

348128

P-36.887

PHB 31705

11 DIC. 1967

**Memoria descriptiva**



para solicitar

PATENTE DE INVENCION

por 20 años

a nombre de N.V. PHILIPS'GLOEILAMPENFABRIEKEN

entidad / ~~de nacionalidad~~ holandesa

con domicilio en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

por: "UN DISPOSITIVO DE TRANSISTORIE EFECTO DE CAMPO, DE  
COMPUERTA AISLADA" (Clase Internacional H011).

6.12.1967



La presente invención se refiere a transistores de efecto de campo de compuerta aislada. En los transistores de este tipo el flujo de corriente en un sustrato semiconductor monocristalino de un tipo de conductividad entre regiones de fuente y de drenaje separadas del tipo de conductividad opuesto en una región superficial del sustrato es modulado por una tensión aplicada a un electrodo de compuerta que se extiende encima de la región superficial entre las regiones de fuente y de drenaje y aislado de la región superficial por una capa aislante.

La separación lateral entre las regiones de fuente y de drenaje es un factor que afecta las propiedades eléctricas del dispositivo y la conductancia mutua ( $g_m$ ) es aumentada reduciendo la separación lateral de estas regiones. Sin embargo, el sustrato del transistor generalmente tiene una resistividad relativamente elevada dando un valor común de la concentración de impureza del sustrato  $10^{14}$  átomos/cm<sup>3</sup>. La reducción de la separación lateral entre las regiones de fuente y de drenaje en un grado demasiado grande hará que la capa de agotamiento de la juntura p-n polarizada en sentido inverso entre el drenaje y el sustrato se extienda hasta la juntura p-n entre la fuente y el sustrato produciendo así una ruptura en el sustrato para bajas tensiones aplicadas entre los electrodos de fuente y de drenaje.

El aumento de la concentración de la impureza activa en el sustrato parecería ser un modo factible de aumentar la tensión de ruptura pero tal aumento afecta las propiedades del dispositivo de una manera desfavorable. Así con un sustrato más altamente dopado se necesita una



tensión más alta a fin de inducir la misma cantidad de carga bajo la compuerta en comparación con un dispositivo con la misma geometría pero con un sustrato que tiene una concentración de impurezas menor. Este efecto se vuelve particularmente importante cuando el dispositivo es hecho funcionar por encima del "codo" de saturación. Así el  $g_m$  del dispositivo de referencia al terminal de compuerta será reducido pero con referencia al terminal del sustrato será aumentado, es decir, las conductancias mutuas se vuelven dependientes de las propiedades del sustrato.

De acuerdo con la invención un transistor de efecto de campo de compuerta aislada comprende un sustrato semiconductor monocristalino de un tipo de conductividad que tiene una superficie plana, extendiéndose dos regiones superficiales separadas del tipo de conductividad opuesto desde la superficie plana en el sustrato y constituyendo las regiones de fuente y de drenaje, una capa dieléctrica situada sobre la superficie plana del sustrato entre las regiones de fuente y de drenaje y una capa conductora situada sobre la capa dieléctrica que constituye el electrodo de compuerta, teniendo la región de sustrato situada entre las regiones de fuente y de drenaje e inmediatamente adyacente a la superficie plana, una concentración lateral no uniforme de impurezas características de dicho un tipo de conductividad que en al menos una parte de dicha región del sustrato adyacente a la región de fuente es mayor que la concentración de impureza característica de dicho un tipo de conductividad en la región subyacente del sustrato y aumenta en la dirección lateral



desde el drenaje hacia la región de fuente contactos óhmicos para la fuente el drenaje y la compuerta y un contacto óhmico para el substrato.

5 En tal transistor la provisión de la concentración lateral no uniforme de impureza característica de dicho un tipo de conductividad en dicha región permite una separación lateral pequeña de las regiones de fuente y de drenaje manteniéndose un valor alto de la conductancia mutua del transistor y sin que se produzca una ruptura en el substrato a bajas tensiones aplicadas entre las regiones de fuente y de drenaje. La mencionada concentración lateral no uniforme de impureza permite también la obtención de transistores de efecto de campo de compuerta aislada adecuados para funcionar en el modo de acrecentamiento, transistores que son ideales para ser incorporados en circuitos "most" integrados directamente acoplados.

10 En una forma preferida de un transistor de efecto de campo de compuerta aislada de acuerdo con la invención, dicha parte de la región de substrato adyacente a la región de fuente está ubicada dentro de la parte lateralmente difundida de una región de substrato difundida de dicho un tipo de conductividad formada por difusión de un elemento de impureza característico de dicho un tipo de conductividad hacia un área limitada de la superficie plana del substrato. Se apreciará que la concentración lateral no uniforme de impureza característica de dicho un tipo de conductividad en dicha región puede ser obtenida por métodos diferentes a las técnicas de difusión, por ejemplo mediante técnicas de implantación de iones.

15 En una forma de un transistor en que dicha parte



de la región del sustrato está ubicada dentro de la parte lateralmente difundida de una región de sustrato difundida esta configuración permite efectuar conexiones de sustrato de resistencia serie relativamente baja, siendo provisto un contacto óhmico para la región de sustrato difundida sobre la superficie plana, proveyendo la región de sustrato difundida un blindaje eficiente entre la fuente y el drenaje. Además la capacitancia drenaje a sustrato es baja. Dicha configuración es ventajosa también cuando se desea fabricar un transistor de efecto de campo de compuerta aislada adecuado para funcionar en un circuito en que la fuente y el sustrato están en cortocircuito. Esto se logra fácilmente modificando la configuración del contacto de modo que la región de fuente está eléctricamente conectada a la región de sustrato difundida en la superficie plana.

La mencionada concentración lateral no uniforme de impureza, permite obtener un transistor en que la separación lateral de las regiones de fuente y de drenaje puede ser como máximo de 5 micrones. La variación de la concentración de impureza puede existir en toda la longitud de la región de sustrato entre las regiones de fuente y de drenaje pero esto no es esencial. Preferiblemente existe una gran variación en la concentración de impureza al menos dentro de una distancia de 0,5 micrones desde la región de fuente en la dirección lateral.

Una realización de un transistor de efecto de campo de compuerta aislada será descrita a continuación con referencia a los dibujos esquemáticos que se acompañan en que

1 DIC



La figura 1 muestra una vista en corte del cuerpo semiconductor del transistor y

La figura 2 muestra una vista en planta del transistor, siendo efectuado el corte de la figura 1 a lo largo de la línea I-I de la figura 2.

Las figuras 3,4 y 5 ilustran varias etapas de la fabricación del transistor mostrado en las figuras 1 y 2 y

Las figuras 6 y 7 muestran circuitos que incluyen el transistor mostrado en las figuras 1 y 2.

El transistor de efecto de campo de compuerta aislada comprende un substrato 1 de silicio monocristalino de tipo p de 200 micrones de espesor que tiene una superficie plana 2. El substrato 1 tiene una concentración de aceptor boro de  $10^{14}$  átomos/cm<sup>3</sup>. Una región de substrato difundida 3 se extiende desde la superficie plana 2 en el substrato 1, siendo mostrada la extensión del frente de difusión por una línea punteada 4 ubicada, a una profundidad de 5,5 micrones de la superficie 2 y que tiene un ancho en el corte mostrado de 40 micrones. Sobre la superficie 2 está provista una capa aislante 5 de óxido de silicio de 0,2 micrones de espesor. Una región de fuente 6 difundida de tipo n se extiende desde la superficie 2 en la región de substrato difundida 3 y una región de drenaje 7 difundida de tipo n se extiende desde la superficie 2 en el substrato 1. Las regiones de fuente y de drenaje tienen las mismas concentraciones de donador fósforo difundido, siendo la concentración superficial de  $5 \times 10^{21}$  átomos/cm<sup>3</sup> y estando cada una de las partes de las junturas p-n entre estas regiones y la región 3 y el substrato 1



4

5

10

15

20

25

30

respectivamente que son paralelas a la superficie 2 ubicadas a una profundidad de la superficie 2 de 1,5 micrones. Cada una de las regiones de fuente y de drenaje tiene un ancho en el corte mostrado, de 20 micrones y la separación entre estas regiones y la superficie 2 es de aproximadamente 4 micrones. El frente de difusión 4 se extiende hasta la superficie 2 en la vecindad inmediata de la juntura p-n entre la región de drenaje 7 y el substrato 1. En la posición 8 justamente por debajo de la superficie 2 y próxima a la juntura p-n entre la región de fuente 6 y la región difundida 3, la concentración de boro difundido en la región 3 es de aproximadamente  $8 \times 10^{16}$  átomos/cm<sup>3</sup>, mientras que en la posición 9 justamente por debajo de la superficie la concentración de boro difundido es aproximadamente  $5 \times 10^{14}$  átomos/cm<sup>3</sup>. Así una concentración lateral no uniforme de aceptor está presente en la región del substrato entre la región de fuente 6 y la región de drenaje 7 aumentando en la dirección lateral desde la región de drenaje 7 hacia la región de fuente 6. En aberturas en la capa aislante 5 están provistos contactos óhmicos 11 y 12 para la región de fuente 6 y la región de drenaje 7 respectivamente, y un contacto óhmico 13 para la región 3 de substrato difundida. Los contactos óhmicos 11, 12, 13 consisten cada uno en una capa de aluminio de 0,2 micrones de espesor que han sido depositadas desde vapor sobre la superficie en la abertura correspondiente en la capa aislante 5 con la ayuda de una máscara con aberturas. Sobre la parte de la capa aislante 5 situada sobre la superficie 2 entre las regiones de fuente y de drenaje 6 y 7, está provista otra capa de alumi-



5 nio 14 de 0,2 micrones de espesor que constituye el electrodo de compuerta. El ancho de la capa 14 en el corte mostrado es de 6 micrones. El cuerpo de silicio es montado sobre un soporte 15 que forma un contacto óhmico para el substrato 1. Alambres conectores están asegurados a los contactos óhmicos 11, 12 y 13, y al electrodo de compuerta 14.

10 Durante el funcionamiento del transistor la región de fuente 6 es polarizado negativamente con respecto a la región de drenaje 7. Esta polaridad de la tensión aplicada polariza en sentido inverso la juntura p-n entre la región de drenaje 7 y el substrato (1,3) y no circula corriente entre las regiones 6 y 7. Cuando una tensión positiva es aplicada al electrodo de compuerta 14 es aumentada la concentración de electrones en la región 3  
15 entre la región de fuente 6 y la región de drenaje 7 justamente por debajo de la capa de óxido de silicio sobre la superficie 2, y para una determinada tensión aplicada se forma un canal de capa de inversión de tipo n portador de corriente entre la región de fuente 6 y la región  
20 de drenaje 7. Se apreciará que la región superficial en la posición 9 se invertirá para una tensión de compuerta menor que en la posición 8 debido a la concentración lateral no uniforme de aceptor en la región de substrato 3  
25 entre la región de fuente 6 y la región de drenaje 7.

30 Cuando existe un canal de tipo n entre la región de fuente 6 y la región de drenaje 7 el flujo de corriente de portadores de mayoría (electrones) en este canal, puede ser modulado por la tensión de compuerta aplicada. Bajo condiciones de saturación de funcionamiento, la cons-



trucción (pinch-off) ocurrirá en la posición 9 y así asegurará una dependencia despreciable de las características de saturación sobre la concentración de impureza del sustrato.

5                   El contacto óhmico 12 para la región 3 provee un camino de baja resistencia a la parte de la región de sustrato difundida de tipo p adyacente al canal de tipo n. Con las dimensiones y las concentraciones de impurezas mencionadas. La resistencia serie de este camino de  
10                   baja resistencia es de aproximadamente 60 ohms mientras que la resistencia serie desde el contacto 15 a través del sustrato 1, es de aproximadamente 1 KOhm debido a la resistividad más alta de la región 1 comparada con la resistividad de la mayor parte de la región 3. Así la configuración descrita en que la región de fuente 6 está total-  
15                   mente ubicada dentro de la región de sustrato difundida 3, permite efectuar una conexión de baja resistividad al sustrato lo que mejora las características de frecuencia. El camino de baja resistencia desde el contacto 13 para el  
20                   sustrato, permite también que el dispositivo sea usado en un circuito mezclador con una mayor eficiencia que un dispositivo convencional.

                  En el dispositivo la ruptura desde la capa de agotamiento asociada con la juntura p-n inversamente polarizada entre la región de drenaje 7 y el sustrato (1,3)  
25                   para la región de fuente 6 ocurrirá a una tensión fuente/drenaje más alta en comparación con un dispositivo de las mismas dimensiones pero en que no está presente la región de sustrato difundida, debido a la concentración más alta de impureza activa en la posición 8.

30                   El transistor descrito tiene una separación re-



lativamente pequeña entre las regiones de fuente y de drenaje a saber 4 micrones sin que ocurra una ruptura a una tensión fuente/drenaje reducida. Como se ha descrito precedentemente en la memoria, un aumento de la concentración de impureza activa en el substrato afectará las características del transistor; sin embargo en el transistor descrito la concentración de impureza aumenta lateralmente a lo largo de todo el canal de transporte corriente y es relativamente alta solamente en la vecindad inmediata de la región de fuente 6 y así las características del dispositivo tal como la conductancia mutua, son influenciadas sólo en pequeño grado.

La estructura de contactos puede ser modificada adecuadamente para un transistor adecuado para ser usado en determinados circuitos en que la fuente y el substrato estén conectados en común, formando un contacto común en la superficie 2 para la región de superficie difundida 3 y la región de fuente 6.

El transistor de efecto de campo de compuerta aislada mostrado en las figuras 1 y 2 es fabricado por las técnicas convencionales de máscara de óxido, fototratamiento, mordicación, difusión, etc., usadas en la fabricación de dispositivos semiconductores. Algunas de las etapas básicas serán descritas a continuación con referencia a las figuras 3 a 5.

El material de partida es un substrato 1 de silicio monocristalino tipo p, uniformemente dopado con boro ( $10^{14}$  átomos/cm<sup>3</sup>) y de 200 micrones de espesor. Las personas familiarizadas con la fabricación de dispositivos semiconductores apreciarán que una pluralidad de con-



5

10

15

20

25

30

juntos de transistor será fabricada sobre una única rebanada de silicio, pero por razones de conveniencia, se describirán las etapas de tratamiento de un único transistor sobre la rebanada. Se hace crecer una capa de óxido de silicio sobre la superficie plana 2 del substrato 1. Luego se forma una abertura rectangular en la capa de óxido mediante fototratamiento y una etapa de mordicación, teniendo la abertura un ancho de 30 micrones en el corte mostrado en la figura 3. Se realiza un proceso de difusión de boro en la parte de superficie expuesta de modo que el frente de difusión se extiende a una profundidad de aproximadamente 5,5 micrones desde la superficie y la difusión lateral bajo el óxido de silicio es de aproximadamente 4,5 micrones en todos lados. La concentración superficial de boro en la parte de superficie expuesta es de aproximadamente  $10^{20}$  átomos/cm<sup>3</sup>. Durante la etapa de difusión de boro la capa de óxido de silicio inicialmente formada se vuelve más gruesa y se forma otra parte de capa aislante sobre la parte de superficie expuesta. La figura 3 muestra el cuerpo de silicio después de la difusión del boro, mostrándose la extensión del frente de difusión del boro por la línea punteada 4.

Otras dos aberturas rectangulares de área menor que la primera abertura formada, son hechas entonces en la capa aislante por una etapa de fototratamiento y mordicación de modo que los límites adyacentes de las nuevas aberturas formadas están separados por aproximadamente 6 micrones, estando ubicado uno de tales límite sustancialmente en la posición de la parte de límite correspondiente de la primera abertura, formada y estando separado el



otro de tales límites en aproximadamente 1,5 micrones del  
frente de difusión de boro previamente formado en la su-  
perficie 2. Luego se difunde fósforo en las dos partes de  
superficie expuestas para formar las regiones de fuente y  
drenaje  $n + 6$  y 7 que tienen una concentración superficial  
de  $5 \times 10^{21}$  átomos/cm<sup>3</sup>. La juntura p-n entre la región de  
fuente 6 y la región de substrato difundida 3 y la juntura  
p-n entre la región de drenaje 7 y el substrato 1 están  
ubicadas cada una, a una distancia de 1,5 micrones de la  
superficie 2 donde ellas se extienden paralelamente a la  
superficie. La juntura p-n entre la región de drenaje 7 y  
el substrato 1 se extiende hasta la superficie 2 sobre un  
lado muy próxima al frente de difusión 4. Durante la difu-  
sión de fósforo se forman otras partes de capa aislante so-  
bre las partes de superficie expuestas. La figura 4 mues-  
tra el cuerpo de silicio después de la etapa de difusión  
de fósforo.

La capa aislante es ahora completamente elimi-  
nada de la superficie 2 y se forma sobre la superficie  
una nueva capa aislante 5 de óxido de silicio, de 0,2 mi-  
cronos de espesor. Se forman aberturas en la nueva capa de  
óxido formada mediante una etapa de fototratamiento y  
mordicación para exponer la región de fuente 6, la región  
de drenaje 7 y la región de substrato difundida 3. La fi-  
gura 5 muestra el cuerpo de silicio después de la forma-  
ción de estas aberturas en la capa de óxido. Con la ayuda  
de una máscara con aberturas, se evapora aluminio sobre  
la superficie para formar capas sobre parte de las porcio-  
nes de superficie expuestas en las aberturas, y formar  
así los contactos óhmicos 11, 12 y 13 para las regiones  
de fuente, de drenaje y de substrato difundida, respecti-



5

10

15

20

25

30

vamente. Los anchos de las capas de aluminio en el corte  
 mostrado en la figura 1 son, cada uno de 5 micrones. Una  
 capa de aluminio es depositada también sobre la capa de  
 óxido entre las regiones de fuente y de drenaje para for-  
 mar el electrodo de compuerta 14, siendo el ancho de la  
 capa en el corte de la figura 1, de 6 micrones. El espe-  
 sor de la capa de aluminio es de 0,2 micrones. El substra-  
 to 1 es posteriormente montado sobre una placa metálica  
 mediante un proceso adecuado de soldadura, y los conduc-  
 tores unidos a los contactos óhmicos y al electrodo de  
 compuerta por unión por termocompresión. Se apreciará que  
 los contactos 11, 12 y 13 y el electrodo de compuerta 14  
 pueden ser formados, como alternativa, depositando alumi-  
 nio sobre toda la superficie después de formar las aber-  
 turas en la capa de óxido. Posteriormente el aluminio es  
 selectivamente eliminado mediante una etapa de fototrata-  
 miento y mordicación.

La figura 6 muestra un circuito mezclador que  
 utiliza un transistor de efecto de campo de compuerta  
 aislada como el descrito con referencia a las figuras 1 y  
 2. El electrodo de fuente 11 está conectado a un circuito  
 sintonizado 21 sobre el que es aplicada una señal de en-  
 trada a través de terminales 22. Un circuito oscilador lo-  
 cal 23 está conectado al electrodo de compuerta 14 y el  
 contacto 13 sobre la región de substrato difundida está  
 conectado a masa. El electrodo de drenaje 12 está conecta-  
 do a un circuito sintonizado 24. Durante el funcionamien-  
 to el transistor de efecto de campo de compuerta aislada  
 funciona como un mezclador y el circuito sintonizado 24  
 puede ser sintonizado a una frecuencia que es la diferen-



cia entre la frecuencia del mezclador y la frecuencia del oscilador local.

La figura 7 muestra un circuito control automático de ganancia que utiliza un transistor de efecto de campo de compuerta aislada como el descrito con referencia a las figuras 1 y 2 e ilustra una aplicación del transistor en que una tensión es aplicada al contacto para la región de substrato difundida 3. El electrodo de compuerta 14 está conectado a un punto de masa y el electrodo de fuente 11 está conectado a un circuito sintonizado 25 a través del cual puede aplicarse una señal al dispositivo a través de los terminales 26. El electrodo de drenaje 12 está conectado a los terminales de salida 27 a través de un circuito sintonizado 28. El contacto óhmico 13 para la región de substrato difundida 3 está conectado a un terminal 29 al que es aplicada una tensión de control automático de ganancia.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Gran Bretaña, con fecha 13 de diciembre de 1966 bajo el Nº 55813/66, se acoge a los beneficios del artº 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 la presente solicitud de Patente de Invención en España, por VIENTE años, son



los siguientes:

5 1.- Un dispositivo de transistor de efecto de campo, de compuerta aislada, que comprende un substrato semiconductor, monocristalino de un tipo de conductividad, que tiene una superficie plana, dos regiones superficiales separadas del tipo de conductividad opuesto, que se extienden desde la superficie plana en el substrato y que constituyen las regiones de fuente y de drenaje una  
10 capa dieléctrica ubicada sobre la superficie plana del substrato entre las regiones de fuente y de drenaje, y una capa conductora ubicada sobre la capa dieléctrica, que constituye el electrodo de compuerta, caracterizado porque la región del substrato situada entre las regiones de fuente y de drenaje e inmediatamente adyacente a la  
15 superficie plana, tiene una concentración lateral no uniforme de impureza determinante de dicho un tipo de conductividad que en al menos la parte de dicha región del substrato adyacente a la región de fuente es mayor que la concentración de impureza determinante de dicho un tipo  
20 de conductividad en la región subyacente del substrato y aumenta en la dirección lateral desde el drenaje hacia la región de fuente, contactos óhmicos para la fuente, drenaje y compuerta y un contacto óhmico para el substrato.

25 2.- Un dispositivo de transistor de efecto de campo de compuerta aislada, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicha parte de la región del substrato adyacente a la región de fuente está ubicada dentro de la parte lateralmente difundida de una región  
30 de substrato difundida de dicho un tipo de conductividad

11 DIC.



formada por difusión de un elemento de impureza determinante de dicho un tipo de conductividad en un área limitada de la superficie plana del substrato.

5 3.- Un dispositivo de transistor de efecto de campo de compuerta aislada, de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque la región de fuente está totalmente ubicada dentro de la región de substrato difundida.

10 4.- Un dispositivo de transistor de efecto de campo de compuerta aislada de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, caracterizado porque la parte lateralmente difundida de la región de substrato difundida, se extiende hasta la región de drenaje.

15 5.- Un dispositivo de transistor de efecto de campo de compuerta aislada de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, caracterizado porque un contacto óhmico para el substrato está constituido por un contacto sobre la superficie plana para la región de substrato difundida.

20 6.- Un dispositivo de transistor de efecto de campo de compuerta aislada de acuerdo con la reivindicación 5 caracterizado porque la región de fuente está eléctricamente conectada a la región de substrato difundida en la superficie plana.

25 7.- Un dispositivo de transistor de efecto de campo de compuerta aislada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 caracterizado porque la separación lateral de las regiones de fuente y de drenaje es como máximo 5 micrones.

30 8.- Un dispositivo de transistor de efecto de campo, de compuerta aislada.

11 DIC



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 17 hojas escritas a máquina por una sola cara.

5

Madrid,

11 DIC 1967

Alberto del Erazo  
F. P. P.

RM

6.12.1967

- 17 -



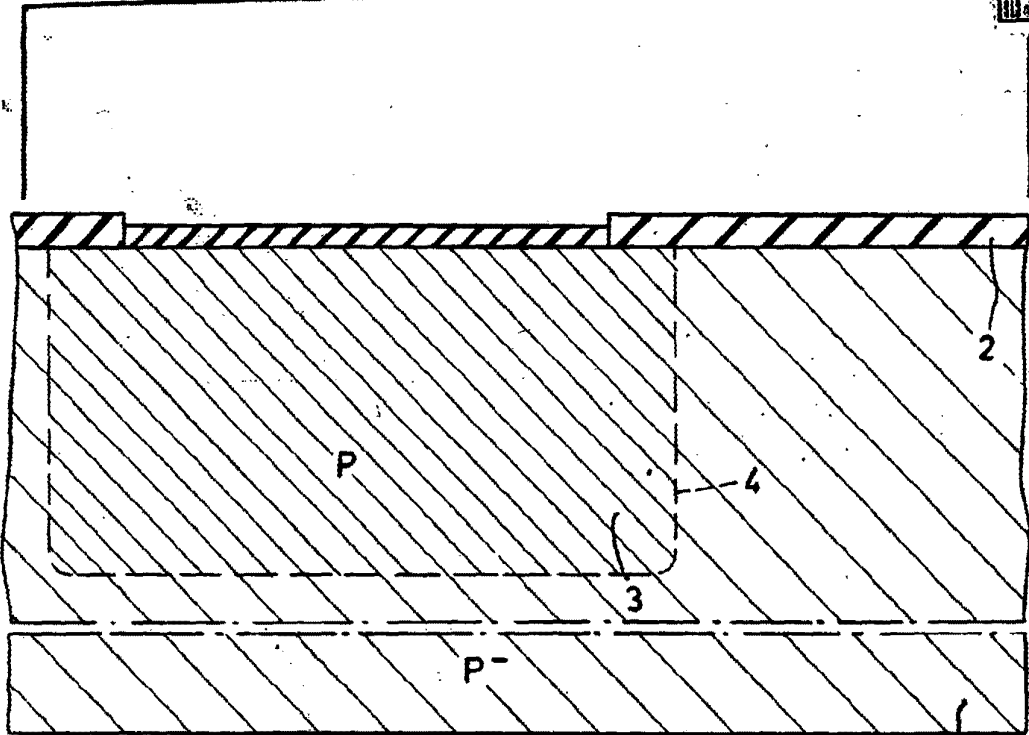


FIG. 3

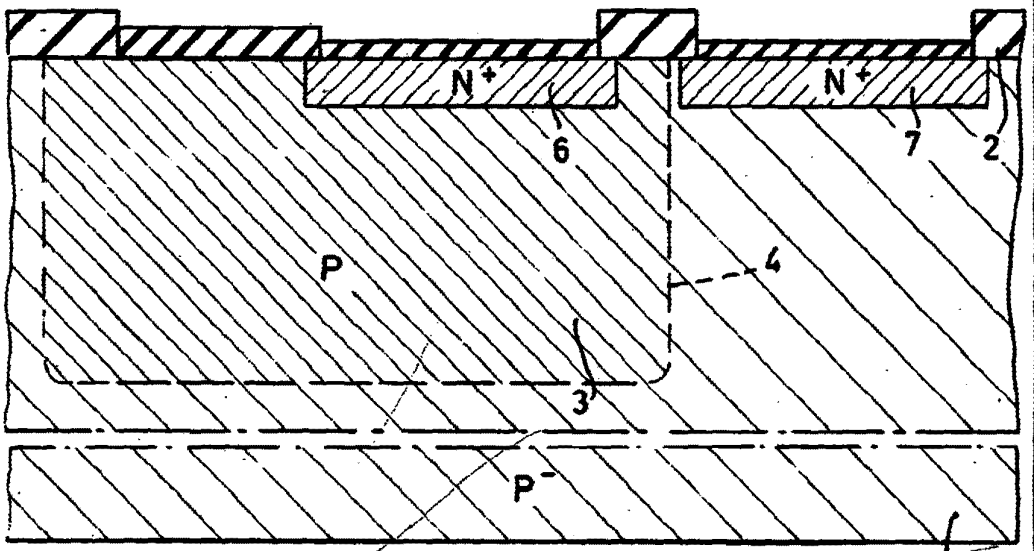


FIG. 4

*Handwritten signature*  
ALBERT H. VAN DER WOUDE

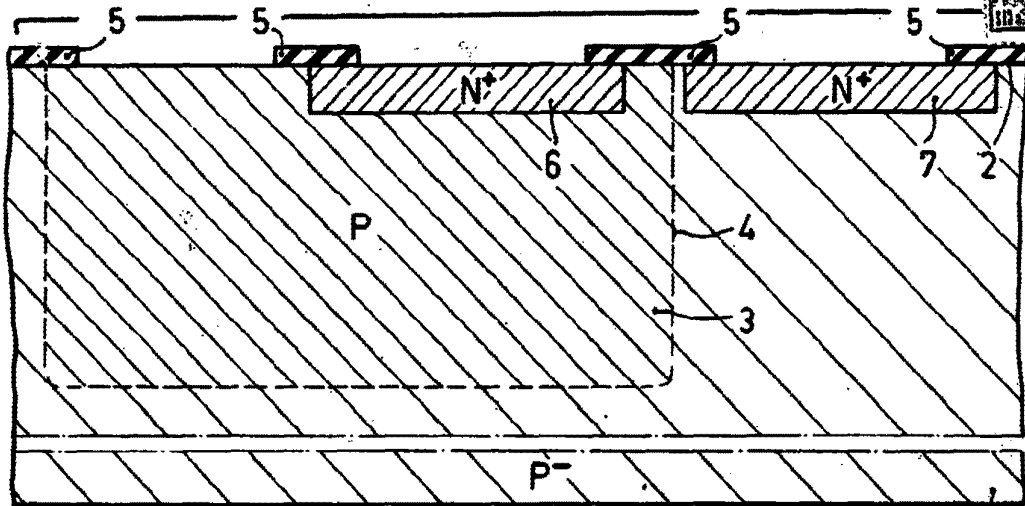


FIG. 5

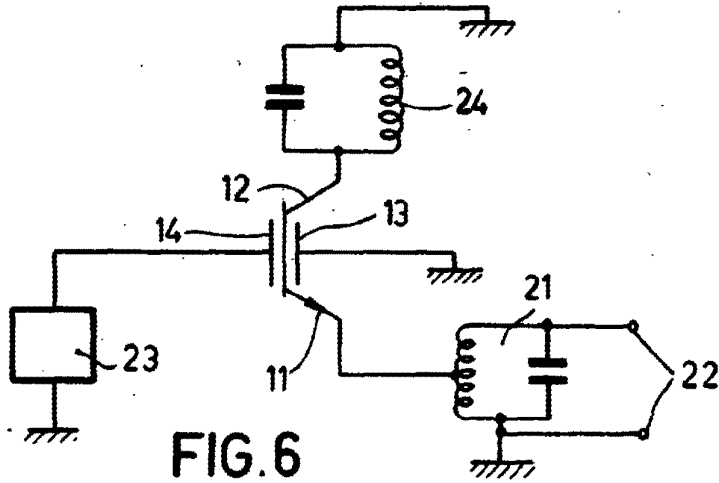


FIG. 6

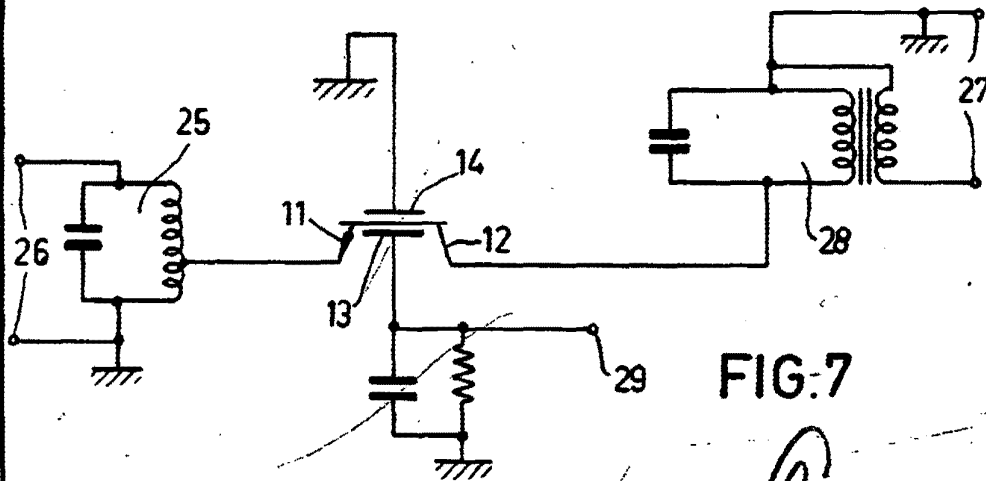


FIG. 7

*Alber*