



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 015 944.1**

(22) Anmeldetag: **12.03.2010**

(43) Offenlegungstag: **21.07.2011**

(51) Int Cl.: **H01L 21/66 (2006.01)**

H01L 21/306 (2006.01)

G01B 11/02 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2010 000 079.5 14.01.2010

(71) Anmelder:

**Dusemund Pte. Ltd., Singapur, SG; Precitec
Optronik GmbH, 63110, Rodgau, DE**

(74) Vertreter:

Schweiger & Partner, 80333, München, DE

(72) Erfinder:

**Dusemund, Claus, Dr., Singapur, SG; Schönleber,
Martin, Dr., 63743, Aschaffenburg, DE; Michelt,
Berthold, Dr., 65195, Wiesbaden, DE; Dietz,
Christoph, 63179, Obertshausen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

US 68 97 964 B2

EP 0 905 476 A2

**Vakhtin et al.: Applied Optics, Vol. 42, No. 34,
S. 6953-6957 (2003): "Common-path interf."**

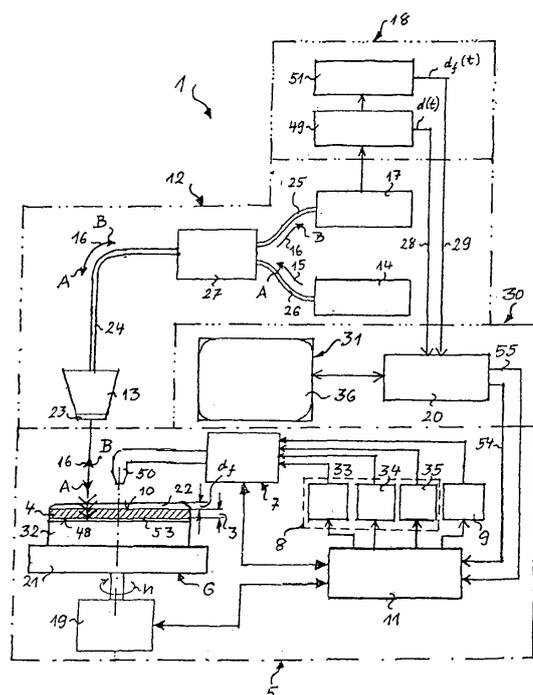
**Huang et al.: Science, Vol. 254, No. 5035, S.
1178-1181 (1991): "Optical coherence tomog"**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Überwachungsvorrichtung und Verfahren für ein in-situ Messen von Waferdicken zum Überwachen eines Dünnens von Halbleiterwafern sowie Dünnungsvorrichtung mit einer Nasssätzeinrichtung und einer Überwachungsvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Erfindungsgemäß wird eine Überwachungsvorrichtung (12) zum Überwachen eines Dünnens mindestens eines Halbleiterwafers (4) in einer Nasssätzeinrichtung (5) geschaffen, wobei die Überwachungsvorrichtung (12) eine Lichtquelle (14), ausgebildet zum Emittieren kohärenten Lichts eines Lichtwellenbandes, für das der Halbleiterwafer (4) optisch transparent ist, aufweist. Weiterhin weist die Überwachungsvorrichtung (12) einen kontaktfrei zu einer zu ätzenden Oberfläche des Halbleiterwafers (4) angeordneten Messkopf (13) auf, wobei der Messkopf (13) zum Bestrahlen des Halbleiterwafers (4) mit dem kohärenten Licht des Lichtwellenbandes und zum Empfangen einer von dem Halbleiterwafer (4) reflektierten Strahlung (16) ausgebildet ist. Darüber hinaus weist die Überwachungsvorrichtung (12) ein Spektrometer (17) und einen Strahlteiler, über den das kohärente Licht des Lichtwellenbandes auf den Messkopf (13) und die reflektierte Strahlung auf das Spektrometer (17) gelenkt wird, auf. Des weiteren weist die Überwachungsvorrichtung (12) eine Auswerteeinheit (18) auf, wobei die Auswerteeinheit (18) zum Ermitteln einer Dicke $d(t)$ des Halbleiterwafers (4) aus der von dem Halbleiterwafer (4) reflektierten Strahlung (16) während des Dünnens des Halbleiterwafers (4) mittels eines Verfahrens, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem 1D-se FDOCT-Verfahren, einem 1D-te FDOCT-Verfahren und einem 1D-se TDOCT-Verfahren, ausgebildet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Überwachungs- vorrichtung und ein Verfahren für ein in-situ Messen von Waferdicken beim Dünnen von Halbleiterwafern sowie eine Dünnungsvorrichtung mit einer Überwachungs- vorrichtung. Die Dünnungsvorrichtung weist dazu eine Einrichtung zum Dünnen mindestens eines Halbleiterwafers auf mit einer Steuereinheit für ein Steuern einer aufzubringenden Menge von Ätz- oder Spülflüssigkeiten und für ein Steuern einer Drehzahl einer rotierenden Haltevorrichtung, auf welcher der Halbleiterwafer angeordnet ist. Außerdem weist die Dünnungsvorrichtung eine Messeinrichtung zum Messen der Dicke des sich drehenden Halbleiter- wafers mit einem kontaktfreien Messkopf und einer Lichtquelle mit kohärenter Lichtemission im nahen Infrarotbereich auf.

[0002] Eine Dickenmessvorrichtung und ein ent- sprechendes Dickenmessverfahren sowie eine Nas- sätzvorrichtung und eine Nassätzmethode unter Ver- wendung der Messvorrichtung und des Messverfah- rens sind aus der Druckschrift US 6,897,964 B2 be- kannt. Die bekannte Messvorrichtung gemäß diesem Stand der Technik zeigt [Fig. 2](#) mit einer Messvor- richtung **12** und einer Ätzvorrichtung. Die bekannte Ätzvorrichtung weist eine Einrichtung **5'** zum Dün- nen mindestens eines Halbleiterwafers **4** auf. Diese Einrichtung **5'** verfügt über eine drehbare Haltevor- richtung **6** für den zu dünnenden Halbleiterwafer **4**, der gestützt durch ein Substrat **32** auf einem Drehtel- ler **21** angeordnet ist. Der Drehteller **21** wird von ein- em Motor **19** mit einer Drehzahl n angetrieben, die durch eine Steuereinheit **11** gesteuert wird. Über ein- en Spender **7** werden Ätzflüssigkeiten **8** und/oder Spülflüssigkeiten **9** zu einer Düse **50** geleitet, die eine zu ätzende Oberfläche **10** des zu dünnenden Hal- bleiterwafers **4** mit einem Ätzfilm **22** benetzt.

[0003] Während des Dünnens des Halbleiterwafers **4** misst eine Messvorrichtung **12'** mittels eines Mess- kopfes **13** nacheinander, in zeitlichen Abständen die Dicke des zu dünnenden Halbleiterwafers **4** aufgrund des Zeitunterschieds zwischen dem Anteil der Strah- lung, die auf der zu ätzenden Oberfläche **10** von dem Halbleiterwafer **4** reflektiert wird, und dem Teil, der nach Durchdringen des Halbleiterwafers von einer gegenüberliegenden Oberfläche **48** des Halbleiter- wafers **4** reflektiert wird. Dazu wird über Lichtwellen- leiter **24** und **26** sequenziell kohärentes Licht des nahen Infrarotbereichs von einer Lichtquelle **14** zu dem Messkopf **13** und auf den Halbleiterwafer **4** gerichtet, wobei zwischen den beiden Lichtwellenleitern **24** und **26** ein optischer Koppler **27** angeordnet ist, der das Licht der Lichtquelle **14** einerseits dem Messkopf **13** und andererseits über einen optischen Referenzlicht- wellenleiter **47** einer Referenzlichterzeugung **44** zu- führt.

[0004] Diese Referenzlichterzeugung **44** ist für die- se Art der Vorrichtung aus dem Stand der Technik entscheidend, um den Laufzeitunterschied zwischen der Reflektion der beiden Oberflächen **10** und **48** des Halbleiterwafers **4** periodisch in Zeitabständen zu ermitteln. Dazu weist die Referenzlichterzeugung **44** ein Spiegelgalvanometer **37** auf, das mit einem schwenkbaren Parallelplattenglasssubstrat **38** zusam- menwirkt und mit Hilfe eines Reflektorspiegels **39** ein- en optischen Referenzpfad **46** bildet, der über den optischen Referenzlichtwellenleiter **47** und den opti- schen Koppler **27** das optische Referenzsignal über einen Lichtwellenleiter **25** einem Photodetektor **45** zuführt, während gleichzeitig das Spiegelgalvane- meter **37** über eine optische Referenzpfaderfassung **40** die Laufzeitdifferenz zwischen den beiden reflektier- ten Strahlanteilen zwischen Oberfläche **10** und Ober- fläche **48** des Halbleiterwafers **4** an eine Auswerte- einheit **18** liefert. Die Auswerteeinheit **18** empfängt zusätzlich die Messsignale des Photodetektors **45** und erfasst periodisch eine Rohdicke in einer ers- ten Signalverarbeitungsschaltung **41** in Zusammen- wirken mit einer Rohdickenberechnungseinrichtung **42**, und ermittelt aufgrund der hohen Streuung der Rohdickenberechnungen in einem weiteren Berechnungs- block **43** der Auswerteeinheit **18** aus den Roh- werten eine statistische Dickenberechnung **43**.

[0005] Die bekannte Vorrichtung **2** für ein Messen von Waferdicken während des Dünnens von Halblei- terwafern **4** hat somit den Nachteil, dass die Dicken- messung von einem Spiegelgalvanometer **37** abhän- gig ist, das aufgrund der Schwenkbewegungen des Glassubstrats **38** eine kontinuierliche Erfassung ein- er Waferdicke **3** nicht ermöglicht. Es kann ledig- lich sequenziell in Zeitabständen eine Rohdickenbe- rechnung durchgeführt werden. Hinzu kommt, dass mit dieser bekannten Vorrichtung **2** die berechneten Rohdicken derart streuen, dass zusätzlich nach ein- er endlichen Anzahl von Rohdickenmessungen eine statistische Dickenberechnung erforderlich wird, um den wahrscheinlichsten Verlauf der Dickenabnahme zu ermitteln.

[0006] Durch den erforderlichen Referenzarm, der an den optischen Koppler **27** anzuschließen ist und der mit der Auswerteeinheit **18** in Verbindung steht, um die Messwerte des Photodetektors **45** den beiden Oberflächen **10** und **48** des Halbleiterwafers **4** zuzu- ordnen, wird eine Vorrichtung gebildet, die erschüt- terungsempfindlich durch das Spiegelgalvanometer **37** und relativ unzuverlässig aufgrund der Streuung der periodisch ermittelten Rohdickenwerte ist. Dar- über hinaus ist mit diesem Verfahren eine kontinuier- liche Erfassung der Abnahme der Waferdicke **3** wäh- rend des Dünnens des Halbleiterwafers **4** nicht mög- lich, da nur eine begrenzte Zahl an Rohdickenwerten während einer Umdrehung des Halbleiterwafers **4** auf der drehbaren Haltevorrichtung **6** möglich ist.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, eine neue Überwachungs Vorrichtung und ein neues Verfahren für ein Messen von Waferdicken beim Dünnen von Halbleiterwafern zum Überwachen eines Dünnens mindestens eines Halbleiterwafers sowie eine Dünnungsvorrichtung mit einer Überwachungs Vorrichtung zu schaffen, die die Nachteile der bekannten Vorrichtung und des bekannten Verfahrens überwinden und die Robustheit und Zuverlässigkeit der Dickenmessung beim Dünnen von Halbleiterwafern verbessern.

[0008] Gelöst wird diese Aufgabe mit dem Gegenstand der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0009] Erfindungsgemäß wird eine Überwachungs Vorrichtung zum Überwachen eines Dünnens mindestens eines Halbleiterwafers in einer Nassätz einrichtung geschaffen, wobei die Überwachungs Vorrichtung eine Lichtquelle, ausgebildet zum Emittieren kohärenten Lichts eines Lichtwellenbandes, für das der Halbleiterwafer optisch transparent ist, aufweist. Weiterhin weist die Überwachungs Vorrichtung einen kontaktfrei zu einer zu ätzenden Oberfläche des Halbleiterwafers angeordneten Messkopf auf, wobei der Messkopf zum Bestrahlen des Halbleiterwafers mit dem kohärenten Licht des Lichtwellenbandes und zum Empfangen einer von dem Halbleiterwafer reflektierten Strahlung ausgebildet ist. Darüber hinaus weist die Überwachungs Vorrichtung ein Spektrometer und einen Strahlteiler, über den das kohärente Licht des Lichtwellenbandes auf den Messkopf und die reflektierte Strahlung auf das Spektrometer gelenkt wird, auf. Des Weiteren weist die Überwachungs Vorrichtung eine Auswerteeinheit auf, wobei die Auswerteeinheit zum Ermitteln einer Dicke $d(t)$ des Halbleiterwafers aus der von dem Halbleiterwafer reflektierten Strahlung während des Dünnens des Halbleiterwafers mittels eines Verfahrens, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem 1D-se FDOCT-Verfahren (eindimensionales räumlich kodiertes Fourier Domain Optical Coherence Tomography-Verfahren), einem 1D-te FDOCT-Verfahren (eindimensionales zeitlich kodiertes Fourier Domain Optical Coherence Tomography-Verfahren) und einem 1D-se TDOCT-Verfahren (eindimensionales räumlich kodiertes Time Domain Optical Coherence Tomography-Verfahren), ausgebildet ist.

[0010] Diese Überwachungs Vorrichtung hat den Vorteil, dass die Erfassung der Waferdicke nicht von einer bewegbaren oder schwenkbaren Referenzlichtapparatur abhängig ist, sondern die Überwachungs Vorrichtung dazu im Falle des 1D-se FDOCT-Verfahrens und des 1D-te FDOCT-Verfahrens ein statisches Spektrometer sowie im Falle des 1D-se TDOCT-Verfahrens ein statisches Fourierspektrometer, mit dem durch numerische Fouriertransformation ein Spektrum berechenbar ist, aufweist. Diese

makromechanisch unbeweglichen Komponenten ermöglichen eine Auswertung in einer Auswerteeinheit, bei der die Anzahl pro Umdrehung der ausgewerteten Waferdicke lediglich von der Rechengeschwindigkeit und Rechenkapazität der an das Spektrometer angeschlossenen Auswerteeinheit abhängig ist. Zudem hat die Überwachungs Vorrichtung den Vorteil, dass kein Referenzarm vorzusehen ist.

[0011] Lediglich im Falle des 1D-te FDOCT-Verfahrens ist als Lichtquelle ein zeitlich durchstimmbarer Laser erforderlich, der mit einer schwingenden Mikromechanik zur Durchstimmung des Lasers arbeitet. Jedoch liegt die Schwingung der Mikromechanik und damit die Messrate mit 400 kHz um mehr als zwei Größenordnungen höher als bei dem bekannten Galvanometer. Bei der Fouriertransformation werden die von den beiden Oberflächen des Halbleiterwafers reflektierten Lichtwellenlängen aufgefächert und invertiert und mittels einer Fourieranalyse bzw. einer Fouriertransformation über ein FDOCT-Verfahren kontinuierlich ausgewertet. Dabei ist es nicht entscheidend, ob der Messkopf von unten, beispielsweise durch eine zentrale Öffnung, die Waferdicke erfasst oder ob von oberhalb des Halbleiterwafers die Waferdicke überwacht wird.

[0012] In einer bevorzugten Ausführungsform, die das 1D-se FDOCT-Verfahren oder das 1D-te FDOCT-Verfahren betrifft, weist das Spektrometer ein optisches Gitter auf, wobei das optische Gitter zum Auffächern der spektralen Verteilung der reflektierten Strahlung ausgebildet ist.

[0013] Der Messkopf wird in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung durch eine optisch transparente, insbesondere infrarottransparente, Schutzscheibe, die bevorzugt Saphir aufweist, vor den Ätzlösungen geschützt. Saphir ist ein monokristallines Aluminiumoxid, das von einer Siliziumätzlösung nicht angegriffen werden kann. Bei Einsatz des Messkopfes für andere Ätzlösungen von anderen Halbleitermaterialien sind entsprechend angepasste Schutzscheiben oder Schutzfolien vorgesehen.

[0014] In einer weiteren Ausführungsform ist die Auswerteeinheit zusätzlich zum Ermitteln einer Dicke $d_f(t)$ und Gleichmäßigkeit eines Ätzfilms aus Ätzflüssigkeit ausgebildet.

[0015] In einer weiteren Ausgestaltung ist der Strahlteiler ein optischer Koppler. Ferner kann die Überwachungs Vorrichtung zumindest einen ersten Lichtwellenleiter, der den Messkopf mit dem optischen Koppler verbindet, zumindest einen zweiten Lichtwellenleiter, der den optischen Koppler mit der Lichtquelle verbindet und zumindest einen dritten Lichtwellenleiter, der den optischen Koppler mit dem Spektrometer verbindet, aufweisen.

[0016] Die Erfindung betrifft zudem eine Dünnungsvorrichtung mit einer Nassätzeinrichtung und einer Überwachungsvorrichtung nach einer der vorhergehenden Ausführungsformen.

[0017] Die Dünnungsvorrichtung weist die bereits im Zusammenhang mit der Überwachungsvorrichtung genannten Vorteile auf, welche an dieser Stelle zur Vermeidung von Wiederholungen nicht nochmals aufgeführt werden.

[0018] Die Nassätzeinrichtung weist bevorzugt mindestens eine drehbare Haltevorrichtung für den zu dünnenden Halbleiterwafer auf. Die Haltevorrichtung kann dabei ein von einem drehzahlgesteuerten Motor angetriebener Drehtisch sein.

[0019] In einer weiteren Ausführungsform weist die Dünnungsvorrichtung einen Spender für eine Ätzflüssigkeit zum Dünnen des Halbleiterwafers auf. Der Spender kann unterschiedliche Düsen aufweisen wie eine Tropfdüse oder eine Sprühdüse, wobei die Tropfdüse Flüssigkeitstropfen generiert, während die Sprühdüse einen Nebel aus Flüssigkeit bildet. In einer Ausführungsform der Erfindung ist diese Düse des Spenders mittig über dem rotierenden und zu dünnenden Halbleiterwafer feststehend vorgesehen. Da das Zentrum des Halbleiterwafers gegenüber den Randbereichen weniger bewegt wird und damit eine geringere Zentrifugalkraft für den Ätzfilm entwickelt, ist der Abtrag bzw. die Abnahme der Dicke im Zentrum geringer als zum Rand des Halbleiterwafers hin, wenn die Ätzvorrichtung lediglich für einen Halbleiterwafer ausgestattet ist. Andererseits kann die Düse auch schwenkbar sein, um den Dünnungsvorgang zu vergleichmäßigen.

[0020] Die Dünnungsvorrichtung weist bevorzugt eine Kopplungseinheit und eine Steuer- bzw. Regelungseinheit der Nassätzeinrichtung auf, wobei die Kopplungseinheit mit der Auswerteeinheit und der Steuereinheit verbunden ist und wobei die Kopplungseinheit zum Stoppen des Ätzvorgangs bei Erreichen einer vorgegebenen Enddicke d_z des gedünnten Halbleiterwafers ausgebildet ist. Die Kopplungseinheit ist bevorzugt über Signalleitungen mit der Auswerteeinheit und der Steuereinheit verbunden und kann in der Überwachungsvorrichtung oder in der Steuereinheit integriert sein. Vorzugsweise ist die Kopplungseinheit mehrere Meter zum Messkopf versetzt und abgesetzt von der Nassätzeinrichtung zum Dünnen des Halbleiterwafers angeordnet und weist einen Monitor mit entsprechender Anzeige und Bedienoberfläche auf. Dazu kann der Monitor einen Touchscreen besitzen.

[0021] Die letztgenannten Ausführungsformen haben den Vorteil, dass eine Verfahrenssteuerung des Dünnens von Halbleiterwafern unter Vermeidung einer Überätzung verbessert ist. Die Spezifikation der Dickentoleranzen kann auf wenige 10 Nanometer

beim Dünnen von Halbleiterwafern begrenzt werden. Selbst wenn die Ätzwirkung der Ätzlösung von Alterungserscheinungen abhängig ist, kann die vorgegebene Enddicke der Halbleiter eines gesamten Loses mit einer Vielzahl von Halbleiterwafern unabhängig von derartigen Alterungserscheinungen einer Ätzflüssigkeit erreicht werden. Die Dosierung der Ätzzusammensetzung und der Menge der zuzuführenden Ätzlösung kann mit Hilfe dieser Dünnungsvorrichtung gesteuert bzw. geregelt werden. Schließlich kann eine geringere Enddicke für Halbleiterwafer beim Dünnen erreicht werden. Darüber hinaus ist ein Vorteil dieser Dünnungsvorrichtung, dass ein vorbereitender Prozess mit so genannten „Dummy Wafern“ eingespart werden kann. Auch die Anzahl der sonst üblichen Verfahrensschritte beim chemisch-mechanischen Dünnungsprozess von Halbleiterwafern kann reduziert werden, zumal Zwischenschritte zum Überprüfen des Ergebnisses völlig entfallen können.

[0022] Die Anzahl der Messpunkte pro Umdrehung des Halbleiterwafers kann in Abhängigkeit von der Rechenkapazität und der Rechengeschwindigkeit der Auswerteeinheit gegenüber dem bekannten Abtastverfahren mit Hilfe einer Galvanometerreferenz um mehrere Größenordnungen erhöht werden, so dass die Genauigkeit der einstellbaren Enddicke auf ± 70 Nanometer pro Wafer voreingestellt werden kann. Mit Hilfe der neuen Dünnungsvorrichtung wird eine von dem Zustand der Ätzlösung unabhängige hohe Reproduzierbarkeit der voreinstellbaren Enddicke des gedünnten Halbleiterwafers erreicht, so dass bei einem Los von tausend Wafern eine Streuung der Waferdicke unterhalb von beispielsweise $\pm 0,5 \mu\text{m}$ erreichbar ist.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Steuereinheit einen Regler auf, der zum Regeln einer Menge der von dem Spender abzugebenden Ätzflüssigkeit in Abhängigkeit von der Dicke $d_f(t)$ des aufgebrachtten Ätzfilms aus Ätzflüssigkeit und/oder in Abhängigkeit von der Dickenabnahme $\Delta d(t)$ des Halbleiterwafers ausgebildet ist.

[0024] In einer weiteren Ausführungsform der Dünnungsvorrichtung ist diese zum Dünnen von Siliziumwafern ausgelegt. Das bedeutet, dass die Dünnungsvorrichtung und dabei bevorzugt die Nassätzeinrichtung eine Ätzlösung aus Flusssäure und einem Oxidationsmittel wie Salpetersäure, gelöstes Peroxidsulfat oder gelöste Ce(IV)-Salze dem Spender zuführt, der über eine schwenkbare oder eine feststehende Düse für den rotierenden Siliziumhalbleiterwafer einen Ätzfilm erzeugt. Dieser Ätzfilm wird durch die Rotation der drehbaren Haltevorrichtung vergleichmäßig und in seiner Ätzwirkung durch eine Pufferlösung, die Schwefelsäure und/oder Phosphorsäure aufweisen kann, gesteuert. Außerdem soll die mit dem Ätzfilm zu versehende Oberfläche des Siliziumwafers möglichst gleichmäßig von dem Ätzfilm

benetzt werden, wozu der Ätzlösung ein flüssiges oder verflüssigtes Benetzungsmittel beigemischt sein kann.

[0025] Das bedeutet, dass der Spender in dieser Ausführungsform mit mindestens vier Säurebehältern zusammenwirkt, die an die Steuereinheit angeschlossen sind, mit der die Zusammensetzung und die Menge der Ätzlösung, der Pufferlösung und des Benetzungsmittels gesteuert wird. Dabei kann das Mischungsverhältnis der Säuren an eine durch die Messeinrichtung erfasste Dickenabnahme $\Delta d(t)$ während des Dünnens des Halbleiterwafers anpassbar werden. Außerdem ist an dem Spender eine Spülmitelversorgung angeschlossen, mit welcher der Ätzvorgang bei Erreichen der vorgesehenen Enddicke des zu dünnenden Siliziumwafers durch die Steuereinheit gestoppt wird.

[0026] Neben der Versorgung des Spenders mit entsprechenden Ätz- und Spülmitteln ist von der Art des Halbleiterwafers, beispielsweise einem zu dünnenden Siliziumwafer, auch der Wellenlängenbereich der Lichtquelle abhängig. Für sichtbares Licht ist ein Siliziumwafer nicht transparent, so dass ein weißes, sichtbares Licht als Lichtquelle ungeeignet ist. Die für die Dickenmessung von Siliziumwafern vorgesehene Lichtquelle weist ein Lichtwellenband auf, das zumindest teilweise oberhalb der Absorptionskante liegt. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weist die Lichtquelle ein Lichtwellenband von etwa 100 Nanometer im nahen Infrarotbereich zwischen 1,25 μm bis 1,35 μm oder zwischen 1,5 μm bis 1,6 μm auf. Es können jedoch auch Halbleiterwafer, die bei sichtbarem Licht bereits transparent sind, wie GaAs und InP, mit Hilfe der Überwachungsvorrichtung beim Dünnen des Halbleiterwafers gemessen werden, jedoch sind dazu andere Ätzlösungen, Pufferlösungen und, Benetzungsmittel erforderlich.

[0027] Die für sichtbares Licht nicht transparenten Halbleiterwafer aus GaInAs oder InAs können mit entsprechend angepassten Infrarotlichtwellenbändern mit der erfindungsgemäßen Überwachungs- vorrichtung beim Dünnen der Halbleiterwafer gemessen werden. Im Allgemeinen kann jedes Halbleitermaterial, insbesondere Halbleitermaterialien der III-V-Verbindungen oder II-VI-Verbindungen, mit der erfindungsgemäßen Überwachungs- vorrichtung beim Dünnen mehrerer Halbleiterwafer kontinuierlich überwacht und gemessen werden.

[0028] Die Dicke und Gleichmäßigkeit des Ätzfilms kann durch Steuerung der Drehzahl des Antriebsmotors der drehbaren Haltevorrichtung mit Hilfe der Steuereinheit gesteuert bzw. geregelt werden und durch Messen über die Überwachungs- vorrichtung kann auch eine Ätzfilmdicke regelbar eingestellt werden. Dazu verfügt die Steuereinheit der Nassätzeinrichtung zusätzlich über eine Regeleinheit.

[0029] In einem anderen Aufbau der Dünnungs- vorrichtung ist es auch vorgesehen, mehrere Halbleiterwafer im Randbereich eines Rotationstisches anzuordnen, um die Ätzwirkung zu vergleichmäßigen. Auch in diesem Fall kann das Dünnen mehrerer Halbleiterwafer einer einzelnen rotierenden Halte- vorrichtung mit der Überwachungs- vorrichtung kontinuierlich erfasst werden. Bei einer derartigen Dünnungs- vorrichtung mit einer Nassätzeinrichtung zum Dünnen eines oder mehrerer Halbleiterwafer sind die Oberflächen mit eingebrachten Halbleiterstrukturen auf einer der zu ätzenden Oberfläche gegenüberliegenden Seite des Halbleiters angeordnet, die nicht den Ätzflüssigkeiten bzw. den Spülflüssigkeiten ausgesetzt ist.

[0030] Eine weitere Möglichkeit, den Ätzfilm zu vergleichmäßigen besteht darin, den Ätzfilm auf dem Drehtisch zu erzeugen und die zu ätzende Oberfläche des Halbleiterwafers auf diesen Ätzfilm aufzudrücken. Dabei kann der Messkopf zur Erfassung der Waferdicke beim Dünnen des Halbleiterwafer in einer derartigen Ätzvorrichtung von unten auf die zu ätzende Oberfläche des Halbleiterwafers, beispielsweise durch eine zentrale Öffnung in dem Drehtisch, gerichtet werden.

[0031] Der Messkopf selber ist in einer Ausführungs- form über einen Multimode-Lichtwellenleiter mit der Auswerteeinheit verbunden. Dazu weist die Über- wachungs- vorrichtung den optischen Koppler auf, der einerseits das Licht der Lichtquelle zu dem Messkopf leitet, andererseits die vom Messobjekt, wie einem Halbleiterwafer, reflektierte Strahlung dem Spekto- meter zuführt. Dort wird das Spektrum des reflektier- ten Lichtes auf einer Detektorzeile abgebildet. Das ausgelesene Spektrum wird auf die Wellenzahl um- skaliert und fouriertransformiert. Aus den Positionen der in der Fouriertransformation im FDOCT-Verfah- ren auftretenden Peaks werden die optischen Weg- längen der zugehörigen Schichten aus dem reflektier- ten Spektrum bestimmt.

[0032] Die ermittelten Messwerte können an der Kopplungseinheit direkt abgelesen werden, an der bevorzugt ein zweizeiliges LC-Display zur Verfö- gung steht, oder sie können an einem Monitor eines Zentralrechners angezeigt werden, der über einen Touchscreen verfügt, mit dem die einzelnen An- fangs- und Randbedingungen wie Brechungsindices des zu untersuchenden Materials, Anzahl der un- terschiedlichen Schichten, Schwellwerte für die Reflexi- onsintensitäten usw. eingegeben werden können.

[0033] Während die Überwachungs- vorrichtung die optischen Längen von Einzelschichten ermittelt, kann ein Messprogramm mit einem angeschlossenen PC daraus die Schichtdickenbestimmung der für die Di- ckenmessung eingesetzten Materialien ermitteln und am Monitor darstellen. Anstelle eines Touchscreens

können auch Funktionstasten des PC eingesetzt werden. Die hohe Messrate von bis zu 4000 Messungen pro Sekunde sowie der relativ kleine Messfleck in einer flächigen Erstreckung von wenigen μm^2 (Quadratmikrometern) ermöglichen auch eine ortsauflöste Schichtdickenmessung. Die Überwachungsvorrichtung kann auch mit einem Mehrachsen-Positioniersystem ausgestattet sein, um die flächige Verteilung der Enddicke nach Beendigung des Ätzworgangs aufzuzeigen.

[0034] Da der Messkopf ohne bewegliche und ohne elektronische Komponenten arbeitet, ist er robust und kann über mehrere Meter durch die Lichtwellenleiter mit einer räumlich entfernt angeordneten Messeinrichtung und der in der Messeinrichtung zur Verfügung stehenden Elektronik verbunden sein, so dass die Messeinrichtung abgesetzt vom Messkopf betrieben werden kann.

[0035] Für unterschiedliche Anforderungen stehen verschiedene Messköpfe zur Verfügung, wobei ein bevorzugter Messkopf einen Messbereich für das Dünnen von Halbleiterwafern von 2 bis 250 μm mit einer Auflösung von 10 nm und einer Reproduzierbarkeit von 20 nm bei einem Brechungsindex von $n = 1$ abdeckt. Der Arbeitsabstand des Messkopfes von dem zu dünnenden Objekt kann ohne negativen Einfluss auf das Messergebnis um mehrere Millimeter variieren, da kontinuierlich eine Halbleiterwaferdicke oder eine Dicke eines Ätzfilms gemessen werden und nicht die Zunahme des Abstandes zwischen Messkopf und zu dünnendem Objekt erfasst wird. Bei dem oben angegebenen Messkopf wird neben der Auflösung von 10 nm eine Absolutgenauigkeit von 70 nm erreicht.

[0036] Die sonst üblichen Probleme, z. B. durch Abschattungseffekte bei einer Triangulation und die Probleme von hohen Anforderungen an die Qualität der Oberfläche bei monochromatischen und interferometrischen Messungen, werden mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung überwunden. Es können sowohl glatte als auch raue, hoch reflektierende und durchlässige Oberflächen mit Hilfe der Vorrichtung vermessen werden.

[0037] Ein Verfahren zum Überwachen eines Dünnens mindestens eines optisch transparenten Halbleiterwafers in einer Nassätzeinrichtung, wobei die Nassätzeinrichtung mindestens eine drehbare Haltevorrichtung aufweist, weist die nachfolgenden Verfahrensschritte auf. In der Nassätzeinrichtung wird mindestens ein Halbleiterwafer auf der drehbaren Haltevorrichtung fixiert. Danach kann der Start eines kontinuierlichen Messvorgangs unter Aktivieren einer Lichtquelle und Emittieren kohärenten Lichts der Lichtquelle im nahen Infrarotbereich in einem bevorzugt mehrere 10 Nanometer breiten Lichtwellenband, mit dem ein Messkopf den rotierenden Halbleiterwa-

fer bestrahlt, wobei reflektierte Strahlung vom Messkopf empfangen wird, und unter Aktivieren eines Spektrometers, das die reflektierte Strahlung empfängt, erfolgen. Gleichzeitig oder nachfolgend kann der Start eines Ätzworgangs zur Dünnung des rotierenden Halbleiterwafers unter Aufbringen einer Ätzlösung mittels eines Spenders, bevorzugt unter Regelung der Menge der Ätzlösung und der Drehzahl des Halbleiterwafers mittels einer Steuereinheit, erfolgen. Zudem erfolgt ein kontinuierliches Auswerten der spektrometrisch aufgefächerten reflektierten Strahlung zum Ermitteln einer erreichten Dicke $d(t)$ des Halbleiterwafers während des Dünnens des Halbleiterwafers mittels eines Verfahrens, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem 1D-se FDOCT-Verfahren (eindimensionales räumlich kodiertes Fourier Domain Optical Coherence Tomography-Verfahren), einem 1D-te FDOCT-Verfahren (eindimensionales zeitlich kodiertes Fourier Domain Optical Coherence Tomography-Verfahren) und einem 1D-se TDOCT-Verfahren (eindimensionales räumlich kodiertes Time Domain Optical Coherence Tomography-Verfahren).

[0038] Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass gegenüber dem aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren gemäß US 6,897,964 B2 zum Dünnen von Halbleiterwafern auf eine optische Referenzlichterzeugung bzw. einen optischen Referenzpfad verzichtet werden kann. Die kontinuierliche Erfassung der Waferdicke eines zu dünnenden Halbleiterwafers wird vielmehr durch die Spektralanalyse der reflektierten Strahlung von den beiden Oberflächen des Halbleiterwafers über ein TDOCT-Verfahren oder mittels einer Fouriertransformation über ein FDOCT-Verfahren ermittelt.

[0039] Jede Grenzschicht erzeugt ein reflektiertes Spektrum, das durch die Fouriertransformation zu einem eindeutigen Peak führt, mit dem die optischen Längen der Einzelschichten, die beim Dünnen in einem Abstand zu dem Messkopf angeordnet sind, mit einer hohen Abtastrate ermittelt werden können. Wie bereits mehrfach erwähnt, hängt diese Abtastrate lediglich von der Rechengeschwindigkeit und der Rechenkapazität der Auswerteeinheit ab, so dass bis zu 4000 Dickenmessungen pro Sekunde erfolgen können, womit gleichzeitig eine hohe Reproduzierbarkeit der ermittelten Werte verbunden ist. Dabei wird das Ergebnis nicht durch rotationsbedingte Schwankungen des Abstandes zwischen rotierender Haltevorrichtung und Messkopf beeinträchtigt, da bei diesem Verfahren die Schichtdicken erfasst werden und nicht die Abstände zwischen Messkopf und Oberflächen der zu messenden Schichten.

[0040] In einer bevorzugten Ausführungsform wird weiterhin eine Enddicke des zu dünnenden Halbleiterwafers in eine Kopplungseinheit oder Kontrolleinheit eingegeben, die mit der Auswerteeinheit der

Überwachungsvorrichtung und einer Steuereinheit der Nassätzeinrichtung verbunden ist. Abschließend erfolgt in dieser Ausführungsform ein Stoppen des Ätzvorgangs beim Erreichen der vorgegebenen Enddicke für den gedünnten Halbleiterwafer.

[0041] Vorzugsweise wird bei diesem Verfahren die Eingabe der Enddicke, insbesondere auf wenige 100 Nanometer in Stufen von 10 Nanometer, an der Kopplungseinheit oder über einen Monitor mit Touchscreen eingestellt. Anstelle des Touchscreen können auch Funktionstasten eines PC entsprechend belegt werden.

[0042] Das Fixieren des Halbleiterwafers auf der drehbaren Haltevorrichtung kann, vorzugsweise bei Halbleiterwafern für Enddicken unter 150 Mikrometern, mittels eines Substrats, auf das der zu dünnende Halbleiterwafer mit einer Klebstoffschicht fixiert ist, erfolgen. Soweit diese Klebstoffschicht für das Lichtwellenband der Lichtquelle transparent ist, kann auch die Dicke der Klebstoffschicht beim Dünnen des Halbleiterwafers überprüft werden.

[0043] Dazu wird der zu dünnende Halbleiterwafer zunächst auf ein Substrat aufgeklebt und das Substrat dann mittels Vakuum oder mittels eines Permanentmagneten auf der drehbaren Halbleitervorrichtung fixiert. Für eine permanentmagnetische Fixierung des Substrats auf der Haltevorrichtung weist dieses Substrat ein ferromagnetisches Material wie Kobalt, Nickel, Eisen oder Legierungen derselben auf.

[0044] Insbesondere bei größeren Enddicken kann der Halbleiterwafer mittels Vakuum auf dem Drehtisch ohne Substrat fixiert werden.

[0045] Zusätzlich kann zu der kontinuierlichen Erfassung der Dicke des zu dünnenden Halbleiterwafers die Dicke und Gleichmäßigkeit eines Ätzfilms aus aufgebracht Ätzflüssigkeit erfasst werden und die Menge der von einem Spender aufzubringenden Ätzflüssigkeit und/oder die Drehzahl der Haltevorrichtung in Abhängigkeit der Dickenmessung des Ätzfilms geregelt werden. Für ein relativ gleichmäßiges Dünnen des Halbleiterwafers ist ein gleichmäßiges Abfließen und ein gleichmäßiges Zufließen der Ätzlösung, der Pufferlösung und/oder des Benetzungsmittels erforderlich, was ebenfalls mit Hilfe der Auswerteeinheit ständig überprüft und über die Kopplungseinheit einem Regler für die Zusammensetzung der Ätzflüssigkeit und der Drehzahl des Motors der rotierenden Haltevorrichtung über entsprechende Signalleitungen zugeführt werden kann. Dabei kann die Menge und/oder die Zusammensetzung der aufzubringenden Ätzflüssigkeit in Abhängigkeit der Dickenabnahme des Halbleiterwafers kontinuierlich während des Ätzens geregelt werden.

[0046] In einer Ausführungsform, die das 1D-se FDOCT-Verfahren oder das 1D-te FDOCT-Verfahren betrifft, fächert das Spektrometer die reflektierte Strahlung spektral auf. Das Auffächern der spektralen Verteilung der reflektierten Strahlung kann mittels eines optischen Gitters und einer nachgeordneten Diodenzeile erfolgen. Die ermittelten Wellenlängen der reflektierten Strahlung werden für die genannten FDOCT-Verfahren in einer weiteren Ausführungsform invertiert und dem Spektrometer zugeführt.

[0047] Als Ätzflüssigkeit für einen Siliziumwafer wird eine Ätzlösung aus Flusssäure und einem Oxidationsmittel wie Salpetersäure, gelöstes Peroxidsulfat oder gelöste Ce(IV)-Salze über den Spender auf die zu dünnende Oberfläche des Halbleiterwafers aufgebracht, und zur Pufferung der Ätzrate können Schwefelsäure und/oder Phosphorsäure zugegeben werden, und zur Verbesserung der Benetzung flüssige Benetzungsmittel zugemischt sein.

[0048] Der Start des Messvorgangs kann auch nach dem Start des Ätzvorgangs erfolgen, da die Dickenmessung eine Absolutmessung ist und somit der Start des Messvorgangs auch kurz vor Erreichen der Enddicke noch einsetzen kann und den Zeitpunkt des Stoppens und damit des Ersetzens der Ätzlösung durch eine Spülmittellösung noch rechtzeitig einsetzen kann. Der Spülvorgang wird gestartet, sobald das Erreichen der Enddicke durch die Auswerteeinheit signalisiert wird. An den Spülvorgang kann sich ein Trockenschleudern anschließen. Schließlich ist es möglich, wie oben bereits erwähnt, durch entsprechende Mehrachsen-Positioniersysteme die Verteilung der Enddicke oder die Einhaltung bzw. Überschreitung der Enddicke in Bezug auf die gesamte geätzte Oberfläche genau nachzumessen.

[0049] Der mindestens eine Halbleiterwafer kann ein zu dünnender Siliziumwafer sein. Weiterhin kann der mindestens eine Halbleiterwafer ein zu dünnender Wafer aus einem III-V oder II-VI-Halbleitermaterial sein. Der mindestens eine Halbleiterwafer kann insbesondere ein zu dünnender Wafer aus einem der Halbleitersubstanzen GaAs, InP, GaInAs oder InAs sein.

[0050] Die Erfindung wird nun anhand der beigefügten Figuren näher erläutert.

[0051] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Struktur einer Dünnungsvorrichtung mit einer Überwachungs- vorrichtung für ein in-situ Messen von Waferdicken beim Dünnen von Halbleiterwafern zum Überwachen des Dünnens des Halbleiterwafers gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0052] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Struktur einer Vorrichtung für ein Messen von Waferdicken beim

Dünnen von Halbleiterwafern gemäß dem Stand der Technik.

[0053] Fig. 1 zeigt eine schematische Struktur einer Dünnungsvorrichtung 1 mit einer Überwachungsvorrichtung 12 für ein in-situ Messen von Waferdicken 3 beim Dünnen von Halbleiterwafern 4 zum Überwachen des Dünnens des Halbleiterwafers 4 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Dazu besteht die Dünnungsvorrichtung 1 im Wesentlichen aus zwei Einrichtungen, nämlich einer Nassätzeinrichtung 5 zum Dünnen mindestens eines Halbleiterwafers 4 und der Überwachungsvorrichtung 12 zum Überwachen des Dünnens des Halbleiterwafers 4 und zum Messen der Dicke 3 des sich drehenden Halbleiterwafers 4 beim Dünnen desselben. Zwischen der Nassätzeinrichtung 5 und der Überwachungsvorrichtung 12 ist eine Kopplungseinheit 20 bzw. eine Eingabe- und Kopplungseinheit 30 angeordnet, über die Rand- und Anfangsparameter, Schwellwerte für Lichtintensitäten und andere Parameter eingegeben und Messergebnisse dargestellt werden können.

[0054] Die Nassätzeinrichtung 5 zum Dünnen mindestens eines Halbleiterwafers weist eine drehbare Haltevorrichtung 6 für einen zu dünnenden Halbleiterwafer 4 auf. Ferner hat die Nassätzeinrichtung 5 einen Spender 7 für Ätzflüssigkeiten 8 und Spülflüssigkeiten 9 zum Aufbringen auf eine Oberfläche 10 des rotierenden und zu dünnenden Halbleiterwafers 4. Schließlich besitzt die Nassätzeinrichtung 5 eine Steuereinheit 11 für ein Steuern der aufzubringenden Menge der Ätzflüssigkeit 8 oder Spülflüssigkeit 9 und für ein Steuern der Drehzahl n der Haltevorrichtung 6.

[0055] Die zweite Einrichtung, nämlich die Überwachungsvorrichtung 12 zum Überwachen des Dünnens des Halbleiterwafers 4 und zum Messen der Waferdicke 3 des sich drehenden Halbleiterwafers 4 weist einen Messkopf 13 auf, der kontaktfrei in einem Abstand zu der zu ätzenden Oberfläche 10 des Halbleiterwafers 4 angeordnet ist. Dabei wird die Genauigkeit der Messung der Waferdicke 3 des Halbleiterwafers 4 nicht durch den Abstand des Messkopfes 13 von der Oberfläche 10 des rotierenden Halbleiterwafers 4 beeinträchtigt. Die Überwachungsvorrichtung 12 weist darüber hinaus eine Lichtquelle 14 mit kohärenter Lichtemission 15 im nahen Infrarotbereich in einem mehrere 10 Nanometer breiten Lichtwellenband, mit dem der Messkopf 13 den Halbleiterwafer 4 bestrahlt und die reflektierte Strahlung 16 empfängt, auf. In der gezeigten Ausführungsform der Erfindung liegt der Infrarotbereich des Lichtwellenbandes zwischen 1,25 und 1,35 μm , so dass ein 100 nm breites Lichtwellenband über den Messkopf 13 in Pfeilrichtung A den Halbleiterwafer 4 auf der rotierenden Haltevorrichtung 6 kontaktfrei bestrahlt, und in Pfeilrichtung B wird die reflektierte Strahlung 16 einem Spektrometer 17 zugeführt.

[0056] Der Messkopf 13 wird vor den Ätzflüssigkeiten 8, die mittels einer Düse 50 von dem Spender 7 auf die Oberfläche 10 des Halbleiterwafers 4 aufgebracht werden, durch eine infrarottransparente Schutzscheibe 23 aus Saphir geschützt. Das Material der Schutzscheibe 23 ist kristallines optisch transparentes Al_2O_3 und damit gegenüber den Ätzlösungen für einen Siliziumhalbleiterwafer unempfindlich. Der Messkopf 13 ist über einen ersten optischen Lichtwellenleiter 24 mit einem Strahlteiler, der in der gezeigten Ausführungsform ein optischen Koppler 27 ist, verbunden der eine Komponente der Überwachungsvorrichtung 12 darstellt, wobei dieser optische Lichtwellenleiter 24 mehrere Meter lang sein kann, damit die Elektronik der Messeinrichtung von dem robusten Messkopf und der aggressiven Nassätzeinrichtung 5 zum Dünnen des Halbleiterwafers entfernt angeordnet werden kann. Diese Elektronik kann auch in einem separaten Messraum vorgesehen werden.

[0057] Der optische Koppler 27 verbindet über den ersten optischen Lichtwellenleiter 24 und einen zweiten Lichtwellenleiter 26 die Infrarotlichtquelle 14 des nahen Infrarots mit dem Messkopf 13, wobei eine kohärente Lichtemission 15 über den zweiten Lichtwellenleiter 26, den optischen Koppler 27 und den ersten Lichtwellenleiter 24 dem Messkopf 13 zugeführt wird. Die reflektierte Strahlung 16 wird in Pfeilrichtung B einem Spektrometer 17 über den optischen Koppler 27 und einen dritten Lichtwellenleiter 25 dem Spektrometer 17 zugeführt.

[0058] Das Spektrometer 17 fächert die reflektierte Strahlung 16 nach Invertierung der reflektierten Lichtwellenlängen spektral auf und leitet das gemessene Spektrum zur Waferdickenermittlung der Auswerteeinheit 18 zu. Die Auswerteeinheit 18 weist zwei Messblöcke auf. Ein erster Messblock 49 ermittelt in der gezeigten Ausführungsform mittels eines FDOCT-Verfahrens die Waferdicke $d(t)$ und liefert den ermittelten Wert über eine Signalleitung 28 an die Kopplungseinheit 20. Ein zweiter Messblock 51 ermittelt in der gezeigten Ausführungsform mittels eines FDOCT-Verfahrens die augenblickliche Dicke $d_r(t)$ des Ätzfilms und liefert das ermittelte Ergebnis kontinuierlich über die Signalleitung 29 an die Kopplungseinheit 20. Anstelle mehrerer Signalleitungen kann auch eine Multiplexleitung vorgesehen werden.

[0059] Die Kopplungseinheit 20 gehört zu einer Eingabe- und Kopplungseinheit 30, die auch als Kontrolleinheit arbeitet und die ein zweidimensionales LCD-Display aufweisen kann, wie beispielsweise einen Monitor 31, der in dieser Ausführungsform der Erfindung mit einem Touchscreen 36 ausgestattet ist, so dass nicht nur Messergebnisse angezeigt werden können, sondern auch Rand- und Anfangsparameter über den Touchscreen 36 und entsprechende Eingabemasken eingegeben werden können. Die Kopp-

lungseinheit **20** verbindet die Auswerteeinheit **18** mit der Steuereinheit **11** der Nassätzeinrichtung **5** zum Dünnen des Halbleiterwafers **4**. Außerdem steht die Steuereinheit **11** mit einem Spender **7** über mehrere Blöcke **33** bis **35** zur Bildung einer Ätzflüssigkeit **8** und mit einem Block für die Spülflüssigkeit **9** in Verbindung.

[0060] Dabei wird eine Ätzlösung in dem Block **33** aus zwei Lösungskomponenten für beispielsweise einen Siliziumwafer zusammengestellt, die aus Flußsäure und einem Oxidationsmittel wie Salpetersäure, gelöstes Peroxidsulfat oder gelöste Ce(IV)-Salze besteht. In dem Block **34** wird ein Benetzungsmittel eventuell zugesetzt und im Block **35** wird eine Pufferlösung, die aus Schwefelsäure und/oder Phosphorsäure besteht, bereitgestellt und dem Spender **7** zugeführt. Dabei können die Zusammensetzungen und Mischungsverhältnisse dem Halbleitersubstratmaterial angepasst sein, wobei die oben genannten Beispiele der Lösungen für das Dünnen eines Siliziumwafers gelten.

[0061] Da diese Lösungsmittel hochtransparent sind, jedoch sich in ihrem Brechungsindex von dem Brechungsindex des Halbleiterwafers und dem Brechungsindex der umgebenden Luft unterscheiden, kann auch die Dicke $d_f(t)$ eines Ätzfilms **22**, der sich auf dem rotierenden Halbleiterwafer **4** ausbildet, erfasst und in der Auswerteeinheit **18** bestimmt werden, so dass die Steuereinheit **11** nicht nur die Drehzahl n eines Motors **19** der drehbaren Haltevorrichtung **6** steuert, sondern auch die Zusammensetzung und die Einzelmengen der im Spender **7** zu mischenden und über die Düse **50** auszubringenden Ätzflüssigkeit **8** definieren kann. Die Spülflüssigkeit **9** kommt erst zum Einsatz, wenn die vorgegebene Enddicke d_z des zu dünnenden Halbleiterwafers **4** erreicht ist und der Ätzvorgang zu stoppen ist.

[0062] Die Fixierung des Halbleiterwafers **4** auf dem Drehtisch **21** der rotierenden drehbaren Haltevorrichtung **6** kann unterschiedlich ausgeführt sein. In dieser Ausführungsform der Erfindung ist der Halbleiterwafer **4** mit Hilfe einer Klebstoffschicht **53** auf einem ferromagnetischen Substrat **32** fixiert, wobei der Drehtisch **21** einen Permanentmagneten aufweist, welcher das ferromagnetische Substrat **32** auf dem Drehtisch **21** fixiert. In einer anderen Ausführungsform der Erfindung kann die drehbare Vorrichtung **6** auch einen Vakuumdrehtisch **21** aufweisen, der mittels Vakuum ein entsprechendes Substrat **32** auf dem Drehtisch fixiert. Ein derartiges Substrat wird dann eingesetzt, wenn Enddicken unter 150 Mikrometern erreicht werden sollen. Für größere Enddicken kann der Halbleiterwafer **4** mittels Vakuum auf dem Drehtisch **21** fixiert werden.

[0063] Die Klebstoffschicht **53** weist vorzugsweise einen Thermoplast auf, so dass bei geringer Erwär-

mung des Substrats **32** der Halbleiterwafer **4** von dem Substrat **32** nach seinem Dünnen herunter geschoben werden kann, wobei vielfach der Halbleiterwafer **4** mit dem Substrat **32** in eine Trenneinrichtung eingegeben wird, um zunächst den gedünnten Halbleiterwafer **4** in einzelne gedünnte Chips zu trennen und dann die einzelnen Chips von dem Substrat **32** zu lösen. Da derartige Klebstoffschichten **53** ebenfalls transparent sind, kann mit Hilfe der Messeinrichtung **12** auch die Dicke der Klebstoffschicht **53** vor, nach oder während des Dünnens erfasst und überprüft werden.

[0064] Da sowohl die Grenzschicht zwischen Ätzfilm **22** und Oberfläche **10** des Halbleiterwafers **4** als auch die Grenzschicht zwischen Klebstoffschicht und Oberfläche **48** des Halbleiterwafers **4** mit Hilfe der spektrometrischen Auffächerung des Spektrums der reflektierten Strahlung **16** ermittelt werden kann, wird somit diese Vorrichtung **1** für das Erfassen einer Mehrzahl von Schichten eingesetzt. Von Bedeutung für die Dünnung des Halbleiterwafers **4** ist dabei die ständig abnehmende Waferdicke **3** bzw. das in der Auswerteeinheit **18** ermittelte $d(t)$ sowie die Dicke $d_f(t)$ des Ätzfilms **22**.

[0065] Die Dicke $d_f(t)$ des Ätzfilms **22** kann mit Hilfe der Drehzahl n des Antriebsmotors **19** des Drehtisches **21** geändert werden, während die Menge und/oder die Zusammensetzung der Ätzflüssigkeit **8** mit Hilfe der oben genannten drei Blöcke **33** bis **35** und der Steuereinheit **11** einstellbar bzw. regelbar ist. Die Düse **50** ist in dieser Ausführungsform der Erfindung zentral auf die Mitte des Halbleiterwafers **4** ausgerichtet oder kann horizontal über den Halbleiterwafer **4** geschwenkt werden. Diese Dünnungsvorrichtung **1** kann lediglich einen einzelnen Halbleiterwafer dünnen.

[0066] Jedoch können auch mehrere Halbleiterwafer **4** auf einem vergrößerten Drehteller **21** in dessen Randbereichen angeordnet werden, während die Düse **50** des Spenders **7** zentral auf die Mitte des Drehtisches **21** gerichtet ist. Dabei ist es von Vorteil, wenn das Substrat **32** die gesamte Oberfläche des Drehtisches **21** bedeckt und die einzelnen zu dünnenden Halbleiterwafer im Randbereich des gemeinsamen Substrats **22** fixiert sind, so dass der Ätzfluss über die Wafer gleichmäßig strömt.

[0067] Die Eingabe- und Kopplungseinheit **30** kann entweder in die Nassätzeinrichtung **5** zum Dünnen des Halbleiterwafers **4** integriert sein oder zu der Überwachungsvorrichtung **12** gehören. Ferner ist es auch möglich die Eingabe- und Kopplungseinheit **30**, die sowohl mit der Auswerteeinheit **18** als auch mit der Steuereinheit **11** lediglich über Signalleitungen **28**, **29** sowie **54** und **55** in Verbindung stehen, fern von der Nassätzeinrichtung **5** bzw. der Überwachungsvorrichtung **12** in einem zentralen Überwa-

chungsraum integriert sein. Dieses zeigt, dass die erfindungsgemäße Dünnungsvorrichtung **1** in ihrer Anordnung der einzelnen Komponenten äußerst flexibel ist, wobei lediglich der robuste Messkopf **13** in einem Abstand zu der zu ätzenden Oberfläche **10** des Halbleiterwafers **4** anzuordnen ist.

Bezugszeichenliste

1	Dünnungsvorrichtung (Ausführungsform der Erfindung)	47	optischer Referenzlichtwellenleiter
2	Vorrichtung (Stand der Technik)	48	auf der Haltevorrichtung aufliegende Oberfläche des Halbleiterwafers
3	Waferdicke	49	erster Messblock
4	Halbleiterwafer	50	Düse des Spenders
5	Nassätzeinrichtung	51	zweiter Messblock
5'	Einrichtung	53	Klebstoffschicht
6	drehbare Haltevorrichtung	54	Signalleitung
7	Spender	55	Signalleitung
8	Ätzflüssigkeit	d(t)	augenblickliche Waferdicke
9	Spülflüssigkeit	$\Delta d(t)$	Dickenabnahme des Halbleiterwafers
10	Oberfläche des rotierenden Halbleiterwafers	$d_f(t)$	augenblickliche Dicke des Ätzfilms
11	Steuereinheit	d_z	Enddicke des Halbleiterwafers
12	Überwachungsvorrichtung	λ	Wellenlänge der Lichtstrahlen
12'	Messvorrichtung	n	Drehzahl
13	Messkopf		
14	Lichtquelle		
15	Lichtemission		
16	reflektierte Strahlung		
17	Spektrometer		
18	Auswerteeinheit		
19	Motor		
20	Kopplungseinheit		
21	Drehtisch		
22	Ätzfilm		
23	Schutzscheibe des Messkopfes		
24	Lichtwellenleiter (von und zum Messkopf)		
25	Lichtwellenleiter		
26	Lichtwellenleiter		
27	optischer Koppler		
28	Signalleitung		
29	Signalleitung		
30	Eingabe- und Kopplungseinheit		
31	Monitor		
32	Substrat		
33	Block für die Ätzlösung		
34	Benetzungsmittel		
35	Pufferlösung		
36	Touchscreen		
37	Galvanometer (Spiegelgalvanometer)		
38	schwenkendes Glassubstrat		
39	Reflektorspiegel		
40	optische Bildlängen-Erfassung		
41	Signalverarbeitungsschaltung		
42	Rohdickenberechnung		
43	statistische Dickenberechnung		
44	Referenzlichterzeugung		
45	Photodetektor		
46	optischer Referenzpfad		

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 6897964 B2 [[0002](#), [0038](#)]

Patentansprüche

1. Überwachungsvorrichtung zum Überwachen eines Dünnens mindestens eines Halbleiterwafers (4) in einer Nassätzeinrichtung (5), wobei die Überwachungsvorrichtung (12) folgendes aufweist:

- eine Lichtquelle (14) ausgebildet zum Emittieren kohärenten Lichts eines Lichtwellenbandes, für das der Halbleiterwafer (4) optisch transparent ist,
- einen kontaktfrei zu einer zu ätzenden Oberfläche des Halbleiterwafers (4) angeordneten Messkopf (13), wobei der Messkopf (13) zum Bestrahlen des Halbleiterwafers (4) mit dem kohärenten Licht des Lichtwellenbandes und zum Empfangen einer von dem Halbleiterwafer (4) reflektierten Strahlung (16) ausgebildet ist,
- ein Spektrometer (1),
- einen Strahlteiler, über den das kohärente Licht des Lichtwellenbandes auf den Messkopf (13) und die reflektierte Strahlung auf das Spektrometer (17) gelenkt wird,
- eine Auswerteeinheit (18), wobei die Auswerteeinheit (18) zum Ermitteln einer Dicke $d(t)$ des Halbleiterwafers (4) aus der von dem Halbleiterwafer (4) reflektierten Strahlung (16) während des Dünnens des Halbleiterwafers (4) mittels eines Verfahrens, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem 1D-se FDOCT-Verfahren, einem 1D-te FDOCT-Verfahren und einem 1D-se TDOCT-Verfahren, ausgebildet ist.

2. Überwachungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Spektrometer (17) ein optisches Gitter aufweist, wobei das optische Gitter zum Auffächern der spektralen Verteilung der reflektierten Strahlung (16) ausgebildet ist.

3. Überwachungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Messkopf (13) eine optisch transparente Schutzscheibe (23) aufweist.

4. Überwachungsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die optisch transparente Schutzscheibe (23) Saphir aufweist.

5. Überwachungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit zusätzlich zum Ermitteln einer Dicke ($d_i(t)$) und Gleichmäßigkeit eines Ätzfilms (22) aus Ätzflüssigkeit (8) ausgebildet ist.

6. Überwachungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlteiler ein optischer Koppler (27) ist.

7. Überwachungsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein erster Lichtwellenleiter (24) den Messkopf (13) mit dem optischen Koppler (27) verbindet und zumindest ein zweiter Lichtwellenleiter (26) den optischen Koppler (27)

mit der Lichtquelle (14) verbindet und zumindest ein dritter Lichtwellenleiter (25) den optischen Koppler (27) mit dem Spektrometer (17) verbindet.

8. Dünnungsvorrichtung mit einer Nassätzeinrichtung (5) und einer Überwachungsvorrichtung (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

9. Dünnungsvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Nassätzeinrichtung (5) mindestens eine drehbare Haltevorrichtung (6) für den zu dünnenden Halbleiterwafer (4) aufweist.

10. Dünnungsvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltevorrichtung (6) ein von einem drehzahlgesteuerten Motor (19) angetriebener Drehtisch (21) ist.

11. Dünnungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Dünnungsvorrichtung (1) einen Spender (7) für eine Ätzflüssigkeit zum Dünnen des Halbleiterwafers (4) aufweist.

12. Dünnungsvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Spender (7) eine Tropfdüse aufweist.

13. Dünnungsvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Spender (7) eine Sprühdüse aufweist.

14. Dünnungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse (50) des Spenders (7) schwenkend oder mittig feststehend über dem zu dünnenden Halbleiterwafer (4) angeordnet ist.

15. Dünnungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Dünnungsvorrichtung eine Kopplungseinheit (20) und eine Steuereinheit (11) der Nassätzeinrichtung (5) aufweist, wobei die Kopplungseinheit (20) mit der Auswerteeinheit (18) und der Steuereinheit (11) verbunden ist und wobei die Kopplungseinheit (20) zum Stoppen des Ätzvorgangs bei Erreichen einer vorgegebenen Enddicke (d_z) des gedünnten Halbleiterwafers (4) ausgebildet ist.

16. Dünnungsvorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplungseinheit (20) über Signalleitungen (28, 29, 54, 55) mit der Auswerteeinheit (18) und der Steuereinheit (11) verbunden ist.

17. Dünnungsvorrichtung nach Anspruch 15 oder Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplungseinheit (20) in der Überwachungsvorrichtung (12) integriert ist.

18. Dünnungsvorrichtung nach Anspruch 15 oder Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplungseinheit (20) in der Steuereinheit (11) integriert ist.

19. Dünnungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (11) einen Regler aufweist, der zum Regeln einer Menge der von dem Spender (7) abzugebenden Ätzflüssigkeit (8) in Abhängigkeit von der Dicke ($d_f(t)$) eines aufgebrachtten Ätzfilms (22) aus Ätzflüssigkeit (8) und/oder in Abhängigkeit von der Dickenabnahme ($\Delta d(t)$) des Halbleiterwafers (4) ausgebildet ist.

20. Dünnungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Ätzflüssigkeit (8) für einen zu dünnenden Siliziumwafer eine Ätzlösung mit Flusssäure und einem Oxidationsmittel sowie eine Pufferlösung zum Puffern des Ätzvorgangs aufweist.

21. Dünnungsvorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Oxidationsmittel ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus Salpetersäure, gelöstem Peroxidsulfat und gelösten Ce (IV)-Salzen.

22. Dünnungsvorrichtung nach Anspruch 20 oder Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Pufferlösung Schwefelsäure und/oder Phosphorsäure aufweist.

23. Verfahren zum Überwachen eines Dünnens mindestens eines optisch transparenten Halbleiterwafers (4) in einer Nassätzeinrichtung (5), wobei die Nassätzeinrichtung (5) mindestens eine drehbare Haltevorrichtung (6) aufweist, wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte aufweist:

- Fixieren mindestens eines Halbleiterwafers (4) auf der drehbaren Haltevorrichtung (6);
- Start eines Messvorgangs unter Aktivieren einer Lichtquelle (14) und Emittieren kohärenten Lichts eines Lichtwellenbandes, für das der Halbleiterwafer transparent ist, wobei ein Messkopf (13) den rotierenden Halbleiterwafer (4) mit dem kohärenten Licht des Lichtwellenbandes bestrahlt und reflektierte Strahlung (16) empfängt, und unter Aktivieren eines Spektrometers (17), das die reflektierte Strahlung (16) empfängt;
- Start eines Ätzvorgangs zur Dünnung des rotierenden Halbleiterwafers (4) unter Aufbringen einer Ätzlösung (8) mittels eines Spenders (7);
- Auswerten der spektrometrisch aufgefächerten reflektierten Strahlung (16) zum Ermitteln einer erreichten Dicke $d(t)$ des Halbleiterwafers (4) während des Dünnens des Halbleiterwafers (4) mittels eines Verfahrens, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus einem 1D-se FDOCT-Verfahren, einem 1D-te FD OCT-Verfahren und einem 1D-se TDOCT-Verfahren.

24. Verfahren nach Anspruch 23, weiterhin aufweisend folgende Verfahrensschritte:

- Eingeben einer Enddicke (d_z) des zu dünnenden Halbleiterwafers (4) in eine Kopplungseinheit (20), die mit der Auswerteeinheit (18) der Überwachungsvorrichtung und einer Steuereinheit (11) der Nassätzeinrichtung (5) verbunden ist;
- Stoppen des Ätzvorgangs beim Erreichen der vorgegebenen Enddicke (d_z) für den gedünnten Halbleiterwafer (4)

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingabe der Enddicke (d_z) an der Kopplungseinheit (20) oder über einen Monitor (31) mit Touchscreen (36) einstellbar ist.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Fixieren des Halbleiterwafers (4) auf der drehbaren Haltevorrichtung (6) mittels eines Substrats (32) und einer Klebstoffschicht (53) erfolgt.

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass der zu dünnende Halbleiterwafer (4) zunächst auf das Substrat (32) aufgeklebt wird und das Substrat (32) mittels Vakuum oder mittels eines Permanentmagneten auf der drehbaren Halbleitervorrichtung (6) fixiert wird.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Fixieren des Halbleiterwafers (4) auf der drehbaren Haltevorrichtung (6) mittels Vakuum erfolgt.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu der Erfassung der Dicke ($d(t)$) des zu dünnenden Halbleiterwafers (4) die Dicke ($d_f(t)$) und Gleichmäßigkeit eines Ätzfilms (22) aus Ätzflüssigkeit (8) erfasst wird und die Menge pro Zeiteinheit der vom Spender (7) abzugebenden Ätzflüssigkeit (8) und/oder die Drehzahl (n) der Haltevorrichtung (6) in Abhängigkeit der Dickenmessung des Ätzfilms (22) geregelt wird.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge und/oder die Zusammensetzung der Ätzflüssigkeit (8) in Abhängigkeit der Dickenabnahme ($\Delta d(t)$) des Halbleiterwafers (4) kontinuierlich während des Ätzens geregelt wird.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass das Spektrometer (17) die reflektierte Strahlung spektral auffächert.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass ein Auffächern der spektralen Verteilung der reflektierten Strahlung (16) mittels eines optischen Gitters erfolgt.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenlängen (λ) der reflektierten Strahlung (16) invertiert und dem Spektrometer (17) zugeführt werden.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass als Ätzflüssigkeit (8) für einen Siliziumwafer eine Ätzlösung aus Flusssäure und einem Oxidationsmittel über den Spender (7) für die zu dünnende Oberfläche (10) des Halbleiterwafers (4) vorgesehen wird, und zur Pufferung der Ätzrate Schwefelsäure und/oder Phosphorsäure zugegeben, und zur Verbesserung der Benetzung flüssige Benetzungsmittel (34) zugemischt werden.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass der Start des Messvorgangs nach dem Start des Ätzvorgangs erfolgt.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass zum Stoppen des Ätzvorgangs ein Spülvorgang gestartet wird und sich an den Spülvorgang ein Trockenschleudern anschließt.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Halbleiterwafer (4) ein zu dünnender Siliziumwafer ist.

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Halbleiterwafer (4) ein zu dünnender Wafer aus einem III-V oder II-VI-Halbleitermaterial ist.

39. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Halbleiterwafer (4) ein zu dünnender Wafer aus einem der Halbleitersubstanzen GaAs, InP, GaInAs oder InAs ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

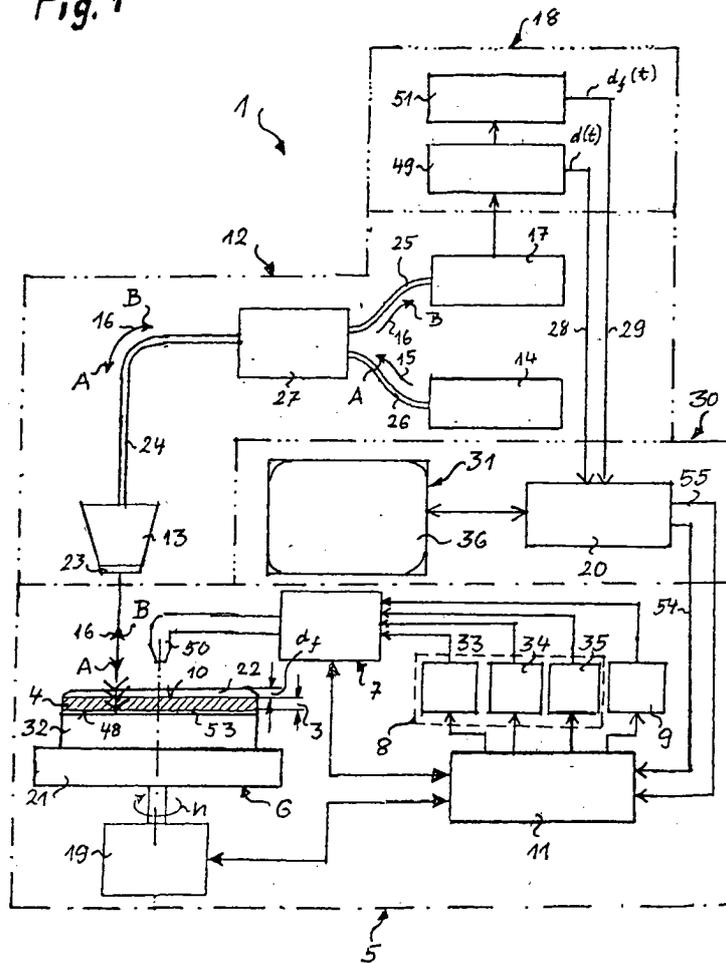


Fig. 2

