



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 029 225 A1** 2007.01.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 029 225.1**

(22) Anmeldetag: **26.06.2006**

(43) Offenlegungstag: **04.01.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G03F 7/26** (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

60/695,826 **30.06.2005** **US**

11/337,986 **24.01.2006** **US**

(74) Vertreter:

TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR
Patentanwälte, 81679 München

(71) Anmelder:

Taiwan Semiconductor Mfg. Co., Ltd., Hsin-Chu,
TW

(72) Erfinder:

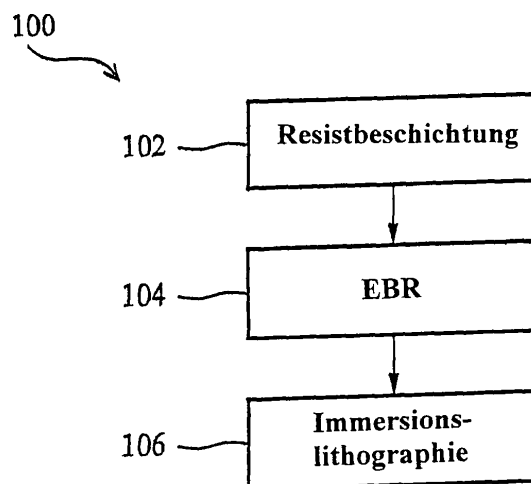
Chang, Ching-Yu, Yuansun, Yilang, TW; Ke, C. C.,
Tainan, TW; Yu, Vincent, Taichung, TW

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Randwallentfernung bei der Immersionslithographie**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur Durchführung von Immersionslithographie auf einem Halbleiterwafer wird bereitgestellt. Das Verfahren schließt das Bereitstellen einer Resistschicht auf einer Oberfläche des Halbleiterwafers ein. Als nächstes rotiert ein Randwallentfernungsverfahren den Wafer bei einer Geschwindigkeit von mehr als 1000 Umdrehungen pro Minute und gibt Lösungsmittel durch eine Düse aus, während der Wafer rotiert. Dann wird die Resistschicht unter Verwendung eines Immersionslithographie-Belichtungssystems belichtet.



Beschreibung

Erfindungsgebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein die Herstellung von Halbleiterbauelementen (Halbleiterbauteilen, semiconductor devices) und besonders ein Verfahren und ein System für die Entfernung von Photoresist-Rückstand (Photolack-Rückstand) von einem Halbleitersubstrat.

Stand der Technik

Hintergrund der Erfindung

[0002] Die Lithographie ist ein Verfahren (Mechanismus), bei welchem ein sich auf einer Maske befindendes Muster auf ein Substrat, wie beispielsweise einen Halbleiterwafer, projiziert wird. In Bereichen, wie beispielsweise der Halbleiter-Photolithographie, wurde es nötig, Abbildungen auf dem Halbleiterwafer zu erzeugen, welche minimale Merkmalsgrößen unter einer Auflösungsgrenze oder kritischen Dimension (CD) einfügen. Gegenwärtig erreichen CDs 65 Nanometer oder weniger.

[0003] Die Immersionslithographie ist ein neuer Ansatz in der Photolithographie, in welcher das Belichtungsverfahren (Aussetzungsverfahren, exposure procedure) mit einer Flüssigkeit, welche den Raum zwischen der Oberfläche des Wafers und der Linse ausfüllt, durchgeführt wird. Unter Verwendung von Immersionslithographie können größere numerische Aperturen gebaut werden als unter Verwendung von Linsen in Luft, wodurch sich eine verbesserte Auflösung ergibt. Weiter liefert die Immersion (das Eintauchen) eine verbesserte Fokustiefe (depth-of-focus, DOF) zum Drucken von immer kleineren Merkmalen.

[0004] Der Immersionsbelichtungsschritt (Immersionaussetzungsschritt) kann entionisiertes Wasser oder ein anderes geeignetes Immersionsbelichtungsfluid (Immersionaussetzungsfluid, Immersionsbelichtungsflüssigkeit/Immersionbelichtungsgas) in dem Raum zwischen dem Wafer und der Linse verwenden. Obwohl die Belichtungszeit kurz ist, kann die Kombination des Fluids mit der photoempfindlichen Schicht (wie beispielsweise dem Photoresist (dem Photolack), oder kurz "Resist") bis jetzt unvorhergesehene Probleme verursachen. Zum Beispiel kommt Resist-Rückstand (Lack-Rückstand) mit dem Immersionsbelichtungsfluid und/oder der Linse in Berührung, wodurch das Fluid und/oder die Linse kontaminiert wird (werden) und Defekte auf dem Wafer verursacht werden.

Aufgabenstellung

[0005] Es wird gewünscht, ein Immersionslithographieverfahren bereitzustellen, welches verminderte Kontamination des Immersionsbelichtungsfluids und der Linse und verminderte Defekte auf dem Wafer aufweist.

Kurze Zusammenfassung der Erfindung

[0006] In einer Ausführungsform wird ein Verfahren zur Durchführung von Immersionslithographie auf einem Halbleiterwafer bereitgestellt. Das Verfahren schließt das Bereitstellen einer Resistschicht (einer Schicht von Resist) auf einer Oberfläche des Halbleiterwafers ein. Dann rotiert ein Randwallentfernungsverfahren (edge bead removal process) den Wafer bei einer Geschwindigkeit von mehr als 1.000 Umdrehungen pro Minute (beispielsweise ungefähr 1.500 Umdrehungen pro Minute) und gibt Lösungsmittel durch eine Düse aus, während der Wafer rotiert. Dann wird die Resistschicht unter Verwendung eines Immersionslithographie-Belichtungssystems belichtet (ausgesetzt).

[0007] In einigen Ausführungsformen schließt der Randwallentfernungsschritt ein erstes Rotierungsverfahren (erstes Schleuderverfahren, first spin process) ein, welches den Wafer bei einer ersten Geschwindigkeit von mehr als 1.000 Umdrehungen pro Minute rotiert und Lösungsmittel in Richtung eines Randes des Wafers während des Rotierens ausgibt, ein zweites Rotierungsverfahren (zweites Schleuderverfahren, second spin process), welches den Wafer bei einer zweiten Geschwindigkeit von weniger als oder gleich der ersten Geschwindigkeit rotiert und Lösungsmittel in Richtung des Randes des Wafers während des Rotierens ausgibt, und ein drittes Rotierungsverfahren (drittes Schleuderverfahren, third spin process), welches den Wafer bei einer dritten Geschwindigkeit von weniger als oder gleich der zweiten Geschwindigkeit rotiert und Lösungsmittel in Richtung des Randes des Wafers während des Rotierens ausgibt.

[0008] In einer anderen Ausführungsform schließt ein Verfahren zur Durchführung von Immersionslithogra-

phie auf einem Halbleitersubstrat das Bereitstellen einer Resistschicht (Schicht von Resist) auf einer Oberfläche des Halbleitersubstrates ein, wobei sich die Resistschicht in der Nähe eines Randes des Substrates erstreckt. Eine obere antireflektierende Deckschicht (top anti-reflective coating layer, TARC-Schicht) wird über den Resist gebildet, wobei sich die TARC-Schicht näher zum Rand des Substrates erstreckt als die Resistschicht, wodurch die Resistschicht eingekapselt wird. Dann wird ein Randwallentfernungsverfahren (EBR-Verfahren) durchgeführt. Das EBR-Verfahren schießt das Rotieren des Wafers bei einer Geschwindigkeit von mehr als 1.000 Umdrehungen pro Minute (U/min) und das Ausgeben von Lösungsmittel durch eine Düse, während der Wafer rotiert, ein. Anschließend wird die Resistschicht unter Verwendung eines Immersionslithographie-Belichtungssystems belichtet (ausgesetzt).

[0009] In einer anderen Ausführungsform wird ein Randwallentfernungssystem zur Verwendung mit einem Immersionslithographieverfahren bereitgestellt. Das System schließt einen Motor mit mehreren Drehzahlen (Mehrgeschwindigkeitsmotor, multi-speed motor) zum Rotieren eines Waferdrehtellers (wafer chuck) ein. Der Motor ist so konfiguriert, dass er in Folge eine erste Geschwindigkeit für den Drehteller von mehr als 1.000 Umdrehungen pro Minute, eine zweite Geschwindigkeit für den Drehteller von ungefähr 1.000 Umdrehungen pro Minute und eine dritte Geschwindigkeit für den Drehteller von weniger als 1.000 Umdrehungen pro Minute einhält. Das System schließt auch eine erste Düse ein, welche auf dem Drehteller in der Nähe positioniert ist, in der sich ein Rand eines Halbleiterwafers auf dem Drehteller befinden würde, wobei die erste Düse zum Ausgeben eines Lösungsmittels dient.

[0010] In einigen Ausführungsformen ist die erste Düse derart konfiguriert, dass sie an verschiedenen Orten entsprechend mindestens zweier verschiedener Geschwindigkeiten des Drehtellers positioniert sein kann.

[0011] In einigen Ausführungsformen ist der Motor mit mehreren Drehzahlen weiter derart konfiguriert, dass die erste Geschwindigkeit ungefähr 2.500 Umdrehungen pro Minute, die zweite Geschwindigkeit ungefähr 1.000 Umdrehungen pro Minute und die dritte Geschwindigkeit ungefähr 500 Umdrehungen pro Minute beträgt.

[0012] In einigen Ausführungsformen schließt das System auch eine zweite Düse ein, welche auf dem Drehteller in der Nähe positioniert ist, in der sich ein Rand eines Halbleiterwafers befinden würde. Die zweite Düse gibt ein Lösungsmittel auf eine Seite des Halbleiterwafers gegenüber der Seite, auf welche die erste Düse Lösungsmittel ausgibt, aus. Die erste Düse ist konfigurierbar, dass sie Lösungsmittel bei ungefähr 2,5 Millimeter (mm) von dem Waferrand ausgibt, wenn der Motor bei der ersten Geschwindigkeit läuft. Die erste und die zweite Düse sind konfigurierbar, dass sie Lösungsmittel bei 1,0 mm bis 1,5 mm von dem Waferrand ausgeben, wenn der Motor bei der zweiten Geschwindigkeit läuft. Die erste und die zweite Düse sind auch konfigurierbar, dass sie Lösungsmittel bei ungefähr 1,0 mm von dem Waferrand ausgeben, wenn der Motor bei der dritten Geschwindigkeit läuft.

[0013] Eine detaillierte Beschreibung wird in den folgenden Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen gegeben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0014] Die vorliegende Erfindung kann umfassender unter Zuhilfenahme der folgenden detaillierten Beschreibung und der Beispiele mit Bezugnahmen auf die beiliegenden Zeichnungen verstanden werden, wobei:

[0015] die [Fig. 1](#) ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Durchführung von Immersionslithographie darstellt, welches die Implementierung eines Randwallentfernungsverfahrens (EBR-Verfahrens) einschließt,

[0016] die [Fig. 2](#), [Fig. 7](#), [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) Seiten-Querschnittsansichten des sich ganz rechts befindenden Teils (wie in der Figur zu sehen) eines Halbleiterwafers darstellen,

[0017] die [Fig. 3](#) ein Seitenansichtsdiagramm eines Immersionslithographiesystems darstellt,

[0018] die [Fig. 4](#) eine Ansicht des Halbleiterwafers der [Fig. 1](#), [Fig. 4](#) und/oder [Fig. 5](#) darstellt, welcher unter einem oder mehreren Defekten leidet,

[0019] die [Fig. 5](#) bis [Fig. 6](#) Ansichten von verschiedenen Trocknungsverfahren darstellen, welche in dem EBR-Verfahren von [Fig. 6](#) gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0020] Die folgende Beschreibung ist die als beste erachtete Ausführungsform zur Durchführung der Erfindung. Diese Beschreibung wird zum Zwecke der Verdeutlichung der allgemeinen Prinzipien der Erfindung gemacht und ist nicht in einem einschränkenden Sinne auszulegen. Der Umfang der Erfindung wird am besten unter Bezugnahme auf die beiliegenden Patentansprüche bestimmt.

[0021] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein die Herstellung von Halbleiterbauelementen (Halbleiterbauteilen, semiconductor devices) und besonders ein Verfahren und ein System für die Entfernung von Photoresist-Rückstand (Photolack-Rückstand) von einem Halbleitersubstrat. Es ist indes zu verstehen, dass spezifische Ausführungsformen als Beispiele dienen sollen, um das breitere erfinderische Konzept zu lehren, und der Durchschnittsfachmann kann die Lehren der vorliegenden Erfindung leicht auf andere Verfahren und Systeme anwenden. Ebenso ist zu verstehen, dass die Verfahren und Systeme, welche in der vorliegenden Erfindung diskutiert werden, einige herkömmliche Strukturen und/oder Schritte einschließen. Da diese Strukturen und Schritte im Stand der Technik gut bekannt sind, werden sie nur auf einer allgemeinen Detailstufe diskutiert. Weiterhin werden Bezugszeichen überall in den Zeichnungen zur Dienlichkeit und zum Zwecke der Klarheit wiederholt, und eine solche Wiederholung bezeichnet in keiner Weise eine zwingende Kombination der Merkmale oder Schritte überall in den Zeichnungen.

[0022] Bezug nehmend auf die [Fig. 1](#) wird ein vereinfachtes Flussdiagramm einer Ausführungsform eines Verfahrens für die Immersionslithographie mit einer verringerten Anzahl an Defekten mit der Bezugsnummer **100** bezeichnet. In dem Schritt **102** wird eine photoempfindliche Schicht (PSL) auf der Oberfläche eines Wafersubstrates gebildet. Das Wafersubstrat kann einen Wafer aus blankem Silizium (einen blanken Siliziumwafer), einen dünnen Folienstapel, Poly-Silizium, Siliziumnitrid, Siliziumoxid, "low k"-Dielektrikum (Niedrig-k-Dielektrikum, low-k dielectric) und Leitermaterialien (beispielsweise Metall) einschließen.

[0023] In einer Ausführungsform ist das PSL eine Polymerphotoresistschicht (Polymerresistschicht) von ungefähr 2.500 Å für 65 nm-Lithographie und von weniger als ungefähr 1.800 Å für 55 nm-Lithographie. Diese wird in der vorliegenden Ausführungsform verwendet, um ein gewünschtes Verhältnis der Höhe zur Breite für die Schaltkreisgeometrien zu erhalten, welche mit der entsprechenden Lithographieauflösung assoziiert sind. Eine verringerte Dicke des PSL kann helfen, Musterkollaps (Musterzusammenbruch, pattern collabs) während der anschließenden Bearbeitung (beispielsweise Entwickeln, Rotationstrocknen) zu vermindern oder zu verhindern.

[0024] Der Resist kann eine untere antireflektierende Deckschicht (BARC-Schicht), ein Unterschichtpolymer, ein Silizium enthaltendes Polymer, ein Siliziumcarbid enthaltendes Polymer, Negativ- oder Positiv-Resist, eine obere antireflektierende Deckschicht (TARC-Schicht) sein, und er kann aus einem derzeit bereits bekannten Material oder einem für diesen Zweck später entwickelten Material bestehen. Zum Beispiel kann der Resist ein Einkomponenten-, ein Zweikomponenten- oder ein Mehrkomponenten-Resistsystem sein. Die Auftragung (Anwendung) des Resists kann durch ein Rotationsbeschichtungsverfahren ("spin coating"-Verfahren) oder durch ein anderes geeignetes Verfahren erfolgen. Vor der Auftragung des Resists kann der Wafer zuerst bearbeitet werden, um ihn für das photolithographische Verfahren vorzubereiten. Beispielsweise kann der Wafer vor der Auftragung des Resists gereinigt, getrocknet und/oder mit einem adhäsionsfördernden Material beschichtet werden.

[0025] In der vorliegenden Ausführungsform wird eine BARC-Schicht auf dem Wafer angeordnet (platziert), bevor der Resist aufgetragen wird, und eine obere Deckschicht (beispielsweise TARC-Schicht) wird auf dem Wafer angeordnet (platziert), nachdem der Resist aufgetragen worden ist. Die BARC-Schicht hat eine Höhe von mehr als ungefähr 50 Å, um die Gleichmäßigkeit der Beschichtungsdicke und eine gewünschte Reflektivität zu erleichtern. Die TARC-Schicht hat ebenfalls eine Höhe von mehr als ungefähr 50 Å, um die Gleichmäßigkeit der Beschichtungsdicke zu erleichtern.

[0026] Bei Schritt **104** wird eine Lösungsmittelspülung angewendet, um den Resist an dem Rand des Wafers (bezeichnet als "Randwall" ("Randwulst", "edge bead")) zu entfernen. Dieses Verfahren hilft zu verhindern, dass der Resist während des Belichtungsverfahrens kontaminiert wird. Ein herkömmliches Randwallentfernungsverfahren (EBR-Verfahren) schließt die folgenden Parameter ein, welche in der Tabelle 1 unten gezeigt sind. Es ist ein zweischrittiges (zweistufiges) Verfahren, in welchem der erste Schritt den Wafer bei 1.000 Umdrehungen pro Minute für 5 Sekunden rotiert. Während dieses Schrittes sind zwei Düsen zum Ausgeben von

Lösungsmittel 1,5 Millimeter von dem Waferrand positioniert, eine für die vorderseitige Oberfläche des Wafers, die andere für die rückseitige Oberfläche. Es ist zu verstehen, dass die Bezeichnung "vorderseitig" sich auf die Seite des Wafers mit dem Resist bezieht und die Bezeichnung "rückseitig" sich auf die gegenüberliegende Seite bezieht.

Tabelle 1

Schritt	Umdrehung pro Minute (U/min)	Dauer (Sekunden)	Düsenposition (mm)	Fluid-Ausgabe
1	1.000	5	1,5	vorderseitig und rückseitig
2	1.000	5	-	keine (Rotations-trocknen)

[0027] Bei Schritt **106** wird ein Immersionslithographieverfahren durchgeführt. Der Wafer und der Resist (und alle anderen Schichten) werden in eine Immersionsbelichtungsflüssigkeit, wie beispielsweise entionisiertes Wasser, eingetaucht und einer Strahlenquelle ausgesetzt. Die Strahlenquelle kann eine UV-Lichtquelle, zum Beispiel einen Kryptonfluorid- (KrF, 248 nm), einen Argonfluorid- (ArF, 193 nm) oder einen F2- (157 nm) Excimerlaser darstellen. Der Wafer wird der Bestrahlung für eine vordefinierte Zeitdauer ausgesetzt, welche von der Art des verwendeten Resists, der Intensität der UV-Lichtquelle und/oder anderen Faktoren abhängt. Die Belichtungszeit kann beispielsweise ungefähr 0,2 Sekunden bis ungefähr 30 Sekunden dauern. Nach der Belichtung wird ein Nachbelichtungsbacken (Nachbacken, post-exposure bake, PEB) zur Polymerspaltung durchgeführt, und ein Entwicklungsverfahren wird zur Vervollständigung der Bemusterung (Patterning) der Resistenschicht verwendet.

[0028] Bezug nehmend auf die [Fig. 2](#) ist ein Halbleiterwafer **10** ein Beispiel für einen Wafer, welcher durch das oben in Bezug genommene Immersionslithographieverfahren **100** bearbeitet werden kann. Der Wafer **10** schließt ein Substrat **12** und eine photoempfindliche Schicht **14** ein. Das Substrat **12** kann eine oder mehrere Schichten einschließen, einschließlich polymere, metallische und/oder dielektrische Schichten, welche bemustert werden sollen. Die photoempfindliche Schicht **14** kann eine Photoresistschicht (Resistschicht) sein, welche auf ein Belichtungsverfahren zur Erzeugung von Mustern reagiert.

[0029] Obwohl dies nicht zwingend ist, schließt der Wafer **10** eine untere antireflektierende Deckschicht (BARC-Schicht) **16** und eine obere antireflektierende Deckschicht (TARC-Schicht) **18** ein. Die [Fig. 2](#) zeigt nur den rechten Rand **19** des Wafers **10**. Es kann in Betracht gezogen werden, dass der linke Rand des Wafers **10** ein ähnliches Profil wie das des rechten Randes **19** aufweist. Ebenfalls wird in der [Fig. 2](#) gezeigt, dass die drei Schichten eine versetzte Position aufweisen, wobei die BARC-Schicht **16** sich weiter (näher) in Richtung des Waferrandes **19** als die photoempfindliche Schicht **14** erstreckt, die sich in Richtung des Waferrandes weiter als die TARC-Schicht **18** erstreckt.

[0030] Bezug nehmend auf die [Fig. 3](#) wird der Wafer **10** nach dem EBR-Verfahren einem Immersionslithographiesystem **20** zugeführt (bereitgestellt). Das Immersionslithographiesystem schließt ein Linsensystem **22**, einen Immersionskopf **24** zum Enthalten eines Fluids **26**, wie beispielsweise entionisiertes Wasser, verschiedene Öffnungen (Aperturen) **28**, durch welche Fluid hinzugegeben und entfernt werden kann, und eine Bühne (Stufe) **30** zum Sichern und Bewegen des Wafers **10** relativ zu dem Linsensystem **22** ein. Die Bühne **30** schließt weiter eine Struktur **32** zum Enthalten von Fluid **26** ein. In der [Fig. 3](#) sind das Linsensystem **22** und der Immersionskopf **24** in der Nähe des rechten Randes **19** des Wafers **10** positioniert. Es ist zu verstehen, dass die Linse **22** und der Wafer **10** relative Bewegung erfahren, so dass die Linse die Resistenschicht **14** über den gesamten Wafer belichten kann.

[0031] Bezug nehmend auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#), obwohl diese nicht als begrenzend beabsichtigt sind, erfolgt während eines herkömmlichen Immersionslithographieverfahrens ein Störmechanismus zur Verursachung von Defekten, wenn ein schlechtes Resistschnittprofil erzeugt wird und lösliches Material von dem Resist **14** Teilchen **40** bildet, welche später in dem Verfahren Probleme verursachen. In der [Fig. 2](#) werden zwei Teilchen **40** in der Nähe des Randes **19** gezeigt. Die Teilchen **40** können ein lösliches Material aus der Resistenschicht **14**,

der BARC-Schicht **16**, der TARC-Schicht **18** oder eine Kombination davon umfassen. In der [Fig. 3](#) sind viele Teilchen **40** gezeigt, nicht nur in der Nähe des Waferrandes **19**, sondern im gesamten Fluid **26** eingetaucht.

[0032] Es ist anzunehmen, dass die Störung in dem EBR-Verfahren liegt. Die Zentrifugalkraft eines Wafers, welcher bei 1.000 Umdrehungen pro Minute (U/min) dreht (Tabelle 1), ist nicht stark genug, um das EBR-Lösungsmittel von dem Rand des Resists **14** zu entfernen. Der Resist **14** an dem Rand des Wafers ist immer noch mit dem Lösungsmittel getränkt, wodurch ein schwammartiger Zustand entsteht. In einigen Fällen bewirkt dieses, dass der Resistrand weich wird, was bedeutet, dass er leicht während des Wafer-Rotationstrocknungsschrittes (Schritt 2) wegrotiert werden kann. Der wegrotierte lösungsmittelreiche Resist würde sich während eines Nachbelichtungsverfahrens (post-exposure process) weiter abschälen. Während dies nicht zu einem Problem in der Trockenlithographie führte, können das Fluid **26** und/oder die Linse **22** in dem Immersionslithographiesystem **20** ([Fig. 3](#)) mit den Teilchen **40** kontaminiert werden, und eine erhöhte Anzahl von Defekten entsteht auf dem Wafer (wo die Würfel/Rohchips bzw. Dies sind).

[0033] Jetzt Bezug nehmend auf die [Fig. 4](#) wird der Wafer **10** nach dem Durchgang durch ein Immersionslithographieverfahren mit einem konventionellen EBR-Verfahren gezeigt. Der Wafer **10** schließt Defekte **50** ein, welche während des Verfahrens verursacht worden sind. Die Defekte werden durch die Teilchen **40**, wie in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 3](#) verdeutlicht, verursacht und können die Anwesenheit der Teilchen und/oder Deformation oder "löcherartige Leerstellenmuster" (fehlende Muster) in dem Resist darstellen. Andere Arten von Defekten können ebenso existieren.

[0034] Bezug nehmend auf die [Fig. 5](#) wird ein neuartiges EBR-Verfahren bereitgestellt, um zu vermindern oder zu verhindern, dass die Teilchen **40** sich in dem Immersionsfluid **26** oder auf der Linse **22** bilden (wie in der [Fig. 3](#) gezeigt), und um die Anzahl an Defekten **50** in dem bearbeiteten Wafer zu vermindern (wie in der [Fig. 4](#) gezeigt). Das neue EBR-Verfahren verwendet einen Drehteller **52**, welcher durch einen Motor **54** angetrieben wird, und eine oder mehrere Düsen **60**, **62**. Der Motor **54** ist in der Lage, den Drehteller **52** bei einer relativ hohen Geschwindigkeit zu rotieren, wie unten diskutiert, und in einigen Ausführungsformen ist (sind) die Düse(n) **60** bis **62** zu einer einzigen Bewegung, koordiniert mit den Motorgeschwindigkeiten, in der Lage.

[0035] Die Tabelle 2 unten beschreibt ein verbessertes zweischrittiges EBR-Verfahren (verglichen mit der Tabelle 1 oben), wobei in dem ersten Schritt der Motor **54** den Drehteller **52** bei einer Geschwindigkeit von mehr als 1.000 Umdrehungen pro Minute (beispielsweise 1.500 Umdrehungen pro Minute) für ungefähr 5 Sekunden rotiert (und dadurch den Wafer **10**). Die zwei Düsen **60**, **62** zum Ausgeben von Lösungsmittel sind ungefähr 1,5 Millimeter von dem Waferrand positioniert, eine für die vorderseitige Oberfläche des Wafers **10** und die andere für die rückseitige Oberfläche. Beispiele für Lösungsmittel schließen Propylenglykolmonomethylether (PGME), Propylenglykolmonomethyletheracetat (PGMEA), Cyclohexanol, Wasserlösung, Tensidlösung oder Kombinationen davon ein. Es ist zu verstehen, dass viele Arten von Resist löslich in einem oder mehreren der oben aufgeführten Lösungsmitteln sind. Die vorliegende Ausführungsform erhöht die Zentrifugalkraft an dem Randwall und vermindert den schwammartigen Zustand des Resists in der Nähe des Randes des Wafers. Nachdem die Schritte der Tabelle 2 durchgeführt worden sind, kann ein Vorbelichtungs-Backverfahren (Vorbakken, pre-exposure baking process) verwendet werden, um das Resistpolymer zu verdichten und das Lösungsmittel zu verdampfen.

Tabelle 2

Schritt	Umdrehung pro Minute (U/min)	Dauer (Sekunden)	Düsenposition (mm)	Fluid-Ausgabe
1	>1.000	5	1,5	vorderseitig und rückseitig
2	1.000	5	-	keine (Rotations-trocknen)

[0036] In einer anderen Ausführungsform wird durch ein zweites EBR-Verfahren vermindert oder verhindert, dass sich die Teilchen **40** in dem Immersionsfluid **26** bilden. Die Tabelle 3 unten beschreibt ein verbessertes vierschrittiges (vierstufiges) Verfahren. Der erste Schritt rotiert den Wafer bei einer Geschwindigkeit von mehr

als 1.000 Umdrehungen pro Minute (beispielsweise 2.500 Umdrehungen pro Minute) für ungefähr 5 Sekunden. Das Lösungsmittel wird durch die Düse **60** auf der Vorderseite des Wafers **10** an einem Ort, welcher ungefähr 2,5 Millimeter vom Waferrand entfernt ist, ausgegeben. Der zweite Schritt rotiert den Wafer bei einer niedrigeren Geschwindigkeit (beispielsweise 1.000 Umdrehungen pro Minute) für ungefähr 5 Sekunden. Das Lösungsmittel wird durch beide Düsen **60**, **62** auf der Vorderseite und der Rückseite des Wafers **10** an einem Ort, welcher ungefähr 1,5 Millimeter von dem Waferrand entfernt ist, ausgegeben. Der dritte Schritt rotiert den Wafer bei einer noch niedrigeren Geschwindigkeit (beispielsweise 500 Umdrehungen pro Minute) für ungefähr 5 Sekunden. Das Lösungsmittel wird durch beide Düsen **60**, **62** auf der Vorderseite und der Rückseite des Wafers **10** an einem Ort, welcher ungefähr 1,0 Millimeter vom Waferrand entfernt ist, ausgegeben.

Tabelle 3

Schritt	Umdrehung pro Minute (U/min)	Dauer (Sekunden)	Düsenposition (mm)	Fluid-Ausgabe
1	2.500	5	2,5	vorderseitig
2	1.000	5	1,5	vorderseitig und rückseitig
3	500	5	1,0	vorderseitig und rückseitig
4	1.000	5	-	keine (Rotations-trocknen)

[0037] Die Variation in sowohl Geschwindigkeit als auch Ort verhindert oder vermindert jedes "Zurückspringen" ("bounce back"), welches von dem beseitigten Resist beim Aufprall an alle Wände der Kammer und zurück auf die Waferoberfläche erfolgen kann. Ebenso dienen die niedrigeren Geschwindigkeiten dazu, den Rand des Wafers abzureinigen, nachdem die ersten höheren Geschwindigkeitsschritte den Randwall entfernt haben.

[0038] Bezug nehmend auf die [Fig. 6](#) können in einigen Ausführungsformen die Düsen **60**, **62** in einem Winkel derart konfiguriert sein, dass die Entfernung des Resistrandwalls erleichtert und/oder das Zurückspringen vermindert wird.

[0039] Bezug nehmend auf die [Fig. 7](#) bis [Fig. 9](#) kann sich in anderen Ausführungsformen (verglichen mit der Ausführungsform von [Fig. 2](#)) die TARC-Schicht über die Resistsschicht **14** erstrecken, um die Möglichkeit der Resistteilchenbildung vermindern zu helfen. In der [Fig. 7](#) wird die TARC-Schicht mit der Referenznummer **18a** gekennzeichnet, und sie bedeckt sowohl den Resist **14** als auch die BARC-Schicht **16**. Die TARC-Schicht **18a** erstreckt sich bis zu einem Abstand, welcher im wesentlichen weniger als 5 mm von dem Rand **19** des Wafersubstrates **12** liegt. In der [Fig. 8](#) wird die TARC-Schicht mit der Referenznummer **18b** gekennzeichnet, und sie bedeckt die Resistsschicht **14**, jedoch nicht die BARC-Schicht **16**. Die BARC-Schicht **16** erstreckt sich bis zu einem Abstand, welcher näher an dem Rand **19** des Wafersubstrates **12** liegt. In der [Fig. 9](#) wird die TARC-Schicht mit der Referenznummer **18c** gekennzeichnet und bedeckt die Resistsschicht **14**. Die Resistsschicht **14** erstreckt sich bis zu einem Abstand, welcher näher an dem Rand **19** des Wafersubstrates **12** liegt. Einige TARC-Materialien haben bessere Adhäsion mit der Resistsschicht als das Wafersubstrat. Der Waferrand-Folienstapel, wie in der [Fig. 9](#) gezeigt, kann helfen zu verhindern, dass sich die TARC-Schicht des Waferrandes während des Immersions-Belichtungsverfahrens abschält.

[0040] Die Tabelle 4 unten beschreibt ein verbessertes vierschrittiges EBR-Verfahren, welches gut mit verschiedenen Kombinationen von Schichten arbeitet, einschließlich solchen mit den TARC-Schichten **18a** und **18b** wie oben diskutiert. Der erste Schritt rotiert den Wafer bei einer Geschwindigkeit von mehr als 1.000 Umdrehungen pro Minute (beispielsweise 2.500 Umdrehungen pro Minute) für ungefähr 5 Sekunden. Das Lösungsmittel wird durch die Düse **60** auf der Vorderseite des Wafers **10** an einem Ort ausgegeben, welcher un-

gefähr 1,5 Millimeter von dem Waferrand entfernt ist. Beispiele für Lösungsmittel schließen PGME, PGMEA, Cyclohexanol, Wasserlösung, Tensidlösung oder Kombinationen davon ein. Der zweite Schritt rotiert den Wafer bei einer niedrigeren Geschwindigkeit (beispielsweise 1.000 Umdrehungen pro Minute) für ungefähr 5 Sekunden. Das Lösungsmittel wird durch beide Düsen **60**, **62** auf der Vorderseite und der Rückseite des Wafers **10** an einem Ort ausgegeben, welcher ungefähr 1,0 Millimeter von dem Waferrand entfernt liegt. Der dritte Schritt rotiert den Wafer bei einer noch geringeren Geschwindigkeit (beispielsweise 500 Umdrehungen pro Minute) für ungefähr 5 Sekunden. Das Lösungsmittel wird durch beide Düsen **60**, **62** auf der Vorderseite und der Rückseite des Wafers **10** an einem Ort ausgegeben, welcher ungefähr 1,0 Millimeter von dem Waferrand entfernt liegt.

Tabelle 4

Schritt	Umdrehung pro Minute (U/min)	Dauer (Sekunden)	Düsenposition (mm)	Fluid-Ausgabe
1	2.500	5	1,5	vorderseitig
2	1.000	5	1,0	vorderseitig und rückseitig
3	500	5	1,0	vorderseitig und rückseitig
4	1.000	5	-	keine (Rotations-trocknen)

[0041] Obwohl nur einige beispielhafte Ausführungsformen dieser Erfindung oben im Detail beschrieben worden sind, wird der Durchschnittsfachmann leicht anerkennen, dass viele Modifikationen in den beispielhaften Ausführungsformen möglich sind, ohne materiell von den neuartigen Lehren und den Vorteilen dieser Erfindung abzuweichen. Es ist zu verstehen, dass viele verschiedene Kombinationen der oben aufgeführten Behandlungsschritte in verschiedenen Reihenfolgen (Sequenzen) oder parallel verwendet werden können und dass es keinen besonderen Schritt gibt, welcher kritisch oder zwingend ist. Ebenso können die oben verdeutlichten und diskutierten Merkmale in Bezug auf einige Ausführungsformen mit den oben verdeutlichten und diskutierten Merkmalen in Bezug auf andere Ausführungsformen kombiniert werden. Dementsprechend ist beabsichtigt, dass alle solche Modifikationen innerhalb des Umfangs dieser Erfindung eingeschlossen sein sollen.

[0042] Während die Erfindung beispielhaft und im Hinblick auf die bevorzugten Ausführungsformen beschrieben worden ist, ist zu verstehen, dass die Erfindung nicht auf die offenbaren Ausführungsformen beschränkt ist. Es ist im Gegenteil beabsichtigt, dass sie verschiedene Modifikationen und ähnliche Anordnungen abdeckt (wie diese dem Durchschnittsfachmann ersichtlich wären). Aus diesem Grund sollte dem Umfang der beiliegenden Patentansprüche die breiteste Auslegung eingeräumt werden, so dass alle solche Modifikationen und ähnliche Anordnungen mit eingeschlossen sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung eines Halbleiterwafers, umfassend:
 Bilden einer photoempfindlichen Schicht auf dem Halbleiterwafer;
 Ausgeben einer ersten Flüssigkeit auf einen vorderseitigen Rand des Halbleiterwafers bei einem ersten Abstand während des Rotierens des Halbleiterwafers bei einer ersten Geschwindigkeit von mehr als ungefähr 2.000 Umdrehungen pro Minute;
 Rotationstrocknen des Halbleiterwafers;
 Backen des Halbleiterwafers;
 Belichten der photoempfindlichen Schicht;
 Nachbelichtungs-Backen der photoempfindlichen Schicht; und
 Entwickeln der photoempfindlichen Schicht.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, welches nach dem Ausgeben der ersten Flüssigkeit auf den vorderseitigen Rand des Halbleiterwafers und vor dem Rotationstrocknen des Halbleiterwafers außerdem das Ausgeben einer zweiten Flüssigkeit auf den vorderseitigen Rand des Halbleiterwafers bei einem zweiten Abstand während des Rotierens des Halbleiterwafers bei einer zweiten Geschwindigkeit umfasst.

3. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei die zweite Flüssigkeit ein Material umfasst, welches aus der Gruppe, bestehend aus PGME, PGMEA, Cyclohexanol, Wasserlösung, Tensidlösung und Kombinationen davon, ausgewählt ist.

4. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei der zweite Abstand geringer als der erste Abstand ist.

5. Verfahren gemäß Anspruch 2, welches nach dem Ausgeben der zweiten Flüssigkeit auf den vorderseitigen Rand des Halbleiterwafers und vor dem Rotationstrocknen des Halbleiterwafers außerdem das Ausgeben einer dritten Flüssigkeit auf den vorderseitigen Rand des Halbleiterwafers bei einem dritten Abstand während des Rotierens des Halbleiterwafers bei einer dritten Geschwindigkeit umfasst.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, wobei die dritte Flüssigkeit ein Material umfasst, welches aus der Gruppe, bestehend aus PGME, PGMEA, Cyclohexanol, Wasserlösung, Tensidlösung und Kombinationen davon, ausgewählt ist.

7. Verfahren gemäß Anspruch 5, wobei der dritte Abstand geringer als der zweite Abstand ist.

8. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die photoempfindliche Schicht gegenüber der ersten Flüssigkeit löslich ist.

9. Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei die erste Flüssigkeit ein Material umfasst, welches aus der Gruppe, bestehend aus PGME, PGMEA, Cyclohexanol, Wasserlösung, Tensidlösung und Kombinationen davon, ausgewählt ist.

10. Verfahren zur Bearbeitung eines Halbleiterwafers, umfassend:
Bereitstellen eines Substrates auf dem Halbleiterwafer;
Bilden einer photoempfindlichen Schicht für Immersionslithographie auf dem Substrat, wobei die Höhe der photoempfindlichen Schicht im wesentlichen kleiner als 2.500 Å ist;
Durchführen eines Randwallentfernungsverfahrens, einschließlich Rotieren des Substrates bei einer Mehrzahl von Geschwindigkeiten, wobei eine Geschwindigkeit größer als 1.500 Umdrehungen pro Minute (U/min) ist, und Ausgeben von Lösungsmittel durch eine Düse, während das Substrat bei mindestens einer der Mehrzahl von Geschwindigkeiten rotiert;
Belichten der photoempfindlichen Schicht durch Bestrahlen; und
Entwickeln der belichteten photoempfindlichen Schicht.

11. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei das Substrat mindestens eine Schicht eines Materials enthält, welches aus der aus blankem Silizium, Poly-Silizium, Siliziumnitrid, Siliziumoxid, Niedrig-k-Dielektrikum und Leiter bestehenden Gruppe stammt.

12. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei die photoempfindliche Schicht sich innerhalb von 5 mm eines äußeren Randes des Halbleiterwafers erstreckt.

13. Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die photoempfindliche Schicht sich innerhalb von 2 bis 4 mm des äußeren Randes des Halbleiterwafers erstreckt.

14. Halbleiterwafer, welcher nach dem Verfahren von Anspruch 10 hergestellt worden ist.

15. Verfahren gemäß Anspruch 10, welches außerdem das Bilden einer unteren antireflektierenden Deckschicht (BARC-Schicht) auf dem Substrat vor dem Bilden der photoempfindlichen Schicht umfasst.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15, wobei die BARC-Schicht eine Höhe aufweist, welche im wesentlichen größer als 50 Å ist.

17. Verfahren gemäß Anspruch 15, wobei die BARC-Schicht sich bis zu einem Abstand von weniger als 5 mm eines äußeren Randes des Halbleiterwafers erstreckt.

18. Verfahren gemäß Anspruch 10, welches außerdem das Bilden einer oberen Deckschicht auf dem Substrat nach dem Bilden der photoempfindlichen Schicht umfasst.

19. Verfahren gemäß Anspruch 18, wobei die obere Deckschicht eine Höhe aufweist, welche im wesentlichen größer als 50 Å ist.

20. Verfahren gemäß Anspruch 18, wobei sich die obere Deckschicht über einen äußeren Rand der photoempfindlichen Schicht erstreckt.

21. Verfahren gemäß Anspruch 18, wobei sich die obere Deckschicht nicht über einen äußeren Rand der photoempfindlichen Schicht erstreckt.

22. Verfahren gemäß Anspruch 18, wobei sich die obere Deckschicht innerhalb von 5 mm eines äußeren Randes des Halbleiterwafers erstreckt.

23. Verfahren zur Durchführung von Immersionslithographie auf einem Halbleiterwafer, umfassend:
Bereitstellen einer Resistschicht auf einer Oberfläche des Halbleiterwafers;
Durchführen eines Randwallentfernungsverfahrens, einschließlich Rotieren des Wafers bei einer ersten Geschwindigkeit von mehr als 1.000 Umdrehungen pro Minute, Rotieren des Wafers bei einer zweiten Geschwindigkeit von weniger als der ersten Geschwindigkeit und Ausgeben von Lösungsmittel in Richtung des Randes des Wafers während des Rotierens; und
Belichten der Resistschicht unter Verwendung eines Immersionslithographie-Belichtungssystems.

24. Randwallentfernungssystem zur Verwendung bei einem Immersionslithographieverfahren, umfassend:
einen Motor mit mehreren Drehzahlen zum Rotieren eines Wafer-Drehtellers, wobei der Motor derart konfiguriert ist, dass er in Folge eine erste Geschwindigkeit für den Drehteller von mehr als 1.500 Umdrehungen pro Minute, eine zweite Geschwindigkeit für den Drehteller von ungefähr 1.000 Umdrehungen pro Minute bis 1.500 Umdrehungen pro Minute und eine dritte Geschwindigkeit für den Drehteller von weniger als 1.000 Umdrehungen pro Minute einhält; und
eine erste auf dem Drehteller in der Nähe, in der sich ein Rand eines Halbleiterwafers auf dem Drehteller befinden würde, positionierte Düse, wobei die erste Düse zum Ausgeben eines Lösungsmittels dient.

25. Randwallentfernungssystem gemäß Anspruch 24, wobei die erste Düse derart konfiguriert ist, dass sie an verschiedenen Orten entsprechend mindestens zweier verschiedener Geschwindigkeiten des Drehtellers positioniert sein kann.

26. Randwallentfernungssystem gemäß Anspruch 24, wobei der Motor mit mehreren Drehzahlen derart konfiguriert ist, dass er in Folge eine erste Geschwindigkeit von ungefähr 2.500 Umdrehungen pro Minute, eine zweite Geschwindigkeit von ungefähr 1.000 Umdrehungen pro Minute und eine dritte Geschwindigkeit von ungefähr 500 Umdrehungen pro Minute einhält.

27. Randwallentfernungssystem gemäß Anspruch 24, außerdem umfassend:
eine zweite auf dem Drehteller in der Nähe, in der sich ein Rand eines Halbleiterwafers auf einem Drehteller befinden würde, positionierte Düse, wobei die zweite Düse zum Ausgeben eines Lösungsmittels auf eine Seite des Halbleiterwafers gegenüber der Seite, auf welche die erste Düse Lösungsmittel ausgibt, dient;
wobei die erste Düse derart konfiguriert ist, dass sie Lösungsmittel bei ungefähr 2,5 mm von dem Waferrand ausgibt, wenn der Motor bei der ersten Geschwindigkeit läuft, die erste und zweite Düse derart konfiguriert sind, dass sie Lösungsmittel bei 1,0 mm bis 1,5 mm von der Waferrand ausgeben, wenn der Motor bei der zweiten Geschwindigkeit läuft, und die erste und die zweite Düse auch derart konfiguriert sind, dass sie Lösungsmittel bei ungefähr 1,0 mm von dem Waferrand ausgeben, wenn der Motor bei der dritten Geschwindigkeit läuft.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

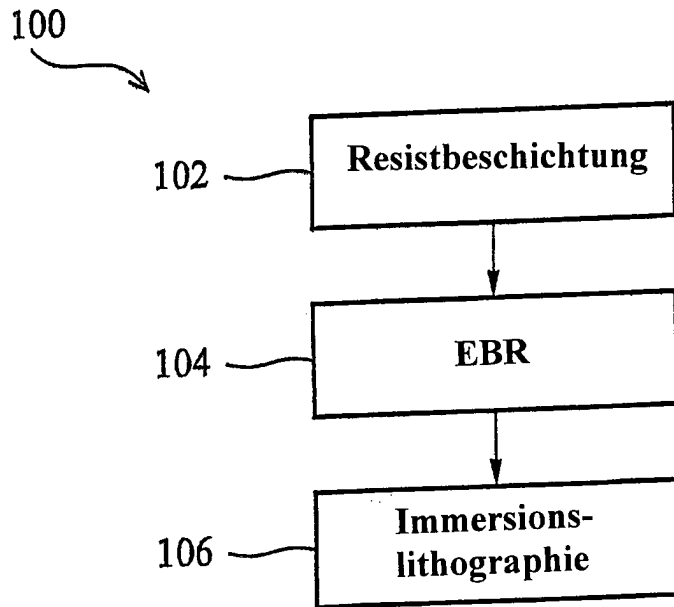


FIG. 1

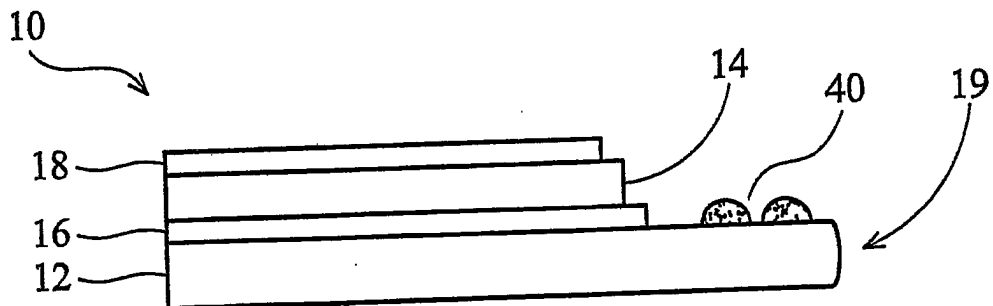


FIG. 2

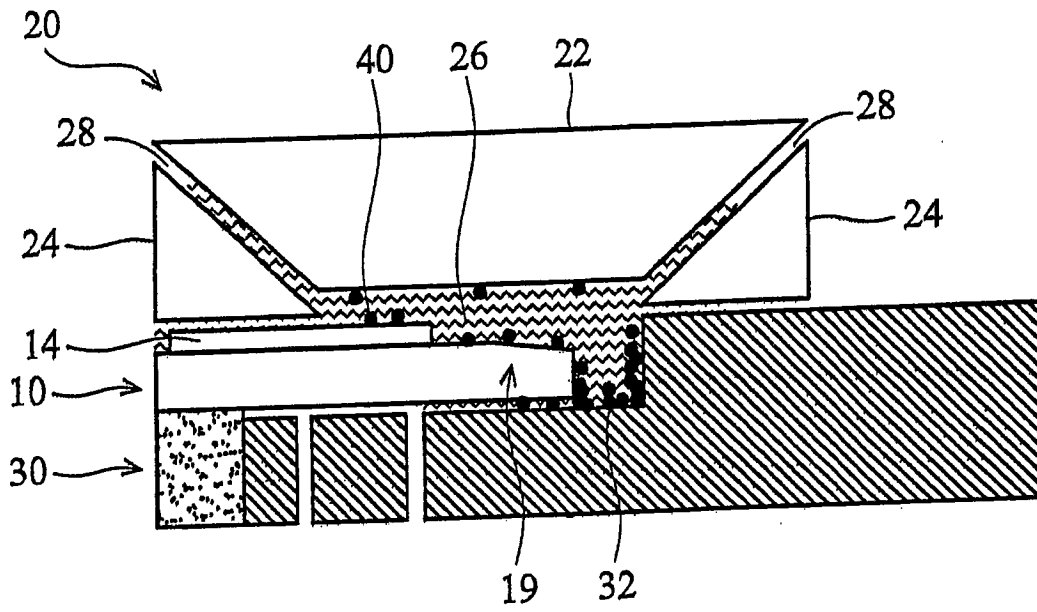


FIG. 3

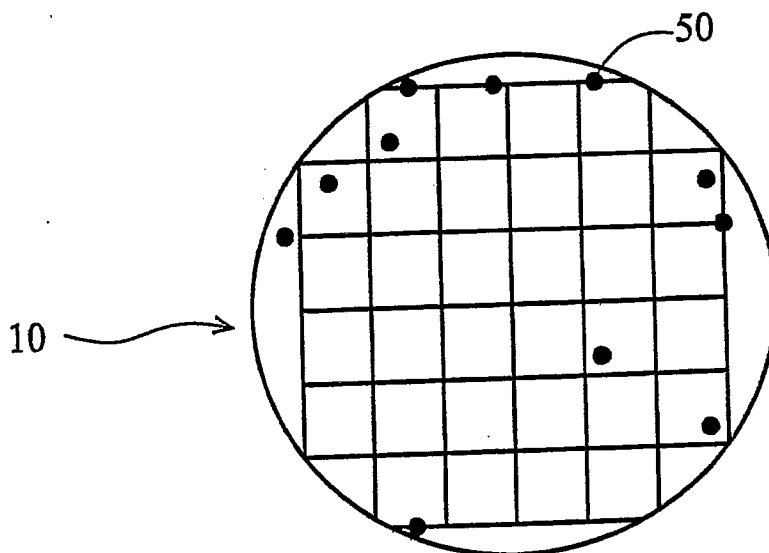


FIG. 4

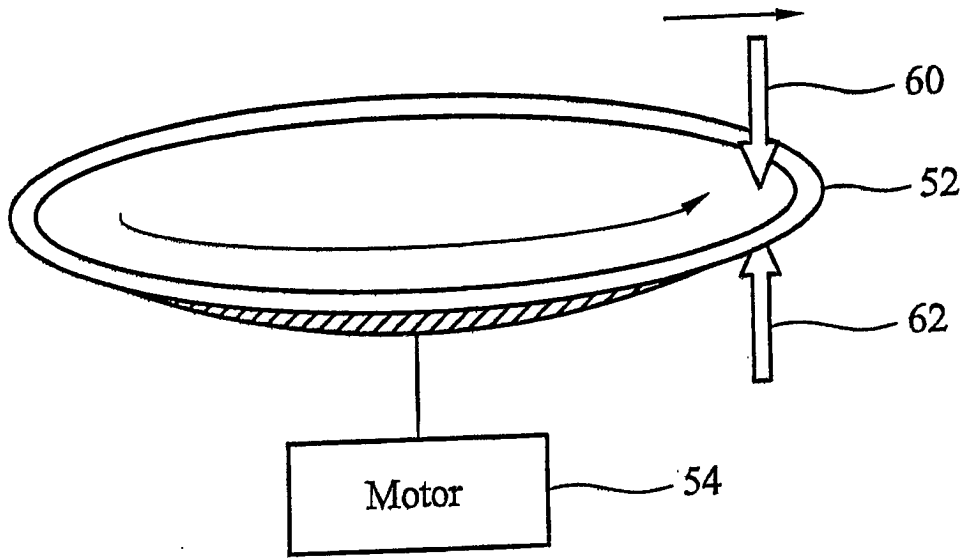


FIG. 5

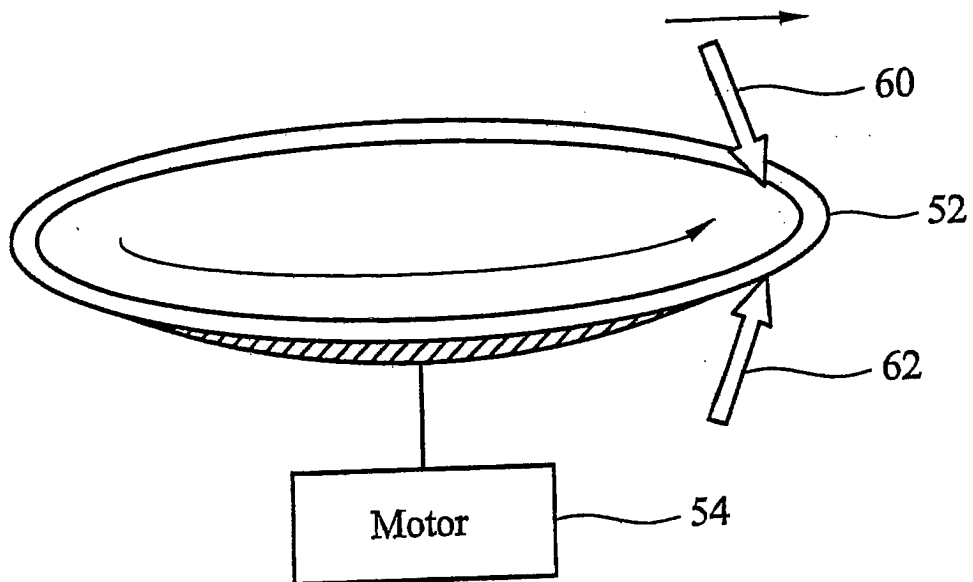


FIG. 6

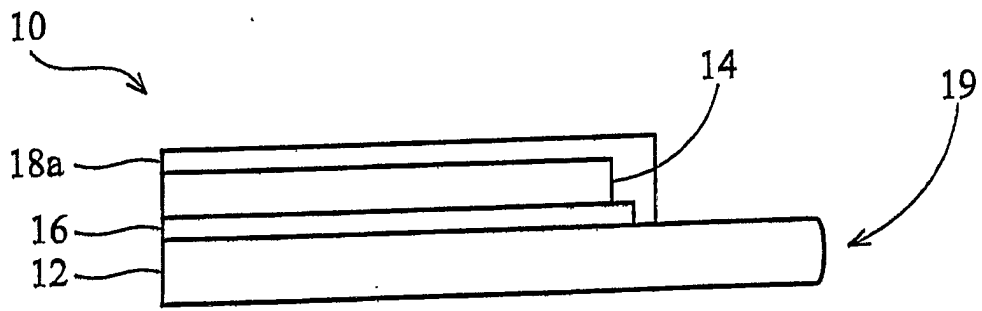


FIG. 7

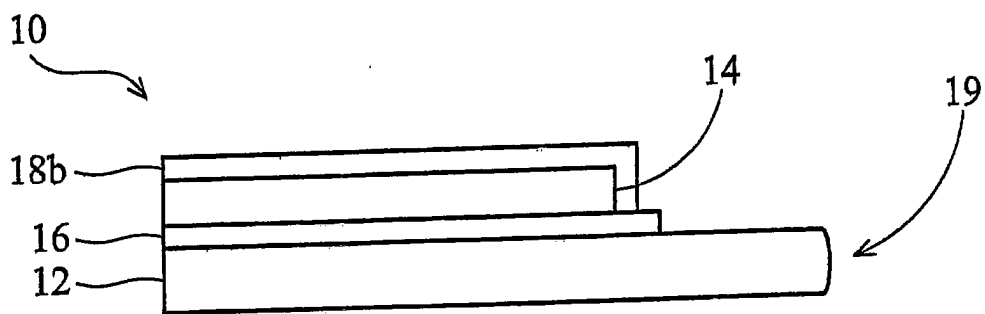


FIG. 8

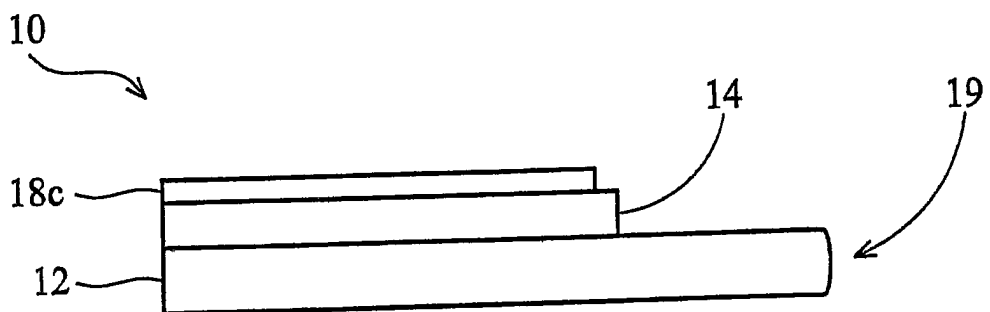


FIG. 9