

31161

28



MEMORIA DESCRIPTIVA
CORRESPONDIENTE A LA SOLICITUD DE UNA
PATENTE DE INTRODUCCION

MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INTRODUCCION

Solicitante: MOTOROLA, INC.

Domicilio: O'Hare Plaza, 5725 East River Road,
CHICAGO, Illinois, Estados Unidos.

Enunciado: METODO PARA FABRICAR UN TRANSISTOR.



El invento se refiere a un método para fabricar transistores por medio de una sola fase de difusión.

Los transistores hechos mediante difusión de material de impureza en ambos lados de un disco semiconductor en una sola fase de difusión se llaman a veces transistores de difusión única. Cuando se fabrica un transistor de difusión única, un procedimiento corriente consiste en depositar de antemano un material de impureza, por ejemplo del tipo N, en ambos lados de un disco de conductividad opuesta, por ejemplo del tipo P. A continuación, mediante técnicas selectivas de enmascaramiento y de ataque químico, se elimina una parte de la impureza tipo N de un disco, llamado superficie frontal. A continuación se somete el disco a una operación de calentamiento llamada difusión penetrante, que forma la región de emisor a partir de aquella parte del material de impureza dejado en la superficie frontal, y la región de colector a partir del material de impureza depositado de antemano sobre la superficie posterior del disco. La región de base es la parte del disco que está situada entre la región de emisor y la región de colector.

Cuando se han terminado las fases de tratamiento del disco, los elementos de transistores individuales o dados pueden ser separados del disco por un medio conveniente, por ejemplo por ataque químico o por técnicas de ranurado y rotura.

Un inconveniente inherente al procedimiento de la técnica anterior descrito brevemente en lo que antecede, y en las unidades fabricadas por dicho procedimiento, consiste en que las uniones no terminan en una superficie única. Es bien conocido que para reducir las fugas y la deteriora-



ción resultante de las características eléctricas del transistor terminado, las uniones del transistor deben ser pasivadas mediante un revestimiento aislante adecuado. Por ejemplo, puede utilizarse un óxido formado a alta temperatura. Realizar dicho revestimiento sobre las uniones que se terminan en más de una superficie del semiconductor sería extremadamente difícil y su coste sería muy elevado si no prohibitivo.

Por tanto un objeto del invento consiste en proporcionar un método mejorado para la fabricación de unidades de semiconductor de unión difusa, en los cuales las uniones se terminan todas en una sola superficie de la unidad de semiconductor.

Por consiguiente, el invento proporciona un método para fabricar un transistor que incluye las etapas que consisten en: disponer de un elemento semiconductor dotado de una primera capa de un tipo de conductividad y una segunda capa adyacente del tipo de conductividad opuesta, formar una capa de máscara de difusión en la superficie descubierta de dicha primera capa que tiene en ella un primer agujero para definir una región de emisor para un transistor y que tiene un segundo agujero anular en ella, alrededor de dicho primer agujero, para definir el área y la geometría de una región de colector de un transistor, atacar químicamente de manera selectiva el material de dicha primera capa debajo de dicho segundo agujero en dicha capa de máscara para formar una depresión en forma de hoyuelo debajo de ella, que se extiende en dicha primera capa a una profundidad pre determinada, y difundir simultáneamente una impureza de dicho tipo de conductividad opuesto en dicha primera capa si-



5 multáneamente a través de ambos primero y segundo agujeros de dicha capa de máscara para formar en dicha primera capa una región de emisor debajo de dicho primer agujero, y una porción difusa en dicha depresión en forma de hoyuelo que se extiende hasta dicha segunda capa y conjuntamente con dicha segunda capa forma una región de colector, constituyendo el material situado entre dicha región de emisor y dicha región de colector la región de base de un transistor.

En los dibujos:

10 La figura 1 es una serie de vistas en sección que ilustran las sucesivas etapas de realización del método del invento de acuerdo con un modo de realización preferido;

15 La figura 2 representa una variante de secuencia de realización de las fases iniciales de ataque químico del método;

La figura 3 ilustra las fases del método del invento utilizando técnicas epitaxiales;

20 La figura 4 es una vista en perspectiva parcialmente abierta de un transistor fabricado de acuerdo con el invento; y

La figura 5 es un modo de realización a tamaño real de un tipo de transistor fabricado de acuerdo con el invento.

25 En el método preferido del invento, una máscara compuesta de dióxido de silicio, por ejemplo, se forma térmicamente en un disco de semiconductor de silicio tipo P. A continuación una porción central del dióxido de silicio en el lado delantero del disco es eliminada por ataque químico para crear en este lado un orificio de emisor, y se retira el óxido de toda la cara posterior del disco. Se forma un

30



5 hoyuelo en el disco alrededor de la región de emisor, preferentemente por ataque químico a través de un orificio formado en el óxido. El ataque químico del hoyuelo puede hacerse bien antes o bien después de formar en el óxido la abertura del emisor. A continuación se realiza una fase de pre-depósito para depositar una impureza donante en la superficie dentro del orificio del emisor, y en la superficie del hoyuelo descubierta a través del orificio correspondiente, e igualmente en toda la superficie posterior del disco semiconductor. Esto forma capas N+ para el emisor y el colector, e igualmente en la superficie del hoyuelo. A continuación se lleva a cabo una fase de difusión por calentamiento en horno para que las capas N+ se difusen en el disco semiconductor. La duración y la temperatura de la fase de calentamiento en horno para la difusión se controlan de modo que por difusión, la región de emisor N+ se desplace hacia el interior a partir de la superficie frontal del disco semiconductor en dirección a la capa de colector N+, la cual se desplaza también hacia el interior a partir de la superficie posterior del disco. La separación final entre estas dos regiones es la anchura de base del transistor.

25 El método también puede ser llevado a la práctica aplicando una capa epitaxial en un substrato, formando la capa epitaxial la región de base y formando el substrato parte de la región de colector. A continuación se forma por ataque químico el hoyuelo en la capa epitaxial y el emisor y la conexión desde el hoyuelo hasta el colector, se forma por difusión. Aunque el transistor haya sido descrito como teniendo una región de base tipo P, es evidente que puede utilizarse otro tipo de conductividad.

30



Tal y como se representa en la figura 1, se utiliza un disco semiconductor 10. Este disco es de silicio tipo P, y su resistividad puede ser del orden de 3 óhmios-centímetro. Su espesor puede ser de aproximadamente 0,137 mm (5,5 milésimas). Una pluralidad de elementos de transistores pueden ser fabricados simultáneamente en un disco de este tipo. Sin embargo, para mayor claridad, las representaciones de la figura 1 y de las figuras 2 y 3 representan la formación de un solo elemento de transistor en una porción del disco.

En la figura 1B se forma una película de dióxido de silicio 12 en la superficie frontal, y en la superficie posterior se forma una película de dióxido de silicio 14. Estas películas pueden formarse situando el disco 10 en una atmósfera oxidante dentro de un horno a alta temperatura. Por ejemplo, las películas de óxido pueden ser obtenidas sometiendo el disco 10 durante dos horas al contacto con vapor y oxígeno a una temperatura de 1.150°C. La capa de dióxido de silicio 12 debe utilizarse como máscara para la superficie frontal del substrato 10 y la capa 14 no se emplea.

Una capa de protección fotográfica 13 se sitúa sobre la capa de dióxido de silicio 12 (figura 1B) y esta capa de protección se expone a una luz rica en rayos ultravioleta, y a continuación se revela fotográficamente para obtener un orificio anular 15 donde debe formarse un hoyuelo. Sucesivamente se sitúa el disco en un baño que contiene un agente de grabado tal como ácido fluorhídrico que ataca el dióxido de silicio descubierto por el orificio 15 y también la capa de dióxido de silicio 14 en la parte posterior del



disco. El agente de ataque químico elimina el dióxido de silicio en aquellas áreas donde está descubierto.

Un revestimiento 18 de material resistente al ataque químico se aplica a continuación sobre el lado posterior del disco (figura 1C). Este puede ser un revestimiento de cera que se pulveriza en el lado posterior del disco bajo la forma de una solución de cera y de tricloretileno, o, la parte posterior del disco puede ser sumergida en cera que ha sido fundida sobre una placa de vidrio. En variante, el revestimiento 18 puede ser una capa de protección fotográfica que se impresiona y que se revela de modo que resiste al ataque de un agente químico.

El disco se sitúa a continuación en una solución acuosa de un agente de ataque químico tal como una mezcla de ácido fluorhídrico, ácido nítrico y ácido acético. Esta mezcla ataca al disco propiamente dicho en el orificio 15 eliminando el silicio y formando así un hoyuelo 17 en el disco 10 (figura 1C). A continuación se separa la capa de protección fotográfica 13 de la cara frontal del disco y se elimina de la parte posterior del disco la cera o el revestimiento de protección fotográfico 18.

Se sitúa ahora una capa fresca de agente de protección fotográfico en la cara frontal del disco. Esta capa de protección fotográfica se impresiona selectivamente y se revela para eliminar el agente de protección fotográfico de una porción central del dióxido de silicio. El dióxido de silicio que queda descubierto en esta porción central es atacado químicamente utilizando ácido fluorhídrico para formar un orificio de emisor 16 según se representa en la figura 1D. A continuación se retira la capa de agente de pro-



tección fotográfico.

A continuación el disco se somete a una fase de pre-depósito, que se representa en la figura 1E. Para esta operación, el disco se sitúa durante 1 hora en un reactor a 1.080°C , en una atmósfera de gas oxiclорuro de fósforo (POCl_3) transportado en nitrógeno. Esto da lugar a la formación de tres regiones finas 21, 22 y 23 de conductividad negativa fuertemente dopada (N^+) en el disco. La región 21 es el emisor, la región 22 (en el lado posterior) es el colector y la región 23 en el hoyuelo difusado. El POCl_3 es una fuente de fósforo, es decir de impureza donante, y el fósforo difusa en el disco hasta una profundidad extremadamente reducida durante la fase de pre-depósito. La fase de pre-depósito es en realidad una combinación de depósito y de difusión que proporciona una elevada concentración de agente donante en las regiones 21, 22 y 23. La impureza donante en estas regiones puede ser arrastrada hacia el interior por una fase de calentamiento de difusión ulterior con el objeto de obtener un gradiente de impureza deseado en las regiones difusas.

Un orificio de base anular 24 puede formarse a continuación en la capa de dióxido de silicio 12 (figura 1F) de la misma manera, por ejemplo, que la que había sido utilizada para la formación de la abertura 16. La abertura 24 puede rodear el orificio de emisor.

A continuación se coloca el conjunto en un horno para un tratamiento térmico, de modo que la difusión pueda realizarse (figura 1F). Por ejemplo, la unidad puede situarse en un horno durante un tiempo variable entre 20 y 40 horas en oxígeno a 1.250°C . Esta fase de difusión hace



que las regiones N+ 23 y 22 se unan conjuntamente.

Igualmente, si se sitúan en el horno una atmósfera que contiene una fuente de impureza del tipo de aceptor, por ejemplo óxido de boro (B_2O_3), la impureza se difundirá en una porción 26 de la región de base 30 y reducirá la resistividad de esta parte. La parte 26 se representa bajo la forma de una región P+ porque presenta una conductividad más elevada que el resto de la región de base. Se utiliza una reducida concentración de óxido de boro de modo que las regiones N+ 21, 22 y 23 no se transformen en material tipo P, incluso si alguna cantidad de boro difusa en las regiones N+. La penetración de la porción P+ 26 en la región de base no es crítica ya que su función consiste en mejorar la formación del contacto óhmico con el material semiconductor.

Se observará en la figura 1F que el límite entre la región 21 y la región 30 constituye la unión emisor-base. La unión se extiende hasta la superficie frontal del disco semiconductor y termina debajo de la capa de óxido 12. La frontera entre la región 22 y la región 30 es la unión de colector, y esta unión es prolongada hasta la superficie superior por la región 23 que también se une a la región 30.

Como se ha indicado más arriba, el orificio 16, figura 1F, formada en la máscara de dióxido de silicio 12, define la zona de emisor, y esta zona puede ser metalizada, según se representa en la figura 1G, para formar un contacto de emisor 32. De la misma manera, la superficie de base definida por el orificio 24 (figura 1F) puede ser metalizada para formar un contacto de base 34. Idénticamente, la superficie posterior del disco puede ser metalizada para formar un contacto de colector 36.



La unidad, según se representa en la figura 1G está montada en un elemento conductor adecuado 38 que puede formar parte de un soporte, de acuerdo con la práctica usual. Un terminal adecuado 40 puede sujetarse en el contacto de emisor 32 por técnicas de unión conocidas. Igualmente, un terminal 42 puede sujetarse al contacto de base 34 de la misma manera. El dispositivo se cierra herméticamente soldando una tapa sobre una parte del elemento 38, lo que no se representa en los dibujos.

Como se ha hecho observar más arriba, es corriente fabricar una pluralidad de elementos de transistor los unos al lado de los otros en un solo disco. Al final del proceso, los diferentes elementos de transistor pueden ser separados los unos de los otros rompiéndolos en los hoyuelos 17. El disco ha sido debilitado por los hoyuelos y por tanto tenderán a romperse en estos puntos. Sin embargo, para facilitar todavía más esta operación, el disco puede ser ranurado a lo largo de la parte inferior de los hoyuelos particularmente si los hoyuelos son lineales y se cortan angularmente los unos respecto a los otros y constituyen la línea de división entre transistores adyacentes. Se observará que el ranurado puede también hacerse fuera del hoyuelo y que el disco podrá romperse a lo largo de las líneas ranuradas; la fuerza de rotura se concentrará en las líneas ranuradas. En este caso, el transistor final incluirá el hoyuelo 17 completo en la unidad de semiconductor.

Se observará también en la figura 1F por ejemplo, que la porción P+ 26 de la región de base 30 no se acerca a la unión emisor-base entre la región de emisor 21



y la región de base 30. La base 30 es un material de alta resistividad. Por consiguiente no existe tendencia a que la porción de resistividad reducida P+ reduzca la tensión de disrupción de la unión emisor-base.

5 La figura 4 representa, en perspectiva, un elemento de transistor del invento del tipo descrito más arriba. En esta vista puede verse claramente la zona de contacto de emisor 32'. También se representan claramente las zonas de conexión de base 34'. Debido a los tamaños relativamente pequeños, la porción de la capa de dióxido de silicio 12 entre las zonas de contacto de base y de emisor está representada por una simple línea. La porción de hoyuelo parcial 17' y la porción 23' del colector (figura 1G) que llegan hasta la superficie superior del disco están indicadas. El elemento conductor 38' corresponde al elemento conductor 38 de la figura 1G en el cual la zona principal de la porción del colector del elemento de transistor está montada para su conducción eléctrica y térmica. La vista sirve para ilustrar el aspecto de un elemento de transistor montado, en una vista a mayor escala que la que se representa en la sección transversal detallada de la figura 1G.

10

15

20

La figura 5 es una vista a tamaño natural de un transistor terminado fabricado de acuerdo con el invento.

La figura 2 es una vista muy similar a la figura 1, y por tanto no se describirá detalladamente. Los mismos números de referencia han sido utilizados en las figuras 1 y 2, salvo cuando existen diferencias. La única diferencia sustancial de la figura 2 consiste en que el orificio de emisor 16' (figura 2B) se forma antes de abrir el agujero 15' para definir el hoyuelo. En la figura 2A, el disco

25

30



10 se representa después de que las capas de dióxido de silicio 12 y 14, y el revestimiento de protección fotográfico 13a han sido aplicados, impresionados y revelados para definir un orificio 11. El agente de protección fotográfico no se aplica al lado posterior del disco. A continuación se ataca químicamente el disco utilizando ácido fluorhídrico para retirar la capa de óxido 14 y también para eliminar el óxido situado en el interior del orificio 11. La capa de protección fotográfica 13a se separa sucesivamente del disco y se aplican nuevos revestimientos de agente de protección fotográfico en ambos lados del disco. Estos revestimientos se impresionan y revelan para formar el orificio anular 15', según se representa en la figura 2B. El revestimiento 13b cubre y protege la superficie de silicio en el orificio 16' para definir el emisor. El revestimiento 13c cubre y protege todo el lado posterior del disco.

El disco se ataca de nuevo químicamente con ácido fluorhídrico para formar el orificio 15' a través del óxido. A continuación se ataca químicamente el disco con una mezcla de ácidos fluorhídrico, nítrico y acético, en solución acuosa para formar el hoyuelo 17 (figura 2C), y se separan del disco los revestimientos 13b y 13c. Las demás fases de la operación son las mismas que las que se representan en la figura 1.

Igualmente, es posible formar el orificio de emisor en la capa de dióxido de silicio 12 al mismo tiempo que el orificio del hoyuelo. En tal caso, debe situarse un revestimiento resistente al ataque químico en ambos lados mientras se procede al ataque químico del hoyuelo. Un revestimiento de cera puede ser utilizado en el lado pos-



terior como se ha descrito más arriba.

El invento puede aplicarse también a la fabricación de elementos de transistor hechos por otras técnicas, y las fases de fabricación en las cuales se utiliza una capa epitaxial, se representa en la figura 3. Empezando con un disco 50, figura 3A, de material semiconductor dotado de un tipo de conductividad deseado en el colector de un transistor, por ejemplo de tipo N, y que ha sido preparado por métodos bien conocidos, se forma una capa de material 51 de conductividad opuesta (por ejemplo tipo P) en el disco por métodos epitaxiales bien conocidos. La capa epitaxial proporcionará la porción de base de los elementos de transistor terminados y puede tener aproximadamente un espesor de 25 micrones. A continuación se somete el disco a un tratamiento muy parecido al que se describe en la figura 1, fases B, C, D, E y F, salvo que la mayoría de las profundidades de ataque químico y de difusión no son tan importantes porque la capa epitaxial 51 es relativamente fina y una difusión profunda daría lugar a que el material de impureza se difuse a través de la capa epitaxial. La difusión del material de impureza en el lado del disco opuesto a la capa epitaxial se hace para formar una región de baja resistividad en el disco la cual facilita la formación del contacto óhmico con esta superficie.

Según se representa en la figura 3A, las películas de dióxido de silicio 52 y 53 se forman en la superficie descubierta de la capa epitaxial y la superficie posterior del disco respectivamente. Por medio de métodos bien conocidos de utilización de agente de protección fotográfico y de ataque químico, se aplica una máscara resis-



tente al ataque químico 54 sobre la capa de óxido 52. Se forma por ataque químico un orificio 55 a través de la capa de óxido 52 para formar el emisor del elemento de transistor. Un orificio anular 56, figura 3B, se forma por ataque químico a través de la capa de óxido 52 con el objeto de formar ulteriormente el hoyuelo 57, figura 3C. Cuando el hoyuelo 57 ha sido grabado en la capa epitaxial 51, se protege el orificio de emisor 55 contra la solución de ataque químico por medio de una máscara resistente al ataque químico 54a (figura 3B). Después de aplicar la máscara 54a a la capa epitaxial, se aplica la máscara 54b sobre toda la cara posterior del disco. La profundidad y la anchura del hoyuelo 57 varían de acuerdo con las características particulares deseadas para el transistor. Algunos valores que han sido utilizados consisten en una profundidad igual aproximadamente a la mitad del espesor de la capa epitaxial 51 y una anchura igual aproximadamente a cinco veces esta profundidad.

La figura 3C representa el pre-depósito 58 formado en el hoyuelo 57 y en el orificio de emisor 55 con un material de impureza de una conductividad opuesta a la de la capa epitaxial 51, por ejemplo del tipo N. Se representa igualmente un pre-depósito 58a en el lado posterior del disco con el mismo material de impureza que en 58. La impureza 58a no se utiliza para formar una unión sino que se aplica para mejorar la formación del contacto óhmico con el lado posterior del disco según se ha indicado más arriba.

La figura 3D representá el disco después de que la impureza 58 y 58a pre-depositada haya difundido en el dis

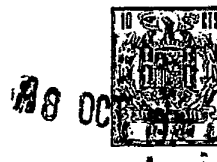


co hasta una profundidad predeterminada sometiéndola a un calentamiento en el horno. La región de impureza 58 en el hoyuelo 57 se une con la superficie del disco 50 que constituye la porción de colector del elemento del transistor. Esta conexión hace que la unión de colector con la superficie descubierta de la capa epitaxial 51 se sitúe debajo de la capa de pasivación 52. Por tanto, la unión base-colector 61 se sitúa en la misma superficie que la unión base-emisor 62, y ambas uniones están protegidas contra la contaminación por materias extrañas por medio de la capa pasivada 52. Se representa igualmente una porción 59 de material P+. Esta región se aplica de la misma manera que la que se ha indicado más arriba con relación a la porción 26, figura 1F.

La figura 3E representa un elemento de transistor único que ha sido separado del disco y montado sobre un elemento conductor adecuado, de la manera descrita más arriba en la figura 1G.

La estructura de la figura 3 puede también obtenerse mediante difusión de una capa en un substrato y a continuación cortando o esmerilando el substrato de modo que la capa 51 sea la porción no difusa del substrato y la capa 50 sea la porción difusa. Las restantes fases de la figura 3 pueden ser realizadas de la manera descrita.

Aunque se han descrito unos modos de realización particulares del procedimiento y de la unidad, es evidente que pueden realizarse modificaciones en ellos. Una modificación evidente consistiría en hacer transistores PNP por el mismo procedimiento. Esto puede hacerse simplemente invirtiendo los tipos de conductividad del material inicial



5 y de los agentes de difusión en el proceso descrito más arriba. Se observará también que los dibujos de esta descripción no están a escala y que se han realizado algunas simplificaciones. Por ejemplo, las capas de óxido normalmente deben ser más gruesas durante las fases de difusión, pero esto no ha sido representado. El óxido se formará en las superficies dentro de los orificios de la máscara durante las fases de difusión si se utiliza una atmósfera oxidante.

10 En resumen: La Patente de Introducción que se solicita deberá recaer sobre las siguientes

REIVINDICACIONES

15 1. Método para fabricar un transistor que incluye las fases que consisten en: utilizar un elemento semiconductor dotado de una primera capa de un tipo de conductividad y una segunda capa adyacente del tipo de conductividad opuesto, formar una capa de máscara de difusión en la superficie expuesta de dicha primera capa que tiene en ella un primer agujero para definir una región de emisor para un transistor y que tiene un segundo agujero anular al rededor de dicho primer agujero para definir la superficie y la geometría de una región de colector de un transistor, atacar químicamente de manera selectiva el material de dicha primera capa debajo de dicho segundo agujero en dicha capa de máscara para formar debajo de ella una depresión en forma de hoyuelo que se extiende en dicha primera capa hasta una profundidad predeterminada, y difundir simultáneamente una impureza de dicho tipo de conductividad opuesto en dicha primera capa, simultáneamente a través de ambos
20
25
30 primero y segundo agujeros de dicha capa de máscara para for



5 mar en dicha primera capa una región de emisor debajo de dicho primer agujero, y una porción difusa en dicha depresión en forma de hoyuelo que se extiende hasta dicha segunda capa, y que conjuntamente con dicha segunda capa forma una región de colector, constituyendo el material situado entre dicha región de emisor y dicha región de colector, la región de base de un transistor.

10 2.- Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la patente de introducción que se solicita:
METODO PARA FABRICAR UN TRANSISTOR.

15 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de diecisiete páginas mecanografiadas y dibujos que se acompañan.

15

Madrid, 18 octubre 1.974

BERNARDO UNGRIA

P.D. *ll*

20

25

30

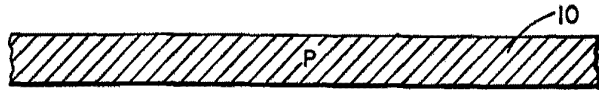


Fig. 1A

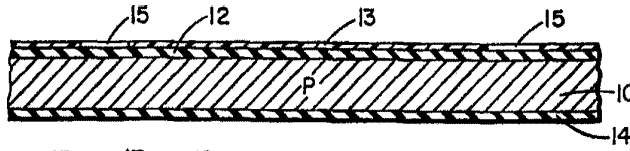


Fig. 1B

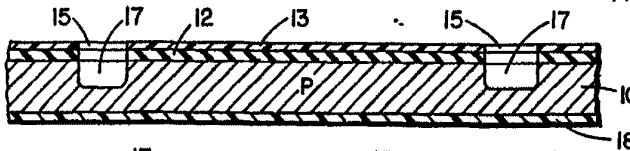


Fig. 1c

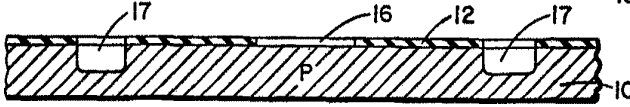


Fig. 1D

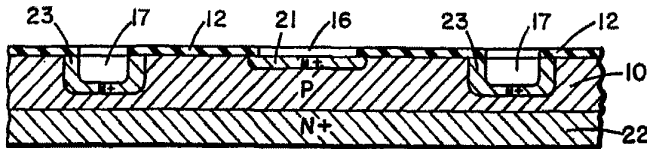


Fig. 1E

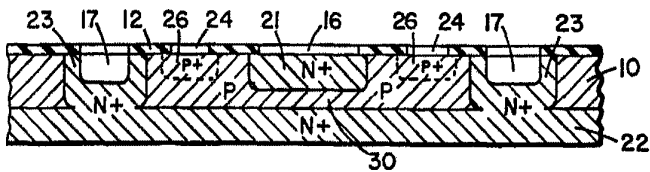


Fig. 1F

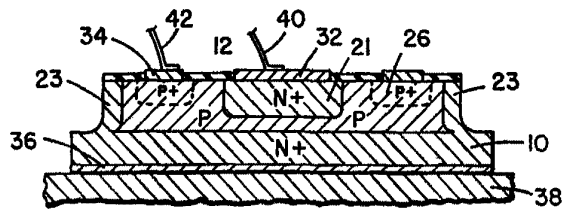


Fig. 1G

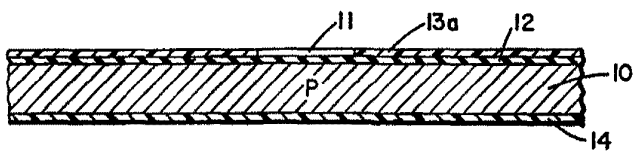


Fig. 2A

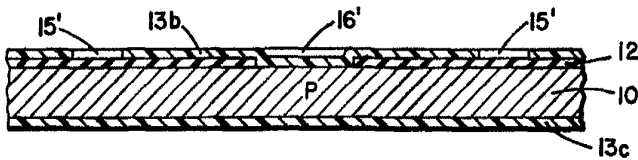


Fig. 2B

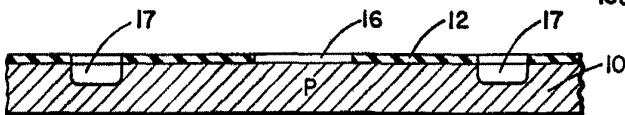


Fig. 2c

ESCAIA VARIABLE
Madrid, 18 octubre 1.974
BERNARDO UNGRIA



18

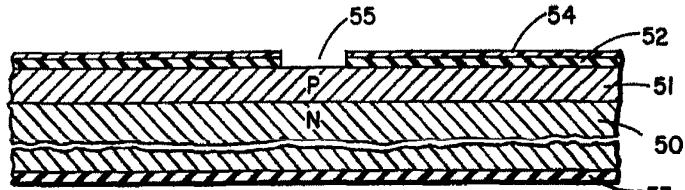


Fig.3A

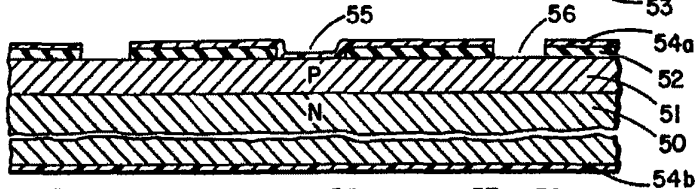


Fig.3B

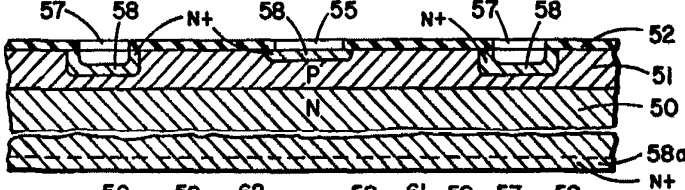


Fig.3c

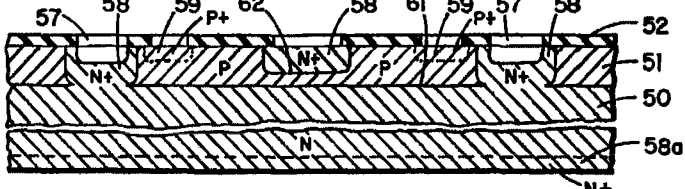


Fig.3D

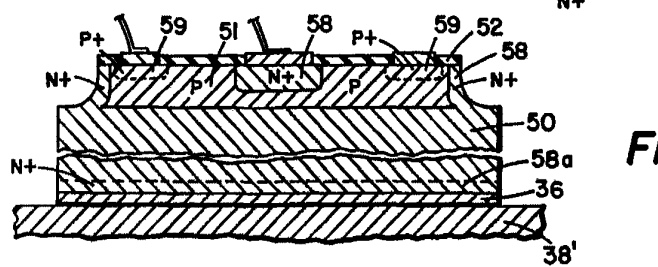


Fig.3E

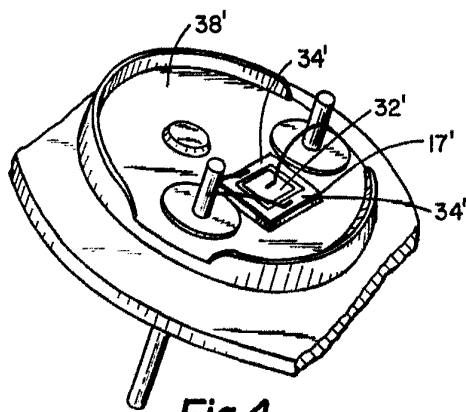


Fig.4

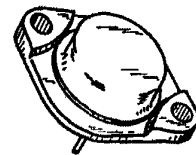


Fig.5

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 18 octubre 1.974
 BERNARDO UNGRIA
 P.P.