

376989

9 J



P.-44.089

PHN 3871  
Spain  
VD/AL

**Memoria descriptiva**

REGISTRO DE PATENTES
CLASIFICACION: H-01
SUBCLAS: L

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: "PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN LOS TRANSISTORES  
DE EFECTO DE CAMPO" (Clase Internacional HOLr)



5 Este invento se refiere a un transistor de efecto de campo de electrodo de mando aislado que comprende un sustrato semiconductor de un tipo de conductividad que tiene dos zonas de superficie adyacentes del otro tipo de conductividad adyacentes a una superficie del sustrato, dominadas las zonas de electrodo del transistor de efecto de campo, en el cual dicha superficie está provista de una capa aislante, sobre la cual hay  
10 dispuesto un electrodo de mando entre las zonas de electrodo, estando conectado dicho electrodo de mando a un diodo de seguridad que tiene al menos una unión pn.

15 El diodo de seguridad es para proteger la capa aislante de debajo del electrodo de mando contra perforación al producirse grandes diferencias de voltaje, de por sí no deseables pero prácticamente inevitables, a través de la capa aislante. La perforación de la capa aislante inutiliza para el servicio al transistor de efecto de campo. En la práctica ocurre frecuentemente que en una disposición de circuito que incluye un transistor de efecto de campo, aparecen brúscamente uno o  
20 más impulsos de voltaje, los cuales son aplicados al electrodo de mando y que podrían originar una perforación de la capa aislante de debajo del electrodo de mando si no se hubiese provisto el diodo de seguridad, el cual tiene un voltaje de perforación más bajo que el correspondiente a la capa aislante.

25 El voltaje de perforación de la capa aislante asciende usualmente a 100 V, y el del diodo de seguridad es de aproximadamente 40 a 70 V. Al producirse  
30 una perforación del diodo de seguridad, la corriente a

376989



través del diodo puede pasar, por ejemplo, por el sustrato.

Se han descrito transistores de efecto de campo, que incluyen un diodo de seguridad de bajo voltaje de perforación, de unos 40 V, en "Proceedings of the I.E.E.E." ("Memorias del Instituto de Ingenieros de Electricidad y Electrónica"), Julio de 1968, páginas 1223 y 1224.

Se ha comprobado, sin embargo, que a pesar de la presencia de un diodo de seguridad, e incluso aunque éste sea de bajo voltaje de perforación de unos 40 V, el transistor de efecto de campo puede resultar gravemente dañado al producirse grandes impulsos de voltaje no deseables. Ello es debido, entre otras razones, a la inercia del diodo. Esto significa que, al aparecer un gran impulso de voltaje, el condensador formado por el electrodo de mando, la capa aislante y el sustrato, se carga más rápidamente que el diodo, de modo que puede producirse la perforación de la capa aislante antes de que el diodo haya alcanzado su voltaje de perforación.

Se ha propuesto, por consiguiente (véase la solicitud de Patente holandesa Número 6.802.685, proveer al electrodo de mando de una resistencia en serie. Esta resistencia retarda la carga del electrodo de mando de modo que el diodo de seguridad puede perforarse antes de que el voltaje entre el electrodo de mando y el sustrato haya alcanzado un valor para el cual se perfora la capa aislante.

Tal resistencia, sin embargo, no sólomente afecta a los grandes impulsos de voltaje no deseables,

**376989**



sino también a las señales normales a ser aplicadas al electrodo de mando. Esta resistencia produce amortiguación, y ejerce una influencia perjudicial en particular sobre las señales de alta frecuencia.

5 El invento tiene como objeto, entre otros, evitar tales desventajas, al menos en su mayor parte.

10 El invento está basado, entre otros criterios, en la admisión del hecho de que la protección del transistor de efecto de campo no debiera afectar a las señales normales a ser aplicadas al electrodo de mando, y debiera influir únicamente sobre los grandes impulsos de voltaje no deseables, los cuales podrían inutilizar para el servicio al transistor.

15 Experimentos realizados de acuerdo con el invento, sobre transistores de efecto de campo que incluyen diodos de seguridad usuales que tienen voltajes de perforación de aproximadamente 40 a 70 V, han puesto de manifiesto que al producirse un gran impulso de voltaje no deseable en el electrodo de mando y en los conductores conectados al mismo y situados sobre la capa aislante, por ejemplo, la conexión entre el electrodo de mando y el diodo de seguridad, pueden producirse corrientes de carga tan elevadas que dichas partes serán destruidas por el calor de modo que el transistor de efecto de campo quede inutilizado para el servicio.

25 El invento tiene además como objeto reducir las posibilidades de que se produzcan tales corrientes de carga destructoras.

30 El invento está, además, basado en la admisión del hecho de que dichas desventajas pueden suavi-

**376989**



zarse, al menos en grado considerable, usando un diodo de seguridad que tenga un voltaje de perforación considerablemente más bajo que el de los diodos de seguridad usuales, y de que un voltaje de perforación considerablemente más bajo del diodo de seguridad no origina ningún inconveniente en muchos usos de un transistor de efecto de campo, ya que en el funcionamiento normal de un transistor de efecto de campo, el voltaje en el electrodo de mando permanece sensiblemente más bajo que aquél para el cual se perfora un diodo de seguridad usual.

De acuerdo con el invento, un transistor de efecto de campo de la clase indicada se caracteriza porque el voltaje (los voltajes) de perforación de la unión (de las uniones) pn es (son) como máximo de 15 V.

Debido al bajo voltaje de perforación del diodo de seguridad, éste puede alcanzar rápidamente su voltaje de perforación durante el proceso de carga, mientras que el diodo puede perforarse antes de que el voltaje entre el electrodo de mando y el sustrato alcance el valor de perforación de la capa aislante, a la vez que se disminuye el riesgo de elevadas corrientes de carga, destructoras, y no se requiere una resistencia en serie con el electrodo de mando.

Una realización importante y preferida del invento se caracteriza porque el diodo de seguridad está situado en el sustrato y comprende una primera zona de diodo del otro tipo de conductividad, la cual está separada de las zonas de electrodo y está adyacente a dicha superficie del sustrato y tiene una mayor concen-

**376989**



5 tración de impurezas que el sustrato, mientras que el diodo comprende una segunda zona de diodo del primer tipo de conductividad adyacente a la primera zona del diodo y que también tiene una mayor concentración de impurezas que el sustrato, teniendo la unión pn entre esas zonas de diodo un voltaje de perforación de 15 V como máximo.

10 La segunda zona de diodo puede ser una zona de superficie dispuesta en la primera zona de diodo y rodeada por completo por la primera zona de diodo en el sustrato. El efecto del diodo de seguridad, sin embargo, puede ser afectado perjudicialmente por los canales superficiales conductores del otro tipo de conductividad en el sustrato, los cuales conectan la primera zona de diodo eléctricamente con una zona de electrodo.  
15 Por consiguiente, otra realización preferida del invento se caracteriza porque al menos parte de la segunda zona de diodo está situada al lado de la primera zona de diodo y es adyacente a dicha superficie.

20 La segunda zona de diodo puede entonces actuar como un interruptor de canal, para cuyo fin la segunda zona de diodo en dicha superficie rodea a la primera zona de diodo, de preferencia por completo.

25 Las zonas de diodo pueden proveerse por difusión de impurezas en el sustrato, pudiendo determinar un experto, de una manera usual, cual ha de ser la concentración de impurezas en esas zonas para conseguir un voltaje de perforación de la unión pn entre esas zonas, que sea inferior a 15 V.

30 La corriente que pasa a través del diodo

376989



5 al producirse una perforación y/o carga del diodo, puede ser alimentada o conducida fuera por el sustrato, para cuyo fin, por ejemplo, la segunda zona de diodo puede estar conectada eléctricamente al sustrato. Si las zonas de dicho diodo están formadas por zonas de superficie adyacentes, la segunda zona de dicho diodo, la cual es del mismo tipo de conductividad que el sustrato, está ya conectada eléctricamente al sustrato sin necesidad de otros medios.

10 El invento está además basado en la admisión del hecho de que es importante para un funcionamiento satisfactorio del diodo de seguridad que la resistencia en el transistor de efecto de campo a las corrientes que pasan a través de dicho diodo sea baja. Cuanto menor sea esa resistencia tanto más rápidamente se perfora el diodo, lo cual significa que se reduce más el riesgo de una perforación de la capa aislante. Además, se reduce el riesgo que se produzcan altas corrientes de carga destructoras. Puesto que, usualmente, el sustrato de un transistor de efecto de campo es de gran resistencia óhmica, se prefiere evitar que las corrientes que pasan a través del diodo tengan que circular a través de una parte del sustrato, prefiriéndose conducir esas corrientes a través de una zona de electrodo y de una conexión eléctrica de baja resistencia entre esa zona de electrodo y el diodo.

20 Un transistor de efecto de campo importante que realiza el invento se caracteriza porque se establece una conexión eléctrica, no asociada con el sustrato, entre el segundo diodo y una de las zonas de electrodo.

30 **376989**



do.

La segunda zona de diodo está preferiblemente adyacente a la zona de electrodo conectada a dicha zona de diodo, mientras que la unión pn entre esas zonas en la superficie del sustrato está cortocircuitada por un conductor dispuesto sobre dicha superficie. Ello permite obtener una estructura simple y de relativamente poco volumen.

La zona de electrodo conectada a la segunda zona de diodo puede rodear por completo a la segunda zona de diodo en dicha superficie.

La primera zona de electrodo puede estar conectada al electrodo de mando. El diodo comprende entonces una unión pn, y el transistor de efecto de campo puede ser excitado únicamente por diferencias de potencial entre el electrodo de mando y el sustrato o la zona de electrodo conectada al diodo, mientras que el diodo de seguridad está polarizado inversamente. Es frecuentemente deseable, sin embargo, excitar el transistor de efecto de campo tanto por potenciales negativos como por potenciales positivos del electrodo de mando, con respecto al sustrato o la zona de electrodo conectada a la zona de diodo. Por esta razón, otra realización importante del invento se caracteriza porque el diodo de seguridad comprende una tercera zona de diodo del primer tipo de conductividad, la cual es una zona superficial rodeada por completo en el sustrato semiconductor por la primera zona de diodo y que tiene una mayor concentración de impurezas que el sustrato, mientras que la unión pn entre las zonas de diodo tercera y primera tie-

376989



ne un voltaje de perforación no superior a 15 V, y el electrodo de mando está conectado a la tercera zona de diodo. El diodo comprende pues dos uniones pn y, para cualquier diferencia de potencial a través del diodo, una de las uniones pn está polarizada en la dirección de corte.

La primera zona de diodo y las zonas de electrodo se extienden preferiblemente desde la superficie del sustrato sobre distancias iguales en el sustrato, y sobre fijadas distancias las zonas tienen el mismo perfil de concentración de impurezas. Dichas zonas pueden por tanto proveerse simultáneamente en una operación durante la fabricación del transistor de efecto de campo.

Por la misma razón, también las zonas de diodo segunda y tercera se extienden de preferencia sobre la superficie del sustrato sobre distancias iguales en el sustrato, y sobre esas distancias presentan el mismo perfil de concentración de impurezas.

Un voltaje de perforación muy ventajoso de la unión pn del diodo de seguridad está comprendido entre 5 y 10 V.

El electrodo de mando está conectado usualmente a una capa metálica situada sobre la capa aislante, a cuya capa metálica puede conectarse un conductor de conexión. Esta capa metálica ha de estar conectada además al diodo, ya que el electrodo de mando está conectado al diodo. Esta capa metálica puede ser conectada al diodo mediante una pista conductora situada sobre la capa aislante. Tal pista aumenta la resistencia a las corrientes que pasan a través del diodo, de modo que retar

**376989**



5 da la carga del diodo y aumenta el riesgo de que se pro-  
duzcan elevadas corrientes destructoras en el electrodo  
de mando y en los conductores conectados al mismo. Por  
consiguiente, una realización importante y preferida de  
un transistor de efecto de campo, de acuerdo con el in-  
10 vento, se caracteriza porque el electrodo de mando está  
conectado a la capa metálica, la cual está dispuesta en  
su mayor parte sobre la capa aislante y a la cual puede  
ser conectado un conductor de conexión, estando situada  
15 dicha capa metálica al menos parcialmente encima del  
diodo de seguridad y estando conectada directamente, a  
través de una abertura en la capa aislante, a una zona  
de diodo.

15 El invento, y en particular el uso de un  
diodo de seguridad que tiene dos uniones pn, es particu-  
larmente importante para un transistor de efecto de cam-  
po en el cual la capa aislante esté provista, aparte de  
dicho electrodo de mando, el primer electrodo de mando,  
de al menos otro electrodo de mando entre las zonas de  
20 electrodo. El otro electrodo de mando se emplea usual-  
mente para controlar el funcionamiento del transistor  
de efecto de campo, mientras que los potenciales de los  
electrodos de mando pueden variar de negativos con rela-  
ción al sustrato a positivos con relación al sustrato,  
25 o a la inversa.

La capa aislante está también preferible-  
mente protegida contra perforación bajo el otro electro-  
do de mando, para cuyo fin, en una realización importan-  
te, el otro electrodo de mando está conectado a otro  
30 diodo de seguridad que tiene al menos una unión pn, mien

**376989**



tras que el voltaje (los voltajes) de perforación de la unión (de las uniones) pn es (son) como máximo de 15 V.

5 Una realización especialmente ventajosa de un transistor de efecto de campo de acuerdo con el invento, que comprende otro diodo de seguridad, se caracteriza porque, visto en una dirección sustancialmente perpendicular a la capa aislante, el otro electrodo de mando rodea por completo a una de las dos zonas de electrodo, estando situada dicha zona de electrodo por completo al lado del otro diodo de seguridad, el cual está rodeado por completo por aquélla.

10 En una dirección sustancialmente perpendicular a la capa aislante, el primer electrodo de mando rodea por completo preferiblemente el otro electrodo de mando, mientras que la otra de las dos zonas de electrodo rodea por completo al primer electrodo de mando, y entre el primer electrodo de mando y el diodo de seguridad conectado al mismo está situada al menos parte de la otra zona de electrodo.

15 El invento se refiere además a una disposición de circuito que comprende un transistor de efecto de campo de acuerdo con el invento, la cual se caracteriza porque una de las zonas de electrodo está conectada eléctricamente a un diodo de seguridad, porque un circuito de entrada está conectado entre esa zona de electrodo y el electrodo de mando conectado a dicho diodo de seguridad, y porque un circuito de salida está conectado entre las dos zonas de electrodo. Un diodo de seguridad está conectado preferiblemente a través de la entrada de un transistor de efecto de campo.

**376989**



A continuación se describirá el invento más detalladamente, con referencia a algunas realizaciones y a los dibujos esquemáticos.

5 La Figura 1 es una vista en planta de un transistor de efecto de campo que realiza el invento, mientras que

La Figura 2 es una vista en corte tomada por la línea II-II de la Figura 1; y

10 La Figura 3 es una vista en corte tomada por la línea III-III de la Figura 1.

La Figura 4 ilustra una disposición de circuito que comprende un transistor de efecto de campo de la clase representada en las Figuras 1 a 3.

15 La Figura 5 es una vista en planta de parte de una realización ligeramente modificada, mientras que

La Figura 6 es una vista en corte de la misma tomada por la línea VI-VI de la Figura 5.

20 La Figura 7 ilustra un diodo formado por dos diodos capaces de sustituir al diodo D de la Figura 4.

25 La Figura 8 es una vista en planta de un transistor de efecto de campo que tiene dos electrodos de mando, denominado tetrodo, de acuerdo con el invento y

La Figura 9 es una vista en corte del mismo tomada por la línea IX-IX de la Figura 9; y

30 La Figura 10 es una disposición de circuito que comprende un transistor de efecto de campo de la clase ilustrada en las Figuras 8 y 9.

**376989**



En las Figuras, las partes que se corresponden se han designado por los mismos números de referencia.

5 En las Figuras 1 a 3 se ilustra un transistor de efecto de campo que comprende un electrodo de mando aislado que tiene un sustrato semiconductor 2 del primer tipo de conductividad que tiene dos zonas de superficie adyacentes 3 y 4 del otro tipo de conductividad, adyacentes a una superficie 10 del sustrato 2, denominadas las zonas de electrodo del transistor de efecto de campo. La superficie 10 está provista de una capa aislante 11, la cual está provista de un electrodo de mando 8 situado entre las zonas de electrodo y conectado a un diodo de seguridad 6, 7 que tiene la unión pn 12.

15 De acuerdo con el invento, el voltaje de perforación de la unión pn 12 es de 15 V como máximo.

20 El diodo de seguridad está situado en el sustrato 2 y comprende una primera zona de diodo 7 del otro tipo de conductividad, la cual está separada de las zonas de electrodo 2 y 4, es adyacente a la superficie 10 y tiene una mayor concentración de impurezas en el sustrato, mientras que dicho diodo comprende una segunda zona de diodo adyacente a la primera zona de diodo y que es del primer tipo de conductividad, y que tiene también una mayor concentración de impurezas que el sustrato. La parte de la unión pn 12 situada entre esas zonas de diodo 6 y 7 tiene un voltaje de perforación de menos de 15 V.

30 La parte de la unión pn 12 entre la primera zona de diodo 7 y el sustrato 2 tiene un voltaje de

**376989**



perforación considerablemente más alto, ya que el sustrato tiene una menor concentración de impurezas que las zonas de diodo 6 y 7, de modo que su resistividad es superior a la de las zonas 6 y 7. Ese voltaje de perforación más alto es de aproximadamente 40 a 70 V, cuando se provee a la zona 7 simultáneamente de las zonas de electrodo 3 y 4 de una manera usual por difusión de una impureza, y cuando el sustrato tiene la resistividad usual de aproximadamente 10 ohmios/centímetro, y es, por ejemplo, del tipo p de conductividad.

Para un funcionamiento satisfactorio del transistor de efecto de campo, es deseable que el sustrato sea de elevada resistencia óhmica. Mediante la aplicación de la zona de diodo 6, la cual es del mismo tipo de conductividad que el sustrato 2, la resistividad del sustrato es reducida localizadamente y, por consiguiente, también lo es el voltaje de perforación de la unión pn 12. Un experto puede determinar empíricamente de una manera sencilla la cantidad de impurezas que se ha de añadir en las zonas 6 y 7 a fin de conseguir un voltaje de perforación no superior a 15 V.

El diodo de seguridad está conectado entre el electrodo de mando 8 y el sustrato 2, y protege a la capa aislante 11 de debajo del electrodo de mando 8 contra perforación al producirse grandes impulsos de voltaje. La capa aislante 11 de debajo del electrodo de mando 8, en los transistores de efecto de campo usuales tiene un voltaje de perforación de unos 100 V y, sin embargo, se ha comprobado que los diodos de seguridad usuales que tienen voltajes de perforación de 40 a 70 V

**376989**

13 ABR 1970

insuficientes, como se ha dicho en lo que antecede. El uso de un diodo que tenga un voltaje de perforación muy bajo, no superior a 15 V, de acuerdo con el invento, se ha comprobado que proporciona una protección muy eficaz para la capa aislante. Puesto que en muchos usos de un transistor de efecto de campo los voltajes normales de funcionamiento entre el electrodo de mando 8 y el sustrato 2 permanecen inferiores a 15 V, y frecuentemente son menores de 5 V, el bajo voltaje de perforación del diodo es inobjetable para funcionamiento normal del transistor de efecto de campo. El voltaje de perforación está comprendido preferiblemente entre 5 y 10 V.

La segunda zona de diodo 6 está situada al lado de la primera zona de diodo 7 y es adyacente a la superficie 10. Por consiguiente, la segunda zona de diodo puede servir además como interruptor de canal. En la superficie 10 del sustrato 2 puede haber canales de superficie de otro tipo de conductividad, los cuales son capaces de conectar conductivamente la zona de diodo 7 a la zona de electrodo 3, cuando no se ha provisto la zona 6, que es del mismo tipo de conductividad que el sustrato, pero que tiene una mayor concentración de impurezas que el sustrato y, por consiguiente, forma un interruptor de canal. En la presente realización, la primera zona de diodo 7 en la superficie 10 está rodeada por completo por la segunda zona de diodo, 6.

El electrodo de mando 8 está conectado por la pista metálica 13 sobre la capa aislante, a una capa metálica 14, a la cual puede ser conectado un conductor de conexión y la cual está conectada a través de la abe

376989



tura 15 en la capa aislante 11 con la primera zona de electrodo 7.

5 La segunda zona de diodo 6 está conectada eléctricamente a la zona de electrodo 3 a través de una unión eléctrica no asociada con el sustrato 2. La segunda zona de diodo 6 es adyacente a la zona de electrodo 3, y la unión pn 17 entre esas zonas está cortocircuitada en la superficie 10 del sustrato 2 por un conductor 16 dispuesto sobre dicha superficie. El conductor 10 tor 16, que forma además el contacto de conexión de la zona de electrodo 3, está dispuesto en su mayor parte en la abertura 18 en la capa aislante 11 y está provisto de una capa metálica 19 situada sobre la capa aislante 11, a cuya capa metálica puede ser conectado un conductor de conexión.

15

La segunda zona de electrodo 4 está conectada a través de una abertura 20 en la capa aislante a una capa metálica 21, a la cual puede ser conectado un conductor de conexión.

20 Las corrientes que pasan a través del diodo 6, 7 siguen un camino de baja resistencia, que no incluye partes del sustrato 2 de alta resistencia óhmica. Este camino que sigue la corriente está formado, aparte de por las zonas de diodo 6 y 7 de baja resistencia óhmica, por una capa metálica 14, el conductor 16 con la zona de electrodo 3 y la capa metálica 19. La baja resistencia aumenta de régimen de carga del diodo y reduce el riesgo de altas corrientes de carga, destructoras, a través de la pista metálica 13 y del electrodo de mando 8.

25

30

**376989**



13 ABR. 1970

5 Con el sustrato 2, el electrodo de mando  
8 forma una capacitancia, con la capa aislante 11 como  
dieléctrico. Esta capacitancia está conectada en parale-  
lo con el diodo, el cual se comporta como una capacitan-  
cia durante el proceso de carga. Reduciendo la resisten-  
cia del camino para las corrientes que pasan a través  
del diodo, el diodo se carga más rápidamente y, además,  
una mayor parte de las corrientes de carga totales para  
dichas dos capacitancias pasa a través del diodo, de mo-  
do que se reduce el riesgo de corrientes excesivamente  
10 elevadas a través de la pieza 13 y el electrodo de mando  
8.

15 Puesto que la capa metálica 14 no está co-  
nectada a través de una pista conductora al diodo 6, 7,  
sino que está situada encima del diodo y está conectada  
directamente a través de la abertura 15 a la zona de  
diodo 7, la resistencia del camino que sigue la corrien-  
te, incluido el diodo, es mínima, a la vez que se evita  
el riesgo de destrucción de tal pista conductora por  
20 corrientes excesivamente elevadas.

25 La segunda zona de diodo puede estar se-  
parada de la zona de electrodo 3 y estar situada a una  
distancia dada de la misma. Estas zonas pueden ser luego  
interconectadas por una pieza metálica. La resistencia  
eléctrica entre esas zonas es por tanto ligeramente au-  
mentada.

30 La Figura 4 ilustra una disposición de cir-  
cuito que comprende un transistor de efecto de campo F  
que comprende un diodo D. Los terminales de conexión co-  
rrespondientes a las capas metálicas 14, 19 y 21 de las

376989



5 figuras precedentes tienen los mismos números de referencia que esas capas metálicas. El terminal 19 está conectado a tierra a través de una resistencia R y de un condensador C. El circuito de entrada EI está conectado al terminal 14 y a tierra o bien, puesto que el terminal 14 está conectado al electrodo de mando 8, y el terminal 19 a la zona de electrodo 3, está conectado entre el electrodo de mando 8 y la zona de electrodo 3, los cuales están conectados al diodo D. El circuito de salida EO está conectado al terminal 21 y a tierra o bien, puesto que el terminal 21 está conectado a la zona de electrodo 4, está conectado entre las dos zonas de electrodo 3 y 4. Corrientes pulsatorias de carga y de perforación pueden circular a través de pistas de corriente de baja resistencia entre el diodo D y tierra y entre el diodo y el terminal 14. La zona de electrodo 3 está por tanto asociada con el llamado electrodo de entrada, y la zona de electrodo 4 con el llamado electrodo de salida, del transistor de efecto de campo.

20 El transistor de efecto de campo puede ser excitado solamente por diferencias de potencial entre el electrodo de mando 8 y la zona de electrodo 3, mientras que el diodo 6, 7 está polarizado inversamente. En una serie de usos es deseable excitar el transistor de efecto de campo también por diferencias de potencial para las cuales el diodo 6, 7 está polarizado directamente. Para estos usos se desea un segundo diodo en serie con el diodo 6, 7, de modo que el segundo diodo esté polarizado inversamente cuando el diodo 6, 7 esté polarizado directamente.

**376989**



Por consiguiente, en una realización importante de un transistor de efecto de campo de acuerdo con el invento, el diodo de seguridad comprende dos uniones pn. Puesto que solamente la parte de esta realización que incluye el diodo difiere de la realización precedente, en la Figura 5 se ilustra solamente una vista en planta de dicha parte, y la Figura 6 es una vista en corte de la misma. El diodo de seguridad 22, 6, 7 comprende una tercera zona de diodo 22 del primer tipo de conductividad, la cual está formada por una zona de superficie rodeada por completo de la primera zona de diodo 7 y que tiene una mayor concentración de impurezas que el sustrato 2, mientras que la unión pn 23 entre las zonas de diodo tercera y primera 22 y 7 respectivamente tiene un voltaje de perforación no superior a 15 V, y el electrodo de mando 8 está conectado, a través del conductor 13 y la capa metálica 14, a la tercera zona de diodo 22. El diodo 22, 6, 7 está pues formado por dos diodos 22, 7 y 6, 7, los cuales están conectados invertidos.

Cuando se usa este transistor de efecto de campo en la disposición de circuito de la Figura 4, el diodo D ha de ser sustituido por el diodo ilustrado en la Figura 7.

En las Figuras 5 y 6 se ilustra que la zona de electrodo 3, la cual está conectada a la segunda zona de diodo 6, puede rodear por completo a la segunda zona de diodo 6 en la superficie 10. La unión pn 17 entre las zonas 3 y 5 rodea a toda la primera zona 6 y está cortocircuitada sustancialmente en toda su longitud por la capa metálica 16 situada en la abertura 18. Me-

**376989**

13



diante esta configuración se reduce la resistencia eléctrica entre las zonas 3 y 6.

Los transistores de efecto de campo descritos en lo que antecede pueden ser fabricados por completo de una manera usual, a partir de materiales usuales.

El sustrato 2 puede consistir en un cuerpo de silicio de tipo p monocristalino que tiene una resistividad de 10 ohmios/cm. Las zonas 3, 4 y 7 pueden obtenerse por difusión de fósforo y pueden tener una conductividad de tipo n, un grueso de aproximadamente 2,5 micras y una concentración superficial de aproximadamente  $10^{18}$  átomos de fósforo/cc. La zona 6, ó las zonas 6 y 22, pueden obtenerse por difusión de boro y pueden tener conductividad de tipo p<sup>+</sup>, un grueso de aproximadamente una micra y una concentración superficial de aproximadamente  $10^{20}$  átomos de boro/cc. Las demás dimensiones de las zonas pueden elegirse de una manera usual, de acuerdo con las propiedades deseadas del transistor de efecto de campo que se haya de fabricar. Las uniones pn 12 y 23 tienen voltajes de perforación de unos 8 V.

La primera zona de diodo 7 y las zonas de electrodo 3 y 4 se proveen preferiblemente al mismo tiempo, de una manera sencilla. La primera zona de diodo 7 y las zonas de electrodo 3 y 4 se extienden por tanto desde la superficie 10 del sustrato 2 sobre distancias iguales en el sustrato 2, y presentan sobre dichas distancias los mismos perfiles de concentración de impurezas.

Esto mismo es de aplicación a las zonas segunda y tercera 6 y 22.

**376989**



La capa aislante 11 puede ser de óxido de silicio o de nitruro de silicio, y dichos conductores y capas metálicas y pistas metálicas pueden ser de aluminio.

5 En las realizaciones especificadas en lo que antecede, la segunda zona de diodo 6 es más delgada que la primera zona de diodo 7. La zona de diodo 6 puede tener, sin embargo, en mismo grueso que la zona de diodo 7, o puede incluso tener mayor grueso. La zona de  
10 diodo 6 puede rodear por completo a la zona de diodo 7 en el sustrato 2, ó, en otras palabras, la zona de diodo 7 puede estar situada por completo en la zona de diodo 6.

15 El invento se refiere además a transistores de efecto de campo de la clase que tienen más de un electrodo de mando sobre la capa aislante y entre las zonas de electrodo, por ejemplo, a tetrodos (con dos electrodos de mando). En un tetrodo, uno de los dos electrodos de mando, denominado el otro electrodo de mando, se emplea para ajustar el transistor de efecto de campo y en  
20 ambos electrodos de mando aparecen frecuentemente potenciales positivos y negativos con relación al sustrato. El que queda de los dos electrodos de mando, el primer electrodo de mando, al cual se aplican las señales de  
25 entrada en funcionamiento, y al cual pueden también ser aplicados en funcionamiento elevados impulsos de voltaje no deseables pero inevitables, está conectado preferiblemente a un diodo de seguridad que tiene dos uniones pn, por ejemplo, el diodo 22, 7, 6 de la clase ilustrada en las Figuras 5 y 6.  
30

**376989**



La probabilidad de que sean aplicados en funcionamiento impulsos de voltaje inesperadamente elevados al otro electrodo de mando, es despreciable. No obstante, el otro electrodo de mando puede ser cargado estáticamente de modo que la capa aislante por debajo de ese electrodo de mando pudiera perforarse. Por consiguiente, también se protege preferiblemente al otro electrodo de mando con un diodo de seguridad. Este diodo tiene también preferiblemente dos uniones pn cuyo voltaje de perforación es como máximo de 15 V.

En las Figuras 8 y 9, se ilustra una realización de un tetrodo de acuerdo con el invento, en el cual el otro electrodo de mando 9 está conectado a un diodo de seguridad 30, 31, 32, que tiene dos uniones pn 33 y 34.

La diferencia con relación a la realización precedente es que entre las zonas de electrodo 3 y 4 hay dispuesta otra zona 6 del otro tipo de conductividad, la cual puede ser provista simultáneamente con las zonas 3 y 4. El otro electrodo de mando 9 está dispuesto sobre la capa aislante 11 entre las zonas 4 y 5, y el primer electrodo de mando 8, correspondiente al electrodo de mando 8 de la realización precedente, está dispuesto sobre la capa aislante 11 entre las zonas 5 y 3. La zona 4 de electrodo tiene una abertura 40 para que se pueda formar el diodo de seguridad 30, 31, 32. Este diodo tiene una estructura similar a la del diodo 22, 7, 6, y puede obtenerse simultáneamente con dicho diodo de la misma manera. En una dirección sustancialmente perpendicular a la capa aislante 11, es decir, en la vista en planta de la Figura 8, el otro electrodo de mando 9

**376989**



rodea por completo a la zona de electrodo 4, la cual está situada por completo al lado del diodo de seguridad 30, 31, 32 y rodea al mismo por completo. La zona de electrodo 4 está separada de las zonas de diodo 30, 31, 32.

5 La zona de diodo 32, a diferencia de la correspondiente zona de diodo 6, no está conectada a la zona de electrodo 3. El diodo 30, 31, 32 está conectado entre el electrodo de mando 9 y el sustrato 2, y las corrientes a través del diodo han de pasar a través de parte del sustrato. Una conexión directa a la zona de electrodo 3 es de menor significación para la zona de diodo 32 que para la zona de diodo 6, ya que el diodo 30, 31, 32 solamente protege contra la perforación debida a cargas estáticas, en cuyo caso no pueden producirse corrientes elevadas.

15 El otro electrodo de mando 9 está conectado a la capa metálica 35, la cual está situada encima del diodo 30, 31, 32 y está conectada a través de la abertura 36 en la capa aislante 11, a la zona de diodo 30. Puede conectarse un conductor a dicha capa metálica 35.

20 Visto en una dirección sustancialmente perpendicular a la capa aislante, es decir, en la vista en planta de la figura 8, el primer electrodo de mando 8 rodea por completo al otro electrodo de mando 9, mientras que la zona de electrodo 3 rodea por completo al primer electrodo de mando 8; entre el primer electrodo de mando 8 y el diodo de seguridad 22, 7, 6 está situada la zona de electrodo 3.

25 También en la realización ilustrada en las Figuras 8 y 9 la zona de electrodo 3 puede rodear por

**376989**

13



completo al diodo 33, 7, 6 como se ha ilustrado en las Figuras 5 y 6.

La Figura 10 ilustra una disposición de circuito de la clase ilustrada en la Figura 4, que comprende un transistor de efecto de campo de la clase ilustrada en las Figuras 8 y 9. El diodo 30, 31, 32 se ha designado por  $D_1$ , y el terminal de conexión 35 corresponde a la capa metálica 35, la cual está conectada al otro electrodo de mando 9. Al terminal de conexión 35 pueden aplicarse potenciales para ajustar el transistor de efecto de campo. En esta disposición de circuito, la zona 3 es la entrada y la zona 4 es la salida.

En una serie de usos del transistor de efecto de campo como el ilustrado en las Figuras 8 y 9, puede ser suficiente emplear diodos de seguridad que tengan solamente una unión pn. Las zonas de diodo 22 y 30 pueden entonces omitirse, mientras que el electrodo de mando 8 se conecta a través de la capa metálica 14 a la zona de diodo 7, y el electrodo de mando 9 a través de la capa metálica 35 a la zona de diodo 31.

Será evidente que el invento no queda limitado a las realizaciones ilustradas en lo que antecede, y que los expertos en la técnica pueden efectuar muchas modificaciones sin rebasar el alcance del invento. Por ejemplo, las zonas de electrodo pueden formar total o parcialmente zonas de forma de peine interdigitales, mientras que el electrodo (los electrodos) de mando tiene (tienen) partes de forma de meandros. La capa metálica 19 conectada a la zona de electrodo 3 (entrada) puede ser dispuesta más próxima al diodo de seguridad 6, 7 ó

**376989**



22, 6, 7 de lo que se ha indicado en las Figuras 1 y 8, a fin de acortar el camino que sigue la corriente a través de esos diodos entre las capas metálicas 14 y 19 y, por consiguiente, para reducir la resistencia eléctrica de dicho camino. Si se desea, la zona de diodo 32 (Figuras 8 y 9) puede ser conectada a la zona de electrodo 4 proveyendo a la zona de diodo 32 de una parte saliente formada por una zona de superficie de forma de tira estrecha, la cual se extiende hasta la zona de electrodo 3 y que está cortocircuitada a ella. Esta parte de forma de tira de la zona de diodo 32 cruza luego la zona de electrodo 4 y la zona 5, y puesto que esa parte, como la zona 32, es del mismo tipo de conductividad que el sustrato, pero tiene una mayor concentración de impurezas, el voltaje de perforación entre el sustrato 2 y las zonas 4 y 5 será reducido, lo cual se permite cuando el transistor de efecto de campo es excitado por bajos voltajes de funcionamiento. Por otra parte, el diodo 30, 31, 32 puede ser dispuesto entre las zonas 5 y 4, para cuyo fin puede agrandarse localizadamente la distancia entre esas zonas. La parte del transistor de efecto de campo en ese diodo funciona entonces menos favorablemente, lo cual sin embargo, no tiene por qué ser objetable en el caso de electrodos de mando 8 y 9 muy largos. Los diodos de seguridad pueden también fabricarse por separado y montarse luego con el transistor de efecto de campo. Además, pueden usarse otros materiales distintos a los mencionados, y el cuerpo semiconductor puede consistir en un compuesto III-V.

Esta solicitud que corresponde a la pre-

**376989**



sentada en Holanda, el 1 de Marzo de 1969, con el núm. 6903231, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

### REIVINDICACIONES

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

10 1.- Perfeccionamientos introducidos en los transistores de efecto de campo que tienen un electrodo de puerta o de mando aislado y que comprenden un sustrato semiconductor de un primer tipo de conductividad, que tiene dos zonas superficiales adyacentes de un segundo tipo de conductividad, junto a una superficie del sustrato, denominadas zonas de electrodo del transistor de efecto de campo, estando provista dicha superficie de una capa aislante en la cual está dispuesto un electrodo de puerta entre las zonas de electrodo, cuyo electrodo de puerta está conectado a un diodo de seguridad que tiene al menos una unión pn, caracterizados porque el voltaje(s) de ruptura o perforación de la unión(es) pn es (son), como máximo de 15 voltios.

20

376989



2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el diodo de seguridad está situado en el sustrato y comprende una primera zona de diodo del segundo tipo de conductividad, la cual está separada de las zonas de electrodo, es adyacente a dicha superficie del sustrato y tiene una impurificación mayor que el sustrato, y una segunda zona de diodo del primer tipo de conductividad, adyacente a la primera zona de diodo, y que tiene también una impurificación mayor que el sustrato, en tanto que la unión pn entre estas zonas de diodo tiene un voltaje de ruptura de 15 voltios como máximo.

3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 2, caracterizados porque, al menos parte de la segunda zona de diodo, está situada en el lado de la primera zona de diodo y es adyacente a dicha superficie.

4.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 2 ó 3, caracterizados porque la segunda zona de diodo en dicha superficie rodea completamente la primera zona de diodo.

5.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizados porque entre la segunda zona de diodo y una de las dos zonas de electrodo está prevista una conexión eléctrica no asociada con el sustrato.

6.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 3 ó 4 y 5, caracterizados porque la segunda zona de diodo adyacente a la zona de electrodo conectado a dicha zona de diodo, y la unión pn entre

376989



9

dichas zonas en la superficie del sustrato está cortocircuitada por un conductor previsto en dicha superficie.

5 7.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 5 ó 6, caracterizados porque la zona de electrodo conectada a la segunda zona de diodo en dicha superficie rodea completamente la segunda zona de diodo.

10 8.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, caracterizados porque la primera zona de diodo está conectada al electrodo de puerta.

15 9.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, caracterizados porque el diodo de seguridad comprende una tercera zona de diodo del primer tipo de conductividad, la cual está formada por una zona superficial completamente rodeada por la primera zona de diodo y tiene una impurificación mayor que el sustrato, mientras que la  
20 unión pn entre la tercera y la primera zonas de diodo tiene un voltaje de perforación no mayor de 15 voltios, en tanto que el electrodo de puerta está conectado a la tercera zona de diodo.

25 10.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 9, caracterizados porque la primera zona de diodo y las zonas de electrodo se extienden desde una superficie del sustrato, a distancias iguales en el sustrato, y tienen iguales perfiles de impurificación en dichas distancias.  
30

376989



11.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 8 ó 9 y 10, caracterizados porque la segunda y la tercera zonas de diodo se extienden desde una superficie del sustrato, a distancias iguales en el sustrato, en cuyas distancias presentan los mismos perfiles de impurificación.

12.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizados porque el electrodo de puerta está conectado a una capa metálica que está situada, en su mayor parte, en la capa aislante, y a la cual puede ser conectado un conductor de conexión, estando dicha capa metálica situada, al menos parcialmente, por encima del diodo de seguridad y estando directamente conectada, a través de una abertura en la capa aislante, a una zona de diodo.

13.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizados porque, aparte de dicho electrodo de puerta, el primer electrodo de puerta, la capa aislante está provista de al menos un electrodo de puerta adicional entre las zonas de electrodo.

14.- Perfeccionamientos según la reivindicación 13, caracterizados porque el electrodo de puerta adicional está conectado a un diodo de seguridad adicional que tiene al menos una unión pn, siendo el voltaje(s) de perforación de la unión(es) pn, de 15 voltios como máximo.

15.- Perfeccionamientos según la reivindicación 4, caracterizados porque, visto en una

**376989**



5 dirección sensiblemente normal a la capa aislante, al electrodo de puerta adicional rodea completamente una de las dos zonas de electrodo, estando dicha zona de electrodo completamente situada en el lado del diodo de seguridad adicional y rodeando al mismo completamente.

10 16.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 13 y 15, caracterizados porque, visto en una dirección sensiblemente normal a la capa aislante, el primer electrodo de puerta rodea completamente al electrodo de puerta adicional, y la otra de las dos zonas de electrodo rodea completamente al primer electrodo de puerta, mientras que entre el primer electrodo de puerta y el diodo de seguridad conectado al mismo está situada al menos parte de la otra zona de electrodo.

20 17.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizados porque el voltaje de perforación de la unión (es) pn de un diodo de seguridad está comprendido entre 5 y 10 voltios.

18.- Perfeccionamientos introducidos en los transistores de efecto de campo.

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

376989



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

Madrid,

P.A. 9 JUN. 1972

*Alberto de Eizaburu*  
For. Poder.

JJV

5.6.72

- 31 -

376989

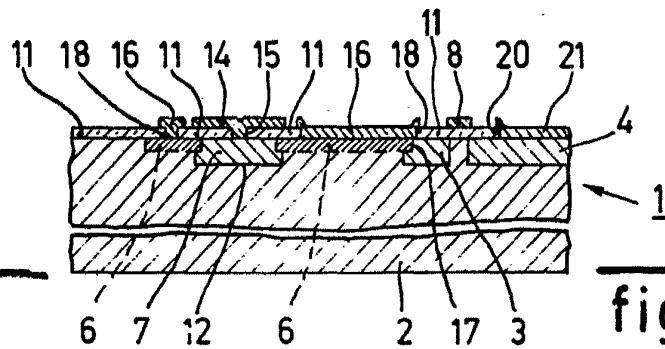
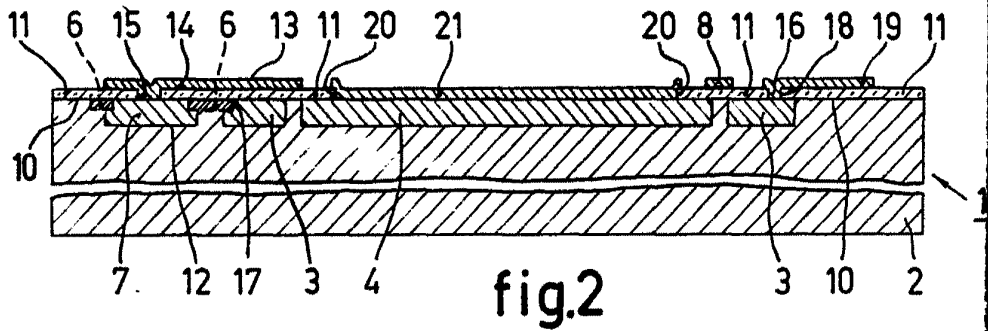
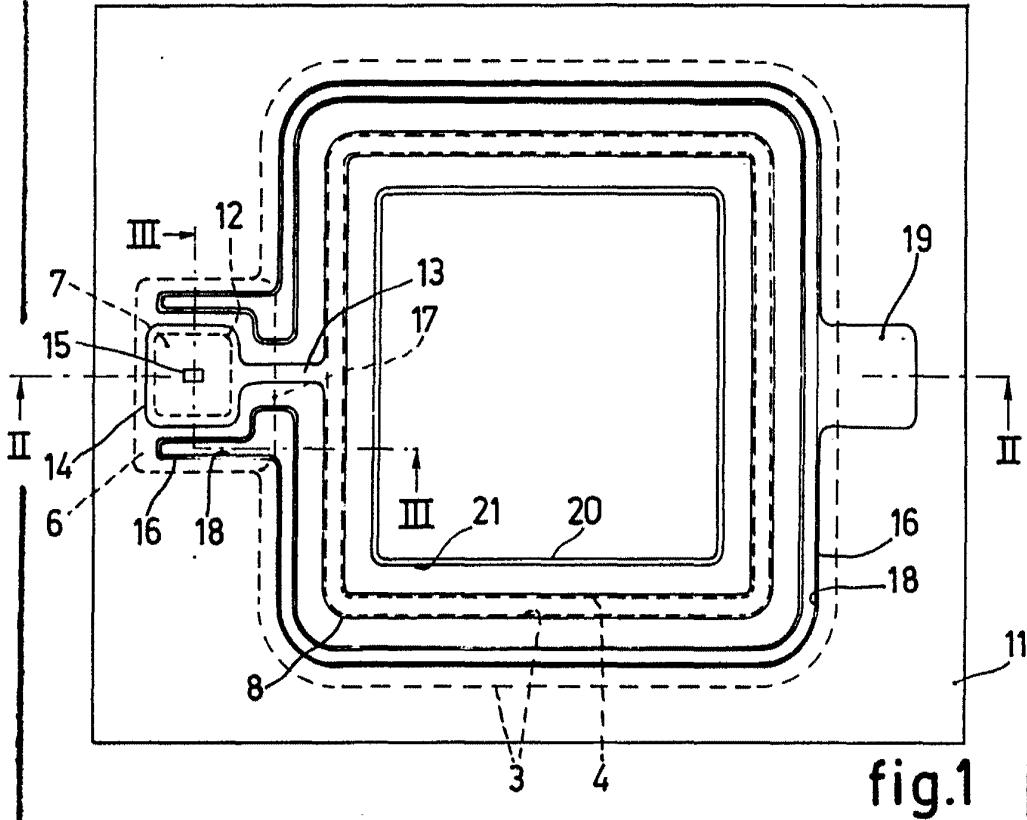


fig.3

U.S. PATENT OFFICE  
For Foder.



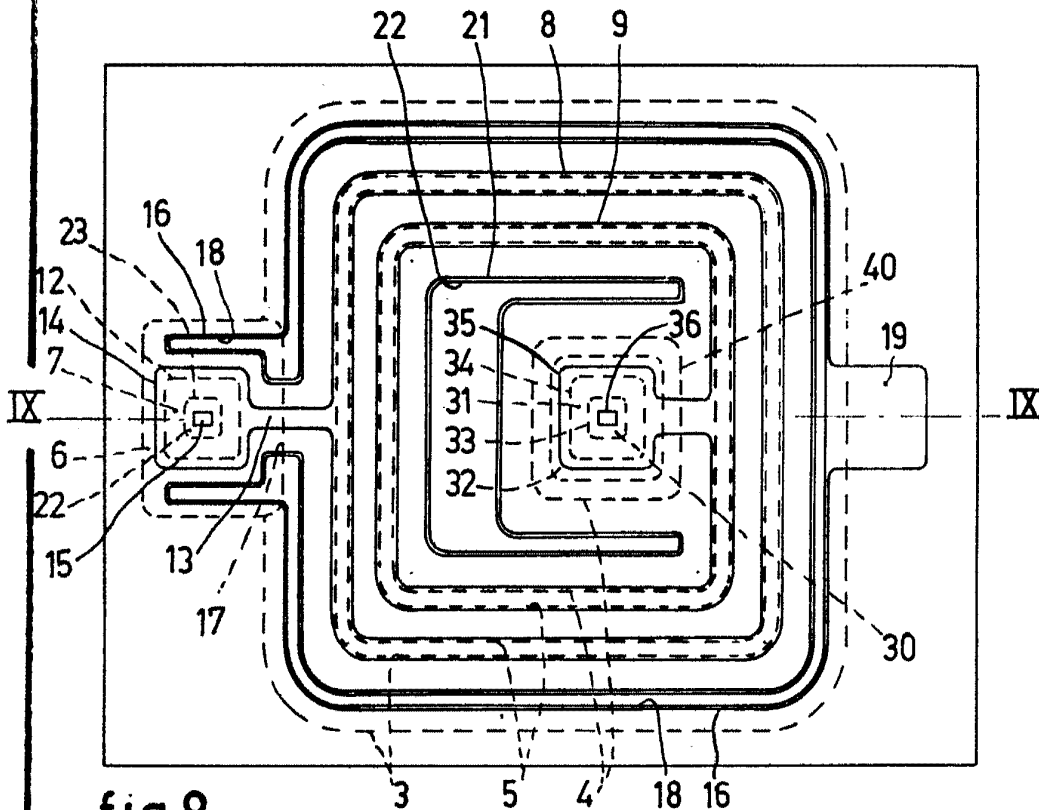


fig.8

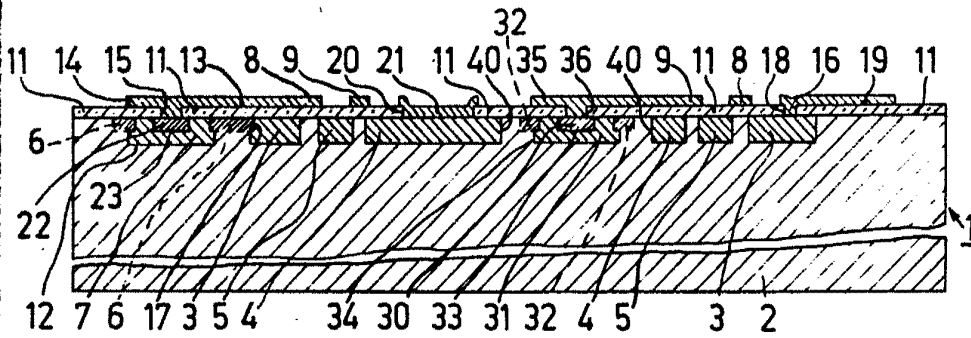


fig.9

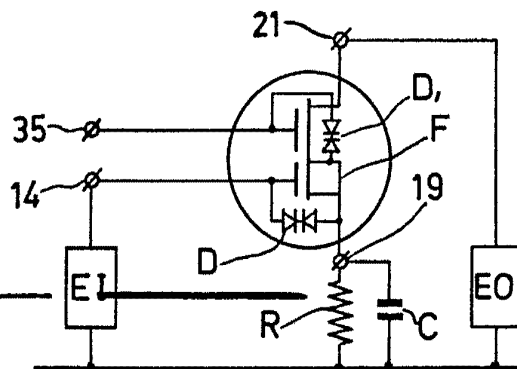


fig.10

Printed in Germany  
For Pöschel