加工が保証されている。なぜならば、両面研削時の所要の精度に基づき機械チェンジ時に原理的な理由から極めて長い時間がかかる完全なローディング・アン

50

ローディングサイクルが節約されるからである。ほぼ任意の粗研削砥石/精密研削砥石の組合せを使用することができる。特に、粗研削砥石が、従来では許容され得ないような粗い表面を形成するような粗研削砥石/精密研削砥石の組合せを使用することができる。機械チェンジを伴う粗研削と精密研削とを包含する従来の方法においてこのような組合せが使用された場合、半導体ウェーハはローディング・アンローディング時または搬送時のハンドリングの間、このような粗研削された半導体ウェーハの高い破壊し易さに基づいて脱落してしまう。しかし、特にダメージの少ない平滑な表面(「フィニッシュ」)を形成するための精密研削砥石は加工能率的には低い(schnittunwillig)とみなされ、このような研削砥石を半導体ウェーハ内に侵入させることができるようにするためには典型的な研削加工粗さ、つまりたとえば粗く前研削された表面を必要とする。提案された方法を用いると、機械チェンジを伴う相応する多段式の研削方法の場合には経済的に不可能であるような表面フィニッシュを形成することができる。すなわち、粗く前研削された表面における、特に微細な研削パッドを備えた精密研削砥石を用いた後研削は精密研削砥石の極めてゆっくりとした緩速な侵入をも必要とすることが判っている。迅速な侵入が行われると、精密研削砥石の加工能率が低いことに基づき、負荷ピークが発生し、この負荷ピークはノッチまたはノッチフィンガにおける過剰負荷を招いて、半導体ウェーハの破壊を生ぜしめる恐れがある。このような緩速な侵入は、研削砥石の侵入前の極僅かの安全マージン(「エアカット」)を用いるだけで経済的なサイクル時間で可能となる。機械チェンジを有する相応する方法では、熱ドリフトに基づいた変動により、短いサイクル時間が妨げられる。本発明による単機械・ダブルスピンドル型の両面同時研削(DDDG)では、粗研削ステップと精密研削ステップとが直接に連続して行われることに基づいて経済性が与えられている。なぜならば、両部分ステップの間に熱ドリフトが発生する危険はなく、そして同時に精密研削の出発厚さにもなる粗研削の最終厚さが同一の測定工具によって従来よりも著しく正確にその場で(in situ)監視されかつ制御され得るからである。

10

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下に、本発明を実施するための最良の形態を図面につき詳しく説明する。

【0028】

図1には、粗研削されかつ研磨された半導体ウェーハにおけるナノトポロジおよび光散乱性の表面欠陥の測定結果が示されている。この場合、種々の加工能率の研削砥石が粗研削のために使用された。

30

【0029】

図2には、単機械・ダブルスピンドル型の両面同時研削(DDDG)のための本発明による装置の原理が示されている。

【0030】

図3a~図3gには、前記装置および半導体ウェーハが前記方法の種々の時点で、前記方法の第1の実施態様(図3a、図3b、図3c、図3d)および第2の実施態様(図3e、図3f、図3g)に関してそれぞれ別個に示されている。すなわち、図3aは研削装置への半導体ウェーハのローディングを示しており、図3bは半導体ウェーハの粗研削を示しており、図3cは半導体ウェーハの精密研削を示しており、図3dは研削装置からの半導体ウェーハのアンローディングを示している。図3eは前記方法の第2の実施態様による粗研削から精密研削への負荷交番なしの移行および半導体ウェーハの非プレーナ中間形状を示しており、図3fは半導体ウェーハ上への精密研削砥石の載着を示しており、図3gは半導体ウェーハのプレーナ最終形状の形成時における半導体ウェーハの精密研削を示している。

40

【0031】

図4aには、特に平坦でかつ平行平面な半導体ウェーハを製造するための、本発明に係る一般的な方法の主要ステップが示されている。図4bは、別のプロセスステップを包含する前記一般的な方法の特に有利な実施態様が示されている。

【0032】

50

まず、図 1 について詳細に説明する。図 1 には、種々異なる粗さの、つまり種々異なる加工能率の D D G 研削砥石を用いて同時に両面研削されている、研磨された半導体ウェーハのグループのナノトポロジ（上部）および光散乱性の表面欠陥（下部）の統計的な分布（中央値、四分位、2 シグマ値、外れ値；「箱ヒゲ図；Box and Whisker-Plot」）が示されている。研削砥石がアグレッシブになればなるほど、つまり粗くなればなるほど、もしくは加工能率が高くなればなるほど、測定されたナノトポロジはますます良好になるが、しかし半導体ウェーハ表面の、エッチングおよびポリシングの後になお残った残留ダメージもますます大きくなることが判った。良好なナノトポロジと、ダメージの少ない表面とを同時に得ること、つまり唯一つの研削砥石を用いて得ることは不可能であることは明らかである。それどころか、粗研削と精密研削とを有する二重加工ステップが必要となる。発明によれば、このような二重加工ステップが 1 つの D D D G 装置を用いて実施される。

10

#### 【 0 0 3 3 】

図 2 には、単機械・ダブルスピンドル型の両面同時研削（D D D G）のための本発明による装置の原理図が示されている。この装置は互いに向かい合って位置するコリニアに位置整合されたダブルスピンドル 1 A（左側のダブルスピンドル）および 1 B（右側のダブルスピンドル）を備えている。ダブルスピンドル 1 A、1 B は、それぞれ同軸配置された内側の粗研削スピンドル 2 A、2 B と外側の精密研削スピンドル 3 A、3 B とから成っている。粗研削スピンドル 2 A、2 B および精密研削スピンドル 3 A、3 B はそれぞれ粗い研削砥石 6 A、6 B および精密な研削砥石 4 A、4 B を支持している。これらの研削砥石はそれぞれ粗い研削粒子を有する研削パッド 7 A、7 B および微細な研削粒子を有する研削パッド 5 A、5 B を有している。択一的には、粗い研削砥石と精密な研削砥石とが置き換えられて配置されていてもよい。すなわち、粗い研削砥石が精密な研削砥石に対して外側に位置していてもよい。半導体ウェーハ 8 は軸方向において表側および裏側でウォータクッションまたはエアクッション 1 1 A、1 1 B、つまり「ハイドロパッド」または「エアパッド」を有するワーク収容部によってルーズに案内される。半径方向では、半導体ウェーハ 8 の周面を取り囲むリング 1 2 によって、半導体ウェーハ 8 のフロートアウェイ（浮動離反）が阻止され、この場合、リング 1 2 は閉じられているか、またはスポーク状の複数の区分から成っている。リング 1 2 は半導体ウェーハ 8 の最終厚さよりも薄く形成されていて、安定的な支持リング 9 内に緊締されている。

20

30

#### 【 0 0 3 4 】

図 3 a に示したように、本発明による方法の開始時では、側壁 1 0 A、1 0 B により仕切られた研削チャンバが開放され、この研削チャンバ内に半導体ウェーハ 8 がローディングされる。内側の粗研削スピンドル 2 A、2 B と外側の精密研削スピンドル 3 A、3 B に取り付けられた粗研削砥石 6 A、6 B および精密研削砥石 4 A、4 B を備えた研削スピンドルもしくはダブルスピンドル 1 A、1 B は引き戻されている。半導体ウェーハ 8 は、たとえばローディング装置として働くロボットアーム（図示しない）によって研削チャンバ内に導入される。ローディング装置が引き戻されると、たとえば研削チャンバの図面で見ると右側の部分に真空 1 3 をかけることにより、半導体ウェーハ 8 が研削チャンバ内に留まることが確保される。引き続き、研削チャンバは側壁 1 0 A の戻し運動によって閉鎖される。図 3 b に示した時点では、外側の精密研削スピンドル 3 A、3 B に対して軸方向で固定量だけストローク運動を実施することのできるダブルスピンドル 1 A、1 B の内側の粗研削スピンドル 2 A、2 B が、送られた位置に位置しているので、ダブルスピンドル 1 A、1 B が半導体ウェーハ 8 へ接近させられると、粗研削砥石 6 A、6 B だけが半導体ウェーハ 8 と係合する。半導体ウェーハ 8 はウォータクッションまたはエアクッション 1 1 A、1 1 B の間で応力なしに浮動しており、半導体ウェーハ 8 の中心平面は研削砥石の間の中央平面に対してコプレーナもしくは共面的に位置している。粗研削砥石 6 A、6 B は、回転するダブルスピンドル 1 A、1 B を回転する半導体ウェーハ 8 内へゆっくりと送り込むことによって半導体ウェーハ 8 を粗研削目標厚さ 1 4 にまで研削する。粗研削目標厚さ 1 4 の達成は、その場で（in situ）作動する測定手段 2 0 A、2 0 B によって検出され

40

50



る。この測定手段 20 A, 20 B は半導体ウェーハ 8 の表面と裏面とを同時にプロービングし、これにより研削継続中に半導体ウェーハ 8 の目下の厚さを連続的に求める。粗研削ステップおよび精密研削ステップの終了時における目標厚さの到達の時点でダブルスピンドル 1 A, 1 B の実際の位置との比較によって、粗研削砥石 6 A, 6 B の研削パッド 7 A, 7 B および精密研削砥石 4 A, 4 B の研削パッド 5 A, 5 B の目下の実際高さが互いに別個に独立して求められ、かつ各スピンドル位置の所要の軸方向位置補正のために使用される。測定手段 20 A, 20 B または別の距離センサを用いて、半導体ウェーハ 8 の中心平面が常時、研削砥石の間の中央平面に位置することも確保される。さらに、研削パッド 7 A, 7 B および研削パッド 5 A, 5 B の各前縁部の、目標厚さの達成時に求められた実際位置により、ダブルスピンドル 1 A, 1 B の位置が補正されるので、研削パッドの前縁部は研削の間、同じく前記中央平面に向かって対称的に接近する。こうして、半導体ウェーハ 8 が、応力なしの中央位置から離脱しなくなり、そして特に切込み・仕上げ研削（ワークへの侵入もしくは「スパークアウト」および引戻し）の臨界的な瞬間に強制力が半導体ウェーハ 8 に全く作用しないか、またはほとんど作用しないことが確保されている。

#### 【0035】

粗研削目標厚さ 14 の達成時には、内側の部分スピンドル 2 A, 2 B が、軸方向の往復動機構により規定された引戻し量 18 A, 18 B だけ引き戻されるので、粗研削砥石 6 A, 6 B は半導体ウェーハ 8 との係合状態から解離され、そして精密研削砥石 4 A, 4 B が前側の位置に到達する。それと同時に、または少なくともその直後に、两部分スピンドル 2 A, 2 B および 3 A, 3 B を備えたダブルスピンドル 1 A, 1 B が、内側の部分スピンドル 2 A, 2 B の軸方向のストローク運動の量 19 A, 19 B だけ、かつ粗研削パッド 7 A, 7 B および精密研削パッド 5 A, 5 B の種々異なる摩耗度を考慮して送られる。

#### 【0036】

図 3 c に示した時点で、精密研削砥石 4 A, 4 B は既に前側の位置に位置していて、ダブルスピンドル 1 A, 1 B をさらに送ることにより研削パッド 5 A, 5 B によって半導体ウェーハ 8 に切り込んでいる。この切込みは、測定手段 20 A, 20 B によって規定の精密研削目標厚さ 15 の達成が確認されるまで行われる。

#### 【0037】

図 3 d に示した時点では、ダブルスピンドル 1 A, 1 B が完全に引き戻されており、半導体ウェーハ 8 の回転は停止されており、そしてウォータクッションまたはエアクッション 11 A, 11 B に対する供給も遮断されている。半導体ウェーハ 8 は、たとえば図面で見ると研削チャンバの右側の部分に真空 22 をかけることにより、研削チャンバの不動の側壁 10 B に位置固定され、研削チャンバは側壁 10 A の引戻しによって開放される。引き続き、半導体ウェーハ 8 はアンローディング装置、たとえばロボットアームを用いて研削チャンバから取り出され、これによって研削サイクルは終了される。

#### 【0038】

図 3 e には、当該方法の第 2 の実施態様による粗研削から精密研削への負荷交番なしの移行および半導体ウェーハ 8 の非プレーナ中間形状が示されている。この第 2 の実施態様は半導体ウェーハ 8 の特に穏やかな、ほぼ連続的な、中断・強制力なしの加工を可能にする。ダブルスピンドル 1 A, 1 B は粗研削の前に、有利には対称的な角度 21 A, 21 B だけ傾けられ、これにより研削砥石は半導体ウェーハ 8 を粗研削時に非プレーナ中間形状にもたらず。

#### 【0039】

図 3 f に示したように、半導体ウェーハ 8 が粗研削後に有している平坦ではない非プレーナ中間形状 18 に基づき、精密研削砥石 4 A, 4 B が特に穏やかに、応力少なく、かつ急激な負荷交番を回避しながら半導体ウェーハ 8 へ侵入し得ることが可能となる。半導体ウェーハ 8 内への進入時に精密研削砥石 4 A, 4 B は半導体ウェーハ 8 との点接触 17 しかなかったため、初期の段階では極めて小さな切削力しか働かない。半導体ウェーハ 8 の精密研削の前に、仰角もしくは当付け角 21 A, 21 B は取り戻されるので、ダブルスピンドル 1 A, 1 B は再びコリニアもしくは共線的に位置整合されていて、半導体ウェーハ

10

20

30

40

50

8の中心平面と、研削砥石の間の中央平面とはコプレーナもしくは共面的となる。図3gに示した、半導体ウェーハ8の最終厚さを有する平行平面的な目標形状16は精密研削によって形成される。引き続き、図3dに示した構成に相応して、研削サイクルは終了される。

#### 【0040】

図4aには、少なくとも1つの研磨された面を備えた特に平坦でかつ平行平面的な半導体ウェーハを製造するための一般的な方法の主要ステップが示されている。この場合、本発明による単機械・ダブルスピンドル型の両面同時研削(DDDG)は、一般的な方法の一連のステップの1つである。一連の主要ステップは(1)インゴット、特に単結晶からの半導体ウェーハの切断、(2)DDDGおよび(3)研削された半導体ウェーハの少なくとも1つの面のポリシングを包含している。

10

#### 【0041】

図4bには、別のプロセスステップを包含する一般的な方法の特に有利な実施態様が示されている。実線により描かれた矢印は、実施が義務付けられているプロセスステップを表し、破線により描かれた矢印は付加的な選択的なプロセスステップを表す。この場合、選択的なプロセスステップの記載は例示的なものであって、完全なものではない。この実施態様は2つの異なるコア手順、つまり

(1)切断 エッジラウンディング DDDG 精密ポリシングの各ステップ、  
 (2)切断 DDDG エッジラウンディング 精密ポリシングの各ステップ  
 を有する2つのコア手順に分けられる。

20

#### 【0042】

両コア手順において、機械的な加工の後に選択的にエッチングを行うことができる。エッチングにより、半導体ウェーハの片面または両面から材料が除去される。さらに、選択的に精密ポリシングの前に前ポリシングを行うことができる。この場合、この前ポリシングは同時両面ポリシング(DSP)またはシーケンシャル片面ポリシング(SSP)であってよい。さらに、SSPは、半導体ウェーハの裏面だけを研磨するステップであってよい(backside touch-polish、BSTP)。付加的に、前ポリシングと精密ポリシングとの間に、サブアパーチャ法、有利には磁気レオロジフィニッシング(MRF)を用いたジオメトリ精密後加工を行うことができる。

#### 【0043】

##### 使用例

本発明によるDDDG法の使用例として、以下のプロセスパラメータが有利であることが明らかにされる：

粗研削時では、このことは、4~50 $\mu\text{m}$ の粒度と、セラミックまたは金属により結合された砥粒(Abrasiv)としてのダイヤモンドとを有する、内側の部分スピンドルまたは外側の部分スピンドルによって保持された研削砥石、1000~12000r.p.m.のスピンドル回転数および15~300 $\mu\text{m}/\text{分}$ (両スピンドルに関して)のスピンドル送り速度における2 $\times$ 20 $\mu\text{m}$ ~2 $\times$ 60 $\mu\text{m}$ の研削除去量ならびに5~100r.p.m.の半導体ウェーハの回転数および0.1~5リットル/分の水を用いた冷却潤滑である。結果は250~3000RMS(1~80 $\mu\text{m}$ )の粗さおよび0.7~3 $\mu\text{m}$ (粗研削時の、同軸的に配置されたダブルスピンドルを用いた方法の場合)の厚さむらTTV(total thickness variation)を有する、粗研削された面を備えた半導体ウェーハである。

40

#### 【0044】

精密研削時では、このことは、0.1~5 $\mu\text{m}$ の粒度と、セラミックまたは合成樹脂、場合によってはセラミックと合成樹脂とにより有利には団塊物形成(Konglomeratbildung)下に結合されている砥粒としてのダイヤモンド、 $\text{CeO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{BaCO}_3$ (特に有利にはダイヤモンドである)とを有する、内側の部分スピンドルまたは外側の部分スピンドルによって保持された研削砥石、1000~12000r.p.m.のスピンドル回転数および5~60 $\mu\text{m}/\text{分}$ (両スピンドルに関して)のスピンドル送り速

50

度における  $2 \times 2.5 \mu\text{m} \sim 2 \times 20 \mu\text{m}$  の研削除去量ならびに  $5 \sim 100 \text{ r.p.m.}$  の半導体ウェーハの回転数および  $0.1 \sim 5$  リットル/分の水を用いた冷却潤滑である。結果は  $5 \sim 200 \text{ RMS}$  ( $1 \sim 80 \mu\text{m}$  のフィルタを有する形状測定器を用いて測定) の粗さおよび  $1 \mu\text{m} <$  の厚さむら TTV を有する、精密研削された面を備えた半導体ウェーハである。

【0045】

軸方向移動可能な内側スピンドルを備えた、有利に使用された DDDG 装置の軸方向ストロークは  $5 \sim 25 \text{ mm}$ 、特に有利には  $12 \text{ mm}$  である。半導体ウェーハの厚さをその場で (in-situ) 検出するための測定器具の精度は有利には  $\pm 0.7 \mu\text{m}$  よりも良好であり (2 値)、この場合、測定は容量型または誘導型の測定検出部を有する機械的なプロービングを介して行われると有利である。

10

【0046】

コア手順 (1) または (2) による方法の結果は、表側で  $2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$  の面積の測定窓 (サイト) 内の  $16 \text{ nm}$  よりも小さくかつ  $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$  の面積の測定窓内の  $40 \text{ nm}$  よりも小さなローカル平坦度値を有する半導体ウェーハである。このような半導体ウェーハも本発明の対象である。このような半導体ウェーハは有利には最大  $200 \text{ RMS}$  の表面粗さを有して、かつ有利には主としてシリコン、化合物半導体、「ストレインドシリコン」基板、SOI 基板または sSOI 基板から成っている。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】粗研削されかつ研磨された半導体ウェーハにおけるナノトポロジおよび光散乱性の表面欠陥の測定結果を示す箱ヒゲ図である。

20

【0048】

【図2】単機械・ダブルスピンドル型の両面同時研削 (DDD G) のための本発明による装置の原理を示す断面図である。

【0049】

【図3a】本発明による方法の第1の実施態様を研削装置への半導体ウェーハのローディングの時点で示す断面図である。

【0050】

【図3b】本発明による方法の第1の実施態様を半導体ウェーハの粗研削の時点で示す断面図である。

30

【0051】

【図3c】本発明による方法の第1の実施態様を半導体ウェーハの精密研削の時点で示す断面図である。

【0052】

【図3d】本発明による方法の第1の実施態様を研削装置からの半導体ウェーハのアンローディングの時点で示す断面図である。

【0053】

【図3e】本発明による方法の第2の実施態様を、粗研削から精密研削への負荷交番なしの移行の時点で示す断面図である。

40

【0054】

【図3f】本発明による方法の第2の実施態様を半導体ウェーハ上への精密研削砥石の載着の時点で示す断面図である。

【0055】

【図3g】本発明による方法の第2の実施態様を半導体ウェーハのプレーナな最終形状の形成時における半導体ウェーハの精密研削の時点で示す断面図である。

【0056】

【図4a】特に平坦でかつ平行平面な半導体ウェーハを製造するための、本発明に係る一般的な方法の主要ステップを示す概略図である。

【0057】

50

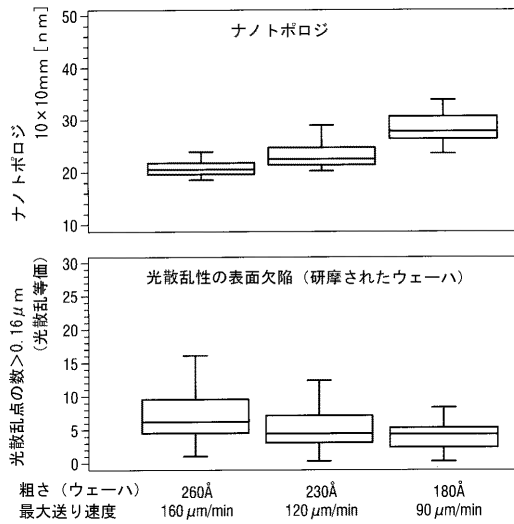
【図 4 b】別のプロセスステップを有する前記一般的な方法の特に有利な実施態様を示す概略図である。

【符号の説明】

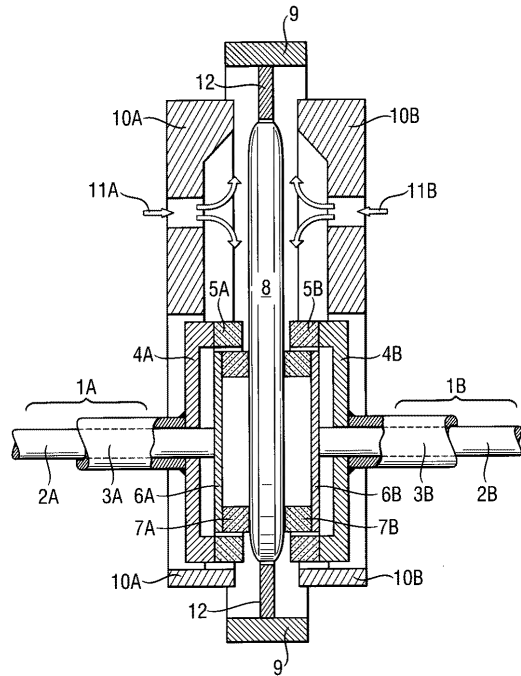
【 0 0 5 8 】

- |               |                      |    |
|---------------|----------------------|----|
| 1 A , 1 B     | ダブルスピンドル             |    |
| 2 A , 2 B     | 粗研削スピンドル             |    |
| 3 A , 3 B     | 精密研削スピンドル            |    |
| 4 A , 4 B     | 研削砥石                 |    |
| 5 A , 5 B     | 研削パッド                |    |
| 6 A , 6 B     | 研削砥石                 | 10 |
| 7 A , 7 B     | 研削パッド                |    |
| 8             | 半導体ウェーハ              |    |
| 9             | 支持リング                |    |
| 1 0 A , 1 0 B | 側壁                   |    |
| 1 1 A , 1 1 B | ウォータークッションまたはエアクッション |    |
| 1 2           | リング                  |    |
| 1 3           | 真空                   |    |
| 1 4           | 粗研削目標厚さ              |    |
| 1 5           | 精密研削目標厚さ             |    |
| 1 6           | 目標形状                 | 20 |
| 1 7           | 点接触                  |    |
| 1 8 A , 1 8 B | 引戻し量                 |    |
| 1 9 A , 1 9 B | 送り量                  |    |
| 2 0 A , 2 0 B | 測定手段                 |    |
| 2 1 A , 2 1 B | 角度                   |    |
| 2 2           | 真空                   |    |

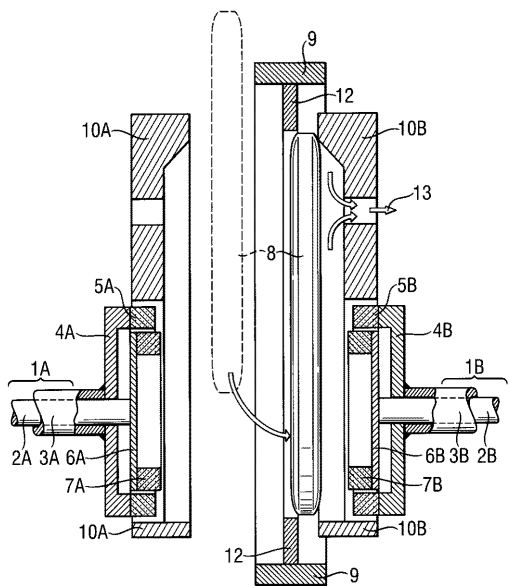
【図1】



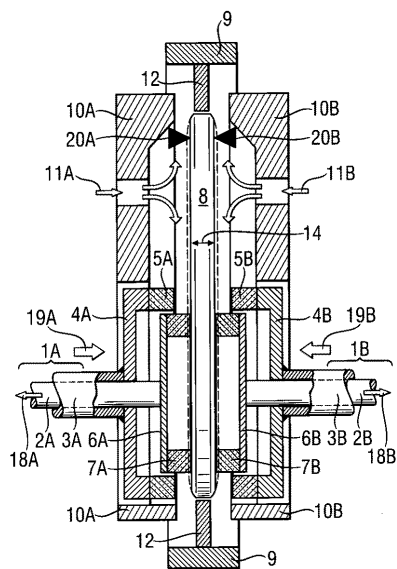
【図2】



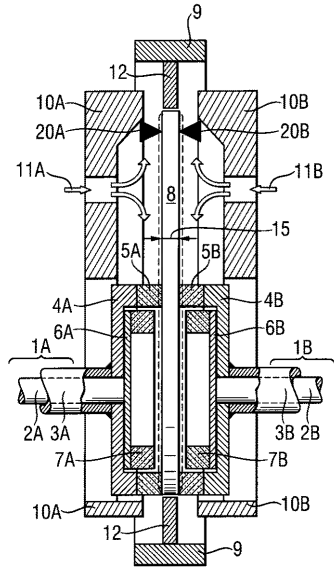
【図3 a】



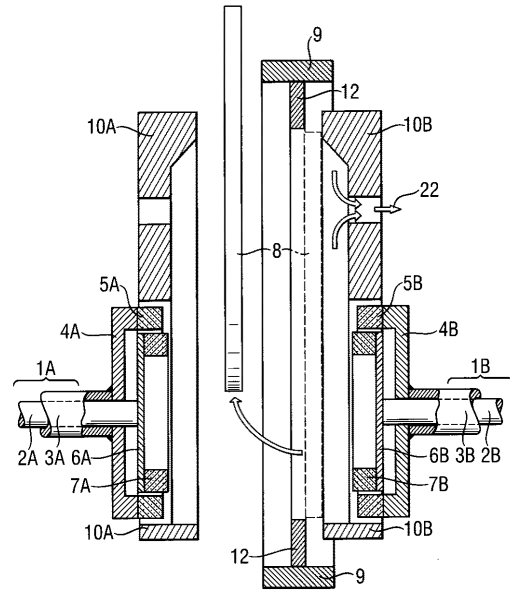
【図3 b】



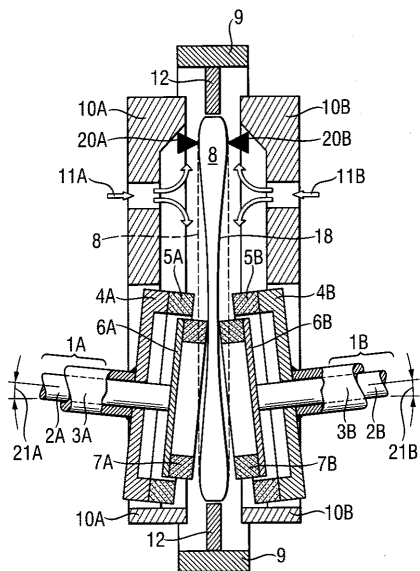
【図 3 c】



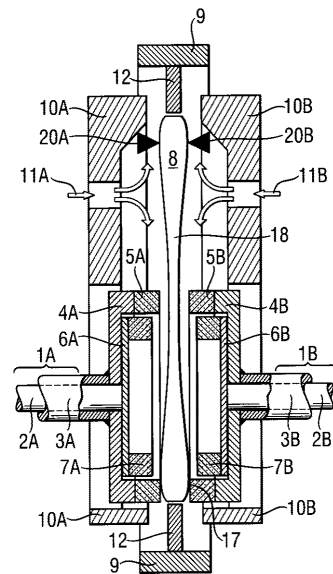
【図 3 d】



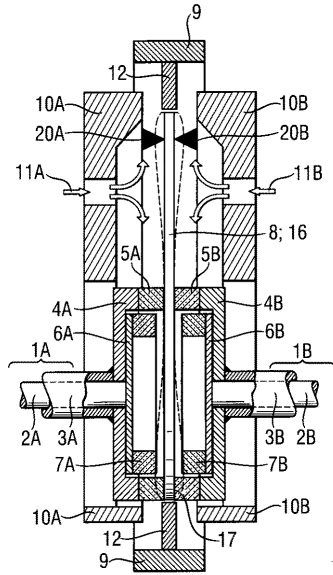
【図 3 e】



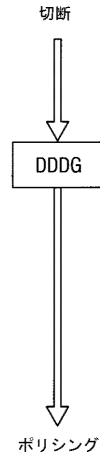
【図 3 f】



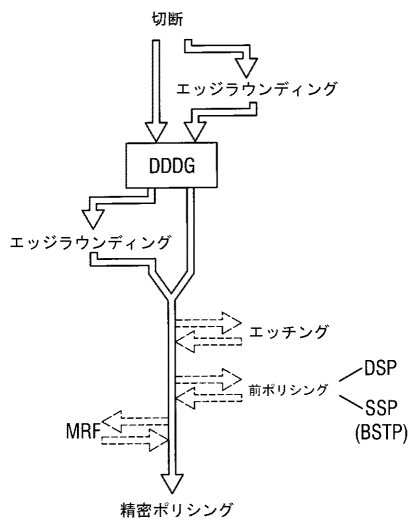
【図 3 g】



【図 4 a】



【図 4 b】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100114890  
弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト
- (74)代理人 230100044  
弁護士 ラインハルト・アインゼル
- (72)発明者 ゲオルク ピーチュ  
ドイツ連邦共和国 ブルクハウゼン ドルフナーヴェーク 18アー
- (72)発明者 ミヒヤエル ケルスタン  
ドイツ連邦共和国 ブルクハウゼン パッハシュトラッセ 44
- (72)発明者 ヴェルナー プラーア  
ドイツ連邦共和国 アルターティンゲ オーバーホルツハウゼン 90アー

審査官 高 辻 将人

- (56)参考文献 特開昭52-143593(JP,A)  
特開2000-198068(JP,A)  
特開平11-254312(JP,A)  
特開平11-254313(JP,A)  
米国特許出願公開第2003/0060050(US,A1)  
国際公開第01/078125(WO,A1)  
特開平10-291146(JP,A)  
特開平08-274050(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/304  
B24B 7/04