



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 06 155 T2** 2004.02.12

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 163 311 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 06 155.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/12762**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 973 765.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/53691**

(86) PCT-Anmeldetag: **08.06.1999**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **14.09.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **19.12.2001**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **19.03.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.02.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **C09K 3/14**

**C09G 1/02, H01L 21/321**

(30) Unionspriorität:  
**266208 10.03.1999 US**

(73) Patentinhaber:  
**3M Innovative Properties Co., Saint Paul, Minn.,  
US**

(74) Vertreter:  
**Vossius & Partner, 81675 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, DE, ES, FR, GB, IT, SE**

(72) Erfinder:  
**HARDY, Charles, L., Saint Paul, US; TRICE, L.,  
Jennifer, Saint Paul, US**

(54) Bezeichnung: **BEARBEITUNGSFLÜSSIGKEIT UND VERFAHREN ZUR MODIFIKATION VON STRUTURIERTEN HALBLEITERSCHEIBEN ZUR HERSTELLUNG VON HALBLEITERN**

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

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

**Beschreibung**

## Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Familie von Bearbeitungsflüssigkeiten, die zur Modifizierung exponierter Zwischenoberflächen von strukturierten Wafern zur Herstellung von Halbleitern verwendbar sind, Verfahren zur Modifizierung exponierter Zwischenoberflächen von strukturierten Wafern zur Herstellung von Halbleitern, die eine solche Familie von Bearbeitungsflüssigkeiten verwenden, und Halbleiterwafer, die gemäß dem vorstehenden Verfahren hergestellt wurden.

[0002] Während der Herstellung von integrierten Schaltkreisen durchlaufen zur Herstellung von Halbleitern verwendete Halbleiterwafer typischerweise eine Vielzahl von Verarbeitungsschritten, einschließlich Abscheide-, Mustererzeugungs- und Ätzschritte. Einzelheiten dieser Verarbeitungsschritte für Halbleiterwafer werden von Tonshoff et al., „Abrasive Machining of Silicon“, veröffentlicht in den Annals of the International Institution for Production Engineering Research, (Band 39/2/1990), S. 621–635, berichtet. In jedem Verarbeitungsschritt ist es oft erforderlich oder wünschenswert, eine exponierte Oberfläche des Wafers zu modifizieren oder zu veredeln, um den Wafer für anschließende Herstellungs- oder Verarbeitungsschritte vorzubereiten.

[0003] EP-A-846 742 bezieht sich auf eine chemisch mechanische Polieraufschlammung, die für Kupferträger verwendbar sein soll. Die chemisch mechanische Polieraufschlammung umfasst ein Schleifmaterial, mindestens ein oxidierendes Mittel, wie Harnstoff-Wasserstoffperoxid, ein komplexbildendes Mittel und ein eine Beschichtung erzeugendes Mittel.

[0004] US-A-5,709,5,88 bezieht sich auch auf eine Polieraufschlammung. Diese Aufschlammung umfasst Polierpartikel, die mit einem Oberflächenbehandlungsmittel mit mindestens einem Carboxylgruppen enthaltenden Material, einem Aminogruppen enthaltenden Material und einem Sulfonsäuregruppen enthaltenden Material behandelt sind.

[0005] Zusammensetzungen zur Verhinderung von Korrosion in wässrigen Wärmeübertragungssystemen werden in US-A-4,642,221 beschrieben. Die Korrosion von Metalloberflächen in Kühlwassersystemen aus Kupfer- oder Kupferlegierung soll durch die Zugabe geringer Mengen aromatischer Triazole und Iminodicarbonsäuren oder Derivaten davon zum Kühlwassersystem verhindert werden.

[0006] In herkömmlichen Systemen zur Herstellung von Halbleitervorrichtungen wird ein flacher Siliziumgrundwafer einer Reihe von Verarbeitungsschritten unterworfen, in denen gleichmäßige Schichten aus zwei oder mehr getrennten Materialien abgeschiedenen werden, die zusammen eine einzelne Schicht dessen erzeugen, was eine Mehrschichtstruktur wird. In diesem Verfahren ist es üblich, eine gleichmäßige Schicht eines ersten Materials auf den Wafer selbst oder auf eine bestehende Schicht einer Zwischenkonstruktion mittels eines der auf dem Fachgebiet üblicherweise verwendeten Verfahren aufzubringen, in oder durch diese Schicht Löcher zu ätzen und die Löcher dann mit einem zweiten Material zu füllen. Alternativ können Merkmale von etwa gleichmäßiger Dicke, umfassend ein erstes Material, üblicherweise durch eine Maske auf den Wafer oder auf eine vorher hergestellte Schicht des Wafers aufgebracht werden, und dann können die diesen Merkmalen benachbarten Bereiche mit einem zweiten Material gefüllt werden, um die Schicht zu vervollständigen. Nach dem Abscheideschritt erfordert das abgeschiedene Material oder die abgeschiedene Schicht auf einer Waferoberfläche im allgemeinen eine weitere Verarbeitung, bevor zusätzlich eine Abscheidung oder anschließende Verarbeitung erfolgt. Wenn sie vollständig ist, ist die äußere Oberfläche im wesentlichen durchgehend planar und zur Oberfläche des Siliziumgrundwafers parallel. Ein spezielles Beispiel eines solchen Verfahrens ist das Metall-Damascene-Verfahren.

[0007] Im Damascene-Verfahren wird ein Muster in eine dielektrische Oxidschicht (z. B. Siliziumdioxidschicht) geätzt. Nach dem Ätzen werden gegebenenfalls Adhäsions/Barriere-Schichten auf der gesamten Oberfläche abgeschieden. Typische Barrierschichten können zum Beispiel Tantal, Tantalnitrid, Titanitrid oder Titan umfassen. Als nächstes wird ein Metall (z. B. Kupfer) über oder auf den Adhäsions/Barriere-Schichten abgeschieden. Die abgeschiedene Metallschicht wird dann durch Entfernen des abgeschiedenen Metalls und von Bereichen der Adhäsions/Barriere-Schicht auf der Oberfläche des Dielektrikums modifiziert, veredelt oder endbehandelt. Typischerweise wird genügend Oberflächenmetall entfernt, so dass die äußere exponierte Oberfläche des Wafers sowohl Metall als auch ein dielektrisches Oxidmaterial umfasst. Eine Draufsicht auf die exponierte Waferoberfläche würde eine planare Oberfläche mit dem zum geätzten Muster entsprechenden Metall und zum Metall benachbarten dielektrischen Material zeigen. Das (die) auf der modifizierten Oberfläche des Wafers befindliche(n) Metalle) und dielektrische(n) Oxidmaterial(ien) besitzen von Natur aus verschiedene physikalische Eigenschaften, wie verschiedene Härtewerte. Die zur Modifizierung eines mit dem Damascene-Verfahren hergestellten Wafer verwendete Schleifbehandlung muss so gestaltet sein, dass sie das Metall und die dielektrischen Materialien gleichzeitig modifiziert, ohne die Oberfläche eines der Materialien zu verkratzen. Die Schleifbehandlung muss eine planare äussere exponierte Oberfläche auf einem Wafer mit einem exponierten Bereich aus einem Metall und einem exponierten Bereich aus einem dielektrischen Material erzeugen.

[0008] Ein solches Verfahren zur Modifizierung der abgeschiedenen Metallschicht bis zur Exponierung des

dielektrischen Oxidmaterials auf der äusseren Waferoberfläche lässt aufgrund der Submikron-Abmessungen der auf der Waferoberfläche befindlichen Metallmerkmale wenig Raum für Fehler. Die Abtragsgeschwindigkeit für das abgeschiedene Metall sollte vergleichsweise groß sein, um Herstellungskosten zu minimieren, und das Metall muss von den nicht geätzten Bereichen vollständig entfernt werden. Das in den geätzten Bereichen verbleibende Metall muss auf abgegrenzte Bereiche oder Zonen begrenzt sein, während es innerhalb dieser Bereiche oder Zonen kontinuierlich sein muss, um eine einwandfreie Leitfähigkeit zu gewährleisten. Kurz gesagt, muss das Metallmodifikationsverfahren im Submikronmaßstab gleichmäßig, geregelt und reproduzierbar sein.

[0009] Ein herkömmliches Verfahren zur Modifizierung oder Veredelung exponierter Oberflächen von strukturierten Wafern verwendet Verfahren, die eine Waferoberfläche mit einer Aufschlammung behandeln, die eine Mehrzahl, in einer Flüssigkeit dispergierter, loser Schleifpartikel enthält. Typischerweise wird diese Aufschlammung auf eine Polierunterlage aufgebracht, und die Waferoberfläche wird dann gegen die Unterlage geschliffen oder bewegt, um Material von der Waferoberfläche zu entfernen. Im allgemeinen kann die Aufschlammung auch Chemikalien enthalten, die mit der Waferoberfläche reagieren. Diese Art des Verfahrens wird üblicherweise als chemisch-mechanisches Planarisierungsverfahren (CMP) bezeichnet.

[0010] Eine neuere Alternative zu CMP-Aufschlammungsverfahren verwendet einen Schleifgegenstand zur Modifizierung oder Veredelung einer Halbleiteroberfläche und vermeidet dadurch die Notwendigkeit der vorstehenden Aufschlammungen. Über dieses alternative CMP-Verfahren wird in der internationalen Veröffentlichung Nr. WO 97/11484, veröffentlicht am 27. März 1997, berichtet. Der Schleifgegenstand, über den berichtet wird, besitzt eine strukturierte Schleifoberfläche, die in einem Bindemittel dispergierte Schleifpartikel einschließt. Bei der Verwendung wird der Schleifgegenstand mit einer Halbleiterwaferoberfläche in Kontakt gebracht, oft in Gegenwart einer Bearbeitungsflüssigkeit, mit einer Bewegung die zur Modifizierung einer einzelnen Materialschicht auf dem Wafer und zur Bereitstellung einer planaren, gleichmäßigen Waferoberfläche angepasst ist. Die Bearbeitungsflüssigkeit wird auf die Oberfläche des Wafers aufgebracht, um die Oberfläche des Wafers unter der Wirkung des Schleifgegenstandes chemisch zu modifizieren oder die Entfernung eines Materials von der Oberfläche des Wafers anderweitig zu erleichtern.

[0011] Im vorstehend beschriebenen Verfahren verwendbare Bearbeitungsflüssigkeiten sind, entweder in Verbindung mit den vorstehend angeführten Aufschlammungen oder Schleifgegenständen, typischerweise wässrige Lösungen einer Vielfalt von Zusatzstoffen, einschließlich komplexbildender Mittel, oxidierender Mittel, passivierender Mittel, oberflächenaktiver Mittel, Benetzungsmitteln, Puffern, Rostschutzmitteln, Gleitmitteln, Seifen oder Kombinationen dieser Zusatzstoffe. Zusatzstoffe können auch Mittel einschließen, die mit dem zweiten Material, z. B. Metall oder Metalllegierungsleiter auf der Waferoberfläche, reagieren, wie oxidierende, reduzierende, passivierende oder komplexbildende Mittel. Beispiele für solche Bearbeitungsflüssigkeiten finden sich zum Beispiel in der US Patentschrift Nr. 6,194,317.

[0012] In den vorstehend angeführten CMP-Verfahren sind Konkavwölbungsverhalten und Abtragsgeschwindigkeit Maße der Polierleistung. Diese Leistungsmaße können von der Verwendung der vorstehenden Bearbeitungsflüssigkeiten abhängig sein. Konkavwölbung ist ein Maß dafür, wieviel Metall, wie Kupfer, von Verbindungsfeldern oder Leitungsbahnen unterhalb der Ebene der Waferzwischenoberfläche entfernt wird, bestimmt durch die Höhendifferenz zwischen dem Kupfer und den höchsten Punkten der Barriere- oder dielektrischen Schichten nach dem Entfernen der Kupferdeckschicht oder der Kupfer-Plus-Barrierschicht. Die Abtragsgeschwindigkeit bezieht sich auf die pro Zeiteinheit entfernte Materialmenge. Abtragsgeschwindigkeiten von über mindestens 1000 Å pro Minute (100 nm/min) werden bevorzugt. Niedrigere Abtragsgeschwindigkeiten, wie einige hundert Ångström pro Minute (Å/min; nm/min) oder weniger sind weniger wünschenswert, da sie dazu neigen, die mit der Waferherstellung verbundenen Gesamtherstellungskosten zu erhöhen.

[0013] Es ist wünschenswert, Verbesserungen der chemisch-mechanischen Planarisierung zur Verfügung zu stellen, durch Bereitstellen von Bearbeitungsflüssigkeiten, die zur Modifizierung exponierter Zwischenoberflächen strukturierter Wafer zur Herstellung von Halbleitern verwendbar sind, und von Verfahren zur Modifizierung der exponierten Zwischenoberflächen solcher Wafer zur Herstellung von Halbleitern, vorzugsweise mit verbesserten, nachhaltigen Metallabtragsgeschwindigkeiten und unter Verwendung der vorstehenden Familie von Bearbeitungsflüssigkeiten. Es ist besonders wünschenswert, Bearbeitungsflüssigkeiten zur Verfügung zu stellen, die in den vorstehenden Verfahren verwendbar sind und zur Herstellung von metallhaltigen strukturierten Wafern mit verbesserten Konkavwölbungseigenschaften führen.

#### Zusammenfassung der Erfindung

[0014] Die Erfindung stellt eine Familie von Bearbeitungsflüssigkeiten, verwendbar zur Modifizierung oder Veredelung von Zwischenoberflächen strukturierter Wafer, die zur Halbleiterherstellung geeignet sind, zur Verfügung. Die Erfindung stellt auch Verfahren zur Verwendung solcher Bearbeitungsflüssigkeiten zur Modifizierung der Zwischenoberflächen solcher Wafer zur Verfügung. Eine Zwischenoberfläche eines strukturierten Wafers schließt in der vorliegenden Erfindung typischerweise ein erstes Material mit einer Oberfläche, die geätzt wurde, um ein Muster oder ein Design zu erzeugen, und ein zweites Material, das über der Oberfläche des

ersten Materials aufgebracht ist, ein.

[0015] In einem Gesichtspunkt stellt die Erfindung ein Bearbeitungsflüssigkeit zur Verfügung, verwendbar zur Modifizierung einer Oberfläche eines Wafers, der zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung geeignet ist, wobei die Flüssigkeit eine Lösung von Ausgangskomponenten ist, wobei die Komponenten umfassen:

ein oxidierendes Mittel;

einen ionischen Puffer;

ein passivierendes Mittel;

ein chelatbildendes Mittel, ausgewählt aus Iminodiessigsäure und Salze davon; und Wasser.

[0016] Das passivierende Mittel der Bearbeitungsflüssigkeit kann ein Azolderivat, vorzugsweise ausgewählt aus Benzotriazol, Tolyltriazol oder Kombinationen davon, sein. Vorzugsweise schließt die Bearbeitungsflüssigkeit Wasserstoffperoxid als oxidierendes Mittel, Ammoniumhydrogenphosphat als ionischen Puffer und Tolyltriazol als passivierendes Mittel ein.

[0017] In Bezug auf die Gesichtspunkte der Erfindung soll als vereinbart gelten, dass bestimmte Begriffe die folgenden Bedeutungen haben:

[0018] „Konkavwölbung“ ist die Abweichung des Zentrums eines Merkmals von der durch die Kanten des Merkmals definierten Ebene. Für Testzwecke werden üblicherweise entweder 100 oder 120 µm quadratische Verbindungsflächen zur Messung der Konkavwölbung verwendet, nachdem darüberliegendes zweites Material (z. B. Kupfer) während des CMP-Verfahrens vom ersten Material (z. B. dielektrisches Material) entfernt wurde, wobei Bereiche des zweiten Materials nur in bestimmten, abgegrenzten Bereichen, wie geätzten Bereichen innerhalb des dielektrischen ersten Materials, verbleiben. Wenn hier nicht anders angegeben, beziehen sich Konkavwölbungsmessungen auf die Konkavwölbung von Bereichen aus zweitem Material, typischerweise auf aus Kupfer bestehenden Bereichen. Hier wird die Konkavwölbung als „TIR“ oder „Total Indicated Runout“ (Gesamte angezeigte Abweichung) bezeichnet, was ein Maß für die Ebenheit eines strukturierten Wafers in einem bestimmten Bereich des Wafers ist. Der TIR-Wert wird typischerweise entlang einer Linie in einem bestimmten Bereich des Halbleiterwafers unter Verwendung eines Instruments, wie eines TENCOR P-22 Long Scan Profilometers, erhältlich von TENCOR aus Mountain View, Calif., gemessen. Das Maß bedeutet die Entfernung zwischen zwei imaginären parallelen Ebenen, wobei eine den höchsten Punkt der Oberfläche eines Halbleiterwafers schneidet oder berührt und die andere den niedrigsten Punkt der Oberfläche des Halbleiterwafers im betrachteten Bereich schneidet oder berührt.

[0019] „Gleichmäßigkeit“ ist ein Maß für die Gleichmäßigkeit der Abtragungsgeschwindigkeit von Kupfer entlang der Oberfläche des Wafers.

[0020] „Abtragungsgeschwindigkeit“ ist die Geschwindigkeit, mit der ein Metallfilm von einem Wafer entfernt wird, d. h. die pro Zeiteinheit entfernte Dicke. Die Abtragungsgeschwindigkeit wird durch Subtrahieren der Enddicke des Kupfers von der Anfangsdicke des Kupfers an den verschiedenen Punkten auf dem Wafer gemessen. Die Standardabweichung der Differenzen dividiert durch das Mittel der Differenzen wird als % Gleichmäßigkeit angegeben. Eine niedrige Zahl für die Gleichmäßigkeit (z. B. 2 bis 3%) wird bevorzugt.

[0021] Ein „dreidimensionaler“ Schleifgegenstand ist ein Schleifgegenstand mit zahlreichen Schleifpartikeln, die sich über mindestens einen Teil seiner Dicke erstrecken, so dass das Entfernen einiger der Partikel während der Planarisierung zusätzliche Schleifpartikel exponiert, die in der Lage sind, die Planarisierungsfunktion wahrzunehmen.

[0022] In einem anderen Gesichtspunkt stellt die Erfindung ein Verfahren zur Modifizierung einer Oberfläche eines Wafers, der zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung geeignet ist, zur Verfügung, umfassend die Schritte:

(a) Bereitstellen eines Wafers, umfassend ein erstes Material, das eine Oberfläche aufweist, die geätzt wurde, um ein Muster zu bilden, und ein zweites Material, das über der Oberfläche des ersten Materials aufgebracht ist;

(b) In Kontaktbringen des zweiten Materials des Wafers mit Schleifmaterial in Gegenwart der vorstehend angeführten Bearbeitungsflüssigkeit; und

(c) relatives Bewegen des Wafers, während das zweite Material mit dem Schleifmaterial in Kontakt ist, bis eine exponierte Oberfläche des Wafers planar ist und sie mindestens einen Bereich des exponierten ersten Materials und einen Bereich des exponierten zweiten Materials umfasst.

[0023] In diesem Gesichtspunkt wird die vorstehend beschriebene Bearbeitungsflüssigkeit verwendet. Das Schleifmaterial umfasst einen Gegenstand, und die Bewegung zwischen dem Wafer und dem Schleifgegenstand erfolgt unter Druck im allgemeinen Bereich von 0,1 bis 25 Psi (689 bis 172369 Pa), vorzugsweise in einem Bereich von 0,2 bis 15 Psi (1379 bis 103421 Pa) und am stärksten bevorzugt in einem Bereich von 1 bis 6 Psi (6895 bis 41369 Pa). Der Wafer und der Schleifgegenstand können gegeneinander kreisförmig, spiralförmig, nicht gleichmäßig, elliptisch als Ziffer acht oder zufällig rotiert und/oder bewegt werden. Der Waferhalter oder der Träger kann ebenfalls oszillieren oder vibrieren, wie durch Übertragung von Ultraschallvibrationen durch den Halter oder Träger. Zum Beispiel wird entweder der Schleifgegenstand oder der Wafer oder sowohl

der Schleifgegenstand als auch der Wafer relativ zum anderen sowohl rotiert als auch linear entlang relativer Zentren des Wafers und des Schleifgegenstandes bewegt. Die Rotationsbewegung oder die Rotationsgeschwindigkeit zwischen dem Wafer und dem Schleifgegenstand kann zwischen 1 Upm und 10.000 Upm liegen. Bevorzugt werden Rotationsgeschwindigkeiten für den Schleifgegenstand, bei denen der Schleifgegenstand mit einer Geschwindigkeit zwischen 10 Upm und 1.000 Upm, stärker bevorzugt zwischen 10 Upm und 250 Upm und am stärksten bevorzugt zwischen 10 Upm und 60 Upm rotiert. Bevorzugt werden Rotationsgeschwindigkeiten für den Wafer, bei denen der Wafer mit einer Geschwindigkeit zwischen 2 Upm und 1.000 Upm, stärker bevorzugt zwischen 5 Upm und 500 Upm und noch stärker bevorzugt zwischen 10 Upm und 100 Upm rotiert.

[0024] Ein bevorzugtes Schleifmaterial zur Verwendung im vorstehenden Verfahren umfasst dreidimensionale Schleifmaterialkomposite, die an einem Schleifgegenstand fixiert sind, wobei die Komposite eine Mehrzahl von Schleifpartikeln umfassen, die in einem Bindemittel fixiert und dispergiert sind. Vorzugsweise umfasst der Schleifgegenstand ferner einen Träger, und stärker bevorzugt ist dieser Träger ein Polymerfilm. Dieser Träger besitzt eine vordere Oberfläche und eine rückseitige Oberfläche. Der Träger kann ausgewählt sein aus einer Gruppe von Materialien, die für Schleifgegenstände verwendet werden, wie Papier, Vlieswaren, Stoff, behandelter Stoff, Polymerfilm und grundierter Polymerfilm. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Träger ein grundierter Polyesterfilm. Ausserdem kann ein solches Schleifmaterial an einer Subunterlage, umfassend ein Laminat aus einem Polycarbonatfolie und Polyurethanschaum, befestigt oder von dieser anderweitig unterstützt werden. Die Subunterlage besitzt typischerweise eine vordere Oberfläche und eine rückseitige Oberfläche, und das Schleifmaterial kann auf der vorderen Oberfläche der Subunterlage vorhanden sein. Ein Haftklebstoff kann auf die rückseitige Oberfläche des Trägers des Schleifmaterials aufgebracht werden, um den Schleifgegenstand an der Subunterlage zu fixieren.

[0025] Alternativ kann das Schleifmaterial eine Schleif- oder Polieraufschlammung umfassen, die in Verbindung mit einer Polierunterlage verwendet wird, wobei die Aufschlammung eine Mehrzahl von losen Schleifpartikeln, dispergiert in einer Flüssigkeit (z. B. Wasser), umfasst und die Aufschlammung durch die Anwendung der Polierunterlage mit dem zweiten Material des Wafers in Kontakt kommt. Wenn eine Aufschlammung und eine Polierunterlage als Schleifmaterial verwendet werden, schließt die Aufschlammung die vorstehend angeführte Bearbeitungsflüssigkeit als Teil davon ein.

[0026] Das Verfahren ist vorzugsweise auf die Modifizierung von Zwischenoberflächen eines strukturierten Wafers ausgerichtet. Das erste Material ist typischerweise ein dielektrisches Material über dem ein Zwischenmaterial oder eine Adhäsions/Barriere-Schicht aufgebracht ist. Einige geeignete Zwischenmaterialien oder Adhäsions/Barriere-Schichten schließen Tantal, Titan, Tantalnitrid, Titannitrid ein. Andere geeignete Zwischenmaterialien oder Adhäsions/Barriere-Schichten schließen Metalle, Nitride und Silicide ein. Das dem ersten Material zugeordnete Design schließt gemusterte Bereiche, geriffelte Bereiche und Kontaktlöcher sowie andere Strukturen, die eine vollständige Halbleitervorrichtung ausmachen, ein. Das zweite Material ist typischerweise ein leitfähiges Material, ausgewählt aus Titan, Silber, Aluminium, Wolfram, Kupfer oder Legierungen davon. Das vorliegende Verfahren ist insbesondere zur Modifizierung leitfähiger Oberflächen von Materialien mit Widerstandswerten von typischerweise unter etwa 0,1 Ohm-cm angepasst. Im allgemeinen besitzen bevorzugte dielektrische Materialien Dielektrizitätskonstanten von unter etwa 5.

[0027] Im Verfahren wird der Kontakt und die Bewegung zwischen dem Schleifmaterial und dem leitfähigen Material aufrechterhalten, bis eine exponierte Oberfläche des Wafers planar ist und mindestens einen Bereich von exponiertem zweiten oder leitfähigen Material und mindestens einen Bereich von exponiertem ersten oder dielektrischen Material umfasst und der exponierte Bereich des leitfähigen Materials und der exponierte Bereich des dielektrischen Materials in einer einzigen Ebene liegen. Das dielektrische Material kann mit einem oder mehreren Zwischenmaterialien, wie einer Adhäsions/Barriere-Schicht, bedeckt sein. Typischerweise ist die exponierte Oberfläche des dielektrischen Materials nach dem Entfernen des überschüssigen leitfähigen Materials im wesentlichen frei von Zwischenmaterial. Alternativ kann das Entfernen des leitfähigen Materials nur die Oberflächen des Zwischenmaterials und des leitfähigen Materials exponieren. Fortgesetzte Modifizierung kann dann auf der Oberfläche des Wafers das dielektrische Material und das leitfähige Material exponieren.

[0028] Diese und andere Gesichtspunkte der Erfindung sind für den Fachmann nach Betrachtung der restlichen Offenbarung, einschließlich der ausführlichen Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform und der Ansprüche im Anhang, offensichtlich.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0029] **Fig. 1** ist eine schematische Querschnittsansicht eines Teils eines strukturierten Wafers vor der Oberflächenmodifizierung;

[0030] **Fig. 2** ist eine schematische Querschnittsansicht eines Teils eines strukturierten Wafers nach der Oberflächenmodifizierung; und

[0031] **Fig. 3** ist eine schematische Seitenteilansicht einer Vorrichtung zur Modifizierung der Oberfläche eines Wafers zur Verwendung in der Halbleiterherstellung.

#### Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0032] Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf ihre bevorzugte Ausführungsform beschrieben. In dieser ausführlichen Beschreibung wird auf die verschiedenen Figuren Bezug genommen, in denen bestimmte Merkmale durch Referenzziffern identifiziert werden und wobei gleiche Ziffern gleiche Merkmale bezeichnen.

[0033] **Fig. 1** ist eine typische Ansicht eines gemusterten Wafers **10**, der zur Verwendung im Verfahren der Erfindung geeignet ist. Zur besseren Klarheit wurden bekannte Merkmale, wie dotierte Bereiche, aktive Vorrichtungen, Epitaxieschichten, Träger und Feldoxidschichten weggelassen. Der Wafer **10** besitzt eine Grundlage **11** und eine Mehrzahl von topographischen Merkmalen, typischerweise hergestellt aus irgendeinem geeigneten Material, wie einkristallinem Silizium, Galliumarsenid und anderen auf dem Fachgebiet bekannten Materialien. Eine Barriere- oder Adhäsionsschicht **13**, typischerweise Titannitrid, Titan, Tantal, Tantalnitrid oder Siliziumnitrid, bedeckt die Grundlage **11** und die Grundmerkmale.

[0034] Eine leitende Metallschicht **14** bedeckt die vordere Oberfläche der Barrierschicht **13** und Grundmerkmale. Eine Vielfalt von Metallen oder Metalllegierungen kann verwendet werden, wie Titan, Aluminium, Kupfer, Aluminiumkupferlegierung, Wolfram oder Silber. Die Metallschicht wird typischerweise durch Abscheiden einer kontinuierlichen Schicht des Metalls auf die Barrierschicht **13** aufgebracht. Überschüssiges Metall wird dann entfernt, um das gewünschte Muster der in **Fig. 2** veranschaulichten Metallverbindungen **15** zu erzeugen. Die Metallentfernung stellt einzelne Metallverbindungsflächen **15** und einzelne Oberflächenmerkmale **16** zur Verfügung, die vorzugsweise eine planare Oberfläche frei von Kratzern oder anderen Fehlern, die die Betriebsfähigkeit der fertigen Halbleitervorrichtung beeinträchtigen könnten, zur Verfügung stellt.

[0035] **Fig. 3** veranschaulicht schematisch eine Vorrichtung zur Modifizierung von Wafern, die im Verfahren der Erfindung verwendbar ist. Variationen dieser Maschine und/oder eine Vielzahl anderer Maschinen können in dieser Erfindung verwendbar sein. Diese Art von Vorrichtung und eine Vielzahl von Variationen und andere Arten von Vorrichtungen sind auf dem Fachgebiet zur Verwendung mit Polierunterlagen und losen Schleifmaterialaufschlämmungen bekannt. Ein Beispiel für eine geeignete, im Handel erhältliche Vorrichtung ist eine CMP (chemisch mechanische Planarisierungs)-Maschine, erhältlich von IPEC/WESTTECH aus Phoenix, AZ: Alternative CMP-Maschinen sind von STRASBAUGH oder SPEEDFAM erhältlich. Die Vorrichtung **30** umfasst die mit einem Motor (nicht gezeigt) verbundene Kopfeinheit **31**. Die Spannvorrichtung **32** erstreckt sich aus der Kopfeinheit **31**; ein Beispiel für eine solche Spannvorrichtung ist eine Gimbal-Spannvorrichtung. Die Konstruktion der Spannvorrichtung **32** nimmt vorzugsweise verschiedene Kräfte und Drehbewegungen auf, so dass der Schleifgegenstand die gewünschte Oberflächenbeschaffenheit und Ebenheit auf dem Wafer zur Verfügung stellt. Die Spannvorrichtung kann es dem Wafer erlauben, sich während der Planarisierung zu drehen oder nicht zu drehen.

[0036] Am Ende der Spannvorrichtung **31** befindet sich der Waferhalter **33**, der den Wafer **34** an der Kopfeinheit **31** festhält und ein Ablösen des Wafers während der Verarbeitung verhindert. Der Waferhalter ist so gestaltet, dass er den Wafer aufnimmt und kann zum Beispiel kreisförmig, oval, rechteckig, quadratisch, oktagon, hexagonal oder pentagonal sein. In einigen Fällen schließt der Waferhalter zwei Teile ein, einen optionalen Rückhalter und eine Waferträgerunterlage. Der Rückhalter kann eine im allgemeinen runde Vorrichtung sein, die um den Umfang des Halbleiterwafers passt. Die Waferträgerunterlage kann aus einem oder mehreren Elementen, z. B. Polyurethanschaum, hergestellt sein. Der Waferhalter **33** erstreckt sich entlang des Halbleiterwafers **34** am Ringteil **35**. Der optionale Ringteil kann ein gesondertes Stück oder in den Halter **33** integriert sein. In einigen Fällen wird sich der Waferhalter **33** nicht über den Wafer **34** hinaus erstrecken, so dass der Waferhalter **33** den Schleifgegenstand **41** nicht berührt oder mit ihm in Kontakt kommt. In anderen Fällen erstreckt sich der Waferhalter **33** über den Wafer **34** hinaus, so dass der Waferhalter den Schleifmaterialkomposit berührt oder mit ihm in Kontakt kommt, wobei der Waferhalter in diesem Fall die Eigenschaften des Schleifmaterialkomposits beeinflussen kann. Zum Beispiel kann der Waferhalter **33** den Schleifgegenstand „konditionieren“ und den äussersten Teil der Oberfläche des Schleifgegenstandes während der Verarbeitung entfernen. Der Waferhalter oder der Rückhalter können jede Konstruktion aufweisen oder aus jedem Material sein, das es dem Schleifgegenstand erlaubt, dem Wafer den gewünschten Modifizierungsgrad zu verleihen. Beispiele für geeignete Materialien schließen polymere Materialien ein.

[0037] Die Geschwindigkeit, mit der der Waferhalter **33** rotiert, wird von der speziellen Vorrichtung, den speziellen Verarbeitungsbedingungen, dem speziellen Schleifgegenstand und den gewünschten Wafermodifizierungskriterien abhängen. Im allgemeinen rotiert jedoch der Waferhalter **33** mit zwischen 2 und 1.000 Upm, typischerweise zwischen 5 und 500 Upm, vorzugsweise zwischen 10 und 300 Upm und stärker bevorzugt zwischen 20 und 100 Upm. Wenn der Waferhalter zu langsam oder zu schnell rotiert, könnte die gewünschte Abtragsgeschwindigkeit nicht erreicht werden.

[0038] Der Waferhalter **33** und/oder der Träger **42** können kreisförmig, spiralförmig, ungleichmäßig, elliptisch

als Ziffer acht oder zufällig rotieren. Der Waferhalter oder der Träger können auch oszillieren oder vibrieren, wie durch Übertragung von Ultraschallvibrationen durch den Halter oder den Träger.

[0039] Wie angeführt, wird das in der vorliegenden Erfindung verwendete Schleifmaterial typischerweise eine Unterlage, die in Verbindung mit einer Schleifaufschlammung verwendet wird, oder ein dreidimensionaler Schleifgegenstand vom Typ, der allgemein in der US-Patenturkunde Nr. 5,692,950, erteilt für Bruxvoort et al. am 2. Dezember 1997 mit dem Titel „Abrasive Construction for Semiconductor Wafer Modification“ beschrieben wird, sein.

[0040] Es gilt als vereinbart, dass sich der hier verwendete Begriff „Gegenstand“ oder „Schleifgegenstand“ entweder auf eine Polierunterlage zur Verwendung in Verbindung mit einer Schleifaufschlammung oder auf einen dreidimensional geformten Schleifgegenstand bezieht. Vorzugsweise wird das Schleifmaterial ein dreidimensional geformter Schleifgegenstand sein. Der Gegenstand wird einen Durchmesser zwischen 10 und 1000 mm, vorzugsweise zwischen 25 und 850 mm besitzen. Der Gegenstand kann mit zwischen 5 und 10.000 Upm, typischerweise mit zwischen 10 und 1.000 Upm, zwischen 10 und 250 Upm, und vorzugsweise mit zwischen 10 und 60 Upm rotieren. Vorzugsweise rotieren sowohl der Wafer als auch der Gegenstand in der gleichen Richtung. Der Wafer und der Gegenstand können jedoch auch in entgegengesetzte Richtungen rotieren.

[0041] Die Grenzfläche zwischen der Waferoberfläche **34** und dem Waferhalter **33** sollte vorzugsweise relativ flach und gleichmäßig sein, um zu gewährleisten, dass der gewünschte Planarisierungsgrad erreicht wird. Die Bearbeitungsflüssigkeit **39** wird in einem Lagerbehälter **37** gehalten und durch die Leitung **38** zur Grenzfläche zwischen der Waferoberfläche und dem Gegenstand **41** gepumpt. Vorzugsweise besteht während der Planarisierung ein konstanter Fluss der Bearbeitungsflüssigkeit zur Grenzfläche zwischen dem Gegenstand und der Waferoberfläche. Typischerweise wird die Bearbeitungsflüssigkeit zuerst auf die äussere oder exponierte Waferoberfläche **34** aufgebracht und kann mit mindestens einem der Materialien auf dieser Oberfläche reagieren. Anschließend wird das Schleifmaterial auf die Oberfläche des Wafers aufgebracht, um das Reaktionsprodukt des Wafermaterials und der Bearbeitungsflüssigkeit zu entfernen. Alternativ kann das Metall zuerst mechanisch entfernt und dann mit Bestandteilen in der Bearbeitungsflüssigkeit umgesetzt werden. Die Fließgeschwindigkeit der Bearbeitungsflüssigkeit kann teilweise von den gewünschten Planarisierungskriterien (Abtragsgeschwindigkeit, Oberflächenbeschaffenheit und Planarität), der speziellen Waferkonstruktion, der Chemie des exponierten Metalls und der Oberflächenkonfiguration des Schleifgegenstandes abhängen. Die Fließgeschwindigkeit zur Verteilung der Bearbeitungsflüssigkeit liegt typischerweise im Bereich von etwa 10 bis 1.000 Milliliter/Minute, vorzugsweise 10 bis 500 Milliliter/Minute und stärker bevorzugt zwischen etwa 25 und 250 Milliliter/Minute.

[0042] Die Bearbeitungsflüssigkeit der vorliegenden Erfindung ist bei der CMP-Verarbeitung von Metall enthaltenden Zwischenoberflächen von strukturierten Wafers und insbesondere im CMP-Verfahren für Kupfer enthaltende Oberflächen verwendbar. Die Bearbeitungsflüssigkeit ist eine wässrige Flüssigkeit, die ein chemisches Ätzmittel, wie ein oxidierendes Mittel, einschließt, das mit dem Kupfer zu einer Oberflächenschicht aus Kupferoxiden reagiert. Die Oxidschicht kann dann von der Oberfläche des Wafers einfach durch die Anwendung des Schleifmaterials entfernt werden. Zusätzlich zu oxidierenden Mitteln schließen verwendbare chemische Ätzmittel komplexbildende Mittel ein, die auf ähnliche Weise wie die vorstehend angeführten oxidierenden Mittel wirken und eine Schicht erzeugen, die durch die mechanische Wirkung des Schleifmaterials einfacher entfernt werden kann. Geeignete chemische Ätzmittel schließen Schwefelsäure, Wasserstoffperoxid, Kupferchlorid, Ammonium-, Natrium- und Kaliumpersulfate, Eisenchlorid, Chromschwefelsäuren, Kaliumeisen(III)cyanid, Salpetersäure und Kombinationen davon ein. Beispiele für geeignete komplexbildende Mittel schließen alkalisches Ammoniak, wie Ammoniumhydroxid mit Ammoniumchlorid und anderen Ammoniumsalzen und Zusatzstoffen, Ammoniumcarbonat, Eisen(III)nitrat und Kombinationen davon ein. Eine Vielzahl von Zusatzstoffen können zwecks Stabilität, Oberflächenbehandlung oder Ätzgeschwindigkeitsmodifizierung zugegeben werden. Ätzmittel stellen typischerweise eine isotropische Ätze, d. h. die gleiche Ätzgeschwindigkeit oder Abtragsgeschwindigkeit in allen Richtungen, zur Verfügung.

[0043] Geeignete oxidierende oder bleichende Mittel, die in eine Bearbeitungsflüssigkeit eingeschlossen werden können, schließen Übergangsmetallkomplexe, wie Eisen(III)cyanid, Ammoniumeisen-EDTA, Ammoniumeisen(III)citrat, Eisen(III)citrat, Ammoniumeisen(III)oxalat, Kupfercitrat, Kupferoxalat, Kupfergluconat, Kupferglycinat, Kupfertartrat und ähnliche ein, wobei das komplexbildende Mittel typischerweise ein mehrzähniges Amin, eine mehrzählige Carbonsäure oder eine Kombination aus den beiden ist. Eine Vielzahl von koordinierenden Verbindungen werden in Cotton & Wilkinson, Advanced Inorganic Chemistry, 5. Auflage, beschrieben. Diejenigen mit oxidierenden Potenzialen, die zur Oxidation von Kupfermetall und/oder Kupferoxid geeignet sind, können verwendet werden, wie koordinierende Verbindungen, einschließlich Vanadium, Chrom, Mangan, Kobalt, Molybdän und Wolfram. Andere geeignete oxidierende Mittel schließen Sauerstoffsäuren der Halogene und deren Salze, wie die Alkalimetallsalze, ein. Diese Säuren werden in Cotton & Wilkinson, Advanced Inorganic Chemistry, 5. Auflage, beschrieben. Die Anionen dieser Säuren enthalten typischerweise Halogenatome, wie Chlor-, Brom- oder Iodatome. Diese Halogene sind an ein, zwei, drei oder vier Sauerstoffatome gebunden. Beispiele schließen ein: Chlorsäure (HOClO<sub>2</sub>), chlorige Säure (HOClO), hypochlorige Säure (HOCl) und die

entsprechenden Natriumsalze davon. Zum Beispiel Natriumchlorat, Natriumchlorit und Natriumhypochlorit. Ähnliche Brom- und Iodanaloga sind bekannt.

[0044] Zur Verarbeitung einer Kupfer enthaltenden Zwischenoberfläche eines strukturierten Wafers schließen die bevorzugten oxidierenden Mittel Salpetersäure, Kaliumeisen(III)cyanid, und am stärksten bevorzugt Wasserstoffperoxid ein. Andere geeignete oxidierende Mittel sind in West et al., *Copper and Its Alloys*, (1982), und in Leidheiser, *The Corrosion of Copper, Tin and their Alloys*, (1971) aufgeführt. Die Konzentration des oxidierenden Mittels in entionisiertem Wasser kann im Bereich von etwa 0,01 bis 50 Gew.-%, vorzugsweise von 0,02 bis 40 Gew.-% liegen. Wenn Wasserstoffperoxid als oxidierendes Mittel verwendet wird, ist es typischerweise in einer wässrigen Lösung in einer Konzentration (Gew.-%) im Bereich von etwa 0,5% bis etwa 12,5%, vorzugsweise von etwa 1,0% bis etwa 7,5% und am stärksten bevorzugt von etwa 1,0% bis etwa 5,0% vorhanden.

[0045] Die Oxidation und das Lösen von Kupfer wird durch die Zugabe von komplexbildenden Mitteln, die an Kupfer binden, um die Löslichkeit von Kupfermetall oder Kupferoxiden in Wasser zu erhöhen, verstärkt, wie allgemein in Cotton & Wilkinson; und Hathaway in *Comprehensive Coordination Chemistry*, Band 5; Wilkinson, Gillard, McCleverty, Hrsg., beschrieben wird. In den Bearbeitungsflüssigkeiten der vorliegenden Erfindung ist ein komplexbildendes Mittel immer in einer Konzentration von etwa 0,01 bis 50 Gew.-% in entionisiertem Wasser vorhanden. Bei der Verarbeitung der Kupfer enthaltenden Zwischenoberflächen von strukturierten Wafern ist das komplexbildende Mittel Iminodiessigsäure (IDA) und Salze davon, IDA ist typischerweise in der Bearbeitungsflüssigkeit in einer Konzentration (Gew.-%) im Bereich zwischen etwa 0,5% und etwa 5,0%, vorzugsweise zwischen etwa 0,5% und etwa 2,0% und am stärksten bevorzugt zwischen etwa 0,75% und etwa 1,5% vorhanden.

[0046] Korrosionsinhibitoren oder passivierende Mittel für Metalle sind gut bekannt, insbesondere für Stahl und galvanisierten Stahl. Die bekanntesten und am meisten verwendeten Inhibitoren für Kupfer sind Benzotriazol und seine als Azolderivate bekannten Derivate. Es ist bekannt, dass Kupfer durch Kupferoxid in gewissem Maße passiviert wird, insbesondere bei neutralem oder schwach alkalischem pH-Wert. Die Zugabe von passivierendem Mittel zur Bearbeitungsflüssigkeit kann Bereiche einer Metalloberfläche, die noch nicht in Kontakt mit dem Schleifgegenstand sind, vor vorzeitigem, übermäßigem Abtrag durch ein Ätzmittel schützen oder steuern, wieviel oxidierendes Mittel mit der exponierten Metalloberfläche reagiert. Andere passivierende Mittel sind in Leidheiser, *The Corrosion of Copper, Tin and their Alloys*, (1971), S. 119-123, aufgelistet. Die Menge und Art des passivierenden Mittels wird teilweise von den gewünschten Planarisierungskriterien (Abtragungsgeschwindigkeit, Oberflächenbeschaffenheit und Planarität) abhängen.

[0047] Bei der Verarbeitung von Kupfer enthaltenden Wafern gemäß der vorliegenden Erfindung schließen geeignete passivierende Mittel bestimmte Azolderivate, vorzugsweise Tolyltriazol, Benzotriazol und Kombinationen von Tolyltriazol und Benzotriazol, in einer Konzentration (Gew.-%) im Bereich zwischen 0,025% und 0,20%, vorzugsweise zwischen 0,050% und 0,15%, und stärker bevorzugt zwischen 0,050% und 0,10% in der Bearbeitungsflüssigkeit, ein.

[0048] Puffer können zur pH-Steuerung zur Bearbeitungsflüssigkeit zugegeben werden und so pH-Änderungen, bedingt durch geringfügige Verdünnung durch Spülwasser, und/oder die pH-Unterschiede des entionisierten Wassers in Abhängigkeit von der Quelle, abschwächen. Wie vorstehend angeführt kann der pH-Wert eine wesentliche Auswirkung auf die Art der Kupferoberfläche und auf die Kupferabtragungsgeschwindigkeit haben. Die am stärksten bevorzugten Puffer sind mit Halbleiter-Post-CMP Reinigungsanforderungen verträglich und weisen auch weniger potentielle Verunreinigungen, wie Alkalimetalle, auf. Ausserdem können die am stärksten bevorzugten Puffer so eingestellt werden, dass sie den pH-Bereich von sauer über nahezu neutral bis basisch abdecken. Polyprotische Säuren wirken als Puffer, und wenn sie vollständig oder teilweise mit Ammoniumhydroxid zu Ammoniumsalzen neutralisiert sind, werden sie bevorzugt. Repräsentative Beispiele schließen Systeme aus Phosphorsäure-Ammoniumphosphat, Ammoniumhydrogenphosphat, Polyphosphorsäure-Ammoniumpolyphosphat, Borsäure-Ammoniumtetraborat, Borsäure-Ammoniumpentaborat ein. Andere drei- und polyprotische Protolyte und deren Salze, insbesondere Ammoniumsalze, werden bevorzugt. Diese können Ammoniumionen-Puffersysteme auf der Basis der folgenden Protolyte einschließen, die alle mindestens einen pKa-Wert über 7 aufweisen: Asparaginsäure, Glutaminsäure, Histidin, Lysin, Arginin, Ornithin, Cystein, Tyrosin und Carnosin.

[0049] Die Bearbeitungsflüssigkeit kann auch Zusatzstoffe, wie oberflächenaktive Mittel, Viskositätsmodifizierer, Benetzungsmittel, Puffer, Rostinhibitoren, Gleitmittel, Seifen und ähnliche enthalten. Diese Zusatzstoffe werden ausgewählt, um den gewünschten Vorteil zur Verfügung zu stellen, ohne die darunterliegende Halbleiterwaferoberfläche zu beschädigen. Ein Gleitmittel kann zum Beispiel in der Bearbeitungsflüssigkeit mit der Absicht enthalten sein, die Reibung zwischen dem Schleifgegenstand und der Halbleiterwaferoberfläche während der Planarisierung zu verringern.

[0050] Anorganische suspendierte Partikel können ebenfalls in der Bearbeitungsflüssigkeit enthalten sein. Diese anorganischen suspendierten Partikel können verwendet werden, um die Abtragungsgeschwindigkeit des Metalls und/oder des Dielektrikums zu erhöhen. Beispiele für solche anorganischen suspendierten Partikel schließen Siliziumdioxid, Zirkoniumdioxid, Calciumcarbonat, Chrom(III)oxid, Cer(IV)oxid, Cersalze (z. B. Cer-

nitrat), Granat, Silikate und Titandioxid ein. Die mittlere Partikelgröße dieser anorganischen suspendierten Partikel sollte geringer sein als 1.000 Ångström (100 nm), vorzugsweise geringer als 500 Ångström (50 nm) und stärker bevorzugt geringer als 250 Ångström (25 nm). Obwohl suspendierte Partikel zur Bearbeitungsflüssigkeit zugegeben werden können, werden in CMP-Verfahren, in denen die vorstehenden, an einem Schleifgegenstand fixierten dreidimensionalen Schleifkomposite verwendet werden, vorzugsweise Bearbeitungsflüssigkeiten verwendet, die im wesentlichen frei sind von anorganischen suspendierten Partikeln, z. B. losen Schleifpartikeln, die nicht mit dem Schleifgegenstand verbunden sind. Vorzugsweise enthält die Bearbeitungsflüssigkeit weniger als 1 Gew.-%, vorzugsweise weniger als 0,1 Gew.-% und stärker bevorzugt 0 Gew.-% anorganische suspendierte Partikel. Die zur Entfernung von Kupfer von Zwischenoberflächen strukturierter Wafer wirksame Bearbeitungsflüssigkeit umfasst ein chelatbildendes Mittel, ausgewählt aus Iminodiessigsäure und Salzen davon, ein oxidierendes Mittel, einen ionischen Puffer, ein passivierendes Mittel und Wasser. Die bevorzugte Bearbeitungsflüssigkeit kann (in Gew.-%) umfassen: Wasserstoffperoxid in einer Konzentration zwischen 0,5% und 12,5%, vorzugsweise zwischen 1,0% und 7,5 %, stärker bevorzugt zwischen 1,0% und 5,0% und am stärksten bevorzugt 3,3%; Ammoniumhydrogenphosphat in einer Konzentration zwischen 1,0% und 8,0%, vorzugsweise zwischen 2,0% und 6,0%, stärker bevorzugt zwischen 2,0% und 4,0% und am stärksten bevorzugt 3,0%; Iminodiessigsäure in einer Konzentration zwischen 0,5% und 5,0%, vorzugsweise zwischen 0,5% und 2,0%, stärker bevorzugt zwischen 0,75% und 1,5% und am stärksten bevorzugt 1,0%; Tolyltriazol in einer Konzentration typischerweise zwischen 0,025% und 0,2%, vorzugsweise zwischen 0,05% und 0,15% und am stärksten bevorzugt 0,05%; und als Rest (92,65%) Wasser. Der Fachmann wird erkennen, dass oberflächenaktive Mittel, Viskositätsmodifizierer und andere bekannte Zusatzstoffe zur Bearbeitungsflüssigkeit nach Bedarf in einer speziellen Anwendung zugegeben werden können.

[0051] Die Menge der auf die Waferoberfläche aufgebrachtene Bearbeitungsflüssigkeit ist vorzugsweise ausreichend, um bei der Entfernung von Metall- oder Metalloxydablagerungen von der Oberfläche zu helfen. In vielen Fällen liegt ausreichend Flüssigkeit aus der Grundbearbeitungsflüssigkeit und/oder dem chemischen Ätzmittel vor. Der Fachmann wird auch erkennen, dass es einige Polieranwendungen erforderlich machen können, dass eine zweite Flüssigkeit an der Planarisierungsgrenzfläche zusätzlich zur ersten Bearbeitungsflüssigkeit vorhanden ist. Diese zweite Flüssigkeit kann die gleiche sein wie die erste Flüssigkeit oder sie kann von dieser verschieden sein.

[0052] Die Bearbeitungsflüssigkeiten der Erfindung können auch in herkömmlichen Polieraufschlämmungen verwendet werden. Wie dem Fachmann bekannt ist, umfassen solche Aufschlämmungen typischerweise eine oder mehrere Arten von suspendierten Polierpartikeln in einem flüssigen Medium, typischerweise Wasser. Die suspendierten Partikel können eines oder mehrere, ausgewählt aus Siliziumdioxid, Aluminiumoxid, Zirkoniumdioxid und Cer(IV)oxid, in einer Konzentration des Schleifmittels in der Aufschlämmung zwischen 2 Gew.-% und 10 Gew.-% der Gesamtpartikel in der Flüssigkeit, umfassen. Wenn die Bearbeitungsflüssigkeiten der Erfindung in einer Aufschlämmung enthalten sind, sind die vorstehenden einzelnen Bestandteile vorzugsweise im flüssigen Anteil der Aufschlämmung in den vorstehend bezeichneten Gewichtsprozenten vorhanden. Eine geringe Menge eines dispergierenden Mittels oder oberflächenaktiven Mittels ist vorzugsweise in der Aufschlämmung enthalten, um beim Dispergieren der suspendierten Schleifpartikel innerhalb der Bearbeitungsflüssigkeit zu helfen, wobei eine stabile Aufschlämmung erzeugt wird. Dispergierende Mittel und oberflächenaktive Mittel sind auf dem Fachgebiet gut bekannt und die Wahl eines speziellen dispergierenden Mittels oder oberflächenaktiven Mittels wird von der Wahl des suspendierten Schleifpartikels und dessen Eigenschaften abhängen. Dispergierende Mittel werden allgemein zum Beispiel in Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, 4. Auflage, Bd. 8 (John Wiley and Sons) (1993) offenbart. Oberflächenaktive Mittel, die zur Verwendung in der Erfindung geeignet sein können, werden in Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, 4. Auflage, Bd. 23 (John Wiley and Sons) (1997) offenbart. Die restliche Aufschlämmung umfasst typischerweise Wasser.

[0053] Die Bearbeitungsflüssigkeiten der Erfindung stellen verbessert Poliereigenschaften zur Verfügung, indem sie eine verminderte Konkavwölbung für Kupferoberflächen und möglicherweise auch für andere Metalle zur Verfügung stellen. Speziell zeigen mit den Bearbeitungsflüssigkeiten der vorliegenden Erfindung behandelte Kupfer enthaltende Waferzwischenoberflächen eine Konkavwölbung in den Kupferbereichen von weniger als 1000 Å (100 nm). Ausserdem sind CMP-Verfahren, in denen die Bearbeitungsflüssigkeiten der Erfindung verwendet werden, zum Teil durch hohe Abtragungsgeschwindigkeiten, typischerweise von über etwa 1000 Å (100 nm) pro Minute, gekennzeichnet. Diese hohen Abtragungsgeschwindigkeiten treten im allgemeinen auf, wenn die Bearbeitungsflüssigkeit IDA als chelatbildendes Mittel in Kombination mit Tolyltriazol als passivierendes Mittel einschließt. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform enthält die Bearbeitungsflüssigkeit IDA und Tolyltriazol, welche auf synergistische Weise zu wirken scheinen, wobei eine Bearbeitungsflüssigkeit zur Verfügung gestellt wird, die Kupfer von Oberflächen des strukturierten Wafers sowohl mit geringer Konkavwölbung als auch mit hohen Abtragungsgeschwindigkeiten entfernt.

[0054] Wenn der Schleifgegenstand **41** ein dreidimensional geformter Schleifgegenstand ist, wird der Gegenstand **41** typischerweise von einer Subunterlage **43** zur Unterstützung des Schleifgegenstandes gehalten. Die Subunterlage stellt zum Teil Stabilität zur Verfügung, was dem Schleifgegenstand sowohl erlaubt, die exponier-

te Waferoberfläche wirkungsvoll abzuschleifen als auch die exponierte Waferoberfläche anzugleichen. Die Wahl der speziellen Subunterlage (d. h. der physikalischen Eigenschaften der Subunterlage) obliegt der Fachkenntnis des Fachmanns. Subunterlagenkonstruktionen werden ferner zum Beispiel in der US-Patentschrift Nr. 6,194,317 beschrieben. Weitere Einzelheiten zur Konstruktion des vorstehend angeführten dreidimensionalen geformten Schleifgegenstandes finden sich auch in der '932 Anmeldung sowie in US-Patenturkunde Nr. 5,692,950, erteilt für Bruxvoort et al. am 2. Dezember 1997 mit dem Titel „Abrasive Construction for Semiconductor Wafer Modification“.

[0055] Auf die Erzeugung gleichmäßiger Abnutzungsgeschwindigkeiten entlang der Oberfläche des polierten Objekts und/oder entlang der Oberfläche der Polierunterlage ausgerichtete Verfahren werden in den US-Patentanmeldungen Nrn. 5,020,283; 5,177,908; 5,234,867; 5,297,364; 5,486,129; 5,230,184; 5,245,790 und 5,562,530 diskutiert. Diese Verfahren können zur Verwendung in der vorliegenden Erfindung angepasst werden. Variationen des Waferplanarisierungsverfahrens, in denen entweder ein kontinuierliches Band oder eine Zuführrolle von Bahnunterlagenmaterial in Verbindung mit einer Aufschlammung verwendet wird, können auch verwendet werden, wobei ein Band oder eine Rolle aus strukturiertem, dreidimensionalem Schleifmaterialkomposit und Bearbeitungsflüssigkeit ersetzt wird. Mit dem Polieren verwandte Fachgebiete, wie die Struktur des Waferträgers und die Mittel zur Waferunterstützung/befestigung, die an sich nicht von einer Wechselwirkung mit einer speziellen Schleifoberfläche abhängig sind, können mit dem Schleifgegenstand, umfassend strukturierte, dreidimensionale Schleifmaterialkomposite der vorliegenden Erfindung, verwendet werden.

[0056] Variablen, welche die Waferverarbeitung beeinflussen können, schließen die Wahl des geeigneten Kontaktdruckes zwischen der Waferoberfläche und dem Schleifgegenstand, der Art des flüssigen Mediums, der Relativgeschwindigkeit und Relativbewegung zwischen der Waferoberfläche und dem Schleifgegenstand und der Fließgeschwindigkeit des flüssigen Mediums ein. Diese Variablen sind voneinander abhängig und werden auf der Basis der einzelnen zu verarbeitenden Waferoberfläche gewählt.

[0057] Da es eine Vielzahl von Verarbeitungsschritten für einen einzelnen Halbleiterwafer geben kann, ist im allgemeinen eine relativ hohe Abtragsgeschwindigkeit von Material wünschenswert. Mit den hier beschriebenen Bearbeitungsflüssigkeiten beträgt die Abtragsgeschwindigkeit typischerweise mindestens 1000 Ångström (100 nm) pro Minute, vorzugsweise mindestens 2000 Ångström (200 nm) pro Minute, stärker bevorzugt mindestens 3000 Ångström (300 nm) pro Minute und am stärksten bevorzugt mindestens 4000 Ångström (400 nm) pro Minute. Die Abtragsgeschwindigkeit des Schleifgegenstandes kann abhängig vom Maschinenzustand und der Art der verarbeiteten Waferoberfläche variieren. Obwohl eine hohe Abtragsgeschwindigkeit im allgemeinen wünschenswert ist, wird die Abtragsgeschwindigkeit vorzugsweise nicht so hoch sein, dass sie die gewünschte Oberflächenbeschaffenheit und/oder die Topographie der Waferoberfläche beeinträchtigt oder die Steuerung des Planarisierungsverfahrens erschwert.

[0058] Die Oberflächenbeschaffenheit des Wafers kann mit bekannten Verfahren beurteilt werden. Ein bevorzugtes Verfahren ist die Messung des Rt-Wertes der Waferoberfläche, welcher ein Maß für die „Rauigkeit“ zur Verfügung stellt und Kratzer oder andere Oberflächenfehler anzeigen kann. Siehe zum Beispiel, Kapitel 2, RST PLUS Technical Reference Manual, Wyko Corp., Tucson, AZ. Die Waferoberfläche wird vorzugsweise modifiziert, um einen Rt-Wert von nicht über 1000 Ångström (100 nm), stärker bevorzugt von nicht über 100 Ångström (10 nm) und noch stärker bevorzugt von nicht über 50 Ångström (5 nm) zu erhalten.

[0059] Rt wird typischerweise unter Verwendung eines Interferometers, wie eines Wyko RST PLUS Interferometers, erhältlich von Wyko Corp., oder eines TENCOR Profilometers gemessen. Die Kratzerdetektion kann auch durch Dunkelfeldmikroskopie erfolgen. Kratzertiefen können durch Rasterkraftmikroskopie, zum Beispiel unter Verwendung eines „Dimension 5000“ Rastersondenmikroskops, erhältlich von Digital Instruments aus Santa Barbara, Kalifornien, gemessen werden. Kratzer- und fehlerfreie Oberflächen sind höchst wünschenswert.

[0060] Der Grenzflächendruck zwischen dem Schleifgegenstand und der Waferoberfläche (d. h. der Kontaktdruck) beträgt typischerweise weniger als 30 Psi (206843 Pa), vorzugsweise weniger als 15 Psi (103421 Pa), stärker bevorzugt weniger als 6, Psi (41369 Pa). Es wurde festgestellt, dass der hier beschriebene strukturierte Schleifgegenstand bei Verwendung im Verfahren der Erfindung eine gute Abtragsgeschwindigkeit bei einem beispielhaften Grenzflächendruck zur Verfügung stellt. Es können auch zwei oder mehr Verarbeitungsbedingungen innerhalb eines Planarisierungsverfahrens verwendet werden. Zum Beispiel kann ein erstes Verarbeitungssegment einen höheren Grenzflächendruck umfassen als ein zweites Verarbeitungssegment. Rotations- und Translationsgeschwindigkeiten des Wafers und/oder des Schleifgegenstands können während des Planarisierungsverfahrens auch variiert werden.

[0061] Ausgesparte Bereiche des Schleifgegenstands können als Kanäle wirken, um bei der Verteilung der Bearbeitungsflüssigkeit über die gesamte Waferoberfläche zu helfen. Die ausgesparten Bereiche können auch als Kanäle wirken, um bei der Entfernung der abgenutzten Schleifpartikel und anderer Rückstände von der Grenzfläche zwischen Wafer und Schleifgegenstand zu helfen. Die ausgesparten Bereiche können auch die auf dem Fachgebiet als „Haftreibung“ bekannte Erscheinung verhindern, bei der der Schleifgegenstand zum Ankleben oder Anlagern an der Waferoberfläche neigt.

[0062] Der Schleifgegenstand der Erfindung kann kreisförmig sein, z. B. in Form einer Schleifscheibe. Die äußeren Kanten der kreisförmigen Schleifscheibe sind vorzugsweise glatt oder können alternativ Wellenschliff aufweisen. Der Schleifgegenstand kann auch eine ovale Form oder jede polygonale Form, wie ein Dreieck, Quadrat, Rechteck und dergleichen, aufweisen. Alternativ kann der Schleifgegenstand die Form eines Bandes oder einer Rolle aufweisen, typischerweise auf dem Schleiffachgebiet als Schleifbandrolle bezeichnet. Schleifbandrollen können während des Modifizierungsverfahrens markiert werden. Der Schleifgegenstand kann perforiert werden, um Öffnungen durch die Schleifbeschichtung und/oder den Träger zur Verfügung zu stellen, um das Hindurchtreten von flüssigem Medium vor, während und nach der Verwendung zu erlauben.

[0063] Die vorstehende Diskussion veranschaulicht geeignete Schleifgegenstände zur Verwendung in Verbindung mit den Bearbeitungsflüssigkeiten der vorliegenden Erfindung. In Verbindung mit den Bearbeitungsflüssigkeiten der Erfindung verwendete Schleifgegenstände werden im allgemeinen eine längere Nutzungsdauer zeigen, da der Schleifgegenstand im allgemeinen in der Lage sein wird, mindestens zwei, vorzugsweise mindestens 5, stärker bevorzugt mindestens 20 und am stärksten bevorzugt mindestens 30 Kupfer enthaltende Wafer vollständig zu bearbeiten, ohne gewartet werden zu müssen.

[0064] Die Erfindung wird ferner durch die nachstehenden nicht einschränkenden Beispiele veranschaulicht. Wenn nicht anders angegeben sind Konzentrationen als Gewichtsprozent angegeben.

#### Beispiele

[0065] Die folgenden Verfahren wurden in den Tests verwendet, auf die hier Bezug genommen wird.

#### Verfahren I

[0066] Die Fähigkeit einer Anzahl von Polierlösungen, unter Verwendung eines fixierten mikrostrukturierten Schleifmaterialkomposits Metall von einer Waferoberfläche zu entfernen, wurde gemäß dieses Verfahrens I, das die Verarbeitung einer Oberfläche eines Wafers simuliert, bestimmt. Die Waferoberfläche für dieses Testverfahren war ein mit Siliziumdioxid beschichteter Siliziumgrundwafer mit einer Kupferoberfläche. Wafer mit Deckschicht sind flach und besitzen flache und glatte Metallbeschichtungen, während Wafer mit Muster Merkmale in der Oberflächentopographie aufweisen, die entsprechend mit Kupfer beschichtet sind.

[0067] Mit Kupfer beschichtete Wafer mit Deckschicht wurden aus einer Siliziumeinkristallgrundeinheit mit einem Durchmesser von 100 mm und einer Dicke von etwa 0,5 mm, bezogen entweder von WaferNet oder Silicon Valley Microelectronics, beide aus San Jose, CA, hergestellt. Vor dem Abscheiden der Metallschicht ließ man eine etwa 5.000 Å (500 nm) dicke Siliziumdioxidschicht auf dem Siliziumwafer wachsen. Eine Titanadhäsions/barriere-Schicht wurde vor der Metallabscheidung auf der Siliziumdioxidschicht abgeschieden. Die Dicke von Ti betrug typischerweise 200 Å (20 nm), kann aber im Bereich zwischen 100 und 300 Å (10 und 30 nm) liegen. Eine gleichmäßige Cu-Schicht wurde dann unter Verwendung von physikalischer Gasabscheidung (PVD) auf dem Siliziumträger abgeschieden. Die Dicke der Metallschicht betrug typischerweise zwischen 11.000 und 12.000 Å (1.100 und 1.200 nm) und wurde mittels eines Omnimap NC110 Non-contact Metals Monitoring System, TENCOR Instruments, Prometrix Division, Santa Clara, CA, gemessen.

[0068] Wafer mit Kupfermuster wurden hergestellt, indem anfangs 10.000 Å (1000 nm) thermisches Siliziumdioxid unter Verwendung eines thermischen Abscheideverfahrens auf der Oberfläche eines 100 mm Siliziumwafers erzeugt wurde. Auf den Wafern wurde durch Ätzen einer Reihe von quadratischen 100 µm Merkmalen mittels eines Trockenätzverfahrens auf eine Tiefe von etwa 7.000 Å (700 nm) ein Muster erzeugt. Die Wafer wurden dann zu WaferNet, San Jose, CA, zur Beschichtung mit 400 Å (40 nm) TiN über dem Dioxid und mit einer 12.000 Å (1200 nm) Beschichtung aus PVD-Kupfer auf der TiN-Barrierschicht geschickt.

[0069] Als Testmaschine wurde eine modifizierte Strasbaugh Läppmaschine, Model 6Y-1, ähnlich der in **Abb. 3** beschriebenen Vorrichtung, verwendet. Das Waferwerkstück ruhte auf einem Schaumträger, erhältlich von Rodel of Newark, DE, unter der Handelsbezeichnung „DF200“, und die Gesamtheit wurde in einen unter Federdruck stehenden Kunststoffrückhaltering gelegt. Der Schleifgegenstand des Beispiels wurde an eine Trägerunterlage, umfassend eine 20 mil (508 µm) „PCF20“ Polycarbonatschicht, erhältlich von General Electric Structured Plastics, General Electric Corp., Schenectady, NY, laminiert mit einem 3M-Kleber 442 DL oder 9671LE, erhältlich von 3M, St. Paul, MN, auf einen 90 mit (2286 µm) geschlossenzelligen Ethylenvinylacetat-Schaumstoff von Voltek, Division of Sekisui America Corp., Lawrence, Massachusetts, geklebt; die Unterlage wurde an der Platte des Strasbaugh befestigt.

[0070] Der den Wafer haltende Trägerkopf wurde mit einem gemäß dem hier beschriebenen Verfahren III hergestellten Schleifgegenstand in Kontakt gebracht. Der Wafer rotierte entweder mit etwa 40 oder 60 Upm, und die Platte rotierte mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Trägerkopf. Sowohl der Wafer als auch der Schleifgegenstand rotierte im Uhrzeigersinn. Zusätzlich zur Rotation beschrieb der Wafer einen Bogen (31 mm mit einer Periode von 9 Sekunden), beginnend etwa 13 mm von der Kante des Schleifgegenstandes. Der Durchmesser der Platte betrug 12 inch (30 cm). Der Schleifgegenstand und der Trägerkopf wurden, wenn nicht an-

ders angegeben, mit einer nach unten wirkenden Kraft von etwa 350 kPa (50 pound) miteinander in Kontakt gebracht. Die Bearbeitungsflüssigkeit wurde vor Kontaktieren des Wafers auf den Schleifgegenstand gepumpt. Während des Polierens wurden die Bearbeitungsflüssigkeiten mit einer Fließgeschwindigkeit von etwa 40 ml/Minute auf die Grenzfläche des Wafers und des Schleifmittels gepumpt. Der Schleifgegenstand wurde verwendet, um die Wafer mit Deckschicht für einen Zyklus von 1 Minute (60 Sekunden) zu polieren. Nach dem Polierzyklus wurde der Wafer vom Halter entfernt und mit entionisiertem Wasser gespült.

[0071] Die Metallabtragsgeschwindigkeit wurde mittels Bestimmung der Metallfilmdickenänderung berechnet. Die Ausgangsmessungen (d. h. vor dem Polieren) und Endmessungen (d. h. nach dem Polieren) erfolgten an den gleichen Orten auf dem NC110. Fünf Messungen wurden gemittelt, um die Abtragsgeschwindigkeit in Ångström pro Minute (Å/min) oder mm/min zu bestimmen. Wafer mit Metalldeckschicht werden zur Bestimmung der Abtragsgeschwindigkeiten der Metallfilmdicke verwendet.

[0072] Wafer mit Muster wurden zur Bestimmung des Ausmaßes der Konkavwölbung verwendet. Wenn quadratische 100 µm Merkmale während des Polierens exponiert wurden, wurden die Merkmale auf dem Wafer gemessen, um das Ausmaß der Konkavwölbung in Bereichen auf der Oberfläche, von denen Kupfer entfernt wurde, um die Siliziumdioxid-Stopschicht oder die Barriere-Metall-Stopschicht zu exponieren, zu bestimmen. Zur Messung der Konkavwölbung wurde ein TENCOR P-22 Automated Surface Profilometer, TENCOR Instruments, Santa Clara, CA, verwendet.

## Verfahren II

[0073] Die Fähigkeit einer Anzahl von Polierlösungen zur Entfernung von Metall von einer Waferoberfläche unter Verwendung eines mikrostrukturierten, fixierten Schleifmaterialkomposits wurde gemäß dieses Verfahrens II bestimmt. Die Waferoberfläche für dieses Testverfahren war ein mit Siliziumdioxid beschichteter Siliziumgrundwafer mit Deckschicht mit einer Kupferoberfläche. Wafer mit Deckschicht sind flach und besitzen flache und glatte Metallbeschichtungen, während Wafer mit Muster Merkmale in der Oberflächentopographie aufweisen, die entsprechend mit Kupfer beschichtet sind.

[0074] Die mit Kupfer beschichteten Wafer mit Deckschicht wurden aus einer Siliziumeinkristallgrundeinheit mit einem Durchmesser von 200 mm und einer Dicke von etwa 0,5 mm hergestellt; bezogen von WaferNet aus San Jose, CA. Die Abscheidung von Schichten auf den Siliziumwafern wurde von WaferNet durchgeführt. Vor dem Abscheiden der Metallschicht ließ man eine Siliziumdioxidschicht auf den Siliziumwafer wachsen. Diese Schicht war etwa 5.000 Å (500 nm) dick. Vor der Barrierschichtmetallabscheidung wurde eine Titanadhäsionsschicht auf der Siliziumdioxidschicht abgeschieden. Die Dicke des Ti wurde mit 200 Å (20 nm) spezifiziert. Vor der Metallabscheidung wurde eine Titanitrid (TiN) Barrierschicht auf der Ti-Schicht abgeschieden. Die Dicke von TiN wurde ebenfalls mit 200 Å (20 nm) spezifiziert. Eine gleichmäßige Schicht aus Cu wurde dann unter Verwendung physikalischer Gasabscheidung (PVD) auf der Siliziumgrundlage abgeschieden. Die Dicke der Metallschicht betrug typischerweise zwischen 11.000 und 12.000 Å (zwischen 1100 und 1200 nm) und wurde mit einem Omnimap NC110 Non-contact Metals Monitoring System, TENCOR Instruments, Prometrix Division, Santa Clara, CA, gemessen.

[0075] Die Wafer mit Kupfermuster und 200 mm Durchmesser wurden von SKW Associates, Los Altos, CA bezogen. Die Wafer mit Muster sind als Kupfer Damascene CMP Characterization Wafer: SKW 6-1 spezifiziert. Die Wafer bestehen aus Siliziumeinkristall, beschichtet mit den folgenden Schichten in der angegebenen Reihenfolge: 8000 Å (800 nm) Siliziumdioxid, abgeschieden aus plasmaaktiviertem Tetraethylorthosilikat (PE-TEOS), 500 Å (50 nm) Tantal (Ta)-Barrierschicht, 500 Å (50 nm) Kupferimpfeschicht und 15.000 Å (1500 nm) galvanisiertes Kupfer. Das bis zu einer Tiefe von 8.000 Å (800 nm) in das Siliziumdioxid geätzte Muster schließt Anordnungen von quadratischen 120 µm Verbindungsflächen ein, die für Konkavwölbungsmessungen verwendet wurden.

[0076] Die Testmaschine war ein Westech Systems, Inc. Model 372-01001 Automatic Wafer Polisher, Phoenix, AZ, ähnlich der in **Abb. 3** beschriebenen Vorrichtung. Das Waferwerkstück ruhte auf einem Schaumträger, erhältlich von Rodel of Newark, DE unter der Handelsbezeichnung „DE200“, im Trägerkopf. Der Schleifgegenstand des Beispiels wurde an eine Trägerunterlage, umfassend eine 20 mit (508 µm) „PCF20“ Polycarbonat-schicht, erhältlich von General Electric Structured Plastics, General Electric Corp., Schenectady, NY, laminiert mit einem 3M Kleber 442 DL oder 9671LE, erhältlich von 3M, St. Paul, MN auf einen 90 mit (2286 µm) geschlossenzelligen Ethylvinylacetat-Schaumstoff von Voltek, Division of Sekisui America Corp., Lawrence, Massachusetts, geklebt; die Unterlage wurde an der Platte der Westech 372 befestigt.

[0077] Der den Wafer haltende Trägerkopf wurde mit einem gemäß dem hier beschriebenen Verfahren III hergestellten Schleifgegenstand in Kontakt gebracht. Der Wafer rotierte mit entweder etwa 20 oder 30 oder 40 Upm, und die Platte rotierte mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Trägerkopf plus 1, entweder 21 oder 31 oder 41 Upm. Sowohl der Wafer als auch der Schleifgegenstand rotierten im Uhrzeigersinn. Der Durchmesser der Platte betrug 22,5 Inch (57 cm). Zusätzlich zur Rotation oszillierte der Waferträger in einem Bogen (etwa 48 mm lang mit einer Geschwindigkeit von 10 mm/s), der etwa 13 mm von der Kante des Schleifgegenstandes

entfernt begann. Der Schleifgegenstand und der Trägerkopf wurden mit einer nach unten wirkenden Kraft von 0,7 Psi (4826 Pa) 10 s miteinander in Kontakt gebracht, und dann stieg der Druck schnell über etwa 10 Sekunden auf 3 oder 4 Psi (20684 oder 27579 Pa), wie in den Beispielen festgelegt. Die Bearbeitungsflüssigkeiten wurden vor dem in Kontaktbringen mit dem Wafer auf den Schleifgegenstand gepumpt. Während des Polierens wurden Bearbeitungsflüssigkeiten mit einer Fließgeschwindigkeit von etwa 225 ml/min auf die Grenzfläche des Wafers und des Schleifmittels gepumpt. Der Schleifgegenstand wurde verwendet, um die Wafer mit Deckschicht für einen Zyklus von einer Minute (60 Sekunden) zu polieren. Nach dem 60-sekündigen Polierzyklus wurde der Druck für 5 s verringert und dann der Wafer vom Halter genommen und mit entionisiertem Wasser gespült.

[0078] Die Metallabtragsgeschwindigkeit wurde durch Bestimmung der Änderung der Metallfilmdicke berechnet. Die Anfangsmessungen (d. h. vor dem Polieren) und die Endmessungen (d. h. nach dem Polieren) wurden unter Verwendung eines NC110 an den gleichen Orten durchgeführt. Neunundvierzig Messungen wurden gemittelt, um die Abtragsgeschwindigkeit in Ångström pro Minute (Å/min) oder nm/min zu bestimmen. Wafer mit Metalldeckschicht wurden zur Bestimmung der Abtragsgeschwindigkeiten der Metallfilmschicht verwendet.

[0079] Wafer mit Muster wurden zur Bestimmung des Ausmaßes der Konkavwölbung verwendet. Wenn die quadratischen 120 µm Merkmale während des Polierens exponiert wurden, wurden die Merkmale auf dem Wafer gemessen, um das Ausmaß der Konkavwölbung in Bereichen auf der Oberfläche, von denen Kupfer entfernt wurde, um die Siliziumdioxid-Stopschicht oder die Barriere-Metall-Stopschicht zu exponieren, zu bestimmen. Zur Messung der Konkavwölbung wurde das TENCOR P-22 Automated Surface Profilometer, TENCOR Instruments, Santa Clara, Ca, verwendet.

### Verfahren III (Allgemeines Verfahren zur Herstellung von Schleifgegenständen)

[0080] Die nachstehenden Materialbezeichnungen werden zur Beschreibung der Herstellung der Schleifgegenstände verwendet.

[0081]

#### Materialbezeichnungen

Bezeichnung	Material
SR339	2-Phenoxyethylacrylat, im Handel erhältlich von Sartomer Co., Inc., unter der Handelsbezeichnung „Sartoiner SR339“
SR9003	Propoxyliertes Neopentylglykoldiacrylat von Sartomer
LR8893	2,4,6-Trimethylbenzoyl-diphenyl-phosphinoxid, flüssiger Fotoinitiator, im Handel erhältlich von BASF, Charlotte, NC, unter der Handelsbezeichnung „LUCIRIN LR8893“
DISPERBYK 111	Ein dispergierendes Mittel, im Handel erhältlich von Byk Chemie, Wallingford, CT, unter der Handelsbezeichnung „DISPERBYK 111“
TRS2039	Größtenteils alpha-Aluminiumoxidpartikel mit einer mittleren Partikelgröße von etwa 0,2 µm, erhältlich von Ferro Corporation, Penn Yan, NY

[0082] In den Beispielen verwendete Schleifgegenstände wurden wie folgt hergestellt:

[0083] Ein Polypropylenfertigungswerkzeug wurde durch Formen von Polypropylenmaterial auf einer Metallmatrize des Werkzeuges mit einer Abgussoberfläche, umfassend eine Reihe von benachbarten zylindrischen Säulen, hergestellt. Das zylindrische Muster war dergestalt, dass benachbarte Säulen in Dreiecksanordnung verteilt waren, wobei der Abstand zwischen den Säulen so gewählt war, dass der gewünschte sichtbare Auflagerbereich zur Verfügung gestellt wurde. Das erhaltene Fertigungswerkzeug enthielt zylindrische Hohlräume.

[0084] Das 200-18 µm Säulenmuster ist eine Dreiecksanordnung von zylindrischen Säulen, wobei die Säulen einen Durchmesser von 200 µm, eine Höhe von 40 µm und einen Abstand von Zentrum zu Zentrum von 486 µm aufweisen. Das 200-25 µm Säulenmuster ist eine Dreiecksanordnung von zylindrischen Säulen, wobei die Säulen einen Durchmesser von 200 µm, eine Höhe von 56 µm und einen Abstand von Zentrum zu Zentrum von 373 µm aufweisen.

[0085] Das Fertigungswerkzeug wurde unter Verwendung eines Selbstklebebands zum Oberflächenabdecken an einer Metallträgerplatte befestigt. Eine Schleifaufschlämmung, bestehend aus 9,99% SR9003, 14,99% SR339, 2,51% DISPERBYK 111, 0,80% LR8893 und 71,71% TRS2093, wurde unter Verwendung eines Gatterrührers bis zur Homogenität vermischt. Die Schleifaufschlämmung wurde dann hintereinander durch einen 80 µm Filter und einen 60 µm Filter filtriert. Diese Schleifaufschlämmung wurde dann unter Verwendung einer Rakel in die Hohlräume des Fertigungswerkzeuges aufgetragen, wonach ein 5 mil (127 µm) Polyesterfilm von DuPont, Melinex 61, mit der in den Hohlräumen des Fertigungswerkzeuges enthaltenen Schleifaufschläm-

mung in Kontakt gebracht wurde. Der Gegenstand durchlief dann einen Labortisch-Laminator, im Handel erhältlich von Chem Instruments, Model #001998. Der Gegenstand wurde kontinuierlich zwischen zwei Kautschukwalzen bei einem Druck zwischen etwa 280 und 560 kPa (40–80 Psi) und einer Geschwindigkeitseinstellung von etwa 2 bis 7 zugeführt. Eine Quarzplatte wurde über den Gegenstand gelegt. Der Gegenstand wurde gehärtet, indem das Werkzeug zusammen mit dem Träger und der Schleifaufschlammung entweder unter zwei eisendotierten Lampen, im Handel erhältlich von American Ultraviolet Company, oder zwei Ultravioletlampen („V“-Lampen), im Handel erhältlich von Fusion Systems, Inc., die beide bei etwa 157,5 Watt/cm (400 Watdinch) betrieben wurden, hindurchging. Die Strahlung durchdrang den Filmträger. Die Geschwindigkeit betrug zwischen etwa 10,2 und 13,7 Meter/Minute (15–45 feet/minute), und die Probe passierte die Anordnung bis zu zweimal.

#### Verfahren IV (Bearbeitungsflüssigkeiten)

[0086] Bearbeitungsflüssigkeiten wurden unter Verwendung von Wasserstoffperoxid mit Reinheitsgrad für die Halbleiterfertigung, erhältlich von Olin Corp. (Norwalk, CT) als 30%ige Lösungen hergestellt und nach Erfordernis verdünnt. Ammoniumhydrogenphosphat (ACS zur Analyse), Iminodiessigsäure, Ammoniumcitrat, Tolyltriazol (5-Methyl-1-H-benzotriazol) und 1-H-Benzotriazol wurden von Aldrich Chemical Company, Milwaukee, WI, erhalten.

[0087] In allen Lösungen wurde entionisiertes Wasser verwendet. Feststoffe wurden gesondert gewogen und in Wasser gelöst, wobei 30%iges Wasserstoffperoxid zuletzt zugegeben wurde, um die richtige Verdünnung zu ergeben. Für die folgenden Beispiele enthalten alle Lösungen 3,0% Ammoniumhydrogenphosphat und 3,3% Wasserstoffperoxid. Das chelatbildende Mittel, Iminodiessigsäure oder Ammoniumcitrat, und das passivierende Mittel, Tolyltriazol oder Benzotriazol, unterscheiden sich für die verschiedenen Beispiele. Der Rest in jeder Lösung war entionisiertes Wasser.

[0088] Reagenzien und Mengen waren folgende für Präparationen im Labormaßstab mit 3,3% Wasserstoffperoxid, 3,0% Ammoniumhydrogenphosphat, 1,0% Iminodiessigsäure und 0,05% Tolyltriazol:

Gesamtlösung	1000 g	1000 g (~ 1 l)
Reagenzien (ACS zur Analyse)		
(1) Ammoniumhydrogenphosphat (f)	30 g	
(2) Iminodiessigsäure (f)	10,0 g	
(3) Tolyltriazol (f)	0,50 g	
(4) Wasser (fl)	849,5 g	
(5) 30%iges Wasserstoffperoxid (d = 1,1), (fl)	110 g (100 ml)	

#### Vergleichsbeispiel A

[0089] Verfahren I wurde zum Testen der Schleifgegenstände wie hier beschrieben verwendet, mit der Ausnahme, dass für den Wafer mit Muster die Adhäsions/Barrierschicht 200 Å (20nm) Ti, die Kupferbeschichtung etwa 10.000 Å (1000 nm) und die Ätztiefe für die Verbindungsflächen etwa 5.000 Å (500 nm) betrug. Die Plattengeschwindigkeit betrug 67 Upm, die Trägergeschwindigkeit betrug 100 Upm und die Fließgeschwindigkeit 80 ml/min. Ein gemäß hier beschriebenem Verfahren III hergestellter Schleifgegenstand mit einem Säulenmuster von 200-25 wurde verwendet.

[0090] Eine Bearbeitungsflüssigkeit mit 0,50% Ammoniumcitrat als chelatbildendes Mittel und 0,10% Benzotriazol als passivierendes Mittel wurde gemäß dem hier beschriebenen Verfahren IV hergestellt. Die Lösung wurde gemäß Verfahren I getestet. Von wesentlichen Bereichen des Wafers waren Kupfer und Titan von der Waferoberfläche entfernt, wobei die Siliziumdioxid-Stopschicht, ausgenommen in den geätzten quadratischen 100 µm Merkmalen und anderen geätzten Merkmalen, exponiert war. Das Profil der quadratischen 100 µm Merkmale auf dem Wafer wurde gemessen, um das Ausmaß der Konkavwölbung in Bereichen, von denen Kupfer entfernt war, um die Siliziumdioxid-Stopschicht zu exponieren, zu messen. Ein TENCOR P-22 Profilmeter wurde zur Messung der Konkavwölbung verwendet. Vier verschiedene Stellen auf dem Wafer wurden gemessen. Die Messungen sind in Tabelle 1 angegeben.

[0091]

Tabelle 1

Stelle	Konkavwölbung (TIR, Å)	(nm)
1	1990	199
2	1880	188
3	1390	139
4	1080	108

Vergleichsbeispiel B

[0092] Verfahren II wurde verwendet, mit der Ausnahme, dass die Adhäsions/Barrierschicht aus TiN mit einer Dicke von etwa 300 bis 600 Å (etwa 30 bis 60 nm) bestand, die Verbindungsflächen quadratisch mit 100 µm, die Einschnitte auf etwa 5.000 Å (500 nm) geätzt waren, und das Kupfer etwa 12.000 Å (1200 nm) dick war. Die Wafer wurden ähnlich, aber nicht notwendigerweise genauso wie die Wafer von SKW Associates hergestellt. Die Wafer mit Muster wurden zur Beurteilung des Kupfer-Damascene-CMP-Verfahrens vorbereitet.

[0093] Ein gemäß dem hier beschriebenen Verfahren III hergestellter Schleifgegenstand mit einem Säulenmuster von 200-25 wurde verwendet. Eine Bearbeitungsflüssigkeit mit 0,50 % Ammoniumcitrat als chelatbildendes Mittel und 0,10% Benzotriazol als passivierendes Mittel wurde gemäß dem hier beschriebenen Verfahren IV hergestellt. Die Bearbeitungsflüssigkeit wurde gemäß Verfahren II getestet, wobei der Druck auf dem Wafer 4 Psi (27579 Pa) mit 1 Psi (6895 Pa) Rückseitendruck betrug. Die Platten- und Trägergeschwindigkeiten betragen 30 beziehungsweise 31 Upm. Die Abtragsgeschwindigkeiten für eine 1-minütige Politur auf den ersten beiden Wafern mit Deckschicht betragen 3928 und 4159 Å/min (393 und 416 nm/min), wobei die Gleichmäßigkeit 35–40% betrug. Die Abtragsgeschwindigkeiten für eine 1-minütige Politur auf einem vor dem Wafer mit Muster gefahrenen Wafer mit Deckschicht betrug 3658 Å/min (366 nm/min). Der Wafer mit Muster wurde 2,0 Minuten unter den gleichen Bedingungen gefahren, und die ungefähre Abtragsgeschwindigkeit wurde überprüft; das Gleichmäßigkeitsprofil war in der Mitte schlecht, so dass die letzten 2 Minuten des Polierens mit 3 Psi (20684 Pa) Rückseitendruck durchgeführt wurden. Der Wafer war zur Aussenseite des Wafers hin im wesentlichen gereinigt, aber Kupfer verblieb im Zentrum mit einem Durchmesser von etwa 4 Inch (10 cm). Ein TENCOR P-22 Profilometer wurde zur Messung der Konkavwölbung verwendet. Vier verschiedene Stellen auf dem Wafer wurden gemessen. Die Messungen sind in Tabelle 2 angegeben.

[0094]

Tabelle 2

Stelle	Konkavwölbung (TIR, Å)	(nm)
1	500	50
2	1200	120
3	1600	160
4	2100	210

Beispiel 1

[0095] Ein Schleifgegenstand mit einem Säulenmuster von 200-18 wurde gemäß dem hier beschriebenen Verfahren III hergestellt. Eine Bearbeitungsflüssigkeit wurde gemäß dem hier beschriebenen Verfahren IV mit 1,0% Iminodiessigsäure als chelatbildendem Mittel und 0,10% Benzotriazol als passivierendem Mittel hergestellt. Die Chemie der Bearbeitungsflüssigkeit wurde gemäß Verfahren I getestet, mit der Ausnahme, dass die Platten- und Trägergeschwindigkeiten 40 Upm betragen. Ein Wafer mit Deckschicht, der für 1 Minute poliert wurde und dem Wafer mit Muster voranging, wies eine Abtragsgeschwindigkeit von 388 Å/min (39 nm/min) auf, was typischerweise zu niedrig ist, um als verwendbar betrachtet zu werden. Der Wafer mit Muster begann nach 12 Minuten an der äußersten Kante gereinigt zu werden und wurde anschließend alle 2 Minuten kontrolliert. Die Merkmale mit Muster begannen nach 18 Minuten um die Aussenseite des Wafers gereinigt zu werden. Nach 23 Minuten verblieb im Zentrum ein kleiner Kupferkreis, und die Barrierschicht war von der Aussenseite

entfernt. Die Politur war nach 25 Minuten hinunter auf den Barrierschichtstop nahe des Zentrumsbereiches des Wafers und hinunter auf den Oxidstop nahe der Aussenseite des Wafers vollständig. Ein TENCOR P-22 Profilometer wurde zur Messung der Konkavwölbung verwendet. Neun verschiedene Stellen auf dem Wafer wurden gemessen. Die Messungen sind in Tabelle 3 angegeben.

[0096]

Tabelle 3

Stelle	Ort	Konkavwölbung (TIR, Å)	(nm)
1	Kante	540	54
2	Kante	800	80
3	Kante	800	80
4	Kante	850	85
5	Innen	410	41
6	Innen	500	50
7	Innen	520	52
8	Innen	520	52
9	Zentrum	500	50

Beispiel 2

[0097] Ein Schleifgegenstand mit einem Säulenmuster von 200-25 wurde gemäß dem hier beschriebenen Verfahren III hergestellt. Eine Bearbeitungsflüssigkeit wurde gemäß dem hier beschriebenen Verfahren IV mit 1,0% Iminodiessigsäure als chelatbildendem Mittel und 0,05% Tolyltriazol als passivierendem Mittel hergestellt. Die Chemie der Bearbeitungsflüssigkeit wurde gemäß Verfahren I getestet, wobei die Platten- und Trägergeschwindigkeiten 60 Upm betragen. Die an einem, dem Wafer mit Muster vorangehenden, Wafer mit Deckschicht bestimmte Abtragsgeschwindigkeit betrug 1700 Å/min (170 nm/min). Der Wafer mit Muster wurde 5,0 Minuten poliert und schien eine Deckschicht aufzuweisen. Der Wafer mit Muster wurde wieder auf die Poliermaschine aufgegeben und 2,0 Minuten poliert. Nach insgesamt 7 Minuten war der Wafer bis zur TiN Barrierschicht vollständig gereinigt. Die Barrierschicht besaß keine gleichmäßige Farbe, was darauf hinweist, daß sie teilweise entfernt wurde. Ein TENCOR P-22 Profilometer wurde zur Messung der Konkavwölbung verwendet. Neun verschiedene Stellen auf dem Wafer wurden gemessen. Die Messungen sind in Tabelle 4 angegeben.

[0098]

Tabelle 4

Stelle	Konkavwölbung (TIR, Å)	(nm)
1	350	35
2	550	55
3	570	57
4	580	58
5	600	60
6	600	60
7	600	60
8	610	61
9	620	62

Beispiel 3

[0099] Ein Schleifgegenstand mit einem Säulenmuster von 200-18 wurde gemäß dem hier beschriebenen Verfahren III hergestellt. Eine Bearbeitungsflüssigkeit wurde gemäß dem hier beschriebenen Verfahren IV mit 1,0% Iminodiessigsäure als chelatbildendem Mittel und 0,05% Tolyltriazol als passivierendem Mittel hergestellt. Die Leistung der Bearbeitungsflüssigkeit wurde gemäß Verfahren I getestet. Die Platten- und Trägergeschwindigkeiten betragen 40 Upm. Die an einem dem Wafer mit Muster vorangehenden Wafer mit Deckschicht bestimmte Abtragsgeschwindigkeit betrug 1755 Å/min (176 nm/min). Der Wafer mit Muster wurde 6,0 Minuten poliert und war im Zentrum des Wafers zu etwa 60 bis 70% gereinigt. Der Wafer wurde auf die Poliermaschine zurückgegeben und noch 30 Sekunden poliert, um den gesamten Wafer, ausgenommen einen kleinen Bereich, im wesentlichen bis zur TiN-Barrierschicht zu reinigen. Der Wafer wurde dann hinsichtlich Konkavwölbung auf dem TENCOR P-22 gemessen. Die neun untersuchten Stellen befinden sich auf zwei senkrecht zueinander befindlichen Durchmessern über den Wafer. Die vier Kantenstellen wären als gerade gereinigt zu betrachten, während die fünf inneren Stellen als 30 Sekunden überpoliert zu betrachten wären. Die Werte für die Konkavwölbung sind in Spalte 3 der nachstehenden Tabelle 5 aufgeführt. Der Wafer mit Muster wurde in einem optischen Hellfeldmikroskop hinsichtlich der Entfernung der Barrierschicht betrachtet. Die Barrierschicht war in den Bereichen des Wafers, in denen die Dichte der mit Kupfer gefüllten Spalten hoch war, teilweise entfernt, aber nicht in den Bereichen, in denen sich kein Muster befand.

[0100] In einem gesonderten Versuch an einem anderen Tag mit einem neuen Schleifgegenstand und einem neuen Chemikalienansatz aber unter den gleichen Bedingungen wurde der gleiche Wafer mit Muster nochmals poliert, um zu beobachten, ob die TiN-Schicht entfernt werden könnte. Der Wafer mit Muster wurde 1,0 Minuten und dann noch 30 sec poliert. Nach der ersten zusätzlichen Minute war die Barrierschicht bis zum Siliziumdioxid-Stop entfernt, was durch die gleichmäßige Farbe des Wafers angezeigt wurde, ausgenommen ein kleiner Bereich, der gerade von Kupfer gereinigt war. Die Entfernung der Barrierschicht wurde im optischen Mikroskop bestätigt. In den letzten 30 sec wurde das meiste der verbliebenen Barrierschicht an der letzten Kupferstelle entfernt. Die Konkavwölbung wurde wieder auf einem TENCOR P-22 an den entsprechenden Stellen aber nicht exakt den gleichen Satz Verbindungsflächen an der Stelle gemessen. Die Werte der Konkavwölbung sind in der letzten Spalte in Tabelle 5 aufgeführt.

[0101]

Tabelle 5

Stelle	Ort	Konkavwölbung (TIR)		Konkavwölbung nach 1,5 min Überpolieren	
		(Å)	(nm)	(Å)	(nm)
1	Kante	Nicht gereinigt		600	60
2	Kante	340	34	700	70
3	Kante	700	70	820	82
4	Kante	750	75	700	70
5	Innen	750	75	950	95
6	Innen	800	80	1000	100
7	Zentrum	800	80	980	98
8	Innen	850	85	1030	103
9	Innen	900	90	1100	110

Beispiel 4

[0102] Ein Schleifgegenstand mit einem Säulenmuster von 200-18 wurde gemäß dem hier beschriebenen Verfahren III hergestellt. Eine Bearbeitungsflüssigkeit wurde gemäß dem hier beschriebenen Verfahren IV mit 1,0% Iminodiessigsäure als chelatbildendem Mittel und 0,05% Tolyltriazol als passivierendem Mittel hergestellt. Die Chemie der Bearbeitungsflüssigkeit wurde gemäß Verfahren II ohne Rückseitendruck auf die Wafer getestet. Der erste Wafer mit Deckschicht lief bei 3 Psi (20684 Pa) mit Platten- und Trägergeschwindigkeiten von 40 beziehungsweise 41 Upm.; die Abtragsgeschwindigkeit betrug 2679 Å/min (268 nm/min) mit einer Gleichmäßigkeit von 5,84%. Der zweite Wafer mit Deckschicht lief bei 4 Psi (27579 Pa) mit Platten- und Trägergeschwindigkeiten von 40 beziehungsweise 41 Upm; die Abtragsgeschwindigkeit betrug 2638 Å/min (264 nm/min) mit einer Gleichmäßigkeit von 4,46%. Der dritte Wafer mit Deckschicht lief bei 3 Psi (20684 Pa) mit Platten- und Trägergeschwindigkeiten von 60 beziehungsweise 61 Upm; die Abtragsgeschwindigkeit betrug 2547 Å/min (255 nm/min) mit einer Gleichmäßigkeit von 3,42%. Der Wafer mit Muster lief bei 3 Psi (20684 Pa) mit Platten- und Trägergeschwindigkeiten von 40 und 41 Upm 4 Minuten (noch nicht gereinigt) plus 2,5 Minuten, wobei er im wesentlichen bis zum Tantalstop hinunter gereinigt war. Das TENCOR P-22 Profilometer wurde zur Messung der Konkavwölbung verwendet. Drei verschiedene Stellen auf dem Wafer wurden gemessen und sind in Tabelle 6 angegeben.

[0103]

Tabelle 6

Stelle	Konkavwölbung (TIR )		Ungefährer Ort
	(Å)	(nm)	
1	550	55	Kante
2	650	65	Zentrum
3	890	89	Mitte zwischen Zentrum und Kante

[0104] Der Wafer mit Muster wurde dann wieder auf die Poliermaschine aufgegeben und weitere 30 Sekunden unter den gleichen Bedingungen poliert. Das Polieren entfernte die letzten Spuren von Kupfer auf dem Tantalstop und wird als überpoliert betrachtet. Tabelle 7 enthält die gleichen Daten plus zusätzliche, von einem TENCOR P-22 erhaltene Daten. Die nach dem Überpolieren untersuchten Stellen waren nicht die gleichen, wie die vorstehend gemessenen. Die Stellen in der Mitte zwischen Zentrum und Kante lagen auf 3 verschiedenen Radien vom Zentrum des Wafers aus, mit 90° zueinander.

[0105]

Tabelle 7

Stelle	Konkavwölbung (TIR )		Ungefährer Ort	Konkavwölbung nach Überpolieren	
	(Å)	(nm)		(Å)	(nm)
1	550	55	Kante	520	52
2	650	65	Zentrum	750	75
3	890	89	Mitte zwischen Zentrum und Kante	1050	105
4	-	-	Mitte zwischen Zentrum und Kante	1000	100
5	-	-	Mitte zwischen Zentrum und Kante	700	70

[0106] Die vorstehenden Beispiele zeigen einen engen Bereich von Werten für die Konkavwölbung. Die in den vorstehenden Beispielen verwendeten Bearbeitungsflüssigkeiten der vorliegenden Erfindung stellen Werte für die Konkavwölbung für Kupfer zur Verfügung, die wesentlich niedriger sind als die Werte für die Konkavwölbung, die mit den in den Vergleichsbeispielen A und B verwendeten Bearbeitungsflüssigkeiten erhalten wurden. Ferner ist das Niveau der zusätzlichen Konkavwölbung für die strukturierten Wafer in den Beispielen niedriger, wenn die Wafer eine zusätzliche Zeit, nachdem der Wafer im wesentlichen von Kupfer befreit wurde (Überpolieren), poliert werden. Das Niveau der zusätzlichen Konkavwölbung bei Überpolieren kann wesentlich sein, wenn die Gleichmäßigkeit nicht sehr gut ist und einige Teile des Wafers gereinigt sind, während andere Teile noch zu entfernendes Kupfer aufweisen, was weiteres Polieren des gesamten Wafers erfordert. In den Vergleichsbeispielen wird angenommen, dass die Kupferverbindungsflächen mit den höchsten Werten für Konkavwölbung (am tiefsten) zuerst gereinigt wurden und dann mit dem Überpolieren vertieft wurden, während die verbliebenen Verbindungsflächen gereinigt wurden. Obwohl die Werte für die Konkavwölbung in den Beispielen, abhängig vom Beispiel, im Bereich von 400 bis 1000 Å (40 bis 100 nm) liegen, kann der Fachmann die Werte für die Konkavwölbung durch Verfahrensoptimierung auf Polierausrüstung nach dem Stand der Technik wesentlich verbessern.

[0107] Ausserdem zeigen die Ergebnisse für die Beispiele 2–4 der vorliegenden Erfindung eine Verbesserung der Materialabtragsgeschwindigkeit im Vergleich zu Beispiel 1. Es wird angenommen, dass diese festgestellte Leistungsverbesserung durch eine Synergie zwischen den Iminodiessigsäure- und Tolyltriazolbestandteilen in der Bearbeitungsflüssigkeit bedingt ist. In der Bearbeitungsflüssigkeit von Beispiel 1 war das passivierende Mittel Benzotriazol, wobei eine Verringerung der Abtragsgeschwindigkeit für diese Bearbeitungsflüssigkeit festgestellt wurde.

### Patentansprüche

1. Bearbeitungsflüssigkeit, verwendbar zur Modifizierung einer Oberfläche eines Wafers, der zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung geeignet ist, wobei die Flüssigkeit eine Lösung von Ausgangskomponenten ist, wobei die Komponenten umfassen:

ein oxidierendes Mittel;

einen ionischen Puffer;

ein passivierendes Mittel;

ein chelatbildendes Mittel, ausgewählt aus Iminodiessigsäure und Salze davon; und Wasser.

2. Bearbeitungsflüssigkeit nach Anspruch 1, wobei das passivierende Mittel aus Benzotriazol, Tolyltriazol und Kombinationen davon ausgewählt ist.

3. Bearbeitungsflüssigkeit nach Anspruch 1, wobei das oxidierende Mittel Wasserstoffperoxid ist; der ionische Puffer Ammoniumhydrogenphosphat ist; und das passivierende Mittel aus Benzotriazol, Tolyltriazol und Kombinationen davon ausgewählt ist.

4. Bearbeitungsflüssigkeit nach Anspruch 3, wobei Wasserstoffperoxid in der Flüssigkeit in einer Konzentration zwischen 0,5 und 12,5 Gewichtsprozent vorhanden ist; Ammoniumhydrogenphosphat in der Flüssigkeit in einer Konzentration zwischen 1,0 und 8,0 Gewichtsprozent vorhanden ist; das passivierende Mittel in der Flüssigkeit in einer Konzentration zwischen 0,025 und 0,20 Gewichtsprozent vorhanden ist; das chelatbildende Mittel in der Flüssigkeit in einer Konzentration zwischen 0,5 und 5,0 Gewichtsprozent vorhanden ist; und der Rest Wasser ist.

5. Verfahren zur Modifizierung einer Oberfläche eines Wafers, der zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung geeignet ist, umfassend die Schritte:

- a) Bereitstellen eines Wafers, umfassend ein erstes Material, das eine Oberfläche aufweist, die geätzt wurde, um ein Muster zu bilden, und ein zweites Material, das über der Oberfläche des ersten Materials aufgebracht ist;
- b) In Kontakt bringen des zweiten Materials des Wafers mit Schleifmaterial in Gegenwart der Bearbeitungsflüssigkeit nach Anspruch 1; und
- c) relatives Bewegen des Wafers, während das zweite Material mit dem Schleifmaterial in Kontakt ist, bis eine exponierte Oberfläche des Wafers planar ist und sie mindestens einen Bereich des exponierten ersten Materials und einen Bereich des exponierten zweiten Materials umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das passivierende Mittel aus Benzotriazol, Tolyltriazol und Kombinationen davon ausgewählt ist.

7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das oxidierende Mittel Wasserstoffperoxid ist; der ionische Puffer Ammoniumhydrogenphosphat ist; und das passivierende Mittel aus Benzotriazol, Tolyltriazol und Kombinationen davon ausgewählt ist.

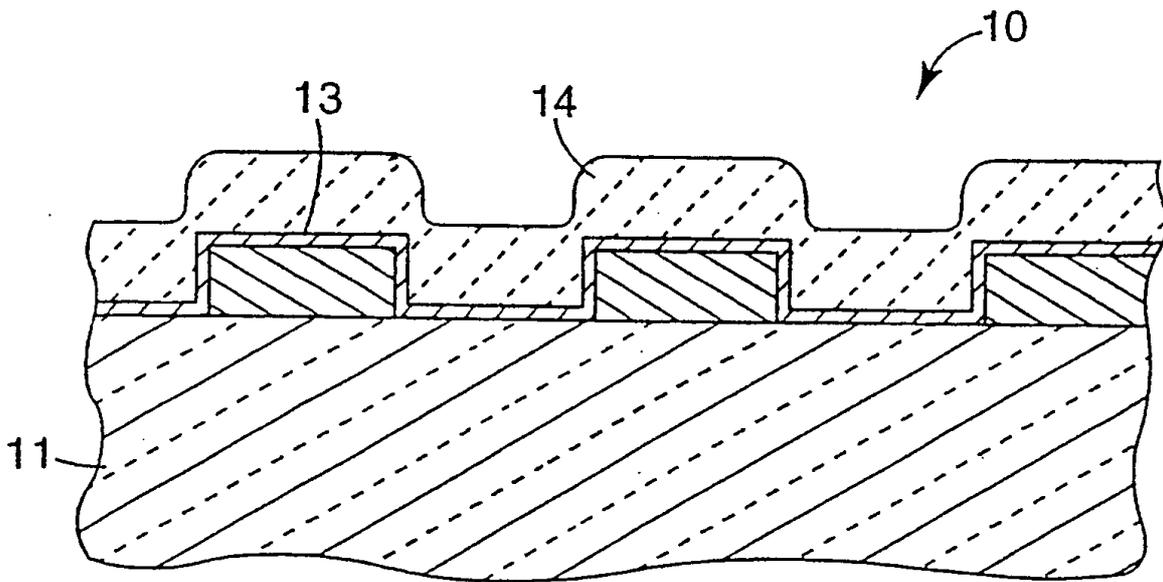
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei Wasserstoffperoxid in der Flüssigkeit in einer Konzentration zwischen 1,0 und 5,0 Gewichtsprozent vorhanden ist; Ammoniumhydrogenphosphat in der Flüssigkeit in einer Konzentration zwischen 1,0 und 8,0 Gewichtsprozent vorhanden ist; das passivierende Mittel in der Flüssigkeit in einer Konzentration zwischen 0,050 und 0,10 Gewichtsprozent vorhanden ist; das chelatbildende Mittel in der Flüssigkeit in einer Konzentration zwischen 0,75 und 1,5 Gewichtsprozent vorhanden ist; und der Rest Wasser ist.

9. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Schleifmaterial dreidimensionale Schleifmaterialkomposite umfasst, die an einem Schleifgegenstand fixiert sind, wobei die Komposite eine Mehrzahl von Schleifpartikeln umfassen, die in einem Bindemittel fixiert und dispergiert sind.

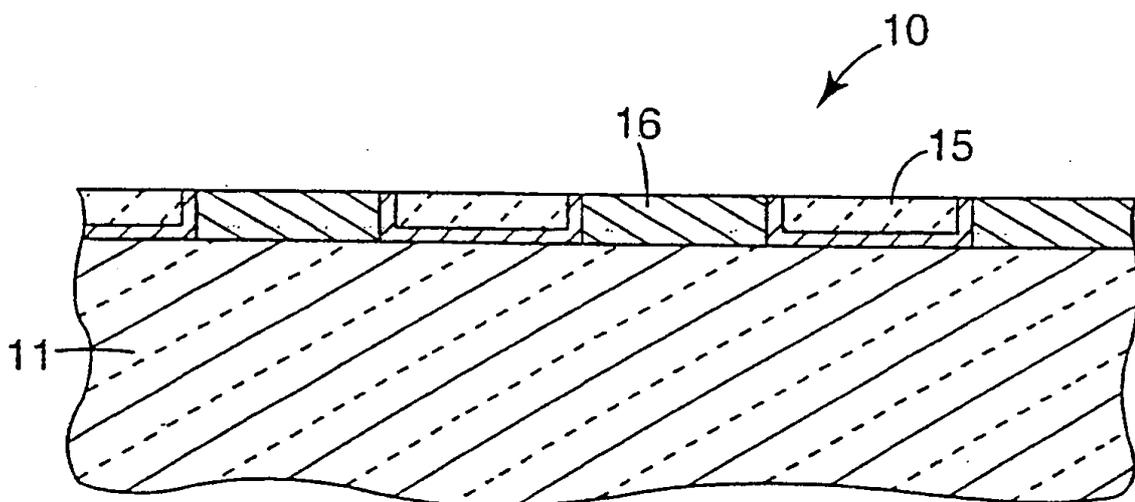
10. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Schleifmaterial eine Aufschlämmung und eine Polierunterlage umfasst, wobei die Aufschlämmung die Bearbeitungsflüssigkeit und eine Mehrzahl von Schleifpartikeln, die in der Flüssigkeit dispergiert sind, umfasst, wobei die Aufschlämmung durch die Anwendung der Polierunterlage mit dem zweiten Material des Wafers in Kontakt gebracht wird.

11. Polieraufschlämmung, umfassend:  
Schleifpartikel; und  
die Bearbeitungsflüssigkeit nach Anspruch 1.

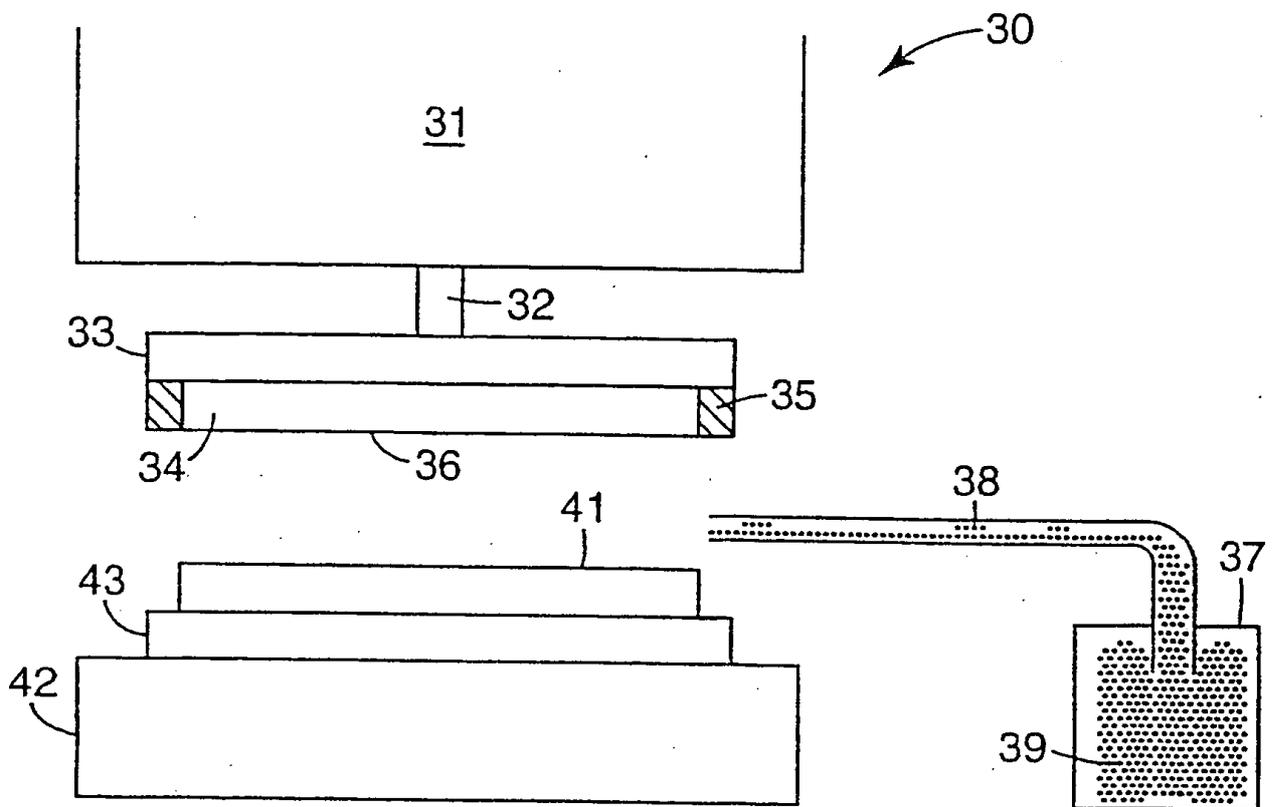
Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



*Fig. 1*



*Fig. 2*



*Fig. 3*