



5 El invento se refiere a un procedimiento para fabricar un dispositivo semiconductor estable, tal como un transistor de unión poco profunda tipo PNP, o un transistor de efecto de campo tipo MOS, así como para fabricar la estructura para dispositivos de este tipo.

10 Para que un dispositivo semiconductor pueda ser utilizado en la práctica, sus características de funcionamiento deben ser estables. Se han estabilizado estos dispositivos aplicándoles una capa de pasivación tal como una capa de dióxido de silicio, en la superficie del cuerpo del material semiconductor donde termina la unión PN. Esta capa de pasivación mejora sustancialmente el rendimiento del dispositivo semiconductor, en particular cuando se trata de un dispositivo a base de silicio. Es sabido igualmente que la estabilidad de las características de funcionamiento de un dispositivo son todavía mejores cuando se difusan impurezas benéficas en el material semiconductor y en su capa de pasivación. Un ejemplo corriente de esta estabilización es la difusión de fósforo realizada en una de las operaciones finales a temperatura elevada del proceso de fabricación del dispositivo.

25 Para que una difusión de fósforo estabilice eficazmente un dispositivo semiconductor, es preciso difundir una concentración relativamente elevada de fósforo en la superficie descubierta de la capa de pasivación. Generalmente, para asegurar la estabilización del dispositivo, la cantidad de fósforo utilizada ha sido mucho más importante que la cantidad necesaria en realidad. Para formar esta capa rica en fósforo, se ha realizado la difusión a una temperatura incluida entre 1.150°C y 1.250°C .



Tratándose de un dispositivo semiconductor que tiene una profundidad de unión incluida entre 2,0 y 3,0 micrones aproximadamente o más, esta operación a temperatura elevada no presenta sustancialmente ningún efecto perjudicial sobre las características del dispositivo final. Sin embargo, con los dispositivos que presentan uniones poco profundas del tipo PN cuya profundidad está incluida entre 0,4 y 0,6 micrón aproximadamente o menos, esta operación a alta temperatura presenta dificultades sustanciales. Para realizar la difusión en uniones poco profundas, se ha necesitado una compensación superior al 100% para tener en cuenta las variaciones de profundidad de las uniones que resultan de dichas temperaturas elevadas. Con esta compensación suplementaria, se reduce mucho la posibilidad de obtener un dispositivo que funcione adecuadamente.

El objeto del invento consiste en proporcionar un procedimiento para fabricar un dispositivo estable, principalmente un dispositivo semiconductor de unión poco profunda, en el cual la fase de estabilización que consiste en introducir una impureza en el cuerpo de material semiconductor y en formar en éste una capa de pasivación se hace a baja temperatura, mejorando así el control de la cantidad de impureza introducida en el cuerpo de material semiconductor y en la capa de pasivación del mismo.

Por consiguiente, el invento proporciona un procedimiento para la estabilización de un dispositivo semiconductor que tiene por lo menos una unión PN situada a una profundidad no superior a 0,6 micrón en el interior del cuerpo semiconductor, incluyendo dicho dispositivo una capa adherente de dióxido de silicio que cubre dicha unión. Este



procedimiento incluye las fases que consisten en depositar en dicha capa adherente de dióxido de silicio, que está a una temperatura incluida entre 350°C y 900°C aproximadamente, una capa suplementaria de dióxido de silicio que contiene una impureza preelegida, y a continuación calentar la estructura compuesta a una temperatura no superior a 850°C , durante un tiempo suficiente para asegurar el recocido de dicho dióxido de silicio, pero insuficiente para producir ningún cambio notable en el perfil de dopado del cuerpo de semiconductor de dicho dispositivo.

En los dibujos adjuntos:

La figura 1 es un diagrama esquemático que representa un procedimiento para depositar una capa de dióxido de silicio que incluye una impureza preelegida sobre un cuerpo de material semiconductor; y

Las figuras 2 a 5 son vistas en sección transversal de un dado de semiconductor que representa las etapas progresivas del procedimiento según el invento.

El invento se lleva a la práctica en un procedimiento de tratamiento de un cuerpo de material semiconductor para estabilizar el dispositivo semiconductor fabricado con el cuerpo así tratado. El procedimiento consiste en sumergir un cuerpo de material semiconductor dotado de una capa principal sustancialmente plana que está cubierto de una capa adherente de dióxido de silicio y que incluye un orificio que deja al descubierto una parte del cuerpo, en agua desionizada hirviente. Se deposita a baja temperatura, sobre la capa adherente de dióxido de silicio, una capa constituida principalmente por dióxido de silicio y una cantidad más reducida de una impureza preelegida. A continuación se ca-



lenta el cuerpo dando lugar a una redistribución de la impureza en el dióxido de silicio depositado y en la capa adherente de dióxido de silicio.

5 El material semiconductor tratado de acuerdo con el invento es ventajosamente un solo elemento de cristal tal como silicio o germanio, aunque puedan utilizarse también varios compuestos semiconductores. El elemento de cristal es ventajosamente un disco que se obtiene típicamente a partir de un cristal de mayores dimensiones obtenido por procedimientos bien conocidos de arrastre de cristal o de fusión. El cristal de grandes dimensiones se divide en discos, y los discos son lapidados, pulidos y tratados de otro modo para que sus caras principales sean sustancialmente paralelas la una a la otra. La dimensión en la sección transversal de los discos puede tener cualquier valor y el espesor de los discos puede estar incluido dentro de una gama práctica que se extiende por ejemplo entre 0,1 y 1 mm (4 a 40 milésimas de pulgada).

10

15

Generalmente, por lo menos una de las caras principales del disco está provisto de una capa protectora que se utiliza como material de máscara para la formación de las regiones de diferentes tipos de conductividad. Se utiliza ventajosamente dióxido de silicio para este material de máscara porque es fácil darle la configuración deseada utilizando procedimientos de ataque químico conocidos y porque retarda eficazmente la difusión de la mayoría de las impurezas utilizadas para dopar los semiconductores. Igualmente, se forma dióxido de silicio de manera adecuada en la cara del disco utilizando procedimientos térmicos o de formación epitaxial. El espesor de la capa de dióxido de si-

20

25

30



5 licio variará de acuerdo con los requisitos de tratamiento de los dispositivos y el número de fases necesarias para obtener la estructura final. Usualmente, este óxido se conserva en la cara del disco al final del proceso para pasivar y proteger la cara del disco.

10 Las regiones de diferentes tipos de conductividad del disco están hechas preferentemente con los procedimientos bien conocidos de formación epitaxial o de difusión. Para formar estas regiones se da a la máscara una configuración tal que defina unas zonas sustancialmente idénticas a las regiones finales del dispositivo que se fabrica. Las dimensiones, el nivel de dopado, la posición y las demás propiedades de estas regiones se determinan para formar uniones PN de acuerdo con las necesidades del dispositivo.

15 La capa de dióxido de silicio a baja temperatura se deposita ventajosamente en el disco haciendo pasar una mezcla gaseosa que incluye un compuesto de silicio, una fuente de impureza, y un gas diluyente no reactivo, por la superficie del disco mientras se mantiene a temperatura elevada.
20 La capa de dióxido de silicio depositada incluirá la impureza, preferentemente bajo la forma de otro dióxido, originalmente mezclado con el compuesto de silicio. Esta combinación de dióxido de silicio y de impureza se llamará en lo que sigue dióxido de silicio. El compuesto de silicio
25 se elige preferentemente entre los numerosos compuestos bien conocidos tales como el silano, el tetracloruro de silicio, etc., que se oxidan fácilmente para formar dióxido de silicio y productos de reacción volátiles fáciles de eliminar de la zona de reacción. Usualmente, el compuesto de silicio
30 se mezcla con un gas diluyente no reactivo tal como el argón,



el nitrógeno, el helio, etc, antes de combinarse con el óxígeno.

5 El dióxido de silicio puede depositarse haciendo pasar la mezcla gaseosa sobre el disco que se mantiene a una temperatura incluida entre 375°C y 900°C. Preferentemente, el disco se mantiene a una temperatura incluida entre 400°C y 450°C aproximadamente. La temperatura del disco viene determinada por la velocidad a la cual el dióxido de silicio ha de depositarse, y por su compatibilidad con
10 los componentes del dispositivo. Ya que la mezcla gaseosa no se calienta, la reacción se produce principalmente en la cara descubierta del disco.

De manera provechosa, esta reacción se realiza de modo que los gases que no han reaccionado y los productos de
15 reacción volátiles sean eliminados del disco y del equipo que lo rodea. La eliminación rápida de los gases que no han reaccionado y de los productos de reacción permite obtener un sistema muy limpio que se mantiene fácilmente en un estado sustancialmente exento de contaminación.

20 La impureza que ha de ser incluida en el vidrio depositado se transporta preferentemente al disco después de mezclarla con el compuesto de silicio y la corriente de gas diluyente. La fuente de impureza será generalmente un compuesto fácilmente oxidable tal como un compuesto hidru-
25 ro u orgánico. Se utilizan ventajosamente compuestos de impurezas, tales como arsina, fosfina, estibina, tri-etil-fósforo, tri-etil aluminio, tri-etil estibina, etc. La cantidad de impureza en el dióxido de silicio depositado puede ser
30 ajustada con precisión en una amplia gama controlando la cantidad de compuesto de impurezas introducida en la mezcla



gaseosa.

Las propiedades físicas y químicas del dióxido de silicio depositado en el disco se ajustan también provechosamente ajustando el grado de impurezas que contiene.

5 En particular, el coeficiente de dilatación térmica puede ser ajustado para que se adapte al del disco y al de la capa protectora formada anteriormente. Igualmente, la facilidad de ataque químico del dióxido de silicio depende generalmente de la concentración de impureza.

10 El disco provisto de la capa de dióxido de silicio rica en impurezas se calienta o se somete a un recocido para redistribuir eficazmente las impurezas en la capa protectora subyacente y en el material semiconductor. En esta fase de recocido, se crea un gradiente de concentración de impurezas en lo que constituye ahora una capa que mejora sustancialmente la estabilidad del dispositivo final. Igual
15 mente, se crean regiones fuertemente dopadas en las zonas donde el dióxido de silicio depositado está en contacto con la superficie del disco. Es posible utilizar para este recocido una temperatura incluida entre 600°C y 1.100°C aproximadamente, y preferentemente una temperatura incluida entre 750°C y 850°C . El recocido mejora también la densidad del dióxido de silicio eliminando todos los agentes volátiles tales como el agua que están incluidos en él durante
20 su depósito. Una concentración de fósforo en la porción externa descubierta del óxido recocido incluida entre 0,1 y 20% del peso aproximadamente, se utiliza ventajosamente para la estabilización.

25 En la figura 1 se representa un sistema para depositar una capa de dióxido de silicio de acuerdo con el in-
30



5 vento. Esta figura ilustra un sistema adecuado para deposi-
tar este vidrio aunque no está destinado a limitar el alcan-
ce del invento. Un disco 11 de material semiconductor ade-
cuadamente preparado se sitúa en una placa caliente 12. La
10 placa caliente 12 se calienta con un enrollamiento de hilo
resistivo 13 situado debajo del disco 11. La temperatura
del disco 11 puede ser regulada con precisión actuando sobre
un control de tensión del calentador resistivo 13. Un reci-
15 piente en forma de campana 16 se sitúa encima del disco 11
en contacto con una superficie 17 de la placa caliente 12
para proporcionar una cámara cerrada alrededor del disco 11
y que está provista de un orificio en la parte inferior del
recipiente en forma de campana 16. Un tubo 18 que sirve
20 para introducir el compuesto de silicio, la impureza y el
gas diluyente penetra en el interior del recipiente en forma
de campana 16 donde está conectado con un difusor 20 situa-
do inmediatamente encima del disco 11. Otros dos orificios
21, 23 están formados en el recipiente en forma de campana
16 para introducir el oxígeno.

20 Se forma una mezcla gaseosa combinando una corrien-
te de gas procedente de una fuente 25 de un compuesto de
silicio con un diluyente no reactivo tal como argón, proce-
dente de una fuente 27. La fuente 25 puede incluir un com-
25 puesto de silicio gaseoso tal como silano o un líquido tal
como tetracloruro de silicio cuyos vapores son transpor-
tados por el gas diluyente. El caudal del compuesto de si-
licio es regulado por una válvula 29 y un contador 31. Una
segunda válvula 32 se utiliza para permitir la introducción
y el restablecimiento del mismo caudal de compuesto sin te-
30 ner que ajustar nuevamente la válvula 29. El compuesto de



silicio se mezcla con un gas diluyente procedente de la fuente 27 que es regulada por una válvula 34 y un contador 35. El diluyente está también provisto de una válvula de cierre 37 que permite interrumpir y restablecer fácilmente este caudal. Las corrientes combinadas son reguladas por una 5 válvula 38 situada después de un punto de mezclado 39. Una impureza procedente de una fuente 41 se combina con un diluyente procedente de una fuente 42 en un punto de mezclado 44. La fuente 41 puede incluir un compuesto gaseoso bajo 10 presión tal como fosfina o un compuesto sólido o líquido tal como tri-etil fósforo, cuyos vapores son arrastrados por el diluyente. Esta corriente gaseosa se mezcla con la corriente combinada de compuesto de silicio y se introduce en el recipiente en forma de campana 16 a través del tubo 15 18. El caudal de la corriente de impureza se regula por medio de una válvula 45, de un contador 46 y de una válvula 47. De la misma manera, la circulación del gas diluyente se controla por la válvula 51, el contador 52 y la válvula 53. La corriente combinada de impureza se regula por medio 20 de una válvula 59 situada después del punto de mezclado 44. La circulación de las corrientes mezcladas o de las corrientes individuales en el recipiente en forma de campana 16 es regulada por una válvula 55 y una válvula de drenaje 57.

25 El oxígeno procedente de una fuente 61 penetra en el recipiente en forma de campana por los orificios 21 y 23. La circulación del oxígeno se controla por una válvula 62 y un contador 63. La introducción del oxígeno en el recipiente en forma de campana 16 se regula por las válvulas 30 64 y 65.



5 Las corrientes de gas se mezclan en el recipiente en forma de campana 16, circulan sobre el disco 11 y salen por los orificios formados en la superficie 17. Las corrientes de gas mezcladas arrastran también los productos de reacción y los materiales que no han reaccionado.

10 Las fases de estabilización de un material semiconductor de acuerdo con el invento se ilustran en las figuras 2 a 5 para un dispositivo de transistor. Un dado 71 de material semiconductor (figura 2) ha sido tratado para formar una región de base 72 y una región de emisor 73. El dado 71 era un dado de la pluralidad de dados fabricados de manera sustancialmente simultánea a partir de un disco de material semiconductor. Una cara del dado 71 ha sido
15 cubierta con una capa protectora 74 constituida por dióxido de silicio y varias impurezas suplementarias incorporadas en el óxido durante la difusión. Se ha formado un orificio 76 en la capa 74, dejando así al descubierto una parte de la superficie de la región de base 72.

20 En la figura 3, se representa el dado 71 después de depositar sustancialmente sobre toda la superficie de la capa protectora 74 y de las partes descubiertas de la región de base 72 una fina capa de dióxido de silicio 78 que incluye una impureza preelegida. El dióxido de silicio 78 se adapta al contorno de la superficie del dado y está sustancialmente en contacto con toda la porción descubierta de la
25 región 72.

30 En la figura 4, se representa el dado 71 después de someterlo a una operación de recocido. La impureza localizada originalmente en el dióxido de silicio 78 (figura 3) ha difundido en la capa de pasivación 74. La concentra-



5 ción de la impureza ha sido elegida de manera que la pro-
fundidad eficaz, es decir la concentración eficaz de esta
difusión sea limitada. Durante el recocido, la parte de la
región de base 72 que estaba en contacto con el dióxido de
silicio 78 ha sido dopada por la impureza, creando una re-
10 gión "mas" 81 fuertemente dopada, adecuada para realizar el
contacto óhmico. La identidad de la capa protectora 74 y
del dióxido de silicio 78 ha sido suficientemente alterada
por el recocido para que se forme una capa de pasivación
15 83. En la figura 5 se representa un dado con unos orifi-
cios 85, 86 en las porciones 83 expuestas a la pasivación
de la región "mas" 81 y de la región de emisor 73. Los
orificios 85, 86 han sido formados utilizando técnicas bien
conocidas de protección contra ataque químico por procedi-
mientos fotográficos. El ataque químico de la capa de pasi-
vación 83 ha sido facilitado por el recocido previo de la
capa 78. El disco así preparado se trató ulteriormente de
acuerdo con técnicas bien conocidas para completar el dis-
positivo de transistor.

20 Los ejemplos que siguen ilustran unos modos de
realización particulares del invento aunque se entiende que
los ejemplos en cuestión no limitan el alcance del invento.

EJEMPLO I

25 Unos discos de silicio dotados de una pluralidad
de regiones formadas en ellos para obtener transistores PNP,
y provistos de una capa protectora constituida por dióxido
de silicio situada en una de sus caras, han sido tratados
para formar orificios en la capa protectora de acuerdo con
técnicas fotográficas de formación de máscaras de protección
30 contra ataque químico dejando unas zonas expuestas en las



5 regiones de conductividad tipo N. Los discos han sido su-
mergidos en agua desionizada hirviente durante 10 a 15 minu-
tos. Después de su tratamiento con agua desionizada, los
discos se situaron rápidamente sobre una placa caliente en
el aparato de depósito de dióxido de silicio descrito más
arriba. Se hizo pasar sobre los discos a una temperatura
incluida entre 425°C y 450°C aproximadamente una mezcla ga-
seosa constituida principalmente por un gas diluyente, y por
cantidades más pequeñas de fosfina, silano y oxígeno. Las
10 cantidades aproximadas de esta mezcla gaseosa eran aproxi-
madamente las siguientes: diluyente 89%, fosfina de 0,1 a
1%, silano de 0,1 a 1% y oxígeno 10%. Los discos se mantu-
vieron a esta temperatura durante 1 a 2 minutos bajo el
efecto de la circulación de gas.

15 Los discos, con el dióxido de silicio depositado
sobre ellos, se colocaron en un horno de recocido a una
temperatura de 850°C durante aproximadamente 30 minutos. Se
aplicó a los discos un agente de ataque químico para formar
las configuraciones de contacto pre-óhmico, y a continua-
20 ción los discos se sometieron a un tratamiento de acuerdo
con las técnicas bien conocidas para completar los dispo-
sitivos.

25 Se inspeccionaron algunos de los discos después
del depósito del dióxido de silicio y después de depositar
una capa de 3.000 Angstroms de espesor sobre la capa pro-
tectora. El dióxido de silicio depositado tenía una con-
centración de 5% de fósforo aproximadamente. Después de
realizar el recocido se inspeccionaron otros discos. No se
pudo discernir ninguna línea de separación entre el dióxido
30 de silicio depositado y la capa protectora sobre la superficie



5 del disco. Basándose en las velocidades de ataque químico que se observaron, se cree que la concentración de fósforo estaba incluida entre aproximadamente 3 y 5% del peso en los 1.000 Angstroms del dióxido de silicio combinado más alejados de la cara de los discos de silicio. El porcentaje de los dispositivos fabricados de esta manera que satisfacen las características eléctricas predeterminadas es muy elevado. Además, no se ha producido ningún cambio medible en las dimensiones de las regiones difusas formadas
10 anteriormente.

EJEMPLO II

El procedimiento utilizado en este ejemplo ha sido el mismo que el del Ejemplo I, salvo que se utilizó una fuente de impureza constituida por tri-etil fósforo líquido. El líquido se calentó a 100°C aproximadamente, y se hizo pasar una corriente de gas diluyente para formar una mezcla de vapor.
15

Se obtuvieron con este procedimiento discos dotados de las mismas propiedades satisfactorias.

20

EJEMPLO III

El procedimiento utilizado en este ejemplo ha sido el mismo que el del Ejemplo I salvo que los discos sometidos al proceso habían sido tratados previamente para formar la estructura básica de un transistor de efecto de campo tipo MOS. El dióxido de silicio con la impureza se depositó como se describe en el ejemplo I. A continuación los discos se trataron de acuerdo con técnicas conocidas para completar los dispositivos.
25

Los dispositivos resultantes eran muy estables eléctricamente y proporcionaron rendimientos similares a
30



los del ejemplo I.

La descripción que antecede, así como los ejemplos y los dibujos demuestran que el invento proporciona un nuevo procedimiento para tratar un cuerpo de material semiconductor y una nueva estructura para dispositivos semiconductores. Además, por este procedimiento, es posible estabilizar dispositivos semiconductores a temperaturas bajas. Además, la cantidad de impureza introducida en la capa de pasivación o en la capa de dióxido de silicio de un cuerpo semiconductor puede ser controlada con más precisión. Adicionalmente, un dispositivo semiconductor, particularmente un dispositivo del tipo de unión poco profunda obtenido de acuerdo con el invento, es más estable y puede ser fabricado con un porcentaje más elevado de elementos que satisfacen características eléctricas predeterminadas.

En resumen la Patente de Introducción que se solicita deberá recaer sobre las siguientes:

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para la estabilización de un dispositivo semiconductor que tiene por lo menos una unión PN situada a una profundidad no superior a 0,6 micrón en el interior del cuerpo semiconductor, incluyendo dicho dispositivo una capa adherente de dióxido de silicio que cubre dicha unión, que incluye las fases que consisten en depositar en dicha capa adherente de dióxido de silicio a una temperatura incluida entre 350°C y 900°C aproximadamente, una capa suplementaria de dióxido de silicio que contiene una impureza preelegida, y a continuación calentar la estructura compuesta a una temperatura no superior a 850°C, durante un tiempo suficiente para obtener el recocido de dicho dióxido



de silicio, pero sin embargo insuficiente para producir un cambio notable en el perfil de dopante del cuerpo semiconductor de dicho dispositivo.

5

2. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Introducción que se solicita: PROCEDIMIENTO PARA LA ESTABILIZACION DE UN DISPOSITIVO SEMI CONDUCTOR.

10

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de dieciseis páginas mecanografiadas y dibujos que se acompañan.

Madrid, 18 Octubre 1.974

BERNARDO UNGRIA

P.P.

15

20

25

30

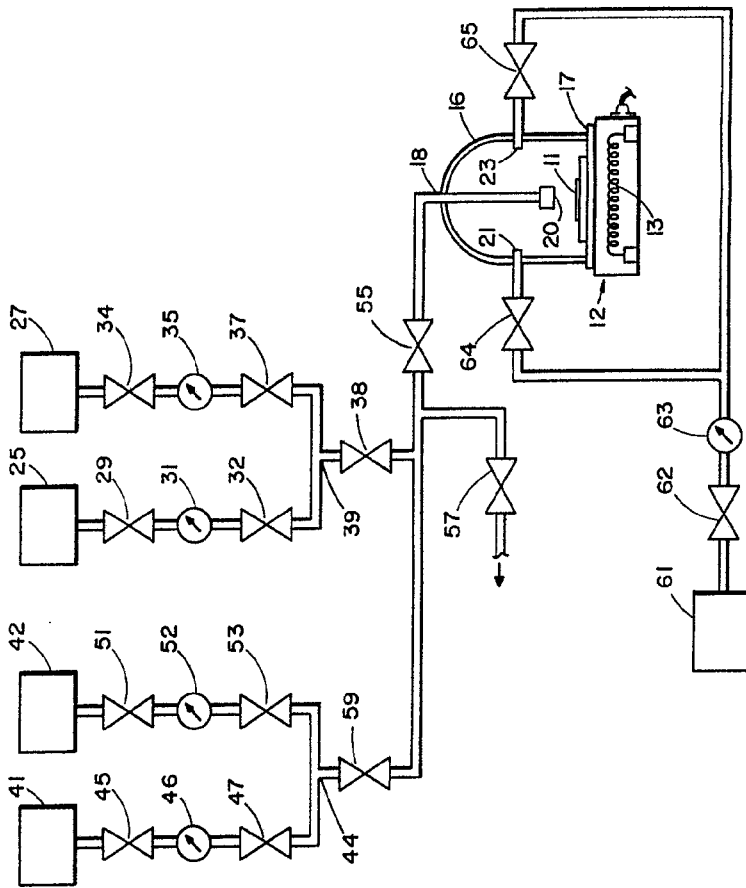


Fig. 1

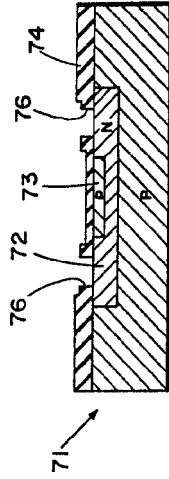


Fig. 2

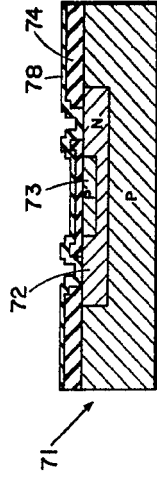


Fig. 3

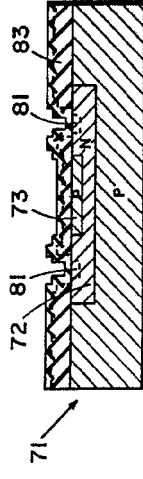


Fig. 4

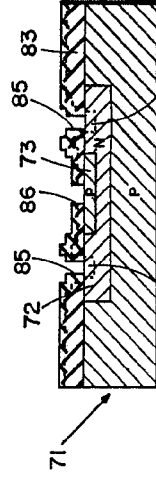


Fig. 5

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 18 Octubre 1974
 BERNARDO UNGRIA
 I.P.

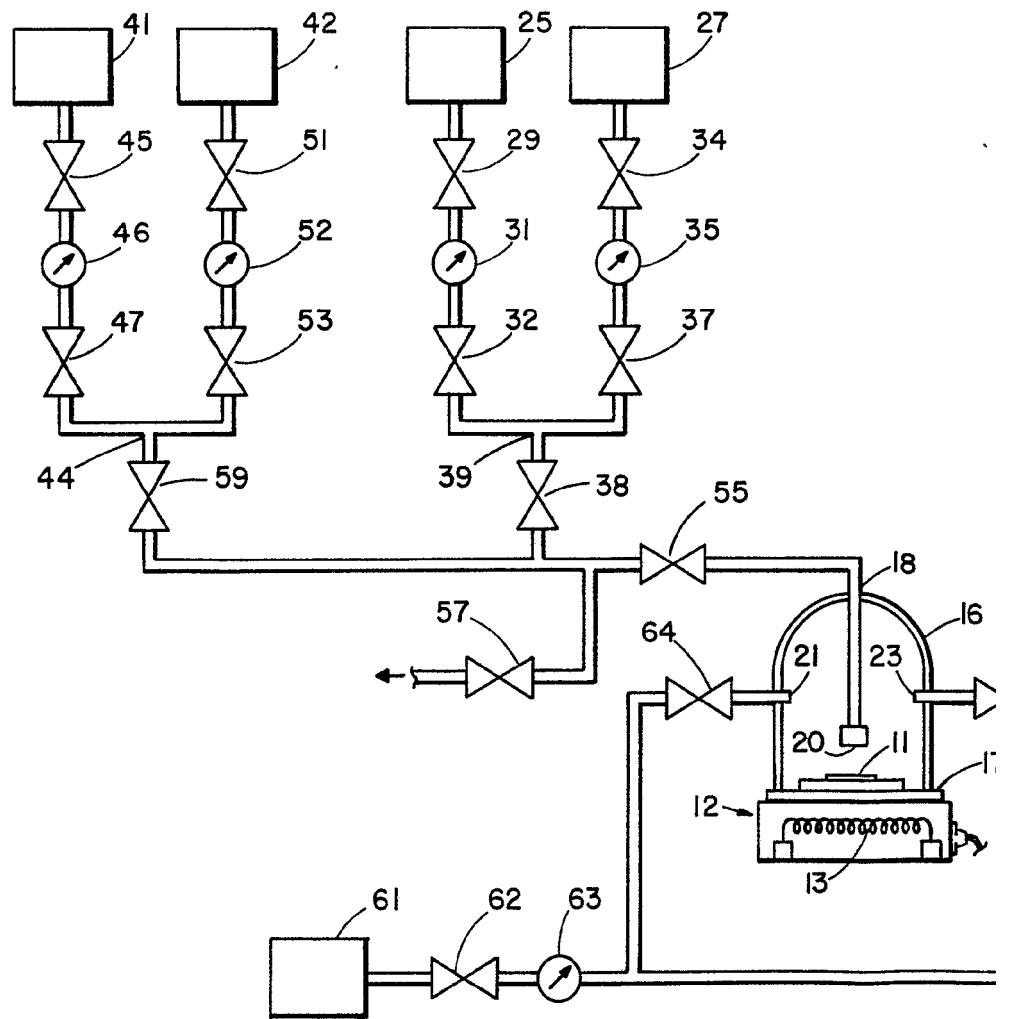


Fig. 1

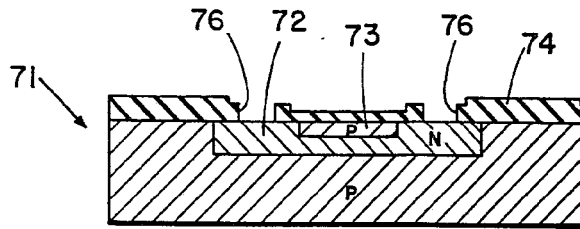


Fig. 2

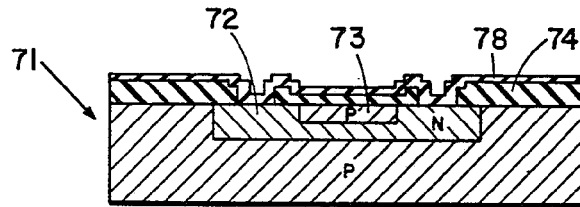


Fig. 3

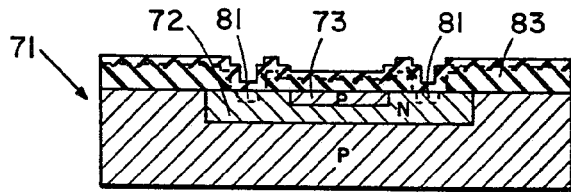


Fig. 4

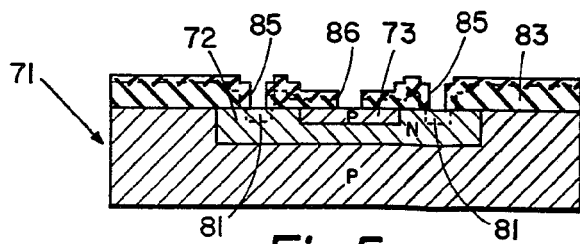
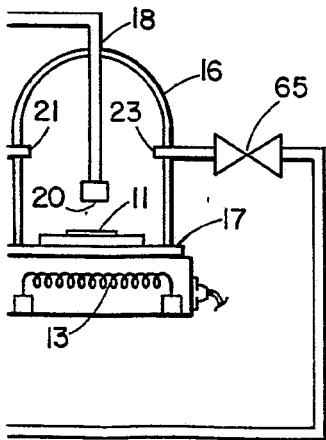


Fig. 5



ESCALA VARIABLE
 Madrid, 18 Octubre 1.974
 BERNARDO UNGRIA
 P.P.