



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 09 995 T2** 2004.04.15

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 073 877 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 09 995.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/09016**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 920 030.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/056078**

(86) PCT-Anmeldetag: **26.04.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **04.11.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.02.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **30.07.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.04.2004**

(51) Int Cl.⁷: **G01B 11/06**
H01L 21/3105, B24B 49/04

(30) Unionspriorität:
66044 24.04.1998 US

(73) Patentinhaber:
Micron Technology, Inc., Boise, Id., US

(74) Vertreter:
Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:
DOAN, T., Trung, Boise, US

(54) Bezeichnung: **ENDPUNKTBESTIMMUNG BEIM CHEMISCH, MECHANISCHEN POLIEREN (CMP) DURCH BE-
STIMMUNG DER HÖHE DES SUBSTRATHALTERS**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen der Ausführung eines Planarisierprozesses bei der Fertigung von mikroelektronischen Bauelementen. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Planarisiermaschine. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Planarisieren eines mikroelektronischen Substrats.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Chemisch-mechanische und mechanische Polierverfahren (gemeinsam hier mit "CMP" bezeichnet) beseitigen Material von der Oberfläche eines mikroelektronischen Substrats (z. B. ein Halbleiter-Wafer) im Zuge der Fertigung von ultrahochdicht integrierten Schaltkreisen. Bei einem typischen CMP-Verfahren wird ein Wafer gegen ein Planarisiermedium (z. B. ein Polierkissen) im Beisein eines Planarisierfluids (z. B. eines Planarisierschlamms) unter gesteuerten chemischen, Druck-, Geschwindigkeits- und Temperaturbedingungen gedrückt. Das Planarisierfluid kann kleine Abriebpartikel zum Abreiben der Oberfläche des Wafers aufweisen, man kann aber auch ein nicht-abrasives Planarisierfluid in Verbindung mit festen abreibenden Polierkissen verwenden. Darüber hinaus enthält das Planarisierfluid Chemikalien, die die Oberfläche des Wafer ätzen und/oder oxidieren. Das Polierkissen ist im allgemeinen ein ebenes Kissen aus einem porösen Werkstoff, beispielsweise Blas-Polyurethan, außerdem kann es abrasive Partikel enthalten, die an dem Werkstoff gebunden sind. Wenn das Kissen und/oder der Wafer sich gegeneinander bewegen, wird hierdurch Material von der Oberfläche des Wafers durch die abrasiven Partikel (mechanischer Abrieb) und die Chemikalien (chemisches Abtragen) entfernt.

[0003] **Fig. 1** zeigt schematisch eine herkömmliche CMP-Maschine **10** mit einer Druckplatte **20**, einem Wafer **30**, einem Polierkissen **40** und einem Schlamm **44** an dem Polierkissen. Die Druckplatte **20** besitzt eine Fläche, auf dem das Polierkissen **40** positioniert ist. Eine Antriebsanordnung **26** dreht die Druckplatte **20** in Pfeilrichtung A. Bei einer anderen Art existierender CMP-Maschine bewegt die Antriebsanordnung **26** die Druckplatte gemäß dem Pfeil B hin und zurück. Die Bewegung der Druckplatte **20** wird auf das Kissen **40** übertragen, da dieses in Reibungseingriff mit der Oberfläche **22** der Druckplatte **20** steht. Der Waferträger **30** besitzt eine Unterseite **32**, an der ein Wafer **60** befestigt werden kann, oder man kann den Wafer **60** an einem elastischen Kissen **34** befestigen, welches sich zwischen dem Wafer **60** und der Unterseite **32** befindet. Der Waferträger **30** kann ein mit Gewicht belasteter, freischwimmender Waferträger sein, oder man kann eine Aktuatoranordnung **36** an dem Waferträger **30** befestigen, um eine

Axial- und Drehbewegung zu erreichen, die hier durch die Pfeile C bzw. D angegeben ist.

[0004] Beim Betrieb der herkömmlichen Poliermaschine **10** wird der Wafer **60** mit der Vorderseite nach unten gegen das Polierkissen **40** gelegt, und dann wird die Druckplatte **20** relativ zu dem Waferträger **30** bewegt. Wenn die Oberseite des Wafers **60** sich über die Planarisierfläche **42** des Polierkissens **40** bewegt, bewegen das Polierkissen und der Schlamm **44** Material von dem Wafer **40**.

[0005] In der Konkurrenz-Halbleiterindustrie ist es in hohem Maße erwünscht, den Durchsatz bei den CMP-Verfahren zu maximieren, um dadurch genaue, planare Flächen in möglichst rascher Weise zu erhalten. Der Durchsatz der CMP-Verfahren ist eine Funktion von mehreren Parametern. Einer von den Parametern ist die Zuverlässigkeit, mit der das CMP-Verfahren an einem angestrebten Endpunkt exakt beendet wird. Das exakte Beenden des CMP-Verfahrens an einem erwünschten Endpunkt ist wichtig, um einen hohen Durchsatz zu erhalten, weil die Dicke der dielektrischen Schicht innerhalb eines akzeptierbaren Bereichs liegen muss. Liegt die Dicke der dielektrischen Schicht nicht innerhalb eines akzeptierbaren Bereichs, so muss der Wafer erneut poliert werden, bis der gewünschte Endpunkt erreicht ist. Ein Nachpolieren eines Wafers reduziert aber den Durchsatz von CMP-Verfahren beträchtlich. Es ist also in hohem Maße erstrebenswert, den CMP-Prozess an dem gewünschten Endpunkt anzuhalten. Bei einem herkömmlichen Verfahren zum Ermitteln des Endpunkts des CMP-Prozesses wird die Polierzeitdauer für einen Wafer innerhalb eines Durchgangs unter Heranziehung der Polierrate früherer Wafer in dem Durchgang abgeschätzt. Die abgeschätzte Polierzeitspanne für den Wafer ist aber möglicherweise deshalb nicht exakt, weil sich die Polierrate von Wafer zu Wafer ändern kann. Damit kann dieses Verfahren das Polieren des Wafers nicht exakt bis zu dem gewünschten Endpunkt durchführen.

[0006] Bei einem anderen Verfahren zum Bestimmen des Endpunkts des CMP-Verfahrens wird der Wafer von dem Kissen und dem Waferträger entfernt, und anschließend wird die Dicke des Wafers gemessen. Das Abnehmen des Wafers von dem Kissen und dem Waferträger ist allerdings zeitraubend und führt möglicherweise zu einer Beschädigung des Wafers. Wenn außerdem der Wafer nicht den gewünschten Endpunkt erreicht hat, ist noch mehr Zeit erforderlich, um den Wafer erneut zum Nachpolieren an dem Waferträger anzubringen. Damit verringert dieses Verfahren grundsätzlich den Durchsatz des CMP-Verfahrens.

[0007] Bei einem noch weiteren Verfahren zum Ermitteln des Endpunkts des CMP-Prozesses wird ein Teil des Wafers jenseits des Randes des Kissens entfernt, und ein Interferometer lenkt einen Lichtstrahl direkt auf den freiliegenden Teil des Wafers. Allerdings befindet sich der Wafer möglicherweise nicht jedesmal in derselben Referenzposition, wenn er über dem

Kissen übersteht, da der Rand des Kissens komprimierbar ist und der Wafer möglicherweise verkantet ist, wenn er über dem Kissen hängt, so dass der freiliegende Teil des Wafers von Messvorgang zu Messvorgang variieren kann. Damit misst dieses Verfahren möglicherweise die Dickenänderung des Wafers ungenau.

[0008] Im Licht der Probleme der herkömmlichen Methoden zur Endpunkterfassung wäre es wünschenswert, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum raschen und exakten Messen der Dickenänderung eines Wafers während des CMP-Prozesses zu entwickeln.

[0009] Zusätzlich zu dem exakten Bestimmen des Endpunkts von CMP-Prozessen ist es auch wünschenswert, andere Leistungscharakteristika oder -parameter zur Aufrechterhaltung des Durchsatzes und zur Qualitätssicherung fertiger Wafer zu überwachen. Die Leistungsfähigkeit von CMP-Verfahren wird möglicherweise abträglich durch den Zustand des Kissens, die Verteilung des Planarisierfluids unter dem Wafer und zahlreiche weitere Planarisierparameter beeinflusst. Das Überwachen dieser Parameter ist allerdings deshalb schwierig, weil es zeitraubend ist, die Verarbeitung der Wafer zu unterbrechen, um festzustellen, ob sich einer der Parameter geändert hat. Wenn außerdem der CMP-Prozess angehalten wird und sämtliche Parameter sich als in einem akzeptierbaren Bereich liegend erweisen, hat man die gesamte eingesetzte Verarbeitungszeit hierfür verschwendet. Also ist es wünschenswert, die Leistungsfähigkeit der CMP-Verarbeitung zu überwachen, um zu garantieren, dass die Planarisierparameter innerhalb akzeptierbarer Betriebsbereiche liegen, ohne dabei den Prozess zu unterbrechen.

[0010] Die US-A-5 667 424 zeigt ein Verfahren zum Überwachen der Leistungsfähigkeit der Planarisierung eines mikroelektronischen Substrats. Zu diesem Zweck wird die Rückseite eines Substrathalters vermessen. Dieses herkömmliche Verfahren nutzt Vibrationen, die in dem Substrathalter induziert werden.

[0011] Die US-A-5 777 739 zeigt das Messen einer Änderung des Abstands mit Hilfe eines Interferometers.

Offenbarung der Erfindung

[0012] Die Erfindung ist in den Ansprüchen 1, 20 und 26 definiert. Bevorzugte Ausführungsbeispiele sind durch die abhängigen Ansprüche 1 bis 19 und 21 bis 25 definiert. Ermittelt wird ein Endpunkt eines Planarisierprozesses, der Material von einem mikroelektronischen Substrat, beispielsweise einem Halbleiterwafer, entfernt. Ein Endpunktdetektor misst die Dickenänderung eines Halbleiterwafers, während der Wafer an einem Waferhalter während des chemisch-mechanischen Polierens des Wafers befestigt ist. Der Endpunktdetektor besitzt eine Referenzplattform, eine Messfläche und eine Abstandsmesseinrichtung. Die Referenzplattform ist in der Nähe des

Waferträgers angeordnet, und die Referenzplattform die Messeinrichtung sind voneinander mit einem bekannten, konstanten Abstand für sämtliche Messungen eines einzelnen Wafers beabstandet. Die Messfläche ist in Bezug auf den Waferträger an einer Stelle fixiert, die es der Messeinrichtung ermöglicht, mit der Messfläche zusammenzuwirken, wenn sich der Wafer an der Referenzplattform befindet. Jedes Mal, wenn die Messeinrichtung mit der Messfläche zusammenarbeitet, misst sie die Verlagerung oder den Versatz der Messfläche in Bezug auf die Messeinrichtung. Die Verlagerung der Messfläche ist proportional zur Dickenänderung des Wafers zwischen den einzelnen Messvorgängen.

[0013] Der Wafer wird auf der Referenzplattform vor seinem Polieren platziert, und dann wirkt die Messeinrichtung mit der Messfläche zusammen, um eine Grundlinienmessung der Position der Messfläche in Bezug auf die Messeinrichtung zu ermitteln. Nachdem der Wafer zumindest teilweise poliert ist, wird er wieder an der Referenzplattform platziert, und die Messeinrichtung wird erneut zum Zusammenwirken mit der Messfläche gebracht, um eine anschließende Messung der Stellung der Messfläche in Bezug auf die Messeinrichtung vorzunehmen. Die Versetzung der Messfläche gegenüber der Grundlinienmessung bis zu der Nachfolgemessung ist proportional zur Dickenänderung des Wafers.

[0014] Eine Planarisiermaschine enthält eine flache Platte, ein Planarisiermedium, das an der Platte befestigt ist, eine Trägeranordnung zum Manipulieren eines Substrats in Bezug auf das Planarisiermedium, und eine kontaktfreie Abstandsmesseinrichtung. Insbesondere kann die Trägeranordnung eine Trägerstruktur und einen mit der Trägerstruktur gekoppelten Substrathalter aufweisen. Der Substrathalter besitzt typischerweise eine Montagestelle oder Lagerstelle, die dem Planarisiermedium zugewandt ist, um das Substrat aufzunehmen, außerdem eine Rückseite, die von dem Planarisiermedium abgewandt ist. Die kontaktfreie Abstandsmesseinrichtung kann außerdem an der Trägerstruktur so angebracht sein, dass sie sich über dem Substrathalter befindet, zumindest während eines Teils des Planarisierprozesses. Darüber hinaus hält die Trägerstruktur typischerweise die kontaktfreie Abstandsmesseinrichtung in einer bekannten Höhe gegenüber der Platte, um einen Ist-Abstand zwischen der Rückseite des Substrathalters und der bekannten Höhe zu messen, während das Substrat planarisiert wird.

[0015] Die Abstandsmesseinrichtung kann einen Strahlemittel enthalten, der einen Quellenstrahl emittiert, einen unter einem vorbestimmten Winkel bezüglich der Platte angeordneten Reflektor, um den Quellenstrahl gegen die Rückseite des Substrathalters zu lenken, und einen Primärdetektor zur Aufnahme eines von der Rückseite des Substrathalters reflektierten Rücklaufstrahl senkrecht zu dem Quellenstrahl. Der Primärdetektor überwacht eine seitliche Verschiebung des Rücklaufstrahl und liefert ein Sig-

nal an einen Prozessor, der den Abstand zwischen der Rückseite des Substrathalters und dem Schnittpunkt des Quellenstrahls mit dem Rücklaufstrahl ermittelt. Dementsprechend kann die Abstandsmessung einen ersten Ist-Abstand während eines Stadiums des Planarisierprozesses messen, um dann in einem späteren Stadium des Planarisierprozesses eine Nachmessung eines zweiten Ist-Abstands vorzunehmen, um die Dickenänderung des Substrats, die Polierate des Substrats und mehrere weitere Leistungsparameter des Planarisierprozesses zu ermitteln, während das Substrat planarisiert wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] **Fig. 1** ist eine schematische Querschnittansicht einer herkömmlichen chemisch-mechanischen Poliermaschine gemäß dem Stand der Technik.

[0017] **Fig. 2** ist eine schematische Querschnittansicht eines Endpunktdetektors gemäß der Erfindung.

[0018] **Fig. 3** ist eine schematische Querschnittansicht eines Polierers mit einem Endpunktdetektor gemäß der Erfindung.

[0019] **Fig. 4** ist eine schematische Querschnittansicht eines Polierers mit einem Endpunktdetektor gemäß der Erfindung.

[0020] **Fig. 5** ist eine schematische Querschnittansicht eines Polierers mit einem Endpunktdetektor gemäß der Erfindung.

[0021] **Fig. 6** ist eine schematische Querschnittansicht eines Polierers mit einem Endpunktdetektor gemäß der Erfindung.

[0022] **Fig. 7** ist eine schematische Querschnittansicht einer weiteren Poliermaschine mit einem Leistungsüberwachungssystem gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0023] Die Erfindung betrifft die Ausführungs-Überwachungssysteme, beispielsweise in Form eines Endpunktdetektors, der rasch und exakt eine Änderung der Waferdicke eines Halbleiterwafers oder eines anderen Typs eines mikroelektronischen Substrats während des chemisch-mechanischen Polierens des Wafers messen kann. Ein Aspekt der Erfindung besteht in der Schaffung einer Referenzplattform, auf der der Wafer jedes Mal dann positioniert wird, wenn eine Messung vorgenommen wird. Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist die Schaffung einer Messfläche eines Waferträgers, die mit einer Messvorrichtung zusammenarbeiten kann, ohne dass der Wafer von der Referenzplattform oder dem Waferträger entfernt wird. Wie im folgenden näher erläutert wird, lässt sich durch Schaffung einer solchen Referenzplattform oder Messfläche die Änderung der Waferdicke rasch und exakt messen, während der Wafer an dem Waferträger befestigt ist und an der Referenzplattform positioniert ist. Zusätzlich zum Messen der Änderung der Waferdicke können gewissen Ausführungsfor-

men der erfindungsgemäßen Ausführungs-Überwachungssystem auch die aktuelle Höhe des Waferträgers in Bezug auf eine bekannte Höhe bestimmen, um den Endpunkt, die Polierate und mehrere weitere Ausführungsparameter von CMP-Prozessen zu bestimmen. Zahlreiche spezielle Einzelheiten gewisser Ausführungsformen der Erfindung sind in den **Fig. 2** bis **7** angegeben, um ein grundlegendes Verständnis dieser Ausführungsformen zu ermöglichen. Der Fachmann erkennt allerdings, dass die Erfindung weitere Ausführungsformen aufweisen kann, die sich in die Praxis umsetzen lassen, ohne von mehreren Einzelheiten Gebrauch zu machen, die im Zuge der nachfolgenden detaillierten Beschreibung der Erfindung erläutert werden.

[0024] **Fig. 2** zeigt einen Endpunktdetektor **50**, der für eine herkömmliche CMP-Maschine eingesetzt wird, bei der ein Wafer **60** oder ein anderer Typ eines mikroelektronischen Substrats in einem Substrathalter oder Waferträger **49** gelagert ist. Der Waferträger **30** ist typischerweise an einem Aktuator **36** befestigt, der den Waferträger **30** manipuliert. Der Endpunktdetektor **50** enthält eine Referenzplattform **70**, eine Messfläche **80** an dem Waferträger **30** und eine Messeinrichtung **90**. Eine Oberseite **72** der Referenzplattform wird in einem festen Abstand bezüglich der Messeinrichtung **90** gehalten, und zwar bei sämtlichen Messungen an einem einzelnen Wafer. Die Messfläche **80** befindet sich an einer Oberseite **38** des Waferträgers **30**, so dass sie in Bezug auf die Messeinrichtung **90** freiliegt, wenn der Waferträger **30** den Wafer **60** gegen die Referenzfläche **70** drückt. Die Messfläche **80** ist vorzugsweise eine ebene, reflektierende Fläche, bei der es sich entweder um die Oberseite **38** des Waferträgers selbst handelt, oder um eine separate Platte oder Tafel, die an dem Waferträger **30** befestigt ist. Die Messeinrichtung **90** arbeitet mit der Messfläche **80** zusammen, um den Versatz oder die Verlagerung der Messfläche **80** gegenüber der festen Position der Messeinrichtung **70** zu messen.

[0025] Bei einer Ausführungsform ist die Messeinrichtung ein Interferometer mit einem Emitter **92** und einem Empfänger **94**. Der Emitter lenkt einen Lichtstrahl auf die Messfläche **80**, die den Lichtstrahl zurück zu dem Empfänger **94** reflektiert. Wenn der Abstand zwischen der Messfläche **80** und der Messeinrichtung **90** sich entsprechend der Änderung der Dicke des Wafers **60** ändert, ändert sich dementsprechend die Phase des reflektierten Lichtstrahls am Empfänger **90**. Eine mit dem Empfänger **94** verbundene Steuerung **96** setzt die Phasenänderung des reflektierten Lichtstrahls um in einen Messwert für den vertikalen Versatz der Messfläche **80** bezüglich der Lage der Messeinrichtung **90**. Wichtig ist, dass sowohl die Referenzplattform **70** als auch die Messeinrichtung **90** gegen eine gegenseitige Verlagerung gesichert sind, um einen konstanten Abstand zwischen den beiden Teilen bei sämtlichen Messungen eines einzelnen Wafers aufrecht zu erhalten. Der Ab-

stand zwischen der Referenzplattform **70** und der Messeinrichtung **90** kann allerdings von Wafer zu Wafer ein anderer sein. Deshalb beseitigt der Endpunktdetektor **50** eine Variable aus zahlreichen herkömmlichen Endpunkt-Detektormethoden, die üblicherweise ungenaue Messungen für die Dickenänderung des Wafers **60** liefern.

[0026] Im Betrieb platziert der Waferträger **30** zunächst den Wafer **60** auf der Oberseite **72** der Referenzplattform **70**, bevor der Wafer **60** poliert wird. Wenn der Wafer **60** am Anfang auf der Referenzplattform **70** angebracht wird, befindet sich die Messfläche **80** in einer Höhe h_1 bezüglich der Messeinrichtung **90**. Dann richtet der Emittor **92** den Lichtstrahl **93** auf die Messfläche **80**, um eine Grundlinienmessung für die Lage der Messfläche **80** in der Höhe h_1 zu ermitteln. Nachdem die Grundlinienmessung gewonnen ist, wird der Wafer für eine Zeitspanne poliert. Dann ist die Dickenänderung des Wafers (Δt) gleich dem Abstand zwischen der ursprünglichen Oberfläche **62** des Wafers und einer neuen Fläche **62(a)**. Dann wird der Wafer **60** erneut auf die Oberfläche **72** der Referenzplattform **70** aufgebracht, und die Lager der Messfläche **80** ändert sich dementsprechend auf eine Höhe h_2 . Der Lichtstrahl **93** von der Messeinrichtung **90** arbeitet erneut mit der Messfläche **80** zusammen, um den Versatz (Δd) der Messfläche **80** in der Höhe h_2 zu messen. Dieser Versatz Δd der Messfläche **80** ist proportional zu oder kann direkt entsprechen der Dickenänderung Δt des Wafers **60**.

[0027] Ein Vorteil des Endpunktdetektors **50** besteht darin, dass er hochgenaue Messungen der Dickenänderung Δt des Wafers **60** liefert. Ein Aspekt der Erfindung liegt darin, dass der Abstand zwischen der Oberseite **72** der Referenzplattform **70** und der Messeinrichtung **90** bei sämtlichen Messungen eines einzelnen Wafers konstant ist. Dementsprechend wird der Versatz Δd der Messfläche **80** durch die Dickenänderung des Wafers Δt hervorgerufen. Außerdem braucht durch Messen des Versatzes der Messfläche **80** der Wafer **60** nicht über die Referenzplattform **70** überzustehen, wie es bei es herkömmlichen Methoden der Fall ist, die den Wafer direkt mit dem Lichtstrahl treffen. Der Endpunktdetektor **50** liefert daher hochgenaue Messungen der Dickenänderungen Δt des Wafers **60**.

[0028] **Fig. 3** zeigt schematisch eine Poliermaschine **52** mit einem Endpunktdetektor gemäß der Erfindung. Bei dieser Ausführungsform ist die Referenzplattform **70** das Polierkissen **40**. Die Oberseite **72** der Plattform **70** ist dementsprechend die Oberseite des Polierkissens **40**. Der Waferträger **30** nimmt den Wafer **60** auf der Polierkissen-/Referenzplattform **70** auf, um den Wafer **60** zu polieren und die Änderung der Dicke des Wafers **60** zu messen. Wenn der Waferträger **30** im wesentlichen unter der Messeinrichtung liegt, arbeiten die Messeinrichtung **90** und die Messfläche **80** zusammen. Im Betrieb wird eine Dickenänderung des Wafers in der oben in Verbindung mit **Fig. 2** beschriebenen Weise gemessen. Diese

Ausführungsform der Erfindung ist besonders nützlich bei starren Kissens oder halbstarren Kissens, die sich im wesentlichen weniger zusammendrücken, als es der Dickenänderung des Wafers entspricht. Aber selbst wenn das Polierkissen oder die Referenzplattform **70** komprimierbar ist, sind die von dem Endpunktdetektor der Poliermaschine **52** vorgenommenen Messungen solange exakt, wie irgendeine auf das Kissen bzw. die Plattform **70** aufgebrachte Kraft die gleiche bei sämtlichen Messungen ist. Die Poliermaschine **52** misst rasch die Dickenänderung des Wafers **60** deshalb, weil dieser nicht von dem Waferträger **30** oder dem Polierkissen bzw. der Referenzplattform **70** abgenommen wird. Deshalb verbessert diese spezielle Ausführungsform der Erfindung den Durchsatz im Vergleich mit herkömmlichen CMP-Verfahren.

[0029] **Fig. 4** bis **6** zeigen verschiedene Ausführungsformen von Poliermaschinen mit Endpunktdetektoren. **Fig. 4** zeigt eine Poliermaschine **54** mit einem Endpunktdetektor, bei dem die Referenzplattform **70** ein getrennter Sockel **74** ist, der am Boden der Planarisiermaschine befestigt ist. **Fig. 5** zeigt eine Poliermaschine **56** mit einem Endpunktdetektor, bei dem die Referenzplattform **70** radial mit Abstand außen abgerückt von dem Polierkissen **40** auf der Oberfläche der Druckplatte **20** vorgesehen ist. Bei anderen verwandten Ausführungsformen kann eine Referenzplattform **70(a)** in einem Loch **43** in der Mitte des Kissens **40** ausgebildet sein, oder das Loch **43** kann Zugang zu einer Referenzplattform **70(b)** bieten, die durch die Mitte der Oberseite **22** der Druckplatte **20** gebildet wird. **Fig. 6** zeigt eine Poliermaschine **58** mit einem Endpunktdetektor, bei dem die Referenzplattform **70** an einer Wand **14** der Poliermaschine befestigt ist. Bei jeder der Poliermaschinen **54** und **56** und **58** wird die Änderung der Dicke des Wafers **60** dadurch gemessen, dass der Wafer **60** von dem Polierkissen **40** zu der Referenzplattform **70** bewegt wird. Die Änderung der Verlagerung der Messfläche **80** wird gemessen durch Zusammenwirken der Messfläche **80** mit einem Lichtstrahl von der Messeinrichtung **90**, wie dies oben in Verbindung mit **Fig. 2** erläutert wurde.

[0030] Ein Vorteil der Poliermaschinen **52**, **54**, **56** und **58** liegt darin, dass sie grundsätzlich den Durchsatz bei dem CMP-Verfahren steigern können. Wenn die Referenzplattform **70** das Polierkissen ist, lässt sich die Änderung der Dicke Δt des Wafers **60** messen, ohne dass der Wafer **60** von dem Waferträger **30** oder dem Polierkissen abgenommen wird. Folglich lässt sich die Dickenänderung Δt des Wafers **60** vor Ort mit nur minimaler Unterbrechung des Poliervorgangs des Wafers **60** messen. Wenn die Plattform **72** von dem Polierkissen abgenommen ist, lässt sich die Änderung der Dicke Δt des Wafers **60** messen, ohne dass der Wafer **60** vom Waferträger **30** abgenommen wird. Damit kann die Dickenänderung Δt des Wafers gemessen werden mit nur einer kurzen Unterbrechung, die dazu dient, den Wafer zwischen dem Po-

lierkissen und der Referenzplattform zu bewegen.

[0031] **Fig. 7** ist eine schematische Schnittansicht einer CMP-Maschine **110** gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Die CMP-Maschine **110** kann ein Gehäuse **112**, einen Hohlraum **114** innerhalb des Gehäuses **112** und eine Sperre **116** innerhalb des Hohlraums **114** aufweisen. Ein an dem Gehäuse **112** befestigter Aktuator **126** besitzt eine Welle **127** innerhalb der Sperre **116**, um eine Platte oder Druckplatte **120** abzustützen. Der Aktuator **126** kann folglich die Platte **120** über die Welle **127** drehen. Die Planarisiermaschine **110** besitzt außerdem eine an dem Gehäuse **112** befestigte Trägeranordnung **130**, die bei dieser Ausführungsform einen Primäraktuator **131** besitzt, der einen ersten Arm **132** vertikal entlang einer Hubachse P-P (Pfeil V) bewegt und den Arm **132** entlang der Hubachse P-P dreht (Pfeil R₁). Der Arm **132** kann einen Sekundäraktuator **134** mit einer an den Substrathalter oder den Waferträger **136** gekoppelten Antriebswelle **135** tragen. Der Substrathalter **136** hat vorzugsweise eine Rückseite oder Oberseite **138**, mehrere Düsen **139** zum Verteilen eines Planarisierfluids **144**, und eine Lagerstelle, an der ein mikroelektronisches Substrat **12** angebracht werden kann. Das Substrat **12** kann z. B. ein Halbleiterwafer oder eine Feldemissionsanzeige mit oder ohne integrierte Schaltung sein. Die Trägeranordnung **130** manipuliert den Substrathalter **136** so, dass er das Substrat **12** ergreift und es über die Planarisierfläche **142** eines Planarisiermediums **140** translatorisch bewegt (z. B. über ein Polierkissen).

[0032] Die Trägeranordnung **130** kann außerdem einen zweiten Arm **133** aufweisen, der sich um die Hubachse P-P (Pfeil R₂) dreht. Der erste und der zweite Arm **132** und **133** sind vorzugsweise unabhängig voneinander betreibbar. Der erste Arm **132** kann mit dem Primäraktuator **131** so gekoppelt sein, dass er in Bezug auf die Hubachse P-P bewegt wird, wie es oben angegeben wurde. Der zweite Arm **133** kann einen teleskopisch gegenüber dem vertikalen Teil des ersten Arms **132** bewegbaren vertikalen Abschnitt besitzen. Der zweite Arm **133** kann unabhängig an einem zweiten Aktuator **191a** an der Planarisiermaschine **110** gekoppelt sein. Der Sekundäraktuator **131a** kann folglich den zweiten Arm **133** um die Hubachse P-P mit einer festen oder bekannten Höhe bewegt werden, da der erste Arm **132** sich unabhängig gegenüber der Hubachse P-P bewegt. Beispielsweise kann, wenn der erste Arm **132** sich vertikal und drehend um die Hubachse P-P beim Planarisieren des Substrats **12** bewegt, der zweite Arm **130** um die Hubachse P-P drehen, während der erste Arm **132** eine konstante Höhe einnimmt.

[0033] Die Planarisiermaschine **110** kann außerdem ein Ausführungs-Überwachungssystem **190** besitzen, das an dem zweiten Arm **133** befestigt ist und eine kontaktfreie Abstandsmesseinrichtung **191** sein kann (eine Abstandseinrichtung), umfassend einen Strahlemitter **192**, einen Reflektor **193** mit Abstand von dem Strahlemitter **192** angeordnet, und einem

Detektor **194**. Der Strahlemitter **192** projiziert einen Strahl **195** (in **Fig. 7** durch Bezugszeichen **195a-c** angegeben), um die aktuelle Höhe des Substrathalters **136** zu ermitteln. Wie in **Fig. 7** schematisch dargestellt ist, kann der Strahlemitter **192** einen Anfangsabschnitt eines Quellenstrahls **195a** auf dem Reflektor **193** geben, der unter einem Winkel α geneigt ist, bei dem ein Zwischenabschnitt des Quellenstrahls **195b** auf die Rückseite **38** des Substrathalters **136** gelenkt wird, demzufolge ein Detektor **194** einen Rücklaufstrahl **195c** erfasst. Der Detektor **194** empfängt den Rücklaufstrahl **195c** und detektiert optisch die seitliche Position "L" des Rücklaufstrahls **195c** in Bezug auf eine (nicht gezeigte) Skala innerhalb des Detektors **194**. Durch Kenntnis des Winkels α zur Aufrechterhaltung eines gleichschenkligen Dreiecks und des Abstands "Y" entlang dem Anfangs-Quellenstrahl **195a** zwischen dem Scheitel des Dreiecks und dem Reflektor, bestimmt ein betrieblich mit der Abstandseinrichtung **191** gekoppelter Prozessor **198** den Ist-Abstand "d" zwischen der Rückseite **138** des Substrathalters **136** und dem Anfangsabschnitt des Quellenstrahls **195a**. Dementsprechend misst die Abstandseinrichtung **191** die Ist-Höhe der Rückseite **138** des Substrathalters **136**.

[0034] Die Abstandseinrichtung **191** ist vorzugsweise ein Triangulationsmessgerät, welches exakt den Abstand zwischen der bekannten Höhe und der Rückseite **138** des Substrathalters **136** misst. Der Strahlemitter **192** kann also ein Laser sein, und der Strahl **195** folglich ein Laserstrahl. Ein geeigneter Laserversatzmesser ist der LCD3-Versatzmesser, hergestellt von der Keyence Corporation Woodcliff Lake, New Jersey. Im Betrieb lenkt die Abstandseinrichtung **191** den Strahl **195** auf die Rückseite **138** des Substrathalters **136**, während die Trägeranordnung **130** das Substrat **12** gegen das Planarisiermedium **140** drückt. Bei einigen Anwendungen lenkt die Abstandsmesseinrichtung **191** den Strahl **195** gegen die Rückseite **138** des Substrathalters **136**, während dieser und das Planarisiermedium **140** ortsfest verharren. Bei anderen Anwendungen lenkt die Abstandsmesseinrichtung **191** den Strahl **195** auf den Substrathalter **136**, während es eine Relativbewegung zwischen dem Substrathalter **136** und dem Planarisiermedium **140** gibt. Beispielsweise kann die Abstandseinrichtung **191** ebenso wie der Substrathalter **136** um die Hubachse P-P während des Planarisiervorgangs umlaufen, so dass der Strahl **195** kontinuierlich auf die Rückseite **138** des Substrathalters **136** auftrifft. Bei einer anderen Ausführungsform kann die Abstandseinrichtung **191** an einem fixen Punkt entlang dem Planarisierweg des Substrathalters **136** positioniert werden, so dass der Strahl **194** periodisch auf die Rückseite **138** des Substrathalters **136** auftrifft, während der Planarisierprozess vonstatten geht. In jedem Fall detektiert die Abstandseinrichtung **191** die Höhe der Rückseite des Substrathalters **136** in Bezug auf die bekannte Höhe, indem sie einen ersten Ist-Abstand in einem Stadium des Planarisierpro-

zesses misst und in einem nachfolgendem Stadium einen zweiten Ist-Abstand nachmisst. Wie im folgenden detailliert ausgeführt wird, liefert der Abstand zwischen der bekannten Höhe und der Rückseite **138** des Substrathalters **136** Daten zum Überwachen der Ausführung des Planarisierprozesses.

[0035] Bei einer speziellen Anwendung kann das Ausführungs-Überwachungssystem **190** der Planarisiermaschine **110** den Endpunkt des Planarisiervorgangs erkennen. Während der Planarisierprozess abläuft und die Trägeranordnung **30** das Substrat **12** über das Planarisiermedium **140** bewegt, misst die Abstandseinrichtung **191** die Höhe der Rückseite **138** des Substrathalters **136**. Wenn die Höhenänderung des Substrathalters **136** in einem Bereich der gewünschten Dickenänderung des Substrats **12** liegt, beendet die Planarisiermaschine **110** das Entfernen von Material von dem Substrat **12**. Beispielsweise kann die Planarisiermaschine **110** den Prozess dadurch abschließen, dass sie das Substrat **12** von dem Planarisiermedium **140** abhebt oder die Relativbewegung zwischen dem Substrat **12** und dem Planarisiermedium **140** beendet.

[0036] Das Ausführungs-Überwachungssystem **190** kann außerdem andere Systemparameter überwachen, um zu signalisieren, wann der Planarisierprozess nicht auf dem gewünschten Niveau vonstatten geht. Beispielsweise kann der Prozessor **198** die Polierate des Substrats **12** bestimmen, ohne den Planarisierzyklus zu unterbrechen, indem er die Änderung der Höhe des Substrathalters **136** korreliert mit der verstrichenen Zeit innerhalb des Zyklus. Eine signifikante Änderung der Polierate bedeutet im allgemeinen, dass einer der Polierparameter außerhalb des Sollbereichs liegt. Ein Abfall der Poliergeschwindigkeit kann beispielsweise signalisieren, dass sich der Zustand der Polierkissen verschlechtert hat, so dass das Kissen nicht in gleichförmiger Weise Material von dem Substrat entfernt. Eine signifikante Änderung der Poliergeschwindigkeit kann auch bedeuten, dass ein anderer Polierparameter sich nicht innerhalb des Soll-Betriebsbereichs bewegt. Daher kann die Planarisiermaschine **110** auch andere Systemparameter überwachen, um anzuzeigen, ob der Planarisierprozess innerhalb eines Sollbereichs abläuft.

[0037] Bei einer noch weiteren Anwendung kann das Ausführungs-Überwachungssystem **100** die Vertikalbewegung des Substrathalters messen, um festzustellen, ob in dem Vertikalversetzungsmuster des Substrathalters Anomalien auftreten. Bei den meisten CMP-Anwendungen ist der Substrathalter **136** an der Welle **137** durch ein Kardangelenk befestigt. Selbst wenn also der Substrathalter **136** in wünschenswerter Weise während des Planarisiervorgangs eben bleiben sollte, besitzen die meisten Substrathalter ein Muster einer kleinen vertikalen Versetzung bei normalen Betriebsbedingungen. Die Abstandseinrichtung **191** kann auch das vertikale Versetzungsmuster des Substrathalters **136** während

der Planarisierung messen und angeben. Wenn also eine Änderung des vertikalen Versetzungsmusters eintritt oder starke Anomalien auftreten, so kann dies Hinweis darauf sein, dass die Kissenoberfläche, die Schlammverteilung oder die Substratoberfläche außerhalb eines normalen Betriebsbereichs liegt. Deshalb liefert die Planarisiermaschine **110** auch eine weitere Informationsquelle zum Überwachen der Planarisierungskennwerte des Planarisierprozesses.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Überwachen der Ausführung eines Planarisierprozesses zum Beseitigen von Material von einem in einem Substrathalter (**30**; **136**) befindlichen Substrat (**12**, **60**) für ein mikroelektronisches Bauelement im Zuge der Fertigung des mikroelektronischen Bauelements, umfassend:

Messen der Höhe einer Rückseite (**38**, **138**) des Substrathalters (**30**), wenn das in dem Substrathalter befindliche Substrat (**12**; **60**) mit einem Planarisiermedium (**70**; **140**) in Eingriff tritt, indem ein erster Ist-Abstand zwischen der Rückseite (**38**) des Substrathalters (**30**) und einer bekannten Höhe in einem Stadium des Planarisierzyklus gemessen wird; und Beurteilen, ob ein Ausführungskennwert des Planarisierprozesses innerhalb eines Akzeptierbarkeitsbereichs liegt, basierend auf der gemessenen Höhe des Substrathalters (**30**).

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Messen einer Höhe der Rückseite des Substrathalters beinhaltet, dass gleichzeitig eine Relativbewegung zwischen dem Substrat (**12**; **60**) und dem Planarisiermedium (**70**; **140**) veranlaßt wird, um gleichzeitig Material von einer Oberfläche des Substrats (**12**; **60**) zu entfernen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem das Messen der Höhe der Rückseite des Substrathalters (**30**; **136**) das Messen eines Abstands zwischen einer bekannten Höhe und der Rückseite (**38**, **138**) des Substrathalters (**30**, **136**) beinhaltet.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Ausführungskennwert ein Endpunkt des Planarisierprozesses ist, und das die Beurteilung des Endpunkts umfaßt:

Vergleichen einer Höhenänderung des Substrathalters (**30**, **136**) basierend auf mindestens einer ersten und einer zweiten Messung der Substrathöhe in Bezug auf die bekannte Höhe während der Planarisierung;

Beenden des Entfernens von Material von dem Substrat (**12**, **60**) dann, wenn die Höhenänderung des Substrathalters (**39**, **36**) annähernd gleich ist einer Soll-Änderung der Dicke des Substrats (**12**, **60**).

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei dem der Ausführungskennwert eine Polierate des Planari-

sierprozesses ist, und das Beurteilen der Poliertrate beinhaltet:

Das Korrelieren von Höhenmessungen des Substrathalters (30, 136) bezüglich einer verstrichenen Zeit des Prozesses, um die Poliertrate des Substrats (12, 60) während des Planarisierprozesses zu ermitteln;

Unterbrechen des Planarisierprozesses, wenn die Poliertrate nicht in einem Soll-Betriebsbereich liegt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, weiterhin umfassend das Untersuchen des Zustands des Poliermediums während einer durch einen Abfall der Poliertrate unter einen Soll-Schwellenwert verursachten Unterbrechung.

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Planarisierkennwert eine Vertikalbewegung des Substrathalters (30, 136) während des Planarisierens ist, und die Beurteilung der Vertikalbewegung beinhaltet: Ermitteln eines Vertikalversetzungsmusters des Substrathalters (30, 136) nach Maßgabe der gemessenen Höhe des Substrathalters während der Planarisierung;

Abschätzen, ob das Vertikalversetzungsmuster des Substrathalters Anomalitäten aufweist;

Unterbrechen des Planarisierprozesses, wenn in dem Vertikalversetzungsmuster eine Anomalität auftritt.

8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein Endpunkt des Planarisierprozesses nachgewiesen wird durch:

Erfassen einer Höhe einer Rückseite (38; 138) des Substrathalters, wenn das Substrat (12, 60) in dem Substrathalter (30, 136) mit einem Planarisiermedium in Eingriff tritt, indem der erste Ist-Abstand zwischen der Rückseite (38, 138) des Substrathalters (30, 136) und der bekannten Höhe in einem Stadium des Planarisierprozesses gemessen wird und erneut ein zweiter Ist-Abstand zwischen der Rückseite des Substrathalters (30, 136) und der bekannten Höhe in einem anderen Stadium des Planarisierprozesses gemessen wird; und

die Beseitigung von Material von dem Substrat dann abgeschlossen wird, wenn sich die erfaßte Höhe um einen Abstand ändert, der etwa gleich ist einer Soll-Dickenänderung des Substrats (12, 60).

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das Erfassen der Höhe der Rückseite (38, 138) des Substrathalters (30, 136) beinhaltet, dass gleichzeitig eine Relativbewegung zwischen dem Substrat (12, 60) und dem Planarisiermedium (70, 140) veranlaßt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem das Erfassen der Höhe der Rückseite des Substrathalters das Messen einer Höhe der Rückseite des Substrathalters gegenüber einer bekannten Höhe beinhaltet.

11. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das Messen des ersten Ist-Abstands beinhaltet:

ein Anfangsteil eines Quellenstrahls wird auf einen Reflektor (80) projiziert;

ein Zwischenteil des Quellenstrahls wird von dem Reflektor (80) auf die Rückseite (38) des Substrathalters (30) gelenkt, um einen Rücklaufstrahl zu erzeugen, der von der Rückseite (38) des Substrathalters (30) reflektiert wird; und

es wird eine Position des Rücklaufstrahls mit einem Detektor (94) beobachtet, wobei die Position des Rücklaufstrahls in Bezug auf den Detektor (94) und der Winkel des Reflektors (80) den aktuellen Abstand zwischen der bekannten Höhe und der Rückseite (38) des Substrats (60) angeben.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem das Projizieren eines Quellenstrahls das Emittieren eines Laserstrahls (93) in Richtung des Reflektors (80) beinhaltet, und das Beobachten der Position des Rücklaufstrahls das Messen eines seitlichen Versatzes des Rücklaufstrahls in Bezug auf den Detektor (94) beinhaltet.

13. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das Beenden des Entfernens von Material von dem Substrat (12, 60) das Lösen des Wavers von dem Planarisiermedium beinhaltet, wenn die Differenz zwischen dem ersten und dem zweiten Abstand innerhalb der Soll-Dickenänderung des Substrats (12, 60) liegt.

14. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das Messen des ersten Ist-Abstands und das erneute Messen des zweiten Ist-Abstands beinhaltet:

Projizieren eines Anfangsteils eines Quellenstrahls auf einen Reflektor (80);

Lenken eines Zwischenteils des Quellenstrahls von dem Reflektor (80) auf eine fixe Stelle, durch die der Substrathalter (30) während eines Abschnitts des Planarisierprozesses periodisch hindurchläuft;

Beobachten einer ersten Position eines von der Rückseite (38) des Substrathalters (30) reflektierten Rücklaufstrahls mit einem Detektor (94), wenn der Substrathalter (30) durch die fixe Stelle während eines ersten Stadiums des Planarisierprozesses hindurchläuft, wobei die Position des Rücklaufstrahls bezüglich des Detektors (94) und dessen Winkel den ersten Ist-Abstand zwischen der bekannten Höhe und der Rückseite (38) des Substrats (60) angeben; und

Erneutes Beobachten einer zweiten Position des Rücklaufstrahls, der von der Rückseite (38) des Substrathalters (30) reflektiert wird, wenn dieser anschließend durch die fixe Stelle während eines zweiten Stadiums des Planarisierprozesses hindurchgeht, wobei die Position des Rücklaufstrahls in Bezug auf den Detektor (94) und dessen Winkel den zweiten Ist-Abstand zwischen der bekannten Höhe und der Rückseite des Substrats (60) angeben.

15. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das Messen des ersten Ist-Abstands und das erneute Messen des zweiten Ist-Abstands beinhalten:

Projizieren eines Anfangsteils (93) eines Quellenstrahls von einem Strahlemittel (92) in Richtung eines Reflektors (80);

Lenken eines Zwischenteils des Quellenstrahls von dem Reflektor (80) so, dass der Strahl an der Rückseite des Substrathalters (30) reflektiert wird und der Rücklaufstrahl, der an der Rückseite (38) des Substrathalters (30) reflektiert wird, von einem Detektor (94) aufgenommen wird;

Beobachten einer Position des von der Rückseite des Substrathalters reflektierten Rücklaufstrahls mit dem Detektor, wobei die Position des Rücklaufstrahl in Bezug auf den Detektor und der Winkel des Reflektors einen Ist-Abstand zwischen der bekannten Höhe und der Rückseite des Substrats (60) bemessen;

Bewegen des Strahlemittlers (92), des Reflektors (80) und des Detektors (94) mit dem Substrathalter (30), wenn dieser das Substrat über das Planarisiermedium bewegt, um kontinuierlich die Höhe der Rückseite des Substrats (60) in Bezug auf die bekannte Höhe zu erfassen, wobei der erste Ist-Abstand in einem Stadium des Planarisierprozesses und der zweite Ist-Abstand in einem nachfolgenden Stadium des Planarisierprozesses erneut gemessen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem das Erfassen der Höhe der Rückseite des Wavers das periodische Erfassen der Höhe beinhaltet, um eine Höhenänderung des Substrathalters während des Planarisierprozesses zu ermitteln.

17. Verfahren nach Anspruch 10, weiterhin umfassend das Fortsetzen des Planarisierens des Substrats, wenn die Differenz zwischen einer Anfangshöhe der Rückseite des Substrathalters und der erfaßten Höhe kleiner ist als eine Soll-Dickenänderung des Wavers.

18. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem das Projizieren eines Quellenstrahls das Emittieren eines Laserstrahls (93) auf den Reflektor (80) beinhaltet, und das Beobachten der Position des Rücklaufstrahls das Messen eines seitlichen Versatzes des Rücklaufstrahls in Bezug auf den Detektor (94) beinhaltet.

19. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das Messen des ersten Ist-Abstands und das erneute Messen des zweiten Ist-Abstands beinhaltet:

Projizieren eines Anfangsteils eines Quellenstrahls auf einen Reflektor (80);

Lenken eines Zwischenteils des Quellenstrahls von dem Reflektor (80) auf eine fixe Stelle, durch die der Substrathalter (30) während eines Abschnitts des Planarisierprozesses periodisch hindurchläuft;

Beobachten einer ersten Position eines von der Rückseite (38) des Substrathalters (30) reflektierten

Rücklaufstrahls mit einem Detektor (94), wenn der Substrathalter (30) durch die fixe Stelle während eines ersten Stadiums des Planarisierprozesses hindurchläuft, wobei die Position des Rücklaufstrahls bezüglich des Detektors (94) und dessen Winkel den ersten Ist-Abstand zwischen der bekannten Höhe und der Rückseite (38) des Substrats (60) angeben; und

Erneutes Beobachten einer zweiten Position des Rücklaufstrahls, der von der Rückseite (38) des Substrathalters (30) reflektiert wird, wenn dieser anschließend durch die fixe Stelle während eines zweiten Stadiums des Planarisierprozesses hindurchgeht, wobei die Position des Rücklaufstrahls in Bezug auf den Detektor (94) und dessen Winkel den zweiten Ist-Abstand zwischen der bekannten Höhe und der Rückseite des Substrats (60).

20. Planarisiermaschine (110) zum Planarisieren von mikroelektronischen Substraten, umfassend: eine flache Platte (12);

ein an der Platte befestigtes Planarisiermedium (140) mit einer Planarisierfläche (142);

eine Trägeranordnung (130) mit einer Trägerstruktur und einem mit dieser gekoppelten Substrathalter (136), der eine Montagestelle hat, welche dem Planarisiermedium (140) zugewandt ist, um ein mikroelektronisches Substrat zu tragen, und der eine Rückseite (138) aufweist, die von dem Planarisiermedium (140) wegweist, wobei die Trägeranordnung (130) den Substrathalter (136) bewegt, um das Substrat (12) selektiv mit dem Planarisiermedium (140) in Eingriff zu bringen, wobei der Substrathalter (136) und/oder das Planarisiermedium (140) bewegbar sind, um das Substrat (12) gegenüber der Planarisierfläche translatorisch zu bewegen,

eine kontaktfreie Abstandsmesseinrichtung (190), die über der Rückseite (138) des Substrathalters (136) während zumindest eines Teil der Zeit angeordnet ist, in der das Substrat (12) in dem Substrathalter (136) mit der Planarisierfläche in Eingriff steht, wobei die kontaktfreie Messeinrichtung (190) sich auf einer bekannten Höhe gegenüber der Platte (120) befindet und die kontaktfreie Messeinrichtung (190) den Ist-Abstand zwischen der Rückseite (138) des Substrathalters (136) und der bekannten Höhe während dem Planarisieren des Substrats (12) auf der Planarisierfläche misst.

21. Maschine nach Anspruch 20, wobei der die berührungsfreie Abstandsmesseinrichtung (190) ein Triangulations-Abstandsmessgerät mit einem Strahlemittel (194) zum Projizieren eines Anfangsteils eines Quellenstrahls, einem Reflektor zum Lenken eines Zwischenteils des Quellenstrahls auf die Rückseite des Substrathalters (136), demzufolge an dem Substrathalter (136) ein Rücklaufstrahl reflektiert wird, einem Detektor (192) zum Ermitteln einer seitlichen Verschiebung des Rücklaufstrahls, und einem Prozessor (198) zum Berechnen des Abstands zwi-

schen dem Anfangsteil des Quellenstrahls und der Rückseite des Substrats (12) aufweist.

22. Maschine nach Anspruch 21, bei dem der Strahlemitter einen Laser (194) der einen Laserstrahl abstrahlt aufweist, wobei der Anfangsquellenstrahl, der Mittelquellenstrahl und der reflektierte Strahl Abschnitte des Laserstrahls sind.

23. Maschine nach Anspruch 21, bei der die Trägerstruktur (130) einen ersten Arm aufweist, der um eine senkrecht zu der Platte angeordnete Schwenkachse schwingt, und einen zweiten Arm (133) oberhalb des ersten Arms aufweist; ein Substrathalter (136) an dem ersten Arm (132) befestigt ist, um das Planarisiermedium entlang einem Planarisierweg streichen zu lassen; und die Abstandsmesseinrichtung an einem zweiten Arm (133) oberhalb des Planarisierwegs angebracht ist, damit der Strahl auf die Rückseite (138) des Substrathalters (136) auftrifft, wenn der Substrathalter (136) das Substrat (12) mit dem Planarisiermedium (140) in Eingriff bringt, und eine Relativbewegung zwischen dem Substrat und dem Planarisiermedium (140) zustandekommt.

24. Maschine nach Anspruch 23, bei der der zweite Arm auch um die Schwenkachse drehbar ist, wobei der erste und der zweite Arm (132, 133) mit einem Aktuator gekoppelt sind, um gemeinsam um die Schwenkachse zu schwenken, demzufolge die Abstandsmesseinrichtung den Strahl kontinuierlich auf der Rückseite des Substrathalters (136) entlang dem Planarisierweg auftreffen lässt.

25. Maschine nach Anspruch 23, bei der erste Arm (132) mit einem Aktuator (131) gekoppelt ist, um das Substrat (12) über den Planarisierweg streichen zu lassen, während der zweite Arm in Bezug auf die Schwenkachse ortsfest verbleibt, so dass die Abstandsmesseinrichtung den Strahl periodisch auf die Rückseite (138) des Substrathalters (36) auftreffen lässt, wenn der Substrathalter sich unterhalb der Abstandsmesseinrichtung befindet.

26. Im Zuge der Fertigung von mikroelektronischen Bauelementen ein Verfahren zum Planarisieren des mikroelektronischen Substrats (60, 12) in einem Substrathalter (30, 136) umfassend:
Veranlassen einer Relativbewegung zwischen einem Planarisiermedium und dem mit diesem in Eingriff stehenden Substrat (12, 60), um Material von einer Oberfläche des Substrats zu entfernen; und Überwachen der Ausführung des Planarisierprozesses nach einem der Ansprüche 1 bis 19.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

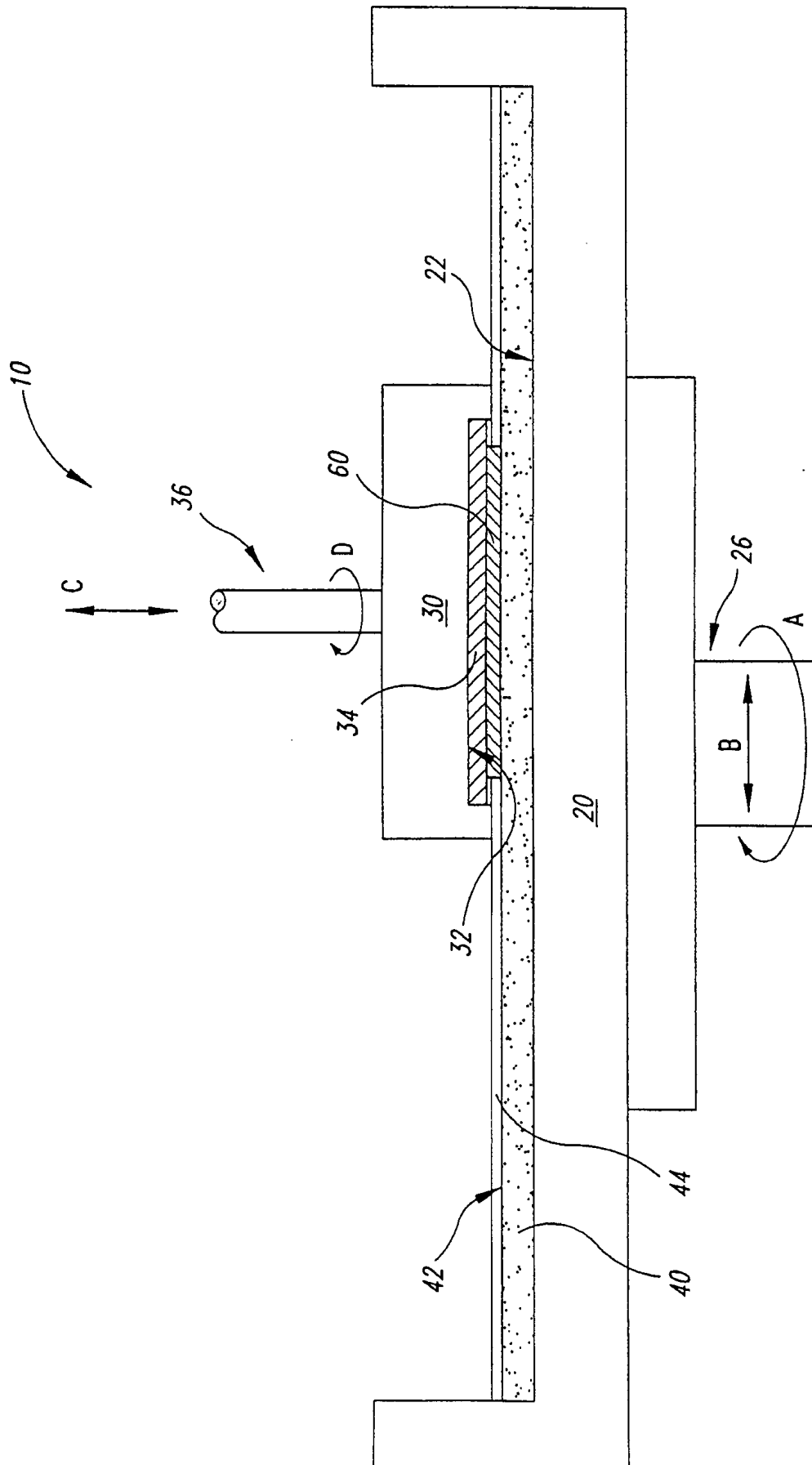


Fig. 1

STAND DER TECHNIK

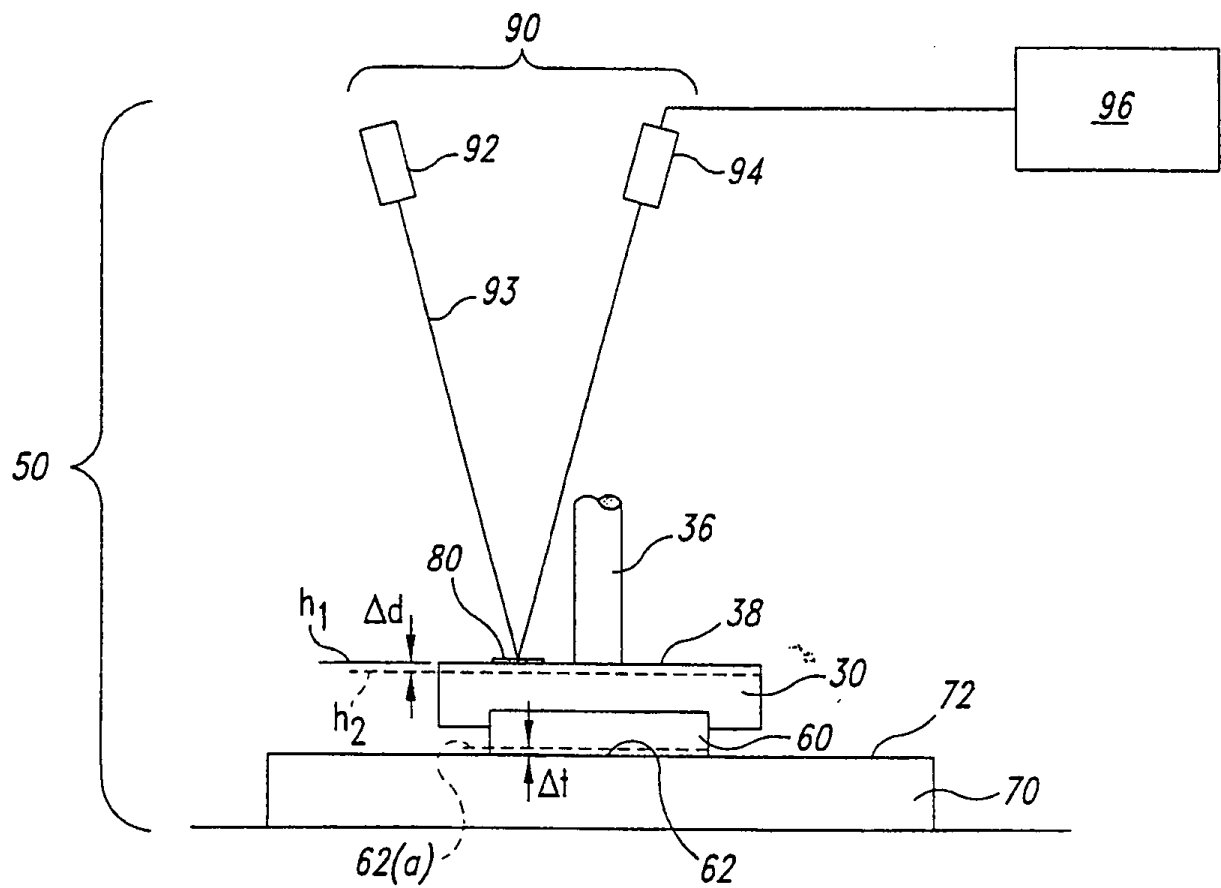


Fig. 2

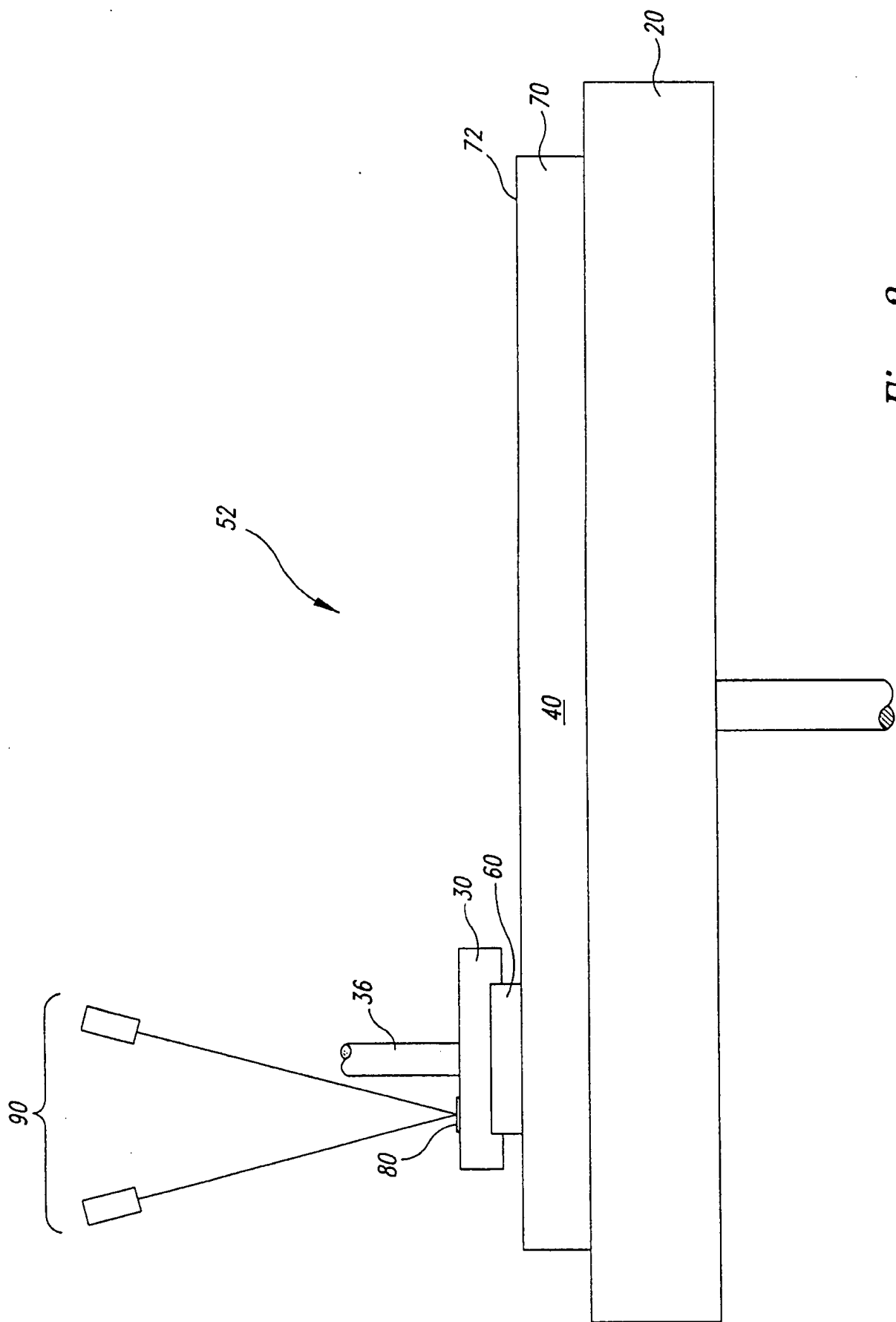


Fig. 3

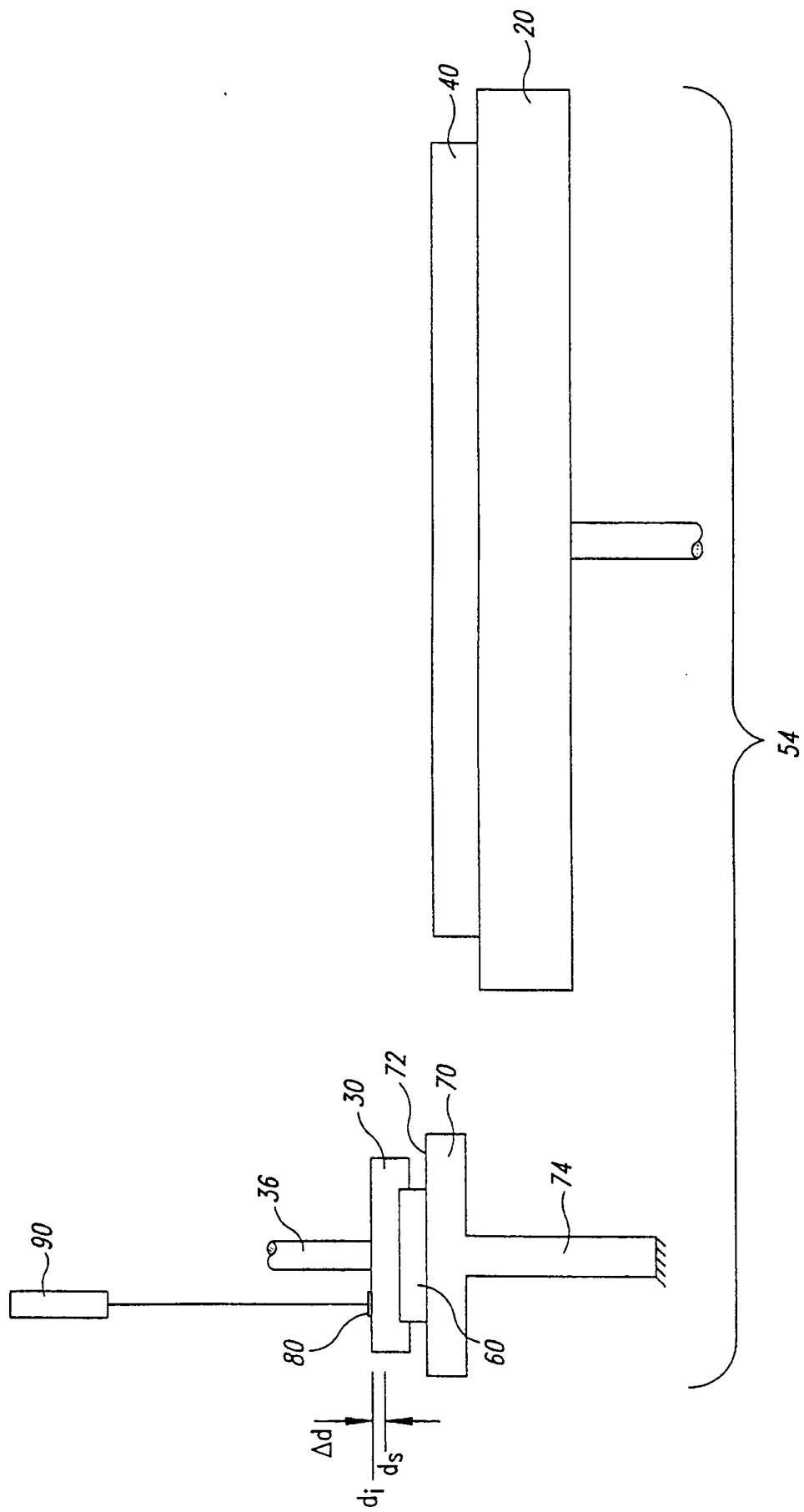


Fig. 4

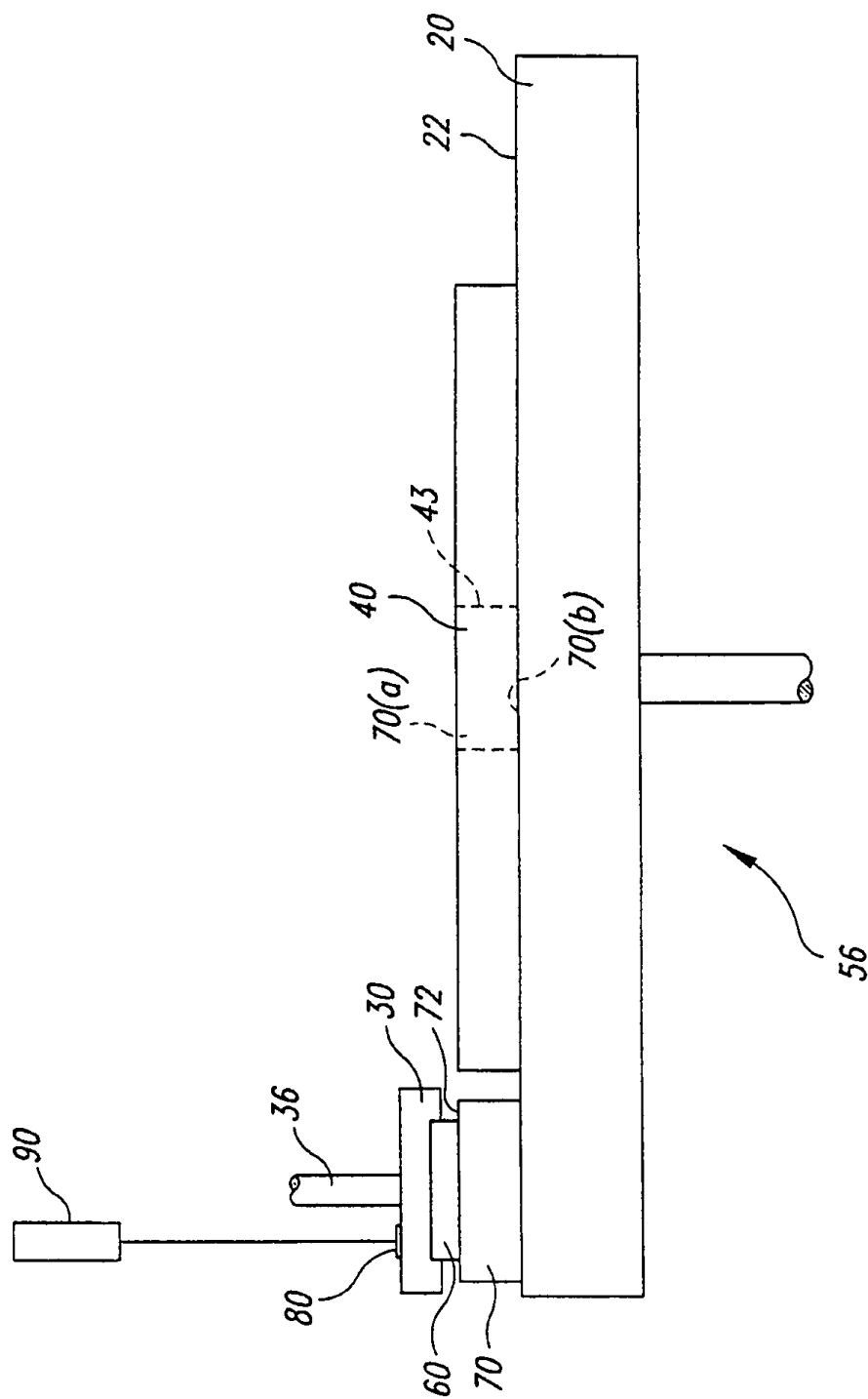


Fig. 5

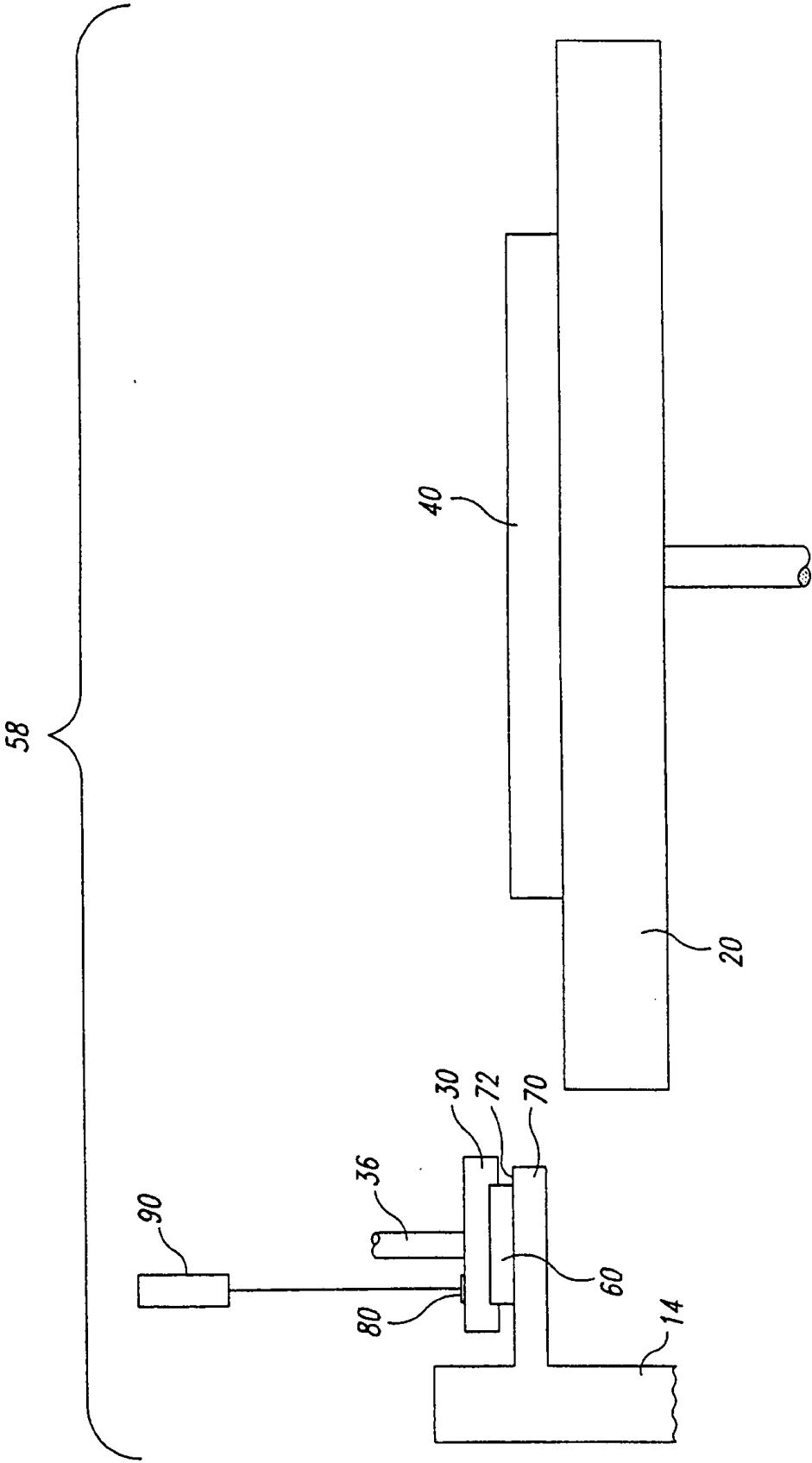


Fig. 6

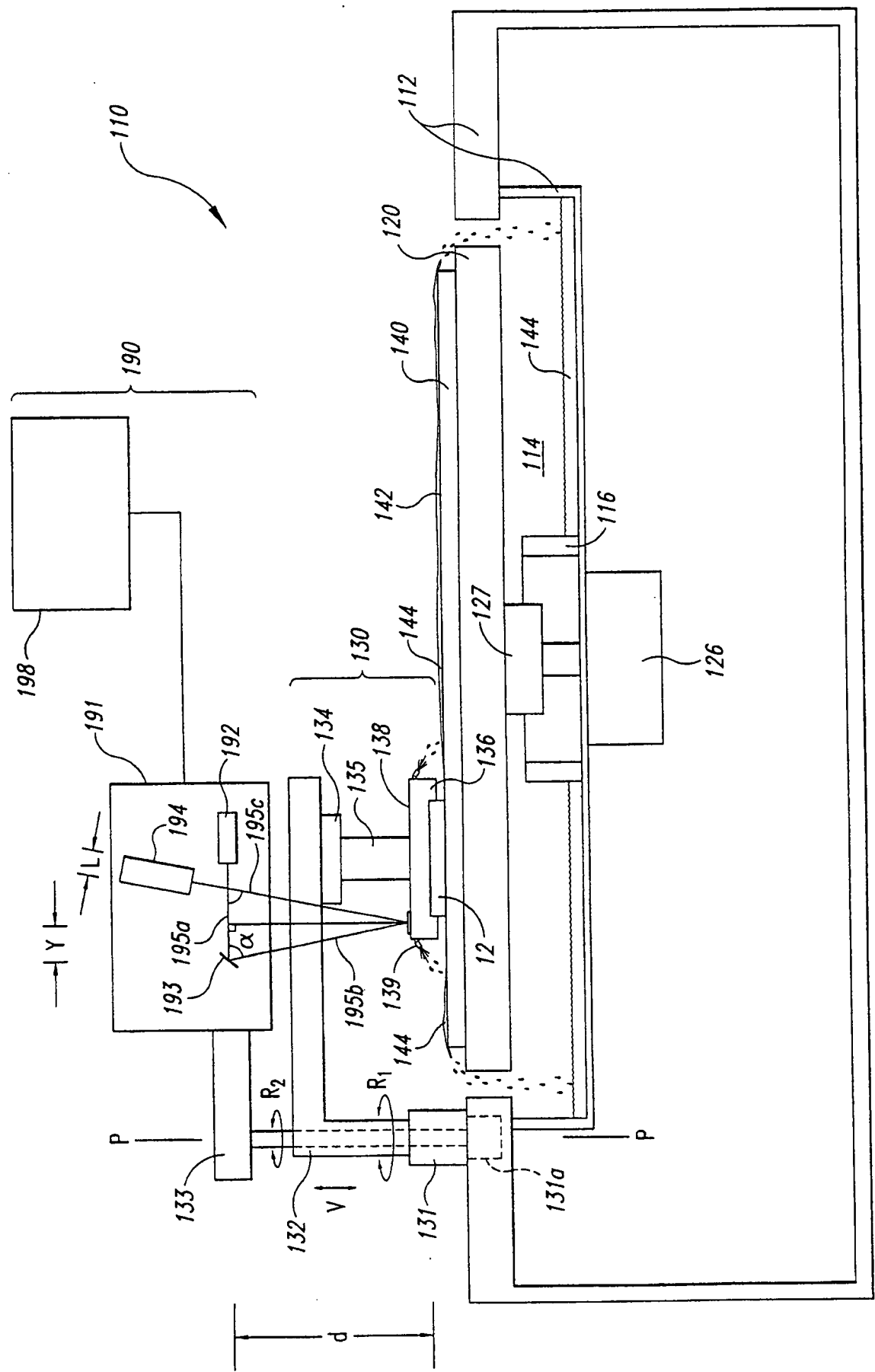


Fig. 7