

IV.

J.M. Szabo, Jr. 1

334684

5 DIC



P A T E N T E D E I N V E N C I Ó N

a favor de

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INC. - de nacionalidad norteamericana -
domiciliada en 195, Broadway - NEW YORK, N. Y. 10007 (EE.UU.),

por :

"Método de fabricación de dispositivos semiconductores del tipo de
contactos-soporte".

====:oOo:=====

M e m o r i a d e s c r i p t i v a

Este invento se refiere a semiconductores, y en particular a un método perfeccionado de fabricación de semiconductores, con preferencia del tipo que se conoce con la designación inglesa "beam lead type" y que en la presente descripción se designará "tipo de conducto-

5 DIC. 1968



res-soporte".

Las patentes de la misma solicitante núms. 307.516 y 307564 describen estructuras de semiconductores del citado tipo de conductores-soporte y métodos para elaborarlas. En general, las patentes mencionadas exponen la formación de capas multimetálicas en zonas seleccionadas de las superficies de elementos semiconductivos para producir contactos eléctricos con ellos, y sobre todo para formar chapitas ó aletas metálicas relativamente gruesas, que se han denominado conductores-soporte (beam lead). Estas se obtienen retirando el material semiconductor de debajo de las capas gruesas de metal depositado. En el caso de elementos individuales de aparatos, como transistores y diodos en particular, tales conductores-soporte constituyen una pieza conveniente para manejar el elemento, y para conectarlo fácilmente con conductores exteriores asociados a la envoltura en que se arma el aparato . Si se trata de dispositivos semiconductores de circuito integral, estos conductores-soporte sirven de soporte estructural y permiten retirar material entre los elementos ó grupos de elementos del circuito, a fin de aislarlos por completo entre sí. Los aparatos de este tipo se han denominado isolitos.

Un objeto de este invento consiste en un método perfeccionado para fabricar dispositivos semiconductores, con preferencia de los del tipo de conductores-soporte.

Una ventaja del invento es un método simplificado para fabricar semiconductores de este tipo, que reduce el número de fases de encubrimiento ó enmascaramiento generalmente empleadas en técnicas precedentes, y evita el empleo de sublimación catódica inversa durante la fabricación del aparato.

De conformidad con el invento, se ha comprobado que, después de depositar las dos primeras capas de metal, concretamente de titanio y de platino, el dibujo ó plantilla metálica final se puede



delinear en la capa de platino mediante un procedimiento de ataque ó corrosión fotolitográfica, en vez de la sublimación catódica inversa de las patentes anteriores precitadas. Este procedimiento de ataque químico proporciona una buena definición, según se ha comprobado, en la placa superior relativamente delgada de platino.

Definido así el dibujo metálico final en la capa de platino, se dispone de dos alternativas principales para explotar esta ventajosa técnica de fotograbado. Según una de ellas, se deposita una delgada capa de oro en toda la superficie del cuerpo semiconductor recubierto. Esta capa cubre el dibujo de platino y la parte descubierta de la capa de titanio. La capa superior de oro se limita luego a las zonas de platino aplicando sencillamente una rociada de líquido a presión en la superficie. Este tratamiento por presión utiliza la distinta adherencia del oro sobre el titanio y sobre el platino; sobre éste es relativamente buena, y mala sobre el titanio. En consecuencia, el resultado es una capa delgada de oro limitada al dibujo de platino ya delineado. Este proceso se puede repetir para aumentar el espesor de la capa de oro hasta lo requerido en el aparato terminado. Una operación subsiguiente con un corrosivo químico retira la capa de titanio que está descubierta, y deja el dibujo tipo de contactos y conductores-soporte, que comprende la capa multimetálica de oro, platino y titanio.

La segunda alternativa comprende un procedimiento galvánico sin plantilla a continuación de la corrosión química para retirar el titanio descubierto. De acuerdo con este aspecto del invento, los dibujos de contactos y de conductores-soporte se hacen de manera que conecten entre sí, durante el proceso de fabricación solamente, las zonas de emisor, de base y de colector del transistor, ó sea todas las zonas separadas por barreras de unión PN de la zona de conductividad tipo que forma la cara inferior ó porción mayor del elemento. La fi-

5 DIC.



nalidad de este procedimiento es interconectar eléctricamente todas las zonas de conductividad tipo en que hayan de aplicarse capas metálicas de contacto. Luego, el elemento semiconductor con el dibujo de los contactos y los conductores-soporte definido sobre él en una capa de titanio-platino se sumerge en una solución galvanoplástica, empleando un compuesto de oro como electrólito. Esta operación produce una capa de oro solamente encima del dibujo metálico de los contactos y los conductores-soporte. Esta capa se puede depositar hasta un espesor considerable, y con un grado muy ventajoso de definición. Una vez formada la estructura de los contactos y los conductores-soporte, se suprimen las conexiones eléctricas entre las zonas de conductividad tipo, retirando el material semiconductor subyacente mientras se forman los conductores-soporte.

Se observará que en las técnicas descritas sólo hace falta un ataque con fotorresistencia, y se elimina así en lo sucesivo el nuevo registro de plantillas.

En otra variante de la técnica galvanoplástica para fabricar la capa de oro, se obtiene una diferencia de espesor conveniente en el dibujo de los contactos y los conductores-soporte dejando estrechas rendijas en los dibujos de metal inicialmente formados en el titanio y el platino. Durante la galvanización, se deposita oro metálico al principio sólo en las porciones conectadas eléctricamente con el electrodo posterior, hasta que las rendijas queden cubiertas por el oro depositado. Después de cubiertas las rendijas, el oro reviste todo el dibujo metálico. Por consiguiente, con esta técnica, el oro de las porciones de los conductores-soporte tiene mayor espesor que el de las porciones de contacto de los aparatos.

El invento, sus características y otros objetos, se comprenderán mejor por la descripción siguiente, más detallada, con referencia a los dibujos, en los cuales indican :



La figura 1, un diagrama de bloques del procedimiento en sus formas alternativas;

Las figuras 2 a 8, secciones transversales de parte de un elemento semiconductor, en las fases fundamentales de la primera alternativa conforme al invento;

Las figuras 9 y 10, vistas en planta de parte de un elemento semiconductor en dos fases del procedimiento de fabricación;

Las figuras 11 y 12, secciones transversales correspondientes al segundo procedimiento alternativo, que utiliza galvanoplastia; y

Las figuras 13 y 14, vistas en planta de elementos obtenidos con la segunda alternativa.

Los signos empleados en las distintas figuras tienen los siguientes significados :

- A - Pieza de silicio de unión difusa, con las zonas de contacto definidas por un enmascaramiento ó reserva de óxido.
- B - Deposición de capas metálicas sucesivas.
- C - Formación de un enmascaramiento fotorresistente, para definir las zonas de contacto metálicas.
- D - Eliminación de la capa superior de metal (platino) donde no está reservada.
- E - Deposición de una capa de oro.
- F - Eliminación de la capa de oro mediante un chorro a presión, en los puntos en que no está adherida al titanio.
- G - Eliminación por corrosión del titanio no reservado.
- H - Eliminación por corrosión del titanio no reservado.
- I - Deposición electrolítica de oro sobre el platino.
- S - Silicio.
- T - Titanio.



P - Platino.

O - Oro.

OS - Óxido de silicio.

MF - Material fotorresistente.

5 En el diagrama de bloques de la figura 1, las fases inicia-
les del procedimiento son similares a las descritas con relación a las
precitadas patentes de la misma solicitante. En particular, se trata
una pieza de material semiconductor de silicio de acuerdo con proce-
10 dimientos bien conocidos en la especialidad, para producir varias zo-
nas de tipos distintos de conductividad, que definen entre ellas unio-
nes PN, utilizando en general la técnica de enmascaramiento con óxido
y difusión en estado sólido. En la figura 2, sólo se expone con fines
ilustrativos parte de un cuerpo semiconductor con tres zonas. En una
15 pieza -20- de silicio de tipo N, que al final forma la zona del colec-
tor de un transistor, difusiones sucesivas producen una zona de base
-21- de tipo P y una zona de emisor -22- de tipo N. Estas tres zonas
definen uniones -23- y -24- de tipo PN. En la cara superior de la
pieza, cruzada por los límites de las uniones PN -23- y -24-, y cono-
cida en consecuencia por dispositivo planar, se forma una capa -25-
20 de óxido de silicio, con aberturas que definen las zonas que han de
ponerse en contacto eléctrico con las diversas zonas -20-, -21- y -22-.
En la figura 9 se expone una planta del enmascaramiento de óxido. La
abertura circular -94- del centro define el contacto del emisor, y el
corte -95- en C, la zona de contacto de la base. El corte semilunar
25 -96- define la zona de contacto del colector. Los cortes cuadrados
-97- junto al dibujo central, en ambos lados, son las zonas de contac-
to destinadas a conectar eléctricamente la zona del colector y las del
emisor y de la base para la galvanoplastia alternativa que más adelan-
te se describe. En consecuencia, la planta de la figura 9 corresponde
30 a la estructura ilustrada también en sección en la figura 2.



Como se explica en las citadas patentes anteriores, se deposita una primera capa -26- completa de titanio metálico sobre la superficie -25- enmascarada ó reservada con óxido. Antes de depositar esta capa de titanio, se puede aplicar una capa muy delgada de platino y aglomerarla a la pieza de silicio, para iniciar la formación de una buena conexión eléctrica óhmica. Detalles de este procedimiento se describen en la patente de EE.UU. nº de serie 440.782, solicitada el 18 marzo 1965 y transferida a la misma solicitante de la presente.

10 Después de la formación de la capa de titanio -26-, se deposita una segunda capa metálica -27- de platino sobre la superficie de titanio (bloque II). Luego, como se indica en el bloque III y en la figura 4, se forma en la cara superior de la capa de platino -27- un dibujo ó plantilla -28- fotorresistente que corresponde a la configuración final de los contactos y de los conductores-soporte.

15 En la planta de la figura 10, el dibujo fotorresistente se ha formado en concordancia con el expuesto en sección transversal en la figura 4. La zona -104- es el contacto y el conductor-soporte del emisor, y la zona -105-, el contacto y el conductor-soporte de la base; por consiguiente, la porción -106- es el contacto y el conductor-soporte del colector. Estas zonas -104-, 105- y -106- representan zonas de material fotorresistente y el resto de la superficie es la capa de platino -27- que queda al descubierto.

20 La operación siguiente, como se indica en el bloque IV de la figura 1 y se expone en la figura 5, es retirar las porciones descubiertas de la capa de platino -27-. En particular, esto se logra empleando un corrosivo que comprende una mezcla de ácido clorhídrico y ácido nítrico. Una solución particularmente útil es la mezcla de cinco partes de ácido clorhídrico a 37 % y una parte de ácido nítrico a 70 %, a unos 70 °C. La retirada del platino se puede seguir con la

25

30



vista, y comienza alrededor de $1\frac{1}{2}$ minutos despues de sumergir la pieza. La eliminación del platino se observa por el distinto color de las partes descubiertas. Para los espesores de metales especificados, de unos 1500 angströms, suele terminar en 2 a $2\frac{1}{2}$ minutos. Estas placas, enjuagadas y secadas despues de retirarlas de la solución corrosiva y de quitar el enmascaramiento fotorresistente, tienen el aspecto que muestra la figura 5.

De conformidad con la primera alternativa, según se indica en el bloque V de la figura 1 y en la figura 6, se deposita una capa de oro de unos 2000 angströms de espesor sobre toda la superficie metalizada. Esta capa de oro -29- no se adhiere lo mismo al platino que al titanio, y, por consiguiente, como indica el bloque VI de la figura 1, el oro de encima de la capa de titanio -26- se retira fácilmente sometiendo la superficie a un chorro de agua a unos 5,62 kg/cm² de presión. El elemento semiconductor tiene entonces el aspecto de la figura 7. Si se quiere, la capa de oro puede hacerse más gruesa, repitiendo esta técnica hasta depositar unos 2000 angströms de oro en cada operación. Sin embargo, las zonas de los conductores, con un espesor aproximado de 12 micrones (120000 angströms), se forman muy ventajosamente por un método aparte de enmascaramiento y deposición, descrito en las precitadas patentes. El enmascaramiento en este caso no requiere tanta precisión, ni mucho menos, lo cual constituye una considerable mejora del método en conjunto. Finalmente, la capa de titanio -26- que queda al descubierto se retira, como indica la figura 8 y se señala en el bloque VII de la figura 1, mediante corrosión, empleando una solución como la siguiente :

- 69 cm³ de ácido sulfúrico;
- 30 cm³ de agua, y
- 1 cm³ de ácido fluorhídrico.



Los dibujos de las zonas de los contactos y de los conductores-soporte de la figura 8 corresponden en planta a la figura 10, pero entendiéndose que las zonas -104-, -105- y -106- son en este caso capas multimetálicas de oro, platino y titanio. Finalmente, como se explica también en las patentes antedichas, se emplean técnicas de enmascaramiento para retirar el material semiconductor entre los elementos y debajo de las zonas de los conductores-soporte. Con referencia específica a la figura 10, el transistor final comprende la lámina semiconductor definida por la línea de trazos -110-, con las porciones sobresalientes de las zonas -104-, -105- y -106- que forman los conductores-soporte.

En el procedimiento alternativo, de acuerdo con este invento, después de retiradas las partes no cubiertas de la capa de platino -27-, según indica el bloque IV de la figura 1, por corrosión química, se retira análogamente por corrosión la capa de titanio -26- descubierta, como indica el sector V-A de la figura 1. Para eso se emplea la solución corrosiva indicada antes como fase VII de la primera alternativa. El aspecto del elemento en sección transversal en esta fase se representa en la figura 11, y en planta en la figura 10. El elemento se sumerge luego en un baño electrolítico de oro, y se establece conexión con el lado inferior N ó zona del colector. Como puede apreciarse con referencia a la figura 10, esta zona -20- de tipo N se halla eléctricamente conectada, por medio de los contactos de las zonas rectangulares -97-, a las zonas -22- y -21- del emisor y de la base, respectivamente. Por tanto, el procedimiento electrolítico produce un recubrimiento selectivo de oro sobre el dibujo en platino-titanio ya existente. Esta técnica permite depositar con ventaja un espesor relativamente grande de oro, como lo requiere la configuración de los conductores-soporte. Al terminar esta fase, como se indica en el bloque VI-A de la figura 1, se termina la fabricación del



elemento, según se dijo en el caso del procedimiento precedente, eliminando por corrosión el exceso de material semiconductor, lo cual suprime también la conexión eléctrica entre las zonas del emisor, de la base y del colector.

5 En otra variante de esta última deposición electrolítica, el recubrimiento diferencial de oro se efectúa fabricando los dibujos de platino-titanio con estrechas rendijas en los puntos donde haya de definirse una diferencia de espesor del oro. En particular, sólo se necesita una capa de oro relativamente fina en las propias
10 zonas de contacto del emisor y de la base, y así quedan en los dibujos las rendijas -136- y -137-. Durante el proceso electrolítico, el oro se deposita al principio sólo en las porciones exteriores de los conductores-soporte del emisor y de la base, pues las interiores no están eléctricamente conectadas. Sin embargo, los dispositivos
15 con uniones PN en cortocircuito se recubrirán igualmente en todas partes (ó sea, al principio, a ambos lados de la rendija), lo cual sirve de indicación visual de que la unión es defectuosa. Durante la deposición, el oro llena las rendijas, por lo que se recubren entonces las zonas de contacto del emisor y de la base.

20 La estructura final del dispositivo presenta un aspecto como el de la figura 14, donde las zonas sombreadas -146- y -147- representan un cambio en el espesor de la capa de oro, desde las zonas de contacto -144- y -145- del emisor y de la base, donde es delgada, hasta los conductores-soporte -148- y -149-. Se apreciará que las
25 rendijas pueden en varias muy juntas, para evitar que se llenen en menos tiempo del adecuado, ó que dejen de llenarse por ser imprecisos los límites en los dibujos metálicos subyacentes. Es obvio que la diferencia de espesor de las capas de oro equivale en sustancia al espacio total intermedio.

30 En relación con los procedimientos aquí descritos, se apre-



5 ciará que, despues del proceso fotorresistente del bloque III en la figura 1, que define las zonas de contacto de metal, no se necesita enmascarar de nuevo, lo cual simplifica mucho el proceso de fabricación. Además, la corrosión del platino usando la técnica fotorresistente hace muy precisa la definición, que se mantiene en el curso de los ataques subsiguientes sin enmascaramiento, lo cual proporciona un producto muy uniforme, con contactos y conductores-soporte perfectamente definidos.

10 Aunque se han descrito ciertas formas específicas de realización, debe entenderse que los entendidos en la materia pueden idear otras comprendidas asimismo dentro del alcance y el espíritu del invento.

N O T A
=====

15

Se reivindica como objeto de la presente patente :

20 1. - Método de fabricación de dispositivos semiconductores del tipo de contactos-soporte, el cual comprende las fases de depositar una primera capa de titanio y una segunda capa de platino; caracterizado por las fases de enmascarar ó reservar la capa de platino conforme al dibujo deseado de los contactos y los conductores-soporte; tratar la superficie enmascarada con un corrosivo, para eliminar la capa de platino que queda al descubierto, y depositar una capa de oro sólo sobre dicha capa de platino.

25 2. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la capa de oro se forma, despues de retirar la capa de platino descubierta, retirando la capa de titanio descubierta y depositando electrolíticamente oro sólo sobre dicha capa de platino.

30 3. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque despues de retirar la capa de platino descubierta, se deposita sobre

15 DIC



toda la superficie una capa de oro, que se elimina luego, mediante un chorro a presión, de la parte no adherente que cubre el titanio descubierto, y se elimina por corrosión el titanio descubierto.

5 4. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la capa de platino descubierta se retira empleando un corrosivo que comprende ácido clorhídrico y ácido nítrico.

10 5. - Método según la reivindicación 2, caracterizado por la fase de conectar eléctricamente entre sí (97) porciones distintas (94, 97) del mencionado dibujo de los contactos y de los conductores-soporte (105).

6. - Método según la reivindicación 3, caracterizado porque el chorro a presión es de agua a unos 5,62 kg/cm² de presión.

15 7. - Método según la reivindicación 5, caracterizado por la fase de disponer rendijas en el dibujo de los contactos y de los conductores-soporte en el platino y el titanio, y hacer que la deposición electrolítica tenga lugar inicialmente en las partes del dibujo correspondientes a uno de los lados de las rendijas (149), con objeto de producir una deposición de oro de distintos espesores sobre dicho dibujo (145, 147, 149).

20 8. - Método de fabricación de dispositivos semiconductores del tipo de contactos-soporte.

Esta memoria consta de doce páginas, escritas por una sola cara.

BARCELONA,

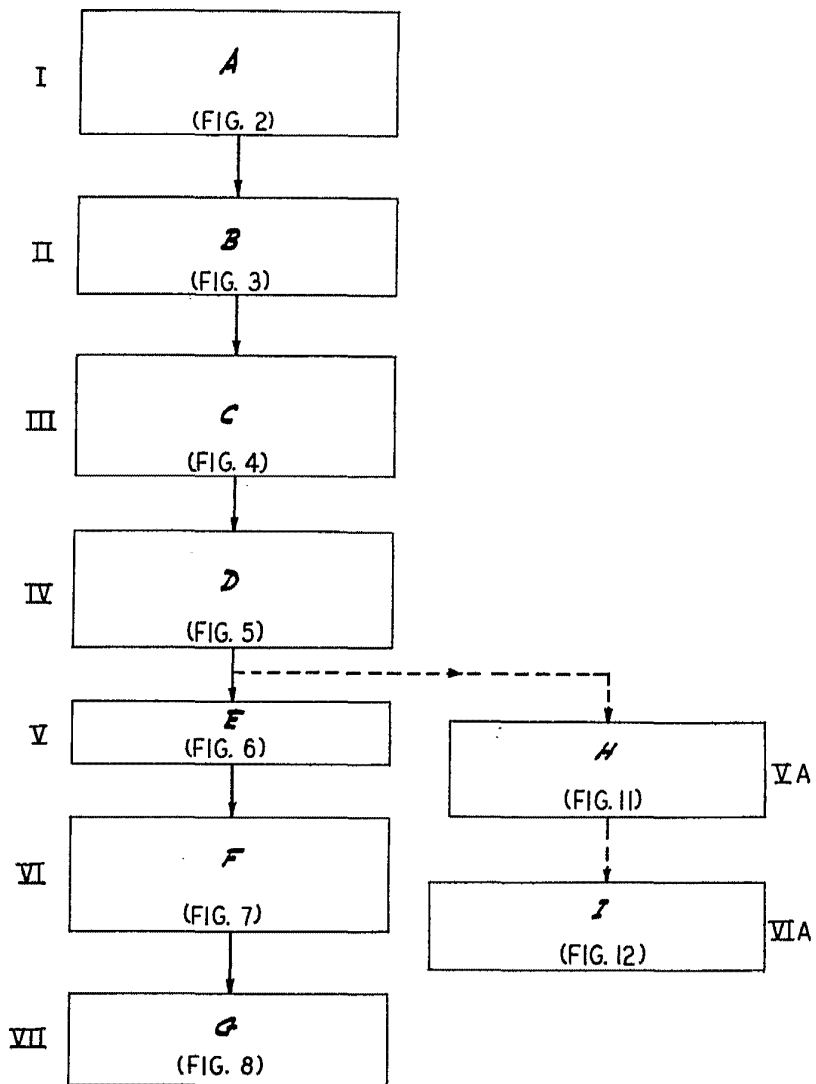
15 DIC. 1966

P. A.



5 DIC

FIG. 1



P.H.
[Handwritten signature]



334 658

FIG. 1

FIG. 2

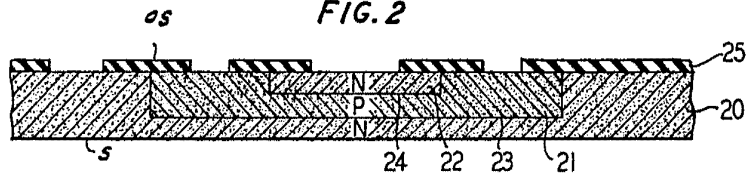


FIG. 3

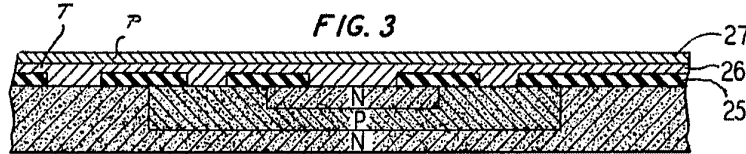


FIG. 4

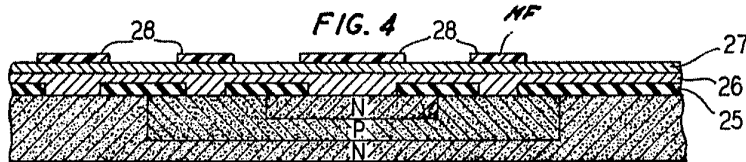


FIG. 5

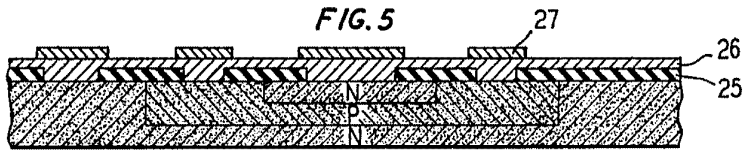


FIG. 6

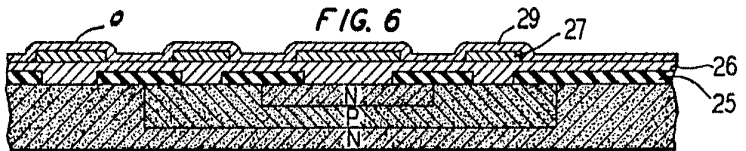


FIG. 7

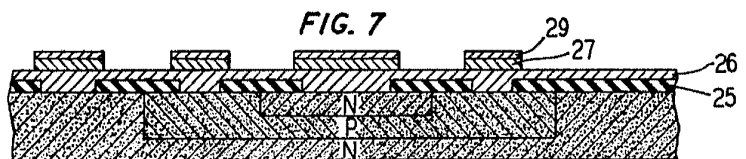
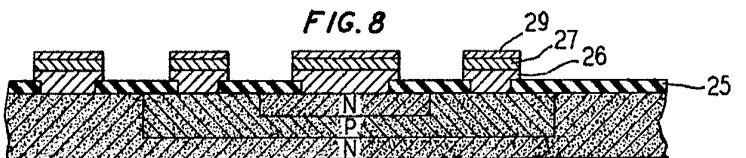


FIG. 8



[Handwritten scribbles]

334684

5 DIE



FIG. 9

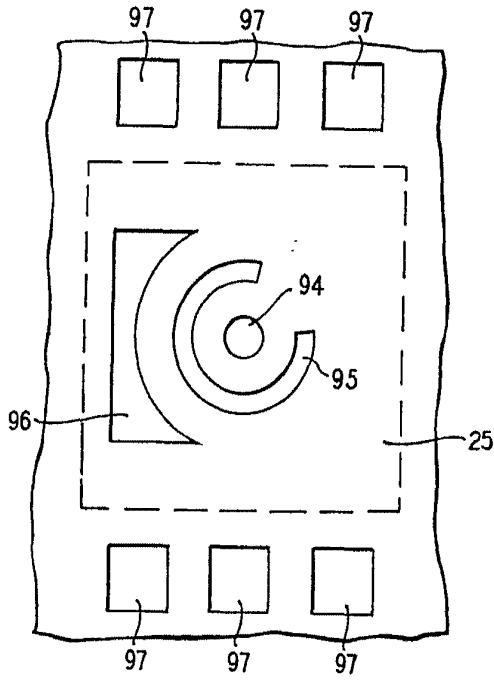
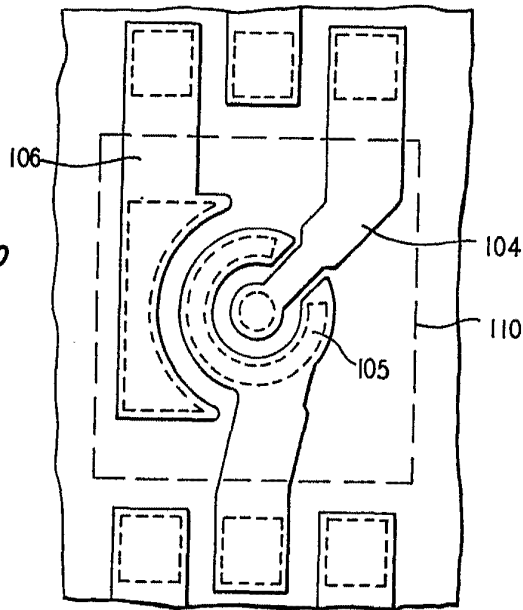


FIG. 10



P.A.
[Handwritten signature]

383,084



FIG. 13

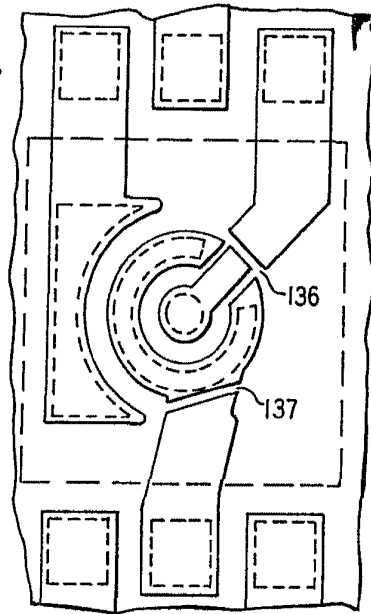


FIG. 14

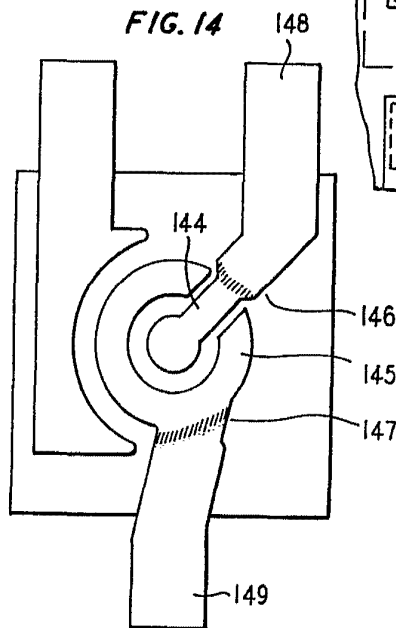


FIG. 11

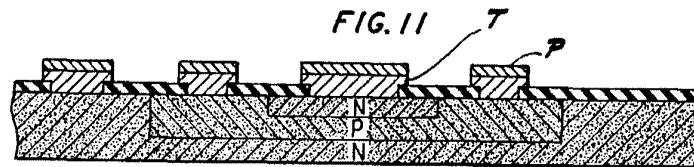
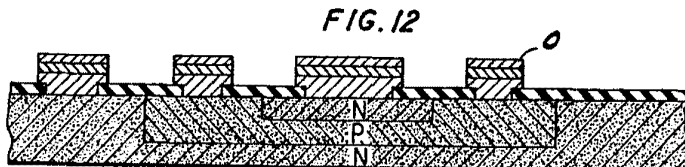


FIG. 12



P.A.
[Handwritten scribbles]