

P.-32.062

R C A 55358



**327183**

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

d e

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 26 de Mayo de 1966, con el número 327.183

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de RADIO CORPORATION OF AMERICA, entidad norteamericana establecida en 30 Rockefeller Plaza, Nueva York, N.Y., Estados Unidos de América, por:

"UN METODO DE FABRICAR UN CANAL CONDUCTOR EN UN CUERPO SEMICONDUCTOR CRISTALINO"

=====

Esta invención se refiere a la fabricación de dispositivos semiconductores y, más en particular, a la formación de canales conductores en dispositivos semiconductores.

5 En la fabricación de ciertos tipos de dispositivos semiconductores, por ejemplo, en los conocidos como transistores de efecto de campo o transistores SOM (semiconductor de óxido metálico), se forma un delgado canal conductor o región en una oblea semiconductor cristalina. Es deseable



que los canales conductores formados en un gran número de unidades sean muy similares en lo que concierne a tamaño, forma y resistividad, a fin de asegurar una uniformidad en los parámetros eléctricos de los dispositivos terminados. Para algunos tipos de estos dispositivos, es deseable también que el canal conductor sea no uniforme en su resistividad eléctrica de un extremo del canal al otro extremo, aún cuando el canal conductor debe ser, no obstante, similar de un dispositivo a otro.

El presente método de formar un canal conductor en un cuerpo semiconductor cristalino, se caracteriza por las operaciones de formar un revestimiento aislante sobre una capa de dicho cuerpo; depositar un electrodo metálico sobre una parte de dicho revestimiento, dejando la parte restante de dicho revestimiento sin cubrir por dicho electrodo; y tratar dicho cuerpo en un ambiente capaz de aumentar la conductividad de la parte de la cara citada que queda sin cubrir por dicho electrodo.

La Figura 1 es una vista en perspectiva de una oblea semiconductor.

Las Figuras 2-12 son vistas en sección transversal de una parte de la oblea semiconductor de la Figura 1 durante operaciones sucesivas en la fabricación de un dispositivo semiconductor de acuerdo con una realización del presente método.

La Figura 13, es una representación gráfica de las características eléctricas de un dispositivo de la técnica anterior, que es comparable al dispositivo ilustrado en la Figura 12. Y

La Figura 14 es una representación gráfica de las

327183



5 características eléctricas del dispositivo de la Figura 12, mostrando la variación de las características de la corriente de alimentación-drenaje con la tensión de alimentación-drenaje para diferentes valores de la polarización de alimentación control.

10 Se prepara una oblea de silicio cristalino 10 (Figura 1) con dos caras mayores o principales opuestas 11 y 12. La oblea 10 puede ser de conductividad de tipo P o intrínseca o de conductividad del tipo N. En este ejemplo, la oblea 10 es una rodaja transversal, de forma de disco de un lingote monocristalino de tipo P y tiene una resistividad de aproximadamente 1 a 100 ohm-cm. Adecuadamente, la oblea 10 tiene un diámetro de aproximadamente 6,3 mm y un espesor de aproximadamente 0,15 mm.

15 Se deposita un revestimiento de óxido de silicio sobre la superficie de la oblea 10 por cualquier método conveniente. Como este revestimiento es retirado subsiguientemente, su espesor exacto no es crítico. Cuando la oblea 10 consiste en silicio, como en este ejemplo, puede formarse la capa de óxido de silicio calentando la oblea en vapor de agua durante aproximadamente 30 minutos a aproximadamente 1.050°C. Se desarrollan así unos revestimientos 20 14 y 15 de óxido de silicio (Figura 2) sobre las caras mayores 11 y 12, respectivamente de la oblea. Se deposita una delgada capa 16 de una fotoreserva sobre un revestimiento de óxido 14. La fotoreserva 16 puede ser, por ejemplo, 25 una proteína bicromada, tal como goma arábiga bicromada, o puede ser una foto-reserva comercialmente asequible.

30 La capa de foto-reserva 16 se expone a un diagrama de luz adecuado y se desarrolla. Las partes de la foto-

327183



reserva no expuestas a la luz son retiradas por medio de un disolvente adecuado, dejando con ello al descubierto partes de la capa 14 de óxido de silicio. Las partes endu-  
recidas y polimerizadas de la foto-reserva, que permanecen  
5 sobre la capa 14 de óxido de silicio son retiradas por medio de un agente de ataque químico, tal como una solución de ácido fluorhídrico. Las partes polimerizadas de la fotoreserva son retiradas después por medio de un separador adecuado, tal como cloruro de metileno, dejando la  
10 oblea 10 como en la Figura 3, con un par de aberturas 17 y 18 formadas en la capa 14 de óxido de silicio de la oblea 10.

El tamaño y la forma exactos de las aberturas 17 y 18 no son críticos; pueden tener formas regulares, tales  
15 como polígonos o círculos, o pueden tener formas irregulares. Cuando las regiones de alimentación y de drenaje de un transistor SOM tienen el mismo tamaño y las mismas formas, el dispositivo es simétrico, es decir, pueden intercambiarse las regiones de alimentación y de drenaje sin  
20 afectar las características eléctricas del dispositivo. En este ejemplo, las aberturas 17 y 18 son rectangulares, pero el área de una abertura 18 se hace muy pequeña, por ejemplo, de aproximadamente  $0,019 \text{ mm}^2$ , y es más pequeña el área de la otra abertura 17.

25 La oblea 10 es calentada a continuación en un ambiente que contiene vapores de pentóxido de fósforo durante aproximadamente 10 a 20 minutos a aproximadamente  $1.000^\circ\text{C}$ . Se difunde fósforo en las partes descubiertas de la cara 11 de la oblea para formar las regiones 19 y 21  
30 (Figura 4) en las que se ha difundido fósforo, inmediata-

327183



mente por debajo de las aberturas 17 y 18, respectivamente. Como el fósforo es un donador de silicio, y la oblea 10 es originalmente de conductividad de tipo P, se forman barreras rectificadoras o uniones P-N 20 y 22 en los límites entre las regiones de tipo N 19 y 21, respectivamente, en las que se ha difundido fósforo, y la masa de tipo P de la oblea 10. En estas condiciones, las regiones de tipo N 19 y 21, en las que se ha difundido fósforo, pueden tener un espesor de aproximadamente 5.000 a 20.000 angstrom en función del período de calentamiento y de la concentración de los vapores de pentóxido de fósforo. En este ejemplo, el área superficial descubierta de la región 21 es menor que el área superficial descubierta de la región 19 como el área de abertura 18 era menor que el, área de abertura 17.

La oblea 10 es tratada ahora en un agente de ataque químico que contiene ácido fluorhídrico para retirar completamente la capa de óxido 15 y las partes restantes de la capa de óxido 14, dejando la oblea como en la Figura 5.

La oblea 10 es calentada de nuevo en un ambiente de oxígeno puro durante un tiempo y a una temperatura suficientes para formar un revestimiento o capa de óxido de silicio sobre ella. El tiempo y la temperatura exactos de esta operación de calentamiento no son críticos. A mayores temperaturas, puede utilizarse un tiempo de calentamiento más corto. A bajas temperaturas se requiere un tiempo de calentamiento más largo para producir el mismo espesor del revestimiento. En este ejemplo, se calienta la oblea 10 a aproximadamente 1.000°C durante aproximadamente tres a cua-



tro horas. Se forman así unos nuevos revestimientos lim-  
pios 24 y 25 de óxido de silicio (Figura 6) de un espesor  
de aproximadamente 1.000 a 3.000 Angstrom sobre las caras  
11 y 12 de la oblea, respectivamente.

5                   Se deposita una delgada capa 26 (Figura 6) de foto-  
reserva sobre el revestimiento 24 de óxido de silicio. La  
capa 26 de foto-reserva expuesta a un diagrama de luz ade-  
cuado. Las partes no expuestas de la foto-reserva son re-  
tiradas después por cualquier disolvente adecuado, dejan-  
do con ello al descubierto partes de dicha capa 24 de óxi-  
do de silicio. Las partes descubiertas de la capa 24 de  
10                   óxido de silicio, así como toda la capa 25 de óxido de si-  
licio, son retiradas después por medio de una solución de  
ácido fluorhídrico. Las partes restantes de la fotoreser-  
va son retiradas después por un separador adecuado, dejan-  
do la oblea como en la Figura 7, extendiéndose unas abertu-  
ras de contacto 27 y 28 a través del revestimiento de  
15                   óxido 24 hasta la cara 11 de la oblea 10. El tamaño y la  
forma exactos de las aberturas 27 y 28 están enteramente  
dentro del límite superficial de las regiones de tipo N  
20                   19 y 21, respectivamente, en las que se ha difundido fós-  
foro.

Ahora se calienta la oblea 10 en un ambiente reduc-  
tor, tal como en hidrógeno o en una mezcla de hidrógeno y un  
25                   gas no oxidante, tal como argón, nitrógeno o similares.  
Para esta finalidad son útiles mezclas de nitrógeno y un  
pequeño porcentaje en volumen de hidrógeno, conociéndose  
estas mezclas como gas de formación. Un gas de formación  
adecuado consiste en 90 volúmenes de nitrógeno y 10 volu-  
30                   menes de hidrógeno. La operación de calentamiento se con-

327183



duce preferiblemente a temperaturas de aproximadamente 200°C a 700°C. A aproximadamente 700°C es suficiente un calentamiento durante menos de un minuto. Si la temperatura de calentamiento disminuye, aumenta el tiempo de calentamiento. Durante esta operación, una delgada región superficial 30 (Figura 8) de la oblea 10, debajo del revestimiento 24 de óxido de silicio, toma conductividad de tipo N. La delgada región superficial 30 se conoce como capa de inversión, y cuando se forma de esta manera queda suficientemente libre de oclusiones para ser utilizada como canal conductor. Se forma una unión p-n 32 en el límite entre la capa de inversión 30 y la masa de la oblea 10. La resistencia del canal 30 es de aproximadamente 10 a 100 ohmios.

El cuerpo de silicio 10 es enfriado a temperatura ambiente, y se deposita una película 40 (Figura 9) de un metal conductor, por cualquier método conveniente, sobre la parte restante de la capa de óxido 24 y sobre las partes descubiertas de la cara 11 de la oblea. La película 40 puede consistir en cromo-oro o en cromo-plata, tener un espesor de aproximadamente 3.000 a 6.000 Angstrom, y se deposita por evaporación. Se deposita primero una delgada película de cromo y se deposita después una capa de oro o de plata, por evaporación en vacío, sobre el cromo.

Se enmascaran ahora partes deseadas de la película 40 de cromo y oro en las regiones 19 y 21 de la oblea, y una parte de la capa de óxido 24 entre las regiones 19 y 21 de la oblea, utilizando técnicas de foto-reserva descritas anteriormente, o una reserva para los ácidos (no mostrada) tal como cera de parafina, cera de abejas o si-



5 milares. Las partes sin enmascarar de la película metálica 40 se retiran por medio de un agente de ataque químico adecuado y la reserva de disuelve por un disolvente orgánico adecuado, dejando una primera parte de la película  
10 metálica como electrodo 41 (Figura 10) sin contacto con la región 19 de la oblea. Una segunda parte de la película metálica como electrodo 43 en contacto con la región 21 de la oblea, y una tercera parte como electrodo 42 sobre el revestimiento 24 de óxido de silicio. Como el dispositivo de este ejemplo es una unidad de control desplazado, el electrodo 42 cubre sólo parte del canal conductor 30.

15 Como una resistencia de drenaje en serie aumenta simplemente la tensión de drenaje a la que se satura la corriente de drenaje, al tiempo que una resistencia de alimentación en serie introduce una degeneración indeseable, se prefiere desplazar el electrodo de control de modo que un extremo del electrodo de control se extienda directamente sobre la región de alimentación, y la solape directamente, al tiempo que el otro extremo del electrodo de control se extiende a través de todo el intervalo entre las regiones de alimentación y drenaje. La capacitancia de reacción del dispositivo es reducida de esta manera, ya que la longitud activa del canal es obligada  
20 a coincidir con la parte del electrodo de control que se encuentra sobre el canal.

25 Ahora se calienta de nuevo la oblea 10 en hidrógeno o en un ambiente que contiene hidrógeno, tal como un gas de formación, durante algunos minutos a una temperatura de aproximadamente 200°C a 700°C. Como resultado de  
30

327183



esta operación, el hidrógeno aumenta la conductividad de  
solamente la parte sin cubrir del canal 30. Como el elec-  
trodo metálico 42 parece que actúa como máscara para com-  
batir la difusión de hidrógeno, la parte del canal 30,  
5 que está recubierta por el electrodo 42 no resulta afec-  
tada por esta operación. Se prefiere que el electrodo 42  
consista en aleaciones densas o en metales densos, tales co-  
mo oro y plata, que sean capaces de actuar como máscara  
contra la difusión de hidrógeno. En la Figura 11, la par-  
10 te sin cubrir del canal conductor 32, que recibe una aumen-  
to de conductividad por esta operación, ha sido denomina-  
do 33, y está representada, para mayor claridad, más grue-  
sa que el resto del canal 30. Se comprenderá que la parte  
33 del canal conductor difiere del resto del canal origi-  
15 nal 30 principalmente en que la parte 33 es más conducto-  
ra que el resto del canal 30.

El dispositivo se completa (Figura 12) uniendo a-  
lambres conductores eléctricos 51, 52 y 53 a los electro-  
dos 41, 42 y 43, respectivamente, por cualquier método con-  
20 veniente, tal como por soldadura blanda o mediante unión  
por termocompresión. La parte 10' puede ser cortada aho-  
ra la oblea con la cara mayor 12 hacia abajo y sobre un  
colector metálico 50, y luego se encapsula y cierra dicha  
parte individual.

25 Las curvas características I-V de un transistor  
SOM de control desplazado fabricado de acuerdo con este  
ejemplo están representadas gráficamente en la Figura 14.  
La gráfica es una representación diagramática de la corrien-  
te de alimentación-drenaje medida en miliamperios, en fun-  
30 ción de la tensión de alimentación-drenaje, medida en vol-



tios, para diferentes valores de polarización positiva y negativa de control a alimentación, medida en voltios. Puede aumentarse o disminuirse la corriente de polarización cero en función de los tiempos y temperaturas del proceso. Aumentando el período de tratamiento en un ambiente que contiene hidrógeno, se aumenta la conductividad del canal en el dispositivo y, por tanto, se aumenta la cantidad de corriente que circula con polarización cero.

Para fines de comparación, la Figura 13 muestra las curvas características I-V de un dispositivo comparable de la técnica anterior. En la representación gráfica (Figura 14) de las curvas I-V del dispositivo hecho por el presente método, el "codo" de cada curva I-V es más abrupto y el "codo" aparece con un valor de tensión de drenaje más bajo que en la representación gráfica (Figura 13) de las curvas I-V de un dispositivo de la técnica anterior. Esto indica que puede obtenerse del dispositivo de acuerdo con este ejemplo una señal de salida sin distorsión mayor que la obtenida del dispositivo de la técnica anterior.

Además, las curvas I-V individuales del dispositivo de este ejemplo (Figura 14) están más espaciadas a lo largo del eje de corrientes que las curvas I-V del dispositivo de la técnica anterior (Figura 13), indicando así un valor de transconductancia para el dispositivo de este ejemplo mayor que para el dispositivo de la técnica anterior.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América el 28 de Mayo de 1965, con el número 459.709, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

327183

- 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+

5

1.- Un método de fabricar un canal conductor en un cuerpo semiconductor cristalino, caracterizado por las operaciones de: formar un revestimiento aislante en una cara de dicho cuerpo, depositar un electrodo metálico sobre dicho revestimiento para cubrir solamente una parte de la cara citada, dejando sin cubrir la parte restante de dicha cara, y calentar dicho cuerpo en un ambiente capaz de alterar la conductividad de solamente la parte de dicha cara que está sin cubrir por dicho electrodo.

10

15

2.- El método de la reivindicación 1, caracterizado además por la operación de calentar dicho cuerpo con dicho revestimiento aislante en un ambiente capaz de alterar la conductividad de una parte de la superficie del mismo para formar en dicho cuerpo un canal conductor debajo de dicho revestimiento antes de depositar dicho electrodo metálico sobre dicho revestimiento.

20

25

3.- El método de la reivindicación 1, caracterizado además todavía por formar dicho revestimiento aislante al tiempo que se evita la formación de una capa de inversión sobre la superficie de dicho cuerpo.

4.- El método de la reivindicación 2, caracterizado por calentar dicho cuerpo u oblea en un ambiente selec-



cionado del grupo consistente en hidrógeno y en mezclas de hidrógeno con gases no oxidantes para formar en dicha oblea, debajo de dicho revestimiento de óxido de silicio, un delgado canal conductor inmediatamente junto a dicha

5 cara.

5.- El método de la reivindicación 1, caracterizado además por las operaciones siguientes de: preparar una oblea semiconductora cristalina de gran resistividad con dos caras mayores o principales opuestas, depositar un re-

10 vestimiento enmascarador aislante sobre al menos una de dichas caras mayores, retirar partes predeterminadas de dichos revestimientos para dejar al descubierto dos zonas espaciadas en la cara mayor citada, formar dos regiones espaciadas de baja resistividad en dicha oblea, inmedia-

15 tamente junto a las dos zonas espaciadas descubiertas citadas, respectivamente, tratar dicha oblea en un ambiente capaz de alterar la conductividad de la cara citada de la oblea debajo de dicho revestimiento, depositar un primer electrodo conductor sobre una de dichas zonas descubier-

20 tas, depositar un segundo electrodo conductor sobre la otra de dichas zonas descubiertas, depositar un tercer electrodo conductor sobre dicho revestimiento aislante, encima solamente de una parte del espacio comprendido entre las dos regiones citadas de baja resistividad, estan-

25 do un extremo de dicho tercer electrodo más próximo a una de dichas regiones de baja resistividad que el otro extremo de dicho electrodo lo está de dicha otra región de baja resistividad, y tratar dicha oblea en un ambiente capaz de alterar la conductividad de solamente la parte de

30 dicha cara de la oblea que está debajo de dicho revesti-

327183



miento.

6.- El método de la reivindicación 5, en el que dicha conductividad se altera debajo de dicho revestimiento, pero no debajo de dichos electrodos.

5           7.- El método de la reivindicación 1 aplicado a la fabricación de un dispositivo semiconductor de efecto de campo, que comprende un cuerpo semiconductor dotado de un canal conductor que se extiende entre regiones de alimentación y de drenaje y de un revestimiento aislado en partes de dicho cuerpo, caracterizado además por depositar un revestimiento metálico únicamente sobre partes de dicho revestimiento aislante de modo que queden sin cubrir zonas de dicho recubrimiento aislante superpuestas a parte de dicha trayectoria, y calentar dicho cuerpo en un ambiente capaz de alterar la conductividad de dicha parte de dicha trayectoria para obtener dicho canal conductor.

10

15

8.- Un método de fabricar un canal conductor en un cuerpo semiconductor cristalino.

20           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.

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

Madrid,

6 JUL 1966

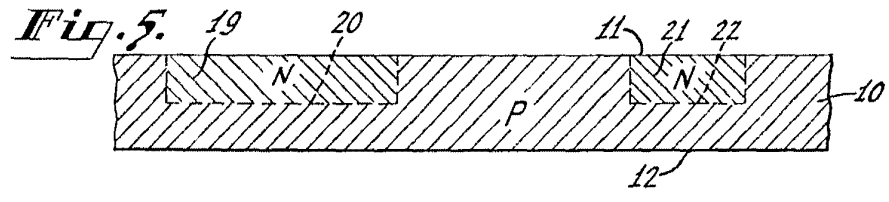
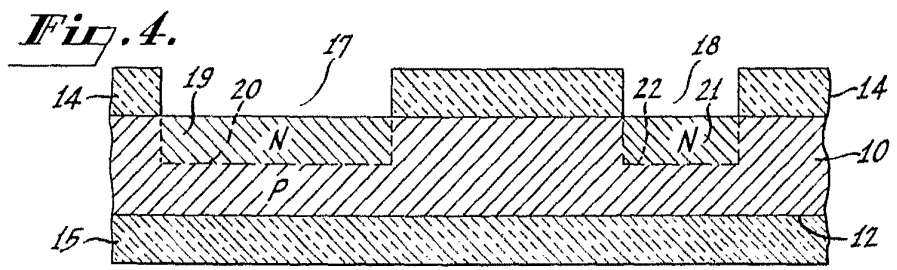
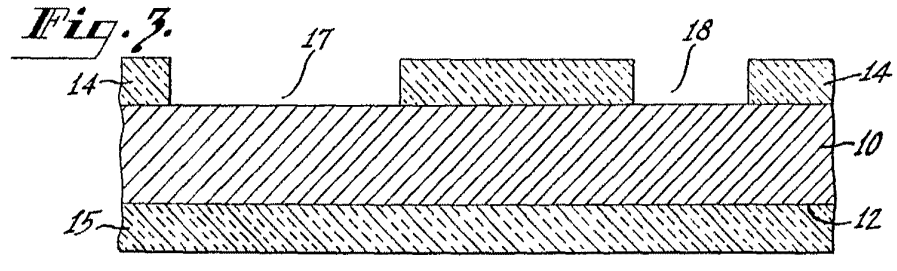
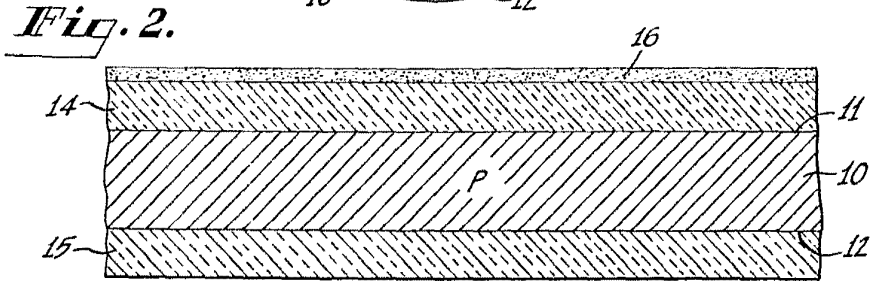
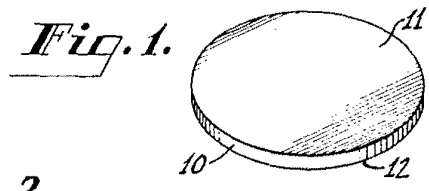
P.A.

Alberto de Elizaburu  
Por Poder,

JJV.



527183



327183



Fig. 6.

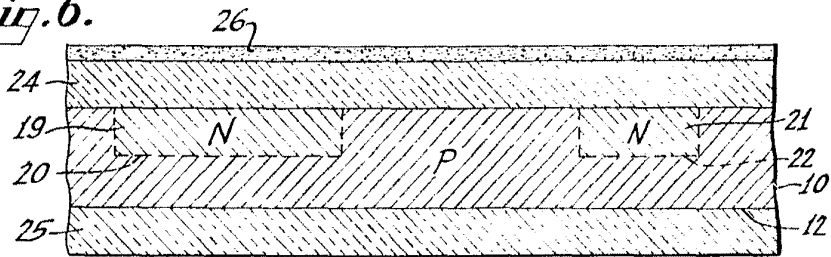


Fig. 7.

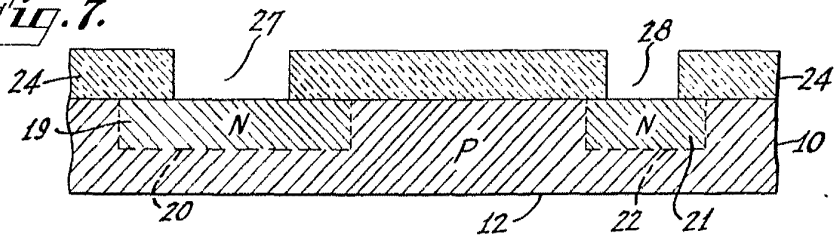


Fig. 8.

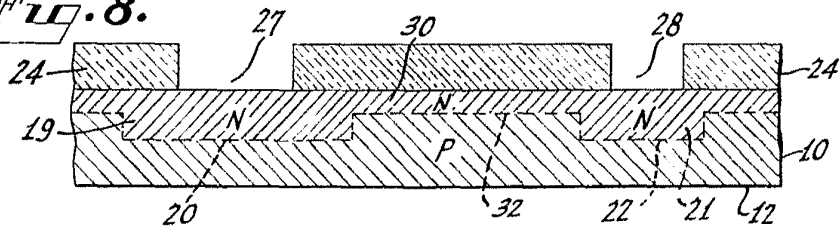
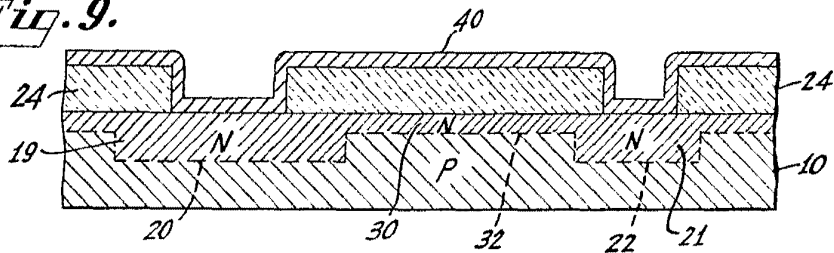
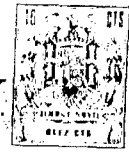


Fig. 9.





327183

Fig. 10.

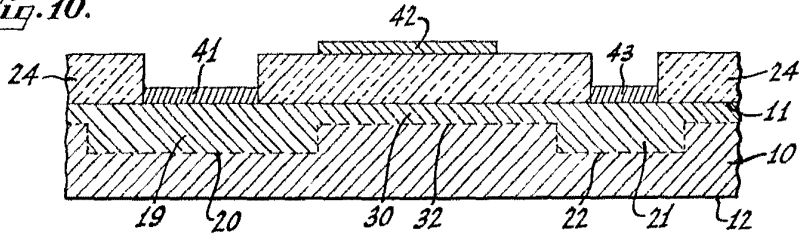


Fig. 11.

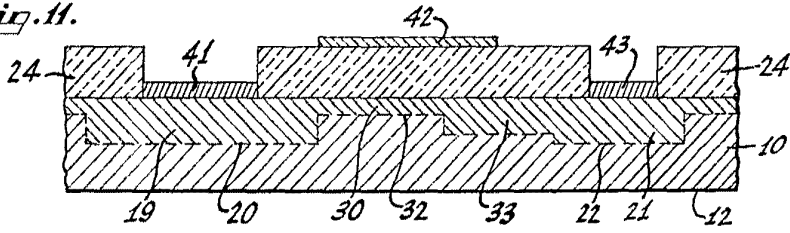


Fig. 12.

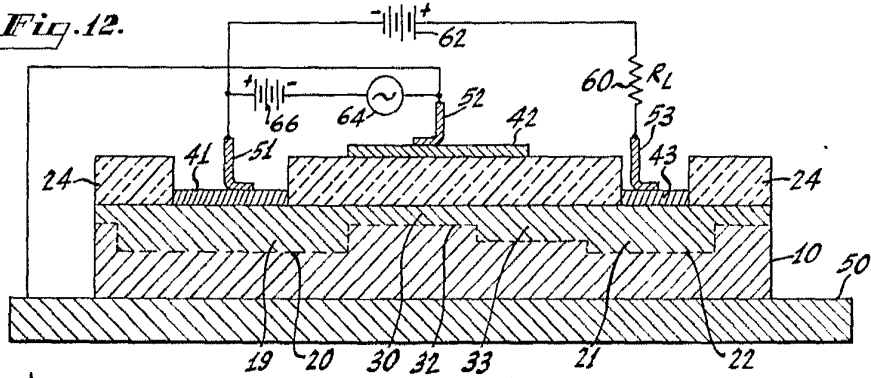


Fig. 13.

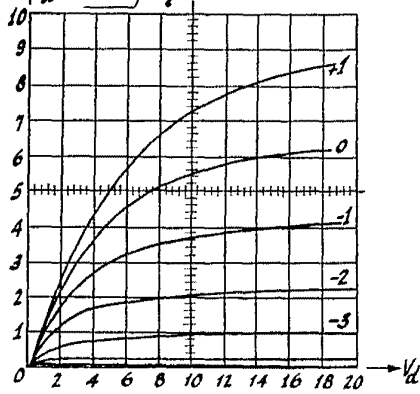


Fig. 14.

