

21 oct 1968

344090



Memoria descriptiva

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de RADIO CORPORATION OF AMERICA

entidad / ~~de nacionalidad~~ norteamericana

con domicilio en 30 Rockefeller Plaza, Nueva York, N.Y.,
Estados Unidos de América

por: "UN DISPOSITIVO TRANSISTOR PLANO"
(Clase Internacional H011)



Esta invención se relaciona con dispositivos semiconductores mejorados, tales como transistores o circuitos integrados.

5 La producción económica de semiconductores depende de los rendimientos obtenidos durante el proceso de fabricación. En otras palabras, el costo promedio de cada unidad está directamente relacionado con el número de dispositivos que resultan después de comenzar cada fase del proceso de fabricación. Un
10 alto rendimiento en el número de dispositivos obtenidos proporciona una fabricación poco costosa y un rendimiento bajo puede hacer prohibitivo el coste total de los dispositivos terminados.

15 Una de las causas principales de un rendimiento bajo en la producción de dispositivos semiconductores proviene de defectos, como por ejemplo hoyitos pequeños, en la capa o película fotoresistora que se utiliza para delinear los diseños mediante técnicas de fotografía sobre la superficie del semiconductor.
20 Estos defectos son causados por razones tales como faltas en las cubiertas o máscaras que se colocan sobre dicha película antes de ser expuestas a la fotografía. Cualquier pequeño punto saliente en la máscara, por ejemplo, también puede crear un hoyito pequeño en la
25 película, lo que puede ser igualmente desastroso. El polvo también puede crear puntos perjudiciales en la película. Estos puntos en la película pueden causar el grabado de puntos no deseados en la capa aislante que protege la superficie del semiconductor.

30 La superficie de silicón es así expuesta con esas

344090

12 AGO



5 faltas y el resultado que trae es que durante el proceso de metalización el metal pasa sobre los puntos pequeños y hace contacto con la superficie del semiconductor. Esto da lugar a un corto circuito en el dispositivo que lo hace inservible.

10 Se han ideado muchas técnicas para el proceso de fabricación de semiconductores con el objeto de reducir el número de puntos y hoyitos no deseados. Con ese fin se han tratado varios procecimientos como la reducción de polvo y mejoras en la superficie de las máscaras de fotografía. Sin embargo, aún bajo las mejores condiciones de operación y utilizando todas las precauciones conocidas, la densidad de los puntos es pocas veces inferior a 20 puntos por centímetro cuadrado y generalmente es mucho mayor.

15 Los resultados de la presente invención se logran con la utilización de diferenciales de altura en la capa aislante que protege la superficie del cuerpo semiconductor con el cual se fabrica un transistor o un circuito integrado. Estas alturas son seleccionadas de modo que los puntos que puedan existir en la película fotoresistora no puedan penetrar en la capa aislante durante el proceso de grabado y para que no lleguen a la superficie del cuerpo semiconductor. Con este objeto el grabado de aberturas en la capa aislante para hacer contacto con dos areas o regiones escogidas del dispositivo, tales como un par de electrodos, se hace simultáneamente y durante un tiempo controlado.

25 La invención se describe con más detalles mediante la consideración de la descripción que sigue de dos

344090



ejemplos de la invención considerada en relación con el dibujo, en la que:

5 Las Figuras 1 a 10 son vistas a sección de un transistor mejorado representativas de la invención durante las varias fases de la fabricación.

La figura 11 es una vista superior del transistor que se ilustra en la figura 10.

10 Las figuras 12 a 20 son vistas a sección de un segundo tipo de transistor, que también representa la invención, durante las varias fases de su fabricación.

EJEMPLO I

15 Para fabricar los transistores representativos de ésta invención se pueden utilizar procedimientos de producción en serie empleando técnicas de agrupamiento por planos. De esta manera se pueden fabricar simultáneamente centenares de transistores sobre una misma oblea de silicón, y posteriormente se pueden delinear y separar, 20 colocar y ensamblar en recintos o grupos individuales. Sin embargo, al objeto de simplificar la descripción de la invención, nos contraemos a describir solamente la fabricación de un transistor.

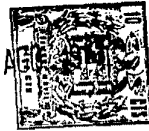
25 Se comienza con un material semiconductor de conductividad N+ de silicón de un solo cristal, que se representa en el cuerpo 12 (Figura 1). Una capa epitaxial 14 (Figura 2) es sobrepuesta en el cuerpo 12. La capa epitaxial 14 es de silicón de tipo N y se sirve, junto con la



capa 12 del tipo N+, como el colector del transistor.
Alternativamente se pueden emplear técnicas de difusión
en vez de usar capas epitaxiales. Por ejemplo, un cuer-
po semiconductor 14 de tipo N de silicón monocristalino
5 puede ser el material con que se comienza la fabricación,
y la capa 12 de tipo N+ puede ser difundida en el cuerpo
14. La capa epitaxial 14 puede tener un espesor de,
por ejemplo, 0,025mm que se exagera en el dibujo con el
propósito de facilitar la descripción del invento. Se de-
10 be entender que ninguna de las dimensiones de los dibujos
son a escala.

Mediante el empleo de técnicas bien conocidas
de fotolitografía y de cubiertas de máscara se fabrica
por difusión una región de base 16 de conductividad de
15 tipo P+ de alta conductividad en la capa epitaxial 14, se-
gún se muestra en la figura 3. Esto se puede lograr di-
fundiendo en la capa epitaxial 14 sustancias impregnantes
adecuadas de tipo P, como el borón, suministradas por el
trióxido de borón, por ejemplo, o el tribomuro de borón.
20 Conforme se indica en la figura 11 la región de base 16
de tipo P+ puede ser definida por una periferia exterior
rectangular y una periferia interior circular.

AL COMPLETARSE la difusión de base P+ y según
se indica en la Figura 4, se coloca una capa gruesa 18 de
25 óxido de silicón u otro aislante adecuado tal como el ni-
truro de silicón, sobre la superficie de la capa epitaxial
14. La capa de óxido 18 se hace deliberadamente gruesa
por las razones que se manifestarán más adelante. Esta
capa de óxido 18 puede ser fabricada, por ejemplo, en dos
30 pasos. Primeramente se puede formar una capa de 4000 Å



de espesor por crecimiento térmico al calentar el cuerpo semiconductor en vapor durante unos 20 minutos a 1200°C. aproximadamente. Seguidamente se puede depositar una capa de 10000 Å de espesor haciendo pasar una mezcla de gas silano (SiH_4) y oxígeno sobre el cuerpo a temperatura

5 baja (alrededor de 300°C.)

A continuación se graba una abertura 19 en la capa de óxido 18 mediante técnicas adecuadas y bien conocidas de cubiertas de máscaras y de fotoresistores, según se indica en la figura 5. Esta abertura 19 define el resto de la región de base 20 del transistor. Esta región de base 20 se fabrica mediante la difusión de un impregnante adecuado de tipo P a través de la abertura 19. Después de completarse la difusión de base P, la superficie descubierta del cuerpo se hace oxidar para proveer una capa de óxido (Figura 6) u otro aislante adecuado sobre la región base 20. Esta capa 22 es considerablemente más delgada que la capa original de óxido 18; típicamente es de 4000 Å de espesor para así proveer un diferencial de altura las dos capas aislantes. En el ejemplo presente este diferencial es de 10000 Å. La capa aislante de óxido 22 es hecha por calentamiento del cuerpo en vapor durante unos 20 minutos a 1000°C.

10

15

20

El próximo paso en la fabricación del transistor es definir la región de emisión. Las regiones de base y de colección han sido definidas anteriormente al hacerse la descripción en relación con las Figuras 1 a la 6. Para definir la región de emisión se emplea una máscara de fotografía adecuada que tenga el diseño deseado para la región emisora. La máscara de fotografía contiene también aberturas sobre la región de base P+ del transistor. De este

25

30



modo, mediante el empleo de técnicas bien conocidas de
fotolitografía y aplicándose un grabado adecuado en el
cuerpo, se logra definir el diseño en la capa de óxido
18 según se muestra en la Figura 7. Este diseño inclu-
5 ye una abertura circular 23 sobre la región base 20 de
tipo P. A través de esa abertura 23 se difunde la re-
gión de emisión 24. El diseño también incluye hendedu-
ras o ranuras 25 sobre la región base 16 de tipo P+. De
esta manera el oxidado grueso (14000 \AA) sobre la región
10 16 de tipo P+ es reducido en su espesor a 8000 \AA aproxi-
madamente sobre la región donde se hará posteriormente
el contacto de base P+.

La región de emisión 24 de tipo N+, después de
haber sido grabada, es formada mediante difusión e intro-
15 ducción de impregnantes adecuados de tipo N a través de la
abertura 23 en la región de base 20 de tipo P. A conti-
nuación de la difusión de la zona de emisión, se forma una
capa delgada aislante 20 de óxido o de otro aislante ade-
cuado, mediante crecimiento térmico. Esta capa delgada
20 se forma sobre la zona de emisión 24 por calentamiento del
cuerpo a vapor durante unos 20 minutos a 1200°C . aproxima-
damente para proveer la estructura indicada en la Figura
8.

Después se emplean técnicas de cubiertas de má-
25 cara y de fotolitografía para remover por grabado la capa
aislante 26 para definir una abertura 27 de contacto cir-
cular para el centro de la zona de emisión 24 (figura 9).
Al mismo tiempo se graba la región que se encuentra debajo
de las hendeduras 25 en la capa aislante 18 (de 8000 \AA de
30 espesor, aproximadamente) para demarcar las aberturas alar-

344090



gadas de contacto para la región 16 de tipo P+ de la base. En esta fase del proceso se logra evitar que puntos dañinos penetren a través del óxido más grueso hasta la superficie del semiconductor. Esto se obtiene por haber provisto los diferenciales de alturas en el óxido y por limitar el tiempo del grabado al necesario para grabar a través del aislante más delgado que cubre la región de base de tipo P+.

Como un paso final en la fabricación de un transistor de acuerdo con esta invención, se establece contacto entre la base 16 de tipo P+ y las regiones de emisión 24 por vaporización al vacío y depósito de aluminio u otro material conductor en forma de capa sobre toda la superficie superior del dispositivo. El diseño que se desea es entonces demarcado en la superficie superior de la capa de aluminio y las porciones que deben desecharse son removidas por grabado. De este modo se obtiene un diseño de metal conductor del tipo indicado en la Figura 10, De esta manera se establece un contacto eléctrico 28 con el centro de la región de emisión 24 y un contacto eléctrico 29 con la región de base 16 de tipo P+. La superficie superior de estos contactos de metal con como de forma de cojinetes en los que, por ejemplo, se puede hacer contacto con alambres conductores finos. El dispositivo es entonces colocado en un recinto apropiado y encerrado como en una cápsula mediante una de las varias técnicas bien conocidas en el arte de semiconductores para este fin.

La figura 11 muestra una vista superior de un transistor terminado e indica los contactos metálicos conductores 28 y 29 haciendo contacto respectivamente con la



zona de emisión 24 en la abertura de contacto 27 y con la
región de base 16 de tipo P+. Cualquier punto en la
superficie de óxido 18 en la región que se halla debajo
del contacto de emisión 28 y sobre la región de base 20
5 de tipo P, normalmente sería grabado hasta la superficie
del semiconductor en los dispositivos conocidos en el ar-
te. Como un ejemplo, se indica un punto 30 que pudiera
ser uno de los muchos puntos de la superficie, según la
figura 11. Si este punto se deja penetrar a través de
10 la cubierta aislante 18 y hasta la superficie del semi-
conductor, crearía un corto circuito eléctrico directo en-
tre la zona de emisión 24 y la región de base 16 de tipo
P cuando la capa conductora 28 es vaporizada sobre la su-
perficie del dispositivo. El metal vaporizado penetra-
15 ría a través de la capa aislante 18 hasta la región de ba-
se P+ debido a que la capa de metal 28 cubre la zona de
emisión como asimismo la región de base. Por razón de
los diferenciales de altura que se proveen en este tran-
sistor mejorado, los puntos quedan limitados en la profun-
20 didad que pueden penetrar en la capa 18, y no pueden en ca-
so alguno penetrar hasta los electrodos del dispositivo .
Así se evitan cortos circuitos no deseables de los elec-
trodos. Se ha observado en comprobaciones realizadas
que los rendimientos de base-emisión han aumentado al do-
25 ble al emplearse las enseñanzas de esta invención.

Con lo que antecede se ha descripto una repre-
sentación de la invención en relación con un solo transis-
tor bipolar que tiene un colector, una zona de emisión y
un electrodo de base. Sin embargo, la invención es apli-
30 cable igualmente a transistores que tengan múltiples zonas



de emisión como, por ejemplo, los de tipo de capas sobre-
puestas que son específicamente adecuados para operacio-
nes de alta potencia y de alta frecuencia. La invención
es igualmente aplicable a otras clases de dispositivos
5 tales como los dispositivos de campo de efecto y a otros
de un tipo de conductividad opuesta al tipo de conducti-
vidad que se muestra en el dibujo.

EJEMPLO II

Como un ejemplo de un dispositivo de alta fre-
10 cuencia y de emisión múltiple del tipo de capas sobre-
puestas en el que se aplican las enseñanzas de esta in-
vención, se ofrece en las Figuras 12 a la 20 y se le des-
cribe seguidamente. Al objeto de simplificar la descrip-
ción se explica la fabricación de una porción de un tran-
15 sistor de emisión múltiple. Se comienza con un mate-
rial semiconductor que se representa por el cuerpo 32
(Figura 12) de silicón de un solo cristal y de conductivi-
dad de tipo N⁺, que tenga una resistividad de unos 0.01
ohmio por centímetro y un espesor 0,152 a 0,203 mm. El
20 cuerpo 32 servirá después como región colectora del tran-
sistor terminado. Sobre el cuerpo 32 se sobrepone una
capa epitaxial 34 (Figura 13) de un silicón de tipo N y
que tenga una resistividad de 2 a 3 ohmios por centíme-
tro aproximadamente. La capa 34 también pudiera ser di-
25 fundida en el cuerpo 32. La capa epitaxial 34 tendría,
por ejemplo, un espesor de 1.0 mil. el cual se exagera



en el dibujo con el propósito de facilitar la descripción de la invención.

5 Con el empleo de técnicas bien conocidas de cubiertas de máscaras y de fotolitografía se fabrica por difusión una región de base 36 de forma rectangular y de conductividad de tipo P en la capa epitaxial 34, según se indica en la Figura 14, Esto se puede lograr mediante la difusión de impregnantes adecuados de tipo P, tal como el borón, obtenidos del trióxido de borón o del tribomuro de borón, como ejemplo. Esta difusión de impregnantes se hace en la capa epitaxial 34 a una temperatura de 800° a 920°C. durante 30 minutos, y después a 1200°C. durante 30 minutos adicionales. La región 36 también puede ser una segunda capa epitaxial.

15 La base incluye también una región separada 38 de conductividad P+. Esta región 38 de tipo P+ tiene una resistividad plana de 1 ohmio por cuadrado y se forma mediante difusión en un impregnante adecuado de tipo P, tal como el borón, obtenido como, por ejemplo, del trióxido de borón o del tribomuro de borón, a 1150°C. durante 20 15 minutos.

Después de completarse las difusiones de base P y P+, se coloca una capa gruesa de óxido de silicón 40 u otro aislante adecuado, tal como el nitruro de silicón, sobre la superficie y según se indica en la Figura 15. Al igual que en el primer ejemplo la capa de óxido 40 se hace gruesa deliberadamente y se puede formar, como por ejemplo, en dos fases. Primeramente se puede formar sobre la superficie y por crecimiento térmico una capa de 4000 Å aproximadamente de espesor. Esto se puede realizar 25 30



calentando al vapor el cuerpo semiconductor durante unos 20 minutos y a 1200°C, aproximadamente. Después se puede depositar una capa de 10000 Å de espesor haciendo pasar una mezcla de gas silano (SiH_4) y oxígeno por sobre el cuerpo a una temperatura baja (alrededor de 300°C.)
 5 Entonces se graba una abertura 42 en la capa de óxido 40 mediante técnicas bien conocidas de cubiertas de máscaras y fotoresistoras según se indica en la Figura 16. Esta
 10 abertura 42 define un diseño de resistor para el dispositivo.

Un resistor de emisión 44 es formado en la capa epitaxial a una profundidad de unos 0,076 a 0,102 mm mediante la difusión de un impregnante adecuado de tipo N tal como el fosforoso. El resistor de emisión 44 se hace de manera que tenga una resistencia plana de 2 a 100
 15 ohmios por cuadrado. Para ello se le puede fabricar difundiendo oxiclورو fosforoso (POCl_3) a 900°C. durante 35 minutos, a través de la abertura 42. El resistor de
 20 emisión 44 típico puede ser de 0,064 mm de diámetro.

Después de completarse la difusión del resistor, la superficie descubierta del cuerpo es oxidada para proveer una capa de óxido 46, relativamente delgada, sobre el resistor 44, y esto también puede hacerse mediante otro
 25 aislante adecuado. Esta capa 46 es considerablemente más delgada que la capa original de óxido 40, y es típicamente de 4000 Å de espesor, para proveer un diferencial de altura entre las dos capas aislantes. En el ejemplo presente éste diferencial es de 10000 Å. La capa de óxido
 30 aislante 46 es hecha por calentamiento del cuerpo en vapor durante unos 20 minutos a 1000°C.

344090



1961

El paso próximo en la fabricación del transistor es demarcar la región de emisión; las regiones de base y colectora habiendo sido ya demarcadas previamente según la descripción brindada en relación con las Figuras

5 12 a 17. Para demarcar la región de emisión se emplea una cubierta o máscara de fotografía que tenga el diseño deseado para ésta región. Esta máscara de fotografía tiene también el diseño para el contacto de base del transistor. De este modo, con el empleo de técnicas de

10 fotolitografía bien conocidas y haciendo un grabado adecuado al cuerpo se demarca un diseño en la capa de óxido 40 según se indica en la Figura 18. Este diseño incluye aberturas 48 que sirven para difundir la región de emisión y las hendeduras 50 sobre la región de base 38

15 de tipo P+. Como el borde externo de la región de emisión queda demarcado por la región de resistor 44, solamente es necesario grabar a través de la capa delgada (4000 Å) de óxido sobre el resistor 44. Al propio tiempo en que esto se realiza la capa gruesa (14000 Å) de óxido sobre la región 38 de tipo P+ está siendo grabada para reducir el espesor del óxido a 8000 Å aproximadamente (hendeduras 50) por sobre la región donde después se hará el

20 contacto de base.

Después del grabado se difunde una región de

25 emisión 52 de tipo N+ (Figura 19) en la capa epitaxial 34 mediante introducción de impregnantes adecuados de tipo N a través de las aberturas 48. La región de emisión 52 tiene un diámetro externo de 0,064 mm por ejemplo, y es difundida hasta una profundidad de 0,001 a 0,002 mm aproximadamente. La región de emisión 52 es de esta manera

30

344090



extendida algo más profundamente y es más intensamente impregnada que la región de resistor 44 asociada a ella. La región de emisión 52 puede ser hecha mediante la difusión de oxiclорuro fosforoso en la capa epitaxial a 1025° C. durante 16 minutos. A continuación de la difusión de la región de emisión se forma por crecimiento térmico una capa o película delgada de óxido, u otra capa adecuada aislante, sobre la región de emisión 52 que se encuentra descubierta, mediante el calentamiento a vapor del cuerpo durante unos 20 minutos a 1200° C. aproximadamente.

Seguidamente se emplean técnicas de fotolitografía y de enmascarado para remover una porción de la capa aislante 46 y demarcar una abertura de contacto 53 para el centro del resistor emisor 44. Al mismo tiempo se graban las regiones debajo de las hendeduras 50 en la capa aislante 40 (de un espesor de 8000 Å aproximadamente) para demarcar las aberturas de contacto para la región 38 de tipo P+ de la base. En ésta fase del proceso y por haberse provisto los diferenciales de altura del óxido, la altura del óxido por sobre el resistor emisor 44 es de 5000 Å de espesor, y la altura del aislante por sobre la base 36 es de 14000 Å de espesor. Por lo tanto, con la limitación del tiempo del grabado al tiempo necesario para atravesar el aislante de 8000 Å de espesor aproximadamente que cubre la región de base de tipo P+, se puede eliminar la penetración de puntos dañinos en la superficie del semiconductor. Según se ha indicado, una capa aislante con un espesor aproximado de 6000 Å, en el peor de los casos, queda protegiendo al emisor 52 para evitar corto



circuito con la base 36 después que la metalización de ha terminado.

5 Como un paso final en la fabricación de un transistor según ésta invención, se hace contacto con la base y las regiones de emisión mediante la formación de una capa sobre el dispositivo, por vaporización al vapor y depósito de aluminio o de cualquier otro metal conductor; la cual capa es demarcada por técnicas de fotolitografía, según se indica en la Figura 20. Un contacto eléctrico de metal 54 es de ésta manera establecido al centro de la región de resistor emisor 44 y un contacto 55 es hecho a la región de base 38 de tipo P+. Con la utilización de ésta invención, además, el metal que se deposita no pasa a través de los puntos hasta los electrodos del dispositivo. Así se eliminan o reducen a un mínimo los cortos circuitos los rendimientos en dispositivos (tanto como 2:1 en comprobaciones realizadas). El dispositivo es entonces colocado en un recinto adecuado y cerrado en una cápsula por cualquiera de las varias técnicas conocidas en el arte de semiconductores.

10

15

20

El transistor que se muestra en las Figuras 12 a 20 contiene solamente un emisor y un electrodo de base con el objeto de simplificar la descripción de la invención. Sin embargo, en la práctica el transistor puede tener una cantidad de emisores interconectados y múltiples electrodos de base de modo que pueda ser utilizado en operaciones de alta potencia y de alte frecuencia.

25

Los dispositivos semiconductores que se han descrito pueden ser fabricados con gran aumento en los rendimientos y con la correspondiente economía en los costos

30



de producción. Estas ventajas se obtienen sin detrimento en la eficiencia del circuito. Además los resultados beneficiosos que se logran no requieren pasos adicionales en el proceso de fabricación.

5 Esta solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el 1 de Diciembre de 1.966, bajo el número 598.306, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

10

N O T A

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:

15

1.- Un dispositivo transistor plano que incluye un cuerpo semiconductor, un electrodo colector en dicho cuerpo; un electrodo de base en dicho cuerpo cerca de la superficie superior del mismo; incluyendo una primera región y una segunda región, la dicha primera región teniendo una conductividad mayor que la dicha segunda región; un electrodo de emisión en dicho cuerpo

20



cerca de su superficie superior; un resistor en dicho cuerpo cerca de la superficie superior del mismo y adyacente a dicho electrodo de emisión; una cubierta aislante sobre toda la superficie de dicho cuerpo semiconductor, dicha cubierta aislante teniendo abertura de contacto en la misma al dicho electrodo de base y con dicho resistor y teniendo diferenciales de altura predeterminados sobre los dichos electrodos y resistor; medios de contacto que incluyen un metal conductor para establecer contacto con dicho electrodo de base y con dicho resistor a través de dichas aberturas de contacto; dicha cubierta teniendo un espesor predeterminado sobre dicha primera región de base, un espesor mayor sobre dicha segunda región de base y un espesor menor sobre dichos electrodos de emisión y resistor para proveer dichos diferenciales de altura predeterminados y la protección de dicho transistor contra los efectos dañinos de puntos en dicha cubierta aislante.

2.- Un dispositivo transistor plano.

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

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

25

Madrid, 27 JUN 1968
P. A.

Alberto de Elizabur
Por Poder

344090



Fig. 1.

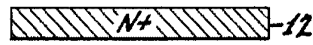


Fig. 7.

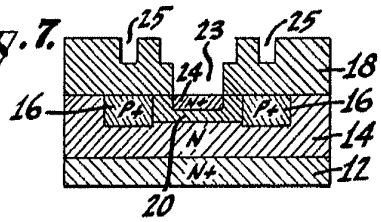


Fig. 2.



Fig. 8.

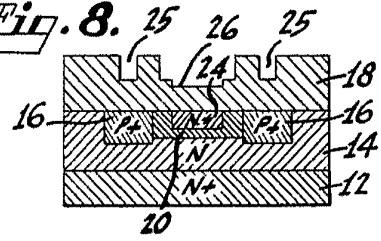


Fig. 3.

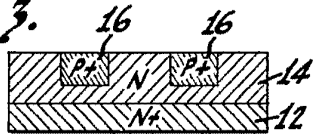


Fig. 9.

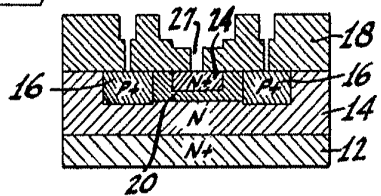


Fig. 4.

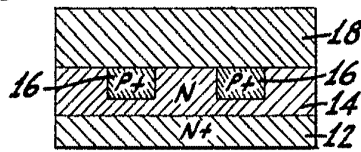


Fig. 10.

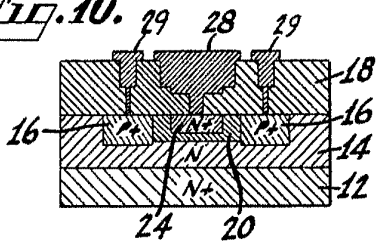


Fig. 5.

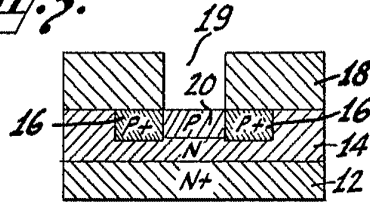


Fig. 11.

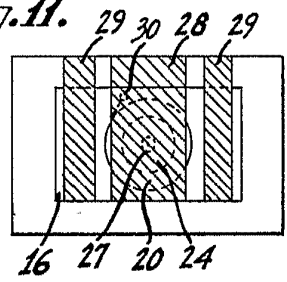
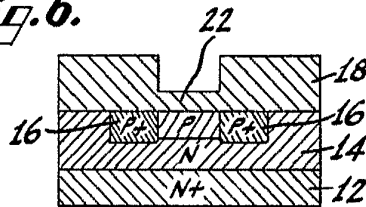


Fig. 6.



344090

Alberic de...
Alberic de...



Fig. 12.



Fig. 13.



Fig. 14.

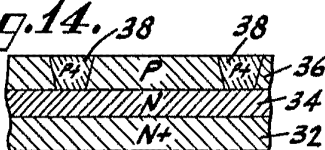


Fig. 15.

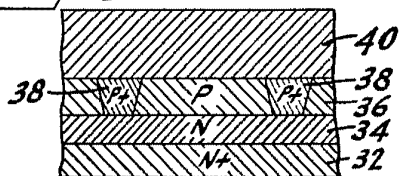


Fig. 16.

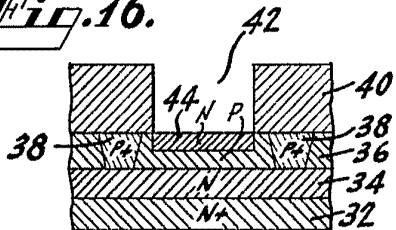


Fig. 17.

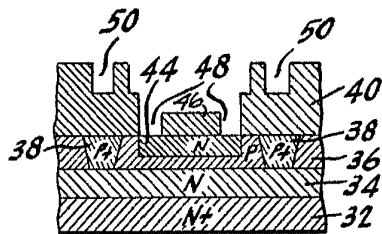
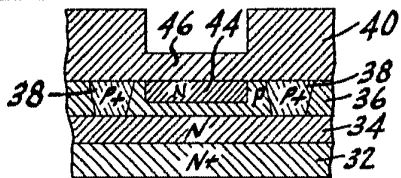


Fig. 18.

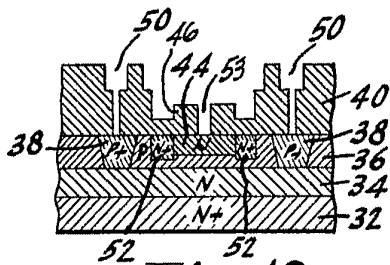


Fig. 19.

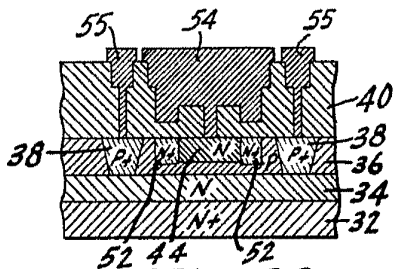


Fig. 20.

344090