



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 28 691 T2 2004.08.19**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 963 419 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 28 691.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/23627**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 951 772.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/029515**

(86) PCT-Anmeldetag: **19.12.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **09.07.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.12.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **14.04.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.08.2004**

(51) Int Cl.⁷: **C09G 1/02**

C09K 3/14, H01L 21/3105

(30) Unionspriorität:

774488 30.12.1996 US

(73) Patentinhaber:

Cabot Microelectronics Corp., Aurora, Ill., US

(74) Vertreter:

Lorenz und Kollegen, 89522 Heidenheim

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**GROVER, S., Gautam, Aurora, US; MUELLER, L.,
Brian, Aurora, US; WANG, Shumin, Naperville, US**

(54) Bezeichnung: **ZUSAMMENSETZUNG ZUM CHEMISCH-MECHANISCHEN POLIEREN VON OXYDEN**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft chemischmechanische Polierschlämme für Substrate für Halbleiter mit integrierten Schaltungen. Bei dieser Erfindung handelt es sich insbesondere um einen chemischmechanischen Polierschlamm, der insbesondere für das chemisch-mechanische Planen geeignet ist, wobei eine hohe Siliziumdioxidabtragungsrate und eine niedrige Siliziumnitridabtragungsrate auf demselben Substrat erforderlich sind.

[0002] Integrierte Schaltungen bestehen aus Millionen aktiver, in oder auf einem Siliziumsubstrat ausgebildeter Vorrichtungen. Die aktiven Vorrichtungen bilden funktionale Schaltungen und Komponenten. Die Vorrichtungen werden dann durch die Verwendung metallisierter Mehrebenenzwischenverbindungen und Durchgänge miteinander verbunden. Zwischenverbindungsstrukturen weisen normalerweise eine erste Metallisierungsschicht, einen Verbindungsstecker, eine zweite Metallisierungsschicht und manchmal eine dritte oder mehr Metallisierungsschichten mit ihren jeweiligen Zwischenverbindungen auf. Dielektrische Zwischenebenen-Nichtleiter, wie zum Beispiel dotiertes und undotiertes Siliziumdioxid (SiO_2), werden zur elektrischen Isolation der verschiedenen Zwischenverbindungsebenen verwendet.

[0003] Bei der Flachgrabenisolation (STI/Shallow Trench Isolation) handelt es sich um eine Technologie für die Isolation einer Vorrichtung in einer vorgegebenen Schicht beim Halbleiterherstellungsverfahren. Beim Flachgrabenisoliationsverfahren wird Siliziumnitrid auf thermisch gewachsenem Oxid abgelagert. Nach der Ablagerung des Nitrids wird ein Flachgraben unter Verwendung einer Maske in das Substrat geätzt. Dann wird eine Oxidschicht in dem Graben abgelagert, so dass der Graben einen Bereich eines isolierten Nichtleiters bildet, der dahingehend wirkt, dass er die Vorrichtungen in einem Chip isoliert, und somit das Übersprechen zwischen aktiven Vorrichtungen verringert. Der Überschuss an abgelagertem Oxid muss abpoliert, und der Graben geplant werden, um für die nächste Metallisierungsebene vorbereitet zu werden. Das Siliziumnitrid wird auf das Silizium aufgetragen, um das Polieren des abgedeckten Siliziumdioxids der Vorrichtung zu verhindern.

[0004] Bei einem typischen mechanischen Poliervorgang wird das Substrat in direkten Kontakt mit einem sich drehenden Polierpad bzw. -kissen gebracht. Ein Träger übt Druck auf die Rückseite des Substrates aus. Während des Poliervorgangs werden das Kissen und der Tisch gedreht, während eine nach unten gerichtete Kraft gegen die Substratrückseite aufrechterhalten wird. Ein Schleifmittel und eine im Allgemeinen als „chemisch-mechanischer Polierschlamm“ bezeichnete chemisch reaktive Lösung fließen während des Polierens auf das Kissen. Die Chemikalien und die Schleifpartikel in dem Schlamm leiten den Poliervorgang durch Zusammenwirken mit dem im Poliervorgang befindlichen Mikroplättchen ein. Der Poliervorgang wird durch die Drehbewegung des Kissens im Verhältnis zu dem Substrat erleichtert, während Schlamm auf die Mikroplättchen-Kissen-Grenzfläche aufgetragen wird. Das Polieren wird auf diese Weise fortgesetzt, bis die endgültige gewünschte Dicke durch das Abtragen der erforderlichen Menge von Dünnschichtmaterial erreicht ist.

[0005] Beim Polieren von Oxiden ist es wünschenswert, dass der verwendete Schlamm eine hohe Abtragungsrate bei Oxidschichten, und eine niedrige Abtragungsrate bei anderen Schichten aufweist, die beim chemischmechanischen Polieren freigelegt werden können, wie zum Beispiel Siliziumnitrid. Der Polierschlamm sollte so anwendungsspezifisch angefertigt sein, dass er ein wirksames Polieren mit gegenüber spezifischen Dünnschichtmaterialien selektiven Polierbandbreiten bereitstellt, wobei gleichzeitig Oberflächenfehler, Defekte, Korrosion, Erosion und die Abtragung von Siliziumnitrid und anderen Sperrschichten minimiert wird.

[0006] Chemisch-mechanische Polierschlämme zum Polieren von Oxiden enthalten typischerweise ein Schleifmittel mit einem alkalischen oder hohen pH-Wert. Diese Schlämme sind entweder auf Kaliumhydroxid oder Ammoniumhydroxid aufgebaut, um den hohen pH-Wert wirksam zu puffern.

[0007] Während diese Schlämme Kieselerde mit hohen Raten polieren, polieren sie auch Nitride mit hohen Raten. Typischerweise beträgt das Verhältnis dieser Abtragungsraten, das heißt die Selektivität, höchstens 5 zu 1 von Siliziumoxid zu Siliziumnitrid. Es wird angenommen, dass der Mechanismus des Polierens von Siliziumnitrid in der oxidativen Hydrolyse des Nitrids zu Oxid in einer wässrigen Umgebung besteht. Bei einem alkalischen pH-Wert werden dieses Oxid und Nitrid ähnlich mit einer hohen Rate geätzt. Daher polieren aktuelle chemisch-mechanische Polierschlämme unerwünschterweise Siliziumnitrid mit einer unannehmbar hohen Rate.

[0008] Das U.S.-Patent Nr. 4 959 113 betrifft eine Polierzusammensetzung und ein Verfahren zum Polieren von Metalloberflächen. Die Polierzusammensetzung ist wässrig und weist ein Schleifmittel wie zum Beispiel ein Metalloxid und ein Salz auf. Die Zusammensetzung und das Verfahren stellen eine schnelle Polierrate und qualitativ hochwertige Oberfläche bereit.

[0009] In dem U.S.-Patent Nr. 5 114 437 ist ein Polierschlamm für einen metallischen Werkstoff offenbart, der Wasser, ein Aluminiumoxidschleifmittel und einen Polierbeschleuniger aufweist, wobei es sich um Chrom (III)-nitrat, Lanthan (III)-nitrat, Ammonium-Zer(III)-nitrat oder Neodymnitrat handelt. Das Ziel dieses Schlammes besteht im schnellen Polieren und in einer qualitativ hochwertigen Oberfläche.

[0010] In der Halbleiterindustrie bleibt ein Bedürfnis nach chemisch-mechanischen Polierschlämmen mit einer Oxid-Nitridselektivität von 5 zu 1 bestehen. Dementsprechend werden neue chemisch-mechanische Po-

lierschlämme benötigt, die das Oxid selektiv mit hohen Raten abtragen, während sie die Sperrschicht aus Siliziumnitrid relativ intakt lassen, um die gegenwärtigen Fertigungsprobleme zu beseitigen, und die den Durchsatz erhöhen und die Kosten des chemisch-mechanischen Poliervorgangs verringern. Dies ist deshalb der Fall, weil ein Vorgang mit niedriger Selektivität, wenn er in einer Fertigungsumgebung verwendet wird, notwendigerweise übermäßiges Polieren bei dünneren Filmteilen des Mikroplättchens mit sich bringt, wobei die Nitridsperrschicht das Durchbrechen zu dem/den darunterliegenden Dünnsfilm (en) nicht verhindert.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0011] Bei dieser Erfindung handelt es sich um eine chemischmechanische Polierzusammensetzung, die zum Polieren einer Siliziumdioxidschicht mit einer hohen Rate in der Lage ist.

[0012] Bei dieser Erfindung handelt es sich ebenfalls um eine chemisch-mechanische Polierzusammensetzung, die das Polieren eines Siliziumnitridfilms verhindert.

[0013] Zusätzlich handelt es sich bei dieser Erfindung um ein Verfahren, bei dem eine chemisch-mechanische Polierzusammensetzung verwendet wird, die selektiv Siliziumdioxid von einem Substrat abträgt, während sie die mit dem Substrat verbundene Siliziumnitridschicht im Wesentlichen intakt lässt.

[0014] Bei einer Ausführungsform handelt es sich bei dieser Erfindung um eine chemisch-mechanische Polierzusammensetzung, die Karbonsäure, ein Salz und eine lösliche Zerverbindung aufweist. Die Zusammensetzung weist einen pH-Wert von 3 bis 11, und vorzugsweise 3,8 bis 5,5 auf, und ist zur selektiven Abtragung von Siliziumdioxid von Schichtsubstraten verwendbar.

[0015] Bei einer weiteren Ausführungsform handelt es sich bei dieser Erfindung um einen chemisch-mechanischen Polierschlamm, der die oben erwähnte chemischmechanische Polierzusammensetzung und ein Schleifmittel aufweist. Der Schlamm ist insbesondere zum Polieren von Siliziumdioxidfilmen verwendbar.

[0016] Bei einer weiteren Ausführungsform handelt es sich bei der vorliegenden Erfindung um ein Verfahren zur Verwendung einer chemisch-mechanischen Polierzusammensetzung, die eine Karbonsäure, ein Salz und eine lösliche Zerverbindung in einer wässrigen Lösung mit einem pH-Wert von 3,0 bis 11 aufweist, um eine Oxidüberfüllung selektiv vorzugsweise gegenüber einer Siliziumnitridfilmschicht während der Fertigung von integrierten Schaltungen und Halbleitern abzutragen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0017] **Fig. 1** Diagramm des pH-Wertes im Verhältnis zur PETEOS-Abtragsrate und Nitratabtragsrate.

BESCHREIBUNG DER AKTUELLEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0018] Die vorliegende Erfindung betrifft eine chemischmechanische Polierzusammensetzung, die eine Karbonsäure, ein Salz und eine lösliche Zerverbindung mit einem pH-Wert von 3,0 bis 11,0 aufweist. Die chemischmechanische Zusammensetzung kann allein verwendet, oder mit einem Metalloxidschleifmittel kombiniert werden, so dass sie einen Schlamm ausbildet. Die Zusammensetzungen und Schlämme der Erfindung polieren Oxidschichten wie zum Beispiel mit Substraten verbundene Siliziumdioxidschichten, mit hohen Raten. Zusätzlich wurde festgestellt, dass die Zusammensetzungen dieser Erfindung das Polieren von Siliziumnitrid verhindern. Die vorliegende Erfindung betrifft auch neuartige Verfahren zur Verwendung der Zusammensetzungen und Schlämme dieser Erfindung zum Polieren von Oxidschichten.

[0019] Vor der Beschreibung der Details der verschiedenen bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung wird ein in diesem Dokument verwendeter Begriff definiert. „Chemisch-mechanische Zusammensetzung“ bezieht sich auf eine Kombination aus mindestens einer Karbonsäure, mindestens einem Salz und mindestens einer löslichen Zerverbindung, die gemeinsam mit einem Schleifmittelkissen zum Abtragen einer oder mehrerer Schichten eines Substrates verwendet werden kann. Der Begriff „Schlamm“ oder „chemisch-mechanischer Polierschlamm“ betrifft eine Kombination der chemisch-mechanischen Polierzusammensetzung mit mindestens einem Schleifmittel.

[0020] In einem chemisch-mechanischen Polierschlamm der vorliegenden Erfindung verwendbare Karbonsäuren umfassen monofunktionale und difunktionale Karbonsäuren und deren Salze. Vorzugsweise wird die Karbonsäure aus der aus Essigsäure, Adipinsäure, Buttersäure, n-Kaprinsäure, n-Kaprinsäure, n-Kaprylsäure, Zitronensäure, Glutarsäure, Glykolsäure, Ameisensäure, Fumarsäure, Milchsäure, Laurinsäure, Apfelsäure, Maleinsäure, Malonsäure, Myristizinsäure, Oxalsäure, Palmitinsäure, Phthalsäure, Propionsäure, Brenztraubensäure, Stearinsäure, Bernsteinsäure, Weinsäure, Valeriansäure, 2-(2-Methoxyethoxy)-essigsäure, 2-[2-(2-Methoxyethoxy)-ethoxy]-essigsäure, Poly(ethylenglykol) di(karboxymethyl)ether und Derivaten bestehende Gruppe, einschließlich deren Salzen, ausgewählt.

[0021] Bei der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann die Karbonsäure mehr als 10% in dem Schlamm umfassen. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Karbonsäure in der Zusammensetzung

dieser Erfindung in einer Menge im Bereich von 0,05 bis 10 Gewichts-% vorhanden. Bei einer noch bevorzugteren Ausführungsform ist die Karbonsäure in der Zusammensetzung dieser Erfindung jedoch in einer Menge im Bereich von 0,1 bis 3% vorhanden.

[0022] Die chemisch-mechanische Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung kann ein Salz aufweisen. Der Begriff „Salz“ bezieht sich auf alle wasserlöslichen Salze einschließlich organischer Salze, wie zum Beispiel Nitrat-, Phosphat- und Sulfatsalze. Der Begriff lösliche Salze bezieht sich auch auf Salze, die nur teilweise oder marginal in Wasser löslich sind. Bevorzugte Salze sind Nitratsalze.

[0023] Der Begriff „Nitratsalz“ umfasst Salpetersäure. Verwendbare Nitratsalze umfassen Zusammensetzungen der Formel $(M)_n(NO_3)_m$, wobei n und m beide ganze Zahlen sind. Wenn $n = m$, ist M einwertig, und es kann sich dabei um Alkalierdmetalle wie zum Beispiel Li, Na, K sowie H, NH_4 , NR_4 handeln, wobei es sich bei R um eine Alkylgruppe handelt, die 1 bis 10 Kohlenstoffatome aufweist, oder eine Mischung derselben ist, und NMe_4 , NBu_4 usw. aufweist. Wenn $n \neq m$, dann ist M ein mehrwertiges Kation oder Metall, oder eine Kombination aus mehrwertigen Kationen und einwertigen Kationen. Ein bekanntes bevorzugtes Nitratsalz ist Ammonium-Zer(III)-nitrat, $(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$.

[0024] Das Salz kann in der Zusammensetzung in einer Menge im Bereich von 0,05 bis 6,0 Gewichts-% vorhanden sein. Am vorteilhaftesten ist das Salz in der Zusammensetzung in einer Menge im Bereich von 0,1 bis 4 Gewichts-% vorhanden.

[0025] Die chemisch-mechanische Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung weist mindestens eine lösliche Zerverbindung auf. Der Begriff „lösliches Zer“ umfasst zum Zwecke der Erfindung sowohl das in löslicher Form beigemischte Zer, als auch das von Kolloidpartikeln oder gemahlenen Partikeln gelöste Zer. Nicht begrenzende Beispiele der in einer Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung verwendbaren löslichen Zerverbindungen umfassen wasserlösliche hydratisierte und nicht hydratisierte Salze von Zerhydroxid $(Ce(OH)_4)$, Ammoniumzersetat $(NH_4)_2SO_4Ce_2(SO_4)_3$; Zerazetat, $Ce(O_2CH_3)_3$; Zersulfat, $Ce(SO_4)_2$; Zerbromat, $Ce(BrO_3)_3 \cdot 9H_2O$; Zerbromid, $CeBr_3$; Zerkarbonat, $Ce(CO_3)_2$; Zerchlorid, $CeCl_3$; Zeroxalat, $Ce(C_2O_4)_3$; Zernitrat $Ce(NO_3)_3(OH) \cdot 6H_2O$, und beliebige andere, bekannte lösliche Zerverbindungen. Eine bevorzugte lösliche Zerverbindung ist Ammonium-Zer(III)-nitrat, $(NH_4)_2Ce(NO_3)_6$. Die lösliche Zerverbindung ist in der Zusammensetzung dieser Erfindung in einer Menge im Bereich von 0,05 Gewichts-% bis 10,0 Gewichts-%, und vorzugsweise von 0,1 bis 4,0 Gewichts-% vorhanden.

[0026] Eine bevorzugte Ausführungsform der chemischmechanischen Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung umfasst Ammonium-Zer(III)-nitrat als Salz und als lösliche Zerverbindung. Andere lösliche Zerverbindungen können in die Zusammensetzung dieser Erfindung als lösliche Zerverbindung und als Salz integriert werden. Ammonium-Zer(III)-nitrat kann in der Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung in einer Menge im Bereich von 0,05 bis 6 Gewichts-% des Gesamtgewichtes der Zusammensetzung vorhanden sein. Ein bevorzugter Bereich von Ammonium-Zer(III)-nitrat beträgt von 0,1 bis 4,0 Gewichts-%.

[0027] Im Handel erhältliches Zer(IV)-oxid enthält typischerweise eine Mischung aus gelösten Ce^{4+} - und Ce^{3+} -Ionen. Es wird bevorzugt, dass das gelöste Zer(IV)-oxid in Form von Ce^{4+} -Ionen vorhanden ist. Die Beimischung eines Oxidationsmittels zu der Zusammensetzung dieser Erfindung, welches in der Lage ist, Ce^{3+} und Ce^{4+} zu oxidieren, erzeugt ein Produkt, welches hohe Oxidselektivitäten und niedrige Nitridselektivitäten aufweist. Das verwendete Oxidationsmittel muss ein Oxidationspotential größer als Ce^{3+} aufweisen. Ein bevorzugtes Oxidationsmittel ist Ammoniumpersulfat. Das Oxidationsmittel ist in einer Menge im Bereich von 0,05 bis 5,0 Gewichts-% verwendbar. Das Oxidationsmittel ist vorzugsweise in einer Menge im Bereich von 0,1 bis 2,0 Gewichts-% vorhanden.

[0028] Die chemisch-mechanische Zusammensetzung dieser Erfindung kann optional mindestens einen Chelatbildner aufweisen. Es wurde festgestellt, dass die Beimischung eines Chelatbildners zu den chemisch-mechanischen Zusammensetzungen dieser Erfindung die Reinigungsfähigkeit der mit Zusammensetzungen dieser Erfindung polierten Substrate verbessert. Es wird davon ausgegangen, dass die Reinigungsfähigkeit von Substraten gesteigert wird, weil der Chelatbildner freie Ionen in der Zusammensetzung bindet, die sich andernfalls auf dem Mikroplättchen ablagern würden.

[0029] Verwendbare Chelatbildner umfassen Chelatbildner, die freie Ionen in den Zusammensetzungen dieser Erfindung binden. Beispiele verwendbarer Chelatbildner umfassen Polykarbonsäure wie zum Beispiel Zitronensäure, EDTA (Ethyldiamintetraessigsäure), Triethanolamin und Benzonitril, Adipinsäure, Malonsäure, Oxalsäure, Phosphonsäure, Phosphorsäure und deren Salze. Falls verwendet, sollten Chelatbildner in der Zusammensetzung in einer Menge im Bereich von 0,05 bis 5,0 Gewichts-%, und vorzugsweise von 0,1 bis 1,5 Gewichts-% vorhanden sein.

[0030] Die chemisch-mechanische Zusammensetzung dieser Erfindung kann alleine oder gemeinsam mit einem Schleifmittel verwendet werden, um einen chemisch-mechanischen Polier-„Schlamm“ zu ergeben. In Verbindung mit den Zusammensetzungen der vorliegenden Erfindung verwendbare Schleifmittel umfassen Metalloxidschleifmittel. Das Metalloxidschleifmittel kann aus der aus Aluminiumoxid, Titanerde, Zirkon, Germanium, Kieselerde, Zer(IV)-oxid bestehenden Gruppe und aus daraus bestehenden Beimischungen ausgewählt werden. Außerdem können verwendbare Schleifmittel das Ergebnis der Mischung von zwei Vorstufen von zwei

oder mehr Metalloxiden sein, um eine chemische Beimischung eines gemischten Metalloxidschleifmittels zu ergeben. So kann Aluminiumoxid zum Beispiel mit Kieselerde oder mit der Kombination Aluminiumoxid-Kieselerde mitgebildet werden.

[0031] Verwendbare Metalloxidschleifmittel können mit beliebigen, Fachleuten auf diesem Gebiet bekannten Techniken, einschließlich Hochtemperaturverfahren wie zum Beispiel Sol-Gel-, Hydrothermal- oder Plasmaverfahren, oder durch Verfahren zur Herstellung geräucherter oder niedergeschlagener Metalloxide hergestellt werden. Pulverisierte oder zerkleinerte Metalloxidschleifmittel sind in dem chemisch-mechanischen Polierschlamm dieser Erfindung ebenfalls verwendbar und können durch Zermahlen oder Mahlen unter Verwendung herkömmlicher Herstellungstechniken wie zum Beispiel Strahlmahlen, Kugelmahlen, Perlmahlen und anderer Mahl- und Pulverisierungstechniken und -verfahren hergestellt werden, die Fachleuten auf diesem Gebiet bekannt sind.

[0032] Bevorzugte, für die chemisch-mechanischen Polierschlämme dieser Erfindung geeignete Schleifmittel sind Kieselerde und Zeroxid (Zer(IV)-oxid), wobei geräucherte Kieselerde am meisten bevorzugt wird. Andere geeignete Kieselerdeschleifmittel können durch Verfahren wie zum Beispiel Sol-Gel-, Hydrothermal-, Plasmaverfahren, Flammenpyrolyse oder durch andere Verfahren zur Herstellung von Metalloxiden hergestellt werden.

[0033] Pulverisierte Schleifmittel sind ebenfalls für diese Erfindung geeignet. Jedes beliebige pulverisierte Metalloxidschleifmittel kann in einem chemischmechanischen Polierschlamm dieser Erfindung verwendet werden. Es wird jedoch pulverisiertes Zeroxid bevorzugt. Das Zeroxidschleifmittel wird in einer Medienmühle gemahlen, um pulverisiertes Zer(IV)-oxid zu erhalten. Bei den ursprünglichen Zeroxidpartikeln kann es sich entweder um rohes Zeroxid oder niedergeschlagenes und ausgeglühtes Zeroxid oder um eine Kombination derselben handeln. Das Mahlen kann in einem wässrigen Medium unter Verwendung jeder beliebigen Art von Zermahl- oder Mahlvorrichtung wie zum Beispiel Strahlmahlen oder Kugelmahlen erfolgen. Ein bevorzugter Mahlmechanismus ist eine Medienmühle mit entweder Yttrium-Tetragonal-Zirkonoxid (YTZ) oder Zirkonsilikatmedien. Bei dem Mahlverfahren kann ein Dispersionsmittel oder ein sterischer Stabilisator verwendet werden.

[0034] Das bevorzugte pulverisierte Metalloxidschleifmittel weist eine enge Partikelgrößenverteilung mit einer mittleren Partikelgröße (das heißt Aggregatpartikel oder Einzelpartikel) von weniger als 0,5 Mikron auf. Die Partikel können nach dem Mahlen verdünnt und gefiltert werden. Vorzugsweise liegen die Partikelgrößen des pulverisierten Metalloxidschleifmittels nach der Filtration im Bereich von 40 bis 1000 nm, und vorzugsweise im Bereich von 100 bis 300 nm. Das bevorzugte pulverisierte Schleifmittel sollte weniger als 10 Gewichts-% an Partikeln mit einer mittleren Partikelgröße von mehr als 0,6 μm enthalten.

[0035] Niedergeschlagenes Zeroxid ist ein geeignetes Schleifmittel für chemisch-mechanisches Oxidpolieren. Niedergeschlagene Zeroxidpartikel werden aus einer Vielfalt von Vorstufen einschließlich Azetaten, Karbonaten und Hydroxiden und Nitratsalzen von Zer hergestellt. Die mittlere Partikelgröße von niedergeschlagenen Zeroxidpartikeln kann im Bereich von 10 bis 500 nm liegen, wobei die bevorzugte Größe von niedergeschlagenen Zeroxidpartikeln im Bereich von 30 bis 300 nm liegt.

[0036] Ein weiteres geeignetes Schleifmittel ist geräucherte Kieselerde. Die Herstellung geräucherter Metalloxide ist ein gut bekannter Vorgang, der die Hydrolyse geeigneten feed stock vapor =Rohstoffdampfes (wie zum Beispiel Siliziumtetrachlorid für ein Kieselerdeschleifmittel) in einer Flamme aus Wasserstoff und Sauerstoff umfasst. Bei dem Verbrennungsvorgang werden geschmolzene, grob kugelförmige Partikel ausgebildet. Die Durchmesser der Partikel verändern sich durch Verfahrensparameter, wobei diese typischerweise als Primärpartikel bezeichneten, geschmolzenen Kugeln aus Kieselerde oder einem ähnlichen Oxid miteinander verschmelzen, indem sie an ihren Kontaktstellen so miteinander kollidieren, dass sie verzweigte, dreidimensionale kettenähnliche Aggregate ausbilden. Die zum Brechen dieser Aggregate notwendige Kraft ist beträchtlich, und oftmals irreversibel. Während dem Abkühlen und Sammeln erfahren die Aggregate weitere Kollisionen, die möglicherweise in einer die Ausbildung von Aggregaten verursachenden mechanischen Verhakung resultieren.

[0037] Ein bevorzugtes Metalloxid weist eine Oberfläche auf, wie sie nach dem Verfahren von S. Brunauer, P. H. Emmet und I. Teller, J. Am. Chemical Society, Band 60, Seite 309 (1938), allgemein als BET bezeichnet, berechnet wird, wobei sie im Bereich von 5 m^2/g bis 430 m^2/g , und vorzugsweise von 30 m^2/g bis 170 m^2/g liegt. Auf Grund strenger Reinheitsanforderungen der Industrie für integrierte Schaltungen sollte es sich bei dem bevorzugten Metalloxid um eines mit hoher Reinheit handeln. Hochrein bedeutet, daß der Gesamtverunreinigungsgehalt von Quellen wie zum Beispiel Rohmaterialverunreinigungen und Verarbeitungs-Verunreinigungsursachen typischerweise unter 1%, und vorzugsweise unter 0,01 (das heißt 100 ppm) liegt.

[0038] Bei einer bevorzugten Ausführung besteht das Metalloxidschleifmittel aus Metalloxidaggregaten, wobei 99 Gewichts-% der Partikel einen Durchmesser von weniger als 1,0 Mikron, einen durchschnittlichen Aggregatdurchmesser von weniger als 0,4 Mikron, und eine Kraft aufweisen, die ausreicht, um die van der Waals-Kräfte zwischen Schleifmittelaggregaten selbst abzuwehren und zu überwinden. Es wurde festgestellt, dass solche Metalloxidschleifmittel wirksam bei der Minimierung oder Vermeidung von Kratzern, Mulden, abgelösten Partikeln und anderen, während dem Schleifen entstehenden Oberflächenfehlern sind. Die Aggregat-

größenverteilung bei der vorliegenden Erfindung kann unter Verwendung bekannter Techniken wie zum Beispiel der Transmissions-Elektronenmikroskopie (TEM) bestimmt werden. Der durchschnittliche Aggregatdurchmesser bezieht sich auf den durchschnittlichen gleichwertigen kugelförmigen Durchmesser unter Verwendung der TEM-Bildanalyse, das heißt auf der Grundlage der Querschnittsfläche des Aggregates. Das Oberflächenpotential oder die Hydrationskraft der Metalloxidpartikel müssen ausreichend sein, um die van der Waals-Anziehungskräfte zwischen den Partikeln abzuwehren und zu überwinden.

[0039] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführung kann das Metalloxid-Schleifmittel aus diskreten, individuellen Metalloxid-Partikeln bestehen, die einen Partikeldurchmesser von weniger als 0,5 Mikron (500 nm) und eine Oberfläche im Bereich von 10 m²/g bis 250 m²/g aufweisen.

[0040] Ein chemisch-mechanischer Polierschlamm dieser Erfindung weist 2 Gewichts-% bis 25 Gewichts-% Metalloxidschleifmittel und vorzugsweise 2 Gewichts-% bis 15 Gewichts-% Metalloxidschleifmittel auf.

[0041] In den chemisch-mechanischen Polierschlämmen der Erfindung verwendbare Metalloxidschleifmittel sind als konzentrierte wässrige Metalloxiddispersion in das wässrige Medium des Polierschlammes integriert, und weisen 3% bis 55% an Feststoffen, und vorzugsweise zwischen 30% und 50% an Feststoffen auf. Die wässrige Metalloxiddispersion kann unter Verwendung herkömmlicher Techniken, wie beispielsweise langsamem Beimischen des Metalloxidschleifmittels zu einem geeigneten Medium, zum Beispiel entionisiertem Wasser, zur Bildung einer kolloiden Dispersion hergestellt werden. Die Dispersionen werden typischerweise fertiggestellt, indem sie Fachleuten in diesem Bereich bekannten Schermischbedingungen ausgesetzt werden.

[0042] Bei dem in einem chemisch-mechanischen Polierschlamm der vorliegenden Erfindung verwendbaren schleifmittel kann es sich um eine Mischung der oben beschriebenen Schleifmittel handeln. So können zum Beispiel niedergeschlagenes Zeroxid, pulverisiertes Zeroxid (auch als Zer(IV)-oxid bezeichnet) und geräucherter Kieselerde in den chemisch-mechanischen Polierschlamm der vorliegenden Erfindung integriert werden. Weitere Kombinationen von Schleifmitteln sind ebenfalls in dem chemischmechanischen Polierschlamm verwendbar. Zusätzlich könnte die Schleifmittelmischung jedes relative Verhältnis von einem Schleifmittel zu einem anderen aufweisen. So wurde zum Beispiel eine Kombination aus 5 bis 100 Gewichts-% des oben beschriebenen pulverisierten Oxidschleifmittels mit etwa 0 bis 95 Gewichts-% niedergeschlagenem Schleifmittel als bei Flachgrabenisoliationsanwendungen (STI/Shallow Trench Isolation) wirksamer, schleifender chemisch-mechanischer Polierschlamm befunden.

[0043] Im Handel erhältliche niedergeschlagene Zeroxide, die mit einem pH-Wert von etwa 1,5 verkauft werden, sind als chemisch-mechanische Polierschlämme unwirksam. Wir haben jedoch entdeckt, dass eine bedeutende Anhebung des pH-Wertes des im Handel erhältlichen Schlammes auf etwa 3,5 einen zum Flachgrabenisoliationspolieren (STI /Shallow Trench Isolation) geeigneten chemischmechanischen Polierschlamm ergibt. Weiterhin haben wir überraschenderweise entdeckt, dass ein chemischmechanischer Polierschlamm mit der oben offenbarten Zusammensetzung und dem oben offenbarten pH-Wert eine hohe Oxidschichtabtragungsrate und eine niedrige Nitridschichtabtragungsrate aufweist.

[0044] Der chemisch-mechanische Polierschlamm dieser Erfindung muss einen pH-Wert von 3,0 bis 11,0 aufweisen, um wirksam zu sein. Noch vorteilhafter liegt der pH-Wert des Schlammes im Bereich von 3,5 bis 6,0, und am vorteilhaftesten beträgt der pH-Wert 3,8 bis 5,5. Der pH-Wert des Schlammes wird durch die Beimischung einer beliebigen Base zu der Zusammensetzung, und vorzugsweise durch die Beimischung einer Nichtmetallbase wie zum Beispiel Ammoniumhydroxid zu dem Schlamm reguliert.

[0045] Die chemisch-mechanische Zusammensetzung dieser Erfindung kann eine oder mehrere Puffersubstanzen aufweisen. Der Zweck der Puffersubstanz besteht darin, die Aufrechterhaltung des pH-Wertes der Zusammensetzung innerhalb des gewünschten Bereiches, und am vorteilhaftesten im Bereich von 3,8 bis 5,5 zu unterstützen.

[0046] Jede beliebige Puffersubstanz, die zur Aufrechterhaltung des pH-Wertes der Zusammensetzung in dem gewünschten Bereich in der Lage ist, kann verwendet werden. Am vorteilhaftesten handelt es sich bei Puffersubstanzen um Ammoniumformiat oder um Ameisensäure. Eine in der Zusammensetzung verwendete Puffersubstanz liegt typischerweise im Bereich von 0,01 bis 5,0 Gewichts-% und am vorteilhaftesten von 0,05 bis 0,5 Gewichts-%.

[0047] Zur weiteren Stabilisierung eines Polierschlammes dieser Erfindung gegen Verfestigung, Ausflockung und Zersetzung des Oxidationsmittels kann eine Vielfalt weiterer optionaler Zusätze wie zum Beispiel grenzflächenaktive Stoffe, Polymerstabilisatoren oder andere grenzflächenaktive Dispersionsmittel verwendet werden. Der grenzflächenaktive Stoff kann anionisch, kationisch, nichtionisch, amphoter sein, und es können Kombinationen aus zwei oder mehr grenzflächenaktiven Stoffen verwendet werden. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Beimischung eines grenzflächenaktiven Stoffes nützlich sein kann, um die „Within-wafer-non-uniformity“/„mikroplättcheninterne Ungleichförmigkeit“ (WIWNU) der Mikroplättchen zu verbessern, und dadurch die Oberfläche des Mikroplättchens zu verbessern und Mikroplättchenfehler zu verringern.

[0048] Im Allgemeinen sollte die Menge eines bei der vorliegenden Erfindung verwendeten Zusatzes, wie zum Beispiel eines grenzflächenaktiven Stoffes ausreichen, um eine wirksame sterische Stabilisierung des Schlammes zu erreichen, wobei sie typischerweise in Abhängigkeit von dem bestimmten ausgewählten,

grenzflächenaktiven Stoff und der Art der Oberfläche des Metalloxidschleifmittels variiert. Wenn zum Beispiel nicht genügend von einem ausgewählten grenzflächenaktiven Stoff verwendet wird, so wird er nur eine geringe oder gar keine Wirkung auf die Stabilisierung ausüben. Wenn andererseits zu viel von einem grenzflächenaktiven Stoff verwendet wird, kann dies eine nicht wünschenswerte Schaumbildung und/oder Ausflockung in dem Schlamm zum Ergebnis haben. Folglich sollten Zusätze wie zum Beispiel grenzflächenaktive Stoffe im Allgemeinen in einer Menge in einem Bereich von 0,001 Gewichts-% bis 10 Gewichts-% vorhanden sein. Weiterhin können die Zusätze dem Schlamm direkt beigemischt, oder unter Verwendung bekannter Techniken auf der Oberfläche des Metalloxidschleifmittels eingearbeitet werden. In beiden Fällen wird die Menge des Zusatzes angepasst, um die gewünschte Konzentration in dem Polierschlamm zu erreichen.

[0049] Die chemisch-mechanischen Polierzusammensetzungen und Schlämme dieser Erfindung sind zur selektiven Abtragung der Siliziumdioxidschicht von Schichtsubstraten mit sehr hohen Raten in der Lage. Weiterhin verhindern die Zusammensetzungen und Schlämme dieser Erfindung das Polieren von Siliziumnitrid von Schichtsubstraten. Eine bedeutende Anwendung für die chemischmechanischen Polierzusammensetzungen und Schlämme dieser Erfindung ist die Herstellung von integrierten Schaltungen und Halbleitern. Bei einer solchen Polieranwendung tragen die Zusammensetzungen und Schlämme dieser Erfindung wirksam Siliziumdioxid zur Flachgrabenisolation (STI/Shallow Trench Isolation) ab.

[0050] Die Zusammensetzungen und Schlämme dieser Erfindung weisen vorzugsweise eine Oxidabtragungsrate von 1200 Å/min. bis 6000 Å/min. oder mehr, bei einer Oxid-Nitridselektivität von 5 bis 100 oder mehr, und vorzugsweise von 15 bis 50 oder mehr auf.

[0051] Die Zusammensetzungen und Schlämme der vorliegenden Erfindung können in einem Einzelpaket integriert sein, welches eine wässrige Zusammensetzung aus mindestens einer Karbonsäure, einer löslichen Zerverbindung, einem Salz, einem optionalen Schleifmittel und optionalen Zusätzen bei dem geforderten pH-Wert umfasst. Um über die Zeit Veränderungen der Aktivität des Schlammes zu verhindern, kann es vorteilhaft sein, mindestens ein Zwei-Paketsystem zu verwenden, wovon das erste Paket mindestens eine Karbonsäure, ein Salz und eine lösliche Zerverbindung mit beliebigem pH-Wert, und das zweite Paket das optionale Schleifmittel mit beliebigem pH-Wert umfasst. Diese zwei Pakete werden so konzipiert, dass wenn sie gemischt werden, die verwendbare Zusammensetzung innerhalb des geforderten pH-Wertbereiches liegt. Alternativ können die Komponenten in einem Behälter in trockener Form vorhanden sein, während die Komponente in dem anderen Behälter in Form einer wässrigen Dispersion vorhanden ist. Weitere Zwei-Behälter-Kombinationen der Bestandteile des chemisch-mechanischen Polierschlammes dieser Erfindung liegen innerhalb der Kenntnis von gewöhnlichen Fachleuten auf diesem Gebiet.

[0052] Bei dem geforderten pH-Wert erhöht sich die Siliziumnitridabtragungsrate durch die Zusammensetzungen und Schlämme der vorliegenden Erfindung nicht bedeutend. Es erhöht sich jedoch bei der Zusammensetzung und dem Schlamm dieser Erfindung die Abtragungsrate von Siliziumdioxid im Vergleich zu bekannten Schlämmen bedeutend. Der Polierschlamm der vorliegenden Erfindung kann während der verschiedenen Stufen der Herstellung von Halbleitern mit integrierten Schaltungen verwendet werden, um eine wirksame Abtragung von Siliziumoxidschichten mit gewünschten Abtragungsraten bei gleichzeitiger Minimierung von Oberflächenfehlern und – defekten bereitzustellen.

BEISPIEL

[0053] Die folgenden Beispiele veranschaulichen die bevorzugten Ausführungsformen dieser Erfindung sowie bevorzugte Verfahren zur Verwendung von Zusammensetzungen dieser Erfindung. Alle Zusammensetzungen und Schlämme wurden bei einem Flachgrabenisolutions-Polierprotokoll (STI/Shallow Trench Isolation) wie unten beschrieben verwendet.

[0054] Die chemisch-mechanischen Polierschlämme wurden zum chemisch-mechanischen Polieren von Roh-PETEOS und Siliziumnitrid unter Verwendung eines von Rodel Inc., hergestellten IC1000/SUBA IV-Kissen-Stapels verwendet. Der Poliervorgang wurde unter Verwendung eines IPEC/WESTECH 472-Werkzeuges zum chemisch-mechanischen Polieren bei einer nach unten gerichteten Kraft von 62 kPa (9 psi), einem Schlammumsatz von 140 ml/min., einer Plattendrehzahl von 35 U/min. und einer Trägerdrehzahl von 24 U/min durchgeführt.

VERGLEICHBSBEISPIEL 1

Formulierungen für pulverisiertes Zer(IV)-oxid

[0055] Es wurde ein pulverisierter Zer(IV)-oxidschlamm zubereitet, um seine Fähigkeit zum Polieren von Rohsiliziumdioxid und Nitridmikroplättchen zu bewerten. Rhoditqualität 400 HS-Zer(IV)-oxid mit Partikelgrößen von etwa 2–4 µm wurde von Universal Photonics, Hicksville, New York, bezogen und unter Verwendung einer Rühr-Perlenreimbühle auf eine primäre mittlere Partikelgröße von 150 nm pulverisiert. Die Pulverisierung wur-

de unter Nassbedingungen durchgeführt, so dass der sich daraus ergebende Schlamm nach dem Pulverisierungsvorgang einen pH-Wert von etwa 7,5–8,5 und 20–30% Feststoffe aufwies.

[0056] Der Schlamm wurde dann verdünnt, und der pH-Wert so angepasst, dass die in Tabelle 1 aufgeführten Schlämme erzeugt wurden. Die Schlämme wurden zum Polieren von Substraten nach dem oben beschriebenen Verfahren verwendet.

Tabelle 1

Schlamm Nr.	pH- Wert	Feststoff- fe in %	PETEOS- Abtra- gungs- rate Å /min.	Nitrid- Abtra- gungs- rate Å /min.	Selektiv- tät
1	8	4,0	925	1050	0,89
2	8	5,0	4337	1137	3,81
3	8	7,5	4800	1130	4,25
4	8	10,0	5145	1153	4,46
5	10	4,0	4342	1101	3,95
6	10	10,0	4344	1015	4,28

[0057] Die pulverisierten Zer(IV)-oxidschlämme wurden zum Polieren verwendet. Die Daten zeigen, dass die pulverisierten Zer(IV)-oxidschlämme sehr hohe PETEOS (Siliziumoxidschicht)-Abtragungsraten ergeben.

BEISPIEL 1

Formulierungen für niedergeschlagenes Zer (IV) – oxidnitrat

[0058] Ein stabilisierter Zer(IV)-oxidnitratschlamm mit niedergeschlagenen Zer(IV)-oxidpartikeln, Salpetersäure, Essigsäure, einem pH-Wert = 1,8 und mit 20% Feststoffen, wurde von Nyacol Products (Ashland, MA) bezogen. Der pH-Wert des Schlammes wurde durch die Beimischung von Ammoniumhydroxid auf etwa 4,2–6,8 eingestellt.

[0059] Die Schlämme wurden zum Polieren von Substraten nach dem oben beschriebenen Verfahren verwendet. Die Polierergebnisse sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2

Schla mm Nr.	pH- Wert	Fest- stof- fe in %	Zusät- ze	PETEOS- Abtra- gungs- rate Å /min.	Nitrid- Abtra- gungs- rate Å /min.	Selek- tivität
7	4,2	20		406	14,5	28
8	5,8	20		281	208	1,35
9	6,1	20		241	281	0,86
10	6,2	20		163	354	0,46

[0060] Die Polierdaten zeigen, dass die Selektivität bei dem niedrigsten pH-Wert (4,2) hoch ist, die Oxidabtragungsraten insgesamt jedoch niedrig sind.

BEISPIEL 2

Formulierungen für niedergeschlagenes Zr (IV) -oxid-Azetat

[0061] Ein kolloider Zr(IV)-oxidazetatschlamm mit Ce^{3+} und Ce^{4+} und Essigsäure (pH-Wert = 1,8 und mit 20% Feststoffen), wurde von Nyacol Products (Ashland, MA) bezogen. Der pH-Wert des Schlammes wurde auf 4,5, und der Feststoffanteil auf 15% angepasst. Der Schlamm wurde nach den in Beispiel 1 verwendeten Verfahren auf das Substrat aufgetragen, und es wurde als Ergebnis eine Oxidschichtabtragungsrate von 117 Å/min., und eine Nitridschichtabtragungsrate von 10,5 Å/min. bei einer Oxid-Nitridselektivität von 11,1 erzielt.

VERGLEICHBSBEISPIEL 2

Formulierungen für zerkleinertes/niedergeschlagenes Zr (IV)-oxid

[0062] Ein aus unterschiedlichen Gewichts-%-Mengen des pulverisierten Zr(IV)-oxidschlammes bestehender Zr(IV)-oxidschlamm, der wie in dem Vergleichsbeispiel 1 beschrieben hergestellt wurde, und von Nyacol Products (Ashland, MA) bezogenes niedergeschlagenes Zr(IV)-oxid wurden wie in Tabelle 3 dargestellt formuliert. Die Schlämme wurden zum Polieren von Substraten nach den in Beispiel 1 verwendeten Verfahren verwendet, wobei die Poliererergebnisse in Tabelle 3 unten aufgeführt sind.

Tabelle 3

Schla mm Nr.	pH- Wert	Fest- stoffe insge- samt in %	Pulve- risier- tes Zer(IV) -oxid im Schlamm in %	PETEO S- Abtra- gungs- rate Å /min.	Nit- rid- Abtra- gungs- rate Å /min.	Selek- tivi- tät
11	4	8	20	1595	108,4	14,71
12	4	8	40	2168	183,4	11,82
13	4	8	60	3356	826,5	4,06
14	4	8	80	4785	209,1	22,88

[0063] Durch die Ergebnisse wird aufgezeigt, dass ein 80% pulverisiertes Zer(IV)-oxid und 20% niedergeschlagenes Zer(IV)-oxid enthaltender Schlamm zum chemischmechanischen Polieren die am meisten gewünschten Eigenschaften mit hohen PETEOS-Raten, niedrigen Nitridraten und hoher Selektivität hervorbrachte.

BEISPIEL 3

Chemische Formulierung unter Verwendung von pulverisiertem Zer (IV) -oxid

[0064] Ein Schlamm, der aus L-90, das heißt von Cabot Corporation hergestellten, und unter dem Warenzeichen CAB-O-SIL® verkauften, geräucherten Kieselerdepartikeln, Ammonium-Zer(III)-nitrat, Essigsäure mit variierenden Prozentsätzen und entionisiertem Wasser bestand, wurde wie in Tabelle 4 dargestellt formuliert. Alle Schlämme wurden nach Einbeziehung von Additiven auf einen pH-Wert = 4 angepasst. Die Schlämme wurden nach den in Beispiel 1 verwendeten Verfahren auf das Substrat aufgetragen.

Tabelle 4

Schlamm	Kieselerde in Gewichts-%	Ammonium-Zer(II)-nitrat in Gewichts-%	Essigsäure in Gewichts-%	Nitrid-Abtragsrate Å/min.	PETEOS-Abtragsrate Å/min.	Selektivität
20	4	0,1	0,1	58	280	4,83
21	4	0,1	1	52	253	4,87
22	4	0,65	0,5	59	619	10,49
23	4	1	0,1	44	1535	34,89
24	4	1	1	312	1524	4,88
25	4	1	0	104,62	1337,9	12,79
26	4	2	0,05	57,51	1103	19,18
27	4	3	0,1	89,99	835,8	9,29
28	4	1	0,5	71,5	803,1	11,23
29	4	2	0,1	24,1	346,6	14,38
30	4	2	0,5	71,1	768,0	10,8

[0065] Hohe PETEOS-Abtragsraten und niedrige Nitridabtragsraten wurden mit hohem (1% Nitrat) Nitratgehalt und niedrigem (0,1%) Essigsäuregehalt erzielt.

BEISPIEL 4

Chemische Formulierung unter Verwendung von Kieselerde pH-Wert-Test

[0066] Ein Schlamm, der aus 4 Gewichts-% geräucherter CAB-O-Sil® L-90-Kieselerde, 1,8 Gewichts-% Ammonium-Zer(III)-nitrat und 0,6 Gewichts-% Essigsäure mit variierenden Prozentsätzen bestand, wurde wie in Tabelle 5 dargestellt formuliert. Die pH-Werte der Schlämme variierten zwischen 4,0 und 5,0. Die Schlämme wurden nach den in Beispiel 1 verwendeten Verfahren auf das Substrat aufgetragen.

Tabelle 5

Schlamm	Kieselerde in Gewichts-%	pH-Wert	Essigsäure in Gewichts-%	Nitrid-Abtragungsrate	PETEOS-Abtragungsrate	Selektivität
31	4	4,0	0,6	114	1713,7	15,03
32	4	4,3	0,6	141	1988,9	14,11
33	4	4,7	0,6	199	2810,5	14,12
34	4	5,0	0,6	219	2355	10,75

[0067] Es wurden hohe PETEOS-Abtragungsraten erzielt, und die Selektivität war bei jedem Schlamm sehr gut. Die Ergebnisse zeigen auf, dass der pH-Wert eine starke Wirkung auf die PETEOS-Abtragungsraten ausübt, wobei die optimale Oxidabtragungsrate bei einem pH-Wert von etwa 4,7 erzielt wird (**Fig. 1**).

BEISPIEL 5

[0068] Ein aus 1,8 Gewichts-% Ammonium-Zer(III)-nitrat, 0,8 Gewichts-% Essigsäure und entionisiertem Wasser bestehender Schlamm wurde zum Polieren von PETEOS- und Siliziumnitridmikroplättchen nach dem Verfahren von Beispiel 1 verwendet. Der pH-Wert des Schlammes wurde auf 4,5 angepasst. Die Zusammensetzung polierte PETEOS mit 690 A/min. und Siliziumnitrid mit 23 A/min., was eine PETEOS-Selektivität von 30 ergibt.

BEISPIEL 6

[0069] Ein aus 4,0 Gewichts-% Zer und 4,0 Gewichts-% Kieselerde bestehender chemisch-mechanischer Polierschlamm mit einem pH-Wert von 4,5 wurde durch die Kombination passender Mengen von (1) 20 Gewichts-% von Nyacol Products (Ashland, MA) hergestellter, und in Beispiel 2 beschriebener, kolloider Zerlösung; (2) von Cabot Corporation hergestellter, und unter dem Warenzeichen CAB-O-SIL® verkaufter, geräucherter L-90-Kieselerde; und (3) entionisiertem Wasser zubereitet. Der pH-Wert des Schlammes wurde mit Ammoniumhydroxid auf 4,5 angepasst. Der Schlamm enthielt 0,15 Gewichts-% Ammoniumpersulfat.

[0070] Vor dem Testen wurden dem Schlamm unterschiedliche Mengen von EDTE (Ethylendiamintetraessigsäure) oder Zitronensäure-Chelatbildnern beigemischt. Die Schlämme wurden dann nach dem Verfahren von Beispiel 1 getestet. Die Testergebnisse sind in Tabelle 6 unten aufgeführt.

Tabelle 6

Chelat- bildner	Chelat- bildner (Ge- wichts-%)	Oxidab- tragungs- rate	Nitrid- Abtra- gungsrate	Reinigung nach dem chemisch- mechani- schen Po- lieren (LPD/ Licht- punktde- fekte)
EDTE-K	0	3870	19	> 20.000
EDTE-K	0,1	2731	11	977
EDTE-K	0,2	1806	12	169
EDTE-K	0,3	1381	11	45
Zitronen- säure	0	4241	20	3772
Zitronen- säure	0,10%	2095	34	516
Zitronen- säure	0,20%	1625	68	28

[0071] Durch die Erhöhung der Menge an Dikalium-EDTE (Ethylendiamintetraessigsäure) in dem Schlamm wird die Oxidabtragungsrate erhöht. Durch die Erhöhung der Konzentration von Dikalium-EDTE (Ethylendiamintetraessigsäure) verringern sich jedoch die Lichtpunktdefekte, die Anzahl von Partikeln auf dem Mikroplättchen nach der Reinigung nach dem chemischmechanischen Polieren bedeutend.

BEISPIEL 7

[0072] In dem Beispiel wurde die Polierwirksamkeit von Zusammensetzungen dieser Erfindung ohne und mit einem Oxidationsmittel bewertet. Es wurden aus 4,0 Gewichts-% kolloidem Zer(IV)-oxid mit Ce^{4+} -Ionen und 4,0 Gewichts-% Kieselerde bestehende Schlämme mit einem pH-Wert von 4,5 nach dem in Beispiel 6 beschriebenen Verfahren formuliert. Die Schlämme wurden nach dem Verfahren von Vergleichsbeispiel 1, und ohne bzw. mit Beimischung von 0,15 Gewichts-% Ammoniumpersulfat getestet. Die Testergebnisse sind in Tabelle 7 unten aufgeführt.

Tabelle 7

Ohne Oxidationsmittel				Mit Oxidationsmittel		
Ferti- gungs- los	Oxid- rate (Å /min.)	Nit- ridra- te (Å /min.)	Selek- tivi- tät	Oxid- rate (Å /min.)	Nit- ridra- te (Å /min.)	Selek- tivi- tät
1	2822	472	5,98	3255	28,9	112,6
2	3394	373	9,10	3513	22,8	154,1
3	3640	319	11,42	3428	25,8	132,9
4	2929	473	6,19	3711	36,1	102,8
5	1734	856	2,02	3880	46,5	83,4

[0073] Die in Tabelle 7 aufgeführten Ergebnisse zeigen auf, dass ohne Ammoniumpersulfatoxidationsmittel jedes Fertigungslos von Zer(IV)-oxid unterschiedliche Polieraten und annehmbare, jedoch niedrige Nitridselektivitäten aufweist. Die Leistung derselben Fertigungslose nach der Beimischung von 0,15 Gewichts-% Ammoniumpersulfat ist einheitlicher, und die Schlämme weisen hohe Nitridselektivitäten auf.

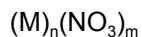
Patentansprüche

1. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung, die folgendes umfasst:
Ein Salz und/oder Salpetersäure;
lösliches Zer;
Karbonsäure oder ein Salz derselben, wobei die Zusammensetzung einen pH-Wert von 3 bis 11 aufweist.

2. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass der pH-Wert 3,8 bis 5,5 beträgt.

3. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Salz um ein Nitratsalz handelt.

4. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Nitratsalz um eine Verbindung mit der folgenden Formel handelt:



wobei n und m beide ganze Zahlen sind, und wobei dann, wenn $n = m$, M ein Alkalierdenmetall, H, NH_4 oder NR_4 ist, wobei es sich bei R um eine Alkylgruppe handelt, die 1 bis 10 Kohlenstoffatome aufweist, und wobei dann, wenn $n \neq m$, M ein mehrwertiges Kation oder Metall, oder eine Kombination aus mehrwertigen Kationen und einwertigen Kationen ist.

5. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass sie 0,05 bis 6,0 Gewichts-% Nitratsalz aufweist.

6. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Nitratsalz um Ammonium-Zer(III)nitrats handelt.

7. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die Karbonsäure aus monofunktionalen Säuren, difunktionalen Säuren und aus deren Salzen ausgewählt ist.

8. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Karbonsäure um mindestens eine aus der aus Essigsäure, Adipinsäure, Buttersäure, n-Kaprinsäure, n-Karronsäure, n-Kaprylsäure, Zitronensäure, D-Glukozuckersäure, Glykolsäure, Ameisensäure, Fumarsäure, Milchsäure, Laurinsäure, Apfelsäure, Maleinsäure, Malonsäure, Myristizinsäure, Oxalsäure, Palmitinsäure, Phthalsäure, Propionsäure, Brenztraubensäure, Stearinsäure, Bernsteinsäure, Weinsäure, Valeriansäure, 2-(2-Methoxyethoxy)-essigsäure, 2-[2-(2-Methoxyethoxy)-ethoxy]-essigsäure und Poly(ethylenglykol)-di-(karboxymethyl)-ether bestehenden Gruppe und aus daraus bestehenden Mischungen ausgewählte Verbindung handelt.

9. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Karbonsäure um Essigsäure handelt.

10. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie 0,05 bis 10,0 Gewichts-% Karbonsäure aufweist.

11. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass sie 0.1 bis 3.0 Gewichts-% Karbonsäure aufweist.

12. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie 0.05 bis 10 Gewichts-% lösliches Zer aufweist.

13. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem löslichen Zer um mindestens eine aus Ammoniumzerset, Zeressigsäure, Zersetfathydrat, Zerhydroxid, Zerbromat, Zerbromid, Zerchlorid, Zeroxalat, Zernitrat, Zerkarbonat und aus daraus bestehenden Mischungen ausgewählte Verbindung handelt.

14. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Salz und dem löslichen Zer um Ammonium-Zer(III)-nitrat handelt.

15. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass sie 0,1 bis 4,0 Gewichts-% Ammonium-Zer(III)nitrat aufweist.

16. Chemisch-mechanischer Polierschlamm, der folgendes umfasst:

Ein Salz und/oder Salpetersäure:

lösliches Zer:

Karbonsäure oder ein Salz derselben; und

ein Schleifmittel.

wobei die Zusammensetzung einen pH-Wert von 3 bis 11 aufweist.

17. Chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass er 1 bis 25 Gewichts-% Schleifmittel aufweist.

18. Chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Schleifmittel um ein Metalloxid handelt.

19. Chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Metalloxidschleifmittel um mindestens eine aus der aus Aluminiumoxid, Titanerde, Zirkonium, Germanium, Kieselerde, Zeroxid bestehenden Gruppe oder Mischung, und aus daraus bestehenden Beimischungen ausgewählte Verbindung handelt.

20. Chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Schleifmittel um eine aus mindestens zwei aus Aluminiumoxid, Titanerde, Zirkonium, Germanium, Kieselerde, Zeroxid ausgewählten Elementaroxiden bestehende physikalische Mischung handelt.

21. Chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Schleifmittel zermahlen oder gemahlen wird.

22. Chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass er 2 bis 15 Gewichts-% Metalloxidschleifmittel aufweist.

23. Wässriger chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass er 0,5 bis 10 Gewichts-% Nitratsalz, 0,5 bis 10 Gewichts-% Karbonsäure und 0,5 bis 10 Prozent lösliches Zer aufweist.

24. Wässriger chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass er 0,1 bis 3,0 Gewichts-% Essigsäure, und 0,1 bis 4,0 Gewichts-% Ammonium-Zer(III)-nitrat aufweist, wobei der Schlamm einen pH-Wert von 3,8 bis 5,5 aufweist.

25. Chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass er 2 bis 15 Gewichts-% Metalloxidschleifmittel, 0,5 bis 10 Gewichts-% Nitratsalz und/oder Salpetersäure, 0,5 bis 10 Gewichts-% Karbonsäure oder ein Salz derselben, und 0,5 bis 10% lösliches Zer aufweist.

26. Chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass er 0,1 bis 3,0 Gewichts-% Essigsäure, 0,1 bis 4,0 Gewichts-% Ammonium-Zer(III)-nitrat, und 1,0 bis 15% geräucherte Kieselserde aufweist, wobei der Schlamm einen pH-Wert von 3,8 bis 5,5 aufweist.

27. Chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass er 0,1 bis 3,0 Gewichts-% Essigsäure, 0,1 bis 4,0 Gewichts-% Ammonium-Zer(III)-nitrat, und 1,0 bis 15% zermahlenes oder gemahlenes Zeroxid aufweist, wobei der Schlamm einen pH-Wert von 3,8 bis 5,5 aufweist.

28. Verfahren zum Abtragen mindestens eines Teils einer Siliziumdioxidschicht von einem Substrat, welches folgendes umfasst:
Mischen eines Salzes und/oder Salpetersäure, einer löslichen Zerverbindung, einer Karbonsäure oder eines Salzes derselben, und von entionisiertem Wasser, um eine chemisch-mechanische Polierzusammensetzung mit einem pH-Wert von 3,0 bis 11,0 zu erhalten;
Auftragen der chemisch-mechanischen Polierzusammensetzung auf das Substrat; und
Abtragen mindestens eines Teils der Siliziumoxidschicht von dem Substrat durch Inkontaktbringen eines Pads mit dem Substrat, und durch Bewegen des Pads im Verhältnis zu dem Substrat.

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Substrat um ein Schichtsubstrat handelt, welches mindestens eine Schicht aus Siliziumdioxid und mindestens eine Schicht aus Siliziumnitrid aufweist.

30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass das Siliziumoxid mit einer Rate abgetragen wird, die mindestens um das Fünffache größer ist als die Abtragungsrate von Siliziumnitrid.

31. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Karbonsäure um Essigsäure handelt.

32. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Salz und der löslichen Zerverbindung um Ammonium-Zer(III)-nitrat handelt.

33. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass es mindestens ein aus der aus Aluminiumoxid, Titanerde, Zirkonium, Germanium, Kieselserde, Zeroxid bestehenden Gruppe und aus daraus bestehenden Mischungen ausgewähltes Metalloxidschleifmittel umfasst.

34. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Metalloxidschleifmittel um Kieselserde handelt.

35. Verfahren zum Abtragen mindestens eines Teils einer auf einem Silizium-Mikroplättchen mit einer Siliziumnitridschicht abgelagerten Siliziumdioxidschicht, welches folgendes umfasst:
Mischen von 2 bis 15 Gewichts-% Kieselerde, von 0,1 bis 4,0 Gewichts-% Ammonium-Zer(III)-nitrat, 0,1 bis 3,0 Gewichts-% Essigsäure und von entionisiertem Wasser, um eine chemisch-mechanische Polierzusammensetzung mit einem pH-Wert von 3,8 bis 5,5 zu erhalten;
Auftragen des chemisch-mechanischen Polierschlammes auf ein Pad;
Drehen des Pads; und
Abtragen mindestens eines Teils der Siliziumoxidschicht durch Inkontaktbringen des sich drehenden Pads mit dem Mikroplättchen, und durch Drehen des Mikroplättchens im Verhältnis zu dem sich drehenden Pad.
36. Einzelpaketsystem mit einer chemisch-mechanischen Polierzusammensetzung nach Anspruch 1.
37. Mehrfachpaketsystem zur Verwendung zur Zubereitung eines chemisch-mechanischen Polierschlammes mit einem pH-Wert von 3 bis 11, welches folgendes aufweist:
Einen ersten Behälter, der eine wässrige Lösung, ein Nitratsalz und/oder Salpetersäure, eine lösliche Zerverbindung und Karbonsäure oder ein Salz derselben aufweist; und
einen zweiten Behälter, der ein dispergiertes Metalloxidschleifmittel aufweist.
38. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, 9, 3 oder die folgendes aufweist:
Lösliches Zer mit Ce^{4+} -Ionen; und ein Oxidationsmittel mit einem Oxidationspotential größer als Ce^{3+} .
39. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass sie 0,05 bis 10,0 Gewichts-% mindestens einer Karbonsäure oder eines Salzes derselben aufweist.
40. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Oxidationsmittel um Ammoniumpersulfat handelt.
41. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass sie 0,05 bis 5,0 Gewichts-% Ammoniumpersulfat aufweist.
42. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass sie 0,05 bis 10 Gewichts-% kolloides Zer aufweist.
43. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem löslichen Zer um Ammonium-Zer(III)-nitrat handelt.
44. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass sie 0,5 bis 10 Gewichts-% Ammonium-Zer(III)-nitrat aufweist.
45. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass sie mindestens einen Chelatbildner aufweist.
46. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass sie 0,05 bis 5,0 Gewichts-% eines Chelatbildners aufweist.
47. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen aus EDTE (Ethylendiamintetraessigsäure), Zitronensäure und aus daraus bestehenden Mischungen ausgewählten Chelatbildner aufweist.
48. Wässrige chemisch-mechanische Polierzusammensetzung nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass sie mindestens eine Puffersubstanz aufweist.
49. Wässriger chemisch-mechanischer Polierschlamm nach einem der Ansprüche 16 bis 20 oder 22, der folgendes aufweist:
Lösliches Zer mit Ce^{4+} -Ionen; und
ein Oxidationsmittel mit einem Oxidationspotential größer als Ce^{3+} ;
mindestens einen Chelatbildner; und
mindestens ein Schleifmittel, wobei die Zusammensetzung einen pH-Wert von 3 bis 11 aufweist.

50. Wässriger chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, dass er 0,05 bis 5,0 Gewichts-% eines Ammoniumpersulfates, 0,05 bis 5,0 Gewichts-% mindestens eines Chelatbildners, und 0,5 bis 10% lösliches Zer aufweist.

51. Wässriger chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, dass er 0,05 bis 10 Gewichts-% Ammonium-Zer(III)nitrat, 2,0 bis 15,0 Gewichts-% geräucherte Kieselerde, 0,05 bis 5,0 Gewichts-% mindestens eines Chelatbildners, und 0,05 bis 5,0 Gewichts-% Ammoniumpersulfat aufweist, wobei der Schlamm einen pH-Wert von 3,8 bis 5,5 aufweist.

52. Wässriger chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, dass der Chelatbildner aus einem EDTE (Ethylendiamintetraessigsäure)-salz, Zitronensäure und aus daraus bestehenden Mischungen ausgewählt wird.

53. Wässriger chemisch-mechanischer Polierschlamm nach Anspruch 49, " dadurch gekennzeichnet, dass er eine Puffersubstanz aufweist.

54. Verfahren zum Abtragen mindestens eines Teils einer Siliziumdioxidschicht von einem Substrat, welches folgendes umfasst:

Mischen eines Salzes und/oder Salpetersäure, einer löslichen Zerverbindung mit Ce^{4+} -Ionen, einer Karbonsäure und/oder eines Salzes derselben, eines Oxidationsmittels mit einem Oxidationspotential größer als Ce^{3+} , und von entionisiertem Wasser, um eine chemisch-mechanische Polierzusammensetzung mit einem pH-Wert von 3,0 bis 11,0 zu erhalten; Auftragen der chemisch-mechanischen Polierzusammensetzung auf das Substrat; und

Abtragen mindestens eines Teils der Siliziumoxidschicht von dem Substrat durch Inkontaktbringen eines Pads mit dem Substrat, und durch Bewegen des Pads im Verhältnis zu dem Substrat.

55. Verfahren nach Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Substrat um ein Schichtsubstrat handelt, welches mindestens eine Schicht aus Siliziumdioxid und mindestens eine Schicht aus Siliziumnitrid aufweist.

56. Verfahren nach Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet, dass das Siliziumoxid mit einer Rate abgetragen wird, die mindestens um das Fünffache größer ist als die Abtragungsrate von Siliziumnitrid.

57. Verfahren nach Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Oxidationsmittel um Ammoniumpersulfat handelt.

58. Verfahren nach Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Salz und der löslichen Zerverbindung um Ammonium-Zer(III)-nitrat handelt.

59. Verfahren nach Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet, dass es mindestens ein aus der aus Aluminiumoxid, Titanerde, Zirkonium, Germanium, Kieselerde, Zeroxid bestehenden Gruppe und aus daraus bestehenden Mischungen ausgewähltes Metalloxidschleifmittel umfasst.

60. Verfahren nach Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Metalloxidschleifmittel um Kieselerde handelt.

61. Verfahren zum Abtragen mindestens eines Teils einer auf einem Silizium-Mikroplättchen mit einer Siliziumnitridschicht abgelagerten Siliziumdioxidschicht, welches folgendes umfasst:

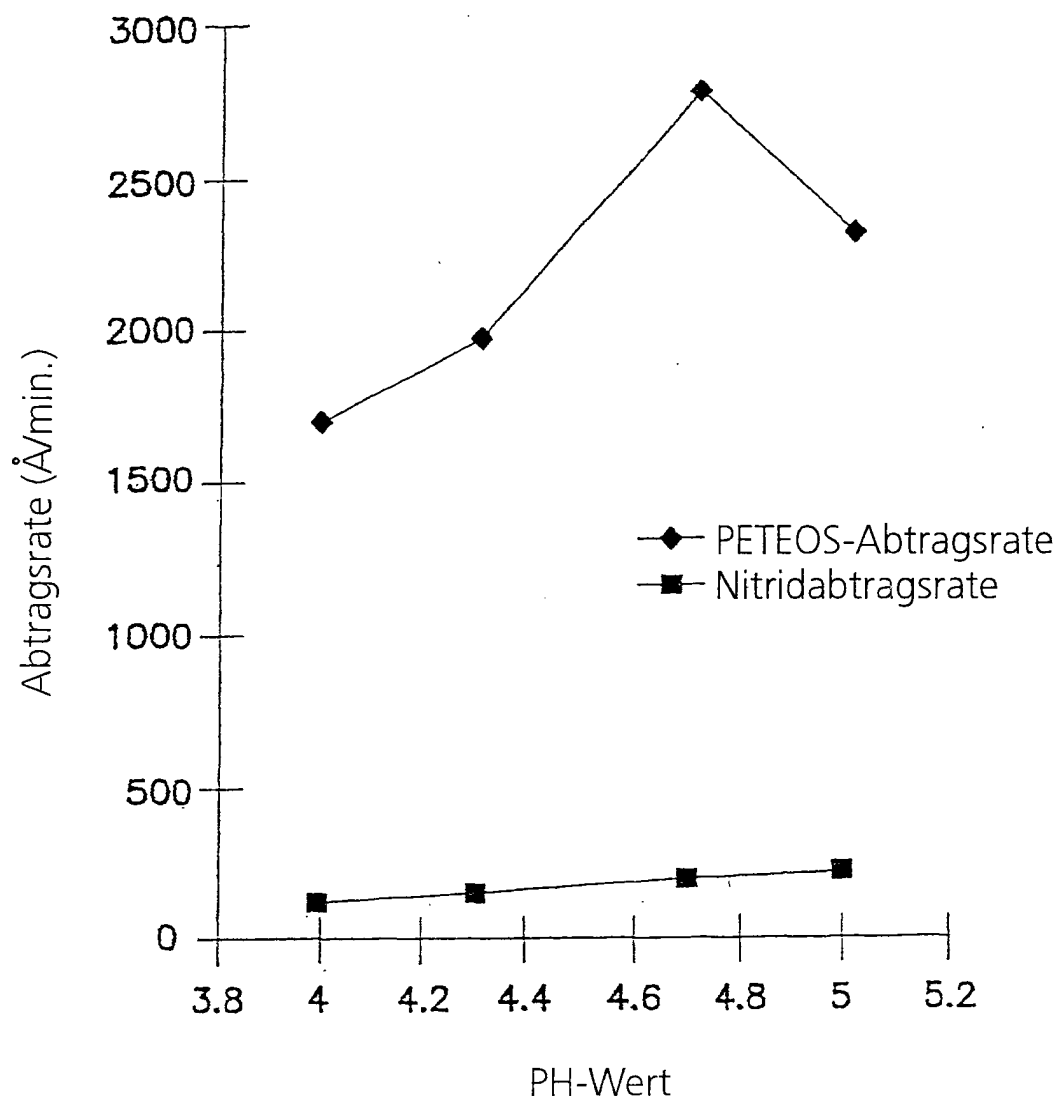
Mischen von 2 bis 15 Gewichts-% Kieselerde, von 0,05 bis 10 Gewichts-% Ammonium-Zer(III)-nitrat, 0,05 bis 5,0 Gewichts-% Ammoniumpersulfat, mindestens einem Chelatbildner, einer Karbonsäure oder eines Salzes derselben, und von entionisiertem Wasser, um einen chemisch-mechanischen Polierschlamm mit einem pH-Wert von 3,8 bis 5,5 zu erhalten;

Auftragen des chemisch-mechanischen Polierschlammes auf ein Pad; Drehen des Pads; und

Abtragen mindestens eines Teils der Siliziumoxidschicht durch Inkontaktbringen des sich drehenden Pads mit dem Mikroplättchen, und durch Drehen des Mikroplättchens im Verhältnis zu dem sich drehenden Pad.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1