

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4773091号
(P4773091)

(45) 発行日 平成23年9月14日(2011.9.14)

(24) 登録日 平成23年7月1日(2011.7.1)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/304 (2006.01)
B24B 37/00 (2006.01)
C09K 3/14 (2006.01)

H01L 21/304 622 X
H01L 21/304 621 D
H01L 21/304 622 D
B24B 37/00 H
C09K 3/14 550 D

請求項の数 20 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-511407 (P2004-511407)
(86) (22) 出願日 平成15年5月26日 (2003.5.26)
(65) 公表番号 特表2005-529485 (P2005-529485A)
(43) 公表日 平成17年9月29日 (2005.9.29)
(86) 國際出願番号 PCT/IB2003/002266
(87) 國際公開番号 WO2003/104343
(87) 國際公開日 平成15年12月18日 (2003.12.18)
審査請求日 平成18年4月13日 (2006.4.13)
(31) 優先権主張番号 10/165,100
(32) 優先日 平成14年6月7日 (2002.6.7)
(33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 500397411
キャボット マイクロエレクトロニクス
コーポレイション
アメリカ合衆国, イリノイ 60504,
オーロラ, ノース コモンズ ドライブ
870
(74) 代理人 100099759
弁理士 青木 篤
(74) 代理人 100077517
弁理士 石田 敏
(74) 代理人 100087413
弁理士 古賀 哲次
(74) 代理人 100102990
弁理士 小林 良博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 low-k 絶縁材料用のCMP組成物

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(i) (A) 銅、タンタル、チタン、タングステン、ニッケル、白金、ルテニウム、イリジウムおよびロジウムから成る群から選ばれる金属層と (B) 絶縁層とを含んでなる基板を、

(a) アルミナ、シリカ、これらの同時形成生成物、ポリマー粒子、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される研磨剤；

(b) 7 以上の HLB を有する両親媒性非イオン界面活性剤；および

(c) 液体キャリア

を含む化学的機械的研磨系に接触させる工程；ならびに

(i) 基板の少なくとも 1 部分を摩耗させて前記絶縁層を研磨する工程を含んでなる基板の研磨方法であつて、

前記絶縁層が 3.5 以下の誘電率を有している、基板の研磨方法。

【請求項 2】

前記研磨剤が、(1) 研磨パッドに固定されているか、(2) 微粒子形態にあり、かつ、液体キャリア中に懸濁しているか、または(3) (1) の形態のものと (2) の形態のものとの組み合わせである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記両親媒性非イオン界面活性剤がヘッド基およびテール基を含んでなる、請求項 1 または 2 のいずれか一項に記載の方法。

10

20

【請求項 4】

前記テール基が 4 以上のエチレンオキシド反復単位を有するポリオキシエチレン、ソルビタン、またはこれらの混合物を含んでなる、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記ヘッド基が、ポリシロキサン、テトラ - C₁₋₄ - アルキルデシン、飽和または部分的に不飽和の C₆₋₃₀ アルキル、ポリオキシプロピレン、C₆₋₁₂ アルキルフェニル、C₆₋₁₂ アルキルシクロヘキシリ、ポリエチレン、またはこれらの混合物を含んでなる、請求項 3 または 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記両親媒性非イオン界面活性剤が、2, 4, 7, 9 - テトラメチル - 5 - デシン - 4, 7 - ジオールエトキシレートである、請求項 1 または 2 に記載の方法。

10

【請求項 7】

前記両親媒性非イオン界面活性剤が、アルキルが C₆₋₃₀ アルキルであり、飽和でも部分的に不飽和でもよく、任意に分岐している、ポリオキシエチレンアルキルエーテルおよびポリオキシエチレンアルキル酸エステルからなる群から選択される、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 8】

前記両親媒性非イオン界面活性剤が、ポリオキシエチレンラウリルエーテル、ポリオキシエチレンセチルエーテル、ポリオキシエチレンステアリルエーテル、ポリオキシエチレンオレイルエーテル、ポリオキシエチレンモノラウレート、ポリオキシエチレンモノステアレート、ポリオキシエチレンジステアレート、ポリオキシエチレンモノオレエート、またはこれらの組み合わせである、請求項 1 または 2 に記載の方法。

20

【請求項 9】

前記両親媒性非イオン界面活性剤が、アルキルが C₆₋₃₀ アルキルであり、飽和でも部分的に不飽和でもよく、任意に分岐しててよい、ポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテルまたはポリオキシエチレンアルキルシクロヘキシリエーテルである、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 10】

前記両親媒性非イオン界面活性剤が、アルキルが C₆₋₃₀ アルキルであり、飽和でも部分的に不飽和でもよく、任意に分岐しててよいポリオキシエチレンソルビタノンアルキル酸エステルである、請求項 1 または 2 に記載の方法。

30

【請求項 11】

前記両親媒性非イオン界面活性剤が、ポリジメチルシロキサンおよびポリオキシエチレンを含んでなるブロックまたはグラフトコポリマーである、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 12】

前記両親媒性非イオン界面活性剤が、ポリオキシエチレンおよびポリオキシプロピレンまたはポリオキシエチレンおよびポリエチレンを含んでなるブロックコポリマーである、請求項 1 または 2 に記載の方法。

40

【請求項 13】

前記両親媒性非イオン界面活性剤が、ポリオキシエチレンアルキルアミン、ポリオキシエチレンアルキルアルカノールアミド、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 14】

前記系が 6 以上の pH を有する、請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 15】

前記液体キャリアが水を含んでなる、請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 16】

前記研磨系が、液体キャリアおよびその中に溶解または懸濁している化合物の重量に対して、0.005 重量 % 以上の両親媒性非イオン界面活性剤を含んでなる、請求項 1 ~ 1

50

5のいずれか一項に記載の方法。**【請求項 17】**

前記研磨系が、液体キャリアおよびその中に溶解または懸濁している化合物の重量に対して、0.005重量%～0.05重量%の両親媒性非イオン界面活性剤を含んでなる、請求項1～15のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 18】

前記絶縁層が有機改質ケイ素ガラスである、請求項1～17のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 19】

前記有機改質ケイ素ガラスが炭素ドープ二酸化ケイ素である、請求項18に記載の方法

10

【請求項 20】

前記金属層が銅またはタンタルを含んでなる、請求項1～19のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、low-k絶縁材料を研磨するための化学的機械的研磨組成物に関する。

【背景技術】**【0002】**

20

基板表面の平坦化または研磨のための組成物および方法は当業界によく知られている。研磨組成物（研磨スラリーとしても知られる）は通常、水溶液中に研磨剤を含んでおり、研磨組成物で飽和されている研磨パッドに表面を接触させることにより表面に塗布される。典型的な研磨剤には二酸化ケイ素、酸化セリウム、酸化アルミニウム、酸化ジルコニアおよび酸化スズがある。例えば、米国特許第5,527,423号は、水性媒体中に高純度金属酸化物微粒子を含む研磨スラリーに表面を接触させることにより金属層を化学的機械的に研磨する方法を記載している。前記研磨スラリーは通常研磨パッド（例えば研磨クロスまたはディスク）とともに使用される。好適な研磨パッドは、連続気泡多孔質ネットワークを有する焼結ポリウレタン研磨パッドの使用を開示している米国特許第6,062,968号、第6,117,000号および第6,126,532号ならびに表面組織またはパターンを有する固体研磨パッドの使用を開示している米国特許第5,489,233号に記載されている。あるいは、研磨剤を研磨パッドに取り入れてもよい。米国特許第5,958,794号は、固定研磨剤研磨パッドを開示している。

30

【0003】

ケイ素系金属間絶縁層のための研磨組成物は半導体産業において特によく開発されてきており、ケイ素系絶縁体の研磨および摩耗の化学的機械的性質は十分に良好に理解されている。しかし、ケイ素系絶縁材料に関する問題の1つは、残留水分量などの因子によりその誘電率が比較的高く、約3.9以上になることである。結果として、導電層間のキャパシタンスも比較的高くなり、次には、回路が動作できる速度（周波数）を限定する。開発されつつあるキャパシタンス低下の方策には、（1）より低い抵抗率を持つ金属（例えば銅）の組み込みおよび（2）二酸化ケイ素に比べて低い誘電率を持つ絶縁材料による電気絶縁の提供がある。そのような低誘電率材料は通常、有機ポリマー材料、無機および有機多孔質絶縁材料および多孔質でも非多孔質でもよいブレンドされたまたは複合有機および無機材料を含む。低誘電率材料を半導体構造に導入しながら、それでも、半導体ウェハ処理の間、生じる絶縁材料の表面の研磨に従来の化学的機械的研磨（CMP）系を利用できれば非常に望ましい。

40

【0004】

低誘電率材料を含む基板用の化学的機械的研磨組成物がいくつか知られている。例えば、米国特許第6,043,155号は、無機および有機絶縁膜用の酸化セリウム系スラリーを開示している。米国特許第6,046,112号は、ジルコニア研磨剤とテトラメチ

50

ルアンモニウムヒドロキシドまたはテトラブチルアンモニウムヒドロキシドのいずれかを含む、低誘電率材料を研磨する研磨組成物を開示している。米国特許第6,270,395号は、研磨剤および酸化剤を含む、低誘電率材料用の研磨組成物を開示している。

【0005】

界面活性剤は通常化学的機械的研磨組成物に使用され、分散剤または凝集剤として機能する。例えば、米国特許第6,270,393号は、アルミナ、無機塩、水溶性キレート剤およびその称するところでは研磨剤の分散剤として作用する界面活性剤を含む研磨剤スラリーを開示している。米国特許第6,313,039号は、研磨剤、ヒドロキシリアルアミン化合物、酸化剤およびその称するところでは研磨される基板の表面電荷を変える界面活性剤を任意に含んでなる研磨組成物を開示している。米国特許第6,348,076号は、界面活性剤、特にアニオン界面活性剤を含む金属層CMP用の研磨組成物を開示している。米国公開特許出願第2001/0005009A1号は、分散剤として作用するアニオン、カチオン、両性および非イオン界面活性剤を含めた界面活性剤を含む研磨組成物を開示している。米国公開特許出願第2001/0008828A1号は、研磨剤、有機酸、複素環化合物、酸化剤および任意に界面活性剤を含んでなる、銅およびバリア膜の研磨用の水性研磨組成物を開示している。米国公開特許出願第2001/0013507A1号は、ジルコニア研磨剤およびその称するところによると研磨スラリーを沈殿、凝集および分解に対して安定化するように作用する非イオン、アニオン、カチオンまたは両性界面活性剤を含む、低誘電率無機ポリマー層を研磨するための方法を開示している。国際公開第01/32794号A1は、その称するところによるとシリカまたは銅基板の表面と結合を形成しシリカ沈殿の形成および銅の着色を抑制する、広範囲の界面活性剤のいずれでもよい有機添加剤を含むCMP用のタンタルバリアスラリーを開示している。欧州特許第810302号B1は、ソルビタン脂肪酸エステルおよびソルビタン脂肪酸エステルのポリオキシエチレン誘導体を腐食防止剤として含む研磨組成物を開示している。欧州特許出願公開第1088869号A1は、研磨剤粒子およびHLB値が6以下である両親媒性界面活性剤を含むCMP用の水性分散液を開示している。欧州特許出願公開1148538号A1は、酸化セリウム研磨剤およびその称するところによると分散剤として作用する界面活性剤（例えば、アニオン、非イオン、カチオンまたは両性）を含む研磨組成物を開示している。

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

化学的機械的研磨組成物中の界面活性剤の使用は公知であるが、従来技術の文献のいずれも、アニオン、カチオンおよび両性界面活性剤など他の種類の界面活性剤に比較して非イオン界面活性剤の特定の利点を認識していない。非イオン界面活性剤が基板層除去速度の選択性の改善を提供することが見いだされた。本発明のこれらの利点および他の利点ならびに本発明の追加の特徴は、本明細書に提供する本発明の説明より明らかであろう。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、(i)絶縁層を含んでなる基板を、(a)研磨剤、研磨パッドまたはその組み合わせ、(b)両親媒性非イオン界面活性剤、および(c)液体キャリアを含む化学的機械的研磨系に接触させる工程、ならびに(iii)基板の少なくとも1部分を摩耗させて絶縁層を研磨する工程を含んでなる基板の研磨方法であって、前記絶縁層が3.5以下の誘電率を有している、基板の研磨方法を提供する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明は、(i)基板を、(a)研磨剤、研磨パッドまたはその組み合わせ、(b)両親媒性非イオン界面活性剤、および(c)液体キャリアを含む化学的機械的研磨系に接触させる工程、ならびに(iii)基板の少なくとも1部分を摩耗させて基板を研磨する工程を含んでなる、基板の研磨方法に向けられている。

10

20

30

40

50

【0009】

本願に記載する化学的機械的研磨系は、研磨剤、研磨パッド、またはその両方を含む。前記C M P系が研磨剤と研磨パッドの両方を含むことが好ましい。研磨剤はどのような好適な形態でもよい（例えば研磨剤粒子）。研磨剤は研磨パッドに固定されていてもよく、および／または、微粒子形態にあり、かつ、液体キャリア中に懸濁していてもよい。研磨パッドはどのような好適な研磨パッドでもよい。研磨剤（液体キャリア中に存在し懸濁している場合）および両親媒性非イオン界面活性剤ならびに液体キャリア中に懸濁している他の全成分が、C M P系の研磨組成物を形成する。

【0010】

研磨剤はどのような好適な研磨剤でもよい（例えば金属酸化物）。例えば、研磨剤は、アルミナ、シリカ、チタニア、セリア、ジルコニア、ゲルマニア、マグネシア、これらの同時形成生成物およびこれらの組み合わせからなる群から選択される金属酸化物研磨剤でもよい。研磨剤は、ポリマー粒子またはコーティングされた粒子でもよい。通常、研磨剤は、アルミナ、シリカ、これらの同時形成生成物、コーティングされた金属酸化物粒子、ポリマー粒子およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。研磨剤がシリカであることが好ましい。典型的には、研磨系は、液体キャリアおよびその中に溶解または懸濁している化合物の重量に対して0.1重量%～20重量%（例えば0.5重量%～15重量%、または1重量%～10重量%）の研磨剤を含む。

10

【0011】

両親媒性非イオン界面活性剤は、親水性部分および疎水性部分を有する界面活性剤である。本発明の目的では、両親媒性非イオン界面活性剤は、ヘッド基およびテール基を有するものとして定義される。ヘッド基とは界面活性剤の疎水性部分であり、テール基とは界面活性剤の親水性部分である。どのような好適なヘッド基およびどのような好適なテール基も使用することができる。両親媒性非イオン界面活性剤は、ヘッド基とテール基とのどのような好適な組み合わせも含むことができる。例えば、両親媒性非イオン界面活性剤は、ただ1つのヘッド基を1つのテール基と組み合わせて含んでいてもよく、ある実施形態では、複数の（例えば2以上）ヘッド基および／または複数の（例えば2以上）テール基を含んでいてもよい。両親媒性非イオン界面活性剤が水溶性であることが好ましい。

20

【0012】

ヘッド基は、実質的に疎水性であるどのような好適な基でもよい。例えば、好適なヘッド基には、ポリシロキサン、テトラ-C₁₋₄-アルキルデシン、飽和または部分的に不飽和のC₆₋₃₀アルキル、ポリオキシプロピレン、C₆₋₁₂アルキルフェニルまたはシクロヘキシル、ポリエチレンまたはこれらの混合物がある。飽和または部分的に不飽和のC₆₋₃₀アルキルは、官能基、例えば短鎖(C₁₋₅)アルキル、C₆₋₃₀アリール、短鎖(C₁₋₅)フルオロカーボン、ヒドロキシル基、ハロゲン基、カルボン酸、エステル、アミン、アミド、グリコールなどにより任意に置換されてもよい。好ましくは、ヘッド基が飽和または部分的に不飽和のC₆₋₃₀アルキルである場合、親水基による置換の程度は非常に低い（例えば、3未満または2未満の親水基）。より好ましくは、ヘッド基は親水基（例えばヒドロキシル基およびカルボン酸基）により置換されていない。

30

【0013】

テール基は、実質的に親水性であるどのような好適な基でもよい。例えば、好適なテール基には、好ましくは4以上の（例えば6以上または8以上）エチレンオキシド反復単位を有するポリオキシエチレン基、ソルビタン基、高度に置換された飽和または部分的に不飽和のC₆₋₃₀アルキルまたはこれらの混合物（例えばポリオキシエチレンソルビタン）を含むものがある。好ましくは、高度に置換された飽和または部分的に不飽和のC₆₋₃₀アルキルは、親水性官能基、例えばヒドロキシル基により置換されている。

40

【0014】

両親媒性非イオン界面活性剤は、2,4,7,9-テトラメチル-5-デシン-4,7-ジオールエトキシレートのような、テトラアルキルデシンヘッド基およびオキシエチレンテール基を含むアセチレングリコール界面活性剤となることができる。両親媒性非イオ

50

ン界面活性剤は、アルキルがC₆₋₃₀アルキルであり、飽和でも部分的に不飽和でもよく、任意に分岐しているポリオキシエチレンアルキルエーテルおよびポリオキシエチレンアルキル酸エステルからなる群から選択することができる。例えば、両親媒性非イオン界面活性剤は、ポリオキシエチレンラウリルエーテル、ポリオキシエチレンセチルエーテル、ポリオキシエチレンステアリルエーテル、ポリオキシエチレンオレイルエーテル、ポリオキシエチレンモノラウレート、ポリオキシエチレンモノステアレート、ポリオキシエチレンジステアレートまたはポリオキシエチレンモノオレエートとなることができる。同様に、両親媒性非イオン界面活性剤は、ポリオキシエチレンオクチルフェニルエーテルまたはポリオキシエチレンノニルフェニルエーテルなど、アルキルがC₆₋₃₀アルキルであり、飽和でも部分的に不飽和でもよく、任意に分岐していてもよいポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテルまたはポリオキシエチレンアルキルシクロヘキシルエーテルでもよい。
10

【0015】

両親媒性非イオン界面活性剤は、アルキルがC₆₋₃₀アルキルであり、飽和でも部分的に不飽和でもよく、任意に分岐していてもよいソルビタンアルキル酸エステルまたはポリオキシエチレンソルビタンアルキル酸エステルでもよい。例えば、両親媒性非イオン界面活性剤は、ソルビタンモノラウレート、ソルビタンモノオレエート、ソルビタンモノパルミテート、ソルビタンモノステアレート、ソルビタンセスキオレエート、ソルビタントリオレエートまたはソルビタントリステアレートならびにポリオキシエチレンソルビタンモノラウレート、ポリオキシエチレンソルビタンモノパルミテート、ポリオキシエチレンソルビタンモノステアレート、ポリオキシエチレンソルビタントリステアレート、ポリオキシエチレンソルビタントリオレエートまたはポリオキシエチレンソルビタンテトラオレエートとなることができる。
20

【0016】

両親媒性非イオン界面活性剤は、ポリジメチルシロキサンとポリオキシエチレン、ポリオキシエチレンとポリオキシプロピレンまたはポリオキシエチレンとポリエチレンを含んでなるブロックまたはグラフトコポリマーでとなることができる。両親媒性非イオン界面活性剤は、ポリオキシエチレンアルキルアミン（例えば、ポリオキシエチレンラウリルアミン、ポリオキシエチレンステアリルアミン、ポリオキシエチレンオレイルアミン）、エトキシ化アミド、エトキシ化アルキルアルカノールアミド、アルキルポリグルコース（例えば、H en k e l から市販のP l a n t a r e n（商標）界面活性剤）またはアルキルグルコースのエトキシレートエステルまたはジエステル（A m e r c h o l から市販のP EG - 120 メチルグルコースジオレエートなど）であってもよい。
30

【0017】

好ましい両親媒性非イオン界面活性剤には、ポリオキシエチレンソルビタンアルキル酸エステル（例えば、ポリオキシエチレンソルビタンモノラウレート、ポリオキシエチレンソルビタンモノパルミテート、ポリオキシエチレンソルビタンセスキオレエートおよびポリオキシエチレンソルビタントリオレエート）、アルキルフェニルポリオキシエチレン（例えば、Rhone - Poulen c のI g e p a l（商標）界面活性剤）およびアセチレングリコール系界面活性剤（例えば、Air Products のS u r f y n o l（商標）界面活性剤）がある。
40

【0018】

本発明の研磨系は、液体キャリアおよびその中に溶解または懸濁している化合物の重量に対して、0.002重量%以上の両親媒性非イオン界面活性剤を通常含んでなる。研磨系が、液体キャリアおよびその中に溶解または懸濁している化合物の重量に対して、0.005重量%～1.0重量%（例えば0.01重量%～0.5重量%）の両親媒性非イオン界面活性剤を含むのが好ましい。両親媒性非イオン界面活性剤の量は、ある程度は界面活性剤の種類による。例えば、両親媒性非イオン界面活性剤がエチレンオキシドとプロピレンオキシドとのコポリマー（例えばB A S F のP l u r o n i c（商標）L 101またはP l u r o n i c（商標）31R1界面活性剤）である場合、両親媒性非イオン界面活性剤の量は好ましくは0.05重量%以下（例えば0.02重量%以下または0.01重
50

量%以下)である。界面活性剤がソルビタン脂肪酸エステル(例えばソルビタンモノラウレート、ソルビタンモノパルミテート、ソルビタンセスキオレエート、ソルビタントリオレエート)である場合、両親媒性非イオン界面活性剤の量は好ましくは0.01重量%以上(例えば0.02重量%以上または0.05重量%以上)である。

【0019】

両親媒性非イオン界面活性剤は、通常親水性・親油性バランス(HLB)値が7以上(例えば10以上または12以上)である。HLB値は、水に対する界面活性剤の溶解度を表し、したがって界面活性剤の親水性部分の重量%量(例えばエチレンオキシドの重量%量)に関係する。界面活性剤HLB値は、エチレンオキシド基を含む非イオン界面活性剤に関しては、エチレンオキシド基の重量%量を5で割った値に等しいと近似できる場合がある。低いHLB値は親油性界面活性剤(すなわち少量の親水基を有する)を表し、高いHLB値は親水性界面活性剤(多数の親水基を有する)を表す。10

【0020】

本発明の化学的機械的研磨系での使用のために選択される両親媒性非イオン界面活性剤の種類は、研磨される基板の種類にある程度依存する。例えば、 1_{ow-k} 絶縁層が炭素ドープ二酸化ケイ素材料である場合、両親媒性非イオン界面活性剤の種類は炭素ドープの濃度による。典型的な炭素ドープ二酸化ケイ素(CDO) 1_{ow-k} 絶縁材料は、式 $Si_wC_xO_yH_z$ を有するが、前式において x はおよそ(0.10-0.25) y である。 x がゼロである場合、前記材料はドープされていない二酸化ケイ素と同じであり、両親媒性非イオン界面活性剤とはほとんど、または全く相互作用を持たない。前記二酸化ケイ素材料が有機基で改質されている(すなわち $x > 0$)場合、基板の表面はますます疎水性になる。理論に拘束されることを望まないが、ドープされた二酸化ケイ素材料の疎水性が表面への非イオン性両親媒性界面活性剤の吸着を推進すると考えられる。低濃度炭素ドープでは、CDO層の表面をより完全に被覆するように疎水性ヘッド基が大きいことが望ましい。例えば、低濃度の炭素ドープでは、ヘッド基はポリプロピレンまたはポリプロピレンオキシドでよい。ドープ濃度が上昇するにつれ、疎水性ヘッド基の大きさはより小さくなつてもよい。20

【0021】

親水性テール基の長さは、 1_{ow-k} 絶縁材料の表面上の研磨環境を制御するのに重要である。親水性テール基が小さすぎる場合、化学的攻撃および/または摩耗による基板表面の除去を防ぐためには立体バリアが不十分である。長く嵩高い親水性テール基を有する両親媒性非イオン界面活性剤を選択することにより、厚い立体バリアを 1_{ow-k} 材料の表面に形成することができ、それにより 1_{ow-k} 絶縁層除去の速度を著しく低下できる。そのような両親媒性非イオン界面活性剤は、親水性テール基の高い重量%量を反映して高いHLB値を有するであろう。30

【0022】

液体キャリアは、研磨剤(液体キャリア中に存在および懸濁している場合)、両親媒性非イオン界面活性剤および任意の添加剤を、研磨(例えば平坦化)すべき好適な基板表面へ容易に塗布するために使用される。液体キャリアは通常水性キャリアであり、水だけでもよく、水および水に混和する好適な溶媒を含んでいてもよく、エマルションでもよい。水に混和する好適な溶媒には、メタノール、エタノールなどのアルコール類がある。好ましくは水性キャリアは水からなり、より好ましくは脱イオン水である。40

【0023】

研磨組成物は、どのような好適なpHを有してもよい。通常、研磨組成物は6以上の(例えば7以上または8以上)pHを、12以下の(例えば11以下)pHを有する。

【0024】

本願に記載する研磨系は基板を研磨(例えば平坦化)するために使用できる。基板は、誘電率が3.5以下の(例えば3以下または1~3) 1_{ow-k} 絶縁層を含んでなる。例えば、絶縁層は、炭素ドープ二酸化ケイ素(CDO)などの有機改質ケイ素ガラスまたはポリイミド、フッ化ポリイミド、ポリアリーレンおよびポリアリーレンエーテル(Dow50

Chemicalから市販のSILK(商標)、Allied Signalから市販のFLARE(商標)およびSchumacherから市販のVELOX(商標)など)、ポリベンゾシクロブテン、ジビニルシロキサンビスベンゾシクロブテン(DVS-BCB)、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、ポリシロキサン、ポリナフチレンエーテル、ポリキノリン、パラリン(Parylene AF4、脂肪族四フッ化ポリ-p-キシレンなど)、これらのコポリマーおよびこれらの組み合わせからなる群から選択されるポリマーなどの有機ポリマー膜を含んでなつてもよい。好ましくは、low-k絶縁層は炭素ドープ二酸化ケイ素を含む。

【0025】

任意に、基板は、絶縁層(例えば二酸化ケイ素)および/または金属層をさらに含んでなる。金属層はどのような好適な金属を含んでいてもよい。例えば、金属層は、銅、タンタル、チタン、タングステン、アルミニウム、ニッケル、白金、ルテニウム、イリジウム、ロジウム、これらの合金(例えば、これらの二元合金およびこれらの三元合金)およびこれらの組み合わせを含んでいてよい。好ましくは、金属層は銅および/またはタンタルを含む。両親媒性非イオン界面活性剤は、基板表面に存在する他の層(例えば酸化物層、金属層)の除去速度に実質的に影響を与えて低く絶縁層の除去速度を抑えるように作用する。

【0026】

本願に記載する研磨系は、任意に酸化剤をさらに含んでなる。酸化剤はどのような好適な酸化剤でもよい。好適な酸化剤には、無機および有機過化合物、臭素酸塩、硝酸塩、塩素酸塩、クロム酸塩、ヨウ素酸塩、鉄および銅の塩(例えば硝酸塩、硫酸塩、EDTAおよびクエン酸塩)、希土類および遷移金属酸化物(例えば四酸化オスミウム)、フェリシアノ化カリウム、重クロム酸カリウム、ヨウ素酸などがある。過化合物(Hawley's Condensed Chemical Dictionaryにより定義される)は、少なくとも1つのペルオキシ基(-O-O-)を含む化合物またはある元素をその最高の酸化状態で含む化合物である。少なくとも1つのペルオキシ基を含む化合物の例には、過酸化水素および尿素過酸化水素塩などのその付加物ならびに過炭酸塩、過酸化ベンゾイル、過酢酸および過酸化ジ-tert-ブチルなどの有機過酸化物、モノ過硫酸塩(SO_5^{2-})、ジ過硫酸塩($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$)ならびに過酸化ナトリウムなどがあるが、これらに限定されない。ある元素をその最高の酸化状態で含む化合物の例には、過ヨウ素酸、過ヨウ素酸塩、過臭素酸、過臭素酸塩、過塩素酸、過塩素酸塩、過ホウ酸、過ホウ酸塩および過マンガン酸塩があるが、これらに限定されない。好ましくは、第2の酸化剤は、過酸化水素、モノ過硫酸カリウム(ペルオキシモノ硫酸カリウムとしても知られ、報告されている化学式 $2\text{KHSO}_5 \cdot \text{KHSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$ (式量614.78)でDuPontからOne(商標)酸化剤として市販されている)、過硫酸アンモニウムまたはこれらの組み合わせである。

【0027】

本願に記載する研磨系は、任意に錯化剤またはキレート剤をさらに含んでなる。錯化剤またはキレート剤は、除去される基板層の除去速度を上昇させる好適な化学添加剤である。好適なキレート剤または錯化剤には、例えばカルボニル化合物(例えばアセチルアセトネートなど)、単純なカルボン酸塩(例えば酢酸塩、アリールカルボン酸塩など)、1つまたは複数のヒドロキシル基を含むカルボン酸塩(例えばグリコール酸塩、乳酸塩、グルコン酸塩、没食子酸およびその塩など)、ジ-、トリ-およびポリ-カルボン酸塩(例えばシュウ酸塩、フタル酸塩、クエン酸塩、コハク酸塩、酒石酸塩、リンゴ酸塩、エデト酸塩(例えばEDTAジカリウム)、これらの混合物など)、スルホン基および/またはホスホン基を1つまたは複数含むカルボン酸塩などがある。好適なキレート剤または錯化剤には、例えばジ-、トリ-またはポリアルコール(例えばエチレングリコール、ピロカテコール、ピロガロール、タンニン酸など)およびアミン含有化合物(例えばアンモニア、アミノ酸、アミノアルコール、ジ-、トリ-およびポリアミンなど)もある。好ましくは、錯化剤はカルボン酸塩であり、より好ましくはシュウ酸塩である。キレート剤または錯

10

20

30

40

50

化剤の選択は、研磨組成物で基板を研磨する途中で除去される基板層の種類によるであろう。

【0028】

上述の化合物の多くが、塩（例えば金属塩、アンモニウム塩など）、酸または部分塩の形態で存在できることが理解されるであろう。例えば、クエン酸塩にはクエン酸ならびにその一塩、二塩および三塩があり、フタル酸塩にはフタル酸ならびにその一塩（フタル酸水素カリウム）および二塩があり、過塩素酸には対応する酸（すなわち過塩素酸）ならびにその塩がある。さらに、ある化合物または試薬が2種以上の機能を発揮することがある。例えば、キレート剤および酸化剤の両方として作用できる化合物がある（例えば、ある種の硝酸鉄など）。

10

【0029】

本願に記載する研磨系は、任意に腐食防止剤をさらに含んでなる。腐食防止剤（すなわち膜形成剤）はどのような好適な腐食防止剤でもよい。典型的には、腐食防止剤はヘテロ原子含有官能基を含む有機化合物である。例えば、腐食防止剤は活性官能基として少なくとも1つの五員または六員複素環を持つ複素環有機化合物であり、前記複素環は少なくとも1つの窒素原子を含み、例えばアゾール化合物である。好ましくは、腐食防止剤はトリアゾールであり、より好ましくは1,2,4-トリアゾール、1,2,3-トリアゾールまたはベンゾトリアゾールである。

【0030】

本願に記載する研磨系は、任意にpH調整剤、調節剤または緩衝剤などの1種または複数の成分をさらに含んでなる。好適なpH調整剤、調節剤または緩衝剤は、例えば水酸化ナトリウム、炭酸ナトリウム、水酸化カリウム、炭酸カリウム、硫酸、塩化水素酸、硝酸、リン酸、クエン酸、リン酸カリウム、これらの混合物などを含んでいてよい。

20

【0031】

本願に記載する研磨系は、任意に消泡剤および殺生物剤などの1種または複数の成分をさらに含んでなる。消泡剤および殺生物剤は、それぞれどのような好適な消泡剤および抗真菌剤でもよい。消泡剤はポリジメチルシロキサンポリマーであることが好ましい。殺生物剤はKathon（商標）886殺生物剤（Rohm and Haas）であることが好ましい。

【0032】

30

本願に記載の研磨系は、化学的機械的研磨（CMP）装置と組み合わせた用途に特に好適である。通常、前記装置は、使用時に動き、軌道運動、直線運動または円形運動から生じる速度を有するプラテン；使用時にプラテンと接触しそれとともに動く研磨パッド；および研磨すべき基板と接触するように意図されている研磨パッドの表面に対する接触および運動により研磨すべき基板を保持する搬送装置を含んでなる。基板の少なくとも1部分を摩耗させて基板を研磨するように、基板に対して動いている研磨パッドに基板が接觸して置かれ、通常本発明の研磨組成物が両者の間にある状態で基板の研磨が起こる。CMP装置は、どのような好適なCMP装置でもよく、その多くが当業界に知られている。

【実施例】

【0033】

40

以下の例は本発明をさらに説明するが、もちろんいかなる方法でもその範囲を限定すると解釈されるべきではない。

例1

本例は、銅、タンタルおよび二酸化ケイ素材料の除去速度に比較して、low-k誘電率材料除去の基板除去選択性に対する両親媒性非イオン界面活性剤の利点を説明する。

【0034】

タンタル（Ta）、二酸化ケイ素（SiO₂）または炭素ドープ二酸化ケイ素（CDO）を含む同じようなブランケットウェハ基板を、異なる研磨組成物（研磨組成物1A-1I）で研磨した。各研磨組成物は、7重量%のコロイドシリカ（平均粒径120nm～150nm）、0.02重量%のベンゾトリアゾール、0.30重量%の酢酸、3重量%の

50

過酸化水素および様々な濃度の異なる界面活性剤を含んでおり、pHが8であった。研磨組成物1A(比較)は、アニオン界面活性剤、アンモニウムポリメタクリレート(Daxad(商標)32界面活性剤、Hampshire Chemicals)を1000ppmの濃度で含んでいた。研磨組成物1B(比較)は、カチオン性ポリエチレンアミン(Lupasol(商標)SKA界面活性剤、BASF)を含んでいた。研磨組成物1C~1E(本発明)は、非イオン界面活性剤、詳細にはEO/POブロックコポリマー界面活性剤、Pluronic(商標)31R1界面活性剤(PO/EO/PO、10%ポリオキシエチレン、分子量3250、BASF)、Pluronic(商標)L101界面活性剤(EO/PO/EO、10%ポリオキシエチレン、分子量3800、HLB=1、BASF)、ポリオキシエチレン-コ-ポリオキシプロピレン側鎖を持つポリジメチルシリコン(Silwet(商標)7001界面活性剤、HLB13-17、OSI Specialties)およびポリ(2-エチル-2-オキサゾリン)(Aquazol(商標)50界面活性剤、分子量50k、Polymer Chemistry Innovations)をそれぞれ含んでいた。研磨組成物1F~1I(本発明)は、ソルビタンエステル界面活性剤、詳細にはソルビタンモノラウレート、ソルビタンモノパルミテート、ソルビタンセスキオレートおよびソルビタントリオレートをそれぞれ含んでいた。

【0035】

研磨組成物1A~1Iのそれぞれに対する除去速度を、基板のタンタル層、二酸化ケイ素層および炭素ドープ二酸化ケイ素層に対して測定した。各研磨組成物に界面活性剤が存在する結果としての除去速度(RR)の低下パーセント(低下%)を、表1にまとめる。

【0036】

【表1】

表1

研磨組成物	界面活性剤	量(ppm)	タンタル除去速度低下%	SiO ₂ 除去速度低下%	CDO除去速度低下%
1A(比較)	アンモニウムポリメタクリレート(アニオン性)	1000	-16.1	-24.2	-18.4
1B(比較)	ポリエチレンアミン(カチオン性)	100	7.0	-8.0	—
		500	61.5	64.0	55.1
1C(本発明)	EO/PO/EO (Pluronic(商標)L101界面活性剤)	100	7.7	-5.4	44.5
		1000	43.2	55.5	67.8
1D(本発明)	EO/PO/EO (Pluronic(商標)31R1界面活性剤)	100	10.2	-2.1	53.9
		500	40.5	15.9	66.2
1E(本発明)	EO/PO ポリジメチルシリコン(Silwet(商標)7001)	100	0	-10.1	40.1
		1000	36	38.3	74.7
1F(本発明)	ソルビタンモノラウレート	100	9.4	15.0	40.7
		500	3.1	15.3	48.7
1G(本発明)	ソルビタンモノパルミテート	500	8.1	0.9	25.4
1H(本発明)	ソルビタンセスキオレート	500	8.7	5.5	30.5
1I(本発明)	ソルビタントリオレート	500	10.6	4.9	28.6

【0037】

表1にまとめた結果は、両親媒性非イオン界面活性剤の存在が、他の基板材料(例えば金属層および/または酸化物層)の除去速度を実質的に変化させずに、CDO基板層などの誘電率が3.5以下の絶縁層の除去速度を低下させることが可能であることを示している。

【0038】

10

20

30

40

50

例 2

この例は、界面活性剤濃度の関数として low-k 誘電率材料の基板除去速度に対する両親媒性非イオン界面活性剤の影響を示す。

【0039】

タンタル(Ta)、二酸化ケイ素(PETEOS)またはBlack Diamond(商標)low-k絶縁材料(Applied Materials)を含む同じようなブランケットウェハ基板を、異なる研磨組成物(研磨組成物2A～2E)で研磨した。研磨組成物2A(対照)は、12重量%のコロイドシリカ、0.10重量%のベンゾトリアゾール、0.3重量%の酢酸、3重量%の過酸化水素を含み、界面活性剤は含まず、pHが10であった(KOHで調整)。研磨組成物2B～2E(本発明)は、ポリオキシエチレン(40)ノニルフェニルエーテル(Igepal(商標)CO-890界面活性剤、Rhone-Poulenc)をそれぞれ50、100、200および400ppm含んでいる他は研磨組成物2Aと同じであった。研磨組成物のそれについて、タンタル、PETEOSおよびlow-k絶縁体の除去速度(RR)を測定した。結果を表2および図1にまとめる。

【0040】

【表2】

10

20

表2：界面活性剤濃度の関数としての除去速度

研磨組成物	界面活性剤	界面活性剤濃度(ppm)	タンタル除去速度(Å/分)	PETEOS除去速度(Å/分)	low-k絶縁体除去速度(Å/分)
2A(対照)	なし	0	1013	1082	2600
2B(本発明)	Igepal(商標)CO-890	50	1019	1034	786
2C(本発明)	Igepal(商標)CO-890	100	1005	1052	503
2D(本発明)	Igepal(商標)CO-890	200	972	1006	375
2E(本発明)	Igepal(商標)CO-890	400	912	964	328

30

【0041】

表2にまとめた結果は、両親媒性非イオン界面活性剤の存在がlow-k絶縁体の除去速度に大きな影響を有するが、タンタル層およびPETEOS層の除去速度にはわずかな影響しか与えないことを示している。

【0042】

例3

この例は、界面活性剤HLB値の関数として、low-k誘電率材料の基板除去速度に与える両親媒性非イオン界面活性剤の影響を示している。

40

【0043】

タンタル(Ta)、二酸化ケイ素(TEOS)または炭素ドープ二酸化ケイ素(CDO)を含む同じようなブランケットウェハ基板を、異なる研磨組成物(研磨組成物3A～3E)で研磨した。各研磨組成物は、12重量%のコロイドシリカ、0.10重量%のベンゾトリアゾール、0.30重量%の酢酸、3重量%過酸化水素および200ppmの界面活性剤を含み、pHが10であった。研磨組成物3A～3E(本発明)は、HLBが4.6のポリオキシエチレン(2)イソオクチルフェニルエーテル(Igepal(商標)CO-210界面活性剤、Rhone Poulenc)、HLBが10のポリオキシエチレン(5)イソオクチルフェニルエーテル(Igepal(商標)CO-520界面活性剤、Rhone Poulenc)、HLBが13のポリオキシエチレン(9)ノニルフ

50

エニルエーテル (Igepal (商標) CO-630) 界面活性剤、Rhône Poulenç)、HLBが17.8のポリオキシエチレン(40)ノニルフェニルエーテル(Igepal (商標) CO-890)界面活性剤、Rhône Poulenç)およびHLBが19のポリオキシエチレン(100)ノニルフェニルエーテル(Igepal (商標) CO-990)界面活性剤、Rhône Poulenç)をそれぞれ含んでいた。研磨組成物のそれについて、タンタル層、TEOS層およびCDO層の除去速度(RR)を測定した。結果を表3および図2にまとめる。

【0044】

【表3】

10

表3：HLBの関数としての除去速度

研磨組成物	界面活性剤(200ppm)	HLB	タンタル除去速度 (Å/分)	TEOS除去速度 (Å/分)	CDO除去速度 (Å/分)
3A	Igepal (商標) CO-210	4.6	1033	1219	2667
3B	Igepal (商標) CO-520	10	1051	1237	1459
3C	Igepal (商標) CO-630	13	1031	1237	1003
3D	Igepal (商標) CO-890	17.8	1004	1184	529
3E	Igepal (商標) CO-990	19	1000	1164	689

20

【0045】

表3の結果は、界面活性剤HLB値が増加するにつれlow-k絶縁材料の除去速度が低下するが、他の基板層(例えば金属層および酸化物層)の除去速度が実質的に影響を受けないことを示している。

【0046】

例4

この例は、1つのヘッド基および2つのテール基を有する両親媒性非イオン界面活性剤が、タンタルおよび二酸化ケイ素材料の除去速度と比較したlow-k誘電率材料除去の基板除去選択性に与える利点を示している。

30

【0047】

タンタル層、二酸化ケイ素層または炭素ドープ二酸化ケイ素(CDO)層を含む同じような基板を、異なる研磨組成物(研磨組成物4A～4F)で研磨した。各研磨組成物は、7重量%のコロイドシリカおよび0.02重量%のベンゾトリアゾールを含み、pHが8であった。研磨組成物4A(対照)は界面活性剤を含んでいなかった。研磨組成物4B～4E(本発明)は、HLB値が17の2,4,7,9-テトラメチル-5-デシン-4,7-ジオールエトキシレート(30)(Surfynol (商標) 485)界面活性剤、Air Products)をそれぞれ75、150、300および1000ppm含んでいた。研磨組成物4B～4Eに使用した両親媒性非イオン界面活性剤のそれぞれは、1つのヘッド基および2つのテール基を含んでいた。研磨組成物4F(比較)は、HLB値が4の2,4,7,9-テトラメチル-5-デシン-4,7-ジオール(Surfynol (商標) 104PA)界面活性剤、Air Products)を200ppm含んでいた。

40

【0048】

基板のタンタル層、二酸化ケイ素層および炭素ドープ二酸化ケイ素層について、研磨組成物4A～4Fのそれぞれの除去速度を測定した。各研磨組成物に界面活性剤が存在する結果としての除去速度(RR)のパーセント低下(低下%)を表4にまとめる。

【0049】

50

【表4】

表4:

研磨組成物	界面活性剤	ヘッド基	テール基	タンタル除去速度低下%	SiO ₂ 除去速度低下%	CDO除去速度低下%
4A(対照)	なし	—	—	0	0	0
4B(本発明)	Surfynol(商標)485(75ppm)	Me ₄ テシ	2つの(EO) ₁₅	-0.4	-12.9	59.1
4C(本発明)	Surfynol(商標)485(150ppm)	Me ₄ テシ	2つの(EO) ₁₅	2.4	-8.5	71.7
4D(本発明)	Surfynol(商標)485(300ppm)	Me ₄ テシ	2つの(EO) ₁₅	4.5	0.0	63.0
4E(本発明)	Surfynol(商標)485(1000ppm)	Me ₄ テシ	2つの(EO) ₁₅	19.2	7.5	70.4
4F(比較)	Surfynol(商標)104P(1000ppm)	Me ₄ テシノール	なし	11.8	4.0	21.4

10

20

【0050】

表4にまとめた結果は、テトラメチルデシンヘッド基および複数のポリオキシエチレンテール基を有するアセチレンギリコール界面活性剤が、10w-k絶縁材料の除去速度に劇的な影響を有するが、他の金属層または酸化物層の除去速度に実質的に影響を与えないことを示す。

【0051】

例5

この例は、タンタルおよび二酸化ケイ素材料の除去速度と比較し10w-k誘電率材料除去の基板除去選択性に対する両親媒性非イオン界面活性剤の利点を示す。

【0052】

タンタル層、二酸化ケイ素層または炭素ドープ二酸化ケイ素(CDO)層を含む同じようなブランケットウェハ基板を、異なる研磨組成物(研磨組成物5A~5K)で研磨した。各研磨組成物は、12重量%の研磨剤、0.02重量%のベンゾトリアゾールおよび167ppmの界面活性剤を含んでおり、pHが10であった。研磨組成物5A(比較)は、分子量600のポリエチレンギリコール(EO₁₄)を含んでいた。研磨組成物5B~5F(本発明)は、それぞれポリオキシエチレンとポリオキシプロピレンのトリブロックコポリマー(EO/PO/EO)、詳細には、EO₂₀-PO₇₀-EO₂₀、EO₁-PO₁₇-EO₁、EO₁₃-PO₃₀-EO₁₃、EO₇₆-PO₂₉-EO₇₆およびEO₁₁-PO₁₆-EO₁をそれぞれ含んでいた。研磨組成物5G~5Iは、ポリエチレンとポリオキシエチレンのブロックコポリマー、詳細には、PE₁₂-EO₄、PE₈-EO₁₀およびPE₈-EO₄₁をそれぞれ含んでいた。研磨組成物5Jおよび5K(本発明)は、オクチルフェニルポリオキシエチレンおよびオクチルシクロヘキシルポリオキシエチレン(Triton(商標)X-100およびTriton(商標)X-100R界面活性剤、Union Carbide)をそれぞれ含んでいた。

30

40

【0053】

各研磨組成物について、タンタル、二酸化ケイ素およびCDOブランケットウェハの除去速度を測定し、異なる層に対する除去速度(RR)の低下パーセント(低下%)を表5にまとめる。

【0054】

【表5】

表5:

研磨組成物	界面活性剤	ヘッド基	テール基	タンタル除去速度低下%	SiO ₂ 除去速度低下%	CDO除去速度低下%
5A(比較)	PEG 600	なし	(EO) ₁₄	3.6	9.7	12.4
5B(本発明)	EO/PO/EO	(PO) ₇₀	2つの(EO) ₂₀	36.1	42.6	69.4
5C(本発明)	EO/PO/EO	(PO) ₁₇	2つの(EO) ₁	6.9	10.7	53.4
5D(本発明)	EO/PO/EO	(PO) ₃₀	2つの(EO) ₁₃	0.9	1.7	75.6
5E(本発明)	EO/PO/EO	(PO) ₂₉	2つの(EO) ₇₆	9.1	7.0	41.2
5F(本発明)	EO/PO/EO	(PO) ₁₆	2つの(EO) ₁₁	-0.1	-1.9	60.9
5G(本発明)	PE/PEG 870	(PE) ₁₂	(EO) ₄	0.9	7.6	2.1
5H(本発明)	PE/PEG 920	(PE) ₈	(EO) ₁₀	0.9	6.4	38.8
5I(本発明)	PE/PEG MP 89C	(PE) ₈	(EO) ₄₁	6.9	13.0	69.5
5J(本発明)	Triton(商標) X-100	オクチルフェニル	(EO) ₉	0.8	0.9	54.0
5K(本発明)	Triton(商標) X-100R	オクチルクロヘキシル	(EO) ₉	8.5	10.3	54.1

10

20

【0055】

表5にまとめた結果は、研磨系中に両親媒性非イオン界面活性剤が存在すると、 $10w-k$ 絶縁材料の除去速度が低下するが、その他の基板層の除去速度に実質的に影響がないことを示している。

【図面の簡単な説明】

【0056】

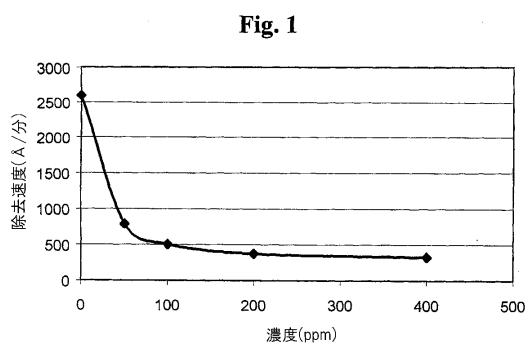
【図1】図1は、界面活性剤濃度と $10w-k$ 絶縁材料の除去速度との間の関係を示すプロットである。

【0057】

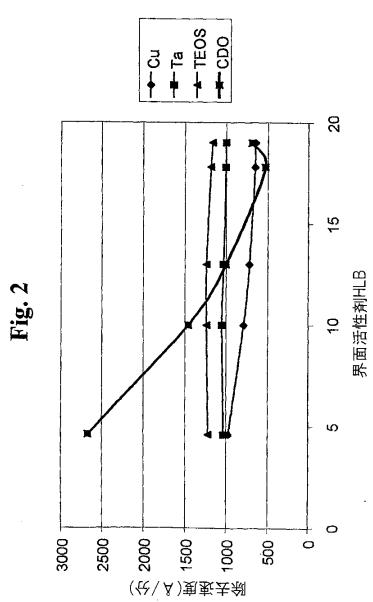
【図2】図2は、界面活性剤HLB値とタンタル(Ta)、二酸化ケイ素(TEOS)および $10w-k$ 絶縁材料(CDO)の除去速度との間の関係を示すプロットである。

30

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

C09K 3/14 550Z

(74)代理人 100082898

弁理士 西山 雅也

(72)発明者 モ - ゲンボーグ , ケビン ジェイ .

アメリカ合衆国, イリノイ 60504, オーロラ, ノース コモンズ ドライブ 870, シー / オー ロー デパートメント, キャボット マイクロエレクトロニクス コーポレイション

(72)発明者 キュー , ホーマー

アメリカ合衆国, イリノイ 60504, オーロラ, ノース コモンズ ドライブ 870, シー / オー ロー デパートメント, キャボット マイクロエレクトロニクス コーポレイション

(72)発明者 ホーキンス , ジョセフ ディー .

アメリカ合衆国, イリノイ 60504, オーロラ, ノース コモンズ ドライブ 870, シー / オー ロー デパートメント, キャボット マイクロエレクトロニクス コーポレイション

(72)発明者 チェンバーレイン , ジェフリー ピー .

アメリカ合衆国, イリノイ 60504, オーロラ, ノース コモンズ ドライブ 870, シー / オー ロー デパートメント, キャボット マイクロエレクトロニクス コーポレイション

審査官 松本 公一

(56)参考文献 特開2002-141314 (JP, A)

特開2001-269859 (JP, A)

国際公開第00/039843 (WO, A1)

特開2001-015462 (JP, A)

特開2001-189295 (JP, A)

特開2002-121541 (JP, A)

特開2002-161267 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/304

B24B 37/00 - 37/04

C09K 3/14