

15 ENE. 1969

P.-39.989

TI-2194 A Spain

360611



Memoria descriptiva

15 ENE 1969

SECRETARIA

DE ECONOMIA

CLASE H 01

CLASE L

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED

entidad / ~~de nacionalidad~~ norteamericana

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

por: "UN SISTEMA DE CONTACTO PARA UN DISPOSITIVO SEMI-CONDUCTOR" (Clase Internacional H01)



18 5 1969

Este invento se refiere a dispositivos semi-conductores y, más concretamente, a contactos óhmicos para transistores, circuitos integrados o similares, y a métodos para fabricar tales contactos.

5           Dentro del campo de los semiconductores, y en particular en el de los circuitos integrados, existe una tendencia constante hacia la fabricación de dispositivos de dimensiones cada vez menores. En consecuencia, los contactos óhmicos para las diversas regiones de estos dispositivos deben ser extremadamente pequeños, siendo tales  
10 contactos de ordinario tiras conductoras de película muy delgada de alrededor de 2,5 ó 5 micras, o menos, de anchura.

Debido al tamaño extremadamente pequeño de esas  
15 tiras conductoras de película delgada, es virtualmente imposible unir a las mismas alambres conductores exteriores, y por tanto se utiliza una disposición de contacto expandida, con lo que las tiras de película delgada que hacen contacto directo con el material semiconductor se extienden  
20 hacia fuera sobre una capa de óxido superpuesta a la superficie del semiconductor y terminan en zonas de unión agrandadas, a las cuales pueden ser unidos los conductores externos.

Tanto las tiras conductoras de película delgada que hacen contacto directamente con el material semiconductor, como los alambres conductores exteriores para el dispositivo particular, deben estar compuestos de materiales que tengan buenas propiedades químicas, eléctricas, térmicas y mecánicas. Aunque existen problemas en la  
25 fabricación de contactos eléctricos para todos los semi-  
30



conductores, la selección de material para las tiras de película delgada y los alambres es especialmente difícil cuando el material semiconductor es silicio, y el presente invento está dirigido principalmente hacia una disposición de contacto que es útil para dispositivos de silicio.

Los requisitos principales de las tiras conductoras de película delgada para un dispositivo de silicio son que aquellas estén formadas de un metal o de metales que presenten buena adherencia con el silicio y con el óxido de silicio. Además, el metal deberá proporcionar un contacto óhmico y de baja resistencia con la superficie semiconductoras de silicio. Por otra parte, si el metal usado es un donador o un aceptor del material semiconductor, debe tener una baja solubilidad, de modo que la tendencia a formar una unión pueda ser contrarrestada por fuerte impurificación del área de contacto.

Además, el metal de contacto expandido no deberá formar aleación con el material semiconductor a las temperaturas usadas para la unión de conductores al dispositivo o para el envasado de éste. La formación de tal aleación daría por resultado una penetración no deseable en las regiones semiconductoras de poca profundidad. Adicionalmente, el material de contacto no deberá tener un punto de fusión más alto que aquél al cual estará expuesto el dispositivo en los posteriores tratamientos y en funcionamiento. Asimismo, para cumplir el objetivo de emplear los métodos de fabricación más convenientes para fabricar dispositivos semiconductores, el material de contacto seleccionado deberá permitir el uso de la evaporación.



W 5

5 como técnica para efectuar el depósito, y el uso del fo-  
toenmascaramiento y del ataque químico para eliminar el  
material depositado en las zonas no deseadas, ya que ta-  
les técnicas son las más eficaces cuando se requieren pe-  
lículas muy delgadas.

10 Considerando ahora el material usado para los  
alambres conductores exteriores para los dispositivos se-  
miconductores, los que requisitos principales son los  
que debe ser de alta conductividad, debe poseer un eleva-  
do punto de fusión, ha de ser químicamente estable al ai-  
re y de que puedan ser fácilmente trabajados para facili-  
tar la manipulación y la unión, incluso con los diámetros  
súximamente pequeños asociados con los dispositivos tran-  
sistores de alta frecuencia y los circuitos integrados.

15 Se ha observado que la disposición con contac-  
to en que se utiliza aluminio para los conductores espan-  
didos de película delgada y las interconexiones, y oro  
para los alambres de conexión externos, es la más desea-  
ble. La dificultad de esta disposición es, sin embargo,  
20 que cuando se unen directamente alambres de oro a alumi-  
nio se forma un compuesto intermetálico de oro y alumi-  
nio. Este compuesto,  $AuAl_2$ , presenta un color púrpura y  
se designa corrientemente en la industria como "peste pú-  
pura". Cuando el oro y el aluminio están en contacto, se  
25 forma rápidamente  $AuAl_2$  a  $300^{\circ}C$ , que es una temperatura  
que casi siempre se rebasa al hacer conexiones para dis-  
positivos semiconductores o al encapsular éstos. Aunque  
el  $AuAl_2$  es bastante buen conductor, tiene muy malas pro-  
piedades mecánicas. Es frágil, y la confiabilidad del dis-  
30 positivo disminuye como resultado de su formación. A fin



de evitar la formación de  $AuAl_2$  se ha propuesto el aluminio para uso como alambre conductor. No obstante, puesto que el aluminio forma óxido de aluminio bastabte fácilmente cuando se expone al aire, no sería de desear. Además, la "peste" se formará dentro del envase del dispositivo en el terminal colector o electrodo de aleta, el cual se exige que esté recubierto de oro por la mayoría de los usuarios de los dispositivos semiconductores y, en particular, por los militares.

Además de los problemas antes mencionados y de las consideraciones asociadas con la selección de una estructura de contacto adecuada, hay otros requisitos. Es deseable, tanto para los circuitos integrados como para los dispositivos individuales, que esté cerrada herméticamente con una capa de vidrio cada unión individual, y en particular la unión de colector y base de los transistores. Ello plantea dificultades, sin embargo, debido en parte a las minúsculas dimensiones de las regiones semiconductoras, que hacen imposible la aplicación de contactos óhmicos por encima de la capa de vidrio que obtura las uniones. Por consiguiente, puesto que esos contactos no pueden ser aplicados por encima del vidrio que obtura herméticamente las uniones, han de ser aplicados debajo del mismo. Por consiguiente debe elegirse para tales contactos un metal que sea adecuado para hacer contacto óhmico, bajo vidrio, con las diversas regiones del dispositivo semiconductor.

Los contactos expandidos son destruidos por la aplicación directa de vidrio, incluso de un vidrio de baja temperatura de fusión, sobre los contactos. Después



de tal aplicación, el vidrio corroe el metal de contacto, lo que hace que se desprendan pequeños trozos del metal, y floten hasta la superficie superior de la capa de vidrio.

5 Se ha observado que cuando se aplica una capa de óxido de silicio entre la capa de vidrio y los contactos metálicos, los contactos no son destruidos. Además, en los circuitos integrados, debido a la multitud de componentes que han de ser interconectados para desempeñar la función de circuito deseada, es necesario proporcionar  
10 diversos niveles de interconexiones que han de ser aislados entre sí a fin de evitar cortocircuitos. El aislamiento de esos diversos niveles de interconexiones se efectúa depositando una capa de óxido de silicio entre los diversos niveles de interconexiones. Por consiguiente, el ma-  
15 terial usado para los contactos expandidos e interconexiones debe tener una buena adherencia con la capa de óxido de silicio y debe tener un coeficiente de dilatación térmica muy similar al de la capa de óxido de silicio.

Teniendo presentes los requisitos antes men-  
20 cionados, el objeto del presente invento es el de proporcionar contactos e interconexiones mejorados para dispositivos semiconductores, en particular transistores planos (planares) de silicio y circuitos integrados del tipo que tienen recubrimientos de óxido de silicio sobre  
25 los mismos. Más concretamente, el objeto es el de proporcionar una disposición de contacto de tipo de capas múltiples, o de emparedado, que forma una conexión óhmica y de baja resistencia eléctrica con el material de silicio, se adhiere bien a las superficies de silicio y de óxido  
30 de silicio, es de alta conductividad, no tiende a degradar



el dispositivo semiconductor por su presencia, tiene un coeficiente de dilatación térmica muy similar al de la capa aislante, usualmente de óxido de silicio, que separa los diversos niveles de interconexiones en un circuito integrado, que está además adyacente a la capa de vidrio que sirve para pasivar las uniones de los dispositivos semiconductores, y se presta de por sí a la utilización de técnicas convenientes, tales como la de evaporación metálica y enmascaramiento fotográfico, y a los procedimientos de ataque químico para su colocación. Otros objeto es proporcionar tal disposición de contacto en que se utiliza aluminio como el material de contacto para las regiones semiconductoras y oro para los conductores de conexión exteriores.

De acuerdo con estos objetos, el presente invento implica un sistema de contacto de cuatro capas que comprende una primera capa de aluminio evaporado, una segunda capa de níquel evaporado, una tercera capa de oro evaporado, seguidas de una cuarta capa de níquel no depositado electrolíticamente. La capa de película de aluminio delgada hace contacto directo con el material de silicio, proporcionando un contacto óhmico de resistencia muy baja (por el ser el cuarto de los mejores conductores), se adhiere bien al silicio y al óxido de silicio, y su alto punto de fusión ( $660^{\circ}\text{C}$ ) y su alta temperatura de formación de eutéctica con el silicio ( $577^{\circ}\text{C}$ ) permiten su uso a las temperaturas ordinarias de tratamiento y de funcionamiento, sin perjuicio para las características del dispositivo. La capa de níquel evaporado proporciona un aislamiento excelente entre la capa de alumi-



15

nio y la capa de oro, a fin de evitar la formación de la "peste púrpura". La capa de oro evaporado proporciona la superficie con la cual establecen conexión externa los conductores, también de oro. Se usa el oro debido a su excelente conductividad, a la facilidad con que puede ser depositado por evaporación, a que se presta muy bien a los procedimientos del ataque químico con foto-reserva, y a que es fácil de unir con un alambre de oro, no produciéndose efectos perjudiciales en la cara de unión entre el contacto y el alambre. No obstante, como se ha visto en lo que antecede, la mala adherencia del oro a la capa de óxido de silicio, así como la gran diferencia de coeficientes de dilatación térmica entre la capa de oro y la capa de óxido de silicio, requiere la formación de una cuarta capa de níquel depositado no electrolíticamente, entre la capa de oro y la de óxido de silicio. El níquel proporciona un coeficiente de dilatación térmica mucho más similar al del óxido de silicio que el del oro y, además, se adhiere al óxido de silicio mucho mejor que la capa de oro. Por consiguiente, el níquel depositado no electrolíticamente se sitúa encima de la capa de oro, proporcionando con ello un contacto expandido y una disposición de interconexiones de cuatro niveles, eliminándose únicamente la cuarta capa de níquel depositado no electrolíticamente en el área de las zonas de unión, para permitir la conexión de los alambres de oro a la capa de oro.

Las nuevas propiedades que se consideran características de este invento se exponen en las reivindicaciones de la Nota adjunta. El propio invento, sin embargo,



M 5

así como otros objetos, ventajas y características del mismo, pueden comprenderse mejor con referencia a la descripción detallada que sigue de realizaciones ilustrativas, consideradas juntamente con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La Figura 1 es una vista en planta de una oblea semiconductor que tiene un transistor de unión plano (planar) formado en la misma, con un recubrimiento de vidrio y óxido que pasiva la unión, y en que se utiliza la estructura de contacto del presente invento;

Las Figuras 2 y 3 son representaciones esquemáticas de cámaras de evaporación adecuadas para llevar a cabo el método de aplicación de la estructura de contacto de este invento;

La Figura 4 es una vista en planta, a escala muy ampliada, de una oblea semiconductor que contiene una pluralidad de elementos funcionales con un patrón de interconexiones de segundo nivel, definidas sobre ellos, para proporcionar una función de circuito de un circuito integrado;

La Figura 5 es un diagrama esquemático del circuito electrónico en uno de los elementos de la oblea ilustrada en la Figura 4;

La Figura 6 es una vista en planta, a escala muy ampliada, de la disposición de los componentes de circuito en uno de los elementos funcionales en la estructura de circuito integrado ilustrada en la Figura 4, ilustrándose en la vista en planta el primer nivel de interconexiones entre los diversos componentes del circuito;

y

M 5



La Figura 7 es una vista en corte de la oblea de la Figura 6, tomada a lo largo de la línea de sección 7 - 7 en la Figura 6, mostrando los dos niveles de interconexiones, y en que se ilustra el uso del sistema de contacto del presente invento.

Refiriéndonos ahora a la Figura 1, se ha representado en ella una oblea semiconductor 10 que tiene un transistor formado en la misma que comprende una región de emisor 11 de tipo N, una región de base 12 del tipo P y una capa de colector 13 del tipo N. Una capa 14 de muy baja resistividad proporciona un circuito de baja resistencia al contacto 15 de colector. El transistor se forma por técnicas usuales para los transistores planos, usando difusiones sucesivas con enmascaramiento de óxido de silicio. Este procedimiento deja un recubrimiento 16 de óxido de silicio en la superficie superior de la oblea, siendo más grueso el recubrimiento sobre la capa de colector 13 que sobre la región de base 12, quedando la configuración escalonada que se ve en la Figura 1. Para frecuencias altas, las dimensiones geométricas de las diversas regiones del transistor son sumamente pequeñas, siendo la región de emisor alargada 11 quizás de 2,5 a 5 micras de ancho y de menos de 25 micras de largo. La región de base 12 es de aproximadamente  $0,006 \text{ mm}^2$ . El par de agujeros 17 y 18 se proveen en la capa de óxido 16 por ataque químico, por ejemplo, para los contactos de base y de emisor, respectivamente. Debido al tamaño sumamente pequeño de las áreas de contacto reales de base y emisor ( de 2,5 ó 5 micras de anchura ), los contactos deben ser expandidos sobre la capa de óxido de silicio 16 por medio



de tiras o dedos estrechos, de aproximadamente 2,5 ó 5 micras, o menos, terminando las tiras en la zona de unión de base 19 y en la zona de unión de emisor 20. Las zonas 19 y 20 son suficientemente grandes para permitir la unión a las mismas de alambres de oro exteriores de 1,75 a 2,5 micras.

Como anteriormente se ha indicado, los contactos expandidos comprenden una estructura de emparedado de cuatro capas, una primera capa 21a y 21b de aluminio evaporado que hace contacto directo con las regiones de base y emisor, respectivamente; una segunda capa 22a y 22b de níquel evaporado que aísla la capa de aluminio 21a y 21b de una tercera capa de oro evaporado, 23a y 23b, y una cuarta capa de níquel depositado no electrolíticamente 24a y 24b que cubre a la capa de oro 23a y 23b. Una capa de óxido de silicio 25 cubre al contacto expandido de emparedado de cuatro capas, y una capa de vidrio 26 está situada centradamente para superponerse a las uniones del transistor a fin de pasivar dichas uniones. Como se describirá en lo que sigue, partes de la capa de óxido 25 y de la capa 24a y 24b de níquel depositado no electrolíticamente, son eliminadas en las zonas de contacto 19 y 20 para así exponer la capa de oro subyacente 23a y 23b sobre la cual son luego unidos los alambres de oro exteriores 28 y 29, respectivamente.

Se describe a continuación el método de proporcionar la estructura de contacto de cuatro capas del presente invento. El aparato usado para la evaporación de la capa de aluminio 21a y 21b, de la capa de níquel 22a-22b, y de la capa de oro 23a-23b incluye dos cámaras de evapo-



M 5

5 ración 30 y 40 representadas en las Figuras 2 y 3, respec-  
tivamente. La necesidad de dos cámaras de evaporación se  
debe al hecho de que la evaporación del aluminio se lle-  
va a cabo en una cámara separada de la que se utiliza en  
la operación de evaporación de oro, a fin de evitar la  
formación de la "peste púrpura". En consecuencia, se efec-  
túa primeramente la operación de evaporación de aluminio  
en la cámara 30, y luego se transfieren las rebanadas 10  
a la cámara de evaporación 40 para la evaporación de ní-  
quel y de oro. La cámara de evaporación 30 comprende una  
campana de vidrio 31 montada sobre una placa de base 32.  
Una abertura 33 en la placa de base está conectada a una  
bomba de vacío (no representada) para hacer el vacío en  
la cámara. Una plataforma 34 de cualquier material adecua-  
do, por ejemplo, de una hoja de aluminio, está situada  
encima de la placa de base 32 por medios no representados,  
y sirve como soporte de trabajo para una pluralidad de re-  
banadas de silicio 10, cada una de las cuales tiene for-  
mados en su cara superior en forma no dividida, docenas  
o centenares de los transistores de la clase indicada en  
en la Figura 1. Debajo de la plataforma 34 hay situado un  
grupo de tubos 36 de infrarrojos de cuarzo, sirviendo los  
tubos para calentar la plataforma y las rebanadas a cual-  
quier temperatura que se desee, en el margen general de  
200-400°C, y de preferencia a 275°C, y para mantener la  
temperatura de las rebanadas en el punto seleccionado,  
con un buen grado de precisión. Para este fin se ha pro-  
visto un control de temperatura adecuado, que incluye un  
termopar y una disposición de realimentación (no represen-  
tada). Aproximadamente a 10 cm por encima de la platafor-



ma 34 hay situada una bobina de tungsteno 37 para evaporar la carga de aluminio 38.

En la cámara 30 se hace el vacío hasta una presión de aproximadamente  $6 \times 10^{-6}$  mm de mercurio, y se excitan los tubos de infrarrojos 36 para llevar la temperatura de la plataforma 34 y de las rebanadas 10 hasta aproximadamente  $275^{\circ}\text{C}$ . Luego se excita el filamento de tungsteno 37, y entonces se deposita una película de aluminio 21a-21b (no representada en la Figura 2) desde la fuente de aluminio 38, con un espesor de quizás 50 a 75 milimicras, sobre toda la cara superior de cada rebanada 10, habiendo sido recortados los agujeros para los contactos de base y de emisor.

Las rebanadas 10 con la película de aluminio 21 sobre las mismas, son entonces transferidas tan rápidamente como sea posible a la cámara de evaporación 40, a fin de depositar la capa delgada de níquel 22a-22b, y luego la capa de oro 23a-23b. La transferencia entre la cámara de evaporación 30 y la cámara de evaporación 40 deberá ser efectuada tan rápidamente como sea posible debido a la tendencia a formarse sobre el aluminio una película de óxido de aluminio debido al oxígeno y a los residuos de agua que hay en la cámara 30.

La cámara de evaporación 40 (Figura 3) es similar a la cámara de evaporación 30, comprendiendo una campana de vidrio 41 montada sobre una placa de base 42, una abertura 43 en la placa de base para conexión con una bomba de vacío para hacer el vacío en la cámara, y una plataforma 44 (de acero inoxidable) que sirve como soporte de trabajo para la pluralidad de rebanadas de silicio 10.



Se aplica corriente al grupo de tubos de infrarrojos 46, a fin de calentar la plataforma 44 y las rebanadas 10 hasta aproximadamente 50 a 200°C, y preferiblemente a 100°C, y se excita luego un filamento de tungsteno 47 para evaporar una carga 48 de níquel sobre la rebanada 10 recubierta de aluminio, formándose la capa de níquel delgada 22a y 22b (no representada en la Figura 3). La capa de níquel evaporado 22a-22b se forma con un grueso de quizás 150 a 200 milimicras. Luego se aumenta ligeramente la corriente aplicada a los tubos de infrarrojos 46, de modo que la plataforma 44 y las rebanadas 10 se calienten hasta aproximadamente 100°C a 350°C, y preferiblemente a 150°C, y se excita luego el filamento de tungsteno 49 para evaporar una carga 50 de oro, formándose la capa delgada de oro 23a-23b (no representada en la Figura 3) hasta un grueso comprendido entre 450 y 550 milimicras, encima de la capa de níquel evaporado 22a-22b. A fin de asegurar buen contacto óhmico y buena adherencia mecánica, puede ser deseable someter la oblea 10 a un procedimiento de limpieza previa a la evaporación. Puede emplearse cualquier procedimiento usual.

Después de sacar la rebanada 10 de la cámara de evaporación 40, se eliminan las partes de exceso de los recubrimientos de aluminio, níquel y oro 21-23 sometiendo las rebanadas de silicio a un tratamiento selectivo de enmascaramiento con foto-reserva y de ataque químico. Se aplica a toda la superficie superior de la oblea o rebanada 10 un recubrimiento delgado de un polímero de foto-reserva, por ejemplo de producto KMER de la Eastman Kodak. Se expone el producto de foto-reserva a la luz ul-



travioleta a través de una cámara que permite que la luz llegue a las zonas en que ha de permanecer la película en tres capas, y se somete luego el producto de foto-reserva a la acción de una solución de fotorrevelado. El producto de foto-reserva no expuesto es eliminado por la solución de fotorrevelado, superponiéndose una capa de producto de foto-reserva, resistente al ataque químico, a la estructura metálica evaporada de tres capas que queda, en un patrón que corresponde al contacto de emisor expandido a y la zona de unión 20, y al contacto de base expandido y la zona de unión 19, como se ve en la Figura 1.

A continuación se somete la rebanada 10 a tres soluciones de ataque químico para eliminar las partes no deseadas de las capas de aluminio, de níquel y de oro. La capa de oro 23a-23b es atacada mediante una solución de cianuro, por ejemplo, a unos 70°C, durante aproximadamente 50 a 75 segundos. Una solución adecuada de ataque químico de cianuro es una solución acuosa de 60 gramos por litro de Metex Aurostrip, suministrada por la McDermid Incorporated de Waterbury, Connecticut. Las rebanadas son enjuagadas bien en agua después del ataque químico con cianuro, para evitar la formación de gas tóxico en el tratamiento siguiente. Después de la operación de ataque químico del oro, se elimina el exceso de níquel mediante otro producto de ataque químico adecuado, por ejemplo, una solución al 50% de ácido nítrico a unos 60°C, siendo aplicado el producto de ataque químico durante menos de 5 segundos. Luego se elimina el exceso de aluminio mediante todavía otra solución adecuada de ataque químico, tal como de 70 mililitros de ácido fosfórico, 15 mililitros de áci-



10 5 EN

do acético, 3 mililitros de ácido nítrico y 5 mililitros de agua desionizada. El tiempo de ataque químico es de aproximadamente 5 segundos a una temperatura de unos 50 a 70°C. La máscara de foto-reserva, resistente al ataque químico, que ha permanecido intacta durante las tres operaciones de ataque químico, se elimina ahora enjuagando en un disolvente tal como cloruro de metileno.

A continuación se describe el método de depositar la cuarta capa de la estructura de contacto del presente invento, la capa de níquel 24 depositada no electrolíticamente. La rebanada de silicio entera 10, con la estructura de tres capas evaporadas que acaba de describirse, se sumerge por completo en un baño adecuado de recubrimiento con níquel, por ejemplo, la solución de recubrimiento suministrada por la Enthone Inc., de New Haven Connecticut, conocida como Nickel 410A y 410B. Esa solución debe ajustarse a un valor de PH de aproximadamente 4.5, con hidróxido amónico. La temperatura de la solución de recubrimiento es de aproximadamente 95°C, y se obtiene una película metálica 24 de aproximadamente 125 milimicras de grueso sumergiéndola la oblea 10 en la solución durante aproximadamente 30 a 60 segundos. La ventaja de recubrir no electrolíticamente la cuarta capa 24 de níquel, frente a la de obtener esa capa por evaporación sobre la capa de oro 23, es que el níquel recubrirá solamente sobre la capa de oro 23, y por tanto se evita la necesidad de eliminar por ataque químico la parte no deseada del níquel, evitándose con ello una operación adicional, y evitándose también cualquier posible socavado de la segunda capa 22a 22b de níquel.



NO 5 F.F.

La siguiente operación en el procedimiento de fabricar el transistor como el ilustrado en la Figura 1, es la de proporcionar una capa 25 de óxido de silicio sobre la superficie superior de la oblea 10, que cubre por completo la estructura de contacto de cuatro capas. Esa capa de óxido de silicio puede ser depositada por técnicas de evaporación de haz electrónico, por ejemplo, o por cualquier otra técnica adecuada. Se forma entonces una capa de vidrio 26 encima de aquella parte de la capa de óxido 25 que cubre a las uniones del transistor, como se ha ilustrado en la Figura 1, para pasivar dichas uniones.

Mediante técnicas usuales de enmascaramiento fotográfico y de ataque químico se eliminan a continuación selectivamente parte de la capa de óxido de silicio 25 y de la capa 24 de níquel depositada no electrolíticamente, en las posiciones de zonas de unión 19 y 20 para exponer las áreas correspondientes de la capa de oro 23a y 23b. Para las operaciones de ataque químico es deseable aplicar primero fluoruro de hidrógeno tamponado ( $\text{NH}_4\text{F}/\text{HF}$ ) a fin de eliminar selectivamente la capa de óxido de silicio 25. El fluoruro de hidrógeno tamponado no afecta a la capa de níquel 24, y por consiguiente esa capa impide todo ataque químico de la capa de oro subyacente 23. A continuación se aplica una solución de ácido fosfórico que comprende 70 partes de ácido fosfórico, 15 partes de ácido acético, 3 partes de ácido nítrico y 5 partes de agua desionizada, para eliminar selectivamente la capa de níquel 24, y puesto que esa solución no afectará sustancialmente a las capas de oro 23a y 23b, éstas quedan expuestas.



M 5 EN

Luego se unen alambres de oro 28 y 29 por técnicas usuales a esas áreas expuestas 23a y 23b de la película de oro a fin de proporcionar conexiones óhmicas exteriores con la base y con el emisor, respectivamente. La estructura resultante se ha ilustrado en la Figura 1, en la que la estructura estratificada de cuatro capas comprende de las capas evaporadas de aluminio, de níquel y de oro, y la cuarta capa de níquel depositado no electrolíticamente, para los contactos expandidos delgados que terminan en las zonas de unión con los alambres de oro exteriores que hacen contacto directo con la capa de oro en las zonas de unión.

Se describe a continuación, con referencia a las Figuras 4 a 7 un dispositivo de circuito integrado en que se utiliza la estructura de contacto de capas múltiples de este invento. En la Figura 4 se ha ilustrado una barra u oblea 60 de material semiconductor, en este caso material semiconductor de silicio, que tiene gran número de elementos funcionales 61-76 sobre la misma. Aunque solamente se han ilustrado 16 de tales elementos funcionales, de ordinario se utilizan en número mucho mayor. Cada uno de los elementos funcionales 61-76 contiene un cierto número de transistores, resistencias, condensadores o similares, interconectados para formar el circuito eléctrico deseado. Por ejemplo, el elemento funcional 63 puede comprender el circuito tal como el ilustrado en la Figura 5. El circuito incluye los transistores P-N-P 82, 83, 84 y 85, y los transistores N-P-N 86, 87, 93, 95, 96, 97 y 100, y tiene tres terminales de entrada A, B y X, y un terminal de salida G. Estos, juntamente con el terminal



de alimentación de tensión V, corresponden a los cinco terminales que se ven en el elemento funcional 63 en la Figura 4. Los transistores y los demás componentes del circuito pueden ser formados dentro de la oblea semiconductora 60 por cualquiera de las técnicas conocidas en el campo de los circuitos integrados, tal como, por ejemplo, por operaciones de crecimiento epitaxial o de difusión. De ordinario, los transistores, las resistencias y los condensadores se forman por difusión, usando enmascaramiento de óxido, quedando el óxido en la superficie para proporcionar aislamiento entre la superficie del semiconductor y los contactos metálicos depositados posteriormente.

La Figura 6 ilustra una vista en planta, o esquema, a escala muy ampliada, del circuito ilustrado en la Figura 5 formado mediante técnicas de circuitos integrados en la oblea semiconductora 60. Ese circuito proporciona las características operantes del elemento funcional 63, por ejemplo. Es de observar que hay un gran número de interconexiones eléctricas de primer nivel que unen los diversos transistores entre sí, así como con los demás componentes del circuito representados en la Figura 5, y finalmente con los terminales A, B, V, X y G. Como se describirá a continuación, esas interconexiones de primer nivel están formadas de la estructura de contacto de cuatro capas del presente invento.

Refiriéndonos de nuevo a la Figura 4, debe observarse que la oblea semiconductora 60 contiene un gran número de elementos funcionales en una cara, conteniendo cada elemento cinco terminales, o mesetas, que represen-



tan sus entradas, la salida y la entrada de alimentación de corriente, formando parte los terminales de un circuito interior muy parecido al ilustrado esquemáticamente en la Figura 5, cuyo circuito proporciona las características operantes del elemento funcional.

Para los fines de esta realización, se desea producir un sistema que contenga cuatro de los dieciseis elementos funcionales 61, 76 debidamente interconectados. Como se ha representado en la Figura 4, por consiguene, los terminales B, D, J y O de los elementos funcionales 63, 66, 71 y 76 están conectados eléctricamente mediante el interconector 78; de un modo similar, los terminales V, F, L y R están conectados eléctricamente mediante el interconector 79, y los terminales X, H, M y Q están conectados eléctricamente mediante el interconector 80.

Admitiendo que cada elemento funcional incluye los componentes de circuito y las tiras de interconexión de primer nivel como en la Figura 6, se ve que el esquema de interconexión de segundo nivel de la Figura 4 debe superponerse necesariamente a parte del esquema de interconexiones metálicas de primer nivel dentro de los elementos funcionales. Por esta razón, y debido también al hecho de que las interconexiones entre los elementos funcionales se efectúan de preferencia en una operación independiente de aquella en la cual se forman las interconexiones dentro de un elemento, el esquema de la Figura 4 se forma en un segundo nivel separado del esquema de interconexiones de primer nivel por un material aislante, tal como óxido de silicio.

Esta disposición se ha ilustrado en la Figura



M 5 FNE

7, una vista en corte o parte de la oblea semiconductora 60 en el punto en que la interconexión 79 de segundo nivel, representada en la Figura 4, se aplica al terminal o meseta V del elemento funcional 63 que hay inmediatamente encima de uno de los transistores N-P-N 86. Se cortan los agujeros en la capa de óxido 94 encima del colector, de la base y del emisor respectivamente, y se proporciona la disposición de interconector expandida de cuatro capas de la manera descrita con referencia a las Figuras 1-4.

5 En consecuencia, los interconectores de primer nivel que hacen contacto con la capa de colector de tipo N, con la región de base de tipo P y con la región de emisor de tipo N, respectivamente, del transistor N-P-N, comprenden una primera capa 89 de aluminio evaporado, una segunda

15 capa 90 de níquel evaporado, una tercera capa 91 de oro evaporado, y una cuarta capa 92 de níquel depositado no electrolíticamente. Esos interconectores de primer nivel conectarán óhmicamente la región de colector del transistor 86 a la zona de unión V, y las regiones de emisor y

20 de base a las diversas regiones de los demás transistores y resistencias, por ejemplo. El interconector 79 de segundo nivel comprende una estructura estratificada de tres capas, siendo la primera capa 98 de níquel evaporado, siendo la segunda capa 99 de oro evaporado y siendo la tercera

25 capa 101 de níquel depositado no electrolíticamente. Una capa aislante 102, por ejemplo de óxido de silicio, formada por cualquier técnica adecuada, tal como por evaporación de haz de electrones, separa el interconector de colector de primer nivel del interconector 79 de segundo nivel. La interconexión 79 de segundo nivel hace con-

30

M 5 E



5      tacto con el interconector de colector de primer nivel en la zona de unión o terminal V, habiendo sido previamente eliminadas una parte de la capa de óxido de silicio 102 y la capa 92 de níquel depositada no electrolíticamente, por técnicas usuales de enmascaramiento y ataque químico, a fin de permitir que la capa 98 de níquel evaporado del interconector haga contacto físico con la capa de oro 91, adhiriéndose además bien la capa 99 de níquel evaporado a la capa 102 de óxido de silicio.

10            Aunque se ha descrito el invento con referencia a métodos y realizaciones específicas, debe entenderse que esa descripción no ha de ser considerada en un sentido limitador. Por ejemplo, pueden usarse varias fases de procedimiento en la fabricación de los transistores, de los circuitos integrados o similares, no descritas específicamente en lo que antecede. Como otro ejemplo, es de ordinario deseable, a fin de proporcionar buenos contactos de baja resistencia óhmica para el material semiconductor, impurificar las regiones del silicio en que la capa de aluminio ha de hacer contacto, con una gran concentración de impurezas, independientemente de que se use silicio de tipo N o silicio de tipo P.

20            Además, aunque se han descrito un dispositivo específico, un transistor de alta frecuencia y una estructura de circuito integrado específica, la estructura de contacto estratificada de cuatro capas del presente invento es útil para muchos tipos de dispositivos semiconductores y estructuras de circuito integrado tales como diodos, resistencias, condensadores de dieléctrico de óxido, dispositivos semiconductores de óxido metálico, etc.



115

5 Para los expertos en la técnica pueden resultar evidentes diversas modificaciones de las realizaciones descritas, así como otras realizaciones del invento, que no se desvían del espíritu ni rebasan el alcance del invento, tal como queda definido en las reivindicaciones de la Nota adjunta.

### REIVINDICACIONES

10 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 sistema de contacto para un dispositivo semiconductor, que comprende una oblea semiconductor que tiene regiones de conductividad de los tipos P y N que se extienden desde una primera superficie en dicha oblea, terminando, al menos, una unión P-N en dicha primera superficie, una capa de aislamiento en dicha primera superficie, al menos una abertura en dicha capa de aislamiento que expone, al menos, una de dichas regiones, una estructura de emparedado de capas conductoras electricamente que se adhieren a dicha capa de aislamiento y que se extienden en dicha, al menos, una abertura en contacto óhmico con dicha, al menos una de las regiones mencionadas, una capa intermedia en dicha estructura de emparedado compues-



M 5 ENE 1969

ta de oro, una segunda capa de aislamiento que cubre y se adhiere a dicha estructura de emparedado, al menos una abertura en dicha segunda capa de aislamiento, que expone una porción de dicha estructura de emparedado y una interconexión de segundo nivel, electricamente conductora, que cubre dicha segunda capa de aislamiento, óhmicamente conectada a dicha porción de la mencionada estructura de emparedado a través de dicha al menos una abertura en la mencionada segunda capa de aislamiento.

2.- Un sistema de contacto según la reivindicación 1, en el cual dicha interconexión de segundo nivel, conductora eléctricamente, está óhmicamente conectada directamente a una porción de dicha capa intermedia.

3.- Un sistema de contacto según la reivindicación 1, en el que dicha estructura de emparedado comprende una capa de níquel contigua a cada lado de dicha capa intermedia.

4.- Un sistema de contacto según la reivindicación 1, en el cual dicho contacto conductor electricamente está situado sobre y se adhiere a dicha segunda capa de aislamiento.

5.- Un sistema de contacto según la reivindicación 1, en el cual dicha interconexión de segundo nivel, conductora eléctricamente, comprende una capa metálica que se adhiere a dicha segunda capa de aislamiento y una capa que comprende oro sobre dicha capa metálica.

6.- Un sistema de contacto según la reivindicación 5, en el cual dicha capa metálica es níquel.

7.- Un sistema de contacto e interconexión para un circuito semiconductor del tipo que tiene una plu-

M 5 E



5 ralidad de componentes de circuito formados en él y que se extienden hasta una superficie de una oblea semiconductor, una capa de aislamiento sobre dicha superficie, teniendo dicha capa de aislamiento una pluralidad de aberturas que exponen una pluralidad de regiones de dichos  
10 componentes de circuito, al menos una interconexión entre dicha pluralidad de regiones, que comprende una estructura de emparedado de capas eléctricamente conductoras que se adhieren a dicha capa de aislamiento y que se extienden en dichas aberturas en contacto óhmico con las regiones mencionadas, una capa intermedia, en dicha estructura de emparedado, compuesta de oro, otra capa de aislamiento que cubre y se adhiere a dicha estructura de emparedado, al menos una abertura en dicha otra capa de aislamiento  
15 que expone una porción de dicha estructura de emparedado y, al menos, una interconexión de segundo nivel conductora electricamente que cubre dicha otra capa de aislamiento, conectada óhmicamente a dicha porción de la estructura de emparedado mencionada, a través de al menos, una  
20 abertura en dicha otra capa de aislamiento.

8.- Un sistema según la reivindicación 7, en el cual dicha interconexión de segundo nivel, conductora electricamente hace contacto óhmico directo con, al menos una porción de dicha capa intermedia compuesta de oro, de dicha estructura de emparedado.  
25

9.- Un sistema según la reivindicación 7, en el cual dicho contacto conductor electricamente está situado sobre y se adhiere a dicha otra capa de aislamiento.  
30

10.- Un sistema según la reivindicación 7, en



el cual dicha estructura de emparedado comprende una capa de níquel contigua a cada lado de dicha capa intermedia compuesta de oro.

5  
11.- Un sistema según la reivindicación 7, en el cual dicha interconexión de segundo nivel, conductora electricamente, comprende una capa metálica que se adhiere a la dicha otra capa de aislamiento y una capa que comprende oro sobre dicha capa metálica.

10  
12.- Un sistema de contacto según la reivindicación 11, en el cual dicha capa metálica está constituida por níquel.

15  
13.- Un sistema de contacto y conductores - para un dispositivo semiconductor del tipo que incluye una oblea de silicio que tiene una región adyacente a una primera cara de la misma con una unión P-N entre dicha región y otro silicio de la oblea, extendiéndose dicha unión a dicha primera cara por debajo de un recubrimiento de óxido de silicio, definiendo el recubrimiento una pequeña  
20  
abertura sobre dicha región, comprendiendo la disposición de contacto y conductores una primera capa de aluminio evaporado que se aplica a la superficie de dicha región en la abertura mencionada en el recubrimiento de óxido de silicio, extendiéndose dicha capa de aluminio hacia afuera desde dicha abertura sobre el mencionado recubrimien-  
25  
to de óxido de silicio, en contacto directo con el mismo, y sobre el borde de dicha unión a una posición espaciada de dicha región en la primera cara mencionada, una segunda capa de níquel evaporado que cubre dicha primera capa de aluminio evaporado, una tercera capa de oro evaporado  
30  
que cubre la mencionada segunda capa de níquel evaporado

27A



y una cuarta capa de níquel depositado no electrolíticamente, que cubre la mencionada tercera capa de oro evaporado.

5  
10  
14.- Un sistema de contacto óhmico para un dispositivo semiconductor del tipo que tiene, al menos, dos regiones del tipo de conductividad opuesto con una unión P-N entre ellos, comprendiendo dicha estructura una primera capa de aluminio en contacto con una de las mencionadas regiones, una segunda capa de níquel que cubre la mencionada primera capa, una tercera capa de oro que cubre dicha segunda capa y una cuarta capa de níquel que cubre la tercera capa mencionada.

15  
20  
25  
30  
15.- Un sistema de contacto óhmico para un dispositivo semiconductor en el cual una oblea de silicio tiene un recubrimiento de óxido de silicio sobre una cara de dicha oblea, que tiene una abertura en el mismo, una región de poca profundidad de un primer tipo de conductividad, junto a dicha primera capa, por debajo de dicha abertura, una unión P-N entre la mencionada región y porciones contiguas de dicha oblea, extendiéndose la citada unión hasta dicha primera cara, por debajo del recubrimiento de óxido de silicio, una primera capa de aluminio que se aplica a la superficie de dicha región de poca profundidad, a través de la abertura mencionada en el recubrimiento de óxido de silicio, extendiéndose dicha primera capa desde la mencionada abertura sobre el recubrimiento de óxido de silicio citado, en contacto directo con el mismo y sobre el borde de dicha unión para formar una zona de unión separada de dicha región en la citada primera cara, una segunda capa de níquel que cubre dicha primera capa, una tercera capa de oro que cu-

27



bre la citada segunda capa, un alambre de diámetro mayor que la dimensión más pequeña de dicha abertura unida a la capa de oro en una posición en dicha zona de unión, una cuarta capa de níquel que cubre la mencionada tercera capa de oro, excepto en la mencionada posición, y una capa de óxido que cubre la mencionada cuarta capa.

16.- Un sistema de contacto e interconexión para un circuito semiconductor del tipo que tiene una pluralidad de componentes de circuito formados dentro de un cuerpo de material semiconductor y, al menos un primero y un segundo niveles de interconexiones que conectan óhmicamente regiones seleccionadas de algunos de dichos componentes de circuito, comprendiendo dicho primer nivel de interconexión una primera capa de aluminio evaporado, una segunda capa de níquel evaporado que cubre la mencionada primera capa, una tercera capa de oro evaporado que cubre dicha segunda capa y una cuarta capa de níquel depositada no electrolíticamente, que cubre la citada tercera capa, comprendiendo dicho segundo nivel de interconexión una primera capa de níquel evaporado, una segunda capa de oro evaporado que cubre la mencionada primera capa, y una tercera capa de níquel depositado no electrolíticamente, que cubre dicha segunda capa, y una capa de aislamiento intermedia a dichos primero y segundo niveles.

17.- Un sistema de contacto e interconexión para un circuito semiconductor del tipo que comprende una pluralidad de componentes de circuito formados dentro de un cuerpo de material semiconductor y, al menos, un primero y segundo niveles de interconexiones que conectan óhmicamente regiones seleccionadas de algunos de



M 5 FMI

dichos componentes de circuito, comprendiendo dicho primer nivel de interconexión una primera capa de aluminio evaporado, una segunda capa de níquel evaporado que cubre dicha primera capa, una tercera capa de oro evaporado que cubre la mencionada segunda capa, y una cuarta capa de níquel depositado no electrolíticamente, que cubre dicha tercera capa, comprendiendo dicho segundo nivel de interconexión una primera capa de níquel evaporado, una segunda capa de oro evaporado que cubre la citada primera capa, una tercera capa de níquel no depositado electrolíticamente, que cubre dicha segunda capa, aplicándose una porción de la primera capa de la interconexión del segundo nivel a una porción de la tercera capa de la interconexión del primer nivel, y una capa de óxido de silicio intermedia a dichas interconexiones de primero y segundo niveles.

18.- Un sistema de contacto para 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.

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

Madrid,

P.A.

15 ENE. 1969

*Alberto de Elizalde*  
Alberto de Elizalde

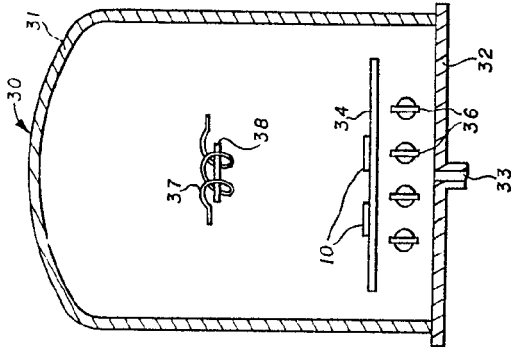


Fig. 2

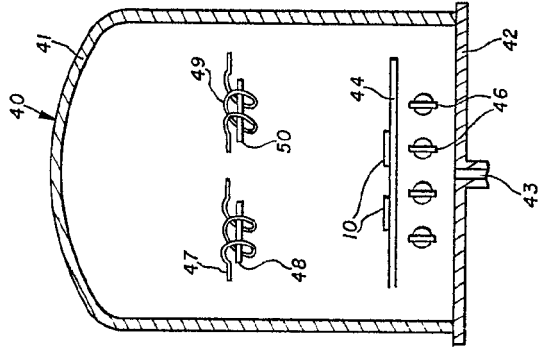


Fig. 3

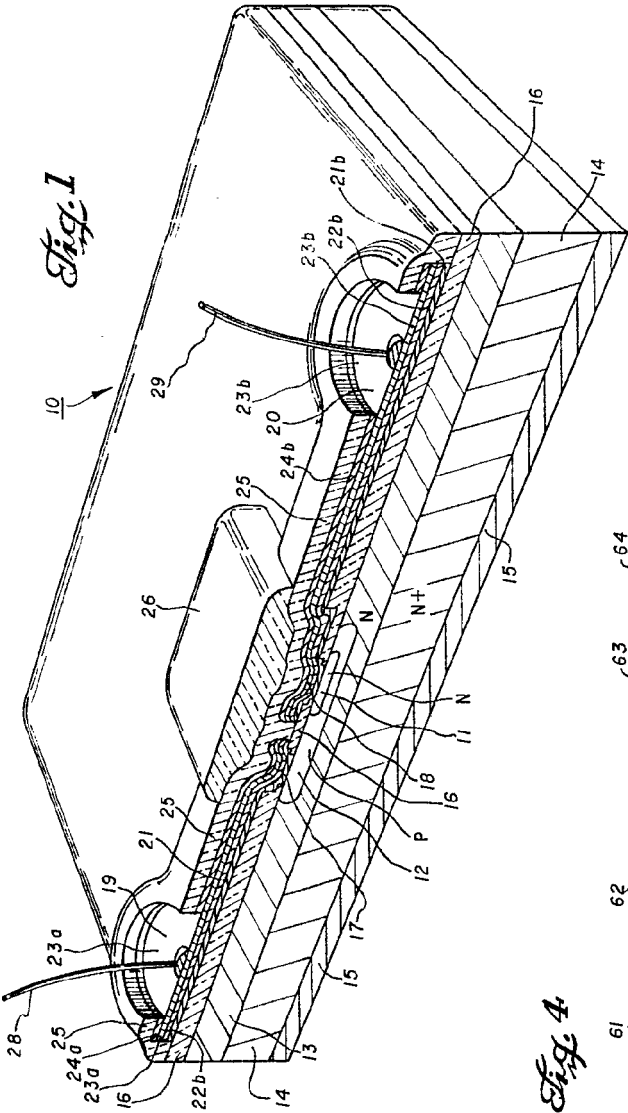


Fig. 1

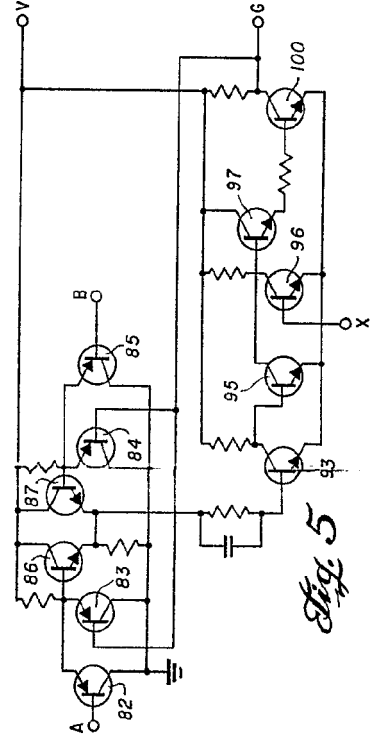


Fig. 5

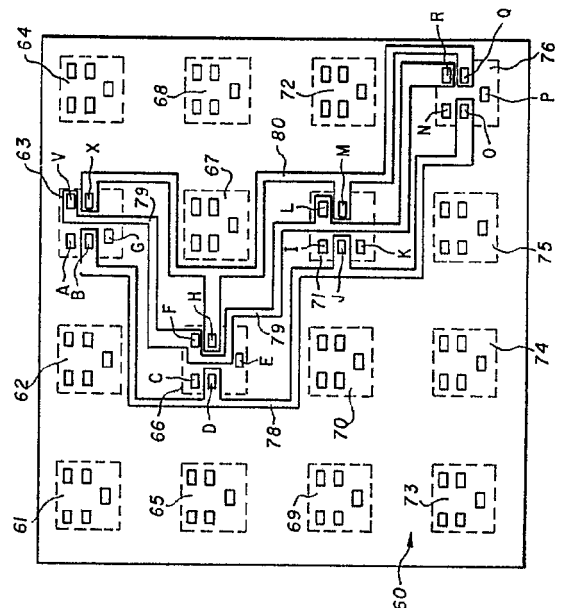


Fig. 4

Handwritten signature or initials in the top right corner.





Fig. 1

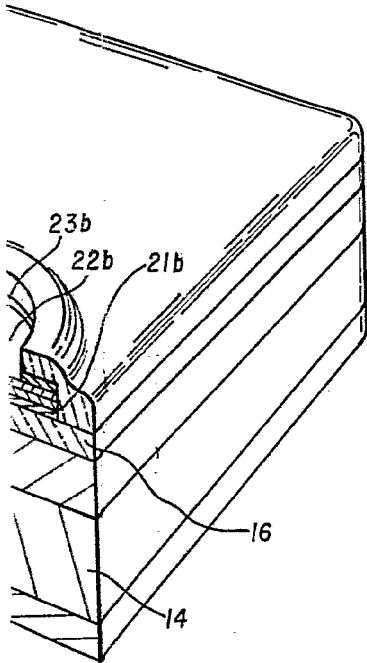


Fig. 2

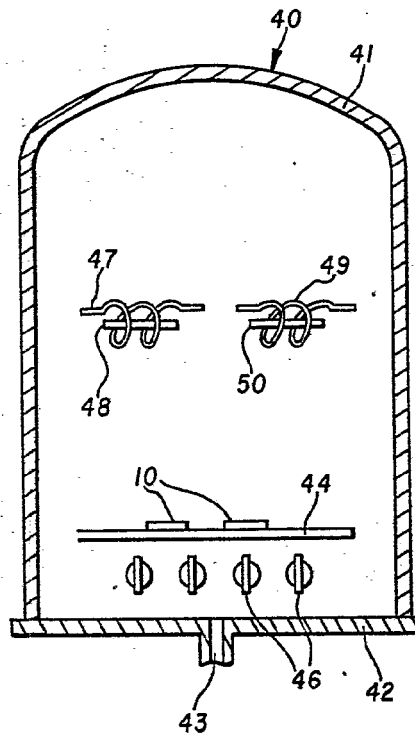
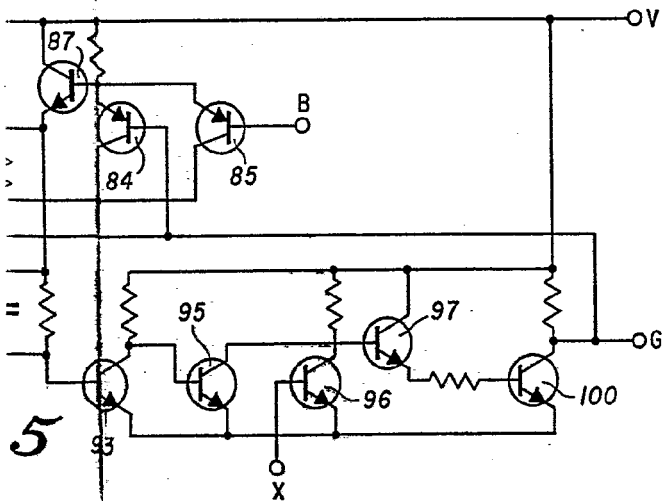
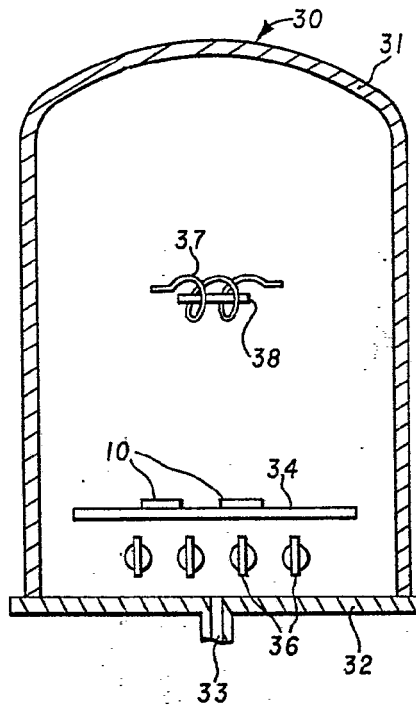


Fig. 3

Ateneo de Elzabur  
Esp. Pat.

*[Handwritten signature]*



360-611

15 FEB 1960

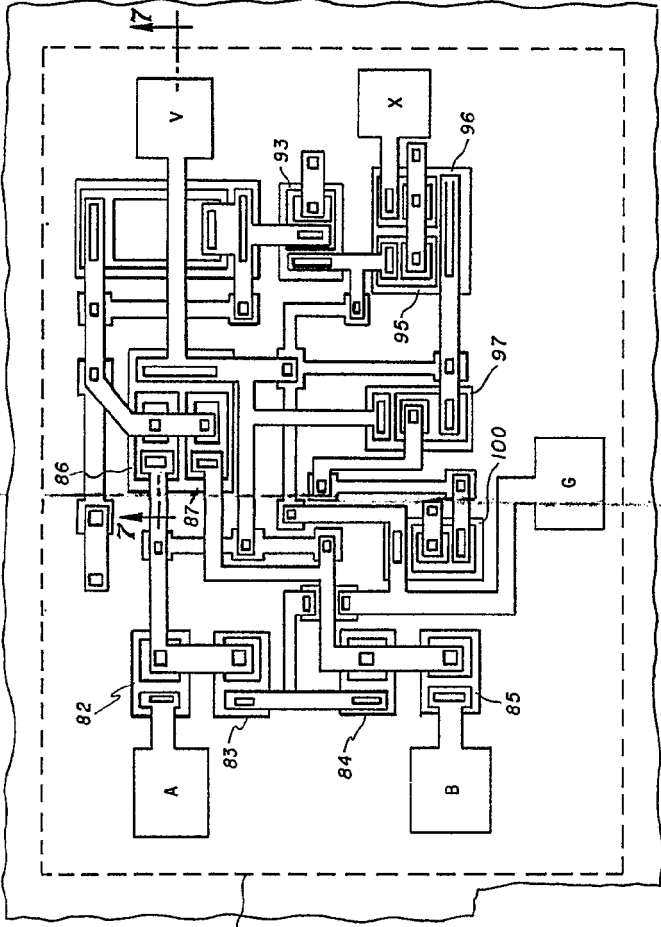


Fig. 6

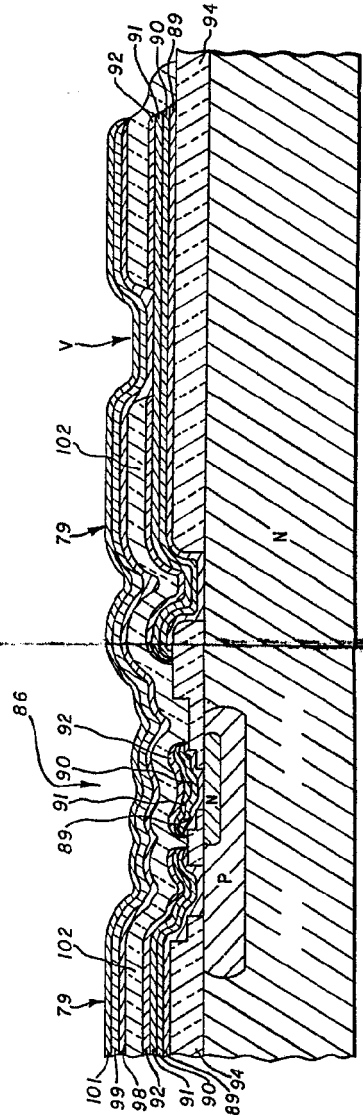
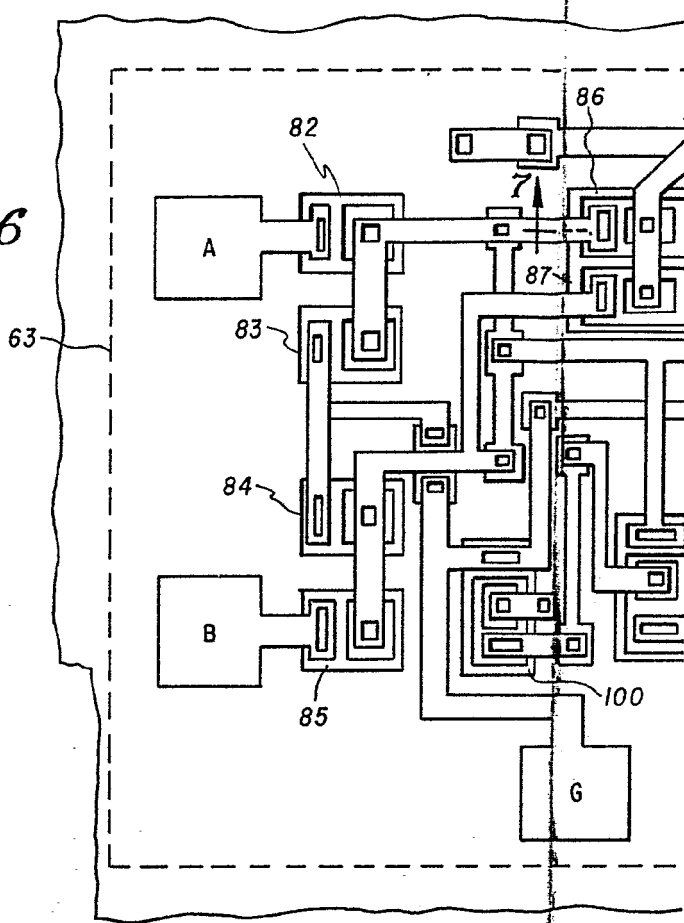


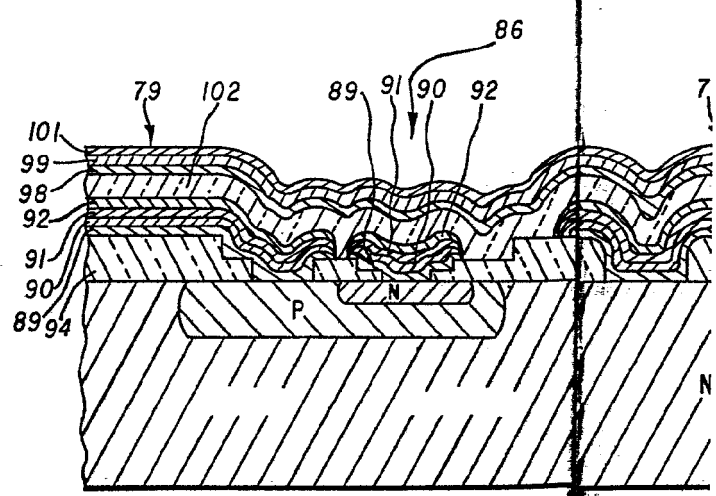
Fig. 7

*Handwritten signature or name in the bottom right corner.*

*Fig. 6*

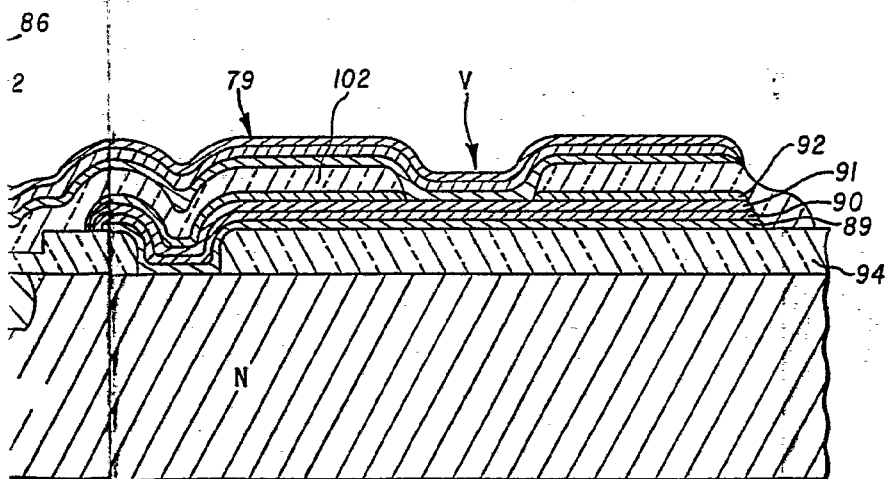
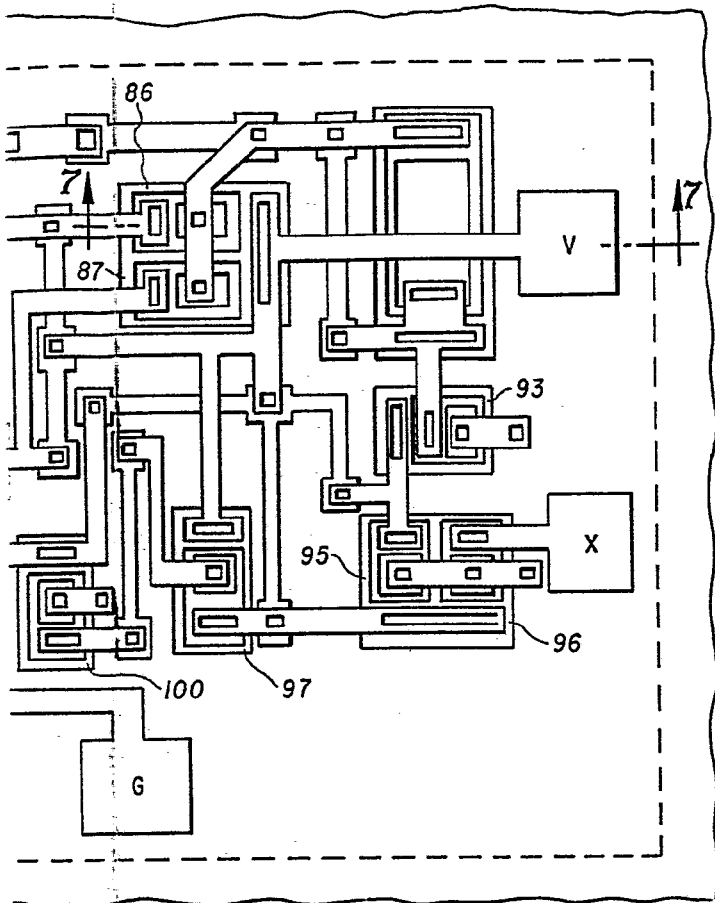
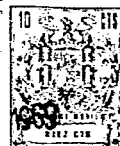


*Fig. 7*



360.611

15 ENL.



*Algebra de Ezzat*  
Río Piedra