

346841

P.- 36.527  
RCA 58.266

**Memoria descriptiva**



**para solicitar** PATENTE DE INVENCION **porveintiaños**

**a nombre de** RADIO CORPORATION OF AMERICA

**entidad / de nacionalidad** norteamericana

**con domicilio en** 30 Rockefeller Plaza, Nueva York, N.Y.,  
Estados Unidos de América

**por:**

" UN METODO DE HACER UN MICROCIRCUITO "

(Clase Internacional H05k)

26-10-67

- 1 -



Este invento se refiere a una mejora en método de hacer un artículo de manufactura que comprende una capa de material semi-conductor de un solo cristal obtenida por crecimiento epitaxial sobre un substrato de material aislante de un solo cristal, y se refiere también al artículo mejorado así producido que puede incluir, adicionalmente, componentes de microcircuito fabricados en la capa. Más particularmente el invento se refiere a mejora en método de hacer un artículo de manufactura que comprende una capa de silicón de un solo cristal formada epitaxialmente sobre una superficie de un cuerpo de substrato de espinela de un solo cristal.

Un tipo de circuito de microminiatura, conocido como circuito de tipo monolítico, comprende dispositivos activos tales como transistores y díodos, y pueden comprender también dispositivos pasivos tales como resistores y capacitores, todos fabricados en y sobre un solo cuerpo de material semiconductor de un solo cristal tal como el silicón.

Según bien se sabe, en éste tipo de circuito existen problemas para el aislamiento eléctrico de los componentes entre sí y de modo de evitar o disminuir interacción eléctrica no deseada entre los componentes. Una de las maneras en que se ha logrado dicho aislamiento es mediante la difusión de impurezas en el cuerpo semiconductor de modo de formar uniones PN aislantes entre los componentes individuales del dispositivo.

El aislamiento eléctrico que se obtiene de



esa forma no es completo y se ha considerado deseable diseñar otros tipos de microcircuitos con mejor aislamiento entre los dispositivos. Uno de estos tipos de microcircuitos incluye una capa relativamente delgada de material semiconductor de un solo cristal formada por crecimiento epitaxial sobre un substrato aislante que comprende un cuerpo de un solo cristal de un material aislante particular. En éste tipo de microcircuito los dispositivos activos y pasivos son primeramente hechos en substancialmente la misma manera que en los microcircuitos de tipo monolítico y, después, se quitan porciones de la capa semiconductor entre los dispositivos individuales, de modo que cada dispositivo está en o sobre una isla separada de material semiconductor unido al substrato aislante.

Para hacer ese último tipo de circuito se prefiere un material de substrato de zafiro de un solo cristal que químicamente es  $Al_2O_3$ . También se ha descubierto que se puede emplear espinela de un solo cristal como substrato para capas de silicón de un solo cristal que sirven para la producción de circuitos integrados. Pero también se ha descubierto que al emplearse espinela como substrato una proporción relativamente alta de unidades se desperdiciaban por rajaduras en el substrato de espinela debidas a la alta temperatura a que se somete el ensamblaje durante el proceso de fabricación de los componentes del circuito en la capa semiconductor.

El presente invento se basa en nuestro descubrimiento de que las rajaduras del substrato se deben a las tensiones producidas por la precipitación de excesos de óxido de aluminio que se han encontrado ordinariamente pre-



sente en solución sólida de espinela comercial, en los bordes granulares del cristal. Si el cuerpo cristalino fuera perfecto no tendría bordes granulares. Sin embargo, el material comercial usualmente referido como "de un solo cristal" puede tener bordes granulares que separan partes del cristal que tienen orientaciones diferentes entre sí.

Espinela es un material cristalino que tiene la fórmula  $MgAl_2O_4$ . La espinela comercial tiene ordinariamente un valor de 2,5 a 3,5 mols (peso de molécula) de  $Al_2O_3$  por mol de espinela en vez del un mol que se indica por la fórmula química  $MgO \cdot Al_2O_3$ . El exceso  $Al_2O_3$ , usualmente en la forma de corindón, se encuentra presente en solución sólida en la espinela. Se ha pensado que la presencia de exceso de corindón hace más fácil la formación por crecimiento de cristales de espinela por el método de fusión a llama. Se ha descubierto ahora que se pueden obtener resultados altamente mejorados en el crecimiento de capas epitaxiales de silicón en substratos de espinela, si el exceso de alúmina es eliminado en su totalidad, preferentemente, de modo que exista una proporción estequiométrica entre el MgO y el  $Al_2O_3$  del  $MgAl_2O_4$ , o si por lo menos se reduce la alúmina a no más de aproximadamente 1,5 mols de  $Al_2O_3$  por cada mol MgO.

Si la proporción entre el MgO y la  $Al_2O_3$  en la molécula de espinela es 1:1, las rajaduras en el substrato de espinela se pueden eliminar substancialmente en la producción de microcircuitos de silicón. Si no se eliminare todo el exceso de  $Al_2O_3$ , los resultados son menos satisfactorios.

La presente invención se refiere también



al artículo mejorado hecho por el método de éste invento que es útil para la fabricación de circuitos integrados de capa delgada de silicón.

5 A continuación se brinda un ejemplo de como se prepara un cristal de espinela de modo que tenga una relación estequiométrica entre el  $MgO$  y  $Al_2O_3$ . Los materiales con que se comienza para hacer el cristal de espinela son sulfato de magnesio hidratado ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ) y sulfato de amoníaco de aluminio hidratado  $(NH_4)(Al)(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ . El primer paso comprende calentar una mezcla de sulfato de magnesio hidratado y sulfato de amoníaco de aluminio hidratado a una temperatura de  $400^{\circ}C$  durante 3 horas aproximadamente para formar espinela policristalina. El tiempo requerido para elevar la temperatura de la hornada a  $400^{\circ}C$  es un período adicional de 3 a 4 horas. La mezcla tiene una proporción de 1 mol de sulfato de magnesio hidratado a 2 mols de sulfato de amoníaco de aluminio hidratado.

20 Seguidamente se enfría la espinela policristalina a la temperatura ambiente. Esto se puede hacer dejando refrescar el material policristalino durante la noche. Este proceso forma un material policristalino en masa blanda y es ventajoso reducir la masa blanda a polvo para que sea más manuable para los pasos restantes del proceso. Esto se puede lograr sencillamente trabajando la masa con una espátula. Después de haberse pulverizado la espinela policristalina se la calienta a una temperatura de  $1100^{\circ}C$ . aproximadamente y se mantiene esta temperatura durante unas 16 horas. El tiempo necesario para calentar la masa pulverizada a  $1100^{\circ}C$ . es de 5 a 6 horas aproximadamente. Después del calentamiento la espinela policristalina

- 7 NOV. 1967



es enfriada a la temperatura ambiente como dejándola durante la noche. La espinela policristalina sigue aún en forma pulverizada.

5 Para asegurar que las partículas de espinela pulverizada son de medida uniforme, el material es cernido por un colador de malla de alambre Nº 20 y después por uno del nº 200. La espinela policristalina que es retenida por la malla 200 es conservada para usarla en los pasos siguientes del proceso.

10 La espinela policristalina cernida es usada como polvo ingrediente para formar una masa de espinela de substancialmente un solo cristal mediante procesos convencionales de fusión a llama a una temperatura de 1900°C. a 1940°C. aproximadamente. El cristal de espinela es entonces colocado en un receptáculo para después del calentamiento y se le enfría a razón de unos 10°C. por hora. Este paso posterior al calentamiento reduce considerablemente los desniveles térmicos durante y después del crecimiento y, en consecuencia, tiende a reducir a un mínimo las tensiones en el cristal.

25 El cristal puede entonces ser cortado en obleas que después se pueden usar para circuitos integrados. El corte se hace preferentemente de modo que la superficie de la oblea tenga un plano de orientación 1-1-1; pero planos de 1-1-0 y 1-0-0 han resultado satisfactorios también, aunque no tan preferidos.

30 La superficie de la oblea en la que habrá de formarse por crecimiento una capa epitaxial de silicón, es pulida y grabada para que quede bien lisa. Después de bien pulida, la grasa de la superficie se puede limpiar con

7 NOV.



energía ultrasónica en un disolvente orgánico tal como el cloroformo.

La oblea es entonces colocada en un tubo de horno con conexiones adecuadas para suministrar hidrógeno, una mezcla de hidrógeno y silano, y un gas inerte tal como el helio. El aparato se limpia con helio primeramente y después con hidrógeno purificado. La oblea es entonces calentada en un ambiente de hidrógeno fluido durante unos 15 minutos y a unos 1250°C. Esto limpia efectivamente la superficie del substrato de espinela. El substrato es entonces enfriado a unos 1150°C. y mientras tanto se mantiene la corriente de hidrógeno.

El silicón entonces se deposita en la oblea de substrato con el paso de la mezcla de silano-hidrógeno a través del tubo horno. Como el silano se combina explosivamente con el oxígeno, la mezcla de silano-hidrógeno contiene preferentemente como 3 por ciento de volumen de silano y 97 por ciento de volumen de hidrógeno. Según la mezcla gaseosa pasa sobre la superficie de la oblea, el silano se descompone y deposita silicón epitaxialmente sobre la espinela. El hidrógeno continúa y sale del horno. La proporción de depósito de silicón varía con:

- 1) la concentración de silano en la mezcla,
- 2) velocidad de la corriente de la mezcla, y
- 3) la temperatura en el horno.

Después que la capa de silicón monocristalino ha llegado al espesor deseado, que puede ser por ejemplo de 1 a 50 micrones aproximadamente, se cierra la corriente de la mezcla de silicón-hidrógeno. Entonces, y sin sacar la oblea del tubo horno, se le calienta a una



temperatura de 1335°C. a 1400°C. aproximadamente, en un ambiente que no reaccione con el silicón. Se puede emplear por ejemplo hidrógeno o un gas inerte. La temperatura es mantenida durante unos 60 minutos. No debe exceder 1425°C. que es el punto de fusión de la capa de silicón monocristalino. Este último paso de calentamiento es un paso de temple que es preferido pero que se puede omitir si se desea.

El substrato de espinela es entonces enfriado a la temperatura ambiente en hidrógeno o en un gas inerte. El enfriamiento preferido debe ser a razón de 25°C. por minuto.

El silicón puede ser impregnado al tipo P o al tipo N según es depositado, si se desea. En caso de desearse una capa de tipo P, se deja pasar una pequeña proporción de volumen de una mezcla de diborano-hidrógeno en la corriente a través del tubo horno al mismo tiempo que se está depositando el silicón de la mezcla de silano-hidrógeno. Si se desea una capa de tipo N, se deja pasar una mezcla de fosfina-hidrógeno a través del tubo horno cuando se está formando la capa de silicón.

La capa de silicón puede ser usada para fabricar circuitos integrados por métodos convencionales. Se pueden hacer transistores mediante la difusión de impurezas en la capa a temperaturas de un orden de 1000°C. a 1200°C. También se pueden fabricar resistores y capacitores con la difusión de impurezas a estas mismas temperaturas. Cuando el substrato de espinela se ha hecho según esta descripción, casi no ocurrirán rajaduras algunas en el substrato durante los pasos del proceso a temperaturas elevadas.



121 N  
Esta solicitud, que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 9 de Noviembre de 1966, bajo el nº 592.978, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

5  
- N O T A -

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

10 1.- Un método de hacer un microcircuito, caracterizado por los pasos de preparar el cuerpo de espinela de modo que la proporción molecular de MgO a  $Al_2O_3$  en la misma no sea de más de unos 1:1,5, exponiendo una superficie de dicho cuerpo de espinela monocristalina orientada en uno cualquiera de los planos 111, 110 ó 100, y después  
15 formando dicha capa de silicón por crecimiento sobre dicha superficie expuesta.

20 2.- Un método de hacer un microcircuito, que comprende preparar un cuerpo de substrato de espinela monocristalina teniendo una proporción molecular de MgO a  $Al_2O_3$  no mayor de unos 1:1,5, exponiendo una superficie de dicho cuerpo de substrato de espinela, orientada en uno cualquiera de los planos 111, 110 ó 100, formando una capa epitaxial de silicón por crecimiento en dicha superficie

21 NOV.



expuesta, y fabricando por lo menos un componente de micro  
circuito en dicha capa.

3.- "UN METODO DE HACER UN MICROCIRCUITO".

Tal y como se ha descrito en la Memoria que  
5 antecede, y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de diez hojas escritas  
por una sola de sus caras.

Madrid, 21 NOV. 1958

P. A.