

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 215**

51 Int. Cl.:

**C09K 3/14** (2006.01)

**C09G 1/02** (2006.01)

**H01L 21/321** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.07.2004 E 04777834 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2013 EP 1660606**

54 Título: **Partículas abrasivas para pulido químico-mecánico**

30 Prioridad:

**11.07.2003 US 486686 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**27.12.2013**

73 Titular/es:

**W.R. GRACE & CO. - CONN. (100.0%)  
7500 Grace Drive  
Colombia, MD 21044-4098 , US**

72 Inventor/es:

**CHU, JIA-NI y  
PRYOR, JAMES NEIL**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 436 215 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Partículas abrasivas para pulido químico-mecánico

5 ANTECEDENTES DE LA PRESENTE INVENCION

La presente invención se refiere a partículas abrasivas y a suspensiones que contienen dichas partículas, así como a procesos de aplanado químico-mecánico (CMP) con el empleo de las suspensiones.

10 Las suspensiones que contienen partículas abrasivas y/o químicamente reactivas en un medio líquido se utilizan en diversas aplicaciones de pulido y alisado. Algunas aplicaciones incluyen el pulido de vidrio industrial, de discos de memoria mecánica, de obleas de silicio nativo y de acero inoxidable empleado en dispositivos médicos. El CMP se usa para allanar y alisar un sustrato hasta un alto grado de uniformidad. El CMP se utiliza en diversas aplicaciones, incluyendo el pulimento de productos de vidrio, tales como las placas frontales de vidrio para paneles expositores  
15 planos, y el aplanado de dispositivos de obleas durante la fabricación de semiconductores. Por ejemplo, la industria de semiconductores utiliza CMP para aplanar láminas dieléctricas y metálicas, así como capas metálicas modeladas en varias etapas de la producción de circuitos integrados. Durante la fabricación, la superficie de la oblea se suele subdividir en varias áreas (normalmente rectangulares) sobre las cuales se forman imágenes fotolitográficas, por lo general modelos de circuito idénticos de un área a otra. Cada área rectangular puede ser una placa separada, una vez troquelada la oblea en piezas individuales.

Las placas de circuito integrado, especialmente los circuitos de semiconductores integrados a escala muy grande (VLSI) se fabrican depositando y modelando tanto la capa (o las capas) conductora como la capa (o las capas) no conductora (aislante) sobre una oblea semiconductor. La tecnología actual utiliza un aislante de dióxido de silicio,  
25 aunque hay otros materiales cada vez más comunes. Las capas se apilan formando un laminado estratificado de topografía no plana. Una causa de falta de planicidad es que las capas no conductoras o dieléctricas se asientan sobre líneas conductoras u otros accesorios en relieve de las capas subyacentes, dando lugar a una estructura topográfica en las capas superiores. El aplanado es necesario para depositar y modelar las capas subsiguientes con precisión.

30 Otra causa de falta de planicidad es debido al proceso de damasquinado de cobre, con la creciente necesidad de discos duros planos o lisos. En el proceso de damasquinado de cobre (1) se graban surcos en una capa dieléctrica, (2) se deposita una fina capa de barrera que forra el surco y recubre el dieléctrico entre los surcos, (3) se deposita un grosor de cobre necesario para rellenar el surco y al mismo tiempo quedan recubiertas las zonas intermedias  
35 entre los surcos y (4) se emplea un proceso CMP para quitar puliendo el cobre de dichas zonas intermedias, dejando el máximo cobre posible dentro del surco.

Como los dispositivos de circuito integrado se han vuelto más sofisticados y complejos, aumenta el número de capas que interactúan entre sí y por lo tanto también en general los problemas de planicidad. El aplanado de capas durante  
40 la elaboración de circuitos integrados ha supuesto un problema importante y un mayor gasto en la producción de dispositivos semiconductores. Los requerimientos de planicidad han motivado diversos enfoques y últimamente se han empleado técnicas de CMP para aplanar las obleas semiconductoras. El CMP consiste en mover una superficie no lisa y no pulida contra una almohadilla, con una suspensión de CMP dispuesta entre la almohadilla y la superficie tratada. Normalmente esto se consigue recubriendo continuamente la almohadilla con una suspensión y haciéndola  
45 girar contra el sustrato a velocidades bastantes bajas. La suspensión CMP lleva al menos uno o dos componentes: partículas abrasivas y uno o más reactivos para la eliminación mecánica y química, respectivamente, de material del sustrato. Los reactivos son sencillamente agentes complejantes u oxidantes, dependiendo de los materiales que haya que pulir, y ácidos o bases para ajustar el pH.

50 Las suspensiones de CMP se pueden clasificar en categorías según los materiales a pulir. Pulimento oxidante se refiere al pulido del dieléctrico externo o entre capas de los circuitos integrados, mientras que el pulimento metálico es el pulido de los interconectores metálicos (contactos) en los circuitos integrados. La sílice y la alúmina son los agentes abrasivos más utilizados para el pulimento metálico, mientras que la sílice se usa casi exclusivamente para el pulimento oxidante. Para ciertas aplicaciones también se usa óxido de cerio, incluyendo el pulido de metales y el  
55 pulido de polímeros.

Hay una serie de parámetros que caracterizan la acción de la suspensión pulidora y representan una escala de evaluación de la eficiencia de tales suspensiones. Estos parámetros incluyen: la velocidad de abrasión, es decir, la velocidad a la cual se elimina el material que hay que pulir; la selectividad, es decir, la relación de velocidades de pulido del material que debe pulirse, respecto a otros materiales presentes en la superficie del sustrato; y otros  
60 parámetros que representan la uniformidad del aplanado. Usualmente los parámetros utilizados para representar la uniformidad del aplanado son: falta de uniformidad en la oblea (WIWNU) y falta de uniformidad de oblea a oblea (WTWNU), así como el número de defectos por unidad de superficie.

65 En varias suspensiones CMP anteriores la materia prima usada para prepararlas han sido partículas de óxidos como la sílice, que comprenden agregados grandes de partículas primarias más pequeñas, es decir, partículas primarias

pequeñas, en general esféricas, que se unen de manera segura, formando partículas más grandes de configuración irregular. Así, para producir suspensiones pulidoras hay que romper estos agregados en partículas tan pequeñas como sea posible, lo cual se consigue aportando energía de cizallamiento, que desmenuza los agregados de sílice. Sin embargo, como la eficiencia de la introducción de energía de cizallamiento depende del tamaño de partícula, con el uso de fuerzas de cizallamiento no pueden obtenerse partículas que tengan el tamaño y la forma de las primarias. La desventaja de las suspensiones pulidoras producidas de este modo es que los agregados no están totalmente disgregados. Esta fracción de partículas gruesas puede provocar una mayor formación de rayados o defectos en la superficie del sustrato pulido.

Se han dedicado algunos trabajos al ajuste del componente de partículas abrasivas. Por ejemplo, la patente U.S. nº 5,264,010 describe una composición abrasiva para alisar la superficie de un sustrato, cuyo componente abrasivo incluye 3 hasta 50% en peso de óxido de cerio, 8 hasta 20% en peso de sílice pirogénica y 15 hasta 45% en peso de sílice precipitada. La patente U.S. nº 5,527,423 revela una suspensión para el pulido químico-mecánico de capas metálicas. La suspensión incluye partículas abrasivas que son aglomerados de partículas muy pequeñas y están formados a partir de sílices o alúminas pirogénicas. Estos aglomerados de partículas, normalmente de materiales pirogénicos, tienen una forma irregular mellada. Tienen una distribución del tamaño agregado en que casi todas las partículas son menores de 1 micra, aproximadamente, y un diámetro medio agregado inferior a unas 0,4 micras.

La patente U.S. nº 5,693,239 describe una suspensión CMP que incluye partículas abrasivas, un 15% en peso de las cuales son de alúmina cristalina y el resto de partículas son materiales menos abrasivos, tales como hidróxidos de aluminio, sílice y análogos.

La patente U.S. nº 5,376,222 revela el uso de soles de sílice básica que contienen partículas esféricas y tienen un pH entre 9 y 2,5. Estas suspensiones pulidoras tienen la ventaja de llevar prácticamente solo partículas esféricas discretas, lo cual produce bajos niveles de rayados u otros defectos en la superficie pulida.

El inconveniente de estas suspensiones pulidoras es su baja tasa de pulimento, a pesar de minimizar la proporción de defectos.

Los esfuerzos para aumentar la tasa de pulimento, minimizando al mismo tiempo los defectos, se han concentrado en la distribución del tamaño de partícula del componente abrasivo. La patente U.S. nº 6,143,662 y las solicitudes de patente U.S. nº 2002/0003225 A1 y 2003/0061766 A1 describen suspensiones de CMP que contienen partículas abrasivas con una distribución del tamaño muy estrecha y son de naturaleza bimodal o multimodal. Aunque estas suspensiones poseen una elevada tasa de pulimento, dan lugar a mayores proporciones de defectos. La patente WO 01/85868 revela una sílice polidispersa y su uso en el pulido químico-mecánico.

Por consiguiente todavía existe la necesidad de disponer de suspensiones pulidoras con mejores propiedades. En concreto, para la fabricación VLSI actual se necesitan suspensiones pulidoras que produzcan una tasa de pulimento suficientemente elevada, mayor lisura de la superficie del sustrato, buena planicidad y menores proporciones de defectos.

#### RESUMEN DE LA PRESENTE INVENCION

La presente invención se refiere a una composición abrasiva para pulir sustratos, que comprende una pluralidad de partículas abrasivas con una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de unos 20 hasta unos 100 nanómetros, siendo el valor de amplitud en volumen superior o igual a unos 20 nanómetros y la fracción de partículas mayores de unos 100 nanómetros inferior o igual aproximadamente al 20% en volumen de las partículas abrasivas.

La presente invención también se refiere a una composición abrasiva en suspensión para pulir sustratos, la cual comprende una pluralidad de partículas abrasivas con una distribución polidispersa del tamaño de partícula, donde la mediana en volumen es de unos 20 hasta unos 100 nanómetros, el valor de amplitud en volumen es superior o igual a unos 20 nanómetros y la fracción de partículas mayores o iguales a unos 100 nanómetros es inferior o igual aproximadamente al 20% en volumen de las partículas abrasivas, y una solución que contiene uno o más reactivos químicos.

La presente invención también se refiere a un método para pulir sustratos con una composición abrasiva, el cual consiste en aportar un sustrato que debe pulimentarse y pulirlo mediante una pluralidad de partículas abrasivas con una distribución polidispersa del tamaño de partícula, donde la mediana en volumen es de unos 20 hasta unos 100 nanómetros, el valor de amplitud en volumen es superior o igual a unos 20 nanómetros y la fracción de partículas mayores o iguales a unos 100 nanómetros es inferior o igual aproximadamente al 20% en volumen de las partículas abrasivas.

#### DESCRIPCION BREVE DE LOS GRAFICOS

La fig. 1 es una representación gráfica de un ejemplo de abrasivo conforme a la presente invención, que tiene una

distribución polidispersa del tamaño de partícula (en volumen).

La fig. 2 es una representación gráfica de la distribución acumulativa en volumen de un ejemplo de abrasivo según la presente invención, que tiene una distribución polidispersa del tamaño de partícula

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA PRESENTE INVENCION

Tal como se usa aquí, el término “abrasivo” significa cualquier material inorgánico y orgánico sintético y/o natural que sea relativamente inerte cuando se emplea en suspensiones CMP, como por ejemplo sílice pirogénica, coloidal y precipitada, alúmina, silicato de aluminio, óxido de cerio, dióxido de titanio, dióxido de circonio y similares; arcillas como mica, bentonita, esmectita, laponita y semejantes; polímeros como poliestireno, poli(metacrilato de metilo) y análogos; y cualquier combinación y/o mezcla de ellos.

En una forma de ejecución de la presente invención se usa sílice coloidal como abrasivo. El término “sílice coloidal” o “sol de sílice coloidal” se refiere a partículas provenientes de dispersiones o soles, en los cuales las partículas no sedimentan de la dispersión durante periodos de tiempo relativamente largos. Tales partículas suelen ser de tamaño inferior a una micra. La sílice coloidal con un tamaño medio de partícula en el intervalo aproximado de 1 hasta 300 nanómetros y procesos para producirla son bien conocidos del estado técnico. Véanse las patentes U.S. 2,244,325; 2,574,902; 2,577,484; 2,577,485; 2,631,134; 2,750,345; 2,892,797; 3,012,972; y 3,440,174.

Se pueden obtener soles de sílice por condensación de soluciones diluidas de ácido silícico recién preparadas a partir de soluciones de silicatos moleculares, más raramente por peptización de geles de sílice o por otros procesos. En la mayoría de los procesos de preparación de soles de sílice a escala industrial se utilizan soluciones de silicato sódico o potásico de grado técnico obtenidas a partir de vidrio soluble. Por motivos de coste se prefieren los silicatos de sodio y de estos los más preferidos son aquellos que tienen una relación ponderal de sílice a sosa de 3,2 hasta 3,34:1. Los vidrios solubles de sosa o de potasa son materias primas adecuadas que se usan en la elaboración de soluciones de silicato sódico o potásico. Los vidrios solubles se preparan habitualmente por fusión de sílice y sosa o potasa a alta temperatura. La solución de silicato sódico o potásico se prepara disolviendo una forma pulverizada del vidrio en agua a temperaturas y/o presiones altas. Se conocen otros procesos de preparación de silicatos sódicos, incluyendo la reacción de cuarzo finamente dividido u otro tipo adecuado de materias primas de sílice con álcali en condiciones hidrotérmicas.

Tal como indican las patentes aquí citadas, la preparación de los soles de sílice empleados en los abrasivos de pulimento implica la eliminación de la mayoría de cationes metálicos presentes en una solución diluida de silicato sódico, utilizando normalmente un material de intercambio catiónico en forma de hidrógeno. En muchos procesos revelados el silicato sódico diluido se hace pasar a través de un lecho de resina de intercambio catiónico, a fin de eliminar el sodio, y el “ácido silícico” resultante se agrega a un recipiente que contiene un “resto” de álcali suficiente para mantener la solución a pH neutro hasta alcalino o un “resto” de un sol alcalino de partículas de sílice coloidal preparado previamente. También se revela un proceso diferente que implica la adición simultánea de silicato sódico diluido y resina de intercambio iónico a un “resto” de agua, silicato sódico diluido o un sol alcalino de partículas de sílice coloidal previamente preparado, manteniendo el pH a un valor básico constante. Cualquiera de estos métodos se puede emplear para elaborar soles de sílice coloidal según la presente invención. Variando las condiciones de velocidad de adición, pH, temperatura y la naturaleza del “resto” se pueden preparar partículas comprendidas en el intervalo aproximado de 1 hasta 300 nm de diámetro, con unas áreas superficiales específicas de 9 hasta 3000 m<sup>2</sup>/g aproximadamente (medidas por el método BET), en soles cuya relación SiO<sub>2</sub>:Na<sub>2</sub>O varía aproximadamente de 40:1 hasta 300:1. Los soles resultantes pueden concentrarse luego por ultrafiltración, destilación, destilación al vacío u otro método similar. Si bien pueden mantenerse estables a pH 1 hasta 7, aproximadamente, durante cortos periodos de tiempo, su estabilidad es ilimitada a pH alcalino, sobre todo a pH entre 8 y 11 aproximadamente. Por debajo de pH 8, aproximadamente, las partículas de sílice coloidal tienden a agregarse formando geles. Por encima de pH 11, aproximadamente, y con seguridad por encima de pH 12, las partículas tienden a disolverse.

Asimismo pueden prepararse soles de sílice por otros procesos. Por ejemplo, una posibilidad es por hidrólisis del ortosilicato de tetraetilo (TEOS). Los soles de sílice elaborados mediante estos procesos suelen ser muy caros y por tanto su empleo ha sido limitado.

La mayoría de soles de sílice coloidal contienen un álcali que es habitualmente un hidróxido de metal alcalino del grupo IA de la tabla periódica (hidróxidos de litio, sodio, potasio, etc.). Los soles de sílice coloidal más disponibles en el comercio contienen hidróxido sódico, que proviene, al menos en parte, del silicato sódico empleado para preparar la sílice coloidal, pero se puede añadir más hidróxido sódico para estabilizar el sol contra gelificación. También se pueden estabilizar con otros compuestos alcalinos como hidróxido amónico o aminas orgánicas de varios tipos. Si la presencia de sodio u otro metal alcalino es perjudicial para la aplicación de pulido, el sol de sílice coloidal se puede desionizar con resina de intercambio catiónico en forma de hidrógeno y luego reestabilizar con el compuesto alcalino deseado.

Los compuestos alcalinos estabilizan las partículas de sílice coloidal por reacción con los grupos silanol presentes en la superficie de dichas partículas. Como resulta de esta reacción las partículas de sílice coloidal adquieren una

carga negativa que crea una barrera de repulsión a la agregación y gelificación entre partículas. Como alternativa, la superficie de la sílice coloidal se puede modificar para estabilizar la partícula. Un método revelado en la patente US 2,892,797 forma un anión aluminosilicato en la superficie de la partícula y confiere una carga negativa a la partícula de sílice coloidal. En otro método revelado en las patentes US 3,007,878, 3,620,978 y 3,745,126 las partículas de sílice coloidal se pueden cargar positivamente, recubriendo la partícula con un óxido de metal polivalente. Como óxidos polivalentes son adecuados los óxidos tri y tetravalentes de aluminio, circonio, titanio, galio y cromo, pero se prefiere el de aluminio.

Una sílice coloidal particularmente apropiada para la presente invención es la que se conoce como sílice coloidal polidispersa. Tal como se define aquí, "polidispersa" significa una dispersión que tiene una distribución de tamaño de partícula relativamente ancha, cuya mediana está comprendida en el intervalo de 15-100 nm. Tal como se define aquí, "intervalo" significa la amplitud de la distribución del tamaño de partícula. Son distribuciones adecuadas las que tienen una mediana del tamaño de partícula entre 20 y 100 nanómetros aproximadamente; una amplitud en volumen superior o igual a unos 15 nanómetros y una fracción de partículas mayores de 100 nanómetros inferior o igual a un 20% en volumen de las partículas abrasivas. La amplitud (en volumen) se mide restando el tamaño de partícula  $d_{10}$  (es decir, el tamaño por debajo del cual se halla el 10% en volumen de partículas) del tamaño de partícula  $d_{90}$  (es decir, el tamaño por debajo del cual se halla el 90% en volumen de partículas), mediante metodologías de medición del tamaño de partícula con microfotografías de transmisión electrónica (TEM). Por ejemplo, se analizaron TEM de muestras de partículas abrasivas con un programa convencional de análisis de imágenes digitales para determinar la mediana en volumen del diámetro de partícula y las distribuciones de tamaño. Como resultado, la distribución tiene una amplitud bastante ancha y todavía un número muy pequeño de partículas relativamente grandes (p.ej. de más de 100 nanómetros). Véase la figura 1. Estas partículas grandes contribuyen al rayado y a la aparición de defectos en la superficie del sustrato tras el proceso CMP. Además la presencia de una cantidad importante de partículas grandes (p.ej. mayores de 100 nm) en la dispersión puede producir sedimentación durante el almacenaje, dando como resultado una suspensión no uniforme y la posible formación de una torta de partículas más grandes en el fondo del recipiente de almacenamiento. Una vez formada la torta es difícil redispersar totalmente las partículas sedimentadas y cualquier resuspensión puede contener agregados de partículas. Además el uso de recipientes de almacenamiento que contengan distribuciones de partículas o suspensiones no uniformes o el uso de suspensiones con agregados de partículas grandes no puede proporcionar los efectos beneficiosos del pulido en consonancia con la presente invención.

Las distribuciones de tamaño de partícula preferidas son aquellas que tienen una mediana del tamaño de partícula en volumen de unos 20, 25, 30 o 35 nanómetros hasta unos 100, 95, 90 u 85 nanómetros; una amplitud en volumen superior o igual a unos 15, 18, 20, 22, 25 o 30 nanómetros y una fracción de partículas mayores de 100 nanómetros inferior o igual a 20, 15, 10, 5, 2, 1 o mayor de 0 hasta 1% en volumen de las partículas abrasivas. Es importante señalar que cualquier cantidad indicada aquí respecto a la mediana del tamaño de partícula, la amplitud y la fracción de partículas mayores de 100 nanómetros se puede utilizar en cualquier combinación para elaborar las partículas abrasivas. Por ejemplo, una distribución adecuada de partículas abrasivas incluye una mediana del tamaño de partícula en volumen de unos 25 nanómetros hasta unos 95 nanómetros, una amplitud en volumen superior o igual a unos 18 nanómetros y una fracción de partículas mayores de 100 nanómetros inferior o igual a un 20% en volumen de las partículas abrasivas. Una distribución preferida de partículas abrasivas incluye una mediana del tamaño de partícula en volumen de unos 25 nanómetros hasta unos 100 nanómetros, una amplitud en volumen superior o igual a unos 18 nanómetros y una fracción de partículas mayores de 100 nanómetros inferior o igual aproximadamente al 15% en volumen de las partículas abrasivas. Una distribución más preferida de partículas abrasivas incluye una mediana del tamaño de partícula en volumen de unos 25 nanómetros hasta unos 100 nanómetros, una amplitud en volumen superior o igual a unos 25 nanómetros y una fracción de partículas mayores de 100 nanómetros inferior o igual aproximadamente al 10% en volumen de las partículas abrasivas. Una distribución todavía más preferida de partículas abrasivas incluye una mediana del tamaño de partícula en volumen de unos 25 nanómetros hasta unos 100 nanómetros, una amplitud en volumen superior o igual a unos 30 nanómetros y una fracción de partículas mayores de 100 nanómetros inferior o igual aproximadamente al 5% en volumen de las partículas abrasivas.

Otra forma de ejecución de la presente invención también se refiere a una composición de suspensión abrasiva para pulir sustratos, que incluye diversas partículas abrasivas - con una distribución polidispersa del tamaño de partícula tal como la descrita aquí - en una solución que contiene uno o más reactivos químicos.

La presente suspensión CMP se puede usar junto con cualquier componente (o ingrediente) adecuado, conocido en el estado técnico, por ejemplo abrasivos adicionales, agentes oxidantes, catalizadores, agentes filmógenos, agentes complejantes, agentes de control reológico, tensioactivos (es decir, agentes surfactantes), estabilizantes poliméricos, reguladores de pH, inhibidores de corrosión y otros ingredientes apropiados.

En combinación con la presente invención se puede emplear cualquier agente oxidante apropiado. Son agentes oxidantes adecuados, por ejemplo, los haluros oxidados (p.ej. cloratos, bromatos, yodatos, percloratos, perbromatos, peryodatos, compuestos fluorados y mezclas de los mismos y similares). También, por ejemplo, ácido perbórico, perboratos, percarbonatos, nitratos (p.ej. nitrato de hierro (III) y nitrato de hidroxilamina), persulfatos (p.ej. persulfato amónico), peróxidos, peroxiácidos (p.ej. ácido peracético, ácido perbenzoico, ácido m-cloroperbenzoico, sus sales, mezclas de los mismos y similares), permanganatos, cromatos, compuestos de cerio, ferricianuros (p.ej. ferricianuro

potásico), mezclas de los mismos y similares. También es oportuno que la composición empleada junto con la presente invención contenga agentes oxidantes como los indicados en la patente U.S. nº 6,015,506, cuyo contenido se incorpora totalmente aquí como referencia.

5 En combinación con la presente invención se puede utilizar cualquier catalizador adecuado. Son apropiados los catalizadores metálicos y sus combinaciones. El catalizador se puede seleccionar entre compuestos metálicos de estado de oxidación múltiple, como los de Ag, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Mn, Nb, Ni, Os, Pd, Ru, Sn, Ti y V, sin limitarse a ellos. El término "estado de oxidación múltiple" se refiere a un átomo y/o compuesto que tiene una valencia capaz de aumentar como resultado de la pérdida de una o más cargas negativas en forma de electrones. Los catalizadores de  
10 hierro incluyen, sin limitarse a ellas, sales inorgánicas de hierro tales como nitrato de hierro (II o III), sulfato de hierro (II o III), halogenuros de hierro (II o III), incluyendo fluoruros, cloruros, bromuros y yoduros, así como percloratos, perbromatos y peryodatos, compuestos orgánicos de hierro (II o III) tales como, sin limitarse a ellos, acetatos, acetil-acetonatos, citratos, gluconatos, oxalatos, ftalatos y succinatos, y mezclas de los mismos.

15 En combinación con la presente invención se puede utilizar cualquier agente filmógeno adecuado (es decir, inhibidor de corrosión). Como agentes filmógenos son apropiados, por ejemplo, los compuestos orgánicos heterocíclicos (p.ej. compuestos orgánicos con uno o más grupos funcionales activos, tales como anillos heterocíclicos, en concreto anillos heterocíclicos nitrogenados). Como agentes filmógenos adecuados cabe citar, por ejemplo, benzotriazol, triazol, benzimidazol y mezclas de los mismos, tal como se expone en la publicación U.S. nº 2001/0037821.

20 En combinación con la presente invención se puede emplear cualquier agente complejante (es decir, un agente quelante o potenciador de la selectividad). Como agentes complejantes son adecuados, por ejemplo, compuestos de carbonilo (p.ej. acetilacetatos y análogos), carboxilatos simples (p.ej. acetatos, carboxilatos de arilo y análogos), carboxilatos que contienen uno o más grupos hidroxilo (p.ej. glicolatos, lactatos, gluconatos, ácido gálico y sus sales  
25 y similares), di-, tri- y policarboxilatos (p.ej. oxalatos, ftalatos, citratos, succinatos, tartratos, malatos, edetatos (p.ej. EDTA disódico), mezclas de los mismos y similares), carboxilatos que contienen uno o más grupos sulfónicos y/o fosfónicos, y carboxilatos como los descritos en la publicación de patente U.S. nº 2001/0037821 A1. Como agentes quelantes o complejantes también pueden ser adecuados, por ejemplo, los di-, tri- o polialcoholes (p.ej. etilenglicol, pirocatecol, pirogalol, ácido tánico y análogos) y compuestos fosfatados, p.ej. sales de fosfonio y ácidos fosfónicos como los descritos, por ejemplo, en la publicación de patente U.S. nº de serie 09/405,249. Los agentes complejantes  
30 también pueden incluir compuestos aminados (p.ej. aminoácidos, aminoalcoholes, di-, tri- y poliaminas y similares). Como ejemplos de compuestos aminados cabe citar metilamina, dimetilamina, trimetilamina, etilamina, dietilamina, trietilamina, etanolamina, dietanolamina, dodecanoato de dietanolamina, trietanolamina, isopropanolamina, diisopropanolamina, triisopropanolamina, nitrosodietanolamina y mezclas de los mismos. Otros compuestos aminados idóneos son las sales de amonio (p.ej. TMAH y compuestos de amonio cuaternario). El compuesto aminado también puede ser cualquier compuesto apropiado de amina catiónica - por ejemplo aminas hidrogenadas y compuestos de amonio cuaternario - que es adsorbido por la capa de nitruro de silicio presente en el sustrato pulido y disminuye, reduce sustancialmente o incluso inhibe (es decir, bloquea) la eliminación del nitruro de silicio durante el pulido.

40 En combinación con la presente invención se puede emplear cualquier surfactante y/o agente de control reológico adecuado, incluyendo intensificadores de viscosidad y coagulantes. Como agentes adecuados de control reológico cabe citar, por ejemplo, los de tipo polimérico. Otros agentes adecuados de control reológico son, por ejemplo, los polímeros de uretano (p.ej. los de peso molecular superior a unos 100.000 Daltons) y los acrilatos que contienen una o más subunidades acrílicas (p.ej. acrilatos de vinilo y estireno-acrilatos), y polímeros, copolímeros, oligómeros, y sales de los mismos. Los surfactantes adecuados comprenden, por ejemplo, tensioactivos catiónicos, tensioactivos  
45 aniónicos, polielectrolitos aniónicos, tensioactivos no iónicos, tensioactivos anfóteros, tensioactivos fluorados, mezclas de los mismos y similares.

50 La composición empleada junto con la presente invención puede llevar cualquier estabilizante polimérico apropiado u otro agente dispersante superficialmente activo, tal como se describe en la publicación U.S. nº 2001/0037821 A1. Los estabilizantes poliméricos adecuados incluyen, por ejemplo, ácido fosfórico, ácidos orgánicos, óxidos de estaño, fosfonatos orgánicos, mezclas de ellos y similares.

55 Puede apreciarse que muchos de los compuestos antes mencionados pueden existir en forma de sal (p.ej. metálica, amónica o similar), de ácido o de sal parcial. Por ejemplo, los citratos incluyen el ácido cítrico, así como sus sales simples, dobles y triples; los ftalatos incluyen el ácido ftálico y también sus monosales (hidrógeno-ftalato de potasio) y sales dobles; los percloratos incluyen el correspondiente ácido (es decir ácido perclórico) y sus sales. Además los compuestos aquí enumerados se han clasificado con fines ilustrativos; no se pretende limitar el uso de los mismos. Como reconocerán los especialistas, algunos compuestos pueden cumplir más de una función. Por ejemplo, ciertos  
60 compuestos pueden servir tanto de agente quelante como de agente oxidante (p.ej. determinados nitratos férricos y análogos).

65 Cualquiera de los compuestos usados junto la presente invención pueden estar en forma de mezcla o solución en un soporte líquido o disolvente adecuado (p.ej. agua o un disolvente orgánico apropiado). Asimismo, como ya se ha dicho, los compuestos, solos o en cualquier combinación, se pueden usar como componente de una composición pulidora o limpiadora. Entonces se almacenan por separado dos o más componentes y se mezclan sustancialmente

para formar una composición pulidora o limpiadora en el lugar de uso o inmediatamente antes de llegar a él. Un componente puede tener cualquier pH adecuado para el almacenamiento y el uso final contemplado, como podrán apreciar los especialistas. Además el pH del componente empleado junto con la presente invención se puede ajustar de cualquier forma idónea, p.ej. añadiendo un ajustador, regulador o tampón. Ajustadores, reguladores o tampones de pH adecuados son, por ejemplo, ácido clorhídrico, ácidos de tipo mineral (p.ej. ácido nítrico, ácido sulfúrico, ácido fosfórico) y ácidos orgánicos (p.ej. ácido acético, ácido cítrico, ácido malónico, ácido succínico, ácido tartárico y ácido oxálico). Los ajustadores, reguladores o tampones de pH apropiados también comprenden bases como, por ejemplo, hidróxidos inorgánicos (p.ej. hidróxido sódico, hidróxido potásico, hidróxido amónico y similares) y bases de carbonato (p.ej. carbonato sódico y análogos).

Los componentes de pulimento y limpieza aquí descritos se pueden combinar de cualquier manera y proporción a fin de producir una o más composiciones adecuadas para pulir o limpiar un sustrato (p.ej. un sustrato semiconductor). Se describen composiciones pulidoras satisfactorias, por ejemplo, en las patentes U.S. nº 5,116,535, 5,246,624, 5,340,370, 5,476,606, 5,527,423, 5,575,885, 5,614,444, 5,759,917, 5,767,016, 5,783,489, 5,800,577, 5,827,781, 5,858,813, 5,868,604, 5,897,375, 5,904,159, 5,954,997, 5,958,288, 5,980,775, 5,993,686, 6,015,506, 6,019,806, 6,033,596 y 6,039,891, así como en las patentes WO 97/43087, WO 97/47030, WO 98/13536, WO 98/23697 y WO 98/26025. Se describen composiciones limpiadoras adecuadas, por ejemplo, en la patente U.S. nº 5,837,662. Todo el contenido de estas patentes y publicaciones se incorpora totalmente aquí como referencia.

En una forma de ejecución de la presente invención también se contempla un método para pulir sustratos con una composición abrasiva, que consiste en aportar un sustrato para ser pulido y pulimentarlo mediante una pluralidad de partículas abrasivas que tienen una distribución polidispersa del tamaño de partícula, cuya mediana en volumen es aproximadamente de 30 hasta 90 nanómetros y cuya amplitud en volumen es superior o igual a 20 nanómetros, aproximadamente.

La presente suspensión CMP se puede usar para pulir y aplanar cualquier sustrato adecuado. El sustrato puede incluir cualquiera de los siguientes materiales como capa única (p.ej. en el pulido de discos duros) o como cualquier configuración de múltiples capas, tal como se encuentra, por ejemplo, en la producción IC o VLSI (p.ej. incluyendo el caso de múltiples capas y/o materiales expuestos y pulidos simultáneamente, como en el proceso de damasquinado de cobre). Como sustratos que deben aplanarse hay que mencionar los materiales conductores, superconductores, semiconductores y aislantes (p.ej. de constante dieléctrica (k) alta, regular, baja y ultra-baja). Los sustratos idóneos comprenden, por ejemplo, un metal, un óxido metálico, un composite metálico o mezclas o aleaciones de ellos. El sustrato puede estar constituido por cualquier metal adecuado, incluyendo, por ejemplo, cobre, aluminio, titanio, tungsteno, tantalio, oro, platino, iridio, rutenio y combinaciones (p.ej. aleaciones o mezclas) de ellos. El sustrato también puede estar constituido por cualquier óxido metálico apropiado, incluyendo, por ejemplo, alúmina, sílice, los óxidos de titanio, cerio, circonio, germanio, magnesio, y productos y mezclas formados por los mismos. Asimismo el sustrato puede incluir cualquier composición y/o aleación metálica adecuada, incluyendo, por ejemplo, nitruros metálicos (p.ej. nitruro de tantalio, nitruro de titanio y nitruro de tungsteno), carburos metálicos (p.ej. carburo de silicio y carburo de tungsteno), fosfuros metálicos, siliciuros metálicos, aleaciones de metal-fósforo (p.ej. níquel-fósforo) y similares. El sustrato también puede incluir cualquier material básico semiconductor adecuado, como por ejemplo materiales de los grupos IV, II-VI y III-V. Por ejemplo, los materiales básicos semiconductores adecuados incluyen silicio, silicio sobre aislante, carbono, germanio— monocristalinos, policristalinos o amorfos - y arseniuro de galio, telururo de cadmio, aleaciones de silicio/germanio y aleaciones de silicio/germanio/carbono. También se pueden usar sustratos de vidrio junto con la presente invención, incluyendo vidrio industrial, vidrio óptico y cerámicas de varios tipos conocidos en el estado técnico (p.ej. borosilicato de aluminio, vidrio de borosilicato, vidrio de silicato fluorado (FSG), vidrio de fosfosilicato (PSG), vidrio de borofosfosilicato (BPSG), etc. Los sustratos también pueden comprender materiales poliméricos. Los sustratos y/o materiales poliméricos pueden estar dopados con sustancias que cambien su conductividad, por ejemplo silicio dopado con boro o fósforo, etc. Los materiales de k baja y ultra-baja incluyen, por ejemplo, filmes de dióxido de silicio dopados (p.ej. dióxido de silicio dopado con flúor o carbono), vidrios (p.ej. FSG, PSG, BPSG, etc.), cuarzo (p.ej. HSSQ, MSSQ, etc.), carbono (p.ej. carbono de tipo diamante, carbono tipo diamante fluorado, etc.), polímeros (p.ej. poliimididas, poliimididas fluoradas, parileno N, benzociclo-butenos, aromáticos termoestables/PAE, fluoropolímeros parileno F, etc.), materiales porosos (p.ej. aerogeles, xerogeles, sílice mesoporosa, HSSQ/ MSSQ poroso, productos orgánicos porosos) y similares.

Por ejemplo, la presente invención se puede usar para discos rígidos o de memoria, metales (p.ej. metales nobles), capas de barrera, capas ILD, circuitos integrados, dispositivos semiconductores, obleas semiconductoras, sistemas microelectromecánicos, sistemas ferroeléctricos, cabezales magnéticos o cualquier otro dispositivo electrónico. El presente método es particularmente útil para pulir o aplanar un dispositivo semiconductor, por ejemplo dispositivos semiconductores con accesorios de medidas aproximadas o inferiores a 0,25  $\mu\text{m}$  (p.ej. 0,18  $\mu\text{m}$  o menos). Tal como se usa aquí, el término "acesorio del dispositivo" se refiere a un componente funcional simple, como un transistor, resistor, condensador, circuito integrado o similar. A medida que disminuye el tamaño de los accesorios del sustrato semiconductor, el grado de planicidad es más crítico. Una superficie de un dispositivo semiconductor se considera suficientemente plana cuando las dimensiones de sus accesorios más pequeños (p.ej. de 0,25  $\mu\text{m}$  o menos, como los accesorios de 0,18  $\mu\text{m}$  o menos) pueden ser resueltas por fotolitografía sobre la superficie. La planicidad de la superficie del sustrato también se puede expresar como medida de la distancia entre los puntos topográficos más altos y más bajos de dicha superficie. En el contexto de los sustratos semiconductores es deseable que la distancia

entre los puntos topográficos más altos y más bajos sobre la superficie sea menor de unos 2000 Å, preferiblemente menor de unos 1500 Å, con mayor preferencia menor de unos 500 Å y sobre todo menor de unos 100 Å.

5 La presente invención se puede usar para pulir cualquier parte de un sustrato (p.ej. un dispositivo semiconductor) en cualquier etapa de la producción del mismo. Por ejemplo, la presente invención se puede emplear para pulir un dispositivo semiconductor en combinación con el proceso de aislamiento del fondo de los surcos (STI), tal como está descrito, por ejemplo, en las patentes U.S. n.º 5,498,565, 5,721,173, 5,938,505 y 6,019,806, o en combinación con la formación de una capa dieléctrica intermedia.

10 En un proceso CMP típico se usa una suspensión que contiene la dispersión de partículas abrasivas de la presente invención junto con uno o más de los aditivos aquí descritos. La cantidad de partículas abrasivas en la suspensión puede variar entre un 0,001 y un 20% en peso, preferiblemente entre un 0,01 y un 15% en peso, y con mayor preferencia entre un 0,01 y un 10% en peso de la suspensión. El resto de la suspensión puede comprender agua, disolventes y otros aditivos, tal como se describe aquí. El pH de la suspensión puede variar desde 1 hasta 11,5 y con preferencia desde 2 hasta 11. La velocidad de eliminación del proceso de pulido varía en función del material que se está pulimentando, pero en general es superior a 100 nm/min, preferiblemente superior a 200 nm/min y sobre todo superior a 250 nm/min, para materiales más duros (p.ej. disco duro, vidrio, etc.). Para materiales más blandos (p.ej. cobre y otros metales) la velocidad de eliminación es generalmente superior a 400 nm/min, preferiblemente superior a 600 nm/min. La rugosidad superficial (Ra) de los materiales pulidos es generalmente menor de 0,75 nm, preferiblemente menor de 0,69 nm y con mayor preferencia inferior a 0,65 nm; y la diferencia máxima pico/valle (P/V) es generalmente menor de 6,49 nm, preferiblemente menor de 5,99 nm y sobre todo menor de 5,50 nm.

25 En otra forma de ejecución de la presente invención, una suspensión CMP comprende un medio de dispersión, partículas abrasivas polidispersas y un agente oxidante; la suspensión con un contenido de sólidos abrasivos del 5% en peso y un pH aproximado de 2,3 elimina fosforo de níquel de un sustrato de este compuesto a una velocidad de al menos 155 nm/min, utilizando un pulidor Labopol-5 con una almohadilla Rodel DPC 6350 que tiene una fuerza descendente de 30 Newton a una velocidad de rotación de 150 rpm. El proceso de CMP y los componentes de la suspensión se usan tal como está descrito en el ejemplo 1. Preferiblemente, la velocidad de eliminación es al menos de 200 nm/min, con una rugosidad superficial (Ra) inferior a unos 0,69 nm y una diferencia pico/valle (P/V) inferior a 6,6 nm aproximadamente, y con mayor preferencia la velocidad de eliminación es al menos de 225 nm/min, con una rugosidad superficial (Ra) inferior a unos 0,65 nm y una diferencia pico/valle (P/V) inferior a unos 6,5 nm.

35 En otra forma de ejecución de la presente invención, una suspensión CMP comprende un medio de dispersión, partículas abrasivas polidispersas y un agente oxidante; la suspensión con un contenido de sólidos abrasivos del 5% en peso y un pH aproximado de 6,3 elimina vidrio de un sustrato de este material a una velocidad de al menos 155 nm/min, utilizando un pulidor Labopol-5 con una almohadilla Rodel DPC 6350 que tiene una fuerza descendente de 30 Newton a una velocidad de rotación de 150 rpm. El proceso de CMP y los componentes de la suspensión se usan tal como se describe en el ejemplo 3. Preferiblemente, la velocidad de eliminación es al menos de 200 nm/min, con una rugosidad superficial (Ra) inferior a unos 0,55 nm y una diferencia pico/valle (P/V) inferior a unos 14,5 nm, y con mayor preferencia la velocidad de eliminación es al menos de 225 nm/min, con una rugosidad superficial (Ra) inferior a unos 0,50 nm y una diferencia pico/valle (P/V) inferior a 14,0 nm aproximadamente.

45 El contenido íntegro de todas las patentes y publicaciones enumeradas en la presente solicitud se incorporan aquí como referencia.

50 Los siguientes ejemplos se ofrecen como ilustraciones específicas de la invención reivindicada. Sin embargo debe entenderse que la presente invención no está limitada a los detalles concretos descritos en los ejemplos. Todas las partes y porcentajes indicados en los ejemplos, así como en el resto de esta descripción, son en peso, a no ser que se especifique lo contrario.

55 Además, cualquier intervalo numérico indicado en la descripción o en las reivindicaciones, como los que representan una serie particular de características, condiciones, estados físicos o porcentajes, tiene la intención de incluir literal y expresamente cualquier fluctuación numérica, incluyendo cualquier subserie de números dentro del intervalo así señalado. Cualquier modificación de la presente invención, aparte de las aquí mostradas y descritas, será evidente para los expertos en la materia a partir de la descripción precedente y de las figuras adjuntas. Tales modificaciones están pensadas para caer dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

#### Ejemplo 1

60 Pulido comparativo de NiP (pulido de discos duros)

65 En esta comparación se determina la velocidad de pulido y la lisura de la superficie pulimentada para las partículas abrasivas (expuestas en la tabla I) suspendidas en una solución acuosa que contiene H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2% en masa respecto al total de suspensión) y ácido láctico (2% en masa respecto al total de suspensión). El pH de todas las suspensiones es 2,3 ± 0,1. El pulido se efectúa utilizando un pulidor Labopol-5, de Struers A/S, con una fuerza descendente de 30 Newton a una velocidad de rotación de 150 rpm y un caudal de suspensión de 60 ml/min (sobre el pulidor). Se usó



una almohadilla Rodel DPC 6350. El sustrato empleado para el pulido es NiP sobre aluminio. Los sustratos son discos de 9,5 cm adquiridos a Komag (San José, CA) y tienen una capa de 12-15 micras de NiP sobre aluminio. La composición elemental era de 85% de níquel y 15% de fósforo, aproximadamente. El sustrato se enjuaga y se seca tras el pulido. La velocidad de pulido (velocidad de eliminación) se determina por pérdida de peso. La lisura de la superficie se caracteriza empleando un perfilómetro óptico horizontal sin contacto, de Burleigh Instruments, Inc. Los valores de Ra (rugosidad superficial media) y P/V (diferencia máxima pico/valle) son los parámetros de lisura usados para la comparación. El valor Ra refleja la lisura general de la superficie, mientras que el valor P/V (pico/valle) es particularmente sensible al rayado de la superficie.

En esta evaluación, una suspensión pulidora que contiene sílice coloidal polidispersa se compara con otras suspensiones análogas que contienen sílice coloidal monodispersa, sílice precipitada y sílice pirogénica, y alúmina coloidal. En la siguiente tabla se resumen los resultados del pulido:

Tabla I

Comparación de abrasivos en suspensión de ácido láctico/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para el pulido de NiP

Partícula abrasiva	Conc.	Tamaño (en volumen)			Velocidad de Ra eliminación		
		Med. nm	%>100 nm	Amplitud nm	(nm/min)	(nm)	(nm)
Coloidal polidispersa	5%	49,5	40	0	286	0,38	4,02
Coloidal monodispersa	5%	22	<10	0	154	0,69	6,64
Sílice pirogénica	5%	130	desc.	desc.	144	0,87	9,43
Sílice precipitada	5%	100	desc.	desc.	107	0,70	7,03

Los resultados demuestran claramente que con la sílice coloidal polidispersa se consigue la mayor velocidad de eliminación y al mismo tiempo una calidad de la superficie pulida superior (más lisa) a la obtenida con los otros tres abrasivos.

Ejemplo 2

Pulido comparativo de NiP

Las condiciones para esta comparación son básicamente equivalentes a las del ejemplo 1, exceptuando el empleo de un 1% de Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> en lugar de 2% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y rebajando la concentración de ácido láctico a 1,5%. El pH de todas las suspensiones es de 2,0 ± 0,1. En esta evaluación, una suspensión pulidora que contiene sílice coloidal polidispersa se compara con otras suspensiones análogas que contienen sílice coloidal monodispersa, sílice pirogénica y sílice precipitada. En la siguiente tabla se resumen los resultados del pulido:

Tabla II

Comparación de abrasivos en suspensión de ácido láctico/Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> para el pulido de NiP

Partícula abrasiva	Conc.	Tamaño (en volumen)			Velocidad de Ra eliminación		
		Med. nm	%>100 nm	Amplitud nm	(nm/min)	(nm)	(nm)
Coloidal polidispersa	5%	49,5	40	0	305	0,49	3,93
Coloidal monodispersa	5%	22	<10	0	188	0,75	5,99
Sílice pirogénica	5%	130	desc.	>50	144	0,98	10,23
Sílice precipitada	5%	100	desc.	50	97	0,74	7,56

Con la suspensión de sílice coloidal polidispersa (que posee una fracción muy pequeña de partículas menores de 100 nm) se consigue de nuevo la mayor velocidad de eliminación y la mejor calidad de la superficie (lisura con menos rayado).

Ejemplo 3

Pulido comparativo de vidrio

En este caso se usaron las mismas condiciones de pulido, a fin de comparar los mismos abrasivos para el pulido de vidrio. Los discos de vidrio de 9,5 cm eran básicamente de sílice pura, con una rugosidad superficial inicial (valor Ra) de 2-1,0 nm. Las partículas se suspendieron en una solución acuosa de ácido poliacrílico al 0,2% y el pH resultante fue de 6,3 ± 0,1.

Tabla III

Comparación de abrasivos en suspensión de ácido poliacrílico para el pulido de discos de vidrio

Partícula abrasiva	Conc.	Tamaño (en volumen)			Velocidad de Ra eliminación		P/V (nm)
		Med. nm	%>100 nm	Amplitud nm	(nm/min)	(nm)	
Coloidal polidispersa	5%	49,5	40	0	243	0,54	10,3
Coloidal monodispersa	5%	22	<10	0	139	0,53	14,7
Sílice pirogénica	5%	130	desc.	>50	113	0,89	19,4
Sílice precipitada	5%	100	desc.	50	159	0,75	12,5

5 La sílice coloidal polidispersa dio nuevamente la mayor velocidad de eliminación, menos rayado y una rugosidad superficial solo igualada por la sílice coloidal monodispersa.

10 Ejemplo 4

Pulido de cobre en el proceso de damasquinado

15 En el proceso de damasquinado de cobre (1) se graban surcos en una capa dieléctrica, (2) se deposita una fina capa de barrera que forra el surco y recubre el dieléctrico entre los surcos, (3) se deposita un grosor de cobre necesario para rellenar el surco y al mismo tiempo quedan recubiertas las zonas intermedias entre los surcos y (4) se emplea un proceso CMP para quitar puliendo el cobre de dichas zonas intermedias, dejando el máximo cobre posible dentro del surco. Es deseable quitar el exceso de cobre puliendo rápidamente la superficie del cobre que rellena los surcos, sin deprimirla, y erosionando lo menos posible el dieléctrico entre los surcos.

20 Las suspensiones de CMP para Cu se preparan empleando las mismas fases de solución (aminoácido, peróxido de hidrógeno como oxidante y NH<sub>4</sub>OH en agua). En estas soluciones se suspende aproximadamente un 0,010% de partículas. Se realizan pruebas de pulimento para determinar la velocidad de eliminación de Cu y la tendencia de la suspensión a producir depresión y erosión. La pendiente de la textura topográfica respecto al cobre eliminado se designa como "susceptibilidad" de depresión o erosión de la estructura en cuestión y puede usarse como índice de rendimiento. Este valor de susceptibilidad es adimensional. A menor valor de susceptibilidad, menor proporción de topografía para cualquier cantidad determinada de cobre eliminado y mejor rendimiento. Tanto la susceptibilidad de depresión como la susceptibilidad de erosión se determinan por el método de ajuste de mínimos cuadrados.

30 Tabla IV

Comparación de abrasivos en suspensión de aminoácido/oxidante para el pulido de Cu

Partícula abrasiva	Conc.	Tamaño (en volumen)			Velocidad de eliminación (nm/min)	Susceptibilidad de depresión (nm)	Susceptibilidad de erosión (nm)
		ppm(p)	Med. nm	%>100 nm			
Coloidal polidispersa	1000	49,5	40	0	619	0,153	0,023
Coloidal monodispersa	35	22	<10	0	430	0,159	0,054
Coloidal monodispersa	35	65	<10	0	434	0,152	0,035

35 La suspensión de sílice coloidal polidispersa proporciona la mejor resistencia a la erosión (es decir, susceptibilidad de erosión significativamente menor) y una resistencia a la depresión prácticamente igual, aunque la cantidad de abrasivo empleado en la suspensión es significativamente mayor, lo cual permite una velocidad de eliminación mucho más alta.

**REIVINDICACIONES**

1. Composición abrasiva para pulir sustratos, que comprende:  
una pluralidad de partículas abrasivas de sílice coloidal con una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de la amplitud en volumen superior o igual a unos 20 nanómetros, el cual se mide restando el tamaño de partícula  $d_{10}$  del tamaño de partícula  $d_{90}$ , mediante el empleo de microfotografías de transmisión electrónica, y una fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros inferior o igual al 20% en volumen de las partículas abrasivas.
2. Composición abrasiva según la reivindicación 1, en la cual dichas partículas abrasivas tienen una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de amplitud en volumen superior o igual a 15 nanómetros y la fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros es inferior o igual al 15% en volumen de las partículas abrasivas.
3. Composición abrasiva según la reivindicación 1, en la cual dichas partículas abrasivas tienen una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de amplitud en volumen superior o igual a 15 nanómetros y la fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros es inferior o igual al 10% en volumen de las partículas abrasivas.
4. Composición abrasiva según la reivindicación 1, en la cual dichas partículas abrasivas tienen una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de amplitud en volumen superior o igual a 15 nanómetros y la fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros es inferior o igual al 5% en volumen de las partículas abrasivas.
5. Composición abrasiva según la reivindicación 1, en la cual dichas partículas abrasivas tienen una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de amplitud en volumen superior o igual a 18 nanómetros y la fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros es inferior o igual al 20% en volumen de las partículas abrasivas.
6. Composición abrasiva según la reivindicación 1, en la cual dichas partículas abrasivas tienen una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de amplitud en volumen superior o igual a 20 nanómetros y la fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros es inferior o igual al 2% en volumen de las partículas abrasivas.
7. Composición abrasiva según la reivindicación 1, en la cual dichas partículas abrasivas tienen una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de amplitud en volumen superior o igual a 15 nanómetros y la fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros es inferior o igual al 20% en volumen de las partículas abrasivas.
8. Suspensión abrasiva para pulir sustratos, que comprende:  
una pluralidad de partículas abrasivas de sílice coloidal con una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros y un valor de la amplitud en volumen superior o igual a unos 20 nanómetros, el cual se mide restando el tamaño de partícula  $d_{10}$  del tamaño de partícula  $d_{90}$ , mediante el empleo de microfotografías de transmisión electrónica, y una fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros que es inferior o igual al 20% en volumen de las partículas abrasivas; y una solución que contiene uno o más reactivos químicos.
9. Suspensión abrasiva según la reivindicación 8, en la cual dichas partículas abrasivas tienen una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de amplitud en volumen superior o igual a 15 nanómetros y la fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros es inferior o igual al 10% en volumen de las partículas abrasivas.
10. Suspensión abrasiva según la reivindicación 8, en la cual dichas partículas abrasivas tienen una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de amplitud en volumen superior o igual a 18 nanómetros y la fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros es inferior o igual al 20% en volumen de las partículas abrasivas.
11. Suspensión abrasiva según la reivindicación 8, en la cual dichas partículas abrasivas tienen una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de amplitud en volumen superior o igual a 15 nanómetros y la fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros es inferior o igual al 20% en volumen de las partículas abrasivas.
12. Método para pulir sustratos con una composición abrasiva, que consiste en:  
aportar un sustrato que debe pulimentarse y pulirlo mediante una pluralidad de partículas abrasivas con una distribución polidispersa del tamaño de partícula, cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de amplitud en volumen superior o igual a unos 20 nanómetros, el cual se mide restando el tamaño de

partícula  $d_{10}$  del tamaño de partícula  $d_{90}$ , mediante el uso de microfotografías de transmisión electrónica, y una fracción de partículas mayores o iguales a unos 100 nanómetros inferior o igual al 20% en volumen de las partículas abrasivas.

- 5 13. Método según la reivindicación 12, en que dichas partículas abrasivas tienen una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de amplitud en volumen superior o igual a 15 nanómetros y la fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros es inferior o igual al 10% en volumen de las partículas abrasivas.
- 10 14. Método según la reivindicación 12, en que dichas partículas abrasivas tienen una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de amplitud en volumen superior o igual a 18 nanómetros y la fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros es inferior o igual al 20% en volumen de las partículas abrasivas.
- 15 15. Método según la reivindicación 12, en que dichas partículas abrasivas tienen una distribución polidispersa del tamaño de partícula cuya mediana en volumen es de 20 hasta 100 nanómetros, un valor de amplitud en volumen superior o igual a 15 nanómetros y la fracción de dichas partículas mayores de 100 nanómetros es inferior o igual al 20% en volumen de las partículas abrasivas.

20

FIG. 1

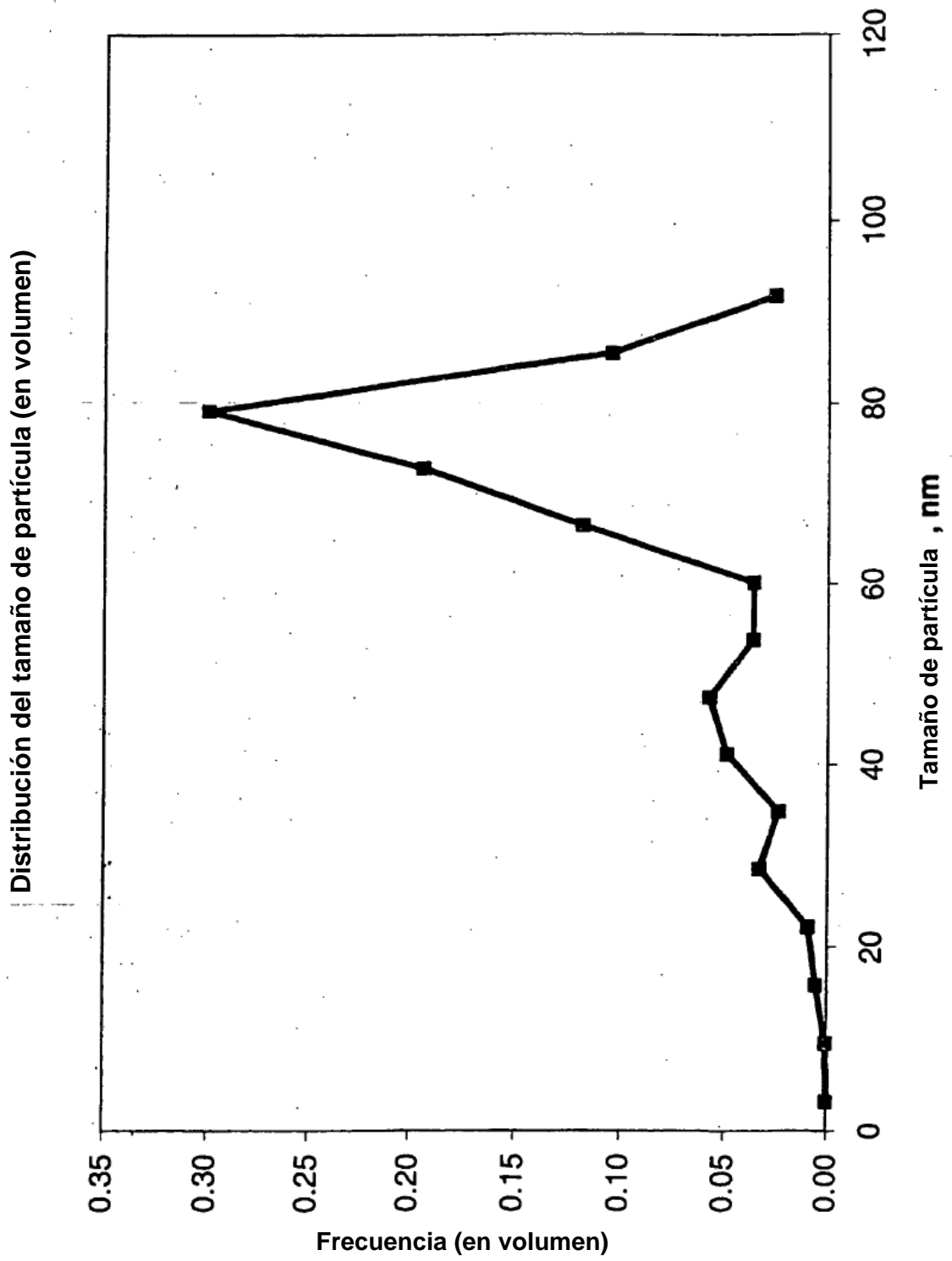


FIG. 2  
Distribución del tamaño de partícula – volumen acumulado  
 a partir de análisis TEM

