

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2001年8月2日 (02.08.2001)

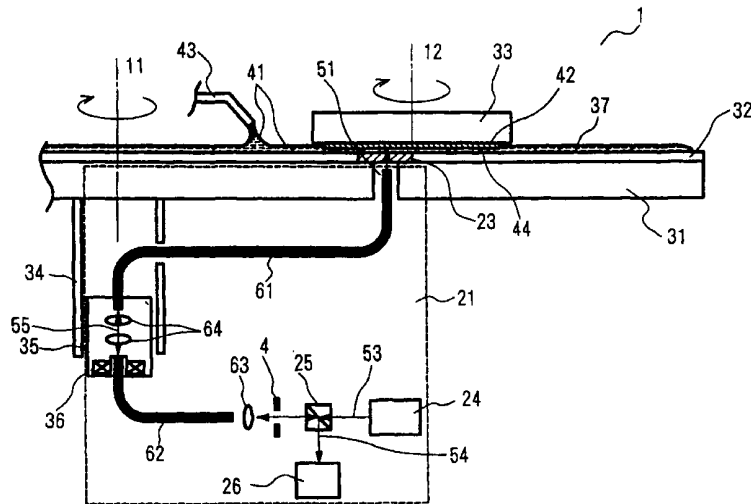
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 01/56068 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/304, B24B 37/04 (SUGIYAMA, Yoshikazu) [JP/JP]. 大内泰司 (OHUCHI, Yasushi) [JP/JP]; 〒100-1005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社 ニコン内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/08992
- (22) 国際出願日: 2000年12月19日 (19.12.2000) (74) 代理人: 細江利昭 (HOSOE, Toshiaki); 〒221-0822 神奈川県横浜市神奈川区西神奈川一丁目3番6号 コーポジ605号 Kanagawa (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2000-15365 2000年1月25日 (25.01.2000) JP (81) 指定国 (国内): CN, KR, SG, US.  
特願2000-354603 2000年11月21日 (21.11.2000) JP (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-1005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP). 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- (72) 発明者; および 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 杉山喜和

(54) Title: MONITOR, METHOD OF MONITORING, POLISHING DEVICE, AND METHOD OF MANUFACTURING SEMI-CONDUCTOR WAFER

(54) 発明の名称: モニタ装置、モニタ方法、研磨装置、及び半導体ウエハの製造方法



(57) Abstract: The end of a second edge of a first optical fiber (62) is inserted into the inner race in the center of a roller bearing (36) and fixed to the inner race. The second edge is fixedly aligned with a predetermined position on a rotating shaft (11) so as to emit probe light and receive the reflected signal light. The probe light emitted from the second edge of a second optical fiber (61) passes through a transparent window (23) and irradiates a substrate (42) to be polished, and the reflected signal light passes again through the transparent window (23) in the opposite direction and enters the second edge of the second optical fiber (61). Thus, even during operation in which the polishing pad of a polishing device rotates, the first optical fiber (62) can be kept from rotating, with the result that nonrotating space is provided for accommodating a light source (24), a beam splitter (25), a photodetector (26), and a first coupling lens (63).

[続葉有]



WO 01/56068 A1



---

(57) 要約:

第1光ファイバ62の第2の端面側の端部が、ロールベアリング状の軸受け36の中央部のインナーレースに差し込まれ、インナーレースに固定されている。この第2の端面側の端面の固定位置は、プローブ光を出射し反射信号光を入射するために、回転軸11上の所定位置に一致するように調整されている。第2光ファイバ61の第2の端面から出射したプローブ光は透明窓23を透過して基板42の被研磨面に照射され、そこから反射した反射信号光は再び透明窓23を逆向きに透過して第2光ファイバ61の第2の端面に入射する。このようにして、研磨装置の研磨定盤が回転している稼働状態においてモニタリングを行う場合でも、第1光ファイバ62を不回転のままとすることができ、その結果、設置スペースを要する光源24、ビームスプリッタ25、光検出器26、及び第1光結合レンズ63を不回転の位置に設置することができる。

## 明 細 書

モニタ装置、モニタ方法、研磨装置、及び半導体ウェハの製造方法

## 技術分野

本発明は、基板、特に半導体製造プロセスにおいて半導体素子が形成された半導体ウェハの研磨中に、研磨状態をモニタするためのモニタ装置、モニタ方法、これらのモニタ装置が組み込まれた研磨装置、及び半導体ウェハの製造方法に関するものである。

## 背景技術

半導体集積回路の止まることを知らない高集積化の動きに伴い、これを製造するための半導体プロセス技術は、益々微細化し、サブ-halfミクロンからクォータミクロン時代に突入している。そのため、光リソグラフィの露光工程の露光装置の開口数が大きく（高NA化）なっており、これに伴い、露光装置の焦点深度がますます浅くなってきている。更に、デバイス構造が3次元化し、電極配線の多層構造化、複雑化の傾向も強まっている。

このような傾向に対応するための重要技術として、近年、半導体プロセスにおける層間絶縁膜のグローバル平坦化技術であるCMP（ケミカル・メカニカル・ポリッシングまたはケミカル・メカニカル・プラナリゼーション）法が注目を集めている。このCMP法に用いられる基板研磨装置は第11図に1として示されるように、基板保持部102に装着した基板（半導体ウェハ）107を、研磨定盤104に固定した研磨パッド103に押しつけながら相対運動を与え、研磨剤供給機構106から供給される研磨剤（スラリー）105の化学的研磨作用と機械的研磨

作用とによって基板表面をグローバルに研磨するものである。

このような基板研磨装置に求められる最も重要な性能の一つとして、研磨の残膜厚の測定と工程終了点の検知がある。この測定精度の善し悪しが、この装置により製造される半導体素子ひいては集積回路の品質を

5 大きく左右するのである。

しかしながら、従来の基板研磨装置は、いずれも既存の装置の延長線上のものであり、高度化する加工精度の要求を十分に満足していないのが現状である。特に、ロット間での残膜厚のバラツキについては、加工時間の設定による管理方法では、単位時間あたりの研磨量（研磨レート）

10 の変動要因、例えば研磨パッドの目詰まりの他に研磨加工圧、研磨剤の供給量、それに基板周辺の温度環境など、その時々に変動するの種々の要因に対応できていない。

また、加工後の残膜厚を専用の測定装置（エリプソメータ等）で測定し、これを基板研磨装置にフィードバックして残膜厚を制御する方法も  
15 行われているが、この方法は測定のために研磨作業を一旦停止しなければならないという欠点の他に、測定によって、研磨済みの基板の正確な残膜厚が得られたとしても、間歇的な測定となるため、上記変動要因がある条件下では、工程終了点の正確な検知ができない。よって、目標の残膜厚を正確に得るという目的を達成することができず、やはりロット  
20 間での膜厚のバラツキが無視できないものになってしまう。

そこで従来、時間管理による研磨終了点の検出法以外にも、研磨加工中に同時に（*i n - s i t u*に）研磨終了点を検出する検出法として、研磨定盤を駆動するモータのトルク変動を利用した検出法が提案されている。これは、研磨終了点において基板の被研磨面の材質が変化したと  
25 きに研磨抵抗が変動することを利用したもので、その研磨抵抗の変動を、モータトルクをモニタすることにより検出し、モータトルクの変化から

研磨終了点を検出するものである。

しかしながら、モータのトルク変動を利用した検出法は、研磨終了点で材質変化が生じるケース（例えば、酸化膜を研磨していく過程で下地のシリコンが露出する場合など）では有効であるが、下方まで同一材質の同一膜の表面の凹凸を高精度（±100nm以下程度）に平坦化した

5 いケースでは、精度的に不十分であるうえ、研磨終了点でモータトルクの変動が顕著に現れないため、実質的に研磨終了点の検出ができなくなってしまう。

そこで、最近では、このようなトルク変動からの終点検出でなく、光

10 学式による終点検出の開発が急がれている。

この光学的終点検出技術の有力例を第12図に示す。第12図において、研磨装置1は、基板保持部102に装着した基板（半導体ウェハ）107を研磨定盤104に固定した研磨パッド103に押しつけながら基板の回転運動100と研磨パッドの回転運動101によって相対運動

15 を与え、研磨剤供給機構106から供給される研磨剤（スラリー）105の化学的研磨作用と機械的研磨作用とによって基板表面をグローバルに研磨する。

本技術は、研磨パッド103と研磨定盤104に開けられた透明窓110を通してモニタ装置109から出射するプローブ光を半導体ウェハ

20 107に向けて照射し、半導体ウェハ107からの反射光をモニタ装置が具える光検出装置が受光することによって工程終了点の検知を行なおうとするものである。

ところが、このような終点検出方法については、従来、原理的な範囲のみの開示に限られていて、具体的な光学系などの構成部材の配置につ

25 いては明確に開示されていなかった。例えば、第12図に示される技術に近い技術として特開平9-36072号公報に記載されるものがある

が、ここには、光学センサの構成についての記載がない。

また、第12図を見れば分かるように、モニタ装置109は、回転する研磨定盤104に固定されなければならない。モニタ装置は光源や光検出器を具えるので、モニタ装置が回転する場合には、これを収納するために研磨定盤104の下部に無視できない大きさの収納スペースを必要とする。このことは、CMP研磨装置の設計上大きな制約となる。

一般に、高価なクリーンルーム内で使用されるCMP研磨装置のような装置は、装置の小型化と軽量化が特に強く要請されるが、このように収納スペースが大きくなることは、設計の自由度を減らすのみならず、CMP研磨装置の小型化・軽量化の大きな障害となる。

#### 発明の開示

本発明の目的は、上記問題点を解決して、実際にどのような材料の基板に対しても高精度に残膜厚の測定または工程終了点の検知を光学的に行うことが可能なモニタ装置、及びモニタ方法を提供することである。

本発明の他の目的は、及びこのモニタ装置を具えた小型且つ軽量で高精度な研磨が可能な研磨装置を提供することである。

本発明の更なる目的は、この研磨装置を用いて半導体ウェハを高精度に研磨して製造する方法を提供することである。

上記目的を達成するための第1の発明は、加工面を有する回転可能な研磨体を具える研磨体部と基板を保持する基板保持部とを具え、回転する前記加工面と前記基板の被研磨面との間に研磨剤を介在させ、双方の間に相対運動を与えることにより前記被研磨面を研磨する際に、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタする装置であって、  
前記プローブ光を発する不回転の光源と、

前記反射信号光を受光する不回転の光検出器と、  
前記研磨体部の回転軸上にある所定の位置に前記プローブ光を入射すると前記所定の位置から前記反射信号光を出射する、前記研磨体部に組み込まれ前記研磨体と一緒に回転可能な回帰光学部と、

5 を具えることを特徴とするモニタ装置である。

ここで、研磨体部とは、研磨体や研磨定盤やシャフトのみならず、回転機構などを具えた機構一式を意味する。

前記目的を達成するための第2の発明は、前記第1の発明であって、さらに、前記回帰光学部が光結合レンズと屈折率 $n_0$ の第2光ファイバ  
10 とを具え、前記モニタ装置が更に不回転の第1光ファイバを具えることを特徴とするものである。

前記目的を達成するための第3の発明は、前記第1の発明であって、さらに、前記モニタ装置が不回転の第1反射鏡を具え、前記回帰光学部が第2反射鏡と第3反射鏡とを具えることを特徴とするものである。

15 前記目的を達成するための第4の発明は、前記第1の発明から第3の発明のいずれかであって、さらに、前記回帰光学部が、更に前記プローブ光を前記被研磨面に向けて透過すると共に前記反射信号光を逆向きに透過する屈折率 $n_1$ の透明窓を具えることを特徴とするものである。

前記目的を達成するための第5の発明は、前記第4の発明であって、  
20 さらに、前記第2光ファイバの端部と前記透明窓とが、 $n_0$ との差が±1.7%以下で且つ $n_1$ との差が±1.7%以下の屈折率の接着剤で接着されていることを特徴とするものである。

前記目的を達成するための第6の発明は、前記第4の発明であって、さらに、前記第2光ファイバの端部と前記透明窓とが、 $n_0$ との差が±  
25 1.7%以下の屈折率の接着剤で接着され、前記透明窓の少なくとも接着部分に前記接着剤と前記透明窓との界面反射を低減するための反射防止

膜が形成されていることを特徴とするものである。

前記目的を達成するための第7の発明は、前記第4の発明であって、さらに、前記回帰光学部が、更に前記透明窓と前記第2光ファイバの端面との間に、前記第2光ファイバの前記端面から出射するプローブ光を  
5 前記被研磨面に照射し、反射信号光を前記第2光ファイバの前記端面に集光するための凸のパワーを持った光学系を具えることを特徴とするものである。

前記目的を達成するための第8の発明は、前記第4の発明であって、さらに、前記回帰光学部が、更に前記透明窓と前記第3反射鏡との間に  
10 前記第3反射鏡から出射するプローブ光を前記被研磨面に照射し、反射信号光を前記第3の反射鏡にリレーするための凸のパワーを持った光学系を具えることを特徴とするものである。

前記目的を達成するための第9の発明は、前記第7の発明であって、さらに、前記光学系の中で最も前記第2光ファイバの前記端面側にある  
15 屈折率  $n_2$  のレンズと前記第2光ファイバの前記端面とが  $n_0$  との差が  $\pm 1.7\%$  以下で、且つ  $n_2$  との差が  $\pm 1.7\%$  以下の接着剤で接着されていることを特徴とするものである。

前記目的を達成するための第10の発明は、前記第7の発明であって、さらに、前記光学系の中で最も前記第2光ファイバの前記端面側にある  
20 屈折率  $n_2$  のレンズと前記第2光ファイバの前記端面とが  $n_0$  との差が  $\pm 1.7\%$  以下の接着剤で接着され、前記屈折率  $n_2$  のレンズの少なくとも接着部分に前記接着剤と前記屈折率  $n_2$  のレンズとの界面反射を低減するための反射防止膜が形成されていることを特徴とするものである。

前記目的を達成するための第11の発明は、前記第7の発明から第1  
25 0の発明のいずれかであって、さらに、前記光学系が、前記被研磨面と光学的に共役な位置に絞りを具えることを特徴とするものである。

前記目的を達成するための第 1 2 の発明は、前記第 2 の発明、第 4 の発明から第 7 の発明、前記第 9 の発明から第 1 1 の発明のいずれかであって、前記第 1 または第 2 光ファイバの少なくとも一つの端面の法線方向が、前記第 1 または第 2 光ファイバの光軸方向に対して非平行とされていることを特徴とするものである。

前記目的を達成するための第 1 3 の発明は、前記第 2 の発明、第 4 の発明から第 7 の発明、前記第 9 の発明から第 1 2 の発明のいずれかであって、前記第 1 または第 2 光ファイバの少なくとも一方が、液体より成るコアを具える光ファイバであることを特徴とするものである。

10 前記目的を達成するための第 1 4 の発明は、回転する加工面と基板の被研磨面との間に研磨剤を介在させ、双方の間に相対運動を与えることにより前記被研磨面を研磨する際に、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタするモニタ方法であって、

15 不回転の光源からプローブ光を発する段階と、  
前記プローブ光を前記加工面と一緒に回転する回帰光学部に入射する段階と、  
前記回帰光学部から出射する反射信号光を不回転の光検出器により受光する段階と、

20 を具えることを特徴とするモニタ方法である。

前記目的を達成するための第 1 5 の発明は、請求の範囲第 1 項から第 1 3 項のうちいずれかのモニタ装置を具えてなることを特徴とする研磨装置である。

前記目的を達成するための第 1 6 の発明は、前記基板が、半導体素子が形成された半導体ウェハであり、第 1 5 の発明の研磨装置を用いて基板の表面を研磨する段階を具えることを特徴とする半導体ウェハの製造

方法である。

本発明のモニタ装置はコンパクトな回帰光学部即ち対物部のみが、研磨装置の回転する研磨体側に設けられ、比較的設置スペースを取る光源や光検出器やビームスプリッタや分光器(分光法の場合)即ち計測部が、  
5 不回転の位置に設けられるので、このモニタ装置を具える研磨装置の設計の自由度が増え、且つ小型軽量化を図ることができ、且つ研磨状態を高精度にモニタできる。

また、本発明のモニタ方法により、研磨状態を高精度にモニタすることのみならず、研磨装置の設計の自由度の向上とコンパクト化を図ることができ、  
10 更にまた、本発明の研磨装置はコンパクトであるのみならず研磨状態を高精度にモニタ可能である。

更にまた、本発明の研磨方法によれば、研磨状態を高精度にモニタするので、研磨される半導体素子等の基板の品質と歩留を大幅に向上できる可能性がある。

15

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の第1の実施の形態である、モニタ装置及び研磨装置の概要図である。

第2図は、本発明の第2の実施の形態である、モニタ装置及び研磨装置の概要図である。  
20

第3図は、本発明の第3、第4の実施の形態の形態である、モニタ装置及び研磨装置の概要図である。

第4図は、本発明の第5の実施の形態であるモニタ装置及び研磨装置の概要図である。

第5図は、本発明の第5の実施の形態であるモニタ装置における凸の  
25 パワーを持った光学系の付近の概要図である。

第 6 図は、本発明の第 6、第 7 の実施の形態であるモニタ装置における凸のパワーを持った光学系の付近の概要図である。

第 7 図は、本発明の第 8 の実施の形態であるモニタ装置における凸のパワーを持った光学系の付近の概要図である。

5 第 8 図は、本発明の第 9 の実施の形態であるモニタ装置における凸のパワーを持った光学系の付近の概要図である。

第 9 図は、本発明の第 10 の実施の形態であるモニタ装置及び研磨装置の概要図である。

第 10 図は、光ファイバの楔状の端部の拡大図である。

10 第 11 図は、CMP 研磨装置の概要図である。

第 12 図は、従来のモニタ装置と研磨装置の関係を示す概要図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明をより詳細に説述するために、添付の図面に従って本発  
15 明の実施の形態について最良と思われるものを説明するが、その内容は本発明の範囲を限定するものでないことは言うまでもない。

[第 1 の実施の形態]

本発明の実施の形態のモニタ装置を組み込んだ状態の研磨装置の概要  
20 図を第 1 図に示す。第 1 図において、21 はモニタ装置であり、プローブ光を発する光源 24、ビームスプリッタ 25、反射信号光を受光する光検出器 26、第 1 光結合レンズ 63、第 1 光ファイバ 62、ロータリージョイント 35、及び第 2 光ファイバ 61 を具える。ロータリージョイント 35 は、第 2 光結合レンズ 64、軸受け 36、及び第 2 光ファイバ 61 の第 1 の端面を固定するための固定座を具える。

25 第 1 光ファイバ 62 の第 2 の端面側の端部が、ロールベアリング状の軸受け 36 の中央部のインナーレースに差し込まれ、インナーレースに

固定されている。この第2の端面側の端面の固定位置は、プローブ光を出射し反射信号光を入射するために、回転軸11上の所定位置に一致するように調整されている。また第2光ファイバ61の第1の端面側の端部は固定座に固定されている。軸受36の OUTER レースはロータリージョイント35の筐体部に固定され、ロータリージョイント35の筐体部はシャフト34の内面に固定されている。このような構造とすることにより、第2光ファイバ61は研磨定盤31と共に回転し、第1光ファイバ62は固定されて回転しない状態とすることができる。

ここで、第2光結合レンズ64と第2光ファイバ61とが回帰光学部を構成しており、この回帰光学部は、必要に応じて更に透明窓23を具備し、更に被研磨面44と合わさって回帰光学系を構成する。「回帰光学系」とは、この回帰光学系内の所定の位置にプローブ光を入射すると、この所定の位置から前記反射信号光を逆向きに出射するものを意味する。

第1光結合レンズ63はプローブ光を第1光ファイバ62の第1の端面に集光し入射するとともに、第1光ファイバ62の第1の端面から出射する反射信号光をビームスプリッタ25に入射する。ここで第1光結合レンズ63は、光伝送のロスをなくすために、第1光ファイバ62とモードマッチングされているようにすることが好ましい。第1光ファイバ62と第2光ファイバ61は、各々第1の端面から入射するプローブ光を伝え、第2の端面から出射させると共に、第2の端面から入射する反射信号光を伝え、第1の端面から出射させる。また、第2光結合レンズ64は第1光ファイバ62の第2の端面から出射するプローブ光を入射させて第2光ファイバ61の第1の端面に集光し入射させると共に、第2光ファイバ61の第1の端面から出射する反射信号光を入射させて第1光ファイバ62の第2の端面に集光し入射させる。ここで第2光結合レンズ64は、光伝送のロスをなくすために第1光ファイバと第2光

ファイバ 6 1 の双方とモードマッチングされているようにすることが好ましい。

第 2 光ファイバ 6 1 の第 2 の端面から出射したプローブ光は透明窓 2 3 を透過して基板 4 2 の被研磨面に照射され、そこから反射した反射信号光は再び透明窓 2 3 を逆向きに透過して第 2 光ファイバ 6 1 の第 2 の端面に入射する。

このようにして、研磨装置の研磨定盤が回転している稼働状態においてモニタリングを行う場合でも、第 1 光ファイバ 6 2 を不回転のままとすることができ、その結果、設置スペースを要する光源 2 4、ビームスプリッタ 2 5、光検出器 2 6、及び第 1 光結合レンズ 6 3 を不回転の位置に設置することができる。このことは、設置場所の制約を少なくするので、研磨装置の小型化に極めて都合がよい。

次に、同じ第 1 図の研磨装置全体の構成を説明する。第 1 図にて 3 1 は研磨定盤、3 2 は研磨定盤 3 1 に固定された研磨体、3 4 は研磨定盤 3 1 がこの回りに回転するシャフト、4 2 は基板、3 3 は基板 4 2 を保持する基板保持部、4 3 は研磨剤供給機構である。

研磨においては、基板 4 2 の被研磨面を加圧機構（不図示）により研磨体 3 2 の加工面に加圧して押し付け、研磨剤供給機構 4 3 により研磨剤 4 1 を供給しながら基板保持部 3 3 を回転（回転軸 1 2 の回りの回転方向のみが示される）し、且つ研磨定盤 3 1 を回転機構（不図示）により回転（回転軸 1 1 の回りの回転方向が示される）することによって基板 4 2 の被研磨面が研磨される。

研磨体 3 2 は、透明窓 2 3 を具えることが好ましい。この透明窓 2 3 はプローブ光及び反射光を透過させる機能と研磨剤が漏れるのを防止する機能とを持つ。この透明窓 2 3 には透過するプローブ光と反射光の界面での反射損失を低減するために少なくとも片面に反射防止膜を形成す

ることが好ましい。

モニタに当たって、光源 2 4 から発したプローブ光はビームスプリッタ 2 5 を透過し、第 1 光結合レンズ 6 3、第 1 光ファイバ 6 2 を経由し、所定の位置にあるその端面から第 2 光結合レンズ 6 4 に向けて出射する。

- 5 このプローブ光は、更に光結合レンズ 6 4、第 2 の光ファイバ 6 1、及び透明窓 2 3 を経由して基板 4 2 の被研磨面に向けて出射する。

- 10 なお、ここで、ビームスプリッタ 2 5 と第 1 光結合レンズ 6 3 との間に絞り 4 を設け、この絞り 4 の開度調整により、第 1 光ファイバ 6 2 に入射するプローブ光の最大入射角度を調整すると共に、基板 4 2 の被研磨面への照射スポットサイズを調整することもできる。

- 15 この被研磨面からの反射信号光は前記経路をプローブ光とは全く逆向きにたどり、第 2 光結合レンズ 6 4 を介して、その第 2 の端面を所定の位置に置いた第 1 の光ファイバ 6 2 の端面に入射して、光ファイバ 6 2 を透過する。そして、第 1 光結合レンズ 6 3 を透過し、ビームスプリッタ 2 5 で反射され、光検出器 2 6 に入射して信号として検出される。この反射信号光の変化により被研磨面の研磨状態がモニタされる。

ここで、透明窓 2 3 は回転軸 1 1 の回りに回転しているので、プローブ光が基板 4 2 の被研磨面に照射され、反射信号が取得されるのは透明窓 2 3 が被研磨面の下に回転して来たときである。

- 20 本モニタ装置はロータリージョイント 3 5 を具えるので、研磨装置の回転部に設置することが可能となり、非常に汎用性が高い。

#### [第 2 の実施の形態]

- 25 本実施の形態のモニタ装置を組み込んだ状態の研磨装置の概要図を第 2 図に示す。第 2 図に示される研磨装置自体は、第 1 図に示したものと同じであるので、同じ構成要素には同じ符号を付して、その動作の説明を省略する。

第2図にて、21はモニタ装置であり、プローブ光を発する光源24、ビームスプリッタ25、反射信号光を受光する光検出器26、第1反射鏡27、第2反射鏡28、及び第3反射鏡29を具える。この第1反射鏡27のプローブ光の反射位置は反射信号光を入射するための所定位置  
5 に一致するように、更に反射プローブ光が回転軸11に一致するように調整されている。

ここで、第2反射鏡28と第3の反射鏡29とが回帰光学部を構成している。この回帰光学部は、必要に応じて更に透明窓23を具え、更に被研磨面44と合わさって回帰光学系を構成する。

10 第1反射鏡27は、ビームスプリッタ25から出射するプローブ光を第2反射鏡28に向けて出射するとともに、第2反射鏡28から出射する反射信号光をビームスプリッタ25に向けて出射する。第2反射鏡28は、第1反射鏡27から出射するプローブ光を第3反射鏡29に向けて出射するとともに、第3反射鏡29から反射して出射する反射信号光  
15 を第1反射鏡27に向けて出射する。第3反射鏡29から出射したプローブ光は透明窓23を通り基板42の被研磨面に照射され、そこからの反射信号光は再び透明窓23を逆向きに透過して第3反射鏡に入射し第2反射鏡28に向けて反射される。そして、第1反射鏡27を介してビームスプリッタ25で反射され、光検出器26に入射して信号として検  
20 出される。この反射信号光の変化により被研磨面の研磨状態がモニタされる。

このようにして、前記第1の実施の形態と同様、研磨装置の研磨定盤が回転している稼働状態においてモニタリングを行う場合でも、第1反射鏡27、光源24、ビームスプリッタ25、及び光検出器26を不回転  
25 の位置に設置することができるので、研磨装置の小型化に極めて都合がよい。

第2反射鏡28はシャフト34の内部に組み込まれて、シャフト34と一緒に回転するようにされている。回転する第2反射鏡28は、不回転の第1反射鏡27から反射して来るプローブ光を回転しながら受け、第2反射鏡28と同じ角速度で回転する第3反射鏡29に向けてプローブ光を出射する。また、同様に回転する第2反射鏡28は、第2反射鏡28と同じ角速度で回転する第3反射鏡29から出射する反射信号光を回転しながら受け、不回転の第1反射鏡27に向けて出射する。

モニタに当たって、光源24から発したプローブ光はビームスプリッタ25を透過し、所定位置に設けた第1反射鏡27、第2反射鏡28、第3反射鏡29、及び透明窓23を経由して基板42の被研磨面に向けて出射する。この被研磨面からの反射信号光は前記経路をプローブ光とは全く逆向きに辿り、所定位置に設けられた第1反射鏡27を反射し、ビームスプリッタ25を反射して光検出器26に入射して検出される。この反射信号光の変化により被研磨面の研磨状態がモニタされる。

ここで、透明窓23は回転軸11の回りに第2反射鏡28と第3反射鏡29と一緒に回転しているため、プローブ光が基板42の被研磨面に照射され、反射信号が取得されるのは透明窓23が被研磨面の下に回転して来たときである。

#### [第3の実施の形態]

本実施の形態は、第2光ファイバ61の端面が透明窓23に接着剤を用いて接着されている点でのみ第1の実施の形態と異なる。

第1図の概要図に示された第1の実施の形態では、第2光ファイバ61から出射したプローブ光を直接、基板42の被研磨面に照射してその反射信号光を再び第2光ファイバ61の端面に入射させる。しかし、第2光ファイバ61から出射するプローブ光は発散光であり、しかも透明窓とファイバの端面との間には間隙があり、無視できない程度にこの間

の距離が離れているので、反射信号光は光発散のために少なからず失われ、第2光ファイバ61に入射する光量は減少してしまう。

その対策として、本実施の形態では、第2光ファイバ61の端面を透明窓23に接着剤を用いて接着するようにしている。すなわち、第2光ファイバの端面の屈折率を $n_0$ とし、透明窓23の屈折率を $n_1$ とするとき、 $n_0 \pm 1.7\%$ の範囲内で且つ $n_1 \pm 1.7\%$ の範囲内の屈折率を有する接着剤70で第2光ファイバ61の端面と透明窓23とを接着する。この実施の形態の概要を第3図に示す。

このようにすることにより、第2光ファイバ61の端面を基板42の被研磨面に近づけることだけでなく、同時に透明窓23の界面と第2光ファイバ61の端面での反射損失を減少させることもできる。ファイバ端面の反射損失を減少させるためには、第2光ファイバ61の端面に反射防止膜を形成する方法が考えられる。しかし、光ファイバの端面が非常に小さくて細長い形状をしているために、通常の真空蒸着法により反射防止膜を形成することが困難であって、製造コストが高いという問題がある。また、光ファイバ端面での反射損失を減少させても、透明窓の表面の反射損失の問題が残る。これに対し、本実施の形態の接着の方法はコストの点からも優れている。

異なる屈折率 $n$ と屈折率 $n'$ の透明物体の界面での反射率 $R$ は、一般に

$$R = \left\{ \frac{n - n'}{n + n'} \right\}^2$$

で与えられ、 $n = 1.5$ とすると、 $n' = 1.0$ の空気との界面の反射率は約4%となる。しかしながら、この界面の屈折率差が小さくなると界面の反射率は低下する。今、 $n_0$ に対して、その差が1.7%以下の屈折率を有し、且つ $n_1$ に対して、その差が1.7%以下の屈折率を有する接着剤で光ファイバ61の端面と透明窓23とを接着した場合は、ファイバと

接着剤の界面のみならず、接着剤と透明窓 2 3 の界面での反射率を各々約 1 % 以下に減少できる。その結果反射信号光を増やすことができる。

[第 4 の実施の形態]

5 本実施の形態は、透明窓 2 3 の表面に接着剤と透明窓との界面の反射を減らすための反射防止膜が施されている点でのみ第 3 の実施の形態と異なる。

第 3 の実施の形態では、第 2 光ファイバの端面の屈折率を  $n_0$  とし、透明窓 2 3 の屈折率を  $n_1$  とするとき、 $n_0 \pm 1.7\%$  の範囲内で且つ  $n_1 \pm 1.7\%$  の範囲内の屈折率を有する接着剤 7 0 で第 2 光ファイバ 6 1 の端面と透明窓 2 3 とを接着する。しかしながら、 $n_0$  と  $n_1$  の値によっては  $n_1 \pm 1.7\%$  の屈折率条件を充たす適当な接着剤が見つからない場合がある。この場合には透明窓 2 3 の表面に接着剤と透明窓との界面の反射を減らすための反射防止膜を形成する。本実施の形態は、第 3 図に示される第 3 の実施の形態における透明窓 2 3 の表面に反射防止膜（図示せず）を設けたものである。

このようにすることにより、接着剤選択の自由度を増やすことができ、且つ接着剤との 2 つの界面での反射率を十分に低減することができ、その結果反射信号光を増やすことができる。

[第 5 の実施の形態]

20 本実施の形態の全体の概要図を第 4 図に示し、第 5 図には光学窓付近の光学系を示す。本実施の形態は、第一の実施の形態とは、第 2 光ファイバの端面と透明窓との間に凸パワーを持つ光学系 2 2 を配置している点のみが異なる。光学系 2 2 は複数のレンズで構成されることもあるが、本図では 1 個のレンズのみが代表的に示されている。

25 第 3、第 4 の実施の形態により、第 2 光ファイバ 6 1 の端面、透明窓 2 3 の表面での反射損失を低減できるが、第 3 の実施の形態で説明した

ように第2光ファイバから出射するプローブ光は発散光であり、透明窓23は無視できない厚みを持っているので、この間をプローブ光そして反射信号光が進む間に光は発散してしまい、第2光ファイバ61の端面には一部の光しか入射できない。

- 5 第5図において、この凸のパワーを持った光学系22は、第2の光ファイバ61の端面位置が基板42の被研磨面に対して再び光学的に共役になるように設計されている。つまり、第2光ファイバ61の端面から放射されたプローブ光が、凸のパワーを持った光学系22により屈折して、被研磨面に照射され、反射された信号光が再び凸のパワーを持った
- 10 光学系22で逆向きに屈折される結果、第2光ファイバ61の端面位置に、出射したときの端面形状の等倍の像を結ぶ。

更にこの凸のパワーを持った光学系22は、第2光ファイバ61の入出射に対してモードマッチさせて光ロスがないようにされていることが好ましい。このようにすれば、原理的に、被研磨面で反射した信号光を

15 全て第2光ファイバ61に取り込むことができ、その結果、反射信号光を増やすことができる。

#### [第6の実施の形態]

- 第6図に、本実施の形態の光学窓付近の光学系の概要を示す。本実施の形態は第5の実施の形態とは光学系22の中のうち最も第2の光ファイバの端面側にあるレンズ220と第2の光ファイバの端面とが接着剤70で接着されている点のみが異なる。光学系22は複数のレンズで構成されている場合もあるが、第6図では、このような場合でも、代表して単一のレンズで示している。ここでも第3の実施の形態と同様に屈折率条件が要求され、第2の光ファイバの端面の屈折率を $n_0$ とし、レンズ220の屈折率を $n_2$ とするとき、 $n_0 \pm 1.7\%$ の範囲内で且つ $n_2 \pm 1.7\%$ の範囲内の屈折率を有する接着剤70で第2光ファイバ61の端面
- 20
- 25

とレンズ 220 とを接着することが好ましい。

このようにすることにより、第 2 光ファイバ 61 の端面での界面反射とレンズ 220 の接合面側の界面の光の反射を低減することができ、その結果反射信号光を増やすことができる。

5 [第 7 の実施の形態]

本実施の形態は、レンズ 220 の表面に接着剤とレンズ 220 との界面の反射を減らすための反射防止膜が施されている点のみが第 6 の実施の形態と異なる。すなわち、第 6 図において、レンズ 220 の表面に反射防止膜（図示せず）を施したものである。

- 10 第 6 の実施の形態では、第 2 光ファイバの端面の屈折率を  $n_0$  とし、レンズ 220 の屈折率を  $n_2$  とするとき、 $n_0 \pm 1.7\%$  の範囲内で且つ  $n_2 \pm 1.7\%$  の範囲内の屈折率を有する接着剤 70 で第 2 光ファイバ 61 の端面とレンズ 220 とを接着する。しかしながら、 $n_0$  と  $n_2$  の値によっては  $n_2 \pm 1.7\%$  の屈折率条件を充たす適当な接着剤が見つからない場合がある。この場合にはレンズ 220 の表面に接着剤 70 とレンズ 200 との界面の反射を減らすための反射防止膜を形成する。

このようにすることにより、接着剤選択の自由度を増やすことができ、且つ接着剤との 2 つの界面での反射率を十分に低減することができ、その結果反射信号光を増やすことができる。

20 [第 8 の実施の形態]

- 本実施の形態の光学系 22 の付近の様子を第 7 図に示す。本実施の形態は第 5 の実施の形態とは光学系 22 をより発展させた点のみが異なる。第 7 図において、光学系 22 は前群光学系 221 と後群光学系 222 とを具え、更に絞り 14 を具える。絞り 14 は、前群光学系 221 の中で基板 42 の被研磨面と光学的に共役な位置に設けられる。

第 2 光ファイバ 61 からの光の出射方向は、ファイバが曲がるなどす

ると変わることがある。すると第5の実施の形態のモニタ装置の場合、光の照射位置がずれるなどして測定誤差の原因となる。光学系22の中に設けられる絞り14は、第2光ファイバ61からの光束を整えるために設けられる。そのために、絞り14の開口部の大きさは光ファイバ61から出射する光束の大きさよりも若干小さくされている。

このようにすることにより、第2光ファイバ61から出射するプローブ光の光束の方向が多少変化しても、この絞り14を通過した光束の方向と大きさを安定させることができるので、基板42の被研磨面上へのプローブ光の照射位置と照射範囲とを一定に保つことができる。更にこの絞りの寸法または形状を変えることにより被研磨面への照射スポットの寸法または形状を調整できるので、測定対象の半導体デバイスのパターンに適合させることができる。なおこのような絞り14を設ければ、  
10 図1、図3、図4に示す絞り4は無くてもよい。

また、本実施の形態と第6または第7の実施の形態とを組み合わせる  
15 用いることが好ましい。

本実施の形態によれば、被研磨面で反射した信号光を全て光学系22により受けて、第2光ファイバ61に取り込むことにより、反射信号光を増やすことが出来るのみならず、基板42の被研磨面へのプローブ光の照射位置と寸法を常に一定に保つことができるので、測定を精度良く  
20 行うことができ、更に絞り14の寸法の調整により半導体デバイスの多様なパターンに対応することができる。

#### [第9の実施の形態]

本実施の形態の概要図を第8図に示す。本実施の形態は第2の実施の形態とは、第3の反射鏡29と透明窓23との間に凸パワーを持つ光学系22を配置している点のみが異なる。光学系22は複数のレンズで構成されることもあるが、本図では単に四角のブロックで示されている。  
25

第2の実施の形態では光源24から発せられたプローブ光は基板42の被研磨面に到達するまでの間に発散してしまうことがあり、所要サイズのスポットとして被研磨面に照射できない場合があるので、この凸パワーを持つ光学系22により所望のサイズのスポットに絞り込む。

- 5     なお、必要に応じて、第1反射鏡と第2反射鏡との間、または第2反射鏡と第3反射鏡との間にリレー光学系を別に設けてもよい。このようにして半導体デバイスの多様なパターンに対応することができるのみならず、反射信号光を光学系の光路から逃さないで無駄なく光検出器26により受光することができる。
- 10     このようにして比較的設置スペースを取るビームスプリッタ25、光源24、分光器を含む光学系（分光反射信号を検出する場合）、光検出器を研磨装置から離して設置することができる。そして、研磨装置側には被研磨面にプローブ光を安定的に伝達・照射し、且つ反射信号光を安定的に受光して回転軸上の所定位置まで安定的に伝達するための、ファイ
- 15     バまたは反射鏡またはレンズ等を具える、コンパクトな回帰光学部のみを設置すればよい。よって、本モニタ装置を研磨装置に用いれば、研磨装置を大型化することなく且つ高精度に研磨状態をモニタすることができる。また本モニタ方法によれば、研磨装置を大型化することなく且つ高精度に研磨状態をモニタすることができる。更にまた、本モニタ装置
- 20     が組み込まれた研磨装置は小型且つ軽量であり、また高精度に研磨状態をモニタすることができる。この研磨装置を半導体素子が形成された半導体ウェハの研磨に用いれば、高精度に研磨状態がモニタされた半導体ウェハが得られる。

[第10の実施の形態]

- 25     第1、第3、第4、第5、第6、第7、及び第8の実施の形態においてファイバの端面における光反射が問題になることあった。例えば第1

の実施の形態に於いて、第 1 の光ファイバの第 1 の端面と第 2 の端面で、及び第 2 の光ファイバの第 1 の端面と第 2 の端面で反射した反射プローブ光は基板 4 2 の方向とは逆方向に伝搬し、ノイズ光（フレア光）として光検出器に入射してしまうことがある。

- 5 第 1、第 2 の光ファイバのコアの屈折率を 1.45、外部の屈折率を 1.00 とすると各端面における反射率は約 3.4% である。プローブ光や反射信号光の強度は研磨剤 4 1 による散乱損失や他の光学系による伝搬途中での損失により、またはある種類のウェハの低い反射率特性により、大きく低減することがあるので、光検出器 2 6 に最終的に入射する反射信号
- 10 光の強度は、プローブ光の光ファイバを伝搬する段階時の強度よりも大きく低減することがある。よって、4% という反射率は無視できない値である。

- このノイズ光は信号の S/N 比を低下させるので、残膜厚の測定、または研磨終了点の検知等の研磨状態の測定の測定精度を悪化させること
- 15 がある。

- 本実施の形態は以上の問題を解決するために行われたものであり、第 1、第 3、第 4、第 5、第 6、第 7、及び第 8 の実施の形態の変形例である。これらの実施の形態との違いは光ファイバの端面の方向にある。第 1 の実施の形態では光ファイバの端面の方向が光ファイバの光軸方向
- 20 に対して規定されていなかった。本実施の形態では光ファイバの端面の法線方向を光ファイバの光軸方向に対して非平行とした。特に端面が接着されていない場合にその端面の法線方向を光ファイバの軸方向に対して非垂直とすることが好ましい。

- 第 9 図と第 10 図に示すのは本実施の形態の一例の概要図である。第
- 25 9 図は、第 1 の実施例を示す第 1 図の第 2 光ファイバ 6 1 の端部 6 5 が楔状にされ、端部 6 5 に於いて第 2 の光ファイバの軸が基板の法線とは

非平行にされている点でのみ第1図に示された実施の形態と異なる。

第10図は第9図の第2光ファイバ61の端部65の拡大図である。61は第2光ファイバ、71はこの光ファイバの軸であり、この軸に沿ってプローブ光と反射信号光が伝搬する。72はプローブ光の伝搬方向、75は反射信号光の伝搬方向である。76は第2の光ファイバ61から出射する出射プローブ光及び第2の光ファイバ61へ入射する反射信号光の光軸を示す。73は出射プローブ光の伝搬方向、74は反射信号光の伝搬方向である。77は第2の端面73の法線、78は端面の傾き角（楔角）であり、光ファイバの軸71と第2の端面80の法線80のなす角度である。

傾き角78はコアの屈折率が1.45の石英ファイバの場合、8度とされる。この角度はプローブ光の第2の端面80への入射角にも等しいので、入射角と呼ぶこともあり、また反射信号光の第2の端面に対する屈折角にも等しいので屈折角と呼ぶこともある。81は出射プローブ光の出射時の屈折角に相当する角度であり、11.6度である。また、82はプローブ光が第2の端面80に於いて反射するときの反射角であり、入射角78に等しく、83は反射プローブ光の方向である。

プローブ光が第2の光ファイバに到る迄の説明は第1の実施の形態の場合と同様であるので省略する。第2の光ファイバ61の軸71に沿って方向72に向かって伝搬するプローブ光は入射角78で第2の端面80に入射し、屈折角81で屈折されて出射すると共に一部のプローブ光は反射角82で反射する。屈折したプローブ光は方向73に伝搬し、基板42の被研磨面に入射する。

方向73と被研磨面の法線方向とは垂直に調整されているので、ここからの反射信号光は光軸76に沿って方向74に伝搬し、第2の端面80に於いて第2の光ファイバに入射角81、屈折角78で入射し、軸7

1 に沿って方向 7 5 に伝搬する。また、8 3 方向に反射された反射プローブ光は光ファイバの軸 7 1 に対して 1 6 度と大きく傾いているためにこの第 2 の光ファイバ 6 1 の伝搬モードを形成せず、第 2 の光ファイバ 6 1 を伝搬中に放射されて失われる。この後の反射信号光の進行は第 1 5 の実施の形態と同様であるので、説明を省略する。このようにして反射信号光は光検出器 2 6 に入射して信号として検出される。この反射信号光の変化により被研磨面の研磨状態がモニタされる。

本実施の形態では第 2 の光ファイバの第 2 の端面 8 0 に於けるプローブ光の反射光が光検出器 2 6 に入射することがないので、反射信号光の 10 S/N 比を高めることができ、残膜厚の測定、または研磨終了点の検知等の研磨状態の測定の測定精度を第 1 の実施の形態よりも向上させることができる。

以上の説明では、簡単のために、第 1 の実施の形態の変形例として、第 2 の光ファイバ 6 1 の第 2 の端面 8 0 のみが軸に対して非垂直とされている場合を説明した。非垂直とする端面はこの他に第 2 の光ファイバ 15 6 1 の第 1 の端面、第 1 の光ファイバ 6 2 の第 1 の端面または第 2 の端面の何れであってもよく、これらの端面のどれか一つ以上が非垂直とされていればよく、全部の端面が非垂直とされていてもよい。

一般に非垂直とする端面の数が多い程、信号の S/N 比を高めること 20 ができ、残膜厚の測定、または研磨終了点の検知等の研磨状態の測定の測定精度を向上させることができる。どの端面を非垂直とするか、またいくつの端面を非垂直とするかは、各端面を非垂直にしたときのフレア光の低減効果と、必要な測定精度と、追加コストとのバーゲンから決定される。また、本実施の形態は第 1 の実施の形態の他に、第 3、第 4、 25 第 5、第 6、第 7、及び第 8 の実施の形態にも光ファイバの端面を光ファイバの軸に対して非垂直にすることにより類似な方法で適用できる。

以上の説明では光ファイバの端面を光ファイバの軸に対して非垂直にすることによりフレア光を減らしたが、第10の実施の形態の変形例として端面を特に光ファイバの軸に対して非垂直にせずに各端面に反射防止膜を施しても類似の効果が得られる。この例の一部は前の実施の形態5に既に開示されている。この場合反射防止膜の残留反射光のためにフレア光を完全には零にすることができないので、効果は端部を楔状にした場合に及ばないが、光学部品の配置等に制約がある場合に必要に応じて施される。

[第11の実施の形態]

10 本実施の形態は、光ファイバ61、62として液体より成るコアを具える光ファイバを用いている点でのみ第1、第3、第4、第5、第6、第7、第8、及び第10の実施の形態と異なる。本実施の形態で用いられる光ファイバは可撓性のある透明樹脂等から成る円筒形状のクラッド材の中に、クラッド材よりも高屈折率のコア材としての液体が注入され

15 て構成され、極めて可撓性に優れる。また、光ファイバの断面積に占めるコア一部分の面積比が、細い光ファイバを複数本束ねたバンドルファイバよりも高いので、バンドルファイバよりも高透過率である。

さらに、クラッド材とコア材に対する材料選定の自由度が高いので、クラッド材とコア材の屈折率差をバンドルファイバよりも大きくすることができ、その結果バンドルファイバよりも大幅に高NAを得ることが出来る。本実施の形態の光ファイバとしては、プネウム（株）製のリキッドライトガイドを用いることが好ましい。

20

本実施の形態では、光ファイバの可撓性が極めて高く、小さな曲率半径で曲げて折れないので、研磨体部に組み込むときの自由度が高い結果、モニタ装置または研磨装置のコンパクト化を図ることができる。さらに、光ファイバの光透過率が高いので、放射光強度が低いコンパクト

25

な光源で同じ反射信号光を得ることができ、モニタ装置のコンパクト化を図ることができる。また、光ファイバが高NAであるので、容易に高効率の光結合を実現することができ、光学系の設計に対する自由度が高い。

- 5 以上説明した第1～第11の実施の形態で、モニタ装置の構成要素は回転する部材と不回転の部材とに分離して説明したが、不回転の部材の部分のみでも本発明のモニタ装置を構成することは言うまでもない。このとき、他の回転する部材は研磨装置を構成する。

- また、以上説明した第1～第11の実施の形態に共通して、研磨状態  
10 のモニタのために、残膜厚の測定または工程終了点の検知が行われる。また、反射信号光としては、好ましくは分光反射信号光が検知され、このために、光検出器26の前に分光器（不図示）が配置される。この分光計測の結果を不図示のA/Dコンバータ、等により不図示の信号処理部  
15 反射信号の変化を高精度に検出するために、好ましくは分光反射信号から演算されたパラメータを利用するか、または分光反射特性の参照値と分光反射特性の測定値との相互相関関数等を用いて比較を行う。

- さらに、モニタ装置は、被研磨面のパターン寸法に対応してパターン干渉の程度を制御するために、好ましくは空間コヒーレンス長を制御す  
20 るための絞り（不図示）を光源24に具える。更にまた、反射光から1次以上の回折成分を除き、0次光のみを分光反射信号として検出するために好ましくは光検出器26の前に絞り（不図示）が配置される。これら空間コヒーレンス長の制御技術及び0次光抽出技術については特開2  
000-40680号公報、特開2000-241126号公報、特開  
25 2000-186917号公報及び特開2000-186918号公報に開示されている。

さらにまた、本発明のモニタ装置は、光路中（例えば光路52、光学系22、計測部、等）に有害な外光が入って測定に悪影響を与えないように内部を艶消し吸光塗料等で塗装したパイプ等で覆うことが好ましい。

このように本モニタ装置は、その光学系が、静止部分と、回転する研磨定盤31とシャフト34に固定されて回転する部分とに分けられ、静止部分と回転する部分とが光結合されている。ここで、光結合は、光学系の静止部分から出射した光が光損失なく回転する部分に伝わり、回転部分から出射した光が光損失なく静止部分に伝わることを意味している。

このようにして比較的設置スペースを取るビームスプリッタ25、光源24、分光器を含む光学系（分光反射信号を検出する場合）、光検出器を研磨装置から離して設置することができる。そして、研磨装置側には被研磨面にプローブ光を安定的に伝達・照射し、且つ反射信号光を安定的に受光して回転軸上の所定位置まで安定的に伝達するための、ファイバまたは反射鏡またはレンズ等を具える、コンパクトな回帰光学部のみを設置すればよい。よって、本モニタ装置を研磨装置に用いれば、研磨装置を大型化することなく且つ高精度に研磨状態をモニタすることができる。また本モニタ方法によれば、研磨装置を大型化することなく且つ高精度に研磨状態をモニタすることができる。更にまた、本モニタ装置が組み込まれた研磨装置は小型且つ軽量であり、また高精度に研磨状態をモニタすることができる。この研磨装置を半導体素子が形成された半導体ウェハの研磨に用いれば、高精度に研磨状態がモニタされた半導体ウェハが得られる。

#### 産業上の利用可能性

25 本発明に係るモニタ装置及びモニタ方法は、主としてCMP研磨装置において、研磨状況をモニタリングするのに用いることができる。また、

本発明に係る研磨装置は、半導体回路を有するウェハを研磨するために用いるのに好適である。さらに、本発明に係る半導体ウェハの製造方法は、半導体ウェハを歩留良く製造するために用いるのに好適である。

## 請求の範囲

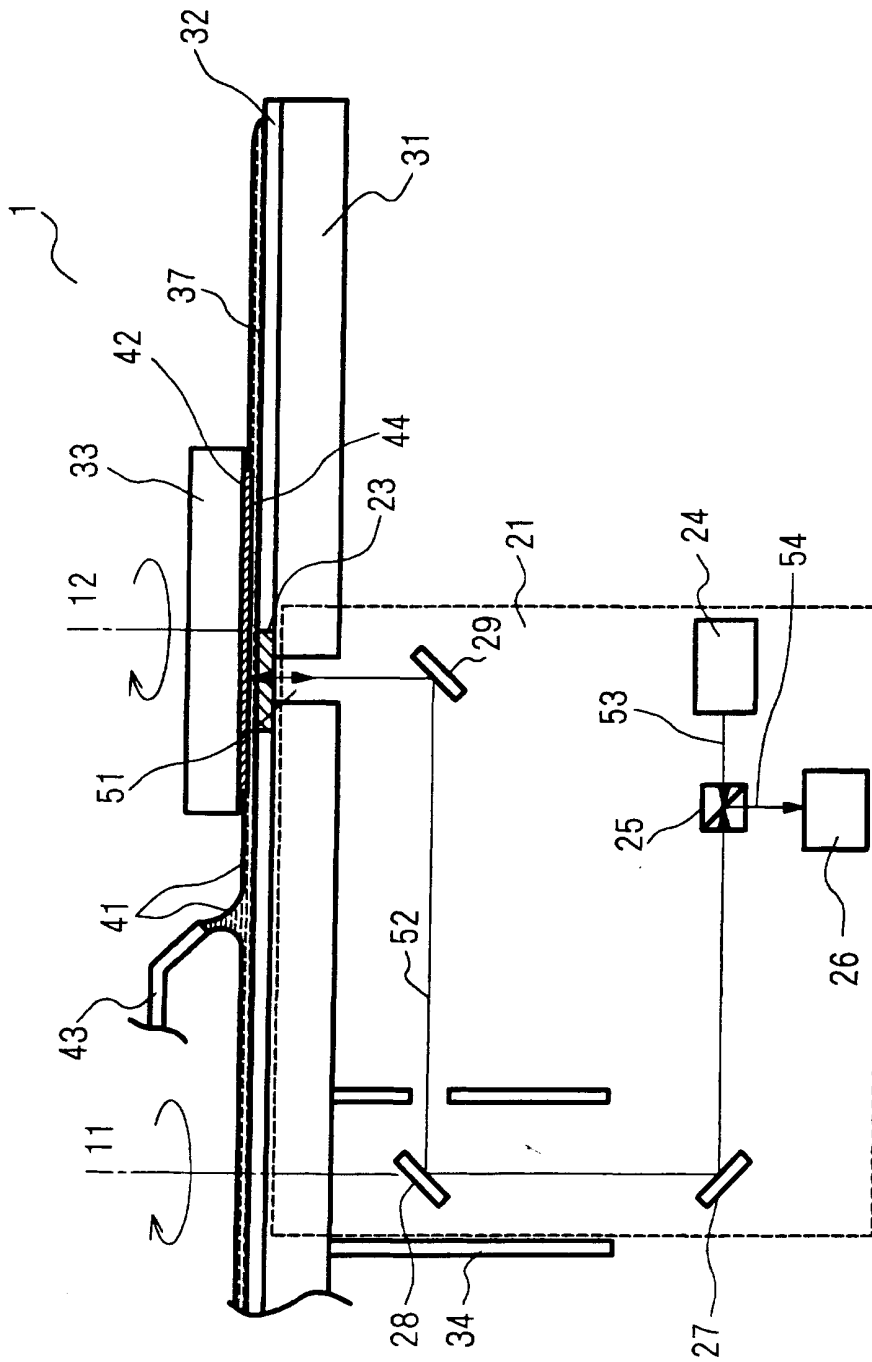
1. 加工面を有する回転可能な研磨体を具える研磨体部と基板を保持する基板保持部とを具え、回転する前記加工面と前記基板の被研磨面との間に研磨剤を介在させ、双方の間に相対運動を与えることにより前記被研磨面を研磨する際に、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタする装置であって、
- 5 前記プローブ光を発する不回転の光源と、  
前記反射信号光を受光する不回転の光検出器と、
- 10 前記研磨体部の回転軸上にある所定の位置に前記プローブ光を入射すると前記所定の位置から前記反射信号光を出射する、前記研磨体部に組み込まれ前記研磨体と一緒に回転可能な回帰光学部と、  
を具えることを特徴とするモニタ装置。
2. 前記回帰光学部が光結合レンズと屈折率  $n_0$  の第2光ファイバとを具え、前記モニタ装置が更に不回転の第1光ファイバを具えることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のモニタ装置。
- 15 3. 前記モニタ装置が不回転の第1反射鏡を具え、前記回帰光学部が第2反射鏡と第3反射鏡とを具えることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のモニタ装置。
- 20 4. 前記回帰光学部が、更に前記プローブ光を前記被研磨面に向けて透過すると共に前記反射信号光を逆向きに透過する屈折率  $n_1$  の透明窓を具えることを特徴とする請求の範囲第1項から請求の範囲第3項のうちいずれか1項に記載のモニタ装置。
5. 前記第2光ファイバの端部と前記透明窓とが、 $n_0$  との差が  $\pm 17\%$
- 25 以下で且つ  $n_1$  との差が  $\pm 17\%$  以下の屈折率の接着剤で接着されていることを特徴とする請求の範囲第4項に記載のモニタ装置。

6. 前記第2光ファイバの端部と前記透明窓とが、 $n_0$ との差が±17%以下の屈折率の接着剤で接着され、前記透明窓の少なくとも接着部分に前記接着剤と前記透明窓との界面反射を低減するための反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求の範囲第4項に記載のモニタ装置。
- 5 7. 前記回帰光学部が、更に前記透明窓と前記第2光ファイバの端面との間に、前記第2の光ファイバの前記端面から出射するプローブ光を前記被研磨面に照射し、反射信号光を前記第2光ファイバの前記端面に集光するための凸のパワーを持った光学系を具えることを特徴とする請求の範囲第4項に記載のモニタ装置。
- 10 8. 前記回帰光学部が、更に前記透明窓と前記第3反射鏡との間に前記第3反射鏡から出射するプローブ光を前記被研磨面に照射し、反射信号光を前記第3の反射鏡にリレーするための凸のパワーを持った光学系を具えることを特徴とする請求の範囲第4項に記載のモニタ装置。
9. 前記光学系の中で最も前記第2光ファイバの前記端面側にある屈折
- 15 率 $n_2$ のレンズと前記第2光ファイバの前記端面とが $n_0$ との差が±17%以下で、且つ $n_2$ との差が±17%以下の接着剤で接着されていることを特徴とする請求の範囲第7項に記載のモニタ装置。
10. 前記光学系の中で最も前記第2光ファイバの前記端面側にある屈折率 $n_2$ のレンズと前記第2光ファイバの前記端面とが $n_0$ との差が±
- 20 17%以下の接着剤で接着され、前記屈折率 $n_2$ のレンズの少なくとも接着部分に前記接着剤と前記屈折率 $n_2$ のレンズとの界面反射を低減するための反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求の範囲第7項に記載のモニタ装置。
11. 前記光学系が、前記被研磨面と光学的に共役な位置に絞りを具える
- 25 ことを特徴とする請求の範囲第7項から請求の範囲第10項のうちいずれか1項に記載のモニタ装置。

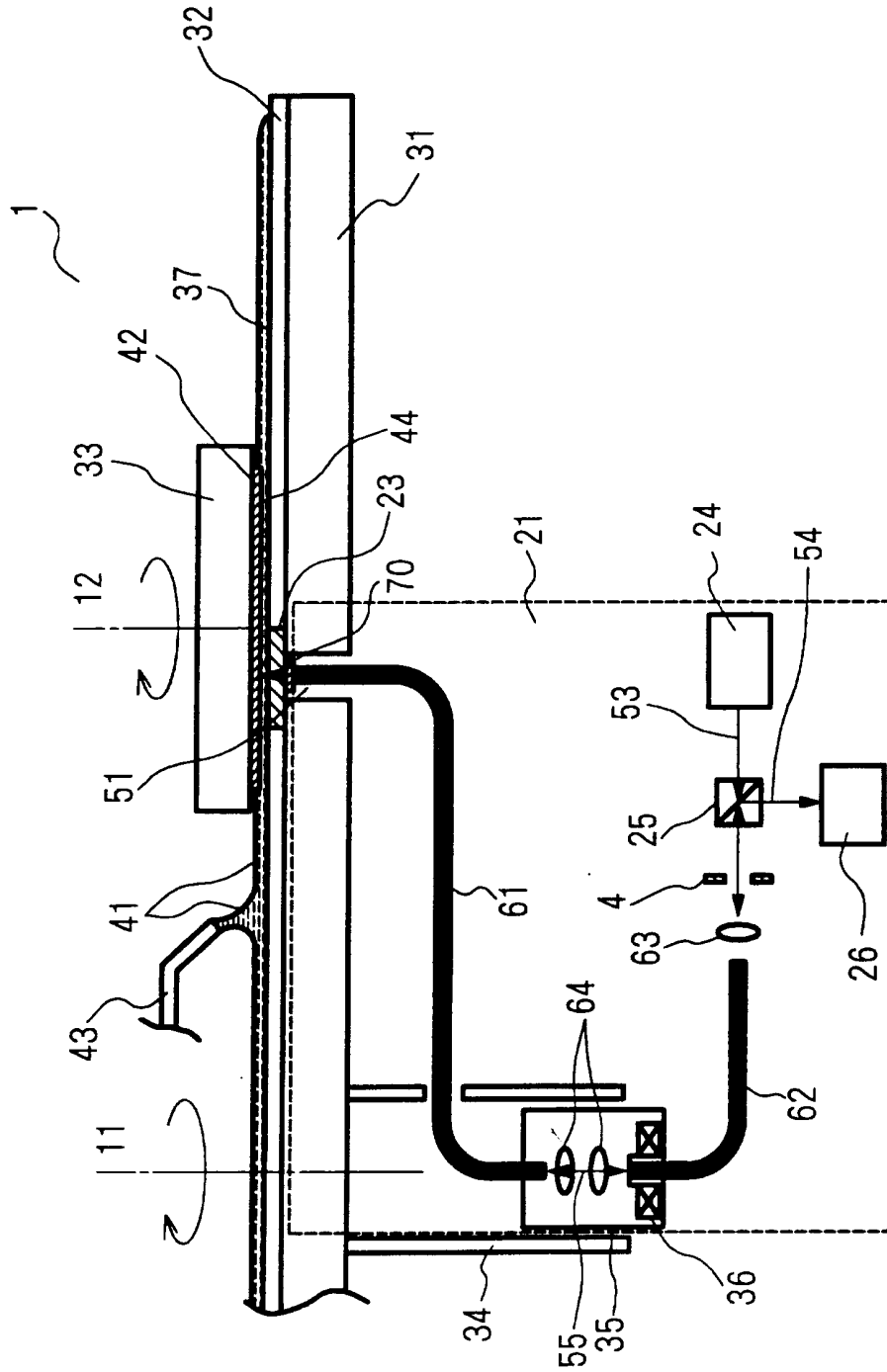
- 1 2 . 前記第 1 または第 2 の光ファイバの少なくとも一つの端面の法線方向が、前記第 1 または第 2 の光ファイバの光軸方向に対して非平行とされていることを特徴とする請求の範囲第 2 項、請求の範囲第 4 項から請求の範囲第 7 項、請求の範囲第 9 項から請求の範囲第 1 1 項のうちい
- 5 ずれか 1 項に記載のモニタ装置。
- 1 3 . 前記第 1 または第 2 の光ファイバの少なくとも一方が、液体より成るコアを具える光ファイバであることを特徴とする請求の範囲第 2 項、請求の範囲第 4 項から請求の範囲第 7 項、請求の範囲第 9 項から請求の範囲第 1 2 項のうちいずれか 1 項に記載のモニタ装置。
- 10 1 4 . 回転する加工面と基板の被研磨面との間に研磨剤を介在させ、双方の間に相対運動を与えることにより前記被研磨面を研磨する際に、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタするモニタ方法であって、
- 不回転の光源からプローブ光を発する段階と、
- 15 前記プローブ光を前記加工面と一緒に回転する回帰光学部に入射する段階と、
- 前記回帰光学部から出射する反射信号光を不回転の光検出器により受光する段階と、
- を具えることを特徴とするモニタ方法。
- 20 1 5 . 請求の範囲第 1 項から請求の範囲第 1 3 項のうちいずれか 1 項に記載のモニタ装置を具えてなることを特徴とする研磨装置。
- 1 6 . 前記基板が、半導体素子が形成された半導体ウェハであり、請求の範囲第 1 5 項に記載の研磨装置を用いて基板の表面を研磨する段階を具えることを特徴とする半導体ウェハの製造方法。



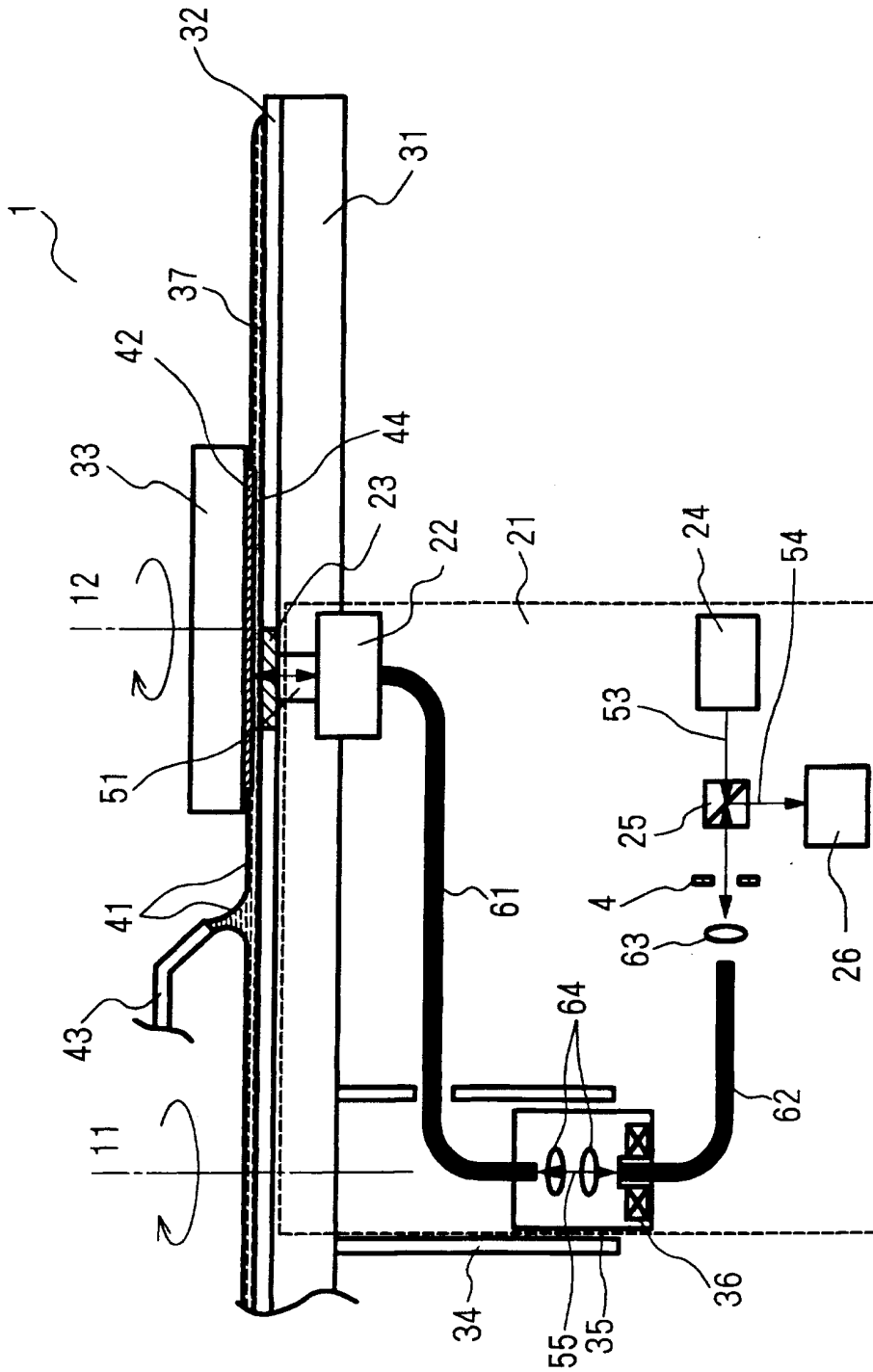
第2図



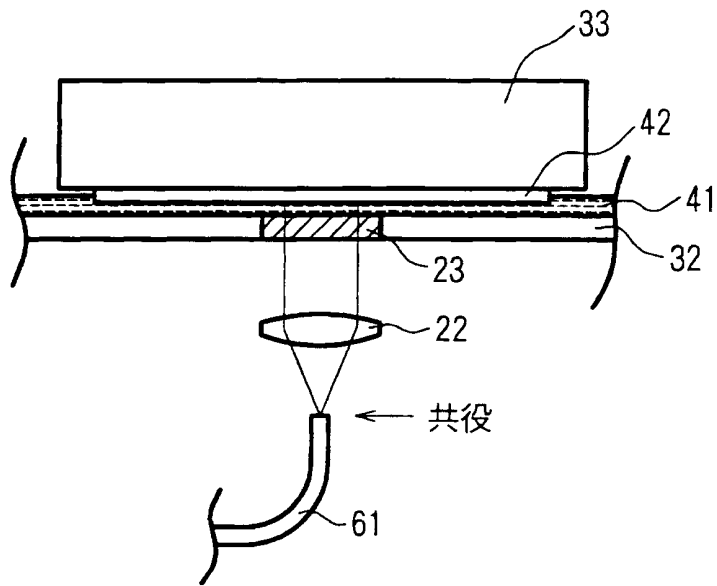
第3図



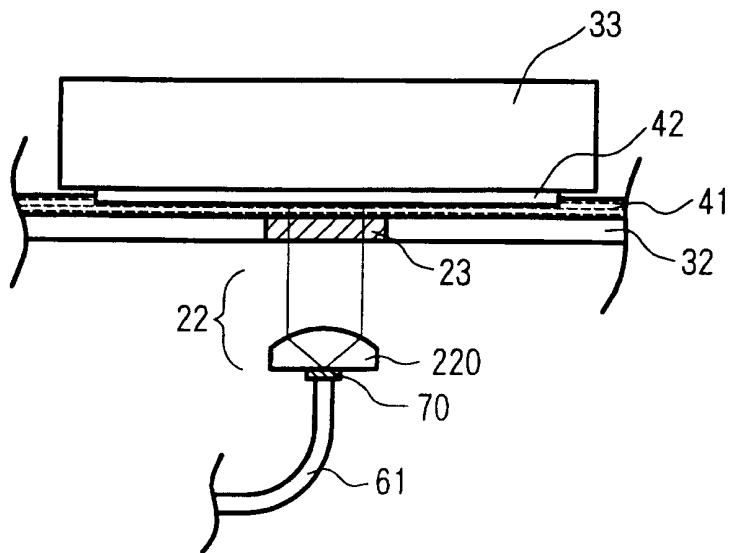
第 4 図



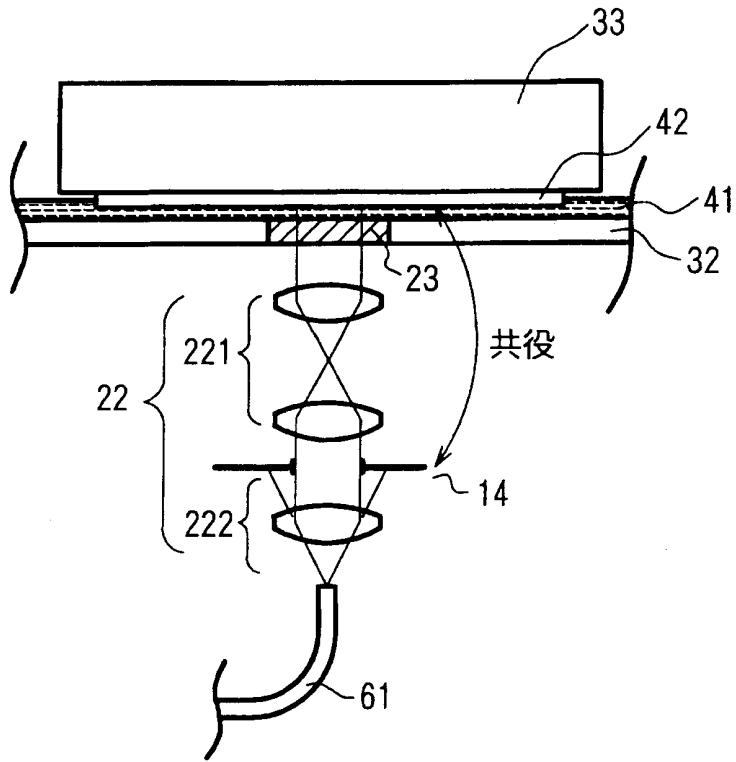
第 5 図



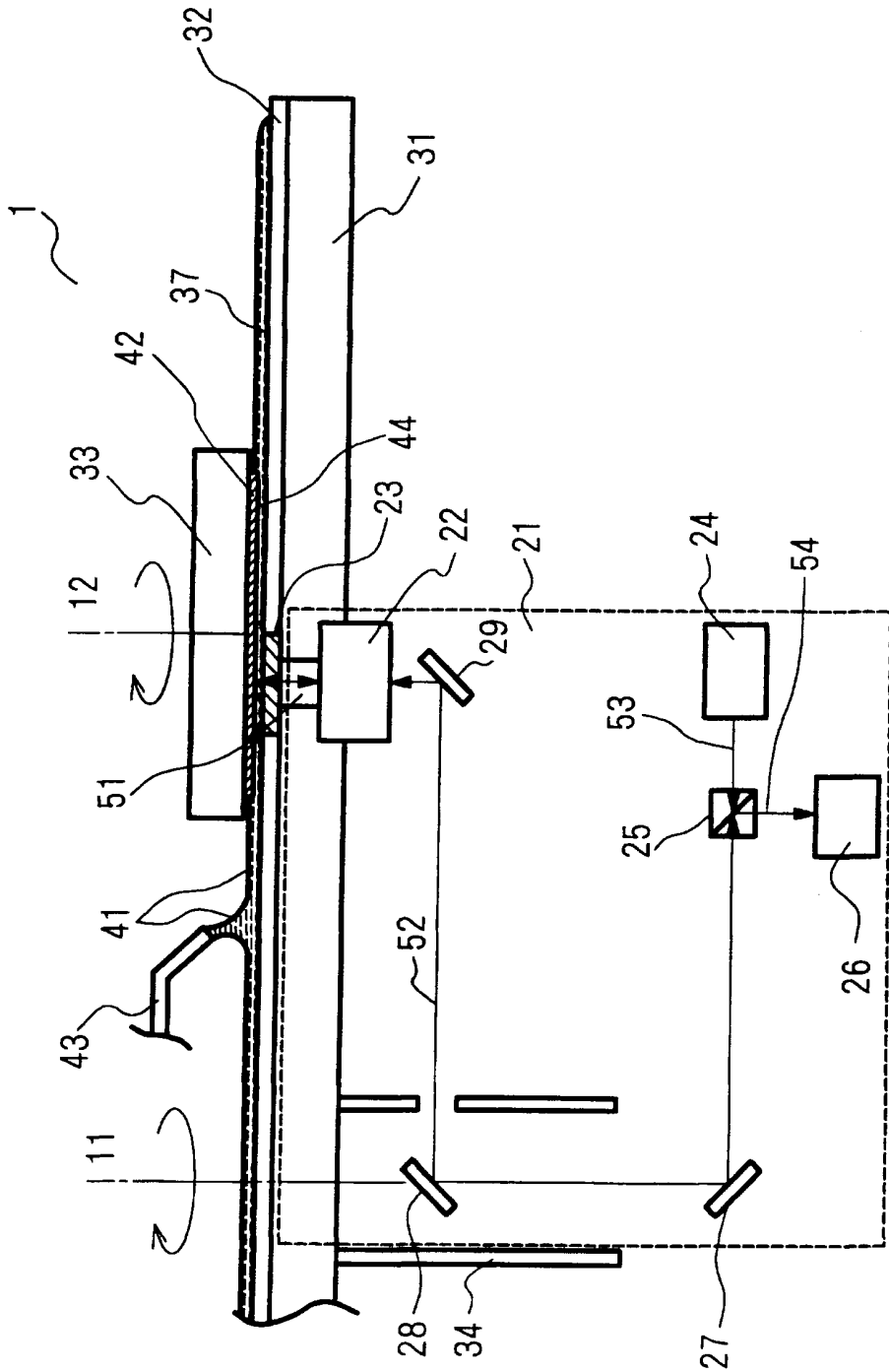
第 6 図



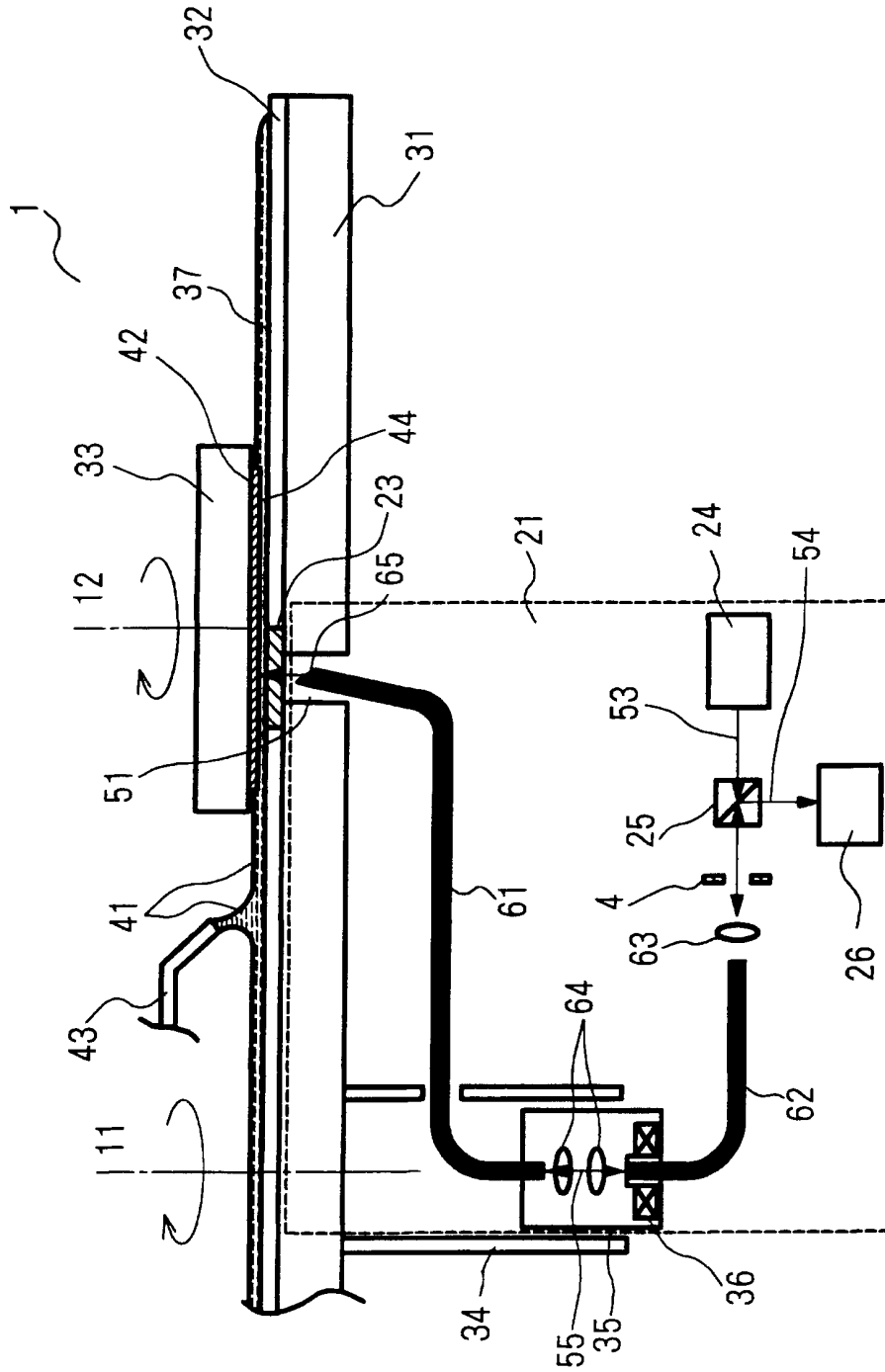
第7図



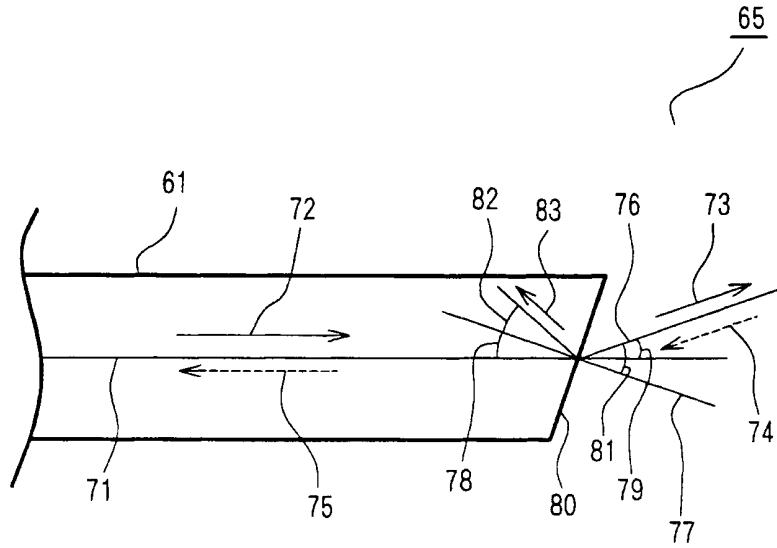
第 8 図



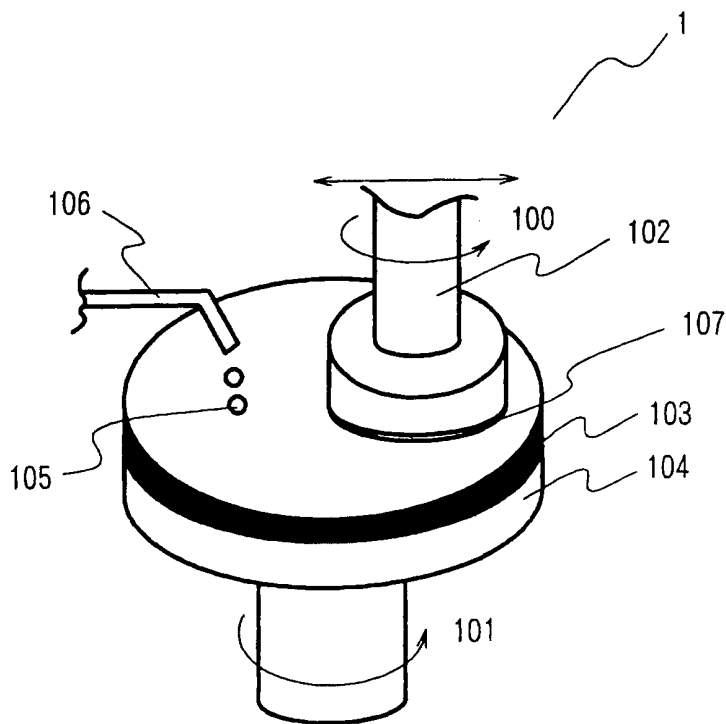
第9図



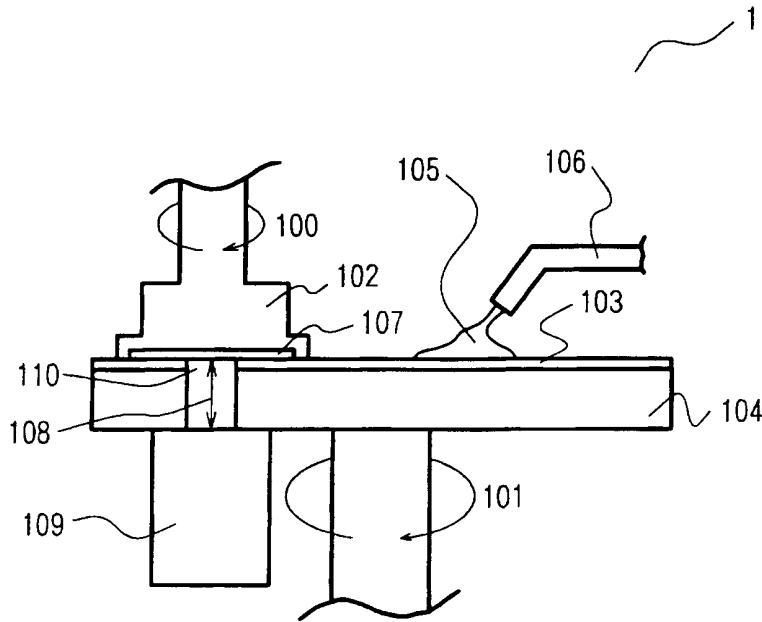
第 1 0 図



第 1 1 図



第 1 2 図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

|  |
|--|
| International application No.<br><b>PCT/JP00/08992</b> |
|--|

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
Int. Cl.<sup>7</sup> H01L21/304, B24B37/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int. Cl.<sup>7</sup> H01L21/304, B24B37/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1926-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2001 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2001 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2001 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A         | JP, 11-151663, A (Canon Inc.),<br>08 June, 1999 (08.06.99),<br>Fig. 1 (Family: none)                                      | 1-16                  |
| A         | JP, 2-86128, U (Rohm Co., Ltd.),<br>09 July, 1990 (09.07.90),<br>Figs. 1, 2 (Family: none)                                | 1-16                  |
| A         | EP, 882550, A2 (Ebara Corporation),<br>09 December, 1998 (09.12.98),<br>Fig1&JP,10-337654,A, Fig. 1<br>& WO, 99/67640, A1 | 1-16                  |
| E, A      | JP, 2001-9699, A (Nichiden Kikai K.K.),<br>16 January, 2001 (16.01.01),<br>Fig. 1 (Family: none)                          | 1-16                  |

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

|  |   |
|--|---|
| <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> | <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> |
|--|---|

Date of the actual completion of the international search  
06 March, 2001 (06.03.01)

Date of mailing of the international search report  
21 March, 2001 (21.03.01)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/304, B24B37/04

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/304, B24B37/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| A               | JP, 11-151663, A (キャノン株式会社) 8.6月.1999(08.06.99)図1<br>(ファミリーなし)  | 1-16             |
| A               | JP, 2-86128, U (ローム株式会社) 9.7月.1990(09.07.90)第1, 2図<br>(ファミリーなし)   | 1-16             |
| A               | EP, 882550, A2 (Ebara Corporation) 9.12月.1998(09.12.98)Fig1&<br>JP, 10-337654, A, 図1 & WO, 99/67640, A1 | 1-16             |

C欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー  
 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 06.03.01 国際調査報告の発送日 21.03.01

|  |                            |         |
|--|----------------------------|---------|
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁 (ISA/JP)<br>郵便番号100-8915<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 特許庁審査官 (権限のある職員)<br>鈴木 充 印 | 3P 8916 |
| 電話番号 03-3581-1101 内線 3363  |                            |         |

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |  |                  |
|-----------------------|--|------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                  | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| E, A                  | JP, 2001-9699, A (ニチデン機械株式会社) 16.1月.2001(16.01.01)<br>図1 (ファミリーなし) | 1-16             |