

P.- 36.462

PHN 1970

345702

Memoria descriptiva



para solicitar PATENTE DE INVENCION

por 20 años

a nombre de N.V. PHILIPS' GLOBILAMPENFABRIEKEN

entidad / ~~nacionalidad~~ holandesa

con domicilio en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

por: " UN METODO DE FABRICAR UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR "

(Clase Internacional H011)



La invención se refiere a un método de producir un dispositivo semiconductor que comprende un cuerpo de silicio semiconductor con al menos un elemento de circuito semiconductor para el que está dispuesta una capa de óxido de silicio junto al cuerpo de silicio, habiéndose obtenido la capa de óxido de silicio sustancialmente plana por un tratamiento de oxidación como superficie del cuerpo de silicio y habiéndose llevado a la forma de una capa con dibujo de óxido de silicio, después de lo cual se somete la parte de la superficie no cubierta por la capa con dibujo a tratamientos con el fin de obtener el elemento de circuito. La invención se refiere también a un dispositivo semiconductor fabricado por el método.

Se utilizan con frecuencia métodos de este tipo, entre otras cosas, para la fabricación de los dispositivos semiconductores llamados planos.

La capa de óxido prevista para el elemento de circuito tiene una función esencial con respecto al elemento de circuito.

Esta capa de óxido puede servir por ejemplo, de aislamiento eléctrico entre el cuerpo de silicio y un conductor eléctrico dispuesto sobre la capa de óxido y conectado a una zona del elemento de circuito. Además, puede aplicarse la capa de óxido para mejorar las propiedades superficiales del cuerpo de silicio y, por tanto, las propiedades eléctricas del elemento de circuito, en cuyo caso la capa de óxido cubre al menos las partes de la superficie del cuerpo de silicio en que al menos uno de los planos de unión pn del elemento de circuito corta la superficie de silicio. Durante la fabricación, la capa de óxido puede servir de máscara pa-



ra la difusión.

En los métodos conocidos del tipo indicado se elimina localmente la capa de óxido aplicada, de modo que se obtiene una capa con dibujo de óxido de silicio. Luego se some-
5 te la parte de la superficie de silicio no cubierta por el dibujo a tratamientos conocidos en la técnica de los semiconductores, por ejemplo, un tratamiento de difusión, y a la aplicación de un contacto eléctrico con el fin de obtener el elemento de circuito.

10 En sus diversos usos dichos métodos suponen diversas dificultades. En una delgada capa de óxido pueden practicarse ventanas atacándola químicamente con gran exactitud. Sin embargo, esta exactitud disminuye conforme las capas de óxido son más gruesas, ya que durante el ataque químico se eli-
15 mina el óxido no solo en la dirección del grosor de la capa de óxido, sino también en direcciones laterales, mientras que el ataque químico lateral aumenta con un grosor creciente de la capa de óxido. Este ataque químico lateral limita las dimensiones mínimas obtenibles de una ventana a practi-
20 car en la capa de óxido. Con respecto a la formación exacta de un dibujo, se desea una capa de óxido de grosor mínimo.

Sin embargo, por otras razones, se desea con frecuencia una capa de óxido más gruesa, por ejemplo, para obtener un aislamiento satisfactorio entre un conductor a proporci-
25 nar a la capa de óxido y el cuerpo de silicio y/o reducir al mínimo la capacidad entre este conductor y el cuerpo de silicio. Además, una delgada capa de óxido se estropea fácilmente cuando se conecta un alambre a un conductor dispuesto sobre la capa de óxido.

30 La superficie de un dispositivo semiconductor plano



que tenga un cuerpo de silicio con una capa de óxido de silicio provista de conductores es preferiblemente tan plana como sea posible. Las irregularidades son debidas, entre otras cosas, a las aberturas practicadas en la capa de óxido a través de cuyas aberturas están conectados los conductores al cuerpo de silicio. En los bordes de estas aberturas pueden producirse irregularidades y deterioro de los conductores, sobre todo cuando estas aberturas están practicadas en una capa de óxido más gruesa.

10 Dichas ventajas y desventajas de las capas de óxido más gruesas y más delgadas conducen en la práctica con frecuencia a un compromiso respecto del grosor de la capa de óxido, en cuyo caso no se resuelve satisfactoriamente ninguna de las dificultades.

15 En los métodos del tipo indicado se obtiene usualmente, al menos, una unión pn del elemento de circuito difundiendo una impureza en el cuerpo semiconductor a través de la abertura de la capa de óxido. Entonces se obtiene una unión pn en forma de copa, que está fuertemente curvada en los bordes y que está cerca de estos bordes aproximadamente en ángulo recto con la superficie del cuerpo de silicio y la capa de óxido. Esto supone dos desventajas. La fuerte curvatura de la unión pn afecta adversamente a la tensión de perforación de la unión. Como en los bordes la unión pn está aproximadamente en ángulo recto con la capa de óxido, puede producirse durante el funcionamiento del elemento de circuito un desplazamiento de los iones sobre la superficie de la capa de óxido, cuyos iones son prácticamente inevitables, lo que da por resultado la inestabilidad del elemento de circuito. Por tanto, es deseable con frecuencia una unión



pn plana.

La invención tiene por objeto crear un método del tipo indicado, en el que se evitan al menos parcialmente las dificultades mencionadas que se presentan en los métodos conocidos. Otras ventajas del método de acuerdo con la invención resultarán evidentes de lo que sigue.

De acuerdo con la invención, un método descrito en el preámbulo se caracteriza porque se dispone una capa con dibujo de óxido de silicio embutida en el cuerpo de silicio en al menos parte de su grosor enmascarando la superficie sustancialmente plana del cuerpo de silicio localmente contra la oxidación durante el proceso de oxidación.

Como la capa con dibujo de óxido de silicio está embutida en al menos parte de su grosor en el cuerpo de silicio, pueden obtenerse, por el método de acuerdo con la invención, elementos de circuito semiconductores más planos que por los métodos conocidos, aún cuando se emplee una capa de óxido gruesa. Además, la capa de óxido de silicio se aplica directamente en forma de una capa con dibujo, de modo que no es necesario atacar químicamente la capa de óxido para obtener el dibujo, lo que supone una ventaja como resultará evidente de lo anterior, particularmente en el caso de capas de óxido gruesas.

Para la protección contra la oxidación se utiliza preferiblemente una capa de un material que tiene un grosor que es menor que el de la capa con dibujo de óxido de silicio a aplicar. Esta capa delgada de enmascaramiento puede llevarse a la forma de una capa con dibujo por ataque químico o pulverización catódica más exactamente que una capa de óxido más gruesa. Es ventajoso enmascarar el cuerpo de sili-



cio localmente contra la oxidación aplicando una capa de nitruro de silicio. Pueden utilizarse otros materiales de enmascaramiento, por ejemplo, algunos metales tales como el platino y el rodio. Sin embargo, el enmascaramiento por medio de dichos metales es considerablemente menos resistente a las altas temperaturas, por ejemplo, 1.000° C o más, que intervienen en los tratamientos convencionales de oxidación, en los que, por ejemplo, se hace pasar oxígeno húmedo sobre el cuerpo de silicio aproximadamente a presión atmosférica.

5 Si se provee localmente a un cuerpo de silicio de una capa de óxido de silicio por oxidación, la capa de óxido de silicio con dibujo resultante se embute en parte de su grosor en el cuerpo de silicio. Sin embargo, se prefiere interrumpir el tratamiento de oxidación al menos una vez y retirar la capa de óxido de silicio ya obtenida durante la interrupción en al menos parte de su grosor, por ejemplo, por ataque químico. Así, puede embutirse el dibujo resultante, similar a una capa, en el cuerpo de silicio en una parte mucho mayor de su grosor o incluso en todo su grosor.

15 20 Como resultará evidente de lo anterior, la invención es particularmente importante para la aplicación de una capa gruesa con dibujo, por ejemplo, con un grosor de al menos 0,5 micras. Preferiblemente se aplica un dibujo similar a una capa embutido en al menos 0,5 micras de su grosor en el cuerpo de silicio.

25 Es muy importante cualquier realización del método de acuerdo con la invención, en la que con ayuda de la máscara se le dote a una capa con dibujo de óxido de silicio de al menos una abertura. Aun cuando se emplee una capa gruesa de óxido, esta abertura puede ser muy pequeña ya que al



contrario, los métodos conocidos, no es necesario practicar la abertura en la capa de óxido por ataque químico. La máscara formada por ejemplo, por una delgada capa de nitruro de silicio puede aplicarse con precisión con ayuda de procedimientos foto-litográficos en forma de uno o más puntos pequeños. Además, la abertura obtenida no es una pequeña abertura profunda que haga muy difícil el establecimiento de un contacto, ya que el dibujo está embutido en el cuerpo de silicio.

10 La máscara puede eliminarse completamente de la superficie del cuerpo de silicio en la abertura, a cuya superficie puede aplicarse en la abertura una capa de metal con el fin de obtener un diodo de Schottky (un diodo que comprende una unión de metal semiconductor), en el que para permitir el establecimiento de un contacto eléctrico dicha capa de metal se extiende más allá de la abertura y sobre la capa de óxido de silicio.

De acuerdo con otra realización, se retira la máscara de la superficie del cuerpo de silicio en la abertura y se proporciona una unión pn por la difusión de una impureza en el cuerpo de silicio a través de la abertura y se aplica una capa de metal a la superficie descubierta, cuya capa de metal se extiende más allá de la abertura sobre la capa de óxido de silicio con el fin de permitir el establecimiento de una conexión eléctrica. De esta manera puede obtenerse un diodo pn muy pequeño.

Debido a que la capa de óxido puede ser gruesa sin que se produzcan dificultades, la capa de óxido de silicio puede ser un aislamiento satisfactorio entre el conductor de la capa de óxido y el cuerpo semiconductor mientras que



durante la conexión de un conductor a la capa de metal hay un pequeño riesgo de estropear la gruesa capa de óxido.

Una realización muy importante del método de acuerdo con la invención se caracteriza porque después de la retirada de al menos parte de la máscara desde la superficie del cuerpo de silicio en las aberturas, se dispone una unión pn en el cuerpo de silicio por la difusión de una impureza en la superficie expuesta del cuerpo de silicio, estando dicha unión situada a una profundidad desde la superficie menor que la profundidad en la que se embute la capa con dibujo en el cuerpo de silicio. De esta manera es posible obtener una unión pn sustancialmente plana, cuyo plano es aproximadamente paralelo a las superficies de la capa de óxido de silicio, mientras que, no obstante, está limitada en el borde por la capa de óxido. Así, se limitan el desplazamiento de iones y la reducción de la tensión de perforación debido a la fuerte curvatura del plano de la unión pn anteriormente mencionada.

Antes de la difusión de la impureza, puede retirarse toda la máscara, mientras que después de la aplicación de la unión pn y con ayuda de una máscara de difusión se difunde una impureza en parte de la superficie del cuerpo de silicio en la abertura de la capa con dibujo para proporcionar una segunda unión pn a una profundidad menor que la de la unión pn ya formada. Esto da por resultado una estructura plana de transistor pnp o npn, una de cuyas uniones pn es sustancialmente plana.

Además, la máscara puede retirarse solo parcialmente antes de la difusión, mientras que después de la difusión y después de la aplicación de una capa de óxido de silicio por



un proceso de oxidación en la abertura de la superficie no cubierta por la parte restante de la máscara, cuya capa de óxido es más delgada que la capa con dibujo y está embutida en al menos parte de su grosor en el cuerpo de silicio, se
5 retira la parte restante de la máscara mientras que en la superficie descubierta se difunde una impureza para obtener una unión pn que forma una prolongación de la unión pn ya formada, así como una impureza para obtener una segunda unión pn a una profundidad en el cuerpo de silicio menor que dicha
10 prolongación y que la profundidad en la que la capa de óxido más delgada está embutida en el cuerpo semiconductor. Así, es posible obtener una estructura de transistor con una unión de emisor sustancialmente plana y una zona de base cuya parte situada por debajo de la zona de emisor es mas delgada
15 que la parte restante de la zona de base.

Se prefiere equipar la capa con dibujo de óxido de silicio con al menos una capa de metal que está conectada de manera usual a una zona obtenida por difusión de una impureza, y conectar un conductor a dicha capa de metal.

20 Una realización muy importante del método de acuerdo con la invención para obtener un circuito semiconductor monolítico, que comprende un cuerpo de silicio, una superficie del cual está revestida con una capa aislante, sobre cuya capa se aplica un sistema de pistas conductoras, cuyo sistema
25 está conectado a través de aberturas de la capa aislante a zonas adyacentes a la capa aislante de al menos dos elementos de circuito dispuestos en el cuerpo de silicio, mientras que el sistema de pistas conductoras tiene al menos una zona de contacto para conectar un conductor al sistema, se caracteriza porque se equipa la superficie del cuerpo de silicio
30



con una capa con dibujo de óxido de silicio, después de lo
cual con ayuda de una capa aislante aplicada a la parte
de la superficie no cubierta por el dibujo, siendo esta ca-
pa aislante más delgada que el dibujo y estando junto a él,
5 se disponen en el cuerpo de silicio las zonas de los elemen-
tos de circuito adyacente a esta capa aislante, después de
lo cual sobre la capa aislante, consistente en la capa con
dibujo, y la capa aislante más delgada se dispone el siste-
ma de pistas conductoras, estando las zonas de contacto de
10 este sistema dispuestas sobre la capa con dibujo.

En la fabricación de circuitos semiconductores mono-
líticos es muy deseable con frecuencia utilizar una capa
aislante delgada, por ejemplo, de óxido de silicio o de ni-
truro de silicio, en la que, sin embargo, durante el esta-
15 blecimiento de una conexión entre un conductor y una zona de
contacto del sistema de pistas conductoras sobre la capa
aislante puede estropearse esta delgada capa aislante, de
modo que puede formarse un cortocircuito entre el conductor
de conexión y el cuerpo de silicio. La capa aislante puede
20 también estropearse cuando se ensaya el dispositivo semicon-
ductor preparado, en cuyo caso se aprietan las espigas de
contacto contra las zonas de contacto. En la práctica, esto
produce una gran cantidad de rechazos. Utilizando, de acuer-
do con la invención, una capa con dibujo para obtener una
25 capa aislante con una parte engrosada en la zona de la capa
con dibujo y disponiendo las zonas de contacto sobre la capa
con dibujo, pueden evitarse en esencia completamente los re-
chazos.

La invención es además importante para la fabrica-
30 ción de dispositivos semiconductores en los que se utiliza



un cuerpo de silicio que está formado por una capa de silicio aplicada a un soporte. En la capa de silicio se forma con frecuencia una pluralidad de elementos de circuito para producir un circuito integrado. Si se requiere aislar entre si los elementos de circuito, se hacen con frecuencia surcos a través de la capa de silicio entre los elementos de circuito, de modo que subdivide la capa de silicio. Una desventaja esencial de ello es que los surcos introducen irregularidades en el dispositivo a fabricar. El aislamiento puede obtenerse además disponiendo dos uniones pn entre los elementos de circuito. Sin embargo, esto puede dar lugar a una acción parásita de transistor. Otra realización importante del método de acuerdo con la invención se caracteriza por que el cuerpo de silicio de partida consiste en una capa de silicio aplicada a un soporte, mientras que el proceso de oxidación para obtener la capa con dibujo de óxido de silicio se continúa hasta que la capa con dibujo se extiende por todo el grosor de la capa de silicio, dividiéndose la capa de silicio en una pluralidad de partes separadas entre si por la capa con dibujo. En dichas partes, pueden disponerse elementos de circuito que están aislados eléctricamente unos de otros por la capa con dibujo.

La invención se refiere además a un dispositivo semiconductor que comprende un cuerpo de silicio que tiene una capa con dibujo de óxido de silicio embutida en dicho cuerpo en al menos parte de su grosor, y que ha sido fabricado siguiendo un método de acuerdo con la invención.

Se describirán ahora con referencia al dibujo algunas realizaciones del método de acuerdo con la invención.

Las figuras 1 a 4 muestran diagramáticamente vistas



4 116

en sección transversal de un diodo Schottky en diversas etapas de su fabricación por un método de acuerdo con la invención.

5 La figura 5 es una vista diagramática en sección transversal de un diodo pn y

La figura 6 es una vista diagramática en sección transversal de un transistor fabricado por un método de acuerdo con la invención.

10 Las figuras 7 a 9 son vistas diagramáticas en sección transversal de una parte de un cuerpo semiconductor en diversas etapas de la fabricación por un método de acuerdo con la invención, en el que se obtiene una estructura de transistor.

15 La figura 10 es una vista diagramática en planta de un circuito de cristal fabricado por un método de acuerdo con la invención.

La figura 11 es una vista diagramática en sección transversal tomada por la línea XI-XI de la figura 10.

20 La figura 12 es una vista diagramática en sección transversal tomada por la línea XII-XII de la figura 10.

La figura 13 es una vista diagramática en sección transversal de un cuerpo de soporte que soporta una capa de silicio provista de una capa con dibujo de óxido de silicio aplicada por un método de acuerdo con la invención.

25 En las realizaciones siguientes se hace uso de la diferencia en las velocidades de ataque químico del nitruro de silicio, óxido de silicio y un óxido mixto de plomo y silicio (vidrio de plomo) por los agentes de ataque químico siguientes:

30 Acido fluorhídrico (50%)

345702



Velocidad de ataque químico del nitruro de silicio (aplicado al cuerpo de silicio calentando este cuerpo a aproximadamente 1.000°C en una mezcla gaseosa de SiH_4 y NH_3) - aproximadamente $0,3 \text{ \AA}/\text{seg}$.

5 Velocidad de ataque químico del óxido de silicio - aproximadamente $300 \text{ \AA}/\text{seg}$.

En ácido fluorhídrico más diluido se reducen las velocidades de ataque químico.

Agente P de ataque químico. Este es un líquido de ataque químico consistente en 15 partes de ácido fluorhídrico (50%) 10 partes de HNO_3 (70 %) y 300 partes de agua.

Velocidad de ataque químico del óxido de silicio - aproximadamente $2 \text{ \AA}/\text{seg}$.

15 Velocidad de ataque químico del vidrio de plomo - aproximadamente $300 \text{ \AA}/\text{seg}$.

Ejemplo 1

Este ejemplo se refiere a un método de fabricar un dispositivo semiconductor 20 (vease la figura 4), que comprende un cuerpo de silicio 1 con un diodo de Schottky con una unión 11,3 metal-semiconductor en la superficie 10 del cuerpo de silicio 1, mientras que se dispone una capa de óxido de silicio enfrente del diodo de Schottky. La capa de de óxido de silicio sustancialmente plana se obtiene por un proceso de oxidación en la superficie del cuerpo de silicio 25 1, y se transforma en una capa con dibujo 8 de óxido de silicio, después de lo cual se somete a tratamiento la parte de superficie 10 no cubierta por la capa con dibujo con el fin de obtener el elemento de circuito. En esta realización esto significa la aplicación de una capa 11 de metal para 30 obtener el diodo de Schottky.

345702



En los métodos conocidos se recubre completamente la superficie del cuerpo de silicio con una capa de óxido de silicio, después de lo cual se hace una abertura en la capa de óxido con el fin de obtener el dibujo, por ejemplo
5 por ataque químico, aplicándose subsiguientemente en la abertura la unión de metal-semiconductor. De acuerdo con la invención, se aplica directamente una capa con dibujo de óxido de silicio 8, cuya capa se embute en el cuerpo de silicio 1 en al menos parte de su grosor enmascarando local-
10 mente la superficie de silicio contra el proceso de oxidación.

El material de partida es un cuerpo de silicio 1 (véase la figura 1), que consiste en una oblea 2 de silicio conductor del tipo n con una resistividad de aproximadamente
15 0,01 Ohm.cm y un grosor de aproximadamente 200 micras, sobre la que se desarrolla epitaxialmente una capa de silicio 3 del tipo n con una resistividad de aproximadamente 1 ohm. cm y un grosor de aproximadamente 4 micras.

Las otras dimensiones del cuerpo de silicio son poco críticas. Usualmente se escoge el cuerpo 1 con dimensiones amplias para permitir la producción de un gran número de elementos de circuito lado a lado, en una sola operación mientras que los elementos de circuito separados se obtienen subdividiendo el cuerpo de silicio. Por razones de sencillez,
20 se describirá en lo que sigue la fabricación de solamente un elemento de circuito.

Se dota a la capa 3 de una máscara formada por una capa 4,5 de un material resistente a la oxidación con un grosor que es menor que el del dibujo 8 a aplicar. Se prefiere
30 aplicar una capa 4,5 de nitruro de silicio. La capa 4,5 de

345702



nitruro de silicio puede aplicarse de una manera convencional calentando el cuerpo 1 a aproximadamente 1.000°C en una mezcla gaseosa de SiH_4 y NH_3 . La capa 4,5 puede tener un grosor de aproximadamente 0,1 micras.

5 De una manera convencional, por ejemplo, utilizando un método foto-litográfico, se retira parcialmente la capa 4, 5 de modo que puede obtenerse un disco 5 redondo, delgado, exactamente definido y muy pequeño.

Subsiguientemente haciendo pasar vapor de agua con una presión de 1 atmosfera sobre el cuerpo 1 a aproximadamente 1.100°C se aplica un dibujo de óxido de silicio. Después de dos horas se interrumpe el proceso de oxidación. Se obtiene entonces una capa de óxido 6 (figura 2) con un grosor de aproximadamente una micra, cuya capa se embute en el cuerpo 1 en aproximadamente 0,5 micras.

15 Durante la interrupción del proceso de oxidación, se retira la capa de óxido resultante 6 en todo su grosor atacándola químicamente con ácido fluorhídrico. Luego se repite el proceso de oxidación precedente y se obtiene un dibujo de 1 micra de grosor de óxido de silicio 8 (figura 3) consistente en una capa de óxido plana que tiene una abertura 7, embutiéndose dicho dibujo en el cuerpo de silicio en sustancialmente todo su grosor.

20 Después se calienta el cuerpo 1 a una temperatura de aproximadamente 700°C durante aproximadamente 5 minutos en presencia de un cuerpo de óxido de plomo mantenido cerca del disco de enmascaramiento 5, por ejemplo, a una distancia de aproximadamente 0,3 mm. El nitruro de silicio del disco 5 es así convertido en vidrio de plomo. El vidrio de plomo se disuelve por ataque químico en dicho agente de

30 ataque químico durante aproximadamente 1 minuto.



Luego se retira completamente la mascara 5 de la su
perficie 10 del cuerpo 1 en la abertura 7 y se dota a esta
superficie 10 de una capa de oro 11 con el fin de obtener
el diodo de Schottky y, con el fin de permitir el estable-
5 cimiento de un contacto eléctrico, esta capa de metal 11 se
extiende también sobre la capa de óxido 8. La capa de metal
5 puede tener un diámetro de 20 micras y puede aplicarse
de una manera convencional, por ejemplo, por depósito al va-
por.

10 La conexión eléctrica a la capa 8 se establece fijan-
do de una manera conocida un conductor 12 a la capa de oro
11. Esta conexión es facilitada por la planicidad sustancial
de la capa de oro 11, ya que el dibujo 8 está embutido en
el cuerpo 1.

15 El cuerpo 1 puede asegurarse de una manera conven-
cional, por ejemplo, soldándolo o aleándolo a una placa de
soporte 13 de metal que sirve de segunda conexión eléctri-
ca para el diodo de Schottky.

Ejemplo 2

20

Se dota a un cuerpo de silicio de tipo p con una re-
sistividad de 25 ohm.cm y un grosor de aproximadamente 200
micras de la manera descrita en el ejemplo precedente de un
dibujo embutido en el cuerpo de silicio (21) (figura 5) en
25 sustancialmente todo su grosor y formado por una capa plana
23 de óxido de silicio provista de una abertura 22 y que tie-
ne un grosor de aproximadamente 1 micra. La abertura tiene
en este caso un diámetro de aproximadamente 100 micras.

30 De la manera anteriormente descrita, se retira la
máscara de la superficie 24 del cuerpo de silicio 21 en la

345702



abertura 22 y por difusión de una impureza en la superficie 24 se dispone una unión pn 25 en el cuerpo de silicio, después de lo cual se aplica a la superficie 24 una capa de metal 26.

5 Si la abertura 22 es pequeña, la capa de metal 26, del mismo modo descrito en el ejemplo precedente, puede extenderse sobre la capa de óxido 23 con el fin de proporcionar una superficie suficientemente grande para la conexión de un conductor.

10 La unión pn 23 está situada a una profundidad desde la superficie 24 menor que la profundidad en que se embute el dibujo 23 en el cuerpo de silicio 21. La unión pn 25 se hace, por ejemplo, a la profundidad de 0,7 micras, por una difusión convencional de fósforo, de modo que se forma la
15 zona 28 de tipo n. Esto da por resultado una unión pn 25 sustancialmente plana, cuyo borde está, no obstante, en contacto con la capa de óxido 23.

Después de que se limpia la superficie 24, se aplica la capa de contacto de aluminio 26 de una manera convencional, por ejemplo, por depósito al vapor, de modo que se obtiene un contacto sustancialmente óhmico. El cuerpo se fija de una manera convencional a una placa metálica 27 que también constituye un contacto. Además, puede conectarse un conductor a la capa de contacto 26. Así se obtiene un diodo pn.
20 Los diodos fabricados por este método tienen una tensión de perforación de aproximadamente 200 voltios, mientras que los diodos hechos del mismo material de la manera convencional sometidos a los mismos tratamientos térmicos (oxidaciones, difusiones) tienen una tensión de perforación de no más de
25 30 100 voltios.



La diferencia en las tensiones de perforación es debida al hecho de que los diodos de acuerdo con la invención tienen una unión pn sustancialmente plana, mientras que el diodo hecho por la técnica convencional de los semiconductores planos tiene una unión pn curva y de forma de copa.

Ejemplo 3

Una estructura de transistor npn o pnp puede obtenerse de la manera siguiente.

Después de que se retira la máscara de la superficie 34 (figura 6), del cuerpo de silicio 31 en la abertura 33 del dibujo embutido 32, y después de la aplicación de la unión pn 35 sustancialmente plana de la manera descrita en el ejemplo precedente, se dota a la superficie 34 de una máscara de difusión. Esta máscara de difusión puede estar formada por una capa de óxido de silicio 41 con un grosor de aproximadamente 0,3 micras y con una abertura 37. Esta máscara de difusión puede aplicarse de una manera convencional por difusión de una impureza a través de la abertura 37; la segunda unión pn 36 está formada a una profundidad menor que la unión pn 35 ya formada, siendo el resultado la estructura pnp o npn. De la manera conocida en la técnica de los semiconductores planos la capa de óxido 32 está provista de unas capas de metal 40 y 39 que están conectadas a través de unas aberturas 38 y 37 a las zonas difundidas 46 y 45, limitadas por las uniones pn 35 y 36, mientras que los conductores 44 y 43 están conectados a las capas de metal 40 y 39. El cuerpo 31 se fija a la placa de metal 42 que sirve de contacto. La estructura de transistor tiene una unión pn 35



sustancialmente plana que puede servir de unión de colector de emisor, mientras que la unión pn 36 sirve de unión de emisor o de unión de colector, respectivamente.

5 Las partes del cuerpo semiconductor 31 que acomodan las uniones 35 y 36 pueden ser una capa de silicio desarrollada epitaxialmente, mientras que el dibujo 32 puede extenderse por todo el grosor de esta capa. Puede obtenerse entonces la estructura correspondiente a una estructura de mesa epitaxial. En el caso de un transistor, el dibujo de óxido de silicio 32 puede tener ventajosamente un grosor mayor (por ejemplo, 2 micras) que en el caso de un diodo, de manera que la unión plana puede estar a una profundidad mayor, dejando libre más espacio para el acomodo de una segunda unión pn.

15 Como las capas de metal 39 y 40 se extienden sustancialmente sobre el dibujo grueso 32, la capacitancia entre estas capas de metal y el cuerpo 31 es pequeña.

Ejemplo 4

20 Se describirá ahora como puede obtenerse con ayuda de un método de acuerdo con la invención un transistor que tiene una unión de emisor sustancialmente plana, y una zona de base, cuya parte situada por debajo de la zona de emisor es más delgada que la parte restante de la zona de base. De manera similar a la descrita en los ejemplos precedentes, se dota al cuerpo de silicio 50 (figura 7) de un dibujo embutido formado por una capa de óxido de silicio 51 que tiene una abertura 52, en la que se utiliza la capa de enmascaramiento 49, 53 de nitruro de silicio. Entonces se retira
25
30 parcialmente el enmascaramiento, de modo que se deja libre



una parte 53 de forma de disco de la máscara 49, 53.

Esto puede llevarse a cabo como sigue: se recubre la parte 53 de una manera convencional con una capa de aluminio que tiene un grosor de aproximadamente 0,1 micras.

5 Luego se retira con alto vacío la parte 49 de la capa 53 por un método de pulverización catódica conocido en la técnica. El dibujo 51 se hace así ligeramente más delgado. Después se retira aluminio de la parte 53 por ataque químico con ácido nítrico.

10 El dibujo 51 puede tener un grosor de aproximadamente 2 micras. Por difusión de una manera convencional, de una impureza en el cuerpo 50, se dispone la unión pn 54, por ejemplo, a una profundidad de 1,5 micras. Por oxidación en los lugares no cubiertos por la máscara 53, se dispone una
15 capa de óxido de silicio 55 (véase también la figura 8) en la abertura 52 sobre la superficie no cubierta por la máscara 53. La capa de óxido 55 es más delgada que el dibujo 51 y puede tener un grosor de 1 micra y está embutida en el cuerpo de silicio 50 en aproximadamente 0,5 micras. Así, la
20 capa de óxido 55 forma un dibujo embutido en el cuerpo en la mitad de su grosor y con una abertura 56.

Se retira la máscara 53 de la manera anteriormente descrita y se difunde una impureza en la superficie descubierta 57 para obtener una unión pn 58, que forma una pro-
25 longación de la unión pn 54 ya obtenida. La unión pn 58 puede encontrarse a una profundidad de aproximadamente 0,6 micras. Además, se difunde una impureza de manera convencional con el fin de obtener una segunda unión pn 59 a una profundidad, por ejemplo, de aproximadamente 0,3 micras en el cuer-
30 po 50, menor que la unión pn prolongada 54, 58, siendo dicha



profundidad menor que aquella en la que está embutida la capa de óxido 55 en el cuerpo de silicio 50.

Después de la limpieza de la abertura 56 y después de la provisión de la abertura 60 (figura 9) de una manera convencional, se disponen la capa de contacto 61 de emisor y la capa de contacto 62 de base, por ejemplo, depositando aluminio desde la fase de vapor. Sobre el lado inferior del cuerpo 50 puede disponerse el contacto 66 de colector. Pueden conectarse conductores a las partes de las capas de metal 61 y 62 que se extienden sobre el dibujo grueso 51.

El transistor resultante tiene una unión pn 59 sustancialmente plana y una zona de base 63 con una parte delgada situada por debajo de la zona de emisor 64.

De esta manera puede obtenerse transistores, que son adecuados para altas frecuencias y tienen una baja resistencia en serie de base, en los que las capas de contacto 61 y 62 se extienden sobre el dibujo grueso 51 de modo que la capacitancia entre estas capas de contacto y el cuerpo 50 es pequeña.

20

Ejemplo 5

Este ejemplo se refiere a un método para la fabricación de un circuito semiconductor monolítico que tiene un cuerpo de silicio 70 (figuras 10, 11 y 12) una superficie del cual está recubierta con una capa aislante 71, 90 sobre la que está dispuesto un sistema de pistas conductoras 72 a 75, que están conectadas a través de las aberturas 76 a 80 de la capa aislante 71 a las zonas 81 a 84 junto a la capa aislante 71 y asociadas con dos elementos de circuito, es decir, el transistor con las zonas de emisor, base y colec-

30

M. A. DILL



tor 81, 82 y 83, respectivamente, y un elemento de resistencia que tiene una zona 84. La zona 85 está dispuesta de una manera convencional solo para fines de aislamiento. El sistema de pistas conductoras 72 a 75 comprende unas zonas de contacto 86 a 89, para permitir la conexión de conductores al sistema. Por razones de claridad solo se muestra un conductor en la figura 12, a saber, el conductor 91 que está conectado a la zona de contacto 87.

De acuerdo con la invención, se dota primeramente a la superficie del cuerpo de silicio 70 de una capa con dibujo de óxido de silicio 90, que se embute preferiblemente en todo su grosor en el cuerpo de silicio 70. El dibujo 90 que tiene la forma de una tira puede tener un grosor de al menos 1 micra.

De una manera convencional en la técnica de los semiconductores planos y con ayuda de una capa aislante 71, que es más delgada que el dibujo 90 y se encuentra junto al dibujo 90, se disponen dichos elementos de transistor y resistencia. Las zonas 83 y 85 pueden disponerse antes de la aplicación de la capa aislante 71, 90, mientras que las zonas 81, 82 y 84 se aplican después de disponerse la capa aislante 71, 90. La delgada capa aislante 71 puede tener un grosor de aproximadamente 0,4 micras. Este pequeño grosor se utiliza con frecuencia en la técnica de los semiconductores planos para una capa aislante. Luego se aplica de manera convencional al sistema de pistas conductoras 72 a 75, mientras que se aplican las zonas de contacto 80 a 89 sobre el dibujo grueso 90. Las pistas conductoras con las zonas de contacto están hechas usualmente de aluminio, y es prácticamente inevitable que se forme una delgada capa de óxido de



aluminio sobre el aluminio. En el procedimiento convencional de fabricación se ensaya el dispositivo semiconductor resultante oprimiendo espigas de contacto contra las zonas de contacto 86 a 89 con una fuerza suficiente para hacerlas penetrar en la capa de óxido de aluminio. Así, es probable que se estropee una capa aislante situada por debajo de las zonas de contacto de grosor convencional, por ejemplo, de aproximadamente 0,4 micras. El dibujo grueso 90 reduce el riesgo de tal deterioro. Además, el riesgo de deterioro es mucho menor cuando los conductores (91) están conectados a las zonas de contacto (87). Para varios circuitos es además importante que la capacitancia entre el cuerpo de silicio (70) y las zonas de contacto (86-89) sea menor debido al dibujo grueso (90).

La delgada capa aislante 71 consiste en óxido de silicio y puede aplicarse de una manera convencional después de la retirada de la máscara, que se utiliza de una manera anteriormente descrita para la aplicación del dibujo 90, para proteger la superficie de silicio localmente contra la oxidación. La delgada capa 71 puede consistir también en este material de enmascaramiento, por ejemplo, si esta máscara consiste en nitruro de silicio.

Resultará evidente que pueden disponerse en el cuerpo de silicio más y/u otros elementos de circuito, tales como diodos y transistores de efecto de campo. El dibujo 90 puede tener formas bastante diferentes y puede estar formado por un anillo que rodea la delgada capa aislante, mientras que sus zonas de contacto están distribuidas sobre este anillo. El dibujo puede extenderse además por debajo de una pista conductora que puede ser útil cuando la capacitancia



cia entre la pista y el cuerpo de silicio tiene que se pequeña.

Ejemplo 6

5 Los dispositivos semiconductores de hoy día se hacen con frecuencia de un cuerpo de silicio de partida formado por una capa de silicio aplicada a un soporte. El soporte consiste usualmente en material aislante, por ejemplo, Al_2O_3 . La capa de silicio, que puede ser policristalina, o sustancialmente monocristalina, puede aplicarse al soporte por el deposito de silicio. En la capa de silicio puede disponerse una pluralidad de elementos de circuito tales como diodos, transistores de efecto de campo del tipo que tiene un electrodo de puerta eléctrica aislado, y resistencias.

10 La capa de silicio puede estar provista de una capa aislante, por ejemplo, de óxido de silicio, sobre la que se dispone de una manera descrita en el ejemplo precedente un sistema de pistas conductoras conectadas a los elementos de circuito.

20 Los elementos de circuito de la capa de silicio pueden estar aislados eléctricamente unos de otros por una disposición de surcos abiertos por ataque químico en la capa, subdividiéndose la capa en una pluralidad de partes, cada una de las cuales puede contener un elemento de circuito.

25 Esto tiene la desventaja de que, debido a los surcos, la superficie del dispositivo ya no es plana, mientras que tales surcos pueden dar lugar a caminos de fugas eléctricas.

 Si la capa es del primer tipo de conductividad, puede obtenerse el aislamiento aplicando una disposición de zonas del tipo opuesto de conductividad, que se extienden por

30



4 11

5 todo el grosor de la capa, dividiéndose así la capa en una pluralidad de partes del primer tipo de conductividad que pueden contener un elemento de circuito y que están separadas entre sí por las zonas del tipo opuesto de conductividad. Sin embargo, en este caso las zonas del tipo opuesto de conductividad pueden dar lugar a una acción de transistor parásita.

10 Por medio de un método de acuerdo con la invención se dispone el aislamiento eléctrico de modo que se eviten dichas desventajas. Se dota a la capa de silicio sobre el soporte de una capa con dibujo de óxido de silicio de una manera descrita en los ejemplos precedentes. Durante este proceso, se continúa el tratamiento de oxidación hasta que el dibujo se extiende por todo el grosor de la capa de silicio, dividiéndose la capa de silicio en una pluralidad de partes separadas entre si por la capa con dibujo de óxido de silicio.

15 Haciendo referencia a la figura 13, la capa con dibujo de óxido de silicio está designada por 100. Las partes de la capa de silicio separadas entre si por dicho dibujo, por 101, y el soporte, por 102.

20 En las partes 101 pueden disponerse de manera convencional elementos de circuito, mientras que la unidad puede recubrirse con una capa aislante que tiene un sistema de pistas conductoras.

25 Resultará evidente que la invención no se limita a los ejemplos descritos anteriormente y que dentro del alcance de la invención son posibles muchas variantes para los expertos en la técnica.

30 El dibujo similar a una capa de óxido de silicio no

345702



necesita embutirse en el cuerpo de silicio en todo su grosor. Para ciertas aplicaciones será suficiente que se embuta el dibujo en el cuerpo de silicio en al menos la mitad de su grosor. Las uniones pn de, por ejemplo, un transistor de alta frecuencia puede aplicarse a profundidades mayores que las profundidades en las que se embute el dibujo. Entonces no se obtienen uniones pn planas, pero no es necesario practicar pequeñas aberturas en una gruesa capa de óxido, mientras que las capas de metal a las que tienen que fijarse los conductores, pueden, no obstante, encontrarse sobre una gruesa capa de óxido (el dibujo), de modo que la capacitancia entre estas capas de metal y el cuerpo es pequeña. Con el fin de obtener un dibujo embutido en el cuerpo de silicio practicamente en todo su grosor, pueden interrumpirse los tratamientos de oxidación más de una vez para retirar la capa de óxido resultante en al menos parte de su grosor.

Además antes de la aplicación del dibujo, puede someterse el cuerpo de silicio a un tratamiento de ataque químico en las zonas en que tenga que disponerse el dibujo.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Holanda el 5 de Octubre de 1.966 con el número 66-14016 se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.



N O T A

5 Los puntos de invención propia y nueva que se presen-
tan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de In-
vención en España por VEINTE años, son los siguientes:

10 1.^a.- Un método de fabricar un dispositivo semicon-
ductor que comprende un cuerpo semiconductor de silicio con
al menos un elemento de circuito semiconductor para el que
está dispuesta una capa de óxido de silicio junto al cuer-
po de silicio, obteniéndose la capa de óxido de silicio sus-
tancialmente plana por un tratamiento de oxidación en una
superficie del cuerpo de silicio y dándole la forma de una
15 capa con dibujo de óxido de silicio, después de lo cual se
somete la parte de la superficie no cubierta por la capa
con dibujo a tratamientos con el fin de obtener el elemento
de circuito, caracterizado porque se dispone una capa con
dibujo de óxido de silicio embutida en el cuerpo de silicio
20 en al menos parte de su grosor enmascarando la superficie
del cuerpo de silicio localmente contra la oxidación duran-
te el tratamiento de oxidación.

25 2.^a.- Un método según la reivindicación 1, caracteri-
zado porque se utiliza una máscara que consiste en una capa
resistente a la oxidación y con un grosor menor que el de
la capa con dibujo de óxido de silicio a disponer.

30 3.^a.- Un método según las reivindicaciones 1 ó 2, ca-
racterizado porque se enmascara localmente el cuerpo de si-
licio contra la oxidación disponiendo una capa de nitruro
de silicio.



4^a.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se interrumpe al menos una vez el tratamiento de oxidación y porque se retira la capa de óxido de silicio resultante en al menos parte de su grosor durante la interrupción.

5 5^a.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la capa con dibujo se embute en el cuerpo de silicio en al menos 0,5 micras.

10 6^a.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque con ayuda de la máscara se dota a una capa con dibujo de óxido de silicio de al menos una abertura.

15 7^a.- Un método según la reivindicación 6, caracterizado porque se retira la máscara de la superficie del cuerpo de silicio en la abertura, aplicándose una capa de metal sobre dicha superficie en la abertura con el fin de obtener un diodo de Schottky, mientras que con el fin de permitir el establecimiento de un contacto eléctrico, esta capa de metal se extiende sobre la capa de óxido de silicio.

20 8^a.- Un método según la reivindicación 6, caracterizado porque se retira la máscara de la superficie del cuerpo de silicio en la abertura, se dispone una unión pn en el cuerpo de silicio por difusión de una impureza en dicha superficie, y se lleva a contacto con dicha superficie una capa de metal, cuya capa se extiende sobre la capa de óxido de silicio con el fin de permitir el establecimiento de un contacto eléctrico.

25 9^a.- Un método según las reivindicaciones 6 u 8, caracterizado porque después de la retirada de al menos parte de la máscara desde la superficie del cuerpo de silicio

345702



en la abertura, se dispone una unión pn en el cuerpo de silicio por la difusión de una impureza en la superficie descubierta, estando dicha unión situada a una profundidad desde dicha superficie menor que la profundidad en que se embute en el cuerpo de silicio la capa con dibujo.

10^a.- Un método según la reivindicación 8, caracterizado porque antes de la difusión de la impureza se retira toda la máscara, mientras que después de la aplicación de la unión pn y con ayuda de una máscara de difusión se difunde una impureza en parte de la superficie del cuerpo de silicio en la abertura de la capa con dibujo para disponer una segunda unión pn a una profundidad menor que la unión pn ya dispuesta.

11^a.- Un método según la reivindicación 9, caracterizado porque antes de la difusión de la impureza se retira solo parcialmente la máscara, mientras que después de la difusión y después de la provisión de una capa de óxido de silicio por oxidación en la abertura de la superficie no cubierta por la parte restante de la máscara, cuya capa de óxido es más delgada que la capa con dibujo y está embutida en al menos parte de su grosor en el cuerpo de silicio, se retira la parte restante de la máscara mientras que se difunde una impureza en la superficie descubierta para obtener una unión pn que forma una prolongación de la unión ya dispuesta, así como una impureza para obtener una segunda unión pn a una profundidad en el cuerpo de silicio menor que dicha prolongación y a una profundidad menor que la profundidad en que está embutida en el cuerpo de silicio la capa de óxido más delgada.

12^a.- Un método según las reivindicaciones 9, 10 ú



11, caracterizado porque se dispone sobre la capa con dibujo de óxido de silicio al menos una capa de metal que está conectada a una zona obtenida por difusión de una impureza y porque se conecta un conductor a dicha capa de metal.

5 13^a.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, para la fabricación de un circuito semiconductor monolítico que tiene un cuerpo de silicio, una superficie del cual está recubierta con una capa aislante sobre la que se dispone un sistema de pistas conductoras que está en contacto a través de aberturas de la capa aislante con zonas adyacentes a la capa aislante de al menos dos elementos de circuito previstos en el cuerpo de silicio, mientras que el sistema de pistas conductoras tiene al menos una zona de contacto con la conexión de un conductor al sistema, caracterizado porque se dota a la superficie del cuerpo de silicio de una capa con dibujo de óxido de silicio, después de lo cual con ayuda de una capa aislante sobre la parte de la superficie no cubierta por la capa con dibujo cuya capa aislante es más delgada que la capa con dibujo y que está junto a ella se disponen en el cuerpo de silicio las zonas de los elementos de circuito estando estas zonas junto a dicha capa aislante, después de lo cual se dispone sobre la capa aislante consistente en la capa con dibujo y la capa aislante mencionada más delgada, el sistema de pistas conductoras, cuyas zonas de contacto están dispuestas sobre la capa con dibujo.

10

15

20

25

30 14^a.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el cuerpo de silicio de partida consiste en una capa de silicio dispuesta sobre un soporte y porque durante la aplicación de la ca-



5 pa con dibujo de óxido de silicio se continua el tra-
miento de oxidación hasta que la capa con dibujo se ex-
tiende por todo el grosor de la capa de silicio, siendo
la capa de silicio dividida en una pluralidad de partes
separadas entre sí por la capa con dibujo.

15º.- Un método de fabricar un dispositivo semicon-
ductor.

10 Tal y como se ha descrito en la Memoria que ante-
cede, representado en los dibujos que se acompañan y para
los fines que se han especificado.

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

Madrid,

26 NOV. 1968

P.A.

345702

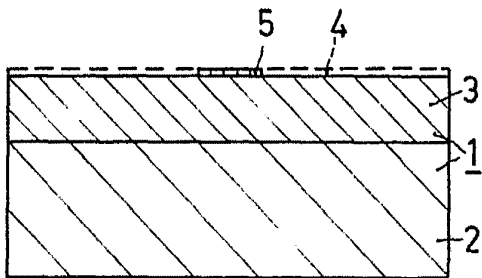


FIG. 1

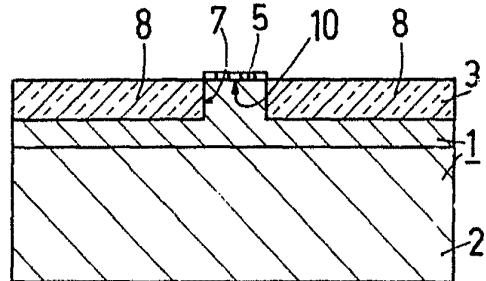


FIG. 3

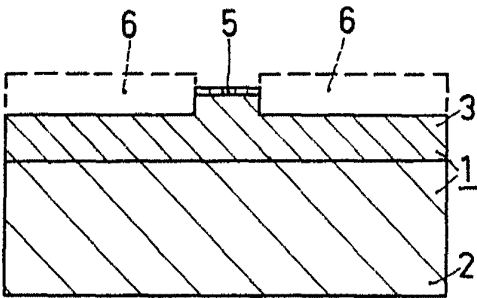


FIG. 2

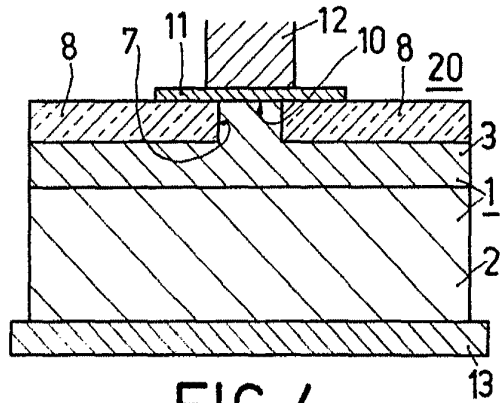


FIG. 4

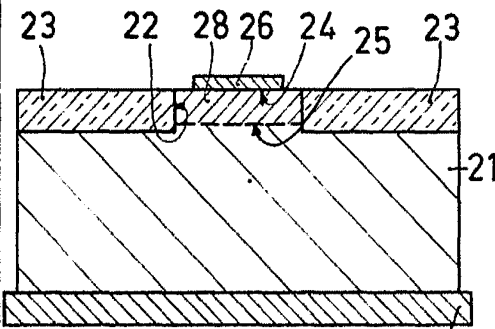


FIG. 5

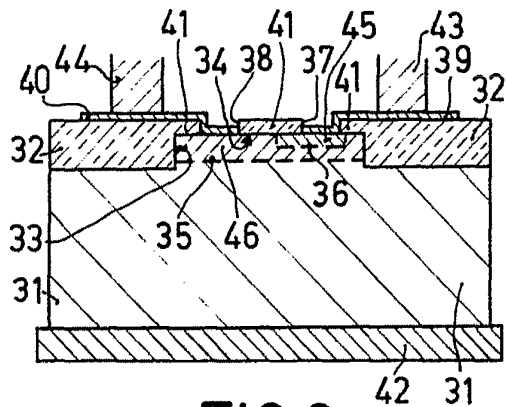


FIG. 6

Alfred G. G. G.

345702

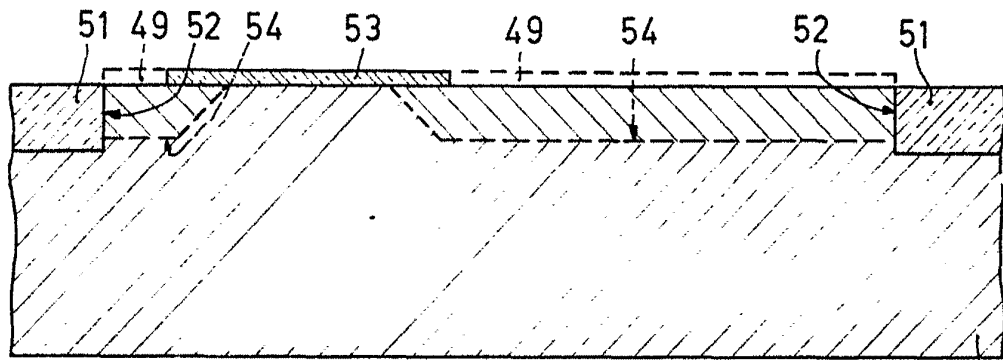


FIG. 7

50

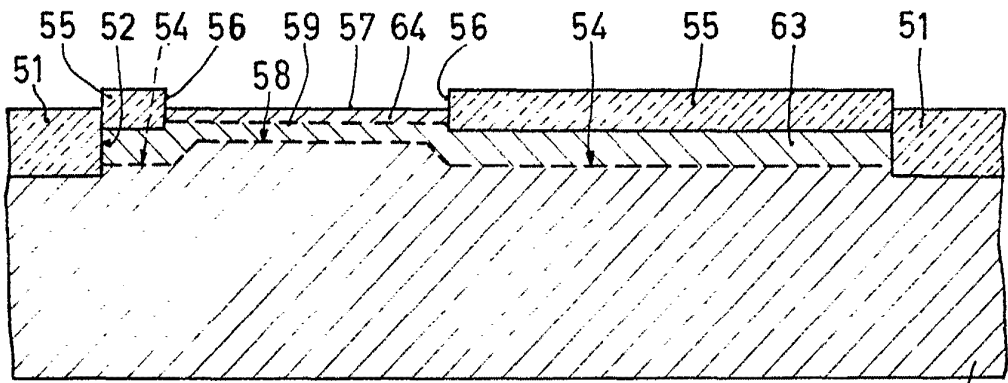


FIG. 8

50

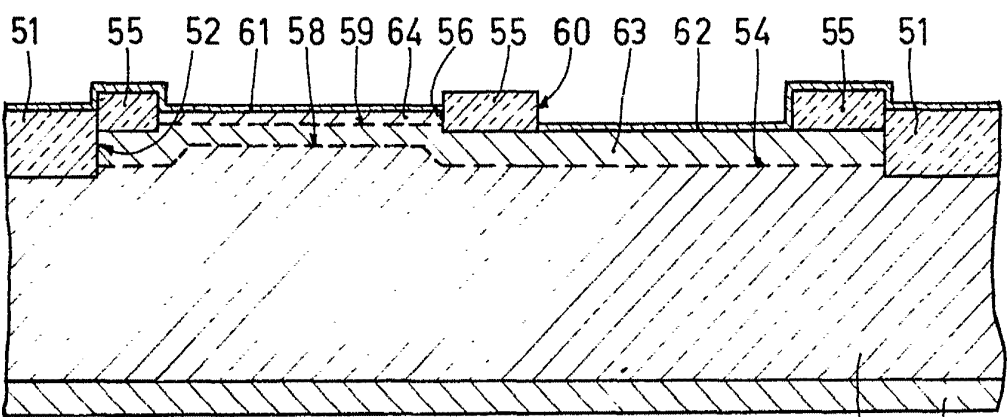


FIG. 9

50

66

Alba...
[Handwritten signature]

345702

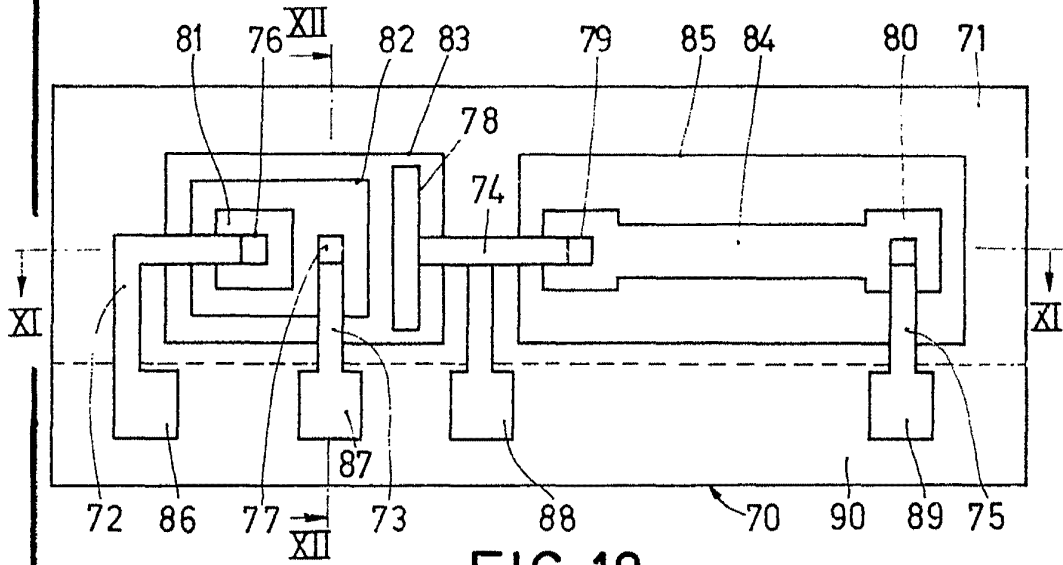


FIG. 10

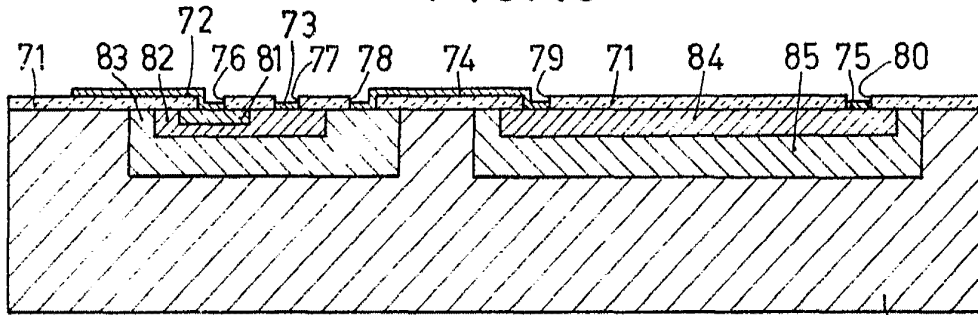


FIG. 11

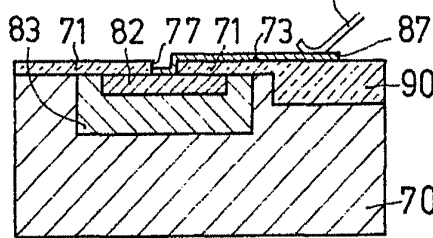


FIG. 12

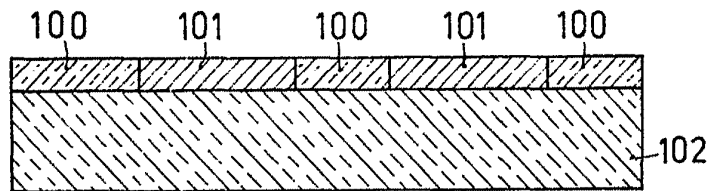


FIG. 13

Alberto de Elzabete