



P-34.445

PHB 31.575

336908

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud  
de

PATENTE DE INVENCION

formulada el 16 de Febrero de 1967, con el núm. 336.908

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

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

"UN DISPOSITIVO TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO"

=====

Este invento se refiere a un transistor de efec-  
to de campo del tipo que tiene un electrodo puerta aisla-  
do, comprendiendo un cuerpo semiconductor monocristalino  
de un tipo, que tiene (separadas entre sí) dos zonas su-  
5 . perfciales del otro tipo, en una superficie del cuerpo,  
y entre dichas zonas la zona del canal con el electrodo  
puerta, formado sobre una parte (al menos) de aquél, y ais-  
lado del mismo, y teniendo contactos óhmicos en las zonas  
de la superficie y el electrodo puerta.

10 En estos dispositivos de semiconductores, el



flujo de corriente se produce en una zona de la superficie de un cuerpo semiconductor o próxima a ella, y el flujo de corriente se modula mediante un potencial aplicado a un electrodo puerta inmediato a la superficie del cuerpo semiconductor, pero aislado de ella.

El flujo de corriente puede efectuarse entre dos uniones PN, siendo el dispositivo de la forma llamada "de enriquecimiento", y la corriente puede iniciarse por el potencial sobre el electrodo puerta, añadido a la modulación por dicho potencial. En algunos dispositivos del tipo de enriquecimiento, el flujo de corriente se produce ya al potencial de puerta cero, y la intensidad de corriente puede reducirse o aumentarse aplicando el potencial de puerta adecuado.

En la Fig. 1 se ilustra un ejemplo de un transistor de efecto de campo del tipo de enriquecimiento, ya conocido, del cual muestra una vista parcial en perspectiva del dispositivo, con un corte vertical. Un substrato 1 de silicio tipo P, monocristalino, tiene dos zonas separadas 2 y 3, superficiales, en una superficie del cuerpo. Estas zonas pueden formarse por difusión de una impureza tipo N, tal como el fósforo, en la superficie del cuerpo. Utilizando una técnica de foto-reserva, se forman entre las dos zonas superficiales 2, 3 y el substrato 1, dos uniones rectificadoras PN (2' y 3'). Estas uniones PN están expuestas en la superficie del substrato a lo largo de las líneas de trazos 4 y 5. Sobre la superficie del cuerpo, entre dos partes opuestas de las uniones 4 y 5 va dispuesta una delgada capa dieléctrica 6. Esta capa dieléctrica puede ser de bióxido de silicio formado por oxida-



ción del sustrado de silicio.

Sobre la capa dieléctrica 6 puede formarse con técnicas de depósito por vacío, una capa conductora 7, y durante este proceso pueden formarse los contactos óhmicos 8 y 9 a las dos zonas superficiales separadas 2 y 3. La capa conductora puede consistir en aluminio.

Un informe más detallado de este tipo de transistor de efecto de campo en cuanto a su estructura y funcionamiento figura en el número de septiembre de 1963, página 1190, de la publicación "Proc. I.E.E.E.", en un artículo titulado "El transistor de efecto de campo con puerta aislada al silicio", por Hofstein y Heiman.

Durante el funcionamiento, se aplica un potencial entre las dos zonas superficiales. El paso de corriente entre dichas dos zonas puede iniciarse y regularse mediante un potencial aplicado entre la capa conductora y el sustrato semiconductor. Este potencial es de tal polaridad que bajo la capa dieléctrica se induce un canal superficial del otro tipo de conductividad, permitiendo circular a la corriente entre las dos zonas superficiales. A este modo de funcionar suele llamársele el modo de realce o refuerzo, porque el canal de conducción se forma por la aplicación de un potencial a la capa conductora.

A este dispositivo se le puede hacer trabajar de un modo análogo a un tubo de vacío. Las dos zonas superficiales se denominan habitualmente zona de alimentación y zona de salida, y la capa conductora, electrodo de puerta. Al electrodo de puerta, que tiene una alta impedancia de entrada, se le aplica una señal moduladora.

La puerta conductora debe solapar las zonas su-

5 perfciales a fin de asegurar que, durante el uso, el canal superficial inducido se extienda a ambas zonas. Este solape da origen a una capacitancia entre el electrodo de puerta y el electrodo de salida lo que puede conducir a un amplio grado de realimentación a las frecuencias elevadas. Es, por lo tanto, necesario que el electrodo de puerta esté exactamente en correspondencia con las zonas superficiales para garantizar que el solape se mantiene al mínimo, pero que el electrodo de compuerta se extiende hasta las zonas superficiales.

10 Las propiedades del dispositivo dependen, entre otras cosas, de la separación entre las zonas de alimentación y de salida entre las que circula la corriente, y de la longitud de la zona del canal a través de la cual transcurre el flujo de corriente. En el dispositivo conocido que arriba se ha descrito, está separación suele ser de 10 micron (aproximadamente). La gm. (conductancia mutua) del dispositivo puede mejorarse reduciendo esta dimensión, o aumentando la longitud de la zona del canal que recorre la corriente, o haciendo ambas cosas a la vez.

15 Si la separación entre las zonas de generador y de escape se disminuye, se introducen dificultades en la fabricación del aparato, porque el electrodo de puerta debe colocarse en coincidencia con la zona del canal, y debe tener una solape tan pequeño como sea posible con la zona de salida. Si la zona del canal tiene una anchura de  $1\mu$ , el electrodo de puerta debe tener una anchura considerablemente mayor de  $1\mu$  con objeto de asegurar que el electrodo citado recubre totalmente la zona del canal entre las zonas superficiales. Es difícil, empleando las



técnicas actuales, alinear el electrodo de puerta para recubrir la zona del canal, pero recubriendo la zona de salida sólo en muy pequeño grado.

5 Un transistor de efecto de campo del tipo de agotamiento tiene una configuración semejante a la que se muestra en la Fig. 1, pero con una zona de tipo-N extendiéndose inmediata a la superficie entre las zonas 2 y 3 de superficie +N. El flujo de corriente se produce entre las dos zonas 2 y 3, a través de la superficie  
10 tipo -N, y la sección de esta zona que lleva corriente puede reducirse aplicando un potencial negativo al electrodo de puerta. La sección portadora de corriente en la zona del tipo N queda entonces entre el substrato tipo P y una zona de tipo P inducido, adyacente a la capa de aislamiento de la superficie del semiconductor.  
15

Además, es a menudo muy importante que la zona del canal entre las zonas de superficie, mirando en sentido transversal a la dirección de la corriente entre las zonas superficiales y paralelo a una de las superficies  
20 del cuerpo semiconductor, debe tener una gran longitud, mientras que el transistor de efecto de campo sigue siendo compacto y de una estructura sencilla.

Uno de los fines del invento es, por lo tanto, el proporcionar un transistor de efecto de campo de la  
25 clase mencionada en el preámbulo, el cual tiene una zona de canal, la cual (mirando transversalmente a la dirección de la corriente en la zona de canal) tiene una gran longitud, mientras el transistor de efecto de campo sigue siendo todavía compacto y de una estructura sencilla,  
30 y tiene además muy buenas propiedades eléctricas, si así



se desea, con una capacitancia que ocasiona muy escasa realimentación.

5 Conforme al invento, un transistor de efecto de campo de la clase mencionada en el preámbulo se caracteriza porque las zonas superficiales tienen proyecciones o salientes interdigitales, que dan origen a una zona de canal tortuosa, estando formado el electrodo de puerta sólo encima de las proyecciones de las zonas superficiales, y sobre zonas de la región del canal que están situadas entre aquéllas.

10 Las zonas superficiales pueden estar ligadas a la superficie del cuerpo semiconductor por uniones PN.

15 Puede también extenderse una delgada capa superficial del otro tipo entre las zonas superficiales y colindando con ellas, teniendo dicha delgada capa superficial una resistividad más elevada que las zonas superficiales.

El electrodo de puerta puede ser sencillamente lineal.

20 Una importante realización del invento se caracteriza por que las zonas superficiales tienen proyecciones o salientes interdigitales.

25 Es preferible que la anchura media de las proyecciones sea como máximo de  $10\mu$ . Para una anchura media mayor de las proyecciones, las ventajas de un trazado geométrico conforme al invento son proporcionalmente pequeñas. Si el transistor de efecto de campo se destina a operar a frecuencias elevadas, con las que la capacitancia causante de la realimentación debe ser baja, la anchura media de las proyecciones no debe exceder, preferentemente, de los  $5\mu$ .

30



El invento se refiere también a un método de fabricación de un transistor de efecto de campo conforme al invento, el cual se caracteriza porque la capa sinuosa de óxido se forma utilizando una técnica de haz electrónico.

Se describen a continuación dos realizaciones de un transistor de efecto de campo conforme al invento, haciendo referencia a los dibujos esquemáticos que se acompañan, en los que

La Fig. 2 muestra una vista en planta de un transistor de efecto de campo del tipo de enriquecimiento o refuerzo,

La Fig. 3 muestra tres cortes verticales de la Fig. 2, a lo largo de las líneas AA, BB y CC, respectivamente.

La Fig. 4 muestra cortes verticales de un transistor de efecto de campo, del tipo de agotamiento.

La Fig. 5 muestra una vista en planta de un transistor de efecto de campo con trazado geométrico circular,

y

La Fig. 6 muestra un circuito en el que puede utilizarse un dispositivo conforme al invento.

Un substrato 10 de silicio monocristalino tipo P, activado con boro, y teniendo una resistividad de  $5\Omega$  por cm., tiene dos zonas superficiales 11 y 12, formadas por difusión de fósforo dentro de una superficie que utiliza una máscara de óxido, siendo de 50 micron la separación entre las zonas 11 y 12. Las dos zonas superficiales 11 y 12 lindan con dos zonas superficiales 13 y 15 de mayor resistividad, las cuales llevan una serie de extensiones 14,



16, en relación interdigital. Estas extensiones se pro-  
longan hasta  $7 \mu$  desde cada zona superficial. Las líneas  
13' y 15' se unen a la zona sinuosa 17 de canal. La an-  
chura de cada una de estas extensiones es aproximadamente  
5 de un micron, con una separación de 1 micron entre ellas.  
Así, la anchura de la zona 17 de canal es de 1 micron, y  
su longitud es considerablemente mayor que la de cada  
una de las zonas superficiales de difusión. El solape  
efectivo del electrodo de puerta sobre la zona de salida  
10 es de  $\frac{1}{2} \mu$ .

Si el dispositivo tiene una longitud de  $240 \mu$ ,  
la longitud de la zona del canal es aproximadamente de  
3000  $\mu$ , y así el dispositivo tiene una zona de canal  
con una relación elevada entre longitud y anchura, y de  
15 aquí, una  $gm$  relativamente elevada (aproximadamente, de  
10 mA/V cuando el potencial de escape es de 10 V, la co-  
rriente de salida, de 10 mA, y el potencial de puerta,  
de 30V), además de un solape efectivo del electrodo de  
puerta sobre la zona de escape, de  $\frac{1}{2} \mu$ .

20 Se observará que el flujo de corriente en el dis-  
positivo de refuerzo conforme al invento se produce en di-  
rección paralela a la máxima dimensión del electrodo de  
puerta, mientras que en la configuración del dispositivo  
conocido el flujo de corriente es normal a esta dimensión.

25 Un electrodo de puerta 18, en aluminio, con un  
ancho de  $25 \mu$ , va dispuesto sobre parte de la zona de ca-  
nal y sobre las extensiones 14 y 16, y va aislado de és-  
tas por una capa 22 de bióxido de silicio. Los contactos  
óhmicos 19, 20 y 21 van aplicados, respectivamente, a la  
30 zona de alimentación, zona de salida y electrodo de puerta.



En el funcionamiento, el flujo de corriente del generador al escape se produce a través de la zona del canal entre las proyecciones interdigitales 14 y 16 en aquellas partes de la zona de canal que quedan  
5 debajo del electrodo de puerta.

En la Fig. 4 se muestran cortes de un transistor de efecto de campo del tipo de agotamiento, correspondientes a los cortes visibles en la Fig. 3. Este dispositivo, con una vista en planta semejante al dispositivo  
10 ilustrado en la Fig. 2, tiene una zona 23 superficial, de tipo -N, con elevado valor óhmico, que se extiende entre las zonas intercaladas de alimentación y de salida escape. Cuando se aplica un potencial negativo al electrodo 18 de compuerta, se induce en la zona 23  
15 una capa superficial del tipo -P, y el canal que lleva corriente se limita a una sección comprendida entre la capa superficial inducida de tipo -P y el substrato de tipo -P.

Se apreciará que aunque el flujo de corriente se reducirá bajo el electrodo de puerta, en las partes  
20 del canal que no quedan cubiertas por dicho electrodo de puerta, el flujo de corriente sólo se reducirá a una extensión muy pequeña por el potencial aplicado. Así, la  $g_m$  del dispositivo no resulta muy grande.

En la Fig. 5 se muestra un dispositivo del tipo de enriquecimiento o refuerzo, con un trazado geométrico circular.  
25

Entre dos zonas superficiales 35 y 37 del tipo -N se forma una zona 38 de canal sinuoso con una anchura de  $1 \mu$ . Por las zonas 34, 36 de tipo + N se for-  
30

29 MAR 1967

ma contacto óhmico a las zonas superficiales. Las zonas están formadas por la introducción de impurezas donantes en un substrato 33 tipo -P. El electrodo de puerta queda delimitado por las líneas 39 y 40, y se ve que dicho electrodo recubre al menos una parte de la zona 38 de canal.

La forma geométrica circular tiene una resistencia en serie más baja que un dispositivo con geometría lineal, porque las extensiones tienen una forma triangular en vez de alargada. El dispositivo mostrado en la fig. 5 tiene, sin embargo, una mayor capacidad puerta salida (estando conectado el electrodo de salida a la zona superficial 34), porque las extensiones solapadas por la puerta son triangulares.

El dispositivo ilustrado en la Fig. 5 puede también prepararse como transistor de efecto de campo del tipo de agotamiento, con una capa tipo -N de alta resistividad en la zona sinuosa de canal.

En la Fig. 6 se muestra un circuito en el que puede utilizarse el dispositivo conforme al invento. Un transistor 24 de efecto de campo del tipo de enriquecimiento o refuerzo, en el que la corriente pasa por un canal inducido del tipo -N, tiene un circuito cronizado 25, conectado entre el electrodo 24A de compuerta y tierra, habiéndose dispuesto también una batería 26 de polarización. La señal de entrada procede de un manantial 29 de señal. El electrodo generador 24D del dispositivo va conectado a tierra, y el substrato 24C del dispositivo se mantiene a un cierto potencial por la batería 27. Entre el electrodo 24A de puerta y el electrodo 24B de



salida va colocado un circuito 28 cronizado, y el potencial entre alimentación y salida lo suministra la batería 30, que queda bloqueada del electrodo de puerta por el condensador 31, y de la señal, por el condensador 32. La señal de salida amplificada se deriva en los bornes de la carga 41.

Ahora se describirá un método para preparar el dispositivo ilustrado en las Figuras 2 y 3:

Un cuerpo 10 de silicio monocristalino del tipo -P, tiene una superficie plana oxidada mediante técnicas conocidas para producir una capa de bióxido de silicio con un espesor de  $0,3 \mu$ .

En la capa de óxido se practicaron ventanas del modo habitual para formar las zonas 11 y 12.

A través de las ventanas se efectuó una difusión de fósforo para formar las zonas 11 y 12, tipo + N en el cuerpo 10. Las zonas + N se dejaron separadas por una distancia de  $50 \mu$ , y tenían una concentración fosfórica aproximada de  $5 \times 10^{20}$  átomos por cm. cúbico. Luego se quitó la capa de óxido de la zona superficial situada dentro de las líneas de trazos de la Fig. 2, utilizando una solución de fluoruro amónico en ácido fluorhídrico.

Sobre la superficie correspondiente a la zona 17 del canal, se depositó una sinuosa capa de óxido con un espesor de  $0,3 \mu$  y una anchura de  $1 \mu$ . El depósito del óxido se efectuó empleando técnicas de haz electrónico. El haz electrónico se enfocó sobre el sustrato de silicio que había sido colocado en una atmósfera de oxígeno que contenía tetraetoxisilano. La densidad de



corriente fué aproximadamente de  $1 \text{ mA/cm}^2$  con una tensión de 10 kV . Las presiones parciales del oxígeno y del silano fueron de unos  $10^{-2}$  mm de mercurio. Después del depósito de la capa de óxido, se calentó en argón húmedo a  $700^\circ\text{C}$  durante  $\frac{1}{2}$  hora.

Se efectuó después una difusión de arsénico en las zonas todavía expuestas, para obtener dos zonas superficiales 13 y 15 del tipo -N, que tienen unas extensiones salientes 14 y 16. La concentración de impurezas introducidas en el sustrato durante este proceso de difusión es menor y menos profunda que en el anterior proceso de difusión, para asegurar que las partes 14 y 16 continúen separadas bajo la capa de óxido.

La capa sinuosa de óxido se eliminó con una solución de fluoruro amónico en ácido fluorhídrico, y sobre toda la superficie del sustrato se formó otra capa de óxido. Se abrieron ventanas en la capa de óxido en las posiciones necesarias para los contactos 19 y 20. Los perfiles de la difusión del arsénico no serán afectados en la práctica si la oxidación se lleva a cabo por debajo de los  $1000^\circ\text{C}$ .

Se depositó aluminio hasta una profundidad de  $0,1 \mu$  para formar los contactos óhmicos 19 y 20 y el electrodo 18 de puerta. Aproximadamente, este electrodo debe quedar situado simétricamente entre las zonas de alimentación y salida, sobre la zona 17 del canal sinuoso, pero un cierto grado de falta de correspondencia de la puerta respecto a las zonas de alimentación y salida puede ser tolerado, ya que sustancialmente no alterará las propiedades del dispositivo.

22.3.1967

- 12 -

336908



Se practicó el contacto óhmico 21 al electrodo de puerta, y se conectaron hilos conductores a los contactos 19 y 20 respectivamente, con lo que quedó completo el montaje del dispositivo.

5                   La zona superficial 23 de tipo -N se formó con una etapa de difusión, utilizando una impureza donadora antes de la formación de la capa sinuosa de óxido. Además, la formación de una capa de óxido sobre una superficie de silicio puede aumentar la concentración de donador en  
10                   aquella superficie, y puede formarse una zona tipo -N, que dependerá de la resistividad del substrato tipo -P y de las condiciones de oxidación.

                  El dispositivo conforme al invento tiene características mejoradas, y una capacitancia puerta salida  
15                   relativamente pequeña. Otra ventaja adicional de un dispositivo conforme al invento es la zona de canal relativamente larga, a través de la cual se produce el flujo de corriente, en una forma compacta que es especialmente ventajosa en la fabricación de los circuitos integrados. Así,  
20                   el substrato semiconductor puede llevar otros componentes activos y pasivos, que forman un circuito con el dispositivo conforme al invento. Un punto muy importante es que el electrodo puerta no necesita ya estar centrado con una gran exactitud.

25                   La presente solicitud que corresponde a la presentada en Gran Bretaña, con fecha 18 de febrero de 1966, bajo el Nº 7254/66, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

**336908**



N O T A

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

5                   1.- Un dispositivo transistor de efecto de campo del tipo que tiene un electrodo de puerta aislado, comprendiendo un cuerpo semiconductor monocristalino de un primer tipo, que lleva dos zonas superficiales espaciadas, del otro tipo, sobre una superficie del cuerpo, y  
10                   entre dichas zonas, la zona de canal con el electrodo de puerta formado al menos sobre una parte de aquellas, y aislado de las mismas, y que tiene contactos óhmicos en las zonas superficiales y en el electrodo de puerta; caracterizado porque las zonas superficiales tienen extensiones  
15                   salientes interdigitales formando una zona sinuosa de canal, estando formado el electrodo de puerta sólo sobre las extensiones salientes de las zonas superficiales, y sobre zonas de la región del canal que están situadas entre aquellas.

20                   2.- Un dispositivo transistor de efecto de campo conforme a la reivindicación 1, caracterizado porque las zonas superficiales están limitadas en la superficie del cuerpo semiconductor por uniones p-n.

25                   3.- Un dispositivo transistor de efecto de campo conforme a la reivindicación 1, caracterizado porque entre las zonas superficiales y lindando con ellas, se extiende una fina capa superficial del otro tipo, teniendo dicha fina capa superficial una mayor resistividad que las



zonas superficiales.

4.- Un dispositivo transistor de efecto de campo conforme a una o varias de las precedentes reivindicaciones, caracterizado porque el electrodo de puerta es lineal.

5.- Un dispositivo transistor de efecto de campo conforme a una o varias de las precedentes reivindicaciones, caracterizado porque las zonas superficiales tienen extensiones salientes interdigitales.

6.- Un dispositivo transistor de efecto de campo conforme a una o varias de las precedentes reivindicaciones, caracterizado porque la anchura media de las extensiones salientes es como máximo de  $10 \mu$  y, preferiblemente, no mayor de  $5 \mu$ .

7.- Un dispositivo transistor de efecto de campo conforme a una o varias de las precedentes reivindicaciones, caracterizado porque el electrodo de puerta del cuerpo semiconductor está aislado por una capa aislante que contiene un óxido del material que forma el cuerpo semiconductor.

8.- Un dispositivo transistor de efecto de campo conforme a una o varias de las precedentes reivindicaciones, caracterizado porque las zonas superficiales tienen una parte de conducción más elevada, a la que se ha hecho un contacto óhmico.

9.- Un dispositivo transistor de efecto de campo.

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.



La presente Memoria consta de 16 hojas escritas  
a máquina por una sola cara.

11 ENE. 1968

Madrid,

P.A.

Alberto de Elorza  
*Alorza*

RM

336908

3.1.1968

- 16 -

336908

336908

23

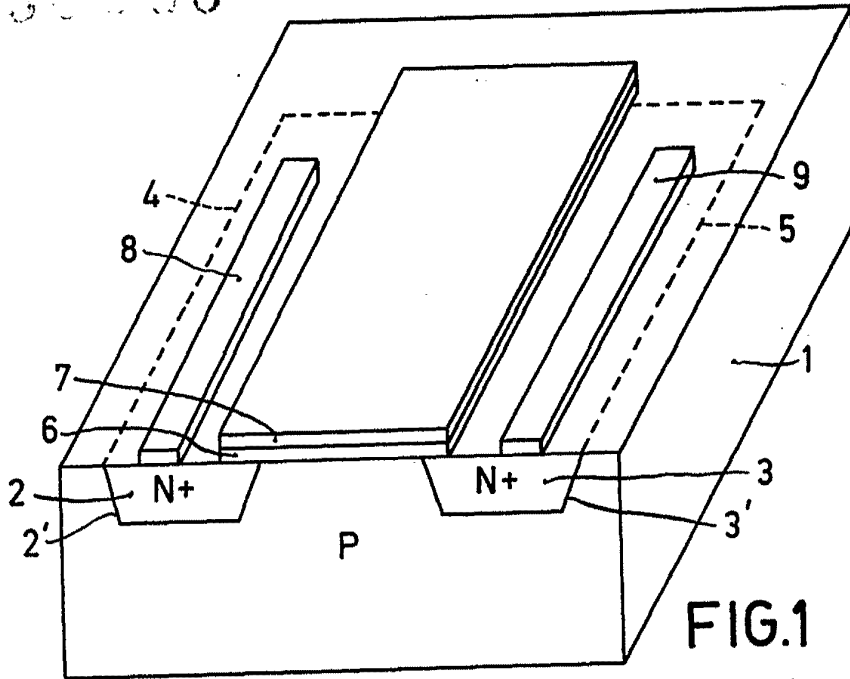


FIG. 1

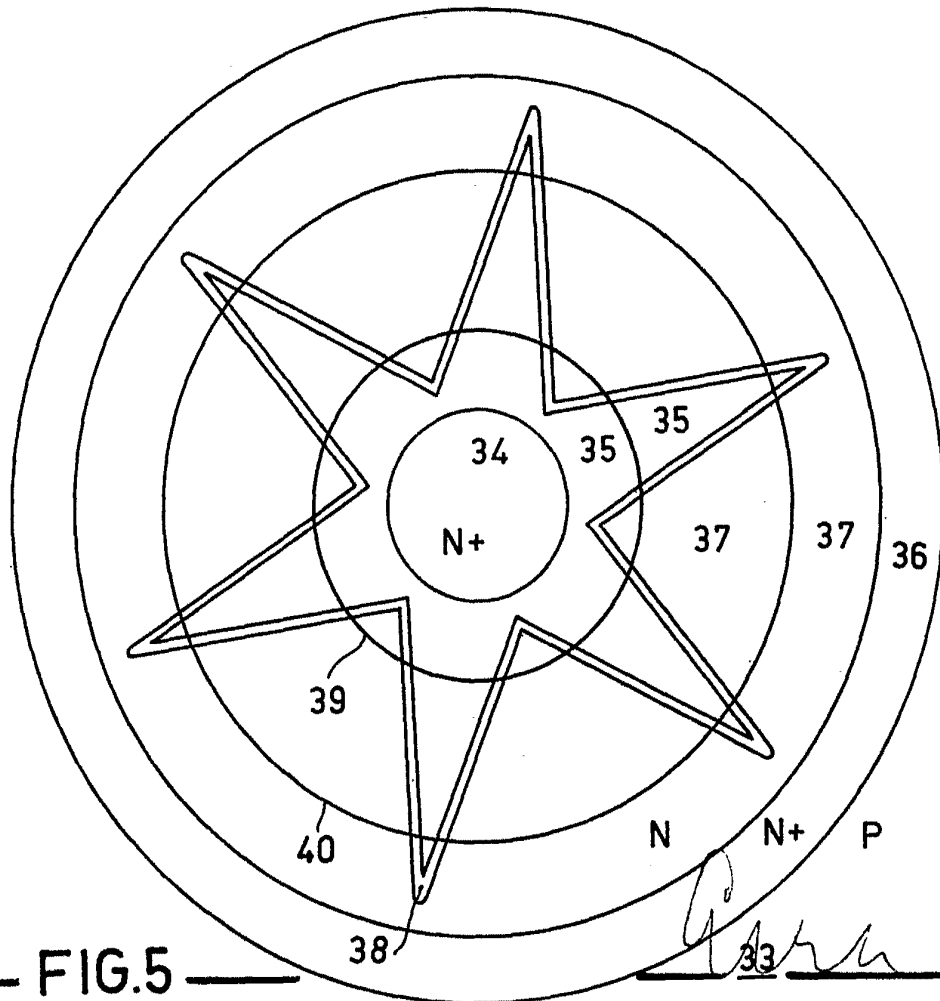


FIG. 5

337,08

N. V. PHILIPS GLOFELAP-RECHEN. 12, IV

ESCALA VARIABLE

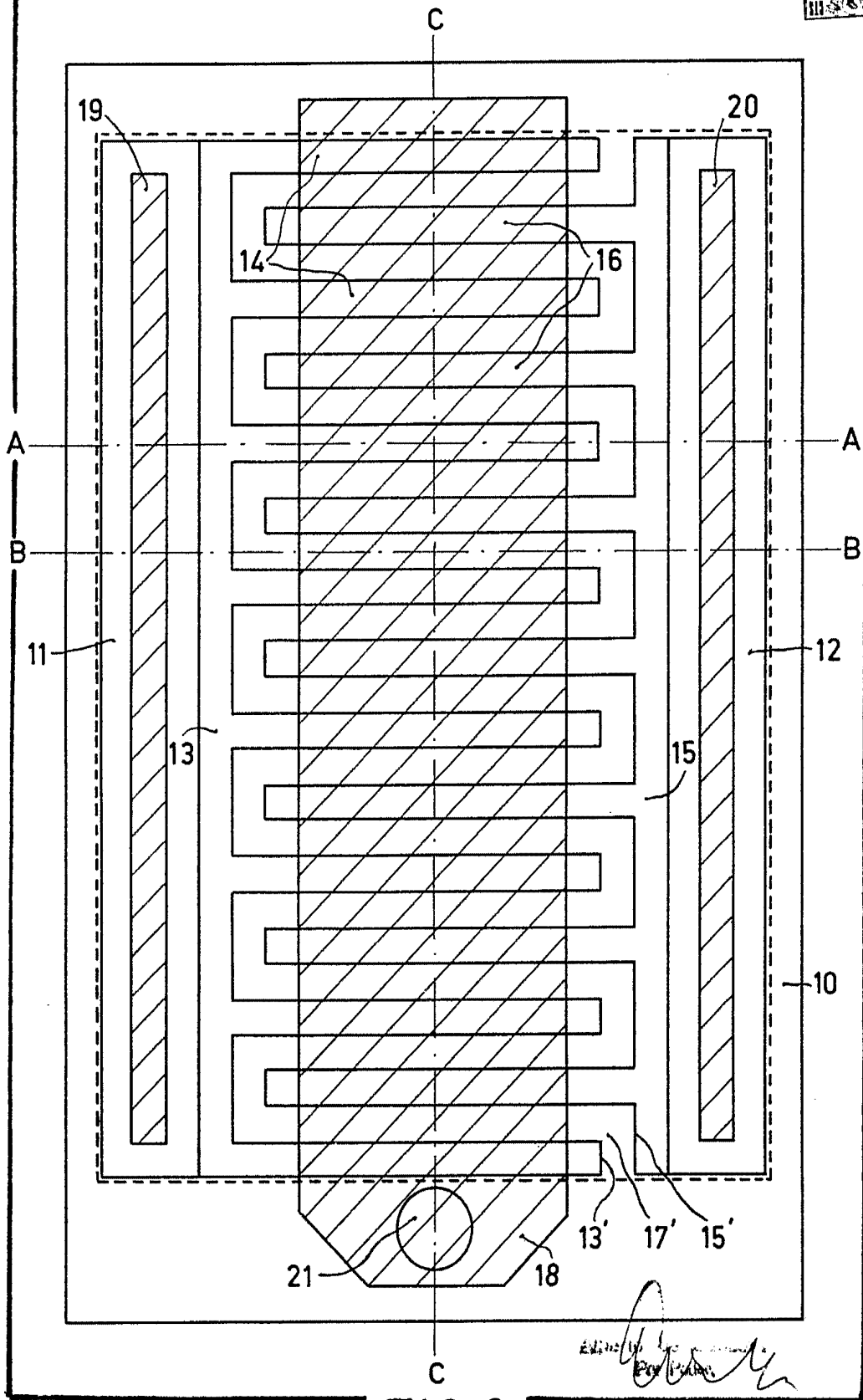
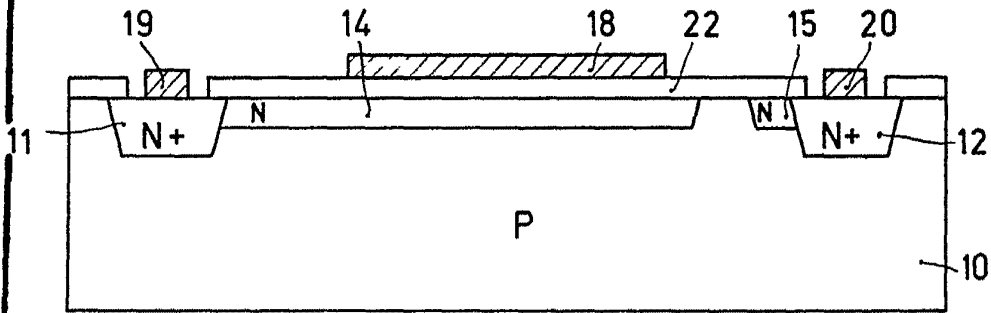
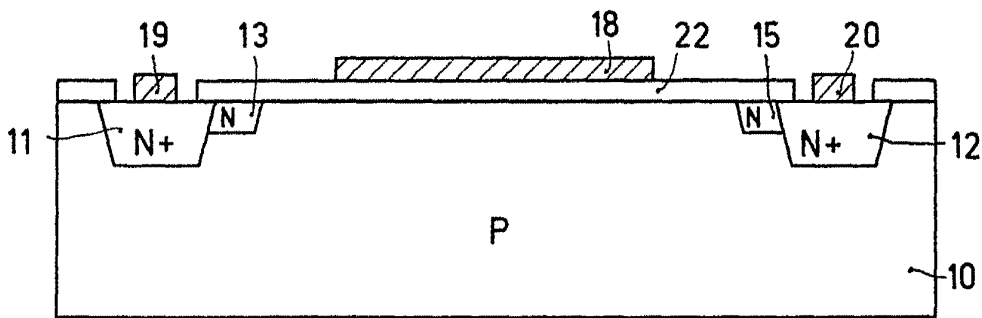


FIG. 2

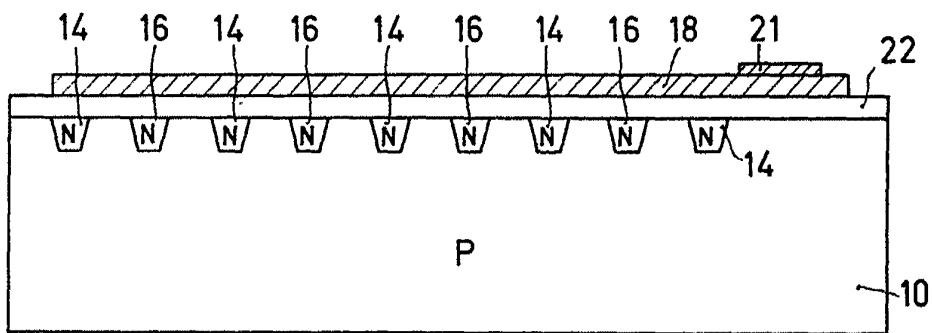
337 08



A-A



B-B



C-C

FIG.3

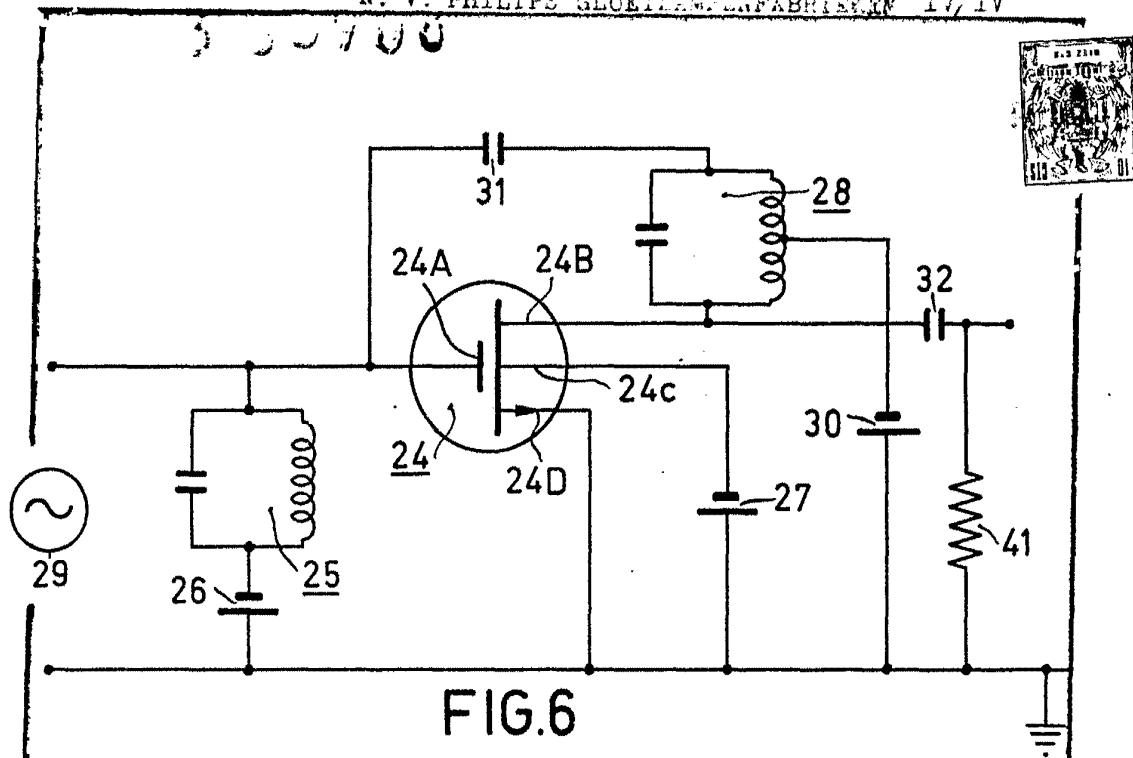
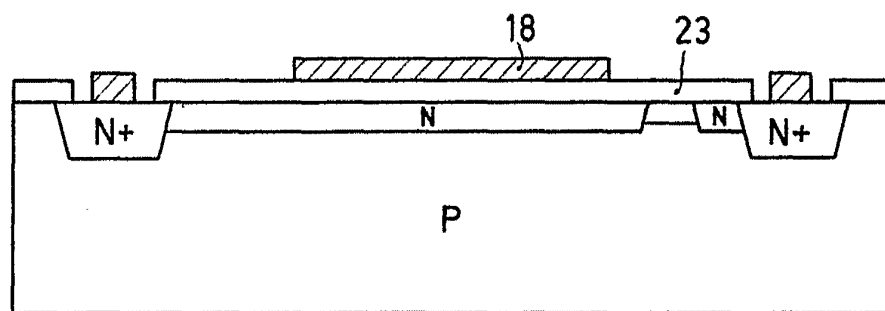
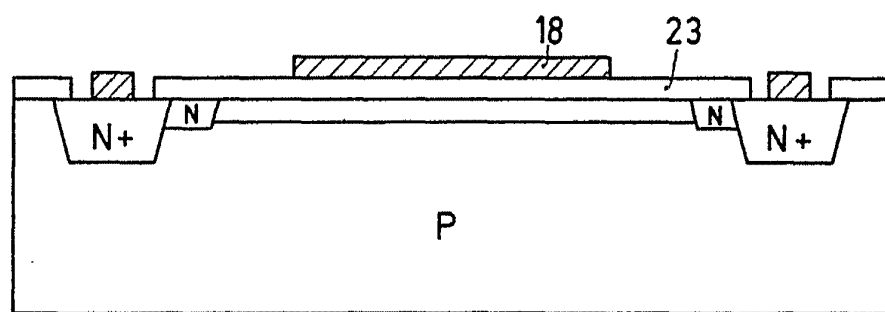


FIG. 6



A-A



B-B

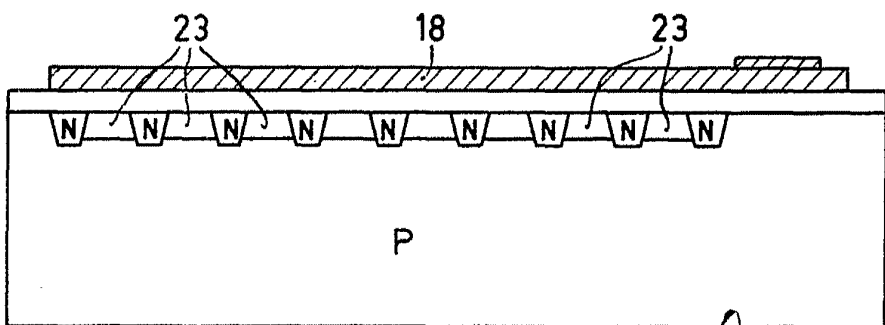


FIG. 4

C-C  
*[Handwritten signature]*