



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2004 002 357 T5 2006.11.09**

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
 (87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2005/062128**
 in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
 (21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2004 002 357.2**
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2004/035419**
 (86) PCT-Anmeldetag: **26.10.2004**
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **07.07.2005**
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
 in deutscher Übersetzung: **09.11.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G03F 7/20 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
10/726,413 03.12.2003 US

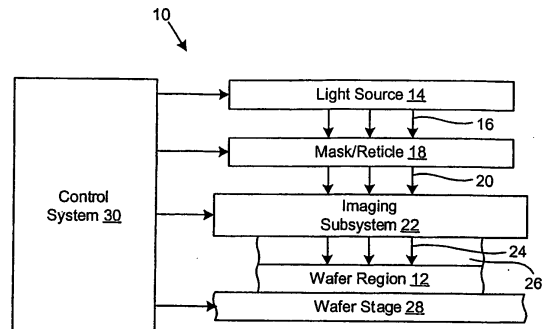
(74) Vertreter:
**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
 Schwanhäusser, 80538 München**

(71) Anmelder:
**Advanced Micro Devices, Inc., Sunnyvale, Calif.,
 US**

(72) Erfinder:
**Lyons, Christopher F., Fremont, Calif., US;
 Babcock, Carl P., Campbell, Calif., US; Kye,
 Jongwook, Pleasanton, Calif., US**

(54) Bezeichnung: **Immersionlithographieprozess unter Anwendung eines formtreuen Immersionsmediums**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung eines Bauelements unter Anwendung eines lithographischen Systems (10) mit einer Linse (32), von der ein Belichtungsmuster (24) ausgesendet wird, mit:
 Bereitstellen einer Scheibe (12) und einer Photolackschicht (34), die über der Scheibe angeordnet ist;
 Positionieren eines formtreuen Immersionsmediums (26) zwischen der Photolackschicht und der Linse; und
 Belichten der Photolackschicht mit dem Belichtungsmuster, wobei das Belichtungsmuster durch das formtreue Immersionsmedium läuft.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen das Gebiet der Herstellung integrierter Schaltungen und betrifft insbesondere ein Verfahren für die Immersionslithographie unter Anwendung eines konformen bzw. formtreuen Immersionsmediums, etwa ein Medium mit einer festen, halbfesten, gelartigen oder gummiartigen Konsistenz, und betrifft eine entsprechende Vorrichtung.

Hintergrund

[0002] Die Herstellung diverser Strukturen integrierter Schaltungen (IC) auf einer Scheibe beruht häufig auf lithographischen Prozessen, die auch als Photolithographie oder einfach als Lithographie bezeichnet werden. Bekanntlich können lithographische Prozesse verwendet werden, um ein Muster einer Photomaske (die hierin im Weiteren als Maske oder Retikel bezeichnet wird), auf eine Scheibe zu übertragen.

[0003] Beispielsweise können Muster von einer Photolackschicht, die auf einer Scheibe angeordnet ist, durch Durchleiten von Lichtenergie durch eine Maske mit einer Anordnung zum Abbilden des gewünschten Musters der Photolackschicht gebildet werden. Als Folge davon wird das Muster auf die Photolackschicht übertragen. In Bereichen, in denen der Photolack ausreichend beschichtet ist und nach einem Entwicklungsprozess, wird das Photolackmaterial löslich, so dass es entfernt werden kann, um in selektiver Weise eine darunter liegende Schicht freizulegen (beispielsweise eine Halbleiterschicht, eine Metallschicht oder eine metallenthaltende Schicht, eine dielektrische Schicht, eine Hartmaskenschicht, etc.). Bereiche der Photolackschicht, die unter einem Schwellwertbetrag an Lichtenergie belichtet sind, werden nicht entfernt und dienen dazu, die darunter liegende Schicht während der weiteren Bearbeitung der Scheibe zu schützen (beispielsweise während des Ätzens freiliegender Bereiche der darunter liegenden Schicht, der Implantation von Ionen in die Scheibe, etc.). Danach können die verbleibenden Anteile der Photolackschicht entfernt werden.

Stand der Technik

[0004] Es gibt ein ständiges Bestreben auf dem Gebiet der IC-Herstellung, um die Dichte, mit der die diversen Strukturen angeordnet sind, zu vergrößern. Folglich gibt es einen entsprechenden Bedarf, das Auflösungsvermögen lithographischer System zu verbessern. Eine vielversprechende Alternative zu konventionellen „trocknen“ Lithographieverfahren ist eine Lithographietechnik der nächsten Generation, die als Immersions- bzw. Eintauchlithographie bekannt ist. In Immersionslithographiesystemen, die ak-

tuell vorgeschlagen werden, wird die durch ein Lithographiesystem mit einem Muster zu beaufschlagende Scheibe in einem flüssigen Medium mit Fliesseigenschaften angeordnet, durch das das strukturierte Licht geführt wird. Bekannte Immersionslithographiemedien sind gereinigtes deionisiertes Wasser zur Verwendung in Verbindung mit einer 193 nm Lichtquelle **14** (beispielsweise ein Argonfluor-(ArF) Laser) und Polyfluorether zur Verwendung in Verbindung mit einer 157 nm Lichtquelle **14**. Diese gut fließenden Immersionsmedien ersetzen einen Luftspalt oder Gasspalt, der konventioneller Weise zwischen der letzten Linse eines konventionellen trocknen Lithographieabbildungssystems und der Scheibe vorhanden ist.

[0005] Die Versuche, Immersionslithographie einzuführen, führen jedoch zu einer Reihe von Problemen. Beispielsweise können geringe Schwankungen und/oder Ungleichförmigkeiten im Brechungsindex des Immersionsmediums die Qualität des Belichtungsmusters, das auf die Scheibe trifft, nachteilig beeinflussen. Der Grund bzw. die Gründe für Änderungen im Brechungsindex des flüssigen Immersionsmediums können beispielsweise sein: das Strömen des Immersionsmediums, Änderungen in der Dichte des Immersionsmediums, Temperaturänderungen des Immersionsmediums usw. In der trocknen Lithographie können einige Joules an Energie von der Scheibe aus der einfallenden Dosis absorbiert werden. In der Immersionslithographie wird angenommen, dass mindestens ein Teil der Energie aus der Belichtungsdosis von dem Immersionsmedium absorbiert wird. Da ferner das Immersionsmedium mit zumindest der Scheibe in Kontakt ist, kann Wärme von der Scheibe auf das Immersionsmedium übertragen werden. Die Energieabsorption durch das Immersionsmedium selbst in geringen Mengen kann ausreichend sein, um eine Schwankung und/oder Ungleichförmigkeit des Brechungsindex des Immersionsmediums hervorzurufen, die das Abbildungsmuster negativ beeinflussen könnten. Des weiteren kann die Scheibe auf eine Halterung montiert werden, die relativ zu dem abbildenden Subsystem bewegt wird. Beispielsweise kann die Scheibe belichtet werden, und anschließend um 30 mm zu einer neuen Position bewegt und für eine zweite Belichtung angehalten werden, usw.. Scheibengeschwindigkeiten können bis zu 350 mm pro Sekunde bis ungefähr 500 mm pro Sekunde betragen. Diese Bewegung kann eine ungleichförmige Fluidströmung (beispielsweise Turbulenzen, laminare Strömung, Vortex-Strömung, etc.) oder andere Änderungen der Eigenschaften des Immersionsmediums hervorrufen, die zu Schwankungen im Brechungsindex des Immersionsmediums führen können. Ferner wird in Betracht gezogen, dass das Immersionsmedium absichtlich in Bewegung versetzt wird (beispielsweise in einem Strömungsmuster über der Scheibe) oder einem hydraulischen Druck ausgesetzt wird. Diese Faktoren können ebenso Schwankungen im Brechungsindex des

Immersionsmediums hervorrufen.

[0006] Bläschen und/oder Kontaminationsstoffe in einem flüssigen Immersionsmedium können ebenso die Abbildung auf die Scheibe unterbrechen. Die Fluidströmung des Immersionsmediums kann die Ausbildung von Bläschen und/oder deren Verteilung in dem Immersionsmedium hervorrufen. Während der Belichtung können Gase aus dem Photolack freigesetzt werden. Diese Gase könnten sich in der Immersionsflüssigkeit lösen, was letztlich zur Erzeugung von Bläschen führen kann. Ferner wird in Betracht gezogen, dass ein scheibenfremder Körper auf der Scheibe transportiert und in die Immersionsmedium gebracht werden kann, wobei sich der scheibenfremde Körper von der Scheibe ablöst und in dem Immersionsmedium zu „schweben“ beginnt. Flüssige Immersionsmedien werden wiederholt für mehrere Scheiben verwendet und unterliegen der wiederholten Beaufschlagung mit Strahlung, was zu einer deutlichen Ansammlung von Bläschen, aufgelösten Substanzen und/oder Kontaminationsstoffen im Laufe der Zeit führen kann.

Aufgabenstellung

[0007] Folglich besteht ein Bedarf für verbesserte Immersionslithographieprozesse und Systeme.

Überblick über die Erfindung

[0008] Gemäß einem Aspekt der Erfindung richtet sich diese an ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelements unter Anwendung eines lithographischen Systems mit einer Linse, von der ein Belichtungsmuster ausgesendet wird. Das Verfahren umfasst das Bereitstellen einer Scheibe und einer auf der Scheibe angeordneten Photolackschicht; Positionieren eines formtreuen bzw. konformen Immersionsmediums zwischen der Photolackschicht und der Linse; und Belichten des Photolacks mit dem Belichtungsmuster, wobei das Belichtungsmuster das formtreue Immersionsmedium durchläuft.

[0009] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung richtet sich diese an ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelements unter Anwendung eines lithographischen Systems mit einer Linse, von der ein Belichtungsmuster ausgesendet wird. Das Verfahren umfasst das Bereitstellen einer Scheibe und einer auf der Scheibe angeordneten Photolackschicht; in engen Kontaktbringen der Linse und der Photolackschicht mit einem formtreuen Immersionsmedium, wobei das formtreue Immersionsmedium zwischen der Linse und der Photolackschicht angeordnet ist; und Belichten des Photolacks mit dem Belichtungsmuster, wobei das Belichtungsmuster das formtreue Immersionsmedium durchläuft.

[0010] Gemäß einem noch weiteren Aspekt der Er-

findung richtet sich diese an ein lithographisches System. Das lithographische System umfasst eine Linse einer lithographischen Abbildungsanordnung; eine Scheibe mit einer Photolackschicht, die auf der Scheibe angeordnet ist; und ein formtreues Immersionsmedium, das zwischen der Linse und der Photolackschicht angeordnet ist und in engem Kontakt mit der Photolackschicht und der Linse ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0011] Diese und weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden durch Bezugnahme auf die folgende Beschreibung und die Zeichnungen deutlich, in denen:

[0012] [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht einer beispielhaften Bearbeitungsanordnung für integrierte Schaltungen ist;

[0013] [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) schematisch eine erste beispielhafte Ausführungsform eines formtreuen Immersionslithographieprozesses zeigen; und

[0014] [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) schematisch eine zweite beispielhafte Ausführungsform eines formtreuen Immersionslithographieprozesses darstellen.

Ausführungsbeispiel

Beschreibung der Erfindung

[0015] In der folgenden detaillierten Beschreibung sind ähnliche Komponenten mit gleichen Bezugszeichen belegt, unabhängig davon, ob sie in unterschiedlichen Ansichten und/oder Ausführungsformen beschrieben sind. Um die diversen Aspekte der Erfindung in einer klaren und knappen Weise darzustellen, sind die Zeichnungen nicht notwendiger maßstabsgetreu und gewisse Merkmale sind in einer etwas schematischen Form dargestellt. Merkmale, die in Bezug auf eine Ausführungsform beschrieben und/oder dargestellt sind, können in der gleichen Weise oder in einer ähnlichen Weise in einer oder mehreren anderen Ausführungsformen und/oder in Kombination mit oder anstelle der Merkmale der anderen Ausführungsformen eingesetzt werden.

[0016] Die Beschreibung hierin ist im beispielhaften Zusammenhang zu der Herstellung einer Scheibe mit einer darauf ausgebildeten integrierten Schaltung (IC) dargestellt. Zu anschaulichen IC's gehören Mikroprozessoren für allgemeine Zwecke, die aus Tausenden oder Millionen von Transistoren aufgebaut sind, Flash-Speicher-Arrays oder andere spezielle Schaltungen. Der Fachmann auf diesem Gebiet erkennt jedoch, dass die hierin beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen ebenso auf die Herstellung beliebiger Produkte angewendet werden können, die unter Anwendung von Lithographie hergestellt wer-

den, etwa mikromechanische Bauelemente, Laufwerksköpfe, Genchips, mikroelektromechanische Systeme (MEMS) usw.

[0017] Die hierin beschriebenen Vorrichtungen und Verfahren können für ein verbessertes Abbilden auf eine Scheibe während eines hochauflösenden lithographischen Prozesses sorgen. D. h., ein Belichtungsmuster kann in Richtung auf die Scheibe über ein sehr gut steuerbares Medium gelenkt werden, das einen gewünschten und gleichförmigen Brechungsindex aufweist, so dass Verzerrungen des Belichtungsmusters minimiert werden. Das Immersionsmedium ist vorzugsweise ein konformes bzw. formtreues Immersionsmedium, etwa ein Medium mit einer festen, halbfesten, gelartigen oder gummiartigen Konsistenz.

[0018] Im hierin verwendeten Sinne ist der Begriff formtreues Immersionsmedium in seinem breitesten Sinne verwendet und sollte nicht auf die beispielhaften hierin beschriebenen Materialien eingeschränkt gesehen werden. Konforme bzw. formtreue Immersionsmedien sind Materialien, die die physikalischen Eigenschaften aufweisen, wie sie hierin beschrieben sind, einschließlich der Fähigkeit, einen nicht gebrochenen Zustand bzw. Zustand als Einheit zu bewahren, wenn sie zwischen einer Linse und einer Scheibe angeordnet werden, und insbesondere zwischen der Linse und einer Photolackschicht, die auf der Oberseite der Scheibe angeordnet ist. Formtreue Immersionsmedien können ihren nicht gebrochenen Zustand (beispielsweise teilt sich das Medium nicht, wie dies bei strömenden Flüssigkeiten der Fall ist), selbst bei Vorhandensein eines deformierenden Druckes, der auf das Medium durch beispielsweise eine Linse eines Lithographiesystems ausgeübt wird. Formtreue Immersionsmedien zeigen im Allgemeinen einen Widerstand gegen eine Lageänderung. Leicht fließbare Flüssigkeiten (beispielsweise konventionelle flüssige Immersionsmedien aus Wasser und Polyfluorether) und Gase besitzen keine Elastizität und keine Nachgiebigkeit, wenn sie deformiert werden, und sind daher keine formtreuen Immersionsmedien.

[0019] Mindestens drei Unterklassen aus formtreuen Immersionsmedien liegen innerhalb des Bereichs formtreuer Immersionsmedien an, wie sie hierin verwendet werden. Zu diesen Unterklassen gehören harte Materialien, nachgiebige Materialien und plastische deformierbare Materialien. Harte Materialien sind solche, die fest sind oder in die nicht in einfacher Weise eingedrungen werden kann, oder die nicht in einfacher Weise geschnitten oder aufgeteilt werden können und die nicht einfach einem Druck nachgeben. Typischerweise brechen harte Materialien, bevor sie sich wesentlich deformieren. Beispiele harter Materialien beinhalten beispielsweise diverse Gläser (beispielsweise Quarz und Kieselglas), Polykarbo-

nat, Polyacrylat usw.

[0020] Nachgiebige Materialien sind solche Materialien, die leicht einem Druck nachgeben, ohne zu brechen. Nachgiebige Materialien sind weich dahingehend, dass sie geschmeidig sein können, sich leicht biegen lassen und/oder leicht deformierbar sind. Nachgiebige Materialien können eine federnde und/oder elastische Eigenschaft aufweisen, so dass das Material in die vorhergehende Form oder Position nach Druckbeaufschlagung, nach Dehnung und/oder anderen deformierenden Kräften zurückkehrt.

[0021] Plastisch deformierbare Materialien sind ähnlich zu den nachgiebigen Materialien dahingehend, dass sie Druck leicht nachgeben, ohne zu brechen, diese können geschmeidig sein, können leicht zu biegen sein und/oder können sich leicht deformieren. Jedoch sind plastisch deformierbare Materialien im Allgemeinen nicht sehr federnd und/oder elastisch. Viel mehr neigen plastische deformierbare Materialien dazu, eine neue Form oder Position beizubehalten, wenn diese dem Druck, einer dehnenden und/oder einer anderen deformierenden Kraft ausgesetzt wurden.

[0022] In [Fig. 1](#) ist eine schematische Blockansicht einer beispielhaften Prozessanordnung für IC's dargestellt, die ein formtreues Immersionlithographiesystem **10** beinhaltet, das zur Abbildung eines Musters auf eine Scheibe **12** oder ein Gebiet davon verwendet wird. Das System **10** kann beispielsweise ein Belichtungssystem mit wiederholter Einzelbildbelichtung oder ein Belichtungssystem mit wiederholter Abtastbelichtung sein, kann jedoch auch ein anderes System sein. Das System **10** umfasst eine Strahlungsquelle (beispielsweise Lichtquelle) zum Zuführen von Lichtenergie **16** in Richtung auf eine Photomaske **18** (die manchmal auch als Maske oder Retikel bezeichnet wird). Die Lichtenergie **16** kann beispielsweise eine Wellenlänge im tiefen Ultraviolettbereich (beispielsweise ungefähr 248 nm oder ungefähr 193 nm) besitzen, oder eine Vakuumultraviolett-(VUV) Wellenlänge (beispielsweise ungefähr 157 nm), obwohl auch andere Wellenlängen (beispielsweise Wellenlängen im äußersten Ultraviolettbereich) möglich sind und im Bereich der Erfindung liegend, wie sie hierin beschrieben und beansprucht ist, betrachtet werden.

[0023] Die Maske **18** blockiert selektiv Lichtenergie **16**, so dass ein Lichtenergiemuster **20**, das durch die Maske **18** definiert ist, in Richtung auf die Scheibe **12** übertragen wird. Ein Abbildungssystem **22**, etwa eine Einzelbildbelichteranordnung oder eine Abtasteranordnung lenkt sequenziell das Energiemuster **20**, das durch die Maske **18** gestrahlt wird, auf eine Reihe von gewünschten Positionen auf der Scheibe **12**. Das Abbildungssystem **22** kann eine Reihe

von Linsen und/oder Reflektoren zur Verwendung bei der Größenreduzierung und Lenkung des Energiemusters **20** in Richtung auf die Scheibe **12** in Form eines abbildenden (oder Belichtungs-) Lichtenergiemusters **24** aufweisen.

[0024] Das Abbildungsmuster **24** (oder Belichtungsmuster) wird von dem Abbildungssystem **22** durch ein formtreues Immersionsmedium **26**, das hierin einfach auch als ein Immersionsmedium **26** bezeichnet wird) übertragen. Das formtreue Immersionsmedium **26** weist in einer Ausführungsform einen Brechungsindex (n) von ungefähr 1,0 bis 1,5 bei der Belichtungswellenlänge auf, kann jedoch einen größeren Index aufweisen, wie dies nachfolgend beschrieben ist. In einer Ausführungsform ist der Brechungsindex des formtreuen Immersionsmediums größer als 1,0, aber kleiner als ein Brechungsindex einer letzten Linse **32** ([Fig. 2](#) bis [Fig. 5](#)) des Abbildungssystems **22**. In einer weiteren Ausführungsform ist der Brechungsindex des formtreuen Immersionsmediums mit dem Brechungsindex der letzten Linse **32** des Abbildungssystems **22** so verknüpft, dass eine Anpassung oder eine Annäherung an den Brechungsindex der letzten Linse **32** gegeben ist. In vielen konventionellen IC-Bearbeitungsanordnungen besitzt die letzte Linse des Abbildungssystems **22** einen Brechungsindex von ungefähr 1,4 bis 1,7. Daher kann der Brechungsindex des Immersionsmediums **26** in einer Ausführungsform ungefähr 1,0 bis ungefähr 1,7 betragen.

[0025] Das formtreue Immersionsmedium **26** ist vorzugsweise bei der Belichtungswellenlänge durchlässig, und zwar mit einem Durchlässigkeitsanteil von ungefähr 95% oder höher bei der Belichtungswellenlänge.

[0026] Wie nachfolgend detaillierter erläutert ist, kann die Scheibe **12** auf einer Scheibenhalterung **28** montiert werden, die zum Positionieren der Scheibe **12** in Bezug auf das Abbildungssystem **22** bewegt werden kann. Ein Steuersystem **30** kann verwendet werden, um Komponenten und Funktionen des Immersionslithographiesystems **10** einschließlich beispielsweise des Positionierens der Scheibe **12** im Verhältnis zur letzten Linse **32** des Abbildungssystems **22** zu steuern. Beispielsweise kann die Linse **32** eine optische Achse aufweisen und die Scheibe **12** kann in einer Ebene senkrecht zur optischen Achse und/oder entlang der optischen Achse bewegt werden, um einen Abstand zwischen der Linse **32** und der Scheibe **12** zu variieren.

[0027] Ferner ist in [Fig. 2](#) die Scheibe **12** mit einer Photolackschicht **34**, die darauf angeordnet ist, gezeigt. Abhängig von den auf der Scheibe **12** herzustellenden Bauelementen und dem Bearbeitungsstatus der Scheibe kann die Scheibe **12** mehrere Schichten (beispielsweise ein Substrat, eine oder

mehrere dielektrische Schichten, eine oder mehrere Polysiliziumschichten, eine oder mehrere Zwischenschichtdielektrika, etc.) und/oder Struktur aufweisen, die bis zum aktuellen Prozess gebildet sind (beispielsweise dotierte Potentialwannen, Source/Drain-Gebiete, Gatestapel, Abstandshalter, Kontakte, etc.). Der Lack **34** kann beispielsweise strahlungsempfindliches Material sowie optionale Unterschichten, etwa eine Grundierungsschicht, eine untenliegende antireflektierende Schicht (BARC), eine antireflektierende Schicht (ARC) usw. aufweisen.

[0028] In der Ausführungsform aus [Fig. 2](#) ist auf oder über dem Photolack **34** das formtreue Immersionsmedium **26** angeordnet. Das formtreue Immersionsmedium **26** kann als eine Schicht abgeschieden werden. Das formtreue Immersionsmedium **26** kann so abgeschieden werden, dass, wenn die Linse **32** mit dem formtreuen Immersionsmedium **26** zur Belichtung des Lacks **34** in Kontakt gebracht wird, das formtreue Immersionsmedium **26** eine Dicke aufweist, die größer ist als die Kohärenzlänge der Belichtungsquelle. In einer Ausführungsform beträgt die Dicke ungefähr 1 mal bis ungefähr 20 mal die Belichtungswellenlänge und in einer weiteren Ausführungsform beträgt die Dicke das fünffache bis ungefähr das zehnfache der Belichtungswellenlänge. Wie nachfolgend erläutert ist, kann das formtreue Immersionsmedium **26** einer kompressiven Kraft ausgesetzt werden, wenn die Linse **32** und die Scheibe **12** zur Belichtung des Lacks **34** näher zusammengebracht werden.

[0029] Das formtreue Immersionsmedium **26** kann aus einem beliebigen geeigneten Material hergestellt sein. Beispielhafte Materialklassen für das formtreue Immersionsmedium **26** beinhalten Glase, Gelatinen, silikonbasierte Materialien, Hydrogele, fluorinierte Materialien und Mischungen dieser Materialien (beispielsweise fluoriniertes Silikon). Gewisse Polymere und Kohlenwasserstoffe können ebenso geeignet sein. Es sollte beachtet werden, dass die Nennung spezieller Materialien und/oder Materialklassen nicht als einschränkend betrachtet werden sollte, da viele Materialien, die die hierin beschriebenen Eigenschaften aufweisen als das formtreue Immersionsmedium **26** dienen können.

[0030] Glase enthalten im Allgemeinen auf Quarz basierendes keramisches Material, das eine amorphe Struktur aufweist. Glase werden üblicherweise als unterkühlte Flüssigkeiten mit äußerst hoher Viskosität betrachtet, so dass sie die Erscheinungsform und die Eigenschaften eines Festkörpers aufweisen. In vielen Fällen besitzen Glase eine nahezu 100%ige elastische Wiederherstellung der Form.

[0031] Gelatine sind im Allgemeinen eine Mischung aus Proteinen und können stark hydrophil sein (beispielsweise können diese bis zu das zehnfache

che ihres Gewichts an Wasser absorbieren). Gelatine können reversible Gele mit relativ hoher Festigkeit und Viskosität bilden. Ein Gel ist ein Kolloid, in welchem eine Dispersionsphase mit einer kontinuierlichen Phase kombiniert ist, um ein viskoses geleeartiges Produkt zu bilden. Beispielsweise können ungefähr 2% Gelatine im Wasser verwendet werden, um ein steifes Gel zu bilden.

[0032] Materialien auf Silikonbasis sind Materialien die eine große Gruppe aus Siloxan-Polymeren auf der Grundlage einer Struktur besitzen, die aus abwechselnd Silizium- und Sauerstoffatomen mit diversen organischen Radikalen bestehen, die an dem Silizium anhaften. Das Silikon kann optional vernetzt sein mit einem freien Radikalinitiator. Ferner kann das Silikon fluoriert sein. Geeignete silikonbasierte Materialien können beispielsweise beinhalten: Silikonacrylat, das einen Brechungsindex von ungefähr 1,47 aufweist, Fluoro-Silikon-Acrylat, das einen Brechungsindex von ungefähr 1,45 aufweist. Hybridzusammensetzung aus organischen Material/Silikon können ebenso verwendet werden, etwa bis-Phenylpropyldimethicon oder Phenyltrimethicon.

[0033] Ein Hydrogel ist ein Polymermaterial, das die Fähigkeit hat, in Wasser aufzuquellen und einen merklichen Anteil (beispielsweise größer als 20%) des Wassers in seiner Struktur zu halten, das sich aber in Wasser nicht auflöst. Hydrogele bilden einen Gleichgewichtszustand mit Wasser aus und behalten diesen bei. In dieser Definition ist eine große Bandbreite an natürlichen Materialien sowohl pflanzlichen als auch tierischen Ursprungs, Materialien, die durch Modifizieren natürlich auftretender Strukturen hergestellt werden und synthetischer Polymermaterialien enthalten. Hydrogele werden häufig bei der Herstellung von Kontaktlinsen eingesetzt. In einer Ausführungsform ist ein geeignetes Hydrogel ein vernetztes Polyalkylenoxid. Kommerziell verfügbare wasser-auf-quehbare Polyethylenoxide zur Verwendung in einem derartigen Hydrogel umfassen POLYOX WSR-205 von Union Carbide und ALKOK von Meisei Chemical Works. Ein weiteres geeignetes Hydrogel ist ein vernetztes Polyacrylamidhydrogel, etwa POLYFLOC AP 1142 von Betz Dearborn, Abteilung Hercules, Inc. Eine weitere Erläuterung von Hydrogelen kann beispielsweise in der PCT-Anmeldung WO 02/41040 A2 gebunden werden, deren Inhalt hiermit durch Bezugnahme in seiner Gesamtheit mit eingeschlossen ist.

[0034] Zusätzlich zu den formtreuen Eigenschaften, die bislang erläutert sind, kann das formtreue Immersionsmedium **26** kompressibel sein, so dass es sich deformiert, wenn Druck auf das Immersionsmedium **26** ausgeübt wird. Die komprimierbare Natur des Materials kann elastisch oder plastischen Charakters sein. In einer Ausführungsform kann die Komprimierbarkeit des Immersionsmediums **26** aber helfen, das Vorhandensein von Lufthohlräumen oder Gashohl-

räumen oder anderen Hohlräumen an der Grenzfläche zwischen dem Immersionsmedium **26** und der Scheibe **12**, an der Grenzfläche zwischen dem Immersionsmedium **26** und der Linse **32** und innerhalb des Immersionsmediums **26** zu vermeiden. Ohne auf eine Theorie eingeschränkt sein zu wollen, wird angenommen, dass die kompressive Kraft Bläschen und/oder Gashohlräume aus dem Strahlungsweg des Belichtungsmusters **24** herausdrücken kann und/oder in den gelösten Zustand innerhalb des Immersionsmediums **26** überführen kann. In diesem Sinne kann das Immersionsmedium **26** weich bzw. anschniegsam, um einen engen Kontakt mit der Scheibe **12** und der Linse **32** zu ermöglichen.

[0035] In einer Alusführungsform kann das Immersionsmedium **26** eine relativ hohe Oberflächenenergie oder andere kohäsive Kräfte aufweisen, so dass das Spalten des Immersionsmediums **26** wenig wahrscheinlich ist und so dass das Immersionsmedium **26** nur eine geringe Wahrscheinlichkeit besitzt, vollständig oder teilweise (beispielsweise durch Zurücklassen eines Rests) an der Scheibe **12** zur Linse **32** oder von der Linse **32** zur Scheibe **12** überzugehen. In einem ersten beispielhaften Lithographieprozess mit einem formtreuen Immersionsmedium wird die Scheibe **12** so präpariert, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist (beispielsweise mit der Photolackschicht **34**, die auf der Scheibe **12** ausgebildet ist, und wobei das formtreue Immersionsmedium **26** auf der Photolackschicht **34** ausgebildet ist). Unter Anwendung konventioneller Justierverfahren wird die Scheibe **12** mit dem Lack **34** und dem formtreuen Immersionsmedium **26** in Bezug auf die optische Achse der Linse **32** durch Bewegungen der Scheibenhaltung **28** ([Fig. 1](#)) justiert.

[0036] Danach können, wobei ferner auf [Fig. 3](#) verwiesen wird, die Linse **32** und das formtreue Immersionsmedium **26** in engen Kontakt miteinander gebracht werden. Beispielsweise kann die Scheibenhaltung **28** näher an die Linse **32** herangeführt werden, und/oder die Linse **32** kann näher an die Scheibe **12** herangeführt werden. Bei Kontakt der Linse **32** mit dem formtreuen Immersionsmedium **26** kann eine zusätzliche Bewegung der Scheibenhaltung **28** und/oder der Linse **32** ausgeführt werden, um einen deformierenden Druck auf das formtreue Immersionsmedium **26** auszuüben. Wie beschrieben und dargestellt ist, kann dieser Druck zu einer gewissen Deformation des formtreuen Immersionsmediums **26** führen.

[0037] Danach kann der Photolack **34** mit dem Belichtungsmuster **24** belichtet werden und während einer derartigen Belichtung durchläuft das Belichtungsmuster **24** das formtreue Immersionsmedium **26**. Es sollte beachtet werden, dass lediglich ein Teil des Photolacks **34**, etwa ein Teil, der einem einzelnen Chipgebiet auf der Scheibe **12** entspricht, während

einer gewissen Zeit gegebenenfalls belichtet wird. Daher kann nach der Belichtung mittels des Belichtungsmusters **24** das formtreue Immersionsmedium **26** von der Linse **32** abgekoppelt werden (beispielsweise durch Bewegen der Scheibenhaltung **28** und/oder der Linse **32**). Die Scheibe **12** mit dem Photolack **34** und dem formtreuen Immersionsmedium **26** kann erneut in Bezug auf die optische Achse der Linse **32** justiert werden, und das formtreue Immersionsmedium **26** und die Linse **32** werden erneut miteinander in der zuvor beschriebenen Weise in Kontakt gebracht. Dieser Prozess kann wiederholt werden, bis jeder Teil des Photolacks **34**, der zu belichten ist, belichtet ist.

[0038] Mit zusätzlicher Bezugnahme zu den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) wird nunmehr ein zweiter anschaulicher Lithographieprozess mit formtreuem Immersionsmedium beschrieben. In den zweiten anschaulichen Lithographieprozess mit formtreuem Immersionsmedium wird die Scheibe **12** vorbereitet, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist (beispielsweise mit der Photolackschicht **34**, die auf der Scheibe **12** gebildet ist). Des Weiteren wird die Linse **32** präpariert, indem das formtreue Immersionsmedium **26** auf der Linse **32** angebracht, damit verbunden oder anderweitig abgeschieden wird. Abhängig von der Orientierung der Linse **32** kann das formtreue Immersionsmedium **26** durch Schwerkraft, durch Haftung, durch statische Aufladung, durch Haftigenschaften (beispielsweise durch Aufbringen eines optischen Haftmittels zwischen der Linse **32** und dem formtreuen Immersionsmedium **26**) oder durch andere geeignete Verfahren in Position gehalten werden.

[0039] Danach wird die Scheibe **12** mit dem Photolack **34** in Bezug auf die optische Achse der Linse **32** unter Anwendung konventioneller Justierverfahren (beispielsweise durch Bewegen der Scheibenhaltung **28**) justiert. Das formtreue Immersionsmedium **26** und die Photolackschicht **34** werden in engen Kontakt miteinander gebracht. Beispielsweise kann die Scheibenhaltung **28** näher an die Linse **32** und/oder die Linse **32** kann näher an die Scheibe **12** herangeführt werden. Bei Kontakt des formtreuen Immersionsmediums **26** und der Photolackschicht **34** kann eine weitere Bewegung der Scheibenhaltung **28** und/oder der Linse **32** ausgeführt werden, um einen deformierenden Druck auf das formtreue Immersionsmedium **26** auszuüben. Wie beschrieben, kann dieser Druck zu einer gewissen Deformation des formtreuen Immersionsmediums **26** führen.

[0040] Anschließend wird der Photolack **34** mittels des Belichtungsmusters **24** belichtet und während einer derartigen Belichtung durchläuft das Belichtungsmuster **24** das formtreue Immersionsmedium **26**. Es sollte beachtet werden, dass lediglich ggf. ein Teil des Photolacks **34**, etwa ein Teil, der einem einzelnen Chipgebiet auf der Scheibe **12** entspricht, pro Zeitein-

heit belichtet wird. Daher kann nach dem Belichten mit dem Belichtungsmuster **24** das formtreue Immersionsmedium **26** von dem Photolack **34** entkoppelt werden (beispielsweise durch Bewegen der Scheibenhaltung **28** und/oder der Linse **32**). Die Scheibe **12** mit dem Photolack **34** kann in Bezug auf die optische Achse der Linse **32** erneut justiert werden, und das formtreue Immersionsmedium **26** und die Photolackschicht **34** können erneut miteinander in der zuvor beschriebenen Weise in Kontakt gebracht werden. Dieser Prozess kann wiederholt werden, bis jeder zu belichtende Teil des Photolacks **34** belichtet ist.

[0041] Es sollte beachtet werden, dass diverse Modifizierungen an den vorhergehenden lithographischen Verfahren durchgeführt werden können, ohne vom Schutzbereich der Erfindung, wie sie durch die angefügten Patentansprüche definiert ist, abzuweichen. Beispielsweise kann die erneute Justierung der Scheibe **12** in Bezug auf die optische Achse der Linse **32** durchgeführt werden, ohne dass die Linse **32** und das formtreue Immersionsmedium **26** oder das formtreue Immersionsmedium **26** und die Photolackschicht **34** voneinander entkoppelt werden.

[0042] Das formtreue Immersionsmedium **26** kann einen höheren Brechungsindex für ein Medium bieten, das von dem Belichtungsmuster durchlaufen wird, als dies konventioneller Weise in der trocknen lithographischen Lithographie von Immersionslithographieprozessen mit fließbaren Flüssigkeiten der Fall ist. Es wird angenommen, dass je näher der Brechungsindex für das Immersionsmedium an dem Brechungsindex der Linse **32** liegt, desto besser die Auflösung der Belichtung für die Photolackschicht **34** ist.

[0043] Ferner können nicht fließbare Immersionsmedien, etwa das formtreue Immersionsmedium **26**, wie es hierin beschrieben ist, besser steuerbar sein als fließbare Immersionsmedien. Beispielsweise kann der Brechungsindex innerhalb des Volumens des Immersionsmediums, durch das das Belichtungsmuster **24** läuft, gleichförmiger sein als in fließbaren Immersionsmedien. Auch ist die Wahrscheinlichkeit für eine Bläschenbildung in dem formtreuen Immersionsmedium **26** geringer als in Immersionsmedien in Form fließbarer Flüssigkeiten. Zu beachten ist, dass Bläschen, die sehr klein sind in Bezug auf die Belichtungswellenlänge (beispielsweise hundert mal kleiner) toleriert werden können, da derartig kleine Bläschen nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Bilderzeugung ausüben. In der Immersionslithographie mit fließbaren Flüssigkeiten kann eine wiederholte Belichtung des gleichen Immersionsmediums zur Ausbildung von Bläschen mit Größen führen, die relativ groß sind im Vergleich zur Belichtungswellenlänge.

[0044] Zusammengefasst kann man feststellen,

dass die Verwendung eines formtreuen Immersionsmediums anstelle eines fließbaren Immersionsmediums die Einführung der Flüssigkeitseigenschaften des fließbaren Immersionsmediums in den Immersionslithographieprozess vermeidet, wodurch eine Abbildung mit geringen Verzerrungen möglich ist. Ferner können auch Vorteile, die mit Immersionslithographie verknüpft sind, realisiert werden, wozu beispielsweise eine effektive Wellenlängenreduktion und eine effektive Erhöhung der numerischen Apertur zählen.

[0045] In einer Ausführungsform ist das formtreue Immersionsmedium **26** für kurzzeitigen Betrieb gedacht. Beispielsweise wird das formtreue Immersionsmedium **26** für die Belichtungen eingesetzt, die mit einer speziellen Maske **18** und einer Scheibe **12** verknüpft sind. Anschließend wird das formtreue Immersionsmedium **26** von der Scheibe **12** für die weitere Bearbeitung der Scheibe **12** entfernt (beispielsweise Entwicklung des Photolacks **34** und/oder Bearbeitung einer Scheibenschicht, die unter dem Photolack **34** liegt) oder von der Linse **32** entfernt und durch ein neues formtreues Immersionsmedium **26** ersetzt. Wenn das formtreue Immersionsmedium **26** zuerst auf oder über der Photolackschicht **34** abgeschieden wird, ist es möglich, dass jeder Bereich des formtreuen Immersionsmediums **26** mit dem Belichtungsmuster **24** nur einmal belichtet wird. Wenn das formtreue Immersionsmedium **26** zunächst mit der Linse **32** in Kontakt kommt, kann das formtreue Immersionsmedium **26** mit dem Belichtungsmuster **24** mehrere Male belichtet werden, aber nicht mit so vielen Wiederholungen, dass eine Bläschenbildung einsetzt oder Ungleichförmigkeiten im Brechungsindex entstehen. Daher können in einigen Fällen die Belichtungen, die mit mehreren Masken oder Scheiben verknüpft sind, mit dem gleichen formtreuen Immersionsmedium **26** durchgeführt werden, das auf der Linse **32** aufgebracht ist. In einer Ausführungsform kann das formtreue Immersionsmediummaterial, das von der Scheibe **12** oder der Linse **32** entfernt wird, wiedergewonnen, gereinigt und/oder erneut durch einen Aufbereitungsprozess verwendet werden.

[0046] Da das formtreue Immersionsmedium **26** lediglich für eine begrenzte Anzahl an Belichtungen eingesetzt wird, und da die Belichtungsstrahlung entsprechend begrenzt ist, wird angenommen, dass die Bläschenbildung, die die Bilderzeugung beeinflussen würde und/oder die Einführung von Kontaminationsstoffen in das Immersionsmedium minimiert werden kann. Als Folge davon kann ein Bild mit hoher Auflösung und Qualität auf die Photolackschicht **34** übertragen werden.

[0047] In einer Ausführungsform kann vor der Belichtung mit dem Belichtungsmuster **24** das formtreue Immersionsmedium **26** geprüft werden, um zu bestimmen, ob das formtreue Immersionsmedium **26** in

einem akzeptablen Zustand ist. Beispielsweise kann das formtreue Immersionsmedium **26** im Hinblick auf die Gleichförmigkeit des Brechungsindex des formtreuen Immersionsmediums **26** geprüft werden, wobei beispielsweise interferometrische Verfahren verwendet werden, wie sie detaillierter in der anhängigen US-Patentanmeldung 10/628,021 beschrieben sind, die am **25.** Juli 2003 eingereicht wurde, deren Offenbarung hiermit durch Bezugnahme in der Gesamtheit mit eingeschlossen ist. Das formtreue Immersionsmedium **26** kann ferner im Hinblick auf das Vorhandensein von Fremdkörpern (beispielsweise Substanzpartikel oder Bläschen) untersucht werden, wobei beispielsweise eine Detektoranordnung verwendet wird, um Licht zu erkennen, das von einem Testlaser ausgesandt und von dem Fremdkörper gestreut wird, wie dies detaillierter in der anhängigen US-Patentanmeldung 10/638,927 beschrieben ist, die am 11. August 2003 eingereicht wurde und deren Offenbarung hiermit durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit mit eingeschlossen ist.

[0048] Obwohl spezielle Ausführungsformen der Erfindung detailliert beschrieben sind, ist es selbstverständlich, dass die Erfindung ihren Schutzbereich nicht darauf eingeschränkt ist, sondern dass alle Änderungen, Modifizierungen und Äquivalente enthalten sind, die innerhalb des Grundgedankens und den Begriffen der angefügten Patentansprüche liegen.

Bezugszeichenliste

Fig. 1

30	Steuerungssystem
14	Lichtquelle
18	Maske/Retikel
22	Abbildungssystem
12	Scheibengebiet
28	Scheibenthalter

Ausführungsbeispiel

Zusammenfassung

[0049] Ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelements unter Anwendung eines lithographischen Systems (**10**) mit einer Linse (**32**), von der ein Belichtungsmuster (**24**) ausgesendet wird, wird bereitgestellt. Ein formtreues Immersionsmedium (**26**) wird zwischen einer Photolackschicht (**34**) und der Linse angeordnet. Die Photolackschicht, die über eine Scheibe angeordnet ist, und die Linse werden in engen Kontakt mit dem formtreuen Medium gebracht. Der Photolack kann mit dem Belichtungsmuster so belichtet werden, dass das Belichtungsmuster durch das formtreue Immersionsmedium läuft.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bauelements unter Anwendung eines lithographischen Systems (10) mit einer Linse (32), von der ein Belichtungsmuster (24) ausgesendet wird, mit:

Bereitstellen einer Scheibe (12) und einer Photolackschicht (34), die über der Scheibe angeordnet ist; Positionieren eines formtreuen Immersionsmediums (26) zwischen der Photolackschicht und der Linse; und Belichten der Photolackschicht mit dem Belichtungsmuster, wobei das Belichtungsmuster durch das formtreue Immersionsmedium läuft.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Positionieren des formtreuen Immersionsmediums Beschichten der Photolackschicht und/oder der Linse mit dem formtreuen Immersionsmedium umfasst.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei das Positionieren zu einem engen Kontakt der Photolackschicht und/oder der Linse mit dem formtreuen Immersionsmedium führt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, das ferner umfasst: Ausüben eines deformierenden Druckes auf das formtreue Immersionsmedium mittels der Linse.

5. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner umfasst: Bewegen der Scheiben und/oder der Linse so, dass die Linse und die Photolackschicht in engen Kontakt mit dem formtreuen Immersionsmedium sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5, das ferner umfasst: erneutes Positionieren der Scheibe in Bezug auf die Linse durch Entkoppeln der Photolackschicht oder der Linse von dem formtreuen Immersionsmedium, Bewegen der Scheibe und/oder der Linse lateral in Bezug auf die Scheibe bzw. die Linse und erneutes Herstellen des engen Kontakts der Linse und der Photolackschicht mit dem formtreuen Immersionsmedium; und erneutes Belichten der Photolackschicht mit dem Belichtungsmuster, wobei das Belichtungsmuster durch das formtreue Immersionsmedium läuft.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei ein Brechungsindex des formtreuen Immersionsmediums ungefähr 1,0 bis ungefähr 1,5 beträgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das formtreue Immersionsmedium aus einem Hydrogel und/oder einem Glas und/oder einer Gelatine und/oder einem Material auf Silikonbasis hergestellt ist.

9. Verfahren zur Herstellung eines Bauelements unter Anwendung eines lithographischen Systems (10) mit einer Linse (32), von der ein Belichtungsmuster (24) ausgesendet wird, mit:

Bereitstellen einer Scheibe (12) und einer Photolackschicht (34), die über der Scheibe angeordnet ist; in engen Kontaktbringen der Linse und der Photolackschicht mit einem formtreuen Immersionsmedium (26), wobei das formtreue Immersionsmedium zwischen der Linse und der Photolackschicht angeordnet ist; und Belichten der Photolackschicht mit dem Belichtungsmuster, wobei das Belichtungsmuster durch das formtreue Immersionsmedium läuft.

10. Lithographiesystem (10) mit: einer Linse (32) einer lithographischen Abbildungsanordnung (22); einer Scheibe (12) mit einer Photolackschicht (34), die über der Scheibe angeordnet ist; und einen formtreuen Immersionsmedium (26), das zwischen der Linse und der Photolackschicht angeordnet ist und in engen Kontakt mit der Photolackschicht und der Linse ist.

11. Lithographisches System nach Anspruch 10, wobei die Linse einen deformierenden Druck auf das formtreue Immersionsmedium während des Belichtens der Photolackschicht ausübt.

12. Lithographisches System nach einem der Ansprüche 10 bis 11, wobei ein Brechungsindex des formtreuen Immersionsmediums ungefähr 1,0 bis ungefähr 1,5 beträgt.

13. Lithographisches System nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei das formtreue Immersionsmedium aus Hydrogel und/oder aus Glas und/oder aus Gelatine und/oder aus einem Material auf Silikonbasis hergestellt ist.

14. Lithographisches System nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei die Linse und/oder die Scheibe bewegbar sind, um damit den engen Kontakt herzustellen.

15. Lithographisches System nach Anspruch 10 bis 14, wobei die lithographische Abbildungsanordnung ein Belichtungsmuster (24) von der Linse aussendet und das Belichtungsmuster das formtreue Immersionsmedium zum Belichten der Photolackschicht durchläuft.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

