



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 24 227 T2 2006.08.24**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 141 779 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G03F 7/16 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 24 227.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB00/00002**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 900 004.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/042474**

(86) PCT-Anmeldetag: **03.01.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **20.07.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.10.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **23.11.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.08.2006**

(30) Unionspriorität:
229872 14.01.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
Steag RTP Systems, Inc., San Jose, Calif., US

(72) Erfinder:
THAKUR, P., Randhir, San Jose, US

(74) Vertreter:
**WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR PHOTOLACKBESCHICHTUNG AUF EIN SUBSTRAT**

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

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

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein Verfahren zum Aufbringen eines festen Materials auf ein Substrat. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Aufbringen von Photolack-Materialien auf Halbleiter-Wafer. Beispielsweise wird in einer Ausführungsform eine ein Photolack-Material enthaltende Flüssigkeitslösung atomisiert bzw. zerstäubt und auf einen Halbleiterwafer aufgebracht, während der Wafer mit wenigstens einer Energiequelle in Kontakt steht.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Im Allgemeinen ist eine integrierte Schaltung eine elektronische Schaltung auf einem einzelnen monolithischen Chip, der aktive und passive Schaltungselemente aufweist. Integrierte Schaltungen werden durch Diffundieren und Aufbringen aufeinander folgender Schichten verschiedener Materialien in einem vorgewählten Muster auf ein Substrat gefertigt. Die Materialien können Halbleitermaterialien wie Silizium, leitende Materialien wie Metalle und Materialien mit kleiner Dielektrizität, wie Siliziumdioxid, umfassen. Die Halbleitermaterialien, die in integrierten Schaltungschips enthalten sind, werden dazu verwendet, um übliche elektronische Schaltungselemente, wie Widerstände, Kondensatoren, Dioden und Transistoren zu bilden.

[0003] Integrierte Schaltungen werden in hohem Maße in elektronischen Geräten, wie beispielsweise digitalen Rechnern verwendet, weil sie kleine Abmessungen, einen geringen Energieverbrauch und hohe Zuverlässigkeit aufweisen. Die Komplexität integrierter Schaltungen reicht von einfachen logischen Gattern und Speichereinheiten bis zu großen Anordnungen, mit denen komplette Video-, Audio- und Druckdatenverarbeitungen möglich sind. Gegenwärtig besteht jedoch Nachfrage nach integrierten Schaltungschips, mit denen mehr Aufgaben mit kleinerem Raumbedarf bei noch geringerer Betriebsspannung durchgeführt werden können.

[0004] Wie zuvor beschrieben, werden integrierte Schaltungschips durch aufeinander folgendes Aufbringen von Schichten unterschiedlicher Materialien auf ein Substrat hergestellt. Typischerweise besteht das Substrat aus einer dünnen Scheibe oder einem dünnen Wafer aus n-leitendem oder p-leitendem Silizium. Die aktiven und passiven Komponenten der integrierten Schaltung sind in einer dünnen n-leitenden epitaxialen Schicht oben auf dem Substrat ausgebildet. Die Komponenten der integrierten Schaltung können Schichten unterschiedlicher leitender Materialien, wie Metalle und Halbleitermaterialien umfassen, die von isolierenden Materialien mit niedriger Di-

elektrizität umgeben sind. Um verbesserte integrierte Schaltungschips zu schaffen, wurde Beachtung nicht nur darauf fokussiert, unterschiedliche Materialien für den Aufbau der Chips zu verwenden, sondern es wurde auch Wert gelegt, neue Verfahren zum Aufbringen verschiedener Schichten von Materialien auf das Substrat zu entdecken bzw. zu entwickeln.

[0005] Die Materialien, die in Schichten auf Halbleiterwafer aufgebracht werden, müssen generell entsprechend einem vorgegebenen Muster auf den Wafer aufgebracht werden. Um die Materialien entsprechend einem Muster auf den Wafer zu bringen, wird typischerweise zuerst eine Beschichtung auf dem Wafer gebildet. Kanäle und Verbindungen werden dann in der Beschichtung gebildet, die das Muster zum Applizieren der Materialien bilden, die zur Ausbildung der integrierten Schaltung verwendet werden. Das Applizieren der vorläufigen Beschichtung auf Halbleiterwafer, wie sie zuvor beschrieben wurden, wird generell durch ein Lithografie-Verfahren vorgenommen. Typischerweise sind fünf bis zwanzig vollständige Lithografie-Operationen auf jedem Wafer in Abhängigkeit vom Typ der integrierten Schaltung erforderlich. Bei den meisten Anwendungen besteht die vorläufige Beschichtung, die auf einen Wafer appliziert wird, aus einem Photoresist- bzw. Photolack-Material, das ein lichtreaktives Material ist, dessen Eigenschaften durch optische Bestrahlung über einen spezifischen Wellenlängenbereich geändert werden. Aufgrund der licht- oder photoreaktiven Eigenschaften der Photolack-Materialien können unter Verwendung von Lichtenergie Muster in den Schichten gebildet werden.

[0006] Beispielsweise wird bei einer Ausführungsform der Halbleiterwafer zunächst mit einem Photolack-Material beschichtet. Die Beschichtung des Photolack-Materials sollte gleichförmig sein und fest am Wafer anhaften. Nachdem die Beschichtung auf den Wafer aufgebracht worden ist, wird die Beschichtung üblicherweise bei einer Temperatur von bis zu 100°C ausgebacken bzw. erhitzt, um alle Lösungsmittel, die in der Beschichtung enthalten sein könnten, zu entfernen.

[0007] Der nächste Verfahrensschritt besteht darin, Kanäle und Verbindungen in der Photolack-Beschichtung auszubilden. Dies wird durchgeführt, indem der Wafer zunächst zu einer Maske ausgerichtet wird, die mit einem Form gebenden Muster gedruckt wird. Beispielsweise kann die Maske eine gelatinephotographische Emulsion auf einer Glasplatte sein, die über den Halbleiterwafer platziert wird. Der Wafer wird dann Lichtenergie ausgesetzt, die mit dem Photolack-Material reagiert. Da die Maske über dem Wafer platziert ist, gelangt insbesondere die Lichtenergie, die auf den Wafer gerichtet wird, auf die Photolack-Beschichtung entsprechend dem Muster, das auf der Maske aufgedruckt ist.

[0008] Nachdem der Wafer mit Licht einer bestimmten Wellenlänge bestrahlt wurde, kann der Wafer gewünschtenfalls danach noch einmal ausgebacken oder erhitzt werden. Nachdem er ausgebacken ist, wird der Wafer in einem geeigneten Lösungsmittel gespült. In Abhängigkeit von der Art des verwendeten Photolack-Materials entfernt das Lösungsmittel entweder das Photolack-Material, das dem Licht ausgesetzt war, oder es entfernt das Photolack-Material, das nicht dem Licht ausgesetzt war. Wenn das Lösungsmittel den dem Licht ausgesetzten Bereich der Photolack-Beschichtung entfernt, wird das Photolack-Material als "positiver" Photolack angesehen. Wenn das Lösungsmittel dagegen die nicht dem Licht ausgesetzten Bereiche entfernt, ohne dass es die dem Licht ausgesetzten Bereiche beeinflusst, wird das Photolack-Material als "negativer" Photolack bezeichnet. Unabhängig davon, werden die Bereiche der Photolackbeschichtung, die dem Lösungsmittel ausgesetzt werden entfernt, so dass ein gewünschtes Muster verbleibt.

[0009] Entsprechend einer bestimmten Anwendung kann der Wafer dann geätzt werden, um die Teile des darunter liegenden Films oder der darunter liegenden Schicht zu entfernen, die nicht mit Photolack bedeckt sind. Das Ätzen bewirkt dann die Bildung von Fenstern im Maskenfilm oder in der Maskenschicht. Das Ätzen wird ausgeführt, um eine auf einen Halbleiterwafer aufzubringende Schicht mit einer Schicht zu verbinden, die zuvor aufgebracht wurde.

[0010] Nach dem Ätzvorgang kann die nächste Schicht des Halbleiterwafers ausgebildet werden. Wie zuvor ausgeführt, kann die auf die mit einem Muster versehene Photolack-Beschichtung aufgebraachte Schicht ein Halbleitermaterial, ein leitendes Material oder ein Material geringer Dielektrizität sein.

[0011] Wie zuvor beschrieben umfasst der lithographische Prozess daher typischerweise die Verfahrensschritte zum Beschichten eines Wafers mit einem Photolack und dann die Verwendung einer geeignet gemusterten Maske und deren Abbildung auf die Oberfläche der Vorbeschichtung. Ein Gravierungsverfahren wird dann ausgeführt, wo ein Muster auf der Photolack-Beschichtung ausgebildet ist. Das Muster wird zum Öffnen von Fenstern in einer darunter liegenden Schicht verwendet, um Halbleiterbereiche zu definieren und/oder um Metall von einem beschichteten Wafer zu entfernen, um ein Verbindungsmuster aufzureissen bzw. zu schaffen. Um eine Photolack-Beschichtung auf einem Wafer auszubilden, wurden die Photolack-Materialien in der Vergangenheit durch Schleuderbeschichtung (spin coating) ausgebildet.

[0012] Gemäß diesem Verfahren wird das Substrat zunächst auf einen Vakuumträger gebracht und mit hoher Geschwindigkeit gedreht. Eine den Photolack

enthaltene Lösung wird dann auf das Substrat gebracht. Aufgrund der Zentrifugalkraft wird eine Beschichtung auf dem Substrat ausgebildet, die getrocknet und auf einer heißen Platte oder in einem Ofen geätzt wird.

[0013] Bei diesem Verfahren treten jedoch Schwierigkeiten auf, den Photolack am Substrat haften zu lassen und eine Schicht oder einen Film mit guten physikalischen Eigenschaften zu erzeugen. Diese Aufbringverfahren erzeugen üblicherweise Ablage- oder Schichtmaterial mit unerwünschten physikalischen Eigenschaften. Darüber hinaus traten weitere Probleme bei der Steuerung oder Kontrolle verschiedener Parameter, wie der Dicke und der Gleichförmigkeit der Schicht bzw. des Films insbesondere dann auf, wenn große Wafer beschichtet wurden.

[0014] Im Hinblick auf die zuvor genannten Nachteile des Standes der Technik besteht Bedarf an einem Verfahren zum Aufbringen von Photolacken auf Substrate, die in integrierten Halbleiterchips verwendet werden. Insbesondere besteht Bedarf nach einem Verfahren zum gleichförmigen Aufbringen von Photolacken auf Substrate, beispielsweise auf Silizium, während der Herstellung integrierter Schaltungen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0015] Die vorliegende Erfindung erkannte die zuvor genannten Nachteile und nimmt sich dieser und anderer Nachteile herkömmlicher Vorrichtungen und Verfahren an.

[0016] Dementsprechend ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Aufbringen eines Photolack-Materials auf ein Substrat anzugeben.

[0017] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Aufbringen und Anhaften einer Photolack-Beschichtung auf einem Halbleiterwafer unter Verwendung von Lichtenergie zu schaffen.

[0018] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Aufbringen eines Photolack-Materials auf ein Substrat anzubringen, bei dem ein Material aus der flüssigen Form in eine feste Form unter Verwendung von Lichtenergie umgewandelt wird.

[0019] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Aufbringen von Schichten aus Photolack-Materialien auf ein Substrat, beispielsweise einen Siliziumwafer während der Herstellung integrierter Schaltungschips zu schaffen.

[0020] Diese und andere Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden durch ein verbessertes chemi-

ches Bedampfungs-Aufbringverfahren gelöst. Die Bezeichnung chemische Bedampfungs-Aufbringung wird hier als ein Verfahren bezeichnet, bei dem ein fester Film oder eine feste Beschichtung von einem Flüssig- oder Gas-Zwischenstoff (Flüssig- oder Gas-Prekursor) aufgewachsen wird. Im Allgemeinen umfasst das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung das direkte Injizieren eines flüssigen Zwischenstoffs, der in einem Photolack-Material enthalten ist, in einen Reaktionsbehälter, in dem sich ein Substrat befindet. Nachdem der flüssige Zwischenstoff in den Reaktionsbehälter injiziert wurde, kann er Lichtenergie ausgesetzt werden, die bewirkt, dass der flüssige Zwischenstoff eine feste Beschichtung des Photolack-Materials auf dem Substrat bildet.

[0021] Das Verfahren umfasst die Verfahrensschritte, zunächst eine Lösung mit einem Photolack-Material, das in flüssiger Form vorliegt, in Tröpfchen zu atomisieren bzw. zu zerstäuben. Die Flüssigkeitströpfchen werden auf einen Halbleiterwafer gerichtet. Vor und nach der Beschichtung des Wafers werden die Flüssigkeitströpfchen einer Lichtenergie ausgesetzt, die bewirkt, dass das Photolack-Material eine feste Beschichtung auf dem Substrat bildet. In einigen Konfigurationen wird das Substrat auch erhitzt, um den Aufbring- bzw. Abscheideprozess zu unterstützen. Das Substrat kann unter Verwendung indirekter Lichtenergie, direkter Lichtenergie oder mittels eines elektrischen Widerstandsheizers vorerhitzt werden.

[0022] Gemäß einer Ausführungsform werden die Flüssigkeitströpfchen in einer Reaktionskammer auf das Substrat gerichtet. Die Reaktionskammer kann gewünschtenfalls unter Unterdruck stehen. Die von den Flüssigkeitströpfchen absorbierte Lichtenergie kann von Lampen stammen. Die Flüssigkeitströpfchen die von der das Photolack-Material enthaltenden Lösung gebildet werden, können generell einen Durchmesser von etwa 10 Mikrons (μm) bis etwa 100 Mikrons (μm) aufweisen. Die Lösung kann durch Hindurchleiten durch eine Düse atomisiert bzw. zerstäubt werden. In einer Ausführungsform kann die Düse beheizt sein.

[0023] Während des Aufbring- oder Abscheideverfahrens wird vorzugsweise der Halbleiterwafer, der mit dem Photolackmaterial beschichtet werden soll, in einer Weise bewegt, dass die Bildung einer gleichförmigen Beschichtung erleichtert wird. Beispielsweise kann der Halbleiterwafer während der Ausbildung der Beschichtung gedreht, in Vibration versetzt oder einer Ultraschallenergie ausgesetzt werden. Bei den meisten Anwendungsformen sollte der Halbleiterwafer auf eine Temperatur von wenigstens 50°C und insbesondere auf eine Temperatur von etwa 50°C bis etwa 150°C vorerhitzt werden. Während des Verfahrens können die Flüssigkeitströpfchen und die ausgebildete Beschichtung auf eine Temperatur von

etwas 100°C bis etwa 500°C aufgeheizt werden. Bei den meisten Anwendungsformen wird die Beschichtung eine Dicke von wenigstens 100 Angström aufweisen.

[0024] Gemäß einer Ausführungsform werden die Flüssigkeitströpfchen mit einer Temperatur innerhalb eines ersten Temperaturbereichs auf den Halbleiterwafer aufgebracht bzw. abgeschieden. Wenn die Tröpfchen auf den Halbleiterwafer abgeschieden sind, kann die Temperatur des Wafers weiter auf eine Temperatur innerhalb eines zweiten Temperaturbereichs erhöht werden. Es wird angenommen, dass bei der Verwendung einiger Photolack-Materialien eine bessere Haftung zwischen dem Wafer und der Beschichtung bei zwei unterschiedlichen Temperaturen resultiert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0025] Eine volle und weiterhin erläuternde Beschreibung der vorliegenden Erfindung einschließlich der besten Art und Weise, wie ein Fachmann sie ausführen kann, ist in mehr Einzelheit in der übrigen Beschreibung unter Bezugnahme auf die Figuren ausgeführt. Es zeigen:

[0026] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein System zum Aufbringen oder Abscheiden eines festen Materials auf ein Substrat entsprechend der vorliegenden Erfindung;

[0027] [Fig. 1A](#) eine Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform eines Reaktionsbehälters, der in Zusammenhang mit dem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann;

[0028] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung einer Ausführungsform für eine Düse, die zur Bildung fester Materialien entsprechend der vorliegenden Erfindung verwendet wird, in Aufsicht;

[0029] [Fig. 3](#) eine Querschnittsdarstellung einer alternativen Ausführungsform einer Düse und eines Flüssigkeitsbehälters, die bzw. der bei einem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung benutzt werden kann; und

[0030] [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung einer Ausführungsform eines Verfahrens zum Reinigen von Materialien, die einer thermischen Prozesskammer zugeführt werden.

[0031] Wiederholte Verwendung von Bezugszeichen in der vorliegenden Beschreibung und den Zeichnungen betreffen dieselben oder analoge Merkmale oder Elemente der Erfindung.

Ins Einzelne gehende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

[0032] Die vorliegende Diskussion ist eine Beschreibung lediglich beispielhafter Ausführungsformen und beschränkt oder begrenzt nicht die breiteren Aspekte der vorliegenden Erfindung wobei diese breiteren Aspekte in den beispielsweise Ausführungsformen oder -vorrichtungen enthalten sind.

[0033] Wie zuvor beschrieben, erfordert die Herstellung integrierter Schaltungen die präzise Aufbringung und Positionierung verschiedener Materialien auf einen Halbleiterwafer. Insbesondere muss jede auf den Wafer aufgebrachte Schicht typischerweise in einem vorgegebenen Muster aufgebracht oder abgeschieden werden. Um ein Muster auf der Oberfläche des Wafers zu schaffen, umfasst das Verfahren generell die Schritte, den Wafer zunächst mit einem Photolackmaterial zu beschichten. Eine geeignete mit einem Muster oder einer Schablone versehene Maske wird dann auf den Wafer platziert. Nachdem die Maske aufgebracht ist, wird ein Gravur- oder Ätzprozess durchgeführt, bei dem die Photolackschicht elektromagnetische Strahlung bestimmter Wellenlänge entsprechend dem in der Maske ausgebildeten Muster ausgesetzt wird. In Abhängigkeit von dem verwendeten Photolack-Material werden entweder die dem Licht ausgesetzten Bereiche des Photolack-Materials oder die nicht dem Licht ausgesetzten Bereiche entfernt, so dass ein gewünschtes Muster verbleibt. Das Muster wird dafür verwendet, Fenster in einer darunter liegenden Schicht zu öffnen, um Halbleiterbereiche zu definieren, oder um Metall von einem beschichteten Wafer zu entfernen, um ein Verbindungsmuster aufzureissen bzw. zu entwerfen. In der Vergangenheit wurden Halbleiterwafer mit Photolackmaterialien unter Verwendung einer Schleuderbeschichtungs-Technik beschichtet.

[0034] Allgemein ist die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren und ein System zum Aufbringen oder Abscheiden eines Photolack-Materials auf ein Substrat, beispielsweise einen Halbleiterwafer, unter Verwendung von Lichtenergie gerichtet. Insbesondere werden Flüssigkeitströpfchen, die ein Photolack-Material enthalten, auf ein Substrat gerichtet und Lichtenergie ausgesetzt. Die Lichtenergie bewirkt, dass das in den Tröpfchen enthaltene Photolackmaterial eine feste Beschichtung auf dem Substrat bildet. Vorzugsweise wird das Substrat während des Aufbring- oder Abscheidevorgangs in Vibration versetzt, gedreht oder Ultraschallenergie ausgesetzt, um die Ausbildung einer Beschichtung mit einer gleichförmigen Dicke zu verbessern. Bei den meisten Anwendungsfällen wird das Substrat auch vorzugsweise vorerhitzt, bevor es mit den Flüssigkeitströpfchen in Kontakt tritt.

[0035] [Fig. 1](#) zeigt ein System zum Umsetzen eines

flüssigen Zwischenstoffs, der ein Photolackmaterial enthält in eine feste Beschichtung auf einem Substrat, entsprechend der vorliegenden Erfindung. Um den Prozess zu beginnen, wird zunächst ein flüssiger Zwischenstoff geschaffen und in einen Flüssigkeitsbehälter **10** gebracht. Der flüssige Zwischenstoff enthält in irgendeiner Weise ein Photolackmaterial, das später in ein festes Material übergeführt werden soll. Der flüssige Zwischenstoff kann eine reine Flüssigkeit oder eine Lösung sein. Bei einer Ausführungsform der Erfindung kann der flüssige Zwischenstoff das Photolackmaterial gelöst in einer Lösung enthalten.

[0036] Der flüssige Photolack-Zwischenstoff, der im Flüssigkeitsbehälter **10** enthalten ist, wird entsprechend der vorliegenden Erfindung über eine Leitung **12** einer Düse **14** zugeführt, die in [Fig. 2](#) noch klarer dargestellt ist. Die Düse **14** zerstäubt den Flüssigkeits-Zwischenstoff in Flüssigkeitströpfchen. Die Flüssigkeitströpfchen werden direkt in einen Reaktorbehälter **16** auf ein Substrat **18** injiziert.

[0037] Bei dem in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellten Ausführungsbeispiel zerstäubt die Düse **14** den flüssigen Zwischenstoff unter Verwendung eines unter Druck stehenden Gases. Im Einzelnen umfasst das System einen Gasbehälter **20**, der über eine Gasleitung **22** mit der Düse **14** in Verbindung steht. Das Gas, das zum Zerstäuben des flüssigen Zwischenstoffes verwendet wird, sollte das Aufbringverfahren nicht nachteilig beeinflussen. Bei den meisten Anwendungsformen sollte das Gas, das zum Zerstäuben des flüssigen Zwischenstoffes verwendet wird, ein inertes Gas, beispielsweise Argon oder Stickstoff sein.

[0038] Im Allgemeinen kann bei dem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung irgendeine geeignete Zerstäubungsdüse verwendet werden. Auch können mehr als eine Düse bei dem System verwendet werden, was bei einigen Anwendungsfällen zu besserer gleichförmiger Applikation des flüssigen Zwischenstoffes führen kann. Für die meisten Anwendungsfälle sollte die Düse so ausgebildet sein, dass sie Flüssigkeitströpfchen mit einem Durchmesser von kleiner als etwa 100 µm, und insbesondere Durchmesser im Bereich von etwa 10 µm bis etwa 100 µm erzeugt. Gemäß einer alternativen Ausführungsform des in [Fig. 1](#) dargestellten Systems kann eine Düse gewählt werden, die nicht ein unter Druck stehendes Gas benutzt, um eine Flüssigkeit zu zerstäuben. Beispielsweise kann eine Düse verwendet werden, mit der die Flüssigkeit unter Verwendung von Schallwellen oder anderen Hochdruckquellen zerstäubt wird.

[0039] [Fig. 3](#) zeigt eine alternative Ausführungsform einer Düse **14** zur Verwendung bei dem erfindungsgemäßen Verfahren. Bei dieser Ausführungs-

form weist die Düse **14** mehrere Öffnungen **15** auf, die so ausgebildet sind, dass sie die das Photolack-Material enthaltende Lösung zerstäuben. Insbesondere umfasst die Düse **14** mehrere Öffnungen um die Flüssigkeitströpfchen über die Fläche des Substrats **18** gleichförmig zu verteilen.

[0040] Gewünschtenfalls kann die das Photolack-Material enthaltende Lösung konditioniert werden, bevor sie zerstäubt wird. Beispielsweise kann die chemische Zusammensetzung des Photolacks, der in der Lösung enthalten ist und die Parameter der Lösung, beispielsweise die Viskosität, die Lichtempfindlichkeit, der pH-Wert, die Reinheit usw. gewählt und entsprechend den gegebenen Anwendungsfällen geändert werden. Darüber hinaus kann die Temperatur der Lösung innerhalb eines gewünschten Bereichs eingestellt werden, bevor sie zerstäubt wird. Diesbezüglich kann die Düse **14** in einer Ausführungsform so ausgebildet sein, um die Lösung zu erhitzen, wenn die Lösung zerstäubt wird. Insbesondere kann die Düse **14** auf eine Temperatur erhitzt werden, so dass keine Kondensation der Flüssigkeit auftritt, und so dass die Photolack-Lösung die Düse leicht vaporisiert verlässt, jedoch die Fluideigenschaften einer Flüssigkeit beibehält. Bei den meisten Anwendungsfällen sollte die die Lösung so hoch wie möglich ohne Dampf Bildung erhitzt werden, so dass die Flüssigkeit sich auf dem Substrat abscheidet und so schnell wie möglich eine Beschichtung oder Schicht bildet.

[0041] Wenn der flüssige Zwischenstoff einmal zerstäubt ist, werden die resultierenden Flüssigkeitströpfchen im Reaktorbehälter auf den Halbleiterwafer **18** gerichtet. Vorzugsweise wird der Halbleiterwafer **18** während und/oder nach der Abscheidung in einer Weise bewegt, dass nicht nur das Anhaften zwischen der Photolack-Schicht und dem Wafer verbessert wird, sondern auch zur Bildung einer Beschichtung mit einer gleichförmigen Dicke beiträgt. Beispielsweise können die Halbleiterwafer **18** während des Prozesses gedreht, in Vibration versetzt, und/oder einer Ultraschallenergie ausgesetzt werden. Beispielsweise kann der Wafer mit einer halben Viertelkreis-Vibration beaufschlagt werden. Alternativ wird Ultraschallrotation verwendet, so dass der Wafer sowohl Dreh- als auch Vibrationseffekten ausgesetzt ist.

[0042] Bei einer alternativen Ausführungsform kann vor der Ausbildung der Photolack-Beschichtung eine dünne Adhäsionsschicht auf dem Halbleiterwafer ausgebildet werden. Die Adhäsionsschicht kann vorgesehen werden, um die Verbindung zwischen dem Wafer und der Photolack-Schicht zu verbessern. Beispielsweise kann bei einer Ausführungsform eine durch Sputtern aufgebrachte Schicht eines Materials verwendet werden, das dem Photolack entspricht oder ihm ähnlich oder gleich ist. Bei einer weiteren alternativen Ausführungsform kann das Verfahren ge-

mäß der vorliegenden Erfindung mit herkömmlichen Verfahren zur Bildung einer Photolack-Beschichtung kombiniert werden. Beispielsweise kann eine Photolack-Schicht, die gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung ausgebildet wurde, auf der Oberseite oder auf der Unterseite einer Photolackschicht vorgesehen oder platziert sein, die nach herkömmlichen Verfahren gebildet wurde. Beispielsweise kann eine dünne Photolackschicht auf einen Halbleiterwafer entsprechend der vorliegenden Erfindung aufgebracht werden. Eine weitere Photolackschicht kann dann auf der Oberseite der vorausgehenden Schicht aufgebracht werden, indem eine Schleuderbeschichtungstechnik, wie sie zuvor beschrieben wurde, verwendet wird. Alternativ kann der Halbleiterwafer zunächst mit einem Photolack unter Verwendung von Schleuderbeschichtungstechniken beschichtet und dann mit einer zusätzlichen Photolackschicht unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens beaufschlagt werden. Auf diese Weise können Photolack-Schichten mit unterschiedlichen Eigenschaften hergestellt werden, die für besondere Anwendungsfälle gewünscht werden. Kombinierte Techniken können auch sehr dicke Beschichtungen mit verbesserten Eigenschaften schaffen.

[0043] Vor der Zerstäubung der Lösung kann der Halbleiterwafer **18** vorerhitzt werden, um die Ausbildung der Beschichtung zu unterstützen. Beispielsweise kann das Substrat bei den meisten Anwendungsfällen auf eine Temperatur von etwa 50°C bis etwa 150°C erhitzt werden. Das Substrat kann unter Verwendung verschiedener und unterschiedlicher Energiequellen erhitzt werden. Beispielsweise kann der Halbleiterwafer **18** unter Verwendung von Wärmelichtenergie vorerhitzt oder mit einer elektrischen Widerstands-Heizeinrichtung aufgeheizt werden.

[0044] Wie dies in den [Fig. 1](#), [Fig. 1a](#) und [Fig. 2](#) gezeigt ist, weist der Reaktorbehälter **16** Lampen **28** auf, die unter dem Halbleiterwafer **18** angeordnet sind. Die Lampen **28** können so ausgebildet sein, dass sie Wärmeenergie abgeben, die bewirkt, dass die Temperatur des Wafers ansteigt. Die Lampen können so angeordnet werden, dass sie den Wafer **18** direkt aufheizen, oder sie können in der Weise angeordnet werden, dass sie den Wafer indirekt aufheizen. Bei einem Ausführungsbeispiel können die Lampen **28** zusätzlich zur Abgabe von Wärmeenergie auch Ultraviolettlicht einschließlich Vakuum-Ultraviolett-Licht emittieren. Das Ultraviolettlicht kann bei einigen Anwendungsfällen wünschenswert sein, um die Verbindung, die zwischen der Photolack-Beschichtung und dem Wafer ausgebildet wird, zu verstärken. Wie zuvor beschrieben wurde, sind die Photolack-Materialien jedoch typischerweise gegen Ultraviolettlicht bei einer bestimmten Wellenlänge reaktiv. Wenn bei dem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung dies benutzt wird, sollte daher das Ultraviolettlicht nur den Wafer bestrahlen oder sollte in ei-

nem Maße vorhanden sein, das nicht unerwünschte Reaktionen hervorruft. Beispielsweise kann das Ultraviolettlicht durch eine inkohärente Lichtquelle emittiert werden, die ultraviolettes Licht in einem breiten Wellenlängenbereich erzeugt.

[0045] Wenn die Flüssigkeitströpfchen gemäß der vorliegenden Erfindung auf das Substrat **18** gerichtet sind, werden sie erhitzt, indem sie etwa Lichtenergie ausgesetzt werden. Wie dies in den Figuren dargestellt ist, ist das Substrat **18** beispielsweise von Lampen **24** und **26** zusätzlich zu den Lampen **28** umgeben. Die Lampen **24** und **26** können entweder optische Energie, Wärmeenergie oder beides emittieren. Optische Energie erzeugt atomare und molekulare Erregung bzw. Anregung innerhalb der Tröpfchen, wogegen thermische Energie die Vibrationsbewegung in den Tröpfchen vergrößert. Die optische Energie kann durch Ultraviolettlicht, Vakuum-Ultraviolett-Licht und sichtbares Licht vorgesehen sein, die bei Wellenlängen von etwa 0,05 µm bis etwa 0,8 µm vorliegt. Die optische Energie, wenn sie vorhanden ist, sollte jedoch nicht in einem Maße zusätzlich benutzt werden, das ausreicht, dass das Photolackmaterial irgendwelche unerwünschten chemischen Reaktionen eingeht.

[0046] Wenn die Tröpfchen und der sich ergebende Film bzw. die sich ergebende Schicht beispielsweise optischer Energie ausgesetzt wird, wird die optische Energie vorzugsweise durch eine oder mehrere inkohärente Lichtquellen erzeugt, die ultraviolettes Licht und/oder Vakuum-Ultraviolett-Licht mit vielen unterschiedlichen Wellenlängen erzeugt. Bei den meisten Anwendungsfällen wird das Photolack-Material reaktiv auf optische Energie einer bestimmten Wellenlänge oder in einem bestimmten Wellenlängenbereich sein. Wenn die Photolackschicht ausgebildet wird, sollten die inkohärenten Lichtquellen keinen wesentlichen Anteil an optischer Energie in dem bestimmten Wellenlängenbereich erzeugen, bei dem das Photolack-Material reaktiv ist.

[0047] Thermische Energie ist andererseits ähnlich mit einer Wellenlänge von etwa 0,4 µm und höher enthalten. Licht mit Wellenlängen im Bereich von etwa 0,4 µm und etwa 0,8 µm umfasst sowohl optische als auch thermische Energie.

[0048] Wenn die Flüssigkeitströpfchen auf das Substrat **18** fallen, bewirkt die die Tröpfchen erreichende Lichtenergie, dass das Stamm- bzw. Muttermaterial, das im flüssigen Zwischenstoff enthalten ist, eine feste Beschichtung auf dem Substrat bildet. Insbesondere kann die Lichtenergie bewirken, dass verschiedene chemische Transformationen auftreten. Beispielsweise kann der flüssige Zwischenstoff bei einem Ausführungsbeispiel eine Lösung sein, die ein Lösungsmittel enthält, das bei Lichtenergie verdampft. Wenn das Lösungsmittel verdampft ist, fällt

das Stamm- bzw. Muttermaterial aus der Lösung aus und wird fest.

[0049] Die Lampen **24**, **26** und **28** müssen eine ausreichende Energiemenge liefern, damit die Flüssigkeitströpfchen verdampfen, reagieren oder sich zersetzen, um das Stamm- oder Muttermaterial in eine feste Form überzuführen.

[0050] Generell kann das Zwischenstoff-Material auf eine Temperatur von etwa 50°C bis etwa 700°C und insbesondere von etwa 100°C bis etwa 500°C während des Verfahrens aufgeheizt werden.

[0051] Verschiedene Lampen, die in dem System der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, können Bogenlampen oder Wolfram-Halogenlampen umfassen, die sowohl Wärme- als auch optische Energie emittieren. Lampen, die hauptsächlich ultraviolettes Licht emittieren und bei der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, umfassen Deuteriumlampen, Quecksilberdampflampen, Xenonlampen und inkohärente Excimer-Lampen. Es können so viele Lampen wie für das Verfahren erforderlich sind verwendet werden, und die Lampen können in jeder geeigneten Anordnung angebracht werden. Der Ort der Lampen ist lediglich beispielsweise in den Figuren dargestellt.

[0052] Durch die Verwendung von Lampen und Lichtenergie bietet das erfindungsgemäße Verfahren viele Vorteile gegenüber herkömmlichen Chemical-Vapor-Deposition-Verfahren bzw. chemischen Dampfaufbringverfahren mit Öfen oder anderen geeigneten Heizquellen zur Erzeugung des festen Materials. Beispielsweise haben die Lampen wesentlich höhere Aufheiz- und Abkühlraten als herkömmliche Öfen. Durch die Verwendung von Lampen wird ein schnelles isothermisches Verfahrenssystem geschaffen. Die Lampen liefern unverzüglich Energie und erfordern üblicherweise keine wesentliche Anlaufperiode.

[0053] Darüber hinaus kann die durch die Lampen emittierte Energie leicht und genau gesteuert und verändert werden. Wenn während des erfindungsgemäßen Verfahrens beispielsweise der flüssige Zwischenstoff in einen Feststoff gebildet wird, tendiert die durch die Flüssigkeitströpfchen absorbierte Energie dazu, die Umgebungsatmosphäre abzukühlen. Im Gegensatz zu anderen Lichtquellen kann Lichtenergie verzögerungsfrei und sofort während des Verfahrens erhöht werden, wenn dies erforderlich ist, um die Reaktionsbedingungen konstant zu halten. Insbesondere ermöglicht Lichtenergie die schnelle bzw. unverzügliche Wiederaufnahme irgendwelcher auftretender Reaktionen oder Transformationen, die endotherm sind.

[0054] Durch Verwendung von Lichtenergie und

dem Einsatz von Lampen kann die Reaktionsrate und die Rate, mit der der Feststoff ausgebildet wird, auch genau gesteuert bzw. geregelt werden. Beispielsweise kann die Bildung von Feststoffen während des erfindungsgemäßen Verfahrens auf einfache Weise zu irgendeinem Zeitpunkt abrupt beendet werden, indem die Lampen ausgeschaltet und der Lichtenergiestrom auf die bzw. in die Reaktionskammer unterbrochen wird. Die Lampen können auch mit graduellen Energie- bzw. Leistungs-Steuer- oder Regeleinrichtungen ausgestattet sein, die dazu verwendet werden können, die Reaktionsrate bzw. -geschwindigkeit mit sehr schnellen Ansprechzeiten zu erhöhen oder zu verringern.

[0055] Die Verwendung von Lichtenergie führt auch zu weiteren Vorteilen über die Ausbildung der gleichförmigen Photolack-Beschichtungen hinaus. Beispielsweise werden verschiedene Ätzschritte während der Herstellung der integrierten Schaltungen vorgenommen. Der Erfinder der vorliegenden Anmeldung hat festgestellt, dass durch Belichten der Wafer mit ultravioletter Lichtenergie und insbesondere Vakuum-Ultraviolett-Lichtenergie, Unreinheiten oder unerwünschte Reste, die nach einem Ätzschritt verbleiben, entfernt werden können. Insbesondere wurde festgestellt, dass die Ultraviolett-Licht-Energie die Reste bzw. Rückstände verdampfen bzw. verflüchtigen lässt und eine weitere Reinigung des Substrats vor dem nächsten Aufbring- bzw. Abscheideschritt bewirkt. Wenn Lichtenergie während des erfindungsgemäßen Verfahrens benutzt wird, sollte der Reaktorbehälter **16** aus einem Material hergestellt werden oder mit einem Material ausgelegt bzw. ausgekleidet sein, das als Isolator wirkt, eine geringe thermische Masse aufweist und ein schlechter Wärmeleiter ist. Bei Verwendung eines Materials, das Wärme oder Lichtenergie nicht absorbiert, kann die Energie, die für das Verfahren erforderlich ist, klein gehalten werden. Beispielsweise kann gemäß einer Ausführungsform der Reaktorbehälter **16** aus Quarz hergestellt werden und kann einen Substrathalter enthalten, der auch aus Quarz besteht. Alternativ kann der Substrathalter aus Graphit bestehen, der mit Siliziumkarbid beschichtet ist.

[0056] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel können die Lampen, die zur Bereitstellung von Lichtenergie bei dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendet werden, innerhalb des Reaktorbehälters selbst platziert werden. Bei dieser Ausführungsform kann der Reaktorbehälter aus irgendeinem geeigneten Material einschließlich Metallen hergestellt werden. Durch Anordnen der Lampen innerhalb des Reaktorbehälters **16** braucht der Behälter nicht aus einem isolierenden Material zu bestehen.

[0057] Der Reaktorbehälter **16** sollte evakuiert werden können, um ein Vakuum in der Kammer zu erzeugen. Insbesondere kann ein Vakuum erforderlich

werden, wenn ultraviolette Strahlen mit einer Wellenlänge von kleiner als etwa 0,2 Mikron (μm) in den Reaktionsbehälter eingestrahlt werden. Wenn derartige ultraviolette Lichtstrahlen für das Verfahren jedoch nicht erforderlich sind, kann der Reaktionsbehälter **16** bei normalem Atmosphärendruck betrieben werden.

[0058] [Fig. 1A](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel für einen Reaktorbehälter **16**, der bei dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendet werden kann. Der Reaktorbehälter **16** umfasst eine Düse **14**, die einen flüssigen Zwischenstoff zerstäubt und auf ein Substrat richtet, das auf einem Substrathalter **19** liegt. Der Substrathalter **19** ist mit einer Temperaturabfühleinrichtung **21** zum Messen der Temperatur des Substrats während des Verfahrens ausgestattet. Die Temperaturabfühleinrichtung **21** kann beispielsweise ein Thermoelement oder ein Pyrometer sein.

[0059] Bei dieser Ausführungsform weist der Reaktorbehälter **16** auch eine Vakuumleitung **23** auf, über die ein Vakuum im Behälter erzeugt werden kann. Wenn andererseits gewünscht wird, im Behälter einen Überdruck zu erzeugen oder eine inerte Atmosphäre innerhalb des Behälters aufrecht zu erhalten, ist eine Gasleitung **27** vorgesehen, um ein Gas in den Reaktorbehälter **16** zu leiten.

[0060] Der in [Fig. 1A](#) dargestellte Reaktorbehälter **16** umfasst weiterhin eine Kühlleitung **29**, die um den Außenumfang des Behälters gewickelt ist. Die Kühlleitung **29** ist dafür vorgesehen, dass ein Kühlfluid, beispielsweise Wasser, gewünschtenfalls zirkuliert. Beispielsweise kann ein Kühlfluid durch die Leitung **29** zirkulieren, um die Temperatur innerhalb des Reaktorbehälters **16** zu steuern, zu regeln und/oder aufrecht zu erhalten.

[0061] Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) kann das erfindungsgemäße Verfahren gewünschtenfalls voll automatisiert werden. Beispielsweise kann das System eine Steuer- bzw. Regeleinheit **30**, beispielsweise einen Mikroprozessor oder einen Computer aufweisen. Die Steuer- bzw. Regeleinheit **30** ist mit den Lampen **24**, **26** und **28** und mit einer Temperatur-Steuer- bzw. Regeleinheit **32** verbunden. Die Temperatur-Steuer- bzw. Regeleinheit **32** misst bzw. überwacht die Temperatur des Substrats **18**, etwa mittels eines Thermoelements, wie dies in [Fig. 1A](#) dargestellt ist. Die Temperatur-Regel- bzw. Steuereinheit **32** steht auch mit einem Ventil **34**, etwa einem Magnetventil, in Verbindung.

[0062] Bei dieser Anordnung kann die Regel- bzw. Steuereinheit **30** Information von der Temperatur-Regel- bzw. Steuereinheit **32** empfangen und auf der Grundlage der Information, die Lichtenergiemenge, die von den Lampen **24**, **26** und **28** abgestrahlt wird, steuern bzw. regeln. Die Steuer- bzw. Regeleinheit

30 steuert bzw. regelt auch die Flussrate des flüssigen Zwischenstoffs vom Flüssigkeitsbehälter **30** zur Düse **14**. Beispielsweise kann die Steuer- bzw. Regleinrichtung **30** so programmiert werden, dass nur dann der flüssige Zwischenstoff in den Reaktionsbehälter **16** geleitet wird, wenn das Substrat **18** eine Temperatur in einem bestimmten Temperaturbereich aufweist. Weiterhin kann die Temperatur innerhalb des Reaktionsbehälters **16** durch automatische Einstellung der von den Lampen **24**, **26** und **28** emittierten Lichtmenge aufrecht erhalten und gesteuert bzw. geregelt werden. Ein weiterer Vorteil bei Verwendung von Lichtenergie in Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren besteht also in der Möglichkeit, den Prozess und die Reaktionsbedingungen von einer entfernten Stelle aus genau zu steuern bzw. zu regeln.

[0063] Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Aufbringen bzw. Abscheiden der Photolack-Beschichtung in zwei unterschiedlichen Temperaturbereichen durchgeführt werden, um die Adhäsion zwischen der Beschichtung und dem Halbleiterwafer zu verbessern. Bei einem Ausführungsbeispiel kann die Beschichtung beispielsweise in einem ersten Temperaturbereich auf dem Substrat ausgebildet werden. Nachdem die Beschichtung auf dem Substrat aufgebracht bzw. abgeschieden worden ist, kann die Temperatur auf einen zweiten Temperaturbereich erhöht werden. Bei einer Ausführungsform kann die Beschichtung beispielsweise bei einer Temperatur von etwa 50°C bis etwa 700°C abgeschieden bzw. aufgebracht werden und dann wird auf eine Temperatur von etwa 100°C bis etwa 700°C weiter aufgeheizt. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Photolack-Beschichtungen bzw. -Schichten, die gemäß der vorliegenden Erfindung aufgebracht werden, nach dem Aufbringen bzw. Abscheiden auf einen Halbleiterwafer nicht aufgeheizt bzw. gebacken werden müssen, wie dies bei vielen herkömmlichen Verfahren, etwa bei Schleuderbeschichtungsverfahren notwendig ist. Insbesondere ist das erfindungsgemäße Verfahren effektiver als herkömmliche Verfahren beim Entfernen unerwünschter Lösungsmittel während des Aufbring- bzw. Abscheideverfahrens, so dass eine spätere Aufheizung bzw. ein späteres Aufbacken der Beschichtungen nicht erforderlich ist.

[0064] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung können die Beschichtungen optischer Energie in einem Maße ausgesetzt werden, anstatt die ausgebildeten Beschichtungen Wärme auszusetzen, so dass die Eigenschaften der Schicht bzw. Beschichtung verbessert werden können. Nachdem eine Beschichtung bzw. Schicht ausgebildet worden ist, kann die Beschichtung beispielsweise Ultraviolett-Licht und/oder Vakuum-Ultraviolett-Licht ausgesetzt werden, das von einer inkohärenten Lichtquelle abgegeben wird. Dieser Aspekt der vor-

liegenden Erfindung kann bei Photolack-Beschichtungen verwendet werden, die entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgebildet wurden, oder im Zusammenhang mit Photolack-Beschichtungen, die gemäß herkömmlicher Techniken, beispielsweise Schleuderbeschichtungstechniken hergestellt wurden.

[0065] Die Photolack-Beschichtungen, die gemäß der vorliegenden Erfindung hergestellt wurden, können verschiedene Dicken aufweisen und auf verschiedene Substrate aufgebracht oder abgeschieden sein. Die vorliegende Erfindung ist insbesondere besonders gut geeignet, Beschichtungen oder Schichten auf Wafer mit größerem Durchmesser zu applizieren. Insbesondere ist das Verfahren besonders vorteilhaft, eine Beschichtung mit einer gleichförmigen Dicke zu erzeugen. Bei den meisten Anwendungsfällen weist die Beschichtung eine Dicke von wenigsten 500 Angström, beispielsweise von etwa 10 000 Angström bis 25 000 Angström auf.

[0066] Bei einer Ausführungsform kann das erfindungsgemäße Verfahren mit Vorteil dazu verwendet werden, relativ dicke Photolack-Beschichtungen auszubilden. Insbesondere wurde vom Erfinder der vorliegenden Erfindung entdeckt, dass sehr dünne Photolack-Schichten mit der vorliegenden Erfindung auf Halbleiterwafern ausgebildet werden können, bei denen weniger Spannungen auftreten, so dass die Wahrscheinlichkeit nachfolgender Sprünge oder Aufbrechungen der Beschichtung verringert werden kann, die typischerweise bei vielen herkömmlichen Verfahren auftreten. Die vorliegende Erfindung ist darüber hinaus besonders vorteilhafter Weise zur Erzeugung dünner Photolack-Schichten geeignet. Da der Prozess genau gesteuert bzw. geregelt werden kann und da sehr gleichförmige Beschichtungen hergestellt werden können, ist das Verfahren auch sehr gut zur Ausbildung sehr dünner Beschichtungen oder Schichten geeignet.

[0067] Das tatsächliche Photolack-Material, das bei dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendet werden kann, kann von der speziellen Anwendung abhängen. Allgemein kann ein geeigneter positiver oder negativer Photolack verwendet werden. Beispiele negativer Photolacke umfassen polymere organische Materialien, wie Poly(Vinylcinnamat), Poly-Isopren-Kautschuke, beispielsweise zyklisierte cis-Poly-Isopren in Verbindung mit einer vernetzenden Verbindung, beispielsweise einem Bisazid. Die zuvor genannten negativen Photolack-Materialien sind in verschiedenen Lösungsmitteln gut löslich, bevor sie ultraviolettem Licht ausgesetzt werden. Diese Lösungen umfassen aromatische Lösungsmittel, beispielsweise Benzol, Toluol, Xylol, ein Isodecan, "n"-Butylazetat oder Isopropyl-Alkohol.

[0068] Positive Photolack-Materialien, die bei der

vorliegenden Erfindung verwendet werden können, umfassen beispielsweise eine Kombination eines alkalilöslichen Kunststoffes mit geringem Molekulargewicht, beispielsweise Phenolformaldehydnovolac, einen photoaktiven Lösungs-Inhibitor, der ein Orthochinon-Diazin oder eine andere ähnliche Verbindung sein kann, und ein Lösungsmittel, beispielsweise Xylen oder Cellosolve-Acetat. Bei Belichtung mit Licht einer bestimmten Wellenlänge, baut sich positiver Photolack ab und wird in verschiedenen Lösungsmitteln löslich, beispielsweise in Alkalien, wie Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid oder Tetramethylammonium-Hydroxid.

[0069] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung, eine positive Photolack-Lösung, die in dem Prozess gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann, enthält zwischen etwa 10 Gewichtsprozent und etwa 25 Gewichtsprozent eines Novolak-Kunststoffes, zwischen etwa 10 Gewichtsprozent und etwa 25 Gewichtsprozent einer photoaktiven Verbindung, beispielsweise Naphtochinon-Diazin, zwischen etwa 50 Prozent und etwa 70% eines Lösungsmittels, beispielsweise Ethylenglykol-Monoethylether-Azetat oder Propylenglykol-Monoethylether-Azetat und gewünschtenfalls andere Zusätze wie Xylol oder Butylazetat, um das Trocknen und eine gleichförmige Applikation zu erleichtern.

[0070] Andere positive Photolacke umfassen Poly-Methyl-Methacrylat und ihre Derivate. Kürzlich wurden Elektronenstrahl- und Röntgenstrahl-resistente Systeme entwickelt, die Polyolefin-Sulfone, beispielsweise Poly(Butensulfon) enthalten.

[0071] Nachdem eine Photolack-Beschichtung entsprechend der vorliegenden Erfindung ausgebildet wurde, kann die Beschichtung oder der Film einem Ätzprozess unterworfen werden, bei dem ein vorgegebenes Muster in die Beschichtung ausgebildet wird. Nach dem Ätzvorgang kann die Schicht dann verwendet werden, um eine integrierte Schaltung zu bilden.

[0072] Bei einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung liegt das in die Kamera eingeführte Photolack-Material als Gas, etwa als Dampf, vor. Bei dieser Ausführungsform kann die vorliegende Erfindung ähnlich oder gleich einem Verfahren arbeiten, das, wie zuvor beschrieben, auf eine Flüssigkeit gerichtet ist, die zersprüht wird. Wenn ein Gas in die Kammer eingeleitet wird, kann die von den Lampen emittierte Lichtenergie dazu verwendet werden, das Gas auf dem Halbleiterwafer in eine feste Form umzuwandeln.

[0073] Wenn Gas in eine thermische Prozesskammer für die Reaktion mit einem Substrat innerhalb der Kammer eingeleitet wird, so ist die vorliegende Erfindung weiterhin auf ein System zum Reinigen des Ga-

ses gerichtet, bevor es in die Kammer eintritt. Obwohl dieses Verfahren und dieses System für die Verwendung mit Gas-Zwischenstoffen bereits verwendet wird, das Photolack-Beschichtungen bildet, so kann dieser Prozess selbstverständlich auch zum Reinigen metallischer, dielektrischer und semi-leitender Zwischenstoffgase verwendet werden.

[0074] [Fig. 4](#) zeigt eine Ausführungsform eines Gasreinigungssystems **100**. Bei dieser Ausführungsform werden zwei Gasströme **112** und **114** zu einer thermischen Prozesskammer **110** geleitet. Die Gasströme **112** und **114** können dazu verwendet werden, dasselbe Gas in die Kammer einzuleiten oder sie können dazu verwendet werden, unterschiedliche Gase zuzuführen, die miteinander, mit dem Substrat reagieren oder die eine gewünschte Atmosphäre innerhalb der Kammer **110** schaffen. Wie in diesem Ausführungsbeispiel dargestellt ist, werden die Gase, die über die Gasleitungen **112** und **114** geleitet werden, durch Verdampfen einer Flüssigkeit gebildet.

[0075] Gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst der Gasstrom **112** eine katalytische Minikammer **116**, die von mehreren Lampen **118** umgeben ist. Die Lampen **118** können so ausgebildet sein, dass sie Wärmeenergie, jedoch vorzugsweise ultraviolette Strahlung einschließlich Vakuumultraviolett-Strahlung emittieren. Wenn Gase durch die Kammer **116** hindurch strömen, werden die Gase entsprechend der vorliegenden Erfindung elektromagnetischer Strahlung ausgesetzt, die von den Lampen emittiert werden. Die elektromagnetische Strahlung, beispielsweise Ultraviolettstrahlung, verringert die Unreinheiten innerhalb des Gases, beispielsweise irgendwelcher unerwünschter Kohlenstoffe, die im Gasstrom enthalten sein können. Gewünschtenfalls kann die Kammer **116** eine Katalysatorplatte **120** enthalten, die dafür ausgebildet ist, die Rate bzw. Geschwindigkeit, mit der die chemische Zersetzung innerhalb der Kammer erfolgt, zu erhöhen. Die katalytische Platte **120** kann aus verschiedenen Materialien bestehen und mit Standardmaterialien, etwa Nickel, beschichtet sein.

[0076] Das System kann weiterhin einen Spektroskopanalysierer **122** umfassen, der dazu vorgesehen ist, das Gas zu analysieren, das durch die Kammer **116** geleitet wird. Der Analysierer **122** kann dazu verwendet werden, sicherzustellen, dass die meisten Unreinheiten bzw. Verunreinigungen aus dem Gasstrom entfernt sind.

[0077] Nachdem das Gas die katalytische Kammer **116** verlassen hat, wird es durch ein Filter **124** geleitet. Das Filter **124** filtert metallische, Hydro-Kohlenstoff- und andere Verunreinigungen aus, die im Gas enthalten sein können, bevor es in die Reaktionskammer eintritt.

[0078] Diese und weitere Modifikationen und Abwandlungen der vorliegenden Erfindung können von einem Fachmann durchgeführt werden, ohne dass dadurch der Erfindungsgedanke der vorliegenden Erfindung verlassen wird, die insbesondere in den Ansprüchen angegeben ist. Darüber hinaus können selbstverständlich Aspekte der verschiedenen Ausführungsformen ganz oder teilweise ausgetauscht werden. Darüber hinaus sind Angaben in der vorausgegangenen Beschreibung lediglich beispielhaft genannt, und sie beschränken nicht die Erfindung, die in den Ansprüchen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufbringen eines Photolack-Materials auf einen Halbleiter-Wafer, mit folgenden Verfahrensschritten:

Zerstäuben bzw. Atomisieren einer Lösung in Flüssigkeitströpfchen, wobei die Lösung ein Photolack-Material enthält;

Richten der Flüssigkeitströpfchen auf einen vorerhitzten Halbleiter-Wafer in einer Wärmebehandlungskammer, wobei der Halbleiter-Wafer auf eine Temperatur von wenigstens 50°C erhitzt wird;

Aufheizen der Flüssigkeitströpfchen auf eine Temperatur, die ausreicht, damit das Photolack-Material eine feste Beschichtung auf dem Halbleiter-Wafer bildet; und

Ätzen eines vorbestimmten Musters in die feste Beschichtung, die aus dem Photolack-Material besteht, wobei das Muster so gestaltet ist, dass es die Ausbildung einer integrierten Schaltung erleichtert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Flüssigkeitströpfchen dadurch erhitzt werden, dass sie innerhalb der thermischen Behandlungskammer einer Lichtenergie ausgesetzt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Flüssigkeitströpfchen zur Bildung der festen Beschichtung auf eine Temperatur von 100°C bis 700°C erhitzt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Flüssigkeitströpfchen einen Durchmesser von wenigstens 10 µm aufweisen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Flüssigkeitströpfchen durch Hindurchleiten der Lösung durch eine Düse zerstäubt werden, wobei die Düse erhitzt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Halbleiter-Wafer während der Bildung der festen Beschichtung gedreht wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Halbleiter-Wafer während der Bildung der festen Beschichtung in Vibration versetzt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Halbleiter-Wafer während des Prozesses ultravioletten Lichtstrahlen ausgesetzt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die feste Beschichtung eine Dicke von wenigstens 1 000 Angström aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Halbleiter-Wafer mit einer durch Schleudern aufgebrachtten Schicht des Photolack-Materials vor Ausbildung der festen Beschichtung des Photolack-Materials auf dem Halbleiter-Wafer vorbeschichtet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1, mit dem weiteren Verfahrensschritt des Schleuderaufbringens einer zusätzlichen Schicht aus Photolack-Material auf die ausgebildete feste Beschichtung.

12. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Flüssigkeitströpfchen auf eine Temperatur aufgeheizt werden, die ausreicht, um im Wesentlichen alle der in den Flüssigkeitströpfchen enthaltenen Lösungsmittel während der Ausbildung der festen Beschichtung zu entfernen.

13. Verfahren zum Aufbringen eines Photolack-Materials auf einen Halbleiter-Wafer mit folgenden Verfahrensschritten:

Zerstäuben einer Lösung in Flüssigkeitströpfchen, wobei die Lösung ein Photolack-Material enthält; Richten der Flüssigkeitströpfchen auf einen vorerhitzten Halbleiter-Wafer in einer Wärmebehandlungskammer; und

Aussetzen der Flüssigkeitströpfchen einer Lichtenergie innerhalb der Wärmebehandlungskammer, wobei die Lichtenergie die Flüssigkeitströpfchen in einem Maße aufheizt, das ausreicht, um Flüssigkeiten, die in den Tröpfchen enthalten sind, zu evaporieren und um für das Photolack-Material eine feste Beschichtung auf dem Halbleiter-Wafer zu bilden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, mit einem weiteren Verfahrensschritt zum Bewegen des Halbleiter-Wafers während der Ausbildung der Beschichtung in einer Weise, dass die Beschichtungsdicken-Gleichförmigkeit verbessert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Halbleiter-Wafer gedreht wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Halbleiter-Wafer während der Bildung der Beschichtung in Vibration versetzt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Halbleiter-Wafer während der Ausbildung der Beschichtung Ultraschallenergie ausgesetzt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch ge-

kennzeichnet, dass die Lichtenergie Wärmelichtenergie umfasst.

19. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die Flüssigkeitströpfchen bei einer Temperatur auf den Halbleiter-Wafer aufgebracht werden, die in einem ersten Temperaturbereich liegt, und, nach dem Aufbringen, die Beschichtung einer Temperatur ausgesetzt wird, die in einem zweiten Temperaturbereich liegt, wobei der zweite Temperaturbereich höher als der erste Temperaturbereich ist.

20. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Halbleiter-Wafer mit einem elektrischen Widerstandsheizter erhitzt wird.

21. Verfahren zum Aufbringen eines Photolack-Materials auf einen Halbleiter-Wafer mit folgenden Verfahrensschritten:

Zerstäuben einer Lösung in Flüssigkeitströpfchen, wobei die Lösung ein Photolack-Material enthält und wobei die Tröpfchen einen Durchmesser von etwa 10 µm bis etwa 100 µm aufweisen;

Richten der Flüssigkeitströpfchen auf einen vorerhitzten Halbleiter-Wafer in einer Wärmebehandlungskammer, wobei der Halbleiter-Wafer auf eine Temperatur von wenigstens 50°C erhitzt wird;

Aussetzen der Flüssigkeitströpfchen einer Lichtenergie, wobei die Lichtenergie die Flüssigkeitströpfchen in einem Maße aufheizt, das ausreicht, damit das in den Tröpfchen enthaltene Photolack-Material eine feste Beschichtung auf dem Halbleiter-Wafer bildet, wobei die Lichtenergie Wärmelicht-Energie umfasst und

Bewegen der Halbleiter-Wafer während der Ausbildung der Beschichtung in einer Weise, dass die Beschichtungsdicken-Gleichförmigkeit verbessert wird.

22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei die Flüssigkeitströpfchen während der Ausbildung der Beschichtung auf eine Temperatur von 100°C bis 500°C aufgeheizt werden.

23. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der Halbleiter-Wafer während der Ausbildung der Beschichtung in Vibration versetzt wird.

24. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der Halbleiter-Wafer während der Ausbildung der Beschichtung gedreht wird.

25. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der Halbleiter-Wafer während der Ausbildung der Beschichtung ultravioletter Strahlung ausgesetzt wird.

26. Verfahren nach Anspruch 25, wobei der Halbleiter-Wafer unter Verwendung von Lichtenergie auf wenigstens 50°C vorerhitzt wird.

27. Verfahren nach Anspruch 21, wobei die Lö-

sung durch Hindurchleiten durch wenigstens eine erhitzte Düse zerstäubt wird.

28. Verfahren nach Anspruch 21, wobei die ausgebildete Beschichtung eine Dicke von wenigstens 500 Angström aufweist.

29. Verfahren nach Anspruch 21, wobei die Flüssigkeitströpfchen auf eine Temperatur aufgeheizt werden, die ausreicht, um im Wesentlichen alle der in den Flüssigkeitströpfchen enthaltenen Lösungsmittel während der Ausbildung der festen Beschichtung zu entfernen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

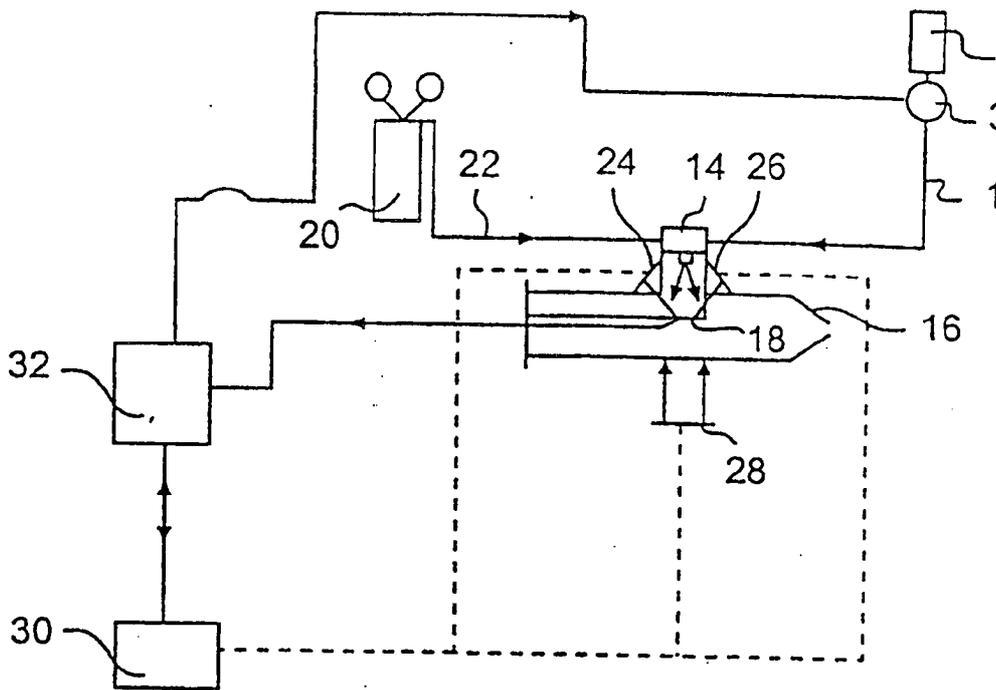


FIG. 1

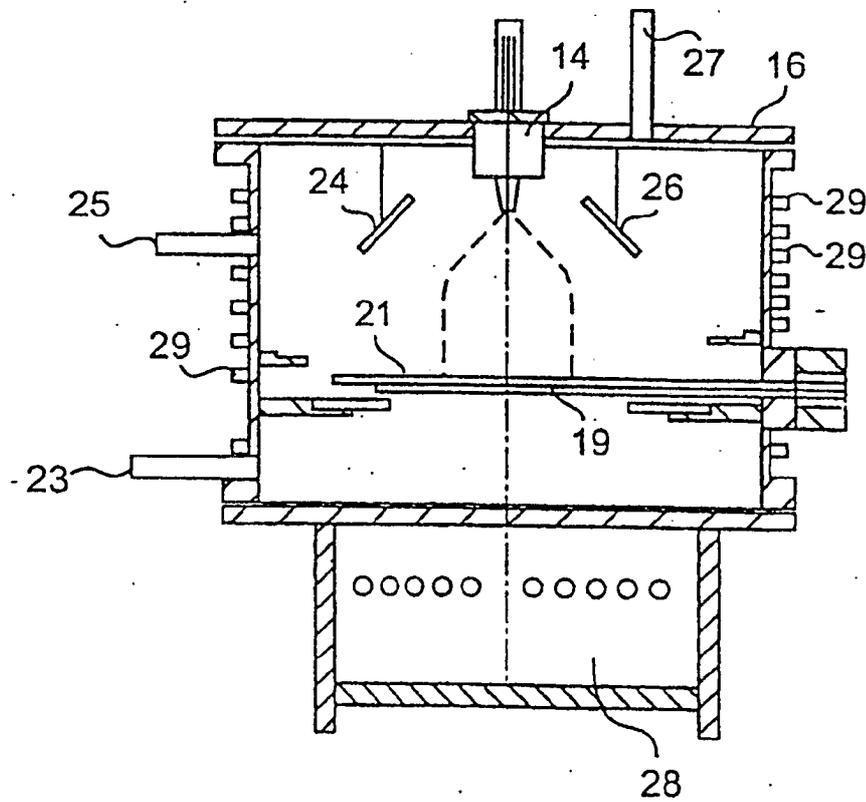
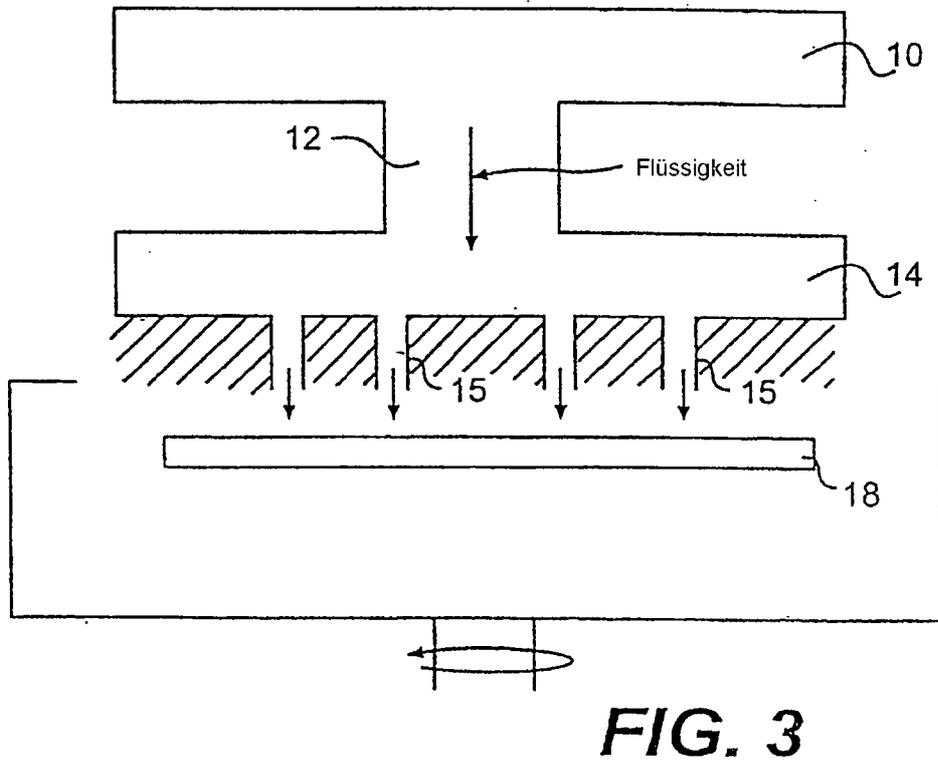
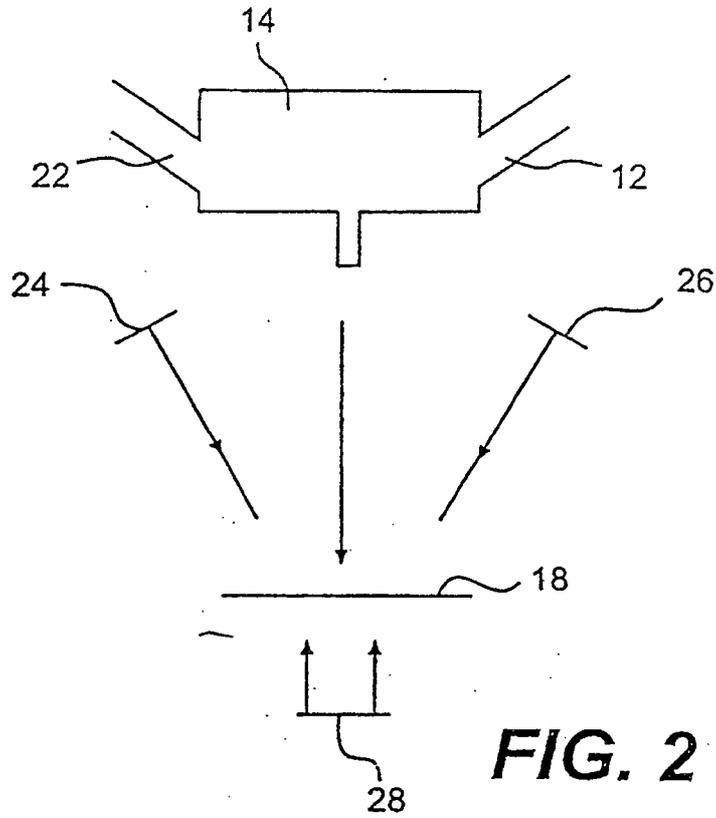


FIG. 1A



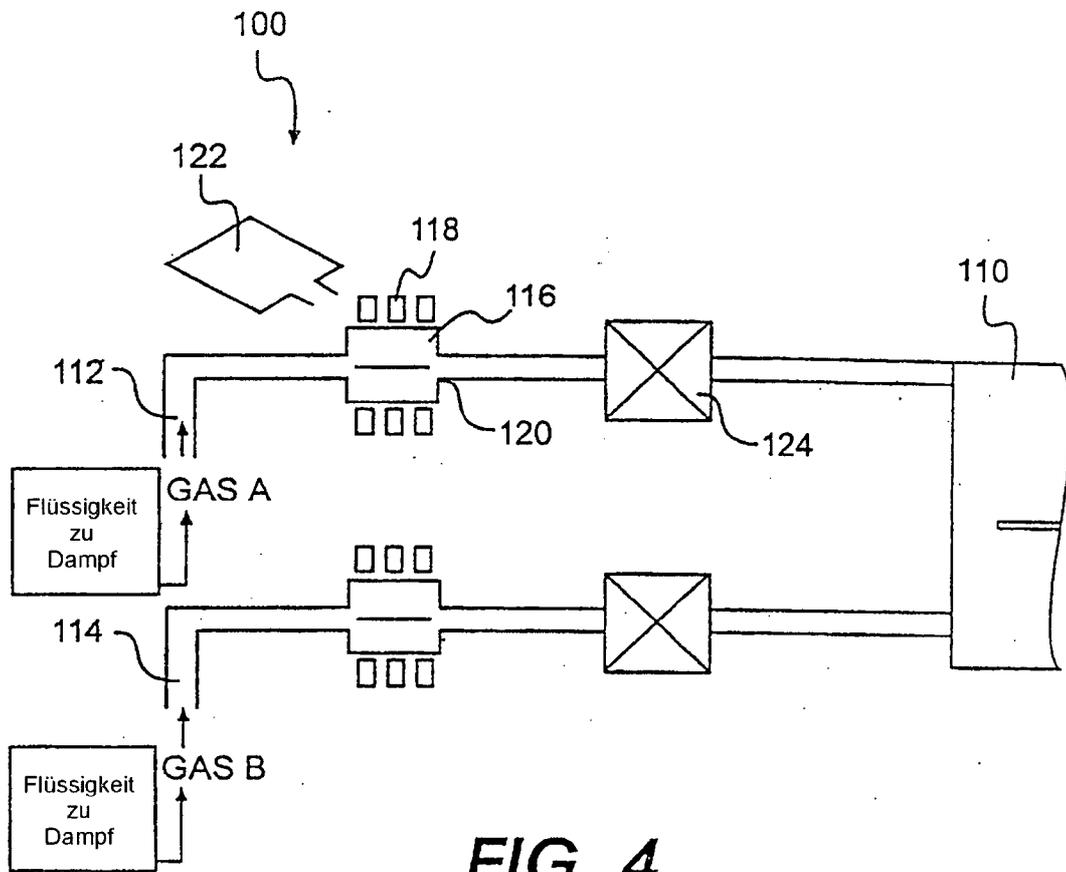


FIG. 4