

SECCION TECNICA
CLASIFICACION I.P.C.
CLASE H-01
SUBCLASE L

P.- 42.094

PHN 3583

368777

22 JUL 1969

Memoria descriptiva



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

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

entidad / de nacionalidad holandesa

con domicilio en Lemasingel 29, Mindhoven, Holanda,

por: " UN METODO DE FABRICAR UN DIODO ZENER EN UN CUERPO SEMICONDUCTOR " (Clase Internacional H011)

12.7.69



El invento se refiere a un método de fabricación de un diodo Zener en un cuerpo semiconductor, en el cual se forma una unión p-n del diodo entre dos zonas obtenidas por difusión de una impureza donante y una impureza aceptante en direcciones relativamente opuestas substancialmente. El diodo Zener puede formar parte de un circuito integrado.

Se conocen diodos semiconductores cuya curva característica intensidad/tensión es lineal a partir de una tensión de umbral. Estos diodos son, por ejemplo, diodos de metal semiconductor. Estos diodos permiten detectar satisfactoriamente señales eléctricas de bajo nivel, pero tienen el inconveniente de que no pueden ser integrados, es decir, que es difícil disoñarlos en circuitos monolíticos integrados.

Se ha comprobado que un diodo Zener polarizado en dirección inversa permite la detección lineal de señales eléctricas de una amplitud de pocos milivoltios.

Los diodos semiconductores que se obtienen por aleación, por difusión o por deposición epitaxial cuando se les polariza en dirección inversa, presentan una curva característica intensidad/tensión, con una linealidad altamente superior a la obtenida cuando se les polariza en sentido directo. Con una tensión creciente en la dirección inversa, la linealidad decrece. La intensidad crece fuertemente con una tensión creciente, y se produce la perforación. Si los diodos están hechos en un cristal que tiene una baja resistividad, la perforación puede producirse por el propio efecto Zener, en cuyo caso, el campo eléctrico es capaz de retirar electrones de los átomos, de mo-



do que la densidad de portadores de carga libres aumenta fuertemente, y la resistividad decrece considerablemente. La perforación Zener se produce unicamente a las tensiones bajas, que a lo más son iguales a unos 5,5 V.

5 Si los diodos están hechos de un cristal de resistividad más alta, aparece una tensión de perforación más elevada. La perforación de avalancha se produce a causa de la ionización de los átomos por la colisión de electrones de alta velocidad con átomos. Debe entenderse
10 que los diodos Zener quieren decir diodos en los que la perforación es debida al efecto Zener y/o al efecto de avalancha.

Según que los diodos Zener sean de la categoría del auténtico efecto Zener o de la categoría del efecto
15 de avalancha, presentarán diferencias, no solo en los valores de sus tensiones de perforación, sino también en sus propiedades respecto a ruido y deformaciones.

20 Cuando el efecto Zener domina en un diodo Zener la tensión de perforación es baja, el ruido es debil, pero el punto de trabajo del diodo está situado en una parte relativamente poco lineal de la curva característica intensidad/tensión, lo que da origen a una ligera distorsión.

25 Cuando domina el efecto de avalancha, la curva característica intensidad/tensión tiene un alto grado de linealidad, no existe distorsión, pero el ruido es más fuerte. Por consiguiente, en un caso el ruido es debil y la distorsión relativamente grande, y en el otro caso, no hay distorsión, pero el ruido es comparativamente fuerte.

30 En determinadas disposiciones de circuitos, par-



5 particularmente en los circuitos de detección integrados, es conveniente utilizar un diodo Zener capaz de operar en un margen de tensiones de unos 6 a 8 V, con una intensidad baja, del orden de 100 μ A, lo que generalmente da origen a un nivel de ruidos no despreciable y a una distorsión relativamente grande, debida al hecho de que el punto de trabajo del diodo está situado en la parte no lineal de la curva característica intensidad/tensión. Estos inconvenientes, que son inadmisibles en el caso de un circuito de detección, han sido obviados en parte con la fabricación de diodos Zener que tienen una tensión de perforación de escasos voltios, y un nivel de ruidos muy bajo, por el método descrito en la solicitud de Patente Holandesa Nº 6.808.886 del actual solicitante, abierta a inspección publica el 31 de diciembre de 1968. Este método está basado en el hecho de que la tensión de perforación de una unión p-n depende de su estructura, y que una unión "brusca" tiene una tensión de perforación más baja que una unión gradual. Con objeto de obtener un diodo Zener que tenga una tensión de perforación de escasos voltios, y un ruido muy debil, es necesario proveer una unión bastante brusca, por ejemplo, mediante la difusión de una impureza donante y una aceptante en direcciones relativamente opuestas para formar dos zonas.

25 Se ha comprobado que existe una íntima relación entre la superficie de la unión y la linealidad de la curva característica intensidad/tensión de un diodo Zener. La linealidad de la curva en una determinada intensidad de corriente se mejora con una disminución de la superficie de unión. Puede calcularse que la máxima superficie de unión

22 JUL



5 con la que la curva característica intensidad/tensión inversa es todavía lineal, es de unos $100 \mu\text{m}^2$. Sin embargo, es difícil fabricar diodos Zener aprovechables en los que la superficie de la unión sea menor de algunos centenares de μm^2 .

10 Objeto del presente invento es proveer un método de fabricación de un diodo Zener que pueda ser integrado en un grupo monolítico de circuitos de semiconductores, y que pueda ser excitado al margen deseado de tensión inversa con poco ruido y escasa distorsión.

15 Entre otras cosas, el invento se basa en el reconocimiento del hecho de que en la fabricación de un diodo Zener es ventajoso utilizar el hecho de que la tensión de perforación de una unión p-n entre dos zonas, una de las cuales, por lo menos, tiene una parte adyacente a la unión con una resistividad más baja que las demás partes adyacentes a la unión p-n de las mismas, viene determinada por la parte de resistividad baja, produciéndose la perforación cerca de dicha parte.

20 El invento se basa además en el reconocimiento de que es ventajoso utilizar aquella parte de una unión p-n que se ha obtenido por difusión de una impureza por parte de la superficie de un cuerpo semiconductor, y que es transversal a dicha superficie, mientras que la parte de la unión que es substancialmente paralela a dicha superficie no se utiliza en realidad.

25 De acuerdo con el invento, un método de fabricación de un diodo Zener en un cuerpo semiconductor, en el que se ha formado una unión p-n del diodo entre dos zonas obtenidas por la difusión de una impureza donante y



22

una aceptante, en direcciones relativamente opuestas substancialmente, se caracteriza porque las impurezas se difunden dentro del cuerpo semiconductor por dos partes adyacentes de una superficie del cuerpo semiconductor, en direcciones substancialmente paralelas a dicha superficie, estando substancialmente en ángulo recto con dicha superficie la unión p-n obtenida entre las zonas difundidas. El cuerpo semiconductor en el que se provee el diodo puede ser conductor del tipo n o del tipo p.

La tensión de perforación y las ulteriores propiedades de ruptura del diodo se determinan por la unión p-n entre las dos zonas difundidas y adyacentes, y no se determinan por una unión entre una de estas zonas y la parte adyacente del cuerpo semiconductor que no ha sido modificada por la difusión, puesto que las zonas obtenidas por la difusión tienen una resistividad menor que la parte adyacente y no modificada del cuerpo semiconductor. La unión resultante entre las zonas difundidas es una unión brusca, que tiene una tensión de perforación del orden de escasos voltios, y el diodo resultante tiene un nivel de ruidos muy bajo. La reducida superficie de la unión resultante entre las zonas difundidas y adyacentes proporciona una linealidad satisfactoria, que a su vez, asegura un mínimo de distorsión.

La difusión de las impurezas donante y aceptante se lleva a cabo preferiblemente de modo que las zonas difundidas sean contiguas únicamente en una pequeña parte de su circunferencia mientras se forma la unión p-n, a la vez que los contactos de conexión del diodo se disponen en dichas zonas. Se obtiene así una unión p-n de superfi-



cie muy pequeña.

5

10

15

20

25

30

Una importante forma del método conforme al invento, se caracteriza porque el diodo Zener se dispone en un circuito monolítico integrado, obteniéndose el cuerpo semiconductor proveyendo una capa semiconductor epitaxial del tipo de conductibilidad opuesto al del sustrato, en dicho sustrato, difundiendo en la capa epitaxial zonas aislantes del mismo tipo de conductibilidad que el sustrato, para dividir a dicha capa en islotes discontinuos en los cuales se disponen los elementos del circuito y el diodo Zener.

Una primera forma preferida de esta realización se caracteriza porque simultaneamente con las zonas aislantes, se prevé una de las zonas difundidas del diodo, mientras que la otra zona difundida del mismo se hace simultaneamente con la zona del emisor de un transistor. El diodo Zener tiene entonces una tensión de perforación de unos 5 a 6 V.

Una segunda realización preferida se caracteriza porque una de las zonas difundidas del diodo se hace simultaneamente con la zona de la base de un transistor y la otra zona difundida, simultaneamente con la zona del emisor de dicho transistor. El diodo resultante tiene una tensión de perforación de unos 6 a 8 V.

El invento se refiere, a un diodo Zener fabricado por un método conforme al invento.

El diodo Zener conforme al invento puede disponerse de modo sencillo en un circuito integrado, porque no se requiere ninguna operación de difusión, adicional.

El invento se describirá más ampliamente con re-

12.7.69

POOR QUALITY



ferencia a algunas realizaciones y al dibujo esquemático.

La figura 1 es una vista en perspectiva y en corte de parte de un circuito monolítico integrado que lleva un diodo Zener fabricado por un método conforme al invento.

La figura 2 es una vista en planta del circuito integrado de la figura 1.

Las figuras 3a á 3d ilustran un cierto número de etapas de fabricación de un circuito integrado que lleva un diodo Zener y un transistor, conforme al invento.

Las figuras 4a á 4d ilustran un cierto número de etapas de fabricación de una variante del método conforme al invento, para proveer un circuito integrado con un diodo Zener y un transistor.

Debe observarse que las figuras no muestran las capas de enmascaramiento y pasivación, generalmente capas de óxidos, las cuales no se describirán a continuación, ya que el empleo de tales capas es conocido en general.

En las realizaciones que se describirán seguidamente, se fabrica un diodo Zener conforme al invento, simultáneamente con un transistor del tipo n-p-n, pero como cosa sabida, el diodo puede fabricarse simultáneamente con otras clases de elementos activos o pasivos del circuito, tales como una resistencia difundida o un transistor del tipo p-n-p.

Las figuras 1 y 2 muestran esquemáticamente una realización preferida de un diodo Zener conforme al invento. Un sustrato semiconductor 1a, por ejemplo, del tipo p de conductibilidad, soporta a una capa epitaxial 2 del tipo n, en donde se forma el diodo conforme al invento.

5 Como este diodo forma parte de un dispositivo monolitico integrado, de semiconductores, unicamente se muestra la parte que comprende al diodo, debiendo tener la capa 2 una zona aislante 1b, formada por difusion, y que tiene el mismo tipo de conductibilidad que el substrato 1a, aunque con una más alta concentración de impurezas.

10 Desde la superficie de la capa 2 se difunde una zona 3, por conducto de una de las dos partes de la superficie, extendidas en proximidad una de otra, siendo el tipo de conductibilidad de dicha zona, opuesto al de la capa 2, y estando la concentración de impurezas en dicha zona, adaptada para la tensión de perforación que se desea; y se difunde una zona 4 por conducto de la otra parte de la superficie, de las dos arriba citadas, siendo el tipo de conductibilidad de esta zona, el mismo que el de la capa 2, siendo, sin embargo, más elevada la concentración de impurezas.

15 Durante los tratamientos térmicos se lleva a cabo una difusión lateral de las impurezas para las zonas 3 y 4 ó, en otros términos, se lleva a cabo la difusión en direcciones substancialmente paralelas a la superficie de la capa epitaxial 2, de modo que las impurezas se aproximan unas a otras. La unión p-n J se forma así entre las zonas difundidas 3 y 4. La unión J es substancialmente normal a la superficie de la capa epitaxial 2, y es una unión brusca. Simultáneamente con la unión J se forma la unión p-n J' entre la capa 2 y la zona 3. Esta unión J' tiene una tensión de perforación más elevada que la unión J, porque la resistividad de la capa 2 es más elevada que la de las zonas 3 y 4.



Con objeto de obtener pequeñas dimensiones de dicha unión J, y tener aún así una gran superficie para depositar los contactos 5 y 6 sobre las zonas 3 y 4, se hacen estas zonas 3 y 4 en forma de T, las cuales son adyacentes una a otra, únicamente por una pequeña parte de su circunferencia, para formar la unión J, como se indica en las Figuras 1 y 2.

La anchura L de las partes adyacentes de las zonas 3 y 4 puede ser menor de 10μ , de modo que la superficie de la unión J puede ser solamente de escasas decenas de micras cuadradas.

Las Figuras 3a á 3d ilustran las etapas consecutivas de la fabricación de parte de una estructura monolítica integrada que lleva al menos un diodo Zener conforme al invento, y un transistor.

En un sustrato 11 de silicio tipo p, se proveen, las zonas 12a del tipo p^+ , para obtener zonas aislantes en una etapa subsiguiente de la fabricación.

El sustrato 11 va provisto con una capa epitaxial 13 de silicio del tipo n. Dentro de esta capa 13 se difunden las zonas 12b con superficie del tipo p^+ para obtener las zonas aislantes y, además, la zona 14a del tipo p^+ para obtener el diodo Zener. Luego se difunde la zona 15a del tipo p, para obtener la zona de base de un transistor tipo n-p-n. Subsiguientemente se proveen por difusión la zona de emisor 17, del tipo n^+ , la zona 16 tipo n^+ del diodo, y la zona 18, tipo n^+ , de contacto.

Después de la última etapa de difusión, las zonas 12a y 12b han formado las zonas aislantes 12, y las zonas 14a y 15a han formado las zonas 14 y 15.



Las zonas 14 y 16 del diodo y la zona 17 del emisor, la zona 15 de la base, y la zona 18 de contacto del colector del transistor tipo n-p-n, pueden proveerse de un modo tradicional con contactos de conexión.

5 Como la zona 14 del diodo se hace simultáneamente con las zonas aislantes 12, y la zona 16 del diodo se hace simultáneamente con la zona 17 del emisor, no se necesita otra etapa independiente de difusión para hacer el diodo.

10 El dispositivo integrado semiconductor puede llevar más elementos de circuito, y elementos diferentes, de los que aquí se han presentado, y los elementos de circuito pueden ser interconectados de manera tradicional.

15 La zona del diodo tipo p puede ser provista simultáneamente con la zona de base de un transistor tipo n-p-n. Esto se explicará con referencia a las Figuras 4a á 4d.

20 Con objeto de obtener las zonas aislantes 22, se difunden las zonas 22a con superficie tipo p^+ , dentro del sustrato 21 del tipo p. Este sustrato va provisto con una capa epitaxial 23 del tipo n, la cual va provista con la zona superficial 22b difundida, con objeto de obtener también las zonas aislantes 22. Subsiguientemente, la zona de base del tipo p 25a, 25, la zona de emisor 27 del tipo n^+ , y la zona 28 del contacto del colector, del tipo n^+ , se proveen por difusión.

25 Simultáneamente con la zona 25a del tipo p, para obtener la zona de base 25, se provee la zona 24a del tipo p para obtener la zona 24, tipo p, del diodo Zener. La zona 26 tipo n^+ del diodo Zener se provee simultánea-

22 JU



mente con la zona de emisor 27 del transistor.

Ha de advertirse que los tratamientos de difusión no se han descrito en detalle, ya que es general el conocimiento de dichos tratamientos.

5 La provisión de un diodo Zener conforme al invento en un dispositivo integrado de semiconductores, no lleva consigo un aumento en el número de las etapas de fabricación, e incluso, permite alcanzar mayores márgenes de tensión para el diodo.

10 Es obvio que, dentro del alcance del invento, son posibles numerosas variantes de las realizaciones descritas.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Francia el 27 de junio de 1.966 con el número 156.892 se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15

N O T A

20

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

25

1º.- Un método de fabricar un diodo Zener en un cuerpo semiconductor, en el cual es formada una unión p-n del diodo entre dos zonas obtenidas por difusión de una impureza donante y una aceptante, en direcciones en esencia relativamente opuestas, caracterizado porque las

30



22 .III 1969

impurezas son difundidas en el cuerpo semiconductor a través de dos porciones adyacentes de una superficie del cuerpo semiconductor, en direcciones sustancialmente paralelas a dicha superficie, una hacia otra, siendo obtenida una unión p-n entre las zonas difundidas sustancialmente normal a dicha superficie.

5

2º.- Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque son obtenidas zonas difundidas por difusión de las impurezas donante y aceptante, las cuales son contiguas solamente en una pequeña porción de su circunferencia mientras forman la unión p-n, en tanto que se disponen los contactos de conexión del diodo sobre las citadas zonas.

10

3º.- Un método según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque el diodo Zener es dispuesto en un circuito monolitico integrado, siendo obtenido el cuerpo semiconductor dotando a un sustrato semiconductor con una capa epitaxial semiconductor de un tipo de conductividad opuesta al del sustrato, siendo provista la capa epitaxial de zonas de aislamiento difundidas, del mismo tipo de conductividad que el del sustrato, las cuales dividen la capa epitaxial en cierto número de islas individuales en las cuales están dispuestos los elementos de circuito y el diodo Zener.

15

20

4º.- Un método según la reivindicación 3, caracterizado porque una de las zonas difundidas del diodo es hecha simultaneamente con las zonas aislantes, y la otra zona difundida del diodo es hecha simultaneamente con la zona de emisor de un transistor.

25

5º.- Un método según la reivindicación 3, caracterizado

30

22. III
10 23 III
22 III

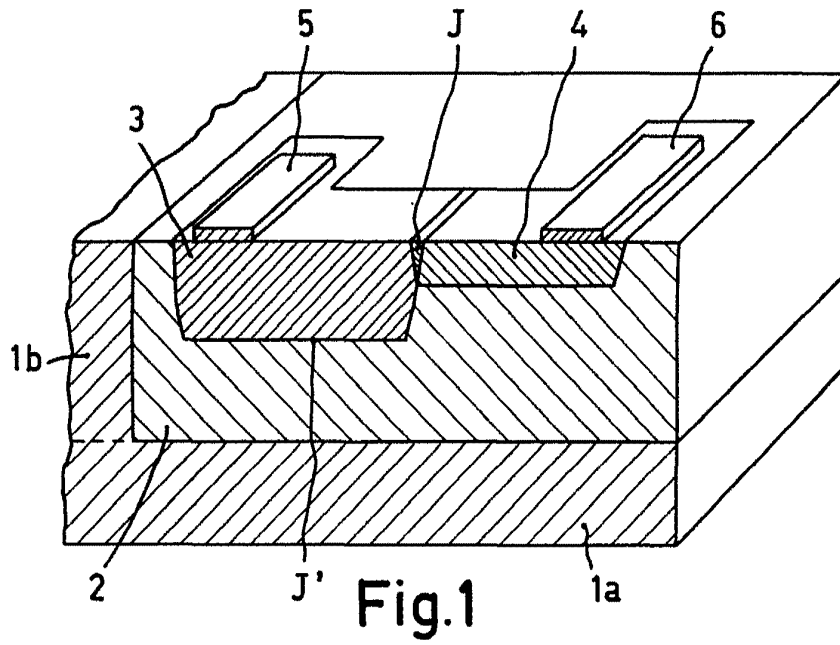


Fig. 1

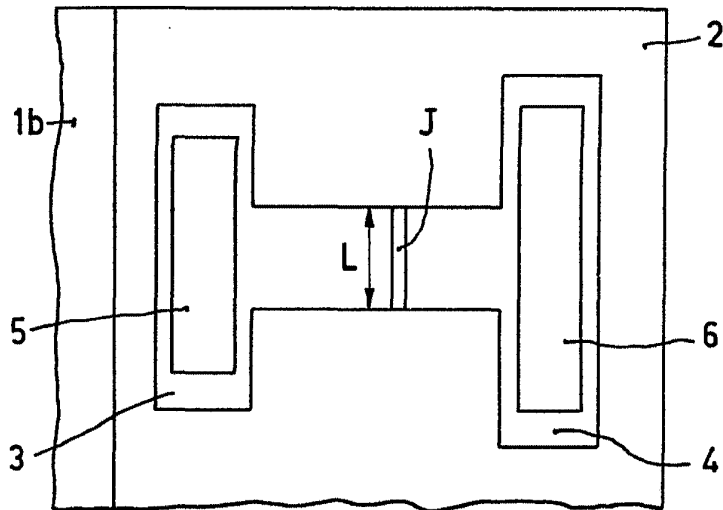


Fig. 2

Carte

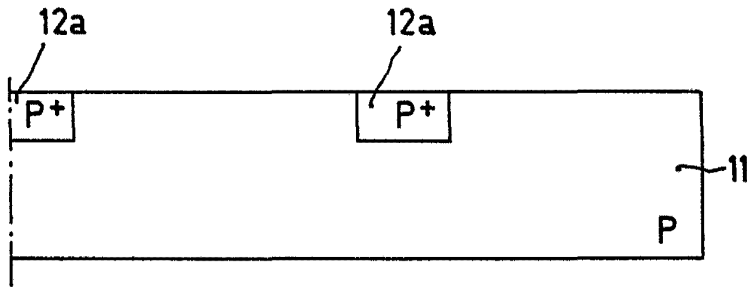


Fig.3a

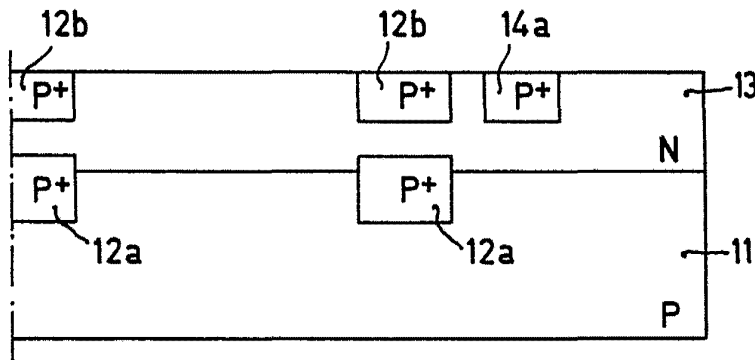


Fig.3b

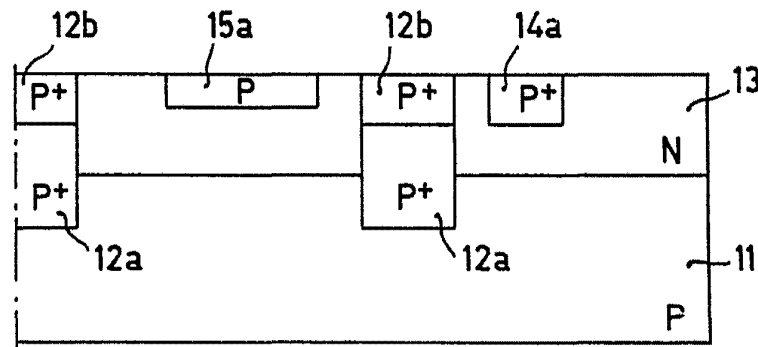


Fig.3c

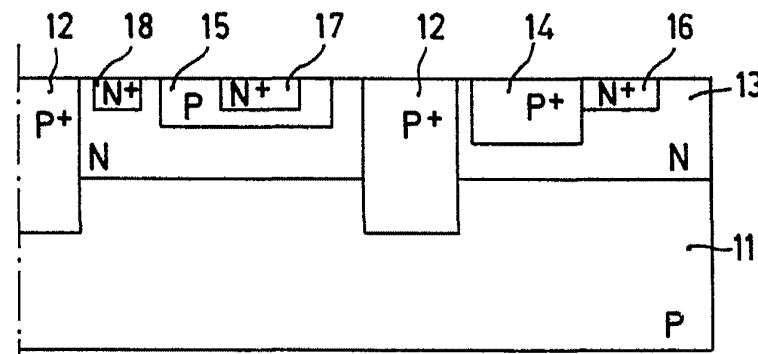


Fig.3d

Handwritten signature or initials.

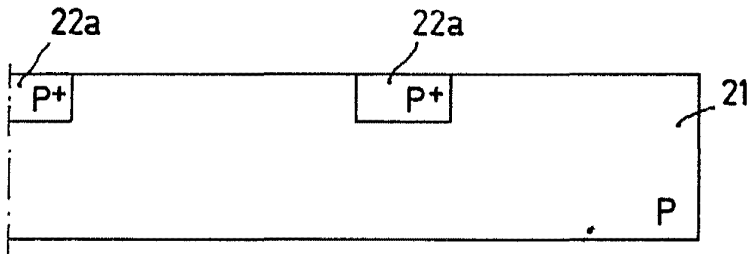


Fig. 4a

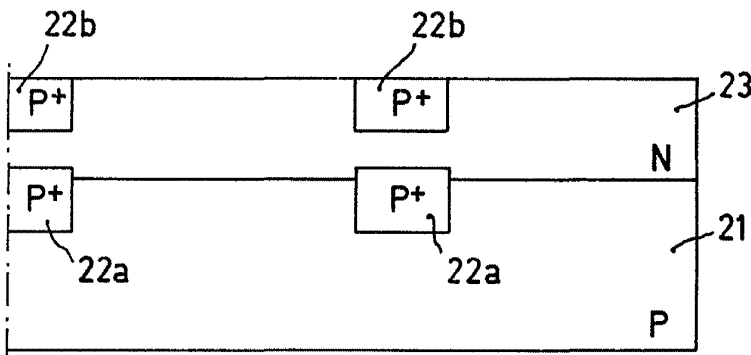


Fig. 4b

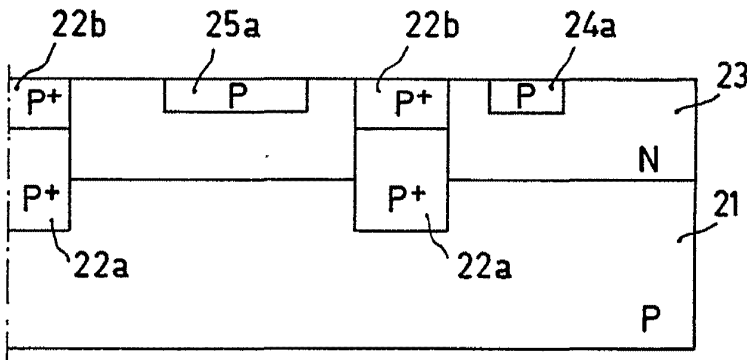


Fig. 4c

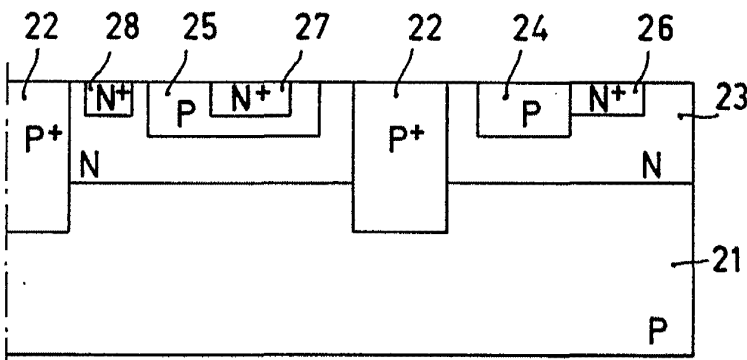


Fig. 4d

Handwritten signature or initials