

386734

P.- 46.367
PHB. 32028

Spain
VD/EV

18 ENE



386734

Memoria descriptiva

SECCION TECNICA
CLASIFICACION
CLASE <u>H01</u>
SUBCLASE <u>L</u>

para solicitar PATENTE DE INVENCION

por 20 años

a nombre de N.V. PHILLIPS' GLOELAMPENFABRIEKEN

entidad / ~~de nacionalidad~~ holandesa

con domicilio en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda.

por: "UN METODO DE FABRICAR UN TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO
DE ELECTRODO DE MANDO AISLADO"

(Clase Internacional H011)

Este invento se refiere a un método de fabricar un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado en el que están previstos, en una superficie de un cuerpo o parte de cuerpo semiconductor de un tipo de conductividad, capas de electrodo de entrada, de salida y de mando, estando separada la capa de electrodo de mando de la superficie semiconductor por material aislante, comprendiendo las capas de electrodo de entrada y de salida partes de capa metálica continua que se extienden sobre material aislante en la superficie semiconductor desde aberturas del material aislante y que forman allí contacto con regiones superficiales semiconductoras a lados opuestos de la región superficial bajo la capa de electrodo de mando, después de lo cual se efectúa un bombardeo iónico en dicha superficie con iones de un elemento de impurificación que determina el tipo de conductividad característico del tipo opuesto de conductividad. El invento se refiere también a transistores de efecto de campo de electrodo de mando aislado fabricados por tales métodos. Un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado de esta clase, puede formar parte de un circuito integrado semiconductor.

En la tecnología de los semiconductores, se ha empleado el procedimiento de implantación iónica en la fabricación de células solares y de detectores de radiación. La implantación iónica supone en general el bombardeo de un material semiconductor con un haz de iones impurificantes energéticos para formar regiones de conductividad y/o de tipo de conductividad diferentes en el material semiconductor. Más recientemente, se ha utilizado también la implantación iónica para fabricar transistores de efecto de campo de elec

386734

18



trodo de mando aislado. En la solicitud N^o 357.288 se describe un método de fabricar un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado, en el que en un cuerpo o parte de cuerpo semiconductor, de un tipo de conductividad, hay formadas inicialmente, por ejemplo mediante una operación de difusión, dos regiones de baja resistividad, separadas, de tipo de conductividad opuesto, extendiéndose dichas regiones en el cuerpo o parte de cuerpo semiconductor desde una de sus superficies, están previstas partes de capa metálica de electrodos de entrada y de salida que se extienden en aberturas en una capa aislante en dicha superficie para hacer contacto óhmico con partes superficiales de dichas dos regiones de baja resistividad y está prevista una parte de capa metálica de electrodo de mando en una zona de dicha superficie que se encuentra dentro de la zona de esta entre las dos regiones de baja resistividad, estando separada dicha parte de capa metálica de electrodo de mando de dicha superficie citada por una capa aislante, después de lo cual se implantan iones de un elemento de impurificación de un tipo de conductividad, característico del tipo de conductividad opuesto a través de las partes de capa aislantes en la citada superficie no enmascarada por las partes de capa metálica de los electrodos de entrada y de salida y de mando y en las partes del cuerpo o de la parte de cuerpo semiconductor subyacente a dichas partes de capa aislante para extender las dos regiones de baja resistividad una hacia otra y formar regiones de entrada y de salida de baja resistividad, separadas, del tipo opuesto de conductividad, que definen entre ellas en la región adyacente a la superficie una región de canal portadora de



corriente, correspondiendo sustancialmente la longitud de la región de canal portadora de corriente en la dirección entre las regiones de entrada y de salida así formadas, a la dimensión de la parte de capa metálica de electrodo de mando en dicha dirección.

En este método se forma un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado en el que no ocurre solapamiento de la capa metálica del electrodo de mando con las regiones de entrada y de salida, de modo que, en particular, la capacitancia entre el electrodo de mando y el de salida es muy baja, por ejemplo esta capacitancia puede reducirse a $1/20$ del valor obtenido para un dispositivo formado mediante las técnicas de difusión usuales. Esto permite obtener dispositivos en los que la frecuencia de funcionamiento puede ser elevada. Como este método permite obtener un transistor en que la longitud de la región de canal portadora de corriente corresponde sustancialmente a la dimensión correspondiente de la parte de capa metálica del electrodo de mando que está encima, puede controlarse exactamente dicha longitud del canal y puede hacerse relativamente menor de lo que es normalmente posible en un método que emplea sólo técnicas de difusión. Además, mediante la implantación de iones en dichas partes del cuerpo o de la parte de cuerpo semiconductor a través de dichas partes de capa aislante sin enmascarar sobre dicha superficie, se proporciona un método relativamente simple ya que las partes de capa aislante a través de las que ocurre la implantación de iones, pueden formar parte de la misma capa aislante que aquella sobre la que está presente la parte de capa metálica del electrodo de mando y, por tanto,

386734



después de la implantación no serán necesarias otras operaciones de tratamiento para eliminar cualesquiera partes de esta capa aislante debido a que las capas metálicas de electrodo de entrada y de salida están ya provistas de aberturas que se extienden en ella. Una desventaja del método es que lleva consigo un proceso de dos etapas en la formación de las regiones de entrada y de salida del cuerpo o de la parte de cuerpo semiconductor, es decir una operación inicial, por ejemplo una operación de difusión para formar las dos regiones de baja resistividad que están en contacto con las partes de capa metálica de entrada y de salida, y la subsiguiente operación de implantación para extender estas regiones una hacia otra.

Se ha propuesto también otro método de fabricar un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado en el que se utiliza la implantación iónica. En este método la etapa inicial comprende la formación de partes de capa de siliciuro de platino en la superficie de un cuerpo de silicio de tipo n y la aplicación de capas metálicas de electrodo de entrada y de salida de modo que formen contactos con parte de la capa de siliciuro de platino y dejen en ella partes sin recubrir a lados opuestos de la estructura de electrodo de mando. Se lleva a cabo luego la implantación de iones de boro empleando la estructura de electrodo de mando como máscara, ocurriendo la implantación a través de las partes no recubiertas de las capas de siliciuro de platino y formándose partes de región de entrada y de salida de tipo p en las partes superficiales a lados opuestos de la parte de superficie bajo la estructura de electrodo de mando, encontrándose



estas partes de región de entrada y de salida bajo las partes no recubiertas de las capas de siliciuro de platino que forman una trayectoria de baja resistencia entre estas regiones implantadas y las capas metálicas de electrodo de entrada y de salida. Las capas de siliciuro de platino forman también barreras de Schottky con las partes de tipo n no implantadas del cuerpo semiconductor. Este método proporciona también una región de canal controlada de manera precisa pero tiene también la desventaja de que las regiones de entrada y de salida se forman mediante un proceso de dos etapas, es decir, la formación de la capa de siliciuro de platino y su definición y la posterior operación de implantación, y es difícil proporcionar un buen contacto con el metal a las regiones de siliciuro de platino en una gran zona de una pastilla en la que están formados una pluralidad de transistores de efecto de campo de electrodo de mando aislado. Además, se presenta otra desventaja consistente en que no es posible adaptar fácilmente este método para formar un dispositivo de canal n a partir de un cuerpo de silicio de tipo p porque es difícil formar una barrera de Schottky con el silicio de tipo p y es imposible hacerlo con el siliciuro de platino. También en dicho dispositivo que emplea siliciuro de platino, existe el peligro de cortocircuitar las uniones p-n entrada/sustrato y salida/sustrato por las capas de contacto de entrada y de salida donde se extienden estas uniones hasta la superficie en los extremos alejados de las partes de siliciuro de platino.

Este invento proporciona un método de fabricar un transistor de efecto de campo de electrodo de mando, aislado en el que mediante un control adecuado del bombar

386734



18 ENE 1953

deo iónico y de las capas de electrodo se forman mediante una única operación de implantación las regiones de entrada y de salida del cuerpo o de la parte de cuerpo semiconductor.

5 De acuerdo con el invento un método de fabricar un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado en el que están previstas, en una superficie de un cuerpo o parte de cuerpo semiconductor de un tipo de conductividad, capas de electrodo de entrada, de salida y de mando, 10 estando la capa de electrodo de mando separada de la superficie semiconductor por un material aislante, comprendiendo las capas de electrodo de entrada y de salida partes de capa metálica continua que se extienden sobre material aislante en la superficie semiconductor desde aberturas del 15 material aislante y que forman allí contacto con regiones de la superficie semiconductor a lados opuestos de la región superficial bajo la capa de electrodo de mando, después de lo cual se efectua en dicha superficie un bombardeo iónico con iones de un elemento de impurificación determinante del tipo de conductividad, característico del tipo de conductividad opuesto, se caracteriza porque las condiciones 20 del bombardeo iónico, la estructura de electrodo de mando y las partes de capa metálica de entrada y de salida son tales que los iones no penetran hasta la parte de superficie bajo la capa de electrodo de mando, cuya parte está enmascarada por la capa de electrodo de mando y el material aislante subyacente, y la implantación de iones se efectua en las partes de superficie contiguas a lados opuestos, incluyendo las partes de superficie bajos las partes de capa 25 metálica de entrada y de salida de las aberturas, por pene 30

386734



5 tración de estas partes de capa metálica por los iones,
de modo que se definen totalmente por implantación regiones
superficiales de entrada y de salida del tipo opuesto de
conductividad y se define además en la región superficial
10 bajo la capa de electrodo de mando una región de canal por-
tadora de corriente cuya longitud en la dirección entre las
regiones de entrada y de salida corresponde sustancialmen-
te a la dimensión de la capa de electrodo de mando en di-
cha dirección, terminando las uniones p-n entre las regio-
nes de entrada y de salida del tipo de conductividad opues-
to y el cuerpo o parte de cuerpo del primer tipo de conduc-
tividad, totalmente en la superficie semiconductora bajo
el material aislante.

15 En este método, en el que la zona de implantación
incluye las partes de superficie bajo las partes de capa
metálica de entrada y de salida de las aberturas debido a
la penetración de estas partes de capa metálica por los
iones las regiones superficiales implantadas de entrada y
de salida del tipo de conductividad opuesto tienen forma-
dos así en ellas, ya, electrodos, es decir, las partes de
20 capa metálica de electrodo de entrada y de salida. En con-
secuencia, este método además de proporcionar una región
de canal portadora de corriente controlada de manera pre-
cisa debido al enmascaramiento contra los iones por la es-
25 tructura de electrodo de mando, proporciona también las re-
giones de entrada y de salida del cuerpo o parte de cuer-
po semiconductor mediante una única operación de implanta-
ción y no dá lugar ya a la necesidad de formar inicialmen-
te partes de estas regiones, que hayan de ser extendidas
30 mediante la implantación iónica efectuada subsiguientemen

18



te, como ocurre en los métodos de la técnica anterior antes descritos. Además, mediante este método se crean buenos contactos de baja resistencia para las regiones implantadas de entrada y de salida por las partes de capa metálica a través de las cuales penetran los iones. Otra ventaja de un método de acuerdo con el invento es que, puede formarse un transistor que tiene un área relativamente pequeña. Esto es particularmente importante cuando el transistor forma parte de un circuito integrado. El método puede emplearse para la fabricación de dispositivos de canal p o de canal n.

Las condiciones del bombardeo iónico, la estructura del electrodo de mando y las partes de capa metálica de entrada y de salida pueden determinarse de varias maneras para conseguir la implantación selectiva en las citadas partes de superficie contiguas. La referencia a la estructura del electrodo de mando, deberá entenderse en el sentido de que abarca la capa de electrodo de mando y el material aislante subyacente. La implantación selectiva puede conseguirse con iones de un elemento apropiado que tengan energía suficiente para penetrar en las partes de capa metálica de entrada y de salida y, en algunos casos, la capa de electrodo de mando. Por ejemplo, cuando la capa del electrodo de mando es de metal y de la misma estructura que las partes de capa metálica de entrada y de salida, el enmascaramiento de la superficie semiconductora bajo la capa del electrodo de mando puede determinarse por una estructura de electrodo de mando en la que el material aislante tiene un espesor suficiente para detener los iones que penetran a través de la capa metálica del electrodo de mando que

386734

18 ENE 53



se encuentra sobre ella.

En una forma preferida de obtener la implantación selectiva, se proporciona una capa de electrodo de mando que tiene una estructura diferente a las partes de capa metálica de entrada y de salida. Esta diferencia de estructura puede proporcionarse de varias formas diferentes. En una forma, la capa del electrodo de mando es de metal y de composición diferente a las partes de capa metálica de entrada y de salida. Para fabricar un transistor de efecto de campo de silicio de electrodo de mando aislado en la forma últimamente descrita según el método de acuerdo con el invento, las partes de capa metálica de entrada y de salida pueden ser de aluminio y la capa del electrodo de mando comprender una capa de molibdeno o una capa de níquel sobre el material aislante. La creación de partes de capa metálica de electrodo de entrada y de salida, de aluminio, que tienen un espesor tal que los iones de bombardeo pueden penetrar hasta la superficie de silicio subyacente, puede conseguirse fácilmente. Por ejemplo, en la formación de un dispositivo de canal p que tiene regiones de entrada y de salida implantadas con iones de tipo p, de baja resistividad, pueden emplearse capas de electrodo de entrada y de salida de aluminio, por ejemplo de 0,1 a 0,3 micras de espesor, seleccionándose dicho espesor de acuerdo con la energía de los iones de bombardeo que pueden ser de boro, por ejemplo en la gama de 80 a 150 KeV. Además, el uso de iones de boro una capa de electrodo de mando de molibdeno o una capa de electrodo de mando de níquel de espesor apropiado, por ejemplo, de al menos 0,2 a 0,3 micras para el molibdeno y al menos 0,3 a 0,4 micras para el níquel dependiendo de la

386734

18 ENE 1971



energía de los iones de boro, no permitirá la penetración de estos hasta la parte de superficie semiconductor subyacente. La capa de electrodo de mando puede comprender además una capa de aluminio sobre la capa de molibdeno o de níquel, creándose simultáneamente dicha capa de aluminio con las partes de capa metálica de entrada y de salida.

En otra forma del método en el que se crea una capa de electrodo de mando que tiene una estructura diferente a las partes de capa metálica de entrada y de salida, la capa del electrodo de mando es de metal y las partes de capa metálica de entrada y de salida son el mismo metal pero menor espesor que la capa metálica del electrodo de mando. Para la fabricación de un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado puede utilizarse aluminio para las capas de electrodo de entrada, de salida y de mando, teniendo la capa de aluminio del electrodo de mando un espesor apreciablemente mayor que el de las partes de capa metálica de entrada y de salida en contacto con la superficie semiconductor. Cuando se emplea esta forma del método para la fabricación de un dispositivo de canal p, en el que se forman regiones de entrada y de salida de tipo p de baja resistividad por implantación de iones de boro que tienen energías en la gama de 80 a 150 KeV, una capa de electrodo de mando de aluminio que tengan un espesor mínimo en la gama de 0,5 a 0,75 micras para dicha gama de energías, impedirá la penetración de los iones de boro hasta la superficie semiconductor subyacente, mientras que las partes de capa metálica de entrada y de salida que tienen un espesor máximo en la gama de 0,1 a 0,3 micras para dicha gama de energías, serán atravesadas.

386734



das adecuadamente.

El material aislante puede aplicarse sobre el cuerpo semiconductor de varias maneras. En una forma preferida en la que se obtiene la implantación selectiva proporcionando una capa de electrodo de mando que tiene una estructura diferente a la de las partes de capa metálica de entrada y de salida, el material aislante en la superficie bajo la capa de electrodo de mando y el material aislante en la superficie bajo las partes de capa metálica de entrada y de salida junto a las aberturas, consiste en la misma capa aislante que se forma antes de crear las capas de electrodo de entrada, de salida y de mando. Con el fin de limitar el área lateral de implantación que ocurre por penetración de las partes de capa metálica de entrada y de salida y el material aislante subyacente más allá de las aberturas de la capa aislante, esta puede tener un mayor espesor más allá de dichas aberturas. Esto puede realizarse proporcionando una primera capa aislante más gruesa sobre la superficie semiconductor, eliminando una zona de dicha capa aislante y, después de ello, formando una segunda capa aislante más fina sobre la superficie semiconductor en dicha zona, formándose las aberturas en la capa aislante más delgada y disponiéndose la capa de electrodo de mando y las partes de capa metálica de entrada y de salida sobre la capa aislante más delgada. Las capas de electrodo de entrada, de salida y de mando pueden extenderse además sobre la capa aislante más gruesa, teniendo las partes de las capas de electrodo sobre la capa aislante más gruesa un espesor suficiente para impedir la penetración de los iones de bombardeo en la capa aislante más gruesa subyacente y

386734

18 ENE.



la superficie semiconductor.

Las partes de capa metálica de entrada y de salida pueden disponerse de modo que no ocupen todo el área de las aberturas del material aislante y efectuarse la implantación de iones, de preferencia, en las partes superficiales bajo las aberturas que no están cubiertas por las partes de capa metálica.

En un método de acuerdo con el invento, las condiciones del bombardeo iónico pueden ser tales que al menos en las áreas donde las partes de capa metálica de entrada y de salida están en contacto con la superficie semiconductor, son hechos entrar átomos de las partes de capa metálica en las partes de superficie semiconductor subyacentes por transferencia de energía desde los iones de bombardeo. Esta forma de implantación se denomina implantación por choque y se describe de una manera general en las solicitudes N^o 385.637 y 385.638.

Ahora se describirán realizaciones del invento, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos diagramáticos, en los que:

Las figuras 1 a 5 son secciones verticales a través de parte de un cuerpo semiconductor de silicio durante varias etapas de la fabricación según un primer método de acuerdo con el invento de un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado, de silicio, de canal p;

Las figuras 6 a 9 son secciones verticales a través de parte de un cuerpo semiconductor de silicio durante varias etapas de la fabricación según un segundo método de acuerdo con el invento de otro transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado, de silicio, de canal p; y

386734



18 01 E

Las figuras 10 y 11 son secciones verticales a través de parte de un cuerpo semiconductor de silicio durante dos etapas diferentes de la fabricación, según un tercer método, que es una modificación de dicho segundo método, de otro transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado, de silicio, de canal p,

Refiriéndonos ahora a las figuras 1 a 5, se describirá ahora un método de fabricar un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado, de silicio, de canal p. El material de partida es una pastilla de silicio de tipo n de aproximadamente 2,5 cm de diámetro y de 3 ohmios.cm de resistividad. Se lleva a cabo el tratamiento para formar simultáneamente una pluralidad de transistores en la pastilla que son separados en una etapa posterior de la fabricación dividiendo la pastilla. Sin embargo, las principales operaciones de la fabricación de un transistor de esta clase en la pastilla se describirán a continuación, comprendiéndose que las distintas operaciones a realizar antes de dividir la pastilla se llevan a cabo simultáneamente en una pluralidad de lugares sobre la pastilla.

La orientación de esta es 100. La figura 1 muestra una parte 1 de la pastilla que tiene una superficie 2 que se prepara adecuadamente para que sea ópticamente plana mediante las técnicas normales de pulido y ataque químico. Sobre toda la superficie 2 se deposita desde silano una capa 3 de óxido de silicio, de aproximadamente 10.000 Å. de espesor. Mediante técnica de fototratamiento y de ataque químico se forma una abertura rectangular central de 28 micras x 50 micras en la capa 3 de óxido de silicio para exponer la superficie 2 de silicio subyacente. Luego se

386734

18 EN



lleva a cabo una operación de oxidación para hacer crecer
térmicamente una capa de óxido de silicio más delgada en
la abertura, siendo la oxidación en oxígeno húmedo durante
5 minutos a 1.100°C y obteniéndose una capa de óxido 4 de
5 aproximadamente 1.200 Å de espesor. Durante este tratamien
to aumenta en pequeña medida el espesor de la parte restan
te de la capa 3 de óxido. La figura 1 muestra parte del cuer
po 1 que tiene la parte restante de la capa 3 de óxido más
gruesa con la capa de óxido 4 más delgada en la abertura de
10 28 micras x 50 micras de la capa de óxido 3 más gruesa.

Luego se proporciona una capa de molibdeno de
5.000 Å de espesor sobre la superficie de la capa de óxido
3,4 por evaporación.

Mediante una operación de fototratamiento y de
15 ataque químico se elimina selectivamente la capa de molib
deno de dos zonas rectangulares de aproximadamente 13 micras
x 60 micras cada una, para dejar una parte central 5 de 6
micras x 60 micras, dispuestas centralmente sobre la capa
4 de óxido más delgada y una parte exterior 6 situada sobre
20 la capa de óxido 3 más gruesa y conectada a la parte 5 dis
puesta centralmente. Mediante otra operación de fototrata
miento y de ataque químico se forman dos aberturas rectan
gulares 7 y 8 de 5 micras x 40 micras en la capa de óxido
4 más delgada, que se extiende paralela a y a lados opues
25 tos de la parte de capa 5 de molibdeno. En la sección mos
trada en la figura 2, los bordes de las aberturas están se
parados aproximadamente 3 micras desde los bordes más cer
canos de la parte de capa 5 de molibdeno. Después de un li
gero ataque químico de limpieza de la superficie de silicio
30 expuesta por las aberturas 7 y 8, se deposita una capa de

386734

18 ENE



aluminio 9 de 2000 Å de espesor sobre toda la superficie, incluyendo las aberturas 6 y 7 y las partes de capa de molibdeno 5 y 6. La figura 3 muestra el cuerpo después de la deposición del aluminio.

5 Mediante otra operación de fototratamiento y de ataque químico se elimina selectivamente la capa de aluminio para dejar una parte 10 sobre la parte de capa 5 de molibdeno y las partes 11 y 12 que hacen contacto con la superficie de silicio en las aberturas 7 y 8, respectivamente. Las partes 11 y 12 se extienden además sobre la capa de óxido 4 más delgada, luego sobre la capa de óxido 3 más gruesa adyacente y luego sobre la parte de capa 6 de molibdeno. Las partes de capa de aluminio 10, 11 y 12 se unen todas en una sola parte de capa de aluminio sobre la parte de capa 6 de molibdeno, en la capa de óxido 3 más gruesa, más allá de la periferia de la abertura que contiene en 15 ella la capa de óxido 4 más delgada. Las partes de capa metálica 11 y 12 constituyen partes de capa de electrodo de entrada y de salida y la parte de capa 5 de molibdeno, con la parte de capa de aluminio 10 superpuesta sobre ella, 20 constituyen la capa de electrodo de mando. Las partes de capa de aluminio 11 y 12 no ocupan todas las áreas de las aberturas 7 y 8 a lados opuestos de la estructura del electrodo de mando 10, 5, 4 y se dejan sin recubrir partes rectangulares 14 y 15 de la superficie de silicio, de aproximadamente 2 micras x 40 micras. La figura 4 muestra el cuerpo después de definir la capa de aluminio para dejar las 25 partes 10, 11 y 12 y las partes de superficie expuestas 14 y 15 de las aberturas 7 y 8, respectivamente, originalmente formadas.

30

El cuerpo se coloca entonces en la cámara de blan

386734

18 ENE 1974



co de un aparato de bombardeo iónico que tiene una fuente de iones de boro de tricloruro de boro. Se efectúa entonces el bombardeo de la superficie con el plano de la superficie 2 normal a la dirección del haz iónico. La energía del haz es de 100 KeV y la dosis es de 1×10^{15} iones de boro/cm². En estas condiciones de bombardeo, la capa de electrodo de mando 10, 5 actúa como máscara ya que, aunque los iones de boro de esta energía son capaces de penetrar la parte de capa 10 de aluminio, no pueden penetrar, sustancialmente, la capa de molibdeno 5. Similarmente, los iones que penetran las zonas de las partes 11 y 12 de la capa de aluminio situadas sobre la parte de capa 6 de molibdeno alrededor de la periferia, no pueden penetrar en la parte de capa 6 de molibdeno subyacente. La penetración de las partes de capa de aluminio 11 y 12 en las aberturas en la capa aislante 4 si ocurre en estas condiciones de bombardeo con este espesor de las partes de capa de aluminio, es decir, 2.000 Å. Los iones penetran también en las partes de capa de óxido más delgada, sin recubrir, a lados opuestos de e inmediatamente adyacentes a la estructura de electrodo de mando 10, 5, 4. Además, algunos iones que penetran en las zonas de las partes de la capa de aluminio 11 y 12 situadas sobre la capa de óxido 4 más delgada, penetran también en las partes subyacentes de la capa de óxido 4 más delgada. Sin embargo, los iones que penetran en las partes muy pequeñas de las partes de capa de aluminio 11 y 12 situadas sobre la periferia interior de la capa de óxido 3 más gruesa, son detenidos en la capa de óxido más gruesa subyacente y no alcanzan, sustancialmente, la superficie semiconductor subyacente. Esto da como resultado la im-

386734

18 ENE



5 plantación selectiva de iones de boro en las partes superficiales a lados opuestos de la parte superficial bajo la estructura de electrodo de mando 10, 5, 4 que incluye las partes superficiales bajo las partes de capa de aluminio 11 y 12 de las aberturas 7 y 8 respectivamente. Se forman regiones de tipo p 17 y 18 implantadas, de baja resistividad, que constituyen las regiones de entrada y de salida que ocupan todo el área superficial en las aberturas 7 y 8 y debido al efecto de enmascaramiento de la estructura de electrodo de mando 10, 5, 4, se define en la región superficial de tipo n, bajo la capa de electrodo de mando 10, 5 una región de canal portadora de corriente cuya longitud en la dirección entre las regiones de entrada y de salida 17 y 18 corresponde sustancialmente a la dimensión de la capa de electrodo de mando 10,5 en dicha dirección, es decir, 6 micras en la sección mostrada en la figura 5.

10 Debido a la presencia de las partes expuestas 14 y 15 de las aberturas originales 7 y 8, respectivamente, de la capa de óxido 4 más delgada, la implantación ocurre de preferencia en las partes subyacentes. En las partes de las regiones de entrada y de salida 17 y 18 implantadas que se encuentran directamente bajo las partes de capa de aluminio 11 y 12 se han implantado algunos átomos de aluminio en las partes superficiales de silicio por transferencia de energía desde la implantación por choque de los iones de boro de bombardeo. Esto proporciona un buen contacto de baja resistencia entre las partes de capa de aluminio 11 y 12 y las regiones implantadas de entrada y de salida 17 y 18.

20
25
30 Después de retirar el cuerpo del aparato de bom

14.1.71

- 18 -

386734

18 ENE 1971



bardeo iónico se lleva a cabo una operación de revenido a 500°C durante 30 minutos. La estructura mostrada en la figura 5 se obtiene después de esta implantación y operación de revenido. La profundidad máxima desde la superficie 2 de las uniones entre las regiones implantadas de entrada y de salida de tipo p y el cuerpo de tipo n, es de aproximadamente 0,7 micras.

Se lleva a cabo luego una operación final de fototratamiento y de ataque químico para definir en la parte exterior de las capas comunes de aluminio y molibdeno, desde las cuales se extienden las partes de capa de aluminio 10, 11 y 12, partes de capa de electrodo separadas, exteriores, de entrada, de salida y mando sobre la capa de óxido 3 más gruesa, consistiendo cada una en una parte de capa de molibdeno subyacente y una capa de aluminio superpuesta y teniendo una parte con fines de contacto.

Debe observarse que durante la operación de implantación las partes de capa de aluminio 10, 11 y 12 situadas sobre las partes de capa de molibdeno 6, 5 están conectadas todas entre sí por medio de las partes de capa de aluminio y de molibdeno exteriores, comunes. Estas partes de capa de aluminio y de molibdeno comunes están conectadas a un punto de masa en el acelerador de iones con el fin de impedir el aumento de carga de la capa y la posible perforación consecuente de la parte de capa aislante bajo la capa de electrodo de mando 10,5.

El uso de una capa de molibdeno en el electrodo de mando proporciona una tensión de umbral más baja en el dispositivo terminal, por ejemplo, 2,0 voltios, que la que puede obtenerse normalmente utilizando una capa única de

386734



electrodo de mando de aluminio. Además, el empleo de aluminio para las partes de capa metálica de entrada y de salida, mientras permite la penetración de los iones de boro de bombardeo, proporciona también buenos contactos de baja resistencia para las regiones implantadas de entrada y de salida.

La pastilla, que tiene una pluralidad de estructuras de transistor como se muestra en la parte individual en la figura 5, es dividida luego a lo largo de líneas de rayado y se lleva a cabo el montaje y la encapsulación en una forma usual. La resistencia en serie de tal transistor de canal p es de 100 ohmios y la resistencia "en conducción" es de 4 Kohmios. Por tanto, la resistencia en serie es una fracción muy pequeña de la resistencia "en conducción". La capacitancia de electrodo de mando a electrodo de salida es de 10^{-14} pF. La tensión de perforación salida a sustrato es de aproximadamente 35 voltios y la pérdida de salida a sustrato son de aproximadamente 15 picoamperios a $V_0 = 10$ voltios.

En una adaptación del método antes descrito, en que el transistor forma parte de un circuito integrado semiconductor, la operación de fototratamiento de ataque químico para definir las partes de capa de electrodo de entrada, de salida y de mando separadas, puede llevarse a cabo antes de la implantación definiendo estas partes al mismo tiempo, es decir, empleando una sola máscara, como la que define la capa de aluminio 9 para formar las partes de capa 10, 11 y 12. El impedir la carga de la capa de electrodo de mando no es importante en un circuito integrado, puesto que en el diseño de interconexiones definido for

386734

18 ENE 1971



mado en esta etapa, el electrodo de mando está conectado a otra parte del cuerpo semiconductor, por ejemplo, a la zona de la región de salida que se ha de formar de otro transistor similar.

5 Refiriéndonos ahora a las figuras 6 a 9, se describirá a continuación otro método de fabricar un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado, de silicio, de canal p. El material de partida es una pastilla de silicio del tipo n, de aproximadamente 2,5 cms. de diámetro y 3 ohmios.cm. de resistividad. La preparación de la superficie y el crecimiento de las capas de óxido es sustancialmente el mismo que el de la realización previa, utilizándose en la figura 1 números de referencia correspondientes para las mismas partes del cuerpo y para las capas de óxido más gruesa y más delgada. El método se diferencia en las operaciones después de la formación de la capa de óxido porque, en lugar de depositar una capa de molibdeno sobre toda la superficie, se deposita una capa de aluminio 6 relativamente gruesa sobre toda la superficie, teniendo esta capa de aluminio un espesor de aproximadamente 6.000 Å. Mediante una operación de fototratamiento y de ataque químico se forman las aberturas 7 y 8 en la capa gruesa 6 de aluminio y la capa de óxido más delgada 4 subyacente, correspondiendo dichas aberturas exactamente en dimensión y posición a las aberturas de referencia similar en la figura 2 de la primera realización.

20 Mediante una operación de fototratamiento y de ataque químico se elimina selectivamente además la capa 6 de aluminio de dos áreas rectangulares de 5 micras x 60 micras que se extienden paralelas a y en los bordes exte-

18 FEB 1961



5 riores de las aberturas 7 y 8 para dejar una parte interior 20 en la capa de óxido 4 más delgada entre las aberturas 7 y 8 y que tiene un área de 12 micras x 60 micras y una parte exterior 9 sobre la capa de óxido 3 más gruesa. La figura 7 muestra el cuerpo después de esta definición de la capa de aluminio.

10 Se deposita luego una capa de aluminio 21 más delgada, de 2.000 \AA de espesor, sobre toda la superficie, incluyendo las partes de capa restantes 19 y 20 y en las aberturas 6 y 7. La capa de aluminio compuesta 21, 20 sobre la parte central de la capa de óxido más delgada 4 es ahora de 8.000 \AA de espesor, como lo es también la capa compuesta 21, 19 sobre la capa de óxido más gruesa 3 y la figura 8 muestra el cuerpo después de esta deposición del aluminio.

15 Mediante otra operación de fototratamiento y ataque químico, se eliminan selectivamente la capa de aluminio 21 y la parte de capa de aluminio 20 subyacente, para dejar partes de aluminio 24 y 25 que corresponden exactamente en área y posición a las partes de capa de aluminio 11 y 12 mostradas en la figura 4 de la primera realización y que se extienden además primero sobre la capa de óxido 3 más gruesa y luego sobre la parte de capa de aluminio 19 gruesa, y una capa de aluminio compuesta 26, 20 que consiste en una parte 20 de la capa inicialmente aplicada de 6.000 \AA de espesor y una parte superpuesta 26 de la capa de 2000 \AA de espesor aplicada subsiguientemente. La capa compuesta 26, 20 corresponde exactamente en área y posición a la capa de electrodo de mando compuesta 10, 5 mostrada en la figura 4 de la primera realización. Las partes de

386734

18 ENE 1971



capa de aluminio 24 y 25 constituyen las partes de capa de electrodo de entrada y de salida y la capa de aluminio compuesta 26, 20 constituye la capa de electrodo de mando. Por la definición de la capa compuesta de electrodo de mando y de las partes de capa de aluminio de entrada y de salida si multáneamente en la operación de fototratamiento y ataque químico se consigue una estrecha separación entre las partes de capa de aluminio de mando y de entrada y salida, en este caso 5 micras a cada lado, que da una baja resistencia en serie en el dispositivo finalmente producido.

Se lleva a cabo entonces una operación de bombardeo iónico y de revenido en las mismas condiciones que en la primera realización y se forman regiones 27 y 28 (figura 9) implantadas, de entrada y de salida, de tipo p, de baja resistividad por el mismo mecanismo que en la primera realización. La diferencia reside en que el enmascaramiento de la capa de electrodo de mando se consigue en esta realización debido a la capa de aluminio compuesta 26, 20, que tienen un gran espesor, es decir, 8.000 \AA , que es suficiente para impedir la penetración de iones de boro de 100 KeV de energía, ya que la gama de tales iones en el aluminio es de aproximadamente 5.000 \AA . El subsiguiente tratamiento del dispositivo corresponde sustancialmente con el ya descrito en la realización previa, es decir, la definición de capas de aluminio periféricas gruesa y delgada para formar capas separadas de electrodo de entrada, de salida y de mando, el rayado y corte de la pastilla seguido por el montaje y la encapsulación.

Una tercera realización de un método de formar un transistor de efecto de campo de electrodo de mando ais

386734



lado, de silicio, de canal p, se describirá a continuación con referencia a las figura 10 y 11. Esta realización es una modificación de la segunda realización descrita con referencia a las figuras 6 a 9. En este método, el material de partida es también una pastilla de silicio de tipo n, de 2,5 cm de diámetro y de 3 ohmios. cm de resistividad. Se forman capas 3 y 4 de óxido gruesa y delgada, respectivamente, como antes, con la diferencia de que la capa de óxido 4 más delgada, en este método, tiene un área de 38 micras x 50 micras. Como en la realización anterior, se aplica una capa de aluminio relativamente gruesa de 6.000 Å de espesor, sobre toda la superficie. Esta capa de aluminio se elimina luego selectivamente por un método de fototratamiento y ataque químico para dejar una tira 31 dispuesta centralmente de 6 micras x 60 micras sobre la capa de óxido 4 más delgada y una parte exterior (no mostrada) sobre la capa de óxido 3 más gruesa. Se lleva a cabo luego otra operación de fototratamiento y ataque químico para formar las aberturas 32 y 33 en la capa 4, a lados opuestos de la capa de aluminio 31, teniendo cada una de estas aberturas un área de 5 micras x 40 micras. La figura 10 muestra una parte del cuerpo en esta etapa de la fabricación.

Se deposita entonces una capa de aluminio más delgada, de 2.000 Å, sobre toda la superficie, incluyendo la parte de capa de aluminio gruesa 31, la parte de capa de aluminio gruesa, periférica (no mostrada) y en las aberturas 32 y 33 de la capa de óxido 4 más delgada.

Se realiza una operación de fototratamiento y ataque químico para eliminar selectivamente la capa de aluminio más delgada y dejar una parte 35 sobre la parte 31

18 ENE 1971



de la capa de aluminio más gruesa, y partes 36 y 37 a lados opuestos de la capa compuesta 35, 31, extendiéndose las partes 36 y 37 además sobre la capa de óxido delgada 4, luego sobre la capa de óxido gruesa 3 y luego sobre la parte de capa de aluminio gruesa, periférica (no mostrada). Las partes 36 y 37 de la capa de aluminio constituyen las partes de capa metálica de entrada y de salida y ocupan todo el área de las aberturas 32 y 33, respectivamente, y se extienden además sobre las partes de la capa aislante 4 más delgada, entre las aberturas 32 y 33 y la capa de aluminio compuesta 35, 31. Por tanto, esta realización se diferencia de las realizaciones descritas anteriormente porque no están expuestas partes de la superficie semiconductoras en las aberturas de la capa de óxido más delgada, cuyas aberturas están ocupadas totalmente por las partes de capa metálica de entrada y de salida en esta realización. Las partes de capa 36 y 37 están separadas de los bordes contiguos de la capa compuesta, 35, 31 en una distancia de 5 micras.

La implantación se efectúa entonces en las mismas condiciones que se utilizaron en la segunda realización para obtener las regiones 38 y 39 implantadas de entrada y de salida de tipo p, de baja resistividad. Será evidente que por la presencia de las partes de capa metálica 36 y 37 de entrada y de salida en todo el área de las aberturas de la capa aislante más gruesa, la implantación se efectúa en las partes superficiales bajo estas aberturas totalmente por la penetración de iones de boro de las partes de capa de aluminio en ellas y ocurre un choque de los átomos de aluminio que proporciona un buen contacto de baja resistencia para las regiones implantadas. Sin embargo, la exten-

386734



sión lateral de las regiones implantadas de entrada y de salida obtenida en este dispositivo es mayor como consecuencia de las diferentes dimensiones de la máscara que han de usarse para determinar la estructura de capa electrodica de esta forma particular. Esto puede dar como resultado un aumento de la resistencia en serie.

Se apreciará que pueden hacerse muchas modificaciones dentro del alcance del invento según queda definido en las reivindicaciones anejas. En la primera realización descrita con referencia a las figuras 1 a 5, pueden introducirse una modificación empleando níquel en lugar de molibdeno para la parte de capa del electrodo de mando sobre la capa aislante 4 más gruesa. También, como otra modificación, puede aplicarse la capa de molibdeno, o si se desea, la capa de níquel después de formar las partes de capa de aluminio 11 y 12 aplicando una capa de fotoreserva sobre la superficie incluyendo las partes de capa inicialmente formadas 11 y 12, eliminar solo la capa de fotoreserva en la zona a ocupar por la capa de molibdeno o de níquel del electrodo de mando, depositar el molibdeno o el níquel sobre toda la superficie y eliminar luego este de las áreas indeseadas disolviendo la capa fotoresistente subyacente. De esta forma se obtiene una capa de electrodo de mando de sólo un metal, esto es, molibdeno o níquel, Pueden utilizarse otros materiales bien solos o en combinación con óxido de silicio. Por ejemplo, al menos bajo la capa de electrodo de mando, el material aislante puede consistir en una primera capa compuesta de óxido de silicio sobre la superficie semiconductor y una segunda capa sobre ella consistente en nitruro de silicio.

386734

18 ENE



5 En algunos casos, la capa de electrodo de mando aplicada puede consistir en un material semiconductor que se hace suficientemente conductor subsiguientemente mediante el bombardeo iónico y que aún así proporciona el deseado efecto de enmascaramiento.

10 El método puede emplearse en la fabricación de un circuito integrado semiconductor que comprende al menos un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado y el bombardeo iónico puede emplearse para determinar regiones de otros elementos de circuito en el cuerpo semiconductor. Además, el método puede emplearse también para formar transistores de efecto de campo de electrodo de mando aislado de silicio, de canal n empleando, por ejemplo, fósforo o nitrógeno como iones de bombardeo.

15 La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Gran Bretaña el 24 de Diciembre de 1969, bajo el N^o 62909/69 completa, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

20

REIVINDICACIONES

25 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:

30 1.- Un método de fabricar un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado en el cual están previstas capas de entrada, de salida y de electrodo de man

14.1.71

- 27 -

386734



do en una superficie de un cuerpo semiconductor o de una
parte de un cuerpo de un tipo de conductividad, estando se
parada la capa de electrodo de mando de la superficie semi
conductora por un material aislante, comprendiendo las ca-
5 pas de electrodo de entrada y de salida partes de capa me-
tálica continuas que se extienden sobre material aislante
en la superficie semiconductor desde aberturas del mate-
rial aislante y que forman allí contactos con regiones de
la superficie semiconductor a lados opuestos de la región
10 de superficie bajo la capa del electrodo de mando, en el que
se efectúa después un bombardeo iónico en dicha superficie
con iones de un elemento de impurificación determinante de
un tipo de conductividad, característico del tipo de con-
ductividad opuesto, caracterizado porque las condiciones del
15 bombardeo iónico, la estructura del electrodo de mando y las
partes de capa metálica de entrada y de salida son tales
que los iones no penetran hasta la parte de superficie ba-
jo la capa de electrodo de mando, cuya parte está enmasca-
rada por esta capa y un material aislante subyacente, y la
20 implantación de iones se efectúa en las partes de superfi-
cie contiguas a lados opuestos, incluyendo las partes de
superficie subyacentes a las partes de capa metálica de en-
trada y de salida de las aberturas por penetración de es-
tas partes de capa metálica por los iones, de modo que las
25 regiones de superficie de entrada y de salida del tipo de
conductividad opuesto son definidas totalmente por implan-
tación y se define además en la región de la superficie,
bajo la capa de electrodo de mando, una región de canal
portadora de corriente cuya longitud, en la dirección en-
tre las regiones de entrada y de salida, corresponde sus-

30
14.1.71

1.8 ENE



5 tancialmente a la dimensión de la capa de electrodo de man
do en dicha dirección, terminando las uniones p - n entre
las regiones de entrada y de salida del tipo de conducti-
vidad opuesto y el cuerpo o parte de cuerpo del primer ti-
po de conductividad, totalmente en la superficie semicon-
ductora bajo el material aislante.

10 2.- Un método según la reivindicación 1, carac-
terizado porque está prevista una capa de electrodo de man-
do que tiene una estructura diferente a la de las partes
de capa metálica de entrada y de salida.

3.- Un método según la reivindicación 2, carac-
terizado porque la capa de electrodo de mando es de metal
y su composición es diferente de la de las partes de capa
metálica de entrada y de salida.

15 4.- Un método según la reivindicación 3, carac-
terizado porque las partes de capa metálica de entrada y
de salida son de aluminio y la capa de electrodo de mando
comprende una capa de molibdeno sobre el material aislan-
te.

20 5.- Un método según la reivindicación 3, carac-
terizado porque las partes de capa metálica de entrada y
de salida son de aluminio y la capa de electrodo de mando
comprende una capa de níquel sobre el material aislante.

25 6.- Un método según la reivindicación 5 o la 6,
caracterizado porque el electrodo de mando comprende, ade-
más, una capa de aluminio sobre la capa de molibdeno o de
níquel, estando provista dicha capa de aluminio, simultá-
neamente, con las partes de capa metálica de entrada y de
salida.

30 7.- Un método según la reivindicación 2, carac-

Handwritten signature and date: 14.1.71

386734



terizado porque la capa de electrodo de mando es de metal y las partes de capa metálica de entrada y de salida son del mismo metal, pero de menor espesor que la capa de metal de electrodo de mando.

5 8.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, caracterizado porque el material aislante sobre la superficie bajo capa de electrodo de mando y el material aislante sobre la superficie, bajo las partes de capa metálica de entrada y de salida junto a las aberturas, consisten en la misma capa aislante, que se forma antes de disponer las capas de electrodo de entrada, salida y de mando.

10 9.- Un método según la reivindicación 8, caracterizado porque sobre la superficie semiconductor se prevé una primera capa aislante, más gruesa, se elimina una zona de dicha capa aislante y, después de ello, se forma una segunda capa aislante, más delgada sobre la superficie semiconductor en dicha zona, formándose las aberturas en la capa aislante más delgada y disponiéndose la capa de electrodo de mando y las partes de capa metálica de entrada y de salida sobre la capa aislante más delgada.

15 10.- Un método según la reivindicación 9, caracterizado porque las capas de electrodo de mando, de entrada y de salida se extienden además sobre la capa aislante más gruesa, teniendo las partes de las capas de electrodo sobre la capa aislante más gruesa un espesor suficiente para impedir la penetración de los iones de bombardeo dentro de la capa aislante más gruesa subyacente y de la superficie semiconductor.

20 11.- Un método según una cualquiera de las rei

30
386734



5 vindicaciones 1 a 10, caracterizado porque las partes de ca
 pa metálica de entrada y de salida están previstas de modo
 que no ocupen toda el área de las aberturas del material
 aislante y la implantación de iones se efectúa, de prefe-
 rencia, en las partes de la superficie bajo las aberturas,
 que no están cubiertas por las partes de capa metálica.

10 12.- Un método según una cualquiera de las rei-
 vindicaciones 1 a 11, caracterizado porque las condiciones
 del bombardeo iónico son tales que al menos en las zonas
 donde las partes de capa metálica de entrada y de salida
 tocan a la superficie semiconductor, sean obligados a entrar
 átomos de las partes de capa metálica en las partes de su-
 perficie subyacentes, por transferencia de energía desde
 los iones de bombardeo.

15 13.- Un método de fabricar un transistor de efec-
 to de campo de electrodo de mando aislado.

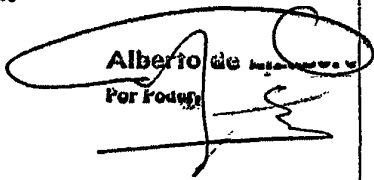
Tal y como se ha descrito en la Memoria que an-
 tecede, representado en los dibujos que se acompañan y con
 los fines que se han especificado.

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

Madrid, 6 ABR 1971

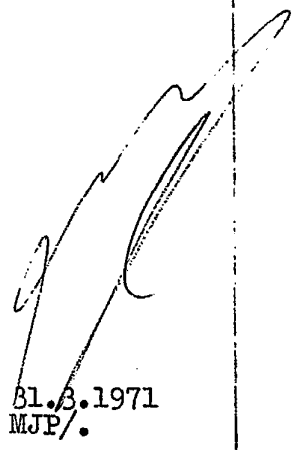
P.A.

Alberto de las Casas
 Por medio de



386734

Bl.B.1971
 MJP/.



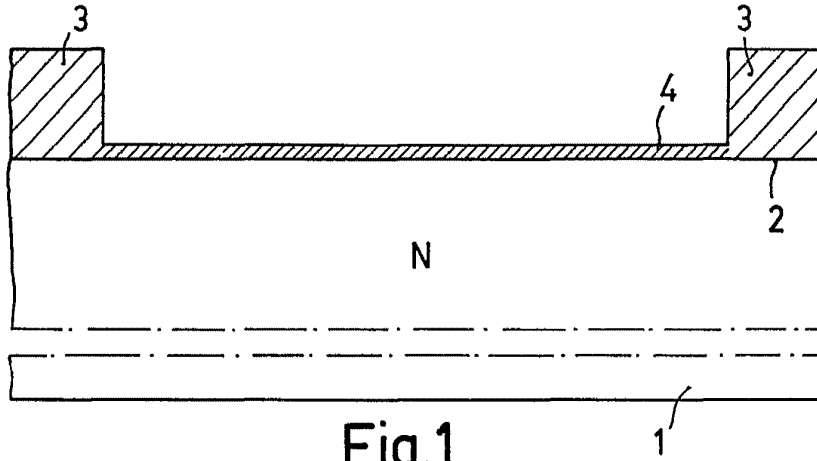


Fig. 1

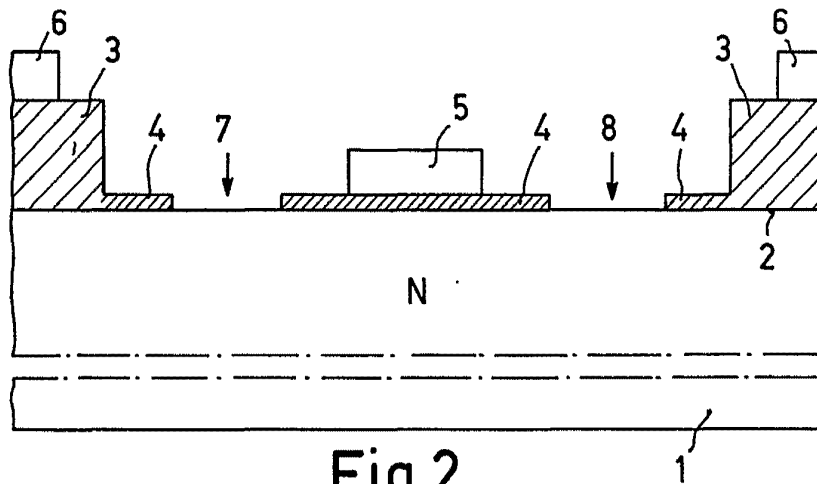


Fig. 2

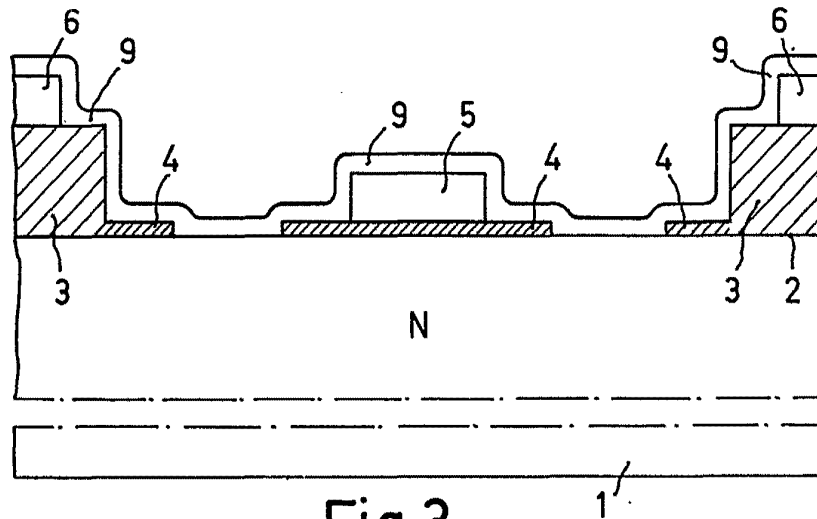


Fig. 3

ALBERTO DE LAMARCA
POR FORTUNA

Albert G. ...
Pat. Office

Fig. 6

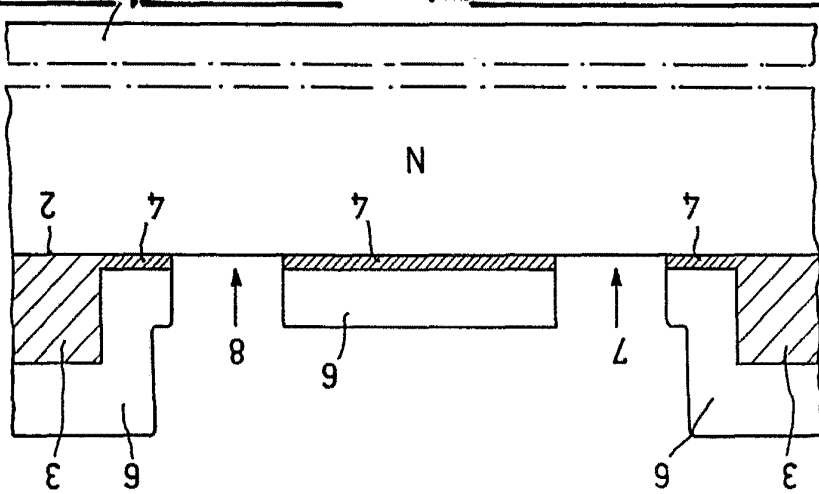


Fig. 5

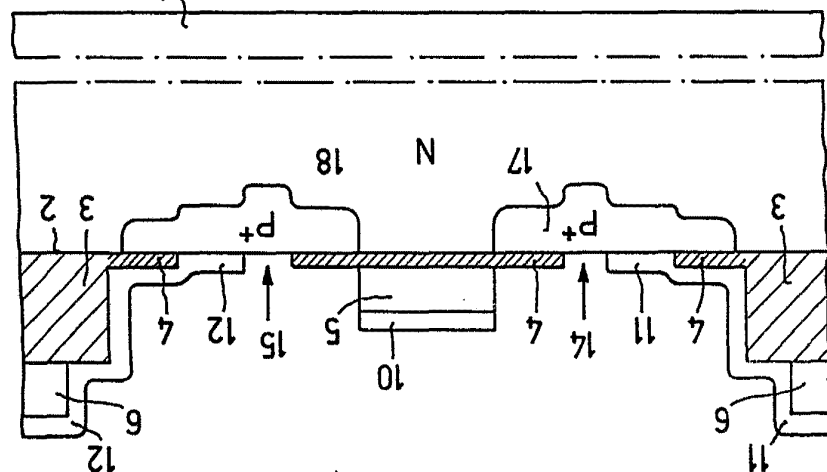
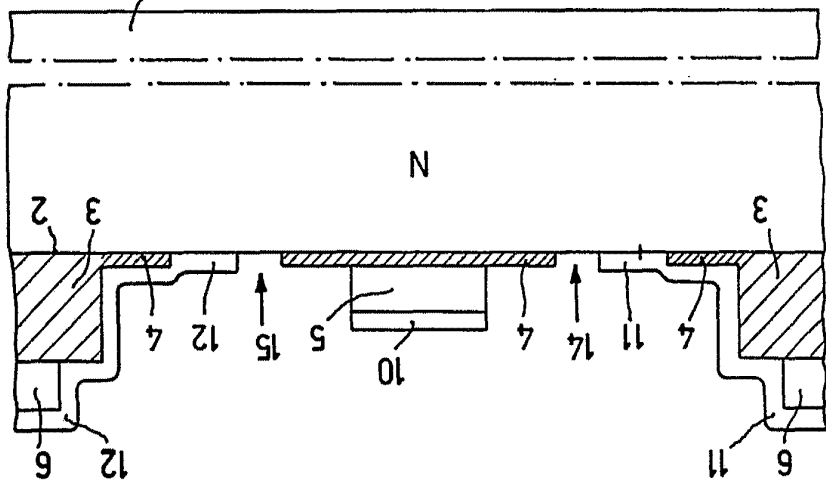


Fig. 4



18 ENR 9

386734

386734

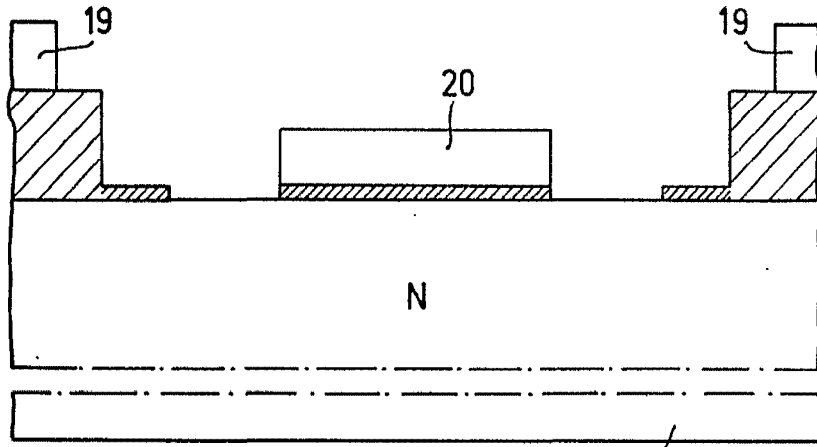


Fig. 7

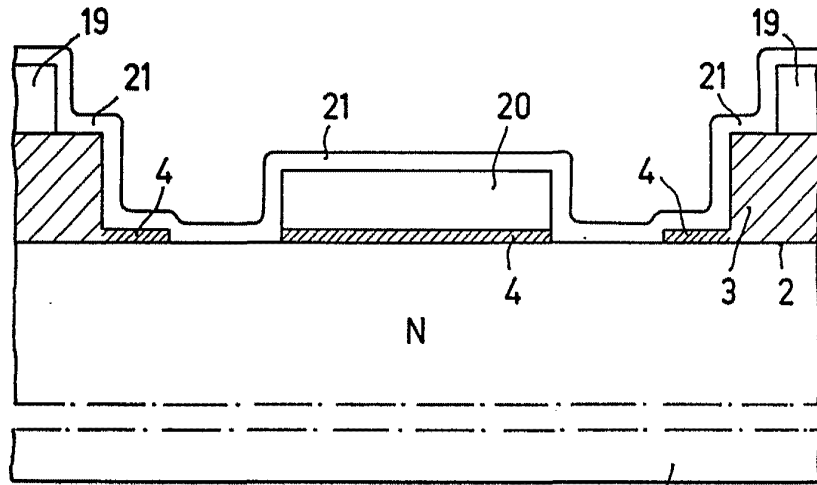


Fig. 8

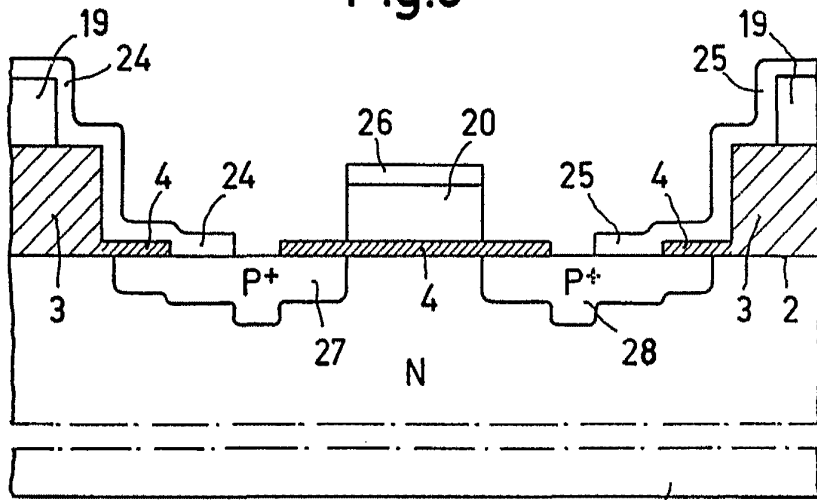


Fig. 9

Handwritten signature or mark.

386734

18 FEB 1973

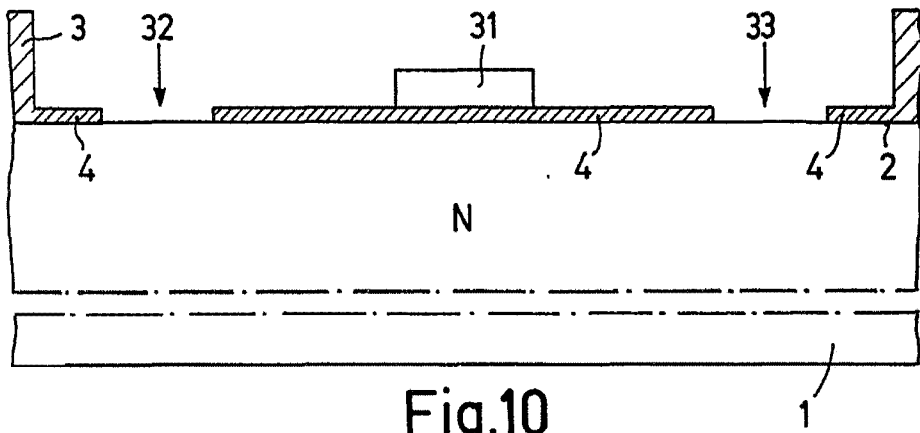


Fig.10

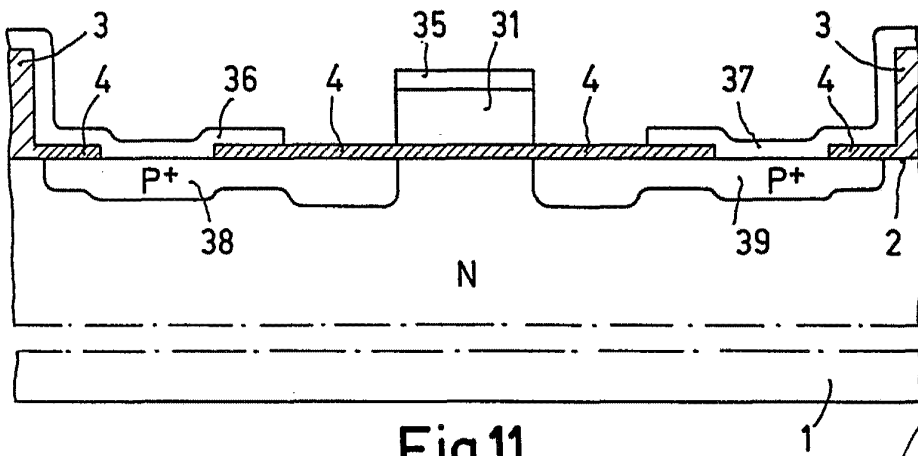


Fig.11

Alberto
Por Fecora