

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA.

19 ES	11	NUMERO	10 A1
	21	482959	
	22	FECHA DE PRESENTACION	
		30 JUL 1978	

PATENTE DE INVENCION

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en el presente documento y en la Memoria adjunta.

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		
929.567	31 Julio 1978	EE.UU. de A.

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	H01L 21/70	

64 TITULO DE LA INVENCION
Procedimiento para la fabricacion de dispositivos mediante mordentado con plasma, de superficies ricas en aluminio.

71 SOLICITANTE (S)
WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
222 Broadway, New York, New York 10038, EE.UU. de A.

72 INVENTOR (ES)
HYMAN JOSEPH LEVINSTEIN; DAVID NIN-KOU WANG.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE
D. IGNACIO GOMEZ-ACEBO Y DUQUE DE ESTRADA.

- Los dispositivos y circuitos de fina resolución se fabrican por una o una serie de etapas cada una de las cuales comprende resolución litográfica seguido de un tratamiento selectivo de regiones de una capa de material del dispositivo homogéneo, inicialmente continuo. La litografía se suele llevar a
5. cabo en material "actínico" que después se revela para dar por resultado una delinación de abertura. Dichos modelos o patrones sirven para enmascarar directa o indirectamente el material que experimenta la acción de mordentado u otra elaboración.
10. Se puede llevar a cabo un mordentado selectivo por elaboración en seco, por ejemplo por medio de una especie producida en un plasma, siendo dichos procedimientos preferibles a la elaboración en húmedo cuando se desea una resolución particularmente fina.
15. Dicha fabricación se emplea en la producción de circuitería de silicio integrada a gran escala. Igualmente se puede utilizar para dispositivos discretos o separados, en otra tecnología de semiconductores, para circuitería óptica integrada, para memorias magnéticas, etc.
20. La circuitería integrada a gran escala así como otras estructuras planas de gran resolución se fabrican en general en una serie de niveles. Un procedimiento, común a la construcción de la mayoría de dichos circuitos comprende producir primero una capa de máscara dentro de una región
25. continua de material actínico por exposición selectiva a la radiación seguido de revelado en solución para eliminar de una forma selectiva material que se ha vuelto más o menos soluble por irradiación. Dichas capas enmascarantes han servido con máscaras discretas o separadas (a veces con la etapa adicional) de reproducción del modelo en una capa subyacente de
- 30.

alguna capa más duradera, por ejemplo cromo).

5. Este tecnología de máscaras ahora en uso predominante en la fabricación de circuitos integrados de silicio ha experimentado un desarrollo considerable hasta el punto presente en el cuál se pueden conseguir con regularidad reglas de diseño de unos cuantos micrómetros. Las máscaras separadas así utilizadas sirven para la delinación secundaria de modelo en capas fotoprotectoras gastables que se revelan para servir para la elaboración real del dispositivo. Las capas fotoprotectoras se
10. quitan en cada nivel de la elaboración para permitir la fabricación en el nivel siguiente.

En general se cree que la tecnología de las máscaras será sustituida por una tecnología sin máscaras (elaboración directa) para producir una resolución más fina y una mayor
15. densidad del dispositivo. Según dichos procedimientos contemplados, la delineación primaria en lugar de delineación secundaria se realizará en capas protectoras gastables muy adherentes al dispositivo en elaboración. Dichas capas protectoras pueden ser capas verdaderamente fotoprotectoras o pueden emplear
20. radiación de longitud de onda corta.

Cualquiera que sea el procedimiento, con máscara o sin máscara, cualquiera que sea la tecnología empleada, un procedimiento común a ambos tipos de fabricación comprende el mordentado selectivo de capas continuas de material funcional
25. para dispositivos. Hasta la fecha, el mordentado en húmedo, por ejemplo por el empleo de un medio ácido acuoso, ha demostrado ser satisfactorio. Según se ha hecho la resolución más exigente, las limitaciones propias del sistema han resultado más significativas. El medio líquido que reacciona con las
30. capas policristalinas o amorfas da por resultado un mordentado

isotropico. La formación de rebajos o erosión resultante (eliminación de material bajo el material enmascarante) impone un límite en la separación.

5. La mayor miniaturización ha dado por resultado la apreciación de las ventajas que supone la elaboración en seco. El mordentado por transferencia de momentos de fuerza, por ejemplo por fresado iónico, induce direccionalidad en la eliminación del material y evita la formación de rebajos. Los campos de gran aceleración que dan por resultado el bombardeo de partículas energéticas en las superficies que se elaboran a veces son causas de nuevos problemas. El deterioro de la retícula a algunos niveles de fabricación puede llegar a destruir el dispositivo.

10. En el otro extremo del espectro, la elaboración en seco puede depender de reacciones ayudadas por plasma. El mordentado por plasma, por ejemplo, depende de la remoción o eliminación principalmente debida a reacción química del material que se ha de eliminar con especies de mordentado producidas por plasmas. Como en la elaboración por transferencia de momentos de fuerza, el producto mordentado se puede eliminar fácilmente en éste caso por una selección de sistema que de por resultado un producto de reacción en estado de vapor. No obstante, el mordentado ayudado por plasma puede ser de comportamiento isotrópico. Se puede producir anisotropía por el empleo de grandes campos de plasma y bajas presiones pero esto, a su vez, puede producir un deterioro intolerable de la retícula así como una erosión rápida de la capa protectora. Como en el mordentado en húmedo, la detección del punto final imperfecto complicada por un mordentado desigual de pastilla a pastilla puede dar por resultado no solamente una formación extraordinaria de re-
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

bajo, si no también el mordentado de capas subyacentes. Esto último se alivia mediante sistemas de mordentado con una pronunciada selectividad del material que se mordenta con relación al material subyacente.

5. En la producción de LSI se utiliza una variedad de materiales. Para las reglas de diseño presentes, las capas de óxido se mordentan por plasma satisfactoriamente con mezclas de metano y oxígeno. Las mismas mezclas tienen aplicación a otros muchos materiales pero la selectividad es en general deficiente.
10. El aluminio o las capas ricas en aluminio se mordentan por especies de plasma resultantes de la introducción de tetracloruro de carbono. El CCl_4 , que es líquido a temperatura ambiente, es difícil de verificar. El calentamiento para aumentar la volatilidad dá por resultado una condensación indeseable de regiones frías.
- 15.

- Un problema reconocido con el CCl_4 , mordentado inicial sin fiabilidad, ha sido resuelto por el empleo de BCl_3 (vease J. Vac. Sci, Technol., 14 Nº 1 p. 266 (1977)). Un continuo problema en el mordentado de aluminio es la deficiente discriminación, debido a un mordentado importante de SiO_2 , así como Si. Otro problema adicional, atribuido a la formación de polímero indeseable se evidencia por un mordentado indeseable seguido de la exposición a la acción de la atmósfera. Se cree que el polímero difícilmente eliminado reacciona con la humedad atmosférica para producir HCl que es responsable de que continúe el mordentado.
- 20.
- 25.

- Los procedimientos de mordentado por plasma útiles para el material rico en aluminio se basan en el empleo de una categoría específica de composiciones de reactivos de mordentado. Las mezclas de tricloruro de boro y cloro diatómico sirven
- 30.

- de ejemplo de material que, bajo la influencia de la descarga del plasma, dá por resultado un comportamiento del mordentado deseable; v.g., 1) discriminación excelente para el material rico en aluminio con relación a los materiales de capa protectora así como los materiales de sustrato utilizados (de 10:1 a 20:1 de aluminio sobre silicio u óxido de silicio), 2) regímenes de mordentado satisfactorios para fines de fabricación de dispositivos de línea fina (regímenes hasta 1000 Angstroms/minuto son fácilmente obtenibles), 3) eliminación rápida de las capas pasivadoras empleadas normalmente (v.g., Al_2O_3), permitiendo por lo tanto un mordentado inicial uniforme, 4) características del sistema que dán por resultado una reducción al mínimo de "carga" (carga es la dependencia del tiempo de mordentado respecto al área de superficie integrada que se desea mordentar), y 5) control de los perfiles de las paredes del mordentado permitiendo por lo tanto mordentado vertical recto definido por las capas de enmascaramiento protectoras.
- 5.
- 10.
- 15.

- Los procedimientos de la invención tienen una aplicación idónea a las aleaciones ricas en aluminio (v.g., Al, Al-Cu y Al-Si) que se utilizan en la fabricación de circuitos integrados a gran escala así como en dispositivos discretos o separados. Las modalidades importantes de la invención se refieren a la fabricación de LSI (circuitos integrados a gran escala) así como la fabricación de circuitería similar en la cuál la gran densidad de dispositivos se basa en reglas de diseño a nivel micrométrico y submicrométrico (muy LSI).
- 20.
- 25.

- El asunto objeto de invención se refiere principalmente a la fabricación de dispositivos o circuitos. Aún cuando no queda necesariamente limitado a los mismos, las etapas de fabricación en cuestión comprenden en general mordentado en seco de
- 30.

material que contiene aluminio. Los aspectos de la invención se refieren a regímenes de mordentado, discriminación, perfil, etc. Dichas consideraciones dependen, a su vez, de la composición así como de las condiciones de elaboración y dichas consideraciones son el objeto de secciones sucesivas.

5.

Mordentado ayudado por plasma: Esta terminología,

que no es de uso general actualmente, tiene por finalidad comprender los diversos procedimientos en los cuales el mordentado se debe principalmente a reacción química con el reactivo de mordentado dentro del plasma. Los procedimientos incluidos

10.

contemplan necesariamente reacción química para dar por resultado una especie de producto de reacción que en sí gaseosa o que, por reacción adicional, se vuelve gaseosa. Los procedimientos incluidos son el "mordentado por plasma" (en el cuál el artículo que se ha de mordentar se encuentra sobre el electrodo

15.

no activado), "mordentado iónico reactivo", en el cual el artículo se encuentra sobre el electrodo activado y en el cuál el tamaño reducido del electrodo dá por resultado una cierta concentración del campo pretendida, "mordentado por sublimación

20.

catódica reactiva", etc. No se contemplan los procedimientos en los cuales la remoción o eliminación se debe normalmente a la transferencia de momentos de fuerza en lugar de reacción química. Por consiguiente, no se pretende incluir el fresado iónico ni los procedimientos comprendidos en general dentro del término "mordentado por sublimación catódica".

25.

Carga: Es la dependencia del régimen de mordentado con respecto al área de superficie que se mordanta. Como el efecto no se elimina nunca totalmente, al menos en principio, es conveniente asignar un límite numérico. Para estos fines, un 10% de aumento en el tiempo de mordentado necesario con 10 veces

30.

de aumento en el área de superficie que se ha de mordentar define el principio de la carga.

5. Rico en aluminio : Como con nota el término, estos son materiales que tienen por lo menos un 50% de aluminio. No obstante, adicionalmente, es necesario que los materiales dentro de esta categoría muestren las propiedades de mordentado asociadas con el aluminio elemental. Por consiguiente, tanto si contienen impurezas no pretendidas como materiales de aleación pretendida, los materiales ricos en aluminio, según se contemplan en la presente memoria, pueden formar superficies pasivadoras al exponerse a atmósferas comúnmente utilizadas y de otro modo deberán presentar un comportamiento general de mordentado característico del material elemental. Ciertos componentes de aleación como son el silicio y el cobre, incluidos ambos comúnmente en la fabricación de LSI, pueden estar presentes con probabilidad en pequeñas cantidades, del orden de un pequeño porcentaje. Otros componentes que son en sí similares al aluminio, pueden estar contenidos en mayores cantidades beneficiándose la composición resultante del empleo de los procedimientos de la invención.

10.

15.

20.

Especies de reactivo de mordentado: Aquella especie a la que se atribuye en general la eliminación o remoción de material. La investigación indica claramente que la especie de reactivo de mordentado primario existe solamente en el ambiente del plasma. Otra evidencia sugiere que la especie de reactivo de mordentado primario existe en el plasma en la superficie que experimenta el tratamiento, o en una posición separada de la misma. Se derivan conclusiones de la base de detección a partir de análisis espectroscópico. La identificación de especies de reactivo de mordentado en esta descripción es princi-

25.

30.

5. palmente expositoria y no de limitación de otro modo. Sobre esta base, el mordentado se ascribe en general al halógeno atómico, generalmente cloro atómico, Excepto a menos que se especifique lo contrario, el término no incluye componentes relativamente "inertes" como los componentes que sirven principalmente como vehículo y/o diluyente.

10. Perfil del mordentado: Se refiere a la forma y posición de la pared durante el mordentado y después del mismo estando definida la posición con relación al borde de la máscara que la define. Se emplea una variedad de términos para caracterizar el perfil.

15. Pared recta: Es la pared vertical recta (vertical con relación al plano de la superficie que se mordanta) que se encuentra en posición aproximadamente coincidente con el borde de la capa enmascarante de definición. En general, se supone que el borde enmascarante no se ha erosionado apreciablemente por lo que el borde en cuestión es el anterior al mordentado. Las paredes mordentadas rectas exigen en sí mordentado anisotrópico.

20. Rebajos: Se refiere a una pared mordentada producida por mordentado por debajo del material protector cualquiera que sea la configuración de la pared (v.g., por "formación de rebajo").

25. Rebajos negativos: Se refiere a la condición complementaria en la cuál el área atacada durante el mordentado se reduce de tamaño según aumenta la profundidad del mordentado por lo que las paredes del mordentado quedan, al menos parcialmente, dentro de un área sin enmascarar.

30. Isotrópico: Se refiere al mordentado en el cuál la eliminación del material es verdaderamente no direccional.

5. El mordentado isotropico verdadero daría por resultado una característica mordentada que es de dimensión lateral en reducción con la profundidad. La penetración por debajo del borde de la capa protectora deberá ser igual a la profundidad del mordentado a cada nivel.

10. Anisotropia: (mordentado anistrópico, proceso anisotrópico, etc) el término se utiliza para diferenciarlo de la "isotropia", v.g., para sugerir cualquier grado de direccionalidad que represente una desviación de la isotrópico. Por comodidad se considera que la desviación debe ser por lo menos de un 10% expresado como un porcentaje de la totalidad de una dimensión lineal en la dirección deseada del mordentado. El término "verdaderamente anisotrópico" se refiere al comportamiento generalmente ideal que dá por resultado una pared de mordentado recta.

15. La composición se expone en términos de la mezcla preferida de BCl_3 y Cl_2 . No obstante, el principio de la operación es suficientemente genérico para incluir un número de variantes. Así, por ejemplo, el cloruro o cloro se pueden reemplazar por otros halógenos y el boro se puede reemplazar por otros cationes. No obstante, dichas sustituciones pueden dar lugar a complicaciones que, a pesar de servir de remedio, pueden no ser justificables. Así, por ejemplo, a pesar de que se pueden emplear bromo o bromuro, el producto de reacción AlBr_3 no es volátil (al contrario que el AlCl_3) y su eliminación se complica

20. posiblemente dando lugar al empleo de reactivo gaseoso o vehículo inerte u otros medios para eliminar normalmente el Al_2Br_3 no volátil. El iodo, menos reactivo que el bromo, tampoco es volátil. El flúor dá por resultado la pasivación de la superficie

25. rica de aluminio y no debiera incluirse como único gas diatómico.

30.

- La composición según se presenta en términos de los dos ingredientes precursores esenciales de la modalidad preferible sin respecto al vehículo, diluyente, etc, se centra alrededor del 5 % en volumen de Cl_2 . Esta composición ha demostrado ser
5. totalmente conveniente desde el punto de vista de régimen de mordentado y selectividad. Una gama general en los mismos términos del orden del 0,1 % al 20% de Cl_2 y superior, y preferiblemente del 0,5 al 8% define una gama que comprende composiciones que se adaptan a la mayoría de las necesidades contempladas.
10. El aumento de las cantidades de cloro por encima del valor máximo preferible dá por resultado el aumento del régimen de mordentado, pero en general vá acompañada por una tendencia hacia la formación de rebajos. La tendencia hacia la formación de rebajos se puede reducir aumentando la potencia y/o reduciendo la
15. presión, pero esto puede dar lugar a defectos de retícula inducidos por la radiación. El contenido de cloro por debajo del 0,5 % en volumen dá por resultado una reducción del régimen de mordentado, muy por debajo de 1000 Angstroms/minuto, para condiciones dadas. Dicho menor contenido de cloro puede ser
20. conveniente para espesores de capas sensiblemente por debajo de 1 micrómetro.

- Los ingredientes probablemente no intencionados que pueden ser tolerables comprenden oxígeno al 5% (las cantidades mayores dán por resultado un ataque sensible de la capa protectora), agua por debajo de aproximadamente el 1%, y dióxido de
25. carbono hasta un cierto porcentaje. Pueden haber presentes otros ingredientes incluidos voluntariamente. Algunos de estos pueden servir como simple diluyente o vehículo. Otros pueden servir para controlar las condiciones de descarga. Como ejemplos del primero se citan N_2 , He y Ar. A pesar de que se observa que los plas
- 30.

mas son extraordinariamente estables, el uso de una potencia muy elevada podría dar lugar a confinamiento que se puede aliviar a través de la inclusión de He.

5. Concordando con las secciones anteriores, la explicación se da en términos de la mezcla BCl_3-Cl_2 que sirve de ejemplo. El análisis del producto final, así como otras observaciones, dan lugar a la conclusión de que la especie de reactivo de mordentado primaria es cloro atómico. El BCl_2 o derivado de plasma de BCl_3 se cree que sirve como reactivo de combinación acortando por lo tanto la vida útil de la especie de reactivo de mordentado inherente. En consonancia con "The Loading Effect in Plasma Etching" (el efecto de carga en el mordentado por plasma), J. of the Electrochemical Society 124 nº 8, página 1262 (8/77), una vida útil del reactivo de mordentado inherente acortada reduce el efecto de carga. La composición preferible se expone en vistas a características del sistema aplicadas a la fabricación de estructuras donde las capas que se han de mordentar son de un espesor de la gama micrométrica y submicrométrica. De nuevo, considerando la mezcla preferible de BCl_3-Cl_2 , todas las composiciones de otro modo idóneas comparten el atributo principal de una buena discriminación con relación a la capa protectora. Los extremos en la composición, así como composiciones intermedias dan por resultado un ligero ataque de la capa protectora que en general no resulta detectable. De un modo similar, la discriminación con respecto al material subyacente (v.g., contenido de silicio elemental así como silicio combinado químicamente) es bueno para toda la gama de composiciones en cuestión.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

30. Los parámetros críticos considerados para determinar las gamas de los parámetros son: (1) Régimen de mordentado y (2)

- perfil del mordentado. Aunque algunos procedimientos de fabricación pueden tolerar perfiles isotrópicos las reglas de diseño del orden de unos cuantos micrómetros y menos dan lugar en general a una reducción desusada de la formación de rebajos. Una
5. gama de parámetros generalmente preferible puede establecerse en base de una relación de régimen de mordentado en una dirección paralela a la superficie con relación a la perpendicular a la superficie que experimenta la formación de rebajo. Para muchos fines, una relación apropiada puede ser 1:3 o mejor con
10. una preferencia natural hacia la anisotropía ideal equivalente a una relación próxima a cero.

- Para gamas de parámetros en cuestión el régimen de mordentado depende notablemente de la presión dentro del plasma y la potencia, reduciéndose el régimen de mordentado según se
15. reduce uno u otro de éstos parámetros. Para muchas finalidades, un régimen de mordentado de aproximadamente 400 Angstroms/minuto es tolerable. Este régimen se basa en la suposición de que los espesores de las capas pueden ser del orden de uno o varios miles de Angstroms, por lo que el tiempo total de mordentado
20. es de unos cuantos minutos.

- En base de la suposiciones anteriores, se pueden establecer los límites extremos de presión y de potencia como 0,05 torr, - 6 torr y 0,035 wátios/cm² - 0,7 wátios/cm², respectivamente. Estos parámetros se interrelacionan a su vez con el con
25. tenido de cloro.

- Se ha averiguado que según se reduce el régimen de mordentado (cuando la presión o la potencia se aproximan al mínimo indicado, aumenta la gama de cloro permitida). Como corolario, a medida que aumenta la presión se reduce el contenido de
30. cloro máximo permitido. El contenido de cloro está comprendido

en general dentro de una gama del orden de aproximadamente 0,5% a aproximadamente el 8%. Un contenido de cloro máximo para una anisotropía ideal es de aproximadamente 6 %. Todos los porcentajes del contenido de cloro se basan en una mezcla total de

5. $\text{BCl}_3\text{-Cl}_2$. El contenido de cloro entra también en consideración del régimen de mordentado, dando por resultado el aumento de cloro un mayor régimen. El mínimo de 0,1% es también el mínimo absoluto desde el punto de vista de régimen.

10. Se pueden especificar ahora parámetros interrelacionados que den por resultado una anisotropía deseada así como régimen de mordentado. Desde el punto de vista de anisotropía (desde una relación de anisotropía, de por lo menos 1:3) el contenido de cloro es de 0,1 % (apropiado desde el punto de vista de anisotropía para cualquier valor de presión-potencia dentro de la gama indicada) a aproximadamente el 8% para una gama de valores de presión-potencia definida por una presión mínima y una potencia consiguiente y una potencia mínima y una presión consiguiente (0,05 torr - 0,28 wátios/cm² y 0,2 torr - 0,035 wátios/cm², respectivamente) pero solamente hasta
15. aproximadamente 0,5 % para el valor máximo de presión-potencia (0,6 Torr- 0,7 wátios/cm²)
- 20.

25. Las restricciones de los parámetros para las modalidades preferibles surgen del deseo de un régimen de mordentado de por lo menos aproximadamente 100 Angstroms/minuto, así como por razones del perfil del mordentado. Se ha averiguado que esto último impone un límite de aproximadamente 800-1000 Angstroms/minuto, dando por resultado el aumento adicional en el régimen de mordentado una tendencia hacia casi la isotropía.

30. El límite del régimen de mordentado corresponde en general a gamas de presión-potencia de 0,1 torr - 0,1 wátios/cm²

5. hasta 0,5 torr - 0,5 wátios/cm². El contenido de cloro correspondiente a estos dos límites es del orden de 0,5 % en volumen a 7% en volumen correspondiendo con el par mínimo de potencia-presión a 0,5 % en volumen - 2% en volumen que corresponde al máximo.

10. Los trabajos experimentales hasta la fecha permiten un control del perfil, de hecho permiten paredes rectas, para un contenido de cloro menor. Se concluye que la recombinación, es particularmente eficaz en las paredes o en las proximidades de las mismas. El efecto se describe en la solicitud de patente Estadounidense pendiente numero de serie 929.549 depositada el 31 de julio de 1978 (Hashbarger et al 2-23-6-5).

15. A pesar de que la descripción se refiere a la modalidad preferible de BCl₃ - Cl₂, una descripción más general se refiere a la introducción de materiales como los que dan por resultado halógeno atómico (v.g., Cl) junto con un reactivo de recombinación de haluro (v.g., un cloruro de boro).

20. La invención se refiere notablemente al mordentado de material rico en aluminio. Los materiales contemplados son materiales perfectamente conocidos por los expertos en la materia como aquellos que presentan las propiedades generales del aluminio durante el mordentado. Para estas finalidades, los procedimientos de la invención se han dirigido, así como las reivindicaciones a la fabricación que comprende el mordentado de aleaciones que tienen por lo menos un 50% de Al. De hecho, dichos grandes cantidades de ingredientes de aleación se permiten solamente cuando existe una semejanza química y física próxima.

30. Para la fabricación de ISI, tanto en la tecnología de silicio como en otras, una finalidad importante para la que sir

- ve el material rico en aluminio es simplemente la de conductor eléctrico. Los ingredientes de aleación contemplados son en pequeñas cantidades y en general se refieren a características no relacionadas con la conductividad. Así, por ejemplo, se sabe
5. que las pequeñas cantidades de silicio, v.g., hasta el 5%, probablemente por debajo del 10%, se pueden incluir para la circuitería de aluminio directamente en contacto con material rico en silicio. La finalidad en éste caso es la de presaturar el aluminio (en general aproximadamente Al - 2 % Si) para evitar
10. la disolución y la consiguiente "perforación" de las capas subyacentes ricas en Si. La mezcla de cobre en general a un nivel nominal de aproximadamente el 4% en peso es útil en la fabricación de circuitería de burbujas de granate. El cobre sirve para reducir la electromigración, que, si se permite, puede dar lugar al deterioro de las propiedades magnéticas del granate.
15. Un atributo importante de los sistemas de reactivo de mordentado de la invención es la discriminación de la composición. En condiciones normales, la relación de régimen de mordentado de los reactivos de mordentado de la invención para aleaciones ricas en aluminio con relación a superficies subyacentes
20. utilizadas en general, es probable que sea del orden de 10:1 a 20:1. Dichas superficies subyacentes comprenden óxido de silicio producido, así como silicio producido, así como silicio, tanto monocristalino como policristalino. La discriminación del material rico en aluminio con relación al tipo Novolac en las capas
25. protectoras es también buena, por lo menos 10:1. Tomando como base otra experiencia experimental, el ataque del reactivo de mordentado en otras capas protectoras de elaboración (para distinguir las de las capas protectoras que forman las máscaras)
30. deberá ser adecuado. Parece ser que los únicos materiales subya-

centes que pueden presentar un problema son aquellos que se se-
mejan al aluminio, v.g., metales alcalinos térreos y otros ele-
mentos o aleaciones relacionadas de miembros atómicos sustan-
cialmente por debajo del silicio. Aún en aquellas circunstan-
cias en que la discriminación no sea grande, otros atributos
5. del reactivo de mordentado de los sistemas de la invención pue-
de recomendar su uso.

Los procedimientos según la invención se pueden llevar
a cabo en otro reactor de otro modo apropiado. La preferencia
10. por modelos de flujo que dan por resultado un mordentado uni-
forme son convenientes, como es lógico, y los experimentos en
los que se basa esta descripción se llevaron a cabo en general
en dicho aparato. El aparato, en este caso de diseño de flujo
radial se describe en A.R. Reinberg, en "Etching for Pattern
15. Definición" (mordentado para la definición de modelo) (H.G.
Hughes y M.J. Rand, eds), y The Electrochemical Society, Inc,
Princeton, NJ, 1976; y R. G Poulsen, J. Vac. Sci. Technol.,
14 266. (1977).

Los sistemas de placas paralelas comprenden pares de
20. placas contenidas en un recinto de vacío apropiado. La poten-
cia comúnmente del orden de rf (v.g., 13, 56 megaherzios)
se aplica a la placa activada para iniciar y mantener una des-
carga entre las placas, de las cuales la no activada se mantie-
ne normalmente a potencial de tierra. Se ha indicado que el
25. "mordentado por plasma", según se contempla en la presente
memoria puede comprender una variedad de procedimientos desig-
nados comúnmente de otro modo. La única exigencia para estas
finalidades es principalmente la remoción o eliminación de ma-
terial superficial que se mordenta a través de reacción quí-
mica en lugar de intercambio de momentos de fuerza. Las varia-
30.

- ciones de nomenclatura pueden surgir, por ejemplo, según el tamaño relativo de los electrodos, así como la colocación de las pastillas (en el electrodo o electrodos activado o no activado)
- En el procedimiento conocido comúnmente como mordentado iónico reactivo, el electrodo activado es sensiblemente menor que el contraelectrodo y el material que se mordenta se coloca sobre el electrodo activado. En el caso del procedimiento referido normalmente como mordentado por plasma, los electrodos son casi simétricos y el material que se mordenta se coloca sobre el electrodo no activado. Dichas variaciones de aparato, así como las variaciones entre las condiciones: potencia, presión, etc, califican según la enseñanza, en el supuesto que se cumpla el requisito fundamental (eliminación primaria por reacción química...).
5. Los parámetros sujetos a control en estos reactores son: Composición gaseosa del mordentado, presión, caudal de entrada potencia, separación entre electrodos y temperaturas del substrato.
10. Las gamas típicas para estos parámetros son: Presión- 0,1 - 1 torr; Caudal - 10-500 cc/minuto; potencia - 100-3000 wátios; separación de electrodos - 5-50 mm; temperatura del substrato - 25-250°C.
15. EJEMPLOS
- Aparato: Se realizaron experimentos en un aparato de diseño de flujo radial según se ha escrito anteriormente. El diámetro de placa era de 43,3 cm con una separación de placas de 2,54 cm. Ambos electrodos eran huecos para que se pudiera obtener un control de la temperatura en general por calentamiento o refrigeración por agua. Las muestras que se mordentaron se sostuvieron sobre el electrodo inferior que se ponía
20. 25. 30.

eléctricamente a tierra en el reactor.

5. El reactor estaba provisto de un sifón frío de nitrógeno líquido intermedio al reactor y la bomba de vacío para reducir al mínimo la corrosión de la bomba. El sifón actuaba también para condensar el vapor de agua y aumentar eficazmente la velocidad de bombeo con relación al agua.

10. Carga: Excepto a menos que se indicara lo contrario, los experimentos se realizaron con una pastilla de 7,6 cm sostenida una capa enmascarada de material rico en aluminio, cuya capa tenía un espesor del orden de 0,5 micrómetros a 1 micrómetro sobre SiO_2 . A pesar de que los ejemplos utilizaban silicio oxidado con vapor de agua, otros experimentos emplearon otras formas de óxido de silicio sin cambios perceptibles en discriminación.

15. Procedimientos: Con la cámara todavía cerrada, el agua a una temperatura de aproximadamente 80°C se hizo pasar a través de ambos electrodos durante un periodo de unos minutos (para reducir al mínimo la probabilidad de condensación de agua durante la carga). La cámara se abrió entonces y la pastilla se colocó sobre el electrodo inferior, la cámara se cerró y se puso la bomba en funcionamiento. Cuando se alcanzó una presión de aproximadamente 30 micrómetros de Hg el agua caliente se reemplazó por agua fría fluida a una temperatura de aproximadamente 25°C . Se continuó bombeando a una presión básica de unos cuantos micrómetros de Hg y se introdujeron los gases de reactivo de mordentado precursor. La introducción de gases varió entre límites para dar por resultado presiones observadas de 100-350 micrómetros de Hg (que para el aparato y las condiciones observadas era equivalente a límites de caudal del orden

20.

25.

30. de 37 a 180 cc/minuto; estas unidades se estandarizaron respecto

- al flujo medido a una atmosfera y 25°C). La mezcla gaseosa se sometió a combustión para producir un plasma con una descarga a una frecuencia de rf de 13,57 megaherzios y potencia de 400-600 watios (equivalente a 0,25 a 0,4 watios/cm²). Se determinaron los regimenes mordentado como de 300-1000 Angstroms por minuto. El punto final se detectó en general por un aumento en la presión (debido al mayor volumen de reactivo de mordentado sin reaccionar). En otros experimentos el punto final se determinó por espectroscopia de emisión, por observación de la desaparición de la banda de AlCl₃. Se controlaron las condiciones para que dieran por resultado un tiempo de mordentado dentro de los límites de 5 a 20 minutos.

EJEMPLO 1

- Se mordentó una capa de aluminio con un 4% de cobre de un espesor de 4000 Angstroms en las condiciones siguientes:

Potencia - 600 watios

Presion - 0,1 torr

Mezcla gaseosa precursora - 5% en volumen de Cl₂

95 % BCl₃

- Caudal - 39 cc/minuto

Régimen de mordentado - 300 Angstroms/minuto

Perfil - pared de mordentado vertical plana anisotropica idcal que correspondia aproximadamente con la posición del borde de la capa protectora inicial

- 25.

EJEMPLO 2

Una capa de aleación de aluminio con 0,5 % de Cu, 0,75 % de Si, de un espesor de un micrómetro se mordentó en las condiciones siguientes:

Potencia - 400 watios

- 30.

Presion - 0,35 torr

Mezcla gaseosa precursora - 2 % Cl_2
98 % BCl_3

Caudal - 189 cc/minuto

Régimen de mordentado -1000 Angstroms/minuto

5. Perfil - pared de mordentado vertical plana anisotrópica ideal que correspondía aproximadamente con la posición del borde de la capa protectora inicial.

EJEMPLO 3

Se mordentó una fibra de aleación de aluminio con un

10. 2 % de Si de 7000 Angstroms de espesor, como sigue:

Potencia - 600 wátios

Presión - 0,1 torr

Mezcla gaseosa precursora - 5 % en volumen Cl_2
95 % BCl_3

15. Caudal - 39 cc/minuto

Régimen de mordentado -300 Angstroms/minuto

Perfil - pared de mordentado vertical plana anisotrópica ideal que correspondía aproximadamente con la posición del borde de la capa protectora inicial.

20. Los ejemplos siguientes se realizaron en la aleación del ejemplo 2 (0,5 Cu, 0,75 Si, resto Al). Las condiciones fueron como se ha establecido en el ejemplo 2. La composición gaseosa variaba como se indica.

Ejemplo	Volumen porcentaje Cl ₂	Régimen de mordentado (A/minuto)	Perfil (expresado como profundidad lateral/pro- fundidad de mordentado vertical)	
5.	4	1	520	anisotrópico-rebajo 1:2
	5	2	800	anisotrópico ideal 0:1
	6	3	930	anisotropico-rebajo 1:3
	7	4	1000	isotrópico
	8	5	1380	isotrópico 1:1
10.	9	6	1500	isotrópico 1:1
	10	10	-1500	isotrópico 1:1
	11	20	-1500	isotrópico 1:1

Los ejemplos siguientes se efectuaron todos introduciendo cloro al 6% en volumen a una presión de 160 micrómetros Hg (0,16 torr) con una composición de aleación rica en aluminio como se indica en el ejemplo 2. El parámetro que varió era la potencia dando por resultado el régimen de mordentado y perfil indicados.

Ejemplo	Potencia (vatios)	Regimen de mordentado (A/min)	Perfil (expresado como pro- fundidad de mordentado late- ral/profundidad de mordenta- do vertical)
20.	400	390	Anisotropico ideal 0:1
	500	460	Anisotropico-rebajo 1:6
	600	580	Isotrópico 1:1

25. Los ejemplos siguientes se basaban todos en un 10% en volumen de cloro y una potencia de 400 vatios con presión variable:

Ejemplo	Fresión (micrómetros) Hg	Regimen de mordentado (A/ min)	Perfil
5. 15	350	1400	Anisotrópico
16	200	950	Anisotrópico
17	100	417	Anisotropico

El ataque de la capa protectora en cada uno de los ejemplos 15,16, 17 fué aceptado para los fines en cuestión.

10. Los siguientes ejemplos se realizaron con un contenido fijo de cloro del 5 % en volumen a una presión fija de 0, 1 torr y con una potencia variable.

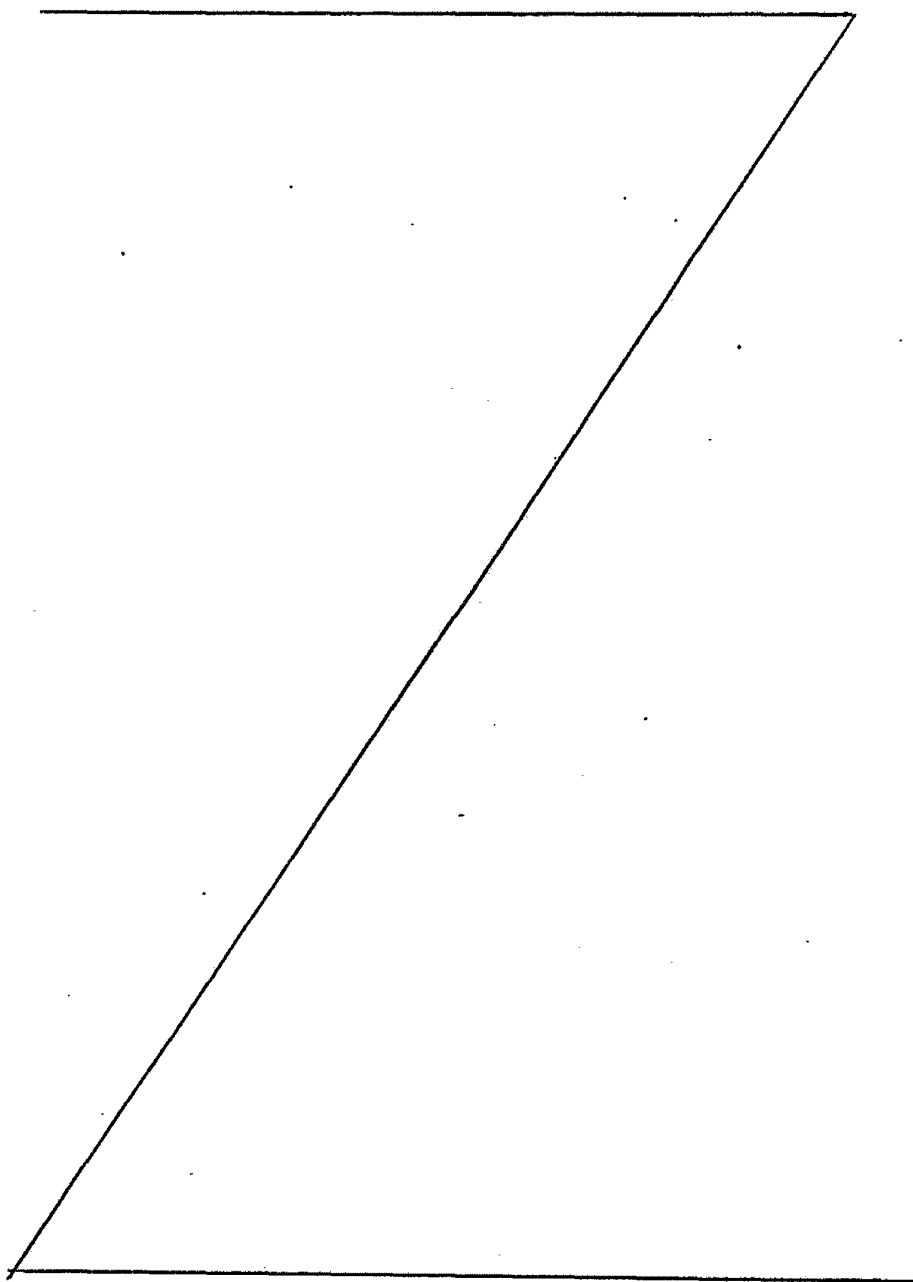
Ejemplo	Presión (Micrometros Hg)	Regimen de mordentado (A/min)	Perfil
15. 18	400	320	Anisotropico
19	500	380	Anisotropico
20	600	520	Anisotropico

20. El ataque de la capa protectora en cada uno de los ejemplos 18-20 era aceptable para el uso de mayor demanda al que se destinaba.

25. Las condiciones del ejemplo 1 se siguieron introduciendo helio para dar por resultado una presión de aproximadamente 200 micrometros de Hg (aproximadamente igual al 50% en volumen de helio basado en la mezcla gaseosa total introducida), siendo isotrópico el mordentado. El régimen de mordentado se aumentó con poco efecto sobre otras propiedades observadas.

30. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son suscep

tibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.



REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la fabricación de dispositivos mediante mordentado con plasma, de superficies ricas en aluminio, del tipo que comprende por lo menos una operación durante la cuál el dispositivo en fabricación comprende una superficie de material de la cual por lo menos ciertas regiones elegidas se han de mordentar, cuyo dispositivo o articulo se mordenta dentro de un ambiente de plasma contenido en el interior de un aparato, resultando el plasma de la imposición de un campo eléctrico a través de una mezcla gaseosa entre electrodos, comprendiendo el material que se mordenta una composición elemental rica en aluminio, debiéndose principalmente el mordentado a reacción química con el material que se mordenta; caracterizado porque para mejorar el control sobre el perfil del mordentado del material rico en aluminio elemental, por ejemplo para obtener paredes verticales rectas, con formación de rebajo positivo o formación de rebajo negativo, de dichas regiones elegidas, la mezcla gaseosa contiene una mezcla de BCl_3 y Cl_2 que en el plasma da por resultado la reacción química en la cual el contenido de Cl en la mezcla gaseosa es de 0,1 % en volumen al 20% en volumen expresado como porcentaje del contenido total de BCl_3 más Cl_2 y, además, porque la presión y la potencia dentro del ambiente del plasma se mantienen dentro de los límites del orden de 0,05 torr a 1 torr y de 0,035 wátios/cm² a 0,7 wátios/cm² respectivamente.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el contenido de Cl_2 es de 0,5 a 8 % en volumen expresado como porcentaje del contenido total de BCl_3 más Cl_2 .

3.- Procedimiento según la reivindicaciones 1 ó 2,

30.

caracterizado porque se eligen los valores mínimos de presión-potencia para que queden entre 0,5 torr-0,28 wátios/cm² y 0,2 torr - 0,035 wátios/cm².

5. 4.- Procedimiento según las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado porque el material rico en aluminio contiene por lo menos un 50% de aluminio atómico.

5.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque la superficie rica en aluminio consiste esencialmente en aluminio elemental.

10. 6.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque el material rico en aluminio consiste esencialmente en una aleación que contiene por lo menos 75 % de aluminio atómico y por lo menos un elemento elegido del grupo consistente en silicio y cobre.

15. 7.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque el material rico en aluminio consiste esencialmente en un cero a un 5 % de silicio, cero al 5 % de cobre, y el resto aluminio.

20. 8.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las regiones elegidas corresponden con regiones desnudas a través de abertura de una capa enmascarante superyacente que consiste esencialmente en una capa enmascarante protectora orgánica.

25. 9.-Procedimiento para la fabricación de dispositivos mediante mordentado con plasma, de superficies ricas en aluminio, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria y en los dibujos adjuntos.

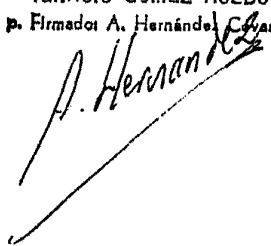
Esta Memoria consta de veintiseis hojas, escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 30 JUL 1979

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED.

IGNACIO GOMEZ-ACEBU

P. P. Firmado: A. Hernández Carrubias

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'A. Hernández Carrubias', is written over the typed name and title. The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke extending to the right.