(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 20 878 B4** 2011.03.03

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **198 20 878.2**
(22) Anmeldetag: **09.05.1998**
(43) Offenlegungstag: **19.11.1998**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **03.03.2011**

(51) Int Cl.[8]: ***C25D 5/00*** (2006.01)
C25D 7/12 (2006.01)
H01L 21/768 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
856459 **14.05.1997** **US**

(73) Patentinhaber:
Freescale Semiconductor, Inc., Austin, Tex., US

(74) Vertreter:
Schumacher & Willsau Patentanwaltsgesellschaft mbH, 80335 München

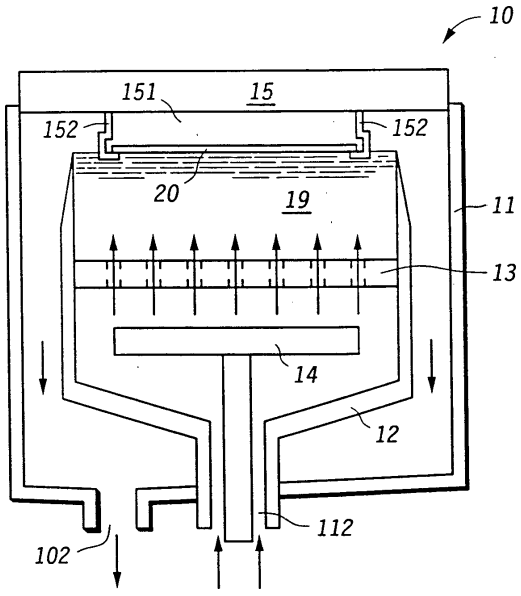
(72) Erfinder:
Simpson, Cindy Reidsema, Austin, Tex., US; Herrick, Matthew T., Austin, Tex., US; Etherington, Gregory S., Cedar Creek, Tex., US; Legg, James Derek, Austin, Tex., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

US	**53 32 487**
US	**50 84 153**
US	**46 78 545**
US	**43 04 641**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Abscheiden einer Materialschicht auf einem Substrat**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Abscheiden einer Materialschicht (56) über einem Substrat (20), umfassend:
Anordnen des Substrats (20) in ein Plattierungssystem (30, 60) mit:
einer ersten Elektrode (34, 64);
einer zweiten Elektrode (36), welche elektrisch mit dem Substrat (20) verbunden ist, wobei
die zweite Elektrode (36) Klemmbereiche (362) und Modifizierbereiche (364) für die elektrische Stromdichte aufweist;
jeder der Modifizierbereiche (364) für die elektrische Stromdichte im Vergleich zu seinem entsprechenden Klemmbereich (362) näher an der ersten Elektrode (34, 64) liegt; und
einer ionischen Flüssigkeit (39), wobei die ionische Flüssigkeit (39) die erste Elektrode (34, 64), die zweite Elektrode (36) und das Substrat (20) kontaktiert;
Anlegen eines ersten Potentials an die erste Elektrode (34, 64) und eines zweiten Potentials an die zweite Elektrode (36), um die Materialschicht (56) auf dem Substrat (20) abzuscheiden, wobei sich das erste Potential von dem zweiten Potential unterscheidet; und
Entfernen des Substrats...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im allgemeinen Verfahren und Systeme zum Abscheiden von Schichten auf Substraten, und insbesondere Verfahren und Systeme zum Elektroplattieren von metallhaltigen Schichten auf diesen Substraten.

[0002] Momentan erfordern Halbleitervorrichtungen höhere Stromdichten zum Betrieb, wobei sie immer noch Elektromigration oder anderen Zuverlässigkeitsproblemen widerstehen sollen. Kupfer wird untersucht als mögliche Alternative für die momentane Aluminium oder Aluminium-Kupfer-Metallisierung. Eines der erfolgversprechendsten Verfahren zum Abscheiden von Kupfer auf einem Substrat besteht in der Verwendung von Plattierungsverfahren, wie z. B. die Elektroplattierung.

[0003] Fig. 1 enthält eine Illustration einer Querschnittsansicht eines Elektroplattierungssystems **10** nach dem Stand der Technik. Das System **10** enthält eine Kammer **11** mit einem Auslaßport **102**. Das System enthält weiterhin einen Becher **12** (Behälter), welcher einen Einlaßport **112** zum Aufnehmen eines Plattierungsfluids aufweist, sowie einen Diffuser **13** innerhalb des Bechers **12**. Eine Anode **14** liegt zwischen dem Becher **12** und dem Diffuser **13**. Das System **10** enthält weiterhin einen Kopf **15**, welcher einen Drehtisch **151** aufweist, und Klemmfinger **152** sind die Kathode für das System **10** und sind typischerweise aus platiniertem Titan hergestellt. Im Betrieb des Systems **10** läuft die Plattierungslösung **19** in den Becher **12** durch den Einlaßport **112** und an der Anode **14** vorbei. Die Plattierungslösung **19** fließt weiter nach oben durch den Diffuser **13**, um das Substrat **20** zu erreichen. Die Plattierungslosung **19** fließt dabei über die Seiten des Bechers **12**, nach unten zwischen den Wänden des Bechers **12** und der Kammer **11** und durch den Auslaßport **102**. Die Anode **14** und die Klemmfinger **152** sind zur Plattierung des Substrats **20** vorgespannt.

[0004] Während des Betriebs dieses Systems **10** nach dem Stand der Technik tritt typischerweise eine nicht gleichmäßige Abscheidung auf, wie in Fig. 2 illustriert. Wie in Fig. 2 gezeigt, hat das Halbleitervorrichtungssubstrat **20** ein Basismaterial **22**, welches ein Isolator, ein, Leiter, oder eine Kombination von Isolatoren und Leitern sein kann, wobei eine leitende Keimschicht **24** über dem Basismaterial **22** liegt. Das Plattierungsmaterial **26** wird auf die Keimschicht **24** plattiert. Es sei bemerkt, daß das Substrat **20** in das System **10** mit der Oberseite nach unten weisend geladen wird. In Fig. 2 ist das Substrat nach oben gewendet, so daß die Schicht **26** nach oben in Fig. 2 weist. Wie in Fig. 2 gezeigt, ist die Abscheidung des Plattierungsmaterials **26** typischerweise nahe dem Rand des Substrats **20** dicker und nahe seinem Zentrum dünner. Diese nicht gleichmäßige Abscheidung bewirkt Probleme, insbesondere wenn das Plattierungsmaterial **26** chemisch-mechanisch zu polieren ist. Das Polieren entfernt üblicherweise Material nahe dem Zentrum des Substrats schneller und Material nahe den Rändern des Substrats langsamer. Die Kombination des dickeren Bereichs des Plattierungsmaterials **26** nahe dem Rand des Substrats **20** und die geringere Polierrate nahe dem Rand betont die nicht Gleichförmigkeit des Plattierungsmaterials **26** nach dem Polieren. Während des Polierens wird zu viel vom darunterliegenden Basismaterial **22** aufgrund der nicht idealen Polierselektivität entfernt, oder ein Ring von Restmaterial wird um den Rand des Substrats **20** zurückgelassen, was beides unerwünscht ist.

[0005] Elektrische Abnahmeplatten bzw. Robberplatten werden beim Plattieren von gedruckten Leiterplattensubstraten verwendet. Die Abnahmeplatte wird an der Leiterplatte angebracht und destruktiv entfernt, indem das die Abnahmeplatte aufweisende Stück der Leiterplatte geschnitten wird.

[0006] Die US 5,084,153 A beschreibt ein Beschichtungsverfahren, beim dem Abschirmungen zwischen den Elektroden angeordnet sind.

[0007] Eine Notwendigkeit liegt im Schaffen eines Systems, welches entweder gleichmäßiger hinsichtlich der Abscheidung ist oder welches in der Lage ist, etwas mehr Material nahe dem Zentrum des Substrats im Vergleich zu seinen Rändern zu plattieren, um das erhöhte Polieren zu kompensieren, welches man typischerweise nahe dem Zentrum eines Substrats findet.

[0008] Die Erfindung schafft das in Anspruch 1 angegebene Verfahren zum Abscheiden einer Materialschicht. Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0009] Im folgenden wird die vorliegende Erfindung beispielshalber und ohne Beschränkung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen näher erläutert, in denen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Elemente bezeichnen.

[0010] Es zeigen:

[0011] Fig. 1 eine Illustration einer Querschnittsansicht eines Plattierungssystems nach dem Stand der Technik;

[0012] Fig. 2 eine Illustration einer Querschnittsansicht eines Bereichs eines Halbleitersubstrats, nachdem ein Material auf das Substrat unter Verwendung eines Verfahrens nach dem Stand der Technik plattiert worden ist;

[0013] Fig. 3 eine Illustration einer Querschnittsansicht eines Elektroplattierungssystems in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0014] Fig. 4 eine Illustration einer Oberansicht des Plattierungskopfes zum Illustrieren der Beziehung zwischen dem Substrat und den Klemmstrukturen gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0015] Fig. 5 eine Illustration einer Querschnittsansicht eines Bereichs eines Halbleitervorrichtungssubstrats nach der Plattierung eines Materials unter Verwendung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

[0016] Fig. 6 eine Illustration einer Querschnittsansicht eines Plattierungssystems mit einem Anodendesign in Übereinstimmung mit einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0017] Die Fachleute werden verstehen, daß die Elemente in den Figuren vereinfacht und veranschaulichend illustriert sind und nicht notwendigerweise skaliert sind. Beispielsweise sind die Dimensionen von einigen der Elemente in den Figuren im Vergleich zu übrigen Elementen übertrieben, um zur Verbesserung des Verständnisses der Ausführungsform(en) der vorliegenden Erfindung beizutragen.

[0018] Ein neuartiges Elektroplattierungssystem und ein neuartiges Elektroplattierungsverfahren machen die elektrische Stromdichte über der Halbleitervorrichtung-Substratoberfläche gleichmäßiger während der Plattierung, um eine gleichmäßigere oder angepasste Abscheidung eines leitfähigen Materials zu ermöglichen. Die Modifizierer der elektrischen Stromdichte reduzieren die elektrische Stromdichte nahe dem Rand des Substrats, wo die Plattierungsrate sonst am höchsten wäre. Durch die Reduzierung der Stromdichte nahe dem Rand des Substrats wird die Plattierung gleichmäßiger oder kann so angepasst werden, dass leicht mehr Material nahe dem Zentrum des Substrats plattiert wird. Das System kann ebenfalls derart modifiziert werden, dass das Material der Bereiche mit dem Stromdichtemodifizierer auf den Klemmstrukturen entfernt werden kann, ohne irgendeinen Bereich des Kopfs zu entfernen oder sonst den bogenförmigen Modifizierer der elektrischen Stromdichte von dem System zu entfernen. Diese Reinigung in-situ reduziert die Länge der Stillstandszeit der Gerätschaft, erhöht die Lebensdauer der Gerätschaft und reduziert Partikelzahlen.

[0019] Fig. 3 enthält eine Illustration einer Querschnittsansicht eines Elektroplattierungssystems **30** in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das System **30** ist ähnlich wie das System **10**, jedoch das System **30** enthält Klemmstrukturen **36** mit Klemmabschnitten **362** (Kathode oder zweite Elektrode) und bogenförmigen Modifiziererbereichen **364** (erstes Merkmal bzw. erste Einrichtung) sowie einen ringförmigen Modifizierer **37** für die elektrische Stromdichte (erstes Merkmal oder zweites Merkmal, abhängig von der Ausführungsform). Die Klemmstrukturen **36** sind leitfähig. Das System **30** enthält eine Kammer **31** mit einem Auslaßport **302**, sowie einen Becher **32** mit einem Einlaßport **312** zum Aufnehmen eines Plattierungsfluid. Innerhalb des Bechers **32** erzeugt ein Diffuser **33** eine laminarere Strömung der Plattierungslösung (Ionenflüssigkeit) **39** durch den Becher **32**. Eine Anode **34** (erste Elektrode) liegt zwischen dem Becher **32** und dem Diffuser **33**. Die Anode **34** enthält typischer weise Material, welches auf ein Halbleitervorrichtungssubstrat **20** plattiert wird.

[0020] Das System **30** enthält weiterhin einen Kopf **35**, welcher einen Drehtisch **351** aufweist, sowie Klemmstrukturen **36** und einen ringförmigen Modifizierer **37**. Der Drehtisch **351**, Diffuser **33**, Becher **32** und die Kammer **31** enthalten ein nicht leitfähiges Material, wie z. B. Polyethylen, Fluorkohlenstoffe (i. e. Teflon™) oder dergleichen. Diese Materialien reduzieren die Wahrscheinlichkeit von jeglicher Stromleitung oder jeglichen störenden Reaktionen mit der Plattierungslösung. Die Anode **34**, die Klemmstrukturen **36** und die ringförmigen Modifizierer **37**, jegliche leitenden Schichten, welche auf dem Substrat **20** liegen, wie z. B. die leitende Keimschicht **24**, sollten die einzigen leitenden Materialien in Kontakt mit der Plattierungslösung **39** sein.

[0021] Fig. 4 enthält eine Illustration einer Oberansicht eines Halbleitervorrichtungssubstrats **20**, welches auf dem Drehtisch **351** mit den Klemmstrukturen **36** gehalten wird. Jede der Strukturen **36** enthält einen Klemmbereich **362** und einen Modifiziererbereich **364** für die elektrische Stromdichte. Der Klemmbereich **362** und der Modifiziererbereich **364** für die elektrische Stromdichte sind leitend. Der Bereich **364** ist zumindest einen Millimeter breiter und erstreckt sich zumindest einen Millimeter weiter zur Anode **34** hin als der Teil des Bereichs **362**, welcher zwischen dem Substrat **20** und der Anode **34** liegt. Bei dieser besonderen Ausführungsform liegt die Bogenlänge von jedem der Bereiche **364** in einem Bereich von etwa 5–50 mm und beträgt nominell 25 mm. Die Höhe von jedem der bogenförmigen Modifiziererbereiche **364** liegt in einem Bereich von etwa 5–15 mm und beträgt nominell 10 mm. Die Dicke von jedem der Bereiche **364** liegt im Bereich von etwa 2–6 mm Dicke. Der ringförmige Modifizierer **36** ist leitend und derart positioniert, daß es einem Zwischenraum in einem Bereich von etwa 5–15 mm zwischen der Struktur **36** und dem ringförmigen Modifizierer **37** gibt. Ähnlich wie die Bereiche **364** verläuft der Modifizierer **37** weiter zur Anode **34** hin. Der Modifizierer **37** hat einen Umfang, welcher größer ist als die Summe der Brei-

ten der Bereiche **362**. Mit anderen Worten ist der Modifizierer **37** ”breiter” als die Bereiche **362**.

[0022] Der ringförmige Modifizierer **37** weist im allgemeinen eine Höhe im Bereich von etwa 5–25 mm sowie eine Dicke in einem Bereich von 10 bis 15 Mikrometern (Mikron) auf. Bei einer Ausführungsform ist der ringförmige Modifizierer **37** nahe der Oberseite des Bechers **32** positioniert. Der ringförmige Modifizierer **37** liegt irgendwo entlang des Bechers **32** zwischen dem Diffuser **39** und der Oberseite des Bechers **32**. Typischerweise ist der ringförmige Modifizierer **37** an dem Becher **12** angebracht. Der ringförmige Modifizierer **37** kann ein kontinuierlicher Ring sein oder kann entlang der Wände des Bechers **32** segmentiert sein. Bei einer bestimmten Ausführungsform sind sowohl die Strukturen **36** als auch der ringförmige Modifizierer **37** aus demselben Material hergestellt wie demjenigen, welches auf das Substrat **20** plaziert wird, um die Wahrscheinlichkeit einer Kontaminierung der Plattierungslösung **39** zu reduzieren. Falls ein Kupfermaterial plattiert wird, sind die Strukturen **36**, der ringförmige Modifizierer **37** und die Anode **34** aus Kupfer hergestellt. Bei alternativen Ausführungsformen jedoch könnten unterschiedliche Materialien verwendet werden. Die Kathode (zweite Elektrode) für das System **30** enthält die Klemmbereiche **362**. Die Bereiche **364** und der ringförmige Modifizierer **37** sind zwei Typen von Modifizierern für die elektrische Stromdichte für das System **30** und sind von dem Substrat **20** beabstandet.

[0023] Ein spezielles Beispiel der Plattierung von Kupfer wird nachstehend erörtert. Obwohl viele Details angegeben werden, soll die Information rein illustrativ sein, und den Schutzumfang der Erfindung nicht beschränken. Im Betrieb des Systems **30** läuft die Plattierungslösung **39** in den Becher **32** durch den Einlaßport **312**. Die Plattierungslösung enthält Kupfer (Cu), Kupfersulfat (CU_2SO_4) Schwefelsaure (H_2SO_4), Chloridionen, wie z. B. diejenigen von HCl. Die Plattierungslösung **39** fließt an der Anode **34** vorbei. Die Plattierungslösung **39** strömt weiter nach oben durch den Diffuser **33**, um das Substrat **20** zu erreichen. Die Plattierungslösung **39** strömt dabei über die Seiten des Bechers **32**, hinab zwischen den Wänden des Bechers **32** und der Kammer **31** und durch den Auslaßport **302**.

[0024] Während des ersten Teils des Prozesses wird die Anode **34** durch Bilden eins Kupferoxid-Filmes auf zumindest einen Teil der Anode **34** konditioniert, und zwar insbesondere aber nicht beschränkt auf den Teil der Anode **34**, welcher direkt den Strukturen **36** gegenüberliegt. Nach der Konditionierung werden Zusatzmittel zur Lösung **39** hinzugegeben, bevor ein Halbleitersubstrat die Plattierungslösung **39** kontaktiert.

[0025] Eine leitende Keimschicht wird über der primären Oberfläche (Vorrichtungsseite) des Substrats **20** gebildet. In diesem Beispiel ist das Substrat **20** ein kreisförmiger Wafer. Die leitende Keimschicht **24** fördert die Plattierung auf dem Substrat **20**. Die leitende Keimschicht **24** enthält typischerweise ein Refraktärmetall mit Material, wie z. B. Titan, Tantal, Titannitrid, Tantalnitrid und dergleichen. Das Substrat **20** mit der leitenden Keimschicht **24** wird dann auf dem Drehtisch **351** montiert und wird durch die Klemmbereiche **362** der Strukturen **36** an seinem Platz gehalten. Der Kopf **35** wird dann derart abgesenkt, daß ein Bereich der Strukturen **36** und der Keimschicht **24** in Kontakt mit der Plattierungslösung **39** ist. Vorsicht sollte angewandt werden, um die rückseitige (nicht ausgesetzte) Oberfläche des Substrats **20** vor einer Kontaktierung der Lösung **39** zu bewahren.

[0026] Während der Plattierung werden die Anode **34**, die Strukturen **36** und der ringförmige Modifizierer **37** vorgespannt, um eine Schicht **56** aus Plattierungsmaterial abzuscheiden. Obwohl die Anode **34**, die Strukturen **36** und der ringförmige Modifizierer **37** eine positive oder eine negative Vorspannungspolarität aufweisen können oder elektrisch auf Masse liegen können, liegt die Anode **34** auf einem positiveren Potential als die Strukturen **36** und der ringförmige Modifizierer **37**. Bei einer bestimmten Ausführungsform sind sowohl der ringförmige Modifizierer **37** als auch die Strukturen **36** auf etwa demselben Potential. Bei einer weiteren Ausführungsform ist der ringförmige Modifizierer **37** derart vorgespannt, daß das Potential auf den Sturkturen **36** zwischen dem Potential der Anode **34** und des ringförmigen Modifizierers **37** liegt. Die Vorspannungsbedingungen können während des Plattierens im wesentlichen konstant gehalten werden, oder können zeitlich variiert werden, (d. h. gepulst (Rechteckwelle), sägezahnförmig, sinusoidal oder dergleichen) Wie in dieser Beschreibung verwendet enthält das Vorspannen nicht das elektrische Schweben der Komponente, kann aber das Setzen von einer der Systemkomponenten auf Massepotential enthalten.

[0027] Für jede Ausführungsform hilft das Vorspannen der Strukturen **36** und des ringförmigen Modifizierers **37** bei der Reduzierung der Stromdichte an dem Rand, was wiederum die Plattierungsrate nahe dem Rand des Substrats **20** im Vergleich zu dem Zustand reduziert, bei dem keine Modifizierer für die elektrische Stromdichte verwendet werden. Das Plattieren fährt fort, bis eine gewünschte Dicke an Plattierungsmaterial **56** gebildet ist. Bei einer Ausführungsform liegt diese typischerweise in einem Bereich von etwa 600 bis 1500 nm. Anders als beim Stand der Technik ist die Dicke des Plattierungsmaterials gleichförmiger oder kann leicht dicker in der Mitte des Substrats **20**, wie in Fig. 5 illustriert, sein. Es sei bemerkt, daß in Fig. 5 das Substrat **20** umgekehrt ist, so daß das plattierte Material **56** nach oben in Fig. 5

weist. Das Potential auf den Modifizierern für die elektrische Stromdichte wird derart eingestellt, daß die erwünschten Gleichmäßigkeitsresultate erzielt werden. Die Schicht **56** kann derart abgeschieden werden, daß die Dickendifferenz der Schicht **56** über den Mittelpunkt und einem Punkt innerhalb von 10 mm von dem Rand des Substrats nicht mehr als 5% der Dicke der Schicht **56** über dem Zentrum beträgt. Wahrend des Plattierens sind die Betriebsparameter mit Ausnahmen der ausdrücklich erwähnten dieselben, welche üblicherweise beim Stand der Technik verwendet werden.

[0028] Die Modifizierer für die elektrische Stromdichte können nicht destruktiv von dem Substrat **20** entfernt werden, wie es mit den Abnehmern nach dem Stand der Technik entfernt wird, welche in Kontakt mit dem gedruckten Leiterplatten wahrend der Plattierung sind. Die folgende Verarbeitung muß noch durchgeführt werden, wahrend das Substrat **20** in Waferform ist. Falls die Modifizierer für die elektrische Stromdichte in Kontakt mit dem Substrat **20** wären und destruktiv entfernt würden, wären folgende Verarbeitungsschritte nahezu unmöglich durchzuführen, da das Substrat **20** keine im wesentlichen kreisförmige Gestalt hätte. Das zerbrochene Substrat würde Partikel erzeugen, würde scharfe Kanten bzw. Ränder aufweisen und würde wahrscheinlichermaßen während der folgenden Prozessschritte zerbrechen, was die Ausbeute erniedrigt.

[0029] Nach der Plattierung wird eine Verarbeitung durchgeführt, um eine im wesentlichen vervollständigte Vorrichtung zu bilden. Die Schritte können das chemisch-mechanische Polieren der Schicht **56**, das Bilden von zusätzlichen Isolier- und Verbindungsschichten, falls erforderlich, sowie das Bilden einer Passivierungsschicht über der obersten Verbindungsschicht beinhalten. Falls die Schicht **56** für Lotflügel verwendet wird, hat die Schicht **56** eine Dicke über dem Zentrum des Substrats, welche in einem Bereich von etwa 40–160 Mikrometern liegt, und wird durch Ätzen strukturiert.

[0030] Nachdem das Plattieren vervollständigt ist kann ein anderes Substrat plattiert werden, oder die Strukturen **36** können durch Entfernen von zumindest einem Teil des Plattierungsmaterials gereinigt werden, welches auf den Strukturen **36** abgeschieden wird, wenn die Plattierungsschicht **56** auf das Substrat **20** abgeschieden wird. Das Reinigen kann auf verschiedene Arten und Weisen erzielt werden. Bei einer Ausführungsform kann das Reinigen durch Vorspannen der Strukturen **36** auf einem positiveren Potential im Vergleich zur Anode **34** durchgeführt werden. Bei noch einer weiteren Ausführungsform werden die Strukturen **36** auf einem positiveren Potential im Vergleich zum ringförmigen Modifizierer **37** vorgespannt. Bei dieser besonderen Ausführungsform ist die Anode **34** elektrisch schwebend. Falls die Anode **34** elektrisch schwebt, wird der Film, welcher auf der Anode **34** während der Konditionierung erzeugt wird, während des Reinigungsprozesses im wesentlichen ungestört bleiben. Falls die Anode **34** nicht schweben gelassen wird, würde der Film beeinflußt werden und müßte konditioniert werden. Nach dem Reinigungsschritt können weitere Substrate bearbeitet werden.

[0031] Das System **30** kann ebenfalls verwendet werden, um weitere Materialien einschließlich Gold und Nickel zu plattieren. Zusätzlicherweise kann das System zur Abscheidung von Legierungen verwendet werden. Beispielsweise zählen dazu leitende Hügel, welche in Halbleitervorrichtungen für Ballgitteranordnungen (ball grid arrays) verwendet werden. Die leitenden Hügel enthalten typischerweise eine Blei-Zinn-Legierung. Blei hat ein Oxidationspotential von +0,126 V, und Zinn hat ein Oxidationspotential von +0,136 V. Deshalb wird Zinn im Vergleich zu Blei leichter oxidiert. Die Anode **34** sollte ein metallisches Element aufweisen, welches leichter oxidiert wird, und nicht das andere metallische Element. Andererseits kann die Anode **34** nachdem Plattieren von Substraten Grübchen aufweisen. In diesem speziellen Fall sollte die Anode **34** Zinn aber nicht Blei aufweisen. Die Plattierungslösung **39** enthält Blei und Zinn sowohl im elementaren (reduzierten) als auch im ionischen (oxidierten) Zuständen. Die Abscheidungsparameter, insbesondere die Konzentrationen von Blei und Zinn in der Plattierungslösung und die Vorspannungsbedingungen für die Anode **34**, die Strukturen **36** und die ringförmigen Modifizierer **37** können verändert werden, um die Zusammensetzung der Legierung zu modifizieren. Die Legierung kann im wesentlichen eine gleichmäßige oder eine abgestufte (diskrete oder kontinuierlich) Zusammensetzung aufweisen.

[0032] Bei noch einer weiteren Ausführungsform wird das System **30** verwendet, um weitere elektroaktive Materialien auf das Substrat **20** abzuscheiden. Bei dieser Anwendung würde das Material negativ geladen werden, und deshalb werden das Substrat **20** und die Strukturen **36** jetzt die Anode, und was als die Anode **34** verwendet wird, wird die Kathode. Auf diese Art und Weise wird die Stromrichtung innerhalb der Plattierungslösung **39** im wesentlichen umgekehrt. Die vorliegende Erfindung enthält weitere Ausführungsformen. Bei einer Ausführungsform werden die Strukturen **36** derart modifiziert, daß die Klemmbereiche **362** und die Bereiche **364** separate Teile sind. In diesem Fall werden die Bereiche **364** und die Klemmbereiche **362** an den Drehtisch als individuelle Komponenten angebracht. Bei weiteren Ausführungsformen sind die Bereiche **364** permanent an den Klemmbereichen **362** angebracht oder sind ein entfernbarer Bereich, welcher von Zeit zu Zeit von den Klemmbereichen abgenommen werden kann.

[0033] Während der Plattierung können die Strukturen **36** vollständig oder teilweise in die Plattierungslösung **39** eingetaucht werden. Die Gestalt von einem oder beiden der Modifizierer für die elektrische Stromdichte sollte an die Gestalt des Randes des Substrats **20** angepaßt sein. Beispielsweise sind die Bereiche **364** bogenförmige Bereiche, und alle Punkte entlang des Innenrandes dieser bogenförmigen Bereiche **364** sind im wesentlichen gleich beabstandet von dem Substrat **20**. Falls das Substrat **20** rechteckig mit graden Rändern ist, wären die bogenförmigen Modifiziererbereiche mit Innenrändern versehen, welche dem Substrat **20** gegenüberliegen, und im wesentlichen parallel zum entsprechenden Rand des Substrats **20** verlaufen würden.

[0034] Alternative Designs für den ringförmigen Modifizierer **37** sind ebenfalls möglich. Bei weiteren Ausführungsformen verläuft der ringförmige Modifizierer **37** über die Oberseite des Bechers **32**. Beispielsweise könnte der ringförmige Modifizierer **37** zinnenartige Ränder aufweisen, welche ermöglichen, daß die Plattierungslösung **39** zwischen den zinnenartigen Rändern und aus dem Becher **32** fließt. In dieser Art und Weise ist die Plattierungslösung **39** nicht in Kontakt mit dem oberen Bereich des ringförmigen Modifizierers **37**. Dies würde am wahrscheinlichsten verwendet werden, falls ein segmentierter ringförmiger Modifizierer zur Plattierung verwendet würde. Ähnlich wie bei einer vorherigen Ausführungsform sollte die Gestalt des ringförmigen Modifizierers **37** im wesentlichen dieselbe sein, wie diejenige des Bechers **32**, welcher im allgemeinen an die Gestalt des Substrats **20** angepaßt ist. Im Fall eines kreisförmigen Substrats **20** haben der ringförmige Modifizierer **27** und der Becher **32** kreisförmige Strukturen. Falls das Substrat **20** rechteckig ist, haben der ringförmige Modifizierer **37** und der Becher **32** ebenfalls rechteckige Gestalt.

[0035] Bei noch weiteren Ausführungsformen sind nur Bereiche des ringförmigen Modifizierers **37** leitend. Bei einer bestimmten Ausführungsform hat ein Segment des ringförmigen Modifizierers **37** seine obere Hälfte leitend, und ein benachbarter Bereich des ringförmigen Modifizierers **37** hat seine untere Hälfte leitend. Bei noch einer weiteren Ausführungsform ist der gesamte obere Bereich oder der gesamte untere Bereich oder jegliche Kombination davon leitend. Ebenfalls sollte die Positionierung des ringförmigen Modifizierers **37** derart getroffen werden, daß die Gleichmäßigkeit der Plattierung optimal ist.

[0036] Das System **30** kann lediglich mit den Strukturen **36** oder den ringförmigen Modifizierern **37** als den Modifizierern für die elektrische Stromdichte betrieben werden. Die Verwendung von beiden Modifizierern für die elektrische Stromdichte erhöht die Möglichkeit einer besseren Steuerung der elektrischen Stromdichte während der Plattierung und deshalb eine erhöhte Steuerung der Dickenvariation des Plattierungsmaterials **56** über dem Substrat **20**.

[0037] Bei noch einer weiteren Ausführungsform kann die Anodengestalt modifiziert werden, um die Stromdichte zu optimieren, so daß sie über der Oberfläche des Wafers gleichmäßiger ist. Wie in Fig. 6 illustriert hat eine konisch gestaltete Anode **64** einen abgeschrägten Rand. Dies ändert die Stromdichte nahe dem Substrat **20**. Natürlich sind weitere Formen möglich.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abscheiden einer Materialschicht (**56**) über einem Substrat (**20**), umfassend:
Anordnen des Substrats (**20**) in ein Plattierungssystem (**30**, **60**) mit:
einer ersten Elektrode (**34**, **64**);
einer zweiten Elektrode (**36**), welche elektrisch mit dem Substrat (**20**) verbunden ist, wobei
die zweite Elektrode (**36**) Klemmbereiche (**362**) und Modifizierbereiche (**364**) für die elektrische Stromdichte aufweist;
jeder der Modifizierbereiche (**364**) für die elektrische Stromdichte im Vergleich zu seinem entsprechenden Klemmbereich (**362**) näher an der ersten Elektrode (**34**, **64**) liegt; und
einer ionischen Flüssigkeit (**39**), wobei die ionische Flüssigkeit (**39**) die erste Elektrode (**34**, **64**), die zweite Elektrode (**36**) und das Substrat (**20**) kontaktiert;
Anlegen eines ersten Potentials an die erste Elektrode (**34**, **64**) und eines zweiten Potentials an die zweite Elektrode (**36**), um die Materialschicht (**56**) auf dem Substrat (**20**) abzuscheiden, wobei sich das erste Potential von dem zweiten Potential unterscheidet; und
Entfernen des Substrats (**20**) von dem Plattierungssystem (**30**, **60**).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Substrat kreisförmig ist und alle Modifizierbereiche (**364**) für die elektrische Stromdichte bogenförmig sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei während des Anlegens von Potentialen die Schicht (**56**) über einem ersten Punkt näher einem Zentrum des Substrats (**20**) mit einer ersten Dicke und über einem zweiten Punkt näher einem Rand des Substrats (**20**) mit einer zweiten Dicke abgeschieden wird, die nicht größer ist als die erste Dicke.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

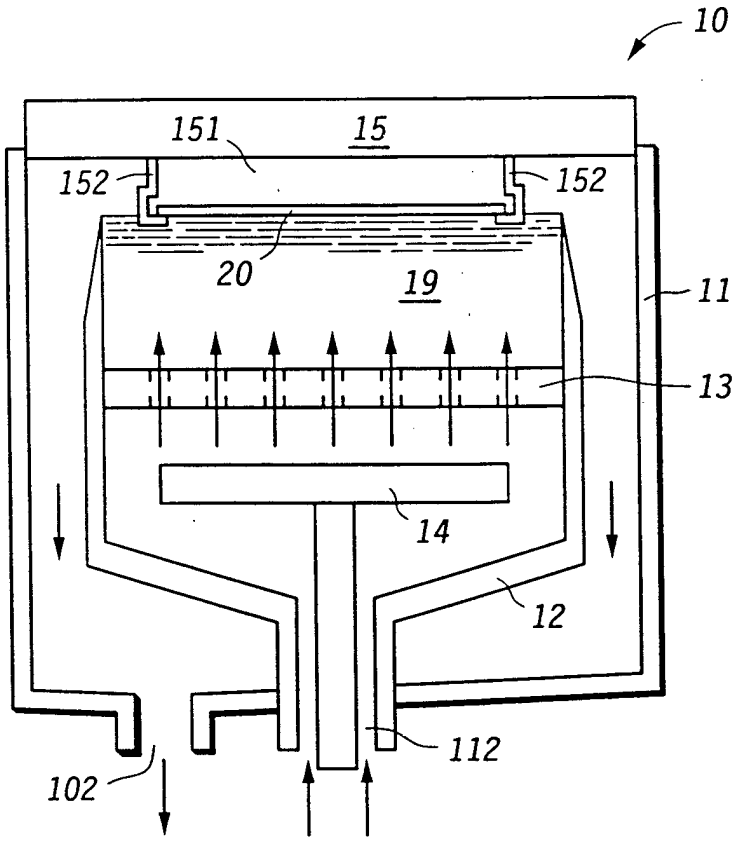


FIG.1

STAND DER TECHNIK

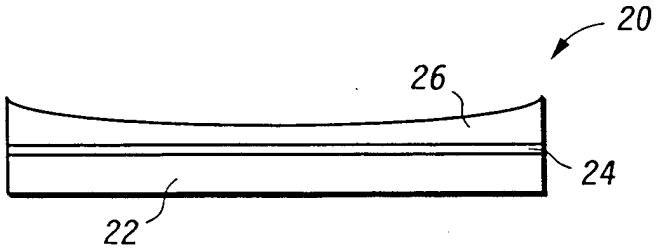


FIG.2

STAND DER TECHNIK

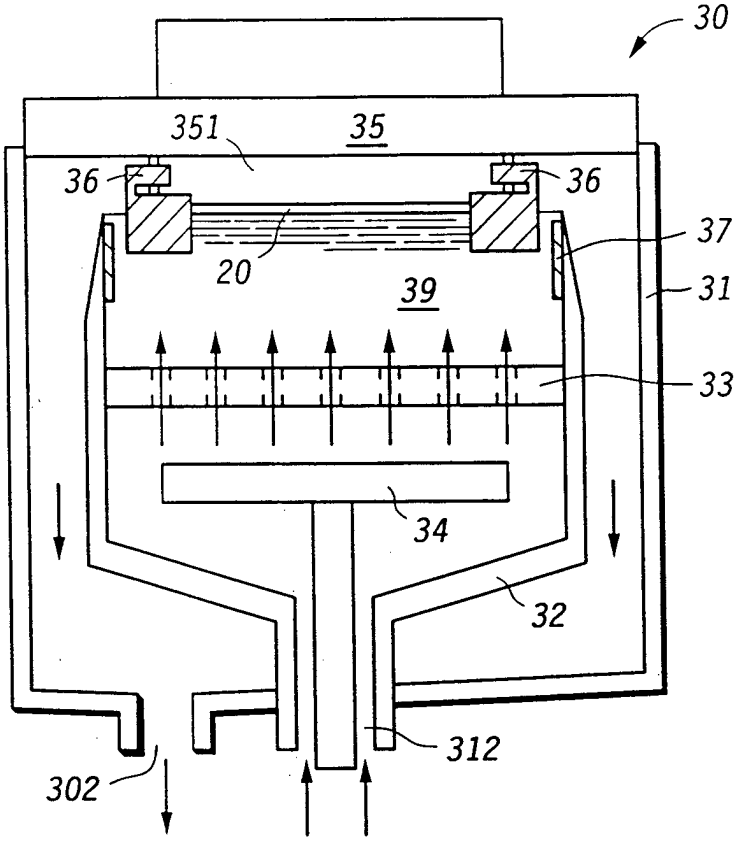

30
351
35
36
36
37
20
31
39
33
34
32
312
302

FIG.3

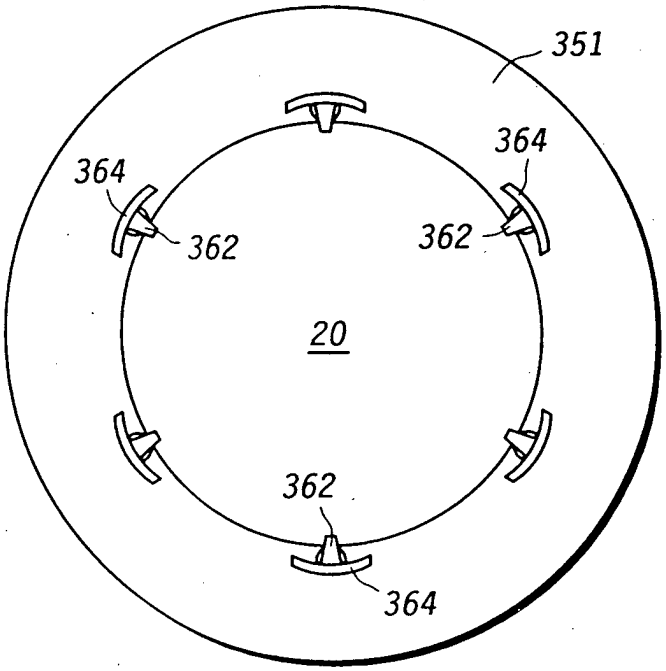

351
364
364
362
362
20
362
364

FIG.4

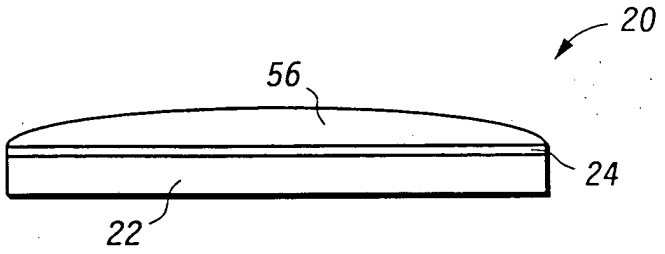


FIG.5

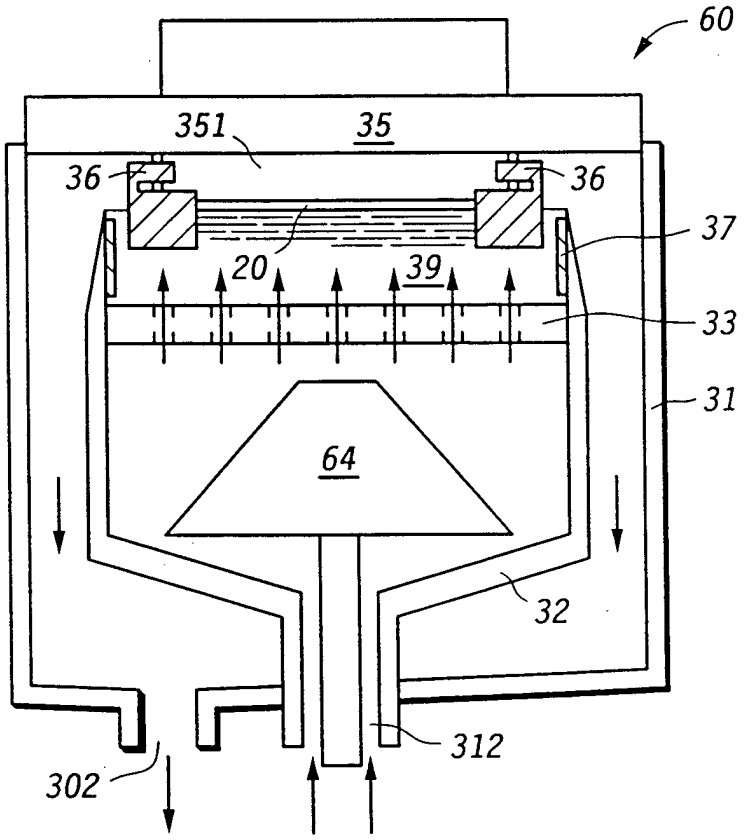


FIG.6