

328170

1 AGO 1966



328170

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud
de

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 20 de junio de 1.966 con el número 328.170

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de N. V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, entidad -
holandesa, establecida en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda,
por:

"UN METODO DE FABRICAR UN DISPOSITIVO TRANSISTOR DE EFECTO
DE CAMPO CON BARRERA AISLADA"

La presente invención se refiere a transistores de
efecto de campo con barrera aislada, y a métodos para manufac-
turar tales transistores.

5 Se conocen circuitos que comprenden transistores de
efecto de campo con barrera aislada p-n-p y n-p-n, y el obje-
to de la presente invención es proporcionar un método para ma-
nufacturar un dispositivo que comprende transistores p-n-p y
n-p-n, en el que las regiones p y n se incluyen en un cuerpo
monocristalino.

10 Según un primer aspecto de la invención, en un mé-

328170



5 todo para manufacturar un dispositivo transistor de efecto de campo con barrera aislada, se proporciona una cavidad que se extiende al interior de, pero no a través de, un cuerpo semiconductor inicial de un tipo de conductividad; se deposita -
10 epitaxialmente un material semiconductor del otro tipo de conductividad, de forma que se llene la cavidad; se separa el exceso de material depositado, de forma que se proporcione un cuerpo monocristalino que tenga una parte de un tipo de conductividad, y, en el sitio de la cavidad, una parte del otro tipo de conductividad; se proporcionan dos regiones del otro tipo de conductividad en la parte del primer tipo de conductividad, formando regiones de fuente y drenaje, y se proporcionan dos regiones del primer tipo de conductividad en la parte del otro tipo de conductividad, formando regiones de -
15 fuente y drenaje; y se proporciona una capa conductora, con dibujo, sobre una capa aislante proporcionada sobre el cuerpo monocristalino, formando electrodos de barrera y conexiones a dichas regiones difundidas y a los electrodos de barrera.

20 Según un segundo aspecto de la invención, en un método para manufacturar un dispositivo transistor de efecto de campo con barrera aislada se proporcionan dos cavidades que se extienden al interior de, pero no a través de, un cuerpo semiconductor inicial de un tipo de conductividad; se deposita epitaxialmente un material semiconductor del otro tipo de conductividad, de forma que se llene una de las cavidades y -
25 que la otra cavidad se llene solo parcialmente; se deposita epitaxialmente material semiconductor del primer tipo de conductividad, de forma que se termine de llenar la otra cavidad; se separa el exceso de material depositado, de forma que se -
30 proporcione un cuerpo monocristalino que tenga una parte del



primer tipo de conductividad y en el sitio de la primera
cavidad, una parte del otro tipo de conductividad, y en el
sitio de la otra cavidad una parte del otro tipo de conduc-
tividad que rodea a una parte del primer tipo de conducti-
5 vidad; se proporcionan dos regiones del primer tipo de con-
ductividad en el material depositado epitaxialmente en el -
sitio de la primera cavidad, formando regiones de fuente y
drenaje, y se proporcionan dos regiones del otro tipo de con-
ductividad en el material del primer tipo de conductividad,
10 depositado epitaxialmente, en el sitio de la otra cavidad, -
formando regiones de fuente y drenaje; y se proporciona una
capa conductora con dibujo, sobre una capa aislada proporci-
onada sobre el cuerpo monocristalino, formando electrodos de
barrera y conexiones a dichas regiones difundidas y a los -
15 electrodos de barrera.

Por lo menos la operación final para formar una ca-
vidad, puede ser una operación de ataque químico.

El método según la invención facilita la manufactu-
ra y conexión de gran número de circuitos que comprenden pares
20 de transistores de efecto de campo con barrera aislada p-n-p
y n-p-n, y puede ser útil para proporcionar pequeños acopios
que comprenden un cierto número de tales pares.

Se puede proporcionar una pluralidad de transisto-
res de efecto de campo con barrera aislada p-n-p y/o una plu-
25 ralidad de transistores de efecto de campo con barrera aisla-
da n-p-n.

Se puede proporcionar una pluralidad de cavidades -
para un tipo de transistor de efecto de campo con barrera ais-
lada (n-p-n o p-n-p), alojando en cada cavidad un solo transis-
30 tor.

328170

AGO



La separación de material del cuerpo, para formar una cavidad, puede depender solamente de las propiedades de volumen del material del cuerpo.

5 El cuerpo puede ser de silicio, y se puede proporcionar la capa aislante oxidando el silicio de la superficie.

La cavidad se puede extender, o las cavidades se pueden extender, al interior del cuerpo inicial, desde una superficie plana del cuerpo inicial; ello facilita la separación del exceso de material depositado, que se puede hacer por pulido mecánico.

10 El cuerpo semiconductor inicial puede ser homogéneo.

Si se efectúa la deposición epitaxial en una cavidad en un cuerpo o región del tipo p , se puede proporcionar una capa n^+ como recubrimiento de la cavidad, y si la deposición epitaxial se efectúa en un cuerpo o región del tipo n , se puede proporcionar una capa p^+ como recubrimiento de la cavidad, ya sea por un procedimiento de difusión o por una operación inicial de deposición epitaxial.

20 En el cuerpo y/o sobre la capa aislante se pueden proporcionar otros componentes, para proporcionar un dispositivo más complejo con la pauta de conducción.

La capa conductora con dibujo puede ser de metal, por ejemplo de aluminio.

25 La invención se refiere también a dispositivos transistores de efecto de campo con barrera aislada, cuando se manufacturan según el primero o segundo aspecto de la invención.

A continuación se describirán, a título de ejemplo, realizaciones del método y dispositivo según la invención, con referencia a los dibujos diagramáticos adjuntos, en los que:



La fig. 1 es un corte transversal hecho según la línea I-I de la fig. 2;

La fig. 2 es una vista en planta; y

La fig. 3 es un diagrama de circuito de una primera realización; y

La fig. 4 es una sección transversal, correspondiente a la de la fig. 1, de una segunda realización, en una operación intermedia de la manufactura.

Un cuerpo de silicio tipo p, de 5 ohm-cm, en forma de rebanada que puede tener 2 cm de diámetro, es pulimentado, por ejemplo hasta un espesor de 300 micras, y pulido, por ejemplo por ataque químico, de forma que tenga una estructura cristalina sin daño y un acabado especular plano en una de sus superficies más grandes. Tal cuerpo puede proporcionar fácilmente 100 pares de transistores de efecto de campo con barrera aislada. Para mayor sencillez, la descripción siguiente se referirá a la manufactura de solamente un par de transistores.

Se forma en el cuerpo una capa de óxido, por ejemplo calentando el cuerpo en oxígeno húmedo, saturado de vapor de agua a 98°C, durante 1 hora a 1000°C. Sobre la capa de óxido se proporciona una capa de reserva fotosensible, que se expone de tal manera que esté protegida de la radiación incidente un área que puede ser de aproximadamente 100 x 130 micras. Las partes no expuestas de la capa protectora se separan con un revelador. Se conocen materiales protectores adecuados, de los que se dispone en el comercio. En algunos casos se puede endurecer por cocción la capa protectora que queda, previamente expuesta. Se separa la capa de óxido, por ataque químico, en un área correspondiente al área protegida

328170



1 AGO

Se prepara un producto adecuado para el ataque químico añadiendo 1 parte en peso de fluoruro amónico a 4 partes en peso de agua, y añadiendo a la misma 3% de volumen de ácido fluorhídrico al 40%. Usando un producto de acción
5 lenta para el ataque químico del silicio (es conveniente una velocidad de ataque químico igual a 6 micras/min) se proporciona en el cuerpo una cavidad de 12 micras de profundidad. Un producto adecuado para el ataque químico está constituido por 10 partes en volumen de ácido fluorhídrico al 40%, y 90 partes en volumen de ácido nítrico al
10 70%.

Luego se proporciona una región n^+ en la cavidad, difundiendo fósforo en el interior de las paredes de la cavidad. El resto del cuerpo es protegido de la acción
15 del fósforo por el recubrimiento de óxido. La difusión del fósforo se efectúa con una atmósfera producida haciendo burbujear nitrógeno, en cantidad de 20 cc/min, a través de oxocloruro de fósforo, a 15°C, y añadiendo a la mezcla gaseosa resultante un caudal de nitrógeno de 200 cc/min.
20 Para que se efectúe la difusión, se mantiene el cuerpo a 1050°C durante 30 min.

Luego se separa el resto del recubrimiento de óxido, por un procedimiento de ataque químico.

Se mide la profundidad de la cavidad, para determinar si es la requerida. Se prepara la superficie del cuerpo para la deposición epitaxial.
25

La preparación se puede efectuar desengrasando en tricloroetileno, hirviendo en ácido nítrico al 70%, eliminando el recubrimiento resultante de óxido con ayuda de vapor de fluoruro de hidrógeno, y lavando en agua destilada
30



y desionizada.

El cuerpo preparado se pone en un horno, y se le proporciona una capa epitaxial tipo n, sustancialmente suficiente para llenar la cavidad. La superficie exterior de la capa epitaxial sigue el contorno de la superficie del cuerpo. La deposición epitaxial se puede efectuar calentando el cuerpo a una temperatura de 1250°C, - por calentamiento por radiofrecuencia en el horno, en atmósfera de hidrógeno muy puro. Se introducen tetracloruro de silicio y una pequeña cantidad de tricloruro de fósforo en la atmósfera del horno, de forma que, por reacción con el hidrógeno, se produzca una capa epitaxial de silicio activado con fósforo, que tenga una resistividad de - 2 ohm-cm.

Después de la deposición epitaxial se saca el cuerpo del horno, y es pulido hasta que la superficie quede plana y sea visible el límite de la unión p-n, en el sitio de la cavidad, cuando se ataca químicamente con un producto adecuado para ataque químico. El hecho de proporcionar la capa n+ antes descrita, que es opcional, hace fácilmente visible la unión p-n.

Después de desengrasar y hervir en ácido nítrico al 70%, se vuelve a formar sobre el cuerpo una capa de óxido, y se separa la capa de óxido en dos áreas pequeñas, para permitir la difusión de boro en el material tipo n depositado epitaxialmente.

Las pequeñas ventanas son rectangulares de lados paralelos, cada uno de 20 micras de anchura por 120 micras de longitud, separados por una distancia de 15 micras. La difusión del boro se efectúa pasando una corriente de ni-

328 170



trógeno sobre una cierta cantidad de nitruro de boro, calentado a 1050°C, y dejando que la atmósfera resultante fluya sobre el cuerpo, calentado a 1050°C. En 10 min se consigue una profundidad satisfactoria de difusión, -
5 de 1 micra.

Luego se vuelve a formar al recubrimiento de óxido, y se forman en la capa de óxido dos pequeñas ventanas rectangulares de lados paralelos, de 40 micras de longitud y 20 micras de anchura, separadas por una distancia de 15 micras, para permitir la difusión de fósforo al interior del cuerpo original, tipo p, difundiéndose el fósforo por el método antes descrito. Se obtiene una profundidad satisfactoria, de 1 micra, para la resultante difusión tipo n, si el cuerpo se calienta a una temperatura de 1000°C durante 15 min.
10
15

El resto de la capa de óxido se elimina por ataque químico, y se forma una nueva capa de óxido, calentando el cuerpo en una atmósfera de oxígeno seco, a 1200°C. La capa puede tener un espesor de 1000 a 2000 Å, obteniéndose estos espesores por calentamiento durante 15 min y 1 hora, respectivamente.
20

Se abren ventanas en la capa de óxido, para permitir que haya contacto con las regiones tipo n y tipo p difundidas, con el cuerpo tipo p, y con el material tipo n depositado epitaxialmente. La deposición y difusión antes mencionadas se efectúan todas por un lado de la rebanada.
25

También se separa la capa de óxido del otro lado de la rebanada, y se evapora oro por este otro lado, - hasta una profundidad de unos pocos cientos de unidades Å.
30



Se calienta el cuerpo a 950°C durante 1 hora, para difundir el oro al interior de la rebanada, y luego se separa el exceso de oro, por ataque químico con agua regia. Luego se vuelve a pulimentar este otro lado, y se aplica
 5 al mismo una mezcla de P_2O_5 y B_2O_3 suspendidos en glicorina. Luego se calienta el cuerpo a 850°C durante 1 hora, para ayudar a que salga por difusión el metal no deseado que se difunde rápidamente, por ejemplo cobre. La aplicación y calentamiento del P_2O_5 afecta en cierto grado a la
 10 capa de óxido restante. Si se necesita mayor estabilidad del dispositivo, se pueden realizar más operaciones para convertir la superficie de la capa de óxido en un cristal que contiene fósforo.

Después de limpiar la superficie, lo que se puede hacer sumergiendo el cuerpo en un producto para ataque químico con fluoruro amónico, durante 20 seg, se deposita una capa de aluminio, de 3000 Å de espesor, sobre el recubrimiento de óxido y sobre el material semiconductor, en las ventanas, por evaporación a vacío. Se obtiene una adhesión satisfactoria si el cuerpo se calienta a aproximadamente 150°C durante la deposición de aluminio. Se proporciona un material fotosensible sobre el aluminio, y se expone y revela para definir un dibujo deseado de conexiones, y dos electrodos de barrera. El aluminio que no se
 20 necesita se elimina con ayuda de un baño de ataque químico con ácido fosfórico, a temperatura mayor de 30°C.
 25

La fig. 1 y la fig. 2 muestran un dispositivo completo, que comprende un cuerpo 1 tipo p; material 2 tipo n, depositado epitaxialmente, cuya extensión se muestra en la fig. 2 mediante la línea 3 de puntos y rayas; una
 30

328170



capa 4 difundida, tipo n^+ ; regiones 5 difundidas, tipo p; regiones 6 difundidas, tipo n ; y una capa de óxido, 7. Se proporcionan electrodos 8 y 9 de barrera, de aluminio, y otros conductores de aluminio. El conductor 10 proporciona la conexión a la fuente 5, el conductor 11 conecta entre sí los electrodos de barrera 8 y 9, el conductor 12 proporciona la conexión con, e interconecta a los drenajes 5 y 6, el conductor 13 proporciona la conexión con la fuente 6, y los conductores 14 y 15 proporcionan la conexión con las regiones 2 y 1, respectivamente.

La fig. 3 es un diagrama de circuito que corresponde al circuito del dispositivo que se muestra en las figs. 1 y 2. Tal circuito, que se puede usar como interruptor, comprendiendo dos transistores independientes, de efecto de campo con barrera aislada, es bien conocido, y se puede denominar circuito interruptor de par complementario de transistores de efecto de campo con barrera aislada. La difusión de oro en el cuerpo, antes mencionada, hace que las propiedades superficiales del cuerpo 1 y del material depositado 2, bajo la capa de óxido, sean tales que, con cualquiera de las barreras a tensión igual a cero, en relación con cualquiera de las fuentes, no pasa sustancialmente nada de corriente entre fuente y drenaje, para el transistor de que se trate. Para obtener un circuito más complejo, que comprenda una pluralidad de transistores como el transistor (10,11,12), asociado cada uno de ellos con una cavidad independiente, los substratos depositados epitaxialmente se pueden polarizar durante el funcionamiento, de forma distinta.

Con el dispositivo antes descrito, las resisti-



vidades del cuerpo 1 y del material depositado 2 se pueden elegir, sin dificultad, entre amplios intervalos.

Será evidente que los dos transistores de pueden conectar en circuitos distintos de los antes descritos, que en el cuerpo 1 y /o en la capa de óxido 7 se pueden proporcionar otros componentes, tales como transistores, diodos, resistencias y capacitancias, y que, en particular, se pueden proporcionar otros transistores de efecto de campo con barrera aislada p-n-p y/o n-p-n. Si se proporcionan más transistores de efecto de campo de barrera p-n-p, se puede proporcionar cada uno de ellos en una región separada de material tipo n asociado con una cavidad independiente, para reducir los efectos parásitos.

Aunque la descripción antes indicada se refiere a la deposición epitaxial de material tipo n sobre un cuerpo tipo p, como alternativa se puede depositar material tipo p sobre un cuerpo tipo n. Como alternativa, se pueden proporcionar las regiones 6 tipo n por deposición epitaxial en dos pequeñas cavidades adicionales, previamente proporcionadas para ellas, y al mismo tiempo que la región 2 tipo n, depositada epitaxialmente.

Además, las dimensiones antes indicadas se dan a título de ejemplo. Si, por ejemplo, se requieren transistores de gran relación de amplificación, se alterarán las dimensiones.

La fig. 4 muestra una operación intermedia de una manufactura alternativa, en la que hay dos transistores de efecto de campo con barrera aislada, asociado cada uno de ellos con una abertura independiente. Después de hacer las aberturas (en este caso una abertura es más profunda que

328170



la otra) en un cuerpo semiconductor de conductividad tipo p, se deposita epitaxialmente el material tipo n suficiente para llenar la cavidad menos profunda, y para llenar solo parcialmente la cavidad más profunda. Después se deposita epitaxialmente material tipo p, para -
5 terminar de llenar la cavidad más profunda. La deposición epitaxial de material tipo p se puede efectuar de forma - similar a la antes descrita para el material tipo n, salvo en que se proporciona en el sitio de la cavidad una cierta
10 presión de vapor de decaborano ($B_{10}H_{14}$), sustituyendo el tricloruro de fósforo por decaborano. La fig. 4 muestra el cuerpo 20, el material 21 y 22 tipo n, depositado epitaxialmente, y el material 23 tipo p, depositado epitaxialmente. En general, es más económico completar las deposiciones epitaxiales de la forma que se indica, antes de separar el exceso de material depositado, por ejemplo hasta
15 el nivel indicado por la línea de trazos 24. Sin embargo, la separación se puede efectuar en dos operaciones, una - después de cada deposición, si se desea. Luego puede seguir, de la forma descrita antes con referencia a las figs. 1 y
20 2, la formación de una capa aislante y de electrodos de barrera y conductores, en las regiones difundidas tipo p y tipo n del material 21 y 23 depositado epitaxialmente, respectivamente. Este dispositivo puede proporcionar mayor -
25 grado de libertad, respecto a acciones parásitas, que el - descrito con referencia a las figs. 1 y 2.

Las consideraciones generales antes indicadas con referencia a las figs. 1, 2 y 3, son también válidas para el dispositivo de la fig. 4.

30 La presente solicitud que corresponde a la pre-



sentada en Gran Bretaña, con fecha 22 de junio de 1.965, bajo el N^o 26340/65 completa, 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 presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención, en España, por VEINTE años, son los siguientes:

10 1.- Un método de fabricar un dispositivo transistor de efecto de campo con barrera aislada, caracterizado porque se dispone una cavidad que se extiende dentro, pero no a través, de un cuerpo semiconductor inicial de un tipo de conductividad, se deposita epitaxialmente material semiconductor del otro tipo de conductividad para llenar
15 la cavidad, el material depositado en exceso es retirado de manera que se proporciona un cuerpo monocristalino que tiene una parte de un tipo de conductividad y en el sitio de la cavidad una parte del otro tipo de conductividad, se proporcionan dos regiones del otro tipo de conductividad -
20 en la parte del primer tipo de conductividad para formar regiones de fuente y drenaje y se proporcionan dos regiones del primer tipo de conductividad en la parte del otro tipo de conductividad para formar regiones de fuente y drenaje
25 y se proporciona una capa conductora con dibujo sobre una capa aislante dispuesta en el cuerpo monocristalino para formar electrodos de barrera y conexiones a dichas regio-

328170



nes difundidas y a los electrodos de barrera.

2.- Un método de fabricar un dispositivo transistor de efecto de campo con barrera aislada, caracterizado porque se disponen dos cavidades que se extienden dentro, pero no a través, de un cuerpo semiconductor inicial de un tipo de conductividad, se deposita epitaxialmente material semiconductor del otro tipo de conductividad para llenar una de las cavidades y llenar solo parcialmente la otra cavidad, se deposita epitaxialmente material semiconductor del primer tipo de conductividad para completar el llenado de la otra cavidad, el material depositado en exceso es eliminado, de manera que se proporciona un cuerpo monocristalino que tiene una parte del primer tipo de conductividad y, en el sitio de una cavidad, una parte del otro tipo de conductividad y, en el sitio de la otra cavidad, una parte del otro tipo de conductividad que rodea una parte del primer tipo de conductividad, se proporcionan dos regiones del primer tipo de conductividad en el material depositado epitaxialmente en el sitio de la primera cavidad para formar regiones de fuente y drenaje y se proporcionan dos regiones del otro tipo de conductividad en el material depositado epitaxialmente del primer tipo de conductividad en el sitio de la otra cavidad para formar regiones de fuente y drenaje, y se dispone una capa conductora formando dibujo sobre una capa aislante dispuesta sobre el cuerpo monocristalino para formar electrodos de barrera y conexiones a dichas regiones difundidas y a los electrodos de barrera.

3.- Un método como se reivindica en los puntos 1 ó 2, caracterizado porque al menos la operación final de formar la cavidad es una operación de ataque químico.

326170



4.- Un método como se reivindica en los puntos 1 ó 2, en el cual son proporcionados o es proporcionado una pluralidad de transistores de efecto de campo con barrera aislada p-n-p y/o una pluralidad de transistores de efecto de campo con barrera aislada n-p-n.

5.- Un método como se reivindica en cualquiera de los puntos precedentes, en el cual se proporciona una pluralidad de cavidades para un tipo de transistores de efecto de campo con barrera aislada (n-p-n o p-n-p) y cada cavidad aloja un transistor único.

6.- Un método como se reivindica en cualquiera de los puntos precedentes, en el cual la eliminación de material desde el cuerpo para formar una cavidad depende solo de las propiedades principales del material del cuerpo.

7.- Un método como se reivindica en cualquiera de los puntos precedentes, en el cual el cuerpo es de silicio y la capa aislante se proporciona oxidando el silicio de superficie.

8.- Un método como se reivindica en cualquiera de los puntos precedentes, en el cual la cavidad se extiende o las cavidades se extienden dentro del cuerpo inicial desde una superficie plana del cuerpo inicial.

9.- Un método como se reivindica en cualquiera de los puntos precedentes, en el cual la eliminación del material depositado en exceso se efectúa por pulido mecánico.

10.- Un método como se verifica en cualquiera de los puntos precedentes, en el cual el cuerpo semiconductor inicial es homogéneo.

11.- Un método como se reivindica en cualquiera

328170



de los puntos precedentes, en el cual la deposición epitaxial se efectúa dentro de una cavidad de un cuerpo o región de tipo p-y se dispone una capa n+ como un forro de la cavidad.

5 12.- Un método como se reivindica en cualquiera de los puntos precedentes, en el cual la deposición epitaxial se efectúa dentro de un cuerpo o región de tipo n y se dispone una capa p+ como un forro de la cavidad.

10 13.- Un método como se reivindica en los puntos 10 u 11, en el cual la capa n+ y/o p+ se proporciona por un procedimiento de difusión.

14.- Un método como se reivindica en cualquiera de los puntos precedentes, en el cual se disponen otros componentes en el cuerpo y/o en la capa aislante.

15 15.- Un dispositivo transistor de efecto de campo, con barrera aislada cuando se fabrica por el método reivindicado en cualquiera de los puntos precedentes.

16.- Un método de fabricar un dispositivo transistor de efecto de campo con barrera aislada.

20 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

La presente Memoria consta de dieciseis hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

25

Madrid, 1 AGO 1950

P.A.

Alberto de Eizaburu
Por Poder

328170

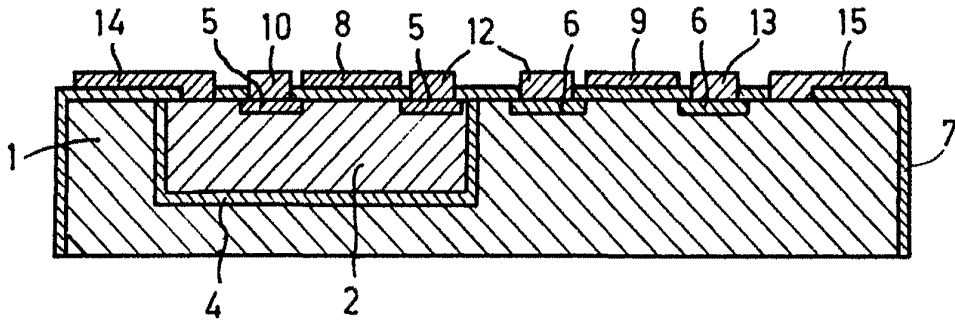


FIG. 1

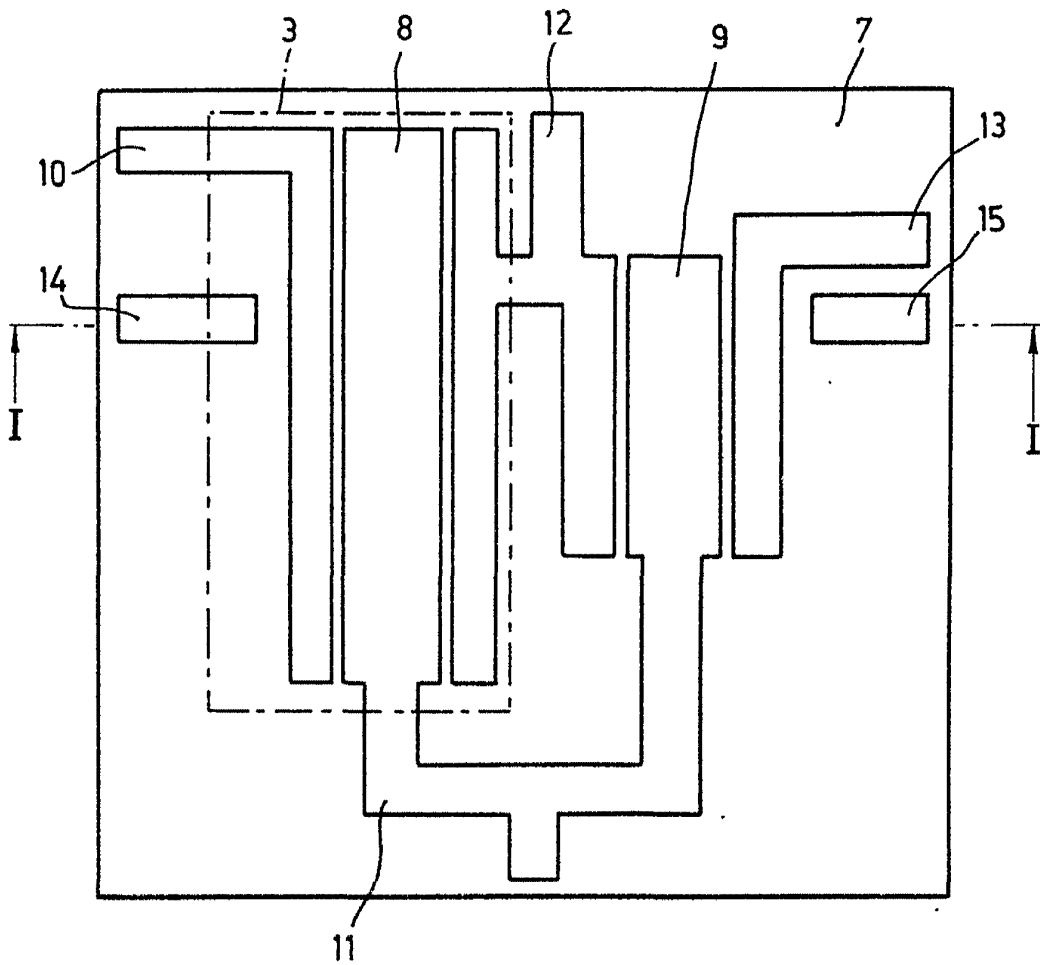


FIG. 2



328170

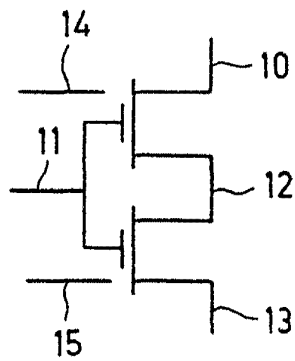


FIG.3

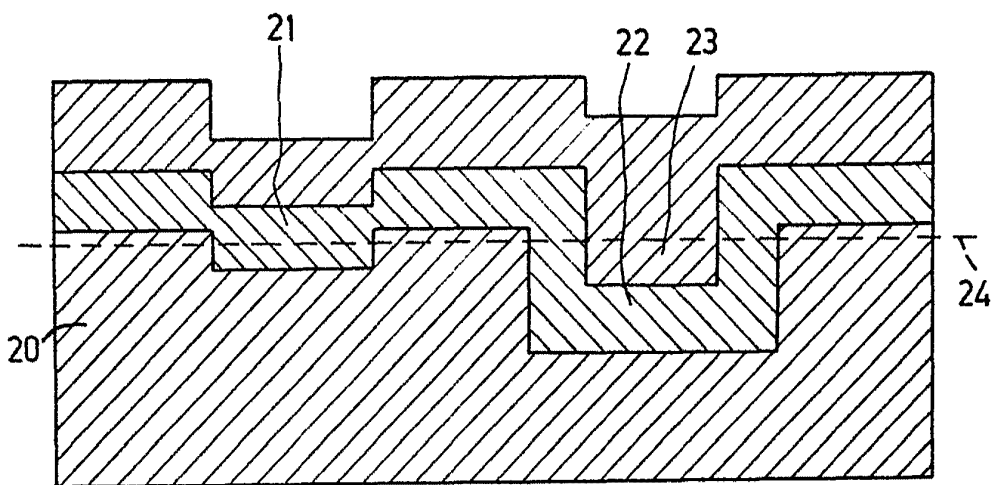


FIG.4

Handwritten signature or initials.