

P.- 32.981

PHB 31493 Spain CM/JvH



MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

d e

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 24 de agosto de 1.966, con el núm. 330.535

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de N.V. PHILIPS`GLOEILAMPENFABRIEKEN, entidad holan-  
desa, establecida en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda, por:  
" UN DISPOSITIVO DE EFECTO DE GUNN "

=====

Este invento se refiere a dispositivos semi-conduc-  
tores conocidos como dispositivos de efecto de Gunn y a cir-  
cuitos integrados para micro-ondas que incorporan un disposi-  
tivo de efecto de Gunn.

5           En un artículo titulado "Inestabilidades de la co-  
rriente en semi-conductores III-V", de J.B. Gunn en el "I.B.M  
Journal of Research and Development", 1964, 8, páginas 141-  
159, se informa acerca de la observación de oscilaciones de  
micro-ondas coherentes a partir de arseniuro de galio de tipo  
10 n en masa a un campo de umbral de 3.000 v/cm.



Ha de entenderse que " un dispositivo de efecto de Gunn " significa en esta Memoria un cuerpo o parte de cuerpo de semi-conductor de un tipo de conductividad que tiene dos contactos óhmicos y en el cual un voltaje suficiente aplicado entre los contactos óhmicos provoca una transferencia de electrones en la banda de conducción que da origen a una resistencia negativa diferencial.

El funcionamiento de un dispositivo de efecto de Gunn puede explicarse porque la transferencia de electrones bajo un alto campo es desde una banda de conducción de gran movilidad a una sub-banda de mayor energía que es de menor movilidad. Los dispositivos de efecto de Gunn se denominan a veces osciladores de electrones transferidos pero, además de su uso como osciladores, también pueden emplearse como amplificadores:

Los dispositivos que se han investigado y de que se ha informado hasta ahora, en los cuales el material semi-conductor es de arseniuro de galio de tipo n, han consistido en un cuerpo que tiene contactos óhmicos sobre dos superficies opuestas, Aun cuando se ha visto que es posible obtener un funcionamiento continuo a una frecuencia de unos 5 gc/s con esta estructura, se ha encontrado que la salida es de energía relativamente baja o se ha visto que es necesario enfriar el cuerpo semi-conductor.

Con una estructura consistente en contactos óhmicos situados sobre dos superficies opuestas de un cuerpo semi-conductor delgado de forma de oblea se presentan limitaciones de energía y de frecuencia inherentes. Para material de una resistividad dada, la disipación de energía por unidad de volumen, en condiciones de oscilación, es aproximadamente constante. Para obtener un enfriamiento suficiente para impedir un aumento excesivo



de la temperatura es necesario tener una resistencia relativa-  
mente grande, y también, un cuerpo semi-conductor muy delgado.  
Para un funcionamiento continuo sería deseable un cuerpo de un  
grueso de 20 micras o menos pero las limitaciones en las técni-  
cas de fabricación impiden que se obtenga con facilidad una es-  
5 estructura semejante. Como alternativa, puede usarse un material  
de gran resistividad pero, con él, tal como el arseniuro de  
galio, es difícil cultivar reproduciblemente material de la re-  
sistencia óptima deseada. Además, un material de resistividad  
10 tan alta da lugar a una baja salida de energía.

La frecuencia de oscilación es determinada principal-  
mente por el grueso del cuerpo semi-conductor y las limitacio-  
nes de las técnicas de fabricación para obtener cuerpos sufi-  
cientemente delgados imponen también un límite a la frecuencia  
15 que puede obtenerse. El límite superior de la frecuencia es,  
así, de unos 6-8 Gc/s. Es posible vencer este problema, hasta  
cierto punto, empleando una estructura en la cual los contac-  
tos óhmicos se aplican a superficies opuestas de un cuerpo con-  
sistente en un sustrato de baja resistividad sobre el cual  
20 hay una capa epitaxial de gran resistividad.

De acuerdo con el invento, un dispositivo de efecto  
de Gunn comprende un cuerpo o parte de cuerpo semi-conductor de  
un tipo de conductividad que tiene dos contactos óhmicos espa-  
ciados situados sobre una superficie plana del cuerpo o parte  
25 del cuerpo.

Las ventajas de tal dispositivo residen en que puede  
obtenerse una mayor frecuencia de oscilación con esta geometría  
debido a la separación relativamente estrecha de los contactos  
ohmicos sobre la superficie, que puede obtenerse por técnicas  
30 de fabricación normales en la industria de los semi-conductores.



Además, con esta geometría puede obtenerse una mayor resistencia para material de una resistividad dada y, así, se vencen en cierta medida los inconvenientes antes descritos de la disipación de energía y del enfriamiento. Con las técnicas de foto-tratamiento existentes, es posible obtener una separación de los contactos óhmicos de menos de 10 micras y una separación de 1 micra corresponde a frecuencias de oscilación mayores de 30 gc/s.

En una forma preferida de dispositivos de efecto de Gunn de acuerdo con el invento, los contactos óhmicos están situados sobre la superficie de una capa de material semi-conductor depositada desde la fase de vapor sobre un sustrato. La capa puede ser epitaxial con el sustrato. La capa puede estar situada en una cavidad del sustrato.

De acuerdo con otro aspecto del invento, un dispositivo de efecto de Gunn comprende la conexión en paralelo de una pluralidad de los dispositivos orientados en superficie, es decir, dispositivos que tienen dos contactos óhmicos espaciados situados sobre una superficie plana, dispuestos en un cuerpo o parte de cuerpo semi-conductor común o situados en partes de cuerpo semi-conductor separadas sobre un sustrato común. Las ventajas de tal dispositivo de efecto de Gunn que comprende la conexión en paralelo de una pluralidad de dispositivos orientados en superficie, consisten, entre otras, en propiedades mejoradas de disipación térmica. Puede conducirse el calor más eficazmente desde una pluralidad de dispositivos conectados en paralelo que desde un solo dispositivo mayor que tenga la superficie activa equivalente ya que, en el dispositivo que comprende la conexión en paralelo de una pluralidad de dispositivos orientados en superficie, la superficie de sustrato sobre la cual



puede conducirse el calor á un evacuador de calor puede hacerse mayor y, por tanto, pueden lograrse o satisfacerse mayores requisitos de corriente con un diseño geométrico adecuado.

5                   Tal dispositivo puede comprender una primera parte de capa metálica sobre la superficie de un cuerpo o parte de cuerpo semi-conductor, que forma un primer contacto óhmico con ella, una pluralidad de aberturas en la primera parte de capa metálica, conteniendo cada una una segunda parte de capa  
10 metálica sobre la superficie, espaciadas de la periferia de la abertura y formando una pluralidad de segundos contactos óhmicos con el cuerpo semi-conductor dentro de las aberturas de la primera parte de capa metálica, estando conectadas en común todas las segundas partes de capa metálica. Una forma  
15 preferida de este dispositivo comprende una capa aislante que recubre la primera y la segunda partes de capa metálica y está situada sobre la parte superficial entre las partes primera y segunda de capa metálica, consistiendo la conexión común a las segundas partes de capa metálica en otra capa metálica que  
20 recubre la capa aislante y está situada en aberturas de la capa aislante que dejan al descubierto las segundas partes de capa metálica. El grueso de la capa aislante entre la primera parte de capa metálica y la otra capa metálica, deber ser suficiente para reducir al mínimo la capacitancia dispersa y constituir de este modo un mínimo de acoplo de r.f. Con esta estructura es posible disponer conductores sustanciales a la primera parte de capa metálica y a la otra capa metálica que son, ambas, de superficie relativamente grande. Esto vence una de las dificultades básicas de la unión de conductores, que satisfagan los requisitos de corriente, a un dispositivo de efecto  
30



de Gunn con una superficie activa muy pequeña. La estructura es adecuada también para dar al dispositivo la forma denominada de "configuración de conductor y viga", en la cual las capas metálicas, además de proporcionar la conexión eléctrica, dan también la conexión mecánica.

El cuerpo o parte del cuerpo semi-conductor puede ser de arseniuro de galio del tipo n. El dispositivo, así, puede comprender una capa de arseniuro de galio de tipo n depositada desde la fase de vapor sobre un substrato de arseniuro de galio semi-aislante. No es necesario que la capa sea epitaxial con el substrato.

De acuerdo con otro aspecto del invento, se crea un circuito integrado para micro-ondas que incorpora un dispositivo de efecto de Gunn orientado en superficie, de acuerdo con el invento y, además, elementos de circuito en un cuerpo o parte de cuerpo semi-conductor común o sobre un substrato común.

En una forma preferida de tal circuito integrado el dispositivo de efecto de Gunn está incorporado en o sobre un substrato dieléctrico semi-conductor que tiene una línea de transmisión de micro-tira formada por una capa de metal conductor sobre una superficie y una capa metálica sobre una superficie opuesta del substrato formando un plano de tierra.

Tal circuito integrado para micro-ondas puede consistir en un circuito mezclador en el cual el dispositivo de efecto de Gunn forma una entrada de oscilador local, o puede consistir en un amplificador paramétrico en el cual el dispositivo de efecto de Gunn forma una fuente de bomba.

En el circuito mezclador integrado para micro-ondas, el dieléctrico del semi-conductor puede consistir en arseniuro de galio semi-aislante, estando el dispositivo de efecto de



Gunn y, al menos , un diodo mezclador de barrera de Schottky situados en islas de arseniuro de galio de tipo n depositadas en cavidades del arseniuro de galio semi-aislante.

5 En el circuito amplificador paramétrico integrado para micro-ondas, el dieléctrico del semi-conductor puede con sistir en arseniuro de galio semi-aislante, estando el disposi tivo de efecto de Gunn y un diodo varactor situados en islas de arseniuro de galio de tipo n depositadas en cavidades del arseniuro de galio semi-aislante.

10 Se describirán ahora realizaciones del invento, a modo de ejemplo, con referencia al dibujo diagramático adjunto, en el cual;

15 La fig. 1 es una sección vertical del cuerpo semi-conductor y de parte de la envolvente de una primera realización de un dispositivo de efecto de Gunn;

20 Las figs. 2 y 3 muestran una segunda realización de un dispositivo de efecto de Gunn, mostrando la fig. 2 una vista en planta de la configuración de los contactos sobre la superficie del cuerpo semi-conductor durante una etapa intermedia en la fabricación del dispositivo y mostrando la fig. 3 una sección vertical a través del cuerpo semi-conductor en una etapa posterior de la fabricación del dispositivo.

25 las figs.4 y 5 son una vista en perspectiva y una sección vertical, respectivamente, de otra realización en la cual un dispositivo de efecto de Gunn está incorporado en un circuito integrado para micro-ondas; y

la fig. 6 es una vista en planta de la configuración superficial del cuerpo semi-conductor de una realización de un circuito mezclador integrado para micro-ondas.

30 El dispositivo de la fig. 1 comprende un substrato



1 de arseniuro de galio semi-aislante de dimensiones de 100 micras x 100 micras x 100 micras de espesor. Sobre el substrato hay una capa 2 de arseniuro de galio de tipo n de una resistividad de 10 ohmios-cm y de aproximadamente 10 micras de  
5 grueso. Sobre la superficie plana superior de la capa hay dos contactos óhmicos 3 y 4 consistentes en una aleación de oro, plata y germanio depositadas en fase de vapor, que ha sido aleada al arseniuro de galio subyacente. Los contactos cubren la superficie superior con excepción de una delgada tira de 5 o  
10 10 micras de anchura. Los hilos de oro 6 y 7 tienen un extremo unido por termo-compresión a los contactos óhmicos 3 y 4, respectivamente. El cuerpo compuesto está encapsulado en una envoltura de metal y cerámica consistente en un miembro cerámico anular situada entre una espiga metálica extrema y una pestaña  
15 metálica anular a la cual están soldada una tapa extrema. El substrato 1 está montado sobre el extremo interior 8 de la espiga metálica y el contacto entre la espiga y el contacto óhmico 3 se hace a través del alambre 6 que está unido por termo-compresión en su otro extremo a la espiga. El contacto desde la pestaña metálica anular al contacto óhmico 4 se hace a través del  
20 alambre 7 que está unido por termo-compresión en su otro extremo a la pestaña.

La fabricación del dispositivo supone las técnicas usuales del depósito epitaxial de arseniuro de galio de tipo n sobre  
25 un substrato de gran área de arseniuro de galio-aislante, depósito en fase de vapor del material de contacto óhmico seguido por el foto-tratamiento para dejar los dos contactos 3 y 4 con la tira de separación 5, aleación del material de contacto óhmico a las partes subyacentes de la capa, corte del substrato en obleas  
30 más pequeñas, montaje de una oblea sobre una parte de la envol-



vente, unión por termo-compresión de los hilos 6 y 7 y cierre final estanco de la envolvente.

El dispositivo de las figs. 2 y 3 comprende un sustrato 11 de arseniuro de galio-aislante de dimensiones de 400 micras x 600 micras x 100 micras de grueso. Sobre el sustrato 11 hay una capa 12 de arseniuro de galio de tipo  $n$  de 10 ohmios - cm de resistividad y unas 10 micras de grueso. Sobre el plano superior de la capa 12 hay una capa depositada en fase de vapor de oro/estaño que tiene una primera parte de capa metálica 13 dentro de la cual están situadas seis aberturas anulares cada una de las cuales contiene una segunda parte 14 de capa metálica. El diámetro de las partes 14 es de 20 micras y la separación de los bordes circulares adyacentes de las partes 13 y 14 es de 10 micras. Las seis partes anulares de la superficie del arseniuro de galio de tipo  $n$  y la capa de material subyacente 12 constituyen las regiones activas de seis dispositivos de efecto de Gunn orientados en superficie. Una capa aislante 15 de vidrio de dióxido de silicio y de 50 micras de espesor está situada encima de las partes de capa metálica 13 y 14 primera y segunda y situada sobre la superficie de la capa 12 ocupando las partes anulares entre las partes 13 y 14 de capa metálica. Unas aberturas en la capa de vidrio 15 situadas encima de las partes 14 de capa metálica contienen otra capa metálica 16 de cromo y oro que se extiende también sobre la capa de vidrio 15. En la periferia del cuerpo la parte 13 de capa metálica está expuesta o al descubierto para fines de contacto. Los contactos pueden consistir en hilos unidos a la capa metálica 16 y a la parte descubierta de la capa metálica 13.

Las figs. 4 y 5 muestran la incorporación de un dispositivo de efecto de Gunn de superficie orientada en un circui



to de microondas integrado. El cuerpo de sustrato consiste en un cuerpo en forma de lámina 21 de arseniuro de galio semi-aislante de 300 micras de grueso. El dispositivo de efecto de Gunn está situado en una capa 22 de arseniuro de galio de alta resistividad del tipo  $n$  que ha sido depositada desde la fase de vapor en una cavidad en el sustrato 21. Los contactos óhmicos 23 y 24 a la capa 22 están situados en la superficie plana superior de la capa 22 y las dimensiones y composición de las diversas partes del dispositivo son sustancialmente similares a las del dispositivo descrito con referencia a la fig:1. Una línea de transmisión de microtira está formada por tiras 25 y 26 de cromo y oro de 250 micras de ancho y 10 micras de grueso que están aleadas en sus extremos adyacentes a los contactos óhmicos 23 y 24 respectivamente, y una capa de metal 27 de cromo y oro de 10 micras de grueso que se extiende sobre el área total de la superficie plana opuesta del sustrato 21 y sirve como un plano de tierra o masa. Dependiendo de la forma exacta del circuito integrado, otros elementos de circuito activos, por ejemplo diodos de barrera de Schottky y diodos varactor, están incorporados en otras capas depositadas de arseniuro de galio en cavidades del sustrato de arseniuro de galio semi-aislante 21.

La fig. 6 muestra la configuración de la superficie de un circuito mezclador integrado de banda X que incorpora un dispositivo de efecto de Gunn y una línea de transmisión de microtira como la descrita con referencia a la fig. 5. El circuito mezclador comprende un sustrato 21 de arseniuro de galio semi-aislante. Sobre la superficie inferior hay una capa de cromo y oro 27 que forma un plano de tierra de una línea de transmisión de microtira. Un dispositivo de efecto de Gunn orientado en superficie está formado por una isla de arseniuro de galio



del tipo n 22, depositada en una cavidad del sustrato, la cual  
tiene dos superficies de contactos óhmicos 23 y 24. Este dis-  
positivo de efecto de Gunn forma el oscilador local y por tanto  
sustituye a un oscilador local convencional que normalmente es-  
5       taría constituido por un multiplicador klystron o de varactor.  
La excitación para el oscilador de Gunn es por medio de una co-  
rriente continua que se suministra aplicada a las partes de capa  
de metal 31 y 32 en la superficie. La entrada de señal del cir-  
cuito se hace a una parte de la capa de metal conductora 33.  
10       El oscilador de Gunn y la entrada de señal preceden a un aco-  
plador de 3 dB que consiste en una derivación de tipo híbrido  
formada por partes de la capa de metal conductora 34, y 35, 36  
y 37 y seguido por secciones de transformador de emparejamien-  
to de un cuarto de longitud de onda, formadas por partes de la  
15       línea de la capa de metal de alta impedancia 38 y 39. Las par-  
tes 38 y 39 están conectadas a diodos de barrera de Schottky  
de metal semi-conductor 40 y 41 respectivamente. Los diodos 40  
y 41 están colocados en islas 42 y 43 respectivamente de arseni-  
uro de galio del tipo n depositadas en una cavidad del sustrato.  
20       Los diodos están conectados a las partes 38 y 39 de la capa de  
metal, invertido una con respecto al otro y conectados luego a  
una sección de emparejamiento formada por una parte de la capa  
de metal 44 para la salida de I.F.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en  
25       Gran Bretaña el 26 de agosto de 1.965, nº 36.655/65 y de la  
completa, se acoge a los beneficios del artº 51 del vigente es-  
tatuto sobre Propiedad Industrial.

N O T A



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:

5

1.- Un dispositivo de efecto de Gunn que comprende un cuerpo o una parte de cuerpo semi-conductor de un tipo de conductividad que tiene dos contactos óhmicos separados situados sobre una superficie plana del cuerpo o parte de cuerpo:

10

2.- Un dispositivo de efecto de Gunn como el reivindicado en el punto 1, en el cual los contactos óhmicos están situados sobre la superficie de una capa de material semi-conductor depositado desde la fase de vapor sobre un sustrato.

15

3.- Un dispositivo de efecto de Gunn como el reivindicado en el punto 2, en el cual la capa es epitaxial con el sustrato.

4.- Un dispositivo de efecto de Gunn como se reivindica en los puntos 2 ó 3, en el cual la capa depositada está situada en una cavidad del sustrato.

20

5.- Un dispositivo de efecto de Gunn que comprende la conexión en paralelo de una pluralidad de dispositivos como se reivindican en cualquiera de los puntos precedentes, situados en un cuerpo o parte de cuerpo semiconductor común o situados en partes de cuerpo semi-conductor separadas sobre un sustrato común.

25

6.- Un dispositivo de efecto de Gunn como se reivindica en el punto 5, que comprende una primera parte de capa de metal sobre la superficie de un cuerpo o parte de cuerpo semi-conductor, la cual forma un primer contacto óhmico. una plura-



lidad de aberturas en la primera parte de la capa de metal  
conteniendo cada una una segunda parte de capa de metal sobre  
la superficie separada de la periferia de la abertura y que  
forman una pluralidad de segundos contactos óhmicos para el  
5 cuerpo semi-conductor dentro de las aberturas de la primera  
parte de la capa de metal, estando conectadas en común todas  
las partes de la segunda capa de metal.

7.- Un dispositivo de efecto de Gunn como se reivindica  
en el punto 6, que comprende una capa aislante que cubre la  
10 primera y la segunda parte de capa de metal, consistiendo la  
conexión común a las partes de la segunda capa de metal en otra  
capa de metal que recubre la capa aislante y situada en abertu-  
ras de la capa aislante que exponen las partes de la segunda  
capa de metal.

8.- Un dispositivo de efecto de Gunn como el reivindi-  
cado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el cual el  
cuerpo semi-conductor o la parte de cuerpo es de arseniuro de  
galio.

9.- Un dispositivo de efecto de Gunn como el reivindi-  
cado en el punto 8 y en cualquiera de los puntos 2 a 7, que com-  
prende una capa de arseniuro de galio del tipo n depositada des-  
de la fase de vapor sobre un sustrato de arseniuro de galio  
semi-aislante.

10.- Un circuito de microondas integrado que incorpora  
25 un dispositivo de efecto de Gunn de acuerdo con cualquiera de las  
reivindicaciones precedentes y otros elementos de circuito en  
un cuerpo o parte de cuerpo semi-conductor común o en un substra-  
to común.

11.- Un circuito de microondas integrado como el reivin-  
30 dicado en el punto 10, en el cual el dispositivo de efecto de



Gunn está incorporado en o sobre un substrato dieléctrico semiconductor que tiene una línea de transmisión de microtira formada por una capa de metal conductor sobre una superficie y una capa de metal sobre una superficie opuesta del substrato, formando un plano de tierra, estando conectada eléctricamente la capa de metal sobre dicha primera superficie con al menos uno de los contactos óhmicos separados al dispositivo de efecto de Gunn.

12.- Un circuito de microondas integrado como se reivindica en el punto 11, que comprende un circuito mezclador en el cual el dispositivo de efecto de Gunn forma una entrada de oscilador local.

13.- Un circuito de microondas integrado como se reivindica en el punto 11, que consiste en un amplificador paramétrico en el cual el dispositivo de efecto de Gunn forma una fuente de bomba.

14.- Un circuito mezclador integrado de microondas como el reivindicado en el punto 12, en el cual el dieléctrico semiconductor consiste en arseniuro de galio semi-aislante, estando situados el dispositivo de efecto de Gunn y al menos un diodo mezclador de barrera de Schottky en islas de arseniuro de galio del tipo n depositadas en cavidades del arseniuro de galio semi-aislante.

15.- Un circuito amplificador paramétrico integrado de microondas como el reivindicado en el punto 13, en el cual el dieléctrico semiconductor consiste en arseniuro de galio semi-aislante, estando situados el dispositivo de efecto de Gunn y un diodo varactor en islas de arseniuro de galio del tipo n depositadas en cavidades del arseniuro de galio-aislante.

16.- Un dispositivo de efecto de Gunn.

3 NOV 1967  
RECEIVED

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

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

Madrid,

3 NOV 1967

P.A.

Alberto del Elzaburu  
F. del Elzaburu

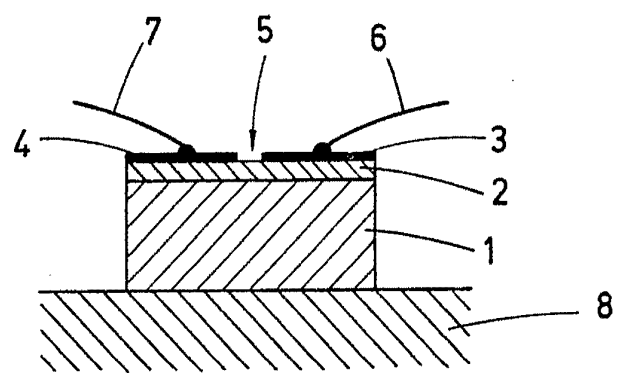
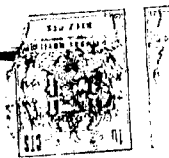


FIG.1

*Arkh*

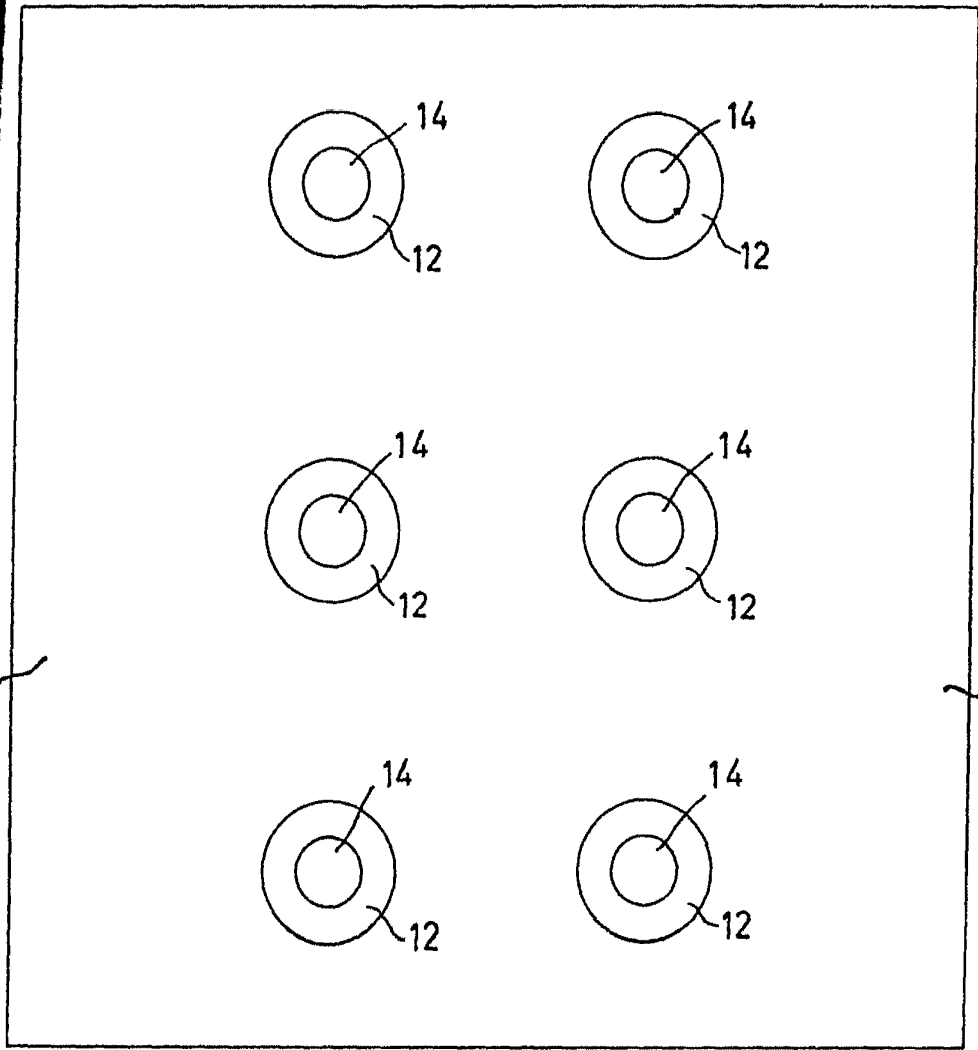


FIG. 2

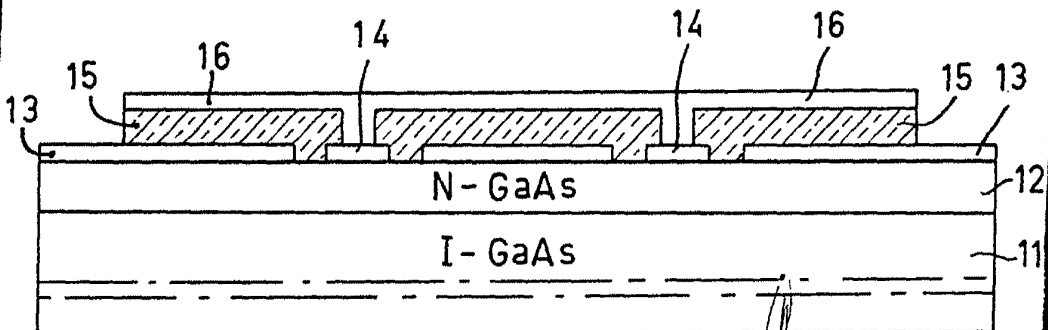


FIG. 3

*Handwritten signature or initials*

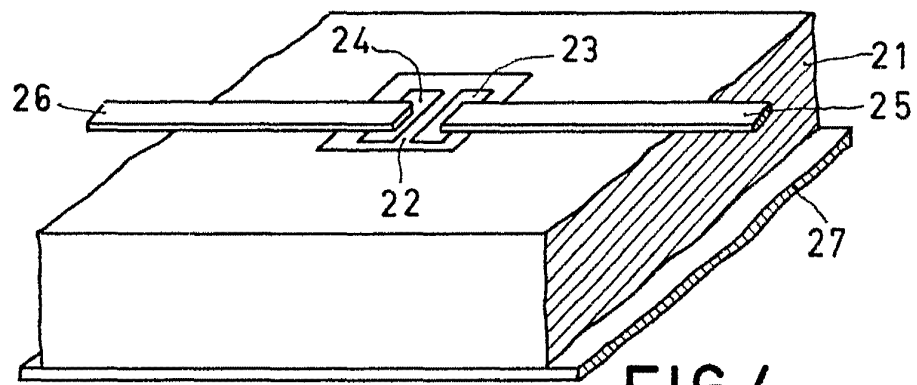


FIG. 4

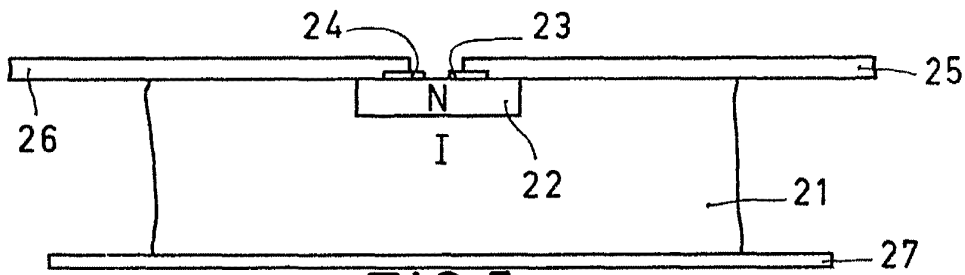


FIG. 5

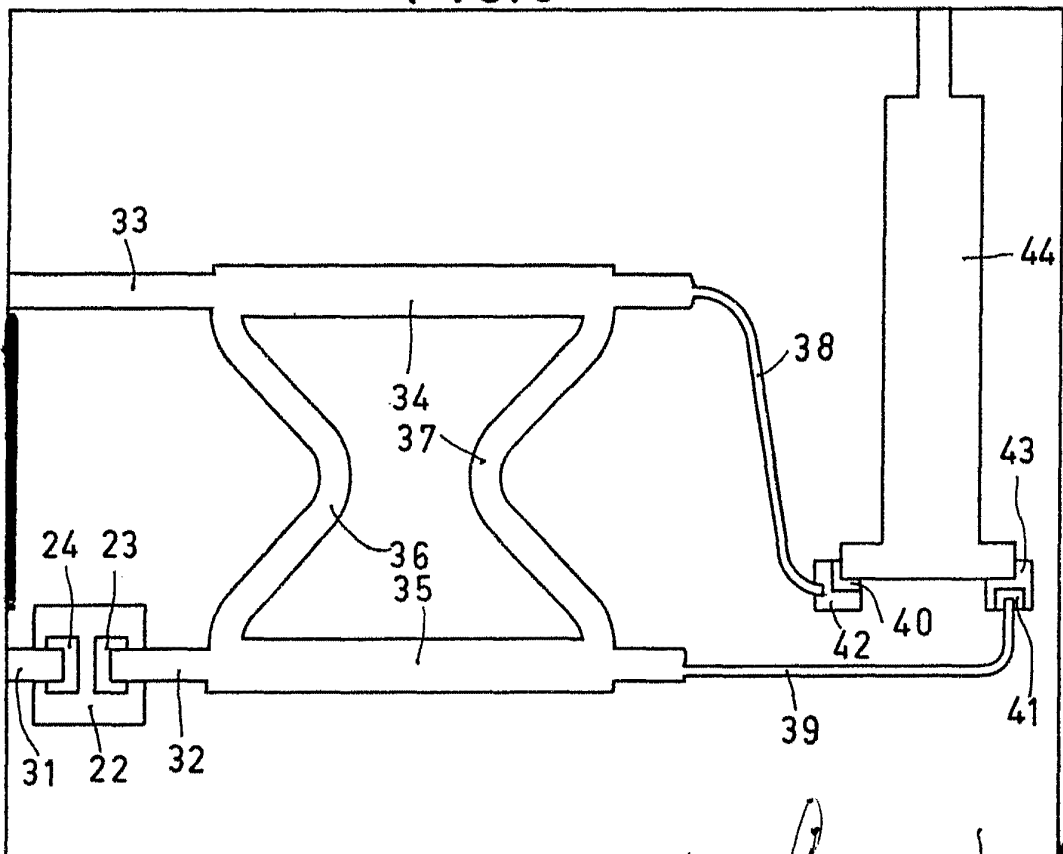


FIG. 6

*Handwritten signature*  
21