

379215

379215

Memoria descriptiva

P.-44.682
TI-3194
SECCION TECNICA
CLASIFICACION I. P. C.
CLASE H-01
SUBCLASE 2

30 AB



para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED

entidad / ~~entidad~~ norteamericana

con domicilio en 13500 North Central Expressway, Dallas,
Texas, Estados Unidos de América

por: "UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR"
(Clase Internacional H01)



El invento se refiere a dispositivos semi-
conductores, en particular del tipo de circuito integra-
do semiconductor, y a la provisión de capas alternas de
películas metálicas y material aislante eléctrico, para
5 formar diseños de interconexión y contacto de niveles
múltiples para tales dispositivos.

La creciente demanda de microminiaturiza-
ción se ha reflejado en el campo de la electrónica en
el desarrollo de circuitos integrados semiconductores y
10 de dispositivos de Integración en Gran Escala (IGE), me-
diante los cuales se forman una pluralidad de componen-
tes de circuito activos y/o pasivos en o sobre uno o más
sustratos de material semiconductor, siendo luego conec-
tados entre sí todos esos componentes de circuito de una
15 manera particular, para proporcionar una o más funciones
de circuito deseadas. Por ejemplo, un dispositivo de cir-
cuito integrado del tipo monolítico puede tener una serie
de componentes activos y pasivos, tales como transistores
y resistencias, formados por difusión debajo de una su-
20 perficie o cara principal de un sustrato de material se-
miconductor, una capa aislante sobre la cara de la oblea,
y películas metálicas sobre la capa aislante que conec-
tan entre sí las resistencias y las diversas regiones de
los transistores, según un diseño deseado, a través de
25 agujeros en la capa aislante. Al aumentar la complejidad
de los circuitos, sin embargo, y al producirse un aumen-
to correspondiente en la complejidad de los diseños de
interconexión, especialmente en los dispositivos IGE, se
ha hecho necesario formar más de un nivel de intercone-
30 xiones de película metálica con aislamiento eléctrico

379215



5 adecuado entre los diversos niveles en los puntos de cruce. Ello es así, en particular, cuando, sobre un solo sustrato de material semiconductor se forman una pluralidad de circuitos separados y se hace necesario conectar entre sí los circuitos para acción cooperante para producir una o más funciones de circuito.

10 En los circuitos integrados, y en particular en los dispositivos de IGE en los que se requieren 2, 3 ó más sistemas de interconexión de niveles, se usan los mejores conductores eléctricos, tales como plata, cobre, oro y aluminio, para los niveles inferiores (como parte del primer nivel en un sistema de dos niveles, y como parte de los niveles primero y segundo en un sistema de tres niveles, por ejemplo) debido a dos razones
15 fundamentales.

20 En primer lugar, el grueso de interconexión deberá ser mínimo, de modo que puedan aplicarse sobre la misma capas aislantes continuas. En general, especialmente cuando se emplean capas aislantes inorgánicas, tales como de óxido de silicio depositada por pulverización catódica de radiofrecuencia, cuanto más gruesa sea la interconexión metálica, tanto más difícil es la tarea de depositar una capa aislante de gran perfección sobre la misma. Se ha comprobado que el grueso de
25 la capa aislante deberá ser igual o mayor que el grueso de la película metálica subyacente, a fin de obtener grandes producciones de cruces aislados. Pero, a medida que aumenta el grueso de la capa aislante, se agravan considerablemente problemas tales como los de formación
30 de grietas, de fisuras y de grandes mordeduras o socavamientos, al hacer por ataque químico los agujeros pasan-



tes de alimentación.

5 En segundo lugar, el grueso de la inter-
conexión metálica deberá ser máximo para proporcionar
baja resistividad de lámina. En algunos circuitos lógi-
cos se necesitan valores de resistividad de lámina de
10 tan sólo 0,01 ohmios/en cuadro. Generalmente se han aban-
donado los intentos de usar un solo metal diferente de
los metales de gran conductividad, tal como el oro y el
aluminio, por ejemplo, en los circuitos lógicos integra-
dos y en los dispositivos de IGE, debido a que el grueso
necesario para obtener una resistividad de lámina muy
15 baja es tan grande que la gruesa interconexión es prohi-
bitivamente difícil de hacer por ataque químico en un
diseño de precusión, y es difícil de aislar de los nive-
les superiores y tiende a exflojarse fácilmente. El pro-
blema de la resistividad de lámina no surge en los con-
tactos de un solo nivel no expandidos, tales como los
20 contactos con diodos de mesa y con transistores de "ani-
llo y punto", debido a que pasan corrientes a través de
la película metálica en lugar de pasar a lo largo de la
película metálica. La resistencia desarrollada perpendi-
cularmente a través de una película metálica delgada,
independientemente de su resistividad, es despreciable
debido a su gran delgadez. Es de resaltar que los circui-
25 tos integrados de silicio bipolares y los dispositivos
de IGE del tipo lógico de gran velocidad, son especial-
mente sensibles a la resistividad del metal de intercone-
xión, dado que tales dispositivos operan con intensidades
de corriente relativamente altas.

30 Evidentemente, esos dos requisitos funda-

379215



mentales son incompatibles a menos que se usean interco-
nexiones de conductividad muy alta y, por consiguiente,
una solución al problema consiste en el uso de metales
de gran conductividad solamente, tales como plata, cobre,
oro y aluminio, por ejemplo, los cuales tienen las si-
guientes resistividades a 20°C:

Plata	$1,6 \times 10^{-6}$	ohmios-cm
Cobre	$1,67 \times 10^{-6}$	ohmios-cm
Oro	$2,3 \times 10^{-6}$	ohmios-cm
Aluminio	$2,69 \times 10^{-6}$	ohmios-cm

Puesto que la plata, el cobre y el oro pre-
sentan baja adherencia a las capas aislantes apropiadas,
tales como las de óxido de silicio, que son las que se
usan corrientemente en los circuitos integrados, sola-
mente cabe considerar esos metales cuando se usan junta-
mente con otros metales en forma de películas bimetáli-
cas o trimetálicas.

Para la capa de metal de gran conductivi-
dad es sumamente deseable el oro, debido a sus propieda-
des únicas de resistencia a la oxidación y a la decolo-
ración, combinadas con una gran conductividad eléctrica.
Los metales, cobre, plata y aluminio, aunque muy conduc-
tores, presentan problemas de oxidación, decoloración
e incluso ataque químico, durante el ataque químico de
los agujeros pasantes de alimentación en las capas ais-
lantes. Así, es difícil proporcionar contactos pasantes
de alimentación de baja resistencia con metales que no
sean el oro. La plata se oxida y se decolora al aire a

379215



la temperatura ambiente y, por consiguiente, presenta un problema de contacto óhmico. El aluminio es particularmente delicado, por ser termodinámicamente inestable con el óxido de silicio, una característica que se traduce corrientemente en formas difíciles de quitar el vidrio y de óxidos que se forman en la cara de contacto del aluminio y del óxido de silicio, dando por resultado la formación de un óxido de aluminio insoluble.

Otra propiedad deseada de los metales de gran conductividad que acabamos de mencionarse es la de una baja energía de activación de autodifusión, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$D = Ae^{-Q/RT}$$

donde:

Q = energía de activación de autodifusión en kilocalorías/mol.

A = coeficiente de frecuencia en cm^2/seg .

D = coeficiente de difusión para autodifusión en cm^2/seg .

R = 1,987 cal/mol/ $^{\circ}$ K

T = temperatura en $^{\circ}$ K

lo que da por resultado la siguiente clasificación:

Cobre 48 kilocalorías/mol

Plata 44 kilocalorías/mol

Oro 42 kilocalorías/mol

Aluminio 34 kilocalorías/mol.

379215



La energía de activación adquiere importancia para altos niveles de corriente, debido a la característica de los metales de baja energía de activación de formar un circuito abierto al aplicar grandes corrientes. El cobre es por tanto el metal para uso desde el punto de vista de altas corrientes; y el aluminio es el peor. De hecho, el aluminio no se usa para los dispositivos modernos de muy alta densidad de corriente.

Puesto que el requisito de baja resistividad de lámina es tan exigente, solamente pueden usarse los pares de metales que sean metalúrgicamente estables. Un sistema de película bimetalica metalúrgicamente estable se define como uno en que no puedan formarse compuestos intermetálicos, en que existen solubilidades mutuas en estado sólido muy bajas, y en que las temperaturas eutécticas (si las hay) son considerablemente superiores a todas las temperaturas de procedimientos para el dispositivo. Al calentar una capa bimetalica o trimetalica inestable se producen una diversidad de fenómenos. Al mezclarse entre sí los metales por interdifusión, se produce un aumento considerable en la resistividad pues el metal más conductivo queda contaminado. Como otros efectos perjudiciales pueden citarse los de esponjamiento, pelado, ampollamiento y otros fenómenos más sutiles, tales como el de porosidad de Kirkendall.

El segundo metal usado en un sistema de interconexión bimetalico o trimetalico, además de ser metalúrgicamente estable con el metal de gran conductividad, debe adherirse bien a los diferentes óxidos y aislamientos de vidrio, y deberá proporcionar buen contacto óhmico con el sustrato de silicio. El que se usa



5 hoy día corrientemente como tal segundo metal para inter
conexiones es el molibdeno, como se describe más detalla
damente en la Patente americana Número 3.290.570 cedida
al cesionario de la presente solicitud. El molibdeno, con
el oro, forman un buen sistema de interconexión para uso
con circuitos integrados.

10 No obstante, hay un problema inherente a
los sistemas de interconexión de molibdeno-oro-molibdeno
cuando se usan con la capa aislante de óxido de silicio
usual entre los niveles de intercomexiones. Los agujeros
formados en la capa de óxido de silicio para permitir la
realización de conexiones óhmicas entre los niveles de
interconexión tienden a ser de lados contorneados con
"fondo acampanado", es decir, agujeros grandes en el fon
15 do y pequeños en la parte superior. Debido a la inclina
ción de los lados del agujeros, debido a su forma de
"fondo acampanado", es difícil de conseguir una conexión
continua desde la interconexión metálica en la superfi
cie superior de la capa de óxido de silicio a la super
20 ficie de la interconexión metálica inferior expuesta por
el agujero.

Además, el molibdeno forma una serie de
óxidos fácilmente solubles. Durante el ataque químico
del agujero en la capa de óxido de silicio para exponer
25 la interconexión metálica inferior, el óxido de molibde
no en la cara de contacto de molibdeno y óxido de sili
cio es fácilmente atacado por la solución de ataque quí
mico, dando por resultado graves mordeduras o socavamien
tos. El socavamiento puede ser tan profundo que el aflo
30 jamiento de la unión entre la capa de óxido de silicio

379215



5 y la superficie oxidada de la película de molibdeno de la interconexión inferior permite que la parte socavada de la capa de óxido de silicio se suelte y se desprenda del resto de la capa de óxido de silicio, dando por resultado una conexión abierta.

10 El material aislante entre los niveles de interconexión metálica deberá proporcionar aislamiento eléctrico adecuado y deberá estar sustancialmente exento de picaduras o poros para evitar la posibilidad de corto
15 circuito eléctrico entre los niveles. Además, todo el sistema deberá ser fabricado de metales y aisladores u óxidos que sean materiales estructuralmente confiables, que no cedan ni se desprendan durante la manipulación del sustrato. Todo el material deberá ser física y química-
20 mente estable al ser elevado a elevadas temperaturas, de modo que ninguno de los materiales reaccione de modo no deseable con otro o con el sustrato semiconductor. Los metales y el aislamiento o medio aislante deberán adherirse fuertemente entre sí, y deberá existir un buen
25 contacto óhmico (entre niveles) entre la película metálica última expuesta de un nivel y la primera película metálica del nivel siguiente, en los puntos de cruce con
ductores.

25 A la vista de lo que antecede, un objeto del presente invento es, por consiguiente, un sistema nuevo y mejorado de contactos y de interconexiones de niveles múltiples para circuitos integrados semiconductores y dispositivos de Integración en Gran Escala.

30 Otro objeto del invento es un sistema de contactos y de interconexión de niveles múltiples que posee todas o sustancialmente todas las características



deseadas antes mencionadas.

5 Todavía otro objeto del invento son contactos expandidos y/o un sistema de interconexión de niveles múltiples con agujeros pasantes de alimentación en la capa aislante que no tengan formas de "fondo acampanado".

10 Todavía otro objeto del invento es un sistema de contactos de interconexión de niveles múltiples que no experimente ataque sustancial en la cara de contacto entre el metal y la capa aislante, durante la formación de los agujeros pasantes de alimentación en la capa aislante que cubre un nivel de interconexiones metálicas.

15 Todavía otro objeto del invento es un contacto expandido mejorado para dispositivos semiconductores y, en particular, para dispositivos incorporados en recintos no herméticos.

20 Las nuevas cualidades que se consideran características de este invento se exponen en las reivindicaciones de la Nota adjunta. El propio invento, sin embargo, así como otros objetos y ventajas del mismo, podrán comprenderse mejor con referencia a la descripción detallada que sigue, considerada conjuntamente con los dibujos que se acompañan, en los que:

25 La Figura 1 es una vista en corte, muy ampliada, que ilustra un agujero pasante de alimentación de "fondo acampanado" en la capa aislante entre diferentes niveles de interconexiones con un sistema de interconexión de molibdeno-oro-molibdeno;

30 La Figura 2 es una vista en corte, muy am-

379215



pliada, que ilustra un agujero pasante de alimentación que tiene lados suavemente inclinados en la capa aislante entre los diferentes niveles de interconexiones, con el sistema de interconexión metálica del invento;

5 La Figura 3 es una vista en planta, que ilustra la distribución de los componentes de circuito en uno de los elementos funcionales en el sustrato ilustrado en la Figura 4, habiéndose ilustrado esos mismos componentes en forma esquemática en la Figura 5;

10 La Figura 4 es una vista en planta, que ilustra un sustrato semiconductor que contiene una pluralidad de elementos funcionales y adaptado para uso en la puesta en práctica de este invento;

15 La Figura 5 es un diagrama esquemático del circuito electrónico en uno de los elementos funcionales ilustrados en la Figura 3;

20 Las Figuras 6 - 9 son vistas en corte de una parte de la estructura de circuito integrada ilustrada en la Figura 3, tomada a lo largo de la línea de corte 4-4, en que se ilustran operaciones siguientes en la fabricación del sistema de interconexión de niveles múltiples del presente invento; y

25 La Figura 10 es una vista en planta, en que se ilustra un dispositivo semiconductor individual de acuerdo con el invento; y

La Figuras 11 es una vista en corte tomada a lo largo de la línea A-A de la Figura 10.

30 Una realización del invento comprende un sistema de interconexión de niveles múltiples en que se usan interconexiones trimetálicas de tungsteno-metal de

379215



5 gran conductividad-tungsteno, estando cada nivel de metal separado de los demás niveles de metal por capas aislantes. Los contactos óhmicos entre un nivel de las interconexiones y otro nivel, o entre un nivel de las interconexiones y partes de un sustrado semiconductor que tiene componentes electrónicos, se hacen a través de agujeros en las capas aislantes.

10 Un resultado totalmente inesperado obtenido usando interconexiones de niveles múltiples de tungsteno-metal de alta conductividad-tungsteno, en lugar de interconexiones de niveles múltiples de molibdeno-oro-molibdeno, con aislamiento entre los niveles mediante capas aislantes tales como de óxido de silicio, es la mejora de la pendiente o contorno de los lados de los agujeros pasantes de alimentación formados en las capas de óxido de silicio. Si el contorno de los lados del agujero de una capa de óxido de silicio resulta demasiado corto, es decir, es aproximadamente perpendicular al plano de la superficie del dispositivo, se experimentan dificultades para metalizar continuamente desde la superficie superior de óxido de silicio, bajando por la pendiente del agujero y a la interconexión de metal de nivel inferior. Esta situación empeora cuando se tropieza con un contorno de agujero de pendiente inversa, que forma un agujero pasante de alimentación en forma de "fondo acampanado", como se ha ilustrado en la Figura 1, siendo tal contorno el que se observa corrientemente.

30 La razón para el costado 100 de pendiente inversa del agujero 101 de "fondo acampanado", que se forma durante la operación de ataque químico del agujero-

379215

30



ro en la capa 102 de óxido de silicio, no ha sido comprendida de un modo totalmente satisfactorio. No obstante, la forma del agujero 101 está probablemente relacionada con alguna característica de la película 103 de molibdeno, hasta ahora desconocida, que forma la película superior de la interconexión inferior juntamente con la película 104 de oro intermedia y la película 105 de molibdeno inferior formadas en el sustrato 106 de silicio.

Cuando se usa el tungsteno en lugar de molibdeno, el agujero pasante de alimentación 110, como se ha ilustrado en la Figura 2, tiene, de modo totalmente inesperado, el lado 111 suavemente inclinado, de aproximadamente 20 a 40° , lo que es realmente mejor que incluso el límite superior de la pendiente "deseada" de 45° . De la Figura 2 resulta evidente que puede formarse un segundo nivel de interconexión en la superficie superior de la capa 102 de óxido de silicio, y sobre el lado 111 suavemente inclinado del agujero 110 para hacer contacto eléctrico con la interconexión inferior, consistente en la película 112 de tungsteno superior, la película 113 de oro intermedia, y la película 114 de tungsteno inferior, sin peligro alguno de rotura o apertura en el contacto.

Otra ventaja inesperada de usar tungsteno en lugar de molibdeno, consiste en la eliminación del socavamiento 107 en la cara de contacto de molibdeno y el óxido de silicio, como se ha ilustrado en la Figura 1, cuando se forma el agujero pasante de alimentación 101. El régimen de socavamiento con el óxido de molibdeno 115, Figura 1, es más rápido de lo previsto atendiendo a la

379215



capacidad de una solución de ataque químico para reaccio-
nar y eliminar productos de reacción a lo largo de un ca-
nal de 100 - 125 milimicras, que es el grueso aproxima-
do del óxido de molibdeno en la cara de contacto del óxi-
do de silicio y el molibdeno. A menos que se controle muy
cuidadosamente, el socavamiento del molibdeno puede avan-
zar varias décimas de milímetro y, en algunos casos, la
capa de óxido puede "levantarse" alrededor del área so-
cavada, dando por resultado el socavamiento del problema
del agujero "de fondo acampanado". También se sospecha
que, ocasionalmente, durante la formación del agujero,
la capa 102 de óxido de silicio puede romper su unión
con la capa 103 de molibdeno en la periferia inferior del
agujero, dando por resultado un ataque químico del óxido
de silicio junto a la cara de contacto de molibdeno y
óxido de silicio, dando también por resultado un agujero
mal conformado.

Independientemente de los mecanismos físi-
cos o químicos aplicados, los efectos de socavamiento y
de agujero de forma de "fondo acampanado" no se producen
en el sistema de tungsteno y óxido de silicio, como pue-
de verse en la Figura 2. No se produce socavamiento sus-
tancial del óxido de tungsteno 115, Figura 2, en la cara
de contacto del tungsteno y el óxido de silicio. No cabe
explicar la ausencia de la forma de "fondo acampanado"
del agujero, ni la ausencia del socavamiento perjudicial
de la cara de contacto del tungsteno y el óxido de sili-
cio, por comparación con cualquiera de las propiedades
conocidas del molibdeno y del tungsteno. El uso del tungs-
teno permite la fabricación de dispositivos con circuitos

379215



extremadamente complejos que no pueden fabricarse hoy día de modo debidamente satisfactorio usando molibdeno.

El tungsteno hace buen contacto óhmico con el silicio, en particular si las regiones de contacto están fuertemente impurificadas, y sin embargo no se alea de modo no deseable con la superficie de silicio, hasta el punto de degradar el dispositivo. Por otra parte, el tungsteno se adhiere bien al óxido de silicio, puede ser atacado químicamente de una manera controlada con un reactivo de ataque químico, por ejemplo, una solución acuosa del 5% de ferricianuro potásico $K_3Fe(CN)_6$ y el 1% de borato sódico $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, compatible con otros materiales, y cuando se usa en combinación con el oro es virtualmente impenetrable al oro. A este respecto, es de hacer notar que cuando se conforma el tungsteno poniendo en contacto el semiconductor de silicio con una capa de oro sobre el tungsteno se forma un sistema de contacto virtualmente "no aleado", no aleándose el tungsteno con el silicio ni aleándose el oro con el tungsteno.

El oro, además de su excelente conductividad, es fácil de depositar por técnicas de evaporación usuales, se presta de por sí admirablemente a los procedimientos de ataque químico de fotoreserva asociados con la definición del contacto y de los diseños de interconexiones, y se une fácilmente a los hilos conductores de oro.

En las aplicaciones en que se usan intensidades de corriente muy grandes, se consigue un dispositivo mejor sustituyendo la película de oro por una película de cobre. Aunque debe ponerse más cuidado en la

379215



fabricación de interconexiones para reducir el peligro de la oxidación del cobre o de que sea atacado por los reactivos de ataque químico usados en las diferentes fases de la fabricación del dispositivo, viene exigido el uso del cobre en lugar del oro en los dispositivos de grandes intensidades de corriente, que requieran la mejor conductividad y la menor energía de activación de difusión del cobre para interconexiones de resistividades más bajas.

Refiriéndonos ahora a las Figuras, se ha ilustrado en la Figura 4 una rebanada o sustrato 10 de material semiconductor, en este caso de material semiconductor de silicio, que tiene en la misma una serie de elementos funcionales. Aunque solamente se han representado 16 de tales elementos funcionales, para ilustración, de ordinario se utiliza un número mucho mayor. Cada uno de los elementos funcionales 11-26 contiene el número necesario de transistores, resistencias, condensadores o similares. conectados entre sí para producir una función de circuito eléctrico deseada. Por ejemplo, el elemento funcional 13 puede comprender el circuito representado esquemáticamente en la Figura 5, y en vista en planta en la Figura 3. El circuito de ese elemento funcional 13 incluye los transistores de tipo P-N-P 32, 33, 34 y 35 y los transistores N-P-N, 36, 37, 43, 45, 46, 47 y 50, los tres terminales de entrada A, B y X, y un terminal de salida G. Esos terminales, juntamente con el terminal V de alimentación de tensión, corresponden a los cinco terminales designados de modo idéntico en el elemento funcional 13 de la Figura 3.

379215



30 ABR 1970

Si se desea conectar debidamente entre sí los cuatro elementos funcionales 13, 16, 21 y 26 de los 16 elementos funcionales 11-26 para su acción cooperante para producir una función eléctrica unitaria, como se ha representado en la Figura 4, se unen eléctricamente los terminales B, D, J y O de los elementos funcionales 13, 16, 21 y 26, respectivamente, mediante el interconector 28. De un modo similar, los terminales V, F, L y R están unidos eléctricamente por el interconector 29, y los terminales X, H, M y Q están unidos eléctricamente por el interconector 30. Reconociendo que hay ya un gran número de interconexiones eléctricas de primer nivel que unen los diversos transistores entre sí, así como con los demás componentes de circuito y terminales, como se ha ilustrado en la Figura 5, se apreciará que los interconectores 28, 29 y 30 deben superponerse necesariamente a parte del diseño de interconexiones metálicas del primer nivel ilustrado en la Figura 3. Por esta razón, y debido también a que las interconexiones entre elementos funcionales se hacen de preferencia en una operación separada de aquella mediante la cual se forman las interconexiones dentro de un elemento, el diseño de interconexiones de la Figura 4 se ha formado como un segundo nivel, separado del diseño de interconexiones de primer nivel por un medio aislante.

Los transistores y los demás componentes de circuito pueden ser formados dentro del sustrato semiconductor 10, o sobre éste, por cualquiera de las técnicas conocidas de la industria de los circuitos integrados, tal como, por ejemplo, por crecimiento epitaxial, o por difusión. Así, considerando la Figura 6, se ha rep re

379215



5 sentado en ella, en corte, una parte de la estructura
 de circuito integrado en la Figura 5 antes de la aplica-
 ción de cualquiera de los interconectores metálicos.
 El transistor N-P-N 36 comprende un colector de tipo N
10 formado por el sustrato 10, la región 51 de base de tipo
 P difundida, y una región 52 de emisor difundida de tipo
 N. La resistencia R_1 está provista mediante la región 53
 difundida de tipo P, formada simultáneamente con la re-
 gión de base 51 del transistor. Una capa aislante 54 en
15 la superficie superior del sustrato adquiere una confi-
 guración escalonada, como se ha ilustrado, debido a las
 sucesivas operaciones de difusión. Luego se cortan agu-
 jeros o aberturas en la capa aislante 54, por donde se
 han de hacer los contactos óhmicos de interconexión de
20 primer nivel.

 Como siguiente operación, se deposita una
 película de tungsteno delgada 55 de aproximadamente 250
 milimicras sobre la superficie de la capa aislante 54 y
 en contacto óhmico con el material semiconductor, tal
25 como silicio, dentro de los agujeros de la capa de óxido
 de silicio. Para efectuar el depósito de la película de
 tungsteno 55 pueden utilizarse varias técnicas, por ejem-
 plo, evaporación por haz electrónico y pulverización
 catódica de corriente continua y de radiofrecuencia. Si
30 un dispositivo requiere solamente un nivel de interco-
 nexión, tal como un circuito integrado menos complejo o
 un dispositivo de un solo componente, se forma una pelí-
 cula de oro (no representada) sobre al menos una parte
 de la película de tungsteno, para fines de conexión de
 hilos conductores, para evitar la oxidación del tungste-
 no, si se requiere. Los contactos expandidos son luego

379215



definidos a partir de las películas de tungsteno y de oro en lugar del tungsteno solamente, contactos 71, 72 y 73 de la Figura 7, para permitir la unión de hilos conductores separados de cualesquiera uniones. Usando las técnicas usuales de enmascaramiento fotográfico y ataque químico, que no hay necesidad de describir aquí, se eliminan partes seleccionadas de la película de tungsteno para proporcionar el diseño del primer nivel de contactos óhmicos y de interconexiones, conectando óhmicamente el interconector 71 la base del transistor 36 con un extremo de la resistencia R_1 , haciendo contacto óhmico el interconector 72 con el emisor del transistor 36; mientras que el interconector 73 conecta óhmicamente el colector del transistor 36 al terminal V de alimentación, como se ha ilustrado en la Figura 7.

Sobre la película de tungsteno 55 se deposita una capa aislante 56 por cualquier técnica adecuada por ejemplo, por evaporación o pulverización catódica, y luego se ataca químicamente con un criterior selectivo para exponer la superficie de la película de tungsteno únicamente en el punto terminal V, como se ha representado en la Figura 8. La finalidad de la capa aislante 56 es la de aislar eléctricamente las interconexiones 55 metálicas del primer nivel de las interconexiones metálicas de segundo nivel que han de ser formadas a continuación. En consecuencia, la capa 56 puede estar formada de materiales inorgánicos, tales como nitruro de silicio, óxido de aluminio, óxido de silicio, o de diversos materiales aislantes orgánicos. En este ejemplo particular, la capa aislante 56 es de óxido de silicio, depositada

579215



5 por pulverización catódica de radiofrecuencia hasta un grueso de aproximadamente 10.000 U.A. La capa es luego eliminada selectivamente por técnicas usuales bien conocidas en la industria de los semiconductores, para exponer la superficie superior de la película de tungsteno 55 en la zona de unión V.

10 Sobre la capa aislante 56 se deposita otra película de tungsteno 57 hasta un grueso de aproximadamente 1.200 U.A., seguido de depósito por evaporación, por ejemplo, de una película de oro 58, formada hasta un grueso de aproximadamente 7.500 U.A., por ejemplo; luego se atacan químicamente con criterio selectivos las películas metálicas 57 y 58, para proporcionar el diseño para las interconexiones 29 de segundo nivel, proveyéndose
15 contacto entre niveles en la zona de unión V entre las películas de tungsteno 57 y 55. El oro se elimina fácilmente por ataque químico en una solución alcohólica de KI_3 , mientras que el tungsteno se elimina por ataque químico en una solución básica de ferricianuro potásico.
20 Típicamente, se elimina en un grueso de 125 milimicras de tungsteno en uno o dos minutos, con socavamiento despreciable del metal. La película 58 superior de oro se adhiere bien a la película de tungsteno 57. Luego puede unirse un alambre de unión exterior de oro, por ejemplo,
25 por unión mediante compresión térmica a la película de oro 58. Entre las ventajas de este sistema, como se ha ilustrado en la Figura 5, figura la adherencia extremadamente buena de las películas de tungsteno 55 y 57 a la capa aislante 56. Si se necesitan un sistema de contactos e interconexiones de 3, de 4 o de más niveles
30 (hasta el nivel n-ésimo), cada uno de los niveles que no

379215



sea final podría ser de tungsteno puro, siendo el nivel final de una combinación de tungsteno y oro, facilitando la capa de oro superpuesta la unión con un hilo exterior. Si se desea conectar un hilo conductor directamente a un interconector de tungsteno de nivel inferior, puede formarse una capa de oro solamente sobre una parte del tungsteno expuesto mediante un agujero en la capa aislante superpuesta, de modo que pueda unirse un hilo de oro a la zona de oro limitada.

La única capa de tungsteno del patrón de interconexiones de primer nivel 71, 72 y 73 puede ser sustituida por una estructura de emparedado de tres capas como se ha ilustrado en las Figuras 9A y 9B. Tal estructura comprende una película de tungsteno inferior 55a, formada hasta un grueso de aproximadamente 250 milimicras, por ejemplo, que se aplica óhmicamente al material semiconductor 10 y superpuesta y adherida a la capa aislante protectora 54; una película de oro intermedia 55b depositada sobre la película de tungsteno inferior 55a hasta un grueso de aproximadamente 1250 milimicras, por ejemplo, y una película de tungsteno superior 55c depositada sobre la película de oro 55b hasta un grueso de aproximadamente 125 milimicras, por ejemplo. La estructura de tungsteno y oro que acaba de describirse tiene una resistividad de lámina de aproximadamente 0,03 ohmios en cuadro. El nivel final de metalización superpuesto al medio aislante 56, comprende por tanto la película de tungsteno 57 y la película de oro 58, como anteriormente se ha descrito con respecto a la Figura 8. La capa aislantes 56 y la capa de tungsteno 55c son atacadas quími-

379215



5 camente con criterio selectivo en la zona de unión V, para permitir que la capa de tungsteno 57 haga contacto óhmico directo con la película de oro 55b. Utilizando un compuesto para ataque químico que ataque con criterio selectivo al tungsteno pero no afecte sustancialmente al oro, por ejemplo, el compuesto de ataque químico anteriormente descrito, es posible controlar cuidadosamente la operación de eliminación selectiva en la zona de unión V, de modo que la capa de oro 55 no sea atacada hasta perforarla. Además, un cambio de color acompaña a esta operación de ataque químico (de un color plateado a un color dorado) y proporciona un control visual conveniente del ataque químico. Las películas de tungsteno 55c y 57 se adhieren fuertemente a la capa aislante 56 y aumentan la adherencia interior de todo el sistema de interconexiones de niveles múltiples. La sustitución de la película de tungsteno única 55 por la estructura de emparedado trimetálica, de tungsteno-oro-tungsteno, aumenta la conductividad eléctrica a la interconexión de primer nivel, debido a la adición de la película de oro 55b muy conductora, y disminuye la resistencia de contacto eléctrico entre niveles, entre los niveles primero y segundo, debido al contacto óhmico directo entre la película de tungsteno 57 de la interconexión del segundo nivel con la parte de superficie expuesta de la película de oro 55b del primer nivel. Como se ha explicado anteriormente, el sistema de interconexiones de niveles múltiples de tungsteno-oro-tungsteno se usa para dispositivos que requieren la baja resistividad de interconexión que una sola película de tungsteno no puede proporcionar.

379215



Es evidente que para dispositivos de Integración en Gran Escala que implican circuitos muy complejos, el sistema de interconexiones como el anteriormente explicado para un sistema de dos niveles puede ser amplia
5 do a cualquier número de niveles de interconexiones con sólo repetir la sucesión de capa aislante 54, película de tungsteno 54a, película de oro 55b y película de tungsteno 55c un número "n" de veces, para acomodar los circuitos más complejos. Las interconexiones metálicas finales o superiores serían normalmente la película de tungsteno 57, cubierta al menos parcialmente por la película de oro 58, como se ha ilustrado en la Figura 9a.

Como se ha explicado anteriormente, para los dispositivos que requieren grandes intensidades de corriente se obtiene un sistema de interconexiones más confiable sustituyendo la película de oro 55b por una película de cobre, como se ha ilustrado en las Figuras 9a y 9b. Debido a la propensión del cobre a oxidarse y a interferir con la unión de los hilos de oro a la película metálica superior 58, para la mayoría de los dispositivos, sigue siendo el oro el metal preferido para la película metálica superior o final 58 que queda expuesta al ambiente. Las demás películas metálicas quedan cubiertas, por supuesto, al menos parcialmente, por materiales que tienen superpuestos.

Debe entenderse que el metal tungsteno, en la descripción y en las reivindicaciones de la Nota adjunta, incluye tungsteno que tiene otros constituyentes que pueden favorecer las características del tungsteno, sin afectar perjudicialmente a las propiedades ventajoso-

379215



sas del tungsteno de acuerdo con el invento, como anteriormente se ha descrito; por ejemplo, aunque la película de tungsteno forma un buen contacto óhmico con una superficie de silicio, especialmente si la parte de sustrato debajo del contacto óhmico ha sido muy adicionada con impurezas modificadoras, puede disminuirse todavía más la resistencia del contacto de silicio y tungsteno, si se desea, formando una capa delgada de siliciuro de platino, o usando una película muy delgada o "película de depósito por vaporización súbita" de aluminio o de titanio (de aproximadamente 200 U.A. de grueso) entre las superficies de tungsteno y silicio. En este último caso, el aluminio reacciona con el tungsteno formando compuestos de tungsteno y aluminio, por lo cual el grueso del aluminio debe ser bastante limitado de modo que no penetre en la capa de tungsteno y estropee sus cualidades de barrera de oro. Se subraya que esta técnica para mejorar la resistencia del contacto de silicio y metal no cambia necesariamente las características metalúrgicas básicas del sistema, aunque son corrientes los aumentos de adherencia de la película proporcionando la película delgada o película de depósito por vaporización súbita de aluminio o titanio, como recubrimiento previo. Puesto que los metales aluminio, titanio y tungsteno se oxidan fácilmente al aire, el sistema puede ser aplicado satisfactoriamente a partir de un equipo para depositar películas de fuentes múltiples, bien conocido en la industria, el cual permite efectuar sucesivamente los depósitos de los distintas capas metálicas sin romper el vacío del sistema. La ruptura del vacío entre los de-

379215



pósitos de las diferentes películas /en particular entre la película muy delgada de aluminio y la primera película de tungsteno/ da por resultado contactos de baja adherencia y/o de más alta resistencia.

5 Aunque las realizaciones y los procedimientos del presente invento se han orientado hacia circuitos integrados y hacia la aplicación de interconexiones de niveles múltiples a esos circuitos integrados, los procedimientos y estructuras descritos en lo que antecede
10 pueden tener otras aplicaciones, tales como en los campos de componentes individuales, de circuitos integrados híbridos, o en la fabricación de condensadores de película delgada, siempre que se desee proporcionar películas o capas alternadas de metal y material aislante eléctrico.
15

 Por ejemplo, en las Figuras 10 y 11 se ilustra un transistor de silicio N-P-N individual de acuerdo con el invento. La zona de base de tipo P y la zona de emisor de tipo N están difundidas en el sustrato 60 de colector de tipo N, terminando la unión de colector y base y la unión de base y emisor debajo de la capa aislante 61. Los contactos expandidos 62 y 63, constituidos por tungsteno 64 y oro 65, están provistos sobre el aislante 61 y adheridos a éste y en contacto óhmico con las zonas de base y de emisor del transistor,
20 como se ha descrito anteriormente. Debido a las ventajosas características de resistencia a la corrosión del contacto expandido de tungsteno, un dispositivo semiconductor tal como el ilustrado en las Figuras 10 y 11 es
25 especialmente adecuado para ser incorporado en un recin-
30

379215



to no hermético, tal como la encapsulación de plástico descrita en la solicitud de Patente para los EE.UU. en tramitación, número de Serie 331.006, titulada "Process

5 (Procedimiento para encapsular componentes electrónicos en plástico) presentada con fecha 16 de diciembre de 1963 por Birchler y otros, y cedida al cesionario de la presente solicitud de Patente.

10 Para los expertos en la técnica serán evidentes otras diversas modificaciones de los procedimientos y realizaciones descritos, sin desviarse del espíritu ni rebasar el alcance del invento, tal como queda de finido en las reivindicaciones de la Nota adjunta.

15 Esta solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el 4 de Marzo de 1968, con el número 715.462, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

REIVINDICACIONES

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 VEINTE años, son

379215



los siguientes:

1.- Un dispositivo semiconductor que comprende una película metálica que hace contacto óhmico con una parte de superficie semiconductor de dicho dispositivo semiconductor, estando dicha película compuesta de tungsteno.

2.- Un dispositivo semiconductor según la reivindicación 1, que incluye una película de metal de gran conductividad sobre al menos una parte de dicha película metálica.

3.- Un dispositivo semiconductor según la reivindicación 1, en que dicha película de gran conductividad es de oro.

4.- Un dispositivo semiconductor que comprende un sustrato semiconductor que tiene zonas primera y segunda de tipos de conductividades opuestas que forman entre ellas una unión P-N que termina en una superficie de dicho sustrato debajo de una capa aislante sobre dicha primera superficie, definiendo dicha capa aislante el agujero en la misma que expone una parte de dicha primera zona, una película metálica sobre dicha capa aislante y adherida a ella y que conecta óhmicamente con la parte expuesta de dicha primera zona, estando dicha película compuesta de tungsteno.

5.- Un dispositivo semiconductor según la reivindicación 4, que incluye una película de metal de gran conductividad sobre al menos una parte de dicha película metálica.

6.- Un dispositivo semiconductor según la reivindicación 5, en que dicho dispositivo semiconductor

379215

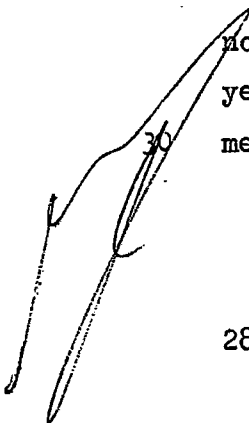


comprende un circuito semiconductor integrado que tiene una pluralidad de componentes de circuito adyacentes a dicha primera superficie de dicho sustrato, dicha capa aislante define una pluralidad de agujeros que exponen partes de contactos sobre dichos componentes de circuito, una de las cuales es dicha parte de dicha primera zona, y dicha película metálica define una pluralidad de tiras que conectan óhmicamente con dichas partes de contacto y conectan entre sí eléctricamente dichos componentes de circuito.

7.- Un dispositivo semiconductor según la reivindicación 4, en que dicho sustrato semiconductor es de silicio y dicha capa aislante es de óxido de silicio.

8.- Un dispositivo semiconductor encerrado no herméticamente, que comprende un sustrato semiconductor que tiene zonas primera y segunda de tipos de conductividades opuestas que forman entre ellas una unión P-N que termina en una superficie de dicho sustrato debajo de una capa aislante sobre dicha primera superficie, definiendo dicha capa aislante una abertura en la misma que expone una parte de dicha primera zona, una película metálica sobre dicha capa aislante y adherida a la misma y que conecta óhmicamente con la parte expuesta de dicha primera zona a través de dicha abertura, estando dicha película compuesta de tungsteno.

9.- Un dispositivo semiconductor encerrado no herméticamente, según la reivindicación 8, que incluye una película de metal de gran conductividad sobre al menos una parte de dicha película metálica.





10.- Un dispositivo semiconductor.

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.

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

Madrid, 30 ABR. 1950

P.A. Alberto de Elizburu
Por Poderes *Arta*

379215

28.4.70
JJV

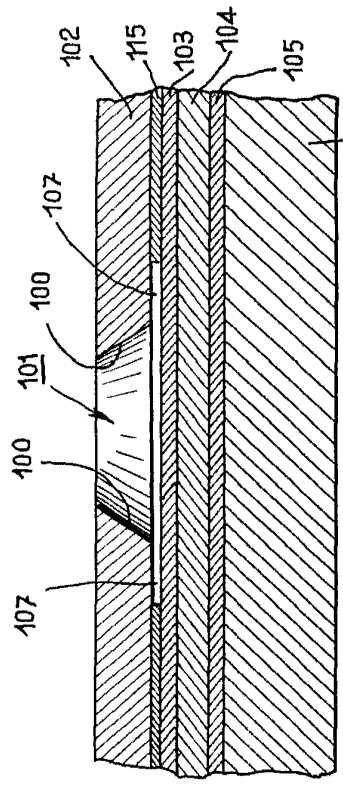


Fig:1

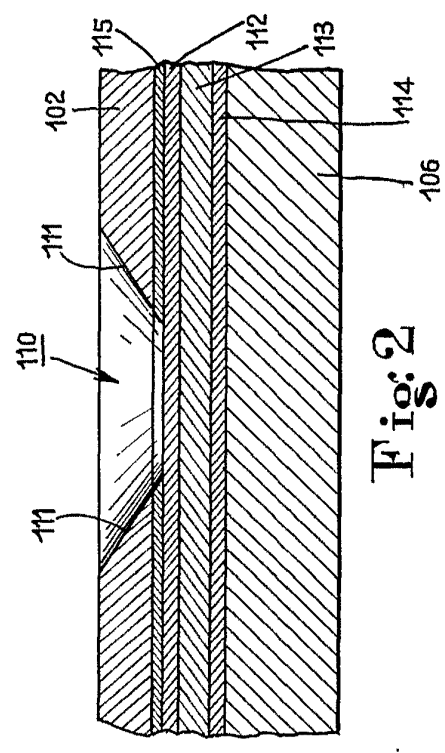


Fig:2

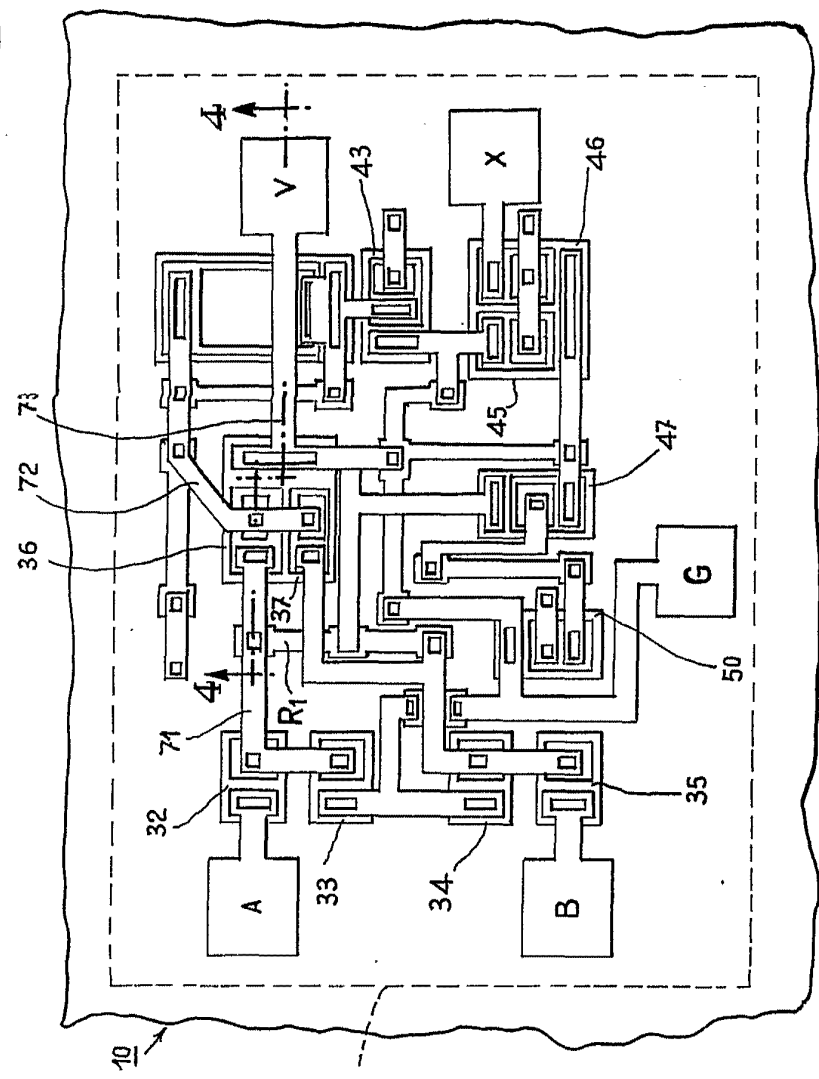


Fig:3

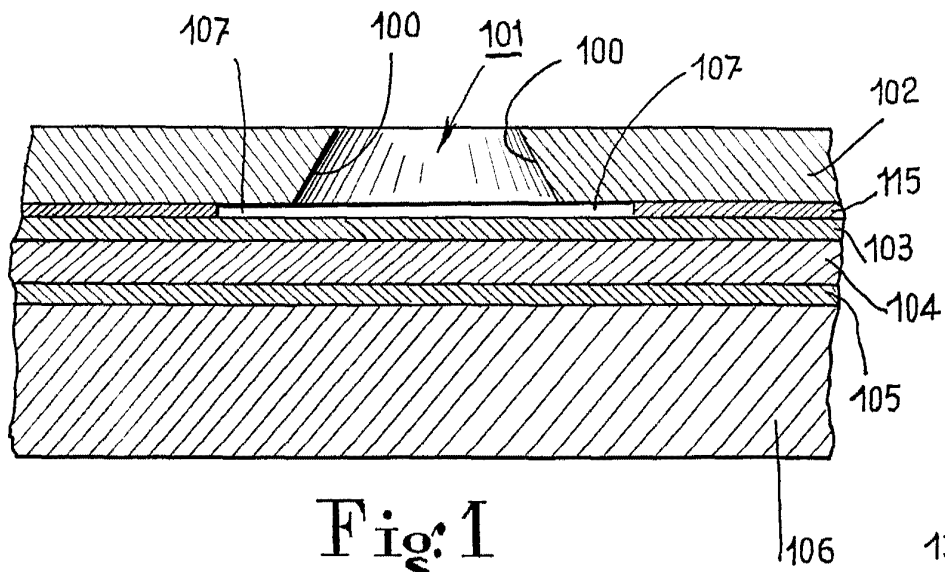


Fig: 1

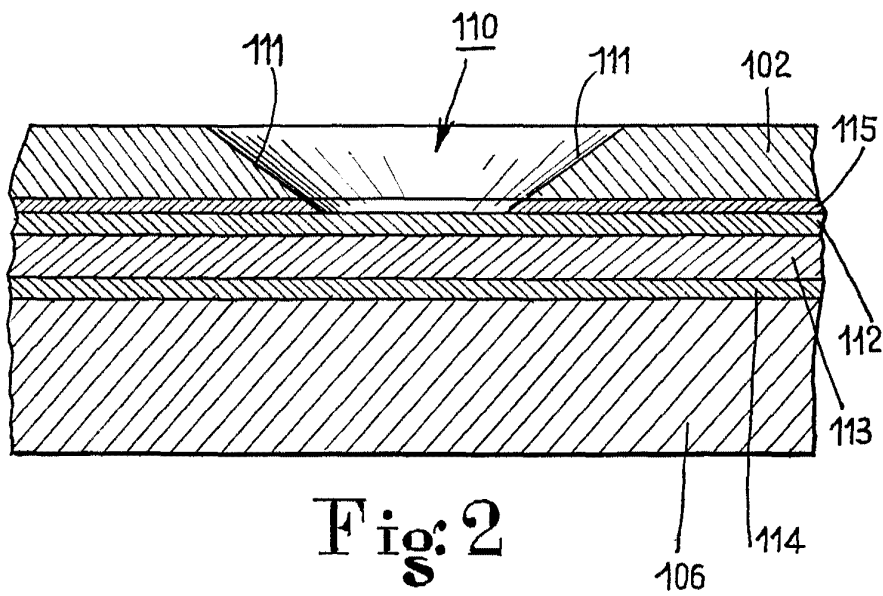
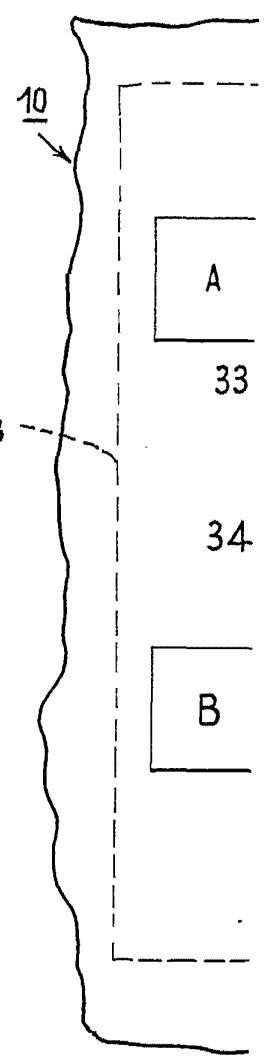
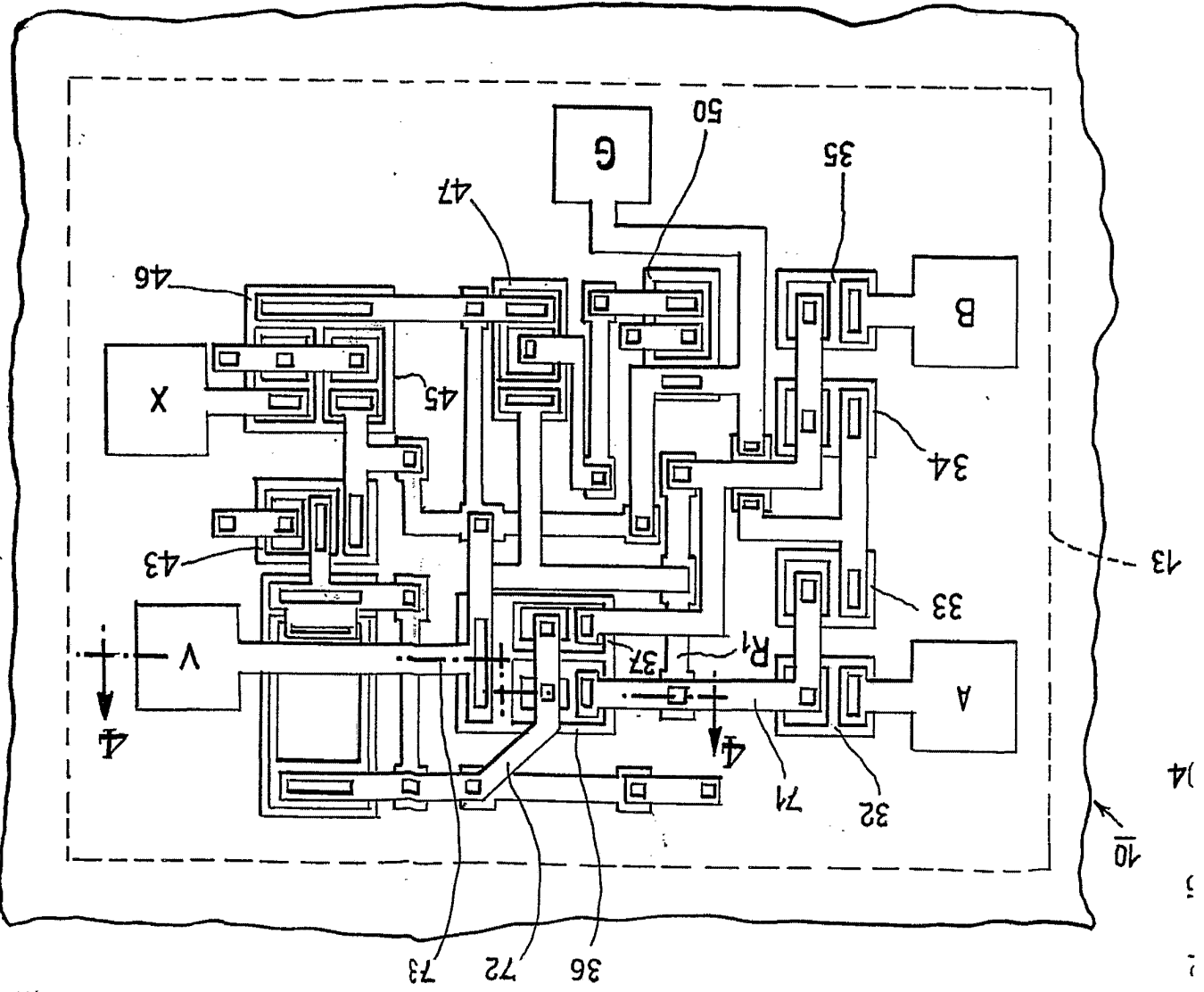


Fig: 2



ESCALA VARIABLE

Fig. 3



379215

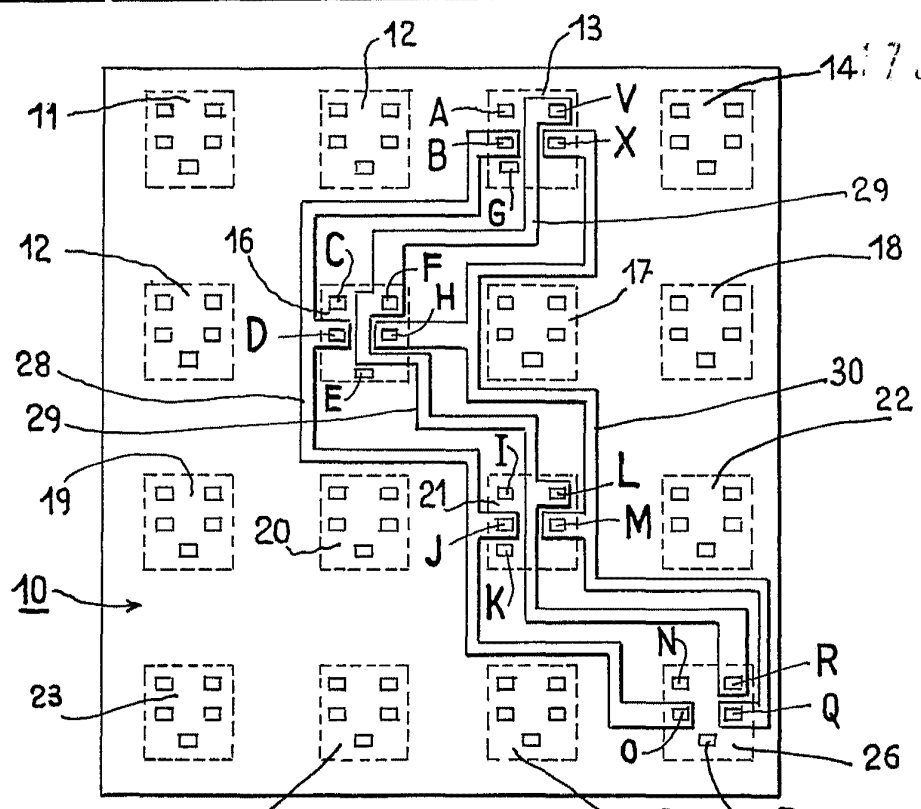


Fig:4

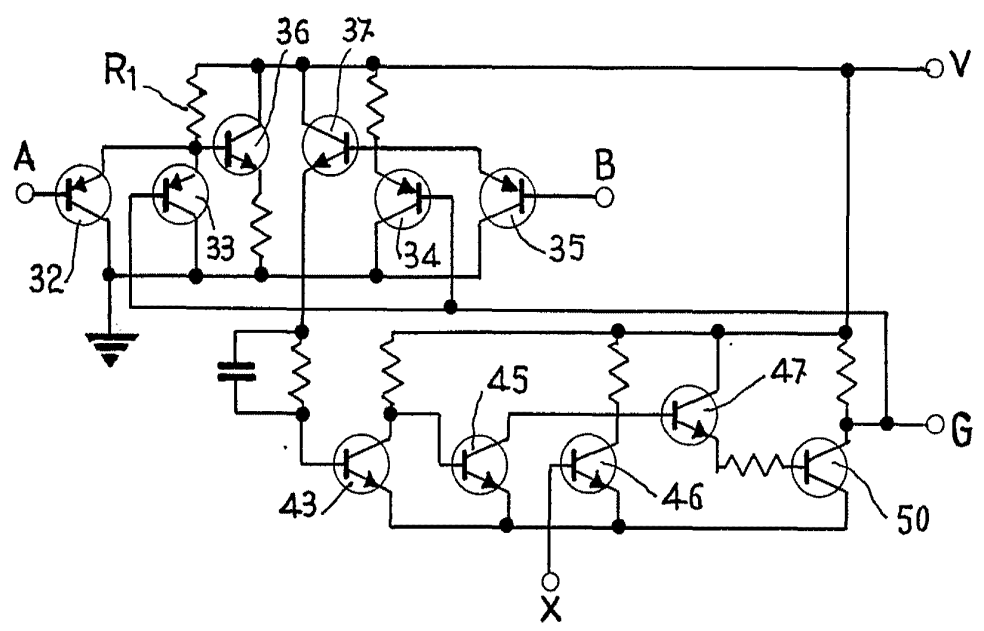


Fig:5

ESCALA VARIABLE

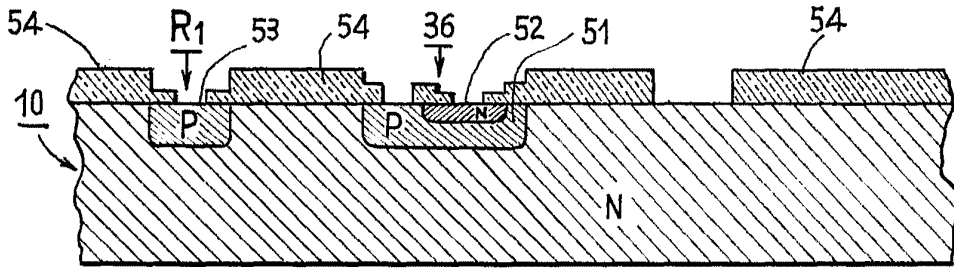


Fig. 6

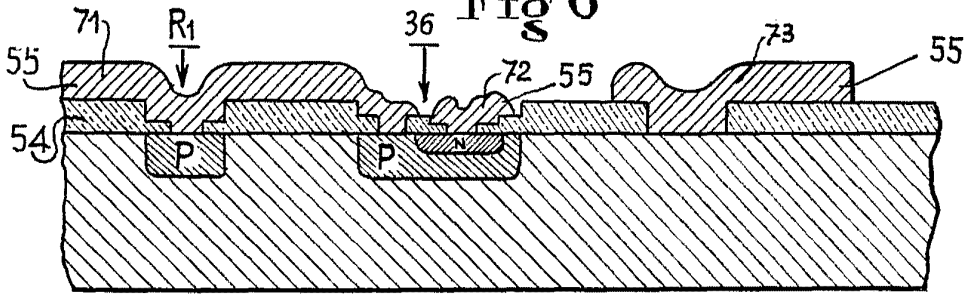


Fig. 7

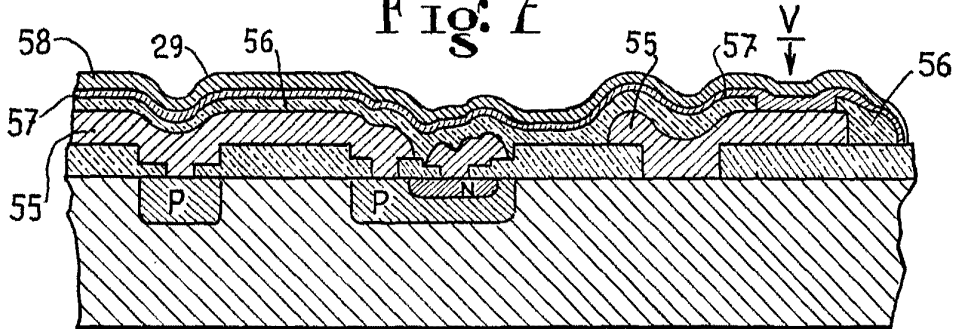


Fig. 8

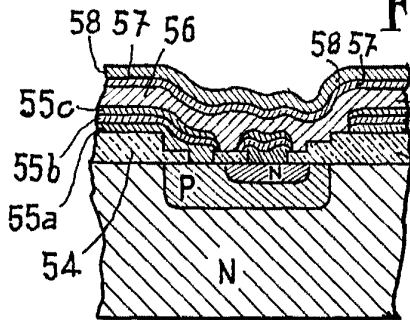


Fig. 9a

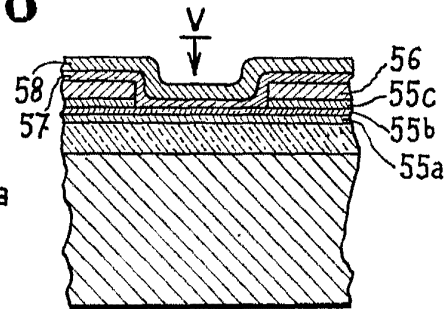


Fig. 9b

ESCALA VARIABLE

Fig. 9

379215

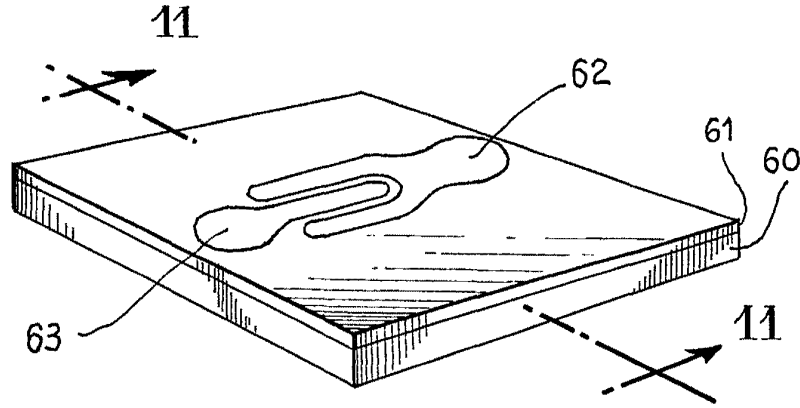


Fig:10

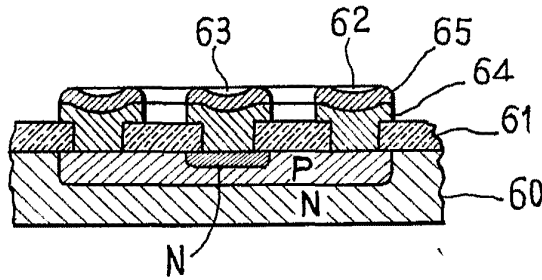


Fig:11

ESCALA VARIABLE