



ESPAÑA

10 ES	11 21	NUMERO 449.145	12 A1
	22	FECHA DE PRESENTACION 23-6-76	

PATENTE DE INVENCION

20 21	22	23
PROROGADAS: NUMERO Ser. 589.945	FECHA 24 de Junio de 1975	PAIS Norteamerica.

24 25	26	27
FECHA DE PUBLICACION	CLASIFICACION INTERNACIONAL H01L	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA

28
TITULO DE LA INVENCION Procedimiento para el tratamiento de dispositivos semiconductores.

29
SOLICITANTE (S) WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED, entidad norteamericana.

30
DOMICILIO DEL SOLICITANTE residente en 195 Broadway, New York, EE.UU. de A.

31
INVENTOR (S) PIERRE MARC PETROFF, GEORGE ARTHUR ROZGONYI.

32
TITULAR (S)

33
REPRESENTANTE D. Jaime Gomez-Acebo y Modet.

**POOR
QUALITY**

El invento se refiere a la supresión de la formación de defectos de apilamiento en dispositivos de silicio, por lo que se pueden fabricar dispositivos de características bastantes más uniformes y mejor comportamiento.

5. La presencia de defectos de apilamiento (SF) introducidos durante la elaboración de dispositivos de silicio ha demostrado un efecto perjudicial en el comportamiento del dispositivo y puede reducir notablemente los rendimientos del dispositivo en la fabricación de circuitos integrados en gran escala. Por ejemplo, la perforación por microplasma localizada de los fotodetectores en alud, las mayores fugas de las uniones p-n de diversos dispositivos, y el menor tiempo de almacenamiento de los CCD se han relacionado todas ellas con defectos de apilamiento por acumulación. Los defectos de apilamiento se generan durante fases de elaboración a temperatura elevada y con mayor frecuencia durante la oxidación con vapor de agua. Los lugares de nucleación de estos defectos han demostrado estar relacionados con deterioro mecánico residual, precipitación local de impurezas y los defectos llamados de "remolino". Los dos últimos pueden estar inducidos en el proceso de elaboración, v.g., ser causados por fases de elaboración posteriores al desarrollo cristalino, o inducidos por el desarrollo, v.g., naturales del desarrollo cristalino original. Aunque una eliminación adecuada desde periodos superficiales se consigue fácilmente con un mordentado apropiado antes de pulir, no ha servido del todo el eliminar los defectos inducidos en el proceso de elaboración o inducidos por desarrollo cristalino de las galletas de los dispositivos.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

- Los numerosos estudios realizados con anterioridad a este invento sobre estos defectos en las galletas de silicio han dado los resultados siguientes: (a) Cuando se trata de centros de nucleación SF inducidos en el proceso de elaboración, se han identifica-
- 30.

dos pequeños precipitados que se forman en la zona interfacial de SiO₂-Si o cerca de dicha zona. Cuando se trata de centros de nucleación SF introducidos durante el desarrollo cristalino, la distribución de SF inducida por oxidación suele seguir una distribución de remolino en el silicio de zona flotante o una distribución de microsegregación en el silicio de Czochralski es probable que los precipitados y los bucles de disolución observados en la configuración de remolino del silicio de zona flotante libre de dislocaciones actúen como centros de nucleación para los SF. (b) Los SF inducidos por oxidación tienen una naturaleza intrínseca y se desarrollan por un mecanismo de ascensión desde una dislocación interfacial que se supone emitida por el precipitado. (c) En algunos casos, se ha demostrado que las impurezas juegan un importante papel al promover la formación de los SF. También se ha afirmado que existe dependencia de la orientación de la superficie de la galleta en la aparición de los SF. Cuando se trata de galletas de Si oxidadas por humedas, tratadas con HF, se ha averiguado que la superficie (111) o las superficies con orientación de 3° a 10° de (100) no presentan SF después de la oxidación.

- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

No obstante, esta riqueza aparente de resultados experimentales no ha dado todavía una solución al problema de los SF que continua reapareciendo en la fabricación de dispositivos de Si. Un cierto número de cuestiones importantes continua sin tener respuestas: (a) la naturaleza de los precipitados que actúa como núcleos para la formación de los SF; (b) la naturaleza de las impurezas y defectos de puntas implicados en la formación de precipitado y el desarrollo de los SF; y (c) la naturaleza del defecto extrínseco. Los SF podrían estar compuestos por un plano extra de átomos de oxígeno o un plano extra de átomos de Si.

Como las respuestas a estas cuestiones exigen técnicas a-

nalíticas complejas, en muchos casos, no disponibles todavía, se busco una solución al problema de los SF empleando técnicas de absorción de gases residuales antes de cualquier fase de elaboración a temperaturas elevada que tienda a inducir SF.

5.

El invento ofrece un método para someter a tratamiento dispositivos semiconductores formados a partir de una galleta de silicio, que comprende introducir deformación reticular en una superficie posterior de la pastilla formando sobre la superficie posterior una capa sometida a esfuerzo y reconociendo la capa durante un tiempo y a una temperatura suficiente para hacer que los lugares de nucleación de los defectos de apilamientos se difundan a una región en la superficie posterior, por lo que se suprime la formación de defectos de apilamiento en el dispositivo durante la elaboración ulterior a temperatura elevada.

10.

15.

En la fabricación del dispositivo semiconductor a partir de una galleta de silicio, antes de realizar cualquier fase de elaboración a temperatura elevada que pudiera dar lugar a la generación de SF en la galleta de silicio por ejemplo oxidación con vapor de agua de una superficie principal (lado del dispositivo), se introduce deformación reticular en la superficie principal opuesta (superficie posterior) y después se realizan las fases de elaboración dirigidas hacia el acabado del dispositivo, v.g., desarrollo de una capa epitaxial y/o difusión o introducción de otro modo de impurezas de adulteración para formar uniones p-n. A título ilustrativo, la capa sometida a esfuerzo comprende nitruro de silicio u óxido de aluminio.

20.

25.

30.

Según una característica de una modalidad del invento, se consigue adsorción de gases residuales mejorada si antes de formar la capa sometida a esfuerzo, se introduce deliberamente

una formación de dislocaciones aleatorias en la superficie posterior mediante difusión apropiada de fósforo, por ejemplo. Esta característica es particularmente útil cuando se presentan defectos de remolinos en las galletas (100)según salen de fabricación.

5.

De preferencia, tanto la capa sometida a esfuerzo como la difusión de fósforo se utilizan para conseguir absorción de gases residuales. En éste caso, la capa sometida a esfuerzo sirve también para realizar una función protectora en el sentido de que evita la difusión hacia fuera de fósforo desde una pastilla a otra pastilla en la misma cámara de elaboración.

10.

Estos procedimientos han demostrado ser eficaces para suprimir la formación de los SF en numerosos dispositivos de silicio. En particular, la técnica descrita en la presente memoria

15.

es compatible con la fabricación de numerosos dispositivos de silicio incluyendo, por ejemplo, dispositivos bipolares (v.g., transistores SBC y diodos de unión p-n) y dispositivos MOS (v.g., CCDs y REPRoMs). Por lo tanto, el invento comprende supresión de los SF en dispositivos que incorporan una epicapa

20.

así como en los que no la incorporan. Además, el invento se puede utilizar para fabricar un dispositivo simple a partir de una galleta entera (un transistor de gran potencia, por ejemplo) o una pluralidad de dispositivos a partir de una sola galleta (cortando la galleta en una pluralidad de bloquitos cada uno de los cuales contiene un dispositivo separado o un circuito integrado, por ejemplo).

25.

El mecanismo de absorción de gases residuales que elimina eficazmente los lugares de nucleación de SF no se comprende completamente en los momentos actuales. Nuestros experimentos empleando capas de nitruro sugieren, no obstante, que el esfuer

30.

- zo en la capa y/o sus falta de estequiometría, pueden ser fuentes posibles de fuerza impulsoras del mecanismo de absorción de gases residuales. El espesor de la capa así como el tiempo y temperaturas de recocido, que están correlacionadas con el
5. esfuerzo, determinan la eficacia de éste procedimiento de adsorción de gases residuales. La capa de nitruro tiene preferiblemente un espesor comprendido entre 2.000 \AA y 4.000 \AA y se recuece en una atmosfera apropiada de aproximadamente 1 a 4 horas a una temperatura de aproximadamente 1.000° C a 1200° C .
10. Con respecto al empleo de difusión de fósforo antes de formar la capa sometida a esfuerzo, la fuerza de impulsión para la generación de las dislocaciones es la tensión de desajuste introducida en la retícula de silicio. La profundidad y densidad de la formación de dislocación se puede ajustar variando el
15. tiempo y temperatura de difusión, preferiblemente en la gama de aproximadamente $1,050^{\circ} \text{ C}$ a 1.150° C por espacio de aproximadamente 1 a 7 horas. Como las dislocaciones son interfaciales por naturaleza quedan paralelas a la superficie posterior y confinadas a unas cuantas micras a partir de la misma. La dis-
20. locaciones, que son defectos de línea, actúan como sumideros para una variedad de defectos de puntas como impurezas y vacíos (lugares de nucleación de SF en potencia).
- Es importante observar que la capa sometida a esfuerzo, y, si se emplea la formación de dislocaciones aleatorias o
25. desajustadas, se introducen en las galletas según salen de fabricación antes de iniciarse la elaboración del dispositivo y se han concebido inicialmente como sumideros para defectos nativos que se incorporan durante el desarrollo cristalino o se introducen involuntariamente durante la preparación y limpieza
30. pieza de la galleta. En segundo lugar, se espera que ambos

continuen actuando como sumideros para las impurezas introducidas durante la elaboración ulterior del dispositivo a temperatura elevada. En efecto total de las acciones de eliminación de gases residuales es la reducción en conjunto de la eliminación de defectos SF cerca de regiones activas del dispositivo con una mejora resultante en las propiedades del dispositivo (v.g., tiempo de almacenamiento de los MOS, fugas y perforación de uniones p-n).

5. A continuación se describen métodos específicos para suprimir defectos de apilamiento en dispositivos de silicio, que incorporan los principios del invento, a título de ejemplo, y tomando como referencia los dibujos adjuntos, en los que:

10. La figura 1 ilustra una galleta circular sobre la cual una rejilla de cuadros representa una pluralidad de dispositivos o circuitos integrados, por ejemplo, para separarse cortándolos en cubos.

15. La figura 2 es una vista en sección transversal de un transistor de colector empotrado (SBC) que se emplea para explicar la forma en que los defectos SF pueden afectar al comportamiento del dispositivo.

20. La figura 3 es una fotomicrografía óptica de una superficie de Si (100) mordentada que ilustra la morfología de picaduras del mordentado de las dislocaciones, D, picaduras pateriformes, S, y defectos de apilamiento, SF.

25. La figura 4A es una fotomacrografía del lado delantero de una galleta de Si semicircular que se recoció en $N_2 + 1\% O_2$ durante una hora a $1000^\circ C$. Antes del recocido, la mitad de la superficie posterior se recubrió con 4.000 \AA de Si_3N_4 de pulverización iónica. Las diferencias entre la parte con absorción de gases residuales y la parte sin absorción de la galleta se

30.

han revelado por un tratamiento de mordentado Secco de 8 minutos.

5. La figura 4B es una micrografía óptica del lado delantero de una galleta sometida a absorción de gases residuales que representa los límites entre las partes con absorción y sin absorción de gases residuales de la galleta. Las características del mordentado en la parte no sometida a absorción de gases residuales se han revelado por un tratamiento de mordentado Secco de 8 minutos.

10. La figura 5A-5D ilustran las características de mordentado de una galleta de Si después del recocido a 1.000°C en $\text{N}_2 + 1\% \text{O}_2$ durante una hora. Antes del recocido, la mitad de la superficie superior se recubrió con 4.000 \AA de Si_3N_4 según se ilustra esquemáticamente en la figura 5E. Con un aumento de $600\times$, las figuras 5A-5D demuestran los siguientes:

15. (A) La superficie del Si después de eliminar la película de Si_3N_4

(b) La superficie de la mitad no sometida a absorción de gases residuales del lado posterior de la galleta.

20. (C) La superficie de la mitad sometida a absorción de gases residuales del lado delantero de la galleta.

(D) La superficie de la mitad no sometida a absorción de gases residuales del lado delantero de la galleta.

25. La figura 6A es una fotomacrografía del lado delantero de una galleta de Si semicircular después del recocido (en $\text{N}_2 + 1\% \text{O}_2$ durante una hora a 1.050°C) y oxidada (óxido húmido a 1.050°C dos horas), Antes del recocido, la mitad de la superficie posterior se recubrió con 4.000 \AA de Si_3N_4 depositado por bombardeo iónico. Las diferencias entre la parte sometida a absorción y la parte no sometida a absorción de gases residuales de la galleta se han revelado por un tratamiento de mordentado Secco de 8

30.

minutos.

La figura 6B es una micrografía óptica del lado delantero de la misma galleta y representa los límites entre las partes sometida y no sometida a absorción de gases residuales de la galleta.

5.

La figura 7A y la figura 7B ilustran las características de mordentado de una galleta de Si después del recocido y oxidación (recocido a 1.050°C en $\text{N}_2 + 1\% \text{O}_2$ durante una hora, oxidación a 1.050°C por espacio de 35 minutos óxido húmedo).

10.

Según se representa esquemáticamente en la figura 7C, la mitad de la superficie posterior se recubrió con 4.000 \AA de Si_3N_4 depositado por bombardeo iónico antes del recocido y deposición del óxido. Antes de mordentar, se eliminó el óxido. Con un aumento de 800 x, las figuras 7A y 7B demuestran los siguientes:

15.

(A) La superficie de la mitad sometida a absorción de gases residuales del lado delantero de la galleta.

(B) La superficie de la mitad no sometida a absorción de gases residuales del lado delantero de la galleta. Los rasgos del mordentado son características de defectos de apilamiento.

20.

Las figuras 8A-8D son micrografías electrónicas de transmisión de diferentes etapas de mordentado de defectos SF inducidos por oxidación con un aumento de 10.000x.

25.

La figura 8E es una micrografía óptica de características del mordentado debidas a SF inducido por oxidación. Cada picadura 1 corresponde a un defecto SF por debajo de la superficie de Si. Las picaduras de mordentado 2 a 5 corresponden, respectivamente, a varias etapas de mordentado del SF representado en las micrografías de las figuras 8A a 8D.

30.

La figura 9 es una topografía de rayos X de transmi-

5 sión de una galleta de Si después de la absorción de gases residuales de preoxidación (óxido húmedo depositado a 1.050°C durante dos horas). La parte de la derecha de la micrografía, que corresponde a la mitad de la galleta recubierta con Si_3N_4 sobre la superficie posterior, está esencialmente exenta de defectos. La parte izquierda de la micrografía corresponde a la mitad de la galleta que no está recubierta con Si_3N_4 . En esta mitad de la galleta se observa una gran densidad de defectos SF asociado con puntos negros y blancos. La imagen de rayos X de transmisión 10. demuestra que todo el volumen de la galleta por debajo de la capa de absorción de gases residuales está libre de SF.

15. Las figuras 10A y 10B son micrografías que ilustran la superficies mordentadas posterior (A) y anterior (B) de una galleta de Si Czochralski oxidada, cuya mitad de su superficie posterior se sometió a absorción de gases residuales con fósforo (Pg) para producir dislocaciones de desajuste (MD) mientras que la otra mitad y la parte delantera no se sometieron a absorción de gases residuales (NG), La región N estaba desnuda de SF.

20. Las figuras 11A a 11D son micrografías de mayor aumento de aquellas regiones de la figura 10 que rodean a las dislocaciones de deslizamiento D_1 , D_2 y D_3 . La referencia H indica defectos de montículos sin identificar.

25. Las figuras 12A a 12C son micrografías que ilustran la superficie delantera mordentada de una pastilla de zrna flotante sin oxidar que se sometió a absorción de gases residuales por fósforo sobre la mitad del otro lado (PGOS) Las flechas S y H son picaduras paperiformes y montículos, respectivamente; y

30. La figura 13 es un esquema que expone las interacciones entre defectos de remolino, defectos nativos, defectos inducidos por el proceso de elaboración y la supresión de defectos SF

inducidos por oxidación, las referencias V e i representan vacíos e impurezas, mientras que SF y S corresponden a defectos de apilamiento y defectos de tipo pateriforme.

5. Los circuitos integrados se preparan normalmente empleando elaboración del tipo de mordentado sobre una galleta 12 de silicio como se ilustra en la figura 1. Normalmente cada cuadrado 14 se convierte en un transistor integrado o circuito transistor. Como es lógico, el cuadrado podría representar dispositivos MOS o circuitos así como bipolares. Una sola galleta, normalmente de 10. 25 a 75 mm de diámetro puede tener varios cientos o más circuitos integrados individuales formados en la misma. Cerca del final del proceso, se cortan o separan de otro modo de la galleta en unidades separadas llamadas bloqueados. Como variante, toda la galleta 12 se puede utilizar para formar un solo dispositivo, 15. por ejemplo un transistor de gran potencia. En uno u otro caso, la presencia de defectos, como son los defectos de apilamiento (SF) o dislocaciones (D), pueden perjudicar el comportamiento del dispositivo y, por lo tanto, dan por resultado menores rendimientos de fabricación.
20. Con el fin de ilustrar los defectos que producen los da-
fectos sobre el comportamiento de los dispositivos, consideremos que cada cuadrado 14 de la figura 1 es un circuito integrado que comprende un transistor de colector empotrado normal (SBC) del tipo NPN ilustrado en la figura 2. El transistor SBC compren-
25. de una capa 16 empotrada en N^+ situada en la zona interfacial entre un sustrato P 18 y una capa epitaxial N 20. La capa empotrada, formada normalmente por difusión, sirve para reducir la resistencia del colector y, con este fin, se conecta al contacto del colector 34 a través de la zona N^+ 17. Ulteriormente, se em-
30. plea difusión normal para formar una base P 22 y un emisor N^+

24 sobre la capa empotrada 16. Se consigue aislamiento vertical por la unión P-N entre el substrato y la capa epitaxial N y por la unión P-N⁺ entre el substrato y la capa empotrada. Por otro lado, se consigue aislamiento lateral mediante zonas de aislamiento 26 que se pueden formar por una difusión P o por mordentado y relleno con óxido. Las aberturas formadas en la capa aislante 28 permiten hacer contactos 30, 32 y 34 con la base, emisor y colector, respectivamente.

El comportamiento del transistor SBC puede verse afectado perjudicialmente por dislocaciones o por defectos de apilamientos que intersectan las uniones P-N y producen corrientes de fuga excesivas. Las dislocaciones, que se pueden generar por asimétricas térmicas (que producen flexión) durante la elaboración, se extienden a través del todo el dispositivo desde la superficie delantera a la trasera. Una dislocación puede intersectar ambas uniones emisor-base y colector-base del transistor (vease D1) o simplemente una de las uniones (vease D2) En general, si la unión no se intersecta, entonces la dislocación puede que no produzca efecto alguno, o solamente un efecto mínimo, en el comportamiento del dispositivo. Si solamente se intersecta una unión por ejemplo D2, el efecto es menos grave que si se intersectan más uniones, por ejemplo en D1.

Los defectos de apilamiento por ejemplo SF1, SF2, y SF3 por otro lado se pueden generar por defectos de volumen (complejos de vacíos/impurezas) o contaminación en el lado delantero del substrato. Si solamente son causados por esta última, entonces los defectos de apilamiento tienen todos la misma forma y profundidad v.g., todos SF1 o todos SF2, pero no una combinación de ambos. Si se causan por defectos de volumen, los defectos de apilamiento pueden variar en forma y profundidad. Por úl

5. tino, los defectos de apilamiento en la epicapa (SFepi) están correlacionados con picaduras pateriformes (picaduras S) en la zona interfacial substrato-epicapa. En si (111), la oxidación a temperaturas elevada genera picaduras S o SF, mientras que en el Si (100) casi siempre se generan defectos SF.

La forma en que se suprimen los defectos SF para que se puedan fabricar dispositivos de características más uniformes y comportamiento perfeccionado se describe a continuación.

EJEMPLO 1

10. Este ejemplo describe la supresión de SF en dispositivos de silicio por medio de una película de nitruro de silicio (Si_3N_4) formada sobre la superficie posterior de una galleta de silicio.

15. Las películas de Si_3N_4 se depositaron por bombardeo iónico a baja temperatura de $300^{\circ}C$ con corriente continua o por deposición de vapor químico (CVD) a $800^{\circ}C$ sobre el lado posterior de las galletas de Si. El lado delantero de cada galleta se pulió con Syton y se utilizó para estudiar los defectos SF. La orientación de la galleta era (100) o (111) y se empleó silicio del tipo n de gran pureza, exento de dislocaciones, de Czochralski y de zona flotante en estos experimentos. Los espesores de las galletas eran del orden de aproximadamente 330 a $430 \mu m$ y los espesores de película de Si_3N_4 depositados eran normalmente de varios miles de Å para ambas películas de Si_3N_4 depositados por bombardeo iónico y por CVD. Para una absorción eficaz de gases residuales los espesores de la película de Si_3N_4 se relacionan con los espesores de las galletas y el valor de los esfuerzos en la capa. Para galletas del orden de 300 a $500 \mu m$ de espesor, los espesores apropiados de la película de nitruro son del orden de aproximadamente $2.000 \overset{\circ}{\text{Å}}$ a $4.000 \overset{\circ}{\text{Å}}$ para un es-

20.

25.

30.

fuerzo en la capa de aproximadamente 1000×10^9 dynas cm^{-2}

5. La distribución de defectos en las galletas antes y después de estos tratamientos de elaboración se reveló mordentado en una solución de mordentado "Secco" que comprende HF: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ en una relación de aproximadamente 2:1. Durante el mordentado, las galletas se hicieron girar mecánicamente por espacio de 10 minutos en un baño agitado ultrasónicamente para eliminar aproximadamente $15 \mu\text{m}$ de cada lado de la galleta. El examen de las características de mordentado se llevó a cabo por microscopio óptico con un microscopio ultrafotográfico Zeiss empleando óptica de contraste de interferencia Nomarski. En algunos casos, la naturaleza de los defectos y su distribución se obtuvieron por microscopio electrónico de transmisión (TEM) y topografía de rayos X (XRT).
10. Tres tipos de picaduras de mordentado se distinguen en galletas oxidadas (100) según se ilustra en la figura 3. Las dislocaciones emergentes dan lugar a picaduras negras profundas (picaduras D) con un fondo acabado en punta, veánse las flechas D en la figura 3. A menos que se introdujeran deliberadamente dislocaciones de desajuste en la galleta, las picaduras D aparecen solamente cerca del perímetro de una galleta y son del tipo de deslizamiento, atribuidas en general a asimetrías técnicas (que producen flexión) durante la elaboración a temperatura elevada. Las picaduras pateriformes, vease las flechas S, son poco profundas y de fondo plano y en general se asocian con lugares de nucleación de SF si se distribuyen en una configuración de remolino. Los defectos de apilamiento, vean de las flechas SF en la figura 3, se alinean siempre a lo largo de direcciones perpendiculares entre $\langle 110 \rangle$, horizontales o verticales en todas las fotomicrografías, y cuando se desarrollan
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

totalmente suelen tener una apariencia de larva.

5. Para evaluar el proceso de absorción de gases residuales sobre la misma galleta se cubrió solamente la mitad de la superficie posterior de cada galleta con la película de Si_3N_4 . Después de la deposición del Si_3N_4 y la limpieza del circuito integrado normal, las galletas se recocieron en $\text{N}_2 + 1\% \text{O}_2$ o en una atmosfera de Ar. Las temperaturas de recocido variaron aproximadamente del 1.050°C a 1.200°C y los tiempos de recocido oscilaron entre una y cuatro horas.
10. Algunas de las galletas que se recocieron segun se ha descrito anteriormente, se limpiaron y se oxidaron con vapor de agua a 1.050°C por espacio de unos 35 minutos para desarrollar 4.000 \AA de SiO_2 . La capa de Si_3N_4 se dejo sobre la parte posterior de la galleta durante la deposición del óxido. Para
- 15 algunas galletas, se eliminò la capa de Si_3N_4 antes de la deposición de óxido. Después del tratamiento de mordentado "Secco" descrito anteriormente, se inspeccionó la naturaleza y distribución de los defectos en estas galletas por microscopio óptico y TEM.
20. Las impurezas químicas en la materia prima y en las galletas después de la deposición de Si_3N_4 , y las fases de recocido y oxidación, se midieron por análisis de activación neutronica. Además, varias distribuciones de perfil de impurezas a través del espesor de la galleta se obtuvieron después
- 25 de repetir el espesamiento de las galletas sometidas a absorción de gases residuales. Las galletas se adelgazaron por recubrimiento mecánico. Un aclarado cuidadoso en un chorro de solución de mordentado de Si normal no preferencial se llevó a cabo después de la operación de recubrimiento para eliminar completamente pequeños particulados que quedaban sobre la
- 30.

5. muestra en la operación de recubrimiento. Antes del análisis de activación neutrónica se efectuó un aclarado final en agua desionizada. La cantidad relativa de material eliminado durante la operación de adelgazamiento se obtuvo a partir de mediciones de peso de las muestras con una microbalanza.

10. La eficacia de este método de preabsorción de gases residuales en la producción con menores fugas en la unión p-n y elevados rendimientos de los dispositivos se probó en dos tipos de estructuras. En primer lugar, las corrientes de fugas en dispositivos de unión p-n que formaban parte del modelo de pruebas de estructuras de memorias reprogramables de lectura frecuente (REPROM) se midieron en galletas que se habían sometido a preabsorción de gases residuales con el proceso de Si_3N_4 antes de la primera oxidación. Estas mediciones de fugas se compararon con la corriente de fuga de los mismos dispositivos en galletas de verificación que no se sometieron a absorción de gases residuales. 15. Ambos tipos de galletas con absorción y sin absorción de gases residuales se elaboraron simultáneamente. Doce galletas, conteniendo cada una cien dispositivos de prueba, se midieron para hallar las fugas a 25 voltios con una sonda automática. 20.

El segundo tipo de estructura empleado para verificar la eficacia del proceso de preabsorción de gases residuales consistía en galletas de silicio (LET) que contenían un patrón colector empotrado difundido de Sb por lebaajo de una capa epitaxial de Si. 25. El tratamiento de elaboración que precede a la deposición epitaxial comprendía una fase de oxidación con vapor de agua. La experiencia de la tecnología anterior ha demostrado que esta última fase conduce a la formación de centros de defectos, v.g., picaduras pateriformes poco profundas o picaduras S en las superficie de las galletas mordentadas después del mordentado "Secco" estos 30.

- centros, a su vez, han guardado con relación con la aparición de tetrahedros FF que aparecen durante el desarrollo de la capa epitaxial. Las galletas que se sometieron al tratamiento de preabsorción de Si_3N_4 así como las galletas de verificación no sometidas al tratamiento se elaboraron simultáneamente. Se emplearon mordentado "Secco" y microscopía óptica después de las diversas fases de elaboración para confirmar la eficacia de la absorción de gases residuales de preoxidación respecto a picaduras S y defectos SF epitaxiales.
5. La diferencia en las estructuras de los defectos entre las partes sometidas y no sometidas a absorción de gases residuales de una pastilla de Si sin oxidar aparecen en la fotomicrografía de la figura 4A y en la micrografía óptica en la figura 4B. Estas micrografías muestran el lado delantero de la galleta que se sometió a absorción de gases residuales solamente en la mitad de su lado posterior. Las características de mordentado asociadas con los defectos en el silicio aparecen claramente visibles tan solo en la parte no sometida a absorción de gases residuales de la galleta en la figura 4B. En las micrografías de mayor ampliación en la figura 5B y 5D estas características del mordentado aparecen como picaduras redonda con una densidad comprendida entre 1 a $4 \times 10^6/\text{cm}^2$ en la parte no sometida a absorción de gases residuales de la galleta, mientras que en la superficie frontal de la mitad sometida a absorción de gases residuales de la galleta la densidad de picadura oscila entre 0 a $10/\text{cm}^2$ según se ilustra en la figura 5C. El Si_3N_4 de CVD y el Si_3N_4 depositado por bombardeo iónico dieron resultados idénticos después de un recocido de una hora a 1.050°C . No obstante, se observará también que el silicio exento de dislocaciones de zona de flotación caracterizado por una configuración de remolino acusada (que por
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

estudios anteriores se sabe está compuesta por precipitados y bucles del tipo de vacío y del tipo intersticial) no muestran el mismo comportamiento en la absorción de gases residuales. En este material, la capa de Si_3N_4 no dió por resultado la eliminación de defectos de remolino. Estos defectos son más resistentes a la absorción de gases residuales que aquellos que se pudo observar anteriormente eran eliminados por el proceso de absorción de gases residuales por Si_3N_4 . Por lo tanto, según se describe en los ejemplos II y III, cuando hay presentes defectos de remolino, la absorción de gases residuales por nitruro deberá combinarse con absorción de gases residuales por dislocación de desajuste con el fin de suprimir la formación de SF de esta clase de defectos.

Las galletas que se sometieron a absorción de gases residuales de preoxidación mostraban, después de la oxidación con vapor de agua, ($\approx 3.000 \text{ \AA}$ de SiO_2), una distribución de defectos muy distributiva respecto a la de las galletas no sometidas a absorción de gases residuales. Las figuras 6A y 6B ilustran, para una galleta a preabsorción de gases residuales y oxidada por vapor de agua, la ausencia de los rasgos del mordentado característicos de SF en el lado frontal de la galleta opuesto a la película de Si_3N_4 . Las micrografías de mayor aumento del lado frontal de una galleta oxidada que se había sometido a preabsorción de gases residuales, se ilustran en las figuras 7A y 7B. Las características del mordentado en la parte no sometida a absorción de gases residuales de esta galleta (figura 7B) se han correlacionado verdaderamente con las etapas de mordentado diferentes de SF según se ilustra en las micrografías electrónicas de transmisión en la figura 8. La topografía de rayos X representada en la figura 9 ilustra la eficacia del proceso de preabsorción de gases residuales para evitar la formación de defectos SF. En aquellas ga

- lletas que se habían sometido previamente a absorción de gases residuales, la supresión de los efectos SF era igualmente eficaz cuando la capa de Si_3N_4 se quitaba antes de la deposición del óxido. No obstante, según se ha descrito anteriormente, hay dos
5. razones para dejar la capa de Si_3N_4 en la superficie posterior durante la elaboración ulterior: Continua actuando como absorbente para los defectos inducidos en el proceso de elaboración, y cuando se combina con absorción por dislocación de desajuste, ejerce la función protectora de evitar la difusión hacia fuera.
10. La importancia de las impurezas metálicas para promover la formación de defectos de SF durante la oxidación con vapor de agua es bien conocida. Como el proceso de preabsorción de gases residuales con Si_3N_4 ha demostrado ser eficaz para suprimir la formación de defectos SF, su papel como proceso de absorción de
15. impurezas metálicas se comprobó también por análisis de aspiración neutrónica. Los resultados del análisis de activación neutrónica sobre 14 galletas tomadas en diversas etapas de la elaboración se resumen en la tabla I junto con el análisis químico de las galletas testigo.

TABLA I

Muestra N°	Au (Atomos/cc)	Cu (Atomos/cc)	Tratamiento de la galleta
1	$1,4 \times 10^{11}$	$3,9 \times 10^{13}$	Limpiado
2	1×10^{11}	$1,5 \times 10^{13}$	
5. 3	$1,3 \times 10^{13}$	$1,3 \times 10^{14}$	Si ₃ N ₄ depositado por
4	$5,2 \times 10^{12}$	$1,6 \times 10^{14}$	bombardeo iónico
5	$2,2 \times 10^{12}$	1×10^{13}	Si ₃ N ₄ depositado por bom- bardeo iónico, Eliminado
10. 6	$3,8 \times 10^{12}$	$2,2 \times 10^{14}$	Igual tratamiento que el n° 5, después se recoció la muestra 2 horas, 1.000°C en N ₂ + 1 % O ₂
7	5×10^{11}	$9,8 \times 10^{13}$	Limpiado. Recodido 2 horas, 1.100°C en N ₂ + 1 % O ₂
15. 8	4×10^{12}	2×10^{14}	Si ₃ N ₄ depositado por bom- bardeo iónico; eliminado, muestra recocida, 2 horas, 1.100°C en N ₂ + 1 % O ₂
20. 9	5×10^{12}	$2,2 \times 10^{14}$	Si ₃ N ₄ depositado por bom- bardeo iónico, Muestra re- cocida, 2 horas, 1.100°C en N ₂ + 1 % O ₂
10	4×10^{12}	$1,7 \times 10^{13}$	Igual muestra que la N° 9; Si ₃ N ₄ eliminado
25. 11	$2,3 \times 10^{13}$	$3,4 \times 10^{14}$	Si ₃ N ₄ depositado por bombar-
12	1×10^{13}	$2,7 \times 10^{14}$	deo iónico; recocido 1.000°C 1 hora en N ₂ + 1% O ₂
13	$8,5 \times 10^{12}$	$4,2 \times 10^{13}$	Igual mezcla que la N° 11 y
30. 14	$6,3 \times 10^{12}$	5×10^{13}	N° 12 respectivamente pero el Si ₃ N ₄ se eliminó

Estos análisis indican que se introdujeron dos fuentes de impurezas metálicas (o sea, Cu y Au) durante la elaboración de las galletas. Una comparación de las concentraciones de Au y Cu en las muestras 1, 2 y 3, 4 indican que el Si_3N_4 depositado por bombardeo iónico de RF se contaminó con Au y Cu. El origen de estos elementos metálicos se siguió hasta el revestimiento del ánodo en el sistema de bombardeo iónico. Ambos elementos Au y Cu eran elementos de difusión muy rápida en Si a temperaturas superiores a 1.000°C , en las que el Si_3N_4 depositado por bombardeo iónico se espera que se comporte como una fuente de contaminación de Cu y Au durante la fase de recocido de preabsorción de gases residuales. Una segunda fuente de contaminación es el horno de recocer según indican las comparaciones de las concentraciones de Au y Cu en las muestras 1, 2, 5 y 6, 7 y 8. Ambas fuentes de contaminación aumentan el contenido de Cu y Au en las galletas pero en líneas generales un orden de magnitud. Después de la fase de recocido de preabsorción de gases residuales, las mediciones realizadas en las muestras 9, 11, 12 y 10, 13 y 14 indicaban que el Si_3N_4 retentía y confinaba los átomos de Cu y Au y de hecho actuaba como medio de absorción de ambos elementos. La concentración de Cu en las galletas sometidas a preabsorción fué esencialmente la hallada en las galletas sin contaminar limpias (comparense las mediciones en las muestras 1, 2 y 9, 13 y 14).

La aplicación del proceso de absorción de gases residuales por Si_3N_4 a la elaboración de los dispositivos ha revelado que la eficacia de este proceso en galletas de Si (100) depende, en parte de, del origen de los SF. Así, se ha averiguado que hay dos clases de defectos SF inducidos por oxidación: Inducidos por contaminación o inducción superficial e inducidos por defecto de masa o defectos nativos. En las galletas (100) que normalmente

formaría SF superficial en la oxidación, el proceso de reabsorción de gases residuales por Si₃N₄ produjo dispositivos de unión p-n virtualmente exentos de defectos de SF.

- 5. Las mediciones se realizaron sobre bloquitos de prueba para dispositivos REPRON. Se formó un conjunto de uniones de 10 x 10 por difusión de fósforo en el lado frontal de una galleta de Si y purificada con boro hasta una profundidad aproximadamente de 2,5 μm. Estas uniones tenían un voltaje de perforación normal de aproximadamente 29 voltios y se probaron a 25 voltios.
- 10. Las corrientes de fuga en las uniones p-n eran inferiores a 2-3 ordenes de magnitud; v.g., en la muestra G 25 menos de 10 x 10⁻¹² en la mayoría de los dispositivos sometidos a absorción de gases residuales se puede comparar con más de 1 x 10⁻⁹ amperios en la mayoría de los dispositivos no sometidos a absorción. Otras galletas que se sometieron a absorción por Si₃N₄ mostraban una distribución masiva de defectos SF, a veces en la llamada configuración de remolino. Los dispositivos formados en estas galletas (v.g., muestra G22) tenían corrientes de fugas que variaban desde tan solo 10 x 10⁻¹² amperios, en regiones removidas de los defectos SF de masa, hasta 1 x 10⁻⁶ amperios cuando había presentes defectos SF, v.g., dentro de una configuración de remolino. Una vez más, cuando existe dicha configuración de remolino, la absorción de gases residuales por nitruro deberá combinarse con absorción por dislocación de desajuste según se describe en los ejemplos II y III.
- 25.

30. El proceso de absorción de gases residuales de preoxidación por Si₃N₄ se aplicó también a la elaboración de dispositivos epitaxiales bipolares. Después de haberse depositado una capa epitaxial de Si en galletas de Si que contenían una configuración de regiones difundidas de Sb o implantadas por iones, se han hallado

5. frecuentemente tetrahedros Sf. Estos tetrahedros Sf se han asociado con centros de nucleación que aparecen como picaduras S en la mordentación Secco de las galletas antes de la deposición de la capa epitaxial. El proceso de absorción de preoxidación por Si_3N_4 acusado antes de la primera oxidación de las galletas ha demostrado ser eficaz de una forma virtualmente completa para suprimir estos centros de nucleación.

10. Tomando como base los experimentos anteriores, parece ser que el proceso de Si_3N_4 es siempre eficaz para eliminar los defectos SF inducidos por contaminación en ambos tipos de galleta (100) y (111) y posiblemente los defectos nacidos en las galletas (111). No obstante, para los efectos nativos en materiales (100) deberá emplearse una absorción de preoxidación más estricta, vrg., introduciendo dislocaciones de desajuste expuestas en los ejemplos II y III, junto con absorción por Si_3N_4 para anular o desactivar estos centros antes de la oxidación.

EJEMPLO II

20. Este ejemplo describe la supresión de defectos SF en dispositivos de silicio por medio de una formación de dislocación de desajuste (MD) formada sobre la superficie posteriores de una galleta de silicio por difusión de fósforo en la misma.

25. Los resultados de la absorción de gases residuales que se describen a continuación se obtuvieron en galletas de Si exentas de dislocaciones de orientación (100) y del tipo n con una resistividad nominal de $5 \Omega\text{-cm}$. Las galletas, que se obtuvieron de Monsanto y Wacker Corporation, se recibieron con un lado frontal unido con "Syton" y un lado posterior químicamente mordentado. Las pastillas Monsanto eran de lingotes Czochralski mientras que las galletas de Wacker eran de zona flotante.

30. Debido a las variaciones entre galletas en una partida

dada, cada galleta se elaboró de forma que se sometiera solamente la mitad del lado posterior a absorción antes de oxidar toda la galleta. De este modo se formó un control o testigo en cada mezcla. El procedimiento se realizó como sigue. Se necesitó una

5. capa de óxido de silicio enmascarante gruesa (1,2 a 1,5 μm) a 480°C sobre la parte frontal y después el lado posterior de cada galleta. Se eligió un proceso de xilano a baja temperatura asegurar que no se generarán defectos SF. Se utilizó fotolitografía clásica para separar el óxido de la mitad del lado posterior mientras que se conservaba en el lado frontal un recubrimiento de

10. óxido uniforme. Entonces se formó un óxido impurificado con fósforo sobre la mitad sin enmascarar de la galleta empleando un proceso bien conocido de POCl_3 con un caudal de oxígeno de 110 cc/minuto. La difusión tuvo lugar a partir del óxido anterior de la galleta mientras que el óxido impurificado con fósforo se forma-

15. ba a temperaturas del orden de 1.050°C a 1.150°C durante periodos de aproximadamente una a 7 horas. Dentro de esta gama de temperaturas se introdujo una densa formación de dislocaciones de desajuste hasta una profundidad de 2 μm o más por debajo de la superficie difundida con fósforo. Después de la separación del

20. óxido impurificado con fósforo y el óxido de silicio enmascarante, las galletas que habían de evaluarse con relación a los defectos SF se oxidaron en vapor de agua a 1.050°C por espacio de 110 minutos para desarrollar aproximadamente 7.500 Å de SiO_2 . Sin absorción de gases residuales esta etapa de oxidación genera normalmente efectos SF en las galletas (100).

25.

Se delinearon diversos picaduras de mordentación empleando el mordentado Secco descrito anteriormente en el ejemplo I.

La fotomicrografía de la figura 10A muestra los límites

30. entre la mitad de absorción con fósforo (PG) - dislocación de de

- sajuste (MD) y la mitad no sometida a absorción (MG) del lado posterior de la galleta después de la oxidación y el mordentado "Secco". El lado frontal de la misma galleta, que se ilustra en la figura 10B, se expondra a continuación. Las vistas a mayor es
5. cala de las regiones que rodean a las dislocaciones de deslizamiento D_3 y D_1 se representan en las figuras 11A y 11B. Como la contracción reticular en la mitad de PG de la muestra, que se sometió a tratamiento durante 1 horas a 1.150°C , excedía de la tensión humbral para la generación de dislocaciones de desajuste,
10. el trazo de una reticula transversal de dslocación de desajuste es evidente a la derecha de D_1 , que se encuentra justamente sobre la línea limítrofe PG/NG. Solamente quedan trazas de la formación de dislocaciones de desajuste porque la eliminación de las $15 \mu\text{m}$ de silicio durante el mordentado (Secco) a eliminado
15. también la mayoría de la red interfacial MD de la muestra. Se ha averiguado que no existen picaduras de mordentado SF en la mitad de la galleta que se ha sometido a absorción de gases residuales, vease la figura 11B, mientras que, varios mm a la izquierda del limite PG/MG la densidad de picaduras SF era aproximadamente de
20. 10^5 cm^{-2} , vease la figura 11A. Se llega a la conclusión que el proceso de difusión con fósforo-dislocación de desajuste proporciona una acción de absorción más eficaz en aquellos lugares de nucleación que de otro modo habrían promovido la formación de defectos SF durante la oxidación.
25. Se cree que la escala de acción de absorción por dislocación de desajuste es por lo menos tan notable como la región N en la figura 10A, que está desnuda de picaduras SF una distancia de $\geq 400 \mu\text{m}$ a partir del límite PG/NG. Como el espesor de las galletas era de aproximadamente $300 \mu\text{m}$ en las galletas de Monsanto y aproximadamente $450 \mu\text{m}$ en el material de Wacker, también cabía
- 30.

esperar los efectos de absorción de SF en el lado frontal de las galletas tratadas con fósforo. Esta conclusión se verificó como sigue. Las mismas picaduras D se localizaron en la parte delantera de la galleta en cuestión, vease la flecha D_3 en la figura 10B, para alinear con precisión límite PG/NG. Obsérvese que la figura 10A y 10B son imágenes de espejo respecto a un eje horizontal con D_3 , la tercera picadura D en una fila de cinco. Fué necesario emplear picaduras D del tipo de deslizamiento para la alineación porque las dislocaciones de desajuste eran verdaderamente de carácter interfacial y quedaban confinadas al lado posterior de la galleta. Las fotografías de mayor ampliación de las regiones superficiales frontales alrededor de las dislocaciones D_3 y D_2 se presentan en las figuras 11C y 11D. La densidad de las picaduras SF en las proximidades de D_2 es cero y es representativa de todo el volumen de la galleta por debajo de la formación de dislocaciones de desajuste. Este volumen se ha verificado aún más empleando topografía de rayos X de transmisión para confirmar que los defectos SF aparecen presentes tan solo con la mitad NG de la galleta. En la mitad sometida a absorción, la mayor densidad de SF en la parte posterior de la galleta, compárese la figura 11A (posterior) con la figura 11C (anterior), aparecen relacionadas con una diferencia local en contaminación de la parte posterior de la galleta.

Además de las picaduras, se observaron también montículos de mordentado, veanse las flechas H_1 y H_2 en las figuras 11C y 11D, que se pueden asociar también con un microdefecto, quizá un pequeño bucle de dislocación, por ejemplo, El mordentado adicional transforma los montículos en picaduras poco profundas que son similares, pero no idénticas a las picaduras S. No se observan montículos empleando topografía de rayos X. Aunque hay una

- gran reducción en la densidad de montículos a través de los límites de PG/NG., no está nunca cerca de los 10^4 a 10^5 cm^{-2} observada con las picaduras SF. No obstante, las muestras que se han tratado con POCl_3 por espacio de 4 a 7 horas muestran una reducción adicional en la densidad de montículos indicando que la acción de absorción, aunque más lenta, es también eficaz para los defectos de montículos. A continuación se exponen los resultados en una muestra de PG de 4 horas antes de la oxidación.
5. Antes de la oxidación, la acción de absorción resultaba evidente respecto a picaduras S y montículos. Esta absorción se ilustra en la figura 12A, que representa el límite PG/NG mordentado "Secco" del lado pulido de una galleta de zona flotante Wacker que se sometió a absorción con fósforo sobre la mitad del lado posterior por los espacios de 4 horas a 1.150°C . Las densidades de picaduras S y de montículos eran ambas de aproximadamente 10^5 cm^{-2} en la región NG (veanse las flechas S y H en la figura 12B, que es una vista a mayor escala del área marcada (b) en la figura 12A). En la superficie frontal de la pastilla directamente opuesta al lado posterior tratado con PG vease la figura 12C, no se observaron montículos en modo alguno y la densidad de picadura S se redujo a aproximadamente 5×10^3 cm^{-2} . La capacidad para eliminar completamente los montículos variaba de muestra a muestra pero era siempre más eficaz en tiempos de absorción de más de una hora.
10. Debido a las diferencias bien documentadas en el contenido de oxígeno del material de zona flotante y del material Czochralki y la posibilidad de que el oxígeno juega un importante papel en la formación de núcleos de SF, se sometieron a absorción de gases residuales simultáneamente un grupo de 5 galletas de zona flotante 5 galletas Czochralki. No obstante, se pudo averiguar
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

que las variaciones en la densidad de picaduras y otros factores como la aparición de configuración de remolino, variaban tanto dentro de los grupos separados de cinco como lo hacían de grupo a grupo. No obstante, en los estudios realizados con grandes cantidades se ha observado una forma consistente que en la mitad sometida a absorción de cualquier galleta SF, se eliminaban o se reducían las picaduras S y los montículos en un número de varios órdenes de magnitud. Por lo tanto, se desprende que la concentración de oxígeno no es el factor predominante en la absorción de lugares de nucleación. Esto no significa, no obstante, que el oxígeno no sea importante cuando realmente se genera el SF.

Los experimentos y los datos de picaduras de mordentado presentados anteriormente demuestran que la interacción entre un procedimiento de absorción con fósforo y dislocación de desajuste y los núcleos responsables de los defectos de apilamiento inducidos por oxidación. Aquellas muestras sometidas a tratamiento de absorción o difusión de fósforo que no introducían dislocaciones de desajuste (T menos de aproximadamente $1.050^{\circ}C$) no formaban defectos de apilamiento durante la oxidación. Como vía para ayudar a indentificar aquellos defectos y procedimientos relacionados con la nucleación de SF, se ha propuesto la figura 13.

Se sabe que existen interacciones entre microdefectos desarrollados e inducidos por el proceso de elaboración, cuya distribución microscópica es en forma de una configuración de remolino, y pueden achacarse a variaciones en el régimen de desarrollo microscópico del cristal original. La figura 13 identifica dos grupos de defectos nativos de acuerdo con si se puede o no delinear configuración de remolino por mordentado o topografía de rayos X de muestras decoradas con Cu o Li. El remolino de picaduras S en galleta según se reciben de fabricación, etapa I de la

figura 13, se atribuye a una compleje de vacíos/impurezas (V/I), o racimos de vacíos o intersticiales abatidos en forma de bucles de dislocación. Si no se delinea remolino se supone todavía que los defectos de punta aislados se distribuyen en el cristal de una forma no homogénea. Esta suposición se basa en la observación de que se pueden formar defectos de remolino por un tratamiento térmico apropiado de galletas exentas de remolinos, vease el proceso IIB en la figura 13. Asimismo se observa una distribución de remolino de SF después de la oxidación con vapor de agua, proceso IIA de la figura 13, aún cuando no se delinee remolino de etapa I.

Se ha establecido perfectamente que las impurezas metálicas introducidas durante la elaboración de etapa II pueden quedar asociadas con defectos de etapa I para formar SF durante la oxidación o desarrollo epitaxial. Este tipo de defecto inducido por el proceso de elaboración se somete con mayor seguridad a absorción por dislocaciones de desajuste y/e el propio tratamiento de difusión de fósforo. El proceso IIC en la figura 13 ilustra como se puede suprimir remolino y SF en el material según se recibe de fabricación y, cabe esperar, en cualquier material que no se haya nucleado previamente durante la elaboración, v.g., elaboración IIB. No obstante, como se puede formar SF en condiciones de oxidación muy limpias, surge la cuestión de si el procedimiento de absorción de gases residuales es también eficaz para eliminar defectos de etapa I, v.g., vacíos, cobre o pequeños núcleos de dislocación. La supresión completa de SF en los diversos materiales suministrados indica que puede tener lugar, de hecho, la absorción de defectos nativos. Además, la eliminación de los montículos de mordentado y la gran reducción en la densidad de picaduras S expuesta con relación a la figura 12, se interpreta co

5. mo una disolución de núcleos SF. Finalmente, además de la disolución o desactivación del efectos nativos, la captura de los núcleos SF inducidos por el proceso de elaboración por la formación de dislocaciones de desajuste no se puede sobrevalorar debido a las muchas oxidaciones y tratamientos a temperaturas elevadas requeridas en la fabricación de circuitos integrados de silicio.

10. Desde un punto de vista de dispositivo, se realizaron mediciones en bloquitos de prueba REPRM del mismo tipo que se ha descrito en el ejemplo I. De la formación de 10×10 la mitad se sometió a absorción por difusión de fósforo-dislocaciones de desajuste en la mitad de la superficie posterior y la mitad no se sometieron a absorción. En la mitad no sometida a absorción de una muestra típica indicada como C-1, las corrientes de fuga fueron de aproximadamente 1×10^{-6} amperios o mayor, mientras que en la mitad sometida a absorción las corrientes de fuga
15. fueron de 3 ordenes de magnitud menores 1×10^{-9} amperios o menos.

20. Aunque los experimentos anteriores se realizaron empleando difusión de fósforo para formar la formación de dislocaciones de desajuste, resultará evidente a los expertos en la materia que el MD se puede generar por difusión de otros elementos principalmente boro.

EJEMPLO III

25. Este ejemplo describe la supresión de SF en dispositivos de silicio combinando la acción de absorción de una capa de Si_3N_4 y dislocaciones de desajuste formadas por difusión de fósforo.

30. Como la introducción de dislocaciones de desajuste deja una superficie degenerada que puede actuar como fuente de contaminación impurificante se recomienda emplear una combinación de procedimientos de Si_3N_4 y dislocación de desajuste. O sea,

introducir dislocaciones de desajuste para absorber los centros de defectos nativos, cubrir la superficie degenerada con una capa de Si_3N_4 que encapsulará la muestra, y proporcionará una absorción de defectos por nitruro y por dislocación de desajuste de los defectos inducidos en el proceso de elaboración. Además, cuando hay presentes defectos de remolino en la galleta, los procedimientos de absorción combinados mejoran la supresión de defectos SF de dispositivos fabricados a partir de dichas galletas.

10. Como en los ejemplos I y II, se realizaron mediciones sobre bloquitos de pruebas REPRON. Se emplearon tres grupos de galletas: galletas testigos sin capa de nitruro no difusión de fósforo para formar dislocaciones de desajuste; galleta con ambos de los anteriores, y galletas con una capa de nitruro solamente. Observese que la absorción por nitruro y/o fósforo se aplicó a todo el lado posterior de la galletas de estos dos últimos grupos. Después de elaborar todas las galletas simultáneamente para formar una unión p-n en cada bloqucito, se midieron las corrientes de fuga. Estos tres grupos tenían densidades de corriente de fuga por termino medio de aproximadamente 30×10^{-10} amperios cm^{-2} (galletas D-1, D-2), $> 500 \times 10^{-9}$ amperios cm^{-2} (galletas F-8) y 60×10^{-9} amperios cm^{-2} (galletas E-3, e-15), respectivamente. El área de unión era de aproximadamente 5×10^{-4} cm^2 por lo que el promedio de corrientes de fuga fué, respectivamente, de aproximadamente 15×10^{-12} amperios, 250×10^{-12} amperios y 30×10^{-12} amperios.

EJEMPLO IV

30. Este ejemplo describe la supresión de defectos SF en galletas de silicio por medio de una capa de óxido de aluminio formada sobre la superficie posterior de una galleta de silicio.

La galleta eran de Si (100) impurificadas de tipo n con fosforo y tenian un espesor de 375 μm . Sobre la mitad de la superficie posterior de cada una de las cuatro galletas se depositó 2.000 Å de óxido de aluminio a 835°C en un reactor por una técnica bien conocida, la pirolisis de cloruro de aluminio. En una galleta de control o galleta testigo no se formo capa de óxido de aluminio. Las 5 galletas se recocieron entonces a 1.050°C por espacio de una hora antes de oxidar con vapor de agua la superficie frontales a 1.050°C durante 1 hora para formar aproximadamente 4.000 Å de óxido.

Los contajes de defectos en las muestras dieron los siguientes resultados:

Galleta testigo 10^7 cm^{-2} , dos galletas daban 10^4 cm^{-2} en la mitad absorbida (alumina) y 10^6 cm^{-2} en la mitad no sometida a absorción, y las otras dos galletas daban 10^5 cm^{-2} en la mitad sometida a absorción y 10^6 cm^{-2} en la mitad no sometida a absorción. Aunque se observaron dos ordenes de magnitud de mejora en dos galletas, los resultados no fueron tan buenos como los obtenidos empleando una capa de nitruro de silicio.

Esta ultima dió lugar a cuatro órdenes de magnitud de mejora y, por lo tanto, es preferible. Tan bien se puede emplear una capa de óxido de aluminio en combinación con absorción por dislocaciones de desajuste en la forma descrita en el ejemplo III.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, asi como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.

REIVINDICACIONES

5. 1.-Procedimiento para el tratamiento de dispositivos semiconductores formados a partir de una oblea con objeto de cortar defectos de apilamiento en dispositivos de silicio, caracterizado porque se forma una capa sometida a esfuerzo sobre una superficie posterior de la oblea, y porque la capa se recuece durante un periodo y a una temperatura eficaces para hacer que los lugares de nucleación de defectos de apilamiento se difundan a una región en dicha superficie posterior; por lo que 10. la formación de defectos de apilamiento en el dispositivo durante la ulterior elaboración a temperatura elevada se suprime.

15. 2.-Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado además porque la capa se forma de modo que el esfuerzo en la misma sea de 1×10^{10} dinas cm^{-2} .

3.-Procedimiento según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado además porque la capa se forma a partir de nitruro de silicio o de óxido de aluminio.

20. 4.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 ó 2 caracterizado además porque la capa comprende nitruro de silicio y tiene un espesor del orden de 1.000 Å a 4.000 Å y se recuece por espacio de 1 a 4 horas a una temperatura del orden de 1.000°C a 1.200°C.

25. 5.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque la capa se recuece a una temperatura del orden de 1.050 a 1.200°C.

30. 6.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizado porque se produce una formación de dislocaciones de desajuste en la superficie posterior eficaz también para absorber lugares de nucleación de defectos de apilamiento.

lamiento interiormente la capa sometida a esfuerzo se forma en la superficie posterior de la oblea.

5. 7.-Procedimiento segun la reivindicación 6, caracterizado además porque la formación de dislocaciones de desajuste se forma por difusión de fósforo en la superficie posterior de la oblea.

10. 8.-Procedimiento segun la reivindicación 7, caracterizado además porque la difusión de fósforo comprende la fase de formar sobre la superficie posterior una capa de óxido impurificada por fósforo de $POCl_3$, calentar la capa impurificada durante un período de 1 a 7 horas, y a una temperatura del orden de $1.050^{\circ}C$ a $1.150^{\circ}C$ y eliminar después la capa de óxido impurificada por el fósforo antes de la formación de la capa sometida a esfuerzo o sobre la superficie posterior.

15. 9.- Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado además porque la capa de óxido impurificada por fósforo se elimina y se forma una capa de material sobre la superficie posterior de la oblea eficaz para evitar la difusión hacia fuera del fósforo desde la superficie posterior de la oblea.

20. 10.- Procedimiento segun cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizado además porque la capa sometida a esfuerzo permanece sobre la superficie posterior de la oblea durante el acabado de los dispositivos.

25. 11.- Procedimiento segun cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado además porque la elaboración del dispositivo que comprende la difusión de impurezas para formar por lo menos una unión p-n en el dispositivo.

30. 12.- Procedimiento para el tratamiento de dispositivos semiconductores, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, y en los dibujos adjuntos.

**POOR
QUALITY**

Esta Memoria consta de treinta y cuatro hojas, escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED.

A handwritten signature in cursive script, likely belonging to a representative of Western Electric Company, is written over the printed name.

ESCALA VARIABLE

FIG. 1

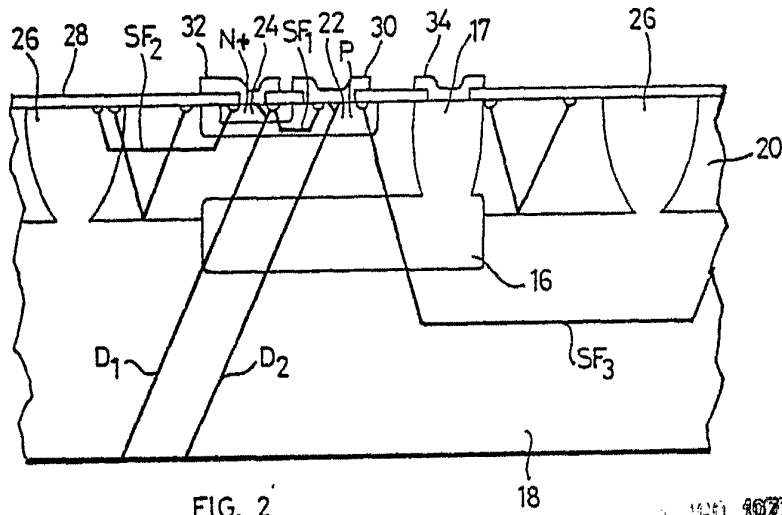
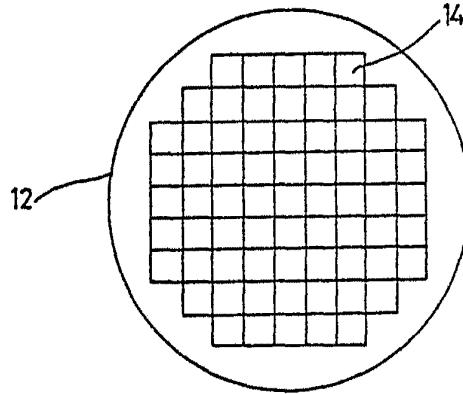


FIG. 2

MAY 1977

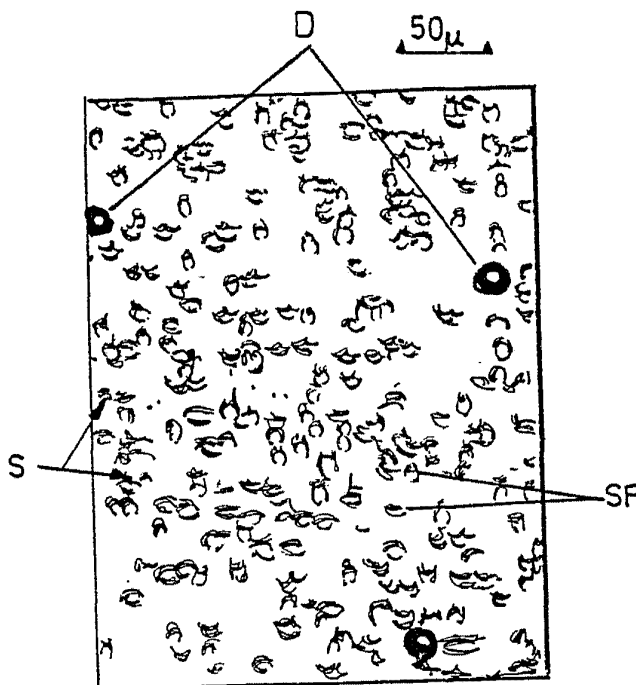
Madrid

J. M. GOMEZ AGERO Y POMBO

ps. ps. Firmados J. Suarez Diaz

FIG.3

ESCALA
VARIABLE

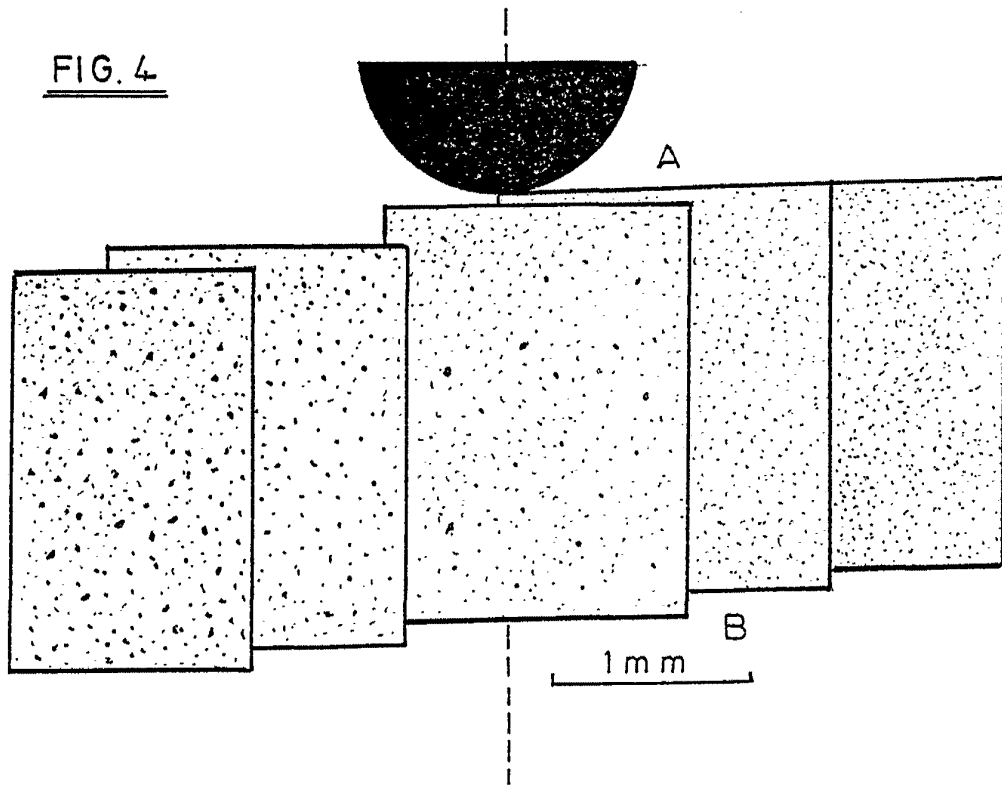


Madrid - 1 AGO. 1977

J. M. GÓMEZ ACEBO Y POMBO
p. p. Firmado: J. Suarez Lina

ESCALA
VARIABLE

FIG. 4

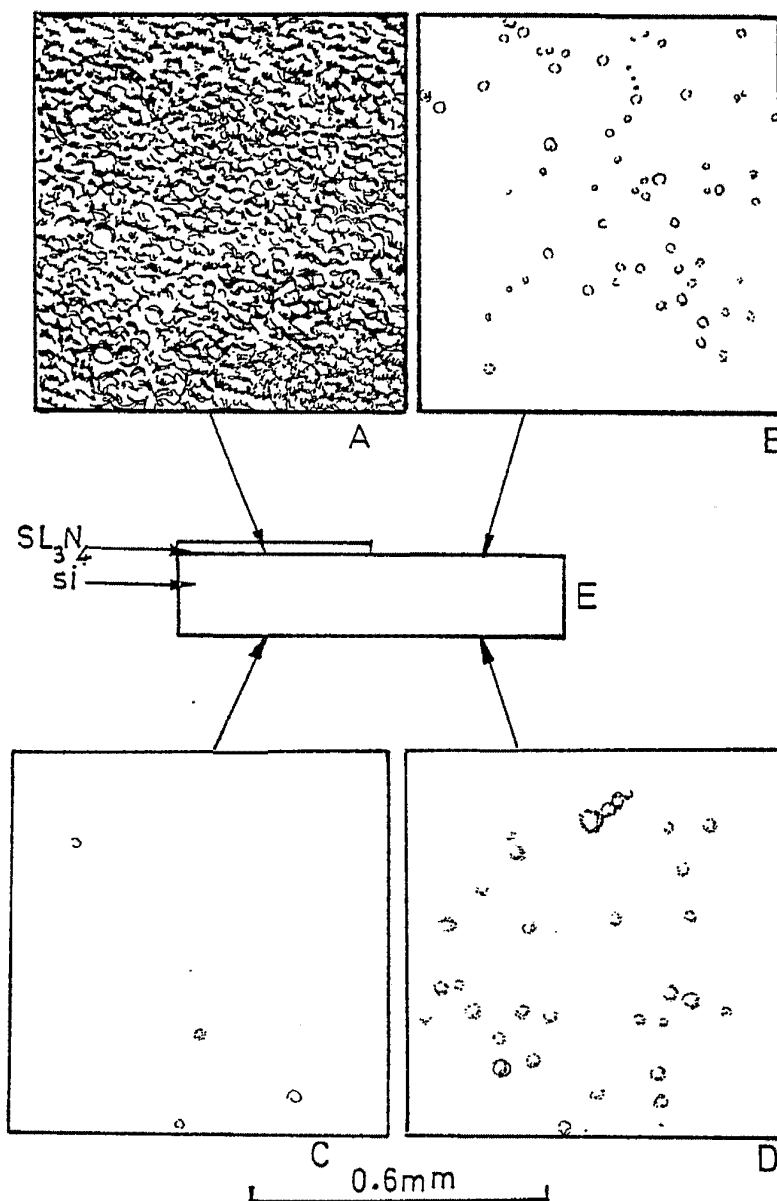


Madrid - 1 AGO. 1977

J. M. GOMEZ ACEBO Y POMBO
p. p. Firmador J. Suarez Diaz

FIG 5

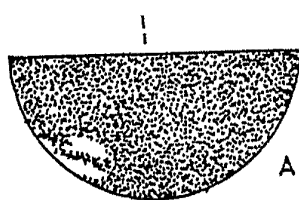
ESCALA
VARIABLE



Madrid - 1 AGO. 1977

J. M. GOMEZ AGENO Y POMBO
p. p. Firmado J. Suarez Diaz

FIG. 6



ESCALA
VARIABLE

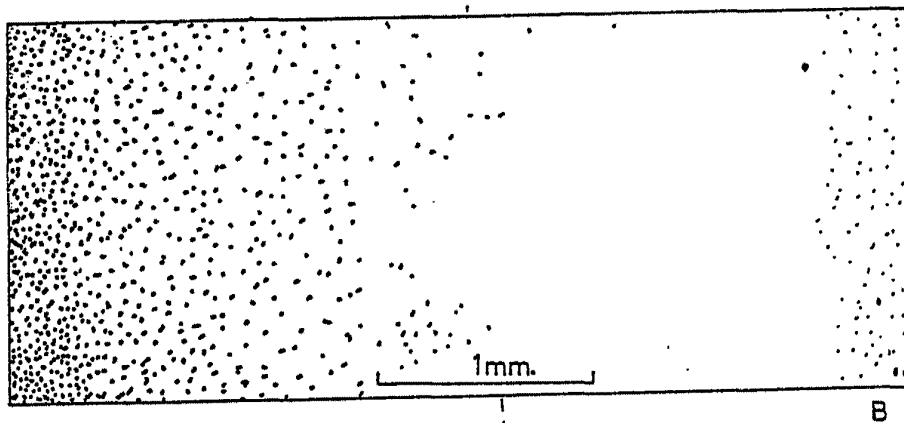
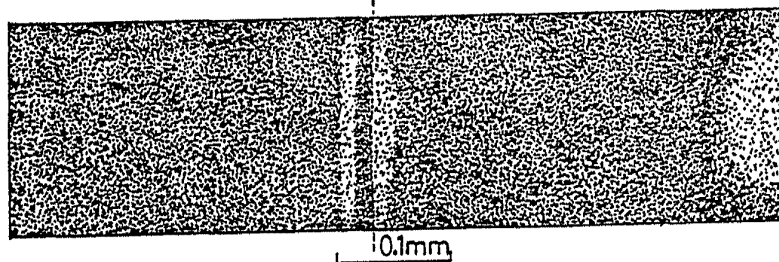


FIG. 9



1 AGO. 1977

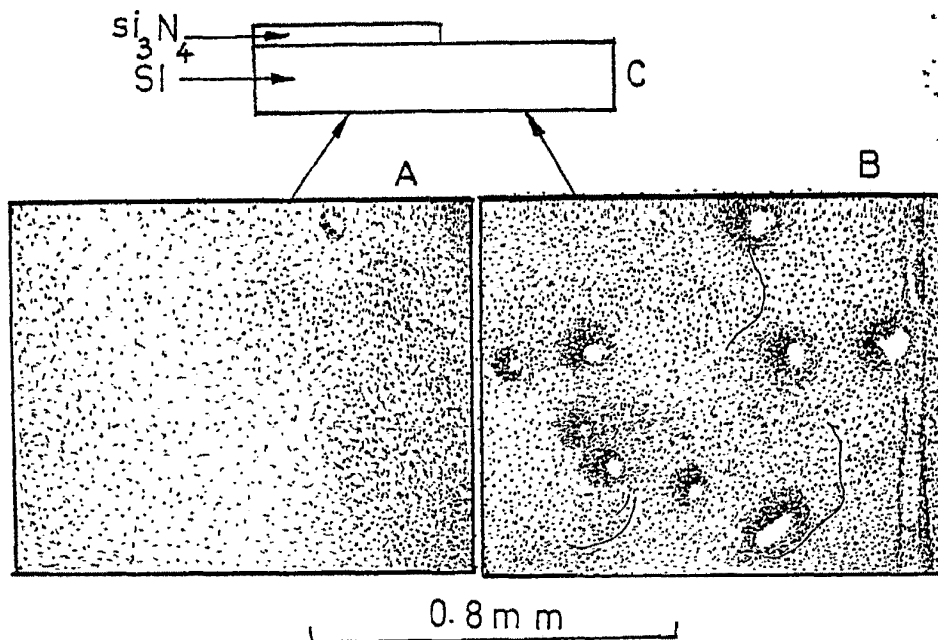
Madrid

J. M. GOMEZ AGELO Y ROMBO

p. p. Arredat: J. Suarez Diaz

ESCALA
VARIABLE

FIG. 7



Madrid 4 JUNIO 1977
J. M. GOMEZ ACEBO Y POMBO
p. p. Firmado J. Suarez Diaz

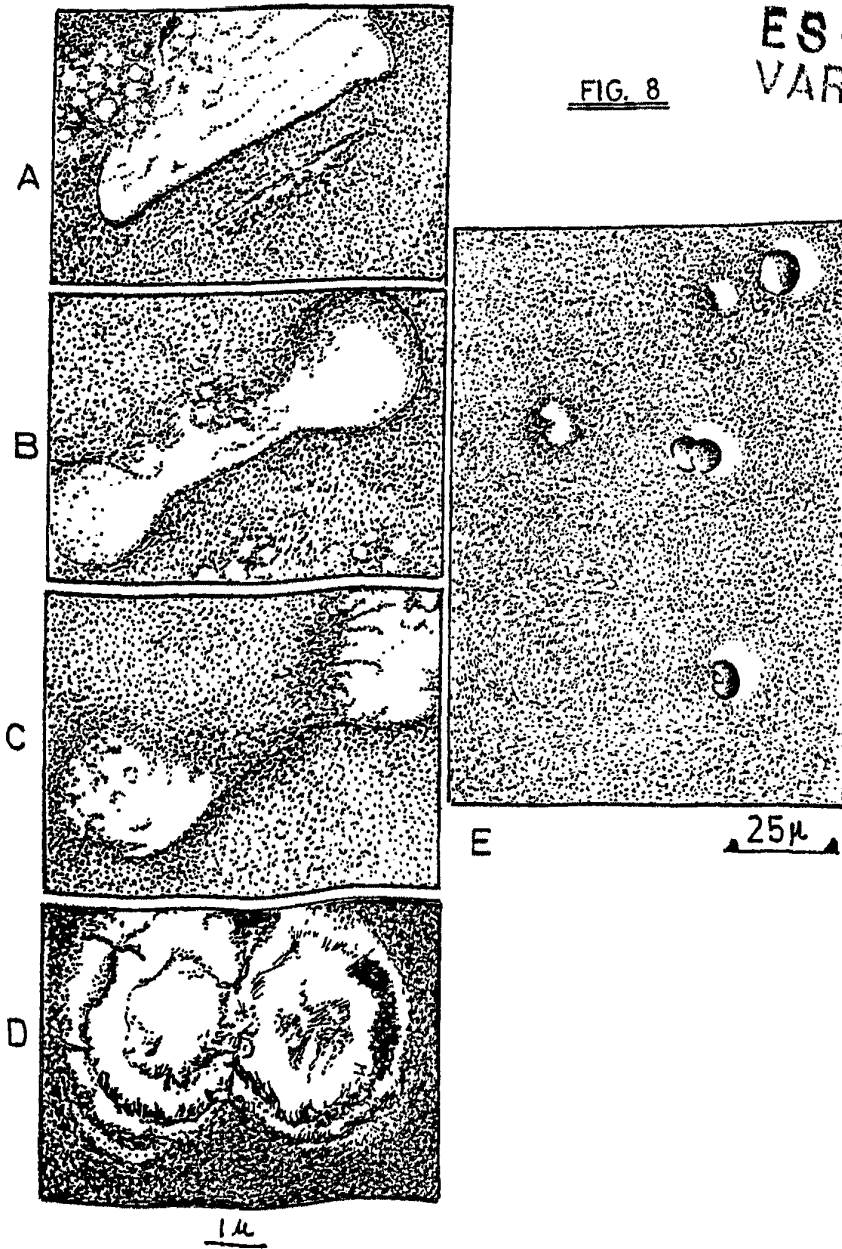


FIG. 8

ESCALA
VARIABLE

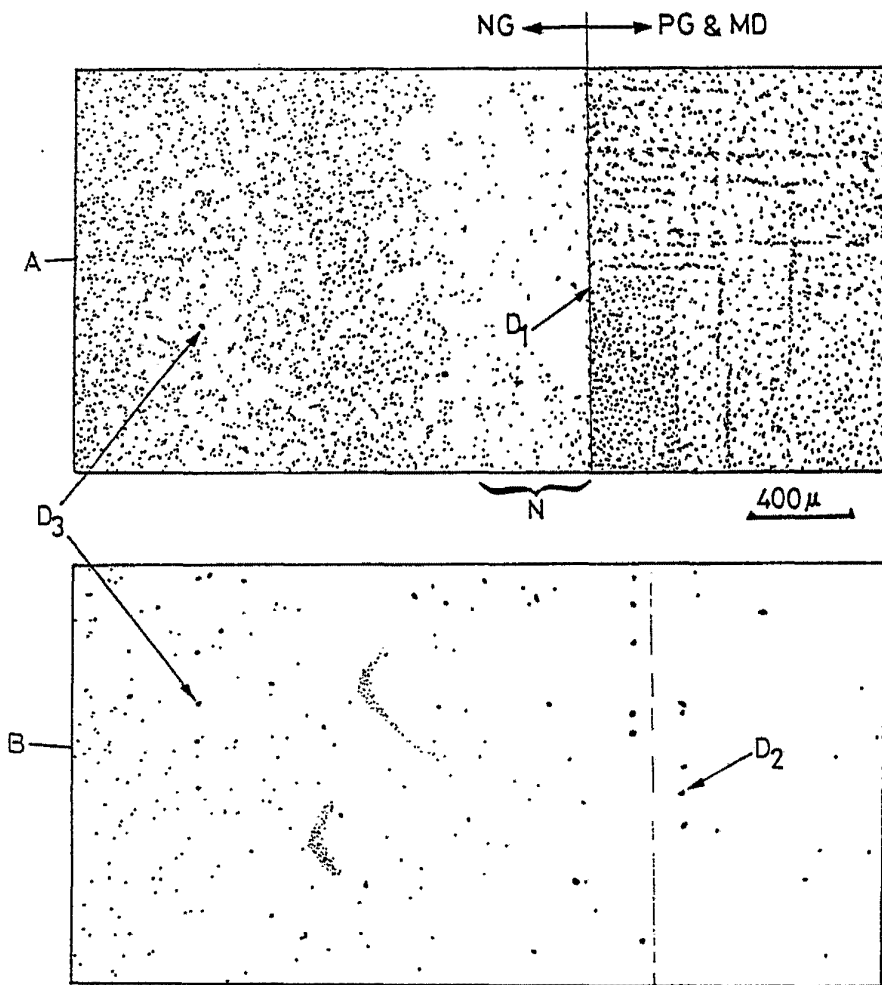
Madrid - 1 AGO, 1977

J. M. GÓMEZ AGUILA Y POMBO

ps. ps. Firmado J. Suarez Diaz

ESCALA
VARIABLE

FIG. 10



Madrid

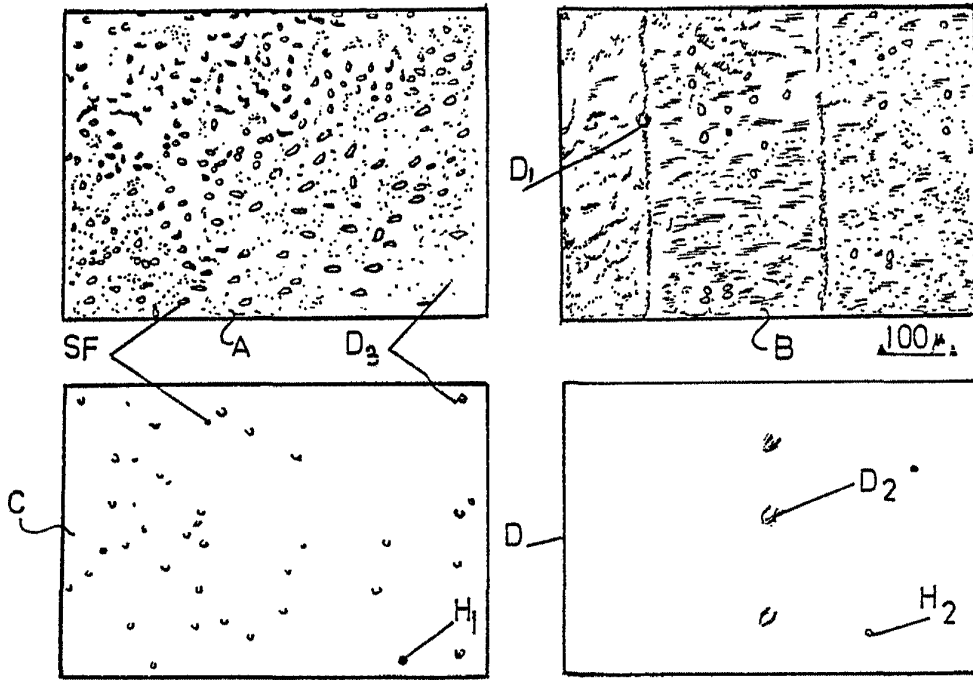
16. 1977

J. M. GÓMEZ ACEBO Y POMBO

p.º. Firmado J. Suarez Dña.

ESCALA
VARIABLE

FIG.11

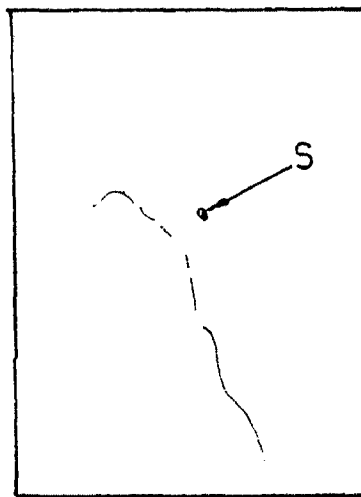
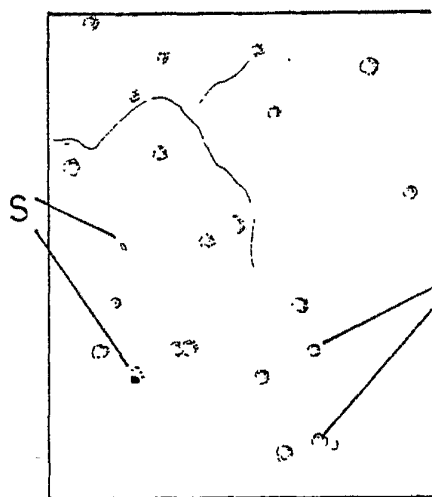
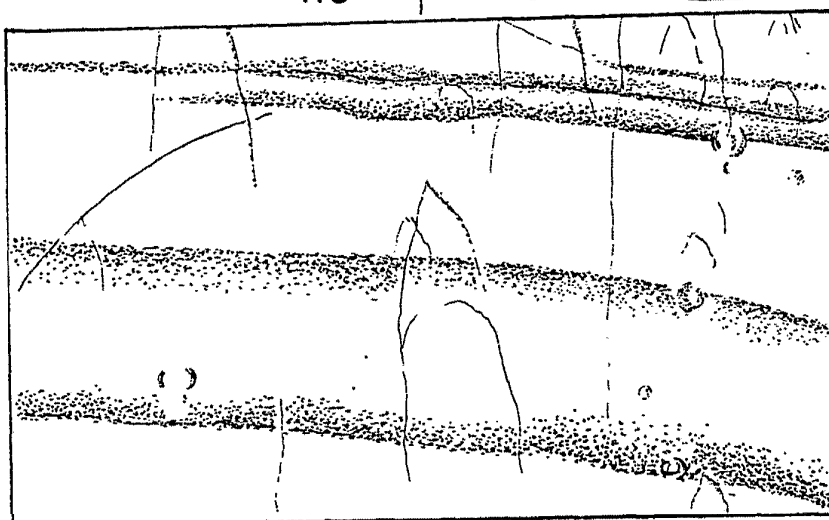


- 1 ACO. 1977
Madrid
J. M. GÓMEZ AGUDO Y POMEBO
p. p. Armador J. Suarez Díaz

FIG 12

ESCALA
VARIABLE

NG — PGOS 400 μ



B

40 μ

C

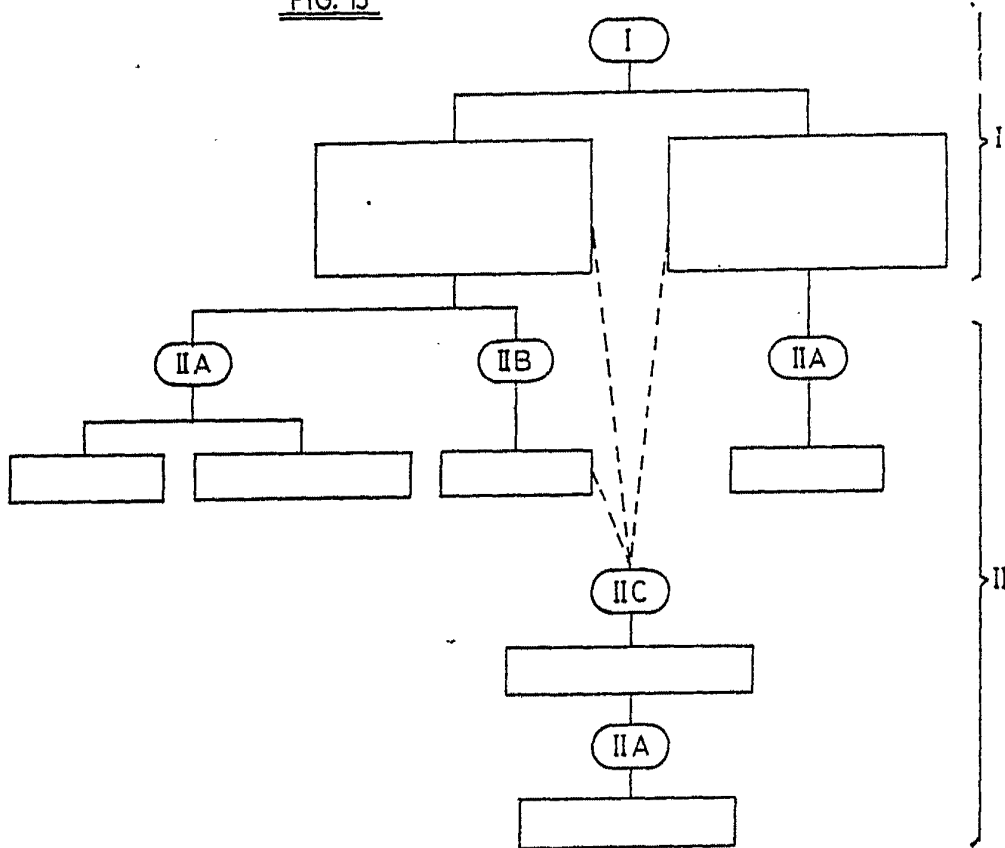
Madrid - 1 AGO. 1977

J. M. GÓMEZ ACEGO Y POMBO

p. p. Firmado: J. Suarez Diaz

ESCALA VARIABLE

FIG. 13



Madrid, 1 MAR. 1977

J. M. GOMEZ ARTO Y ROMERO
P. P. Firmado: J. Suarez Diaz