

359304

**Memoria descriptiva**



**para solicitar PATENTE DE INVENCION**

**por 20 años**

**a nombre de TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED**

**entidad / ~~corporación~~ norteamericana**

**con domicilio en 13500 North Central Expressway, Dallas, Te-  
jas, Estados Unidos de América**

**por: "UN METODO DE FORMAR UNA CAPA AISLANTE COMPUESTA EN UN  
SUSTRATO" (Clase Internacional H05k H011 B32b). -**



La presente invención se refiere a semiconductores, especialmente del tipo monolítico de circuitos integrados, y más en particular a una capa aislante compuesta para sistemas de contacto a niveles múltiples.

5           La creciente demanda de la denominada microminiaturización se viene reflejando en el campo de la electrónica por el desarrollo de circuitos o agrupaciones de semiconductores integrados, de tal modo que en una sola rebanada de material semiconductor se forma una pluralidad de componentes de circuito activos y/o pasivos, cada uno de los cuales se conecta luego de una manera particular, en relación con los demás, para dar la función de circuito deseada. Por ejemplo, un dispositivo de circuitos integrados del tipo monolítico puede tener un número

10 de transistores y de elementos resistivos formados por difusión por debajo de una de las caras de una rebanada de material semiconductor (siendo un material adecuado - el silicio), una capa protectora, que suele ser de óxido de silicio, en la cara de la oblea, y sobre la capa protectora unas películas metálicas que interconectan las resistencias con diversas regiones de los transistores,

15 según un diseño de distribución o interconexión conveniente, a través de unas aberturas practicadas en la capa protectora. Ahora bien, la creciente complejidad de los circuitos ha dado por resultado un correspondiente aumento en la complejidad del diseño de contactos de interconexión. Por consiguiente, se ha hecho necesario formar

20 más de un nivel de interconexiones metálicas, lo que exige una separación o un aislamiento eléctrico adecuados entre los diversos niveles de contactos en los puntos de

25

30



5 cruce, y una conexión óhmica entre los diversos niveles a través de unas aberturas practicadas en las capas aislantes. Esto es así especialmente cuando en una sola rebanada de material semiconductor se forma una pluralidad de circuitos independientes, y se hace necesario interconectar los circuitos de acción cooperativa para dar una función de circuitos unitaria.

10 Los materiales de los cuales se vayan a hacer las películas metálicas y la capa o capas de aislamiento eléctrico deben, de por sí, presentar favorables propiedades químicas, eléctricas, térmicas y mecánicas, entre las que se incluye la compatibilidad mutua, para dar un sistema de interconexión adecuado de contactos a niveles múltiples. Por ejemplo, la película o películas metálicas del primer nivel han de dar un contacto óhmico de baja resistencia con el material semiconductor, y adherirse bien a la capa protectora dispuesta sobre la cara de la rebanada u oblea. Por otra parte, el material aislante entre niveles de películas metálicas ha de proporcionar un aislamiento eléctrico adecuado y estar esencialmente exento de perforaciones, para evitar la posibilidad de cortocircuito eléctrico entre niveles diferentes. Además, el sistema ha de fabricarse en su totalidad a base de metales y aislantes, que son materiales estructuralmente tenaces y duros, para que no cedan o se rompan durante la manipulación y las pruebas de las obleas o rebanadas; todos los materiales han de ser física y químicamente estables cuando estén sometidos a elevadas temperaturas, de modo que ninguno de ellos reaccione de manera in-  
25 conveniente con los demás ni con el sustrato semiconduc-  
30



tor; los metales y el medio aislante o separador han de adherirse fuertemente entre sí, y debe haber un buen contacto óhmico entre niveles, entre la película metálica - de uno de los niveles y la de otro nivel, en los puntos  
5 de cruce conductivos.

La invención trata de la acción y el recurso - de depositar unas capas primera y segunda de material -- aislante, de modo que dos capas del material tengan propiedades mecánicas y químicas diferentes. Se dan dos ---  
10 ejemplos: el primer ejemplo describe la formación de depósito de una primera capa de un vidrio sobre un sustrato semiconductor que tiene en su superficie unos contactos metálicos, formación que se efectúa por métodos usuales de bombardeo con radiofrecuencia. El vidrio depositado por bombardeo de radiofrecuencia tiene una adherencia  
15 excelente para con los contactos metálicos subyacentes; - está prácticamente exento de tensiones mecánicas; y se deposita en atmósfera de argón, de modo que no se oxiden - los contactos metálicos subyacentes que, por lo común, -  
20 comprenden molibdeno. En la capa de vidrio aplicada por bombardeo de radiofrecuencia se deposita una segunda capa, algo más gruesa, de óxido de silicio oxidativo, mediante la reacción del tetraetoxisilano  $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$  o el silano  $\text{SiH}_4$  con el oxígeno  $\text{O}_2$  a la presión atmosférica.  
25 La capa de óxido de silicio oxidativo tiene una excelente cobertura de bordes, ya que el óxido de silicio se deposita en los lados o costados de los contactos metálicos. Por consiguiente, mediante el empleo de dos capas depositadas por métodos diferentes se reducen al mínimo las des-  
30 ventajas de cada capa y se amplían al máximo las venta--



jas , hasta obtenerse una capa compuesta que posee excelentes propiedades para su uso en sistemas de contacto a niveles múltiples.

5 El segundo ejemplo implica la formación de depósito de una primera capa de óxido de silicio en un sustrato semiconductor que tiene en su superficie contactos metálicos, por métodos usuales de bombardeo con radiofrecuencia. El óxido depositado por bombardeo de radiofrecuencia tiene una adherencia excelente para con los contactos metálicos subyacentes; está prácticamente exento de tensiones mecánicas; y se deposita en atmósfera de -- argón, para que los contactos metálicos subyacentes, que por lo común constan de molibdeno, no se oxiden. En la --  
10 capa de óxido de silicio aplicada por bombardeo de radiofrecuencia se deposita una segunda capa, algo más gruesa, de óxido de silicio oxidativo, mediante la reacción del tetraetoxisilano  $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$  o el silano  $\text{SiH}_4$  con el oxígeno  $\text{O}_2$  a la presión atmosférica. La capa de óxido de silicio oxidativo tiene una excelente cobertura de bordes,  
15 ya que el óxido de silicio se deposita en los lados o -- costados de los contactos metálicos. Por consiguiente, -- mediante el empleo de dos capas de óxido de silicio depositadas por métodos diferentes se reducen al mínimo las desventajas de cada tipo de óxido de silicio y se amplían  
20 al máximo las ventajas de cada tipo de óxido de silicio, hasta obtenerse una capa compuesta que posee excelentes -- propiedades para su uso en sistemas de contacto a niveles múltiples.

30 Los rasgos constitutivos de novedad que se consideran característicos de la presente invención se expo-



nen en las reivindicaciones finales. Ahora bien, la inversión de por sí, así como otros objetos y ventajas de la misma, pueden comprenderse mejor por la siguiente descripción detallada, tomada en unión de los dibujos adjuntos, que son idénticos para cada uno de los ejemplos por existir diferencias tan sólo en los materiales efectivamente utilizados en las capas aislantes. En los dibujos:

5 - la figura 1 es una vista en planta, muy ampliada, que ilustra una disposición de elementos componentes de circuitos en un elemento funcional tipo de un circuito integrado en semiconductor;

10 - las figuras 2 a 4 inclusive son unos cortes representativos de una parte de la estructura de circuito integrado de la figura 1, tomadas las vistas por la traza 2-2 y que ilustran sucesivas etapas en la formación de un sistema de interconexiones a niveles múltiples, utilizando la capa aislante compuesta de la presente invención;

15 + la figura 5 es una ilustración gráfica, parcialmente en sección, de sólo los elementos más pertinentes de un aparato utilizado para aplicar por bombardeo de radiofrecuencia la capa de vidrio; y

20 - la figura 6 es una ilustración gráfica, parcialmente en sección, de sólo los elementos más pertinentes de un aparato para depositar una capa de óxido de silicio oxidativo formada a partir de la reacción de  $\text{SiH}_4$  y  $\text{O}_2$ .

25 Con referencia ahora a las figuras de los dibujos, en la figura 1 se representa un elemento funcional formado en un substrato 1 de material semiconductor -



(por ejemplo, de silicio). El elemento funcional 20 contiene el número necesario de componentes de circuito interconectados (tales como transistores, resistencias, condensadores o similares) para producir una función de circuito deseada. El circuito del elemento funcional 20 incluye los transistores 2, 3 y 4 y 5 de tipo PNP, y los transistores 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 de tipo NPN, los tres terminales de entrada A, B y X, y el terminal de salida G.

Los transistores y otros componentes de circuito se forman en o sobre el substrato semiconductor 1 por los métodos comúnmente conocidos en la técnica de los semiconductores (por ejemplo, por desarrollo epitaxial o por difusión). Así, mirando a la figura 2, se ilustra en ella en sección una parte de la estructura de circuito integrado de la figura 1, antes de la aplicación de cualquiera de las interconexiones metálicas. El transistor NPN 6 comprende un colector de tipo N formado por el substrato 1, la región de base 13 del tipo P obtenida por difusión, y la región de emisor 14, también difundida. La resistencia  $R_1$  viene proporcionada por la región difundida 15 de tipo P, formada simultáneamente con la región de base 13 del transistor. En la superficie del substrato se forma una capa de óxido de silicio 16 por cualquiera de los métodos usuales (por ejemplo, por desarrollo térmico o por formación de depósito pirolítico), que adquiere una configuración escalonada, tal como se ilustra en los dibujos, debido a las sucesivas operaciones de difusión. A continuación, en el recubrimiento 16 de óxido de silicio se practican unos agujeros o aberturas por don



de se vayan a efectuar luego unos contactos óhmicos de -  
interconexión entre los contactos metálicos de primer ni-  
vel y de segundo nivel.

Aun cuando en la industria electrónica de hoy  
5 en día se utiliza comúnmente un número de metales para -  
formar sistemas de contacto para dispositivos semiconduc-  
tores, se ha visto que una capa combinada de molibdeno-  
oro-molibdeno da mejores resultados, hasta hoy, que cual-  
quier otro metal de contacto u otra combinación de meta-  
10 les de contacto. El sistema de contacto de molibdeno-oro-  
-molibdeno se describe de modo más particular en una so-  
licitud de patente americana número 606.064, cedida al -  
cesionario de la presente solicitud. Por métodos usuales  
de evaporación o de bombardeo se deposita una delgada ca-  
15 pa de molibdeno, de unos 2.000 Ångstroms ( $2.000 \text{ \AA}$ ) de es-  
pesor, en la superficie de la capa de óxido 16 y en la -  
superficie del sustrato 1 que quedan al descubierto por  
los agujeros o aberturas de la capa 16. Sobre la capa de  
molibdeno se deposita entonces una capa de oro de unos -  
20  $8.000 \text{ \AA}$  de espesor, seguida por una segunda capa de unos  
 $2.000 \text{ \AA}$  de espesor de molibdeno depositada sobre la capa  
de oro, hasta formar una película metálica compuesta 2.  
Las tres capas de metal que componen la película metáli-  
ca compuesta no se han diferenciado en las figuras, para  
25 mayor claridad de la ilustración. Utilizando métodos usua-  
les de fotolitografía y grabado ya conocidos en la indus-  
tria, se quitan unas partes selectivas de la película me-  
tálica compuesta hasta obtenerse el diseño de distribución  
de primer nivel de contactos óhmicos e interconexiones 17,  
30 18 y 19, indicado en la figura 3. El contacto metálico -



18 conecta la resistencia  $R_1$  a la región de base 13 del -  
transistor 6. El contacto metálico 19 efectúa la conexión  
a la región de emisor 14 del transistor 6, y el contacto  
metálico 17 hace la conexión al colector, el substrato 1,  
5 del transistor 6.

En la industria electrónica se ha venido inves-  
tigando en busca de una mejor capa aislante, que cubriera  
mejoras las capas metálicas subyacentes, tales como los -  
primeros contactos metálicos 17, 18, y 19, hasta aislar -  
10 por completo los primeros contactos metálicos respecto de  
un segundo nivel de contactos metálicos, y poder hacer una  
buena conexión óhmica entre los dos niveles metálicos a -  
través de unos agujeros practicados en la capa aislante,  
mejor que con la capa aislante de óxido de silicio usual.

15 Una capa de material aislante depositada por --  
bombardeo de radiofrecuencia se caracteriza por una exce-  
lente adherencia para con los contactos metálicos y con -  
el óxido de silicio. Esta característica parece depender  
sólo débilmente de las condiciones de formación del depósi-  
20 to, tales como la temperatura del substrato, la presión -  
de argón y la densidad de potencia. Debido a tener poca -  
tensión mecánica, por consiguiente, pueden aplicarse ca-  
pas aislantes de espesores extraordinarios (por ejemplo,  
de muchas micras) sobre rebanadas de silicio, sin riesgo  
25 de desprendimiento. En comparación con los métodos de for-  
mación de depósitos a presiones elevadas, tales como el -  
método de óxido oxidativo, la cobertura del contacto metá-  
lico es relativamente escasa. La superficie superior del  
contacto metálico se cubre muy bien, pero las laterales -  
30 se dejan prácticamente sin cubrir, de manera que el espe-



5 sor de la capa depositada por bombardeo de radiofrecuen--  
cia debe ser mayor que el espesor del contacto metálico,  
para prevenir problemas de cortocircuitos en los cruces -  
aislados. Esta consideración de espesores parece ser cier  
ta para todos los procedimientos de formación de depósi--  
tos a baja presión, entre los que se incluye el bombardeo  
con radiofrecuencia.

10 Para efectuar un buen contacto óhmico entre una  
película metálica de segundo nivel y la película de pri--  
mer nivel con una capa aislante entre ambas, es preciso -  
practicar en la capa, mediante ataque químico al ácido o  
por acción corrosiva, un agujero. El ácido más comúnmente  
usado a este fin es el fluorhídrico. Ahora bien, la velo-  
15 cidad de ataque al ácido fluorhídrico de una capa aislan-  
te aplicada por bombardeo de radiofrecuencia es inversa--  
mente proporcional a la temperatura de depósito del subs-  
trato. La velocidad de ataque de la capa será gradual (rá-  
pida en el fondo y lenta en la superficie, si se deja ---  
aumentar gradualmente la temperatura del substrato de si-  
20 licio en el transcurso de la formación del depósito). Es-  
ta velocidad de ataque graduada produce una abertura de -  
paso o de contacto entre niveles que tiene un perfil en -  
retroceso, o de "fondo de campánula". Como la película me-  
tálica que forma parte de la interconexión de metal de se-  
25 gundo nivel no puede salvar o puentear este perfil inver-  
so, a menos que sea excesivamente gruesa hasta un punto -  
impracticable, en la interconexión de paso se obtiene un  
circuito abierto.

30 Mediante una estudiada absorción de calor en el  
substrato, que lo mantenga a una temperatura bastante cons



tante, es posible reducir al mínimo el efecto de densidad graduada. En la práctica, no obstante, se limitan las temperaturas a la gama aproximadamente comprendida entre la del ambiente y unos 300°C. Son difíciles de obtener temperaturas constantes próximas o superiores a los 300°C, debido a la falta de materiales adecuados para absorbedores de calor. Se obtiene una capa mejorada, de mayor densidad y baja velocidad de ataque, por ejemplo, si se deja calentar el substrato de modo natural, debido al plasma inducido, a unos 600°C. Como una discrepancia en la temperatura del substrato da lugar a efectos de ataque graduales o en escalones, la capa depositada por bombardeo de radiofrecuencia para una aplicación de niveles múltiples se forma con un espesor comprendido entre 30.000 Å y 60.000 Å, y se deposita a temperaturas constantes relativamente bajas. Si fuera posible depositar capas aislantes a temperaturas constantes más altas, podría lograrse una buena separación de cruce entre los metales de interconexión con capas más delgadas. Tampoco han tenido éxito los esfuerzos encaminados a formar cruces con capas de baja temperatura "más delgadas". El problema se complica además por el hecho de que las capas aislantes comprendidas en el intervalo de espesores que va aproximadamente desde los 30.000 Å a los 60.000 Å son difíciles de atacar sin que se produzcan problemas de rebajado o de socava.

Una capa de óxido de silicio producida por reacción, sea de  $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$  o de  $\text{SiH}_4$  con  $\text{O}_2$  se forma a la presión atmosférica, y tiene excelente cobertura de bordes de contacto metálico. En contraste con la capa aislante formada por bombardeo de radiofrecuencia, que princi--



palmente cubre la superficie de contacto que da al material a aplicar por bombardeo, la capa de óxido de silicio oxidativo cubre la totalidad de las superficies del contacto metálico con una densidad de perforaciones típicamente reducida. El procedimiento se lleva a cabo a temperaturas convenientemente bajas. La reacción del  $\text{SiH}_4$ , por ejemplo, tiene lugar a menos de  $350^\circ\text{C}$ . Ahora bien, la capa oxidativa resulta con tensiones mecánicas y presenta sólo una mediana adherencia para con el contacto metálico, propiedades ambas que impiden el uso de una capa de grosor mucho mayor de  $5.000 \text{ \AA}$  a causa de producirse efectos de agrietamiento y exfoliación. La capa de óxido de silicio oxidativo no se presta a servir de primera cobertura de un material oxidable tal como el molibdeno, ya que durante la formación de depósito del óxido de silicio hay presente una atmósfera altamente oxidante. Se produce una oxidación más bien extensa de la capa superior de molibdeno, en unión de cierto ataque de la capa de molibdeno inferior, ya que la capa interior de oro no cubre por completo la capa de molibdeno inferior. Se forman óxidos de molibdeno que sólo se pueden atacar parcialmente, o sólo con dificultad de manera completa, por métodos usuales de ataque al ácido, lo que complica la etapa de formación de agujeros de paso. Además, la formación de estos óxidos de molibdeno sólo con dificultades puede predecirse y reproducirse con precisión. Como se aplica a temperatura constante, la capa de óxido de silicio oxidativo no presenta efecto alguno de densidad graduada ni de velocidad de grabado variable, de manera que al formarse el agujero de paso, éste no presenta el perfil en fondo de campánula del de la capa aplicada por bombardeo con radiofrecuencia, sino que



tiene sus lados cóncavos.

Ejemplo I

En uno de los ejemplos de la invención se utiliza la combinación de una primera capa de vidrio que contiene óxido de silicio, aplicada por bombardeo de radiofrecuencia, y una segunda capa de óxido de silicio oxidativo, que forman una capa aislante compuesta dotada de las ventajas de las dos capas aislantes formadas por distintos métodos, pero sin ninguna de las desventajas de ambos individualmente utilizados. El tipo de vidrio para la primera capa no es crítico, con tal de que haya una gran proporción de óxido de silicio. Pueden emplearse con ventaja vidrios tales como el pyrex o los de borosilicato, de composiciones típicamente comprendidas dentro de los intervalos siguientes:  $\text{SiO}_2$  (70-85%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (2-6%),  $\text{B}_2\text{O}_3$  (10-14%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (0,5-7%), con pequeñas proporciones de calcio, bario y potasio. Estos intervalos de composición no se dan a título limitativo, sino sólo para ilustrar algunos vidrios tipo de gran contenido de óxido de silicio. La gama de variación de la composición de la capa de vidrio no es crítica para el presente invento.

La capa de vidrio aplicada por bombardeo de radiofrecuencia tiene la ventaja de presentar una excelente adherencia para con la capa metálica subyacente, y da lugar asimismo a una mayor adherencia entre la capa de óxido de silicio oxidativo y la capa de vidrio. La adherencia del vidrio aplicado por bombardeo de radiofrecuencia tanto al contacto metálico subyacente como a la capa de óxido de silicio oxidativo subyacente permite depositar una



capa de óxido de silicio oxidativo más gruesa de lo que hasta ahora ha sido posible. Como la capa de óxido de silicio oxidativo es el principal aislante eléctrico de la capa de aislamiento compuesta, debido a su aptitud y capacidad para recubrir uniformemente todas las superficies expuestas, sea cual fuere su pendiente, la formación de depósito de una capa de óxido de silicio oxidativo de mayor grosor, antes de que se desarrollen tensiones de agrietamiento por adherencia de la capa de vidrio, representa una contribución principal a la formación de capas aislantes con pocos defectos.

La mejor estabilidad mecánica de la capa de óxido oxidativo reduce asimismo la extensión de la degradación de la capa aislante compuesta durante la sucesiva formación de depósito de películas metálicas y de aislamiento para los dispositivos que necesiten más de dos niveles de interconexiones. Además, el vidrio depositado por bombardeo de radiofrecuencia tiende a la coalescencia al formarse el depósito, por tener una naturaleza menos refractaria que el óxido de silicio puro, lo que da por resultado que la capa sea más uniforme y más densa en todo el grosor de la primera capa aislante. Esta mayor uniformidad y densidad de la capa de vidrio resulta beneficiosa de dos importantes maneras. El vidrio se graba uniformemente en la formación de agujeros, de modo que el borde del contacto entre niveles tiene una pendiente normal, en lugar de la pendiente inversa que forma un agujero en "fondo de campánula". El vuelo o saliente del aislador, producido por la forma del agujero en "fondo de campánula", impide que se deposite un conductor continuo en-



tre niveles, a menos de utilizarse una capa metálica de -  
excesivo grosor. Lo mismo ocurre al utilizar aisladores -  
compuestos cuando la primera capa es de menor densidad --  
que la segunda. La velocidad de grabado correspondiente--  
5 mente superior para la primera capa que para la segunda -  
hace que la primera capa socave la segunda, formándose --  
así un vuelo o saliente de aislador, con la misma dificul-  
tad consiguiente para la formación de una capa metálica --  
continua. El problema no existe si la primera capa tiene -  
10 una densidad apreciablemente mayor que la segunda, como -  
sucede en el caso de utilizarse un vidrio depositado por  
bombardeo de radiofrecuencia para la primera capa y una -  
capa de óxido de silicio oxidativo como segunda capa.

Quando se utiliza un sistema conductor metálico  
15 compuesto, tal como el de molibdeno-oro-molibdeno, es con-  
veniente y deseable quitar la capa superior de molibdeno  
en los agujeros de paso del aislamiento con un segundo --  
agente de ataque (del molibdeno) a fin de indicar, dejan-  
do al descubierto el oro subyacente, que el aislamiento -  
20 ha quedado completamente abierto por el agente grabador -  
del mismo. Ahora bien, a veces surge un grave problema de-  
bido a que el agente de ataque del molibdeno invade la zo-  
na interfacial de óxido de silicio depositado por bombar-  
deo de radiofrecuencia. Esta invasión puede liberar o des-  
25 prender la capa aislante en una área lo bastante amplia --  
para ocasionar puntos débiles mecánicos, que den origen a  
problemas eléctricos. Entre el molibdeno y el vidrio apli-  
cado por bombardeo de radiofrecuencia no existe tal acción  
de ataque interfacial.

30 Para formar la primera capa 22 de vidrio por bom



bardeo con radiofrecuencia, indicada en la figura 4, se -  
coloca el substrato 1 de la figura 3 en un aparato usual  
30 de bombardeo con radiofrecuencia (figura 5). El subs--  
trato 1, en unión de un número de otros substratos, se --  
5 sostiene en un soporte 31 de substratos dentro del aparato  
30, colocándose una placa de bombardeo 32 en estrecha  
proximidad respecto a los substratos, con sus superficies  
principales paralelas a las superficies principales de -  
los substratos. La placa de bombardeo 32 tiene una capa  
10 33 de vidrio en una placa soporte metálica 34. La placa  
soporte metálica 34 y el soporte 31 de substratos están  
conectados eléctricamente a una fuente de suministro de  
energía de radiofrecuencia (no representada), exterior al  
aparato 30. El soporte 31 de substratos actúa también de  
15 evacuador térmico para absorber o quitar parte del calor  
producido en el substrato durante la operación de bombar  
deo con radiofrecuencia. A través de la abertura 35 se in  
troduce en el aparato 30 argón a una presión aproximada  
de 5 a 15 micras de columna de mercurio. Entre el soporte  
20 31 de substratos y la placa de bombardeo 32 se aplica ener  
gía de radiofrecuencia, a una frecuencia aproximada de --  
13 Mc/s, durante un tiempo suficiente (por ejemplo, de --  
unos 10 minutos) hasta formar en la superficie del subs--  
trato de silicio una capa de vidrio de un espesor aproxi  
25 mado de unos 1.000 Å a unos 3.000 Å, prefiriéndose como -  
espesor el de alrededor de 2.000 Å. Una vez obtenido un -  
espesor suficiente de vidrio, se corta la energía de ra--  
diofrecuencia y se detiene el paso de gas argón, para po  
der sacar los substratos del aparato 30.

30

Para formar la película 23 de óxido de silicio



oxidativo de la figura 4, se coloca el substrato 1, en -  
unión de otros substratos de silicio, en un aparato de -  
reacción o reactor 40 como el representado en la figura  
6. Aun cuando en la formación de la capa de óxido de si-  
5 licio oxidativo pueden usarse muchos métodos específicos,  
se describirá brevemente uno de ellos, del que se pueden  
obtener detalles más completos en la solicitud de patente  
americana número 606.177, cedida al cesionario de la pre-  
sente. La parte inferior del reactor es un recipiente de  
10 vidrio 41 de forma cilíndrica abierto por arriba y dotado  
de una pluralidad de entradas 42 uniformemente repartidas  
en torno al perímetro del recipiente de vidrio 41, y a --  
través de las cuales se deja pasar oxígeno. En la base del  
recipiente 41 hay una entrada adicional 43, a través de -  
15 la cual pasa el cuello de una cabeza cilíndrica de disper-  
sión 44.

La cabeza de dispersión 44 tiene una pluralidad  
de agujeros 45 que sirven para dejar pasar un caudal uni-  
forme de una mezcla de helio y silano. En la parte alta -  
20 del reactor va situado un vástago cilíndrico 46 de alumi-  
nio, fijado a una placa circular de aluminio 47 colocada  
dentro de la cámara superior 49. La placa 47 tiene una --  
serie de aberturas 48 sobre las cuales se colocan el subs-  
trato 1 y otros substratos. Por consiguiente, cuando a la  
25 cámara 49 se le aplique una depresión o acción de vacío -  
por la entrada 51, caerá la presión en las aberturas 48 de  
la placa 47. Por medio de esta caída de presión o pérdida  
de carga, se sujetan los substratos a la superficie de la  
placa 47 encima de cada una de las aberturas 48. Por enci-  
30 ma de la placa 47 hay una serie de calentadores 50 disper-



50 211.  
sos, para mantener al nivel deseado la temperatura de los substratos.

Durante el funcionamiento, se lleva de un depósito exterior (no representado) silano puro del tipo puesto en el mercado por Mathis & Co., East Rutherford, New Jersey, por ejemplo, a diluir con helio, que se usa como vehículo gaseoso. La mezcla de helio y silano se introduce en la cámara inferior 52 que contiene los substratos, a través de los agujeros 45 de la cabeza de dispersión 44. Simultáneamente con esto, se introduce oxígeno en la cámara por las entradas 42 uniformemente repartidas. Las corrientes de oxígeno y silano se dirigen a la cara inferior de los substratos calentados, de modo que el silano y el oxígeno, al llegar a los substratos, reaccionen entre sí haciendo que se deposite óxido de silicio en los substratos.

La velocidad de depósito del óxido de silicio en la cara inferior de los substratos está relacionada principalmente con el gasto o caudal de los gases y con la temperatura de los substratos, para un juego de dimensiones dado del reactor. Se ha observado, por ejemplo, que para una cámara 52 de reactor de 15,2 cm de altura y 11,4 cm. de diámetro, con un gasto de helio de unos 4,5 litros por minuto, un gasto de silano de unos 7 cc. por minuto y un gasto aproximado de oxígeno de 200 cc. por minuto, el óxido de silicio se deposita a razón de unos 300 Å a 500 Å por minuto.

Después de formado el grosor deseado de óxido de silicio oxidativo, se vuelven los substratos a la temperatura ambiente y se corta el paso del helio, el silano



y el oxígeno, dejando salir del aparato el substrato 1.

Para preparar el substrato 1 para el segundo -  
nivel de interconexiones, en la capa aislante compuesta  
22 y 23 se forman unas aberturas 25 (de las cuales sólo  
5 se representa una en la figura 4), por métodos usuales  
de fotolitografía y grabado. Se puede formar un segundo  
nivel de interconexiones metálicas partiendo de cualquier  
ra de los metales comúnmente usados en la industria de -  
hoy en día. Ahora bien, según se ha visto, la mejor com-  
10 binación de metal para la capa de interconexión final es  
dar una primera capa de molibdeno seguida por una capa -  
protectora final de oro. Después de depositadas la prima  
ra capa de molibdeno y la segunda capa de oro, por méto-  
dos usuales, en la superficie de la capa de óxido de si-  
15 licio 23, se atacan las dos capas metálicas por métodos  
fotolitográficos usuales, para formar la capa metálica su  
perior 24 de la figura 4. Para mayor claridad de la ilus-  
tración, no se han diferenciado las distintas capas de me  
tal de la capa metálica 24. En sistemas de circuitos muy  
20 complejos, donde se quieran tener más de dos niveles de -  
interconexiones metálicas, la segunda capa metálica 24, -  
en lugar de estar compuesta de molibdeno y oro puede com-  
ponerse de molibdeno-oro-molibdeno, lo mismo que el pri-  
mer nivel que comprendía los contactos metálicos 17, 18 y  
25 19.

#### Ejemplo II

En el segundo ejemplo de la invención, se utili  
za la combinación de una primera capa de óxido de silicio  
aplicado por bombardeo de radiofrecuencia y una segunda -



NO 4

capa de óxido de silicio oxidativo, formando una capa de  
óxido de silicio compuesta que tiene la ventaja de las --  
dos capas por separado, pero muy pocas de las desventajas  
de una y de otra. El espesor de la primera capa, aplicada  
5 por bombardeo con radiofrecuencia, se mantiene delgado, -  
de un grosor aproximado de 1.000 Å a 3.000 Å de espesor,  
de manera que el efecto gradual del ataque químico es pe-  
queño. La capa se adhiere bien a los contactos metálicos  
subyacentes, con muy poca tensión mecánica, de manera que  
10 la capa no se desprenderá ni exfoliará. La desventaja de  
deficiencia de cobertura de los bordes, de la capa de óxi-  
do de silicio aplicada por bombardeo de radiofrecuencia,  
es superada por la segunda capa, de óxido de silicio oxi-  
dativo. La capa de óxido de silicio oxidativo cubre las -  
15 superficies del contacto metálico que quedan al descubier-  
to después de formada la capa primera, por bombardeo de -  
radiofrecuencia. El grosor de la capa de óxido de silicio  
oxidativo se mantiene dentro de los límites aproximados -  
de 3.000 Å a 5.000 Å, de manera que tampoco se produce ex-  
20 foliación ni formación de escamas.

La segunda capa se adhiere bien a la anterior -  
de óxido de silicio depositado por bombardeo de radiofre-  
cuencia. Por consiguiente, mediante el uso de las dos ca-  
pas se obtiene como resultado una capa de óxido de sili-  
25 cio compuesta, que tiene buena adherencia para con los con-  
tactos metálicos y una excelente cobertura de los bordes -  
de los contactos. La capa compuesta no presenta tendencia  
a la exfoliación ni al agrietamiento, no tiene gradación o  
desigualdad de velocidad de ataque, ni ninguna de las des-  
30 ventajas de una sola capa de óxido de silicio formada por



uno u otro método.

Para formar la primera capa 22 de óxido de silicio depositado por bombardeo de radiofrecuencia, ilustrada en la figura 4, se coloca el substrato 1 de la figura 3 en un aparato usual 30 de bombardeo con radiofrecuencia, como el indicado en la figura 5. El substrato 1, en unión de un número de otros substratos, se sujeta en un soporte 31 de substratos dentro del aparato 30, y en estrecha proximidad con los substratos se coloca una placa de bombardeo 32 con sus superficies principales o mayores paralelas a las superficies principales o mayores de los substratos. La placa de bombardeo 32 tiene una capa 33 de óxido de silicio sobre una placa de soporte 34 metálica. La placa metálica de soporte 34 y el soporte 31 de substratos se conectan eléctricamente a una fuente de suministro de energía de radiofrecuencia (no representada) exterior al aparato 30. El soporte 31 de substratos actúa también de evacuador térmico para absorber o eliminar parte del calor producido en el substrato durante la operación de bombardeo con radiofrecuencia. En el aparato 30 se introduce, por la abertura 31, gas argón a una presión aproximada de 5 a 15 micras de columna de mercurio. Entre el soporte 31 de substratos y la placa de bombardeo 32 se aplica la energía de radiofrecuencia, a una frecuencia aproximada de 13 Mc/s, durante un tiempo suficiente (de unos 10 minutos, - por ejemplo), hasta formar en la superficie del substrato de silicio una capa de óxido de silicio de un espesor aproximado de unos 1.000 Å a unos 3.000 Å, prefiriéndose como espesor el de aproximadamente 2.000 Å. Una vez obtenido el espesor suficiente de óxido de silicio, se corta la ener--



gía de radiofrecuencia y se detiene el paso de gas argón,  
para poder sacar los substratos del aparato 30.

5 El método de formar la película 23 de óxido de silicio oxidativo en la figura 2 es igual al descrito para el ejemplo I.

Si bien la invención de la capa aislante compuesta se ha descrito en relación con los circuitos integrados de niveles múltiples, la capa de óxido compuesta se utiliza con ventaja como capa protectora final en dispositivos individuales.

10 Aun cuando se ha descrito con detalle la forma preferida de ejecución del presente invento, se entiende que pueden hacerse en ella diversos cambios, sustituciones y alteraciones, sin por ello apartarse del espíritu ni salirse del ámbito de la invención, definido por las reivindicaciones siguientes.

15 Esta solicitud, que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, con fecha 19 de Enero de 1968, bajo el número 699.168 y 699.169, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

#### N O T A

25 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:



1º. - Un método de formar una capa aislante com-  
puesta en un substrato, que comprende las etapas de (a)  
formar por un primer método una capa individual de mate-  
rial aislante sobre dicho substrato, dotada de unas pro-  
5 propiedades químicas y físicas concretas y especificadas, y  
(b) formar sobre dicha primera capa individual, y por ---  
otro método, otra capa individual de material aislante --  
que tiene esencialmente la misma composición que dicha --  
primera capa individual, pero diferentes propiedades quí-  
micas y físicas.

2º. - Un método de formar una capa aislante com-  
puesta en un substrato, mediante formación de capas indi-  
viduales de materiales que tienen esencialmente la misma  
composición, por métodos diferentes que hacen que cada ca-  
15 pa individual tenga distintas propiedades químicas y ffsi-  
cas, método que comprende las etapas de (a) formar una --  
primera capa individual de material aislante sobre dicho  
substrato, por bombardeo de radiofrecuencia, y (b) formar  
sobre dicha primera capa individual otra capa individual  
20 de material aislante, de esencialmente la misma composi-  
ción que dicha primera capa individual por reacción oxida-  
tiva de un compuesto de silicio y oxígeno.

3º. - El método de la reivindicación 2, en el  
que dicha primera capa individual y dicha otra capa indi-  
25 vidual de material aislante son de óxido de silicio.

4º. - Un método de formar un circuito de semicon-  
ductor integrado, del tipo que posee una pluralidad de --  
componentes de circuito localizados en un substrato semi-  
conductor, y tiene en una de las superficies de dicho --  
30 substrato una primera capa aislante dotada de aberturas -



que dejan al descubierto unas partes de dichos componentes de circuito, y en dicha primera capa aislante un primer sistema de interconexiones metálicas que efectúa conexión eléctrica con algunos, determinados, de dichos --  
5 componentes de circuito a través de dichas aberturas practicadas en dicha primera capa aislante, método que comprende las etapas de (a) formar por un primer método una capa individual de material aislante, en dicha primera capa aislante y en dicho sistema de contactos metálicos, teniendo dicha primera capa individual unas propiedades --  
10 químicas y físicas concretas y especificadas, y (b) formar sobre dicha primera capa individual y por otro método -- otra capa individual de material aislante que tiene esencialmente la misma composición que dicha primera capa individual, pero diferentes propiedades químicas y físicas.  
15

5º. - El método de la reivindicación 4, en el que dicha primera capa individual se forma por bombardeo de radiofrecuencia, y dicha otra capa individual se forma por reacción oxidativa de un compuesto de silicio y oxígeno.  
20

6º. - El método de la reivindicación 4, en el que dicha primera capa individual y dicha otra capa individual de material aislante son de óxido de silicio.

7º. - El método de la reivindicación 4, que incluye la etapa de formar, sobre dicha otra capa individual de material aislante, un segundo sistema de interconexiones metálicas que hace contacto eléctrico con dicho primer sistema de interconexiones metálicas por medio de unas aberturas practicadas en dicha primera capa individual y  
25  
30 en dicha otra capa individual.



8°. - Un método de formar una capa aislante com-  
puesta en un sustrato, método que comprende las etapas -  
de (a) formar en dicho sustrato por un primer método una  
capa individual de vidrio que contiene óxido de silicio,  
5 dotada de propiedades químicas y físicas concretas y es-  
pecificadas, y (b) formar en dicha capa de vidrio, y por  
otro método, una capa de óxido de silicio que tiene pro-  
piedades químicas y físicas distintas a las de dicha ca-  
pa de vidrio.

10 9°. - Un método de formar una capa aislante com-  
puesta en un sustrato, mediante formación de capas indi-  
viduales de materiales que tienen esencialmente la misma  
composición, por métodos diferentes que hacen que cada -  
capa individual tenga distintas propiedades químicas y -  
15 físicas, método que comprende las etapas de (a) formar -  
en dicho sustrato y por bombardeo de radiofrecuencia una  
capa de vidrio que contiene óxido de silicio, y (b) for-  
mar en dicha capa de vidrio una capa de óxido de silicio  
mediante reacción oxidativa de un compuesto de silicio y  
20 oxígeno.

10°. - Un método de formar un circuito de semi-  
conductor integrado, del tipo que posee una pluralidad de  
componentes de circuito localizados en un sustrato semi-  
conductor, en una de las superficies de dicho sustrato y  
25 tiene una primera capa aislante dotada de aberturas que -  
dejan al descubierto unas partes de dichos componentes de  
circuito, y en dicha primera capa aislante un primer sis-  
tema de interconexiones metálicas que efectúa conexión --  
eléctrica con algunos, determinados, de dichos componentes  
30 de circuito a través de dichas aberturas practicadas en -



dicha primera capa aislante, método que comprende las --  
etapas de (a) formar por un primer método una capa de vi-  
drio que contiene óxido de silicio, en dicha primera ca-  
pa aislante y en dicho sistema de contactos metálicos, -  
5 teniendo dicha capa de vidrio unas propiedades químicas  
y físicas concretas y especificadas, y (b) formar en di-  
cha capa de vidrio y por otro método una capa de óxido -  
de silicio que tiene propiedades químicas y físicas dife-  
rentes a las de dicha capa de vidrio.

10 11º. - El método de la reivindicación 10, en el  
que dicha capa de vidrio se forma por bombardeo de radio-  
frecuencia, y dicha capa de óxido de silicio se forma --  
por reacción oxidativa de un compuesto de silicio y oxí-  
geno.

15 12º. - El método de la reivindicación 10, que  
incluye la etapa de formar, sobre dicha capa de óxido de  
silicio, un segundo sistema de interconexiones metálicas  
que hace contacto eléctrico con dicho primer sistema de  
interconexiones metálicas por medio de unas aberturas --  
20 practicadas en dicha capa de vidrio y en dicha capa de -  
óxido de silicio.

13º. - Un método de formar una capa aislante -  
compuesta en un sustrato.

25 Tal y como se ha descrito en la Memoria que an-  
tecede, representado en los dibujos que se acompañan y -  
con los fines que se han especificado.

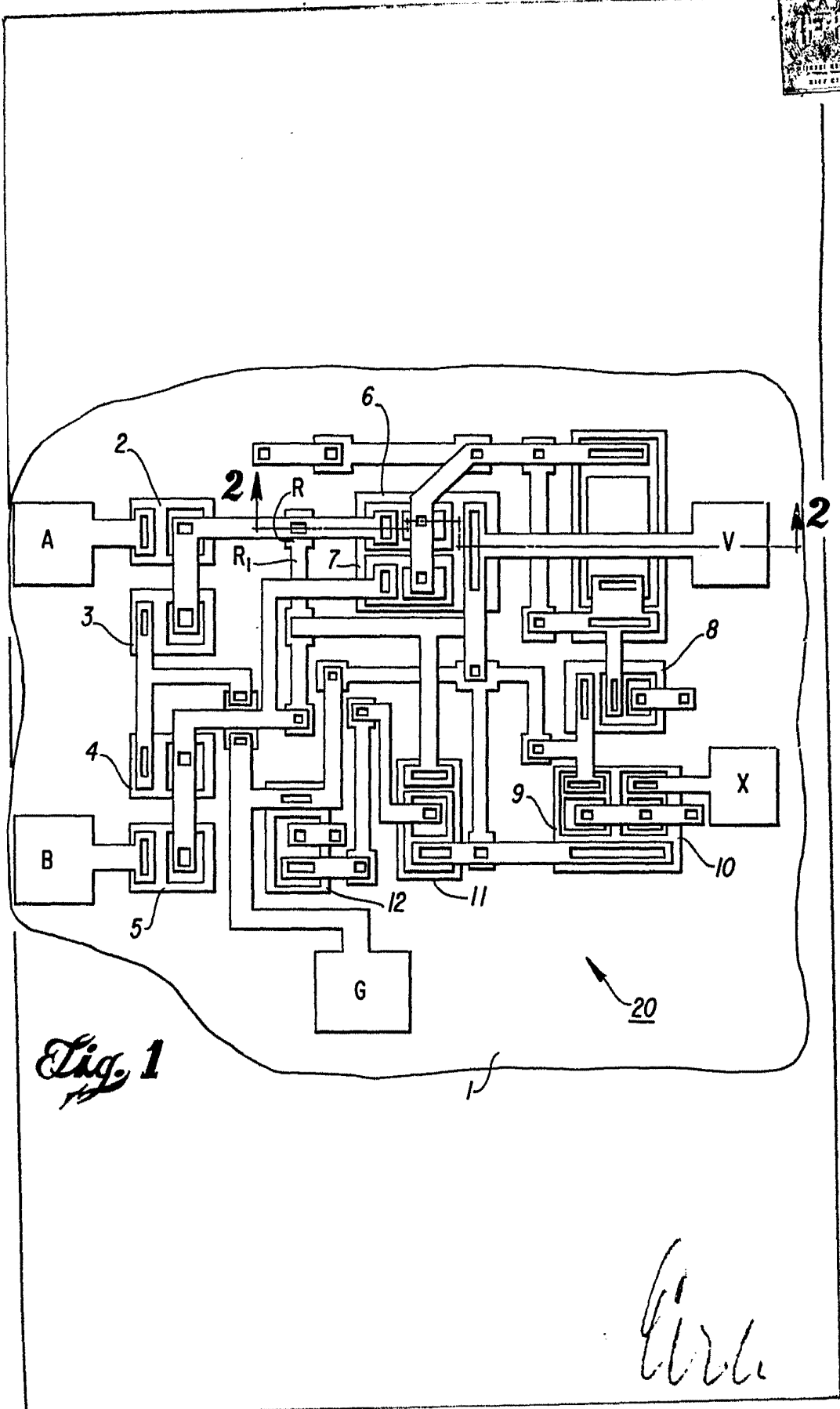


La presente Memoria consta de veintisiete hojas  
escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

M. G. G.  
P.A.

*[Handwritten signature]*



*Fig. 1*

*Arde*

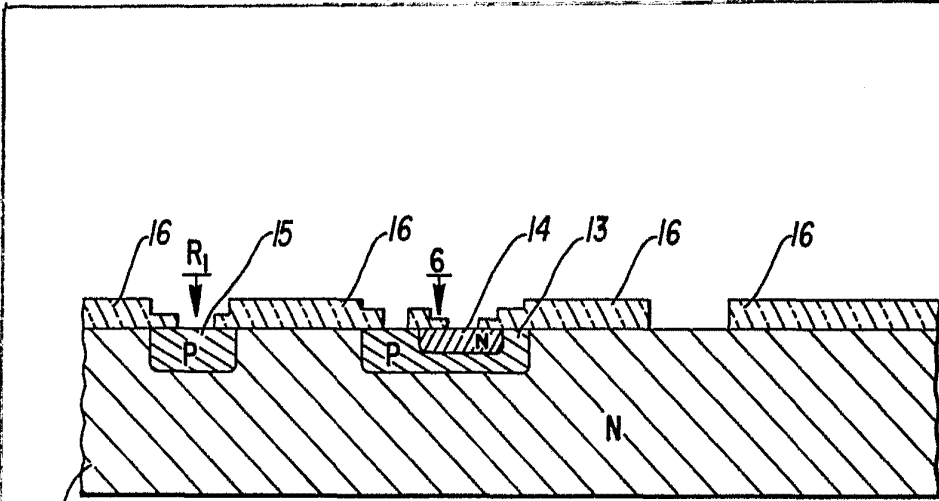


Fig. 2

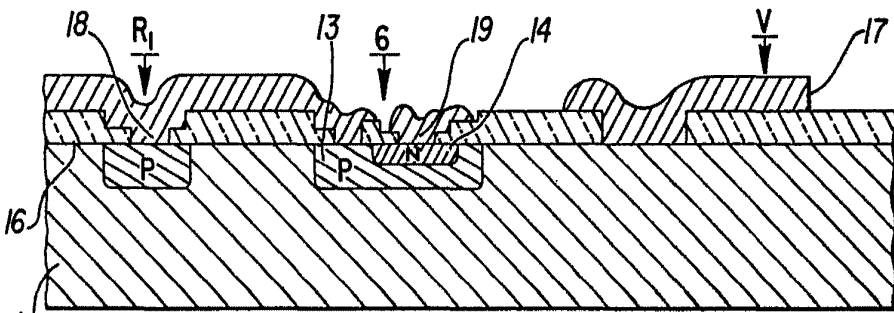


Fig. 3

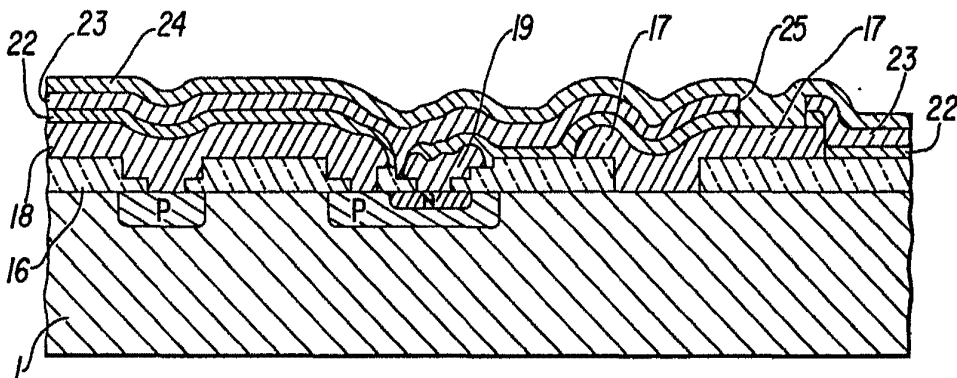
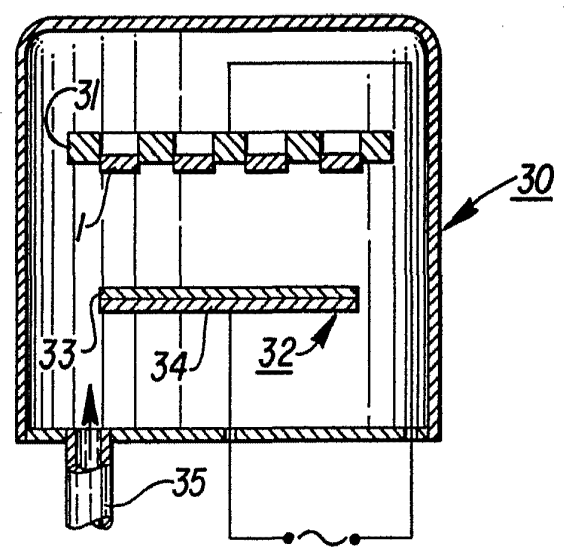


Fig. 4

*Carli*



*Fig. 5*



*Fig. 6*

