



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 34 474 T2** 2008.01.10

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 226 220 B1**

(51) Int Cl.⁸: **C09G 1/02** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 34 474.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/21938**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 953 960.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/012740**

(86) PCT-Anmeldetag: **10.08.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **22.02.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.07.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **18.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.01.2008**

(30) Unionspriorität:
148813 P 13.08.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:
Cabot Microelectronics Corp., Aurora, Ill., US

(72) Erfinder:
**WANG, Shumin, Naperville, IL 60563, US; BRUSIC
KAUFMAN, Vlasta, Geneva, IL 60134, US;
GRUMBINE, Steven K., Aurora, IL 60504, US;
ZHOU, Renjie, Aurora, IL 60504, US; CHERIAN,
Isaac K., Aurora, IL 60504, US**

(74) Vertreter:
Lorenz und Kollegen, 89522 Heidenheim

(54) Bezeichnung: **POLIERSYSTEM UND VERFAHREN ZU SEINER VERWENDUNG**

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 Erfindung betrifft ein Poliersystem und ein Verfahren zum Polieren eines Substrates, insbesondere eines Mehrschichtsubstrates, welches eine erste Metallschicht und eine zweite Schicht aufweist.

[0002] Integrierte Schaltungen bestehen aus Millionen aktiver, in oder auf einem Substrat, wie zum Beispiel einem Silizium-Mikroplättchen, ausgebildeter Bauelemente. Die aktiven Bauelemente werden chemisch und physikalisch in einem Substrat miteinander verbunden und durch die Verwendung von Mehrebenenzwischenverbindungen miteinander verbunden, um funktionale Schaltungen auszubilden. Typische Mehrebenenzwischenverbindungen weisen eine erste Metallschicht, eine Zwischenebenen-Nichtleiterschicht und manchmal eine dritte, und nachfolgende Metallschicht auf. Zwischenebenen-Nichtleiter wie zum Beispiel dotiertes und undotiertes Siliziumdioxid (SiO_2) und/oder Nichtleiter mit niedrigem k-Wert werden zur elektrischen Isolation der verschiedenen Metallschichten verwendet.

[0003] Die elektrischen Verbindungen zwischen verschiedenen Zwischenverbindungsebenen werden durch die Verwendung von Metalldurchgängen hergestellt. In dem U.S.-Patent 5,741,626 ist zum Beispiel ein Verfahren zur Vorbereitung von dielektrischen TaN-Schichten beschrieben. Darüber hinaus ist in dem U.S.-Patent Nr. 4,789,648 ein Verfahren zur Herstellung von Mehrfachmetallisierungsschichten und metallisierten Durchgängen in Isolatorfilmen beschrieben. Auf ähnliche Weise werden Metallkontakte zur Bildung elektrischer Verbindungen zwischen Zwischenverbindungsebenen und in einer Quelle gebildeten Bauelementen verwendet. Die Metalldurchgänge und -kontakte können mit verschiedenen Metallen und Legierungen wie zum Beispiel Titan (Ti), Titannitrid (TiN), Aluminiumkupfer (Al-Cu), Aluminiumsilizium (Al-Si), Kupfer (Cu), Wolfram (W) und Kombinationen davon gefüllt sein (nachfolgend als „Durchgangsmetalle“ bezeichnet).

[0004] Bei den Durchgangsmetallen wird im Allgemeinen eine Adhäsionsschicht (d. h. Sperrfilm) wie zum Beispiel ein Titan-(Ti), Titannitrid-(TiN), Tantal-(Ta), Tantalnitrid-(TaN), Wolfram-(W) oder Wolframnitrid-(WN) Sperrfilm verwendet, um die Durchgangsmetalle zum Anhaften an dem SiO_2 -Substrat zu veranlassen. Auf der Kontaktebene funktioniert der Sperrfilm als eine Diffusionsbarriere, um ein Reagieren der Durchgangsmetalle mit SiO_2 zu vermeiden.

[0005] Bei einem Halbleiterherstellungsverfahren werden Metalldurchgänge und/oder -kontakte durch eine Metallmantelablagerung ausgebildet, woraufhin ein chemisch-mechanischer (CMP) Polierschritt folgt. Bei einem typischen Verfahren werden Durchgangslöcher durch einen Zwischenebenen-Nichtleiter/Interlevel Dielectric (ILD) zu Zwischenebenenleitungen oder zu einem Halbleitersubstrat geätzt. Danach wird über dem Zwischenebenen-Nichtleiter ein Sperrfilm ausgebildet und in das geätzte Durchgangsloch geleitet. Dann wird ein Durchgangsmetall über dem Sperrfilm und in das Durchgangsloch hinein in Form einer Metallmantelablagerung abgelagert. Die Ablagerung wird so lange fortgesetzt, bis das Durchgangsloch mit dem in Form einer Metallmantelablagerung abgelagerten Metall gefüllt ist. Schließlich wird das überschüssige Metall durch chemisch-mechanisches Polieren (CMP) entfernt, um Metalldurchgänge auszubilden. Verfahren zur Herstellung und/oder für chemisch-mechanisches Polieren (CMP) von Zwischenebenen-Nichtleitern sind in den U.S.-Patenten Nr. 4,671,851, 4,910,155 und 4,944,836 offenbart.

[0006] Typische Systeme zum chemisch-mechanischen Polieren von Metallen enthalten einen Schleifwerkstoff wie zum Beispiel Kieselerde oder Aluminiumoxid, die in einem oxidierenden wässrigen Medium schweben. In dem U.S.-Patent Nr. 5,244,534 ist zum Beispiel ein Aluminiumoxid, Wasserstoffperoxid und entweder Kalium- oder Ammoniumhydroxid enthaltendes System offenbart, welches zur Abtragung von Wolfram verwendbar ist, wobei nur wenig von der darunter liegenden Isolierschicht entfernt wird. In dem U.S.-Patent Nr. 5,209,816 ist ein zum Polieren von Aluminiumoxid verwendbares System offenbart, welches Perchlorsäure, Wasserstoffperoxid und einen festen Schleifwerkstoff in einem wässrigen Medium enthält. In dem U.S.-Patent Nr. 5,340,370 ist ein Wolfram-Poliersystem offenbart, welches rotes Blutlaugensalz, Kaliumacetat, Essigsäure und Kieselerde enthält. In dem U.S.-Patent 5,391,258 und in dem U.S.-Patent 5,476,606 sind Systeme zum Polieren eines aus Metall und Kieselerde bestehenden Verbundwerkstoffes offenbart, die ein wässriges Medium, Schleifpartikel und ein Anion umfassen, welches die Rate der Kieselerdeabtragung steuert. In dem U.S.-Patent 5,770,095 sind Poliersysteme offenbart, die ein Oxidationsmittel, ein chemisches Mittel und ein aus Aminoessigsäure und Amido-Schwefelsäure ausgewähltes Ätzmittel umfassen. Andere Poliersysteme zur Verwendung bei den chemisch-mechanischen Polieranwendungen sind in den U.S.-Patenten 4,956,313, 5,137,544, 5,157,876, 5,354,490 und 5,527,423 beschrieben. Die EP-A-0 896 042 betrifft auch Poliersysteme mit einem Hemmstoff für das Ätzen von wolframhaltigen Substraten.

[0007] Sperrfilme aus Titan, Titannitrid wie zum Beispiel Wolfram, sind im Allgemeinen chemisch aktiv. Daher

sind solche Sperrfilme in ihrem chemischen Charakter Durchgangsmetallen ähnlich. Folglich kann ein einzelnes System wirksam zum Polieren sowohl von Ti/TiN-Sperrfilmen als auch von Durchgangsmetallen mit ähnlichen Raten verwendet werden. Ta- und TaN-Sperrfilme unterscheiden sich jedoch bedeutend von Ti-, TiN. Ta und TaN sind in ihrem chemischen Charakter im Vergleich zu Ti und TiN relativ träge. Dementsprechend sind die zuvor erwähnten Systeme bedeutend weniger wirksam beim Polieren von Tantalsschichten als beim Polieren von Titanschichten (zum Beispiel ist die Tantalabtragungsrate bedeutend niedriger als die Titanabtragungsrate). Während Durchgangsmetalle und Sperrmetalle auf Grund ihrer ähnlich hohen Abtragungsraten herkömmlicherweise mit einem einzelnen System poliert werden, hat das gemeinsame Polieren von Durchgangsmetallen und Tantal und ähnlichen Werkstoffen unter Verwendung herkömmlicher Poliersysteme unerwünschte Wirkungen wie zum Beispiel Oxiderosion und tellerförmige Vertiefung der Durchgangsmetalle zum Ergebnis.

[0008] Folglich bleibt ein Bedürfnis nach einem System, einer Zusammensetzung und/oder einem Verfahren zum Polieren eines Substrates bestehen, welches eine erste Metallschicht und eine zweite Schicht aufweist, so dass der Planarisierungswirkungsgrad, die Gleichförmigkeit und die Abtragungsrate der ersten Metallschicht maximiert, und die Planarisierung der zweiten Schicht minimiert wird, wodurch unerwünschte Wirkungen, wie zum Beispiel tellerförmige Vertiefungen der ersten Metallschicht, Oberflächenfehler und der Topografie zugrunde liegende Schäden minimiert werden. Die Erfindung stellt ein solches System und Verfahren bereit. Diese und weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden an Hand der in diesem Dokument bereitgestellten Beschreibung der Erfindung offensichtlich.

[0009] Die vorliegende Erfindung stellt ein System zum Polieren einer oder mehrerer Schichten eines Mehrschichtsubstrates bereit, welches eine erste Metallschicht und eine zweite Schicht aufweist, die (i) eine Trägerflüssigkeit, (ii) mindestens ein Oxidationsmittel, (iii) mindestens einen Polierzusatz aufweist, der die Rate erhöht, mit der das System mindestens eine Schicht des Substrates poliert, wobei der Polierzusatz aus der aus Pyrophosphaten, niedergeschlagenen Phosphaten, Phosphonsäuren und Salzen davon, Aminen, Aminoalkoholen, Amiden, Iminen, Iminosäuren, Nitrilen, Nitroverbindungen, Thiolen, Thioestern, Thioethern, Karbothiolsäuren, Karbothionsäuren, Thiokarboxylsäuren, Thiosalizylsäuren bestehenden Gruppe und Mischungen davon ausgewählt ist, und (iv) eine Ammoniakquelle und (v) ein Polierkissen und/oder ein Schleifmittel aufweist.

[0010] Die vorliegende Erfindung stellt auch ein Verfahren zum Polieren eines Substrates bereit, welches die Berührung einer Oberfläche eines Substrates mit dem zuvor erwähnten System, und Polieren mindestens eines Teiles des Substrates damit umfasst. Darüber hinaus stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Polieren einer oder mehrerer Schichten eines Mehrschichtsubstrates bereit, welches eine erste Metallschicht und eine zweite Schicht aufweist, welches Folgendes umfasst: (a) Berührung der ersten Metallschicht mit dem System und, (b) Polieren der ersten Metallschicht mit dem System, bis mindestens ein Teil der ersten Metallschicht von dem Substrat entfernt ist.

[0011] Die vorliegende Erfindung stellt ein System und Verfahren zum Polieren einer oder mehrerer Schichten eines Mehrschichtsubstrates bereit, welches eine erste Metallschicht und eine zweite Schicht aufweist. Das System zum Polieren einer oder mehrerer Schichten eines Mehrschichtsubstrates, welches eine erste Metallschicht und eine zweite Schicht aufweist, weist (i) eine Trägerflüssigkeit, (ii) mindestens ein Oxidationsmittel, (iii) mindestens einen Polierzusatz auf, der die Rate erhöht, mit der das System mindestens eine Schicht des Substrates poliert, wobei der Polierzusatz aus der aus Pyrophosphaten, niedergeschlagenen Phosphaten, Phosphonsäuren und Salzen davon, Aminen, Aminoalkoholen, Amiden, Iminen, Iminosäuren, Nitrilen, Nitroverbindungen, Thiolen, Thioestern, Thioethern, Karbothiolsäuren, Karbothionsäuren, Thiokarboxylsäuren, Thiosalizylsäuren bestehenden Gruppe und Mischungen davon ausgewählt ist, und (iv) eine Ammoniakquelle und (v) ein Polierkissen und/oder ein Schleifmittel aufweist. Die Komponenten (i), (ii) und (iii) der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend kollektiv als „flüssiger Teil des Systems“ bezeichnet. Das Schleifmittel bildet einen Teil des flüssigen Teils des Systems aus, wenn vorhanden, und wird in der Trägerflüssigkeit schwebend gehalten.

[0012] Das System der vorliegenden Erfindung kann zum Polieren von jedem geeigneten Substrat, insbesondere einer oder mehrerer Schichten eines Mehrschichtsubstrates verwendet werden. Vorzugsweise wird das System der vorliegenden Erfindung zum Polieren eines Mehrschichtsubstrates verwendet, welches eine erste Metallschicht, eine zweite Schicht und optional eine oder mehrere zusätzliche Schichten aufweist. Geeignete erste Metallschichten umfassen zum Beispiel Kupfer (Cu), Aluminium (Al), Aluminiumkupfer (Al-Cu), Aluminiumsilizium (Al-Si), Titan (Ti), Titannitrid (TiN), Wolfram (W), Wolframnitrid (WN), Edelmetalle (zum Beispiel Iridium (Ir), Ruthenium (Ru), Gold (Au), Silber (Ag) und Platin (Pt)) und Kombinationen davon. Geeignete zweite Schichten umfassen zum Beispiel Titan (Ti), Titannitrid (TiN), Tantal (Ta), Tantalnitrid (TaN), Wolfram (W), Wolframnitrid (WN), Oxide, (zum Beispiel Siliziumdioxid), Werkstoffe mit niedrigem k-Wert, und Nichtleiter

(zum Beispiel poröse Kieselerde, fluordotiertes Glas, kohlenstoffdotiertes Glas und organische Polymere) und Kombinationen davon. Das System der vorliegenden Erfindung ist insbesondere gut zum Polieren eines Substrates geeignet, welches eine erste Metallschicht aus Kupfer oder einer Kupferlegierung (d. h. eine Kombination aus Kupfer und einem oder mehreren Metallen), eine Adhäsionsschicht aus Ta oder TaN und eine oder mehrere Oxidschichten aufweist.

[0013] Bei der Trägerflüssigkeit kann es sich um jeden geeigneten Träger (zum Beispiel Lösungsmittel) handeln. Geeignete Trägerflüssigkeiten umfassen zum Beispiel wässrige Träger (zum Beispiel Wasser) und nicht-wässrige Träger. Vorzugsweise ist die Trägerflüssigkeit Wasser.

[0014] Das Oxidationsmittel kann jedes geeignete Oxidationsmittel sein. Geeignete Oxidationsmittel umfassen zum Beispiel eine oder mehrere Perverbindungen, die mindestens eine Peroxygruppe (-O-O-) umfassen. Geeignete Perverbindungen umfassen zum Beispiel Peroxide, Persulfate (zum Beispiel Monopersulfate und Dipersulfate), Perkarbonate und Säuren davon und Salze davon, und Mischungen davon. Andere geeignete Oxidationsmittel umfassen zum Beispiel oxidierte Halogenide (zum Beispiel Chlorate, Bromate, Jodate, Perchlorate, Perbromate, Perjodate und Säuren davon und Mischungen davon), Perborsäure, Perborate, Perkarbonate, Peroxysäuren (zum Beispiel Peressigsäure, Perbenzoesäure, m-Chlorperbenzoesäure, Salze davon und Mischungen davon), Permanganate, Chromate, Zerverbindungen, Ferricyanide (zum Beispiel rotes Blutlaugensalz) und Mischungen davon. Bevorzugte Oxidationsmittel umfassen zum Beispiel Wasserstoffperoxid, Harnstoff-Wasserstoffperoxid, Natriumperoxid, Benzylperoxid, Di-t-Butyl-Peroxid, Peressigsäure, Monoperschwefelsäure, Diperschwefelsäure, Jodsäure und Salze davon und Mischungen davon.

[0015] In dem System der vorliegenden Erfindung kann jede geeignete Menge an Oxidationsmittel vorhanden sein. Vorzugsweise ist das Oxidationsmittel in dem flüssigen Teil des Systems in einer Menge von etwa 0,1-30 Gewichts-% vorhanden. Noch vorteilhafter ist das Oxidationsmittel in dem flüssigen Teil des Systems in einer Menge von etwa 0,3-17 Gewichts-% vorhanden. Am vorteilhaftesten ist das Oxidationsmittel in dem flüssigen Teil des Systems in einer Menge von etwa 0,5-10 Gewichts-% vorhanden.

[0016] Bei dem Polierzusatz kann es sich um jede geeignete Verbindung handeln, welche die Rate erhöht, mit der das System mindestens eine Schicht des Substrates poliert. Geeignete Polierzusätze umfassen zum Beispiel Verbindungen, die sich mit Kupfer verbinden. Vorzugsweise ist mindestens ein Polierzusatz ein organischer Polierzusatz. Es ist auch vorteilhaft, wenn der Polierzusatz mindestens eine aus einer phosphorhaltigen Verbindung, einer stickstoffhaltigen Verbindung, einer schwefelhaltigen Verbindung, einer sauerstoffhaltigen Verbindung bestehenden Gruppe und aus Mischungen davon ausgewählte Verbindung ist.

[0017] Bei dem Polierzusatz kann es sich um jede geeignete phosphorhaltige Verbindung handeln. Geeignete phosphorhaltige Verbindungen umfassen zum Beispiel Phosphate (zum Beispiel Pyrophosphate, Triphosphate, niedergeschlagene Phosphate), Phosphonsäuren (zum Beispiel Monophosphonsäuren, Diphosphonsäuren, Triphosphonsäuren, Polyphosphonsäuren) und Salze von Phosphonsäuren. Bevorzugte phosphorhaltige Verbindungen umfassen zum Beispiel Pyrophosphate, Phosphonessigsäure, Etylen-Diphosphonsäure, 1-Hydroxyethyliden-1,1-Diphosphonsäure und Mischungen davon. Bevorzugte phosphorhaltige Verbindungen umfassen auch zum Beispiel $M_n^{+1}H_{3-n}PO_4$ und $M_m^{+1}H_{4-m}P_2O_7$, wobei M^{+1} eine kationische Art ist (zum Beispiel Na, K, Cs, Rb, NH_4^+), $n = 0-3$ und $m = 0-4$. Darüber hinaus ist eine bevorzugte phosphorhaltige Verbindung $R-O-PO_3$, wobei R eine aus der aus Alkyl, Aryl, aus zyklischen und aromatischen Gruppen ausgewählte organische Hälfte ist, die 1-18 Kohlenstoffatome aufweisen.

[0018] Bei dem Polierzusatz kann es sich auch um jede geeignete stickstoffhaltige Verbindung handeln. Geeignete stickstoffhaltige Verbindungen umfassen zum Beispiel eine oder mehrere Gruppen, die aus Aminen, Amiden, Aminosäuren, Iminen, Iriden, Iminosäuren, Nitrilen, Nitros ($R-NO_2$) und Mischungen davon ausgewählt sind. Dementsprechend können geeignete stickstoffhaltige Verbindungen zum Beispiel eine oder mehrere Gruppen umfassen, die aus Primäraminen, Sekundäraminen, Tertiäraminen, Aminoalkoholen, hydroxylierten Aminen und Mischungen davon ausgewählt sind.

[0019] Vorzugsweise weist mindestens ein Polierzusatz die Struktur $XV - NCR^1R^2CR^3R^4N-X'Y'$ auf, wobei X, Y, X', Y', R^1 , R^2 , R^3 und R^4 aus der aus Wasserstoff-(H) – Atomen, heteroatomhaltigen funktionellen Gruppen, Alkylgruppen, heteroatomhaltigen Alkylgruppen, zyklischen Gruppen, heteroatomhaltigen zyklischen Gruppen, aromatischen Gruppen, heteroatomhaltigen aromatischen Gruppen und Kombinationen davon bestehenden Gruppe ausgewählt sind. Noch vorteilhafter weist mindestens ein Polierzusatz die Struktur $XV - NCR^1R^2CR^3R^4N-X'Y'$ auf, wobei X und X' H-Atome sind, und wobei Y, Y', R^1 , R^2 , R^3 und R^4 aus der aus Wasserstoff-(H)-Atomen, heteroatomhaltigen funktionellen Gruppen, Alkylgruppen, heteroatomhaltigen Alkylgrup-

pen, zyklischen Gruppen, heteroatomhaltigen zyklischen Gruppen, aromatischen Gruppen, heteroatomhaltigen aromatischen Gruppen und Kombinationen davon bestehenden Gruppe ausgewählt sind. Nochmals vorteilhafter weist mindestens ein Polierzusatz die Struktur $XY - NCR^1R^2CR^3R^4N-X'Y'$ auf, wobei X, Y, X' und Y' H-Atome sind, und wobei R^1 , R^2 , R^3 und R^4 aus der aus Wasserstoff-(H)-Atomen, heteroatomhaltigen funktionellen Gruppen, Alkylgruppen, heteroatomhaltigen Alkylgruppen, zyklischen Gruppen, heteroatomhaltigen zyklischen Gruppen, aromatischen Gruppen, heteroatomhaltigen aromatischen Gruppen und Kombinationen davon bestehenden Gruppe ausgewählt sind. In dieser Hinsicht werden stickstoffhaltige Verbindungen, die aus Primäramingruppen bestehen, vor stickstoffhaltigen Verbindungen, die Sekundäramingruppen und/oder Tertiäramingruppen umfassen, alleine oder in Kombination mit Primäramingruppen bevorzugt. Darüber hinaus ist es passend, wenn mindestens ein Polierzusatz die oben beschriebene Struktur aufweist, wobei die Struktur die Form eines Polymers aufweist, welches vier oder mehr (zum Beispiel 10 oder mehr, 15 oder mehr, 20 oder mehr, 30 oder mehr, 40 oder mehr, oder sogar 50 oder mehr) unähnliche, ähnliche oder sogar identische angrenzende Strukturen umfasst. Am vorteilhaftesten wird die stickstoffhaltige Verbindung aus der aus Polyethylenimin, 1,3-Diamino-2-Propanol, Imino-Diessigsäure, 2-Amino-1-Butanol, Ethylendiamin, Aminoethylethanolamin, 2,2'-Aminoethoxy-Ethanol und Mischungen davon bestehenden Gruppe ausgewählt.

[0020] „Heteroatom“ ist in diesem Dokument als jedes beliebige Atom außer Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen definiert. Geeignete heteroatomhaltige funktionelle Gruppen umfassen zum Beispiel Hydroxylgruppen, Karbonsäuregruppen, Estergruppen, Ketongruppen, Aminogruppen (zum Beispiel Primär-, Sekundär- und Tertiäraminogruppen), Amidogruppen, Imidogruppen, Thiolestergruppen, Thioethergruppen, Nitrilgruppen, Nitrogruppen, Halogengruppen und Kombinationen davon. „Alkylgruppen“ sind in diesem Dokument als jede beliebige geeignete Alkylgruppe definiert (zum Beispiel eine C_1 - C_{30} -Alkylgruppe, eine C_1 - C_{24} -Alkylgruppe, eine C_1 - C_{18} -Alkylgruppe, eine C_1 - C_{12} -Alkylgruppe oder sogar eine C_1 - C_6 -Alkylgruppe) wie zum Beispiel lineare, verzweigte, zyklische, gesättigte oder ungesättigte, aromatische oder heteroaromatische Alkylgruppen. „Zyklische Gruppen“ sind in diesem Dokument als jede beliebige geeignete zyklische Gruppe definiert (zum Beispiel eine zyklische Gruppe mit 4-20 Elementen, wie zum Beispiel eine C_4 - C_{20} -zyklische Gruppe).

[0021] Bei dem Polierzusatz kann es sich um jede geeignete schwefelhaltige Verbindung handeln. Geeignete schwefelhaltige Verbindungen umfassen zum Beispiel Thiole, Thioester, Thioether ($R'C)(O)(SR'')$ -Karbothiolsäuren, $(RC)(O)(SH)$ Karbothionsäuren, $(RCS)(OH)$ -Thiokarbonsäuren, Sulfonsäuren, Thiosalizylsäuren, Salze davon und Mischungen davon, wobei R, R' und R'' aus der aus Alkyl-, Aryl-, zyklischen und aromatischen Gruppen bestehenden Gruppe ausgewählt sind, die 1-18 Kohlenstoffatome aufweisen. Bevorzugte schwefelhaltige Verbindungen umfassen zum Beispiel Thiodiessigsäure, Thiosalizylsäuren und eine Mischung davon.

[0022] Bei dem Polierzusatz kann es sich um jede geeignete sauerstoffhaltige Verbindung handeln. Geeignete sauerstoffhaltige Verbindungen umfassen zum Beispiel Hydroxylate, Karbonylate, Karboxylate und Säuren davon. Geeignete Karbonsäuren umfassen zum Beispiel Dikarbonsäuren, Trikarbonsäuren und Polykarbonsäuren. Bevorzugte sauerstoffhaltige Verbindungen umfassen zum Beispiel Malonsäure, Oxalsäure, Zitronensäure, Weinsäure, Bernsteinsäure, Apfelsäure, Adipinsäure, Salze davon und Mischungen davon.

[0023] Geeignete Polierzusätze umfassen auch eine oder mehrere Verbindungen, die aus der Gruppe ausgewählt sind, die aus (i) Verbindungen besteht, die sowohl phosphorhaltige Verbindungen als auch stickstoffhaltige Verbindungen sind, (ii) Verbindungen, die sowohl phosphorhaltige Verbindungen als auch schwefelhaltige Verbindungen sind, (iii) Verbindungen, die sowohl stickstoffhaltige Verbindungen als auch schwefelhaltige Verbindungen sind, und (iv) Verbindungen, die phosphorhaltige Verbindungen, stickstoffhaltige Verbindungen und schwefelhaltige Verbindungen sind. Bevorzugte Polierzusätze umfassen zum Beispiel aus der aus 2-Aminoethylphosphonsäure, Amino(trimethylen-Phosphonsäure), Diethylentriaminpenta(methylenphosphonsäure), Hexamethylendiamin-Tetra(methylenphosphonsäure) bestehenden Gruppe und Mischungen davon ausgewählte Verbindungen. Darüber hinaus umfassen bevorzugte Polierzusätze zum Beispiel Phosphonverbindungen, die Primär-, Sekundär- und/oder Tertiäramine wie zum Beispiel N-(Phosphonomethyl)iminodiessigsäure, 2-Aminoethyldiwasserstoffphosphat, 2-Aminoethylphosphonsäure, Aminotri(methylenphosphonsäure) (d. h. ein Dequest®-2000-Produkt), 1-Hydroxyethyliden-1, 1-Diphosphonsäure (d. h. ein Dequest® 2010-Produkt) und Diethylentriaminpenta(methylenphosphonsäure) (d. h. ein Dequest® 2060-Produkt) enthalten.

[0024] Der Polierzusatz kann in dem System der vorliegenden Erfindung in jeder geeigneten Konzentration vorhanden sein. Vorzugsweise ist der Polierzusatz in dem flüssigen Teil des Systems in einer Menge im Bereich von 0,05-10 Gewichts- vorhanden. Noch vorteilhafter ist der Polierzusatz in dem flüssigen Teil des Systems in einer Menge im Bereich von 0,3-5 Gewichts-% vorhanden.

[0025] Das System der vorliegenden Erfindung kann auch jede geeignete Stoppverbindung umfassen. Ge-

eignete Stoppverbindungen umfassen zum Beispiel jede geeignete Verbindung, welche die Fähigkeit des Systems zum Polieren mindestens eines Teils einer oder mehrerer Schichten eines Mehrschichtsubstrates hemmt. Geeignete Stoppverbindungen wirken mit der ersten Metallschicht, der zweiten Schicht und/oder der einen oder den mehreren zusätzlichen Schichten eines Mehrschichtsubstrates wie oben beschrieben zusammen (haften zum Beispiel daran) und hemmen mindestens teilweise die Abtragung der Schicht(en) durch das System der vorliegenden Erfindung. Vorzugsweise wirkt die Stoppverbindung mit einer zweiten Schicht eines Mehrschichtsubstrates wie oben beschrieben zusammen (haftet zum Beispiel daran) und hemmt mindestens teilweise die Abtragung der zweiten Schicht durch das System. Der Begriff „hemmt mindestens teilweise“, bedeutet, so wie er in diesem Dokument verwendet wird, dass das System eine Polierselektivität der ersten Metallschicht zur zweiten Schicht (zum Beispiel Cu zu Ta/TaN) von mindestens 10:1, vorzugsweise mindestens 30:1, noch vorteilhafter mindestens 50:1, und am vorteilhaftesten mindestens 100:1 aufweist.

[0026] Die Stoppverbindung kann jede geeignete, kationisch geladene stickstoffhaltige Verbindung sein, die aus der Gruppe ausgewählt ist, die Verbindungen umfasst, die Amine, Amine, Amide, Imide, Polymere davon und Mischungen davon umfasst. Der Begriff „kationisch geladen“, bedeutet, so wie er in diesem Dokument verwendet wird, dass ein Teil (zum Beispiel 5% oder mehr, 10% oder mehr, 15% oder mehr oder 20% oder mehr) der Stoppverbindung in dem flüssigen Teil des Systems beim Betriebs-pH-Wert des Systems der vorliegenden Erfindung eine kationische Form aufweist. Vorzugsweise weist die Stoppverbindung einen pKa-Wert auf, der 1 oder mehr Einheiten größer als der Betriebs-pH-Wert des flüssigen Teils des Systems ist. So würden in einem System mit einem pH-Wert von 6,5 bevorzugte Stoppverbindungen einen pKa-Wert von 7,5 oder mehr aufweisen. Bevorzugte Stoppverbindungen sind auch in Bezug auf die Oberflächenladung der zweiten Schicht der Substratschicht gegensätzlich geladen. Geeignete Stoppverbindungen umfassen zum Beispiel Verbindungen, die Primäramine, Sekundäramine, Tertiäramine, Quaternäramine (d. h. Quaternärammoniumsalze), Etheramine, Oligomeramine, Oligomerimine, Polymeramine, Polymerimine, Polymeramide, Polymerimide oder Mischungen davon umfassen. Darüber hinaus umfassen geeignete Stoppverbindungen zum Beispiel Aminosäuren, Aminoalkohole, Aminoetheralkohole oder Mischungen davon. Bevorzugte Stoppverbindungen umfassen auch zum Beispiel Polyetheramine, Polyethylenimine, N₄-Amin, (N,N'-bis-[3-Aminopropyl]-Ethylendiamin), 4,7,10-Trioxatridecan-1,13-Diamin, 3,3-Dimethyl-4,4-Diaminodicyclohexylmethan, 2-Phenylethylamin, N,N-Dimethyldipropylentriamin, 3-[2-Methoxyethoxy]-Propylamin, Dimethylaminopropylamin, 1,4-bis-(3-Aminopropyl)-Piperazin und Mischungen davon. Zusätzlich umfassen Stoppverbindungen zum Beispiel Isophorondiamin, Hexamethylendiamin, Cyclohexyl-1,3-Propandiamin, Thiomicamin, (Aminopropyl)-1,3-Propandiamin, Tetraethylen-Pentamin, Tetramethylbutandiamin, Propylamin, Diaminopropanol, Aminobutanol, (2-Aminoethoxy)-Ethanol und Mischungen davon.

[0027] Die Stoppverbindung kann in dem System der vorliegenden Erfindung in jeder geeigneten Konzentration vorhanden sein. So ist es zum Beispiel passend, wenn die Stoppverbindung in dem flüssigen Teil des Systems in einer Konzentration von 5 Gewichts-% oder weniger (zum Beispiel 0,001-5 Gewichts-%) vorhanden ist. Vorzugsweise ist die Stoppverbindung in dem flüssigen Teil des Systems in einer Konzentration von 3 Gewichts-% oder weniger (zum Beispiel 0,05 bis 3 Gewichts-%) vorhanden.

[0028] Das System der vorliegenden Erfindung kann jede geeignete Kombination von mindestens einem Polierzusatz und mindestens einer Stoppverbindung umfassen. Das System kann zum Beispiel Polyethylenimin und mindestens einen aus der aus Karbonsäure (vorzugsweise eine Di-, Tri- oder Polykarbonsäure), einem Phosphat (vorzugsweise ein Pyrophosphat, ein Triphosphat oder ein niedergeschlagenes Phosphat), einer Säure davon und einer Phosphonsäure (vorzugsweise eine Di-, Tri- oder Polyphosphonsäure) bestehenden Gruppe ausgewählten Polierzusatz umfassen. Das System kann auch mindestens einen aus der aus einer Karbonsäure (vorzugsweise eine Di-, Tri- oder Polykarbonsäure), einem Phosphat (vorzugsweise ein Pyrophosphat, ein Triphosphat oder ein niedergeschlagenes Phosphat), einer Säure davon und einer Phosphonsäure (vorzugsweise eine Di-, Tri- oder Polyphosphonsäure) und mindestens einer Stoppverbindung, die zwei oder mehr, drei oder mehr, vier oder mehr, fünf oder mehr, oder sogar sechs oder mehr Stickstoffatome umfasst (wobei zum Beispiel mindestens eine Stoppverbindung zwei oder mehr Primäramingruppen umfasst, mindestens einer Stoppverbindung, die zwei oder mehr Aminogruppen und 4 oder mehr Kohlenstoffatome umfasst, oder mindestens einer Stoppverbindung, die zwei oder mehr Primäramingruppen umfasst, die 3 oder mehr Kohlenstoffatome enthalten) bestehenden Gruppe ausgewählt wird. Darüber hinaus kann das System mindestens einen aus der aus einer Karbonsäure (vorzugsweise eine Di-, Tri- oder Polykarbonsäure), einem Phosphat (vorzugsweise ein Pyrophosphat, ein Triphosphat oder ein niedergeschlagenes Phosphat), einer Säure davon und einer Phosphonsäure (vorzugsweise eine Di-, Tri- oder Polyphosphonsäure) und einem Quaternärammoniumsalz, welches die Struktur NR¹R²R³R⁴ aufweist, bestehenden Gruppe ausgewählten Polierzusatz umfassen, wobei R¹ und R² Methylgruppen sind, und R³ und R⁴ aus der aus Wasserstoff-(H)-Atomen, heteroatomhaltigen funktionellen Gruppen, Alkylgruppen, heteroatomhaltigen Alkylgruppen, zyklischen Gruppen,

heteroatomhaltigen zyklischen Gruppen, aromatischen Gruppen, heteroatomhaltigen aromatischen Gruppen und Kombinationen davon bestehenden Gruppe ausgewählt sind. Zusätzlich kann das System mindestens einen aus der aus einer Karbonsäure (vorzugsweise eine Di-, Tri- oder Polykarbonsäure), einer Phosphorsäure (vorzugsweise ein Pyrophosphat, ein Triphosphat oder ein niedergeschlagenes Phosphat), einer Säure davon und einer Phosphonsäure (vorzugsweise eine Di-, Tri- oder Polyphosphonsäure) ausgewählten Polierzusatz und mindestens eine Stoppverbindung umfassen, die eine Aminopropylgruppe aufweist, und mindestens eine Stoppverbindung, die ein Molekulargewicht (MW/Molecular Weight) von 80 oder mehr (zum Beispiel ein MW von 100 oder mehr, ein MW von 250 oder mehr) aufweist. Weiterhin kann das System ein Peroxid, Amino-tri(methylenphosphonsäure) und 1,4-bis-(3-Aminopropyl)-Piperazin, und optional mindestens ein Passivierungsfilmbildungsmittel aufweisen, welches einen oder mehr heterozyklische stickstoffhaltige Ringe mit 5-6 Elementen aufweist. Das System kann auch ein Peroxid, Weinsäure und ein Polyethylenimin, und optional mindestens ein Passivierungsfilmbildungsmittel aufweisen, welches einen oder mehr heterozyklische stickstoffhaltige Ringe mit 5-6 Elementen aufweist.

[0029] Das System der vorliegenden Erfindung kann jedes geeignete Polierkissen und/oder Schleifmittel aufweisen. Es ist zum Beispiel passend, wenn das System der vorliegenden Erfindung ein Polierkissen (zum Beispiel ein schleifendes Kissen oder ein nichtschleifendes Kissen) und/oder ein in der Trägerflüssigkeit (zum Beispiel Wasser) des Systems schwebend gehaltenes Schleifmittel aufweist, welches so ein Teil des flüssigen Teils des Systems ist. Darüber hinaus ist es passend, wenn das System der vorliegenden Erfindung ein Polierkissen (zum Beispiel ein schleifendes Kissen oder ein nichtschleifendes Kissen) aufweist, wobei in der Trägerflüssigkeit des Systems kein Schleifmittel schwebend gehalten wird.

[0030] Bei dem Polierkissen kann es sich um jedes geeignete schleifende oder nicht schleifende Kissen handeln. Geeignete Polierkissen sind zum Beispiel in den U.S.-Patenten 5,849,051 und 5,849,052 beschrieben. Geeignete Polierkissen umfassen zum Beispiel auch gewebte und Vlieskissen. Darüber hinaus können geeignete Polierkissen jedes geeignete Polymer mit variierender Dichte, Härte, Dicke, Komprimierbarkeit, Fähigkeit der Rückfederung nach dem Komprimieren und Kompressionsmodul aufweisen. Geeignete Polymere umfassen zum Beispiel Polyvinylchlorid, Polyvinylfluorid, Nylon, Fluorkohlenstoff, Polykarbonat, Polyester, Polyakrylat, Polyether, Polyethylen, Polyamid, Polyurethan, Polystyrol, Polypropylen und gebildete Nebenprodukte davon und Mischungen davon. Wenn ein Schleifmittel ganz oder teilweise in oder auf dem Polierkissen des Systems befestigt (zum Beispiel eingebettet) ist, kann diese Befestigung auf dem Polierkissen auf jede geeignete Art und Weise durchgeführt werden.

[0031] Geeignete Schleifmittel umfassen zum Beispiel Metalloxidschleifmittel wie zum Beispiel Aluminiumoxid, Kieselerde, Titanerde, Zirkonoxid, Germanium, Zr(IV)oxid und gebildete Nebenprodukte davon und Mischungen davon. Die Schleifmittel können geräucherte Produkte sein. Vorzugsweise ist das Schleifmittel des Systems Aluminiumoxid (zum Beispiel geräuchertes Aluminiumoxid) und/oder Kieselerde (zum Beispiel geräucherte Kieselerde).

[0032] Das oben beschriebene Schleifmittel kann ganz oder teilweise auf dem Polierkissen des Systems fixiert sein. Darüber hinaus kann das Schleifmittel in dem flüssigen Teil des Systems in jeder geeigneten Menge vorhanden sein. Vorzugsweise ist das Schleifmittel in dem flüssigen Teil des Systems in einer Menge von 0,1-30,0 Gewichts-% vorhanden. Noch vorteilhafter ist das Schleifmittel in dem flüssigen Teil des Systems in einer Menge von 0,5-6,0 Gewichts-% vorhanden.

[0033] Das System der vorliegenden Erfindung kann weiterhin einen oder mehr zusätzliche Zusätze aufweisen, welche die Leistung des Systems verbessern oder steigern. Geeignete zusätzliche Zusätze umfassen zum Beispiel Passivierungsfilmbildungszusätze, Polymerverbindungen, welche die Polierate von mindestens einer Schicht des Substrates verringern, Dispersionsmittel, grenzflächenaktive Stoffe, pH-Anpasser, Regulatoren, Pufferelemente und/oder andere Zusätze, die das Polieren von Metallen und Oxiden fördern und/oder steuern. Solche zusätzlichen Additive sind Fachleuten auf diesem Gebiet bekannt.

[0034] Geeignete Passivierungsfilmbildungsmittel umfassen zum Beispiel jede Verbindung oder Mischung von Verbindungen, welche die Ausbildung einer Passivierungsschicht (d. h. einer auflösungshemmenden Schicht) auf einer Metallschicht und/oder einer Metalloxidschicht erleichtert. Geeignete Passivierungsfilmbildungsmittel umfassen zum Beispiel stickstoffhaltige heterozyklische Verbindungen. Vorzugsweise weisen die Passivierungsfilmbildungsmittel einen oder mehrere heterozyklische stickstoffhaltige Ringe mit 5-6 Elementen auf. Noch vorteilhafter ist das Passivierungsfilmbildungsmittel aus der aus 1,2,3-Triazol, 1,2,4-Triazol, Benzotriazol, Benzimidazol, Benzthiazol und Derivaten davon, wie zum Beispiel Hydroxy-, Amino-, Imino-, Karboxy-, Mercapto-, Nitro-, Harnstoff-, Thioharnstoff- oder alkylsubstituierten Derivaten davon bestehenden Gruppe aus-

gewählt. Am vorteilhaftesten ist das Passivierungsfilmbildungsmittel aus der aus der aus Benzotriazol (BTA), 1,2,3-Triazol, 1,2,4,-Triazol bestehenden Gruppe und Mischungen davon ausgewählt.

[0035] Das Passivierungsfilmbildungsmittel kann in dem System der vorliegenden Erfindung in jeder geeigneten Konzentration vorhanden sein. Vorzugsweise ist das Passivierungsfilmbildungsmittel in dem flüssigen Teil des Systems in einer Menge von 0,005-1 Gewichts-% vorhanden. Vorzugsweise ist das Passivierungsfilmbildungsmittel in dem flüssigen Teil des Systems in einer Menge von 0,01-0,2 Gewichts-% vorhanden.

[0036] Das System der vorliegenden Erfindung kann weiterhin eine Ammoniakquelle (zum Beispiel Ammonium oder ein Ammoniumsalz) aufweisen. Ammoniak und/oder Ammoniumsalze steigern die Abtragungsrate und/oder die Abtragungsselektivität (Selektivität von Cu zu Ta) des Systems, indem sie mit einem oder mehreren Komponenten des Systems (zum Beispiel mit dem Polierzusatz) zusammenwirken. Vorzugsweise weist das System der vorliegenden Erfindung Ammoniak- und/oder Ammoniumsalze und einen oder mehrere Polierzusätze auf. Vorzugsweise weist das System eine Ammoniakquelle und mindestens einen aus der aus einer Karbonsäure (vorzugsweise eine Di-, Tri- oder Polykarbonsäure), einem Phosphat (vorzugsweise ein Pyrophosphat, ein Triphosphat oder ein niedergeschlagenes Phosphat), einer Säure davon und einer Phosphorsäure (vorzugsweise eine Di-, Tri- oder Polyphosphonsäure) bestehenden Gruppe ausgewählten Polierzusatz auf. Das System kann zum Beispiel eine Aminotri(methylenphosphonsäure) und eine Ammoniakquelle (zum Beispiel Ammoniak und/oder ein Ammoniumsalz) aufweisen.

[0037] Geeignete Polymerverbindungen umfassen zum Beispiel jede geeignete Polymerverbindung, welche die Polierate mindestens einer mit dem Substrat verbundenen Schicht verringert. Vorzugsweise umfasst das System mindestens eine Polymerverbindung, die einen Polyvinylalkohol, ein Polyethylenoxid, ein Polypropylenoxid, ein Sulfonpolymer, ein Sulfonatpolymer oder eine Mischung davon aufweist.

[0038] Geeignete grenzflächenaktive Stoffe umfassen zum Beispiel kationische grenzflächenaktive Stoffe, anionische grenzflächenaktive Stoffe, nichtionogene grenzflächenaktive Stoffe, amphotere grenzflächenaktive Stoffe, fluorierte grenzflächenaktive Stoffe und Mischungen davon. Geeignete pH-Anpasser, Regulatoren oder Pufferelemente umfassen zum Beispiel Natriumhydroxid, Natriumkarbonat, Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Zitronensäure, Kaliphosphat, Mischungen davon.

[0039] Die vorliegende Erfindung stellt auch ein Verfahren zum Polieren eines Substrates mit dem in diesem Dokument beschriebenen System bereit. Darüber hinaus stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Polieren eines Mehrschichtsubstrates mit dem System bereit, wie es oben beschrieben ist. Das System der vorliegenden Erfindung ist in der Lage, ein Substrat (zum Beispiel ein Mehrschichtsubstrat) mit einer relativ hohen Rate zu polieren, zum Beispiel Abtragen der ersten Metallschicht, der zweiten Schicht und/oder der einen oder mehreren zusätzlichen Schichten des Substrates mit einer relativ hohen Rate.

[0040] Ein Substrat kann mit dem System der vorliegenden Erfindung mit jeder geeigneten Technik behandelt werden, welche die Verwendung eines Polierkissens umfasst. Vorzugsweise wird das System auf die Oberfläche eines Substrates aufgetragen und poliert, so dass mindestens ein Teil einer oder mehrerer Schichten des Substrates abgetragen wird. Noch vorteilhafter wird das System auf die erste Metallschicht eines Mehrschichtsubstrates aufgetragen, welches eine erste Metallschicht und eine zweite Schicht aufweist, wobei die erste Metallschicht mit dem System poliert wird, bis mindestens ein Teil der ersten Metallschicht von dem Substrat entfernt ist. Ein zweites Poliersystem, Zusammensetzung und/oder Schlamm kann bei einem nachfolgenden Polierschritt zum Abtragen mindestens eines Teils der zweiten Schicht, dielektrischen Schicht und/oder einer oder mehrerer Schichten eines Mehrschichtsubstrates verwendet werden. Vorzugsweise weist das zweite Poliersystem eine größere Polierselektivität für die zweite Schicht (zum Beispiel Ta oder TaN) des Mehrschichtsubstrates als für die erste Metallschicht (zum Beispiel Cu) des Substrates auf. Darüber hinaus können Reinigungszusammensetzungen nach einigen oder allen aufeinander folgenden Polierschritten verwendet werden, um Reste des polierten Substrates und/oder Reste des Poliersystems, der Zusammensetzung und/oder des Schlammes abzutragen.

[0041] Es ist passend, wenn der flüssige Teil des Systems vor der Abgabe an das Polierkissen oder an die Oberfläche des Substrates, zum Beispiel in einer Charge oder einem ununterbrochenen Vorgang formuliert wird. Es ist auch passend, wenn die Formulierung (zum Beispiel gemischt) des flüssigen Teils des Systems durch die Abgabe der Komponenten des flüssigen Teils des Systems von zwei oder mehr verschiedenen Quellen auf die Oberfläche des Polierkissens oder auf die Oberfläche des Substrates erfolgt, wobei die Komponenten auf der Oberfläche des Polierkissens oder auf der Oberfläche des Substrates zusammentreffen. In dieser Hinsicht kann der Durchsatz, mit dem die Komponenten des flüssigen Teils des Systems an das Polierkissen

oder an die Oberfläche des Substrates abgegeben werden (d. h. die abgegebene Menge der einzelnen Komponenten des Systems) vor dem Poliervorgang und/oder während dem Poliervorgang geändert werden. Darüber hinaus ist es passend, wenn die von zwei oder mehr verschiedenen Quellen abgegebenen einzelnen Komponenten des flüssigen Teils des Systems unterschiedliche pH-Werte aufweisen oder alternativ im Wesentlichen ähnliche oder sogar gleiche pH-Werte aufweisen, bevor sie an die Oberfläche des Polierkissens oder an die Oberfläche des Substrates abgegeben werden. Es ist auch passend, wenn die von zwei oder mehr verschiedenen Quellen abgegebenen einzelnen Komponenten des flüssigen Teils des Systems vor der Abgabe an die Oberfläche des Polierkissens oder an die Oberfläche des Substrates entweder unabhängig voneinander oder gemeinsam (zum Beispiel zusammen) gefiltert werden.

BEISPIELE

[0042] Die folgenden Beispiele veranschaulichen die vorliegende Erfindung weiter, sollen jedoch nicht deren Umfang auf irgendeine Art begrenzen.

[0043] Bei den in allen folgenden Beispielen genannten Tantalmikroplättchen und bei den in allen bis auf eines der folgenden Beispiele (d. h. Beispiel 4) genannten Kupfermikroplättchen handelte es sich jeweils um mantelartig abgelagerte Tantalfilme und mantelartig abgelagerte Kupferfilme. Bei den in allen folgenden Beispielen genannten Siliziumdioxidmikroplättchen handelte es sich jeweils um mantelartig abgelagerte Filme mit einer Dicke von ungefähr 9000 Å. Alle mantelartig abgelagerten Filme wurden auf einem Siliziumsubstrat abgelagert.

[0044] Die Kupfer-, Tantal- und Siliziumdioxidmikroplättchen in den folgenden Beispielen (nachfolgend insgesamt als „Testmikroplättchen“ bezeichnet), wurden jeweils mit einer IPEC 472-Poliermaschine poliert. Bei den in allen bis auf eines der folgenden Beispiele (d. h. Beispiel 4) verwendeten Polierkissen handelte es sich um Rodel® IC1000-Polierkissen, die auf Rodel® SUBA IV-Kissen gestapelt waren. Bei den in Beispiel 4 verwendeten Polierkissen handelte es sich um Rodel® IC1000-Polierkissen ohne gestapelte Rodel® SUBA IV-Kissen. Die Testmikroplättchen wurden in allen bis auf eines der folgenden Beispiele (d. h. Beispiel 4) unter Verwendung einer nach unten gerichteten Kraft von etwa 20 kPa (3 psi), einem Gegendruck von 0 kPa (0 psi), einer Plattendrehzahl von 50 U/min. und einer Mikroplättchenhalterdrehzahl von 30 U/min. poliert. Die Testmikroplättchen von Beispiel 4 wurden unter Verwendung einer nach unten gerichteten Kraft von etwa 20 kPa (3 psi), einem Gegendruck von etwa 14 kPa (2 psi), einer Plattendrehzahl von 55 U/min. und einer Mikroplättchenhalterdrehzahl von 30 U/min. poliert.

[0045] Die Testmikroplättchen-Abtragungsraten wurden durch die direkte Messung der Dicke eines jeden Testmikroplättchens vor und nach dem Polieren unter Verwendung einer Tencor Surfscan® UV 1050-Maschine und einer Tencor RS-75 bestimmt.

[0046] Die Systeme wurden in allen bis auf eines der folgenden Beispiele (d. h. Beispiel 7) mittels Ammoniumhydroxid (NH₄OH) auf den Ziel-pH-Wert reguliert, soweit nicht anders angegeben.

BEISPIEL 1

[0047] In diesem Beispiel wird veranschaulicht, dass die durch das System der vorliegenden Erfindung erreichbare Polierate einer ersten Metallschicht von dem Vorhandensein und der Identität des Polierzusatzes in dem System abhängig ist.

[0048] Kupfermikroplättchen wurden separat mit drei verschiedenen Poliersystemen (die Systeme sind mit 1A-1C bezeichnet) mit 2 Gewichts-% Aluminiumoxid (insbesondere das Semi-Sperse® W-A355-Produkt von Cabot), 1 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H₂O₂), 2,2 Gewichts-% Polierzusatz (insbesondere Aminotri(methylenphosphonsäure) (d. h. Dequest®-2000-Produkt)), entweder 0 M oder 0,037 M Ammoniak (d. h. jeweils 0 Gewichts-% NH₃, etwa 0,06 Gewichts-% NH₃, und etwa 0,56 Gewichts-% NH₃), und 0,08 Gewichts-% Filmbildungsmittel (insbesondere Triazol) poliert, wobei jedes der Systeme mit HNO₃ oder KOH auf einen pH-Wert von 8,5 angepasst wurde.

[0049] Zu Vergleichszwecken wurden die Testmikroplättchen auch mit einem Vergleichssystem („Vergleich“) mit 2 Gewichts-% Aluminiumoxid (insbesondere Semi-Sperse® W-A355-Produkt von Cabot), Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H₂O₂), 0,33 M Ammoniak (d. h. etwa 0,56 Gewichts-% NH₃) und 0,08 Gewichts-% Filmbildungsmittel (insbesondere Triazol) poliert, wobei das System mit HNO₃ auf 8,5 pH angepasst wurde.

[0050] Nach der Verwendung der Systeme wurde die Abtragungsrate (RR) von Kupfer, Tantal und SiO₂ durch jedes System, sowie die relative Abtragung von Kupfer zu Tantal („Cu:Ta“) bestimmt, wobei die Ergebnisdaten in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Tabelle 1:

System	Polierzusatz	NH ₃ [M]	CU RR [Å/min.]
Vergleich	Keiner	0,33	180
1A (Vergleich)	2,2 Gewichts-% Dequest® 2000	Keiner	1657
1B	2,2 Gewichts-% Dequest® 2000	0,037	2527
1C	2,2 Gewichts-% Dequest® 2000	0,33	6448

[0051] Wie an Hand der in Tabelle 1 aufgeführten Daten ersichtlich, waren die Kupferabtragungsraten, die von einem Polierzusatz enthaltenden Systemen (Systeme 1A-1C) an den Tag gelegt wurde, größer als die Kupferabtragungsrate des Vergleichsystems, welches keinen Polierzusatz enthielt. Darüber hinaus war die Kupferabtragungsrate des einen Polierzusatz und 0,33 M NH₃ (System 1C) enthaltenden Systems größer als die Kupferabtragungsrate des einen Polierzusatz und 0,037 M NH₃ (System 1B) enthaltenden Systems, die wiederum größer als die Kupferabtragungsrate des Systems mit einem Polierzusatz und ohne NH₃ (System 1A) war.

[0052] Diese Ergebnisse zeigen die Bedeutung des Vorhandenseins eines Polierzusatzes im Zusammenhang mit dem vorliegenden erfindungsgemäßen System sowie einer Kombination des Polierzusatzes mit einer bestimmten Konzentration einer Ammoniakquelle für die durch das vorliegende erfindungsgemäße System und Verfahren erreichbare Poliertrate.

VERGLEICHBSBEISPIEL 2

[0053] In diesem Beispiel wird veranschaulicht, dass die durch das System der vorliegenden Erfindung erreichbare Poliertrate einer ersten Metallschicht von dem Vorhandensein und der Identität des Polierzusatzes in dem System abhängig ist.

[0054] Kupfermikroplättchen wurden separat mit fünf verschiedenen Poliersystemen (die Systeme sind mit 2A-2E bezeichnet) mit 2 Gewichts-% Aluminiumoxid (insbesondere das Semi-Sperse® W-A355-Produkt von Cabot), 1 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H₂O₂), unterschiedlichen Konzentrationen eines ersten Polierzusatzes (insbesondere 0,16 M Ethylendiamin, 0,33 M 2-Amino-1-Butanol, 0,33 M Aminoethylethanolamin, 0,33 M 2,2'-Aminoethoxyethanol oder 0,33 M eines Ethylenimincopolymers mit niedrigem Molekulargewicht Lupasol® FG)), 2,2 Gewichts-% eines zweiten Polierzusatzes (insbesondere Aminotri(methylenphosphonsäure) (d. h. ein Dequest®-2000-Produkt)) und 0,08 Gewichts-% Filmbildungsmittel (insbesondere Triazol) poliert, wobei jedes System einen pH-Wert von 8,5 aufwies. Nach der Verwendung der Systeme wurde die Abtragungsrate (RR) von Kupfer durch jedes System bestimmt, wobei die Ergebnisdaten in Tabelle 2 aufgeführt sind. Die Molekularstruktur eines Teils des ersten Polierzusatzes eines jeden Systems ist ebenfalls in Tabelle 2 enthalten, wobei die Hälfte XY – NCR¹R²CR³R⁴N-X'Y' wie oben abgehandelt in der Molekularstruktur von Tabelle 2 fettgedruckt vorhanden ist, wenn sie in dem Polierzusatz enthalten ist.

Tabelle 2

System	Erster Polierzusatz [M]	Molekularstruktur	CU RR [Å/mm.]
2A	0,16 M Ethylendiamin	H ₂ NCH ₂ CH ₂ NH ₂	> 15000
2B	0,33 M Aminoethylethanolamin	H ₂ NCH ₂ CH ₂ NHCH ₂ CH ₂ OH	10815
2C	0,33 M Lupasol® FG	H ₂ N-[CH ₂ CH ₂ NH(R)]-N H ₂	4985
2D	0,33 M 2,2-Aminoethoxyethanol	H ₂ NCH ₂ CH ₂ OCH ₂ CH ₂ OH	3196
2E	0,33 M 2-Amino-1-Butanol	H ₃ CCH ₂ CH ₂ CH(NH ₂)OH	2091

[0055] Wie an Hand der in Tabelle 2 aufgeführten Daten ersichtlich, waren die Kupferabtragungsraten, die von einem Polierzusatz, der die XY – NCR¹R²CR³R⁴N-X'Y'-Hälfte enthielt, enthaltenden Systemen (Systeme 2A-2C) an den Tag gelegt wurden, größer als die Kupferabtragungsrate der Systeme, die einen Polierzusatz enthielten, der nicht die XY – NCR¹R²CR³R⁴N-X'Y'-Hälfte enthielt (Systeme 2D-2E). Darüber hinaus war die Kupferabtragungsrate unter den Systemen, welche die XY – NCR¹R²CR³R⁴N-X'Y'-Hälfte enthielten (Systeme 2A-2C), die Kupferabtragungsrate, die von dem System an den Tag gelegt wurde, bei dem X, Y, X' und Y' Wasserstoffatome waren (d. h. zwei Primäraminogruppen) (System 2A), größer als die durch das System an den Tag gelegte Kupferabtragungsrate, bei dem X, Y und X' Wasserstoffatome waren, und Y' Ethanol war (d. h. eine Primäraminogruppe und eine Sekundäraminogruppe) (System 2B), die wiederum größer als die Kupferabtragungsrate war, die von das System an den Tag gelegt wurde, welches ein Verhältnis von Primär- zu Sekundär zu Tertiäraminogruppen von etwa 1:0,82:0,53 (System 2C) aufwies.

[0056] Diese Ergebnisse zeigen die Bedeutung des Vorhandenseins eines Polierzusatzes, der die XY – NCR¹R²CR³R⁴N-X'Y'-Hälfte im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen System enthält, sowie die Bedeutung des Verhältnisses von Primär- zu Sekundär zu Tertiäraminogruppen in der XY – NCR¹R²CR³R⁴N-X'Y'-Hälfte des Polierzusatzes für die durch das vorliegende erfindungsgemäße System und Verfahren erreichbare Poliertrate.

VERGLEICHBSBEISPIEL 3

[0057] In diesem Beispiel wird veranschaulicht, dass die durch das System der vorliegenden Erfindung erreichbare Poliertrate einer ersten Metallschicht von dem Vorhandensein und der Identität des Polierzusatzes in dem System abhängig ist.

[0058] Kupfermikroplättchen und Tantalmikroplättchen wurden separat mit sechzehn verschiedenen Poliersystemen (die Systeme sind mit 3A-3P bezeichnet) mit 3 Gewichts-% Aluminiumoxid (insbesondere das Semi-Sperse® W-A355-Produkt von Cabot), 2,5 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H₂O₂) und entweder 0,5 Gewichts-% oder 1 Gewichts-% eines Polierzusatzes (insbesondere 1-Diphosphonsäure (d. h. Dequest® 2010-Produkt), Diethylentriaminpenta(methylenphosphonsäure), (d. h. Dequest® 2060-Produkt), N-Phosphon-Methyliminodiessigsäure, Lupasol® FG, 1,3-Diamino-2-Propanol, 2-Imino-4-Thiobiuret, Iminodiessigsäure, Dimethylgloxim, Dipyridinamin, Iminodiacetonitril, Guanidinnitrat, Pyrazincarbonitril, Thioglykol(mercaptocessig)säure, Thiodipropanionsäure, 1 Gewichts-% eines ethoxylierten Polyethylimins mit hohem Molekulargewicht (d. h. Lupasol® SC-61B), oder einem modifizierten Ethyleniminpolymer mit hohem Molekulargewicht (d. h. Lupasol® SKA)) poliert, wobei jedes der Systeme einen pH-Wert von 5 aufwies (Systeme 3C, 3F, 3H, 3I, 3K, 3L, 3O und 3P) oder einen pH-Wert von 7,7 (Systeme 3A, 3B, 3D, 3F, 3G, 3J, 3M und 3N).

[0059] Zu Vergleichszwecken wurden die Testmikroplättchen auch mit einem Kontrollsystem („Kontrolle“) mit 3 Gewichts-% Aluminiumoxid (insbesondere Semi-Sperse® W-A355-Produkt von Cabot) und 2,5 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H₂O₂) poliert, wobei das Kontrollsystem einen pH-Wert von 7,7 aufwies.

[0060] Nach der Verwendung der Systeme wurde die Abtragungsrate (RR) von Kupfer und Tantal durch jedes System, sowie die relative Abtragung von Kupfer zu Tantal („Cu:Ta“) bestimmt. Die Ergebnisdaten sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3:

System	Polierzusatz	Cu RR [Å/min]	Ta RR [Å/min]	Cu:Ta
Kontrolle	Keiner	87	198	1:2
3A	1 Gewichts-% Dequest® 2010	4777	406	12:1
3B	1 Gewichts-% Dequest® 2060	7624	279	27:1
3C	1 Gewichts-% N-Phosphon-Methyliminodiessigsäure	4333	314	14:1
3D	1 Gewichts-% Lupasol® FG	733	13	56:1
3E	1 Gewichts-% 1,3-Diamino-2-Propanol	2668	50	53:1
3F	1 Gewichts-% 2-imino-4-thiobiuret=2-Imino-4-Thiobiuret	1216	95	13:1
3G	1 Gewichts-% Iminodiessigsäure	7738	533	15:1
3H	0,5 Gewichts-% Dimethylgloxim	1153	273	4:1
3I	0,5 Gewichts-% Dipyridinamin	3022	264	11:1
3J	1 Gewichts-% Iminodiacetonitril	243	446	1:1,8
3K	0,5 Gewichts-% Guanidinnitrat	281	289	1:1
3L	0,5 Gewichts-% Pyrazincarbonitril	246	323	1:1,3
3M	1 Gewichts-% thio-glycolic(mercaptoacetic) acid= Thioglykol(mercaptoessig)säure	552	263	2:1
3N	1 Gewichts-% Thiodipropanionsäure	652	250	2,6:1
3O	1 Gewichts-% Lupasol® SC-61B	682	14	49:1
3P	0,5 Gewichts-% Lupasol® SKA	480	15	32:1

[0061] Wie an Hand der in Tabelle 3 aufgeführten Daten ersichtlich, war das Verhältnis von Kupferabtragung zu Tantalabtragung (d. h. die Cu:Ta-Abtragungsselektivität), welches von einen Polierzusatz enthaltenden Systemen (Systeme 3A-3D) an den Tag gelegt wurde, größer als die Cu:Ta-Abtragungsselektivität der Kontrollpolierzusammensetzung. Darüber hinaus war die Cu:Ta-Abtragungsselektivität des Lupasol® FG enthaltenden Systems (System 3D) die größte unter den Systemen von Tabelle 3.

[0062] Diese Ergebnisse zeigen die Bedeutung des Vorhandenseins und der Identität des Polierzusatzes im Zusammenhang mit dem vorliegenden erfindungsgemäßen System für die durch das vorliegende erfindungsgemäße System und Verfahren erreichbare Polierrate und Selektivität.

VERGLEICHBSBEISPIEL 4

[0063] In diesem Beispiel wird veranschaulicht, dass die durch das System der vorliegenden Erfindung erreichbare Polierate einer ersten Metallschicht von dem Vorhandensein und der Identität des Polierzusatzes in dem System abhängig ist.

[0064] Kupfermikroplättchen und Tantalmikroplättchen wurden separat mit sechs verschiedenen Poliersystemen (die Systeme sind mit 4A-4F bezeichnet) mit 5 Gewichts-% Kieselerde (insbesondere Cab-O-Sperse® SCE-Produkt von Cabot), 2,5 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H₂O₂) und entweder 0,5 Gewichts-% oder 1 Gewichts-% eines Polierzusatzes (insbesondere Kaliumpyrophosphat, (K₄P₂O₇), Phosphonessigsäure, 1-Diphosphonsäure (d. h. Dequest®-2010-Produkt), Aminotri(methylenphosphonsäure) (d. h. Dequest®-2000-Produkt), eines Ethylenimincopolymers (d. h. Lupasol® FG) mit niedrigem Molekulargewicht oder eines Ethyleniminhomopolymers (d. h. Lupasol® P)) mit hohem Molekulargewicht, wobei jedes der Systeme einen pH-Wert von 5 aufwies (Systeme 4A, 4D, 4E und 4F) oder einen pH-Wert von 7,7 (Systeme 4B und 4C) aufwies.

[0065] Zu Vergleichszwecken wurden die Testmikroplättchen auch mit einem Kontrollsystem („Kontrolle“) mit 5 Gewichts-% Kieselerde (insbesondere Cab-O-Sperse® SCE-Produkt von Cabot) und 2,5 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H₂O₂) poliert, wobei das Kontrollsystem einen pH-Wert von 7,7 aufwies.

[0066] Nach der Verwendung der Systeme wurde die Abtragungsrate (RR) von Kupfer und Tantal durch jedes System, sowie die relative Abtragung von Kupfer zu Tantal („Cu:Ta“) bestimmt, wobei die Ergebnisdaten in Tabelle 4 aufgeführt sind.

Tabelle 4:

System	Polierzusatz	Cu RR [Å/min]	Ta RR [Å/min]	Cu:Ta
Kontrolle	Keiner	306	383	1:1,3
4A	0,5 Gewichts-% K ₄ P ₂ O ₇	3918	798	5:1
4B	0,5 Gewichts-% Phosphonessig- säure	3658	40	91:1
4C	0,5 Gewichts-% De- quest®-2010-Pro- dukt	2532	66	38:1
4D	0,5 Gewichts-% Dequest® 2000-Produkt	5245	337	16:1
4E	1 Gewichts-% Lu- pasol® FG	5784	9	643:1
4F	1 Gewichts-% Lu- pasol® P	4297	5	860:1

[0067] Wie an Hand der in Tabelle 4 aufgeführten Daten ersichtlich, war das Verhältnis von Kupferabtragung zu Tantalabtragung (d. h. die Cu:Ta-Abtragungsselektivität), welches von einen Polierzusatz enthaltenden Systemen (Systeme 4A-4F) an den Tag gelegt wurde, größer als die Cu:Ta-Abtragungsselektivität der Kontrollpolierzusammensetzung. Darüber hinaus war die Cu:Ta-Abtragungsselektivität des Lupasol® FG und Lupasol® P enthaltenden Systems (jeweils Systeme 4E und 4F) größer als die Cu:Ta-Abtragungsselektivitäten der K₄P₂O₇, Phosphonessigsäure, Dequest®-2010 und Dequest®-2000 (jeweils Systeme 4A, 4B, 4C und 4D) enthaltenden Systeme.

[0068] Diese Ergebnisse zeigen die Bedeutung des Vorhandenseins und der Identität des Polierzusatzes im Zusammenhang mit dem vorliegenden erfindungsgemäßen System für die durch das vorliegende erfindungsgemäße System und Verfahren erreichbare Polierate und Selektivität.

VERGLEICHBSBEISPIEL 5

[0069] In diesem Beispiel wird veranschaulicht, dass die durch das System der vorliegenden Erfindung erreichbare Polierselektivität eines Mehrschichtsubstrates von dem Vorhandensein und der Identität der Stoppverbindung in dem System abhängig ist.

[0070] Kupfermikroplättchen, Tantalmikroplättchen und Siliziumdioxid (SiO_2)-Mikroplättchen wurden separat mit acht verschiedenen Poliersystemen mit 3 Gewichts-% Aluminiumoxid (insbesondere Semi-Sperse® W-A355-Produkt von Cabot), 2,5 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H_2O_2), unterschiedlichen Konzentrationen eines Polierzusatzes (insbesondere 1,25 Gewichts-% Weinsäure, 0,5 Gewichts-% 1-Diphosphonsäure (d. h. Dequest® 2010-Produkt), 0,75 Gewichts-% Aminotri(methylenphosphonsäure) (d. h. Dequest®-2000-Produkt), 0,8 Gewichts-% Dequest® 2010-Produkt oder 2,5 Gewichts-% Dequest® 2000-Produkt) und unterschiedlichen Konzentrationen einer Stoppverbindung (insbesondere 0,25 Gewichts-% Lupasol® SKA, welches 25% eines Ethyleniminpolymers (d. h. 0,06 Gewichts-% Polyethylenimin), 0,1 Gewichts-% Dicyanoimidazol, 0,5 Gewichts-% Lupasol SKA, (d. h. 0,12 Gewichts-% Polyethylenimin), 0,5 Gewichts-% Polyacylamid oder 0,5 Gewichts-% 1,4-bis-(3-Aminopropyl)-Piperazin oder 0,5 Gewichts-% Variosoft® 300 enthält, welches Cetyltrimethylammoniumchlorid enthält) poliert, wobei jedes der Systeme einen pH-Wert von 5 (System 5E) oder einen pH-Wert von 7,7 (Systeme 5A-5D, 5F-5G) aufwies. Darüber hinaus enthielt System 5C 0,005 Gewichts-% grenzflächenaktive Stoffe (insbesondere Triton DF-16).

[0071] Zu Vergleichszwecken wurden die Testmikroplättchen auch mit einem Kontrollsystem („Kontrolle“) mit 3 Gewichts-% Aluminiumoxid (insbesondere Semi-Sperse® W-A355-Produkt von Cabot) und 2,5 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H_2O_2) poliert, wobei das Kontrollsystem einen pH-Wert von 7,7 aufwies. Darüber hinaus wurden die Testmikroplättchen auch (i) mit einem Vergleichssystem („Vergleich 1“) mit 3 Gewichts-% Aluminiumoxid (insbesondere Semi-Sperse® W-A355-Produkt von Cabot), 2,5 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H_2O_2) und 1,25 Gewichts-% Polierzusatz (insbesondere Weinsäure), und (ii) mit einem Vergleichssystem („Vergleich 2“) mit 3 Gewichts-% Aluminiumoxid (insbesondere Semi-Sperse® W-A355-Produkt von Cabot), 2,5 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H_2O_2) und 1 Gewichts-% Polierzusatz (insbesondere Dequest® 2010-Produkt) poliert, wobei jedes der Vergleichssysteme einen pH-Wert von 7,7 aufwies.

[0072] Nach der Verwendung der Systeme wurde die Abtragungsrate (RR) von Kupfer, Tantal und SiO_2 durch jedes System, sowie die relative Abtragung von Kupfer zu Tantal („Cu:Ta“) bestimmt. Die Ergebnisdaten sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 5:

System	Polierzusatz	Stoppverbindung	Cu RR [Å/min.]	Ta RR [Å/min.]	SiO ₂ RR [Å/min.]	Cu:Ta
Kontrolle	Keine	Keine	67	198	-	1:2
Vergleich 1	1,25 Gewichts-% Weinsäure	Keine	3615	133	53	27:1
Vergleich 2	1 Gewichts-% Dequest® 2010	Keine	4777	406	-	12:1
5A	1,25 Gewichts-% Weinsäure	0,06 Gewichts-% Polyethylenimin	2375	19	12	125:1
5B	0,5 Gewichts-% Dequest® 2010	0,1 Gewichts-% Dicyanoimidazol	3163	175	54	18:1
5C	0,75 Gewichts-% Dequest® 2000	0,12 Gewichts-% Polyethylenimin	3265	28	16	117:1
5D	0,8 Gewichts-% Dequest® 2010	0,12 Gewichts-% Polyethylenimin	2949	35	26	84:1
5E	0,75 Gewichts-% Dequest® 2000	0,5 Gewichts-% Polyacrylamid	6381	43	28	148:1
5F	2,5 Gewichts-% Dequest® 2000	0,5 Gewichts-% 1,4-bis-(3-Aminopropyl)-Piperazin	3860	109	5,5	35:1
5G	2,5 Gewichts-% Dequest® 2000	0,5 Gewichts-% Variosoft® 300	2260	97,6	3,6	23:1

[0073] Wie an Hand der in Tabelle 5 aufgeführten Daten ersichtlich, war das Verhältnis von Kupferabtragung zu Tantalabtragung (d. h. die Cu:Ta-Abtragungselektivität), die von einem Polierzusatz und eine Stoppverbindung enthaltenden Systemen (Systeme 1A-1G) an den Tag gelegt wurde, größer als die Cu:Ta-Abtragungselektivität des Kontrollpoliersystems und des Poliersystems von Vergleich 2, und waren ähnlich oder größer als die Cu:Ta-Abtragungselektivität des Poliersystems von Vergleich 1. Darüber hinaus war die SiO₂-Abtragungsrate, die von einem Polierzusatz und eine Stoppverbindung enthaltenden Systemen (Systeme 1A-1G) an den Tag gelegt wurde, ähnlich oder niedriger als die von dem Poliersystem von Vergleich 1 an den Tag gelegte SiO₂-Abtragungsrate.

[0074] Diese Ergebnisse zeigen die Bedeutung der Kombination eines Polierzusatzes und einer Stoppverbindung im Zusammenhang mit dem vorliegenden erfindungsgemäßen System sowie die Wirkung des einzelnen Polierzusatzes in Kombination mit der einzelnen Stoppverbindung auf die mittels des vorliegenden erfindungsgemäßen Systems und des Verfahrens erreichbare Polierrate und – selektivität.

VERGLEICHBSBEISPIEL 6

[0075] In diesem Beispiel wird veranschaulicht, dass die durch das System der vorliegenden Erfindung erreichbare Polierselektivität eines Mehrschichtsubstrates von dem Vorhandensein und der Identität des Polierzusatzes und der Stoppverbindung in dem System abhängig ist.

[0076] Kupfermikroplättchen, Tantalmikroplättchen und Siliziumdioxid (SiO₂)-Mikroplättchen wurden separat mit drei verschiedenen Poliersystemen (die Systeme sind mit 2A-2C bezeichnet) mit 5 Gewichts-% Kieselerde (insbesondere Cab-O-Sperse® SCE-Produkt von Cabot), 2,5 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H₂O₂), unterschiedlichen Konzentrationen eines Polierzusatzes (insbesondere 0,8 Gewichts-% 1-Diphosphonsäure (d. h. Dequest®-2010-Produkt), 0,75 Gewichts-% Aminotri(methylenphosphonsäure) (d. h. Dequest®-2000-Produkt) oder 0,75 Gewichts-% Diethylentriaminpenta(methylenphosphonsäure) (d. h. Dequest® 2060-Produkt) und 0,5 Gewichts-% Stoppverbindung (insbesondere 0,5 Gewichts-% Lupasol® SKA poliert, welches 25% eines Ethyleniminpolymers (d. h. 0,12 Gewichts-% Polyethylenimin)) enthält, wobei jedes der Systeme einen pH-Wert von 7,7 aufwies. Zu Vergleichszwecken wurden die Testmikroplättchen auch mit einem Kontrollsystem („Kontrolle“) mit 5 Gewichts-% Kieselerde (insbesondere Cab-O-Sperse® SCE-Produkt von Cabot) und 2,5 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H₂O₂) poliert, wobei das Kontrollsystem einen pH-Wert von 8 aufwies. Nach der Verwendung der Systeme wurde die Abtragsrate (RR) von Kupfer, Tantal und SiO₂ durch jedes System, sowie die relative Abtragung von Kupfer zu Tantal („Cu:Ta“) bestimmt, wobei die Ergebnisdaten in Tabelle 6 aufgeführt sind.

Tabelle 6:

System	Polierzusatz	Stoppverbindung	Cu RR [Å/min.]	Ta RR [Å/min.]	SiO ₂ RR [Å/min.]	Cu:Ta
Kontrolle	Keine	Keine	306	383	299	1:1,3
6A	0,8 Gewichts-% Dequest® 2010	0,12 Gewichts-% Lupasol SKA	1789	13	5	138:1
6B	0,75 Gewichts-% Dequest® 2000	0,12 Gewichts-% Lupasol SKA	1733	9	20	193:1
6C	0,75 Gewichts-% Dequest® 2060	0,12 Gewichts-% Lupasol SKA	2132	7	12	305:1

[0077] Wie an Hand der in Tabelle 6 aufgeführten Daten ersichtlich, war das Verhältnis von Kupferabtragung zu Tantalabtragung (d. h. die Cu:Ta-Abtragungselektivität), die von einem Polierzusatz und eine Stoppverbindung enthaltenden Systemen (Systeme 6A-6C) an den Tag gelegt wurde, größer als die Cu:Ta-Abtragungselektivität des Kontrollpoliersystems, welches keinen Polierzusatz oder Stoppverbindung enthielt. Darüber hinaus war die Kupferabtragsrate und die Cu:Ta-Abtragungselektivität des eine Stoppverbindung und das Dequest®-2060-Produkt (System 6C) enthaltenden Systems größer als die Cu:Ta-Abtragungselektivität des eine Stoppverbindung und das Dequest®-2000-Produkt (System 6B) enthaltenden Systems, die wiederum größer als die Cu:Ta-Abtragungselektivität des eine Stoppverbindung und das Dequest®-2010-Produkt (System 6A) enthaltenden Systems war. Darüber hinaus war die SiO₂-Abtragsrate, die von einem Polierzusatz und eine Stoppverbindung enthaltenden Systemen (Systeme 6A-6C) an den Tag gelegt wurde, größer als die SiO₂-Abtragsrate des Kontrollsystems, welches keinen Polierzusatz oder Stoppverbindung enthielt.

[0078] Diese Ergebnisse zeigen die Bedeutung der Kombination eines Polierzusatzes und einer Stoppverbindung im Zusammenhang mit dem vorliegenden erfindungsgemäßen System sowie die Wirkung des einzelnen Polierzusatzes in Kombination mit der einzelnen Stoppverbindung auf die mittels des vorliegenden erfindungsgemäßen Systems und des Verfahrens erreichbare Polierrate und – selektivität.

VERGLEICHBSBEISPIEL 7

[0079] In diesem Beispiel wird veranschaulicht, dass die durch das System der vorliegenden Erfindung erreichbare Polierselektivität eines Mehrschichtsubstrates von dem Vorhandensein und der Identität der Stoppverbindung in dem System abhängig ist.

[0080] Kupfermikroplättchen, Tantalmikroplättchen und Siliziumdioxid (SiO_2)-Mikroplättchen wurden separat mit vierzehn verschiedenen Poliersystemen mit 3 Gewichts-% Aluminiumoxid (insbesondere Semi-Sperse® W-A355-Produkt von Cabot), 2,5 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H_2O_2), 1 Gewichts-% Polierzusatz (insbesondere Ammoniumoxalat ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$)) und unterschiedlichen Konzentrationen einer Stoppverbindung (insbesondere 0,2 Gewichts-% Isophorondiamin, 0,2 Gewichts-% Hexamethyldiamin, 0,2 Gewichts-% N-Cyclohexyl-1,3-Propandiamin, 0,2 Gewichts-% N-(3-Aminopropyl)-1,3-Propandiamin, 0,2 Gewichts-% Tetraethylenpentamin, 0,2 Gewichts-% N,N,N',N'-Tetramethyl-1,4-Butandiamin, 0,5 Gewichts-% Propylamin, 0,2 Gewichts-% 2-(2-Aminoethoxy)-Ethanol, 2,0 Gewichts-% 1,3-Diamino-2-Propanol, 1,0 Gewichts-% Thiomica-min, 3,0 Gewichts-% 2-Amino-1-Butanol, 0,2 Gewichts-% 4,7,10-Trioxa-1,13-Tridecandiamin, 0,2 Gewichts-% Lysin, 0,2 Gewichts-% Poly-[bis-(2-Chloroether)-alt-1,3-bis-(3-Dimethylamino)-Propyl] poliert, wobei jedes der Systeme einen pH-Wert von 7,6 aufwies. Zu Vergleichszwecken wurden die Testmikroplättchen auch mit einem Kontrollsystem („Kontrolle“) mit 3 Gewichts-% Aluminiumoxid (insbesondere Semi-Sperse® W-A355-Produkt von Cabot), 2,5 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H_2O_2) und 1 Gewichts-% Polierzusatz (insbesondere Ammoniumoxalat ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$)) poliert, wobei das Kontrollsystem einen pH-Wert von 7,6 aufwies. Nach der Verwendung der Polierzusammensetzungen wurde die relative Tantal-(TA)-Abtragungsrate und die relative Siliziumdioxid-(SiO_2)-Abtragungsrate eines jeden Systems im Vergleich zu den Abtragungsraten des Kontrollsystems bestimmt. Die Ergebnisdaten sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 7:

System	Stoppverbindung	Relative Abtragungsrate Ta	Relative Abtragungsrate SiO ₂
Kontrolle	Keine	1	1
7A	0,2 Gewichts-% Isophorondiamin	0,17	-
7B	0,2 Gewichts-% Hexamethyldiamin	0,24	0,27
7C	0,2 Gewichts-% N-Cyclohexyl-1,3-Propandiamin	0,12	0,11
7D	0,2 Gewichts-% N-(3-Aminopropyl)-1,3-Propandiamin	0,17	0,03
7E	0,2 Gewichts-% Tetraethylenpentamin	0,21	0,13
7F	0,2 Gewichts-% N,N,N',N'-Tetramethyl-1,4-Butandiamin	-	0,37
7G	0,5 Gewichts-% Propylamin	0,17	-
7H	0,2 Gewichts-% 2-(2-Aminoethoxy)-Ethanol	0,71	-
7I	3,0 Gewichts-% 2-Amino-1-Butanol	0,04	0,21
7J	0,2 Gewichts-% 4,7,10-Trioxa-1,13-Tri-decandiamin	0,28	0,22
7K	0,2 Gewichts-% Lysin	0,35	1,1
7L	0,2 Gewichts-% Poly-[bis-(2-Chloroether)-alt-1,3-bis-(3-Dimethylamino)-Propyl]	-	0,33

[0081] Wie an Hand der in Tabelle 7 aufgeführten Daten ersichtlich, waren die relativen Tantalabtragungsrate, die von einem Polierzusatz und eine Stoppverbindung enthaltenden bewerteten Poliersystemen an den Tag gelegt wurden, wünschenswerterweise geringer als die relative Tantalabtragungsrate der Kontroll-Polierzusammensetzung, die nicht einen Polierzusatz und eine Stoppverbindung enthielt. Darüber hinaus waren die von allen bis auf eines der bewerteten Poliersysteme, die einen Polierzusatz und eine Stoppverbindung enthielten, an den Tag gelegten relativen SiO₂-Abtragungsrate wünschenswerterweise geringer als die relative SiO₂-Abtragungsrate des Kontroll-Poliersystems, welches nicht einen Polierzusatz und eine Stoppverbindung enthielt.

[0082] Diese Ergebnisse zeigen die Bedeutung des Vorhandenseins einer Stoppverbindung im Zusammenhang mit dem vorliegenden erfindungsgemäßen System sowie die Wirkung der einzelnen Stoppverbindung auf die mittels des vorliegenden erfindungsgemäßen Verfahrens erreichbare Abtragungsrate und -selektivität.

VERGLEICHBSBEISPIEL 8

[0083] In diesem Beispiel wird veranschaulicht, dass die durch das System der vorliegenden Erfindung erreichbare Polierselektivität eines Mehrschichtsubstrates sowie die Minimierung von Oberflächenfehlern durch das System von der Identität der Stoppverbindung in dem System abhängig sind.

[0084] Kupfermikroplättchen, Tantalmikroplättchen und Siliziumdioxid (SiO₂)-Mikroplättchen wurden separat mit zwei verschiedenen Poliersystemen (die Systeme sind mit 8A und 8B bezeichnet) mit 3 Gewichts-% Aluminiumoxid (insbesondere Semi-Sperse® W-A355-Produkt von Cabot), 2,5 Gewichts-% Oxidationsmittel (insbesondere H₂O₂), 1,25 Gewichts-% Polierzusatz (insbesondere Weinsäure) und entweder 0 Gewichts-% oder 0,06 Gewichts-% Stoppverbindung (insbesondere ein Ethyleniminpolymer (d. h. Lupasol SKA)) poliert, wobei jedes der Systeme einen pH-Wert von 7,7 aufwies. Nach der Verwendung der Systeme wurde die relative Abtragungsrate von Kupfer zu Tantal („Cu:Ta“), tellerförmige Austiefung von Kupfer und SiO₂-Erosion gemessen, wobei die Ergebnisdaten in Tabelle 8 aufgeführt sind. Die tellerförmige Austiefung von Mikroplättchen von Kupferlinien (d. h. tellerförmige Austiefung von Kupfer) und die SiO₂-Erosion wurden durch die Verwendung einer Tencor P-20 Long Scan-Profilmesseinrichtung gemessen. Die tellerförmige Austiefung von Kupfer wurde bei einer 10 µm-Strukturgröße und bei einer 50 µm-Strukturgröße („10 µm/50 µm“) gemessen. Die SiO₂-Erosion wurde für ein Feld mit einer 2 µm-Linie und einer 4 µm-Steigung („2 µm/4 µm-Feld“) gemessen.

Tabelle 8:

System	Polierzusatz	Stoppverbindung	Cu:Ta	Cu, tellerförmige Austiefung [10 µm/50 µm]	SiO ₂ -Erosion [2 µm/4 µm-Feld]
8A	1,25 Gewichts-% Weinsäure	Keine	81:1	952 Å/1868 Å	896 Å
8B	1,25 Gewichts-% Weinsäure	0,06 Gewichts-% Lupasol® SKA	220:1	840 Å/1552 Å	714 Å

[0085] Wie an Hand der in Tabelle 8 aufgeführten Daten ersichtlich, war das Verhältnis von Kupferabtragung zu Tantalabtragung (d. h. die Cu:Ta-Abtragungsselektivität), die von dem einen Polierzusatz und eine Stoppverbindung enthaltenden System (System 8B) an den Tag gelegt wurde, größer als die Cu:Ta-Abtragungsselektivität, die von dem System an den Tag gelegt wurde, welches nur einen Polierzusatz (System 8A) enthielt. Darüber hinaus war die tellerförmige Austiefung von Cu und die SiO₂-Erosion, die von dem einen Polierzusatz und eine Stoppverbindung enthaltenden System (System 8B) an den Tag gelegt wurde, geringer als die tellerförmige Austiefung von Cu und die SiO₂-Erosion, die von dem nur einen Polierzusatz enthaltenden System (System 8A) an den Tag gelegt wurde.

[0086] Diese Ergebnisse zeigen die Bedeutung des Vorhandenseins einer Stoppverbindung im Zusammenhang mit dem vorliegenden erfindungsgemäßen System für die mittels des Systems erreichbare Polierselektivität, sowie für die Minimierung von Oberflächenfehlern des polierten Substrates durch das System der vorliegenden Erfindung.

[0087] Obwohl diese Erfindung mit der Betonung auf bevorzugten Ausführungsformen beschrieben wurde, wird es für Fachleute auf diesem Gebiet offensichtlich sein, dass Varianten der bevorzugten Ausführungsformen verwendet werden können, und dass es beabsichtigt ist, dass die Erfindung anders als in diesem Dokument beschrieben praktiziert werden kann. Dementsprechend umfasst diese Erfindung alle innerhalb des Umfangs der Erfindung enthaltenen Abänderungen, wie sie durch die nachfolgenden Ansprüche festgelegt sind.

Patentansprüche

1. System zum Polieren einer oder mehrerer Schichten eines Mehrschichtsubstrates, welches eine erste Metallschicht und eine zweite Schicht aufweist, die (i) eine Trägerflüssigkeit, (ii) mindestens ein Oxidationsmittel, (iii) mindestens einen Polierzusatz aufweist, der die Rate erhöht, mit der das System mindestens eine Schicht des Substrates poliert, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Polierzusatz aus der aus Pyrophosphaten, niedergeschlagenen Phosphaten, Phosphonsäuren und Salzen davon, Aminen, Aminoalkoholen, Amiden, Iminen, Iminosäuren, Nitrilen, Nitroverbindungen, Thiolen, Thioestern, Thioethern, Karbothiolsäuren, Karbothionsäuren, Thiokarboxylsäuren, Thiosalizylsäuren bestehenden Gruppe und Mischungen davon ausgewählt ist, und (iv) eine Ammoniakquelle und (v) ein Polierkissen und/oder ein Schleifmittel aufweist.

2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerflüssigkeit ein nichtwässriges Lösungsmittel ist.

3. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerflüssigkeit Wasser ist.
4. System nach Anspruch 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass das System ein in der Trägerflüssigkeit suspendiertes Schleifmittel umfasst.
5. System nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass das Schleifmittel auf dem Polierkissen fixiert ist.
6. System nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass kein Schleifmittel in dem System vorhanden ist, und das Polierkissen ein nichtschleifendes Kissen ist.
7. System nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Polierzusatz aus der aus Diphosphonsäuren, Triphosphonsäuren, Polyphosphonsäuren, Polyphosphonessigsäuren bestehenden Gruppe und Mischungen davon ausgewählt ist.
8. System nach Anspruch 1-7, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Polierzusatz aus der aus Etylen-Diphosphonsäure, 1-Hydroxyethyliden-1,1-Diphosphonsäure bestehenden Gruppe und einer Mischung davon ausgewählt ist.
9. System nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Polierzusatz aus der aus primären Aminen, sekundären Aminen, tertiären Aminen, hydroxylierten Aminen bestehenden Gruppe und Mischungen davon ausgewählt ist.
10. System nach einem der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Polierzusatz die Struktur $XY - NCR^1R^2CR^3R^4N-X'Y'$ aufweist, wobei X, Y, X', Y', R¹, R², R³ und R⁴ aus der aus Wasserstoff-(H)-Atomen, heteroatomhaltigen funktionellen Gruppen, C₁-C₂₀-Alkylgruppen, heteroatomhaltigen C₁-C₂₀-Alkylgruppen, zyklischen Gruppen, heteroatomhaltigen zyklischen Gruppen, aromatischen Gruppen, heteroatomhaltigen aromatischen Gruppen bestehenden Gruppe und Kombinationen davon ausgewählt sind.
11. System nach Anspruch 1-10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Polierzusatz die Struktur $XY - NCR^1R^2CR^3R^4N-X'Y'$ aufweist, wobei X und X' H-Atome sind, und wobei Y, Y', R¹, R², R³ und R⁴ aus der aus Wasserstoff-(H)-Atomen, heteroatomhaltigen funktionellen Gruppen, Alkylgruppen, heteroatomhaltigen Alkylgruppen, zyklischen Gruppen, heteroatomhaltigen zyklischen Gruppen, aromatischen Gruppen, heteroatomhaltigen aromatischen Gruppen bestehenden Gruppe und Kombinationen davon ausgewählt sind.
12. System nach Anspruch 1-11, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Polierzusatz die Struktur $XY - NCR^1R^2CR^3R^4N-X'Y'$ aufweist, wobei X, Y, X' und Y' H-Atome sind, und wobei R¹, R², R³ und R⁴ aus der aus Wasserstoff-(H)-Atomen, heteroatomhaltigen funktionellen Gruppen, Alkylgruppen, heteroatomhaltigen Alkylgruppen, zyklischen Gruppen, heteroatomhaltigen zyklischen Gruppen, aromatischen Gruppen, heteroatomhaltigen aromatischen Gruppen bestehenden Gruppe und Kombinationen davon ausgewählt sind.
13. System nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Polierzusatz aus der aus Aminoethylethanolamin, Polyethylenimin bestehenden Gruppe und einer Mischung davon ausgewählt ist.
14. System nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Polierzusatz Ethylendiamin ist.
15. System nach einem der Ansprüche 1-14, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Polierzusatz sowohl (a) eine aus der aus Pyrophosphaten, niedergeschlagenen Phosphaten, Phosphonsäuren und Salzen davon bestehenden Gruppe ausgewählte Verbindung ist, als auch (b) eine aus der aus Aminen, Aminoalkoholen, Amiden, Iminen, Iminosäuren, Nitrilen und Nitroverbindungen bestehenden Gruppe ausgewählte Verbindung ist.
16. System nach einem der Ansprüche 1-15, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Polierzusatz sowohl (a) eine aus der aus Aminen, Aminoalkoholen, Amiden, Aminen, Iminosäuren, Nitrilen und Nitroverbindungen bestehenden Gruppe ausgewählte Verbindung ist, als auch (b) eine aus der aus Thiolen, Thioestern und Thioethern, Karbothiolsäuren, Karbothionsäuren, Thiokarboxylsäuren und Thiosalizylsäuren bestehenden Gruppe ausgewählte Verbindung ist.

17. System nach einem der Ansprüche 1-16, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Polierzusatz aus der aus 2-Aminoethylphosphonsäure, Amino(trimethylen-Phosphonsäure), Diethylentriaminpenta(methylenphosphonsäure), Hexamethylendiamin-Tetra(methylenphosphonsäure) bestehenden Gruppe und Mischungen davon ausgewählt ist.

18. System nach einem der Ansprüche 1-17, dadurch gekennzeichnet, dass das System (i) Aminotri(methylenphosphonsäure) und (ii) Ammoniak oder ein Ammoniumsalz aufweist.

19. System nach einem der Ansprüche 1-18, dadurch gekennzeichnet, dass das System weiterhin mindestens eine Stoppverbindung aufweist.

20. System nach einem der Ansprüche 1-19, dadurch gekennzeichnet, dass das System weiterhin mindestens eine Polymerverbindung aufweist, welche die Polierate mindestens einer mit dem Substrat verbundenen Schicht verringert.

21. System nach einem der Ansprüche 1-20, dadurch gekennzeichnet, dass das System weiterhin mindestens ein Passivierungsfilmbildungsmittel aufweist.

22. System nach einem der Ansprüche 1-21, dadurch gekennzeichnet, dass das Schleifmittel ein Metalloxidschleifmittel ist.

23. System nach einem der Ansprüche 1-22, dadurch gekennzeichnet, dass das Schleifmittel aus der aus Aluminiumoxid, Zr(IV)-oxid, Germanium, Kieselerde, Titanerde, Zirkonoxid und gebildeten Nebenprodukten derselben bestehenden Gruppe und Mischungen davon ausgewählt ist.

24. System nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Schleifmittel Aluminiumoxid ist.

25. System nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Oxidationsmittel ein Peroxid ist.

26. Verfahren zum Polieren eines Substrates, welches eine Oberfläche eines Substrates mit dem System nach einem der Ansprüche 1-25 umfasst, und Polieren mindestens eines Teiles des Substrates damit.

27. Verfahren zum Polieren einer oder mehrerer Schichten eines Mehrschichtsubstrates, welches eine erste Metallschicht und eine zweite Schicht aufweist, welches die folgenden Schritte umfasst:

- (a) Berührung der ersten Metallschicht mit dem System nach einem der Ansprüche 1-25 und,
- (b) Polieren der ersten Metallschicht mit dem System, bis mindestens ein Teil der ersten Metallschicht von dem Substrat entfernt ist.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen