



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 05 270 T2 2004.09.30

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 091 829 B1

(51) Int Cl.⁷: B24B 37/00

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 05 270.2

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/IB00/00508

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 919 082.8

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 00/54933

(86) PCT-Anmeldetag: 24.02.2000

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 21.09.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 18.04.2001

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 17.09.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 30.09.2004

(30) Unionspriorität:

261112	03.03.1999	US
294547	19.04.1999	US
390142	03.09.1999	US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:

Mitsubishi Materials Corp., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:

WANG, Huey-Ming, Fremont, US; MOLONEY, S.,
Gerard, Milpitas, US; CHIN, Scott, Palo Alto, US;
GERAGHTY, J., John, Burlingame, US; DYSON,
Jr., William, San Jose, US; DICKEY, K., Tanlin,
Sunnyvale, US

(74) Vertreter:

HOFFMANN · EITLE, 81925 München

(54) Bezeichnung: TRÄGERVORRICHTUNG FÜR EINE CHEMISCH-MECHANISCHE POLIERVORRICHTUNG, MIT EINEM HALTERRING UND EINER TRÄGERPLATTE MIT MEHRZONALER DRUCKSTEUERVORRICHTUNG

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 eingelebt, 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**Gebiet der Erfindung**

[0001] Die Erfindung betrifft das chemisch-mechanische Einebnen und Polieren von Substraten einschließlich Siliziumoberflächen, Metallfilmen, Oxidfilmen, und anderer Arten von Filmen auf einer Oberfläche, speziell einen Polierkopf, der eine Substraträgeranordnung mit einem Substrathaltering aufweist, und am speziellsten einen Mehrfachdruckkammerpolierkopf und ein Verfahren für das Polieren und chemisch-mechanische Einebnen bei Silizium- oder Glassubstraten von verschiedenen Oxiden, Metallen oder anderen auf der Oberfläche derartiger Substrate abgelagerten Metallen, wobei der Substraträger und der Substrathaltering getrennt steuerbar sind.

HINTERGRUND

[0002] Integrierte Schaltungen (ICs) im Sub-Mikrometerbereich machen es erforderlich, dass die Bauteiloberflächen an ihren Metallverbindungsstufen eingeebnet werden. Chemisch-mechanisches Polieren (CMP) stellt das Verfahren der Wahl zum Einebnen von Halbleiterwaferoberflächen dar. Die IC-Transistorpackungsdichte hat sich über einige Jahre etwa alle 18 Monate verdoppelt, und es gab beträchtliche Anstrengungen, diesen Trend beizubehalten.

[0003] Es gibt zumindest zwei Verfahren, mit welchen die Packungsdichte von Transistoren auf einem Chip erhöht werden kann. Das erste Verfahren besteht darin, die Größe des Bauteils oder des Chips zu erhöhen. Allerdings stellt dies nicht immer das beste Verfahren dar, da mit zunehmender Chipgröße die Chipausbeute pro Wafer typischerweise abnehmen kann. Da die Defektdichte pro Flächeneinheit den begrenzenden Faktor darstellt, nimmt die Menge an defektfreien Chips pro Fläche mit zunehmender Chipgröße ab. Es wird nicht nur die Ausbeute verringert, sondern nimmt auch die Anzahl an Chips ab, die auf dem Wafer schrittweise bearbeitet (gedruckt) werden. Das zweite Verfahren besteht darin, die Größe des Transistormerkmals zu verringern. Kleinere Transistoren bedeuten auch eine höhere Schaltgeschwindigkeit, was einen zusätzlichen Vorteil darstellt. Durch Verringerung der Transistorabmessungen können mehr Transistoren und mehr Logikfunktionen oder Speicherbits in derselben Bauteilfläche aufgenommen werden, ohne die Chipgröße zu erhöhen.

[0004] Die Sub-Halbmikrometertechnologie hat sich allein in den wenigen vergangenen Jahren schnell zu der Sub-Viertelmikrometertechnologie entwickelt. Die Anzahl an Transistoren, die auf jedem Chip hergestellt werden, hat enorm zugenommen, von hunderttausenden von Transistoren pro Chip vor drei Jahren bis zu einigen Millionen Transistoren pro Chip heute. Man nimmt an, dass diese Dichte in der nahen Zukunft sogar noch weiter zunimmt. Die momentane Lösung für die Anforderung besteht darin, Schichten aufeinander aufzubauen, aus Verbindungsverdrahtung, mit isolierenden (dielektrischen) Dünnfilmen dazwischen. Die Verdrahtung ist auch in Vertikalrichtung über Durchgangsverbindungen verbindbar; um sämtliche elektrischen Leitungen zu erzielen, wie sie von den Funktionen der integrierten Schaltung benötigt werden.

[0005] Die Einlagemetallleitungsstruktur, die eingelegte Metalleitungen verwendet, die in isolierende, dielektrische Schichten eingebettet sind, ermöglicht die Herstellung von Metallverdrahtungsverbindungen in derselben Ebene sowie in Richtung nach oben und unten, über mittels Plasma geätzte Gräben und Durchgangsverbindungen in der dielektrischen Schicht. Theoretisch können diese Ebenen so viele Schichten aufeinander aufweisen, wie dies erwünscht ist, soweit jede Schicht durch einen CMP-Vorgang gut eingeebnet wird. Die endgültige Grenze der Verbindung wird durch den Verbindungswiderstand (R) und die Nachbarschaftskapazität (C) vorgegeben. Die sogenannte RC-Konstante begrenzt das Signal-Rauschverhältnis und führt zu einer Erhöhung des Stromverbrauches, wodurch der Chip nicht mehr funktionsfähig wird. Nach Schätzungen der Industrie wird die Anzahl an Transistoren, die in einem Chip integriert sind, bis zu einer Milliarde betragen, und wird die Anzahl an Schichten zur Verbindung auf bis zu neun Schichten oder mehr ansteigen.

[0006] Um die vorhergesagten Anforderungen an die Verbindungen zu erfüllen, wäre es für das CMP-Verfahren und die CMP-Werkzeuleistung vorteilhaft, wenn sie so verbessert würden, dass ein Ausschluss des Waferrands infolge eines zu starken oder zu schwachen Polierens von 6 mm auf 3 mm verringert würde, um die körperliche Fläche zu vergrößern, aus welcher große Chips hergestellt werden können, und die Ungleichförmigkeit beim Polieren dadurch verringert werden könnte, dass ein Polierkopf zur Verfügung gestellt wird, der eine gleichmäßige und ordnungsgemäße Kraft über die gesamte Oberfläche des Wafers beim Polieren anlegen kann. Momentane Schwankungen der Gleichförmigkeit des Films nach dem CMP am Waferrand (2-15 mm vom Rand entfernt) führen zu einer verringerten Chipausbeute an den Außenrändern des Wafers. Diese Randungleichförmigkeit liegt an entweder zu starkem oder zu schwachem Polieren in der Nähe des Waferrandes. Wenn ein CMP-Polierkopf die Fähigkeit aufweist, das Ausmaß des Polierens des Randes einzustellen, um ein zu starkes oder zu schwaches Polieren zu kompensieren, lassen sich erhebliche Verbesserungen der Ausbeute erzielen.

[0007] Integrierte Schaltungen werden herkömmlich auf Substraten hergestellt, insbesondere auf Siliziumwa-

fern, durch das aufeinanderfolgende Ablagern einer oder mehrerer Schichten, wobei die Schichten leitend, isolierend, oder halbleitend sein können. Diese Anordnungen werden manchmal als Mehrfachschicht-Metallstrukturen (MIMs) bezeichnet, und sind in der Hinsicht wesentlich, eine enge Packung von Schaltungselementen auf dem Chip bei den immer schärferen konstruktiven Vorgaben zu erzielen.

[0008] Bei Flachbildschirmen, beispielsweise jenen, die in Notebook-Computern, Persönlichen Datenassistenten (PDAs), Zellularetelefonen und anderen elektronischen Geräten verwendet werden, können typischerweise eine oder mehrere Schichten auf einem Glas oder einem anderen transparenten Substrat abgelagert werden, um die Anzeigeelemente herzustellen, beispielsweise aktive oder passive LCD-Schaltungen. Nach Ablagerung jeder Schicht wird die Schicht geätzt, um Material aus ausgewählten Bereichen zu entfernen, um Schaltungsmerkmale zu erzeugen. Wenn eine Gruppe von Schichten abgelagert und geätzt wurde, wird die äußere oder oberste Oberfläche des Substrats immer weniger eben, da die Entfernung zwischen der äußeren Oberfläche und dem darunter liegenden Substrat in den Bereichen des Substrats am größten ist, in denen am wenigsten Ätzung stattgefunden hat, und die Entfernung zwischen der äußeren Oberfläche und dem darunter liegenden Substrat am geringsten in Bereichen ist, in welchen die stärkste Ätzung stattgefunden hat. Selbst bei einer einzigen Schicht nimmt die unebene Oberfläche ein ungleichmäßiges Profil mit Bergen und Tälern an. Bei mehreren, mit einem Muster versehenen Schichten wird der Höhenunterschied zwischen den Gipfeln und den Tälern erheblich größer, und kann typischerweise um einige Mikrometer variieren.

[0009] Eine unebene obere Oberfläche ist in bezug auf die Oberflächen-Photolithographie problematisch, die dazu eingesetzt wird, die Oberfläche mit einem Muster zu versehen, und in bezug auf Schichten, die brechen können, wenn sie auf einer Oberfläche abgelagert werden, bei der sich die Höhe zu stark ändert. Es ist daher erforderlich, die Substratoberfläche periodisch einzubilden, um eine ebene Schichtoberfläche zu erzielen. Das Einebnen entfernt die unebene, äußere Oberfläche, um eine relativ ebene, glatte Oberfläche auszubilden, und umfasst das Wegpolieren des leitfähigen, halbleitenden oder isolierenden Materials. Nach dem Einebnen können zusätzliche Schichten auf der frei liegenden äußeren Oberfläche abgelagert werden, um zusätzliche Anordnungen auszubilden, einschließlich Verbindungsleitungen zwischen Anordnungen, oder kann die obere Schicht geätzt werden, um Durchgangsverbindungen zu Anordnungen unterhalb der frei liegenden Oberfläche auszubilden. Das Polieren im allgemeinen, und spezieller das chemisch-mechanische Polieren (CMP) stellen bekannte Verfahren zum Einebnen von Oberflächen dar.

[0010] Der Polievorgang ist so ausgebildet, dass ein bestimmter Oberflächenendzustand (Rauigkeit oder Glätte) und eine bestimmte Ebenheit (Nichtvorhandensein einer großmaßstäblichen Topographie) erzielt werden. Werden ein minimaler Endzustand und eine minimale Ebenheit nicht erzielt, kann dies zu fehlerhaften Substraten führen, die wiederum zu fehlerhaften integrierten Schaltungen führen können.

[0011] Während CMP wird ein Substrat wie beispielsweise ein Halbleiterwafer typischerweise, mit der zu polierenden Oberfläche freigelegt, auf einem Wafeträger angebracht, der ein Teil eines Polierkopfes darstellt, oder an einem Polierkopf angebracht ist. Das montierte Substrat wird dann gegen ein sich drehendes Polierpolster gedrückt, das sich auf einem Basisabschnitt der Poliermaschine befindet. Das Polierpolster ist typischerweise so ausgerichtet, dass seine ebene Polieroberfläche horizontal liegt, um für eine gleichmäßige Versorgung der Poleraufschlämmung zu sorgen, und eine Wechselwirkung mit der Substratoberfläche parallel und gegenüberliegend dem Polster. Eine horizontale Ausrichtung der Polsteroberfläche (die Normale der Polsteroberfläche verläuft vertikal) ist ebenfalls deshalb wünschenswert, da sie es ermöglicht, dass der Wafer das Polster zumindest teilweise unter dem Einfluss der Schwerkraft berührt, und zumindest eine derartige Wechselwirkung stattfindet, dass die Schwerkraft nicht ungleichmäßig zwischen dem Wafer und dem Polierpolster einwirkt. Zusätzlich zum Drehen des Polsters kann sich der Trägerkopf ebenfalls drehen, um eine Zusatzbewegung zwischen dem Substrat und der Polierpolsteroberfläche zur Verfügung zu stellen. Die Poleraufschlämmung, die typischerweise ein Schleifmittel enthält, das in einer Flüssigkeit suspendiert ist, und bei CMP zumindest ein chemisch-reaktionsfähiges Mittel, kann dem Polierpolster zugeführt werden, um eine Polierlösung mit Schleifwirkung zur Verfügung zu stellen, bzw. für CMP eine schleifende und chemisch-reagierende Mischung, an der Grenzfläche zwischen Polster und Substrat. Verschiedene Polierpolster, Poleraufschlämmungen, und reaktive Mischungen sind auf diesem Gebiet bekannt, und ermöglichen es in Kombination, bestimmte Endzustands- und Ebenheitseigenschaften zu erzielen. Die Relativgeschwindigkeit zwischen dem Polierpolster und dem Substrat, die gesamte Polierzeit, und der beim Polieren einwirkende Druck, beeinflussen zusätzlich zu anderen Faktoren die Ebenheit und den Endzustand der Oberfläche, sowie die Gleichförmigkeit. Es ist ebenfalls wünschenswert, dass beim Polieren aufeinanderfolgender Substrate, oder wenn ein Mehrfachkopfpolierer verwendet wird, sämtliche Substrate, die während eines bestimmten Polievorgangs poliert werden, im gleichen Ausmaß poliert werden, einschließlich des Abtrags von im wesentlichen derselben Materialmenge, und der Bereitstellung derselben Ebenheit und desselben Endzustands. CMP und Waferpolieren sind auf diesem Gebiet wohlbekannt, und werden hier nicht mit weiteren Einzelheiten beschrieben.

[0012] Im US-Patent Nr. 5,205,082 wird eine Montage des Unterträgers mit Hilfe einer flexiblen Membran beschrieben, welche zahlreiche Vorteile im Vergleich zu früheren Anordnungen und Verfahren aufweist, und das US-Patent Nr. 5,584,751 sorgt für eine gewisse Kontrolle der nach unten gerichteten Kraft auf den Halterung

mittels Verwendung einer flexiblen Blase; keines dieser Patente beschreibt jedoch eine Anordnung für eine direkte, unabhängige Steuerung des Drucks, der an der Grenzfläche des Wafers und des Halterings auftritt, oder irgendeine Art von Differenzdruck zum Modifizieren der Randpolier- oder Einebnungseffekte.

[0013] Die EP-A-0 881 039 beschreibt eine Poliereinrichtung, welche aufweist: ein Gehäuse; einen scheibenförmigen Träger; einen Haltering, der im wesentlichen den Träger umschließt, um das Substrat in einer Tasche zu halten, die durch den Haltering und eine Oberfläche des Trägers gebildet wird; eine erste flexible Kupplung, welche den Haltering an dem Träger so befestigt, dass der Haltering eine Translationsbewegung in zumindest einer Dimension durchführen kann; eine zweite flexible Kupplung, welche den Träger an dem Gehäuse so anbringt, dass der Träger eine Translationsbewegung in zumindest einer Dimension vornehmen kann, und um eine Achse in bezug auf das Gehäuse verkippt werden kann; wobei das Gehäuse und die erste flexible Kupplung eine erste Kammer in Fluidverbindung mit einer ersten Quelle für Druckgas festlegen, so dass dann, wenn Gas auf einem ersten Druck der ersten Kammer zugeführt wird, eine erste Kraft gegen den Haltering ausgeübt wird; und das Gehäuse und die zweite flexible Kupplung eine zweite Kammer in Fluidverbindung mit einer zweiten Quelle für Druckgas so ausbilden, dass dann, wenn Gas auf einem zweiten Druck der zweiten Kammer zugeführt wird, eine zweite Kraft gegen den Hilfsträger einwirkt.

[0014] Angesichts der voranstehenden Ausführungen besteht ein Bedürfnis nach einer chemisch-mechanischen Poliereinrichtung, welche die Polierdurchsatzrate optimiert, die Gleichförmigkeit der Ebenheit, und den Endzustand, wobei das Risiko einer Kontaminierung oder Zerstörung irgendeines Substrats minimiert ist.

[0015] Demzufolge verbleibt ein Bedürfnis nach einem Polierkopf, der einen im wesentlichen gleichförmigen Druck über die Substratoberfläche bereitstellt, die poliert wird, der das Substrat im wesentlichen parallel zum Polierpolster während des Polievorgangs hält, und der das Substrat innerhalb des Trägerabschnitts des Polierkopfes hält, ohne unerwünschte Polieranomalien am Umfang des Substrats hervorzurufen.

ZUSAMMENFASSUNG

[0016] Die Erfindung stellt eine Anordnung zum Erzielen eines gleichförmig polierten oder eingeebneten Substrats zur Verfügung, beispielsweise eines Halbleiterwafers, die auch ein im wesentlichen gleichförmiges Polieren zwischen dem Zentrum des Halbleiterwafers und dem Rand des Wafers erzielt. Der erfindungsgemäße chemisch-mechanische Polierkopf (CMP-Kopf) weist einen schwebenden Waferhaltering und einen Waferträger (auch als Wafer-Unterträger bezeichnet) auf, mit einer Polierdrucksteuerung in mehreren Zonen. Die Erfindung stellt eine Poliereinrichtung gemäß Patentanspruch 1 zur Verfügung, mit einem Gehäuse, einem Träger zum Anbringen eins zu polierenden Substrats, einem Haltering, der den Träger zum Haltern des Substrats umschließt, einer ersten Kupplung, welche den Haltering an dem Träger so anbringt, dass der Haltering eine Relativbewegung zum Träger durchführen kann, einer zweiten Kupplung, welche den Träger so an dem Gehäuse anbringt, dass der Träger eine Relativbewegung zum Gehäuse durchführen kann, wobei das Gehäuse und die erste Kupplung eine erste Druckkammer festlegen, zur Ausbildung einer Druckkraft gegen den Haltering, und das Gehäuse und die zweite Kupplung eine zweite Druckkammer festlegen, zum Ausüben einer Druckkraft gegen den Unterträger. Bei einer Ausführungsform sind die Kupplungen als Membranen ausgebildet.

[0017] Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] **Fig. 1** zeigt schematisch eine Ausführungsform einer Mehrfachkopfpolier-Einebnungseinrichtung.

[0019] **Fig. 2** zeigt schematisch eine einfache Ausführungsform des erfindungsgemäßen, zwei Kamern aufweisenden Polierkopfes.

[0020] **Fig. 3** zeigt schematisch eine einfache Ausführungsform des erfindungsgemäßen, zwei Kamern aufweisenden Polierkopfes in **Fig. 2**, wobei weiterhin in vergrößertem Maßstab die Art und Weise erläutert ist, in welcher Verbindungselementen (Membranen) eine Bewegung des Waferunterträgers und des Waferhalterings ermöglichen.

[0021] **Fig. 4** zeigt schematisch eine Schnittansicht von Ausführungsformen von Abschnitten des Karussells, der Kopfmontageanordnung, der Drehverbindungen, und der Waferträgeranordnung.

[0022] **Fig. 5** zeigt schematisch eine detailliertere Schnittansicht einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Waferträgeranordnung.

[0023] **Fig. 6** zeigt schematisch, in Explosionsdarstellung, Elemente der Ausführungsform der in **Fig. 5** gezeigten Waferträgeranordnung.

[0024] **Fig. 7** zeigt schematisch eine detaillierte Schnittansicht eines Abschnitts der in **Fig. 5** gezeigten Ausführungsform der Waferträgeranordnung.

[0025] **Fig. 8** zeigt schematisch eine detaillierte Schnittansicht eines anderen Abschnitts der Ausführungsform der Waferträgeranordnung von **Fig. 5**.

- [0026] **Fig.** 9 zeigt schematisch eine Ansicht auf eine Ausführungsform eines Halterings.
- [0027] **Fig.** 10 zeigt schematisch eine Schnittansicht der Ausführungsform des Halterings in **Fig.** 9.
- [0028] **Fig.** 11 zeigt schematisch eine Einzelheit der Ausführungsform des Halterings in **Fig.** 9.
- [0029] **Fig.** 12 zeigt schematisch eine Perspektivansicht der Ausführungsform der Halterings in **Fig.** 9.
- [0030] **Fig.** 13 zeigt schematisch eine Schnittansicht durch einen Abschnitt des Halterings in **Fig.** 9, wobei insbesondere der abgeschrägte Übergangsbereich am Außenumfang in Radialrichtung des Rings dargestellt ist.
- [0031] **Fig.** 14 zeigt schematisch eine Ausführungsform des Halteringadapters, der bei dem Polierkopf von **Fig.** 5 eingesetzt wird.
- [0032] **Fig.** 15 zeigt schematisch eine alternative Ansicht des Halteringadapters in **Fig.** 14.
- [0033] **Fig.** 16 zeigt schematisch eine Schnittansicht des Halteringadapters in **Fig.** 14.
- [0034] **Fig.** 17 zeigt schematisch eine Einzelheit der Art und Weise der Anbringung des Halterings an dem Halteringadapter in Schnittansicht.
- [0035] **Fig.** 18 ist eine schematische Darstellung einer Einzelheit der Spülkanäle und der Öffnungen zum Befreien des Ringbereichs von Polieraufschämmung.
- [0036] **Fig.** 19 zeigt schematisch eine hypothetische Wechselwirkung zwischen Haltering und Polierpolster für einen Haltering, der eine rechteckige Ecke an der Grenzfläche zwischen Ring und Polster aufweist.
- [0037] **Fig.** 20 zeigt schematisch eine hypothetische Wechselwirkung zwischen Haltering und Polierpolster für einen Haltering, der den erfindungsgemäß, mehrfach ebenen, abgeschrägten Übergangsbereich an der Ring-Polster-Grenzfläche aufweist.
- [0038] **Fig.** 21 zeigt schematisch als Flussdiagramm eine Ausführungsform eines Waferbeladungsvorgangs.
- [0039] **Fig.** 22 ist ein schematisches Flussdiagramm einer Ausführungsform eines Waferpolievorgangs.
- [0040] **Fig.** 23 ist ein schematisches Flussdiagramm einer Ausführungsform eines Waferentladungsvorgangs.
- [0041] **Fig.** 24 zeigt schematisch die Waferaufnahmoberfläche einer Ausführungsform ohne Nut des Waferunterträgers.
- [0042] **Fig.** 25 zeigt schematisch die Waferaufnahmoberfläche einer Ausführungsform des Waferunterträgers, welche eine einzige Nut und eine Kammer mit einem einzigen Druck aufweist.
- [0043] **Fig.** 26 ist eine Ansicht, teilweise im Schnitt, des Waferunterträgers in **Fig.** 25, welcher eine einzelne Nut und eine Kammer mit einem einzigen Druck aufweist.
- [0044] **Fig.** 27 zeigt schematisch die Waferaufnahmoberfläche einer Ausführungsform des Waferunterträgers, welche drei Nuten und Kammern mit drei Drucken aufweist.
- [0045] **Fig.** 28 zeigt schematisch eine Schnittansicht von Ausführungsformen von Abschnitten des Karussells, der Kopfmontageanordnung, der Drehverbindungen, und der Wafeträgeranordnung, einschließlich des Waferunterträgers mit einer einzigen Nut und einer einzigen Kammer.
- [0046] **Fig.** 29 zeigt schematisch eine detailliertere Schnittansicht einer Ausführungsform der Wafeträgeranordnung in **Fig.** 28.
- [0047] **Fig.** 30 zeigt schematisch eine detaillierte Schnittansicht eines Abschnitts der Ausführungsform der Wafeträgeranordnung von **Fig.** 29.
- [0048] **Fig.** 31 zeigt schematisch eine detaillierte Schnittansicht eines unterschiedlichen Abschnitts der Ausführungsform der Wafeträgeranordnung von **Fig.** 29.
- [0049] **Fig.** 32 erläutert schematisch die Auswirkung des Unterträger-Nutdrucks auf die Abtragsrate in Abhängigkeit von der Position.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

- [0050] In **Fig.** 1 ist ein Werkzeug **101** für das chemisch-mechanische Polieren oder das Einebnen (CMP) gezeigt, welches ein Karussell **102** aufweist, das mehrere Polierkopfanordnungen **103** trägt, die aus einer Kopfmontageanordnung **104** und der Trägeranordnung **106** (siehe **Fig.** 3) für das Substrat (den Wafer) besteht. Wir verwenden hier den Begriff "polieren", um entweder das Polieren eines Substrats **113** zu bezeichnen, das im allgemeinen Substrate eines Halbleiterwafers **113** umfasst, und um auch das Einebnen zu bezeichnen, wenn es sich beim Substrat um einen Halbleiterwafer handelt, auf welchem elektronische Schaltungselemente abgelagert wurden. Halbleiterwafer sind normalerweise dünne und relativ spröde Scheiben, welche nominelle Durchmesser zwischen 100 mm und 300 mm aufweisen. Momentan werden in weitem Ausmaß Halbleiterwafer von 200 mm eingesetzt, jedoch wird die Verwendung von Wafern mit 300 mm entwickelt. Die erfindungsgemäß Konstruktion ist bei Halbleiterwafern und anderen Substraten von zumindest bis 300 mm Durchmesser einsetzbar, und begrenzt in vorteilhafter Weise jegliche signifikanten Polierungungleichförmigkeiten der Waferoberfläche auf nicht mehr als etwa die sogenannte Ausschließungszone von 2 mm am radialen Umfang der Halbleiterscheibe, und häufig auf einen kreisringförmigen Bereich von weniger als etwa 2 mm vom Rand des Wafers entfernt.

[0051] Eine Basis **105** stellt eine Halterung für die anderen Bauteile zur Verfügung, einschließlich einer Brücke **107**, welche das Karussell mit angebrachten Kopfanordnungen hält, und deren Anheben und Absenken ermöglicht. Jede Kopfmontageanordnung **104** ist auf dem Karussell **102** angebracht, und jede der Polierkopfanordnungen **103** ist an der Kopfmontageanordnung **104** so angebracht, dass sie sich drehen kann, wobei das Karussell drehbeweglich um eine zentrale Karussellachse **108** ausgebildet ist, und jede Drehachse **111** der Polierkopfanordnung **103** im wesentlichen parallel zu den Drehachsen **108** des Karussells verläuft, jedoch von diesen getrennt ist. Das CMP-Werkzeug **101** weist weiterhin die motorgetriebene Platte **109** auf, die drehbeweglich um eine Plattenantriebsachse **110** angeordnet ist. Die Platte **109** hält ein Polierpolster **135**, und wird zur Drehung durch einen Plattenmotor (nicht gezeigt) angetrieben. Diese spezielle Ausführungsform eines CMP-Werkzeugs ist eine Mehrkopfkonstruktion, was bedeutet, dass mehrere Polierköpfe für jedes Karussell vorhanden sind; allerdings sind auch Einzelkopf-CMP-Werkzeuge bekannt, und die Kopfanordnung **103**, der Halterung **166**, und das Polierverfahren gemäß der Erfindung können entweder bei einer Mehrfachkopf- oder Einzelkopf-Poliereinrichtung eingesetzt werden.

[0052] Weiterhin wird bei dieser speziellen CMP-Konstruktion jeder der mehreren Köpfe durch einen einzelnen Kopfmotor angetrieben, der eine Kette (nicht gezeigt) antreibt, die wiederum jeden der Polierköpfe **103** über einen Mechanismus mit Kette und Kettenrad antreibt; allerdings kann die Erfindung auch bei Ausführungsformen eingesetzt werden, bei welchen jeder Kopf **103** durch einen getrennten Motor gedreht wird. Das erfindungsgemäße CMP-Werkzeug weist weiterhin eine Drehverbindung **116** auf, die fünf unterschiedliche Gas/Fluidkanäle zur Verfügung stellt, um unter Druck stehende Fluide wie beispielsweise Luft, Wasser, Vakuum oder dergleichen zwischen ortsfesten Quellen außerhalb des Kopfes und Orten auf der Wafeträgeranordnung **106**, oder innerhalb von dieser, zu transportieren. Bei Ausführungsformen der Erfindung, bei welcher der mit Kammern versehene Unterträger vorgesehen ist, sind zusätzliche Drehverbindungsöffnungen vorgesehen, um den zusätzlichen Kammern die erforderlichen, unter Druck stehenden Fluide zuzuführen.

[0053] Im Betrieb dreht sich die Polierplatte **109** mit daran angebrachtem Polierpolster **135**, dreht sich das Karussell **102**, und dreht sich jeder der Köpfe **103** um seine eigene Achse. Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen CMP-Werkzeugs ist die Drehachse des Karussells gegenüber der Drehachse der Platte um etwa einen Zoll versetzt angeordnet. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich jedes Bauteil dreht, ist so ausgewählt, dass jeder Abschnitt auf dem Wafer im wesentlichen dieselbe Entfernung mit derselben mittleren Geschwindigkeit wie jeder andere Punkt auf dem Wafer zurücklegt, um so ein gleichförmiges Polieren oder Einebnen des Substrats zu ermöglichen. Da das Polierpolster typischerweise in gewissem Ausmaß komprimierbar ist, stellen die Geschwindigkeit und die Art und Weise der Wechselwirkung zwischen dem Polster und dem Wafer, dort, wo der Wafer zuerst das Polster berührt, eine signifikante Kenngröße für die Materialmenge dar, die vom Rand des Wafers abgetragen wird, und für die Gleichförmigkeit der polierten Waferoberfläche.

[0054] Ein Polierwerkzeug, das mehrere auf einem Karussell angebrachte Kopfanordnungen aufweist, wird im US-Patent Nr. 4,918,870 mit dem Titel "Floating Subcarriers for Wafer Polishing Apparatus" beschrieben; ein Polierwerkzeug mit einem schwebenden Kopf und einem schwebenden Halterung wird beschrieben im US-Patent Nr. 5,205,082 "Wafer Polisher head Having Floating Retainer Ring"; und eine Drehverbindung zum Einsatz in einem Polierzvorrichtungskopf wird beschrieben im US-Patent Nr. 5,443,416 mit dem Titel "Rotary Union for Coupling Fluids in a Wafer Polishing Apparatus".

[0055] In einer Ausführungsform stellt die erfindungsgemäße Anordnung einen Kopf mit zwei Kammern zur Verfügung, der einen scheibenförmigen Unterträger aufweist, mit einer oberen Oberfläche **163** innerhalb der Poliereinrichtung, und einer unteren Oberfläche **164** zum Anbringen eines Substrats (beispielsweise eines Halbleiterwafers) **113**, wobei ein kreisringförmiger Halterung **166** vorgesehen ist, der koaxial zum unteren Abschnitt des Unterträgers **160** und um den Rand des Wafersubstrats **113** herum angeordnet ist, und um beide herum passt, damit das Substrat direkt unterhalb und in Berührung mit dem Unterträger **160** gehalten wird, und es ist eine Polierkissenoberfläche **135** vorgesehen, die selbst an der Platte **109** befestigt ist. Den Wafer direkt unterhalb des Unterträgers zu halten, ist deswegen für die Gleichförmigkeit wesentlich, da der Unterträger eine nach unten gerichtete Polierkraft auf die Rückseite des Wafers ausübt, so dass die Vorderseite des Wafers gegen das Polster gedrückt wird. Eine (P2) der Kammern **132** steht in Fluidverbindung mit dem Träger **160**, und übt einen nach unten gerichteten Polierdruck (oder eine Kraft) während des Polierens auf den Unterträger **160** aus, und indirekt über das Substrat **113** gegen das Polierpolster **135** (die als "Unterträgerkraft" oder "Waferkraft" bezeichnet wird). Die zweite Kammer (P1) **131** steht in Fluidverbindung mit dem Halterung **166** über einen Halteringadapter **168**, und übt einen nach unten gerichteten Druck während des Polierens des Halterings **166** gegen das Polierpolster **135** aus (bezeichnet als "Ringkraft"). Die beiden Kammern **131**, **132** und ihre zugehörigen Druck/Vakuumquellen **114**, **115** ermöglichen eine Steuerung des Drucks (oder der Kraft), die von dem Wafer **113** und getrennt durch den Halterung **166** auf die Polierpolsteroberfläche **135** einwirkt.

[0056] Während bei einer Ausführungsform der Erfindung die Unterträgerkraft und die Ringkraft unabhängig ausgewählt werden, kann die Anordnung so ausgebildet werden, dass ein stärkeres und geringeres Ausmaß der Kupplung zwischen der Ringkraft und der Unterträgerkraft vorhanden sind. Durch geeignete Auswahl der Eigenschaften einer Verknüpfung zwischen einer Kopfgehäuse-Halteanordnung **120** und dem Unterträger **60**,

sowie zwischen dem Unterträger **160** und dem Ring **166**, können unterschiedliche Ausmaße der Unabhängigkeit erreicht werden, im Bereich zwischen unabhängiger Bewegung des Unterträgers und des Rings bis zur starken Kupplung zwischen dem Unterträger und dem Ring. Bei einer Ausführungsform der Erfindung sorgen das Material und die geometrischen Eigenschaften von Verbindungselementen, die nach Art und Weise von Membranen **145**, **162** ausgebildet sind, für eine optimale Verknüpfung, um ein gleichförmiges Polieren (oder Einebnen) über die Oberfläche eines Halbleiters zu erzielen, selbst an den Rändern des Substrats.

[0057] Zusätzliche Ausführungsformen der Erfindung, die einen mit einer Kammer versehenen Unterträger aufweisen, werden ebenfalls beschrieben. Diese eine Kammer aufweisenden Unterträger fügen zusätzliche Druckkammern hinzu, die eine noch stärkere Steuerung der Polierkraft in Abhängigkeit von der Position ermöglichen.

[0058] Bei einer anderen Ausführungsform sind die Abmessungen und die Form des Halterings **166** abgeändert, im Vergleich zu herkömmlichen Halteringeranordnungen, damit das Polierpolster **135** in einem Bereich nahe dem Außenumfangsrand des Substrats **113** vorher zusammengedrückt und/oder konditioniert wird, so dass schädliche Auswirkungen, die bei der Bewegung des Substrats **113** über das Polster **135** von einem Bereich des Polsters zu einem anderen auftreten, sich nicht als Nichtlinearitäten auf der polierten Substratoberfläche zeigen. Der Haltering **166** wirkt so, dass er das Polster **135** an dem Vorderrand und dem Hinterrand der Bewegung abflacht, so dass, bevor das sich vorwärts bewegende Substrat eine neue Fläche des Polsters berührt, das Polster im wesentlichen eben ist, und coplanar zur Substratoberfläche; und dann, wenn die Berührung zwischen dem Substrat und dem Polster gerade aufzuhören beginnt, das Polster eben und coplanar mit der polierten Oberfläche des Substrats gehalten wird. Auf diese Weise wirkt auf das Substrat immer eine ebene, vorkomprimierte und im wesentlichen gleichförmige Polierpolsteroberfläche ein.

[0059] Der Haltering führt ein vorheriges Zusammendrücken des Polierpolsters durch, bevor es die Waferoberfläche überquert. Dies führt dazu, dass die gesamte Waferoberfläche ein Polierpolster mit demselben Ausmaß der vorherigen Kompression sieht, was zu einem gleichförmigeren Materialabtrag über die Waferoberfläche führt. Mit unabhängiger Steuerung des Halteringdrucks ist es möglich, das Ausmaß der Vorkompression des Polierpolsters zu modulieren, wodurch die Materialmenge beeinflusst wird, die vom Waferrand abgetragen wird. Computersteuerung, mit oder ohne Rückkopplung, beispielsweise unter Verwendung einer Endpunkt-Detektorvorrichtung, kann das Erzielen der gewünschten Gleichförmigkeit unterstützen.

[0060] Zuerst wird die Aufmerksamkeit auf eine einfache, erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Polierkopfes **100** mit zwei Kammern gelenkt, der in Fig. 2 gezeigt ist, um die Art und Weise zu erläutern, auf welche ausgewählte Aspekte der Erfindung arbeiten. Insbesondere zeigen und beschreiben wir die Art und Weise, auf welche der Druck auf die Halteringeranordnung (einschließlich des Halteringadapters **168** und des Halterings **166**) und den Träger **160** aufgebracht und gesteuert wird. Dann werden andere Aspekte der Erfindung in bezug auf etwas ausgefeilte, alternative Ausführungsformen beschrieben, welche zusätzliche wahlweise, jedoch vorteilhafte Merkmale aufweisen.

[0061] Revolverkopfmontageadapter **121** und Stifte **122**, **123** oder andere Befestigungsvorrichtungen erleichtern das Ausrichten und Anbringen oder Montieren des Gehäuses **120** an einer Spindel **119**, die drehbeweglich in bezug auf das Karussell **102** vorgesehen ist, oder bei Ausführungsformen mit einem einzigen Kopf, und an einer anderen Halteanordnung, beispielsweise an einem Arm, der den Kopf über die Oberfläche des Polsters bewegt, während sich der Kopf und das Polster drehen. Das Gehäuse **120** stellt eine Halteanordnung für andere Kopfbestandteile zur Verfügung. Eine sekundäre Membran **145** ist an dem Gehäuse **120** durch einen Abstandsring **131** angebracht, um die sekundäre Membran vom Gehäuse **120** zu trennen, um einen Bereich der Vertikalbewegung und der Winkelbewegung der Membran und der daran angebrachten Anordnungen zu ermöglichen (einschließlich des Trägers **160**), relativ zu einer nominellen Ebene **125** der sekundären Membran. (Die primäre und die sekundäre Membran ermöglichen auch eine geringe Horizontalbewegung infolge der Winkelverkippung, allein oder zusammen mit einer vertikalen Translationsbewegung, die vorgesehen ist, um Winkeländerungen an der Grenzfläche zwischen dem Träger und dem Polster bzw. dem Haltering und dem Polster auszugleichen, jedoch ist diese Horizontalbewegung typischerweise im Vergleich zur Vertikalbewegung gering.) Der Abstandsring **131** kann einstückig mit dem Gehäuse **120** bei dieser Ausführungsform ausgebildet sein, und dieselbe Funktion zur Verfügung stellen; jedoch wird, wie bei einer alternativen Ausführungsform (vgl. beispielsweise Fig. 5) beschrieben, der Abstandsring **131** vorzugsweise aus einem getrennten Teil hergestellt, und an dem Gehäuse durch Befestigungsmittel (beispielsweise Schrauben) und konzentrische O-Ringdichtungen angebracht, um sicherzustellen, dass die Anbringung luftdicht und druckdicht ist.

[0062] Der Träger **160** und die Halteringeranordnung **165** (einschließlich des Halteringadapters **168** und des Halterings **166**) sind auf ähnliche Art und Weise an der primären Membran **162** angebracht, die selbst wiederum an einem unter Abschnitt des Gehäuses **162** angebracht ist. Der Träger **160** und der Haltering **166** können daher eine vertikale Translationsbewegung durchführen, und verkippt werden, um Unregelmäßigkeiten in der Oberfläche des Polsters auszugleichen, und das Einebnen des Polierpolsters zu unterstützen, und zwar dort, wo das Polster zuerst auf den Haltering **166** in der Nähe des Randes des Wafers **113** auftrifft. Allgemein wird diese Art von einer durch eine Membran erleichterten Bewegung bezeichnet als "schwebend", werden der Trä-

ger und der Haltering als "schwebender Träger" bzw. "schwebender Haltering" bezeichnet, und wird ein Kopf, welcher diese Elemente aufweist, als Konstruktion mit "schwebendem Kopf" bezeichnet. Zwar verwendet der erfindungsgemäße Kopf "schwebende" Elemente, jedoch sind der Aufbau und das Betriebsverfahren anders als jene, die bereits auf diesem Gebiet bekannt waren.

[0063] Flanschring **146** verbindet die sekundäre Membran **145** mit einer oberen Oberfläche **163** des Unterträgers **160**, der wiederum an der primären Membran **162** angebracht ist. Der Flanschring **146** und der Unterträger **160** sind tatsächlich zusammengeklemmt und bewegen sich als eine Einheit, jedoch ist die Halterungsnordnung **167** nur an der primären Membran angebracht, und kann sich frei bewegen, wobei sie nur den Bewegungseinschränkungen ausgesetzt ist, die durch die primäre und die sekundäre Membran vorgegeben werden. Der Flanschring **146** verbindet die primäre Membran **162** und die sekundäre Membran **145**. Reibungskräfte zwischen der Membran und dem Flanschring und dem Unterträger unterstützen das Halten der Membran an ihrem Ort, und das Aufrechterhalten einer Spannung über die Membran. Die Art und Weise, auf welche die primäre und die sekundäre Membran eine Translationsbewegung und Winkelbewegung des Trägers und des Halterings ermöglichen, wird auch durch die schematische Darstellung in **Fig. 3** erläutert, die einen stark übertriebenen Zustand zeigt, bei welchem die nominelle ebene Ausbildung jeder Membran **145**, **162** geändert ist, um die Freiheitsgrade für die Translationsbewegung und die Winkelbewegung zu ermöglichen. Dieses übertriebene Ausmaß der Biegung der Membran, das in der Figur dargestellt ist, insbesondere in bezug auf die Winkelausrichtung, würde man nicht während des Polierens erwarten, und die vertikale Translation würde typischerweise nur während der Vorgänge des Waferbeladens bzw. -entladens auftreten. Insbesondere tritt bei der sekundären Membran **145** eine gewisse Verbiegung oder Verzerrung in ersten und zweiten Biegebereichen **172**, **173** in der Spannweite zwischen der Anbringung am Abdichtring **131** und am Flanschring **146** auf; und tritt bei der primären Membran eine unterschiedliche Biegung oder Verzerrung an dritten, vierten, fünften und sechsten Biegebereichen **174**, **175**, **178** bzw. **179** auf, wo sie ihre Anbringung am Gehäuse **120** und am Träger **160** überspannt.

[0064] Bei der vorliegenden Beschreibung bezeichnen die Begriffe "oben" und "unten" die relativen Ausrichtung von Anordnungen, wenn die beschriebene Anordnung in ihrem normalen Betriebszustand eingesetzt wird, typischerweise wie in den Zeichnungen dargestellt. Entsprechend bezeichnen die Begriffe "vertikal" und "horizontal" ebenfalls Orientierungen oder Bewegungen, wenn die Erfindung oder eine Ausführungsform oder ein Element einer Ausführungsform in ihrer gewünschten Orientierung eingesetzt wird. Dies ist geeignet für eine Poliermaschine, da Waferpoliermaschinen jener Art, wie sie den Erfindern bekannt ist, eine horizontale Polierpolsteroberfläche zur Verfügung stellen, welche die Ausrichtungen anderer Polierbestandteile festlegt.

[0065] Wir richten unsere Aufmerksamkeit auf die alternative und in gewissem Ausmaß ausgefeilte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Polierkopfanordnung **103**, die in **Fig. 4** gezeigt ist. Es wird besonders auf die Waferträgeranordnung **106** aufmerksam gemacht; allerdings werden auch die Bestandteile der Drehverbindung **116** und der Kopfmontageanordnung **104** der Polierkopfanordnung **103** beschrieben. Zwar weisen einige Anordnungen bei der ersten Ausführungsform der Erfindung (vgl. **Fig. 2**) einen etwas unterschiedlichen Aufbau auf als jene, die bei dieser alternativen Ausführungsform (vgl. **Fig. 4**) dargestellt sind, jedoch wurden identische Bezugszeichen beibehalten, um so die gleiche Funktionsweise zu verdeutlichen, die von den Elementen bei den verschiedenen Ausführungsformen zur Verfügung gestellt wird.

[0066] Die Polierkopfanordnung **103** weist im wesentlichen eine Spindel **119** auf, die eine Spindeldrehachse **111** festlegt, eine Drehverbindung **116**, und eine Spindelhalterungsvorrichtung **209**, welche Lager aufweist, die eine Vorrichtung zum Anbringen der Spindel **109** in einer Spindelhalterung zur Verfügung stellen, die so an der Brücke **109** angebracht ist, dass sich die Spindel drehen kann. Diese Spindelhaltereanordnungen sind auf dem Gebiet der Mechanik bekannt, und werden hier nicht in ihren Einzelheiten beschrieben. Der Aufbau innerhalb der Spindel wird insoweit dargestellt und beschrieben, als der Aufbau den Aufbau und den Betrieb der Drehverbindung **116** betrifft.

[0067] Die Drehverbindung **116** stellt eine Vorrichtung zur Verfügung, um unter Druck stehende und drucklose Fluide (Gase, Flüssigkeiten Vakuum, und dergleichen) zwischen einer Fluidquelle, beispielsweise einer Vakuumbuchse, welche ortsfest ist und sich nicht dreht, und der drehbaren Polierkopfwafertaigeranordnung **106** zu übertragen. Die Drehverbindung ist dazu ausgebildet, an dem nicht drehbaren Abschnitt des Polierkopfs angebracht zu werden, und stellt eine Vorrichtung zum Einschließen und ständigen Zuführen eines druckbeaufschlagten oder drucklosen Fluides zwischen einer nicht-drehbaren Fluidquelle und einem Raumbereich in der Nähe einer Außenoberfläche der drehbaren Spindelwelle **119** zur Verfügung. Zwar ist eine Drehverbindung speziell bei der Ausführungsform von **Fig. 4** dargestellt, jedoch wird darauf hingewiesen, dass Drehverbindungen bei den anderen Ausführungsformen der Erfindung einsetzbar sind.

[0068] Eine oder mehrere Fluidquellen sind an die Drehverbindung **116** über Rohre und ein Steuerventil (nicht gezeigt) angeschlossen. Die Drehverbindung **116** weist einen ausgenommenen Bereich auf einen Innenoberflächenabschnitt auf, der einen typischerweise zylindrischen Vorratsbehälter **212**, **213**, **214** zwischen dem Innenoberflächenabschnitt **216** der Drehverbindung **116** und der Außenoberfläche **217** der Spindelwelle **119** festlegt. Dichtungen **218** sind zwischen der drehbaren Welle **119** und dem nicht-drehbaren Abschnitt der Dreh-

verbindung vorgesehen, um Lecks zwischen den Vorratsbehältern und Bereichen außerhalb der Vorratsbehälter zu verhindern. Herkömmliche Dichtungen können eingesetzt werden, wie sie auf dem Gebiet der Mechanik bekannt sind.

[0069] Eine Bohrung oder eine Öffnung **201** ist ebenfalls unterhalb des Zentrums der Spindelwelle vorgesehen, um ein Fluid über eine drehbare Kupplung zu übertragen.

[0070] Die Spindelwelle **119** weist mehrere Kanäle auf, bei einer Ausführungsform fünf Kanäle, die sich von der äußeren Wellenoberfläche und der Oberseite der Welle zu einer oder mehreren hohlen Bohrungen innerhalb der Spindelwelle erstrecken. Bei der speziellen Schnittansicht von **Fig. 4** sind nur drei der fünf Kanäle in der Zeichnung sichtbar. Von jeder Bohrung werden das Vakuum oder andere druckbeaufschlagte oder drucklose Fluide über Kupplungen und/oder Rohre innerhalb der Waferträgeranordnung **106** an den Ort transportiert, an welchem das Fluid benötigt wird. Der genaue Ort oder das Vorhandensein der Kupplungen stellen Einzelheiten der Umsetzung in die Praxis dar, die nicht für das erfindungsgemäße Konzept wesentlich sind, es sei denn, dies wäre nachstehend speziell angegeben. Diese dargestellten Anordnungen stellen eine Vorrichtung zum Umschließen und ständigen Transportieren eines oder mehrerer druckbeaufschlagter Fluide zwischen dem Bereich neben der Außenoberfläche der drehbaren Welle und der umschlossenen Kammer zur Verfügung, jedoch können andere Vorrichtungen eingesetzt werden. Eine Drehverbindung, die weniger Kanäle als bei dieser speziellen Ausführungsform der Erfindung zur Verfügung stellt, ist im US-Patent Nr. 5,443,416 beschrieben, mit dem Titel "Rotary Union for Coupling Fluids in a Wafer Polishing Apparatus".

[0071] Es wird nunmehr die Waferträgeranordnung **106** unter Bezugnahme auf **Fig. 5** beschrieben, die eine Schnittansicht durch "Abschnitt A-A" der Waferträgeranordnung **106** zeigt, sowie unter Bezug auf **Fig. 6**, die eine Explosionsdarstellung der Waferträgeranordnung **106** zeigt. Aus **Fig. 6** wird deutlich, dass die Waferträgeranordnung **106** in hohem Ausmaß um eine Zentrumsachse symmetrisch ist; man sieht jedoch, dass nicht alle Elemente symmetrisch in bezug auf die Orte von Löchern, Öffnungen, Befestigungen, Ausnehmungen, und ähnliche Merkmale angeordnet sind. Anstatt die Waferträgeranordnung **106** in bezug auf eine einzelne Figur zu beschreiben, verweisen wir auf die Kombination aus **Fig. 5** (Seitenansicht durch Schnitt A-A), **Fig. 6** (Explosionsdarstellung), **Fig. 7** (vergrößerte Schnittansicht der rechten Seite von **Fig. 5**), und **Fig. 8** (vergrößerte Schnittansicht der linken Seite von **Fig. 5**), welche die Bauelemente aus unterschiedlichen Perspektiven zeigen, und den Aufbau und den Betrieb jedes Elements verdeutlichen.

[0072] Das chemisch-mechanische Polieren sowie die Eigenschaften von Polierpolstern, Aufschlämmungen, und Waferzusammensetzungen sind wohlbekannt, und werden nicht detailliert beschrieben, es sei denn, dies wäre für das Verständnis der Erfindung erforderlich.

[0073] In bezug auf die Funktionsweise stellt die Waferträgeranordnung **106** die gesamte Anordnung zur Verfügung, die dazu erforderlich ist, ein Substrat **130** wie beispielsweise einen Halbleiterwafer während des Polievorgangs anzubringen und zu halten. (Es wird darauf hingewiesen, dass die vorliegende Erfindung zum Polieren von Substraten über Halbleiterwafer hinaus geeignet ist). Die Trägeranordnung **106** stellt Vakuum an einer unteren Oberfläche **164** eines Waferunterträgers über Löcher oder Öffnungen **147** zur Verfügung, um den Wafer während eines Zeitraums zwischen den Einlagen des Wafers und dem Beginn des Polierens zu halten. Sie stellt weiterhin einen nach unten gerichteten Polierdruck auf den Wafer über den Waferunterträger zur Verfügung, und einen getrennten, nach unten gerichteten Druck auf einen Haltering zum Halten des Wafers innerhalb einer Tasche, und zur Wechselwirkung mit dem Polierpolster, um Polierungungleichförmigkeiten in der Nähe des Randes bei dem Wafer zu verringern oder auszuschalten. Die Waferträgeranordnung **106** stellt auch Quellen für Fluide zur Verfügung, beispielsweise entionisiertes Wasser (DI-Wasser), Druckluft, und Vakuum, an verschiedenen Kammern, Öffnungen von Oberflächen, wie dies nachstehend genauer erläutert wird. Die Waferträgeranordnung ist besonders in der Hinsicht wesentlich, dass sie einen über eine Membran angebrachten Unterträger und eine Halteringanordnung zur Verfügung stellt, die selbst wiederum einen Halteringadapter und einen Haltering aufweist. Die über eine Membran angebrachten Bauteile und ihre baulichen und funktionalen Beziehungen zu anderen Elementen und Kammern stellen einige der vorteilhaften Merkmale der Erfindung zur Verfügung.

[0074] Das obere Gehäuse **120** ist an den Montageadapter **121** über vier Innensechskantschrauben angebracht, und dieser ist wiederum an dem unteren Abschnitt der Kopfmontageanordnung **104** über Schrauben angebracht, und wird durch erste und zweite Stifte **122, 123** positioniert. Das obere Gehäuse **120** stellt ein stabiles Teil zur Verfügung, an welchem andere Elemente der Waferträgeranordnung angebracht werden können, wie dies hier beschrieben wird. Der Gehäusedichtungsring **129** ist ein im wesentlichen kreisförmiges Element, das dazu dient, die erste Druckkammer (P1) **131** von einer zweiten Druckkammer (P2) **132** zu trennen. Das Paar von O-Ringen **137, 139** ist innerhalb getrennter Kanäle angeordnet, die in eine obere Oberfläche des Gehäusedichtungsringes **131** eingearbeitet sind, und stellt dann, wenn es an einer Innenoberfläche des inneren Gehäuses **120** angebracht ist, eine lecksichere Fluid- und Druckdichtung zwischen dem Gehäusedichtungsring **131** und dem oberen Gehäuse **120** zur Verfügung. Der Druck in der ersten Druckkammer **131** dient dazu, den nach unten einwirkenden Druck auf die Halteringanordnung **134** und deren Wechselwirkung mit dem Polierpolster **135** zu beeinflussen. Der Druck in der zweiten Druckkammer **132** dient dazu, den nach unten ein-

wirkenden Druck auf den Unterträger **136** zu beeinflussen, der wiederum den Polierdruck zur Verfügung stellt, der zwischen der unteren Oberfläche des Wafers **138** und dem Polierpolster **136** auftritt. Wahlweise kann ein Polymereinsatz oder ein anderer Einsatz **161** zwischen der unteren Oberfläche **164** des Unterträgers **106** in der oberen oder hinteren Oberfläche des Wafers **138** verwendet werden. Der innere Aufbau innerhalb der Waferträgeranordnung **106** stellt ein gewisses Ausmaß der Unabhängigkeit zwischen dem Druck und/oder der Bewegung der Halteringeranordnung **134** und des Unterträgers **136** zur Verfügung.

[0075] Ein oder mehrere Anschlussstücke **141** sind dazu vorgesehen, Druckluft von einem Ort oder einer Quelle **114** außerhalb der ersten Druckkammer **131** in die Kammer einzubringen, und ein oder mehr Anschlussstücke **142** sind zu dem Zweck vorgesehen, Druckluft von einer zweiten externen Quelle oder einem zweiten externen Ort **115** der zweiten Druckkammer **132** auf entsprechende Weise zuzuführen. Diese Anschlussstücke **141, 142** sind über geeignete Rohre an Kanäle innerhalb der Kopfmontageanordnung **104** und der Drehverbindung **116** angeschlossen, und mit geeigneten Steuerschaltungen versehen, um die gewünschten Druckpegel bereitzustellen. Die Art und Weise und die Reihenfolge, in welcher Drücke, Vakuum, und/oder Fluide übertragen werden, werden nachstehend beschrieben.

[0076] Der Verriegelungsring **144** ist an der unteren Oberfläche des Gehäusedichtungsring **131** über achtzehn Schrauben angebracht, und befestigt die sekundäre Membran **145** zwischen dem Gehäusedichtungsring **131** und dem Verriegelungsring **144** dadurch, dass die sekundäre Membran zwischen den beiden Anordnungen sandwichartig eingeschlossen oder eingeklemmt wird. Sowohl der Gehäusedichtungsring **131** als auch der Verriegelungsring **144** sowie jener Abschnitt der sekundären Membran **145**, der zwischen dem Gehäusedichtungsring **131** und dem Verriegelungsring **144** eingeklemmt ist, werden in einer festen Position relativ zum oberen Gehäuse **120** gehalten. Der Abschnitt der sekundären Membran **145**, der radial innen eines Innenradius des Gehäusedichtungsring **131** liegt, ist auf eine untere Oberfläche durch eine obere Oberfläche des inneren, mit einem Flansch versehenen Rings **146** geklemmt, und auf eine obere Oberfläche durch eine untere Oberfläche eines inneren Anschlagringes **148**. Der innere, mit einem Flansch versehene Ring und der innere Anschlagring sind durch eine Befestigungsvorrichtung angebracht, beispielsweise Schrauben **149** mit Innensechskantkopf.

[0077] Obwohl der Gehäusedichtungsring **131**, der Verriegelungsring **144**, und der Abschnitt der sekundären Membran **145**, der zwischen diesen beiden Anordnungen eingeklemmt ist, einen festen Ort in bezug auf die Oberfläche des oberen Gehäuses **120** aufrecht erhalten, können sich der innere, mit einem Flansch versehene Ring **146** und der innere Anschlagring **148**, der von der sekundären Membran **145** gehalten wird, jedenfalls in gewissem Ausmaß frei nach oben und unten in bezug auf das Polierpolster **135** und das obere Gehäuse **120** bewegen, und können in gewissem Ausmaß die Winkelorientierung oder die Verkipfung in bezug auf das Polierpolster **135** und das obere Gehäuse **120** ändern. Die Fähigkeit dieser Anordnung, sich in Vertikalrichtung nach oben und unten zu bewegen, und verkippt zu werden, so dass ihre Winkelorientierung geändert wird, ermöglicht es an ihr angebrachten Anordnungen, beispielsweise dem Unterträger **136**, dem Wafer **138** und der Halteringeranordnung **134**, auf der Oberfläche des Polierpolsters **134** zu schweben.

[0078] Die Art des Materials, aus welchem die sekundäre Membran **145** besteht, sowie die Dicke (Td) der sekundären Membran, die Entfernung zwischen dem eingeklemmten Abschnitt des sekundären Membran **145** zwischen dem Gehäusedichtungsring und dem Verriegelungsring in bezug auf den eingeklemmten Abschnitt des sekundären Membran **145** zwischen dem inneren, mit einem Flansch versehenen Ring **146** und dem inneren Anschlagring **148**, sowie der körperliche Spalt oder der Abstand zwischen ersten vertikalen Rändern **151** des inneren, mit einem Flansch versehenen Rings **146** und zweiten vertikalen Oberflächen **152** des Verriegelungsrings **144** neben den ersten vertikalen Rändern **151** beeinflussen das Ausmaß der Vertikalbewegung und das Ausmaß der Verkipfung oder Winkelbewegung. Diese Eigenschaften stellen eine effektive Federkonstante der Membran zur Verfügung. Obwohl die primären und sekundären Membranen bei den hier beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung aus demselben Material bestehen, können im allgemeinen unterschiedliche Materialien verwendet werden.

[0079] Bei einer Ausführungsform der Erfindung, die dazu ausgebildet ist, Halbleiterwafer von 200 mm (mm) zu montieren, besteht die Membran aus 0,05 Zoll dickem BUNAN, mit Nylonmaterial, hergestellt von INTERTEX. Dieses Material weist innere Fasern auf, die für Festigkeit und Steifigkeit sorgen, und auch das gewünschte Ausmaß an Elastizität zur Verfügung stellen. Fachleute auf diesem Gebiet wissen, angesichts der hier beschriebenen Lehre, dass unterschiedliche Abmessungen und Materialien eingesetzt werden können, um denselben oder einen entsprechenden Betrieb zu ermöglichen. So kann beispielsweise eine dünne Metallplatte oder Membran als sekundäre Membran **145** eingesetzt werden, soweit die dünne Metallmembran ausreichende Elastizität aufweist, so dass sie in Vertikalrichtung ausgelenkt werden kann, um auf einen Druck zu reagieren, der auf sie einwirkt, und eine ausreichende Winkelbewegung ermöglicht, so dass sie Berührung mit dem Polster eines Poliervorgangs halten kann. In einigen Fällen kann ein flaches Materialblech nicht an sich ausreichende Elastizität aufweisen; durch Ausbildung des Blechs auf geeignete Art und Weise, beispielsweise mit welligen, ringförmigen Nuten, Federbälgen oder dergleichen, kann jedoch ein Metallverbindungslement alternative Anordnungen zu den hier geschilderten Membranen zur Verfügung stellen. Es können auch Ver-

bundmaterialien eingesetzt werden, um die gewünschten Eigenschaften bereitzustellen. Die Beziehungen zwischen dem eingeklemmten und dem nicht eingeklemmten Abschnitt der sekundären Membran **145** und dem Abstand zwischen dem Verriegelungsring **144** und dem inneren, mit einem Flansch versehenen Ring **146** sind genauer in den **Fig. 7** und **8** gezeigt.

[0080] Der innere Anschlagring **148**, zusätzlich dazu, dass er den inneren, mit einem Flansch versehenen Ring **146** an die sekundäre Membran **145** anklemmt, stellt eine Bewegungsbegrenzungsfunktion zur Verfügung, um eine übermäßige Aufwärtsbewegung des inneren Anschlagrings **148**, der Membran **145**, des inneren, mit einem Flansch versehenen Rings **146** und daran angebrachter Anordnungen zu verhindern, nämlich eine übermäßige Aufwärtsbewegung in die Ausnehmung **152** innerhalb des oberen Gehäuses **120**. Bei einer Ausführungsform der Erfindung können sich der innere Anschlagring **148** und daran angebrachte Anordnungen um etwa 0,125 Zoll nach oben von einer nominellen Position aus bewegen, in welcher die Membran **145** eben ist, bevor eine Anschlagkontaktoberfläche **153** des inneren Anschlagrings **148** eine gegenüberliegende Kontaktobерfläche **154** des Gehäusedichtungsringes **131** berührt, und um etwa 0,10 Zoll nach unten gegenüber der nominellen Position, also eine gesamte Bewegungsentfernung von etwa 0,25 Zoll. Nur ein Teil dieses nach oben und unten (vertikal) gerichteten Bewegungsbereiches wird tatsächlich beim Polieren benötigt; der Rest wird dazu eingesetzt, den Träger über den Unterrand des Halterings während Belade- und Entladevorgängen des Wafers (Substrats) hinaus zu verlängern. Die Fähigkeit, den Rand des Unterträgers **160** über den Unterrand des Halterings vorstehen zu lassen, ist vorteilhaft, und erleichtert die Lade- und Entladevorgänge.

[0081] Der Vertikalsbereich der Bewegung wird durch mechanische Anschlüsse anstatt durch das Material der Membran begrenzt. Der Einsatz von Anschlägen verhindert das Einwirken unnötiger Kräfte auf die Membran, wenn der Träger/Wafer nicht in Kontakt mit dem Polster steht, etwa während Lade- und Entladevorgängen und während der Wartung, oder im ausgeschalteten Zustand, da andererseits in der Langzeitwirkung die Membran gestreckt oder verzerrt werden könnte. Die erfindungsgemäße Anordnung stellt auch eine Trägerkopfanordnung zur Verfügung, die eine sich automatisch einstellende Wafermontagetastentiefe aufweist.

[0082] Der Unterträger **160** ist an einer unteren Oberfläche **156** des inneren, mit einem Flansch versehenen Rings **146** durch eine Befestigungsvorrichtung angebracht, beispielsweise Innensechskantkopfschrauben **147**, so dass er von der sekundären Membran **145** herunter hängt (gehalten durch mechanische Anschlüsse auf dem Anschlagring, wenn er sich an der Untergrenze seines vertikalen Bewegungsbereichs befindet, und gehindert an einer zu starken Bewegung nach oben durch eine zweite Gruppe mechanischer Anschläge), wodurch dem Unterträger die Vertikal- und Winkelbewegung ermöglicht wird, die bereits beschrieben wurde. Die primäre Membran **162** mit zwischen einem Umfangsring des inneren, mit einem Flansch versehenen Rings **146** eingeklemmt, und an der oberen Oberfläche **163** des Unterträgers **160** durch Innensechskantkopfschrauben **157** in der Nähe des Randes des Unterträgers befestigt. Ein Unterträger **160**, der bei zumindest einer Ausführungsform aus einem anderen, nicht-porösen Keramikmaterial besteht, wird mit Edelstahleinsätzen befestigt, um die Gewindeabschnitte der Schrauben **157** aufzunehmen.

[0083] Nunmehr werden Aspekte der Haltereanordnung **134** beschrieben, bevor wesentliche Aspekte der Wechselwirkung zwischen dem Haltering **134**, dem Unterträger **136** und der primären Membran **162** beschrieben werden. Die Halteanordnung **167** umfassen einen Haltering **166** und einen Halteringadapter **168**. Bei einer Ausführungsform besteht der Haltering **166** aus Techtron™-PPS (Polyphenylensulfid). Der Halteringadapter **168** ist an einer unteren Oberfläche **170** des äußeren Anschlagringes **171** angebracht, wobei die primäre Membran **162** dazwischen eingeklemmt ist. Der Haltering **166** besteht aus TECHTRON-Material, und ist an dem Halteringadapter **168** über Innensechskantkopfschrauben angebracht, über die primäre Membran und den äußeren Anschlagring. Ein abgeschrägter Abschnitt **180** des Halterings **166** an dessen äußeren Radius verringert in vorteilhafter Weise die Kantenpolitur nicht linearer Flächen, was typischerweise bei Verwendung herkömmlicher Polierwerkzeuge auftritt. Der äußere Anschlagring **169** ist koaxial in bezug auf den inneren, mit einem Flansch versehenen Ring **146** angebracht, jedoch in größerer Radialentfernung von den Zentrum der Waferträgeranordnung **106**, ist jedoch weder an dem inneren, mit einem Flansch versehenen Ring **146** noch an irgendeinem anderen Element angebracht, mit Ausnahme des Halteringadapters **168** und der primären Membran **162**, mit Ausnahme der Tatsache, dass der äußere Anschlagring **169** und die Haltereanordnung **184** miteinander über die primäre Membran **162** gekuppelt sind. Die Art und Weise dieser Kupplung ist dazu wesentlich, mechanische Eigenschaften zur Verfügung zu stellen, die zu den Vorteilen in bezug auf das Polieren beitragen, die durch die vorliegende Erfindung zur Verfügung gestellt werden. Anordnungen, die zu dieser Kupplung beitragen, sind in größerem Maßstab und mit mehr Einzelheiten in den **Fig. 7** und **8** dargestellt.

[0084] Nun wird der Aufbau und der Gesamtbetrieb der primären Membran **162** und die Art und Weise beschrieben, auf welche sie an dem Unterträger **160** und der Haltereanordnung **134** angebracht ist. Es werden auch Einzelheiten der Waferträgeranordnung beschrieben, die zu deren Fähigkeit beitragen, nicht lineare Flächen zu verringern, häufig bezeichnet als "Überschwingen", an den Rändern des polierten Wafers. Zuerst sollte darauf hingewiesen werden, dass die primäre Membran **162** eine Steifigkeit sowie Elastizität aufweisen sollte, so dass die Kupplung zwischen dem Druck, der auf dem Unterträger **160** einwirkt, und dem getrennten

Druck, der auf den Haltering **166** einwirkt, sowie die Bewegung des Unterträgers und des Halterings infolge dieser Drucke, und die gegenwirkend, nach oben gerichtete Kraft des Polierpolsters **135** innerhalb des ordnungsgemäßen Bereiches liegen. Hiermit ist gemeint, dass die Bewegung des Halterings und des Unterträgers innerhalb eines gewissen Bewegungsbereiches unabhängig sein sollte, wobei jedoch gleichzeitig bei einigen Ausführungsformen eine gewisse Kupplung zwischen den Bewegungen des gesamten Halterings und des Unterträgers vorhanden ist.

[0085] Das gewünschte Ausmaß der Kupplung wird durch mehrere Faktoren beeinflusst, einschließlich; (i) Steuern der Spannweite der primären Membran **162** zwischen dem dritten, geklemmten Bereich **182** (zwischen Unterträger **160** und dem inneren, mit einem Flansch versehenen Ring **146**) und dem vierten geklemmten Bereichs **183** (zwischen Halteringadapter **168** und dem äußeren Anschlagring **159**); (ii) Steuern der Dicke und der Materialeigenschaften der primären Membran **162**; (iii) Steuern der Geometrie der Oberflächen, die mit der Membran **162** in dem Spannweitenbereich wechselwirken; (iv) Steuern der Entfernung zwischen gegenüberliegenden vertikalen Oberflächen **185** des Unterträgers **60**, der vertikalen Oberfläche **186** des Halteringadapters **168**, und der vertikalen Oberfläche **187** des Halterings **166**; und (v) Steuern der Entfernung oder des Spaltes zwischen der Oberfläche **188** des Halteringadapters **168** und einer vertikalen Oberfläche **190** des unteren Gehäuses **122**, und zwischen einer vertikalen Oberfläche **189** des Halterings **166** und derselben vertikalen Oberfläche **190** des unteren Gehäuses **122**. Durch Steuern dieser Faktoren wird sowohl das Auftreten einer Vertikalbewegung als auch einer Winkelbewegung ermöglicht, jedoch ohne eine zu starke Bewegung, die ein Auftreffen des Halterings entweder gegen den Unterträger **160** oder das untere Gehäuse **122** hervorrufen könnte.

[0086] Bei einer Ausführungsform der Erfindung beträgt die Entfernung d_1 zwischen dem Unterträger und dem Halteringadapter 0,05 Zoll, die Entfernung d_2 zwischen dem Unterträger und dem Haltering 0,010 Zoll, die Entfernung d_3 zwischen dem Halteringadapter und einem unteren Gehäuse etwa 0,5 Zoll, und die Entfernung d_4 zwischen dem Haltering und dem unteren Gehäuse 0,015 Zoll. Diese Beziehungen sind in **Fig. 7** dargestellt. Fachleute auf diesem Gebiet wissen, dass dies Abmessungen als Beispiel zu verstehen sind, und dass andere Abmessungen und Beziehungen eingesetzt werden können, um dieselben Funktionen zu erzielen. Insbesondere könnte man erwarten, dass jede dieser Abmessungen bis zu etwa 30% oder mehr abgeändert werden kann, und immer noch einen vergleichbaren Betrieb zur Verfügung stellt, selbst wenn dieser nicht optimal ist. Stärkere Abänderungen von Abmessungstoleranzen würden wahrscheinlich zu einer betriebsfähigen, jedoch sub-optimalen Einrichtung führen.

[0087] Es wird ebenfalls darauf hingewiesen, dass bei der in den **Fig. 7** und **8** dargestellten Ausführungsform jener radial äußere Abschnitt des Unterträgers **160** in der Nähe des Spannweitenabschnitts der primären Membran **162** im wesentlichen einen rechten Winkel zur vertikalen Oberfläche **185** ausbildet; allerdings weist die gegenüberliegende, vertikale Oberfläche des Halteringadapters einen abgeschrägten Abschnitt an der gegenüberliegenden Ecke **194** auf. Die Beibehaltung einer Ecke, die etwa rechteckig (90°) ist, hat sich als vorteilhaft herausgestellt, um ein Anstoßen des Unterträgers an den Haltering oder den Halteringadapter zu verhindern. Weiterhin hat sich die Bereitstellung einer geringfügigen Abschrägung **194** auf der benachbarten Oberfläche des Halteringadapters **168** vorteilhaft in Hinblick darauf herausgestellt, die Mobilität des Rings ohne Anstoßen beizubehalten, jedoch wurde beobachtet, dass bei zu starker Abschrägung ein gewisses, unerwünschtes Anstoßen auftreten kann. Zwar hat sich bei dieser Kombination herausgestellt, dass sie bestimmte Vorteile hat, jedoch wissen Fachleute auf diesem Gebiet, dass andere Abänderungen, die eine Steuerung der glatten Bewegung ohne Anstoßen der benachbarten Bauteile erleichtern, eingesetzt werden können.

[0088] Weitere Vorteile der Erfindung wurden dadurch erzielt, dass ein bestimmtes Formprofil an der äußeren oder radialen Oberfläche **195** des Halterings **166** zur Verfügung gestellt wird, die als ein Übergangsbereich **206** bezeichnet wird. Herkömmlich waren Halteringe, falls sie überhaupt vorgesehen waren, mit in einer im wesentlichen vertikalen Außenwandoberfläche versehen, entweder weil hierzu ein bevorzugtes Oberflächenprofil für Gleitbewegung gegen eine passende Oberfläche zur Verfügung gestellt wurde, beispielsweise das Äquivalent der Innenradialwandoberfläche des unteren Gehäuses **122**, oder deswegen, da dem Einfluss des Profils des Randes keine Bedeutung beigemessen wurde, und ein Standard-Vertikalprofil verwendet wurde. Bei einer Ausführungsform der Erfindung weist der Haltering **166** ein Formprofil auf, das in den **Fig. 9-13** dargestellt ist, welche verschiedene Aspekte des Halterings auf unterschiedlichen Niveaus in bezug auf Einzelheiten zeigen.

Fig. 10 ist eine Schnittansicht der Ausführungsform des Halterings in **Fig. 9**, während **Fig. 11** eine Einzelheit zeigt, und **Fig. 12** ist eine Perspektivansicht des Halterings. **Fig. 13** zeigt schematisch eine Schnittansicht durch einen Abschnitt des Halterings, wobei besonders deutlich der abgeschrägte Übergangsbereich am radial äußeren Umfang des Rings dargestellt ist.

[0089] Bei dieser Ausführungsform des Halterings führt eine untere Oberfläche **201**, die beim Polieren das Polierpolster **135** berührt, Übergänge über zwei abgeschrägte Oberflächen **202**, **203** zu einer im wesentlichen vertikalen Oberfläche **204** durch, die im Betrieb einer im wesentlichen parallelen, vertikalen Oberfläche **189** auf dem unteren Gehäuse **122** gegenüberliegt, obwohl ein Abstandsspalt vorgesehen ist, um ein Zusammenstoßen zu verhindern. Die Oberfläche **204** verläuft im wesentlichen orthogonal zur oberen Halteringoberfläche

205, und die obere Oberfläche **205** ist im wesentlichen parallel zur unteren Oberfläche **201**. Vorzugsweise wird bei der Herstellung der Wafeträgeranordnung eine Zusammenbauvorrichtung dazu verwendet, die Ausrichtung der Bestandteile beizubehalten, und werden Beilagscheiben dazu verwendet, den Abstandsspalt und andere Abstände zwischen dem Ring **166** und dem Unterträger **160** und dem Gehäuse **120**, **122** einzustellen.

[0090] Es wurde durch Versuche bestimmt, dass dieser Übergangsbereich **206** wesentlich die Qualität der Ränder des polierten Wafers verbessert, durch Ausschalten von Nichtlinearitäten beim Polieren. Diese Nichtlinearitäten treten typischerweise als Täler und Gipfel (Wellen oder Ringe) innerhalb von etwa 3 und 5 mm oder mehr von dem Außenrand des Wafers entfernt auf. Ohne dies theoretisch zu untermauern, wird angenommen, dass die Art dieses Übergangsbereichs **206** deswegen wichtig ist, da der Haltering, zusätzlich zum Haltern des Wafers in einer Tasche gegen den Unterträger beim Polievorgang, sich auch so auswirkt, dass er das Polierpolster druckbeaufschlagt oder einebnnet, unmittelbar vor jenem Abschnitt des Polsters, der den Wafer berührt, wenn sich der Haltering am Vorderrand der Bewegung befindet, und sich über den Bereich ausweitet, über welchen das Polster eben ist, wenn dieser Abschnitt des gesamten Halterings ein Hinterrandabschnitt des Wafers ist. Tatsächlich hält der Haltering die Anordnung in derselben Ebene mit dem Wafer und um diesen herum aufrecht, so dass irgendwelche Bedingungen, die dazu führen, dass das Polierpolster **135** verbeult oder verzerrt wird, die Ansammlung von Polieraufschämmung an dem Vorderrand, oder andere nichtlineare oder nicht-co-planare Effekte, außerhalb des Halterings oder unter diesem auftreten, und nicht unter dem Rand des Wafers oder in dessen Nähe.

[0091] Weiterhin wurde festgestellt, dass die spezielle Halteringgeometrie in dem Übertragungsbereich **206**, also optimale Winkel für den Übergangsbereich von $\alpha_1=20$ Grad, $\alpha_2=20$ Grad, und $\alpha_3=90$ Grad, optimal für eine Mehrfachkopf-Poliereinrichtung ist, und für eine spezielle Kombination aus Polierpolster **135**, einer Polierpolster-Umdrehungsgeschwindigkeit von etwa 30 Umdrehungen pro Minute (U/min), einer Wafeträger-Umdrehungsgeschwindigkeit von etwa 26 U/min, Siliziumwafer von 200 mm Durchmesser, einem Polierdruck von beispielsweise etwa fünf Pound pro Quadratzoll (5 psi), und einen Haltering aus TECHTRON-Material. Bei dieser Polievorrichtung auf Mehrfachkopf-Karussellgrundlage beträgt die effektive Lineargeschwindigkeit des Rings über die Oberfläche des Polsters etwa 80-200 Fuß/min. Polierdrucke können über einen größeren Bereich variiert werden, um den gewünschten Poliereffekt zu erzielen. So liegt typischerweise der Druck auf dem Unterträger im Bereich zwischen etwa 1,5 psi und etwa 10 psi, und der Druck auf den Haltering typischerweise im Bereich zwischen etwa 1,5 psi und etwa 9,0 psi, obwohl der Druck auf den Haltering ebenso groß sein kann wie der Druck auf den Unterträger. Zwar ist die Erfindung nicht auf irgendwelche bestimmten Polierpolstertypen beschränkt, jedoch stellt ein Polierpolster, das für das chemisch-mechanische Polieren oder Einebnen mit dem erfundungsgemäß Kopf nützlich ist, das Modell Rodel®CR IC1400-A4 (Rodel Teil Nr. PO5695, Produkttyp IC1400, K-GRV, PSA) dar. Dieses spezielle Poster **135** weist einen nominellen Durchmesser von 35,75 Zoll auf, eine Dicke im Bereich zwischen etwa 2,5 mm und etwa 2,8 mm, eine Auslenkung zwischen etwa 0,02 mm und etwa 0,18 mm, eine Zusammendrückbarkeit zwischen etwa 0,7 und etwa 6,6 Prozent, und eine Rückstellung von etwa 46 Prozent (sämtlich gemessen mit dem Testverfahren RTM-10-27-95). Eine andere Alternative sind die Polster des Typs Rodel CR IC1000-A4, P/V/SUBA (Rodel-Teil Nr. P06342).

[0092] Der Haltering weist eine Dicke von etwa 0,25 Zoll und den um 20 Grad abgeschrägten Abschnitt **202** an der unteren Oberfläche des Rings auf, der sich um etwa 0,034 Zoll nach oben erstreckt, und der vertikale Abschnitt **204** erstreckt sich über etwa 0,060 Zoll, bevor er auf das zweite abgeschrägte Segment **203** auftrifft. Diese beispielhaften Abmessungen sind in der Zeichnung dargestellt. Für diese spezielle Kombination an Variablen wurde empirisch bestätigt, dass diese Winkel in gewisser Weise auf etwa plus oder minus zwei Grad für optimale Leistung empfindlich reagieren; allerdings wird erwartet, dass ein etwas größerer Bereich, beispielsweise von zumindest etwa plus oder minus vier Grad, um die angegebenen Winkel herum, zu nützlichen Ergebnissen führt. Allerdings wird darauf hingewiesen, dass zwar das Prinzip der Bereitstellung eines Übergangsbereichs für den Haltering ein signifikant bestimmender Faktor bei der Erzielung einer gleichförmigen Polierung insbesondere an den Rändern des Wafers darstellt, die tatsächliche Form dieses Übergangsbereichs jedoch eine Abstimmung auf bestimmte physikalische Parameter erfordern kann, die dem Polievorgang zugeordnet sind. Beispielsweise die Verwendung unterschiedlicher Polierpolster (insbesondere wenn sie eine unterschiedliche Dicke aufweisen, Kompensierbarkeit, Elastizität, oder Reibungskoeffizient), können eine unterschiedliche Platten-Umdrehungsgeschwindigkeit, eine unterschiedliche Karussell-Umdrehungsgeschwindigkeit, eine unterschiedliche Wafeträgeranordnungs-Umdrehungsgeschwindigkeit, und selbst eine unterschiedliche Polieraufschämmung, eine alternative Übergangsbereichsgeometrie für optimale Ergebnisse vorschlagen. Weiterhin ändern sich, sobald ein CMP-Polierwerkzeug eingerichtet ist, diese Parameter normalerweise nicht, oder können entsprechend Standardqualitätskontrollprozeduren eingestellt werden, die bei der Einrichtung des CMP-Werkzeugs durchgeführt werden.

[0093] Für Einzelkopfpolierer (einschließlich beispielsweise Polierer jener Art, bei denen sich das Polierpolster dreht, der Kopf dreht, und der Kopf so angetrieben wird, dass er mit einer linearen Hin- und Herbewegung nach vorne und hinten oszilliert) wird angenommen, dass die gleichen Parameter herrschen, jedoch stellt die effektive Lineargeschwindigkeit des Vorderrands des Halterings über das Polster einen Einflussparameter dar,

anstatt der Kombination aus Polierpolstergeschwindigkeit, Karussellgeschwindigkeit und Kopfgeschwindigkeit. [0094] Bei einer Ausführungsform der Erfindung, welche den erfindungsgemäßen Halteringu aufbau betrifft, sorgt der Übergangswinkel von 20 Grad auf dem Halteringu für wesentliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Halteringu-Randkonstruktionen mit rechteckigem Rand. Der Übergangsbereich kann das Polster vorher zusammendrücken und glätten, bevor der Wafer in den Bereich gelangt, wodurch die "Überschwingmarkierungen" auf dem Rand des Wafers ausgeschaltet werden.

[0095] Daher hat zwar die spezielle Abschrägungskombination von 20 Grad für die in **Fig. 13** dargestellte Anordnung hervorragende Ergebnisse für das geschilderte System gezeigt, jedoch können andere abgeänderte Übergangsbereichsanordnungen, welche einen Übergang zwischen der Parallelrichtung und der senkrechten Richtung zur Verfügung stellen, für andere CMP-Polierkonfigurationen optimal sein, einschließlich beispielsweise einer radial geformten Übergangsgestaltung, elliptisch geformter Gestaltungen, eines linearen Übergangsbereichs, der nur eine einzige Abschrägung zwischen den Oberflächen **201** und **209** aufweist, und Gestaltungen, welche unterschiedliche Winkel und/oder mehr Oberflächen in dem Übergangsbereich zur Verfügung stellen.

[0096] Nunmehr werden kurz zusätzliche Einzelheiten in bezug auf den Halteringu **168** unter Bezugnahme auf die **Fig. 14-18** beschrieben. **Fig. 14** zeigt schematisch eine Ausführungsform des Halteringuadapters, der in dem Polerkopf von **Fig. 5** verwendet wird, und **Fig. 15** zeigt eine alternative Ansicht desselben Rings. **Fig. 16** zeigt schematisch eine Schnittansicht des Halteringuadapters in **Fig. 14**, und **Fig. 17** zeigt in Schnittansicht Einzelheiten der Art und Weise der Anbringung des Halterings an dem Halteringuadapter. **Fig. 18** zeigt einige zusätzliche Einzelheiten der Spülkanäle und Öffnungen zum Reinigen des Ringbereiches von Polieraufschlammung.

[0097] Wie aus diesen Figuren hervorgeht, besteht der Halteringuadapter **168** typischerweise aus Metall, um die geeignete Festigkeit, Stabilität der Abmessungen, und ähnliche Eigenschaften einer Anordnung innerhalb des Kopfes zur Verfügung zu stellen. Andererseits schwebt der Halteringu ständig auf der Oberfläche des Polierpolsters während eines Polievorgangs, und muss mit dieser Umgebung kompatibel sein, und sollte zusätzlich kein Material auf dem Polster ablagern, das für den Polievorgang schädlich sein könnte. Ein derartiges Material ist typischerweise ein weicheres Material, etwa das TECHTRON-Material, das bei einer Ausführungsform der Erfindung verwendet wird. Der Halteringu stellt weiterhin ein Verschleißteil dar. Es ist daher vorteilhaft, getrennte Halteringuadapter und austauschbare Halteringe vorzusehen, obwohl theoretisch eine vereinigte Anordnung, die beide Funktionen zur Verfügung stellt, eingesetzt werden kann, allerdings nicht mit optimalen Eigenschaften.

[0098] Der Halteringuadapter **168** weist, zusätzlich dazu, dass er eine Vorrichtung zum Anbringen des Halterings **166** an der primären Membran **162** zur Verfügung stellt, mehrere Kanäle in Form eines "T" oder Öffnungen zum Entfernen von Aufschlammung auf, die sich ansammeln kann: (i) zwischen dem Unterträger **160** und dem Halteringu **166** (und dem Halteringuadapter **168**), oder (ii) zwischen dem Halteringu **166** (und dem Halteringuadapter **168**) und dem unteren Gehäuse **122**. Bei der in den **Fig. 14-18** dargestellten Ausführungsform der Erfindung sind fünf derartige T-förmige (oder die Form eines umgekehrten T aufweisende) Kanäle vorgesehen, angeordnet in im wesentlichen gleichen Abständen um den Umfang des Halteringuadapters **168** herum. Das erste, vertikal nach unten verlaufende Loch **177** (Durchmesser annähernd 0,115 Zoll) erstreckt sich nach unten von einer oberen Oberfläche des Halteringuadapters **168**, um etwa 0,125 Zoll, um eine zweite, in Horizontalrichtung verlaufende Bohrung **176** (Durchmesser etwa 0,1 Zoll) zu schneiden, die sich zwischen der Oberfläche **186** in der Nähe der Unterträgeroberfläche **185** und der Oberfläche **196** erstreckt, die zu einem Raum hin offen ist, der kontinuierlich mit einem Bereich zwischen der inneren Oberfläche des unteren Gehäuses **122** und den radial äußeren Abschnitten des Halteringuadapters **168** verläuft.

[0099] Dadurch, dass entionisiertes Wasser durch die erste Öffnung gezwungen wird, wird der Raum zwischen Unterträger und Halteringu von jeder Aufschlammung befreit, und dadurch, dass Wasser durch die zweite Öffnung gezwungen wird, wird der Bereich zwischen Halteringu und unterem Gehäuse frei von Aufschlammung gehalten. Getrennte Kanäle und Öffnungen können alternativ so vorgesehen sein, dass sie sich getrennt zu dem Ring-Gehäusebereich und zu dem Ring-Unterträgerbereich erstrecken, jedoch wird durch eine derartige Anordnung keine spezieller Vorteil erzielt. Der Auslassdruck und das Volumen sollten so eingestellt werden, dass eine ausreichende Reinigungswirkung erzielt wird. Einzelheiten dieser Öffnungen sind ebenfalls in **Fig. 18** dargestellt. Vorrichtungen zum Transportieren von Fluid von einer äußeren Quelle durch die Drehverbindung **116** und zum Anschlussstück **197** sind Einzelheiten der Umsetzung in die Praxis, und sind nicht dargestellt.

[0100] Bei einer Ausführungsform der Erfindung sind fünf Löcher in Form eines "T" von 0,100 Zoll oder Kanäle für das Spülen des Kopfes vorgesehen. Entionisiertes Wasser unter hohem Druck wird durch diese Löcher gepresst, um jede angesammelte Aufschlammung zu bewegen und zu entfernen. Eine Stufe von 0,45 Zoll (Breite) mal 0,20 Zoll auf der oberen Oberfläche des Halteringuadapters **168** stellt ausreichenden Raum dafür zur Verfügung, dass Reinigungswasser fließt, um Aufschlammungsablagerungen zu entfernen, und im Ergebnis eine uneingeschränkte Bewegung des Halterings in bezug sowohl auf den Träger als auf das Gehäuse beizustellen.

behalten. Eine freie Bewegung des Unterträgers und des Halterings sind dazu wesentlich, ein gleichförmiges Polieren am Rand des Wafers beizubehalten. Der rechteckige Rand des Unterträgers ermöglicht es dem Haltering, sich getrennt von dem Unterträger zu bewegen, und eine bestimmte Entfernung in Vertikalrichtung beizubehalten.

[0101] Der Unterträger **160** weist darüber hinaus zusätzliche Eigenschaften auf. Bei einer Ausführungsform weist der Unterträger **160** eine massive, runde, nicht-poröse Keramikscheibe mit einem Durchmesser von etwa acht Zoll (7,885 Zoll bei einer speziellen Ausführungsform) für jene Version des Polierwerkzeuges auf, das bei Wafers von 200 mm einsetzbar ist. (Bei einer Ausführungsform, die zum Polieren oder Einebnen von Halbleiterwafern von 300 mm gedacht ist, weist der Unterträger einen Durchmesser von etwa zwölf Zoll (300 mm) auf). Der Unterträger weist einen rechteckigen Rand an seiner oberen und unteren Oberfläche auf, und seine untere Oberfläche ist geläppt, um Ebenheit und Glätte zu erzielen. Sechs Vakuumlöcher **147** (Durchmesser 0,04 Zoll) sind in der Unterträgeröffnung zur unteren Oberfläche **164** des Unterträgers hin vorgesehen, wo an dem Unterträger die Rückseite des Wafers angebracht ist. Diese Löcher stehen in Fluidverbindung mit der einzelnen Bohrung **184** am oberen Zentrum des Unterträgers. Das Anschlussstück, ein Einhandverbinder mit Außengewinde des Typs 10-32 NPT, ist auf der oberen Oberfläche des Unterträgers vorgesehen, für den Anschluss an Rohre über Drehverbindung und zu einer äußeren Quelle von Vakuum, Druckluft, oder Wasser.

[0102] Die Löcher werden dadurch ausgebildet, dass ein erstes Loch **184** in die obere Oberfläche des Unterträgers **160** gebohrt wird, und dann sechs Löcher radial nach innen von dem zylindrischen Rand des Unterträgers zum zentralen Bohrloch **184** gebohrt werden. Dann werden sechs Löcher von der unteren Oberfläche des Unterträgers von der unteren Unterträgeroberfläche nach oben gebohrt, bis sie die sechs in Radialrichtung verlaufenden Löcher oder Bohrungen **194** schneiden, um den Anschluss an das zentrale Bohrloch **184** fertig zu stellen. Der Abschnitt der in Radialrichtung verlaufenden Löcher zwischen den sechs vertikal verlaufenden Löchern und der zylindrische Rand über dem Unterträger werden dann mit Edelstahlstopfen **181** gefüllt, oder einer anderen Vorrichtung, um ein Leck von Luft, Vakuum, Druck oder Wasser zu verhindern. Diese Löcher und Kanäle werden dazu verwendet, Vakuum der Rückseite des Wafers zuzuführen, um den Wafer an dem Unterträger zu halten, und Druckluft oder Wasser oder eine Kombination aus diesen beiden zu liefern, um den Wafer weg von dem Unterträger während Waferentladevorgängen zu drücken.

[0103] Nunmehr erfolgt eine Erläuterung für den Grund dafür, dass der Haltering so gut beim Konditionieren des Polsters **135** arbeitet. **Fig. 19** zeigt schematisch eine hypothetische Wechselwirkung zwischen Haltering und Polierpolster für einen Haltering, der eine rechteckige Ecke an der Grenzfläche zwischen Ring und Polster aufweist. Bei diesem Beispiel führt der rechteckige Rand des Polsters dazu, dass das Polster komprimiert und nach oben verbeult wird, wenn der Rand des Rings in Vorwärtsrichtung und nach unten dagegen drückt. Das Polster erfährt den Aufprall des Rings, und es entwickeln sich Schwingungen in dem Polster, die bis zu einem Bereich unterhalb des Wafers verlaufen. Andererseits wird bei dem dargestellten Haltering vermutet, dass durch Wechselwirkung zwischen Haltering und Polierpolster bei einem Haltering, der den erfindungsgemäß, mehrfach ebenen, abgeschrägten Übergangsbereich an der Grenzfläche zwischen Ring und Polster aufweist, weniger Schwingungen in dem Polster hervorgerufen werden, oder Schwingungen mit geringerer Amplitude, die aussterben, bevor sie die Waferoberfläche erreichen. Die vorteilhaften Auswirkungen werden auch teilweise dadurch erzielt, dass nur ein Bruchteil des nach unten gerichteten Drucks des Halterings am radial äußeren Rand des Rings einwirkt, und mit abnehmendem Radius der Druck allmählich ansteigt. In der Auswirkung führt der Übergangsbereich das Polster unter den Ring, und erhöht den Druck, wenn das Polster dort vorbei geht, wodurch der Aufprall des Rings auf das Polster verringert wird, und ein allmählicheres Einwirken der Kraft hervorgerufen wird.

[0104] Nunmehr werden drei Ausführungsformen von Prozeduren zum Laden/Entladen und Polieren eines Wafers beschrieben, die der erfindungsgemäß Anordnung und dem erfindungsgemäß Verfahren zugeordnet sind. **Fig. 21** zeigt schematisch ein Flussdiagramm der Waferladeprozedur **501**. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Prozedur mehrere Schritte umfasst, die bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung durchgeführt werden; allerdings wird darauf hingewiesen, dass nicht sämtliche geschilderten Schritte unbedingt erforderliche Schritte sind, jedoch einige optimale Schritte, die allerdings für optimale Ergebnisse über ein Jahr bei der Gesamtprozedur sorgen.

[0105] Roboterwafer-Handhabungseinrichtung werden üblicher Weise in der Halbleiterindustrie eingesetzt, insbesondere wenn Prozesse in Reinraumumgebungen durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang sind ein Kopfladmodul (HLM) und ein Kopfentladmodul (HULM) vorgesehen, um Wafer dem CMP-Werkzeug zum Polieren zuzuführen, und Wafer von dem CMP-Werkzeug zu empfangen, wenn das Polieren beendet ist. Zwar können das HLM und das HULM identische Roboter sein, jedoch können auch zwei getrennte Maschinen eingesetzt werden, eine zum Liefern sauberer, trockener Wafer und die zweite zum Empfangen feuchter Wafer, die mit Polieraufschlämmung bedeckt sind. Typischer weisen HLM und HULM einen ortsfesten Abschnitt und einen Gelenkarmabschnitt auf, der eine Roboterhand, ein Paddel, oder eine andere Wafergreifvorrichtung in drei Dimensionen bewegt, einschließlich der Fähigkeit, sich zu drehen. Die Hand wird computergesteuert bewegt, um den Wafer von einem Speicherort zu dem CMP-Werkzeug und zurück zum Wasser oder einem an-

deren Speicherort zu bewegen, nachdem das Polieren oder Einebnen beendet ist. Die folgenden Prozeduren betreffen die Art und Weise, auf welche das HLM oder das HULM mit dem CMP-Werkzeug wechselwirkt, und spezieller mit Bestandteilen der Wafeträgeranordnung.

[0106] Zuerst wird das Laden eines Wafers zu dem Kopf eingeleitet (Schritt 502). Dies umfasst die gesteuerte Bewegung des HLM-Roboterarms von einer "Ausgangsposition" zu einer "Kopfposition" (Schritt 503). Die Ausgangsposition für das HLM ist eine Position, an welcher der Roboterladearm sich außerhalb des Karussells und weg von dem Kopf befindet. Die Kopfposition ist eine Position des Roboterarms, in welcher sich der Roboterarm unterhalb des Karussells unter dem Polerkopf erstreckt, und den Wafer dem Kopf zur Montage darbietet. Im Schritt 504 fährt der Kopfunterträger aus (nach unten) unter dem Einfluss eines Drucks in Kammer P2 132, so dass die Trägeroberfläche sich unter dem unteren Rand des Halterings erstreckt; der Roboterarm fährt dann nach oben aus, um den Wafer gegen die Trägeroberfläche zu drücken. Federn sind zu dem Zweck vorgesehen, eine harte Berührung zu vermeiden, die den Wafer beschädigen könnte. Dann sprüht eine HLM-Düse wahlweise DI-Wasser auf den Kopf, und wird das Kopfspülventil eingeschaltet, so dass das Ventil geöffnet ist, um DI-Wasser durch das Ventil hindurchzulassen (Schritt 505). Das HLM kehrt dann zurück zur "Ausgangsposition" und lädt den Wafer (Schritt 506). Dann geht das HLM in die "Kopfposition" über (Schritt 507). Als nächstes überprüft der Computer den Kopfvakuumschalter, um zu bestätigen, dass er arbeitet (Schritt 508). Ein arbeitender Kopfvakuumschalter ist deswegen wichtig, da hierdurch sichergestellt wird, dass das Vakuum arbeitet, so dass der Kopf den Wafer von dem ausgefahrenen Arm des Roboters aufnehmen kann. Falls der Kopfvakuumschalter nicht arbeitet, wird der Kopfreinigungszyklus wiederholt, beginnend im Schritt 502, bis ein arbeitender Kopfvakuumschalter bestätigt wird, was sicherstellt, dass das Kopfunterträger-Vakuum eingeschaltet ist, und bereit ist, einen Wafer zu empfangen (Schritt 509).

[0107] Das HLM geht nach oben zur Kopfwaferladeposition (Schritt 510), und der Kopfunterträger nimmt den Wafer von dem HLM auf (Schritt 511). Als nächstes wird bestimmt, ob der Wafer tatsächlich von dem Unterträger aufgenommen wurde, und zwar dadurch, dass der Unterträger das Vakuum an die Rückseite des Wafers anlegt, und wenn sich der Wafer auf dem Unterträger befindet, beginnt dann das Zurückziehen des Kopfunterträgers mit dem dort angebrachten Wafer (Schritt 512), und beginnen die Waferpolievorgänge (Schritt 513). Wenn sich andererseits der Wafer nicht auf dem Unterträger befindet, fährt das HLM herunter, und dann zurück nach oben, im Versuch, den Wafer erneut auf den Kopf zu laden (Schritt 514), und wiederholt die Schritte 510 bis 511, bis bestätigt wird, dass sich der Wafer auf dem Unterträger befindet.

[0108] Die Waferpolievorgänge werden nunmehr unter Bezugnahme auf Fig. 22 beschrieben, die ein schematisches Flussdiagramm des Polievorgangs zeigt (Schritt 521). Das Waferpolieren beginnt, nachdem der Wafer auf den Unterträger geladen wurde, wie dies voranstehend geschildert wurde (Schritt 522). Der Polierkopf, der an den Revolverkopf- und Karussellanordnungen angebracht ist, wird nach unten in die Polierposition bewegt, so dass der Wafer in Berührung mit dem Polierpolster angeordnet wird, das an der Platte befestigt ist, und dann wird das Vakuum an der Rückseite des Kopfwafers abgeschaltet (Schritt 523), das eingeschaltet wurde, um die Befestigung des Wafers an dem Unterträger zu unterstützen. Dann schließt das Vakuumventil und bleibt geschlossen bis unmittelbar vor dem Polieren. Dann wird es geöffnet, freigelegt und überprüft, um das Vorhandensein von Wasser vor dem Polieren zu bestätigen, und dann erneut geschlossen (Schritt 524). In dieser Stufe des Vorgangs sollte der Vakuumschalter normalerweise ausgeschaltet sein, und falls der Vakuumschalter eingeschaltet ist, wird ein Alarm ausgelöst in Form einer hörbaren und sichtbaren oder anderen Anzeige (Schritt 525). Nachdem der Vakuumschalter ausgeschaltet wurde, geht der Vorgang damit weiter, dass Luftdruck an jede der beiden Kammern in dem Kopf angelegt wird, also Kammer P1 und Kammer P2 (Schritte 526, 527). Der Luftdruck oder Druck eines anderen Fluids, der an die Kammer P1 angelegt wird, steuert den Druck oder die Kraft auf den Unterträger, und daher den Polierdruck, der auf die vordere Oberfläche des Wafers durch die gegenüberliegende Oberfläche des Polierpolsters ausgeübt wird (Schritt 526). Der Luft- oder Fluiddruck, der an die Kammer P2 angelegt wird, steuert den Druck, der gegen den Haltering ausgeübt wird, und der dazu dient, sowohl den Wafer innerhalb einer Tasche zu halten, die durch den Haltering festgelegt wird, als auch das Polierpolster in der unmittelbaren Nähe des gesamten Randes des Wafers in einem Zustand anzuhören, der optimal für das Polieren des Wafers ist, und nicht-lineare Poliereffekte am Rand des Wafers ausschaltet (Schritt 527).

[0109] Bei Ausführungsformen der Erfindung, welche den Waferunterträger aufweisen, der mit Kammern versehen ist, wird Luftdruck an die Kammer P3 angelegt (bei Anordnungen mit mehreren Kammern an jede der anderen Unterträgerkammern), um den Druck oder die Kraft auf den Rand des Unterträgers noch weiter zu steuern, und daher den Polierdruck, der auf den Umfangsabschnitt der vorderen Oberfläche des Wafers gegen die gegenüberliegende Oberfläche des Polierpolsters ausgeübt wird. Entsprechend wird bei Ausführungsformen mit mehreren Nuten und mehreren Kammern Luftdruck an jede Unterträgerkammer angelegt, um den Druck oder die Kraft auf jede Zone des Unterträgers zu steuern, und daher den Polierdruck, der innerhalb von Zonen (normalerweise ringförmigen Zonen) der vorderen Oberfläche des Wafers gegen die gegenüberliegende Oberfläche des Polierpolsters ausgeübt wird.

[0110] Nunmehr wird zurückgekehrt zu einer Erläuterung des keine Kammer aufweisenden Unterträgers, wo-

bei dann, wenn geeignete Drucke in den beiden Kammern erzeugt wurden, der Plattenmotor in Betrieb gesetzt wird (Schritt 528), und die Karussellmotoren und die Kopfmotoren in Betrieb gesetzt werden (Schritt 529), damit sich sämtliche Platten-, Karussell- und Kopfmotoren in vorbestimmter Weise drehen, und hierdurch das Polieren der Wafer einzuleiten (Schritt 530). Nachdem die Wafer poliert wurden, werden die Köpfe und das Karussell (angebracht an einer Brückenanordnung) weg von dem Polierpolster angehoben (Schritt 531), und wird der Kopfunterträger von der untersten Position zur höchsten Position innerhalb des Kopfes eingefahren, so dass der Wafer einfach von dem Polster getrennt werden kann (Schritt 532). Nachdem das Polieren fertiggestellt ist, werden Waferentladevorgänge eingeleitet (Schritt 530).

[0111] Waferentladevorgänge (Schritt 541) werden nunmehr unter Bezugnahme auf das schematische Flussdiagramm in **Fig. 23** beschrieben. Das Waferentladen beginnt (Schritt 542) durch Ausfahren des Kopfunterträgers zu dem Kopfentlademodul (HULM) hin (Schritt 543). Dann bewegt sich das HULM zu einer "Kopfposition" (Schritt 544). Als nächstes wird ein Kopfspülvorgang eingeleitet, um Räume zwischen dem Unterträger und dem Haltering zu reinigen (Schritt 545), sowie zwischen Abschnitten des Halterings und dem unteren Gehäuse (Schritt 546). Der Vorgang des Einschaltens des Kopfspülschalters führt dazu, dass entionisiertes Wasser (DI-Wasser) unter Druck von einer externen Quelle zur Drehverbindung 116 (einschließlich Spindel 119) transportiert wird, und in den Kopf hinein, durch die Montageadapter 121 und damit in Verbindung stehende Rohre und Anschlussstücke, zu Träger-Ring-Spülöffnungen und Ring-Gehäuse-Spülöffnungen. Es wird ebenfalls ein Spülvorgang (Schritt 545) dadurch durchgeführt, dass entionisiertes Wasser auf die Rückseite des Wafers über eine zentrale Bohrung 184 an der oberen Oberfläche des Unterträgers und über in Radialrichtung verlaufende Bohrungen oder Kanäle 191 und Löcher 147 aufgebracht wird, die sich von der zentralen Bohrung zu der Montageoberfläche des Unterträgers für den Wafer erstrecken. Wenn ein wahlweise vorhandener Einsatz zwischen der Unterträger-Wafermontageoberfläche und der Rückseite des Wafers vorhanden ist, sind auch sich durch den Einsatz erstreckende Löcher vorgesehen, so dass entionisiertes Wasser, Druckluft oder Vakuum über den Einsatz angelegt werden kann. Der Spülvorgang umfasst auch den Einsatz von sauberer, trockener Luft (CDA) unter hohem Druck durch die Unterträgerlöcher, um den Wafer weg und auf den HULM-Ring zu drücken, der in die Nähe gebracht wurde, um den Wafer aufzunehmen, wenn er von dem Unterträger abgedrückt wird (Schritt 546). Wurde nach diesem ersten Spülvorgang der Wafer auf den Unterträger und auf das HULM gedrückt, dann wird das HULM zurück in seine "Ausgangsposition" bewegt (Schritt 547). Leider ist in manchen Fällen ein einziger Spülzyklus nicht dazu ausreichend, den Wafer von dem Unterträger zu entfernen, und in einem derartigen Fall wird das HULM nach unten bewegt. Die Vorgänge werden beginnend mit dem Schritt 545 wiederholt, mit zusätzlichen Spülzyklen, bis der Wafer von dem Unterträger entfernt wird, und von dem HULM aufgenommen wird.

Alternative Ausführungsformen – mit Kammern versehener Unterträger

[0112] Nachdem nunmehr verschiedene Ausführungsformen einer Anordnung und eines Verfahrens einer Kopfanordnung zum chemisch-mechanischen Polieren (CMP) beschrieben wurden, die einen schwebenden Waferträger (oder Unterträger) und einen Haltering aufweist, wird nun die Aufmerksamkeit auf verschiedene zusätzliche, alternative Ausführungsformen gelenkt. Die unmittelbar nachstehend beschriebenen, speziellen, zusätzlichen alternativen Ausführungsformen betreffen einen Substratunterträger, beispielsweise einen Halbleiterwafer-Unterträger, der zur Vereinfachung als genuteter Unterträger 160' bezeichnet wird, welcher einige Merkmale aufweist, die gleich den Merkmalen des Unterträgers 160 sind, der bereits beschrieben wurde, und einige zusätzliche Merkmale aufweist. Diese zusätzlichen Merkmale, sowie Änderungen bei der chemisch-mechanischen Polierkopfanordnung, die dazu benötigt werden, den zusätzlichen, erfundungsgemäßen Unterträger zu verwirklichen, werden nachstehend im einzelnen geschildert.

[0113] Zuerst werden einige der Merkmale des Unterträgers 160 unter Bezugnahme auf **Fig. 24** ins Gedächtnis zurückgerufen, die bereits beschrieben wurden, so dass sich die zusätzlichen Merkmale, die von dem genutzten Unterträger 160' zur Verfügung gestellt werden, einfacher verstehen lassen. Bei einer Ausführungsform ist der Unterträger 160 eine massive, runde, nicht-poröse Keramikscheibe mit einem geeigneten Durchmesser zur Anbringung oder zum Tragen von Halbleiterwafers von 200 mm oder 300 mm. Der Unterträger 160 wurde bislang unter Bezugnahme auf eine Ausführungsform mit zwei Druckkammern eines Polerkopfes beschrieben. Eine erste Druckkammer übt einen Druck gegen die Halteringenanordnung aus, und eine zweite Druckkammer übt einen Druck gegen den Unterträger und indirekt gegen den Wafer aus. Der Unterträger 160 weist einen rechteckigen Rand zwischen einer zylindrischen Seite 185 und der benachbarten oberen Oberfläche 163 und der unteren Oberfläche 164 auf. Die untere Oberfläche 164 ist vorzugsweise geläppt, um Ebenheit und Glätte zu erzielen. In **Fig. 24** springt die untere Oberfläche 164 über die Zeichnung hinaus vor, so dass Oberflächenmerkmale, die nachstehend unter Bezugnahme auf den genutzten Unterträger 160' beschrieben werden, deutlicher dargestellt sind.

[0114] Fluidverbindungskanäle sind in dem Unterträger 160 vorgesehen, und stehen in Verbindung mit Löchern oder Öffnungen 147, die zur unteren Oberfläche 164 des Unterträgers hin offen sind. Diese Löcher trans-

portieren ein Vakuum, zur Unterstützung beim Aufnehmen und Haltern eines Wafers **113** an dem Unterträger (möglicher Weise mit einem dazwischen liegenden, wahlweise aus Polymer oder einer anderen flexiblen Membran bestehenden Einsatz), von der Rückseite des Wafers her. Die Löcher können auch dazu verwendet werden, unter Druck stehende Luft oder ein Fluid zu transportieren, um das Lösen des Wafers von dem Unterträger zu unterstützen. Diese Löcher stehen in Fluidverbindung mit der einzigen Bohrung **184** im oberen Zentrum des Unterträgers **160** über sechs in Radialrichtung verlaufende Bohrungen **191**, um die Verbindung zum zentralen Bohrloch **184** fertig zu stellen. Der Abschnitt der in Radialrichtung verlaufenden Bohrungen zwischen den sechs in Vertikalrichtung verlaufenden Löchern **147** und dem zylindrischen Rand **185** des Unterträgers **160** wird dann mit Edelstahlstopfen **181** oder anderen Vorrichtungen gefüllt, um ein Leck von Luft, Vakuum, Druck oder Wasser zu verhindern. Selbstverständlich ist die Anzahl an Löchern **147** frei wählbar, damit sich das geeignete Vakuum bzw. der geeignete Druck entwickelt, ohne dass entweder der Unterträger oder der Wafer verzerrt wird. Die Art und Weise, auf welche Vakuum/Druck von externen Quellen über die Drehverbindung zum Drehkopf und zum Unterträger übertragen wird, wurde bereits beschrieben.

[0115] Wir beschreiben nunmehr den alternativen, genuteten Unterträger **160'** unter Bezugnahme auf **Fig. 25**, die eine Perspektivansicht des Unterträgers **160'** darstellt, wobei im wesentlichen auf die untere Oberfläche **164** geblickt wird, und **Fig. 25**, die eine Teilschnittansicht durch den Unterträger ist. Diese Ausführungsform der Erfindung befasst sich damit, eine noch stärkere Gleichförmigkeit des Wafers am Umfangsrand des Wafers oder in dessen Nähe zu erzielen. Selbst wenn die schwebende Halterunganordnung und der schwebende Träger wie geschildert eingesetzt werden, kann eine gewisse geringe Restungleichförmigkeit oder Ungleichmäßigkeit beim Polieren am Waferrand oder in der Nähe vorhanden sein. Dieses Restausmaß liegt typischerweise in der Größenordnung von ein (1) Mikrometer oder weniger, und häufig in der Größenordnung von etwa 0,1 Mikrometer, obwohl es größer oder kleiner sein kann.

[0116] Der Unterträger **160'** ist eine verbesserte Implementierung eines Unterträgers, die allein oder zusammen mit der voranstehend geschilderten Kopfmontageanordnung **104** und der Waferträgeranordnung **106** einschließlich der Halterunganordnung **167** eingesetzt werden kann. Die hauptsächliche Änderung beim Unterträger **160'**, im Vergleich zum Unterträger **160**, ist das zusätzliche Vorsehen einer Nut, eines Hohlraums, oder einer Vertiefung **250**, wodurch beim Einsatz in Kombination mit einer im wesentlichen nicht-porösen Schicht eines Materials **251**, die eine elastische oder flexible Membran ausbildet, eine dritte Druckkammer **252** ausgebildet wird, die sich aufweitet, oder aufzuweiten versucht, wenn ein Überdruck angelegt wird, so dass eine Kraft auf die Rückseite des Wafers **113** ausgeübt wird, und so die Polierdruckkraft oder der Druck auf den Wafer in der Nähe der Nut **250** erhöht wird. Dieser Druck wird bezeichnet als der Randübergangskammerdruck (ETC). In einigen Fällen kann es wünschenswert sein, eine Unterdruck oder Vakuum an die Nut anzulegen, um dann, wenn die Materialschicht **251** zumindest in gewissem Ausmaß komprimierbar ist, den Polierdruck in einem kreisringförmigen Bereich in der Nähe der Nut zu verringern. Bei einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die nicht-poröse Materialschicht **251** beispielsweise ein Einsatz **161** sein, wie er üblicher Weise in der Waferpolierindustrie verwendet wird. Der Einsatz oder Trägerfilm des Typs Rodel DF200 oder der Trägerfilm R200 kann beispielsweise als die Materialschicht **251** verwendet werden. DF200 von Rodel (Rodel-Teilnummer A00736, Produkt Typ DF200) hat eine nominelle Dicke von 23-27 mil (0,58 bis 0,69 Millimeter), eine Zusammendrückbarkeit von etwa 4,0 bis 16 Prozent, und stellt ein doppelt beschichtetes Polyester mit mittlerer Haftkraft mit einem hohe Scherung aufweisenden Kleber aus Kunstgummi dar. Die Reinraumversion dieses Einsatzes weist eine keine Fremdkörper erzeugende Silikon-PET-Deckschicht auf, von 0,002 Zoll, die beim Anbringen abgenommen wird.

[0117] Durch Einstellen des Volumens an Fluid, das in diese Kammer eingegeben wird, oder durch Ändern des Drucks innerhalb dieser dritten Druckkammer P3, kann die Materialmenge, die von dem Wafer abgetragen wird, optimiert werden, um eine gleichmäßiger polierte oder eingeebnete Oberfläche des Substrats (des Wafers) zu erzielen. Zusätzliche Ausführungsformen des genuteten Unterträgers weisen entweder mehrere Nuten auf, etwa konzentrische Nuten, die sich eine gemeinsame Druckquelle teilen oder weisen mehrere Nuten auf, die jeweils eine getrennte Druckquelle aufweisen. Die letztgenannte Ausführungsform mit mehreren Nuten (vgl. **Fig. 27**) ermöglicht es, ein Profil mit einstellbarer Polierkraft in unterschiedlichen Radialentfernungen vom Zentrum zum Rand des Wafers bereitzustellen.

[0118] Die Art und Weise, auf welche der innerhalb der Nut **250** entwickelte Druck mit dem nicht-porösen Schichtmaterial **251**, **161** und dem Wafer **113** zusammenarbeitet, ist schematisch in **Fig. 26** dargestellt. Unter Druck (Überdruck oder Unterdruck) stehendes Fluid, beispielsweise ein unter Druck stehendes Gas oder eine unter Druck stehende Flüssigkeit, normalerweise jedoch Druckluft, wird in die Waferträgeranordnung **106** über eine verfügbare Öffnung der Drehverbindung, über Rohre, und Anschlussstücke, an die zentrale Bohrung **184'** übertragen. Von der zentralen Bohrung **184'** wird die Druckluft zu einer oder mehreren, in Radialrichtung verlaufenden Bohrungen **191'** transportiert, die sich mit einer entsprechenden Anzahl an Löchern schneiden, die so von den in Radialrichtung verlaufenden Bohrungen **191'** ausgehen, dass sie die Nut **250** auf der unteren Oberfläche des Unterträgers schneiden. Zwar kann ein einziger Kanal dazu verwendet werden, die Druckluft an die Nut zu übertragen, jedoch wird aufgrund der Forderung, einen gleichmäßigen Druck über die gesamte

Nut aufrecht zu erhalten, und infolge der baulichen Vorteile, die Abmessungen von Hohlraumbereichen innerhalb des Unterträgers klein zu halten, so vorgegangen, dass mehrere Kanäle vorgesehen werden, bei dieser speziellen Ausführungsform sechs Kanäle.

[0119] Es wird darauf hingewiesen, dass bei dieser speziellen Ausführungsform die zentrale Bohrung **184'**, die in Radialrichtung verlaufenden Bohrungen **191'** und ein Abschnitt von Löchern **147'** dieselben Anordnungen zu sein scheinen wie jene, die früher in bezug auf die Anordnungen zum Aufbringen von Vakuum/Druck auf die Waferrückseite beschrieben wurden, mit Ausnahme der Tatsache, dass bei der jetzt beschriebenen Ausführungsform die zentrale Bohrung mit einer unterschiedlichen Druckquelle in Verbindung steht, die Löcher **147'** in den Kanal **250** hin geöffnet sind, anstatt direkt zur unteren Unterträgeroberfläche, und Vakuum/Druck an der Rückseite durch eine getrennte Vakuum/Druck-Schaltung zur Verfügung gestellt wird, die zu vier neuen Löchern **260** hin geöffnet ist. Diese Änderungen wurden deswegen vorgenommen, da der Ort der Nut **250** in bezug auf den Rand des Unterträgers, und die Gleichförmigkeit des an die Nut angelegten Drucks, wesentlicher ist als der Ort der Vakuum/Drucklöcher **147** für die Waferrückseite bei der früher geschilderten Ausführungsform. Tatsächlich war die Ausbildung der Anordnungen eher willkürlich, und Fachleute auf diesem Gebiet wissen, aufgrund der hier vorgeschlagenen Lehre, dass zwar die Orte der Nut oder der Nuten und der Vakuum/Drucklöcher für die Rückseite wesentlich sind, jedoch die Art und Weise, auf welche Druck und Vakuum diesen Anordnungen zugeführt werden, nicht so wesentlich ist, soweit der körperliche Zusammenhalt und die Stabilität des Unterträgers beibehalten werden.

[0120] Wie aus **Fig. 26** hervorgeht, wirkt sich die dünne, im wesentlichen nicht-poröse Materialschicht **251**, hier der Einsatz **161**, so aus, dass die Nut geschlossen wird, so dass eine dritte Kammer (P3) **262** ausgebildet wird, so dass ein Druck innerhalb der Kammer aufgebaut werden kann. Normalerweise wird ein Druck nur an die Kammer angelegt, wenn ein Wafer **113** an dem Unterträger angebracht wird, und der Wafer in Berührung mit dem Polierpolster steht, so dass es nicht erforderlich ist, den Einsatz **161** an der unteren Unterträgeroberfläche über herkömmliche Einsatzmontagemethoden anzubringen, da der Druck, der sich in der Kammer P3 **262** aufbaut, nicht dazu ausreicht, den Einsatz von dem Unterträger zu trennen. Die Druckerhöhung in der Kammer P3 führt zu einer geringfügigen Aufweitung oder Aufquellung der Abmessungen der Kammer, und der elastische Einsatz weitet sich in gewissem Ausmaß auf, so dass der Abschnitt des Wafers **263** in Berührung mit diesem Abschnitt des Einsatzes angedrückt wird. Ist die Nut eine kreisringförmige Nut, tritt diese Druckbeaufschlagung gleichmäßig in einem kreisringförmigen Bereich des gesamten Wafers auf. In **Fig. 26** ist das Ausmaß der Aufquellung des Einsatzes und der Auslenkung des Wafers übertrieben dargestellt, damit das Betriebsprinzip in der Zeichnung dargestellt werden kann, da typischerweise die Variation des abgetragenen Materials über die Oberfläche des Wafers weniger als etwa ein Mikrometer beträgt, und normalerweise etwa ein Zehntel Mikrometer oder weniger. Die tatsächliche Aufquellung kann daher nicht wahrnehmbar sein, jedoch wird eine etwas größere Polierkraft ausgeübt.

[0121] Bei der in **Fig. 26** dargestellten Ausführungsform ist die Nut **250** als rechteckig geschnittene oder rechteckige Nut dargestellt, jedoch wird darauf hingewiesen, dass zwar die Abmessungen der Nut wesentlich sind, insbesondere an der Oberfläche des Unterträgers, wo die Ränder **264**, **265** der Nut **250** den Einsatz **161** berühren, jedoch die Form der Nut nicht kritisch ist. So weist beispielsweise die dargestellte Nut zwei im wesentlichen vertikal verlaufende Seiten **266**, **267** und einen Dachabschnitt **268** auf. Allerdings können auch Nuten eingesetzt werden, die nicht-vertikale oder nicht-ebene Seiten und Decken aufweisen, beispielsweise v-förmige, c-förmige, oder andere, nicht-ebene Ausbildungen einer Nut. Die Art und Weise, auf welche sich die Nut zur unteren Unterträgeroberfläche **164** hin öffnet, kann ebenfalls abgeändert werden, um irgendwelche Auswirkungen zu minimieren, falls überhaupt vorhanden, die durch die Diskontinuität der Oberfläche hervorgerufen werden könnten.

[0122] Die vier Vakuum/Drucklöcher **260** an der Waferrückseite, die in **Fig. 25** dargestellt sind, sind in **Fig. 26** nicht sichtbar, infolge der Wahl der Schnittebene für die Schnittansicht; allerdings sind diese Löcher **260** in **Fig. 28** und in **Fig. 29** sichtbar, die einen Schnitt durch den Zusammenbau von Ausführungsformen an Abschnitten des Karussells zeigen, der Kopfmontageanordnung, der Drehverbindungen und der Wafeträgeranordnungen, einschließlich dieses alternativen, genuteten Unterträgers. Es wird ins Gedächtnis zurückgerufen, dass bei der früher beschriebenen, keine Nut aufweisenden Ausführungsform des Unterträgers, sechs Vakuumlöcher **147** (Durchmesser 0,040 Zoll) in dem Unterträger vorhanden waren, die sich zur unteren Oberfläche **164** des Unterträgers hin öffneten, wo am Unterträger die Rückseite des Wafers angebracht wird. Bei dem vorliegenden, genuteten Unterträger ist eine Gruppe von vier Löchern **260** vorgesehen, die entsprechend arbeitet. Jedes Loch **260** erstreckt sich in Vertikalrichtung von der unteren Unterträgerfläche aus, um einen Kanal **270** zu schneiden, der in Radialrichtung nach innen von dem Rand des Unterträgers aus verläuft. Ein Ende des Kanals **270** ist bei **271** verstopt, um eine Luft- und flüssigkeitsdichte Dichtung auszubilden, während sich das andere Ende so erstreckt, dass eine zweite, vertikale Bohrung **272** geschnitten wird, die sich zur oberen Unterträgerfläche **163** hin erstreckt. Die Art und Weise, auf welche die Löcher hergestellt werden, wurde früher beschrieben, und wird hier nicht wiederholt. Es wird darauf hingewiesen, dass die Anordnung einen Offset zwischen dem Ort der Löcher auf den unteren und oberen Unterträgeroberflächen zur Verfügung stellt, so dass

die Anschlussstücke **273** sich nicht mit dem Flanschring **146** oder anderen vorhandenen Anordnungen stören. Grundsätzlich können vertikale Bohrungen, die geradlinig durch den Unterträger verlaufen, vorgesehen sein, um die Druckluft, Wasser oder Vakuum an den Wafer zu übertragen. Ein Anschlussstück **273** ist an der Unterträgerbohrung **272** und an einem Rohr **274** angebracht, so dass das Vakuum oder der Druck an die Löcher **260** übertragen werden kann. Bei einer Ausführungsform der Erfindung sind die Rohre von jedem der vier Löcher miteinander innerhalb der Waferträgeranordnung **106** verbunden, und führen dann über ein gemeinsames Rohr zu einer externen Quelle von Vakuum, Druckluft oder Wasser, über die Drehverbindung. Diese Löcher und Kanäle werden dazu verwendet, Vakuum der Rückseite des Wafers zuzuführen, um den Wafer an dem Unterträger zu halten, und Druckluft oder Wasser, oder eine Kombination dieser beiden, zur Verfügung zu stellen, um den Wafer von dem Unterträger während Waferentladevorgängen zu trennen.

[0123] Wenn die Materialschicht **251**, beispielsweise ein Einsatz **161**, dazu verwendet wird, die Ausbildung der dritten Kammer P3 fertig zu stellen, sind Löcher innerhalb der Materialschicht vorgesehen, so das Vakuum, Druckluft und/oder Wasser direkt der rückseitigen Waferoberfläche zugeführt werden kann.

[0124] Bei einigen Ausführungsformen der Erfindung weist die Nut **250** Abmessungen zwischen etwa einem Fünfundzwanzigstel eines Zolls und etwa einem Zehntel eines Zolls Tiefe und zwischen etwa einem Zehntel eines Zolls und etwa einem halben Zoll Breite auf, jedoch kann die Breite größer oder kleiner sein, und die Tiefe geringer oder größer. Ausführungsformen der Erfindung, bei denen die Nut eine Tiefe zwischen etwa 0,04 Zoll (etwa 1 mm) und etwa 0,08 Zoll (etwa 2 mm) aufweist, und eine Breite von entweder 0,12 Zoll (0,14 Zoll) oder 0,16 Zoll, haben ebenfalls verbesserte Polierergebnisse zur Verfügung gestellt, verglichen mit nicht-genuteten oder ebenen Unterträgern. Bei einer anderen speziellen Ausführungsform weist die Nut eine Breite von etwa 0,12 Zoll (etwa 3 mm) auf. Bei einer anderen speziellen Ausführungsform stellt die Kombination einer Nut mit einer Tiefe von 0,08 Zoll und einer Breite von 0,16 Zoll, zentriert in einer Radialentfernung von 3,64 Zoll gegenüber dem Zentrum des Waferunterträgers von 200 mm, gute Leistungen zur Verfügung. Bei einem Waferunterträger von 300 mm ist die Nut an einem proportional hierzu angeordneten Ort gegenüber dem Zentrum angeordnet, so dass Randpoliereffekte entsprechend gesteuert werden.

[0125] Die Nutanordnung **250** kann im allgemeinen eine Tiefe zwischen etwa 0,02 Zoll (etwa 0,5 mm) bis etwa 0,2 Zoll (etwa 5 mm) aufweisen, typischerweise eine Tiefe zwischen etwa 0,02 Zoll und etwa 0,1 Zoll, und vorzugsweise eine Tiefe zwischen etwa 0,05 Zoll und 0,08 Zoll. Die Nut sollte ausreichend tief sein, so dass dann, wenn der elastische Einsatz **161** auf der unteren Oberfläche **164** des Unterträgers angeordnet wird, und der Wafer **113** dort angebracht wird, jedes Eindringen des Einsatzes **161** in die Nut **250**, das beim Polieren auftreten kann, geringer ist als die Tiefe der Nut, so dass das Eindringen nicht das im wesentlichen gleichmäßige Aufbringen von Druck auf die Nut und die Druckkammer P3 stört. Andererseits sollte die Nut **250** nicht so tief sein, dass die bauliche Steifigkeit oder Ebenheit des Unterträgers beeinträchtigt wird. Innerhalb dieser funktionellen Einschränkungen kann die Nut jede Tiefe aufweisen. Einzelheiten der Nut **250** und der Waferrückseitenlöcher **260** sind in **Fig. 30** und **Fig. 31** dargestellt. Mit Ausnahme der Hinzufügung der Nut **250**, der Löcher **260**, und der Kanäle, welche diese Anordnungen mit dem Drehverbinder verbinden, sind die in den **Fig. 28-31** dargestellten Anordnungen im wesentlichen ebenso ausgebildet wie die früher beschriebenen Anordnungen, die unter Bezugnahme auf die **Fig. 4-5** und die **Fig. 7-8** erläutert wurden, was hier nicht wiederholt wird. Eine zusätzliche Öffnung in dem Drehverbinder wird dazu benötigt, den Druck für die dritte Kammer P3 bereitzustellen.

[0126] Versuchsdaten, welche den Unterschied bezüglich des Polierprofils für einen Oxidwafer zeigen, der einen genuteten Unterträger einsetzt, der eine Nut mit einer Breite von 0,12 Zoll und einer Tiefe von 0,08 Zoll aufweist, und einen Druck von 10 psi, im Vergleich zum selben, genuteten Unterträger, der einen Druck von 0 psi aufweist, und einem ungenuteten Unterträger entspricht, sind in **Fig. 32** dargestellt. Einige beispielhafte Leistungsergebnisse sind in Tabelle I angegeben, und die Prozessparameter, für welche diese Ergebnisse gelten, sind in Tabelle II aufgeführt. In diesen Tabellen ist SS12 die Bezeichnung einer Polieraufschämmung, die in den Vereinigten Staaten von Rodel vertrieben wird, und ist Klebosol130N50 PHN eine unterschiedliche Polieraufschämmung, die von Cabot hergestellt wird. 5 mm-EE mit 49 Punkt ist ein Standardtestverfahren, bei welchem 49 Messungen auf der Oberfläche des Wafers vorgenommen werden, mit einem Randausschluss (EE) von 5 mm, und 3 mm-EE mit 49 Punkt ist ein anderes Standardtestverfahren, bei welchem 49 Messungen auf der Oberfläche des Wafers vorgenommen werden, mit einem Randausschluss von 3 mm. Diese Verfahren sind auf diesem Gebiet bekannt, und werden hier nicht weiter erläutert.

Tabelle I

Beispielhafte Leistungsergebnisse für Beispiele mit einem genuteten Träger und zwei unterschiedlichen Polieraufschlämmungen

	5 mm-EE Test mit 49 Punkten		3 mm-EE-Test mit 49 Punkten	
Aufschlämung/Leistung	Abtragsrate	Ungleichförmigkeit	Abtragsrate	Ungleichförmigkeit
SS12	2850 Å/min	4,23%	2980 Å/min	3,88%
Klebosol 30N50PHN	1890 Å/min	2,47%	1950 Å/min	2,50%

Tabelle II
Prozessparameter für die Leistungsergebnisse in Tabelle I

	Druck (psi)			Umdrehungsgeschwindigkeit (U/min)		
Aufschlämung	H.P.	RR.P.	ETC.P.	Platte	Kopf	Karussel 1
SS12	5,5	6,0	10	30	24	6
Klebosol 30N50PHN	5,5	4,0	10	30	24	6

*H.P.=Kopfdruck, RR.P.=Halterungdruck,

ETC.P.=Randübergangskammerdruck (der nominelle ETC.P.-Bereich beträgt 0,15 psi)

[0127] Aus **Fig. 32** geht hervor, dass für nominellen Umgebungsdruck (0 psi) die prozentuale Ungleichförmigkeit (NU%) 7,69% beträgt, wogegen dann, wenn der Nutdruck auf 10 psi erhöht wird, die prozentuale Ungleichförmigkeit (NU%) 3,23% beträgt, und um mehr als die Hälfte kleiner ist als bei einem Druck von Null (entsprechend einem ungenuteten Unterträger). So sieht man beispielsweise aus dem Diagramm von **Fig. 32**, dass sowohl bei 0 psi als auch bei 10 psi die mittlere Abtragsrate bei dem Wafer etwa 2300 Angstrom/Minute beträgt, wogegen bei 0 psi die minimale Abtragsrate von etwa 1920 Angstrom/Minute in einer Entfernung von etwa 6 mm von dem Rand des Wafers zu etwa 2110 Angstrom/Minute in einer Entfernung von etwa 5 mm vom Rand des Wafers wird. Dies ist eher ein Beispiel für die vorteilhaften Ergebnisse, die von einer Ausführungsform der Erfindung erzielt werden, jedoch keine Einschränkung für die Ergebnisse, die sich erzielen lassen.

[0128] Nachdem nunmehr die Merkmale eines genuteten Unterträgers im Vergleich zu einem ungenuteten oder ebenen Unterträger beschrieben wurden, wird nun die Aufmerksamkeit auf einen genuteten Unterträger gerichtet, der mehrere Nuten aufweist.

[0129] Ein Mehrfachnuten-Unterträger kann dazu besonders nützlich sein, sowohl Randungleichförmigkeiten zu verringern oder auszuschalten, als auch sogenannte "torusförmige" oder kreisringförmige Poliereffekte. Kreisringförmig Poliereffekte umfassen (i) eine erste Situation, wenn der Wafer zu stark im Zentrum und am Rand und zu wenig zwischen dem Zentrum und dem Rand poliert wird, oder (ii) eine zweite Situation, wenn der Wafer im Zentrum und am Rand zu wenig poliert wird, jedoch zwischen dem Zentrum und dem Rand zu stark poliert wird. Die Mehrfachnutausführungsform stellt auch signifikante Vorteile in bezug auf die Gleichförmigkeit für Poliermaschinen für Wafer von 300 mm oder mehr zur Verfügung.

[0130] Bei einer Ausführungsform, wie beispielsweise in **Fig. 27** gezeigt, ist ein Unterträger **280** mit drei Nuten vorgesehen. Drei Nuten stellen zusätzliche Niveaus für die Poliersteuerung zur Verfügung. Es können auch Unterträger vorgesehen werden, welche zwei, vier, fünf oder mehr Nuten aufweisen, und können besonders nützlich sein, wenn die Abmessungen des zu polierenden Wafers zunehmen. Jede der Nuten **281**, **282**, **283** steht in Verbindung mit einer getrennten Quelle für Druckluft, und benötigt zusätzliche Drehverbinderöffnungen der bereits geschilderten Art. Die Bereitstellung dieser zusätzlichen Drehverbindungen und/oder Drehverbinderöffnungen wird hier nicht weiter beschrieben. Jede der drei Nuten **281**, **282**, **283** ist so ausgebildet, und arbeitet ebenso, wie dies bereits beschrieben wurde, so dass diese Beschreibung hier nicht wiederholt wird. Wird der Raum innerhalb des Unterträgers für Kanäle zu einem Problem, können einige Kanäle in unterschiedlichen Tiefen innerhalb des Unterträgers vorgesehen sein, kann die Anzahl an Kanälen pro Nut etwas verring-

gert werden, beispielsweise von sechs Kanälen auf 2 bis 4 Kanäle, und können andere Kanäle vorgesehen werden, unter Verwendung von Anschlussstücken und Rohren, anstelle von Bohrungen, innerhalb des Unterträgers.

[0131] Zwar kann bei einer Ausführungsform mit mehreren Nuten und mehreren Kammern jede der mehreren Nuten frei wählbar angeordnet werden, um das gewünschte Polierdruckprofil zu erzielen, jedoch ist es sinnvoll, Polierzonen im Zusammenhang mit zumindest einer Ausführungsform der Erfindung zu diskutieren. Bei einer Ausführungsform des Unterträgers **280** mit drei Nuten ist die erste Nut **281** vorzugsweise in einer ersten Ringzone angeordnet, die sich in einer Entfernung von etwa 0,10 Zoll bis etwa 1,2 Zoll von dem Rand des Unterträgers befindet, um jedes zu starke Polieren des Randes oder jedes zu schwache Polieren des Randes auszuschalten. Die zweite Nut **282** ist in einer zweiten Zone angeordnet, die sich bei etwa 1,2 Zoll (dem Innenradius der ersten Zone) bis etwa 2,7 Zoll befindet, um die Korrektur für einen ringförmigen Polievorgang zu unterstützen, bei dem entweder ein zu starkes (oder zu schwaches) Polieren im Zentrum und am Rand stattfindet, jedoch ein zu schwaches Polieren (oder zu starkes Polieren) zwischen dem Zentrum und dem Rand. Schließlich befindet sich die dritte Nut **283** in einer dritten Zone, die zwischen etwa 2,7 Zoll vom Rand des Wafers entfernt (der inneren, radialen Grenze der zweiten Zone) und dem Zentrum des Unterträgers behindert, um jedes zu starke Polieren (oder zu schwaches Polieren) des Wafers in dem zentralen Bereich zu vermeiden. Zwar werden kreisringförmige Nuten vorgezogen, infolge ihrer Symmetrie, und des gleichförmigeren Polierdrucks, den sie zur Verfügung stellen, jedoch kann ein entsprechendes Polierprofil alternativ durch mehrere getrennte radiale Bögen bewirkt werden, durch kreisförmige Stücke, oder andere Druckverteilungen auf der Oberfläche des Unterträgers. Weiterhin können kreisringförmige Nuten mit anderen nicht-kreisringförmigen Druckabschnitten kombiniert werden. Innerhalb jeder dieser Zonen kann die Nut selbst überall innerhalb der Zone liegen, und Abmessungen aufweisen, wie sie bereits beschrieben wurden.

[0132] Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann die Materialmenge, die abgetragen wird oder übrig bleibt, während des Polievorgangs überwacht werden, und kann der Druck bei einer oder mehreren der Kammern entsprechend abgeändert werden, um ein gleichmäßiges Polieren zu erzielen. Diese Endpunktmesung kann elektronische, magnetische oder optische Messvorrichtungen einsetzen, und würde an ein Computersteuersystem angeschlossen, um den Druck für den Unterträger zu modulieren, für den Haltering, und/oder eine oder mehrere der Nuten, die vorhanden sind.

[0133] Normalerweise, obwohl sich diese Bereiche aneinander anschließen, sollte eine Trennung von zumindest etwa einem Zehntel Zoll zwischen den unterschiedlichen Nuten vorhanden sein. Der Druck in jeder der Nuten kann im allgemeinen ein Überdruck (typischerweise 0 bis 15 psi) sein, oder Vakuum. Häufig werden die exakten Orte der Nuten und der Druck oder das Vakuum, der bzw. das an die Nut angelegt wird, auf Grundlage der Eigenschaften des Vorgangs eingestellt, so dass exakte Vorgaben für die Orte und Drücke, selbst wenn sie vorhanden wären, im allgemeinen nicht für jeden Einsatz passen.

[0134] Der eine einzelne Nut oder mehrere Nuten aufweisende Unterträger kann zusammen mit dem schwebenden Kopf und dem schwebenden Haltering eingesetzt werden, kann jedoch auch bei anderen Substratpolier- und Einebnungsmaschinen und -anwendungen eingesetzt werden, einschließlich jener, welche nicht die Waferunterträgeranordnung **106** oder die Kopfmontageanordnung nutzen, die bereits im einzelnen beschrieben wurden. Der genutzte Unterträger kann leicht bei jedem Polierkopfeinsatz angewendet werden, bei dem gewünscht wird, das Polierprofil oder den Wafer in Abhängigkeit von der Radialentfernung abzuändern.

[0135] Zwar wurde die voranstehende Erfindung mit gewissen Einzelheiten anhand von Darstellungen und Beispielen zum Zwecke eines klaren Verständnisses beschrieben, jedoch ist die Erfindung ordnungsgemäß durch die Patentansprüche definiert, die sich an diese Beschreibung anschließen.

Patentansprüche

1. Poliereinrichtung, welche aufweist:
ein Gehäuse (**120**);
einen scheibenförmigen Träger (**160**) zur Anbringung eines Substrats (**113**), das poliert werden soll;
einen Haltering (**166**), der im Wesentlichen den Träger (**160**) umschließt, um das Substrat (**113**) in einer Tasche zu halten, die durch den Haltering und eine Oberfläche des Trägers gebildet wird;
eine erste flexible Kupplung (**162**), welche den Haltering an dem Träger (**160**) so anbringt, dass der Haltering eine Translationsbewegung in zumindest einer Dimension durchführen und um eine Achse relativ zu dem Träger verkippen kann;
eine zweite flexible Kupplung (**145**), welche den Träger an dem Gehäuse (**120**) so anbringt, dass der Träger eine Translationsbewegung in zumindest einer Dimension durchführen und um eine Achse relativ zu dem Gehäuse verkippen kann;
wobei das Gehäuse (**120**) und die erste flexible Kupplung (**162**) eine erste Kammer (P1) in Fluidverbindung mit einer ersten Quelle für Druckgas festlegen, so dass dann, wenn Gas auf einem ersten Druck der ersten Kammer zugeführt wird, eine erste Kraft gegen den Haltering (**166**) ausgeübt wird; und

das Gehäuse (120) und die zweite flexible Kupplung (145) eine zweite Kammer (P2) in Fluidverbindung mit einer zweiten Quelle für Druckgas ausbilden, so dass dann, wenn Gas auf einem zweiten Druck der zweiten Kammer zugeführt wird, eine zweite Kraft gegen den Hilfsträger (160) einwirkt.

2. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher die Translationsbewegung und das Kippen des Trägers (160) unabhängig von der Translationsbewegung und dem Kippen des Halterings (166) sind.

3. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher die Translationsbewegung und das Kippen des Trägers (160) in vorbestimmtem Ausmaß mit der Translationsbewegung und dem Kippen des Halterings (166) gekuppelt sind.

4. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher die Translationsbewegung und das Kippen des Trägers (160) und die Translationsbewegung und das Kippen des Halterings (166) jeweils eine Komponente aufweisen, die unabhängig von der anderen ist, sowie eine Komponente, die von der anderen abhängt.

5. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher der erste Druck und der zweite Druck unterschiedliche Drucke sind.

6. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher der erste Druck und der zweite Druck im Wesentlichen gleiche Drucke sind.

7. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher der erste Druck und der zweite Druck im Wesentlichen gleiche Drucke sind, und die Kraft, die von dem Haltering (166) und auf den Träger (160) einwirkt, durch die Oberfläche des Halterings und des Trägers bestimmt wird, auf welche jeder der Drucke einwirkt.

8. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher der erste Druck und der zweite Druck unabhängig ein Überdruck oder ein Unterdruck (Vakuum) sein können.

9. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher das Substrat (113) einen Halbleiterwafer aufweist.

10. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher der Haltering (166) weiterhin aufweist:
eine untere Oberfläche zum Berühren eines externen Polierpolsters (135) während dem Polieren;
eine innere, zylindrische Oberfläche, die neben einer äußeren Umfangsoberfläche des Trägers (160) und dem Umfang einer Substratmontageoberfläche des Trägers (160) angeordnet ist, wobei die innere zylindrische Oberfläche und der Umfang der Trägermontageoberfläche eine Abfühlvorrichtung zum Haltern des Substrats (113) beim Polieren bilden; und
ein Polsterkonditionierungsteil, das an dem unteren, äußeren radialen Abschnitt des Halterings angeordnet ist, wo der Haltering das Polster (135) beim Polieren berührt, und ein Formprofil festlegt, welches einen Übergang zwischen einer ersten, ebenen Oberfläche, im Wesentlichen parallel zu einer Ebene des Polerkissens, und einer zweiten, ebenen Oberfläche ausbildet, die im Wesentlichen senkrecht zu dem Polierpolster verläuft.

11. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher der erste, auf den Träger einwirkende Druck im Bereich zwischen im Wesentlichen 1,5 psi und im Wesentlichen 10 psi, und der zweite, auf den Haltering einwirkende Druck im Bereich zwischen im Wesentlichen 1,5 psi und im Wesentlichen 9.0 psi liegt.

12. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher die flexible Kupplung (162, 145) eine Membran aufweist.

13. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher die Membran (162, 145) aus einem Material besteht, welches aus der Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus: Metall, Kunststoff, Gummi, Polymer, Titan, Edelstahl, Kohlenstofffaserverbundwerkstoff, und Kombinationen hieraus.

14. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher der Träger (160) aus Keramikmaterial besteht.

15. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher der scheibenförmige Träger (160) weiterhin aufweist:
zumindest einen Hohlraum (250), der als eine Wafermontageoberfläche des Trägers ausgebildet ist;
einen Fluidverbindungskanal, der von dem zumindest einen Hohlraum zu einer externen Quelle von Fluid unter Druck verläuft;
wobei die Wafermontageoberfläche so ausgebildet ist, dass sie eine flexible Membran (251) aufnimmt, welche den zumindest einen Hohlraum (250) abdeckt, um eine dritte Kammer (252) auszubilden, welche einen Druck

halten kann, wenn das Fluid unter Druck von der externen Quelle für Fluid unter Druck dem zumindest einen Hohlraum zugeführt wird; und wobei sich die Membran (251) aufweitet, wenn das Fluid unter Druck der dritten Kammer zugeführt wird, und eine Kraft auf einen Wafer (113) ausübt, der zwischen der Membran und einem externen Polierpolster (135) beim Polieren angebracht ist.

16. Poliereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher das Substrat einen Halbleiterwafer aufweist, und der scheibenförmige Träger (160) aufweist:
einen scheibenförmigen Block aus im Wesentlichen nicht porösem Material, der eine erste Oberfläche zum Anbringen des Halbleiterwafers aufweist, eine zweite Oberfläche, und eine dritte, im Wesentlichen zylindrische Oberfläche, welche die erste und die zweite Oberfläche verbindet;
wobei die erste Oberfläche im Wesentlichen eben ist, mit Ausnahme eines unebenen Hohlraums, der sich von der im Wesentlichen ebenen Oberfläche in einen inneren Abschnitt des Wafeträgers erstreckt;
einen Fluidverbindungskanal, der sich von dem Hohlraum entweder zu der zweiten Oberfläche oder zu der dritten Oberfläche erstreckt, um ein Fluid unter Druck von einer externen Quelle für Fluid unter Druck dem Hohlraum zuzuführen;
wobei die erste Oberfläche so ausgebildet ist, dass sie eine flexible Membran (251) aufnimmt, die sich ausdehnt, wenn das Fluid unter Druck der dritten Kammer zugeführt wird, und eine Kraft auf einen Wafer ausübt, der an der Membran angebracht ist.

17. Poliereinrichtung nach Anspruch 10, bei welcher das Polsterkonditionierungsteil sich dadurch auszeichnet, dass ein Winkel von im Wesentlichen zwischen 15 Grad und im Wesentlichen 25 Grad abweichend von der Parallelle in Bezug auf die nominelle Ebene des Polerkissens (135) ausgebildet wird.

18. Poliereinrichtung nach Anspruch 10, bei welcher das Polsterkonditionierungsteil sich dadurch auszeichnet, dass:
ein Winkel von im Wesentlichen zwischen 15 Grad und im Wesentlichen 25 Grad abweichend von der Parallelle in Bezug auf eine nominelle Ebene des Polerkissens ausgebildet wird; und
ein zweiter Winkel von im Wesentlichen zwischen 65 Grad und im Wesentlichen 75 Grad abweichend von der Parallelle in Bezug auf die nominelle Ebene des Polierpolsters ausgebildet wird.

Es folgen 24 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

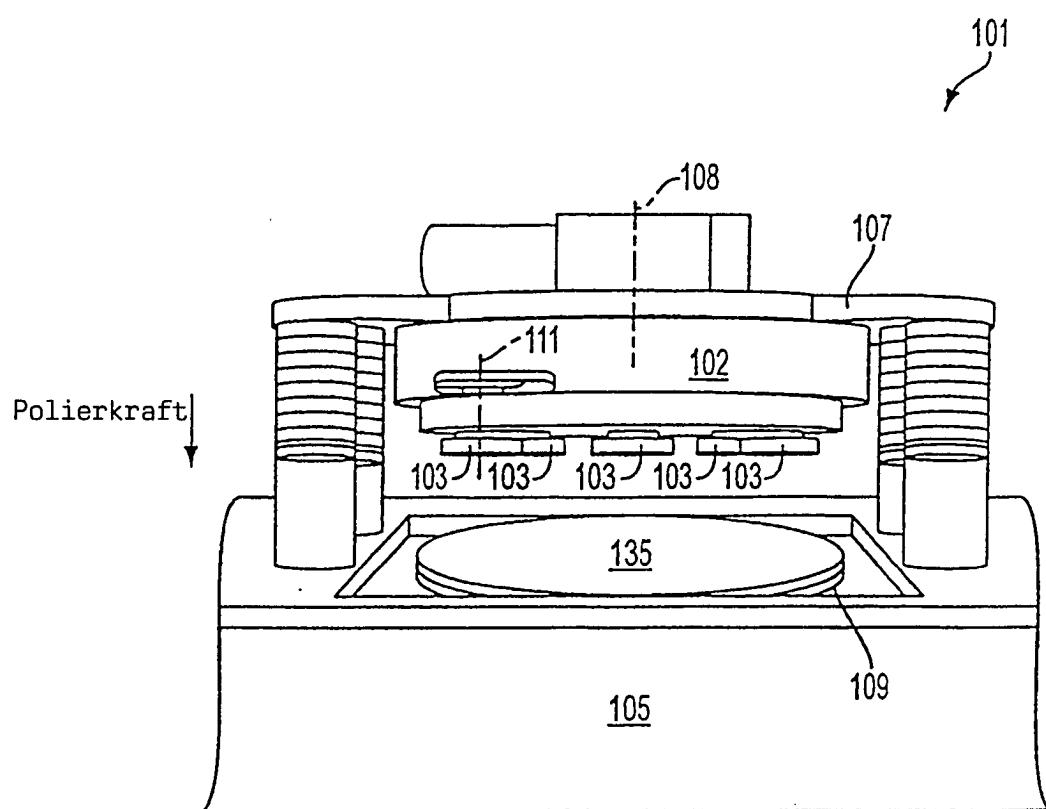


FIG. 1

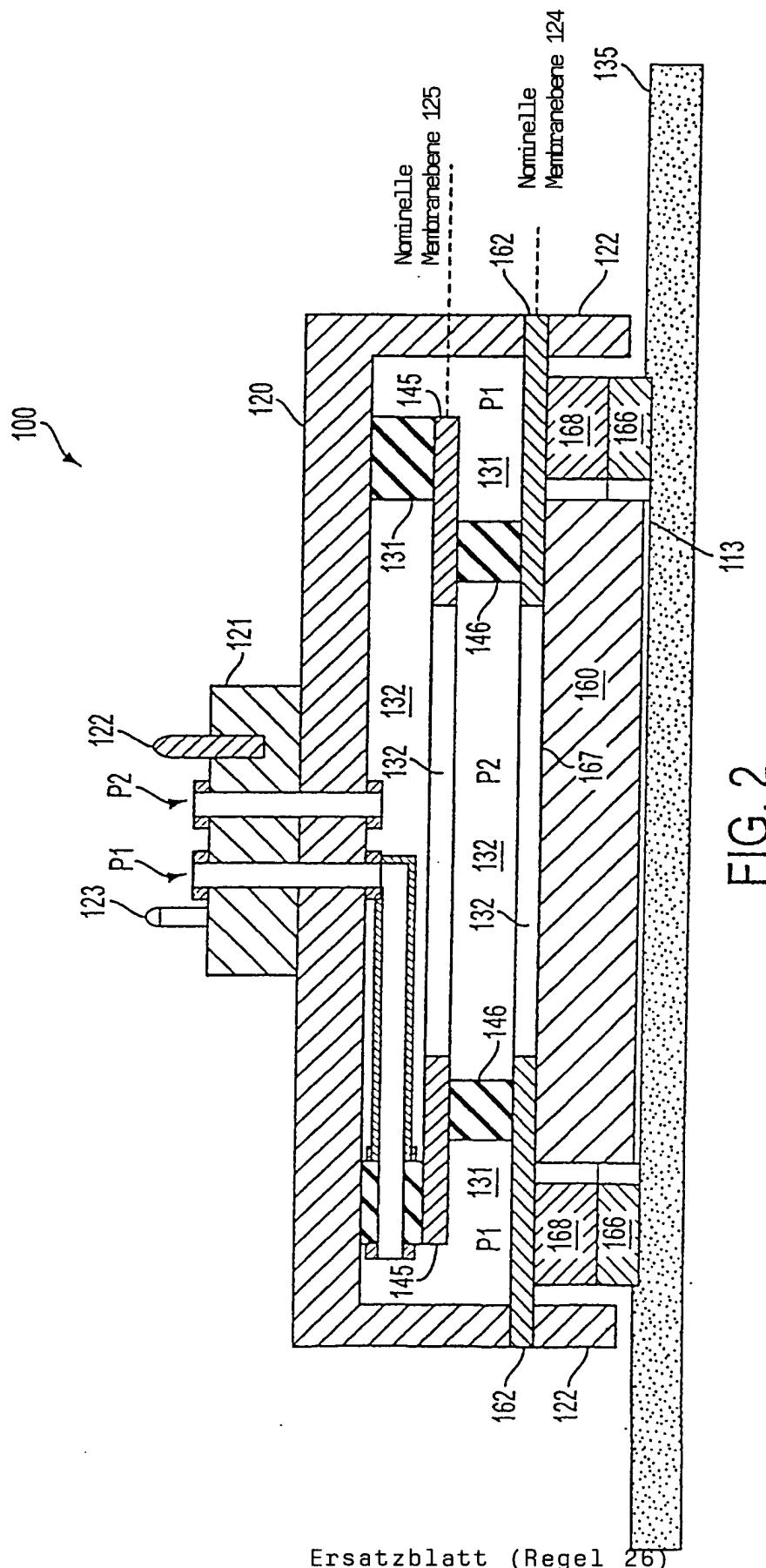


FIG. 2

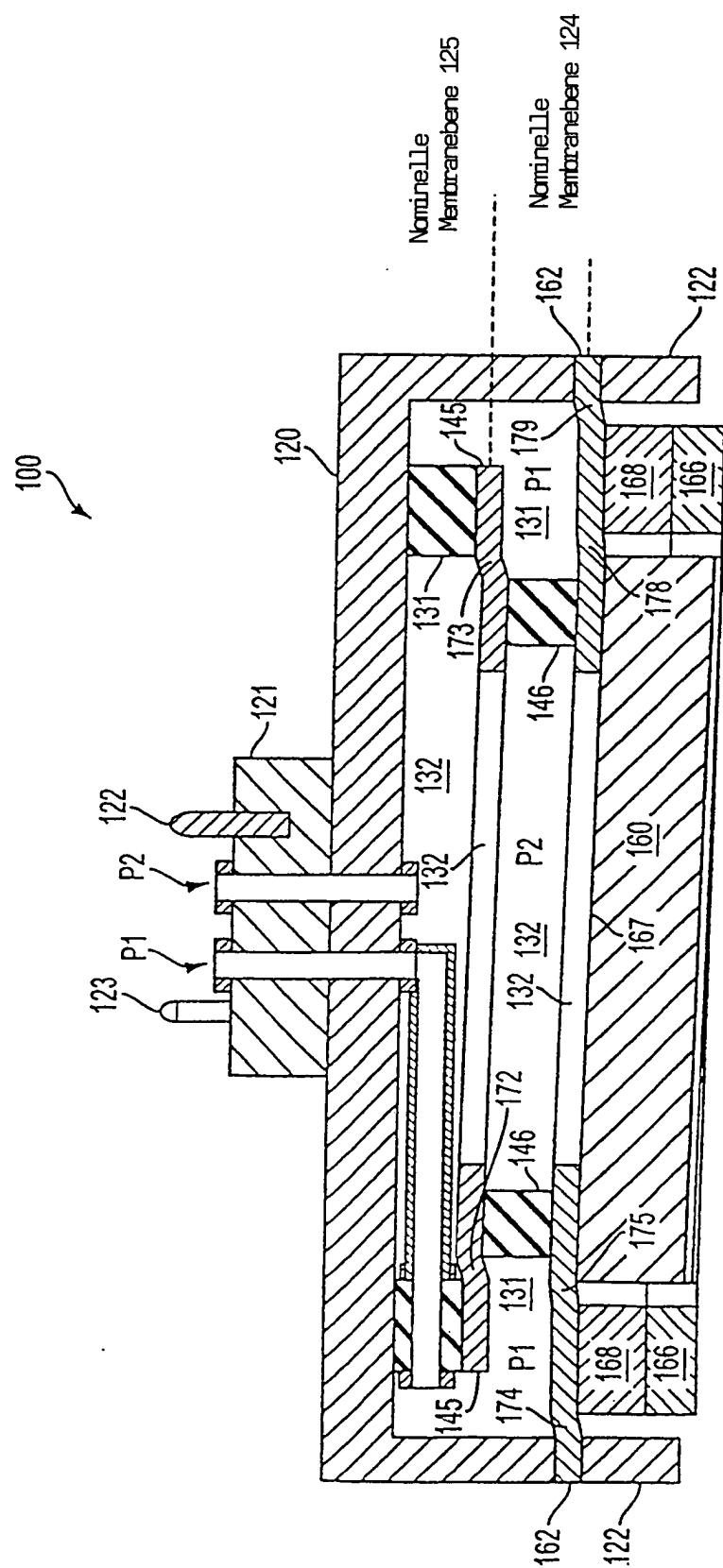


FIG. 3

Ersatzblatt (Regel 26)

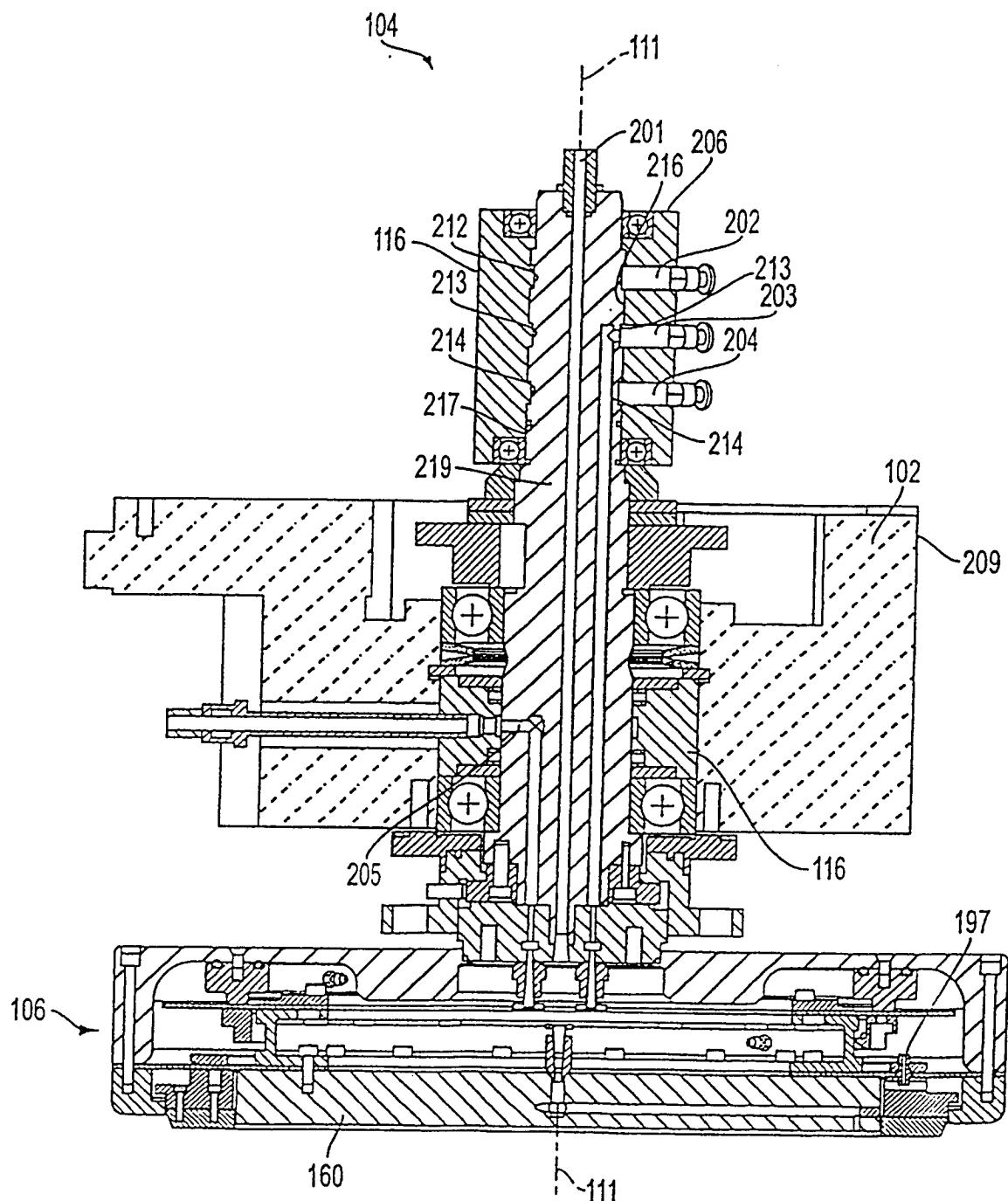


FIG. 4

Ersatzblatt (Regel 26)

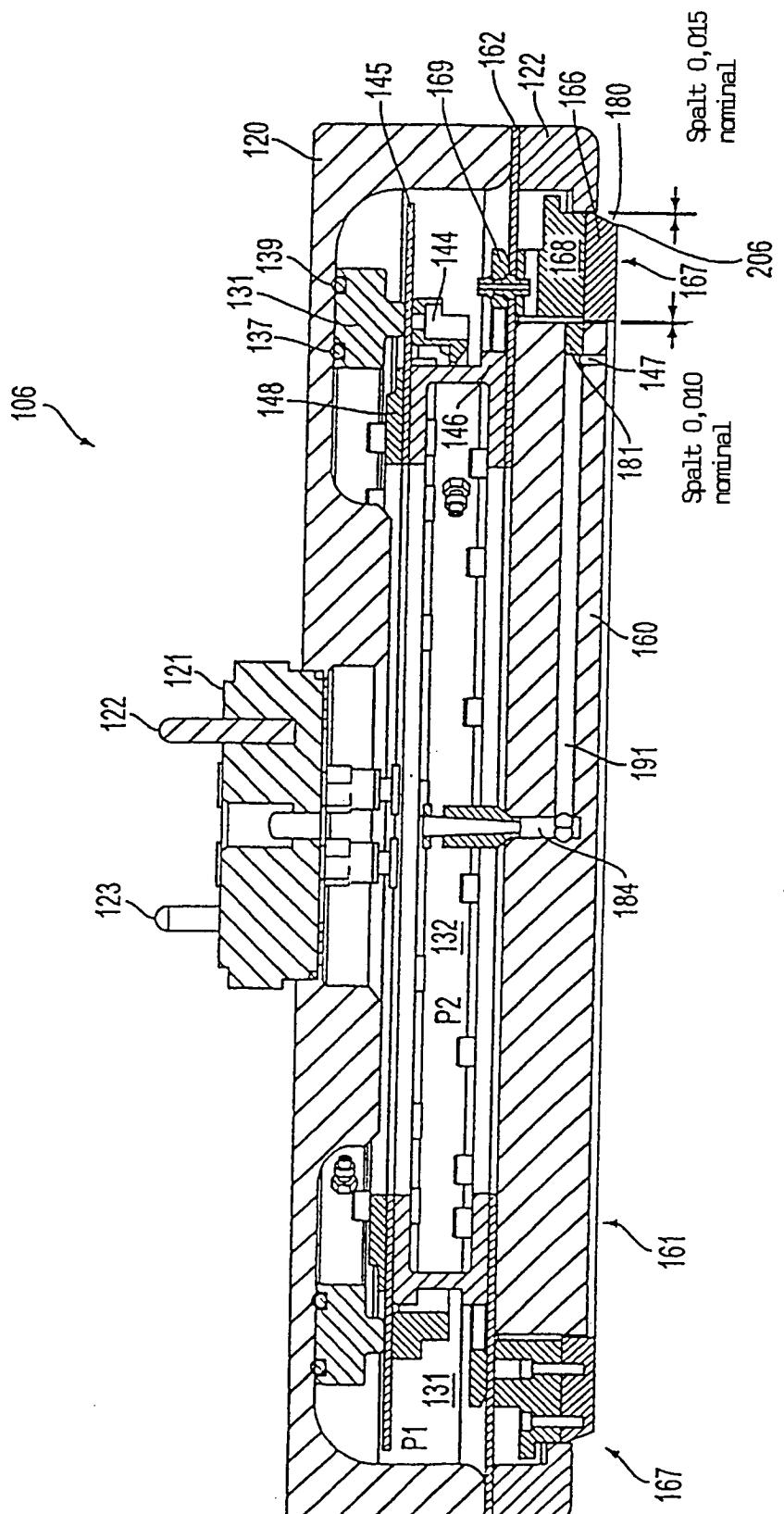


FIG. 5

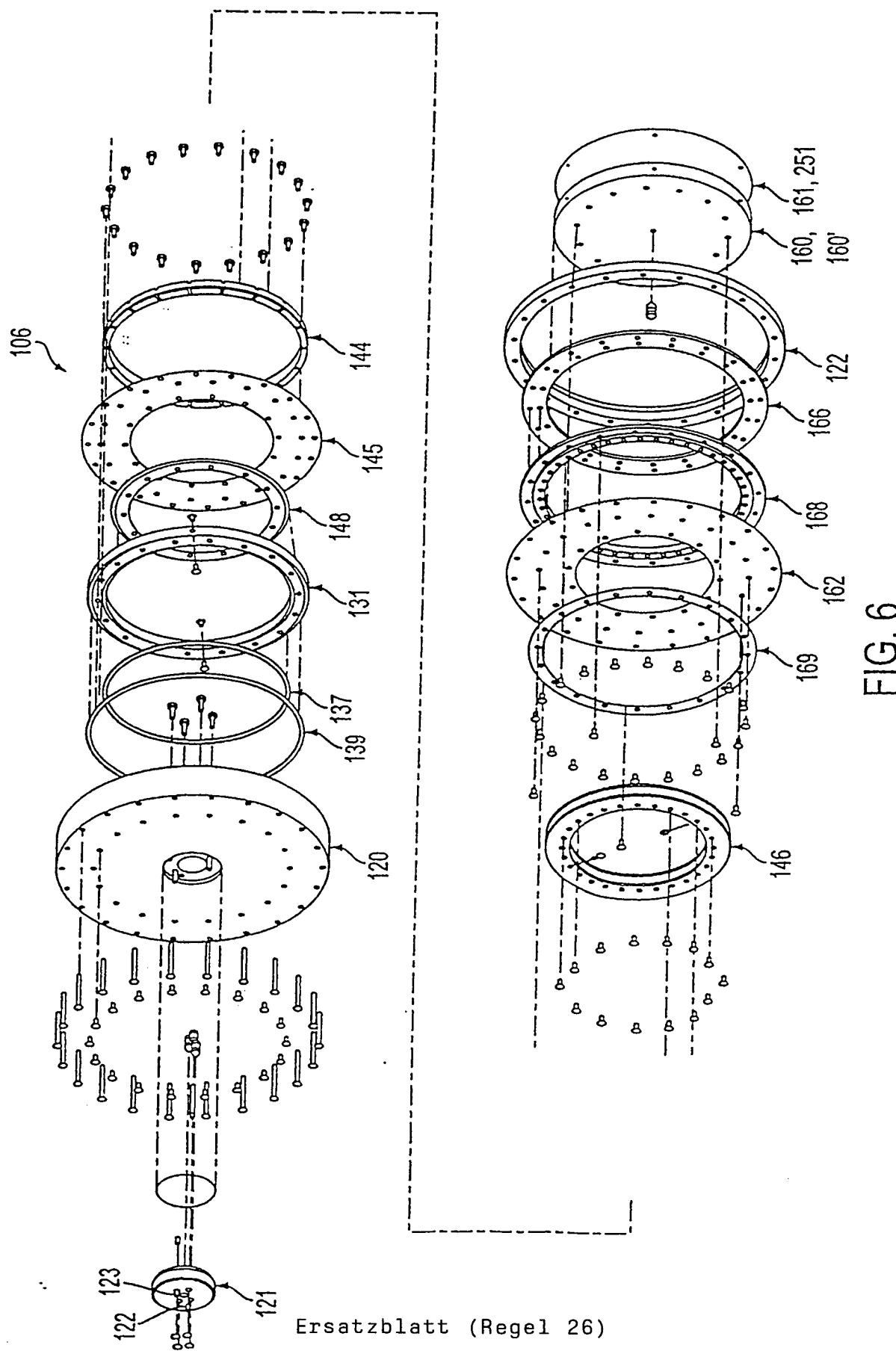


FIG. 6

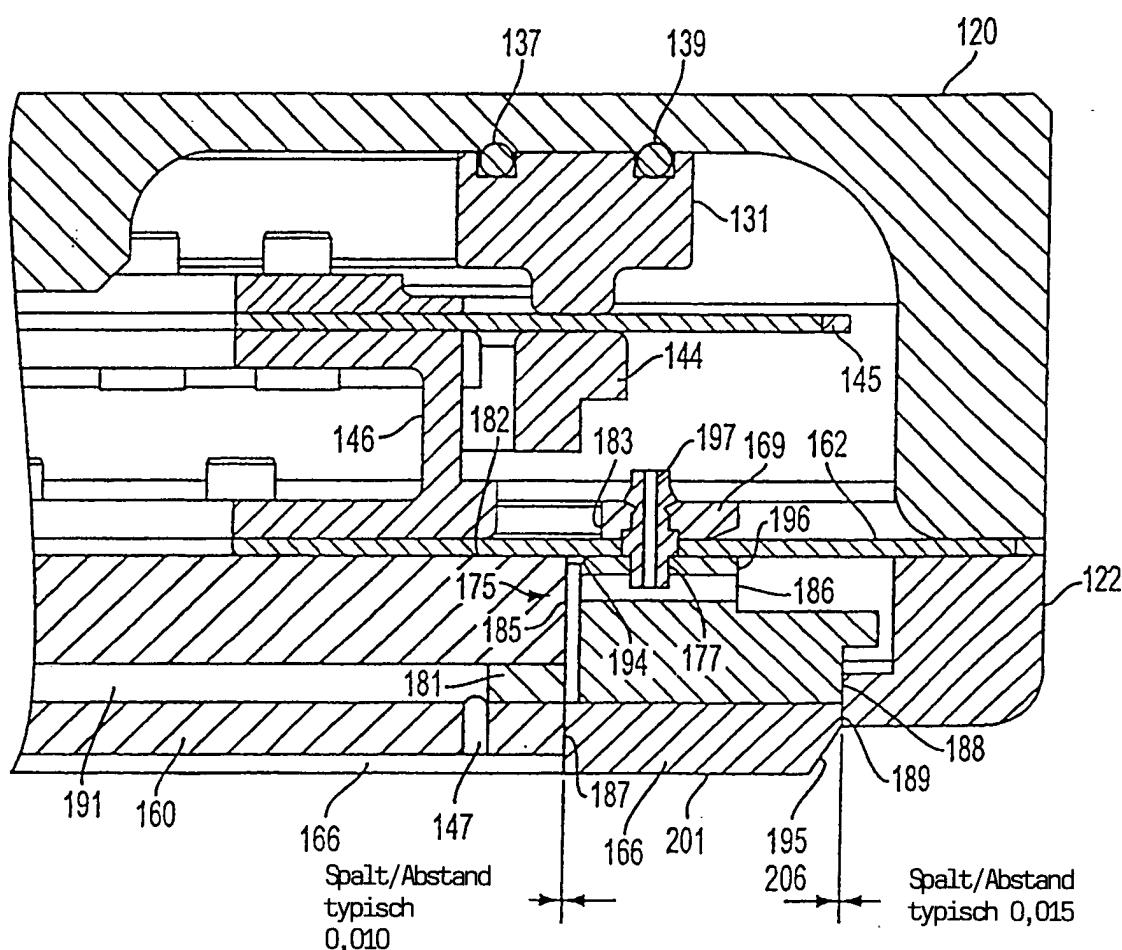


FIG. 7

Ersatzblatt (Regel 26)

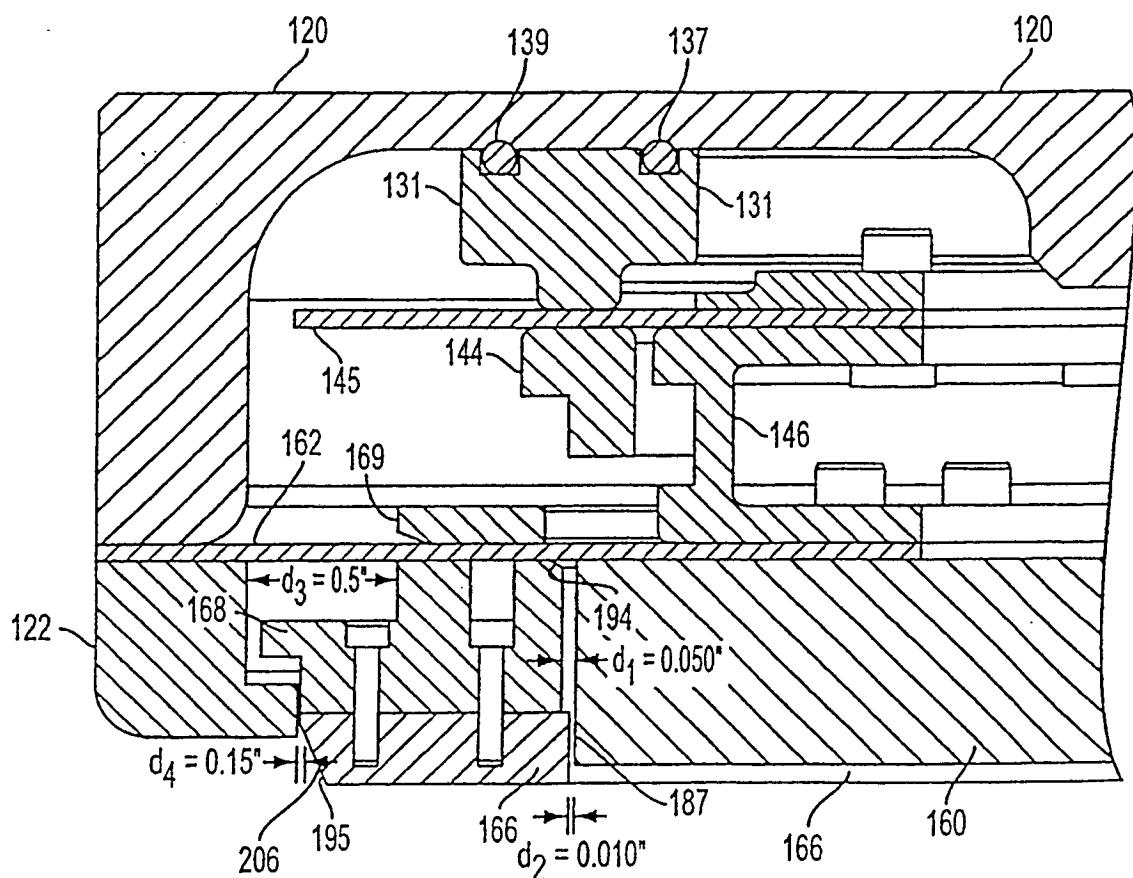


FIG. 8

Ersatzblatt (Regel 26)

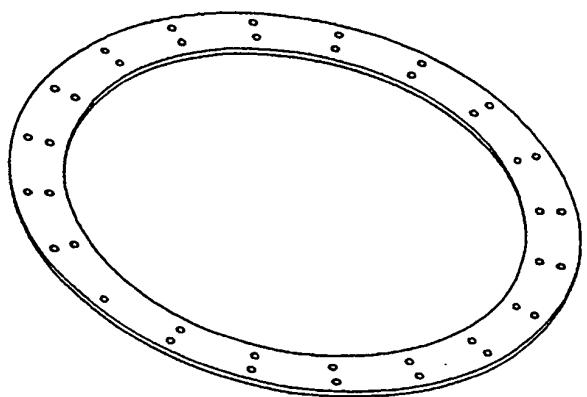


FIG. 12

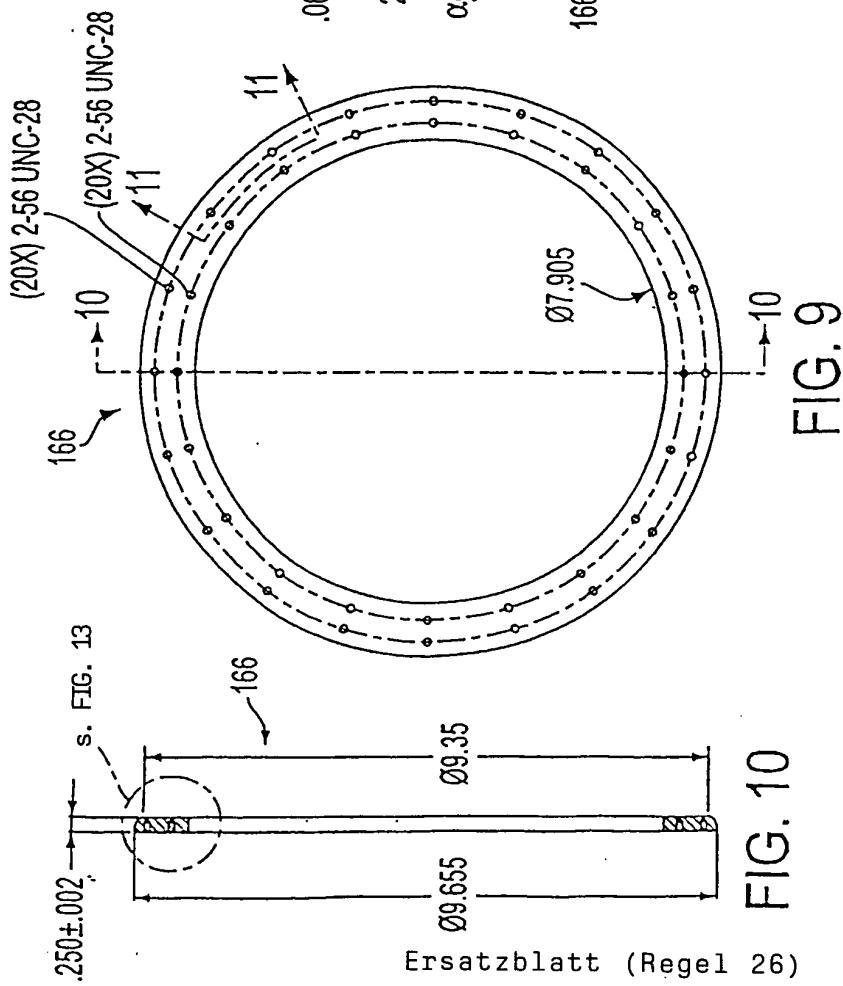


FIG. 10

FIG. 9

Typisch 0,0002
Faam konkav
bis konkav

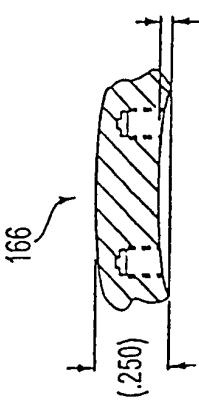


FIG. 11

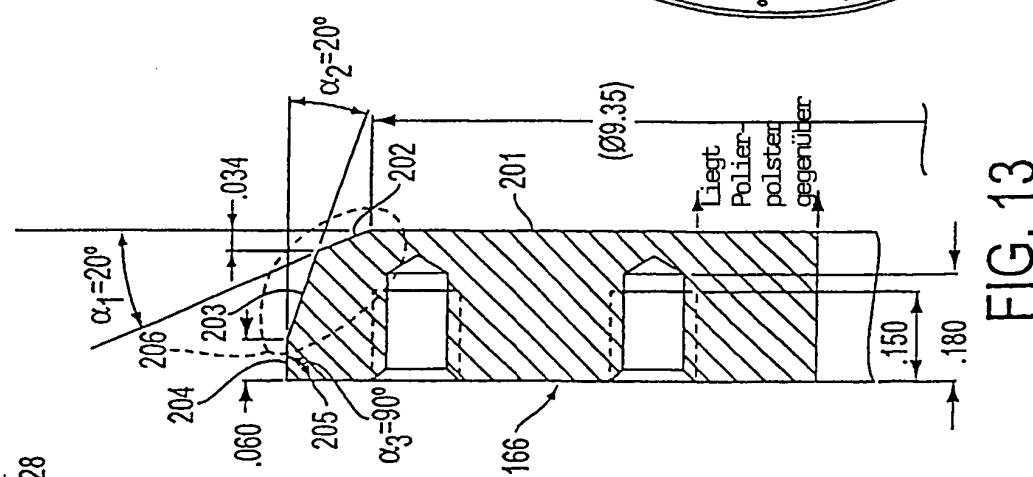


FIG. 13

Ersatzblatt (Regel 26)

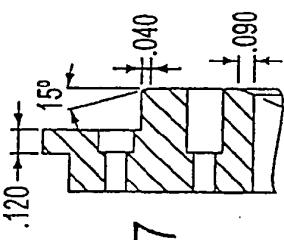


FIG. 17

(20X) Ø.102 Bohrung
 $\varnothing 0.160 \times 0.30$ tief
 gl. Abst. auf Ø 0.9225

(20X) Ø.102 Bohrung
 $\varnothing 0.160 \times 0.30$ tief
 gl. Abst. auf Ø 0.8430

Ersatzblatt (Regel 26)

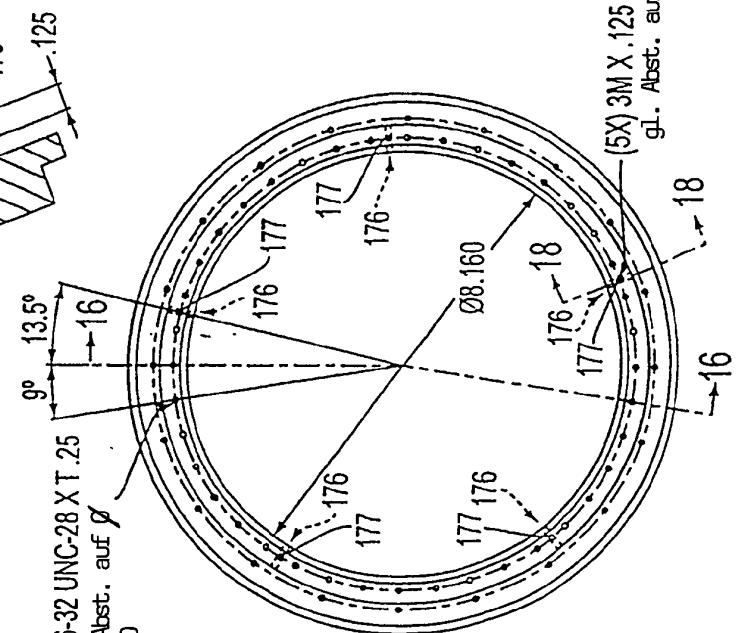


FIG. 18

(5X) Ø.100
 (5X) H3

176

177

16

13.5°

9°

125

16

176

177

176

177

176

177

176

177

18

16

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

176

177

</div

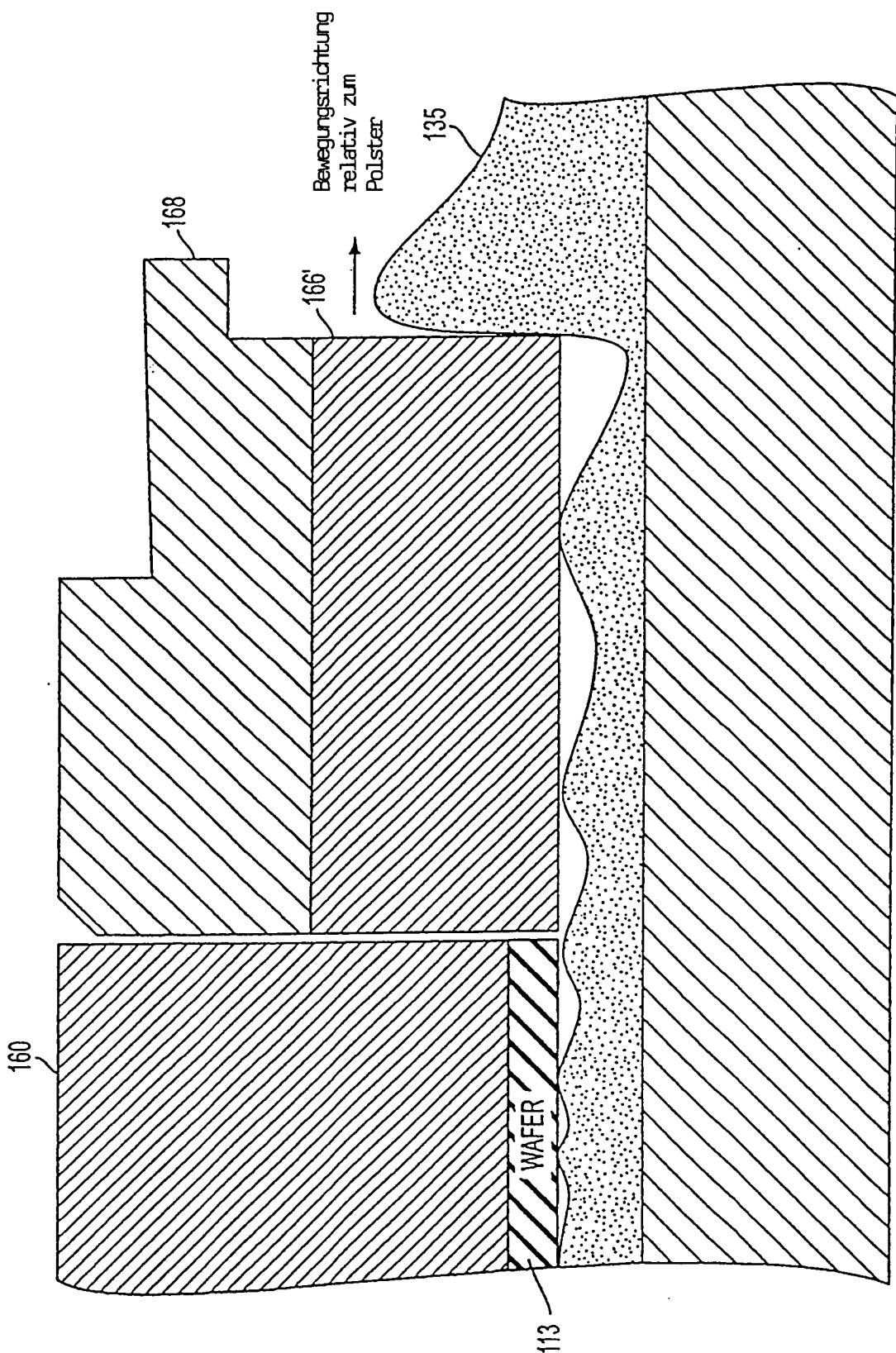


FIG. 19

Ersatzblatt (Regel 26)

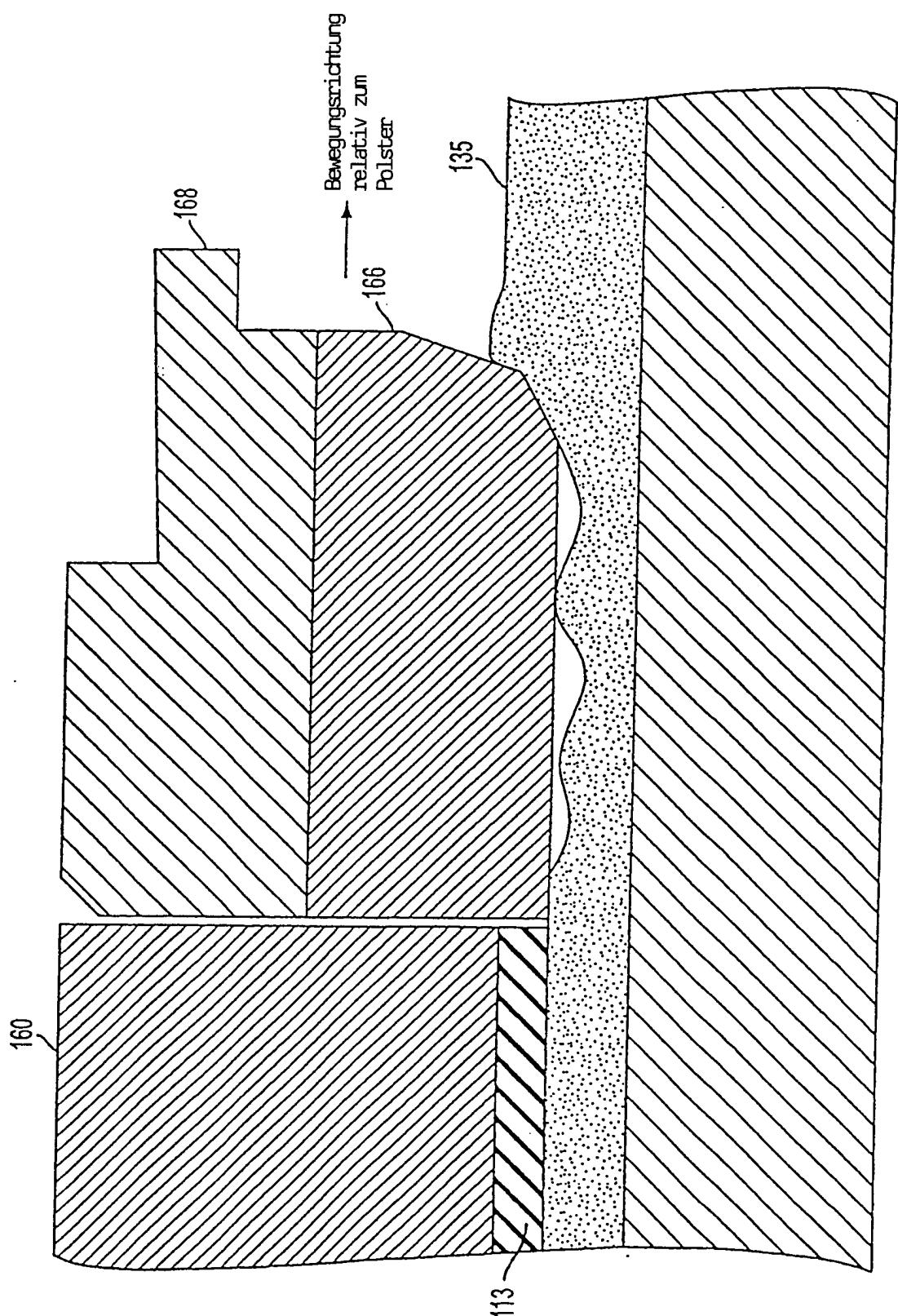
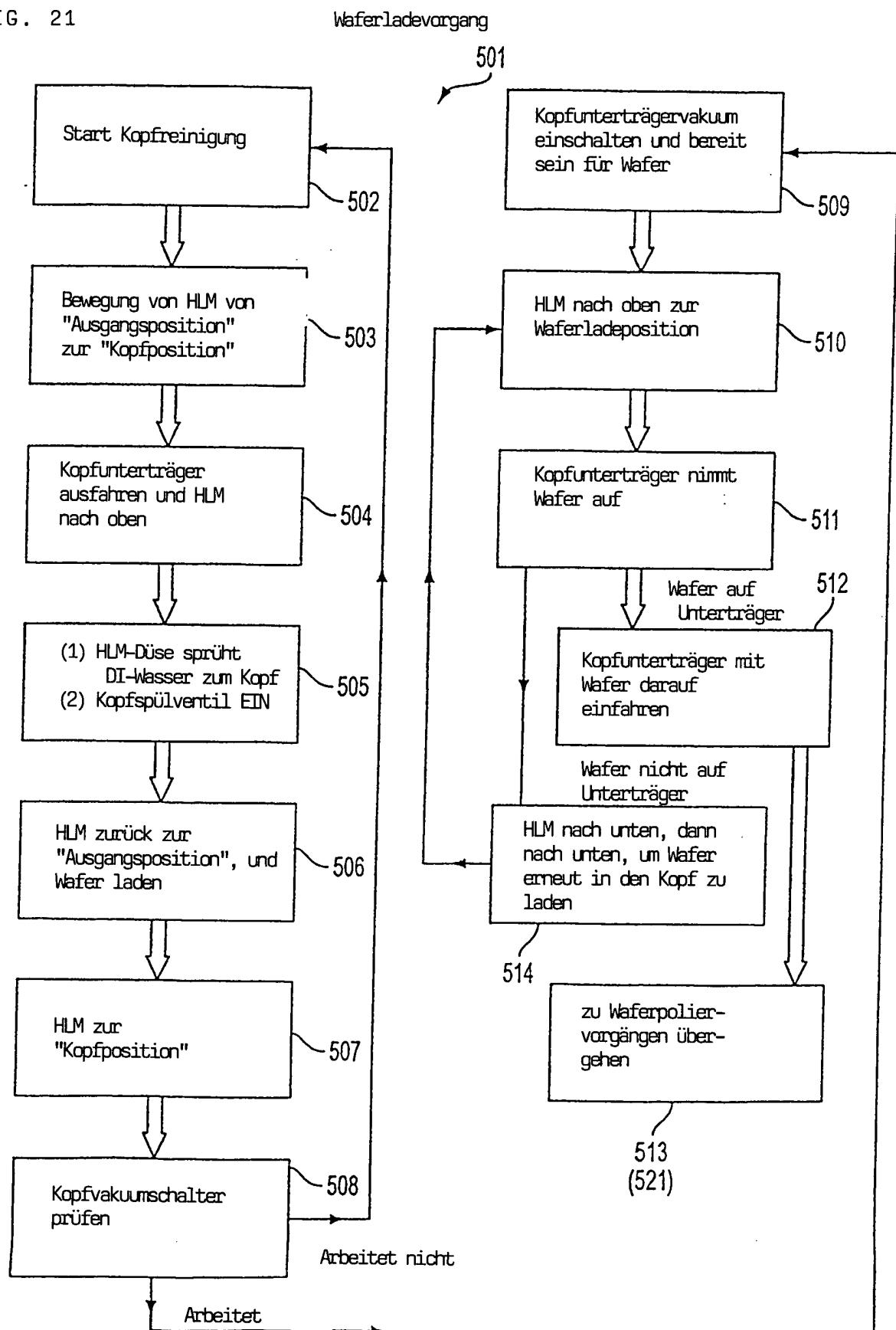


FIG. 20

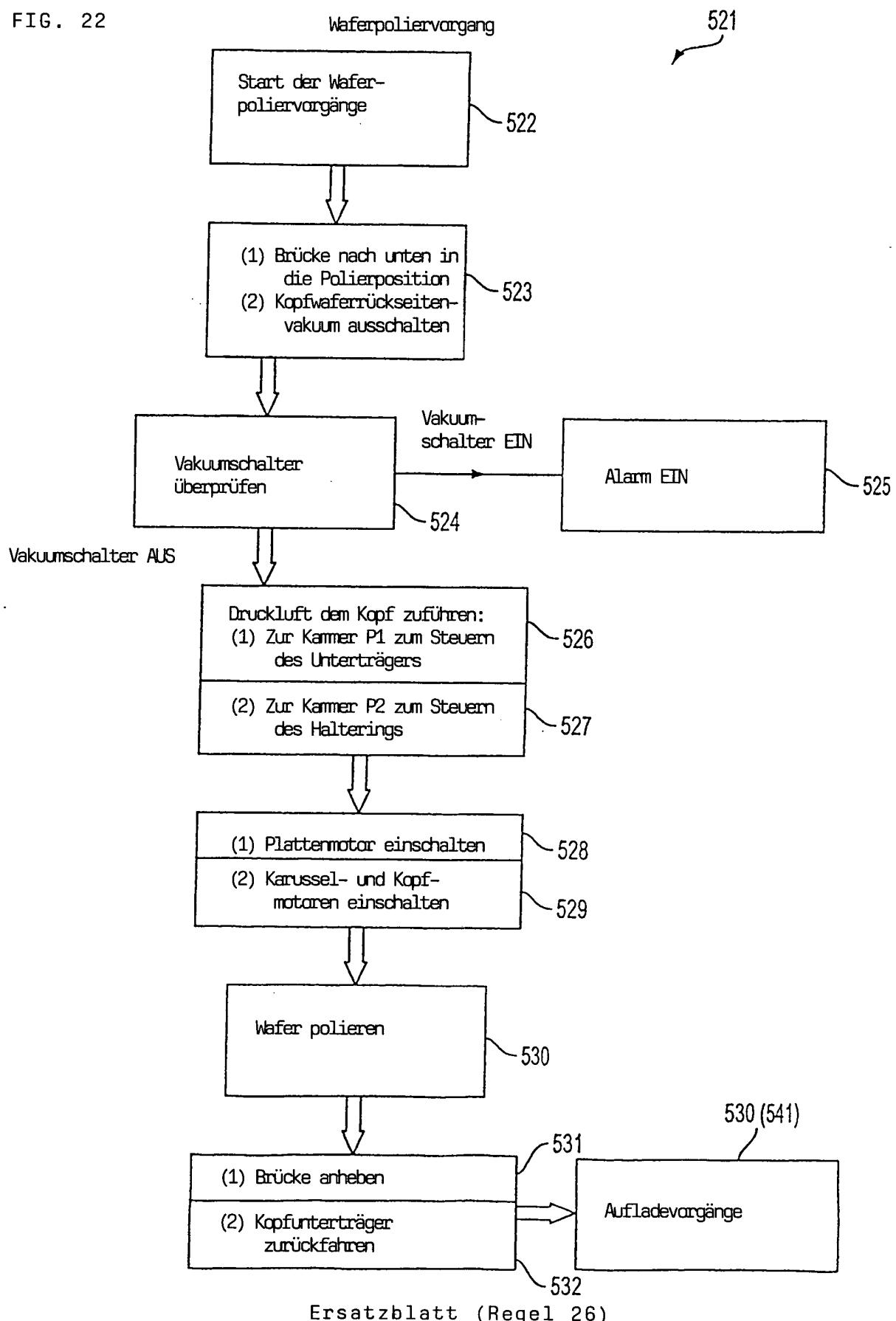
Ersatzblatt (Regel 26)

FIG. 21



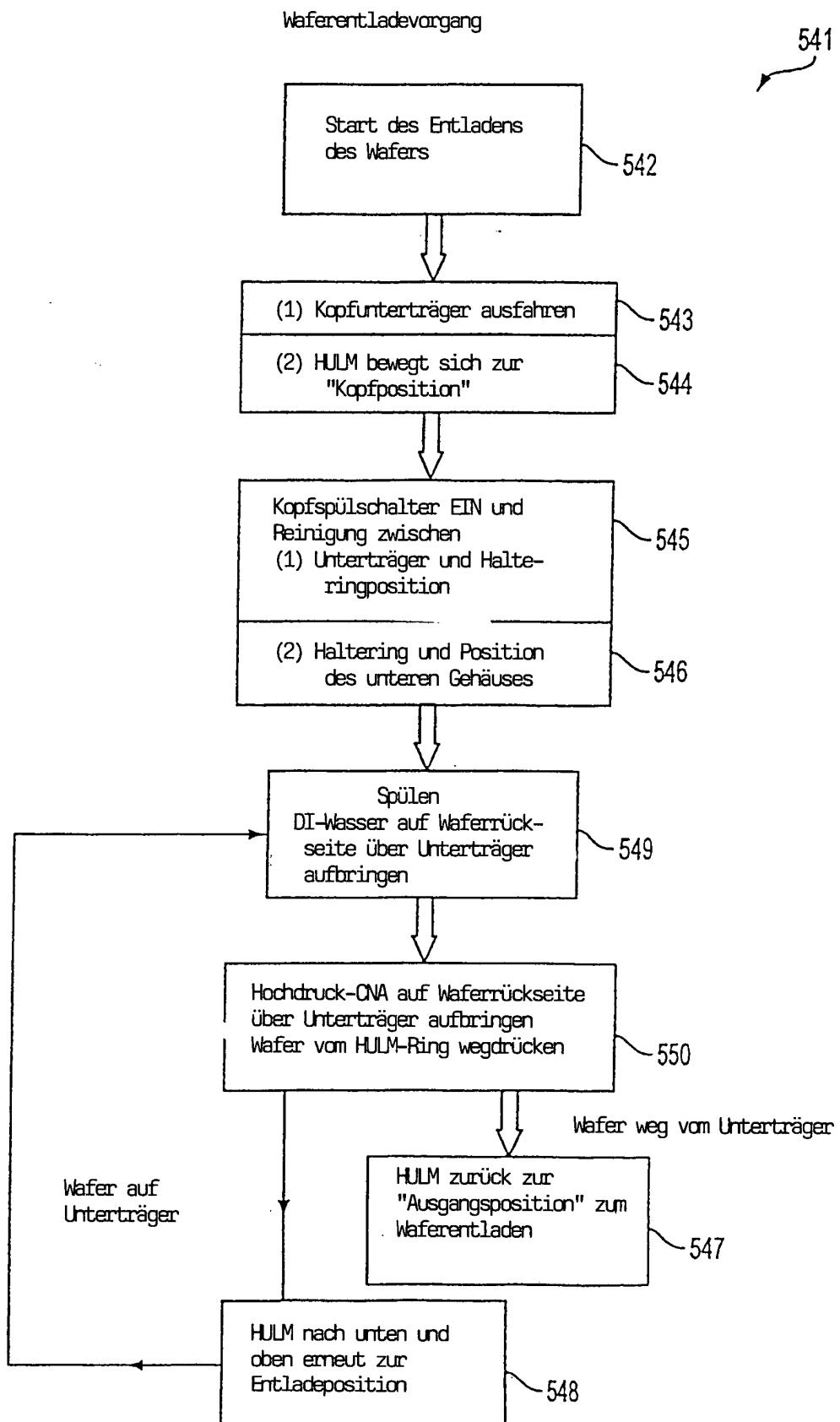
Ersatzblatt (Regel 26)

FIG. 22



Ersatzblatt (Regel 26)

FIG. 23



Ersatzblatt (Regel 26)

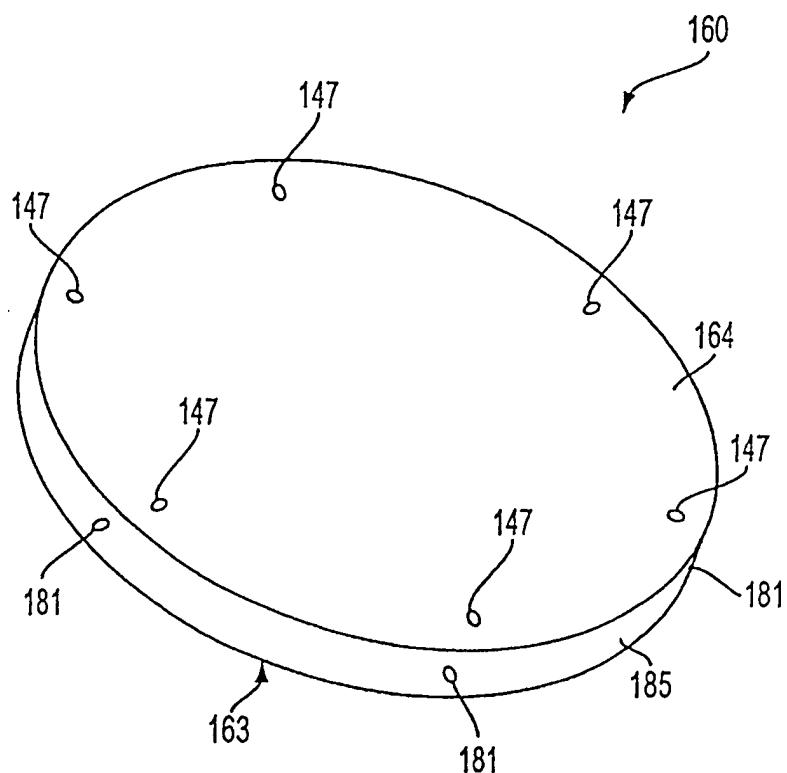


FIG. 24

Ersatzblatt (Regel 26)

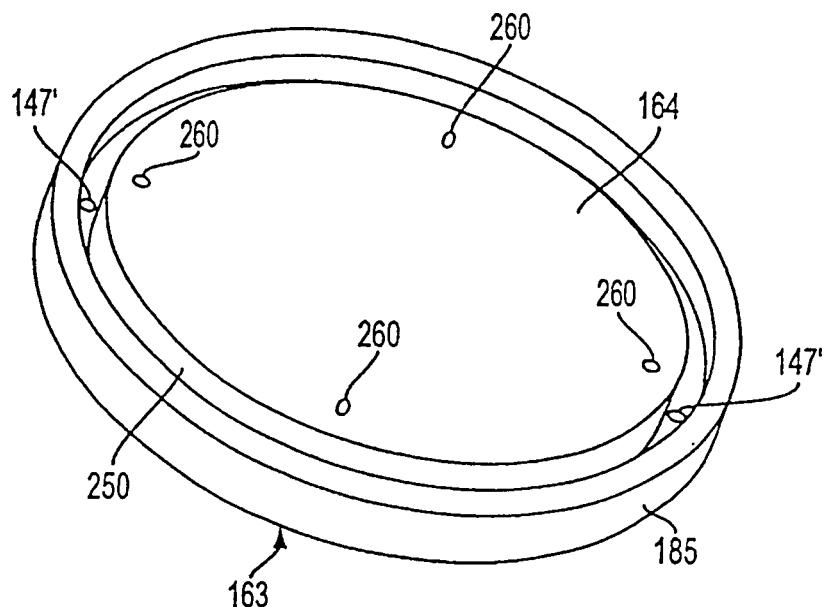


FIG. 25

Ersatzblatt (Regel 26)

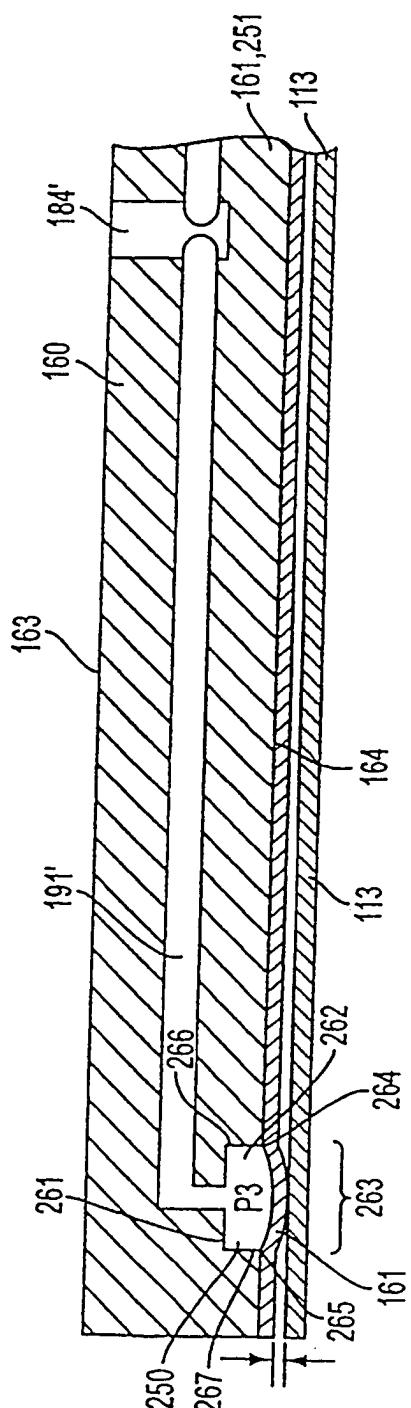


FIG. 26

Ersatzblatt (Regel 26)

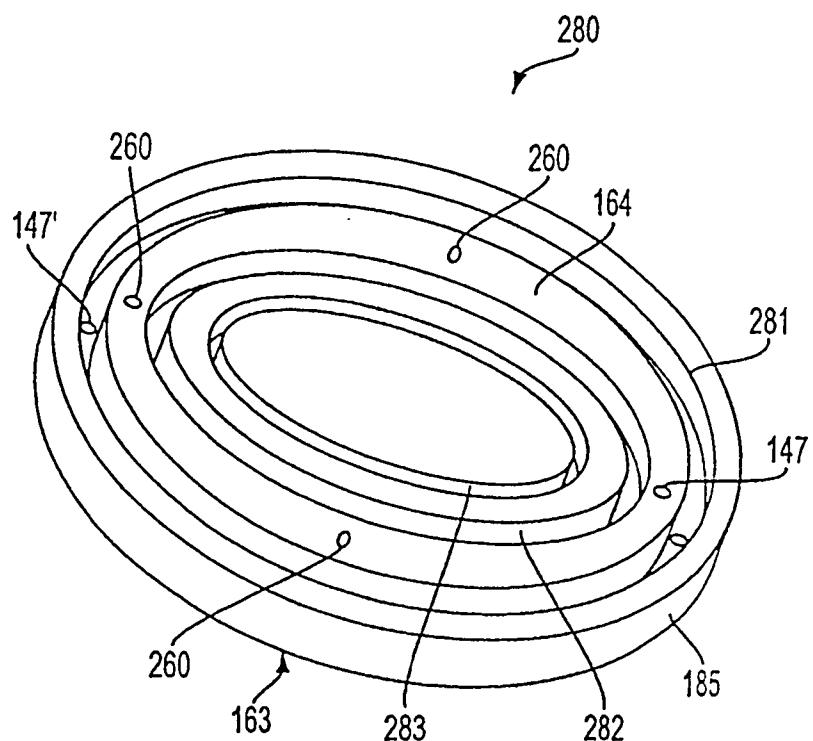


FIG. 27

Ersatzblatt (Regel 26)

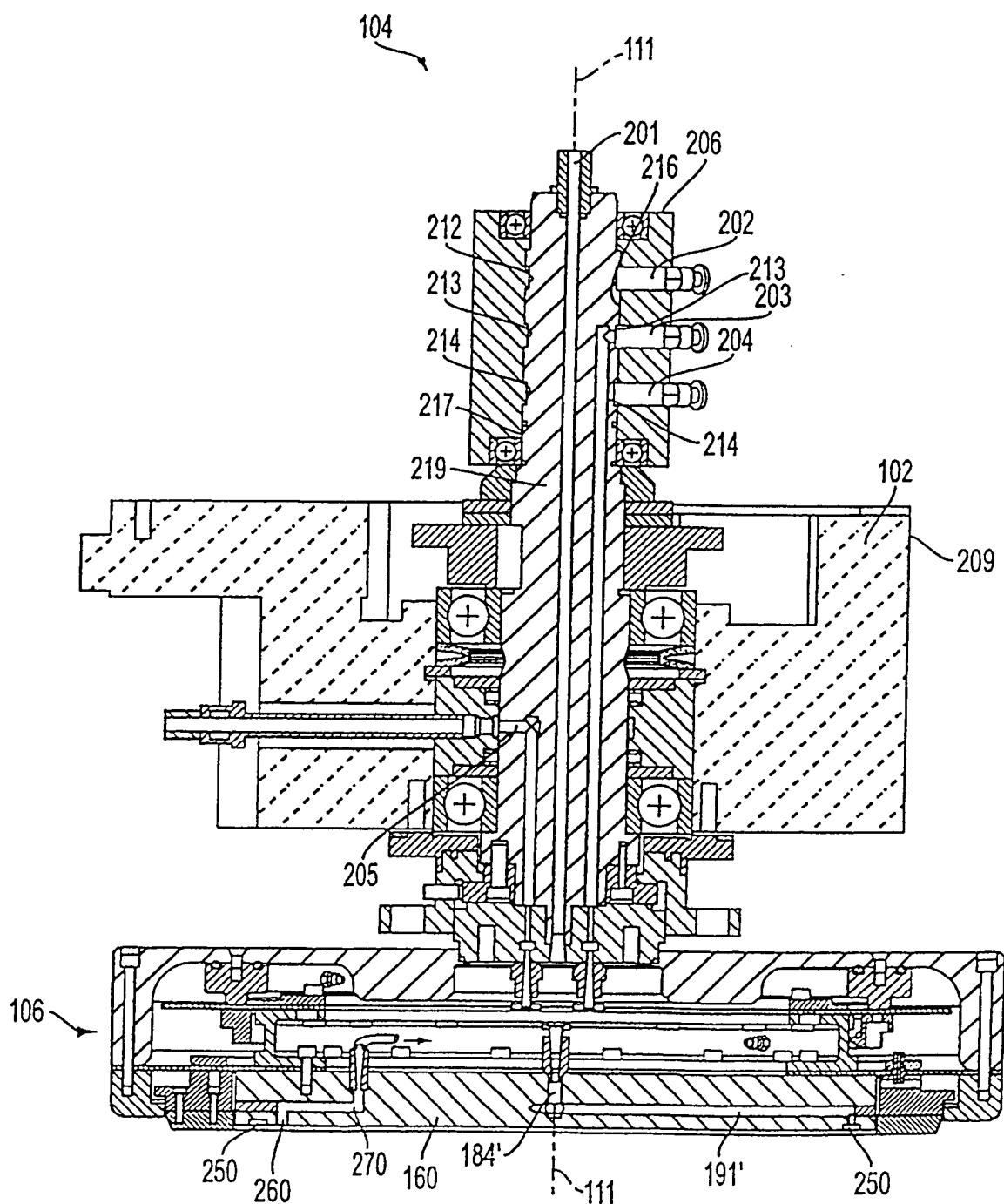


FIG. 28

Ersatzblatt (Regel 26)

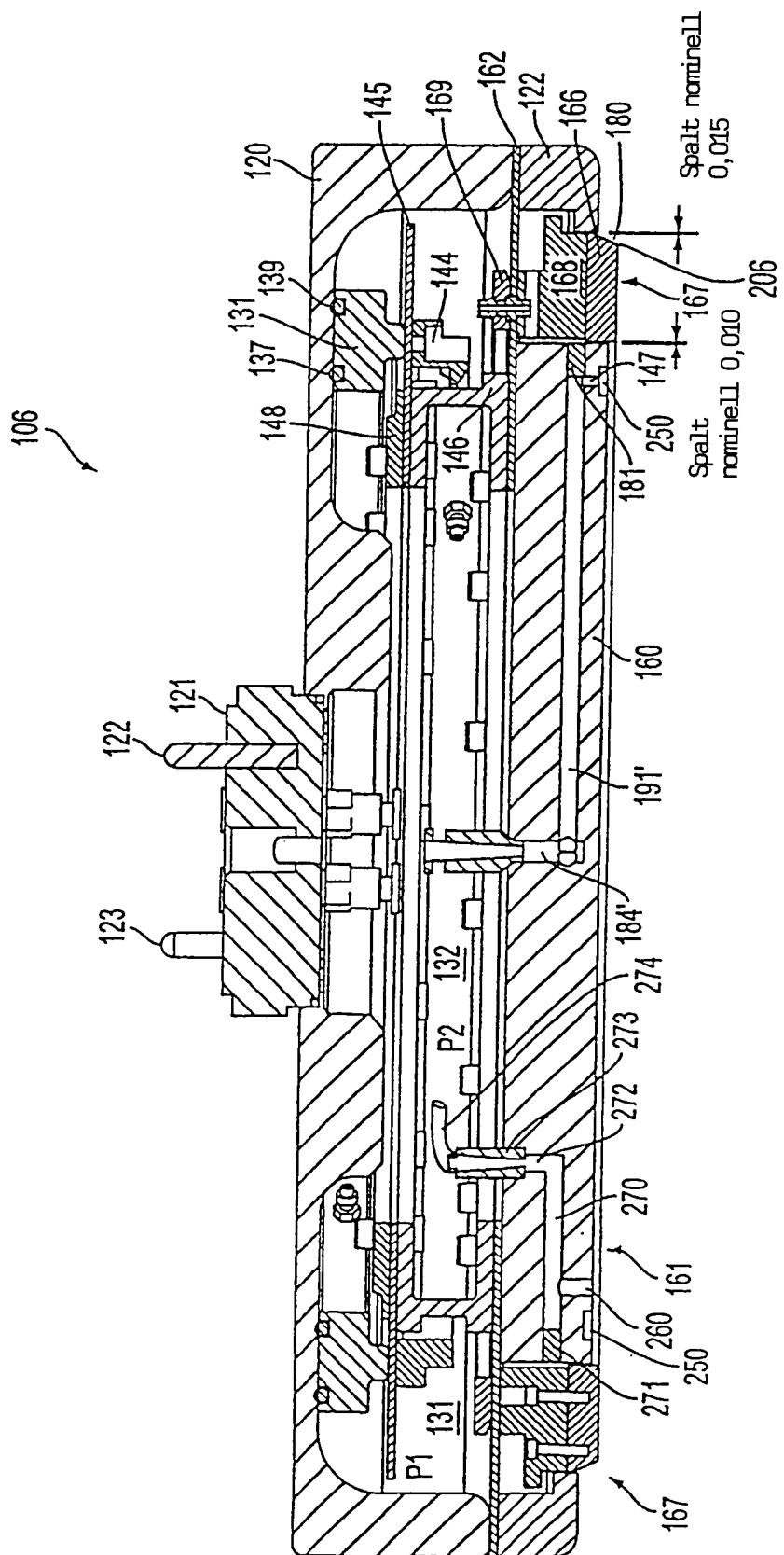


FIG. 29

Ersatzblatt (Regel 26)

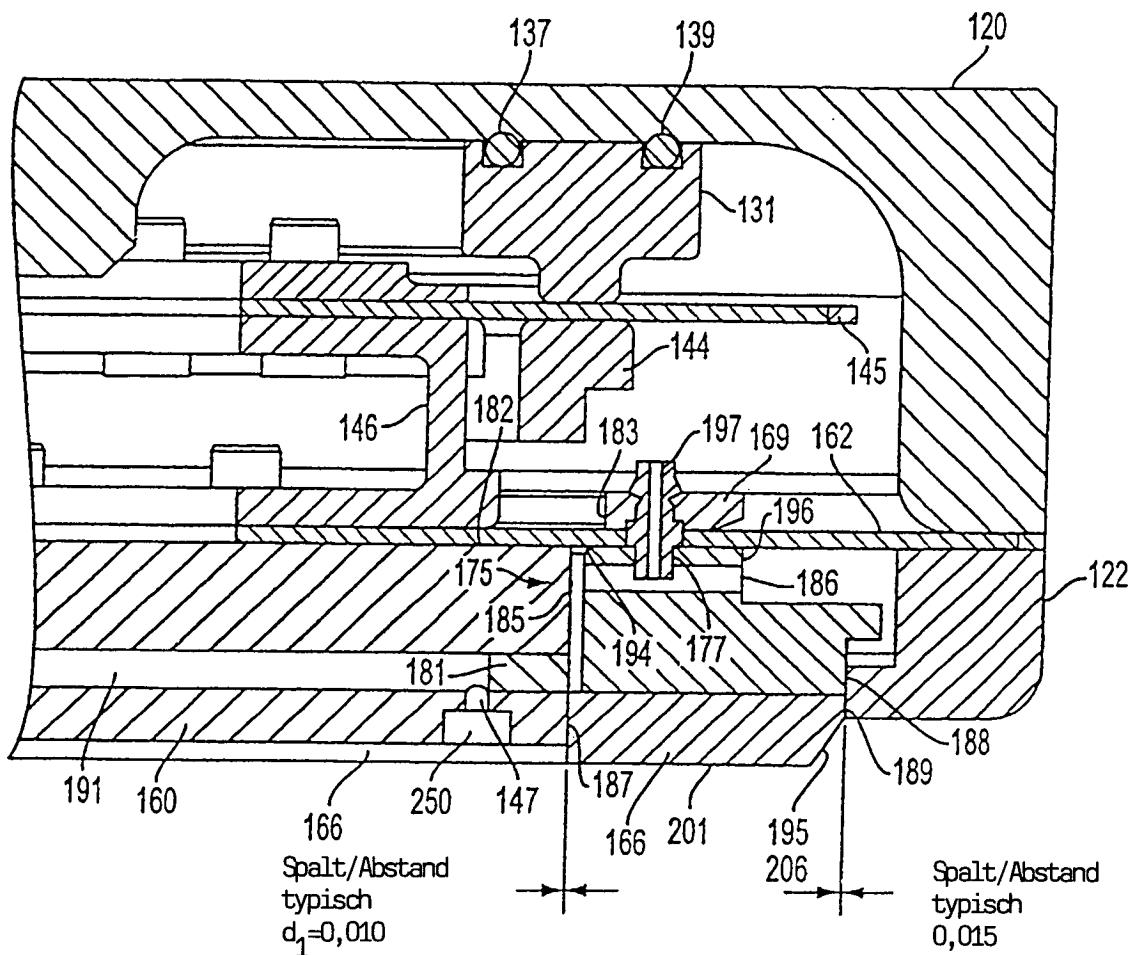


FIG. 30

Ersatzblatt (Regel 26)

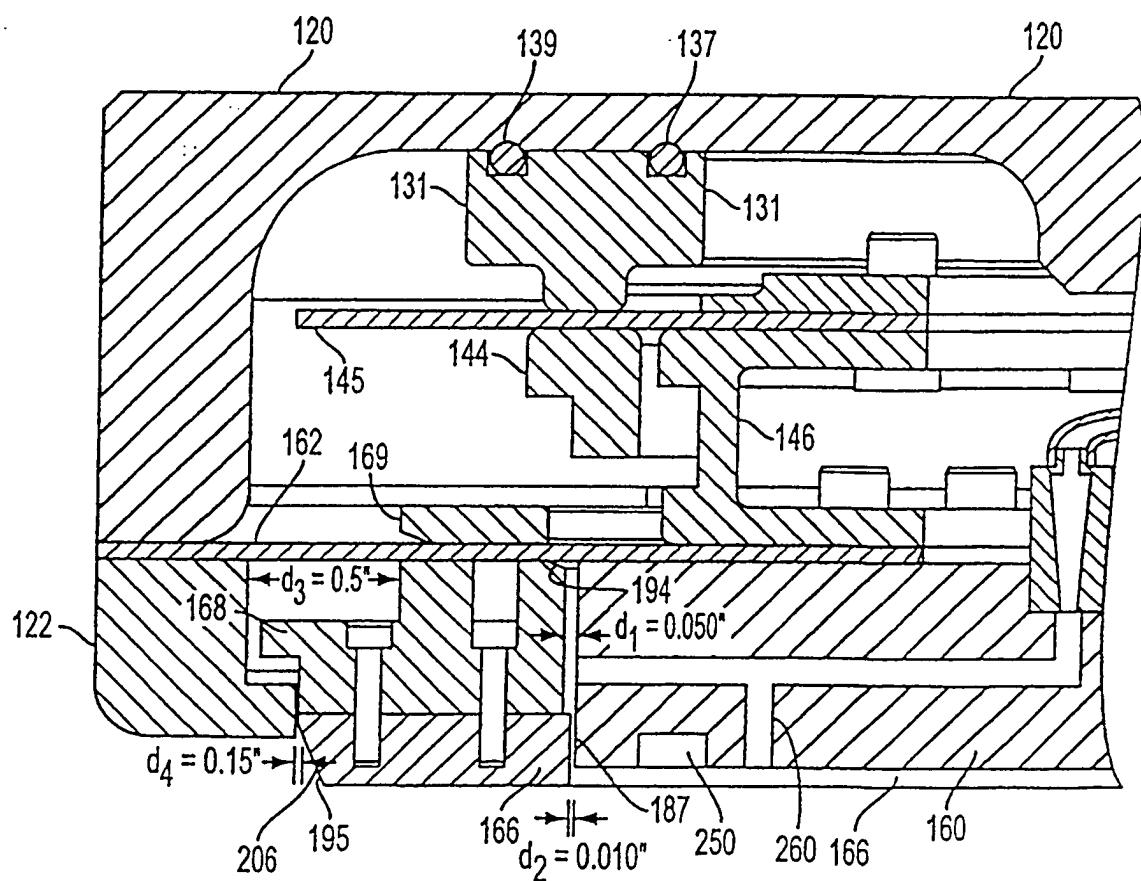


FIG. 31

Ersatzblatt (Regel 26)

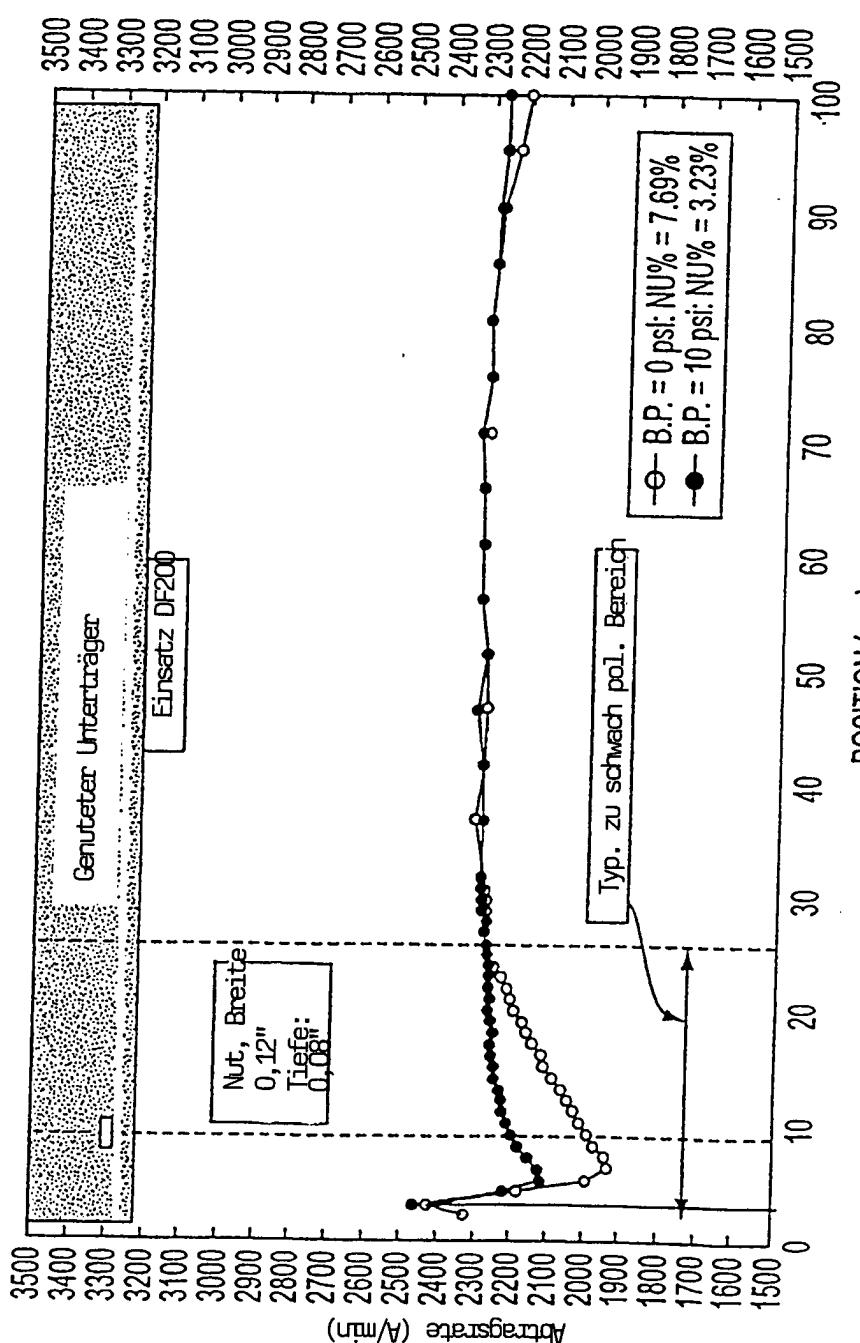


FIG. 32

Ersatzblatt (Regel 26)