



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 698 34 716 T2 2007.05.03

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 970 517 B1

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01L 21/68** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 34 716.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/05676**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 911 954.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/043291**

(86) PCT-Anmeldetag: **24.03.1998**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **01.10.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.01.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **31.05.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.05.2007**

(30) Unionspriorität:

**824104 26.03.1997 US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, DE, FR, GB, IT, NL**

(73) Patentinhaber:

**Lam Research Corp., Fremont, Calif., US**

(72) Erfinder:

**ROSS, P., Charles, San Jose, CA 95138, US; LAI, Canfeng, Fremont, CA 94539, US**

(74) Vertreter:

**PRÜFER & PARTNER GbR, 81479 München**

(54) Bezeichnung: **ASYMMETRISCHE STROMVERSORGUNGSEINHEITEN FÜR BIPOLARE ELEKTROSTATISCHE HALTER UND DEREN VERFAHREN**

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

### Hintergrund der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Halbleitervorrichtungen und auf Einrichtungen zu ihrer Herstellung. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine verbesserte Einrichtung und ein verbessertes Verfahren zum Halten eines Halbleitersubstrats auf einer bipolaren elektrostatischen Halterung in einer Plasmabearbeitungskammer.

**[0002]** Die Verwendung von bipolaren elektrostatischen Halterungen in Plasmabearbeitungssystemen ist wohlbekannt. Um die Diskussion des Vorigen zu erleichtern stellt [Fig. 1](#) ein vereinfachtes Schema einer Substratbearbeitungskammer dar, die als TCP 9400 SE™ bekannt ist, von Lam Research Corporation aus Fremont, California erhältlich ist und eine Kammer darstellt, die zur Verwendung mit einer bipolaren elektrostatischen Halterung geeignet ist. Mit Bezug auf [Fig. 1](#) enthält ein Substratplasmabearbeitungssystem **100** eine Substratbearbeitungskammer **102**. Oberhalb der Kammer **102** ist eine Elektrode **103** bereitgestellt, die bei dem Beispiel von [Fig. 1](#) durch eine Spule verwirklicht ist. Die Spule **103** wird typischerweise von einem HF-Generator **105** über ein (in [Fig. 1](#) nicht gezeigtes) Anpassungsnetzwerk mit Energie versorgt.

**[0003]** Innerhalb der Kammer **102** ist ein Gasring **104** bereitgestellt, der vorzugsweise eine Mehrzahl von Öffnungen enthält zum Freigeben gasförmiger Quellenmaterialien, z.B. der Ätzquellengase, in den HF-induzierten Plasmabereich zwischen oberhalb des Substrats **150**, das beispielsweise ein Halbleitersubstrat oder eine Flachfeldanzeige darstellt. Die gasförmigen Quellmaterialien können auch von Anschliessen freigegeben werden, die in die Wände der Kammer selbst eingebaut sind, oder von einer duschkopartigen Vorrichtung, die oberhalb des Substrats angeordnet ist.

**[0004]** Das Substrat **150** wird in die Kammer **102** eingeführt und auf einer bipolaren elektrostatischen Halterung **110** angeordnet, die als zweite Elektrode wirkt. Die bipolare elektrostatische Halterung **110** empfängt typischerweise HF-Leistung von einem HF-Generator **120** (ebenfalls typischerweise über ein Anpassungsnetzwerk). Eine Leistungsversorgung **152** spannt die Pole der bipolaren elektrostatischen Halterung vor, um das Substrat **150** darauf zu halten. Der Mechanismus, der beim Halten des Substrats **150** auf der Halterung **110** beteiligt ist, wird hier später erläutert.

**[0005]** Um die Leistungsversorgung **152** vor der von dem HF-Generator **120** gelieferten HF-Energie zu schützen, können HF-Filter (herkömmlich und in

[Fig. 1](#) zur Vereinfachung der Darstellung weggelassen) zwischen der Leistungsversorgung **152** und dem HF-Generator **120** angeordnet sein. Analog können DC-Blockkondensatoren (herkömmlich und in [Fig. 1](#) zur Vereinfachung der Darstellung weggelassen) ebenfalls zwischen der Leistungsversorgung **152** und dem HF-Generator **120** angeordnet sein, um zu verhindern, dass der HF-Generator **120** durch die von der Leistungsversorgung **152** gelieferten DC-Potentialpegel beeinträchtigt wird.

**[0006]** Heliumkülgas wird unter Druck (in einer Ausführungsform z.B. etwa 5-10 Torr, 1 Torr = 133Pa) zwischen der Halterung **110** und dem Substrat **150** eingeführt, um als Wärmeübertragungsmedium zum richtigen Steuern der Temperatur des Substrats während der Bearbeitung zu wirken, um gleichförmige und wiederholbare Prozessergebnisse sicher zu stellen. Während der Plasmabearbeitung wird der Druck innerhalb der Kammer **102** vorzugsweise niedrig gehalten, z.B. in einer Ausführungsform zwischen etwa 5 bis 25 mTorr, indem Gas über einen Anschluss **160** abgezogen wird. Eine Mehrzahl von Heizern (in [Fig. 1](#) zur Vereinfachung der Darstellung weggelassen) kann bereitgestellt sein, um eine für das Ätzen geeignete Kammertemperatur (z.B. in einer Ausführungsform etwa 70°C) zu halten. Um einen elektrischen Pfad zur Erde bereitzustellen, ist die Kammerwand der Kammer **102** typischerweise geerdet.

**[0007]** [Fig. 2](#) zeigt detaillierter einen Querschnitt der bipolaren elektrostatischen Halterung **110** von [Fig. 1](#). Zur Vereinfachung der Darstellung ist die bipolare Halterung **110** in einem Aufbau angeordnet, der im Allgemeinen als "Ring und Basis" bekannt ist. Dieser Aufbau ist deutlicher in der Draufsicht von [Fig. 3](#) dargestellt. Wie der Name beinhaltet, hat die bipolare elektrostatische Halterung **110** zwei Pole: einen positiven Pol **204** und einen negativen Pol **206**. Die bipolare elektrostatische Halterung ist in ihrem bevorzugten Aufbau mit negativer Basis dargestellt, auch wenn die Erfindung nicht nur auf Aufbauten mit negativer Basis eingeschränkt ist.

**[0008]** Über den Polen der bipolaren elektrostatischen Halterung ist eine dielektrische Schicht **212** bereitgestellt, die aus einem beliebigen geeigneten dielektrischen Material wie z.B. Keramik, Polymer oder dergleichen bestehen kann. Der Wafer **208** ist zur Bearbeitung oben auf diese dielektrische Schicht **212** der bipolaren elektrostatischen Halterung gelegt.

**[0009]** In [Fig. 2](#) sind die Pole der bipolaren elektrostatischen Halterung mit einer Leistungsversorgung **210** verbunden. Wenn die Leistungsversorgung **210** eingeschaltet wird, wird der negative Pol **206** durch die Leistungsversorgung **210** mit Bezug auf den gemeinsamen Referenzpotentialpegel negativ vorgespannt. Die Leistungsversorgung **210** spannt auch den positiven Pol **204** relativ zu dem gemeinsamen

Referenzpotentialpegel positiv vor.

**[0010]** Für einen p-Halbleiterwafer bewirkt das Vorhandensein eines negativen Potentials an dem negativen Pol **206**, dass die positiven Ladungen oder Löcher in dem Wafer **208** sich zu dem Waferbereich hin bewegen, der über dem negativen Pol **206** liegt. Umgekehrt wandern bei einem n-Halbleiterwafer Elektronen in dem Wafer **208** zu dem Waferbereich hin, der über dem positiven Pol **204** liegt. Demzufolge werden elektrostatische Kräfte zwischen den Polen und den jeweils darüberliegenden Waferbereichen erzeugt, um die Haltekräfte zu liefern, die erforderlich sind, um den Wafer **208** während der Verarbeitung auf der bipolaren elektrostatischen Halterung **110** zu halten.

**[0011]** Wenn die Pole relativ zu einem gemeinsamen Referenzspannungspegel mit entgegengesetzten Polaritäten gleich vorgespannt werden, kann eine Asymmetrie der elektrostatischen Kräfte über den Polen auftreten, wenn das Plasma eingeschaltet wird und der Wafer negativ vorgespannt wird. Um diesen Zustand darzustellen sei ein Fall betrachtet, in dem die Leistungsversorgung **210** den positiven Pol **204** mit +350V und den negativen Pol mit -350V relativ zu dem gemeinsamen Referenzspannungspegel vorspannt. Wenn das Plasma ausgeschaltet ist, liegt das Waferpotential relativ zu dem gemeinsamen Referenzspannungspegel auf 0V, und die Potentialunterschiede zwischen den Polen der bipolaren Halterung **110** und den darüberliegenden Waferbereichen sind jeweils +350V und -350V.

**[0012]** Wenn der Wafer **208** aufgrund des Vorhandenseins eines Plasmas negativ geladen wird, werden die Potentialunterschiede zwischen dem Wafer und den zwei Polen der bipolaren elektrostatischen Halterung jedoch unsymmetrisch. Die Wafervorspannung kann z.B. -100V betragen, wenn das Plasma eingeschaltet wird. In diesem Fall wird der Potentialunterschied zwischen dem positiven Pol und dem negativ vorgespannten Substrat auf +450V erhöht, d.h. (+350V - (-100V)). Der Potentialunterschied zwischen dem negativen Pol und dem negativ vorgespannten Wafer wird dagegen auf lediglich -250V verringert, d.h. (-350V - (-100V)). Die Verringerung des Potentialunterschieds verringert die elektrostatische Haltekraft zwischen dem negativen Pol und dem Wafer. Demzufolge kann etwas Wärmeaustauschgas entweichen, was zu einer unzureichenden Temperatursteuerung und/oder zu Prozessschwankungen führt. In einigen Fällen kann die elektrostatische Kraft, die den Wafer auf der bipolaren Halterung hält, so schwach werden, dass sie nicht ausreicht, der Kraft zu widerstehen, die durch den Druckunterschied zwischen dem Heliumkühldruck und dem niedrigen Druck innerhalb der Kammer auf den Wafer ausgeübt wird, was dazu führt, dass der Wafer von der Oberfläche der Halterung abspringt.

**[0013]** Außerdem kann die von dem Plasma induzierte negative Wafervorspannung den Potentialunterschied zwischen dem negativ vorgespannten Wafer und dem positiven Pol der bipolaren Halterung übermäßig erhöhen. Ein übermäßig hoher Potentialunterschied könnte einen Funkendurchschlag, d.h. eine Funkenbildung zwischen der Grundfläche des Wafers und der Deckfläche der Halterung erzeugen, was zu einer Grubenmarkenbeschädigung führt. Über die Zeit hinweg kann die Oberfläche der Halterung soweit beschädigt werden, dass es unmöglich wird, das Wärmeaustauschgas richtig abgedichtet zu halten.

**[0014]** Es wurde herausgefunden, dass das Wärmeaustauschgaslecken bei bipolaren Halterungen mit negativem Rand wie die in [Fig. 2](#) gezeigte, bei der der Rand der bipolaren elektrostatischen Halterung **110** negativ geladen ist, verschlimmert ist. Das liegt daran, dass es eine geringe elektrostatische Kraft über den Randbereich der bipolaren elektrostatischen Halterung **110** mit negativem Rand gibt, wenn das Plasma eingeschaltet wird und der Wafer negativ vorgespannt wird. Während bipolare elektrostatische Halterungen mit positivem Rand wirkungsvoller beim Halten des Rands des Wafers gegen die Halterung sind und daher das Lecken des Heliums verringern, werden sie dennoch nicht bevorzugt, da sie dazu neigen, Bedingungen zu schaffen, bei denen große Leckströme zwischen dem Plasma und dem Rand der Halterung auftreten können. Bipolare elektrostatische Halterungen mit positivem Rand verschlimmern auch das Waferanhafnen, was weiter zu ihrer Unpopulärität beiträgt.

**[0015]** In der gemeinsam zugeordneten US-Patentanmeldung mit dem Titel "Bipolare elektrostatische Halterungen mit negativen Offset", Seriennummer 08/550,510, eingereicht am 30.10.95 (Anwaltsaktennummer P 168/LAM1P004), veröffentlicht am 10. November 1998 als US 5,835,330 ist eine Technik offenbart zum statischen Versetzen der Spannungspegel, die der bipolaren elektrostatischen Halterung zugeführt werden, so dass die Größe des Unterschieds zwischen dem gemeinsamen Referenzspannungspegel und dem positiven Pol verringert wird, während die Größe des Unterschieds zwischen dem gemeinsamen Referenzspannungspegel und dem negativen Pol vergrößert wird.

**[0016]** Wenn der Wafer durch das Vorhandensein von Plasma negativ geladen wird, bleibt der Unterschied zwischen dem Wafer und dem negativen Pol, auch wenn er relativ zu dem Unterschied, der vor dem Zeitpunkt existierte, zu dem das Plasma eingeschaltet wurde, etwas verringert ist, noch hinreichend hoch, um das Ausmaß des Heliumleckens akzeptabel zu halten.

**[0017]** Nachteiligerweise erfordert der Stand der

Technik zum Herstellen statischer Versatzspannungen jedoch die Verwendung einer zweiten Leistungsversorgung, die eine andere als die Leistungsversorgung ist, die zum Vorspannen der Pole der Halterungen verwendet wird, um die an die Pole der Halterungen gelieferten Spannungspegel zu versetzen. Die Notwendigkeit dieser zweiten Leistungsversorgung ist nachteilhaft, da sie die resultierende statische Versatzleistungsversorgung teurer und schwerfälliger macht.

**[0018]** Dynamische Rückkopplungssysteme versuchen andererseits, die an die Pole der Halterung gelieferten Spannungen als Reaktion auf die hergeleitete Wafer-DC-Vorspannung zu verändern. In der gemeinsam zugeordneten US-Patentanmeldung mit dem Titel "Elektrostatische Waferhalterung mit dynamischer Rückkopplung", Seriennummer 08/624,988, eingereicht am 29.3.96 (Anwaltsaktennummer P169/LAM1P006), veröffentlicht am 22. September 1998 als US 5,812,361 ist eine Technik zum Herleiten der Wafer-DC-Vorspannung und zum Verwenden der hergeleiteten Wafer-DC-Vorspannung als Referenz für die Leistungsversorgung offenbart.

**[0019]** Wenn die Referenzspannung (d.h. die hergeleitete Wafer-DC-Vorspannung) aufgrund der Waferaufladung negativ wird, wird die an den negativen Pol gelieferte Spannung theoretisch dementsprechend negativer, und die an den positiven Pol gelieferte Spannung wird dementsprechend weniger positiv. Da sich die Unterschiede zwischen der Referenzspannung (und daher der Wafer-DC-Vorspannung) und den Spannungspegeln der Pole der Halterung theoretisch gesprochen nicht ändern, sollte es keinen Unterschied in dem Ausmaß des Heliumflusses geben, wenn das Plasma eingeschaltet wird.

**[0020]** In der Praxis wurde herausgefunden, dass die hergeleitete Wafer-DC-Vorspannung typischerweise in ihrer Größe kleiner ist als die wirkliche Wafer-DC-Vorspannung. Daher hat die Referenzspannung typischerweise eine geringere Größe als die wirkliche Wafer-DC-Vorspannung. Dementsprechend sinkt der Potentialunterschied zwischen dem negativen Pol der Halterung, der auf die Referenzspannung bezogen ist, und der Wafer-DC-Vorspannung in der Tat ab, wenn das Plasma eingeschaltet wird. Wie früher erwähnt, verringert die Verringerung von  $\Delta V$  zwischen dem negativen Pol und dem Wafer die elektrostatische Kraft zwischen ihnen und erhöht den Heliumfluss auf unerwünschte Weise.

**[0021]** Weiter wurde herausgefunden, dass dieser Potentialunterschied zwischen der Referenzspannung und der wirklichen Wafer-DC-Vorspannung des Wafers in der Tat ansteigt, wenn die HF-Leistung an der Halterung erhöht wird. Dementsprechend sinkt der Potentialunterschied zwischen dem negativen Pol und dem Wafer tatsächlich, wenn die Vorspan-

nungsleistung erhöht wird, was bewirkt, dass der Heliumfluss ansteigt, wenn die Vorspannungsleistung ansteigt.

**[0022]** Im Hinblick auf das Vorige sind verbesserte Techniken zum verbesserten Halten des Wafers auf der bipolaren elektrostatischen Halterung erwünscht, insbesondere beim Vorhandensein von Plasma. Um die Kosten zu verringern, erfordern die verbesserten Techniken vorzugsweise nicht die Verwendung einer zweiten Leistungsversorgung oder von komplizierten Steuerschaltungen.

**[0023]** Die deutsche Patentanmeldung DE 37 05 866 A offenbart eine Schaltungsanordnung zum Erzeugen von symmetrischen Ausgangsspannungen, die einen Transformator (T) und einen Stromabwärtsgleichrichter (G) enthält, der die Ausgangsspannungen ( $+U_1, -U_1$ ) abgibt. Um die Ausgangsspannungen ( $+U_1, -U_1$ ) zu symmetrisieren, ist ein erster Spannungsteiler (S1), der aus reaktiven Komponenten (C5, C6) gebildet ist, parallel zu dem Gleichrichter (G) geschaltet, wobei ein Referenzpotential (0V) an dem Mittelabgriff des Spannungsteiler (S1) abgegeben wird. Weiter ist ein zweiter Spannungsteiler (S2) parallel zu dem ersten Spannungsteiler (S1) geschaltet. Dieser zweite Spannungsteiler (S2) ist als aktiver Spannungsteiler aufgebaut und symmetriert die Ausgangsspannungen ( $+U_1, -U_1$ ) im Fall einer unsymmetrischen Last. Als reaktive Komponenten (C5, C6) sind vorzugsweise Kondensatoren bereitgestellt, und Emitterfolger, die Widerstände R1 und R2 enthalten, die in einer symmetrischen Weise angeordnet sind, sind vorzugsweise als aktive Spannungsteiler bereitgestellt.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0024]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich in einer Ausführungsform auf ein Verfahren zum Liefern asymmetrischer Spannungen an eine bipolare elektrostatische Halterung einer Substratabarbeitungskammer. Das Verfahren enthält das Bereitstellen einer variablen symmetrischen Spannungsversorgung, die so aufgebaut ist, dass sie als Reaktion auf ein Steuersignal symmetrische differentielle Ausgangsspannungen an einem ersten und einem zweiten Anschluss der variablen symmetrischen Spannungsversorgung erzeugt. Das Verfahren enthält weiter das Anschließen des ersten Anschlusses der variablen symmetrischen Spannungsversorgung an einen ersten Knoten. Der erste Knoten ist an ein erstes Widerstandselement einer Widerstandsbrücke angeschlossen. Das Verfahren enthält auch das Anschließen des zweiten Anschlusses der variablen symmetrischen Spannungsversorgung an einen zweiten Knoten. Der zweite Knoten ist an ein zweites Widerstandselement der Widerstandsbrücke angeschlossen. Das erste Widerstandselement weist einen geringeren Widerstandswert auf als das zweite Wider-

standselement. Weiter ist enthalten das Anschließen des ersten Widerstandselements und des zweiten Widerstandselements an einen gemeinsamen Referenzanschluss, wodurch ohne Verwendung einer anderen Leistungsversorgung als der variablen symmetrischen Spannungsversorgung die asymmetrischen Spannungen an dem ersten Knoten und dem zweiten Knoten erzeugt werden, wenn die variable symmetrische Spannungsversorgung eingeschaltet wird, wobei ein Lastwiderstand zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss angeschlossen ist.

**[0025]** In einer weiteren Ausführungsform bezieht sich die Erfindung auf eine asymmetrische differentielle Spannungsversorgung, die so aufgebaut ist, dass sie asymmetrische Spannungen an eine bipolare elektrostatische Halterung einer Substratbearbeitungskammer liefert. Die asymmetrische differentielle Spannungsversorgung enthält eine variable symmetrische Spannungsversorgung, die so aufgebaut ist, dass sie als Reaktion auf ein Steuersignal symmetrische differentielle Ausgangsspannungen an einem ersten und einem zweiten Anschluss der variablen symmetrischen Spannungsversorgung erzeugt. Ein Lastwiderstand ist zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss angeschlossen. Die asymmetrische differentielle Spannungsversorgung enthält einen ersten Knoten, der an den ersten Anschluss der variablen symmetrischen Spannungsversorgung angeschlossen ist. Es ist eine Widerstandsbrücke enthalten mit einem ersten Widerstandselement, das parallel zu einem zweiten Widerstandselement angeschlossen ist. Das erste Widerstandselement ist an den ersten Knoten angeschlossen. Die asymmetrische differentielle Spannungsversorgung enthält auch einen zweiten Knoten, der an den zweiten Anschluss der variablen symmetrischen Spannungsversorgung und das zweite Widerstandselement angeschlossen ist. Das erste Widerstandselement weist einen geringeren Widerstandswert auf als das zweite Widerstandselement. Zusätzlich ist ein gemeinsamer Referenzanschluss enthalten, der an das erste Widerstandselement und das zweite Widerstandselement angeschlossen ist, wodurch ohne Verwendung einer anderen Leistungsversorgung als der variablen symmetrischen Spannungsversorgung die asymmetrischen Spannungen an dem ersten Knoten und dem zweiten Knoten erzeugt werden, wenn die variable symmetrische Spannungsversorgung eingeschaltet wird.

**[0026]** Diese und andere Vorteile der vorliegenden Erfindung werden klar beim Lesen der folgenden detaillierten Beschreibung und Studieren der verschiedenen Figuren der Zeichnungen.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0027]** Die vorliegende Erfindung wird als Beispiel und nicht zur Einschränkung in den Figuren der bei-

gefügten Zeichnungen dargestellt. In den folgenden Figuren beziehen sich gleiche Referenzzeichen auf analoge oder ähnliche Elemente, um das Verständnis zu erleichtern.

**[0028]** [Fig. 1](#) zeigt zur Vereinfachung der Erläuterung ein typisches Plasmasubstratbearbeitungssystem.

**[0029]** [Fig. 2](#) ist eine Querschnittsansicht einer bipolaren elektrostatischen Halterung.

**[0030]** [Fig. 3](#) zeigt einen Ring-Basis-Aufbau einer bipolaren elektrostatischen Halterung.

**[0031]** [Fig. 4](#) zeigt gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine statisch asymmetrische Leistungsversorgung für eine bipolare elektrostatische Halterung.

**[0032]** [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) zeigen die Wirkung, die die Asymmetrisierung der Versorgungsspannungen auf den Potentialunterschied zwischen dem negativen Pol der bipolaren elektrostatischen Halterung und dem Substrat hat, wenn das Plasma eingeschaltet wird.

**[0033]** [Fig. 6](#) zeigt gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine weitere Ausführungsform einer asymmetrischen Leistungsversorgung für eine bipolare elektrostatische Halterung.

**[0034]** [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) zeigen die Wirkung, die das Verbinden der dynamischen Rückkopplung und der asymmetrischen Versorgungsspannungen auf den Potentialunterschied zwischen dem negativen Pol der bipolaren elektrostatischen Halterung und dem Substrat hat, wenn das Plasma eingeschaltet wird.

**[0035]** [Fig. 8](#) zeigt gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine statisch asymmetrische Leistungsversorgung für eine bipolare elektrostatische Halterung.

#### Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

**[0036]** Die vorliegende Erfindung wird nun detailliert mit Bezug auf einige wenige ihrer bevorzugten Ausführungsformen beschrieben, wie sie in den beigefügten Zeichnungen veranschaulicht sind. In der folgenden Beschreibung werden zahlreiche besondere Details dargelegt, um ein tiefes Verständnis der vorliegenden Erfindung zu erreichen.

**[0037]** Entsprechend einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird wahrgenommen, dass das Lecken des Heliums annehmbar ist, solange der Potentialunterschied zwischen dem negativen Pol oder der

Basis der bipolaren elektrostatischen Halterung und dem Wafer oberhalb eines bestimmten Pegels gehalten wird. Es wird weiter wahrgenommen, dass zum Minimieren des Leckens des Heliums symmetrische Spannungen an den zwei Polen der bipolaren elektrostatischen Halterung nicht wesentlich sind. Es wird wahrgenommen, dass asymmetrische Spannungen an den Polen der bipolaren elektrostatischen Halterung in der Tat auch dann Vorteile mit sich bringen, wenn eine dynamische Rückkopplung verwendet wird.

**[0038]** Wenn beispielsweise die Spannungen, die den zwei Polen der bipolaren elektrostatischen Halterung zugeführt werden, bewusst symmetrisch gemacht werden können (d.h. Machen der Größe des negativen Potentials, das dem negativen Pol der bipolaren elektrostatischen Halterung zugeführt wird, größer als die Größe des positiven Potentials, das dem positiven Pol der bipolaren elektrostatischen Halterung zugeführt wird), ist es beispielsweise möglich sicherzustellen, dass der Potentialunterschied zwischen dem Wafer und dem negativen Pol auch dann, wenn der Wafer negativ vorgespannt wird, immer einen Minimalpegel übersteigt, und seine hergeleitete DC-Spannung wird als Referenz für die Leistungsversorgung verwendet. Wenn die asymmetrische Leistungsversorgung für die elektrostatische Halterung zusammen mit dynamischer Rückkopplung verwendet wird, wird es möglich, einen stabilen Fluss des Kühlheliums auch dann zu behalten, wenn eine hohe Vorspannleistung an die Pole der Halterung angelegt ist.

**[0039]** Wichtiger noch erreicht die vorliegende Erfindung das Ziel des Zuführens asymmetrischer Spannungen an die Pole der bipolaren elektrostatischen Halterung, ohne die Verwendung komplizierter Steuerschaltungen oder zusätzlicher Leistungsversorgungen zu erfordern. Zusätzlich zu anderen vorteilhaften Aspekten der vorliegenden Erfindung ist es möglich, ohne Verwendung einer zweiten Leistungsversorgung (d.h. einer Versatzleistungsversorgung) feste negative Versatzspannungen an die Elektroden der elektrostatischen Halterung anzulegen. Verglichen mit der Technik, die in der oben erwähnten anhängigen Patentanmeldung mit dem Titel "Bipolare elektrostatische Halterungen mit negativem Offset", Seriennummer 08/550,515, eingereicht am 30.10.95 (Anwaltssaktennummer P168/LAM1P004), US 5,835,333 offenbart ist, stellt die vorliegenden Erfindung einen beträchtlichen Fortschritt dar, da sie unter Verwendung lediglich einer einzelnen Leistungsversorgung feste Versatzspannungen an die bipolare elektrostatische Halterung liefert. Wie von Fachleuten anerkannt werden kann, bietet die Möglichkeit, lediglich eine einzige Leistungsversorgung zum Gewinnen fester Versatzspannungen einzusetzen, beträchtliche Vorteile hinsichtlich Kosten und Zuverlässigkeit.

**[0040]** [Fig. 4](#) zeigt entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine asymmetrische differentielle Spannungsversorgung **400** zum Liefern von asymmetrischen Spannungen an die Pole einer bipolaren elektrostatischen Halterung, z.B. der Halterung **110** von [Fig. 1](#). In dem Aufbau von [Fig. 4](#) enthält die asymmetrische differentielle Spannungsversorgung **400** eine variable symmetrische Spannungsversorgung **402**. Als Einzelkomponente empfängt die variable symmetrische Spannungsversorgung **402** an ihren Eingängen ein Steuersignal (typischerweise ein DC-Signal zwischen 0V und 5V) und eine Referenzspannung (in einem Beispiel etwa 24V) und gibt an ihren Ausgangsanschlüssen **404** und **406** positive und negative Spannungen gleicher Größe aus. In dem vorliegenden Beispiel stellt die variable symmetrische Spannungsversorgung **402** eine Spannungsversorgung (Modell Nr. SF-12) von American High Voltage of El Cajon, California dar. Selbstverständlich können auch beliebige andere herkömmliche Leistungsquellen verwendet werden, seien sie variabel oder nicht.

**[0041]** Die Ausgangsanschlüsse **404** und **406** der symmetrischen Spannungsversorgung **402** sind jedoch mit Knoten einer Widerstandsbrücke **408** verbunden. Die Widerstandsbrücke **408** enthält Widerstandselemente **410** und **412**, die an ihren Enden wie gezeigt mit den Ausgangsanschlüssen **404** bzw. **406** und einem gemeinsamen Referenzanschluss **414** verbunden sind. In der Ausführungsform von [Fig. 4](#) ist der gemeinsame Referenzanschluss **414** mit Masse verbunden, auch wenn der gemeinsame Referenzanschluss **414**, wie in einer nachfolgenden Figur gezeigt werden wird, alternativ mit einem dynamischen Rückkopplungssignal verbunden sein kann, um dynamisch die Spannungen zu verändern, die von der asymmetrischen differentiellen Spannungsversorgung **400** ausgegeben werden. Wenn der gemeinsame Referenzanschluss **414** mit Masse verbunden ist, kann ein Strombegrenzungswiderstand (etwa 10kΩ in einer Ausführungsform) zwischen dem gemeinsamen Referenzanschluss **414** und Masse eingefügt sein, wenn das erwünscht ist.

**[0042]** Entsprechend einem besonders vorteilhaften Aspekt der vorliegenden Erfindung können die asymmetrischen Spannungen an Ausgängen **420** und **422** der asymmetrischen differentiellen Spannungsversorgung **400** einfach dadurch erzeugt werden, dass die Widerstandswerte der Widerstandselemente **410** und **412** unsymmetrisch gemacht werden.

**[0043]** Wenn beispielsweise das Widerstandselement **410** einen höheren Widerstandswert aufweist als das Widerstandselement **412**, kann eine Versatzspannung erzeugt werden, wobei die positive Spannung am Anschluss **404** durch die Versatzspannung weniger positiv gemacht wird, während die negative Spannung am Anschluss **406** durch die selbe Ver-

satzspannung negativer gemacht wird. Auf diese Weise gibt die asymmetrische differentielle Spannungsversorgung **400** an ihren Ausgängen **420** und **422** asymmetrische Spannungen aus, die dann als Vorspannungen für die Pole der bipolaren elektrostatischen Halterung verwendet werden können.

**[0044]** In einem Beispiel ist die symmetrische Spannungsversorgung **402** so aufgebaut, dass sei beim Fehlen der Widerstandsbrücke **408** +350V am Anschluss **404** und -350V am Anschluss **406** ausgibt. Wenn ein Widerstandselement **412** mit einem Widerstandswert von etwa  $1,001\text{M}\Omega$  über den Knoten **418** an den Anschluss **404** angeschlossen wird und ein Widerstandselement **410** mit einem Widerstandswert von etwa  $2\text{M}\Omega$  über den Knoten **416** an den Anschluss **406** angeschlossen wird, wird herausgefunden, dass die differentiellen Spannungen an den Ausgängen **420** und **422** jeweils etwa +240V und -460V betragen (d.h. es gibt einen Versatz von 110V). Der Widerstand **430** stellt einen Lastwiderstand dar, um eine endliche Last für die symmetrische Spannungsversorgung **402** darzustellen, da die Halterung, mit der die asymmetrische differentielle Spannungsversorgung **400** an ihren Ausgängen **420** und **422** angeschlossen ist, typischerweise eine sehr hohe Impedanz aufweist. In einer Ausführungsform kann der Widerstand **430** einen Wert von etwa  $470\text{k}\Omega$  haben. Die Widerstände **432** und **434** sind Strombegrenzungswiderstände und Lecksensorwiderstände. In einer Ausführungsform können die Widerstände **432** und **434** einen Wert von jeweils  $51\text{k}\Omega$  haben.

**[0045]** Die differentiellen Spannungen an den Ausgängen **420** und **422** können dann verwendet werden, um die Pole der bipolaren elektrostatischen Halterung (d.h. der Halterung **110** von [Fig. 2](#)) mit positiven und negativen Spannungen verschiedener Größen vorzuspannen. Da die negative Ausgangsspannung relativ zu der gemeinsamen Masse negativer gemacht ist, hält die Erfindung vorteilhafterweise einen hohen Potentialunterschied zwischen dem Substrat und dem negativen Pol auch dann aufrecht, wenn das Plasma eingeschaltet wird und das Substrat negativ aufgeladen wird.

**[0046]** Die mit dem Aufbau von [Fig. 4](#) verbundenen Vorteile können mit Bezug auf die Spannungsdigramme von [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) besser verstanden werden. In [Fig. 5A](#) sind die Pole der bipolaren elektrostatischen Halterungen gleichmäßig auf +350V und -350V vorgespannt, wie es im Stand der Technik geschah. Wenn die HF-Leistung an einem Punkt **502** eingeschaltet wird, erniedrigt sich die Substrat-DC-Vorspannung auf -100V, und der Potentialunterschied ( $\Delta V$ ) zwischen dem negativ geladenen Wafer und dem negativen Pol wird auf 250V verringert.

**[0047]** In [Fig. 5B](#) sind die Pole der bipolaren elektrostatischen Halterung unter Verwendung der asym-

metrischen differentiellen Spannungsversorgung von [Fig. 4](#) ungleichmäßig auf +240V und -460V vorgespannt. Wenn die HF-Leistung an einem Punkt **504** eingeschaltet wird, sinkt die Substrat-DC-Vorspannung wieder auf -100V. Der Potentialunterschied ( $\Delta V$ ) zwischen dem negativ geladenen Wafer und dem negativen Pol sinkt von einem höheren  $\Delta V$  (d.h. 460V vor dem Einschalten der HF-Leistung) und wird statt dessen vorteilhafterweise auf einem Potentialunterschied von 360V gehalten. Der von der vorliegenden Erfindung gelieferte höhere Potentialunterschied überträgt sich in eine höhere elektrostatische Kraft, die den Rand des Wafers gegen die negative Basis der Halterung hält, und somit wird vorteilhafterweise ein stabiler Fluss des Kühlheliums auch dann beibehalten, wenn das Plasma eingeschaltet ist.

**[0048]** In einer Ausführungsform stellen die Widerstandselemente **410** und **412** geeignete herkömmliche Widerstände oder Kombinationen geeigneter herkömmlicher Widerstände mit Standardwerten dar. Die genauen Werte der Widerstände, die die Widerstandselemente **410** und **412** darstellen, hängen primär von den Parametern der symmetrischen Spannungsversorgung **402** und dem erwünschten Versatzspannungswert ab. In einer Ausführungsform können die Werte der Widerstände, die die Widerstandselemente **410** und **412** darstellen, für eine bestimmte Offsetspannung unter Verwendung eines Softwaremodellierwerkzeugs, das als "Electronics WorkBench" (Version 4) von Interactive Image Technologies, Ltd. (111 Peter Street, Suite **801** in Toronto, Ontario, Kanada) bekannt ist, oder eines ähnlichen geeigneten Modellierwerkzeugs gewonnen werden.

**[0049]** Es sei angemerkt, dass die asymmetrische differentielle Spannungsversorgung **400** von [Fig. 4](#) feste asymmetrische Spannungen an die Pole der bipolaren elektrostatischen Halterung liefert, ohne die Verwendung einer zusätzlichen Leistungsversorgung zu erfordern, um die negative Ausgangsspannung mehr negativ zu versetzen und die positive Ausgangsspannung mehr positiv zu versetzen. Das ist höchst vorteilhaft, da es die Kosten und Komplexität der Leistungsversorgung für die elektrostatische Halterung wesentlich verringert.

**[0050]** [Fig. 6](#) zeigt entsprechend einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die asymmetrische differentielle Spannungsversorgung von [Fig. 4](#), bei der der gemeinsame Referenzanschluss **414** statt mit Masse mit einem Wafervorspannungssensor verbunden ist. Wenn sie so angeschlossen ist, ermöglicht es die asymmetrische differentielle Spannungsversorgung von [Fig. 6](#) den Ausgangsspannungen an den Ausgängen **420** und **422**, als Reaktion auf den hergeleiteten Substrat-DC-Vorspannungswert dynamisch geändert zu werden. Wafervorspannungssensoren und die Verwendung ihrer Ausgänge als Referenzsignale können beispielswei-

se in der oben erwähnten anhängigen Patentanmeldung mit der Seriennummer 08/624,988 (US 5,812,361) gefunden werden.

**[0051]** Vorteile dieser Ausführungsform können mit Bezug auf [Fig. 7A](#) besser verstanden werden. In [Fig. 7A](#) sind die den Polen der Halterung zugeführten Spannungen symmetrisch, z.B. bei +350V und -350V. Wenn die HF-Leistung an einem Punkt **702** eingeschaltet wird, wird die DC-Vorspannung des Substrats wie in [Fig. 7A](#) gezeigt um einen Wert  $V_{dc}$  erniedrigt. Die hergeleitete Substrat-DC-Vorspannung, die als Referenzspannung für die symmetrische Leistungsversorgung verwendet wird, erniedrigt die an die beiden Pole gelieferten Spannungen um einen Wert  $V_{ref}$ . Wenn  $V_{dc} = V_{ref}$ , sollte theoretisch keine Verringerung der Größe der elektrostatischen Kraft zwischen dem negativen Pol der Halterung und dem negativ geladenen Wafer auftreten, da die Spannungspegel beider um den selben Betrag erniedrigt werden.

**[0052]** In der Praxis wurde jedoch herausgefunden, dass die Wafervorspannungssensorschaltung  $V_{dc}$  routinemäßig unterschätzt. Demzufolge ist  $V_{ref}$  (d.h. die hergeleitete Substrat-DC-Vorspannung) typischerweise kleiner als  $V_{dc}$  (die tatsächliche Substrat-DC-Vorspannung). Wie in dem Diagramm **7A** gezeigt bewirkt diese Unterschätzung, dass der Spannungspegel des negativen Pols um einen kleineren Betrag erniedrigt wird als der Betrag, um den der Substrat-DC-Pegel erniedrigt wird. Wenn die Substrat-DC-Vorspannung beispielsweise auf -100V erniedrigt wird, kann sich  $\Delta V$  von 350V vor dem Punkt **702** (wenn das Plasma eingeschaltet wird) zu etwas weniger als 350V nachher ändern (aufgrund der Unterschätzung der Substrat-DC-Vorspannung durch die HF-Spitzendetektorschaltung). Wenn der Potentialunterschied, der zum Aufrechterhalten eines zufriedenstellenden Pegels des Heliumflusses erforderlich ist, etwa 350V beträgt, kann dieser leichter Abfall ausreichen, um das Lecken des Heliums auf einen nicht akzeptablen Pegel zu erhöhen.

**[0053]** Wenn die dynamische Rückkopplung unter Verwendung der hergeleiteten Substrat-DC-Vorspannung gemeinsam mit der asymmetrischen Spannungsversorgung für die elektrostatische Halterung gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wird, wurde herausgefunden, dass der Spannungsunterschied zwischen dem negativen Pol und dem Substrat angemessen aufrechterhalten werden kann, auch wenn das Substrat negativ geladen ist (wenn die HF-Leistung eingeschaltet ist). Mit Bezug auf [Fig. 7B](#) sind die Pole der bipolaren elektrostatischen Halterung anfänglich asymmetrisch, d.h. beispielsweise jeweils mit +240V und -460V versorgt. Wenn die HF-Leistung an dem Punkt **704** eingeschaltet wird und die hergeleitete Substrat-DC-Vorspannung als Referenz für die Leistungsversorgung verwendet

wird, ist dieser Potentialunterschied  $\Delta V_2$ , obwohl er aufgrund des erwähnten Unterschätzungsproblems etwas von  $\Delta V_1$  absinkt, noch hinreichend groß, um einen angemessenen Pegel der elektrostatischen Anziehungskraft zwischen dem Substrat und dem negativ geladenen Wafer und damit verbunden einen stabilen Heliumfluss aufrecht zu erhalten.

**[0054]** Wenn die Substrat-DC-Vorspannung beispielsweise auf -100V sinkt, kann  $\Delta V$  von etwa 460V vor dem Punkt **704** (wenn das Plasma eingeschaltet wird) auf etwas weniger als 460V nachher sinken (aufgrund der Unterschätzung der Substrat-DC-Vorspannung durch die HF-Spitzendetektorschaltung). Wenn unter Verwendung des in Verbindung mit [Fig. 7A](#) diskutierten vorigen Beispiels der Potentialunterschied, der zum Aufrechterhalten eines zufriedenstellenden Pegels des Heliumflusses erforderlich ist, etwa 350V beträgt, hält die asymmetrische Leistungsversorgung mit dynamischer Rückkopplung vorteilhaft den Potentialunterschied höher als diesen Wert, der zum Stabilhalten des Heliumflusses erforderlich ist.

**[0055]** [Fig. 8](#) zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei der die Widerstandsbrücke **408** zusätzlich zu dem Asymmetrisieren der Spannungen an den Ausgängen **420** und **422**, die an die Pole der Halterung angelegt werden sollen, weiter als Spannungsteilerschaltung wirkt, um den Potentialunterschied zwischen den Knoten **418** und **416** herunterzuteilen. In der Ausführungsform von [Fig. 8](#) kann an einem Knoten **812** ein Signal gewonnen werden, das einen Bruchteil des Potentialunterschieds zwischen den Knoten **416** und **418** darstellt. Eine Analog/Digital-IO-Schaltung kann beispielsweise an Knoten **812** angeschlossen sein, um dem Benutzer Daten zu liefern, die zu den Spannungen gehören, die an die Pole der ESC-Halterung eingegeben werden. Diese Daten können dann beispielsweise verwendet werden, um den an dem Substrat durchgeführten Prozess zu überwachen.

**[0056]** Wie aus dem Vorigen anerkannt werden kann, verbessert die Erfindung vorteilhaft das Halten des Substrates an einer bipolaren elektrostatischen Halterung, insbesondere an einer bipolaren elektrostatischen Halterung mit negativer Basis, während der Zeit, in der das Plasma eingeschaltet ist und das Substrat negativ geladen ist. Durch einfaches Verändern der Widerstandswerte in der Widerstandsbrücke erhöht die Erfindung vorteilhaft die Größe der negativen Spannung, die dem negativen Pol zugeführt wird, um die Größe der elektrostatischen Kraft so zu erhöhen, dass ein angemessener Pegel der elektrostatischen Kraft zwischen dem Substrat und dem negativen Pol auch dann noch verbleibt, nachdem das Substrat aufgrund des Plasmas negativ vorgeladen ist. Besonders wichtig ist, dass die vorliegende Erfindung das Vorige verwirklicht, ohne die Verwendung

komplizierter Steuerschaltungen oder die Verwendung einer oder mehrerer zusätzlicher Leistungsversorgungen zu erfordern. Mit einer dynamischen Rückkopplung wird ein angemessener Pegel der Haltekraft auch dann sichergestellt, wenn die Vorspannungsleistung (sowie die Größe der negativen Spannung des Wafers) stark erhöht wird.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Liefern asymmetrischer Spannungen an eine bipolare elektrostatische Halterung (**110**) einer Substratabarbeitungskammer (**102**), mit: dem Bereitstellen einer variablen symmetrischen Spannungsversorgung (**400**), wobei die variable symmetrische Spannungsversorgung so aufgebaut ist, dass sie als Reaktion auf ein Steuersignal symmetrische differentielle Ausgangsspannungen an einem ersten und einem zweiten Anschluss (**404**, **406**) der variablen symmetrischen Spannungsversorgung erzeugt, dem Anschließen des ersten Anschlusses (**404**) der variablen symmetrischen Spannungsversorgung an einen ersten Knoten (**418**), wobei der erste Knoten an ein erstes Widerstandselement (**412**) einer Widerstandsbrücke (**408**) angeschlossen ist, dem Anschließen des zweiten Anschlusses (**406**) der variablen symmetrischen Spannungsversorgung an einen zweiten Knoten (**416**), wobei der zweite Knoten an ein zweites Widerstandselement (**410**) der Widerstandsbrücke (**408**) angeschlossen ist, wobei das erste Widerstandselement (**412**) einen geringeren Widerstandswert aufweist als das zweite Widerstandselement (**410**), dem Anschließen des ersten Widerstandselements (**412**) und des zweiten Widerstandselements (**410**) an einen gemeinsamen Referenzanschluss (**414**), wodurch ohne Verwendung einer anderen Versorgung als der variablen symmetrischen Spannungsversorgung die asymmetrischen Spannungen an dem ersten Knoten (**418**) und dem zweiten Knoten (**416**) erzeugt werden, wenn die variable symmetrische Spannungsversorgung (**400**) eingeschaltet wird, wobei ein Lastwiderstand (**430**) zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss angeschlossen ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, weiter mit dem Anschließen des gemeinsamen Referenzanschlusses (**414**) an eine Spitzendetektorschaltungsausgabe, wobei die Spitzendetektorschaltungsausgabe ein Gleichspannungssignal darstellt, das als Reaktion auf eine an der bipolaren elektrostatischen Halterung gemessene HF-Spitze-Spitze-Spannung erzeugt wird, wodurch ermöglicht wird, dass sich die Größen der asymmetrischen Spannungen als Reaktion auf eine Größe der Spitzendetektorschaltungsausgabe ändern.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem das erste

Widerstandselement (**412**) einen Wert von etwa 1 MΩ aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem das zweite Widerstandselement (**410**) einen Wert von etwa 2 MΩ aufweist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, weiter mit dem Anschließen des gemeinsamen Referenzanschlusses (**414**) an Masse, wodurch die Größen der der asymmetrischen Spannungen im Wesentlichen auf vorbestimmte Werte festgelegt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, weiter mit dem Anschließen des gemeinsamen Referenzanschlusses (**414**) an ein erstes Ende eines Strombegrenzungswiderstands (**810**) und dem Anschließen eines zweiten Endes des Strombegrenzungswiderstands (**810**) an Masse, wodurch die Größen der der asymmetrischen Spannungen im Wesentlichen auf vorbestimmte Werte festgelegt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, weiter mit dem Gewinnen einer Gleichspannung an einem ersten Spannungsüberwachungsknoten, wobei der erste Spannungsüberwachungsknoten (**812**) an einen ersten Widerstand (**806**) des ersten Widerstandselements und einen zweiten Widerstand (**808**) des ersten Widerstandselements angeschlossen ist, wobei das erste Widerstandselement den ersten Widerstand (**806**) in Reihe geschaltet zu dem zweiten Widerstand (**808**) enthält.

8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die bipolare elektrostatische Halterung (**110**) einen Ring-Basis-Aufbau hat, wobei der erste Knoten (**418**) mit einem Ring (**204**) der bipolaren elektrostatischen Halterung verbunden ist und der zweite Knoten (**416**) mit einer Basis (**206**) der bipolaren elektrostatischen Halterung verbunden ist.

9. Asymmetrische differentielle Spannungsversorgung (**400**), die so aufgebaut ist, dass sie asymmetrische Spannungen an eine bipolare elektrostatische Halterung (**110**) einer Substratabarbeitungskammer (**102**) liefert, mit: einer variablen symmetrischen Spannungsversorgung (**400**), wobei die variable symmetrische Spannungsversorgung so aufgebaut ist, dass sie als Reaktion auf ein Steuersignal symmetrische differentielle Ausgangsspannungen an einem ersten und einem zweiten Anschluss (**404**, **406**) der variablen symmetrischen Spannungsversorgung erzeugt, einem Lastwiderstand (**430**), der zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss (**404**, **406**) angeschlossen ist, einem ersten Knoten (**418**), wobei der erste Knoten an den ersten Anschluss (**404**) der variablen symmetrischen Spannungsversorgung angeschlossen ist,

einer Widerstandsbrücke (**408**) mit einem ersten Widerstandselement (**412**), das parallel zu einem zweiten Widerstandselement (**410**) angeschlossen ist, wobei das erste Widerstandselement an den ersten Knoten angeschlossen ist, einem zweiten Knoten (**416**), wobei der zweite Knoten an den zweiten Anschluss (**406**) der variablen symmetrischen Spannungsversorgung und das zweite Widerstandselement angeschlossen ist, wobei das erste Widerstandselement einen geringeren Widerstandswert aufweist als das zweite Widerstandselement, und einem gemeinsamen Referenzanschluss (**414**), der an das erste Widerstandselement und das zweite Widerstandselement angeschlossen ist, wodurch ohne Verwendung einer anderen Versorgung als der variablen symmetrischen Spannungsversorgung die asymmetrischen Spannungen an dem ersten Knoten (**418**) und dem zweiten Knoten (**416**) erzeugt werden, wenn die variable symmetrische Spannungsversorgung (**400**) eingeschaltet wird.

10. Asymmetrische differentielle Spannungsversorgung nach Anspruch 9, weiter mit einem HF-Spitze-Spitze-Spannungsdetektor, der an den gemeinsamen Referenzanschluss (**414**) angeschlossen ist, wobei der HF-Spitze-Spitze-Spannungsdetektor eine HF-Spitze-Spitze-Spannung misst, die an der bipolaren elektrostatischen Halterung (**110**) gemessen wird, und als Reaktion darauf an dem gemeinsamen Referenzanschluss ein Gleichspannungssignal erzeugt, wodurch ermöglicht wird, dass sich die Größen der asymmetrischen Spannungen als Reaktion auf eine Größe der Spitzendetektorschaltungsausgabe ändern.

11. Asymmetrische differentielle Spannungsversorgung nach Anspruch 10, bei der das erste Widerstandselement (**412**) einen Wert von etwa  $1 \text{ M}\Omega$  aufweist.

12. Asymmetrische differentielle Spannungsversorgung nach Anspruch 11, bei der das zweite Widerstandselement (**410**) einen Wert von etwa  $2 \text{ M}\Omega$  aufweist.

13. Asymmetrische differentielle Spannungsversorgung nach Anspruch 9, bei der der gemeinsame Referenzanschluss (**414**) an Masse angeschlossen ist, wodurch die Größen der asymmetrischen Spannungen im Wesentlichen auf vorbestimmte Werte festgelegt werden.

14. Asymmetrische differentielle Spannungsversorgung nach Anspruch 13, bei der die vorbestimmten Werte jeweils etwa -460 Volt und etwa 240 Volt betragen.

15. Asymmetrische differentielle Spannungsversorgung nach Anspruch 9, bei der der gemeinsame

Referenzanschluss (**414**) an ein erstes Ende eines Strombegrenzungswiderstands (**810**) angeschlossen ist und ein zweites Ende des Strombegrenzungswiderstands (**810**) an Masse angeschlossen ist, wodurch die Größen der asymmetrischen Spannungen im Wesentlichen auf vorbestimmte Werte festgelegt werden.

16. Asymmetrische differentielle Spannungsversorgung nach Anspruch 15, bei der das erste Widerstandselement einen ersten Widerstand (**806**) enthält, der in Reihe zu einem ersten Spannungsüberwachungsknoten (**812**) und einem zweiten Widerstand (**808**) geschaltet ist, wobei der Spannungsüberwachungsknoten aufgebaut ist zum Liefern einer Gleichspannung, die einen Bruchteil der asymmetrischen Spannungen darstellt.

17. Asymmetrische differentielle Spannungsversorgung (**400**), die so aufgebaut ist, dass sie asymmetrische Spannungen an eine bipolare elektrostatische Halterung (**110**) einer Substratbearbeitungskammer (**102**) liefert, mit: einer variablen symmetrischen Spannungsversorgung (**400**), wobei die variable symmetrische Spannungsversorgung so aufgebaut ist, dass sie symmetrische differentielle Ausgangsspannungen an einem ersten und einem zweiten Anschluss (**404, 406**) der variablen symmetrischen Spannungsversorgung erzeugt, einem Lastwiderstand (**430**), der zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss (**404, 406**) angeschlossen ist, einem an den ersten Anschluss (**404**) und den zweiten Anschluss (**406**) angeschlossenes Mittel zum Asymmetrisieren der differentiellen Ausgangsspannungen, wodurch die asymmetrischen Spannungen erzeugt werden, wobei das Mittel zum Asymmetrisieren enthält: ein erstes resistives Mittel (**412**), das an den ersten Anschluss (**404**) angeschlossen ist, ein zweites resistives Mittel (**410**), das an den zweiten Anschluss (**406**) angeschlossen ist, wobei das erste resistive Mittel einen geringeren Widerstandswert aufweist als das zweite resistive Mittel, und einen Referenzanschluss (**414**), der an das erste resistive Mittel und das zweite resistive Mittel angeschlossen ist.

18. Asymmetrische differentielle Spannungsversorgung nach Anspruch 17, bei der der gemeinsame Referenzanschluss (**414**) an eine Spitzendetektorschaltungsausgabe angeschlossen ist, wobei die Spitzendetektorschaltungsausgabe ein Gleichspannungssignal darstellt, das als Reaktion auf eine an der bipolaren elektrostatischen Halterung gemessene HF-Spitze-Spitze-Spannung erzeugt wird, wodurch ermöglicht wird, dass sich die Größen der asymmetrischen Spannungen als Reaktion auf eine Größe der Spitzendetektorschaltungsausgabe ändern.

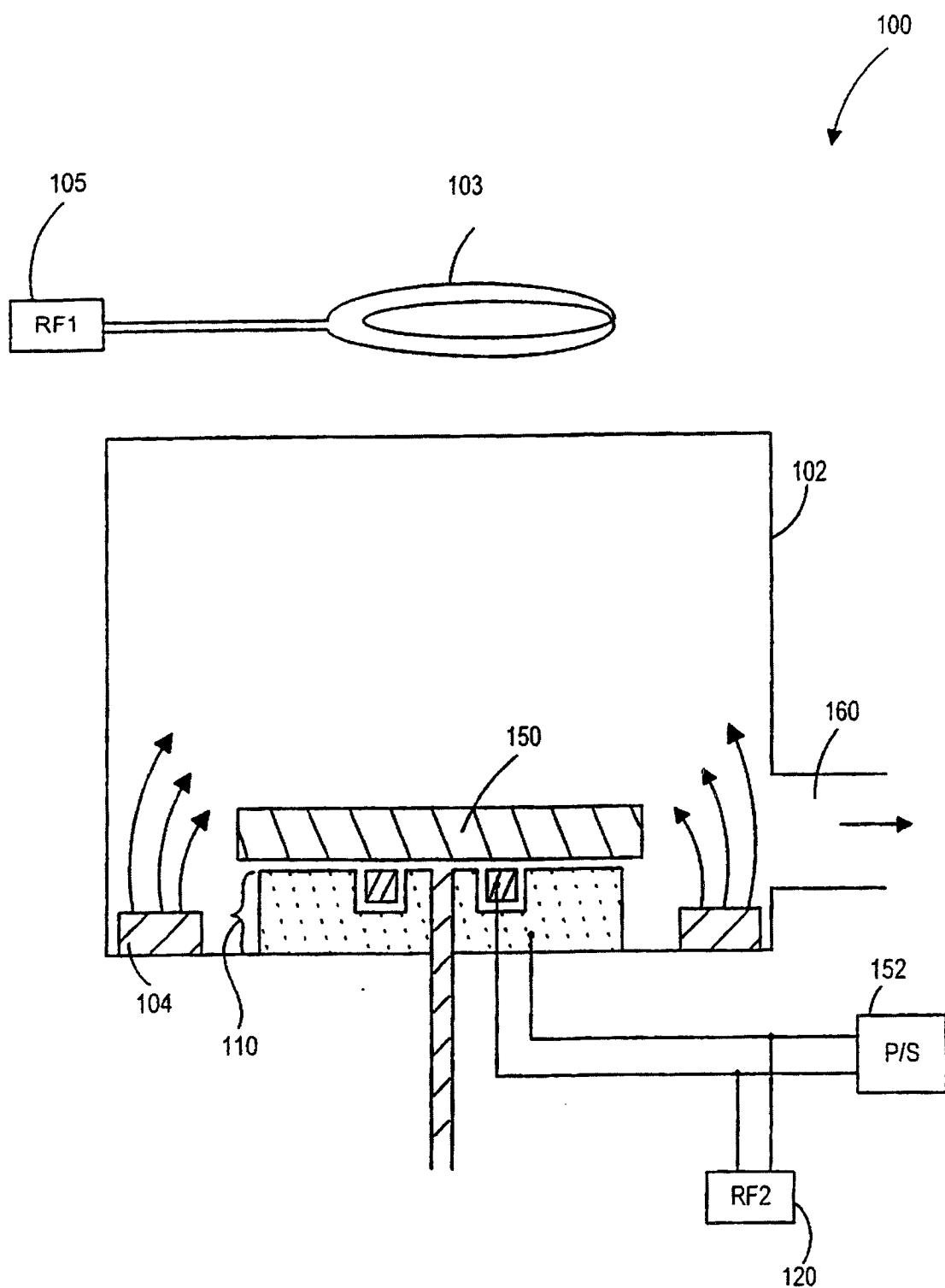
dern.

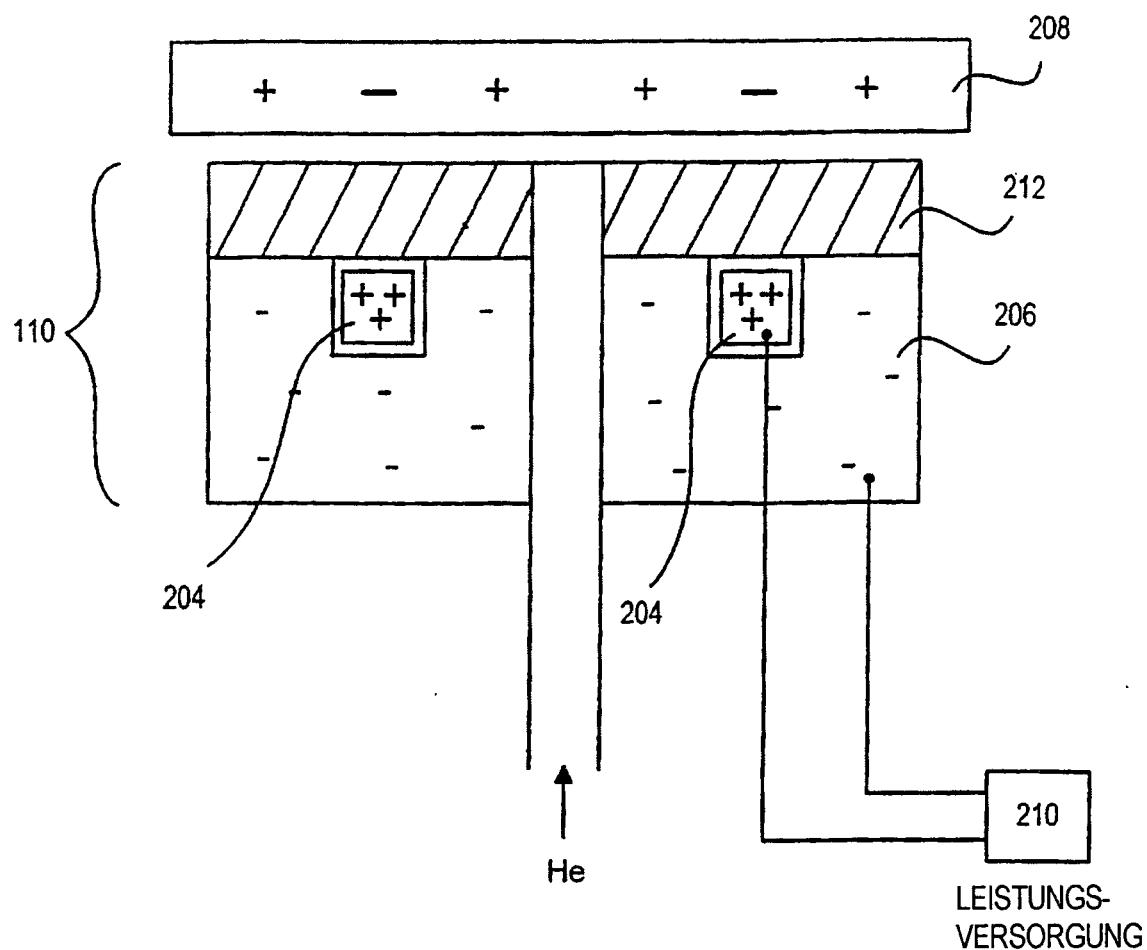
19. Asymmetrische differentielle Spannungsversorgung nach Anspruch 17, bei der der gemeinsame Referenzanschluss (**414**) an Masse angeschlossen ist, um die Größen der asymmetrischen Spannungen im Wesentlichen auf vorbestimmte Werte festzulegen.

20. Asymmetrische differentielle Spannungsversorgung nach Anspruch 17, bei der der gemeinsame Referenzanschluss (**414**) an ein erstes Ende eines Strombegrenzungswiderstands (**810**) angeschlossen ist und ein zweites Ende des Strombegrenzungswiderstands an Masse angeschlossen ist, um die Größen der asymmetrischen Spannungen im Wesentlichen auf vorbestimmte Werte festzulegen.

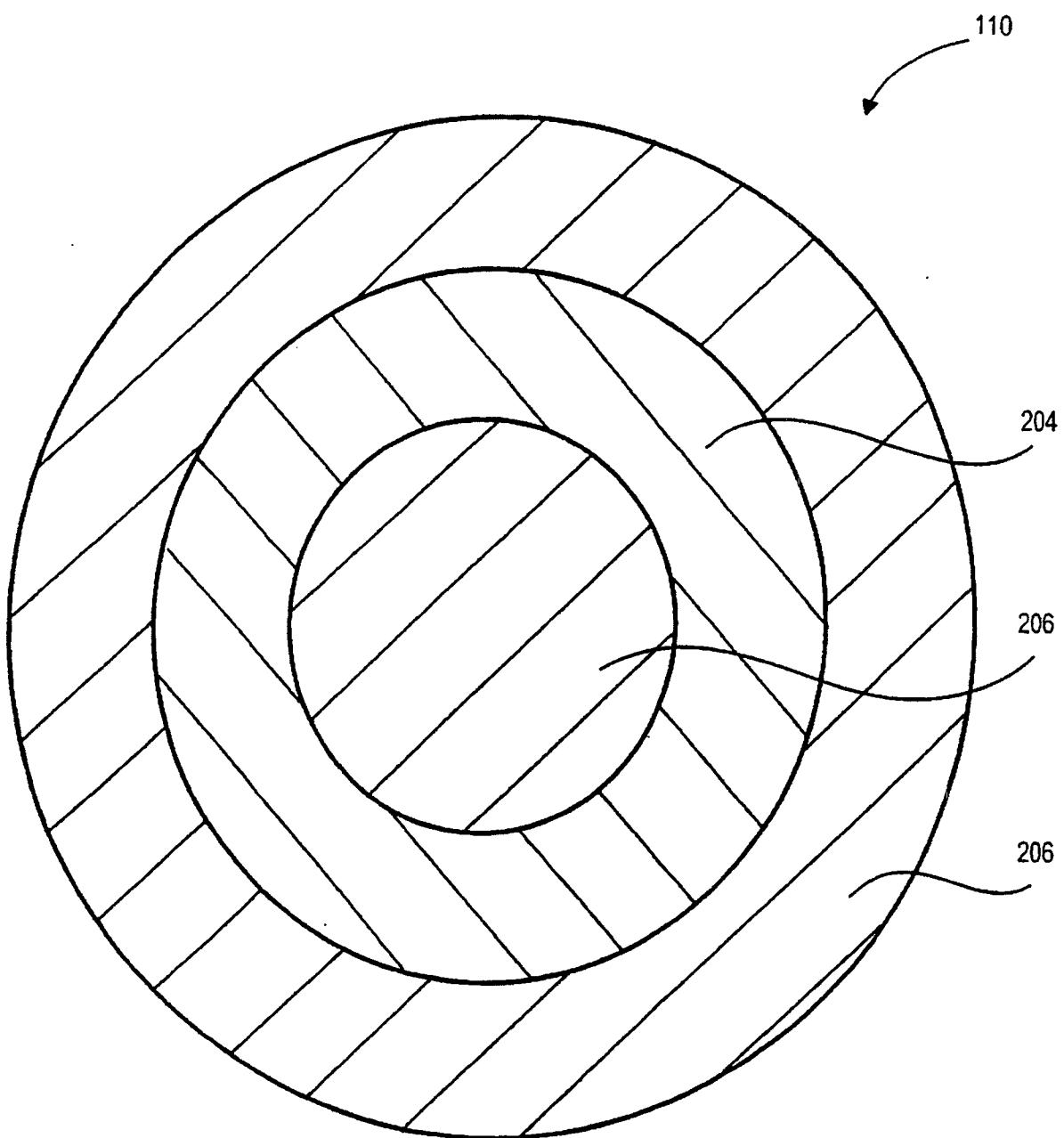
Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

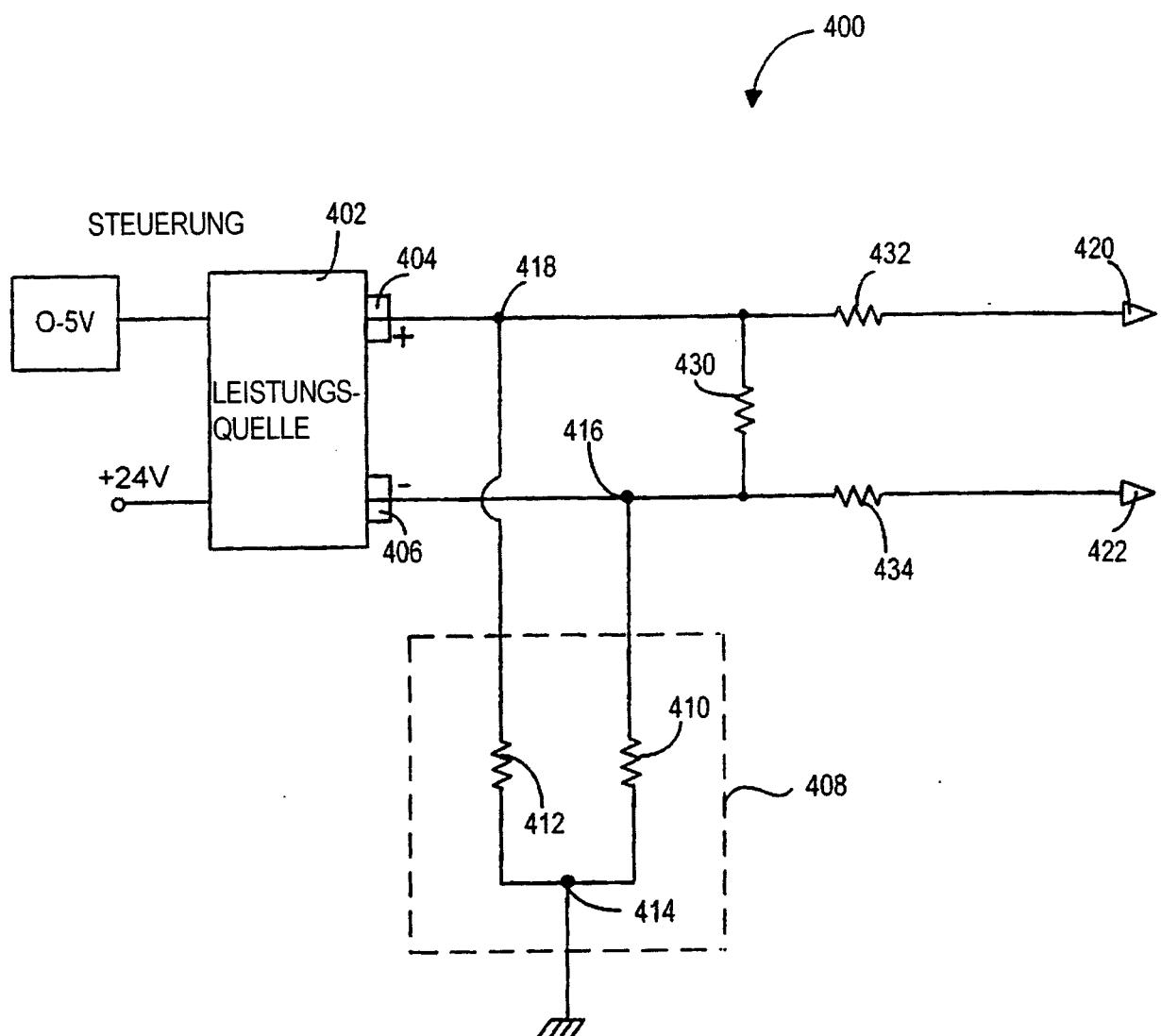
**FIG. 1**



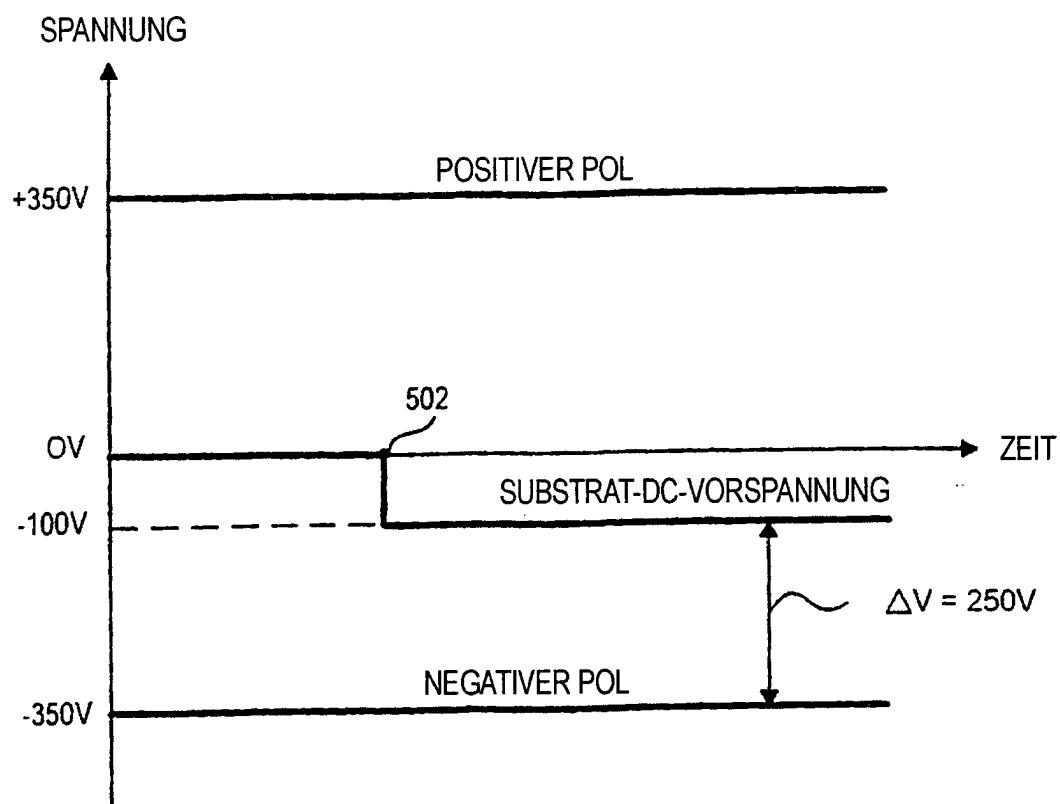
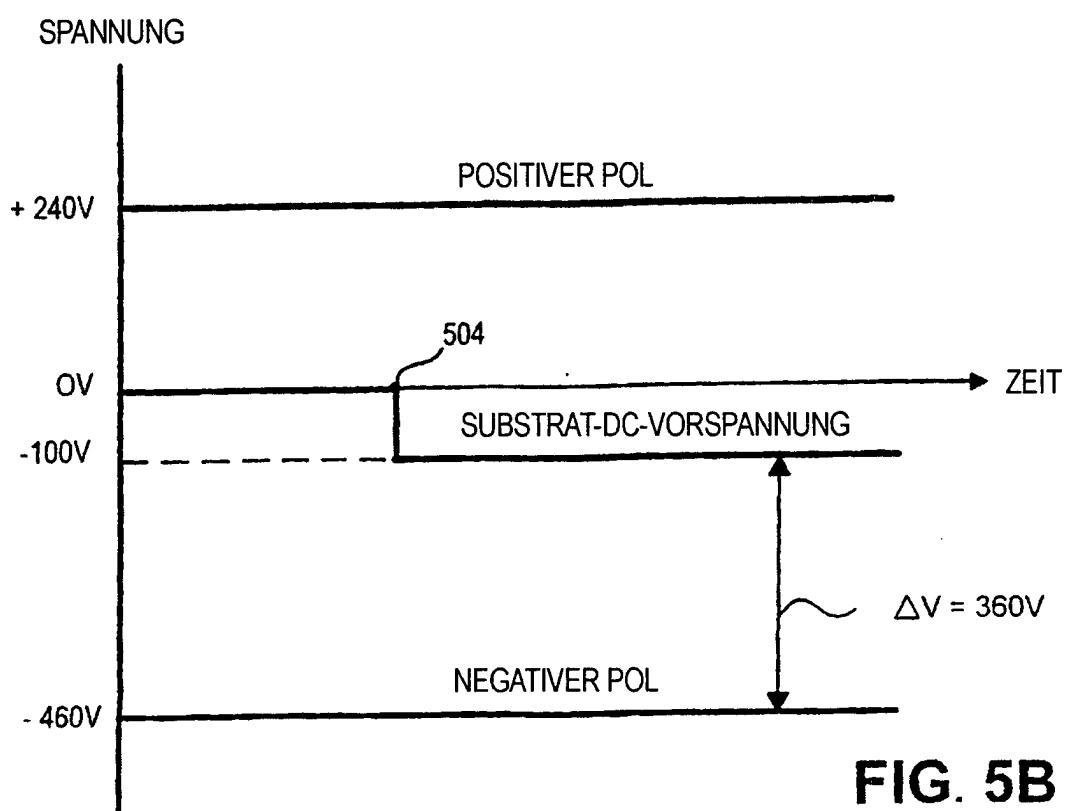
**FIG. 2**

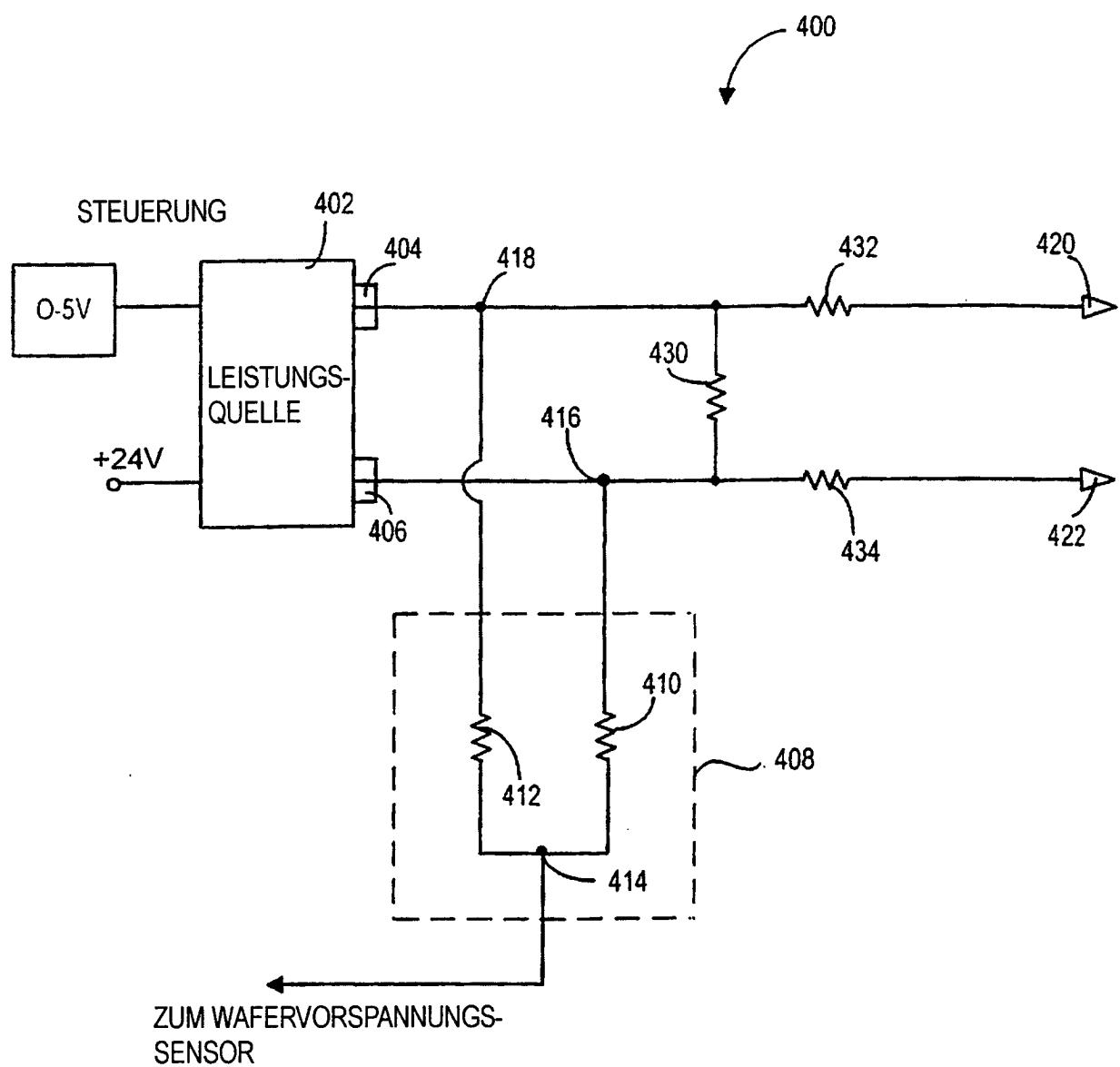


**FIG. 3**



**FIG. 4**

**FIG. 5A****FIG. 5B**



**FIG. 6**

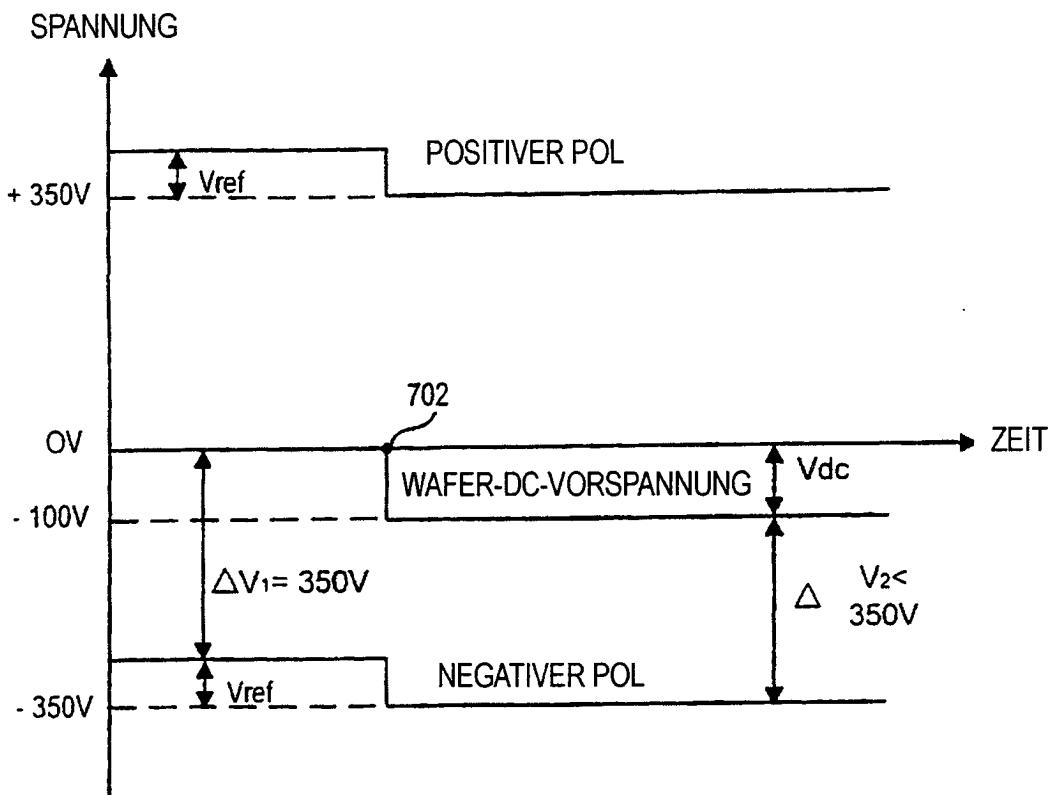


FIG. 7A

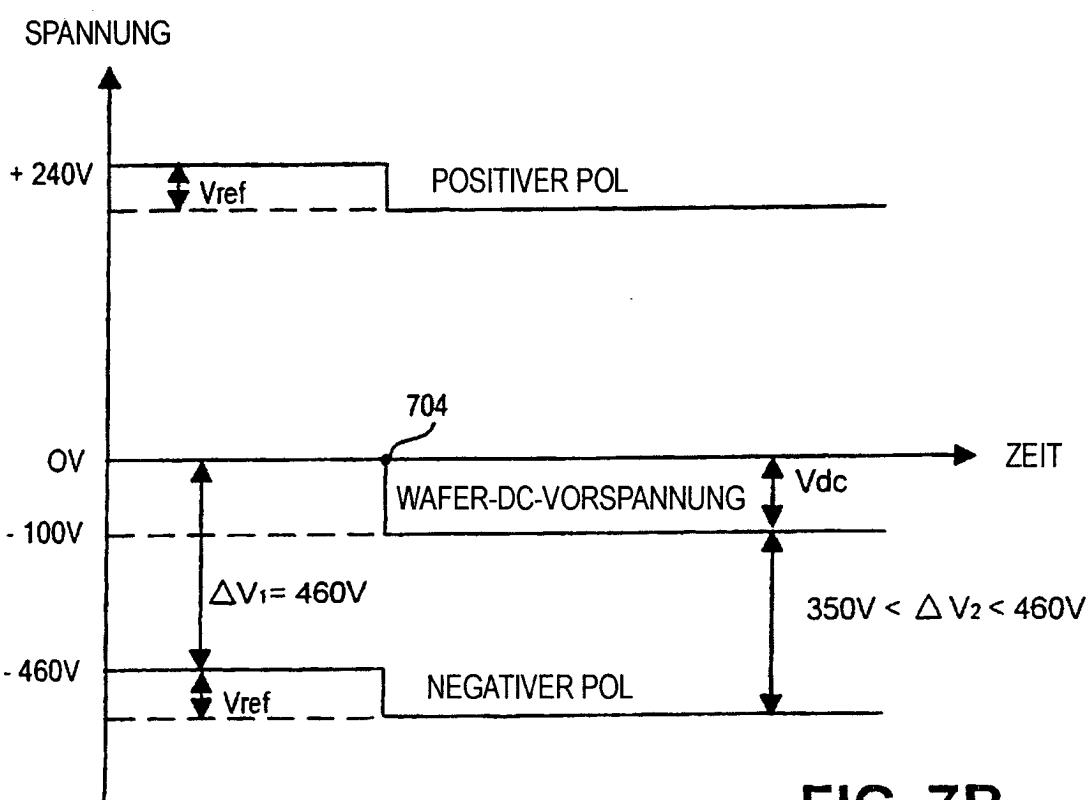
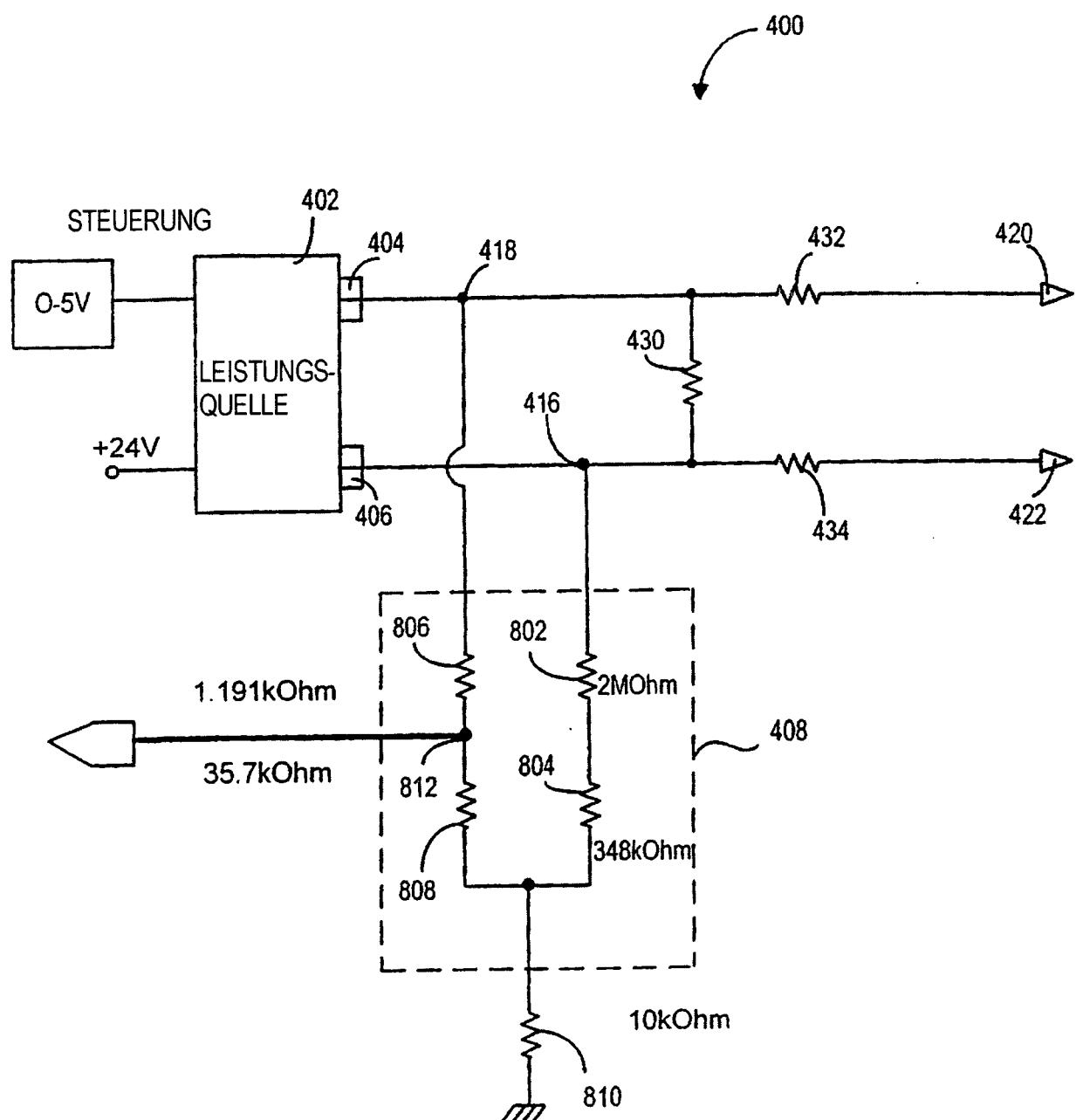


FIG. 7B

**FIG. 8**