

357288

P.-39.219  
PRE 31.790

**Memoria descriptiva**



**para solicitar** PATENTE DE INVENCION **por** 20 años

**a nombre de** N.V. PHILIPS'GLOELAMPENFABRIEKEN

**entidad / de nacionalidad** holandesa

**con domicilio en** Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

**por:**"UN METODO DE FABRICAR UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR"

(Clase Internacional H011)



El invento se refiere a un método de fabricar un dispositivo semiconductor que comprende un transistor de efecto de campo de puerta aislada y a un dispositivo semiconductor fabricado por tal método. El transistor de efecto de campo de puerta aislada puede formar parte de un circuito integrado semiconductor.

En esta memoria, ha de entenderse que un transistor de efecto de campo de puerta aislada significa un cuerpo o parte de cuerpo semiconductor de un tipo de conductividad, extendiéndose dos regiones espaciadas de baja resistividad del tipo de conductividad opuesto en el cuerpo o parte de cuerpo desde una superficie del mismo y definiendo en el cuerpo o parte de cuerpo entre las regiones de baja resistividad una región de canal de transporte de corriente junto a la primera superficie, un electrodo de puerta situado en la primera superficie entre las regiones de baja resistividad, separado de la primera superficie por una capa aislante, y contactos óhmicos en la primera superficie para las regiones de baja resistividad. Las dos regiones de baja resistividad se denominan regiones de alimentación y de salida.

Una forma comúnmente conocida de tal transistor es el transistor de metal-óxido-semiconductor denominado generalmente MOST. En este dispositivo, generalmente el cuerpo semiconductor es de silicio y el electrodo de puerta está espaciado de la superficie de silicio por una capa aislante de óxido de silicio. En el funcionamiento, la tensión aplicada entre las regiones de alimentación y de salida es tal que la unión p-n entre la alimentación y la parte de sustrato adyacente del cuerpo semiconductor está



usualmente, pero no siempre, sin polarizar y la unión --  
p-n entre la salida y el sustrato está polarizada en sen-  
tido inverso. El paso de corriente entre las regiones de  
alimentación y de salida se controla de acuerdo con la -  
5 tensión aplicada entre la región de alimentación y el --  
electrodo de puerta. En el llamado modo de enriquecimien-  
to, al aplicarse una tensión de polaridad adecuada al --  
electrodo de puerta, se inicia un paso de corriente entre  
la alimentación y la salida. En una configuración del tran-  
10 sistor adecuada para su uso en el modo de enriquecimiento,  
la tensión aplicada a la puerta hace que se forme una ca-  
pa de inversión superficial en el cuerpo semiconductor -  
por debajo de la capa aislante en la región de canal de -  
transporte de corriente entre las regiones de alimenta---  
15 ción y de salida. Pueden prepararse también MOST que ope-  
ren en el llamado modo de empobrecimiento. En estos dispo-  
sitivos el paso de corriente entre la alimentación y la -  
salida ocurre sin que haya tensión aplicada al electrodo  
de puerta. La concentración de portadores de carga en la  
20 región del canal de transporte de corriente se disminuye  
por la aplicación de una tensión de polaridad adecuada al  
electrodo de puerta. Tal dispositivo puede ser hecho fun-  
cionar también en el modo de enriquecimiento aumentando -  
la concentración de portadores de carga en la región del  
25 canal de transporte de corriente mediante la aplicación -  
de una tensión de polaridad adecuada al electrodo de puer-  
ta.

Hasta ahora, la fabricación de un MOST ha su---  
puesto la formación de las regiones de alimentación y de  
30 salida de baja resistividad por técnicas de difusión. Por



ejemplo, en la fabricación de un MOST de silicio de ca--  
nal p con un sustrato de silicio de tipo n, las regiones  
de alimentación y de salida del tipo p<sup>+</sup> se forman por --  
difusión de un elemento aceptador, por ejemplo, boro, --  
5 en partes limitadas de la superficie del silicio dejadas  
al descubierto por aberturas formadas en una capa de óxi-  
do de silicio aplicadas sobre la superficie. La capa de  
óxido de silicio puede ser eliminada después y puede dis-  
ponerse sobre la superficie una nueva capa de óxido de --  
10 silicio. Se forman aberturas en la nueva capa de óxido --  
silicio para dejar al descubierto las regiones de alimen-  
tación de salida. Se deposita una capa metálica, por ejem-  
plo, de aluminio, en estas aberturas y en el resto de la  
superficie de la capa de óxido de silicio. Después se ---  
15 elimina selectivamente la capa metálica por técnicas fo-  
tolitográficas para dejar capas metálicas de contacto pa-  
ra las regiones de alimentación y de salida y una capa -  
metálica de electrodo de puerta sobre la capa de óxido de  
silicio.

20 Con objeto de conseguir un dispositivo que fun-  
cione, generalmente es necesario que la longitud del elec-  
trodo de puerta en la dirección comprendida entre las re-  
giones de alimentación y de salida sea tal que el electro-  
do de puerta se encuentre por encima de toda la longitud -  
25 de la región del canal de transporte de corriente en dicha  
dirección. Con objeto de asegurar que el electrodo de puer-  
ta sea de tal longitud, la operación de fabricación últi-  
mamente mencionada, en la que se elimina selectivamente -  
la capa metálica para dejar la capa metálica del electrodo  
30 de puerta, se lleva a cabo invariablemente de tal manera



que el electrodo de puerta solape ligeramente las regiones de alimentación ; de salida. En el funcionamiento del dispositivo, este solapamiento del electrodo de puerta dá lugar a una capacitancia indeseada entre la puerta y la salida. Se ha visto que esta capacitancia constituye un factor limitativo de la frecuencia de trabajo del dispositivo, ya que, en el funcionamiento, esta capacitancia produce realimentación.

En la tecnología de los semiconductores, se ha empleado el procedimiento de implantación de iones en la fabricación de dispositivos de silicio. La implantación de iones supone el bombardeo del material semiconductor con haces de iones impurificantes energéticos para formar regiones de diferente conductividad y/o de diferente tipo de conductividad. Esta invención crea un método de fabricar un transistor de efecto de campo de puerta aislada en el que la capacitancia de puerta a salida es baja, utilizando el procedimiento de implantación de iones de tal manera que se obtenga con un mínimo de operaciones y con un máximo de reproductibilidad un transistor de efecto de campo de puerta aislada, en el que la longitud de la región del canal de transporte de corriente entre las regiones de alimentación y de salida se controla exactamente y puede hacerse comparativamente pequeña con objeto de obtener un transistor que tenga una alta conductancia mutua.

De acuerdo con el invento, un método de fabricar un transistor de efecto de campo de puerta aislada, como se describe en el preámbulo, se caracteriza porque dichos iones de un elemento de impureza determinante del



tipo de conductividad y característico del tipo de conductividad opuesto se implantan a través de las partes aislantes sobre la primera superficie no enmascaradas por las partes de capa metálica de los electrodos de alimentación, salida y puerta y dentro de las partes del cuerpo o parte de cuerpo semiconductor situadas debajo de dichas partes de capa aislante para extender las dos regiones de baja resistividad una hacia otra y formar regiones espaciadas de alimentación y de salida de baja resistividad del tipo de conductividad opuesto, que definen entre ellas en la región adyacente superficial una región de canal de transporte de corriente, correspondiendo sustancialmente a la longitud de la región del canal de transporte de corriente en la dirección entre las regiones de alimentación y de salida así formadas a la longitud de la parte de la capa metálica de electrodo de puerta en dicha dirección.

En este método se forma un transistor de efecto de campo de puerta aislada en el que sustancialmente no ocurre solapamiento de la capa metálica del electrodo de puerta con las regiones de alimentación y de salida de modo que, en particular, es muy baja la capacitancia entre la puerta y la salida; por ejemplo, esta capacitancia puede reducirse a un veinteavo del valor obtenido para un dispositivo formado por las técnicas convencionales de difusión. Esto permite que se obtengan dispositivos en los que la frecuencia de trabajo puede ser alta. Como este método produce un transistor en el que la longitud de la región del canal de transporte de corriente corresponde sustancialmente a la longitud de la parte de capa metálica del electrodo de puerta, dicha longitud del canal puede contro-



larse con exactitud y puede hacerse comparativamente menor que la que normalmente es fácilmente posible en un método que emplee sólo técnicas de difusión. Además, por la implantación de iones en dichas partes del cuerpo o parte de cuerpo semiconductor a través de dichas partes de capa aislante no enmascaradas sobre la primera superficie, se dispone de un método relativamente sencillo, ya que las partes de capa aislante a través de las cuales ocurre la implantación de iones, pueden formar parte de la misma capa aislante que aquella sobre la cual está presente la parte de capa metálica del electrodo de puerta y, por tanto, después de la implantación, no serán necesarias más operaciones de tratamiento para eliminar cualesquiera partes de esta capa aislante, porque ya están dispuestas las capas metálicas de los electrodos de alimentación y de salida que se extienden en aberturas existentes en la misma. Este método, en el que la implantación se efectúa a través de dichas partes de la capa aislante no enmascaradas, tiene muchas ventajas en comparación con un método en el que la implantación se efectúa en presencia de una capa metálica de electrodo de puerta, pero sin partes de capa aislante presentes sobre la parte superficial en la que se efectúa la implantación. Para realizar el último método sería necesario, además de definir la capa metálica del electrodo de puerta antes de la implantación, definir aberturas en una capa aislante subyacente sobre la primera superficie. Esto sería insatisfactorio en muchos casos porque la definición de aberturas en la capa aislante por ataque químico puede producir un socavado por ataque químico de esta capa en posiciones por debajo de la



periferia de la capa metálica superpuesta del electrodo -  
de puerta. Si tiene lugar tal socavado por ataque quími--  
co, la subsiguiente implantación no produciría la longi--  
tud deseada del canal, porque la parte periférica salien--  
5 te de la capa metálica del electrodo de puerta enmascara  
la implantación de iones dentro de la superficie y la es--  
tructura resultante tiene una longitud de canal que no es--  
tá enteramente cubierta por la restante parte de la capa  
aislante asociada con dichas capas metálicas del electro--  
10 do de puerta. Asimismo, en el método en que la implanta--  
ción se efectúa directamente en las partes de la superfi--  
cie, la estructura resultante tiene regiones de alimenta--  
ción y de salida que tienen partes superficiales no pasi--  
vadas. Invariablemente, se precisaría otra etapa de trata--  
15 miento para dar una capa pasivadora superficial, mientras  
que en el método de acuerdo con el invento la pasivación  
es proporcionada al menos parcialmente por las partes de -  
la capa aislante a través de las cuales se efectúa la im--  
plantación.

20 En una forma preferida del método, las dos re--  
giones espaciadas de baja resistividad, inicialmente for--  
madas, del tipo de conductividad opuesto se forman por di--  
fusión de un elemento característico del tipo de conducti--  
vidad opuesto en dos partes de la primera superficie ex--  
25 puestas por aberturas en una capa aislante presente en la  
primera superficie. Esta operación de difusión forma así -  
dos regiones de baja resistividad del tipo de conductivi--  
dad opuesto con partes superficiales de las cuales forman  
las partes de capa metálica de electrodo subsiguientemen--  
30 te dispuestas un contacto óhmico antes de extender estas -



regiones por el subsiguiente tratamiento de implantación de iones para formar las regiones terminadas de alimentación y de salida.

5 Después de formar las dos regiones espaciadas de baja resistividad por difusión, puede eliminarse la capa aislante y puede disponerse una nueva capa aislante sobre la primera superficie antes de disponer las partes de capa metálica de electrodo de alimentación y de salida y la parte de capa metálica de electrodo de puerta.

10 En otra forma preferida del método las dos regiones espaciadas de baja resistividad, inicialmente formadas, del tipo de conductividad opuesto se forman por implantación de iones de un elemento característico del tipo de conductividad opuesto en dos partes superficiales limitadas de la primera superficie. Así, en este método -  
15 se forman las regiones de alimentación y de salida enteramente por técnicas de implantación de iones y no intervienen operaciones de difusión. Esto hace posible que se fabrique un dispositivo de dimensiones controladas con precisión, particularmente para las zonas de alimentación, de  
20 salida y de canal. Asimismo, permite que se fabriquen dispositivos con una longitud muy pequeña del canal de transporte de corriente.

25 La impureza determinante del tipo de conductividad de las regiones espaciadas de baja resistividad, inicialmente formadas, del tipo de conductividad opuesto y la impureza determinante del tipo de conductividad de las partes con iones implantados inmediatamente adyacentes al canal de transporte de corriente pueden estar constituidas -  
30 por el mismo elemento.



Dicha implantación inicial de iones en partes superficiales limitadas de la primera superficie puede efectuarse a través de aberturas en una capa de enmascaramiento metálica situada sobre una capa aislante presente en la primera superficie.

5

La implantación inicial de iones en las partes superficiales limitadas de la primera superficie puede ser a mayor energía que la subsiguiente implantación de iones, que se efectúa para extender las regiones de baja resistividad una hacia otra.

10

Durante la implantación de iones a través de las partes de capa aislante sobre la primera superficie no enmascaradas por las partes de capa metálica de electrodos de alimentación, de salida y de puerta, estas partes de capa metálica pueden constituir conjuntamente una sola capa metálica que, después de dicha implantación de iones, se retira selectivamente para dejar capas metálicas de electrodos de alimentación y de salida separadas y una capa metálica de electrodo de puerta. La capa metálica única puede conectarse a un punto de masa del acelerador de iones durante la implantación con el fin de impedir que se carguen partes aisladas del cuerpo semiconductor y una posible perforación.

15

20

El cuerpo o parte de cuerpo semiconductor puede ser de silicio y la capa aislante de entre la parte de capa metálica del electrodo de puerta y la primera superficie del cuerpo o parte de cuerpo semiconductor puede comprender óxido de silicio. Tal capa aislante puede comprender adicionalmente una capa estabilizadora sobre el óxido de silicio y situada por debajo de la parte de capa

25

30



5 metálica de electrodo de puerta, por ejemplo, una capa -  
estabilizadora de vidrio fosforoso. La capa aislante pue-  
de ser de otros materiales, por ejemplo, de nitruro de -  
silicio o de una capa de dos partes de óxido de silicio -  
y nitruro de silicio, estando situada la parte de capa de  
óxido sobre la superficie del semiconductor y estando si-  
tuada la parte de capa de nitruro sobre la parte de capa  
de óxido por debajo de la parte de capa metálica de elec-  
trodo de puerta.

10 Las partes de capa metálica de electrodo de ali-  
mentación, de salida y de puerta pueden consistir en alu-  
minio.

15 Se describirán ahora, a título de ejemplo, ha-  
ciendo referencia a los dibujos diagramáticos que se ---  
acompañan, dos realizaciones del método de acuerdo con el  
invento. En los dibujos:

20 Las figuras 1 y 2 muestran en vista en planta -  
y en sección, respectivamente, el cuerpo semiconductor -  
de un transistor de efecto de campo de puerta aislada de  
silicio fabricado por una primera realización del método;

25 Las figuras 3 y 4, las figuras 5 y 6 y las fi-  
guras 7 y 8 muestran en vista en planta y en sección, res-  
pectivamente, el cuerpo semiconductor durante diversas -  
etapas sucesivas de la fabricación del transistor de efec-  
to de campo mostrado en las figuras 1 y 2; y

30 Las figuras 9 a 15 muestran en sección un cuerpo  
semiconductor durante diversas etapas sucesivas en la fa-  
bricación de un transistor de efecto de campo de puerta -  
aislada por una segunda realización del método.

El transistor de efecto de campo de puerta ais-



lada mostrado en las figuras 1 y 2 comprende un sustrato de silicio 1 de tipo n de 300 micras x 300 micras de espesor y 1-5 ohm-cm de resistividad. Sobre una superficie plana 2 del cuerpo 1 hay una capa aislante 12 de óxido de silicio de 2.000 Å de espesor. En el sustrato 1 hay 5 unas regiones de alimentación consistentes en una parte 6 de región difundida de tipo p<sup>+</sup> de área superficial rectangular y unas partes periféricas 26 de región de tipo p<sup>+</sup> formadas por implantación de iones de boro. Dos regiones de salida se extienden en lados opuestos de la región de alimentación 6,26 y cada una consiste en una parte 7 de región difundida de tipo p<sup>+</sup> de área superficial rectangular y una parte contigua 25 de región de tipo p<sup>+</sup> formada por implantación de iones de boro y también de área superficial rectangular. La unión p<sup>+</sup>-n 9 entre la región de alimentación 6,26 y el sustrato 1 de tipo n y las uniones p<sup>+</sup>-n 10 entre las regiones de salida y el sustrato de tipo n terminan todas en la superficie 2 por debajo de la capa 12 de óxido de silicio. En el sustrato 1 de tipo n 15 entre la región de alimentación 6,26 y las regiones de salida 7,25 hay dos regiones de canal de transporte de corriente 24.

En una abertura 13 de la capa aislante 12, en la que la parte difundida 6 de tipo p<sup>+</sup> de la región de alimentación 6,26 se extiende hasta la superficie 2, hay una capa metálica de electrodo de alimentación 16 que forma contacto óhmico con la región de alimentación 6,26. La capa metálica 16, que es de aluminio, se extiende además sobre la capa aislante 12 y en un extremo termina en una placa de unión 22 de gran superficie. En dos aberturas adicionales 30



les 14 de la capa aislante 12, en las que las partes difundidas 7 de tipo  $p^+$  de las regiones de salida 7,25 se extienden hasta la superficie 2, hay capas metálicas de electrodo de salida 19 que forman contacto óhmico con las regiones de salida 7,25. Las capas metálicas 19, que son de aluminio, se extienden además sobre la capa aislante 12 y terminan en dos placas de unión 20 de gran superficie. Situadas sobre la capa aislante 12 inmediatamente por encima de las regiones de canal de transporte de corriente 24 hay dos capas metálicas rectangulares de electrodo de puerta 17. Las capas metálicas 17, que son de aluminio, se extienden además sobre la capa aislante 12 y terminan en una sola placa de unión 21 de gran superficie.

En la figura 1 se muestra en líneas de puntos y trazos la terminación de las uniones 9 y 10 en la superficie 2 por debajo de la capa aislante 12. Las aberturas 13 y 14 de la capa aislante 12 se muestran en líneas de trazos. La longitud de las regiones de canal de transporte de corriente 24 en la dirección entre la región de alimentación 6,26 y las regiones de salida 7,25 corresponde sustancialmente a la dimensión de las capas metálicas de electrodo de puerta 17 en esta dirección. Esta dimensión en cada caso es de aproximadamente 8 micras. Las partes difundidas 6 y 7 de región de tipo  $p^+$  de las regiones de alimentación y de salida, respectivamente, tienen una resistividad en lámina de menos de 50 ohmios por unidad de superficie y las partes 26 y 25 de región de tipo  $p^+$  con iones implantados de las regiones de alimentación y de salida, respectivamente, tienen una resistividad en lámina de



aproximadamente 3 kilo-ohmios por unidad de superficie. -  
Las partes de las uniones  $p^+-n$  9 y 10 entre las partes -  
difundidas 6,7 de región de tipo  $p^+$  y el sustrato 1 de -  
tipo  $n$ , que se extienden sustancialmente paralelas a la  
5 superficie 2, están situadas a una profundidad de aproxi-  
madamente 2 micras respecto a la superficie 2. Las partes  
de las uniones  $p^+-n$  9 y 10 entre las partes 26,25 de re-  
gión de tipo  $p^+$ , con iones implantados, y el sustrato 1 -  
de tipo  $n$ , que se extienden sustancialmente paralelas a -  
10 la superficie 2, están situadas a una profundidad de apro-  
ximadamente 0,2 micras respecto a la superficie 2. La re-  
gión de alimentación de tipo  $p^+$  6,26 tiene una anchura --  
global de aproximadamente 48 micras. La parte difundida 6  
de región de tipo  $p^+$  de la región de alimentación tiene  
15 una anchura de aproximadamente 22 micras. Las regiones -  
de salida de tipo  $p^+$  7,25 tienen cada una una anchura glo-  
bal de aproximadamente 32 micras. Las partes difundidas 7  
de región de tipo  $p^+$  de las regiones de salida tienen ca-  
da una anchura de aproximadamente 20 micras. Las capas -  
20 de aluminio 16,17 y 19 tienen cada una un espesor de apro-  
ximadamente 1,0 micra.

La capacitancia medida entre cada capa metálica  
de electrodo de puerta 17 y la región de salida es de 15  
mpF, que es considerablemente menor que el valor que se ob-  
25 tendría en un transistor de efecto de campo de puerta ais-  
lada de dimensiones similares, pero fabricado por técnicas  
de difusión solamente. La conductancia mutua medida del -  
transistor mostrado en las figuras 1 y 2 es comparable a -  
la obtenida en un transistor de este tipo fabricado por -  
30 técnicas de difusión solamente.



5

10

15

20

25

30

Se describirá ahora haciendo referencia a las -  
 figuras 3 a 8 la fabricación del transistor de efecto de  
 campo de puerta aislada mostrado en las figuras 1 y 2. El  
 material de partida es una oblea de silicio de tipo n de  
 aproximadamente 2,5 centímetros de diámetro. Se apreciará  
 que el tratamiento se lleva a cabo para formar simultánea-  
 mente una pluralidad de transistores sobre la oblea, los  
 cuales se separan en una etapa posterior en la fabrica-  
 ción dividiendo la oblea. Sin embargo, ahora se describi-  
 rá la fabricación de uno de estos transistores en la oblea,  
 entendiéndose que las diversas operaciones que intervie-  
 nen se realizan, cada una de ellas, simultáneamente en -  
 una pluralidad de lugares de la oblea.

La orientación de la oblea es 111. La superfi-  
 cie 2 se prepara adecuadamente para que sea ópticamente -  
 plana por las técnicas normales de ataque químico y pulido.  
 Sobre la superficie 2 se desarrolla una capa de óxido de  
 silicio 3 de aproximadamente 2.000 Å de espesor por oxida-  
 ción de la superficie del silicio 2 durante 60 minutos -  
 a 1.000°C en oxígeno húmedo. Mediante técnicas fotolito-  
 gráficas se forman en la capa de óxido de silicio 3 una -  
 abertura rectangular central 4 de 20 micras x 190 micras  
 y en lados opuestos de la misma dos aberturas rectangula-  
 res 5 de 18 micras x 190 micras para exponer la superficie  
 de silicio subyacente. Se lleva a cabo entonces una opera-  
 ción de difusión de boro para difundir boro en las partes  
 expuestas de la superficie y formar una región central di-  
 fundida 6 de tipo p<sup>+</sup> y en lados opuestos de la misma dos  
 regiones difundidas 7 de tipo p<sup>+</sup>, terminando las uniones -  
p<sup>+</sup>-n 9 y 10 formadas entre las regiones 6,7 de tipo p<sup>+</sup> y  
 el sustrato 1 de tipo n en la superficie 2 por debajo de -



16 00

la capa 3 de óxido de silicio. La difusión de boro se lleva a cabo utilizando nitruro de boro como fuente de boro. El cuerpo de silicio se mantiene a 900°C y el nitruro de boro a 980°C. Se mantiene el flujo de gas durante una etapa de deposición hasta que la resistividad en lámina de las zonas en que ocurre la deposición del boro es menor que 50 ohmios por unidad de superficie. Se realiza entonces una etapa de introducción con el cuerpo de silicio a 1000°C durante 30 minutos en argon. La figura 3 muestra la terminación de la unión 9 y 10 en la superficie 2 en líneas de trazos. Durante el proceso de difusión de boro en las partes expuestas de la superficie 2 se forman partes 6 de capa de vidrio de borosilicato. Asimismo, tal capa de vidrio hace que aumente en pequeña medida el espesor de la capa 3.

Se retira entonces la capa aislante compuesta 3,8 y se desarrolla después una nueva capa aislante de óxido de silicio sobre la superficie 2 por oxidación de la superficie de silicio 2 durante 30 minutos a 1000°C en oxígeno húmedo. Se ataca después químicamente esta capa de óxido de silicio hasta que se obtenga una capa 12 de un espesor de 2.000 Å. Utilizando técnicas fotolitográficas se hacen tres aberturas en la capa 12 de óxido de silicio. Una de estas aberturas 13 expone la región difundida 6 de tipo p+ donde se extiende en la superficie 2 y las otras dos aberturas 14 exponen las regiones difundidas 7 de tipo p+ donde se extienden en la superficie 2. Las aberturas 13 y 14 tienen cada una una superficie de 8 micras x 180 micras.

Se deposita después una capa de aluminio 15 de



1,0 micra de espesor sobre toda la superficie de la capa -  
12 de óxido de silicio, llenando dicha capa 15 las abertu  
ras 13 y 14 y formando contactos óhmicos con las regiones  
6 y 7 (figura 6). La figura 5 muestra la situación de las  
5 aberturas 13 y 14 en líneas de trazos.

La capa de aluminio 15 es después retirada selec  
tivamente por técnicas fotolitográficas para dejar una par  
te 16 de capa metálica de electrodo de alimentación que -  
forma contacto óhmico con la región difundida 6 de tipo -  
10  $p^+$ , dos partes de capa metálica de electrodo de puerta 17  
y partes 18 de capa metálica de electrodos de salida que -  
forman contacto óhmico con las regiones difundidas 7 de -  
tipo  $p^+$ . Esto se lleva a cabo retirando cuatro zonas sus  
tancialmente rectangulares de la capa de aluminio 15. Las  
15 partes 16, 17 y 18 de capa metálica resultantes en esta eta  
pa del tratamiento están todavía unidas entre sí. Estas -  
aberturas ponen al descubierto partes de la capa 12 de --  
óxido de silicio situadas sobre la superficie 2 entre las  
regiones 6 y 7 de tipo  $p^+$  y, por encima de la periferia -  
20 exterior de la región 6 y las periferias interiores de las  
regiones 7, la parte 17 de capa metálica de electrodo de  
puerta que se encuentra dentro de la zona de la superficie  
comprendida entre las regiones 6 y 7. La figura 7 muestra  
las partes 16, 17 y 18 de capa metálica.

25 Se situa después el cuerpo de silicio en la cá  
mara de blanco de un aparato de implantación de iones. La  
implantación de iones de boro se efectúa a través de la --  
capa 12 de óxido de silicio en las partes del cuerpo por -  
debajo de las partes de la capa 12 de óxido de silicio no  
30 cubiertas por las partes 16, 17 y 18 de capa de aluminio,



las cuales actúan como máscara. Durante la implantación, la capa de aluminio 16, 17, 18 está conectada a un punto de masa del acelerador de iones. La fuente de iones de boro consiste en tricloruro de boro. La energía de implantación es de 80 KeV, la dosis es de  $6 \times 10^{15}$  átomos/cm<sup>2</sup> y la orientación del cuerpo es según el plano de la superficie 2 normal a la dirección del haz de iones. La implantación de iones de boro tiene lugar a través de las partes expuestas de la capa 12 de óxido de silicio. Después de su retirada del aparato, el cuerpo de silicio es sometido a un tratamiento de recocido a 500°C durante 30 minutos en una atmósfera de argón.

El tratamiento de implantación de recocido da por resultado la formación de partes 26 y 25 de región de tipo p+. Las partes de región 26 extienden así la parte difundida 6 de región de tipo p+, previamente formada, hacia las regiones previamente formadas 7 y hasta formar una región terminada de alimentación 6,26 del tipo p+. Las partes de región 25 extienden las partes difundidas 7 de región de tipo p+, previamente formadas, hacia la región previamente formada 6 y hasta formar dos regiones terminadas de salida 7,25 de tipo p+. Sin embargo, debido a la presencia de las partes 17 de capa metálica de electrodo de puerta durante la implantación, las regiones de canal de transporte de corriente 24 permanecen sustancialmente libres de iones de boro y la longitud de estas regiones en la dirección entre la región de alimentación 6,26 y las regiones de salida 7,25 corresponde sustancialmente a las dimensiones correspondientes de las capas metálicas 17 de electrodo de puerta.



Las partes 18 de la capa de aluminio son des--  
pués selectivamente retiradas por un procedimiento fotoli-  
tográfico para dejar una disposición de contactos de alu-  
minio como se muestra en las figuras 1 y 2, terminando la  
5 capa metálica 16 de electrodo de alimentación en una pla-  
ca de unión 22 de gran superficie, terminando las capas -  
metálicas 27 del electrodo de puerta en una placa de unión  
21 de gran superficie y terminando cada una de las capas  
metálicas 19 del electrodo de salida en placas de unión -  
10 20 de gran superficie.

Se obtienen entonces los transistores indivi--  
duales de efecto de campo de puerta aislada a partir de -  
la oblea de gran superficie por las técnicas normales de  
corte en trazos pequeños. Después, cada transistor indivi-  
15 dual es provisto de una encapsulación adecuada.

Se apreciará que en el MOST fabricado por este  
método las dimensiones y la geometría no han sido escogi-  
das con vistas a obtener un dispositivo de gran rendimien-  
to, sino que han sido escogidas para demostrar la posibili-  
20 dad de producir un MOST por el método de acuerdo con el  
invento y de tener una baja capacitancia de puerta a sali-  
da. Mediante una reducción adecuada de diversas dimensio-  
nes, puede fabricarse por el método un dispositivo de ma-  
yor rendimiento. Por ejemplo, se obtiene un dispositivo -  
25 de ganancia mayor reduciendo la separación de las regio-  
nes de alimentación y de salida y la longitud de la capa  
metálica del electrodo de puerta. Reduciendo la anchura de  
las partes de región con iones implantados, puede obtener-  
se un dispositivo de menor resistencia en serie de la ali-  
30 mentación y la salida.



160

Se describirá ahora una segunda realización del método haciendo referencia a las figuras 9 a 15 de los -- dibujos que se acompañan. En este método, las regiones - de alimentación y de salida de tipo  $p^+$  de un MOST de si-  
5 licio, con sustrato de tipo  $n$ , se forman enteramente por técnicas de implantación de iones, no interviniendo opera- ciones de difusión. El material de partida es otra vez - una oblea 31 de gran superficie de silicio de tipo  $n$  de aproximadamente 2,5 centímetros de diámetro. La resisti-  
10 vidad de la oblea de silicio es de aproximadamente 1,5 - ohm-cm. Se lleva a cabo otra vez el tratamiento para formar simultáneamente una pluralidad de transistores sobre la oblea, los cuales se separan en una etapa ulterior de la fabricación dividiendo la oblea. Sin embargo, se des-  
15 cribirá ahora la fabricación de uno de estos transistores, entendiéndose que las diversas operaciones que intervie- nen se realizan simultáneamente en una pluralidad de luga- res de la oblea.

La orientación de la oblea es 111. La superfi-  
20 cie 32 se prepara adecuadamente para que sea ópticamente plana por las técnicas normales de ataque químico y puli- do. Sobre la superficie 32 se desarrolla una capa de óxi- do de silicio por oxidación de la superficie de silicio - 32 durante 30 minutos a 1.000°C en oxígeno húmedo. Esta -  
25 capa es después atacada químicamente para dar una capa de óxido de silicio 33 de 2.000 Å de espesor. Mediante técni- cas fotolitográficas se forman dos aberturas 34 y 35 (fi- gura 9) en la capa 33 de óxido de silicio para dejar al -  
30 descubierto la superficie de silicio subyacente. Cada una de las aberturas 34 y 35 tiene una anchura de aproxima-



16

mente 4 micras y sus bordes adyacentes están separados en una distancia de aproximadamente 12 micras. Se deposita - después una capa de aluminio 36 (figura 10) sobre toda la superficie de la capa 33 de óxido de silicio, llenando --  
5 dicha capa 36 las aberturas 34 y 35. El depósito del aluminio se lleva a cabo para formar una capa 36 de aproximadamente 3 micras de espesor. Se forman dos aberturas -- 37 y 38 (figura 11) en la capa de aluminio 36 utilizando técnicas fotolitográficas. Cada una de estas aberturas es  
10 de 8 micras de anchura y, mediante esta eliminación selectiva de la capa de aluminio 36, se elimina el aluminio - situado en las aberturas previamente formadas 34 y 35 de la capa aislante 33. Así, en las aberturas 37 y 38 una -  
15 parte periférica de la superficie de silicio está cubierta con la capa aislante 33 y una parte central consiste - en la superficie de silicio descubierta. Permanecen las - partes 39 y 40 de la capa de aluminio que en esta etapa - están todavía unidas entre sí. La anchura de la parte 39 de la capa de aluminio entre las aberturas 37 y 38 es de  
20 aproximadamente 8 micras.

Se coloca después el cuerpo de silicio en la - cámara de blanco de un aparato de implantación de iones. La implantación de iones de boro se efectúa en las partes  
25 del cuerpo no cubiertas por las partes 39 y 40 de la capa de aluminio que actúan como máscara. Durante la implantación, las partes 39 y 40 de la capa de aluminio están conectadas a un punto de masa del acelerador de iones. La  
fuente de iones de boro consiste en tricloruro de boro. - La energía de implantación es de 150 KeV, la dosis es del  
30 orden de  $10^{16}$  átomos/cm<sup>2</sup> y la orientación del cuerpo es -



10 001

según la superficie 32 normal a la dirección del haz de iones. La implantación de iones de boro tiene lugar en el sustrato 31 de tipo n en estas partes no cubiertas por las partes 39 y 40 de la capa de enmascaramiento. Así, se implantan iones de boro en las partes descubiertas de la superficie de silicio y a través de las partes descubiertas contiguas de la capa 33 de óxido de silicio.

El tratamiento de implantación dá por resultado la formación de regiones 42 y 43 de tipo p+ (figura 11), terminando las uniones p+-n 44 y 45 entre la región 42 y el sustrato 31 y entre la región 43 y el sustrato 31, respectivamente, en la superficie 32 por debajo de la capa 33 de óxido de silicio. Las partes de las uniones p+-n 44 y 45 situadas por debajo de la superficie descubierta de silicio están situadas a una profundidad de -- aproximadamente 0,75 micras con respecto a la superficie 32 y las partes de las uniones p+-n 44 y 45 situadas por debajo de las partes de la capa de óxido de silicio están a una profundidad de aproximadamente 0,55 micras con respecto a la superficie 32.

Se retiran después las partes 39 y 40 de la capa de aluminio y se deposita una nueva capa de aluminio 47 de 1,0 micra de espesor sobre toda la superficie de la capa 33 de óxido de silicio. La capa 47 llena las aberturas anteriormente formadas 34 y 35 de la capa 33 de óxido de silicio y forma contacto óhmico con las regiones 42 y 43 de tipo p+ con iones implantados.

La figura 12 muestra la capa de aluminio 47 sobre la capa 33 de óxido de silicio y formando contacto óhmico con las regiones 42 y 43.



Se forman dos aberturas 48 y 49 en la capa de aluminio 47 por técnicas fotolitográficas para dejar al descubierto la capa subyacente 33 de óxido de silicio. - Cada una de las aberturas 48 y 49 tiene una anchura de -  
5 3 micras. Esto deja las partes 50 y 51 de la capa de aluminio que en esta etapa están todavía unidas entre sí. - La figura 13 muestra las partes 50 y 51 de la capa de -- aluminio con las aberturas 48 y 49. La anchura de la parte 50 de la capa de aluminio es aproximadamente de 4 mi--  
10 cras y ésta constituye una parte de capa metálica de electrodo de puerta.

Se sitúa después el cuerpo de silicio en una - cámara de banco de un aparato de implantación de iones - para una operación adicional de implantación de iones de  
15 boro, pero con una energía más baja que la de la operación de implantación de boro anteriormente realizada. La implantación de iones de boro se efectúa a través de la - capa 33 de óxido de silicio en las partes del cuerpo por debajo de las partes de la capa 33 de óxido de silicio -  
20 no cubiertas por las partes 50 y 51 de la capa de aluminio que actúan como máscara. Durante la implantación, las partes 50 y 51 de la capa de aluminio están conectadas a un punto de masa del acelerador de iones. La energía de - implantaciones de 60 KeV, la dosis es de  $6 \times 10^{15}$  átomos/  
25 cm<sup>2</sup>. y la orientación del cuerpo es según la superficie - 32 normal a la dirección del haz de iones. La implanta--- ción de iones de boro tiene lugar a través de las partes descubiertas de la capa 33 de óxido de silicio. Después - de su retirada del aparato, el cuerpo de silicio es sometido a un tratamiento de recocido a 500°C durante 30 mi--  
30



nutos en una atmósfera de argón.

El tratamiento de implantación y recocido dá -  
por resultado la formación de partes 52 y 53 de región -  
de tipo  $p^+$  (figura 14). Las partes de región 52 y 53 ex--  
5 tienden así las regiones 42 y 43 de tipo  $p^+$  , respectiva-  
mente, anteriormente formadas, una hacia otra para formar  
regiones terminadas de alimentación y de salida de tipo -  
 $p^+$  (42,52) y (43,53), respectivamente. Sin embargo, debi-  
do a la presencia de la capa metálica 50 del electrodo de  
10 puerta durante la implantación, una región 54 de canal -  
de transporte de corriente, entre la región de alimenta-  
ción (42,52) y la región de salida (43,53), permanece -  
sustancialmente libre de iones boro y la longitud de la -  
región 54 en la dirección entre la región de alimentación  
15 (42,52) y la región de salida (43,53) corresponde sustan-  
cialmente a la dimensión correspondiente de la parte 50 -  
de la capa metálica del electrodo de puerta, es decir, es  
de 4 micras.

La parte 51 de la capa de aluminio es después -  
20 retirada selectivamente por un procedimiento fotolitográfi-  
co para dejar electrodos separados 56,57 de la capa metá-  
lica de alimentación y de salida según se muestra en la -  
figura 15.

Cortando en trozos pequeños la oblea de gran -  
25 superficie se obtienen después los transistores individua-  
les de efecto de campo de puerta aislada, los cuales son  
luego encapsulados.

Se apreciará que pueden hacerse muchas modifica-  
ciones de los métodos descritos en las dos realizaciones -  
30 dentro del alcance del invento definido en las reivindica-



5 ciones adjuntas. Por ejemplo, si las capas metálicas son de níquel, pueden emplearse temperaturas de recocido más altas. Puede disponerse una capa estabilizadora, por ejemplo, una capa estabilizadora de vidrio fosforoso, sobre la superficie de la capa de óxido de silicio para reducir la desviación de los iones en la capa de óxido de silicio. Esta operación puede combinarse con un tratamiento llamado de "cocción en húmedo" de la capa aislante compuesta para reducir los estados de la superficie en la cara de contacto silicio-óxido de silicio. También puede emplearse la canalización en la implantación de iones, lo que dá una mayor penetración de los iones implantados. Pueden obtenerse las máximas ventajas de tal técnica utilizando material alineado en la dirección 110.

10 El método de acuerdo con el primer aspecto del invento puede emplearse adecuadamente en la fabricación de un transistor de efecto de campo de puerta aislada que forme parte de un circuito integrado semiconductor, estando formado el transistor en una parte de cuerpo semiconductor del primer tipo de conductividad. Puede utilizarse el método de implantación de iones para formar otros elementos de circuito en otras partes de cuerpo semiconductor, por ejemplo, transistores bipolares, diodos, resistencias u otros transistores de efecto de campo de puerta aislada que tengan propiedades diferentes.

15 La presente solicitud que corresponde a la presentada en Gran Bretaña con fecha 18 de Agosto de 1.967, bajo el número 38.144/67 y 2 de Julio de 1.968 completa, se acogen a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.



- N O T A -

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:

- 5                    1.- Un método de fabricar un dispositivo semiconductor que comprende un transistor de efecto de campo de puerta aislada, en el que en un cuerpo o parte de cuerpo semiconductor de un primer tipo de conductividad se --  
10                    forman inicialmente dos regiones espaciadas de baja resistividad del tipo de conductividad opuesto, extendiéndose --  
                      dichas regiones en el cuerpo o parte de cuerpo semiconductor desde una superficie del mismo, se disponen partes de  
                      capa metálica de electrodos de alimentación y de salida --  
                      que se extienden en aberturas de una capa aislante sobre --  
15                    la primera superficie para formar contacto óhmico con partes de la superficie de dichas dos regiones de baja resistividad y se dispone una parte de capa metálica de electrodo --  
                      de puerta en una zona de la primera superficie que se encuentra dentro de la zona de la primera superficie entre --



5 las dos regiones de baja resistividad, estando espaciada  
dicha parte de capa metálica de electrodo de puerta con -  
respecto a la primera superficie por una capa aislante, -  
caracterizado porque se implantan iones de un elemento de  
impureza determinante del tipo de conductividad y caracte  
rístico de la conductividad opuesta a través de las par--  
tes de capa aislante sobre la superficie citada no enmas-  
caradas por las partes de capa metálica de electrodos de  
alimentación, salida y puerta y en las partes de cuerpo o  
10 partes de cuerpo semiconductor situadas debajo de dichas  
partes de capa aislante para extender las dos regiones de  
baja resistividad una hacia otra y para formar regiones -  
separadas de alimentación y de salida de baja resistividad  
del tipo de conductividad opuesto, las cuales definen en  
15 la región adyacente de la superficie entre ellas una re--  
gión de canal de transporte de corriente, correspondiendo  
la longitud de la región del canal de transporte de co --  
rriente en la dirección entre las regiones de alimentación  
y de salida así formadas, sustancialmente a la longitud -  
20 de la parte de capa metálica del electrodo de puerta en -  
dicha dirección.

2.- Un método según la reivindicación 1, caracte--  
terizado porque se forman las dos regiones espaciadas de -  
baja resistividad, inicialmente dispuestas del tipo de con  
ductividad opuesto, por difusión de un elemento caracterís  
tico del tipo de conductividad opuesto en dos partes de la  
25 superficie citada expuestas por aberturas de una capa ais--  
lante presente sobre dicha superficie.

3.- Un método según la reivindicación 2, caracte--  
rizado porque después de formar las dos regiones espaciadas  
30



de baja resistividad por difusión, se retira la capa aislante y se dispone una nueva capa aislante sobre la superficie citada antes de disponer las partes de capa metálica de electrodos de alimentación y de salida y la parte de capa metálica del electrodo de puerta.

4.- Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque las dos regiones espaciadas de baja resistividad, inicialmente dispuestas, del tipo de conductividad opuesto se forman por implantación de iones de un elemento característico del tipo de conductividad opuesto en partes limitadas de dicha superficie.

5.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la impureza determinante del tipo de conductividad de las regiones espaciadas de baja resistividad, inicialmente dispuestas, del tipo de conductividad opuesto y la impureza determinante del tipo de conductividad de las partes con iones implantados inmediatamente adyacentes al canal de transporte de corriente están constituidas por el mismo elemento.

6.- Un método según la reivindicación 4, caracterizado porque dicha implantación inicial de iones en dichas partes limitadas de la superficie citada se efectúa a través de aberturas de una capa de enmascaramiento metálica situada sobre una capa aislante presente sobre dicha superficie.

7.- Un método según la reivindicación 4 ó la 6, caracterizado porque la implantación inicial de iones en las partes limitadas de dicha superficie es a energía más alta que la de la implantación subsiguiente de iones, la



cual se efectúa para extender las regiones de baja resistividad una hacia otra.

5 8.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque durante la implantación de iones a través de las partes de capa aislante sobre la superficie citada no enmascaradas por las partes de capa metálica de los electrodos de alimentación, salida y puerta, estas partes de capa metálica constituyen conjuntamente una sola capa metálica que después de  
10 dicha implantación es retirada selectivamente para dejar capas metálicas de electrodos de alimentación y de salida y una capa metálica de electrodo de puerta.

15 9.- Un método según la reivindicación 8, caracterizado porque, al menos, durante la implantación de iones se conecta dicha capa metálica única a un punto de tierra sobre el acelerador de iones.

20 10.- Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el cuerpo o parte de cuerpo semiconductor es de silicio y la capa aislante entre la parte de capa metálica del electrodo de puerta y la superficie citada del cuerpo o parte del cuerpo semiconductor comprende óxido de silicio.

25 11.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que las partes de capa metálica de los electrodos de alimentación, salida y puerta son de aluminio.

12.- Un método de fabricar un dispositivo semiconductor.

30 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y --



para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de treinta hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

16 OCT 1968

Madrid,

P.A.

*Arta*

10-10-68/RTA.-

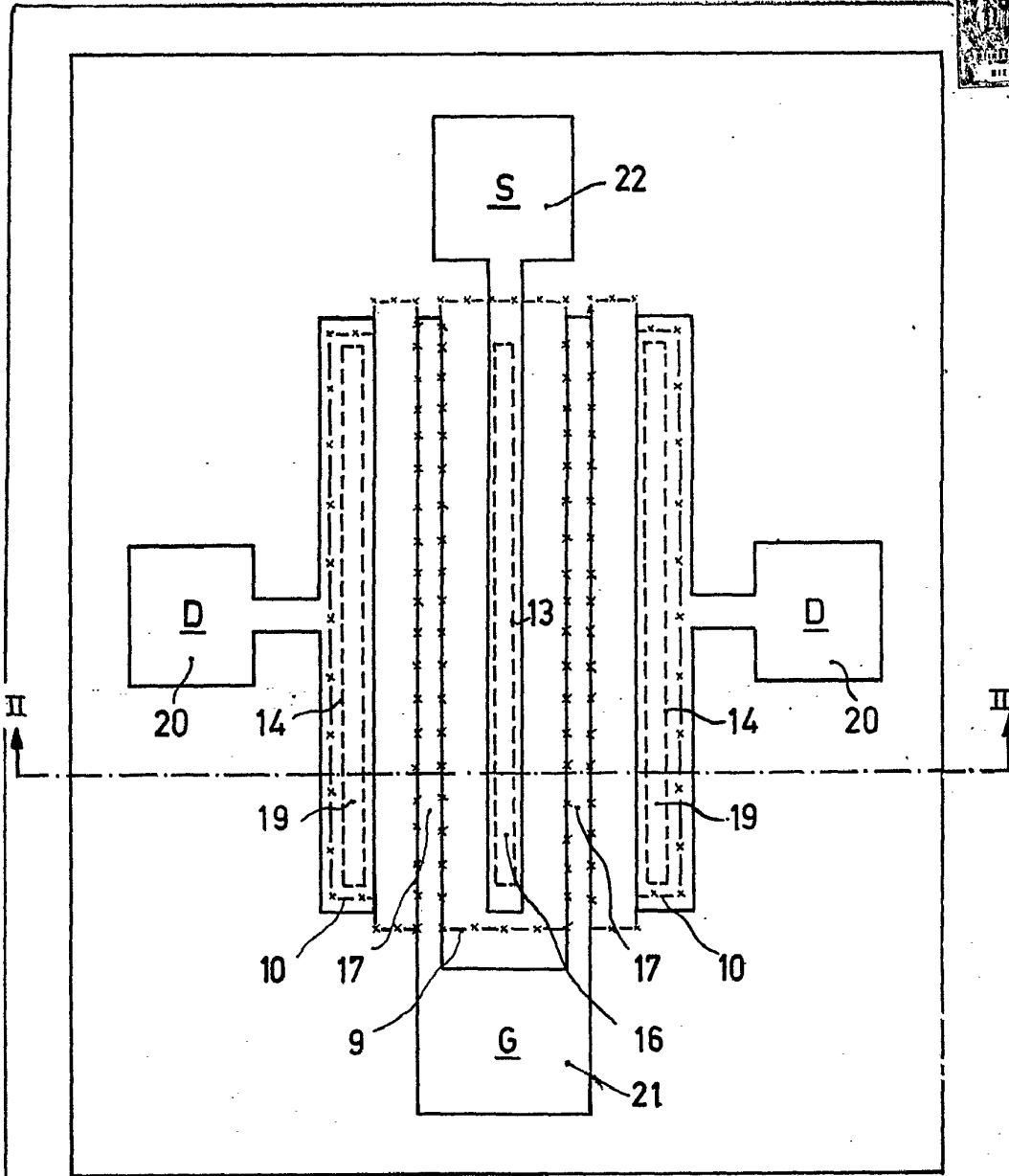


fig. 1

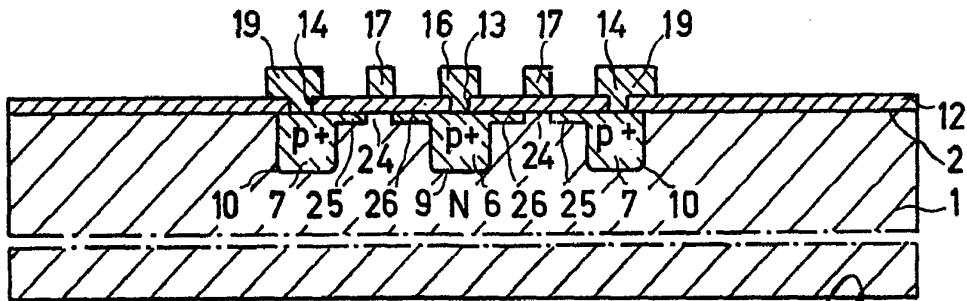


fig. 2

*Handwritten signature or initials.*

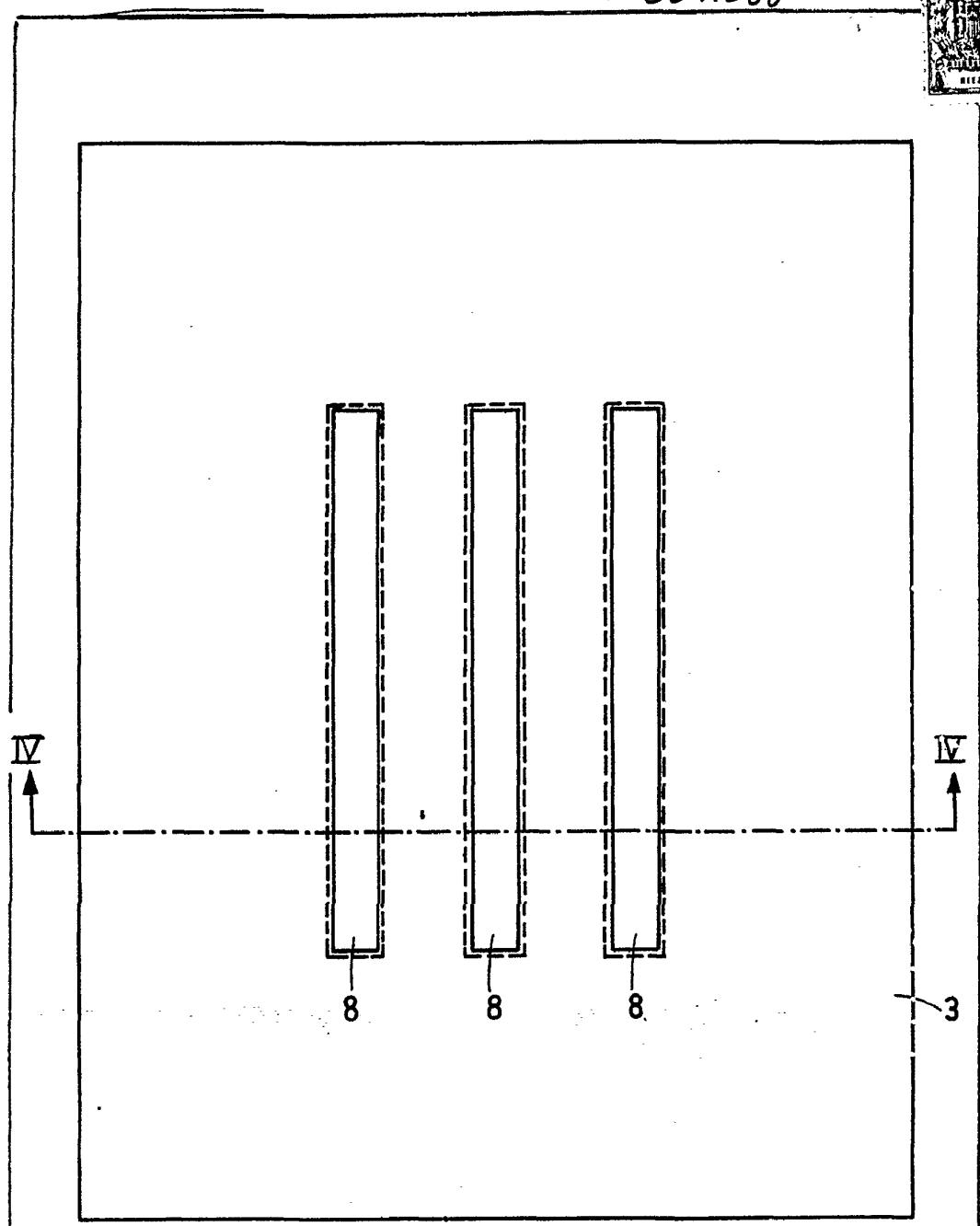


fig. 3

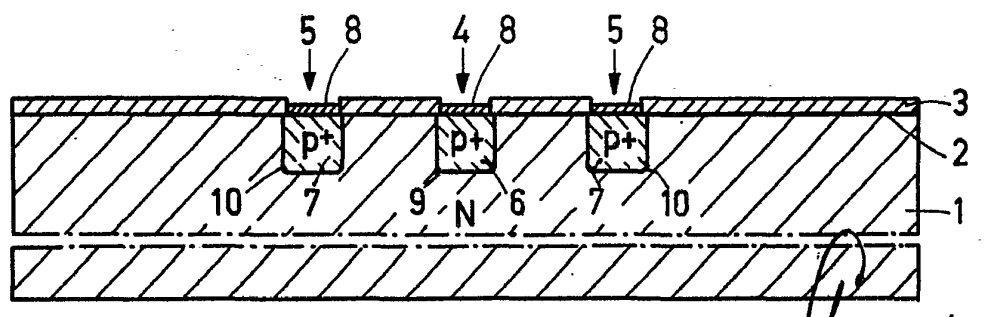


fig. 4

*Handwritten signature or initials.*

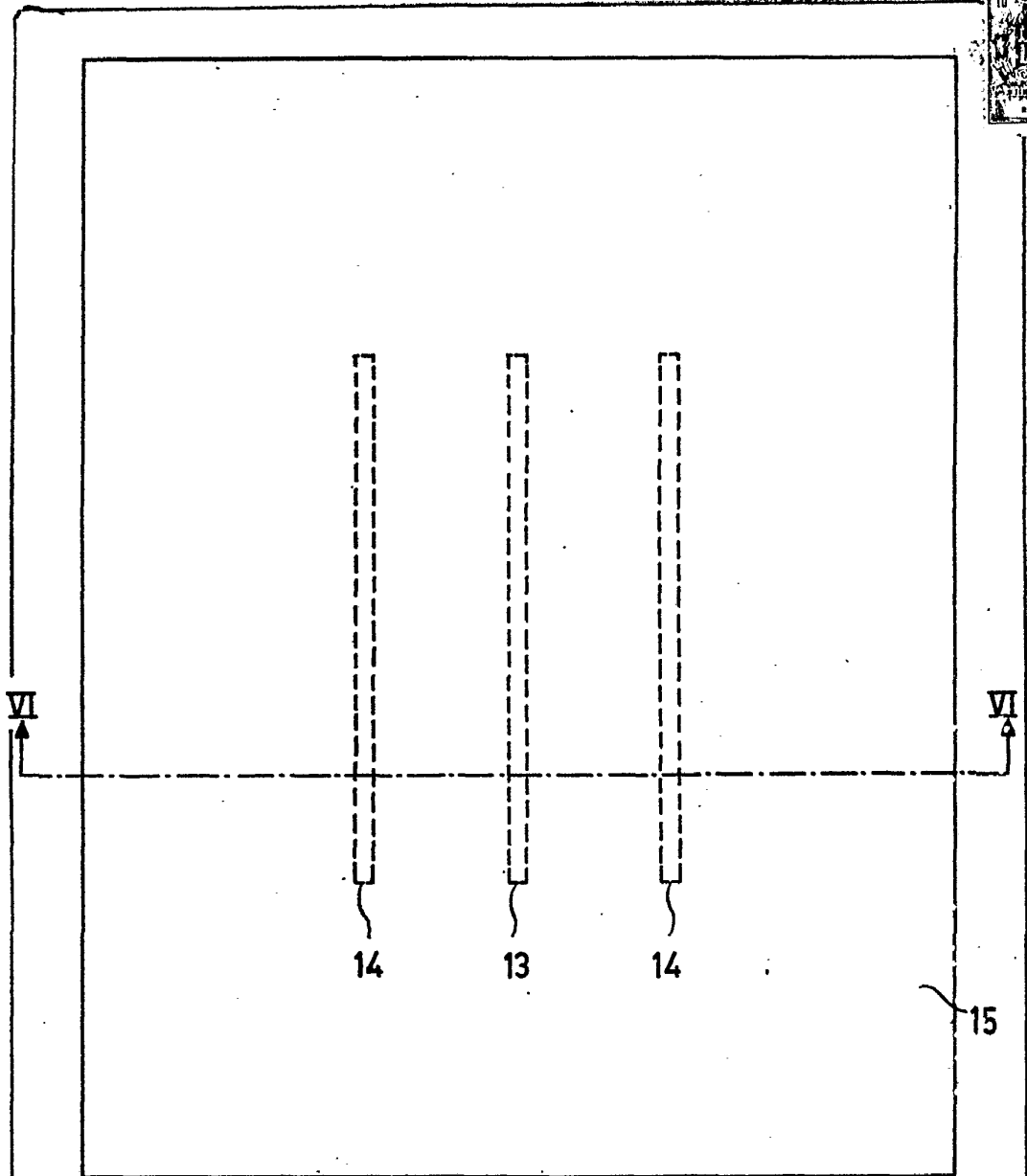


fig. 5

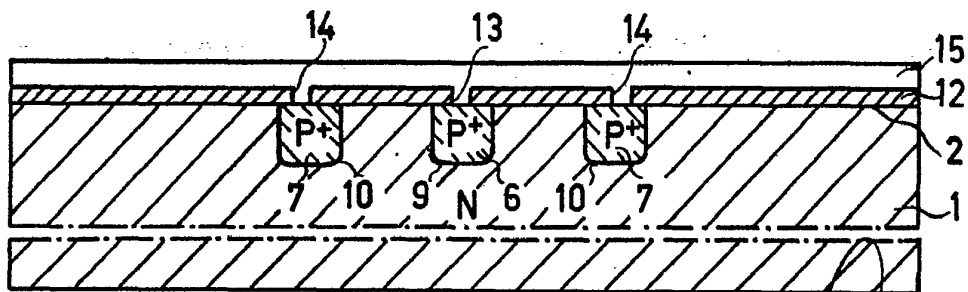


fig. 6

*Handwritten signature or initials.*

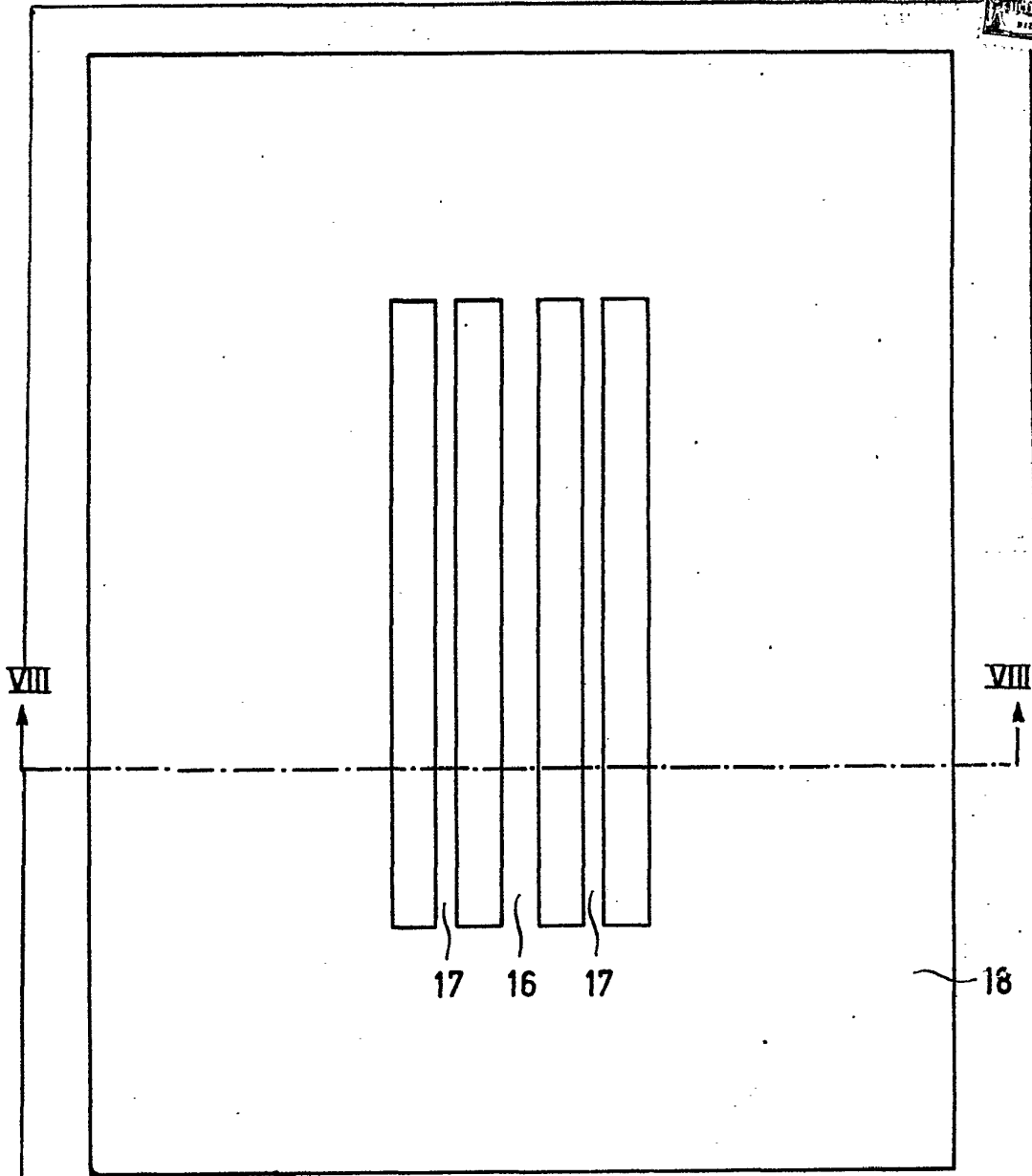


fig. 7

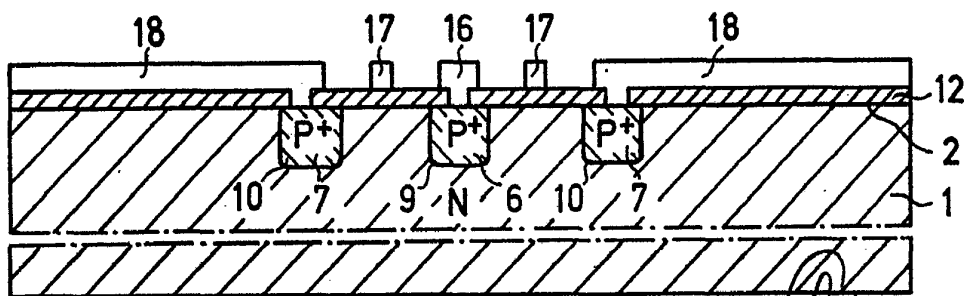
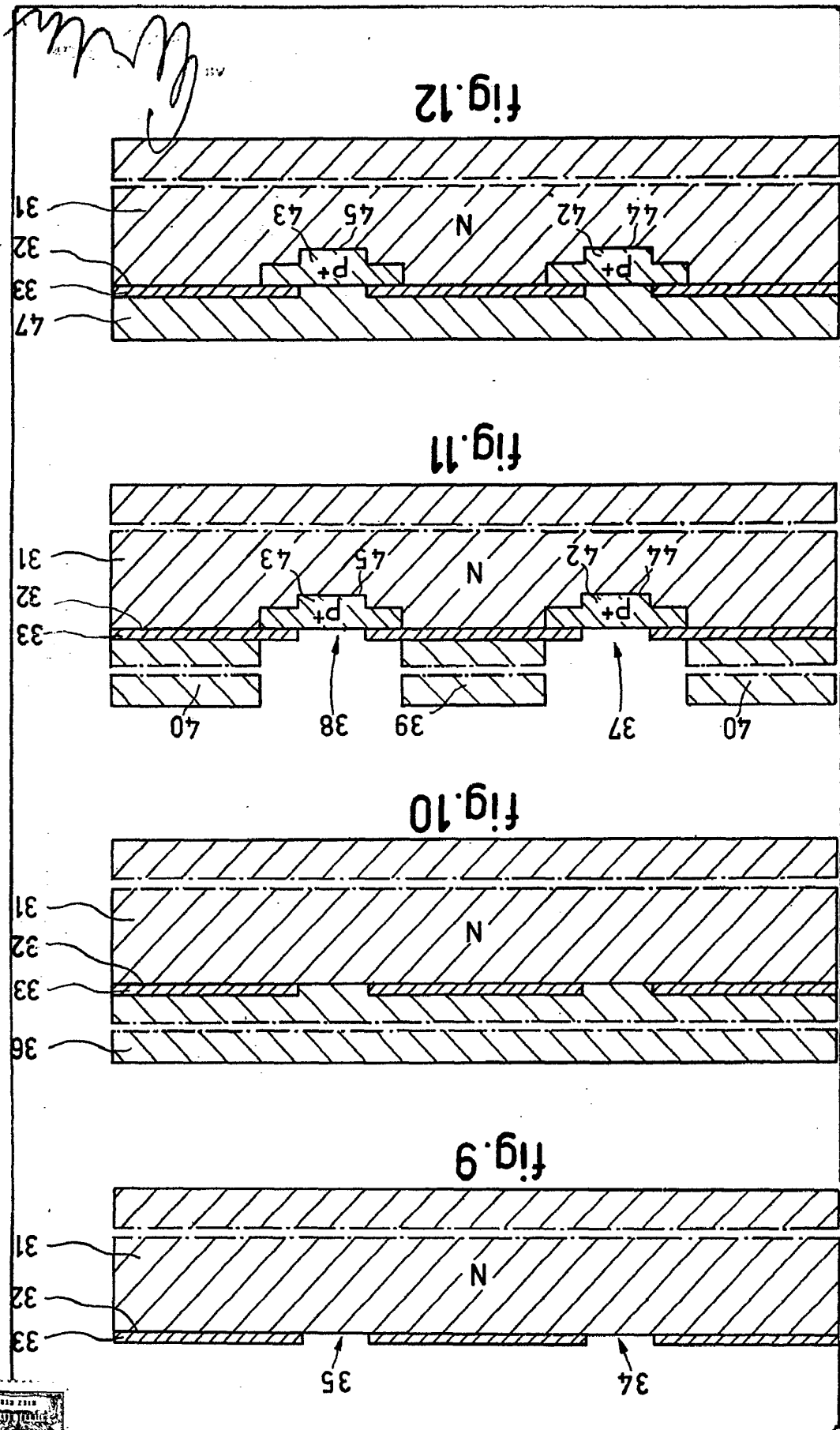


fig. 8

*Handwritten signature or initials.*



367288

*Handwritten signature*

fig. 15

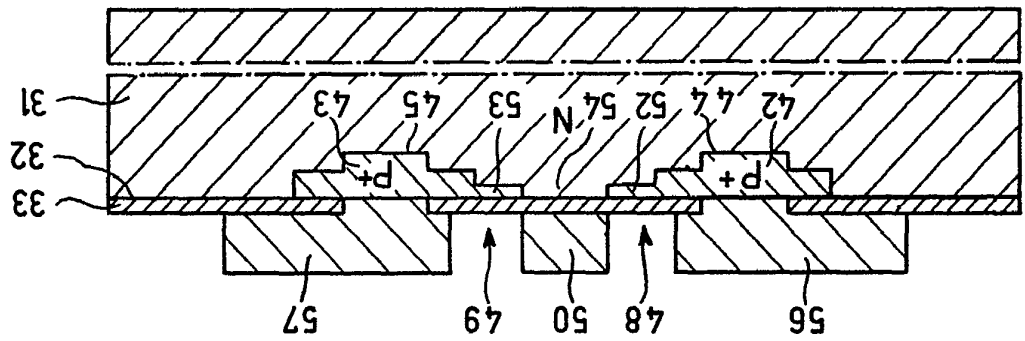


fig. 14

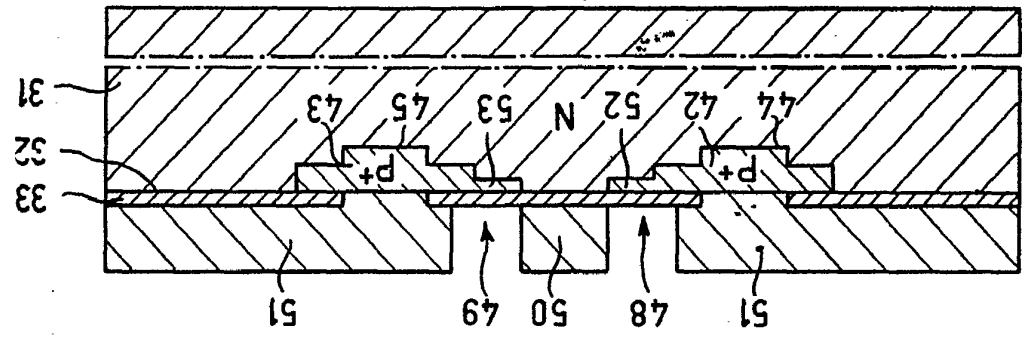
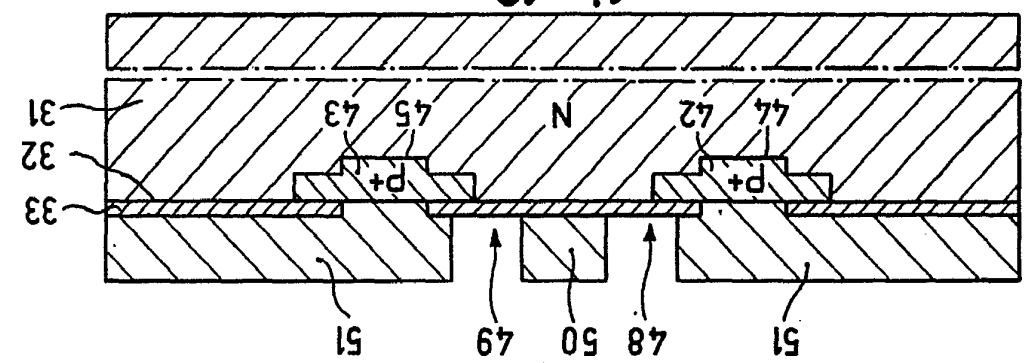


fig. 13



857288

N. V. EPHRAÏM, CHOCHE